

数据手册

FU7512_41_61_
62_71

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 35

英文缩写及说明 36

1 系统介绍 38

 1.1 特性 38

 1.2 应用场景 43

 1.3 概述 43

 1.4 系统框图 44

 1.4.1 FU7571Q 功能框图 44

 1.4.2 FU7562Q 功能框图 45

 1.4.3 FU7561Q 功能框图 46

 1.4.4 FU7562L 功能框图 47

 1.4.5 FU7541Q 功能框图 48

 1.4.6 FU7512L 功能框图 49

 1.4.7 FU7512P 功能框图 50

 1.5 Memory 空间 51

 1.5.1 CSR Memory 51

 1.5.2 Flash 51

 1.5.3 外设空间 52

 1.5.4 Data Memory 52

 1.5.5 映射表 52

 1.5.5.1 CSR 地址映射表 52

 1.5.5.2 外设地址映射表 56

 1.5.5.2.1 ADC 地址映射表 56

 1.5.5.2.2 CAN 地址映射表 56

 1.5.5.2.3 NFOC1 地址映射表 58

 1.5.5.2.4 NFOC2 地址映射表 62

2 引脚定义	67
2.1 FU7571Q QFN64 引脚列表.....	67
2.2 FU7571Q QFN64 引脚图	73
2.3 FU7562Q QFN64-56 引脚列表.....	74
2.4 FU7562Q QFN64-56 引脚图	81
2.5 FU7561Q QFN56 引脚列表.....	82
2.6 FU7561Q QFN56 引脚图	88
2.7 FU7562L LQFP52 引脚列表	89
2.8 FU7562L LQFP52 引脚图.....	93
2.9 FU7541Q QFN48 引脚列表	94
2.10 FU7541Q QFN48 引脚图	99
2.11 FU7512L LQFP64 引脚列表	100
2.12 FU7512L LQFP64 引脚图	108
2.13 FU7512P LQFP48 引脚列表	109
2.14 FU7512P LQFP48 引脚图	115
2.15 FU7512_41_61_62_71 功能及引脚对比	116
3 封装信息	123
3.1 FU7571Q QFN64_8X8	123
3.2 FU7562Q QFN64-56_9X9.....	124
3.3 FU7561Q QFN56_7X7	125
3.4 FU7562L LQFP52_10X10	126
3.5 FU7541Q QFN48_6X6	127
3.6 FU7512L LQFP64_10X10	128
3.7 FU7512P LQFP48_7X7	129
4 订购信息	130
5 电气特性	132
5.1 绝对最大额定值	132
5.1.1 FU7571Q 绝对最大额定值.....	132
5.1.2 FU7562Q 绝对最大额定值.....	132
5.1.3 FU7561Q 绝对最大额定值.....	133
5.1.4 FU7562L 绝对最大额定值.....	133

5.1.5 FU7541Q 绝对最大额定值.....	133
5.1.6 FU7512L 绝对最大额定值.....	134
5.1.7 FU7512P 绝对最大额定值.....	134
5.2 全局电气特性.....	134
5.2.1 FU7571Q 全局电气特性.....	134
5.2.2 FU7562Q 全局电气特性.....	135
5.2.3 FU7561Q 全局电气特性.....	135
5.2.4 FU7562L 全局电气特性.....	136
5.2.5 FU7541Q 全局电气特性.....	136
5.2.6 FU7512L 全局电气特性.....	136
5.2.7 FU7512P 全局电气特性.....	137
5.3 GPIO 电气特性.....	137
5.3.1 FU7571Q GPIO 电气特性.....	137
5.3.2 FU7562Q GPIO 电气特性.....	138
5.3.3 FU7561Q GPIO 电气特性.....	139
5.3.4 FU7562L GPIO 电气特性.....	139
5.3.5 FU7541Q GPIO 电气特性.....	140
5.3.6 FU7512L GPIO 电气特性.....	140
5.3.7 FU7512P GPIO 电气特性.....	141
5.4 6N Pre-driver IO 电气特性（适用于 FU7571Q / FU7562Q / FU7561Q / FU7562L）.....	142
5.4.1 FU7571Q 6N Pre-driverx IO 电气特性.....	142
5.4.2 FU7562Q 6N Pre-driver1 IO 电气特性.....	142
5.4.3 FU7561Q 6N Pre-driver1 IO 电气特性.....	143
5.4.4 FU7562L 6N Pre-driver1 IO 电气特性.....	143
5.5 3P3N Pre-driverx IO 电气特性（适用于 FU7541Q）.....	144
5.5.1 FU7541Q 3P3N Pre-driverx IO 电气特性.....	144
5.6 PWM IO 电气特性（适用于 FU7562Q / FU7561Q / FU7512L / FU7512P）.....	144
5.6.1 FU7562Q PWM2 IO 电气特性.....	144
5.6.2 FU7561Q PWM2 IO 电气特性.....	144
5.6.3 FU7512L PWMx IO 电气特性.....	145

5.6.4 FU7512P PWMx IO 电气特性	145
5.7 ADC 电气特性	145
5.7.1 FU7571Q ADC 电气特性	145
5.7.2 FU7562Q ADC 电气特性	146
5.7.3 FU7561Q ADC 电气特性	146
5.7.4 FU7562L ADC 电气特性	147
5.7.5 FU7541Q ADC 电气特性	147
5.7.6 FU7512L ADC 电气特性	148
5.7.7 FU7512P ADC 电气特性	148
5.8 参考电压电气特性	149
5.8.1 FU7571Q 参考电压电气特性	149
5.8.2 FU7562Q 参考电压电气特性	149
5.8.3 FU7561Q 参考电压电气特性	149
5.8.4 FU7562L 参考电压电气特性	150
5.8.5 FU7541Q 参考电压电气特性	150
5.8.6 FU7512L 参考电压电气特性	151
5.8.7 FU7512P 参考电压电气特性	151
5.9 运算放大器电气特性	152
5.9.1 FU7571Q 运算放大器电气特性	152
5.9.2 FU7562Q 运算放大器电气特性	152
5.9.3 FU7561Q 运算放大器电气特性	153
5.9.4 FU7562L 运算放大器电气特性	153
5.9.5 FU7541Q 运算放大器电气特性	154
5.9.6 FU7512L 运算放大器电气特性	154
5.9.7 FU7512P 运算放大器电气特性	155
5.10 BEMF 电气特性	155
5.10.1 FU7571Q BEMF 电气特性	155
5.10.2 FU7562Q BEMF 电气特性	155
5.10.3 FU7561Q BEMF 电气特性	156
5.10.4 FU7562L BEMF 电气特性	156
5.10.5 FU7541Q BEMF 电气特性	156
5.10.6 FU7512L BEMF 电气特性	156

5.10.7 FU7512P BEMF 电气特性	157
5.11 时钟电气特性	157
5.11.1 FU7571Q 时钟电气特性	157
5.11.2 FU7562Q 时钟电气特性	157
5.11.3 FU7561Q 时钟电气特性	157
5.11.4 FU7562L 时钟电气特性	158
5.11.5 FU7541Q 时钟电气特性	158
5.11.6 FU7512L 时钟电气特性	158
5.11.7 FU7512P 时钟电气特性	158
5.12 复位电气特性	159
5.12.1 FU7571Q 复位电气特性	159
5.12.2 FU7562Q 复位电气特性	159
5.12.3 FU7561Q 复位电气特性	159
5.12.4 FU7562L 复位电气特性	160
5.12.5 FU7541Q 复位电气特性	160
5.12.6 FU7512L 复位电气特性	160
5.12.7 FU7512P 复位电气特性	160
5.13 LDO 电气特性	161
5.13.1 FU7571Q LDO 电气特性	161
5.13.2 FU7562Q LDO 电气特性	161
5.13.3 FU7561Q LDO 电气特性	161
5.13.4 FU7562L LDO 电气特性	161
5.13.5 FU7541Q LDO 电气特性	162
5.13.6 FU7512L LDO 电气特性	162
5.13.7 FU7512P LDO 电气特性	162
5.14 封装热阻	162
5.14.1 FU7571Q QFN64 封装热阻	162
5.14.2 FU7562Q QFN64-56 封装热阻	162
5.14.3 FU7561Q QFN56 封装热阻	163
5.14.4 FU7562L LQFP52 封装热阻	163
5.14.5 FU7541Q QFN48 封装热阻	163
5.14.6 FU7512L LQFP64 封装热阻	163

5.14.7 FU7512P LQFP48 封装热阻	163
6 复位控制	165
6.1 复位源(RST_SR).....	165
6.2 复位使能	165
6.3 外部引脚复位、上电复位	165
6.4 低电压保护复位	165
6.5 看门狗溢出复位	166
6.6 RSTFED 复位	166
6.7 RSTDBG 复位	166
6.8 软复位.....	166
6.9 复位寄存器	166
6.9.1 RST_SR (CSR:0x4D0)	166
6.9.2 RST_CR (CSR:0x4D1)	167
7 中断	169
7.1 中断简介	169
7.2 中断源使能	169
7.3 外部中断	169
7.4 中断说明	170
7.5 中断寄存器	172
7.5.1 MIE (CSR:0x300)	172
7.5.2 MTVEC (CSR:0x305)	172
7.5.3 IPx (CSR:0x409 + x) (x = 0/1/2/.../31)	172
7.5.4 PIE (CSR:0x400)	173
7.5.5 EXTI_TCON (CSR:0x407)	174
7.5.6 EXTI0IE (CSR:0x401)	174
7.5.7 EXTI1IE (CSR:0x402)	176
7.5.8 EXTI2IE (CSR:0x403)	178
7.5.9 EXTI0IF (CSR:0x404).....	179
7.5.10 EXTI1IF (CSR:0x405)	182
7.5.11 EXTI2IF (CSR:0x406)	186
8 时钟门控	190
8.1 时钟门控寄存器	191

8.1.1 CK_CR (CSR:0x080).....	191
9 I ² C	194
9.1 I ² C 简介	194
9.2 I ² C 操作说明.....	195
9.2.1 主机模式.....	195
9.2.2 从机模式.....	196
9.2.3 I ² C 中断源.....	196
9.3 I ² C 寄存器	197
9.3.1 I2Cx_CR (CSR:0x160/0x170)(x = 1/2)	197
9.3.2 I2Cx_ID (CSR:0x161/0x171)(x = 1/2).....	198
9.3.3 I2Cx_DR (CSR:0x162/0x172)(x = 1/2)	198
9.3.4 I2Cx_SR (CSR:0x163/0x173)(x = 1/2).....	199
9.3.5 I2Cx_BAUD (CSR:0x164/0x174)(x = 1/2)	201
10 SPI.....	202
10.1 SPI1 和 SPI2 简介.....	202
10.2 SPI 操作说明	202
10.2.1 信号说明	202
10.2.1.1 主输出、从输入(MOSI).....	202
10.2.1.2 主输入、从输出(MISO).....	202
10.2.1.3 串行时钟(SCLK).....	203
10.2.1.4 片选信号(NSS).....	203
10.2.2 单线半双工模式(SLINE)	204
10.2.3 SPI 主机模式	204
10.2.3.1 主机模式配置.....	205
10.2.4 SPI 从机模式	205
10.2.4.1 从机模式配置.....	206
10.2.5 SPI 中断源	206
10.2.6 串行时钟时序.....	206
10.3 SPI 寄存器.....	207
10.3.1 SPIx_CR (CSR:0x180/0x190)(x = 1/2)	207
10.3.2 SPIx_SR (CSR:0x181/0x191)(x = 1/2)	209
10.3.3 SPIx_CLK (CSR:0x182/0x192)(x = 1/2)	211
10.3.4 SPIx_DR (CSR:0x183/0x193)(x = 1/2).....	212

11 UART	213
11.1 UART1 和 UART2 简介	213
11.2 UART1 和 UART2 操作说明	213
11.2.1 模式 0	213
11.2.2 模式 1	214
11.2.3 模式 2	214
11.2.4 模式 3	214
11.3 UART1 和 UART2 中断源	215
11.4 UART 寄存器	215
11.4.1 UT _x _CR0 (CSR:0x0140/0x150)(x = 1/2)	215
11.4.2 UT _x _CR1 (CSR:0x0141/0x151)(x = 1/2)	216
11.4.3 UT _x _DR (CSR:0x0142/0x152)(x = 1/2)	217
11.4.4 UT _x _BAUD (CSR:0x0143/0x153)(x = 1/2)	218
11.5 串行帧通讯寄存器	219
11.5.1 SF_CR (0x144)	219
11.5.2 SF_SR (0x145)	219
11.5.3 SF_BAUD (0x146)	221
12 BISS	222
12.1 BISS 协议概述	222
12.2 BISS 寄存器	223
12.2.1 BISS_CLK_CNT (CSR: 0x701)	223
12.2.2 BISS_OVERTIME_CNT (CSR: 0x702)	223
12.2.3 BISS_DATA_LEN (CSR: 0x703)	224
12.2.4 BISS_STATE (CSR: 0x704)	224
12.2.5 BISS_SDATAL (CSR: 0x705)	225
12.2.6 BISS_SDATAH (CSR: 0x706)	225
13 LIN	226
13.1 LIN 简介	226
13.2 LIN 从机操作说明	227
13.3 睡眠和唤醒	228
13.4 错误侦测与处理	228
13.5 波特率模式切换	228

13.6 其它事项.....	228
13.7 LIN 寄存器	229
13.7.1 LIN_CR (CSR:0x1A0).....	229
13.7.2 LIN_SR (CSR:0x1A1)	230
13.7.3 LIN_CSR (CSR:0x1A2)	233
13.7.4 LIN_ID (CSR:0x1A3).....	234
13.7.5 LIN_SIZE (CSR:0x1A4)	234
13.7.6 LIN_BAUD (CSR:0x1A5)	235
13.7.7 LIN_IDLECNT (CSR:0x1A6)	235
13.7.8 LIN_BRKCNT (CSR:0x1A7)	235
14 CAN	237
14.1 CAN 简介	237
14.2 物理特性.....	237
14.3 帧结构	238
14.4 CAN 控制器总体描述.....	240
14.5 主要特点.....	240
14.6 工作模式.....	241
14.6.1 复位模式	241
14.6.2 正常模式	241
14.6.3 睡眠模式	241
14.7 功能描述.....	241
14.7.1 位时间特性	241
14.8 发送管理.....	242
14.8.1 发送优先级.....	243
14.8.2 发送中止	243
14.8.3 禁止自动重传模式	244
14.9 接收管理.....	244
14.9.1 接收过滤	244
14.9.1.1 标准帧单过滤器模式.....	245
14.9.1.2 扩展帧单过滤器模式.....	245
14.9.1.3 标准帧双过滤器模式.....	245
14.9.1.4 扩展帧双过滤器模式.....	246
14.9.2 错误管理	246

14.9.3 CANFD 操作	247
14.9.4 传输延迟补偿	248
14.10 CAN 中断事件	249
14.11 测试模式	251
14.11.1 自测模式	251
14.11.2 监听模式	251
14.11.3 自测监听模式	252
14.12 CAN 寄存器	253
14.12.1 CAN_CR0 (CSR:0x1C0)	253
14.12.2 CAN_CR1 (CSR:0x1C1)	254
14.12.3 CAN_STS (CSR:0x1C2)	255
14.12.4 CAN_IER (CSR:0x1C3)	256
14.12.5 CAN_IFR (CSR:0x1C4)	257
14.12.6 CAN_TSPT (CSR:0x1C5)	259
14.12.7 CAN_NBTR (CSR:0x1C6)	260
14.12.8 CAN_DBTR (CSR:0x1C7)	260
14.12.9 CAN_TDCR (CSR:0x1C8)	261
14.12.10 CAN_ACR (CSR:0x1C9)	262
14.12.11 CAN_AMR (CSR:0x1CA)	262
14.12.12 CAN_ERR (CSR:0x1CB)	262
14.12.13 CAN_ERLIM (CSR:0x1CC)	263
14.12.14 CAN_TMSTA (CSR:0x1CD)	264
14.12.15 CAN_TMIDx (CSR:0x1CE/0x1D0/0x1D2) (x = 0/1/2)	267
14.12.16 CAN_TMDTx (CSR:0x1CF/0x1D1/0x1D3) (x = 0/1/2)	268
14.12.17 CAN_TX0DATx (0x400000A0 + x*4)	268
14.12.18 CAN_TX1DATx (0x400000E0 + x*4)	269
14.12.19 CAN_TX2DATx (0x40000120 + x*4)	269
14.12.20 CAN_RXIDx (0x40000160 + x*72)	270
14.12.21 CAN_RXDTx (0x40000164 + x*72)	270
14.12.22 CAN_RX0DATx (0x40000168 + x*4)	271
14.12.23 CAN_RX1DATx (0x40000168 + x*4)	271
14.12.24 CAN_RX2DATx (0x40000168 + x*4)	272

15 DataMonitor	273
15.1 DataMonitor 简介	273
15.2 DataMonitor 操作说明.....	273
16 Timer2/5/6	274
16.1 Timer2/5/6 操作说明.....	274
16.1.1 分频器.....	274
16.2 TIMx_CNTR 的读写和计数.....	275
16.2.1 输出模式	275
16.2.1.1 TIMx_ARR/TIMx_DR 的读写.....	275
16.2.1.2 高/低电平输出模式	275
16.2.1.3 PWM 输出.....	276
16.2.1.4 中断事件	276
16.2.2 输入信号滤波和边沿检测.....	276
16.2.3 输入捕获模式.....	278
16.2.4 输入计数模式.....	279
16.2.5 QEP 输入模式&RSD 模式	280
16.2.5.1 RSD 的比较器采样.....	281
16.2.6 步进模式	281
16.2.7 QEP 输出模式.....	283
16.3 Timer2/5/6 寄存器	284
16.3.1 TIMx_CR0 (CSR:0x210/0x240/0x250) (x=2/5/6).....	284
16.3.2 TIMx_CR1 (CSR:0x211/0x241/0x251) (x=2/5/6).....	285
16.3.3 TIMx_IER (CSR:0x212/0x242/0x252) (x=2/5/6)	286
16.3.4 TIMx_SR (CSR:0x213/0x243/0x253) (x=2/5/6)	287
16.3.5 TIMx_CNTR (CSR:0x214/0x244/0x254) (x=2/5/6)	289
16.3.6 TIMx_DR (CSR:0x215/0x245/0x255) (x=2/5/6).....	289
16.3.7 TIMx_ARR (CSR:0x216/0x246/0x256) (x=2/5/6)	290
16.3.8 TIMx_QEP_MNUM (CSR:0x217/0x247/0x257) (x=2/5/6).....	290
16.3.9 TIMx_QEP_TNUM (CSR:0x218/0x248/0x258) (x=2/5/6)	291
16.3.10 TIMx_QEP_TS_EMP (CSR:0x219/0x249/0x259) (x=2/5/6)	291
16.3.11 TIMx_QEP_CNTR (CSR:0x21A/0x24A/0x25A) (x=2/5/6)	292
16.3.12 TIMx_QEP_ARR (CSR:0x21B/0x24B/0x25B) (x=2/5/6)	292
16.3.13 TIM2_CR2 (CSR:0x21C).....	293

16.3.14 TIM5_CR2 (CSR:0x24C).....	293
16.3.15 TIM6_CR2 (CSR:0x25C).....	294
17 Timer3/4/7/8	296
17.1 Timer3/4/7/8 操作说明.....	296
17.1.1 分频器.....	296
17.1.2 TIMx_CNTR 的读写和计数.....	297
17.1.3 输出模式	297
17.1.3.1 高/低电平输出模式	297
17.1.3.2 PWM 输出.....	297
17.1.3.3 中断事件	297
17.1.4 输入信号滤波和边沿检测.....	298
17.1.5 输入捕获模式.....	299
17.2 Timer3/4/7/8 寄存器.....	300
17.2.1 TIMx_CR0 (CSR:0x220/0x230/0x260/0x270) (x = 3/4/7/8)	300
17.2.2 TIMx_CR1 (CSR:0x221/0x231/0x261/0x271) (x = 3/4/7/8)	301
17.2.3 TIMx_IER (CSR:0x222/0x232/0x262/0x272) (x = 3/4/7/8)	302
17.2.4 TIMx_SR (CSR:0x223/0x233/0x263/0x273) (x = 3/4/7/8)	302
17.2.5 TIMx_CNTR (CSR:0x224/0x234/0x264/0x274) (x = 3/4/7/8)	303
17.2.6 TIMx_DR (CSR:0x225/0x235/0x265/0x275) (x = 3/4/7/8).....	304
17.2.7 TIMx_ARR (CSR:0x226/0x236/0x266/0x276) (x = 3/4/7/8).....	304
18 ME.....	305
18.1 ME 简介	305
18.2 Driver 控制器.....	306
18.2.1 FU7571Q 6N Pre-driverx 简介.....	306
18.2.2 FU7562Q / FU7561Q 6N Pre-driver1 + PWM2 简介.....	306
18.2.2.1 PWM2 输出	307
18.2.2.2 FU7562Q 6N Pre-driver1	307
18.2.2.3 FU7561Q 6N Pre-driver1	308
18.2.3 FU7562L 6N Pre-driver1 简介	309
18.2.4 FU7541Q 3P3N Pre-driverx 简介	310
18.2.5 FU7512L/FU7512P Driver 简介.....	311
18.2.6 计数比较	311
18.2.7 输出使能与极性控制.....	312

18.2.8 死区模块	313
18.3 FOC 电流环	314
18.3.1 参考输入	314
18.3.2 PI 控制	314
18.3.3 坐标转换	315
18.3.3.1 Park 逆变换	315
18.3.3.2 Clarke 变换	315
18.3.3.3 Park 变换	316
18.3.4 SVPWM	316
18.3.4.1 七段式 SVPWM	317
18.3.4.2 五段式 SVPWM	318
18.3.5 过调制	318
18.3.6 死区补偿	318
18.3.7 电流电压采样	318
18.3.7.1 单电阻采样模式	319
18.3.7.2 双/三电阻采样模式	320
18.3.7.3 电流采样偏置	321
18.3.7.4 电流采样模式切换	321
18.4 角度输出	322
18.4.1 观测器速度	322
18.4.1.1 反电动势估算	322
18.4.1.2 启动	323
18.4.2 高频注入	324
18.4.3 磁链观测器	324
18.4.3.1 一般磁链观测器 CFO	324
18.4.3.2 非线性磁链观测器 NFO	324
18.4.3.3 全阶磁链观测器 AFO	325
18.4.4 角度计算	325
18.5 FOC 外环	325
18.6 爬坡计算	326
18.7 功率计算	327
18.8 弱磁	327
18.9 端电压	328
18.10 UQ 注入	328

18.11 软件调用 CORDIC	328
18.12 角度融合	329
18.13 电流环解耦	329
18.14 ME 中断源	330
18.14.1 Driver 比较匹配中断	330
18.14.2 FG 中断	331
18.14.3 电机保护中断	332
18.14.3.1 软件过流保护	332
18.14.3.2 过/欠压保护	332
18.14.3.3 堵转保护	333
18.14.3.4 缺相保护	334
18.15 高速电压相位补偿	335
18.16 ME 寄存器	335
18.16.1 Driver 计数器寄存器	335
18.16.1.1 DRVx_IER (CSR:0x542/0x582) (x = 1/2)	335
18.16.1.2 DRVx_IFR (CSR:0x543/0x583) (x = 1/2)	336
18.16.1.3 DRVx_CNTR (CSR:0x55A/0x59A) (x = 1/2)	337
18.16.1.4 DRVx_ARR (CSR:0x550/0x590) (x = 1/2)	337
18.16.1.5 DRVx_COMR (CSR:0x552/0x592) (x = 1/2)	338
18.16.1.6 DRVx_DR (CSR:0x551/0x591) (x = 1/2)	338
18.16.1.7 DRVx_COMUR (CSR:0x55D/0x59D) (x = 1/2)	339
18.16.1.8 DRVx_COMDR (CSR:0x55E/0x59E) (x = 1/2)	339
18.16.1.9 DRVx_CMPU1 (CSR:0x554/0x594) (x = 1/2)	340
18.16.1.10 DRVx_CMPD1 (CSR:0x555/0x595) (x = 1/2)	340
18.16.1.11 DRVx_CMPU2 (CSR:0x556/0x596) (x = 1/2)	341
18.16.1.12 DRVx_CMPD2 (CSR:0x557/0x597) (x = 1/2)	341
18.16.1.13 DRVx_CMPU3 (CSR:0x558/0x598) (x=1/2)	342
18.16.1.14 DRVx_CMPD3 (CSR:0x559/0x599) (x = 1/2)	342
18.16.2 FOC 控制状态寄存器	344
18.16.2.1 ME_CR (CSR:0x500)	344
18.16.2.2 DRVx_CR (CSR:0x540/0x580) (x = 1/2)	345
18.16.2.3 DRVx_OUT (CSR:0x541/0x581) (x = 1/2)	347
18.16.2.4 DRVx_CMR (CSR:0x547/0x587) (x = 1/2)	348
18.16.2.5 NFOCx_CMRS (0x30000276/ 0x30010276) (x = 1/2)	349
18.16.2.6 DRVx_FCR0 (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2)	350
18.16.2.7 DRVx_FCR1 (CSR:0x549/0x589) (x = 1/2)	352

18.16.2.8 DRVx_FCR2 (CSR:0x54A/0x58A) (x = 1/2)	354
18.16.2.9 DRVx_FCR3 (CSR:0x54B/0x58B) (x = 1/2)	355
18.16.2.10 DRVx_FCR4 (CSR:0x54C/0x58C) (x = 1/2)	356
18.16.2.11 DRVx_FCR5 (CSR:0x54D/0x58D) (x = 1/2)	357
18.16.2.12 DRVx_FCR6 (CSR: 0x54E/0x58E) (x = 1/2)	358
18.16.2.13 DRVx_FCR7 (CSR: 0x54F/0x58F) (x = 1/2)	360
18.16.2.14 DRVx_DTR (CSR: 0x553/0x593) (x = 1/2)	361
18.16.2.15 DRVx_ARRSH (CSR: 0x55F/0x59F) (x = 1/2)	361
18.16.3 时间与采样寄存器	362
18.16.3.1 NFOCx_TS (0x30000278/0x30010278) (x = 1/2)	362
18.16.3.2 NFOCx_NTS (0x3000027A/0x3001027A) (x = 1/2)	362
18.16.3.3 NFOCx_TDLY (0x3000027C/0x3001027C) (x = 1/2)	363
18.16.3.4 NFOCx_TDLYD (0x3000027E/0x3001027E) (x = 1/2)	363
18.16.3.5 NFOCx_TDTC (0x300001B6/0x300101B6) (x = 1/2)	364
18.16.3.6 NFOCx_I1 (0x300001BC/0x300101BC) (x = 1/2)	364
18.16.3.7 NFOCx_I2 (0x300001BE/0x300101BE) (x = 1/2)	364
18.16.3.8 NFOCx_TRG1 (0x30000250/0x30010250) (x = 1/2)	365
18.16.3.9 NFOCx_TRG2 (0x30000252/0x30010252) (x = 1/2)	365
18.16.3.10 DRVx_TRG1 (CSR:0x55B/0x59B) (x = 1/2)	366
18.16.3.11 DRVx_TRG2 (CSR:0x55C/0x59C) (x = 1/2)	366
18.16.3.12 NFOCx_DLYCNT (0x30000396/0x30010396) (x = 1/2)	366
18.16.3.13 NFOCx_ARR (0x30000280/0x30010280) (x = 1/2)	367
18.16.3.14 NFOCx_OSCNT (0x3000037E/0x3001037E) (x = 1/2)	367
18.16.3.15 NFOCx_OSSUM (0x30000380/0x30010380) (x = 1/2)	368
18.16.3.16 NFOCx_CSAM (0x3000038E/ 0x3001038E) (x = 1/2)	368
18.16.4 电压寄存器	369
18.16.4.1 NFOCx_UDC (0x30000000/0x30010000) (x = 1/2)	369
18.16.4.2 NFOCx_UDCK (0x30000002/0x30010002) (x = 1/2)	369
18.16.4.3 NFOCx_UDCFLT (0x30000004/0x30010004) (x = 1/2)	370
18.16.4.4 NFOCx_UDCD (0x30000294/0x30010294) (x = 1/2)	370
18.16.4.5 NFOCx_UDCQ (0x30000296/0x30010296) (x = 1/2)	370
18.16.4.6 NFOCx_UALPHA (0x30000220/0x30010220) (x = 1/2)	371
18.16.4.7 NFOCx_UBETA (0x30000222/0x30010222) (x = 1/2)	371
18.16.4.8 NFOCx_UDCALP (0x300000A4/0x300100A4) (x = 1/2)	372
18.16.4.9 NFOCx_UDCBET (0x300000A6/0x300100A6) (x = 1/2)	372
18.16.4.10 NFOCx_UALORG (0x30000118/0x30010118) (x = 1/2)	373
18.16.4.11 NFOCx_UBEORG (0x3000011A/0x3001011A) (x = 1/2)	373
18.16.4.12 NFOCx_UALCPS (0x300001DC/0x300101DC) (x = 1/2)	374

18.16.4.13 NFOCx_UBECPS (0x300001DE/0x300101DE) (x = 1/2)	374
18.16.4.14 NFOCx_OMUNIT (0x3000038C/0x3001038C) (x = 1/2)	374
18.16.5 端电压采样寄存器	376
18.16.5.1 NFOCx_USOMEK (0x3000025C/0x3001025C) (x = 1/2)	376
18.16.5.2 NFOCx_UA (0x3000025E/0x3001025E) (x = 1/2)	376
18.16.5.3 NFOCx_UB (0x30000260/0x30010260) (x = 1/2)	376
18.16.5.4 NFOCx_UC (0x30000262/0x30010262) (x = 1/2)	377
18.16.5.5 NFOCx_USK (0x30000264/0x30010264) (x = 1/2)	377
18.16.5.6 NFOCx_USOUS (0x30000266/0x30010266) (x = 1/2)	378
18.16.6 电流寄存器	379
18.16.6.1 NFOCx_IA (0x300001C0/0x300101C0) (x = 1/2)	379
18.16.6.2 NFOCx_IB (0x300001C2/0x300101C2) (x = 1/2)	379
18.16.6.3 NFOCx_IC (0x300001C4/0x300101C4) (x = 1/2)	379
18.16.6.4 NFOCx_IAMAX (0x300001C8/0x300101C8) (x = 1/2)	380
18.16.6.5 NFOCx_IBMAX (0x300001CA/0x300101CA) (x = 1/2)	380
18.16.6.6 NFOCx_ICMAX (0x300001C6/0x300101C6) (x = 1/2)	381
18.16.6.7 NFOCx_IAREF (0x30000008/0x30010008) (x = 1/2)	381
18.16.6.8 NFOCx_IBREF (0x3000000A/0x3001000A) (x = 1/2)	382
18.16.6.9 NFOCx_ICREF (0x3000000C/0x3001000C) (x = 1/2)	382
18.16.6.10 NFOCx_IALPHA (0x30000134/0x30010134) (x = 1/2)	383
18.16.6.11 NFOCx_IBETA (0x30000136/0x30010136) (x = 1/2)	383
18.16.6.12 NFOCx_ID (0x30000138/0x30010138) (x = 1/2)	383
18.16.6.13 NFOCx_IQ (0x3000013A/0x3001013A) (x = 1/2)	384
18.16.6.14 NFOCx_IDFLT (0x3000013C/0x3001013C) (x = 1/2)	384
18.16.6.15 NFOCx_IQFLT (0x30000154/0x30010154) (x = 1/2)	385
18.16.6.16 NFOCx_IDK (0x30000284/0x30010284) (x = 1/2)	385
18.16.6.17 NFOCx_IQK (0x30000286/0x30010286) (x = 1/2)	385
18.16.6.18 NFOCx_IESTA (0x30000208/0x30010208) (x = 1/2)	386
18.16.6.19 NFOCx_IESTB (0x3000020A/0x3001020A) (x = 1/2)	386
18.16.7 ITRIP 与功率寄存器	387
18.16.7.1 NFOCx_IS (0x300003EC/0x300103EC) (x = 1/2)	387
18.16.7.2 NFOCx_ITREF (0x3000000E/0x3001000E) (x = 1/2)	387
18.16.7.3 NFOCx_ITFLT (0x300000D4/0x300100D4) (x = 1/2)	388
18.16.7.4 NFOCx_ITRIP (0x300000D8/0x300100D8) (x = 1/2)	388
18.16.7.5 NFOCx_POWER (0x300000DA/0x300100DA) (x = 1/2)	388
18.16.7.6 NFOCx_US (0x300000DC/0x300100DC) (x = 1/2)	389
18.16.7.7 NFOCx_ITK (0x300001D4/0x300101D4) (x = 1/2)	389
18.16.7.8 NFOCx_POWK1 (0x300001D6/0x300101D6) (x = 1/2)	390

18.16.7.9 NFOCx_POWK2 (0x300001D7/0x300101D7) (x = 1/2).....	390
18.16.8 D 轴寄存器.....	391
18.16.8.1 NFOCx_DKP (0x30000100/0x30010100) (x = 1/2)	391
18.16.8.2 NFOCx_DKI (0x30000102/0x30010102) (x = 1/2)	391
18.16.8.3 NFOCx_DMAX (0x30000104/0x30010104) (x = 1/2)	392
18.16.8.4 NFOCx_DMIN (0x30000106/0x30010106) (x = 1/2)	392
18.16.8.5 NFOCx_DEK (0x30000108/0x30010108) (x = 1/2)	393
18.16.8.6 NFOCx_DEK1 (0x3000010A/0x3001010A) (x = 1/2).....	393
18.16.8.7 NFOCx_DUK (0x3000010C/0x3001010C) (x = 1/2).....	393
18.16.8.8 NFOCx_IDREF (0x300001B8/0x300101B8) (x = 1/2).....	394
18.16.8.9 NFOCx_UDCPS (0x300001CC/0x300101CC) (x = 1/2)	394
18.16.8.10 NFOCx_UDCPS1 (0x300003FC/0x300103FC) (x = 1/2).....	395
18.16.8.11 NFOCx_UDK (0x30000370/0x30010370) (x = 1/2)	395
18.16.8.12 NFOCx_UDFLT (0x30000374/0x30010374)	395
18.16.8.13 NFOCx_UDFIN (0x3000021C/0x3001021C) (x = 1/2)	396
18.16.9 Q 轴寄存器	397
18.16.9.1 NFOCx_QKP (0x30000120/0x30010120) (x = 1/2)	397
18.16.9.2 NFOCx_QKI (0x30000122/0x30010122) (x = 1/2)	397
18.16.9.3 NFOCx_QMAX (0x30000124/0x30010124) (x = 1/2).....	398
18.16.9.4 NFOCx_QMIN (0x30000126/0x30010126) (x = 1/2)	398
18.16.9.5 NFOCx_QEK (0x30000128/0x30010128) (x = 1/2)	399
18.16.9.6 NFOCx_QEK1 (0x3000012A/0x3001012A) (x = 1/2)	399
18.16.9.7 NFOCx_QUK (0x3000012C/0x3001012C) (x = 1/2).....	399
18.16.9.8 NFOCx_IQREF (0x300001BA/0x300101BA) (x = 1/2).....	400
18.16.9.9 NFOCx_UQCPS (0x300001CE/0x300101CE) (x = 1/2)	400
18.16.9.10 NFOCx_UQCPS1 (0x300003FE/0x300103FE) (x = 1/2).....	401
18.16.9.11 NFOCx_UQK (0x30000372/0x30010372) (x = 1/2).....	401
18.16.9.12 NFOCx_UQFLT (0x30000378/0x30010378) (x = 1/2).....	401
18.16.9.13 NFOCx_UQFIN (0x3000021E/0x3001021E) (x = 1/2).....	402
18.16.10 弱磁寄存器.....	403
18.16.10.1 NFOCx_FWKP (0x30000180/0x30010180) (x = 1/2).....	403
18.16.10.2 NFOCx_FWKI (0x30000182/0x30010182) (x = 1/2)	403
18.16.10.3 NFOCx_FWMAX (0x30000184/0x30010184) (x = 1/2).....	404
18.16.10.4 NFOCx_FWMIN (0x30000186/0x30010186) (x = 1/2)	404
18.16.10.5 NFOCx_FWEK (0x30000188/0x30010188) (x = 1/2).....	405
18.16.10.6 NFOCx_FWEK1 (0x3000018A/0x3001018A) (x = 1/2)	405
18.16.10.7 NFOCx_FWUK (0x3000018C/0x3001018C) (x = 1/2).....	405
18.16.10.8 NFOCx_KUSF (0x30000192/0x30010192) (x = 1/2)	406

18.16.10.9 NFOCx_FWREF (0x30000274/0x30010274) (x = 1/2)	406
18.16.10.10 NFOCx_FWIDR (0x3000037C/0x3001037C) (x = 1/2)	407
18.16.10.11 NFOCx_IDRLIM (0x300003B6/0x300103B6) (x = 1/2)	407
18.16.10.12 NFOCx_USFLT (0x300003F0/0x300103F0) (x = 1/2)	407
18.16.11 UQ 注入寄存器	409
18.16.11.1 NFOCx_UIK0 (0x30000238/0x30010238) (x = 1/2)	409
18.16.11.2 NFOCx_UIK1 (0x3000023A/0x3001023A) (x = 1/2)	409
18.16.11.3 NFOCx_UIK2 (0x3000023C/0x3001023C) (x = 1/2)	410
18.16.11.4 NFOCx_UIK3 (0x3000023E/0x3001023E) (x = 1/2)	410
18.16.11.5 NFOCx_UITC0 (0x30000240/0x30010240) (x = 1/2)	410
18.16.11.6 NFOCx_UIUS0 (0x30000242/0x30010242) (x = 1/2)	411
18.16.11.7 NFOCx_UITC1 (0x30000244/0x30010244) (x = 1/2)	411
18.16.11.8 NFOCx_UIUS1 (0x30000246/0x30010246) (x = 1/2)	412
18.16.11.9 NFOCx_UITC2 (CSR:0x30000248/0x30010248) (x = 1/2)	412
18.16.11.10 NFOCx_UIUS2 (0x3000024A/0x3001024A) (x = 1/2)	412
18.16.11.11 NFOCx_UITC3 (0x3000024C/0x3001024C) (x = 1/2)	413
18.16.11.12 NFOCx_UIUS3 (0x3000024E/0x3001024E) (x = 1/2)	413
18.16.12 高频注入寄存器	414
18.16.12.1 NFOCx_HKP (0x300000E0/0x300100E0) (x = 1/2)	414
18.16.12.2 NFOCx_HKI (0x300000E2/0x300100E2) (x = 1/2)	414
18.16.12.3 NFOCx_HMAX (0x300000E4/0x300100E4) (x = 1/2)	415
18.16.12.4 NFOCx_HMIN (0x300000E6/0x300100E6) (x = 1/2)	415
18.16.12.5 NFOCx_HEK (0x300000E8/0x300100E8) (x = 1/2)	416
18.16.12.6 NFOCx_HEK1 (0x300000EA/0x300100EA) (x = 1/2)	416
18.16.12.7 NFOCx_HUK (0x300000EC/0x300100EC) (x = 1/2)	416
18.16.12.8 NFOCx_HALPHA (0x300000FC/0x300100FC) (x = 1/2)	417
18.16.12.9 NFOCx_HBETA (0x300000FE/0x300100FE) (x = 1/2)	417
18.16.12.10 NFOCx_HS (0x30000114/0x30010114) (x = 1/2)	418
18.16.12.11 NFOCx_ID0 (0x300000F4/0x300100F4) (x = 1/2)	418
18.16.12.12 NFOCx_IQ0 (0x300000F6/0x300100F6) (x = 1/2)	418
18.16.12.13 NFOCx_HTCOM (0x3000011E/0x3001011E)	419
18.16.13 观测器寄存器	420
18.16.13.1 NFOCx_EKP (0x30000140/0x30010140) (x = 1/2)	420
18.16.13.2 NFOCx_EKI (0x30000142/0x30010142) (x = 1/2)	420
18.16.13.3 NFOCx_EMAX (0x30000144/0x30010144) (x = 1/2)	421
18.16.13.4 NFOCx_EMIN (0x30000146/0x30010146) (x = 1/2)	421
18.16.13.5 NFOCx_EEK (0x30000148/0x30010148) (x = 1/2)	422
18.16.13.6 NFOCx_EEK1 (0x3000014A/0x3001014A) (x = 1/2)	422

18.16.13.7 NFOCx_EUK (0x3000014C/0x3001014C) (x = 1/2)	422
18.16.13.8 NFOCx_EK1 (0x300001A8/0x300101A8) (x = 1/2)	423
18.16.13.9 NFOCx_EK2 (0x300001AA/0x300101AA) (x = 1/2)	423
18.16.13.10 NFOCx_EK3 (0x300001AC/0x300101AC) (x = 1/2)	424
18.16.13.11 NFOCx_EK4 (0x300001AE/0x300101AE) (x = 1/2)	424
18.16.14 SMO 寄存器	425
18.16.14.1 NFOCx_KSLIDE (0x300001B0/0x300101B0) (x = 1/2)	425
18.16.14.2 NFOCx_MAXERR (0x300001B2/0x300101B2) (x = 1/2)	425
18.16.14.3 NFOCx_MERRRE (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2)	426
18.16.15 低速观测器寄存器	427
18.16.15.1 NFOCx_LK1 (0x300001EC/0x300101EC) (x = 1/2)	427
18.16.15.2 NFOCx_LK2 (0x300001EE/0x300101EE) (x = 1/2)	427
18.16.15.3 NFOCx_LK3 (0x300001F0/0x300101F0) (x = 1/2)	427
18.16.15.4 NFOCx_LK4 (0x300001F2/0x300101F2) (x = 1/2)	428
18.16.15.5 NFOCx_LK5 (0x300001F4/0x300101F4) (x = 1/2)	428
18.16.15.6 NFOCx_LK6 (0x300001F6/0x300101F6) (x = 1/2)	429
18.16.15.7 NFOCx_LED (0x300001F8/0x300101F8) (x = 1/2)	429
18.16.15.8 NFOCx_LEQ (0x300001FA/0x300101FA) (x = 1/2)	429
18.16.15.9 NFOCx_LOME (0x300001FC/0x300101FC) (x = 1/2)	430
18.16.16 磁链观测器寄存器	431
18.16.16.1 NFOCx_AFKP (0x300000C0/0x300100C0) (x = 1/2)	431
18.16.16.2 NFOCx_AFKI (0x300000C2/0x300100C2) (x = 1/2)	431
18.16.16.3 NFOCx_AFMAX (0x300000C4/0x300100C4) (x = 1/2)	432
18.16.16.4 NFOCx_AFMIN (0x300000C6/0x300100C6) (x = 1/2)	432
18.16.16.5 NFOCx_AFEK (0x300000C8/0x300100C8) (x = 1/2)	432
18.16.16.6 NFOCx_AFEK1 (0x300000CA/0x300100CA) (x = 1/2)	433
18.16.16.7 NFOCx_AFUK (0x300000CC/0x300100CC) (x = 1/2)	433
18.16.16.8 NFOCx_AFRPAH (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2)	434
18.16.16.9 NFOCx_AFRPBH (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2)	434
18.16.16.10 NFOCx_AFKDF (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2)	434
18.16.16.11 NFOCx_AFKAF (0x3000017E/0x3001017E) (x = 1/2)	435
18.16.16.12 NFOCx_FEK5 (0x300001B0/0x300101B0) (x = 1/2)	435
18.16.16.13 NFOCx_FEK6 (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2)	436
18.16.16.14 NFOCx_FEK7 (0x300001BC/0x300101BC) (x = 1/2)	436
18.16.16.15 NFOCx_FEK8 (0x300001BE/0x300101BE) (x = 1/2)	436
18.16.16.16 NFOCx_AFTHE (0x30000254/0x30010254) (x = 1/2)	437
18.16.17 速度与角度寄存器	438

18.16.17.1 NFOCx_EALPHA (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2).....	438
18.16.17.2 NFOCx_EBETA (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2).....	438
18.16.17.3 NFOCx_ETHERA (0x30000178/0x30010178) (x = 1/2).....	438
18.16.17.4 NFOCx_ZALORG (0x3000017C/0x3001017C) (x=1/2).....	439
18.16.17.5 NFOCx_ZBEORG (0x3000017E/0x3001017E) (x=1/2).....	439
18.16.17.6 NFOCx_EMF (0x300001E0/0x300101E0) (x = 1/2).....	440
18.16.17.7 NFOCx_OMEGA (0x30000204/0x30010204) (x = 1/2).....	440
18.16.17.8 NFOCx_FTCK (0x3000019E/0x3001019E) (x = 1/2).....	440
18.16.17.9 NFOCx_FGBASE (0x300001D8/0x300101D8) (x = 1/2).....	441
18.16.17.10 NFOCx_OMEMI2 (0x300001A2/0x300101A2) (x = 1/2).....	441
18.16.17.11 NFOCx_THECOM (0x300001A4/0x300101A4) (x = 1/2).....	442
18.16.17.12 NFOCx_FTCOM (0x300001A6/0x300101A6) (x = 1/2).....	442
18.16.17.13 NFOCx_OMEFLT (0x3000020C/0x3001020C) (x = 1/2).....	443
18.16.17.14 NFOCx_OMEFL2 (0x30000210/0x30010210) (x = 1/2).....	443
18.16.17.15 NFOCx_ZALPHA (0x30000214/0x30010214) (x=1/2).....	443
18.16.17.16 NFOCx_ZBETA (0x30000216/0x30010216) (x=1/2).....	444
18.16.17.17 NFOCx_KLPF (0x30000218/0x30010218) (x = 1/2).....	444
18.16.17.18 NFOCx_FTCPS (CSR:0x30000268/0x30010268) (x = 1/2).....	445
18.16.17.19 NFOCx_FTHETA (0x3000026A/0x3001026A) (x = 1/2).....	445
18.16.17.20 NFOCx_ITHETA (0x300003EE/0x300103EE) (x = 1/2).....	446
18.16.17.21 NFOCx_THETA (0x30000158/0x30010158) (x = 1/2).....	446
18.16.17.22 NFOCx_OTHETA (0x30000258/0x30010258) (x = 1/2).....	446
18.16.17.23 NFOCx_DELOTHE (0x3000028C/0x3001028C) (x = 1/2).....	447
18.16.17.24 NFOCx_DELETEHE (0x30000290/0x30010290) (x = 1/2).....	447
18.16.17.25 NFOCx_UTHETA (0x300000DE/0x300100DE) (x = 1/2).....	448
18.16.17.26 NFOCx_FBASE (0x300001A0/0x300101A0) (x = 1/2).....	448
18.16.18 OMEGA 启动寄存器.....	449
18.16.18.1 NFOCx_OMEGAK (0x30000288/0x30010288) (x = 1/2).....	449
18.16.18.2 NFOCx_OMEK2 (0x3000028A/0x3001028A) (x = 1/2).....	449
18.16.18.3 NFOCx_OMEACC (0x30000194/0x30010194) (x = 1/2).....	450
18.16.18.4 NFOCx_OMEEND (0x30000198/0x30010198) (x = 1/2).....	450
18.16.18.5 NFOCx_OMEMIN (0x3000019C/0x3001019C) (x = 1/2).....	450
18.16.19 外环寄存器.....	452
18.16.19.1 NFOCx_WKP (0x30000160/0x30010160) (x = 1/2).....	452
18.16.19.2 NFOCx_WKI (0x30000162/0x30010162) (x = 1/2).....	452
18.16.19.3 NFOCx_WMAX (0x30000164/0x30010164) (x = 1/2).....	453
18.16.19.4 NFOCx_WMIN (0x30000166/0x30010166) (x = 1/2).....	453
18.16.19.5 NFOCx_WEK (0x30000168/0x30010168) (x = 1/2).....	454

18.16.19.6 NFOCx_WEK1 (0x3000016A/0x3001016A) (x = 1/2)	454
18.16.19.7 NFOCx_WUK (0x3000016C/0x3001016C) (x = 1/2)	454
18.16.19.8 NFOCx_WREF (0x300001D0/0x300101D0) (x = 1/2)	455
18.16.19.9 NFOCx_WFDB (0x300001D2/0x300101D2) (x = 1/2)	455
18.16.19.10 NFOCx_WUCPS (0x3000033C/0x3001033C) (x = 1/2)	456
18.16.19.11 NFOCx_WUFIN (0x3000033E/0x3001033E) (x = 1/2)	456
18.16.20 爬坡寄存器	457
18.16.20.1 NFOCx_RATAR (0x300001E4/0x300101E4) (x = 1/2)	457
18.16.20.2 NFOCx_RAOUT (0x300001E6/0x300101E6) (x = 1/2)	457
18.16.20.3 NFOCx_RAINC (0x300001E8/0x300101E8) (x = 1/2)	458
18.16.20.4 NFOCx_RADEC (0x300001EA/0x300101EA) (x = 1/2)	458
18.16.21 电机保护寄存器	459
18.16.21.1 DRVx_PER (CSR:0x544/0x584) (x = 1/2)	459
18.16.21.2 DRVx_PTR (CSR:0x545/0x585) (x = 1/2)	460
18.16.21.3 DRVx_PSR (CSR:0x546/0x586) (x = 1/2)	461
18.16.21.4 NFOCx_IRLOW (0x30000010/0x30010010) (x = 1/2)	462
18.16.21.5 NFOCx_IRUPP (0x30000012/0x30010012) (x = 1/2)	463
18.16.21.6 NFOCx_OVP (0x30000014/0x30010014) (x = 1/2)	463
18.16.21.7 NFOCx_OVPARR (0x30000016/0x30010016) (x = 1/2)	464
18.16.21.8 NFOCx_OVPCNT (0x30000017/0x30010017) (x = 1/2)	464
18.16.21.9 NFOCx_UVP (0x30000018/0x30010018) (x = 1/2)	464
18.16.21.10 NFOCx_UVPARR (0x3000001A/0x3001001A) (x = 1/2)	465
18.16.21.11 NFOCx_UVPCNT (0x3000001B/0x3001001B) (x = 1/2)	465
18.16.21.12 NFOCx_SOCP (0x3000001C/0x3001001C) (x = 1/2)	466
18.16.21.13 NFOCx_SOCPARR (0x3000001E/0x3001001E) (x = 1/2)	466
18.16.21.14 NFOCx_SOCPCNT (0x3000001F/0x3001001F) (x = 1/2)	467
18.16.21.15 NFOCx_LKSMIN (0x30000020/0x30010020) (x = 1/2)	467
18.16.21.16 NFOCx_LKSMAX (0x30000022/0x30010022) (x = 1/2)	468
18.16.21.17 NFOCx_LOCKK (0x30000024/0x30010024) (x = 1/2)	468
18.16.21.18 NFOCx_LKARR (0x30000028/0x30010028) (x = 1/2)	469
18.16.21.19 NFOCx_LKCNT (0x3000002A/0x3001002A) (x = 1/2)	469
18.16.21.20 NFOCx_NCURRE (0x3000002C/0x3001002C) (x = 1/2)	469
18.16.21.21 NFOCx_PLK (0x3000002E/0x3001002E) (x = 1/2)	470
18.16.22 CORDIC 寄存器	471
18.16.22.1 ME_COR (CSR:0x50C)	471
18.16.22.2 NFOCx_XIO (0x30000030/0x30010030) (x=1/2)	473
18.16.22.3 NFOCx_YIO (0x30000032/0x30010032) (x = 1/2)	473
18.16.22.4 NFOCx_THETA0 (0x30000036/0x30010036) (x = 1/2)	474

18.16.22.5 NFOCx_XO0 (0x30000038/0x30010038) (x = 1/2)	474
18.16.22.6 NFOCx_YO0 (0x3000003A/0x3001003A) (x = 1/2)	475
18.16.22.7 NFOCx_XI1 (0x3000003C/0x3001003C) (x = 1/2)	475
18.16.22.8 NFOCx_YI1 (0x3000003E/0x3001003E) (x = 1/2)	475
18.16.22.9 NFOCx_THETA1 (0x30000042/0x30010042) (x = 1/2)	476
18.16.22.10 NFOCx_XO1 (0x30000044/0x30010044) (x = 1/2)	476
18.16.22.11 NFOCx_YO1 (0x30000046/0x30010046) (x = 1/2)	477
18.16.22.12 NFOCx_XI2 (0x30000048/0x30010048) (x = 1/2)	477
18.16.22.13 NFOCx_YI2 (0x3000004A/0x3001004A) (x = 1/2)	477
18.16.22.14 NFOCx_US2 (0x3000004C/0x3001004C) (x = 1/2)	478
18.16.22.15 NFOCx_THETA2 (0x3000004E/0x3001004E) (x = 1/2)	478
18.16.22.16 NFOCx_XI3 (0x30000050/0x30010050) (x = 1/2)	479
18.16.22.17 NFOCx_YI3 (0x30000052/0x30010052) (x = 1/2)	479
18.16.22.18 NFOCx_US3 (0x30000054/0x30010054) (x = 1/2)	479
18.16.22.19 NFOCx_THETA3 (0x30000056/0x30010056) (x = 1/2)	480
18.16.23 角度融合寄存器	481
18.16.23.1 NFOCx_HTHETA (0x30000116/0x30010116)(x = 1/2)	481
18.16.23.2 NFOCx_ATHETA (0x300001E2/0x300101E2)(x = 1/2)	481
18.16.23.3 NFOCx_FUWEI (0x3000021A/0x3001021A)(x = 1/2)	482
18.16.23.4 NFOCx_FUMAX (0x300003E8/0x300103E8)(x = 1/2)	482
18.16.23.5 NFOCx_FUMIN (0x300003EA/0x300103EA)(x = 1/2)	483
18.16.24 电流环解耦寄存器	484
18.16.24.1 NFOCx_CVK1 (0x300003CC/0x300103CC)(x = 1/2)	484
18.16.24.2 NFOCx_CVK2 (0x300003E0/0x300103E0)(x = 1/2)	484
18.16.24.3 NFOCx_CVK3 (0x300003CE/0x300103CE)(x = 1/2)	484
18.16.24.4 NFOCx_CVDK4 (0x300003D0/0x300103D0)(x = 1/2)	485
18.16.24.5 NFOCx_CVDK5 (0x300003D4/0x300103D4)(x = 1/2)	485
18.16.24.6 NFOCx_CVQK4 (0x300003D2/0x300103D2)(x = 1/2)	486
18.16.24.7 NFOCx_CVQK5 (0x300003D6/0x300103D6)(x = 1/2)	486
18.16.24.8 NFOCx_CVKI2D (0x30000112/0x30010112)(x = 1/2)	486
18.16.24.9 NFOCx_CVKI2Q (0x30000132/0x30010132)(x = 1/2)	487
18.16.24.10 NFOCx_CVDULO (0x30000302/0x30010302)(x = 1/2)	487
18.16.24.11 NFOCx_CVQULO (0x3000032A/0x3001032A)(x = 1/2)	488
18.16.24.12 NFOCx_UDCMAX (0x300003E4/0x300103E4)(x = 1/2)	488
18.16.24.13 NFOCx_UDCMIN (0x300003E6/0x300103E6)(x = 1/2)	488
18.16.24.14 NFOCx_UDCLIM (0x300003E2/0x300103E2)(x = 1/2)	489
18.16.24.15 NFOCx_CVDUK (0x30000110/0x30010110)	489
18.16.24.16 NFOCx_CVKI2D (0x30000112/0x30010112)	490

18.16.24.17 NFOCx_CVQUK (0x30000130/0x30010130).....	490
18.16.24.18 NFOCx_DCOM (0x300003D8/0x300103D8)(x = 1/2)	490
18.16.24.19 NFOCx_DAS (0x300003DA/0x300103DA)(x = 1/2).....	491
18.16.24.20 NFOCx_QCOM (0x300003DC/0x300103DC)(x = 1/2).....	491
18.16.24.21 NFOCx_QAS (0x300003DE/0x300103DE)(x = 1/2).....	492
18.16.24.22 NFOCx_DUKF (0x300003F4/0x300103F4)(x = 1/2)	492
18.16.24.23 NFOCx_QUKF (0x300003F6/0x300103F6)(x = 1/2)	492
19 PFC	494
19.1 PFC 操作说明.....	494
19.1.1 简介	494
19.1.2 电压误差补偿模块	495
19.1.3 电压前馈补偿模块	495
19.1.4 平均电压 PFC_UAVG 的计算	495
19.1.5 电流误差补偿模块	496
19.1.6 电流前馈补偿模块	497
19.1.7 电流采样校正模块	498
19.1.8 PWM 输出模块.....	498
19.1.9 过流保护与逐波限流.....	500
19.2 PFC_UAC/PFC_IAC1/PFC_IAC2/PFC_UDC 采样	500
19.2.1 UDC 采样.....	500
19.2.2 PFC_IAC1/PFC_IAC2 采样	501
19.2.3 PFC_UAC 采样	501
19.3 PFC 寄存器	503
19.3.1 PFC_CR0 (CSR:0x5C0)	503
19.3.2 PFC_CR1 (CSR:0x5C1)	505
19.3.3 PFC_CR2 (CSR:0x5C2)	505
19.3.4 PFC_KM (CSR:0x5C3).....	507
19.3.5 UAC_CSO (CSR:0x5C4).....	507
19.3.6 IACx_CSO (CSR:0x5C5/CSR:0x5C6) (x = 1/2)	508
19.3.7 PFC_ARR (CSR:0x5C7).....	508
19.3.8 PFC_DRx (CSR:0x5C8/CSR:0x5C9) (x = 1/2)	509
19.3.9 UDC_ARR (CSR:0x5CA)	509
19.3.10 PFC_TRGDLY (CSR:0x5CB).....	510

19.3.11 UDC_REF (CSR:0x5CC)	510
19.3.12 UDC_UK (CSR:0x5CD)	511
19.3.13 UDC_KP (CSR:0x5CE)	511
19.3.14 UDC_KI (CSR:0x5CF)	511
19.3.15 UDC_UKMAX (CSR:0x5D0)	512
19.3.16 UDC_UKMIN (CSR:0x5D1)	512
19.3.17 IACx_REF (CSR:0x5D2/CSR:0x5D8) (x = 1/2)	512
19.3.18 IACx_UK (CSR:0x5D3/CSR:0x5D9) (x = 1/2)	513
19.3.19 IACx_KP (CSR:0x5D4/CSR:0x5DA) (x = 1/2)	513
19.3.20 IACx_KI (CSR:0x5D5/CSR:0x5DB) (x = 1/2)	514
19.3.21 IACx_UKMAX (CSR:0x5D6/CSR:0x5DC) (x = 1/2)	514
19.3.22 IACx_UKMIN (CSR:0x5D7/CSR:0x5DD) (x = 1/2)	515
19.3.23 PFC_UAC (CSR:0x5DE)	515
19.3.24 PFC_IACx (CSR:0x5DF/CSR:0x5E0) (x = 1/2)	515
19.3.25 PFC_UDC (CSR:0x5E1)	516
19.3.26 PFC_UAVG (CSR:0x5E2)	516
19.3.27 PFC_COM (CSR:0x5E3)	517
19.3.28 PFC_KCOM (CSR:0x5E4)	517
19.3.29 PFC_DDCM (CSR:0x5E5)	517
19.3.30 PFC_KDDCM (CSR:0x5E7)	518
19.3.31 PFC_DCCMCSO (CSR:0x5E8)	518
19.3.32 PFC_KIACx (CSR:0x5E9/CSR:0x5EA) (x = 1/2)	519
20 SysTick	520
20.1 SysTick 操作说明	520
20.2 SysTick 寄存器	520
20.2.1 SYST_ARR (CSR:0x440)	520
20.2.2 SYST_SR (CSR:0x441)	520
21 时钟	522
21.1 时钟简介	522
21.2 时钟操作说明	522
21.2.1 内部快时钟操作说明	522
21.2.2 PLL 时钟操作说明	523

21.2.2.1 PLL 时钟来自内部快时钟	523
21.2.2.2 PLL 时钟来自外部快时钟	523
21.2.2.2.1 外部快时钟晶体输入模式	524
21.2.2.2.2 外部快时钟外部时钟输入模式	524
21.2.2.3 内部慢时钟操作说明	526
21.2.3 时钟寄存器	526
21.2.3.1 CCFG2 (CSR:0xFFD)	526
21.2.3.2 CCFG3 (CSR:0xFFC)	527
21.2.3.3 OSC_CR (CSR:0x463)	528
21.2.3.4 OSC_SR (CSR: 0x464)	529
21.3 时钟校准	530
21.3.1 时钟校准简介	530
21.3.2 时钟校准寄存器	530
21.3.2.1 CAL_CR (CSR:0x462)	530
22 IWDT	532
22.1 IWDT 主要性能	532
22.2 IWDT 操作说明	532
22.3 硬件 IWDT	533
22.4 键寄存器访问保护	533
22.5 调试模式	533
22.6 IWDT 寄存器	533
22.6.1 IWDT_KR (CSR:0x480)	533
22.6.2 IWDT_REL(CSR:0x481)	534
23 WWDT	535
23.1 WWDT 简介	535
23.2 WWDT 主要特性	535
23.3 WWDT 功能描述	535
23.3.1 启动看门狗	536
23.3.2 控制递减计数器	536
23.4 WWDT 寄存器	538
23.4.1 WWDT_CR (CSR:0x4A0)	538
23.4.2 WWDT_CFR (CSR:0x4A1)	538
23.4.3 WWDT_SR (CSR:0x4A2)	539

24 RTC	540
24.1 RTC 基本功能框图	540
24.2 RTC 操作说明	540
24.3 RTC 寄存器	540
24.3.1 RTC_CR (CSR:0x460)	540
24.3.2 RTC_DR (CSR:0x461)	541
25 IO	542
25.1 IO 简介	542
25.2 IO 配置说明	542
25.3 IO 寄存器	543
25.3.1 PA_OE (CSR:0x001)	543
25.3.2 PB_OE (CSR:0x011)	543
25.3.3 PC_OE (CSR:0x021)	544
25.3.4 PD_OE (CSR:0x031)	544
25.3.5 PB_AN (CSR:0x013)	545
25.3.6 PC_AN (CSR:0x023)	545
25.3.7 PD_AN (CSR:0x033)	546
25.3.8 PA_PU (CSR:0x002)	546
25.3.9 PB_PU (CSR:0x012)	547
25.3.10 PC_PU (CSR:0x022)	547
25.3.11 PD_PU (CSR:0x032)	548
25.3.12 PA_PL (CSR:0x003)	548
25.3.13 PH_SEL (CSR:0x060)	549
25.3.14 PH_SEL1 (CSR:0x061)	552
25.3.15 PA (CSR:0x000)	552
25.3.16 PB (CSR:0x010)	553
25.3.17 PC (CSR:0x020)	553
25.3.18 PD (CSR:0x030)	553
26 温度传感器	555
26.1 温度传感器寄存器	556
26.1.1 TSD_CR (CSR:0x630)	556
26.1.2 TSEN_DR (CSR:0x631)	557

27 ADC	558
27.1 ADC 简介.....	558
27.2 ADC 框图.....	558
27.3 ADC 操作说明	561
27.3.1 顺序采样模式.....	561
27.3.2 触发采样模式.....	562
27.3.2.1 ADC1 触发采样模式	562
27.3.2.2 ADC2 触发采样模式	562
27.3.2.3 ADC3 触发采样模式	562
27.3.3 输出数据格式.....	562
27.4 ADC 寄存器	563
27.4.1 ADCx_CR (CSR:0x660/0x670/0x680) (x = 1/2/3)	563
27.4.2 ADCx_MASK (CSR:0x661/0x671/0x681) (x = 1/2/3)	564
27.4.3 ADC1_SCYC (CSR:0x662)	565
27.4.4 ADC2_SCYC (CSR:0x672)	566
27.4.5 ADC3_SCYC (CSR:0x682)	566
27.4.6 ADC1_DRx (0x40000040).....	567
27.4.7 ADC2_DRx (0x40000060).....	567
27.4.8 ADC3_DRx (CSR:0x683/0x684/0x685) (x = 0/1/2).....	568
28 DAC	569
28.1 DAC 简介.....	569
28.2 DAC0 功能说明	569
28.3 DAC1 功能说明	570
28.4 DAC2 功能说明	571
28.5 DAC3 功能说明	572
28.6 DAC4 功能说明	573
28.7 DAC 寄存器	574
28.7.1 DAC_CR (CSR:0x640)	574
28.7.2 DAC0_DR (CSR:0x641)	575
28.7.3 DAC1_DR (CSR:0x642)	575
28.7.4 DAC2_DR (CSR:0x643)	575
28.7.5 DAC3_DR (CSR:0x644)	576

