

# 数据手册

FU7512\_41\_62

三相电机控制 MCU

控制核心 驱动未来

# 版权声明

---

版权所有©峰昭科技（深圳）股份有限公司（以下简称：峰昭科技）。

为改进设计和/或性能，峰昭科技保留对本文档所描述或包含的产品（包括电路、标准元件和/或软件）进行更改的权利。本文档中包含的信息供峰昭科技的客户进行一般性使用。峰昭科技的客户应确保采取适当行动，以使其对峰昭科技产品的使用不侵犯任何专利。峰昭科技尊重第三方的有效专利权，不侵犯或协助他人侵犯该等权利。

本文档版权归峰昭科技所有，未经峰昭科技明确书面许可，任何单位及个人不得以任何形式或方式（如电子、机械、磁性、光学、化学、手工操作或其他任何方式），对本文档任何内容进行复制、传播、抄录、存储于检索系统或翻译为任何语种，亦不得更改或删除本内容副本中的任何版权或其他声明信息。

# 免责声明

---

本文档为峰昭科技（深圳）股份有限公司及其子公司（以下简称“峰昭科技”）的财产。

本文档系以“原样”提供，峰昭科技对本文档不作任何明示或暗示的保证，包括但不限于对适销性、特定用途适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示保证。本文档中提供的任何信息仅供参考，峰昭科技不承担因应用或使用本文档而产生的任何责任。本文档的使用者有责任正确地设计、编程和测试由本文档构成的任何应用程序和任何最终产品的功能和安全性，自行承担全部风险，并同意为此类使用所导致的任何损害自行承担赔偿责任，为由此导致的索赔、诉讼及费用为峰昭科技进行辩护并使其免受损害。本文档未对峰昭科技的任何知识产权作出明示或暗示的许可。峰昭科技保留随时更改、更正或改进本文档的权利，恕不另行通知。

对本免责声明如有理解歧义，最终解释权归峰昭科技（深圳）股份有限公司。

# 目录

版权声明 ..... 1

免责声明 ..... 2

目录..... 3

符号及数字意义说明 ..... 32

英文缩写及说明 ..... 33

1 系统介绍 ..... 35

1.1 特性..... 35

1.2 应用场景 ..... 38

1.3 概述..... 38

1.4 系统框图 ..... 39

1.4.1 FU7512L 功能框图..... 39

1.4.2 FU7541Q 功能框图..... 40

1.4.3 FU7562L 功能框图..... 41

1.5 Memory 空间..... 42

1.5.1 CSR Memory..... 42

1.5.2 Flash..... 42

1.5.3 外设空间..... 43

1.5.4 Data Memory ..... 43

1.5.5 映射表 ..... 43

1.5.5.1 CSR 地址映射表 ..... 43

1.5.5.2 外设地址映射表..... 47

1.5.5.2.1 ADC 地址映射表..... 47

1.5.5.2.2 CAN 地址映射表..... 47

1.5.5.2.3 NFOC1 地址映射表 ..... 49

1.5.5.2.4 NFOC2 地址映射表 ..... 53

2 引脚定义 ..... 58

2.1 FU7512L LQFP64 引脚列表..... 58

2.2 FU7512L LQFP64 引脚图..... 66

2.3 FU7541Q QFN48 引脚列表 ..... 67

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 2.4 FU7541Q QFN48 引脚图.....                   | 72 |
| 2.5 FU7562L LQFP52 引脚列表 .....                | 73 |
| 2.6 FU7562L LQFP52 引脚图.....                  | 77 |
| 3 封装信息 .....                                 | 78 |
| 3.1 FU7512L LQFP64_10X10 .....               | 78 |
| 3.2 FU7541Q QFN48_6X6 .....                  | 79 |
| 3.3 FU7562L LQFP52_10X10 .....               | 80 |
| 4 订购信息 .....                                 | 81 |
| 5 电气特性 .....                                 | 82 |
| 5.1 绝对最大额定值 .....                            | 82 |
| 5.1.1 FU7512L 绝对最大额定值.....                   | 82 |
| 5.1.2 FU7541Q 绝对最大额定值.....                   | 82 |
| 5.1.3 FU7562L 绝对最大额定值.....                   | 82 |
| 5.2 全局电气特性.....                              | 83 |
| 5.2.1 FU7512L 全局电气特性 .....                   | 83 |
| 5.2.2 FU7541Q 全局电气特性 .....                   | 83 |
| 5.2.3 FU7562L 全局电气特性 .....                   | 83 |
| 5.3 GPIO 电气特性 .....                          | 84 |
| 5.3.1 FU7512L GPIO 电气特性 .....                | 84 |
| 5.3.2 FU7541Q GPIO 电气特性.....                 | 85 |
| 5.3.3 FU7562L GPIO 电气特性 .....                | 85 |
| 5.4 PWM IO 电气特性 .....                        | 86 |
| 5.4.1 FU7512L PWM1 IO 电气特性.....              | 86 |
| 5.4.2 FU7512L PWM2 IO 电气特性.....              | 86 |
| 5.5 3P3N Pre-driver IO 电气特性 .....            | 87 |
| 5.5.1 FU7541Q 3P3N Pre-driver1 IO 电气特性 ..... | 87 |
| 5.5.2 FU7541Q 3P3N Pre-driver2 IO 电气特性 ..... | 87 |
| 5.6 6N Pre-driver IO 电气特性.....               | 87 |
| 5.6.1 FU7562L 6N Pre-driver IO 电气特性.....     | 87 |
| 5.7 ADC 电气特性 .....                           | 88 |
| 5.7.1 FU7512L ADC 电气特性.....                  | 88 |
| 5.7.2 FU7541Q ADC 电气特性.....                  | 88 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 5.7.3 FU7562L ADC 电气特性.....     | 89 |
| 5.8 参考电压电气特性.....               | 90 |
| 5.8.1 FU7512L 参考电压电气特性.....     | 90 |
| 5.8.2 FU7541Q 参考电压电气特性.....     | 90 |
| 5.8.3 FU7562L 参考电压电气特性.....     | 91 |
| 5.9 运算放大器电气特性.....              | 91 |
| 5.9.1 FU7512L 运算放大器电气特性.....    | 91 |
| 5.9.2 FU7541Q 运算放大器电气特性.....    | 92 |
| 5.9.3 FU7562L 运算放大器电气特性.....    | 92 |
| 5.10 BEMF 电气特性.....             | 93 |
| 5.10.1 FU7512L BEMF 电气特性.....   | 93 |
| 5.10.2 FU7541Q BEMF 电气特性.....   | 93 |
| 5.10.3 FU7562L BEMF 电气特性.....   | 93 |
| 5.11 OSC 电气特性.....              | 93 |
| 5.11.1 FU7512L OSC 电气特性.....    | 93 |
| 5.11.2 FU7541Q OSC 电气特性.....    | 94 |
| 5.11.3 FU7562L OSC 电气特性.....    | 94 |
| 5.12 复位电气特性.....                | 94 |
| 5.12.1 FU7512L 复位电气特性.....      | 94 |
| 5.12.2 FU7541Q 复位电气特性.....      | 95 |
| 5.12.3 FU7562L 复位电气特性.....      | 95 |
| 5.13 LDO 电气特性.....              | 95 |
| 5.13.1 FU7512L LDO 电气特性.....    | 95 |
| 5.13.2 FU7541Q LDO 电气特性.....    | 95 |
| 5.13.3 FU7562L LDO 电气特性.....    | 96 |
| 5.14 封装热阻.....                  | 96 |
| 5.14.1 FU7512L LQFP64 封装热阻..... | 96 |
| 5.14.2 FU7541Q QFN48 封装热阻.....  | 96 |
| 5.14.3 FU7562L LQFP52 封装热阻..... | 96 |
| 6 复位控制.....                     | 97 |
| 6.1 复位源(RST_SR).....            | 97 |
| 6.2 复位使能.....                   | 97 |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 6.3 外部引脚复位、上电复位 .....                              | 97  |
| 6.4 低电压保护复位 .....                                  | 97  |
| 6.5 看门狗溢出复位 .....                                  | 98  |
| 6.6 RSTFED 复位 .....                                | 98  |
| 6.7 RSTDBG 复位 .....                                | 98  |
| 6.8 软复位 .....                                      | 98  |
| 6.9 复位寄存器 .....                                    | 98  |
| 6.9.1 RST_SR (CSR:0x4D0) .....                     | 98  |
| 6.9.2 RST_CR (CSR:0x4D1) .....                     | 99  |
| 7 中断 .....                                         | 101 |
| 7.1 中断简介 .....                                     | 101 |
| 7.2 中断源使能 .....                                    | 101 |
| 7.3 外部中断 .....                                     | 101 |
| 7.4 中断说明 .....                                     | 102 |
| 7.5 中断寄存器 .....                                    | 104 |
| 7.5.1 MIE (CSR:0x300) .....                        | 104 |
| 7.5.2 IPx (CSR:0x409 + x) (x = 0/1/2/.../31) ..... | 104 |
| 7.5.3 PIE (CSR:0x400) .....                        | 105 |
| 7.5.4 EXTI_TCON (CSR:0x407) .....                  | 105 |
| 7.5.5 EXTI0IE (CSR:0x401) .....                    | 106 |
| 7.5.6 EXTI1IE (CSR:0x402) .....                    | 108 |
| 7.5.7 EXTI2IE (CSR:0x403) .....                    | 109 |
| 7.5.8 EXTI0IF (CSR:0x404) .....                    | 111 |
| 7.5.9 EXTI1IF (CSR:0x405) .....                    | 114 |
| 7.5.10 EXTI2IF (CSR:0x406) .....                   | 117 |
| 8 时钟门控 .....                                       | 121 |
| 8.1 时钟门控寄存器 .....                                  | 122 |
| 8.1.1 CK_CR (CSR:0x080) .....                      | 122 |
| 9 I <sup>2</sup> C .....                           | 125 |
| 9.1 I <sup>2</sup> C 简介 .....                      | 125 |
| 9.2 I <sup>2</sup> C 操作说明 .....                    | 126 |
| 9.2.1 主机模式 .....                                   | 126 |

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 9.2.2 从机模式.....                                  | 127 |
| 9.2.3 I <sup>2</sup> C 中断源.....                  | 127 |
| 9.3 I <sup>2</sup> C 寄存器.....                    | 128 |
| 9.3.1 I2Cx_CR (CSR:0x160/0x170)(x = 1/2) .....   | 128 |
| 9.3.2 I2Cx_ID (CSR:0x161/0x171)(x = 1/2).....    | 129 |
| 9.3.3 I2Cx_DR (CSR:0x162/0x172)(x = 1/2) .....   | 129 |
| 9.3.4 I2Cx_SR (CSR:0x163/0x173)(x = 1/2).....    | 130 |
| 9.3.5 I2Cx_BAUD (CSR:0x164/0x174)(x = 1/2).....  | 132 |
| 10 SPI.....                                      | 133 |
| 10.1 SPI1 和 SPI2 简介.....                         | 133 |
| 10.2 SPI 操作说明 .....                              | 133 |
| 10.2.1 信号说明 .....                                | 133 |
| 10.2.2 主输出、从输入(MOSI).....                        | 133 |
| 10.2.3 主输入、从输出(MISO).....                        | 133 |
| 10.2.4 串行时钟(SCLK).....                           | 134 |
| 10.2.5 片选信号(NSS) .....                           | 134 |
| 10.2.6 单线半双工(SLINE) .....                        | 135 |
| 10.2.7 SPI 主机模式 .....                            | 135 |
| 10.2.7.1 主机模式配置.....                             | 136 |
| 10.2.8 SPI 从机模式 .....                            | 136 |
| 10.2.8.1 从机模式配置.....                             | 137 |
| 10.2.9 SPI 中断源 .....                             | 137 |
| 10.2.10 串行时钟时序 .....                             | 137 |
| 10.3 SPI 寄存器.....                                | 138 |
| 10.3.1 SPIx_CR (CSR:0x180/0x190)(x = 1/2) .....  | 138 |
| 10.3.2 SPIx_SR (CSR:0x181/0x191)(x = 1/2) .....  | 140 |
| 10.3.3 SPIx_CLK (CSR:0x182/0x192)(x = 1/2) ..... | 142 |
| 10.3.4 SPIx_DR (CSR:0x183/0x193)(x = 1/2).....   | 143 |
| 11 UART.....                                     | 144 |
| 11.1 UART1 和 UART2 简介 .....                      | 144 |
| 11.2 UART1 和 UART2 操作说明.....                     | 144 |
| 11.2.1 模式 0 .....                                | 144 |



|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 11.2.2 模式 1 .....                                              | 145 |
| 11.2.3 模式 2 .....                                              | 145 |
| 11.2.4 模式 3 .....                                              | 145 |
| 11.3 UART1 和 UART2 中断源 .....                                   | 146 |
| 11.4 UART 寄存器 .....                                            | 146 |
| 11.4.1 UT <sub>x</sub> _CR0 (CSR:0x0140/0x150)(x = 1/2) .....  | 146 |
| 11.4.2 UT <sub>x</sub> _CR1 (CSR:0x0141/0x151)(x = 1/2) .....  | 147 |
| 11.4.3 UT <sub>x</sub> _DR (CSR:0x0142/0x152)(x = 1/2) .....   | 148 |
| 11.4.4 UT <sub>x</sub> _BAUD (CSR:0x0143/0x153)(x = 1/2) ..... | 149 |
| 11.5 串行帧通讯寄存器 .....                                            | 149 |
| 11.5.1 SF_CR (0x144) .....                                     | 149 |
| 11.5.2 SF_SR (0x145) .....                                     | 150 |
| 11.5.3 SF_BAUD (0x146) .....                                   | 151 |
| 12 BISS .....                                                  | 153 |
| 12.1 BISS 协议概述 .....                                           | 153 |
| 12.2 BISS 寄存器 .....                                            | 154 |
| 12.2.1 BISS_CLK_CNT (CSR: 0x701) .....                         | 154 |
| 12.2.2 BISS_OVERTIME_CNT (CSR: 0x702) .....                    | 154 |
| 12.2.3 BISS_DATA_LEN (CSR: 0x703) .....                        | 155 |
| 12.2.4 BISS_STATE (CSR: 0x704) .....                           | 155 |
| 12.2.5 BISS_SDATAL (CSR: 0x705) .....                          | 156 |
| 12.2.6 BISS_SDATAH (CSR: 0x706) .....                          | 156 |
| 13 LIN .....                                                   | 157 |
| 13.1 LIN 简介 .....                                              | 157 |
| 13.2 LIN 从机操作说明 .....                                          | 157 |
| 13.3 睡眠和唤醒 .....                                               | 158 |
| 13.4 错误侦测与处理 .....                                             | 159 |
| 13.5 波特率模式切换 .....                                             | 159 |
| 13.6 其它事项 .....                                                | 159 |
| 13.7 LIN 寄存器 .....                                             | 160 |
| 13.7.1 LIN_CR (CSR:0x1A0) .....                                | 160 |
| 13.7.2 LIN_SR (CSR:0x1A1) .....                                | 161 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 13.7.3 LIN_CSR (CSR:0x1A2) .....     | 164 |
| 13.7.4 LIN_ID (CSR:0x1A3) .....      | 165 |
| 13.7.5 LIN_SIZE (CSR:0x1A4) .....    | 165 |
| 13.7.6 LIN_BAUD (CSR:0x1A5) .....    | 166 |
| 13.7.7 LIN_IDLECNT (CSR:0x1A6) ..... | 166 |
| 13.7.8 LIN_BKCNT (CSR:0x1A7) .....   | 166 |
| 14 CAN .....                         | 168 |
| 14.1 CAN 简介 .....                    | 168 |
| 14.2 物理特性 .....                      | 168 |
| 14.3 帧结构 .....                       | 169 |
| 14.4 CAN 控制器总体描述 .....               | 171 |
| 14.5 主要特点 .....                      | 171 |
| 14.6 工作模式 .....                      | 172 |
| 14.6.1 复位模式 .....                    | 172 |
| 14.6.2 正常模式 .....                    | 172 |
| 14.6.3 睡眠模式 .....                    | 172 |
| 14.7 功能描述 .....                      | 172 |
| 14.7.1 位时间特性 .....                   | 172 |
| 14.8 发送管理 .....                      | 173 |
| 14.8.1 发送优先级 .....                   | 174 |
| 14.8.2 发送中止 .....                    | 174 |
| 14.8.3 禁止自动重传模式 .....                | 175 |
| 14.9 接收管理 .....                      | 175 |
| 14.9.1 接收过滤 .....                    | 175 |
| 14.9.1.1 标准帧单过滤器模式 .....             | 176 |
| 14.9.1.2 扩展帧单过滤器模式 .....             | 176 |
| 14.9.1.3 标准帧双过滤器模式 .....             | 176 |
| 14.9.1.4 扩展帧双过滤器模式 .....             | 177 |
| 14.9.2 错误管理 .....                    | 177 |
| 14.9.3 CANFD 操作 .....                | 178 |
| 14.9.4 传输延迟补偿 .....                  | 179 |
| 14.10 CAN 中断事件 .....                 | 180 |
| 14.11 测试模式 .....                     | 182 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 14.11.1 自测模式 .....                                           | 182 |
| 14.11.2 监听模式 .....                                           | 182 |
| 14.11.3 自测监听模式 .....                                         | 183 |
| 14.12 CAN 寄存器 .....                                          | 184 |
| 14.12.1 CAN_CR0 (CSR:0x1C0) .....                            | 184 |
| 14.12.2 CAN_CR1 (CSR:0x1C1) .....                            | 185 |
| 14.12.3 CAN_STS (CSR:0x1C2) .....                            | 186 |
| 14.12.4 CAN_IER (CSR:0x1C3) .....                            | 187 |
| 14.12.5 CAN_IFR (CSR:0x1C4) .....                            | 188 |
| 14.12.6 CAN_TSPT (CSR:0x1C5) .....                           | 190 |
| 14.12.7 CAN_NBTR (CSR:0x1C6) .....                           | 191 |
| 14.12.8 CAN_DBTR (CSR:0x1C7) .....                           | 191 |
| 14.12.9 CAN_TDCR (CSR:0x1C8) .....                           | 192 |
| 14.12.10 CAN_ACR (CSR:0x1C9) .....                           | 193 |
| 14.12.11 CAN_AMR (CSR:0x1CA) .....                           | 193 |
| 14.12.12 CAN_ERR (CSR:0x1CB) .....                           | 193 |
| 14.12.13 CAN_ERLIM (CSR:0x1CC) .....                         | 194 |
| 14.12.14 CAN_TMSTA (CSR:0x1CD) .....                         | 195 |
| 14.12.15 CAN_TMIDx (CSR:0x1CE/0x1D0/0x1D2) (x = 0/1/2) ..... | 198 |
| 14.12.16 CAN_TMDTx (CSR:0x1CF/0x1D1/0x1D3) (x = 0/1/2) ..... | 199 |
| 14.12.17 CAN_TX0DATx (0x400000A0 + x*4) .....                | 199 |
| 14.12.18 CAN_TX1DATx (0x400000E0 + x*4) .....                | 200 |
| 14.12.19 CAN_TX2DATx (0x40000120 + x*4) .....                | 200 |
| 14.12.20 CAN_RXIDx (0x40000160 + x*72) .....                 | 201 |
| 14.12.21 CAN_RXDTx (0x40000164 + x*72) .....                 | 201 |
| 14.12.22 CAN_RX0DATx (0x40000168 + x*4) .....                | 202 |
| 14.12.23 CAN_RX1DATx (0x40000168 + x*4) .....                | 202 |
| 14.12.24 CAN_RX2DATx (0x40000168 + x*4) .....                | 203 |
| 15 DataMonitor .....                                         | 204 |
| 15.1 DataMonitor 简介 .....                                    | 204 |
| 15.2 DataMonitor 操作说明 .....                                  | 204 |
| 16 Timer2/5/6 .....                                          | 205 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 16.1 Timer2/5/6 操作说明.....                                       | 205 |
| 16.1.1 分频器.....                                                 | 205 |
| 16.2 TIMx_CNTR 的读写和计数.....                                      | 206 |
| 16.2.1 输出模式 .....                                               | 206 |
| 16.2.1.1 TIMx_ARR/TIMx_DR 的读写.....                              | 206 |
| 16.2.1.2 高/低电平输出模式 .....                                        | 206 |
| 16.2.1.3 PWM 输出.....                                            | 207 |
| 16.2.1.4 中断事件 .....                                             | 207 |
| 16.2.2 输入信号滤波和边沿检测.....                                         | 207 |
| 16.2.3 输入捕获模式.....                                              | 209 |
| 16.2.4 输入计数模式.....                                              | 210 |
| 16.2.5 QEP 输入模式&RSD 模式 .....                                    | 211 |
| 16.2.5.1 RSD 的比较器采样.....                                        | 212 |
| 16.2.5.2 步进模式 .....                                             | 212 |
| 16.2.6 QEP 输出模式.....                                            | 214 |
| 16.3 Timer2/5/6 寄存器.....                                        | 215 |
| 16.3.1 TIMx_CR0 (CSR:0x210/0x240/0x250) (x=2/5/6).....          | 215 |
| 16.3.2 TIMx_CR1 (CSR:0x211/0x241/0x251) (x=2/5/6).....          | 216 |
| 16.3.3 TIMx_IER (CSR:0x212/0x242/0x252) (x=2/5/6) .....         | 217 |
| 16.3.4 TIMx_SR (CSR:0x213/0x243/0x253) (x=2/5/6) .....          | 218 |
| 16.3.5 TIMx_CNTR (CSR:0x214/0x244/0x254) (x=2/5/6) .....        | 220 |
| 16.3.6 TIMx_DR (CSR:0x215/0x245/0x255) (x=2/5/6) .....          | 220 |
| 16.3.7 TIMx_ARR (CSR:0x216/0x246/0x256) (x=2/5/6) .....         | 221 |
| 16.3.8 TIM2_QEP_MNUM (CSR:0x217/0x247/0x257) (x=2/5/6) .....    | 221 |
| 16.3.9 TIMx_QEP_TNUM (CSR:0x218/0x248/0x258) (x=2/5/6) .....    | 222 |
| 16.3.10 TIMx_QEP_TS_EMP (CSR:0x219/0x249/0x259) (x=2/5/6) ..... | 222 |
| 16.3.11 TIMx_QEP_CNTR (CSR:0x21A/0x24A/0x25A) (x=2/5/6) .....   | 223 |
| 16.3.12 TIMx_QEP_ARR (CSR:0x21B/0x24B/0x25B) (x=2/5/6) .....    | 223 |
| 16.3.13 TIM2_CR2 (CSR:0x21C).....                               | 224 |
| 16.3.14 TIM5_CR2 (CSR:0x24C).....                               | 224 |
| 16.3.15 TIM6_CR2 (CSR:0x25C).....                               | 225 |
| 17 Timer3/4/7/8 .....                                           | 227 |
| 17.1 Timer3/4/7/8 操作说明.....                                     | 227 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1.1 分频器.....                                                    | 227 |
| 17.1.2 TIMx_CNTR 的读写和计数.....                                       | 228 |
| 17.1.3 输出模式 .....                                                  | 228 |
| 17.1.3.1 高/低电平输出模式 .....                                           | 228 |
| 17.1.3.2 PWM 输出.....                                               | 228 |
| 17.1.3.3 中断事件 .....                                                | 228 |
| 17.1.4 输入信号滤波和边沿检测.....                                            | 229 |
| 17.1.5 输入捕获模式.....                                                 | 230 |
| 17.2 Timer3/4/7/8 寄存器.....                                         | 231 |
| 17.2.1 TIMx_CR0 (CSR:0x220/0x230/0x260/0x270) (x = 3/4/7/8) .....  | 231 |
| 17.2.2 TIMx_CR1 (CSR:0x221/0x231/0x261/0x271) (x = 3/4/7/8) .....  | 232 |
| 17.2.3 TIMx_IER (CSR:0x222/0x232/0x262/0x272) (x = 3/4/7/8) .....  | 233 |
| 17.2.4 TIMx_SR (CSR:0x223/0x233/0x263/0x273) (x = 3/4/7/8) .....   | 233 |
| 17.2.5 TIMx_CNTR (CSR:0x224/0x234/0x264/0x274) (x = 3/4/7/8) ..... | 234 |
| 17.2.6 TIMx_DR (CSR:0x225/0x235/0x265/0x275) (x = 3/4/7/8).....    | 235 |
| 17.2.7 TIMx_ARR (CSR:0x226/0x236/0x266/0x276) (x = 3/4/7/8).....   | 235 |
| 18 ME.....                                                         | 236 |
| 18.1 ME 简介.....                                                    | 236 |
| 18.2 Driver 控制器.....                                               | 236 |
| 18.2.1 FU7512L Driver 简介.....                                      | 236 |
| 18.2.2 FU7541Q 3P3N Pre-driver 简介.....                             | 237 |
| 18.2.3 FU7562L 6N Pre-driver 简介.....                               | 238 |
| 18.2.4 计数比较 .....                                                  | 239 |
| 18.2.5 输出使能与极性控制.....                                              | 240 |
| 18.2.6 死区模块 .....                                                  | 241 |
| 18.3 FOC 电流环 .....                                                 | 241 |
| 18.3.1 参考输入 .....                                                  | 241 |
| 18.3.2 PI 控制 .....                                                 | 241 |
| 18.3.3 坐标转换 .....                                                  | 242 |
| 18.3.3.1 Park 逆变换.....                                             | 242 |
| 18.3.3.2 Clarke 变换.....                                            | 242 |
| 18.3.3.3 Park 变换 .....                                             | 243 |
| 18.3.4 SVPWM.....                                                  | 243 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 18.3.4.1 七段式 SVPWM.....     | 244 |
| 18.3.4.2 五段式 SVPWM.....     | 245 |
| 18.3.5 过调制.....             | 245 |
| 18.3.6 死区补偿 .....           | 245 |
| 18.3.7 电流电压采样.....          | 245 |
| 18.3.7.1 单电阻采样模式 .....      | 246 |
| 18.3.7.2 双/三电阻采样模式 .....    | 247 |
| 18.3.7.3 电流采样偏置.....        | 248 |
| 18.3.7.4 电流采样模式切换 .....     | 248 |
| 18.4 角度输出.....              | 249 |
| 18.4.1 观测器速度 .....          | 249 |
| 18.4.1.1 反电动势估算.....        | 249 |
| 18.4.1.2 启动 .....           | 250 |
| 18.4.2 高频注入 .....           | 251 |
| 18.4.3 磁链观测器 .....          | 251 |
| 18.4.3.1 一般磁链观测器 CFO.....   | 251 |
| 18.4.3.2 非线性磁链观测器 NFO.....  | 251 |
| 18.4.3.3 全阶磁链观测器 AFO.....   | 252 |
| 18.4.4 角度计算 .....           | 252 |
| 18.5 FOC 外环.....            | 252 |
| 18.6 爬坡计算.....              | 253 |
| 18.7 功率计算.....              | 254 |
| 18.8 弱磁 .....               | 254 |
| 18.9 端电压.....               | 255 |
| 18.10 UQ 注入 .....           | 255 |
| 18.11 软件调用 CORDIC .....     | 255 |
| 18.12 角度融合 .....            | 256 |
| 18.13 电流环解耦.....            | 256 |
| 18.14 ME 中断源 .....          | 257 |
| 18.14.1 Driver 比较匹配中断 ..... | 257 |
| 18.14.2 FG 中断.....          | 258 |
| 18.14.3 电机保护中断 .....        | 259 |
| 18.14.3.1 软件过流保护 .....      | 259 |
| 18.14.3.2 过/欠压保护 .....      | 259 |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 18.14.3.3 堵转保护 .....                                           | 260 |
| 18.14.3.4 缺相保护 .....                                           | 261 |
| 18.15 高速电压相位补偿 .....                                           | 262 |
| 18.16 ME 寄存器 .....                                             | 262 |
| 18.16.1 Driver 计数器寄存器 .....                                    | 262 |
| 18.16.1.1 DRVx_IER (CSR:0x542/0x582) (x = 1/2) .....           | 262 |
| 18.16.1.2 DRVx_IFR (CSR:0x543/0x583) (x = 1/2) .....           | 263 |
| 18.16.1.3 DRVx_CNTR (CSR:0x55A/0x59A) (x = 1/2) .....          | 264 |
| 18.16.1.4 DRVx_ARR (CSR:0x550/0x590) (x = 1/2) .....           | 264 |
| 18.16.1.5 DRVx_COMR (CSR:0x552/0x592) (x = 1/2) .....          | 265 |
| 18.16.1.6 DRVx_DR (CSR:0x551/0x591) (x = 1/2) .....            | 265 |
| 18.16.1.7 DRVx_COMUR (CSR:0x55D/0x59D) (x = 1/2) .....         | 266 |
| 18.16.1.8 DRVx_COMDR (CSR:0x55E/0x59E) (x = 1/2) .....         | 266 |
| 18.16.1.9 DRVx_CMPU1 (CSR:0x554/0x594) (x = 1/2) .....         | 267 |
| 18.16.1.10 DRVx_CMPD1 (CSR:0x555/0x595) (x = 1/2) .....        | 267 |
| 18.16.1.11 DRVx_CMPU2 (CSR:0x556/0x596) (x = 1/2) .....        | 268 |
| 18.16.1.12 DRVx_CMPD2 (CSR:0x557/0x597) (x = 1/2) .....        | 268 |
| 18.16.1.13 DRVx_CMPU3 (CSR:0x558/0x598) (x=1/2) .....          | 269 |
| 18.16.1.14 DRVx_CMPD3 (CSR:0x559/0x599) (x = 1/2) .....        | 269 |
| 18.16.2 FOC 控制状态寄存器 .....                                      | 271 |
| 18.16.2.1 ME_CR (CSR:0x500) .....                              | 271 |
| 18.16.2.2 DRVx_CR (CSR:0x540/0x580) (x = 1/2) .....            | 272 |
| 18.16.2.3 DRVx_OUT (CSR:0x541/0x581) (x = 1/2) .....           | 274 |
| 18.16.2.4 DRVx_CMUR (CSR:0x547/0x587) (x = 1/2) .....          | 275 |
| 18.16.2.5 NFOCx_CMURSH (0x30000276/0x30010276) (x = 1/2) ..... | 276 |
| 18.16.2.6 DRVx_FCR0 (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2) .....          | 276 |
| 18.16.2.7 DRVx_FCR1 (CSR:0x549/0x589) (x = 1/2) .....          | 278 |
| 18.16.2.8 DRVx_FCR2 (CSR:0x54A/0x58A) (x = 1/2) .....          | 280 |
| 18.16.2.9 DRVx_FCR3 (CSR:0x54B/0x58B) (x = 1/2) .....          | 282 |
| 18.16.2.10 DRVx_FCR4 (CSR:0x54C/0x58C) (x = 1/2) .....         | 283 |
| 18.16.2.11 DRVx_FCR5 (CSR:0x54D/0x58D) (x = 1/2) .....         | 284 |
| 18.16.3 时间与采样寄存器 .....                                         | 286 |
| 18.16.3.1 NFOCx_TS (0x30000278/0x30010278) (x = 1/2) .....     | 286 |
| 18.16.3.2 NFOCx_NTS (0x3000027A/0x3001027A) (x = 1/2) .....    | 286 |
| 18.16.3.3 NFOCx_TDLY (0x3000027C/0x3001027C) (x = 1/2) .....   | 287 |
| 18.16.3.4 NFOCx_TDLYD (0x3000027E/0x3001027E) (x = 1/2) .....  | 287 |
| 18.16.3.5 NFOCx_TDTC (0x300001B6/0x300101B6) (x = 1/2) .....   | 288 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.3.6 NFOCx_I1 (0x300001BC/0x300101BC) (x = 1/2).....       | 288 |
| 18.16.3.7 NFOCx_I2 (0x300001BE/0x300101BE) (x = 1/2).....       | 288 |
| 18.16.3.8 NFOCx_TRG1 (0x30000250/0x30010250) (x = 1/2) .....    | 289 |
| 18.16.3.9 NFOCx_TRG2 (0x30000252/0x30010252) (x = 1/2) .....    | 289 |
| 18.16.3.10 DRVx_TRG1 (CSR:0x55B/0x59B) (x = 1/2) .....          | 290 |
| 18.16.3.11 DRVx_TRG2 (CSR:0x55C/0x59C) (x = 1/2) .....          | 290 |
| 18.16.3.12 NFOCx_DLYCNT (0x30000396/0x30010396) (x = 1/2) ..... | 290 |
| 18.16.3.13 NFOCx_ARR (0x30000280/0x30010280) (x = 1/2) .....    | 291 |
| 18.16.3.14 NFOCx_OSCNT (0x3000037E/0x3001037E) (x = 1/2).....   | 291 |
| 18.16.3.15 NFOCx_OSSUM (0x30000380/0x30010380) (x = 1/2).....   | 292 |
| 18.16.3.16 NFOCx_CSAM (0x3000038E/ 0x3001038E) (x = 1/2).....   | 292 |
| 18.16.4 电压寄存器 .....                                             | 293 |
| 18.16.4.1 NFOCx_UDC (0x30000000/0x30010000) (x = 1/2) .....     | 293 |
| 18.16.4.2 NFOCx_UDCK (0x30000002/0x30010002) (x = 1/2).....     | 293 |
| 18.16.4.3 NFOCx_UDCFLT (0x30000004/0x30010004) (x = 1/2).....   | 294 |
| 18.16.4.4 NFOCx_UDCD (0x30000294/0x30010294) (x = 1/2) .....    | 294 |
| 18.16.4.5 NFOCx_UDCQ (0x30000296/0x30010296) (x = 1/2) .....    | 294 |
| 18.16.4.6 NFOCx_UALPHA (0x30000220/0x30010220) (x = 1/2).....   | 295 |
| 18.16.4.7 NFOCx_UBETA (0x30000222/0x30010222) (x = 1/2) .....   | 295 |
| 18.16.4.8 NFOCx_UDCALP (0x300000A4/0x300100A4) (x = 1/2).....   | 296 |
| 18.16.4.9 NFOCx_UDCBET (0x300000A6/0x300100A6) (x = 1/2).....   | 296 |
| 18.16.4.10 NFOCx_UALORG (0x30000118/0x30010118) (x = 1/2).....  | 297 |
| 18.16.4.11 NFOCx_UBEORG (0x3000011A/0x3001011A) (x = 1/2).....  | 297 |
| 18.16.4.12 NFOCx_UALCPS (0x300001DC/0x300101DC) (x = 1/2).....  | 298 |
| 18.16.4.13 NFOCx_UBECPS (0x300001DE/0x300101DE) (x = 1/2) ..... | 298 |
| 18.16.4.14 NFOCx_OMUNIT (0x3000038C/0x3001038C) (x = 1/2) ..... | 299 |
| 18.16.5 端电压采样寄存器 .....                                          | 300 |
| 18.16.5.1 NFOCx_USOMEK (0x3000025C/0x3001025C) (x = 1/2).....   | 300 |
| 18.16.5.2 NFOCx_UA (0x3000025E/0x3001025E) (x = 1/2).....       | 300 |
| 18.16.5.3 NFOCx_UB (0x30000260/0x30010260) (x = 1/2).....       | 300 |
| 18.16.5.4 NFOCx_UC (0x30000262/0x30010262) (x = 1/2).....       | 301 |
| 18.16.5.5 NFOCx_USK (0x30000264/0x30010264) (x = 1/2) .....     | 301 |
| 18.16.5.6 NFOCx_USOUS (0x30000266/0x30010266) (x = 1/2).....    | 302 |
| 18.16.6 电流寄存器 .....                                             | 303 |
| 18.16.6.1 NFOCx_IA (0x300001C0/0x300101C0) (x = 1/2).....       | 303 |
| 18.16.6.2 NFOCx_IB (0x300001C2/0x300101C2) (x = 1/2).....       | 303 |
| 18.16.6.3 NFOCx_IC (0x300001C4/0x300101C4) (x = 1/2).....       | 303 |
| 18.16.6.4 NFOCx_IAMAX (0x300001C8/0x300101C8) (x = 1/2) .....   | 304 |



|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.6.5 NFOCx_IBMAX (0x300001CA/0x300101CA) (x = 1/2) .....   | 304 |
| 18.16.6.6 NFOCx_ICMAX (0x300001C6/0x300101C6) (x = 1/2) .....   | 305 |
| 18.16.6.7 NFOCx_IAREF (0x30000008/0x30010008) (x = 1/2) .....   | 305 |
| 18.16.6.8 NFOCx_IBREF (0x3000000A/0x3001000A) (x = 1/2) .....   | 306 |
| 18.16.6.9 NFOCx_ICREF (0x3000000C/0x3001000C) (x = 1/2) .....   | 306 |
| 18.16.6.10 NFOCx_IALPHA (0x30000134/0x30010134) (x = 1/2) ..... | 307 |
| 18.16.6.11 NFOCx_IBETA (0x30000136/0x30010136) (x = 1/2) .....  | 307 |
| 18.16.6.12 NFOCx_ID (0x30000138/0x30010138) (x = 1/2) .....     | 307 |
| 18.16.6.13 NFOCx_IQ (0x3000013A/0x3001013A) (x = 1/2) .....     | 308 |
| 18.16.6.14 NFOCx_IDFLT (0x3000013C/0x3001013C) (x = 1/2) .....  | 308 |
| 18.16.6.15 NFOCx_IQFLT (0x30000154/0x30010154) (x = 1/2) .....  | 309 |
| 18.16.6.16 NFOCx_IDK (0x30000284/0x30010284) (x = 1/2) .....    | 309 |
| 18.16.6.17 NFOCx_IQK (0x30000286/0x30010286) (x = 1/2) .....    | 309 |
| 18.16.6.18 NFOCx_ISTA (0x30000208/0x30010208) (x = 1/2) .....   | 310 |
| 18.16.6.19 NFOCx_ISTB (0x3000020A/0x3001020A) (x = 1/2) .....   | 310 |
| 18.16.7 ITRIP 与功率寄存器 .....                                      | 311 |
| 18.16.7.1 NFOCx_IS (0x300003EC/0x300103EC) (x = 1/2) .....      | 311 |
| 18.16.7.2 NFOCx_ITREF (0x3000000E/0x3001000E) (x = 1/2) .....   | 311 |
| 18.16.7.3 NFOCx_ITFLT (0x300000D4/0x300100D4) (x = 1/2) .....   | 312 |
| 18.16.7.4 NFOCx_ITRIP (0x300000D8/0x300100D8) (x = 1/2) .....   | 312 |
| 18.16.7.5 NFOCx_POWER (0x300000DA/0x300100DA) (x = 1/2) .....   | 312 |
| 18.16.7.6 NFOCx_US (0x300000DC/0x300100DC) (x = 1/2) .....      | 313 |
| 18.16.7.7 NFOCx_ITK (0x300001D4/0x300101D4) (x = 1/2) .....     | 313 |
| 18.16.7.8 NFOCx_POWK1 (0x300001D6/0x300101D6) (x = 1/2) .....   | 314 |
| 18.16.7.9 NFOCx_POWK2 (0x300001D7/0x300101D7) (x = 1/2) .....   | 314 |
| 18.16.8 D 轴寄存器 .....                                            | 315 |
| 18.16.8.1 NFOCx_DKP (0x30000100/0x30010100) (x = 1/2) .....     | 315 |
| 18.16.8.2 NFOCx_DKI (0x30000102/0x30010102) (x = 1/2) .....     | 315 |
| 18.16.8.3 NFOCx_DMAX (0x30000104/0x30010104) (x = 1/2) .....    | 316 |
| 18.16.8.4 NFOCx_DMIN (0x30000106/0x30010106) (x = 1/2) .....    | 316 |
| 18.16.8.5 NFOCx_DEK (0x30000108/0x30010108) (x = 1/2) .....     | 317 |
| 18.16.8.6 NFOCx_DEK1 (0x3000010A/0x3001010A) (x = 1/2) .....    | 317 |
| 18.16.8.7 NFOCx_DUK (0x3000010C/0x3001010C) (x = 1/2) .....     | 317 |
| 18.16.8.8 NFOCx_IDREF (0x300001B8/0x300101B8) (x = 1/2) .....   | 318 |
| 18.16.8.9 NFOCx_UDCPS (0x300001CC/0x300101CC) (x = 1/2) .....   | 318 |
| 18.16.8.10 NFOCx_UDCPS1 (0x300003FC/0x300103FC) (x = 1/2) ..... | 319 |
| 18.16.8.11 NFOCx_UDK (0x30000370/0x30010370) (x = 1/2) .....    | 319 |
| 18.16.8.12 NFOCx_UDFLT (0x30000374/0x30010374) .....            | 319 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.8.13 NFOCx_UDFIN (0x3000021C/0x3001021C) (x = 1/2) .....     | 320 |
| 18.16.9 Q 轴寄存器 .....                                               | 321 |
| 18.16.9.1 NFOCx_QKP (0x30000120/0x30010120) (x = 1/2) .....        | 321 |
| 18.16.9.2 NFOCx_QKI (0x30000122/0x30010122) (x = 1/2) .....        | 321 |
| 18.16.9.3 NFOCx_QMAX (0x30000124/0x30010124) (x = 1/2) .....       | 322 |
| 18.16.9.4 NFOCx_QMIN (0x30000126/0x30010126) (x = 1/2) .....       | 322 |
| 18.16.9.5 NFOCx_QEK (0x30000128/0x30010128) (x = 1/2) .....        | 323 |
| 18.16.9.6 NFOCx_QEK1 (0x3000012A/0x3001012A) (x = 1/2) .....       | 323 |
| 18.16.9.7 NFOCx_QUK (0x3000012C/0x3001012C) (x = 1/2) .....        | 323 |
| 18.16.9.8 NFOCx_IQREF (0x300001BA/0x300101BA) (x = 1/2) .....      | 324 |
| 18.16.9.9 NFOCx_UQCPS (0x300001CE/0x300101CE) (x = 1/2) .....      | 324 |
| 18.16.9.10 NFOCx_UQCPS1 (0x300003FE/0x300103FE) (x = 1/2) .....    | 325 |
| 18.16.9.11 NFOCx_UQK (0x30000372/0x30010372) (x = 1/2) .....       | 325 |
| 18.16.9.12 NFOCx_UQFLT (0x30000378/0x30010378) (x = 1/2) .....     | 325 |
| 18.16.9.13 NFOCx_UQFIN (0x3000021E/0x3001021E) (x = 1/2) .....     | 326 |
| 18.16.10 弱磁寄存器 .....                                               | 327 |
| 18.16.10.1 NFOCx_FWKP (0x30000180/0x30010180) (x = 1/2) .....      | 327 |
| 18.16.10.2 NFOCx_FWKI (0x30000182/0x30010182) (x = 1/2) .....      | 327 |
| 18.16.10.3 NFOCx_FWMAX (0x30000184/0x30010184) (x = 1/2) .....     | 328 |
| 18.16.10.4 NFOCx_FWMIN (0x30000186/0x30010186) (x = 1/2) .....     | 328 |
| 18.16.10.5 NFOCx_FWEK (0x30000188/0x30010188) (x = 1/2) .....      | 329 |
| 18.16.10.6 NFOCx_FWEK1 (0x3000018A/0x3001018A) (x = 1/2) .....     | 329 |
| 18.16.10.7 NFOCx_FWUK (0x3000018C/0x3001018C) (x = 1/2) .....      | 329 |
| 18.16.10.8 NFOCx_KUSF (0x30000192/0x30010192) (x = 1/2) .....      | 330 |
| 18.16.10.9 NFOCx_FWREF (0x30000274/0x30010274) (x = 1/2) .....     | 330 |
| 18.16.10.10 NFOCx_FWIDR (0x3000037C/0x3001037C) (x = 1/2) .....    | 331 |
| 18.16.10.11 NFOCx_IDRLIM (0x300003B6/0x300103B6) (x = 1/2) .....   | 331 |
| 18.16.10.12 NFOCx_USFLT (0x300003F0/0x300103F0) (x = 1/2) .....    | 331 |
| 18.16.11 UQ 注入寄存器 .....                                            | 333 |
| 18.16.11.1 NFOCx_UIK0 (0x30000238/0x30010238) (x = 1/2) .....      | 333 |
| 18.16.11.2 NFOCx_UIK1 (0x3000023A/0x3001023A) (x = 1/2) .....      | 333 |
| 18.16.11.3 NFOCx_UIK2 (0x3000023C/0x3001023C) (x = 1/2) .....      | 334 |
| 18.16.11.4 NFOCx_UIK3 (0x3000023E/0x3001023E) (x = 1/2) .....      | 334 |
| 18.16.11.5 NFOCx_UITC0 (0x30000240/0x30010240) (x = 1/2) .....     | 334 |
| 18.16.11.6 NFOCx_UIUS0 (0x30000242/0x30010242) (x = 1/2) .....     | 335 |
| 18.16.11.7 NFOCx_UITC1 (0x30000244/0x30010244) (x = 1/2) .....     | 335 |
| 18.16.11.8 NFOCx_UIUS1 (0x30000246/0x30010246) (x = 1/2) .....     | 336 |
| 18.16.11.9 NFOCx_UITC2 (CSR:0x30000248/0x30010248) (x = 1/2) ..... | 336 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.11.10 NFOCx_UIUS2 (0x3000024A/0x3001024A) (x = 1/2) ..... | 336 |
| 18.16.11.11 NFOCx_UITC3 (0x3000024C/0x3001024C) (x = 1/2) ..... | 337 |
| 18.16.11.12 NFOCx_UIUS3 (0x3000024E/0x3001024E) (x = 1/2) ..... | 337 |
| 18.16.12 高频注入寄存器 .....                                          | 338 |
| 18.16.12.1 NFOCx_HKP (0x300000E0/0x300100E0) (x = 1/2) .....    | 338 |
| 18.16.12.2 NFOCx_HKI (0x300000E2/0x300100E2) (x = 1/2) .....    | 338 |
| 18.16.12.3 NFOCx_HMAX (0x300000E4/0x300100E4) (x = 1/2) .....   | 339 |
| 18.16.12.4 NFOCx_HMIN (0x300000E6/0x300100E6) (x = 1/2) .....   | 339 |
| 18.16.12.5 NFOCx_HEK (0x300000E8/0x300100E8) (x = 1/2) .....    | 340 |
| 18.16.12.6 NFOCx_HEK1 (0x300000EA/0x300100EA) (x = 1/2) .....   | 340 |
| 18.16.12.7 NFOCx_HUK (0x300000EC/0x300100EC) (x = 1/2) .....    | 340 |
| 18.16.12.8 NFOCx_HALPHA (0x300000FC/0x300100FC) (x = 1/2) ..... | 341 |
| 18.16.12.9 NFOCx_HBETA (0x300000FE/0x300100FE) (x = 1/2) .....  | 341 |
| 18.16.12.10 NFOCx_HS (0x30000114/0x30010114) (x = 1/2) .....    | 342 |
| 18.16.12.11 NFOCx_ID0 (0x300000F4/0x300100F4) (x = 1/2) .....   | 342 |
| 18.16.12.12 NFOCx_IQ0 (0x300000F6/0x300100F6) (x = 1/2) .....   | 342 |
| 18.16.12.13 NFOCx_HTCOM (0x3000011E/0x3001011E) .....           | 343 |
| 18.16.13 观测器寄存器 .....                                           | 344 |
| 18.16.13.1 NFOCx_EKP (0x30000140/0x30010140) (x = 1/2) .....    | 344 |
| 18.16.13.2 NFOCx_EKI (0x30000142/0x30010142) (x = 1/2) .....    | 344 |
| 18.16.13.3 NFOCx_EMAX (0x30000144/0x30010144) (x = 1/2) .....   | 345 |
| 18.16.13.4 NFOCx_EMIN (0x30000146/0x30010146) (x = 1/2) .....   | 345 |
| 18.16.13.5 NFOCx_EEK (0x30000148/0x30010148) (x = 1/2) .....    | 346 |
| 18.16.13.6 NFOCx_EEK1 (0x3000014A/0x3001014A) (x = 1/2) .....   | 346 |
| 18.16.13.7 NFOCx_EUK (0x3000014C/0x3001014C) (x = 1/2) .....    | 346 |
| 18.16.13.8 NFOCx_EK1 (0x300001A8/0x300101A8) (x = 1/2) .....    | 347 |
| 18.16.13.9 NFOCx_EK2 (0x300001AA/0x300101AA) (x = 1/2) .....    | 347 |
| 18.16.13.10 NFOCx_EK3 (0x300001AC/0x300101AC) (x = 1/2) .....   | 348 |
| 18.16.13.11 NFOCx_EK4 (0x300001AE/0x300101AE) (x = 1/2) .....   | 348 |
| 18.16.14 SMO 寄存器 .....                                          | 349 |
| 18.16.14.1 NFOCx_KSLIDE (0x300001B0/0x300101B0) (x = 1/2) ..... | 349 |
| 18.16.14.2 NFOCx_MAXERR (0x300001B2/0x300101B2) (x = 1/2) ..... | 349 |
| 18.16.14.3 NFOCx_MERRRE (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2) ..... | 350 |
| 18.16.15 低速观测器寄存器 .....                                         | 351 |
| 18.16.15.1 NFOCx_LK1 (0x300001EC/0x300101EC) (x = 1/2) .....    | 351 |
| 18.16.15.2 NFOCx_LK2 (0x300001EE/0x300101EE) (x = 1/2) .....    | 351 |
| 18.16.15.3 NFOCx_LK3 (0x300001F0/0x300101F0) (x = 1/2) .....    | 351 |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.15.4 NFOCx_LK4 (0x300001F2/0x300101F2) (x = 1/2) .....     | 352 |
| 18.16.15.5 NFOCx_LK5 (0x300001F4/0x300101F4) (x = 1/2) .....     | 352 |
| 18.16.15.6 NFOCx_LK6 (0x300001F6/0x300101F6) (x = 1/2) .....     | 353 |
| 18.16.15.7 NFOCx_LED (0x300001F8/0x300101F8) (x = 1/2) .....     | 353 |
| 18.16.15.8 NFOCx_LEQ (0x300001FA/0x300101FA) (x = 1/2) .....     | 353 |
| 18.16.15.9 NFOCx_LOME (0x300001FC/0x300101FC) (x = 1/2) .....    | 354 |
| 18.16.16 磁链观测器寄存器 .....                                          | 355 |
| 18.16.16.1 NFOCx_AFKP (0x300000C0/0x300100C0) (x = 1/2) .....    | 355 |
| 18.16.16.2 NFOCx_AFKI (0x300000C2/0x300100C2) (x = 1/2) .....    | 355 |
| 18.16.16.3 NFOCx_AFMAX (0x300000C4/0x300100C4) (x = 1/2) .....   | 356 |
| 18.16.16.4 NFOCx_AFMIN (0x300000C6/0x300100C6) (x = 1/2) .....   | 356 |
| 18.16.16.5 NFOCx_AFEK (0x300000C8/0x300100C8) (x = 1/2) .....    | 356 |
| 18.16.16.6 NFOCx_AFEK1 (0x300000CA/0x300100CA) (x = 1/2) .....   | 357 |
| 18.16.16.7 NFOCx_AFUK (0x300000CC/0x300100CC) (x = 1/2) .....    | 357 |
| 18.16.16.8 NFOCx_AFRPAH (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2) .....  | 358 |
| 18.16.16.9 NFOCx_AFRPBH (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2) .....  | 358 |
| 18.16.16.10 NFOCx_AFKDF (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2) .....  | 358 |
| 18.16.16.11 NFOCx_AFKAF (0x3000017E/0x3001017E) (x = 1/2) .....  | 359 |
| 18.16.16.12 NFOCx_FEK5 (0x300001B0/0x300101B0) (x = 1/2) .....   | 359 |
| 18.16.16.13 NFOCx_FEK6 (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2) .....   | 360 |
| 18.16.16.14 NFOCx_FEK7 (0x300001BC/0x300101BC) (x = 1/2) .....   | 360 |
| 18.16.16.15 NFOCx_FEK8 (0x300001BE/0x300101BE) (x = 1/2) .....   | 360 |
| 18.16.16.16 NFOCx_AFTHE (0x30000254/0x30010254) (x = 1/2) .....  | 361 |
| 18.16.17 速度与角度寄存器 .....                                          | 362 |
| 18.16.17.1 NFOCx_EALPHA (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2) .....  | 362 |
| 18.16.17.2 NFOCx_EBETA (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2) .....   | 362 |
| 18.16.17.3 NFOCx_ETHERTA (0x30000178/0x30010178) (x = 1/2) ..... | 362 |
| 18.16.17.4 NFOCx_ZALORG (0x3000017C/0x3001017C) (x=1/2) .....    | 363 |
| 18.16.17.5 NFOCx_ZBEORG (0x3000017E/0x3001017E) (x=1/2) .....    | 363 |
| 18.16.17.6 NFOCx_EMF (0x300001E0/0x300101E0) (x = 1/2) .....     | 364 |
| 18.16.17.7 NFOCx_OMEGA (0x30000204/0x30010204) (x = 1/2) .....   | 364 |
| 18.16.17.8 NFOCx_FTCK (0x3000019E/0x3001019E) (x = 1/2) .....    | 364 |
| 18.16.17.9 NFOCx_FGBASE (0x300001D8/0x300101D8) (x = 1/2) .....  | 365 |
| 18.16.17.10 NFOCx_OMEMI2 (0x300001A2/0x300101A2) (x = 1/2) ..... | 365 |
| 18.16.17.11 NFOCx_THECOM (0x300001A4/0x300101A4) (x = 1/2) ..... | 366 |
| 18.16.17.12 NFOCx_FTCOM (0x300001A6/0x300101A6) (x = 1/2) .....  | 366 |
| 18.16.17.13 NFOCx_OMEFLT (0x3000020C/0x3001020C) (x = 1/2) ..... | 367 |
| 18.16.17.14 NFOCx_OMEFL2 (0x30000210/0x30010210) (x = 1/2) ..... | 367 |

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.17.15 NFOCx_ZALPHA (0x30000214/0x30010214) (x=1/2) .....      | 367 |
| 18.16.17.16 NFOCx_ZBETA (0x30000216/0x30010216) (x=1/2) .....       | 368 |
| 18.16.17.17 NFOCx_KLPF (0x30000218/0x30010218) (x = 1/2) .....      | 368 |
| 18.16.17.18 NFOCx_FTCPS (CSR:0x30000268/0x30010268) (x = 1/2) ..... | 369 |
| 18.16.17.19 NFOCx_FTHETA (0x3000026A/0x3001026A) (x = 1/2) .....    | 369 |
| 18.16.17.20 NFOCx_ITHETA (0x300003EE/0x300103EE) (x = 1/2) .....    | 370 |
| 18.16.17.21 NFOCx_THETA (0x30000158/0x30010158) (x = 1/2) .....     | 370 |
| 18.16.17.22 NFOCx_OTHETA (0x30000258/0x30010258) (x = 1/2) .....    | 370 |
| 18.16.17.23 NFOCx_DELOTHE (0x3000028C/0x3001028C) (x = 1/2) .....   | 371 |
| 18.16.17.24 NFOCx_DELETEHE (0x30000290/0x30010290) (x = 1/2) .....  | 371 |
| 18.16.17.25 NFOCx_UTHETA (0x300000DE/0x300100DE) (x = 1/2) .....    | 372 |
| 18.16.17.26 NFOCx_FBASE (0x300001A0/0x300101A0) (x = 1/2) .....     | 372 |
| 18.16.18 OMEGA 启动寄存器 .....                                          | 373 |
| 18.16.18.1 NFOCx_OMEGAK (0x30000288/0x30010288) (x = 1/2) .....     | 373 |
| 18.16.18.2 NFOCx_OMEK2 (0x3000028A/0x3001028A) (x = 1/2) .....      | 373 |
| 18.16.18.3 NFOCx_OMEACC (0x30000194/0x30010194) (x = 1/2) .....     | 374 |
| 18.16.18.4 NFOCx_OMEEND (0x30000198/0x30010198) (x = 1/2) .....     | 374 |
| 18.16.18.5 NFOCx_OMEMIN (0x3000019C/0x3001019C) (x = 1/2) .....     | 374 |
| 18.16.19 外环寄存器 .....                                                | 376 |
| 18.16.19.1 NFOCx_WKP (0x30000160/0x30010160) (x = 1/2) .....        | 376 |
| 18.16.19.2 NFOCx_WKI (0x30000162/0x30010162) (x = 1/2) .....        | 376 |
| 18.16.19.3 NFOCx_WMAX (0x30000164/0x30010164) (x = 1/2) .....       | 377 |
| 18.16.19.4 NFOCx_WMIN (0x30000166/0x30010166) (x = 1/2) .....       | 377 |
| 18.16.19.5 NFOCx_WEK (0x30000168/0x30010168) (x = 1/2) .....        | 378 |
| 18.16.19.6 NFOCx_WEK1 (0x3000016A/0x3001016A) (x = 1/2) .....       | 378 |
| 18.16.19.7 NFOCx_WUK (0x3000016C/0x3001016C) (x = 1/2) .....        | 378 |
| 18.16.19.8 NFOCx_WREF (0x300001D0/0x300101D0) (x = 1/2) .....       | 379 |
| 18.16.19.9 NFOCx_WFDB (0x300001D2/0x300101D2) (x = 1/2) .....       | 379 |
| 18.16.19.10 NFOCx_WUCPS (0x3000033C/0x3001033C) (x = 1/2) .....     | 380 |
| 18.16.19.11 NFOCx_WUFIN (0x3000033E/0x3001033E) (x = 1/2) .....     | 380 |
| 18.16.20 爬坡寄存器 .....                                                | 381 |
| 18.16.20.1 NFOCx_RATAR (0x300001E4/0x300101E4) (x = 1/2) .....      | 381 |
| 18.16.20.2 NFOCx_RAOUT (0x300001E6/0x300101E6) (x = 1/2) .....      | 381 |
| 18.16.20.3 NFOCx_RAINC (0x300001E8/0x300101E8) (x = 1/2) .....      | 382 |
| 18.16.20.4 NFOCx_RADEC (0x300001EA/0x300101EA) (x = 1/2) .....      | 382 |
| 18.16.21 电机保护寄存器 .....                                              | 383 |
| 18.16.21.1 DRVx_PER (CSR:0x544/0x584) (x = 1/2) .....               | 383 |

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.21.2 DRVx_PTR (CSR:0x545/0x585) (x = 1/2) .....             | 384 |
| 18.16.21.3 DRVx_PSR (CSR:0x546/0x586) (x = 1/2) .....             | 385 |
| 18.16.21.4 NFOCx_IRLOW (0x30000010/0x30010010) (x = 1/2) .....    | 386 |
| 18.16.21.5 NFOCx_IRUPP (0x30000012/0x30010012) (x = 1/2) .....    | 387 |
| 18.16.21.6 NFOCx_OVP (0x30000014/0x30010014) (x = 1/2) .....      | 387 |
| 18.16.21.7 NFOCx_OVPARR (0x30000016/0x30010016) (x = 1/2) .....   | 388 |
| 18.16.21.8 NFOCx_OVPCNT (0x30000017/0x30010017) (x = 1/2) .....   | 388 |
| 18.16.21.9 NFOCx_UVP (0x30000018/0x30010018) (x = 1/2) .....      | 388 |
| 18.16.21.10 NFOCx_UVPARR (0x3000001A/0x3001001A) (x = 1/2) .....  | 389 |
| 18.16.21.11 NFOCx_UVPCNT (0x3000001B/0x3001001B) (x = 1/2) .....  | 389 |
| 18.16.21.12 NFOCx_SOCP (0x3000001C/0x3001001C) (x = 1/2) .....    | 390 |
| 18.16.21.13 NFOCx_SOCPARR (0x3000001E/0x3001001E) (x = 1/2) ..... | 390 |
| 18.16.21.14 NFOCx_SOCPCNT (0x3000001F/0x3001001F) (x = 1/2) ..... | 391 |
| 18.16.21.15 NFOCx_LKSMIN (0x30000020/0x30010020) (x = 1/2) .....  | 391 |
| 18.16.21.16 NFOCx_LKSMAX (0x30000022/0x30010022) (x = 1/2) .....  | 392 |
| 18.16.21.17 NFOCx_LOCKK (0x30000024/0x30010024) (x = 1/2) .....   | 392 |
| 18.16.21.18 NFOCx_LKARR (0x30000028/0x30010028) (x = 1/2) .....   | 393 |
| 18.16.21.19 NFOCx_LKCNT (0x3000002A/0x3001002A) (x = 1/2) .....   | 393 |
| 18.16.21.20 NFOCx_NCURRE (0x3000002C/0x3001002C) (x = 1/2) .....  | 393 |
| 18.16.21.21 NFOCx_PLK (0x3000002E/0x3001002E) (x = 1/2) .....     | 394 |
| 18.16.22 CORDIC 寄存器 .....                                         | 395 |
| 18.16.22.1 ME_COR (CSR:0x50C) .....                               | 395 |
| 18.16.22.2 NFOCx_XI0 (0x30000030/0x30010030) (x=1/2) .....        | 397 |
| 18.16.22.3 NFOCx_YI0 (0x30000032/0x30010032) (x = 1/2) .....      | 397 |
| 18.16.22.4 NFOCx_THETA0 (0x30000036/0x30010036) (x = 1/2) .....   | 398 |
| 18.16.22.5 NFOCx_XO0 (0x30000038/0x30010038) (x = 1/2) .....      | 398 |
| 18.16.22.6 NFOCx_YO0 (0x3000003A/0x3001003A) (x = 1/2) .....      | 399 |
| 18.16.22.7 NFOCx_XI1 (0x3000003C/0x3001003C) (x = 1/2) .....      | 399 |
| 18.16.22.8 NFOCx_YI1 (0x3000003E/0x3001003E) (x = 1/2) .....      | 399 |
| 18.16.22.9 NFOCx_THETA1 (0x30000042/0x30010042) (x = 1/2) .....   | 400 |
| 18.16.22.10 NFOCx_XO1 (0x30000044/0x30010044) (x = 1/2) .....     | 400 |
| 18.16.22.11 NFOCx_YO1 (0x30000046/0x30010046) (x = 1/2) .....     | 401 |
| 18.16.22.12 NFOCx_XI2 (0x30000048/0x30010048) (x = 1/2) .....     | 401 |
| 18.16.22.13 NFOCx_YI2 (0x3000004A/0x3001004A) (x = 1/2) .....     | 401 |
| 18.16.22.14 NFOCx_US2 (0x3000004C/0x3001004C) (x = 1/2) .....     | 402 |
| 18.16.22.15 NFOCx_THETA2 (0x3000004E/0x3001004E) (x = 1/2) .....  | 402 |
| 18.16.22.16 NFOCx_XI3 (0x30000050/0x30010050) (x = 1/2) .....     | 403 |
| 18.16.22.17 NFOCx_YI3 (0x30000052/0x30010052) (x = 1/2) .....     | 403 |



|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.16.22.18 NFOCx_US3 (0x30000054/0x30010054) (x = 1/2) .....    | 403 |
| 18.16.22.19 NFOCx_THETA3 (0x30000056/0x30010056) (x = 1/2) ..... | 404 |
| 18.16.23 角度融合寄存器 .....                                           | 405 |
| 18.16.23.1 NFOCx_HTHETA (0x30000116/0x30010116)(x = 1/2).....    | 405 |
| 18.16.23.2 NFOCx_ATHETA (0x300001E2/0x300101E2)(x = 1/2) .....   | 405 |
| 18.16.23.3 NFOCx_FUWEI (0x3000021A/0x3001021A)(x = 1/2).....     | 406 |
| 18.16.23.4 NFOCx_FUMAX (0x300003E8/0x300103E8)(x = 1/2).....     | 406 |
| 18.16.23.5 NFOCx_FUMIN (0x300003EA/0x300103EA)(x = 1/2) .....    | 407 |
| 18.16.24 电流环解耦寄存器 .....                                          | 408 |
| 18.16.24.1 NFOCx_CVK1 (0x300003CC/0x300103CC)(x = 1/2) .....     | 408 |
| 18.16.24.2 NFOCx_CVK2 (0x300003E0/0x300103E0)(x = 1/2) .....     | 408 |
| 18.16.24.3 NFOCx_CVK3 (0x300003CE/0x300103CE)(x = 1/2) .....     | 408 |
| 18.16.24.4 NFOCx_CVDK4 (0x300003D0/0x300103D0)(x = 1/2).....     | 409 |
| 18.16.24.5 NFOCx_CVDK5 (0x300003D4/0x300103D4)(x = 1/2) .....    | 409 |
| 18.16.24.6 NFOCx_CVQK4 (0x300003D2/0x300103D2)(x = 1/2).....     | 410 |
| 18.16.24.7 NFOCx_CVQK5 (0x300003D6/0x300103D6)(x = 1/2).....     | 410 |
| 18.16.24.8 NFOCx_CVKI2D (0x30000112/0x30010112)(x = 1/2) .....   | 410 |
| 18.16.24.9 NFOCx_CVKI2Q (0x30000132/0x30010132)(x = 1/2).....    | 411 |
| 18.16.24.10 NFOCx_CVDULO (0x30000302/0x30010302)(x = 1/2) .....  | 411 |
| 18.16.24.11 NFOCx_CVQULO (0x3000032A/0x3001032A)(x = 1/2) .....  | 412 |
| 18.16.24.12 NFOCx_UDCMAX (0x300003E4/0x300103E4)(x = 1/2) .....  | 412 |
| 18.16.24.13 NFOCx_UDCMIN (0x300003E6/0x300103E6)(x = 1/2) .....  | 412 |
| 18.16.24.14 NFOCx_UDCLIM (0x300003E2/0x300103E2)(x = 1/2) .....  | 413 |
| 18.16.24.15 NFOCx_CVDUK (0x30000110/0x30010110).....             | 413 |
| 18.16.24.16 NFOCx_CVKI2D (0x30000112/0x30010112) .....           | 414 |
| 18.16.24.17 NFOCx_CVQUK (0x30000130/0x30010130).....             | 414 |
| 18.16.24.18 NFOCx_DCOM (0x300003D8/0x300103D8)(x = 1/2) .....    | 414 |
| 18.16.24.19 NFOCx_DAS (0x300003DA/0x300103DA)(x = 1/2).....      | 415 |
| 18.16.24.20 NFOCx_QCOM (0x300003DC/0x300103DC)(x = 1/2).....     | 415 |
| 18.16.24.21 NFOCx_QAS (0x300003DE/0x300103DE)(x = 1/2).....      | 416 |
| 18.16.24.22 NFOCx_DUKF (0x300003F4/0x300103F4)(x = 1/2) .....    | 416 |
| 18.16.24.23 NFOCx_QUKF (0x300003F6/0x300103F6)(x = 1/2) .....    | 416 |
| 19 PFC .....                                                     | 418 |
| 19.1 PFC 操作说明.....                                               | 418 |
| 19.1.1 简介 .....                                                  | 418 |
| 19.1.2 电压误差补偿模块 .....                                            | 419 |
| 19.1.3 电压前馈补偿模块 .....                                            | 419 |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 19.1.4 平均电压 UAVG 的计算 .....                               | 419 |
| 19.1.5 电流误差补偿模块 .....                                    | 420 |
| 19.1.6 电流前馈补偿模块 .....                                    | 421 |
| 19.1.7 电流采样校正模块 .....                                    | 422 |
| 19.1.8 PWM 输出模块 .....                                    | 422 |
| 19.1.9 过流保护与逐波限流 .....                                   | 424 |
| 19.2 UAC/IAC1/IAC2/UDC 采样 .....                          | 424 |
| 19.2.1 UDC 采样 .....                                      | 424 |
| 19.2.2 IAC1/IAC2 采样 .....                                | 424 |
| 19.2.3 UAC 采样 .....                                      | 425 |
| 19.3 PFC 寄存器 .....                                       | 426 |
| 19.3.1 PFC_CR0 (CSR:0x5C0) .....                         | 426 |
| 19.3.2 PFC_CR1 (CSR:0x5C1) .....                         | 428 |
| 19.3.3 PFC_CR2 (CSR:0x5C2) .....                         | 428 |
| 19.3.4 PFC_KM (CSR:0x5C3) .....                          | 430 |
| 19.3.5 UAC_CSO (CSR:0x5C4) .....                         | 430 |
| 19.3.6 IACx_CSO (CSR:0x5C5/CSR:0x5C6) (x = 1/2) .....    | 431 |
| 19.3.7 PFC_ARR (CSR:0x5C7) .....                         | 431 |
| 19.3.8 PFC_DRx (CSR:0x5C8/CSR:0x5C9) (x = 1/2) .....     | 432 |
| 19.3.9 UDC_ARR (CSR:0x5CA) .....                         | 432 |
| 19.3.10 PFC_TRGDLY (CSR:0x5CB) .....                     | 433 |
| 19.3.11 UDC_REF (CSR:0x5CC) .....                        | 433 |
| 19.3.12 UDC_UK (CSR:0x5CD) .....                         | 434 |
| 19.3.13 UDC_KP (CSR:0x5CE) .....                         | 434 |
| 19.3.14 UDC_KI (CSR:0x5CF) .....                         | 434 |
| 19.3.15 UDC_UKMAX (CSR:0x5D0) .....                      | 435 |
| 19.3.16 UDC_UKMIN (CSR:0x5D1) .....                      | 435 |
| 19.3.17 IACx_REF (CSR:0x5D2/CSR:0x5D8) (x = 1/2) .....   | 436 |
| 19.3.18 IACx_UK (CSR:0x5D3/CSR:0x5D9) (x = 1/2) .....    | 436 |
| 19.3.19 IACx_KP (CSR:0x5D4/CSR:0x5DA) (x = 1/2) .....    | 436 |
| 19.3.20 IACx_KI (CSR:0x5D5/CSR:0x5DB) (x = 1/2) .....    | 437 |
| 19.3.21 IACx_UKMAX (CSR:0x5D6/CSR:0x5DC) (x = 1/2) ..... | 437 |



|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 19.3.22 IACx_UKMIN (CSR:0x5D7/CSR:0x5DD) (x = 1/2) ..... | 438 |
| 19.3.23 PFC_UAC (CSR:0x5DE) .....                        | 438 |
| 19.3.24 PFC_IACx (CSR:0x5DF/CSR:0x5E0) (x = 1/2).....    | 438 |
| 19.3.25 PFC_UDC (CSR:0x5E1).....                         | 439 |
| 19.3.26 PFC_UAVG (CSR:0x5E2).....                        | 439 |
| 19.3.27 PFC_COM (CSR:0x5E3).....                         | 440 |
| 19.3.28 PFC_KCOM (CSR:0x5E4) .....                       | 440 |
| 19.3.29 PFC_DDCM (CSR:0x5E5) .....                       | 440 |
| 19.3.30 PFC_KDDCM (CSR:0x5E7) .....                      | 441 |
| 19.3.31 PFC_DCCMCSO (CSR:0x5E8).....                     | 441 |
| 19.3.32 PFC_KIACx (CSR:0x5E9/CSR:0x5EA) (x = 1/2).....   | 442 |
| 20 Systick .....                                         | 443 |
| 20.1 Systick 操作说明 .....                                  | 443 |
| 20.2 Systick 寄存器 .....                                   | 443 |
| 20.2.1 SYST_ARR (CSR:0x440).....                         | 443 |
| 20.2.2 SYST_SR (CSR:0x441) .....                         | 443 |
| 21 时钟.....                                               | 445 |
| 21.1 时钟简介.....                                           | 445 |
| 21.2 时钟操作说明 .....                                        | 445 |
| 21.2.1 内部快时钟操作说明.....                                    | 445 |
| 21.2.2 PLL 时钟操作说明 .....                                  | 446 |
| 21.2.2.1 PLL 时钟来自内部快时钟 .....                             | 446 |
| 21.2.2.2 PLL 时钟来自外部快时钟 .....                             | 446 |
| 21.2.2.2.1 外部快时钟晶体输入模式.....                              | 447 |
| 21.2.2.2.2 外部快时钟外部时钟输入模式.....                            | 447 |
| 21.2.2.3 内部慢时钟操作说明.....                                  | 449 |
| 21.2.3 时钟寄存器 .....                                       | 449 |
| 21.2.3.1 CCFG2 (CSR:0xFFD) .....                         | 449 |
| 21.2.3.2 CCFG3 (CSR:0xFFC) .....                         | 450 |
| 21.2.3.3 OSC_CR (CSR:0x463) .....                        | 451 |
| 21.2.3.4 OSC_SR (CSR: 0x464) .....                       | 452 |
| 21.3 时钟校准.....                                           | 453 |
| 21.3.1 时钟校准简介.....                                       | 453 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 21.3.2 时钟校准寄存器 .....              | 453 |
| 21.3.2.1 CAL_CR (CSR:0x462) ..... | 453 |
| 22 IWDT .....                     | 455 |
| 22.1 IWDT 主要性能 .....              | 455 |
| 22.2 IWDT 操作说明 .....              | 455 |
| 22.3 硬件 IWDT .....                | 456 |
| 22.4 键寄存器访问保护 .....               | 456 |
| 22.5 调试模式 .....                   | 456 |
| 22.6 IWDT 寄存器 .....               | 456 |
| 22.6.1 IWDT_KR (CSR:0x480) .....  | 456 |
| 22.6.2 IWDT_REL(CSR:0x481) .....  | 457 |
| 23 WWDT .....                     | 458 |
| 23.1 WWDT 简介 .....                | 458 |
| 23.2 WWDT 主要特性 .....              | 458 |
| 23.3 WWDT 功能描述 .....              | 458 |
| 23.3.1 启动看门狗 .....                | 459 |
| 23.3.2 控制递减计数器 .....              | 459 |
| 23.4 WWDT 寄存器 .....               | 461 |
| 23.4.1 WWDT_CR (CSR:0x4A0) .....  | 461 |
| 23.4.2 WWDT_CFR (CSR:0x4A1) ..... | 461 |
| 23.4.3 WWDT_SR (CSR:0x4A2) .....  | 462 |
| 24 RTC .....                      | 463 |
| 24.1 RTC 基本功能框图 .....             | 463 |
| 24.2 RTC 操作说明 .....               | 463 |
| 24.3 RTC 寄存器 .....                | 463 |
| 24.3.1 RTC_CR (CSR:0x460) .....   | 463 |
| 24.3.2 RTC_DR (CSR:0x461) .....   | 464 |
| 25 IO .....                       | 465 |
| 25.1 IO 简介 .....                  | 465 |
| 25.2 IO 配置说明 .....                | 465 |
| 25.3 IO 寄存器 .....                 | 465 |
| 25.3.1 PA_OE (CSR:0x001) .....    | 465 |

- 25.3.2 PB\_OE (CSR:0x011) ..... 466
  - 25.3.3 PC\_OE (CSR:0x021) ..... 466
  - 25.3.4 PD\_OE (CSR:0x031)..... 467
  - 25.3.5 PB\_AN (CSR:0x013) ..... 467
  - 25.3.6 PC\_AN (CSR:0x023) ..... 468
  - 25.3.7 PD\_AN (CSR:0x033)..... 468
  - 25.3.8 PA\_PU (CSR:0x002) ..... 469
  - 25.3.9 PB\_PU (CSR:0x012) ..... 469
  - 25.3.10 PC\_PU (CSR:0x022)..... 470
  - 25.3.11 PD\_PU (CSR:0x032)..... 470
  - 25.3.12 PA\_PL (CSR:0x003) ..... 471
  - 25.3.13 PH\_SEL (CSR:0x060)..... 471
  - 25.3.14 PH\_SEL1 (CSR:0x061) ..... 474
  - 25.3.15 PA (CSR:0x000) ..... 475
  - 25.3.16 PB (CSR:0x010) ..... 475
  - 25.3.17 PC (CSR:0x020) ..... 475
  - 25.3.18 PD (CSR:0x030) ..... 476
- 26 温度传感器..... 477
  - 26.1 温度传感器寄存器 ..... 478
    - 26.1.1 TSD\_CR (CSR:0x630)..... 478
    - 26.1.2 TSEN\_DR (CSR:0x631)..... 479
- 27 ADC ..... 480
  - 27.1 ADC 简介..... 480
  - 27.2 ADC 框图..... 480
  - 27.3 ADC 操作说明..... 483
    - 27.3.1 顺序采样模式..... 483
    - 27.3.2 触发采样模式..... 484
      - 27.3.2.1 ADC1 触发采样模式 ..... 484
      - 27.3.2.2 ADC2 触发采样模式 ..... 484
      - 27.3.2.3 ADC3 触发采样模式 ..... 484
    - 27.3.3 输出数据格式..... 484
  - 27.4 ADC 寄存器 ..... 485

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 27.4.1 ADCx_CR (CSR:0x660/0x670/0x680) (x = 1/2/3) .....   | 485 |
| 27.4.2 ADCx_MASK (CSR:0x661/0x671/0x681) (x = 1/2/3) ..... | 486 |
| 27.4.3 ADC1_SCYC (CSR:0x662) .....                         | 487 |
| 27.4.4 ADC2_SCYC (CSR:0x672) .....                         | 488 |
| 27.4.5 ADC3_SCYC (CSR:0x682) .....                         | 488 |
| 27.4.6 ADC1_DRx (0x40000040) .....                         | 489 |
| 27.4.7 ADC2_DRx (0x40000060) .....                         | 489 |
| 27.4.8 ADC3_DRx (CSR:0x683/0x684/0x685) (x = 0/1/2) .....  | 490 |
| 28 DAC .....                                               | 491 |
| 28.1 DAC 简介 .....                                          | 491 |
| 28.2 DAC0 功能说明 .....                                       | 491 |
| 28.3 DAC1 功能说明 .....                                       | 492 |
| 28.4 DAC2 功能说明 .....                                       | 493 |
| 28.5 DAC3 功能说明 .....                                       | 494 |
| 28.6 DAC4 功能说明 .....                                       | 495 |
| 28.7 DAC 寄存器 .....                                         | 496 |
| 28.7.1 DAC_CR (CSR:0x640) .....                            | 496 |
| 28.7.2 DAC0_DR (CSR:0x641) .....                           | 497 |
| 28.7.3 DAC1_DR (CSR:0x642) .....                           | 497 |
| 28.7.4 DAC2_DR (CSR:0x643) .....                           | 497 |
| 28.7.5 DAC3_DR (CSR:0x644) .....                           | 498 |
| 28.7.6 DAC4_DR (CSR:0x645) .....                           | 498 |
| 29 DMA .....                                               | 499 |
| 29.1 DMA 简介 .....                                          | 499 |
| 29.2 DMA 主要特性 .....                                        | 499 |
| 29.3 DMA 操作说明 .....                                        | 500 |
| 29.3.1 DMA 处理 .....                                        | 500 |
| 29.3.2 DMA 仲裁 .....                                        | 500 |
| 29.3.3 DMA 数据传输 .....                                      | 500 |
| 29.3.3.1 可编程的数据量 .....                                     | 500 |
| 29.3.3.2 指针增量 .....                                        | 500 |
| 29.3.3.3 循环模式 .....                                        | 501 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 29.3.3.4 数据大小端 .....                                            | 501 |
| 29.4 DMA 寄存器 .....                                              | 501 |
| 29.4.1 DMAx_CR (CSR:0x0A0/0x0B0/0x0C0/0x0D0/0x0E0/0x0F0) .....  | 501 |
| 29.4.2 DMAx_LEN (CSR:0x0A1/0x0B1/0x0C1/0x0D1/0x0E1/0x0F1) ..... | 503 |
| 29.4.3 DMAx_BA (CSR:0x0A2/0x0B2/0x0C2/0x0D2/0x0E2/0x0F2) .....  | 504 |
| 30 VREF .....                                                   | 505 |
| 30.1 VREF 模块的操作说明 .....                                         | 505 |
| 30.2 VREF 寄存器 .....                                             | 505 |
| 30.2.1 VREF_VHALF_CR (CSR:0x620) .....                          | 505 |
| 31 VHALF .....                                                  | 507 |
| 31.1 VHALF 模块的操作说明 .....                                        | 507 |
| 31.2 VHALF 寄存器 .....                                            | 507 |
| 32 运放 .....                                                     | 508 |
| 32.1 运放简介 .....                                                 | 508 |
| 32.2 运放操作说明 .....                                               | 508 |
| 32.2.1 母线电流采样运放(AMP0) .....                                     | 508 |
| 32.2.1.1 AMP0 普通模式 .....                                        | 508 |
| 32.2.1.2 AMP0 PGA 差分输入模式 .....                                  | 509 |
| 32.2.1.3 AMP0 PGA 单端输入模式 .....                                  | 509 |
| 32.2.2 母线电流采样运放(AMP4) .....                                     | 510 |
| 32.2.2.1 AMP4 普通模式 .....                                        | 510 |
| 32.2.2.2 AMP4 PGA 差分输入模式 .....                                  | 510 |
| 32.2.2.3 AMP4 PGA 单端输入模式 .....                                  | 510 |
| 32.2.3 相电流运放(AMP1) .....                                        | 511 |
| 32.2.3.1 AMP1 普通模式 .....                                        | 511 |
| 32.2.3.2 AMP1 PGA 差分输入模式 .....                                  | 511 |
| 32.2.3.3 AMP1 PGA 单端输入模式 .....                                  | 512 |
| 32.2.4 相电流运放(AMP2) .....                                        | 512 |
| 32.2.4.1 AMP2 普通模式 .....                                        | 512 |
| 32.2.4.2 AMP2 PGA 差分输入模式 .....                                  | 513 |
| 32.2.4.3 AMP2 PGA 单端输入模式 .....                                  | 513 |
| 32.2.5 相电流运放(AMP5) .....                                        | 514 |
| 32.2.5.1 AMP5 普通模式 .....                                        | 514 |
| 32.2.5.2 AMP5 PGA 差分输入模式 .....                                  | 514 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 32.2.5.3 AMP5 PGA 单端输入模式 .....   | 515 |
| 32.2.6 相电流运放(AMP6) .....         | 515 |
| 32.2.6.1 AMP6 普通模式 .....         | 515 |
| 32.2.6.2 AMP6 PGA 差分输入模式 .....   | 516 |
| 32.2.6.3 AMP6 PGA 单端输入模式 .....   | 516 |
| 32.2.7 运放 AMP3 .....             | 517 |
| 32.2.7.1 AMP3 普通模式 .....         | 517 |
| 32.2.7.2 AMP3 PGA 差分输入模式 .....   | 517 |
| 32.3 运放寄存器 .....                 | 518 |
| 32.3.1 AMP_CR0 (CSR:0x621) ..... | 518 |
| 32.3.2 AMP_CR1 (CSR:0x622) ..... | 519 |
| 33 比较器 .....                     | 522 |
| 33.1 比较器操作说明 .....               | 522 |
| 33.1.1 比较器 CMP3 .....            | 522 |
| 33.1.1.1 主电机过流保护 .....           | 524 |
| 33.1.1.2 主电机逐波限流 .....           | 524 |
| 33.1.2 比较器 CMP9 .....            | 526 |
| 33.1.2.1 从电机过流保护 .....           | 528 |
| 33.1.2.2 从电机逐波限流 .....           | 528 |
| 33.1.3 比较器 CMP4 .....            | 530 |
| 33.1.4 比较器 CMP10 .....           | 531 |
| 33.1.5 比较器 CMP5 .....            | 532 |
| 33.1.6 比较器 CMP11 .....           | 533 |
| 33.1.7 比较器组 CMPG1 .....          | 534 |
| 33.1.7.1 无内置电阻三比较器模式 .....       | 534 |
| 33.1.7.2 内置电阻三比较器模式 .....        | 534 |
| 33.1.7.3 差分三比较器模式 .....          | 536 |
| 33.1.7.4 双比较器模式 .....            | 536 |
| 33.1.8 比较器组 CMPG2 .....          | 537 |
| 33.1.8.1 无内置电阻三比较器模式 .....       | 537 |
| 33.1.8.2 内置电阻三比较器模式 .....        | 538 |
| 33.1.8.3 差分三比较器模式 .....          | 540 |
| 33.1.8.4 双比较器模式 .....            | 540 |
| 33.1.9 比较器采样 .....               | 541 |
| 33.2 比较器寄存器 .....                | 542 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 33.2.1 CMP_CR0 (CSR:0x600) .....      | 542 |
| 33.2.2 CMP_CR1 (CSR:0x601) .....      | 544 |
| 33.2.3 CMP_CR2 (CSR:0x602) .....      | 545 |
| 33.2.4 CMP_CR3 (CSR:0x603) .....      | 548 |
| 33.2.5 CMP_SR (CSR:0x604) .....       | 549 |
| 33.2.6 CMP_IFR (CSR:0x605) .....      | 550 |
| 33.2.7 CMP_SAMR (CSR:0x606) .....     | 552 |
| 33.2.8 CMP_DBR (CSR:0x607) .....      | 553 |
| 33.2.9 CMP_CR4 (CSR:0x608) .....      | 555 |
| 33.2.10 CMP_CR5 (CSR:0x609) .....     | 557 |
| 33.2.11 CMP_CR6 (CSR:0x60A) .....     | 558 |
| 34 电源模块 .....                         | 561 |
| 34.1 LDO .....                        | 561 |
| 34.1.1 FU7512L/FU7562L LDO 模块简介 ..... | 561 |
| 34.1.2 FU7541Q LDO 模块简介 .....         | 561 |
| 34.2 低压检测 .....                       | 562 |
| 34.2.1 低压检测简介 .....                   | 562 |
| 34.2.2 低压检测操作说明 .....                 | 562 |
| 34.3 低压检测寄存器 .....                    | 563 |
| 34.3.1 LVSR (CSR:0x408) .....         | 563 |
| 35 Flash .....                        | 565 |
| 35.1 Flash 简介 .....                   | 565 |
| 35.2 Flash 操作说明 .....                 | 565 |
| 35.3 ECC 校验 .....                     | 567 |
| 35.3.1 ECC 校验简介 .....                 | 567 |
| 35.4 Flash 寄存器 .....                  | 567 |
| 35.4.1 FLA_CR (CSR:0x4E1) .....       | 567 |
| 35.4.2 FLA_KEY (CSR:0x4E0) .....      | 569 |
| 35.4.3 FLA_ECC_CR (CSR:0x4F0) .....   | 569 |
| 35.4.4 FLA_ECC_SR (CSR:0x4F1) .....   | 570 |
| 36 CRC .....                          | 572 |
| 36.1 CRC 功能框图 .....                   | 572 |

- 36.2 CRC16 多项式..... 572
- 36.3 CRC16 基本逻辑图..... 572
- 36.4 CRC 操作说明 ..... 573
  - 36.4.1 计算单个字节的 CRC..... 573
  - 36.4.2 批量计算 ROM 数据 CRC..... 574
  - 36.4.3 DMA 计算 CRC..... 574
- 36.5 CRC 寄存器..... 575
  - 36.5.1 CRC\_DIN (CSR:0x1D8)..... 575
  - 36.5.2 CRC\_CR (CSR:0x1D9)..... 575
  - 36.5.3 CRC\_DR (CSR:0x1DA)..... 576
  - 36.5.4 CRC\_BEG (CSR:0x1DB)..... 577
  - 36.5.5 CRC\_CNT (CSR:0x1DC) ..... 577
- 37 休眠模式..... 578
  - 37.1 休眠模式简介 ..... 578
  - 37.2 休眠模式寄存器..... 579
    - 37.2.1 PCON(CSR:0x4D2)..... 579
- 38 代码保护 ..... 580
  - 38.1 代码保护简介 ..... 580
  - 38.2 代码保护操作说明 ..... 580
- 39 修订记录..... 582



## 符号及数字意义说明

---

- 寄存器后的[ ]表示寄存器中的位。例: ABCD[XY]表示ABCD寄存器中的XY位
- 寄存器名中的x表示类似寄存器。例: TIMx\_CR0表示TIM3\_CR0和TIM4\_CR0
- [m:n]表示位范围。例: [3:0]表示从bit3到bit0
- 寄存器读写特性表示:
  - R: 只读
  - W: 只写
  - R/W: 可读可写
  - W0: 只可写 0
  - W1: 只可写 1
- 默认值为 - 时, 表示该位为不定值或无效值
- 对读出和写入代表不同意义的寄存器, 不可使用RMW指令
- Q格式是一种使用定点数存储浮点数的方式。最高位为符号位, 数据低Q值的位数为数字小数部分分配的位数, 剩余位数为数字整数部分分配的位数。例: Q12格式, 15位为符号位, 14 ~ 12位为整数位, 11 ~ 0位为分数位。Q12格式数字的真实值为-8 ~ 7.9998(对应0x8000 ~ 0x7FFF)。

## 英文缩写及说明

|                  |                                                            |
|------------------|------------------------------------------------------------|
| ADC              | Analog to Digital Convertor 模数转换器                          |
| AFO              | All-order Flux Observer 全阶磁链观测器                            |
| AO               | Adaptive Observer 自适应观测器                                   |
| BEMF             | Back Electromotive Force 反电动势                              |
| BISS             | Bidirectional Synchronous Serial Interface 双向同步串行接口        |
| BLDC             | Brushless Direct Current 无刷直流电机                            |
| CAN              | Controller Area Network 控制器局域网                             |
| CFO              | Common Flux Observer 一般磁链观测器                               |
| CORDIC           | Coordinate Rotation Digital Computer 坐标旋转数字计算方法            |
| CRC              | Cyclic Redundancy Check 循环冗余校验功能                           |
| CSR              | Control and Status Register RISC-V 架构定义的一些控制和状态寄存器         |
| DAC              | Digital to Analog Convertor 数模转换器                          |
| DMA              | Direct Memory Access 不经过 CPU 直接与内存交换数据的方式                  |
| ECC              | Error-Correcting Code 错误校正码                                |
| FG               | Frequency Generator 频率发生器                                  |
| FICE             | Fortior Interactive Connectivity Establishment 峰昭专用交互式连接建立 |
| FOC              | Field Oriented Control 电机磁场定向控制法，也称矢量控制法                   |
| FOSC             | Fast Oscillator 内部快时钟                                      |
| GPIO             | General Purpose Input Output 通用输出输入端口                      |
| I <sup>2</sup> C | Inter Integrated Circuit 一种简单的双向二线制同步串行通信总线                |
| IC               | Integrated Circuit 集成电路                                    |
| IDE              | Integrated Development Environment 集成开发环境                  |
| LDO              | Low Dropout Regulator 低压差稳压电源                              |
| LIN              | Local Interconnect Network 一种低成本的串行通讯网络，用于实现汽车中的分布式系统      |
| LPF              | Low Pass Filter 低通滤波器                                      |
| LVD              | Low Voltage Detection 低电压检测                                |
| ME               | Motor Engine 峰昭特有电机驱动协处理器                                  |
| MSB              | Most Significant Bit 最高有效位                                 |

|        |                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| MOSFET | Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor 金属氧化物半导体场效应晶体管      |
| NC     | Not Connected 不连接                                                     |
| NFO    | Nonlinear Flux Observer 非线性磁链观测器                                      |
| PFC    | Power Factor Correction 功率因数校正                                        |
| PGA    | Programmable Gain Amplifier 可编程增益放大器                                  |
| PI/PID | Proportional Integral/Proportional Integral Derivative 比例积分/比例积分微分控制器 |
| PLL    | Phase Locked Loop 锁相环                                                 |
| PMSM   | Permanent Magnet Synchronous Motor 永磁同步电机                             |
| PRAM   | Program Random Access Memory 程序随机存取存储器                                |
| PWM    | Pulse Width Modulation 脉冲宽度调制                                         |
| QEP    | Quadrature Encoder Pulse 正交编码器                                        |
| RAM    | Random Access Memory 随机存储器                                            |
| RMW    | Read Modified Write 读-修改-写指令                                          |
| ROM    | Read Only Memory 只读存储器                                                |
| RSD    | Rotating State Detection 顺逆风状态检测                                      |
| RTC    | Real Time Clock 实时时钟                                                  |
| SAR    | Successive Approximation Register 逐次逼近寄存器                             |
| SCL    | Serial Clock Line 串行时钟线                                               |
| SDA    | Serial Data Line 串行数据线                                                |
| SMO    | Sliding Mode Observer 滑模观测器                                           |
| SOSC   | Slow Oscillator 低速振荡器，此处特指内部慢时钟                                       |
| SPI    | Serial Peripheral Interface 串行通信接口                                    |
| SRAM   | Static Random Access Memory 静态随机存储器                                   |
| SVPWM  | Space Vector PWM 空间矢量脉冲宽度调制                                           |
| TSD    | Temperature Sensor Detect 温度传感器检测                                     |
| UART   | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter 异步串行通信接口                  |
| WDT    | Watch Dog Timer 看门狗定时器                                                |
| WWDT   | Window Watch Dog Timer 窗口看门狗                                          |
| XRAM   | External RAM 外部随机存储器                                                  |
| XSFR   | External SFR 外部特殊功能寄存器                                                |

# 1 系统介绍

---

## 1.1 特性

- > 电源电压:
  - >> FU7512L
    - >>> 单电源模式: 外部电源从 VDD5 供电, 输入电压范围为 3V ~ 5.5V
  - >> FU7541Q
    - >>> VCC: 5V ~ 28V
    - >>> VDD5: 3V ~ 5.5V
  - >> FU7562L
    - >>> VCC: 10V ~ 20V
    - >>> VDD5: 3V ~ 5.5V
- > 双核: RISC-V内核和ME
- > 64kB Flash、带CRC校验功能、支持程序自烧录和代码保护功能
- > 12kB SRAM
- > 4kB PRAM, 此空间支持程序执行
- > ME: 包含FOC模块和CORDIC模块
- > 中断源, 可设为8个优先级
  - >> FU7512L: 32 个
  - >> FU7541Q: 28 个
  - >> FU7562L: 24 个
- > GPIO个数
  - >> FU7512L: 53 个
  - >> FU7541Q: 29 个
  - >> FU7562L: 22 个
- > 定时器:

- » Timer2/Timer5/Timer6 (FU7512L): PWM 输出、输入 PWM 的占空比和周期检测、输入设定 PWM 数的时间、正交编码器解码、顺逆风检测、步进电机的方向和速度检测
- » Timer5/Timer6 (FU7541Q): PWM 输出、输入 PWM 的占空比和周期检测、输入设定 PWM 数的时间、顺逆风检测
- » Timer6 (FU7562L): PWM 输出、输入 PWM 的占空比和周期检测、输入设定 PWM 数的时间、顺逆风检测
- » Timer3/Timer4/Timer7/Timer8: PWM 输出、输入 PWM 的占空比和周期检测。Timer4 支持 FG 输出模式, Timer3/Timer8 支持 96MHz 输入模式
- » SysTick 定时器
- » RTC 定时器
- > 通信接口:
  - » 2 个 SPI (适用于 FU7512L)
  - » 2 个 I<sup>2</sup>C (FU7541Q/FU7562L 仅支持 I<sup>2</sup>C1)
  - » 2 个 UART, 支持单线模式
  - » 1 个 LIN
  - » 1 个 CAN, 支持 CANFD
  - » 1 个 BISS (适用于 FU7512L)
  - » 6 通道 DMA, 支持 I<sup>2</sup>C/SPI/UART/LIN/DataMonitor 数据传输(不同型号支持的通信接口有所不同, 详见上述说明)
- > 模拟外设:
  - » 12位ADC: 1 $\mu$ s转换, 可选择内部VREF、外部VREF作参考电压
  - » ADC1通道数
    - »» FU7512L: 13 通道
    - »» FU7541Q: 11 通道(其中 AD1 通道 0/1 为内置通道)
    - »» FU7562L: 7 通道(其中 AD1 通道 0/1/4/11 为内置通道)
  - » ADC2通道数
    - »» FU7512L: 14 通道
    - »» FU7541Q: 7 通道(其中 AD2 通道 13 为内置通道)
    - »» FU7562L: 10 通道(其中 AD2 通道 1/13 为内置通道)

- » ADC3通道数
  - »» FU7512L: 3 通道
  - »» FU7541Q: 1 通道
  - »» FU7562L: 2 通道
- » 内置VREF参考, 可配置3V、4V、4.5V、VDD5
- » 内置VHALF(VREF/2、1/4 VREF、1/8 VREF、25/64 VREF)参考输出
- » 运算放大器, 可配置可编程增益放大器
  - »» FU7512L: 7 个
  - »» FU7541Q: 4 个
  - »» FU7562L: 5 个
- » 模拟比较器
  - »» FU7512L: 8 路
  - »» FU7541Q: 6 路
  - »» FU7562L: 4 路
- » DAC
  - »» FU7512L: 2 路 9 位, 1 路 8 位, 2 路 6 位
  - »» FU7541Q: 2 路 9 位, 1 路 8 位, 2 路 6 位(除 DAC0 外其余均为内置 DAC)
  - »» FU7562L: 2 路 9 位, 1 路 8 位 (DAC0 为内置 DAC)
- > 驱动类型
  - » FU7512L: 2\*PWM输出
  - » FU7541Q: 2\*3P3N Pre-driver输出
  - » FU7562L: 1\*6N Pre-driver输出
- > FOC驱动支持单电阻、双电阻、三电阻电流采样
- > 支持PFC
  - » 硬件全自动
  - » ADC自动采样
  - » 过流保护与逐波限流
  - » 交错两相升压PFC
- > 时钟

- » 内置24MHz高速RC振荡器
- » 内置32.8kHz低速RC振荡器
- » 支持外置12MHz晶体时钟
- » IWDG
- » WWDG
- > LVD
- > 温度传感器
- > 两线制FIC协议提供在线仿真功能

## 1.2 应用场景

### 应用领域

- > FU7512L: 双电机(洗烘一体、空调压缩机/室外机、汽车座椅滑轨、汽车天窗等)、伺服、汽车压缩机、汽车油泵
- > FU7541Q: 散热风扇、扫地机器人、割草机、翻转屏、吸尘器等
- > FU7562L: 空调室内机、油烟机、洗衣机、冰箱等

## 1.3 概述

FU7512\_41\_62 系列是一款集成电机控制引擎(ME)和 RISC-V 内核的高性能电机驱动专用芯片, ME 集成了 FOC 和 CORDIC 硬件模块, 可由硬件自动完成有感/无感 BLDC 电机/PMSM 的 FOC 驱动运算和控制; RISC-V 内核用于参数配置和日常事务处理, 双核并行工作实现各种高性能电机控制。芯片内部集成有高速运算放大器、比较器、高速 ADC、CRC、SPI (适用于 FU7512L)、I<sup>2</sup>C (FU7541Q/FU7562L 仅支持 I<sup>2</sup>C1)、UART、LIN、CANFD、DataMonitor、多种 Timer 等功能, 内置 LDO, 适用于 BLDC/PMSM 电机的 FOC 驱动控制。

以上为 FU7512\_41\_62 系列芯片的功能概述, 具体功能可能因型号不同而有所差异。详细信息请参考 2 引脚定义和 4 订购信息。

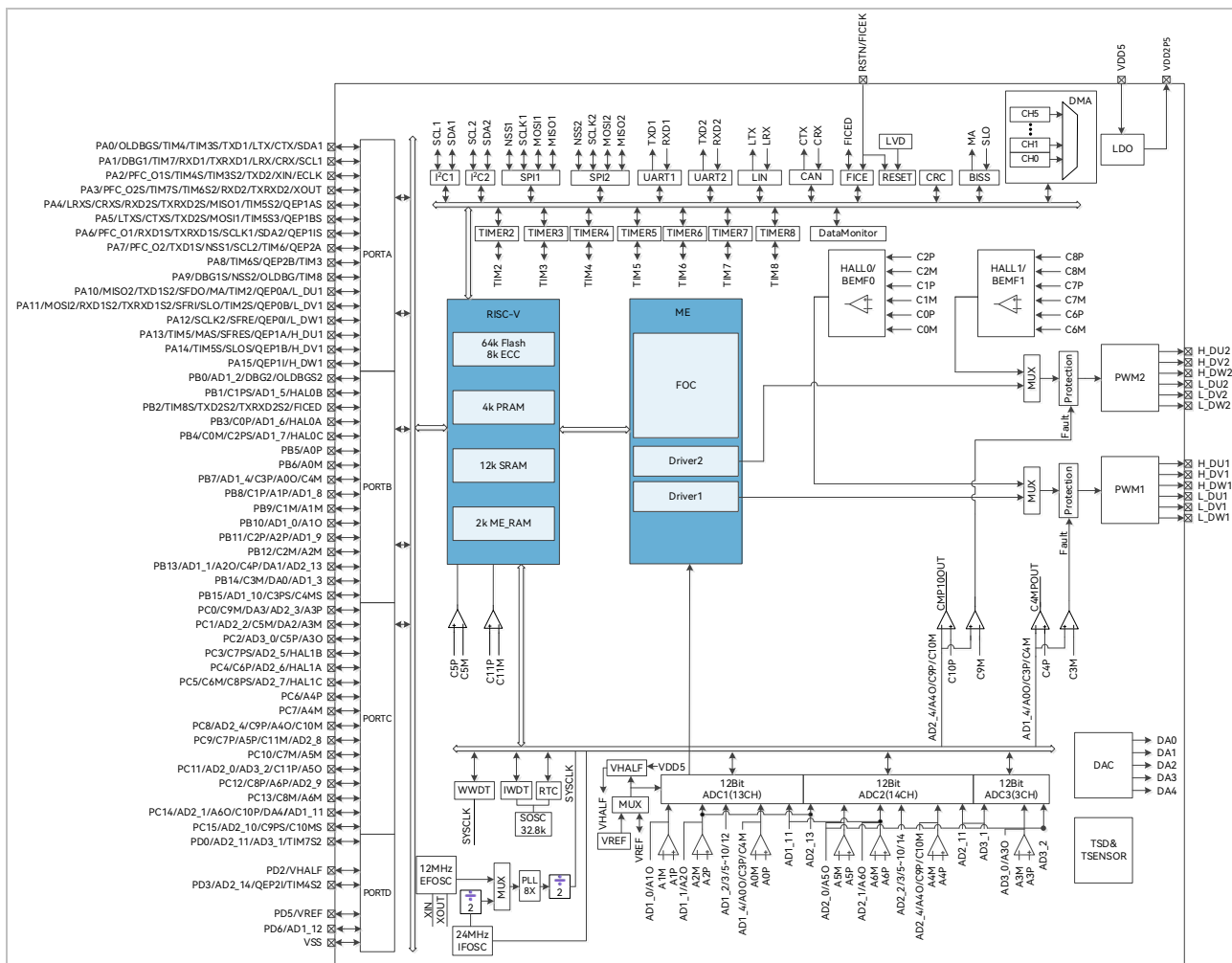
为便于描述和区分, 后续内容中若明确指明具体型号, 则表示该特性为该型号独有, 否则为 FU7512\_41\_62 系列芯片的共有特性。

- FU7512系列型号: FU7512L (LQFP64)
- FU7541系列型号: FU7541Q (QFN48)
- FU7562系列型号: FU7562L (LQFP52)

## 1.4 系统框图

### 1.4.1 FU7512L 功能框图

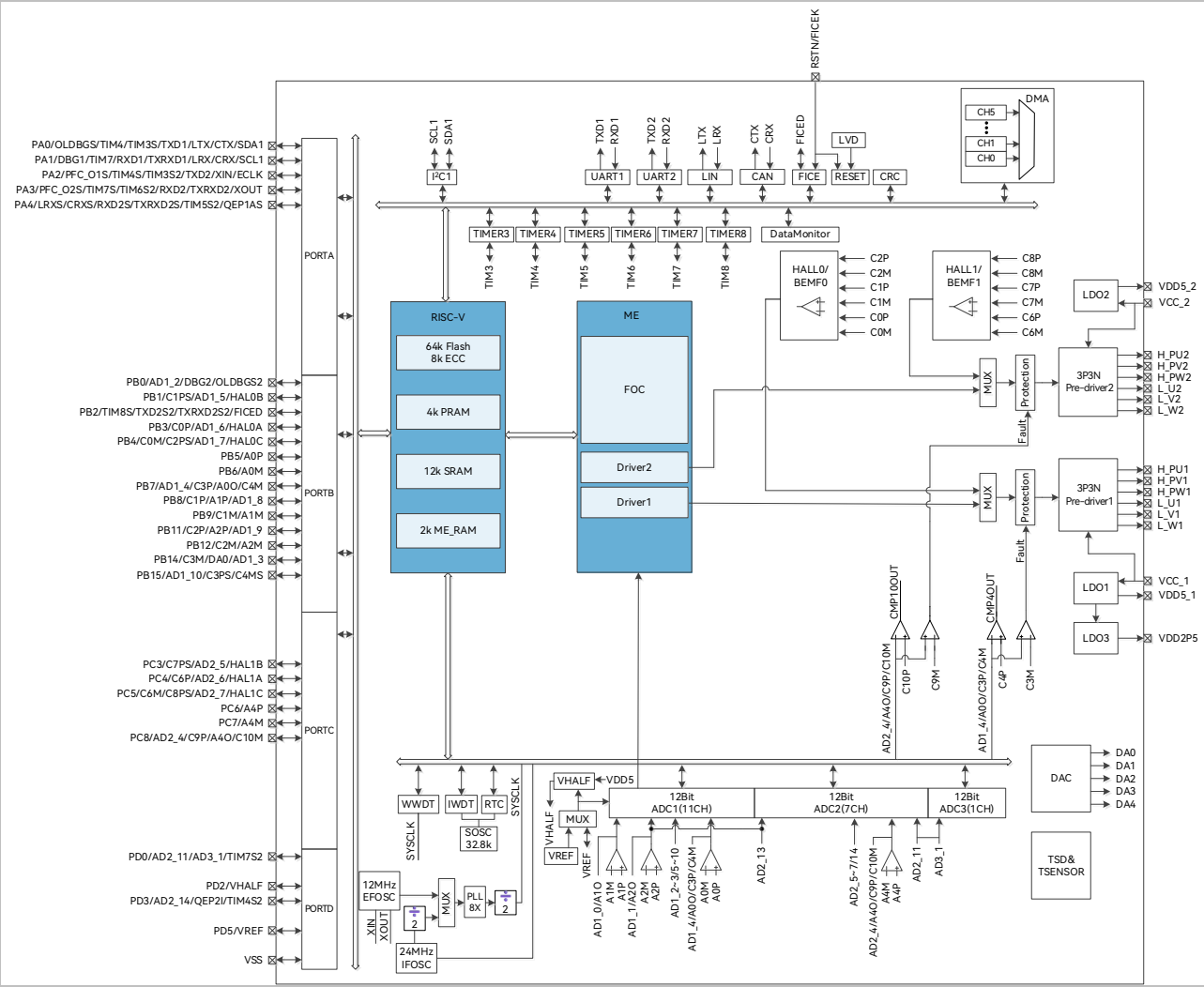
图 1-1 FU7512L 功能框图





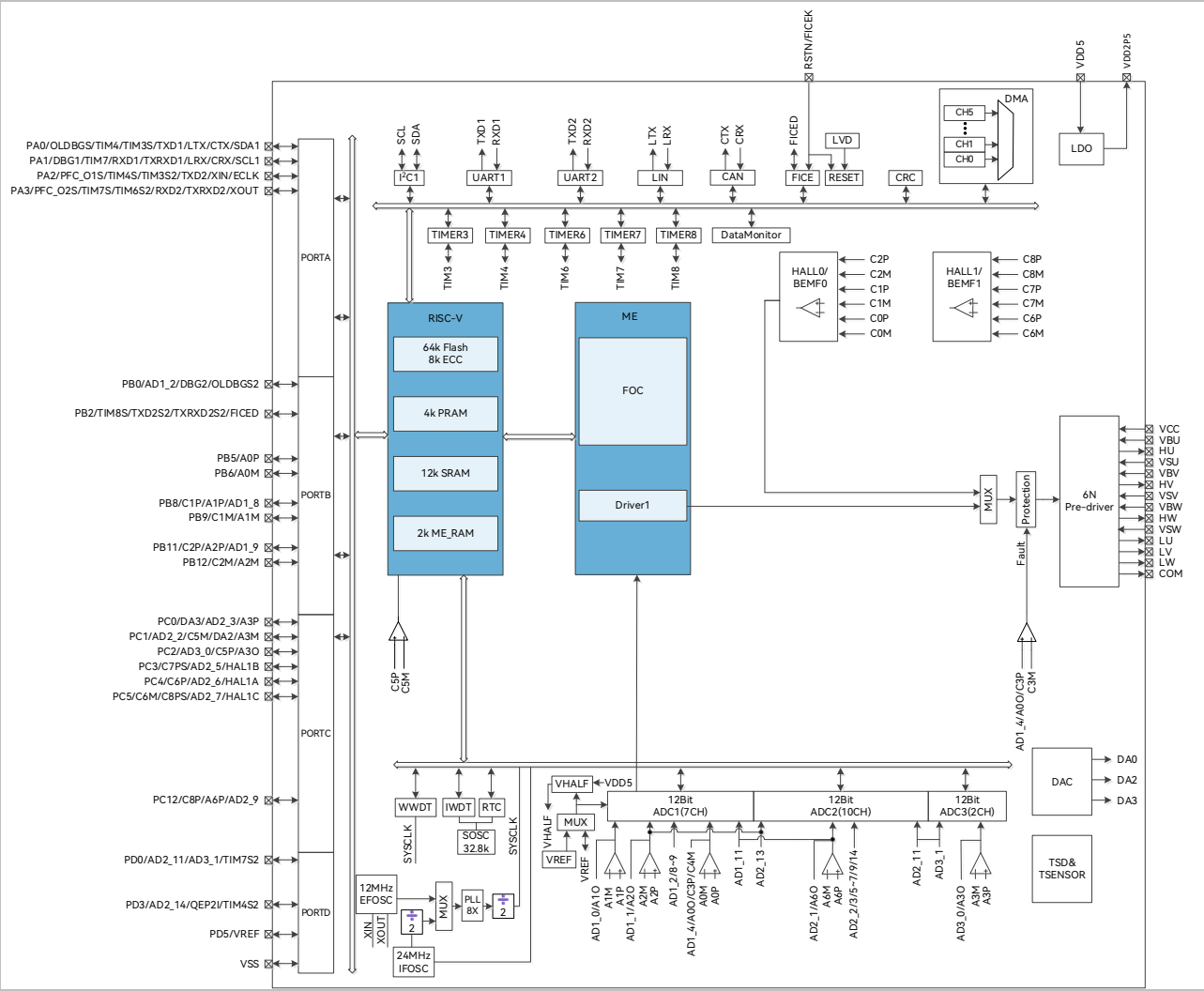
1.4.2 FU7541Q 功能框图

图 1-2 FU7541Q 功能框图



1.4.3 FU7562L 功能框图

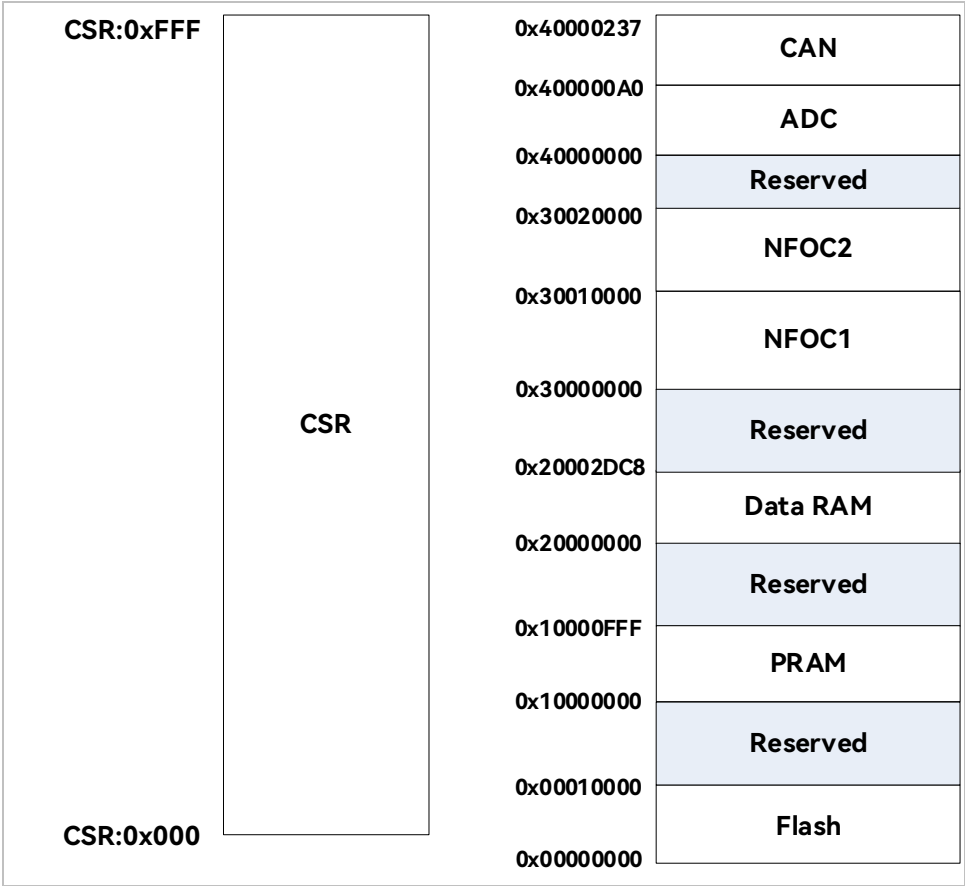
图 1-3 FU7562L 功能框图



## 1.5 Memory 空间

内部存储空间分为指令空间(Program Memory)和数据空间(Data Memory)，两个空间独立编址空间。

图 1-4 Memory 空间分配



### 1.5.1 CSR Memory

CSR（Control and Status Registers，控制和状态寄存器）是 RISC-V 架构中的一组特殊寄存器，用于管理和控制处理器的状态和行为。CSR 寄存器提供了对处理器内部功能和外部系统的编程访问。在 RISC-V 架构中，可以使用 CSRRW、CSRRS、CSRRC、CSRRWI、CSRRSI、CSRRCI 这六条指令来读取、写入和修改 CSR 寄存器中的值。

### 1.5.2 Flash

指令空间可寻址范围(0x00000000 ~ 0x0000FFFF)。指令空间存储介质为 Flash，用于存储控制程序。其中，0x00000000 ~ 0x0000007F 是中断向量入口，用于保存各个中断子程序的起始地址。最后一个扇区(0x0000FF00-0x0000FFFF)内配置有芯片内部控制位。

### 1.5.3 外设空间

外设空间用于存放外设模块相关数据存储。其中包括 NFOC 数据存储空间（0x30000000 ~ 0x3001FFFF）、ADC1 转换结果存储空间(0x40000040 ~ 0x4000005F)、ADC2 转换结果存储空间(0x40000060 ~ 0x4000007F)、CAN 收发数据存储空间(0x400000A0 ~ 0x40000237)。

### 1.5.4 Data Memory

数据空间用于用户存放变量等相关数据存储。数据空间存储地址范围为 0x20000000 ~ 0x20002DC7，如图 1-4 所示。

### 1.5.5 映射表

#### 1.5.5.1 CSR 地址映射表

表 1-1 CSR 地址映射

| Addr            | 0(8)    | 1(9)     | 2(A)    | 3(B)  | 4(C) | 5(D) | 6(E) | 7(F) |
|-----------------|---------|----------|---------|-------|------|------|------|------|
| 0x000           | PA      | PA_OE    | PA_PU   | PA_PL |      |      |      |      |
| 0x008           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x010           | PB      | PB_OE    | PB_PU   | PB_AN |      |      |      |      |
| 0x018           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x020           | PC      | PC_OE    | PC_PU   | PC_AN |      |      |      |      |
| 0x028           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x030           | PD      | PD_OE    | PD_PU   | PD_AN |      |      |      |      |
| 0x038~<br>0x058 | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x060           | PH_SEL  | PH_SEL1  |         |       |      |      |      |      |
| 0x068~<br>0x078 | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x080           | CK_CR   |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x088~<br>0x098 | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0A0           | DMA0_CR | DMA0_LEN | DMA0_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0A8           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0B0           | DMA1_CR | DMA1_LEN | DMA1_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0B8           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0C0           | DMA2_CR | DMA2_LEN | DMA2_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0C8           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0D0           | DMA3_CR | DMA3_LEN | DMA3_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0D8           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0E0           | DMA4_CR | DMA4_LEN | DMA4_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0E8           | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |
| 0x0F0           | DMA5_CR | DMA5_LEN | DMA5_BA |       |      |      |      |      |
| 0x0F8~          | RSV     |          |         |       |      |      |      |      |

| Addr             | 0(8)              | 1(9)                | 2(A)              | 3(B)             | 4(C)      | 5(D)      | 6(E)        | 7(F)              |
|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------|-----------|-------------|-------------------|
| 0x138            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x140            | UT1_CR0           | UT1_CR1             | UT1_DR            | UT1_BAUD         | SF_CR     | SF_SR     | SF_BAUD     |                   |
| 0x148            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x150            | UT2_CR0           | UT2_CR1             | UT2_DR            | UT2_BAUD         |           |           |             |                   |
| 0x158            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x160            | I2C1_CR           | I2C1_ID             | I2C1_DR           | I2C1_SR          | I2C1_BAUD |           |             |                   |
| 0x168            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x170            | I2C2_CR           | I2C2_ID             | I2C2_DR           | I2C2_SR          | I2C2_BAUD |           |             |                   |
| 0x178            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x180            | SPI1_CR           | SPI1_SR             | SPI1_CLK          | SPI1_DR          |           |           |             |                   |
| 0x188            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x190            | SPI2_CR           | SPI2_SR             | SPI2_CLK          | SPI2_DR          |           |           |             |                   |
| 0x198            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x1A0            | LIN_CR            | LIN_SR              | LIN_CSR           | LIN_ID           | LIN_SIZE  | LIN_BAUD  | LIN_IDLECNT | LIN_BKCNT         |
| 0x1A8~<br>0x1B8  | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x1C0            | CAN_CR0           | CAN_CR1             | CAN_STS           | CAN_IER          | CAN_IFR   | CAN_TSPT  | CAN_NBTR    | CAN_DBTR          |
| 0x1C8            | CAN_TDCR          | CAN_ACR             | CAN_AMR           | CAN_ERR          | CAN_ERLIM | CAN_TMSTA | CAN_TMID0   | CAN_TMDT0         |
| 0x1D0            | CAN_TMID1         | CAN_TMDT1           | CAN_TMID2         | CAN_TMDT2        |           |           |             |                   |
| 0x1D8            | CRC_DIN           | CRC_CR              | CRC_DR            | CRC_BEG          | CRC_CNT   |           |             |                   |
| 0x1E0~<br>0x208  | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x210            | TIM2_CR0          | TIM2_CR1            | TIM2_IER          | TIM2_SR          | TIM2_CNTR | TIM2_DR   | TIM2_ARR    | TIM2_QEP_<br>MNUM |
| 0x218            | TIM2_QEP_<br>TNUM | TIM2_QEP_<br>TS_EMP | TIM2_QEP_<br>CNTR | TIM2_QEP_<br>ARR | TIM2_CR2  |           |             |                   |
| 0x220            | TIM3_CR0          | TIM3_CR1            | TIM3_IER          | TIM3_SR          | TIM3_CNTR | TIM3_DR   | TIM3_ARR    |                   |
| 0x228            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x230            | TIM4_CR0          | TIM4_CR1            | TIM4_IER          | TIM4_SR          | TIM4_CNTR | TIM4_DR   | TIM4_ARR    |                   |
| 0x238            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x240            | TIM5_CR0          | TIM5_CR1            | TIM5_IER          | TIM5_SR          | TIM5_CNTR | TIM5_DR   | TIM5_ARR    | TIM5_QEP_<br>MNUM |
| 0x248            | TIM5_QEP_<br>TNUM | TIM5_QEP_<br>TS_EMP | TIM5_QEP_<br>CNTR | TIM5_QEP_<br>ARR | TIM5_CR2  |           |             |                   |
| 0x250            | TIM6_CR0          | TIM6_CR1            | TIM6_IER          | TIM6_SR          | TIM6_CNTR | TIM6_DR   | TIM6_ARR    | TIM6_QEP_<br>MNUM |
| 0x258            | TIM6_QEP_<br>TNUM | TIM6_QEP_<br>TS_EMP | TIM6_QEP_<br>CNTR | TIM6_QEP_<br>ARR | TIM6_CR2  |           |             |                   |
| 0x260            | TIM7_CR0          | TIM7_CR1            | TIM7_IER          | TIM7_SR          | TIM7_CNTR | TIM7_DR   | TIM7_ARR    |                   |
| 0x268            | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x270            | TIM8_CR0          | TIM8_CR1            | TIM8_IER          | TIM8_SR          | TIM8_CNTR | TIM8_DR   | TIM8_ARR    |                   |
| 0x278 ~<br>0x2F8 | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x300            | MIE               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x308~<br>0x3F8  | RSV               |                     |                   |                  |           |           |             |                   |
| 0x400            | PIE               | EXTI0IE             | EXTI1IE           | EXTI2IE          | EXTI0IF   | EXTI1IF   | EXTI2IF     | EXTI_TCON         |

| Addr            | 0(8)           | 1(9)           | 2(A)          | 3(B)      | 4(C)           | 5(D)           | 6(E)           | 7(F)           |
|-----------------|----------------|----------------|---------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0x408           | LVSR           | IP0            | IP1           | IP2       | IP3            | IP4            | IP5            | IP6            |
| 0x410           | IP7            | IP8            | IP9           | IP10      | IP11           | IP12           | IP13           | IP14           |
| 0x418           | IP15           | IP16           | IP17          | IP18      | IP19           | IP20           | IP21           | IP22           |
| 0x420           | IP23           | IP24           | IP25          | IP26      | IP27           | IP28           | IP29           | IP30           |
| 0x428           | IP31           |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x430~<br>0x438 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x440           | SYST_ARR       | SYST_SR        |               |           |                |                |                |                |
| 0x448~<br>0x458 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x460           | RTC_CR         | RTC_DR         | CAL_CR        | OSC_CR    | OSC_SR         |                |                |                |
| 0x468~<br>0x478 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x480           | IWDT_KR        | IWDT_REL       |               |           |                |                |                |                |
| 0x488~<br>0x498 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x4A0           | WWDT_CR        | WWDT_CFR       | WWDT_SR       |           |                |                |                |                |
| 0x4A8~<br>0x4C8 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x4D0           | RST_SR         | RST_CR         | PCON          |           |                |                |                |                |
| 0x4D8           | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x4E0           | FLA_KEY        | FLA_CR         |               |           |                |                |                |                |
| 0x4E8           | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x4F0           | FLA_ECC_<br>CR | FLA_ECC_<br>SR |               |           |                |                |                |                |
| 0x4F8           | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x500           | ME_CR          |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x508           |                |                |               |           | ME_COR         |                |                |                |
| 0x510~<br>0x538 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x540           | DRV1_CR        | DRV1_OUT       | DRV1_IER      | DRV1_IFR  | DRV1_PER       | DRV1_PTR       | DRV1_PSR       | DRV1_CMR       |
| 0x548           | DRV1_FCR0      | DRV1_FCR1      | DRV1_FCR2     | DRV1_FCR3 | DRV1_FCR4      | DRV1_FCR5      | DRV1_FCR6      | DRV1_FCR7      |
| 0x550           | DRV1_ARR       | DRV1_DR        | DRV1_<br>COMR | DRV1_DTR  | DRV1_<br>CMPU1 | DRV1_<br>CMPD1 | DRV1_<br>CMPU2 | DRV1_<br>CMPD2 |
| 0x558           | DRV1_<br>CMPU3 | DRV1_<br>CMPD3 | DRV1_CNTR     | DRV1_TRG1 | DRV1_TRG2      | DRV1_COM<br>UR | DRV1_COM<br>DR | DRV1_ARRSH     |
| 0x560~<br>0x578 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x580           | DRV2_CR        | DRV2_OUT       | DRV2_IER      | DRV2_IFR  | DRV2_PER       | DRV2_PTR       | DRV2_PSR       | DRV2_CMR       |
| 0x588           | DRV2_FCR0      | DRV2_FCR1      | DRV2_FCR2     | DRV2_FCR3 | DRV2_FCR4      | DRV2_FCR5      | DRV2_FCR6      | DRV2_FCR7      |
| 0x590           | DRV2_ARR       | DRV2_DR        | DRV2_<br>COMR | DRV2_DTR  | DRV2_<br>CMPU1 | DRV2_<br>CMPD1 | DRV2_<br>CMPU2 | DRV2_<br>CMPD2 |
| 0x598           | DRV2_<br>CMPU3 | DRV2_<br>CMPD3 | DRV2_CNTR     | DRV2_TRG1 | DRV2_TRG2      | DRV2_COM<br>UR | DRV2_COM<br>DR | DRV2_ARRSH     |
| 0x5A0~<br>0x5B8 | RSV            |                |               |           |                |                |                |                |
| 0x5C0           | PFC_CR0        | PFC_CR1        | PFC_CR2       | PFC_KM    | UAC_CSO        | IAC1_CSO       | IAC2_CSO       | PFC_ARR        |

| Addr            | 0(8)          | 1(9)               | 2(A)          | 3(B)       | 4(C)        | 5(D)        | 6(E)       | 7(F)       |
|-----------------|---------------|--------------------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| 0x5C8           | PFC_DR1       | PFC_DR2            | UDC_ARR       | PFC_TRGDLY | UDC_REF     | UDC_UK      | UDC_KP     | UDC_KI     |
| 0x5D0           | UDC_UKMAX     | UDC_UKMIN          | IAC1_REF      | IAC1_UK    | IAC1_KP     | IAC1_KI     | IAC1_UKMAX | IAC1_UKMIN |
| 0x5D8           | IAC2_REF      | IAC2_UK            | IAC2_KP       | IAC2_KI    | IAC2_UKMAX  | IAC2_UKMIN  | PFC_UAC    | PFC_IAC1   |
| 0x5E0           | PFC_IAC2      | PFC_UDC            | PFC_UAVG      | PFC_COM    | PFC_KCOM    | PFC_DDCM    |            | PFC_KDDCM  |
| 0x5E8           | PFC_DCCM CSO  | PFC_KIAC1          | PFC_KIAC2     |            |             |             |            |            |
| 0x5F0~<br>0x5F8 | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x600           | CMP_CR0       | CMP_CR1            | CMP_CR2       | CMP_CR3    | CMP_SR      | CMP_IFR     | CMP_SAMR   | CMP_DBR    |
| 0x608           | CMP_CR4       | CMP_CR5            | CMP_CR6       |            |             |             |            |            |
| 0x610~<br>0x618 | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x620           | VREF_VHALF_CR | AMP_CR0            | AMP_CR1       |            |             |             |            |            |
| 0x628           | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x630           | TSD_CR        | TSEN_DR            |               |            |             |             |            |            |
| 0x638           | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x640           | DAC_CR        | DAC_DR0            | DAC_DR1       | DAC_DR2    | DAC_DR3     | DAC_DR4     |            |            |
| 0x648~<br>0x658 | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x660           | ADC1_CR       | ADC1_MASK          | ADC1_SCYC     |            |             |             |            |            |
| 0x668           | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x670           | ADC2_CR       | ADC2_MASK          | ADC2_SCYC     |            |             |             |            |            |
| 0x678           | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x680           | ADC3_CR       | ADC3_MASK          | ADC3_SCYC     | ADC3_DR0   | ADC3_DR1    | ADC3_DR2    |            |            |
| 0x688           | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x690~<br>0x6F8 | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0x700           | BISS_CLK_CNT  | BISS_OVER_TIME_CNT | BISS_DATA_LEN | BISS_STATE | BISS_SDATAL | BISS_SDATAH |            |            |
| 0x708~<br>0xFF0 | RSV           |                    |               |            |             |             |            |            |
| 0xFF8           |               |                    |               |            | CCFG3       | CCFG2       |            |            |

1.5.5.2 外设地址映射表

1.5.5.2.1 ADC 地址映射表

表 1-2 ADC 地址映射

| Addr                      | 0(8)     | 1(9)     | 2(A)      | 3(B)      | 4(C)      | 5(D)      | 6(E)      | 7(F)     |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 0x40000000~<br>0x40000038 | RSV      |          |           |           |           |           |           |          |
| 0x40000040                | ADC1_DR0 | ADC1_DR1 | ADC1_DR2  | ADC1_DR3  | ADC1_DR4  | ADC1_DR5  | ADC1_DR6  | ADC1_DR7 |
| 0x40000048                | ADC1_DR8 | ADC1_DR9 | ADC1_DR10 | ADC1_DR11 | ADC1_DR12 |           |           |          |
| 0x40000050~<br>0x40000058 | RSV      |          |           |           |           |           |           |          |
| 0x40000060                | ADC2_DR0 | ADC2_DR1 | ADC2_DR2  | ADC2_DR3  | ADC2_DR4  | ADC2_DR5  | ADC2_DR6  | ADC2_DR7 |
| 0x40000068                | ADC2_DR8 | ADC2_DR9 | ADC2_DR10 | ADC2_DR11 |           | ADC2_DR13 | ADC2_DR14 |          |
| 0x40000070~<br>0x40000098 | RSV      |          |           |           |           |           |           |          |

1.5.5.2.2 CAN 地址映射表

表 1-3 CAN 地址映射

| Addr       | 0(8)        | 1(9) | 2(A) | 3(B) | 4(C)        | 5(D) | 6(E) | 7(F) |
|------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
| 0x400000A0 | CAN_TX0DA0  |      |      |      | CAN_TX0DA1  |      |      |      |
| 0x400000A8 | CAN_TX0DA2  |      |      |      | CAN_TX0DA3  |      |      |      |
| 0x400000B0 | CAN_TX0DA4  |      |      |      | CAN_TX0DA5  |      |      |      |
| 0x400000B8 | CAN_TX0DA6  |      |      |      | CAN_TX0DA7  |      |      |      |
| 0x400000C0 | CAN_TX0DA8  |      |      |      | CAN_TX0DA9  |      |      |      |
| 0x400000C8 | CAN_TX0DA10 |      |      |      | CAN_TX0DA11 |      |      |      |
| 0x400000D0 | CAN_TX0DA12 |      |      |      | CAN_TX0DA13 |      |      |      |
| 0x400000D8 | CAN_TX0DA14 |      |      |      | CAN_TX0DA15 |      |      |      |



| Addr       | 0(8) | 1(9)        | 2(A) | 3(B) | 4(C) | 5(D)        | 6(E) | 7(F) |
|------------|------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|
| 0x400000E0 |      | CAN_TX1DA0  |      |      |      | CAN_TX1DA1  |      |      |
| 0x400000E8 |      | CAN_TX1DA2  |      |      |      | CAN_TX1DA3  |      |      |
| 0x400000F0 |      | CAN_TX1DA4  |      |      |      | CAN_TX1DA5  |      |      |
| 0x400000F8 |      | CAN_TX1DA6  |      |      |      | CAN_TX1DA7  |      |      |
| 0x40000100 |      | CAN_TX1DA8  |      |      |      | CAN_TX1DA9  |      |      |
| 0x40000108 |      | CAN_TX1DA10 |      |      |      | CAN_TX1DA11 |      |      |
| 0x40000110 |      | CAN_TX1DA12 |      |      |      | CAN_TX1DA13 |      |      |
| 0x40000118 |      | CAN_TX1DA14 |      |      |      | CAN_TX1DA15 |      |      |
| 0x40000120 |      | CAN_TX2DA0  |      |      |      | CAN_TX2DA1  |      |      |
| 0x40000128 |      | CAN_TX2DA2  |      |      |      | CAN_TX2DA3  |      |      |
| 0x40000130 |      | CAN_TX2DA4  |      |      |      | CAN_TX2DA5  |      |      |
| 0x40000138 |      | CAN_TX2DA6  |      |      |      | CAN_TX2DA7  |      |      |
| 0x40000140 |      | CAN_TX2DA8  |      |      |      | CAN_TX2DA9  |      |      |
| 0x40000148 |      | CAN_TX2DA10 |      |      |      | CAN_TX2DA11 |      |      |
| 0x40000150 |      | CAN_TX2DA12 |      |      |      | CAN_TX2DA13 |      |      |
| 0x40000158 |      | CAN_TX2DA14 |      |      |      | CAN_TX2DA15 |      |      |
| 0x40000160 |      | CAN_RX0ID   |      |      |      | CAN_RX0TD   |      |      |
| 0x40000168 |      | CAN_RX0DA0  |      |      |      | CAN_RX0DA1  |      |      |
| 0x40000170 |      | CAN_RX0DA2  |      |      |      | CAN_RX0DA3  |      |      |
| 0x40000178 |      | CAN_RX0DA4  |      |      |      | CAN_RX0DA5  |      |      |
| 0x40000180 |      | CAN_RX0DA6  |      |      |      | CAN_RX0DA7  |      |      |
| 0x40000188 |      | CAN_RX0DA8  |      |      |      | CAN_RX0DA9  |      |      |
| 0x40000190 |      | CAN_RX0DA10 |      |      |      | CAN_RX0DA11 |      |      |
| 0x40000198 |      | CAN_RX0DA12 |      |      |      | CAN_RX0DA13 |      |      |
| 0x400001A0 |      | CAN_RX0DA14 |      |      |      | CAN_RX0DA15 |      |      |
| 0x400001A8 |      | CAN_RX1ID   |      |      |      | CAN_RX1TD   |      |      |
| 0x400001B0 |      | CAN_RX1DA0  |      |      |      | CAN_RX1DA1  |      |      |
| 0x400001B8 |      | CAN_RX1DA2  |      |      |      | CAN_RX1DA3  |      |      |

| Addr       | 0(8)        | 1(9) | 2(A) | 3(B) | 4(C)        | 5(D) | 6(E) | 7(F) |
|------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
| 0x400001C0 | CAN_RX1DA4  |      |      |      | CAN_RX1DA5  |      |      |      |
| 0x400001C8 | CAN_RX1DA6  |      |      |      | CAN_RX1DA7  |      |      |      |
| 0x400001D0 | CAN_RX1DA8  |      |      |      | CAN_RX1DA9  |      |      |      |
| 0x400001D8 | CAN_RX1DA10 |      |      |      | CAN_RX1DA11 |      |      |      |
| 0x400001E0 | CAN_RX1DA12 |      |      |      | CAN_RX1DA13 |      |      |      |
| 0x400001E8 | CAN_RX1DA14 |      |      |      | CAN_RX1DA15 |      |      |      |
| 0x400001F0 | CAN_RX2ID   |      |      |      | CAN_RX2TD   |      |      |      |
| 0x400001F8 | CAN_RX2DA0  |      |      |      | CAN_RX2DA1  |      |      |      |
| 0x40000200 | CAN_RX2DA2  |      |      |      | CAN_RX2DA3  |      |      |      |
| 0x40000208 | CAN_RX2DA4  |      |      |      | CAN_RX2DA5  |      |      |      |
| 0x40000210 | CAN_RX2DA6  |      |      |      | CAN_RX2DA7  |      |      |      |
| 0x40000218 | CAN_RX2DA8  |      |      |      | CAN_RX2DA9  |      |      |      |
| 0x40000220 | CAN_RX2DA10 |      |      |      | CAN_RX2DA11 |      |      |      |
| 0x40000228 | CAN_RX2DA12 |      |      |      | CAN_RX2DA13 |      |      |      |
| 0x40000230 | CAN_RX2DA14 |      |      |      | CAN_RX2DA15 |      |      |      |