28.7.6 DAC4_DR (CSR:0x645)	576
29 DMA	577
29.1 DMA 简介.....	577
29.2 DMA 主要特性	577
29.3 DMA 操作说明	578
29.3.1 DMA 处理	578
29.3.2 DMA 仲裁	578
29.3.3 DMA 数据传输	578
29.3.3.1 可编程的数据量	578
29.3.3.2 指针增量	578
29.3.3.3 循环模式	579
29.3.3.4 数据大小端	579
29.4 DMA 寄存器	579
29.4.1 DMAx_CR (CSR:0x0A0/0x0B0/0x0C0/0x0D0/0x0E0/0x0F0)	579
29.4.2 DMAx_LEN (CSR:0x0A1/0x0B1/0x0C1/0x0D1/0x0E1/0x0F1).....	581
29.4.3 DMAx_BA (CSR:0x0A2/0x0B2/0x0C2/0x0D2/0x0E2/0x0F2)	582
30 VREF	583
30.1 VREF 模块的操作说明	583
30.2 VREF 寄存器	583
30.2.1 VREF_VHALF_CR (CSR:0x620)	583
31 VHALF	585
31.1 VHALF 模块的操作说明	585
31.2 VHALF 寄存器	585
32 运放.....	586
32.1 运放简介.....	586
32.2 运放操作说明	586
32.2.1 母线电流采样运放(AMP0)	586
32.2.1.1 AMP0 普通模式	586
32.2.1.2 AMP0 PGA 差分输入模式	587
32.2.1.3 AMP0 PGA 单端输入模式	587
32.2.2 母线电流采样运放(AMP4)	588
32.2.2.1 AMP4 普通模式	588
32.2.2.2 AMP4 PGA 差分输入模式	588

32.2.2.3 AMP4 PGA 单端输入模式	588
32.2.3 相电流运放(AMP1)	589
32.2.3.1 AMP1 普通模式	589
32.2.3.2 AMP1 PGA 差分输入模式	589
32.2.3.3 AMP1 PGA 单端输入模式	590
32.2.4 相电流运放(AMP2)	590
32.2.4.1 AMP2 普通模式	590
32.2.4.2 AMP2 PGA 差分输入模式	591
32.2.4.3 AMP2 PGA 单端输入模式	591
32.2.5 相电流运放(AMP5)	592
32.2.5.1 AMP5 普通模式	592
32.2.5.2 AMP5 PGA 差分输入模式	592
32.2.5.3 AMP5 PGA 单端输入模式	593
32.2.6 相电流运放(AMP6)	593
32.2.6.1 AMP6 普通模式	593
32.2.6.2 AMP6 PGA 差分输入模式	594
32.2.6.3 AMP6 PGA 单端输入模式	594
32.2.7 运放 AMP3	595
32.2.7.1 AMP3 普通模式	595
32.2.7.2 AMP3 PGA 差分输入模式	595
32.3 运放寄存器	596
32.3.1 AMP_CR0 (CSR:0x621)	596
32.3.2 AMP_CR1 (CSR:0x622)	597
33 比较器	600
33.1 比较器操作说明	600
33.1.1 比较器 CMP3	600
33.1.1.1 主电机过流保护	602
33.1.1.2 主电机逐波限流	602
33.1.2 比较器 CMP9	603
33.1.2.1 从电机过流保护	605
33.1.2.2 从电机逐波限流	606
33.1.3 比较器 CMP4	606
33.1.4 比较器 CMP10	607
33.1.5 比较器 CMP5	608
33.1.6 比较器 CMP11	609

33.1.7 比较器组 CMPG1.....	610
33.1.7.1 无内置电阻三比较器模式.....	610
33.1.7.2 内置电阻三比较器模式.....	611
33.1.7.3 差分三比较器模式.....	612
33.1.7.4 双比较器模式.....	613
33.1.8 比较器组 CMPG2.....	614
33.1.8.1 无内置电阻三比较器模式.....	614
33.1.8.2 内置电阻三比较器模式.....	615
33.1.8.3 差分三比较器模式.....	617
33.1.8.4 双比较器模式.....	617
33.1.9 比较器采样.....	618
33.2 比较器寄存器.....	619
33.2.1 CMP_CR0 (CSR:0x600).....	619
33.2.2 CMP_CR1 (CSR:0x601).....	621
33.2.3 CMP_CR2 (CSR:0x602).....	622
33.2.4 CMP_CR3 (CSR:0x603).....	625
33.2.5 CMP_SR (CSR:0x604).....	626
33.2.6 CMP_IFR (CSR:0x605).....	627
33.2.7 CMP_SAMR (CSR:0x606).....	629
33.2.8 CMP_DBR (CSR:0x607).....	630
33.2.9 CMP_CR4 (CSR:0x608).....	632
33.2.10 CMP_CR5 (CSR:0x609).....	634
33.2.11 CMP_CR6 (CSR:0x60A).....	635
34 电源模块.....	638
34.1 LDO.....	638
34.1.1 FU7571Q LDO 模块简介.....	638
34.1.2 FU7562Q / FU7562L / FU7512L / FU7512P LDO 模块简介.....	638
34.1.3 FU7561Q LDO 模块简介.....	639
34.1.4 FU7541Q LDO 模块简介.....	639
34.2 低压检测.....	640
34.2.1 低压检测简介.....	640
34.2.2 低压检测操作说明.....	640
34.3 低压检测寄存器.....	641

34.3.1 LVSR (CSR:0x408).....	641
35 Flash.....	643
35.1 Flash 简介.....	643
35.2 Flash 操作说明.....	643
35.3 ECC 校验.....	645
35.3.1 ECC 校验简介.....	645
35.4 Flash 寄存器.....	645
35.4.1 FLA_CR (CSR:0x4E1).....	645
35.4.2 FLA_KEY (CSR:0x4E0).....	647
35.4.3 FLA_ECSR (CSR:0x4E2).....	647
35.4.4 FLA_EEADR (CSR:0x4E3).....	649
36 CRC.....	650
36.1 CRC 功能框图.....	650
36.2 CRC16 多项式.....	650
36.3 CRC16 基本逻辑图.....	650
36.4 CRC 操作说明.....	651
36.4.1 计算单个字节的 CRC.....	651
36.4.2 批量计算 ROM 数据 CRC.....	652
36.4.3 DMA 计算 CRC.....	652
36.5 CRC 寄存器.....	653
36.5.1 CRC_DIN (CSR:0x1D8).....	653
36.5.2 CRC_CR (CSR:0x1D9).....	653
36.5.3 CRC_DR (CSR:0x1DA).....	654
36.5.4 CRC_BEG (CSR:0x1DB).....	655
36.5.5 CRC_CNT (CSR:0x1DC).....	655
37 休眠模式.....	656
37.1 休眠模式简介.....	656
37.2 休眠模式寄存器.....	657
37.2.1 PCON(CSR:0x4D2).....	657
38 代码保护.....	658
38.1 代码保护简介.....	658

38.2 代码保护操作说明 658

39 异常处理 660

 39.1 陷阱简介 660

 39.2 异常处理流程 660

 39.3 异常处理寄存器 661

 39.3.1 MEPC (CSR:0x341) 661

 39.3.2 MCAUSE (CSR:0x342) 661

40 修订记录 662

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、TIM4_CR0、TIM7_CR0和TIM8_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)
- 电源与驱动接口相关引脚、符号表示:
 - VCC_x: VCC_1 和 VCC_2
 - VBB_x: VBB_1 和 VBB_2
 - VDD5_x: VDD_1 和 VDD_2
 - V_{BUx}, V_{BVx}, V_{BWx}: V_{BU1}, V_{BV1}, V_{BW1} 和 V_{BU2}, V_{BV2}, V_{BW2}
 - V_{LUx}, V_{LVx}, V_{LWx}: V_{LU1}, V_{LV1}, V_{LW1} 和 V_{LU2}, V_{LV2}, V_{LW2}
 - Pre-driverx: Pre-driver1 和 Pre-driver2

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 Registers 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 ² 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
IWDT	Independent Watchdog Timer 独立看门狗定时器
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
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor 金属氧化物半导体场效应晶体管

MSB	Most Significant Bit 最高有效位
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:
 - » FU7571Q: 外部电源从 VCC_x 输入 5V ~ 26V; VDD5_x、VBB_x 和 VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7562Q: 外部电源从 VCC 输入 10V ~ 20V; 外部电源从 VDD5 输入 3V ~ 5.5V; VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7561Q: 外部电源从 VCC 输入 5V ~ 26V; VDD5、VBB 和 VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7562L: 外部电源从 VCC 输入 10V ~ 20V; 外部电源从 VDD5 输入 3V ~ 5.5V; VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7541Q: 外部电源从 VCC_x 输入 5V ~ 28V; VDD5_x、VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7512L: 外部电源从 VDD5 输入 3V ~ 5.5V; VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
 - » FU7512P: 外部电源从 VDD5 输入 3V ~ 5.5V; VDD2P5 电压由内部 LDO 产生
- > 双核: RISC-V内核和ME
- > 最高支持48MHz时钟频率
- > 64kB Flash, 带ECC保护和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
 - » FU7571Q: 29 个
 - » FU7562Q: 32 个
 - » FU7561Q: 31 个
 - » FU7562L: 27 个
 - » FU7541Q: 28 个
 - » FU7512L: 32 个

- >> FU7512P: 30 个
- > GPIO个数
 - >> FU7571Q: 29 个
 - >> FU7562Q: 38 个
 - >> FU7561Q: 37 个
 - >> FU7562L: 22 个
 - >> FU7541Q: 29 个
 - >> FU7512L: 53 个
 - >> FU7512P: 38 个
- > 定时器:
 - >> Timer2/Timer5/Timer6 (FU7562Q/FU7561Q/FU7512L/FU7512P): 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 (FU7571Q/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
 - >> Timer2/Timer6 (FU7562L): 基本定时计数
 - >> Timer2 (FU7571Q/FU7541Q): 基本定时计数
 - >> 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:
 - >> I²C
 - >>> FU7571Q: 1 个(I²C1)
 - >>> FU7562Q: 2 个
 - >>> FU7561Q: 1 个(I²C1)
 - >>> FU7562L: 1 个(I²C1)
 - >>> FU7541Q: 1 个(I²C1)
 - >>> FU7512L: 2 个

- »» FU7512P: 1 个(I²C1)

- » SPI

- »» FU7571Q: 1 个(SPI1), 仅支持 3 线制模式

- »» FU7562Q: 2 个, 其中 SPI2 仅支持 3 线制模式

- »» FU7561Q: 2 个, 仅支持 3 线制模式

- »» FU7512L: 2 个

- »» FU7512P: 1 个(SPI2), 仅支持 3 线制模式

- » 2 个 UART, 支持单线模式

- » 1 个 LIN

- » 1 个 CAN, 支持 CANFD

- » 1 个 BISS(适用于 FU7562Q/FU7561Q/FU7512L/FU7512P)

- » 6 通道 DMA, 支持 I²C/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 μ s 转换, 可选择内部 VREF、外部 VREF 作参考电压

- » ADC1 通道数

- »» FU7571Q: 12 通道(其中 AD1 通道 0/1/3/4/11 仅供芯片内部使用)

- »» FU7562Q: 12 通道(其中 AD1 通道 0/1/3/4/11 仅供芯片内部使用)

- »» FU7561Q: 12 通道(其中 AD1 通道 0/1/3/4/11 仅供芯片内部使用)

- »» FU7562L: 8 通道(其中 AD1 通道 0/1/3/4/11 仅供芯片内部使用)

- »» FU7541Q: 12 通道(其中 AD1 通道 0/1/4/11 仅供芯片内部使用)

- »» FU7512L: 13 通道

- »» FU7512P: 12 通道(其中 AD1 通道 0/1/3/4/11 仅供芯片内部使用)

- » ADC2 通道数

- »» FU7571Q: 12 通道(其中 AD2 通道 0/1/3/4/13 仅供芯片内部使用)

- »» FU7562Q: 10 通道(其中 AD2 通道 1/4/13 仅供芯片内部使用)

- »» FU7561Q: 12 通道(其中 AD2 通道 0/1/3/4/13 仅供芯片内部使用)

- »» FU7562L: 10 通道(其中 AD2 通道 1/13 仅供芯片内部使用)

- »» FU7541Q: 13 通道(其中 AD2 通道 0/1/3/4/13 仅供芯片内部使用)

- »» FU7512L: 14 通道

- >>> FU7512P: 13 通道(其中 AD2 通道 0/1/4/13 仅供芯片内部使用)
- >> ADC3 通道数
 - >>> FU7571Q: 1 通道(AD3 通道 2 仅供芯片内部使用)
 - >>> FU7562Q: 2 通道
 - >>> FU7561Q: 1 通道(AD3 通道 2 仅供芯片内部使用)
 - >>> FU7562L: 2 通道
 - >>> FU7541Q: 2 通道(其中 AD3 通道 2 仅供芯片内部使用)
 - >>> FU7512L: 3 通道
 - >>> FU7512P: 3 通道(其中 AD3 通道 2 仅供芯片内部使用)
- >> 内置 VREF 参考, 可配置 3V、4V、4.5V、5V
- >> 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
 - >>> FU7571Q: 6 个
 - >>> FU7562Q: 5 个
 - >>> FU7561Q: 6 个
 - >>> FU7562L: 5 个
 - >>> FU7541Q: 6 个
 - >>> FU7512L: 7 个
 - >>> FU7512P: 7 个
- >> 模拟比较器
 - >>> FU7571Q: 7 路
 - >>> FU7562Q: 7 路
 - >>> FU7561Q: 7 路
 - >>> FU7562L: 4 路
 - >>> FU7541Q: 7 路
 - >>> FU7512L: 8 路
 - >>> FU7512P: 8 路
- >> DAC
 - >>> FU7571Q: 2 路 9 位, 2 路 6 位 (DAC0/1/3/4 仅供芯片内部使用)
 - >>> FU7562Q: 2 路 9 位, 1 路 8 位, 2 路 6 位(DAC0/1/4 仅供芯片内部使用)

- »» FU7561Q: 2 路 9 位, 2 路 6 位(DAC0/1/3/4 仅供芯片内部使用)
- »» FU7562L: 2 路 9 位, 1 路 8 位(DAC0 仅供芯片内部使用)
- »» FU7541Q: 2 路 9 位, 2 路 6 位(DAC1/3/4 仅供芯片内部使用)
- »» FU7512L: 2 路 9 位, 1 路 8 位, 2 路 6 位
- »» FU7512P: 2 路 9 位, 1 路 8 位, 2 路 6 位(DAC0/1/4 仅供芯片内部使用)

> 驱动类型

- » FU7571Q: 2*6N Pre-driver 输出
- » FU7562Q: 1*6N Pre-driver 输出 + 1*PWM 输出
- » FU7561Q: 1*6N Pre-driver 输出 + 1*PWM 输出
- » FU7562L: 1*6N Pre-driver 输出
- » FU7541Q: 2*3P3N Pre-driver 输出
- » FU7512L: 2*PWM 输出
- » FU7512P: 2*PWM 输出

> FOC驱动支持单电阻、双电阻、三电阻电流采样

> 支持PFC(适用于FU7562Q/FU7562L/FU7512L, 其中FU7562Q/FU7562L支持PFC1, FU7512L支持PFC1和PFC2)

- » 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

> IWDt

> WWDt

> LVD

> 温度传感器

- 两线制FICE协议提供在线仿真功能

1.2 应用场景

应用领域

- FU7571Q: 水泵、压缩机、风机、两轮/三轮电动车、电动工具、航模、吸尘器等
- FU7562Q: 空调、洗衣机、压缩机、空调室内/外机、油烟机、高压风机等
- FU7561Q: 园林工具、水泵、压缩机、电动车、低压工业风机、航模等
- FU7562L: 空调室内机、油烟机、洗衣机、冰箱等
- FU7541Q: 散热风扇、扫地机器人、割草机、翻转屏、吸尘器等
- 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
- FU7512P: 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

1.3 概述

FU7512_41_61_62_71 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。支持交错两相升压 PFC。芯片内部集成有高速运算放大器、比较器、高速 ADC、CRC、SPI、I²C、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_61_62_71 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_61_62_71 系列芯片的共有特性。

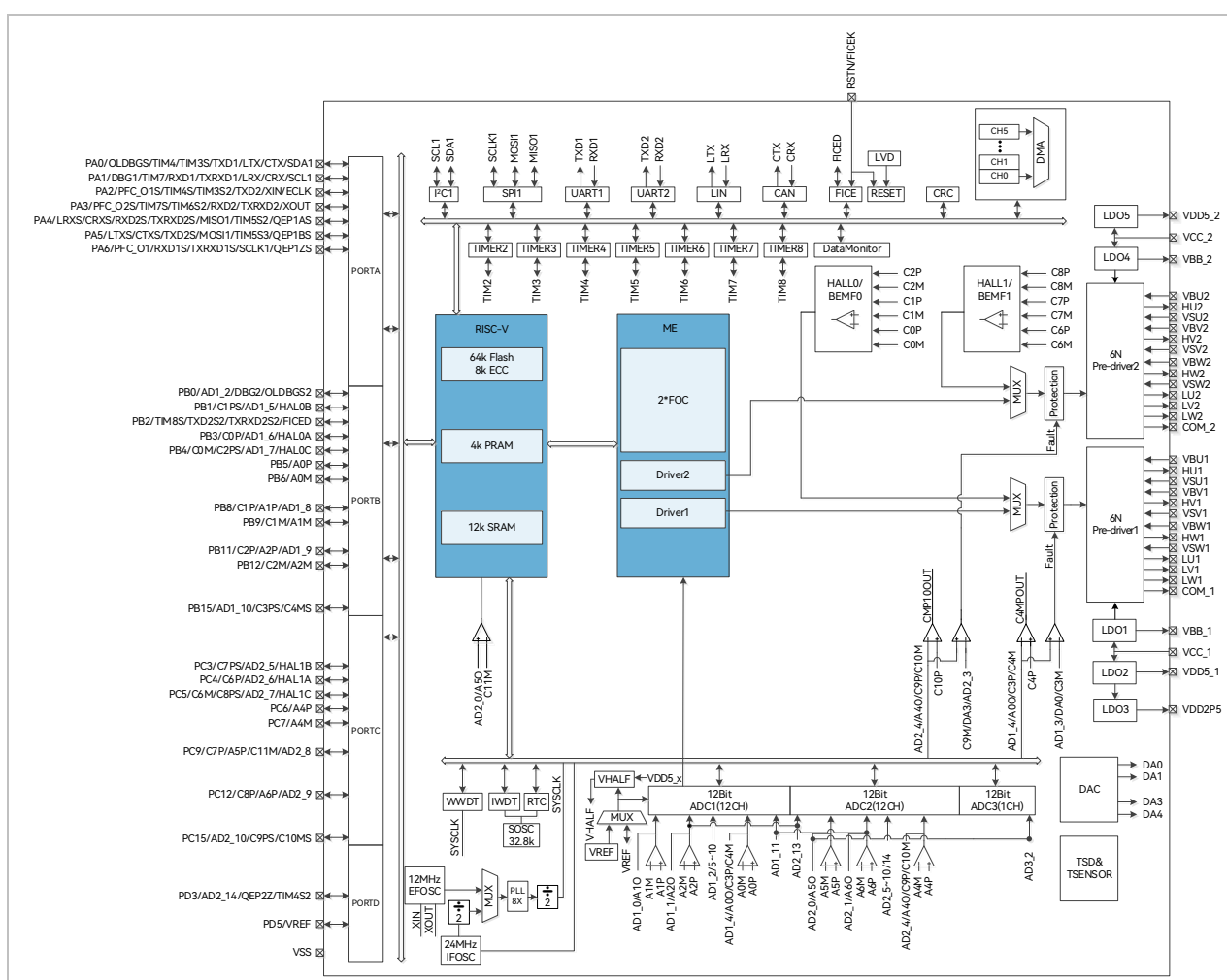
- FU7571封装形态: FU7571Q (QFN64)
- FU7562系列型号: FU7562Q (QFN64-56)、FU7562L (LQFP52)
- FU7561封装形态: FU7561Q (QFN56)

- FU7541封装形态: FU7541Q (QFN48)
- FU7512系列型号: FU7512L (LQFP64)、FU7512P (LQFP48)

1.4 系统框图

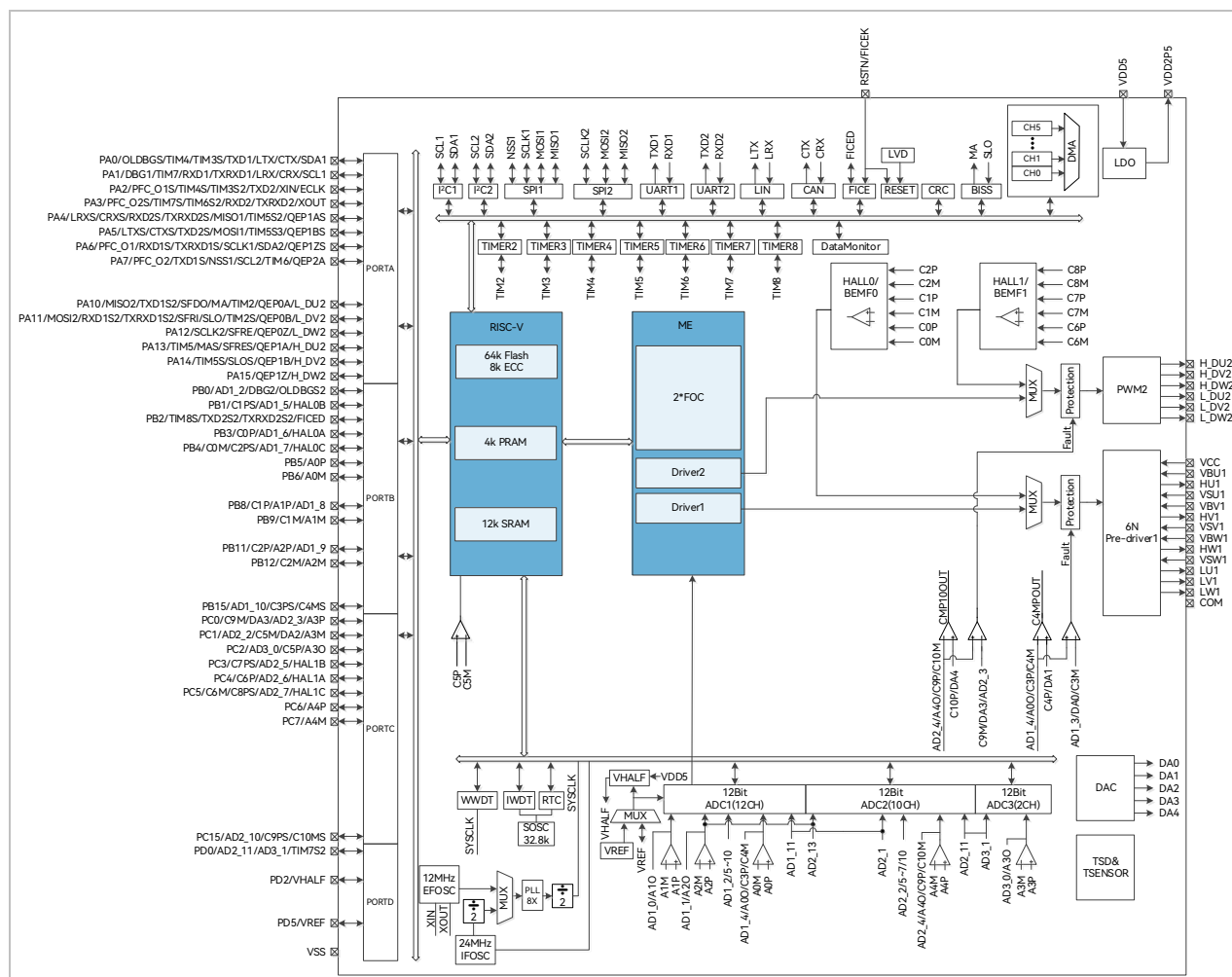
1.4.1 FU7571Q 功能框图

图 1-1 FU7571Q 功能框图



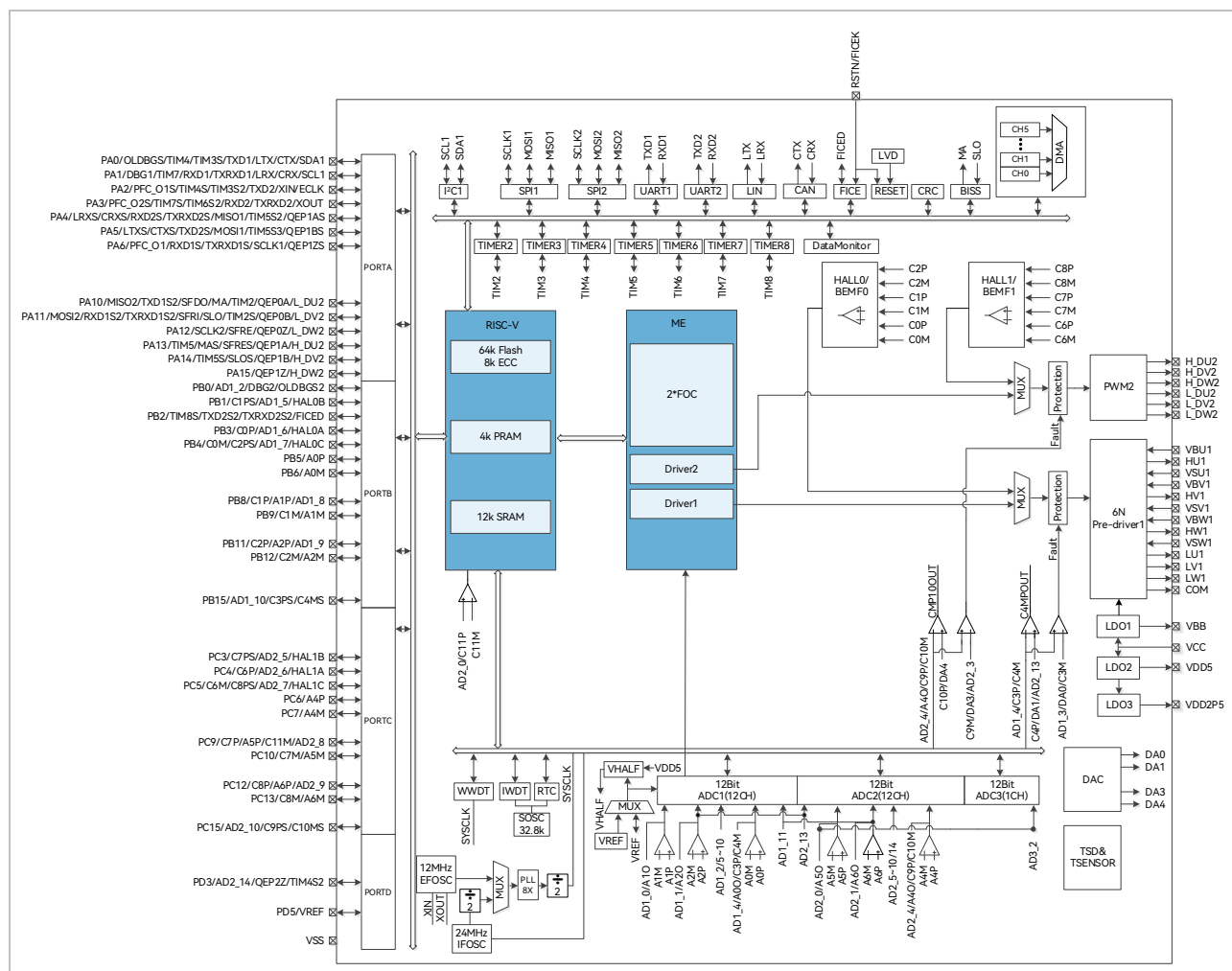
1.4.2 FU7562Q 功能框图

图 1-2 FU7562Q 功能框图



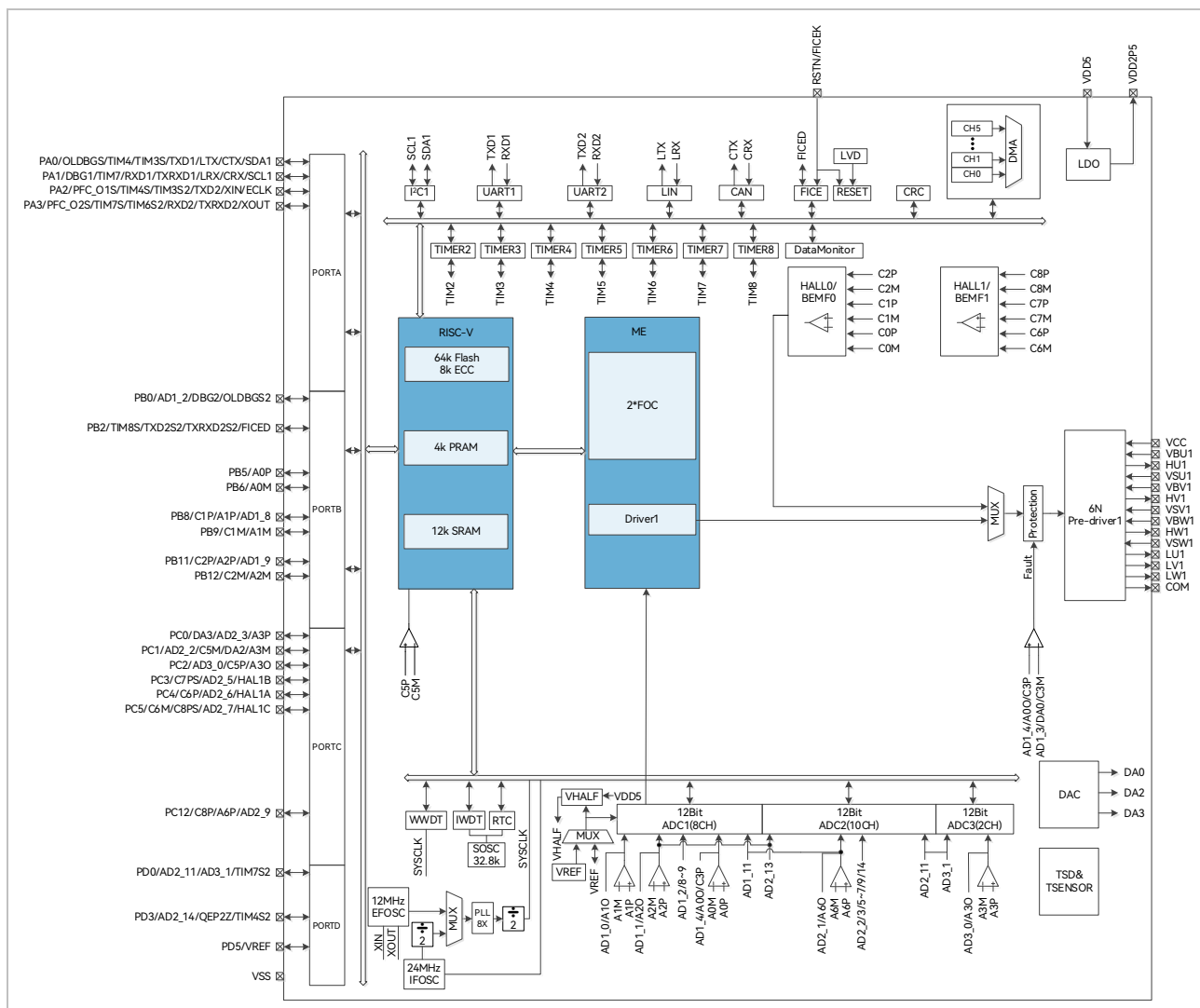
1.4.3 FU7561Q 功能框图

图 1-3 FU7561Q 功能框图



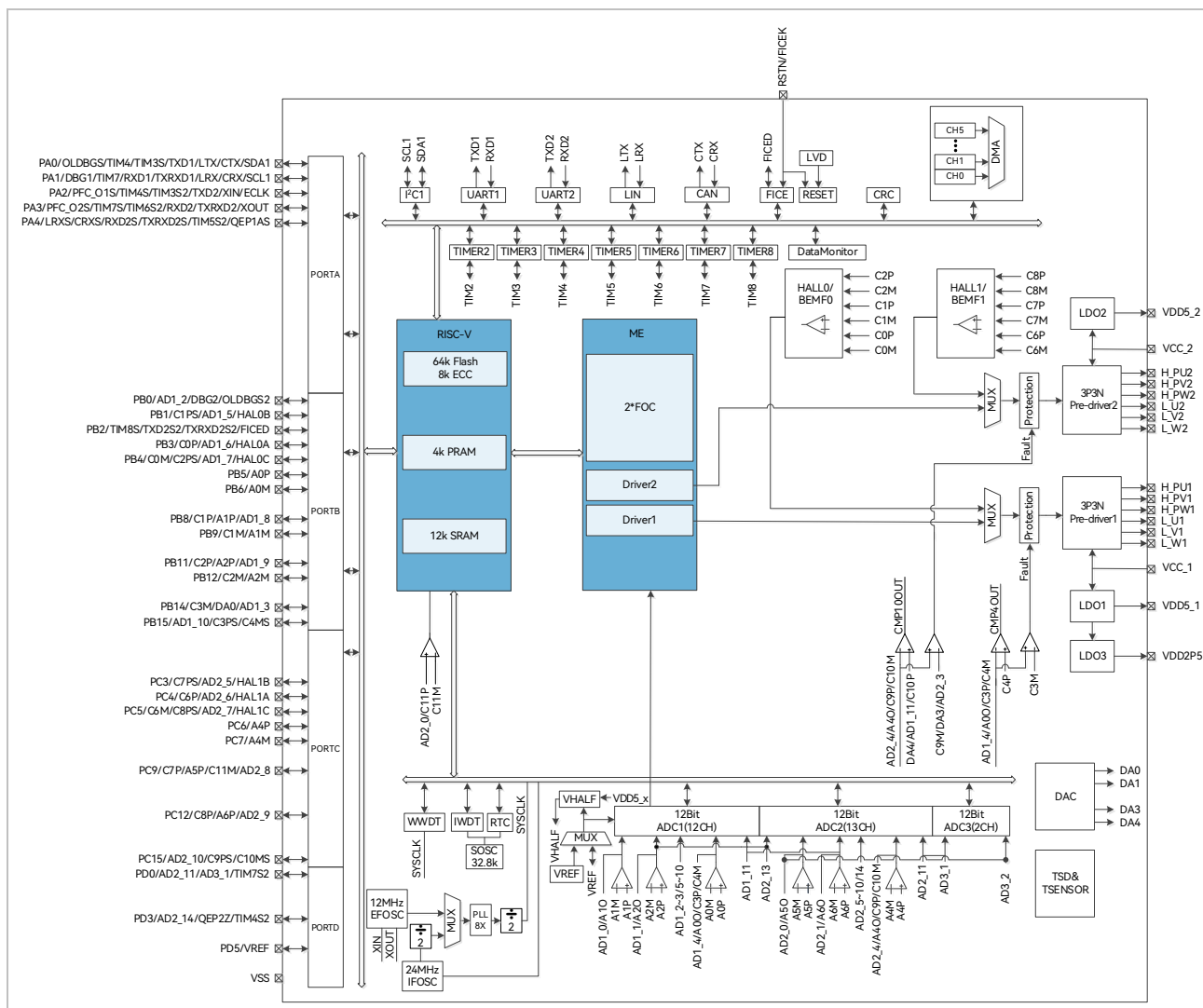
1.4.4 FU7562L 功能框图

图 1-4 FU7562L 功能框图



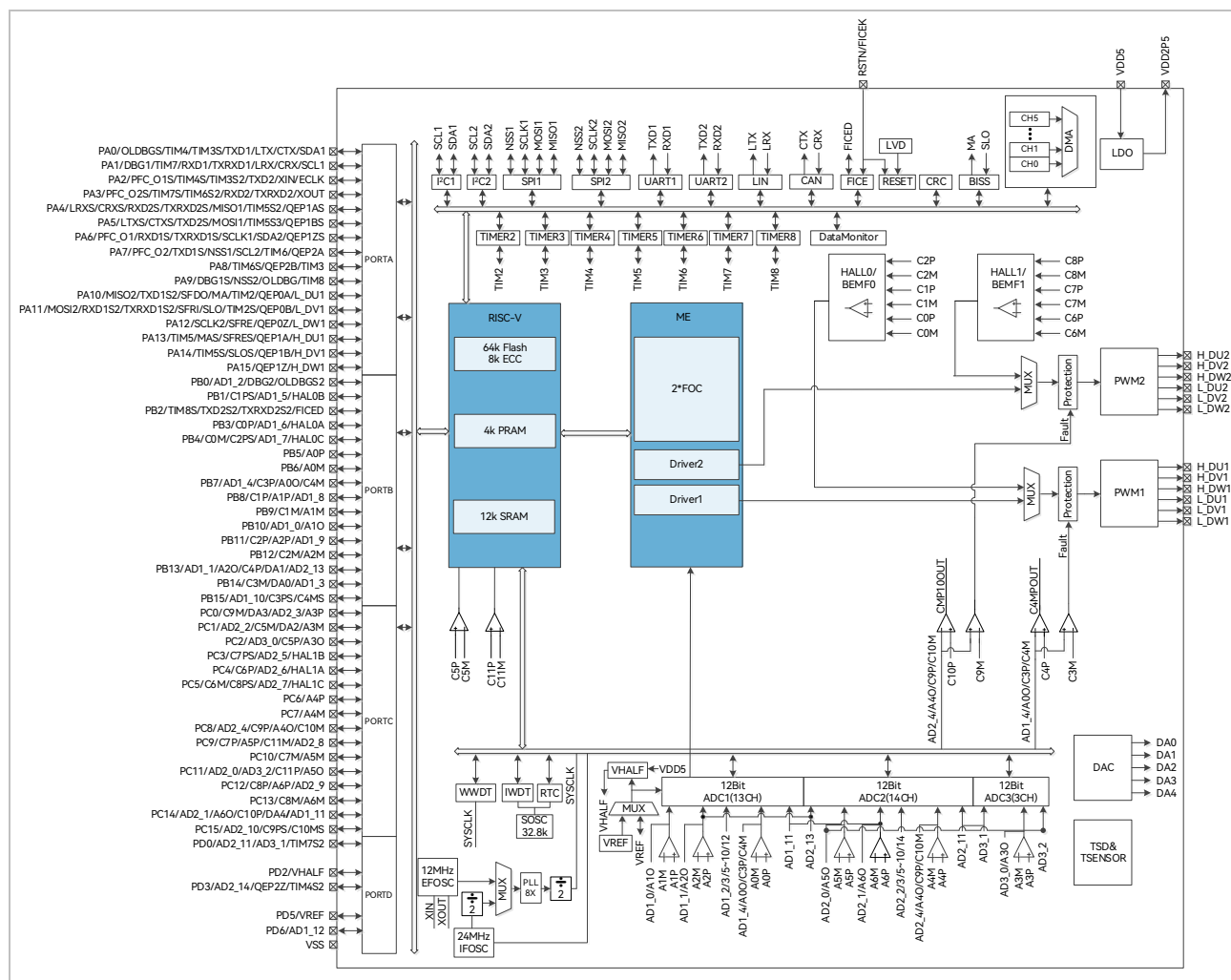
1.4.5 FU7541Q 功能框图

图 1-5 FU7541Q 功能框图



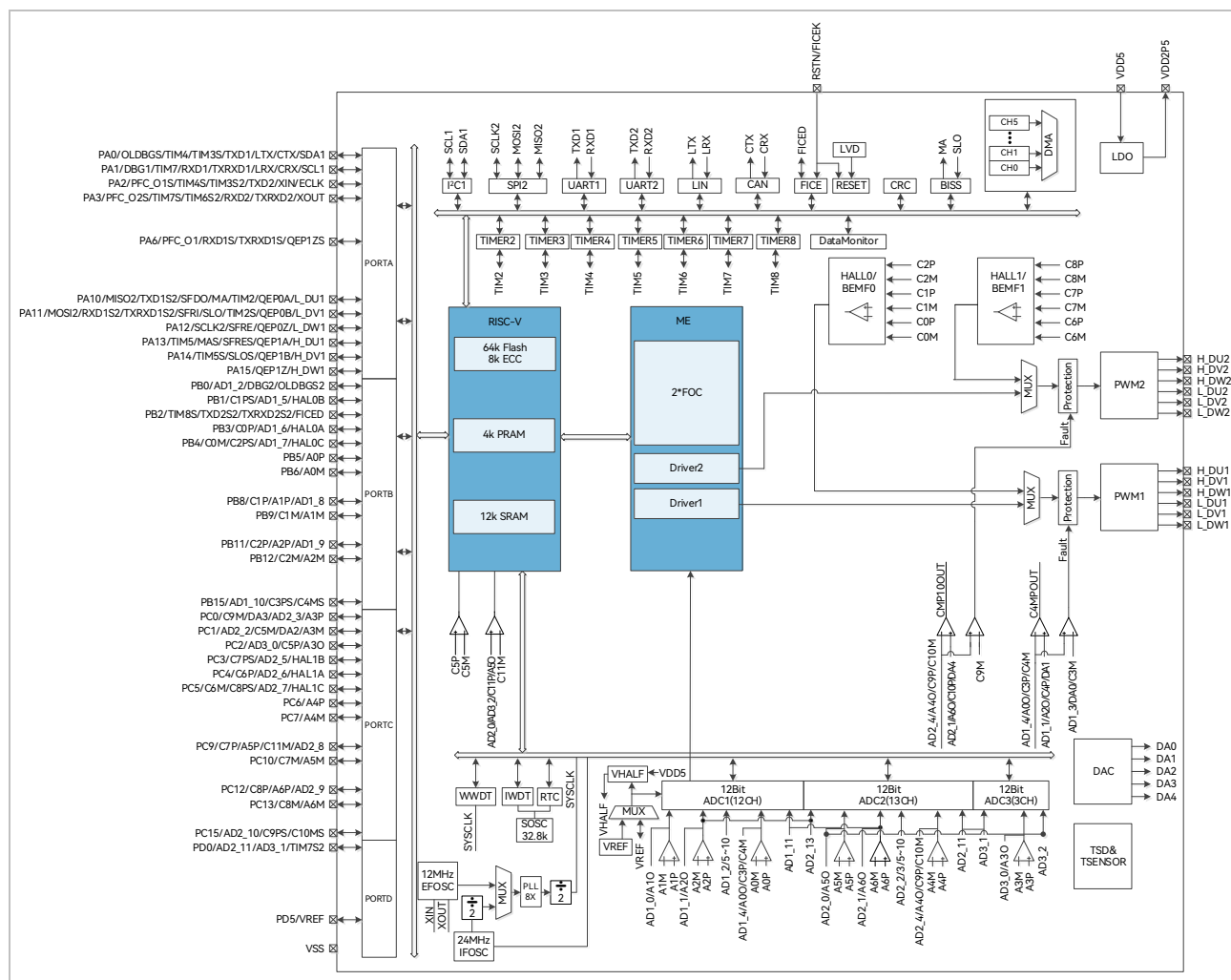
1.4.6 FU7512L 功能框图

图 1-6 FU7512L 功能框图



1.4.7 FU7512P 功能框图

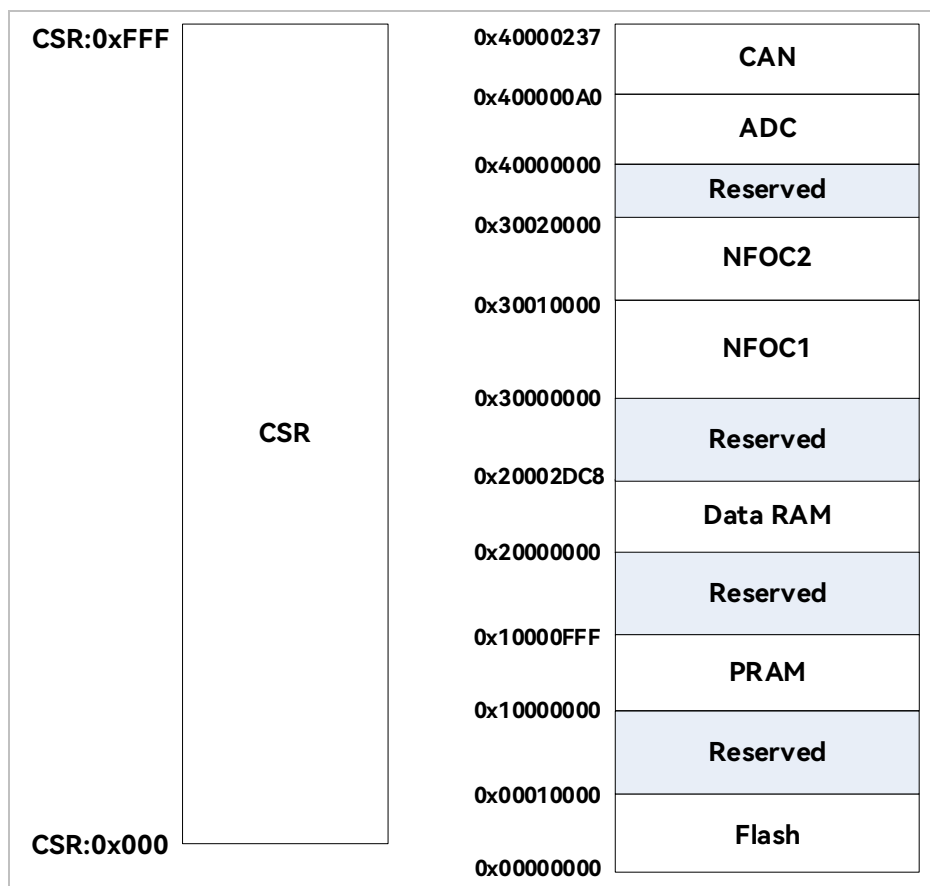
图 1-7 FU7512P 功能框图



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 1-8 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 1-8 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~ 0x058	RSV							
0x060	PH_SEL	PH_SEL1						
0x068~ 0x078	RSV							
0x080	CK_CR							
0x088~ 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_BRKCNT
0x1A8~ 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~ 0x208	RSV							
0x210	TIM2_CR0	TIM2_CR1	TIM2_IER	TIM2_SR	TIM2_CNTR	TIM2_DR	TIM2_ARR	TIM2_QEP_ MNUM
0x218	TIM2_QEP_ TNUM	TIM2_QEP_ TS_EMP	TIM2_QEP_ CNTR	TIM2_QEP_ 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_ MNUM
0x248	TIM5_QEP_ TNUM	TIM5_QEP_ TS_EMP	TIM5_QEP_ CNTR	TIM5_QEP_ ARR	TIM5_CR2			
0x250	TIM6_CR0	TIM6_CR1	TIM6_IER	TIM6_SR	TIM6_CNTR	TIM6_DR	TIM6_ARR	TIM6_QEP_ MNUM
0x258	TIM6_QEP_ TNUM	TIM6_QEP_ TS_EMP	TIM6_QEP_ CNTR	TIM6_QEP_ 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 ~ 0x2F8	RSV							
0x300	MIE					MTVEC		
0x308~ 0x338	RSV							
0x340		MEPC	MCAUSE					

Addr	0(8)	1(9)	2(A)	3(B)	4(C)	5(D)	6(E)	7(F)
0x348 ~ 0x3F8	RSV							
0x400	PIE	EXTI0IE	EXTI1IE	EXTI2IE	EXTI0IF	EXTI1IF	EXTI2IF	EXTI_TCON
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~ 0x438	RSV							
0x440	SYST_ARR	SYST_SR						
0x448~ 0x458	RSV							
0x460	RTC_CR	RTC_DR	CAL_CR	OSC_CR	OSC_SR			
0x468~ 0x478	RSV							
0x480	IWDT_KR	IWDT_REL						
0x488~ 0x498	RSV							
0x4A0	WWDT_CR	WWDT_CFR	WWDT_SR					
0x4A8~ 0x4C8	RSV							
0x4D0	RST_SR	RST_CR	PCON					
0x4D8	RSV							
0x4E0	FLA_KEY	FLA_CR	FLA_ECSR	FLA_EEADR				
0x4E8 ~ 0x4F8	RSV							
0x500	ME_CR							
0x508					ME_COR			
0x510~ 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_COMR	DRV1_DTR	DRV1_CMPU1	DRV1_CMPD1	DRV1_CMPU2	DRV1_CMPD2
0x558	DRV1_CMPU3	DRV1_CMPD3	DRV1_CNTR	DRV1_TRG1	DRV1_TRG2	DRV1_COMUR	DRV1_COMDR	DRV1_ARRSH
0x560~ 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_COMR	DRV2_DTR	DRV2_CMPU1	DRV2_CMPD1	DRV2_CMPU2	DRV2_CMPD2
0x598	DRV2_CMPU3	DRV2_CMPD3	DRV2_CNTR	DRV2_TRG1	DRV2_TRG2	DRV2_COMUR	DRV2_COMDR	DRV2_ARRSH
0x5A0~ 0x5B8	RSV							

Addr	0(8)	1(9)	2(A)	3(B)	4(C)	5(D)	6(E)	7(F)
0x5C0	PFC_CR0	PFC_CR1	PFC_CR2	PFC_KM	UAC_CSO	IAC1_CSO	IAC2_CSO	PFC_ARR
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					
0x5F0~0x5F8	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					
0x610~0x618	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		
0x648~0x658	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							
0x690~0x6F8	RSV							
0x700	BISS_CLK_CNT	BISS_OVER_TIME_CNT	BISS_DATA_LEN	BISS_STATE	BISS_SDATAL	BISS_SDATAH		
0x708~0xFF0	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~ 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~ 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~ 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 ~ 0x30000098	RSV							
0x300000A0	RSV				NFOC1_UDCALP		NFOC1_UDCBET	
0x300000A8 ~ 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 ~ 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_DELETEHE				NFOC1_UDCD		NFOC1_UDCQ	
0x30000298 ~ 0x300002F8	RSV							
0x30000300	RSV		NFOC1_CVDULO		RSV			
0x30000308 ~ 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 ~ 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 ~ 0x300003A8	RSV						NFOC1_DLYCNT	
0x300003B0	RSV						NFOC1_IDRLIM	
0x300003B8 ~ 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_NCURRE		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 ~ 0x30010098	RSV							
0x300100A0	RSV				NFOC2_UDCALP		NFOC2_UDCBET	
0x300100A8 ~ 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 ~ 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_DELETEHE				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 ~ 0x30010320	RSV							
0x30010328	RSV		NFOC2_CVQULO		RSV			
0x30010330	RSV							
0x30010338	RSV				NFOC2_WUCPS		NFOC2_WUFIN	
0x30010340 ~ 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 ~ 0x300103A8	RSV						NFOC2_DLYCNT	
0x300103B0	RSV						NFOC2_IDRLIM	
0x300103B8 ~ 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 = 电源输入/输出或地

2.1 FU7571Q QFN64 引脚列表

表 2-1 FU7571Q QFN64 引脚列表

引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
HU2	1	DO	6N Pre-driver2 U 相上桥输出
VBU2	2	P	6N Pre-driver2 U 相上桥自举电源
VSV2	3	P	6N Pre-driver2 V 相输入, 用于 V 相上桥自举的地端参考
HV2	4	DO	6N Pre-driver2 V 相上桥输出
VBV2	5	P	6N Pre-driver2 V 相上桥自举电源
VSW2	6	P	6N Pre-driver2 W 相输入, 用于 W 相上桥自举的地端参考
HW2	7	DO	6N Pre-driver2 W 相上桥输出
VBW2	8	P	6N Pre-driver2 W 相上桥自举电源
VCC_2	9	P	电源输入, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
COM_2	10	P	6N Pre-driver2 地
VDD5_2	11	P	内部 5V LDO5 输出电源, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容

引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
PA4/ LRXS/ CRXS/ RXD2S/ TXRXD2S/ MISO1/ TIM5S2/ QEP1AS	12	DB/ DI/ DI/ DI/ DB/ DI/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 功能转移后 LIN RXD 输入 功能转移后 CAN RXD 输入 功能转移后 UART2 RXD 输入 功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 主机输入从机输出 第二次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 A 输入
PA5/ LTXS/ CTXS/ TXD2S/ MOSI1/ TIM5S3/ QEP1BS	13	DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 功能转移后 LIN TXD 输出 功能转移后 CAN TXD 输出 功能转移后 UART2 TXD 输出 SPI1 主机输出从机输入 第三次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 B 输入
PA6/ PFC_O1/ RXD1S/ TXRXD1S/ SCLK1/ QEP1ZS	14	DB/ DO/ DI/ DB/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出 功能转移后 UART1 RXD 输入 功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 时钟 功能转移后 QEP1 Z 零点信号输入/输出
VBB_1	15	P	内部 12V LDO1 输出电源, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
LU1	16	DO	6N Pre-driver1 U 相下桥输出
LV1	17	DO	6N Pre-driver1 V 相下桥输出
LW1	18	DO	6N Pre-driver1 W 相下桥输出
VSU1	19	P	6N Pre-driver1 U 相输入, 用于 U 相上桥自举的地端参考
HU1	20	DO	6N Pre-driver1 U 相上桥输出
VBU1	21	P	6N Pre-driver1 U 相上桥自举电源
VSV1	22	P	6N Pre-driver1 V 相输入, 用于 V 相上桥自举的地端参考
HV1	23	DO	6N Pre-driver1 V 相上桥输出
VBV1	24	P	6N Pre-driver1 V 相上桥自举电源
VSW1	25	P	6N Pre-driver1 W 相输入, 用于 W 相上桥自举的地端参考
HW1	26	DO	6N Pre-driver1 W 相上桥输出
VBW1	27	P	6N Pre-driver1 W 相上桥自举电源
VCC_1	28	P	电源输入, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容

引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
COM_1	29	P	6N Pre-driver1 地
VDD5_1	30	P	内部 5V LDO2 输出电源, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
RSTN/ FICEK	31	DI/ DI	外部复位输入, 内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端
VSS	32	P	地
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	33	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	34	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	35	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	36	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	37	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	38	P	2.5V LDO3 输出电源, 外接 $\geq$ 1 μ F 电容
PB5/ A0P	39	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	40	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端

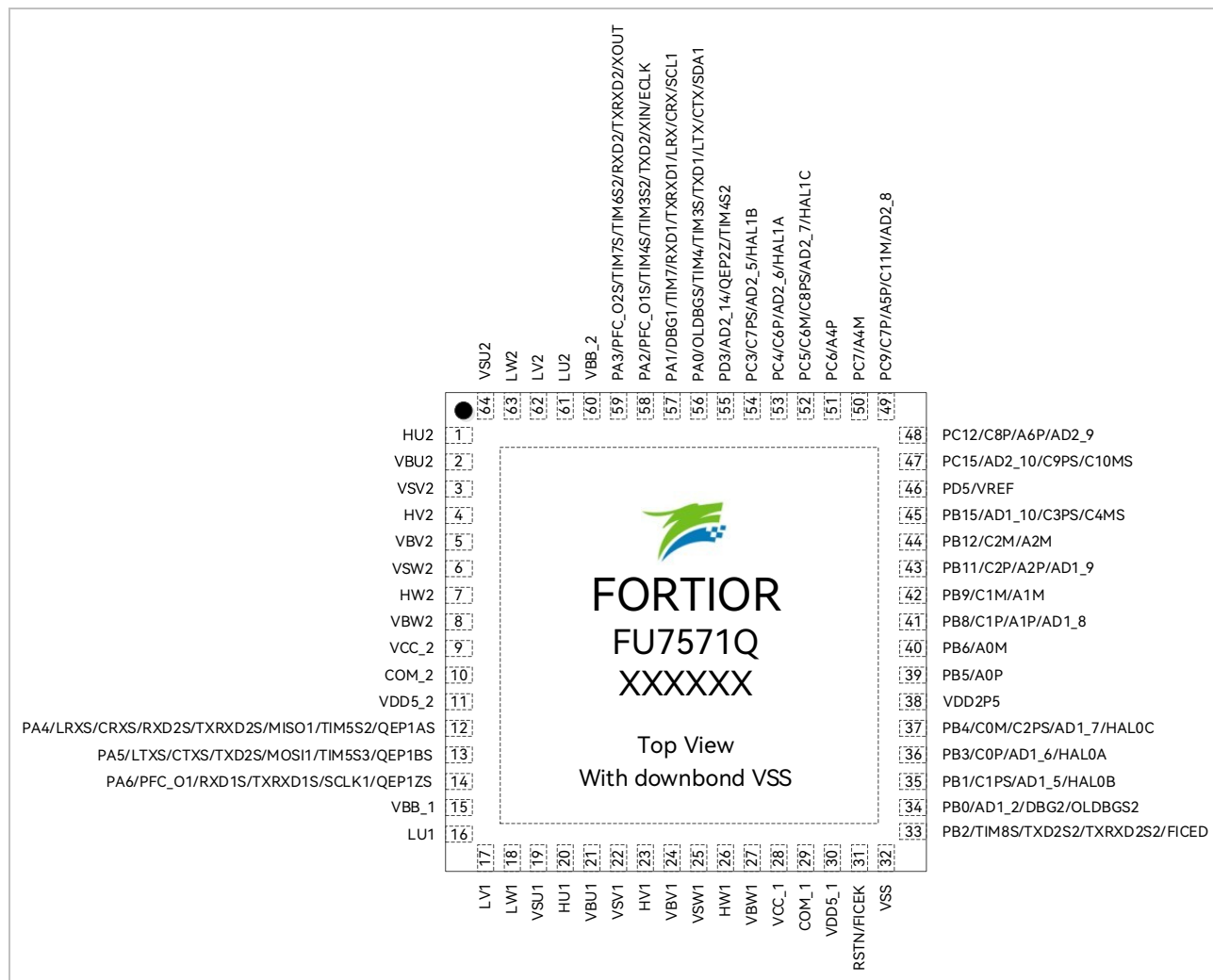
引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	41	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	42	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	43	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	44	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	45	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD5/ VREF	46	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出，外接 $1\mu\text{F} \sim 4.7\mu\text{F}$ 电容
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	47	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	48	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC9/ C7P/ A5P/ C11M/ AD2_8	49	DB/ AI/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP7 正输入端 AMP5 正输入端 CMP11 负输入端 ADC2 通道 8 输入
PC7/ A4M	50	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端

引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
PC6/ A4P	51	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	52	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	53	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	54	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PD3/ AD2_14/ QEP2Z/ TIM4S2	55	DB/ AI/ DB/ DB	GPIO ADC2 通道 14 输入 QEP2 Z 零点信号输入/输出 Timer4 第二次功能转移后输入或输出
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	56	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	57	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出

引脚	FU7571Q QFN64	IO 类型	功能描述
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	58	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	59	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
VBB_2	60	P	内部 12V LDO4 输出电源, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容
LU2	61	DO	6N Pre-driver2 U 相下桥输出
LV2	62	DO	6N Pre-driver2 V 相下桥输出
LW2	63	DO	6N Pre-driver2 W 相下桥输出
VSU2	64	P	6N Pre-driver2 U 相输入, 用于 U 相上桥自举的地端参考

2.2 FU7571Q QFN64 引脚图

图 2-1 FU7571Q QFN64 引脚图



2.3 FU7562Q QFN64-56 引脚列表

表 2-2 FU7562Q QFN64-56 引脚列表

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	1	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
PA10/ MISO2/ TXD1S2/ SFDO/ MA/ TIM2/ QEP0A/ L_DU2	2	DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输入从机输出 第二次功能转移后 UART1 TXD 输出 S-format 协议数据 TFDO 输出 BISS 时钟 MA 输出 Timer2 输入或输出 QEP0 A 输入 U 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA11/ MOSI2/ RXD1S2/ TXRXD1S2/ SFRI/ SLO/ TIM2S/ QEP0B/ L_DV2	3	DB/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输出从机输入 第二次功能转移后 UART1 RXD 输入 第二次功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 S-format 协议数据 TFRI 输入 BISS 数据 SLO 输入 功能转移后 Timer2 输入或输出 QEP0 B 输入 V 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA12/ SCLK2/ SFRE/ QEP0Z/ L_DW2	4	DB/ DB/ DO/ DB/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 时钟 S-format 协议输出使能 QEP0 Z 零点信号输入/输出 W 相下桥 PWM 输出(从电机)

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PA13/ TIM5/ MAS/ SFRES/ QEP1A/ H_DU2	5	DB/ DB/ DO/ DO/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 时钟 MA 输出 功能转移后 S-format 协议输出使能 QEP1 A 输入 U 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA14/ TIM5S/ SLOS/ QEP1B/ H_DV2	6	DB/ DB/ DI/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 数据 SLO 输入 QEP1 B 输入 V 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA15/ QEP1Z/ H_DW2	7	DB/ DB/ DO	GPIO QEP1 Z 零点信号输入/输出 W 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA4/ LRXS/ CRXS/ RXD2S/ TXRXD2S/ MISO1/ TIM5S2/ QEP1AS	8	DB/ DI/ DI/ DI/ DB/ DI/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 LIN RXD 输入 功能转移后 CAN RXD 输入 功能转移后 UART2 RXD 输入 功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 主机输入从机输出 第二次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 A 输入
PA5/ LTXS/ CTXS/ TXD2S/ MOSI1/ TIM5S3/ QEP1BS	9	DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 LIN TXD 输出 功能转移后 CAN TXD 输出 功能转移后 UART2 TXD 输出 SPI1 主机输出从机输入 第三次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 B 输入

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PA6/ PFC_O1/ RXD1S/ TXRXD1S/ SCLK1/ SDA2/ QEP1ZS	10	DB/ DO/ DI/ DB/ DI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC1 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 RXD 输入 功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 时钟 I ² C2 数据线 功能转移后 QEP1 Z 零点信号输入/输出
PA7/ PFC_O2/ TXD1S/ NSS1/ SCL2/ TIM6/ QEP2A	11	DB/ DO/ DO/ DB/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC2 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 TXD 输出 SPI1 片选 I ² C2 时钟线 Timer6 输入或输出 QEP2 A 输入
COM	12	P	6N Pre-driver1 地
LW1	13	DO	6N Pre-driver1 W 相下桥输出
LV1	14	DO	6N Pre-driver1 V 相下桥输出
LU1	15	DO	6N Pre-driver1 U 相下桥输出
VSU1	16	P	6N Pre-driver1 U 相输入, 用于 U 相上桥自举的地端参考
HU1	17	DO	6N Pre-driver1 U 相上桥输出
VBU1	18	P	6N Pre-driver1 U 相上桥自举电源
VSV1	19	P	6N Pre-driver1 V 相输入, 用于 V 相上桥自举的地端参考
HV1	20	DO	6N Pre-driver1 V 相上桥输出
VBV1	21	P	6N Pre-driver1 V 相上桥自举电源
VSW1	22	P	6N Pre-driver1 W 相输入, 用于 W 相上桥自举的地端参考
HW1	23	DO	6N Pre-driver1 W 相上桥输出
VBW1	24	P	6N Pre-driver1 W 相上桥自举电源
VCC	25	P	6N Pre-driver1 电源输入, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容
VSS	26	P	地
VDD5	27	P	5V 电源, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容
RSTN/ FICEK	28	DI/ DI	外部复位输入, 内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	29	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	30	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	31	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	32	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	33	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	34	P	2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容
PB5/ A0P	35	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	36	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	37	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	38	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端

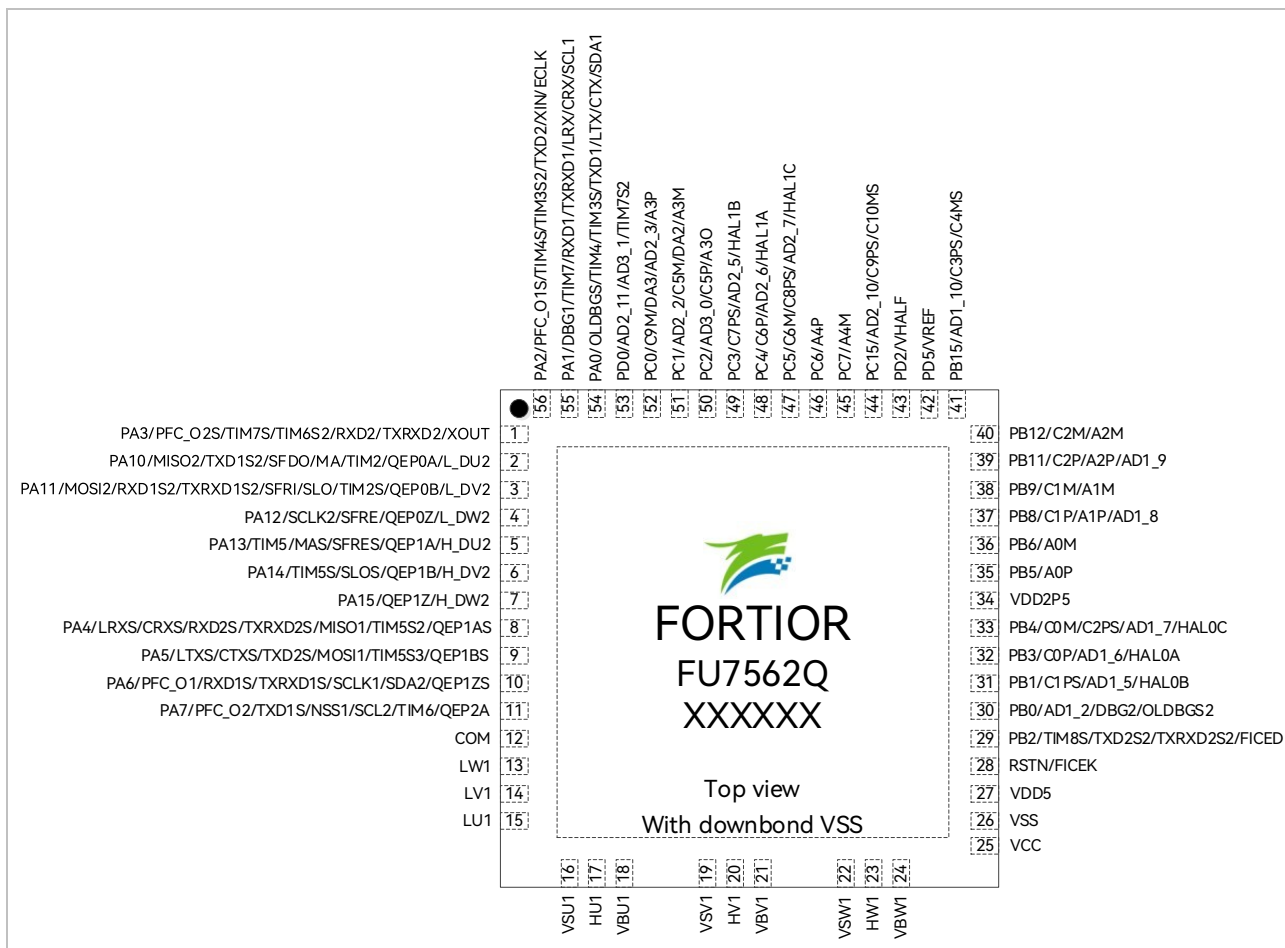
引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	39	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	40	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	41	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD5/ VREF	42	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
PD2/ VHALF	43	DB/ AO	GPIO 1/2 VREF 参考输出, 外接 1 μ F 电容
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	44	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC7/ A4M	45	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端
PC6/ A4P	46	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	47	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	48	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	49	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PC2/ AD3_0/ C5P/ A3O	50	DB/ AI/ AI/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC3 通道 0 输入 CMP5 正输入端 AMP3 输出端
PC1/ AD2_2/ C5M/ DA2/ A3M	51	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC2 通道 2 输入 CMP5 负输入端 DAC2 输出端 AMP3 负输入端
PC0/ C9M/ DA3/ AD2_3/ A3P	52	DB/ AI/ AO/ AI/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP9 负输入端 DAC3 输出端 ADC2 通道 3 输入 AMP3 正输入端
PD0/ AD2_11/ AD3_1/ TIM7S2	53	DB/ AI/ AI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 11 输入 ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 PFC_UAC 采样) Timer7 第二次功能转移后输入或输出
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	54	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出