## 1.5.5.2.3 NFOC1 地址映射表

表 1-4 NFOC1 地址映射

| Addr       | 0(8)         | 1(9) | 2(A)         | 3(B)         | 4(C)         | 5(D) | 6(E)          | 7(F)          |
|------------|--------------|------|--------------|--------------|--------------|------|---------------|---------------|
| 0x30000000 | NFOC1_UDC    |      | NFOC1_UDCK   |              | NFOC1_UDCFLT |      |               |               |
| 0x30000008 | NFOC1_IAREF  |      | NFOC1_IBREF  |              | NFOC1_ICREF  |      | NFOC1_ITREF   |               |
| 0x30000010 | NFOC1_IRLOW  |      | NFOC1_IRUPP  |              | NFOC1_OVP    |      | NFOC1_OVPARR  | NFOC1_OVPCNT  |
| 0x30000018 | NFOC1_UVP    |      | NFOC1_UVPARR | NFOC1_UVPCNT | NFOC1_SOCP   |      | NFOC1_SOCPARR | NFOC1_SOCPCNT |
| 0x30000020 | NFOC1_LKSMIN |      | NFOC1_LKSMAX |              | NFOC1_LOCKK  |      | RSV           |               |
| 0x30000028 | NFOC1_LKARR  |      | NFOC1_LKCNT  |              | NFOC1_NCURRE |      | NFOC1_PLK     |               |
| 0x30000030 | NFOC1_XI0    |      | NFOC1_YI0    |              | RSV          |      | NFOC1_THETA0  |               |
| 0x30000038 | NFOC1_XO0    |      | NFOC1_YO0    |              | NFOC1_XI1    |      | NFOC1_YI1     |               |

| Addr                       | 0(8)         | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F) |
|----------------------------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| 0x30000040                 | RSV          |      | NFOC1_THETA1 |      | NFOC1_XO1    |      | NFOC1_YO1    |      |
| 0x30000048                 | NFOC1_XI2    |      | NFOC1_YI2    |      | NFOC1_US2    |      | NFOC1_THETA2 |      |
| 0x30000050                 | NFOC1_XI3    |      | NFOC1_YI3    |      | NFOC1_US3    |      | NFOC1_THETA3 |      |
| 0x30000058 ~<br>0x30000098 | RSV          |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x300000A0                 | RSV          |      |              |      | NFOC1_UDCALP |      | NFOC1_UDCBET |      |
| 0x300000A8 ~<br>0x300000B0 | RSV          |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x300000B8                 | RSV          |      |              |      | NFOC1_FEK7   |      | NFOC1_FEK8   |      |
| 0x300000C0                 | NFOC1_AFKP   |      | NFOC1_AFKI   |      | NFOC1_AFMAX  |      | NFOC1_AFMIN  |      |
| 0x300000C8                 | NFOC1_AFEK   |      | NFOC1_AFEK1  |      | NFOC1_AFUK   |      |              |      |
| 0x300000D0                 | RSV          |      |              |      | NFOC1_ITFLT  |      |              |      |
| 0x300000D8                 | NFOC1_ITRIP  |      | NFOC1_POWER  |      | NFOC1_US     |      | NFOC1_UTHETA |      |
| 0x300000E0                 | NFOC1_HKP    |      | NFOC1_HKI    |      | NFOC1_HMAX   |      | NFOC1_HMIN   |      |
| 0x300000E8                 | NFOC1_HEK    |      | NFOC1_HEK1   |      | NFOC1_HUK    |      |              |      |
| 0x300000F0                 | RSV          |      |              |      | NFOC1_ID0    |      | NFOC1_IQ0    |      |
| 0x300000F8                 | RSV          |      |              |      | NFOC1_HALPHA |      | NFOC1_HBETA  |      |
| 0x30000100                 | NFOC1_DKP    |      | NFOC1_DKI    |      | NFOC1_DMAX   |      | NFOC1_DMIN   |      |
| 0x30000108                 | NFOC1_DEK    |      | NFOC1_DEK1   |      | NFOC1_DUK    |      |              |      |
| 0x30000110                 | NFOC1_CVDUK  |      | NFOC1_CVKI2D |      | NFOC1_HS     |      | NFOC1_HTHETA |      |
| 0x30000118                 | NFOC1_UALORG |      | NFOC1_UBEORG |      | RSV          |      | NFOC1_HTCOM  |      |
| 0x30000120                 | NFOC1_QKP    |      | NFOC1_QKI    |      | NFOC1_QMAX   |      | NFOC1_QMIN   |      |
| 0x30000128                 | NFOC1_QEK    |      | NFOC1_QEK1   |      | NFOC1_QUK    |      |              |      |
| 0x30000130                 | NFOC1_CVQUK  |      | NFOC1_CVKI2Q |      | NFOC1_IALPHA |      | NFOC1_IBETA  |      |
| 0x30000138                 | NFOC1_ID     |      | NFOC1_IQ     |      | NFOC1_IDFLT  |      |              |      |
| 0x30000140                 | NFOC1_EKP    |      | NFOC1_EKI    |      | NFOC1_EMAX   |      | NFOC1_EMIN   |      |

| Addr       | 0(8)          | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F)        |
|------------|---------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|-------------|
| 0x30000148 | NFOC1_EEK     |      | NFOC1_EEK1   |      | NFOC1_EUK    |      |              |             |
| 0x30000150 | RSV           |      |              |      | NFOC1_IQFLT  |      |              |             |
| 0x30000158 | NFOC1_THETA   |      |              |      | NFOC1_EALPHA |      |              |             |
|            |               |      |              |      | NFOC1_AFRPAH |      |              |             |
| 0x30000160 | NFOC1_WKP     |      | NFOC1_WKI    |      | NFOC1_WMAX   |      | NFOC1_WMIN   |             |
| 0x30000168 | NFOC1_WEK     |      | NFOC1_WEK1   |      | NFOC1_WUK    |      |              |             |
| 0x30000170 | RSV           |      |              |      | NFOC1_AFRPBH |      |              |             |
|            |               |      |              |      | NFOC1_EBETA  |      |              |             |
| 0x30000178 | NFOC1_ETHERTA |      |              |      | NFOC1_ZALORG |      | NFOC1_ZBEORG |             |
|            |               |      |              |      | NFOC1_AFKDF  |      | NFOC1_AFKAF  |             |
| 0x30000180 | NFOC1_FWKP    |      | NFOC1_FWKI   |      | NFOC1_FWMAX  |      | NFOC1_FWMIN  |             |
| 0x30000188 | NFOC1_FWEK    |      | NFOC1_FWEK1  |      | NFOC1_FWUK   |      |              |             |
| 0x30000190 | RSV           |      | NFOC1_KUSF   |      | NFOC1_OMEACC |      |              |             |
| 0x30000198 | NFOC1_OMEEND  |      |              |      | NFOC1_OMEMIN |      | NFOC1_FTCK   |             |
| 0x300001A0 | NFOC1_FBASE   |      | NFOC1_OMEMI2 |      | NFOC1_THECOM |      | NFOC1_FTCOM  |             |
| 0x300001A8 | NFOC1_EK1     |      | NFOC1_EK2    |      | NFOC1_EK3    |      | NFOC1_EK4    |             |
| 0x300001B0 | NFOC1_FEK5    |      |              |      | NFOC1_MERRRE |      | NFOC1_TDTC   |             |
|            |               |      |              |      | NFOC1_FEK6   |      |              |             |
| 0x300001B8 | NFOC1_IDREF   |      | NFOC1_IQREF  |      | NFOC1_I1     |      | NFOC1_I2     |             |
| 0x300001C0 | NFOC1_IA      |      | NFOC1_IB     |      | NFOC1_IC     |      | NFOC1_ICMAX  |             |
| 0x300001C8 | NFOC1_IAMAX   |      | NFOC1_IBMAX  |      | NFOC1_UDCPS  |      | NFOC1_UQCPS  |             |
| 0x300001D0 | NFOC1_WREF    |      | NFOC1_WFDB   |      | NFOC1_ITK    |      | NFOC1_POWK1  | NFOC1_POWK2 |
| 0x300001D8 | NFOC1_FGBASE  |      | RSV          |      | NFOC1_UALCPS |      | NFOC1_UBECPS |             |
| 0x300001E0 | NFOC1_EMF     |      | NFOC1_ATHETA |      | NFOC1_RATAR  |      | NFOC1_RAOUT  |             |
| 0x300001E8 | NFOC1_RAINC   |      | NFOC1_RADEC  |      | NFOC1_LK1    |      | NFOC1_LK2    |             |
| 0x300001F0 | NFOC1_LK3     |      | NFOC1_LK4    |      | NFOC1_LK5    |      | NFOC1_LK6    |             |

| Addr                       | 0(8)          | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)          | 5(D) | 6(E)        | 7(F) |
|----------------------------|---------------|------|--------------|------|---------------|------|-------------|------|
| 0x300001F8                 | NFOC1_LED     |      | NFOC1_LEQ    |      | NFOC1_LOME    |      |             |      |
| 0x30000200                 | RSV           |      |              |      | NFOC1_OMEGA   |      | RSV         |      |
| 0x30000208                 | NFOC1_IESTA   |      | NFOC1_IESTB  |      | NFOC1_OMEFLT  |      |             |      |
| 0x30000210                 | NFOC1_OMEFL2  |      |              |      | NFOC1_ZALPHA  |      | NFOC1_ZBETA |      |
| 0x30000218                 | NFOC1_KLPF    |      | NFOC1_FUWEI  |      | NFOC1_UDFIN   |      | NFOC1_UQFIN |      |
| 0x30000220                 | NFOC1_UALPHA  |      | NFOC1_UBETA  |      | RSV           |      |             |      |
| 0x30000228 ~<br>0x30000230 | RSV           |      |              |      |               |      |             |      |
| 0x30000238                 | NFOC1_UIK0    |      | NFOC1_UIK1   |      | NFOC1_UIK2    |      | NFOC1_UIK3  |      |
| 0x30000240                 | NFOC1_UITC0   |      | NFOC1_UIUS0  |      | NFOC1_UITC1   |      | NFOC1_UIUS1 |      |
| 0x30000248                 | NFOC1_UITC2   |      | NFOC1_UIUS2  |      | NFOC1_UITC3   |      | NFOC1_UIUS3 |      |
| 0x30000250                 | NFOC1_TRG1    |      | NFOC1_TRG2   |      | NFOC1_AFTHE   |      |             |      |
| 0x30000258                 | NFOC1_OTHETA  |      |              |      | NFOC1_USOMEK  |      | NFOC1_UA    |      |
| 0x30000260                 | NFOC1_UB      |      | NFOC1_UC     |      | NFOC1_USK     |      | NFOC1_USOUS |      |
| 0x30000268                 | NFOC1_FTCPS   |      | NFOC1_FTHETA |      | RSV           |      |             |      |
| 0x30000270                 | RSV           |      |              |      | NFOC1_FWREF   |      | NFOC1_CMRSH |      |
| 0x30000278                 | NFOC1_TS      |      | NFOC1_NTS    |      | NFOC1_TDLY    |      | NFOC1_TDLYD |      |
| 0x30000280                 | NFOC1_ARR     |      | RSV          |      | NFOC1_IDK     |      | NFOC1_IQK   |      |
| 0x30000288                 | NFOC1_OMEGAK  |      | NFOC1_OMEK2  |      | NFOC1_DELOTHE |      |             |      |
| 0x30000290                 | NFOC1_DELETHE |      |              |      | NFOC1_UDCD    |      | NFOC1_UDCQ  |      |
| 0x30000298 ~<br>0x300002F8 | RSV           |      |              |      |               |      |             |      |
| 0x30000300                 | RSV           |      | NFOC1_CVDULO |      | RSV           |      |             |      |
| 0x30000308 ~<br>0x30000320 | RSV           |      |              |      |               |      |             |      |
| 0x30000328                 | RSV           |      | NFOC1_CVQULO |      | RSV           |      |             |      |
| 0x30000330                 | RSV           |      |              |      |               |      |             |      |

| Addr                       | 0(8)        | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F) |
|----------------------------|-------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| 0x30000338                 | RSV         |      |              |      | NFOC1_WUCPS  |      | NFOC1_WUFIN  |      |
| 0x30000340 ~<br>0x30000368 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x30000370                 | NFOC1_UDK   |      | NFOC1_UQK    |      | NFOC1_UDFLT  |      |              |      |
| 0x30000378                 | NFOC1_UQFLT |      |              |      | NFOC1_FWIDR  |      | NFOC1_OSCNT  |      |
| 0x30000380                 | NFOC1_OSSUM |      |              |      | RSV          |      |              |      |
| 0x30000388                 | RSV         |      |              |      | NFOC1_OMUNIT |      | NFOC1_CSAM   |      |
| 0x30000390 ~<br>0x300003A8 | RSV         |      |              |      |              |      | NFOC1_DLYCNT |      |
| 0x300003B0                 | RSV         |      |              |      |              |      | NFOC1_IDRLIM |      |
| 0x300003B8 ~<br>0x300003C0 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x300003C8                 | RSV         |      |              |      | NFOC1_CVK1   |      | NFOC1_CVK3   |      |
| 0x300003D0                 | NFOC1_CVDK4 |      | NFOC1_CVQK4  |      | NFOC1_CVDK5  |      | NFOC1_CVQK5  |      |
| 0x300003D8                 | NFOC1_DCOM  |      | NFOC1_DAS    |      | NFOC1_QCOM   |      | NFOC1_QAS    |      |
| 0x300003E0                 | NFOC1_CVK2  |      | NFOC1_UDCLIM |      | NFOC1_UDCMAX |      | NFOC1_UDCMIN |      |
| 0x300003E8                 | NFOC1_FUMAX |      | NFOC1_FUMIN  |      | NFOC1_IS     |      | NFOC1_ITHETA |      |
| 0x300003F0                 | NFOC1_USFLT |      |              |      | NFOC1_DUKF   |      | NFOC1_QUKF   |      |
| 0x300003F8                 | RSV         |      |              |      | NFOC1_UDCPS1 |      | NFOC1_UQCPS1 |      |

1.5.5.2.4 NFOC2 地址映射表

表 1-5 NFOC2 地址映射

| Addr       | 0(8)        | 1(9) | 2(A)        | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F)         |
|------------|-------------|------|-------------|------|--------------|------|--------------|--------------|
| 0x30010000 | NFOC2_UDC   |      | NFOC2_UDCK  |      | NFOC2_UDCFLT |      |              |              |
| 0x30010008 | NFOC2_IAREF |      | NFOC2_IBREF |      | NFOC2_ICREF  |      | NFOC2_ITREF  |              |
| 0x30010010 | NFOC2_IRLOW |      | NFOC2_IRUPP |      | NFOC2_OVP    |      | NFOC2_OVPARR | NFOC2_OVPCNT |

| Addr                       | 0(8)         | 1(9) | 2(A)         | 3(B)         | 4(C)         | 5(D) | 6(E)          | 7(F)          |
|----------------------------|--------------|------|--------------|--------------|--------------|------|---------------|---------------|
| 0x30010018                 | NFOC2_UVP    |      | NFOC2_UVPARR | NFOC2_UVPCNT | NFOC2_SOCP   |      | NFOC2_SOCPARR | NFOC2_SOCPCNT |
| 0x30010020                 | NFOC2_LKSMIN |      | NFOC2_LKSMAX |              | NFOC2_LOCKK  |      | RSV           |               |
| 0x30010028                 | NFOC2_LKARR  |      | NFOC2_LKCNT  |              | NFOC2_NCURR  |      | NFOC2_PLK     |               |
| 0x30010030                 | NFOC2_XI0    |      | NFOC2_YI0    |              | RSV          |      | NFOC2_THETA0  |               |
| 0x30010038                 | NFOC2_XO0    |      | NFOC2_YO0    |              | NFOC2_XI1    |      | NFOC2_YI1     |               |
| 0x30010040                 | RSV          |      | NFOC2_THETA1 |              | NFOC2_XO1    |      | NFOC2_YO1     |               |
| 0x30010048                 | NFOC2_XI2    |      | NFOC2_YI2    |              | NFOC2_US2    |      | NFOC2_THETA2  |               |
| 0x30010050                 | NFOC2_XI3    |      | NFOC2_YI3    |              | NFOC2_US3    |      | NFOC2_THETA3  |               |
| 0x30010058 ~<br>0x30010098 | RSV          |      |              |              |              |      |               |               |
| 0x300100A0                 | RSV          |      |              |              | NFOC2_UDCALP |      | NFOC2_UDCBET  |               |
| 0x300100A8 ~<br>0x300100B0 | RSV          |      |              |              |              |      |               |               |
| 0x300100B8                 | RSV          |      |              |              | NFOC2_FEK7   |      | NFOC2_FEK8    |               |
| 0x300100C0                 | NFOC2_AFKP   |      | NFOC2_AFKI   |              | NFOC2_AFMAX  |      | NFOC2_AFMIN   |               |
| 0x300100C8                 | NFOC2_AFEK   |      | NFOC2_AFEK1  |              | NFOC2_AFUK   |      |               |               |
| 0x300100D0                 | RSV          |      |              |              | NFOC2_ITFLT  |      |               |               |
| 0x300100D8                 | NFOC2_ITRIP  |      | NFOC2_POWER  |              | NFOC2_US     |      | NFOC2_UTHETA  |               |
| 0x300100E0                 | NFOC2_HKP    |      | NFOC2_HKI    |              | NFOC2_HMAX   |      | NFOC2_HMIN    |               |
| 0x300100E8                 | NFOC2_HEK    |      | NFOC2_HEK1   |              | NFOC2_HUK    |      |               |               |
| 0x300100F0                 | RSV          |      |              |              | NFOC2_ID0    |      | NFOC2_IQ0     |               |
| 0x300100F8                 | RSV          |      |              |              | NFOC2_HALPHA |      | NFOC2_HBETA   |               |
| 0x30010100                 | NFOC2_DKP    |      | NFOC2_DKI    |              | NFOC2_DMAX   |      | NFOC2_DMIN    |               |
| 0x30010108                 | NFOC2_DEK    |      | NFOC2_DEK1   |              | NFOC2_DUK    |      |               |               |
| 0x30010110                 | NFOC2_CVDUK  |      | NFOC2_CVKI2D |              | NFOC2_HS     |      | NFOC2_HTHETA  |               |
| 0x30010118                 | NFOC2_UALORG |      | NFOC2_UBEORG |              | RSV          |      | NFOC2_HTCOM   |               |

| Addr       | 0(8)         | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F) |
|------------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| 0x30010120 | NFOC2_QKP    |      | NFOC2_QKI    |      | NFOC2_QMAX   |      | NFOC2_QMIN   |      |
| 0x30010128 | NFOC2_QEK    |      | NFOC2_QEK1   |      | NFOC2_QUK    |      |              |      |
| 0x30010130 | NFOC2_CVQUK  |      | NFOC2_CVKI2Q |      | NFOC2_IALPHA |      | NFOC2_IBETA  |      |
| 0x30010138 | NFOC2_ID     |      | NFOC2_IQ     |      | NFOC2_IDFLT  |      |              |      |
| 0x30010140 | NFOC2_EKP    |      | NFOC2_EKI    |      | NFOC2_EMAX   |      | NFOC2_EMIN   |      |
| 0x30010148 | NFOC2_EEK    |      | NFOC2_EEK1   |      | NFOC2_EUK    |      |              |      |
| 0x30010150 | RSV          |      |              |      | NFOC2_IQFLT  |      |              |      |
| 0x30010158 | NFOC2_THETA  |      |              |      | NFOC2_EALPHA |      |              |      |
|            |              |      |              |      | NFOC2_AFRPAH |      |              |      |
| 0x30010160 | NFOC2_WKP    |      | NFOC2_WKI    |      | NFOC2_WMAX   |      | NFOC2_WMIN   |      |
| 0x30010168 | NFOC2_WEK    |      | NFOC2_WEK1   |      | NFOC2_WUK    |      |              |      |
| 0x30010170 | RSV          |      |              |      | NFOC2_AFRPBH |      |              |      |
|            |              |      |              |      | NFOC2_EBETA  |      |              |      |
| 0x30010178 | NFOC2_ETHETA |      |              |      | NFOC2_ZALORG |      | NFOC2_ZBEORG |      |
|            |              |      |              |      | NFOC2_AFKDF  |      | NFOC2_AFKAF  |      |
| 0x30010180 | NFOC2_FWKP   |      | NFOC2_FWKI   |      | NFOC2_FWMAX  |      | NFOC2_FWMIN  |      |
| 0x30010188 | NFOC2_FWEK   |      | NFOC2_FWEK1  |      | NFOC2_FWUK   |      |              |      |
| 0x30010190 | RSV          |      | NFOC2_KUSF   |      | NFOC2_OMEACC |      |              |      |
| 0x30010198 | NFOC2_OMEEND |      |              |      | NFOC2_OMEMIN |      | NFOC2_FTCK   |      |
| 0x300101A0 | NFOC2_FBASE  |      | NFOC2_OMEMI2 |      | NFOC2_THECOM |      | NFOC2_FTCOM  |      |
| 0x300101A8 | NFOC2_EK1    |      | NFOC2_EK2    |      | NFOC2_EK3    |      | NFOC2_EK4    |      |
| 0x300101B0 | NFOC2_FEK5   |      |              |      | NFOC2_MERRRE |      | NFOC2_TDTC   |      |
|            | NFOC2_KSLIDE |      | NFOC2_MAXERR |      | NFOC2_FEK6   |      |              |      |
| 0x300101B8 | NFOC2_IDREF  |      | NFOC2_IQREF  |      | NFOC2_I1     |      | NFOC2_I2     |      |
| 0x300101C0 | NFOC2_IA     |      | NFOC2_IB     |      | NFOC2_IC     |      | NFOC2_ICMAX  |      |
| 0x300101C8 | NFOC2_IAMAX  |      | NFOC2_IBMAX  |      | NFOC2_UDCPS  |      | NFOC2_UQCPS  |      |



| Addr                       | 0(8)          | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)          | 5(D) | 6(E)         | 7(F)        |
|----------------------------|---------------|------|--------------|------|---------------|------|--------------|-------------|
| 0x300101D0                 | NFOC2_WREF    |      | NFOC2_WFDB   |      | NFOC2_ITK     |      | NFOC2_POWK1  | NFOC2_POWK2 |
| 0x300101D8                 | NFOC2_FGBASE  |      | RSV          |      | NFOC2_UALCPS  |      | NFOC2_UBECPS |             |
| 0x300101E0                 | NFOC2_EMF     |      | NFOC2_ATHETA |      | NFOC2_RATAR   |      | NFOC2_RAOUT  |             |
| 0x300101E8                 | NFOC2_RAINC   |      | NFOC2_RADEC  |      | NFOC2_LK1     |      | NFOC2_LK2    |             |
| 0x300101F0                 | NFOC2_LK3     |      | NFOC2_LK4    |      | NFOC2_LK5     |      | NFOC2_LK6    |             |
| 0x300101F8                 | NFOC2_LED     |      | NFOC2_LEQ    |      | NFOC2_LOME    |      |              |             |
| 0x30010200                 | RSV           |      |              |      | NFOC2_OMEGA   |      | RSV          |             |
| 0x30010208                 | NFOC2_IESTA   |      | NFOC2_IESTB  |      | NFOC2_OMEFLT  |      |              |             |
| 0x30010210                 | NFOC2_OMEFL2  |      |              |      | NFOC2_ZALPHA  |      | NFOC2_ZBETA  |             |
| 0x30010218                 | NFOC2_KLPF    |      | NFOC2_FUWEI  |      | NFOC2_UDFIN   |      | NFOC2_UQFIN  |             |
| 0x30010220                 | NFOC2_UALPHA  |      | NFOC2_UBETA  |      | RSV           |      |              |             |
| 0x30010228 ~<br>0x30010230 | RSV           |      |              |      |               |      |              |             |
| 0x30010238                 | NFOC2_UIK0    |      | NFOC2_UIK1   |      | NFOC2_UIK2    |      | NFOC2_UIK3   |             |
| 0x30010240                 | NFOC2_UITC0   |      | NFOC2_UIUS0  |      | NFOC2_UITC1   |      | NFOC2_UIUS1  |             |
| 0x30010248                 | NFOC2_UITC2   |      | NFOC2_UIUS2  |      | NFOC2_UITC3   |      | NFOC2_UIUS3  |             |
| 0x30010250                 | NFOC2_TRG1    |      | NFOC2_TRG2   |      | NFOC2_AFTHE   |      |              |             |
| 0x30010258                 | NFOC2_OTHETA  |      |              |      | NFOC2_USOMEK  |      | NFOC2_UA     |             |
| 0x30010260                 | NFOC2_UB      |      | NFOC2_UC     |      | NFOC2_USK     |      | NFOC2_USOUS  |             |
| 0x30010268                 | NFOC2_FTCPS   |      | NFOC2_FTHETA |      | RSV           |      |              |             |
| 0x30010270                 | RSV           |      |              |      | NFOC2_FWREF   |      | NFOC2_CMRSH  |             |
| 0x30010278                 | NFOC2_TS      |      | NFOC2_NTS    |      | NFOC2_TDLY    |      | NFOC2_TDLYD  |             |
| 0x30010280                 | NFOC2_ARR     |      | RSV          |      | NFOC2_IDK     |      | NFOC2_IQK    |             |
| 0x30010288                 | NFOC2_OMEGAK  |      | NFOC2_OMEK2  |      | NFOC2_DELOTHE |      |              |             |
| 0x30010290                 | NFOC2_DELETHE |      |              |      | NFOC2_UDCD    |      | NFOC2_UDCQ   |             |
| 0x30010298 ~               | RSV           |      |              |      |               |      |              |             |

| Addr                       | 0(8)        | 1(9) | 2(A)         | 3(B) | 4(C)         | 5(D) | 6(E)         | 7(F) |
|----------------------------|-------------|------|--------------|------|--------------|------|--------------|------|
| 0x300102F8                 |             |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x30010300                 | RSV         |      | NFOC2_CVDULO |      | RSV          |      |              |      |
| 0x30010308 ~<br>0x30010320 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x30010328                 | RSV         |      | NFOC2_CVQULO |      | RSV          |      |              |      |
| 0x30010330                 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x30010338                 | RSV         |      |              |      | NFOC2_WUCPS  |      | NFOC2_WUFIN  |      |
| 0x30010340 ~<br>0x30010368 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x30010370                 | NFOC2_UDK   |      | NFOC2_UQK    |      | NFOC2_UDFLT  |      |              |      |
| 0x30010378                 | NFOC2_UQFLT |      |              |      | NFOC2_FWIDR  |      | NFOC2_OSCNT  |      |
| 0x30010380                 | NFOC2_OSSUM |      |              |      | RSV          |      |              |      |
| 0x30010388                 | RSV         |      |              |      | NFOC2_OMUNIT |      | NFOC2_CSAM   |      |
| 0x30010390 ~<br>0x300103A8 | RSV         |      |              |      |              |      | NFOC2_DLYCNT |      |
| 0x300103B0                 | RSV         |      |              |      |              |      | NFOC2_IDRLIM |      |
| 0x300103B8 ~<br>0x300103C0 | RSV         |      |              |      |              |      |              |      |
| 0x300103C8                 | RSV         |      |              |      | NFOC2_CVK1   |      | NFOC2_CVK3   |      |
| 0x300103D0                 | NFOC2_CVDK4 |      | NFOC2_CVQK4  |      | NFOC2_CVDK5  |      | NFOC2_CVQK5  |      |
| 0x300103D8                 | NFOC2_DCOM  |      | NFOC2_DAS    |      | NFOC2_QCOM   |      | NFOC2_QAS    |      |
| 0x300103E0                 | NFOC2_CVK2  |      | NFOC2_UDCLIM |      | NFOC2_UDCMAX |      | NFOC2_UDCMIN |      |
| 0x300103E8                 | NFOC2_FUMAX |      | NFOC2_FUMIN  |      | NFOC2_IS     |      | NFOC2_ITHETA |      |
| 0x300103F0                 | NFOC2_USFLT |      |              |      | NFOC2_DUKF   |      | NFOC2_QUKF   |      |
| 0x300103F8                 | RSV         |      |              |      | NFOC2_UDCPS1 |      | NFOC2_UQCPS1 |      |

## 2 引脚定义

IO 类型说明:

- > DI = 数字输入
- > DO = 数字输出
- > DB = 数字双向
- > AI = 模拟输入
- > AO = 模拟输出
- > AB = 模拟双向
- > P = 电源

### 2.1 FU7512L LQFP64 引脚列表

表 2-1 FU7512L LQFP64 引脚列表

| 引脚                                    | FU7512L LQFP64 | IO 类型                          | 功能描述                                                       |
|---------------------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|
| PC2/<br>AD3_0/<br>C5P/<br>A3O         | 1              | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO        | GPIO<br>ADC3 通道 0 输入<br>CMP5 正输入端<br>AMP3 输出端              |
| PC1/<br>AD2_2/<br>C5M/<br>DA2/<br>A3M | 2              | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC2 通道 2 输入<br>CMP5 负输入端<br>DAC2 输出端<br>AMP3 负输入端 |
| PC0/<br>C9M/<br>DA3/<br>AD2_3/<br>A3P | 3              | DB/<br>AI/<br>AO/<br>AI/<br>AI | GPIO<br>CMP9 负输入端<br>DAC3 输出端<br>ADC2 通道 3 输入<br>AMP3 正输入端 |
| PD0/<br>AD2_11/                       | 4              | DB/<br>AI/                     | GPIO<br>ADC2 通道 11 输入                                      |

| 引脚                                                                  | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                                               | 功能描述                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AD3_1/<br>TIM7S2                                                    |                   | AI/<br>DB                                           | ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 UAC 采样)<br>Timer7 第二次功能转移后输入或输出                                                                                          |
| PD3/<br>AD2_14/<br>QEP2I/<br>TIM4S2                                 | 5                 | DB/<br>AI/<br>DI/<br>DB                             | GPIO<br>ADC2 通道 14 输入<br>QEP2 中断输入<br>Timer4 第二次功能转移后输入或输出                                                                                       |
| VDD5                                                                | 6                 | P                                                   | 5V 电源, 外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                                                                                                             |
| PA0/<br>OLDBGS/<br>TIM4/<br>TIM3S/<br>TXD1/<br>LTX/<br>CTX/<br>SDA1 | 7                 | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>DO/<br>DO/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 DataMonitor 端口<br>Timer4 输入或输出<br>功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART1 TXD 输出<br>LIN TXD 输出<br>CAN TXD 输出<br>I <sup>2</sup> C1 数据线, 集电极开漏输出 |
| PA1/<br>DBG1/<br>TIM7/<br>RXD1/<br>TXRXD1/<br>LRX/<br>CRX/<br>SCL1  | 8                 | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DI/<br>DB | GPIO<br>Debug1 端口<br>Timer7 输入或输出<br>UART1 RXD 输入<br>UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>LIN RXD 输入<br>CAN RXD 输入<br>I <sup>2</sup> C1 时钟线, 集电极开漏输出   |
| PA2/<br>PFC_O1S/<br>TIM4S/<br>TIM3S2/<br>TXD2/<br>XIN/<br>ECLK      | 9                 | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>PFC PWM1 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer4 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART2 TXD 输出<br>外部快时钟模拟输入<br>外部有源晶体输入                                |
| PA3/<br>PFC_O2S/<br>TIM7S/<br>TIM6S2/<br>RXD2/                      | 10                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DI/                     | GPIO<br>PFC PWM2 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer7 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer6 输入或输出<br>UART2 RXD 输入                                                         |

| 引脚                                                                                    | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                                                      | 功能描述                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TXRXD2/<br>XOUT                                                                       |                   | DB/<br>AO                                                  | UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>外部快时钟模拟输出                                                                                                                                                  |
| PA10/<br>MISO2/<br>TXD1S2/<br>SFDO/<br>MA/<br>TIM2/<br>QEP0A/<br>L_DU2                | 11                | DB/<br>DB/<br>DO/<br>DO/<br>DO/<br>DB/<br>DI/<br>DO        | GPIO<br>SPI2 主机输入从机输出<br>第二次功能转移后 UART1 TXD 输出<br>S-format 协议数据 TFDO 输出<br>BISS 时钟 MA 输出<br>Timer2 输入或输出<br>QEP0 A 输入<br>U 相下桥 PWM 输出(从电机)                                                |
| PA11/<br>MOSI2/<br>RXD1S2/<br>TXRXD1S2/<br>SFRI/<br>SLO/<br>TIM2S/<br>QEP0B/<br>L_DV2 | 12                | DB/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DO | GPIO<br>SPI2 主机输出从机输入<br>第二次功能转移后 UART1 RXD 输入<br>第二次功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>S-format 协议数据 TFRI 输入<br>BISS 数据 SLO 输入<br>功能转移后 Timer2 输入或输出<br>QEP0 B 输入<br>V 相下桥 PWM 输出(从电机) |
| PA12/<br>SCLK2/<br>SFRE/<br>QEP0I/<br>L_DW2                                           | 13                | DB/<br>DB/<br>DO/<br>DI/<br>DO                             | GPIO<br>SPI2 时钟<br>S-format 协议输出使能<br>QEP0 中断输入<br>W 相下桥 PWM 输出(从电机)                                                                                                                      |
| PA13/<br>TIM5/<br>MAS/<br>SFRES/<br>QEP1A/<br>H_DU2                                   | 14                | DB/<br>DB/<br>DO/<br>DO/<br>DB/<br>DO                      | GPIO<br>Timer5 输入或输出<br>功能转移后 BISS 时钟 MA 输出<br>功能转移后 S-format 协议输出使能<br>QEP1 A 输入<br>U 相上桥 PWM 输出(从电机)                                                                                    |
| PA14/<br>TIM5S/<br>SLOS/<br>QEP1B/<br>H_DV2                                           | 15                | DB/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DO                             | GPIO<br>功能转移后 Timer5 输入或输出<br>功能转移后 BISS 数据 SLO 输入<br>QEP1 B 输入<br>V 相上桥 PWM 输出(从电机)                                                                                                      |

| 引脚                                                                          | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                                               | 功能描述                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA15/<br>QEP1I/<br>H_DW2                                                    | 16                | DB/<br>DB/<br>DO                                    | GPIO<br>QEP1 中断输入<br>W 相上桥 PWM 输出(从电机)                                                                                                                               |
| PA4/<br>LRXS/<br>CRXS/<br>RXD2S/<br>TXRXD2S/<br>MISO1/<br>TIM5S2/<br>QEP1AS | 17                | DB/<br>DI/<br>DI/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 LIN RXD 输入<br>功能转移后 CAN RXD 输入<br>功能转移后 UART2 RXD 输入<br>功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>SPI1 主机输入从机输出<br>第二次功能转移后 Timer5 输入或输出<br>功能转移后 QEP1 A 输入 |
| PA5/<br>LTXS/<br>CTXS/<br>TXD2S/<br>MOSI1/<br>TIM5S3/<br>QEP1BS             | 18                | DB/<br>DO/<br>DO/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DB        | GPIO<br>功能转移后 LIN TXD 输出<br>功能转移后 CAN TXD 输出<br>功能转移后 UART2 TXD 输出<br>SPI1 主机输出从机输入<br>第三次功能转移后 Timer5 输入或输出<br>功能转移后 QEP1 B 输入                                      |
| PA6/<br>PFC_O1/<br>RXD1S/<br>TXRXD1S/<br>SCLK1/<br>SDA2/<br>QEP1IS          | 19                | DB/<br>DO/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DB        | GPIO<br>PFC1 PWM 控制输出<br>功能转移后 UART1 RXD 输入<br>功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>SPI1 时钟<br>I <sup>2</sup> C2 数据线<br>功能转移后 QEP1 中断输入                              |
| PA7/<br>PFC_O2/<br>TXD1S/<br>NSS1/<br>SCL2/<br>TIM6/<br>QEP2A               | 20                | DB/<br>DO/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DB/<br>DB        | GPIO<br>PFC2 PWM 控制输出<br>功能转移后 UART1 TXD 输出<br>SPI1 片选<br>I <sup>2</sup> C2 时钟线<br>Timer6 输入或输出<br>QEP2 A 输入                                                         |
| PA8/<br>TIM6S/                                                              | 21                | DB/<br>DB/                                          | GPIO<br>功能转移后 Timer6 输入或输出                                                                                                                                           |

| 引脚                                              | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                          | 功能描述                                                                                                        |
|-------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| QEP2B/<br>TIM3                                  |                   | DB/<br>DB                      | QEP2 B 输入<br>Timer3 输入或输出                                                                                   |
| PA9/<br>DBG1S/<br>NSS2/<br>OLDBG/<br>TIM8       | 22                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DO/<br>DB | GPIO<br>Debug1 端口功能转移<br>SPI2 片选<br>DataMonitor 端口<br>Timer8 输入或输出                                          |
| L_DU1                                           | 23                | DO                             | U 相下桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| L_DV1                                           | 24                | DO                             | V 相下桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| L_DW1                                           | 25                | DO                             | W 相下桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| H_DU1                                           | 26                | DO                             | U 相上桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| H_DV1                                           | 27                | DO                             | V 相上桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| H_DW1                                           | 28                | DO                             | W 相上桥 PWM 输出(主电机)                                                                                           |
| VDD5                                            | 29                | P                              | 5V 电源, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容                                                                                    |
| RSTN/<br>FICEK                                  | 30                | DI/<br>DI                      | 外部复位输入, 内置上拉电阻<br>FICE 调试接口时钟端                                                                              |
| VSS                                             | 31                | P                              | 地                                                                                                           |
| PB2/<br>TIM8S/<br>TXD2S2/<br>TXRXD2S2/<br>FICED | 32                | DB/<br>DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 Timer8 输入或输出<br>第二次功能转移后 UART2 TXD 输出<br>第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>FICE 调试接口数据端 |
| PB0/<br>AD1_2/<br>DBG2/<br>OLDBGS2              | 33                | DB/<br>AI/<br>DO/<br>DO        | GPIO<br>ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入<br>Debug2 端口输出<br>第二次功能转移后 DataMonitor 端口                                  |
| PB1/<br>C1PS/<br>AD1_5/<br>HAL0B                | 34                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>功能转移后 CMP1 正输入端<br>ADC1 通道 5 输入<br>Hall0 B 输入                                                       |
| PB3/<br>C0P/<br>AD1_6/<br>HAL0A                 | 35                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>CMP0 正输入端<br>ADC1 通道 6 输入<br>Hall0 A 输入                                                             |

| 引脚                                       | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                          | 功能描述                                                               |
|------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| PB4/<br>C0M/<br>C2PS/<br>AD1_7/<br>HAL0C | 36                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>DI | GPIO<br>CMP0 负输入端<br>功能转移后 CMP2 正输入端<br>ADC1 通道 7 输入<br>Hall0 C 输入 |
| VDD2P5                                   | 37                | P                              | 2.5V LDO 输出电源，外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容                            |
| PB5/<br>A0P                              | 38                | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP0 正输入端                                                  |
| PB6/<br>A0M                              | 39                | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP0 负输入端                                                  |
| PB7/<br>AD1_4/<br>C3P/<br>A0O/<br>C4M    | 40                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC1 通道 4 输入<br>CMP3 正输入端<br>AMP0 输出端<br>CMP4 负输入端         |
| PB8/<br>C1P/<br>A1P/<br>AD1_8            | 41                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP1 正输入端<br>AMP1 正输入端<br>ADC1 通道 8 输入                     |
| PB9/<br>C1M/<br>A1M                      | 42                | DB/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP1 负输入端<br>AMP1 负输入端                                     |
| PB10/<br>AD1_0/<br>A1O                   | 43                | DB/<br>AI/<br>AO               | GPIO<br>ADC1 通道 0 输入<br>AMP1 输出端                                   |
| PB11/<br>C2P/<br>A2P/<br>AD1_9           | 44                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP2 正输入端<br>AMP2 正输入端<br>ADC1 通道 9 输入                     |
| PB12/<br>C2M/<br>A2M                     | 45                | DB/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP2 负输入端<br>AMP2 负输入端                                     |
| PB13/<br>AD1_1/<br>A2O                   | 46                | DB/<br>AI/<br>AO               | GPIO<br>ADC1 通道 1 输入<br>AMP2 输出端                                   |

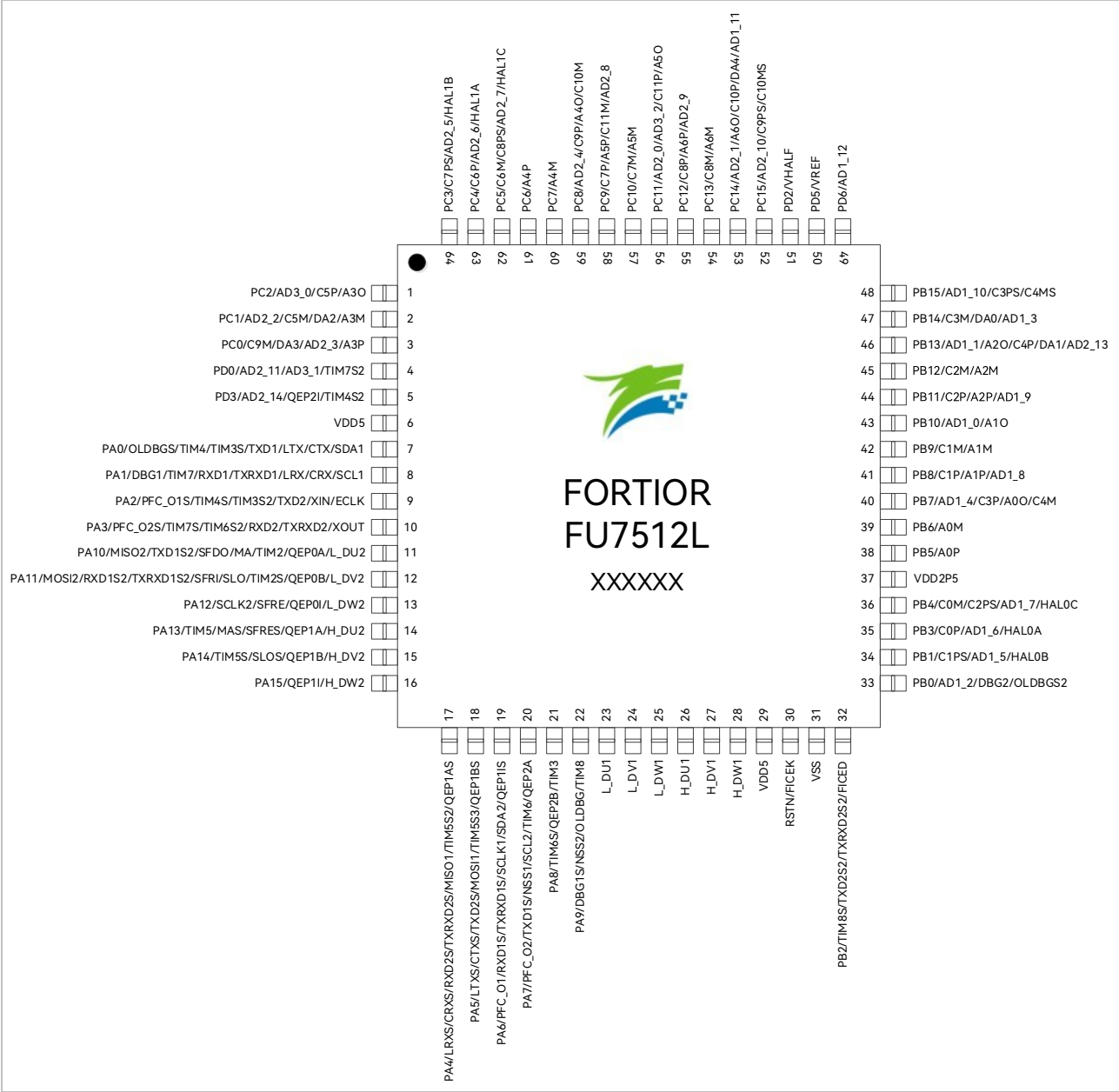


| 引脚                                                 | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                                 | 功能描述                                                                        |
|----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| C4P/<br>DA1/<br>AD2_13                             |                   | AI/<br>AO/<br>AI                      | CMP4 正输入端<br>DAC1 输出端<br>ADC2 通道 13 输入                                      |
| PB14/<br>C3M/<br>DA0/<br>AD1_3                     | 47                | DB/<br>AI/<br>AO/<br>AI               | GPIO<br>CMP3 负输入端<br>DAC0 输出端<br>ADC1 通道 3 输入                               |
| PB15/<br>AD1_10/<br>C3PS/<br>C4MS                  | 48                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>ADC1 通道 10 输入<br>功能转移后 CMP3 正输入端<br>功能转移后 CMP4 负输入端                 |
| PD6/<br>AD1_12                                     | 49                | DB/<br>AI                             | GPIO<br>ADC1 通道 12 输入                                                       |
| PD5/<br>VREF                                       | 50                | DB/<br>AB                             | GPIO<br>ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容               |
| PD2/<br>VHALF                                      | 51                | DB/<br>AO                             | GPIO<br>1/2 VREF 参考输出, 外接 1 $\mu$ F 电容                                      |
| PC15/<br>AD2_10/<br>C9PS/<br>C10MS                 | 52                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>ADC2 通道 10 输入<br>功能转移后 CMP9 正输入端<br>功能转移后 CMP10 负输入端                |
| PC14/<br>AD2_1/<br>A6O/<br>C10P/<br>DA4/<br>AD1_11 | 53                | DB/<br>AI/<br>AO/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC2 通道 1 输入<br>AMP6 输出端<br>CMP10 正输入端<br>DAC4 输出端<br>ADC1 通道 11 输入 |
| PC13/<br>C8M/<br>A6M                               | 54                | DB/<br>AI/<br>AI                      | GPIO<br>CMP8 负输入端<br>AMP6 负输入端                                              |
| PC12/<br>C8P/<br>A6P/<br>AD2_9                     | 55                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP8 正输入端<br>AMP6 正输入端<br>ADC2 通道 9 输入                              |

| 引脚                                        | FU7512L<br>LQFP64 | IO 类型                          | 功能描述                                                             |
|-------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| PC11/<br>AD2_0/<br>AD3_2/<br>C11P/<br>A5O | 56                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>AO | GPIO<br>ADC2 通道 0 输入<br>ADC3 通道 2 输入<br>CMP11 正输入端<br>AMP5 输出端   |
| PC10/<br>C7M/<br>A5M                      | 57                | DB/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP7 负输入端<br>AMP5 负输入端                                   |
| PC9/<br>C7P/<br>A5P/<br>C11M/<br>AD2_8    | 58                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>AI | GPIO<br>CMP7 正输入端<br>AMP5 正输入端<br>CMP11 负输入端<br>ADC2 通道 8 输入     |
| PC8/<br>AD2_4/<br>C9P/<br>A4O/<br>C10M    | 59                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC2 通道 4 输入<br>CMP9 正输入端<br>AMP4 输出端<br>CMP10 负输入端      |
| PC7/<br>A4M                               | 60                | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP4 负输入端                                                |
| PC6/<br>A4P                               | 61                | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP4 正输入端                                                |
| PC5/<br>C6M/<br>C8PS/<br>AD2_7/<br>HAL1C  | 62                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>DI | GPIO<br>CMP6 负输入端<br>功能转移后 CMP8 输入<br>ADC2 通道 7 输入<br>Hall1 C 输入 |
| PC4/<br>C6P/<br>AD2_6/<br>HAL1A           | 63                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>CMP6 正输入端<br>ADC2 通道 6 输入<br>Hall1 A 输入                  |
| PC3/<br>C7PS/<br>AD2_5/<br>HAL1B          | 64                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>功能转移后 CMP7 正输入端<br>ADC2 通道 5 输入<br>Hall1 B 输入            |

2.2 FU7512L LQFP64 引脚图

图 2-1 FU7512L LQFP64 引脚图



## 2.3 FU7541Q QFN48 引脚列表

表 2-2 FU7541Q QFN48 引脚列表

| 引脚                                                                  | FU7541Q<br>QFN48 | IO 类型                                               | 功能描述                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA0/<br>OLDBGS/<br>TIM4/<br>TIM3S/<br>TXD1/<br>LTX/<br>CTX/<br>SDA1 | 1                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>DO/<br>DO/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 DataMonitor 端口<br>Timer4 输入或输出<br>功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART1 TXD 输出<br>LIN TXD 输出<br>CAN TXD 输出<br>I <sup>2</sup> C1 数据线, 集电极开漏输出 |
| PA1/<br>DBG1/<br>TIM7/<br>RXD1/<br>TXRXD1/<br>LRX/<br>CRX/<br>SCL1  | 2                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DI/<br>DB | GPIO<br>Debug1 端口<br>Timer7 输入或输出<br>UART1 RXD 输入<br>UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>LIN RXD 输入<br>CAN RXD 输入<br>I <sup>2</sup> C1 时钟线, 集电极开漏输出   |
| PA2/<br>PFC_O1S/<br>TIM4S/<br>TIM3S2/<br>TXD2/<br>XIN/<br>ECLK      | 3                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>PFC PWM1 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer4 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART2 TXD 输出<br>外部快时钟模拟输入<br>外部有源晶体输入                                |
| PA3/<br>PFC_O2S/<br>TIM7S/<br>TIM6S2/<br>RXD2/<br>TXRXD2/<br>XOUT   | 4                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>AO        | GPIO<br>PFC PWM2 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer7 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer6 输入或输出<br>UART2 RXD 输入<br>UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>外部快时钟模拟输出             |
| L_U2                                                                | 5                | DO                                                  | 3P3N Pre-driver2 下桥 U 相输出                                                                                                                        |
| L_V2                                                                | 6                | DO                                                  | 3P3N Pre-driver2 下桥 V 相输出                                                                                                                        |

| 引脚                                                                | FU7541Q<br>QFN48 | IO 类型                                        | 功能描述                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L_W2                                                              | 7                | DO                                           | 3P3N Pre-driver2 下桥 W 相输出                                                                                                                           |
| H_PU2                                                             | 8                | DO                                           | 3P3N Pre-driver2 上桥 U 相输出                                                                                                                           |
| H_PV2                                                             | 9                | DO                                           | 3P3N Pre-driver2 上桥 V 相输出                                                                                                                           |
| H_PW2                                                             | 10               | DO                                           | 3P3N Pre-driver2 上桥 W 相输出                                                                                                                           |
| VCC_2                                                             | 11               | P                                            | 3P3N Pre-driver2 电源输入，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                                                                                                 |
| VDD5_2                                                            | 12               | DO                                           | 3P3N Pre-driver2 内部 5V LDO 输出电源，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                                                                                       |
| PA4/<br>LRXS/<br>CRXS/<br>RXD2S/<br>TXRXD2S/<br>TIM5S2/<br>QEP1AS | 13               | DB/<br>DI/<br>DI/<br>DI/<br>DB/<br>DB/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 LIN RXD 输入<br>功能转移后 CAN RXD 输入<br>功能转移后 UART2 RXD 输入<br>功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>第二次功能转移后 Timer5 输入或输出<br>功能转移后 QEP1 A 输入 |
| L_U1                                                              | 14               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 下桥 U 相输出                                                                                                                           |
| L_V1                                                              | 15               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 下桥 V 相输出                                                                                                                           |
| L_W1                                                              | 16               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 下桥 W 相输出                                                                                                                           |
| H_PU1                                                             | 17               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 上桥 U 相输出                                                                                                                           |
| H_PV1                                                             | 18               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 上桥 V 相输出                                                                                                                           |
| H_PW1                                                             | 19               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 上桥 W 相输出                                                                                                                           |
| VCC_1                                                             | 20               | P                                            | 3P3N Pre-driver1 电源输入，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                                                                                                 |
| VDD5_1                                                            | 21               | DO                                           | 3P3N Pre-driver1 内部 5V LDO 输出电源，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                                                                                       |
| RSTN/<br>FICEK                                                    | 22               | DI/<br>DI                                    | 外部复位输入，内置上拉电阻<br>FICE 调试接口时钟端                                                                                                                       |
| VSS                                                               | 23               | P                                            | 地                                                                                                                                                   |
| PB2/<br>TIM8S/<br>TXD2S2/<br>TXRXD2S2/<br>FICED                   | 24               | DB/<br>DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB               | GPIO<br>功能转移后 Timer8 输入或输出<br>第二次功能转移后 UART2 TXD 输出<br>第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>FICE 调试接口数据端                                         |
| PB0/<br>AD1_2/<br>DBG2/<br>OLDBGS2                                | 25               | DB/<br>AI/<br>DO/<br>DO                      | GPIO<br>ADC1 通道 2 输入，母线电压分压采样输入<br>Debug2 端口输出<br>第二次功能转移后 DataMonitor 端口                                                                           |
| PB1/<br>C1PS/                                                     | 26               | DB/<br>AI/                                   | GPIO<br>功能转移后 CMP1 正输入端                                                                                                                             |

| 引脚                                       | FU7541Q<br>QFN48 | IO 类型                          | 功能描述                                                               |
|------------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| AD1_5/<br>HAL0B                          |                  | AI/<br>DI                      | ADC1 通道 5 输入<br>Hall0 B 输入                                         |
| PB3/<br>C0P/<br>AD1_6/<br>HAL0A          | 27               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>CMP0 正输入端<br>ADC1 通道 6 输入<br>Hall0 A 输入                    |
| PB4/<br>C0M/<br>C2PS/<br>AD1_7/<br>HAL0C | 28               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>DI | GPIO<br>CMP0 负输入端<br>功能转移后 CMP2 正输入端<br>ADC1 通道 7 输入<br>Hall0 C 输入 |
| VDD2P5                                   | 29               | P                              | 2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容                           |
| PB5/<br>A0P                              | 30               | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP0 正输入端                                                  |
| PB6/<br>A0M                              | 31               | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP0 负输入端                                                  |
| PB7/<br>AD1_4/<br>C3P/<br>A0O/<br>C4M    | 32               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC1 通道 4 输入<br>CMP3 正输入端<br>AMP0 输出端<br>CMP4 负输入端         |
| PB8/<br>C1P/<br>A1P/<br>AD1_8            | 33               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP1 正输入端<br>AMP1 正输入端<br>ADC1 通道 8 输入                     |
| PB9/<br>C1M/<br>A1M                      | 34               | DB/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP1 负输入端<br>AMP1 负输入端                                     |
| PB11/<br>C2P/<br>A2P/<br>AD1_9           | 35               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP2 正输入端<br>AMP2 正输入端<br>ADC1 通道 9 输入                     |
| PB12/<br>C2M/<br>A2M                     | 36               | DB/<br>AI/<br>AI               | GPIO<br>CMP2 负输入端<br>AMP2 负输入端                                     |

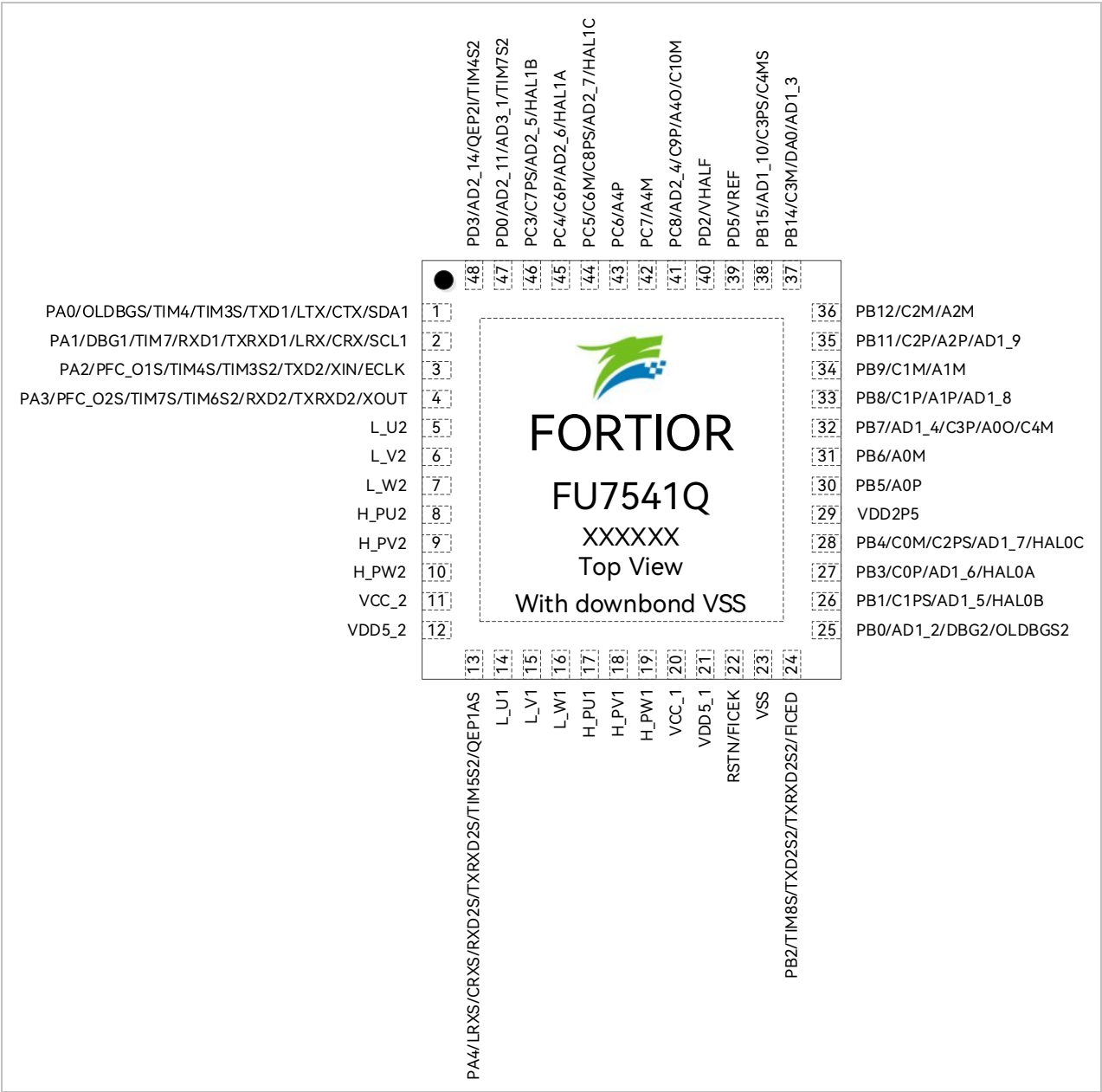
| 引脚                                       | FU7541Q<br>QFN48 | IO 类型                          | 功能描述                                                             |
|------------------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| PB14/<br>C3M/<br>DA0/<br>AD1_3           | 37               | DB/<br>AI/<br>AO/<br>AI        | GPIO<br>CMP3 负输入端<br>DAC0 输出端<br>ADC1 通道 3 输入                    |
| PB15/<br>AD1_10/<br>C3PS/<br>C4MS        | 38               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>ADC1 通道 10 输入<br>功能转移后 CMP3 正输入端<br>功能转移后 CMP4 负输入端      |
| PD5/<br>VREF                             | 39               | DB/<br>AB                      | GPIO<br>ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出，外接 1μF ~ 4.7μF 电容                 |
| PD2/<br>VHALF                            | 40               | DB/<br>AO                      | GPIO<br>1/2 VREF 参考输出，外接 1μF 电容                                  |
| PC8/<br>AD2_4/<br>C9P/<br>A4O/<br>C10M   | 41               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC2 通道 4 输入<br>CMP9 正输入端<br>AMP4 输出端<br>CMP10 负输入端      |
| PC7/<br>A4M                              | 42               | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP4 负输入端                                                |
| PC6/<br>A4P                              | 43               | DB/<br>AI                      | GPIO<br>AMP4 正输入端                                                |
| PC5/<br>C6M/<br>C8PS/<br>AD2_7/<br>HAL1C | 44               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>DI | GPIO<br>CMP6 负输入端<br>功能转移后 CMP8 输入<br>ADC2 通道 7 输入<br>Hall1 C 输入 |
| PC4/<br>C6P/<br>AD2_6/<br>HAL1A          | 45               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>CMP6 正输入端<br>ADC2 通道 6 输入<br>Hall1 A 输入                  |
| PC3/<br>C7PS/<br>AD2_5/<br>HAL1B         | 46               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>功能转移后 CMP7 正输入端<br>ADC2 通道 5 输入<br>Hall1 B 输入            |

| 引脚                                  | FU7541Q<br>QFN48 | IO 类型                   | 功能描述                                                                             |
|-------------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| PD0/<br>AD2_11/<br>AD3_1/<br>TIM7S2 | 47               | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DB | GPIO<br>ADC2 通道 11 输入<br>ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 UAC 采样)<br>Timer7 第二次功能转移后输入或输出 |
| PD3/<br>AD2_14/<br>QEP2I/<br>TIM4S2 | 48               | DB/<br>AI/<br>DI/<br>DB | GPIO<br>ADC2 通道 14 输入<br>QEP2 中断输入<br>Timer4 第二次功能转移后输入或输出                       |



2.4 FU7541Q QFN48 引脚图

图 2-2 FU7541Q QFN48 引脚图



## 2.5 FU7562L LQFP52 引脚列表

表 2-3 FU7562L LQFP52 引脚列表

| 引脚                                       | FU7562L<br>LQFP52 | IO 类型                          | 功能描述                                                             |
|------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| PD5/<br>VREF                             | 1                 | DB/<br>AB                      | GPIO<br>ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出，外接 1μF ~ 4.7μF 电容                 |
| PC12/<br>C8P/<br>A6P/<br>AD2_9           | 2                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP8 正输入端<br>AMP6 正输入端<br>ADC2 通道 9 输入                   |
| PC5/<br>C6M/<br>C8PS/<br>AD2_7/<br>HAL1C | 3                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI/<br>DI | GPIO<br>CMP6 负输入端<br>功能转移后 CMP8 输入<br>ADC2 通道 7 输入<br>Hall1 C 输入 |
| PC4/<br>C6P/<br>AD2_6/<br>HAL1A          | 4                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>CMP6 正输入端<br>ADC2 通道 6 输入<br>Hall1 A 输入                  |
| PC3/<br>C7PS/<br>AD2_5/<br>HAL1B         | 5                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>功能转移后 CMP7 正输入端<br>ADC2 通道 5 输入<br>Hall1 B 输入            |
| PC2/<br>AD3_0/<br>C5P/<br>A3O            | 6                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO        | GPIO<br>ADC3 通道 0 输入<br>CMP5 正输入端<br>AMP3 输出端                    |
| PC1/<br>AD2_2/<br>C5M/<br>DA2/<br>A3M    | 7                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AO/<br>AI | GPIO<br>ADC2 通道 2 输入<br>CMP5 负输入端<br>DAC2 输出端<br>AMP3 负输入端       |
| PC0/<br>DA3/<br>AD2_3/<br>A3P            | 8                 | DB/<br>AO/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>DAC3 输出端<br>ADC2 通道 3 输入<br>AMP3 正输入端                    |

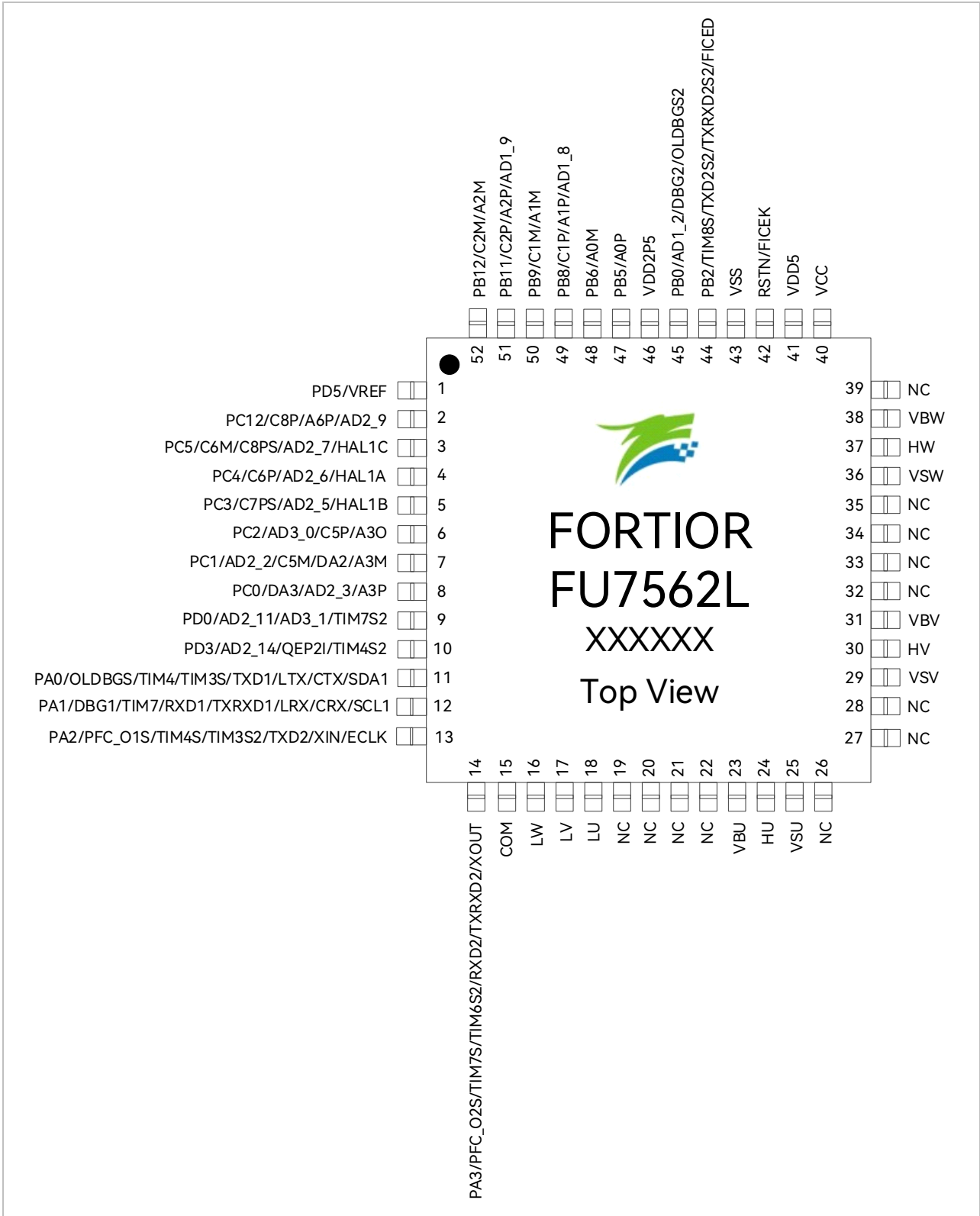
| 引脚                                                                  | FU7562L<br>LQFP52 | IO 类型                                               | 功能描述                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PD0/<br>AD2_11/<br>AD3_1/<br>TIM7S2                                 | 9                 | DB/<br>AI/<br>AI/<br>DB                             | GPIO<br>ADC2 通道 11 输入<br>ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 UAC 采样)<br>Timer7 第二次功能转移后输入或输出                                                                 |
| PD3/<br>AD2_14/<br>QEP2I/<br>TIM4S2                                 | 10                | DB/<br>AI/<br>DI/<br>DB                             | GPIO<br>ADC2 通道 14 输入<br>QEP2 中断输入<br>Timer4 第二次功能转移后输入或输出                                                                                       |
| PA0/<br>OLDBGS/<br>TIM4/<br>TIM3S/<br>TXD1/<br>LTX/<br>CTX/<br>SDA1 | 11                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>DO/<br>DO/<br>DB | GPIO<br>功能转移后 DataMonitor 端口<br>Timer4 输入或输出<br>功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART1 TXD 输出<br>LIN TXD 输出<br>CAN TXD 输出<br>I <sup>2</sup> C1 数据线, 集电极开漏输出 |
| PA1/<br>DBG1/<br>TIM7/<br>RXD1/<br>TXRXD1/<br>LRX/<br>CRX/<br>SCL1  | 12                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DI/<br>DB/<br>DI/<br>DI/<br>DB | GPIO<br>Debug1 端口<br>Timer7 输入或输出<br>UART1 RXD 输入<br>UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>LIN RXD 输入<br>CAN RXD 输入<br>I <sup>2</sup> C1 时钟线, 集电极开漏输出   |
| PA2/<br>PFC_O1S/<br>TIM4S/<br>TIM3S2/<br>TXD2/<br>XIN/<br>ECLK      | 13                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/<br>DO/<br>AI/<br>DI        | GPIO<br>PFC PWM1 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer4 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer3 输入或输出<br>UART2 TXD 输出<br>外部快时钟模拟输入<br>外部有源晶体输入                                |
| PA3/<br>PFC_O2S/<br>TIM7S/<br>TIM6S2/                               | 14                | DB/<br>DO/<br>DB/<br>DB/                            | GPIO<br>PFC PWM2 控制输出功能转移<br>功能转移后 Timer7 输入或输出<br>第二次功能转移后 Timer6 输入或输出                                                                         |

| 引脚                       | FU7562L<br>LQFP52 | IO 类型            | 功能描述                                                     |
|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| RXD2/<br>TXRXD2/<br>XOUT |                   | DI/<br>DB/<br>AO | UART2 RXD 输入<br>UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>外部快时钟模拟输出 |
| COM                      | 15                | P                | 6N Pre-driver 地                                          |
| LW                       | 16                | DO               | 6N Pre-driver W 相下桥输出                                    |
| LV                       | 17                | DO               | 6N Pre-driver V 相下桥输出                                    |
| LU                       | 18                | DO               | 6N Pre-driver U 相下桥输出                                    |
| NC                       | 19                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 20                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 21                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 22                | -                | NC                                                       |
| VBU                      | 23                | P                | 6N Pre-driver U 相上桥自举电源                                  |
| HU                       | 24                | DO               | 6N Pre-driver U 相上桥输出                                    |
| VSU                      | 25                | P                | 6N Pre-driver U 相输入，用于 U 相上桥自举的地端参考                      |
| NC                       | 26                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 27                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 28                | -                | NC                                                       |
| VSV                      | 29                | P                | 6N Pre-driver V 相输入，用于 U 相上桥自举的地端参考                      |
| HV                       | 30                | DO               | 6N Pre-driver V 相上桥输出                                    |
| VBV                      | 31                | P                | 6N Pre-driver U 相上桥自举电源                                  |
| NC                       | 32                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 33                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 34                | -                | NC                                                       |
| NC                       | 35                | -                | NC                                                       |
| VSW                      | 36                | P                | 6N Pre-driver W 相上桥自举电源                                  |
| HW                       | 37                | DO               | 6N Pre-driver W 相上桥输出                                    |
| VBW                      | 38                | P                | 6N Pre-driver W 相输入，用于 U 相上桥自举的地端参考                      |
| NC                       | 39                | -                | NC                                                       |
| VCC                      | 40                | P                | 6N Pre-driver 电源输入，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容         |
| VDD5                     | 41                | P                | 5V 电源，外接 1 $\mu$ F ~ 4.7 $\mu$ F 电容                      |
| RSTN/<br>FICEK           | 42                | DI/<br>DI        | 外部复位输入，内置上拉电阻<br>FICE 调试接口时钟端                            |
| VSS                      | 43                | P                | 地                                                        |
| PB2/<br>TIM8S/           | 44                | DB/<br>DB/       | GPIO<br>功能转移后 Timer8 输入或输出                               |

| 引脚                                 | FU7562L<br>LQFP52 | IO 类型                   | 功能描述                                                                          |
|------------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| TXD2S2/<br>TXRXD2S2/<br>FICED      |                   | DO/<br>DB/<br>DB        | 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出<br>第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入<br>FICE 调试接口数据端 |
| PB0/<br>AD1_2/<br>DBG2/<br>OLDBGS2 | 45                | DB/<br>AI/<br>DO/<br>DO | GPIO<br>ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入<br>Debug2 端口输出<br>第二次功能转移后 DataMonitor 端口    |
| VDD2P5                             | 46                | P                       | 2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容                                      |
| PB5/<br>A0P                        | 47                | DB/<br>AI               | GPIO<br>AMP0 正输入端                                                             |
| PB6/<br>A0M                        | 48                | DB/<br>AI               | GPIO<br>AMP0 负输入端                                                             |
| PB8/<br>C1P/<br>A1P/<br>AD1_8      | 49                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI | GPIO<br>CMP1 正输入端<br>AMP1 正输入端<br>ADC1 通道 8 输入                                |
| PB9/<br>C1M/<br>A1M                | 50                | DB/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP1 负输入端<br>AMP1 负输入端                                                |
| PB11/<br>C2P/<br>A2P/<br>AD1_9     | 51                | DB/<br>AI/<br>AI/<br>AI | GPIO<br>CMP2 正输入端<br>AMP2 正输入端<br>ADC1 通道 9 输入                                |
| PB12/<br>C2M/<br>A2M               | 52                | DB/<br>AI/<br>AI        | GPIO<br>CMP2 负输入端<br>AMP2 负输入端                                                |

2.6 FU7562L LQFP52 引脚图

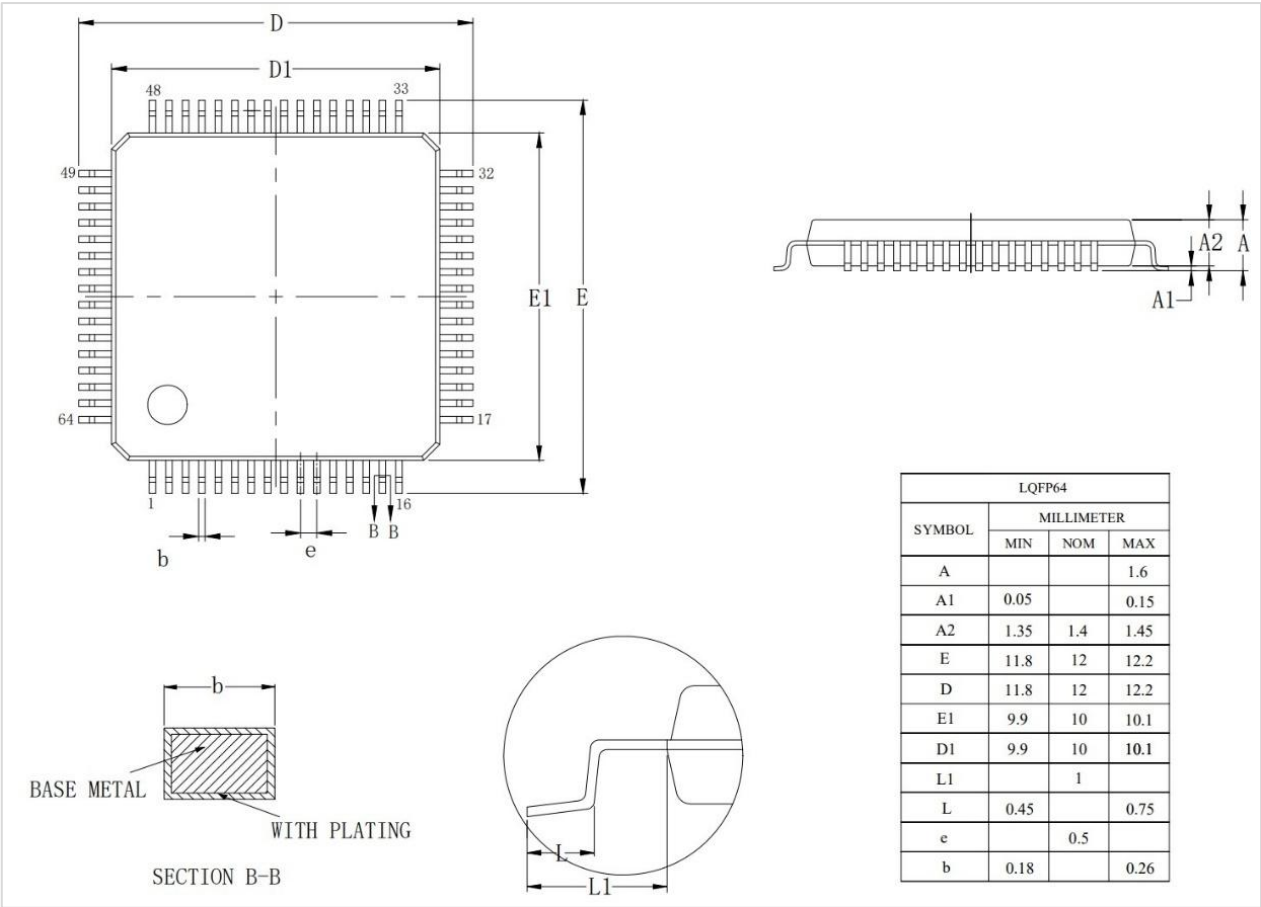
图 2-3 FU7562L LQFP52 引脚图



### 3 封装信息

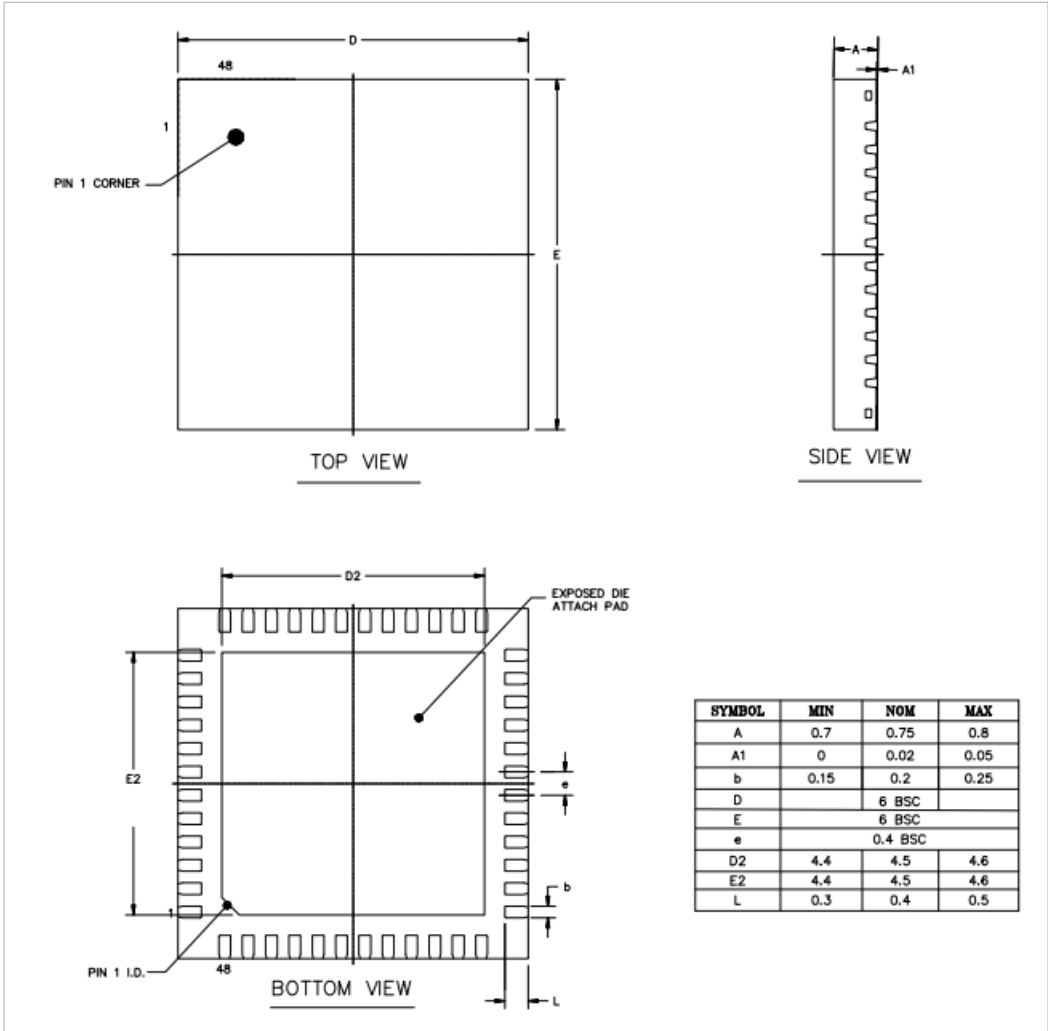
#### 3.1 FU7512L LQFP64\_10X10

图 3-1 FU7512L LQFP64\_10X10 封装尺寸图



3.2 FU7541Q QFN48\_6X6

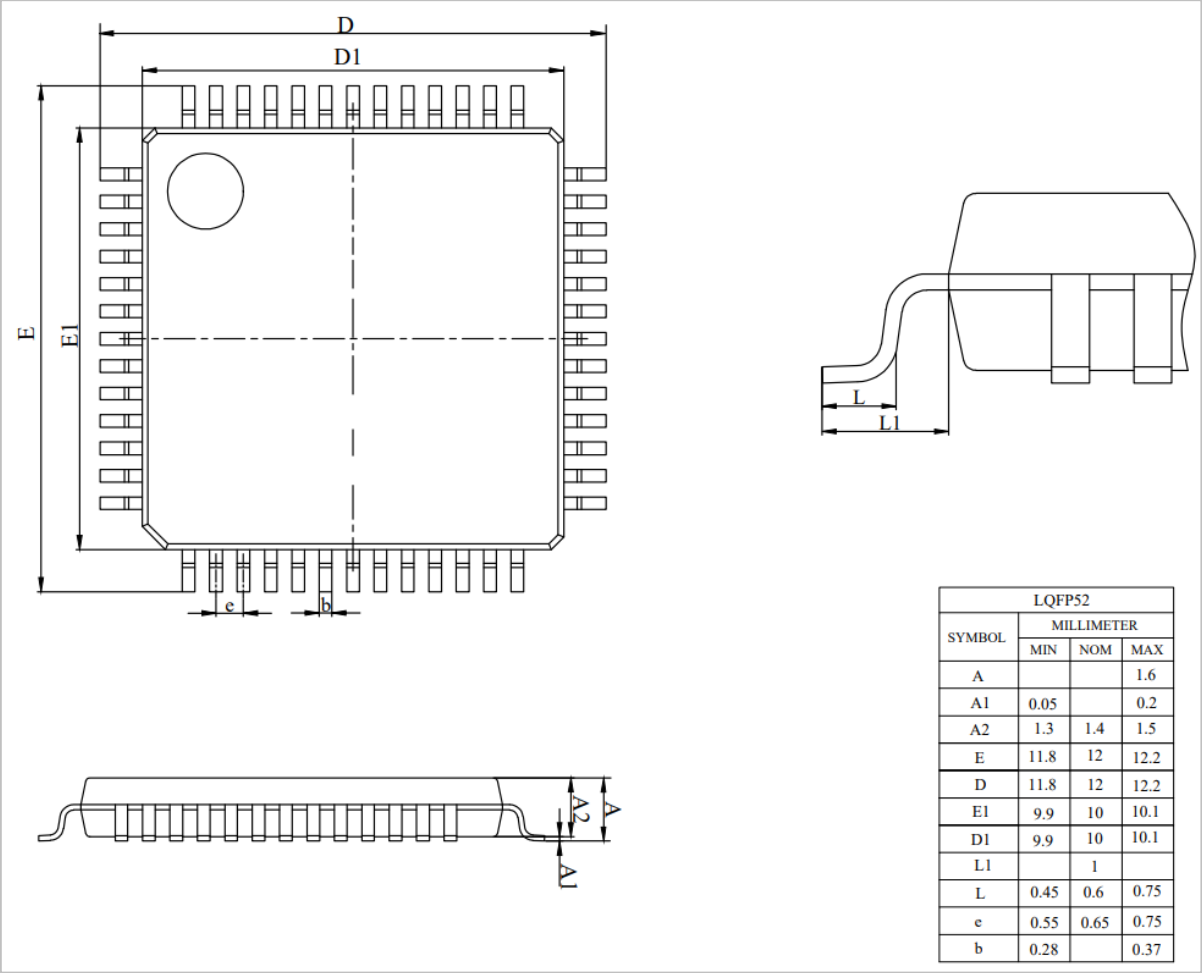
图 3-2 FU7541Q QFN48\_6X6 封装尺寸图





3.3 FU7562L LQFP52\_10X10

图 3-3 FU7562L LQFP52\_10X10 封装尺寸图



# 4 订购信息

图 4-1 产品型号选择

| 型号      | 频率 (MHz) | Flash(kByte) | SRAM(kByte) | PRAM(kByte) | 时钟电路  |       |       | 驱动接口 |                 |               | 驱动类型 | I <sup>2</sup> C1/UART/LIN/CANFD | I <sup>2</sup> C2/SPI | DMA | GPIO | 定时器 | 模拟外设 |    |    |     |       |      |    |     | 无铅 | 封装                  |
|---------|----------|--------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|------|-----------------|---------------|------|----------------------------------|-----------------------|-----|------|-----|------|----|----|-----|-------|------|----|-----|----|---------------------|
|         |          |              |             |             |       |       |       |      |                 |               |      |                                  |                       |     |      |     |      |    |    |     |       |      |    |     |    |                     |
|         |          |              |             |             | 内部快时钟 | 内部慢时钟 | 外部快时钟 | PWM  | 3P3N Pre-driver | 6N Pre-driver | FOC  |                                  |                       |     |      |     | ADC  |    |    | DAC |       | VREF | 运放 | 比较器 |    |                     |
| FU7512L | 48/24    | 64           | 12          | 4           | √     | √     | √     | 2    | -               | -             | √    | √                                | √                     | √   | 53   | 9   | 3    | 30 | 12 | 5   | 9\8\6 | √    | 7  | 8   | √  | LQFP64<br>(10x10mm) |
| FU7541Q | 48/24    | 64           | 12          | 4           | √     | √     | √     | -    | 2               | -             | √    | √                                | -                     | √   | 29   | 8   | 3    | 19 | 12 | 5   | 9\8\6 | √    | 4  | 6   | √  | QFN48<br>(6 x 6mm)  |
| FU7562L | 48/24    | 64           | 12          | 4           | √     | √     | √     | -    | -               | 1             | √    | √                                | -                     | √   | 22   | 7   | 3    | 19 | 12 | 3   | 9\8   | √    | 5  | 4   | √  | LQFP52<br>(10x10mm) |

## 5 电气特性

### 5.1 绝对最大额定值

超过表 5-1 ~ 表 5-3 绝对最大额定值中所列的应力值可能会永久损坏器件。这仅为应力额定值，不建议器件运行在该规范范围以外。长期在最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。

#### 5.1.1 FU7512L 绝对最大额定值

表 5-1 FU7512L 绝对最大额定值

| 参数                   | 条件 | 最小值  | 典型值 | 最大值        | 单位 |
|----------------------|----|------|-----|------------|----|
| 工作时结温 $T_J$          |    | -40  | -   | 150        | °C |
| 储存温度 $T_{STG}$       |    | -55  | -   | 150        | °C |
| VDD5 相对 VSS 的电压      |    | -0.3 | -   | 6.5        | V  |
| RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压 |    | -0.3 | -   | VDD5 + 0.3 | V  |

#### 5.1.2 FU7541Q 绝对最大额定值

表 5-2 FU7541Q 绝对最大额定值

| 参数                   | 条件 | 最小值  | 典型值 | 最大值        | 单位 |
|----------------------|----|------|-----|------------|----|
| 工作时结温 $T_J$          |    | -40  | -   | 150        | °C |
| 储存温度 $T_{STG}$       |    | -55  | -   | 150        | °C |
| VCC 相对 VSS 的电压       |    | -0.3 | -   | 36         | V  |
| VDD5 相对 VSS 的电压      |    | -0.3 | -   | 6.5        | V  |
| RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压 |    | -0.3 | -   | VDD5 + 0.3 | V  |

#### 5.1.3 FU7562L 绝对最大额定值

表 5-3 FU7562L 绝对最大额定值

| 参数                      | 条件 | 最小值  | 典型值 | 最大值        | 单位 |
|-------------------------|----|------|-----|------------|----|
| 工作时结温 $T_J$             |    | -40  | -   | 150        | °C |
| 储存温度 $T_{STG}$          |    | -55  | -   | 150        | °C |
| VCC 相对 VSS 的电压          |    | -0.3 | -   | 22         | V  |
| VDD5 相对 VSS 的电压         |    | -0.3 | -   | 6.5        | V  |
| 高侧浮动电压 $V_{BU,BV,BW}$   |    | -0.3 | -   | 625        | V  |
| 低侧供电电压                  |    | -0.3 | -   | VCC        | V  |
| 低侧输出电压 $V_{LU, LV, LW}$ |    | -0.3 | -   | VCC+0.3    | V  |
| RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压    |    | -0.3 | -   | VDD5 + 0.3 | V  |

## 5.2 全局电气特性

### 5.2.1 FU7512L 全局电气特性

表 5-4 FU7512L 全局电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数                             | 条件       | 最小值 | 典型值 | 最大值                | 单位               |
|--------------------------------|----------|-----|-----|--------------------|------------------|
| $V_{DD5}$ 工作电压 <sup>[2]</sup>  |          | 3   | 5   | 5.5                | V                |
| $I_{VDD5}$ 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 24M | -   | 15  | -                  | mA               |
| $I_{VDD5}$ 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 48M | -   | 20  | -                  | mA               |
| $I_{VDD5}$ 待机电流                | 所有外设关断   | -   | 1.5 | -                  | mA               |
| $I_{VDD5}$ 睡眠电流                |          | -   | 20  | -                  | $\mu\text{A}$    |
| 工作时环境温度 $T_A$                  |          | -40 | -   | 85                 | $^\circ\text{C}$ |
| 工作时环境温度 $T_A$                  |          | -40 | -   | 105 <sup>[4]</sup> | $^\circ\text{C}$ |

### 5.2.2 FU7541Q 全局电气特性

表 5-5 FU7541Q 全局电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数                               | 条件                                                                       | 最小值 | 典型值  | 最大值                | 单位               |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|------|--------------------|------------------|
| $V_{CC}$ 工作电压 <sup>[1]</sup>     |                                                                          | 5   | -    | 28                 | V                |
| $V_{DD5}$ 工作电压 <sup>[2]</sup>    |                                                                          | 3   | 5    | 5.5                | V                |
| $I_{VCC\_1}$ 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 24M, $V_{CC\_1} = 15\text{V}$                                       | -   | 15   | -                  | mA               |
| $I_{VCC\_1}$ 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 48M, $V_{CC\_1} = 15\text{V}$                                       | -   | 20   | -                  | mA               |
| $I_{VCC\_1}$ 待机电流                | 所有外设关断, $V_{CC\_1} = 15\text{V}$                                         | -   | 1.8  | -                  | mA               |
| $I_{VCC\_1}$ 睡眠电流                | $V_{CC\_1} = 15\text{V}$                                                 | -   | 200  | -                  | $\mu\text{A}$    |
| $I_{VCC\_2}$ 工作电流 <sup>[3]</sup> | $V_{CC\_2} = 15\text{V}$ , $V_{IN} = 0\text{V}$ 或 $5\text{V}$            | -   | 0.28 | -                  | mA               |
| $I_{VCC\_2}$ 静态电流                | $V_{CC\_2} = 15\text{V}$ , $V_{IN} = 0\text{V}$ 或 $5\text{V}$            | -   | 180  | -                  | $\mu\text{A}$    |
| 工作时环境温度 $T_A$                    |                                                                          | -40 | -    | 85                 | $^\circ\text{C}$ |
| 工作时环境温度 $T_A$                    | $V_{CC} \leq 15\text{V}$ &<br>$I_{VCC\_1} + I_{VCC\_2} \leq 30\text{mA}$ | -40 | -    | 105 <sup>[4]</sup> | $^\circ\text{C}$ |

### 5.2.3 FU7562L 全局电气特性

表 5-6 FU7562L 全局电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数                           | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------------------|----|-----|-----|-----|----|
| $V_{CC}$ 工作电压 <sup>[1]</sup> |    | 10  | -   | 20  | V  |

| 参数                                   | 条件                                  | 最小值 | 典型值 | 最大值                | 单位 |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|--------------------|----|
| VDD5 工作电压 <sup>[2]</sup>             |                                     | 3   | 5   | 5.5                | V  |
| I <sub>VCC</sub> 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 24M, VCC = 15V                 | -   | 15  | -                  | mA |
| I <sub>VCC</sub> 工作电流 <sup>[3]</sup> | 系统时钟 48M, VCC = 15V                 | -   | 20  | -                  | mA |
| I <sub>VCC</sub> 待机电流                | 所有外设关断, VCC = 15V                   | -   | 1.7 | -                  | mA |
| I <sub>VCC</sub> 睡眠电流                | VDD5 = 5V, VCC = 15V                | -   | 150 | -                  | μA |
| 工作时环境温度 T <sub>A</sub>               |                                     | -40 | -   | 85                 | °C |
| 工作时环境温度 T <sub>A</sub>               | VCC ≤ 15V & I <sub>VCC</sub> ≤ 30mA | -40 | -   | 105 <sup>[4]</sup> | °C |



备注:

[1] 根据不同批次的样品, VCC 电压上升速率范围 0.5V/μs ~ 0.1V/s

[2] Flash 写入或擦除时 VDD5 必须保持在 5V ~ 5.5V

[3] 根据程序运行的设置发生变化

[4] 只有保证任何时刻均不超过最大 T<sub>J</sub> 的前提下, 才能工作到 T<sub>A</sub> 最大值

## 5.3 GPIO 电气特性

### 5.3.1 FU7512L GPIO 电气特性

表 5-7 FU7512L GPIO 电气特性

(除非特别声明, T<sub>A</sub> = 25°C, VDD5 = 5V)

| 参数                                   | 条件                                                    | 最小值      | 典型值 | 最大值      | 单位 |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------|-----|----------|----|
| 输出上升时间                               | 50pF 负载, 从 10% 上升至 90% 时间,<br>T <sub>A</sub> = 25°C   | -        | 15  | -        | ns |
| 输出下降时间                               | 50pF 负载, 从 90% 下降至 10% 时间,<br>T <sub>A</sub> = 25°C   | -        | 13  | -        | ns |
| V <sub>OH</sub> 输出高电压 <sup>[1]</sup> | I <sub>OH</sub> = 4mA, T <sub>A</sub> = -40°C ~ 105°C | VDD5-0.7 | -   | -        | V  |
| V <sub>OL</sub> 输出低电压                | I <sub>OL</sub> = 4mA, T <sub>A</sub> = -40°C ~ 105°C | -        | -   | VSS+0.7  | V  |
| V <sub>IH</sub> 输入高电压                |                                                       | 0.7*VDD5 | -   | -        | V  |
| V <sub>IL</sub> 输入低电压                |                                                       | -        | -   | 0.2*VDD5 | V  |
| 上拉电阻 <sup>[2]</sup>                  |                                                       | -        | 30  | -        | kΩ |
| 上拉电阻 <sup>[3]</sup>                  |                                                       | -        | 5.6 | -        | kΩ |
| 下拉电阻 <sup>[4]</sup>                  |                                                       | -        | 30  | -        | kΩ |



备注:

[1] 输出的高电平属 VDD5 电压域, 会跟随 VDD5

[2] 除备注[3]外其他 GPIO 上拉均为 30k

[3] PA[0:7], PB[1], PB[3:4], PC[0:5]

[4] PA[0:1], PA[4:15]

5.3.2 FU7541Q GPIO 电气特性

表 5-8 FU7541Q GPIO 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数                            | 条件                                                                           | 最小值                 | 典型值 | 最大值                 | 单位         |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|---------------------|------------|
| 输出上升时间                        | 50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间,<br>$T_A = 25^{\circ}\text{C}$                       | -                   | 15  | -                   | ns         |
| 输出下降时间                        | 50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间,<br>$T_A = 25^{\circ}\text{C}$                       | -                   | 13  | -                   | ns         |
| $V_{OH}$ 输出高电压 <sup>[1]</sup> | $I_{OH} = 4\text{mA}$ , $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ | $V_{DD5} - 0.7$     | -   | -                   | V          |
| $V_{OL}$ 输出低电压                | $I_{OL} = 4\text{mA}$ , $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ | -                   | -   | $V_{SS} + 0.7$      | V          |
| $V_{IH}$ 输入高电压                |                                                                              | $0.7 \cdot V_{DD5}$ | -   | -                   | V          |
| $V_{IL}$ 输入低电压                |                                                                              | -                   | -   | $0.2 \cdot V_{DD5}$ | V          |
| 上拉电阻 <sup>[2]</sup>           |                                                                              | -                   | 30  | -                   | k $\Omega$ |
| 上拉电阻 <sup>[3]</sup>           |                                                                              | -                   | 5.6 | -                   | k $\Omega$ |
| 下拉电阻 <sup>[4]</sup>           |                                                                              | -                   | 30  | -                   | k $\Omega$ |



备注:

- [1] 输出的高电平属  $V_{DD5}$  电压域, 会跟随  $V_{DD5}$
- [2] 除备注[3]外其他 GPIO 上拉均为 30k
- [3] PA[0:4], PB[1], PB[3:4], PC[3:5]
- [4] PA[0:1], PA[4]

5.3.3 FU7562L GPIO 电气特性

表 5-9 FU7562L GPIO 电气特性

| 参数                            | 条件                                                                           | 最小值                 | 典型值 | 最大值                 | 单位         |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----|---------------------|------------|
| 输出上升时间                        | 50pF 负载,从 10%上升至 90%时间,<br>$T_A = 25^{\circ}\text{C}$                        | -                   | 15  | -                   | ns         |
| 输出下降时间                        | 50pF 负载,从 90%下降至 10%时间,<br>$T_A = 25^{\circ}\text{C}$                        | -                   | 13  | -                   | ns         |
| $V_{OH}$ 输出高电压 <sup>[1]</sup> | $I_{OH} = 4\text{mA}$ , $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ | $V_{DD5}-0.7$       | -   | -                   | V          |
| $V_{OL}$ 输出低电压                | $I_{OL} = 4\text{mA}$ , $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ | -                   | -   | $V_{SS}+0.7$        | V          |
| $V_{IH}$ 输入高电压                |                                                                              | $0.7 \cdot V_{DD5}$ | -   | -                   | V          |
| $V_{IL}$ 输入低电压                |                                                                              | -                   | -   | $0.2 \cdot V_{DD5}$ | V          |
| 上拉电阻 <sup>[2]</sup>           |                                                                              | -                   | 30  | -                   | k $\Omega$ |
| 上拉电阻 <sup>[3]</sup>           |                                                                              | -                   | 5.6 | -                   | k $\Omega$ |

| 参数                  | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|----|-----|-----|-----|----|
| 下拉电阻 <sup>[4]</sup> |    | -   | 30  | -   | kΩ |



备注：

- [1] 输出的高电平属 VDD5 电压域，会跟随 VDD5
- [2] 除[3]外其他 GPIO 上拉均为 30k
- [3] PA[0:3], PC[0:5]
- [4] PA[0:1]

5.4 PWM IO 电气特性

5.4.1 FU7512L PWM1 IO 电气特性

表 5-10 FU7512L PWM1 IO 电气特性  
(除非特别声明，T<sub>A</sub> = 25℃，VDD5 = 5V)

| 参数     | 条件                                            | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| 输出拉电流  | T <sub>A</sub> = -40℃ ~ 85℃                   | -   | 4   | -   | mA |
| 输出灌电流  | T <sub>A</sub> = -40℃ ~ 85℃                   | -   | 4   | -   | mA |
| 输出上升时间 | 50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, T <sub>A</sub> = 25℃ | -   | 15  | -   | ns |
| 输出下降时间 | 50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, T <sub>A</sub> = 25℃ | -   | 13  | -   | ns |

5.4.2 FU7512L PWM2 IO 电气特性

表 5-11 FU7512L PWM2 IO 电气特性  
(除非特别声明，T<sub>A</sub> = 25℃，VDD5 = 5V)

| 参数     | 条件                                            | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--------|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|----|
| 输出拉电流  | T <sub>A</sub> = -40℃ ~ 85℃                   | -   | 4   | -   | mA |
| 输出灌电流  | T <sub>A</sub> = -40℃ ~ 85℃                   | -   | 4   | -   | mA |
| 输出上升时间 | 50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, T <sub>A</sub> = 25℃ | -   | 15  | -   | ns |
| 输出下降时间 | 50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, T <sub>A</sub> = 25℃ | -   | 13  | -   | ns |

## 5.5 3P3N Pre-driver IO 电气特性

### 5.5.1 FU7541Q 3P3N Pre-driver1 IO 电气特性

表 5-12 FU7541Q 3P3N Pre-driver1 IO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 15\text{V}$ )

| 参数       | 条件                        | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|---------------------------|-----|-----|-----|----|
| 上桥输出拉电流  |                           | -   | 150 | -   | mA |
| 上桥输出灌电流  |                           | -   | 90  | -   | mA |
| 下桥输出拉电流  |                           | -   | 150 | -   | mA |
| 下桥输出灌电流  |                           | -   | 180 | -   | mA |
| 上桥输出上升时间 | 外接 1nF 电容, 从 10%上升至 90%时间 | -   | 25  | -   | ns |
| 上桥输出下降时间 | 外接 1nF 电容, 从 90%下降至 10%时间 | -   | 90  | -   | ns |
| 下桥输出上升时间 | 外接 1nF 电容, 从 10%上升至 90%时间 | -   | 115 | -   | ns |
| 下桥输出下降时间 | 外接 1nF 电容, 从 90%下降至 10%时间 | -   | 60  | -   | ns |

### 5.5.2 FU7541Q 3P3N Pre-driver2 IO 电气特性

表 5-13 FU7541Q 3P3N Pre-driver2 IO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 15\text{V}$ )

| 参数       | 条件                        | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|---------------------------|-----|-----|-----|----|
| 上桥输出拉电流  |                           | -   | 150 | -   | mA |
| 上桥输出灌电流  |                           | -   | 90  | -   | mA |
| 下桥输出拉电流  |                           | -   | 150 | -   | mA |
| 下桥输出灌电流  |                           | -   | 180 | -   | mA |
| 上桥输出上升时间 | 外接 1nF 电容, 从 10%上升至 90%时间 | -   | 25  | -   | ns |
| 上桥输出下降时间 | 外接 1nF 电容, 从 90%下降至 10%时间 | -   | 90  | -   | ns |
| 下桥输出上升时间 | 外接 1nF 电容, 从 10%上升至 90%时间 | -   | 115 | -   | ns |
| 下桥输出下降时间 | 外接 1nF 电容, 从 90%下降至 10%时间 | -   | 60  | -   | ns |

## 5.6 6N Pre-driver IO 电气特性

### 5.6.1 FU7562L 6N Pre-driver IO 电气特性

表 5-14 FU7562L 6N Pre-driver IO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 15\text{V}$ )

| 参数        | 条件 | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位 |
|-----------|----|-----|------|-----|----|
| 高电平输出峰值电流 |    | -   | 0.11 | -   | A  |
| 低电平输出峰值电流 |    | -   | 0.18 | -   | A  |
| VCC 供电电压  |    | 10  | -    | 20  | V  |



| 参数                      | 条件                        | 最小值                 | 典型值  | 最大值                | 单位 |
|-------------------------|---------------------------|---------------------|------|--------------------|----|
| VCC 静态电流                |                           | -                   | 0.14 | -                  | mA |
| 高侧浮动电压 $V_{BU,BV,BW}$   |                           | -                   | -    | 600                | V  |
| 高侧浮动偏移电压 $V_{SU,SV,SW}$ |                           | $V_{BU,BV,BW} - 20$ | -    | $V_{BU,BV,BW} - 6$ | V  |
| VCC 欠压保护开启电压            |                           | 8.1                 | 9.0  | 9.9                | V  |
| VCC 欠压保护关断电压            |                           | 7.5                 | 8.4  | 9.3                | V  |
| VCC 欠压保护迟滞电压            |                           | 0.4                 | 0.6  | -                  | V  |
| 输出上升时间                  | 1nF 负载,<br>从 10%上升至 90%时间 | -                   | 220  | -                  | ns |
| 输出下降时间                  | 1nF 负载,<br>从 90%下降至 10%时间 | -                   | 110  | -                  | ns |
| 死区时间                    |                           | -                   | 250  | -                  | ns |

5.7 ADC 电气特性

5.7.1 FU7512L ADC 电气特性

表 5-15 FU7512L ADC 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数             | 条件                       | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位                    |
|----------------|--------------------------|-----|------|-----|-----------------------|
| INL (积分非线性)    | 12 位模式                   | -   | 2    | -   | LSB                   |
| DNL (差分非线性)    | 12 位模式                   | -   | 1.5  | -   | LSB                   |
| OFFSET (失调误差)  | 12 位模式                   | -   | 6    | -   | LSB                   |
| SNR (信噪比)      | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 70.8 | -   | dB                    |
| ENOB (有效位数)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 10.5 | -   | bit                   |
| SFDR (无杂散动态范围) | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 68.2 | -   | dB                    |
| THD (总谐波失真)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 67   | -   | dB                    |
| $R_{IN}$ 输入电阻  |                          | -   | 800  | -   | $\Omega$              |
| $C_{IN}$ 输入电容  |                          | -   | 30   | -   | pF                    |
| 转换时间           |                          | -   | 13   | -   | ADCLK <sup>[1]</sup>  |
| 采样时间           |                          | 3   | -    | 63  | ADCLK2 <sup>[2]</sup> |

5.7.2 FU7541Q ADC 电气特性

表 5-16 FU7541Q ADC 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数          | 条件     | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|-------------|--------|-----|-----|-----|-----|
| INL (积分非线性) | 12 位模式 | -   | 2   | -   | LSB |
| DNL (差分非线性) | 12 位模式 | -   | 1.5 | -   | LSB |

| 参数             | 条件                       | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位                    |
|----------------|--------------------------|-----|------|-----|-----------------------|
| OFFSET (失调误差)  | 12 位模式                   | -   | 6    | -   | LSB                   |
| SNR (信噪比)      | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 70.8 | -   | dB                    |
| ENOB (有效位数)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 10.5 | -   | bit                   |
| SFDR (无杂散动态范围) | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 68.2 | -   | dB                    |
| THD (总谐波失真)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 67   | -   | dB                    |
| $R_{IN}$ 输入电阻  |                          | -   | 800  | -   | $\Omega$              |
| $C_{IN}$ 输入电容  |                          | -   | 30   | -   | pF                    |
| 转换时间           |                          | -   | 13   | -   | ADCLK <sup>[1]</sup>  |
| 采样时间           |                          | 3   | -    | 63  | ADCLK2 <sup>[2]</sup> |

5.7.3 FU7562L ADC 电气特性

表 5-17 FU7562L ADC 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数             | 条件                       | 最小值 | 典型值  | 最大值 | 单位                    |
|----------------|--------------------------|-----|------|-----|-----------------------|
| INL (积分非线性)    | 12 位模式                   | -   | 2    | -   | LSB                   |
| DNL (差分非线性)    | 12 位模式                   | -   | 1.5  | -   | LSB                   |
| OFFSET (失调误差)  | 12 位模式                   | -   | 6    | -   | LSB                   |
| SNR (信噪比)      | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 70.8 | -   | dB                    |
| ENOB (有效位数)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 10.5 | -   | bit                   |
| SFDR (无杂散动态范围) | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 68.2 | -   | dB                    |
| THD (总谐波失真)    | $f_{IN} = 350\text{kHz}$ | -   | 67   | -   | dB                    |
| $R_{IN}$ 输入电阻  |                          | -   | 800  | -   | $\Omega$              |
| $C_{IN}$ 输入电容  |                          | -   | 30   | -   | pF                    |
| 转换时间           |                          | -   | 13   | -   | ADCLK <sup>[1]</sup>  |
| 采样时间           |                          | 3   | -    | 63  | ADCLK2 <sup>[2]</sup> |



备注:

[1] ADCLK = 24MHz

[2] ADCLK2 = 12MHz

## 5.8 参考电压电气特性

### 5.8.1 FU7512L 参考电压电气特性

表 5-18 FU7512L 参考电压电气特性

(除非特别声明,  $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数    | 条件                           | 最小值                         | 典型值                   | 最大值                         | 单位 |
|-------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----|
| VREF  | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 00   | 4.3                         | 4.5                   | 4.7                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 01   | 4.8                         | 5.0                   | 5.2                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 10   | 2.8                         | 3.0                   | 3.2                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 11   | 3.8                         | 4.0                   | 4.2                         | V  |
| VHALF | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 00 | $V_{REF}/8 - 0.2$           | $V_{REF}/8$           | $V_{REF}/8 + 0.2$           | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01 | $V_{REF}/4 - 0.2$           | $V_{REF}/4$           | $V_{REF}/4 + 0.2$           | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10 | $25 \cdot V_{REF}/64 - 0.2$ | $25 \cdot V_{REF}/64$ | $25 \cdot V_{REF}/64 + 0.2$ | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11 | $V_{REF}/2 - 0.2$           | $V_{REF}/2$           | $V_{REF}/2 + 0.2$           | V  |

### 5.8.2 FU7541Q 参考电压电气特性

表 5-19 FU7541Q 参考电压电气特性

(除非特别声明,  $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数    | 条件                           | 最小值                         | 典型值                   | 最大值                         | 单位 |
|-------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|----|
| VREF  | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 00   | 4.3                         | 4.5                   | 4.7                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 01   | 4.8                         | 5.0                   | 5.2                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 10   | 2.8                         | 3.0                   | 3.2                         | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 11   | 3.8                         | 4.0                   | 4.2                         | V  |
| VHALF | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 00 | $V_{REF}/8 - 0.2$           | $V_{REF}/8$           | $V_{REF}/8 + 0.2$           | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01 | $V_{REF}/4 - 0.2$           | $V_{REF}/4$           | $V_{REF}/4 + 0.2$           | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10 | $25 \cdot V_{REF}/64 - 0.2$ | $25 \cdot V_{REF}/64$ | $25 \cdot V_{REF}/64 + 0.2$ | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11 | $V_{REF}/2 - 0.2$           | $V_{REF}/2$           | $V_{REF}/2 + 0.2$           | V  |

5.8.3 FU7562L 参考电压电气特性

表 5-20 FU75162L 参考电压电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数    | 条件                           | 最小值                          | 典型值                    | 最大值                          | 单位 |
|-------|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|----|
| VREF  | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 00   | 4.3                          | 4.5                    | 4.7                          | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 01   | 4.8                          | 5.0                    | 5.2                          | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 10   | 2.8                          | 3.0                    | 3.2                          | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 11   | 3.8                          | 4.0                    | 4.2                          | V  |
| VHALF | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 00 | $V_{REF}/8 - 0.2$            | $V_{REF}/8$            | $V_{REF}/8 + 0.2$            | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01 | $V_{REF}/4 - 0.2$            | $V_{REF}/4$            | $V_{REF}/4 + 0.2$            | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10 | $25 \times V_{REF}/64 - 0.2$ | $25 \times V_{REF}/64$ | $25 \times V_{REF}/64 + 0.2$ | V  |
|       | VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11 | $V_{REF}/2 - 0.2$            | $V_{REF}/2$            | $V_{REF}/2 + 0.2$            | V  |

5.9 运算放大器电气特性

5.9.1 FU7512L 运算放大器电气特性

表 5-21 FU7512L 运算放大器电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数                    | 条件                                      | 最小值  | 典型值 | 最大值             | 单位               |
|-----------------------|-----------------------------------------|------|-----|-----------------|------------------|
| $V_{ICMR}$ 共模输入范围     |                                         | 0    | -   | $V_{DD5} - 1.5$ | V                |
| $V_{OS}$ 运放的失配电压      | $T_A = 25^{\circ}\text{C}$              | -    | 5   | 10              | mV               |
| $A_{OL}$ 开环增益         | $R_L = 100\text{k}\Omega$               | -    | 80  | -               | dB               |
| $U_{GBW}$ 单位增益带宽      | $C_L = 40\text{pF}$                     | 6    | 10  | -               | MHz              |
| SR 运放的摆率              | $C_L = 40\text{pF}$                     | 10   | 15  | -               | V/ $\mu\text{s}$ |
| 运放放大倍数 <sup>[1]</sup> | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 001                 | 3.76 | 4   | 4.24            | -                |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 010                 | 7.5  | 8   | 8.5             | -                |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 011                 | 15   | 16  | 17              | -                |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 100                 | 18.5 | 20  | 21.5            | -                |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 110,<br>仅 AMP5/6 支持 | 37   | 40  | 43              | -                |

## 5.9.2 FU7541Q 运算放大器电气特性

表 5-22 FU7541Q 运算放大器电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数                    | 条件                        | 最小值  | 典型值 | 最大值             | 单位                     |
|-----------------------|---------------------------|------|-----|-----------------|------------------------|
| $V_{ICMR}$ 共模输入范围     |                           | 0    | -   | $V_{DD5} - 1.5$ | V                      |
| $V_{OS}$ 运放的失配电压      | $T_A = 25^\circ\text{C}$  | -    | 5   | 10              | mV                     |
| $A_{OL}$ 开环增益         | $R_L = 100\text{k}\Omega$ | -    | 80  | -               | dB                     |
| $U_{GBW}$ 单位增益带宽      | $C_L = 40\text{pF}$       | 6    | 10  | -               | MHz                    |
| SR 运放的摆率              | $C_L = 40\text{pF}$       | 10   | 15  | -               | $\text{V}/\mu\text{s}$ |
| 运放放大倍数 <sup>[1]</sup> | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 001   | 3.76 | 4   | 4.24            | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 010   | 7.5  | 8   | 8.5             | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 011   | 15   | 16  | 17              | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 100   | 18.5 | 20  | 21.5            | -                      |

## 5.9.3 FU7562L 运算放大器电气特性

表 5-23 FU7562L 运算放大器电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数                    | 条件                                    | 最小值  | 典型值 | 最大值             | 单位                     |
|-----------------------|---------------------------------------|------|-----|-----------------|------------------------|
| $V_{ICMR}$ 共模输入范围     |                                       | 0    | -   | $V_{DD5} - 1.5$ | V                      |
| $V_{OS}$ 运放的失配电压      | $T_A = 25^\circ\text{C}$              | -    | 5   | 10              | mV                     |
| $A_{OL}$ 开环增益         | $R_L = 100\text{k}\Omega$             | -    | 80  | -               | dB                     |
| $U_{GBW}$ 单位增益带宽      | $C_L = 40\text{pF}$                   | 6    | 10  | -               | MHz                    |
| SR 运放的摆率              | $C_L = 40\text{pF}$                   | 10   | 15  | -               | $\text{V}/\mu\text{s}$ |
| 运放放大倍数 <sup>[1]</sup> | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 001               | 3.76 | 4   | 4.24            | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 010               | 7.5  | 8   | 8.5             | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 011               | 15   | 16  | 17              | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 100               | 18.5 | 20  | 21.5            | -                      |
|                       | AMP_CR1[AMPxGAIN] = 110,<br>仅 AMP6 支持 | 37   | 40  | 43              | -                      |



备注:

[1] 运放放大倍数是在正负输入端串联  $1\text{k}\Omega$  电阻的情况下测得, 不同的外接电阻, 放大倍数不同。

## 5.10 BEMF 电气特性

### 5.10.1 FU7512L BEMF 电气特性

表 5-24 FU7512L BEMF 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数             | 条件                                               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位         |
|----------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|------------|
| BEMF 内置电阻      | $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ | 5.4 | 6.8 | 8.2 | k $\Omega$ |
| BEMF 内置电阻间相对精度 |                                                  | -   | 1   | -   | %          |

### 5.10.2 FU7541Q BEMF 电气特性

表 5-25 FU7541Q BEMF 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数             | 条件                                               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位         |
|----------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|------------|
| BEMF 内置电阻      | $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ | 5.4 | 6.8 | 8.2 | k $\Omega$ |
| BEMF 内置电阻间相对精度 |                                                  | -   | 1   | -   | %          |

### 5.10.3 FU7562L BEMF 电气特性

表 5-26 FU7562L BEMF 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数             | 条件                                               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位         |
|----------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|------------|
| BEMF 内置电阻      | $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ | 5.4 | 6.8 | 8.2 | k $\Omega$ |
| BEMF 内置电阻间相对精度 |                                                  | -   | 1   | -   | %          |

## 5.11 OSC 电气特性

### 5.11.1 FU7512L OSC 电气特性

表 5-27 FU7512L OSC 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = -40^\circ\text{C} \sim 105^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数     | 条件      | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位  |
|--------|---------|------|------|------|-----|
| 系统时钟频率 | PLL 不使能 | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 47   | 48   | 49   | MHz |
| 低速时钟频率 |         | 29   | 32.8 | 37   | kHz |

5.11.2 FU7541Q OSC 电气特性

表 5-28 FU7541Q OSC 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数     | 条件      | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位  |
|--------|---------|------|------|------|-----|
| 系统时钟频率 | PLL 不使能 | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 47   | 48   | 49   | MHz |
| 低速时钟频率 |         | 29   | 32.8 | 37   | kHz |

5.11.3 FU7562L OSC 电气特性

表 5-29 FU7562L OSC 电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数     | 条件      | 最小值  | 典型值  | 最大值  | 单位  |
|--------|---------|------|------|------|-----|
| 系统时钟频率 | PLL 不使能 | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 23.5 | 24   | 24.5 | MHz |
| 系统时钟频率 | PLL 使能  | 47   | 48   | 49   | MHz |
| 低速时钟频率 |         | 29   | 32.8 | 37   | kHz |



备注：  
系统时钟周期为  $T$ ,  $\text{SYSCLK}$  为系统时钟频率,  $T = 1/\text{SYSCLK}$ , 芯片系统时钟频率为 24MHz。除非特别声明, 后续引用到  $T$  与  $\text{SYSCLK}$  均与此同。

5.12 复位电气特性

5.12.1 FU7512L 复位电气特性

表 5-30 FU7512L 复位电气特性  
(除非特别声明,  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数             | 条件                        | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位            |
|----------------|---------------------------|-----|-----|-----|---------------|
| RSTN 复位低电平最小时间 |                           | 50  | -   | -   | $\mu\text{s}$ |
| VDD5 低电压复位电压   | 复位电压选择 $\text{LVR} = 3.0$ | 2.8 | 3.0 | 3.2 | V             |

## 5.12.2 FU7541Q 复位电气特性

表 5-31 FU7541Q 复位电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数             | 条件               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位            |
|----------------|------------------|-----|-----|-----|---------------|
| RSTN 复位低电平最小时间 |                  | 50  | -   | -   | $\mu\text{s}$ |
| VDD5 低电压复位电压   | 复位电压选择 LVR = 3.0 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | V             |

## 5.12.3 FU7562L 复位电气特性

表 5-32 FU7562L 复位电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数             | 条件               | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位            |
|----------------|------------------|-----|-----|-----|---------------|
| RSTN 复位低电平最小时间 |                  | 50  | -   | -   | $\mu\text{s}$ |
| VDD5 低电压复位电压   | 复位电压选择 LVR = 3.0 | 2.8 | 3.0 | 3.2 | V             |

## 5.13 LDO 电气特性

### 5.13.1 FU7512L LDO 电气特性

表 5-33 FU7512L LDO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD5} = 5\text{V}$ )

| 参数        | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|----|-----|-----|-----|----|
| VDD2P5 电压 |    | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V  |

### 5.13.2 FU7541Q LDO 电气特性

表 5-34 FU7541Q LDO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$ )

| 参数        | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|----|-----|-----|-----|----|
| VDD5 电压   |    | 4.8 | 5   | 5.2 | V  |
| VDD2P5 电压 |    | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V  |



### 5.13.3 FU7562L LDO 电气特性

表 5-35 FU7562L LDO 电气特性

(除非特别声明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$ )

| 参数        | 条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------|----|-----|-----|-----|----|
| VDD2P5 电压 |    | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V  |

## 5.14 封装热阻

### 5.14.1 FU7512L LQFP64 封装热阻

表 5-36 FU7512L LQFP64 封装热阻

| 参数                                        | 条件                 | 最小值 | 单位                        |
|-------------------------------------------|--------------------|-----|---------------------------|
| $\theta_{JA}$ 结温相对环境温度热阻 <sup>[1]</sup>   | JEDEC 标准, 2S2P PCB | 60  | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
|                                           | JEDEC 标准, 1S0P PCB | 75  | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
| $\theta_{JC}$ 结温相对封装表面温度热阻 <sup>[1]</sup> | JEDEC 标准, 1S0P PCB | 20  | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |

### 5.14.2 FU7541Q QFN48 封装热阻

表 5-37 FU7541Q QFN48 封装热阻

| 参数                                        | 条件                 | 最小值  | 单位                        |
|-------------------------------------------|--------------------|------|---------------------------|
| $\theta_{JA}$ 结温相对环境温度热阻 <sup>[1]</sup>   | JEDEC 标准, 2S2P PCB | 36   | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
|                                           | JEDEC 标准, 1S0P PCB | 60   | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
| $\theta_{JC}$ 结温相对封装表面温度热阻 <sup>[1]</sup> | JEDEC 标准, 1S0P PCB | 10.5 | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |

### 5.14.3 FU7562L LQFP52 封装热阻

表 5-38 FU7562L LQFP52 封装热阻

| 参数                                        | 条件                 | 最小值 | 单位                        |
|-------------------------------------------|--------------------|-----|---------------------------|
| $\theta_{JA}$ 结温相对环境温度热阻 <sup>[1]</sup>   | JEDEC 标准, 2S2P PCB | 43  | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |
| $\theta_{JC}$ 结温相对封装表面温度热阻 <sup>[1]</sup> | JEDEC 标准, 1S0P PCB | 13  | $^\circ\text{C}/\text{W}$ |



备注:

[1] 实际应用条件不同, 会与测试结果有偏差

## 6 复位控制

### 6.1 复位源(RST\_SR)

芯片有 7 个复位源：

- > 上电复位(RSTPOW)
- > 外部引脚复位(RSTEXT)
- > 低电压复位(RSTLVD)
- > 看门狗复位(RSTWDT)
- > Flash非法操作复位(RSTFED)
- > Debug复位(RSTDBG)
- > 软复位(SOFTRST)

复位标志位可查询，记录在寄存器 RST\_SR 中。最近一次的复位会把相关的标志位置 1，把其他各位标志位清 0。如需清除标志位，将 RST\_CR[RSTCLR]置 1，清除 RST\_SR[7:3]&RST\_SR[0]。复位后 MCU 从地址 0 开始执行程序。

### 6.2 复位使能

复位使能参考相关控制寄存器。

### 6.3 外部引脚复位、上电复位

当芯片 RSTN 引脚为低，且超过 50μs 时，芯片复位。

电源上电，电压超过复位电压阈值后，芯片复位。

### 6.4 低电压保护复位

芯片的内部电路会对 VDD5 进行监测，如 VDD5 电压降低至复位电压阈值，内部监测电路将发出对应的复位信号，使芯片发生复位。

配置相关寄存器可使能低电压检测电路，并选择低电压阈值。

6.5 看门狗溢出复位

使能看门狗定时器后，软件在程序中需要不断喂狗。当程序异常或未进行喂狗动作时，看门狗定时器溢出引发芯片复位。

6.6 RSTFED 复位

Flash通过对指定的Flash地址进行写操作触发对Flash的各种操作。当对最后一个扇区(0xFF00 ~ 0xFFFF)进行自擦除或对最后一个字节(0xFFFF)进行自写操作时，发生Flash非法操作复位。RSTFED复位源固定使能，不可禁止。

6.7 RSTDBG 复位

当芯片处于调试状态，点击IDE的复位按钮，IDE发送Debug复位将芯片复位。

6.8 软复位

通过程序设置RST\_CR[SFRST] = 1，芯片立刻复位，复位后RST\_SR[SOFT\_RST]标志位被置1。

6.9 复位寄存器

6.9.1 RST\_SR (CSR:0x4D0)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6      | 5      | 4   | 3      | 2      | 1      | 0       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|--------|--------|-----|--------|--------|--------|---------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | RSTPOW | RSTEXT | RSTLVD | RSV | RSTWDT | RSTFED | RSTDBG | SOFTRST |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | r      | r      | r      | -   | r      | r      | r      | r       |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | -      | -      | -   | -      | -      | -      | -       |

| 位      | 名称     | 描述                         |
|--------|--------|----------------------------|
| [31:8] | RSV    | 保留                         |
| [7]    | RSTPOW | 上电复位标志位<br>0: 上次复位不是来自上电复位 |

|     |          |                                                                       |
|-----|----------|-----------------------------------------------------------------------|
|     |          | 1: 上次复位来自上电复位                                                         |
| [6] | RSTEXT   | 外部引脚复位标志位<br>0: 上次复位不是来自外部引脚复位<br>1: 上次复位来自外部引脚复位                     |
| [5] | RSTLVD   | 低电压复位标志位<br>0: 上次复位不是来自低电压复位<br>1: 上次复位来自低电压复位                        |
| [4] | RSV      | 保留                                                                    |
| [3] | RSTWDT   | 看门狗复位标志位<br>0: 上次复位不是来自看门狗复位<br>1: 上次复位来自看门狗复位                        |
| [2] | RSTFED   | Flash 非法操作复位标志位<br>0: 上次复位不是来自 Flash 非法操作复位<br>1: 上次复位来自 Flash 非法操作复位 |
| [1] | RSTDBG   | Debug 复位标志位<br>0: 上次复位不是来自 Debug 复位<br>1: 上次复位来自 Debug 复位             |
| [0] | SOFTTRST | 软复位标志位<br>0: 上次复位不是来自软复位<br>1: 上次复位来自软复位                              |

6.9.2 RST\_CR (CSR:0x4D1)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |      |         |     |   |       |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|------|---------|-----|---|-------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5    | 4       | 3   | 2 | 1     | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | WKRE | WKPOLAR | RSV |   | SFRST | RSTCLR |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 1    | 1       | -   | - | 1     | 1      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 0    | 0       | -   | - | -     | -      |

| 位      | 名称      | 描述                                 |
|--------|---------|------------------------------------|
| [31:6] | RSV     | 保留                                 |
| [5]    | WKRE    | MON 唤醒使能<br>0: 禁止唤醒复位<br>1: 使能唤醒复位 |
| [4]    | WKPOLAR | MON 输入（PA9）唤醒电平<br>0: 低电平唤醒        |

|     |        |                                                         |
|-----|--------|---------------------------------------------------------|
|     |        | 1: 高电平唤醒                                                |
| [1] | SFRST  | 软件复位<br>0: 无意义<br>1: 触发软复位                              |
| [0] | RSTCLR | 复位标志清 0<br>0: 无意义<br>1: 清 RST_SR[7:3] & RST_SR[0]的复位标志位 |

## 7 中断

### 7.1 中断简介

除复位中断外，每个中断源都可以设置优先级。低优先级中断可以被高优先级中断打断。当高优先级中断子程序执行结束，进入低优先级中断。相同优先级的中断不能相互打断。中断优先级寄存器可以单独设置每一个中断的优先级。设定值 0 ~ 7 依次表示优先级从低到高，默认值为 0。如果同时发生两个中断请求，则优先进入优先级较高的中断。如果两个中断源的优先级相同，则按照固定的优先顺序进行仲裁。中断源的详细列表以及仲裁顺序如表 7-1 中断说明所示。其中，标号越小代表优先顺序越高。

### 7.2 中断源使能

MIE[IRQ\_EN]是全局中断使能位，MIE[IRQ\_EN] = 0 时不响应任何中断请求。

通过设置 CSR 中相关的中断使能位，可以单独使能或不使能某个中断源。使能全局中断后才能识别该中断源。全局中断使能寄存器或各个中断对应的中断使能位被清 0 后，被置 1 的中断标志寄存器将被一直保持。当相应的使能位被置 1，立刻进入标志位为 1 的中断。所以，在将使能位置 1 之前，要注意先将对应的中断标志位清 0。

### 7.3 外部中断

外部中断共有 3 个中断源 EXTI0、EXTI1 和 EXTI2。EXTI0、EXTI1 和 EXTI2 都可以配置为上升沿触发中断、下降沿触发中断或者电平改变触发中断。

芯片型号不同，支持触发外部中断的 GPIO 端口不同，详见各芯片型号的引脚定义。端口 PD0、PD3 和 PA0 ~ PA12 的数字输入信号，可以作为外部中断 EXTI0 的中断触发源。外部中断 EXTI0 可以选择多个中断触发源，中断源选择使能位为 EX0IE，中断子程序内通过 EXTI0IF 来确认中断源。15 个中断触发源共用一个中断入口，一个中断使能位 PIE[EX0]。配置外部中断 EXTI0 使能先配置 PIE[EX0] = 1，再配置对应的中断源使能位。中断触发电平由 EXTI\_TCON[IT0]选择。优先级在 IP2 中设定。

端口 PB2 和 PA0 ~ PA14 的数字输入信号，可以作为外部中断 EXTI1 的中断触发源。外部中断 EXTI1 可以选择多个中断触发源，中断源选择使能位为 EX1IE，中断子程序内通过 EXTI1IF 来确认中断源。16 个中断触发源共用一个中断入口，一个中断使能位 PIE[EX1]。配置外部中断 EXTI1 使能先配置 PIE[EX1] =

1，再配置对应的中断源使能位。中断触发电平由 EXT1\_TCON[IT1]选择。优先级在 IP1 中设定。

端口 PC0 ~ PC7 和 PB0 ~ PB7 的数字输入信号，可以作为外部中断 EXT12 的中断触发源。外部中断 EXT12 可以选择多个中断触发源，中断源选择使能位为 EX2IE，中断子程序内通过 EXT12IF 来确认中断源。16 个中断触发源共用一个中断入口，一个中断使能位 PIE[EX2]。配置外部中断 EXT12 使能先配置 PIE[EX2] = 1，再配置对应的中断源使能位。中断触发电平由 EXT1\_TCON[IT2]选择。优先级在 IP3 中设定。

## 7.4 中断说明

表 7-1 中断说明

| 中断源                          | 优先顺序 | 向量地址       | 标志位                                                 | 是否软件清除 | 中断使能位                                          | 优先级设定     |
|------------------------------|------|------------|-----------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------|-----------|
| 复位                           | 最高   | 无          | 无                                                   | 否      | 一直使能                                           | 最高        |
| LVW 中断<br>TSD 中断<br>ECC 中断   | 0    | 0x00000000 | LVSr[0]<br>EXT1_TCON[6]<br>ECC_SR[6]<br>ECC_SR[3:0] | 是      | CCFG2[6]<br>PIE[3]<br>ECC_CR[6]<br>ECC_CR[4:0] | IP0[2:0]  |
| EXTI0                        | 1    | 0x00000004 | EXTI0IF[15]<br>EXTI0IF[13:0]                        | 是      | PIE[0]                                         | IP1[2:0]  |
| EXTI1                        | 2    | 0x00000008 | EXTI1IF[15:0]                                       | 是      | PIE[1]                                         | IP2[2:0]  |
| EXTI2                        | 3    | 0x0000000C | EXTI2IF[15:0]                                       | 是      | PIE[2]                                         | IP3[2:0]  |
| CMP3/4/5 中断<br>CMP9/10/11 中断 | 4    | 0x00000010 | CMP_IFR[5:3]<br>CMP_IFR[11:9]                       | 是      | CMP_CR0[11:6]<br>CMP_CR4[11:6]                 | IP4[2:0]  |
| CMP0/1/2 中断<br>CMP6/7/8 中断   | 5    | 0x00000014 | CMP_IFR[2:0]<br>CMP_IFR[8:6]                        | 是      | CMP_CR0[5:0]<br>CMP_CR4[5:0]                   | IP5[2:0]  |
| DRV1 保护中断                    | 6    | 0x00000018 | DRV1_PSR[4:0]                                       | 是      | DRV1_PER[4:0]<br>DRV1_PTR[3:0]                 | IP6[2:0]  |
| DRV2 保护中断                    | 7    | 0x0000001C | DRV2_PSR[4:0]                                       | 是      | DRV2_PER[4:0]<br>DRV2_PTR[3:0]                 | IP7[2:0]  |
| DRV1 中断                      | 8    | 0x00000020 | DRV1_IFR[4:3]<br>DRV1_IFR[0]                        | 是      | DRV1_IER[5:3]                                  | IP8[2:0]  |
| DRV2 中断                      | 9    | 0x00000024 | DRV2_IFR[4:3]<br>DRV2_IFR[0]                        | 是      | DRV2_IER[5:3]                                  | IP9[2:0]  |
| PFC 中断                       | 10   | 0x00000028 | PFC_CR2[10]                                         | 是      | PFC_CR2[15]                                    | IP10[2:0] |
| ADC1/2/3 中断                  | 11   | 0x0000002C | ADC1_CR[0]<br>ADC2_CR[0]                            | 是      | ADC1_CR[1]<br>ADC2_CR[1]                       | IP11[2:0] |

| 中断源                                          | 优先顺序 | 向量地址       | 标志位                                 | 是否软件清除 | 中断使能位                            | 优先级设定     |
|----------------------------------------------|------|------------|-------------------------------------|--------|----------------------------------|-----------|
|                                              |      |            | ADC3_CR[0]                          |        | ADC3_CR[1]                       |           |
| DMA0/1 中断                                    | 12   | 0x00000030 | DMA0_CR[1:0]<br>DMA1_CR[1:0]        | 是      | DMA0_CR[12:11]<br>DMA1_CR[12:11] | IP12[2:0] |
| DMA2/3 中断                                    | 13   | 0x00000034 | DMA2_CR[1:0]<br>DMA3_CR[1:0]        | 是      | DMA2_CR[12:11]<br>DMA3_CR[12:11] | IP13[2:0] |
| DMA4/5 中断                                    | 14   | 0x00000038 | DMA4_CR[1:0]<br>DMA5_CR[1:0]        | 是      | DMA4_CR[12:11]<br>DMA5_CR[12:11] | IP14[2:0] |
| Systick 中断                                   | 15   | 0x0000003C | SYST_SR[1]                          | 是      | SYST_SR[0]                       | IP15[2:0] |
| Timer2 中断                                    | 16   | 0x00000040 | TIM2_IFR[2:0]                       | 是      | TIM2_IER[2:0]                    | IP16[2:0] |
| Timer3 中断<br>Timer8 中断                       | 17   | 0x00000044 | TIM3_IFR[2:0]<br>TIM8_IFR[2:0]      | 是      | TIM3_IER[2:0]<br>TIM8_IER[2:0]   | IP17[2:0] |
| Timer4 中断                                    | 18   | 0x00000048 | TIM4_IFR[2:0]                       | 是      | TIM4_IER[2:0]                    | IP18[2:0] |
| Timer5 中断                                    | 19   | 0x0000004C | TIM5_IFR[2:0]                       | 是      | TIM5_IER[2:0]                    | IP19[2:0] |
| Timer6 中断                                    | 20   | 0x00000050 | TIM6_IFR[2:0]                       | 是      | TIM6_IER[2:0]                    | IP20[2:0] |
| Timer7 中断                                    | 21   | 0x00000054 | TIM7_IFR[2:0]                       | 是      | TIM7_IER[2:0]                    | IP21[2:0] |
| WWDT 中断                                      | 22   | 0x00000058 | WWDT_SR[0]                          | 是      | WWDT_CFR[9]                      | IP22[2:0] |
| RTC 中断<br>MCD 中断<br>PLL 中断                   | 23   | 0x0000005C | RTC_CR[6]<br>OSC_SR[0]<br>OSC_SR[1] | 是      | PIE[4]<br>OSC_CR[4]<br>OSC_CR[5] | IP23[2:0] |
| I <sup>2</sup> C1 中断<br>I <sup>2</sup> C2 中断 | 24   | 0x00000060 | I2C1_SR[0]<br>I2C2_SR[0]            | 是      | I2C1_CR[0]<br>I2C2_CR[0]         | IP24[2:0] |
| SPI1 中断                                      | 25   | 0x00000064 | SPI1_SR[3]                          | 是      | SPI1_CR[2]                       | IP25[2:0] |
| SPI2 中断                                      | 26   | 0x00000068 | SPI2_SR[3]                          | 是      | SPI2_CR[2]                       | IP26[2:0] |
| UART1 中断                                     | 27   | 0x0000006C | UT1_CR1[10:9]                       | 是      | UT1_CR0[1:0]<br>UT1_CR0[10]      | IP27[2:0] |
| UART2 中断                                     | 28   | 0x00000070 | UT2_CR1[10:9]                       | 是      | UT_CR0[1:0]<br>UT_CR0[10]        | IP28[2:0] |
| LIN 中断                                       | 29   | 0x00000074 | LIN_SR[4:0]                         | 是      | LIN_CR[3]                        | IP29[2:0] |
| CAN 中断                                       | 30   | 0x00000078 | CAN_IFR[8:0]                        | 是      | CAN_IER[12:0]                    | IP30[2:0] |
| BISS 中断                                      | 31   | 0x0000007C | BISS_STATE[2]                       | 是      | BISS_STATE[1]                    | IP31[2:0] |