引脚	FU7562Q QFN64-56	IO 类型	功能描述
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	55	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	56	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入

2.4 FU7562Q QFN64-56 引脚图

图 2-2 FU7562Q QFN64-56 引脚图



2.5 FU7561Q QFN56 引脚列表

表 2-3 FU7561Q QFN56 引脚列表

引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
VBB	1	P	内部 12V LDO1 输出电源，外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
LU1	2	DO	6N Pre-driver1 U 相下桥输出
LV1	3	DO	6N Pre-driver1 V 相下桥输出
LW1	4	DO	6N Pre-driver1 W 相下桥输出
VSU1	5	P	6N Pre-driver1 U 相输入，用于 U 相上桥自举的地端参考
HU1	6	DO	6N Pre-driver1 U 相上桥输出
VBU1	7	P	6N Pre-driver1 U 相上桥自举电源
VSV1	8	P	6N Pre-driver1 V 相输入，用于 V 相上桥自举的地端参考
HV1	9	DO	6N Pre-driver1 V 相上桥输出
VBV1	10	P	6N Pre-driver1 V 相上桥自举电源
VSW1	11	P	6N Pre-driver1 W 相输入，用于 W 相上桥自举的地端参考
HW1	12	DO	6N Pre-driver1 W 相上桥输出
VBW1	13	P	6N Pre-driver1 W 相上桥自举电源
VCC	14	P	6N Pre-driver1 电源输入，外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
COM	15	P	6N Pre-driver1 地
VDD5	16	P	内部 5V LDO2 输出电源，外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
RSTN/ FICEK	17	DI/ DI	外部复位输入，内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端
VSS	18		地
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	19	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	20	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入，母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	21	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入

引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	22	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	23	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	24	P	2.5V LDO3 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容
PB5/ A0P	25	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	26	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	27	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	28	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	29	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	30	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	31	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD5/ VREF	32	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 $1\mu\text{F} \sim 4.7\mu\text{F}$ 电容

引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	33	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC13/ C8M/ A6M	34	DB/ AI/ AI	GPIO CMP8 负输入端 AMP6 负输入端
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	35	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC10/ C7M/ A5M	36	DB/ AI/ AI	GPIO CMP7 负输入端 AMP5 负输入端
PC9/ C7P/ A5P/ C11M/ AD2_8	37	DB/ AI/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP7 正输入端 AMP5 正输入端 CMP11 负输入端 ADC2 通道 8 输入
PC7/ A4M	38	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端
PC6/ A4P	39	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	40	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	41	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入

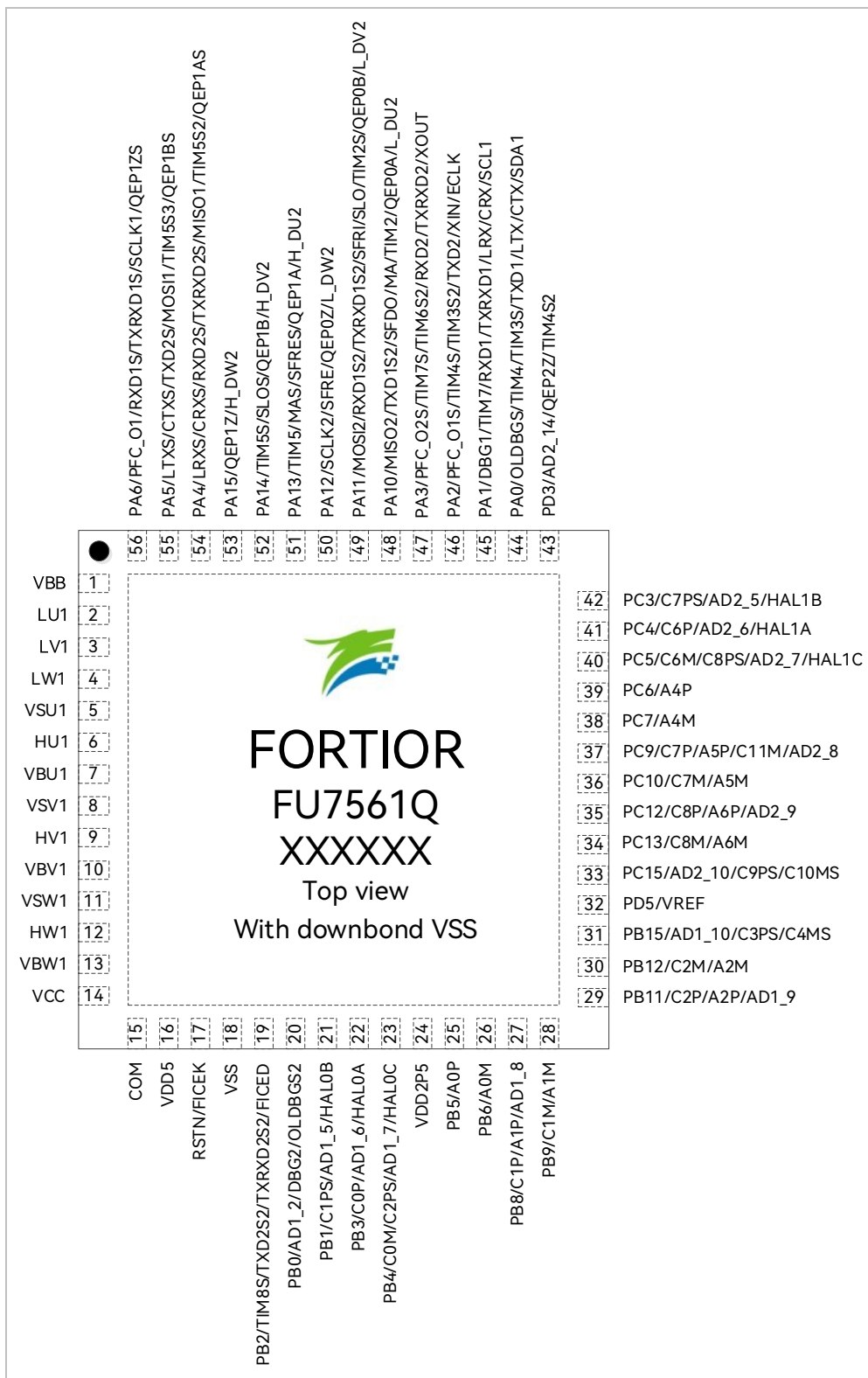
引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	42	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PD3/ AD2_14/ QEP2Z/ TIM4S2	43	DB/ AI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 14 输入 QEP2 Z 零点信号输入/输出 Timer4 第二次功能转移后输入或输出
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	44	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	45	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	46	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入

引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	47	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
PA10/ MISO2/ TXD1S2/ SFDO/ MA/ TIM2/ QEP0A/ L_DU2	48	DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输入从机输出 第二次功能转移后 UART1 TXD 输出 S-format 协议数据 TFDO 输出 BISS 时钟 MA 输出 Timer2 输入或输出 QEP0 A 输入 U 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA11/ MOSI2/ RXD1S2/ TXRXD1S2/ SFRI/ SLO/ TIM2S/ QEP0B/ L_DV2	49	DB/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输出从机输入 第二次功能转移后 UART1 RXD 输入 第二次功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 S-format 协议数据 TFRI 输入 BISS 数据 SLO 输入 功能转移后 Timer2 输入或输出 QEP0 B 输入 V 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA12/ SCLK2/ SFRE/ QEP0Z/ L_DW2	50	DB/ DB/ DO/ DB/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 时钟 S-format 协议输出使能 QEP0 Z 零点信号输入/输出 W 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA13/ TIM5/ MAS/ SFRES/ QEP1A/ H_DU2	51	DB/ DB/ DO/ DO/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 时钟 MA 输出 功能转移后 S-format 协议输出使能 QEP1 A 输入 U 相上桥 PWM 输出(从电机)

引脚	FU7561Q QFN56	IO 类型	功能描述
PA14/ TIM5S/ SLOS/ QEP1B/ H_DV2	52	DB/ DB/ DI/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 数据 SLO 输入 QEP1 B 输入 V 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA15/ QEP1Z/ H_DW2	53	DB/ DB/ DO	GPIO QEP1 Z 零点信号输入/输出 W 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA4/ LRXS/ CRXS/ RXD2S/ TXRXD2S/ MISO1/ TIM5S2/ QEP1AS	54	DB/ DI/ DI/ DI/ DB/ DI/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 LIN RXD 输入 功能转移后 CAN RXD 输入 功能转移后 UART2 RXD 输入 功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 主机输入从机输出 第二次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 A 输入
PA5/ LTXS/ CTXS/ TXD2S/ MOSI1/ TIM5S3/ QEP1BS	55	DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 LIN TXD 输出 功能转移后 CAN TXD 输出 功能转移后 UART2 TXD 输出 SPI1 主机输出从机输入 第三次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 B 输入
PA6/ PFC_O1/ RXD1S/ TXRXD1S/ SCLK1/ QEP1ZS	56	DB/ DO/ DI/ DB/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC1 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 RXD 输入 功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 时钟 功能转移后 QEP1 Z 零点信号输入/输出

2.6 FU7561Q QFN56 引脚图

图 2-3 FU7561Q QFN56 引脚图



2.7 FU7562L LQFP52 引脚列表

表 2-4 FU7562L LQFP52 引脚列表

引脚	FU7562L LQFP52	IO 类型	功能描述
PD5/ VREF	1	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	2	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	3	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	4	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	5	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PC2/ AD3_0/ C5P/ A3O	6	DB/ AI/ AI/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC3 通道 0 输入 CMP5 正输入端 AMP3 输出端
PC1/ AD2_2/ C5M/ DA2/ A3M	7	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC2 通道 2 输入 CMP5 负输入端 DAC2 输出端 AMP3 负输入端
PC0/ DA3/ AD2_3/ A3P	8	DB/ AO/ AI/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 DAC3 输出端 ADC2 通道 3 输入 AMP3 正输入端

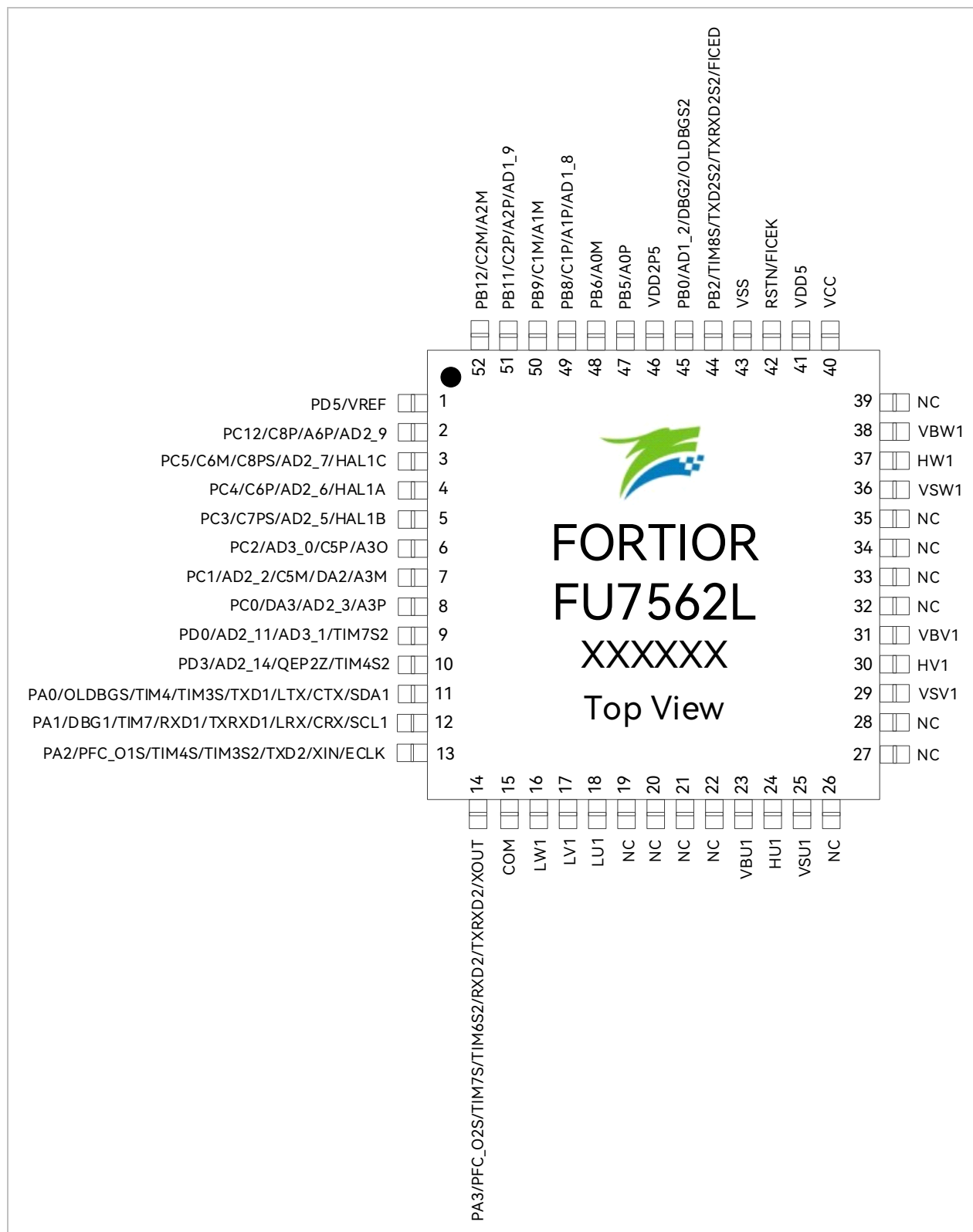
引脚	FU7562L LQFP52	IO 类型	功能描述
PD0/ AD2_11/ AD3_1/ TIM7S2	9	DB/ AI/ AI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 11 输入 ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 PFC_UAC 采样) Timer7 第二次功能转移后输入或输出
PD3/ AD2_14/ QEP2Z/ TIM4S2	10	DB/ AI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 14 输入 QEP2 Z 零点信号输入/输出 Timer4 第二次功能转移后输入或输出
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	11	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	12	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	13	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/	14	DB/ DO/ DB/ DB/	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出

引脚	FU7562L LQFP52	IO 类型	功能描述
RXD2/ TXRXD2/ XOUT		DI/ DB/ AO	UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
COM	15	P	6N Pre-driver1 地
LW1	16	DO	6N Pre-driver1 W 相下桥输出
LV1	17	DO	6N Pre-driver1 V 相下桥输出
LU1	18	DO	6N Pre-driver1 U 相下桥输出
NC	19	-	NC
NC	20	-	NC
NC	21	-	NC
NC	22	-	NC
VB1	23	P	6N Pre-driver1 U 相上桥自举电源
HU1	24	DO	6N Pre-driver1 U 相上桥输出
VSU1	25	P	6N Pre-driver1 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
VSV1	29	P	6N Pre-driver1 V 相输入，用于 V 相上桥自举的地端参考
HV1	30	DO	6N Pre-driver1 V 相上桥输出
VBV1	31	P	6N Pre-driver1 V 相上桥自举电源
NC	32	-	NC
NC	33	-	NC
NC	34	-	NC
NC	35	-	NC
VSW1	36	P	6N Pre-driver1 W 相输入，用于 W 相上桥自举的地端参考
HW1	37	DO	6N Pre-driver1 W 相上桥输出
VBW1	38	P	6N Pre-driver1 W 相上桥自举电源
NC	39	-	NC
VCC	40	P	6N Pre-driver1 电源输入，外接 1μF ~ 4.7μF 电容
VDD5	41	P	5V 电源，外接 1μF ~ 4.7μF 电容
RSTN/ FICEK	42	DI/ DI	外部复位输入，内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端
VSS	43	P	地
PB2/ TIM8S/	44	DB/ DB/	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出

引脚	FU7562L LQFP52	IO 类型	功能描述
TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED		DO/ DB/ DB	第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	45	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 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/ A0P	47	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	48	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	49	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	50	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	51	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	52	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端

2.8 FU7562L LQFP52 引脚图

图 2-4 FU7562L LQFP52 引脚图



2.9 FU7541Q QFN48 引脚列表

表 2-5 FU7541Q QFN48 引脚列表

引脚	FU7541Q QFN48	IO 类型	功能描述
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	1	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	2	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	3	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	4	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
L_U2	5	DO	3P3N Pre-driver2 下桥 U 相输出

引脚	FU7541Q QFN48	IO 类型	功能描述
L_V2	6	DO	3P3N Pre-driver2 下桥 V 相输出
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 1μF ~ 4.7μF 电容
VDD5_2	12	DO	3P3N Pre-driver2 内部 5V LDO 输出电源，外接 1μF ~ 4.7μF 电容
PA4/ LRXS/ CRXS/ RXD2S/ TXRXD2S/ TIM5S2/ QEP1AS	13	DB/ DI/ DI/ DI/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 LIN RXD 输入 功能转移后 CAN RXD 输入 功能转移后 UART2 RXD 输入 功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 第二次功能转移后 Timer5 输入或输出 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 1μF ~ 4.7μF 电容
VDD5_1	21	DO	3P3N Pre-driver1 内部 5V LDO 输出电源，外接 1μF ~ 4.7μF 电容
RSTN/ FICEK	22	DI/ DI	外部复位输入，内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端
VSS	23	P	地
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	24	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	25	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入，母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口

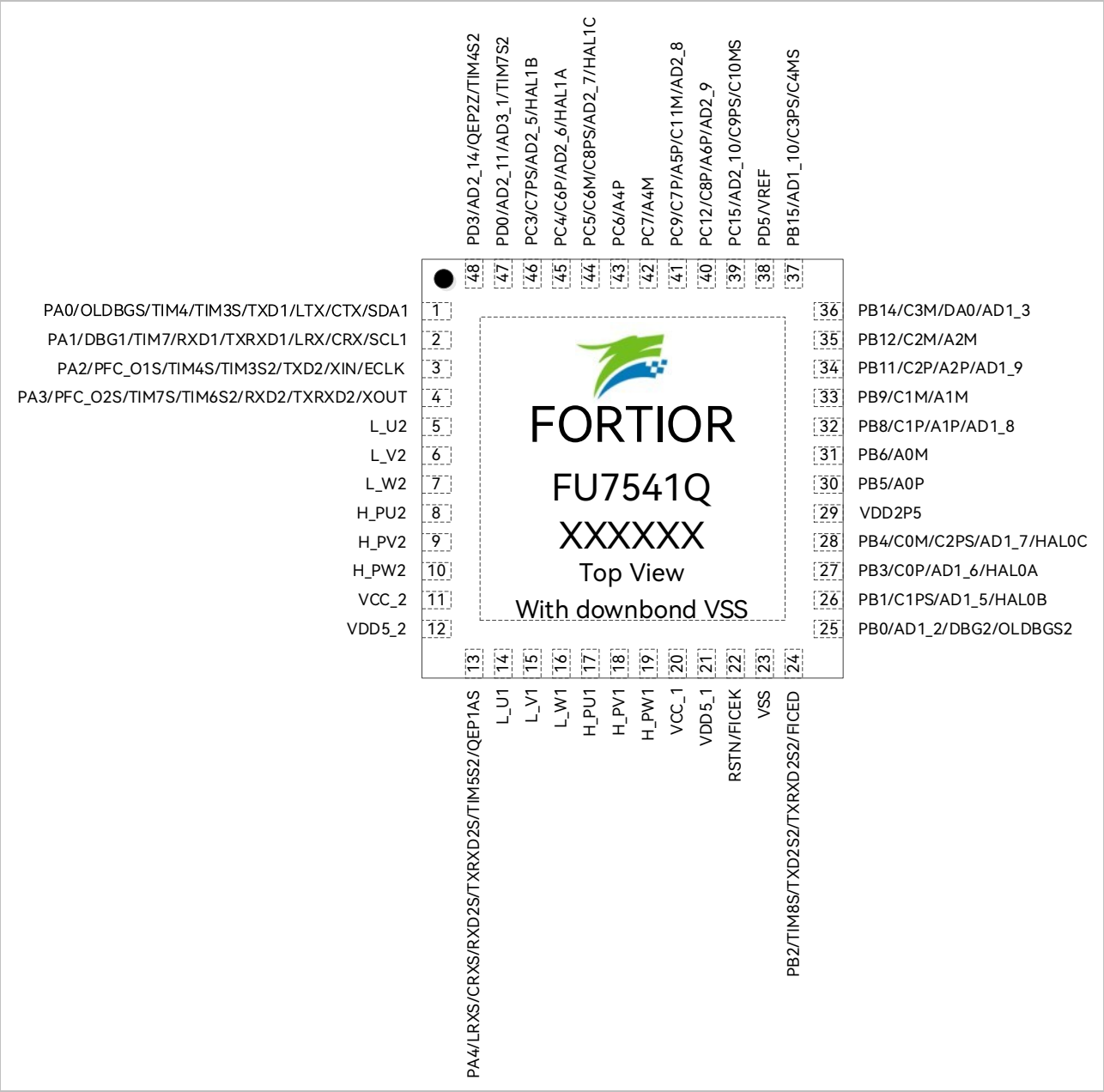
引脚	FU7541Q QFN48	IO 类型	功能描述
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	26	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	27	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	28	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	29	P	2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容
PB5/ A0P	30	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	31	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	32	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	33	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	34	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	35	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB14/ C3M/	36	DB/ AI/	GPIO CMP3 负输入端

引脚	FU7541Q QFN48	IO 类型	功能描述
DA0/ AD1_3		AO/ AI	DAC0 输出端 ADC1 通道 3 输入
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	37	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD5/ VREF	38	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	39	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	40	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC9/ C7P/ A5P/ C11M/ AD2_8	41	DB/ AI/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP7 正输入端 AMP5 正输入端 CMP11 负输入端 ADC2 通道 8 输入
PC7/ A4M	42	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端
PC6/ A4P	43	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	44	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	45	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入

引脚	FU7541Q QFN48	IO 类型	功能描述
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	46	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PD0/ AD2_11/ AD3_1/ TIM7S2	47	DB/ AI/ AI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 11 输入 ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 PFC_UAC 采样) Timer7 第二次功能转移后输入或输出
PD3/ AD2_14/ QEP2Z/ TIM4S2	48	DB/ AI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 14 输入 QEP2 Z 零点信号输入/输出 第二次功能转移后 Timer4 输入或输出

2.10 FU7541Q QFN48 引脚图

图 2-5 FU7541Q QFN48 引脚图



2.11 FU7512L LQFP64 引脚列表

表 2-6 FU7512L LQFP64 引脚列表

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
PC2/ AD3_0/ C5P/ A3O	1	DB/ AI/ AI/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC3 通道 0 输入 CMP5 正输入端 AMP3 输出端
PC1/ AD2_2/ C5M/ DA2/ A3M	2	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC2 通道 2 输入 CMP5 负输入端 DAC2 输出端 AMP3 负输入端
PC0/ C9M/ DA3/ AD2_3/ A3P	3	DB/ AI/ AO/ AI/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP9 负输入端 DAC3 输出端 ADC2 通道 3 输入 AMP3 正输入端
PD0/ AD2_11/ AD3_1/ TIM7S2	4	DB/ AI/ AI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 11 输入 ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 PFC_UAC 采样) 第二次功能转移后 Timer7 输入或输出
PD3/ AD2_14/ QEP2Z/ TIM4S2	5	DB/ AI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 14 输入 QEP2 Z 零点信号输入/输出 Timer4 第二次功能转移后输入或输出
VDD5	6	P	5V 电源, 外接 1μF ~ 4.7μF 电容
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	7	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	8	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/ TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK	9	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移 功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	10	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
PA10/ MISO2/ TXD1S2/ SFDO/ MA/ TIM2/ QEP0A/ L_DU2	11	DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 SPI2 主机输入从机输出 第二次功能转移后 UART1 TXD 输出 S-format 协议数据 TFDO 输出 BISS 时钟 MA 输出 Timer2 输入或输出 QEP0 A 输入 U 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA11/ MOSI2/ RXD1S2/ TXRXD1S2/ SFRI/	12	DB/ DB/ DI/ DB/ DI/	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 SPI2 主机输出从机输入 第二次功能转移后 UART1 RXD 输入 第二次功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 S-format 协议数据 TFRI 输入

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
SLO/ TIM2S/ QEP0B/ L_DV2		DI/ DB/ DI/ DO	BISS 数据 SLO 输入 功能转移后 Timer2 输入或输出 QEP0 B 输入 V 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA12/ SCLK2/ SFRE/ QEP0Z/ L_DW2	13	DB/ DB/ DO/ DB/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 SPI2 时钟 S-format 协议输出使能 QEP0 Z 零点信号输入/输出 W 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA13/ TIM5/ MAS/ SFRES/ QEP1A/ H_DU2	14	DB/ DB/ DO/ DO/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 时钟 MA 输出 功能转移后 S-format 协议输出使能 QEP1 A 输入 U 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA14/ TIM5S/ SLOS/ QEP1B/ H_DV2	15	DB/ DB/ DI/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 数据 SLO 输入 QEP1 B 输入 V 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA15/ QEP1Z/ H_DW2	16	DB/ DB/ DO	GPIO QEP1 Z 零点信号输入/输出 W 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA4/ LRXS/ CRXS/ RXD2S/ TXRXD2S/ MISO1/ TIM5S2/ QEP1AS	17	DB/ DI/ DI/ DI/ DB/ DI/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 功能转移后 LIN RXD 输入 功能转移后 CAN RXD 输入 功能转移后 UART2 RXD 输入 功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 主机输入从机输出 第二次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 A 输入
PA5/ LTXS/ CTXS/ TXD2S/	18	DB/ DO/ DO/ DO/	GPIO, 可配置外部中断 EXTIO/EXTI1 输入 功能转移后 LIN TXD 输出 功能转移后 CAN TXD 输出 功能转移后 UART2 TXD 输出

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
MOSI1/ TIM5S3/ QEP1BS		DB/ DB/ DI	SPI1 主机输出从机输入 第三次功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 QEP1 B 输入
PA6/ PFC_O1/ RXD1S/ TXRXD1S/ SCLK1/ SDA2/ QEP1ZS	19	DB/ DO/ DI/ DB/ DI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC1 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 RXD 输入 功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 SPI1 时钟 I ² C2 数据线 功能转移后 QEP1 Z 零点信号输入/输出
PA7/ PFC_O2/ TXD1S/ NSS1/ SCL2/ TIM6/ QEP2A	20	DB/ DO/ DO/ DB/ DB/ DB/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC2 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 TXD 输出 SPI1 片选 I ² C2 时钟线 Timer6 输入或输出 QEP2 A 输入
PA8/ TIM6S/ QEP2B/ TIM3	21	DB/ DB/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 Timer6 输入或输出 QEP2 B 输入 Timer3 输入或输出
PA9/ DBG1S/ NSS2/ OLDBG/ TIM8	22	DB/ DO/ DB/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口功能转移 SPI2 片选 DataMonitor 端口 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/ FICEK	30	DI/ DI	外部复位输入, 内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
VSS	31	P	地
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	32	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	33	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	34	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	35	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	36	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	37	P	2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容
PB5/ A0P	38	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	39	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB7/ AD1_4/ C3P/ A0O/ C4M	40	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 4 输入 CMP3 正输入端 AMP0 输出端 CMP4 负输入端
PB8/ C1P/	41	DB/ AI/	GPIO CMP1 正输入端

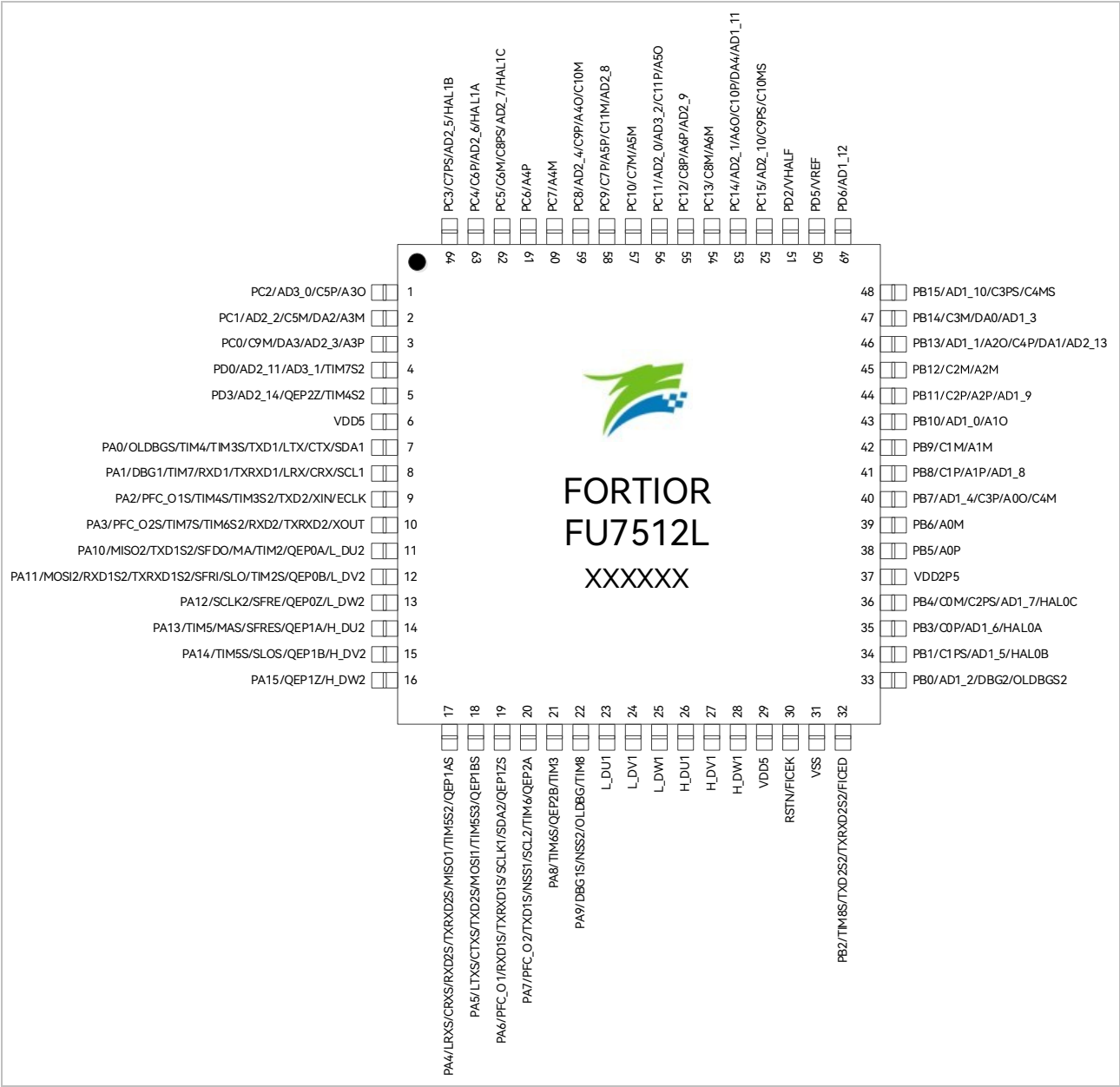
引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
A1P/ AD1_8		AI/ AI	AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	42	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB10/ AD1_0/ A1O	43	DB/ AI/ AO	GPIO ADC1 通道 0 输入 AMP1 输出端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	44	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入
PB12/ C2M/ A2M	45	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB13/ AD1_1/ A2O/ C4P/ DA1/ AD2_13	46	DB/ AI/ AO/ AI/ AO/ AI	GPIO ADC1 通道 1 输入 AMP2 输出端 CMP4 正输入端 DAC1 输出端 ADC2 通道 13 输入
PB14/ C3M/ DA0/ AD1_3	47	DB/ AI/ AO/ AI	GPIO CMP3 负输入端 DAC0 输出端 ADC1 通道 3 输入
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	48	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD6/ AD1_12	49	DB/ AI	GPIO ADC1 通道 12 输入
PD5/ VREF	50	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出，外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
PD2/ VHALF	51	DB/ AO	GPIO 1/2 VREF 参考输出，外接 1 μ F 电容

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	52	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC14/ AD2_1/ A6O/ C10P/ DA4/ AD1_11	53	DB/ AI/ AO/ AI/ AO/ AI	GPIO ADC2 通道 1 输入 AMP6 输出端 CMP10 正输入端 DAC4 输出端 ADC1 通道 11 输入
PC13/ C8M/ A6M	54	DB/ AI/ AI	GPIO CMP8 负输入端 AMP6 负输入端
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	55	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC11/ AD2_0/ AD3_2/ C11P/ A5O	56	DB/ AI/ AI/ AI/ AO	GPIO ADC2 通道 0 输入 ADC3 通道 2 输入 CMP11 正输入端 AMP5 输出端
PC10/ C7M/ A5M	57	DB/ AI/ AI	GPIO CMP7 负输入端 AMP5 负输入端
PC9/ C7P/ A5P/ C11M/ AD2_8	58	DB/ AI/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP7 正输入端 AMP5 正输入端 CMP11 负输入端 ADC2 通道 8 输入
PC8/ AD2_4/ C9P/ A4O/ C10M	59	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO ADC2 通道 4 输入 CMP9 正输入端 AMP4 输出端 CMP10 负输入端

引脚	FU7512L LQFP64	IO 类型	功能描述
PC7/ A4M	60	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端
PC6/ A4P	61	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/ AD2_7/ HAL1C	62	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入 ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	63	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	64	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入

2.12 FU7512L LQFP64 引脚图

图 2-6 FU7512L LQFP64 引脚图



2.13 FU7512P LQFP48 引脚列表

表 2-7 FU7512P LQFP48 引脚列表

引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
PC1/ AD2_2/ C5M/ DA2/ A3M	1	DB/ AI/ AI/ AO/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC2 通道 2 输入 CMP5 负输入端 DAC2 输出端 AMP3 负输入端
PC0/ C9M/ DA3/ AD2_3/ A3P	2	DB/ AI/ AO/ AI/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP9 负输入端 DAC3 输出端 ADC2 通道 3 输入 AMP3 正输入端
PD0/ AD2_11/ AD3_1/ TIM7S2	3	DB/ AI/ AI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0 输入 ADC2 通道 11 输入 ADC3 通道 1 输入(对 PFC 输入电压 PFC_UAC 采样) 第二次功能转移后 Timer7 输入或输出
PA0/ OLDBGS/ TIM4/ TIM3S/ TXD1/ LTX/ CTX/ SDA1	4	DB/ DO/ DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 功能转移后 DataMonitor 端口 Timer4 输入或输出 功能转移后 Timer3 输入或输出 UART1 TXD 输出 LIN TXD 输出 CAN TXD 输出 I ² C1 数据线, 集电极开漏输出
PA1/ DBG1/ TIM7/ RXD1/ TXRXD1/ LRX/ CRX/ SCL1	5	DB/ DO/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 Debug1 端口 Timer7 输入或输出 UART1 RXD 输入 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 LIN RXD 输入 CAN RXD 输入 I ² C1 时钟线, 集电极开漏输出
PA2/ PFC_O1S/	6	DB/ DO/	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM1 控制输出功能转移

引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
TIM4S/ TIM3S2/ TXD2/ XIN/ ECLK		DB/ DB/ DO/ AI/ DI	功能转移后 Timer4 输入或输出 第二次功能转移后 Timer3 输入或输出 UART2 TXD 输出 外部快时钟模拟输入 外部有源晶体输入
PA3/ PFC_O2S/ TIM7S/ TIM6S2/ RXD2/ TXRXD2/ XOUT	7	DB/ DO/ DB/ DB/ DI/ DB/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC PWM2 控制输出功能转移 功能转移后 Timer7 输入或输出 第二次功能转移后 Timer6 输入或输出 UART2 RXD 输入 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 外部快时钟模拟输出
PA10/ MISO2/ TXD1S2/ SFDO/ MA/ TIM2/ QEP0A/ L_DU2	8	DB/ DB/ DO/ DO/ DO/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输入从机输出 第二次功能转移后 UART1 TXD 输出 S-format 协议数据 TFDO 输出 BISS 时钟 MA 输出 Timer2 输入或输出 QEP0 A 输入 U 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA11/ MOSI2/ RXD1S2/ TXRXD1S2/ SFRI/ SLO/ TIM2S/ QEP0B/ L_DV2	9	DB/ DB/ DI/ DB/ DI/ DI/ DB/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 主机输出从机输入 第二次功能转移后 UART1 RXD 输入 第二次功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 S-format 协议数据 TFRI 输入 BISS 数据 SLO 输入 功能转移后 Timer2 输入或输出 QEP0 B 输入 V 相下桥 PWM 输出(从电机)
PA12/ SCLK2/ SFRE/ QEP0Z/ L_DW2	10	DB/ DB/ DO/ DB/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 SPI2 时钟 S-format 协议输出使能 QEP0 Z 零点信号输入/输出 W 相下桥 PWM 输出(从电机)

引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
PA13/ TIM5/ MAS/ SFRES/ QEP1A/ H_DU2	11	DB/ DB/ DO/ DO/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 时钟 MA 输出 功能转移后 S-format 协议输出使能 QEP1 A 输入 U 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA14/ TIM5S/ SLOS/ QEP1B/ H_DV2	12	DB/ DB/ DI/ DI/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1 输入 功能转移后 Timer5 输入或输出 功能转移后 BISS 数据 SLO 输入 QEP1 B 输入 V 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA15/ QEP1Z/ H_DW2	13	DB/ DB/ DO	GPIO QEP1 Z 零点信号输入/输出 W 相上桥 PWM 输出(从电机)
PA6/ PFC_O1/ RXD1S/ TXRXD1S/ QEP1ZS	14	DB/ DO/ DI/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI0/EXTI1 输入 PFC1 PWM 控制输出 功能转移后 UART1 RXD 输入 功能转移后 UART1 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 功能转移后 QEP1 Z 零点信号输入/输出
L_DU1	15	DO	U 相下桥 PWM 输出(主电机)
L_DV1	16	DO	V 相下桥 PWM 输出(主电机)
L_DW1	17	DO	W 相下桥 PWM 输出(主电机)
H_DU1	18	DO	U 相上桥 PWM 输出(主电机)
H_DV1	19	DO	V 相上桥 PWM 输出(主电机)
H_DW1	20	DO	W 相上桥 PWM 输出(主电机)
VDD5	21	P	5V 电源, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
RSTN/ FICEK	22	DI/ DI	外部复位输入, 内置上拉电阻 FICE 调试接口时钟端
VSS	23	P	地
PB2/ TIM8S/ TXD2S2/ TXRXD2S2/ FICED	24	DB/ DB/ DO/ DB/ DB	GPIO, 可配置外部中断 EXTI1/EXTI2 输入 功能转移后 Timer8 输入或输出 第二次功能转移后 UART2 TXD 输出 第二次功能转移后 UART2 单线制模式下的 TXD 输出/RXD 输入 FICE 调试接口数据端

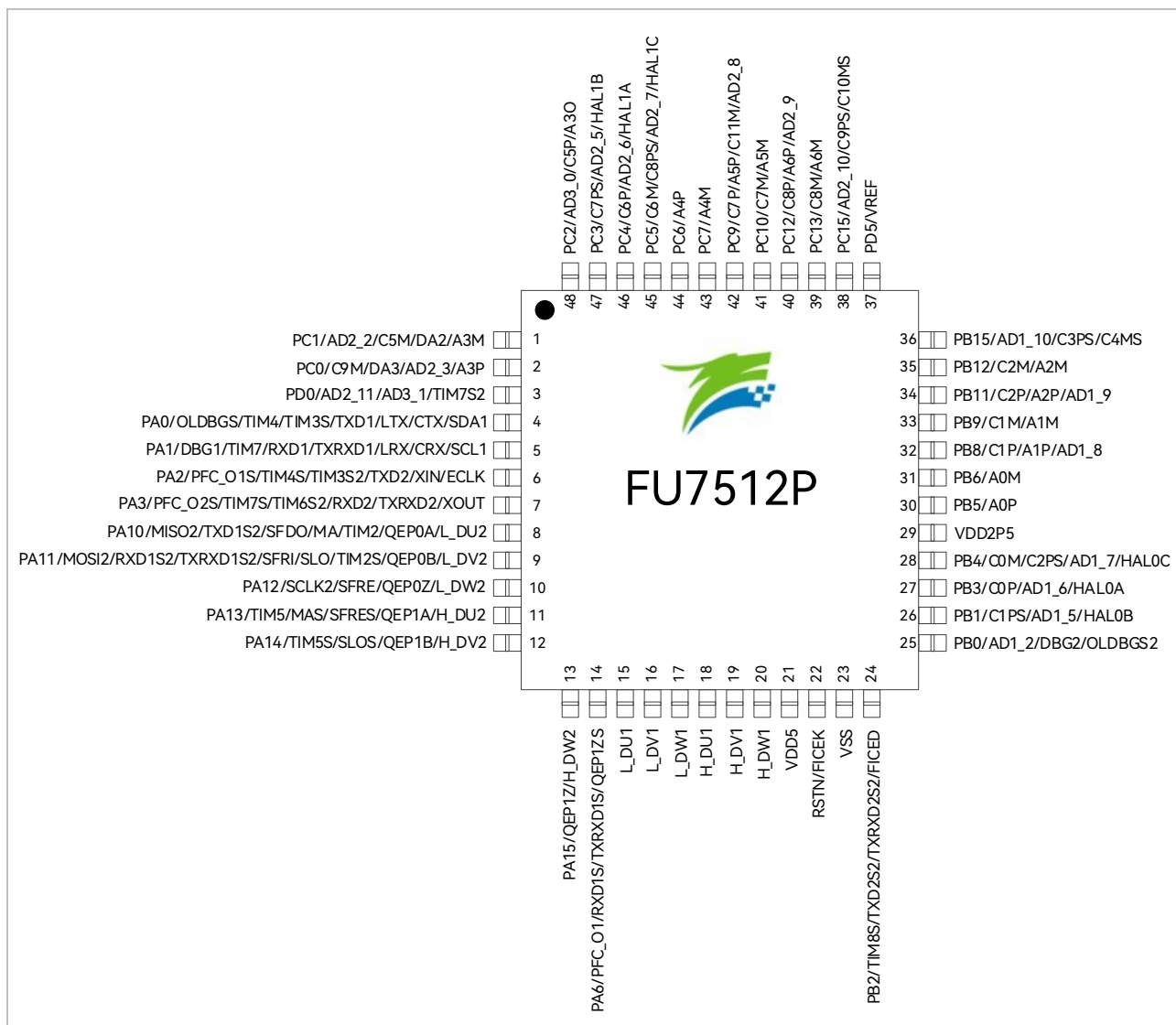
引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
PB0/ AD1_2/ DBG2/ OLDBGS2	25	DB/ AI/ DO/ DO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC1 通道 2 输入, 母线电压分压采样输入 Debug2 端口输出 第二次功能转移后 DataMonitor 端口
PB1/ C1PS/ AD1_5/ HAL0B	26	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP1 正输入端 ADC1 通道 5 输入 Hall0 B 输入
PB3/ C0P/ AD1_6/ HAL0A	27	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 正输入端 ADC1 通道 6 输入 Hall0 A 输入
PB4/ C0M/ C2PS/ AD1_7/ HAL0C	28	DB/ AI/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP0 负输入端 功能转移后 CMP2 正输入端 ADC1 通道 7 输入 Hall0 C 输入
VDD2P5	29	P	2.5V LDO 输出电源, 外接 $\geq 1\mu\text{F}$ 电容
PB5/ A0P	30	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 正输入端
PB6/ A0M	31	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP0 负输入端
PB8/ C1P/ A1P/ AD1_8	32	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP1 正输入端 AMP1 正输入端 ADC1 通道 8 输入
PB9/ C1M/ A1M	33	DB/ AI/ AI	GPIO CMP1 负输入端 AMP1 负输入端
PB11/ C2P/ A2P/ AD1_9	34	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP2 正输入端 AMP2 正输入端 ADC1 通道 9 输入

引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
PB12/ C2M/ A2M	35	DB/ AI/ AI	GPIO CMP2 负输入端 AMP2 负输入端
PB15/ AD1_10/ C3PS/ C4MS	36	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC1 通道 10 输入 功能转移后 CMP3 正输入端 功能转移后 CMP4 负输入端
PD5/ VREF	37	DB/ AB	GPIO ADC 外部参考输入或者内部 VREF 输出, 外接 1 μ F ~ 4.7 μ F 电容
PC15/ AD2_10/ C9PS/ C10MS	38	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO ADC2 通道 10 输入 功能转移后 CMP9 正输入端 功能转移后 CMP10 负输入端
PC13/ C8M/ A6M	39	DB/ AI/ AI	GPIO CMP8 负输入端 AMP6 负输入端
PC12/ C8P/ A6P/ AD2_9	40	DB/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP8 正输入端 AMP6 正输入端 ADC2 通道 9 输入
PC10/ C7M/ A5M	41	DB/ AI/ AI	GPIO CMP7 负输入端 AMP5 负输入端
PC9/ C7P/ A5P/ C11M/ AD2_8	42	DB/ AI/ AI/ AI/ AI	GPIO CMP7 正输入端 AMP5 正输入端 CMP11 负输入端 ADC2 通道 8 输入
PC7/ A4M	43	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 负输入端
PC6/ A4P	44	DB/ AI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 AMP4 正输入端
PC5/ C6M/ C8PS/	45	DB/ AI/ AI/	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 负输入端 功能转移后 CMP8 输入

引脚	FU7512P LQFP48	IO 类型	功能描述
AD2_7/ HAL1C		AI/ DI	ADC2 通道 7 输入 Hall1 C 输入
PC4/ C6P/ AD2_6/ HAL1A	46	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 CMP6 正输入端 ADC2 通道 6 输入 Hall1 A 输入
PC3/ C7PS/ AD2_5/ HAL1B	47	DB/ AI/ AI/ DI	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 功能转移后 CMP7 正输入端 ADC2 通道 5 输入 Hall1 B 输入
PC2/ AD3_0/ C5P/ A3O	48	DB/ AI/ AI/ AO	GPIO, 可配置外部中断 EXTI2 输入 ADC3 通道 0 输入 CMP5 正输入端 AMP3 输出端

2.14 FU7512P LQFP48 引脚图

图 2-7 FU7512P LQFP48 引脚图



2.15 FU7512_41_61_62_71 功能及引脚对比

表 2-8 FU7512_41_61_62_71 功能及引脚对比

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
CMPG1	C0P	PB3	PB3	PB3	-	PB3	PB3	PB3
	C0M	PB4	PB4	PB4	-	PB4	PB4	PB4
	C1P	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8
	C1PS	PB1	PB1	PB1	-	PB1	PB1	PB1
	C1M	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9
	C2P	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11
	C2PS	PB4	PB4	PB4	-	PB4	PB4	PB4
CMPG2	C2M	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12
	C6P	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4
	C6M	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5
	C7P	PC9	-	PC9	-	PC9	PC9	PC9
	C7PS	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3
	C7M	-	-	PC10	-	-	PC10	PC10
	C8P	PC12	-	PC12	PC12	PC12	PC12	PC12
CMP3	C8PS	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5
	C8M	-	-	PC13	-	-	PC13	PC13
	C3P	-	-	-	-	-	PB7	-
	C3PS	PB15	PB15	PB15	-	PB15	PB15	PB15
	C3M	-	-	-	-	PB14	PB14	-

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
CMP9	C9P	-	-	-	-	-	PC8	-
	C9PS	PC15	PC15	PC15	-	PC15	PC15	PC15
	C9M	-	PC0	-	PC0	-	PC0	PC0
CMP4	C4P	-	-	-	-	-	PB13	-
	C4M	-	-	-	-	-	PB7	-
	C4MS	PB15	PB15	PB15	-	PB15	PB15	PB15
CMP10	C10P	-	-	-	-	-	PC14	-
	C10M	-	-	-	-	-	PC8	-
	C10MS	PC15	PC15	PC15	-	PC15	PC15	PC15
CMP5	C5P	-	PC2	-	PC2	-	PC2	PC2
	C5M	-	PC1	-	PC1	-	PC1	PC1
CMP11	C11P	-	-	-	-	-	PC11	-
	C11M	PC9	-	PC9	-	PC9	PC9	PC9
AMP0	A0P	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5
	A0M	PB6	PB6	PB6	PB6	PB6	PB6	PB6
	A0O	-	-	-	-	-	PB7	-
AMP4	A4P	PC6	PC6	PC6	-	PC6	PC6	PC6
	A4M	PC7	PC7	PC7	-	PC7	PC7	PC7
	A4O	-	-	-	-	-	PC8	-
AMP1	A1P	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8	PB8
	A1M	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9	PB9
	A1O	-	-	-	-	-	PB10	-
AMP2	A2P	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11	PB11
	A2M	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12	PB12

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
	A2O	-	-	-	-	-	PB13	-
AMP5	A5P	PC9	-	PC9	-	PC9	PC9	PC9
	A5M	-	-	PC10	-	-	PC10	PC10
	A5O	-	-	-	-	-	PC11	-
	A6P	PC12	-	PC12	PC12	PC12	PC12	PC12
AMP6	A6M	-	-	-	-	-	PC13	PC13
	A6O	-	-	PC14	-	-	PC14	-
AMP3	A3P	-	PC0	-	PC0	-	PC0	PC0
	A3M	-	PC1	-	PC1	-	PC1	PC1
	A3O	-	PC2	-	PC2	-	PC2	PC2
DAC	DAC0	-	-	-	-	PB14	PB14	-
	DAC1	-	-	-	-	-	PB13	-
	DAC2	-	PC1	-	PC1	-	PC1	PC1
	DAC3	-	PC0	-	PC0	-	PC0	PC0
	DAC4	-	-	-	-	-	PC14	-
母线电压采样	AD1_2	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0
母线电流采样	AD1_4	PB7	PB7	PB7	PB7	PB7	PB7	-
	AD2_4	-	-	-	-	-	PC8	-
U 相电流采样	AD1_0	-	-	-	-	-	PB10	-
	AD2_0	-	-	-	-	-	PC11	-
V 相电流采样	AD1_1	-	-	-	-	-	PB13	PB13
	AD2_1	-	-	-	-	-	PC14	-
PFC	AD3_1	PD0	PD0	-	PD0	PD0	PD0	PD0
	AD1_2	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
	PFC_O1	PA6	PA6	PA6	-	-	PA6	PA6
	PFC_O1S	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2
	A3P	-	PC0	-	PC0	-	PC0	PC0
	A3M	-	PC1	-	PC1	-	PC1	PC1
	A3O	-	PC2	-	PC2	-	PC2	PC2
	PFC_O2	-	PA7	PA7	-	-	PA7	-
	PFC_O2S	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3
	A5P	PC9	-	PC9	-	PC9	PC9	PC9
	A5M	-	-	PC10	-	-	PC10	PC10
	A5O	-	-	-	-	-	PC11	-
Hall-IC 输入	HAL0A	PB3	PB3	PB3	-	PB3	PB3	PB3
	HAL0B	PB1	PB1	PB1	-	PB1	PB1	PB1
	HAL0C	PB4	PB4	PB4	-	PB4	PB4	PB4
	HAL1A	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4	PC4
	HAL1B	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3	PC3
	HAL1C	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5	PC5
Timer2	TIM2	-	PA10	PA10	-	-	PA10	PA10
	TIM2S	-	PA11	PA11	-	-	PA11	PA11
Timer5	TIM5	-	PA13	PA13	-	-	PA13	PA13
	TIM5S	-	PA14	PA14	-	-	PA14	PA14
	TIM5S2	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
	TIM5S3	PA5	PA5	PA5	-	-	PA5	-
Timer6	TIM6	-	PA7	-	-	-	PA7	-
	TIM6S	-	-	-	-	-	PA8	-

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
	TIM6S2	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3
Timer3	TIM3	-	-	-	-	-	PA8	PA8
	TIM3S	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	TIM3S2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2
Timer4	TIM4	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	TIM4S	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2
	TIM4S2	PD3	-	PD3	PD3	PD3	PD3	-
Timer7	TIM7	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	TIM7S	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3
	TIM7S2	-	PD0	-	PD0	PD0	PD0	PD0
Timer8	TIM8	-	-	-	-	-	PA9	-
	TIM8S	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2
I ² C1	SCL1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	SDA1	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
I ² C2	SCL2	-	PA7	PA7	-	-	PA7	-
	SDA2	PA6	PA6	PA6	-	-	PA6	PA6
SPI1	SCLK1	PA6	PA6	PA6	-	-	PA6	PA6
	MOSI1	PA5	PA5	PA5	-	-	PA5	-
	MISO1	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
	NSS1	-	PA7	PA7	-	-	PA7	-
SPI2	SCLK2	-	PA12	PA12	-	-	PA12	PA12
	MOSI2	-	PA11	PA11	-	-	PA11	PA11
	MISO2	-	PA10	PA10	-	-	PA10	PA10
	NSS2	-	-	-	-	-	PA9	-

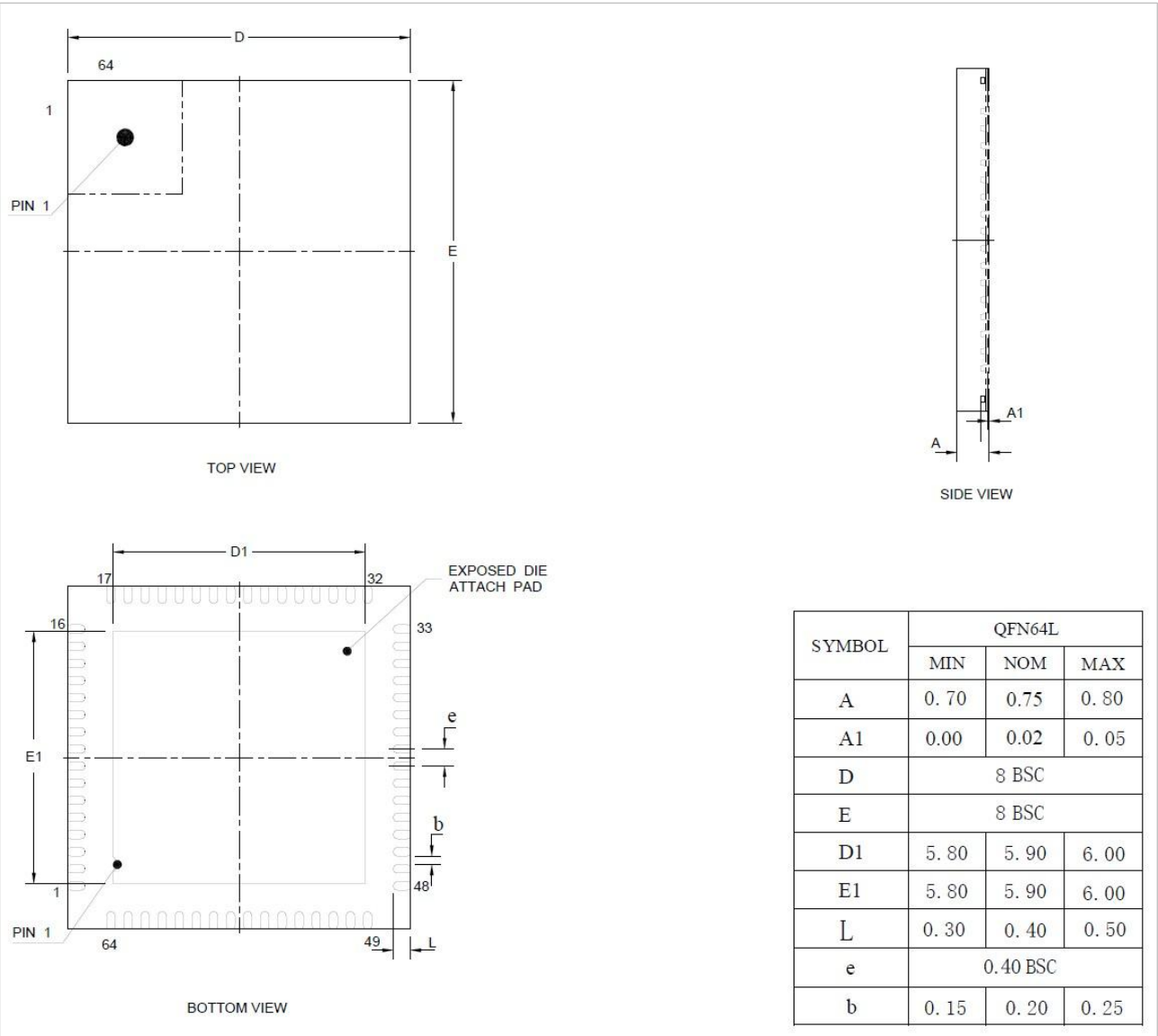
功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
UART1	TXD1	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	RXD1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	TXD1S	-	PA7	PA7	-	-	PA7	-
	RXD1S	PA6	PA6	PA6	-	-	PA6	PA6
	TXD1S2	-	PA10	PA10	-	-	PA10	PA10
	RXD1S2	-	PA11	PA11	-	-	PA11	PA11
	TXRXD1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	TXRXD1S	PA6	PA6	PA6	-	-	PA6	PA6
	TXRXD1S2	-	PA11	PA11	-	-	PA11	PA11
UART2	TXD2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2	PA2
	RXD2	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3
	RXD2S	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
	TXD2S	PA5	PA5	PA5	-	-	PA5	-
	TXD2S2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2
	TXRXD2	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3	PA3
	TXRXD2S	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
	TXRXD2S2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2
LIN	LTX	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	LRX	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	LTXS	PA5	PA5	PA5	-	-	PA5	-
	LRXS	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
CAN	CTX	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	CRX	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	CTXS	PA5	PA5	PA5	-	-	PA5	-

功能	引脚	FU7571Q GPIO	FU7562Q GPIO	FU7561Q GPIO	FU7562L GPIO	FU7541Q GPIO	FU7512L GPIO	FU7512P GPIO
	CRXS	PA4	PA4	PA4	-	PA4	PA4	-
BISS	MA	-	PA10	PA10	-	-	PA10	PA10
	MAS	-	PA13	PA13	-	-	PA13	PA13
	SLO	-	PA11	PA11	-	-	PA11	PA11
	SLOS	-	PA14	PA14	-	-	PA14	PA14
DataMonitor	OLDBG	-	-	-	-	-	PA9	-
	OLDBGS	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0	PA0
	OLDBGS2	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0
参考电压输出	VREF	PD5	PD5	PD5	PD5	PD5	PD5	PD5
半电压输出	VHALF	-	PD2	-	-	-	PD2	-
调试信号检测	DBG1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1	PA1
	DBG1S	-	-	-	-	-	PA9	-
	DBG2	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0	PB0
FICE 接口	FICEK	RSTN	RSTN	RSTN	RSTN	RSTN	RSTN	RSTN
	FICED	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2	PB2