备注:

对于 UT<sub>x</sub>\_CR0[RI]、UT<sub>x</sub>\_CR0[TI]、DMA<sub>x</sub>\_CR[DMAIF]和 DMA<sub>x</sub>\_CR[DMAHIF]，可软件清 0 置 1，软件置 1 时产生中断请求。除上述中断事件标志位，其他的中断事件标志位软件只能清 0，软件置 1 无意义。



7.5 中断寄存器

7.5.1 MIE (CSR:0x300)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3      | 2   | 1 | 0 |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|--------|-----|---|---|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | IRQ_EN | RSV |   |   |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | rw     | -   | - | - |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 0      | -   | - | - |  |

| 位      | 名称     | 描述                        |
|--------|--------|---------------------------|
| [31:4] | RSV    | 保留                        |
| [3]    | IRQ_EN | 总中断使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [2:0]  | RSV    | 保留                        |

7.5.2 IPx (CSR:0x409 + x) (x = 0/1/2/.../31)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | IP |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -  | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称  | 描述      |
|--------|-----|---------|
| [31:3] | RSV | 保留      |
| [2:0]  | IP  | 中断优先级配置 |



备注

中断优先级设定值从 0 ~ 7 依次表示优先级从低到高，共 8 级。

7.5.3 PIE (CSR:0x400)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |       |       |     |     |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|-------|-------|-----|-----|-----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4     | 3     | 2   | 1   | 0   |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   | RTCIE | TSDIE | EX2 | EX1 | EX0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | rw    | rw    | rw  | rw  | rw  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | 0     | 0     | 0   | 0   | 0   |

| 位      | 名称    | 描述                           |
|--------|-------|------------------------------|
| [31:5] | RSV   | 保留                           |
| [4]    | RTCIE | RTC 中断使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [3]    | TSDIE | TSD 中断使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [2]    | EX2   | EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1]    | EX1   | EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0]    | EX0   | EXTI0 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

7.5.4 EXTI\_TCON (CSR:0x407)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6   | 5  | 4     | 3   | 2  | 1   | 0  |     |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|-----|----|-------|-----|----|-----|----|-----|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |     |    | TSDIF | IT2 |    | IT1 |    | IT0 |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | rw0 | rw | rw    | rw  | rw | rw  | rw |     |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | 0   | 0  | 0     | 0   | 0  | 0   | 0  |     |  |

| 位      | 名称  | 描述 |
|--------|-----|----|
| [31:7] | RSV | 保留 |

|       |       |                                                                        |
|-------|-------|------------------------------------------------------------------------|
| [6]   | TSDIF | TSD 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [5:4] | IT2   | EXTI2 触发电平选择<br>00: 上升沿触发中断<br>01: 下降沿触发中断<br>1x: 电平改变(上升或下降)触发中断      |
| [3:2] | IT1   | EXTI1 触发电平选择<br>00: 上升沿触发中断<br>01: 下降沿触发中断<br>1x: 电平改变(上升或下降)触发中断      |
| [1:0] | IT0   | EXTI0 触发电平选择<br>00: 上升沿触发中断<br>01: 下降沿触发中断<br>1x: 电平改变(上升或下降)触发中断      |

7.5.5 EXTI0IE (CSR:0x401)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |     |         |         |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|-----|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14  | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX0IE15 | RSV | EX0IE13 | EX0IE12 | EX0IE11 | EX0IE10 | EX0IE9 | EX0IE8 | EX0IE7 | EX0IE6 | EX0IE5 | EX0IE4 | EX0IE3 | EX0IE2 | EX0IE1 | EX0IE0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | -   | rw      | rw      | rw      | rw      | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | -   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                  |
|---------|---------|-------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                  |
| [15]    | EX0IE15 | PD3 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [14]    | RSV     | 保留                                  |
| [13]    | EX0IE13 | PD0 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

|      |         |                                      |
|------|---------|--------------------------------------|
| [12] | EX0IE12 | PA12 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [11] | EX0IE11 | PA11 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能  |
| [10] | EX0IE10 | PA10 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能  |
| [9]  | EX0IE9  | PA9 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [8]  | EX0IE8  | PA8 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [7]  | EX0IE7  | PA7 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [6]  | EX0IE6  | PA6 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [5]  | EX0IE5  | PA5 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [4]  | EX0IE4  | PA4 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [3]  | EX0IE3  | PA3 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [2]  | EX0IE2  | PA2 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [1]  | EX0IE1  | PA1 端口 EXTI0 使能位<br>0: 不使<br>1: 使能   |
| [0]  | EX0IE0  | PA0 端口 EXTI0 使能位                     |

|  |  |                |
|--|--|----------------|
|  |  | 0: 不使<br>1: 使能 |
|--|--|----------------|

7.5.6 EXTI1IE (CSR:0x402)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |         |         |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14      | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX1IE15 | EX1IE14 | EX1IE13 | EX1IE12 | EX1IE11 | EX1IE10 | EX1IE9 | EX1IE8 | EX1IE7 | EX1IE6 | EX1IE5 | EX1IE4 | EX1IE3 | EX1IE2 | EX1IE1 | EX1IE0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W       | W       | W       | W       | W       | W       | W      | W      | W      | W      | W      | W      | W      | W      | W      | W      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                   |
|---------|---------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                   |
| [15]    | EX1IE15 | PB2 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能  |
| [14]    | EX1IE14 | PA14 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [13]    | EX1IE13 | PA13 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [12]    | EX1IE12 | PA12 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [11]    | EX1IE11 | PA11 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [10]    | EX1IE10 | PA10 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [9]     | EX1IE9  | PA9 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能  |
| [8]     | EX1IE8  | PA8 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能  |

|     |        |                                     |
|-----|--------|-------------------------------------|
| [7] | EX1IE7 | PA7 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6] | EX1IE6 | PA6 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5] | EX1IE5 | PA5 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [4] | EX1IE4 | PA4 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [3] | EX1IE3 | PA3 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [2] | EX1IE2 | PA2 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1] | EX1IE1 | PA1 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0] | EX1IE0 | PA0 端口 EXTI1 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

### 7.5.7 EXTI2IE (CSR:0x403)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14      | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX2IE15 | EX2IE14 | EX2IE13 | EX2IE12 | EX2IE11 | EX2IE10 | EX2IE9 | EX2IE8 | EX2IE7 | EX2IE6 | EX2IE5 | EX2IE4 | EX2IE3 | EX2IE2 | EX2IE1 | EX2IE0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                         |
|---------|---------|----------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                         |
| [15]    | EX2IE15 | PC7 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能 |

|      |         |                                     |
|------|---------|-------------------------------------|
|      |         | 1: 使能                               |
| [14] | EX2IE14 | PC6 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [13] | EX2IE13 | PC5 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [12] | EX2IE12 | PC4 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [11] | EX2IE11 | PC3 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [10] | EX2IE10 | PC2 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [9]  | EX2IE9  | PC1 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [8]  | EX2IE8  | PC0 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [7]  | EX2IE7  | PB7 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6]  | EX2IE6  | PB6 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5]  | EX2IE5  | PB5 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [4]  | EX2IE4  | PB4 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [3]  | EX2IE3  | PB3 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

|     |        |                                     |
|-----|--------|-------------------------------------|
| [2] | EX2IE2 | PB2 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1] | EX2IE1 | PB1 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0] | EX2IE0 | PB0 端口 EXTI2 使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

7.5.8 EXTI0IF (CSR:0x404)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |     |         |         |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|-----|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14  | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX0IF15 | RSV | EX0IF13 | EX0IF12 | EX0IF11 | EX0IF10 | EX0IF9 | EX0IF8 | EX0IF7 | EX0IF6 | EX0IF5 | EX0IF4 | EX0IF3 | EX0IF2 | EX0IF1 | EX0IF0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw0     | -   | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | -   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                                                          |
|---------|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                                          |
| [15]    | EX0IF15 | PD3 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [14]    | RSV     | 保留                                                                          |
| [13]    | EX0IF13 | PD0 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [12]    | EX0IF12 | PA12 端口 EXTI0 标志位                                                           |



|      |         |                                                                              |
|------|---------|------------------------------------------------------------------------------|
|      |         | 读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                      |
| [11] | EX0IF11 | PA11 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [10] | EX0IF10 | PA10 端口 EXTI0 标志位<br>0: 不使能<br>1: 使能                                         |
| [9]  | EX0IF9  | PA9 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义  |
| [8]  | EX0IF8  | PA8 端口 EXTI0 标志位<br>0: 不使能<br>1: 使能                                          |
| [7]  | EX0IF7  | PA7 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义  |
| [6]  | EX0IF6  | PA6 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                            |

|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                      |
| [5] | EX0IF5 | PA5 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [4] | EX0IF4 | PA4 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [3] | EX0IF3 | PA3 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [2] | EX0IF2 | PA2 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [1] | EX0IF1 | PA1 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0           |

|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 1: 无意义                                                                      |
| [0] | EX0IF0 | PA0 端口 EXTI0 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

7.5.9 EXTI1IF (CSR:0x405)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |         |         |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14      | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX1IF15 | EX1IF14 | EX1IF13 | EX1IF12 | EX1IF11 | EX1IF10 | EX1IF9 | EX1IF8 | EX1IF7 | EX1IF6 | EX1IF5 | EX1IF4 | EX1IF3 | EX1IF2 | EX1IF1 | EX1IF0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                                                           |
|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                                           |
| [15]    | EX1IF15 | PB2 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义  |
| [14]    | EX1IF14 | PA14 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [13]    | EX1IF13 | PA13 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件                                        |

|      |         |                                                                              |
|------|---------|------------------------------------------------------------------------------|
|      |         | 1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                          |
| [12] | EX1IF12 | PA12 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [11] | EX1IF11 | PA11 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [10] | EX1IF10 | PA10 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [9]  | EX1IF9  | PA9 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义  |
| [8]  | EX1IF8  | PA8 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:                      |

|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 0: 清 0<br>1: 无意义                                                            |
| [7] | EX1IF7 | PA7 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [6] | EX1IF6 | PA6 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [5] | EX1IF5 | PA5 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [4] | EX1IF4 | PA4 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [3] | EX1IF3 | PA3 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| [2] | EX1IF2 | PA2 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [1] | EX1IF1 | PA1 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | EX1IF0 | PA0 端口 EXTI1 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

7.5.10 EXTI2IF (CSR:0x406)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |         |         |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14      | 13      | 12      | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EX2IF15 | EX2IF14 | EX2IF13 | EX2IF12 | EX2IF11 | EX2IF10 | EX2IF9 | EX2IF8 | EX2IF7 | EX2IF6 | EX2IF5 | EX2IF4 | EX2IF3 | EX2IF2 | EX2IF1 | EX2IF0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW0     | rW0     | rW0     | rW0     | rW0     | rW0     | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    | rW0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                                      |
|---------|---------|---------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                      |
| [15]    | EX2IF15 | PC7 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写: |

|      |         |                                                                             |
|------|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
|      |         | 0: 清 0<br>1: 无意义                                                            |
| [14] | EX2IF14 | PC6 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [13] | EX2IF13 | PC5 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [12] | EX2IF12 | PC4 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [11] | EX2IF11 | PC3 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [10] | EX2IF10 | PC2 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| [9] | EX2IF9 | PC1 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [8] | EX2IF8 | PC0 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [7] | EX2IF7 | PB7 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [6] | EX2IF6 | PB6 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [5] | EX2IF5 | PB5 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [4] | EX2IF4 | PB4 端口 EXTI2 标志位<br>读:                                                      |

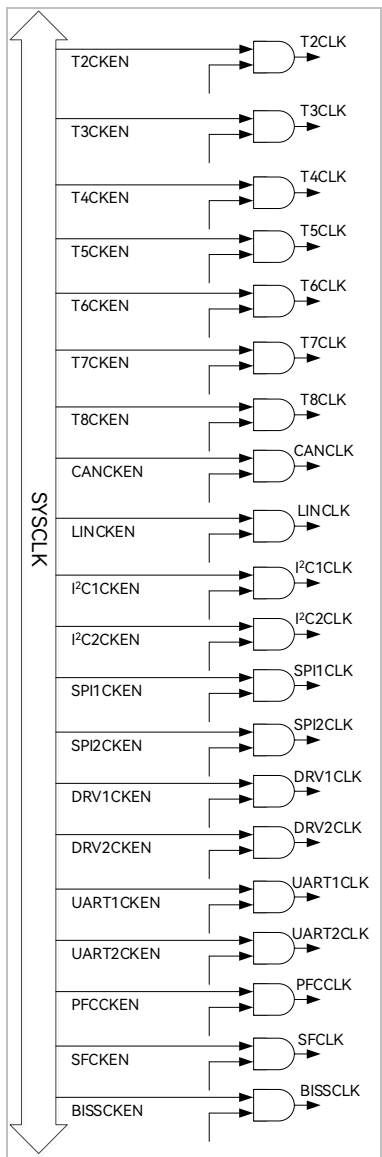


|     |        |                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                           |
| [3] | EX2IF3 | PB3 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [2] | EX2IF2 | PB2 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [1] | EX2IF1 | PB1 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | EX2IF0 | PB0 端口 EXTI2 标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

# 8 时钟门控

Timer2 ~ Timer8、CAN、LIN、I<sup>2</sup>C1、I<sup>2</sup>C2、SPI1、SPI2、DRV1、DRV2、UART1、UART2、PFC、SF、BISS 模块有单独的时钟门控电路。模块工作时需配置 CK\_CR 对应时钟使能位。

图 8-1 时钟树



8.1 时钟门控寄存器

8.1.1 CK\_CR (CSR:0x080)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |        |        |          |          |          |        |           |           |         |          |          |          |         |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|----------|----------|----------|--------|-----------|-----------|---------|----------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19     | 18     | 17     | 16       | 15       | 14       | 13     | 12        | 11        | 10      | 9        | 8        | 7        | 6       | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | T8CKEN | I2C2EN | SFCKEN | BISSCKEN | DRV2CKEN | DRV1CKEN | PFCKEN | UART2CKEN | UART1CKEN | LINCKEN | SPI2CKEN | SPI1CKEN | I2C1CKEN | CANCKEN | T7CKEN | T6CKEN | T5CKEN | T4CKEN | T3CKEN | T2CKEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw     | rw     | rw       | rw       | rw       | rw     | rw        | rw        | rw      | rw       | rw       | rw       | rw      | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0      | 0      | 0        | 0        | 0        | 0      | 0         | 0         | 0       | 0        | 0        | 0        | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                       |
|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:20] | RSV      | 保留                                                                                                                                                       |
| [19]    | T8CKEN   | Timer8 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                         |
| [18]    | I2C2EN   | I <sup>2</sup> C2 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                              |
| [17]    | SFCKEN   | SF 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                             |
| [16]    | BISSCKEN | BISS 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                           |
| [15]    | DRV2CKEN | DRV2 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><div> 备注<br/>使芯片进入睡眠模式前，需禁用该位</div> |
| [14]    | DRV1CKEN | DRV1 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><div> 备注<br/>使芯片进入睡眠模式前，需禁用该位</div> |

|      |           |                                             |
|------|-----------|---------------------------------------------|
| [13] | PFCKEN    | PFC 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能               |
| [12] | UART2CKEN | UART2 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能             |
| [11] | UART1CKEN | UART1 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能             |
| [10] | LINCKEN   | LIN 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能               |
| [9]  | SPI2CKEN  | SPI2 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能              |
| [8]  | SPI1CKEN  | SPI1 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能              |
| [7]  | I2C1CKEN  | I <sup>2</sup> C1 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6]  | CANCKEN   | CAN 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能               |
| [5]  | T7CKEN    | Timer7 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |
| [4]  | T6CKEN    | Timer6 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |
| [3]  | T5CKEN    | Timer5 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |
| [2]  | T4CKEN    | Timer4 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |
| [1]  | T3CKEN    | Timer3 模块时钟使能                               |

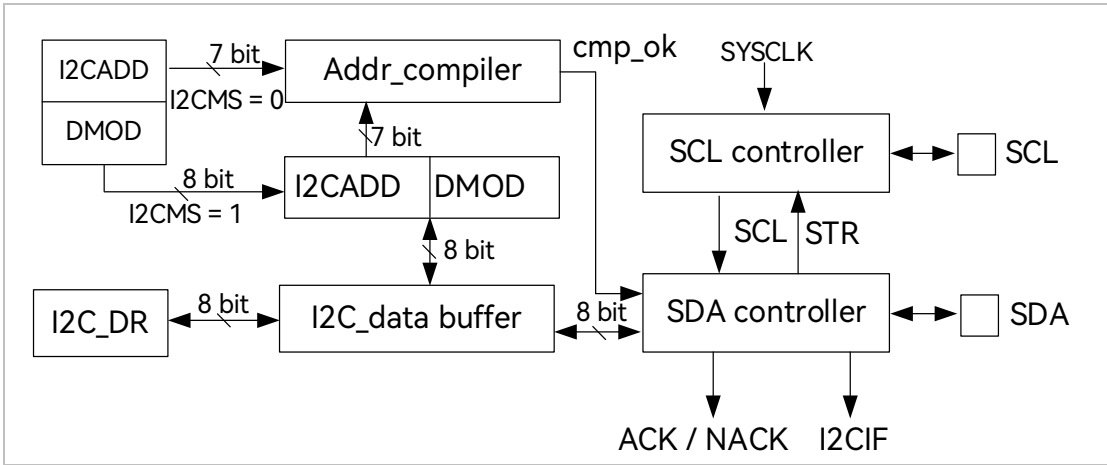
|     |        |                                  |
|-----|--------|----------------------------------|
|     |        | 0: 不使能<br>1: 使能                  |
| [0] | T2CKEN | Timer2 模块时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

# 9 I²C

## 9.1 I²C 简介

I²C 模块提供了符合工业标准的两线串口接口，是一种简单双向的同步串行总线，可用于 MCU 和外部 I²C 设备的通讯，如图 9-1 所示。总线由两根串行线组成: SDA 和 SCL。I²C 使能后，SDA 和 SCL 自动变为开漏电路。

图 9-1 I²C 结构框图



主要特性:

- 支持I²C协议的标准模式(最高100kHz)、快速模式(最高400kHz)以及快速 + 模式(最高1MHz)
- 支持主机模式和从机模式
- 支持7位地址模式和广播寻址模式
- 支持DMA数据传输

总线在空闲时 SDA 和 SCL 为高电平，这是检测总线是否空闲的唯一依据。在传输过程中总线上有且只有一个主器件和至少一个从器件处于活跃状态。当总线被占用时，其他设备必须等待 I²C 总线空闲后才能控制总线发起 I²C 通讯。主机用于启动总线传输数据，并通过 SCL 向所有设备发送时钟信号，通过 SDA 发送从机地址和读写模式。如总线上有设备匹配该地址，则该设备将作为从机。在总线上主、从机和数据收发的关系不是恒定的。主机发送数据给从机的过程为: 主机首先寻址从机，等待从机应答后发送数据至从机，最后由主机终止数据传送，通讯过程如图 9-2 所示。主机接收从机数据的过程为: 主机首先寻址从

机，等待从机应答后，主机接收从机发送的数据，最后由主机终止接收过程，通讯过程如图 9-3 所示。  
在这种情况下，主机负责产生传输时钟和终止数据传送。

图 9-2 主机向从机发送数据

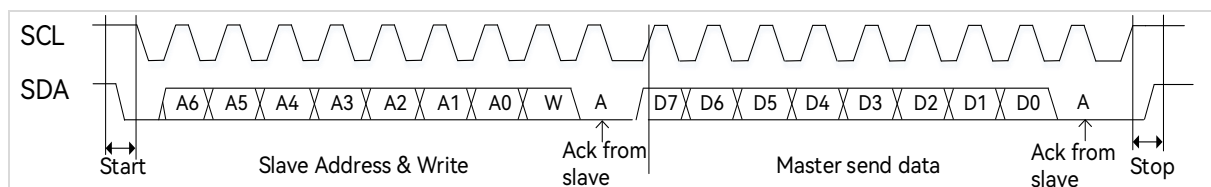
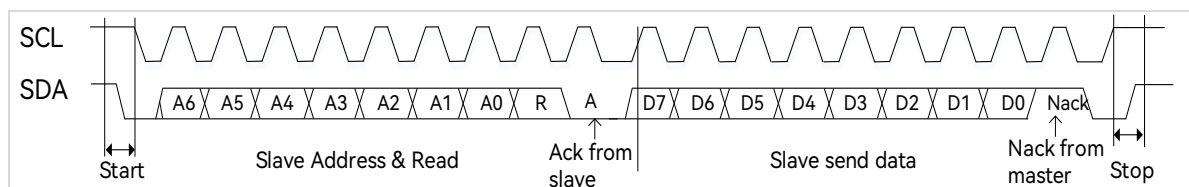


图 9-3 主机接收从机的数据



## 9.2 I<sup>2</sup>C 操作说明

### 9.2.1 主机模式

1. 配置I2Cx\_CR[I2CMS] = 1，设置为主机模式；
2. 配置I2Cx\_BAUD，设置时钟SCL频率；
3. 配置I2Cx\_ID[I2CADD]，设置从机地址；
4. 配置I2Cx\_SR[DMOD]，设置读写方向；
5. 配置I2Cx\_CR[I2CEN] = 1，使能I<sup>2</sup>C；
6. 配置I2Cx\_SR[I2CSTA] = 1，发送START和地址，在接收到ACK/NACK后，I2Cx\_SR[STR]被硬件置1，SCL被主机强制拉低；
7. 发送数据: 通过I2Cx\_DR配置发送数据，将I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL后，主机开始发送数据。当数据发送完毕且接收到ACK/NACK后，I2Cx\_SR[STR]硬件置1，SCL被主机强制拉低；
8. 接收数据: 在将I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL后，主机开始接收数据。当数据接收完毕，I2Cx\_SR[STR]硬件置1，SCL被主机强制拉低。通过I2Cx\_SR[NACK]设置ACK/NACK后，再向I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL以发送ACK/NACK信号。如收到了新数据，I2Cx\_SR[STR]硬件置1，SCL被主机强制拉低；

9. 停止通讯: 当在I2Cx\_SR[STR] = 1时置位I2Cx\_SR[I2CSTP] = 1, I2Cx\_SR[STR]复位后发送停止信号。

## 9.2.2 从机模式

1. 配置I2Cx\_CR[I2CMS] = 0, 设置为从机模式;
2. 配置I2Cx\_ID[I2CADD], 设置从机地址; 或者配置I2Cx\_ID[GC] = 1, 使能广播模式;
3. 配置I2Cx\_CR[I2CEN] = 1, 使能I<sup>2</sup>C;
4. 接收到START信号和正确的地址后, I2Cx\_SR[I2CSTA]和I2Cx\_SR[STR]被硬件置1, SCL被从机强制拉低。通过I2Cx\_SR[NACK]设置ACK/NACK, 并通过I2Cx\_SR[DMOD]确认本次通讯是接收数据还是发送数据;
5. 发送数据: 通过I2Cx\_DR配置发送数据, 将I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL后, 发送ACK/NACK后发送数据, 当数据发送完成且收到主机发来的ACK/NACK后, I2Cx\_SR[STR]硬件置1, SCL被从机强制拉低;
6. 接收数据: 将I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL开始接收数据。当数据接收完成, I2Cx\_SR[STR]硬件置1, SCL被从机强制拉低。通过I2Cx\_SR[NACK]设置ACK/NACK后, 将I2Cx\_SR[STR]清0释放SCL并发送ACK/NACK。如接收到新的数据, I2Cx\_SR[STR]硬件置1, SCL被从机强制拉低;
7. RESTART功能: 当从机在忙状态中接收到START信号, 则中止当前工作, 等待接收地址。

## 9.2.3 I<sup>2</sup>C 中断源

I<sup>2</sup>C 的中断源有:

- I2Cx\_SR[STR] = 1时, 该中断源在主机和从机模式下都有效
- I2Cx\_SR[I2CSTP] = 1时, 该中断源只在从机模式下有效



9.3 I<sup>2</sup>C 寄存器

9.3.1 I2Cx\_CR (CSR:0x160/0x170)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |       |     |             |                |     |         |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|-------|-----|-------------|----------------|-----|---------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6     | 5   | 4           | 3              | 2   | 1       | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | I2CEN | I2CMS | RSV | I2CDMANAKIG | I2CDMASENDAUTO | RSV | I2CFSEL | I2CIE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw    | rw  | rw          | rw             | -   | rw      | rw    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0     | 0   | 0           | 0              | -   | 0       | 0     |

| 位      | 名称             | 描述                                                                                                                          |
|--------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV            | 保留                                                                                                                          |
| [7]    | I2CEN          | I <sup>2</sup> C 使能<br>使能相应 GPIO 切换为 I <sup>2</sup> C 模式，集电极开漏输出。I <sup>2</sup> C 上拉是否打开由端口上拉设置决定。<br>0: 不使能<br>1: 使能       |
| [6]    | I2CMS          | 主/从机模式选择<br>0: 从机<br>1: 主机                                                                                                  |
| [5]    | RSV            | 保留                                                                                                                          |
| [4]    | I2CDMANAKIG    | DMA 传输时忽略 NACK 应答引起的传输中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                               |
| [3]    | I2CDMASENDAUTO | DMA 传输时自动发送第一个数据字节使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                     |
| [2]    | RSV            | 保留                                                                                                                          |
| [1]    | I2CFSEL        | I <sup>2</sup> C 滤波选择<br>0: SCL 滤波毛刺 50ns，SDA 滤波毛刺 125ns，适用于 1MHz 模式<br>1: SCL 滤波毛刺 100ns，SDA 滤波毛刺 175ns，适用于 100k/400kHz 模式 |
| [0]    | I2CIE          | I <sup>2</sup> C 中断使能                                                                                                       |

|  |  |                 |
|--|--|-----------------|
|  |  | 0: 不使能<br>1: 使能 |
|--|--|-----------------|

9.3.2 I2Cx\_ID (CSR:0x161/0x171)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | I2CADD |    |    |    | GC |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw     | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 1      | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  |

| 位      | 名称     | 描述                                                      |
|--------|--------|---------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV    | 保留                                                      |
| [7:1]  | I2CADD | 从机地址                                                    |
| [0]    | GC     | 广播模式，仅在从机模式下有效<br>0: 不使能广播呼叫<br>1: 使能广播呼叫，即地址 0x00 也会响应 |

9.3.3 I2Cx\_DR (CSR:0x162/0x172)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | I2C_DR |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw     | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称     | 描述                                                        |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV    | 保留                                                        |
| [7:0]  | I2C_DR | I <sup>2</sup> C 数据寄存器<br>读: 准备发送的数据或接收到的数据<br>写: 准备发送的数据 |

9.3.4 I2Cx\_SR (CSR:0x163/0x173)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |        |      |     |        |        |     |      |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|------|-----|--------|--------|-----|------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6    | 5   | 4      | 3      | 2   | 1    | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | I2CBSY | DMOD | RSV | I2CSTA | I2CSTP | STR | NACK | I2CIF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | r      | rw   | -   | rw     | rw     | rw0 | rw   | r     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0    | -   | 0      | 0      | 0   | 0    | 0     |

| 位      | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                                            |
| [7]    | I2CBSY | I2C 忙状态标志位<br>当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时，I2Cx_SR[I2CBSY]硬件清 0<br>主机模式：<br>发送 START 成功后，硬件置 1，发送 STOP 成功后，硬件清 0<br><br>从机模式：<br>收到 START 且地址匹配成功后，硬件置 1，收到 STOP 后，硬件清 0                                                                            |
| [6]    | DMOD   | I2C 读写标志位<br>0: 写模式(主机端发数据，从机端收数据)<br>1: 读模式(主机端收数据，从机端发数据)<br> 备注：<br>从机模式只读                                                                              |
| [5]    | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                                            |
| [4]    | I2CSTA | 主机模式：<br>软件写 1，硬件确认 SCL、SDA 全为高后开始发送 START 和地址字节。当发送完成后硬件自动清 0。在发送或接收数据的过程中，禁止 I2Cx_SR[I2CSTA]写入。在数据发送或接收完毕后置 I2Cx_SR[I2CSTA] = 1，发送 RESTART。<br>0: 非 START 和地址字节<br>1: 发送 START 或 RESTART 和地址字节<br><br>从机模式：<br>硬件收到 START 且地址字节匹配后置 1，软件清 0 |

|        |        | <div>从机模式 I2Cx_SR[I2CSTA]和 I2Cx_SR[I2CSTP]与当前 I<sup>2</sup>C 数据类型的关系如表 9-1 所示</div> <div>表 9-1 STA 和 STP 与当前 I<sup>2</sup>C 数据类型关系</div> <table><tr><th>I2CSTA</th><th>I2CSTP</th><th>I<sup>2</sup>C 数据类型</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>数据字节</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>STOP</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>START + 地址字节</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>先收到 STOP<br/>再收到 START + 地址字节</td></tr></table> <div> 备注:<br/>当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时, I2Cx_SR[I2CSTA]自动清 0</div> | I2CSTA | I2CSTP | I <sup>2</sup> C 数据类型 | 0 | 0 | 数据字节 | 0 | 1 | STOP | 1 | 0 | START + 地址字节 | 1 | 1 | 先收到 STOP<br>再收到 START + 地址字节 |
|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-----------------------|---|---|------|---|---|------|---|---|--------------|---|---|------------------------------|
| I2CSTA | I2CSTP | I <sup>2</sup> C 数据类型                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| 0      | 0      | 数据字节                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| 0      | 1      | STOP                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| 1      | 0      | START + 地址字节                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| 1      | 1      | 先收到 STOP<br>再收到 START + 地址字节                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| [3]    | I2CSTP | <div>主机模式:<br/>当 I2Cx_SR[I2CBSY] = 1 时, 软件才能有效写 1, I2Cx_SR[STR]清 0 释放 SCL 开始发送 STOP。发送完 STOP 后硬件自动清 0。如果 I2Cx_SR[I2CSTA]和 I2Cx_SR[I2CSTP]同时写 1, 且 I2Cx_SR[I2CBSY] = 1, 则 I<sup>2</sup>C 先发送 STOP, 再发 START 和地址字节, START 和地址字节发送完成后 I2Cx_SR[STR]硬件置 1。在发送或接收数据的过程中, 禁止 I2Cx_SR[I2CSTP]写入。<br/>0: 不发送 STOP<br/>1: 发送 STOP</div> <div>从机模式:<br/>硬件收到 STOP 后置 1, 软件清 0<br/>状态标志位参考表 9-1</div> <div> 备注:<br/>当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时, I2Cx_SR[I2CSTP]会被硬件自动清 0</div>                                      |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |
| [2]    | STR    | <div>I<sup>2</sup>C 总线挂起标志位</div> <div>主机模式:<br/>当硬件发送完 START 加地址字节或 DATA 字节后, I2Cx_SR[STR]硬件置 1, 同时 SCL 被拉低, I2Cx_SR[STR]软件清 0 后释放 SCL。<br/>如果 I2Cx_SR[I2CSTA]和 I2Cx_SR[I2CSTP]同为 1, 则当硬件发送完 STOP 和 START 加地址字节后, I2Cx_SR[STR]才会置 1。</div> <div>从机模式:</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |        |        |                       |   |   |      |   |   |      |   |   |              |   |   |                              |

|     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |       | <p>当硬件接收完 START 且地址匹配或 DATA 字节后，I2Cx_SR[STR]硬件置 1，同时 SCL 被拉低，I2Cx_SR[STR]软件清 0 后释放 SCL。</p> <div><div></div><div>备注:<br/>该位硬件置 1，软件清 0。当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时，I2Cx_SR[STR]自动清 0</div></div>                                                                                                                                                  |
| [1] | NACK  | <p>I<sup>2</sup>C 传输完一个字节后，接收方向发送方的反馈。I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时，该位自动清 0</p> <p>0: ACK，表示接收方可以继续接收数据</p> <p>1: NACK，表示接收方希望停止数据传送</p> <p>当设备处于读模式，在接收完数据第 8 位后配置 I2Cx_SR[NACK]发送 ACK/NACK</p> <p>0: 第 9 位发送 ACK</p> <p>1: 第 9 位发送 NACK</p> <p>当设备处于写模式，在发送完数据第 8 位后读 I2Cx_SR[NACK]接收 ACK/NACK</p> <p>0: 第 9 位收到的是 ACK</p> <p>1: 第 9 位收到的是 NACK</p> |
| [0] | I2CIF | <p>I<sup>2</sup>C 中断事件标志位</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>当 I2Cx_SR[STR] = 1 时，在主机和从机模式下产生中断</p> <p>当 I2Cx_SR[I2CSTP] = 1 时，在从机模式下产生中断</p>                                                                                                                                                                                         |

9.3.5 I2Cx\_BAUD (CSR:0x164/0x174)(x = 1/2)

|                                                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |   |   |   |
| RSV                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | I2Cx_BAUD |   |   |   |   |   |   |   |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡         | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0         | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

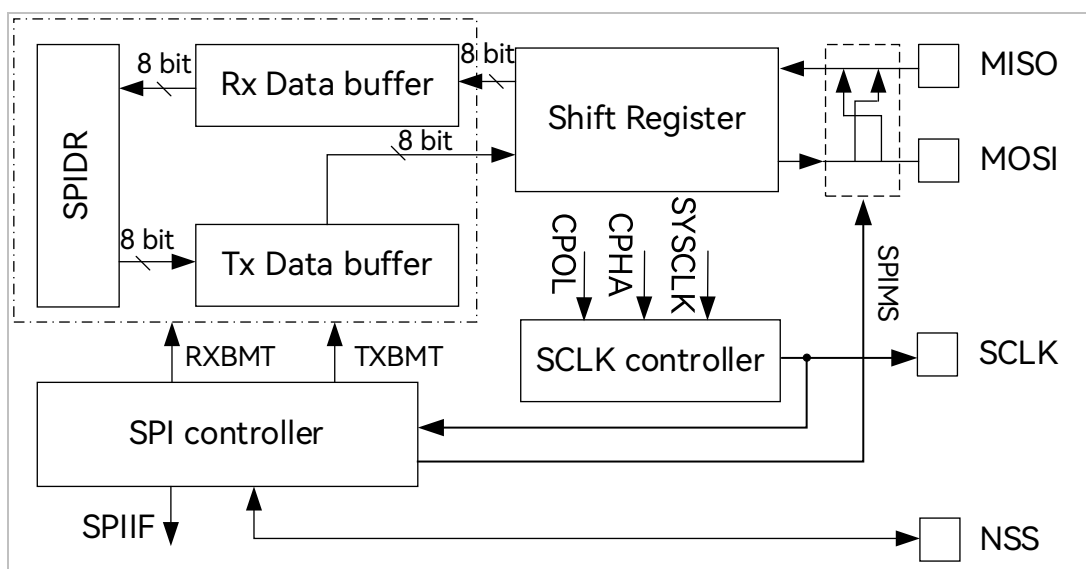
| 位      | 名称        | 描述                                                            |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV       | 保留                                                            |
| [7:0]  | I2Cx_BAUD | I <sup>2</sup> C 波特率控制，波特率 = I <sup>2</sup> CxCLK / I2Cx_BAUD |

## 10 SPI

### 10.1 SPI1 和 SPI2 简介

SPI 是一种高速全双工同步串行总线，其原理框图如图 10-1 所示。SPI 支持主机模式和从机模式，支持 3 线制或 4 线制传输模式，允许总线上存在多个主机和从机。

图 10-1 SPI 原理结构框图



### 10.2 SPI 操作说明

#### 10.2.1 信号说明

SPI 所使用的 4 个信号为 MOSI、MISO、SCLK、NSS。

#### 10.2.2 主输出、从输入(MOSI)

主出从入(MOSI)信号是主机的输出和从机的输入，用于从主机到从机的串行数据传输。数据传输时最高位在先，即按顺序将移位寄存器的 MSB 串行地送到 MOSI 引脚上。

#### 10.2.3 主输入、从输出(MISO)

主入从出(MISO)信号是从机的输出和主机的输入。当 SPI 被禁止或工作在 4 线从模式而未被选中时，MISO 引脚被置于高阻态。当作为从机工作在 3 线模式或 4 线从模式被选中时，用于从机到主机的串行数

据传输。数据传输时最高位在先，即按顺序将移位寄存器的 MSB 串行地送到 MISO 引脚上。

### 10.2.4 串行时钟(SCLK)

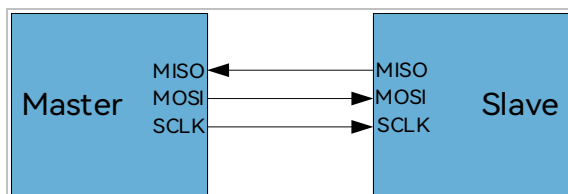
串行时钟(SCLK)信号是主机的输出和从机的输入，用于同步主机和从机之间的串行数据传输。SCLK 由工作在主机模式的 SPI 产生。在 4 线从模式，当从器件未被选中时( $NSS = 1$ )，SCLK 信号被忽略。

### 10.2.5 片选信号(NSS)

片选信号(NSS)的功能通过  $SPIx\_CR[NSSMOD]$  配置，用于选择 SPI 的工作模式。SPI 工作模式包括 3 线模式、4 线从机/多主机模式及 4 线单主模式以及单线半双工模式（即三线制、四线制、半双工制）。当 SPI 工作在 4 线从机/多主机模式时，片选信号(NSS)被配置为输入以选择从机模式  $SPIx$ ，或在多主模式中禁止总线某个 SPI 主机，避免两个以上主机试图同时进行数据传输时发生  $SPIx$  总线冲突。当 SPI 工作在 4 线单主模式时，主机 NSS 被配置为片选输出。当 SPI 工作在 3 线模式时，NSS 被禁止。在主机模式，可以用其他通用端口 I/O 引脚选择多个从机。

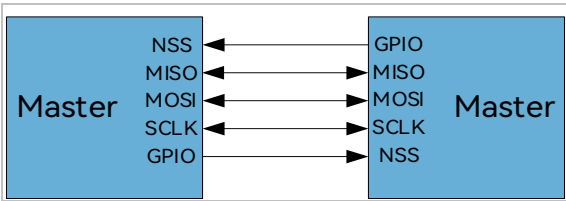
配置  $SPIx\_CR[NSSMOD] = 00$  时，SPI 工作在 3 线模式。该工作模式无需 NSS 端口，SPI 总线上只有一个主机一个从机，连接方式如图 10-2 所示。

图 10-2 三线模式连接图



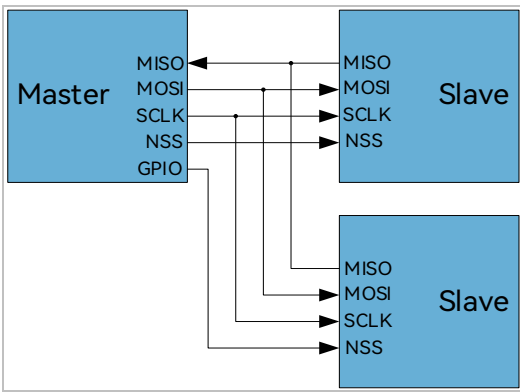
配置  $SPIx\_CR[NSSMOD] = 01$  时， $SPIx$  工作在 4 线从模式或多主模式。在该工作模式， $SPIx$  的 NSS 端口为输入，等待主机寻址。配置  $SPIx\_CR[SPIMS] = 0$ ， $SPIx$  工作在 4 线从机模式。当 NSS 输入信号为低电平时，从机  $SPIx$  被选通；当 NSS 输入信号为高电平时，从机  $SPIx$  不被选通。配置  $SPIx\_CR[SPIMS] = 1$ ， $SPIx$  工作在主机模式，默认为多主模式。在多主环境工作模式下，NSS 输入用于禁止  $SPIx$  的主机模式。当总线上主机 NSS 信号为低电平时， $SPIx\_CR[SPIMS]$  和  $SPIx\_CR[SPIEN]$  被硬件清 0，此模式下 SPI 无法以主机模式启动，同时中断标志位  $SPIx\_SR[MODF]$  被置 1。在这种情况下，需软件重新使能 SPI，才能继续 SPI 通讯。该工作模式，SPI 总线允许多个主机参与通信，其连接方式如图 10-3 所示。

图 10-3 四线多主机模式连接图



配置 SPIx\_CR[NSSMOD] = 1x 时，SPIx 工作在 4 线单主模式。在该工作模式下，总线上主机 NSS 配置为输出，从机的 NSS 为输入。主机配置 SPIx\_CR[NSSMOD0] 的设定值决定 NSS 引脚的输出电平，作为一个从机的选通信号，其它从机的选通可通过通用 I/O 来选择。4 线制单主机模式的连接如图 10-4 所示。

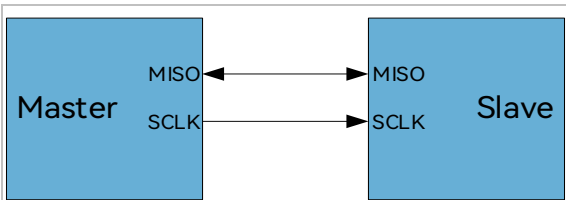
图 10-4 四线单主机模式连接图



10.2.6 单线半双工(SLINE)

配置 SPIx\_CR[SLINE] = 1 时，SPI 工作在单线半双工模式。在该工作模式下，数据按顺序将移位寄存器的 MSB 串行的送到 MISO 引脚上。该模式还可以选择数据传输的方向，配置 SPIx\_CR[SCKRQ] = 1 时，数据由从机进行传输，连线如图 10-5 所示。

图 10-5 单线半双工主机请求从机数据



10.2.7 SPI 主机模式

配置 SPIx\_CR[SPIMS] = 1，SPI 工作在主机模式，为 SPI 总线提供 SCLK 信号，启动数据传输。在该模式下，SPI 会根据移位寄存器是否为空，控制 SPI 启动传输。当向 SPIx\_DR 写入数据时，该数据首先被写入发送缓冲器，SPIx\_SR[TXBMT]被清 0。如果移位寄存器为空，则发送缓冲器中的数据将会传送到移位寄



寄存器，传输开始。主机 SPI 串行地将移位寄存器 MSB 送到 MOSI 引脚上。传输结束后 SPIx\_SR[SPIIF]和 SPIx\_SR[TXBMT]将会被置 1。在全双工操作中，当 SPI 主机在 MOSI 线向从机发送数据时，被寻址的 SPI 从机可以同时在 MISO 线上向主机发送其移位寄存器中的内容。因此，SPIx\_SR[SPIIF]标志既作为发送完成标志又作为接收数据准备就绪标志，移位寄存器的数据为 MISO 接收到的数据，该数据传送到接收缓冲器中。向 SPIx\_DR 读取数据为接收缓冲器的数据。如果在 SPIx\_SR[TXBMT] = 0 时向 SPIx\_DR 写入数据，写冲突标志位 SPIx\_SR[WCOL]被置 1，并保持发送缓冲器中的数据。

### 10.2.7.1 主机模式配置

1. 配置SPIx\_CR[NSSMOD]，设置SPIx工作模式；
2. 配置SPIx\_CR[SLINE] = 1/0，设置为半双工/全双工工作模式；
3. 配置SPIx\_CR[CPOL]，设置时钟极性；
4. 配置SPIx\_CR[CPHA]，设置时钟相位；
5. 配置SPIx\_CR[SPIMS] = 1，设置为主机模式；
6. 配置SPIx\_CLK，设置SCLK频率；
7. 配置SPIx\_CR[SPIEN] = 1，使能SPI；
8. 向SPIx\_DR写入要发送的数据，每写一次，SPI将传输一次；
9. SPIx\_SR[SPIIF]被置1后，读SPIx\_DR获取接收到的数据。
10. 配置SPIx\_CR[SCKRQ] = 1，在半双工工作模式下启动接收。

### 10.2.8 SPI 从机模式

配置 SPIx\_CR[SPIMS] = 0 时，SPI 工作于从机模式。在该模式下，SPIx 的 SCLK 信号将由主机提供，从 MOSI 接收数据，从 MISO 发送数据。当 SCLK 信号未输入时，从机移位寄存器处于停止状态。当 SCLK 信号输入时，从机的移位寄存器开始动作，通过 MOSI 和 MISO 开始接收和发送数据。从器件不能启动数据传送。通过写 SPIx\_DR 预装要发送给主机的数据到发送缓冲器。如果移位寄存器为空，发送缓冲器中的数据会立即被传送到移位寄存器。当传输完成后，SPIx\_SR[SPIIF]和 SPIx\_SR[TXBMT]被置 1，接收到的字节被传送到接收缓冲器，且接收缓冲器空标志位 SPIx\_SR[RXBMT]被清 0，表示当前有未读数据。如果 SPIx\_SR[RXBMT] = 0 且此时有新的数据准备送入接收缓冲器，则 SPIx\_SR[RXOVRN]将会被置 1，且

接收缓冲器中的数据不变。当向 SPIx\_DR 写入数据时 SPIx\_SR[TXBMT]被清 0。如果此时再写入数据，写冲突标志位 SPIx\_SR[WCOL]被置 1，并保持发送缓冲器中的数据。

### 10.2.8.1 从机模式配置

1. 配置SPIx\_CR[NSSMOD]，设置SPIx工作模式；
2. 配置SPIx\_CR[SLINE] = 1/0，设置为半双工/全双工工作模式；
3. 配置SPIx\_CR[CPOL]，设置时钟极性；
4. 配置SPIx\_CR[CPHA]，设置时钟相位；
5. 配置SPIx\_CR[SPIMS] = 0，设置为从机模式；
6. 配置SPIx\_CR[SPIEN] = 1，使能SPI；
7. 向SPIx\_DR写入操作数据，等待主机发送时钟信号。

### 10.2.9 SPI 中断源

SPI 的中断源有：

- 每次字节传输结束时，SPI中断标志位SPIx\_SR[SPIIF]被置1。
- 如果在发送缓冲器中的数据尚未被传送到移位寄存器时写SPIx\_DR，写冲突标志位SPIx\_SR[WCOL]被置1且写SPIx\_DR的操作被忽略。
- 当SPIx被配置为工作于多主系统中的主机而NSS被拉低时，模式错误标志位SPIx\_SR[MODF]被置1。当发生模式错误时，SPIx\_CR[SPIMS]和SPIx\_CR[SPIEN]位被清0，SPI被禁止以允许另一个主机控制总线。
- 当SPI被配置为从机并且一次传输结束，接收缓冲器中还保持着上一次传输的数据未被读取时，接收溢出标志位SPIx\_SR[RXOVRN]被置1。新接收的数据将不被传送到接收缓冲器。

### 10.2.10 串行时钟时序

配置 SPIx\_CR 中相位和空闲电平选择位可以实现串行时钟相位和空闲电平的 4 种组合。SPIx\_CR[CPHA]选择时钟相位(移位寄存器数据跳变时的 SCLK 信号边沿)。SPIx\_CR[CPOL]选择空闲电平。主机和从机配置必须一致。配置时钟相位和空闲电平时应禁止 SPIx 使能(即 SPIx\_CR[SPIEN] = 0)。相位和空闲电平组合下时钟线和数据线的时序关系如图 10-6 和图 10-7。

图 10-6 数据/时钟时序图(SPIx\_CR[CPHA] = 0)

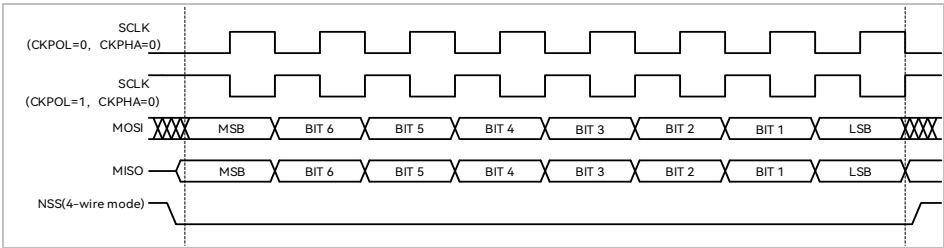
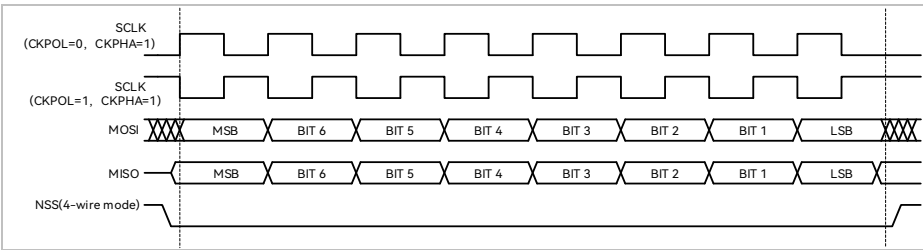


图 10-7 数据/时钟时序图(SPIx\_CR[CPHA] = 1)



10.3 SPI 寄存器

10.3.1 SPIx\_CR (CSR:0x180/0x190)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9      | 8     | 7    | 6    | 5      | 4  | 3     | 2     | 1     | 0     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|------|------|--------|----|-------|-------|-------|-------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | SAMSEL | SCKRQ | CPHA | CPOL | NSSMOD |    | SPINE | SPIIE | SPIMS | SPIEN |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | rw     | r0w1  | rw   | rw   | rw     | rw | rw    | rw    | rw    | rw    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0     | 0    | 0    | 0      | 0  | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位       | 名称     | 描述                                                                   |
|---------|--------|----------------------------------------------------------------------|
| [31:10] | RSV    | 保留                                                                   |
| [9]     | SAMSEL | SPI 主机沿边采样选择<br>0: 主机正常采样<br>1: 主机推迟半个 SCLK 周期采样                     |
| [8]     | SCKRQ  | 单线主机请求从机数据使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能                                     |
| [7]     | CPHA   | 时钟相位<br>0: 在 SCLK 有效电平的前沿接收数据，后沿发送数据<br>1: 在 SCLK 有效电平的前沿发送数据，后沿接收数据 |

|       |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        | <div> 备注:</div> <div><div>&gt; 00: 上升沿接收，下降沿发送，空闲电平为低;</div><div>&gt; 01: 上升沿发送，下降沿接收，空闲电平为高;</div><div>&gt; 10: 上升沿发送，下降沿接收，空闲电平为低;</div><div>&gt; 11: 上升沿接收，下降沿发送，空闲电平为高。</div></div>                                                                           |
| [6]   | CPOL   | <div>时钟空闲电平</div> <div>0: 低电平为空闲电平</div> <div>1: 高电平为空闲电平</div> <div><div> 备注:</div><div><div>&gt; 00: 上升沿接收，下降沿发送，空闲电平为低;</div><div>&gt; 01: 上升沿发送，下降沿接收，空闲电平为高;</div><div>&gt; 10: 上升沿发送，下降沿接收，空闲电平为低;</div><div>&gt; 11: 上升沿接收，下降沿发送，空闲电平为高。</div></div></div> |
| [5:4] | NSSMOD | <div>SPI 模式配置</div> <div>00: 3 线从模式或 3 线主模式。NSS 信号不连到端口引脚;</div> <div>01: 4 线从模式或多主模式(默认值)。NSS 端口为输入;</div> <div>1x: 4 线单主模式。NSS 端口为输出状态并输出 NSSMOD0 的值。</div>                                                                                                                                                                                      |
| [3]   | SLINE  | <div>单线半双工使能位</div> <div>0: 不使能</div> <div>1: 使能</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| [2]   | SPIIE  | <div>中断使能位</div> <div>0: 不使能</div> <div>1: 使能</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [1]   | SPIMS  | <div>主从机选择</div> <div>0: 从机</div> <div>1: 主机</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| [0]   | SPIEN  | <div>SPI 使能</div> <div>0: 不使能</div> <div>1: 使能</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

10.3.2 SPIx\_SR (CSR:0x181/0x191)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |      |       |       |        |       |      |      |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9      | 8     | 7    | 6     | 5     | 4      | 3     | 2    | 1    | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | SLVSEL | NSSIN | SRMT | RXBMT | TXBMT | SPIBSY | SPIIF | WCOL | MODF | RXOVRN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r      | r     | r    | r     | r     | r      | rw0   | rw0  | rw0  | rw0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1     | 1    | 1     | 1     | 0      | 0     | 0    | 0    | 0      |

| 位       | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                                     |
|---------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:10] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                     |
| [9]     | SLVSEL | NSS 片选标志位<br>当 NSS 引脚滤波后的信号为低电平时该位被置 1，表示被选中为从机。当信号为高电平时该位被清 0，表示未被选中为从机。<br>0: 未被选中为从机<br>1: 被选中为从机                                                                                                                   |
| [8]     | NSSIN  | NSS 实时信号，该信号未滤波                                                                                                                                                                                                        |
| [7]     | SRMT   | 移位寄存器空标志位(只在从机模式时有效)<br>0: 数据从发送缓冲器传送到移位寄存器或 SCLK 发生变化<br>1: 移位寄存器没有数据且发送和接收缓冲器均没有数据<br><div> 备注:<br/>在主模式时，SPIx_SR[SRMT] = 1</div> |
| [6]     | RXBMT  | 接收缓冲器空标志位(只在从机模式时有效)<br>0: 存在新数据未被读取<br>1: 数据被读取且没有新数据<br><div> 备注:<br/>在主模式时 SPIx_SR[RXBMT] = 1</div>                              |
| [5]     | TXBMT  | 发送缓冲器空标志位<br>当新数据被写入发送缓冲器时，该位被清 0。当发送缓冲器中的数据被传送到 SPI 移位寄存器时，该位被置 1，表示可以向发送缓冲器写新数据。<br>0: 存在新数据写入发送缓冲器<br>1: 发送缓冲器数据已传送至移位寄存器                                                                                           |
| [4]     | SPIBSY | 忙标志位                                                                                                                                                                                                                   |

|     |        |                                                                                                                                                                               |
|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 0: 没有 SPI 传输<br>1: 正在进行 SPI 传输                                                                                                                                                |
| [3] | SPIIF  | SPI 中断事件标志位<br>每次传输完一个数据(8 位)之后, 此位将由硬件置 1<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                         |
| [2] | WCOL   | 写冲突中断事件标志位<br>当 SPIx_SR[TXBM]为 0 时, 写入 SPIx_DR, 则此位被置 1<br>此位必须由软件清 0<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                              |
| [1] | MODF   | 主机模式错误中断事件标志位<br>当检测到主机模式冲突的时候, 此位置 1(SPIx_SR[NSSIN] = 0, SPIx_CR[SPIMS] = 1 且 SPIx_CR[NSSMOD] = 01)<br>此位必须由软件清 0<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | RXOVRN | 接收溢出中断事件标志位(只在从机模式下有效)<br>当前传输的最后一位已经移入 SPI 移位寄存器, 而接收缓冲器中仍保存着前一次传输未被读取的数据时该位由硬件置 1(并产生一个 SPI 中断)。该位不会被硬件自动清 0, 必须用软件清 0。<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:              |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
|  |  | 0: 清 0<br>1: 无意义 |
|--|--|------------------|

10.3.3 SPIx\_CLK (CSR:0x182/0x192)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SPICLK |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | W      | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [7:0]   | SPICLK | <div>SPI 波特率设置</div> <div>主机模式有效，仅在 SPIx_CR[SPIEN] = 0 时可写</div> <div>波特率 = SPIxCLK/2/(SPICLK + 1)</div> <div><div></div>备注:</div> <div><div>&gt; 开启SPIx_CR[SAMSEL]配置:</div><div>&gt;&gt; SPI 主机发送上限波特率: SYSCLK/2</div><div>&gt;&gt; SPI 主机接收上限波特率: SYSCLK/4</div><div>&gt;&gt; SPI 从机发送上限波特率: SYSCLK/4</div><div>&gt;&gt; SPI 从机接收上限波特率: SYSCLK/4</div><div>&gt; 不开启SPIx_CR[SAMSEL]配置:</div><div>&gt;&gt; SPI 主机发送上限波特率: SYSCLK/2</div><div>&gt;&gt; SPI 主机接收上限波特率: SYSCLK/6</div><div>&gt;&gt; SPI 从机发送上限波特率: SYSCLK/10</div><div>&gt;&gt; SPI 从机接收上限波特率: SYSCLK/10</div></div> |

10.3.4 SPIx\_DR (CSR:0x183/0x193)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SPIDR |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                                                            |
|---------|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                                                            |
| [7:0]   | SPIDR | SPI 数据寄存器<br>SPIx_DR 寄存器用于发送和接收 SPI 数据<br>读: 接收缓冲器中的数据<br>写: 写入数据送至发送缓冲器并启动发送 |



# 11 UART

## 11.1 UART1 和 UART2 简介

UART 是一种全双工或半双工串行数据交换接口，如图 11-1 所示。传输波特率可配置并支持 DMA 功能传输数据。UART 通信时序如图 11-2 所示。

图 11-1 通信模块构造框图

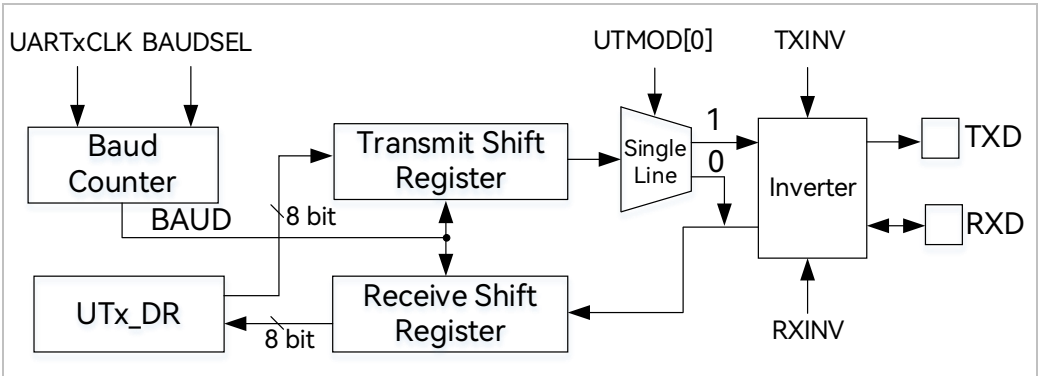
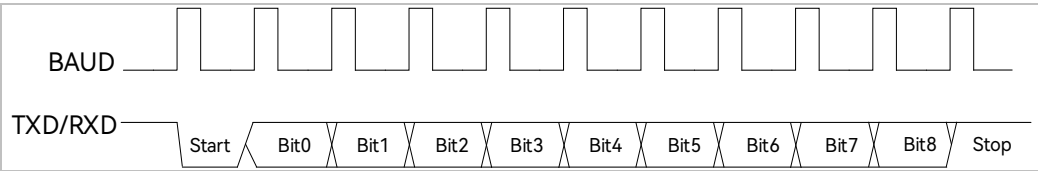


图 11-2 通信时序图



## 11.2 UART1 和 UART2 操作说明

### 11.2.1 模式 0

模式 0 工作于单线制半双工模式。RXD 既为发送数据总线，又为接收数据总线。收发数据为 10 位(1 位启动、8 位数据、1 位停止)，若开启奇偶校验模式，则额外增加一位校验位，波特率由 UTx\_BAUD[BAUD] 决定。

发送数据: 将发送的数据写入 UTx\_DR 并将 UTx\_CR0[UTTI]清 0，RXD 将输出 10 位数据，若开启奇偶校验，则在数据位后增加一位校验位。发送完成后 UTx\_CR0[UTTI]置 1。

接收数据: 配置 UTx\_CR0[REN] = 1 启动接收并将 UTx\_CR0[UTRI]清 0，数据通过 RXD 接收。接收完成后，UTx\_CR0[UTRI]置 1，读取 UTx\_DR 得到接收到的数据，若开启校验模式，则将校验结果存入

UTx\_CR0[CHKERR]。

### 11.2.2 模式 1

模式 1 工作模式为全/半双工。在该模式下 TXD 为发送数据总线，RXD 为接收数据总线，收发数据为 10 位(1 位启动、8 位数据、1 位停止)，若开启奇偶校验模式，则额外增加一位校验位，波特率由 UTx\_BAUD[BAUD]决定。

发送数据: 将发送的数据写入 UTx\_DR 并将 UTx\_CR0[UTTI]清 0，TXD 将输出 10 位数据，若开启奇偶校验，则在数据位后增加一位校验位。发送完成后 UTx\_CR0[UTTI]置 1。

接收数据: 配置 UTx\_CR0[REN] = 1 启动接收并将 UTx\_CR0[UTRI]清 0，数据通过 RXD 接收。接收完成后，UTx\_CR0[UTRI]被置 1，读取 UTx\_DR 会得到接收到的，数据若开启校验模式，会将校验结果存入 UTx\_CR0[CHKERR]。

### 11.2.3 模式 2

模式 2 工作于单线制半双工模式。RXD 既为发送数据总线，又为接收数据总线，收发数据为 11 位(1 位启动、9 位数据、1 位停止)，若开启奇偶校验，第 9 位数据变为校验位，波特率由 UTx\_BAUD[BAUD]决定。

发送数据: 将发送数据前 8 位写入 UTx\_DR，第 9 位写入 UTx\_CR1[CHKMOD]并将 UTx\_CR0[UTTI]清 0，TXD 将输出 11 位数据。发送完成后 UTx\_CR0[UTTI]被置 1。

接收数据: 配置 UTx\_CR0[UTREN] = 1 启动接收并将 UTx\_CR0[UTRI]清 0，数据通过 RXD 接收。接收完成后，UTx\_CR0[UTRI]被置 1，UTx\_CR0[UTRB8]存放第 9 位数据，UTx\_DR 存放前 8 位的数据，数据若开启校验模式，会将校验结果存入 UTx\_CR0[CHKERR]。

### 11.2.4 模式 3

模式 3 工作于全/半双工模式。TXD 为发送数据总线，RXD 为接收数据总线，收发数据为 11 位(1 位启动、9 位数据、1 位停止)，若开启奇偶校验，第 9 位数据变为校验位，波特率由 UTx\_BAUD[BAUD]决定。

发送数据: 将发送数据前 8 位写入 UTx\_DR，第 9 位写入 UTx\_CR1[CHKMOD]并将 UTx\_CR0[UTTI]清 0，TXD 将输出 11 位数据。发送完成后 UTx\_CR0[UTTI]被置 1。

接收数据: 配置 UTx\_CR0[UTREN] = 1 启动接收并将 UTx\_CR0[UTRI]清 0，数据通过 RXD 接收。接收完成后，UTx\_CR0[UTRI]被置 1，UTx\_CR0[UTRB8]存放第 9 位数据，UTx\_DR 存放前 8 位的数据，数据若开启校验模式，会将校验结果存入 UTx\_CR0[CHKERR]。

11.3 UART1 和 UART2 中断源

UART 中断源有:

- > UTx\_CR0[UTTI]: UARTx发送完1组数据后, 发送完成中断事件标志位UTx\_CR0[UTTI]硬件置1
- > UTx\_CR0[UTRI]: UARTx接收完1组数据和STOP停止位后, 接收完成中断事件标志位UTx\_CR0[UTRI]硬件置1
- > UTx\_CR0[RTO]: UARTx在一定时间内未接收到数据时, 会触发中断事件标志位UTx\_CR0[RTO]。

11.4 UART 寄存器

11.4.1 UTx\_CR0 (CSR:0x0140/0x150)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9   | 8      | 7     | 6     | 5  | 4     | 3     | 2    | 1    | 0    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--------|-------|-------|----|-------|-------|------|------|------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RTO | CHKERR | UTRB8 | UTMOD |    | UTSM2 | UTREN | UTEN | UTTI | UTRI |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | rw0 | r      | rw    | rw    | rw | rw    | rw    | rw   | rw   | rw   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0   | 0      | 0     | 0     | 0  | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    |

| 位       | 名称     | 描述                                                                  |
|---------|--------|---------------------------------------------------------------------|
| [31:10] | RSV    | 保留                                                                  |
| [9]     | RTO    | 接收超时中断事件标志位<br>读:<br>0: 未超时<br>1: 接收超时<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 产生中断事件 |
| [8]     | CHKERR | 校验错误<br>0: 未产生校验错误<br>1: 产生校验错误                                     |
| [7]     | UTRB8  | 模式 2 与模式 3 下接收数据的第 9 位                                              |
| [6:5]   | UTMOD  | 模式配置位<br>00: 模式 0<br>01: 模式 1                                       |

|     |       |                                                                             |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------------------------|
|     |       | 10: 模式 2<br>11: 模式 3                                                        |
| [4] | UTSM2 | 单机通信和多机通信选择<br>0: 单机通信<br>1: 多机通信                                           |
| [3] | UTREN | UARTx 接收使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                               |
| [2] | UTEN  | UARTx 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                 |
| [1] | UTTI  | 数据发送完成中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 产生中断事件 |
| [0] | UTRI  | 数据接收完成中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 产生中断事件 |

11.4.2 UTx\_CR1 (CSR:0x0141/0x151)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |      |         |       |       |     |   |        |    |        |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|------|---------|-------|-------|-----|---|--------|----|--------|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10    | 9    | 8       | 7     | 6     | 5   | 4 | 3      | 2  | 1      | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RTOIE | UTIE | BAUDSEL | RXINV | TXINV | RSV |   | RTOSEL |    | CHKMOD |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw   | rw      | rw    | rw    | -   | - | rw     | rw | rw     | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0    | 0       | 0     | 0     | -   | - | 0      | 0  | 0      | 0  |

| 位       | 名称  | 描述 |
|---------|-----|----|
| [31:11] | RSV | 保留 |

|       |         |                                                                             |
|-------|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| [10]  | RTOIE   | 接收超时中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                 |
| [9]   | UTIE    | 收发中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                   |
| [8]   | BAUDSEL | 波特率倍频使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |
| [7]   | RXINV   | 接收反向使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                   |
| [6]   | TXINV   | 发送反向使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                   |
| [5:4] | RSV     | 保留                                                                          |
| [3:2] | RTOSEL  | 接收超时挡位选择<br>00: 1 帧报文<br>01: 2 帧报文<br>10: 4 帧报文<br>11: 8 帧报文                |
| [1:0] | CHKMOD  | 手动发送第九位及奇偶校验位<br>00: 手动模式 TB9 = 0<br>01: 偶校验<br>10: 奇检验<br>11: 手动模式 TB9 = 1 |

11.4.3 UTx\_DR (CSR:0x0142/0x152)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |        |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | UTx_DR |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≡      | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称  | 描述 |
|--------|-----|----|
| [31:8] | RSV | 保留 |

|       |        |                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [7:0] | UTx_DR | 发送/接收数据                                                                                                                                                                                                                        |
|       |        | 读: 接收的数据                                                                                                                                                                                                                       |
|       |        | 写: 发送的数据                                                                                                                                                                                                                       |
|       |        | <div><div></div><div>备注:<br/><br/>UARTx 的数据缓冲器由 2 个互相独立的接收、发送缓冲器构成, 可以同时发送和接收数据。发送缓冲器只能写入而不能读出, 接收缓冲器只能读出而不能写入, 因而两个缓冲器可以共用一个地址码。</div></div> |

11.4.4 UTx\_BAUD (CSR:0x0143/0x153)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | BAUD |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw   | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |

| 位       | 名称   | 描述                                                                       |
|---------|------|--------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV  | 保留                                                                       |
| [15:0]  | BAUD | 波特率设置<br>波特率 = UARTxCLK/(16/(1 + UTx_BAUD[BAUD]))/(UTx_CR1[BAUDSEL] + 1) |

11.5 串行帧通讯寄存器

关于串行帧通讯的更多细节, 请联系峰岬科技销售人员。

11.5.1 SF\_CR (0x144)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |         |          |       |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---------|----------|-------|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3       | 2        | 1     | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | AUTO_EN | SEND_REQ | SF_EN |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | rw      | w1       | rw    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -       | 0        | 0     | 0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -       | 0        | 0     | 0 |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|

|        |          |                                    |
|--------|----------|------------------------------------|
| [31:3] | RSV      | 保留                                 |
| [2]    | AUTO_EN  | 串行编码器解码自动使能<br>0: 不使能<br>1: 使能     |
| [1]    | SEND_REQ | 串行编码器解码发送请求<br>0: 不允许发送<br>1: 允许发送 |
| [0]    | SF_EN    | 串行编码器解码使能<br>0: 不使能<br>1: 使能       |

11.5.2 SF\_SR (0x145)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6       | 5       | 4       | 3       | 2       | 1   | 0   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SF_SUC | SF_DONE | REQ_OUT | REQ_ERR | SYN_ERR | CRC_ERR |     |     |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | rw0    | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     |     |     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | -       | rw0     | rw0     | rw0     | rw0     | rw0 | rw0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0   | 0   |

| 位      | 名称      | 描述                                                                                                    |
|--------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:6] | RSV     | 保留                                                                                                    |
| [5]    | SF_SUC  | 数据接收成功标志位，数据接收完且 CRC 正确<br>读<br>0: 数据接收不成功<br>1: 数据接收成功<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义                      |
| [4]    | SF_DONE | 数据接收完成标志位，仅数据接收完成但不知道是否有错(如：CRC 出错也会显示 DONE)<br>读<br>0: 数据接收未完成<br>1: 数据接收完成<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

|     |         |                                                                                              |
|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| [3] | REQ_OUT | 请求超时错误，发送请求指令后无法返回<br>0: 未发生请求超时错误<br>1: 发生请求超时错误<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义                   |
| [2] | REQ_ERR | 请求命令错误，发送和返回的 ID 不一样<br>读<br>0: 未发生请求命令错误<br>1: 发生请求命令错误<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义            |
| [1] | SYN_ERR | 帧同步错误，如未检查到控制字(CF)的识别码(Sink Code)<br>读<br>0: 未发生帧同步错误<br>1: 发生帧同步错误<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | CRC_ERR | CRC 校验错误<br>读<br>0: 未发生 CRC 校验错误<br>1: 发生 CRC 校验错误<br>写<br>0: 清 0<br>1: 无意义                  |

11.5.3 SF\_BAUD (0x146)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3       | 2  | 1  | 0  |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---------|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | SF_BAUD |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | rW      | rW | rW | rW | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 1       | 0  | 0  | 1  | 1  |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|



|        |         |                                           |
|--------|---------|-------------------------------------------|
| [31:5] | RSV     | 保留                                        |
| [4:0]  | SF_BAUD | 串行帧通讯波特率设置<br>波特率 = SFCLK / (SF_BAUD + 1) |

# 12 BISS

## 12.1 BISS 协议概述

BISS 是 iC-Haus GmbH 公司的注册商标，由德国 iC-Haus 公司开发的双向同步串行接口。BISS 现已成为传感器通信协议的国际化标准，BISS 通信协议最近的版本是 BISS-C，关于 BISS-C 的更多信息请参考<https://www.ichauschina.com/biss.htm>。

BISS 通信协议是一种全双工同步串行总线通信协议，专门为满足实时、双向、高速的传感器通信而设计，在硬件上兼容工业标准 SSI(同步串行接口协议)总线协议。其典型应用是在运动控制领域实现伺服驱动器与编码器通信。

图 12-1 时序图

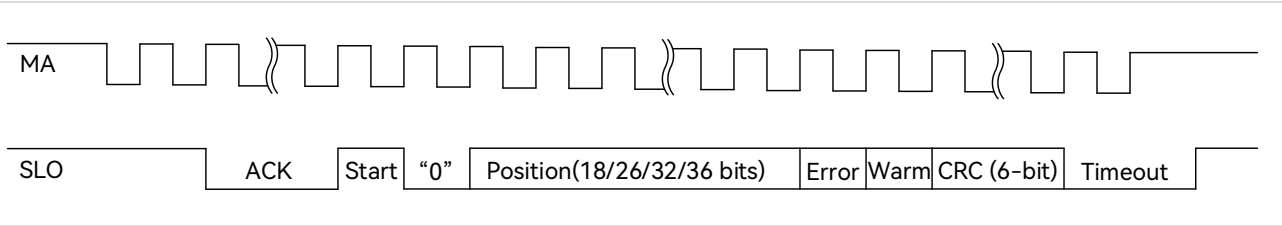


表 12-1 BISS 主机规格

| 项目    | 描述                                                 |
|-------|----------------------------------------------------|
| 从站数   | 默认为 1 个，也支持多个从站，但总数据长度不能超过 64 位                    |
| 协议    | BISS-C<br>CRC 计算：初始值为 0x00，多项式为 0x43<br>不支持寄存器读写   |
| 连接方式  | 支持点到点连接，不支持总线连接                                    |
| 时钟频率  | BISSCLK / (N+1), N = 0, 1, 2, 3, ..., 65535        |
| 线延迟补偿 | 支持                                                 |
| 中断来源  | 通信结束                                               |
| 错误检测  | 警告位 Warn 错误<br>错误位 Error 错误<br>通信 CRC 错误<br>通信超时错误 |

12.2 BISS 寄存器

12.2.1 BISS\_CLK\_CNT (CSR: 0x701)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |   |              |   |                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------|---|------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| RSV                                                                                   |   |              |   |                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | BISS_CLK_CNT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|                                                                                       |   |              |   |                                                                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| -                                                                                     | - | -            | - | -                                                                            | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |  |
| -                                                                                     | - | -            | - | -                                                                            | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |  |
| 位                                                                                     |   | 名称           |   | 描述                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| [31:16]                                                                               |   | RSV          |   | 保留                                                                           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| [15:0]                                                                                |   | BISS_CLK_CNT |   | SYSCLK MA 的计算值，若 MCU 的 SYSCLK 为 24MHz，设此寄存器为 N，则 BISS_MA = BISSCLK/4/(N + 1) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |

12.2.2 BISS\_OVERTIME\_CNT (CSR: 0x702)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13                | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |    |    |  |  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | BISS_OVERTIME_CNT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw                | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0                 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |  |  |

| 位       | 名称                | 描述                                                                                                                                                               |
|---------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV               | 保留                                                                                                                                                               |
| [13:0]  | BISS_OVERTIME_CNT | BISSBUSY 拉高后开始计时。配置此寄存器来设置 BISS 超时中断。计数以 MA 为基准，配置此寄存器为 N，则在 N*MA_clk 时间段后，BISS 通信还未结束时产生超时中断，并拉高 BISSOTIF 和 BISSENDIF 标识位。建议可以设置 N = BISS_DATA_LEN + 10 + (冗余)。 |

## 12.2.3 BISS\_DATA\_LEN (CSR: 0x703)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV                                                                                   |               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|                                                                                       | BISS_DATA_LEN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -                                                                                     | rw            | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -                                                                                     | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位      | 名称            | 描述                                              |
|--------|---------------|-------------------------------------------------|
| [31]   | RSV           | 保留                                              |
| [30:0] | BISS_DATA_LEN | BISS 数据帧(Position)长度 + 报错位(Error 和 Warn)长度(2 位) |

## 12.2.4 BISS\_STATE (CSR: 0x704)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8          | 7       | 6          | 5          | 4          | 3        | 2          | 1          | 0        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|------------|---------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | BISSAUTOEN | BISSSEN | BISSWRNERR | BISSALMERR | BISSCRCERR | BISSOTIF | BISSSENDIF | BISSSENDEN | BISSBUSY |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw         | rw      | r          | r          | r          | rw0      | rw0        | rw         | rw1      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0          | 0       | 0          | 0          | 0          | 0        | 0          | 0          | 0        |

| 位      | 名称         | 描述                              |
|--------|------------|---------------------------------|
| [31:9] | RSV        | 保留                              |
| [8]    | BISSAUTOEN | BISS 自动解码使能位<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [7]    | BISSSEN    | BISS 使能位, 软件配置                  |
| [6]    | BISSWRNERR | BISS 警告位 Warn 取反, 1 为有警告, 只读    |
| [5]    | BISSALMERR | BISS 错误位 Error 取反, 1 为有错误, 只读   |
| [4]    | BISSCRCERR | BISS 通信 CRC 错误标志位, 只读           |
| [3]    | BISSOTIF   | BISS 通信超时标志位, 由软件清 0, 硬件置位      |
| [2]    | BISSSENDIF | BISS 通信结束标志位, 由软件清 0, 硬件置位      |

|     |           |                                                                                        |
|-----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| [1] | BISENDEEN | BISS 传输结束中断使能位。只要 BISS 通信结束则拉高 BISENDEIF 标志位，如果此位为高，则产生 BISEND 中断。此位由软件配置。             |
| [0] | BISSBUSY  | 开始 BISS 传输，传输过程中一直为高。由软件写 1 后开始 BISS 传输(所以相关配置信息要在此之前完成)；在 BISS 传输结束(超时或者完成)之后硬件自动清 0。 |

12.2.5 BISS\_SDATA1 (CSR: 0x705)

|             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31          | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| BISS_SDATA1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称          | 描述                                                                           |
|--------|-------------|------------------------------------------------------------------------------|
| [31:0] | BISS_SDATA1 | BISS 接收到的从机输入数据的低 32 位，BISS_SDATA1 包括 BISS 数据帧(Position) + 报错位(Error 和 Warn) |

12.2.6 BISS\_SDATAH (CSR: 0x706)

|             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31          | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| BISS_SDATAH |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称          | 描述                     |
|--------|-------------|------------------------|
| [31:0] | BISS_SDATAH | BISS 接收到的从机输入数据的高 32 位 |

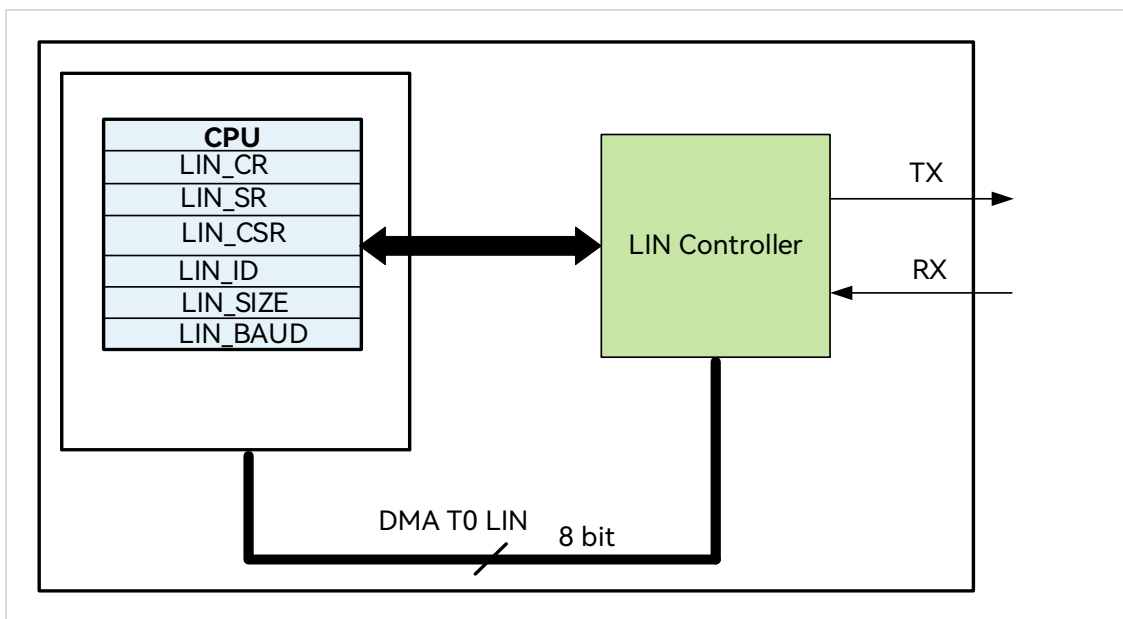
## 13 LIN

### 13.1 LIN 简介

有关 LIN 协议的更多信息与规范，请参考 LIN 协会(<http://www.lin-subbus.org>)。

LIN 是一种异步串行通信接口，主要用于汽车网络。LIN 控制器符合 ISO 17987(向下兼容)，如图 13-1 所示，具有完整的 LIN 硬件接口，固定工作在从机模式，支持波特率自适应。引脚复用 PA0/PA1、PA4/PA5(功能转移)；LIN 与 DMA 传输数据，配置 DMAx\_CR[DMACFG] = 0111，读写方向由 LIN\_CR[LINRW]决定。

图 13-1 LIN 框图



如图 13-1 所示，LIN 控制器包括三个部分：

- LIN 控制寄存器: 提供 CPU 与 LIN 控制器之间的接口
- LIN 数据缓存: 通过配置 DMAx(x = 0~5) 可实现数据的发送和接收
- LIN 控制器: 用于处理 LIN 总线的数据传输及状态控制

### 13.2 LIN 从机操作说明

LIN 工作在从机节点时，必须等待主机节点发送命令。

LIN 中断使能后，如表 13-1 所示 7 种情况会触发中断。

表 13-1 LIN 中断源及说明

| 中断源    | 说明                                       | 相关标志位                                                                                      | 清除标志位                                              |
|--------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 总线空闲   | 总线空闲超过 4s                                | LIN_SR[LINIDLE]                                                                            | LIN_SR[LINIDLE]清 0                                 |
| 外部唤醒   | 接收到唤醒信号                                  | LIN_CSR[LINWAKEUP]                                                                         | LIN_CSR[LINWAKEUP]清 0                              |
| 接收到间隔场 | 接收到间隔场上升沿                                | LIN_SR[BREAKFLAG]                                                                          | LIN_SR[BREAKFLAG]写 0                               |
| 同步完成   | 同步场无错误且同步完成                              | LIN_SR[SYSCFLAG]                                                                           | LIN_SR[SYSCFLAG]写 0                                |
| 接收到帧头  | 当收到帧头且 ID 校验正确                           | LIN_SR[LINREQ]                                                                             | LIN_SR[LINACK]写 1/<br>LIN_SR[LINREQ]清 0/<br>发现新的帧头 |
| 收发数据完成 | 从机接收或者发送数据完成                             | LIN_SR[LINDONE]                                                                            | LIN_SR[LINDONE]清 0/<br>发现新的帧头                      |
| 出现错误   | 形式错误<br>位错误<br>同步错误<br>ID 校验错误<br>数据校验错误 | LIN_SR[ERRFRAME]<br>LIN_SR[ERRBIT]<br>LIN_SR[ERRSYNC]<br>LIN_SR[ERRPRTY]<br>LIN_SR[ERRCHK] | LIN_SR[LINERR]清 0/<br>发现新的帧头                       |

从机数据传输和接收流程:

1. LIN控制器需提前配置波特率模式，并根据配置的模式选择性配置波特率寄存器，具体参考13.5。
2. LIN控制器检测LIN总线上主机发送的消息帧的报头(间隔和同步信号)，若同步场符合最低长度标准，LIN\_SR[BREAKFLAG]被置1。通过同步信号自动匹配主机传输数据的波特率，若同步成功，LIN\_SR[SYSCFLAG]被置1。当从机识别到ID后，如果ID校验正确，LIN\_SR[LINREQ]被置1，如果ID校验错误，则会发生ID校验错误，LIN\_SR[ERRPRTY]被置1；
3. 从机发送操作: 将LIN\_CR[LINRW]置1，装载数据长度LIN\_SIZE和DMA缓冲区数据。将LIN\_CSR[LINACK]置1，响应帧头将数据传输至主机；
4. 从机接收操作: 将LIN\_CR[LINRW]清0，将LIN\_CSR[LINACK]置1，响应帧头将接收主机发送的数据；
5. 从机接收或发送数据完成后，LIN\_SR[LINDONE]被置1。

### 13.3 睡眠和唤醒

为了减少系统功耗，LIN 总线协议定义了睡眠模式。

从机接收到主机发送的睡眠请求命令并正确解析后，软件将 LIN\_CSR[LINSLP]置 1 进入睡眠模式。

当总线上空闲超过 4s 且从机 LIN 没有处于睡眠模式时，LIN\_SR[LINIDLE]被置 1。

当检测到 LIN 总线上主机或其它从机发出的唤醒信号后(LIN\_SR[LINWAKEUP]被置 1)，自动退出睡眠模式。从机也可发送唤醒信号(将 LIN\_CSR[TXWAKEUP]置 1)唤醒主机或者其它从机。

## 13.4 错误侦测与处理

从机检测到错误后，LIN\_SR[LINERR]被置 1 并生成错误中断请求，同时停止当前帧的处理。程序通过 LIN\_SR[ERRFRAME]、LIN\_SR[ERRBIT]、LIN\_SR[ERRSYNC]、LIN\_SR[ERRCHK]和 LIN\_SR[ERRPRTY]来判别错误为格式错误、位错误、同步错误、数据校验错误或 ID 校验错误。错误处理完成后将 LIN\_SR[LINERR]标志位清 0。

## 13.5 波特率模式切换

LIN 模块可选择自动波特率模式和手动波特率模式。

自动波特率模式：LIN 模块以 20k 频率持续监测 LIN 总线，仅当检测到大于 12bit 的间隔场时，LIN 模块才会启动收发报文流程。在同步场段检测到“0x55”的字段后，根据字段时间长度计算出 LIN 报文的波特率。若同步场波形不符合规范，会产生同步错误(默认使能，配置 LIN\_CR[AB\_SCHKERRDIS] = 1 不使能检测)。同步成功后，LIN 模块根据同步后的波特率收发后续报文。用户可以通过 LIN\_BKCNT 计数值和 LIN 识别的波特率值判断间隔场的长度。

手动波特率模式：在使能 LIN 模块以后，将 LIN\_CR[MBAUD]置 1，再于 LIN\_BAUD 寄存器中写入需要的波特率值(1000-20000)。接收波特率范围为配置波特率的±10%。LIN 模块依据写入的波特率进行报文接收，波特率不匹配的报文会报同步错误，并停止对当前报文的接收。

## 13.6 其它事项

从机 LIN 使能后，当设备不处于睡眠模式，可以检测新的帧头(包括同步间隔、同步场以及 PID)。LIN 总线空闲时，LIN\_IDLECNT 开始计数，计数时钟频率为 32768Hz，帧间时长可通过寄存器 LIN\_IDLECNT 查看；当收发报文时，计数器清 0。

从机在接收/发送数据的过程中，如果需要终止当前帧处理，可以将 LIN\_CSR[LINSTOP]置 1，此时标志位



LIN\_SR[ABORT]会被置 1。

13.7 LIN 寄存器

13.7.1 LIN\_CR (CSR:0x1A0)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                 |               |             |              |       |     |   |   |       |        |       |          |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|---------------|-------------|--------------|-------|-----|---|---|-------|--------|-------|----------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11              | 10            | 9           | 8            | 7     | 6   | 5 | 4 | 3     | 2      | 1     | 0        |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | AB_BKLEN_RPTDIS | AB_SCHKERRDIS | AB_ERRINTEN | AUTOBAUDINIT | MBAUD | RSV |   |   | LINIE | CHKMOD | LINRW | AUTOSIZE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw              | rw            | rw          | w1           | rw    | -   | - | - | rw    | rw     | rw    | rw       |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0               | 0             | 0           | 0            | 0     | -   | - | - | 0     | 0      | 0     | 0        |

| 位       | 名称              | 描述                                                                                         |
|---------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV             | 保留                                                                                         |
| [11]    | AB_BKLEN_RPTDIS | LIN 自动波特率 Break 场长度记录不使能<br>0: 使能<br>1: 不使能                                                |
| [10]    | AB_SCHKERRDIS   | LIN 自动波特率同步场错误检测禁止<br>自动波特率下 LIN 识别同步场波形是否符合规范，若波形不符合规范，会产生同步错误<br>0: 使能<br>1: 不使能         |
| [9]     | AB_ERRINTEN     | LIN 自动波特率错误初始化使能<br>自动波特率下 LIN 检测到错误后，重新以 20kHz 探测 LIN 报文<br>0: 不使能<br>1: 使能               |
| [8]     | AUTOBAUDINIT    | LIN 自动波特率初始化触发<br>自动波特率模式下，该位置 1 后，LIN 重新以 20kHz 探测 LIN 报文<br>0: 无意义<br>1: 触发 LIN 自动波特率初始化 |
| [7]     | MBAUD           | 手动波特率模式<br>0: 自动波特率模式<br>1: 手动波特率模式                                                        |

|       |          |                                                                                                                                                                          |
|-------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [6:4] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                       |
| [3]   | LINIE    | <div>LIN 中断使能</div> <div>0: 不使能</div> <div>1: 使能</div> <div><div></div>备注:</div> <div>LIN 中断标志位见表 13-1 LIN 中断源及说明</div>                                                  |
| [2]   | CHKMOD   | <div>校验模式配置</div> <div>0: 增强校验</div> <div>1: 标准校验</div>                                                                                                                  |
| [1]   | LINRW    | <div>发送/接收选择位</div> <div>0: 当前帧是接收操作</div> <div>1: 当前帧是发送操作</div>                                                                                                        |
| [0]   | AUTOSIZE | <div>使用 ID 位(LIN_ID[5:4])确定数据长度使能</div> <div>0: 不使能</div> <div>1: 使能</div> <div>LIN_ID[5:4]与数据长度的关系如下:</div> <div>0X: 2 字节</div> <div>10: 4 字节</div> <div>11: 8 字节</div> |

13.7.2 LIN\_SR (CSR:0x1A1)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |           |          |        |         |        |        |       |        |        |           |         |         |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|-----------|----------|--------|---------|--------|--------|-------|--------|--------|-----------|---------|---------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13       | 12        | 11       | 10     | 9       | 8      | 7      | 6     | 5      | 4      | 3         | 2       | 1       | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | SYSCFLAG | BREAKFLAG | ERRFRAME | ERRBIT | ERRSYNC | ERRCHK | ERRPTY | ABORT | LINACT | LINERR | LINWAKEUP | LINIDLE | LINDONE | LINREQ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw0      | rw0       | r        | r      | r       | r      | r      | r     | r      | rw0    | rw0       | rw0     | rw0     | rw0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0         | 0        | 0      | 0       | 0      | 0      | 0     | 0      | 0      | 0         | 0       | 0       | 0      |

| 位       | 名称       | 描述                                                           |
|---------|----------|--------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV      | 保留                                                           |
| [13]    | SYSCFLAG | <div>LIN 同步完成标志位</div> <div>读:</div> <div>0: 同步中/未进行同步</div> |

|      |           |                                                                                                       |
|------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |           | 1: 同步完成<br>写:<br>0: 清同步完成标志位<br>1: 无意义                                                                |
| [12] | BREAKFLAG | LIN 间隔场识别标志位<br>读:<br>0: 未识别到间隔场<br>1: 识别到间隔场<br>写:<br>0: 清间隔场识别标志位<br>1: 无意义                         |
| [11] | ERRFRAME  | 格式错误, LIN 使能回读功能 LIN_CSR[RDBAKDIS], 若 LIN 发送的电平与接收 LIN 总线电平不等时, 该位置 1<br>0: 未发生格式错误<br>1: 发生格式错误      |
| [10] | ERRBIT    | 回读位错误, LIN 使能回读功能 LIN_CSR[RDBAKDIS], 若 LIN 发送的电平与接收 LIN 总线电平不等时, 该位置 1<br>0: 未发生位错误<br>1: 发生位错误       |
| [9]  | ERRSYNC   | 同步错误(同步超时或同步过快), 在新帧到来或者 LIN_SR[LINERR]被清 0 时, 该位被硬件清 0<br>0: 未发生同步错误<br>1: 发生同步错误                    |
| [8]  | ERRCHK    | 数据校验错误, 在新帧到来或者 LIN_SR[LINERR]被清 0 时, 该位被硬件清 0<br>0: 未发生数据校验错误<br>1: 发生数据校验错误                         |
| [7]  | ERRPRTY   | ID 校验错误, 在新帧到来或者 LIN_SR[LINERR]被清 0 时, 该位被硬件清 0<br>0: 未发生 ID 校验错误<br>1: 发生 ID 校验错误                    |
| [6]  | ABORT     | 传输完成中断事件标志位<br>从机接收或者发送数据完成被置 1, 在新帧到来时或者 LIN_SR[LINDONE] 软件写 0 时清 0<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件 |
| [5]  | LINACT    | LIN 总线上处于活动状态标志位                                                                                      |

|     |           |                                                                                                                                    |
|-----|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |           | 0: 总线未处于活动状态<br>1: 总线处于活动状态                                                                                                        |
| [4] | LINERR    | LIN 错误中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生错误<br>1: 发生错误<br>写:<br>0: 清除错误标志位<br>1: 无意义                                                           |
| [3] | LINWAKEUP | LIN 总线唤醒中断事件标志位<br>总线空闲超过 4s 时被置 1<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                      |
| [2] | LINIDLE   | LIN 总线空闲中断事件标志位<br>总线空闲超过 4s 时被置 1<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                      |
| [1] | LINDONE   | 传输完成中断事件标志位<br>从机接收或者发送数据完成被置 1, 在新帧到来时或者 LIN_SR[LINDONE]<br>软件写 0 时清 0<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | LINREQ    | 收到帧头中断事件标志位<br>当收到帧头且 ID 校验正确时置 1, 在新帧到来时、LIN_CSR[LINACK]软件<br>写 1 时或 LIN_SR[LINREQ]软件写 0 时清 0                                     |

|  |  |                                                         |
|--|--|---------------------------------------------------------|
|  |  | 读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
|--|--|---------------------------------------------------------|

13.7.3 LIN\_CSR (CSR:0x1A2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6      | 5   | 4        | 3      | 2       | 1     | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|--------|-----|----------|--------|---------|-------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | RDBAKDIS | LINSLP | RSV | TXWAKEUP | LINACK | LINSTOP | LINEN |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | rw     | rw  | -        | w1     | w1      | w1    | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0      | 0   | -        | 0      | 0       | 0     | 0  |

| 位      | 名称       | 描述                                                                                             |
|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:7] | RSV      | 保留                                                                                             |
| [6]    | RDBAKDIS | LIN 回读使能<br>0: 使能<br>1: 不使能                                                                    |
| [5]    | LINSLP   | LIN 进入睡眠状态使能<br>读:<br>0: LIN 处于活动状态<br>1: LIN 处于睡眠状态<br>写:<br>0: LIN 从睡眠状态中唤醒<br>1: LIN 进入睡眠状态 |
| [4]    | RSV      | 保留                                                                                             |
| [3]    | TXWAKEUP | LIN 唤醒<br>写:<br>0: 无意义 s<br>1: 发送唤醒信号                                                          |
| [2]    | LINACK   | 用于响应帧头，在该位置 1 前必须配置好校验模式、读写模式、数据、数据长度<br>0: 无意义<br>1: 响应帧头                                     |

|     |         |                                                                                             |
|-----|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| [1] | LINSTOP | 停止信号，该位置 1 后，LIN 会中断当前的数据收发工作并等待新的帧头。同时 LIN_SR[ABORT]置 1<br>0: 无意义<br>1: 中断当前的数据收发工作并等待新的帧头 |
| [0] | LINEN   | LIN 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                   |

13.7.4 LIN\_ID (CSR:0x1A3)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5      | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | LIN_ID |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | r | r      | r | r | r | r |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | 0 | 0      | 0 | 0 | 0 | 0 |   |

| 位      |  | 名称     | 描述          |
|--------|--|--------|-------------|
| [31:6] |  | RSV    | 保留          |
| [5:0]  |  | LIN_ID | LIN 接收到的 ID |

13.7.5 LIN\_SIZE (CSR:0x1A4)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4  | 3        | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----------|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |    | LIN_SIZE |    |    |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |    |          |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | rw | rw       | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | 0  | 0        | 0  | 0  |   |

| 位      |  | 名称       | 描述         |
|--------|--|----------|------------|
| [31:4] |  | RSV      | 保留         |
| [3:0]  |  | LIN_SIZE | 接收/发送数据帧长度 |

## 13.7.6 LIN\_BAUD (CSR:0x1A5)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | LIN_BAUD |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘        | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| 位       | 名称       | 描述                                   |
|---------|----------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                   |
| [15:0]  | LIN_BAUD | 波特率配置<br>波特率 = LINCLK/(LIN_BAUD + 1) |

## 13.7.7 LIN\_IDLECNT (CSR:0x1A6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | LIN_IDLECNT |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                                 |
|---------|-------------|----------------------------------------------------|
| [31:17] | RSV         | 保留                                                 |
| [16:0]  | LIN_IDLECNT | LIN 空闲计数器<br>正在计数的瞬间值，计时长度 = LIN_IDLECNT / 32768Hz |

## 13.7.8 LIN\_BKCNT (CSR:0x1A7)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | LIN_BKCNT |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位 名称 描述 |           |                                      |
|---------|-----------|--------------------------------------|
| [31:20] | RSV       | 保留                                   |
| [19:0]  | LIN_BKCNT | LIN 间隔场计数值，计时长度 = LIN_BKCNT / SYSCLK |



## 14 CAN

### 14.1 CAN 简介

CAN 是 Controller Area Network 的缩写(以下称为 CAN)，是 ISO 国际标准化的串行通信协议，为汽车网络提供安全、方便、可靠的数据通讯。

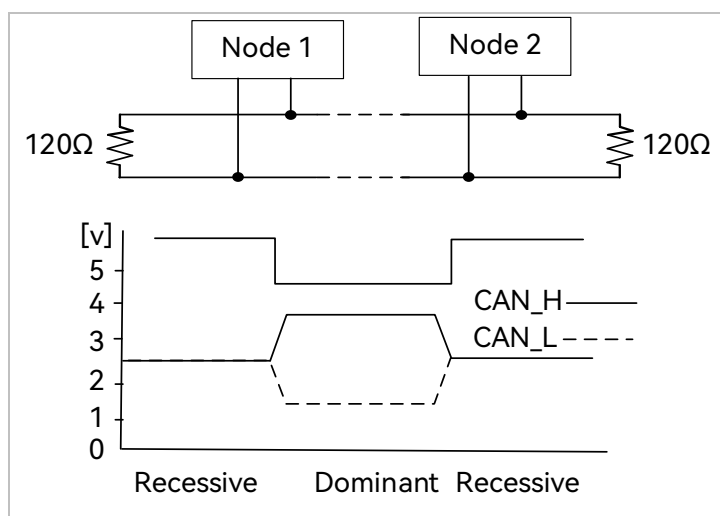
CAN 总线控制器作为 CAN 网络接口，遵循 CAN 总线协议 2.0A、2.0B、ISO11898-1:2015 和 BOSCH CANFD 规范。CAN 控制器报文过滤支持单/双过滤两种模式，过滤器用于筛选并接收用户需要的消息。用户可以通过 3 个发送邮箱将待发送数据传输至总线，邮箱发送的顺序由发送调度器决定。并通过深度为 3 的接收 FIFO 获取总线上的数据，接收 FIFO 的管理完全由硬件控制。同时 CAN 总线控制器硬件支持时间触发通信（Time-trigger communication）功能。

### 14.2 物理特性

CAN 控制器根据两根线上的电位差来判断总线电平。总线电平分为显性电平（dominant）和隐性电平（recessive），二者必居其一。发送方通过使总线电平发生变化，将消息发送给接收方。

根据 ISO11898 标准，其物理层特征如图 14-1 ISO11898 物理层特性所示：

图 14-1 ISO11898 物理层特性



从该特性可以看出，显性电平对应逻辑 0，CAN\_H 和 CAN\_L 之差为 2.5V 左右。而隐性电平对应逻辑 1，CAN\_H 和 CAN\_L 之差为 0V。在总线上显性电平具有优先权，只要有一个单元输出显性电平，总线上即

为显性电平。而隐性电平具有包容性，只有所有的单元都输出隐性电平，总线上才为隐性电平(显性电平比隐性电平更强)。另外，在 CAN 总线的起止端都有一个 120Ω 的终端电阻，来做阻抗匹配，以减少回波反射。

14.3 帧结构

CAN 协议是通过以下 5 种类型的帧进行(CANFD 没有远程帧):

- > 数据帧
- > 远程帧
- > 错误帧
- > 过载帧
- > 帧间隔

另外，数据帧和遥控帧有标准格式和扩展格式两种格式。标准格式有 11 个位的 ID，扩展格式有 29 个位的 ID。

表 14-1 CAN 协议各种帧及其用途

| 帧类型 | 帧用途                                    |
|-----|----------------------------------------|
| 数据帧 | 用于发送单元向接收单元传送数据的帧                      |
| 远程帧 | 用于接收单元向具有相同 ID 的发送单元请求数据的帧，CANFD 没有远程帧 |
| 错误帧 | 用于当检测出错误时向其它单元通知错误的帧                   |
| 过载帧 | 用于接收单元通知其尚未做好接收准备的帧                    |
| 帧间隔 | 用于将数据帧及远程帧与前面的帧分离开来的帧                  |

由于篇幅所限，这里仅对数据帧进行介绍，数据帧一般由 7 个段构成，即:

- > 帧起始: 表示数据帧开始的段
- > 仲裁段: 表示该帧优先级的段
- > 控制段: 表示数据的字节数及保留位的段
- > 数据段: 数据的内容，一帧可发送0 ~ 64个字节的数据
- > CRC段: 检查帧的传输错误的段
- > ACK段: 表示确认正常接收的段

➤ 帧结束: 表示数据帧结束的段

详情请参考标准协议文件: ISO-11898-1:2015(E)。数据帧的构成如图 14-2 所示。

图 14-2 CAN 标准帧结构图

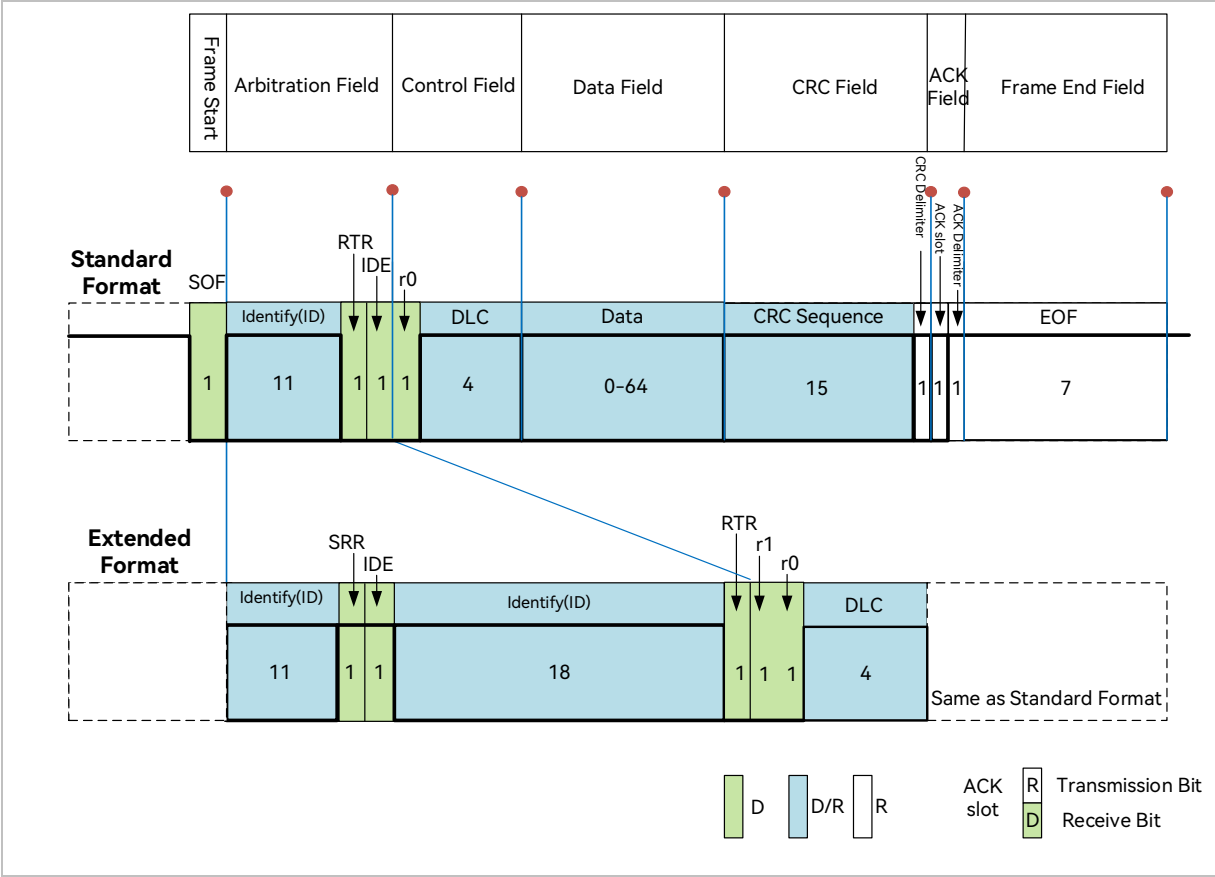
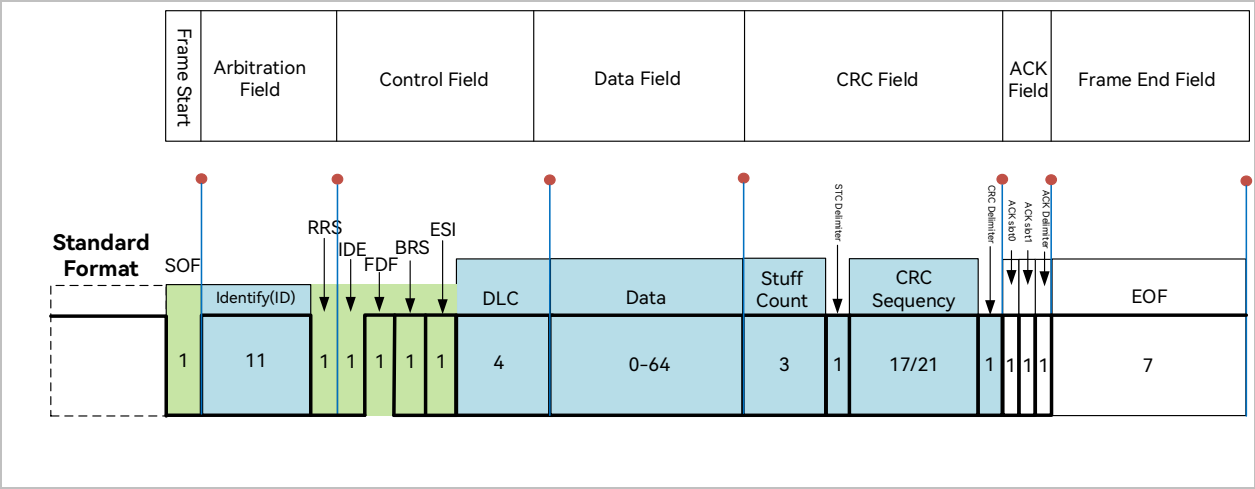


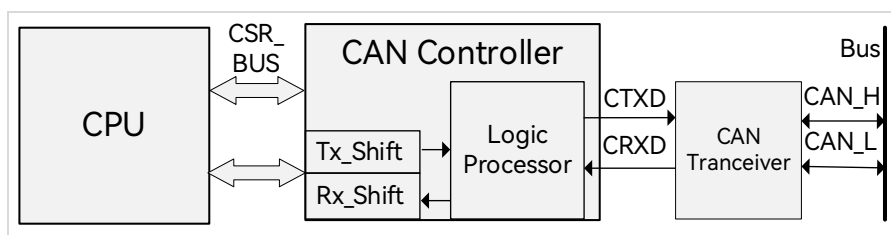
图 14-3 CANFD 帧结构图



## 14.4 CAN 控制器总体描述

CAN 总线拓扑结构如图 14-4 所示，CPU 通过 CSR 寻址完成 CAN 控制器功能寄存器的配置，包括初始化、位时间、工作模式、过滤、中断等；CPU 完成 CAN 模块与 SRAM 中 CAN 报文数据存储区的通讯，实现报文的发送、接收，SRAM CAN 报文数据存储区有三个发送数据区、三个接收缓冲区，可以缓存三组接收到的报文。

图 14-4 CAN 拓扑框图



## 14.5 主要特点

- 支持CAN总线协议2.0A和2.0B;
- 支持CANFD帧（ISO11898-1和CANFD规范V1.0);
- 常规帧：通信波特率最大为1Mbit/s;
- CANFD帧：通信波特率最大为4Mbit/s;
- 支持传输延迟补偿;
- 支持时间触发通信;
- 中断使能和清除;
- 3个发送邮箱;
- 支持发送优先级;
- 禁止自动重传模式;
- 深度为3的接收FIFO，CPU可通过FIFO指针CAN\_TSPT[RDPTR]读取接收的报文;
- 单滤波/双滤波两种模式;
- 低功耗的睡眠模式，支持自动唤醒和手动唤醒;
- 接收过滤支持单过滤器模式和双过滤器模式;

➤ 错误管理。

## 14.6 工作模式

### 14.6.1 复位模式

在复位模式下，CAN 控制器处于复位状态，不可以接收或发送报文。配置 CAN\_CR0[RSTMOD] = 1 进入复位模式。

### 14.6.2 正常模式

CAN 控制器进入正常模式前，必须先完成位时间特性(包括 CAN\_DBTR、CAN\_NBTR)、过滤(包括过滤模式 CAN\_CR0[FILMOD]、标识符 CAN\_ACR、屏蔽位 CAN\_AMR)的参数配置，然后配置 CAN\_CR0[CANEN] = 1 使能 CTXD 和 CRXD 端口，并初始化 CAN。初始化后，CAN 控制器开始与总线同步。同步指的是等待 CAN 总线进入空闲状态，即当 CRXD 连续检测到 11 个隐性位后，CAN 总线已进入空闲状态。同步后，CAN 控制器进入正常模式，可以正常接收或发送报文。

### 14.6.3 睡眠模式

CAN 控制器可在低功耗的睡眠模式下工作。配置 CAN\_CR1[SLPREQ] = 1，请求进入睡眠模式。只有等待总线进入了空闲状态，CAN 控制器才进入睡眠模式，读 CAN\_STS[SLPACK]确认是否进入睡眠状态。在该模式下，CAN 停止接收、发送报文，但软件可以访问接收缓冲区。

睡眠唤醒有两种方式：

- 软件手动唤醒: CAN\_CR1[SLPREQ]清0
- 硬件自动唤醒: 配置CAN\_CR0[AWU] = 1使能自动唤醒模式，当检测到总线活动后，硬件自动对 CAN\_CR1[SLPREQ]清0来唤醒CAN控制器。CAN控制器退出睡眠状态也需要再次同步总线，读 CAN\_STS[SLPACK]确认是否退出睡眠状态。

## 14.7 功能描述

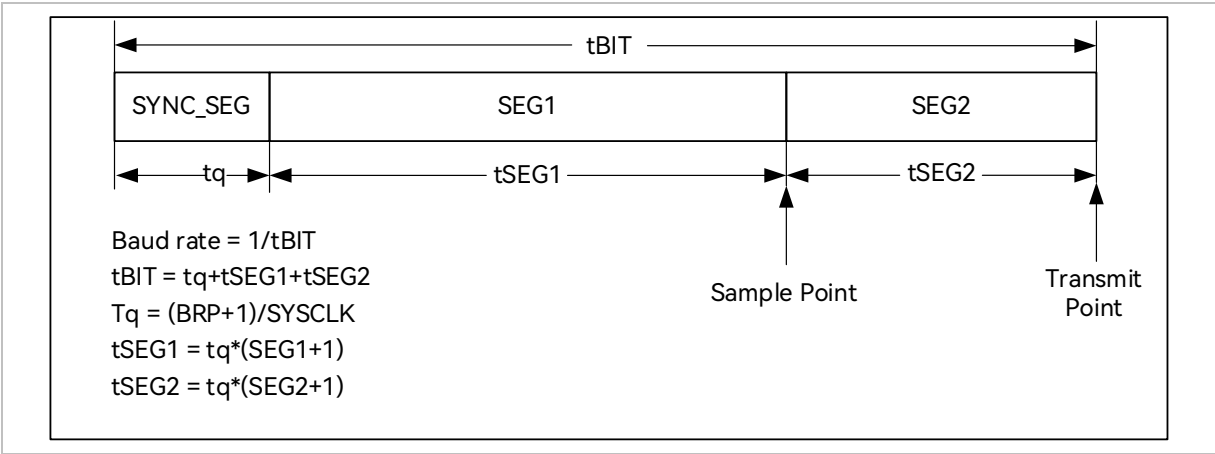
### 14.7.1 位时间特性

CAN 控制器通过采样来监视 CAN 总线，通过与帧起始位的下降沿进行同步，并与后面的下降沿重新同步来调整其采样点和发送点。

如图 14-5 所示，位时间由同步段(SYNC\_SEG)、时间段 1(T<sub>SEG1</sub>)、时间段 2(T<sub>SEG2</sub>)组成。这些段的长度是最小时间单位 tq 的整数倍，tq 由 BPR(CAN\_NBTR[9:0])配置。

- > 同步段: 位的变化通常发生在该时间段内，用于同步总线上的不同节点。其值固定为1个tq。
- > 时间段1: 定义采样点的位置。它包含CAN标准里的传播段和相位缓冲段1。其值由 CAN\_NBTR[SEG1]/CAN\_DBTR[DSEG1]配置，可以设置为1到64个tq，但也可以被自动延长，以补偿因为网络中不同节点的频率差异所造成的相位的正向漂移。
- > 时间段2: 定义发送点的位置。它代表CAN标准里的相位缓冲段2。其值由 CAN\_NBTR[SEG2]/CAN\_DBTR[DSEG2]配置，可以设置为1到32个tq，但也可以被自动缩短，以补偿相位的负向漂移。

图 14-5 位时间结构图



在传播过程中，因时钟频率偏差、传播延迟等因素影响，各单元存在同步误差。通过 CAN\_NBTR[SJW]/CAN\_DBTR[DSJW]配置重同步时间 t<sub>SJW</sub> 重新同步各单元。t<sub>SJW</sub> 可设置为 1 到 4 个 tq，如果在时间段 1 而不是在同步段检测到有效跳变(隐性电平变显性电平)，那么时间段 1 就被延长最多 t<sub>SJW</sub> 那么长，从而延迟了采样点。如果在时间段 2 而不是在同步段检测到有效跳变(隐性电平变显性电平)，那么时间段 2 就被缩短最多 t<sub>SJW</sub> 那么长，从而提前了采样点。

## 14.8 发送管理

发送报文的流程为：应用程序选择 1 个空置的发送邮箱；设置标识符，数据长度和待发送数据；然后配置 CAN\_TMIDx[TREQ] = 1，请求发送。CAN\_TMIDx[TREQ]置 1 后，邮箱就不再是空邮箱；而一旦邮箱不再为空置，软件对邮箱寄存器就不再有写的权限。CAN\_TMIDx[TREQ]位置 1 后，邮箱马上进入挂号状态，并等待成为最高优先级的邮箱，参见图 14-6 发送优先级。一旦邮箱成为最高优先级的邮箱，其状态就变

为预定发送状态。一旦 CAN 总线进入空闲状态，预定发送邮箱中的报文就马上被发送(进入发送状态)。一旦邮箱中的报文被成功发送后，它马上变为空置邮箱；硬件相应地对 CAN\_TMSTA[MOKx]位置 1。如果发送失败，相关失败标志位硬件置 1，包括仲裁失败标志位 CAN\_TMSTA[MALx]、发送错误标志位 CAN\_TMSTA[MERRx]。

14.8.1 发送优先级

配置 CAN\_CR1[TMOD]选择邮箱优先级模式，清 0 邮箱工作在标识符模式，置 1 邮箱工作在 FIFO 模式。

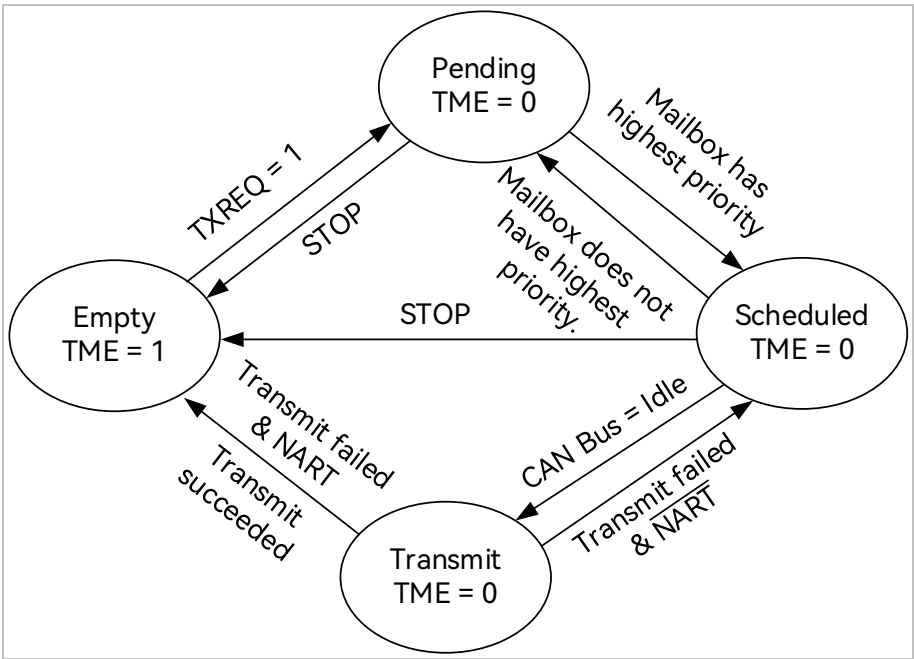
标识符模式下，当有超过 1 个发送邮箱在挂号时，发送顺序由邮箱中报文的标识符决定。根据 CAN 协议，标识符数值最低的报文具有最高的优先级。如果标识符的值相等，邮箱号小的优先级高。

FIFO 模式下，发送的优先级由发送请求次序决定。

14.8.2 发送中止

配置 CAN\_TMSTA[MSTPx] = 1，可以中止发送请求。邮箱如果处于挂号或预定状态，发送请求马上就被中止了。如果邮箱处于发送状态，那么中止请求可能导致 2 种结果。如果邮箱中的报文被成功发送，那么邮箱变为空置邮箱，且 CAN\_TMSTA[MOKx]硬件置 1。如果邮箱中的报文发送失败了，那么邮箱变为预定状态，然后发送请求被中止，邮箱变为空置邮箱且 CAN\_TMSTA[MOKx]硬件清 0。因此如果邮箱处于发送状态，那么在发送操作结束后，邮箱都会变为空置邮箱。

图 14-6 发送邮箱状态图



### 14.8.3 禁止自动重传模式

该模式主要用于满足 CAN 标准中，时间触发通信选项的需求。配置 CAN\_CR1[NOART] = 1 禁止自动重传。在该模式下，发送操作只会执行一次。如果发送操作失败了，不管是由于仲裁丢失或出错，硬件都不会再自动发送该报文。在一次发送操作结束后，硬件认为发送请求已经完成，邮箱发送完成标志位 CAN\_TMSTA[MDONEx]置 1，同时发送的结果反映在 CAN\_TMSTA[MOKx]、CAN\_TMSTA[MERRx]标志位上。

## 14.9 接收管理

CAN 控制器有三个接收缓冲区，依次为接收缓冲区 0、接收缓冲区 1、接收缓冲区 2，每个接收缓冲区包含 CAN\_RXIDx、CAN\_RXDTx、CAN\_RXxDATy (x = 0,1,2, y = 0 ~15)。CAN 控制器采用 FIFO 对接收进行管理。

复位后 FIFO 写指针指向接收缓冲区 0。接收过程中，硬件自动往 FIFO 写指针指向的接收缓冲区填写数据。如果直到 EOF 域的最后一位都没有错误，且通过了过滤，则该报文被认为是有效报文，FIFO 写指针指向下一个接收缓冲区，如果 FIFO 写指针当前指向接收缓冲区 2，则 FIFO 写指针重新指向接收缓存区 0。若出现错误或过滤不通过，FIFO 写指针不变，下一组有效报文还是写到原来的缓冲区。若缓存了 3 组有效报文，则接收缓冲区为满，接收下一组有效报文时会溢出，丢掉该报文。

CAN\_TSPT[MESCNT]指示当前有效报文数，CAN\_TSPT[RDPTR]指示 FIFO 读指针当前指向的缓冲区。软件读接收缓冲区获取报文，读取完 CAN\_CR1[RFD]置 1，释放 FIFO 读指针指向的缓冲区，FIFO 读指针指向下一个缓冲区，如果 FIFO 读指针当前指向接收缓冲区 2，则 FIFO 读指针重新指向接收缓存区 0。

### 14.9.1 接收过滤

通过配置过滤模式、标识符、屏蔽位，只接收所需的报文。

过滤模式通过 CAN\_CR0[FILMOD]选择单过滤器模式、双过滤器模式。单过滤器模式仅有一个过滤器过滤报文。双过滤器模式有两个过滤器。

标识符通过 CAN\_ACR 配置。

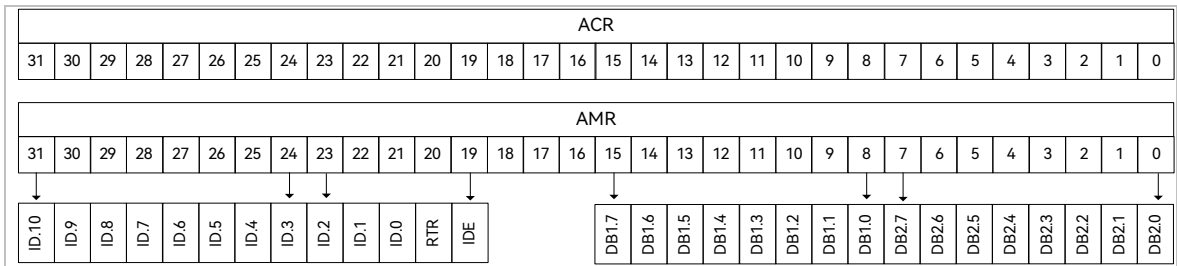
屏蔽位通过 CAN\_AMR 配置。如果 CAN\_AMR 某一位为 0，报文与 CAN\_ACR 对应位必需一致，否则该组报文会被过滤掉；为 1 时，忽略报文与 CAN\_ACR 对应位的一致性。



14.9.1.1 标准帧单过滤器模式

标准帧单过滤器模式，过滤部分包括 11 位 ID、RTR、IDE、数据的前两字节(DB0、DB1)，过滤配置如图 14-7 所示。当报文数据域的数据长度为 0 时，CAN\_AMR[15:0]和 CAN\_ACR[15:0]没有过滤作用，长度为 1 时，CAN\_AMR[7:0]和 CAN\_ACR[7:0]没有过滤作用。

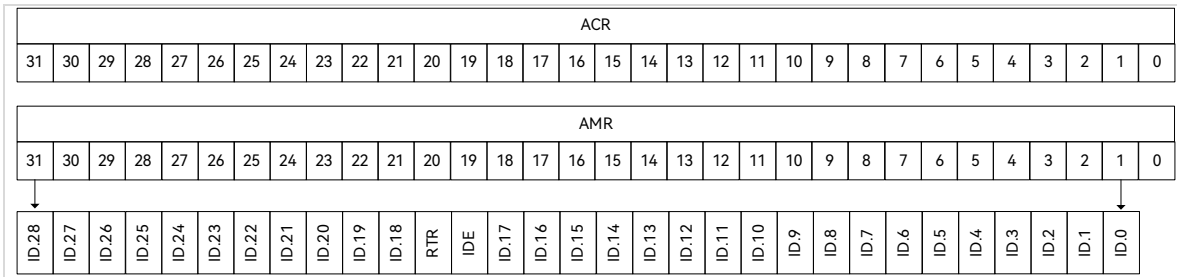
图 14-7 标准帧单过滤器模式



14.9.1.2 扩展帧单过滤器模式

扩展帧单过滤器模式，过滤部分为 29 位 ID、RTR、IDE，过滤配置如图 14-8 所示。

图 14-8 扩展帧单过滤器模式

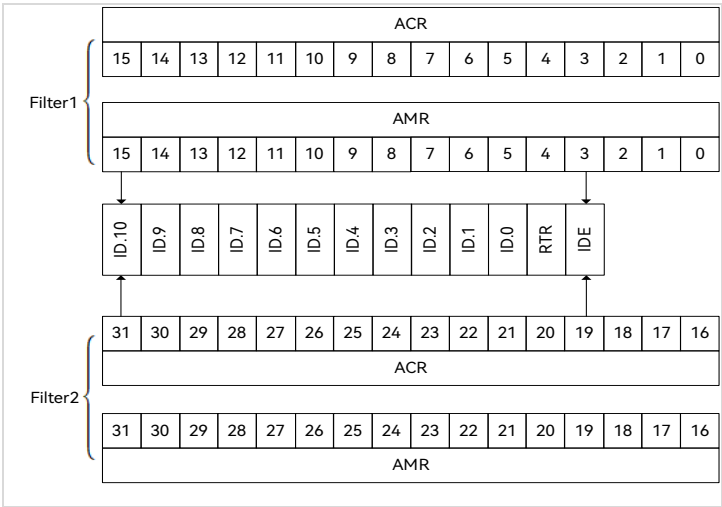


在单过滤器模式下，如果只接收标准帧，那么 CAN\_AMR[19]设为 0，CAN\_ACR[19]设为 0，CAN\_AMR[15:0]和 CAN\_ACR[15:0]可用于设置数据字节 0 和数据字节 1 的过滤。如果只接收扩展帧，那么 CAN\_ACR[19]设为 1，CAN\_AMR[19]设为 0，CAN\_ACR[18:1]、CAN\_AMR[18:1]可用于设置扩展帧 ID[17:0]的过滤。如果标准帧和扩展帧都需要接收，那么 CAN\_ACR[19]设为 0 或 1，CAN\_AMR[19]设为 1。

14.9.1.3 标准帧双过滤器模式

标准帧双过滤器模式，过滤器 1 过滤部分包括 11 位 ID、RTR、IDE，过滤器 2 过滤部分包括 11 位 ID、RTR、IDE，具体配置如图 14-9 所示。

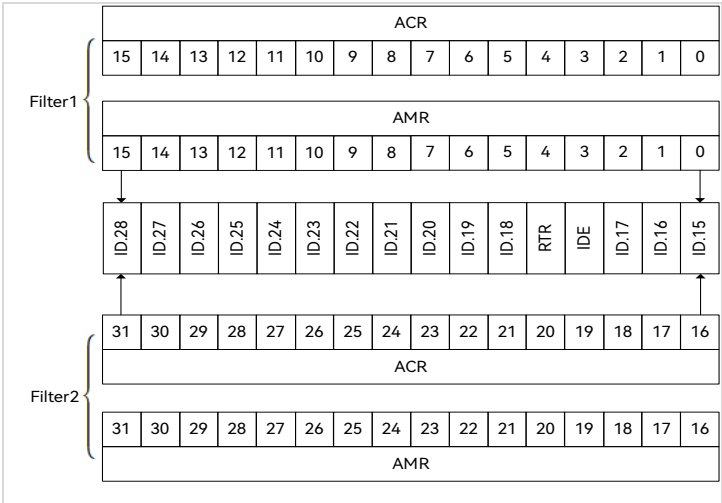
图 14-9 标准帧双过滤器模式



14.9.1.4 扩展帧双过滤器模式

扩展帧双过滤器模式，过滤部分为 ID 高 14 位、RTR、IDE，过滤配置如图 14-10 所示。

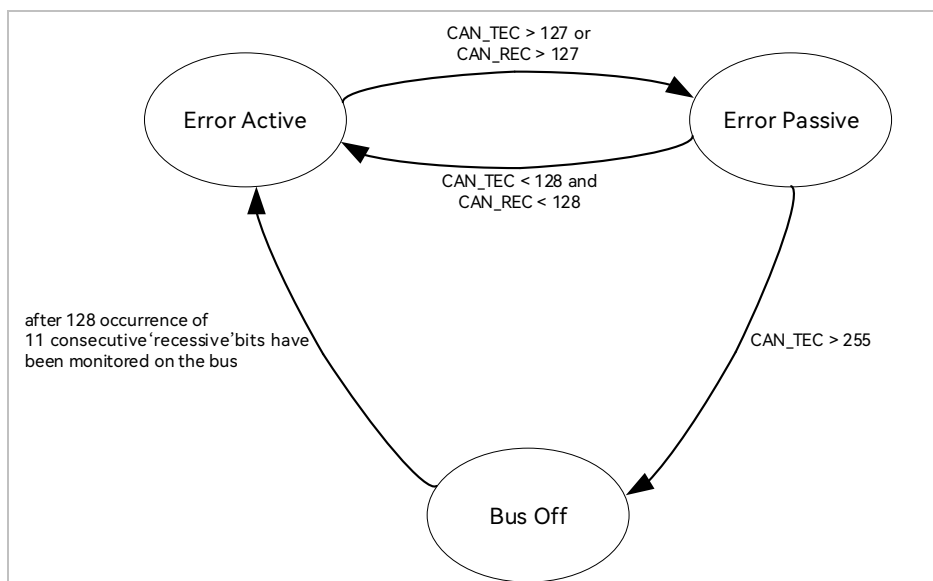
图 14-10 扩展帧双过滤器模式



14.9.2 错误管理

CAN 错误管理，由硬件通过发送错误计数器 CAN\_TEC 和接收错误计数器 CAN\_REC 来实现。CAN\_TEC 和 CAN\_REC 会根据错误情况增加或减少。错误状态有主动错误、被动错误、总线关闭 3 种，其状态管理如图 14-11 所示。在总线关闭状态下，CAN 无法接收和发送报文。通过 CAN\_ERR 可以获取当前的错误状态和错误类型。

图 14-11 错误状态转移图



### 14.9.3 CANFD 操作

CANFD 协议中有两种类型，第一种是长帧模式(LFM)，在该模式下，CAN 帧的数据字段可以超过八个字节。第二种是快速帧模式(FFM)，在该模式下，CAN 帧的控制字段、数据字段和 CRC 字段的发送波特率要高于帧开始和结束的发送波特率。快速帧模式可与长帧模式结合使用。

CAN2.0 帧中第一个保留位可解码为 FDF 位。FDF 隐性表示 CANFD 帧，而 FDF 显性则表示典型 CAN 帧。在 CANFD 帧中，FDF 之后的两个位 res 和 BRS 决定是否切换该 CANFD 帧中的波特率。CANFD 波特率切换通过 res 显性和 BRS 隐性指示。res 隐性的编码保留，供将来协议扩展使用。如果接收到的帧为 FDF 隐性和 res 隐性，配置 CAN\_CR0[PEX]发出协议异常事件。如果使能协议异常处理(CAN\_CR0[PEX] = 0)，下一采样点终止当前帧的接收，接收器由接收状态切换为总线整合状态(需重新同步总线，才能处理新的报文)。如果禁止协议异常处理(CAN\_CR0[PEX] = 1)，CANFD 会将隐性 res 位当作格式错误处理，并将以错误帧进行响应。

配置 CAN\_CR0[CFDEN] = 1 使能 CANFD 功能，CAN 总线控制器同时支持常规帧（标准帧和扩展帧）以及 FD 帧的收发。如果 CAN\_CR0[CFDEN] = 0，CAN 总线控制器仅支持常规帧（标准帧和扩展帧）的收发，此时若接收到 CANFD 帧，控制器发送错误帧。如果 FD 功能被禁止，即使发送邮箱 CAN\_TMDTx[FDF] = 1，也不会发送 CANFD 帧。

CAN\_CR0[CFDEN] = 1，邮箱 CAN\_TMDTx[FDF] = 1 且 CAN\_TMDTx[BRS] = 0，不切换波特率发送 CANFD 帧。邮箱 CAN\_TMDTx[FDF] = 1 且 CAN\_TMDTx[BRS] = 1，切换波特率发送 CANFD 帧。

CANFD 帧中，在 CANFD 格式中，DLC 的编码与标准 CAN 格式不同。DLC 代码 0 到 8 的编码与标准 CAN 相同，代码 9 到 15（在标准 CAN 中，所有代码的数据字段均为 8 个字节）是按照表 14-2 CANFD 中的 DLC 编码编码。

表 14-2 CANFD 中的 DLC 编码

| DLC   | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| 数据字节数 | 12 | 16 | 20 | 24 | 32 | 48 | 64 |

在 CANFD 快速帧中，如果 BRS 为隐性，则在 BRS（波特率切换）位后，位时长将在帧内切换。在 BRS 位之前，在 CANFD 仲裁阶段，标准 CAN 位时长按照位时长和预分频器寄存器 CAN\_NBTR 定义的方式使用。在接下来的 CANFD 数据阶段，快速 CAN 位时长按照快速位时长和预分频器寄存器 CAN\_DBTR 定义的方式使用。位时长会在出现 CRC 分隔符或检测到错误时从快速时长切换回来。

在 CANFD 长帧和 CANFD 快速帧这两种数据帧格式中，位 ESI（错误状态指示符）的值是由发送开始时的发送器错误状态决定的。如果发送器为错误被动状态，则 ESI 会隐性传送，否则会显性传送。在 CANFD 远程帧中，ESI 位始终显性传送，与发送器错误状态无关。CANFD 远程帧的数据长度代码以 0 的形式发送。

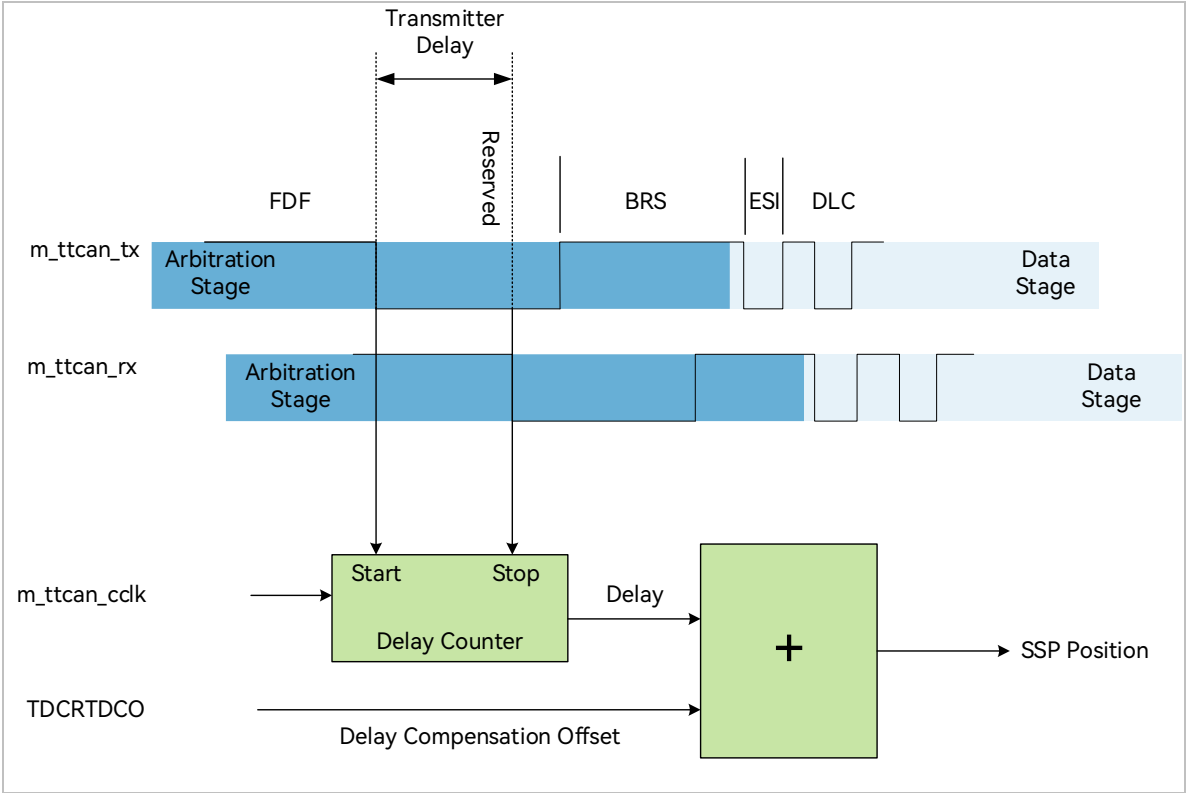
#### 14.9.4 传输延迟补偿

在发送 CANFD 帧数据阶段，只有一个节点会进行发送，所有其他节点都是接收器。总线的长度没有影响。通过引脚 CTXD 进行发送时，协议控制器会通过引脚 CRXD 接收到其本地 CAN 收发器发送的数据。接收数据的延迟为 CAN 收发器环路延迟。如果该延迟大于  $T_{SEG1}$ （采样点之前的时间段），则会检测到位错误。如果不进行传输延迟补偿，CANFD 帧数据阶段的波特率会受到收发器环路延迟的限制。

CANFD 会实施延迟补偿机制来补偿 CAN 收发器环路延迟，从而可在 CANFD 数据阶段以较高的波特率进行发送，而不受特定 CAN 传输延迟补偿的影响。为了检查发送节点的数据阶段是否存位错误，会将延迟发送数据与在第二采样点(SSP)接收到的数据进行比较。如果检测到位错误，发送将在下一常规采样点对这一位错误作出响应。在仲裁阶段，始终会禁止延迟补偿。传输延迟补偿会使能数据位时间短于发送器延迟的配置，新版 ISO11898-1 中进行了详细介绍。配置 CAN\_CR0[TDCEN] = 1 使能传输延迟补偿。接收到的位会与在 SSP 发送的位进行比较。SSP 位置定义为从 CANFD 发送输出引脚 CTXD 通过收发器到接收输入引脚 CRXD 测得的延迟与由 CAN\_TDCR[SSP\_OFFSET]配置的传输延迟补偿偏移之和。传输延迟补偿偏移用于调整已接收位中 SSP 的位置（例如数据域的半个位时间）。第二采样点的位置会向下舍入到下一 mtq 整数（最小时间片，即一个系统时钟）。

配置 CAN\_CR0[TDCEN] = 1，使能传输延迟补偿。则会在每个 FDF 位到 res 位的下降沿处发送的 CANFD 帧中开始测量。在发送器的接收输入引脚 CRXD 上观察到该边沿时，会停止测量。该测量的分辨率为一个 mtq。寄存器 CAN\_TDCR[TDCO]实时显示延迟值。

图 14-12 传输延迟捕获



为了避免接收到的 FDF 位中的显性毛刺信号导致在接收到的 res 位下降沿之前结束延迟补偿测量（造成 SSP 位置过早），可通过编程 CAN\_TDCR[TDCF]来使能传输延迟补偿过滤器窗口，从而定义最小 SSP 位置值。进行发送器延迟测量时，会忽略可能导致 SSP 位置更加提前的 CRXD 上的显性边沿。当 SSP 位置至少为 CAN\_TDCR[TDCF]且 CRXD 为低电平时，会停止测量。

### 14.10 CAN 中断事件

CAN 有 11 个中断源，各中断使能通过配置 CAN\_IER 对应的使能位，中断触发时，CAN\_IFR 相关中断标志位置 1。

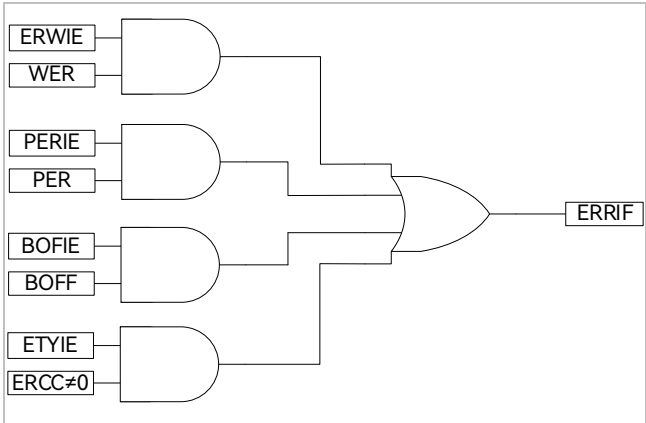
- 接收中断: 如果直到EOF域的最后一位都没有出现错误，且通过了过滤，即当前接收到的报文是有效报文，CAN\_IFR[RXIF]置1，如果接收中断使能CAN\_IER[RXIE]置1，触发接收中断。

- 发送结束中断: 当报文发送结束时, CAN\_IFR[TXIF]置1, 如果发送结束中断使能CAN\_IER[TXIE]置1, 触发发送结束中断。
- 溢出中断: 当FIFO溢出时, CAN\_IFR[OVIF]置1, 如果溢出中断使能CAN\_IER[OVIE]置1, 将触发溢出中断。
- 仲裁丢失中断: 当与其它节点发生仲裁并丢失总线的控制权时, CAN\_IFR[ARBIF]置1, 如果仲裁丢失中断使能CAN\_IER[ARBIE]置1, 触发仲裁丢失中断。
- 睡眠中断: 当进入睡眠模式时, CAN\_IFR[SLPIF]置1, 如果睡眠中断使能CAN\_IER[SLPIE]置1, 将触发睡眠中断。
- 唤醒中断: 在自动唤醒模式下, 当检测到帧起始位(SOF)时, CAN\_IFR[WKUIF]置1, 如果CAN\_CR0[AWU]置1且唤醒中断使能CAN\_IER[WKUIE]置1, 触发唤醒中断。
- 过载帧中断: 当配置过载帧发送且满足过载帧发送条件后, CAN模块会主动发送过载帧, 在成功发送过载帧第一位后, 将触发过载帧中断
- 错误中断
  - 错误预警中断: 当 $CAN\_TEC \geq CAN\_LIM$ 或 $CAN\_REC \geq CAN\_LIM$ 时, 错误预警标志位CAN\_ERR[WER]置1, 如果错误预警中断使能CAN\_IER[ERWIE]置1且错误中断总使能CAN\_IER[ERRIE]置1, 并当检测到错误时, 触发错误预警中断。
  - 被动错误中断: 当 $CAN\_TEC > 127$ 或 $CAN\_REC > 127$ 时, 被动错误标志位CAN\_ERR[PER]置1, 如果被动错误中断使能CAN\_IER[PERIE]置1且错误中断总使能CAN\_IER[ERRIE]置1, 并当检测到错误时, 触发被动错误中断。
  - 总线关闭中断: 当 $CAN\_TEC > 255$ 时, 离线标志位CAN\_ERR[BOFF]置1, 如果离线错误中断使能CAN\_IER[BOFIE]置1且错误中断总使能CAN\_IER[ERRIE]置1, 并当检测到错误时, 触发总线关闭中断。
  - 错误类型中断: 当检测到位错误、格式错误、填充错误、ACK错误、CRC错误之一时, 错误类型CAN\_ERR[ETY]变为非0值以指示错误类型, 如果错误类型中断使能CAN\_IER[ETYIE]置1且错误中断总使能CAN\_IER[ERRIE]置1, 并当检测到错误时, 触发错误类型中断。

错误中断包括错误预警中断、被动错误中断、总线关闭中断、错误类型中断。CAN\_IFR[ERRIF]与CAN\_ERR[WER]、CAN\_ERR[PER]、CAN\_ERR[BOFF]、CAN\_ERR[ERCC]以及各中断使能位的关系如图14-13所示。其中, CAN\_IFR[ERRIF]是错误中断标志位, CAN\_ERR[WER]、CAN\_ERR[PER]、CAN\_ERR[BOFF]、CAN\_ERR[ERCC]是状态标志位。因此, 当错误中断被触发后, 可读状态标志位获取

具体的错误信息，软件清 CAN\_IFR[ERRIF]。

图 14-13 ERRIF 与 WER、PER、BOFF、ERCC 以及各中断使能位的关系



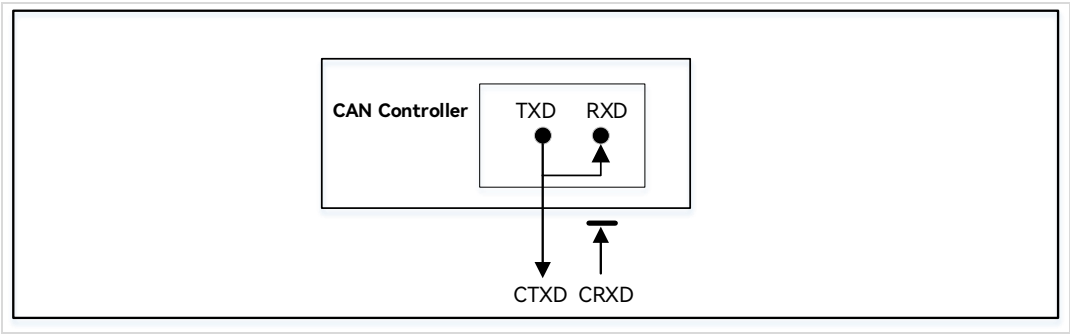
### 14.11 测试模式

通过配置 CAN\_CR0[SELFTST]、CAN\_CR0[LISTEN]，可以选择自测模式、监听模式和自测监听模式。

#### 14.11.1 自测模式

CAN\_CR0[SELFTST]置 1，CAN\_CR0[LISTEN]清 0，选择自测模式，其工作框图如图 14-14 所示。在自测模式下，CAN 控制器断开与 CRXD 引脚的连接。CAN 控制器内部把 CTXD 的输出回馈到 CRXD 输入上，并忽略 CRXD 引脚的实际状态和 ACK 错误(在帧的 ACK 槽，不检测是否是显性位)。在该模式下，对 CAN\_CR1[RSELF]置 1，CAN 控制器把发送的报文接收回来，如果是有效报文则写回接收缓冲区。在该模式下，CAN\_TMIDx[TREQ]置 1，CAN 控制器只是发送报文，无论是不是有效报文，都不会写回接收缓冲区。

图 14-14 自测模式

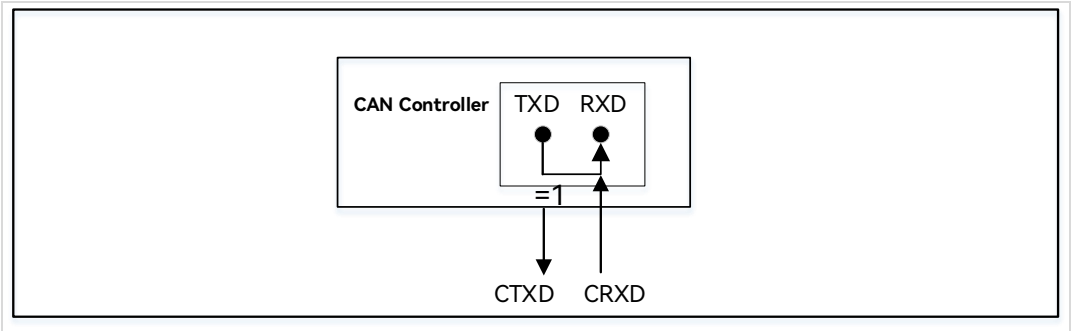


#### 14.11.2 监听模式

CAN\_CR0[SELFTST]清 0，CAN\_CR0[LISTEN]置 1，选择监听模式，其工作框图如图 14-15 所示。在监

听模式下，CTXD 引脚被驱动到隐性电平状态。CAN 控制器可以正常地接收，但发出的显性位在内部被接收回来而不会发送到 CTXD 引脚，而不能真正发送报文到总线上。因此，在监听模式下，CAN 总线不会受到影响，有利于分析 CAN 总线的活动。

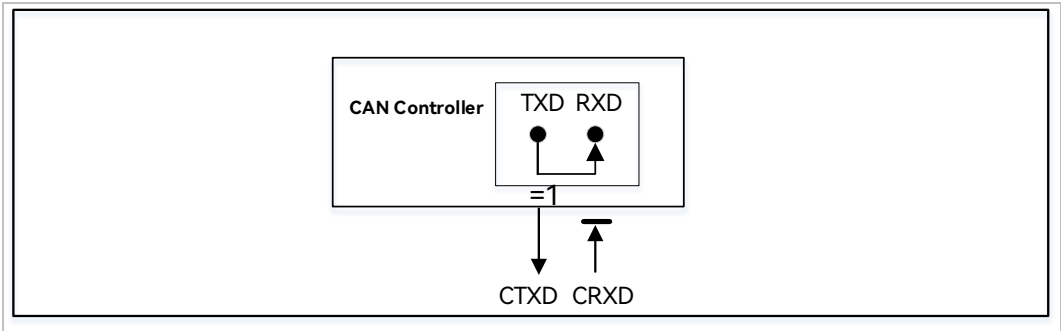
图 14-15 监听模式



14.11.3 自测监听模式

CAN\_CR0[SELFTST]置 1，CAN\_CR0[LISTEN]置 1，选择自测监听模式，其工作框图如图 14-16 所示。在自测监听模式下，CAN 控制器断开与 CRXD 引脚的连接，同时 CTXD 引脚被驱动到隐性电平状态。在该模式下，CAN 总线不会受到影响，并且在内部把 TXD 的输出回馈到 RXD 输入上同时忽略 ACK 错误。

图 14-16 自测监听模式





14.12 CAN 寄存器

14.12.1 CAN\_CR0 (CSR:0x1C0)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12     | 11    | 10  | 9    | 8     | 7     | 6   | 5 | 4   | 3  | 2      | 1      | 0      |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|-----|------|-------|-------|-----|---|-----|----|--------|--------|--------|--------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TDCSEL | TDCEN | PEX | NISO | CFDEN | CANEN | RSV |   | AWU |    | FILMOD | SELFST | LISTEN | RSTMOD |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw    | rw  | rw   | rw    | rw    | -   | - | rw  | rw | rw     | rw     | rw     |        |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0     | 0   | 0    | 0     | 0     | -   | - | 0   | 0  | 0      | 0      | 0      |        |

| 位       | 名称     | 描述                                                                                              |
|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:13] | RSV    | 保留                                                                                              |
| [12]    | TDCSEL | 传输延迟补偿模式选择<br>0: 测量值加软件偏移<br>1: 仅使用软件偏移                                                         |
| [11]    | TDCEN  | 传输延迟补偿使能<br>0: 传输延迟补偿禁止<br>1: 传输延迟补偿使能                                                          |
| [10]    | PEX    | 协议异常处理禁止(Protocol Exception Handling Disable)<br>0: 使能协议异常处理<br>1: 禁止协议异常处理                     |
| [9]     | NISO   | ISO/BOSCH<br>0: ISO<br>1: BOSCH                                                                 |
| [8]     | CFDEN  | CANFD 使能<br>0: 不使能 CANFD 功能<br>1: 使能 CANFD 功能                                                   |
| [7]     | CANEN  | CTXD、CRXD 端口复用及 CAN 使能<br>0: 不复用、不使能<br>1: 复用、使能且初始化 CAN                                        |
| [6:5]   | RSV    | 保留                                                                                              |
| [4]     | AWU    | 自动唤醒模式使能<br>自动唤醒使能时，CAN 检测到报文后，硬件自动对 CAN_CR1[SLPREQ]和 CAN_STS [SLPACK]清 0 唤醒<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

|     |         |                                                                                                          |
|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [3] | FILMOD  | 过滤模式<br>0: 双过滤器模式<br>1: 单过滤器模式                                                                           |
| [2] | SELFTST | 自测模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                |
| [1] | LISTEN  | 监听模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                |
| [0] | RSTMOD  | 复位模式<br>读:<br>0: CAN 控制器不处于复位模式<br>1: CAN 控制器处于复位模式<br>写:<br>0: 初始化 CAN 控制器，在与总线同步后，进入正常模式。<br>1: 进入复位模式 |

14.12.2 CAN\_CR1 (CSR:0x1C1)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14  | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8    | 7     | 6      | 5     | 4   | 3   | 2     | 1   | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|-----|----|----|----|----|---|------|-------|--------|-------|-----|-----|-------|-----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TTCM | RSV |    |    |    |    |   | TMOD | OLREQ | SLPREQ | RSELF | RSV | RFD | NOART | RSV |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -    | rw  | -  | -  | -  | -  | - | -    | rw    | rw     | rw    | rw  | -   | w1    | rw  | - |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -    | 0   | -  | -  | -  | -  | - | -    | 0     | 0      | 0     | 0   | -   | 0     | 0   | - |

| 位       | 名称    | 描述                               |
|---------|-------|----------------------------------|
| [31:15] | RSV   | 保留                               |
| [14]    | TTCM  | 三选二触发采样模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能   |
| [13:8]  | RSV   | 保留                               |
| [7]     | TMOD  | 发送邮箱模式<br>0: ID 模式<br>1: FIFO 模式 |
| [6]     | OLREQ | 过载帧请求<br>0: 不请求<br>1: 请求         |

|     |        |                                                                                                                             |
|-----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [5] | SLPREQ | 睡眠请求<br>软件对该位置 1 请求进入睡眠模式，一旦当前的 CAN 活动(发送或接收报文)结束，CAN 就进入睡眠模式。<br>软件对该位清 0 请求退出睡眠模式，然后 CAN 控制器重新与总线同步。<br>0: 不请求<br>1: 睡眠请求 |
| [4] | RSELF  | 自收模式<br>发送报文被自己接收且存入 FIFO<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                |
| [3] | RSV    | 保留                                                                                                                          |
| [2] | RFD    | 释放报文数据<br>释放 CAN_TSPT[RDPTR]指向的接收缓冲区<br>写:<br>0: 不释放，读指针 CAN_TSPT[RDPTR]不变<br>1: 释放，读指针 CAN_TSPT[RDPTR]指向下一数据区              |
| [1] | NOART  | 禁止自动重传使能<br>0: 不使能，发送失败后，自动重发<br>1: 使能，不管发送成功与否，只发送一次                                                                       |
| [0] | RSV    | 保留                                                                                                                          |

14.12.3 CAN\_STS (CSR:0x1C2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6     | 5     | 4   | 3 | 2   | 1    | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|-------|-------|-----|---|-----|------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SLPACK | TXING | RXING | RSV |   | FOV | FEMP |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | r     | r     | r   | - | -   | r    | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | 0     | 0     | 0   | - | -   | 0    | 0 |

| 位      | 名称     | 描述                                                                                                        |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:7] | RSV    | 保留                                                                                                        |
| [6]    | SLPACK | 睡眠模式确认<br>该位由硬件置 1，指示 CAN 控制器正处于睡眠模式。该位是对软件请求进入睡眠模式的确认。<br>当 CAN 退出睡眠模式时硬件对该位清 0。<br>读:<br>0: CAN 不处于睡眠状态 |

|       |       |                                                 |
|-------|-------|-------------------------------------------------|
|       |       | 1: CAN 处于睡眠状态<br>写:<br>0: 清 0, 退出睡眠状态<br>1: 无意义 |
| [5]   | TXING | 发送中标志位<br>0: CAN 不处于报文发送状态<br>1: CAN 处于报文发送状态   |
| [4]   | RXING | 接收中状态<br>0: CAN 不处于报文接收状态<br>1: CAN 处于报文接收状态    |
| [3:2] | RSV   | 保留                                              |
| [1]   | FOV   | FIFO 溢出标志位<br>0: FIFO 未溢出<br>1: FIFO 溢出         |
| [0]   | FEMP  | FIFO 空标志位<br>0: FIFO 空<br>1: FIFO 非空            |

14.12.4 CAN\_IER (CSR:0x1C3)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |       |      |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11    | 10    | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3    | 2     | 1    | 0    |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | WКУIE | SLPIE | OVLIE | ERRIE | ETYLE | BOFIE | PERIE | ERWIE | OVIE | ARBIE | TXIE | RXIE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw   | rw    | rw   | rw   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    |

| 位       | 名称    | 描述                        |
|---------|-------|---------------------------|
| [31:12] | RSV   | 保留                        |
| [11]    | WКУIE | 唤醒中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [10]    | SLPIE | 睡眠中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [9]     | OVLIE | 过载中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

|     |       |                             |
|-----|-------|-----------------------------|
| [8] | ERRIE | 错误中断总使能<br>0: 不使能<br>1: 使能  |
| [7] | ETYIE | 错误类型中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6] | BOFIE | 总线关闭中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5] | PERIE | 被动错误中断请求<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [4] | ERWIE | 错误预警中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [3] | OVIE  | 溢出中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能   |
| [2] | ARBIE | 仲裁丢失中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1] | TXIE  | 发送结束中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0] | RXIE  | 接收中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能   |

14.12.5 CAN\_IFR (CSR:0x1C4)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |       |       |       |      |       |      |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6     | 5     | 4     | 3    | 2     | 1    | 0    |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | WKUIF | SLPIF | OVLIF | ERRIF | OVIF | ARBIF | TXIF | RXIF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw0   | rw0   | rw0   | rw0   | rw0  | rw0   | rw0  | r    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0     | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|

|        |       |                                                                                                                                                                    |
|--------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV   | 保留                                                                                                                                                                 |
| [7]    | WKUIF | <p>唤醒中断中断事件标志位</p> <p>当 CAN 处于自动唤醒模式，一旦检测到帧起始位(SOF)，硬件置 1</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p>                   |
| [6]    | SLPIF | <p>睡眠中断事件标志位</p> <p>一旦 CAN 进入睡眠模式硬件置 1</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p>                                      |
| [5]    | OVLIF | <p>过载中断时间标志位</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p>                                                                |
| [4]    | ERRIF | <p>错误中断事件标志位</p> <p>如果使能了相应的错误中断，当检测到对应的错误时，硬件置 1，详细内容请参考 CAN 中断源。该位由软件清 0。</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p> |
| [3]    | OVIF  | <p>溢出中断事件标志位</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p>                                                                                                      |

|     |       |                                                                                                                                                                                                          |
|-----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |       | 写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                                                                                                                                   |
| [2] | ARBIF | 仲裁丢失中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                                                                                   |
| [1] | TXIF  | 发送结束中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                                                                                   |
| [0] | RXIF  | 接收中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br><div> 备注:<br/>该标志位硬件置 1，不能软件清 0，必须通过对 CAN_CR1[RFD]置 1 释放接收缓冲区来清 0</div> |

14.12.6 CAN\_TSPT (CSR:0x1C5)

|                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |       |   |        |   |
|---------------------------------------------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|-------|---|--------|---|
| 31                                                | 30 | 29 | 28 | 27  | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3     | 2 | 1      | 0 |
| RSV                                               |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | RDPTR |   | MESCNT |   |
|                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | r     | r | r      | r |
| -                                                 | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 0     | 0 | 0      | 0 |
| -                                                 | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 0     | 0 | 0      | 0 |
|                                                   |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |       |   |        |   |
| 位                      名称                      描述 |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |       |   |        |   |
| [31:4]                                            |    |    |    | RSV |    |    |    |    |    |    |    | 保留 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |       |   |        |   |

|       |        |                                                                                               |
|-------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| [3:2] | RDPTR  | FIFO 读指针<br>00: FIFO 读指针指向接收缓冲区 0<br>01: FIFO 读指针指向接收缓冲区 1<br>10: FIFO 读指针指向接收缓冲区 2<br>11: 保留 |
| [1:0] | MESCNT | 有效报文数                                                                                         |

14.12.7 CAN\_NBTR (CSR:0x1C6)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |   |   |      |    |    |    |    |     |   |      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |     |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|----|----|----|----|-----|---|------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV                                                                                   |   |   | SEG2 |    |    |    |    | RSV |   | SEG1 |    |    |    |    |    | SJW |    |    |    |    | RSV | NBRP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -                                                                                     | - | - | rw   | rw | rw | rw | rw | -   | - | rw   | rw | rw | rw | rw | rw | rw  | rw | rw | rw | rw | rw  | -    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -                                                                                     | - | - | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | -   | - | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | -    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称   | 描述                                |
|---------|------|-----------------------------------|
| [31:29] | RSV  | 保留                                |
| [28:24] | SEG2 | 采样点之后的标称时间段                       |
| [23:22] | RSV  | 保留                                |
| [21:16] | SEG1 | 采样点之前的标称时间段                       |
| [15:11] | SJW  | 重同步宽度<br>$t_{SJW} = tq*(SJW + 1)$ |
| [10]    | RSV  | 保留                                |
| [9:0]   | NBRP | 标称波特率分频系数                         |

14.12.8 CAN\_DBTR (CSR:0x1C7)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27    | 26 | 25 | 24 | 23  | 22 | 21 | 20    | 19 | 18 | 17 | 16  | 15   | 14 | 13 | 12 | 11  | 10 | 9 | 8 | 7    | 6 | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|-------|----|----|----|-----|----|----|-------|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|----|---|---|------|---|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    | DSEG2 |    |    |    | RSV |    |    | DSEG1 |    |    |    | RSV | DSJW |    |    |    | RSV |    |   |   | DBRP |   |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | -   | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | rw  | -    | rw | rw | rw | rw  | -  | - | - | -    | - | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | -   | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0   | -    | 0  | 0  | 0  | 0   | -  | - | - | -    | - | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述          |
|---------|-------|-------------|
| [31:28] | RSV   | 保留          |
| [27:24] | DSEG2 | 采样点之后的数据时间段 |



|         |       |                                           |
|---------|-------|-------------------------------------------|
| [23:21] | RSV   | 保留                                        |
| [20:16] | DSEG1 | 采样点之前的数据时间段                               |
| [15]    | RSV   | 保留                                        |
| [14:11] | DSJW  | 重同步宽度<br>$t_{DSJW} = tq \cdot (DSJW + 1)$ |
| [10:6]  | RSV   | 保留                                        |
| [5:0]   | DBRP  | 数据波特率分频系数                                 |

14.12.9 CAN\_TDCR (CSR:0x1C8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |    |     |        |    |    |    |    |   |   |     |            |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|-----|--------|----|----|----|----|---|---|-----|------------|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22   | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14     | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7   | 6          | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    | TDCO |    |    |    |    |    |    | RSV | TDCFLT |    |    |    |    |   |   | RSV | SSP_OFFSET |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r    | r  | r  | r  | r  | r  | r  | -   | w      | w  | w  | w  | w  | w | w | -   | w          | w | w | w | w | w | w |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -   | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | -   | 0          | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                               |
|---------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:23] | RSV        | 保留                                                                                                                               |
| [22:16] | TDCO       | 传输延迟补偿值<br>第二采样点的位置，由从 CTXD 到 CRXD 之间测得的延迟与 CAN_TDCR[SSP_OFFSET]之和定义。在数据阶段，SSP 位置为已发送位起点与第二采样点之间的最小时间片(mtq)数。有效值为 0 到 127 个 mtq。 |
| [15]    | RSV        | 保留                                                                                                                               |
| [14:8]  | TDCFLT     | 传输延迟补偿过滤器窗口长度<br>定义 SSP 位置的最小值，要测量发送器延迟                                                                                          |
| [7]     | RSV        | 保留                                                                                                                               |
| [6:0]   | SSP_OFFSET | 传输延迟补偿偏移<br>定义从 CTXD 到 CRXD 测得的延迟与第二采样点之间距离的偏移值。有效值为 0 到 127 个 mtq                                                               |

## 14.12.10 CAN\_ACR (CSR:0x1C9)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CAN_ACR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述        |
|--------|---------|-----------|
| [31:0] | CAN_ACR | 过滤器标识符寄存器 |

## 14.12.11 CAN\_AMR (CSR:0x1CA)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CAN_AMR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述          |
|--------|---------|-------------|
| [31:0] | CAN_AMR | 过滤器屏蔽标识符寄存器 |

## 14.12.12 CAN\_ERR (CSR:0x1CB)

| 31   | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23   | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12   | 11 | 10 | 9 | 8    | 7 | 6 | 5   | 4 | 3    | 2   | 1   | 0 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|------|----|----|---|------|---|---|-----|---|------|-----|-----|---|
| CTEC |    |    |    |    |    |    |    | CREC |    |    |    |    |    |    |    | RSV |    |    | ALCC |    |    |   | ERCC |   |   | RSV |   | BOFF | PER | WER |   |
| rW   | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW   | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | -   | -  | -  | r    | r  | r  | r | r    | r | r | r   | - | -    | r   | r   | r |
| 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | -   | -  | -  | 0    | 0  | 0  | 0 | 0    | 0 | 0 | 0   | - | -    | 0   | 0   | 0 |

| 位       | 名称   | 描述          |
|---------|------|-------------|
| [31:24] | CTEC | CAN 发送错误计数值 |
| [23:16] | CREC | CAN 接收错误计数值 |
| [15:13] | RSV  | 保留          |

|        |      |                                                                                                            |
|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [12:8] | ALCC | 仲裁域仲裁失败位置                                                                                                  |
| [7:5]  | ERCC | 错误类型<br>000: 无错误<br>001: 位错误<br>010: 格式错误<br>011: 填充错误<br>100: ACK 错误<br>101: CRC 错误<br>110: 保留<br>111: 保留 |
| [4:3]  | RSV  | 保留                                                                                                         |
| [2]    | BOFF | 总线关闭标志位<br>0: 总线不关闭<br>1: 总线关闭                                                                             |
| [1]    | PER  | 被动错误状态<br>0: CAN_TEC ≤ 127 且 CAN_REC ≤ 127, 错误状态为主动错误<br>1: CAN_TEC > 127 或 CAN_REC > 127, 错误状态为被动错误       |
| [0]    | WER  | 错误预警标志位<br>0: CTEC < CAN_LIM 且 CREC < CAN_LIM, 没有错误预警<br>1: CTEC ≥ CAN_LIM 或 CREC ≥ CAN_LIM, 错误预警          |

14.12.13 CAN\_ERLIM (CSR:0x1CC)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | ERLIM |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 1     | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  |

| 位      | 名称    | 描述                                                               |
|--------|-------|------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV   | 保留                                                               |
| [7:0]  | ERLIM | 错误预警数, 当 CAN_ERR[CTEC] ≥ CAN_LIM 或 CAN_ERR[CREC] ≥ CAN_LIM 时产生预警 |

14.12.14 CAN\_TMSTA (CSR:0x1CD)

|      |      |      |      |    |     |     |     |       |     |    |    |       |      |      |        |       |     |    |    |       |      |      |        |       |     |   |   |       |      |      |        |
|------|------|------|------|----|-----|-----|-----|-------|-----|----|----|-------|------|------|--------|-------|-----|----|----|-------|------|------|--------|-------|-----|---|---|-------|------|------|--------|
| 31   | 30   | 29   | 28   | 27 | 26  | 25  | 24  | 23    | 22  | 21 | 20 | 19    | 18   | 17   | 16     | 15    | 14  | 13 | 12 | 11    | 10   | 9    | 8      | 7     | 6   | 5 | 4 | 3     | 2    | 1    | 0      |
| MSL2 | MSL1 | MSL0 | MNUM |    | ME2 | ME1 | ME0 | MSTP2 | RSV |    |    | MERR2 | MAL2 | MOK2 | MDONE2 | MSTP1 | RSV |    |    | MERR1 | MAL1 | MOK1 | MDONE1 | MSTP0 | RSV |   |   | MERR0 | MAL0 | MOK0 | MDONE0 |
| r    | r    | r    | r    | r  | r   | r   | r   | rw    | -   | -  | -  | rw1   | rw1  | rw1  | rw1    | rw    | -   | -  | -  | rw1   | rw1  | rw1  | rw1    | rw    | -   | - | - | rw1   | rw1  | rw1  | rw1    |
| 0    | 0    | 0    | 0    | 0  | 1   | 1   | 1   | 0     | -   | -  | -  | 0     | 0    | 0    | 0      | 0     | -   | -  | -  | 0     | 0    | 0    | 0      | 0     | -   | - | - | 0     | 0    | 0    | 0      |

| 位       | 名称    | 描述                                                                 |
|---------|-------|--------------------------------------------------------------------|
| [31]    | MSL2  | 在发送 FIFO 中邮箱 2 最后发送<br>该位为 1 表明，当有 2 个及其以上帧等待发送时，发送邮箱 2 具有最后的发送顺序  |
| [30]    | MSL1  | 在发送 FIFO 中邮箱 1 最后发送<br>该位为 1 表明，当有 2 个及其以上帧等待发送时，发送邮箱 1 具有最后的发送顺序  |
| [29]    | MSL0  | 在发送 FIFO 中邮箱 0 最后发送<br>该位为 1 表明，当有 2 个及其以上帧等待发送时，发送邮箱 0 具有最后的发送顺序  |
| [28:27] | MNUM  | 当发送 FIFO 不满时，MNUM 表示下一个将要发送的邮箱号<br>当发送 FIFO 满时，MNUM 表示最后一个将要发送的邮箱号 |
| [26]    | ME2   | 发送邮箱 2 空<br>0: 发送邮箱 2 不为空<br>1: 发送邮箱 2 空                           |
| [25]    | ME1   | 发送邮箱 1 空<br>0: 发送邮箱 1 不为空<br>1: 发送邮箱 1 空                           |
| [24]    | ME0   | 发送邮箱 0 空<br>0: 发送邮箱 0 不为空<br>1: 发送邮箱 0 空                           |
| [23]    | MSTP2 | 邮箱 2 停止发送<br>将其置 1，将停止邮箱 2 的发送过程。<br>当邮箱 2 变为空时，该位被硬件自动清 0         |
| [22:20] | RSV   | 保留                                                                 |
| [19]    | MERR2 | 邮箱 2 发送错误                                                          |

|         |        |                                                                                                                                                                |
|---------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |        | 当发生发送错误时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE2]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。                                                                                   |
| [18]    | MAL2   | 邮箱 2 仲裁失败<br>当仲裁失败时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE2]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。                                                                        |
| [17]    | MOK2   | 邮箱 2 无错发送完成<br>当发送结束并且没有错误产生时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE2]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。<br>读：<br>0：传输结束时发生了错误<br>1：传输结束且没有错误<br>写：<br>0：无意义<br>1：清 0 |
| [16]    | MDONE2 | 邮箱 2 发送完成<br>当发送完成或被中止时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。<br>读：<br>0：发送邮箱 2 正在发送<br>1：发送邮箱 2 完成发送<br>写：<br>0：无意义<br>1：清 0                                |
| [15]    | MSTP1  | 邮箱 1 停止发送<br>将其置 1，将停止邮箱 1 的发送过程。<br>当邮箱 1 变为空时，该位被硬件自动清 0                                                                                                     |
| [14:12] | RSV    | 保留                                                                                                                                                             |
| [11]    | MERR1  | 邮箱 1 发送错误<br>当发生发送错误时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE1]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。<br>当发生错误时该位被置 1。                                                     |
| [10]    | MAL1   | 邮箱 1 仲裁失败                                                                                                                                                      |

|       |        |                                                                                                                                                                                                       |
|-------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        | 当发生仲裁失败时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE1]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。                                                                                                                          |
| [9]   | MOK1   | <p>邮箱 1 无错发送完成</p> <p>当发送结束并且没有错误产生时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE1]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。</p> <p>读:</p> <p>0: 传输结束时发生了错误</p> <p>1: 传输结束且没有错误</p> <p>写:</p> <p>0: 无意义</p> <p>1: 清 0</p> |
| [8]   | MDONE1 | <p>邮箱 1 发送完成</p> <p>当发送完成或被中止时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。</p> <p>读:</p> <p>0: 发送邮箱 1 正在发送</p> <p>1: 发送邮箱 1 完成发送</p> <p>写:</p> <p>0: 无意义</p> <p>1: 清 0</p>                                |
| [7]   | MSTP0  | <p>邮箱 0 停止发送</p> <p>将其置 1，将停止邮箱 0 的发送过程。</p> <p>当邮箱 2 变为空时，该位被硬件自动清 0</p>                                                                                                                             |
| [6:4] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                    |
| [3]   | MERR0  | <p>邮箱 0 发送错误</p> <p>当发生发送错误时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE0]写 1 清 0。也可以在一次发送开始时由硬件清 0。发生错误时该位被置 1。</p>                                                                                       |
| [2]   | MAL0   | <p>邮箱 0 仲裁失败</p> <p>当发生仲裁失败时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE0]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。</p>                                                                                                  |
| [1]   | MOK0   | 邮箱 0 无错发送完成                                                                                                                                                                                           |

|     |        |                                                                                                                                                                                                                |
|-----|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |        | <div>当发送结束并且没有错误产生时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0 或对 CAN_TMSTA[MDONE0]写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。</div> <div>读:</div> <div>0: 传输结束时发生了错误</div> <div>1: 传输结束且没有错误</div> <div>写:</div> <div>0: 无意义</div> <div>1: 清 0</div> |
| [0] | MDONE0 | <div>邮箱 0 发送完成</div> <div>当发送完成或被中止时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0。也可以在下一次发送开始时由硬件清 0。</div> <div>读:</div> <div>0: 发送邮箱 2 正在发送</div> <div>1: 发送邮箱 2 完成发送</div> <div>写:</div> <div>0: 无意义</div> <div>1: 清 0</div>         |

14.12.15 CAN\_TMIDx (CSR:0x1CE/0x1D0/0x1D2) (x = 0/1/2)

| 31                           | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20          | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4   | 3  | 2    | 1 | 0 |    |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|------|---|---|----|
| STDID[10:0]/<br>EXTID[28:18] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EXTID[17:0] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RSV |    | TREQ |   |   |    |
| rw                           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw  | rw | rw   | - | - | w1 |
| 0                            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0    | - | - | 0  |

| 位       | 名称                           | 描述                                                     |
|---------|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| [31:21] | STDID[10:0]/<br>EXTID[28:18] | 标识符<br>STDID[10:0]: 标准格式帧标识符<br>EXTID[28:18]: 扩展格式帧标识符 |
| [20:3]  | EXTID[17:0]                  | EXTID[17:0]: 扩展格式帧标识符                                  |
| [2:1]   | RSV                          | 保留                                                     |
| [0]     | TREQ                         | 邮箱 x 发送请求<br>0: 不请求<br>1: 请求                           |

14.12.16 CAN\_TMDTx (CSR:0x1CF/0x1D1/0x1D3) (x = 0/1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |     |     |     |     |     |     |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | IDE | RTR | FDF | BRS | ESI | DLC |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw  | rw  | rw  | rw  | rw  | rw  | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称  | 描述                                                                                                                                            |
|--------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:9] | RSV | 保留                                                                                                                                            |
| [8]    | IDE | 帧标识符(Extended Identifier)<br>0: 11 位标准标识符<br>1: 29 位扩展标识符                                                                                     |
| [7]    | RTR | 远程发送请求(Remote Transmission Request)<br>0: 发送数据帧<br>1: 发送远程帧                                                                                   |
| [6]    | FDF | CANFD 帧标志位<br>0: 常规帧(标准帧或扩展帧)<br>1: CANFD 帧                                                                                                   |
| [5]    | BRS | 位速率转换开关(Bit Rate Switch)<br>0: 不转换速率<br>1: 转换可变速率                                                                                             |
| [4]    | ESI | 错误状态指示符(Error State Indicator)<br>0: CANFD 格式的 ESI 位仅取决于错误被动标志<br>1: CANFD 格式的 ESI 位会进行隐性发送                                                   |
| [3:0]  | DLC | 数据长度代码(Data Length Code)<br>0-8: CAN + CANFD: 发送的帧包含 0-8 个数据字节<br>9-15: CAN: 发送的帧包含 8 个数据字节<br>9-15: CANFD: 发送的帧包含 12/16/20/24/32/48/64 个数据字节 |

14.12.17 CAN\_TX0DATx (0x400000A0 + x\*4)

x 为邮箱偏移地址, x = 0,1,2,...,15。

|          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31       | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23       | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| DAT(y+3) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+2) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+1) |    |    |    |    |    |   |   | DAT(y+0) |   |   |   |   |   |   |   |





|         |          |                              |
|---------|----------|------------------------------|
| [23:16] | DAT(y+2) | 数据字节 $y + 2$ ( $y = x * 4$ ) |
| [15:8]  | DAT(y+1) | 数据字节 $y + 1$ ( $y = x * 4$ ) |
| [7:0]   | DAT(y+0) | 数据字节 $y + 0$ ( $y = x * 4$ ) |

14.12.20 CAN\_RXIDx (0x40000160 + x\*72)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|---|---|---|
| STDID[10:0]/<br>EXTID[28:18]                                                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EXTID[17:0] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RSV |    |    |   |   |   |
| rw                                                                                    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw  | rw | rw | - | - | - |
| 0                                                                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | - | - | - |

| 位       | 名称                           | 描述                                                      |
|---------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| [31:21] | STDID[10:0]/<br>EXTID[28:18] | 标识符<br>STDID [10:0]: 标准格式帧标识符<br>EXTID[28:18]: 扩展格式帧标识符 |
| [20:3]  | EXTID[17:0]                  | EXTID[17:0]: 扩展格式帧标识符                                   |
| [2:0]   | RSV                          | 保留                                                      |

14.12.21 CAN\_RXDTx (0x40000164 + x\*72)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | IDE | RTR | FDF | BRS | ESI | DLC |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw  | rw  | rw  | rw  | rw  | rw  | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称  | 描述                                                          |
|--------|-----|-------------------------------------------------------------|
| [31:9] | RSV | 保留                                                          |
| [8]    | IDE | 帧标识符(Extended Identifier)<br>0: 11 位标准标识符<br>1: 29 位扩展标识符   |
| [7]    | RTR | 远程发送请求(Remote Transmission Request)<br>0: 发送数据帧<br>1: 发送远程帧 |
| [6]    | FDF | CANFD 帧标志位<br>0: 常规帧(标准帧或扩展帧)                               |

|       |     |                                                                                                                                                  |
|-------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |     | 1: CANFD 帧                                                                                                                                       |
| [5]   | BRS | 位速率转换开关<br>0: 不转换速率<br>1: 转换可变速率                                                                                                                 |
| [4]   | ESI | 错误状态指示符(Error State Indicator)<br>0: CANFD 格式的 ESI 位仅取决于错误被动标志<br>1: CANFD 格式的 ESI 位会进行隐性发送                                                      |
| [3:0] | DLC | 数据长度代码(Data Length Code)<br>0-8: CAN + CANFD: 接收到的帧包含 0-8 个数据字节<br>9-15: CAN: 接收到的帧包含 8 个数据字节<br>9-15: CANFD: 接收到的帧包含 12/16/20/24/32/48/64 个数据字节 |

14.12.22 CAN\_RX0DATx (0x40000168 + x\*4)

x 为邮箱偏移地址，x = 0,1,2,...,15。

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|--|
| DAT(y+3)                                                                              |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+2) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+1) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+0) |    |    |    |    |    |    |  |
| rw                                                                                    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |
| 0                                                                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |

| 位       | 名称       | 描述                   |
|---------|----------|----------------------|
| [31:24] | DAT(y+3) | 数据字节 y + 3 (y = x*4) |
| [23:16] | DAT(y+2) | 数据字节 y + 2 (y = x*4) |
| [15:8]  | DAT(y+1) | 数据字节 y + 1 (y = x*4) |
| [7:0]   | DAT(y+0) | 数据字节 y + 0 (y = x*4) |

14.12.23 CAN\_RX1DATx (0x40000168 + x\*4)

x 为邮箱偏移地址，x = 0,1,2,...,15。

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|--|
| DAT(y+3)                                                                              |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+2) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+1) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+0) |    |    |    |    |    |    |  |
| rw                                                                                    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |
| 0                                                                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |

| 位       | 名称       | 描述                         |
|---------|----------|----------------------------|
| [31:24] | DAT(y+3) | 数据字节 $y + 3$ ( $y = x*4$ ) |
| [23:16] | DAT(y+2) | 数据字节 $y + 2$ ( $y = x*4$ ) |
| [15:8]  | DAT(y+1) | 数据字节 $y + 1$ ( $y = x*4$ ) |
| [7:0]   | DAT(y+0) | 数据字节 $y + 0$ ( $y = x*4$ ) |

14.12.24 CAN\_RX2DATx (0x40000168 + x\*4)

x 为邮箱偏移地址， $x = 0,1,2,...,15$ 。

| 31       | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23       | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7        | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| DAT(y+3) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+2) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+1) |    |    |    |    |    |    |    | DAT(y+0) |    |    |    |    |    |    |    |
| rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

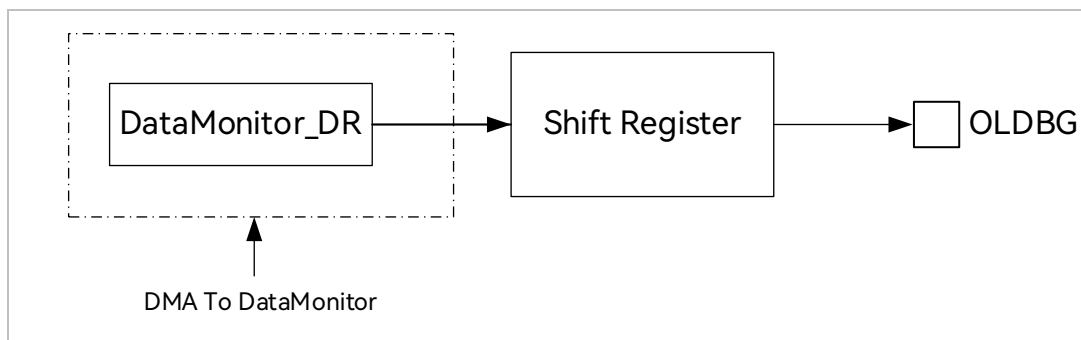
| 位       | 名称       | 描述                         |
|---------|----------|----------------------------|
| [31:24] | DAT(y+3) | 数据字节 $y + 3$ ( $y = x*4$ ) |
| [23:16] | DAT(y+2) | 数据字节 $y + 2$ ( $y = x*4$ ) |
| [15:8]  | DAT(y+1) | 数据字节 $y + 1$ ( $y = x*4$ ) |
| [7:0]   | DAT(y+0) | 数据字节 $y + 0$ ( $y = x*4$ ) |

# 15 DataMonitor

## 15.1 DataMonitor 简介

DataMonitor 是一种高速单工异步串行通讯接口，其原理框图如下图所示。

图 15-1 DataMonitor 原理框图



## 15.2 DataMonitor 操作说明

DataMonitor 由 DMA 控制发送使能，具体数据内容和数据长度也由 DMA 配置完成，具体配置流程参考 29 DMA。

# 16 Timer2/5/6

## 16.1 Timer2/5/6 操作说明

Timer2/5/6 共有 6 种工作模式:

- 输出模式: 产生PWM输出波形
- 输入捕获模式: 检测输入PWM的高低电平持续时间
- 输入计数模式: 检测输入设定的PWM个数所需的时间
- QEP输入模式&RSD模式: 正交编码器&顺逆风检测模式
- 步进模式: 检测步进电机的方向、位置和速度
- QEP输出模式: 正交编码器输出

Timer2/5/6 特性包括:

- 3位可编程分频器对系统时钟进行分频
- 16位向上计数的基本计数器, 计数时钟源为分频器的输出
- 16位向上向下计数的专用计数器, 用于输入计数模式, 计数时钟源为外部输入信号
- 16位向上向下计数的专用计数器, 用于QEP输入输出模式
- 输入滤波模块
- 边沿检测模块
- PWM输出模块
- 中断事件

### 16.1.1 分频器

分频器对系统时钟进行分频, 产生基本计数器的计数时钟源。分频器由 TIMx\_CR0[TxPSC]控制, 可选择 8 种分频系数。由于这个控制寄存器没有缓冲器, 分频系数更新后会立刻改变时钟源频率, 所以应在基本计数器不工作时更新分频系数。时钟源的频率为  $\text{clk\_psc} = \text{TxCLK} / (2^{\text{TIMx\_CR0[TxPSC]}})$ 。分频后的时钟源频率与 TIMx\_CR0[TxPSC]的关系表 16-1 所示。

表 16-1 分频后的时钟源频率与 TIMx\_CR0[TxPSC]对应关系

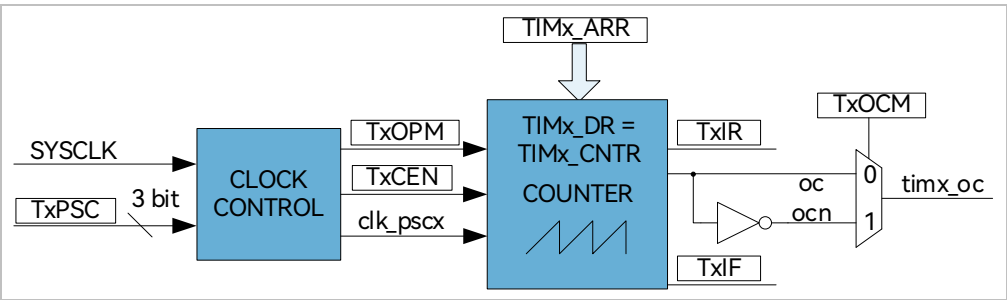
| TIMx_CR0[TxPSC] | 分频系数 | TIMx_CR0[TxPSC] | 分频系数 |
|-----------------|------|-----------------|------|
| 000             | 1    | 100             | 16   |
| 001             | 2    | 101             | 32   |
| 010             | 4    | 110             | 64   |
| 011             | 8    | 111             | 128  |

16.2 TIMx\_CNTR 的读写和计数

TIMx\_CR1[TxCEN] = 1 时，TIMx\_CNTR 计数。软件对 TIMx\_CNTR 的写操作直接改变寄存器的值，因此软件需在执行写操作前禁止基本计数器。

16.2.1 输出模式

图 16-1 输出模式原理框图



基本计数器输出模式根据 TIMx\_CR1[TxOCM]设置，以及 TIMx\_CNTR 与寄存器 TIMx\_DR、TIMx\_ARR 设定值的比较结果产生输出信号，同时产生相应中断。

16.2.1.1 TIMx\_ARR/TIMx\_DR 的读写

在输出模式下，TIMx\_ARR/TIMx\_DR 包含预装载寄存器和影子寄存器。软件写 TIMx\_ARR/TIMx\_DR 寄存器时，数据保存在预装载寄存器中，在上溢事件 TIMx\_SR[TxIF]或基本计数器停止工作(TIMx\_CR1[TxCEN] = 0)时，设定值被传递到影子寄存器中。

例: TIMx\_DR(预装载寄存器)、DR\_SH(影子寄存器)，TIMx\_CNTR 和 DR\_SH 比较产生 PWM；用户写 TIMx\_DR 并不是立刻更新到 DR\_SH，而是在一个 PWM 结束的时候，即 TIMx\_CNTR 上溢时才将值更新到 DR\_SH。

16.2.1.2 高/低电平输出模式

配置 TIMx\_CR1[TxOCM] = 0 时，如果 TIMx\_DR > TIMx\_ARR，输出信号始终为低电平。配置

TIMx\_CR1[TxOCM] = 1 时，如果 TIMx\_DR > TIMx\_ARR，输出比较信号始终为高电平。

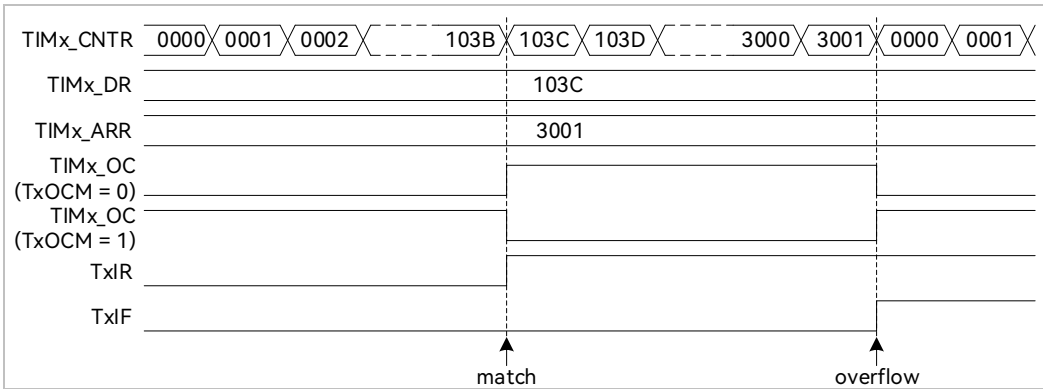
16.2.1.3 PWM 输出

PWM 输出模式下，TIMx\_ARR 决定 PWM 周期，TIMx\_DR 决定占空比，占空比 = TIMx\_DR/TIMx\_ARR\*100%。配置 TIMx\_CR1[TxOCM] = 0 时，当基本计数器 TIMx\_CNTR < TIMx\_DR 时输出低电平，反之输出高电平。配置 TIMx\_CR1[TxOCM] = 1 时，当基本计数器 TIMx\_CNTR < TIMx\_DR 时输出高电平，反之输出低电平。当计数到 TIMx\_ARR 时，输出信号反转。

16.2.1.4 中断事件

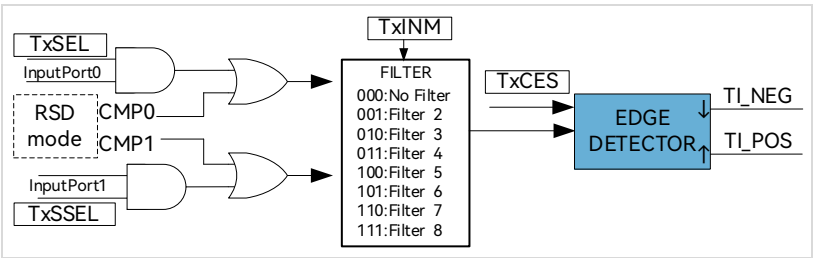
- > 当TIMx\_CNTR = TIMx\_DR时，产生比较匹配事件，中断事件标志位TIMx\_SR[TxIR]置1，基本计数器继续计数。
- > 当TIMx\_CNTR = TIMx\_ARR时，产生上溢事件，中断事件标志位TIMx\_SR[TxIF]置1，计数器清0，并重新开始计数。

图 16-2 输出模式输出波形



16.2.2 输入信号滤波和边沿检测

图 16-3 输入信号滤波和边沿检测框图



Timer2/5/6 的输入信号端口如表 16-2 所示，由 PH\_SEL[TxACT]和 PH\_SEL[TxBCT] (参考 25.3.13 章节)



设定。输入时可选择是否对输入信号进行噪声滤波。

表 16-2 Timer2/5/6 输入端口及配置

| Timer模块 | TxSEL端口配置 |                                       | TxSSEL端口配置 |                                       |
|---------|-----------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|
|         | 输入端口0     | 端口配置位                                 | 输入端口1      | 端口配置位                                 |
| Timer2  | PA10      | PH_SEL[T2ACT]                         | PA11       | PH_SEL[T2BCT]                         |
| Timer5  | PA13      | PH_SEL[T5SEL] :<br>PH_SEL[T5ACT] = 01 | PA14       | PH_SEL[T5SEL] :<br>PH_SEL[T5BCT] = 01 |
|         | PA4       | PH_SEL[T5SEL] :<br>PH_SEL[T5ACT] = 11 | PA5        | PH_SEL[T5SEL] :<br>PH_SEL[T5BCT] = 11 |
| Timer6  | PA7       | PH_SEL[T6ACT] = 10                    | PA8        | PH_SEL[T6BCT]                         |
|         | PA3       | PH_SEL[T6ACT1] = 11                   |            |                                       |

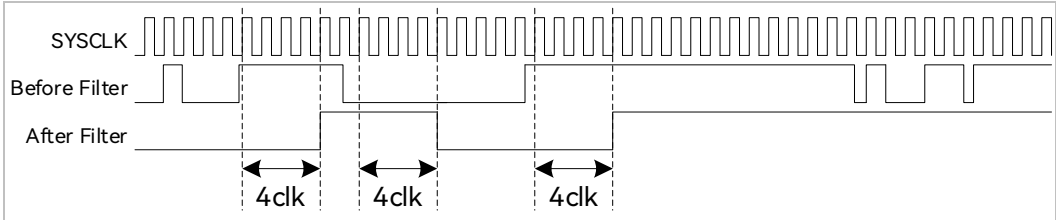
滤波电路不滤波或滤除 2/3/4/5/6/7/8 个系统时钟周期以下的输入噪声。配置 TIMx\_CR0[TxINM]可选择滤波周期。滤波时钟个数与 TIMx\_CR0[TxINM]的关系表 16-3 所示。

表 16-3 分频后的时钟源频率与 TIMx\_CR0[TxINM]对应关系

| TIMx_CR0[TxINM] | 滤波时钟个数 | TIMx_CR0[TxINM] | 滤波时钟个数 |
|-----------------|--------|-----------------|--------|
| 000             | 0      | 100             | 5      |
| 001             | 2      | 101             | 6      |
| 010             | 3      | 110             | 7      |
| 011             | 4      | 111             | 8      |

滤波后的信号会比滤波前的信号延迟对应的时钟周期。由 TIMx\_CR0[TxCES]选择计数的有效沿。4 个时钟滤波的工作时序如图 16-4 所示。

图 16-4 滤波模块时序图

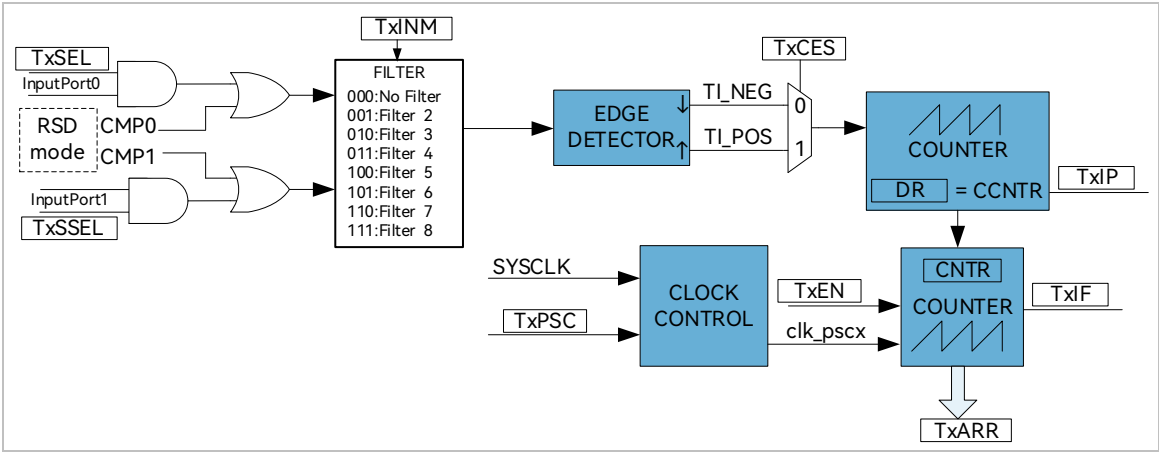


边沿检测模块对滤波后的输入信号进行检测，记录上升沿和下降沿，供输入捕获或输入计数模式使用。



16.2.4 输入计数模式

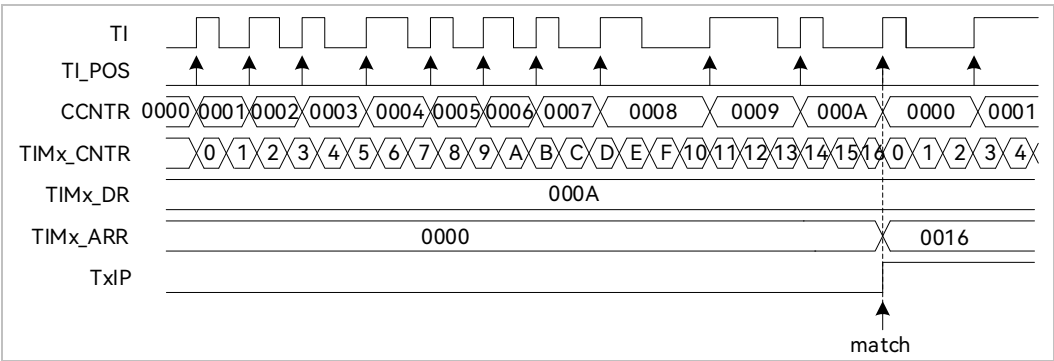
图 16-7 输入计数模式原理框图



在输入计数模式下，TIMx\_DR 包含预装载寄存器和影子寄存器。软件写 TIMx\_DR 寄存器时，数据先保存在预装载寄存器中。在匹配事件(TIMx\_SR[TxIP] = 1)、上溢事件(TIMx\_SR[TxIF] = 1)或专用计数器禁止(TIMx\_CR1[TxCEN] = 0)时送入影子寄存器中。

输入计数模式用于检测输入设定 PWM 个数所需的时长。当专用计数器 CCNTR 计数到的输入 PWM 的个数，达到 TIMx\_DR 设定值时，基本计数器的计数值 TIMx\_CNTR 被存入 TIMx\_ARR 中。配置 TIMx\_CR0[TxCES] = 1，输入 PWM 信号的上升沿作为专用计数器的计数有效沿，反之输入信号的下降沿作为有效沿。

图 16-8 输入计数模式时序图

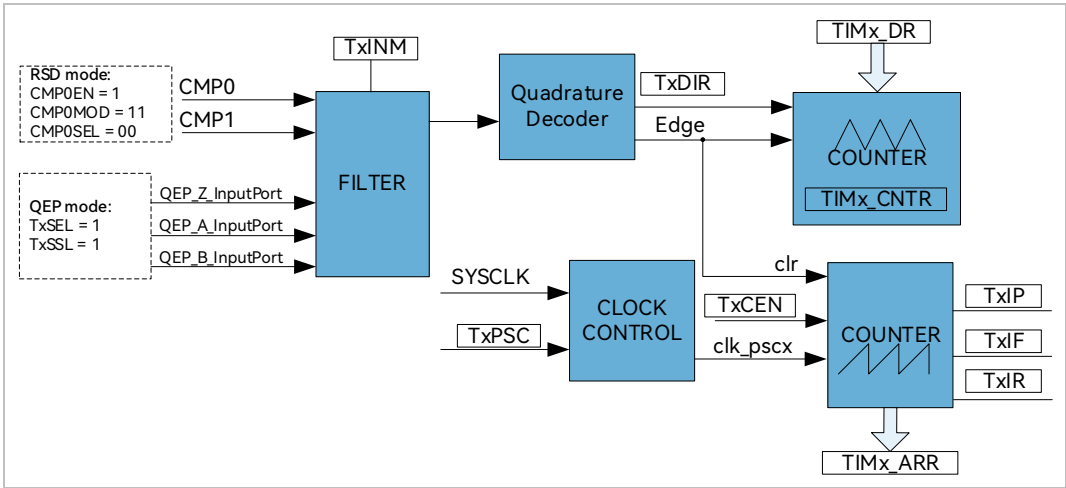


配置 TIMx\_CR1[TxCEN] = 1，使能基本计数器。基本计数器向上计数，当检测到输入信号的第一个有效沿时，TIMx\_CNTR 清 0 并重新开始计数。每当输入信号的有效沿到来，专用计数器 CCNTR 的计数值加 1，当计数值达到 TIMx\_DR 设定的目标值后，基本计数器的计数值 TIMx\_CNTR 被存进 TIMx\_ARR，同时中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIP]置 1，TIMx\_CNTR 和 CCNTR 清 0，并重新开始计数。

当输入的 PWM 个数尚未达到目标值，而基本计数值 TIMx\_CNTR 已经达到 0xFFFF 时，发生上溢事件，中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIF]置 1，TIMx\_CNTR 清 0，CCNTR 不清 0，TIMx\_CNTR 从零开始计数，CCNTR 接着之前的数值继续计数。

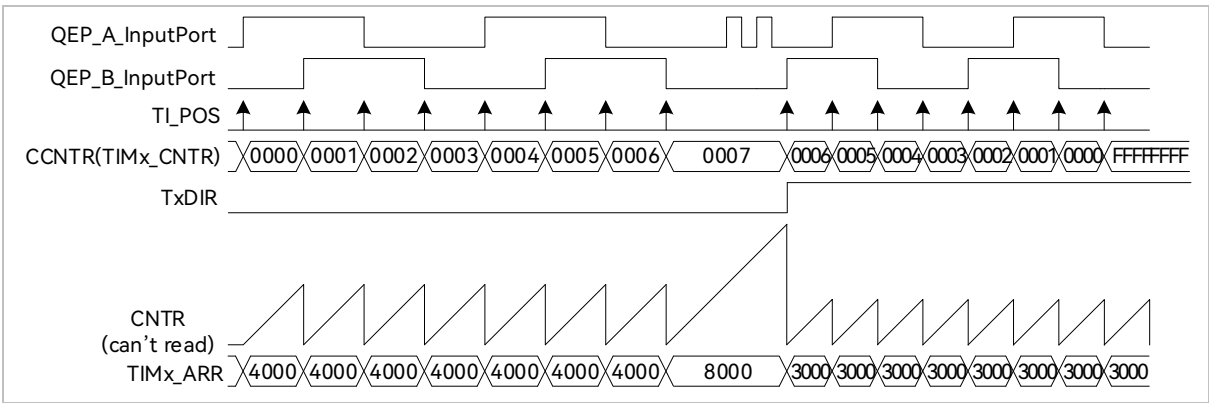
16.2.5 QEP 输入模式&RSD 模式

图 16-9 QEP 输入模式&RSD 模式原理框图



QEP 输入模式&RSD 模式通过检测 2 个通道的正交输入信号，得到电机的相对位置、方向和速度信息。Timer 的输入引脚 A 和输入引脚 B(QEP 模式)或 CMP0、CMP1(RSD 模式)作为输入信号源，经过滤波模块后送进正交解码模块，得到有效的计数沿和方向 TIMx\_CR1[TxDIR]。

图 16-10 QEP 输入模式&RSD 模式时序图



专用计数器是一个向上向下计数器，信号源为正交解码模块输出的有效计数沿。TIMx\_CR1[TxDIR] = 0，方向为正，向上计数，当有效沿来临，专用计数器加 1；TIMx\_CR1[TxDIR] = 1，方向为反，向下计数，当有效沿来临，专用计数器减 1。QEP 输入模式下，配置编码器码值 TIMx\_DR，正方向专用计数器向上计数到 TIMx\_DR 时清 0 重新计数；反方向专用计数器向下计数到 0 时，设为 TIMx\_DR 值重新计数。QEP

编码器机械零点 Z 信号输入，产生 TIMx\_SR1[TxIR]中断事件标志位，Timer2/5/6 的零点信号输入端口如表 16-4 所示。

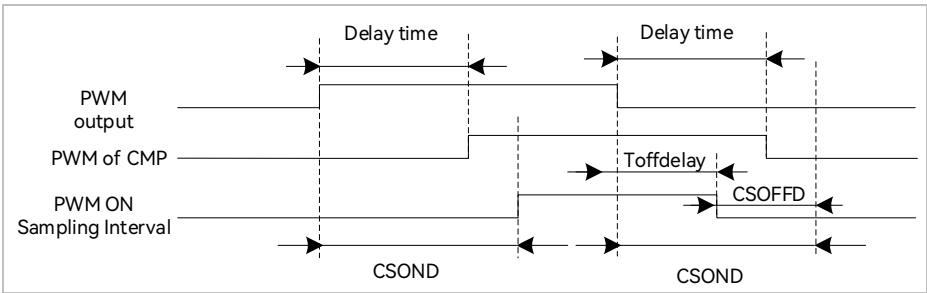
表 16-4 Timer 的零点信号输入端口

| Timer 的零点信号输入端口        |      |
|------------------------|------|
| TIMER2_QEP_Z_InputPort | PA12 |
| TIMER5_QEP_Z_InputPort | PA15 |
| TIMER6_QEP_Z_InputPort | PD3  |

基本计数器是一个向上计数器，计数时钟可分频，用于记录两个有效计数沿的时间。当有效计数沿来临，基本计数器当前的计数值存进 TIMx\_ARR，同时基本计数器清 0，TIMx\_SR[TxIP]中断事件标志位置 1。当基本计数器计数到 0xFFFF，计数溢出，产生 TIMx\_SR[TxIF]中断事件标志位。

16.2.5.1 RSD 的比较器采样

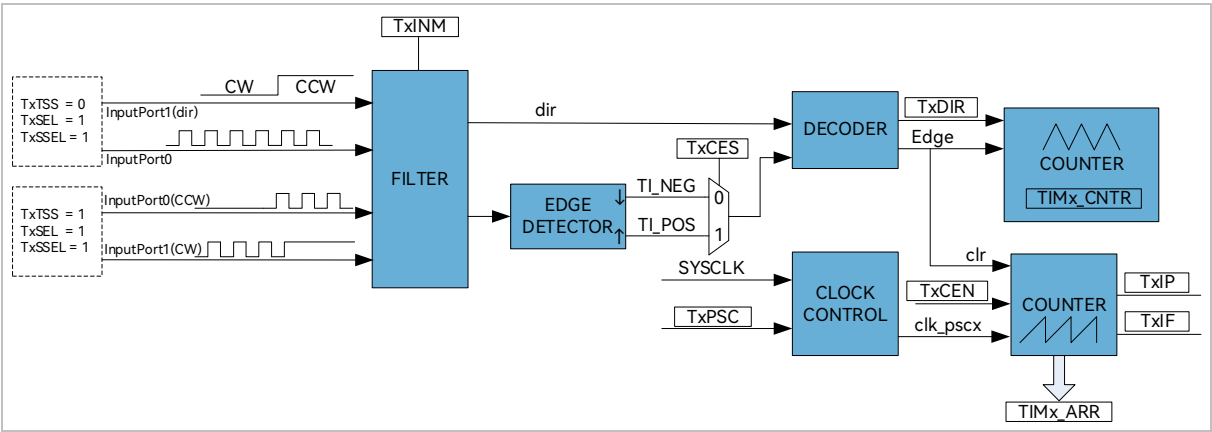
图 16-11 PWM ON 采样模式



RSD 采样时，为确保采样到正确的反电动势比较信号，需要设置采样开始延迟时间和采样结束提前时间。详细请参考章节 33.1.9。

16.2.5.2 步进模式

图 16-12 步进模式原理框图



步进模式通过检测 2 个通道的输入，得到步进电机的相对位置、方向和速度信息。方向输入引脚和脉冲输入引脚如所示。

表 16-5 Timer2/5/6 输入通道映射引脚

| Timer 模块 | 方向输入引脚 | 脉冲输入引脚 |
|----------|--------|--------|
| Timer2   | PA11   | PA10   |
| Timer5   | PA14   | PA13   |
|          | PA5    | PA4    |
| Timer6   | PA8    | PA7    |
|          |        | PA3    |

根据 TIMx\_CR0[TxCES]选择上升沿或下降沿作为有效沿，经过滤波模块后送进解码模块，得到有效的计数沿和方向 TIMx\_CR1[TxDIR]。



备注:

在方向输入变化且脉冲输入有效沿来临后，TIMx\_CR1[TxDIR]才会发生变化。如需在方向输入变化时立即产生中断，应使用外部中断。

图 16-13 步进模式时序图

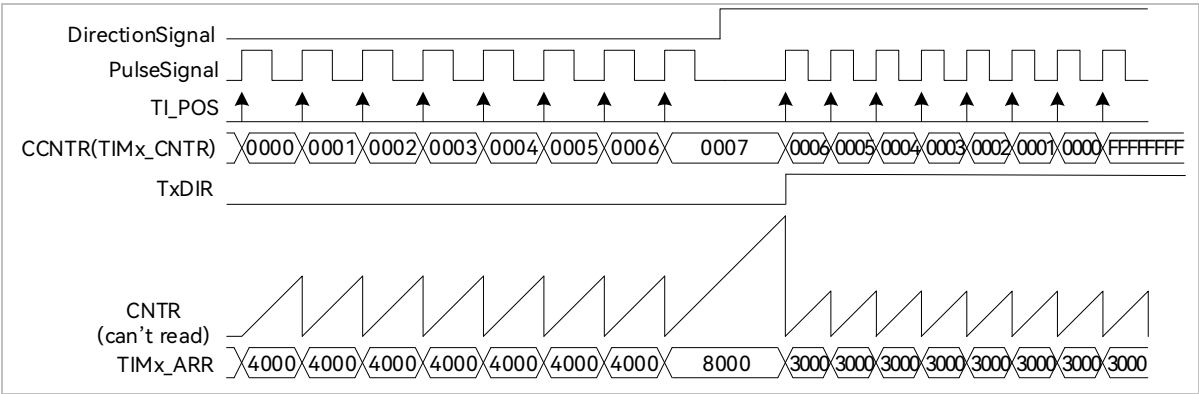
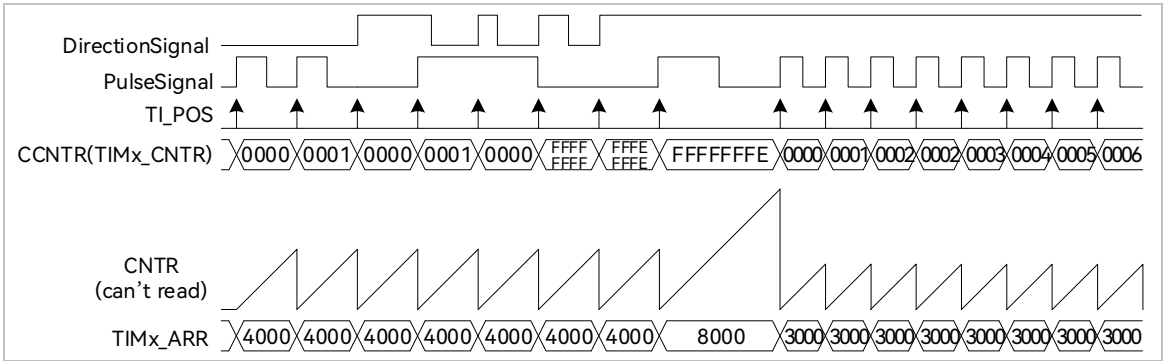


图 16-14 步进模式正反向脉冲输入模式时序图(选择上升沿作为有效沿)



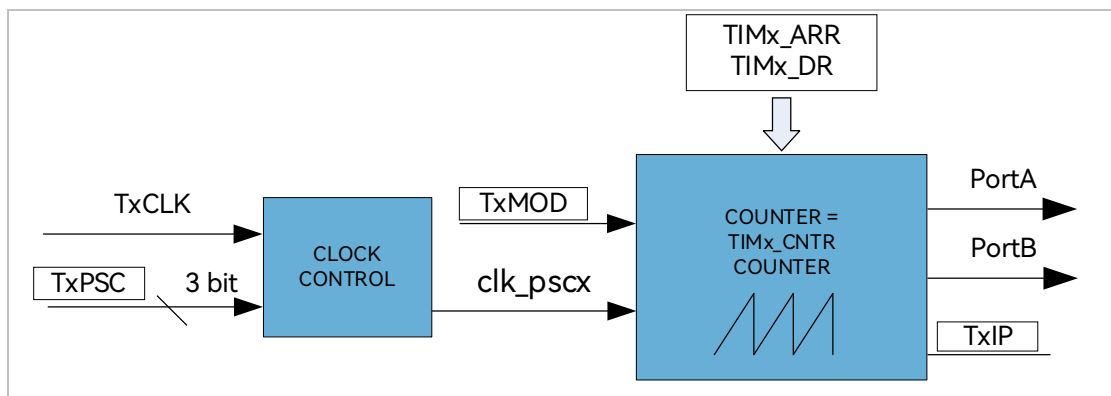
专用计数器是一个向上向下计数器，信号源为编码模块输出的有效计数沿。输入方向信号为 0 时，

$TIMx\_CR1[TxDIR] = 0$ ，方向为正，当脉冲信号有效沿来临时，专用计数器 CCNTR 向上计数，专用计数器加 1；当输入方向信号为 1 时， $TIMx\_CR1[TxDIR] = 1$ ，方向为反，当脉冲信号有效沿来临时，CCNTR 向下计数，专用计数器减 1。专用计数器从 0 加到  $0xFFFFFFFF$  后自动清 0，从  $0xFFFFFFFF$  减到 0 后自动设为  $0xFFFFFFFF$ 。读寄存器  $TIMx\_CNTR$  的值得到专用计数器的值。

基本计数器是一个向上计数器，以分频器输出为时钟源，用于记录两个有效计数沿之间的时间。当有效计数沿来临，基本计数器当前的计数值被存进  $TIMx\_ARR$ ，基本计数器清 0 并重新开始计数，同时  $TIMx\_SR[TxIP]$  中断事件标志位被置 1。当基本计数器计数到  $0xFFFF$ ，计数溢出， $TIMx\_SR[TxIF]$  中断事件标志位被置 1。

### 16.2.6 QEP 输出模式

图 16-15 QEP 输出模式原理框图



配置  $TIMx\_CR0[TxMOD] = 100$ ，Timer 进入 QEP 输出模式，可产生互差  $90^\circ$  的正交 A、B 信号。

QEP 输出模式下，设置  $TIMx\_ARR$  的值，该值为一个中断周期内的计数个数。设置  $TIMx\_DR$  的值，为 A、B 信号步进值， $TIMx\_DR$  与中断频率共同决定 QEP 输出频率。 $TIMx\_CNTR$  为基本计数器的计数值，基本计数器 COUNTER 会以  $TIMx\_DR$  值增加，一直加到设置的  $TIMx\_ARR$  值后产生一次 AB 信号的有效沿， $TIMx\_SR[TxIP]$  中断事件标志置 1，COUNTER 清 0 重新计数。

16.3 Timer2/5/6 寄存器

16.3.1 TIMx\_CR0 (CSR:0x210/0x240/0x250) (x=2/5/6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10    | 9  | 8  | 7     | 6  | 5  | 4     | 3       | 2     | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|---------|-------|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TxINM |    |    | TxPSC |    |    | TxCES | TxDIRIN | TxMOD |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw    | rw | rw | rw    | rw      | rw    | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0     | 0  | 0  | 0     | 0       | 0     | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:11] | RSV   | 保留                                                                                                                                                                                                                                       |
| [10:8]  | TxINM | 输入信号滤波选择<br>当输入信号的脉宽小于特定时钟周期时，被当作噪声滤除。<br>假设系统时钟为 48MHz(20.834ns)<br>000: 不滤波                      001: 按 2 个时钟周期滤波<br>010: 按 3 个时钟周期滤波   011: 按 4 个时钟周期滤波<br>100: 按 5 个时钟周期滤波   101: 按 6 个时钟周期滤波<br>110: 按 7 个时钟周期滤波   111: 按 8 个时钟周期滤波 |
| [7:5]   | TxPSC | 基本计数器时钟源分频选择<br>用于对系统时钟进行分频作为基本计数器的时钟源，分频后的时钟源频率为:<br>000: 48MHz      001: 24MHz<br>010: 12MHz      011: 6MHz<br>100: 3MHz       101: 1.5MHz<br>110: 750kHz     111: 375kHz                                                              |
| [4]     | TxCES | 输出模式: 无意义<br>输入捕获模式: 计数沿选择<br>0: 相邻两个上升沿为 1 个周期，上升沿到下降沿为脉宽(高电平脉宽)<br>1: 相邻两个下降沿为 1 个周期，下降沿到上升沿为脉宽(低电平脉宽)<br>输入计数模式: 计数有效沿选择<br>0: 下降沿计数<br>1: 上升沿计数<br>QEP 输入模式&RSD 模式: 外部中断 EXT11(零点)清 0 脉冲计数器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br>步进模式: 计数有效沿选择    |



|       |         |                                                                                             |
|-------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |         | 0: 下降沿计数<br>1: 上升沿计数                                                                        |
| [3]   | TxDIRIN | 步进模式时方向输入信号的极性设置<br>0: 低电平为正转，高电平为反转<br>1: 低电平为反转，高电平为正转                                    |
| [2:0] | TxMOD   | 模式选择<br>000: 输入捕获模式<br>001: 输出模式<br>010: 输入计数模式<br>011: QEP 输入&RSD 模式或步进模式<br>100: QEP 输出模式 |

### 16.3.2 TIMx\_CR1 (CSR:0x211/0x241/0x251) (x=2/5/6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8              | 7     | 6                 | 5            | 4    | 3   | 2     | 1        | 0    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----------------|-------|-------------------|--------------|------|-----|-------|----------|------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | Tx_CNTR_CLR_EN | TxOPM | TxQEP_IN_CNTR_CLR | TxZ_EDGE_SEL | TxSS | RSV | TxOCM | Tx_DIR_R | TxEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | w              | w     | w                 | w            | w    | w   | w     | r        | w    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0              | 0     | 0                 | 0            | 0    | 0   | 0     | 0        | 0    |

| 位      | 名称                | 描述                                                                                                                      |
|--------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:9] | RSV               | 保留                                                                                                                      |
| [8]    | Tx_CNTR_CLR_EN    | QEP 输出模式下 TIMx_CNTR 加载 TIMx_DR 配置<br>0: TIMx_CNTR 在每个主时钟到来时更新为 TIMx_DR 值<br>1: TIMx_CNTR 在 Driver1 载波中断到来时更新为 TIMx_DR 值 |
| [7]    | TxOPM             | 单次模式                                                                                                                    |
| [6]    | TxQEP_IN_CNTR_CLR | QEP 输入模式，检测到 Z 输入信号的有效沿，是否将 TIMx_CNTR 清 0<br>0: 不清 0<br>1: 清 0                                                          |
| [5]    | TxZ_EDGE_SEL      | QEP 输入模式下 Z 信号有效沿选择<br>0: 上升沿有效<br>1: 下降沿有效                                                                             |

|     |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          | QEP 输出模式下 Z 信号极性配置<br>0: 高电平有效<br>1: 低电平有效                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [4] | TxSS     | 步进模式下双脉冲使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [3] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [2] | TxOCM    | 输出模式下输出模式选择<br>0: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 0; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 1<br>1: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 1; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 0<br>输入计数模式: 无意义<br>输入捕获模式: TIMx_CNTR 计数溢出时, TIMx_DR 指示输入电平选择<br>0: 若溢出时输入是低电平, TIMx_DR 硬件设为 0; 若溢出时输入是高电平, TIMx_DR 硬件设为 0xFFFF<br>1: 若溢出时输入是高电平, TIMx_DR 硬件设为 0; 若溢出时输入是低电平, TIMx_DR 硬件设为 0xFFFF<br>QEP 输入模式&RSD 模式和步进模式选择<br>0: QEP 输入模式&RSD 模式<br>1: 步进模式 |
| [1] | Tx_DIR_R | QEP&RSD: 电机旋转方向表示<br>根据两路输入信号的相位关系, 指示电机旋转方向<br>步进模式: 电机旋转方向表示<br>根据方向信号的变化, 指示电机旋转方向<br>0: 正向<br>1: 反向                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| [0] | TxEN     | 定时器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

16.3.3 TIMx\_IER (CSR:0x212/0x242/0x252) (x=2/5/6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2     | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|-------|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   | TxIRE |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   | TxIPE |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   | TxIFE |   |   |



|     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |      | <p>QEP 输入模式: 检测到 Z 有效沿到来时中断事件标志位</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [1] | TxIP | <p>输出模式: 无意义</p> <p>输入捕获模式: PWM 周期检测中断事件标志位</p> <p>输入计数模式: 输入 PWM 计数匹配中断事件标志位</p> <p>QEP 输入模式&amp;RSD 模式&amp;步进模式: 输入有效边沿检测中断事件标志位</p> <p>QEP 输出模式: A、B 沿中断事件标志位</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p>                                                                                                                                                                               |
| [0] | TxIF | <p>输出模式: 基本计数器上溢中断事件标志位, 当基本计数器值 TIMx_CNTR 与比较值 TIMx_ARR 匹配时置 1。</p> <p>输入捕获模式: 基本计数器上溢中断事件标志位, Timer 尚未检测到输入一个 PWM 周期而基本计数器的值 TIMx_CNTR 累加到 0xFFFF 时置 1。</p> <p>输入计数模式: 专用计数器上溢中断事件标志位, 当输入 PWM 的个数尚未达到 TIMx_DR 的值, 而基本计数器的值 TIMx_CNTR 累加到 0xFFFF 时置 1。</p> <p>QEP 输入模式&amp;RSD 模式&amp;步进模式: 基本计数器上溢中断事件标志位, 当基本计数器累加到 0xFFFF 时置 1, 基本计数器清 0。</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p> <p>1: 发生中断事件</p> <p>写:</p> <p>0: 清 0</p> <p>1: 无意义</p> |

16.3.5 TIMx\_CNTR (CSR:0x214/0x244/0x254) (x=2/5/6)

|           |    |           |    |                                                                                                                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|----|-----------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31        | 30 | 29        | 28 | 27                                                                                                                                     | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| TIMx_CNTR |    |           |    |                                                                                                                                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ⌘         | ⌘  | ⌘         | ⌘  | ⌘                                                                                                                                      | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |   |
| 0         | 0  | 0         | 0  | 0                                                                                                                                      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 位         |    | 名称        |    | 描述                                                                                                                                     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [31:0]    |    | TIMx_CNTR |    | 输出模式/输入捕获模式/输入计数模式: 基本计数器的计数值<br>QEP 输入模式&RSD 模式/步进模式(32bit): 专用计数器的计数值, 当 QEP Z 输入信号有效沿到来, 并且 TIMx_CR1[TxQEP_IN_CNTR_CLR]使能时, 此计数值清 0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

16.3.6 TIMx\_DR (CSR:0x215/0x245/0x255) (x=2/5/6)

|         |    |         |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|----|---------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31      | 30 | 29      | 28 | 27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| TIMx_DR |    |         |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ⌘       | ⌘  | ⌘       | ⌘  | ⌘                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |   |
| 0       | 0  | 0       | 0  | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|         |    |         |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 位       |    | 名称      |    | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [31:0]  |    | TIMx_DR |    | 输出模式: 比较匹配值(软件写)<br>输入捕获模式: 检测到的输入脉宽的计数值(硬件写)<br>输入计数模式: 需要计数 PWM 的个数(软件写)<br>QEP 输入模式&RSD 模式(32bit): 单圈最大脉冲计数值(软件写),<br>TIMx_CNTR 能累加的最大值, 大于此值后计数回到 0, 小于 0 后计数回到此值<br>步进模式: 无意义<br>QEP 输出模式: A、B 编码的步进值(软件写), TIMx_DR[15]为 0, A 超前 B 90°; TIMx_DR[15]为 1, A 滞后 B 90°。每个主时钟都会加载新的 TIMx_DR 进行计算, 若配置 TIMx_CR1[TxQEP_IN_CNTR_CLR]为 1, 则当载波中断到来时才加载新的 TIMx_DR 进行计算 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

16.3.7 TIMx\_ARR (CSR:0x216/0x246/0x256) (x=2/5/6)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_ARR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡        | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                |
|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                |
| [15:0]  | TIMx_ARR | 输出模式: PWM 波形周期(软件写)<br>输入捕获模式: 检测一个 PWM 周期时基本计数器的计数值(硬件写)<br>输入计数模式: 输入 PWM 计数匹配时基本计数器的计数值(硬件写)<br>QEP 输入模式&RSD 模式&步进模式: 检测到输入边沿为有效边沿时基本计数器的计数值(硬件写)<br>QEP 输出模式: A、B 编码的最大值(软件写) |

16.3.8 TIM2\_QEP\_MNUM (CSR:0x217/0x247/0x257) (x=2/5/6)

|               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31            | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| TIMx_QEP_MNUM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ≡             | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称            | 描述                                                         |
|--------|---------------|------------------------------------------------------------|
| [31:0] | TIMx_QEP_MNUM | QEP 输入模式: 载波中断到来时锁存 TIMx_QEP_CNTR 值<br>QEP 输出模式: 输出有效沿的计数值 |

16.3.9 TIMx\_QEP\_TNUM (CSR:0x218/0x248/0x258) (x=2/5/6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15            | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_QEP_TNUM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw            | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称            | 描述                                                                                      |
|---------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV           | 保留                                                                                      |
| [15:0]  | TIMx_QEP_TNUM | QEP 输入模式: 载波中断到来时锁存 TIMx_CNTR 值,为前一个有效沿到载波中断的计数值<br>QEP 输出模式: 以 TIMx_DR[15:0]为步进值相加的计数值 |

16.3.10 TIMx\_QEP\_TS\_EMP (CSR:0x219/0x249/0x259) (x=2/5/6)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15            | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_QEP_TNUM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw            | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称              | 描述                                 |
|---------|-----------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV             | 保留                                 |
| [15:0]  | TIMx_QEP_TS_EMP | QEP 输入模式: 相邻载波中断间没有有效沿到来的空载波中断的计数值 |

16.3.11 TIMx\_QEP\_CNTR (CSR:0x21A/0x24A/0x25A) (x=2/5/6)

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

TIMx\_QEP\_CNTR

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称            | 描述                                         |
|--------|---------------|--------------------------------------------|
| [31:0] | TIMx_QEP_CNTR | QEP 输入模式: 输入有效沿的计数值<br>QEP 输出模式: 输出有效沿的计数值 |

16.3.12 TIMx\_QEP\_ARR (CSR:0x21B/0x24B/0x25B) (x=2/5/6)

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

TIMx\_QEP\_ARR

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称           | 描述                                                                                                                                                                                                             |
|--------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:0] | TIMx_QEP_ARR | QEP 输入模式: Z 信号有效沿到来时锁存 TIMx_CNTR<br>QEP 输出模式: 当 TIMx_QEP_CNTR = {TIMx_QEP_ARR[29:0]-1, 2'b11}<br>时, TIMx_QEP_CNTR 清 0, 同时产生一个 Z 脉冲<br>当 TIMx_QEP_ARR[29:0] 等于 0 时, Z 输出固定电平, 极性由<br>TIMx_CR1[TxZ_EDGE_SEL]进行配置 |



## 16.3.13 TIM2\_CR2 (CSR:0x21C)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5            | 4            | 3        | 2  | 1         | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--------------|--------------|----------|----|-----------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | T2B_EDGE_SEL | T2A_EDGE_SEL | T2_Z_SEL |    | T2_AB_SEL |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | rW           | rW           | rW       | rW | rW        | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 0            | 0            | 0        | 0  | 0         | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                                                                            |
|--------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| [31:6] | RSV          | 保留                                                                            |
| [5]    | T2B_EDGE_SEL | QEP B 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平                                    |
| [4]    | T2A_EDGE_SEL | QEP A 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平                                    |
| [3:2]  | T2_Z_SEL     | QEP Z 输出选择<br>00: Timer2 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer5 的输入<br>10: 直通输出 Timer6 的输入  |
| [1:0]  | T2_AB_SEL    | QEP AB 输出选择<br>00: Timer2 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer5 的输入<br>10: 直通输出 Timer6 的输入 |

## 16.3.14 TIM5\_CR2 (CSR:0x24C)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5            | 4            | 3        | 2  | 1         | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|--------------|--------------|----------|----|-----------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | T5B_EDGE_SEL | T5A_EDGE_SEL | T5_Z_SEL |    | T5_AB_SEL |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | rW           | rW           | rW       | rW | rW        | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 0            | 0            | 0        | 0  | 0         | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                                                                            |
|--------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| [31:6] | RSV          | 保留                                                                            |
| [5]    | T5B_EDGE_SEL | QEP B 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平                                    |
| [4]    | T5A_EDGE_SEL | QEP A 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平                                    |
| [3:2]  | T5_Z_SEL     | QEP Z 输出选择<br>00: Timer5 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer2 的输入<br>10: 直通输出 Timer6 的输入  |
| [1:0]  | T5_AB_SEL    | QEP AB 输出选择<br>00: Timer5 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer2 的输入<br>10: 直通输出 Timer6 的输入 |

16.3.15 TIM6\_CR2 (CSR:0x25C)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7            | 6 | 5            | 4 | 3        | 2 | 1         | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------------|---|--------------|---|----------|---|-----------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | T6B_EDGE_SEL |   | T6A_EDGE_SEL |   | T6_Z_SEL |   | T6_AB_SEL |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | rw           |   | rw           |   | rw       |   | rw        |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | 0            |   | 0            |   | 0        |   | 0         |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | -            |   | -            |   | -        |   | -         |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -            | - | -            | - | -        | - | -         | - |

| 位      | 名称           | 描述                                         |
|--------|--------------|--------------------------------------------|
| [31:6] | RSV          | 保留                                         |
| [5]    | T6B_EDGE_SEL | QEP B 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平 |
| [4]    | T6A_EDGE_SEL | QEP A 输出极性配置<br>0: 初始电平为低电平<br>1: 初始电平为高电平 |
| [3:2]  | T6_Z_SEL     | QEP Z 输出选择                                 |

|       |           |                                                                               |
|-------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|
|       |           | 00: Timer6 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer2 的输入<br>10: 直通输出 Timer5 的输入                |
| [1:0] | T6_AB_SEL | QEP AB 输出选择<br>00: Timer6 的计算输出<br>01: 直通输出 Timer2 的输入<br>10: 直通输出 Timer5 的输入 |

# 17 Timer3/4/7/8

## 17.1 Timer3/4/7/8 操作说明

Timer3/Timer4/Timer7/Timer8 支持输出和输入两种模式:

- > 输出模式: 输出PWM波形
- > 输入捕获模式: 检测输入PWM高低电平的持续时间, 可用于算出PWM占空比

Timer3/Timer4/Timer7/Timer8 特性包括:

- > 3位可编程分频器对系统时钟进行分频, 作为基本计数器的时钟源(Timer3/Timer8作为输入捕获时可以倍频至2 \* TxCLK)。
- > 16位向上计数的基本计数器, 计数时钟源为分频器的输出
- > 输入信号滤波
- > 输入信号边沿检测
- > 输出PWM信号, 单次比较输出
- > 中断事件

### 17.1.1 分频器

分频器对系统时钟进行分频, 产生基本计数器的计数时钟源。分频器由 TIMx\_CR0[TxPSC]控制, 可选择 8 种分频系数。由于这个控制寄存器没有缓冲器, 分频系数更新后会立刻改变时钟源频率, 所以应在基本计数器不工作时更新分频系数。时钟源的频率为  $clk\_psc = TxCLK / (2^{TxPSC})$ 。分频后的时钟源频率与 TIMx\_CR0[TxPSC]的关系如表 17-1 所示。

表 17-1 分频后的时钟源频率与 TIMx\_CR0[TxPSC]对应关系

| TIMx_CR0[TxPSC] | 分频系数 | TIMx_CR0[TxPSC] | 分频系数 |
|-----------------|------|-----------------|------|
| 000             | 1    | 100             | 16   |
| 001             | 2    | 101             | 32   |
| 010             | 4    | 110             | 64   |
| 011             | 8    | 111             | 128  |



备注:

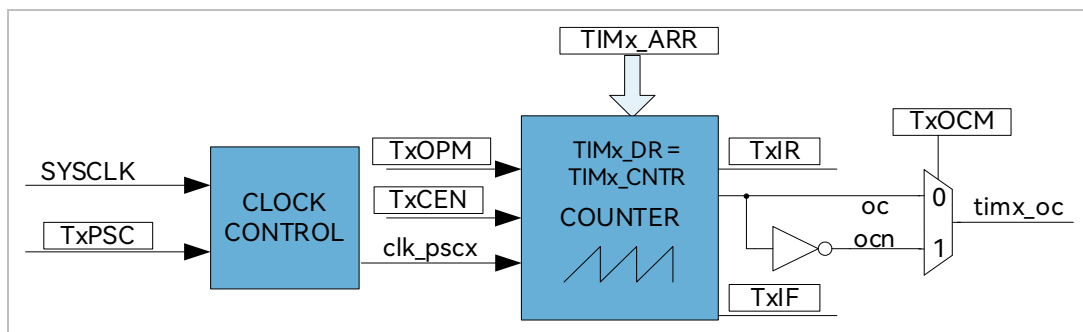
Timer3/Timer8 的输入捕获模式下, TIM3\_CR0[T3PSC] = 111 和 TIM8\_CR0[T8PSC] = 111 对应的是  $2 * TxCLK$

### 17.1.2 TIMx\_CNTR 的读写和计数

TIMx\_CR1[TxEN] = 1 后 TIMx\_CNTR 开始计数。软件对 TIMx\_CNTR 的写操作将直接改变寄存器的值, 因此软件需在计数器停止时执行写操作。

### 17.1.3 输出模式

图 17-1 输出模式原理框图



基本计数器输出模式根据 TIMx\_CR0[TxOCM] 设置, 以及 TIMx\_CNTR 与寄存器 TIMx\_DR、TIMx\_ARR 设定值的比较结果产生输出信号, 同时产生相应中断。

#### 17.1.3.1 高/低电平输出模式

配置 TIMx\_CR0[TxOCM] = 0 时, 如果 TIMx\_DR > TIMx\_ARR, 则输出信号始终为低电平。配置 TIMx\_CR0[TxOCM] = 1 时, 如果 TIMx\_DR > TIMx\_ARR, 则输出信号始终为高电平。

#### 17.1.3.2 PWM 输出

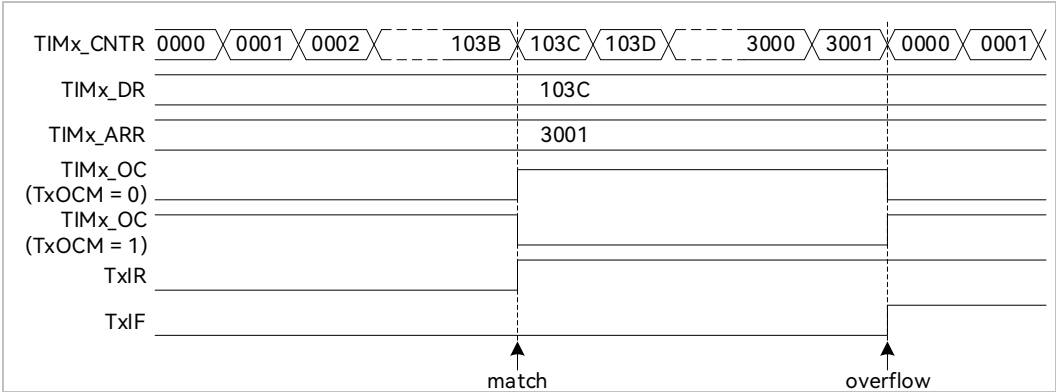
PWM 输出模式下, TIMx\_ARR 的设定值决定 PWM 周期, TIMx\_DR 的设定值决定占空比, 占空比 =  $TIMx\_DR / TIMx\_ARR * 100\%$ 。配置 TIMx\_CR0[TxOCM] = 0 时, 如果基本计数器值 TIMx\_CNTR < TIMx\_DR 设定值, 输出低电平, 反之输出高电平。配置 TIMx\_CR0[TxOCM] = 1 时, 如果基本计数器值 TIMx\_CNTR < TIMx\_DR 设定值, 输出高电平, 反之输出低电平。如果基本计数器值 TIMx\_CNTR 大于 TIMx\_ARR, 则输出信号反转。

#### 17.1.3.3 中断事件

- 当 TIMx\_CNTR = TIMx\_DR, 产生比较匹配事件, 中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIR] 置 1, 基本计数器继续计数。

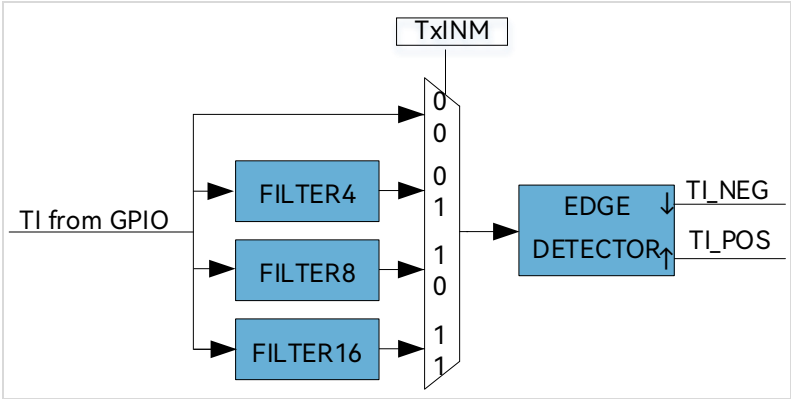
- 当TIMx\_CNTR = TIMx\_ARR，产生上溢事件，中断事件标志位TIMx\_SR[TxIF]置1，基本计数器清0，TIMx\_CR0[TxOPM]决定是否重新计数，TIMx\_CR0[TxOPM] = 1，停止计数，TIMx\_CR0[TxOPM] = 0，重新开始计数。

图 17-2 输出模式输出波形



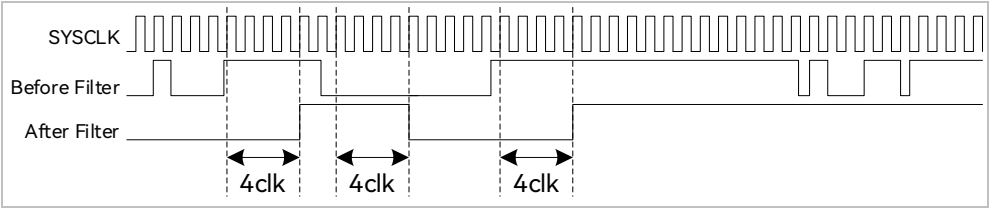
17.1.4 输入信号滤波和边沿检测

图 17-3 输入信号滤波和边沿检测框图



Timer3/4/7/8 的输入信号由 GPIO 输入。TIMx\_CR0[TxINM]可以选择不滤波，或者 4/8/16 个系统时钟周期对输入信号滤波。滤波后的信号比滤波前的信号延迟 4/8/16 个时钟周期。

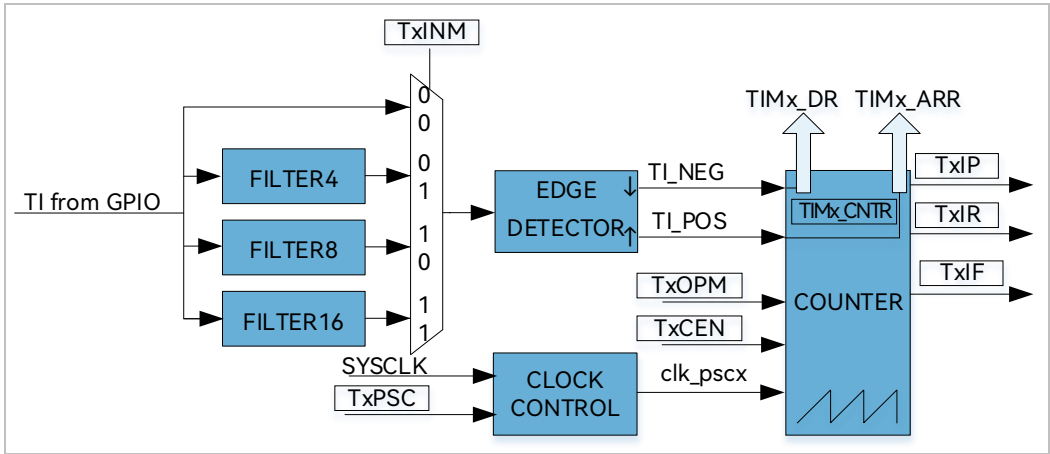
图 17-4 滤波模块时序图



滤波模块对输入信号滤波后，边沿检测模块对滤波后的输入信号进行检测，记录上升沿和下降沿，供输入捕获模式使用。

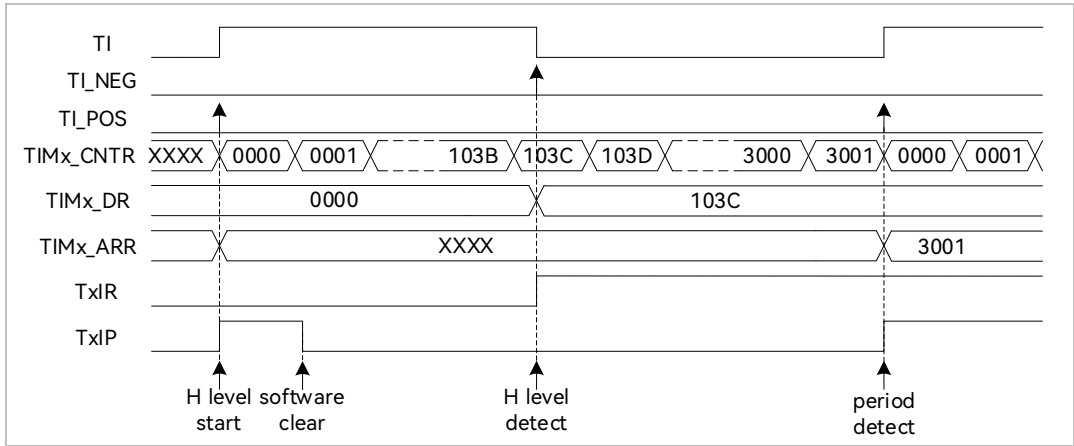
17.1.5 输入捕获模式

图 17-5 输入捕获模式原理框图



输入捕获模式检测输入 PWM 信号的脉宽和周期。TIMx\_CR0[TxOCM] = 0 时，选择相邻两个上升沿为 1 个周期，上升沿到下降沿为脉宽(高电平脉宽)。TIMx\_CR0[TxOCM] = 1 时，选择相邻两个下降沿为 1 个周期，下降沿到上升沿为脉宽(低电平脉宽)。基本计数器 TIMx\_CNTR 计数到的脉宽和周期值被分别存入 TIMx\_DR 和 TIMx\_ARR 寄存器。

图 17-6 输入捕获模式(TIMx\_CR0[TxOCM] = 0)时序图



以 TIMx\_CR0[TxOCM] = 0 为例，配置 TIMx\_CR1[TxEN] = 1，使能基本计数器。基本计数器向上计数，当检测到第一个上升沿时，基本计数器清 0 并重新开始计数。当检测到下降沿时，将 TIMx\_CNTR 的值存进 TIMx\_DR，同时中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIR]置 1，TIMx\_CNTR 继续向上计数。当检测到输入的第二个上升沿时，将 TIMx\_CNTR 的值存进 TIMx\_ARR，同时中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIP]置 1，TIMx\_CNTR 清 0。根据 TIMx\_CR0[TxOPM]决定是否重新开始计数，TIMx\_CR0[TxOPM] = 1，停止计数；TIMx\_CR0[TxOPM] = 0，重新计数。

当 Timer3/Timer4/Timer7/Timer8 尚未检测到输入的第二个上升沿，且计数值 TIMx\_CNTR 达到 0xFFFF 时，发生上溢事件，中断事件标志位 TIMx\_SR[TxIF]置 1，TIMx\_CNTR 清 0。根据 TIMx\_CR0[TxOPM]决定是否重新计数，TIMx\_CR0[TxOCM] = 1，停止计数；TIMx\_CR0[TxOPM] = 0，重新计数。此时 TIMx\_ARR 的值为 0xFFFF，TIMx\_DR 的值由输入电平和 TIMx\_CR0[TxOCM]异或决定。

17.2 Timer3/4/7/8 寄存器

17.2.1 TIMx\_CR0 (CSR:0x220/0x230/0x260/0x270) (x = 3/4/7/8)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6  | 5  | 4    | 3  | 2     | 1     | 0     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|----|----|------|----|-------|-------|-------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | TxPSC |    |    | TxFE |    | TxOCM | TxOPM | TxMOD |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw | rw | rw   | rw | rw    | rw    | rw    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0  | 0  | 0    | 0  | 0     | 0     | 0     |

| 位      | 名称    | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV   | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| [7:5]  | TxPSC | 基本计数器时钟源分频选择<br>用于对系统时钟进行分频作为基本计数器的时钟源，分频后的时钟源频率为:<br>000: TxCLK<br>001: TxCLK/2<br>010: TxCLK/4<br>011: TxCLK/8<br>100: TxCLK/16<br>101: TxCLK/32<br>110: TxCLK/64<br>111: TxCLK/128<br><div> 备注:<br/>Timer3/Timer8 的输入捕获模式下，111 对应的是 2 * TxCLK</div> |
| [4:3]  | TxFE  | 输入信号滤波脉宽选择<br>当输入信号的脉宽小于设定值，被当作噪声滤除<br>00: 不滤波<br>01: 4 个系统时钟周期                                                                                                                                                                                                                                                                           |



|     |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |       | 10: 8 个系统时钟周期<br>11: 16 个系统时钟周期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| [2] | TxOCM | 输出模式: 输出模式选择<br>0: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 0; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 1<br>1: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 1; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 0<br>输入捕获模式: 有效沿选择或发生上溢事件时, TIMx_DR 指示输入电平选择有效沿选择<br>0: 相邻两个上升沿为 1 个周期, 上升沿到下降沿为脉宽(高电平脉宽)<br>1: 相邻两个下降沿为 1 个周期, 下降沿到上升沿为脉宽(低电平脉宽)<br>发生上溢事件时, TIMx_DR 指示输入电平选择<br>0: 若溢出时输入是低电平, TIMx_DR 硬件设为 0; 若溢出时输入电平高电平, TIMx_DR 硬件设为 0xFFFF<br>1: 若溢出时输入是高电平, TIMx_DR 硬件设为 0; 若溢出时输入电平低电平, TIMx_DR 硬件设为 0xFFFF |
| [1] | TxOPM | 单次模式<br>下列事件发生时, 基本计数器停止计数使能<br>输出模式: 基本计数器上溢事件<br>输入捕获模式: PWM 周期检测或基本计数器上溢事件<br>0: 基本计数器不停止<br>1: 基本计数器停止(TIMx_CR1[TxEN]清 0)                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| [0] | TxMOD | 工作模式选择<br>0: 输入捕获模式<br>1: 输出模式                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

17.2.2 TIMx\_CR1 (CSR:0x221/0x231/0x261/0x271) (x = 3/4/7/8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0    |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | TxEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0    |

| 位      | 名称   | 描述                         |
|--------|------|----------------------------|
| [31:1] | RSV  | 保留                         |
| [0]    | TxEN | 基本计数器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

## 17.2.3 TIMx\_IER (CSR:0x222/0x232/0x262/0x272) (x = 3/4/7/8)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3     | 2     | 1     | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|-------|-------|-------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | TxIRE | TxIPE | TxIFE |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | rw    | rw    | rw    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 0     | 0     | 0     |   |

| 位      | 名称    | 描述                                                          |
|--------|-------|-------------------------------------------------------------|
| [31:3] | RSV   | 保留                                                          |
| [2]    | TxIRE | 输出模式: 比较匹配中断使能<br>输入捕获模式: 脉宽检测中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能       |
| [1]    | TxIPE | 输出模式: 无意义<br>输入捕获模式: PWM 周期检测中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能        |
| [0]    | TxIFE | 输出模式: 基本计数器上溢中断使能<br>输入捕获模式: 基本计数器上溢中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

## 17.2.4 TIMx\_SR (CSR:0x223/0x233/0x263/0x273) (x = 3/4/7/8)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3    | 2    | 1   | 0   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|------|------|-----|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | TxIR | TxIP | TxF |     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -    | rw0  | rw0 | rw0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -    | 0    | 0   | 0   |

| 位      | 名称   | 描述                                             |
|--------|------|------------------------------------------------|
| [31:3] | RSV  | 保留                                             |
| [2]    | TxIR | 输出模式: 比较匹配中断事件标志位<br>输入捕获模式: 脉宽检测中断事件标志位<br>读: |

|     |      |                                                                                                                                                                                                               |
|-----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |      | 0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                                                                                                             |
| [1] | TxIP | 输出模式: 无意义<br>输入捕获模式: PWM 周期检测中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                                                                               |
| [0] | TxIF | 输出模式: 基本计数器上溢中断事件标志位, 当基本计数器值 TIMx_CNTR 与比较值 TIMx_ARR 匹配时置 1。<br>输入捕获模式: 基本计数器上溢中断事件标志位, Timer 尚未检测到输入一个 PWM 周期而基本计数器的值 TIMx_CNTR 累加到 0xFFFF 时置 1。<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

17.2.5 TIMx\_CNTR (CSR:0x224/0x234/0x264/0x274) (x = 3/4/7/8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_CNTR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述        |
|---------|-----------|-----------|
| [31:16] | RSV       | 保留        |
| [15:0]  | TIMx_CNTR | 基本计数器的计数值 |

17.2.6 TIMx\_DR (CSR:0x225/0x235/0x265/0x275) (x = 3/4/7/8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_DR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈       | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                                       |
|---------|---------|------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                       |
| [15:0]  | TIMx_DR | 输出模式: 比较匹配值<br>输入捕获模式: 检测到的输入脉宽的计数值(硬件写) |

17.2.7 TIMx\_ARR (CSR:0x226/0x236/0x266/0x276) (x = 3/4/7/8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | TIMx_ARR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈        | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                               |
|---------|----------|--------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                               |
| [15:0]  | TIMx_ARR | 输出模式: 重载值(软件写)。<br>输入捕获模式: 检测到一个 PWM 周期的计数值(硬件写) |

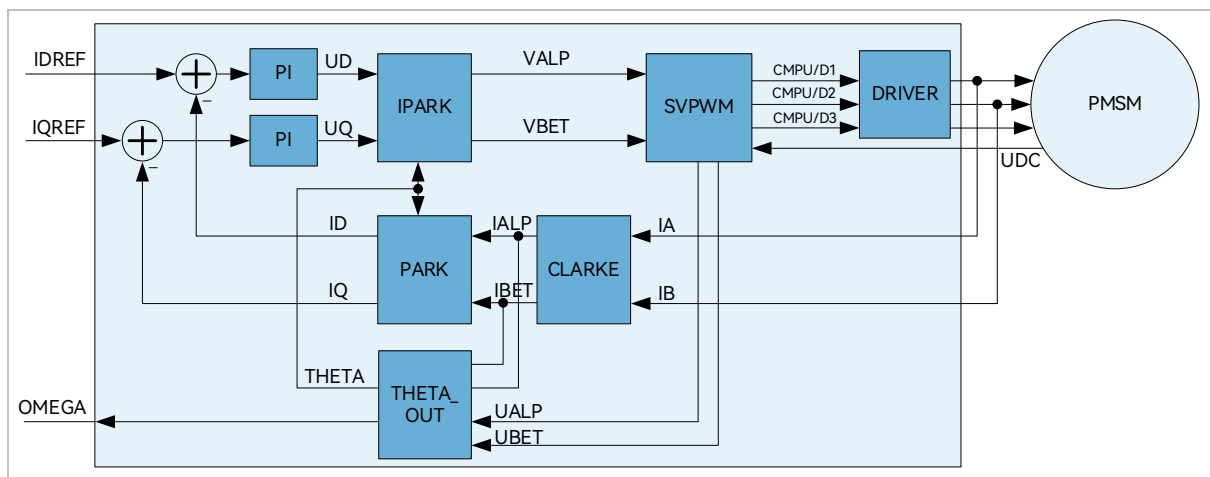
# 18 ME

## 18.1 ME 简介

ME 模块为峰岬电机控制引擎。主要用于基于无感 FOC、有感 FOC 和 SVPWM 的电机驱动应用场合。ME 模块中包含 2 个 Driver 控制器，可实现对 2 个电机的独立控制。

ME 模块可实现 FOC 电流闭环控制、包括坐标转换、PI 控制和 SVPWM。角度输出模块利用电机电流、电压信号估算转子位置，实现基于无感 FOC 的电机控制；也可通过 MCU 处理位置传感器信号获取转子位置，实现基于有感 FOC 的电机控制。

图 18-1 FOC 示意图



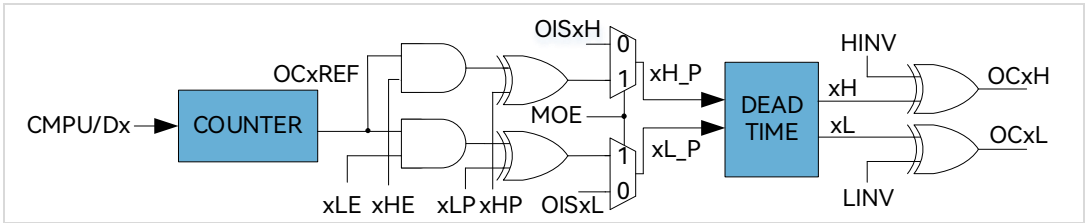
此外，ME 模块可实现 Driver 控制、FOC 电流环、角度输出、FOC 外环、爬坡计算、功率计算、弱磁、端电压、UQ 注入、软件调用 CORDIC、角度融合、电流环解耦、ME 中断源和高速电压相位补偿等功能。

## 18.2 Driver 控制器

### 18.2.1 FU7512L Driver 简介

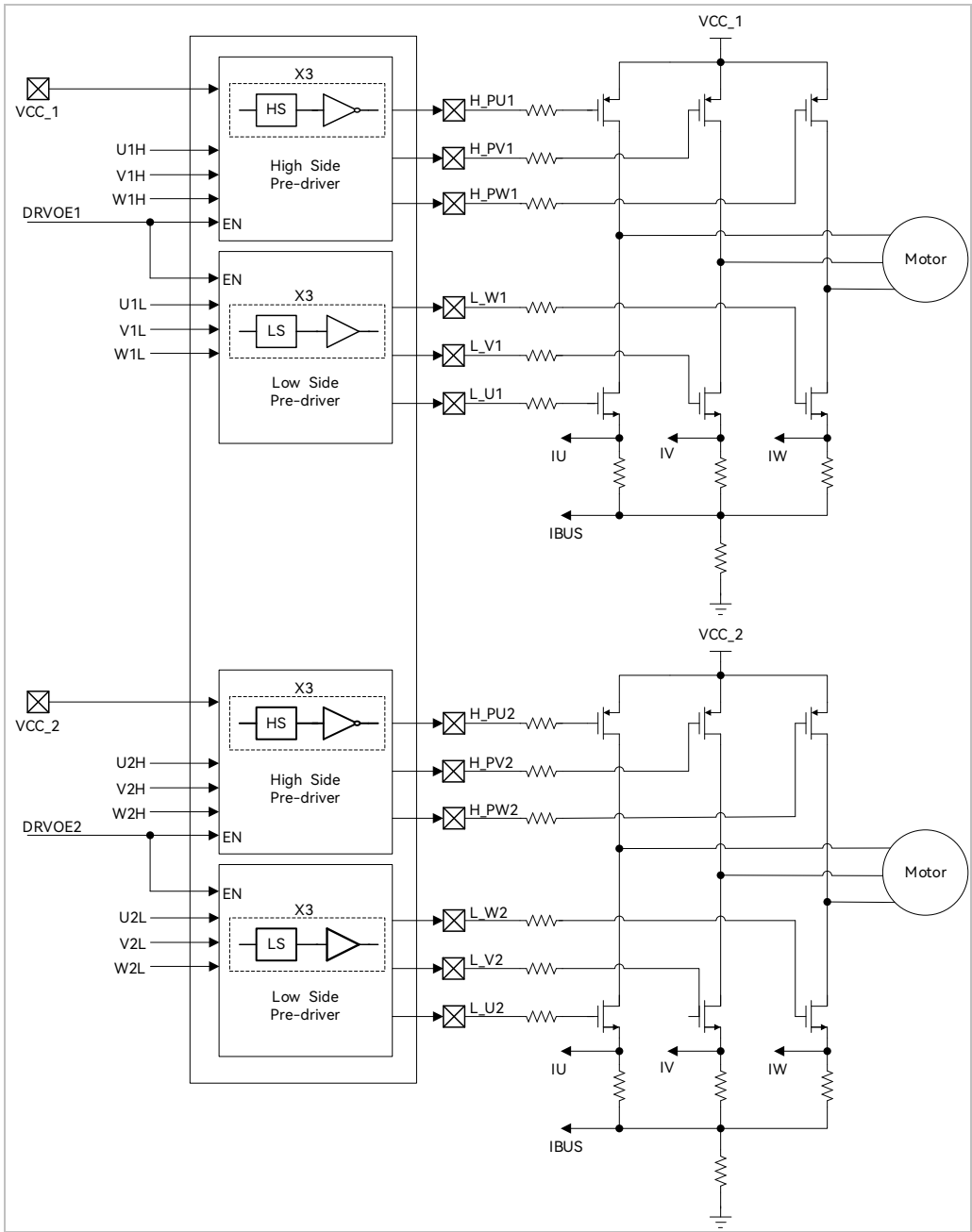
Driver 控制器用于 PWM 信号的产生，根据三相比值输出 6 路 PWM 信号控制 U/V/W 三相的上下 MOS 管的开通/关断，从而实现对电机的控制。芯片中包含 2 个 Driver 控制器：Driver1 控制器和 Driver2 控制器，Driver1(2)控制器可根据 Driver1(2)寄存器的配置输出三相 PWM 信号。

图 18-2 Driver 控制器实现原理图



18.2.2 FU7541Q 3P3N Pre-driver 简介

图 18-3 FU7541Q 3P3N Pre-driver 模块框图



3P3N Pre-driver 驱动模块如图 18-3 所示，UxH/VxH/WxH 和 UxL/VxL/WxL 三相 PWM 信号为 Pre-driver 的输入信号，H\_PUx/H\_PVx/H\_PWx 及 L\_Ux/L\_Vx/L\_Wx 引脚为 Pre-driver 的输出信号。注意 H\_PUx/H\_PVx/H\_PWx 与内部信号 UxH/VxH/WxH 为反向关系。DRVx\_CR[DRVOE]为 Pre-driver 的使能位。

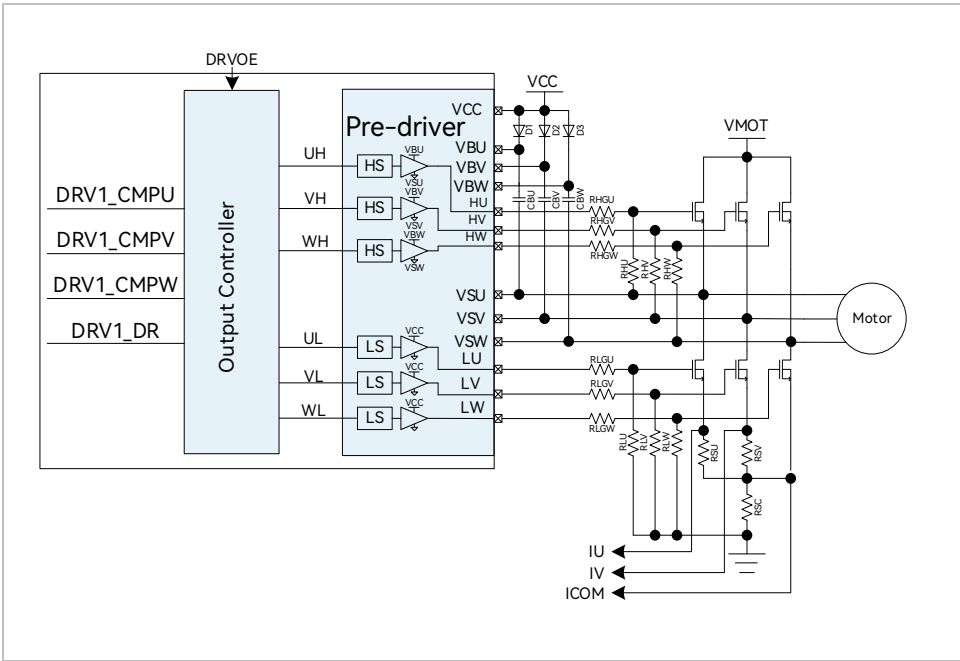
配置寄存器 DRVx\_CR[DRVOE] = 1，使能 Pre-driver 输出，此时 UxH/VxH/WxH 分别被反向后送至 H\_PUx/H\_PVx/H\_PWx 引脚用于驱动 PMOS 的栅极，UxL/VxL/WxL 分别被送至 L\_Ux/L\_Vx/L\_Wx 引脚用于驱动 NMOS 的栅极。PMOS 和 NMOS 输出电压驱动电机运转。

表 18-1 3P3N 内置 Pre-driver 信号真值表

| Input       |             | Output      |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| UxH/VxH/WxH | UxL/VxL/WxL | HxU/HxV/HxW | LxU/LxV/LxW |
| L           | L           | H           | L           |
| L           | H           | H           | H           |
| H           | L           | L           | L           |
| H           | H           | L           | H           |

18.2.3 FU7562L 6N Pre-driver 简介

图 18-4 FU7562L 6N Pre-driver 模块框图



DRV1\_CMPU/V/W 是 FOC 模块输出的三路比较值，DRV1\_DR 是软件设置的比较值，以上比较值经过输出控制模块后输出三组电平信号 U/V/W 给 Pre-driver，应用于直流无刷电机控制。

进入该模式，DRV1\_CR[DRVOE]为 Pre-driver 的使能信号，Pre-driver 的输出接 6 只 NMOS 后分别驱动电机的 U/V/W 相。

表 18-2 FU7562L 内置 Pre-driver 信号真值表

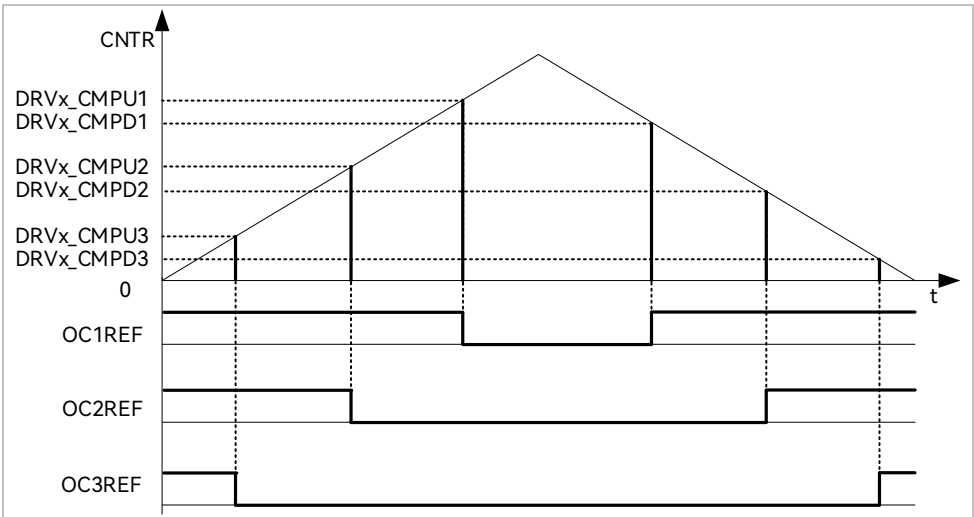
| Input    |          | Output   |          |
|----------|----------|----------|----------|
| UH/VH/WH | UL/VL/WL | HU/HV/HW | LU/LV/LW |
| L        | L        | L        | L        |
| L        | H        | L        | H        |
| H        | L        | H        | L        |
| H        | H        | L        | L        |

18.2.4 计数比较

DRVx\_CNTR 为 Driver 计数器。当计数器使能位 DRVx\_CR[DRVEN] = 0 时，DRVx\_CNTR 不计数；当计数器使能位 DRVx\_CR[DRVEN] = 1 时，DRVx\_CNTR 先从 0 向上计数至 DRVx\_ARR，再向下计数至 1，以此循环往复。载波频率  $f_{carrier} = f_{CLK} / (DRVx\_ARR * 2)$ 。

三相比较值 OCxREF 由 6 个三相比较值寄存器确定：DRVx\_CMPU1、DRVx\_CMPD1、DRVx\_CMPU2、DRVx\_CMPD2、DRVx\_CMPU3 和 DRVx\_CMPD3，其中 DRVx\_CMPU1 和 DRVx\_CMPD1 为 A 相比较值，DRVx\_CMPU2 和 DRVx\_CMPD2 为 B 相比较值，DRVx\_CMPU3 和 DRVx\_CMPD3 为 C 相比较值。以 A 相为例，DRVx\_CMPU1 为 A 相上升计数比较值，DRVx\_CMPD1 为 A 相下降计数比较值。当 DRVx\_CMPU1 > DRVx\_CNTR 时 OC1REF 为 1，当 DRVx\_CMPU1 ≤ DRVx\_CNTR 时 OC1REF 为 0；当 DRVx\_CMPD1 ≥ DRVx\_CNTR 时 OC1REF 为 1，当 DRVx\_CMPD1 < DRVx\_CNTR 时 OC1REF 为 0。A 相 PWM 占空比 = (DRVx\_CMPU1 + DRVx\_CMPD1) / (2\*DRVx\_ARR)\*100%。B 相和 C 相同理。

图 18-5 计数比较示意图





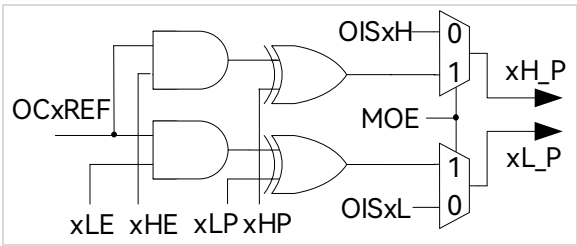
DRVx\_DR 寄存器用于同时更新 6 个三相比较值寄存器。当写 DRVx\_DR 寄存器后，写入 DRVx\_DR 寄存器的值会同时写入 6 个三相比较值寄存器，从而生成 3 路占空比相同的三相比较值 OCxREF。占空比 = DRVx\_DR / DRVx\_ARR\*100%。

若未写三相比较值寄存器或 DRVx\_DR，三相比较值寄存器将由 SVPWM 的计算结果更新。

18.2.5 输出使能与极性控制

三相输出使能与输出极性由 DRVx\_CMR 寄存器控制，用于实现电机预充电和刹车等功能。三相的上下两管各由 1 位输出使能位 DRVx\_CMR[xLE/xHE]和 1 位极性控制位 DRVx\_CMR[xLP/xHP]控制。其实现逻辑为 1 个与门和 1 个异或门。

图 18-6 输出使能与极性控制原理图



当输出使能位置 0，极性控制位置 0 时，输出为低电平；当输出使能位置 0，极性控制位置 1 时，输出为高电平；当输出使能位置 1，极性控制位置 0 时，输出与 OCxREF 相同；当输出使能位置 1，极性控制位置 1 时，输出与 OCxREF 相反。

主输出使能由 DRVx\_OUT[MOE]控制，当 DRVx\_OUT[MOE]置 1 时，输出 xH\_P/xL\_P 来源于前级逻辑门信号；当 DRVx\_OUT[MOE]置 0 时，xH\_P/xL\_P 来源于空闲电平信号 DRVx\_OUT[OISxH/OISxL]。

配置 DRVx\_DR、DRVx\_ARR 和 DRVx\_CMR 可实现预充电和刹车等功能，DRVx\_DR 和 DRVx\_ARR 控制 PWM 占空比和载波频率；DRVx\_CMR 选择输出信号为电平信号或者 PWM。

图 18-7 预充电波形图

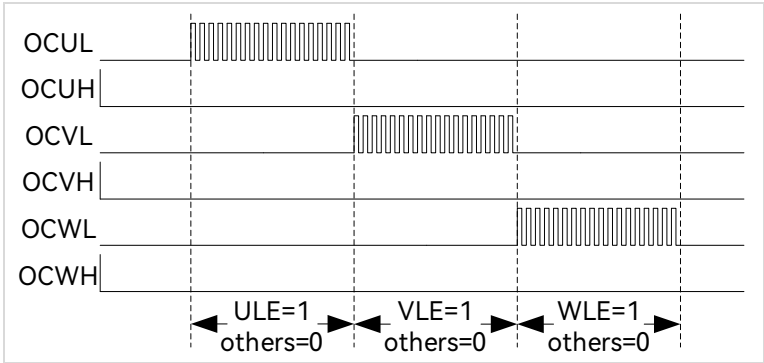
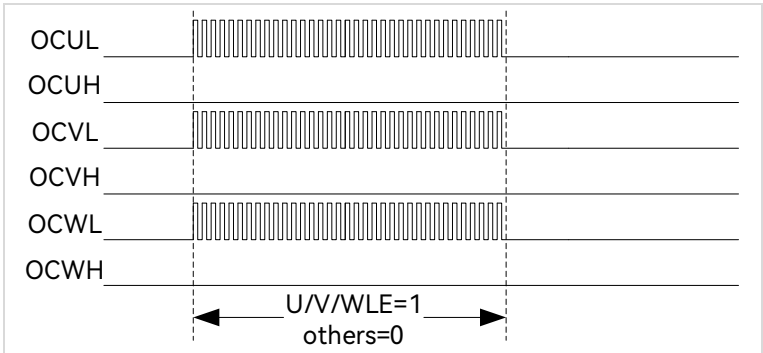