3 封装信息

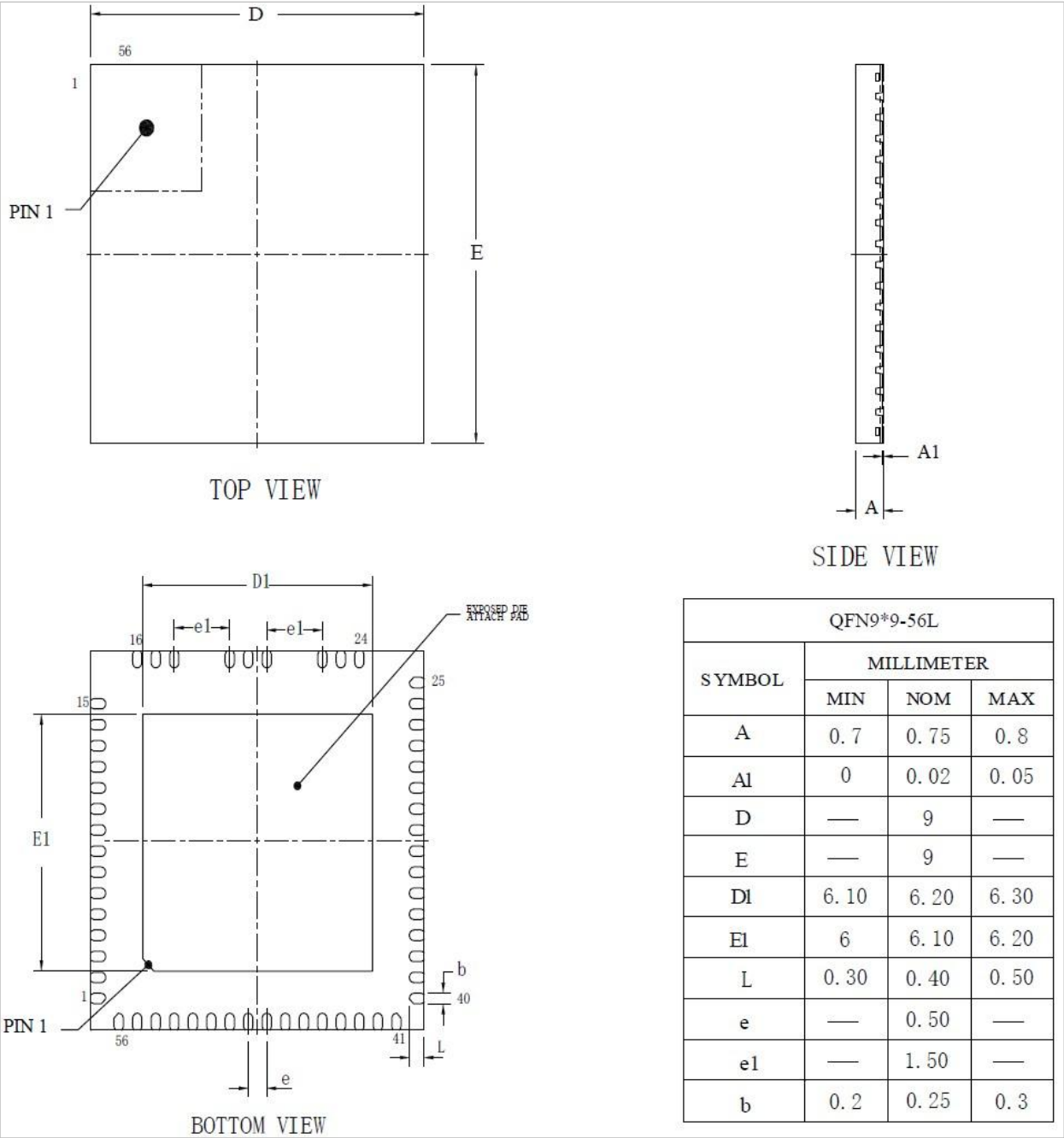
3.1 FU7571Q QFN64_8X8

图 3-1 FU7571Q QFN64_8X8 封装尺寸图



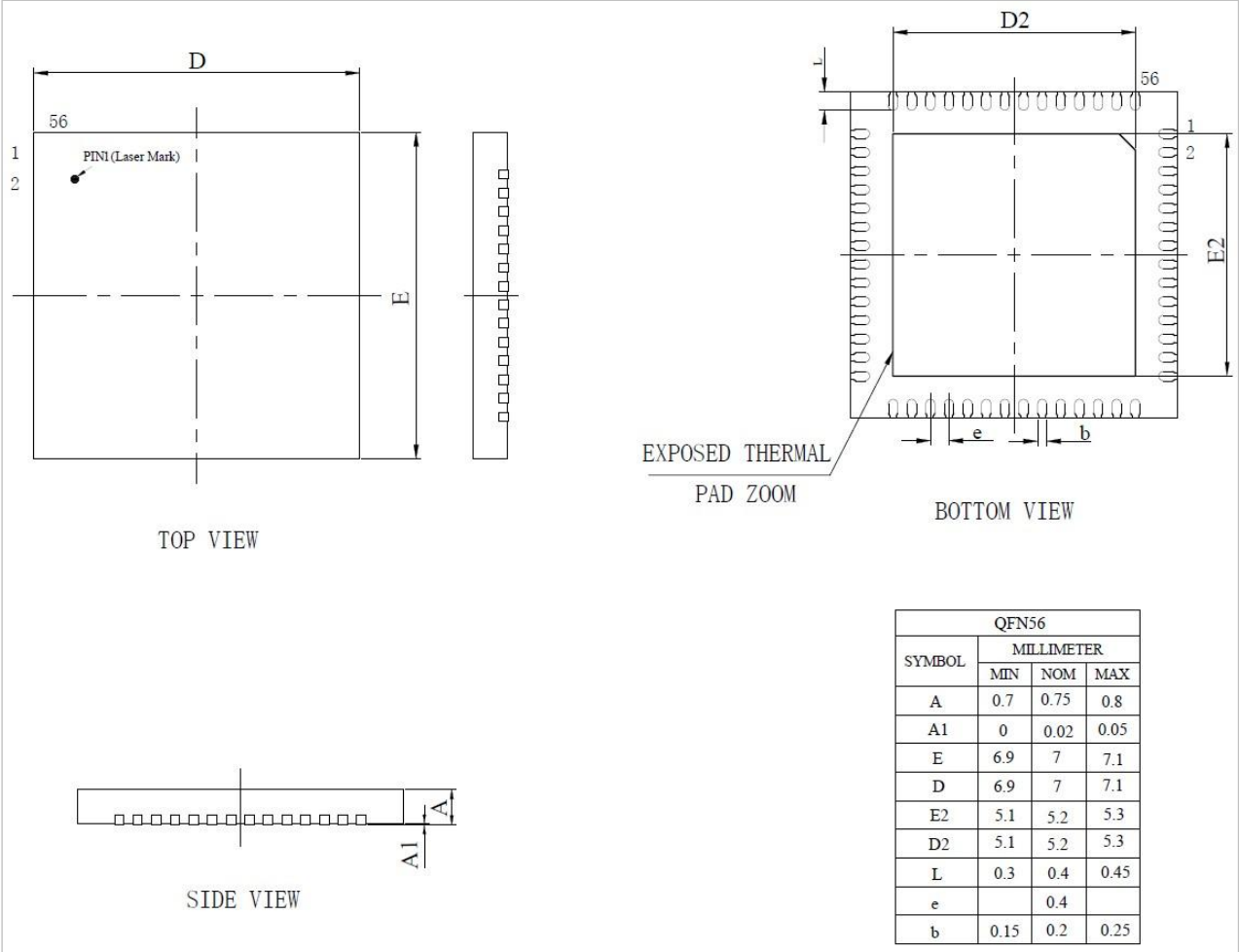
3.2 FU7562Q QFN64-56_9X9

图 3-2 FU7562Q QFN64-56_9X9 封装尺寸图



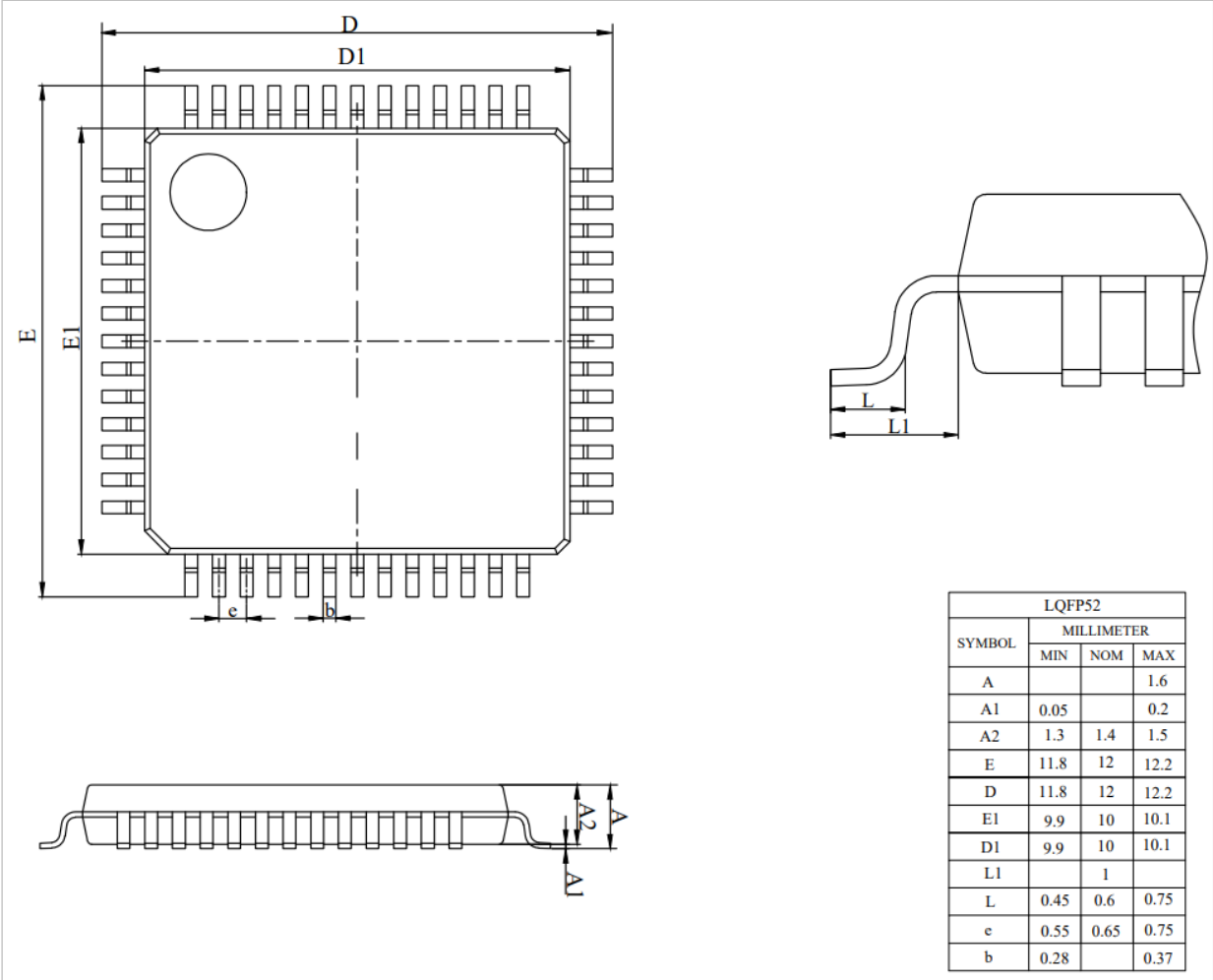
3.3 FU7561Q QFN56_7X7

图 3-3 FU7561Q QFN56_7X7 封装尺寸图



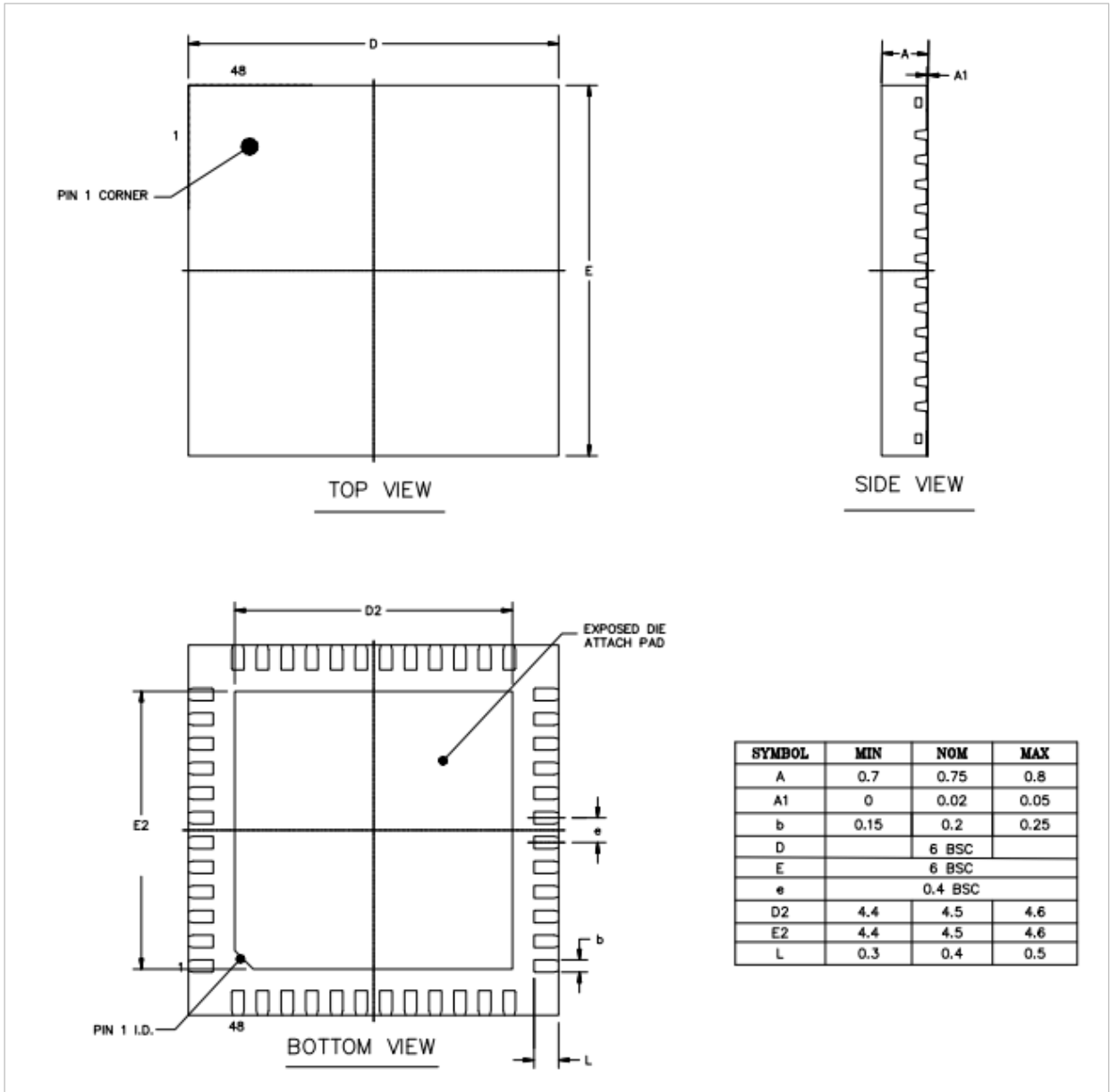
3.4 FU7562L LQFP52_10X10

图 3-4 FU7562L LQFP52_10X10 封装尺寸图



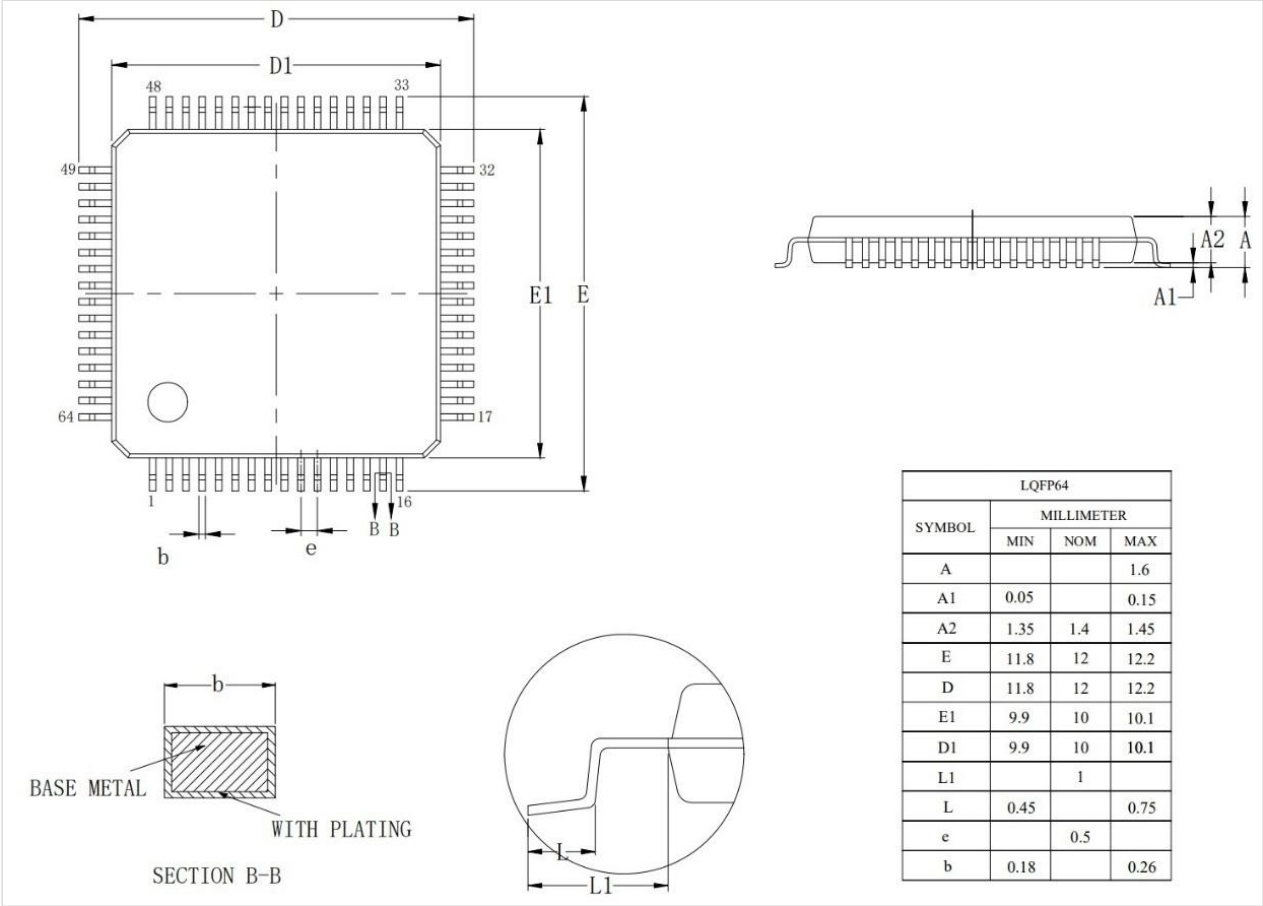
3.5 FU7541Q QFN48_6X6

图 3-5 FU7541Q QFN48_6X6 封装尺寸图



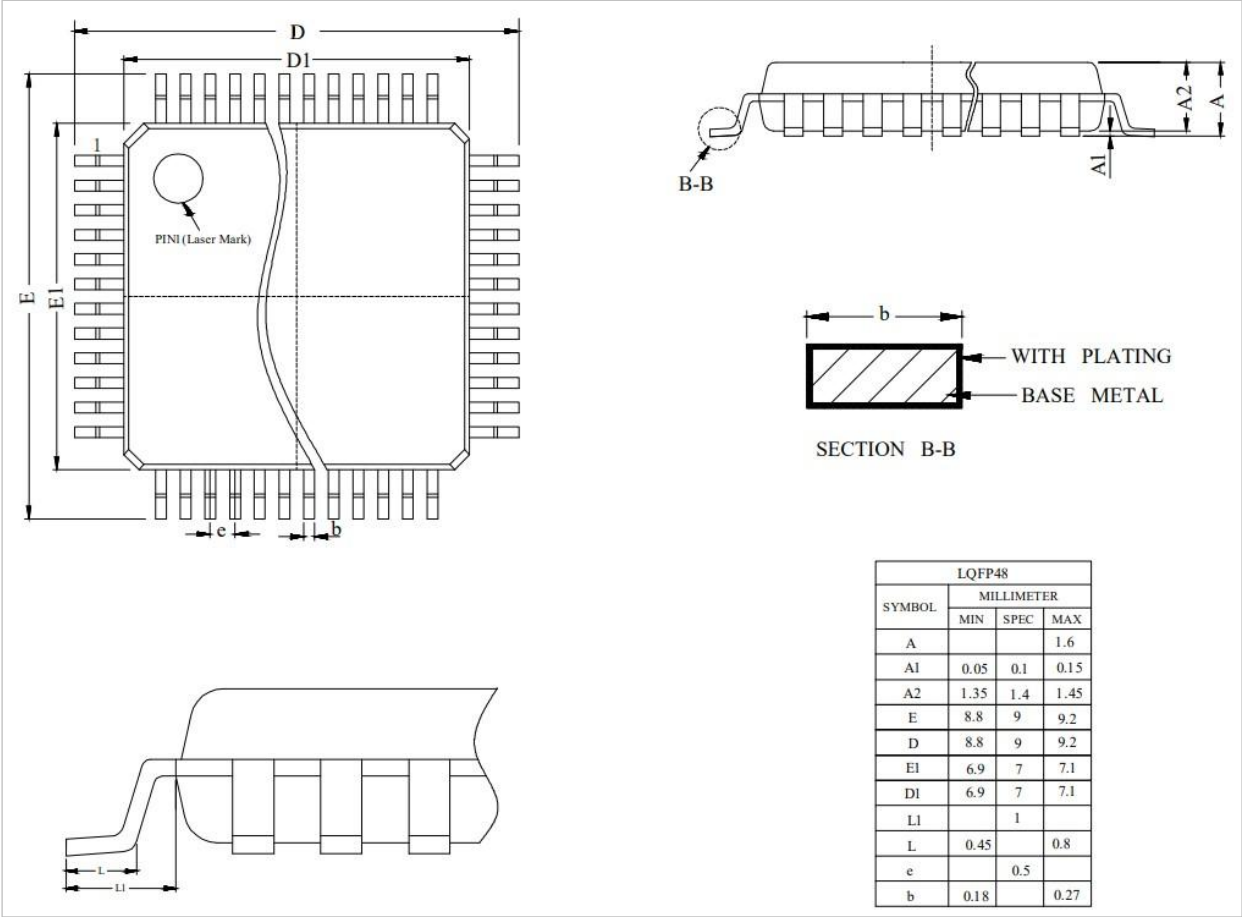
3.6 FU7512L LQFP64_10X10

图 3-6 FU7512L LQFP64_10X10 封装尺寸图



3.7 FU7512P LQFP48_7X7

图 3-7 FU7512P LQFP48_7X7 封装尺寸图



4 订购信息

表 4-1 产品型号选择

型号	系统时钟(MHz)	Flash (kByte)	SRAM (kByte)	PRAM (kByte)	时钟电路			驱动接口				驱动类型	通信接口						DMA	GPIO	定时器	PFC1	PFC2	模拟外设										无铅	封装
					内部快时钟	内部慢时钟	外部快时钟	Pre-driver		3P3N Pre-driver			PWM		FOC	UART/LIN/CANFD	BISS	I²C						SPI		ADC 个数 通道数 位数	DAC 个数 位数		VREF	运放	比较器				
								6N Pre-driver1	6N Pre-driver2	3P3N Pre-driver1	3P3N Pre-driver2		PWM1	PWM2				I²C1						I²C2	SPI1		SPI2	个数				通道数	位数		
FU7571Q	48/24	64	12	4	√	√	√	√	√	-	-	-	-	√	√	-	√	-	√	-	√	29	9	-	-	3	25	12	4	9\6	√	6	7	√	QFN64 (8 x 8mm)
FU7562Q	48/24	64	12	4	√	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	38	9	√	-	3	24	12	5	9\8\6	√	5	7	√	QFN64-56 (9 x 9mm)
FU7561Q	48/24	64	12	4	√	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	√	-	√	√	√	37	9	-	-	3	25	12	4	9\6	√	6	7	√	QFN56 (7 x 7mm)

型号	系统时钟(MHz)	Flash (kByte)	SRAM (kByte)	PRAM (kByte)	时钟电路			驱动接口						驱动类型	通信接口						DMA	GPIO	定时器	PFC1	PFC2	模拟外设										无铅	封装
					内部快时钟	内部慢时钟	外部快时钟	Pre-driver		3P3N Pre-driver		PWM			FOC	UART/LIN/CANFD	BISS	I²C		SPI						ADC			DAC		VREF	运放	比较器				
								6N Pre-driver1	6N Pre-driver2	3P3N Pre-driver1	3P3N Pre-driver2	PWM1	PWM2					I²C1	I²C2	SPI1						SPI2	个数	通道数	位数	个数				位数			
FU7562L	48/24	64	12	4	√	√	√	√	-	-	-	-	-	√	√	-	√	-	-	-	√	22	9	√	-	3	22	12	3	9\8	√	5	4	√	LQFP52 (10 x 10mm)		
FU7541Q	48/24	64	12	4	√	√	√	-	-	√	√	-	-	√	√	-	√	-	-	-	√	29	9	-	-	3	27	12	4	9\8\6	√	6	7	√	QFN48 (6 x 6mm)		
FU7512L	48/24	64	12	4	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	53	9	√	√	3	30	12	5	9\8\6	√	7	8	√	LQFP64 (10 x 10mm)		
FU7512P	48/24	64	12	4	√	√	√	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	-	-	√	√	38	9	-	-	3	28	12	5	9\8\6	√	7	8	√	LQFP48 (7 x 7mm)		

5 电气特性

5.1 绝对最大额定值

超过表 5-1 ~ 表 5-7 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 FU7571Q 绝对最大额定值

表 5-1 FU7571Q 绝对最大额定值^[1]

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_x 相对 VSS 的电压		-0.3	-	32	V
VBB_x 相对 VSS 的电压		-0.3	-	20	V
VDD5_x 相对 VSS 的电压 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
高侧浮动电压 $V_{BUx,BVx,BWx}$		-0.3	-	120	V
低侧供电电压		-0.3	-	VCC_x	V
低侧输出电压 $V_{LUx,LVx,LWx}$		-0.3	-	VCC_x + 0.3	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5_x + 0.3	V
功率耗散 P_D ^[3]	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	-	-	0.625	W

5.1.2 FU7562Q 绝对最大额定值

表 5-2 FU7562Q 绝对最大额定值^[1]

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 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
高侧浮动电压 $V_{BU1,BV1,BW1}$		-0.3	-	625	V
低侧供电电压		-0.3	-	VCC	V
低侧输出电压 $V_{LU1,LV1,LW1}$		-0.3	-	VCC + 0.3	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V
功率耗散 P_D ^[3]	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	-	-	0.625	W

5.1.3 FU7561Q 绝对最大额定值

表 5-3 FU7561Q 绝对最大额定值^[1]

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	-	32	V
VBB 相对 VSS 的电压		-0.3	-	20	V
VDD5 相对 VSS 的电压 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
高侧浮动电压 $V_{BU1,BV1,BW1}$		-0.3	-	120	V
低侧供电电压		-0.3	-	VCC	V
低侧输出电压 $V_{LU1,LV1,LW1}$		-0.3	-	VCC + 0.3	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V
功率耗散 P_D ^[3]	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	-	-	0.625	W

5.1.4 FU7562L 绝对最大额定值

表 5-4 FU7562L 绝对最大额定值^[1]

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 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
高侧浮动电压 $V_{BU1,BV1,BW1}$		-0.3	-	625	V
低侧供电电压		-0.3	-	VCC	V
低侧输出电压 $V_{LU1,LV1,LW1}$		-0.3	-	VCC + 0.3	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V
功率耗散 P_D ^[3]	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	-	-	0.625	W

5.1.5 FU7541Q 绝对最大额定值

表 5-5 FU7541Q 绝对最大额定值^[1]

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_x 相对 VSS 的电压	芯片待机, 关闭 Pre-driver 输出	-0.3	-	30	V
VCC_x 相对 VSS 的电压	尖峰时间 < 60s	-0.3	-	36	V
VCC_x 相对 VSS 的电压	尖峰时间 < 500ms	-0.3	-	40	V
VDD5_x 相对 VSS 的电压 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V
功率耗散 P_D ^[3]	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	-	-	0.625	W

5.1.6 FU7512L 绝对最大额定值

表 5-6 FU7512L 绝对最大额定值^[1]

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 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V

5.1.7 FU7512P 绝对最大额定值

表 5-7 FU7512P 绝对最大额定值^[1]

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 ^[2]		-0.3	-	6.5	V
RSTN、GPIO 相对 VSS 的电压		-0.3	-	VDD5 + 0.3	V



备注:

- [1] 除非特别声明，所有引脚均以 VSS 作为参考点
- [2] Flash 写入或擦除时 VDD5 必须保持在 5V ~ 5.5V
- [3] 在任何情况下，不要超过 P_D

5.2 全局电气特性

5.2.1 FU7571Q 全局电气特性

表 5-8 FU7571Q 全局电气特性

(除非特别声明， $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ ， $VCC\_x = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC_x 工作电压 ^[1]		5	-	26	V
$V_{BUX,BVX,BWX}$ 浮动电压		-	-	100	V
$V_{BUX,BVX,BWX}$ 相对 $V_{SUX,SVX,SWX}$ 电压	VCC_x = 15V	-	12	-	V
I_{VCC_1} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M, VCC_1 = 15V	-	15	-	mA
I_{VCC_1} 工作电流 ^[2]	系统时钟 48M, VCC_1 = 15V	-	20	-	mA
I_{VCC_1} 待机电流	所有外设关断, VCC_1 = 15V	-	1.8	-	mA
I_{VCC_1} 睡眠电流	VCC_1 = 15V, PA_OE[15:10] = 0x3F, PA[15:10] = 0x00	-	240	-	μA

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{VCC_2} 工作电流	$VCC\_2 = 15V$	-	0.26	-	mA
I_{VCC_2} 静态电流	$VCC\_2 = 15V$	-	220	-	μA
工作时环境温度 T_A		-40	-	85	$^{\circ}C$
工作时环境温度 T_A	$VCC \leq 15V$ & $I_{VCC\_1} + I_{VCC\_2} \leq 30mA$	-40	-	105 ^[4]	$^{\circ}C$

5.2.2 FU7562Q 全局电气特性

表 5-9 FU7562Q 全局电气特性

(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$, $VCC = 10V \sim 20V$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC 工作电压 ^[1]		10	-	20	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 浮动电压		-	-	600	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 相对 $V_{SU1,SV1,SW1}$ 电压		-	-	20	V
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M, $VCC = 15V$	-	15	-	mA
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 48M, $VCC = 15V$	-	20	-	mA
I_{VCC} 待机电流	所有外设关断, $VCC = 15V$	-	1.7	-	mA
I_{VCC} 睡眠电流	$VDD5 = 5V$, $VCC = 15V$	-	150	-	μA
工作时环境温度 T_A		-40	-	85	$^{\circ}C$
工作时环境温度 T_A	$VCC \leq 15V$ & $I_{VCC} \leq 30mA$	-40	-	105 ^[4]	$^{\circ}C$

5.2.3 FU7561Q 全局电气特性

表 5-10 FU7561Q 全局电气特性

(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$, $VCC = 5V \sim 26V$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VCC 工作电压 ^[1]		5	-	26	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 浮动电压		-	-	100	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 相对 $V_{SU1,SV1,SW1}$ 电压	$VCC = 15V$	-	12	-	V
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M, $VCC = 15V$	-	15	-	mA
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 48M, $VCC = 15V$	-	20	-	mA
I_{VCC} 待机电流	所有外设关断, $VCC = 15V$	-	1.8	-	mA
I_{VCC} 睡眠电流	$VCC = 15V$	-	240	-	μA
工作时环境温度 T_A		-40	-	85	$^{\circ}C$
工作时环境温度 T_A	$VCC \leq 15V$ & $I_{VCC} \leq 30mA$	-40	-	105 ^[4]	$^{\circ}C$

5.2.4 FU7562L 全局电气特性

表 5-11 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
VCC 工作电压 ^[1]		10	-	20	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 浮动电压		-	-	600	V
$V_{BU1,BV1,BW1}$ 相对 $V_{SU1,SV1,SW1}$ 电压		-	-	20	V
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M, $V_{CC} = 15\text{V}$	-	15	-	mA
I_{VCC} 工作电流 ^[2]	系统时钟 48M, $V_{CC} = 15\text{V}$	-	20	-	mA
I_{VCC} 待机电流	所有外设关断, $V_{CC} = 15\text{V}$	-	1.7	-	mA
I_{VCC} 睡眠电流	$V_{DD5} = 5\text{V}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	-	150	-	μA
工作时环境温度 T_A		-40	-	85	$^{\circ}\text{C}$
工作时环境温度 T_A	$V_{CC} \leq 15\text{V} \ \& \ I_{VCC} \leq 30\text{mA}$	-40	-	105 ^[4]	$^{\circ}\text{C}$

5.2.5 FU7541Q 全局电气特性

表 5-12 FU7541Q 全局电气特性

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

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{CC_X} 工作电压 ^[1]		5	-	28	V
I_{VCC_1} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M, $V_{CC\_1} = 15\text{V}$	-	15	-	mA
I_{VCC_1} 工作电流 ^[2]	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	-	μA
I_{VCC_2} 工作电流 ^[2]	$V_{CC\_2} = 15\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$ 或 5V	-	0.28	-	mA
I_{VCC_2} 静态电流	$V_{CC\_2} = 15\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$ 或 5V	-	180	-	μA
工作时环境温度 T_A		-40	-	85	$^{\circ}\text{C}$
工作时环境温度 T_A	$V_{CC} \leq 15\text{V} \ \& \ I_{VCC\_1} + I_{VCC\_2} \leq 30\text{mA}$	-40	-	105 ^[4]	$^{\circ}\text{C}$

5.2.6 FU7512L 全局电气特性

表 5-13 FU7512L 全局电气特性

(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
V_{DD5} 工作电压 ^[3]		3	5	5.5	V
I_{VDD5} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M	-	15	-	mA

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD5} 工作电流 ^[2]	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	-	μA
工作时环境温度 T _A		-40	-	85	°C
工作时环境温度 T _A		-40	-	105 ^[4]	°C

5.2.7 FU7512P 全局电气特性

表 5-14 FU7512P 全局电气特性
(除非特别声明, T_A = -40°C ~ 105°C, VDD5 = 5V)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD5 工作电压 ^[3]		3	5	5.5	V
I _{VDD5} 工作电流 ^[2]	系统时钟 24M	-	15	-	mA
I _{VDD5} 工作电流 ^[2]	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	-	μA
工作时环境温度 T _A		-40	-	85	°C
工作时环境温度 T _A		-40	-	105 ^[4]	°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] 根据程序运行的设置发生变化
- [3] Flash 写入或擦除时 VDD5 必须保持在 5V ~ 5.5V
- [4] 只有保证任何时刻均不超过最大 T_J的前提下, 才能工作到 T_A 最大值

5.3 GPIO 电气特性

5.3.1 FU7571Q GPIO 电气特性

表 5-15 FU7571Q GPIO 电气特性
(除非特别声明, T_A = 25°C, VCC_x = 5V ~ 26V)

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, T _A = 25°C	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, T _A = 25°C	-	13	-	ns
V _{OH} 输出高电压 ^[1]	I _{OH} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	VDD5 _x - 0.7	-	-	V

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{OL} 输出低电压	I _{OL} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	-	-	VSS + 0.7	V
V _{IH} 输入高电压		0.7 * VDD5_x	-	-	V
V _{IL} 输入低电压		-	-	0.2 * VDD5_x	V
上拉电阻 ^[2]		-	30	-	kΩ
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	kΩ
下拉电阻 ^[4]		-	30	-	kΩ



- 备注:
- [1] 输出的高电平属 VDD5_x 电压域, 会跟随 VDD5_x
 - [2] 除备注[3]外其他 GPIO 上拉均为 30kΩ
 - [3] PA[0:6], PB[1], PB[3:4], PC[3:5]
 - [4] PA[0:1], PA[4:6]

5.3.2 FU7562Q GPIO 电气特性

表 5-16 FU7562Q GPIO 电气特性
(除非特别声明, T_A = 25°C, VCC = 10V ~ 20V)

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, T _A = 25°C	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, T _A = 25°C	-	13	-	ns
V _{OH} 输出高电压 ^[1]	I _{OH} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	VDD5 - 0.7	-	-	V
V _{OL} 输出低电压	I _{OL} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	-	-	VSS + 0.7	V
V _{IH} 输入高电压		0.7*VDD5	-	-	V
V _{IL} 输入低电压		-	-	0.2*VDD5	V
上拉电阻 ^[2]		-	30	-	kΩ
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	kΩ
下拉电阻 ^[4]		-	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[3:5]
 - [4] PA[0:1], PA[4:7], PA[10:15]

5.3.3 FU7561Q GPIO 电气特性

表 5-17 FU7561Q GPIO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns
V_{OH} 输出高电压 ^[1]	$I_{OH} = 4\text{mA}$, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$	$V_{DD5} - 0.7$	-	-	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 ^[2]		-	30	-	k Ω
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	k Ω
下拉电阻 ^[4]		-	30	-	k Ω



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 Ω
- [3] PA[0:6], PB[1], PB[3:4], PC[3:5]
- [4] PA[0:1], PA[4:6], PA[10:15]

5.3.4 FU7562L GPIO 电气特性

表 5-18 FU7562L GPIO 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
输出上升时间	50pF 负载,从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns
V_{OH} 输出高电压 ^[1]	$I_{OH} = 4\text{mA}$, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$	$V_{DD5} - 0.7$	-	-	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 ^[2]		-	30	-	k Ω
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	k Ω

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
下拉电阻 ^[4]		-	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[0:3], PC[3:5]
- [4] PA[0:1]

5.3.5 FU7541Q GPIO 电气特性

表 5-19 FU7541Q GPIO 电气特性
(除非特别声明, T_A = 25°C, VCC_x = 5V ~ 28V)

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, T _A = 25°C	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, T _A = 25°C	-	13	-	ns
V _{OH} 输出高电压 ^[1]	I _{OH} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	VDD5 _x - 0.7	-	-	V
V _{OL} 输出低电压	I _{OL} = 4mA, T _A = -40°C ~ 105°C	-	-	VSS + 0.7	V
V _{IH} 输入高电压		0.7 * VDD5 _x	-	-	V
V _{IL} 输入低电压		-	-	0.2 * VDD5 _x	V
上拉电阻 ^[2]		-	30	-	kΩ
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	kΩ
下拉电阻 ^[4]		-	30	-	kΩ



备注:

- [1] 输出的高电平属 VDD5_x 电压域，会跟随 VDD5_x
- [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]

5.3.6 FU7512L GPIO 电气特性

表 5-20 FU7512L GPIO 电气特性
(除非特别声明, T_A = 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, T _A = 25°C	-	15	-	ns

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns
V_{OH} 输出高电压 ^[1]	$I_{OH} = 4\text{mA}$, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$	$V_{DD5} - 0.7$	-	-	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 ^[2]		-	30	-	k Ω
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	k Ω
下拉电阻 ^[4]		-	30	-	k Ω



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[0:7], PB[1], PB[3:4], PC[3:5]
- [4] PA[0:1], PA[4:15]

5.3.7 FU7512P GPIO 电气特性

表 5-21 FU7512P GPIO 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
输出上升时间	50pF 负载,从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载,从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns
V_{OH} 输出高电压 ^[1]	$I_{OH} = 4\text{mA}$, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$	$V_{DD5} - 0.7$	-	-	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 ^[2]		-	30	-	k Ω
上拉电阻 ^[3]		-	5.6	-	k Ω
下拉电阻 ^[4]		-	30	-	k Ω



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[0:3], PA[6], PB[1], PB[3:4], PC[3:5]

[4] PA[0:1], PA[6], PA[10:15]

5.4 6N Pre-driver IO 电气特性（适用于 FU7571Q / FU7562Q / FU7561Q / FU7562L）

5.4.1 FU7571Q 6N Pre-driverx IO 电气特性

表 5-22 FU7571Q 6N Pre-driverx IO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 15\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
高电平输出峰值电流		-	0.6	-	A
低电平输出峰值电流		-	0.6	-	A
VBB_x 输出电压	$I_{VBB\_X} = 20\text{mA}$	-	12	-	V
VDD5 输出电压	$V_{CC\_X} = 15\text{V}$, 内部配置 LDO 输出	-	5	-	V
VCC_x 欠压保护开启电压		-	4.7	-	V
VCC_x 欠压保护关断电压		-	4.4	-	V
VCC_x 欠压保护迟滞电压		-	0.3	-	V
输出上升时间	1nF 负载, 从 10%上升至 90%时间	-	50	-	ns
输出下降时间	1nF 负载, 从 90%下降至 10%时间	-	30	-	ns
死区时间		-	100	-	ns

5.4.2 FU7562Q 6N Pre-driver1 IO 电气特性

表 5-23 FU7562Q 6N 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
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 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, 从 10%上升至 90%时间	-	220	-	ns
输出下降时间	1nF 负载, 从 90%下降至 10%时间	-	110	-	ns
死区时间		-	250	-	ns

5.4.3 FU7561Q 6N Pre-driver1 IO 电气特性

表 5-24 FU7561Q 6N 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
高电平输出峰值电流		-	0.6	-	A
低电平输出峰值电流		-	0.6	-	A
VBB 输出电压	$I_{VBB} = 20\text{mA}$	-	12	-	V
VDD5 输出电压	$V_{CC} = 15\text{V}$, 内部配置 LDO 输出	-	5	-	V
VCC_1 欠压保护开启电压		-	4.7	-	V
VCC_1 欠压保护关断电压		-	4.4	-	V
VCC_1 欠压保护迟滞电压		-	0.3	-	V
输出上升时间	1nF 负载, 从 10%上升至 90%时间	-	50	-	ns
输出下降时间	1nF 负载, 从 90%下降至 10%时间	-	30	-	ns
死区时间		-	100	-	ns

5.4.4 FU7562L 6N Pre-driver1 IO 电气特性

表 5-25 FU7562L 6N 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
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 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, 从 10%上升至 90%时间	-	220	-	ns
输出下降时间	1nF 负载, 从 90%下降至 10%时间	-	110	-	ns
死区时间		-	250	-	ns

5.5 3P3N Pre-driverx IO 电气特性（适用于 FU7541Q）

5.5.1 FU7541Q 3P3N Pre-driverx IO 电气特性

表 5-26 FU7541Q 3P3N Pre-driverx IO 电气特性

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

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 PWM IO 电气特性（适用于 FU7562Q / FU7561Q / FU7512L / FU7512P）

5.6.1 FU7562Q PWM2 IO 电气特性

表 5-27 FU7562Q PWM2 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
输出拉电流	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	4	-	mA
输出灌电流	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	4	-	mA
输出上升时间	50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	13	-	ns

5.6.2 FU7561Q PWM2 IO 电气特性

表 5-28 FU7561Q PWM2 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
输出拉电流	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	4	-	mA
输出灌电流	$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	4	-	mA
输出上升时间	50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	13	-	ns

5.6.3 FU7512L PWMx IO 电气特性

表 5-29 FU7512L PWMx IO 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
输出拉电流	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	-	4	-	mA
输出灌电流	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	-	4	-	mA
输出上升时间	50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns

5.6.4 FU7512P PWMx IO 电气特性

表 5-30 FU7512P PWMx IO 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
输出拉电流	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	-	4	-	mA
输出灌电流	$T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$	-	4	-	mA
输出上升时间	50pF 负载, 从 10%上升至 90%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	15	-	ns
输出下降时间	50pF 负载, 从 90%下降至 10%时间, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	13	-	ns

5.7 ADC 电气特性

5.7.1 FU7571Q ADC 电气特性

表 5-31 FU7571Q ADC 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	70.8	-	dB
ENOB (有效位数)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	10.5	-	bit
SFDR (无杂散动态范围)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	68.2	-	dB
THD (总谐波失真)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	67	-	dB
R_{IN} 输入电阻		-	800	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.2 FU7562Q ADC 电气特性

表 5-32 FU7562Q 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	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.3 FU7561Q ADC 电气特性

表 5-33 FU7561Q ADC 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.4 FU7562L ADC 电气特性

表 5-34 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	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.5 FU7541Q ADC 电气特性

表 5-35 FU7541Q ADC 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$)

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
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	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.6 FU7512L ADC 电气特性

表 5-36 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)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	70.8	-	dB
ENOB (有效位数)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	10.5	-	bit
SFDR (无杂散动态范围)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	68.2	-	dB
THD (总谐波失真)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	67	-	dB
R_{IN} 输入电阻		-	800	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]

5.7.7 FU7512P ADC 电气特性

表 5-37 FU7512P 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)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	70.8	-	dB
ENOB (有效位数)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	10.5	-	bit
SFDR (无杂散动态范围)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	68.2	-	dB
THD (总谐波失真)	$f_{\text{IN}} = 350\text{kHz}$	-	67	-	dB
R_{IN} 输入电阻		-	800	-	Ω
C_{IN} 输入电容		-	30	-	pF
转换时间		-	13	-	ADCLK ^[1]
采样时间		3	-	63	ADCLK2 ^[2]



备注:

[1] ADCLK = 24MHz

[2] ADCLK2 = 12MHz

5.8 参考电压电气特性

5.8.1 FU7571Q 参考电压电气特性

表 5-38 FU7571Q 参考电压电气特性

(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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	$V_{REF}/8 - 0.1$	$V_{REF}/8$	$V_{REF}/8 + 0.1$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	$V_{REF}/4 - 0.12$	$V_{REF}/4$	$V_{REF}/4 + 0.12$	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 FU7562Q 参考电压电气特性

表 5-39 FU7562Q 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	$V_{REF}/8 - 0.1$	$V_{REF}/8$	$V_{REF}/8 + 0.1$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	$V_{REF}/4 - 0.12$	$V_{REF}/4$	$V_{REF}/4 + 0.12$	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 FU7561Q 参考电压电气特性

表 5-40 FU7561Q 参考电压电气特性

(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	VREF_VHALF_CR[VRVSEL] = 00	4.3	4.5	4.7	V

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VREF	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	$VREF/8 - 0.1$	$VREF/8$	$VREF/8 + 0.1$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	$VREF/4 - 0.12$	$VREF/4$	$VREF/4 + 0.12$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10	$25 \cdot VREF/64 - 0.2$	$25 \cdot VREF/64$	$25 \cdot VREF/64 + 0.2$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11	$VREF/2 - 0.2$	$VREF/2$	$VREF/2 + 0.2$	V

5.8.4 FU7562L 参考电压电气特性

表 5-41 FU7562L 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	$VREF/8 - 0.1$	$VREF/8$	$VREF/8 + 0.1$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	$VREF/4 - 0.12$	$VREF/4$	$VREF/4 + 0.12$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10	$25 \cdot VREF/64 - 0.2$	$25 \cdot VREF/64$	$25 \cdot VREF/64 + 0.2$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11	$VREF/2 - 0.2$	$VREF/2$	$VREF/2 + 0.2$	V

5.8.5 FU7541Q 参考电压电气特性

表 5-42 FU7541Q 参考电压电气特性

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

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	$VREF/8 - 0.1$	$VREF/8$	$VREF/8 + 0.1$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	$VREF/4 - 0.12$	$VREF/4$	$VREF/4 + 0.12$	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10	$25 \cdot VREF/64 - 0.2$	$25 \cdot VREF/64$	$25 \cdot VREF/64 + 0.2$	V

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11	VREF/2 – 0.2	VREF/2	VREF/2 + 0.2	V

5.8.6 FU7512L 参考电压电气特性

表 5-43 FU7512L 参考电压电气特性
(除非特别声明, T_A = -40°C ~ 105°C, VDD5 = 5V)

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	VREF/8 – 0.1	VREF/8	VREF/8 + 0.1	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	VREF/4 – 0.12	VREF/4	VREF/4 + 0.12	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10	25*VREF/64 – 0.2	25*VREF/64	25*VREF/64 + 0.2	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11	VREF/2 – 0.2	VREF/2	VREF/2 + 0.2	V

5.8.7 FU7512P 参考电压电气特性

表 5-44 FU7512P 参考电压电气特性
(除非特别声明, T_A = -40°C ~ 105°C, VDD5 = 5V)

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	VREF/8 – 0.1	VREF/8	VREF/8 + 0.1	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01	VREF/4 – 0.12	VREF/4	VREF/4 + 0.12	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 10	25*VREF/64 – 0.2	25*VREF/64	25*VREF/64 + 0.2	V
	VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 11	VREF/2 – 0.2	VREF/2	VREF/2 + 0.2	V

5.9 运算放大器电气特性

5.9.1 FU7571Q 运算放大器电气特性

表 5-45 FU7571Q 运算放大器电气特性
(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP5/6 支持	37	40	43	-

5.9.2 FU7562Q 运算放大器电气特性

表 5-46 FU7562Q 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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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 FU7561Q 运算放大器电气特性

表 5-47 FU7561Q 运算放大器电气特性
(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP5/6 支持	37	40	43	-

5.9.4 FU7562L 运算放大器电气特性

表 5-48 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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP6 支持	37	40	43	-

5.9.5 FU7541Q 运算放大器电气特性

表 5-49 FU7541Q 运算放大器电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$)

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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP5/6 支持	37	40	43	-

5.9.6 FU7512L 运算放大器电气特性

表 5-50 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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP5/6 支持	37	40	43	-

5.9.7 FU7512P 运算放大器电气特性

表 5-51 FU7512P 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 运放的压摆率	$C_L = 40\text{pF}$	10	15	-	$\text{V}/\mu\text{s}$
运放放大倍数 ^{[1] [2]}	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, 仅 AMP5/6 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

[2] AMPxGAIN 中 x 根据 AMP 不同, 可等于 0/3/4 或 PH12/PH56, 具体可参考 32.3.2 AMP_CR1 (CSR:0x622)

5.10 BEMF 电气特性

5.10.1 FU7571Q BEMF 电气特性

表 5-52 FU7571Q BEMF 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_x} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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	$\text{k}\Omega$
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.2 FU7562Q BEMF 电气特性

表 5-53 FU7562Q 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	$\text{k}\Omega$

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.3 FU7561Q BEMF 电气特性

表 5-54 FU7561Q BEMF 电气特性

(除非特别声明, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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 Ω
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.4 FU7562L BEMF 电气特性

表 5-55 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 Ω
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.5 FU7541Q BEMF 电气特性

表 5-56 FU7541Q BEMF 电气特性

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

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 Ω
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.6 FU7512L BEMF 电气特性

表 5-57 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 Ω
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.10.7 FU7512P BEMF 电气特性

表 5-58 FU7512P 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 Ω
BEMF 内置电阻间相对精度		-	1	-	%

5.11 时钟电气特性

5.11.1 FU7571Q 时钟电气特性

表 5-59 FU7571Q 时钟电气特性
(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统时钟频率		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.2 FU7562Q 时钟电气特性

表 5-60 FU7562Q 时钟电气特性
(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		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.3 FU7561Q 时钟电气特性

表 5-61 FU7561Q 时钟电气特性
(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统时钟频率		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.4 FU7562L 时钟电气特性

表 5-62 FU7562L 时钟电气特性
(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		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.5 FU7541Q 时钟电气特性

表 5-63 FU7541Q 时钟电气特性
(除非特别声明, $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统时钟频率		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.6 FU7512L 时钟电气特性

表 5-64 FU7512L 时钟电气特性
(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		23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	47	48	49	MHz
低速时钟频率		29	32.8	37	kHz

5.11.7 FU7512P 时钟电气特性

表 5-65 FU7512P 时钟电气特性
(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		23.5	24	24.5	MHz

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 1	23.5	24	24.5	MHz
系统时钟频率	PLL 使能, CCFG3[PLLFSEL] = 0	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，SYSCLK 为系统时钟频率， $T = 1/\text{SYSCLK}$ ，芯片系统时钟源频率为 24MHz。除非特别声明，后续引用到 T 与 SYSCLK 均与此同。

5.12 复位电气特性

5.12.1 FU7571Q 复位电气特性

表 5-66 FU7571Q 复位电气特性
(除非特别声明， $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC\_x} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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	-	-	μs
VDD5_x 低电压复位电压	复位电压选择 LVR = 3.0	2.8	3.0	3.2	V

5.12.2 FU7562Q 复位电气特性

表 5-67 FU7562Q 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	-	-	μs
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 FU7561Q 复位电气特性

表 5-68 FU7561Q 复位电气特性
(除非特别声明， $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{CC} = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

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	-	-	μs
VDD5 低电压复位电压	复位电压选择 LVR = 3.0	2.8	3.0	3.2	V

5.12.4 FU7562L 复位电气特性

表 5-69 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	-	-	μs
VDD5 低电压复位电压	复位电压选择 LVR = 3.0	2.8	3.0	3.2	V

5.12.5 FU7541Q 复位电气特性

表 5-70 FU7541Q 复位电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC\_X} = 5\text{V} \sim 28\text{V}$)

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	-	-	μs
VDD5_x 低电压复位电压	复位电压选择 LVR = 3.0	2.8	3.0	3.2	V

5.12.6 FU7512L 复位电气特性

表 5-71 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	-	-	μs
VDD5 低电压复位电压	复位电压选择 LVR = 3.0	2.8	3.0	3.2	V

5.12.7 FU7512P 复位电气特性

表 5-72 FU7512P 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	-	-	μs
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 FU7571Q LDO 电气特性

表 5-73 FU7571Q LDO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $VCC\_x = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VBB_x 电压	$VCC\_x = 15\text{V}$	11	12	13	V
VDD5_x 电压		4.8	5	5.2	V
VDD2P5 电压		2.3	2.5	2.7	V

5.13.2 FU7562Q LDO 电气特性

表 5-74 FU7562Q LDO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $VCC = 10\text{V} \sim 20\text{V}$)

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

5.13.3 FU7561Q LDO 电气特性

表 5-75 FU7561Q LDO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $VCC = 5\text{V} \sim 26\text{V}$)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VBB 电压	$VCC = 15\text{V}$	11	12	13	V
VDD5 电压		4.8	5	5.2	V
VDD2P5 电压		2.3	2.5	2.7	V

5.13.4 FU7562L LDO 电气特性

表 5-76 FU7562L LDO 电气特性
(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $VCC = 10\text{V} \sim 20\text{V}$)

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

5.13.5 FU7541Q LDO 电气特性

表 5-77 FU7541Q LDO 电气特性

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

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD5_x 电压		4.8	5	5.2	V
VDD2P5 电压		2.3	2.5	2.7	V

5.13.6 FU7512L LDO 电气特性

表 5-78 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

5.13.7 FU7512P LDO 电气特性

表 5-79 FU7512P 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

5.14 封装热阻

5.14.1 FU7571Q QFN64 封装热阻

表 5-80 FU7571Q QFN64 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	30	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	52	$^\circ\text{C}/\text{W}$
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	8	$^\circ\text{C}/\text{W}$

5.14.2 FU7562Q QFN64-56 封装热阻

表 5-81 FU7562Q QFN64-56 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	28	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	7	$^\circ\text{C}/\text{W}$

5.14.3 FU7561Q QFN56 封装热阻

表 5-82 FU7561Q QFN56 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	33	°C/W
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	55	°C/W
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	9.2	°C/W

5.14.4 FU7562L LQFP52 封装热阻

表 5-83 FU7562L LQFP52 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	43	°C/W
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	13	°C/W

5.14.5 FU7541Q QFN48 封装热阻

表 5-84 FU7541Q QFN48 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	36	°C/W
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	60	°C/W
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	10.5	°C/W

5.14.6 FU7512L LQFP64 封装热阻

表 5-85 FU7512L LQFP64 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	60	°C/W
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	75	°C/W
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	20	°C/W

5.14.7 FU7512P LQFP48 封装热阻

表 5-86 FU7512P LQFP48 封装热阻

参数	条件	最小值	单位
θ_{JA} 结温相对环境温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 2S2P PCB	36	°C/W
	JEDEC 标准, 1S0P PCB	60	°C/W
θ_{JC} 结温相对封装表面温度热阻 ^[1]	JEDEC 标准, 1S0P PCB	10.5	°C/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(SOFT_RST)

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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

位	名称	描述
[31:8]	RSV	保留
[7]	RSTPOW	上电复位标志位 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 0: 上次复位不是来自外部引脚复位 1: 上次复位来自外部引脚复位
[5]	RSTLVD	低电压复位标志位 0: 上次复位不是来自低电压复位 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 0: 上次复位不是来自看门狗复位 1: 上次复位来自看门狗复位
[2]	RSTFED	Flash 非法操作复位标志位 0: 上次复位不是来自 Flash 非法操作复位 1: 上次复位来自 Flash 非法操作复位
[1]	RSTDBG	Debug 复位标志位 0: 上次复位不是来自 Debug 复位 1: 上次复位来自 Debug 复位
[0]	SOFTTRST	软复位标志位 0: 上次复位不是来自软复位 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 唤醒复位使能 0: 禁止唤醒复位 1: 使能唤醒复位
[4]	WKPOLAR	MON 输入（PA9）唤醒电平 0: 低电平唤醒

		1: 高电平唤醒
[3:2]	RSV	保留
[1]	SFRST	软件复位 0: 无意义 1: 触发软复位
[0]	RSTCLR	复位标志清 0 0: 无意义 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 EX0IF 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 EX1IF 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 EX2IF 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 TSD 中断 ECC 中断	0	0x00000000	LVSR[0] EXT1_TCON[6] ECC_SR[6] ECC_SR[3:0]	是	CCFG2[6] PIE[3] ECC_CR[6] ECC_CR[4:0]	IP0[2:0]
EXTI0	1	0x00000004	EXTI0IF[15] 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 CMP9/10/11 中断	4	0x00000010	CMP_IFR[5:3] CMP_IFR[11:9]	是	CMP_CR0[11:6] CMP_CR4[11:6]	IP4[2:0]
CMP0/1/2 中断 CMP6/7/8 中断	5	0x00000014	CMP_IFR[2:0] CMP_IFR[8:6]	是	CMP_CR0[5:0] CMP_CR4[5:0]	IP5[2:0]
DRV1 保护中断	6	0x00000018	DRV1_PSR[4:0]	是	DRV1_PER[4:0] DRV1_PTR[3:0]	IP6[2:0]
DRV2 保护中断	7	0x0000001C	DRV2_PSR[4:0]	是	DRV2_PER[4:0] DRV2_PTR[3:0]	IP7[2:0]
DRV1 中断	8	0x00000020	DRV1_IFR[4:3] DRV1_IFR[0]	是	DRV1_IER[5:3]	IP8[2:0]
DRV2 中断	9	0x00000024	DRV2_IFR[4:3] 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] ADC2_CR[0]	是	ADC1_CR[1] 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] DMA1_CR[1:0]	是	DMA0_CR[12:11] DMA1_CR[12:11]	IP12[2:0]
DMA2/3 中断	13	0x00000034	DMA2_CR[1:0] DMA3_CR[1:0]	是	DMA2_CR[12:11] DMA3_CR[12:11]	IP13[2:0]
DMA4/5 中断	14	0x00000038	DMA4_CR[1:0] DMA5_CR[1:0]	是	DMA4_CR[12:11] 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 Timer8 中断	17	0x00000044	TIM3_IFR[2:0] TIM8_IFR[2:0]	是	TIM3_IER[2:0] 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 MCD 中断 PLL 中断	23	0x0000005C	RTC_CR[6] OSC_SR[0] OSC_SR[1]	是	PIE[4] OSC_CR[4] OSC_CR[5]	IP23[2:0]
I ² C1 中断 I ² C2 中断	24	0x00000060	I2C1_SR[0] I2C2_SR[0]	是	I2C1_CR[0] 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] UT1_CR0[10]	IP27[2:0]
UART2 中断	28	0x00000070	UT2_CR1[10:9]	是	UT2_CR0[1:0] UT2_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_x_CR0[UTRI]、UT_x_CR0[UTTI]、DMA_x_CR[DMAIF]和 DMA_x_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 0: 不使能 1: 使能
[2:0]	RSV	保留

7.5.2 MTVEC (CSR:0x305)

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

位	名称	描述
[31:8]	MTVEC	系统中所有异常和中断跳转地址都会跳转到(VEC<<8) + 向量地址
[7:1]	RSV	保留
[0]	NO_USE	初值为 0，任何对 MTVEC 的写操作会将此位置 1

7.5.3 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

7.5.5 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 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5:4]	IT2	EXTI2 触发电平选择 00: 上升沿触发中断 01: 下降沿触发中断 1x: 电平改变(上升或下降)触发中断
[3:2]	IT1	EXTI1 触发电平选择 00: 上升沿触发中断 01: 下降沿触发中断 1x: 电平改变(上升或下降)触发中断
[1:0]	IT0	EXTI0 触发电平选择 00: 上升沿触发中断 01: 下降沿触发中断 1x: 电平改变(上升或下降)触发中断

7.5.6 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

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Σ	-	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	EX0IE15	PD3 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[14]	RSV	保留
[13]	EX0IE13	PD0 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[12]	EX0IE12	PA12 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[11]	EX0IE11	PA11 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[10]	EX0IE10	PA10 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[9]	EX0IE9	PA9 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[8]	EX0IE8	PA8 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[7]	EX0IE7	PA7 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[6]	EX0IE6	PA6 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[5]	EX0IE5	PA5 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[4]	EX0IE4	PA4 端口 EXTI0 使能位

		0: 不使能 1: 使能
[3]	EX0IE3	PA3 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[2]	EX0IE2	PA2 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[1]	EX0IE1	PA1 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能
[0]	EX0IE0	PA0 端口 EXTI0 使能位 0: 不使能 1: 使能

7.5.7 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	EX1IE15	PB2 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[14]	EX1IE14	PA14 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[13]	EX1IE13	PA13 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[12]	EX1IE12	PA12 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能

[11]	EX1IE11	PA11 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[10]	EX1IE10	PA10 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[9]	EX1IE9	PA9 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[8]	EX1IE8	PA8 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[7]	EX1IE7	PA7 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[6]	EX1IE6	PA6 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[5]	EX1IE5	PA5 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[4]	EX1IE4	PA4 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[3]	EX1IE3	PA3 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[2]	EX1IE2	PA2 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[1]	EX1IE1	PA1 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能
[0]	EX1IE0	PA0 端口 EXTI1 使能位 0: 不使能 1: 使能

7.5.8 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	EX2IE15	PC7 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[14]	EX2IE14	PC6 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[13]	EX2IE13	PC5 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[12]	EX2IE12	PC4 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[11]	EX2IE11	PC3 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[10]	EX2IE10	PC2 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[9]	EX2IE9	PC1 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[8]	EX2IE8	PC0 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[7]	EX2IE7	PB7 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能

		1: 使能
[6]	EX2IE6	PB6 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[5]	EX2IE5	PB5 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[4]	EX2IE4	PB4 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[3]	EX2IE3	PB3 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[2]	EX2IE2	PB2 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[1]	EX2IE1	PB1 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能
[0]	EX2IE0	PB0 端口 EXTI2 使能位 0: 不使能 1: 使能

7.5.9 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 读: 0: 未发生中断事件

		1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[14]	RSV	保留
[13]	EX0IF13	PD0 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[12]	EX0IF12	PA12 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[11]	EX0IF11	PA11 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[10]	EX0IF10	PA10 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[9]	EX0IF9	PA9 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件

		写: 0: 清 0 1: 无意义
[8]	EX0IF8	PA8 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[7]	EX0IF7	PA7 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[6]	EX0IF6	PA6 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5]	EX0IF5	PA5 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[4]	EX0IF4	PA4 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0

		1: 无意义
[3]	EX0IF3	PA3 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	EX0IF2	PA2 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	EX0IF1	PA1 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	EX0IF0	PA0 端口 EXTI0 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

7.5.10 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	0	0	0

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15]	EX1IF15	PB2 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[14]	EX1IF14	PA14 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[13]	EX1IF13	PA13 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[12]	EX1IF12	PA12 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[11]	EX1IF11	PA11 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写:

		0: 清 0 1: 无意义
[10]	EX1IF10	PA10 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[9]	EX1IF9	PA9 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[8]	EX1IF8	PA8 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[7]	EX1IF7	PA7 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[6]	EX1IF6	PA6 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

[5]	EX1IF5	PA5 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[4]	EX1IF4	PA4 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[3]	EX1IF3	PA3 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	EX1IF2	PA2 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	EX1IF1	PA1 端口 EXTI1 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	EX1IF0	PA0 端口 EXTI1 标志位 读:

		0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

7.5.11 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 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[14]	EX2IF14	PC6 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[13]	EX2IF13	PC5 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

[12]	EX2IF12	PC4 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[11]	EX2IF11	PC3 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[10]	EX2IF10	PC2 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[9]	EX2IF9	PC1 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[8]	EX2IF8	PC0 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[7]	EX2IF7	PB7 端口 EXTI2 标志位 读:

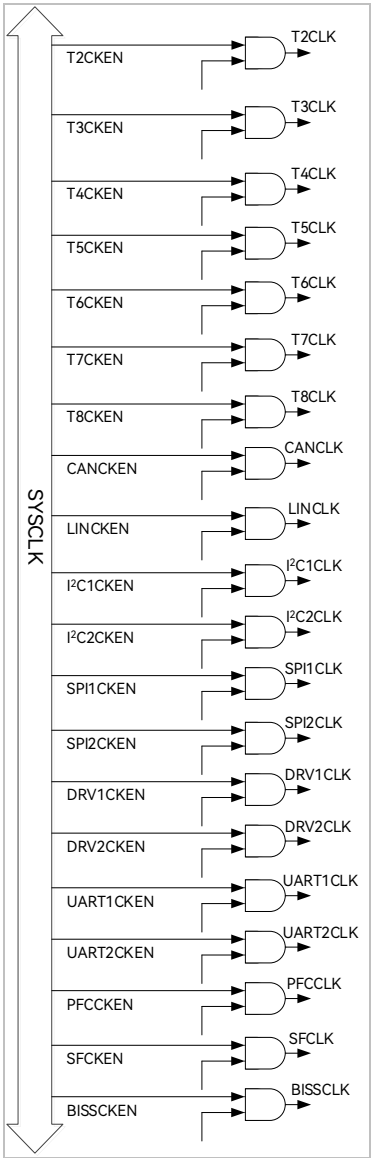
		0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[6]	EX2IF6	PB6 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5]	EX2IF5	PB5 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[4]	EX2IF4	PB4 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[3]	EX2IF3	PB3 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	EX2IF2	PB2 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件

		写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	EX2IF1	PB1 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	EX2IF0	PB0 端口 EXTI2 标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

8 时钟门控

Timer2 ~ Timer8、CAN、LIN、I²C1、I²C2、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 0: 不使能 1: 使能
[18]	I2C2EN	I ² C2 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能
[17]	SFCKEN	SF 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能
[16]	BISSCKEN	BISS 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能
[15]	DRV2CKEN	DRV2 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能  备注 使芯片进入睡眠模式前，需禁用该位
[14]	DRV1CKEN	DRV1 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能  备注 使芯片进入睡眠模式前，需禁用该位

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

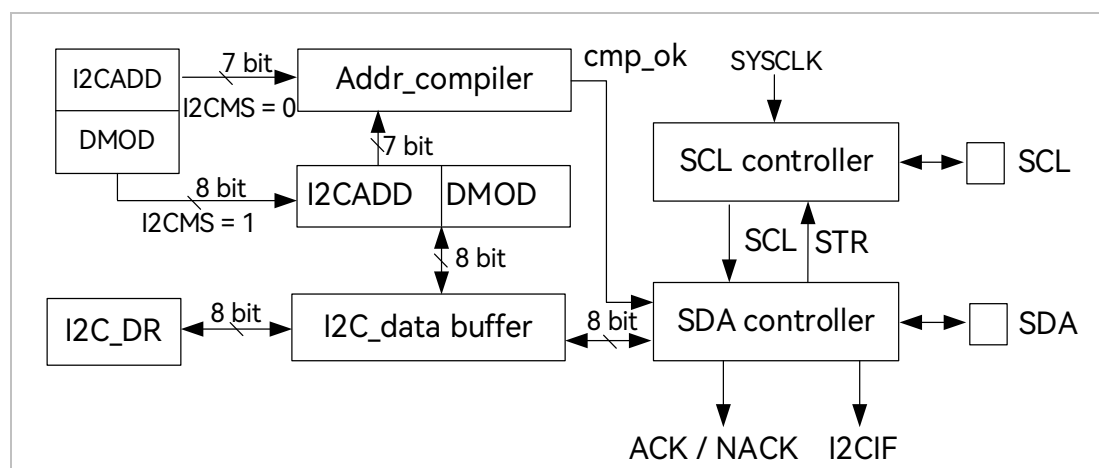
		0: 不使能 1: 使能
[0]	T2CKEN	Timer2 模块时钟使能 0: 不使能 1: 使能

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

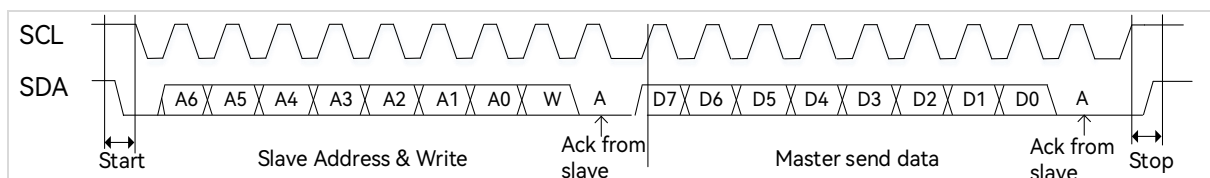
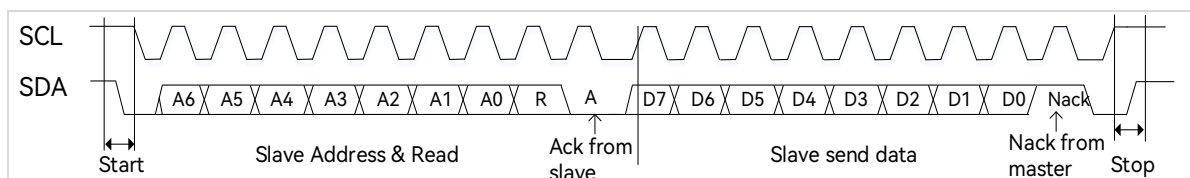


图 9-3 主机接收从机的数据



9.2 I²C 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I²C；
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I²C;
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 I²C 中断源

I²C 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 I²C 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	-	0	0

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

		0: 不使能 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 0: 不使能广播呼叫 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 ² C 数据寄存器 读: 准备发送的数据或接收到的数据 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 当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时，I2Cx_SR[I2CBSY]硬件清 0 主机模式： 发送 START 成功后，硬件置 1，发送 STOP 成功后，硬件清 0 从机模式： 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 0: 写模式(主机端发数据，从机端收数据) 1: 读模式(主机端收数据，从机端发数据)  备注： 从机模式只读
[5]	RSV	保留
[4]	I2CSTA	主机模式： 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。 0: 非 START 和地址字节 1: 发送 START 或 RESTART 和地址字节 从机模式： 硬件收到 START 且地址字节匹配后置 1，软件清 0

		从机模式 I2Cx_SR[I2CSTA]和 I2Cx_SR[I2CSTP]与当前 I²C 数据类型的关系如表 9-1 所示 表 9-1 STA 和 STP 与当前 I²C 数据类型关系 <table><tr><th>I2CSTA</th><th>I2CSTP</th><th>I²C 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 再收到 START + 地址字节</td></tr></table>  备注: 当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时, I2Cx_SR[I2CSTA]自动清 0	I2CSTA	I2CSTP	I ² 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 再收到 START + 地址字节
I2CSTA	I2CSTP	I ² 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 再收到 START + 地址字节															
[3]	I2CSTP	主机模式: 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 I²C 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。 0: 不发送 STOP 1: 发送 STOP 从机模式: 硬件收到 STOP 后置 1, 软件清 0 状态标志位参考表 9-1  备注: 当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时, I2Cx_SR[I2CSTP]会被硬件自动清 0															
[2]	STR	I²C 总线挂起标志位 主机模式: 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。 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。 从机模式:															

		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。  备注: 该位硬件置 1，软件清 0。当 I2Cx_CR[I2CEN] = 0 时，I2Cx_SR[STR]自动清 0
[1]	NACK	I²C 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 0: ACK，表示接收方可以继续接收数据 1: NACK，表示接收方希望停止数据传送 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 0: 第 9 位发送 ACK 1: 第 9 位发送 NACK 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 0: 第 9 位收到的是 ACK 1: 第 9 位收到的是 NACK
[0]	I2CIF	I²C 中断事件标志位 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 当 I2Cx_SR[STR] = 1 时，在主机和从机模式下产生中断 当 I2Cx_SR[I2CSTP] = 1 时，在从机模式下产生中断

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							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

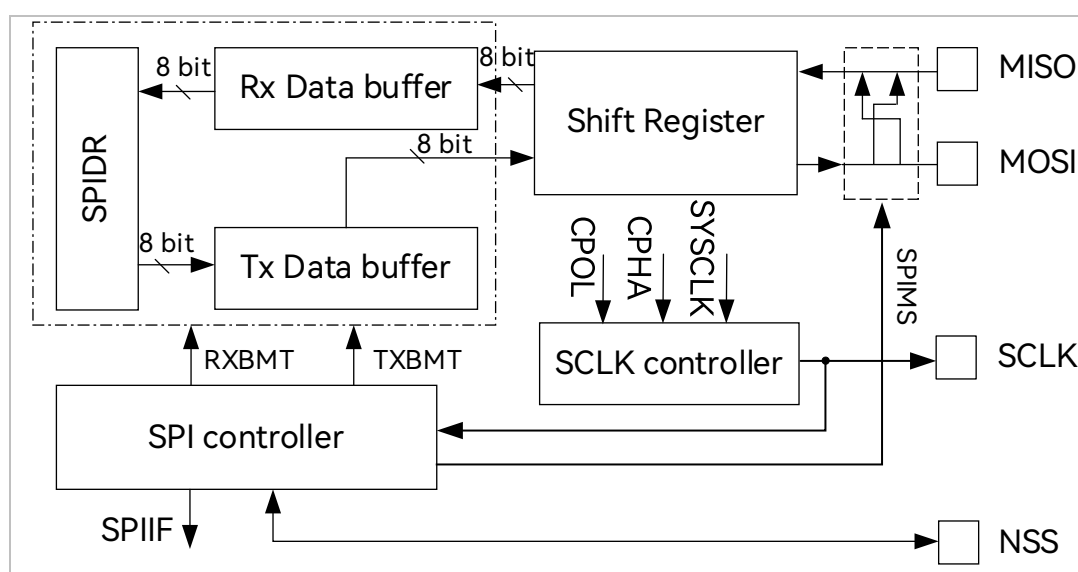
位		名称	描述
[31:8]		RSV	保留
[7:0]		I2Cx_BAUD	I ² C 波特率控制，波特率 = I ² CxCLK / I2Cx_BAUD

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。

10.2.1.1 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。

10.2.1.2 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。

10.2.1.3 串行时钟(SCLK)

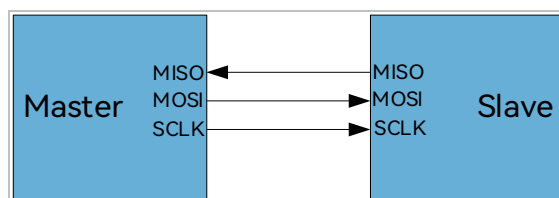
串行时钟(SCLK)信号是主机的输出和从机的输入，用于同步主机和从机之间的串行数据传输。SCLK 由工作在主机模式的 SPI 产生。在 4 线从模式，当从器件未被选中时($NSS = 1$)，SCLK 信号被忽略。

10.2.1.4 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。

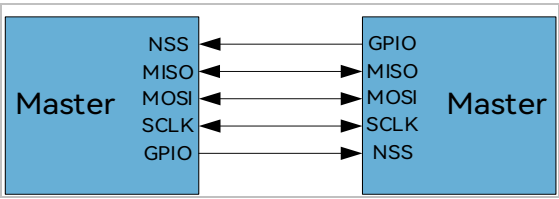
配置 $SPIx\_CR[NSSMOD] = 00$ 时，SPI 工作在 3 线模式。该工作模式无需 NSS 端口，SPI 总线上只有一个主机一个从机，连接方式如图 10-2 所示。

图 10-2 三线模式连接图



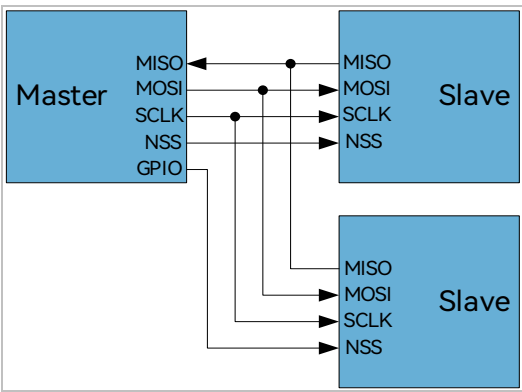
配置 $SPIx\_CR[NSSMOD] = 01$ 时， $SPIx$ 工作在 4 线从模式或多主模式。在该工作模式， $SPIx$ 的 NSS 端口为输入，等待主机寻址。配置 $SPIx\_CR[SPIMS] = 0$ ， $SPIx$ 工作在 4 线从机模式。当 NSS 输入信号为低电平时，从机 $SPIx$ 被选通；当 NSS 输入信号为高电平时，从机 $SPIx$ 不被选通。配置 $SPIx\_CR[SPIMS] = 1$ ， $SPIx$ 工作在主机模式，默认为多主模式。在多主环境工作模式下，NSS 输入用于禁止 $SPIx$ 的主机模式。当总线上主机 NSS 信号为低电平时， $SPIx\_CR[SPIMS]$ 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 $\text{SPIx\_CR}[\text{NSSMOD}] = 1x$ 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 $\text{SPIx\_CR}[\text{NSSMOD0}]$ 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。

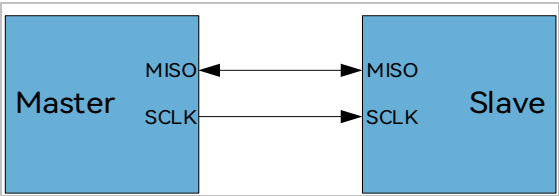
图 10-4 四线单主机模式连接图



10.2.2 单线半双工模式(SLINE)

配置 $\text{SPIx\_CR}[\text{SLINE}] = 1$ 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 $\text{SPIx\_CR}[\text{SCKRQ}] = 1$ 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



10.2.3 SPI 主机模式

配置 $\text{SPIx\_CR}[\text{SPIMS}] = 1$ ，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， $\text{SPIx\_SR}[\text{TXBMT}]$ 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。

10.2.3.1 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。

10.2.4 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。

10.2.4.1 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。

10.2.5 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。

10.2.6 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)

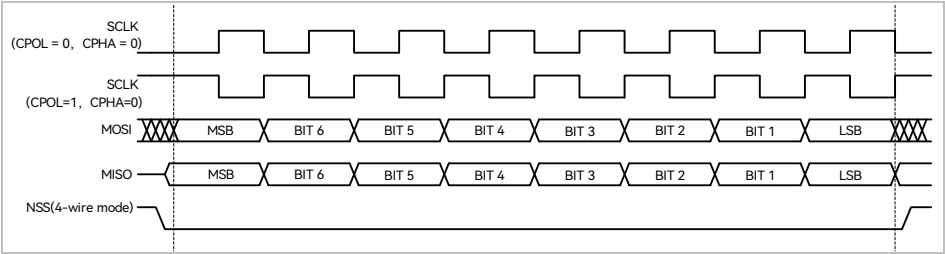
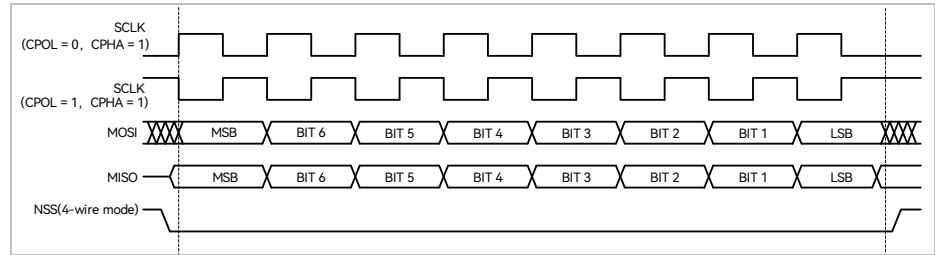


图 10-7 数据/时钟时序图(SPIx_CR[CPHA] = 1)



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		SLINE	SPIE	SPIMS	SPIEN
																						rw	r0w1	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: 主机正常采样 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 0: 不使能 1: 使能
[7]	CPHA	时钟相位

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

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 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。 0: 未被选中为从机 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) 0: 数据从发送缓冲器传送到移位寄存器或 SCLK 发生变化 1: 移位寄存器没有数据且发送和接收缓冲器均没有数据  备注: 在主模式时，SPIx_SR[SRMT] = 1
[6]	RXBMT	接收缓冲器空标志位(只在从机模式时有效) 0: 存在新数据未被读取 1: 数据被读取且没有新数据  备注: 在主模式时 SPIx_SR[RXBMT] = 1
[5]	TXBMT	发送缓冲器空标志位 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。 0: 存在新数据写入发送缓冲器 1: 发送缓冲器数据已传送到移位寄存器
[4]	SPIBSY	忙标志位

		0: 没有 SPI 传输 1: 正在进行 SPI 传输
[3]	SPIIF	SPI 中断事件标志位 每次传输完一个数据(8 位)之后, 此位将由硬件置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	WCOL	写冲突中断事件标志位 当 SPIx_SR[TXBMT]为 0 时, 写入 SPIx_DR, 则此位被置 1 此位必须由软件清 0 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	MODF	主机模式错误中断事件标志位 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) 此位必须由软件清 0 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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) 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。 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写:

		0: 清 0 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
[31:8]	RSV	保留
[7:0]	SPICLK	SPI 波特率设置 主机模式有效，仅在 SPIx_CR[SPIEN] = 0 时可写 波特率 = SPIxCLK/2/(SPICLK + 1)  备注: > 开启SPIx_CR[SAMSEL]配置: >> SPI 主机发送上限波特率: SYSCLK/2 >> SPI 主机接收上限波特率: SYSCLK/4 >> SPI 从机发送上限波特率: SYSCLK/4 >> SPI 从机接收上限波特率: SYSCLK/4 > 不开启SPIx_CR[SAMSEL]配置: >> SPI 主机发送上限波特率: SYSCLK/2 >> SPI 主机接收上限波特率: SYSCLK/6 >> SPI 从机发送上限波特率: SYSCLK/10 >> SPI 从机接收上限波特率: SYSCLK/10

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							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	W	R	W	R	W	R	W
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	描述
[31:8]	RSV	保留
[7:0]	SPIDR	SPI 数据寄存器 SPIx_DR 寄存器用于发送和接收 SPI 数据 读: 接收缓冲器中的数据 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

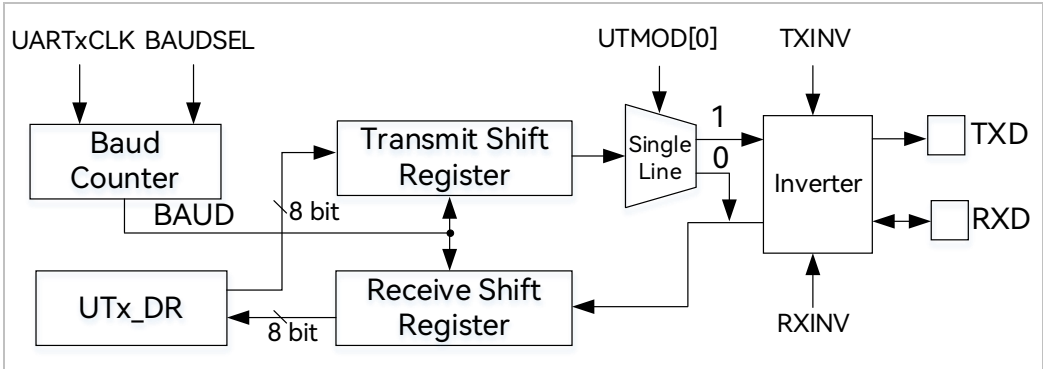
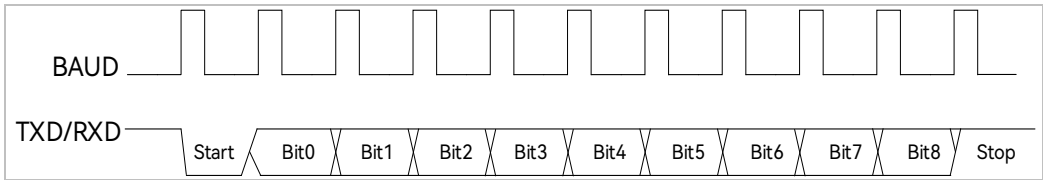


图 11-2 通信时序图



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 读: 0: 未超时 1: 接收超时 写: 0: 清 0 1: 产生中断事件
[8]	CHKERR	校验错误 0: 未产生校验错误 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 00: 模式 0 01: 模式 1

		10: 模式 2 11: 模式 3
[4]	UTSM2	单机通信和多机通信选择 0: 单机通信 1: 多机通信
[3]	UTREN	UARTx 接收使能 0: 不使能 1: 使能
[2]	UTEN	UARTx 使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	UTTI	数据发送完成中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 产生中断事件
[0]	UTRI	数据接收完成中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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 0: 不使能 1: 使能
[9]	UTIE	收发中断使能 0: 不使能 1: 使能
[8]	BAUDSEL	波特率倍频使能 0: 不使能 1: 使能
[7]	RXINV	接收反向使能 0: 不使能 1: 使能
[6]	TXINV	发送反向使能 0: 不使能 1: 使能
[5:4]	RSV	保留
[3:2]	RTOSEL	接收超时挡位选择 00: 1 帧报文 01: 2 帧报文 10: 4 帧报文 11: 8 帧报文
[1:0]	CHKMOD	手动发送第九位及奇偶校验位 00: 手动模式 TB9 = 0 01: 偶校验 10: 奇检验 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  备注: 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。

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	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 波特率 = UARTxCLK/(16/(1 + UTx_CR1[BAUDSEL]))/(UTx_BAUD[BAUD] + 1) 例: UARTxCLK = 24M, 波特率 9600, UTx_CR1[BAUDSEL] = 0; 则 UTx_BAUD[BAUD] = (24M/16/9600/(1 + 0)) - 1 = 155, 即为 0x9B

11.5 串行帧通讯寄存器

关于串行帧通讯的更多细节，请联系峰岹科技销售人员。

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	

位	名称	描述
[31:3]	RSV	保留
[2]	AUTO_EN	串行编码器解码自动使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	SEND_REQ	串行编码器解码发送请求 0: 不允许发送 1: 允许发送
[0]	SF_EN	串行编码器解码使能 0: 不使能 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 读 0: 数据接收不成功 1: 数据接收成功 写 0: 清 0 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) 读 0: 数据接收未完成 1: 数据接收完成 写 0: 清 0 1: 无意义
[3]	REQ_OUT	请求超时错误，发送请求指令后无法返回 0: 未发生请求超时错误 1: 发生请求超时错误 写 0: 清 0 1: 无意义
[2]	REQ_ERR	请求命令错误，发送和返回的 ID 不一样 读 0: 未发生请求命令错误 1: 发生请求命令错误 写 0: 清 0 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) 读 0: 未发生帧同步错误 1: 发生帧同步错误 写 0: 清 0 1: 无意义
[0]	CRC_ERR	CRC 校验错误 读

		0: 未发生 CRC 校验错误 1: 发生 CRC 校验错误 写 0: 清 0 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				
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

位	名称	描述
[31:5]	RSV	保留
[4:0]	SF_BAUD	串行帧通讯波特率设置 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

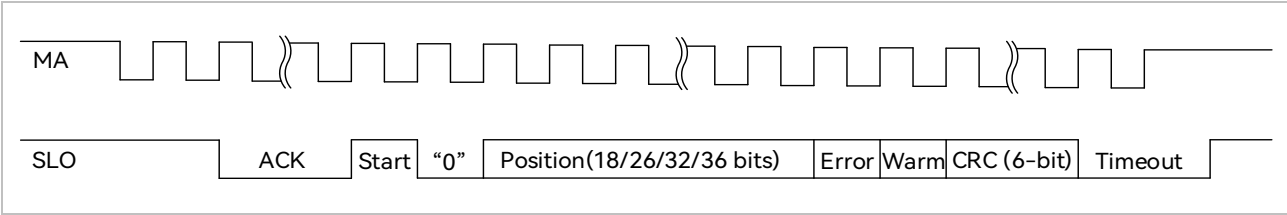


表 12-1 BISS 主机规格

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 CRC 计算: 初始值为 0x00，多项式为 0x43 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 错误位 Error 错误 通信 CRC 错误 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	BISS MA 时钟的计算值，若 MCU 的 SYSCLK 为 24MHz，设此寄存器为 N，则 $BISS\_MA = BISSCLK/2/(N + 1)$

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	0	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																															
-	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]	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 0: 不使能 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

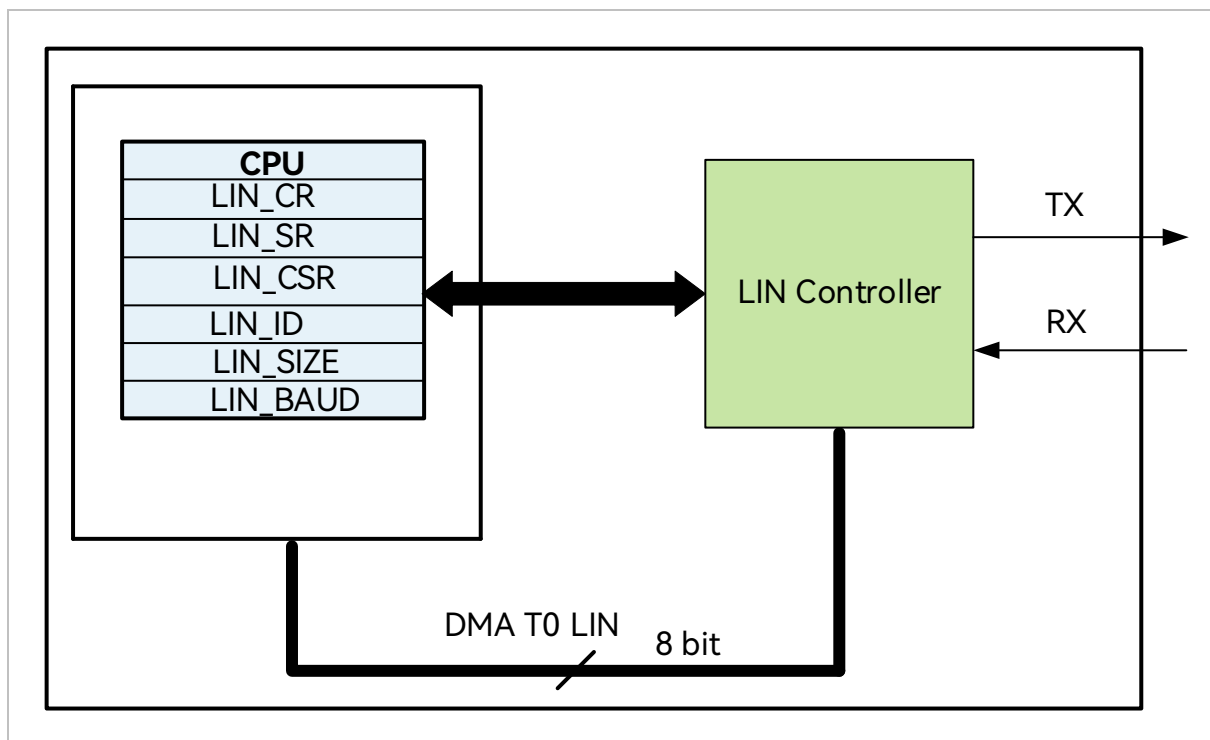
13 LIN

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/ LIN_SR[LINREQ]清 0/ 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/ 发现新的帧头
出现错误	形式错误 位错误 同步错误 ID 校验错误 数据校验错误	LIN_SR[ERRFRAME] LIN_SR[ERRBIT] LIN_SR[ERRSYNC] LIN_SR[ERRPRTY] LIN_SR[ERRCHK]	LIN_SR[LINERR]清 0/ 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_BRKCNT 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			LINE	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 0: 使能 1: 不使能
[10]	AB_SCHKERRDIS	LIN 自动波特率同步场错误检测禁止 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 0: 使能 1: 不使能
[9]	AB_ERRINTEN	LIN 自动波特率错误初始化使能 自动波特率下 LIN 检测到错误后，重新以 20kHz 探测 LIN 报文 0: 不使能 1: 使能
[8]	AUTOBAUDINIT	LIN 自动波特率初始化触发 自动波特率模式下，该位置 1 后，LIN 重新以 20kHz 探测 LIN 报文 0: 无意义 1: 触发 LIN 自动波特率初始化

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

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	LIN 同步完成标志位 读: 0: 同步中/未进行同步 1: 同步完成 写: 0: 清同步完成标志位 1: 无意义
[12]	BREAKFLAG	LIN 间隔场识别标志位 读: 0: 未识别到间隔场 1: 识别到间隔场 写: 0: 清间隔场识别标志位 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 0: 未发生格式错误 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 0: 未发生位错误 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 0: 未发生同步错误 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 0: 未发生数据校验错误 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 0: 未发生 ID 校验错误 1: 发生 ID 校验错误
[6]	ABORT	传输完成中断事件标志位 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 读:

		0: 未发生中断事件 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 1: 总线处于活动状态
[4]	LINERR	LIN 错误中断事件标志位 读: 0: 未发生错误 1: 发生错误 写: 0: 清除错误标志位 1: 无意义
[3]	LINWAKEUP	LIN 总线唤醒中断事件标志位 总线空闲超过 4s 时被置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	LINIDLE	LIN 总线空闲中断事件标志位 总线空闲超过 4s 时被置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	LINDONE	传输完成中断事件标志位 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 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

[0]	LINREQ	收到帧头中断事件标志位 当收到帧头且 ID 校验正确时置 1，在新帧到来时、LIN_CSR[LINACK]软件写 1 时或 LIN_SR[LINREQ]软件写 0 时清 0 读： 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写： 0: 清 0 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 0: 使能 1: 不使能
[5]	LINSLP	LIN 进入睡眠状态使能 读： 0: LIN 处于活动状态 1: LIN 处于睡眠状态 写： 0: LIN 从睡眠状态中唤醒 1: LIN 进入睡眠状态
[4]	RSV	保留
[3]	TXWAKEUP	LIN 唤醒 写： 0: 无意义 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 0: 无意义 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 0: 无意义 1: 中断当前的数据收发工作并等待新的帧头
[0]	LINEN	LIN 使能 0: 不使能 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

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[31:17]	RSV	保留
[16:0]	LIN_IDLECNT	LIN 空闲计数器 正在计数的瞬间值，计时长度 = LIN_IDLECNT / 32768Hz

13.7.8 LIN_BRKCNT (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_BRKCNT																			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[31:20]	RSV	保留
[19:0]	LIN_BRKCNT	LIN 间隔场计数值，计时长度 = LIN_BRKCNT / LINCLK

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。

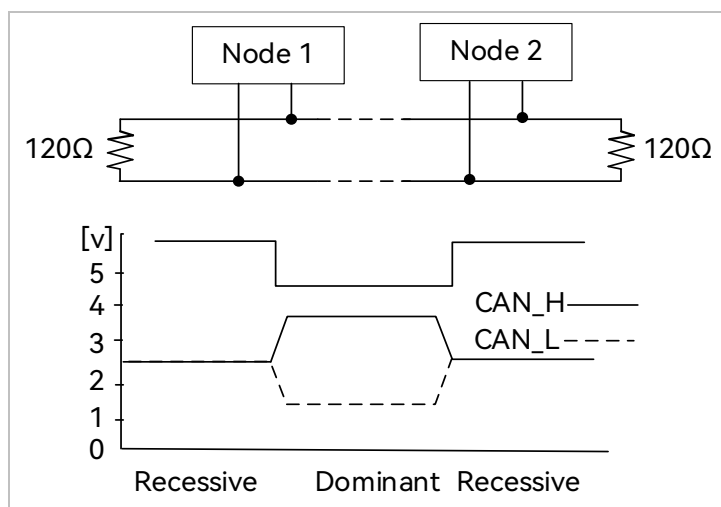
CAN 总线控制器作为 CAN 网络接口，遵循 CAN 总线协议 2.0A、2.0B、ISO11898-1:2015 和 BOSCH CANFD 规范。CAN 控制器报文过滤支持单/双过滤两种模式，过滤器用于筛选并接收用户需要的消息。用户可以通过 3 个发送邮箱将待发送数据传输至总线，邮箱发送的顺序由发送调度器决定。并通过深度为 3 的接收 FIFO 获取总线上的数据，接收 FIFO 的管理完全由硬件控制。同时 CAN 总线控制器硬件支持时间触发通信（Time-trigger communication）功能。

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

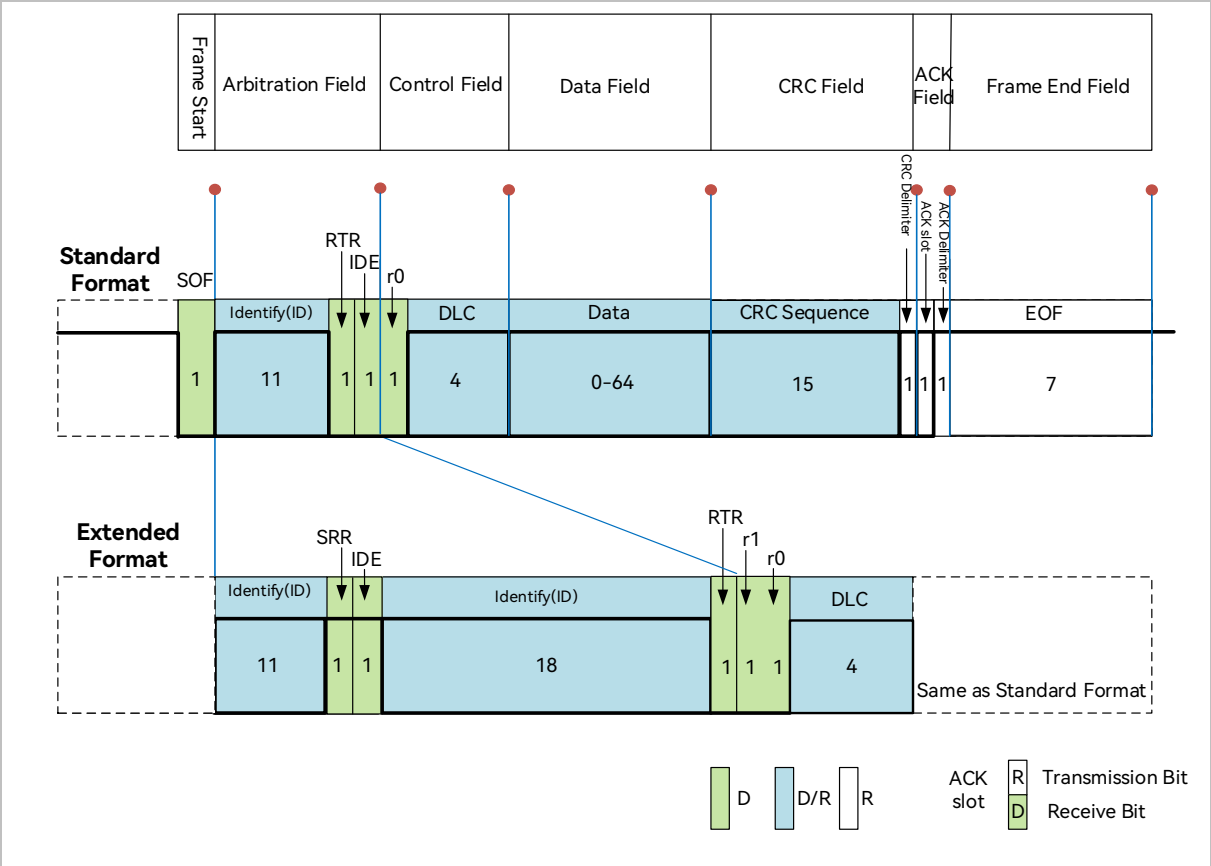
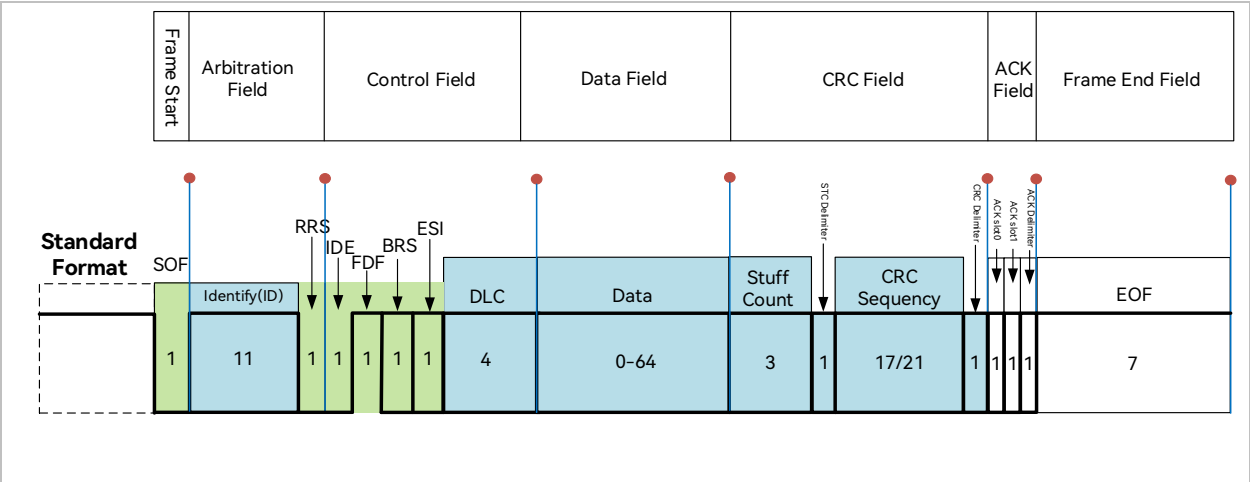


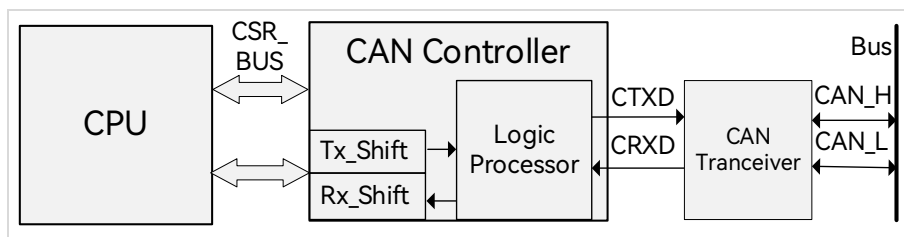
图 14-3 CANFD 帧结构图



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;
- 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

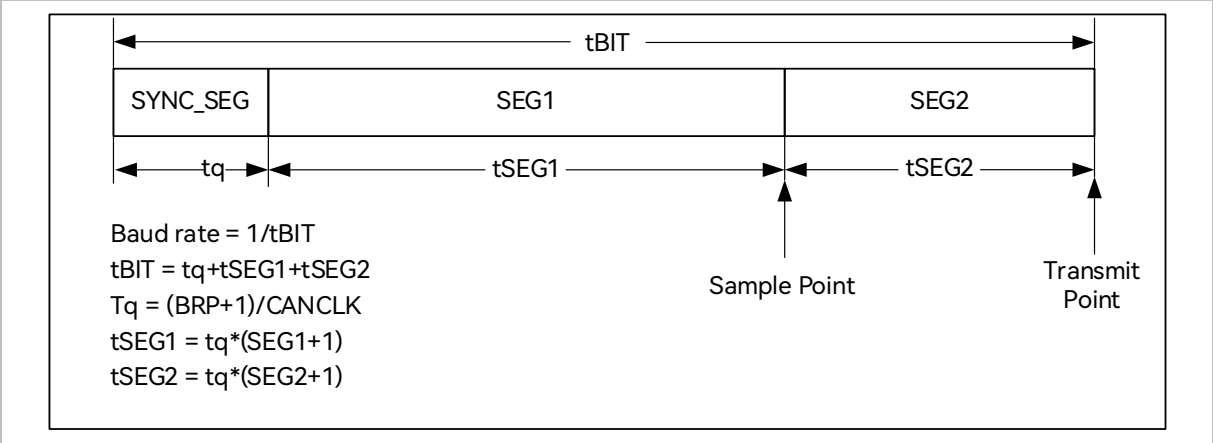
CAN 控制器通过采样来监视 CAN 总线，通过与帧起始位的下降沿进行同步，并与后面的下降沿重新同步来调整其采样点和发送点。

如图 14-5 所示，位时间由同步段(SYNC_SEG)、时间段 1(SEG1)、时间段 2(SEG2) 组成。这些段的长度

是最小时间单位 t_q 的整数倍， t_q 由 $BRP(CAN\_NBTR[NBRP]/CAN\_DBTR[DBRP])$ 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 t_q 。
- 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 t_q ，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 t_q ，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_{SJW} 重新同步各单元。 t_{SJW} 可设置为 1 到 4 个 t_q ，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 被最多延长 t_{SJW} 时长，从而延迟采样点。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 被最多缩短 t_{SJW} 时长，进而提前采样点。

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。

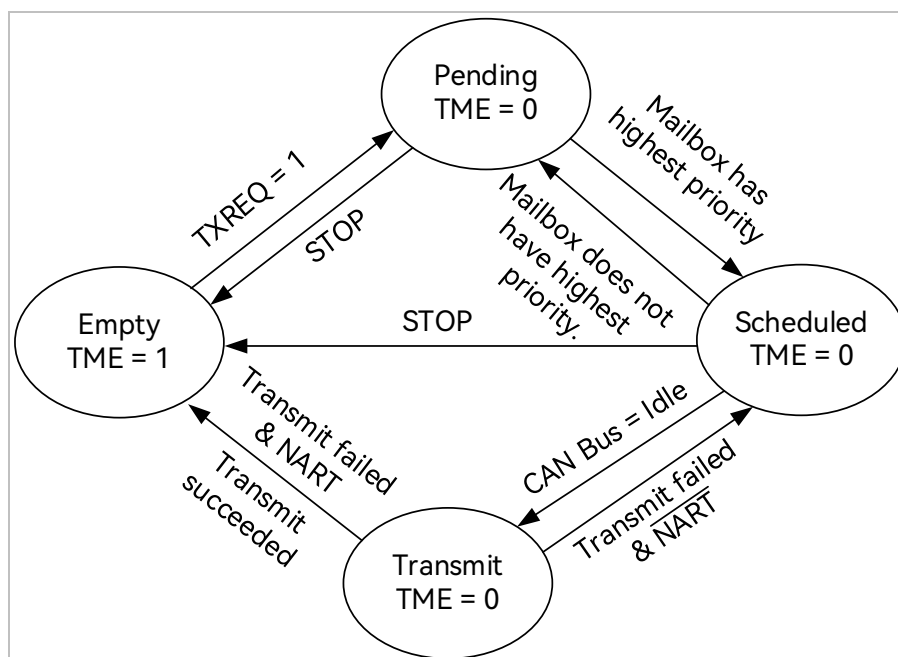
标识符模式下，当有超过 1 个发送邮箱在挂号时，发送顺序由邮箱中报文的标识符决定。根据 CAN 协议，标识符数值最低的报文具有最高的优先级。如果标识符的值相等，邮箱号小的优先级高。

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。

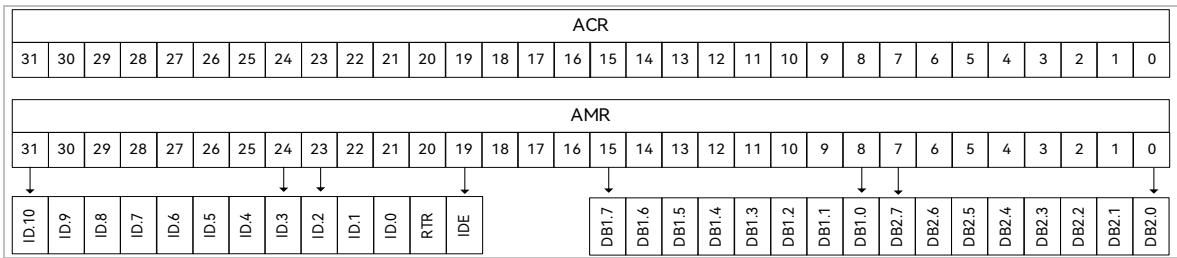
标识符通过 CAN_ACR 配置。

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。

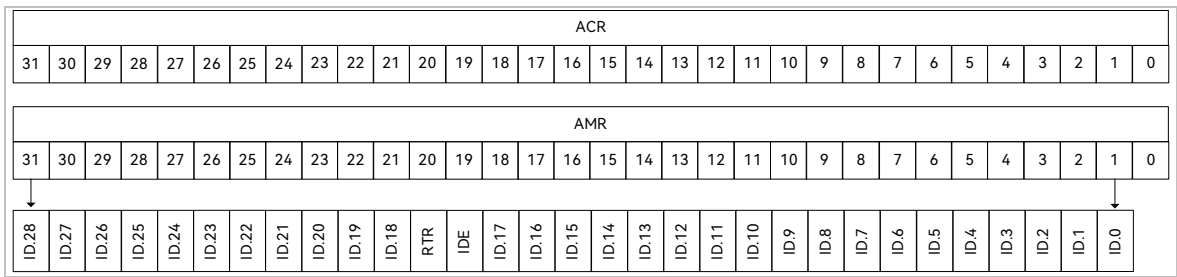
图 14-7 标准帧单过滤器模式



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

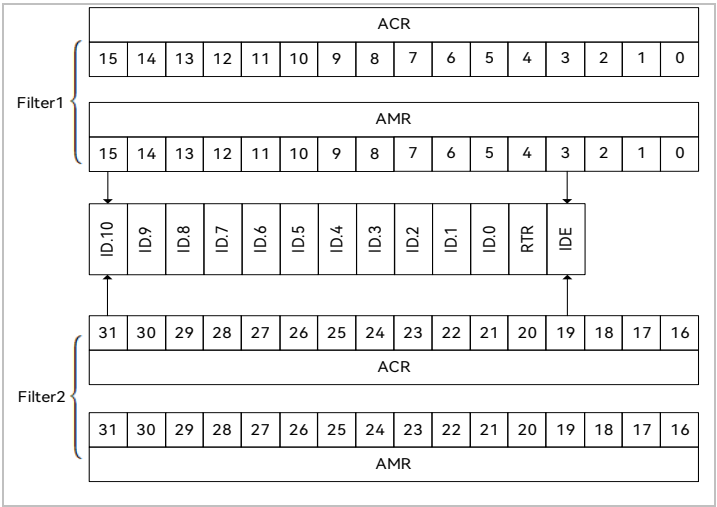


在单过滤器模式下，如果只接收标准帧，那么 CAN_AMR[19]设为 0，CAN_ACR[19]设为 0，CAN_AMR[15:0]和 CAN_ACR[15:0]可用于设置数据字节 0 和数据字节 1 的过滤。如果只接收扩展帧，那么 CAN_ACR[19]设为 1，CAN_AMR[19]设为 0，CAN_ACR[18:1]、CAN_AMR[18:1]可用于设置扩展帧 ID[17:0]的过滤。如果标准帧和扩展帧都需要接收，那么 CAN_ACR[19]设为 0 或 1，CAN_AMR[19]设为 1。

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。

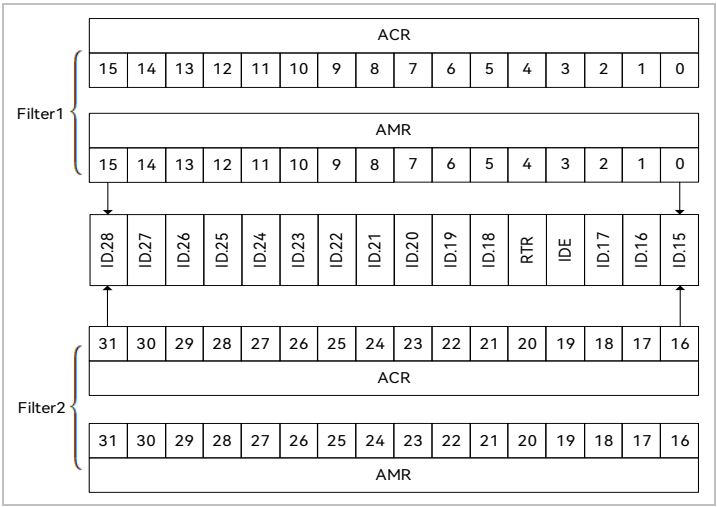
图 14-9 标准帧双过滤器模式



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。

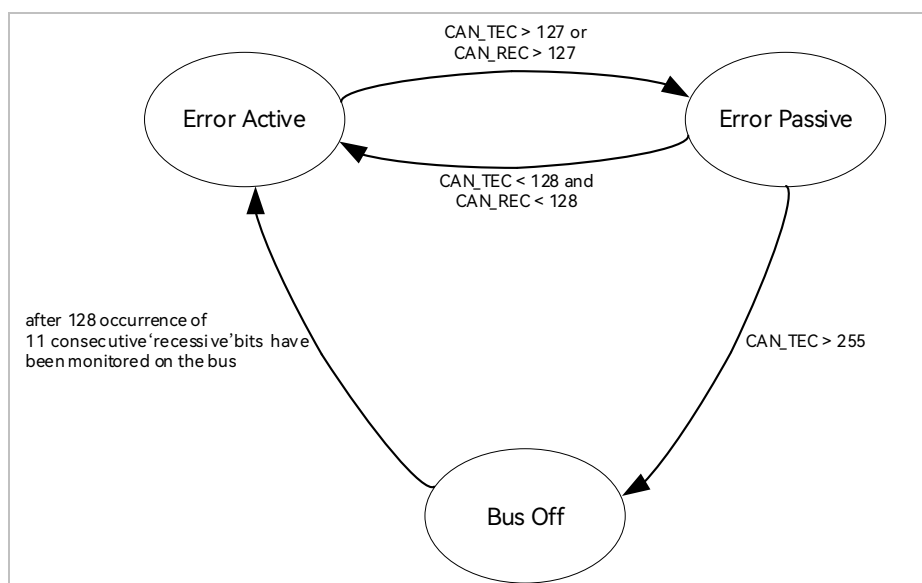
图 14-10 扩展帧双过滤器模式



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 帧中第一个保留位现在可解码为 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。

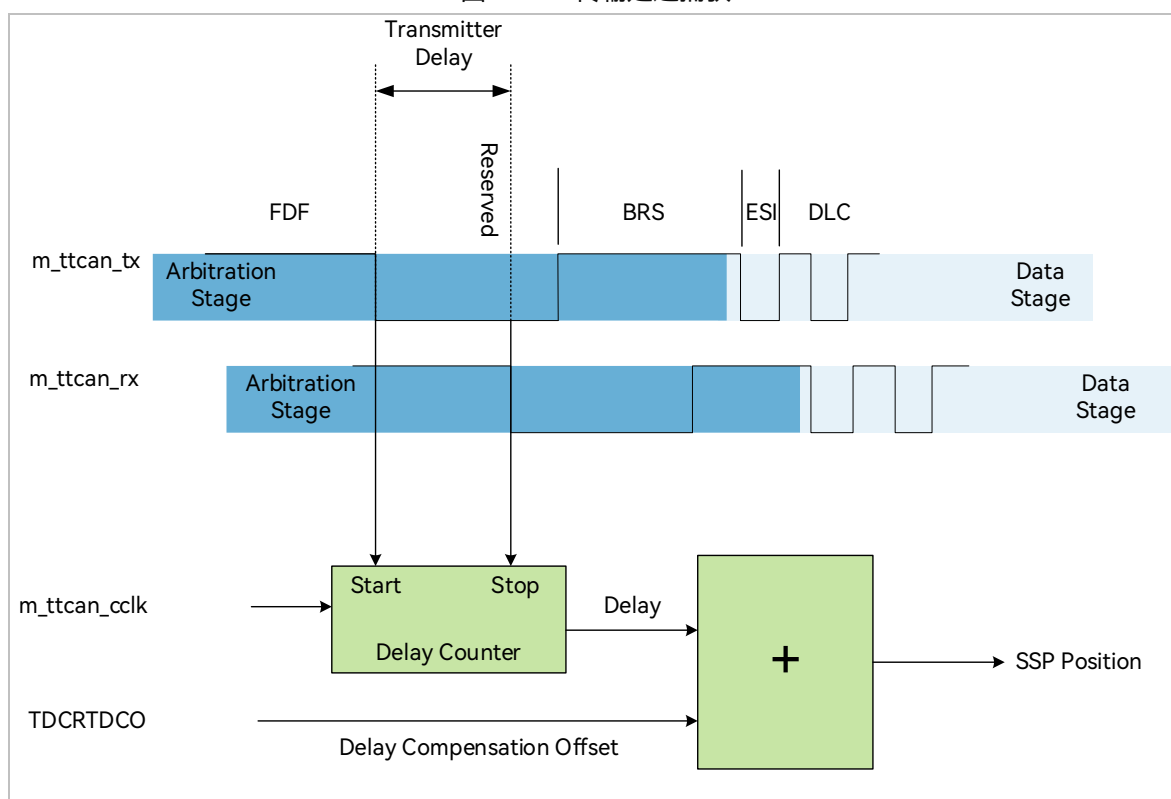
14.9.4 传输延迟补偿

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。

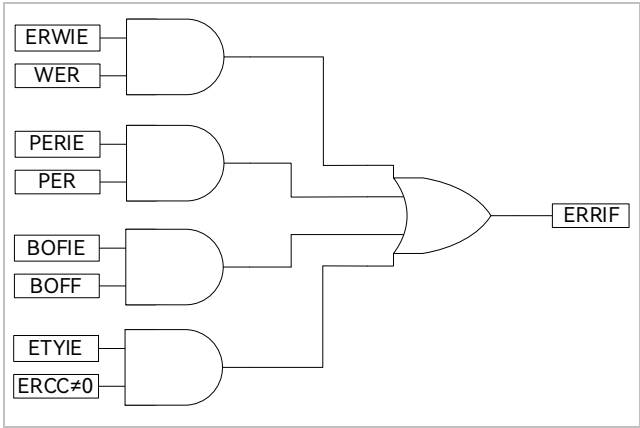
- 接收中断: 如果直到 EOF 域的最后一位都没有出现错误，且通过了过滤，即当前接收到的报文是有效报文，`CAN_IFR[RXIF]` 置 1，如果接收中断使能 `CAN_IER[RXIE]` 置 1，触发接收中断。

- 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_CRO[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



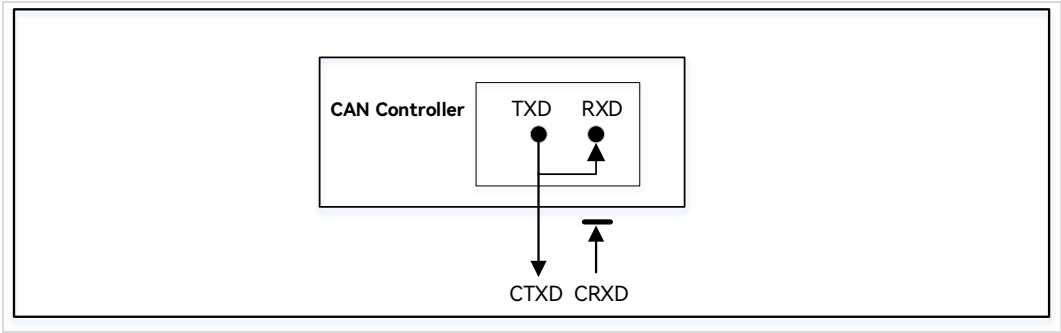
14.11 测试模式

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

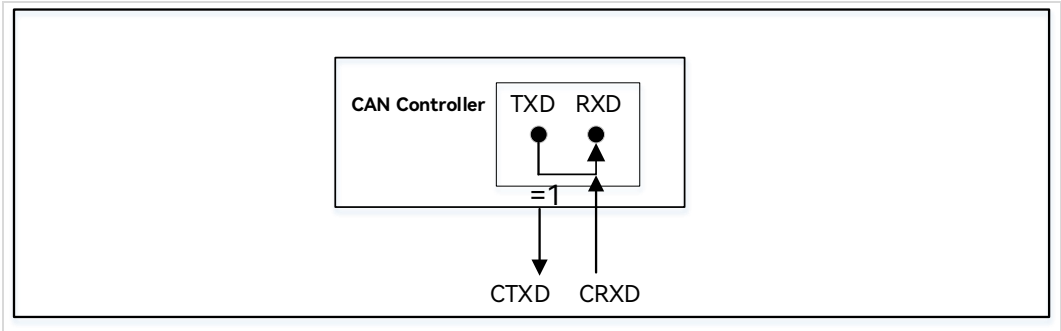


14.11.2 监听模式

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。

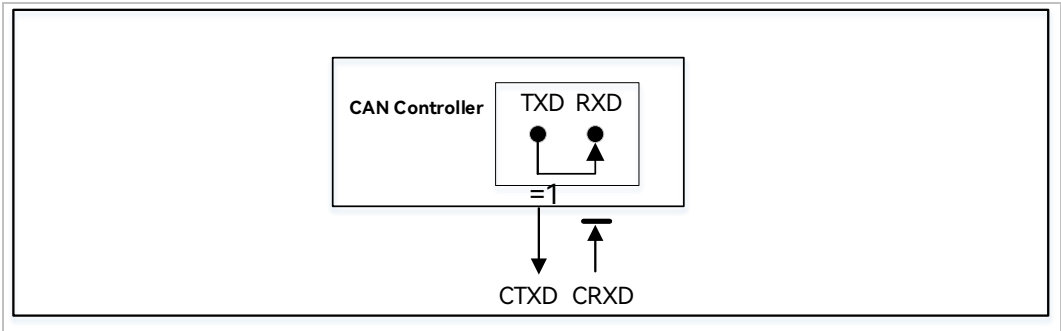
图 14-15 监听模式



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 0: 测量值加软件偏移 1: 仅使用软件偏移
[11]	TDCEN	传输延迟补偿使能 0: 传输延迟补偿禁止 1: 传输延迟补偿使能
[10]	PEX	协议异常处理禁止(Protocol Exception Handling Disable) 0: 使能协议异常处理 1: 禁止协议异常处理
[9]	NISO	ISO/BOSCH 0: ISO 1: BOSCH
[8]	CFDEN	CANFD 使能 0: 不使能 CANFD 功能 1: 使能 CANFD 功能
[7]	CANEN	CTXD、CRXD 端口复用及 CAN 使能 0: 不复用、不使能 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 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 0: 不使能 1: 使能

[3]	FILMOD	过滤模式 0: 双过滤器模式 1: 单过滤器模式
[2]	SELFTST	自测模式使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	LISTEN	监听模式使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	RSTMOD	复位模式 读: 0: CAN 控制器不处于复位模式 1: CAN 控制器处于复位模式 写: 0: 初始化 CAN 控制器，在与总线同步后，进入正常模式。 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 0: 不使能 1: 使能
[13:8]	RSV	保留
[7]	TMOD	发送邮箱模式 0: ID 模式 1: FIFO 模式
[6]	OLREQ	过载帧请求 0: 不请求 1: 请求

[5]	SLPREQ	睡眠请求 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。 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。 0: 不请求 1: 睡眠请求
[4]	RSELF	自收模式 发送报文被自己接收且存入 FIFO 0: 不使能 1: 使能
[3]	RSV	保留
[2]	RFD	释放报文数据 释放 CAN_TSPT[RDPTR]指向的接收缓冲区 写: 0: 不释放，读指针 CAN_TSPT[RDPTR]不变 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 0: 不使能，发送失败后，自动重发 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 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。 当 CAN 退出睡眠模式时硬件对该位清 0。 读: 0: CAN 不处于睡眠状态

		1: CAN 处于睡眠状态 写: 0: 清 0, 退出睡眠状态 1: 无意义
[5]	TXING	发送中标志位 0: CAN 不处于报文发送状态 1: CAN 处于报文发送状态
[4]	RXING	接收中状态 0: CAN 不处于报文接收状态 1: CAN 处于报文接收状态
[3:2]	RSV	保留
[1]	FOV	FIFO 溢出标志位 0: FIFO 未溢出 1: FIFO 溢出
[0]	FEMP	FIFO 空标志位 0: FIFO 空 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																				WKUIE	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]	WKUIE	唤醒中断使能 0: 不使能 1: 使能
[10]	SLPIE	睡眠中断使能 0: 不使能 1: 使能
[9]	OVLIE	过载中断使能 0: 不使能 1: 使能

[8]	ERRIE	错误中断总使能 0: 不使能 1: 使能
[7]	ETYIE	错误类型中断使能 0: 不使能 1: 使能
[6]	BOFIE	总线关闭中断使能 0: 不使能 1: 使能
[5]	PERIE	被动错误中断请求 0: 不使能 1: 使能
[4]	ERWIE	错误预警中断使能 0: 不使能 1: 使能
[3]	OVIE	溢出中断使能 0: 不使能 1: 使能
[2]	ARBIE	仲裁丢失中断使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	TXIE	发送结束中断使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	RXIE	接收中断使能 0: 不使能 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	唤醒中断中断事件标志位 当 CAN 处于自动唤醒模式，一旦检测到帧起始位(SOF)，硬件置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[6]	SLPIF	睡眠中断事件标志位 一旦 CAN 进入睡眠模式硬件置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5]	OVLIF	过载中断时间标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[4]	ERRIF	错误中断事件标志位 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。 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[3]	OVIF	溢出中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件

		写: 0: 清 0 1: 无意义
[2]	ARBIF	仲裁丢失中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	TXIF	发送结束中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	RXIF	接收中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件  备注: 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

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

位	名称	描述
[31:4]	RSV	保留

[3:2]	RDPTR	FIFO 读指针 00: FIFO 读指针指向接收缓冲区 0 01: FIFO 读指针指向接收缓冲区 1 10: FIFO 读指针指向接收缓冲区 2 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
-	-	-	0	0	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 $t_{SJW} = tq*(SJW + 1)$
[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 $t_{DSJW} = tq \cdot (DSJW + 1)$
[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 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 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 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

[12:8]	ALCC	仲裁域仲裁失败位置
[7:5]	ERCC	错误类型 000: 无错误 001: 位错误 010: 格式错误 011: 填充错误 100: ACK 错误 101: CRC 错误 110: 保留 111: 保留
[4:3]	RSV	保留
[2]	BOFF	总线关闭标志位 0: 总线不关闭 1: 总线关闭
[1]	PER	被动错误状态 0: CAN_TEC ≤ 127 且 CAN_REC ≤ 127, 错误状态为主动错误 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 0: CTEC < CAN_LIM 且 CREC < CAN_LIM, 没有错误预警 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 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 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 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 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 0: 发送邮箱 2 不为空 1: 发送邮箱 2 空
[25]	ME1	发送邮箱 1 空 0: 发送邮箱 1 不为空 1: 发送邮箱 1 空
[24]	ME0	发送邮箱 0 空 0: 发送邮箱 0 不为空 1: 发送邮箱 0 空
[23]	MSTP2	邮箱 2 停止发送 将其置 1，将停止邮箱 2 的发送过程。 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 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 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。 读: 0: 传输结束时发生了错误 1: 结束且没有错误 写: 0: 无意义 1: 清 0
[16]	MDONE2	邮箱 2 发送完成 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。 读: 0: 邮箱 2 正在发送 1: 邮箱 2 完成发送 写: 0: 无意义 1: 清 0
[15]	MSTP1	邮箱 1 停止发送 将其置 1，将停止邮箱 1 的发送过程。 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 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。 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。也可以在下次发送开始时由硬件清 0。
[9]	MOK1	邮箱 1 无错发送完成 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。也可以在下次发送开始时由硬件清 0。 读: 0: 结束时发生了错误 1: 结束且没有错误 写: 0: 无意义 1: 清 0
[8]	MDONE1	邮箱 1 发送完成 当发送完成或被中止时，该位由硬件置 1。由软件写 1 清 0。也可以在下次发送开始时由硬件清 0。 读: 0: 邮箱 1 正在发送 1: 邮箱 1 完成发送 写: 0: 无意义 1: 清 0
[7]	MSTP0	邮箱 0 停止发送 将其置 1，将停止邮箱 0 的发送过程。 当邮箱 0 变为空时，该位被硬件自动清 0
[6:4]	RSV	保留
[3]	MERR0	邮箱 0 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[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。
[2]	MAL0	邮箱 0 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[MDONE0]写 1 清 0。也可以在下次发送开始时由硬件清 0。
[1]	MOK0	邮箱 0 无错发送完成 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。也可以在下次发送开始时由硬件清 0。

		读: 0: 结束时发生了错误 1: 结束且没有错误 写: 0: 无意义 1: 清 0
[0]	MDONE0	邮箱 0 发送完成 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。 读: 0: 邮箱 0 正在发送 1: 邮箱 0 完成发送 写: 0: 无意义 1: 清 0

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]/ 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]/ EXTID[28:18]	标识符 STDID[10:0]: 标准格式帧标识符 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 0: 不请求 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 0: 11 位标准标识符 1: 29 位扩展标识符
[7]	RTR	远程发送请求 0: 送数据帧 1: 送远程帧
[6]	FDF	CANFD 帧标志位 0: 规帧(标准帧或扩展帧) 1: CANFD 帧
[5]	BRS	位速率转换开关 0: 转换速率 1: 换可变速率
[4]	ESI	错误状态指示符 0: CANFD 格式的 ESI 位仅取决于错误被动标志 1: CANFD 格式的 ESI 位会进行隐性发送
[3:0]	DLC	数据长度代码 0-8: CAN + CANFD: 发送的帧包含 0-8 个数据字节 9-15: CAN: 发送的帧包含 8 个数据字节 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)							

[illegible]

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 ($y = x*4$)

14.12.18 CAN TX1DATx (0x400000E0 + x*4)

x 为邮箱偏移地址, $x = 0, 1, 2, \dots, 15$ 。

[illegible]

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

14.12.19 CAN TX2DATx (0x40000120 + x*4)

x 为邮箱偏移地址, $x = 0, 1, 2, \dots, 15$ 。

[illegible]

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 $y + 0$ ($y = x*4$)

14.12.20 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]/ 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]/ EXTID[28:18]	标识符 STDID [10:0]: 标准格式帧标识符 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 0: 11 位标准标识符 1: 29 位扩展标识符
[7]	RTR	远程发送请求 0: 发送数据帧 1: 发送远程帧
[6]	FDF	CANFD 帧标志位 0: 常规帧(标准帧或扩展帧)

		1: CANFD 帧
[5]	BRS	位速率转换开关 0: 不转换速率 1: 转换可变速率
[4]	ESI	错误状态指示符 0: CANFD 格式的 ESI 位仅取决于错误被动标志 1: CANFD 格式的 ESI 位会进行隐性发送
[3:0]	DLC	数据长度代码 0-8: CAN + CANFD: 接收到的帧包含 0-8 个数据字节 9-15: CAN: 接收到的帧包含 8 个数据字节 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	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)

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

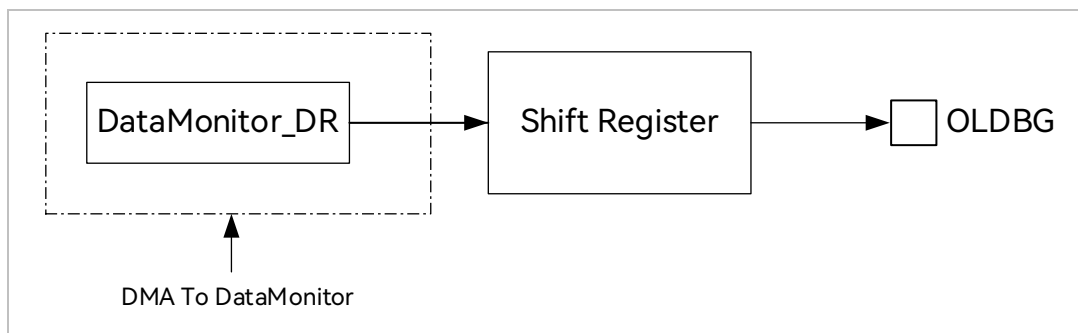
位	名称	描述
[31:24]	DAT(y+3)	数据字节 $y + 3$ ($y = x*4$)
[23:16]	DAT(y+2)	数据字节 $y + 2$ ($y = x*4$)
[15:8]	DAT(y+1)	数据字节 $y + 1$ ($y = x*4$)
[7:0]	DAT(y+0)	数据字节 $y + 0$ ($y = x*4$)

15 DataMonitor

15.1 DataMonitor 简介

DataMonitor 是一种高速单工异步串行通信接口，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

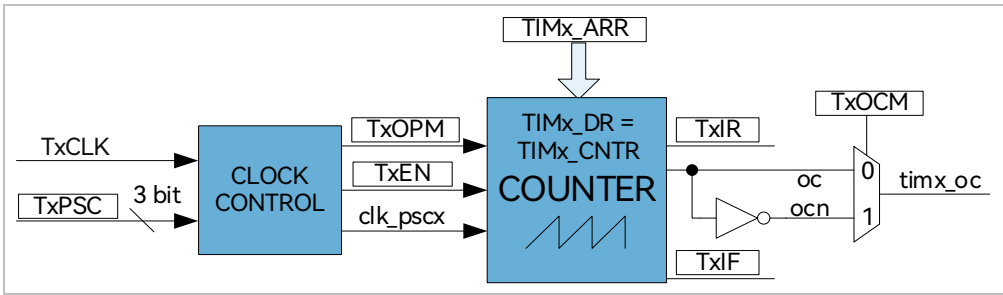
TIMx_CR0[TxPSC]	分频系数	TIMx_CR0[TxPSC]	分频系数
000	1	100	16
001	2	101	32
010	4	110	64
011	8	111	128

16.2 TIMx_CNTR 的读写和计数

TIMx_CR1[TxEN] = 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[TxEN] = 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。