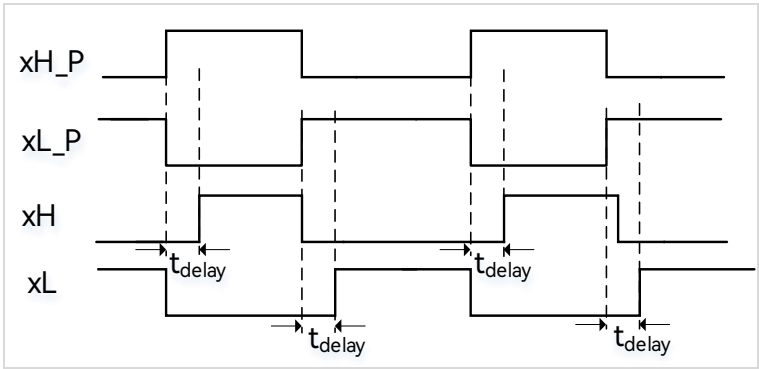
图 18-8 刹车波形图



18.2.6 死区模块

上下管信号 xH\_P、xL\_P 支持死区插入。对于互补输出，如果 DRVx\_DTR 寄存器不等于 0，就使能了死区插入。每个通道都有一个 8 位的死区发生器，三个通道的死区延时相同，通过 DRVx\_DTR 设置死区时间。当 xH\_P、xL\_P 上升沿发生时，xH、xL 的实际输出高电平比 xH\_P、xL\_P 的上升沿延迟 DRVx\_DTR 设定的时间，死区时间 = DRVx\_DTR \* T<sub>CLK</sub>。如果延迟时间大于实际输出的脉宽，那么对应的通道脉宽不延迟，相反的通道脉宽不产生。

图 18-9 死区示意图



18.3 FOC 电流环

18.3.1 参考输入

FOC 电流环使用 d 轴电流参考值 NFOCx\_IDREF 和 q 轴电流参考值 NFOCx\_IQREF 作为电流参考值，使用 d 轴电流采样值 NFOCx\_ID 和 q 轴电流采样值 NFOCx\_IQ 作为电流反馈值，实现电流闭环控制。

18.3.2 PI 控制

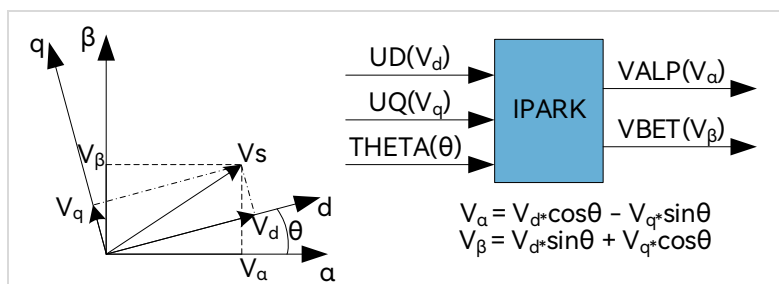
FOC 电流环使用 2 个 PI 控制器，分别应用于：

- 转子磁通控制: d轴电流PI控制器。以d轴电流参考值NFOCx\_IDREF与反馈电流NFOCx\_ID的差作为输入，比例系数NFOCx\_DKP和积分系数NFOCx\_DKI调节PI控制器性能，d轴输出最大值NFOCx\_DMAX和d轴输出最小值NFOCx\_DMIN对输出进行限幅，再输出d轴电压值NFOCx\_DUK，最后经NFOCx\_UDCPS补偿后得到NFOCx\_UDFIN。
- 转子转矩控制: q轴电流PI控制器。以q轴电流参考值NFOCx\_IQREF与反馈电流NFOCx\_IQ的差作为输入，比例系数NFOCx\_QKP和积分系数NFOCx\_QKI调节PI控制器性能，q轴输出最大值NFOCx\_QMAX和q轴输出最小值NFOCx\_QMIN对输出进行限幅，再输出q轴电压值NFOCx\_QUK，最后经NFOCx\_UQCPS补偿后得到NFOCx\_UQFIN。

### 18.3.3 坐标转换

#### 18.3.3.1 Park 逆变换

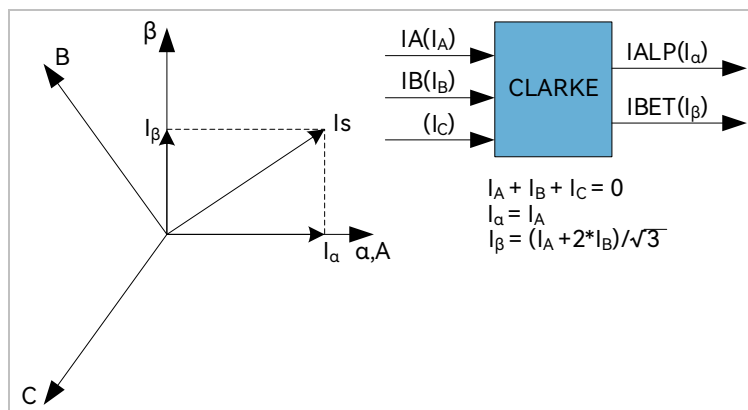
图 18-10 Park 逆变换



Park 逆变换将电压 NFOCx\_UDFIN 和 NFOCx\_UQFIN 从两相旋转 d-q 坐标系变换到两相静止  $\alpha$ - $\beta$  坐标系，得到电压 NFOCx\_UALORG 和 NFOCx\_UBEORG。再经 NFOCx\_UALCPS 和 NFOCx\_UBECPS 补偿后，得到 NFOCx\_UALPHA 和 NFOCx\_UBETA。

#### 18.3.3.2 Clarke 变换

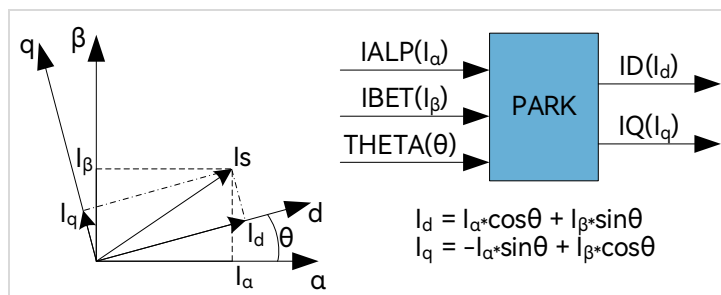
图 18-11 Clarke 变换



Clarke 变换将采样到的 A 相电流 NFOCx\_IA 和 B 相电流 NFOCx\_IB 从三相静止 A-B-C 坐标系变换到两相静止  $\alpha$ - $\beta$  坐标系，得到 NFOCx\_IALPHA 和 NFOCx\_IBETA。

### 18.3.3.3 Park 变换

图 18-12 Park 变换



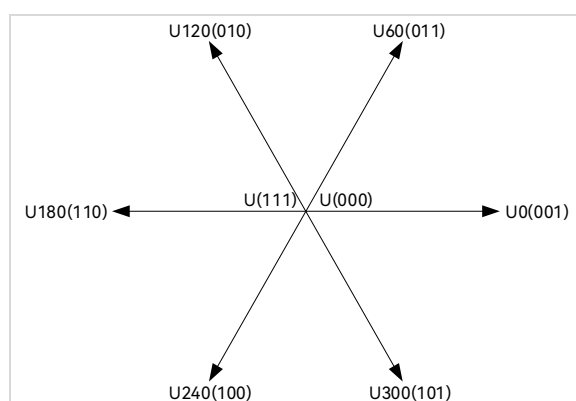
Park 变换将采样电流 NFOCx\_IALPHA 和 NFOCx\_IBETA 从两相静止  $\alpha$ - $\beta$  坐标系变换到两相旋转 d-q 坐标系，获得 d-q 轴反馈电流 NFOCx\_ID 和 NFOCx\_IQ。

### 18.3.4 SVPWM

SVPWM 算法是 FOC 的重要组成部分，其主要思路是采用逆变器空间电压矢量的切换以获得准圆形旋转磁场。该技术能明显减少逆变器输出电流的谐波分量、电机的谐波损耗和转矩脉动，且电压利用率高。

SVPWM 产生三相电机电压的脉宽调制信号占空比，每相占空比的产生过程都可简化为几个一次方程。由于逆变器上下桥臂不可直通，因此每相相电压有 2 种状态，即上桥打开时电机相线连接至母线电压(由 1 表示)与下桥打开时电机相线连接至地线(由 0 表示)。因此，逆变器电压输出共有  $2^3 = 8$  种状态。任意一种状态可由  $X_C X_B X_A$  表示， $X_C$  代表 C 相状态， $X_B$  代表 B 相状态， $X_A$  代表 A 相状态，如 100 代表 C 相相电压连接至母线电压，A、B 两相相电压连接至地。当三相全为 1 或全为 0 时的状态被称为无效状态，此时任意两相间没有电压降，也被称为零矢量。其余六种状态存在电压输出，为相邻状态旋转间隔为 60 度的有效矢量。

图 18-13 SVPWM 电压矢量



SVPWM 的原理为通过两个相邻矢量的和，可表示任意矢量六边形内的空间电压矢量。如图 18-14 SVPWM 电压合成所示， $U_{OUT}$  是期望生成的空间电压矢量，该矢量位于  $U_{60}$  和  $U_0$  之间。根据冲量相等原则，在很短的 PWM 周期  $T_s$  期间， $U_0$  的输出时间  $2*T1$  和  $U_{60}$  的输出时间  $2*T2$  共同作用的电压矢量等效为它们的矢量和  $U_{OUT}$ 。剩余时间由零矢量填充，为  $T_0$ 。

图 18-14 SVPWM 电压合成

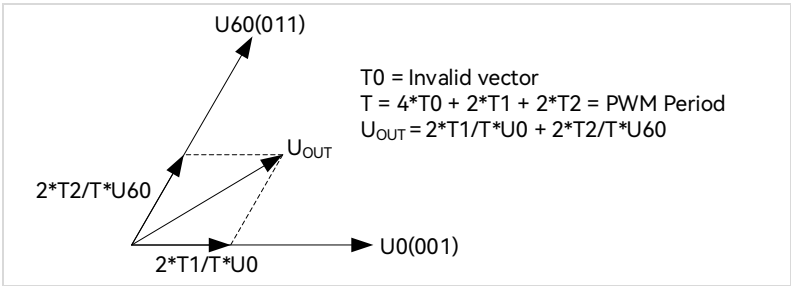


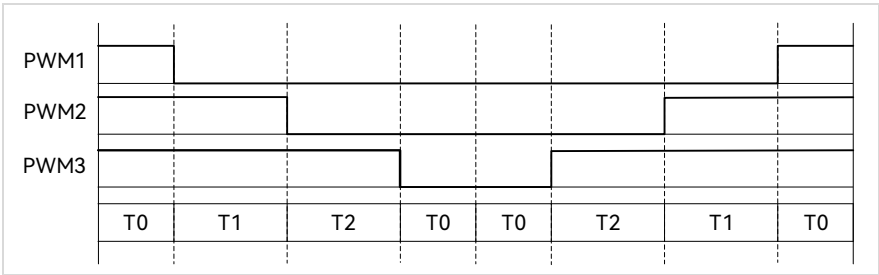
表 18-3 空间矢量调制逆变器状态

| C 相 | B 相 | A 相 | $U_{ALP}$  | $U_{BET}$  | 矢量  |
|-----|-----|-----|------------|------------|-----|
| 0   | 0   | 0   | 0          | 0          | 000 |
| 0   | 0   | 1   | $2/3*UDC$  | 0          | 001 |
| 0   | 1   | 1   | $1/3*UDC$  | $1/3*UDC$  | 011 |
| 0   | 1   | 0   | $-1/3*UDC$ | $1/3*UDC$  | 010 |
| 1   | 1   | 0   | $-2/3*UDC$ | 0          | 110 |
| 1   | 0   | 0   | $-1/3*UDC$ | $-1/3*UDC$ | 100 |
| 1   | 0   | 1   | $1/3*UDC$  | $-1/3*UDC$ | 101 |
| 1   | 1   | 1   | 0          | 0          | 111 |

18.3.4.1 七段式 SVPWM

在单电阻电流采样模式下，FOC 模块固定使用七段式 SVPWM。双/三电阻电流采样模式下，配置  $DRVx\_FCR2[NSEG5] = 0$  选择七段式 SVPWM。

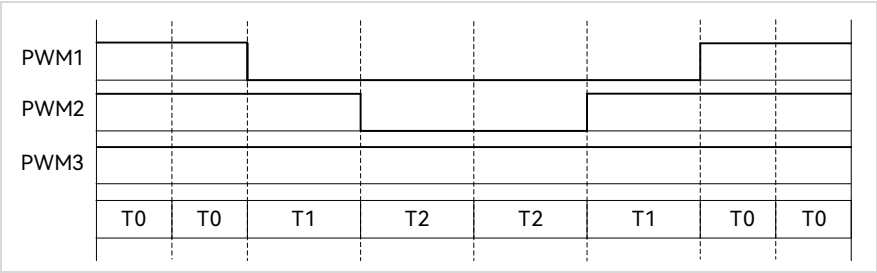
图 18-15 七段式 SVPWM 输出电平



18.3.4.2 五段式 SVPWM

五段式 SVPWM 只能在双/三电阻电流采样模式下使用。配置 `DRVx_FCR2[NSEG5] = 1` 使能五段式 SVPWM。

图 18-16 五段式 SVPWM 输出电平



18.3.5 过调制

单/双/三电阻模式下均可使用过调制功能，配置 `DRVx_FCR3[NOVMDL] = 1` 使能过调制功能。过调制使能后，`NFOCx_UD`、`NFOCx_UQ` 和相关限幅值均放大 1.15 倍，电压输出放大 1.15 倍。

18.3.6 死区补偿

死区补偿只可用于双/三电阻电流采样模式，配置 `NFOCx_TDTC` 寄存器设置死区补偿值，该功能可有效改善低速时的电流波形正弦度。

18.3.7 电流电压采样

FOC 模块通过硬件自动采集电机的母线电压和三相电流。当 FOC 模块工作之前，使能 ADC 和运放，并配置相关采样控制寄存器，ADC 通道和扫描方式不需要配置。根据 `DRVx_FCR0[NCSAMMD]` 选择单/双/三电阻电流采样模式。

主电机在单电阻电流采样模式下默认 ADC1 通道 4 为母线电流 `itrip` 的采样通道。在双电阻电流采样模式下默认 ADC1 通道 0 为 `ia` 的采样通道，ADC1 通道 1 为 `ib` 的采样通道。在三电阻电流采样模式下默认 ADC1 通道 0 为 `ia` 的采样通道，ADC1 通道 1 为 `ib` 的采样通道，ADC1 通道 4 为 `ic` 的采样通道。程序可以选择 ADC1 通道 2 为母线电压的采样通道。

从电机在单电阻电流采样模式下默认 ADC2 通道 4 为母线电流 `itrip` 的采样通道。在双电阻电流采样模式下默认 ADC2 通道 0 为 `ia` 的采样通道，ADC2 通道 1 为 `ib` 的采样通道。在三电阻电流采样模式下默认 ADC2 通道 0 为 `ia` 的采样通道，ADC2 通道 1 为 `ib` 的采样通道，ADC2 通道 4 为 `ic` 的采样通道。



备注:  
当从电机不工作, 且主电机为双电阻采样时, 可以配置为 ADC1 和 ADC2 同时采样, 使用 ADC1 的通道 0 采样 ia, ADC2 的通道 13 采样 ib, 缩短采样时间。

18.3.7.1 单电阻采样模式

配置 DRVx\_FCR0[NCSAMMD] = 00000, 选择单电阻电流采样模式。在单电阻电流采样模式下, ME 模块在 Driver 计数器向上计数的区间对母线电流 itrip(ADC1 通道 4)进行两次采样, 在 Driver 计数器向下计数的区间且 FOC 运算完成后对母线电压进行采样。

在死区时间内采样会影响电流采样的准确性, ME 模块需在去除死区时间的有效矢量施加时间 T1'、T2'中采样。通过配置 NFOCx\_TDLY 对采样时间进行提前或者延迟, 保证在 T1'、T2'中完成采样。例: 48MHz 时钟频率下, 若 NFOCx\_TDLY = 5, 则延迟 5\*T = 104ns; NFOCx\_TDLY = 0xFFFF(-5), 则提前 104ns。

图 18-17 单电阻采样时序

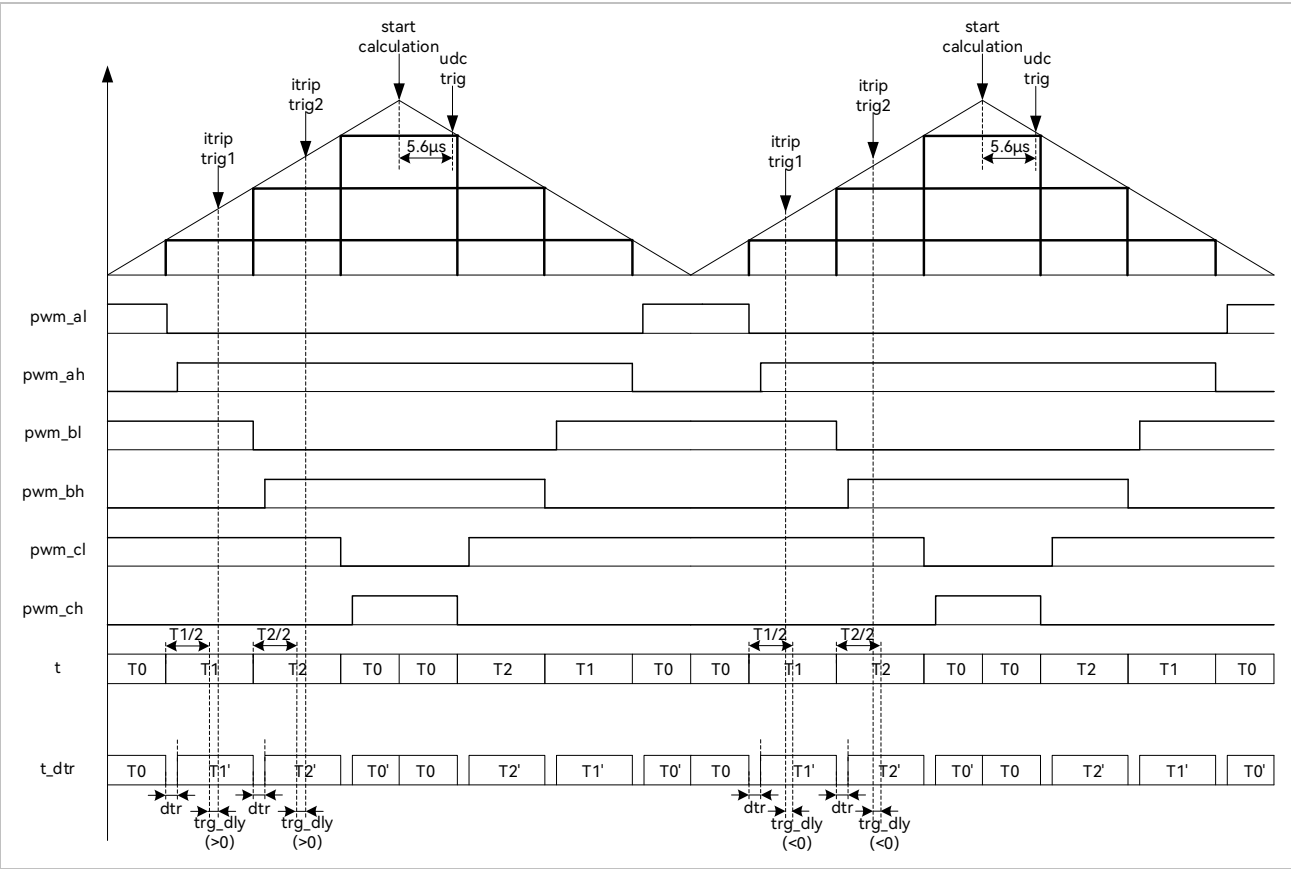
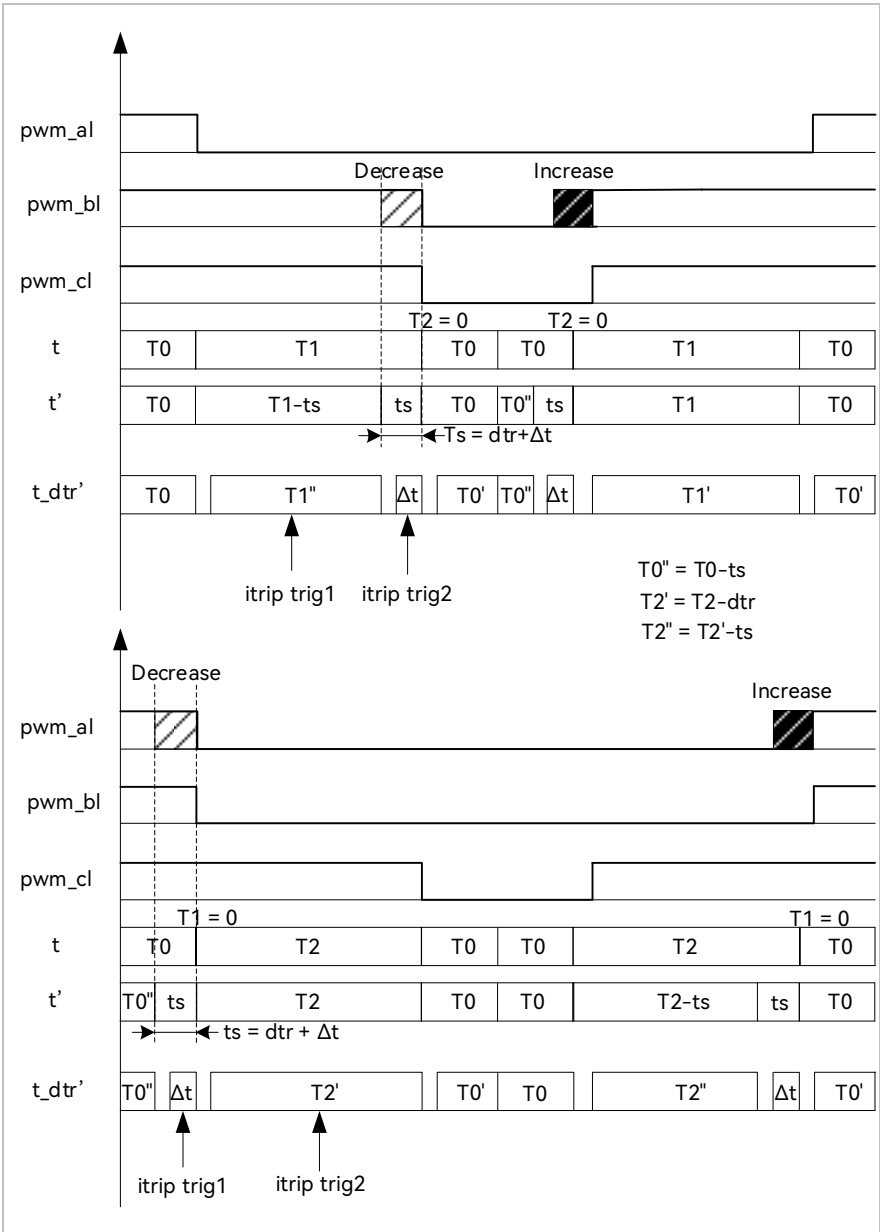


图 18-18 单电阻采样时间补偿



单电阻采样在低调制度以及扇区切换时存在采样窗口不够宽的情况，此时需调整输出波形以保证采样需要的最小采样窗口，用户通过设置 NFOCx\_TS (NFOCx\_TS = 最小采样窗口时间 + 死区时间)，ME 模块会对 PWM 波形自动进行移相处理。

18.3.7.2 双/三电阻采样模式

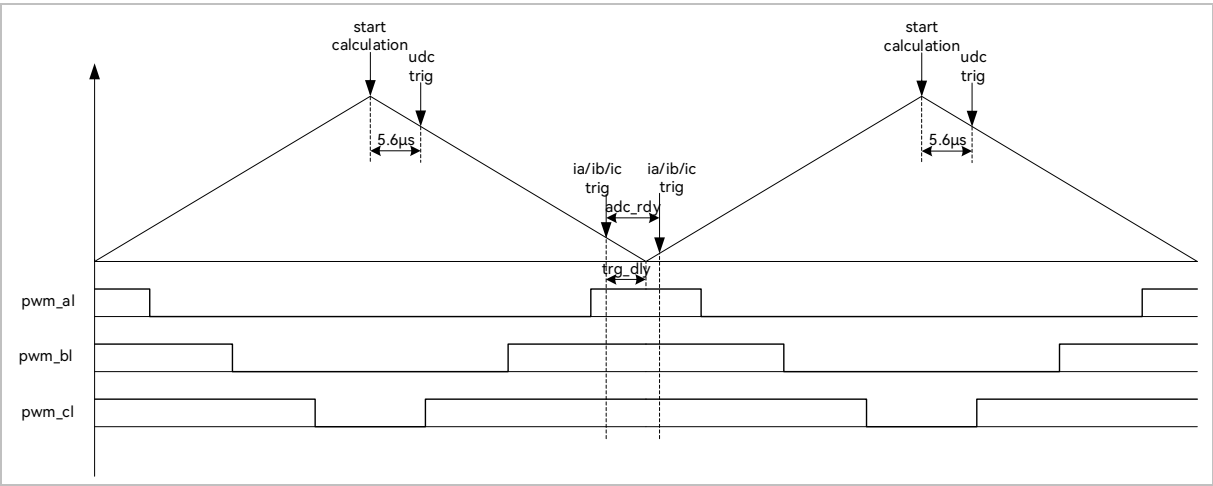
配置 DRVx\_FCR0[NCSAMMD] = 00001/00010，选择双/三电阻电流采样模式。在三电阻电流采样模式下，通过 NFOCx\_TDLY 寄存器设置对三相电流的其中一相相电流(根据扇区决定 ia/ib/ic)的采样时机，当采样完毕后迅速对另外一相进行采样。在双电阻模式下，通过 NFOCx\_TDLY 寄存器设置调整 ia 的采样时机，



当采样完毕后迅速对 ib 进行采样。需要注意的是电流采样时机的设置应该使三相电流采样点均在矢量 000 区间。例: NFOCx\_TDLY = 0x32, 则当 FOC 计数器向下计数, 在下溢事件后 50\*T = 1.04μs 对 ia/ib/ic 采样, 采样完毕后对另外一相 ia/ib/ic 采样。

双/三电阻电流采样模式在 Driver 计数器向下计数且 FOC 模块运算完成后对母线电压采样。

图 18-19 双/三电阻电流采样模式



18.3.7.3 电流采样偏置

因为相电流存在正负值，因此需要加入偏置电压使系统可采样全部范围的电流。电流为 0 时，ADC 的采样值即为电流采样偏置，在运算时将 ADC 采样值减去偏置获得电流采样值。FOC 模块电流采样偏置默认值为 0x4000。由于 ADC 基准电压和硬件板的偏差会导致默认值与实际值不符，因此需要对偏置值进行校准。校准方法如下: 在三相没有相电流时，配置 DRVx\_FCR2[OFFSET\_EN] = 1 进入电流偏置校准，对相应通道进行多次采样后再取平均值，得到电流偏置校准结果 NFOCx\_IAREF、NFOCx\_IBREF、NFOCx\_ICREF 和 NFOCx\_ITREF。假设采样 A 相电流 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，偏置为 2.5V，则 NFOCx\_IAREF = 2.5V/5V\*32768 = 16384(0x4000)。校准完成后，DRVx\_FCR2[OFFSET\_EN]硬件自动清 0。

18.3.7.4 电流采样模式切换

FOC 计算完 ia/ib/ic 后自动更新 NFOCx\_CSAM 值到 DRVx\_FCR0[NCSAMMD]。当 FOC 计算使能位 DRVx\_FCR0[NCALEN] = 0 时，NFOCx\_CSAM = DRVx\_FCR0[NCSAMMD]；当 DRVx\_FCR0[NCALEN] = 1 时，会在上下溢时将 NFOCx\_CSAM 更新到 DRVx\_FCR0[NCSAMMD]。主要用于电流采样模式切换, 电流采样模式相关的寄存器有 NFOCx\_CMRSH 和 DRVx\_ARRSH。

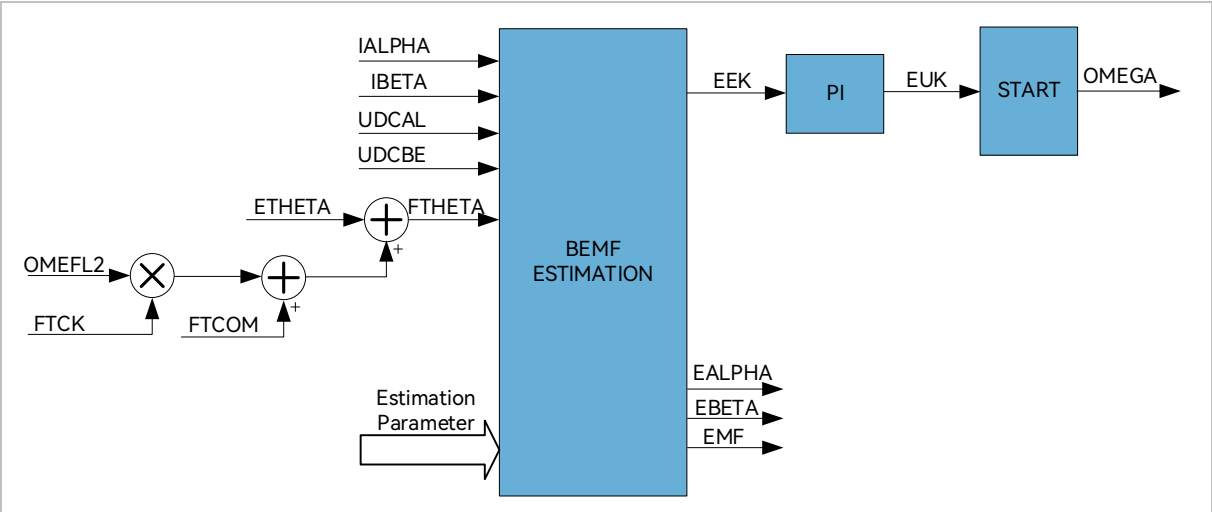
18.4 角度输出

角度输出模块用于电机的无感控制，通过无感算法对电机转子位置进行估算。电机转速可通过观测器得到，也可通过基于高频信号注入的方式得到。再通过角度计算将转速积分得到电机角度。

18.4.1 观测器速度

电机转速可由反电动势估算、PI 控制器和启动得到。BEMF 模块通过估算算法，得到反电动势的估算值 NFOCx\_EALPHA、NFOCx\_EBETA、NFOCx\_EMF 与角度误差 NFOCx\_EEK。NFOCx\_EEK 经 PI 控制器后得到 NFOCx\_EUK。再经启动模块后得到最终速度 NFOCx\_OMEGA。

图 18-20 速度观测器原理框图



18.4.1.1 反电动势估算

反电动势估算模块根据用户选择的观测器类型和输入的估算参数构建电机模型，根据采集的电机电流和电压进行估算，重构出与实际情况相符合的反电动势，反电动势中包含了电机转子位置的信息。对电机反电动势进行估算时，可采用滑模观测器（SMO）、磁链观测器（NFO、CFO、AFO）和自适应观测器（AO），得到估算反电动势 NFOCx\_EALPHA 和 NFOCx\_EBETA。

ME 默认使用滑模观测器（SMO），计算中涉及的 FOC 寄存器有：NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_KSLIDE、NFOCx\_MAXERR 和 NFOCx\_MERRRE。

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 001 使能自适应观测器（AO）。计算中涉及的 FOC 寄存器有：NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_EMAX、NFOCx\_EMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 010 使能一般磁链观测器（CFO）、计算中涉及的 FOC 寄存器有：

NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_KSLIDE、NFOCx\_FEK6、NFOCx\_FEK7、NFOCx\_FEK8、NFOCx\_EMAX、NFOCx\_EMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 011 使能非线性磁链观测器（NFO）。计算中涉及的 FOC 寄存器有：NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_KSLIDE、NFOCx\_FEK6、NFOCx\_EMAX、NFOCx\_EMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 100 使能全阶磁链观测器（AFO），计算中涉及的 FOC 寄存器有：NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_FEK5、NFOCx\_AFKDF、NFOCx\_AFKAF、NFOCx\_AFKP、NFOCx\_AFKI、NFOCx\_AFMAX、NFOCx\_AFMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

配置 DRVx\_FCR3[DEL\_MD] = 00，采用基于反正切的方法计算角度差 NFOCx\_EEK；配置 DRVx\_FCR3[DEL\_MD] = 01，采用基于  $\sin / \cos$  的方法计算角度差 NFOCx\_EEK；配置 DRVx\_FCR3[DEL\_MD] = 10，采用基于  $\sin / \cos$  后  $\Delta\theta/\text{EMF}$  的方法计算角度差 NFOCx\_EEK。此后 NFOCx\_EEK 经过 PI 控制器调节得到估算速度 NFOCx\_EUK。

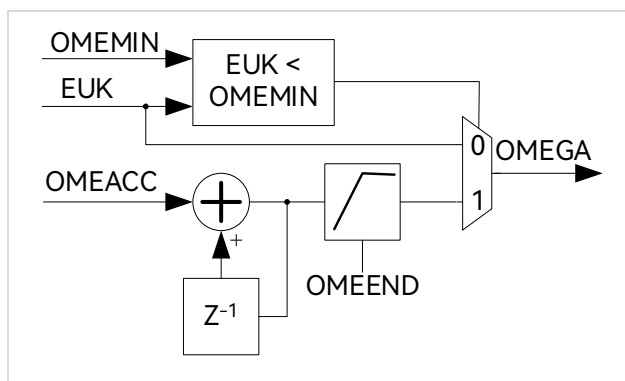
### 18.4.1.2 启动

电机启动时电机的输出电流小，观测器模型估算的速度与实际值存在较大的误差，可能导致电机启动失败。在这种情况下，可采用低速观测器启动或 Omega 启动以保证电机顺利启动运行。

配置 DRVx\_FCR0[LO\_EN] = 1 使能低速观测器启动。配置 DRVx\_FCR2[OMELD\_EN] = 1，将低速观测器计算的速度 NFOCx\_LOME 作为最终速度 NFOCx\_OMEGA。

配置 DRVx\_FCR1[OME\_STA\_EN] = 1 使能 Omega 启动。如图 18-21 所示通过判断观测器的瞬时估算速度 NFOCx\_EUK 与 NFOCx\_OMEMIN 的大小，选择不同速度作为最终速度 NFOCx\_OMEGA 供角度计算模块计算角度。当  $\text{NFOCx\_EUK} < \text{NFOCx\_OMEMIN}$  时，NFOCx\_OMEGA 使用观测器强制速度，强制速度从 0 开始，每个载波周期与速度增量 NFOCx\_OMEACC 相加，实现加速，同时以 NFOCx\_OMEEND 限制速度的最大值。当  $\text{NFOCx\_EUK} \geq \text{NFOCx\_OMEMIN}$  时，NFOCx\_OMEGA 等于 NFOCx\_EUK。

图 18-21 Omega 启动原理框图



速度 NFOCx\_OMEGA 经过一级低通滤波和二级低通滤波得到速度 NFOCx\_OMEFLT 和 NFOCx\_OMEFL2。

## 18.4.2 高频注入

高频注入的基本思想为将一个高频电压信号叠加到基波上，共同施加给电机三相绕组，相应的高频电流中将携带转子位置信息，通过高频注入算法将高频电流提取出来进行处理，即可估算出转子位置信息。

配置 DRVx\_FCR2[HFI\_CAL\_EN] = 1 使能高频注入。经高频注入算法得到速度 NFOCx\_HUK。配置 DRVx\_FCR2[OMELD\_EN] = 1 将 NFOCx\_HUK 更新至 NFOCx\_OMEGA。

## 18.4.3 磁链观测器

### 18.4.3.1 一般磁链观测器 CFO

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 010，选择观测器模式为 CFO；配置 DRVx\_FCR6[ESTU\_SEL]选择 CFO 读取 NFOCx\_UDCALP 以及 NFOCx\_UDCBETA 的 Q 格式；配置 DRVx\_FCR6[ESTID\_SEL]选择 CFO 计算中 ID 来源；配置 DRVx\_FCR3[DEL\_MD]选择 PLL 角度计算模式。CFO 相关的参数寄存器有 NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_KSLIDE、NFOCx\_FEK6、NFOCx\_FEK7、NFOCx\_FEK8、NFOCx\_EMAX、NFOCx\_EMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

### 18.4.3.2 非线性磁链观测器 NFO

配置 DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 011，选择观测器模式为 NFO；配置 DRVx\_FCR6[ESTU\_SEL]选择 NFO 读取 NFOCx\_UDCALP 以及 NFOCx\_UDCBETA 的 Q 格式；配置 DRVx\_FCR6[ESTID\_SEL]选择 NFO 计算中 ID 来源；配置 DRVx\_FCR3[DEL\_MD]选择 PLL 角度计算模式。NFO 相关的参数寄存器有 NFOCx\_EK1、NFOCx\_EK2、NFOCx\_EK3、NFOCx\_EK4、NFOCx\_KSLIDE、NFOCx\_FEK6、NFOCx\_EMAX、NFOCx\_EMIN、NFOCx\_EKP、NFOCx\_EKI。

### 18.4.3.3 全阶磁链观测器 AFO

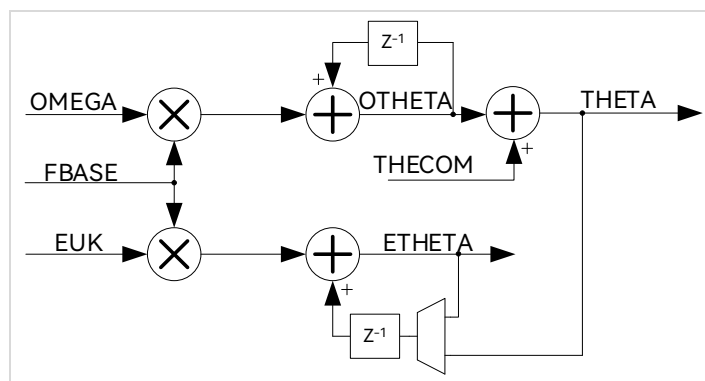
配置  $DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 100$ ，选择观测器模式为 AFO；配置  $DRVx\_FCR6[ESTU\_SEL]$  选择 AFO 读取  $NFOCx\_UDCALP$  以及  $NFOCx\_UDCBETA$  的 Q 格式；配置  $DRVx\_FCR6[ESTID\_SEL]$  选择 AFO 计算中 ID 来源；配置  $DRVx\_FCR3[DEL\_MD]$  选择 PLL 角度计算模式。AFO 相关的参数寄存器有  $NFOCx\_EK1$ 、 $NFOCx\_EK2$ 、 $NFOCx\_EK3$ 、 $NFOCx\_EK4$ 、 $NFOCx\_FEK5$ 、 $NFOCx\_AFKDF$ 、 $NFOCx\_AFKAF$ 、 $NFOCx\_AFKP$ 、 $NFOCx\_AFKI$ 、 $NFOCx\_AFMAX$ 、 $NFOCx\_AFMIN$ 、 $NFOCx\_EKP$ 、 $NFOCx\_EKI$ 。

### 18.4.4 角度计算

角度计算模块用于计算最终角度  $NFOCx\_THETA$  和估算角度  $NFOCx\_ETHETA$ 。最终角度  $NFOCx\_THETA$  将参与 FOC 电流环的坐标转换运算，估算角度  $NFOCx\_ETHETA$  经反馈补偿后得到  $NFOCx\_FTHETA$ ，送入反电动势估算模块参与速度估算。

根据最终速度  $NFOCx\_OMEGA$  和速度基准  $NFOCx\_FBASE$ ，求解补偿前的角度  $NFOCx\_OTHETA$ ，经补偿值  $NFOCx\_THECOM$  进行补偿后输出最终角度  $NFOCx\_THETA$ 。当高频注入使能时，或低速观测器启动使能时，或采用 Omega 启动且配置  $DRVx\_FCR2[OMESTA\_MD] = 1$  时，估算角度  $NFOCx\_ETHETA$  的积分来源为  $NFOCx\_ETHETA$ ；当采用 Omega 启动且配置  $DRVx\_FCR2[OMESTA\_MD] = 0$  时，估算角度  $NFOCx\_ETHETA$  的积分来源为  $NFOCx\_THETA$ 。

图 18-22 角度计算原理框图



## 18.5 FOC 外环

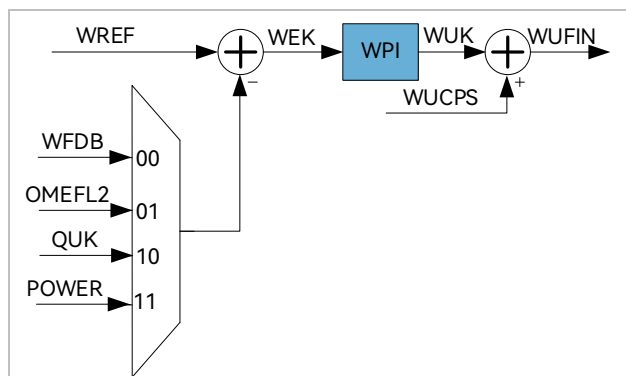
配置  $DRVx\_PTR[WPI\_TRG] = 1$  使能一次外环计算；配置  $DRVx\_FCR1[WPIAUTO] = 01$  每个载波周期自动使能一次外环计算；配置  $DRVx\_FCR1[WPIAUTO] = 10$  每个 SysTick 周期自动使能一次外环计算。

配置  $DRVx\_FCR1[WPIMD]$  可选择不同的值实现以下控制：

- 配置  $DRVx\_FCR1[WPIMD] = 00$  选择手动填入反馈值  $NFOCx\_WFDB$ ，从而实现基于软件手动填入的闭环控制
- 配置  $DRVx\_FCR1[WPIMD] = 01$  选择外环反馈值为电机转速  $NFOCx\_OMEFL2$ ，从而实现速度-电流双闭环控制
- 配置  $DRVx\_FCR1[WPIMD] = 10$  选择外环反馈值为电机q轴电压  $NFOCx\_QUK$ ，从而实现电压-电流双闭环控制
- 配置  $DRVx\_FCR1[WPIMD] = 11$  选择外环反馈值为电机功率  $NFOCx\_POWER$ ，从而实现功率-电流双闭环控制

FOC 外环使用  $NFOCx\_WREF$  作为外环参考输入。外环参考值  $NFOCx\_WREF$  与反馈值作差得到  $NFOCx\_WEK$ 。经外环 PI 控制器调节后输出  $NFOCx\_WUK$ ，经  $NFOCx\_WUCPS$  补偿后得到  $NFOCx\_WUFIN$ 。配置  $DRVx\_FCR1[WPILDEN] = 1$ ，将  $NFOCx\_WUFIN$  自动更新至  $NFOCx\_IQREF$ 。

图 18-23 FOC 外环原理框图

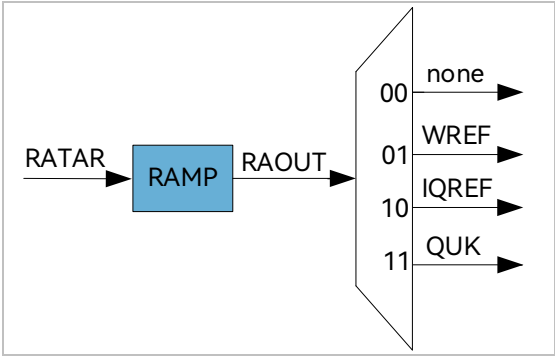


## 18.6 爬坡计算

配置  $DRVx\_PTR[RAMP\_TRG] = 1$  使能一次爬坡计算；配置  $DRVx\_FCR1[RAMP\_AUTO] = 1$  每个 SysTick 周期自动使能一次爬坡计算。若爬坡输出值  $NFOCx\_RAOUT$  未达到爬坡目标值  $NFOCx\_RATAR$ ，则爬坡输出值  $NFOCx\_RAOUT$  与步进值  $NFOCx\_RAINC/NFOCx\_RADEC$  相加（减），否则输出爬坡目标值  $NFOCx\_RATAR$ 。

配置  $DRVx\_FCR1[RAMPMD] = 00$  选择不更新；配置  $DRVx\_FCR1[RAMPMD] = 01$  选择将爬坡值更新至  $NFOCx\_WREF$ ；配置  $DRVx\_FCR1[RAMPMD] = 10$  选择将爬坡值更新至  $NFOCx\_IQREF$ ；配置  $DRVx\_FCR1[RAMPMD] = 11$  选择将爬坡值更新至  $NFOCx\_QUK$  的高 16 位。

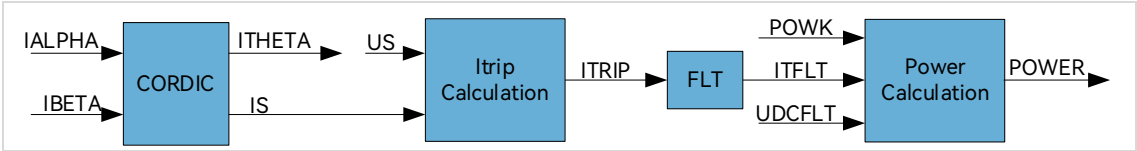
图 18-24 爬坡计算原理框图



18.7 功率计算

ME 根据采样电流、输出电压的调制度以及滤波后的母线电压，经过计算得到电机功率。配置 DRVx\_FCR0[ITPOWMD] = 00 不进行功率计算；配置 DRVx\_FCR0[ITPOWMD] = 10，NFOCx\_ITRIP = NFOCx\_US \* NFOCx\_IS；配置 DRVx\_FCR0[ITPOWMD] = 11，NFOCx\_ITRIP = NFOCx\_IS。经低通滤波器后得到 NFOCx\_ITFLT，再计算功率 NFOCx\_POWER = (NFOCx\_ITFLT \* NFOCx\_POWK1) \* (NFOCx\_UDC \* NFOCx\_POWK2)。

图 18-25 功率计算原理框图



18.8 弱磁

配置 DRVx\_FCR2[FWEAK\_EN] = 1 使能弱磁，配置 DRVx\_FCR2[FWEAK\_MD]选择弱磁计算模式（MOD0 / MOD1）。根据 NFOCx\_UALPHA 和 NFOCx\_UBETA 得到 NFOCx\_US，对 NFOCx\_US 进行滤波得到 NFOCx\_USFLT。以 (NFOCx\_FWREF - NFOCx\_USFLT) \* NFOCx\_UDCFLT 作为 PI 控制器输入，经 PI 控制器调节后输出 NFOCx\_FWUK。配置 DRVx\_FCR2[FWEAK\_MD] = 0 进入弱磁计算 MOD0，将 NFOCx\_WUFIN \* cos(NFOCx\_FWUK)更新至 NFOCx\_IQREF，NFOCx\_WUFIN \* sin(NFOCx\_FWUK)的结果做限幅后更新至 NFOCx\_IDREF；配置 DRVx\_FCR2[FWEAK\_MD] = 1 进入弱磁计算 MOD1，将 NFOCx\_WUFIN 更新至 NFOCx\_IQREF，对 NFOCx\_FWUK 做限幅后更新至 NFOCx\_FWIDR，将 NFOCx\_FWIDR + NFOCx\_IDREF 作为 d 轴参考电流。



备注:

一般情况下，弱磁计算 MOD0 和 MOD1 模式下对应的限幅值 NFOCx\_IDRLIM 大小不同。

## 18.9 端电压

根据硬件和电机参数配置 NFOCx\_USK 和 NFOCx\_USOMEK，配置 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] 选择 NFOCx\_UDCALP / NFOCx\_UDCBET 的来源。配置 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] = 00 时，NFOCx\_UA / UB / UC 不采样，使用 NFOCx\_UALPHA / NFOCx\_BETA 和 NFOCx\_UDC 计算的值更新到 NFOCx\_UDCALP / NFOCx\_UDCBET；配置 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] = 01 时，NFOCx\_UA / UB / UC 采样，使用 NFOCx\_UALPHA / NFOCx\_BETA 和 NFOCx\_UDC 计算的值更新到 NFOCx\_UDCALP / NFOCx\_UDCBET；配置 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] = 10 时，NFOCx\_UA / UB / UC 采样，使用 NFOCx\_UA / UB / UC 计算的值更新到 NFOCx\_UDCALP / NFOCx\_UDCBET；配置 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] = 11 时，NFOCx\_UA / UB / UC 采样，使用 NFOCx\_UA / UB / UC 计算的值，进行幅值和相位补偿后，更新到 NFOCx\_UDCALP / NFOCx\_UDCBET。使能 DRVx\_FCR5[UABC\_SEL] 时，NFOCx\_UA / UB / UC 固定在上溢点开始采样。



备注:

- 主电机的UA、UB和UC与对应的ADC采样通道选择不被CMP\_CR2[CMP0MOD]配置值影响，仅受CMP\_CR2[CMP0FS]控制。配置CMP\_CR2[CMP0FS] = 0时，主电机的UA、UB和UC的采样通道分别为ADC1通道6、ADC1通道8、ADC1通道9；配置CMP\_CR2[CMP0FS] = 1时，主电机的UA、UB和UC的采样通道分别为ADC1通道6、ADC1通道5、ADC1通道7。
- 从电机的UA、UB和UC与对应的ADC采样通道选择不被CMP\_CR6[CMP6MOD]配置值影响，仅受CMP\_CR6[CMP6FS]控制。配置CMP\_CR6[CMP6FS] = 0时，从电机的UA、UB和UC的采样通道分别为ADC2通道6、ADC2通道8、ADC2通道9；配置CMP\_CR6[CMP6FS] = 1时，UA、UB和UC的采样通道分别为ADC2通道6、ADC2通道5、ADC2通道7。

## 18.10 UQ 注入

配置 DRVx\_FCR2[UQINJ\_EN] = 1 使能 UQ 注入补偿，NFOCx\_UQCPS 自动更新。计算中涉及的 FOC 寄存器有：NFOCx\_UIK0、NFOCx\_UIK1、NFOCx\_UIK2、NFOCx\_UIK3、NFOCx\_UIUS0、NFOCx\_UIUS1、NFOCx\_UIUS2、NFOCx\_UIUS3、NFOCx\_UITC0、NFOCx\_UITC1、NFOCx\_UITC2 和 NFOCx\_UITC3。

## 18.11 软件调用 CORDIC

软件调用 CORDIC 可在 FOC 计算空闲时执行。软件调用 CORDIC 时，共有 8 个 CORDIC 计算通道



CORDIC0 ~ CORDIC7 可供调用，每个 CORDIC 通道与 ME\_COR[COR0] ~ ME\_COR[COR7] 一一对应，是否选择对应的通道取决于 ME\_COR 的配置。每个 CORDIC 通道均可调用硬件 CORDIC 模块，完成 CORDIC 运算。

其中 CORDIC0、CORDIC1、CORDIC4 和 CORDIC5 通道用于计算 sine 和 cosine，CORDIC2、CORDIC3、CORDIC6 和 CORDIC7 通道用于计算 atan 和平方根，执行优先级为 CORDIC0 最高，CORDIC7 最低。计算 sine 和 cosine 时的计算公式为：

$$\begin{aligned} XO &= XI \cdot \cos(THETA) - YI \cdot \sin(THETA) \\ YO &= XI \cdot \sin(THETA) + YI \cdot \cos(THETA) \end{aligned}$$

计算 atan 和平方根时的计算公式为：

$$\begin{aligned} US &= \sqrt{XI^2 + YI^2} \\ UTHETA &= \arctan \frac{YI}{XI} \end{aligned}$$

## 18.12 角度融合

角度融合用于实现从高频注入角度 NFOCx\_HTHETA 到常规估算角度 NFOCx\_ATHETA 的平滑切换。由于角度融合基于 NFOCx\_HTHETA 环路，因此需同时使能 DRVx\_FCR2[OMELD\_EN] = 1。

通过 DRVx\_FCR5[ANGFU\_MAEN] 可配置手动融合和硬件融合两种不同的模式：

- 配置 DRVx\_FCR5[ANGFU\_MAEN] = 1 选择手动融合模式。通过 DRVx\_FCR5[ANGFU\_MD] 选择角度来源：00 来源为高频注入角度（HFI）；01 来源为融合角度；1x 来源为 SMO/AO/FO 估算角度。
- 配置 DRV1\_FCR5[ANGFU\_MAEN] = 0 选择硬件融合模式。DRVx\_FCR5[ANGFU\_MD] 为动态寄存器，由硬件自动更新。比较 NFOCx\_OMEFL2 与 阈值（NFOCx\_FUMAX / NFOCx\_FUMIN）：  
NFOCx\_OMEFL2 > NFOCx\_FUMAX 时，DRVx\_FCR5[ANGFU\_MD] = 1x；NFOCx\_OMEFL2 < NFOCx\_FUMIN 时，DRVx\_FCR5[ANGFU\_MD] = 00；其他情况 DRVx\_FCR5[ANGFU\_MD] = 01。



备注：

选择手动融合角度时，权重由 NFOCx\_FUWEI（Q15 格式）设定：SMO/AO/FO 权重 = 100% - NFOCx\_FUWEI；选择硬件融合角度时，权重由 NFOCx\_FUWEI（Q6 格式）设定。

## 18.13 电流环解耦

配置 DRVx\_FCR6[CVD\_EN] = 1 使能电流环解耦，解决电流动态耦合问题。配置 NFOCx\_CVK1、

NFOCx\_CVK2、NFOCx\_CVK3、NFOCx\_CVDK4、NFOCx\_CVQK4、NFOCx\_CVDK5、NFOCx\_CVQK5 可以实现复矢量解耦、负反馈解耦、内模解耦、内模 + 负反馈解耦四种电流环解耦模式。以上参数可通过配置 DRVx\_FCR7[CVKO\_SEL]配置不同的数据格式，00：Q14 格式；01：Q13 格式；10：Q12 格式；11：Q11 格式。

使能电流环解耦功能后，电流环的 PI 参数需配置 NFOCx\_DKP、NFOCx\_QKP、NFOCx\_DKI、NFOCx\_QKI、NFOCx\_CVKI2D、NFOCx\_CVKI2Q 等寄存器。以上参数可以由 DRVx\_FCR7[CVKP\_SEL]、DRVx\_FCR7[CVKI1\_SEL]、DRVx\_FCR7[CVKI2\_SEL]配置不同的数据格式，00：Q14 格式；01：Q13 格式；10：Q12 格式；11：Q11 格式。

电流环 d 轴及 q 轴的输出限幅由 NFOCx\_DMAX、NFOCx\_DMIN、NFOCx\_QMAX、NFOCx\_QMIN 设置。另外，通过将 DRVx\_FCR6[CVD\_SEL]置 1,可以选择软件计算逆变器输出作为抗饱和反馈，计算结果需填入 NFOCx\_CVQULO、NFOCx\_CVDULO。



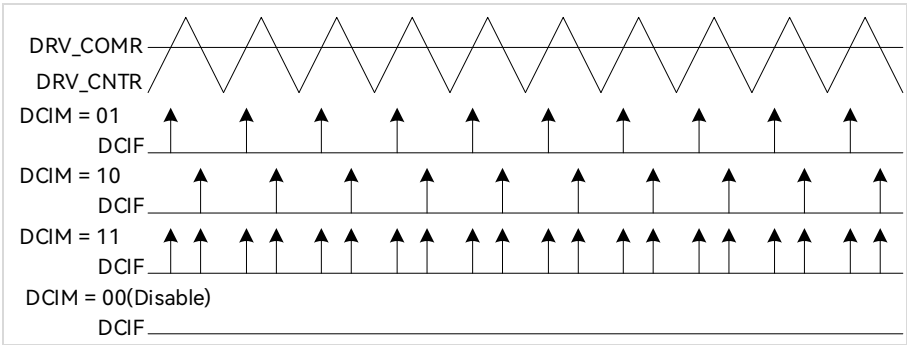
备注：  
首次电流环解耦 PI 计算时，NFOCx\_UDCLIM 作为分母，需初始化为 UDC 附近的数值。

## 18.14 ME 中断源

### 18.14.1 Driver 比较匹配中断

配置比较匹配寄存器 DRVx\_COMR 用于设定比较匹配中断产生的时间。当 Driver 计数器的计数值等于 DRVx\_COMR，且符合 DRVx\_IER[DCIM]设置的条件时，产生 Driver 比较匹配中断请求，中断标志位 DRVx\_IFR[DCIF]硬件置 1。通过 DRVx\_IER[DCIM]设置比较匹配中断产生的条件：DRVx\_IER[DCIM] = 00 时，不产生中断；DRVx\_IER[DCIM] = 01 时，计数器向上计数时产生中断；DRVx\_IER[DCIM] = 10 时，计数器向下计数时产生中断；DRVx\_IER[DCIM] = 11 时，计数器向上/向下计数时都产生中断。

图 18-26 Driver 比较匹配中断



通过  $DRVx\_IER[DCIP]$  设置比较匹配中断的周期数： $DRVx\_IER[DCIP] = 0$  时，每个载波周期均产生中断； $DRVx\_IER[DCIP] = 1$  时，每 2 个载波周期产生一次中断。

### 18.14.2 FG 中断

配置  $DRV1\_FCR1[FG\_OE] = 1$  使能 FG1 输出，配置  $PH\_SEL[T4CT] = 01$  从 PA0 输出，配置  $PH\_SEL[T4CT] = 10$  从 PA2 输出，配置  $PH\_SEL[T4CT] = 11$  从 PD3 输出。配置  $DRV2\_FCR1[FG\_OE] = 1$  使能 FG2 输出，配置  $PH\_SEL[T7CT] = 01$  从 PA1 输出，配置  $PH\_SEL[T7CT] = 10$  从 PA3 输出，配置  $PH\_SEL[T7CT] = 11$  从 PD0 输出。

FG 的输出为 FG 计数器  $FGTHETA$  的最高位。当配置  $DRVx\_FCR1[FG\_CALEN] = 1$ ，或 FG 输出与  $DRVx\_FCR1[FG\_IDLE\_LEV]$  不一致时， $FGTHETA$  根据设定的 FG 速度基准  $NFOCx\_FGBASE$  和电机速度  $NFOCx\_OMEFL2$  进行计算：

$$FGTHETA = FGTHETA + NFOCx\_FGBASE * NFOCx\_OMEFL2$$

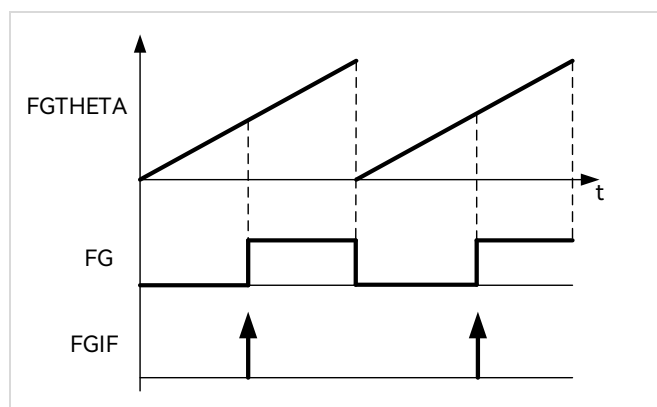
$NFOCx\_FGBASE$  的计算公式为：

$$NFOCx\_FGBASE = NFOCx\_FBASE * 32768 * 64 / 750000 * x$$

其中，最后一个变量  $x$  为一个电周期内期望输出的 FG 信号的个数。

配置  $DRVx\_FCR1[FG\_MD] = 0$  使用 750kHz 时钟计数；配置  $DRVx\_FCR1[FG\_MD] = 1$  使用 48MHz 时钟计数。在  $FGTHETA$  的一个完整周期内，FG 输出一段低电平和一段高电平。

图 18-27 FG 中断



通过  $DRVx\_IER[FGIE]$  使能 FG 中断。在 FG 信号的上升沿产生 FG 中断，中断标志位  $DRVx\_IFR[FGIF]$  硬件置 1。

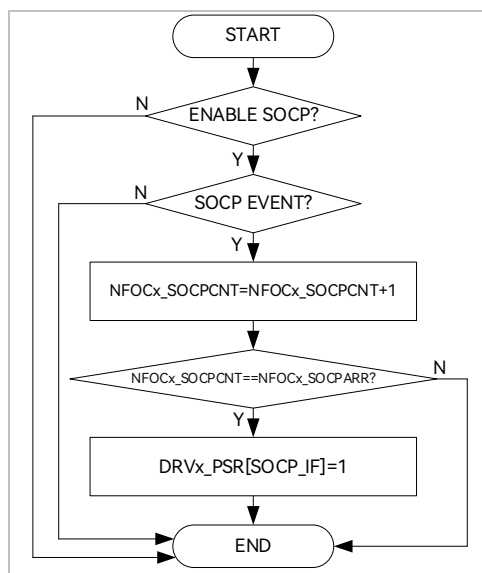
### 18.14.3 电机保护中断

#### 18.14.3.1 软件过流保护

配置  $DRVx\_PTR[SOCP\_TRG] = 1$  手动使能一次软件过流计算；配置  $DRVx\_PER[SOCP\_AUTO] = 1$ ，每个载波周期自动使能一次软件过流计算。判断软件过流事件发生的方法为：配置软件过流保护阈值  $NFOCx\_SOCP$ ，当  $NFOCx\_ITRIP > NFOCx\_SOCP$  时，即判断为发生软件过流事件。

配置软件过流保护计数目标值  $NFOCx\_SOCPARR$ 。当软件过流事件发生时，软件过流保护计数值  $NFOCx\_SOCPCNT$  加 1。当  $NFOCx\_SOCPCNT$  等于  $NFOCx\_SOCPARR$  时，软件过流保护中断标志  $DRVx\_PSR[SOCP\_IF]$  置 1。

图 18-28 软件过流保护流程图



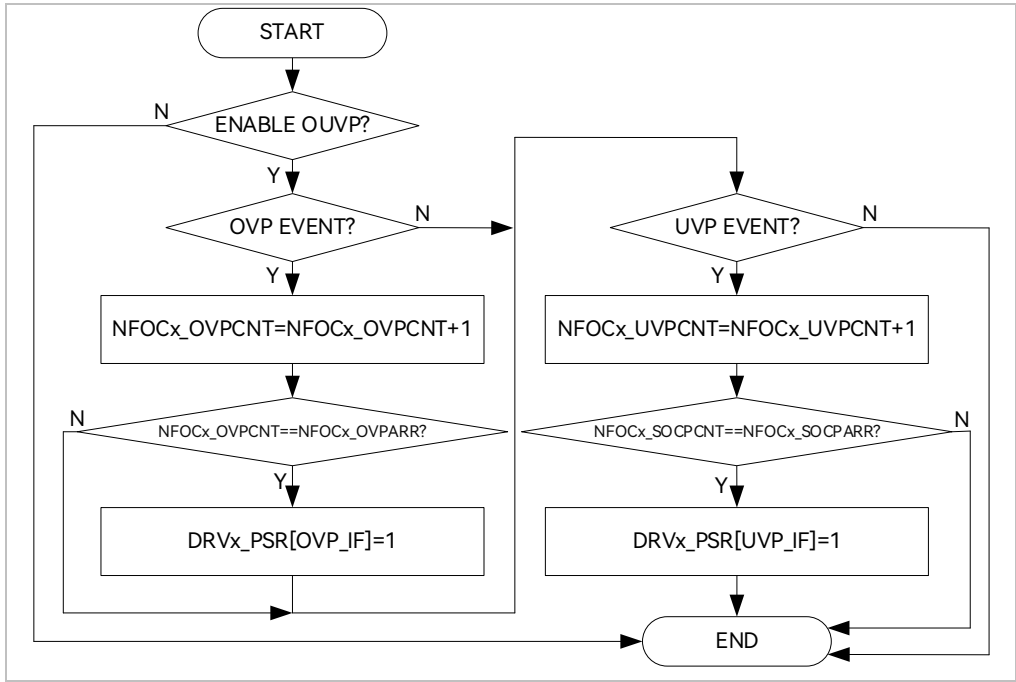
#### 18.14.3.2 过/欠压保护

配置  $DRVx\_PTR[OUVP\_TRG] = 1$  手动使能一次过/欠压计算；配置  $DRVx\_PER[OUVP\_AUTO] = 01$ ，每个载波周期自动使能一次过/欠压计算；配置  $DRVx\_PER[OUVP\_AUTO] = 10$ ，每个 SysTick 周期自动使能一次过/欠压计算。判断过压事件发生的方法为：配置过压保护阈值  $NFOCx\_OVP$ ，当  $NFOCx\_UDCFLT > NFOCx\_OVP$  时，即判断为发生过压事件。判断欠压事件发生的方法为：配置过压保护阈值  $NFOCx\_UVP$ ，当  $NFOCx\_UDCFLT < NFOCx\_UVP$  时，即判断为发生欠压事件。

配置过压保护计数目标值  $NFOCx\_OVPARR$ 。当过压事件发生时，过压保护计数值  $NFOCx\_OVPCNT$  加 1。当  $NFOCx\_OVPCNT$  等于  $NFOCx\_OVPARR$  时，过压保护中断标志位  $DRVx\_PSR[OVP\_IF]$  置 1。

配置欠压保护计数目标值 NFOCx\_UVPARR。当欠压事件发生时，欠压保护计数值 NFOCx\_UVPCNT 加 1。当 NFOCx\_UVPCNT 等于 NFOCx\_UVPARR 时，欠压保护中断标志位 DRVx\_PSR[UVP\_IF]置 1。

图 18-29 过/欠压保护流程图



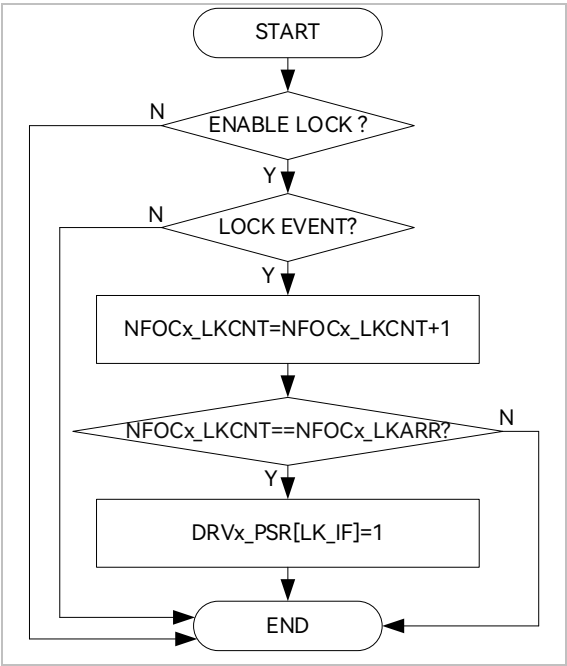
18.14.3.3 堵转保护

配置 DRVx\_PTR[LOCK\_TRG] = 1 手动使能一次堵转计算；配置 DRVx\_PER[LOCK\_AUTO] = 1，每个 systick 周期自动使能一次堵转计算。判断堵转事件发生的方法有三个，满足其一即判断为发生堵转事件：

- 配置DRVx\_PER[LOCK0]= 1，配置堵转最小转速NFOCx\_LKSMIN，当NFOCx\_OMEFL2 < NFOCx\_LKSMIN时，即判断为发生堵转事件；
- 配置DRVx\_PER[LOCK1]= 1，配置堵转最大转速NFOCx\_LKSMAX，当NFOCx\_OMEFL2 > NFOCx\_LKSMAX 时，即判断为发生堵转事件；
- 配置DRVx\_PER[LOCK2] = 1，配置堵转速度与反电动势比值NFOCx\_LOCKK，当 NFOCx\_LOCKK\*NFOCx\_EMF < NFOCx\_OMEFL2时，即判断为发生堵转事件。

配置堵转保护计数目标值 NFOCx\_LKARR。当任一堵转事件发生时，堵转保护计数值 NFOCx\_LKCNT 加 1。当 NFOCx\_LKCNT 等于 NFOCx\_LKARR 时，堵转保护中断标志位 DRVx\_PSR[LK\_IF]置 1。

图 18-30 堵转保护流程图

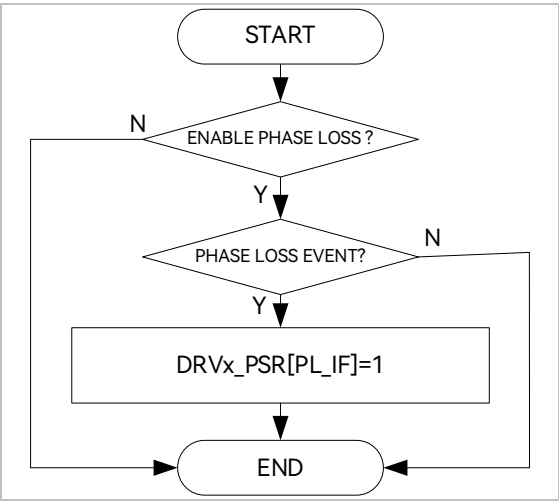


18.14.3.4 缺相保护

配置 DRVx\_PTR[PL\_TRG] = 1 手动使能一次缺相计算；配置 DRVx\_PER[PL\_AUTO] = 1，每个电周期自动使能一次缺相计算。判断缺相事件发生的方法为：配置缺相保护电流值 NFOCx\_NCURRE 和缺相保护电流倍数 NFOCx\_PLK，若三相最大电流值（NFOCx\_IAMAX、NFOCx\_IBMAX 和 NFOCx\_ICMAX）中存在某一相最大电流值大于 NFOCx\_NCURRE，且该最大电流值与 NFOCx\_PLK 的乘积大于其他任意一相电流的最大值，即判断为发生缺相事件。

当缺相事件发生时，缺相保护中断标志位 DRVx\_PSR[PL\_IF]置 1。

图 18-31 缺相保护流程图



18.15 高速电压相位补偿

从电流采样到 Driver 更新存在 1 个载波周期的延迟，此外以数字方式执行 SVPWM 逻辑时，不可避免地会产生进一步的时间延迟，一个零阶保持器的半个采样时间延迟可以作为对 SVPWM 的延迟良好近似，因此共有 1.5 个载波周期的延迟。电机处于高速状态时，这 1.5 个载波周期的延迟造成的角度误差对电机运行性能影响较大，因此需要进行补偿。由于 NFOCx\_ETHERA 在补偿之前已经超前了 NFOCx\_ATHETA 一个载波周期，因此在 NFOCx\_FTCK 处补偿 0.5 个载波周期即可。

18.16 ME 寄存器

为了方便客户理解与配置 ME 模块，进而对电机实施精准控制与保护，峰岷科技将集成的寄存器分为了 24 类。

18.16.1 Driver 计数器寄存器

18.16.1.1 DRVx\_IER (CSR:0x542/0x582) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|------|------|------|------|------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | CAIE | THIE | FGIE | DCIP | DCIM |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | rw   | rw   | rw   | rw   | rw   | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0  |

| 位      | 名称   | 描述                                                                              |
|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------|
| [31:6] | RSV  | 保留                                                                              |
| [5]    | CAIE | 计算完成异常中断使能<br>使能后，如果在计数器向上计数阶段完成 FOC 计算，则视为异常（主要针对高频注入和单电阻）。<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [4]    | THIE | TH 中断使能<br>中断使能后，电角度从 0x7FFF 到 0x8000 时，产生一次 TH 中断<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [3]    | FGIE | FG 中断使能<br>中断使能后，FOC 驱动每转一圈(电周期)，产生一次 FG 中断<br>0: 不使能                           |

|       |      |                                                                                                                                              |
|-------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |      | 1: 使能                                                                                                                                        |
| [2]   | DCIP | 产生 Driver 比较匹配中断的周期数<br>0: 每个载波周期产生比较匹配中断<br>1: 每 2 个载波周期产生比较匹配中断                                                                            |
| [1:0] | DCIM | 比较匹配中断模式设置<br>当计数值等于 DRVx_COMR 时，根据 DRVx_IER[DCIM]的设置判断是否产生中断请求<br>00: 不产生中断<br>01: 计数器向上计数时产生中断<br>10: 计数器向下计数时产生中断<br>11: 计数器向上/向下计数时都产生中断 |

18.16.1.2 DRVx\_IFR (CSR:0x543/0x583) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5    | 4    | 3    | 2   | 1 | 0    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|------|------|------|-----|---|------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   | CAIF | THIF | FGIF | RSV |   | DCIF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | rw0  | rw0  | rw0  | -   | - | rw0  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | 0    | 0    | 0    | -   | - | 0    |

| 位      | 名称   | 描述                                                           |
|--------|------|--------------------------------------------------------------|
| [31:6] | RSV  | 保留                                                           |
| [5]    | CAIF | 计算完成异常中断标记<br>该位由硬件置 1。它由软件清 0。<br>0: 无事件发生<br>1: 计算完成异常中断产生 |
| [4]    | THIF | TH 中断标记<br>该位由硬件置 1。它由软件清 0。<br>0: 无事件发生<br>1: TH 中断产生       |
| [3]    | FGIF | FG 中断标记<br>该位由硬件置 1。它由软件清 0。<br>0: 无事件发生<br>1: FG 中断产生       |
| [2:1]  | RSV  | 保留                                                           |
| [0]    | DCIF | DRV 比较匹配中断标记                                                 |



|  |  |                                                                                                     |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 当计数值等于 DRVx_COMR 时，根据 DRVx_IER[DCIM] 设置判断计数方向，符合则产生中断标记<br>该位由硬件置 1。它由软件清 0。<br>0：无事件发生<br>1：比较中断产生 |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.1.3 DRVx\_CNTR (CSR:0x55A/0x59A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |  |  |  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|--|--|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CNTR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW        | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |  |  |  |  |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                  |
| [13:0]  | DRVx_CNTR | 计数器值<br>Driver 对应占空比 = DRVx_CNTR / DRVx_ARR*100%<br>取值范围[0,16383]<br><div> 备注:<br/>只有在 DRVx_CR[DRVEN] = 1 时，才能写入 DRVx_CNTR</div> |

18.16.1.4 DRVx\_ARR (CSR:0x550/0x590) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13       | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_ARR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                     |
|---------|----------|------------------------|
| [31:14] | RSV      | 保留                     |
| [13:0]  | DRVx_ARR | 计数器的重载值，决定载波频率(中央对齐模式) |

|  |  |                                                                                                                                                                                            |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Driver 计数器从 0 开始计数到 DRVx_ARR，产生上溢事件，然后向下计数到 1，以此循环往复，载波频率 $f_{carrier} = f_{CLK}/(DRVx\_ARR*2)$<br>例：48MHz 时钟下，DRVx_ARR = 1200，则载波频率 $f_{carrier} = 48M/(1200*2) = 20kHz$<br>取值范围[0,16383] |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.1.5 DRVx\_COMR (CSR:0x552/0x592) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |  |  |  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|--|--|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_COMR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |  |  |  |  |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                 |
|---------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV       | 保留                                                                                                                                 |
| [13:0]  | DRVx_COMR | 计数器的比较匹配值<br>当计数值与 DRVx_COMR 相等且满足 DRVx_IER[DCIM]设定的条件时，产生 DRV 比较匹配中断请求。<br>匹配点对应的占空比 = DRVx_COMR / DRVx_ARR*100%<br>取值范围[0,16383] |

18.16.1.6 DRVx\_DR (CSR:0x551/0x591) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13      | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |  |  |  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_DR |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | w       | w  | w  | w  | w | w | w | w | w | w | w | w | w |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV     | 保留                                                                                                |
| [13:0]  | DRVx_DR | 三相 PWM 占空比设定值，写该寄存器时将所写值同时更新至 DRVx_CMPU1、DRVx_CMPD1、DRVx_CMPU2、DRVx_CMPD2、DRVx_CMPU3 和 DRVx_CMPD3 |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <div>该寄存器只可写，不可读</div> <div>占空比 = <math>\text{DRVx\_DR} / \text{DRVx\_ARR} \times 100\%</math></div> <div>取值范围[0,16383]</div> <div><div></div><div>备注:<br/>当使用该寄存器作为比较源时，输出 PWM 以上桥为参考，下桥为插入死区的互补输出</div></div> |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.1.7 DRVx\_COMUR (CSR:0x55D/0x59D) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_COMUR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                         |
|---------|------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                         |
| [15:0]  | DRVx_COMUR | 计数器向上计数时比较匹配中断对应 DRVx_DR 值 |

18.16.1.8 DRVx\_COMDR (CSR:0x55E/0x59E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_COMDR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                         |
|---------|------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                         |
| [15:0]  | DRVx_COMDR | 计数器向下计数时比较匹配中断对应 DRVx_DR 值 |

18.16.1.9 DRVx\_CMPU1 (CSR:0x554/0x594) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |  |  |  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|--|--|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPU1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |  |  |  |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |  |  |  |  |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                                         |
| [13:0]  | DRVx_CMPU1 | A 相 DRVx_CNTR 上升比较值<br>当 DRVx_CMPU1 > DRVx_CNTR 时输出为高<br>当 DRVx_CMPU1 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低<br><div> 备注:<br/>当使用该寄存器作为比较源时，输出 PWM 以下桥为参考，上桥为插入死区的互补输出</div> |

18.16.1.10 DRVx\_CMPD1 (CSR:0x555/0x595) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPD1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                      |
|---------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                      |
| [13:0]  | DRVx_CMPD1 | A 相 DRVx_CNTR 下降比较值<br>当 DRVx_CMPD1 ≥ DRVx_CNTR 时输出为高<br>当 DRVx_CMPD1 < DRVx_CNTR 时输出为低 |

|  |  |                                                                                                                                                 |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  <div>备注:<br/>当使用该寄存器作为比较源时, 输出 PWM 以下桥为参考, 上桥为插入死区的互补输出</div> |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.1.11 DRVx\_CMPU2 (CSR:0x556/0x596) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPU2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [13:0]  | DRVx_CMPU2 | <div>B 相 DRVx_CNTR 上升比较值</div> <div>当 DRVx_CMPU2 &gt; DRVx_CNTR 时输出为高</div> <div>当 DRVx_CMPU2 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低</div> <div><div>备注:<br/>当使用该寄存器作为比较源时, 输出 PWM 以下桥为参考, 上桥为插入死区的互补输出</div></div> |

18.16.1.12 DRVx\_CMPD2 (CSR:0x557/0x597) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPD2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称  | 描述 |
|---------|-----|----|
| [31:14] | RSV | 保留 |

|        |            |                                                                                                                                                                                                    |
|--------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [13:0] | DRVx_CMPD2 | <div>B 相 DRVx_CNTR 下降比较值</div> <div>当 DRVx_CMPD2 ≥ DRVx_CNTR 时输出为高</div> <div>当 DRVx_CMPD2 &lt; DRVx_CNTR 时输出为低</div> <div><div></div>备注:<div>当使用该寄存器作为比较源时，输出 PWM 以下桥为参考，上桥为插入死区的互补输出</div></div> |
|--------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.1.13 DRVx\_CMPU3 (CSR:0x558/0x598) (x=1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPU3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                 |
|---------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                 |
| [13:0]  | DRVx_CMPU3 | <div>C 相 DRVx_CNTR 上升比较值</div> <div>当 DRVx_CMPU3 &gt; DRVx_CNTR 时输出为高</div> <div>当 DRVx_CMPU3 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低</div> <div><div></div>备注:<div>当使用该寄存器作为比较源时，输出 PWM 以下桥为参考，上桥为插入死区的互补输出</div></div> |

18.16.1.14 DRVx\_CMPD3 (CSR:0x559/0x599) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_CMPD3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW         | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| [13:0]  | DRVx_CMPD3 | <div>C 相 DRVx_CNTR 下降比较值</div> <div>当 <math>DRVx\_CMPD3 \geq DRVx\_CNTR</math> 时输出为高</div> <div>当 <math>DRVx\_CMPD3 &lt; DRVx\_CNTR</math> 时输出为低</div> <div> 备注:</div> <div>当使用该寄存器作为比较源时，输出 PWM 以下桥为参考，上桥为插入死区的互补输出</div> |

18.16.2 FOC 控制状态寄存器

18.16.2.1 ME\_CR (CSR:0x500)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13      | 12  | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5  | 4         | 3   | 2     | 1       | 0         |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|-----|----|----|---|---|---|---|----|-----------|-----|-------|---------|-----------|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_DIS | RSV |    |    |   |   |   |   |    | DRVSYN_EN | RSV | INTCD | TRIG_MD | UDC2_MAEN | RSV |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | -   | -  | -  | - | - | - | - | rw | -         | rw  | rw    | rw      | -         |     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | -   | -  | -  | - | - | - | - | 0  | -         | 0   | 0     | 0       | -         |     |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| [13]    | UDC_DIS   | 禁止采样母线电压使能<br>使能后，硬件不自动采样母线电压，需软件采样后填入 FOC 寄存器<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [12:6]  | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| [5]     | DRVSYN_EN | 双电机同步使能<br>使能后，写 DRV1 域的寄存器时会同时写 DRV2 域的寄存器，但读 DRV1 域的寄存器仍是 DRV1 域的寄存器的值<br>0：不使能<br>1：使能<br>例：此位置 1 后，配置 DRV1_CR[DRVEN] = 1，则硬件会同时配置 DRV2_CR[DRVEN] = 1，从而使得 DRV1_CNTR 和 DRV2_CNTR 同时开始计数。<br> 备注：<br>此功能可以使 DRV1 和 DRV2 的 DRVx_CNTR 同时启动 |
| [4]     | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| [3]     | INTCD     | 使能后外部中断 1（需要配置外部中断 1 的相关寄存器）能够将 DRVx_CNTR 更新为向上计数时 DRVx_ARR 的一半，用于 EtherCAT 同步<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                                                                                               |



|     |           |                                                                                                                                                                                                                           |
|-----|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |           |  备注:<br>外部中断 1 会产生中断，如果不需要，需要将中断优先级降低                                                                                                    |
| [2] | TRIG_MD   | 主电机双电阻采样 ADC2 使能<br>使能后，当主电机为双电阻采样时，使用 ADC2 的通道 13 采样 ib。当主从电机均工作时此位禁止写 1。<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><br> 备注:<br>此模式不支持 DRVx_CR[DRV_DIR] = 1 |
| [1] | UDC2_MAEN | 母线电压采用从电机使能<br>使能后，FOC 计算使用从电机的母线电压，需要软件更新母线电压值。<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                       |
| [0] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                        |

18.16.2.2 DRVx\_CR (CSR:0x540/0x580) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14  | 13     | 12 | 11  | 10 | 9 | 8       | 7 | 6       | 5         | 4 | 3     | 2 | 1     | 0 |      |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|-----|--------|----|-----|----|---|---------|---|---------|-----------|---|-------|---|-------|---|------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVCNTRDIR |     | DRVLDM |    | RSV |    |   | DRVUDMD |   | DRVUDRN | OCP_MOEMD |   | MOEMD |   | DRVMD |   | DDIR | DRVEN | DRVOE |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | r/w        | r/w |        |    |     |    |   |         |   |         |           |   |       |   |       |   |      |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -          | -   | -      | -  | -   | -  | - | -       | - | -       | -         | - | -     | - | -     | 0 | 0    | 0     | -     | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -          | -   | -      | -  | -   | -  | - | -       | - | -       | -         | - | -     | - | -     | - | 0    | 0     | 0     | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                           |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                           |
| [15]    | DRVCNTRDIR | DRVx_CNTR 方向<br>0: 向上计数<br>1: 向下计数                                                                                                                                           |
| [14:13] | DRVLDM     | DRVx_ARR 和 DRVx_CMR 更新模式<br>00: 不更新<br>01: 在更新 CMPx 的时候更新 DRVx_ARR<br>10: 在更新 CMPx 的时候更新 DRVx_ARR 和 DRVx_CMR，但只更新一次，更新后，DRVLDM 清 0<br>11: 在更新 CMPx 的时候更新 DRVx_ARR 和 DRVx_CMR |

|         |           |                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [12:10] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                             |
| [9:8]   | DRVUDMD   | DRVx_CMPUx/Dx, DRVx_ARR, DRVx_CMR, DRVx_TRG1/2 更新模式<br>00: 上溢, 下溢, 三角波模式下的 FOC 计算结束后<br>01: 上溢, 下溢<br>10: 下溢(DRVx_CR[DRVUDRN]需配置 1)<br>11: 上溢(DRVx_CR[DRVUDRN]需配置 1)                                                           |
| [7]     | DRVUDRN   | 三角波模式下, DRVx_CMPUx/Dx 的更新方法<br>0: 下溢更新 DRVx_CMPDx, 上溢更新 DRVx_CMPUx<br>1: 下溢/上溢均更新 DRVx_CMPDx/Ux                                                                                                                                |
| [6]     | OCP_MOEMD | 过流保护中断 MOE 使能<br>发生 CMP4 过流保护事件会使 MOE 硬件清 0<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                 |
| [5:4]   | MOEMD     | MOE 硬件清 0 和使能选择<br>发生 CMP3 过流保护事件会使 MOE 硬件清 0 和使能<br>00: MOE 不自动清 0<br>01: MOE 自动清 0<br>10: MOE 自动清 0, 且在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 5.3μs (时钟频率 48MHz) 后自动使能 MOE<br>11: MOE 自动清 0, 且在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 2.6μs (时钟频率 48MHz) 后自动使能 MOE |
| [3]     | DRVMD     | DRVx_CNTR 计数方式<br>0: 三角波模式<br>1: 锯齿波模式                                                                                                                                                                                         |
| [2]     | DDIR      | 输出方向(正反转)<br>0: 正转<br>1: 反转<br><div>            备注:<br/>           无感 FOC 改变此位即可改变方向, 有感 FOC 还需配合软件修改角度         </div>                      |
| [1]     | DRVEN     | 计数器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                       |
| [0]     | DRVOE     | Driver 输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                 |

## 18.16.2.3 DRVx\_OUT (CSR:0x541/0x581) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14      | 13  | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7   | 6   | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|-----|----|----|----|---|---|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | HREV_EN | LREV_EN | RSV |    |    |    |   |   | MOE | RSV | OISWL | OISWH | OISVL | OISVH | OISUL | OISUH |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw      | -   | -  | -  | -  | - | - | rw  | -   | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | -   | -  | -  | -  | - | - | 0   | -   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                            |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                            |
| [15]    | HREV_EN | 上桥预驱反相使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                   |
| [14]    | LREV_EN | 下桥预驱反相使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                   |
| [13:8]  | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                            |
| [7]     | MOE     | 主输出使能<br>用于选择三相上下桥输出信号的来源。该位可由软件置 1 和清 0。母线电流保护产生时，硬件自动清 0，关闭输出。<br>0: 不使能，输出来源于空闲电平<br>DRVx_OUT[OISUH]/DRVx_OUT[OISVH]/DRVx_OUT[OISWH]/DRVx_OUT[OISUL]/DRVx_OUT[OISVL]/DRVx_OUT[OISWL]。<br>1: 使能，输出来源于计数器比较值 |
| [6]     | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                            |
| [5]     | OISWL   | W 相下桥的输出空闲电平<br>参考 OISUH 描述                                                                                                                                                                                   |
| [4]     | OISWH   | W 相上桥的输出空闲电平<br>参考 OISUH 描述                                                                                                                                                                                   |
| [3]     | OISVL   | V 相下桥的输出空闲电平<br>参考 OISUH 描述                                                                                                                                                                                   |
| [2]     | OISVH   | V 相上桥的输出空闲电平<br>参考 OISUH 描述                                                                                                                                                                                   |
| [1]     | OISUL   | U 相下桥的输出空闲电平<br>参考 OISUH 描述                                                                                                                                                                                   |
| [0]     | OISUH   | U 相上桥的输出空闲电平                                                                                                                                                                                                  |

|  |  |                                                                        |
|--|--|------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 该位设置 UH 的输出空闲电平。当 DRVx_OUT[MOE] = 0 时，输出空闲电平关闭 MOS<br>0: 低电平<br>1: 高电平 |
|--|--|------------------------------------------------------------------------|

18.16.2.4 DRVx\_CMR (CSR:0x547/0x587) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11  | 10  | 9   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   | 0   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | WHP | WLP | VHP | VLP | UHP | ULP | WHE | WLE | VHE | VLE | UHE | ULE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位       | 名称  | 描述                                |
|---------|-----|-----------------------------------|
| [31:12] | RSV | 保留                                |
| [11]    | WHP | W 相上管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [10]    | WLP | W 相下管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [9]     | VHP | V 相上管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [8]     | VLP | V 相下管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [7]     | UHP | U 相上管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [6]     | ULP | U 相下管极性控制<br>0: 正常输出<br>1: 反向互补输出 |
| [5]     | WHE | W 相上管输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能      |
| [4]     | WLE | W 相下管输出使能<br>0: 不使能               |

|     |     |                              |
|-----|-----|------------------------------|
|     |     | 1: 使能                        |
| [3] | VHE | V 相上管输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [2] | VLE | V 相下管输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1] | UHE | U 相上管输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0] | ULE | U 相下管输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

18.16.2.5 NFOCx\_CMRS (0x30000276/ 0x30010276) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CMRS |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r          | w  | r  | w  | r  | w  | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述              |
|---------|------------|-----------------|
| [31:16] | RSV        | 保留              |
| [15:0]  | NFOCx_CMRS | DRVx_CMRS 影子寄存器 |

18.16.2.6 DRVx\_FCR (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12        | 11 | 10    | 9  | 8       | 7 | 6   | 5  | 4      | 3  | 2      | 1  | 0       |    |  |  |        |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|-----------|----|-------|----|---------|---|-----|----|--------|----|--------|----|---------|----|--|--|--------|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FDIS_MD |    |    | UALBE_SEL |    | LO_EN |    | ITPOWMD |   | RSV |    | NVQDIS |    | NVDDIS |    | NCSAMMD |    |  |  | NCALEN |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw | rw        | rw | rw    | rw | -       | - | rw  | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw      | rw |  |  |        |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0         | 0  | 0     | 0  | -       | 0 | 0   | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0       | 0  |  |  |        |  |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [15:13] | FDIS_MD   | <p>FOC 跳过计算模式选择，用于特殊应用节省时间</p> <p>001: 跳过 NFOCx_ZALPHA 和 NFOCx_ZBETA 前面的反电动势估算，用户填 NFOCx_ZALPHA 和 NFOCx_ZBETA，从 NFOCx_ZALPHA 和 ZBETA 开始计算，可用于 MR</p> <p>010: 跳过全部反电动势估算，用户填 NFOCx_EALPHA 和 NFOCx_EBETA，从 NFOCx_EALPHA 和 NFOCx_EBETA 开始计算</p> <p>011: 跳过观测器到 NFOCx_EALPHA/NFOCx_EBETA，从速度开始计算，软件填 NFOCx_OEMGA</p> <p>100: 跳过角度计算，用户填 NFOCx_THETA 从电流环开始计算，可用于伺服</p> <p>101: 只计算 SMO 的估算电流，用户填 NFOCx_ZALPHA 和 NFOCx_ZBETA 从 ZALPHA 和 ZBETA 开始计算</p> <p>110: 只计算电流电压 ia/ib/ic 和 UA/UB/UC，其他跳过</p> <p>111: 跳过反电动势和速度估算，从 HFI/LO/OMEGA 启动开始计算</p> |
| [12]    | UALBE_SEL | <p>NFOCx_UDCALP/NFOCx_UDCBET 的计算源选择</p> <p>选择 NFOCx_UALORG 或 NFOCx_UALPHA 进行* NFOCx_UDC 计算得到 NFOCx_UDCALP 送入观测器、NFOCx_US 计算和 NFOCx_UTHETA 计算。在 NFOCx_UALPHA、NFOCx_UBETA 进行死区补偿时，可置 1。</p> <p>0: NFOCx_UALPHA</p> <p>1: NFOCx_UALORG</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| [11]    | LO_EN     | <p>低速观测器使能</p> <p>0: 不使能</p> <p>1: 使能</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| [10:9]  | ITPOWMD   | <p>功率计算模式</p> <p>00: 不计算 NFOCx_ITRIP、NFOCx_POWER 和 NFOCx_IS</p> <p>01: 只计算 NFOCx_POWER，用于手动填 ADC 采样得到 NFOCx_ITRIP</p> <p>10: NFOCx_ITRIP = NFOCx_US * NFOCx_IS，同时计算 NFOCx_POWER，NFOCx_IS 由 NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 得到</p> <p>11: NFOCx_ITRIP = NFOCx_US * NFOCx_IS，同时计算 NFOCx_POWER，NFOCx_IS 由 NFOCx_IDFLT 和 NFOCx_IQFLT 得到</p>                                                                                                                                                                                                           |
| [8]     | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [7]     | NVQDIS    | <p>q 轴 PI 禁止使能</p> <p>0: 不禁止</p> <p>1: 禁止</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [6]     | NVDDIS    | d 轴 PI 禁止使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|       |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |         | 0: 不禁止<br>1: 禁止                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [5:1] | NCSAMMD | 电流采样模式选择<br>00000: 单电阻<br>00001: 双电阻<br>00010: 三电阻<br>00011: 新单电阻<br>00100: 旧单电阻忽略模式<br>00110: 新三电阻, 动态采样点<br>00111: 新单电阻模式 2<br>01000: 单电阻动态前后采样<br>01001: 双电阻 2 次采样<br>01010: 新单电阻模式 3, U/V/W 都开窗, 轮流采样<br>01011: 新单电阻模式 4, 在每个载波的固定点采样, 固定采 ib 和 ic, 用于高频注入<br>01100: 新单电阻模式 5, 在每个载波的固定点进行采样, 动态采样, 用于高频注入。<br>10001: 三电阻手动模式, 同普通三电阻, 但此模式下需要软件填写 DRVx_FCR7[CBA_MTSAM]来决定电流采样通道<br><div>            备注:<br/>           关于新单电阻、旧单电阻忽略模式、新单电阻模式 2、单电阻动态前后采样、双电阻 2 次采样、新单电阻模式 3、新单电阻模式 4、新单电阻模式 5 的更多细节, 请联系峰昭科技销售人员。         </div> |
| [0]   | NCALEN  | FOC 计算使能<br>使能后, 每个载波进行 FOC 计算、电流采样、占空比更新到三相比值寄存器<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 18.16.2.7 DRVx\_FCR1 (CSR:0x549/0x589) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13      | 12 | 11    | 10 | 9     | 8 | 7         | 6 | 5      | 4 | 3          | 2 | 1      | 0 |         |  |            |  |               |  |          |  |       |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|---------|----|-------|----|-------|---|-----------|---|--------|---|------------|---|--------|---|---------|--|------------|--|---------------|--|----------|--|-------|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | WPIAUTO |    | WPILDEN |    | FG_MD |    | WPIMD |   | RAMP_AUTO |   | RAMPMD |   | OME_STA_MD |   | CT_SEL |   | ANGMAMD |  | OME_ABS_EN |  | FG_IDLE_LEVEL |  | FG_CALEN |  | FG_OE |  |





|     |               |                                                                           |
|-----|---------------|---------------------------------------------------------------------------|
| [5] | CT_SEL        | FOC 计算时机选择<br>0: Driver 计数器上溢点<br>1: 电流采样后(单电阻在 Driver 计数器下溢点计算)          |
| [4] | ANGMAMD       | 角度手动模式使能<br>使能后, NFOCx_THETA 不再来源于 NFOCx_OTHETA<br>0: 不使能<br>1: 使能        |
| [3] | OME_ABS_EN    | 估算角度允许反转使能<br>使能后, 估算角度允许反转<br>0: 不使能<br>1: 使能                            |
| [2] | FG_IDLE_LEVEL | FG 初始电平<br>0: 低电平<br>1: 高电平                                               |
| [1] | FG_CALEN      | FG 计算使能<br>当 DRVx_FCR1[FG_OE] = 1 时, 若此位置 1, 则 FG 自动更新<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [0] | FG_OE         | FG 输出使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                |

18.16.2.8 DRVx\_FCR2 (CSR:0x54A/0x58A) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |           |          |          |     |         |           |       |          |     |   |   |          |            |            |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----------|----------|----------|-----|---------|-----------|-------|----------|-----|---|---|----------|------------|------------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14        | 13       | 12       | 11  | 10      | 9         | 8     | 7        | 6   | 5 | 4 | 3        | 2          | 1          | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | HFI_ST | OFFSET_EN | FWEAK_MD | FWEAK_EN | RSV | HFI_ST1 | OMESTA_MD | NSEG5 | UQINJ_EN | RSV |   |   | OMELD_EN | HFI_CAL_EN | HFI_TOG_EN | IDQ_MD |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw        | rw       | rw       | -   | rw      | rw        | rw    | rw       | -   | - | - | rw       | rw         | rw         | rw     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0         | 0        | 0        | -   | 0       | 0         | 0     | 0        | -   | - | - | 0        | 0          | 0          | 0      |

| 位       | 名称        | 描述                                  |
|---------|-----------|-------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                  |
| [15]    | HFI_ST    | 高频注入时 UD 状态<br>0: UD 为正<br>1: UD 为负 |
| [14]    | OFFSET_EN | OFFSET 校准使能                         |

|       |            |                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |            | 使能后，轮流校准 ia、ib、ic/itrip，校准完成后自动清 0<br>此位由软件置 1，硬件清 0。<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                             |
| [13]  | FWEAK_MD   | 弱磁模式选择<br>0：模式 0<br>1：模式 1                                                                                                                                                                                         |
| [12]  | FWEAK_EN   | 弱磁使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                                                              |
| [11]  | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                 |
| [10]  | HFI_ST1    | 高频电流取反标记位<br>0：未取反<br>1：取反                                                                                                                                                                                         |
| [9]   | OMESTA_MD  | OMEGA 启动切换方式<br>0：NFOCx_ETHERTA 的积分来源为 NFOCx_THETA<br>1：NFOCx_ETHERTA 的积分来源为 NFOCx_ETHERTA                                                                                                                         |
| [8]   | NSEG5      | 5 段式 SVPWM 使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                                                     |
| [7]   | UQINJ_EN   | UQ 注入使能，使能自动更新 NFOCx_UQCPS                                                                                                                                                                                         |
| [6:4] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                 |
| [3]   | OMELD_EN   | 速度选择<br>0：选择观测器的速度进行后续的角度计算<br>1：选择 HFI 或 LO 计算的速度<br><div> 备注：<br/>此位置 1 时可以进行 HFI 或 LO 计算，但是不选择 HFI 或 LO 计算的速度进行后续的角度计算</div> |
| [2]   | HFI_CAL_EN | 高频注入（HFI）使能<br>使能后，自动进行 atan 和 PI 计算<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                              |
| [1]   | HFI_TOG_EN | 高频注入电压自动取反使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                                                                                                      |
| [0]   | IDQ_MD     | ID 和 IQ 模式选择使能                                                                                                                                                                                                     |

|  |  |                                                                                             |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 使能后，NFOCx_ID 为当前计算 ID 值与 NFOCx_ID0 的平均值，NFOCx_IQ 为当前计算 IQ 与 NFOCx_IQ0 的平均值<br>0：不使能<br>1：使能 |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------|

18.16.2.9 DRVx\_FCR3 (CSR:0x54B/0x58B) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14     | 13 | 12  | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0      |          |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------|----|-----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------|----------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NOVMDL | DEL_MD |    | RSV |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | DLY_EN | SAMPM_EN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -      | rw     | rw | rw  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | rw     | rw       |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -      | 0      | 0  | 0   | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0      | 0        |

| 位       | 名称       | 描述                                                                       |
|---------|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| [31:15] | RSV      | 保留                                                                       |
| [14]    | NOVMDL   | 过调制使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                   |
| [13:12] | DEL_MD   | PLL 角度计算模式<br>00: atan<br>01: sincos<br>10: sincos 后Δtheta/EMF<br>11: 保留 |
| [11:2]  | RSV      | 保留                                                                       |
| [1]     | DLY_EN   | FOC 计算延迟使能，配合 DRVx_FCR1[CT_SEL] = 1 使用，一般在高载波时使用<br>0：不使能<br>1：使能        |
| [0]     | SAMPM_EN | 采样点手动使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                 |

18.16.2.10 DRVx\_FCR4 (CSR:0x54C/0x58C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13      | 12  | 11         | 10  | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0  |  |  |  |  |  |  |  |            |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|-----|------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|--|--|--|--|--|------------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | WPI_CAL | RSV | CUR_SAM_EN | RSV |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |  |  |  |  |  |  |  | UDQ_LPF_EN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | -   | rw         | -   | - | - | - | - | - | - | - | - | - | rw |  |  |  |  |  |  |  |            |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | -   | 0          | -   | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0  |  |  |  |  |  |  |  |            |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                       |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV        | 保留                                                                                                                                       |
| [13]    | WPI_CAL    | 外环计算标记<br>0: 不执行外环计算<br>1: 执行外环计算<br> 备注:<br>该位只读，不可写 |
| [12]    | RSV        | 保留                                                                                                                                       |
| [11]    | CUR_SAM_EN | 强制电流采样使能，不管 DRVx_FCR0[NCALEN]是否使能，都进行电流采样<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                             |
| [10:1]  | RSV        | 保留                                                                                                                                       |
| [0]     | UDQ_LPF_EN | UD、UQ 低通滤波器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                         |

18.16.2.11 DRVx\_FCR5 (CSR:0x54D/0x58D) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12       | 11 | 10     | 9  | 8   | 7                 | 6  | 5        | 4  | 3          | 2  | 1        | 0  |            |    |            |   |         |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|--------|----|-----|-------------------|----|----------|----|------------|----|----------|----|------------|----|------------|---|---------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ANGFU_MD |    | DTC_EN |    | RSV | ENCODER_STA_CYCLE |    | UABC_SEL |    | ANGFU_MAEN |    | ANGFU_EN |    | IDQ_FB_SEL |    | IDQ_LPF_EN |   | LUTEN_N |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | rw       | rw | rw     | rw |     | rw                | rw | rw       | rw | rw         | rw | rw       | rw | rw         | rw |            |   |         |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0        | 0  | 0      | 0  | 0   | 0                 | 0  | 0        | 0  | 0          | 0  | 0        | 0  | 0          | 0  | 0          | 0 | 0       | 0 |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | -        | -  | -      | -  | -   | -                 | -  | -        | -  | -          | -  | -        | -  | -          | -  | -          | - | -       | - |

| 位       | 名称                | 描述                                                                                                                                                                                                             |
|---------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:13] | RSV               | 保留                                                                                                                                                                                                             |
| [12:11] | ANGFU_MD          | 角度融合角度来源选择<br>00: HFI 角度<br>01: 融合角度<br>1x: SMO/AO/FO 角度                                                                                                                                                       |
| [10]    | DTC_EN            | 死区补偿使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                      |
| [9]     | RSV               | 保留                                                                                                                                                                                                             |
| [8:7]   | ENCODER_STA_CYCLE | 编码器自动触发计算周期选择<br>00: 每个载波中断<br>01: 每 2 个载波中断<br>10: 每 4 个载波中断<br>11: 每 8 个载波中断                                                                                                                                 |
| [6:5]   | UABC_SEL          | 采样与采样源选择<br>00: 不采样, 使用 UALPHA / BETA 和 UDC 计算的值更新到 UDCALPHA / BETA<br>01: 采样, 使用 UALPHA / BETA 和 UDC 计算的值更新到 UDCALPHA / BETA<br>10: 采样, 使用没有速度补偿的值更新到 UDCALPHA / BETA<br>11: 采样, 使用速度补偿后的值更新到 UDCALPHA / BETA |
| [4]     | ANGFU_MAEN        | 角度融合手动使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                    |

|     |            |                                                                                                                                       |
|-----|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [3] | ANGFU_EN   | 角度融合使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                             |
| [2] | IDQ_FB_SEL | d/q 轴电流环反馈值选择，须配置 DRVx_FCR5[IDQ_LPF_EN] = 1<br>0 : NFOCx_ID / NFOCx_IQ<br>1 : NFOCx_IDFLT / NFOCx_IQFLT，须配置 DRVx_FCR5[IDQ_LPF_EN] = 1 |
| [1] | IDQ_LPF_EN | ID、IQ 低通滤波器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                      |
| [0] | LUTEN_N    | Sine/Cosine 计算查表法使能<br>0: 查表法<br>1: CORDIC                                                                                            |

18.16.3 时间与采样寄存器

18.16.3.1 NFOCx\_TS (0x30000278/0x30010278) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_TS |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈        | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [15:0]  | NFOCx_TS | 单电阻采样模式下: 电流采样最小窗口<br>双/三电阻模式下: 最小采样脉宽<br>$T_s = \text{采样窗口 } T_{\text{window}} + \text{死区时间 } T_{\text{DT}}$<br>取值范围[0,32767]<br>例: $T_{\text{window}} = 1\mu\text{s}$ , $T_{\text{DT}} = 1\mu\text{s}$ , $T_s = 2\mu\text{s}$ , 载波周期为 $62.5\mu\text{s}$ , 则单电阻采样模式下 $\text{NFOCx\_TS} = (1 + 1)/62.5*65535 = 2097$ |

18.16.3.2 NFOCx\_NTS (0x3000027A/0x3001027A) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_NTS |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                           |
|---------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:10] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                           |
| [9:0]   | NFOCx_NTS | 三电阻脉宽屏蔽/新单电阻最小脉宽<br>三电阻电流采样模式下采样屏蔽时间, 当下桥导通的时间小于 NFOCx_NTS, 则不采样该相的电流, 采用特殊处理得到电流。<br>取值范围[0,1023]<br>例: 下桥导通时间小于 $1\mu\text{s}$ 不采样, $\text{NFOCx\_NTS} = 1000\text{ns}/20.8\text{ns} = 48$ |

18.16.3.3 NFOCx\_TDLY (0x3000027C/0x3001027C) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_TDLY |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡          | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| [15:0]  | NFOCx_TDLY | 电流采样触发时机<br>当 NFOCx_TDLY = 0，默认在以下时刻进行电流采样<br>单电阻采样模式：死区与有效矢量的中点<br>双/三电阻采样模式：矢量 000 中点(Driver 计数器为 0)<br>取值范围[-32768,32767]<br>单电阻采样模式：如 NFOCx_TDLY = 5，则延迟 5*T = 104ns；<br>NFOCx_TDLY = 0xFFFF (补码) 或 NFOCx_TDLY = -5，则提前 104ns；<br>双三电阻采样模式：如 NFOCx_TDLY = 5，则当 Driver 计数器向下计数，在下溢事件后 5*T = 104ns 进行采样；如 NFOCx_TDLY = 0x8005，在下溢事件前 5*T = 104ns 进行采样。 |

18.16.3.4 NFOCx\_TDLYD (0x3000027E/0x3001027E) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_TDLYD |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡           | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                |
|---------|-------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_TDLYD | 单电阻动态前后采样时机<br>取值范围[-32768,32767] |



## 18.16.3.5 NFOCx\_TDTC (0x300001B6/0x300101B6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_TDTC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW         | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                          |
|---------|------------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_TDTC | 双/三电阻死区补偿值<br>取值范围[0,32767] |

## 18.16.3.6 NFOCx\_I1 (0x300001BC/0x300101BC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_I1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                           |
|---------|----------|------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_I1 | 第一次采样 ADC 值<br>取值范围[0,32767] |

## 18.16.3.7 NFOCx\_I2 (0x300001BE/0x300101BE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_I2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW       | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                           |
|---------|----------|------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_I2 | 第二次采样 ADC 值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.3.8 NFOCx\_TRG1 (0x30000250/0x30010250) (x = 1/2)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| RSV                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | NFOCx_TRG1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |

| 位       | 名称         | 描述                                        |
|---------|------------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                        |
| [15:0]  | NFOCx_TRG1 | NOFCx_I1 采样点对应 DRVx_DR 值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.3.9 NFOCx\_TRG2 (0x30000252/0x30010252) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_TRG2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                        |
|---------|------------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                        |
| [15:0]  | NFOCx_TRG2 | NOFCx_I2 采样点对应 DRVx_DR 值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.3.10 DRVx\_TRG1 (CSR:0x55B/0x59B) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_TRG1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                 |
|---------|-----------|--------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                 |
| [15:0]  | DRVx_TRG1 | L1 采样点对应 DRVx_DR 值 |

18.16.3.11 DRVx\_TRG2 (CSR:0x55C/0x59C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DRVx_TRG2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                 |
|---------|-----------|--------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                 |
| [15:0]  | DRVx_TRG2 | L2 采样点对应 DRVx_DR 值 |

18.16.3.12 NFOCx\_DLYCNT (0x30000396/0x30010396) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DLYCNT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称           | 描述                         |
|---------|--------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_DLYCNT | FOC 计算延时值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.3.13 NFOCx\_ARR (0x30000280/0x30010280) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ARR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

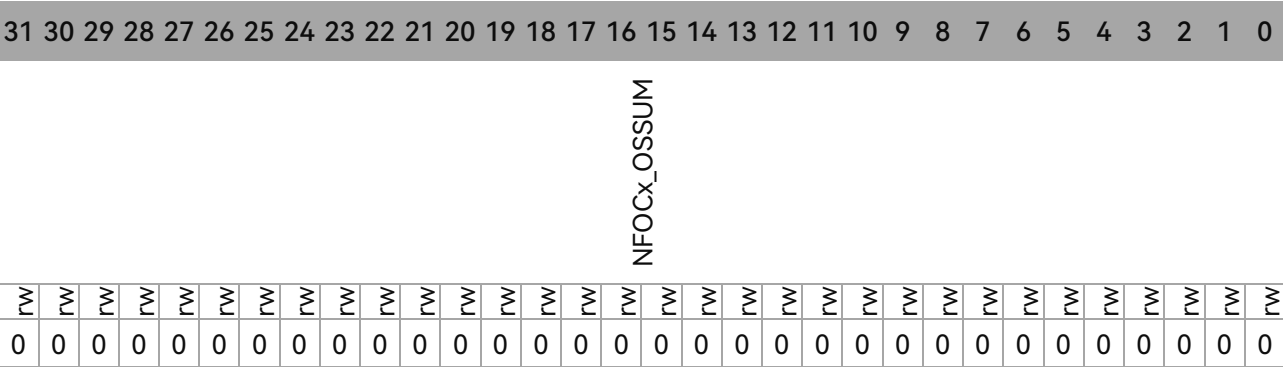
| 位       | 名称        | 描述                                           |
|---------|-----------|----------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                           |
| [15:0]  | NFOCx_ARR | FOC 载波频率，须与 DRVx_ARR 的值保持一致<br>取值范围[0,32767] |

18.16.3.14 NFOCx\_OSCNT (0x3000037E/0x3001037E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OSCNT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

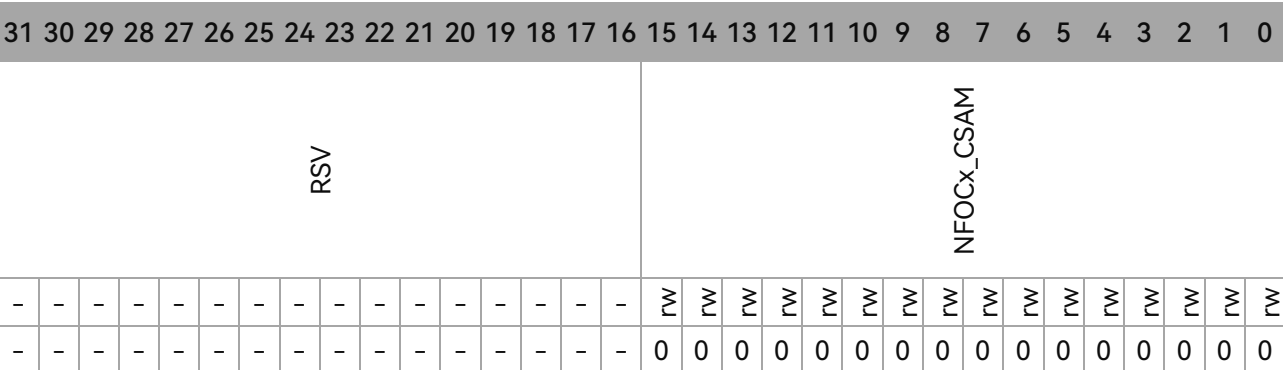
| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_OSCNT | 电流偏置校准计数值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.3.15 NFOCx\_OSSUM (0x30000380/0x30010380) (x = 1/2)



| 位      | 名称          | 描述                                        |
|--------|-------------|-------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_OSSUM | 电流偏置校准累加值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.3.16 NFOCx\_CSAM (0x3000038E/ 0x3001038E) (x = 1/2)



| 位       | 名称         | 描述        |
|---------|------------|-----------|
| [31:16] | RSV        | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CSAM | 电流采样影子寄存器 |

18.16.4 电压寄存器

18.16.4.1 NFOCx\_UDC (0x30000000/0x30010000) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                                                                                                                |
| [15:0]  | NFOCx_UDC | 母线电压采样值<br>取值范围[0,32767]<br>例: 母线电压 1/6 分压送进 ADC，ADC 的参考电压为 5V，即母线电压的采样范围为 0V ~ 30V，NFOCx_UDC 为 19661(CSR:0x4CCD)，则母线电压 = 19661/32768*5V*6 = 18V。 |

18.16.4.2 NFOCx\_UDCK (0x30000002/0x30010002) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                         |
|---------|------------|--------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                         |
| [15:0]  | NFOCx_UDCK | 母线电压采样滤波系数，最高位恒为 0，Q15 格式<br>取值范围[0,32767] |

## 18.16.4.3 NFOCx\_UDCFLT (0x30000004/0x30010004) (x = 1/2)

| 31           | 30  | 29  | 28  | 27  | 26  | 25  | 24  | 23  | 22  | 21  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 10  | 9   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   | 0   |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| NFOCx_UDCFLT |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| r/w          | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w | r/w |
| 0            | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位      | 名称           | 描述                                               |
|--------|--------------|--------------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_UDCFLT | 母线电压滤波后的值, 最高位恒为 0, Q31 格式<br>取值范围[0,2147483647] |

## 18.16.4.4 NFOCx\_UDCD (0x30000294/0x30010294) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCD |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UDCD | d 轴 UDC 值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.4.5 NFOCx\_UDCQ (0x30000296/0x30010296) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCQ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW         | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UDCQ | q 轴 UDC 值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.6 NFOCx\_UALPHA (0x30000220/0x30010220) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UALPHA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                            |
|---------|--------------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_UALPHA | α轴电压最终值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.7 NFOCx\_UBETA (0x30000222/0x30010222) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UBETA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ~           | ~  | ~  | ~  | ~  | ~  | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                            |
|---------|-------------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_UBETA | β轴电压最终值<br>取值范围[-32768,32767] |



18.16.4.8 NFOCx\_UDCALP (0x300000A4/0x300100A4) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCALP |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                               |
|---------|--------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UDCALP | UDC*UALPHA<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.9 NFOCx\_UDCBET (0x300000A6/0x300100A6) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCBET |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                              |
|---------|--------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UDCBET | UDC*UBETA<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.10 NFOCx\_UALORG (0x30000118/0x30010118) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UALORG |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                         |
|---------|--------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_UALORG | α轴电压<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.11 NFOCx\_UBEORG (0x3000011A/0x3001011A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UBEORG |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                         |
|---------|--------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_UBEORG | β轴电压<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.12 NFOCx\_UALCPS (0x300001DC/0x300101DC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UALCPS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                        |
|---------|--------------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                        |
| [15:0]  | NFOCx_UALCPS | NFOCx_UALORG 的电压补偿值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.13 NFOCx\_UBECPS (0x300001DE/0x300101DE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UBECPS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                        |
|---------|--------------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                        |
| [15:0]  | NFOCx_UBECPS | NFOCx_UBEORG 的电压补偿值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.4.14 NFOCx\_OMUNIT (0x3000038C/0x3001038C) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OMUNIT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                       |
|---------|--------------|--------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                       |
| [15:0]  | NFOCx_OMUNIT | 过调制放大系数<br>取值范围[0,32767] |

18.16.5 端电压采样寄存器

18.16.5.1 NFOCx\_USOMEK (0x3000025C/0x3001025C) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_USOMEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                               |
|---------|--------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_USOMEK | 端电压补偿量计算系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.5.2 NFOCx\_UA (0x3000025E/0x3001025E) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘        | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

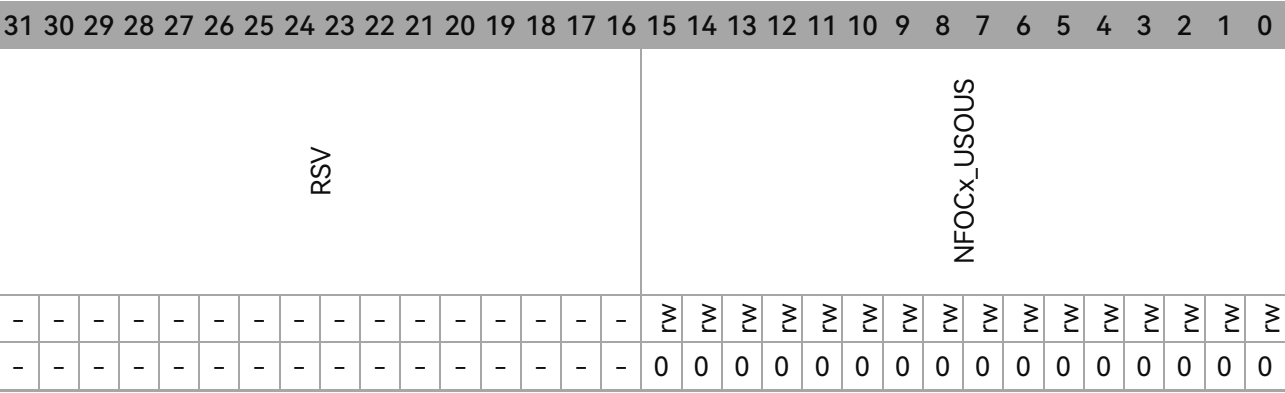
| 位       | 名称       | 描述                              |
|---------|----------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UA | A 相端电压采样值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.5.3 NFOCx\_UB (0x30000260/0x30010260) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UB |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |



18.16.5.6 NFOCx\_USOUS (0x30000266/0x30010266) (x = 1/2)



| 位       | 名称          | 描述                           |
|---------|-------------|------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_USOUS | 幅值补偿系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6 电流寄存器

18.16.6.1 NFOCx\_IA (0x300001C0/0x300101C0) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                          |
|---------|----------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_IA | A 相电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.2 NFOCx\_IB (0x300001C2/0x300101C2) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IB |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                          |
|---------|----------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_IB | B 相电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.3 NFOCx\_IC (0x300001C4/0x300101C4) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IC |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |



|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称       | 描述                          |
|---------|----------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_IC | C 相电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.4 NFOCx\_IAMAX (0x300001C8/0x300101C8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IAMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_IAMAX | A 相电流最大值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.5 NFOCx\_IBMAX (0x300001CA/0x300101CA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IBMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | nw          | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_IBMAX | B 相电流最大值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.6.6 NFOCx\_ICMAX (0x300001C6/0x300101C6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ICMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW          | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_ICMAX | C 相电流最大值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.6.7 NFOCx\_IAREF (0x30000008/0x30010008) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IAREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW          | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                                               |
|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                                               |
| [15:0]  | NFOCx_IAREF | A 相电流基准<br>取值范围[0,32767]<br>例：A 相电流 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，偏置为 2.5V，则 NFOCx_IAREF = 2.5V/5V*32768 = 16384(CSR:0x4000) |

18.16.6.8 NFOCx\_IBREF (0x3000000A/0x3001000A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IBREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                                               |
|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                                               |
| [15:0]  | NFOCx_IBREF | B 相电流基准<br>取值范围[0,32767]<br>例：B 相电流 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，偏置为 2.5V，则 NFOCx_IBREF = 2.5V/5V*32768 = 16384(CSR:0x4000) |

18.16.6.9 NFOCx\_ICREF (0x3000000C/0x3001000C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ICREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                                               |
|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                                               |
| [15:0]  | NFOCx_ICREF | C 相电流基准<br>取值范围[0,32767]<br>例：C 相电流 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，偏置为 2.5V，则 NFOCx_ICREF = 2.5V/5V*32768 = 16384(CSR:0x4000) |

## 18.16.6.10 NFOCx\_IALPHA (0x30000134/0x30010134) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IALPHA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                         |
|---------|--------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_IALPHA | α轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.6.11 NFOCx\_IBETA (0x30000136/0x30010136) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IBETA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                         |
|---------|-------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_IBETA | β轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.6.12 NFOCx\_ID (0x30000138/0x30010138) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ID |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称       | 描述                          |
|---------|----------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_ID | d 轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.13 NFOCx\_IQ (0x3000013A/0x3001013A) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IQ |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈        | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                          |
|---------|----------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_IQ | q 轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.14 NFOCx\_IDFLT (0x3000013C/0x3001013C) (x = 1/2)

|             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31          | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| NFOCx_IDFLT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ≈           | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称          | 描述                                     |
|--------|-------------|----------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_IDFLT | ID 滤波值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

## 18.16.6.15 NFOCx\_IQFLT (0x30000154/0x30010154) (x = 1/2)

| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| NFOCx_IQFLT                                                                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| rw                                                                                    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0                                                                                     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称          | 描述                                     |
|--------|-------------|----------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_IQFLT | IQ 滤波值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

## 18.16.6.16 NFOCx\_IDK (0x30000284/0x30010284) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IDK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_IDK | ID 滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.6.17 NFOCx\_IQK (0x30000286/0x30010286) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IQK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_IQK | IQ 滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.18 NFOCx\_IESTA (0x30000208/0x30010208) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IESTA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                           |
|---------|-------------|------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_IESTA | α轴估算电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.6.19 NFOCx\_IESTB (0x3000020A/0x3001020A) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IESTB |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                           |
|---------|-------------|------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_IESTB | β轴估算电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.7 ITRIP 与功率寄存器

18.16.7.1 NFOCx\_IS (0x300003EC/0x300103EC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                                                     |
|---------|----------|--------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                     |
| [15:0]  | NFOCx_IS | NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 计算的幅值（平方根）<br>取值范围[0,32767] |

18.16.7.2 NFOCx\_ITREF (0x3000000E/0x3001000E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ITREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                                             |
|---------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                                             |
| [15:0]  | NFOCx_ITREF | 母线电流基准<br>取值范围[0,32767]<br>例：母线电流 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，偏置为 2.5V，则 NFOCx_ITREF = 2.5V/5V*32768 = 16384(CSR:0x4000) |



18.16.7.3 NFOCx\_ITFLT (0x300000D4/0x300100D4) (x = 1/2)

| 31          | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| NFOCx_ITFLT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称          | 描述                                                |
|--------|-------------|---------------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_ITFLT | NFOCx_ITRIP 滤波后的值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.7.4 NFOCx\_ITRIP (0x300000D8/0x300100D8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ITRIP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                  |
|---------|-------------|-------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                  |
| [15:0]  | NFOCx_ITRIP | 采样母线电流，用于功率计算<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.7.5 NFOCx\_POWER (0x300000DA/0x300100DA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_POWER |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                        |
|---------|-------------|---------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                        |
| [15:0]  | NFOCx_POWER | 功率值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.7.6 NFOCx\_US (0x300000DC/0x300100DC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_US |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                                                     |
|---------|----------|--------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                     |
| [15:0]  | NFOCx_US | NFOCx_UALPHA 和 NFOCx_UBETA 计算的幅值（平方根）<br>取值范围[0,32767] |

18.16.7.7 NFOCx\_ITK (0x300001D4/0x300101D4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ITK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                               |
|---------|-----------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_ITK | itrip 滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.7.8 NFOCx\_POWK1 (0x300001D6/0x300101D6) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |             |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7           | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_POWK1 |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称          | 描述                        |
|--------|-------------|---------------------------|
| [31:8] | RSV         | 保留                        |
| [7:0]  | NFOCx_POWK1 | 功率计算滤波系数 1<br>取值范围[0,255] |

18.16.7.9 NFOCx\_POWK2 (0x300001D7/0x300101D7) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |             |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7           | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_POWK2 |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称          | 描述                        |
|--------|-------------|---------------------------|
| [31:8] | RSV         | 保留                        |
| [7:0]  | NFOCx_POWK2 | 功率计算滤波系数 2<br>取值范围[0,255] |

18.16.8 D 轴寄存器

18.16.8.1 NFOCx\_DKP (0x30000100/0x30010100) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_DKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                                            |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL   | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_DKP | d 轴电流 PI KP 参数<br>取值范围[0,16383]                               |

18.16.8.2 NFOCx\_DKI (0x30000102/0x30010102) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_DKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                            |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |

|        |           |                                 |
|--------|-----------|---------------------------------|
| [13:0] | NFOCx_DKI | d 轴电流 PI KI 参数<br>取值范围[0,16383] |
|--------|-----------|---------------------------------|

18.16.8.3 NFOCx\_DMAX (0x30000104/0x30010104) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_DMAX | d 轴电流 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.8.4 NFOCx\_DMIN (0x30000106/0x30010106) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_DMIN | d 轴电流 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.8.5 NFOCx\_DEK (0x30000108/0x30010108) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                |
|---------|-----------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_DEK | d 轴电流 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.8.6 NFOCx\_DEK1 (0x3000010A/0x3001010A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DEK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈          | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_DEK1 | d 轴电流 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.8.7 NFOCx\_DUK (0x3000010C/0x3001010C) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称        | 描述                                          |
|--------|-----------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_DUK | d 轴电流 PI 输出<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.8.8 NFOCx\_IDREF (0x300001B8/0x300101B8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IDREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | nw          | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

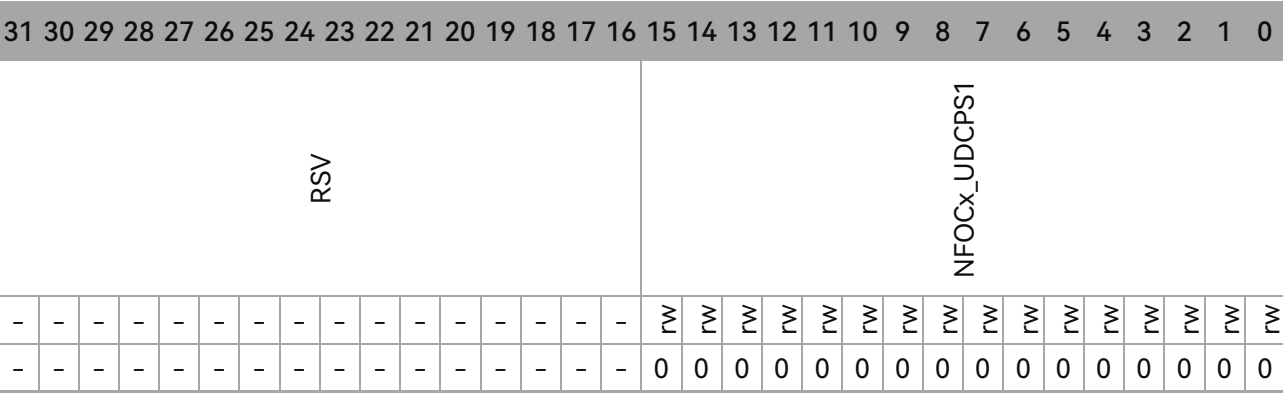
| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_IDREF | 给定 d 轴电流值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.8.9 NFOCx\_UDCPS (0x300001CC/0x300101CC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCPS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rW          | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

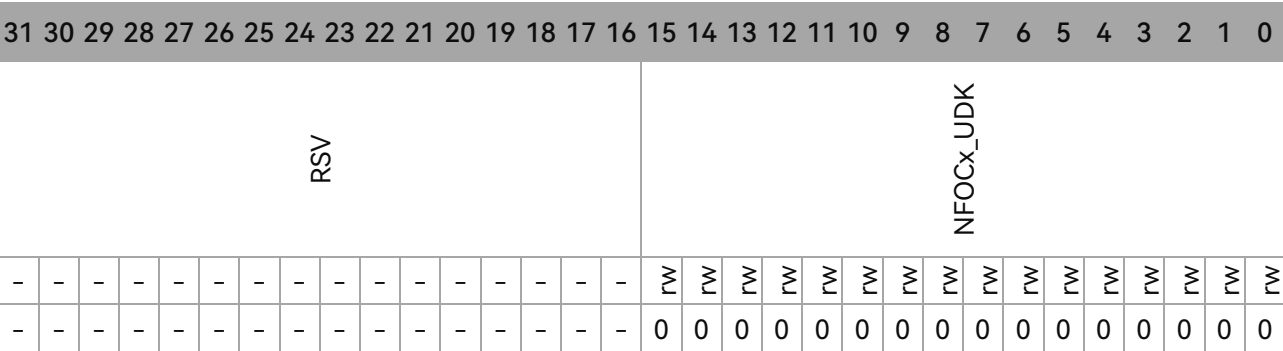
| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UDCPS | d 轴的电压补偿值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.8.10 NFOCx\_UDCPS1 (0x300003FC/0x300103FC) (x = 1/2)



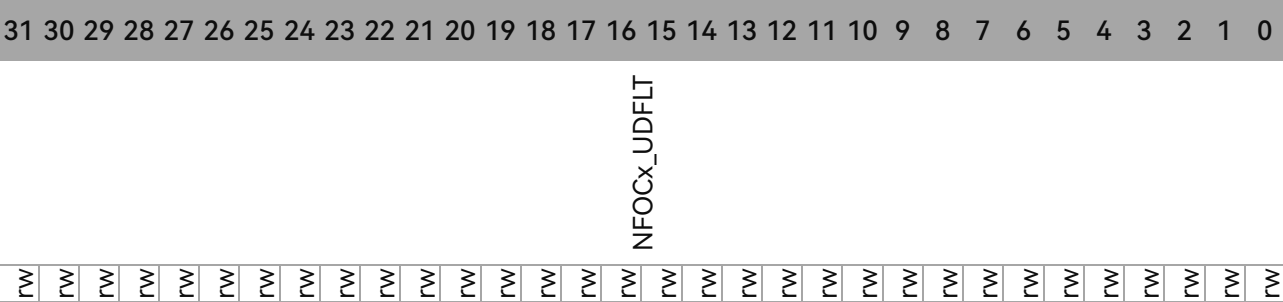
| 位       | 名称           | 描述                                |
|---------|--------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_UDCPS1 | d 轴的电压补偿值 1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.8.11 NFOCx\_UDK (0x30000370/0x30010370) (x = 1/2)



| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_UDK | UD 滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.8.12 NFOCx\_UDFLT (0x30000374/0x30010374)







18.16.9 Q 轴寄存器

18.16.9.1 NFOCx\_QKP (0x30000120/0x30010120) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_QKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                                            |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL   | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_QKP | q 轴电流 PI KP 参数<br>取值范围[0,16383]                               |

18.16.9.2 NFOCx\_QKI (0x30000122/0x30010122) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_QKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                               |
|---------|---------|--------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                               |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式 |

|        |           |                                 |
|--------|-----------|---------------------------------|
|        |           | 11: Q4 格式                       |
| [13:0] | NFOCx_QKI | q 轴电流 PI KI 参数<br>取值范围[0,16383] |

18.16.9.3 NFOCx\_QMAX (0x30000124/0x30010124) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_QMAX | q 轴电流 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.9.4 NFOCx\_QMIN (0x30000126/0x30010126) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_QMIN | q 轴电流 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.9.5 NFOCx\_QEK (0x30000128/0x30010128) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                |
|---------|-----------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_QEK | q 轴电流 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.9.6 NFOCx\_QEK1 (0x3000012A/0x3001012A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QEK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                 |
|---------|------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_QEK1 | q 轴电流 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.9.7 NFOCx\_QUK (0x3000012C/0x3001012C) (x = 1/2)

| NFOCx_QUK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31        | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称        | 描述                                          |
|--------|-----------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_QUK | q 轴电流 PI 输出<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.9.8 NFOCx\_IQREF (0x300001BA/0x300101BA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IQREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

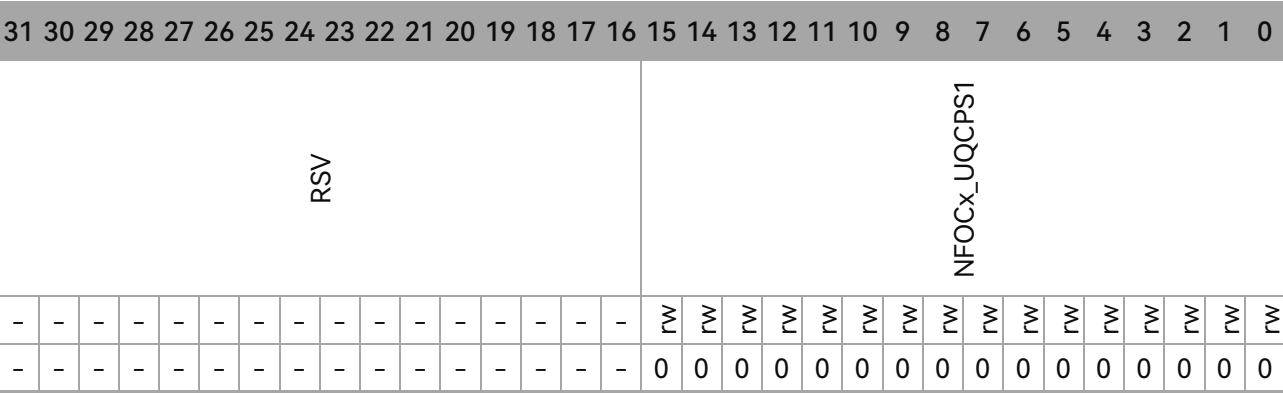
| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_IQREF | 给定 q 轴电流值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.9.9 NFOCx\_UQCPS (0x300001CE/0x300101CE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UQCPS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