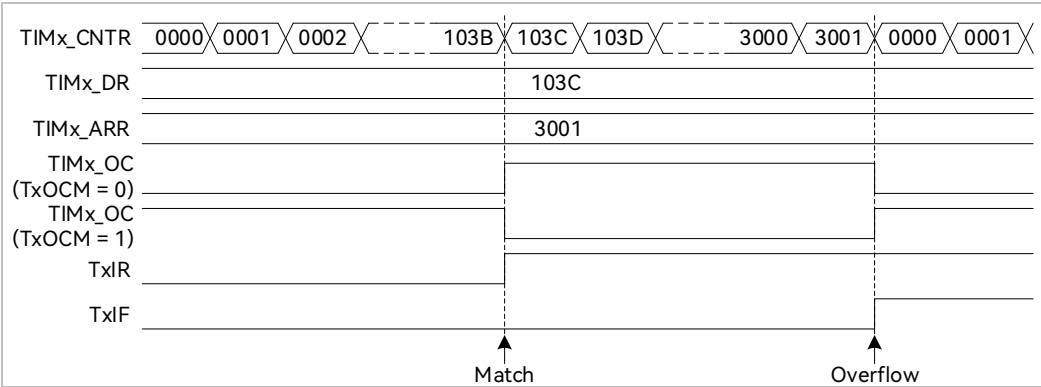
16.2.1.3 PWM 输出

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

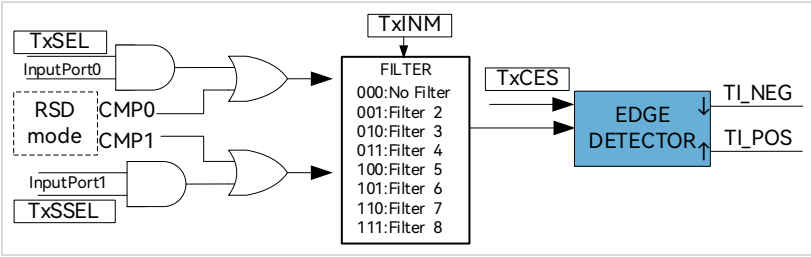
- > 当TIMx_CNTR = TIMx_DR时，产生比较匹配事件，中断事件标志位TIMx_SR[TxIR]置1，基本计数器继续计数。
- > 当TIMx_CNTR = TIMx_ARR时，产生上溢事件，中断事件标志位TIMx_SR[TxIF]置1，计数器清0，并重新开始计数。

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] : PH_SEL[T5ACT] = 01	PA14	PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5BCT] = 01
	PA4	PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5ACT] = 11	PA5	PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5BCT] = 11
Timer6	PA7	PH_SEL[T6ACT] = 10	PA8	PH_SEL[T6BCT]
	PA3	PH_SEL[T6ACT1] = 11		

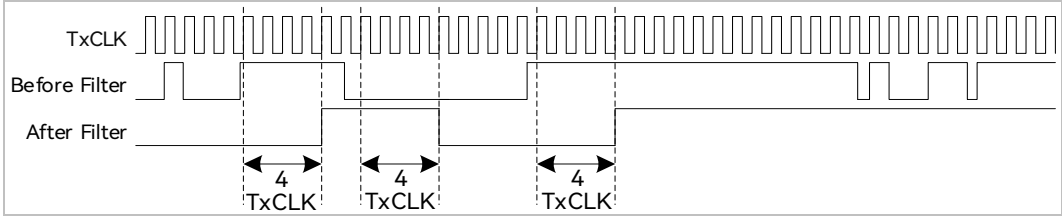
滤波电路不滤波或滤除 2/3/4/5/6/7/8 个系统时钟周期以下的输入噪声。配置 TIMx_CR0[TxINM]可选择滤波周期。滤波时钟个数与 TIMx_CR0[TxINM]的关系表 16-3 所示。

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。

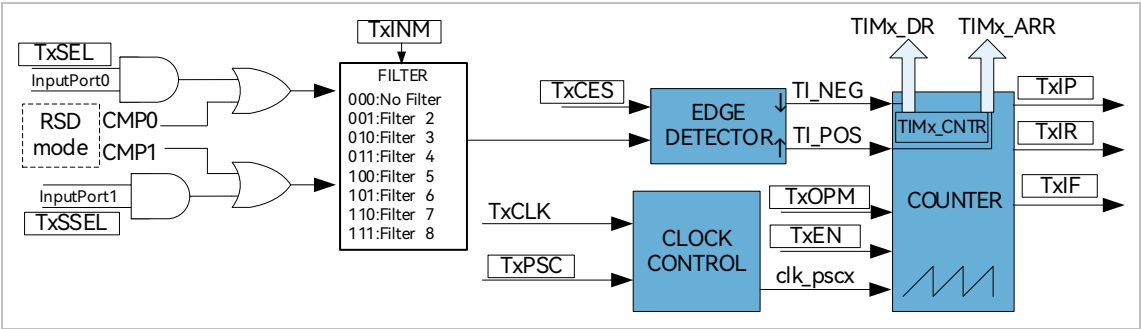
图 16-4 滤波模块时序图



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。

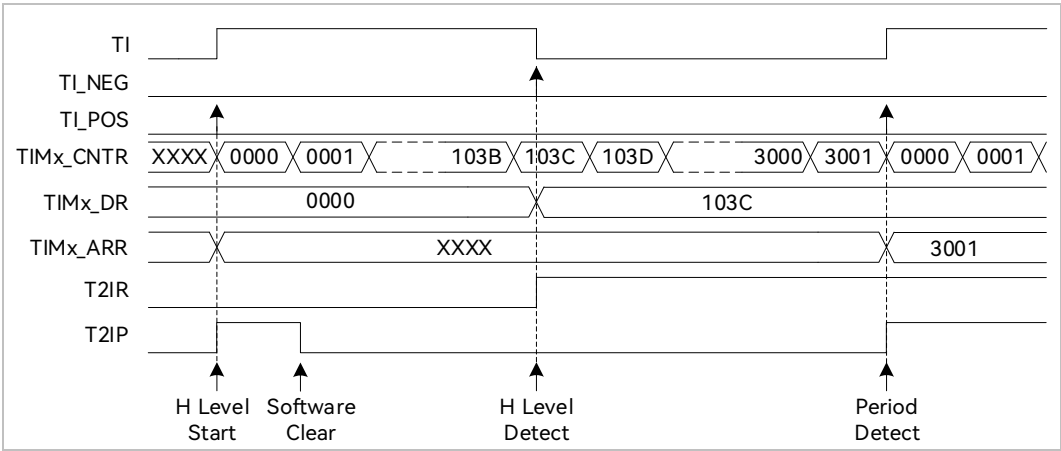
16.2.3 输入捕获模式

图 16-5 输入捕获模式原理框图



输入捕获模式检测 PWM 信号的占空比和周期。TIMx_CR0[TxCES] = 0 时，选择相邻两个上升沿为 1 个周期，上升沿到下降沿的时间为脉宽(高电平脉宽)。TIM_CR0[TxCES] = 1 时，选择相邻两个下降沿为 1 个周期，下降沿到上升沿的时间为脉宽(低电平脉宽)。当所定边沿到来时，计数值 TIMx_CNTR 被分别存入 TIMx_DR 和 TIMx_ARR 中，用于计算 PWM 波形的周期和占空比。

图 16-6 输入捕获模式(TIMx_CR0[TxCES] = 0)时序图

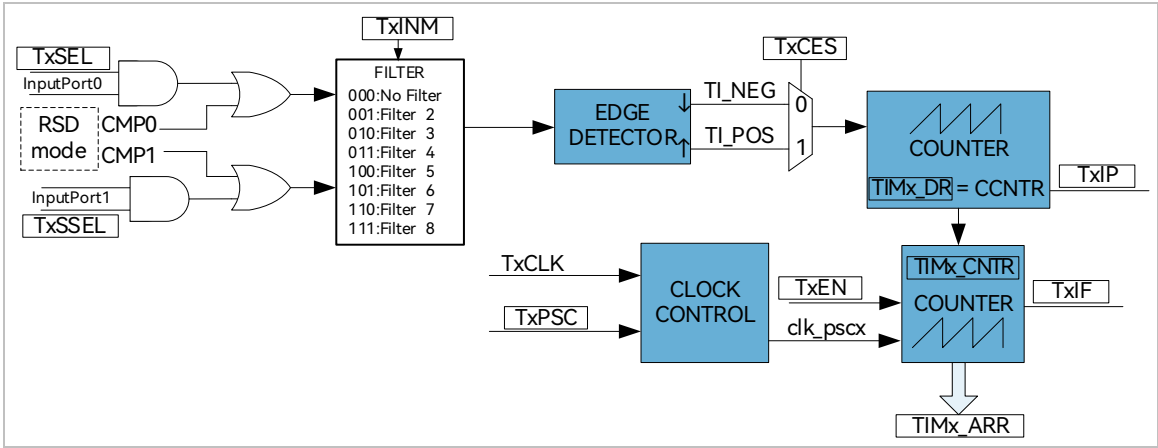


以 TIMx_CR1[TxOCM] = 0 为例，配置 TIMx_CR1[TxEN] = 1，使能基本计数器，基本计数器向上计数。当 Timer2/5/6 检测到输入的第一个上升沿时(下降沿无效)，TIMx_CNTR 清 0 并重新计数。当检测到输入的下降沿时，将 TIMx_CNTR 的值存进 TIMx_DR，同时中断事件标志位 TIMx_SR[TxIR]置 1，TIMx_CNTR 继续向上计数。当检测到输入的第二个上升沿时，将 TIMx_CNTR 的值存进 TIMx_ARR，同时中断事件标志位 TIMx_SR[TxIP]置 1，TIMx_CNTR 清 0，并重新开始计数。

如果在 Timer2/5/6 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 并重新开始计数，此时 TIMx_ARR 的值为 0xFFFF，TIMx_DR 的值由输入电平和 TIMx_CR1[TxOCM]异或决定。

16.2.4 输入计数模式

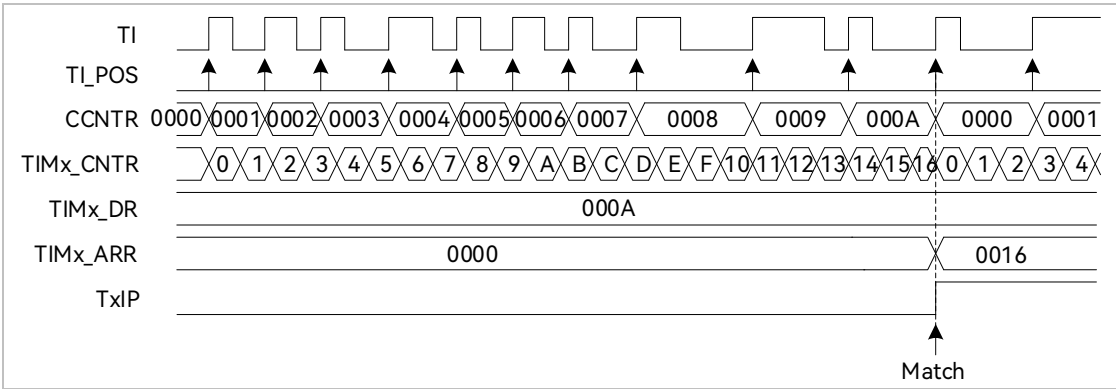
图 16-7 输入计数模式原理框图



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[TxEN] = 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

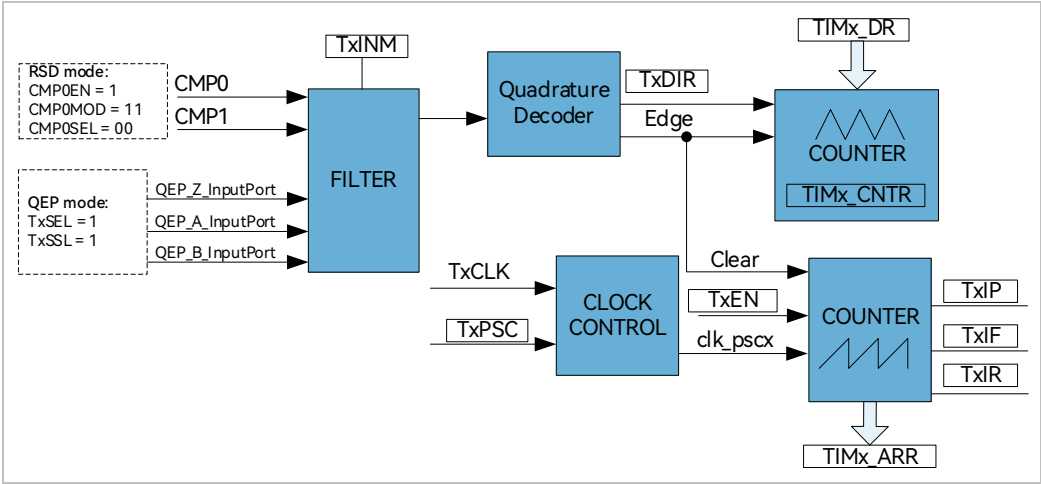


配置 TIMx_CR1[TxEN] = 1，使能基本计数器。基本计数器向上计数，当检测到输入信号的第一个有效沿时，TIMx_CNTR 清 0 并重新开始计数。每当输入信号的有效沿到来，专用计数器 CCNTR 的计数值加 1，当计数值达到 TIMx_DR 设定的目标值后，基本计数器的计数值 TIMx_CNTR 被存进 TIMx_ARR，同时中断事件标志位 TIMx_SR[TxIP]置 1，TIMx_CNTR 和 CCNTR 清 0，并重新开始计数。

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。

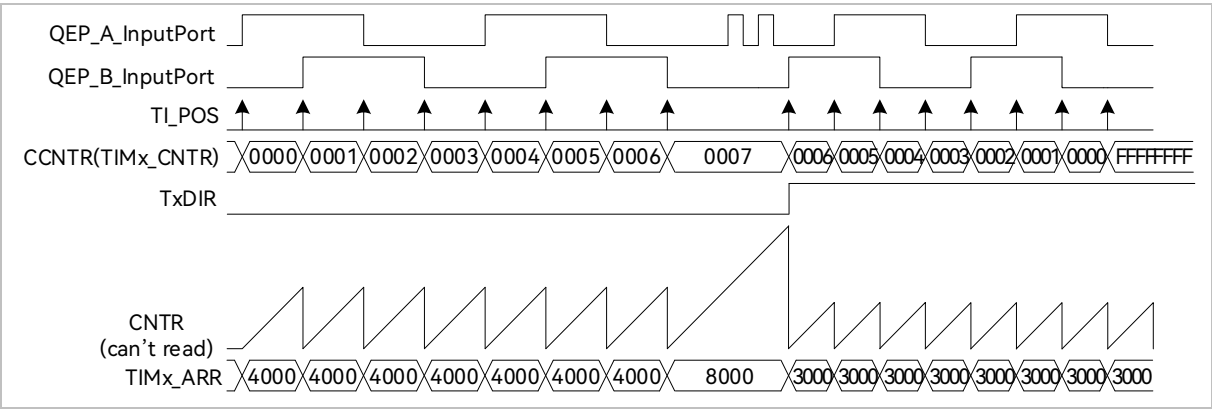
16.2.5 QEP 输入模式&RSD 模式

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。

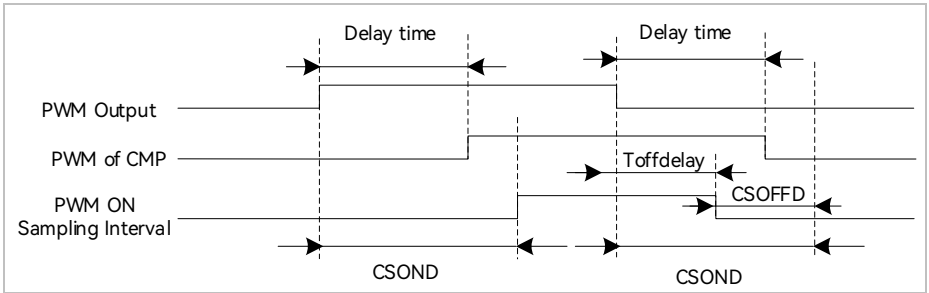
表 16-4 Timer 的零点信号输入端口

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

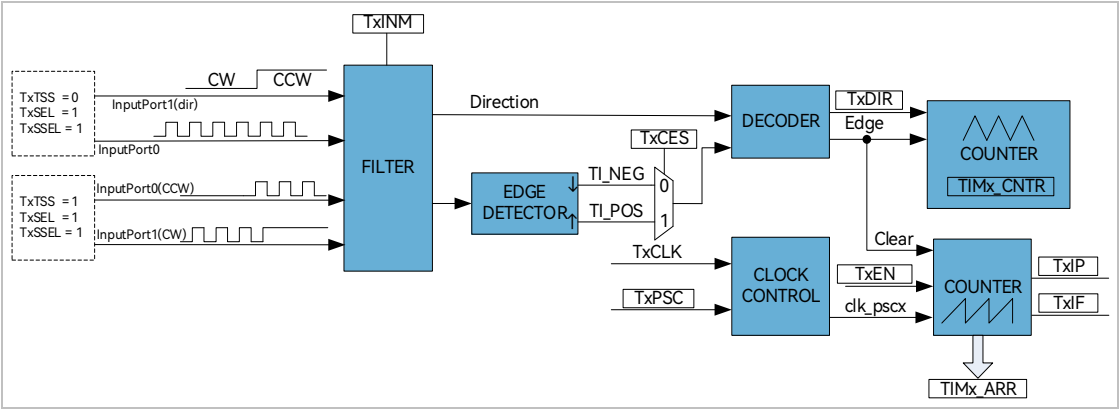
图 16-11 PWM ON 采样模式



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。

16.2.6 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表 16-5 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

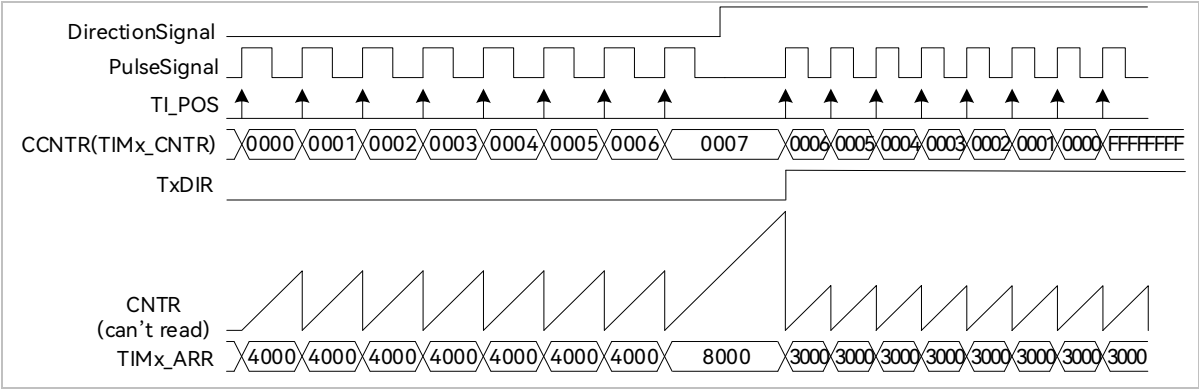
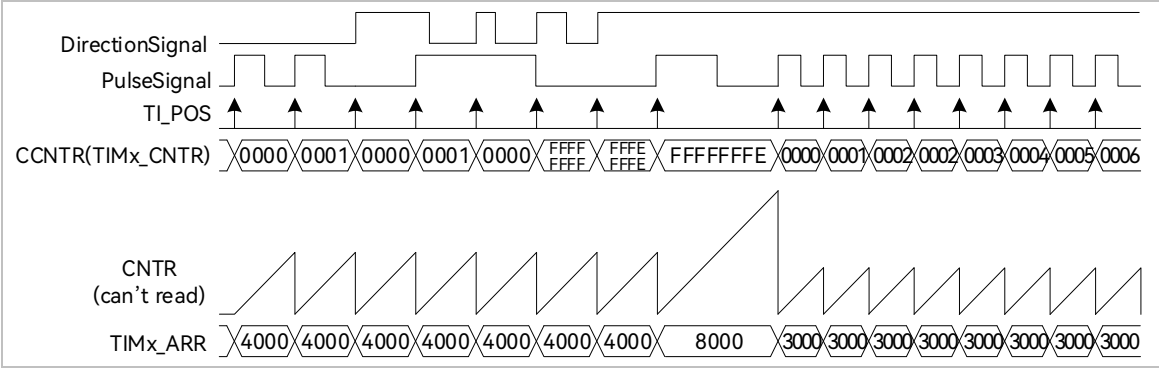


图 16-14 步进模式正反向脉冲输入模式时序图(选择上升沿作为有效沿)

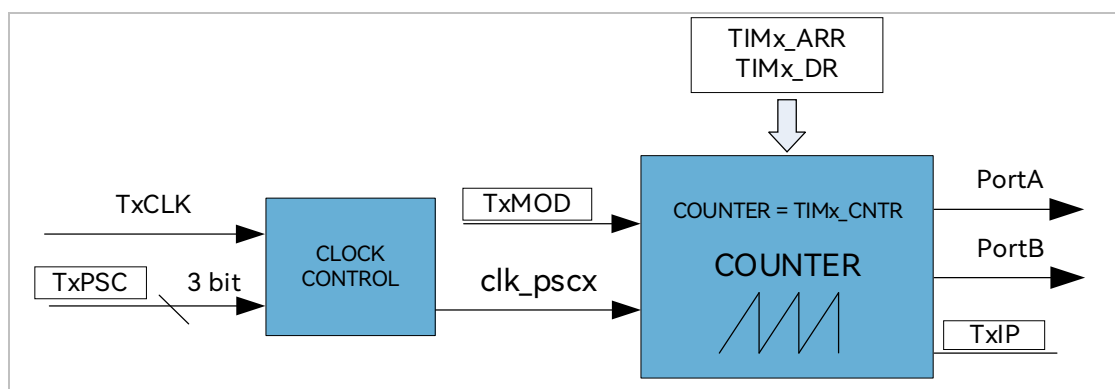


专用计数器是一个向上向下计数器，信号源为编码模块输出的有效计数沿。输入方向信号为 0 时，TIMx_CR1[TxDIR] = 0，方向为正，当脉冲信号有效沿来临时，专用计数器 CCNTR 向上计数，专用计数器加 1；当输入方向信号为 1 时，TIMx_CR1[TxDIR] = 1，方向为反，当脉冲信号有效沿来临时，CCNTR 向下计数，专用计数器减 1。专用计数器从 0 加到 0xFFFFFFFF 后自动清 0，从 0xFFFFFFFF 减到 0 后自动设为 0xFFFFFFFF。读寄存器 TIMx_CNTR 的值得到专用计数器的值。

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。

16.2.7 QEP 输出模式

图 16-15 QEP 输出模式原理框图



配置 TIMx_CR0[TxMOD] = 100，Timer2/5/6 进入 QEP 输出模式，可产生互差 90° 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 当输入信号的脉宽小于特定时钟周期时，被当作噪声滤除。 假设系统时钟为 48MHz(20.834ns) 000: 不滤波 001: 按 2 个时钟周期滤波 010: 按 3 个时钟周期滤波 011: 按 4 个时钟周期滤波 100: 按 5 个时钟周期滤波 101: 按 6 个时钟周期滤波 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 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: 000: 48MHz 001: 24MHz 010: 12MHz 011: 6MHz 100: 3MHz 101: 1.5MHz 110: 750kHz 111: 375kHz
[4]	TxCES	输出模式: 无意义 输入捕获模式: 计数沿选择 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) 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) 输入计数模式: 计数有效沿选择 0: 下降沿计数 1: 上升沿计数 QEP 输入模式&RSD 模式: 外部中断 EXTi1(零点)清 0 脉冲计数器使能 0: 不使能 1: 使能 步进模式: 计数有效沿选择

		0: 下降沿计数 1: 上升沿计数
[3]	TxDIRIN	步进模式时方向输入信号的极性设置 0: 低电平为正转，高电平为反转 1: 低电平为反转，高电平为正转
[2:0]	TxMOD	模式选择 000: 输入捕获模式 001: 输出模式 010: 输入计数模式 011: QEP 输入&RSD 模式或步进模式 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	r	w
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: TIMx_CNTR 在每个主时钟到来时更新为 TIMx_DR 值 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 0: 不清 0 1: 清 0
[5]	TxZ_EDGE_SEL	QEP 输入模式下 Z 信号有效沿选择 0: 上升沿有效 1: 下降沿有效

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

		QEP 输入模式: 检测到 Z 有效沿到来时中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	TxIP	输出模式: 无意义 输入捕获模式: PWM 周期检测中断事件标志位 输入计数模式: 输入 PWM 计数匹配中断事件标志位 QEP 输入模式&RSD 模式&步进模式: 输入有效边沿检测中断事件标志位 QEP 输出模式: A、B 沿中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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。 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。 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。 QEP 输入模式&RSD 模式&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。 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义

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	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 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	0	0
位		名称		描述																													
[31:0]		TIMx_DR		输出模式: 比较匹配值(软件写) 输入捕获模式: 检测到的输入脉宽的计数值(硬件写) 输入计数模式: 需要计数 PWM 的个数(软件写) QEP 输入模式&RSD 模式(32bit): 单圈最大脉冲计数值(软件写), 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 步进模式: 无意义 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) 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) 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) 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) QEP 输出模式: A、B 编码的最大值(软件写)

16.3.8 TIMx_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 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 QEP 输出模式: 以 TIMx_DR[15:0]为步进值相加的计数值

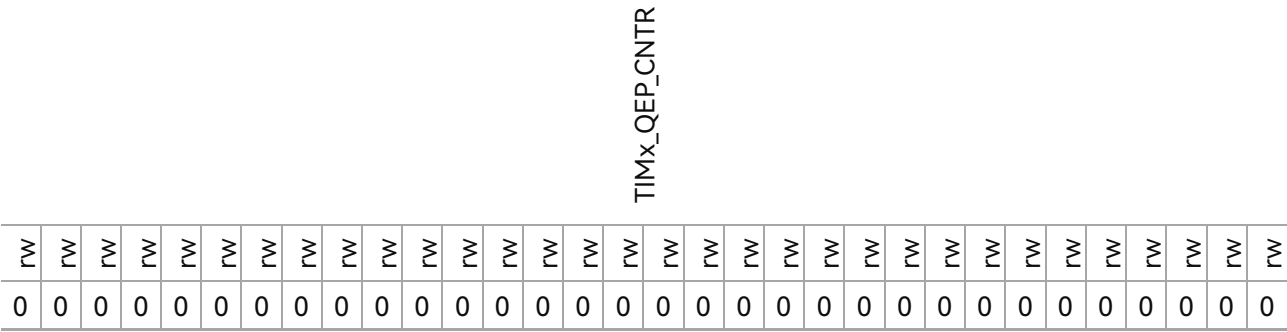
16.3.10 TIMx_QEP_TS_EMP (CSR:0x219/0x249/0x259) (x=2/5/6)

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_TS_EMP															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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)

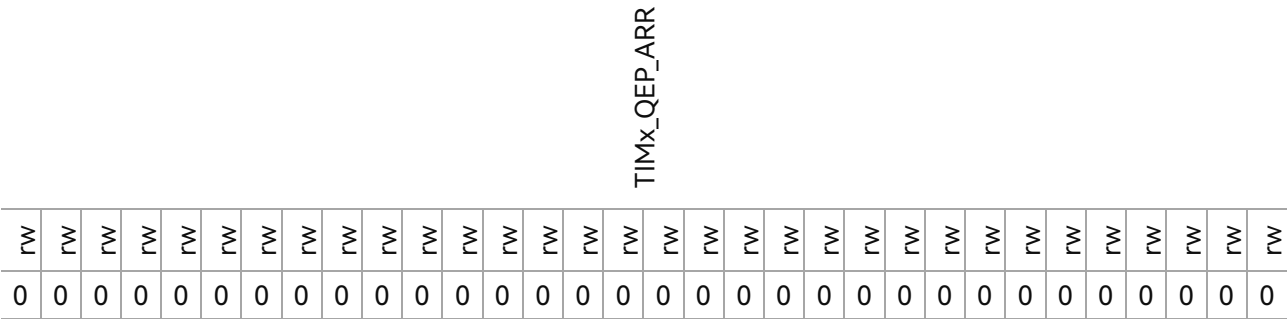
31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0



位	名称	描述
[31:0]	TIMx_QEP_CNTR	QEP 输入模式: 输入有效沿的计数值 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



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 QEP 输出模式: 当 TIMx_QEP_CNTR = {TIMx_QEP_ARR[29:0]-1, 2'b11} 时, TIMx_QEP_CNTR 清 0, 同时产生一个 Z 脉冲 当 TIMx_QEP_ARR[29:0] 等于 0 时, Z 输出固定电平, 极性由 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 0: 初始电平为低电平 1: 初始电平为高电平
[4]	T2A_EDGE_SEL	QEP A 输出极性配置 0: 初始电平为低电平 1: 初始电平为高电平
[3:2]	T2_Z_SEL	QEP Z 输出选择 00: Timer2 的计算输出 01: 直通输出 Timer5 的输入 10: 直通输出 Timer6 的输入
[1:0]	T2_AB_SEL	QEP AB 输出选择 00: Timer2 的计算输出 01: 直通输出 Timer5 的输入 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 0: 初始电平为低电平 1: 初始电平为高电平
[4]	T5A_EDGE_SEL	QEP A 输出极性配置 0: 初始电平为低电平 1: 初始电平为高电平
[3:2]	T5_Z_SEL	QEP Z 输出选择 00: Timer5 的计算输出 01: 直通输出 Timer2 的输入 10: 直通输出 Timer6 的输入
[1:0]	T5_AB_SEL	QEP AB 输出选择 00: Timer5 的计算输出 01: 直通输出 Timer2 的输入 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 0: 初始电平为低电平 1: 初始电平为高电平
[4]	T6A_EDGE_SEL	QEP A 输出极性配置 0: 初始电平为低电平 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 01: 直通输出 Timer2 的输入 10: 直通输出 Timer5 的输入
[1:0]	T6_AB_SEL	QEP AB 输出选择 00: Timer6 的计算输出 01: 直通输出 Timer2 的输入 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:

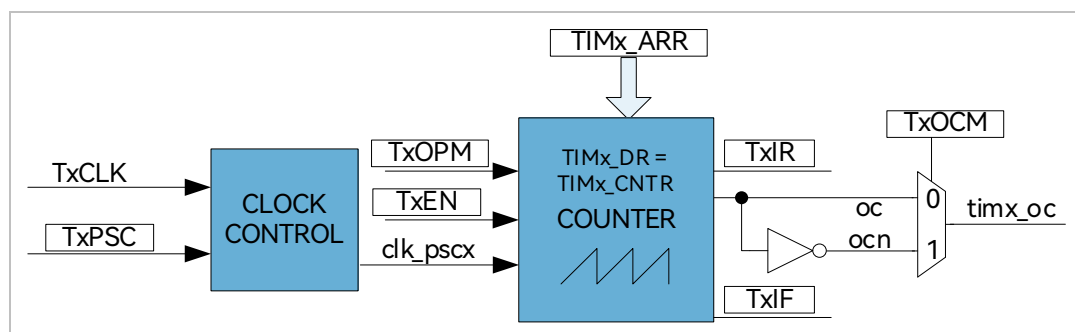
Timer3/Timer8 的输入捕获模式下, $TIM3\_CR0[T3PSC] = 111$ 和 $TIM8\_CR0[T8PSC] = 111$ 对应的是 $2 * TxCLK$

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

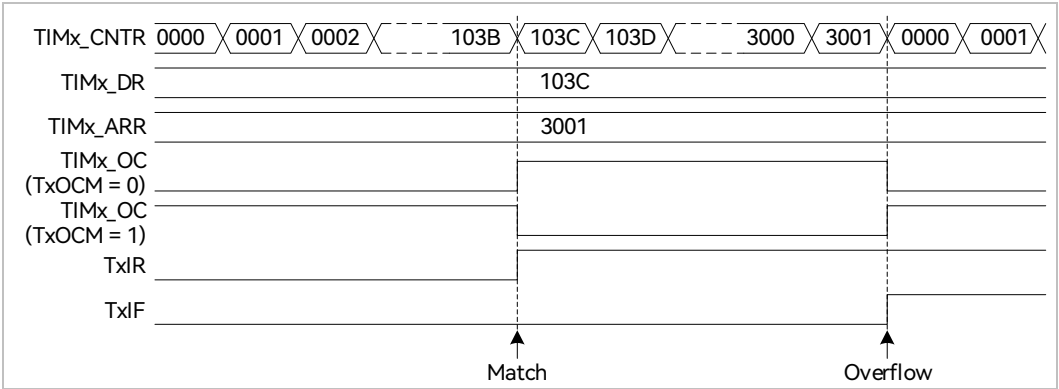
PWM 输出模式下, $TIMx\_ARR$ 的设定值决定 PWM 周期, $TIMx\_DR$ 的设定值决定占空比, 占空比 = $TIMx\_DR / TIMx\_ARR * 100\%$ 。配置 $TIMx\_CR0[TxOCM] = 0$ 时, 如果基本计数器值 $TIMx\_CNTR < TIMx\_DR$ 设定值, 输出低电平, 反之输出高电平。配置 $TIMx\_CR0[TxOCM] = 1$ 时, 如果基本计数器值 $TIMx\_CNTR < TIMx\_DR$ 设定值, 输出高电平, 反之输出低电平。如果基本计数器值 $TIMx\_CNTR$ 大于 $TIMx\_ARR$, 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

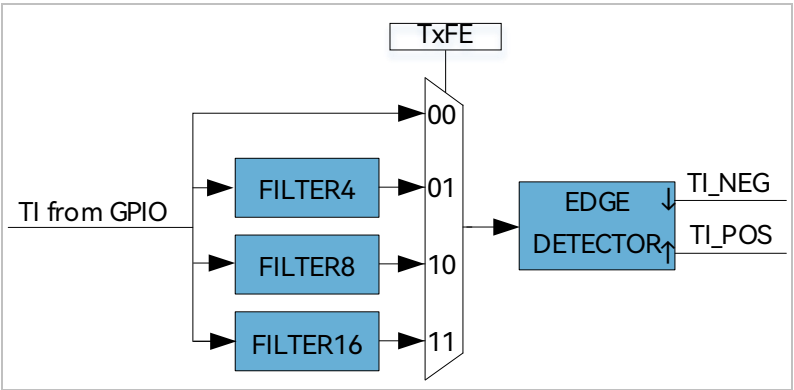
- 当TIMx_CNTR = TIMx_ARR，产生上溢事件，中断事件标志位TIMx_SR[TxIF]置1，基本计数器清0，TIMx_CR0[TxOPM]决定是否重新计数，TIMx_CR0[TxOPM] = 1，停止计数，TIMx_CR0[TxOPM] = 0，重新开始计数。

图 17-2 输出模式输出波形



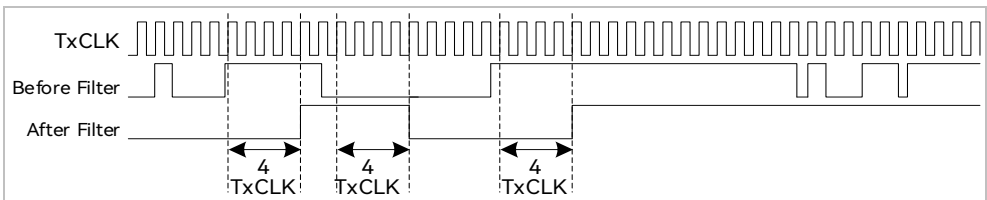
17.1.4 输入信号滤波和边沿检测

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[TxFE]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。

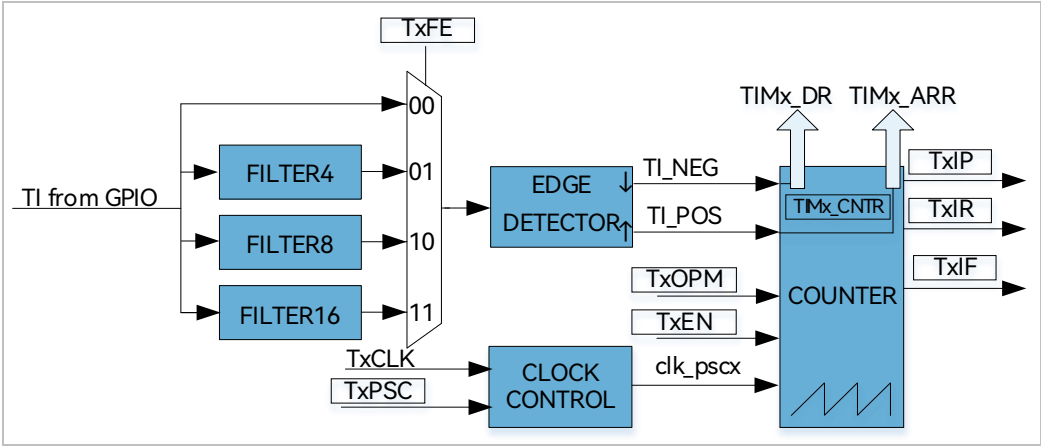
图 17-4 滤波模块时序图



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。

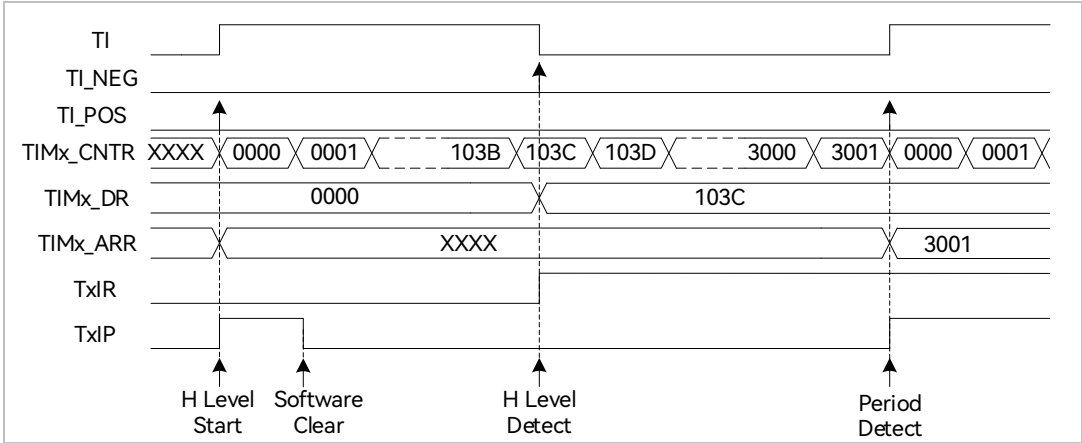
17.1.5 输入捕获模式

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 的值存入 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 的值存入 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 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： 000: TxCLK 001: TxCLK/2 010: TxCLK/4 011: TxCLK/8 100: TxCLK/16 101: TxCLK/32 110: TxCLK/64 111: TxCLK/128  备注： Timer3/Timer8 的输入捕获模式下，111 对应的是 2 * TxCLK
[4:3]	TxFE	输入信号滤波脉宽选择 当输入信号的脉宽小于设定值，被当作噪声滤除 00: 不滤波 01: 4 个系统时钟周期

		10: 8 个系统时钟周期 11: 16 个系统时钟周期
[2]	TxOCM	输出模式: 输出模式选择 0: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 0; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 1 1: TIMx_CNTR < TIMx_DR, 输出 1; TIMx_CNTR ≥ TIMx_DR, 输出 0 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 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) 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) 发生上溢事件时, TIMx_DR 指示输入电平选择 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 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 下列事件发生时, 基本计数器停止计数使能 输出模式: 基本计数器上溢事件 输入捕获模式: PWM 周期检测或基本计数器上溢事件 0: 基本计数器不停止 1: 基本计数器停止(TIMx_CR1[TxEN]清 0)
[0]	TxMOD	工作模式选择 0: 输入捕获模式 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

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

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

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 输入捕获模式: 脉宽检测中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件

		1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	TxIP	输出模式: 无意义 输入捕获模式: PWM 周期检测中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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。 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。 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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 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)。 输入捕获模式: 检测到一个 PWM 周期的计数值(硬件写)

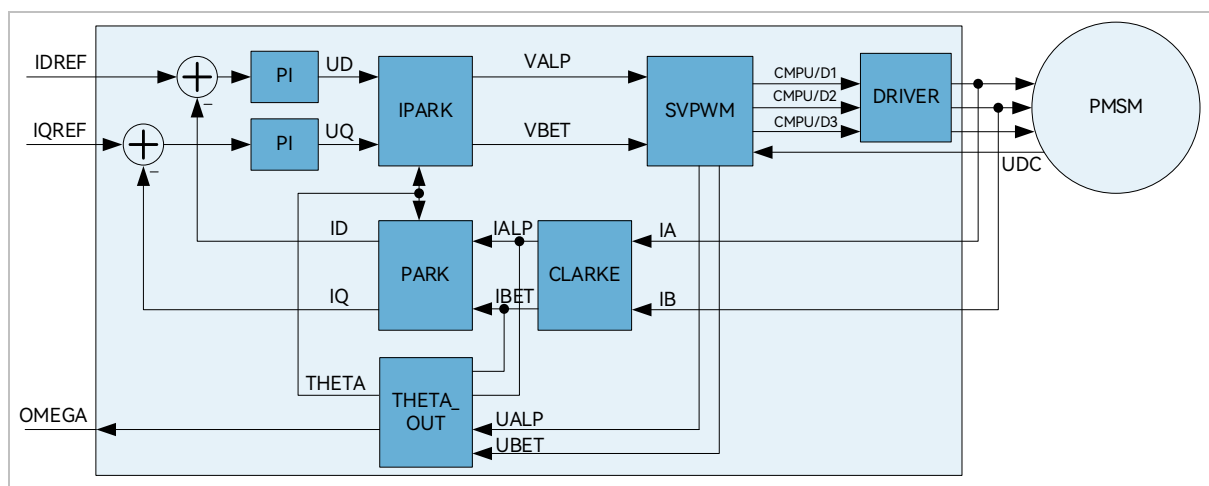
18 ME

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

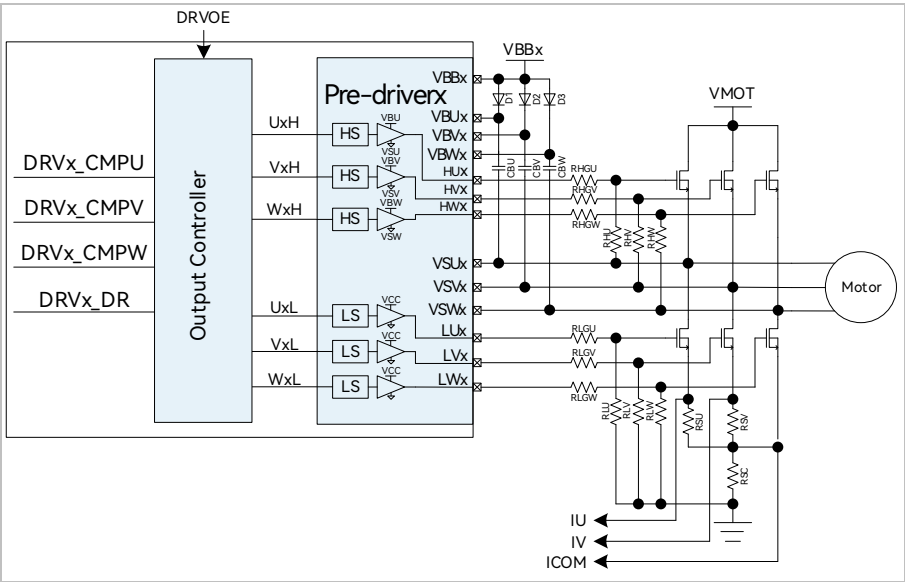


此外，ME 模块可实现 Driver 控制、FOC 电流环、角度输出、FOC 外环、爬坡计算、功率计算、弱磁、端电压、UQ 注入、软件调用 CORDIC、角度融合、电流环解耦、ME 中断源和高速电压相位补偿等功能。

18.2 Driver 控制器

18.2.1 FU7571Q 6N Pre-driverx 简介

图 18-2 FU7571Q 6N Pre-driverx 模块框图



DRVx_CMPU/V/W 是 FOC 模块输出的三路比较值，DRVx_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-driverx，应用于直流无刷电机控制。

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

表 18-1 FU7571Q 内置 Pre-driverx 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	H	H

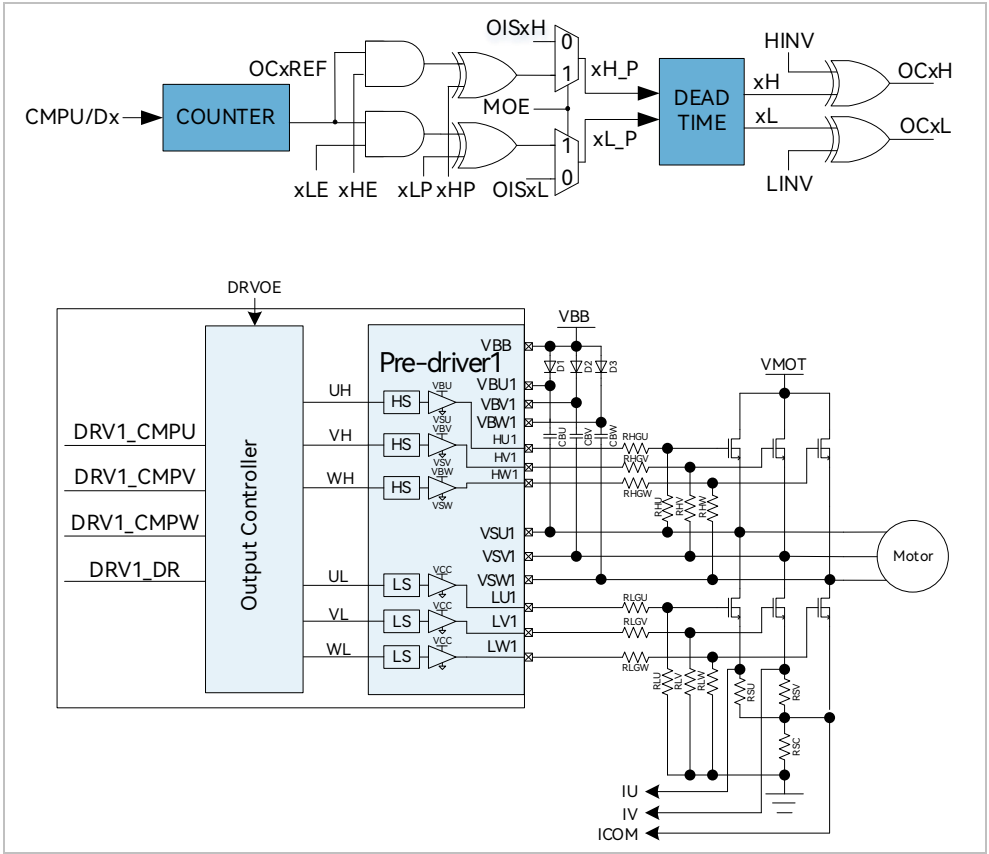
18.2.2 FU7562Q / FU7561Q 6N Pre-driver1 + PWM2 简介

FU7562Q/FU7561Q 各包含 2 个 Driver 控制器：Driver1 控制器和 Driver2 控制器。其中，Driver1 主要用于 6N Pre-driver1 输出，Driver2 主要用于 PWM2 输出。

区别在 FU7562Q Pre-driver1 的输入电源为 VCC，而 FU7561Q Pre-driver1 的输入电源为 VBB，参考表 18-2 和表 18-3。

18.2.2.3 FU7561Q 6N Pre-driver1

图 18-4 FU7561Q 6N Pre-driver1 + PWM2 模块框图



FU7562Q / FU7561Q Driver1 控制器的 6N Pre-driver1 功能框图分别如图 18-3 和图 18-4 所示。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-driver1，应用于直流无刷电机控制。

进入该模式，DRV1_CR[DRVOE]为 Pre-driver1 的使能信号，Pre-driver1 的输出接 6 只 NMOS 后分别驱动电机的 U/V/W 相。

表 18-2 FU7562Q 内置 Pre-driver1 信号真值表

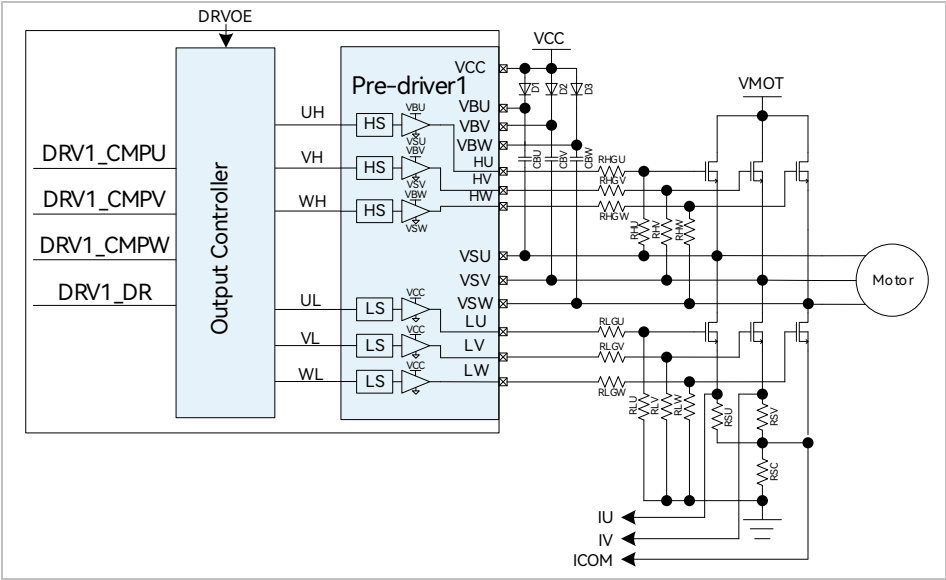
Input		Output	
UH/VH/WH	UL/VL/WL	HU/HV/HW	LU/LV/LW
L	L	L	L
L	H	L	H
H	L	H	L
H	H	L	L

表 18-3 FU7561Q 内置 Pre-driver1 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	H	H

18.2.3 FU7562L 6N Pre-driver1 简介

图 18-5 FU7562L 6N Pre-driver1 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-driver1，应用于直流无刷电机控制。

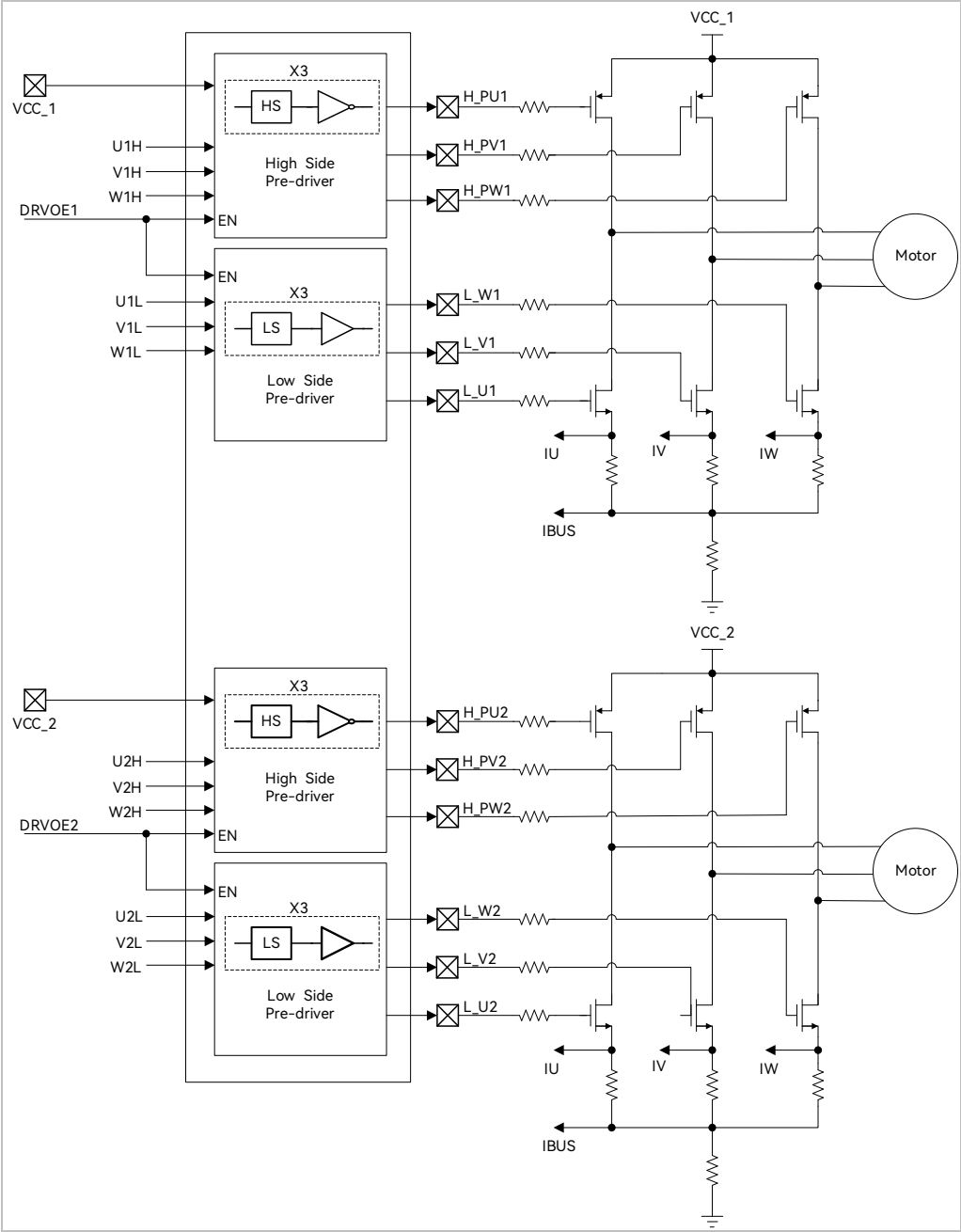
进入该模式，DRV1_CR[DRVOE]为 Pre-driver1 的使能信号，Pre-driver1 的输出接 6 只 NMOS 后分别驱动电机的 U/V/W 相。

表 18-4 FU7562L 内置 Pre-driver1 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 FU7541Q 3P3N Pre-driverx 简介

图 18-6 FU7541Q 3P3N Pre-driverx 模块框图



3P3N Pre-driverx 驱动模块如图 18-6 所示， $U_{xH}/V_{xH}/W_{xH}$ 和 $U_{xL}/V_{xL}/W_{xL}$ 三相 PWM 信号为 Pre-driverx 的输入信号， $H\_PUx/H\_PVx/H\_PWx$ 及 $L\_Ux/L\_Vx/L\_Wx$ 引脚为 Pre-driverx 的输出信号。注意 $H\_PUx/H\_PVx/H\_PWx$ 与内部信号 $U_{xH}/V_{xH}/W_{xH}$ 为反向关系。 $DRVx\_CR[DRVOE]$ 为 Pre-driverx 的使能位。

配置寄存器 DRVx_CR[DRVOE] = 1，使能 Pre-driverx 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。

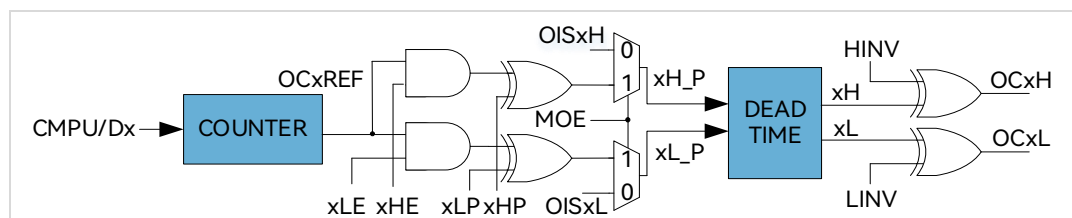
表 18-5 FU7541O 3P3N 内置 Pre-driverx 信号真值表

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

18.2.5 FU7512L/FU7512P Driver 简介

Driver 控制器用于 PWM 信号的产生，根据三相比较值输出 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。FU7512L / FU7512P 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 18-7 Driver 控制器实现原理图

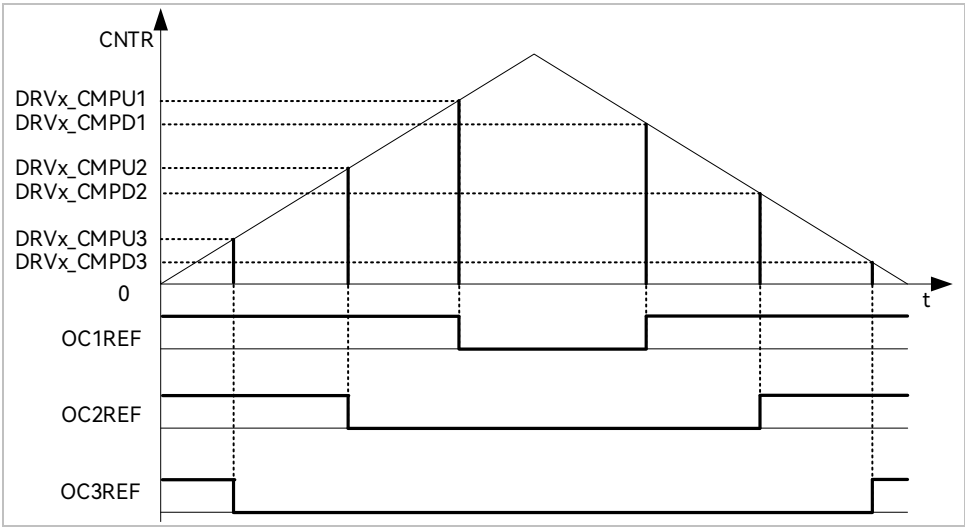


18.2.6 计数比较

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 18-8 计数比较示意图



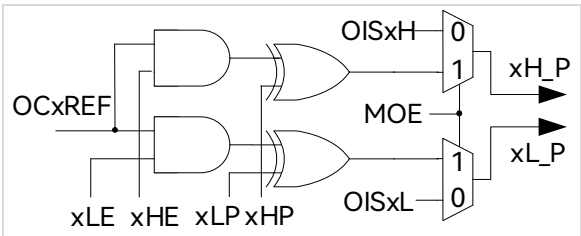
DRVx_DR 寄存器用于同时更新 6 个三相比较值寄存器。当写 DRVx_DR 寄存器后，写入 DRVx_DR 寄存器的值会同时写入 6 个三相比较值寄存器，从而生成 3 路占空比相同的三相比较值 OCxREF。占空比 = $DRVx\_DR / DRVx\_ARR * 100\%$ 。

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。

18.2.7 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 18-9 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 18-10 预充电波形图

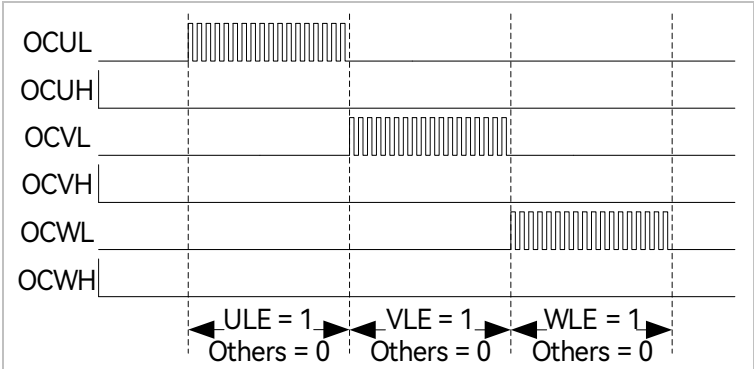
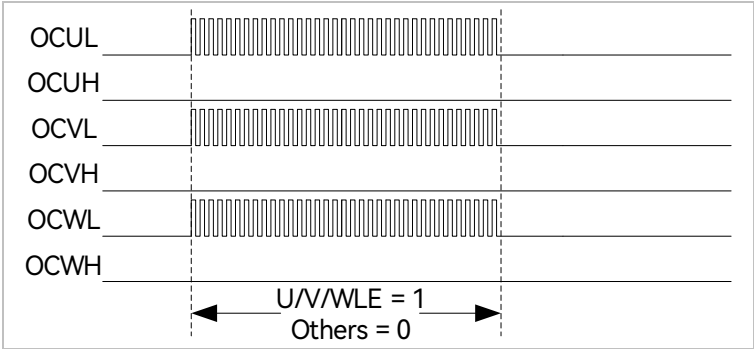


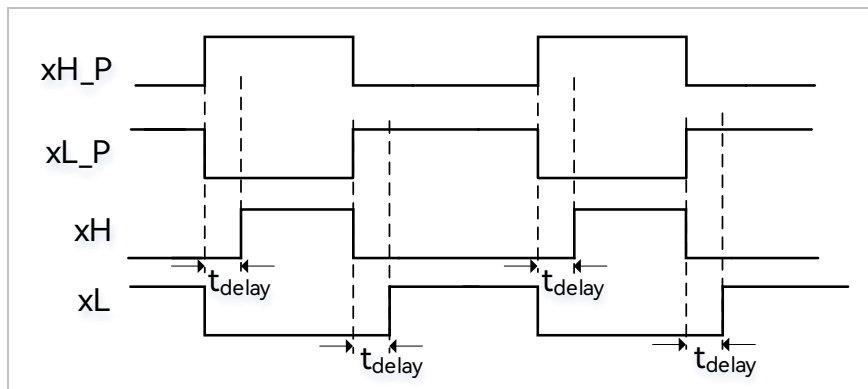
图 18-11 刹车波形图



18.2.8 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 = $\text{DRVx\_DTR} \times T_{\text{CLK}}$ 。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 18-12 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 $NFOC\_IDREF$ 和 q 轴电流参考值 $NFOC\_IQREF$ 作为电流参考值，使用 d 轴电流采样值 $NFOC\_ID$ 和 q 轴电流采样值 $NFOC\_IQ$ 作为电流反馈值，实现电流闭环控制。

18.3.2 PI 控制

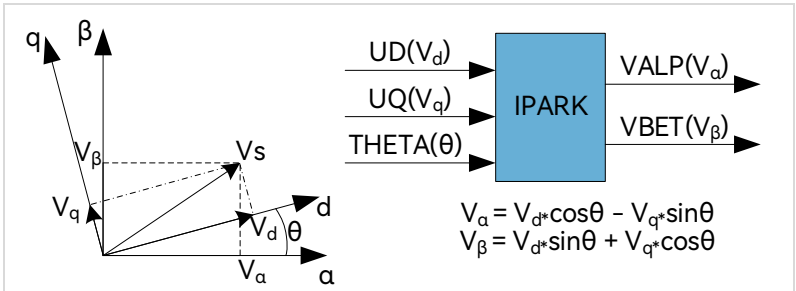
FOC 电流环使用 2 个 PI 控制器，分别应用于：

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

18.3.3 坐标转换

18.3.3.1 Park 逆变换

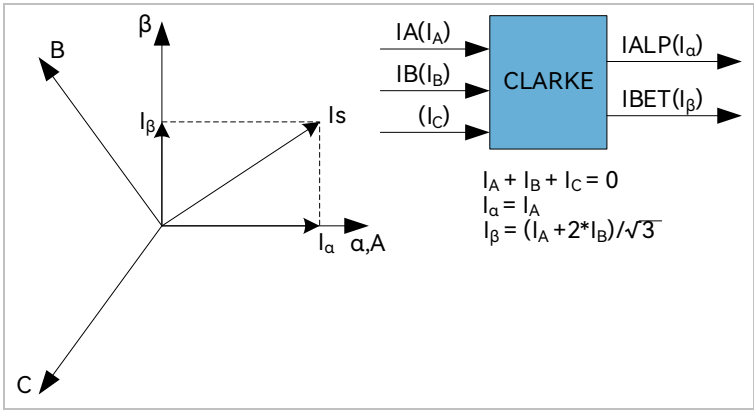
图 18-13 Park 逆变换



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 α - β 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

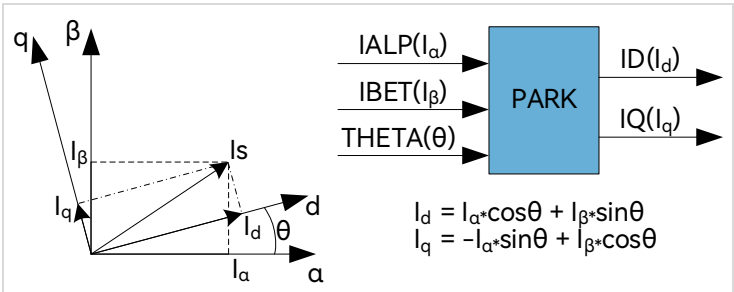
图 18-14 Clarke 变换



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 α - β 坐标系，得到 NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA。

18.3.3.3 Park 变换

图 18-15 Park 变换



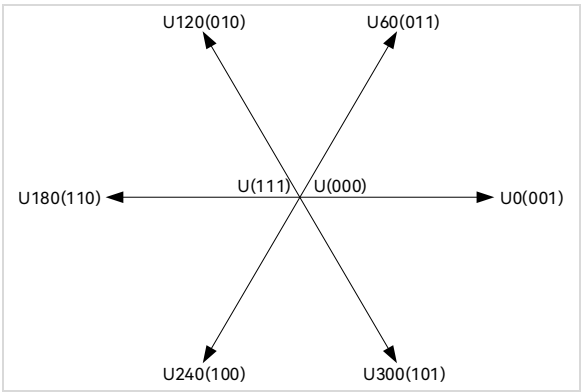
Park 变换将采样电流 NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 从两相静止 α - β 坐标系变换到两相旋转 d - q 坐标系，获得 d - q 轴反馈电流 NFOCx_ID 和 NFOCx_IQ。

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 18-16 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 18-17 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 $2 \cdot T_1$ 和 U_{60} 的输出时间 $2 \cdot T_2$ 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 18-17 SVPWM 电压合成

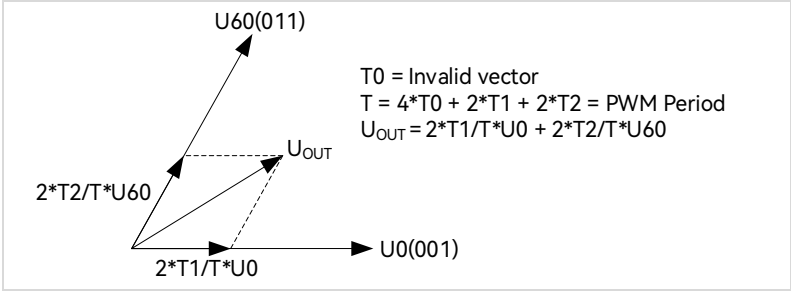


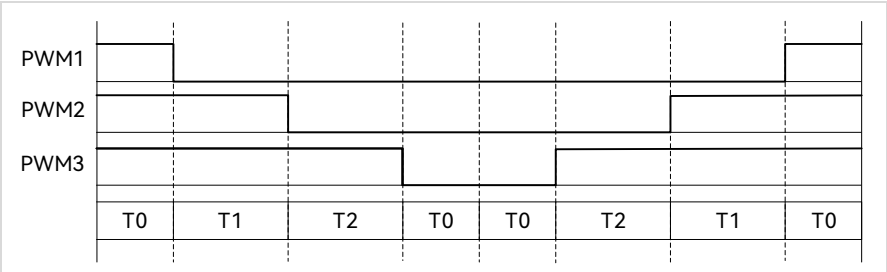
表 18-6 空间矢量调制逆变器状态

C 相	B 相	A 相	U_{ALP}	U_{BET}	矢量
0	0	0	0	0	000
0	0	1	$2/3 \cdot U_{DC}$	0	001
0	1	1	$1/3 \cdot U_{DC}$	$1/3 \cdot U_{DC}$	011
0	1	0	$-1/3 \cdot U_{DC}$	$1/3 \cdot U_{DC}$	010
1	1	0	$-2/3 \cdot U_{DC}$	0	110
1	0	0	$-1/3 \cdot U_{DC}$	$-1/3 \cdot U_{DC}$	100
1	0	1	$1/3 \cdot U_{DC}$	$-1/3 \cdot U_{DC}$	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。

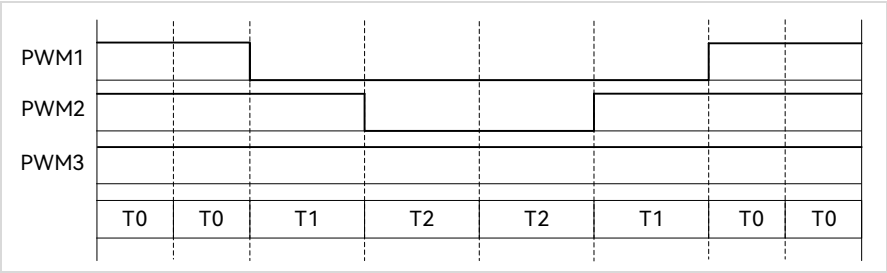
图 18-18 七段式 SVPWM 输出电平



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 18-19 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 $5 \cdot T = 104\text{ns}$ ；`NFOCx_TDLY = 0xFFFF(-5)`，则提前 104ns。

图 18-20 单电阻采样时序

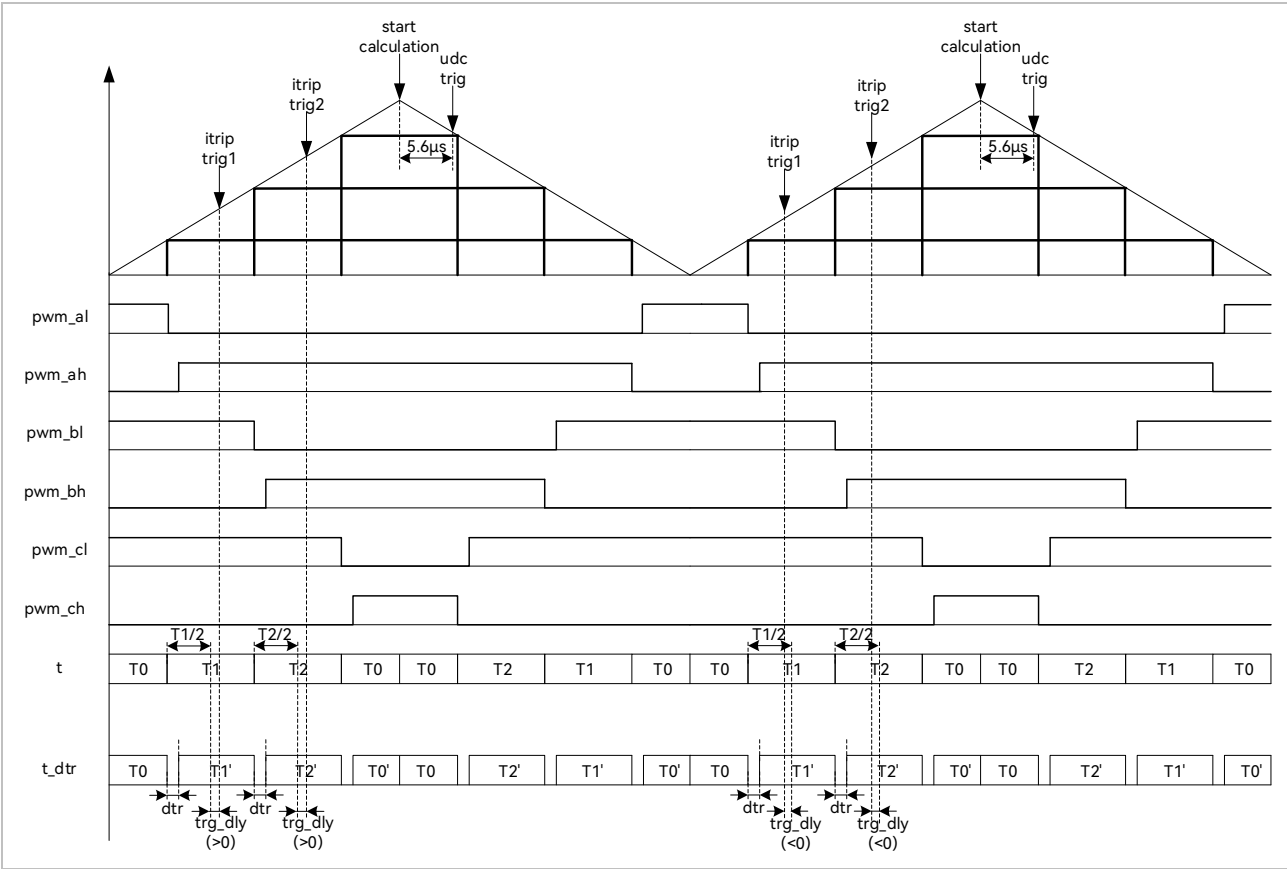
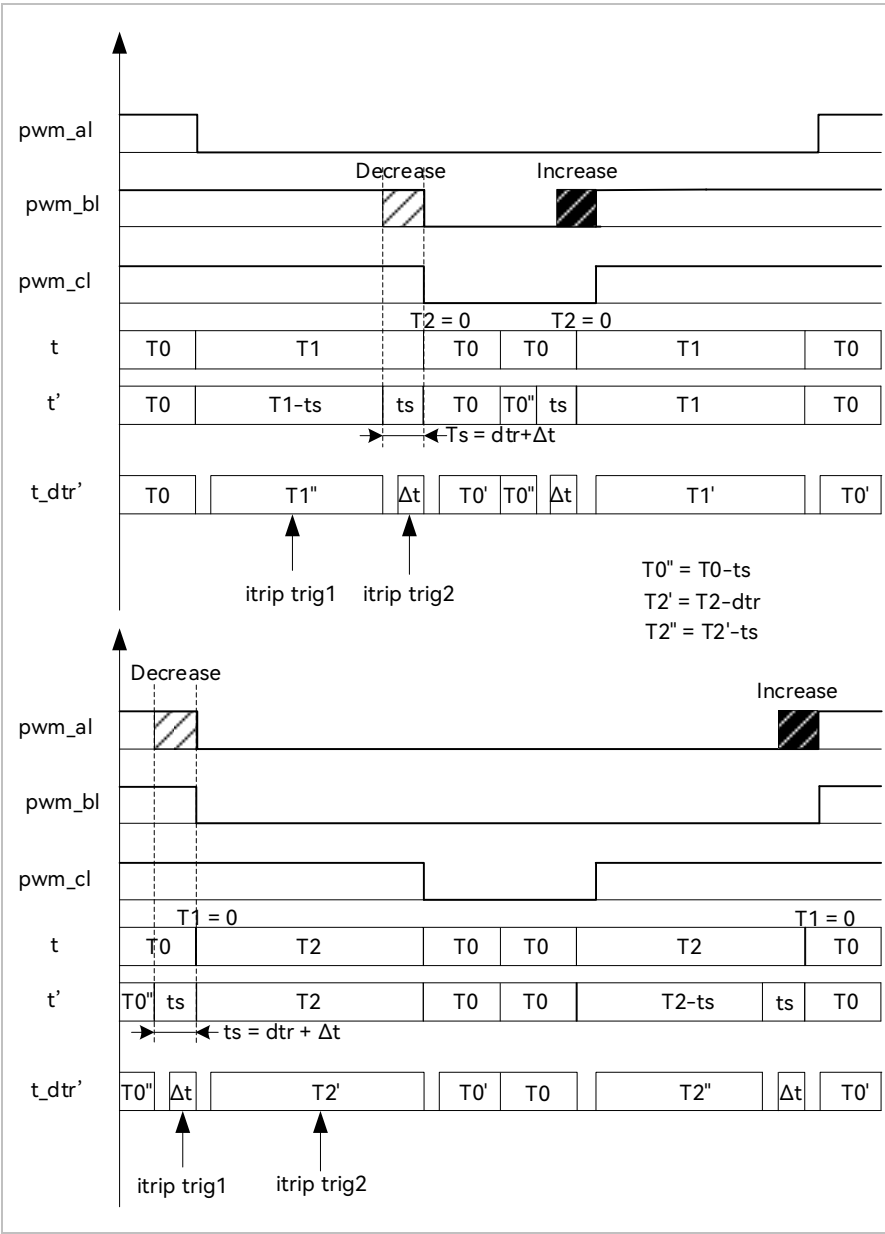


图 18-21 单电阻采样时间补偿



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。

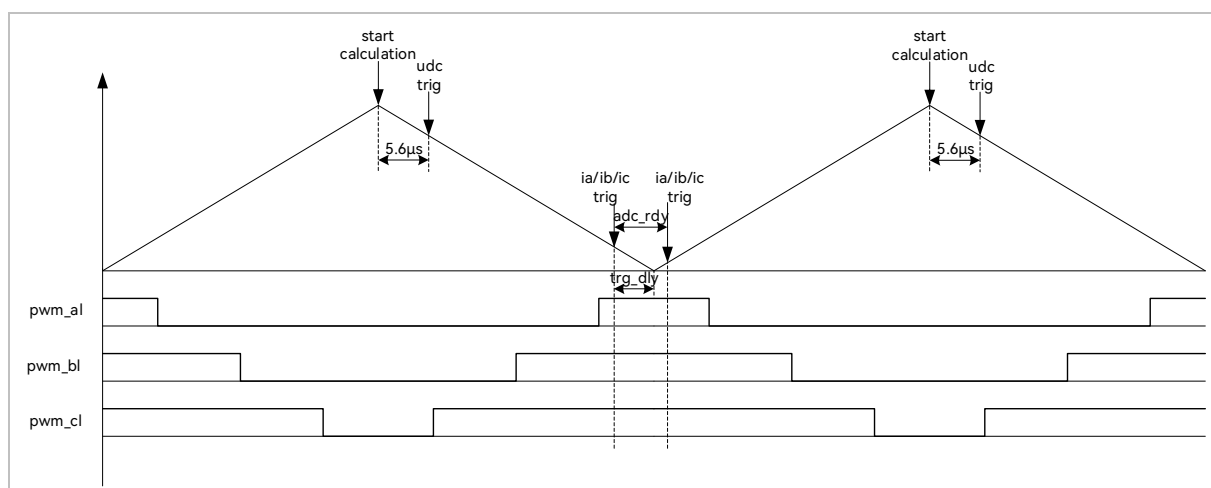
18.3.7.2 双/三电阻采样模式

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 $50 \cdot T = 1.04\mu s$ 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 18-22 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 $0V \sim 5V$, 偏置为 $2.5V$, 则 $NFOCx\_IAREF = 2.5V/5V \cdot 32768 = 16384(0x4000)$ 。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 $DRVx\_ARRSH$ 。

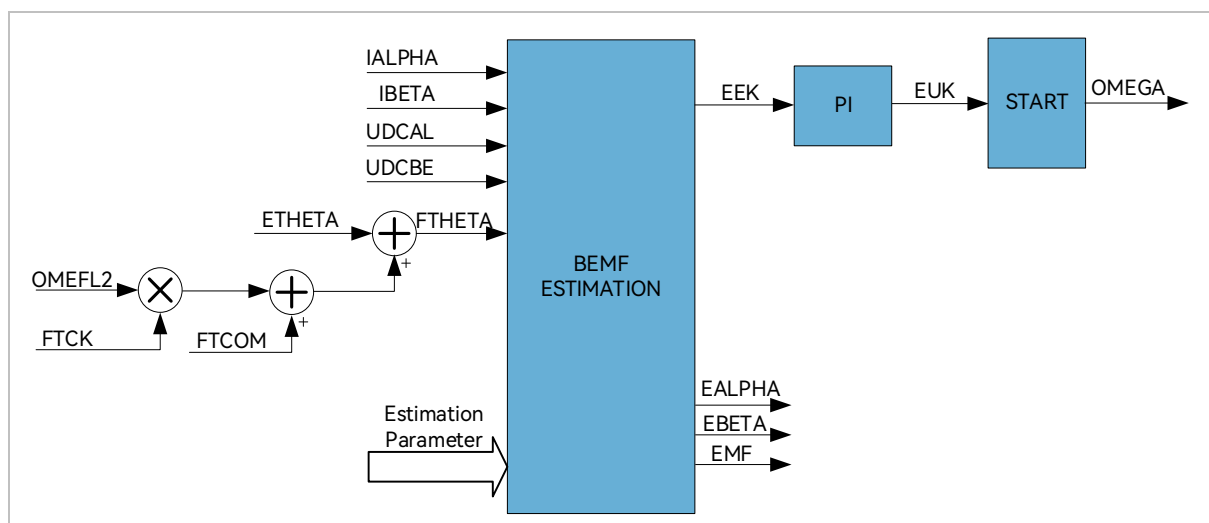
18.4 角度输出

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 18-23 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 sine / cosine 的方法计算角度差 NFOCx_EEK；配置 DRVx_FCR3[DEL_MD] = 10，采用基于 sine / cosine 后 $\Delta\theta$ /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。

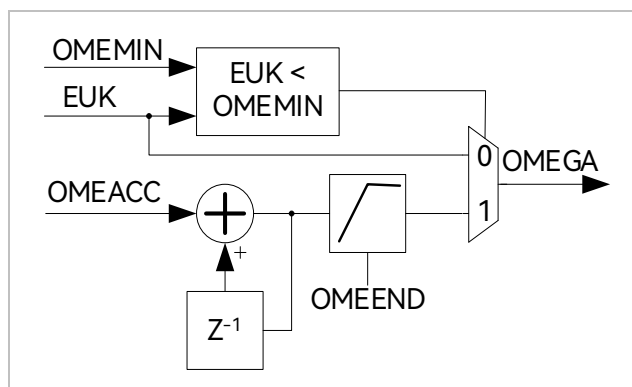
18.4.1.2 启动

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 18-24 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 NFOCx_EUK < 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 NFOCx_EUK $\geq$ NFOCx_OMEMIN 时，NFOCx_OMEGA 等于 NFOCx_EUK。

图 18-24 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[HF1_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

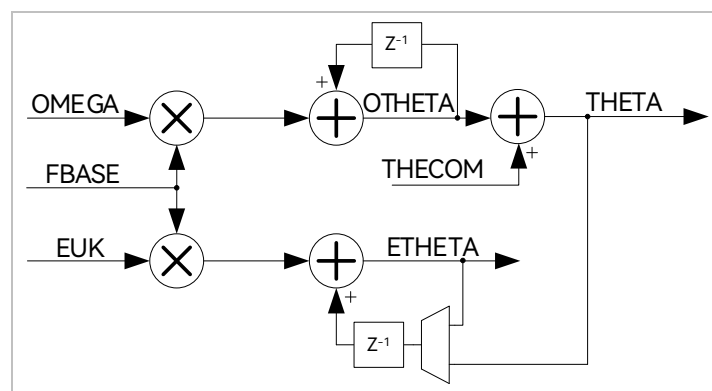
配置 $DRVx\_FCR6[EST\_MD] = 100$ ，选择观测器模式为 AFO；配置 $DRVx\_FCR6[ESTU\_SEL]$ 选择 AFO 读取 $NFOCx\_UDCALP$ 以及 $NFOCx\_UDCBETA$ 的 Q 格式；配置 $DRVx\_FCR6[ESTID\_SEL]$ 选择 AFO 计算中 ID 来源；配置 $DRVx\_FCR3[DEL\_MD]$ 选择 PLL 角度计算模式。AFO 相关的参数寄存器有 $NFOCx\_EK1$ 、 $NFOCx\_EK2$ 、 $NFOCx\_EK3$ 、 $NFOCx\_EK4$ 、 $NFOCx\_FEK5$ 、 $NFOCx\_AFKDF$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

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 18-25 角度计算原理框图



18.5 FOC 外环

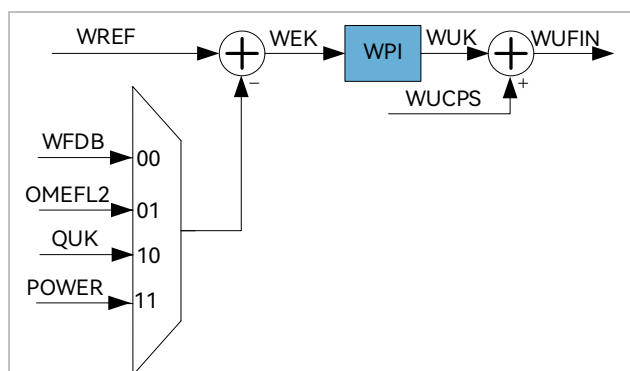
配置 $DRVx\_PTR[WPI\_TRG] = 1$ 使能一次外环计算；配置 $DRVx\_FCR1[WPIAUTO] = 01$ 每个载波周期自动使能一次外环计算；配置 $DRVx\_FCR1[WPIAUTO] = 10$ 每个 SysTick 周期自动使能一次外环计算。

配置 $DRVx\_FCR1[WPIMD]$ 可选择不同的值实现以下控制：

- 配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{WPIMD}] = 00$ 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 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{WPIMD}] = 01$ 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 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{WPIMD}] = 10$ 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 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{WPIMD}] = 11$ 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 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{WPILDEN}] = 1$ ，将 NFOCx_WUFIN 自动更新至 NFOCx_IQREF 。

图 18-26 FOC 外环原理框图

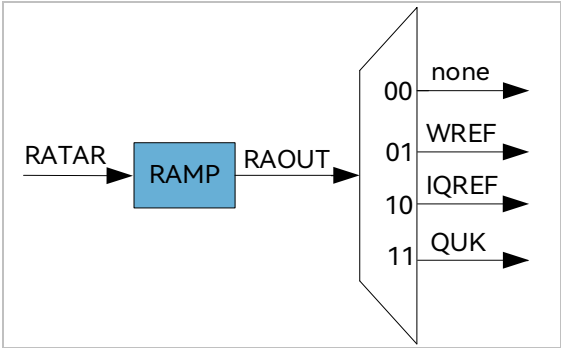


18.6 爬坡计算

配置 $\text{DRVx\_PTR}[\text{RAMP\_TRG}] = 1$ 使能一次爬坡计算；配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{RAMP\_AUTO}] = 1$ 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 $\text{NFOCx\_RAINC}/\text{NFOCx\_RADEC}$ 相加（减），否则输出爬坡目标值 NFOCx_RATAR 。

配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{RAMPMD}] = 00$ 选择不更新；配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{RAMPMD}] = 01$ 选择将爬坡值更新至 NFOCx_WREF ；配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{RAMPMD}] = 10$ 选择将爬坡值更新至 NFOCx_IQREF ；配置 $\text{DRVx\_FCR1}[\text{RAMPMD}] = 11$ 选择将爬坡值更新至 NFOCx_QUK 的高 16 位。

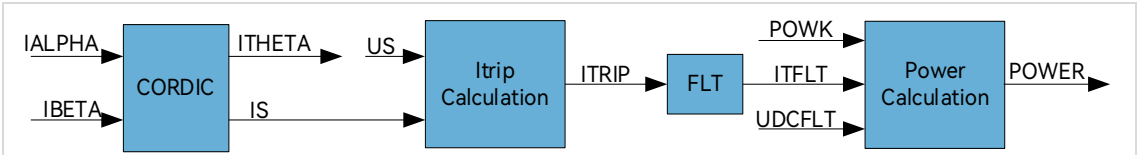
图 18-27 爬坡计算原理框图



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 $NFOCx\_POWER = (NFOCx\_ITFLT * NFOCx\_POWK2) * (NFOCx\_UDC * NFOCx\_POWK1)$ 。

图 18-28 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: Q10 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。



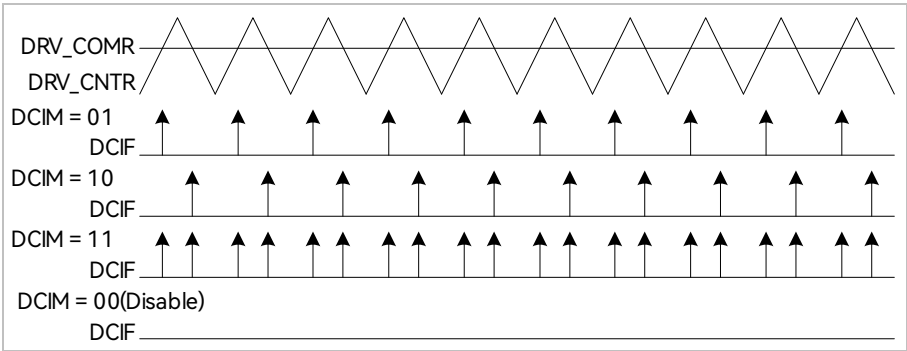
备注:
首次电流环解耦 PI 计算时，NFOCx_UDCLIM 作为分母，需初始化为 UDC 附近的数值。

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 18-29 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:

$$FGTHETA = FGTHETA + NFOCx_FGBASE * NFOCx_OMEFL2$$

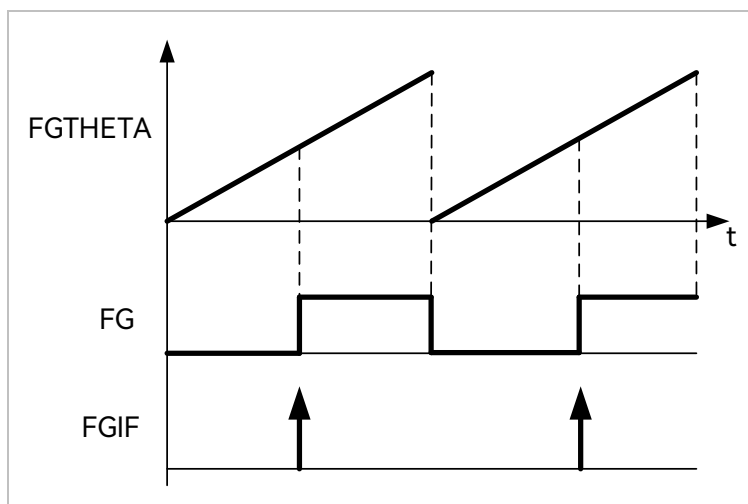
NFOCx_FGBASE 的计算公式为:

$$NFOCx_FGBASE = BASE\_FREQ * 32768 * 64 / 750000 * x$$

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。BASE_FREQ 是指电机最大转速对应的电频率(Hz)。

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 18-30 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。

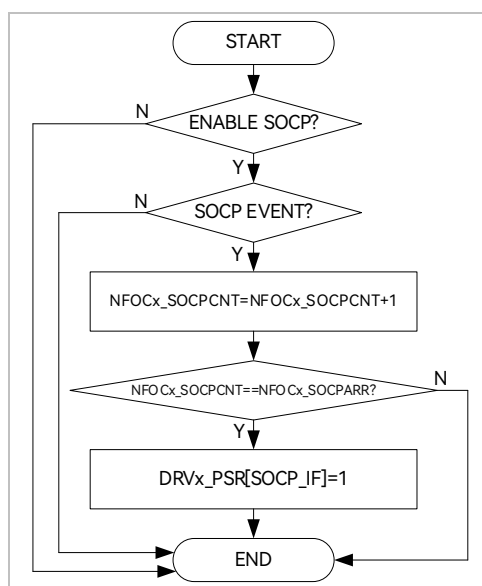
18.14.3 电机保护中断

18.14.3.1 软件过流保护

配置 DRVx_PTR[SOC_P_TRG] = 1 手动使能一次软件过流计算；配置 DRVx_PER[SOC_P_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_SOC_P，当 NFOCx_ITRIP > NFOCx_SOC_P 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_SOC_PARR。当软件过流事件发生时，软件过流保护计数值 NFOCx_SOC_PCNT 加 1。当 NFOCx_SOC_PCNT 等于 NFOCx_SOC_PARR 时，软件过流保护中断标志 DRVx_PSR[SOC_P_IF]置 1。

图 18-31 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。

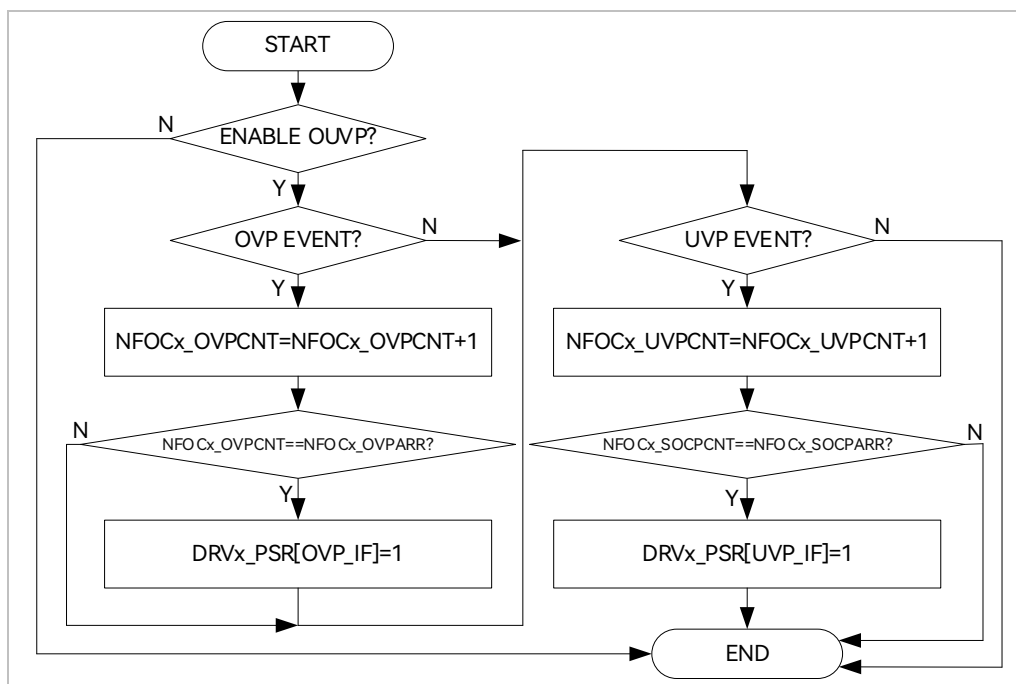
配置过压保护计数目标值 NFOCx_OVPARR。当过压事件发生时，过压保护计数值 NFOCx_OVPCNT 加 1。

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 18-32 过/欠压保护流程图



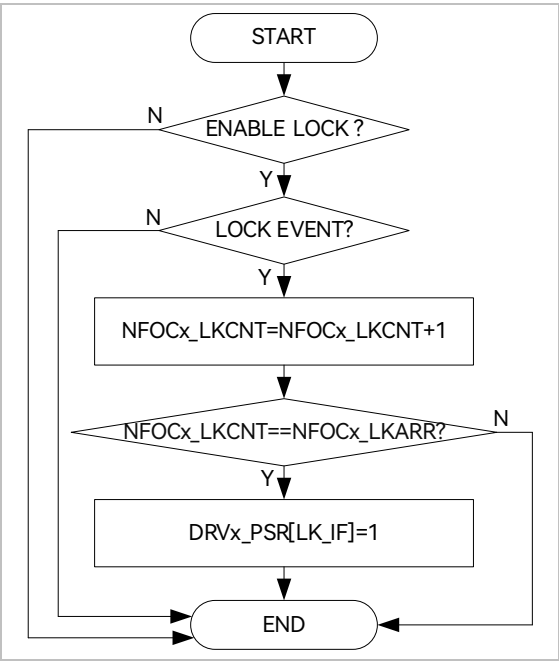
18.14.3.3 堵转保护

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 18-33 堵转保护流程图

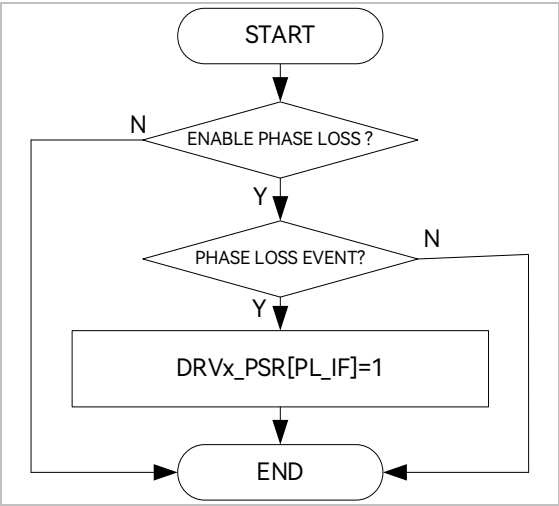


18.14.3.4 缺相保护

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 $NFOCx\_NCURR$ 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 $NFOCx\_NCURR$ ，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 18-34 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，峰昭科技将集成的寄存器分为 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 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）。 0: 不使能 1: 使能
[4]	THIE	TH 中断使能 中断使能后，电角度从 0x7FFF 到 0x8000 时，产生一次 TH 中断 0: 不使能 1: 使能
[3]	FGIE	FG 中断使能 中断使能后，FOC 驱动每转一圈(电周期)，产生一次 FG 中断 0: 不使能

		1: 使能
[2]	DCIP	产生 Driver 比较匹配中断的周期数 0: 每个载波周期产生比较匹配中断 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 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 00: 不产生中断 01: 计数器向上计数时产生中断 10: 计数器向下计数时产生中断 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 该位由硬件置 1。它由软件清 0。 0: 无事件发生 1: 计算完成异常中断产生
[4]	THIF	TH 中断标记 该位由硬件置 1。它由软件清 0。 0: 无事件发生 1: TH 中断产生
[3]	FGIF	FG 中断标记 该位由硬件置 1。它由软件清 0。 0: 无事件发生 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 该位由硬件置 1。它由软件清 0。 0: 无事件发生 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 Driver 对应占空比 = DRVx_CNTR / DRVx_ARR*100% 取值范围[0,16383]  备注: 只有在 DRVx_CR[DRVEN] = 1 时，才能写入 DRVx_CNTR

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 $f_{carrier} = f_{CLK} / (DRVx\_ARR * 2)$ 例: 48MHz 时钟下，DRVx_ARR = 1200，则载波频率 $f_{carrier} = 48M / (1200 * 2) = 20kHz$ 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 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。 匹配点对应的占空比 = DRVx_COMR / DRVx_ARR*100% 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

		该寄存器只可写，不可读 占空比 = $\text{DRVx\_DR} / \text{DRVx\_ARR} \times 100\%$ 取值范围[0,16383]  备注: 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

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	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 当 DRVx_CMPU1 > DRVx_CNTR 时输出为高 当 DRVx_CMPU1 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低  备注: 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

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 当 DRVx_CMPD1 ≥ DRVx_CNTR 时输出为高 当 DRVx_CMPD1 < DRVx_CNTR 时输出为低

		 备注: 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

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	B 相 DRVx_CNTR 上升比较值 当 DRVx_CMPU2 > DRVx_CNTR 时输出为高 当 DRVx_CMPU2 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低  备注: 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

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	B 相 DRVx_CNTR 下降比较值 当 DRVx_CMPD2 ≥ DRVx_CNTR 时输出为高 当 DRVx_CMPD2 < DRVx_CNTR 时输出为低  备注: 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

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	C 相 DRVx_CNTR 上升比较值 当 DRVx_CMPU3 > DRVx_CNTR 时输出为高 当 DRVx_CMPU3 ≤ DRVx_CNTR 时输出为低  备注: 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

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	C 相 DRVx_CNTR 下降比较值 当 $DRVx\_CMPD3 \geq DRVx\_CNTR$ 时输出为高 当 $DRVx\_CMPD3 < DRVx\_CNTR$ 时输出为低  备注: 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

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	0	-								

位	名称	描述
[31:14]	RSV	保留
[13]	UDC_DIS	禁止采样母线电压使能 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 0: 不使能 1: 使能
[12:6]	RSV	保留
[5]	DRVSYN_EN	双电机同步使能 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 0: 不使能 1: 使能 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。  备注: 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 0: 不使能 1: 使能

		 备注: 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 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。 0: 不使能 1: 使能  备注: - 使能此模式时，启动校准需先配置ME_CR[TRIG_MD]和双电阻模式，且配置CK_CR[DRV2CKEN] = 1，再配置DRV1_FCR2[OFFSET_EN]和DRV2_FCR2[OFFSET_EN] = 1，结束后将NFOC2_IBREF手动写至NFOC1_IBREF。然后配置CK_CR[DRV2CKEN] = 0。 - 当电机反转时，先配置ME_CR[TRIG_MD]和双电阻模式，且配置CK_CR[DRV2CKEN] = 1，再使能DRV1_CR[DDIR]和DRV2_CR[DDIR]。然后配置DRV1_FCR2[OFFSET_EN]和DRV2_FCR2[OFFSET_EN] = 1，基准校准后软件将NFOC1_IAREF和NFOC1_IBREF对调。然后配置CK_CR[DRV2CKEN] = 0。
[1]	UDC2_MAEN	母线电压采用从电机使能 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。 0: 不使能 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																DRVCTRDIR		DRVLMD		RSV				DRVUDMD		DRVUDRN	OCP_MOEMD	MOEMD		DRVMD	DDIR	DRVEN	DRVOE													
																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

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15]	DRVCNTRDIR	DRVx_CNTR 方向 0: 向上计数 1: 向下计数
[14:13]	DRVLDMD	DRVx_ARR 和 DRVx_CMR 更新模式 00: 不更新 01: 在更新 CMPx 的时候更新 DRVx_ARR 10: 在更新 CMPx 的时候更新 DRVx_ARR 和 DRVx_CMR, 但只更新一次, 更新后, DRVLDMD 清 0 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 00: 上溢, 下溢, 三角波模式下的 FOC 计算结束后 01: 上溢, 下溢 10: 下溢(DRVx_CR[DRVUDRN]需配置 1) 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 0: 下溢更新 DRVx_CMPDx, 上溢更新 DRVx_CMPUx 1: 下溢/上溢均更新 DRVx_CMPDx/Ux
[6]	OCP_MOEMD	过流保护中断 MOE 使能 发生 CMP4 过流保护事件会使 MOE 硬件清 0 0: 不使能 1: 使能
[5:4]	MOEMD	MOE 硬件清 0 和使能选择 发生 CMP3 过流保护事件会使 MOE 硬件清 0 和使能 00: MOE 不自动清 0 01: MOE 自动清 0 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 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 0: 三角波模式 1: 锯齿波模式
[2]	DDIR	输出方向(正反转) 0: 正转

		1: 反转  备注: 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
[1]	DRVEN	计数器使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	DRVOE	Driver 输出使能 0: 不使能 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 0: 不使能 1: 使能
[14]	LREV_EN	下桥预驱反相使能 0: 不使能 1: 使能
[13:8]	RSV	保留
[7]	MOE	主输出使能 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。母线过流保护产生时, 硬件自动清 0, 关闭输出。 0: 不使能, 输出来源于空闲电平 DRVx_OUT[OISUH]/DRVx_OUT[OISVH]/DRVx_OUT[OISWH]/DRVx_OUT[OISUL]/DRVx_OUT[OISVL]/DRVx_OUT[OISWL]。 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 参考 OISUH 描述
[4]	OISWH	W 相上桥的输出空闲电平 参考 OISUH 描述
[3]	OISVL	V 相下桥的输出空闲电平 参考 OISUH 描述
[2]	OISVH	V 相上桥的输出空闲电平 参考 OISUH 描述
[1]	OISUL	U 相下桥的输出空闲电平 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 0: 低电平 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 0: 正常输出 1: 反向互补输出
[10]	WLP	W 相下管极性控制 0: 正常输出 1: 反向互补输出
[9]	VHP	V 相上管极性控制 0: 正常输出 1: 反向互补输出
[8]	VLP	V 相下管极性控制 0: 正常输出 1: 反向互补输出

[7]	UHP	U 相上管极性控制 0: 正常输出 1: 反向互补输出
[6]	ULP	U 相下管极性控制 0: 正常输出 1: 反向互补输出
[5]	WHE	W 相上管输出使能 0: 不使能 1: 使能
[4]	WLE	W 相下管输出使能 0: 不使能 1: 使能
[3]	VHE	V 相上管输出使能 0: 不使能 1: 使能
[2]	VLE	V 相下管输出使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	UHE	U 相上管输出使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	ULE	U 相下管输出使能 0: 不使能 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_CMRS	DRVx_CMRS 影子寄存器

18.16.2.6 DRVx_FCR0 (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	FOC 跳过计算模式选择，用于特殊应用节省时间 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 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 011: 跳过观测器到 NFOCx_EALPHA/NFOCx_EBETA，从速度开始计算，软件填 NFOCx_OEMGA 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 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 110: 只计算电流电压 ia/ib/ic 和 UA/UB/UC，其他跳过 111: 跳过反电动势和速度估算，从 HFI/LO/OMEGA 启动开始计算
[12]	UALBE_SEL	NFOCx_UDCALP/NFOCx_UDCBET 的计算源选择 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。 0: NFOCx_UALPHA 1: NFOCx_UALORG
[11]	LO_EN	低速观测器使能 0: 不使能 1: 使能
[10:9]	ITPOWMD	功率计算模式

		00: 不计算 NFOCx_ITRIP、NFOCx_POWER 和 NFOCx_IS 01: 只计算 NFOCx_POWER, 用于手动填 ADC 采样得到 NFOCx_ITRIP 10: NFOCx_ITRIP = NFOCx_US * NFOCx_IS, 同时计算 NFOCx_POWER, NFOCx_IS 由 NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 得到 11: NFOCx_ITRIP = NFOCx_US * NFOCx_IS, 同时计算 NFOCx_POWER, NFOCx_IS 由 NFOCx_IDFLT 和 NFOCx_IQFLT 得到
[8]	RSV	保留
[7]	NVQDIS	q 轴 PI 禁止使能 0: 不禁止 1: 禁止
[6]	NVDDIS	d 轴 PI 禁止使能 0: 不禁止 1: 禁止
[5:1]	NCSAMMD	电流采样模式选择 00000: 单电阻 00001: 双电阻 00010: 三电阻 00011: 新单电阻 00100: 旧单电阻忽略模式 00110: 新三电阻, 动态采样点 00111: 新单电阻模式 2 01000: 单电阻动态前后采样 01001: 双电阻双 ADC 采样 01010: 新单电阻模式 3, U/V/W 都开窗, 轮流采样 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 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 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  备注: 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、双电阻双 ADC 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。
[0]	NCALEN	FOC 计算使能

		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 0: 不使能 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_EN		CT_SEL		ANGMAMD		OME_ABS_EN		FG_IDLE_LEVEL		FG_CALEN		FG_OE					
																-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[15:14]	WPIAUTO	外环 PI 自动计算使能 00: 不使能 01: 一个载波周期计算一次 10: 一个 Systick 周期计算一次 11: 无意义
[13]	WPILDEN	IQREF 自动装载使能 使能后，NFOCx_WUK 的结果自动更新到 NFOCx_IQREF 0: 不使能 1: 使能
[12]	FG_MD	FG 计数时钟选择 0: 750kHz 计数 1: 48MHz 计数
[11:10]	WPIMD	外环选择 00: 用户手动填 NFOCx_WFDB 01: 速度环 10: 电压环 11: 功率环
[9]	RAMP_AUTO	爬坡自动计算使能 使能后，一个 Systick 周期计算一次 0: 不使能

		1: 使能
[8:7]	RAMPMD	爬坡值自动更新模式选择 00: 不自动更新 01: 自动更新到 NFOCx_WREF 10: 自动更新到 NFOCx_IQREF 11: 自动更新到 NFOCx_QUK[31:16]  备注: 自动更新需考虑关闭原来环路的自动更新, 例如 DRVx_FCR1[WPILDEN]
[6]	OME_STA_EN	Omega 启动使能 0: 不使能 1: 使能
[5]	CT_SEL	FOC 计算时机选择 0: Driver 计数器上溢点 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 使能后, NFOCx_THETA 不再来源于 NFOCx_OTHETA 0: 不使能 1: 使能
[3]	OME_ABS_EN	估算角度允许反转使能 使能后, 估算角度允许反转 0: 不使能 1: 使能
[2]	FG_IDLE_LEVEL	FG 初始电平 0: 低电平 1: 高电平
[1]	FG_CALEN	FG 计算使能 当 DRVx_FCR1[FG_OE] = 1 时, 若此位置 1, 则 FG 自动更新 0: 不使能 1: 使能
[0]	FG_OE	FG 输出使能 0: 不使能 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 0: UD 为正 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 此位由软件置 1，硬件清 0。 0: 不使能 1: 使能
[13]	FWEAK_MD	弱磁模式选择 0: 模式 0 1: 模式 1
[12]	FWEAK_EN	弱磁使能 0: 不使能 1: 使能
[11]	RSV	保留
[10]	HFI_ST1	高频电流取反标记位 0: 未取反 1: 取反
[9]	OMESTA_MD	OMEGA 启动切换方式 0: NFOCx_ETHERTA 的积分来源为 NFOCx_THETA 1: NFOCx_ETHERTA 的积分来源为 NFOCx_ETHERTA
[8]	NSEG5	5 段式 SVPWM 使能 0: 不使能 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 0: 选择观测器的速度进行后续的角度计算 1: 选择 HFI 或 LO 计算的速度  备注: 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
[2]	HFI_CAL_EN	高频注入（HFI）使能 使能后，自动进行 atan 和 PI 计算 0: 不使能 1: 使能
[1]	HFI_TOG_EN	高频注入电压自动取反使能 0: 不使能 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 0: 不使能 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0

位	名称	描述
[31:15]	RSV	保留
[14]	NOVMDL	过调制使能 0: 不使能 1: 使能
[13:12]	DEL_MD	PLL 角度计算模式 00: atan

		01: sincos 10: sincos 后 $\Delta\theta$ /EMF 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 0: 不使能 1: 使能
[0]	SAMPM_EN	采样点手动使能 0: 不使能 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

位	名称	描述
[31:14]	RSV	保留
[13]	WPI_CAL	外环计算标记 0: 不执行外环计算 1: 执行外环计算  备注: 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 0: 不使能 1: 使能
[10:1]	RSV	保留
[0]	UDQ_LPF_EN	UD、UQ 低通滤波器使能

		0: 不使能 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		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ANGFU_MD		DTC_EN		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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 00: HFI 角度 01: 融合角度 1x: SMO/AO/FO 角度
[10]	DTC_EN	死区补偿使能 0: 不使能 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 00: 每个载波中断 01: 每 2 个载波中断 10: 每 4 个载波中断 11: 每 8 个载波中断
[6:5]	UABC_SEL	采样与采样源选择 00: 不采样, 使用 UALPHA / BETA 和 UDC 计算的值更新到 UDCALPHA / BETA 01: 采样, 使用 UALPHA / BETA 和 UDC 计算的值更新到 UDCALPHA / BETA 10: 采样, 使用没有速度补偿的值更新到 UDCALPHA / BETA 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

		0: 不使能 1: 使能
[3]	ANGFU_EN	角度融合使能 0: 不使能 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 0: NFOCx_ID / NFOCx_IQ 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 0: 不使能 1: 使能
[0]	LUTEN_N	Sine/Cosine 计算查表法使能 0: 查表法 1: CORDIC

18.16.2.12 DRVx_FCR6 (CSR: 0x54E/0x58E) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSV																					CVD_SEL	CVD_EN	ESTU_SEL			ESTID_SEL		MFP_MD		EST_MD	
																					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]	CVD_SEL	复矢量 QUK_ERR, DUK_ERR 选择 0: QUK_ERR = QUK_FIN - QUK_LIMIT, DUK_ERR = DUK_FIN - DUK_LIMIT 1: QUK_ERR = QUK_FIN - NFOCx_CVQULO, DUK_ERR = DUK_FIN - NFOCx_CVDULO  备注: > QUK_ERR: 解耦控制器q轴电压输出差值 > QUK_FIN: 解耦控制器q轴电压无限幅时的输出 > QUK_LIMIT: 解耦控制器q轴电压限幅后的输出 > DUK_ERR: 解耦控制器d轴电压输出差值

		> DUK_FIN: 解耦控制器d轴电压未限幅时的输出 > DUK_LIMIT: 解耦控制器d轴电压限幅后的输出 > NFOCX_CVQULO, NFOCX_CVDULO为静态寄存器，需要软件更新
[9]	CVD_EN	电流环解耦使能 0: 不使能 1: 使能
[8:6]	ESTU_SEL	观测器读取 NFOCx_UDCALP / NFOCx_UDCBET 时的 Q 格式选择（NFO、AFO、CFO 使用） 000: Q15 001: Q14 010: Q13 011: Q12 100: Q11 其它: Q10  备注: NFOCx_UDCALP 的值没有影响
[5:4]	ESTID_SEL	NFO、AFO、CFO 的 ID 来源 00: NFOCx_ID 01: NFOCx_IDREF 1x: NFOCx_IDFLT
[3]	MFP_MD	SMO 模式选择 0: 旧模式，NFOCx_ZALPHA / NFOCx_ZBETA + NFOCx_EALPHA / NFOCx_EBETA 1: 新模式，NFOCx_ZALPHA / NFOCx_ZBETA + 0 AO: 高速电机模式，会影响低速性能 NFO / CFO: 滤波使能
[2:0]	EST_MD	观测器选择 000: SMO 001: AO 010: CFO 011: NFO 100: AFO

18.16.2.13 DRVx_FCR7 (CSR: 0x54F/0x58F) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSV																CVKP_SEL		CVKI1_SEL		CVKI2_SEL		CVKO_SEL		RSV					CBA_MTSAM		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[31:16]	RSV	保留
[15:14]	CVKP_SEL	解耦控制器 KP Q 格式选择 00: Q14 01: Q13 10: Q12 11: Q10
[13:12]	CVKI1_SEL	解耦控制器 KI1 Q 格式选择 00: Q14 01: Q13 10: Q12 11: Q10
[11:10]	CVKI2_SEL	解耦控制器 KI2 Q 格式选择 00: Q14 01: Q13 10: Q12 11: Q10
[9:8]	CVKO_SEL	解耦控制器其他系数 Q 格式选择 00: Q14 01: Q13 10: Q12 11: Q11
[7:3]	RSV	保留
[2:0]	CBA_MTSAM	三电阻手动模式下的电流采样通道选择 001: 先采样 ib, 后采样 ia 010: 先采样 ia, 后采样 ic 011: 先采样 ia, 后采样 ib 100: 先采样 ic, 后采样 ib 101: 先采样 ib, 后采样 ic

		110: 先采样 ic, 后采样 ia 000/111: 保留
		备注: CBA_MTSAM 立刻生效, 没有缓存, 所以不能在采样和计算 ia/ib/ic 之间更新

18.16.2.14 DRVx_DTR (CSR: 0x553/0x593) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_DTR							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	描述
[31:8]	RSV	保留
[7:0]	DRVx_DTR	死区时间设置 死区时间 = $DRVx\_DTR \cdot T_{CLK}$ 例: 48MHz 时钟下, $DRVx\_DTR = 12$, 则死区时间 = $12 \cdot 20.83ns = 250ns$  备注: 如果设定 $DRVx\_DTR = 0$, 则不插入死区

18.16.2.15 DRVx_ARRSH (CSR: 0x55F/0x59F) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_ARRSH															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_ARRSH	DRVx_ARR 影子寄存器

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 双/三电阻模式下: 最小采样脉宽 $T_S = \text{采样窗口 } T_{\text{window}} + \text{死区时间 } T_{DT}$ 取值范围[0,32767] 例: $T_{\text{window}} = 1\mu\text{s}$, $T_{DT} = 1\mu\text{s}$, $T_S = 2\mu\text{s}$, 载波周期为 $62.5\mu\text{s}$, 则单电阻采样模式下 $NFOCx\_TS = (1 + 1)/62.5 \times 65535 = 2097$

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 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。 取值范围[0,1023] 例: 下桥导通时间小于 $1\mu\text{s}$ 不采样, $NFOCx\_NTS = 1000\text{ns}/20.8\text{ns} = 48$

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_TDLY	电流采样触发时机 当 NFOCx_TDLY = 0，默认在以下时刻进行电流采样 单电阻采样模式: 死区与有效矢量的中点 双/三电阻采样模式: 矢量 000 中点(Driver 计数器为 0) 取值范围[-32768,32767] 单电阻采样模式: 如 NFOCx_TDLY = 5，则延迟 5*T = 104ns; NFOCx_TDLY = 0xFFFF (补码) 或 NFOCx_TDLY = -5，则提前 104ns; 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_TDLYD	单电阻动态前后采样时机 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	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 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_TRG1	NOFCx_I1 采样点对应 DRVx_DR 值 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_DLYCNT	FOC 计算延时值 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	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 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 取值范围[-32768,32767]

18.16.3.15 NFOCx_OSSUM (0x30000380/0x30010380) (x = 1/2)

[illegible]

位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_OSSUM	电流偏置校准累加值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.3.16 NFOCx_CSAM (0x3000038E/ 0x3001038E) (x = 1/2)

[illegible]

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	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_UDC	母线电压采样值 取值范围[0,32767] 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 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																															
0	0	0	0	0	0	0	0	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	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
[15:0]	NFOCx_UDCD	d 轴 UDC 值 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
[15:0]	NFOCx_UDCQ	q 轴 UDC 值 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_UBETA	β轴电压最终值 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 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 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 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 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 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 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															

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[15:0]		NFOCx_OMUNIT	过调制放大系数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_USOMEK	端电压补偿量计算系数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_UA	A 相端电压采样值 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															

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_UB	B 相端电压采样值 取值范围[-32768,32767]

18.16.5.4 NFOCx_UC (0x30000262/0x30010262) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_UC															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_UC	C 相端电压采样值 取值范围[-32768,32767]

18.16.5.5 NFOCx_USK (0x30000264/0x30010264) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_USK															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_USK	端电压采样值系数 取值范围[-32768,32767]

18.16.5.6 NFOCx_USOUS (0x30000266/0x30010266) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_USOUS															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_USOUS	幅值补偿系数 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 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 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	

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 取值范围[-32768,32767]

18.16.6 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	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 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	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 取值范围[0,32767] 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 取值范围[0,32767] 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 取值范围[0,32767] 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 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 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	0

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_ID	d 轴电流 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 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 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																															
0	0	0	0	0	0	0	0	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	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
[15:0]	NFOCx_IDK	ID 滤波系数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	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
[15:0]	NFOCx_IQK	IQ 滤波系数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_IESTA	α轴估算电流 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_IESTB	β轴估算电流 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） 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	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_ITREF	母线电流基准 取值范围[0,32767] 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 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 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 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） 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 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 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 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_DKP	d 轴电流 PI KP 参数 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式

[13:0]	NFOCx_DKI	d 轴电流 PI KI 参数 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 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 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 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 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 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

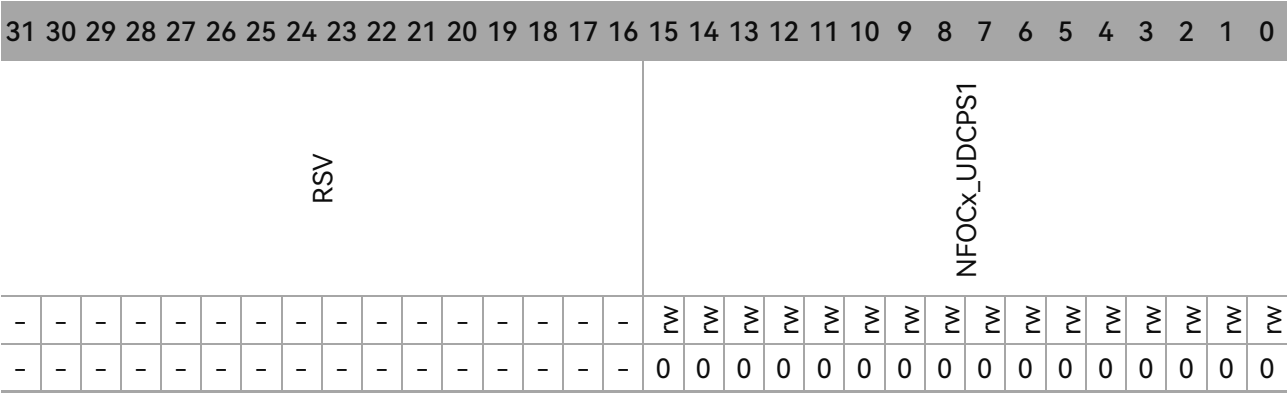
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_IDREF	给定 d 轴电流值 取值范围[-32768,32767]

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	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

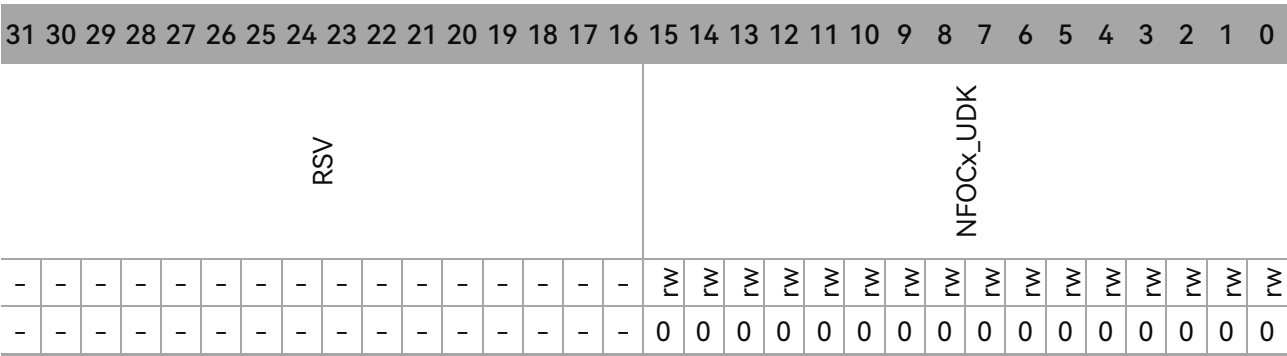
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UDCPS	d 轴的电压补偿值 取值范围[-32768,32767]

18.16.8.10 NFOCx_UDCPS1 (0x300003FC/0x300103FC) (x = 1/2)



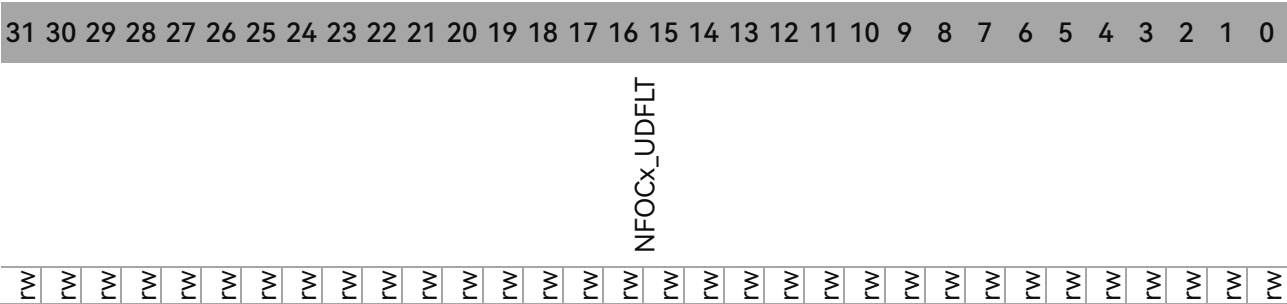
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UDCPS1	d 轴的电压补偿值 1 取值范围[-32768,32767]

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 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													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	W	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
[15:14]	PI_QSEL	PI 参数选择 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_QKP	q 轴电流 PI KP 参数 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													
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	W	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
[15:14]	PI_QSEL	PI 参数选择 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式

		11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_QKI	q 轴电流 PI KI 参数 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_QEK	q 轴电流 PI EK 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_QEK1	q 轴电流 PI EK1 取值范围[-32768,32767]

18.16.9.7 NFOCx_QUK (0x3000012C/0x3001012C) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	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_QUK																															
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 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

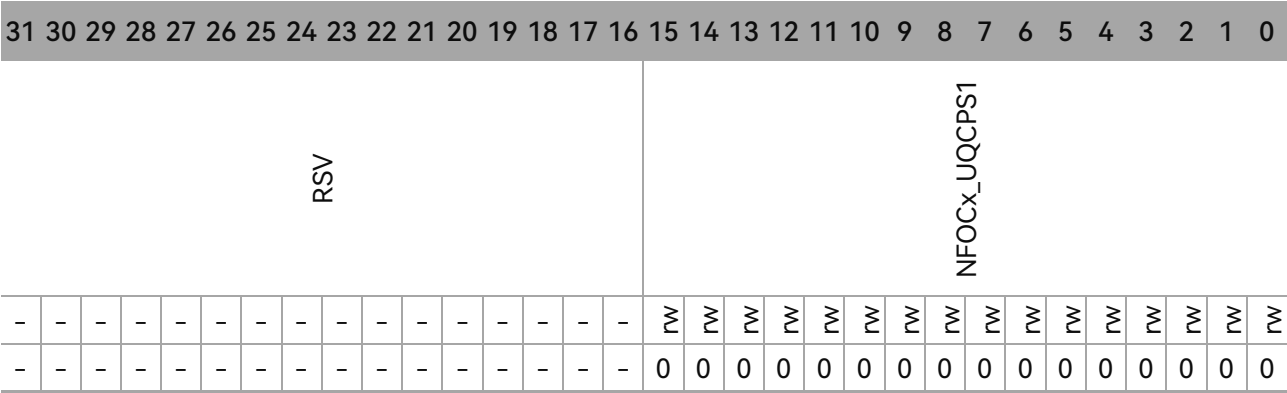
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_IQREF	给定 q 轴电流值 取值范围[-32768,32767]

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	

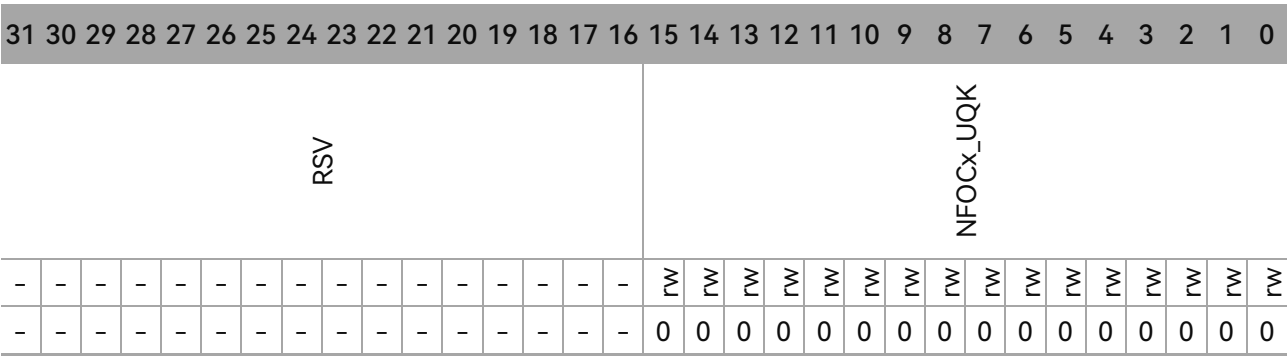
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UQCPS	q 轴的电压补偿值 取值范围[-32768,32767]

18.16.9.10 NFOCx_UQCPS1 (0x300003FE/0x300103FE) (x = 1/2)



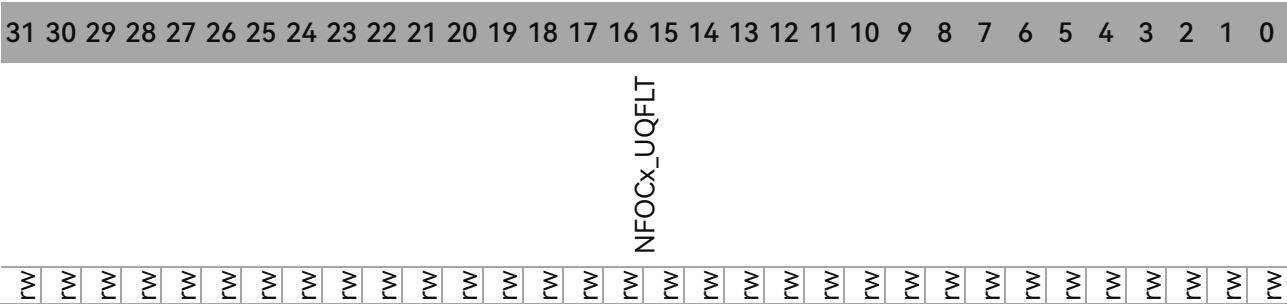
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UQCPS1	q 轴的电压补偿值 1 取值范围[-32768,32767]

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 取值范围[-32768,32767]

18.16.9.12 NFOCx_UQFLT (0x30000378/0x30010378) (x = 1/2)



[illegible]

位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_UQFLT	UQ 滤波值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.9.13 NFOCx_UQFIN (0x3000021E/0x3001021E) (x = 1/2)

[illegible]

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UQFIN	UQ 最终值 取值范围[-32768,32767]

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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_FWKP	弱磁 PI 的 KP 参数 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式

		11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_FWKI	弱磁 PI 的 KI 参数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

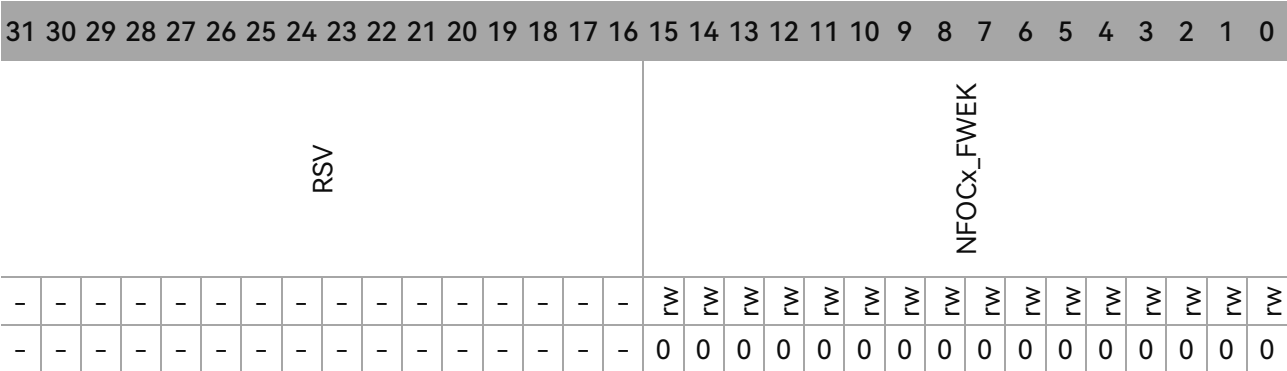
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FWMAX	弱磁 PI 上限值 取值范围[-32768,32767]