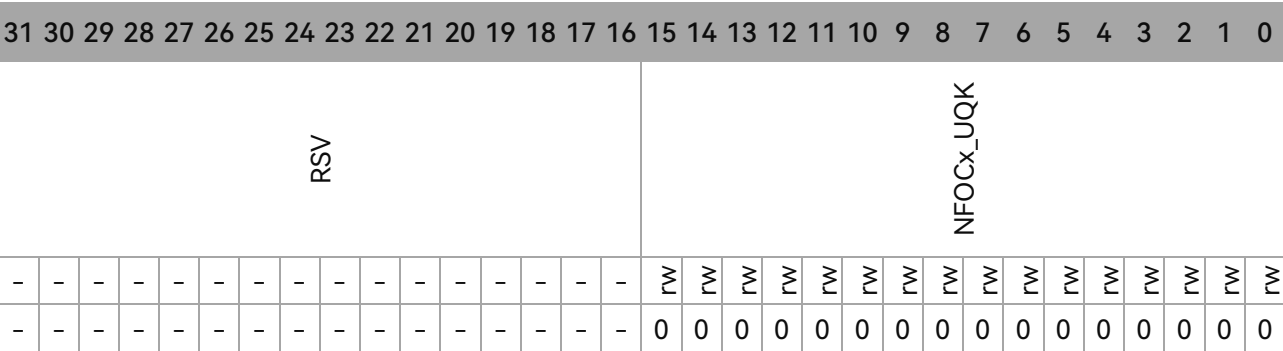
| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_UQCPS | q 轴的电压补偿值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.9.10 NFOCx\_UQCPS1 (0x300003FE/0x300103FE) (x = 1/2)



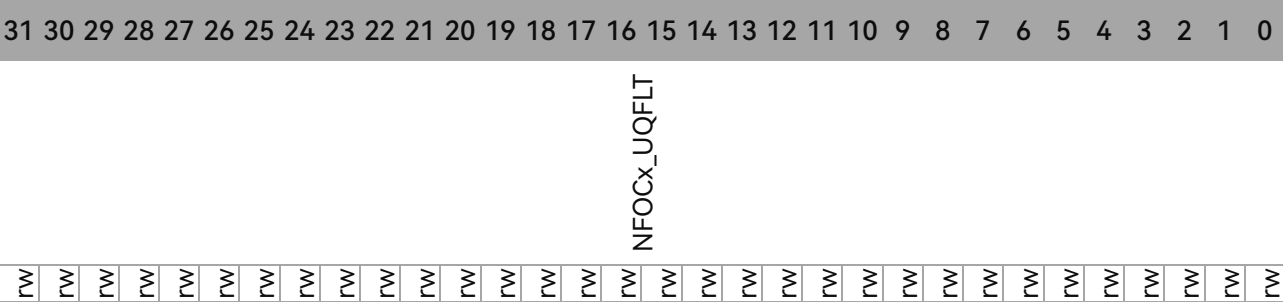
| 位       | 名称           | 描述                                |
|---------|--------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_UQCPS1 | q 轴的电压补偿值 1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.9.11 NFOCx\_UQK (0x30000372/0x30010372) (x = 1/2)



| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_UQK | UQ 滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.9.12 NFOCx\_UQFLT (0x30000378/0x30010378) (x = 1/2)





18.16.10 弱磁寄存器

18.16.10.1 NFOCx\_FWKP (0x30000180/0x30010180) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_FWKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                                              |
|---------|------------|-----------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                              |
| [15:14] | PI_QSEL    | PI 参数格式选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_FWKP | 弱磁 PI 的 KP 参数<br>取值范围[0,16383]                                  |

18.16.10.2 NFOCx\_FWKI (0x30000182/0x30010182) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13         | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_FWKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                 |
|---------|---------|----------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                 |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数格式选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式 |



|        |            |                                |
|--------|------------|--------------------------------|
|        |            | 11: Q4 格式                      |
| [13:0] | NFOCx_FWKI | 弱磁 PI 的 KI 参数<br>取值范围[0,16383] |

18.16.10.3 NFOCx\_FWMAX (0x30000184/0x30010184) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_FWMAX | 弱磁 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.4 NFOCx\_FWMIN (0x30000186/0x30010186) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | nw          | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw | nw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_FWMIN | 弱磁 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.5 NFOCx\_FWEK (0x30000188/0x30010188) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWEK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                             |
|---------|------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_FWEK | 弱磁 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.6 NFOCx\_FWEK1 (0x3000018A/0x3001018A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWEK1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称          | 描述                              |
|---------|-------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_FWEK1 | 弱磁 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.7 NFOCx\_FWUK (0x3000018C/0x3001018C) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |



18.16.10.10 NFOCx\_FWIDR (0x3000037C/0x3001037C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FWIDR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                       |
|---------|-------------|------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                       |
| [15:0]  | NFOCx_FWIDR | 弱磁计算模式 MOD1 时弱磁的输出<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.11 NFOCx\_IDRLIM (0x300003B6/0x300103B6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IDRLIM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                                           |
|---------|--------------|----------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                           |
| [15:0]  | NFOCx_IDRLIM | 弱磁计算中 NFOCx_IDREF 的限幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.10.12 NFOCx\_USFLT (0x300003F0/0x300103F0) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_USFLT |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |



18.16.11 UQ 注入寄存器

18.16.11.1 NFOCx\_UIK0 (0x30000238/0x30010238) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIK0 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UIK0 | UQ 补偿的倍频系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.2 NFOCx\_UIK1 (0x3000023A/0x3001023A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UIK1 | UQ 补偿的倍频系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.3 NFOCx\_UIK2 (0x3000023C/0x3001023C) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIK2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UIK2 | UQ 补偿的倍频系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.4 NFOCx\_UIK3 (0x3000023E/0x3001023E) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIK3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UIK3 | UQ 补偿的倍频系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.5 NFOCx\_UITC0 (0x30000240/0x30010240) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UITC0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UITC0 | UQ 补偿的角度相移<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.6 NFOCx\_UIUS0 (0x30000242/0x30010242) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIUS0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_UIUS0 | UQ 补偿的幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.7 NFOCx\_UITC1 (0x30000244/0x30010244) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UITC1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UITC1 | UQ 补偿的角度相移<br>取值范围[-32768,32767] |



## 18.16.11.8 NFOCx\_UIUS1 (0x30000246/0x30010246) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIUS1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W           | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_UIUS1 | UQ 补偿的幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.11.9 NFOCx\_UITC2 (CSR:0x30000248/0x30010248) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UITC2 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W           | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UITC2 | UQ 补偿的角度相移<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.11.10 NFOCx\_UIUS2 (0x3000024A/0x3001024A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIUS2 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W           | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_UIUS2 | UQ 补偿的幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.11 NFOCx\_UITC3 (0x3000024C/0x3001024C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UITC3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_UITC3 | UQ 补偿的角度相移<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.11.12 NFOCx\_UIUS3 (0x3000024E/0x3001024E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UIUS3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_UIUS3 | UQ 补偿的幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12 高频注入寄存器

18.16.12.1 NFOCx\_HKP (0x300000E0/0x300100E0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_HKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                                            |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL   | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_HKP | 高频注入 PI KP 参数<br>取值范围[0,16383]                                |

18.16.12.2 NFOCx\_HKI (0x300000E2/0x300100E2) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_HKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                               |
|---------|---------|--------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                               |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式 |

|        |           |                                |
|--------|-----------|--------------------------------|
|        |           | 11: Q4 格式                      |
| [13:0] | NFOCx_HKI | 高频注入 PI KI 参数<br>取值范围[0,16383] |

18.16.12.3 NFOCx\_HMAX (0x300000E4/0x300100E4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                |
|---------|------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_HMAX | 高频注入 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12.4 NFOCx\_HMIN (0x300000E6/0x300100E6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                |
|---------|------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_HMIN | 高频注入 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12.5 NFOCx\_HEK (0x300000E8/0x300100E8) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                               |
|---------|-----------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_HEK | 高频注入 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12.6 NFOCx\_HEK1 (0x300000EA/0x300100EA) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HEK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                |
|---------|------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_HEK1 | 高频注入 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12.7 NFOCx\_HUK (0x300000EC/0x300100EC) (x = 1/2)

|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31        | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| NFOCx_HUK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |



## 18.16.12.10 NFOCx\_HS (0x30000114/0x30010114) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                                                |
|---------|----------|---------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                |
| [15:0]  | NFOCx_HS | HALPHA 和 HBETA 计算幅值（平方和后开方）<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.12.11 NFOCx\_ID0 (0x300000F4/0x300100F4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ID0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                      |
|---------|-----------|-----------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                      |
| [15:0]  | NFOCx_ID0 | 上一次 FOC 计算的 d 轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.12.12 NFOCx\_IQ0 (0x300000F6/0x300100F6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IQ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                      |
|---------|-----------|-----------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                      |
| [15:0]  | NFOCx_IQ0 | 上一次 FOC 计算的 q 轴电流<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.12.13 NFOCx\_HTCOM (0x3000011E/0x3001011E)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HTCOM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡           | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述        |
|---------|-------------|-----------|
| [31:16] | RSV         | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_HTCOM | 高频注入角度补偿值 |



18.16.13 观测器寄存器

18.16.13.1 NFOCx\_EKP (0x30000140/0x30010140) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_EKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                                            |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL   | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_EKP | 观测器 PI KP 参数<br>取值范围[0,16383]                                 |

18.16.13.2 NFOCx\_EKI (0x30000142/0x30010142) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_EKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                            |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |

|        |           |                               |
|--------|-----------|-------------------------------|
| [13:0] | NFOCx_EKI | 观测器 PI KI 参数<br>取值范围[0,16383] |
|--------|-----------|-------------------------------|

18.16.13.3 NFOCx\_EMAX (0x30000144/0x30010144) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_EMAX | 观测器 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.4 NFOCx\_EMIN (0x30000146/0x30010146) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_EMIN | 观测器 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.5 NFOCx\_EEK (0x30000148/0x30010148) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                              |
|---------|-----------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_EEK | 观测器 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.6 NFOCx\_EEK1 (0x3000014A/0x3001014A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EEK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_EEK1 | 观测器 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.7 NFOCx\_EUK (0x3000014C/0x3001014C) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称        | 描述                                        |
|--------|-----------|-------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_EUK | 观测器 PI 输出<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.13.8 NFOCx\_EK1 (0x300001A8/0x300101A8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EK1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_EK1 | 观测器参数 1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.9 NFOCx\_EK2 (0x300001AA/0x300101AA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EK2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_EK2 | 观测器参数 2<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.10 NFOCx\_EK3 (0x300001AC/0x300101AC) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EK3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_EK3 | 观测器参数 3<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.13.11 NFOCx\_EK4 (0x300001AE/0x300101AE) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EK4 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                            |
|---------|-----------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_EK4 | 观测器参数 4<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.14 SMO 寄存器

18.16.14.1 NFOCx\_KSLIDE (0x300001B0/0x300101B0) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_KSLIDE |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

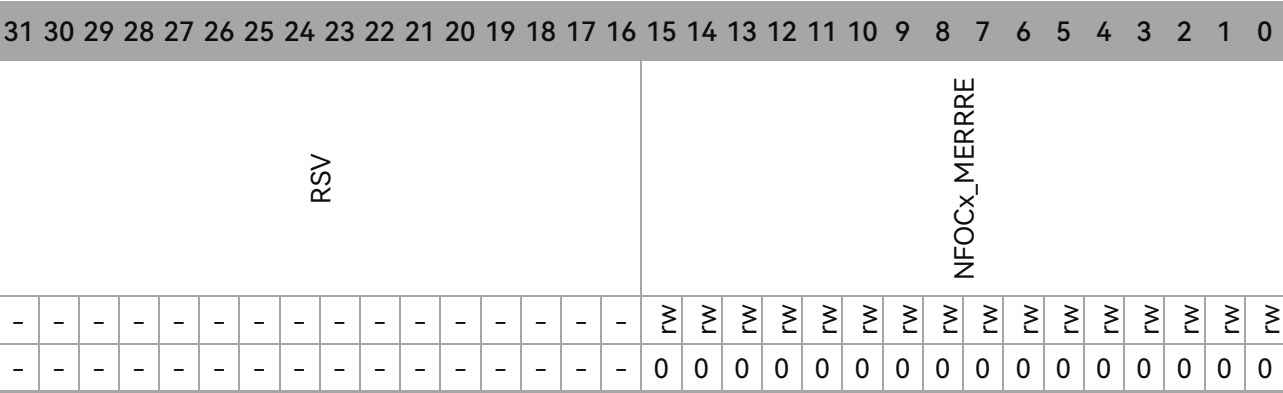
| 位       | 名称           | 描述                                 |
|---------|--------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_KSLIDE | SMO 及磁链观测器系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.14.2 NFOCx\_MAXERR (0x300001B2/0x300101B2) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_MAXERR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                           |
|---------|--------------|------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_MAXERR | SMO 限幅<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.14.3 NFOCx\_MERRRE (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2)



| 位       | 名称           | 描述                             |
|---------|--------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_MERRRE | SMO 限幅倒数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.15 低速观测器寄存器

18.16.15.1 NFOCx\_LK1 (0x300001EC/0x300101EC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LK1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称        | 描述                              |
|---------|-----------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_LK1 | 低速观测器系数 1<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.15.2 NFOCx\_LK2 (0x300001EE/0x300101EE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LK2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                              |
|---------|-----------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_LK2 | 低速观测器系数 2<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.15.3 NFOCx\_LK3 (0x300001F0/0x300101F0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LK3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |





## 18.16.15.6 NFOCx\_LK6 (0x300001F6/0x300101F6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LK6 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                              |
|---------|-----------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_LK6 | 低速观测器系数 6<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.15.7 NFOCx\_LED (0x300001F8/0x300101F8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LED |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                               |
|---------|-----------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_LED | d 轴低速观测器系数<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.15.8 NFOCx\_LEQ (0x300001FA/0x300101FA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LEQ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称        | 描述                               |
|---------|-----------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_LEQ | q 轴低速观测器系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.15.9 NFOCx\_LOME (0x300001FC/0x300101FC) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LOME |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_LOME | 低速观测器输出速度<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16 磁链观测器寄存器

18.16.16.1 NFOCx\_AFKP (0x300000C0/0x300100C0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_AFKP | 全阶磁链观测器 KP<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16.2 NFOCx\_AFKI (0x300000C2/0x300100C2) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                               |
|---------|------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_AFKI | 全阶磁链观测器 KI<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16.3 NFOCx\_AFMAX (0x300000C4/0x300100C4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                   |
|---------|-------------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                   |
| [15:0]  | NFOCx_AFMAX | 全阶磁链观测器 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16.4 NFOCx\_AFMIN (0x300000C6/0x300100C6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称          | 描述                                   |
|---------|-------------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                   |
| [15:0]  | NFOCx_AFMIN | 全阶磁链观测器 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16.5 NFOCx\_AFEK (0x300000C8/0x300100C8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |



18.16.16.8 NFOCx\_AFRPAH (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2)

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

NFOCx\_AFRPAH

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称           | 描述                                            |
|--------|--------------|-----------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_AFRPAH | 全阶磁链观测器估算α轴磁链<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.16.9 NFOCx\_AFRPBH (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2)

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

NFOCx\_AFRPBH

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称           | 描述                                            |
|--------|--------------|-----------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_AFRPBH | 全阶磁链观测器估算β轴磁链<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.16.10 NFOCx\_AFKDF (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2)

31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

RSV

NFOCx\_AFKDF





18.16.16.13 NFOCx\_FEK6 (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFCx_FEK6 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称         | 描述                                        |
|--------|------------|-------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_FEK6 | 磁链观测器系数 6<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.16.14 NFOCx\_FEK7 (0x30000BC/0x30010BC) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FEK7 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_FEK7 | 磁链观测器系数 7<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.16.15 NFOCx\_FEK8 (0x300000BE/0x300100BE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FEK8 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘          | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_FEK8 | 磁链观测器系数 8<br>取值范围[-32768,32767] |

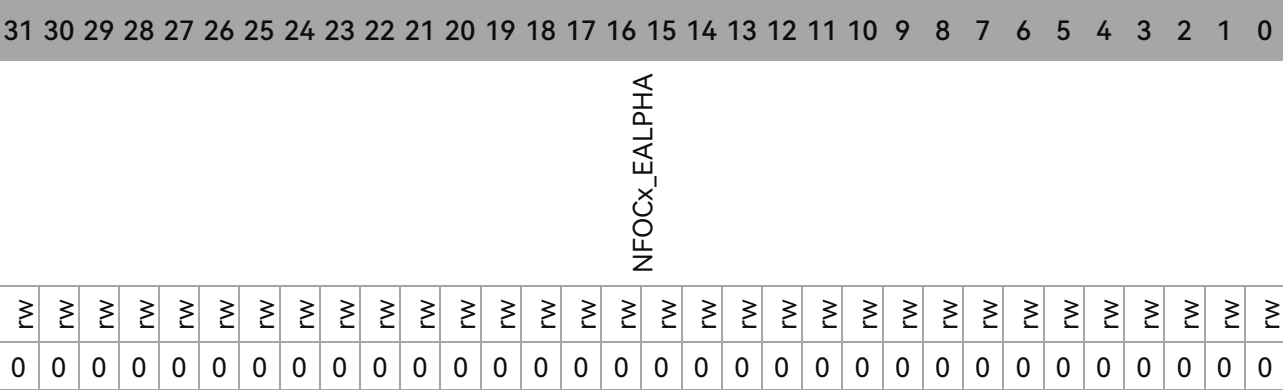
18.16.16.16 NFOCx\_AFTHE (0x30000254/0x30010254) (x = 1/2)

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_AFTHE |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌           | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌  | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ | ⌌ |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称            | 描述                                       |
|--------|---------------|------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_AFP THE | AFO 估算角度<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

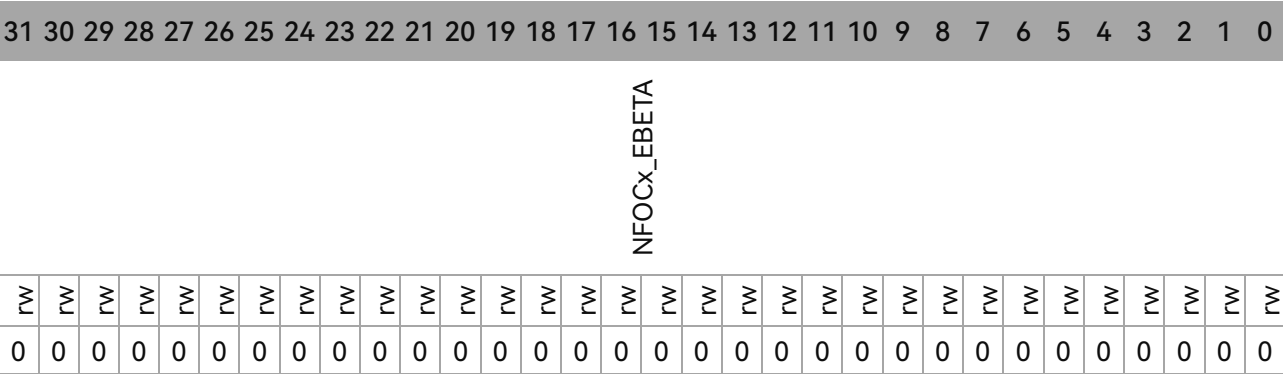
18.16.17 速度与角度寄存器

18.16.17.1 NFOCx\_EALPHA (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2)



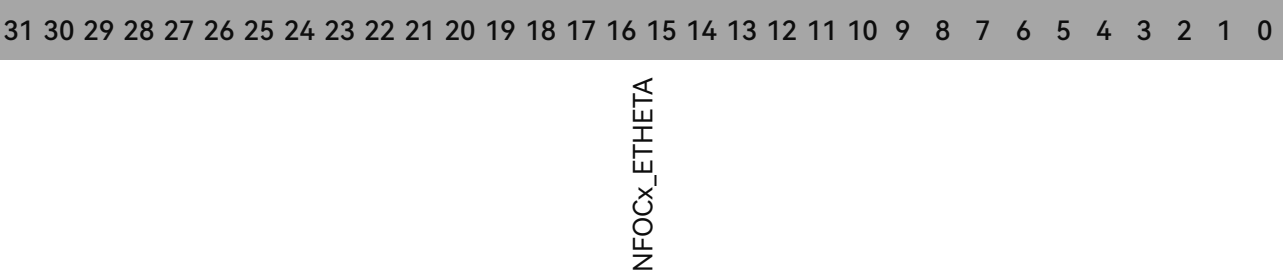
| 位      | 名称           | 描述                                          |
|--------|--------------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_EALPHA | 观测器估算α轴反电动势<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.2 NFOCx\_EBETA (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2)



| 位      | 名称          | 描述                                          |
|--------|-------------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_EBETA | 观测器估算β轴反电动势<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.3 NFOCx\_ETHETA (0x30000178/0x30010178) (x = 1/2)



[illegible]

| 位      | 名称           | 描述                                      |
|--------|--------------|-----------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_ETHETA | 观测器估算角度<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

#### 18.16.17.4 NFOCx ZALORG (0x3000017C/0x3001017C) (x=1/2)

[illegible]

| 位       | 名称           | 描述                             |
|---------|--------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_ZALORG | 估算α轴反电动势<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.17.5 NFOCx ZBEORG (0x3000017E/0x3001017E) (x=1/2)

[illegible]

| 位       | 名称           | 描述                             |
|---------|--------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_ZBEORG | 估算β轴反电动势<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.17.6 NFOCx\_EMF (0x300001E0/0x300101E0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_EMF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌚         | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                             |
|---------|-----------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_EMF | 估算反电动势幅值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.17.7 NFOCx\_OMEGA (0x30000204/0x30010204) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OMEGA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌚           | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚  | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ | ⌚ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                           |
|---------|-------------|------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                           |
| [15:0]  | NFOCx_OMEGA | 电机最终速度<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.17.8 NFOCx\_FTCK (0x3000019E/0x3001019E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FTCK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |



|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
|  |  | 取值范围[-32768,32767] |
|--|--|--------------------|

18.16.17.11 NFOCx\_THECOM (0x300001A4/0x300101A4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THECOM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                                                                                                                                                        |
|---------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                                                                                                                                        |
| [15:0]  | NFOCx_THECOM | 输出角度的静态补偿角<br>取值范围[-32768,32767]<br> 备注：<br>若对观测器估算角度 NFOCx_ETHERA 做补偿，请填写 NFOCx_FTCOM |

18.16.17.12 NFOCx\_FTCOM (0x300001A6/0x300101A6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FTCOM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_FTCOM | 反馈角度的静态补偿角<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.13 NFOCx\_OMEFLT (0x3000020C/0x3001020C) (x = 1/2)

|              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31           | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| NFOCx_OMEFLT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                                          |
|--------|--------------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_OMEFLT | OMEGA 一级滤波值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.14 NFOCx\_OMEFL2 (0x30000210/0x30010210) (x = 1/2)

|              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31           | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| NFOCx_OMEFL2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                                          |
|--------|--------------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_OMEFL2 | OMEGA 二级滤波值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.15 NFOCx\_ZALPHA (0x30000214/0x30010214) (x=1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ZALPHA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |



|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称           | 描述                               |
|---------|--------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_ZALPHA | 滤波前的α轴反电动势<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.16 NFOCx\_ZBETA (0x30000216/0x30010216) (x=1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ZBETA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_ZBETA | 滤波前的β轴反电动势<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.17 NFOCx\_KLPF (0x30000218/0x30010218) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_KLPF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                |
|---------|------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_KLPF | 观测器的低通滤波器系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.18 NFOCx\_FTCPS (CSR:0x30000268/0x30010268) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FTCPS |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                        |
|---------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                        |
| [15:0]  | NFOCx_FTCPS | 计算得到的动态补偿角<br>NFOCx_FTCPS = NFOCx_FTCK * NFOCx_OMEFL2 * NFOCx_FBASE<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.19 NFOCx\_FTHETA (0x3000026A/0x3001026A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FTHETA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                            |
|---------|--------------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                            |
| [15:0]  | NFOCx_FTHETA | 观测器反馈角度<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.20 NFOCx\_ITHETA (0x300003EE/0x300103EE) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ITHETA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                                            |
|---------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                            |
| [15:0]  | NFOCx_ITHETA | NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 计算的角度 (atan)<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.21 NFOCx\_THETA (0x30000158/0x30010158) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THETA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称          | 描述                                    |
|--------|-------------|---------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_THETA | 最终角度值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.22 NFOCx\_OTHETA (0x30000258/0x30010258) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OTHETA |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称           | 描述                                             |
|---------|--------------|------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                             |
| [15:0]  | NFOCx_OTHETA | 由 NFOCx_OMEGA 积分得到的补偿前角度<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.23 NFOCx\_DELOTHE (0x3000028C/0x3001028C) (x = 1/2)

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

NFOCx\_DELOTHE

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位      | 名称            | 描述                                               |
|--------|---------------|--------------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_DELOTHE | NFOCx_OTHETA 变化量<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.24 NFOCx\_DELETHE (0x30000290/0x30010290) (x = 1/2)

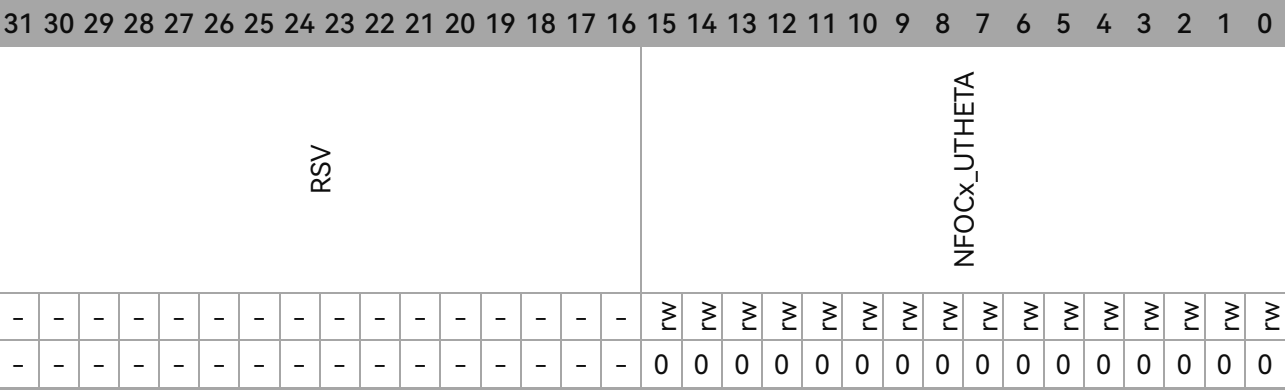
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

NFOCx\_DELETHE

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

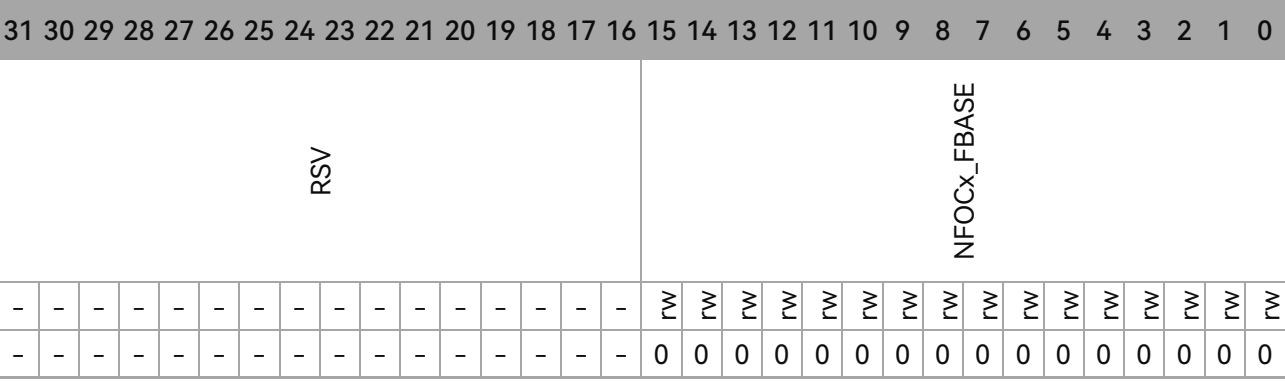
| 位      | 名称            | 描述                                               |
|--------|---------------|--------------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_DELETHE | NFOCx_ETHETA 变化量<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.17.25 NFOCx\_UTHETA (0x300000DE/0x300100DE) (x = 1/2)



| 位       | 名称           | 描述                                                            |
|---------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                            |
| [15:0]  | NFOCx_UTHETA | NFOCx_UALPHA 和 NFOCx_UBETA 计算的角度 (atan)<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.17.26 NFOCx\_FBASE (0x300001A0/0x300101A0) (x = 1/2)



| 位       | 名称          | 描述                         |
|---------|-------------|----------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                         |
| [15:0]  | NFOCx_FBASE | 速度基准<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.18 OMEGA 启动寄存器

18.16.18.1 NFOCx\_OMEGAK (0x30000288/0x30010288) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OMEGAK |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                 |
|---------|--------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_OMEGAK | OMEGA 一级滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.18.2 NFOCx\_OMEK2 (0x3000028A/0x3001028A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OMEK2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                 |
|---------|-------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                 |
| [15:0]  | NFOCx_OMEK2 | OMEGA 二级滤波系数<br>取值范围[-32768,32767] |

### 18.16.18.3 NFOCx OMEACC (0x30000194/0x30010194) (x = 1/2)

[illegible]

| 位      | 名称           | 描述                                           |
|--------|--------------|----------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_OMEACC | Omega 启动速度增量<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

#### 18.16.18.4 NFOCx\_OMEEND (0x30000198/0x30010198) (x = 1/2)

[illegible]

| 位      | 名称           | 描述                                          |
|--------|--------------|---------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_OMEEND | Omega 启动限制值<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

#### 18.16.18.5 NFOCx\_OMEMIN (0x3000019C/0x3001019C) (x = 1/2)

[illegible]

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称           | 描述                                  |
|---------|--------------|-------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                  |
| [15:0]  | NFOCx_OMEMIN | Omega 启动最小切换值<br>取值范围[-32768,32767] |



18.16.19 外环寄存器

18.16.19.1 NFOCx\_WKP (0x30000160/0x30010160) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_WKP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | RW      | RW | RW        | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                                            |
|---------|-----------|---------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                            |
| [15:14] | PI_QSEL   | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式<br>11: Q4 格式 |
| [13:0]  | NFOCx_WKP | 外环 PI KP 参数<br>取值范围[0,16383]                                  |

18.16.19.2 NFOCx\_WKI (0x30000162/0x30010162) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13        | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PI_QSEL |    | NFOCx_WKI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | RW      | RW | RW        | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                               |
|---------|---------|--------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                               |
| [15:14] | PI_QSEL | PI 参数选择<br>00: Q15 格式<br>01: Q12 格式<br>10: Q8 格式 |

|        |           |                              |
|--------|-----------|------------------------------|
|        |           | 11: Q4 格式                    |
| [13:0] | NFOCx_WKI | 外环 PI KI 参数<br>取值范围[0,16383] |

18.16.19.3 NFOCx\_WMAX (0x30000164/0x30010164) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_WMAX | 外环 PI 上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.19.4 NFOCx\_WMIN (0x30000166/0x30010166) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_WMIN | 外环 PI 下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.19.5 NFOCx\_WEK (0x30000168/0x30010168) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WEK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                             |
|---------|-----------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_WEK | 外环 PI EK<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.19.6 NFOCx\_WEK1 (0x3000016A/0x3001016A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WEK1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡          | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                              |
|---------|------------|---------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                              |
| [15:0]  | NFOCx_WEK1 | 外环 PI EK1<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.19.7 NFOCx\_WUK (0x3000016C/0x3001016C) (x = 1/2)

| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称        | 描述                                       |
|--------|-----------|------------------------------------------|
| [31:0] | NFOCx_WUK | 外环 PI 输出<br>取值范围[-2147483648,2147483647] |

18.16.19.8 NFOCx\_WREF (0x300001D0/0x300101D0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WREF |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                     |
|---------|------------|------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                     |
| [15:0]  | NFOCx_WREF | 给定外环值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.19.9 NFOCx\_WFDB (0x300001D2/0x300101D2) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WFDB |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                          |
|---------|------------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_WFDB | 外环反馈值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.19.10 NFOCx\_WUCPS (0x3000033C/0x3001033C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WUCPS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                     |
|---------|-------------|------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                     |
| [15:0]  | NFOCx_WUCPS | 外环补偿值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.19.11 NFOCx\_WUFIN (0x3000033E/0x3001033E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_WUFIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                     |
|---------|-------------|------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                     |
| [15:0]  | NFOCx_WUFIN | 外环最终值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.20 爬坡寄存器

18.16.20.1 NFOCx\_RATAR (0x300001E4/0x300101E4) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_RATAR |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                          |
|---------|-------------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_RATAR | 爬坡目标值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.20.2 NFOCx\_RAOUT (0x300001E6/0x300101E6) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_RAOUT |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                          |
|---------|-------------|-----------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                          |
| [15:0]  | NFOCx_RAOUT | 爬坡输出值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.20.3 NFOCx\_RAINC (0x300001E8/0x300101E8) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_RAINC |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_RAINC | 向上增加的步进值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.20.4 NFOCx\_RADEC (0x300001EA/0x300101EA) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_RADEC |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                             |
|---------|-------------|--------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                             |
| [15:0]  | NFOCx_RADEC | 向下减少的步进值<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.21 电机保护寄存器

18.16.21.1 DRVx\_PER (CSR:0x544/0x584) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10      | 9       | 8       | 7        | 6         | 5          | 4       | 3         | 2         | 1  | 0         |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|---------|----------|-----------|------------|---------|-----------|-----------|----|-----------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | LOCK2EN | LOCK1EN | LOCK0EN | ODCIF_EN | OSPD_AUTO | OVERL_AUTO | PL_AUTO | LOCK_AUTO | OUVP_AUTO |    | SOCP_AUTO |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw      | rw      | rw       | rw        | rw         | rw      | rw        | rw        | rw | rw        |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0          | 0       | 0         | 0         | 0  | 0         |

| 位       | 名称         | 描述                                                            |
|---------|------------|---------------------------------------------------------------|
| [31:11] | RSV        | 保留                                                            |
| [10]    | LOCK2EN    | 堵转判断 2 使能<br>使能后，当电机转速与反电动势比值大于设定值时，堵转判断条件成立<br>0：不使能<br>1：使能 |
| [9]     | LOCK1EN    | 堵转判断 1 使能<br>使能后，当电机转速大于设定的最大转速时，堵转判断条件成立<br>0：不使能<br>1：使能    |
| [8]     | LOCK0EN    | 堵转判断 0 使能<br>使能后，当电机转速小于设定的最小转速时，堵转判断条件成立<br>0：不使能<br>1：使能    |
| [7]     | ODCIF_EN   | 载波中断超时保护使能<br>0：不使能<br>1：使能                                   |
| [6]     | OSPD_AUTO  | 速度过超自动计算使能，每个载波自动计算一次<br>0：不使能<br>1：使能                        |
| [5]     | OVERL_AUTO | 速度超差自动计算使能，每个外环自动计算一次<br>0：不使能<br>1：使能                        |
| [4]     | PL_AUTO    | 缺相自动计算使能，一个电周期计算一次<br>0：不使能                                   |



|       |            |                                                                              |
|-------|------------|------------------------------------------------------------------------------|
|       |            | 1: 使能                                                                        |
| [3]   | LOCK_AUTO  | 堵转自动计算使能，一个 SysTick 周期计算一次<br>0: 不使能<br>1: 使能                                |
| [2:1] | OUVP_AUTO  | 软件过欠压自动计算使能<br>00: 不使能<br>01: 一个载波周期计算一次<br>10: 一个 SysTick 周期计算一次<br>11: 无意义 |
| [0]   | SOC_P_AUTO | 软件过流自动计算使能，一个载波周期计算一次<br>0: 不使能<br>1: 使能                                     |

18.16.21.2 DRVx\_PTR (CSR:0x545/0x585) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |          |          |     |   |        |          |          |           |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|---------|----------|----------|-----|---|--------|----------|----------|-----------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9        | 8       | 7        | 6        | 5   | 4 | 3      | 2        | 1        | 0         |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RAMP_TRG | WPI_TRG | OSPD_TRG | OVEL_TRG | RSV |   | PL_TRG | LOCK_TRG | OUVP_TRG | SOC_P_TRG |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | w1       | w1      | w1       | w1       | -   | - | w1     | w1       | w1       | w1        |
| -   | -  |    |    | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0       | 0        | 0        | -   | - | 0      | 0        | 0        | 0         |

| 位       | 名称       | 描述                                  |
|---------|----------|-------------------------------------|
| [31:10] | RSV      | 保留                                  |
| [9]     | RAMP_TRG | 爬坡计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效     |
| [8]     | WPI_TRG  | 外环计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效     |
| [7]     | OSPD_TRG | 速度过超保护计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效 |
| [6]     | OVEL_TRG | 速度超差保护计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效 |
| [5:4]   | RSV      | 保留                                  |
| [3]     | PL_TRG   | 缺相计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效     |
| [2]     | LOCK_TRG | 堵转计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效     |

|     |          |                                   |
|-----|----------|-----------------------------------|
| [1] | OUEP_TRG | 过/欠压计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效 |
| [0] | SOCP_TRG | 软件过流计算触发<br>写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效 |

18.16.21.3 DRVx\_PSR (CSR:0x546/0x586) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15  | 14 | 13 | 12  | 11 | 10 | 9   | 8       | 7      | 6      | 5    | 4      | 3     | 2     | 1      | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|---------|--------|--------|------|--------|-------|-------|--------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CBA |    |    | RSV |    |    | RIF | ODCIFIF | OSPDIF | OVELIF | PLIF | LOCKIF | UVPIF | OVPIF | SOCPIF |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | rw | rw | rw  | -  | -  | -   | rw      | rw     | rw     | rw   | rw     | rw    | rw    | rw     | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | 0  | 0  | 0   | -  | -  | -   | 0       | 0      | 0      | 0    | 0      | 0     | 0     | 0      | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                            |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:15] | RSV     | 保留                                                                                                            |
| [14:12] | CBA     | 扇区<br>000: 无意义<br>001: II 扇区<br>010: VI 扇区<br>011: I 扇区<br>100: IV 扇区<br>101: III 扇区<br>110: V 扇区<br>111: 无意义 |
| [11:9]  | RSV     | 保留                                                                                                            |
| [8]     | RIF     | 电流基准异常状态（不产生中断）<br>该位由硬件置 1，软件清 0<br>0: 无事件发生<br>1: 电流基准异常                                                    |
| [7]     | ODCIFIF | 载波中断超时中断标记<br>该位由硬件置 1，由软件清 0<br>0: 无事件发生<br>1: 载波中断超时中断产生                                                    |
| [6]     | OSPDIF  | 速度过超中断标记<br>该位由硬件置 1，由软件清 0<br>0: 无事件发生<br>1: 速度过超中断产生                                                        |

|     |        |                                                      |
|-----|--------|------------------------------------------------------|
| [5] | OVELIF | 速度超差中断标记<br>该位由硬件置 1，由软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：速度超差中断产生 |
| [4] | PLIF   | 缺相中断标记<br>该位由硬件置 1，由软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：缺相中断产生     |
| [3] | LOCKIF | 堵转中断标记<br>该位由硬件置 1，软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：堵转中断产生      |
| [2] | UVPIF  | 欠压中断标记<br>该位由硬件置 1，软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：欠压中断产生      |
| [1] | OVPIF  | 过压中断标记<br>该位由硬件置 1，软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：过压中断产生      |
| [0] | SOCPIF | 软件过流中断标记<br>该位由硬件置 1，软件清 0<br>0：无事件发生<br>1：软件过流中断产生  |

18.16.21.4 NFOCx\_IRLOW (0x30000010/0x30010010) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IRLOW |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称  | 描述 |
|---------|-----|----|
| [31:16] | RSV | 保留 |

|        |             |                                  |
|--------|-------------|----------------------------------|
| [15:0] | NFOCx_IRLOW | 电流基准下限，超出后报基准异常<br>取值范围[0,32767] |
|--------|-------------|----------------------------------|

18.16.21.5 NFOCx\_IRUPP (0x30000012/0x30010012) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_IRUPP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                               |
|---------|-------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_IRUPP | 电流基准上限，超出后报基准异常<br>取值范围[0,32767] |

18.16.21.6 NFOCx\_OVP (0x30000014/0x30010014) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_OVP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                    |
|---------|-----------|-----------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                    |
| [15:0]  | NFOCx_OVP | 过压阈值<br>取值范围[0,32767] |

## 18.16.21.7 NFOCx\_OVPARR (0x30000016/0x30010016) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7            | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_OVPARR |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rW           | rW | rW | rW | rW | rW | rW | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                     |
|--------|--------------|------------------------|
| [31:8] | RSV          | 保留                     |
| [7:0]  | NFOCx_OVPARR | 过压次数目标值<br>取值范围[0,255] |

## 18.16.21.8 NFOCx\_OVPCNT (0x30000017/0x30010017) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7            | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_OVPCNT |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | RW           | RW | RW | RW | RW | RW | RW | RW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                     |
|--------|--------------|------------------------|
| [31:8] | RSV          | 保留                     |
| [7:0]  | NFOCx_OVPCNT | 过压次数计数值<br>取值范围[0,255] |

## 18.16.21.9 NFOCx\_UVP (0x30000018/0x30010018) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UVP |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                    |
|---------|-----------|-----------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                    |
| [15:0]  | NFOCx_UVP | 欠压阈值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.21.10 NFOCx\_UVPARR (0x3000001A/0x3001001A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7            | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_UVPARR |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述                     |
|--------|--------------|------------------------|
| [31:8] | RSV          | 保留                     |
| [7:0]  | NFOCx_UVPARR | 欠压次数目标值<br>取值范围[0,255] |

18.16.21.11 NFOCx\_UVPCNT (0x3000001B/0x3001001B) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7            | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_UVPCNT |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |              |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称           | 描述      |
|--------|--------------|---------|
| [31:8] | RSV          | 保留      |
| [7:0]  | NFOCx_UVPCNT | 欠压次数计数值 |

|  |  |             |
|--|--|-------------|
|  |  | 取值范围[0,255] |
|--|--|-------------|

18.16.21.12 NFOCx\_SOCP (0x3000001C/0x3001001C) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_SOCP |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                      |
|---------|------------|-------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                      |
| [15:0]  | NFOCx_SOCP | 软件过流阈值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.21.13 NFOCx\_SOCPARR (0x3000001E/0x3001001E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7             | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_SOCPARR |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |               |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw            | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称            | 描述                       |
|--------|---------------|--------------------------|
| [31:8] | RSV           | 保留                       |
| [7:0]  | NFOCx_SOCPARR | 软件过流次数目标值<br>取值范围[0,255] |

18.16.21.14 NFOCx\_SOCPCNT (0x3000001F/0x3001001F) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |               |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7             | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | NFOCx_SOCPCNT |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw            | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称            | 描述                       |
|--------|---------------|--------------------------|
| [31:8] | RSV           | 保留                       |
| [7:0]  | NFOCx_SOCPCNT | 软件过流次数计数值<br>取值范围[0,255] |

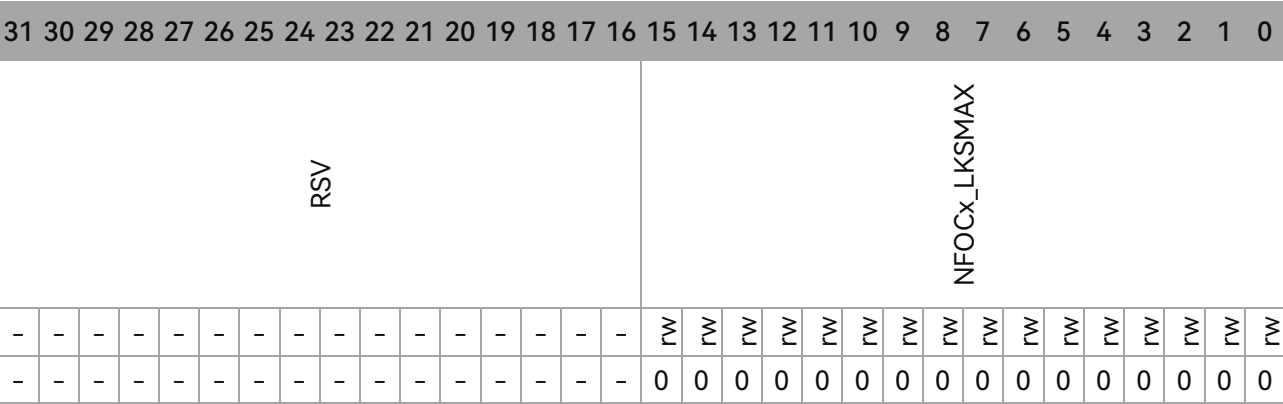
18.16.21.15 NFOCx\_LKSMIN (0x30000020/0x30010020) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LKSMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                               |
|---------|--------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_LKSMIN | LOCK0 对应的最小堵转速度<br>取值范围[0,32767] |

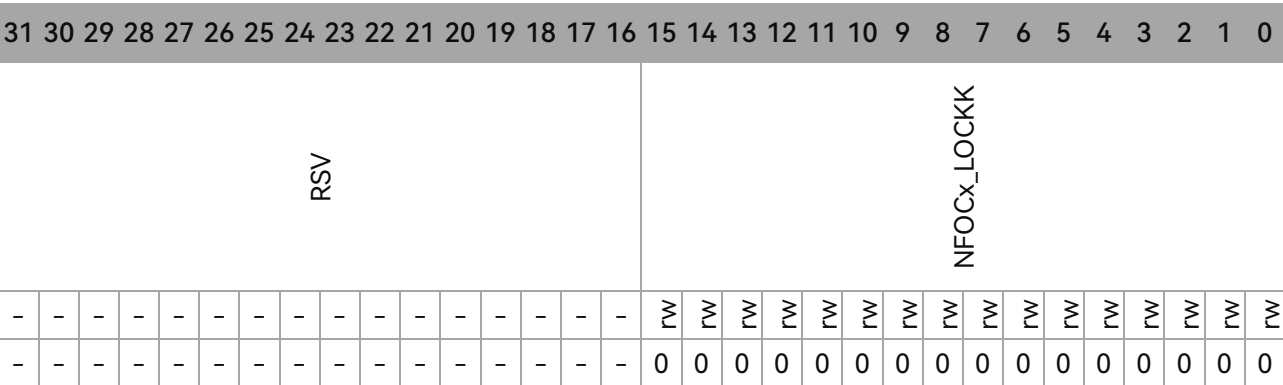


18.16.21.16 NFOCx\_LKSMAX (0x30000022/0x30010022) (x = 1/2)



| 位       | 名称           | 描述                               |
|---------|--------------|----------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                               |
| [15:0]  | NFOCx_LKSMAX | LOCK1 对应的最大堵转速度<br>取值范围[0,32767] |

18.16.21.17 NFOCx\_LOCKK (0x30000024/0x30010024) (x = 1/2)



| 位       | 名称          | 描述                                          |
|---------|-------------|---------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                          |
| [15:0]  | NFOCx_LOCKK | LOCK2 对应的速度和 BEMF 系数，Q8 格式<br>取值范围[0,32767] |

## 18.16.21.18 NFOCx\_LKARR (0x30000028/0x30010028) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LKARR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                |
|---------|-------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_LKARR | 堵转次数目标值，三种堵转模式共用<br>取值范围[0,65535] |

## 18.16.21.19 NFOCx\_LKCNT (0x3000002A/0x3001002A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_LKCNT |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                |
|---------|-------------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_LKCNT | 堵转次数计数值，三种堵转模式共用<br>取值范围[0,65535] |

## 18.16.21.20 NFOCx\_NCURRE (0x3000002C/0x3001002C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_NCURRE |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                       |
|---------|--------------|--------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                       |
| [15:0]  | NFOCx_NCURRE | 缺相保护电流值<br>取值范围[0,32767] |

18.16.21.21 NFOCx\_PLK (0x3000002E/0x3001002E) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_PLK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                |
|---------|-----------|-----------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                |
| [15:0]  | NFOCx_PLK | 缺相检测电流倍数系数，Q8 格式<br>取值范围[0,32767] |

18.16.22 CORDIC 寄存器

18.16.22.1 ME\_COR (CSR:0x50C)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    | 0    |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | COR7 | COR6 | COR5 | COR4 | COR3 | COR2 | COR1 | COR0 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw   | rw   | rw   | rw   | rw   | rw   | rw   | rw   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

| 位      | 名称   | 描述                                                                                                                                                                                              |
|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV  | 保留                                                                                                                                                                                              |
| [7]    | COR7 | 软件调用 CORDIC7 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><br>软件调用 CORDIC7 计算 atan 和平方根步骤为:<br>1. 软件填写 NFOC2_XI3、NFOC2_YI3;<br>2. 软件将此位置 1;<br>3. CORDIC 运算完成, 此位硬件置 0, 软件从 NFOC2_US3 和 NFOC2_THETA3 读 CORDIC 计算结果。 |
| [6]    | COR6 | 软件调用 CORDIC6 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><br>软件调用 CORDIC6 计算 atan 和平方根步骤为:<br>1. 软件填写 NFOC2_XI2、NFOC2_YI2;<br>2. 软件将此位置 1;<br>3. CORDIC 运算完成, 此位硬件置 0, 软件从 NFOC2_US2 和 NFOC2_THETA2 读 CORDIC 计算结果。 |
| [5]    | COR5 | 软件调用 CORDIC5 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br><br>软件调用 CORDIC5 计算 sin 和 cos 步骤为:<br>1. 软件填写 NFOC2_XI1、NFOC2_YI1 和 NFOC2_THETA1;<br>2. 软件将此位置 1;                                                         |

|     |      |                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |      | <p>3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC2_XO1 和 NFOC2_YO1 读 CORDIC 计算结果。</p>                                                                                                                                                                  |
| [4] | COR4 | <p>软件调用 CORDIC4 使能</p> <p>0：不使能</p> <p>1：使能</p> <p>软件调用 CORDIC4 计算 sine 和 cosine 步骤为：</p> <p>1. 软件填写 NFOC2_XI0、NFOC2_YI0 和 NFOC2_THETA0；</p> <p>2. 软件将此位置 1；</p> <p>3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC2_XO0 和 NFOC2_YO0 读 CORDIC 计算结果。</p> |
| [3] | COR3 | <p>软件调用 CORDIC3 使能</p> <p>0：不使能</p> <p>1：使能</p> <p>软件调用 CORDIC3 计算 atan 和平方根步骤为：</p> <p>1. 软件填写 NFOC1_XI3、NFOC1_YI3；</p> <p>2. 软件将此位置 1；</p> <p>3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC1_US3 和 NFOC1_THETA3 读 CORDIC 计算结果。</p>                  |
| [2] | COR2 | <p>软件调用 CORDIC2 使能</p> <p>0：不使能</p> <p>1：使能</p> <p>软件调用 CORDIC2 计算 atan 和平方根步骤为：</p> <p>1. 软件填写 NFOC1_XI2、NFOC1_YI2；</p> <p>2. 软件将此位置 1；</p> <p>3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC1_US2 和 NFOC1_THETA2 读 CORDIC 计算结果。</p>                  |
| [1] | COR1 | <p>软件调用 CORDIC1 使能</p> <p>0：不使能</p> <p>1：使能</p> <p>软件调用 CORDIC1 计算 sine 和 cosine 步骤为：</p> <p>1. 软件填写 NFOC1_XI1、NFOC1_YI1 和 NFOC1_THETA1；</p> <p>2. 软件将此位置 1；</p> <p>3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC1_XO1 和 NFOC1_YO1</p>                |

|     |      |                                                                                                                                                                        |
|-----|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |      | 读 CORDIC 计算结果。                                                                                                                                                         |
|     |      | 软件调用 CORDIC0 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                     |
| [0] | COR0 | 软件调用 CORDIC0 计算 sine 和 cosine 步骤为:<br>1. 软件填写 NFOC1_XI0、NFOC1_YI0 和 NFOC1_THETA0;<br>2. 软件将此位置 1;<br>3. CORDIC 运算完成, 此位硬件置 0, 软件从 NFOC1_XO0 和 NFOC1_YO0 读 CORDIC 计算结果。 |

18.16.22.2 NFOCx\_XI0 (0x30000030/0x30010030) (x=1/2)

|         |    |           |    |                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|----|-----------|----|-------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31      | 30 | 29        | 28 | 27                                              | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV     |    |           |    |                                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_XI0 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -       | -  | -         | -  | -                                               | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -       | -  | -         | -  | -                                               | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 位       |    | 名称        |    | 描述                                              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [31:16] |    | RSV       |    | 保留                                              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [15:0]  |    | NFOCx_XI0 |    | CORDIC0 (CORDIC4) 的 X 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

18.16.22.3 NFOCx\_YI0 (0x30000032/0x30010032) (x = 1/2)

|         |    |           |    |                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|----|-----------|----|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31      | 30 | 29        | 28 | 27                        | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV     |    |           |    |                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YI0 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -       | -  | -         | -  | -                         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -       | -  | -         | -  | -                         | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 位       |    | 名称        |    | 描述                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [31:16] |    | RSV       |    | 保留                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| [15:0]  |    | NFOCx_YI0 |    | CORDIC0 (CORDIC4) 的 Y 轴输入 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
|  |  | 取值范围[-32768,32767] |
|--|--|--------------------|

18.16.22.4 NFOCx\_THETA0 (0x30000036/0x30010036) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THETA0 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                                            |
|---------|--------------|-----------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                            |
| [15:0]  | NFOCx_THETA0 | CORDIC0 (CORDIC4) 的角度输入<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.22.5 NFOCx\_XO0 (0x30000038/0x30010038) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_X00 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_XO0 | CORDIC0 (CORDIC4) 的 X 轴输出<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.6 NFOCx\_YO0 (0x3000003A/0x3001003A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YO0 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_YO0 | CORDIC0 (CORDIC4) 的 Y 轴输出<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.7 NFOCx\_XI1 (0x3000003C/0x3001003C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_XI1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_XI1 | CORDIC1 (CORDIC5) 的 X 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.8 NFOCx\_YI1 (0x3000003E/0x3001003E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YI1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_YI1 | CORDIC1 (CORDIC5) 的 Y 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.22.9 NFOCx\_THETA1 (0x30000042/0x30010042) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THETA1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                                            |
|---------|--------------|-----------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                            |
| [15:0]  | NFOCx_THETA1 | CORDIC1 (CORDIC5) 的角度输入<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.22.10 NFOCx\_XO1 (0x30000044/0x30010044) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_XO1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_XO1 | CORDIC1 (CORDIC5) 的 X 轴输出<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.11 NFOCx\_YO1 (0x30000046/0x30010046) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YO1 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_YO1 | CORDIC1 (CORDIC5) 的 Y 轴输出<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.12 NFOCx\_XI2 (0x30000048/0x30010048) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_XI2 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_XI2 | CORDIC2 (CORDIC6) 的 X 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.13 NFOCx\_YI2 (0x3000004A/0x3001004A) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YI2 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_YI2 | CORDIC2 (CORDIC6) 的 Y 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.22.14 NFOCx\_US2 (0x3000004C/0x3001004C) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_US2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述                                        |
|---------|-----------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                        |
| [15:0]  | NFOCx_US2 | CORDIC2 (CORDIC6) 的平方根输出<br>取值范围[0,32767] |

18.16.22.15 NFOCx\_THETA2 (0x3000004E/0x3001004E) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THETA2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称           | 描述                                                |
|---------|--------------|---------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                |
| [15:0]  | NFOCx_THETA2 | CORDIC2 (CORDIC6) 的 atan 输出<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.16 NFOCx\_XI3 (0x30000050/0x30010050) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_XI3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_XI3 | CORDIC3 (CORDIC7) 的 X 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.17 NFOCx\_YI3 (0x30000052/0x30010052) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_YI3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                              |
|---------|-----------|-------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                              |
| [15:0]  | NFOCx_YI3 | CORDIC3 (CORDIC7) 的 Y 轴输入<br>取值范围[-32768,32767] |

## 18.16.22.18 NFOCx\_US3 (0x30000054/0x30010054) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_US3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘         | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                             |
|---------|-----------|------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                             |
| [15:0]  | NFOCx_US3 | CORDIC3 (CORDIC7) 的平方根输出<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.22.19 NFOCx\_THETA3 (0x30000056/0x30010056) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_THETA3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                                                |
|---------|--------------|---------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                |
| [15:0]  | NFOCx_THETA3 | CORDIC3 (CORDIC7) 的 atan 输出<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.23 角度融合寄存器

18.16.23.1 NFOCx\_HTHETA (0x30000116/0x30010116)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_HTHETA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                                                          |
|---------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                          |
| [15:0]  | NFOCx_HTHETA | 由 NFOCx_HALPHA 及 NFOCx_HBETA 反正切得到的角度<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.23.2 NFOCx\_ATHETA (0x300001E2/0x300101E2)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_ATHETA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                                                          |
|---------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                                                          |
| [15:0]  | NFOCx_ATHETA | 由 NFOCx_EALPHA 及 NFOCx_EBETA 反正切得到的角度<br>取值范围[-32768,32767] |

18.16.23.3 NFOCx\_FUWEI (0x3000021A/0x3001021A)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FUWEI |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

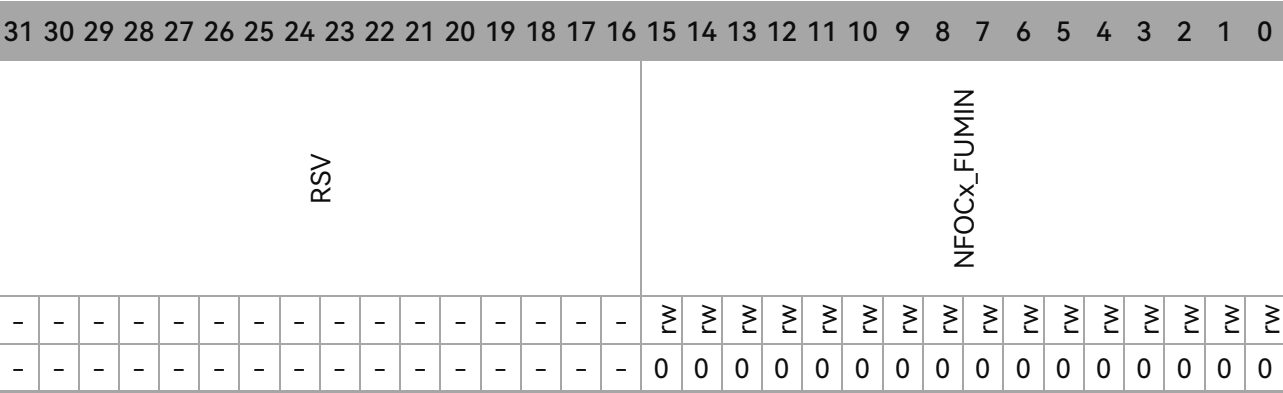
| 位       | 名称          | 描述                                                                                                                                                          |
|---------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                                                                                                          |
| [15:0]  | NFOCx_FUWEI | 角度融合时 HFI 角度的权重系数或权重值<br>DRVx_FCR5[ANGFU_MAEN] = 1 时，为 HFI 角度的权重值，Q15 格式<br>取值范围[0,32767];<br>DRVx_FCR5[ANGFU_MAEN] = 0 时，为 HFI 角度的权重系数，Q6 格式<br>取值范围[0,64] |

18.16.23.4 NFOCx\_FUMAX (0x300003E8/0x300103E8)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_FUMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述             |
|---------|-------------|----------------|
| [31:16] | RSV         | 保留             |
| [15:0]  | NFOCx_FUMAX | 角度融合速度判断 MAX 值 |

18.16.23.5 NFOCx\_FUMIN (0x300003EA/0x300103EA)(x = 1/2)



| 位       | 名称          | 描述             |
|---------|-------------|----------------|
| [31:16] | RSV         | 保留             |
| [15:0]  | NFOCx_FUMIN | 角度融合速度判断 MIN 值 |



18.16.24 电流环解耦寄存器

18.16.24.1 NFOCx\_CVK1 (0x300003CC/0x300103CC)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVK1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位       | 名称         | 描述        |
|---------|------------|-----------|
| [31:16] | RSV        | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CVK1 | 解耦控制器参数 1 |

18.16.24.2 NFOCx\_CVK2 (0x300003E0/0x300103E0)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVK2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 |

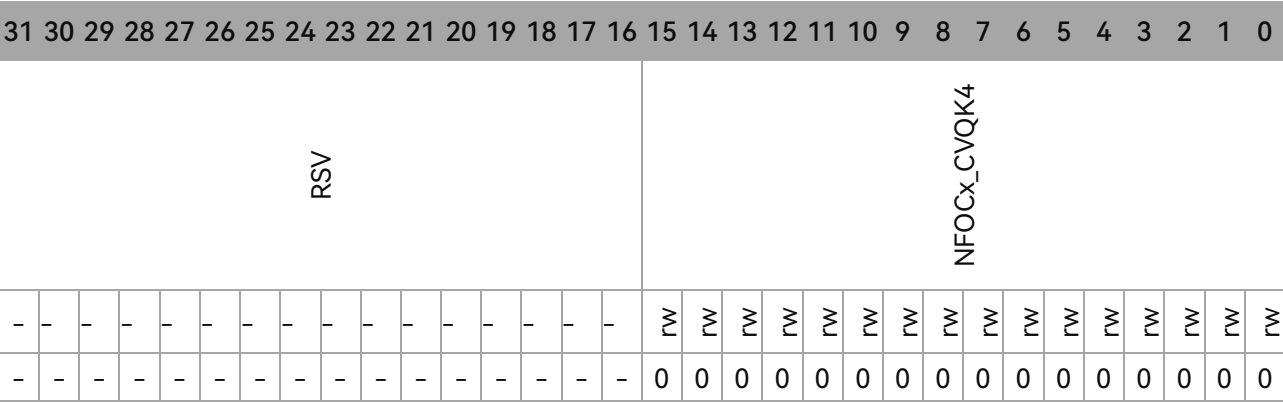
| 位       | 名称         | 描述        |
|---------|------------|-----------|
| [31:16] | RSV        | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CVK2 | 解耦控制器参数 2 |

18.16.24.3 NFOCx\_CVK3 (0x300003CE/0x300103CE)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVK3 |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

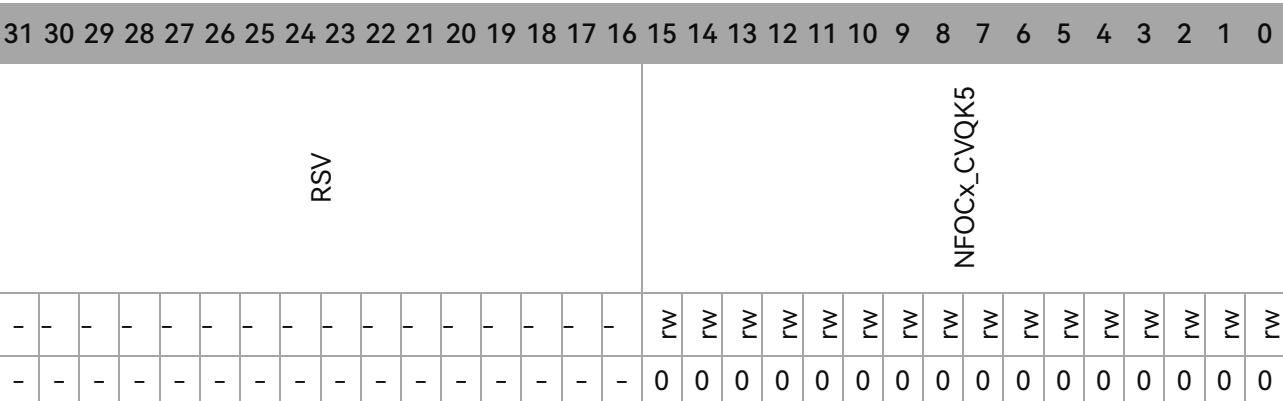


18.16.24.6 NFOCx\_CVQK4 (0x300003D2/0x300103D2)(x = 1/2)



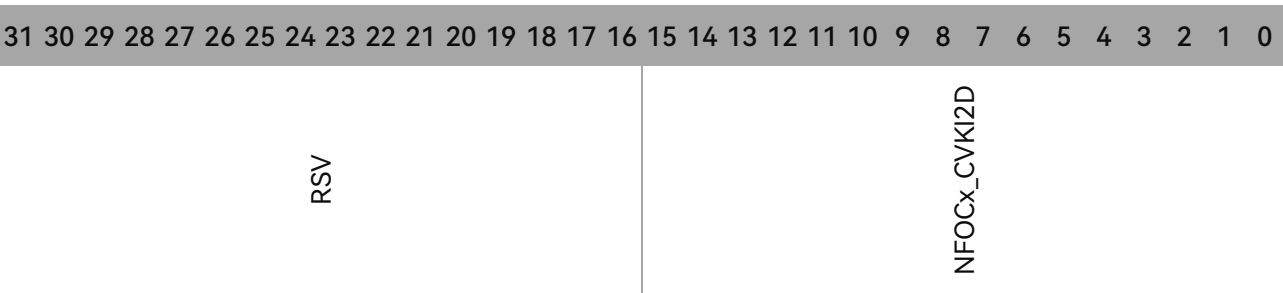
| 位       |  | 名称          | 描述            |
|---------|--|-------------|---------------|
| [31:16] |  | RSV         | 保留            |
| [15:0]  |  | NFOCx_CVQK4 | 解耦控制器 q 轴参数 4 |

18.16.24.7 NFOCx\_CVQK5 (0x300003D6/0x300103D6)(x = 1/2)



| 位       |  | 名称          | 描述            |
|---------|--|-------------|---------------|
| [31:16] |  | RSV         | 保留            |
| [15:0]  |  | NFOCx_CVQK5 | 解耦控制器 q 轴参数 5 |

18.16.24.8 NFOCx\_CVKI2D (0x30000112/0x30010112)(x = 1/2)



|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                  |
|---------|--------------|---------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                  |
| [15:0]  | NFOCx_CVKI2D | 解耦控制器 d 轴 PI 参数 KI2 |

18.16.24.9 NFOCx\_CVKI2Q (0x30000132/0x30010132)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVKI2Q |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                  |
|---------|--------------|---------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                  |
| [15:0]  | NFOCx_CVKI2Q | 解耦控制器 q 轴 PI 参数 KI2 |

18.16.24.10 NFOCx\_CVDULO (0x30000302/0x30010302)(x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVDULO |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡            | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述                     |
|---------|--------------|------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                     |
| [15:0]  | NFOCx_CVDULO | 解耦控制器 d 轴逆变器输出限制（软件更新） |

## 18.16.24.11 NFOCx\_CVQULO (0x3000032A/0x3001032A)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVQULO |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述                     |
|---------|--------------|------------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留                     |
| [15:0]  | NFOCx_CVQULO | 解耦控制器 q 轴逆变器输出限制（软件更新） |

## 18.16.24.12 NFOCx\_UDCMAX (0x300003E4/0x300103E4)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCMAX |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述               |
|---------|--------------|------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留               |
| [15:0]  | NFOCx_UDCMAX | 解耦控制器 UDC 限幅 MAX |

## 18.16.24.13 NFOCx\_UDCMIN (0x300003E6/0x300103E6)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCMIN |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述               |
|---------|--------------|------------------|
| [31:16] | RSV          | 保留               |
| [15:0]  | NFOCx_UDCMIN | 解耦控制器 UDC 限幅 MIN |

18.16.24.14 NFOCx\_UDCLIM (0x300003E2/0x300103E2)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_UDCLIM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw           | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称           | 描述           |
|---------|--------------|--------------|
| [31:16] | RSV          | 保留           |
| [15:0]  | NFOCx_UDCLIM | 解耦控制器 UDC 输出 |

18.16.24.15 NFOCx\_CVDUK (0x30000110/0x30010110)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVDUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡           | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述        |
|---------|-------------|-----------|
| [31:16] | RSV         | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CVDUK | 复矢量解耦计算参数 |

18.16.24.16 NFOCx\_CVKI2D (0x30000112/0x30010112)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15           | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVKI2D |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |              |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘            | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0            | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称           | 描述        |
|---------|--------------|-----------|
| [31:16] | RSV          | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CVKI2D | 复矢量解耦计算参数 |

18.16.24.17 NFOCx\_CVQUK (0x30000130/0x30010130)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_CVQUK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘           | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述        |
|---------|-------------|-----------|
| [31:16] | RSV         | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_CVQUK | 复矢量解耦计算参数 |

18.16.24.18 NFOCx\_DCOM (0x300003D8/0x300103D8)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DCOM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述        |
|---------|------------|-----------|
| [31:16] | RSV        | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_DCOM | 复矢量解耦计算参数 |

18.16.24.19 NFOCx\_DAS (0x300003DA/0x300103DA)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DAS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称        | 描述        |
|---------|-----------|-----------|
| [31:16] | RSV       | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_DAS | 复矢量解耦计算参数 |

18.16.24.20 NFOCx\_QCOM (0x300003DC/0x300103DC)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QCOM |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述        |
|---------|------------|-----------|
| [31:16] | RSV        | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_QCOM | 复矢量解耦计算参数 |



## 18.16.24.21 NFOCx\_QAS (0x300003DE/0x300103DE)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QAS |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W         | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述        |
|---------|-----------|-----------|
| [31:16] | RSV       | 保留        |
| [15:0]  | NFOCx_QAS | 复矢量解耦计算参数 |

## 18.16.24.22 NFOCx\_DUKF (0x300003F4/0x300103F4)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_DUKF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W          | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述          |
|---------|------------|-------------|
| [31:16] | RSV        | 保留          |
| [15:0]  | NFOCx_DUKF | 解耦控制器 d 轴输出 |

## 18.16.24.23 NFOCx\_QUKF (0x300003F6/0x300103F6)(x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | NFOCx_QUKF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W          | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称         | 描述          |
|---------|------------|-------------|
| [31:16] | RSV        | 保留          |
| [15:0]  | NFOCx_QUKF | 解耦控制器 q 轴输出 |

# 19 PFC

## 19.1 PFC 操作说明

### 19.1.1 简介

PFC(Power Factor Correction)即功率因数校正，主要作用是提高电源对市电的利用率，优化电压调节，减弱电磁兼容及电磁干扰问题。

 备注：

配置 PFC\_CR0[PFCEN] = 1 时，默认只使能 PFC1；若需要两路同时使能，需再配置 PFC\_CR0[IAC2EN] = 1。

PFC 模块具有以下特性：

- > 硬件全自动
- > ADC自动采样
- > 过流保护与逐波限流
- > 交错两相升压PFC

图 19-1 PFC 硬件连接关系示意图

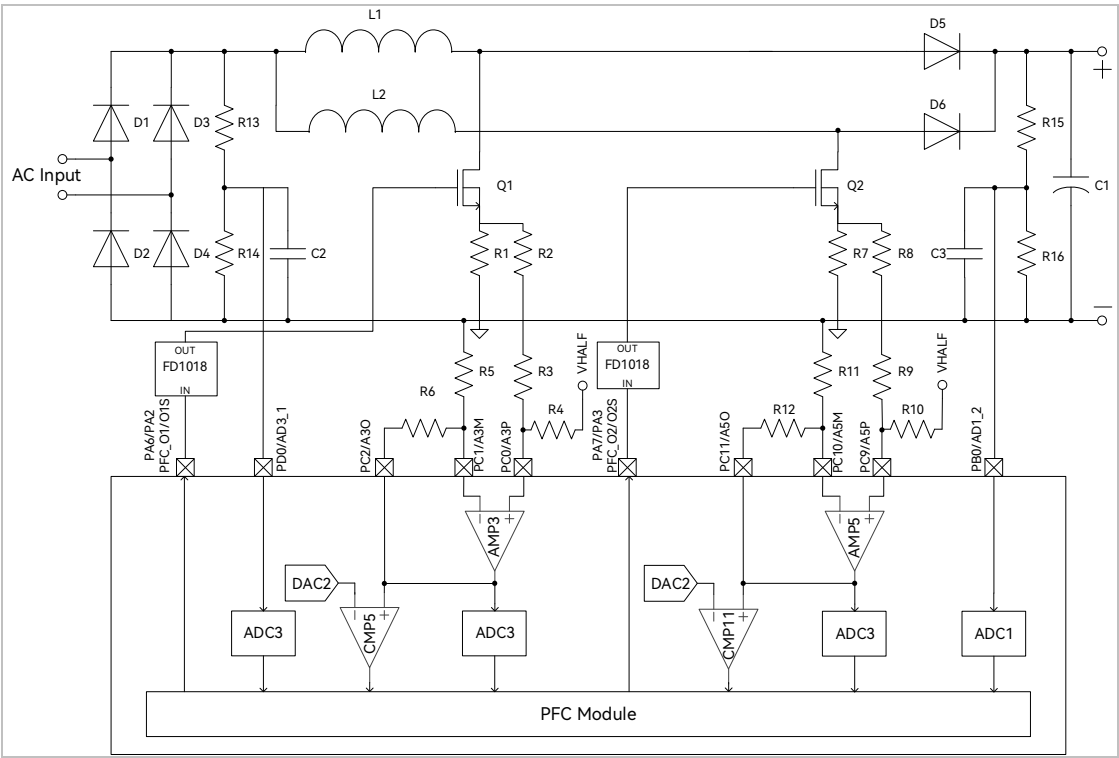
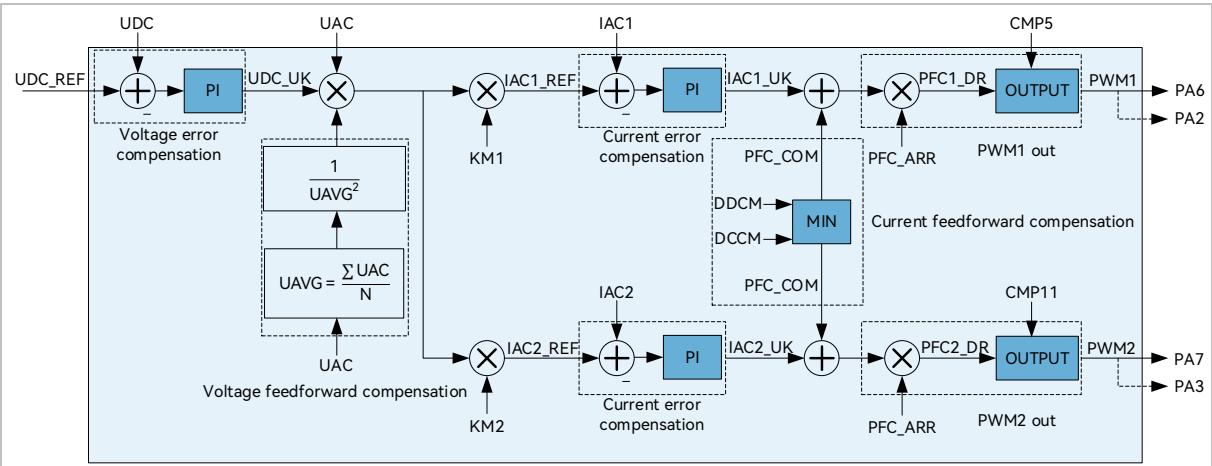


图 19-2 PFC 模块原理框图



PFC 模块包括电压误差补偿模块、电压前馈补偿模块、电流误差补偿模块\*2、电流前馈补偿模块、电流采样校正模块及 2\*PWM 输出模块。

19.1.2 电压误差补偿模块

电压误差补偿模块为 PFC 的外环，其输入为用户设定的直流电压参考值  $UDC\_REF$  与 ADC 采样的实际直流电压  $UDC$  的差值；该差值送入 PI 控制器，产生控制输出  $UDC\_UK$ 。

外环执行频率 = 内环执行频率/ $UDC\_ARR = 48M/(PFC\_ARR*2)/UDC\_ARR$ 。

19.1.3 电压前馈补偿模块

电压前馈补偿模块主要用于在输入交流电压增大或减小的情况下保持恒定的输出功率。

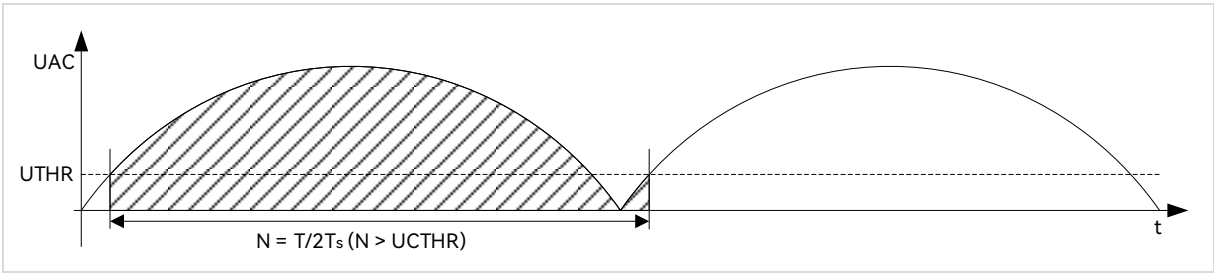
19.1.4 平均电压 UAVG 的计算

平均电压  $UAVG$  为整流后的输入交流电压  $UAC$  的平均电压。PFC 模块支持硬件自动计算  $UAVG$ ；为了应对特殊情况，用户可禁止硬件自动计算，切换为软件启动 PFC 模块计算  $UAVG$ 。计算公式为：

$$UAVG = \frac{\sum UAC}{N}$$

其中， $UAC$  为输入交流电压； $N$  为半个工频周期内采样  $UAC$  的次数。

图 19-3 UAVG 的计算



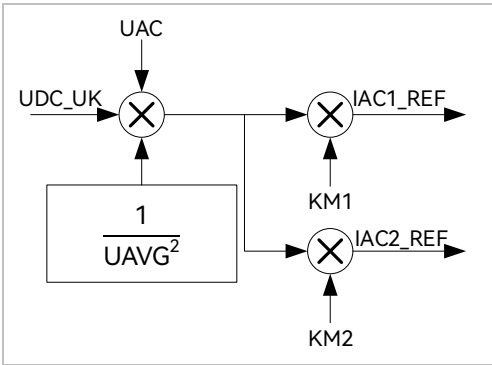
硬件启动计算 UAVG(设置 PFC\_CR0[UAVGCDIS] = 0): UAVG 的计算周期为半个工频周期 T, 根据 UTHR 的值选择一个计算周期的起始点和结束点的电压值, Ts 为 UAC 采样周期, UCTHR 为 UAC 采样次数下限。PFC 模块以判定当前 UAC 大于 UTHR 且上一个 UAC 小于 UTHR 为一个计算周期的起始/结束点; 为避免毛刺影响, 须满足采样次数 N 大于 UCTHR。将一个计算周期内采样的 UAC 累加, 除以采样次数 N, 即可得到平均电压 UAVG。

软件启动计算 UAVG(设置 PFC\_CR0[UAVGCDIS] = 1): 设置 PFC\_CR0[UAVGSW] = 1, PFC 模块将以上一次计算结束到当前 PFC\_CR0[UAVGSW]写入为周期, 将 UAC 累加值除以 N 得到 UAVG。用户可使用 SYS\_TICK 模块或其他 Timer 模块记录一个工频, 每个工频软件启动一次计算 UAVG, 亦可得到准确 UAVG。

19.1.5 电流误差补偿模块

两个电流误差补偿模块分别为两路 PFC 各自的内环, 其输入为外环计算得到的电流参考值 IAC1\_REF/IAC2\_REF 与 ADC 采样的实际电感电流 IAC1/IAC2 的差值; 该差值送入 PI 控制器, 产生控制输出 IAC1\_UK/IAC2\_UK。内环执行频率 = 48M / (PFC\_ARR\*2) 。

图 19-4 IACx\_REF 计算原理图



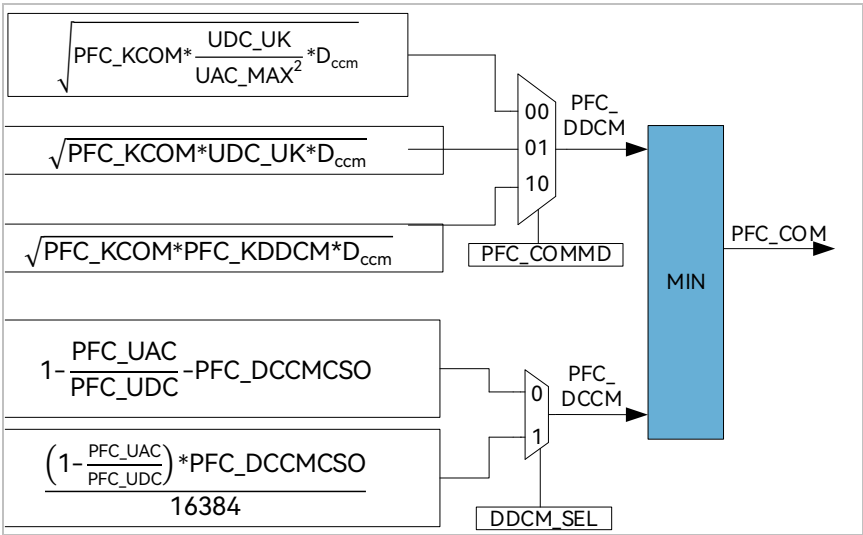
电流参考值 IAC1\_REF / IAC2\_REF 的产生: PFC 的外环输出 UDC\_UK 和输入交流电压 UAC 的乘积, 与电压前馈补偿模块输出相乘以达到恒定输出功率的目的, 再与换算常数 KM1 / KM2 相乘后, 得到 IAC1\_REF

/ IAC2\_REF。寄存器 PFC\_KM 的低 8 位为 KM1，高 8 位为 KM2。

19.1.6 电流前馈补偿模块

电流前馈补偿模块主要用于降低内环对 PI 控制器的依赖，便于内环参数的调节，提升控制性能。

图 19-5 电流前馈补偿量计算原理框图



如图 19-5 所示，用户可以通过配置 PFC\_CR0[COM\_MD]选择电流前馈补偿的模式。PFC\_CR0[COM\_MD] = 00 时，硬件自动计算电流前馈补偿值 PFC\_COM，但并不补偿到 PFC1/2；PFC\_CR0[COM\_MD] = 01 时，硬件自动计算电流前馈补偿值 PFC\_COM 并补偿到 PFC1/2；PFC\_CR0[COM\_MD] = 10 时，硬件自动计算电流前馈补偿值 PFC\_COM 并补偿到 PFC1，寄存器 PFC\_DDCM 不自动更新，用户可以软件写 PFC\_DDCM 补偿 PFC2；PFC\_CR0[COM\_MD] = 11 时，寄存器 PFC\_COM 和 PFC\_DDCM 不自动更新，用户可以软件写 PFC\_COM 补偿 PFC1，写 PFC\_DDCM 补偿 PFC2。在硬件自动更新 PFC\_DDCM 的情况下，配置 PFC\_CR2[CMRD] = 0 时，PFC\_DDCM 读到的是连续模式补偿值 DCCM；配置 PFC\_CR2[CMRD] = 1 时，PFC\_DDCM 读到的是断续模式补偿值 DDCM。通过 PFC\_CR2[PFC\_COMMD]配置 PFC\_DDCM 的计算模式，根据 PFC\_DDCM 的计算模式配置相应的 PFC\_KCOM 和 PFC\_KDDCM。硬件自动计算 PFC\_DDCM 后和 PFC\_DCCM 进行比较，取较小值作为电流前馈补偿值 PFC\_COM。电流前馈补偿模块每个 PFC 载波计算一次。

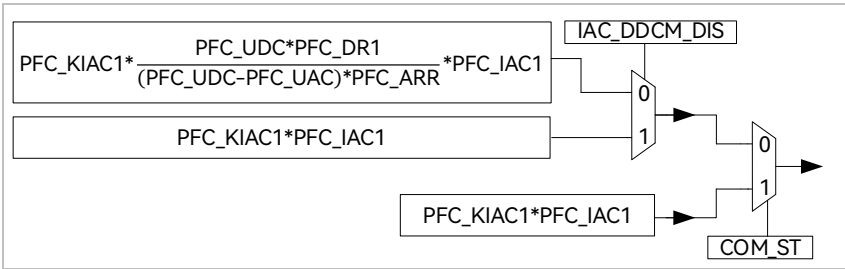
用户可以通过配置 PFC\_DCCMCSO 来调节 PFC\_DCCM，配置 PFC\_CR2[DDCM\_SEL]来选择 PFC\_DCCMCSO 的调节模式。DDCM\_SEL = 0 时，PFC\_DCCMCSO 为 PFC\_DCCM 的偏移量，如 PFC\_DCCMCSO = 0x1000 时，PFC\_DCCM 在原有计算结果的基础上减少 0x1000；DDCM\_SEL = 1 时，PFC\_DCCMCSO 为 PFC\_DCCM 的缩放量，如 PFC\_DCCMCSO = 0x4000 时，PFC\_DCCM 不变；

PFC\_DCCMCSO = 0x1FFF 时，PFC\_DCCM 缩小为原有计算结果的一半；PFC\_DCCMCSO = 0x7FFF 时，PFC\_DCCM 放大至原有计算结果的二倍。

19.1.7 电流采样校正模块

电流采样校正模块主要用于线圈处于断续模式时，对电流采样进行校正，且内环的双桥电流采样都需要校正。此处仅以 PFC1 的采样电流 PFC\_IAC1 为例进行介绍，PFC\_IAC2 同理。

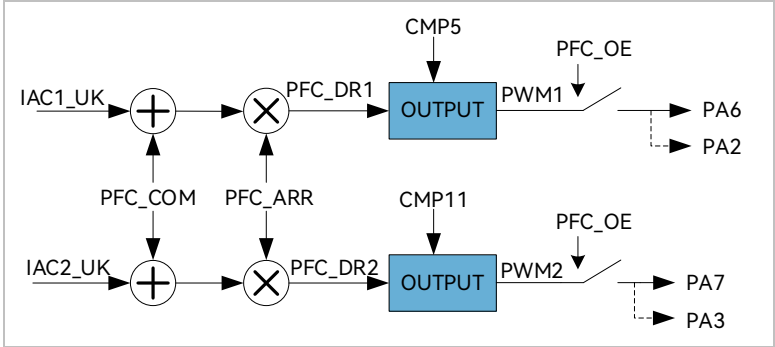
图 19-6 电流采样校正模块原理框图



由于在断续模式下存在电流为 0 的时刻，用 ADC 采到的瞬时电流来反映实际有效电流时，采样电流就会偏大。因此，在断续模式下对电流采样进行校正，校正后的电流值依然放在寄存器 PFC\_IACx 里。用户通过配置 PFC\_CR2[IAC\_DDCM\_DIS]来选择校正模式。当 PFC\_CR2[IAC\_DDCM\_DIS] = 0 时，硬件自动计算校正系数，用户只需要通过 PFC\_KIACx 对校正系数进行线性缩放。PFC\_KIACx 写 0x4000 时不进行缩放处理，小于 0x4000 时进行缩小处理，大于 0x4000 时进行放大处理，不写时默认为 0x4000。当 PFC\_CR2[IAC\_DDCM\_DIS] = 1 时，用户需要自己算出合适的校正系数，写给 PFC\_KIACx。COM\_ST 为线圈连续/断续模式的状态标志位，PFC\_DDCM 时 COM\_ST 为 0，PFC\_DCCM 时为 1。

19.1.8 PWM 输出模块

图 19-7 PWM 输出原理框图



由于两路 PFC 输出原理相同，以下仅介绍 PWM1 输出。PFC 的内环输出 IAC1\_UK 加上电流前馈补偿量 PFC\_COM 得到 PWM1 占空比，公式为：(IAC1\_UK + PFC\_COM) / 32768\*100%。如图 19-7 所示，

$(IAC1\_UK + PFC\_COM) * PFC\_ARR / 32768$  可得到  $PFC\_DR1$ ， $PFC\_DR1$  与 PFC 计数器比较产生 PWM1；如  $PFC\_DR1 > PFC1\_CNTR$ ，PWM1 输出 1；反之，PWM1 输出 0。如果 PFC 输出使能  $PFC\_CR0[PFCOE]$  为 1，PWM1 输出到端口 PA6。若配置  $PH\_SEL1[PFCO1CT] = 1$ ，则 PWM1 输出端口从 PA6 转移到 PA2；配置  $PH\_SEL1[PFCO2CT] = 1$ ，则 PWM2 输出端口从 PA7 转移到 PA3。

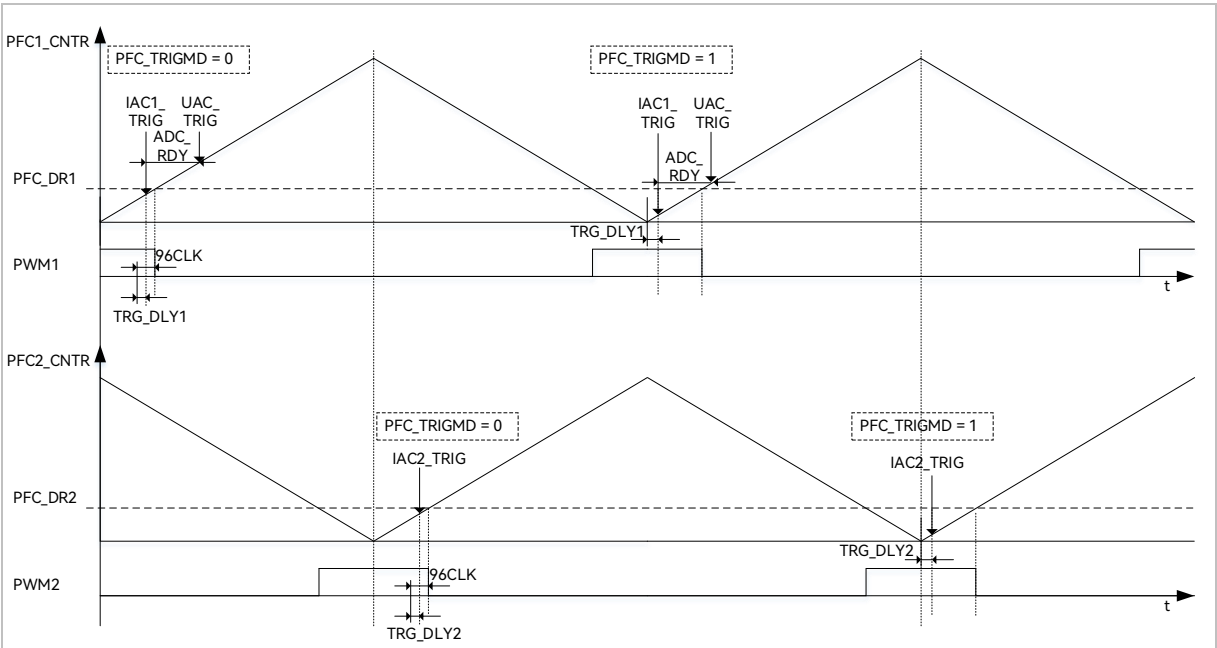


备注：

$PFC2\_CNTR = PFC\_ARR - PFC1\_CNTR。$

配置  $PFC\_CR0[PFC\_DR2MD] = 1$  时，可以强制让  $PFC\_DR2 = PFC\_DR1$ ，供测试使用。配置  $PFC\_CR2[DRMIN\_EN] = 1$  可以使能最小占空比输出。当输出脉宽小于  $PFC\_CR2[DRMIN\_THR]$ 配置的最小脉宽时，最终输出由  $PFC\_CR2[DRMIN\_MD]$ 控制。配置  $PFC\_CR2[DRMIN\_MD] = 0$  时，最终输出为  $PFC\_CR2[DRMIN\_THR]$ 配置的最小脉宽；配置  $PFC\_CR2[DRMIN\_MD] = 1$  时，最终输出为 0。 $PFC\_CR2[DRMIN\_THR]$ 对应的最小脉宽时长为  $n*8*20ns$ ，最大约  $31*8*20ns = 4.96$  微秒。通过  $PFC\_CR2[PFC\_IE]$ 可以选择 PFC 载波中断的模式，配置  $PFC\_CR2[PFC\_IE] = 00$ ，中断不使能；配置  $PFC\_CR2[PFC\_IE] = 01$ ， $PFC1\_CNTR$  计数到下溢点时，产生中断请求；配置  $PFC\_CR2[PFC\_IE] = 10$ ， $PFC1\_CNTR$  计数到上溢点时，产生中断请求；配置  $PFC\_CR2[PFC\_IE] = 11$ ， $PFC1\_CNTR$  计数到上下溢点时，都产生中断请求。产生中断请求时，中断标志位  $PFC\_CR2[PFC\_IF]$ 硬件置 1，中断号为 10，用户可以通过寄存器 IP10 低三位配置中断的优先级。

图 19-8 PWM 输出与 IAC1/IAC2/UAC 采样时机图





### 19.1.9 过流保护与逐波限流

PFC 提供过流保护功能和逐波限流功能，配置 CMP\_CR1[CMP5EN] = 1，开启 PFC1 的过流保护功能；配置 CMP\_CR1[CMP11EN] = 1，开启 PFC2 的过流保护功能。在已开启过流保护功能时，配置 CMP\_CR0[PFCOA] = 1，开启逐波限流功能。配置 PFC\_CR0[PFC\_FM]可以选择系统收到过流信号时的保护动作，若 PFC\_FM 写 0，CMP5 和 CMP11 的过流信号只触发各自对应的 PFC 环路保护动作；若 PFC\_FM 写 1，CMP5 和 CMP11 任意一路发出过流信号时，两路 PFC 均发生保护动作。当 CMP5 输入 1，即产生过流保护信号，PFC 的 PWM 输出低电平。发生硬件过流事件时，系统只是强制拉低输出，并未清除 PFC\_CR0[PFCEN]、PFC\_CR0[IAC2EN]、PFC\_CR0[PFCOE]，用户可通过读 PFC\_CR0[PFC\_FORC1]、PFC\_CR0[PFC\_FORC2]来判断是否发生强制拉低动作，配置 PFC\_CR0[PFCOE] = 0 可解除过流保护状态。

## 19.2 UAC/IAC1/IAC2/UDC 采样

### 19.2.1 UDC 采样

- 使用FOC模块的UDC采样，每个FOC载波周期采样一次
- 固定使用ADC1通道2

### 19.2.2 IAC1/IAC2 采样

- 每个内环周期里，两路PFC在各自PWM ON的时候采样一次
- PFC\_CR2[PFC\_TRIGMD]和PFC\_TRGDLY决定触发采样点的位置(如图 19-8所示): 当 PFC\_CR2[PFC\_TRIGMD] = 0时，在PWM的下降沿提前96CLK触发采样; 当PFC\_CR2[PFC\_TRIGMD] = 1时，在PWM ON的中心点触发采样; 设置PFC\_TRGDLY可延迟采样，配置寄存器PFC\_TRGDLY的低8位延迟IAC1的采样时机，配置寄存器PFC\_TRGDLY的高8位延迟IAC2的采样时机; 在中心点触发采样模式下，bit7和bit15写1为提前采样。如：PFC\_CR2[PFC\_TRIGMD] = 1，当PFC\_TRGDLY = 0x0102时，IAC1在PWM1 ON的中心点往后延迟一个CLK处采样，IAC2在PWM2 ON的中心点往后延迟两个CLK处采样; 当PFC\_TRGDLY = 0x8182时，IAC1在PWM1 ON的中心点往前一个CLK处采样，IAC2在PWM2 ON的中心点往前两个CLK处采样。
- IAC1固定使用ADC3通道0，IAC2固定使用ADC3通道2
- 写IAC1\_CSO可校准IAC1的基准值，写IAC2\_CSO可校准IAC2的基准值; 假设ADC的电压范围为0V ~ 5V，基准为2.5V，则 $IAC1\_CSO = 2.5/5V * 32768 = 16384$ (CSR:0x4000)，IAC2\_CSO同理。

19.2.3 UAC 采样

- 设置PFC\_CR1[UACSAMSEL]配置UAC采样周期，每1/2/4/8个内环周期采样一次；只使能PFC1时，当IAC1采样完成后立刻采样UAC; PFC1/2同时使能时，当IAC2采样完成后立刻采样UAC;
- 默认使用ADC3通道1
- 写UAC\_CSO可校准UAC的基准值；假设ADC的电压范围0V ~ 5V，基准为2.5V，则UAC\_CSO =  $2.5/5V \times 32768 = 16384(0x4000)$ 。

图 19-9 UAC 单桥采样

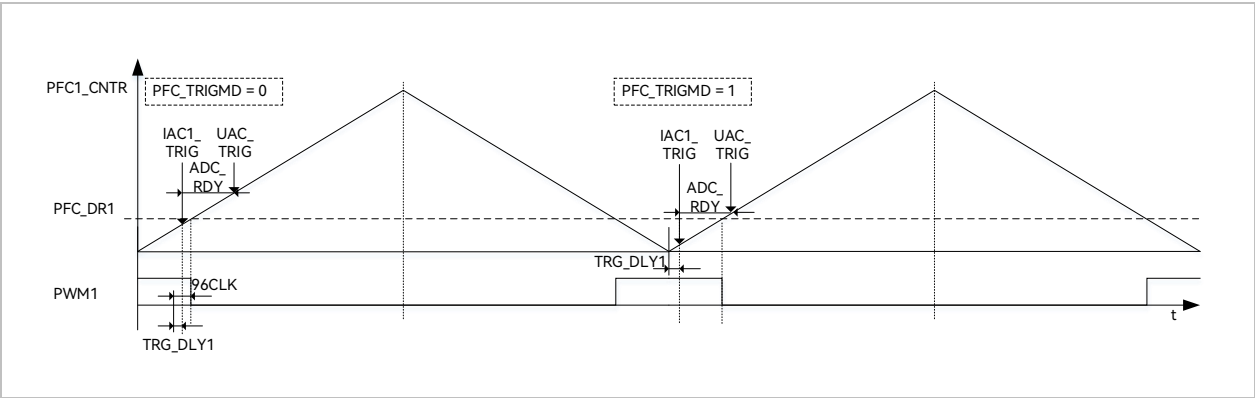
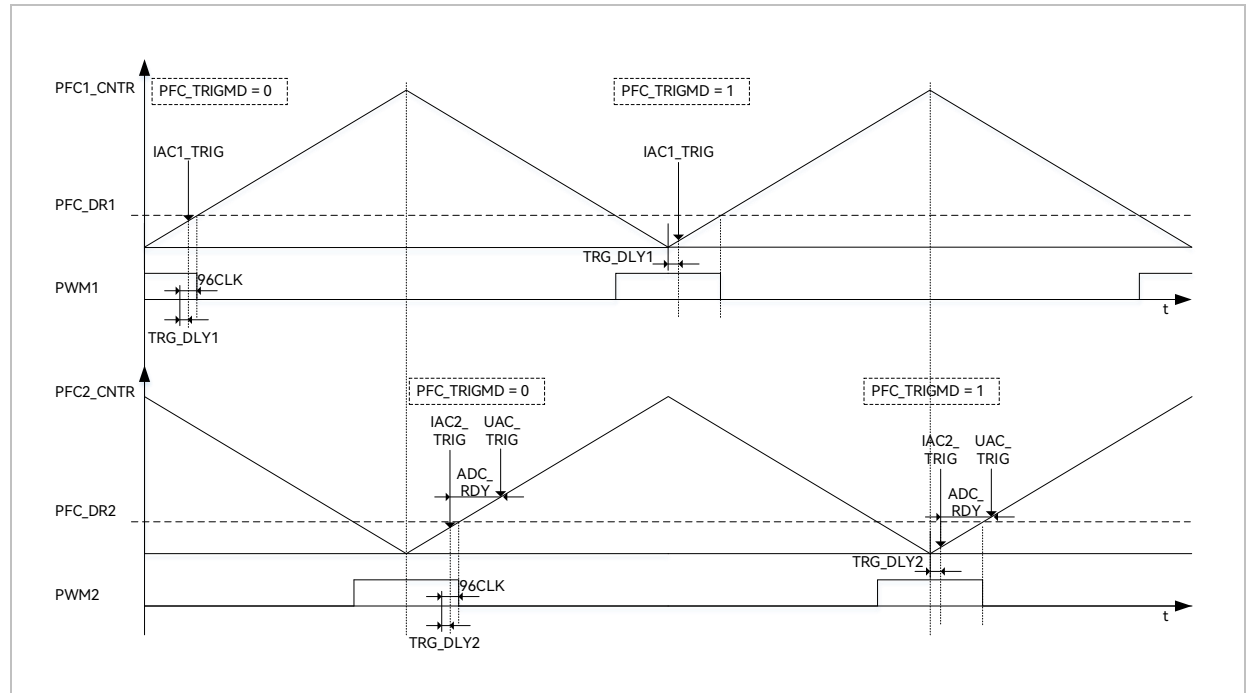


图 19-10 UAC 双桥采样



19.3 PFC 寄存器

19.3.1 PFC\_CR0 (CSR:0x5C0)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |        |           |           |     |    |           |            |        |    |        |          |       |        |       |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------|-----------|-----------|-----|----|-----------|------------|--------|----|--------|----------|-------|--------|-------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14     | 13        | 12        | 11  | 10 | 9         | 8          | 7      | 6  | 5      | 4        | 3     | 2      | 1     | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | COM_ST | UAVGSW | PFC_FORC2 | PFC_FORC1 | RSV |    | PFC_DR2MD | PFC_UDCSEL | COM_MD |    | PFC_FM | UAVGCDIS | PFCOA | IAC2EN | PFCOE | PFCEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r      | rW     | rW        | rW        | -   | -  | rW        | rW         | rW     | rW | rW     | rW       | rW    | rW     | rW    | rW    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0      | 0         | 0         | -   | -  | 0         | 0          | 0      | 0  | 0      | 0        | 0     | 0      | 0     | 0     |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                 |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                                                 |
| [15]    | COM_ST     | 前馈补偿的当前状态标志位<br>0: DDCM<br>1: DCCM                                                 |
| [14]    | UAVGSW     | 软件启动 UAVG 计算<br>启动 UAVG 计算，UAVG 的值更新<br>软件写 1，下一时刻硬件自清 0，写 0 无效<br>0: 不启动<br>1: 启动 |
| [13]    | PFC_FORC2  | PFC2 输出强制拉低信号<br>0: 无强制动作<br>1: 强制拉低输出                                             |
| [12]    | PFC_FORC1  | PFC1 输出强制拉低信号<br>0: 无强制动作<br>1: 强制拉低输出                                             |
| [11:10] | RSV        | 保留                                                                                 |
| [9]     | PFC_DR2MD  | PFC2 硬件测试功能控制位<br>0: 不使能，PFC2 根据配置正常输出<br>1: 使能，PFC2 输出强制和 PFC1 一致，用于测试硬件一致性       |
| [8]     | PFC_UDCSEL | 选择用于 PFC 计算的母线电压来源<br>0: NFOCx_UDCFLT<br>1: NFOCx_UDC                              |
| [7:6]   | COM_MD     | 前馈补偿模式选择<br>00: 硬件更新 PFC_DDCM 和 PFC_COM，PFC_COM 不补偿到 PFC1/2                        |

|     |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |          | <p>01: 硬件更新 PFC_DDCM 和 PFC_COM, PFC_COM 补偿到 PFC1/2</p> <p>10: 硬件更新 PFC_COM, 补偿到 PFC1; 硬件不更新 PFC_DDCM, 软件写, 补偿到 PFC2</p> <p>11: 硬件不更新 PFC_COM, 软件写 PFC_COM, 更新到 PFC1; 硬件不更新 PFC_DDCM, 软件写, 补偿到 PFC2</p>                                                                               |
| [5] | PFC_FM   | <p>过流保护动作选择</p> <p>0: CMP5/CMP11 各自触发对应环路的输出</p> <p>1: CMP5/CMP11 任意一路发生保护信号, 两路都停止输出</p>                                                                                                                                                                                            |
| [4] | UAVGCDIS | <p>使能硬件计算 UAVG</p> <p>不使能该位, 硬件不会每个工频周期计算 UAVG, 需要软件通过写 PFC_CR0[UAVGSW]启动计算。当内部计次数的计数器溢出时, 也会自动启动计算。</p> <p>0: 使能</p> <p>1: 不使能</p>                                                                                                                                                  |
| [3] | PFCOA    | <p>逐波限流使能</p> <p>当使能 CMP5 或 CMP11 时, 芯片默认使能 PFC 的过流保护。过流后, 与过流信号对应的 PFC 环路的输出将关闭, 同时根据 PFC_FM 选择是否同时关闭另一个环路的输出。使能 PFCOA 后, 硬件会自动在过流保护信号撤销后恢复输出, 即逐波限流功能。</p> <p>0: 不使能</p> <p>1: 使能</p>                                                                                              |
| [2] | IAC2EN   | <p>PFC2 使能</p> <p>0: 不使能</p> <p>1: 使能</p>                                                                                                                                                                                                                                            |
| [1] | PFCOE    | <p>PFC 输出使能</p> <p>使能后, PFC1 产生的 PWM 输出到引脚 PA6, PFC2 产生的 PWM 输出到引脚 PA7</p> <p>0: 不使能</p> <p>1: 使能</p> <div>  <p>备注:</p> <p>若有清 0 PFCOE 的需求, 在清 0 之前需要先将 PA5 和 PA6 引脚配置为数字输出模式, 且输出为 0。</p> </div> |
| [0] | PFCEN    | <p>PFC1 使能</p> <p>0: 不使能</p> <p>1: 使能</p>                                                                                                                                                                                                                                            |

## 19.3.2 PFC\_CR1 (CSR:0x5C1)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7         | 6 | 5    | 4     | 3 | 2 | 1 | 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-----------|---|------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | UACSAMSEL |   | UTHR | UCTHR |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |           |   |      |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | r         | w | r    | w     | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w | r | w |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | 0         | 0 | 0    | 0     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称        | 描述                                                                                                                                       |
|--------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV       | 保留                                                                                                                                       |
| [7:6]  | UACSAMSEL | UAC 采样周期<br>每 x 个 PFC 周期, 启动 1 次 UAC 采样。<br>00: 1 个 PFC 周期<br>01: 2 个 PFC 周期<br>10: 4 个 PFC 周期<br>11: 8 个 PFC 周期                         |
| [5]    | UTHR      | UAC 周期起始点设置<br>UAC 根据此值确定 1 个工频周期的起始点和结束点, 主要用于计算 UAVG。与 UAC_BASE 相关, 即与硬件的 UAC 分压系数相关。<br>0: $1/16 * UAC\_BASE$<br>1: $1/8 * UAC\_BASE$ |
| [4:0]  | UCTHR     | UAC 的采样次数下限设置<br>当硬件根据 UTHR 得到工频周期, 必须满足 UAC 采样次数大于 UCTHR 设定的次数。<br>公式: $UCTHR * 32$                                                     |

## 19.3.3 PFC\_CR2 (CSR:0x5C2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14   | 13           | 12       | 11     | 10  | 9        | 8        | 7         | 6   | 5          | 4         | 3   | 2   | 1   | 0   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|------|--------------|----------|--------|-----|----------|----------|-----------|-----|------------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_IF | CMRD | IAC_DDCM_DIS | DDCM_SEL | PFC_IE |     | DRMIN_MD | DRMIN_EN | PFC_COMMD |     | PFC_TRIGMD | DRMIN_THR |     |     |     |     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r/w    | r/w  | r/w          | r/w      | r/w    | r/w | r/w      | r/w      | r/w       | r/w | r/w        | r/w       | r/w | r/w | r/w | r/w |



|       |           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |           | 1: 在高电平中间采                                                                                                                                                                                                                                                 |
| [4:0] | DRMIN_THR | <div>输出最小占空比限制</div> <div>两路 PWM 输出的最小脉宽</div> <div>计算公式: <math>n * 8 * CLK</math>, n 最大为 31, 约 4.96 微秒</div> <div> 备注:<br/>最小占空比初始化时给 0, 然后爬坡到目标值, 否则前两个工频可能会出现大电流</div> |

19.3.4 PFC\_KM (CSR:0x5C3)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_KM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡      | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   |

| 位       | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [15:0]  | PFC_KM | <div>两路 PFC 的外环输出换算常数 KM1 和 KM2</div> <div>其中, 低 8 位为 PFC1 的换算常数 KM1, 高 8 位为 PFC2 的换算常数 KM2, 取值范围均为[0,255]</div> <div> 备注:<br/>KMx 为 0 时, 对应的 IACx_REF 不再自动更新。此时, 用户可以手动填写 IACx_REF</div> |

19.3.5 UAC\_CSO (CSR:0x5C4)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UAC_CSO |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [15:0]  | UAC_CSO | <div>UAC 采样的校准值</div> <div>对 UAC_CSO 写校准值，可校准 UAC 基准。</div> <div>取值范围[0,32767]</div> <div> 备注：<br/>假设 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，基准为 2.5V，则 UAC_CSO = 2.5/5V*32768 = 16384(0x4000)</div> |

19.3.6 IACx\_CSO (CSR:0x5C5/CSR:0x5C6) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_CSO |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ~        | ~  | ~  | ~  | ~  | ~  | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ | ~ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| [15:0]  | IACx_CSO | <div>IACx 采样的偏置基准值</div> <div>对 IACx_CSO 写校准值，可校准 IACx 偏置基准。</div> <div>取值范围[0,32767]</div> <div> 备注：<br/>假设 ADC 的电压范围 0V ~ 5V，基准为 2.5V，则 IACx_CSO = 2.5/5V*32768 = 16384(0x4000)</div> |

19.3.7 PFC\_ARR (CSR:0x5C7)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_ARR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |





|        |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [11:0] | UDC_ARR | <p>PFC 外环执行频率设置值</p> <p>设置 PFC 外环即 UDC 的 PI 控制器的执行频率</p> <p>公式: 外环执行频率 = 内环执行频率 / UDC_ARR = 48M / (2*PFC_ARR) / UDC_ARR</p> <p>系统时钟为 48MHz(20.83ns), PFC_ARR = 150, UDC_ARR = 200, 则内环执行频率 = 48MHz / (2*PFC_ARR) = 160kHz; 外环执行频率 = 160kHz / UDC_ARR = 800Hz。</p> <p>取值范围[0,2047]</p> |
|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

19.3.10 PFC\_TRGDLY (CSR:0x5CB)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_TRGDLY |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈          | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                                                                                                                                                                                                                         |
| [15:0]  | PFC_TRGDLY | <p>IAC1 和 IAC2 的 ADC 采样触发延迟</p> <p>其中, 低 8 位为 IAC1 的采样延迟时间 TRG_DLY1, 高 8 位为 IAC2 的采样延迟时间 TRG_DLY2。PFC_TRIGMD 为 0 时, 取值范围均为[0,255]; PFC_TRIGMD 为 1 时, 取值范围均为[-128,127], 负值时为提前采样。</p> <p>系统时钟为 48MHz(20.83ns), PFC_TRGDLY = 5, 则延迟 20.83*8*5 = 833.2ns。</p> |

19.3.11 UDC\_REF (CSR:0x5CC)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_REF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈       | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|

|         |         |               |
|---------|---------|---------------|
| [31:16] | RSV     | 保留            |
| [15:0]  | UDC_REF | 用户给定的 UDC 参考值 |

### 19.3.12 UDC\_UK (CSR:0x5CD)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_UK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称     | 描述                                        |
|---------|--------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                        |
| [15:0]  | UDC_UK | UDC 的 PI 控制器的输出值 UK<br>取值范围[-32768,32767] |

### 19.3.13 UDC\_KP (CSR:0x5CE)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_KP |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称     | 描述                                                     |
|---------|--------|--------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                                     |
| [15:0]  | UDC_KP | UDC 的 PI 控制器的 KP 系数<br>取值范围[0,32767], MSB 恒为 0, Q10 格式 |

### 19.3.14 UDC\_KI (CSR:0x5CF)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_KI |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称     | 描述                                                     |
|---------|--------|--------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                                     |
| [15:0]  | UDC_KI | UDC 的 PI 控制器的 KI 系数<br>取值范围[0,32767], MSB 恒为 0, Q15 格式 |

19.3.15 UDC\_UKMAX (CSR:0x5D0)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_UKMAX |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                        |
|---------|-----------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                        |
| [15:0]  | UDC_UKMAX | UDC 的 PI 控制器的输出的上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

19.3.16 UDC\_UKMIN (CSR:0x5D1)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | UDC_UKMIN |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                        |
|---------|-----------|-------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                        |
| [15:0]  | UDC_UKMIN | UDC 的 PI 控制器的输出的下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.17 IACx\_REF (CSR:0x5D2/CSR:0x5D8) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_REF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W        | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                   |
|---------|----------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                   |
| [15:0]  | IACx_REF | 用户给定的 IACx 参考值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.18 IACx\_UK (CSR:0x5D3/CSR:0x5D9) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_UK |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W       | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                                         |
|---------|---------|--------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                         |
| [15:0]  | IACx_UK | IACx 的 PI 控制器的输出值 UK<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.19 IACx\_KP (CSR:0x5D4/CSR:0x5DA) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_KP |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | W       | W  | W  | W  | W  | W  | W | W | W | W | W | W | W | W | W | W |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                                                      |
|---------|---------|---------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                      |
| [15:0]  | IACx_KP | IACx 的 PI 控制器的 KP 系数<br>取值范围[0,32767], MSB 恒为 0, Q10 格式 |

19.3.20 IACx\_KI (CSR:0x5D5/CSR:0x5DB) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_KI |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡       | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                                                      |
|---------|---------|---------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                                                      |
| [15:0]  | IACx_KI | IACx 的 PI 控制器的 KI 系数<br>取值范围[0,32767], MSB 恒为 0, Q15 格式 |

19.3.21 IACx\_UKMAX (CSR:0x5D6/CSR:0x5DC) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_UKMAX |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡          | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                         |
|---------|------------|--------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                         |
| [15:0]  | IACx_UKMAX | IACx 的 PI 控制器的输出的上限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.22 IACx\_UKMIN (CSR:0x5D7/CSR:0x5DD) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | IACx_UKMIN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                         |
|---------|------------|--------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                         |
| [15:0]  | IACx_UKMIN | IACx 的 PI 控制器的输出的下限值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.23 PFC\_UAC (CSR:0x5DE)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_UAC |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r       | r  | r  | r  | r  | r  | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述          |
|---------|---------|-------------|
| [31:16] | RSV     | 保留          |
| [15:0]  | PFC_UAC | ADC 电压触发采样值 |

## 19.3.24 PFC\_IACx (CSR:0x5DF/CSR:0x5E0) (x = 1/2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_IACx |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r        | r  | r  | r  | r  | r  | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述          |
|---------|----------|-------------|
| [31:16] | RSV      | 保留          |
| [15:0]  | PFC_IACx | ADC 电流触发采样值 |

19.3.25 PFC\_UDC (CSR:0x5E1)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_UDC |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述              |
|---------|---------|-----------------|
| [31:16] | RSV     | 保留              |
| [15:0]  | PFC_UDC | 输出电压的 ADC 触发采样值 |

19.3.26 PFC\_UAVG (CSR:0x5E2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_UAVG |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1        | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                          |
|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                          |
| [15:0]  | PFC_UAVG | UAC 在一个工频周期的平均值<br>取值范围[-32768,32767]                                                                                                                                       |
|         |          |  备注：<br>当输入电源为直流时，需要手动写 UAVGSW 触发一次 UAVG 采样。否则无法通过 UTHR 及时触发硬件计算 UAVG，导致 PFC_UAVG 从 0 突变 |



## 19.3.27 PFC\_COM (CSR:0x5E3)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_COM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r       | r  | r  | r  | r  | r  | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                            |
|---------|---------|-------------------------------|
| [31:16] | RSV     | 保留                            |
| [15:0]  | PFC_COM | 内环前馈补偿值<br>取值范围[-32768,32767] |

## 19.3.28 PFC\_KCOM (CSR:0x5E4)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_KCOM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | w        | w  | w  | w  | w  | w  | w | w | w | w | w | w | w | w | w | w |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                           |
|---------|----------|----------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                           |
| [15:0]  | PFC_KCOM | 内环前馈补偿系数<br>用于 PFC_DDCM 的计算<br>取值范围[0,32767] |

## 19.3.29 PFC\_DDCM (CSR:0x5E5)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15       | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_DDCM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r        | r  | r  | r  | r  | r  | r | r | r | r | r | r | r | r | r | r |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称       | 描述                                                 |
|---------|----------|----------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV      | 保留                                                 |
| [15:0]  | PFC_DDCM | 连续模式或断续模式的内环前馈补偿值，配置 PFC_CR2[CMRD]来选择取值范围[0,32767] |

19.3.30 PFC\_KDDCM (CSR:0x5E7)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_KDDCM |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡         | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                                                             |
|---------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                                             |
| [15:0]  | PFC_KDDCM | DDCM 模式补偿量的系数<br>当 PFC_COMMD 配置为 1x 时，用 PFC_KDDCM 手动输入 UDC_UK<br>取值范围[0,32767] |

19.3.31 PFC\_DCCMCSO (CSR:0x5E8)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |             |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_DCCMCSO |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡           | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称          | 描述                                                                 |
|---------|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                                                 |
| [15:0]  | PFC_DCCMCSO | DCCM 模式补偿量的调节系数<br>当 DDCM_SEL 配置为 0 时，PFC_DCCMCSO 为 PFC_DCCM 的偏移量， |

|  |  |                                                                                                                                                         |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | PFC_DCCMCSO 为正时 PFC_DCCM 减小；当 DDCM_SEL 配置为 1 时，PFC_DCCMCSO 为 PFC_DCCM 的缩放量，PFC_DCCMCSO 为 0x4000 时不缩放，大于 0x4000 时放大，小于 0x4000 时缩小。<br>取值范围[-32768,32767] |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

19.3.32 PFC\_KIACx (CSR:0x5E9/CSR:0x5EA) (x = 1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15        | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PFC_KIACx |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≈         | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈  | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                                        |
|---------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                        |
| [15:0]  | PFC_KIACx | 前馈补偿时 IACx 采样的校正系数，DDCM 时使用<br>当 IAC_DDCM_DIS 配置为 0 时，IACx 采样电流值为<br>PFC_KIACx*PFC_UDC*PFC_DRx*PFC_IACx/((PFC_UDC-PFC_UAC)*PFC_ARR);<br>当 IAC_DDCM_DIS 配置为 1 时，采样电流值为 PFC_KIACx*PFC_IACx<br>取值范围[0,32767] |

## 20 Systick

### 20.1 Systick 操作说明

芯片可产生固定时间的 Systick 中断。配置 SYST\_ARR 寄存器设置产生中断的周期，配置 SYST\_SR[SYSTIE] = 1 使能 Systick 中断，中断入口为 15。

### 20.2 Systick 寄存器

#### 20.2.1 SYST\_ARR (CSR:0x440)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |          |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | SYST_ARR |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≈        | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 1 | 0        | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

| 位      | 名称       | 描述                                                                                                                  |
|--------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:9] | RSV      | 保留                                                                                                                  |
| [8:0]  | SYST_ARR | Systick 重载值<br>设置此值决定 Systick 产生中断的周期，默认为 1ms<br>计算公式为: Systick 中断频率 = SYSCLK/128 / (SYST_ARR[8:0])<br>取值范围[1, 511] |

#### 20.2.2 SYST\_SR (CSR:0x441)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1   | 0      |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|--------|--------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |     | SYSTIF | SYSTIE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | rw0 | rw     |        |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | 0   | 0      |        |

| 位      | 名称     | 描述                                                                         |
|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| [31:2] | RSV    | 保留                                                                         |
| [1]    | SYSTIF | Systick 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0]    | SYSTIE | Systick 中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                            |

# 21 时钟

## 21.1 时钟简介

时钟包含三个时钟源: 内部快时钟、PLL 时钟、内部慢时钟。系统时钟工作在内部快时钟或 PLL 时钟, 其中 PLL 时钟源可以来自内部快时钟或者外部快时钟, 由配置寄存器选择或者程序切换; PLL 时钟外部输入源来自于芯片外部有源时钟输入或者外部晶体振荡模式; 内部慢时钟用于看门狗时钟, 可配置看门狗的溢出时间; 内部慢时钟用于 RTC 计数。

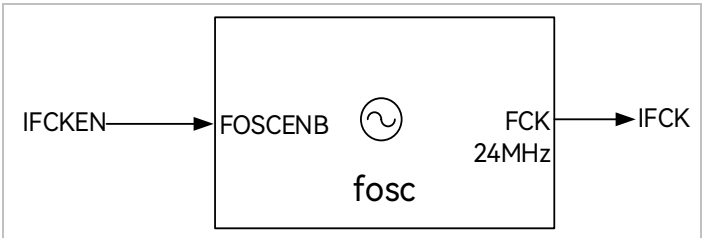
表 21-1 系统时钟工作模式选择

| 系统时钟工作模式             | PLLSRC | FCKMOD | ECMOD | PLLFSEL |
|----------------------|--------|--------|-------|---------|
| 内部快时钟 (24M)          | 0      | 0      | 0(X)  | 0(X)    |
| PLL 24M (内部快时钟)      | 0      | 1      | 0(X)  | 1       |
| PLL 48M (内部快时钟)      | 0      | 1      | 0(X)  | 0       |
| PLL 24M (外部快时钟-晶体)   | 1      | 1      | 0     | 1       |
| PLL 48M (外部快时钟-晶体)   | 1      | 1      | 0     | 0       |
| PLL 24M (外部快时钟-有源时钟) | 1      | 1      | 1     | 1       |
| PLL 48M (外部快时钟-有源时钟) | 1      | 1      | 1     | 0       |

## 21.2 时钟操作说明

### 21.2.1 内部快时钟操作说明

图 21-1 内部快时钟的输入输出相关信号

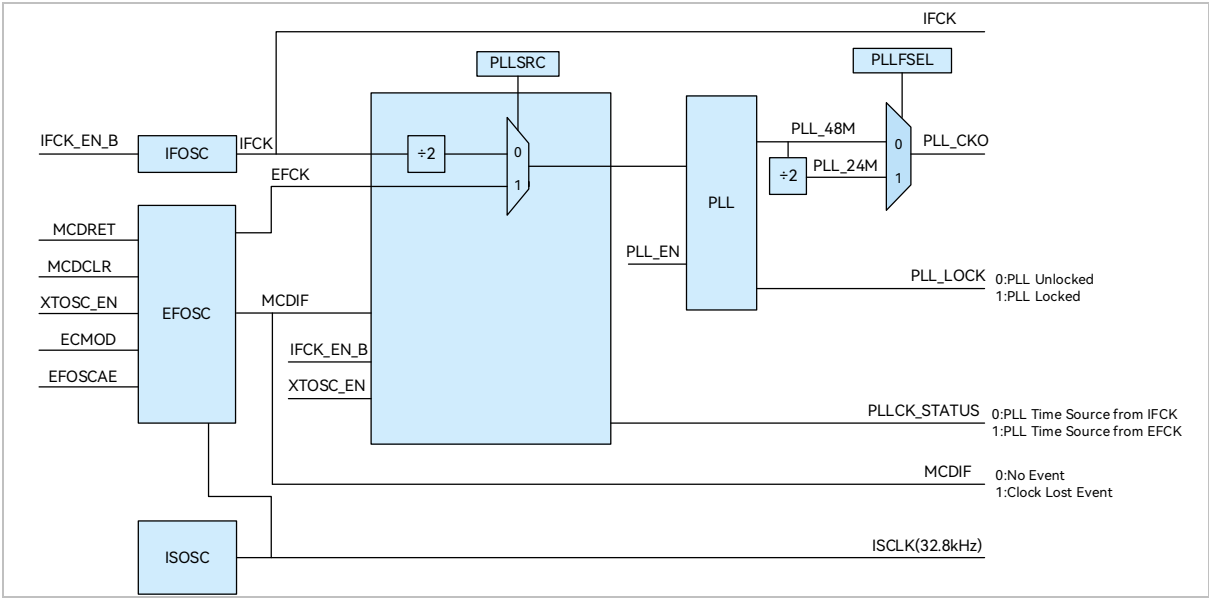


内部快时钟的输入输出端的情况如图 21-1 所示。内部快时钟的作用是产生频率为 24MHz 的精准时钟。如图 21-5 所示, 勾选System Clk Setting 中的 Internal CLK, 启动内部快时钟。睡眠模式下(PCON[STOP] = 1), 内部快时钟不工作。

21.2.2 PLL 时钟操作说明

PLL 时钟源可以来自内部快时钟或者外部快时钟，其中外部快时钟又分为晶体输入模式及外部时钟输入模式，如下图所示。

图 21-2 PLL 时钟框图



21.2.2.1 PLL 时钟来自内部快时钟

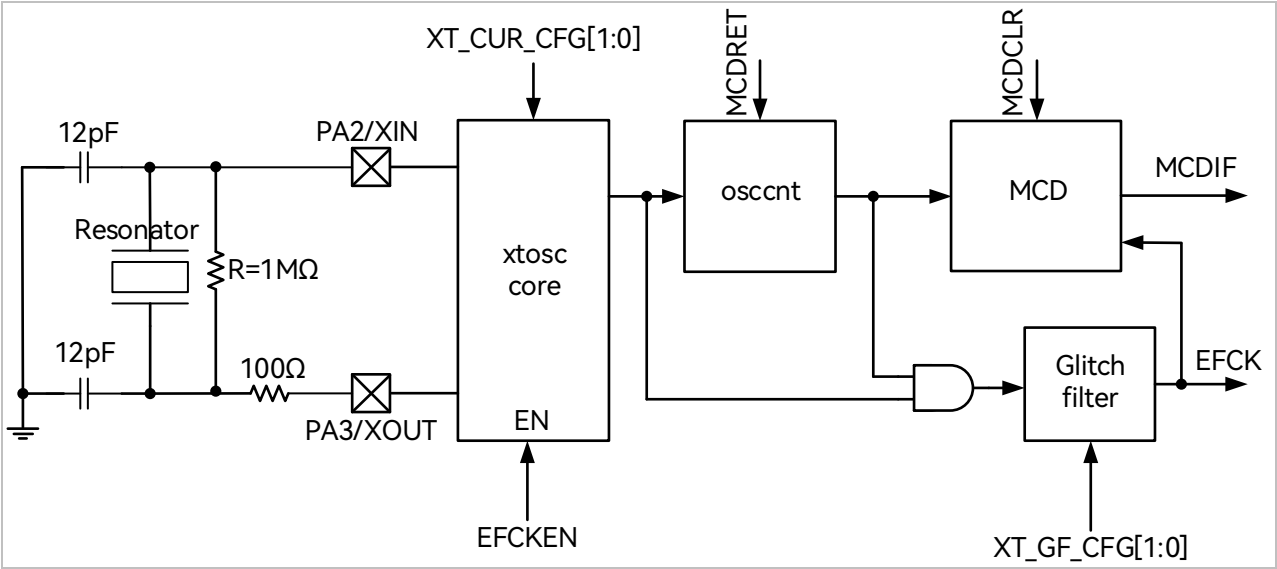
如图 21-5 所示，勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 OSC\_CR[PLLEN] = 1，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率。

21.2.2.2 PLL 时钟来自外部快时钟

如图 21-5 所示，勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 OSC\_CR[PLLEN] = 1，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率，勾选 Enable EC Mode 选择 PLL 时钟来源外部快时钟，勾选 External Clk Mode 中的 Crystal Mode 选择外部快时钟来源于晶体输入模式，勾选 External Clk Mode 中的 Oscillator Mode 选择外部快时钟来源于时钟输入模式。

21.2.2.2.1 外部快时钟晶体输入模式

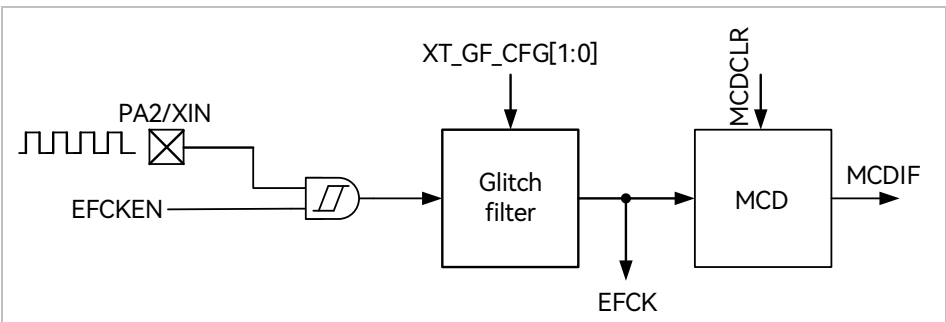
图 21-3 外部快时钟 xtosc 模块晶体输入模式



外部快时钟晶体输入模式如图 21-3 所示。外部快时钟模块的功能是产生精准的 24MHz 频率的时钟。如图 21-5 所示，勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 OSC\_CR[PLLEN] = 1，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率，勾选 Enable EC Mode 选择 PLL 时钟来源外部快时钟，勾选 External Clk Mode 中的 Crystal Mode 选择外部快时钟来源于晶体输入模式，如图 21-3 所示接通模块外部晶振，外部快时钟 xtosc 工作在晶体输入模式。

21.2.2.2.2 外部快时钟外部时钟输入模式

图 21-4 外部快时钟外部时钟输入模式



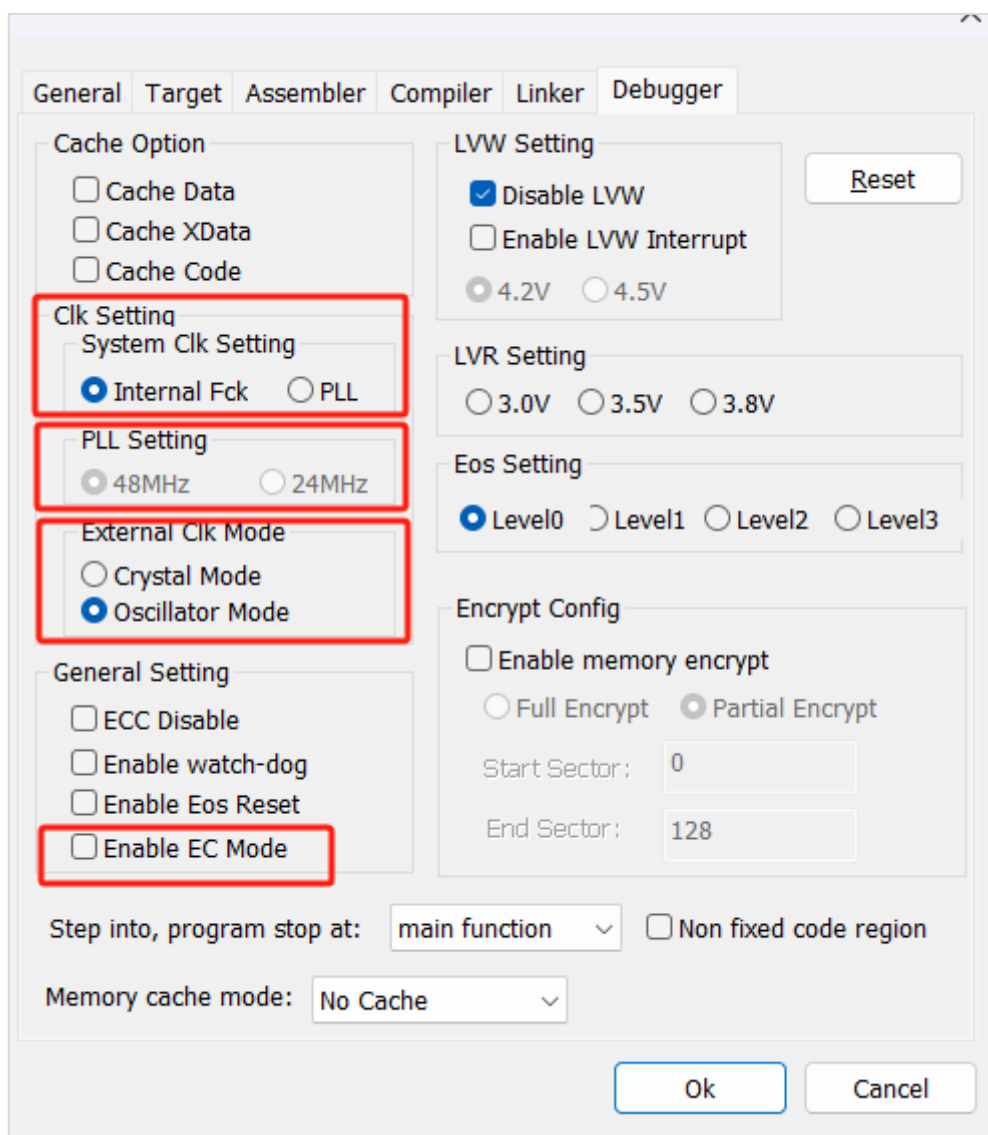
外部快时钟外部时钟输入模式如图 21-4 所示。外部时钟由 XIN 的引脚输入。勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 OSC\_CR[PLLEN] = 1，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率，勾选 External Clk Mode 中的 Oscillator Mode 选择外部快时钟来源于时钟输入模式，外部快时钟 xtosc 工作在外部时钟输入模式。



MCDRET 是清 OST 计数器的信号，高电平有效，当晶体电路作为晶体模式启动时，OST 计数器会计数 1024 个时钟，等待时钟稳定后 EFCK 输出时钟。当晶体电路工作在外部时钟输入模式，OST 不生效。

OST 计数器在晶体电路没有使能时硬件自动清 0，MCDRET 是用于时钟缺失时，系统自动切换时钟至内部时钟，然后软件重新切换时钟至外部时钟时需要清除 OST 计数器，此时需要往 MCDRET 送高脉冲。

图 21-5 系统时钟配置



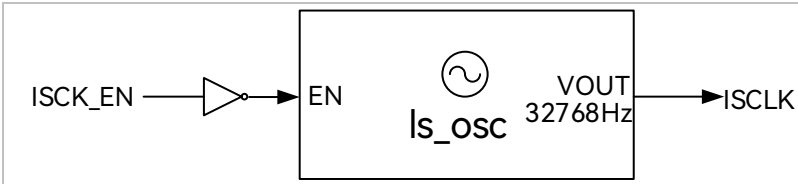
The image shows a 'System Clock Configuration' dialog box with several tabs: General, Target, Assembler, Compiler, Linker, and Debugger. The 'General' tab is selected. The dialog is divided into several sections:

- Cache Option:** Contains three checkboxes: 'Cache Data', 'Cache XData', and 'Cache Code', all of which are unchecked.
- Clk Setting:** A section highlighted with a red box. It contains a 'System Clk Setting' group with two radio buttons: 'Internal Fck' (selected) and 'PLL'.
- PLL Setting:** A section highlighted with a red box. It contains two radio buttons: '48MHz' (selected) and '24MHz'.
- External Clk Mode:** A section highlighted with a red box. It contains two radio buttons: 'Crystal Mode' and 'Oscillator Mode' (selected).
- General Setting:** Contains four checkboxes: 'ECC Disable', 'Enable watch-dog', 'Enable Eos Reset', and 'Enable EC Mode' (highlighted with a red box).
- LVW Setting:** Contains a 'Disable LVW' checkbox (checked) and an 'Enable LVW Interrupt' checkbox (unchecked). Below these are two radio buttons: '4.2V' (selected) and '4.5V'. A 'Reset' button is located to the right.
- LVR Setting:** Contains three radio buttons: '3.0V', '3.5V', and '3.8V'.
- Eos Setting:** Contains four radio buttons: 'Level0' (selected), 'Level1', 'Level2', and 'Level3'.
- Encrypt Config:** Contains an 'Enable memory encrypt' checkbox (unchecked). Below it are two radio buttons: 'Full Encrypt' and 'Partial Encrypt' (selected). There are also two text input fields: 'Start Sector:' with the value '0' and 'End Sector:' with the value '128'.
- Step into, program stop at:** A dropdown menu set to 'main function' and an unchecked checkbox for 'Non fixed code region'.
- Memory cache mode:** A dropdown menu set to 'No Cache'.

At the bottom right of the dialog are 'Ok' and 'Cancel' buttons.

21.2.2.3 内部慢时钟操作说明

图 21-6 内部慢时钟 ISOSC 端口的输入输出情况



内部慢时钟的端口情况如图 21-6 所示。内部慢时钟的作用是产生 32768Hz 的频率的时钟信号。睡眠模式下(PCON[STOP] = 1)，内部慢时钟不工作。

21.2.3 时钟寄存器

21.2.3.1 CCFG2 (CSR:0xFFD)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6     | 5      | 4   | 3 | 2 | 1      | 0      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|-------|--------|-----|---|---|--------|--------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | LVWPD | LVWIE | IWDTEN | RSV |   |   | PLLSRC | FCKMOD |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 1     | 1     | 1      | -   | - | - | 1      | 1      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0     | 0      | -   | - | - | 0      | 0      |

| 位      | 名称     | 描述                                                                                   |
|--------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV    | 保留                                                                                   |
| [7]    | LVWPD  | 低电压预警<br>0: 使能<br>1: 不使能                                                             |
| [6]    | LVWIE  | 低电压预警中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                         |
| [5]    | IWDTEN | 独立看门狗使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                           |
| [4:2]  | RSV    | 保留                                                                                   |
| [1]    | PLLSRC | PLL 时钟选择:<br>0: 选择 PLL 时钟为内部快时钟<br>1: 选择 PLL 时钟为外部快时钟, 外部时钟为 12MHz 晶体或者直接 12MHz 时钟输入 |
| [0]    | FCKMOD | 系统时钟频率选择:                                                                            |

|  |  |                                                                                    |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 0: 系统时钟为内部振荡器时钟，24MHz<br>1: 系统时钟为 PLL 时钟，PLL 时钟频率可配置，配置频率由 FCKMOD，CCFG3[PLLFSEL]决定 |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------|

21.2.3.2 CCFG3 (CSR:0xFFC)

| 31     | 30 | 29 | 28 | 27  | 26 | 25 | 24     | 23 | 22  | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14  | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8      | 7   | 6 | 5          | 4  | 3         | 2 | 1     | 0       |   |   |   |
|--------|----|----|----|-----|----|----|--------|----|-----|----|----|----|----|----|----|------------|-----|----|----|----|----|---|--------|-----|---|------------|----|-----------|---|-------|---------|---|---|---|
| EOSSET |    |    |    | RSV |    |    | LVRSEL |    | RSV |    |    |    |    |    |    | EOS_RST_EN | RSV |    |    |    |    |   | LVWSEL | RSV |   | XT_CUR_CFG |    | XT_GF_CFG |   | ECMOD | PLLFSEL |   |   |   |
|        |    |    |    |     |    |    |        |    |     |    |    |    |    |    |    |            |     |    |    |    |    |   |        |     |   |            |    |           |   |       |         |   |   |   |
| rw     | rw | rw | rw | -   | -  | -  | rw     | rw | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | rw  | -  | -  | -  | -  | - | 0      | rw  | - | -          | rw | rw        | 0 | 0     | 0       | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                              |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:28] | EOSSET     | 电过应力等级设置，默认配置为 0000<br>等级越低，检测灵敏度越低<br>00: 等级 0，灵敏度最低<br>01: 等级 1<br>10: 等级 2<br>11: 等级 3，灵敏度最高 |
| [27:25] | RSV        | 保留                                                                                              |
| [24:23] | LVRSEL     | 低电压复位电压选择。低电压复位检测的是 VDD5 的电压<br>00: 3.0V<br>01: 无意义<br>10: 3.5V<br>11: 3.8V                     |
| [22:16] | RSV        | 保留                                                                                              |
| [15]    | EOS_RST_EN | EOS 电过度应力复位使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                |
| [14:9]  | RSV        | 保留                                                                                              |
| [8]     | LWSEL      | VDD5 低电压预警电压选择<br>0: 4.2V<br>1: 4.5V                                                            |
| [7:6]   | RSV        | 保留                                                                                              |
| [5:4]   | XT_CUR_CFG | 晶体电路驱动能力配置<br>10: 弱，用于 0MHz ~ 12MHz 晶体(0.32mA)                                                  |

|       |           |                                                                                                     |
|-------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |           | 11: 中，用于 4MHz ~ 24MHz 晶体(0.64mA)<br>00: 强，用于 16MHz ~ 24MHz 晶体(1.28mA)<br>01: 最强，用于≥24MHz 晶体(2.56mA) |
| [3:2] | XT_GF_CFG | 时钟电路毛刺滤波选择<br>00: 时钟电路毛刺滤波 0<br>01: 时钟电路毛刺滤波 1                                                      |
| [1]   | ECMOD     | 外部时钟源选择方式<br>0: 选择外部时钟为晶体模式<br>1: 选择外部时钟为有源时钟输入模式                                                   |
| [0]   | PLLFSEL   | PLL 时钟频率选择，如果系统时钟选择的是外部晶体模式，外部晶体使用 12MHz 晶体<br>0: 48MHz<br>1: 24MHz                                 |

21.2.3.3 OSC\_CR (CSR:0x463)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6      | 5     | 4       | 3   | 2 | 1     | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|--------|-------|---------|-----|---|-------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | MCDRET | PLLLIE | MCDIE | EFOSCAE | RSV |   | PLLEN |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | w1     | rW    | rW      | rW  | - | -     | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -      | 0      | 0     | 0       | 0   | - | -     | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                     |
|--------|---------|----------------------------------------|
| [31:7] | RSV     | 保留                                     |
| [6]    | MCDRET  | 清 OST 计数器的信号<br>0: 无意义<br>1: 清 OST 计数器 |
| [5]    | PLLLIE  | PLL LOCK 锁相丢失中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能   |
| [4]    | MCDIE   | 外部快时钟缺失中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能         |
| [3]    | EFOSCAE | PA2、PA3 模式选择<br>0: PA2、PA3 为 GPIO 模式   |

|       |       |                                                                                                             |
|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |       | 1: 如果 CCFG3[ECMOD] = 0，则 PA2、PA3 均为模拟输入模式，用于晶体振荡电路工作；如果 CCFG3[ECMOD] = 1，则 PA2 为模拟输入模式，用于外部时钟输入，PA3 为 GPIO。 |
| [2:1] | RSV   | 保留                                                                                                          |
| [0]   | PLLEN | PLL 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                   |

21.2.3.4 OSC\_SR (CSR: 0x464)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3        | 2            | 1      | 0     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----------|--------------|--------|-------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | PLL_LOCK | PLLCK_STATUS | PLLLIF | MCDIF |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | r        | r            | rw0    | rw0   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | 0        | 0            | 0      | 0     |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | -        | -            | -      | -     |

| 位      | 名称           | 描述                                                                                 |
|--------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:4] | RSV          | 保留                                                                                 |
| [3]    | PLL_LOCK     | PLL LOCK 锁相完成标志位<br>0: PLL 时钟还未准备好<br>1: PLL 时钟输出                                  |
| [2]    | PLLCK_STATUS | PLL 时钟源选择状态位<br>0: PLL 当前时钟来源于 IFCK<br>1: PLL 当前时钟来源于 EFCK                         |
| [1]    | PLLLIF       | PLL LOCK 锁相丢失中断标志位<br>读<br>0: PLL 锁相未丢失<br>1: PLL 锁相丢失<br>写<br>0: 标志位清 0<br>1: 无意义 |
| [0]    | MCDIF        | 外部时钟缺失中断标志位<br>读<br>0: 外部时钟未缺失<br>1: 外部时钟缺失<br>写                                   |

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
|  |  | 0: 清 0 置 1 MCDCLR<br>1: 无意义 |
|--|--|-----------------------------|

## 21.3 时钟校准

### 21.3.1 时钟校准简介

时钟校准是利用内部慢时钟校准内部快时钟的功能。校准原理： 使用一个长度 14 位的计数器，以快时钟为时钟源，连续累积计数 8 个慢时钟周期的长度。

校准方法：

1. 软件设置CAL\_CR[CALBSY] = 1，开始校准过程;
2. 读CAL\_CR[CALBSY]标志位确认校准过程是否结束;
3. 当校准完成(CAL\_CR[CALBSY] = 0)后，读取CAL\_CR[CAL\_ARR]的值，即使用快时钟连续累积计数8个慢时钟的值。

### 21.3.2 时钟校准寄存器

#### 21.3.2.1 CAL\_CR (CSR:0x462)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |     |         |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----|---------|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14  | 13      | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CALBSY | RSV | CAL_ARR |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw1    | -   | ≡       | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | -   | 0       | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称     | 描述                                                                        |
|---------|--------|---------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                                                        |
| [15]    | CALBSY | 时钟校准状态标志位<br>读:<br>0: 已完成时钟校准<br>1: 正在进行时钟校准<br>写:<br>0: 无意义<br>1: 开始时钟校准 |

|        |         |                                                                                                                                                                                                              |
|--------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [14]   | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                           |
| [13:0] | CAL_ARR | <div>校准计数值</div> <div>使用快时钟连续累积计数 8 个慢时钟周期的值</div> <div> 备注:<br/>当此值为 0 时表示无对应慢时钟输入，当此值为 0x3FFF 时表示计数溢出(慢时钟过慢或快时钟过快)。</div> |

## 22 IWDT

独立看门狗定时器(IWDT)是一个工作在内部慢时钟时域下的定时器，主要用于监控主程序运行，防止MCU出现死机的情况。IWDT的工作原理是：启动独立看门狗后，IWDT的定时器开始计数。当IWDT溢出时，独立看门狗发送信号使MCU复位，程序从地址0开始运行。在主程序运行过程中，每隔一段时间对IWDT进行初始化，以防止IWDT溢出，俗称喂狗。

独立看门狗在启动后从0开始计时，当计时到0xFFFFC时输出一个长度为4个内部慢时钟周期的信号使MCU复位，程序从地址0开始运行。程序在运行中定时给看门狗发送喂狗信号，IWDT将回到IWDT\_REL的设定值，并重新开始计数。

### 22.1 IWDT 主要性能

- 自由运行的递增计数器
- 时钟由独立的RC振荡器提供（可在待机模式下工作）
- 独立看门狗被激活后，则在计数器计数至0xFFFFC时产生复位
- IWDT溢出使MCU复位时，RST\_SR[RSTWDT]将会置1

### 22.2 IWDT 操作说明

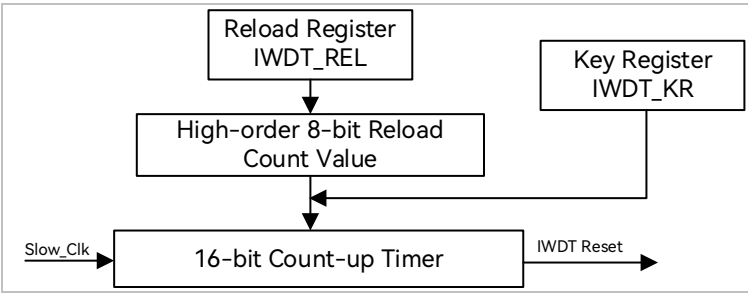
在键寄存器中写入0xCCCC，开始启用独立看门狗：此时计数器开始从其复位值0x0000递增计数。当计数器计数到末尾0xFFFFC时，会产生一个复位信号。

无论何时，只要在键寄存器写入0xAAAA，IWDT\_REL中的值就会被重新加载到计数器，从而避免产生看门狗复位。

在键寄存器中写入0x2222，则会关闭独立看门狗，同时计数器将停止计数。再次启动独立看门狗时，计数器清0重新开始计数。若CPU idle或者stop或者halt，独立看门狗计数器将停止计数；当CPU恢复时，独立看门狗计数器在原基础上继续计数。



图 22-1 独立看门狗框图



22.3 硬件 IWDT

如果用户在工程配置中启用了独立看门狗功能，在系统上电复位后，独立看门狗会自动开始运行。如果在计数器计数结束前，软件没有向键寄存器写入复位指令或关闭指令，则系统会产生独立看门狗复位。

22.4 键寄存器访问保护

寄存器具有写保护功能。要修改 IWDT\_KR 的值，必须先向 IWDT\_KR 寄存器中写入 0x5555。以不同的值写入这个寄存器将会打乱操作顺序，寄存器将重新被保护。重装载操作(即写入 0xAAAA)也会启动写保护功能。

22.5 调试模式

用户进入调试模式时，独立看门狗计数器不会继续工作。

22.6 IWDT 寄存器

22.6.1 IWDT\_KR (CSR:0x480)

|                                                                                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| RSV                                                                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | IWDT_KR |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ≧       | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ | ≧ |  |
| -                                                                                     | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |

| 位       |  | 名称  | 描述 |
|---------|--|-----|----|
| [31:16] |  | RSV | 保留 |

|        |         |                                                                                                                                                             |
|--------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [15:0] | IWDT_KR | 键值(只写寄存器，读出值为 0x0000): 软件必须以一定的间隔写入 0xAAAA 进行喂狗，否则，当计数器为 0xFFFC 时，看门狗会产生复位。<br>写入 0x5555 解保护;<br>写入 0xCCCC，启动看门狗工作(若选择了硬件看门狗则不受此命令字限制);<br>写入 0x2222 关闭看门狗。 |
|--------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

22.6.2 IWDT\_REL(CSR:0x481)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | WDT_REL |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≈       | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ | ≈ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                          |
|--------|---------|-----------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                          |
| [7:0]  | WDT_REL | 看门狗重载计数器，设置看门狗计数器初始化值的高 8 位 |

## 23 WWDT

### 23.1 WWDT 简介

窗口看门狗(WWDT)通常被用来监测，由外部干扰或不可预见的逻辑条件造成的应用程序背离正常的运行序列而产生的软件故障。除非递减计数器的值在最高位 T6 位变成 0 之前被刷新，否则 WWDT 的电路在达到预置的时间周期时触发一个 MCU 复位。在递减计数器达到窗口寄存器数值之前，如果 7 位递减计数器数值被刷新，也会触发一个 MCU 复位。这表明递减计数器需要在一个有限的时间窗口内被刷新。

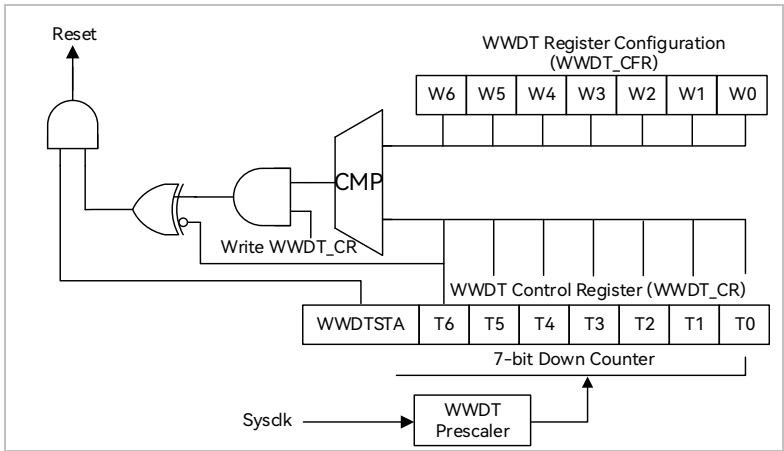
### 23.2 WWDT 主要特性

- > 可编程的自由运行递减计数器
- > 条件复位（窗口看门狗被启动）
  - » 当递减计数器的值小于0x40，则产生复位
  - » 当递减计数器在窗口外被喂狗，则产生复位
- > 如果启动了看门狗并且允许中断，当递减计数器等于0x40时，产生早期唤醒中断（EWIF），它可以被用于重装载计数器以避免WWDT复位

### 23.3 WWDT 功能描述

如果 WWDT 被启动，并且 7 位递减计数器从 0x40 翻转到 0x3F 时，触发一个复位。如果软件在计数器值大于窗口寄存器中的数值时，重新装载计数器，将触发一个复位。图 23-1 为 WWDT 的功能框图。

图 23-1 WWDT 功能框图



应用程序在正常运行过程中，必须定期地写入 WWDT\_CR 以防止 MCU 发生复位。只有当计数器值小于窗口寄存器的值时，才能进行写操作。储存在 WWDT\_CR 寄存器中的数值必须在 0xFF-0xC0 之间。

23.3.1 启动看门狗

在系统复位后，窗口看门狗总是处于关闭状态，设置 WWDT\_CR[WWDTSTA] = 1 开启窗口看门狗，随后它不能再被关闭，除非发生复位。

23.3.2 控制递减计数器

递减计数器处于自由运行状态，即使看门狗被禁止，递减计数器仍继续递减计数。当看门狗被启用时，WWDT\_CR[TC]必须被设置，以防止立即产生一个复位。

WWDT\_CR[TC]包含了看门狗产生复位之前的计时数目；复位前的延时时间在一个最小值和一个最大值之间变化，这是因为写入 WWDT\_CR 寄存器时，预分频值是未知的。配置寄存器(WWDT\_CFR)中包含窗口的上限值：要避免产生复位，递减计数器必须在其值小于窗口寄存器的数值并且大于 0x3F 时被重新装载，图 23-2 描述了窗口寄存器的工作过程。另一个重装计数器的方法是利用早期唤醒中断(EWIF)。设置 WWDT\_CFR[WWDTIE]开启该中断。当递减计数器到达 0x40 时，则产生此中断，相应的中断服务程序可以用来加载计数器以防止 WWDT 复位。WWDT\_SR[EWIF]写 0 可以清除该中断。

图 23-2 WWDT 的时序图

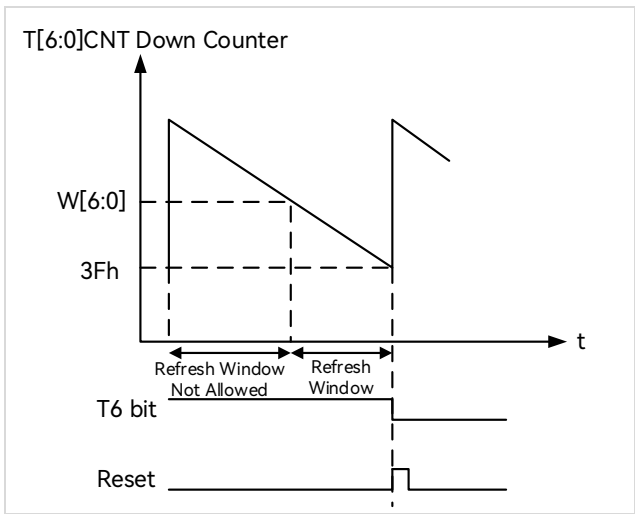


图 23-2 为 WWDT 的时序图，计算超时的公式如下：

$$T_{WWDT} = SYSCLK \times 2^{WWDTPSC} \times 4096 \times (T[6:0] + 1)$$

T<sub>WWDT</sub>：WWDT 超时时间

SYSCLK：系统快时钟的时间间隔

表 23-1 为窗口看门狗的最小-最大超时值

表 23-1 WWDT 不同分频下超时值

| WWDTPSC | 最小超时值   | 最大超时值   |
|---------|---------|---------|
| 0       | 85.3μs  | 5.46ms  |
| 1       | 170.7μs | 10.92ms |
| 2       | 341.3μs | 21.84ms |
| 3       | 682.6μs | 43.69ms |

23.4 WWDT 寄存器

23.4.1 WWDT\_CR (CSR:0x4A0)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8       | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | WWDTSTA | TC |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw1     | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位      | 名称      | 描述                                                                                                                  |
|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                                                                                                                  |
| [7]    | WWDTSTA | WWDT 使能位。软件置 1，但仅能由硬件在复位后清 0。当 WWDTSTA=1 时，看门狗可以产生复位。<br>读：<br>0：WWDT 未启用<br>1：WWDT 已启用<br>写：<br>0：无意义<br>1：启用 WWDT |
| [6:0]  | TC      | 7 位计数器，这些位用来存储 WWDT 的计数器值。每 $SYSCLK \times 2^{WWDTPSC}$ 个快时钟周期减 1。当计数器值从 40h 变为 3Fh 时(T6 变成 0)，产生窗口看门狗复位。           |

23.4.2 WWDT\_CFR (CSR:0x4A1)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9      | 8       | 7    | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|---------|------|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | WWDTIE | WWDTPSC | WCFR |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw      | rw   | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0       | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称  | 描述 |
|---------|-----|----|
| [31:10] | RSV | 保留 |

|       |         |                                                                                                                                                       |
|-------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [9]   | WWDTIE  | WWDT 中断使能位。使能后，当计数器值达到 40h 时，产生中断。此中断只能由硬件在复位后清除。<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                  |
| [8:7] | WWDTPSC | 时基：预分频器的时基可以设置如下：<br>00: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 1<br>01: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 2<br>10: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 4<br>11: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 8 |
| [6:0] | WCFR    | 7 位窗口配制寄存器，这些位用来存储 WWDT 的窗口值。当计数器值大于窗口值，且进行喂狗操作时，产生看门狗复位。                                                                                             |

23.4.3 WWDT\_SR (CSR:0x4A2)

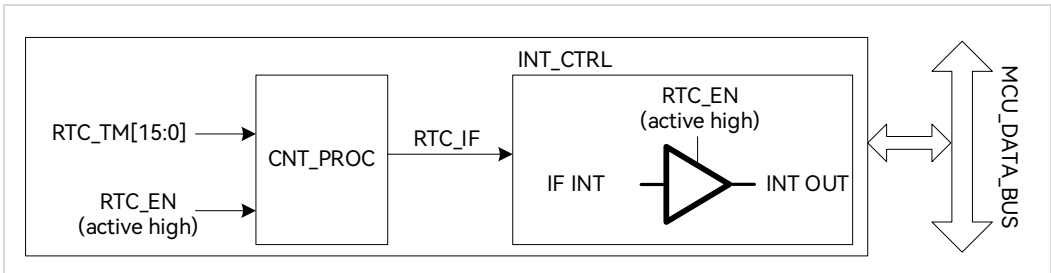
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |      |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |     |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15   | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3   | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | EWIF |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | rw0 |   | 0 |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -    | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -   | - | - | - |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -    | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | -   | - | - | - |

| 位      | 名称   | 描述                                                                                                           |
|--------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:1] | RSV  | 保留                                                                                                           |
| [0]    | EWIF | 窗口看门狗中断标志位：当计数器值达到 40h 时，此位由硬件置 1。它必须通过软件写 0 来清除。<br>读：<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写：<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

## 24 RTC

### 24.1 RTC 基本功能框图

图 24-1 RTC 基本功能框图



### 24.2 RTC 操作说明

写寄存器 RTC\_DR，设置 RTC 计数的重载值。配置 RTC\_CR[RTCEN] = 1，使能 RTC 计数。配置 PIE[RTCIE] = 1 使能 RTC 中断，中断入口为 23。

### 24.3 RTC 寄存器

#### 24.3.1 RTC\_CR (CSR:0x460)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8     | 7     | 6   | 5      | 4   | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-------|-------|-----|--------|-----|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | RTCEN | RTCIF | RSV | ISOCEN | RSV |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | -     | rw    | rw0 | -      | rw  | - | - | - | - |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | -     | 0     | 0   | -      | 0   | - | - | - | - |

| 位      | 名称    | 描述                        |
|--------|-------|---------------------------|
| [31:8] | RSV   | 保留                        |
| [7]    | RTCEN | RTC 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6]    | RTCIF | RTC 中断事件标志位<br>读:         |



|       |         |                                                   |
|-------|---------|---------------------------------------------------|
|       |         | 0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [5]   | RSV     | 保留                                                |
| [4]   | ISOSCEN | 内部慢时钟使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                        |
| [3:0] | RSV     | 保留                                                |

24.3.2 RTC\_DR (CSR:0x461)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | RTC_DR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡      | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| 位       | 名称     | 描述                                      |
|---------|--------|-----------------------------------------|
| [31:16] | RSV    | 保留                                      |
| [15:0]  | RTC_DR | RTC 计数存储器<br>读: RTC 当前计数值<br>写: RTC 重载值 |

# 25 IO

## 25.1 IO 简介

FU7512L 支持 53 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~ PA15、PB0 ~ PB15、PC0 ~ PC15、PD0、PD2 ~ PD3、PD5 ~ PD6。

FU7541Q 支持 29 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA4、PB0 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB14 ~ PB15、PC3 ~ PC8、PD0、PD2 ~PD3、PD5。

FU7562L 支持 22 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA3、PB0、PB2、PB5 ~ PB6、PB8 ~ PB9、PC0 ~ PC5、PC12、PD0、PD3、PD5。

## 25.2 IO 配置说明

每个 GPIO 端口有相关的配置寄存器用来满足不同应用的需求。如：PA0 ~ PA15 映射到寄存器 PA，PB0 ~ PB15 映射到寄存器 PB，通过 PA\_OE、PB\_OE 配置端口的数字输入输出。

- > 上、下拉电阻使能对应的位为1，具体端口与寄存器名称请参考25.3.8 PA\_PU (CSR:0x002) ~ 25.3.12 PA\_PL (CSR:0x003)。
- > 上、下拉电阻阻值请参考5.3 GPIO电气特性
- > 配置PB\_AN/PC\_AN/PD\_AN对应的位为1，具体端口与寄存器名称请参考25.3.5 PB\_AN (CSR:0x013) ~ 25.3.7 PD\_AN (CSR:0x033)。端口配置为模拟信号端口后，所有数字功能失效，寄存器PB/PC/PD 对应的位读出的端口状态为0。

## 25.3 IO 寄存器

### 25.3.1 PA\_OE (CSR:0x001)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PA_OE |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                    |
|---------|-------|---------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                    |
| [15:0]  | PA_OE | PA0 ~ PA15 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |

25.3.2 PB\_OE (CSR:0x011)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PB_OE |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡     | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称    | 描述                                    |
|---------|-------|---------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                    |
| [15:0]  | PB_OE | PB0 ~ PB15 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |

25.3.3 PC\_OE (CSR:0x021)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PC_OE |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ≡     | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡  | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称    | 描述                                    |
|---------|-------|---------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                    |
| [15:0]  | PC_OE | PC0 ~ PC15 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |

25.3.4 PD\_OE (CSR:0x031)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6        | 5   | 4        | 3        | 2   | 1        | 0 |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | PD_OE[6] | PD_OE[5] | RSV | PD_OE[3] | PD_OE[2] | RSV | PD_OE[0] |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | r        | w   | r        | -        | r   | w        | - | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0        | 0   | -        | 0        | 0   | -        | 0 |   |

| 位      | 名称       | 描述                             |
|--------|----------|--------------------------------|
| [31:7] | RSV      | 保留                             |
| [6]    | PD_OE[6] | PD6 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |
| [5]    | PD_OE[5] | PD5 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |
| [4]    | RSV      | 保留                             |
| [3]    | PD_OE[3] | PD3 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |
| [2]    | PD_OE[2] | PD2 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |
| [1]    | RSV      | 保留                             |
| [0]    | PD_OE[0] | PD0 数字输入输出选择<br>0: 输入<br>1: 输出 |

25.3.5 PB\_AN (CSR:0x013)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PB_AN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                   |
|---------|-------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                   |
| [15:0]  | PB_AN | PB0 ~ PB15 模拟模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

25.3.6 PC\_AN (CSR:0x023)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PC_AN |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                   |
|---------|-------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                   |
| [15:0]  | PC_AN | PC0 ~ PC15 模拟模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

25.3.7 PD\_AN (CSR:0x033)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6        | 5   | 4        | 3        | 2   | 1        | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | PD_AN[6] | PD_AN[5] | RSV | PD_AN[3] | PD_AN[2] | RSV | PD_AN[0] |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | rw       | rw  | -        | rw       | rw  | -        | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0        | 0   | -        | 0        | 0   | -        | 0  |

| 位      | 名称       | 描述                           |
|--------|----------|------------------------------|
| [31:7] | RSV      | 保留                           |
| [6]    | PD_AN[6] | PD6 模拟模式使能<br>0:不使能<br>1: 使能 |
| [5]    | PD_AN[5] | PD5 模拟模式使能<br>0:不使能<br>1: 使能 |

|     |          |                              |
|-----|----------|------------------------------|
| [4] | RSV      | 保留                           |
| [3] | PD_AN[3] | PD3 模拟模式使能<br>0:不使能<br>1: 使能 |
| [2] | PD_AN[2] | PD2 模拟模式使能<br>0:不使能<br>1: 使能 |
| [1] | RSV      | 保留                           |
| [0] | PD_AN[0] | PD0 模拟模式使能<br>0:不使能<br>1: 使能 |

25.3.8 PA\_PU (CSR:0x002)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PA_PU |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘     | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称    | 描述                                   |
|---------|-------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                   |
| [15:0]  | PA_PU | PA0 ~ PA15 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

25.3.9 PB\_PU (CSR:0x012)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PB_PU |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘     | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称    | 描述                |
|---------|-------|-------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                |
| [15:0]  | PB_PU | PB0 ~ PB15 上拉电阻使能 |

|  |  |                 |
|--|--|-----------------|
|  |  | 0: 不使能<br>1: 使能 |
|--|--|-----------------|

25.3.10 PC\_PU (CSR:0x022)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PC_PU |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称    | 描述                                   |
|---------|-------|--------------------------------------|
| [31:16] | RSV   | 保留                                   |
| [15:0]  | PC_PU | PC0 ~ PC15 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

25.3.11 PD\_PU (CSR:0x032)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6        | 5   | 4        | 3        | 2   | 1        | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | PD_PU[6] | PD_PU[5] | RSV | PD_PU[3] | PD_PU[2] | RSV | PD_PU[0] |    |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | rw       | rw       |     | rw       | rw       |     | rw       | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0        | 0   | -        | 0        | 0   | -        | 0  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0        | 0   | -        | 0        | 0   | -        | 0  |

| 位      | 名称       | 描述                            |
|--------|----------|-------------------------------|
| [31:7] | RSV      | 保留                            |
| [6]    | PD_PU[6] | PD6 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5]    | PD_PU[5] | PD5 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [4]    | RSV      | 保留                            |
| [3]    | PD_PU[3] | PD3 上拉电阻使能<br>0: 不使能          |

|     |          |                               |
|-----|----------|-------------------------------|
|     |          | 1: 使能                         |
| [2] | PD_PU[2] | PD2 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [1] | RSV      | 保留                            |
| [0] | PD_PU[0] | PD0 上拉电阻使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |

25.3.12 PA\_PL (CSR:0x003)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5    | 4  | 3          | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|----|------------|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PA_PL[15:4] |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ODEN |    | PA_PL[1:0] |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw          | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw   | rw | rw         | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称          | 描述                                 |
|---------|-------------|------------------------------------|
| [31:16] | RSV         | 保留                                 |
| [15:4]  | PA_PL[15:4] | PA4 ~ PA15 下拉使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [3:2]   | ODEN        | PA0 ~ PA1 开漏使能<br>0: 不使能<br>1: 使能  |
| [1:0]   | PA_PL[1:0]  | PA0 ~ PA1 下拉使能<br>0: 不使能<br>1: 使能  |

25.3.13 PH\_SEL (CSR:0x060)

| 31     | 30 | 29    | 28 | 27   | 26 | 25     | 24 | 23      | 22 | 21    | 20 | 19    | 18 | 17       | 16 | 15       | 14 | 13    | 12 | 11    | 10 | 9     | 8  | 7     | 6  | 5     | 4  | 3    | 2  | 1     | 0  |       |    |       |    |       |    |      |    |      |    |     |    |       |  |       |  |
|--------|----|-------|----|------|----|--------|----|---------|----|-------|----|-------|----|----------|----|----------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------|----|------|----|-----|----|-------|--|-------|--|
| SFRECT |    | T5SEL |    | T8CT |    | DBG1CT |    | BISSSEL |    | CMPCT |    | MONCT |    | SPI2TMOD |    | SPI1TMOD |    | I2CCT |    | CANCT |    | LINCT |    | UT2CT |    | UT1CT |    | T7CT |    | T6BCT |    | T6ACT |    | T5BCT |    | T5ACT |    | T4CT |    | T3CT |    | RSV |    | T2BCT |  | T2ACT |  |
| rw     | rw | rw    | rw | rw   | rw | rw     | rw | rw      | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw       | rw | rw       | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw   | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw    | rw | rw   | rw | rw   | rw | rw  | rw | rw    |  |       |  |



|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31]    | SFRECT   | 端口复用为 SFRE<br>0: PA12 复用为 SFRE<br>1: PA13 复用为 SFRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [30]    | T5SEL    | 端口复用为 Timer5/QEP1<br>与 PH_SEL[T5ACT]、PH_SEL[T5BCT]组合配置<br><br>> PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5ACT]<br>01: PA13 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入<br>11: PA4 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入<br><br>> PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5BCT]<br>01: PA14 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1B 输入<br>11: PA5 作为 Timer5 的输入输出或作为 QEP1B 输入<br><br>> PH_SEL[T5SEL]<br>00: PA15 复用为 QEP1I 输入<br>01: PA6 复用为 QEP1I 输入 |
| [29:28] | T8CT     | 端口复用为 Timer8<br>00/11: 不复用<br>01: PA9 作为 Timer8 的输入输出<br>10: PB2 作为 Timer8 的输入输出                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [27]    | DBGCT    | 端口复用为 DBG1<br>0: PA1 复用为 DBG1<br>1: PA9 复用为 DBG1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [26]    | BISSSEL  | 端口复用为 BISS<br>0: PA10、PA11 复用为 MA、SLO<br>1: PA13、PA14 复用为 MA、SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [25]    | CMPCT    | 端口复用为比较器输出<br>0: PA1 复用为比较器输出<br>1: PA3 复用为比较器输出                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [24:23] | MONCT    | 端口复用为 DataMonitor<br>00: PA9 复用为 DataMonitor<br>01: PA0 复用为 DataMonitor<br>1x: PB0 复用为 DataMonitor                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [22]    | SPI2TMOD | SPI2 从机发送完后 MISO 端口状态<br>0: 输出状态                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|         |          |                                                                                                                 |
|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |          | 1: 高阻态                                                                                                          |
| [21]    | SPI1TMOD | SPI1 从机发送完后 MISO 端口状态<br>0: 输出状态<br>1: 高阻态                                                                      |
| [20]    | I2CCT    | 端口复用为 I <sup>2</sup> C1<br>0: PA0、PA1 复用为 SDA1、SCL1<br>1: 不复用                                                   |
| [19]    | CANCT    | 端口复用为 CAN<br>0: PA0、PA1 复用为 CTX、CRX<br>1: PA5、PA4 复用为 CTX、CRX                                                   |
| [18]    | LINCT    | 端口复用为 LIN<br>0: PA0、PA1 复用为 LTX、LRX<br>1: PA5、PA4 复用为 LTX、LRX                                                   |
| [17:16] | UT2CT    | 端口复用为 UART2<br>00: PA2、PA3 复用为 TXD2、RXD2<br>01: PA5、PA4 复用为 TXD2、RXD2<br>1x: PB2 (单线模式 IO, 非单线 O)               |
| [15:14] | UT1CT    | 端口复用为 UART1<br>00: PA0、PA1 复用为 TXD1、RXD1<br>01: PA7、PA6 复用为 TXD1、RXD1<br>1x: PA10、PA11 复用为 TXD1、RXD1            |
| [13:12] | T7CT     | 端口复用为 Timer7<br>00: 不复用<br>01: PA1 作为 Timer7 的输入输出<br>10: PA3 作为 Timer7 的输入输出<br>11: PD0 作为 Timer7 的输入输出        |
| [11]    | T6BCT    | 端口复用为 Timer6<br>0: 不复用<br>1: PA8 作为 Timer6 的输入输出                                                                |
| [10:9]  | T6ACT    | 端口复用为 Timer6<br>0x: 不复用<br>10: PA7 作为 Timer6 的输入输出<br>11: PA3 作为 Timer6 的输入输出                                   |
| [8]     | T5BCT    | 端口复用为 Timer5/QEP1B<br>与 PH_SEL[T5SEL]组合配置<br>PH_SEL[T5SEL]: PH_SEL[T5BCT]<br>01: PA14 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1B 输入 |

|       |       |                                                                                                                                                      |
|-------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |       | 11: PA5 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1B 输入                                                                                                                    |
| [7]   | T5ACT | 端口复用为 Timer5/QEP1A<br>与 PH_SEL[T5SEL]组合配置<br>PH_SEL[T5SEL]: PH_SEL[T5ACT]<br>01: PA13 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入<br>11: PA4 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入 |
| [6:5] | T4CT  | 端口复用为 Timer4<br>00: 不复用<br>01: PA0 作为 Timer4 的输入输出<br>10: PA2 作为 Timer4 的输入输出<br>11: PD3 作为 Timer4 的输入输出                                             |
| [4:3] | T3CT  | 端口复用为 Timer3<br>00: 不复用<br>01: PA8 作为 Timer3 的输入输出<br>10: PA0 作为 Timer3 的输入输出<br>11: PA2 作为 Timer3 的输入输出                                             |
| [2]   | RSV   | 保留                                                                                                                                                   |
| [1]   | T2BCT | 端口复用为 Timer2<br>0: 不复用<br>1: PA11 作为 Timer2 的输入输出                                                                                                    |
| [0]   | T2ACT | 端口复用为 Timer2<br>0: 不复用<br>1: PA10 作为 Timer2 的输入输出                                                                                                    |

25.3.14 PH\_SEL1 (CSR:0x061)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |         |         |     |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---------|---------|-----|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3       | 2       | 1   | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | PFCO2CT | PFCO1CT | RSV |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | rw      | rw      | -   | - |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | 0       | 0       | -   | - |

| 位      | 名称      | 描述                                     |
|--------|---------|----------------------------------------|
| [31:4] | RSV     | 保留                                     |
| [3]    | PFCO2CT | 端口复用为 PFC PWM2 输出<br>0: PA7 复用为 PFC_O2 |

|       |         |                                                              |
|-------|---------|--------------------------------------------------------------|
|       |         | 1: PA3 复用为 PFC_O2S                                           |
| [2]   | PFCO1CT | 端口复用为 PFC PWM1 输出<br>0: PA6 复用为 PFC_O1<br>1: PA2 复用为 PFC_O1S |
| [1:0] | RSV     | 保留                                                           |

### 25.3.15 PA (CSR:0x000)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PA |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称  | 描述            |
|---------|-----|---------------|
| [31:16] | RSV | 保留            |
| [15:0]  | PA  | PA0 ~ PA15 端口 |

### 25.3.16 PB (CSR:0x010)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PB |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称  | 描述            |
|---------|-----|---------------|
| [31:16] | RSV | 保留            |
| [15:0]  | PB  | PB0 ~ PB15 端口 |

### 25.3.17 PC (CSR:0x020)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | PC |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘  | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|

|         |     |               |
|---------|-----|---------------|
| [31:16] | RSV | 保留            |
| [15:0]  | PC  | PC0 ~ PC15 端口 |

25.3.18 PD (CSR:0x030)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6     | 5   | 4     | 3     | 2   | 1     | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | PD[6] | PD[5] | RSV | PD[3] | PD[2] | RSV | PD[0] |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -     | rW    | rW  | -     | rW    | rW  | -     | rW |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -     | 0     | 0   | -     | 0     | 0   | -     | 0  |

| 位      | 名称    | 描述     |
|--------|-------|--------|
| [31:7] | RSV   | 保留     |
| [6]    | PD[6] | PD6 端口 |
| [5]    | PD[5] | PD5 端口 |
| [4]    | RSV   | 保留     |
| [3]    | PD[3] | PD3 端口 |
| [2]    | PD[2] | PD2 端口 |
| [1]    | RSV   | 保留     |
| [0]    | PD[0] | PD0 端口 |

## 26 温度传感器

MCU 集成有温度传感器，配置 TSD\_CR[TSEN\_EN] = 1 使能温度传感器，读取寄存器中的值，查表即可得当前芯片内部的温度。温度传感器显示的范围为 71℃到 150℃，对应的码值如表 26-1 所示。

配置 PIE[TSDIE] = 1 使能 TSD 中断，中断入口为 0。

表 26-1 温度传感器输出的码值及对应的档位温度值

| TSEN_DR | 温度值(℃) | TSEN_DR | 温度值(℃) |
|---------|--------|---------|--------|
| 0111111 | 71     | 1011101 | 107    |
| 1000000 | 72     | 1011110 | 109    |
| 1000001 | 73     | 1011111 | 110    |
| 1000010 | 74     | 1100000 | 112    |
| 1000011 | 75     | 1100001 | 113    |
| 1000100 | 76     | 1100010 | 114    |
| 1000101 | 77     | 1100011 | 116    |
| 1000110 | 78     | 1100100 | 117    |
| 1000111 | 79     | 1100101 | 119    |
| 1001000 | 80     | 1100110 | 120    |
| 1001001 | 82     | 1100111 | 122    |
| 1001010 | 83     | 1101000 | 124    |
| 1001011 | 84     | 1101001 | 125    |
| 1001100 | 85     | 1101010 | 127    |
| 1001101 | 86     | 1101011 | 128    |
| 1001110 | 88     | 1101100 | 130    |
| 1001111 | 89     | 1101101 | 132    |
| 1010000 | 90     | 1101110 | 133    |
| 1010001 | 91     | 1101111 | 135    |
| 1010010 | 93     | 1110000 | 136    |
| 1010011 | 94     | 1110001 | 138    |
| 1010100 | 95     | 1110010 | 140    |
| 1010101 | 96     | 1110011 | 142    |
| 1010110 | 98     | 1110100 | 143    |
| 1010111 | 99     | 1110101 | 145    |
| 1011000 | 100    | 1110110 | 147    |

| TSEN_DR | 温度值(°C) | TSEN_DR         | 温度值(°C) |
|---------|---------|-----------------|---------|
| 1011010 | 103     | 1110111         | 148     |
| 1011011 | 105     | 1111000~1111111 | ≥150    |
| 1011100 | 106     |                 |         |

26.1 温度传感器寄存器

26.1.1 TSD\_CR (CSR:0x630)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |        |         |          |     |         |    |    |    |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|---------|----------|-----|---------|----|----|----|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6       | 5        | 4   | 3       | 2  | 1  | 0  |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | TSD_EN | TSEN_EN | TSEN_HYS | RSV | TSD_ADJ |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw     | rw      | rw       | -   | rw      | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0       | 0        | -   | 0       | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
|---------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-----|
| [31:8]  | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| [7]     | TSD_EN   | TSD 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| [6]     | TSEN_EN  | 温度传感器使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| [5]     | TSEN_HYS | 温度传感器输出结果滤波<br>0: 滤波宽度 1 个码值<br>1: 滤波宽度 2 个码值                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| [4]     | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| [3:0]   | TSD_ADJ  | 过温保护温度选择<br><div>表 26-2 过温保护码值与对应保护温度</div> <table><tr><th>TSD_ADJ</th><th>保护温度(°C)</th></tr><tr><td>0000</td><td>81.75</td></tr><tr><td>0001</td><td>86.45</td></tr><tr><td>0010</td><td>91.35</td></tr><tr><td>0011</td><td>96.35</td></tr><tr><td>0100</td><td>101.8</td></tr><tr><td>0101</td><td>107.2</td></tr><tr><td>0110</td><td>113</td></tr></table> | TSD_ADJ | 保护温度(°C) | 0000 | 81.75 | 0001 | 86.45 | 0010 | 91.35 | 0011 | 96.35 | 0100 | 101.8 | 0101 | 107.2 | 0110 | 113 |
| TSD_ADJ | 保护温度(°C) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0000    | 81.75    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0001    | 86.45    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0010    | 91.35    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0011    | 96.35    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0100    | 101.8    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0101    | 107.2    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |
| 0110    | 113      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |          |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |     |

|  |  |  |      |       |
|--|--|--|------|-------|
|  |  |  | 0111 | 118.8 |
|  |  |  | 1000 | 125.3 |
|  |  |  | 1001 | 131.7 |
|  |  |  | 1010 | 138.4 |
|  |  |  | 1011 | 145.2 |
|  |  |  | 1100 | 152.5 |
|  |  |  | 1101 | 159.7 |

26.1.2 TSEN\_DR (CSR:0x631)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | TSEN_DR |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                                                     |
|--------|---------|------------------------------------------------------------------------|
| [31:7] | RSV     | 保留                                                                     |
| [6:0]  | TSEN_DR | 温度传感器输出数据<br>读取该寄存器值，通过查表即可对应出芯片当前的温度值。详细请参照表 26-1 温度传感器输出的码值及对应的档位温度值 |



## 27 ADC

### 27.1 ADC 简介

芯片的 ADC 是一个 12 位逐次逼近寄存器 ADC，内部一共有 3 个独立的 ADC，ADC1 有 13 个通道，ADC2 有 14 个通道，ADC3 有 3 个通道。ADC1 和 ADC2 采样方式支持顺序采样(即从 ADC 通道 0 依次到 ADC 通道 14)和触发采样(FOC 触发采样模式)，ADC3 采样方式支持顺序采样和触发采样（PFC 载波触发采样模式）。顺序采样的结果会以右对齐或左次高位对齐的格式存进 ADC1\_DRx/ADC2\_DRx/ADC3\_DRx( $x = 0 \sim 14$ )。ADC1 和 ADC2 触发采样的结果不会更新到 ADC1\_DRx/ADC2\_DRx，而是送到 FOC 模块以完成电机控制。FOC 模块的相关寄存器固定以左次高位对齐的格式存放触发采样的结果。触发采样由硬件自动完成，顺序采样则由软件控制。触发采样优先级比顺序采样优先级高，如果某一时刻同时需要触发采样和顺序采样，则先进行触发采样，触发采样完成后自动恢复为顺序采样模式。

ADC 转换的时钟源为 24MHz，采样时间由 ADC1\_SCYC，ADC2\_SCYC，ADC3\_SCYC 设定。

### 27.2 ADC 框图

图 27-1 ADC1 多路复用器框图

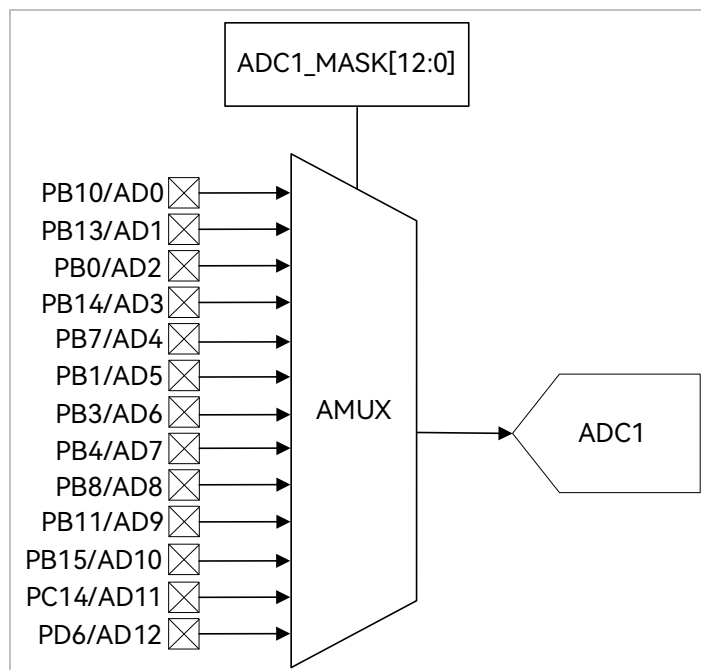


图 27-2 ADC2 多路复用器框图

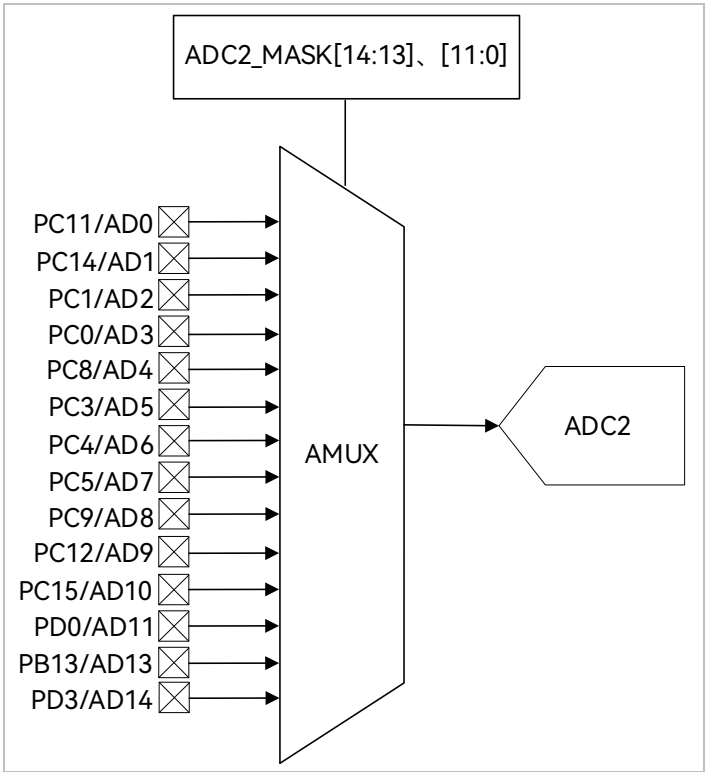


图 27-3 ADC3 多路复用器框图

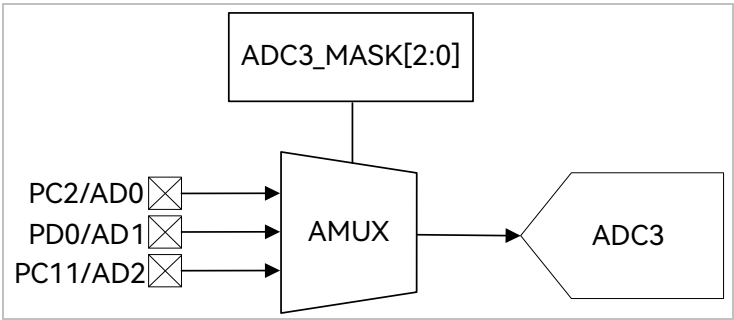


图 27-4 ADC1 功能框图

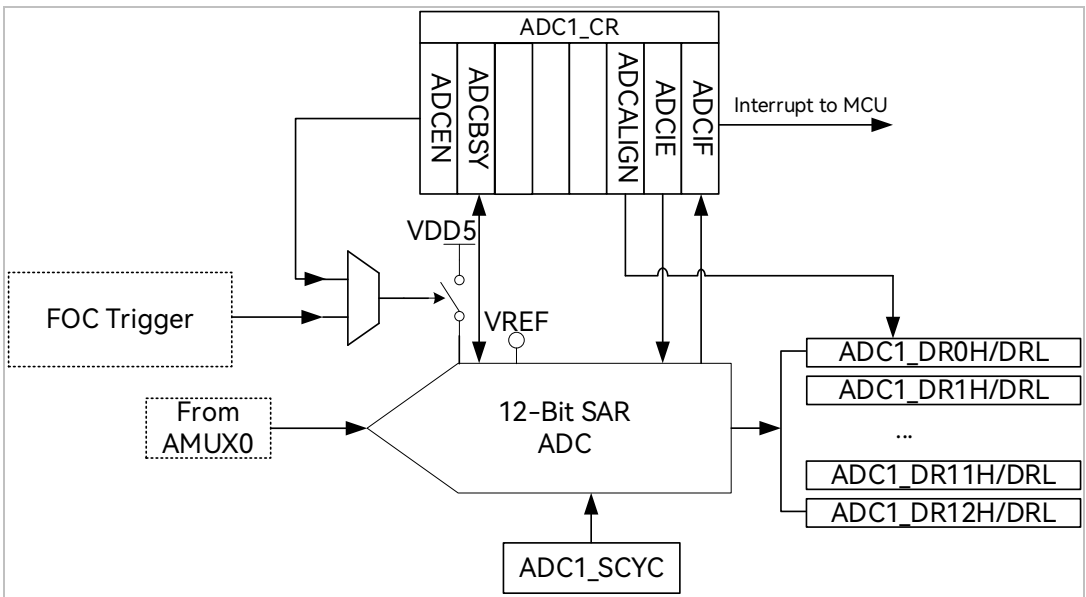


图 27-5 ADC2 功能框图

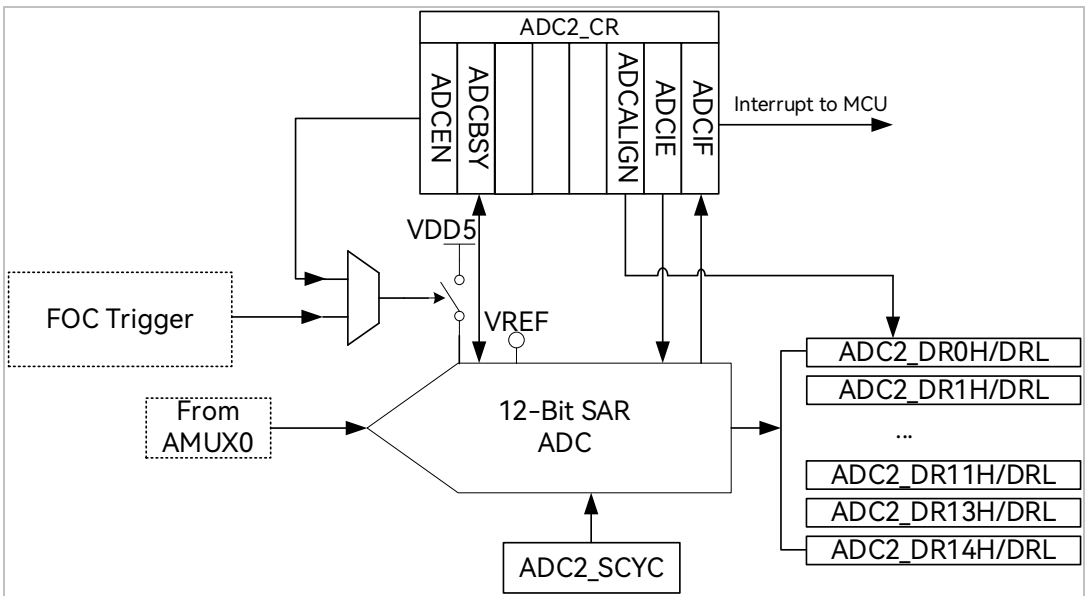
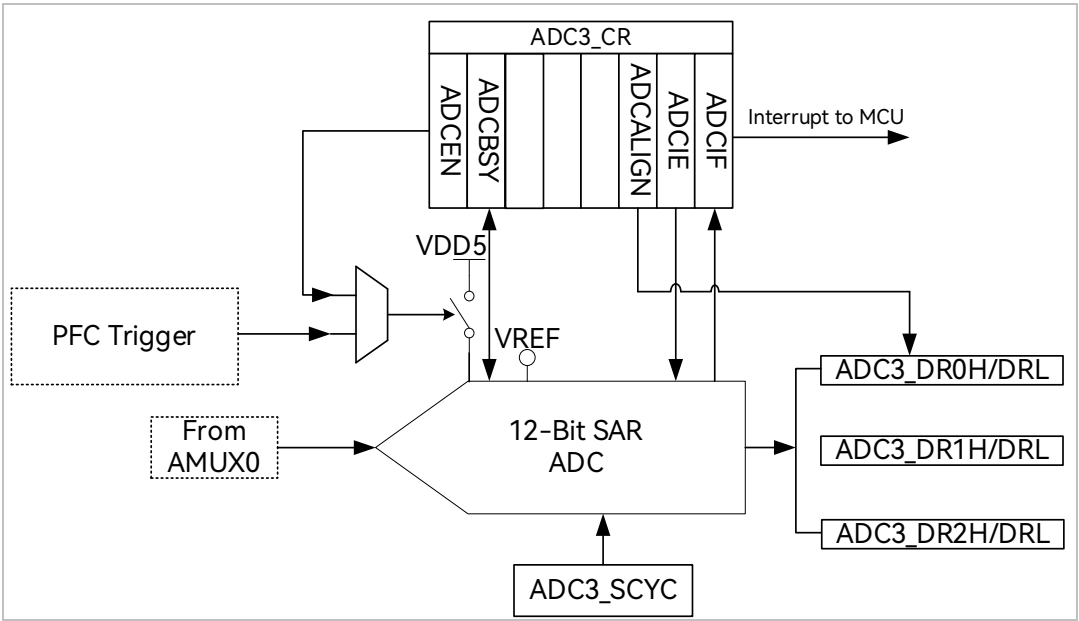


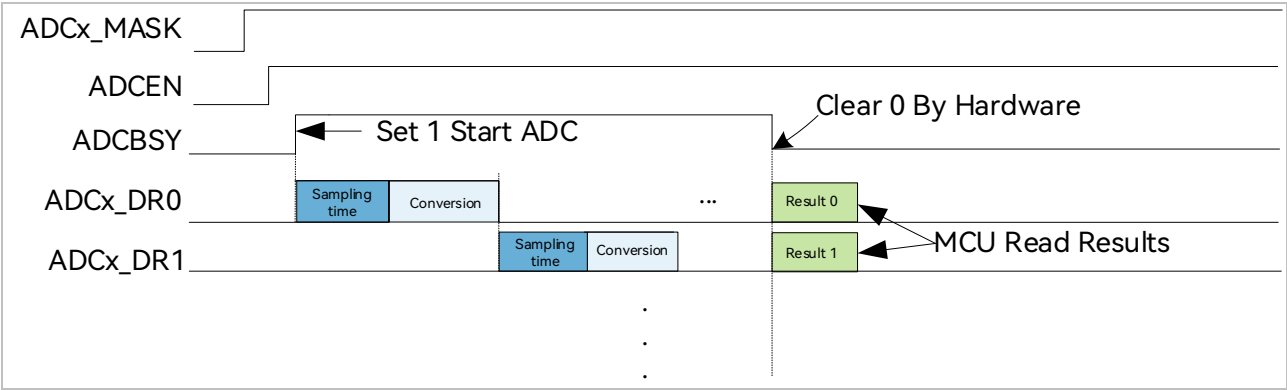
图 27-6 ADC3 功能框图



27.3 ADC 操作说明

27.3.1 顺序采样模式

图 27-7 顺序采样时序图



ADC 操作:

1. 设置合适的ADC参考电压VREF;
2. 设置使能需采样的通道ADCx\_MASK;
3. 设置每个通道的采样周期ADCx\_SCYC(最小值为3);
4. 配置ADCx\_CR[ADCEN] = 1, 使能ADC;

- 5. 配置ADCx\_CR[ADCBSY] = 1，ADC开始工作；
- 6. 确认ADCx\_CR[ADCBSY] = 0，再读取ADC转换结果。



备注：

ADC 转换顺序根据使能的通道号从低到高(即当使能通道 2/3/4 后，依次采样转换通道 2/3/4，然后在确认 ADCx\_CR[ADCBSY] = 0 后读取单次转换结果)。

27.3.2 触发采样模式

27.3.2.1 ADC1 触发采样模式

当启动 FOC 后，通道 0/1/2/4 可用于 FOC 触发采样。通道 2 用于母线电压触发采样。在单电阻电流采样模式下，通道 4 为母线电流 itrip 的采样通道。在双电阻电流采样模式下，通道 0 为 ia 的采样通道，通道 1 为 ib 的采样通道。在三电阻电流采样模式下，通道 0 为 ia 的采样通道，通道 1 为 ib 的采样通道，通道 4 为 ic 的采样通道。

27.3.2.2 ADC2 触发采样模式

当启动 FOC 后，通道 0/1/4 可用于 FOC 触发采样。在单电阻电流采样模式下，通道 4 为母线电流 itrip 的采样通道。在双电阻电流采样模式下，通道 0 为 ia 的采样通道，通道 1 为 ib 的采样通道。在三电阻电流采样模式下，通道 0 为 ia 的采样通道，通道 1 为 ib 的采样通道，通道 4 为 ic 的采样通道。

27.3.2.3 ADC3 触发采样模式

当启动 PFC 后，通道 0/1/2 都可用于触发采样。通道 0 为 PFC 电流的采样通道，通道 1 为 PFC AC 电压采样通道，通道 2 为 PFC 第二路电流的采样通道。

27.3.3 输出数据格式

寄存器 ADC1\_DRx/ADC2\_DRx/ADC3\_DRx 包含每次转换完成时转换数据。数据可以根据 ADCx\_CR[ADCALI]选择右对齐或左次高位对齐。当输入电压从 0 ~ VREF，输出数据数值如表 27-1 所示。ADC1\_DRx/ADC2\_DRx/ADC3\_DRx 寄存器中未使用的位被置为 0。

表 27-1 输出数据数值与对齐方式的关系

| 输入电压   | 右对齐    | 左次高位对齐 |
|--------|--------|--------|
| 0      | 0x0000 | 0x0000 |
| VREF/2 | 0x0800 | 0x4000 |
| VREF   | 0x0FFF | 0x7FF8 |

27.4 ADC 寄存器

27.4.1 ADCx\_CR (CSR:0x660/0x670/0x680) (x = 1/2/3)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |       |        |     |   |   |          |       |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|--------|-----|---|---|----------|-------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6      | 5   | 4 | 3 | 2        | 1     | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | ADCEN | ADCBSY | RSV |   |   | ADCALIGN | ADCIE | ADCIF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw1    | -   | - | - | rw       | rw    | rw0   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0      | -   | - | - | 0        | 0     | 0     |

| 位      | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                                                |
|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                |
| [7]    | ADCEN    | ADC 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                         |
| [6]    | ADCBSY   | ADC 启动&ADC 忙标志位<br>读:<br>0: ADC 空闲<br>1: ADC 忙<br>写:<br>0: 无意义<br>1: 启动 ADC 转换<br><div> 备注:<br/>ADCx_MASK = 0 时此位写 1 无意义</div> |
| [5:3]  | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                                                |
| [2]    | ADCALIGN | ADC 数据格式选择<br>0: ADC 数据右对齐<br>1: ADC 数据左次高位对齐<br><div> 备注:<br/>触发采样模式不受影响，固定为左次高位对齐</div>                                      |
| [1]    | ADCIE    | ADC 中断使能(不包含触发模式中断)<br>0: 不使能                                                                                                                                                                                     |

|     |       |                                                                                               |
|-----|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |       | 1: 使能                                                                                         |
| [0] | ADCIF | ADC 中断事件标志位<br>当本次 ADC 转换完成时，硬件置 1<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

27.4.2 ADCx\_MASK (CSR:0x661/0x671/0x681) (x = 1/2/3)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |        |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14     | 13     | 12     | 11     | 10     | 9     | 8     | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CH14EN | CH13EN | CH12EN | CH11EN | CH10EN | CH9EN | CH8EN | CH7EN | CH6EN | CH5EN | CH4EN | CH3EN | CH2EN | CH1EN | CH0EN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    | rw    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位       | 名称     | 描述           |
|---------|--------|--------------|
| [31:15] | RSV    | 保留           |
| [14]    | CH14EN | ADC 通道 14 使能 |
| [13]    | CH13EN | ADC 通道 13 使能 |
| [12]    | CH12EN | ADC 通道 12 使能 |
| [11]    | CH11EN | ADC 通道 11 使能 |
| [10]    | CH10EN | ADC 通道 10 使能 |
| [9]     | CH9EN  | ADC 通道 9 使能  |
| [8]     | CH8EN  | ADC 通道 8 使能  |
| [7]     | CH7EN  | ADC 通道 7 使能  |
| [6]     | CH6EN  | ADC 通道 6 使能  |
| [5]     | CH5EN  | ADC 通道 5 使能  |
| [4]     | CH4EN  | ADC 通道 4 使能  |
| [3]     | CH3EN  | ADC 通道 3 使能  |
| [2]     | CH2EN  | ADC 通道 2 使能  |
| [1]     | CH1EN  | ADC 通道 1 使能  |
| [0]     | CH0EN  | ADC 通道 0 使能  |



备注:  
触发采样模式无需配置 ADCx\_MASK。

27.4.3 ADC1\_SCYC (CSR:0x662)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11         | 10 | 9  | 8  | 7          | 6  | 5  | 4  | 3          | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|------------|----|----|----|------------|----|----|----|------------|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ADC1_SCYC3 |    |    |    | ADC1_SCYC2 |    |    |    | ADC1_SCYC1 |    |    |    | ADC1_SCYC0 |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw | rw | rw | rw         | rw | rw | rw | rw         | rw | rw | rw | rw         | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0  | 0  |

| 位       | 名称                    | 描述                                                                                                                                                           |
|---------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV                   | 保留                                                                                                                                                           |
| [15:12] | ADC1_SCYC3<br>[15:12] | ADC1 采样周期设置，ADC 通道 3、8、9、10、12 共用设置<br>ADC1_SCYC3[15] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC3[14:12]个 ADC 时钟周期<br>ADC1_SCYC3[15] = 1: 采样周期为(ADC1_SCYC3[14:12]*8 + 7)个 ADC 时钟周期 |
| [11:8]  | ADC1_SCYC2<br>[11:8]  | ADC1 采样周期设置，ADC 通道 5、6、7 共用设置<br>ADC1_SCYC2[11] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC2[10:8]个 ADC 时钟周期<br>ADC1_SCYC2[11] = 1: 采样周期为(ADC1_SCYC2[10:8]*8 + 7)个 ADC 时钟周期         |
| [7:4]   | ADC1_SCYC1<br>[7:4]   | ADC1 采样周期设置，ADC 通道 2 设置<br>ADC1_SCYC1[7] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC1[6:4]个 ADC 时钟周期<br>ADC1_SCYC1[7] = 1: 采样周期为(ADC1_SCYC1[6:4]*8 + 7)个 ADC 时钟周期                   |
| [3:0]   | ADC1_SCYC0<br>[3:0]   | ADC1 采样周期设置，ADC 通道 0、1、4、11 共用设置<br>ADC1_SCYC0[3] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC0[2:0]个 ADC 时钟周期<br>ADC1_SCYC0[3] = 1: 采样周期为(ADC1_SCYC0[2:0]*8 + 7)个 ADC 时钟周期          |



## 27.4.4 ADC2\_SCYC (CSR:0x672)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15         | 14 | 13 | 12 | 11         | 10 | 9 | 8 | 7          | 6 | 5 | 4 | 3          | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|------------|----|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ADC2_SCYC3 |    |    |    | ADC2_SCYC2 |    |   |   | ADC2_SCYC1 |   |   |   | ADC2_SCYC0 |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r          | w  | r  | w  | r          | w  | r | w | r          | w | r | w | r          | w | r | w |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0  | 0  | 0  | 0          | 0  | 0 | 0 | 0          | 0 | 0 | 0 | 0          | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称                    | 描述                                                                                                                                                            |
|---------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV                   | 保留                                                                                                                                                            |
| [15:12] | ADC2_SCYC3<br>[15:12] | ADC2 采样周期设置, ADC 通道 3、8、9、10、14 共用设置<br>ADC2_SCYC3[15] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC3[14:12]个 ADC 时钟周期<br>ADC2_SCYC3[15] = 1: 采样周期为(ADC2_SCYC3[14:12]*8 + 7)个 ADC 时钟周期 |
| [11:8]  | ADC2_SCYC2<br>[11:8]  | ADC2 采样周期设置, ADC 通道 5、6、7 共用设置<br>ADC2_SCYC2[11] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC2[10:8]个 ADC 时钟周期<br>ADC2_SCYC2[11] = 1: 采样周期为(ADC2_SCYC2[10:8]*8 + 7)个 ADC 时钟周期         |
| [7:4]   | ADC2_SCYC1<br>[7:4]   | ADC2 采样周期设置, ADC 通道 2、11 共用设置<br>ADC2_SCYC1[7] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC1[6:4]个 ADC 时钟周期<br>ADC2_SCYC1[7] = 1: 采样周期为(ADC2_SCYC1[6:4]*8 + 7)个 ADC 时钟周期              |
| [3:0]   | ADC2_SCYC0<br>[3:0]   | ADC2 采样周期设置, ADC 通道 0、1、4、13 共用设置<br>ADC2_SCYC0[3] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC0[2:0]个 ADC 时钟周期<br>ADC2_SCYC0[3] = 1: 采样周期为(ADC2_SCYC0[2:0]*8 + 7)个 ADC 时钟周期          |

## 27.4.5 ADC3\_SCYC (CSR:0x682)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7          | 6 | 5 | 4 | 3          | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | ADC3_SCYC1 |   |   |   | ADC3_SCYC0 |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | r          | w | r | w | r          | w | r | w |



|     |           |
|-----|-----------|
| 0Ah | ADC2_DR5  |
| 0Ch | ADC2_DR6  |
| 0Eh | ADC2_DR7  |
| 10h | ADC2_DR8  |
| 12h | ADC2_DR9  |
| 14h | ADC2_DR10 |
| 16h | ADC2_DR11 |
| 18h | RSV       |
| 1Ah | ADC2_DR13 |
| 1Ch | ADC2_DR14 |
| 1Eh | RSV       |

27.4.8 ADC3\_DRx (CSR:0x683/0x684/0x685) (x = 0/1/2)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11       | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | ADC3_DRx |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1        | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                                                                                                                                                             |
|---------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV      | 保留                                                                                                                                                                                             |
| [11:0]  | ADC3_DRx | 顺序采样模式 ADC 转换完成后，ADC3 通道 x 转换结果<br>数据根据 ADCx_CR[ADCALI]选择对齐方式<br><div> 备注:<br/>触发采样模式 ADC 结果不会更新至此寄存器</div> |

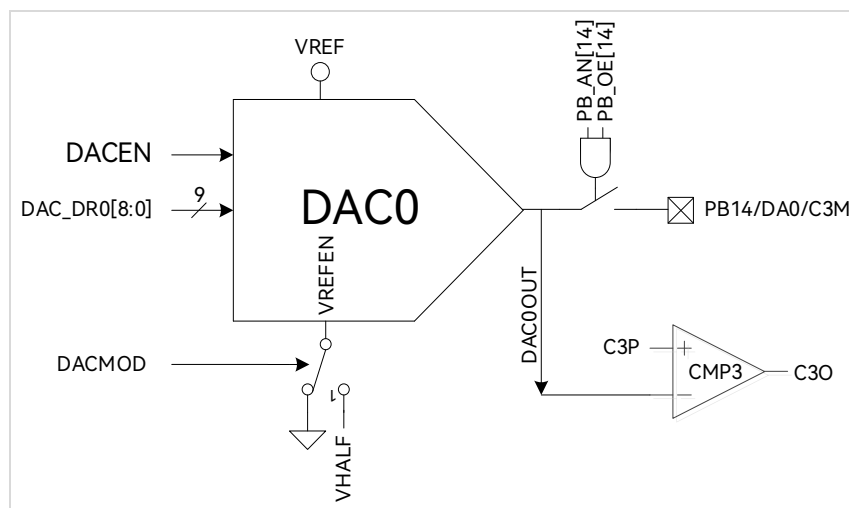
## 28 DAC

### 28.1 DAC 简介

芯片内部集成 5 个 DAC 模块，其中 DAC0/3 为 9 位数模转换器，DAC1/4 为 6 位数模转换器，DAC2 为 8 位数模转换器。

### 28.2 DAC0 功能说明

图 28-1 DAC0 功能框图



如图 28-1 所示，DAC0 将 9 位的数字数据转换为模拟电压送至 CMP3 的负输入端，用于母线过流保护，同时可配置模拟输出至 PB14 引脚。



备注：

DAC0 输出无电流驱动能力，只能带容性负载，片外如需用作阻性负载，需用运放跟随电压输出。

使用 DAC0 的具体设定如下：

1. 配置  $PB\_AN[14] = 1$ 、 $PB\_OE[14] = 1$ ，DAC0 输出至 PB14 引脚（仅供 DAC0 输出测试， $PB\_OE[14]$  不置 1 不会影响 DAC0 内部电路输出）；
2. 配置  $VREF\_VHALF\_CR[VREFEN] = 1$ 、 $DAC\_CR[DAC0EN] = 1$ ，DAC0 使用 VREF 作参考电压；
3. 输出电压范围由  $DAC\_CR[DACMOD]$  设定。 $DAC\_CR[DACMOD] = 0$  时为全电压输出模式，输出电压范围为  $0 \sim VREF$ 。 $DAC\_CR[DACMOD] = 1$  时为半电压输出模式，输出电压范围为  $VHALF \sim VREF$ 。不同

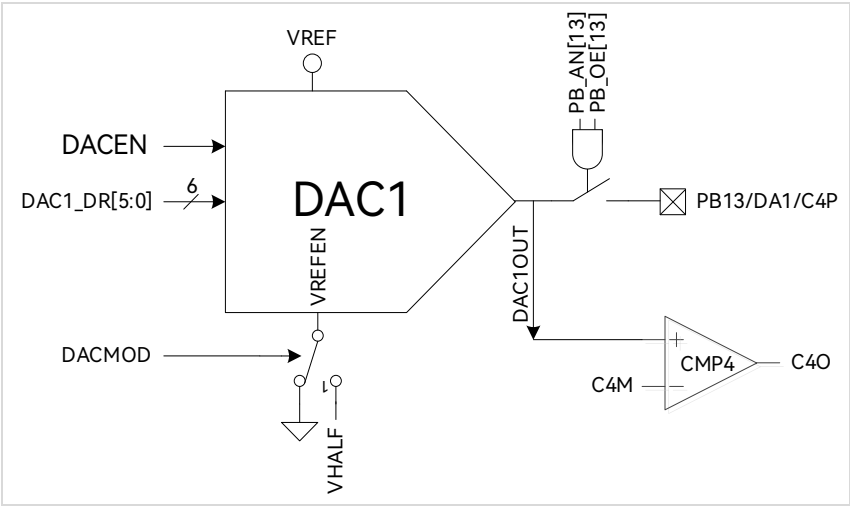
模式下输出电压与DAC0\_DR关系如表 28-1所示。

表 28-1 不同配置下 DAC0 的电压输出

| DAC0_DR [8:0] | DAC0 输出电压<br>(DAC_CR[DACMOD] = 0) | DAC0 输出电压<br>(DAC_CR[DACMOD] = 1) |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0x000         | 0                                 | VHALF                             |
| 0x100         | VREF/2                            | (VREF - VHALF)/2 + VHALF          |
| 0x1FF         | VREF*511/512                      | (VREF - VHALF)*511/512 + VHALF    |

28.3 DAC1 功能说明

图 28-2 DAC1 功能框图



如图 28-2 所示，DAC1 将 6 位的数字数据转换为模拟电压送至 CMP4 的正输入端用于逐波限流功能，同时可配置输出至 PB13 引脚。



备注:

DAC1 输出无电流驱动能力，只能带容性负载，片外如需用作阻性负载，需用运放跟随电压输出。

使用 DAC1 的具体设定如下：

- 1. 配置PB\_AN[13] = 1、PB\_OE[13] = 1，DAC1输出至PB13引脚（仅供DAC1输出测试，PB\_OE[13]不置1不会影响DAC1内部电路输出）；
- 2. DAC1使用VREF作参考电压，配置VREF\_VHALF\_CR[VREFEN] = 1、DAC\_CR[DACEN] = 1使能DAC1；
- 3. 输出电压范围由DAC\_CR[DACMOD]设定。DAC\_CR[DACMOD] = 0时为全电压输出模式，输出电压范围为0 ~ VREF，DAC\_CR[DACMOD] = 1时为半电压输出模式，输出电压范围VHALF ~ VREF。不同配

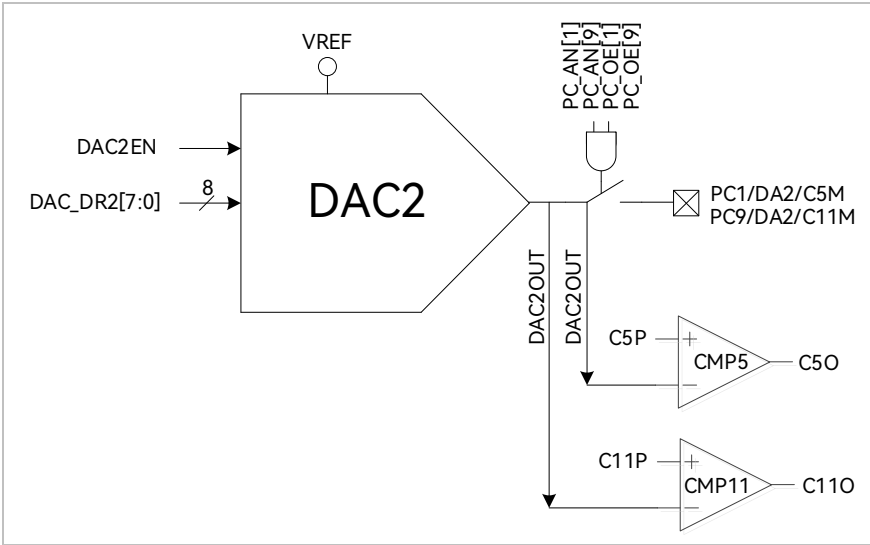
置下DAC1的输出电压如表 28-2所示。

表 28-2 不同配置下 DAC1 的电压输出

| DAC1_DR[5:0] | DAC1 输出电压<br>(DAC_CR[DACMOD] = 0) | DAC1 输出电压<br>(DAC_CR[DACMOD] = 1) |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0x00         | 0                                 | VHALF                             |
| 0x20         | VREF/2                            | (VREF - VHALF)/2 + VHALF          |
| 0x3F         | VREF*63/64                        | (VREF - VHALF)*63/64 + VHALF      |

28.4 DAC2 功能说明

图 28-3 DAC2 功能框图



如图 28-3 所示，DAC2 将 8 位的数字数据转换为模拟电压送至 CMP5 和 CMP11 的负输入端，用于 PFC 过流保护，同时可配置模拟输出至 PC1 和 PC9 引脚。



备注：

DAC2 输出无电流驱动能力，只能带容性负载，片外如需用作阻性负载，需用运放跟随电压输出。

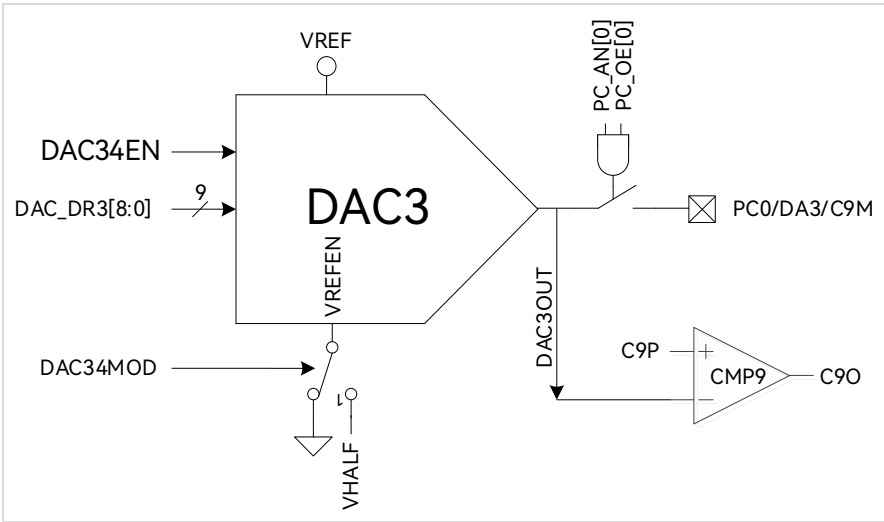
使用 DAC2 的具体设定如下：

- 1. 配置PC\_AN[1] = 1、PC\_OE[1] = 1，DAC2输出至PC1引脚（仅供DAC2输出测试，PC\_OE[1]不置1不会影响DAC2内部电路输出）；
- 2. 配置PC\_AN[9] = 1、PC\_OE[9] = 1，DAC2输出至PC9引脚；
- 3. 配置VREF\_VHALF\_CR [VREFEN] = 1、DAC\_CR[DAC2EN] = 1，DAC2使用VDD5作参考电压；

4. 输出电压范围为0 ~ VREF。

28.5 DAC3 功能说明

图 28-4 DAC3 功能框图



如图 28-4 所示，DAC3 将 9 位的数字数据转换为模拟电压送至 CMP9 的负输入端，用于从电机电流采样放大后的过流保护，同时可配置模拟输出至 PC0 引脚。



备注：

DAC3 输出无电流驱动能力，只能带容性负载，片外如需用作阻性负载，需用运放跟随电压输出。

使用 DAC3 的具体设定如下：

- 1. 配置PC\_AN[0] = 1、PC\_OE[0] = 1，DAC3输出至PC0引脚（仅供DAC3输出测试，PC\_OE[0]不置1不会影响DAC3内部电路输出）；
- 2. 配置VREF\_VHALF\_CR[VREFEN] = 1、DAC\_CR[DAC34EN] = 1，DAC3使用VREF作参考电压；
- 3. 输出电压范围由DAC\_CR[DAC34MOD]设定。DAC\_CR[DAC34MOD] = 0时为全电压输出模式，输出电压范围为0 ~ VREF。DAC\_CR[DAC34MOD] = 1时为半电压输出模式，输出电压范围为VHALF ~ VREF。不同模式下输出电压与DAC3\_DR关系如表 28-3所示。

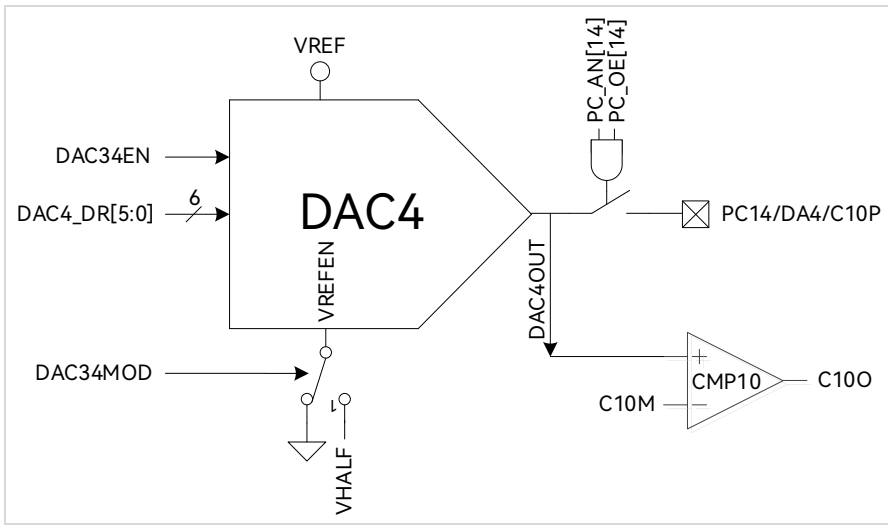
表 28-3 不同配置下 DAC3 的电压输出

| DAC3_DR [8:0] | DAC3 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 0) | DAC3 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 1) |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0x000         | 0                                   | VHALF                               |
| 0x100         | VREF/2                              | (VREF - VHALF)/2 + VHALF            |

| DAC3_DR [8:0] | DAC3 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 0) | DAC3 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 1)  |
|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 0x1FF         | $VREF * 511 / 512$                  | $(VREF - VHALF) * 511 / 512 + VHALF$ |

28.6 DAC4 功能说明

图 28-5 DAC4 功能框图



如图 28-5 所示，DAC4 将 6 位的数字数据转换为模拟电压送至 CMP10 的正输入端用于逐波限流功能，同时可配置输出至 PC14 引脚。



备注:

DAC4 输出无电流驱动能力，只能带容性负载，片外如需用作阻性负载，需用运放跟随电压输出。

使用 DAC4 的具体设定如下：

1. 配置PC\_AN[14] = 1、PC\_OE[14] = 1，DAC4输出至PC14引脚（仅供DAC4输出测试，PC\_OE[14]不置1不会影响DAC4内部电路输出）；
2. DAC4使用VREF作参考电压，配置VREF\_VHALF\_CR[VREFEN] = 1、DAC\_CR[DAC34EN] = 1使能DAC4；
3. 输出电压范围由DAC\_CR[DAC34MOD]设定。DAC\_CR[DAC34MOD] = 0时为全电压输出模式，输出电压范围为0 ~ VREF，DAC\_CR[DAC34MOD] = 1时为半电压输出模式，输出电压范围VHALF ~ VREF。不同配置下DAC4的输出电压如表 28-4所示。



表 28-4 不同配置下 DAC4 的电压输出

| DAC4_DR[5:0] | DAC4 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 0) | DAC4 输出电压<br>(DAC_CR[DAC34MOD] = 1) |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 0x00         | 0                                   | VHALF                               |
| 0x20         | VREF/2                              | (VREF - VHALF)/2 + VHALF            |
| 0x3F         | VREF*63/64                          | (VREF - VHALF)*63/64 + VHALF        |

28.7 DAC 寄存器

28.7.1 DAC\_CR (CSR:0x640)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7        | 6      | 5   | 4       | 3      | 2     | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----------|--------|-----|---------|--------|-------|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | DAC34MOD | DACMOD | RSV | DAC34EN | DAC2EN | DACEN |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | -      | rw  | rw      | -      | rw    | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -        | 0      | 0   | -       | 0      | 0     | 0  |    |

| 位      | 名称       | 描述                                         |
|--------|----------|--------------------------------------------|
| [31:6] | RSV      | 保留                                         |
| [5]    | DAC34MOD | DAC3、DAC4 模式设置<br>0: 全电压输出模式<br>1: 半电压输出模式 |
| [4]    | DACMOD   | DAC0、DAC1 模式设置<br>0: 全电压输出模式<br>1: 半电压输出模式 |
| [3]    | RSV      | 保留                                         |
| [2]    | DAC34EN  | DAC3、DAC4 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |
| [1]    | DAC2EN   | DAC2 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                 |
| [0]    | DACEN    | DAC0、DAC1 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能            |

28.7.2 DAC0\_DR (CSR:0x641)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8       | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | DAC0_DR |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw      | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称      | 描述           |
|--------|---------|--------------|
| [31:9] | RSV     | 保留           |
| [8:0]  | DAC0_DR | DAC0 控制器数据输入 |

28.7.3 DAC1\_DR (CSR:0x642)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | DAC1_DR |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -       | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位      | 名称      | 描述           |
|--------|---------|--------------|
| [31:6] | RSV     | 保留           |
| [5:0]  | DAC1_DR | DAC1 控制器数据输入 |

28.7.4 DAC2\_DR (CSR:0x643)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8       | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | DAC2_DR |    |    |    |    |    |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | -       | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | -       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称      | 描述           |
|--------|---------|--------------|
| [31:8] | RSV     | 保留           |
| [7:0]  | DAC2_DR | DAC2 控制器数据输入 |

28.7.5 DAC3\_DR (CSR:0x644)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8       | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | DAC3_DR |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw      | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw | rw |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |  |

| 位      | 名称      | 描述           |
|--------|---------|--------------|
| [31:9] | RSV     | 保留           |
| [8:0]  | DAC3_DR | DAC3 控制器数据输入 |

28.7.6 DAC4\_DR (CSR:0x645)

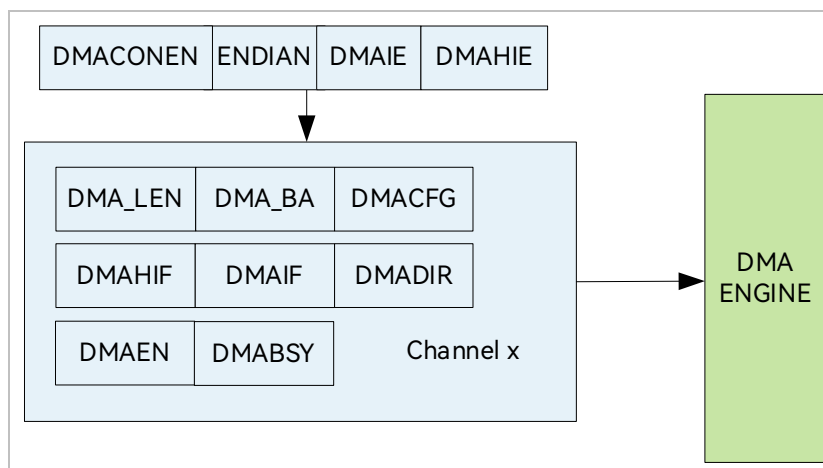
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|----|----|----|----|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | DAC4_DR |    |    |    |    |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -       | rw | rw | rw | rw | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | -       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |   |

| 位      | 名称      | 描述           |
|--------|---------|--------------|
| [31:6] | RSV     | 保留           |
| [5:0]  | DAC4_DR | DAC4 控制器数据输入 |

## 29 DMA

### 29.1 DMA 简介

图 29-1 DMA 功能框图



DMA 模块包含一个双通道的 DMA 控制器，它实现了外设(Timer5、SPI、UART、I<sup>2</sup>C、LIN、DataMonitor 等模块)与 SRAM 之间的直接数据传输。传输过程中 DMA 对 SRAM 的访问动作不干扰 CPU 对 SRAM 的正常读写操作。传输的长度和 SRAM 访问的起始地址可设置，支持传输过程中的数据传输模式设置，支持中断使能。

### 29.2 DMA 主要特性

- 6个独立的可配置的通道
- 每个通道都直接连接专用的硬件DMA请求，每个通道都同样支持软件触发，这些功能通过软件配置。
- 支持循环的缓冲器管理
- 每个通道都有2个事件标志(DMA半传输和DMA传输完成)，这2个事件标志逻辑或成为一个单独的中断请求。
- 外设到存储器、存储器到外设的传输
- 可编程的数据传输数目：最大为1024

## 29.3 DMA 操作说明

### 29.3.1 DMA 处理

1. 配置并使能外设，再根据需求通过DMAx\_CR[DMACFG]设置DMA接管的外设输入输出通道；
2. 设置DMA中断使能、传输顺序以及传输长度和SRAM起始地址，然后写DMAx\_CR[DMAEN]和DMAx\_CR[DMABSY] = 1，启动DMA；
3. 数据传输一半长度后，中断标志位DMAx\_CR[DMAHIF]硬件置1，软件将其清0；数据传输完毕后，中断标志位DMAx\_CR[DMAIF]硬件置1，软件将其清0；
4. 写DMAx\_CR[DMABSY] = 1，即可再次启动DMA。

### 29.3.2 DMA 仲裁

多个 DMA 通道同时操作 SRAM 数据时，DMA 仲裁按照 DMA 通道编号进行依次数据读取，其中通道 0 优先级最高，通道 5 优先级最低。

多个 DMA 配置相同模式进行数据处理时，如果是发送模式，首先执行最先置位 DMAx\_CR[DMABSY]的通道，然后按照通道编号依次处理；如果是接收模式，在数据到来前已置位 DMAx\_CR[DMABSY]，则直接按照通道编号处理。

### 29.3.3 DMA 数据传输

每个通道都可以在有固定地址的外设寄存器和存储器地址之间执行 DMA 传输。DMA 传输的数据量是可编程的，最大达到 1024。DMAx\_LEN 寄存器计数器，在每传输完一个数据后加 1。

#### 29.3.3.1 可编程的数据量

外设和存储器的传输数据量可以直接通过 DMAx\_LEN 寄存器编程。

该寄存器可写可读，但读写意义不同：写入的值为需要传输数据量的长度，写入的长度值不可读；读取的值为当前 DMA 数据传输的数据量，该值只可读取不可更改。

#### 29.3.3.2 指针增量

DMA 操作数据最小单位为 Byte。在 DMA 配置为非 Timer 模块的配置选项时，DMA 指针增量都为 1；配置为 Timer 模块时，指针增量为 2。

29.3.3.3 循环模式

循环模式用于处理连续的数据传输。置高 DMAx\_CR[DMACONEN]位用于开启这一功能。当启动了循环模式，数据传输完成时，将会自动地被恢复成配置通道时设置的初值，DMA 操作将会继续进行。

29.3.3.4 数据大小端

数据大小端格式由 DMAx\_CR[ENDIAN]决定。DataMonitor 模式下数据格式为小端模式。

29.4 DMA 寄存器

29.4.1 DMAx\_CR (CSR:0x0A0/0x0B0/0x0C0/0x0D0/0x0E0/0x0F0)

x 为 DMA 通道号，x = 0/1/2/3/4/5。

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |       |          |       |        |        |    |    |    |        |        |        |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-------|----------|-------|--------|--------|----|----|----|--------|--------|--------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12     | 11    | 10       | 9     | 8      | 7      | 6  | 5  | 4  | 3      | 2      | 1      | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DMAHIE | DMAIE | DMACONEN | DMAEN | DMABSY | DMACFG |    |    |    | DMADIR | ENDIAN | DMAHIF | DMAIF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw    | rw       | rw    | rw1    | rw     | rw | rw | rw | rw     | rw     | rw0    | rw0   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0     | 0        | 0     | 0      | 0      | 0  | 0  | 0  | 0      | 0      | 0      | 0     |

| 位       | 名称       | 描述                               |
|---------|----------|----------------------------------|
| [31:13] | RSV      | 保留                               |
| [12]    | DMAHIE   | DMA 传输半完成中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [11]    | DMAIE    | DMA 中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能      |
| [10]    | DMACONEN | 循环模式<br>0: 不执行循环操作<br>1: 执行循环操作  |
| [9]     | DMAEN    | DMA 模块使能<br>0: 不使能<br>1: 使能      |
| [8]     | DMABSY   | DMA 通道忙状态/启动                     |

|       |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        | <p>读:</p> <p>0: 通道空闲</p> <p>1: 通道正在传输</p> <p>写:</p> <p>0: 无意义</p> <p>1: 启动通道开始传输</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| [7:4] | DMACFG | <p>DMA 通道外设与方向选择位</p> <p>0000: 复用为 UART1</p> <p>0001: 复用为 UART2</p> <p>0010: 保留</p> <p>0011: 复用为 SPI1</p> <p>0100: 复用为 SPI2</p> <p>0101: 复用为 I<sup>2</sup>C1</p> <p>0110: 复用为 I<sup>2</sup>C2</p> <p>0111: 复用为 LIN</p> <p>1000: 复用为 T2DR</p> <p>1001: 复用为 T2ARR</p> <p>1010: 复用为 T5DR</p> <p>1011: 复用为 T5ARR</p> <p>1100: 复用为 CRC</p> <p>1101: 复用为 DataMonitor</p> <p> 备注:</p> <p>当 DMA 通道忙状态时不可改变</p> |
| [3]   | DMADIR | <p>DMA 方向选择</p> <p>0: 从外设到 RAM</p> <p>1: 从 RAM 到外设</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| [2]   | ENDIAN | <p>DMA 数据传输顺序</p> <p>0: 高位字节先接收或发送</p> <p>1: 低位字节先接收或发送</p> <p> 备注:</p> <p>此位的设置针对 16 位数据模式, 8 位数据模式时应配置为 0; 当 DMA 通道忙状态时不可改变。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [1]   | DMAHIF | <p>DMA 半完成中断标志位</p> <p>读:</p> <p>0: 未发生中断事件</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|     |       |                                                                         |
|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------|
|     |       | 1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 产生中断事件                                  |
| [0] | DMAIF | DMA 中断标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 产生中断事件 |

29.4.2 DMAx\_LEN (CSR:0x0A1/0x0B1/0x0C1/0x0D1/0x0E1/0x0F1)

x 为 DMA 通道号，x = 0/1/2/3/4/5。

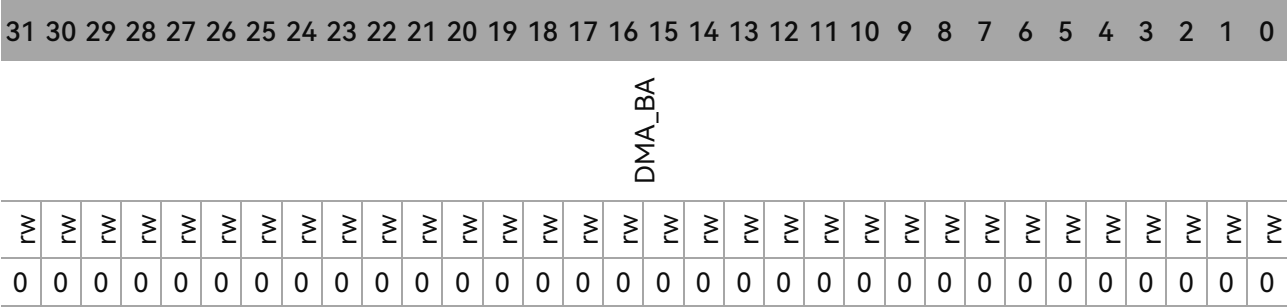
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9       | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DMA_LEN |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘       | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:10] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                            |
| [9:0]   | DMA_LEN | DMA 通道传输长度配置<br>读: DMA 通道目前传输的字节是第几字节(0 表示第 1 字节)<br>写: DMA 通道 SRAM 数据传输长度<br> 备注:<br>当 DMA 通道忙状态时不可改变。当 DMAx_CR[ENDIAN] = 1(低字节先接收或发送)时，推荐 DMA_LEN 设置为奇数。 |



29.4.3 DMAx\_BA (CSR:0x0A2/0x0B2/0x0C2/0x0D2/0x0E2/0x0F2)

x 为 DMA 通道号，x = 0/1/2/3/4/5。



| 位      | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                              |
|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:0] | DMA_BA | DMA 通道传输数据起始地址设定<br>当 DMA 忙状态时不可改变<br><div> 备注:<br/>通道传输的 SRAM 地址空间区域为: DMAx_BA[13:0] ~ (DMAx_BA[13:0] + DMAx_LEN[9:0])</div> |

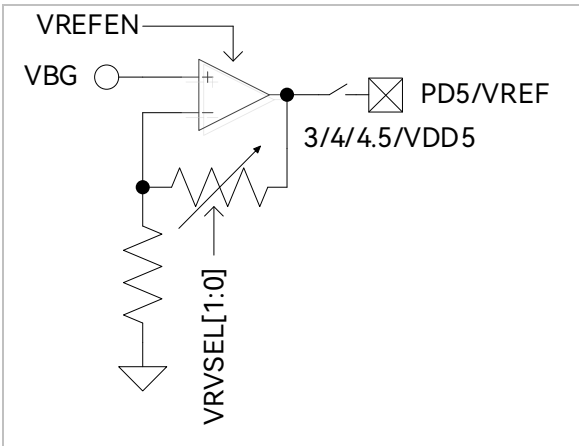
 备注:

当 DMA 通道外设选择为 I<sup>2</sup>C 时(包括从 I<sup>2</sup>C 到 SRAM、从 SRAM 到 I<sup>2</sup>C)，I<sup>2</sup>C 通讯的 START + Address 中断需 MCU 软件清除。I<sup>2</sup>C 为从机时，若遇到 STOP，配置 I2Cx\_SR[I2CSTP] = 0 以清除 I<sup>2</sup>C 中断，并重新启动 DMA 传输。

# 30 VREF

## 30.1 VREF 模块的操作说明

图 30-1 VREF 模块输入输出端口



VREF 模块输入输出端口如图 30-1 所示。VREF 是参考电压生成模块，给 ADC 和 DAC 模块提供内部参考基准电压。VBG 是由芯片内部提供的电压。

配置 VREF\_VHALF\_CR[VREFEN] = 1，使能 VREF。VREF\_VHALF\_CR[VRVSEL]选择输出电压。配置 PD\_AN[5] = 1 且 PD\_OE[5] = 1 输出 VREF 电压至 PD5，PD5 外接 1μF 电容。

## 30.2 VREF 寄存器

### 30.2.1 VREF\_VHALF\_CR (CSR:0x620)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9         | 8         | 7       | 6       | 5   | 4      | 3   | 2 | 1 | 0  |         |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|-----------|---------|---------|-----|--------|-----|---|---|----|---------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | VHALFSEL1 | VHALFSEL0 | VRVSEL1 | VRVSEL0 | RSV | VREFEN | RSV |   |   |    | VHALFEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw        | rw        | rw      | rw      | -   | rw     | -   | - | - | rw |         |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1         | 1         | 0       | 0       | -   | 0      | -   | - | - | 0  |         |

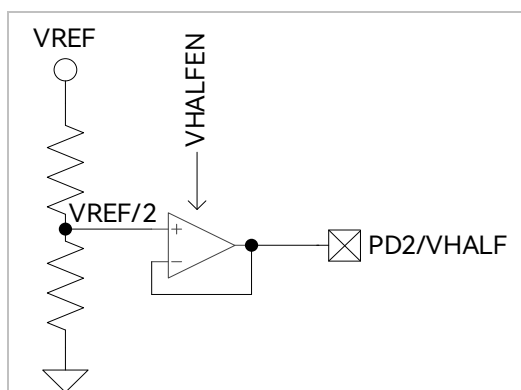
| 位       | 名称  | 描述 |
|---------|-----|----|
| [31:10] | RSV | 保留 |

|       |           |                                                                            |
|-------|-----------|----------------------------------------------------------------------------|
| [9]   | VHALFSEL1 | VHALF 工作电压选择(VREF 系数 1)<br>00: 1/8<br>01: 1/4<br>10: 25/64<br>11: 1/2(默认值) |
| [8]   | VHALFSEL0 | VHALF 工作电压选择(VREF 系数 0)<br>00: 1/8<br>01: 1/4<br>10: 25/64<br>11: 1/2(默认值) |
| [7]   | VRVSEL1   | VREF 电压配置 1<br>00: 4.5V<br>01: VDD5<br>10: 3V<br>11: 4V                    |
| [6]   | VRVSEL0   | VREF 电压配置 0<br>00: 4.5V<br>01: VDD5<br>10: 3V<br>11: 4V                    |
| [5]   | RSV       | 保留                                                                         |
| [4]   | VREFEN    | VREF 模块使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                               |
| [3:1] | RSV       | 保留                                                                         |
| [0]   | VHALFEN   | VHALF 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                |

## 31 VHALF

### 31.1 VHALF 模块的操作说明

图 31-1 VHALF 模块的端口输入输出情况



VHALF 模块输入输出端口如图 31-1 所示。VHALF 的作用是产生参考电压，其电压值受寄存器 VREF\_VHALF\_CR[VHALFSEL] 控制，分别为 00:  $VREF/8$ 、01:  $VREF/4$ 、10:  $VREF*25/64$ 、11:  $VREF/2$ (默认值)。

配置 VREF\_VHALF\_CR[VHALFEN] = 1，使能 VHALF，并将其输出至 PD2，PD2 外接  $1\mu F$  电容。

### 31.2 VHALF 寄存器

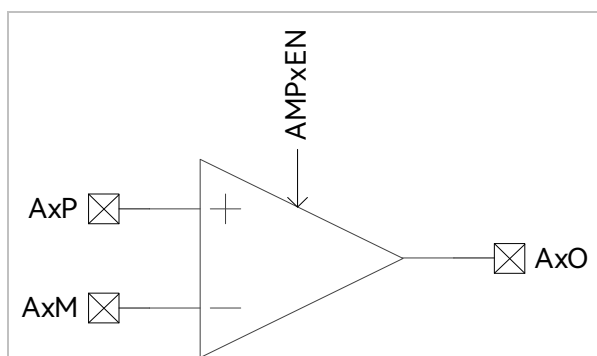
VHALF 寄存器参考 30.2.1。

## 32 运放

### 32.1 运放简介

芯片最多集成 7 个高速独立运算放大器 AMP0 ~ AMP6。每个运放均有独立的使能端，均可配置为可编程增益放大器。

图 32-1 运算放大模块示意图



每个运算放大器可在以下三种模式下工作：

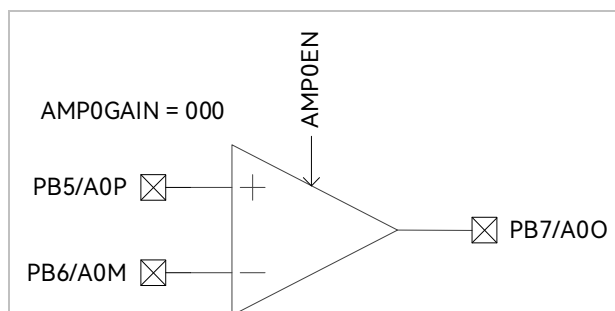
- 普通模式
- PGA差分输入模式
- PGA单端输入模式（AMP3除外）

### 32.2 运放操作说明

#### 32.2.1 母线电流采样运放(AMP0)

##### 32.2.1.1 AMP0 普通模式

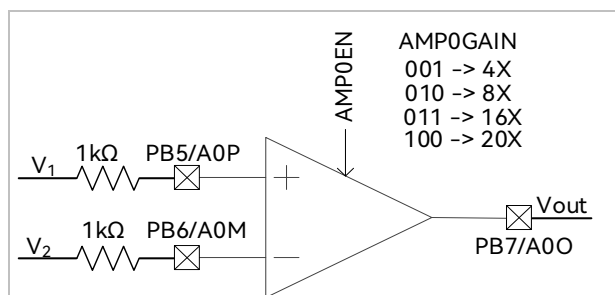
图 32-2 母线电流运放 AMP0



母线电流运放的输入输出对应的端口如图 32-2 所示。配置 AMP\_CR0[AMP0EN] = 1，使能 AMP0，硬件自动将相关联的三个端口 PB5、PB6 和 PB7 全部配置为模拟信号模式，硬件自动设置 PB\_AN[7:5] = 111。

### 32.2.1.2 AMP0 PGA 差分输入模式

图 32-3 AMP0 工作在 PGA 差分输入模式

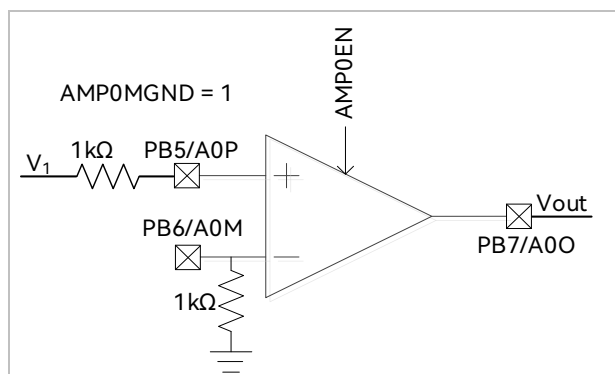


如图 32-3 所示，AMP0 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP0 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMP0GAIN]设定放大倍数，配置 AMP\_CR0[AMP0EN] = 1，使能 AMP0。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMP0GAIN$ 。

### 32.2.1.3 AMP0 PGA 单端输入模式

图 32-4 AMP0 工作在 PGA 单端输入模式



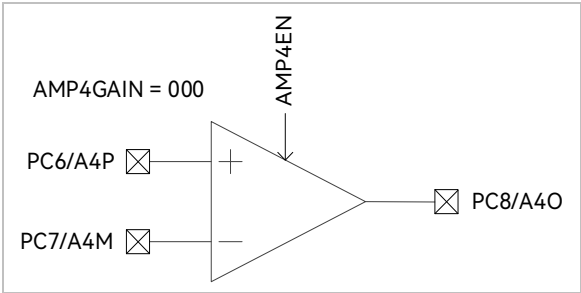
如图 32-4 所示，AMP0 正输入端在外部电路串联一个 1kΩ 的电阻，负输入端在 MCU 内部接地。

使用 AMP0 PGA 单端输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMP0GAIN]设定放大倍数，配置 AMP\_CR0[AMP0EN] = 1，使能 AMP0。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMP0GAIN$ 。

32.2.2 母线电流采样运放(AMP4)

32.2.2.1 AMP4 普通模式

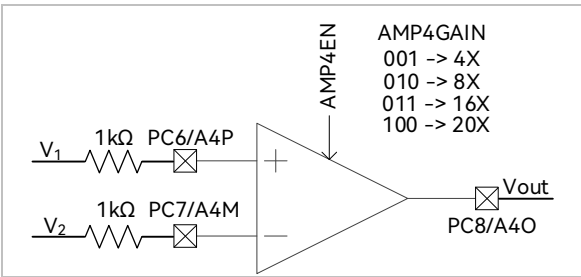
图 32-5 母线电流运放 AMP4



母线电流运放的输入输出对应的端口如图 32-5 所示。配置 AMP\_CR0[AMP4EN] = 1，使能 AMP4，硬件自动将相关联的三个端口 PC6、PC7 和 PC8 全部配置为模拟信号模式，硬件自动设置 PC\_AN[8:6] = 111。

32.2.2.2 AMP4 PGA 差分输入模式

图 32-6 AMP4 工作在 PGA 差分输入模式

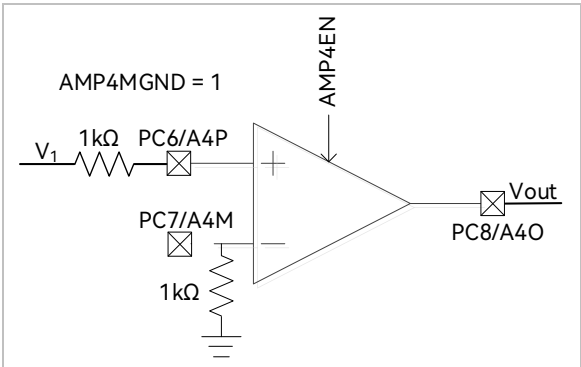


如图 32-6 所示，AMP4 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP4 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMP4GAIN]设定放大倍数，配置 AMP\_CR0[AMP4EN] = 1，使能 AMP4。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + (V1 - V2) * AMP4GAIN$ 。

32.2.2.3 AMP4 PGA 单端输入模式

图 32-7 AMP4 工作在 PGA 单端输入模式



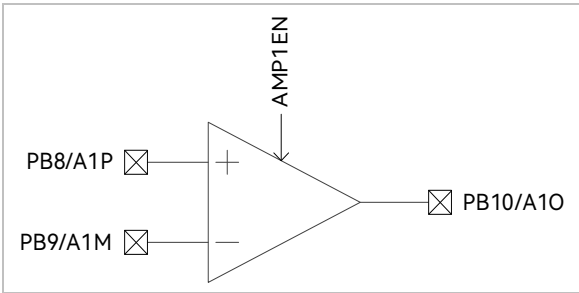
如图 32-7 所示，AMP4 正输入端在外部电路串联一个 1kΩ 的电阻，负输入端在 MCU 内部接地。

使用 AMP4 PGA 单端输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMP4GAIN]设定放大倍数，配置 AMP\_CR0[AMP4EN] = 1，使能 AMP4。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + V1 * AMP4GAIN$ 。

32.2.3 相电流运放(AMP1)

32.2.3.1 AMP1 普通模式

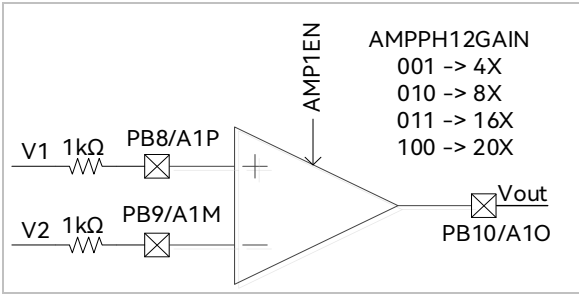
图 32-8 AMP1 输入输出相关端口



相电流运放输入输出对应的端口如图 32-8 所示。配置 AMP\_CR0[AMP1EN] = 1，使能相电流运放 AMP1，硬件将相关联的三个端口 PB8、PB9 和 PB10 全部设置成模拟信号模式，硬件自动设置 PB\_AN[10:8] = 111。

32.2.3.2 AMP1 PGA 差分输入模式

图 32-9 AMP1 工作在 PGA 差分输入模式



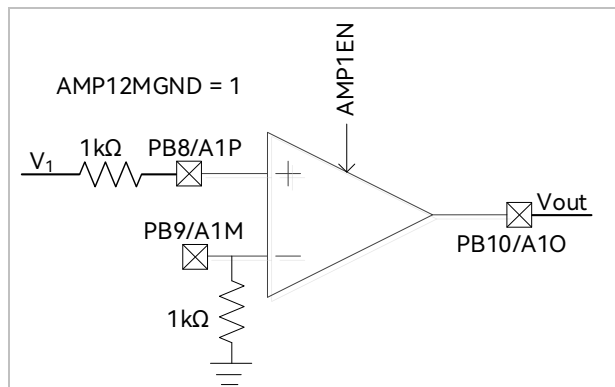
如图 32-9 所示，AMP1 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP1 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMPPH12GAIN]设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP1EN] = 1，使能 AMP1。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMPPH12GAIN$ 。



### 32.2.3.3 AMP1 PGA 单端输入模式

图 32-10 AMP1 工作在 PGA 单端输入模式

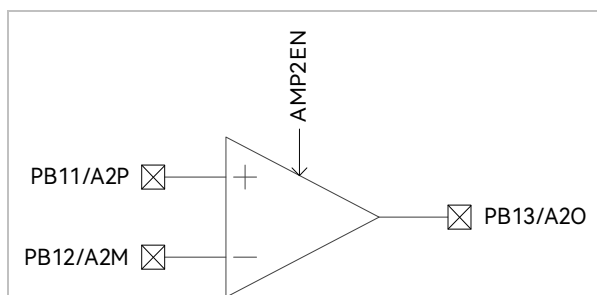


如图 32-10 所示，AMP1 的正输入端在外部电路串联一个  $1k\Omega$  的电阻，负输入端在 MCU 内部接地。使用 AMP1 PGA 单端输入模式时，通过  $AMP\_CR1[AMPPH12GAIN]$  设定放大倍数；配置  $AMP\_CR0[AMP12MGND] = 1$ ， $AMP\_CR0[AMP1EN] = 1$ ，使能 AMP1。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + V1 * AMPPH12GAIN$ 。

## 32.2.4 相电流运放(AMP2)

### 32.2.4.1 AMP2 普通模式

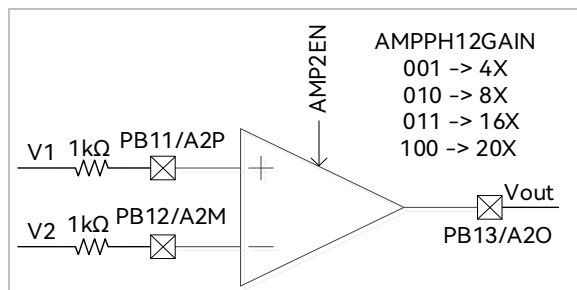
图 32-11 AMP2 输入输出相关端口



相电流运放输入输出端对应的端口如图 32-11 所示。配置  $AMP\_CR0[AMP2EN] = 1$ ，使能相电流运放 AMP2，硬件将相关联的三个端口 PB11、PB12 和 PB13 全部设置成模拟信号模式，硬件自动设置  $PB\_AN[13:11] = 111$ 。

## 32.2.4.2 AMP2 PGA 差分输入模式

图 32-12 AMP2 工作在 PGA 差分输入模式

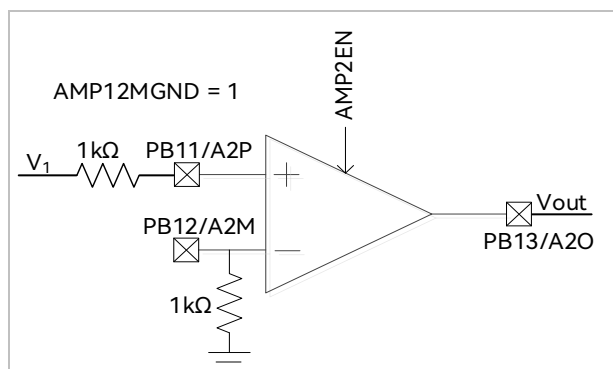


如图 32-12 所示，AMP2 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP2 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMPPH12GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP2EN] = 1，使能 AMP2。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + (V1 - V2) * AMPPH12GAIN$ 。

## 32.2.4.3 AMP2 PGA 单端输入模式

图 32-13 AMP2 工作在 PGA 单端输入模式

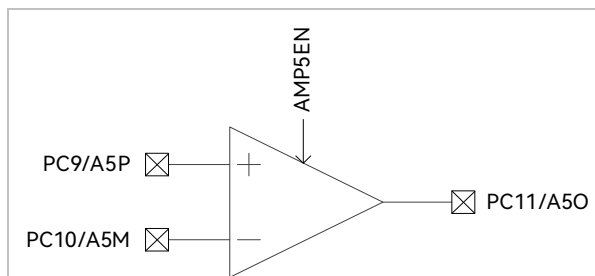


如图 32-13 所示，AMP2 的正输入端在外部电路串联一个 1kΩ 的电阻，负输入端在 MCU 内部接地。使用 AMP2 PGA 单端输入模式时，通过 AMP\_CR1[[AMPPH12GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP12MGND] = 1，AMP\_CR[AMP2EN] = 1，使能 AMP2。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + V1 * AMPPH12GAIN$ 。

## 32.2.5 相电流运放(AMP5)

### 32.2.5.1 AMP5 普通模式

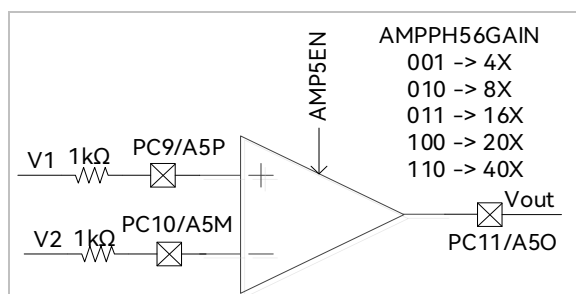
图 32-14 AMP5 输入输出相关端口



相电流运放输入输出端对应的端口如图 32-14 所示。配置  $\text{AMP\_CR0}[\text{AMP5EN}] = 1$ ，使能相电流运放 AMP5，硬件将相关联的三个端口 PC9、PC10 和 PC11 全部设置成模拟信号模式，硬件自动设置  $\text{PC\_AN}[11:9] = 111$ 。

### 32.2.5.2 AMP5 PGA 差分输入模式

图 32-15 AMP5 工作在 PGA 差分输入模式

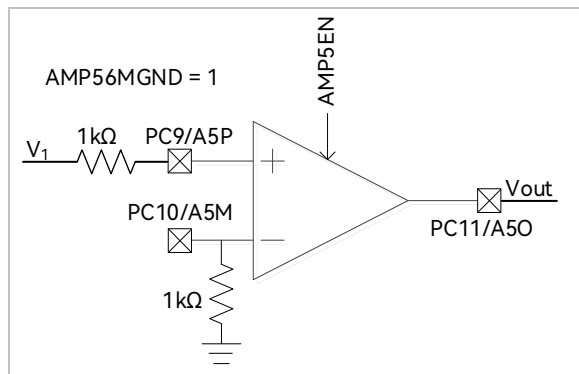


如图 32-15 所示，AMP5 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个  $1\text{k}\Omega$  的电阻。

使用 AMP5 PGA 差分输入模式时，通过  $\text{AMP\_CR1}[\text{AMPPH56GAIN}]$  设定放大倍数；配置  $\text{AMP\_CR0}[\text{AMP5EN}] = 1$ ，使能 AMP5。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{\text{out}} = V_{\text{HALF}} + (V_1 - V_2) * \text{AMPPH56GAIN}$ 。

### 32.2.5.3 AMP5 PGA 单端输入模式

图 32-16 AMP5 工作在 PGA 单端输入模式

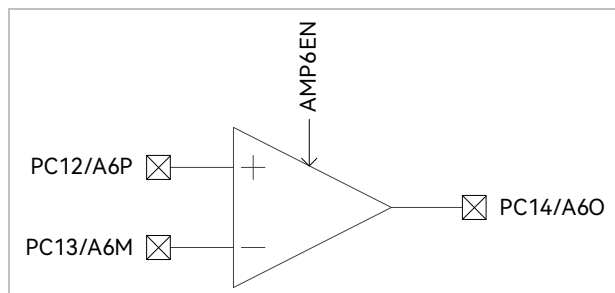


如图 32-16 所示，AMP5 的正输入端在外部电路串联一个  $1\text{k}\Omega$  的电阻，负输入端在 MCU 内部接地。使用 AMP5 PGA 单端输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMPPH56GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP56MGND] = 1，AMP\_CR0[AMP5EN] = 1，使能 AMP5。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{\text{out}} = V_{\text{HALF}} + V_1 \cdot \text{AMPPH56GAIN}$ 。

## 32.2.6 相电流运放(AMP6)

### 32.2.6.1 AMP6 普通模式

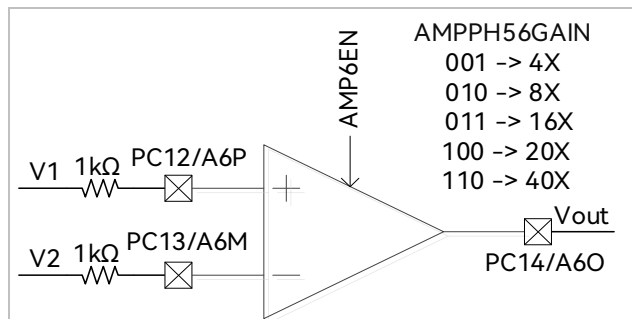
图 32-17 AMP6 输入输出相关端口



相电流运放输入输出端对应的端口如图 32-17 所示。配置 AMP\_CR0[AMP6EN] = 1，使能相电流运放 AMP6，硬件将相关联的三个端口 PC12、PC13 和 PC14 全部设置成模拟信号模式，硬件自动设置 PC\_AN[14:12] = 111。

## 32.2.6.2 AMP6 PGA 差分输入模式

图 32-18 AMP6 工作在 PGA 差分输入模式

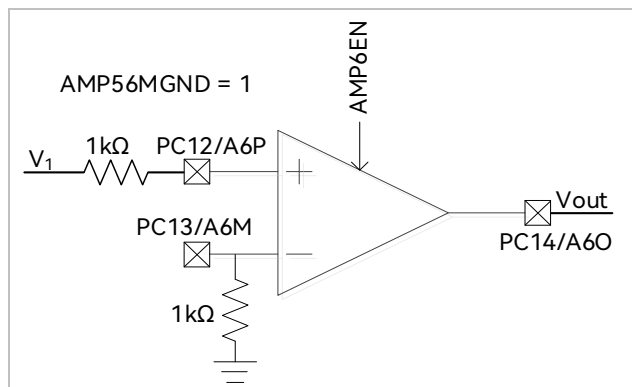


如图 32-18 所示，AMP6 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP6 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMPPH56GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP6EN] = 1，使能 AMP6。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMPPH56GAIN$ 。

## 32.2.6.3 AMP6 PGA 单端输入模式

图 32-19 AMP6 工作在 PGA 单端输入模式

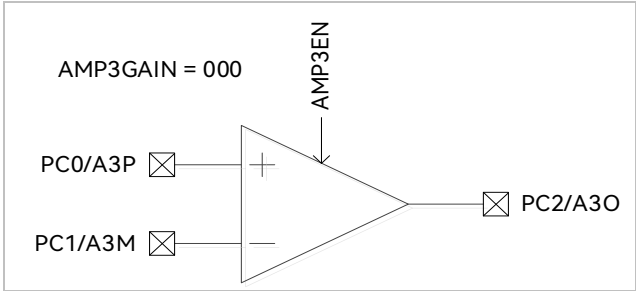


如图 32-19 所示，AMP6 的正输入端在外部电路串联一个 1kΩ 的电阻，负端输入在 MCU 内部接地。使用单 AMP6 PGA 单端输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMPPH56GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP56MGND] = 1，配置 AMP\_CR0[AMP6EN] = 1，使能 AMP6。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMPPH56GAIN$ 。

32.2.7 运放 AMP3

32.2.7.1 AMP3 普通模式

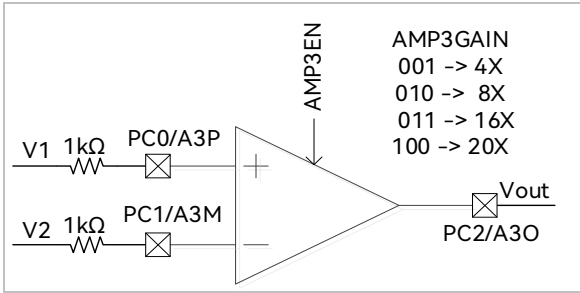
图 32-20 AMP3 输入输出相关端口



AMP3 的输入输出对应的端口如图 32-20 所示。配置 AMP\_CR0[AMP3EN] = 1，使能 AMP3，硬件自动将相关联的三个端口 PC0、PC1 和 PC2 全部配置为模拟信号模式，硬件自动设置 PC\_AN[2:0] = 111。

32.2.7.2 AMP3 PGA 差分输入模式

图 32-21 AMP3 工作在 PGA 差分输入模式



如图 32-21 所示，AMP3 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP3 PGA 差分输入模式时，通过 AMP\_CR1[AMP3GAIN]设定放大倍数；配置 AMP\_CR0[AMP3EN] = 1，使能 AMP3。运放的输出与输入之间的关系为:  $V_{out} = V_{HALF} + (V1 - V2) * AMP3GAIN$ 。

32.3 运放寄存器

32.3.1 AMP\_CR0 (CSR:0x621)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |        |       |           |          |           |          |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|--------|-------|-----------|----------|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13    | 12     | 11    | 10        | 9        | 8         | 7        | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CP1EN | CP0SEL | CP0EN | AMP56MGND | AMP4MGND | AMP12MGND | AMP0MGND | AMP6EN | AMP5EN | AMP4EN | AMP3EN | AMP2EN | AMP1EN | AMP0EN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw    | rw     | rw    | rw        | rw       | rw        | rw       | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     | rw     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0     | 0      | 0     | 0         | 0        | 0         | 0        | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称        | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:14] | RSV       | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| [13]    | CP1EN     | AMP4 恒功率使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                          |
| [12]    | CP0SEL    | AMP0 恒功率采样通道选择<br>需配置 AMP_CR0[CP0EN] = 1，才有作用<br>0: 从通道 AD1_10(PB15)采样平均电流<br>1: 从通道 AD1_12(PD6)采样平均电流<br><div> 备注:<br/>AMP0 输出(PB7)通过内部 16kΩ电阻送到 PB15 或 PD6，PB15 / PD6 需外接 1μF 电容，用于母线平均电流采集</div> |
| [11]    | CP0EN     | AMP0 恒功率使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                          |
| [10]    | AMP56MGND | AMP5&AMP6 负输入端接 GND 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                              |
| [9]     | AMP4MGND  | AMP4 负输入端接 GND 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [8]     | AMP12MGND | AMP1&AMP2 负输入端接 GND 使能<br>0: 不使能                                                                                                                                                                                                                                                       |

|     |          |                                      |
|-----|----------|--------------------------------------|
|     |          | 1: 使能                                |
| [7] | AMP0MGND | AMP0 负输入端接 GND 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [6] | AMP6EN   | AMP6 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [5] | AMP5EN   | AMP5 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [4] | AMP4EN   | AMP4 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [3] | AMP3EN   | AMP3 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [2] | AMP2EN   | AMP2 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [1] | AMP1EN   | AMP1 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |
| [0] | AMP0EN   | AMP0 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能           |

32.3.2 AMP\_CR1 (CSR:0x622)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15          | 14 | 13 | 12          | 11 | 10 | 9        | 8  | 7  | 6        | 5  | 4  | 3        | 2  | 1  | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|-------------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | AMPPH56GAIN |    |    | AMPPH12GAIN |    |    | AMP4GAIN |    |    | AMP3GAIN |    |    | AMP0GAIN |    |    |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -           | rw | rw | rw          | rw | rw | rw       | rw | rw | rw       | rw | rw | rw       | rw | rw |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -           | 0  | 0  | 0           | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0        | 0  | 0  | 0 |

| 位 | 名称 | 描述 |
|---|----|----|
|---|----|----|



|         |             |                                                                                                                             |
|---------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:15] | RSV         | 保留                                                                                                                          |
| [14:12] | AMPPH56GAIN | AMP5/AMP6 运放放大倍数设置<br>000: 放大倍数由外部电路配置<br>001: 4 倍<br>010: 8 倍<br>011: 16 倍<br>100: 20 倍<br>101: 保留<br>110: 40 倍<br>111: 保留 |
| [11:9]  | AMPPH12GAIN | AMP1/AMP2 运放放大倍数设置<br>000: 放大倍数由外部电路配置<br>001: 4 倍<br>010: 8 倍<br>011: 16 倍<br>100: 20 倍<br>101: 保留<br>110: 保留<br>111: 保留   |
| [8:6]   | AMP4GAIN    | AMP4 运放放大倍数设置<br>000: 放大倍数由外部电路配置<br>001: 4 倍<br>010: 8 倍<br>011: 16 倍<br>100: 20 倍<br>101: 保留<br>110: 保留<br>111: 保留        |
| [5:3]   | AMP3GAIN    | AMP3 运放放大倍数设置<br>000: 放大倍数由外部电路配置<br>001: 4 倍<br>010: 8 倍<br>011: 16 倍<br>100: 20 倍<br>101: 保留<br>110: 保留<br>111: 保留        |

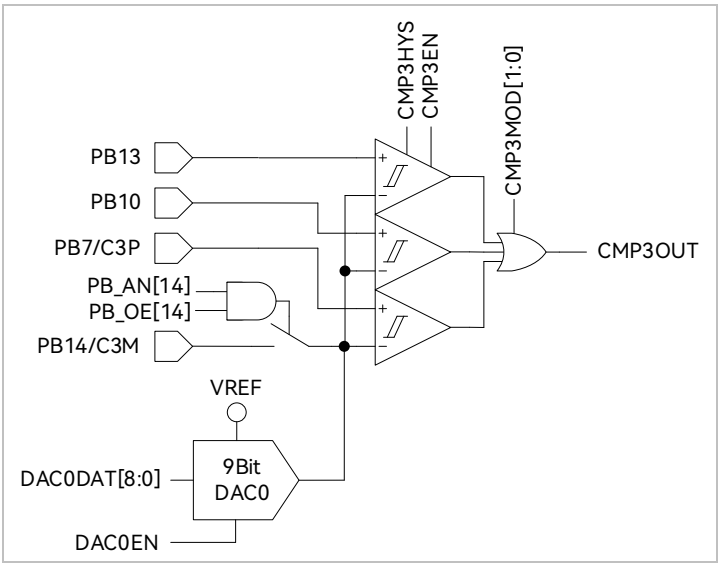
|       |          |                                                                                                                      |
|-------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [2:0] | AMP0GAIN | AMP0 运放放大倍数设置<br>000: 放大倍数由外部电路配置<br>001: 4 倍<br>010: 8 倍<br>011: 16 倍<br>100: 20 倍<br>101: 保留<br>110: 保留<br>111: 保留 |
|-------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# 33 比较器

## 33.1 比较器操作说明

### 33.1.1 比较器 CMP3

图 33-1 CMP3 的输入输出端口



CMP3 的输入输出端口如图 33-1 所示。

配置 CMP3 的步骤为：

1. 选择负输入端参考电压，负输入端参考电压可使用外部电路输入电压或来自片内 DAC0 的输出电压；
  - 如果使用外部电路输入电压，需配置PB\_AN[14] = 1、PB\_OE[14] = 1，使CMP3负端信号输入至 PB14；
  - 如果使用DAC0输出，需配置DAC\_CR[DACEN] = 1，使能DAC0，然后配置相应的DAC0码值；
  - 在使能DAC0的同时，可以配置PB\_AN[14]=1、PB\_OE[14] = 1，在PB14和地之间外接电容(推荐容值100pF，DAC0输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置 CMP\_CR1[CMP3MOD]，选择单比较器输入、双比较器输入、三比较器输入模式；

- 配置CMP\_CR1[CMP3MOD] = 00，CMP3为单比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图 33-2所示；
- 配置CMP\_CR1[CMP3MOD] = 01，CMP3为双比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图 33-3所示；
- 配置CMP\_CR1[CMP3MOD] = 1x，CMP3为三比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图 33-4所示；

3. 配置 CMP\_CR1[CMP3HYS]，选择是否有迟滞；

4. 配置 CMP\_CR1[CMP3EN] = 1，使能 CMP3。

图 33-2 单比较器输入模式

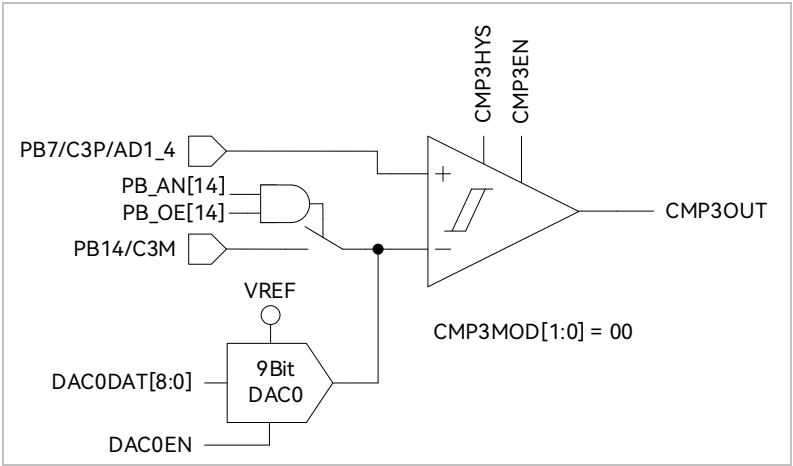


图 33-3 双比较器输入模式

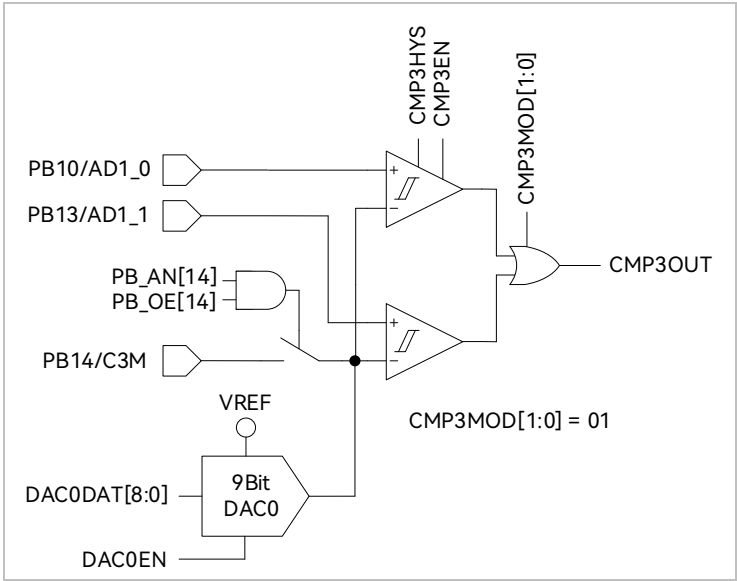
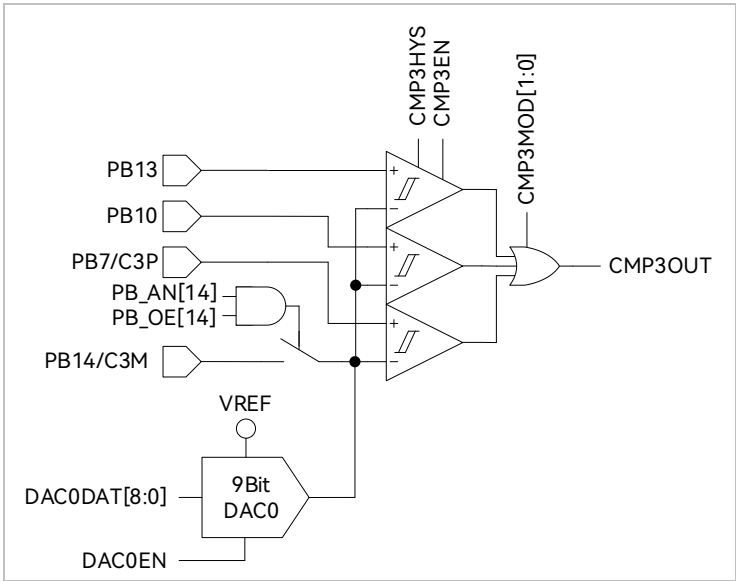


图 33-4 三比较器输入模式



33.1.1.1 主电机过流保护

当主电机过流保护信号产生时，自动将 DRV1\_OUT[MOE]清 0，输出空闲电压，停止主电机的驱动，保护芯片和电机。配置 DRV1\_CR[MOEMD] = 01，使能过流保护功能，电流超过设定值时自动关闭输出，同时产生过流保护中断请求。配置 DRV1\_CR[MOEMD] = 00，过流时不会自动关闭输出，但会产生过流保护中断请求。

主电机过流保护事件可配置 DRV1\_CR[MOEMD]不为 00、DRV1\_CR[OCP\_MOEMD] = 01 选择过流保护由 CMP3 中断产生。配置 CMP\_CR0[CMP3IM] = 11，过流保护信号由 CMP3 的上升沿产生，此时保护中断为 CMP3 中断。当处于三电阻电流采样模式下，配置 CMP\_CR1[CMP3MOD]为三比较器输入模式，任意一相电流过流时，CMP3 中断产生过流保护信号；除三电阻电流采样模式外，配置 CMP\_CR1[CMP3MOD]为单比较器输入模式，母线过流时，由 CMP3 产生过流保护信号。

主电机过流保护事件的输入信号可配置 CMP\_CR3[CMP3FSEL]使能滤波功能，通过配置 CMP\_CR3[CMP3FSEL]= 01/10/11 选择滤波宽度为 4/8/16 个时钟周期。使能滤波功能后，滤波后的信号会比滤波前的信号延迟 4/8/16 个时钟周期。

33.1.1.2 主电机逐波限流

当主电机过流保护事件发生，DRV1\_OUT[MOE]被清 0 一段时间后，由硬件将其置 1，自动恢复电机驱动。配置 CMP\_CR0[CMP3IM] = 11，DRV1\_OUT[MOE]在 CMP3OUT 的上升沿清 0，产生保护动作。配置 DRV1\_CR[MOEMD] = 10，产生保护事件后自动关闭输出，在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 10μs 之

后，自动使能 DRV1\_OUT[MOE]，恢复驱动。如果配置 DRV1\_CR[MOEMD] = 11，产生保护事件后自动关闭输出；在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 5μs 之后，自动使能 DRV1\_OUT[MOE]，恢复驱动。

图 33-5 DRV1\_CR[MOEMD] = 10，逐波限流波形(t2 - t1 = 10μs)

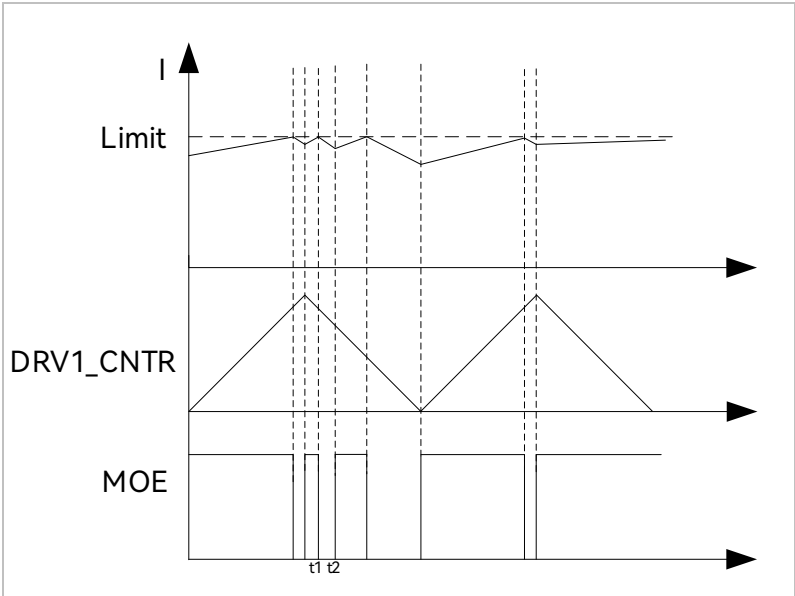
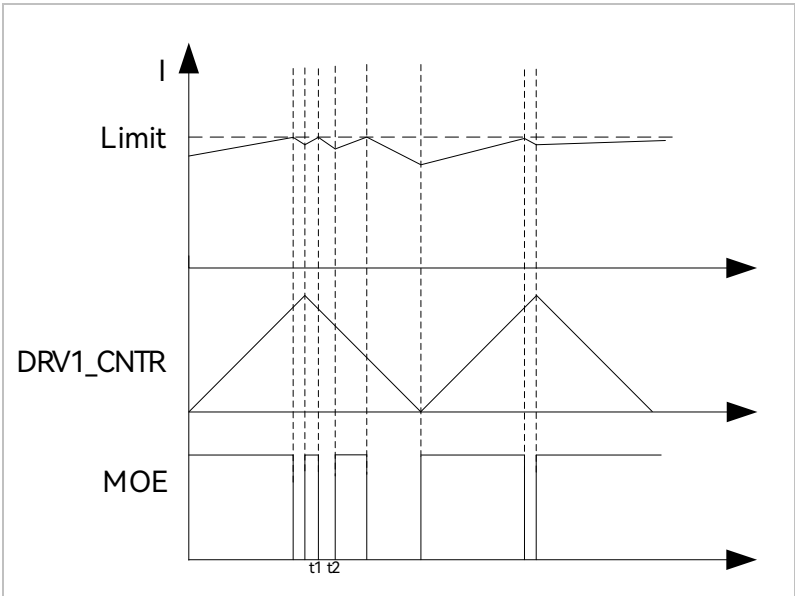
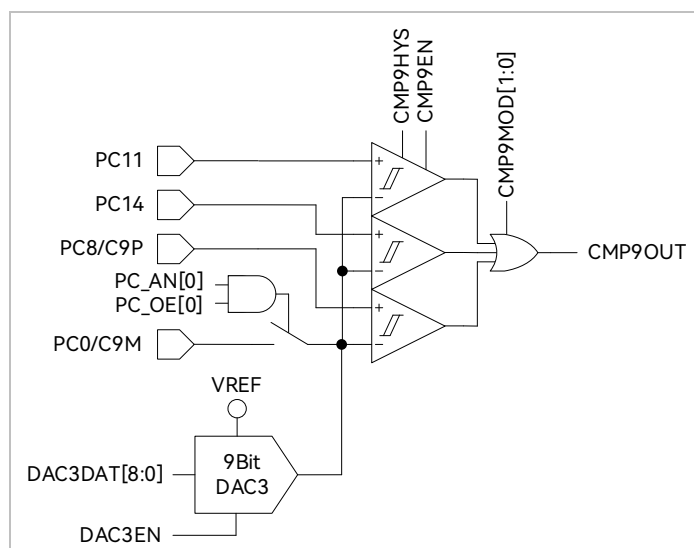


图 33-6 DRV1\_CR[MOEMD] = 11，逐波限流波形(t2 - t1 = 5μs)



### 33.1.2 比较器 CMP9

图 33-7 CMP9 的输入输出端口



CMP9 的输入输出端口如图 33-7 所示。

配置 CMP9 的步骤为：

1. 选择负输入端参考电压，负输入端参考电压可使用外部电路输入电压或来自片内DAC3的输出电压；
  - 如果使用外部电路输入电压，需配置PC\_AN[0] = 1、PC\_OE[0] = 1，使能CMP9负端信号输入至PC0；
  - 如果使用DAC3输出，需配置DAC\_CR[DAC34EN] = 1，使能DAC3，然后配置相应的DAC3码值；
  - 在使能DAC3的同时，可以配置PC\_AN[0] = 1、PC\_OE[0] = 1，在PC8和地之间外接电容(推荐容值100pF，DAC3输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置CMP\_CR5[CMP9MOD]，选择单比较器输入、双比较器输入、三比较器输入模式；
  - 配置CMP\_CR5[CMP9MOD] = 00，CMP9为单比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图33-8所示；
  - 配置CMP\_CR5[CMP9MOD] = 01，CMP9为双比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图33-9所示；
  - 配置CMP\_CR5[CMP9MOD] = 1x，CMP9为三比较器输入模式，具体输入输出端口及接法如图33-10所示；

- 3. 配置CMP\_CR5[CMP9HYS]，选择是否有迟滞；
- 4. 配置CMP\_CR5[CMP9EN] = 1，使能CMP9。

图 33-8 单比较器输入模式

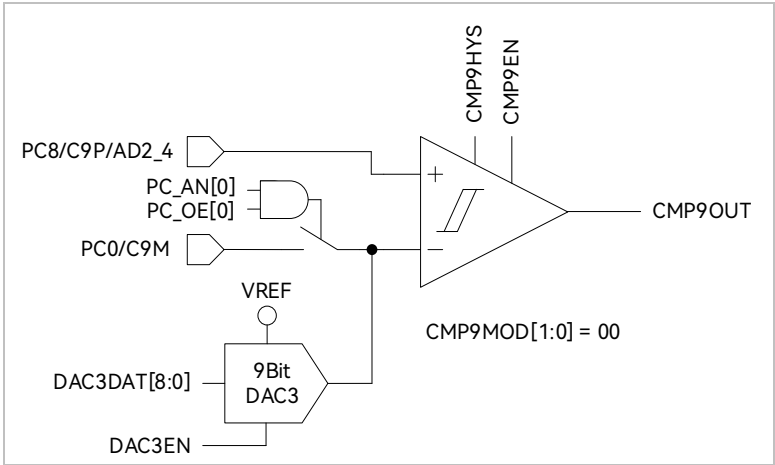


图 33-9 双比较器输入模式

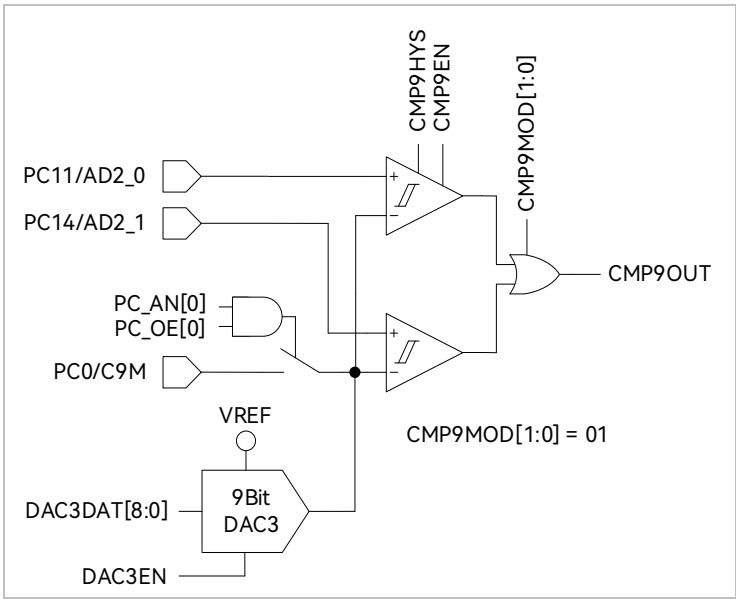
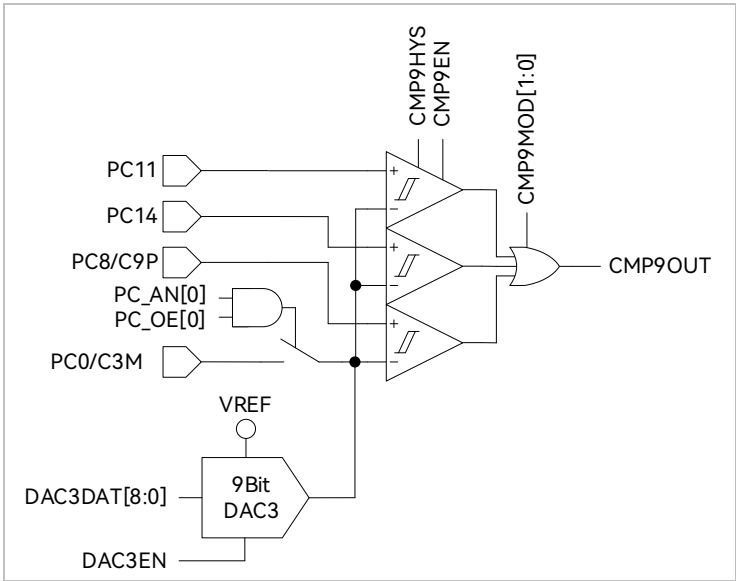




图 33-10 三比较器输入模式



33.1.2.1 从电机过流保护

当从电机过流保护信号产生时，自动将 DRV2\_OUT[MOE]清 0，输出空闲电压，停止从电机的驱动，保护芯片和电机。配置 DRV2\_CR[MOEMD] = 01，使能过流保护功能，电流超过设定值时自动关闭输出，同时产生过流保护中断请求。配置 DRV2\_CR[MOEMD] = 00，过流时不会自动关闭输出，但会产生过流保护中断请求。

从电机过流保护事件可配置 DRV2\_CR[MOEMD]不为 00，DRV2\_CR[OCP\_MOEMD] = 1 选择过流保护由 CMP9 中断产生。配置 CMP\_CR4[CMP9IM] = 11，过流保护信号由 CMP9 的上升沿产生，此时保护中断为 CMP9 中断。当处于三电阻电流采样模式下，配置 CMP\_CR5[CMP9MOD]为三比较器输入模式，任意一相电流过流时，CMP9 中断产生过流保护信号；除三电阻电流采样模式外，配置 CMP\_CR5[CMP9MOD]为单比较器输入模式，母线过流时，由 CMP9 产生过流保护信号。

从电机过流保护事件的输入信号可配置 CMP\_CR3[CMP9FSEL]使能滤波功能，通过配置 CMP\_CR3[CMP9FSEL]= 01/10/11 选择滤波宽度为 4/8/16 个时钟周期。使能滤波功能后，滤波后的信号会比滤波前的信号延迟 4/8/16 个时钟周期。

33.1.2.2 从电机逐波限流

当从电机过流保护事件发生，DRV2\_OUT[MOE]被清 0 一段时间后，由硬件将其置 1，自动恢复电机驱动。配置 CMP\_CR4[CMP9IM] = 11，DRV2\_OUT[MOE]在 CMP9OUT 的上升沿清 0，产生保护动作。配置 DRV2\_CR[MOEMD] = 10，产生保护事件后自动关闭输出，在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 10μs 之

后，自动使能 DRV2\_OUT[MOE]，恢复驱动。如果配置 DRV2\_CR[MOEMD] = 11，产生保护事件后自动关闭输出；在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 5μs 之后，自动使能 DRV2\_OUT[MOE]，恢复驱动。

图 33-11 DRV2\_CR[MOEMD] = 10，逐波限流波形(t2 - t1 = 10μs)

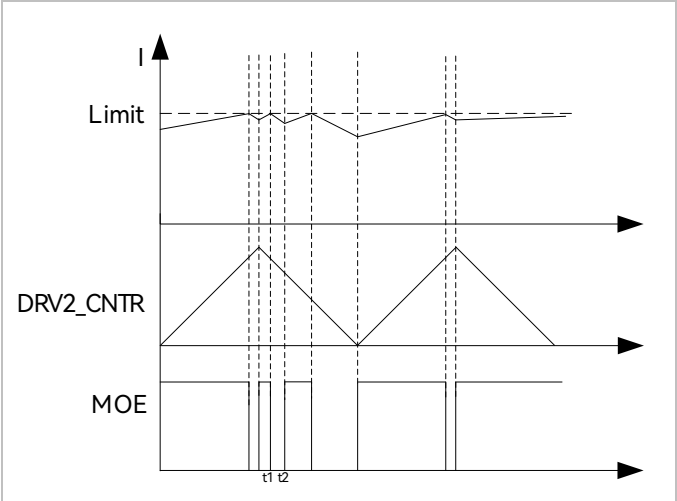
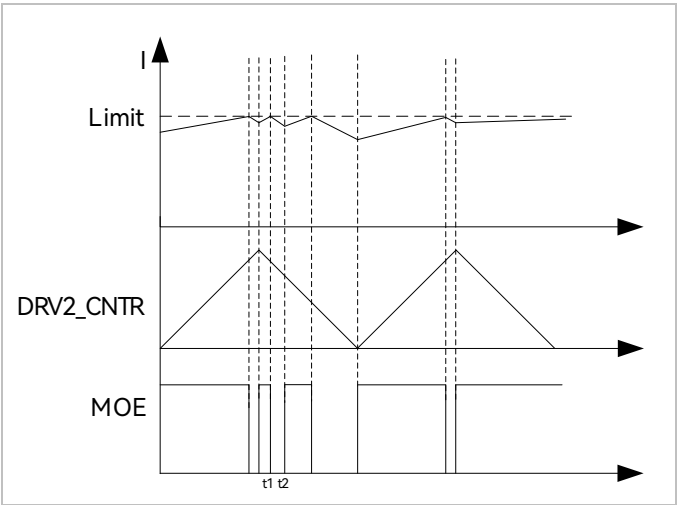


图 33-12 DRV2\_CR[MOEMD] = 11，逐波限流波形(t2 - t1 = 5μs)



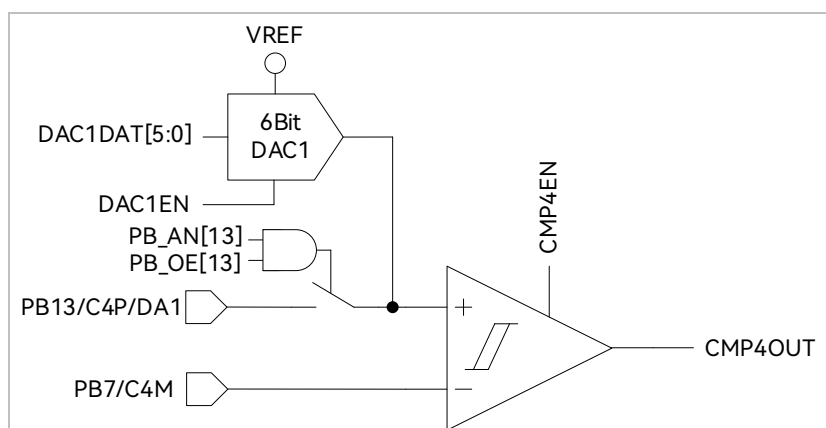
### 33.1.3 比较器 CMP4

CMP4 的输入输出端口如图 33-13 所示。CMP4OUT 可由软件读取或外部中断 EXTI0 判断是否翻转。当 CMP3 用于逐波限流保护时，使用 CMP4 作为主电机母线电流保护。CMP4 触发主电机母线电流过流保护后需要软件关闭输出。

配置 CMP4 的步骤为：

1. 配置PB\_AN[13] = 1、PB\_OE[13] = 1，使能CMP4正输入端参考电压。参考电压来源可为芯片内部 DAC1输出电压或外部电路输入电压。选择DAC1输出，在PB13和地之间外接电容(推荐100pF，DAC1输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置PB\_AN[7] = 1，PB7为模拟信号模式；
3. 配置CMP\_CR1[CMP4EN] = 1，使能CMP4；
4. 配置CMP\_IFR[CMP4IF] = 0，CMP4中断标志位清0；
5. 配置CMP\_CR0[CMP4IM] = 10，使能CMP4中断并选择下降沿触发。

图 33-13 CMP4 模块示意图



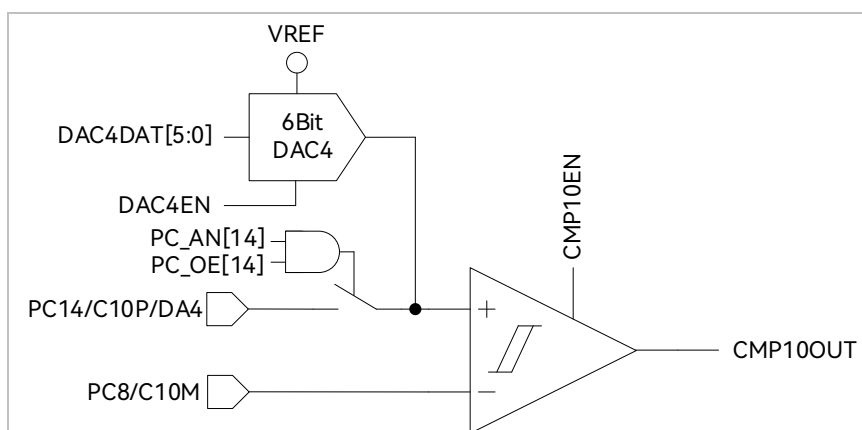
### 33.1.4 比较器 CMP10

CMP10 的输入输出端口如图 33-14 所示。CMP10OUT 可由软件读取或外部中断 EXTIO 判断是否翻转。当 CMP9 用于逐波限流保护时，使用 CMP10 作为主电机母线电流保护。CMP10 触发主电机母线电流过流保护后需要软件关闭输出。

配置 CMP10 的步骤为：

1. 配置PC\_AN[14] = 1、PC\_OE[14] = 1，使能CMP10正输入端参考电压。参考电压来源可为芯片内部DAC4输出电压或外部电路输入电压。选择DAC4输出，在PC14和地之间外接电容(推荐100pF，DAC4输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置PC\_AN[8] = 1，PC8为模拟信号模式；
3. 配置CMP\_CR5[CMP10EN] = 1，使能CMP10；
4. 配置CMP\_IFR[CMP10IF] = 0，CMP10中断标志位清0；
5. 配置CMP\_CR4[CMP10IM] = 10，使能CMP10中断并选择下降沿触发。

图 33-14 CMP10 模块示意图



### 33.1.5 比较器 CMP5

CMP5 为一个迟滞比较器，参考图 33-15。CMP5OUT 可由软件读取。CMP5 用于 PFC 过流保护。



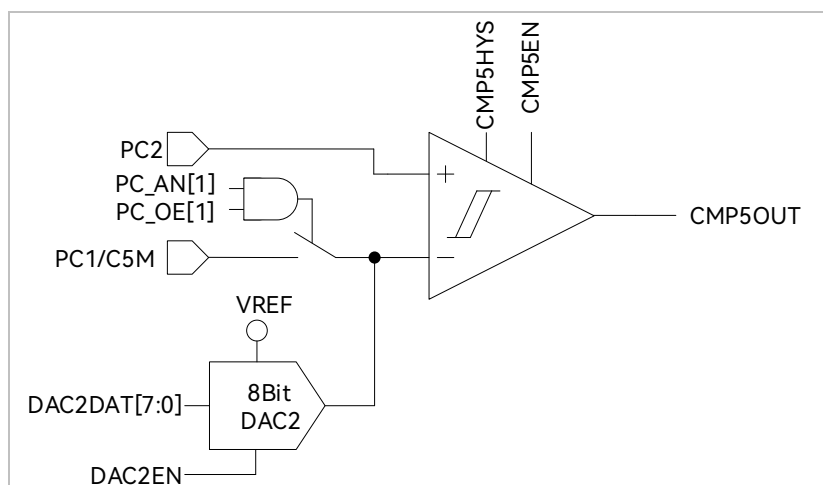
备注：

发生过流保护时，CMP5 只是强制拉低 PFC1 的输出，并未清除 PFC\_CR0[PFCEN]、PFC\_CR0[PFCOE]，用户可通过读 PFC\_CR0[PFC\_FORC1]来判断是否发生强制拉低动作。

配置 CMP5 的步骤为：

1. 配置PC\_AN[1] = 1、PC\_OE[1] = 1，使能CMP5负输入端参考电压。参考电压来源可为芯片内部DAC2输出电压或外部电路输入电压。选择DAC2输出，在PC1和地之间外接电容(推荐100pF，DAC2输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置PC\_AN[2] = 1，PC2为模拟信号模式；
3. 配置CMP\_CR1[CMP5HYS] = 1，使能CMP5迟滞；
4. 配置CMP\_CR1[CMP5EN] = 1，使能CMP5。

图 33-15 CMP5 模块示意图



### 33.1.6 比较器 CMP11

CMP11 为一个迟滞比较器，参考图 33-16。CMP11OUT 可由软件读取。CMP11 用于 PFC 过流保护。



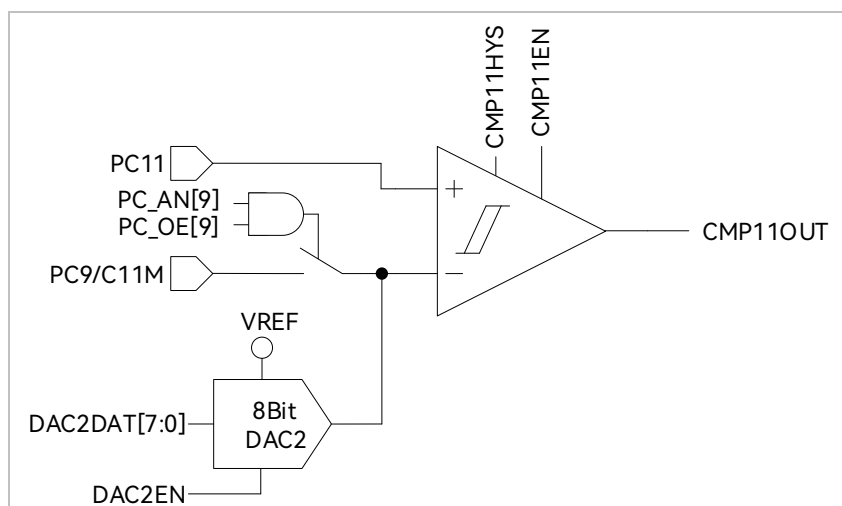
备注：

发生过流保护时，CMP11 只是强制拉低 PFC2 的输出，并未清除 PFC\_CR0[IAC2EN]、PFC\_CR0[PFCOE]，用户可通过读 PFC\_CR0[PFC\_FORC2]来判断是否发生强制拉低动作。

配置 CMP11 的步骤为：

1. 配置PC\_AN[9] = 1、PC\_OE[9] = 1，使能CMP11负输入端参考电压。参考电压来源可为芯片内部DAC2输出电压或外部电路输入电压。选择DAC2输出，在PC9和地之间外接电容(推荐100pF，DAC2输出一段时间后输出电压稳定)；
2. 配置PC\_AN[11] = 1，PC11为模拟信号模式；
3. 配置CMP\_CR1[CMP11HYS] = 1，使能CMP11迟滞；
4. 配置CMP\_CR1[CMP11EN] = 1，使能CMP11。

图 33-16 CMP11 模块示意图



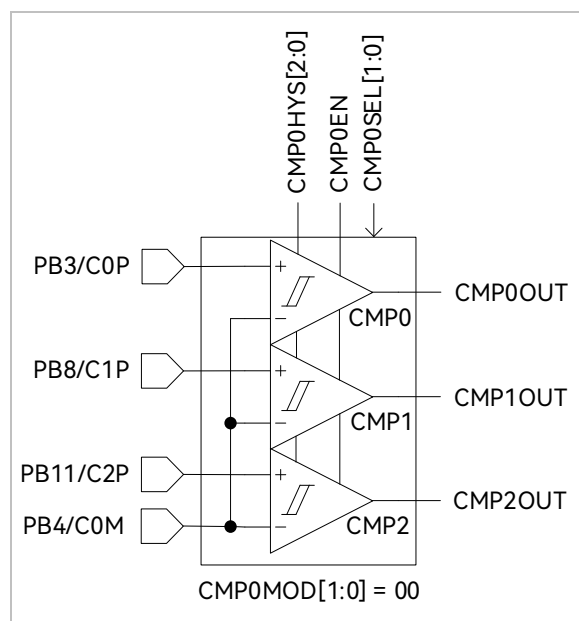
### 33.1.7 比较器组 CMPG1

比较器组 CMPG1 是 CMP0、CMP1 和 CMP2 的集合，有多种比较模式，分别用于不同应用场景。

#### 33.1.7.1 无内置电阻三比较器模式

配置  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0MOD}] = 00$ ，选择无内置电阻三比较器模式，输入输出端口如图 33-17 所示，用于外置虚拟中心点电阻的电机反电动势 BEMF 检测。三路比较器的负输入端连在一起接 PB4，正输入端分别接 PB3、PB8、PB11，输出分别为 CMP0OUT、CMP1OUT、CMP2OUT。此模式下具体比较器工作个数由  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}]$  决定， $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 00$ ，CMP0、CMP1 和 CMP2 三路比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 01$ ，仅 CMP0 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 10$ ，仅 CMP1 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 11$ ，仅 CMP2 工作，其余两个 CMP 闲置。

图 33-17 无内置电阻三比较器模式



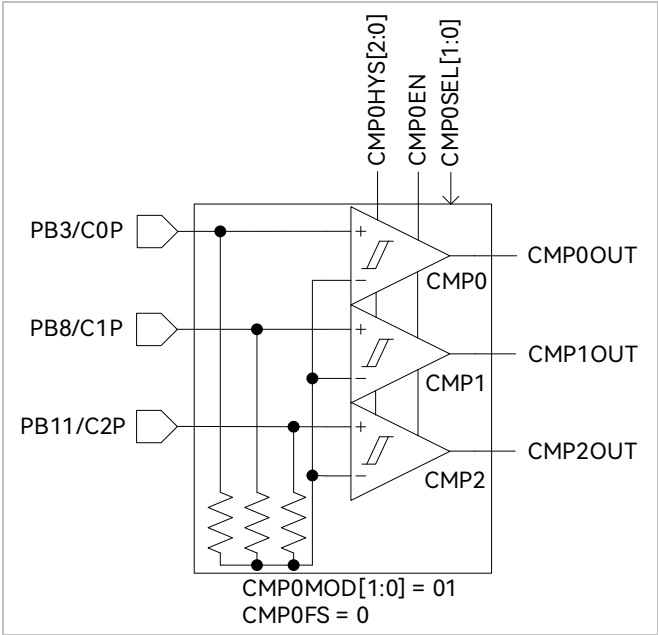
#### 33.1.7.2 内置电阻三比较器模式

配置  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0MOD}] = 01$ ，选择内置电阻三比较器模式，用于内置虚拟中心点电阻的电机反电动势 BEMF 检测。此时可通过设置功能转移位  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0FS}]$  选择输入端口。此模式下具体比较器工作个数由  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}]$  决定， $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 00$ ，CMP0、CMP1 和 CMP2 三路比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 01$ ，仅 CMP0 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 10$ ，仅 CMP1 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 11$ ，仅 CMP2 工作，其余两个 CMP 闲置。

工作，其余两个 CMP 闲置。

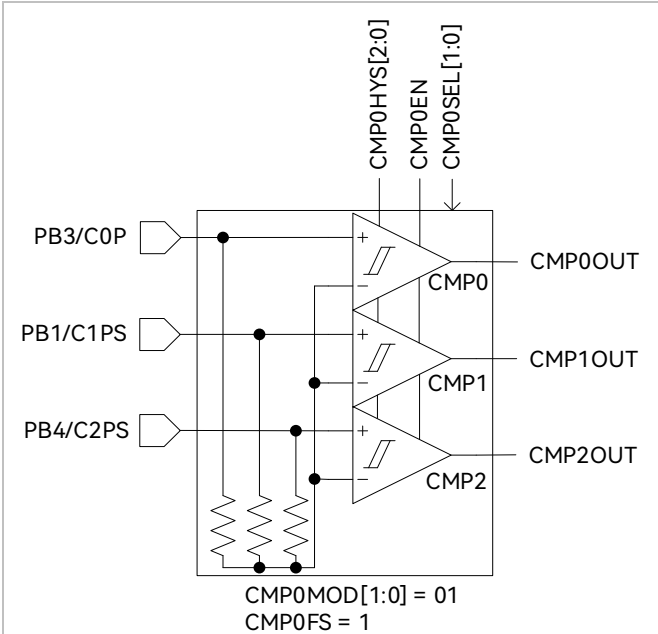
配置 `CMP_CR2[CMP0FS] = 0`，输入输出端口如图 33-18 所示，三路比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PB3、PB8 和 PB11，输出分别为 CMP0OUT、CMP1OUT 和 CMP2OUT。

图 33-18 内置电阻三比较器模式，无功能转移



`CMP_CR2[CMP0FS] = 1`，输入输出端口如图 33-19 所示，三路比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PB3、PB1 和 PB4，输出分别为 CMP0OUT、CMP1OUT 和 CMP2OUT。

图 33-19 内置电阻三比较器模式，功能转移

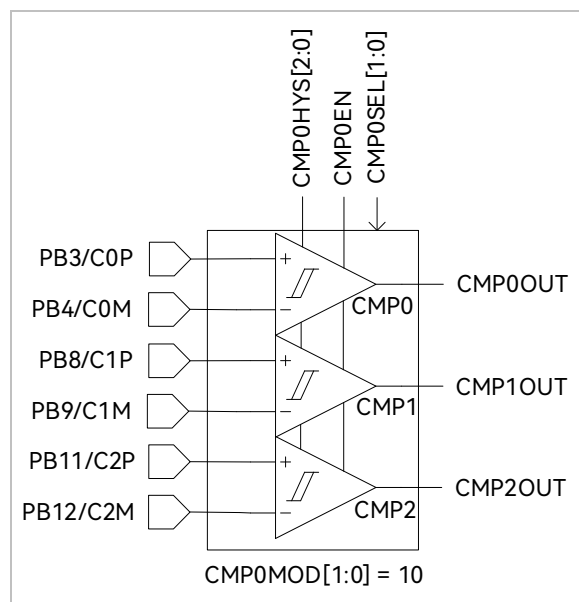




### 33.1.7.3 差分三比较器模式

配置  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0MOD}] = 10$ ，选择差分三比较器模式，输入输出端口如图 33-20 所示，用于差分 Hall 传感器检测电机转子位置。三路比较器的负输入端分别接 PB4、PB9 和 PB12，正输入端分别接 PB3、PB8 和 PB11，输出分别为 CMP0OUT、CMP1OUT 和 CMP2OUT。此模式下具体比较器工作个数由  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}]$  决定， $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 00$ ，CMP0、CMP1 和 CMP2 三路比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 01$ ，仅 CMP0 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 10$ ，仅 CMP1 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 11$ ，仅 CMP2 工作，其余两个 CMP 闲置。

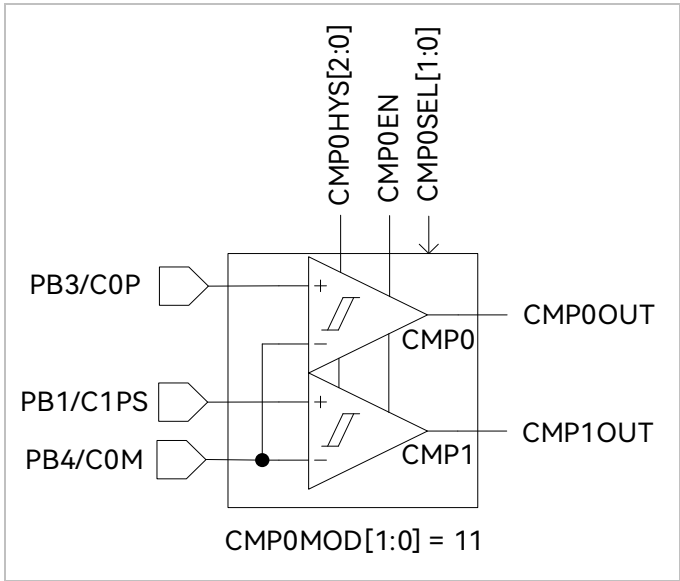
图 33-20 差分三比较器模式



### 33.1.7.4 双比较器模式

配置  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0MOD}] = 11$ ，选择双比较器模式，输入输出端口如图 33-21 所示，用于电机转速检测。双比较器的负输入端连在一起接 PB4，正输入端分别接 PB3 和 PB1，输出分别为 CMP0OUT 和 CMP1OUT。此模式下具体比较器工作个数由  $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}]$  决定， $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 00$ ，CMP0 和 CMP1 双比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 01$ ，仅 CMP0 工作，CMP1 闲置； $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0SEL}] = 10$ ，仅 CMP1 工作，CMP0 闲置。

图 33-21 双比较器模式



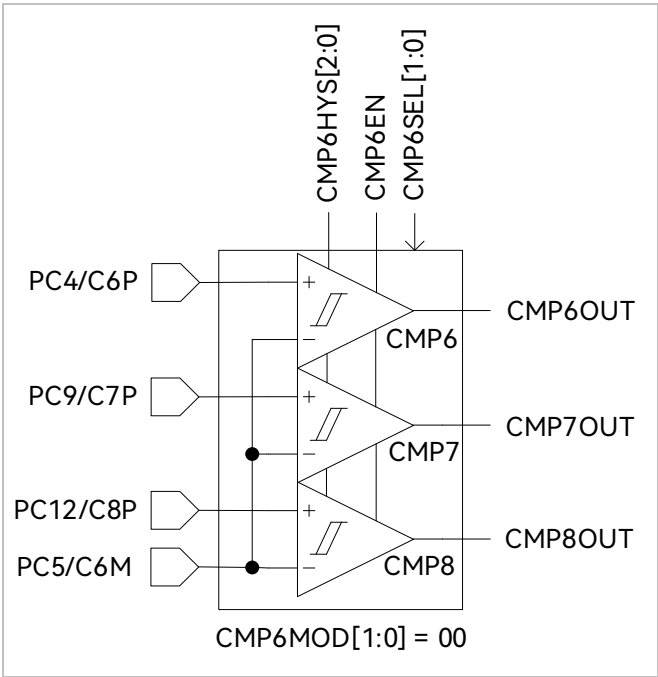
33.1.8 比较器组 CMPG2

比较器组 CMPG2 是 CMP6、CMP7 和 CMP8 的集合，有多种比较模式，分别用于不同应用场景。

33.1.8.1 无内置电阻三比较器模式

配置 CMP\_CR6[CMP6MOD] = 00，选择无内置电阻三比较器模式，输入输出端口如图 33-22 所示，用于外置虚拟中心点电阻的电机反电动势 BEMF 检测。三路比较器的负输入端连在一起接 PC5，正输入端分别接 PC4、PC9、PC12，输出分别为 CMP6OUT、CMP7OUT、CMP8OUT。此模式下具体比较器工作个数由 CMP\_CR6[CMP6SEL]决定，CMP\_CR6[CMP6SEL] = 00，CMP6、CMP7 和 CMP8 三路比较器同时工作，为推荐设置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 01，仅 CMP6 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 10，仅 CMP7 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 11，仅 CMP8 工作，其余两个 CMP 闲置。

图 33-22 无内置电阻三比较器模式

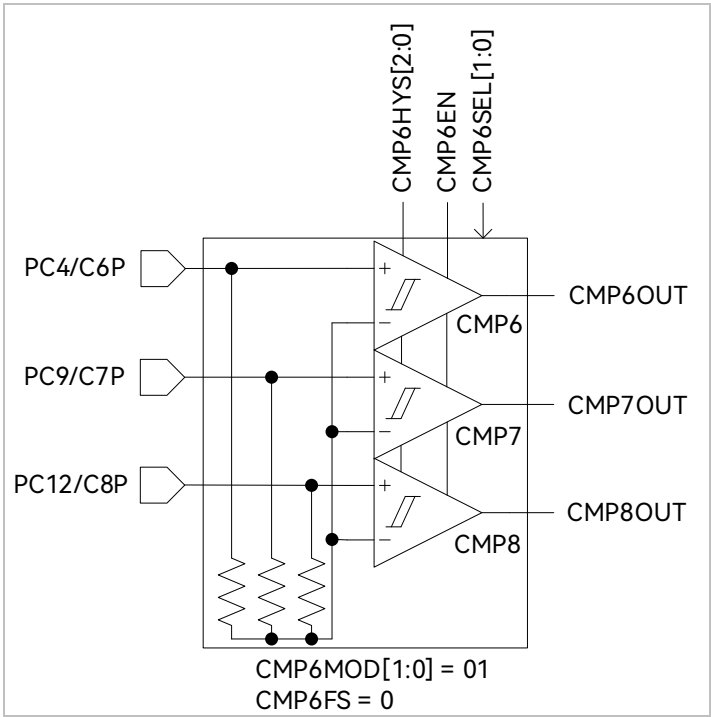


33.1.8.2 内置电阻三比较器模式

配置  $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6MOD}] = 01$ ，选择内置电阻三比较器模式，用于内置虚拟中心点电阻的电机反电动势 BEMF 检测。此时可通过设置功能转移位  $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6FS}]$  选择输入端口。此模式下具体比较器工作个数由  $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}]$  决定， $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 00$ ，CMP6、CMP7 和 CMP8 三比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 01$ ，仅 CMP6 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 10$ ，仅 CMP7 工作，其余两个 CMP 闲置； $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 11$ ，仅 CMP8 工作，其余两个 CMP 闲置。

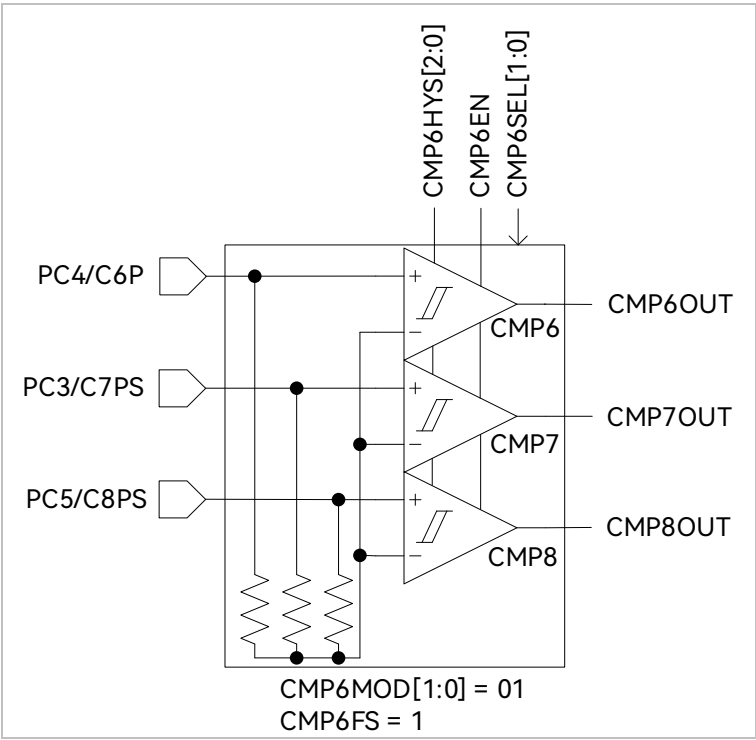
配置  $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6FS}] = 0$ ，输入输出端口如图 33-23 所示，三比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PC4、PC9 和 PC12，输出分别为 CMP6OUT、CMP7OUT 和 CMP8OUT。

图 33-23 内置电阻三比较器模式，无功能转移



CMP\_CR6[CMP6FS] = 1，输入输出端口如图 33-24 所示，三路比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PC4、PC3 和 PC5，输出分别为 CMP6OUT、CMP7OUT 和 CMP8OUT。

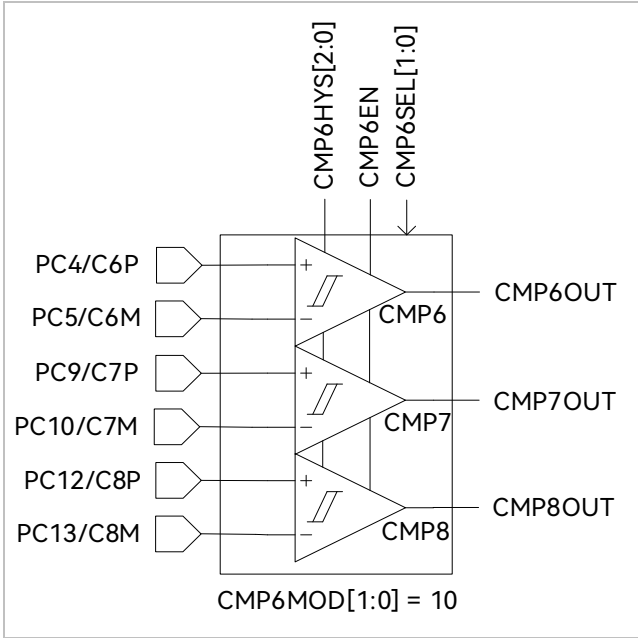
图 33-24 内置电阻三比较器模式，功能转移



33.1.8.3 差分三比较器模式

配置 CMP\_CR6[CMP6MOD] = 10，选择差分三比较器模式，输入输出端口如图 33-25 所示，用于差分 Hall 传感器检测电机转子位置。三比较器的负输入端分别接 PC5、PC10 和 PC13，正输入端分别接 PC4、PC9 和 PC12，输出分别为 CMP6OUT、CMP7OUT 和 CMP8OUT。此模式下具体比较器工作个数由 CMP\_CR6[CMP6SEL]决定，CMP\_CR6[CMP6SEL] = 00，CMP6、CMP7 和 CMP8 三路比较器同时工作，为推荐设置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 01，仅 CMP6 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 10，仅 CMP7 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 11，仅 CMP8 工作，其余两个 CMP 闲置。

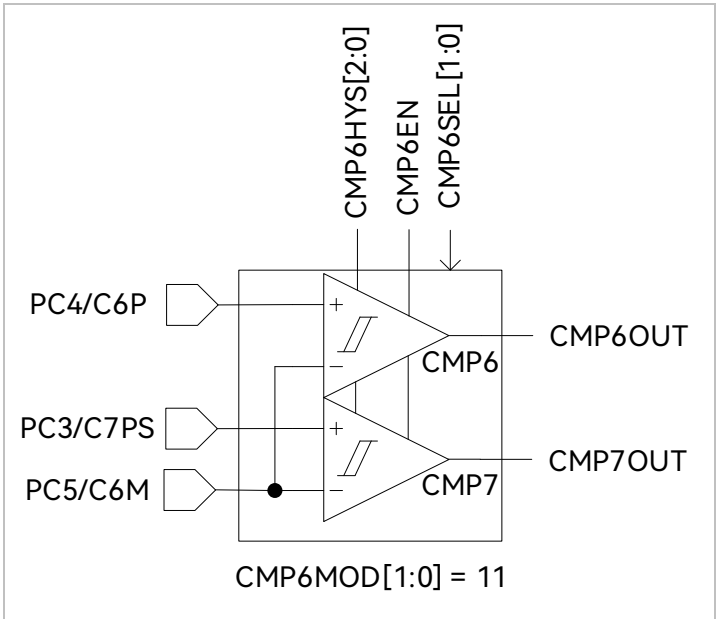
图 33-25 差分三比较器模式



33.1.8.4 双比较器模式

配置 CMP\_CR6[CMP6MOD] = 11，选择双比较器模式，输入输出端口如图 33-26 所示，用于电机转速检测。双比较器的负输入端连在一起接 PC5，正输入端分别接 PC4 和 PC3，输出分别为 CMP6OUT 和 CMP7OUT。此模式下具体比较器工作个数由 CMP\_CR6[CMP6SEL]决定，CMP\_CR6[CMP6SEL] = 00，CMP6 和 CMP7 双比较器同时工作，为推荐设置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 01，仅 CMP6 工作，CMP7 闲置；CMP\_CR6[CMP6SEL] = 10，仅 CMP7 工作，CMP6 闲置。

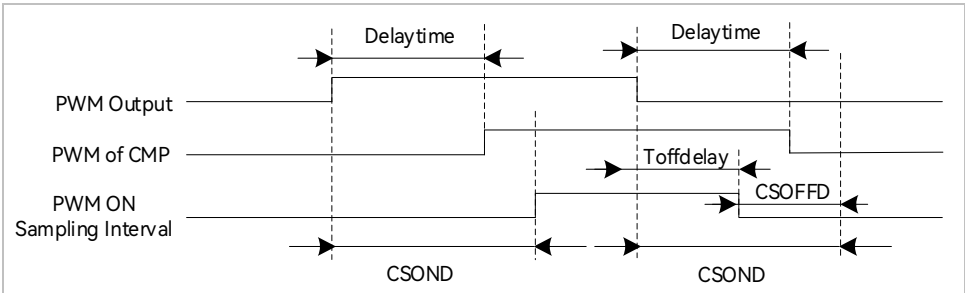
图 33-26 双比较器模式



33.1.9 比较器采样

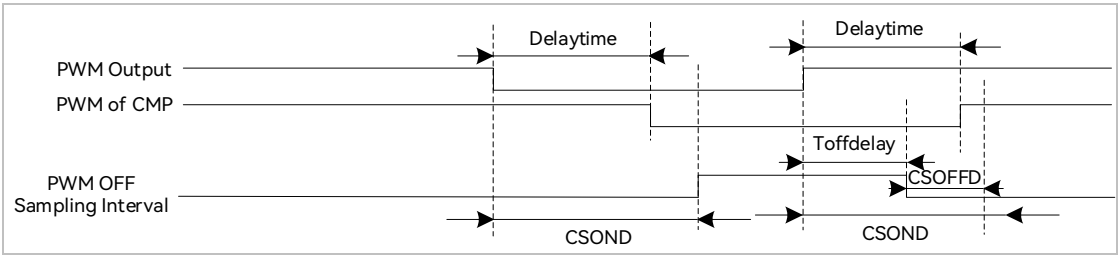
比较器采样功能主要用于 RSD 顺逆风判断功能，可消除来自于驱动电路的开关干扰。应用于 RSD 请参考章节 16.2.5.1。

图 33-27 PWM ON 采样模式



PWM 输出反映到比较器的输出存在延迟，该延迟主要受以下因素影响：驱动电阻的大小，功率器件的开关速度，比较器的输入延迟和迟滞设置。图中的延迟时间为从芯片输出电平到比较器输出电平的延迟时间。进行高电平采样时，采样区间应被比较器实际输出的高电平所包络，首先设置采样开始延迟时间  $CMP\_SAMR[CSOND]$  以越过延迟以及功率器件开关的振铃区间。采样区间结束时刻为芯片输出 PWM 下降沿后延迟  $CMP\_SAMR[CSOND]$ ，此时实际采样窗口已经超出比较器上高电平对应的区间。设置采样停止提前时间  $CMP\_SAMR[CSOFFD]$ ，使得采样窗口在 PWM 输出下降沿延迟  $Toffdelay$  ( $Toffdelay = CMP\_SAMR[CSOND] - CMP\_SAMR[CSOFFD]$ ) 后关闭。通过配置  $CMP\_SAMR[CSOND]$  和  $CMP\_SAMR[CSOFFD]$ ，可使采样区间位于比较器实际输出的高电平区间。

图 33-28 PWM OFF 采样模式



同理，进行低电平采样时，设置采样开始延迟时间 CMP\_SAMR[CSOND]和采样停止提前时间 CMP\_SAMR[CSOFFD]，使实际采样区间位于比较器实际输出的低电区间。

测量 PWM 输出到比较器的延迟方法: 设置 CMP\_CR2[CMPSAMSEL] = 00，禁止比较器采样延迟功能。使能 PWM 输出和比较器，手动转动电机使比较器值翻转，测量 PWM 输出和比较器输出之间延迟。

33.2 比较器寄存器

33.2.1 CMP\_CR0 (CSR:0x600)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11     | 10 | 9      | 8  | 7      | 6  | 5      | 4  | 3      | 2  | 1      | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP5IM |    | CMP4IM |    | CMP3IM |    | CMP2IM |    | CMP1IM |    | CMP0IM |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw     | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw     |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0 |

| 位       | 名称     | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV    | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [11:10] | CMP5IM | CMP5 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP5IF]置 1，但不产生中断<br><div> 备注：<br/>CMP5 发生中断事件时，若 PFC_CR0[PFC_FM]写 0，PFC1 的输出 PWM1 被强制拉低；若 PFC_CR0[PFC_FM]写 1，两路输出 PWM1 和 PWM2 都被强制拉低。但并未清除 PFC_CR0[PFCEN]、PFC_CR0[IAC2EN]、</div> |

|       |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        | PFC_CR0[PFCOE]。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [9:8] | CMP4IM | <p>CMP4 中断模式</p> <p>00: 不产生中断</p> <p>01: 上升沿产生中断</p> <p>10: 下降沿产生中断</p> <p>11: 上升/下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP4IF]置 1，但不产生中断</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| [7:6] | CMP3IM | <p>CMP3 中断模式</p> <p>00: 不产生中断</p> <p>01: 上升沿产生中断；DRV1_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV1_CR[MOE]清 0<sup>[1]</sup></p> <p>10: 下降沿产生中断；DRV1_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV1_CR[MOE]清 0</p> <p>11: 上升沿使 DRV1_CR[MOE]清 0，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP3IF]置 1，但不产生中断<sup>[2]</sup></p> <div> 备注：<ul style="list-style-type: none"><li>&gt; [1] MOE配置详情参考18.16.2.3</li><li>&gt; [2] CMP3用于逐波限流功能，需配置DRV1_CR[MOEMD] = 10/11。</li></ul></div> |
| [5:4] | CMP2IM | <p>CMP2 中断模式</p> <p>00: 不产生中断</p> <p>01: 上升沿产生中断</p> <p>10: 下降沿产生中断</p> <p>11: 上升/下降沿均产生中断</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [3:2] | CMP1IM | <p>CMP1 中断模式</p> <p>00: 不产生中断</p> <p>01: 上升沿产生中断</p> <p>10: 下降沿产生中断</p> <p>11: 上升/下降沿均产生中断</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| [1:0] | CMP0IM | <p>CMP0 中断模式</p> <p>00: 不产生中断</p> <p>01: 上升沿产生中断</p> <p>10: 下降沿产生中断</p> <p>11: 上升/下降沿均产生中断</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |



33.2.2 CMP\_CR1 (CSR:0x601)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14         | 13         | 12        | 11       | 10      | 9       | 8      | 7      | 6       | 5      | 4       | 3   | 2       | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|------------|-----------|----------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|-----|---------|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP0HYSDIG | CMP0HYSMOD | CMP3P4MFS | CMP11HYS | CMP5HYS | CMP11EN | CMP5EN | CMP4EN | CMP3MOD | CMP3EN | CMP3HYS | RSV | CMP0HYS |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw         | rw         | rw        | rw       | rw      | rw      | rw     | rw     | rw      | rw     | rw      | rw  | -       | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0          | 0          | 0         | 0        | 0       | 0       | 0      | 0      | 0       | 0      | 0       | 0   | -       | 0  | 0  |

| 位       | 名称         | 描述                                                                                                                         |
|---------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:15] | RSV        | 保留                                                                                                                         |
| [14]    | CMP0HYSDIG | CMPG1 迟滞方向使能<br>当 CMP_CR1[CMP0HYSMOD] =1 时有效，配合 CMP0HYS 选择迟滞大小<br>0：正迟滞<br>1：负迟滞                                           |
| [13]    | CMP0HYSMOD | CMPG1 迟滞输出控制配置<br>当 CMPG1 在 BEMF 且非轮询模式时，该位配置才有效，当 CMPG1 在续流模式或轮询模式时，该位的配置无效<br>0：由比较器输出自动选择方向<br>1：由 CMP0HYSDIG 配置来决定迟滞方向 |
| [12]    | CMP3P4MFS  | C3P 与 C4M 功能转移至 PB15。用于母线电流采样（母线电流运放 A0O 输出接 PB15）后直接送入过流比较器。<br>0：功能不转移<br>1：功能转移至 PB15，此时对应 CMP3 正端有且只有一路输入              |
| [11]    | CMP11HYS   | CMP11 的迟滞配置<br>0：无迟滞<br>1：有迟滞                                                                                              |
| [10]    | CMP5HYS    | CMP5 的迟滞配置<br>0：无迟滞<br>1：有迟滞                                                                                               |
| [9]     | CMP11EN    | CMP11 使能<br>0：不使能<br>1：使能                                                                                                  |
| [8]     | CMP5EN     | CMP5 使能<br>0：不使能                                                                                                           |

|       |         |                                                                                                                                                                 |
|-------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |         | 1: 使能                                                                                                                                                           |
| [7]   | CMP4EN  | CMP4 使能端<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                     |
| [6:5] | CMP3MOD | CMP3 的模式选择<br>负输入端接 PB14 或 DAC0 输出<br>00: 单比较器模式, PB7 接正输入端, 参考图 33-2<br>01: 双比较器模式, PB10 和 PB13 接正输入端, 参考图 33-3<br>1x: 三比较器模式, PB7、PB10 和 PB13 接正输入端, 参考图 33-4 |
| [4]   | CMP3EN  | CMP3 使能端<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                     |
| [3]   | CMP3HYS | CMP3 的迟滞配置<br>0: 无迟滞<br>1: 有迟滞                                                                                                                                  |
| [2]   | RSV     | 保留                                                                                                                                                              |
| [1:0] | CMP0HYS | CMP0/1/2 的迟滞配置<br>00: 无迟滞<br>01: $\pm 3\text{mV}$<br>10: $\pm 6\text{mV}$<br>11: $\pm 12\text{mV}$                                                              |

33.2.3 CMP\_CR2 (CSR:0x602)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11      | 10      | 9   | 8       | 7       | 6       | 5       | 4       | 3       | 2       | 1       | 0       |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP0HYS | CMP0HYS | RSV | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS | CMP0HYS |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw      | -   | rw      | rw      | rw      | rw      | rw      | rw      | rw      | rw      | rw      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | -   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                |
|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV     | 保留                                                                                                |
| [11:10] | CMP0HYS | CMP0、CMP1、CMP2 在 PWM ON/OFF 采样延迟使能<br>00: 在 ON 和 OFF 均采样, 无延迟采样<br>01: 只在 OFF 采样, 根据 CMP0HYS 延迟采样 |

|                 |         | 10: 只在 ON 采样，根据 CMP_SAMR 延迟采样<br>11: 在 ON 和 OFF 均采样，根据 CMP_SAMR 延迟采样                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--|------|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [9]             | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| [8]             | HALL0EN | Hall0 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| [7]             | CMP0FS  | CMP1、CMP2 功能转移模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能，仅当 CMP0MOD = 01 时有效，其余情况忽略此位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| [6:5]           | CMP0MOD | CMPG1 的模式设置<br>00: 无内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-17<br>01: 内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，可由 CMP_CR2[CMP0FS]配置是否功能转移，参考图 33-18 和图 33-19<br>10: 差分三比较器模式，参考图 33-20<br>11: 双比较器模式，参考图 33-21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| [4:3]           | CMP0SEL | <div>CMPG1 的端口组合选择，与 CMP0MOD 组合使用，参考表 33-1。</div> <div>表 33-1 CMPG1 端口与 CMP_CR2[CMP0MOD]组合的功能描述</div> <table><tr><th colspan="2">CMP0MOD CMP0SEL</th><th>功能描述</th></tr><tr><td rowspan="4">00</td><td>00</td><td>CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-17，三路比较器的负输入端均接 C0M，硬件将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP0OUT]、CMP_SR[CMP1OUT]、CMP_SR[CMP2OUT]</td></tr><tr><td>01</td><td>CMP0 工作，CMP1/2 闲置，正输入端接 C0P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP0OUT]</td></tr><tr><td>10</td><td>CMP1 工作，CMP0/2 闲置，正输入端接 C1P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP1OUT]</td></tr><tr><td>11</td><td>CMP2 工作，CMP0/1 闲置，正输入端接 C2P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP2OUT]</td></tr><tr><td>01</td><td>00</td><td>CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-18 和图 33-19，三路比较器的负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点。当 CMP_CR2[CMP0FS] = 0 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较；当 CMP_CR2[CMP0FS] = 1 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1PS、C2PS 分别与公共负输入端 C0M 比较，输出结果分别送至</td></tr></table> | CMP0MOD CMP0SEL |  | 功能描述 | 00 | 00 | CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-17，三路比较器的负输入端均接 C0M，硬件将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP0OUT]、CMP_SR[CMP1OUT]、CMP_SR[CMP2OUT] | 01 | CMP0 工作，CMP1/2 闲置，正输入端接 C0P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP0OUT] | 10 | CMP1 工作，CMP0/2 闲置，正输入端接 C1P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP1OUT] | 11 | CMP2 工作，CMP0/1 闲置，正输入端接 C2P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP2OUT] | 01 | 00 | CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-18 和图 33-19，三路比较器的负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点。当 CMP_CR2[CMP0FS] = 0 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较；当 CMP_CR2[CMP0FS] = 1 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1PS、C2PS 分别与公共负输入端 C0M 比较，输出结果分别送至 |
| CMP0MOD CMP0SEL |         | 功能描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| 00              | 00      | CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-17，三路比较器的负输入端均接 C0M，硬件将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP0OUT]、CMP_SR[CMP1OUT]、CMP_SR[CMP2OUT]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
|                 | 01      | CMP0 工作，CMP1/2 闲置，正输入端接 C0P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP0OUT]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
|                 | 10      | CMP1 工作，CMP0/2 闲置，正输入端接 C1P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP1OUT]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
|                 | 11      | CMP2 工作，CMP0/1 闲置，正输入端接 C2P，负输入端接 C0M，输出接 CMP_SR[CMP2OUT]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |
| 01              | 00      | CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-18 和图 33-19，三路比较器的负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点。当 CMP_CR2[CMP0FS] = 0 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1P、C2P 分别与公共负输入端 C0M 比较；当 CMP_CR2[CMP0FS] = 1 时，硬件自动将正输入端 C0P、C1PS、C2PS 分别与公共负输入端 C0M 比较，输出结果分别送至                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |  |      |    |    |                                                                                                                                         |    |                                                           |    |                                                           |    |                                                           |    |    |                                                                                                                                                                                                     |

|       |          |                             |    |                                                                                                                                                             |
|-------|----------|-----------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |          |                             |    | CMP_SR[CMP0OUT]、CMP_SR[CMP1OUT]、<br>CMP_SR[CMP2OUT]                                                                                                         |
|       |          |                             | 01 | CMP0 工作, CMP1/2 闲置, 正输入端接 C0P, 负<br>输入端接内置 BEMF 电阻的中心点, 输出接<br>CMP_SR[CMP0OUT]                                                                              |
|       |          |                             | 10 | CMP1 工作, CMP0/2 闲置<br>CMP_CR2[CMP0FS] = 0, 正输入端接 C1P,<br>CMP_CR2[CMP0FS] = 1, 正输入端接 C1PS<br>负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点, 输出接<br>CMP_SR[CMP1OUT]                     |
|       |          |                             | 11 | CMP2 工作, CMP0/1 闲置<br>CMP_CR2[CMP0FS] = 0, 正输入端接 C2P,<br>CMP_CR2[CMP0FS] = 1, 正输入端接 C2PS<br>负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点, 输出接<br>CMP_SR[CMP2OUT]                     |
|       |          | 10                          | 00 | CMP0/1/2 同时工作, 参考图 33-20, 三路比较器<br>的正输入端分别接 C0P、C1P、C2P, 与之对应的<br>负输入端分别接 C0M、C1M、C2M, 其输出结果<br>分 别 送 至 CMP_SR[CMP0OUT]、<br>CMP_SR[CMP1OUT]、CMP_SR[CMP2OUT] |
|       |          |                             | 01 | CMP0 工作, CMP1/2 闲置, 正输入端接 C0P, 负<br>输入端接 C0M, 输出接 CMP_SR[CMP0OUT]                                                                                           |
|       |          |                             | 10 | CMP1 工作, CMP0/2 闲置, 正输入端接 C1P, 负<br>输入端接 C1M, 输出接 CMP_SR[CMP1OUT]                                                                                           |
|       |          |                             | 11 | CMP2 工作, CMP0/1 闲置, 正输入端接 C2P, 负<br>输入端接 C2M, 输出接 CMP_SR[CMP2OUT]                                                                                           |
|       |          | 11                          | 00 | CMP0/1 同时工作, 参考图 33-21, 二路比较器的<br>正输入端分别接 C0P、C1PS, 负输入端接 C0M,<br>输 出 结 果 分 别 送 至 CMP_SR[CMP0OUT]、<br>CMP_SR[CMP1OUT]                                       |
|       |          |                             | 01 | CMP0 工作, CMP1 闲置, 即正输入端接 C0P, 负<br>输入端接 C0M, 输出接 CMP_SR[CMP0OUT]                                                                                            |
|       |          |                             | 10 | CMP1 工作, CMP0 闲置, 即正输入端接 C1PS,<br>负输入端接 C0M, 输出接 CMP_SR[CMP1OUT]                                                                                            |
|       |          |                             | 11 | 保留                                                                                                                                                          |
| [2:1] | CMP0CSEL | CMP0/1/2 轮询速度选择<br>00: 正常轮询 |    |                                                                                                                                                             |

|     |        |                                  |
|-----|--------|----------------------------------|
|     |        | 01: 快速轮询<br>10: 偏低轮询<br>11: 低速轮询 |
| [0] | CMP0EN | CMP0/1/2 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能   |

33.2.4 CMP\_CR3 (CSR:0x603)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |    |          |   |          |   |          |   |   |          |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----------|---|----------|---|----------|---|---|----------|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11       | 10 | 9        | 8 | 7        | 6 | 5        | 4 | 3 | 2        | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP5FSEL |    | CMP9FSEL |   | CMP3FSEL |   | CMP6FSEL |   |   | CMP0FSEL |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | ⌘        | ⌘  | ⌘        | ⌘ | ⌘        | ⌘ | ⌘        | ⌘ | ⌘ | ⌘        | ⌘ | ⌘ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0  | 0        | 0 | 0        | 0 | 0        | 0 | 0 | 0        | 0 | 0 |

| 位       | 名称       | 描述                                                           |
|---------|----------|--------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV      | 保留                                                           |
| [11:10] | CMP5FSEL | CMP5 滤波设置<br>00: 不滤波<br>01: 4 个周期<br>10: 8 个周期<br>11: 16 个周期 |
| [9:8]   | CMP9FSEL | CMP9 滤波设置<br>00: 不滤波<br>01: 4 个周期<br>10: 8 个周期<br>11: 16 个周期 |
| [7:6]   | CMP3FSEL | CMP3 滤波设置<br>00: 不滤波<br>01: 4 个周期<br>10: 8 个周期<br>11: 16 个周期 |
| [5:3]   | CMP6FSEL | CMP6/7/8 滤波设置<br>000: 4 个周期<br>001: 8 个周期<br>010: 16 个周期     |

|       |          |                                                                                                                                      |
|-------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |          | 011: 24 个周期<br>100: 32 个周期<br>101: 64 个周期<br>110: 96 个周期<br>111: 128 个周期                                                             |
| [2:0] | CMP0FSEL | CMP0/1/2 滤波设置<br>000: 4 个周期<br>001: 8 个周期<br>010: 16 个周期<br>011: 24 个周期<br>100: 32 个周期<br>101: 64 个周期<br>110: 96 个周期<br>111: 128 个周期 |

33.2.5 CMP\_SR (CSR:0x604)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11       | 10       | 9       | 8       | 7       | 6       | 5       | 4       | 3       | 2       | 1       | 0       |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP11OUT | CMP10OUT | CMP9OUT | CMP8OUT | CMP7OUT | CMP6OUT | CMP5OUT | CMP4OUT | CMP3OUT | CMP2OUT | CMP1OUT | CMP0OUT |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r        | r        | r       | r       | r       | r       | r       | r       | r       | r       | r       | r       |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位       | 名称       | 描述         |
|---------|----------|------------|
| [31:12] | RSV      | 保留         |
| [11]    | CMP11OUT | CMP11 比较结果 |
| [10]    | CMP10OUT | CMP10 比较结果 |
| [9]     | CMP9OUT  | CMP9 比较结果  |
| [8]     | CMP8OUT  | CMP8 比较结果  |
| [7]     | CMP7OUT  | CMP7 比较结果  |
| [6]     | CMP6OUT  | CMP6 比较结果  |
| [5]     | CMP5OUT  | CMP5 比较结果  |
| [4]     | CMP4OUT  | CMP4 比较结果  |
| [3]     | CMP3OUT  | CMP3 比较结果  |
| [2]     | CMP2OUT  | CMP2 比较结果  |
| [1]     | CMP1OUT  | CMP1 比较结果  |

|     |         |           |
|-----|---------|-----------|
| [0] | CMP0OUT | CMP0 比较结果 |
|-----|---------|-----------|

33.2.6 CMP\_IFR (CSR:0x605)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |         |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11      | 10      | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      | 0      |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP11IF | CMP10IF | CMP9IF | CMP8IF | CMP7IF | CMP6IF | CMP5IF | CMP4IF | CMP3IF | CMP2IF | CMP1IF | CMP0IF |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw0     | rw0     | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    | rw0    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位       | 名称      | 描述                                                                       |
|---------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV     | 保留                                                                       |
| [11]    | CMP11IF | CMP11 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [10]    | CMP10IF | CMP10 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [9]     | CMP9IF  | CMP9 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义  |
| [8]     | CMP8IF  | CMP8 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                            |

|     |        |                                                                         |
|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义                                                  |
| [7] | CMP7IF | CMP7 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [6] | CMP6IF | CMP6 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [5] | CMP5IF | CMP5 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [4] | CMP4IF | CMP4 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [3] | CMP3IF | CMP3 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0           |



|     |        |                                                                         |
|-----|--------|-------------------------------------------------------------------------|
|     |        | 1: 无意义                                                                  |
| [2] | CMP2IF | CMP2 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [1] | CMP1IF | CMP1 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |
| [0] | CMP0IF | CMP0 中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件<br>写:<br>0: 清 0<br>1: 无意义 |

33.2.7 CMP\_SAMR (CSR:0x606)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7     | 6  | 5  | 4  | 3      | 2  | 1  | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|-------|----|----|----|--------|----|----|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | CSOND |    |    |    | CSOFFD |    |    |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw    | rw | rw | rw | rw     | rw | rw | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0     | 0  | 0  | 0  | 0      | 0  | 0  | 0  |

| 位      | 名称    | 描述                                                                                                                                |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV   | 保留                                                                                                                                |
| [7:4]  | CSOND | CMPG1 和 CMPG2 延迟开启采样时间<br>在 PWM 从 OFF 到 ON 或 ON 到 OFF 状态时，功率器件的导通和关闭会干扰比较器输入信号，设置 CMP_SAMR[CSOND]延迟使 CMPG1 和 CMPG2 延迟开启采样，从而避开干扰。 |

|       |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        | <div>延迟开启采样时间 = 32*CMP_SAMR[CSOND]*T</div> <div> 备注：<br/>CMP_SAMR[CSOND]必须大于或等于 CMP_SAMR[CSOFFD]</div>                                                                                                                                        |
| [3:0] | CSOFFD | <div>CMPG1 和 CMPG2 提前关闭采样时间</div> <div>设置 CMP_SAMR[CSOND]后，超出 PWM 波形后沿设定的 CMP_SAMR[CSOND] - CMP_SAMR[CSOFFD]结束采样，使采样区间被 PWM 区间包络。</div> <div>关闭采样时间 = 32*CMP_SAMR[CSOFFD]*T</div> <div> 备注：<br/>CMP_SAMR[CSOND]必须大于或等于 CMP_SAMR[CSOFFD]</div> |

33.2.8 CMP\_DBR (CSR:0x607)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15      | 14 | 13 | 12 | 11 | 10      | 9  | 8  | 7  | 6  | 5   | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|-----|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | DBGSEL2 |    |    |    |    | DBGSEL1 |    |    |    |    | RSV |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -       | rw | rw | rw | rw | rw      | rw | rw | rw | rw | rw  | - | - | - | - | - |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0       | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | - | - | - | - | - |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:15] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| [14:10] | DBGSEL2 | <div>输出 Debug 信号选择，输出到 PB0 端口</div> <div>00000: 不使能 Debug 信号输出</div> <div>00001: ADC1 触发信号</div> <div>00010: ADC2 触发信号</div> <div>00011: ADC3 触发信号</div> <div>00100: CMP0/1/2 PWM ON 采样信号输出</div> <div>00101: CMP0/1/2 PWM OFF 采样信号输出</div> <div>00110: CMP6/7/8 PWM ON 采样信号输出</div> <div>00111: CMP6/7/8 PWM OFF 采样信号输出</div> <div>01000: CMP0/1/2 PWM ON/OFF 采样信号输出</div> <div>01001: CMP0/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出</div> <div>01010: 保留</div> <div>01011: 保留</div> <div>01100: FOC 计算中</div> |

|       |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |         | 01101: FOC 电流环计算中<br>01110: 从电机 FOC 计算中<br>01111: 保留<br>10000: 主电机 DRVx_CNTR 方向<br>10001: 主电机 DRVx_CNTR 上溢点<br>10010: 主电机 DRVx_CNTR 下溢点<br>10011: 主电机 OMEGA 启动中<br>10100: 主电机高频注入状态<br>10101: 主电机外环计算中<br>10110: 保留<br>10111: 保留<br>11000: 从电机 DRVx_CNTR 方向<br>11001: 从电机 DRVx_CNTR 上溢点<br>11010: 从电机 DRVx_CNTR 下溢点<br>11011: 从电机 OMEGA 启动中<br>11100: 从电机高频注入状态<br>11101: 从电机外环计算中<br>11110: 保留<br>11111: 保留                                                                             |
| [9:5] | DBGSEL1 | 输出 Debug 信号选择，输出到 PA1 端口<br>00000: 不使能 Debug 信号输出<br>00001: ADC1 触发信号<br>00010: ADC2 触发信号<br>00011: ADC3 触发信号<br>00100: CMP0/1/2 PWM ON 采样信号输出<br>00101: CMP0/1/2 PWM OFF 采样信号输出<br>00110: CMP6/7/8 PWM ON 采样信号输出<br>00111: CMP6/7/8 PWM OFF 采样信号输出<br>01000: CMP0/1/2 PWM ON/OFF 采样信号输出<br>01001: CMP0/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出<br>01010: 保留<br>01011: 保留<br>01100: FOC 计算中<br>01101: FOC 电流环计算中<br>01110: 从电机 FOC 计算中<br>01111: 保留<br>10000: 主电机 DRVx_CNTR 方向<br>10001: 主电机 DRVx_CNTR 上溢点 |

|       |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |     | 10010: 主电机 DRVx_CNTR 下溢点<br>10011: 主电机 OMEGA 启动中<br>10100: 主电机高频注入状态<br>10101: 主电机外环计算中<br>10110: 保留<br>10111: 保留<br>11000: 从电机 DRVx_CNTR 方向<br>11001: 从电机 DRVx_CNTR 上溢点<br>11010: 从电机 DRVx_CNTR 下溢点<br>11011: 从电机 OMEGA 启动中<br>11100: 从电机高频注入状态<br>11101: 从电机外环计算中<br>11110: 保留<br>11111: 保留 |
| [4:0] | RSV | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

33.2.9 CMP\_CR4 (CSR:0x608)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11      | 10 | 9       | 8  | 7      | 6  | 5      | 4  | 3      | 2  | 1      | 0  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|----|---------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP11IM |    | CMP10IM |    | CMP9IM |    | CMP8IM |    | CMP7IM |    | CMP6IM |    |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | rw      | rw | rw      | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw     | rw | rw     | rw |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0       | 0  | 0       | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  | 0      | 0  |

| 位       | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| [11:10] | CMP11IM | CMP11 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP11IF]置 1，但不产生中断<br><div> 备注：<br/>CMP11 发生中断事件时，若 PFC_CR0[PFC_FM]写 0，PFC2 的输出 PWM2 被强制拉低；若 PFC_CR0[PFC_FM]写 1，两路输出 PWM1 和 PWM2 都被</div> |

|       |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |         | 强制拉低。但并未清除 PFC_CR0[PFCEN]、PFC_CR0[IAC2EN]、PFC_CR0[PFCOE]。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| [9:8] | CMP10IM | CMP10 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP10IF]置 1，但不产生中断                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| [7:6] | CMP9IM  | CMP9 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断；DRV2_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV2_CR[MOE]清 0 <sup>[1]</sup><br>10: 下降沿产生中断；DRV2_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV2_CR[MOE]清 0<br>11: 上升沿使 DRV2_CR[MOE]清 0，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP9IF]置 1，但不产生中断 <sup>[2]</sup><br><div>  备注：           <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; [1] MOE配置详情参考18.16.2.3</li> <li>&gt; [2] CMP9用于逐波限流功能，需配置DRV2_CR[MOEMD] = 10/11。</li> </ul> </div> |
| [5:4] | CMP8IM  | CMP8 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿均产生中断                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| [3:2] | CMP7IM  | CMP7 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿均产生中断                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| [1:0] | CMP6IM  | CMP6 中断模式<br>00: 不产生中断<br>01: 上升沿产生中断<br>10: 下降沿产生中断<br>11: 上升/下降沿均产生中断                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

33.2.10 CMP\_CR5 (CSR:0x609)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8          | 7  | 6       | 5  | 4       | 3  | 2      | 1  | 0       |  |     |  |         |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|------------|----|---------|----|---------|----|--------|----|---------|--|-----|--|---------|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | CMP9P10MFS |    | CMP10EN |    | CMP9MOD |    | CMP9EN |    | CMP9HYS |  | RSV |  | CMP6HYS |  |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | rw         | rw | rw      | rw | rw      | rw | -      | rw | rw      |  |     |  |         |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | 0          | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  | -      | 0  | 0       |  |     |  |         |  |

| 位      | 名称         | 描述                                                                                                                                                       |
|--------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:9] | RSV        | 保留                                                                                                                                                       |
| [8]    | CMP9P10MFS | C9P 与 C10M 功能转移至 PC15。用于母线电流采样（母线电流运放 A00 输出接 PC15）后直接送入过流比较器。<br>0: 功能不转移<br>1: 功能转移至 PC15，此时对应 C9P 有且只有一路输入                                            |
| [7]    | CMP10EN    | CMP10 使能端<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                             |
| [6:5]  | CMP9MOD    | CMP9 的模式选择<br>负输入端接 PC0 或 DAC3 输出<br>00: 单正输入端模式，PC8 接正输入端，参考图 33-8<br>01: 双比较器模式，PC11、PC14 接正输入端，参考图 33-9<br>1x: 三比较器模式，PC8、PC11 和 PC14 接正输入端，参考图 33-10 |
| [4]    | CMP9EN     | CMP9 使能端<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                              |
| [3]    | CMP9HYS    | CMP9 的迟滞配置<br>0: 无迟滞<br>1: 有迟滞                                                                                                                           |
| [2]    | RSV        | 保留                                                                                                                                                       |
| [1:0]  | CMP6HYS    | CMP6/7/8 的迟滞配置<br>00: 无迟滞<br>01: ±3mV<br>10: ±6mV<br>11: ±12mV                                                                                           |

33.2.11 CMP\_CR6 (CSR:0x60A)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11          | 10 | 9   | 8       | 7      | 6  | 5       | 4  | 3       | 2  | 1        | 0 |        |  |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|-----|---------|--------|----|---------|----|---------|----|----------|---|--------|--|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CMP6SAM1SEL |    | RSV | HALL1EN | CMP6FS |    | CMP6MOD |    | CMP6SEL |    | CMP6CSEL |   | CMP6EN |  |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | rw          | rw |     | rw      | rw     | rw | rw      | rw | rw      | rw | rw       |   |        |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | -   | 0       | 0      | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  | 0        | 0 |        |  |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0           | 0  | -   | 0       | 0      | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  | 0        | 0 |        |  |

| 位       | 名称          | 描述                                                                                                                                                                       |
|---------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:12] | RSV         | 保留                                                                                                                                                                       |
| [11:10] | CMP6SAM1SEL | CMP6、CMP7、CMP8 在 PWM ON/OFF 采样延迟使能<br>00: 在 ON 和 OFF 均采样，无延迟采样<br>01: 只在 OFF 采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样<br>10: 只在 ON 采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样<br>11: 在 ON 和 OFF 均采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样 |
| [9]     | CMP6CSEL    | CMP6/7/8 轮询速度选择<br>00: 正常轮询<br>01: 快速轮询<br>10: 偏低轮询<br>11: 低速轮询                                                                                                          |
| [8]     | HALL1EN     | Hall1 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                                                                                                              |
| [7]     | CMP6FS      | CMP7、CMP8 功能转移模式使能<br>0: 不使能<br>1: 使能，仅当 CMP6MOD = 01 时有效，其余情况忽略此位                                                                                                       |
| [6:5]   | CMP6MOD     | CMP6 的模式设置<br>00: 无内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-22<br>01: 内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-23 和图 33-24<br>10: 差分三比较器模式，参考图 33-25<br>11: 双比较器模式，参考图 33-26                           |
| [4:3]   | CMP6SEL     | CMP6 的端口组合选择，与 CMP_CR6[CMP6MOD]组合使用。                                                                                                                                     |

表 33-2 CMPG2 端口与 CMP\_CR6[CMP6MOD]组合的功能描述

| CMP6MOD | CMP6SEL | 功能描述                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 00      | 00      | CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-22，三路比较器的负端均接 C6M，硬件将正输入端 C6P、C7P、C8P 分别与公共负输入端 C6M 比较，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP6OUT]、CMP_SR[CMP7OUT]、CMP_SR[CMP8OUT]                                                                                                               |
|         | 01      | CMP6 工作，CMP7/8 闲置，正输入端接 C6P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP6OUT]                                                                                                                                                                                           |
|         | 10      | CMP7 工作，CMP6/8 闲置，正输入端接 C7P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]                                                                                                                                                                                           |
|         | 11      | CMP8 工作，CMP6/7 闲置，正输入端接 C8P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP8OUT]                                                                                                                                                                                           |
| 01      | 00      | CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-23 和图 33-24，三路比较器的负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点。当 CMP_CR6[CMP6FS] = 0 时，硬件自动将正输入端 C6P、C7P、C8P 分别与公共负输入端 C6M 比较；当 CMP_CR6[CMP6FS] = 1 时，硬件自动将正输入端 C6P、C7PS、C8PS 分别与公共负输入端 C6M 比较，输出结果分别送至 CMP_SR[CMP6OUT]、CMP_SR[CMP7OUT]、CMP_SR[CMP8OUT] |
|         | 01      | CMP6 工作，CMP7/8 闲置，正输入端接 C6P，负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP6OUT]                                                                                                                                                                                 |
|         | 10      | CMP7 工作，CMP6/8 闲置<br>CMP_CR6[CMP6FS] = 0, 正输入端接 C7P，<br>CMP_CR6[CMP6FS] = 1, 正输入端接 C7PS<br>负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]                                                                                                                  |
|         | 11      | CMP8 工作，CMP6/7 闲置<br>CMP_CR6[CMP6FS] = 0, 正输入端接 C8P，<br>CMP_CR6[CMP6FS] = 1, 正输入端接 C8PS<br>负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP8OUT]                                                                                                                  |
| 10      | 00      | CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-25，三路比较器的正输入端分别接 C6P、C7P、C8P，与之对                                                                                                                                                                                               |



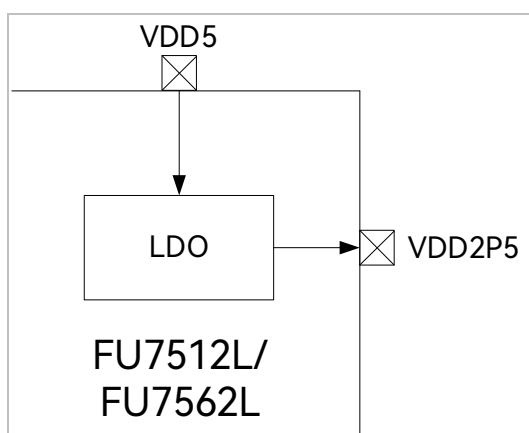
|       |        |                                |    |                                                                                                  |
|-------|--------|--------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |        |                                |    | 应的负输入端分别接 C6M、C7M、C8M，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP6OUT]、CMP_SR[CMP7OUT]、CMP_SR[CMP8OUT]                  |
|       |        |                                | 01 | CMP6 工作，CMP7/8 闲置，正输入端接 C6P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP6OUT]                                        |
|       |        |                                | 10 | CMP7 工作，CMP6/8 闲置，正输入端接 C7P，负输入端接 C7M，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]                                        |
|       |        |                                | 11 | CMP8 工作，CMP6/7 闲置，正输入端接 C8P，负输入端接 C8M，输出接 CMP_SR[CMP8OUT]                                        |
|       |        | 11                             | 00 | CMP6/7 同时工作，参考图 33-26，二路比较器的正输入端分别接 C6P、C7PS，负输入端接 C6M，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP6OUT]、CMP_SR[CMP7OUT] |
|       |        |                                | 01 | CMP6 工作，CMP7 闲置，即正输入端接 C6P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP6OUT]                                         |
|       |        |                                | 10 | CMP7 工作，CMP6 闲置，即正输入端接 C7P，负输入端接 C7M，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]                                         |
|       |        |                                | 11 | 保留                                                                                               |
| [2:1] | RSV    | 保留                             |    |                                                                                                  |
| [0]   | CMP6EN | CMP6/7/8 使能<br>0: 不使能<br>1: 使能 |    |                                                                                                  |

## 34 电源模块

### 34.1 LDO

#### 34.1.1 FU7512L/FU7562L LDO 模块简介

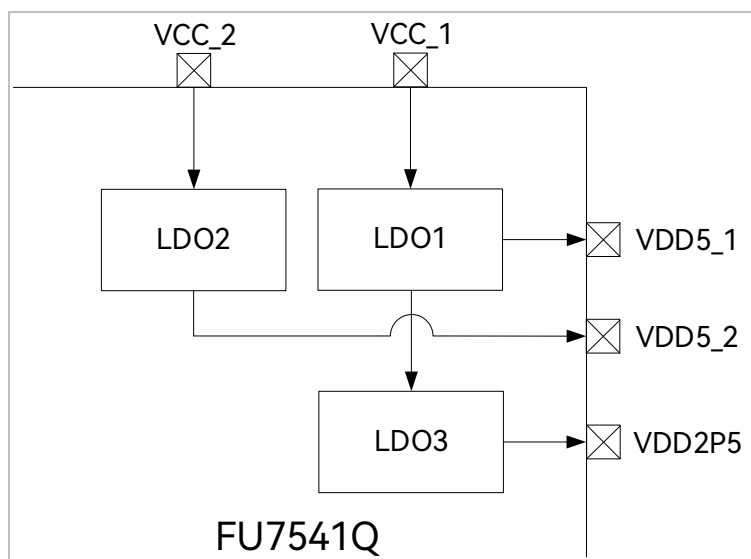
图 34-1 FU7512L/FU7562L LDO 模块功能框图



FU7512L/FU7562L LDO 模块的输入输出端口如图 34-1 所示。LDO 将输入电源电压降压至 2.5V (VDD2P5) 给芯片内部供电。

#### 34.1.2 FU7541Q LDO 模块简介

图 34-2 FU7541Q LDO 模块功能框图



FU7541Q LDO 模块的输入输出端口如图 34-2 所示。LDO1、LDO2 将输入电源电压分别降压至 5V (VDD5\_1 和 VDD5\_2)给芯片内部供电；LDO3 将 LDO1 输入电源电压进一步降压至 2.5V (VDD2P5)给芯片内部供电。

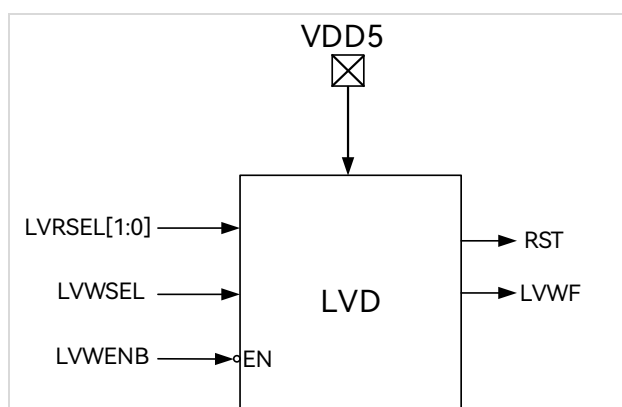
## 34.2 低压检测

### 34.2.1 低压检测简介

芯片低压检测包括两个部分：低电压预警和低电压复位。

### 34.2.2 低压检测操作说明

图 34-3 低电压检测模块

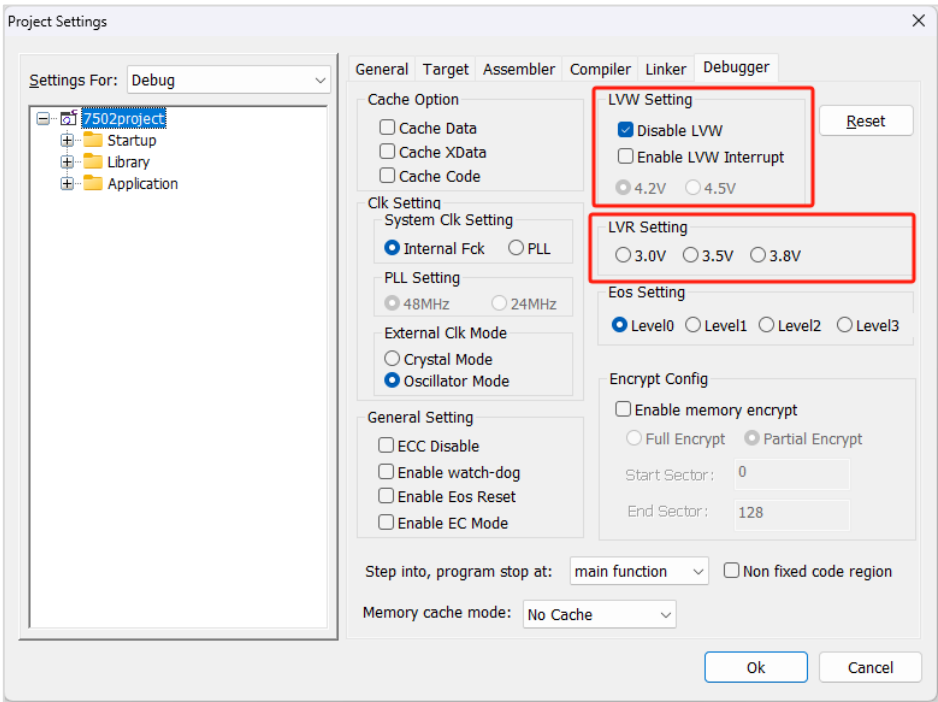


低压检测模块操作说明如下：

- ＞ 低电压预警和低电压复位默认一直使能
- ＞ 低电压预警电压可设置为4.2/4.5V两个档位，可使能中断。使能中断后当VDD5电压低于预警电压设定值时，触发中断。
- ＞ 低电压复位电压可设置为3.0/3.5/3.8V三个档位。当VDD5电压低于复位电压设定值后，芯片复位低电压预警电压、中断配置以及低电压复位电压通过编译器中配置选项完成，如图 34-4所示。

其中，LVR Setting 设置低电压复位电压，Enable LVW Interrupt 设置低电压中断使能，LVW Setting 设置低电压预警电压。

图 34-4 低电压预警电压、中断配置以及低电压复位电压设置



34.3 低压检测寄存器

34.3.1 LVSR (CSR:0x408)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3    | 2     | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|------|-------|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | LVWF | LVWIF |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | r    | rw0   |   |   |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | 0    | 0     |   |   |

| 位      | 名称    | 描述                                                        |
|--------|-------|-----------------------------------------------------------|
| [31:2] | RSV   | 保留                                                        |
| [1]    | LVWF  | VDD5 低电压标志位<br>反映当前是否处于低电压状态<br>0: 当前无低电压报警<br>1: 当前低电压报警 |
| [0]    | LVWIF | VDD5 低电压中断事件标志位<br>读:<br>0: 未发生中断事件                       |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                               |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <div>1: 发生中断事件</div> <div>写:</div> <div>0: 清 0</div> <div>1: 无意义</div> <div><div></div><div>备注:</div></div> <div>当低电压检测中断不使能，该位不会硬件置 1</div> |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 35 Flash

### 35.1 Flash 简介

芯片片内 Flash 总共提供 64kB 数据空间和 8kB ECC 空间。支持扇区/页/全片擦除、扇区/页/全片预编程、字节编程等操作。Flash 在被编程时，CPU 会暂停取指，直到 Flash 编程结束。

主要特性:

- 每个单元(Cell)有8B数据空间和1B ECC空间，共计8k个单元
- 每个扇区(Sector)为32个单元即256B，共计256个扇区
- 每页(Page)包含16个扇区即4kB，共计16页
- 最后一个扇区(地址范围: 0xFF00 ~ 0xFFFF)任何时刻不能被擦除
- 扇区/页/全片擦除时间约120ms ~ 210ms
- 使用store指令完成Flash的操作
- 提供ECC对数据进行检查，可进行1位纠错
- 可以进行的Flash编程操作：
  - 最多8字节数据编程操作，ECC字节可选自动触发计算或者手动触发计算
  - 以扇区为单位的擦除
  - 以扇区为单位的Flash维护模式
  - 以页为单位的擦除
  - 以页为单位的Flash维护模式
  - 以全片为单位的擦除
  - 以全片为单位的Flash维护模式

### 35.2 Flash 操作说明

Flash 操作需要按以下步骤进行:

1. 解除编程限制: Flash开锁寄存器FLA\_KEY依次写入0x5A, 0x1F后开启软件编程Flash功能。若顺序不对或写其它值将使此功能冻结，直到下一次复位。开锁后，任何一次写FLA\_CR的动作都会使FLA\_KEY

再次上锁。

2. 编程前准备：停止WDT工作，防止误触发WDT复位;
3. 配置编程模式：配置FLA\_CR[FLAEN] = 1 编程使能后，设置相关配置位选择flash操作，具体功能和对应的配置位见表 35-1。

表 35-1 Flash 基本操作配置

| FLA_CR 配置位                            | Flash 基本操作                                        |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------|
| FLAEN                                 | 8 字节数据+ECC 字节编程，根据即将编程的 8 字节数据计算 ECC，并编程到 ECC 字节中 |
| FLAEN   FLASIZE   FLAECC              | ECC 字节编程，根据 Flash 中已有的数据计算 ECC，并编程到 ECC 字节中       |
| FLAEN   FLASIZE                       | 单字节数据编程                                           |
| FLAEN   FLAERS                        | 扇区擦除                                              |
| FLAEN   FLAPRE                        | 扇区预编程                                             |
| FLAEN   FLAPRE   FLAMARGIN1           | 扇区维护模式                                            |
| FLAEN   FLAERS   FLAPAGE              | 页擦除                                               |
| FLAEN   FLAPRE   FLAPAGE              | 页预编程                                              |
| FLAEN   FLAPRE   FLAPAGE   FLAMARGIN1 | 页检查模式                                             |
| FLAEN   FLAERS   FLACHIP              | 全片擦除                                              |
| FLAEN   FLAPRE   FLACHIP              | 全片预编程                                             |
| FLAEN   FLAPRE   FLACHIP   FLAMARGIN1 | 全片维护模式                                            |
| FLAEN   FLAECCMANUAL                  | 8 字节数据编程                                          |
| FLAEN   FLAECC   FLAECCMANUAL         | ECC 字节编程，手动 ECC                                   |



备注:

- > 程序执行过程中如果对Flash进行改写操作，CRC也会随之改变。
- > ECC可通过0x01000000的地址段访问，即0x01000000+目标cell地址就是ECC地址。在cfg\_unlock模式下可直接使用单字节编程手动修改ECC字节（确保低三位为0）

### 35.3 ECC 校验

#### 35.3.1 ECC 校验简介

ECC 校验模块针对 Flash 数据进行保护，本模块每 64 位数据产生 8 位 ECC 校验值，能对 1 位错误进行纠错，识别 ECC 奇数个位错误和 ECC 偶数个位错误并提供相应的错误中断源。

本模块提供了 ECC 错误累计计数功能可以对 ECC 错误进行累计。当累计次数达到设定阈值后，产生 ECC 多次错误中断源。

### 35.4 Flash 寄存器

#### 35.4.1 FLA\_CR (CSR:0x4E1)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |     |    |          |     |    |   |            |     |        |         |         |         |        |        |       |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|-----|----|----------|-----|----|---|------------|-----|--------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14  | 13 | 12       | 11  | 10 | 9 | 8          | 7   | 6      | 5       | 4       | 3       | 2      | 1      | 0     |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | FLAERR | RSV |    | FLAM0ERR | RSV |    |   | FLAMARGIN1 | RSV | FLAECC | FLASIZE | FLACHIP | FLAPAGE | FLAPRE | FLAERS | FLAEN |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | r      | -   | -  | r        | -   | -  | - | -          | -   | w      | w       | w       | w       | w      | w      | w     |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -      | -   | -  | -        | -   | -  | - | -          | -   | 0      | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0     |

| 位       | 名称         | 描述                                                                |
|---------|------------|-------------------------------------------------------------------|
| [31:16] | RSV        | 保留                                                                |
| [15]    | FLAERR     | Flash 编程/预编程错误标志位<br>0: 未发生操作错误事件<br>1: 发生操作错误事件                  |
| [14:13] | RSV        | 保留                                                                |
| [12]    | FLAM0ERR   | Flash Margin0 错误标志位<br>0: 未发生 Margin0 错误事件<br>1: 发生 Margin0 错误事件  |
| [11:9]  | RSV        | 保留                                                                |
| [8]     | FLAMARGIN1 | Flash Margin1 测试模式使能<br>0: 不使能 Margin1 测试模式<br>1: 使能 Margin1 测试模式 |
| [7]     | RSV        | 保留                                                                |
| [6]     | FLAECC     | Flash ECC 字节编程使能                                                  |



|     |         |                                                                                                                                                                          |
|-----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |         | 0: 不使能<br>1: 使能<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAECC]才生效                   |
| [5] | FLASIZE | Flash 编程数据字节大小<br>0: 8B<br>1: 1B<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLASIZE]才生效 |
| [4] | FLACHIP | Flash 全片操作使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLACHIP]才生效 |
| [3] | FLAPAGE | Flash 页操作使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAPAGE]才生效 |
| [2] | FLAPRE  | Flash 预编程使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAPRE]才生效  |
| [1] | FLAERS  | Flash 擦除使能<br>0: 不使能<br>1: 使能<br> 备注:<br>只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAERS]才生效   |
| [0] | FLAEN   | Flash 编程使能                                                                                                                                                               |

|  |  |                 |
|--|--|-----------------|
|  |  | 0: 不使能<br>1: 使能 |
|--|--|-----------------|

35.4.2 FLA\_KEY (CSR:0x4E0)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1       | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---------|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   | FLAKSTA |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | r       | r |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | 0       | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                                                          |
|--------|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| [31:2] | RSV     | 保留                                                                          |
| [1:0]  | FLAKSTA | 读:反映的是 Flash 解锁状态<br>00: 上锁<br>01: 0x5A 已经写入，等待 0x1F 写入<br>10: 冻结<br>11: 开锁 |

35.4.3 FLA\_ECC\_CR (CSR:0x4F0)

| 31           | 30 | 29 | 28 | 27 | 26  | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8             | 7            | 6           | 5   | 4 | 3            | 2           | 1            | 0           |
|--------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---------------|--------------|-------------|-----|---|--------------|-------------|--------------|-------------|
| ECC_ARR_MASK |    |    |    |    | RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   | ECC_LMERR_CEN | ECC_LERR_CEN | ECC_MERR_IE | RSV |   | ECC_CMERR_IE | ECC_CERR_IE | ECC_LMERR_IE | ECC_LERR_IE |
| rw           | rw | rw | rw | rw | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | rw            | rw           | rw          | -   | - | rw           | rw          | rw           | rw          |
| 1            | 0  | 0  | 0  | 0  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0 | 0             | 0            | -           | -   | 0 | 0            | 0           | 0            |             |

| 位       | 名称            | 描述                                              |
|---------|---------------|-------------------------------------------------|
| [31:27] | ECC_ARR_MASK  | 多次 ECC 错误中断触发阈值掩码<br>设置此值决定产生多次 ECC 错误中断的累计错误次数 |
| [26:9]  | RSV           | 保留                                              |
| [8]     | ECC_LMERR_CEN | 从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误计数使能<br>0: 不使能          |

|       |              |                                                                                                  |
|-------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |              | 1: 使能                                                                                            |
| [7]   | ECC_LERR_CEN | 从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误计数使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |
| [6]   | ECC_MERR_IE  | ECC 累计错误中断使能。当该中断使能时 ECC_ERR_CNTR 才会进行 ECC 错误计数；当该中断不使能时，ECC_ERR_CNTR 将一直为 0。<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5:4] | RSV          | 保留                                                                                               |
| [3]   | ECC_CMERR_IE | 从 Flash 中取指令时发生多位 ECC 错误中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |
| [2]   | ECC_CERR_IE  | 从 Flash 中取指令时发生单位 ECC 错误中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |
| [1]   | ECC_LMERR_IE | 从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |
| [0]   | ECC_LERR_IE  | 从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误中断使能<br>0: 不使能<br>1: 使能                                                  |

35.4.4 FLA\_ECC\_SR (CSR:0x4F1)

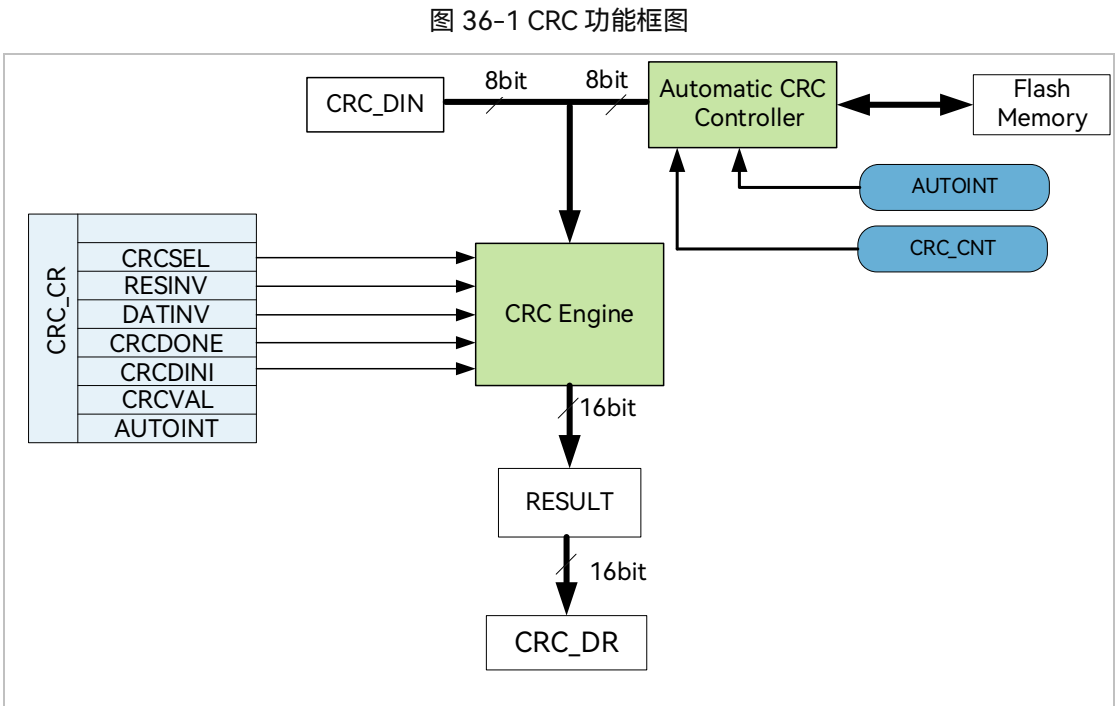
|               |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |             |     |   |              |             |              |             |
|---------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|-------------|-----|---|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 31            | 30 | 29 | 28 | 27 | 26  | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6           | 5   | 4 | 3            | 2           | 1            | 0           |
| ECC_CNTR_MASK |    |    |    |    | RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   | ECC_MERR_IF | RSV |   | ECC_CMERR_IF | ECC_CERR_IF | ECC_LMERR_IF | ECC_LERR_IF |
| r             | r  | r  | r  | r  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | rw0         | -   | - | rw0          | rw0         | rw0          | rw0         |
| 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | 0           | -   | - | 0            | 0           | 0            | 0           |

| 位       | 名称            | 描述           |
|---------|---------------|--------------|
| [31:27] | ECC_CNTR_MASK | ECC 错误累计次数掩码 |
| [26:7]  | RSV           | 保留           |

|       |              |                                                                                                     |
|-------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [6]   | ECC_MERR_IF  | ECC 累计错误中断使能标志位，当该中断使能时 ECC_ERR_CNTR 才会进行 ECC 错误计数；当该中断不使能时，ECC_ERR_CNTR 将一直为 0。<br>0: 不使能<br>1: 使能 |
| [5:4] | RSV          | 保留                                                                                                  |
| [3]   | ECC_CMERR_IF | 从 Flash 中取指令时发生多位 ECC 错误中断标志位<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                                            |
| [2]   | ECC_CERR_IF  | 从 Flash 中取指令时发生单位 ECC 错误中断使能标志位<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                                          |
| [1]   | ECC_LMERR_IF | 从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误中断使能标志位<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                                          |
| [0]   | ECC_LERR_IF  | 从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误中断使能标志位<br>0: 未发生中断事件<br>1: 发生中断事件                                          |

# 36 CRC

## 36.1 CRC 功能框图



CRC 根据固定的生成多项式得到任一 8 位数据的 CRC 计算结果。如图 36-1 所示，CRC 接收 CRC\_DIN 寄存器的 8 位数据，计算完成后将 16 位结果发送至内部寄存器，通过 CRC\_DR 间接访问内部结果寄存器。

## 36.2 CRC16 多项式

芯片支持两种 CRC 计算多项式：基于 CRC16-CCITT-FALSE 标准的多项式和基于 CRC16 标准的多项式： $x^{16}+x^{15}+x^2+1$ 。

表 36-1 CRC 标准与多项式

| CRC 标准            | 生成多项式                       | 16 进制表示 |
|-------------------|-----------------------------|---------|
| CRC16-CCITT-FALSE | $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ | 0x1021  |
| CRC16-MODBUS      | $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ | 0x8005  |

## 36.3 CRC16 基本逻辑图

串行 CRC16 的电路原理如图 36-2 所示。芯片采用并行算法实现，对每个输入字节，MCU 用 1 个系统时

钟即可计算出结果。

图 36-2 CRC16-CCITT-FALSE 电路原理图

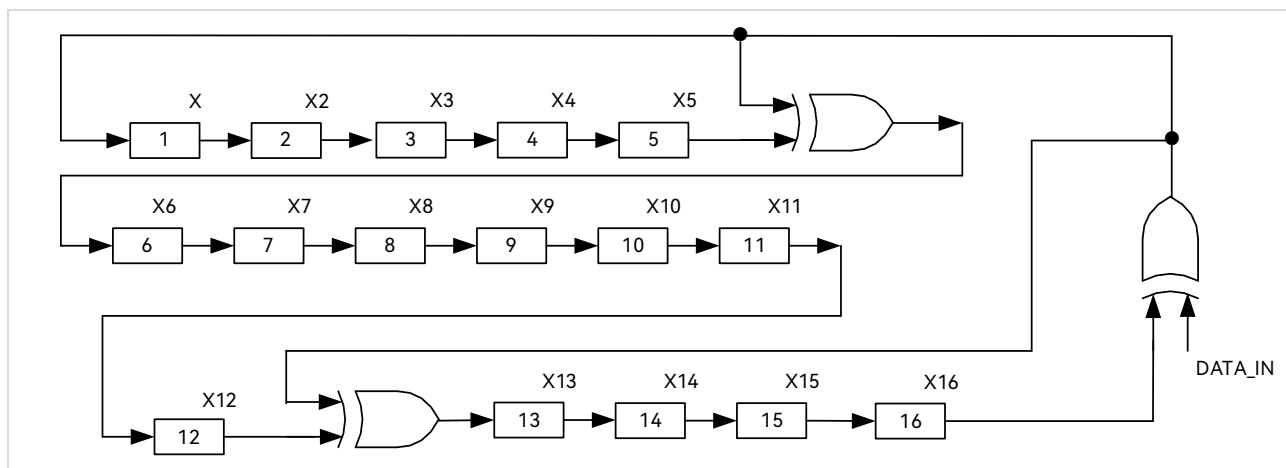
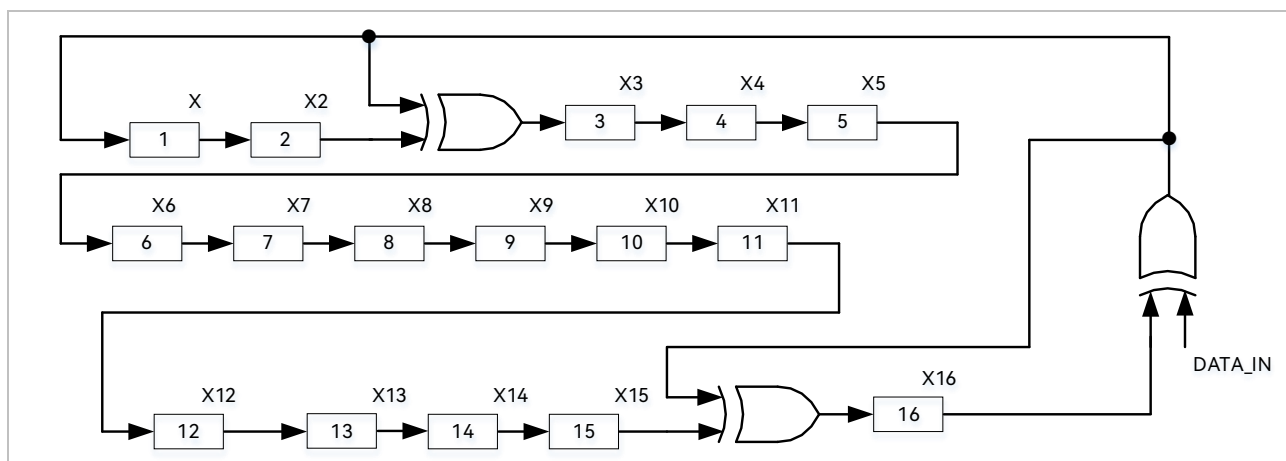


图 36-3 CRC16-MODBUS 电路原理图



## 36.4 CRC 操作说明

### 36.4.1 计算单个字节的 CRC

计算单个字节的 CRC 值，按以下步骤进行：

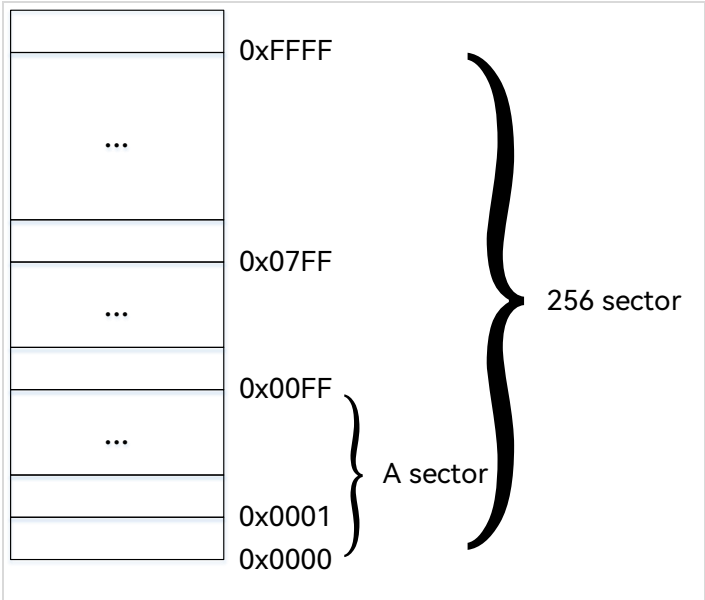
1. 初始化 CRC\_DR，有两种方式可以选择：配置 CRC\_CR[CRCVAL]并将 CRC\_CR[CRCDINI]置 1，初始值为 0x0000 或 0xFFFF；
2. 向输入数据寄存器 CRC\_DIN 写入数据，下个时钟周期 CRC 计算完成；
3. 读取 CRC 结果：软件读取结果输出寄存器 CRC\_DR。

36.4.2 批量计算 ROM 数据 CRC

计算 ROM 中某片连续区域数据的 CRC 值按以下步骤进行:

- 1. 初始化CRC\_DR, 方法同单字节CRC;
- 2. 配置CRC\_BEG, 设置要计算的ROM的起始扇区;
- 3. 配置CRC\_CNT, 设置起始扇区到结束扇区的扇区偏移量;
- 4. 向CRC\_CR[AUTOINT]写1, 保持其它位不变, 会启动自动计算过程;
- 5. 等待CRC\_CR[CRCDONE] = 1, 读取CRC结果。

图 36-4 ROM 访问分区图



- 6. 如图 36-4所示, ROM共有64k字节, 分成256个sector, 编号从sector0到sector255。每个sector包含256个字节。在进行CRC批量计算时, 起始sector的值CRC\_BEG可以是0 ~ 255之间的任何值, 包括0和255。需要计算的sector总数的数值CRC\_CNT可以是0 ~ 255, 包括0和255。

需要注意的是, 随着 CRC\_BEG 的增大, CRC\_CNT 应该相应减小, 需满足  $CRC\_BEG + CRC\_CNT \leq 255$ 。

36.4.3 DMA 计算 CRC

通过 DMA 计算指定地址连续数据的 CRC 值按以下步骤进行:

- 1. 初始化CRC\_DR, 方法同单字节CRC;
- 2. 配置DMAx\_CR, 配置成CRC模式, 并使能DMA;

3. 配置DMAx\_BA，设置起始数据基地址；
4. 配置DMAx\_LEN，设置数据长度；
5. 向DMAx\_CR[DMABSY]写1，会启动自动计算过程；
6. 等待DMAx\_CR[DMABSY] = 0，读取CRC结果。

### 36.5 CRC 寄存器

#### 36.5.1 CRC\_DIN (CSR:0x1D8)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | CRC_DIN |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≥       | ≥ | ≥ | ≥ | ≥ | ≥ | ≥ | ≥ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                                                                                                                                                                                                                                 |
| [7:0]  | CRC_DIN | CRC 模块输入数据<br>每次向此寄存器写入一个数据时，CRC 模块自动在现有 CRC 结果的基础上，根据输入数据计算出新的 CRC 结果，并覆盖原 CRC 结果。<br><div> 备注：<br/>此寄存器是一个虚拟寄存器，写入的数据并不保存。读取此地址时返回 0x00</div> |

#### 36.5.2 CRC\_CR (CSR:0x1D9)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7      | 6      | 5      | 4       | 3       | 2      | 1       | 0   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|-----|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | RESINV | DATINV | CRCSEL | CRCDONE | CRCDINI | CRCVAL | AUTOINT | RSV |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | rw     | rw     | rw     | r1      | w1      | rw     | w1      | -   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0      | 0      | 0      | 1       | 0       | 0      | 0       | -   |



| 位      | 名称      | 描述                                                                                              |
|--------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                                                                                              |
| [7]    | RESINV  | CRC 输出结果翻转<br>0: 正常输出结果<br>1: 输出结果取反后输出                                                         |
| [6]    | DATINV  | CRC 数据输入翻转<br>0: 数据正常输入<br>1: 数据取反后输入                                                           |
| [5]    | CRCSEL  | CRC 多项式选择位<br>0: CRC 标准为 CRC16-CCITT-FALSE<br>1: CRC 标准为 CRC16                                  |
| [4]    | CRCDONE | CRC 批量计算完成标志位<br>在 CRC 批量计算模式过程中，硬件自动将这一位写 0，并且软件代码也会停止执行；在其它情况下，硬件自动将这一位置为 1，所以，软件读取这一位始终返回 1。 |
| [3]    | CRCDINI | CRC 结果初始化触发<br>0: 无意义<br>1: 触发 CRC 结果初始化                                                        |
| [2]    | CRCVAL  | CRC 结果初始化选择位<br>0: CRC 结果初始化为 0x0000<br>1: CRC 结果初始化为 0xFFFF                                    |
| [1]    | AUTOINT | CRC 批量计算启动<br>0: 无意义<br>1: 启动批量 CRC 计算<br>参考批量计算 ROM 数据 CRC                                     |
| [0]    | RSV     | 保留                                                                                              |



备注：  
计算单个字节 CRC 校验时，配置 CRC\_CR[AUTOINT] = 0。

36.5.3 CRC\_DR (CSR:0x1DA)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |        |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15     | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | CRC_DR |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 1      | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | 0      | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位       | 名称     | 描述       |
|---------|--------|----------|
| [31:16] | RSV    | 保留       |
| [15:0]  | CRC_DR | CRC 结果输出 |

36.5.4 CRC\_BEG (CSR:0x1DB)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | CRC_BEG |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≡       | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                                                                          |
|--------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                                                                                          |
| [7:0]  | CRC_BEG | 自动计算 CRC 的 ROM 起始扇区<br>例: 如果 CRC_BEG 的值是 1，则自动计算 CRC 的起始地址为 1*256 = 256，实际上是从第二个扇区的第一个字节开始。 |

36.5.5 CRC\_CNT (CSR:0x1DC)

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7       | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | CRC_CNT |   |   |   |   |   |   |   |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | ≡       | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ | ≡ |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | 0       | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| 位      | 名称      | 描述                                                                    |
|--------|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| [31:8] | RSV     | 保留                                                                    |
| [7:0]  | CRC_CNT | 自动 CRC 计算的扇区偏移量<br>此值定义了需要计算 CRC 值的 ROM 扇区的偏移量，通过此值可决定自动 CRC 计算的结束扇区。 |

# 37 休眠模式

## 37.1 休眠模式简介

芯片提供了三种工作模式: 正常, 待机和睡眠。通过设置寄存器 PCON[IDLE]和 PCON[STOP]的值选择不同的工作模式。

使芯片进入睡眠模式, 务必确保以下条件:

- > 配置CK\_CR[DRV1CKEN] = 0且CK\_CR[DRV2CKEN] = 0;
- > 配置MIE[IRQ\_EN] = 0;
- > 配置PCON[STOP] = 1;
- > 增加代码: asm volatile("WFI")。该语句为RISC-V架构定义的专门用于休眠的指令。当处理器执行到WFI指令之后, 将会停止执行当前的指令流, 进入睡眠状态。

各种功耗模式下的模块工作情况总结如表 37-1 所示:

表 37-1 功耗模式

| 电源模式 | 描述                                                                    | 唤醒源                                | 功耗性能       |
|------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------|
| 正常   | 除去被关掉的外设, 其他模块全速工作                                                    | NA                                 | 功耗较高, 性能最好 |
| 待机   | CPU 时钟被暂停, 其他功能模块关闭或工作, 由其控制位决定, 看门狗时钟被暂停。                            | 任何中断<br>外部 Reset/Debug 复位          | 功耗低, 性能灵活  |
| 睡眠   | Flash 深度睡眠。模拟快时钟电路关闭, MCU 软件应注意在进入睡眠前, 确保 ADC、FOC、驱动电路已处于空闲。看门狗时钟被关闭。 | 外部中断, RTC 中断,<br>外部 Reset/Debug 复位 | 功耗很低, 性能灵活 |

37.2 休眠模式寄存器

37.2.1 PCON(CSR:0x4D2)

| 31  | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1  | 0    |      |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|------|
| RSV |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    | STOP | IDLE |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | rw | rw   |      |
| -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | - | - | - | - | - | - | - | - | 0  | 0    |      |

| 位      | 名称   | 描述                        |
|--------|------|---------------------------|
| [31:2] | RSV  | 保留                        |
| [1]    | STOP | 写 1 使芯片进入睡眠模式，唤醒后由硬件自动清 0 |
| [0]    | IDLE | 写 1 使芯片进入待机模式，唤醒后由硬件自动清 0 |

## 38 代码保护

### 38.1 代码保护简介

芯片支持 Flash 全芯片加密的方式，用于保护客户的软件知识产权，免受非法的用户操作。当 Flash 被加密后，数据无法读取，只能通过硬件 CRC 校验来对比程序是否一致。

### 38.2 代码保护操作说明

图 38-1 代码保护配置

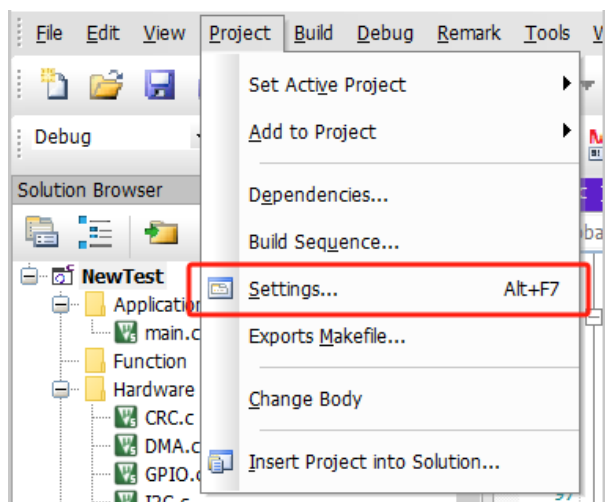
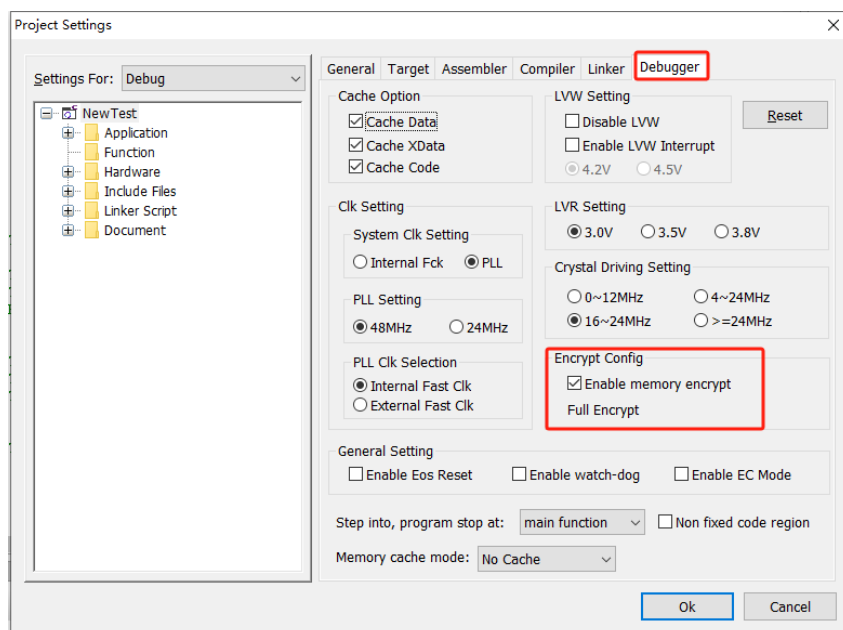


图 38-2 代码保护全保护模式



加密步骤为:

1. 打开IDE集成开发工具，按照上图 38-1所示进行选择，编译前进入Project Settings并选择Debugger选项卡，然后点击debugger进入下一步设置；
2. 按照图 38-2所示进行选择并设置，点击OK。然后点击Rebuild编译工程并下载，得到BIN文件并烧录到Flash后即可达到代码保护的效果。

# 39 修订记录

| 版本   | 主要修改内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 生效日期       | 修订者                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|
| V0.1 | 预发布                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2024/04/22 | 杨博文/<br>朱兵华         |
| V0.2 | 1. 删除 10.4 串行帧通讯;<br>2. 细分 16 ME 寄存器为 23 类;<br>3. 更新 13 CAN、14 Timer2/5/6、15 Timer3/4/7、17 PFC、27 DAC、35 CRC。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2024/09/19 | 康文杰/<br>杨博文/<br>朱兵华 |
| V0.3 | 1. 更新 2 引脚定义;<br>2. 更新 4 订购信息;<br>3. 增加 5 电气特性;<br>4. 增加 Timer8;<br>5. 更新 13 LIN、18 ME、19 PFC;<br>6. 更新 25 IO。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2025/05/12 | 朱兵华                 |
| V1.0 | 1. 英文缩写及说明更新 AFO 英文全称, 增加 PFC 条目;<br>2. 1.5.5.1 CSR 地址映射表更新 0x1A7 寄存器名称为 LIN_IDLECNT;<br>3. 更新 NFOC1/2 地址映射表;<br>4. 寄存器名称 TCON 改名为 EXT_TCON;<br>5. 1.1 特性更新 64kB Flash ROM 为 64kB Flash;<br>6. 2.1 FU7512L 引脚列表更新 PD0 定义中括号内容为“对 PFC 输入电压 UAC 采样”;<br>7. 5.7 参考电压电气特性增加最小值、最大值;<br>8. 更新 13 LIN;<br>9. 16.2.5.2 步进模式删除“方向改变会产生 TIMx_SR[TxIR]中断事件标志位。”;<br>10. 自适应磁链观测器改为全阶磁链观测器;<br>11. 18.8 弱磁更新“根据 NFOCx_UD 和 NFOCx_UQ 得到 NFOCx_US, 对 NFOCx_US 进行滤波得到 NFOCx_USFLT。”为“根据 NFOCx_UALPHA 和 NFOCx_UBETA 得到 NFOCx_US, 对 NFOCx_US 进行滤波得到 NFOCx_USFLT。”;<br>12. 18.15.2 FG 中断更新文字部分说明;<br>13. 18.17.2.2 DRVx_CR[15]描述增加 0: 向上计数; 1: 向下计数;<br>14. 18.17.2.5 DRVx_FCR0 (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2)更新[15:13]描述;<br>15. 增加 18.17.17.4 NFOCx_ZALORG (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2);<br>16. 增加 18.17.17.5 NFOCx_ZBEORG (0x3000017E/0x3001017E) (x=1/2);<br>17. 18.17.17.11 NFOCx_THECOM (0x300001A4/0x300101A4) (x = 1/2)增加备注; | 2025/06/30 | 朱兵华                 |

| 版本   | 主要修改内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 生效日期       | 修订者 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|
|      | <div>18. 增加 18.17.17.15 NFOCx_ZALPHA(0x30000214/0x30010214) (x = 1/2);</div> <div>19. 18.17.17.20 NFOCx_ITHETA (0x300000D2/0x300100D2) (x = 1/2)地址改为 0x300003EE/0x300103EE;</div> <div>20. 19.1.1 简介增加备注;</div> <div>21. 更新图 19 1 PFC 硬件连接关系示意图;</div> <div>22. 更新 21 时钟;</div> <div>23. 29 DMA 增加 DMADIR 模块;</div> <div>24. 33.2.8 CMP_DBR (CSR:0x607)[14:10]描述更新“.....输出到 PA1 端口”为“.....输出到 PB0 端口”;</div> <div>25. 文档转为正式版本。</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |            |     |
| V2.0 | <div>1. 增加 FU7541Q 信息，更新 5 电气特性;</div> <div>2. 增加 4kB PRAM;</div> <div>3. 删除方波;</div> <div>4. 删除 ADC2_CH12、ADC2_CH15;</div> <div>5. 优化通讯章节;</div> <div>6. 更新 18 ME，删除 4 级二阶可配置滤波器等;</div> <div>7. 更新 25 IO PD 相关寄存器表;</div> <div>8. 更新 33 比较器;</div> <div>9. 更新芯片进入睡眠模式条件。</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2025/08/14 | 朱兵华 |
| V3.0 | <div>1. 增加型号 FU7562L;</div> <div>2. 1.4.1 FU7512L 功能框图增加 AD2_0 连接 AD3_2;</div> <div>3. 更新 FU7512L、FU7541Q 引脚图丝印;</div> <div>4. 5.1 绝对最大额定值修改 T<sub>J</sub>、T<sub>STG</sub> 绝对最大值为 150°C;</div> <div>5. 5.11 OSC 电气特性系统时钟频率(典型值 48MHz)修改最大值为 49MHz;</div> <div>6. 5.13.2 FU7541Q LDO 电气特性修改 VDD5 电压阈值;</div> <div>7. 6.9.2 RST_CR (CSR:0x4D1)[5:4]增加 WKRE、WKPOLAR 功能;</div> <div>8. 7.3 外部中断 EXTI0 中断触发源删除 PD1, 改为 15 个, 更新寄存器名称 EX0IF 为 EXTI0IF; EX1IF 为 EXTI1IF; EX2IF 为 EXTI2IF;</div> <div>9. 更新表 7-1 中断说明;</div> <div>10. 更新部分寄存器名称、复位值、描述;</div> <div>11. ADC1 修改通道数最多 16 为 15;</div> <div>12. 32.3.1 AMP_CR0 (CSR:0x621)[13:11]增加 AMP4 和 AMP0 恒功率配置;</div> <div>13. 33.2.2 CMP_CR1 (CSR:0x601) [14:13]增加 CMPG1 迟滞配置。</div> | 2025/09/28 | 朱兵华 |





峰昭科技（深圳）股份有限公司

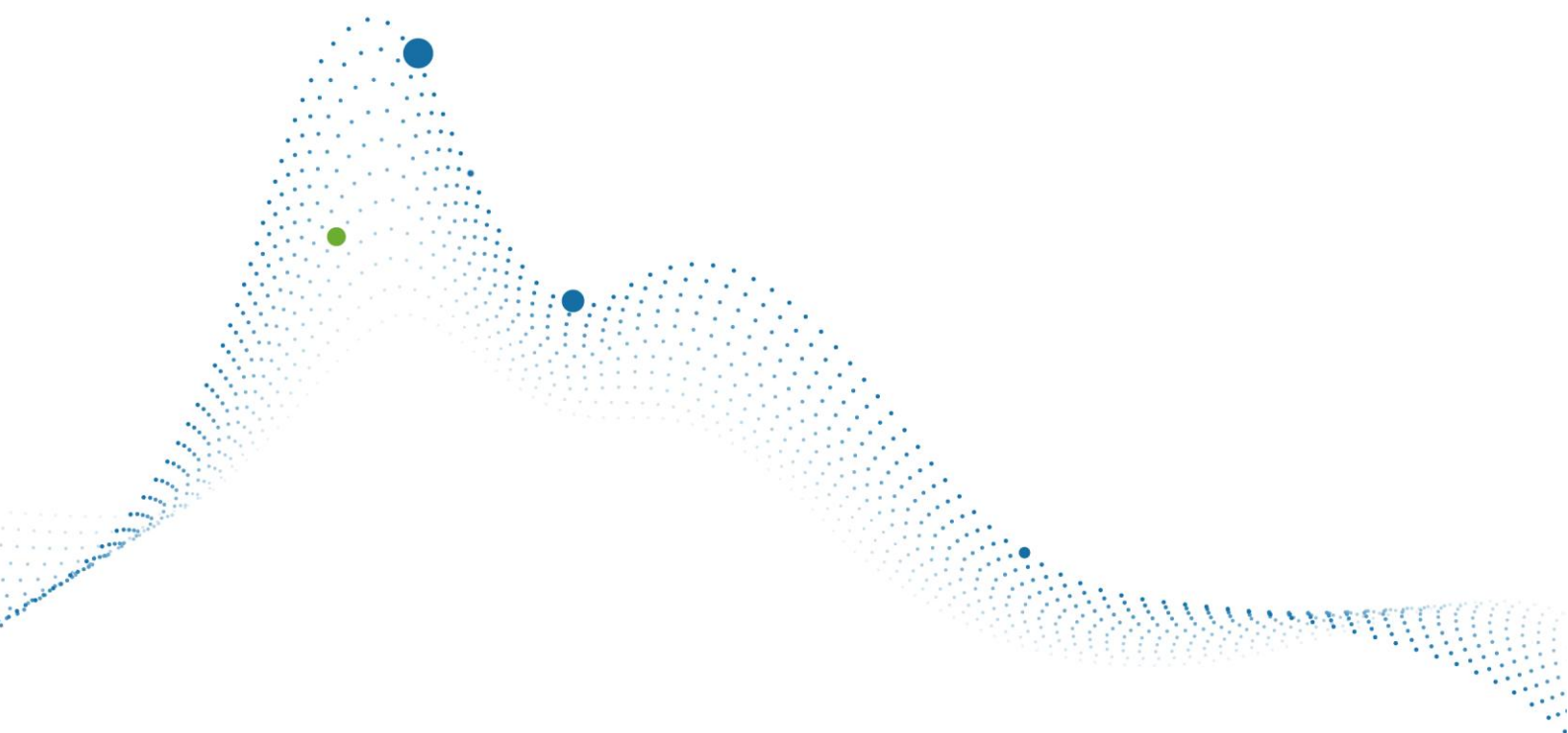
深圳市南山区科技中二路  
深圳软件园二期 11 栋 2 楼 203

电话：0755-26867710

传真：0755-26867715

邮编：518057

网址：[www.fortiortech.com](http://www.fortiortech.com)



本文件所载内容

峰昭科技（深圳）股份有限公司版权所有，保留一切权力。