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

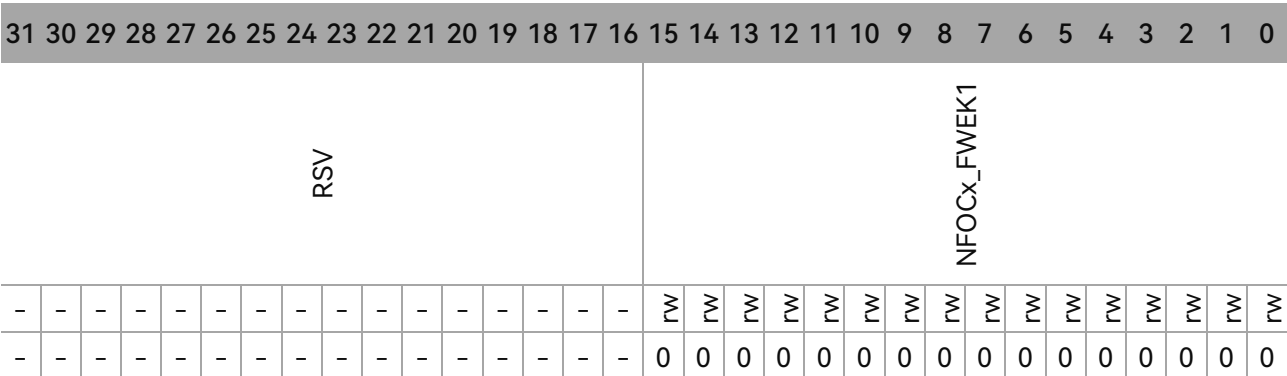
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FWMIN	弱磁 PI 下限值 取值范围[-32768,32767]

18.16.10.5 NFOCx_FWEK (0x30000188/0x30010188) (x = 1/2)



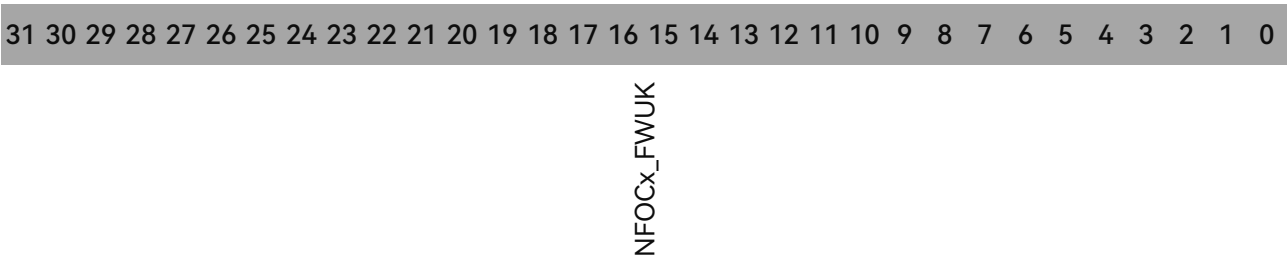
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FWEK	弱磁 PI EK 取值范围[-32768,32767]

18.16.10.6 NFOCx_FWEK1 (0x3000018A/0x3001018A) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FWEK1	弱磁 PI EK1 取值范围[-32768,32767]

18.16.10.7 NFOCx_FWUK (0x3000018C/0x3001018C) (x = 1/2)



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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_HKP	高频注入 PI KP 参数 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式

		11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_HKI	高频注入 PI KI 参数 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

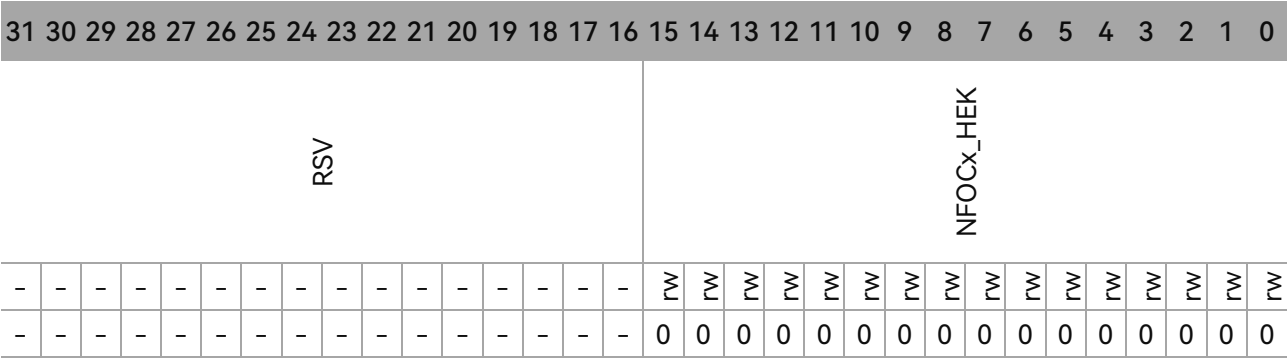
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_HMAX	高频注入 PI 上限值 取值范围[-32768,32767]

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

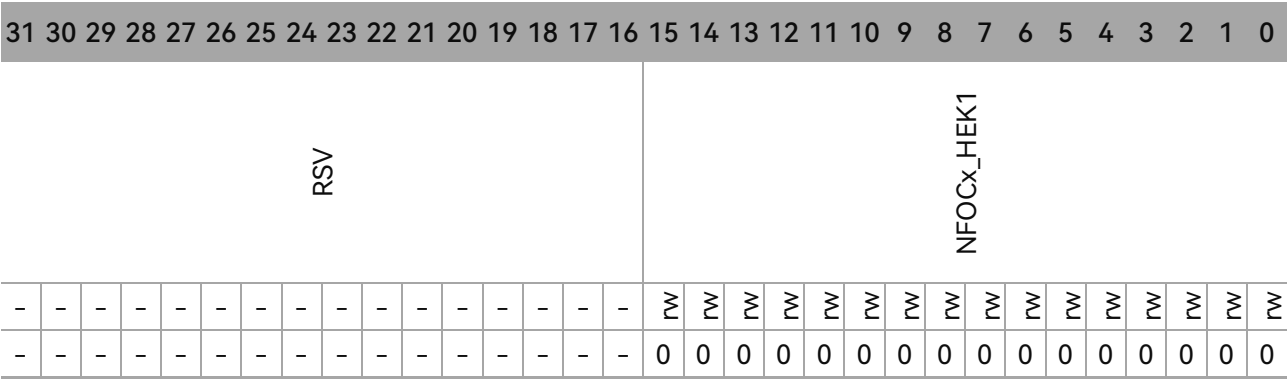
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_HMIN	高频注入 PI 下限值 取值范围[-32768,32767]

18.16.12.5 NFOCx_HEK (0x300000E8/0x300100E8) (x = 1/2)



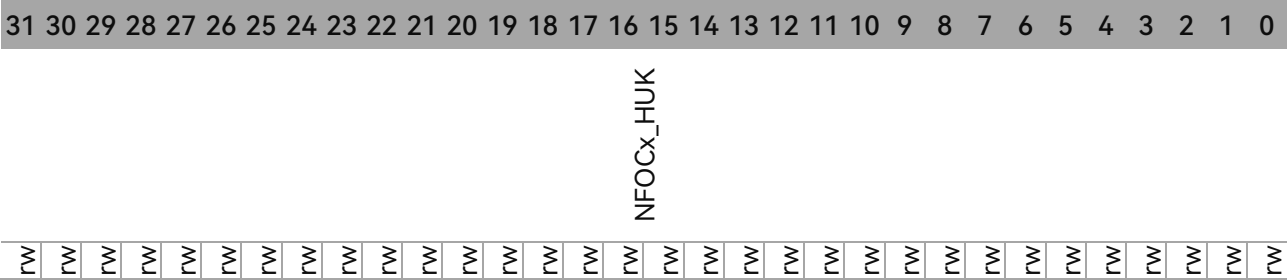
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_HEK	高频注入 PI EK 取值范围[-32768,32767]

18.16.12.6 NFOCx_HEK1 (0x300000EA/0x300100EA) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_HEK1	高频注入 PI EK1 取值范围[-32768,32767]

18.16.12.7 NFOCx_HUK (0x300000EC/0x300100EC) (x = 1/2)



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） 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_EKP	观测器 PI KP 参数 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式

[13:0]	NFOCx_EKI	观测器 PI KI 参数 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	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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_EEK	观测器 PI EK 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_EEK1	观测器 PI EK1 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																															
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	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	0	0

位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_EUK	观测器 PI 输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_KSLIDE	SMO 及磁链观测器系数 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_MAXERR	SMO 限幅 取值范围[-32768,32767]

18.16.14.3 NFOCx_MERRRE (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																NFOCx_MERRRE															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_MERRRE	SMO 限幅倒数 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 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 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															

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[15:0]	NFOCx_LK3	低速观测器系数 3 取值范围[-32768,32767]

18.16.15.4 NFOCx_LK4 (0x300001F2/0x300101F2) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_LK4															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LK4	低速观测器系数 4 取值范围[-32768,32767]

18.16.15.5 NFOCx_LK5 (0x300001F4/0x300101F4) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_LK5															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LK5	低速观测器系数 5 取值范围[-32768,32767]

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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	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_AFMIN	全阶磁链观测器 PI 下限值 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															

[illegible]

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_AFEK	全阶磁链观测器 PI EK 取值范围[-32768,32767]

18.16.16.6 NFOCx AFEK1 (0x300000CA/0x300100CA) (x = 1/2)

[illegible]

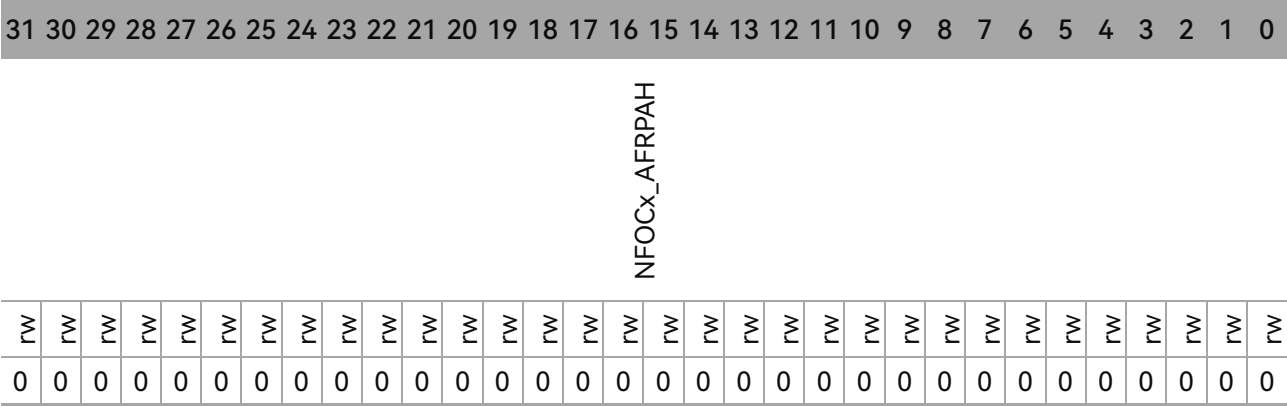
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_AFEK1	全阶磁链观测器 PI EK1 取值范围[-32768,32767]

18.16.16.7 NFOCx_AFUK (0x300000CC/0x300100CC) (x = 1/2)

[illegible]

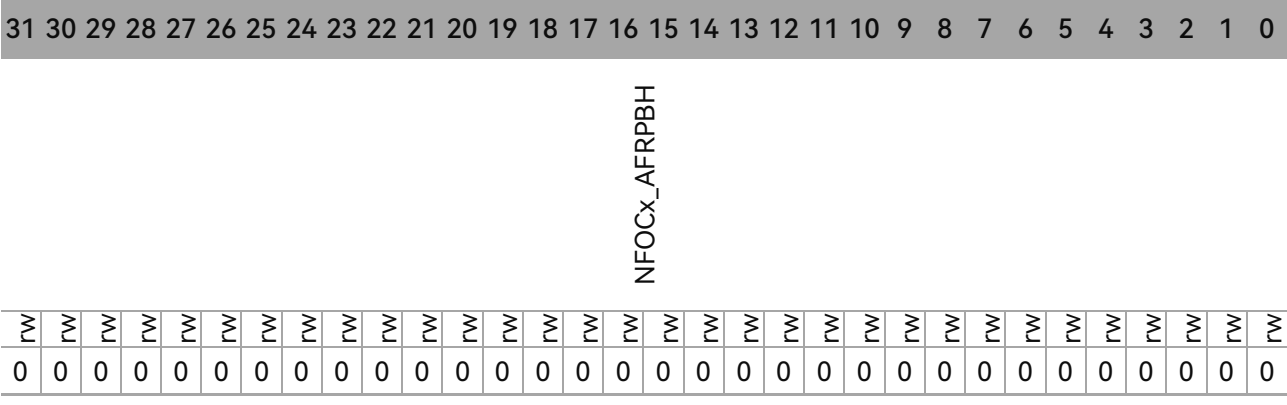
位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_AFUK	全阶磁链观测器 PI UK 取值范围[-2147483648,2147483647]]

18.16.16.8 NFOCx_AFRPAH (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2)



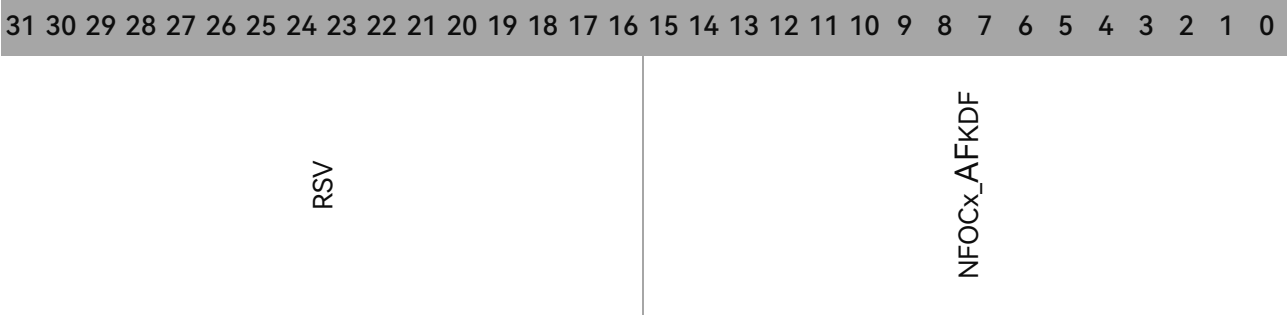
位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_AFRPAH	全阶磁链观测器估算α轴磁链 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.16.9 NFOCx_AFRPBH (0x30000174/0x30010174) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_AFRPBH	全阶磁链观测器估算β轴磁链 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.16.10 NFOCx_AFKDF (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2)



-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[15:0]	NFOCx_AFKDF	AFO 计算参数 取值范围[-32768,32767]

18.16.16.11 NFOCx_AFKAF (0x3000017E/0x3001017E) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_AFKAF															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_AFKAF	AFO 计算参数 取值范围[-32768,32767]

18.16.16.12 NFOCx_FEK5 (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																																		
NFOCx_FEK5																																		
≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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_FEK5	全阶磁链观测器参数 5 取值范围[-2147483648,2147483647]

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_FEK6	磁链观测器系数 6 取值范围[-32768,32767]

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_FEK7	磁链观测器系数 7 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FEK8	磁链观测器系数 8 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

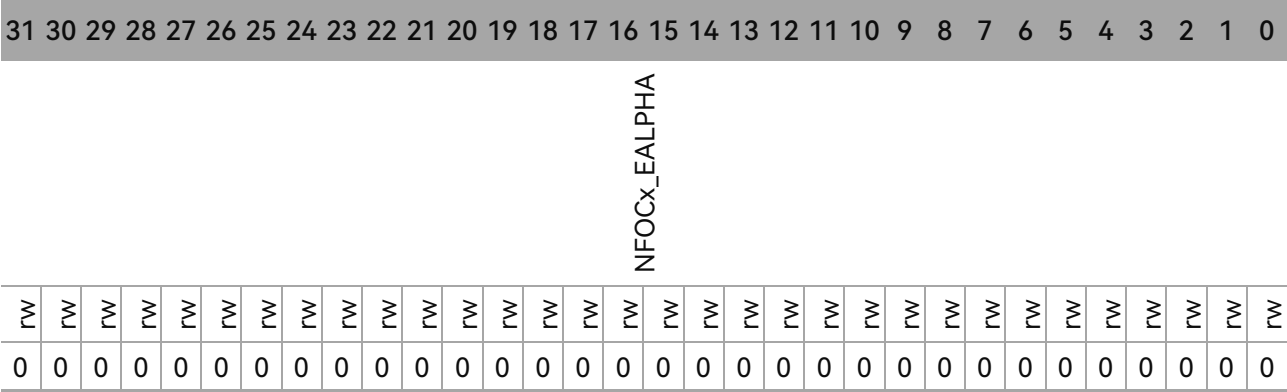
NFOCx_AFTHE

⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
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	0

位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_AFTHE	AFO 估算角度 取值范围[-2147483648,2147483647]

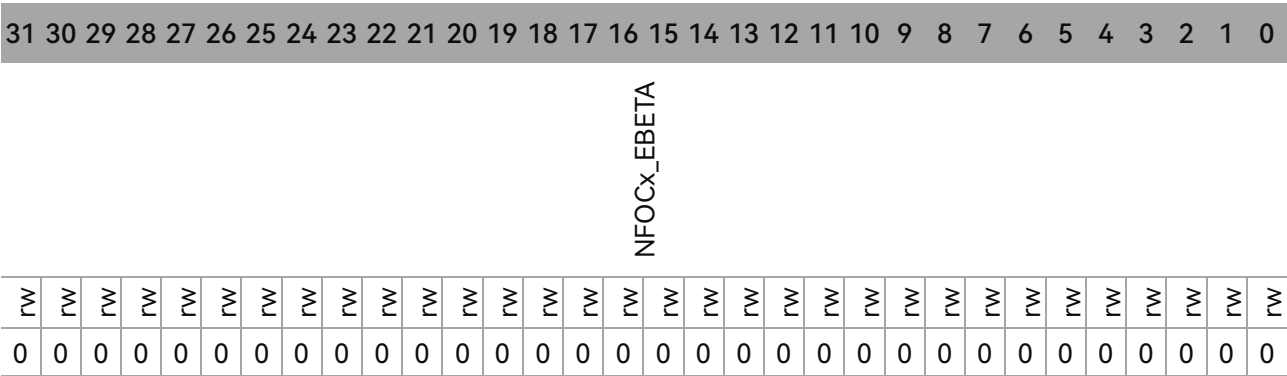
18.16.17 速度与角度寄存器

18.16.17.1 NFOCx_EALPHA (0x3000015C/0x3001015C) (x = 1/2)



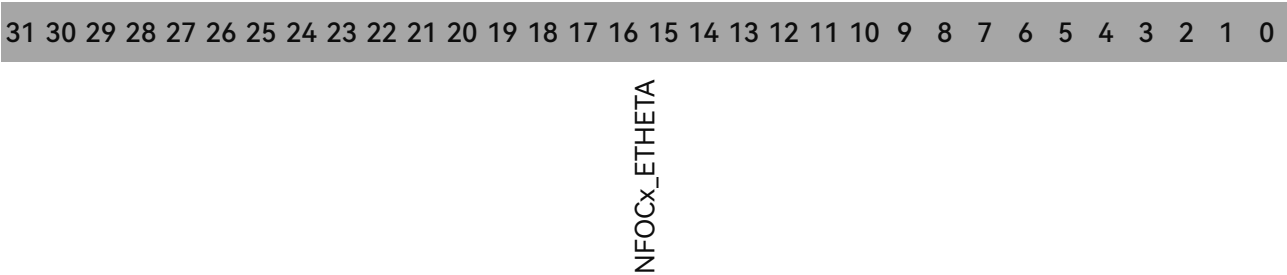
位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_EALPHA	观测器估算α轴反电动势 取值范围[-2147483648,2147483647]

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 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 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 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 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_FTCK	反馈角度动态补偿系数，Q8 格式 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.9 NFOCx_FGBASE (0x300001D8/0x300101D8) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_FGBASE															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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

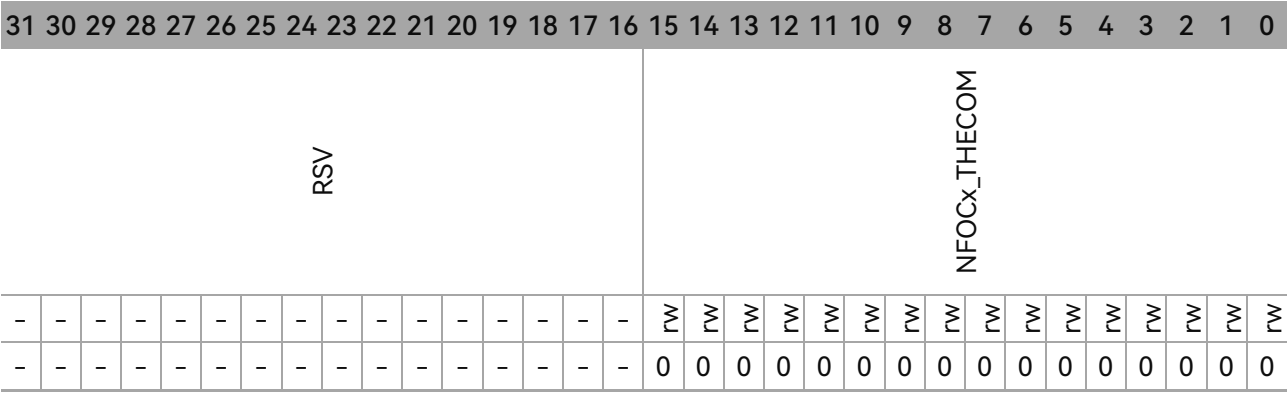
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FGBASE	FG 计算速度基准 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.10 NFOCx_OMEMI2 (0x300001A2/0x300101A2) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_OMEM12															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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

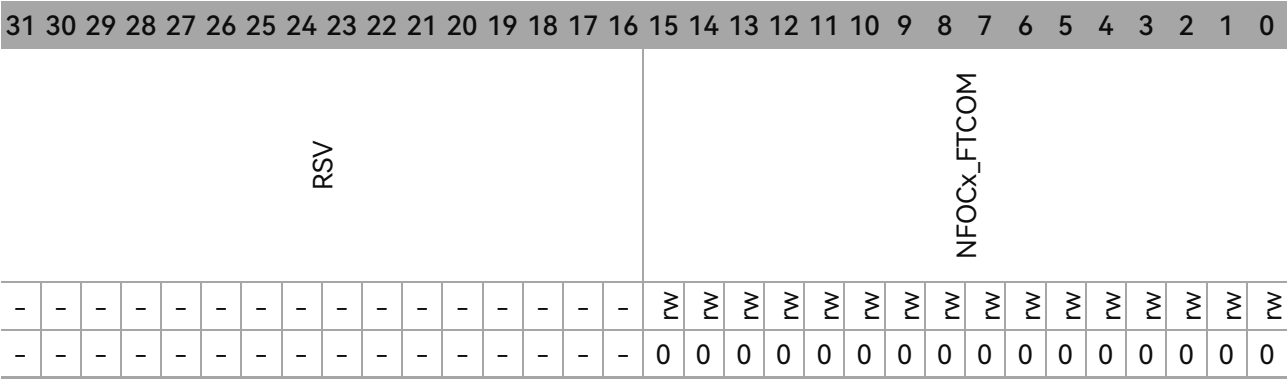
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_OMEMI2	NFOCx_KLPF 对应的最小速度 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.11 NFOCx_THECOM (0x300001A4/0x300101A4) (x = 1/2)



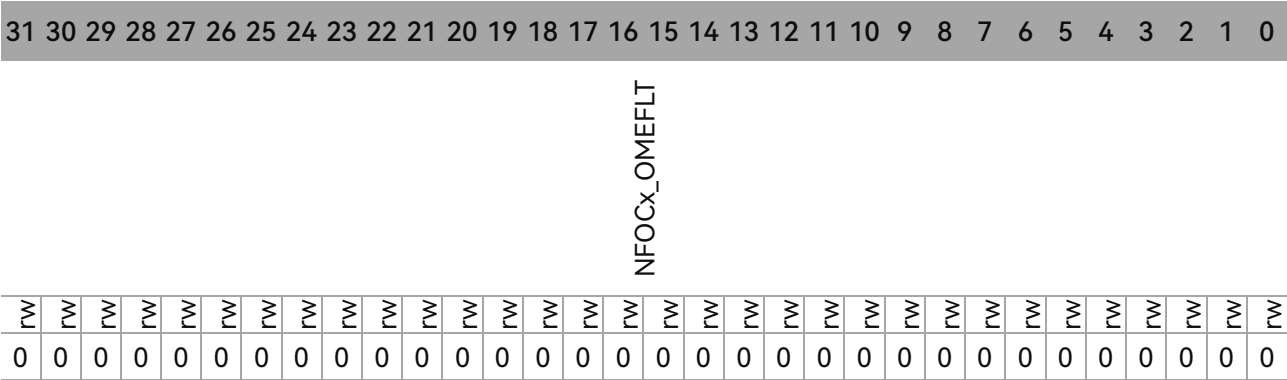
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_THECOM	输出角度的静态补偿角 取值范围[-32768,32767]  备注: 若对观测器估算角度 NFOCx_ETHERA 做补偿, 请填写 NFOCx_FTCOM

18.16.17.12 NFOCx_FTCOM (0x300001A6/0x300101A6) (x = 1/2)



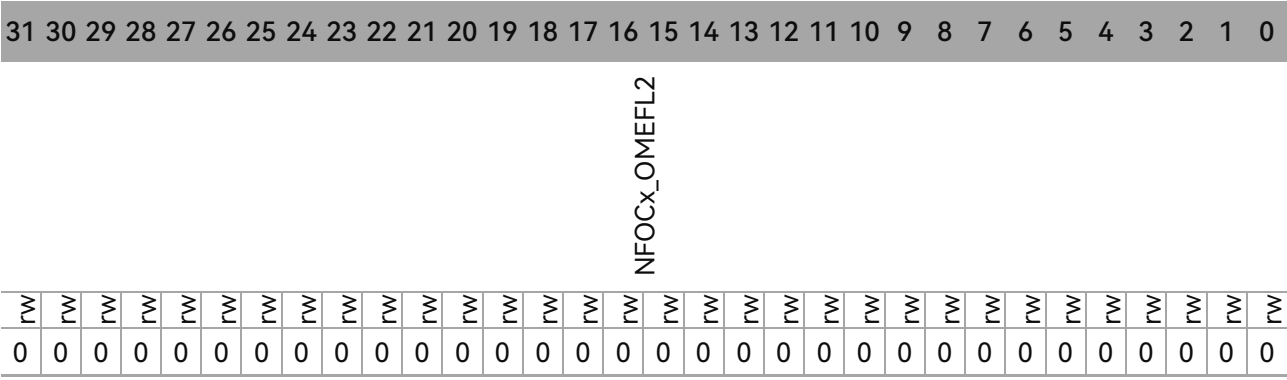
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FTCOM	反馈角度的静态补偿角 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.13 NFOCx_OMEFLT (0x3000020C/0x3001020C) (x = 1/2)



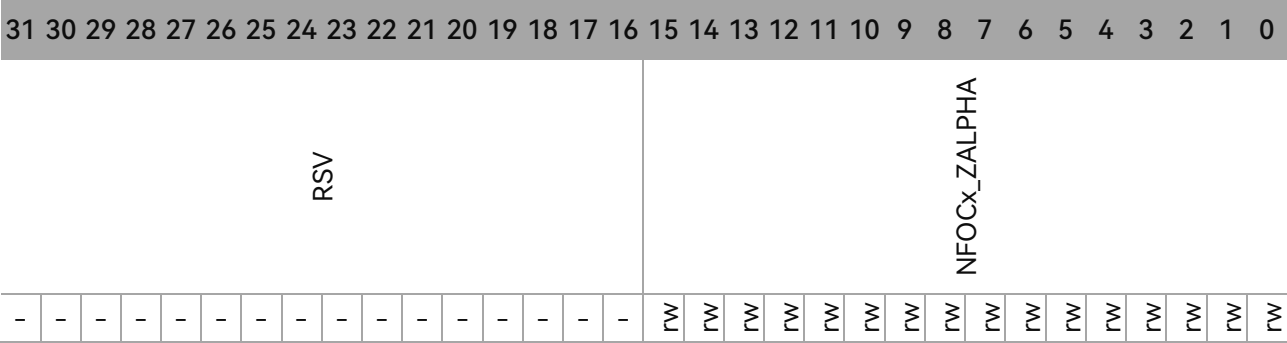
位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_OMEFLT	OMEGA 一级滤波值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.17.14 NFOCx_OMEFL2 (0x30000210/0x30010210) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_OMEFL2	OMEGA 二级滤波值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.17.15 NFOCx_ZALPHA (0x30000214/0x30010214) (x=1/2)



-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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 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

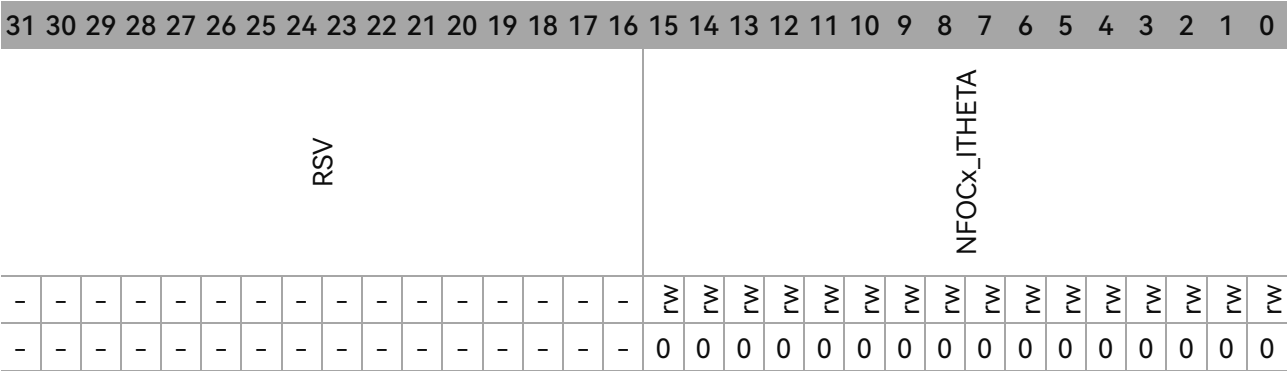
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FTCPS	计算得到的动态补偿角 NFOCx_FTCPS = NFOCx_FTCK * NFOCx_OMEFL2 * NFOCx_FBASE 取值范围[-32768,32767]

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

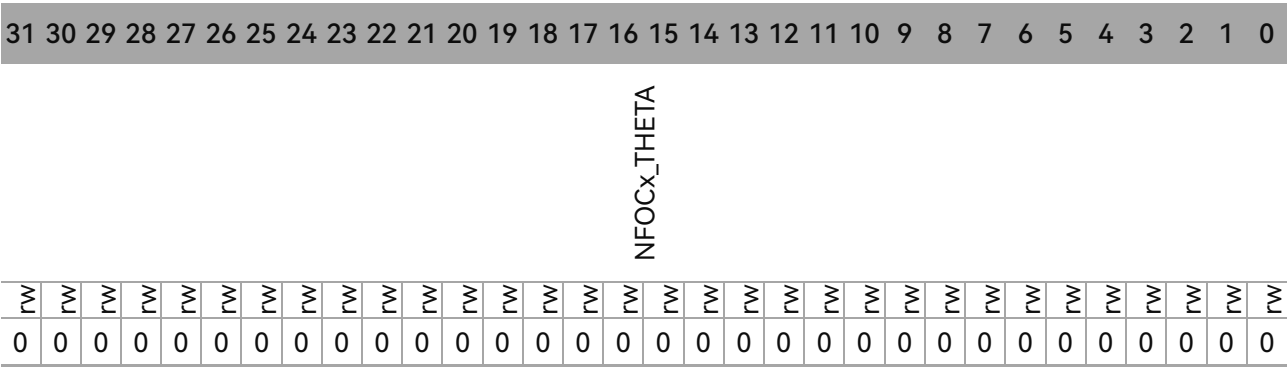
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_FTHETA	观测器反馈角度 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.20 NFOCx_ITHETA (0x300003EE/0x300103EE) (x = 1/2)



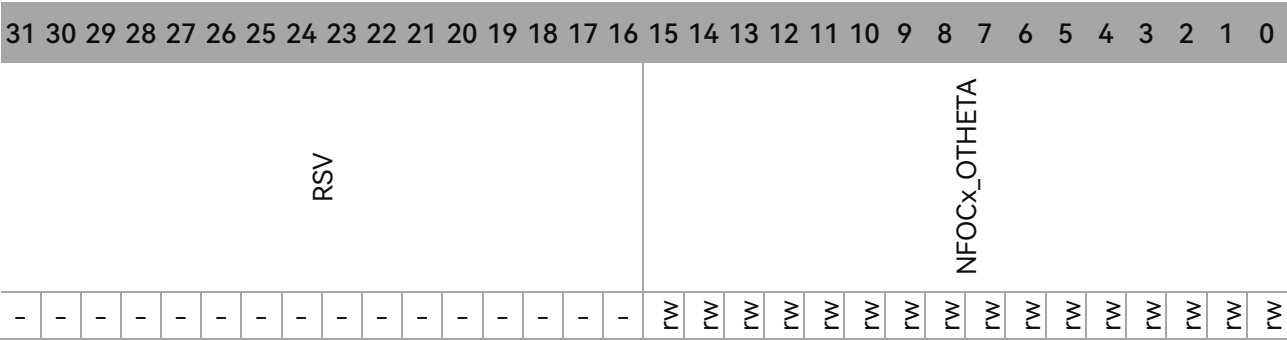
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_ITHETA	NFOCx_IALPHA 和 NFOCx_IBETA 计算的角度 (atan) 取值范围[-32768,32767]

18.16.17.21 NFOCx_THETA (0x30000158/0x30010158) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_THETA	最终角度值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.17.22 NFOCx_OTHETA (0x30000258/0x30010258) (x = 1/2)



-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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	0	0	0	0	0	

位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_DELOTHE	NFOCx_OTHETA 变化量 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.17.24 NFOCx_DELETHE (0x30000290/0x30010290) (x = 1/2)

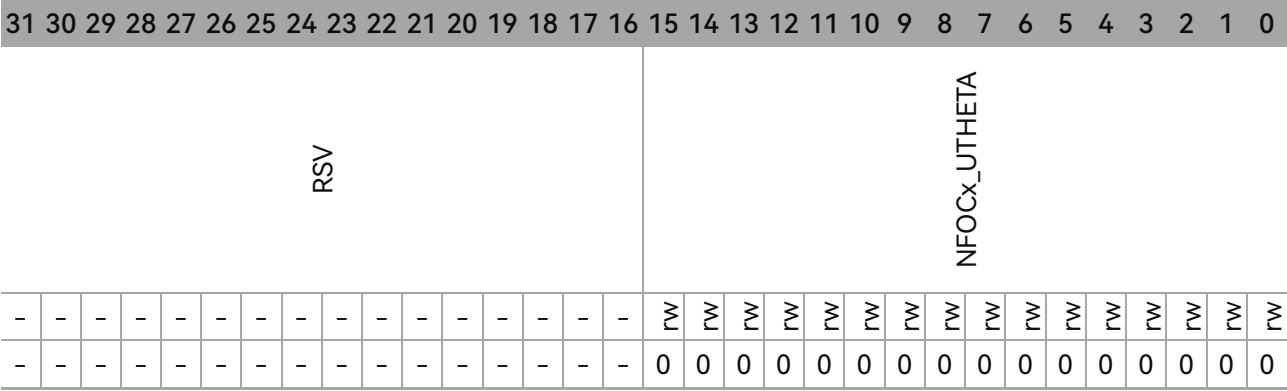
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

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	0	0	0	0	0	

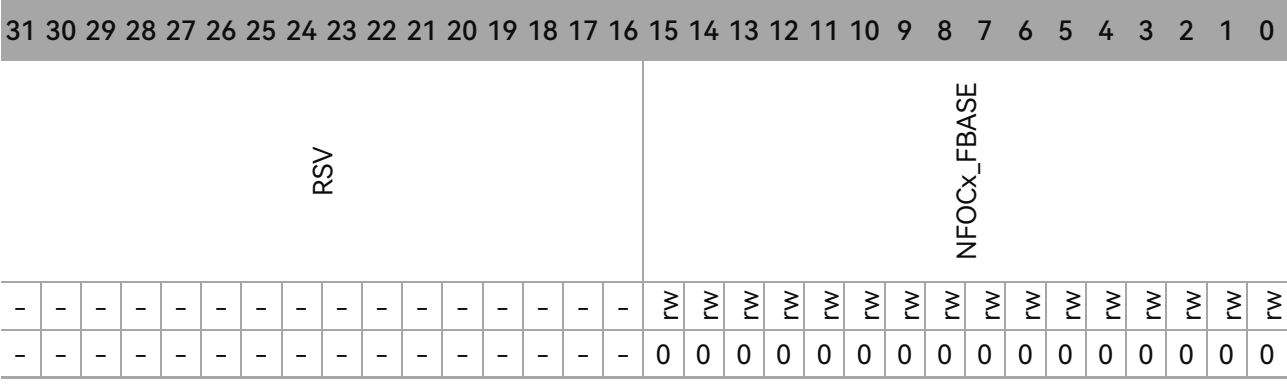
位	名称	描述
[31:0]	NFOCx_DELETHE	NFOCx_ETHETA 变化量 取值范围[-2147483648,2147483647]

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） 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 取值范围[-32768,32767]

18.16.18.3 NFOCx_OMEACC (0x30000194/0x30010194) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	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_OMEACC															
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_OMEACC	Omega 启动速度增量 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.18.4 NFOCx_OMEEND (0x30000198/0x30010198) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	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_OMEEND															
⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	
0	0	0	0	0	0	0	0	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_OMEEND	Omega 启动限制值 取值范围[-2147483648,2147483647]

18.16.18.5 NFOCx_OMEMIN (0x3000019C/0x3001019C) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_OMEMIN															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_OMEMIN	Omega 启动最小切换值 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式 11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_WKP	外环 PI KP 参数 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 00: Q15 格式 01: Q12 格式 10: Q8 格式

		11: Q4 格式
[13:0]	NFOCx_WKI	外环 PI KI 参数 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 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_WEK	外环 PI EK 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_WEK1	外环 PI EK1 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																															
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_WUK	外环 PI 输出 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 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 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 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 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

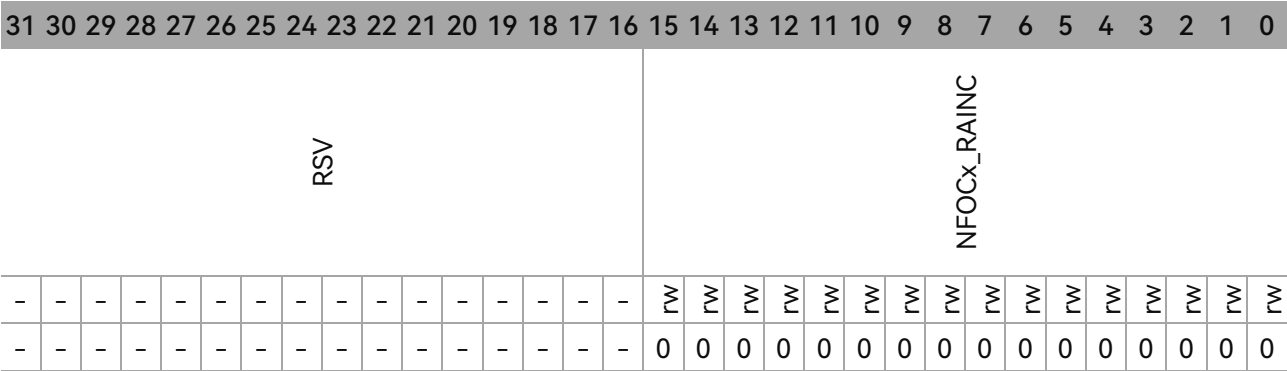
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_RATAR	爬坡目标值 取值范围[-32768,32767]

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

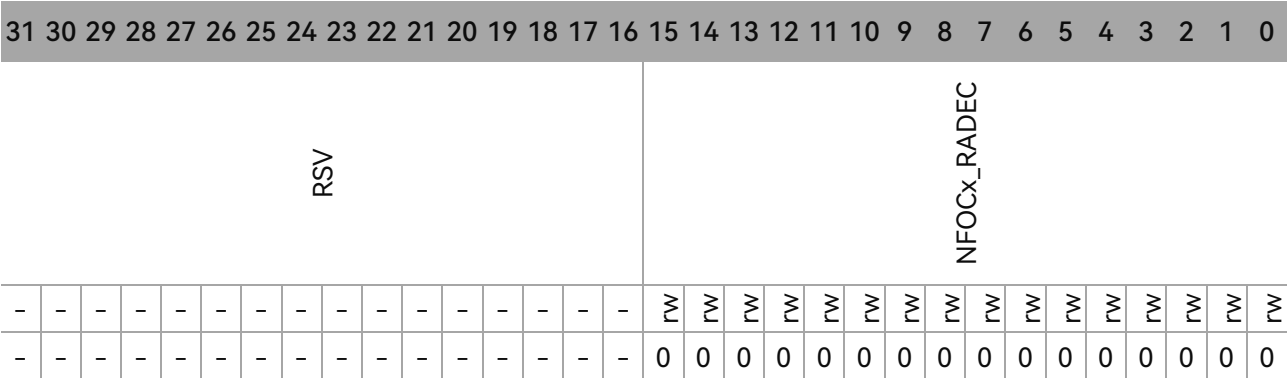
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_RAOUT	爬坡输出值 取值范围[-32768,32767]

18.16.20.3 NFOCx_RAINC (0x300001E8/0x300101E8) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_RAINC	向上增加的步进值 取值范围[-32768,32767]

18.16.20.4 NFOCx_RADEC (0x300001EA/0x300101EA) (x = 1/2)



位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_RADEC	向下减少的步进值 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 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 0: 不使能 1: 使能
[9]	LOCK1EN	堵转判断 1 使能 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 0: 不使能 1: 使能
[8]	LOCK0EN	堵转判断 0 使能 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 0: 不使能 1: 使能
[7]	ODCIF_EN	载波中断超时保护使能 0: 不使能 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 0: 不使能 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 0: 不使能 1: 使能
[4]	PL_AUTO	缺相自动计算使能，一个电周期计算一次 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 0: 不使能 1: 使能
[2:1]	OUVP_AUTO	软件过欠压自动计算使能 00: 不使能 01: 一个载波周期计算一次 10: 一个 SysTick 周期计算一次 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 0: 不使能 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 写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效
[8]	WPI_TRG	外环计算触发 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 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 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 写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效
[2]	LOCK_TRG	堵转计算触发 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 写 1 触发一次计算，写 0 无效，读无效
[0]	SOC_P_TRG	软件过流计算触发 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 000: 无意义 001: II 扇区 010: VI 扇区 011: I 扇区 100: IV 扇区 101: III 扇区 110: V 扇区 111: 无意义
[11:9]	RSV	保留
[8]	RIF	电流基准异常状态（不产生中断） 该位由硬件置 1，软件清 0 0: 无事件发生 1: 电流基准异常
[7]	ODCIFIF	载波中断超时中断标记 该位由硬件置 1，由软件清 0 0: 无事件发生 1: 载波中断超时中断产生
[6]	OSPDIF	速度过超中断标记 该位由硬件置 1，由软件清 0 0: 无事件发生 1: 速度过超中断产生

[5]	OVELIF	速度超差中断标记 该位由硬件置 1，由软件清 0 0: 无事件发生 1: 速度超差中断产生
[4]	PLIF	缺相中断标记 该位由硬件置 1，由软件清 0 0: 无事件发生 1: 缺相中断产生
[3]	LOCKIF	堵转中断标记 该位由硬件置 1，软件清 0 0: 无事件发生 1: 堵转中断产生
[2]	UVPIF	欠压中断标记 该位由硬件置 1，软件清 0 0: 无事件发生 1: 欠压中断产生
[1]	OVPIF	过压中断标记 该位由硬件置 1，软件清 0 0: 无事件发生 1: 过压中断产生
[0]	SOCPIF	软件过流中断标记 该位由硬件置 1，软件清 0 0: 无事件发生 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	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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 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															

[illegible]

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_UVP	欠压阈值 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_UV/PARR											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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 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 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 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 取值范围[0,32767]

18.16.21.16 NFOCx_LKSMAX (0x30000022/0x30010022) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_LKSMAX															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LKSMAX	LOCK1 对应的最大堵转速度 取值范围[0,32767]

18.16.21.17 NFOCx_LOCKK (0x30000024/0x30010024) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_LOCKK															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LOCKK	LOCK2 对应的速度和 BEMF 系数，Q8 格式 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LKARR	堵转次数目标值，三种堵转模式共用 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_LKCNT	堵转次数计数值，三种堵转模式共用 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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_PLK	缺相检测电流倍数系数，Q8 格式 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC7 计算 atan 和平方根步骤为: 1. 软件填写 NFOC2_XI3、NFOC2_YI3; 2. 软件将此位置 1; 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 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC6 计算 atan 和平方根步骤为: 1. 软件填写 NFOC2_XI2、NFOC2_YI2; 2. 软件将此位置 1; 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 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC5 计算 sin 和 cos 步骤为: 1. 软件填写 NFOC2_XI1、NFOC2_YI1 和 NFOC2_THETA1; 2. 软件将此位置 1;

		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。
[4]	COR4	软件调用 CORDIC4 使能 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC4 计算 sine 和 cosine 步骤为： 1. 软件填写 NFOC2_XI0、NFOC2_YI0 和 NFOC2_THETA0； 2. 软件将此位置 1； 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。
[3]	COR3	软件调用 CORDIC3 使能 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC3 计算 atan 和平方根步骤为： 1. 软件填写 NFOC1_XI3、NFOC1_YI3； 2. 软件将此位置 1； 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。
[2]	COR2	软件调用 CORDIC2 使能 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC2 计算 atan 和平方根步骤为： 1. 软件填写 NFOC1_XI2、NFOC1_YI2； 2. 软件将此位置 1； 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。
[1]	COR1	软件调用 CORDIC1 使能 0: 不使能 1: 使能 软件调用 CORDIC1 计算 sine 和 cosine 步骤为： 1. 软件填写 NFOC1_XI1、NFOC1_YI1 和 NFOC1_THETA1； 2. 软件将此位置 1； 3. CORDIC 运算完成，此位硬件置 0，软件从 NFOC1_XO1 和 NFOC1_YO1

		读 CORDIC 计算结果。
		软件调用 CORDIC0 使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	COR0	软件调用 CORDIC0 计算 Sine 和 Cosine 步骤为: 1. 软件填写 NFOC1_XI0、NFOC1_YI0 和 NFOC1_THETA0; 2. 软件将此位置 1; 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 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	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 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_XO0															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_YO0	CORDIC0 (CORDIC4) 的 Y 轴输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_XI1	CORDIC1 (CORDIC5) 的 X 轴输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_YI1	CORDIC1 (CORDIC5) 的 Y 轴输入 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 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	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_XO1	CORDIC1 (CORDIC5) 的 X 轴输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_YO1	CORDIC1 (CORDIC5) 的 Y 轴输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_XI2	CORDIC2 (CORDIC6) 的 X 轴输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_YI2	CORDIC2 (CORDIC6) 的 Y 轴输入 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 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	0

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_THETA2	CORDIC2 (CORDIC6) 的 atan 输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_XI3	CORDIC3 (CORDIC7) 的 X 轴输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_YI3	CORDIC3 (CORDIC7) 的 Y 轴输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_US3	CORDIC3 (CORDIC7) 的平方根输出 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_HTHETA	由 NFOCx_HALPHA 及 NFOCx_HBETA 反正切得到的角度 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_ATHETA	由 NFOCx_EALPHA 及 NFOCx_EBETA 反正切得到的角度 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 DRVx_FCR5[ANGFU_MAEN] = 1 时，为 HFI 角度的权重值，Q15 格式 取值范围[0,32767] DRVx_FCR5[ANGFU_MAEN] = 0 时，为 HFI 角度的权重系数，Q6 格式 取值范围[0,32767]

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_FUMIN															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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	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_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	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															

[illegible]

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_CVK3	解耦控制器参数 3

18.16.24.4 NFOCx CVDK4 (0x300003D0/0x300103D0)(x = 1/2)

[illegible]

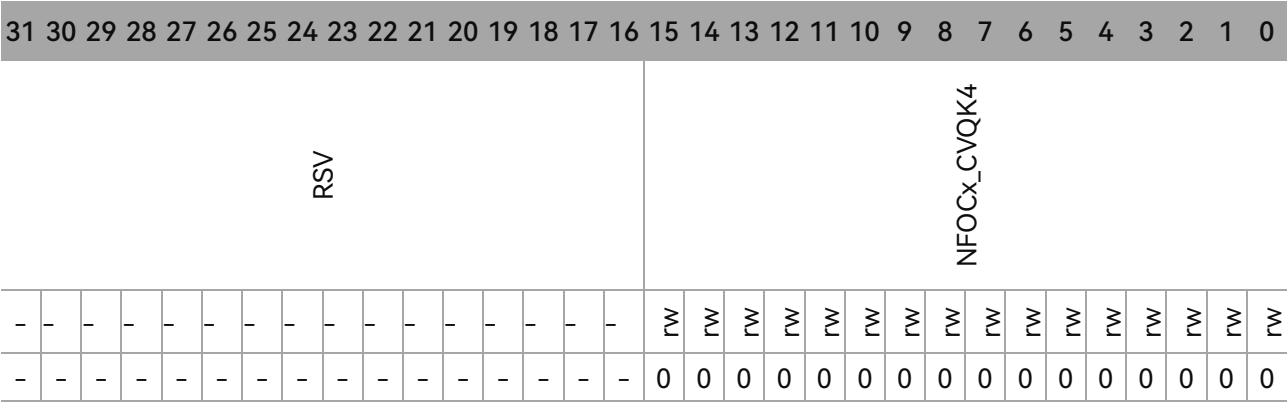
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_CVDK4	解耦控制器 d 轴参数 4

18.16.24.5 NFOCx CVDK5 (0x30003D4/0x300103D4)(x = 1/2)

[illegible]

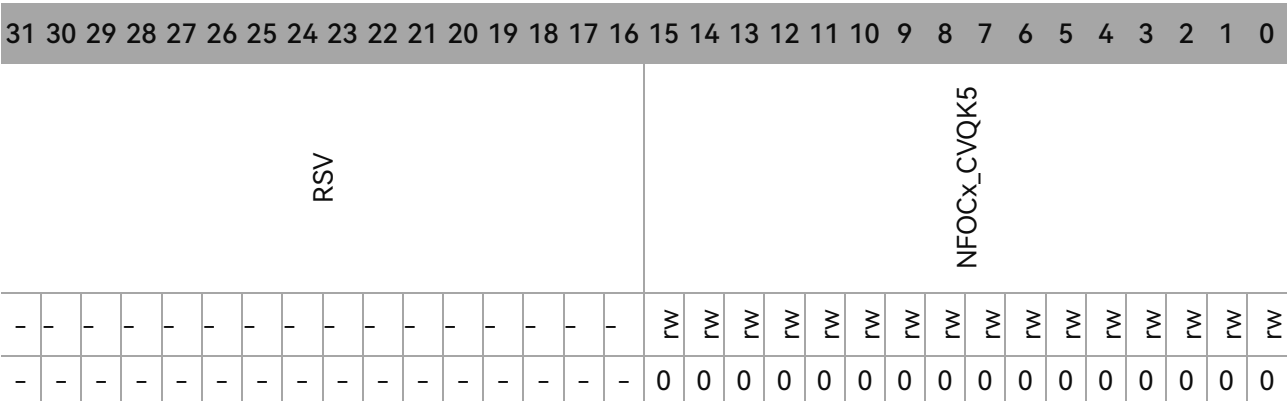
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_CVDK5	解耦控制器 d 轴参数 5

18.16.24.6 NFOCx_CVQK4 (0x300003D2/0x300103D2)(x = 1/2)



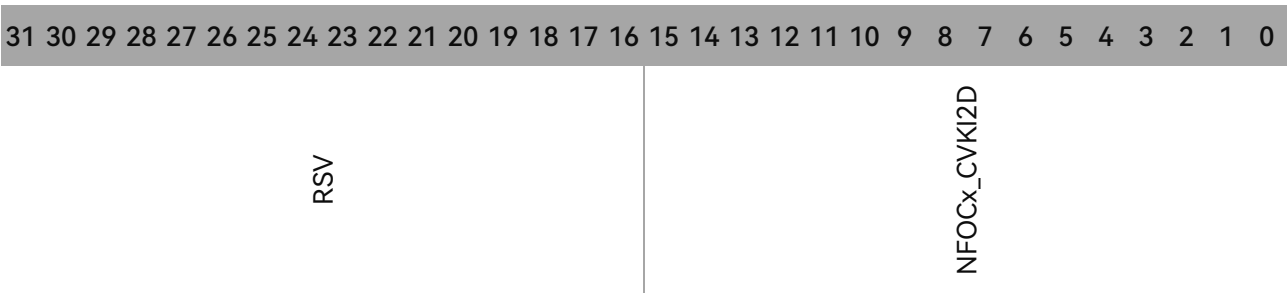
位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	NFOCx_CVQK4	解耦控制器 q 轴参数 4

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)



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

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_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

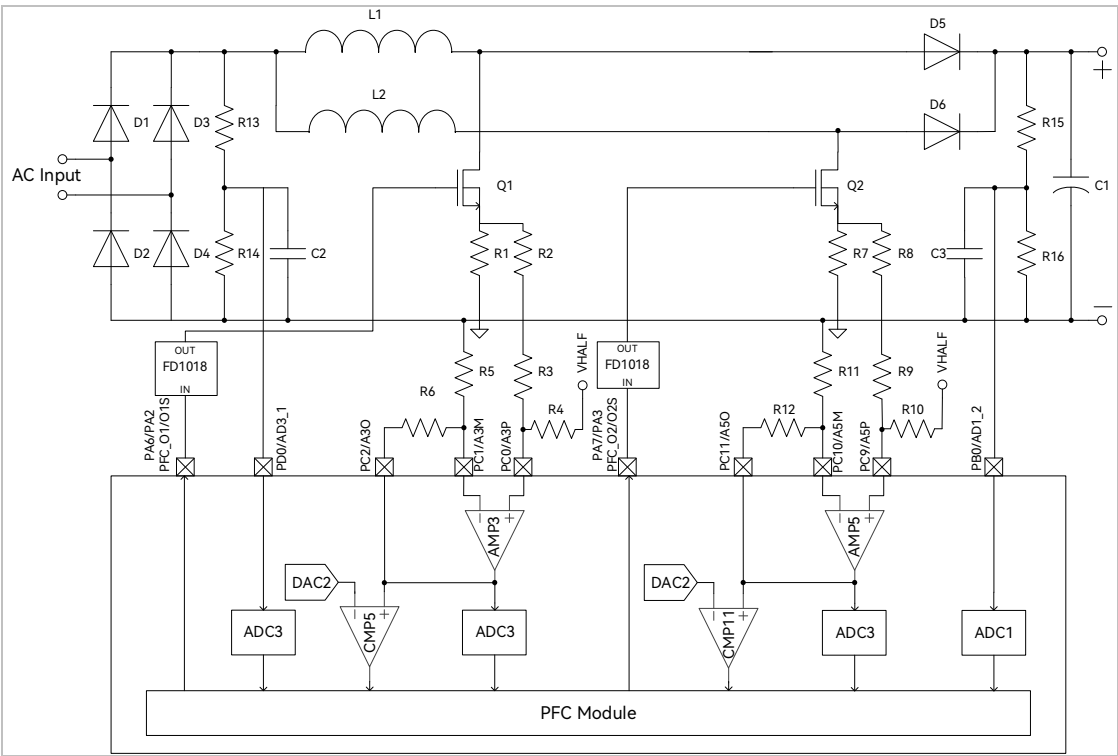
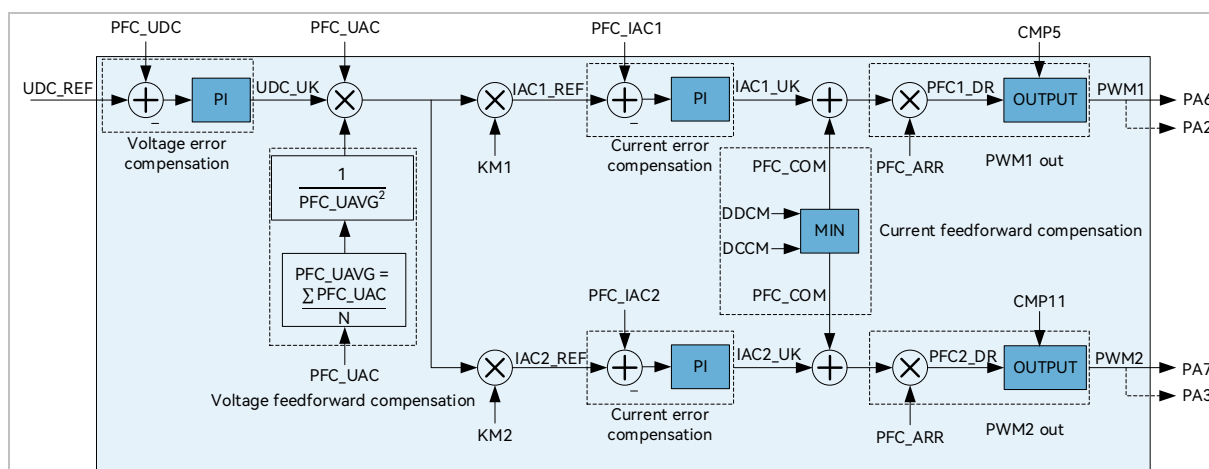


图 19-2 PFC 模块原理框图



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。

$$\text{外环执行频率} = \text{内环执行频率} / \text{UDC ARR} = 48\text{M} / (\text{PFC ARR} * 2) / \text{UDC ARR}。$$

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。

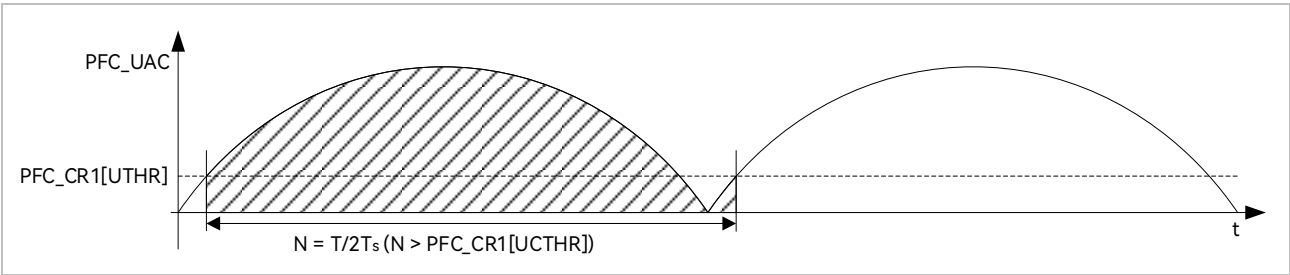
19.1.4 平均电压 PFC UAVG 的计算

平均电压 PFC_UAVG 为整流后的输入交流电压 PFC_UAC 的平均电压。PFC 模块支持硬件自动计算 PFC_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 PFC_UAVG。计算公式为：

$$\text{PFC\_UAVG} = \frac{\sum \text{PFC\_UACx}}{N}$$

其中, PFC UAC 为输入交流电压; N 为半个工频周期内采样 PFC UAC 的次数。

图 19-3 PFC_UAVG 的计算



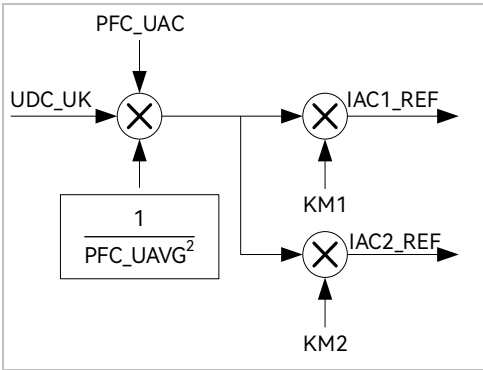
硬件启动计算 PFC_UAVG(设置 PFC_CR0[UAVGCDIS] = 0): PFC_UAVG 的计算周期为半个工频周期 T, 根据 PFC_CR1[UTHR]的值选择一个计算周期的起始点和结束点的电压值, Ts 为 PFC_UAC 采样周期, PFC_CR1[UTHR]为 PFC_UAC 采样次数下限。PFC 模块以判定当前 PFC_UAC 大于 PFC_CR1[UTHR]且上一个 PFC_UAC 小于 PFC_CR1[UTHR]为一个计算周期的起始/结束点; 为避免毛刺影响, 须满足采样次数 N 大于 PFC_CR1[UTHR]。将一个计算周期内采样的 PFC_UAC 累加, 除以采样次数 N, 即可得到平均电压 PFC_UAVG。

软件启动计算 PFC_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 PFC_UAC 累加值除以 N 得到 PFC_UAVG。用户可使用 SysTick 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 PFC_UAVG, 亦可得到准确的 PFC_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 PFC_IAC1/PFC_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



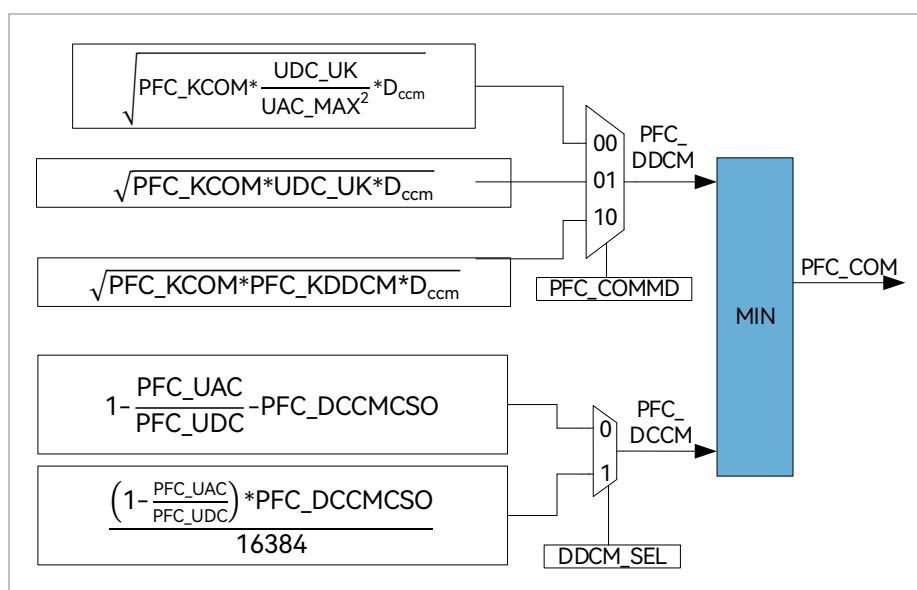
电流参考值 IAC1_REF / IAC2_REF 的产生: PFC 的外环输出 UDC_UK 和输入交流电压 PFC_UAC 的乘积,

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。

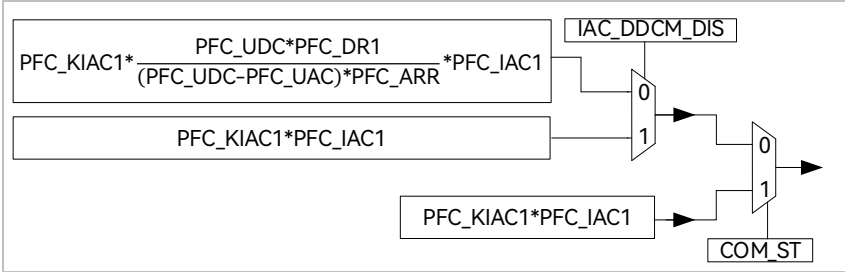
用户可以通过配置 PFC_DCCMCSO 来调节 PFC_DCCM，配置 PFC_CR2[DDCM_SEL] 来选择 PFC_DCCMCSO 的调节模式。DDCM_SEL = 0 时，PFC_DCCMCSO 为 PFC_DCCM 的偏移量，如

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。

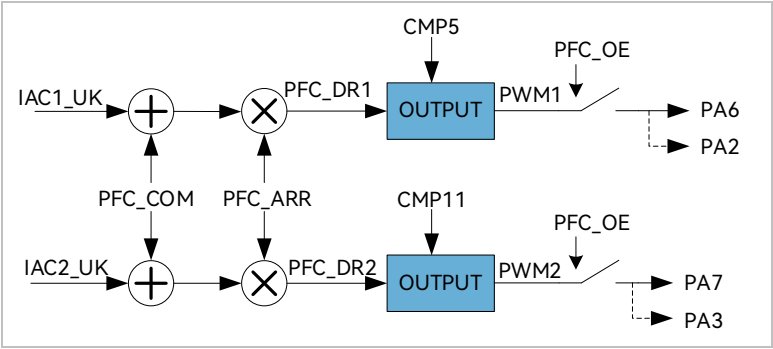
图 19-6 电流采样校正模块原理框图



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。

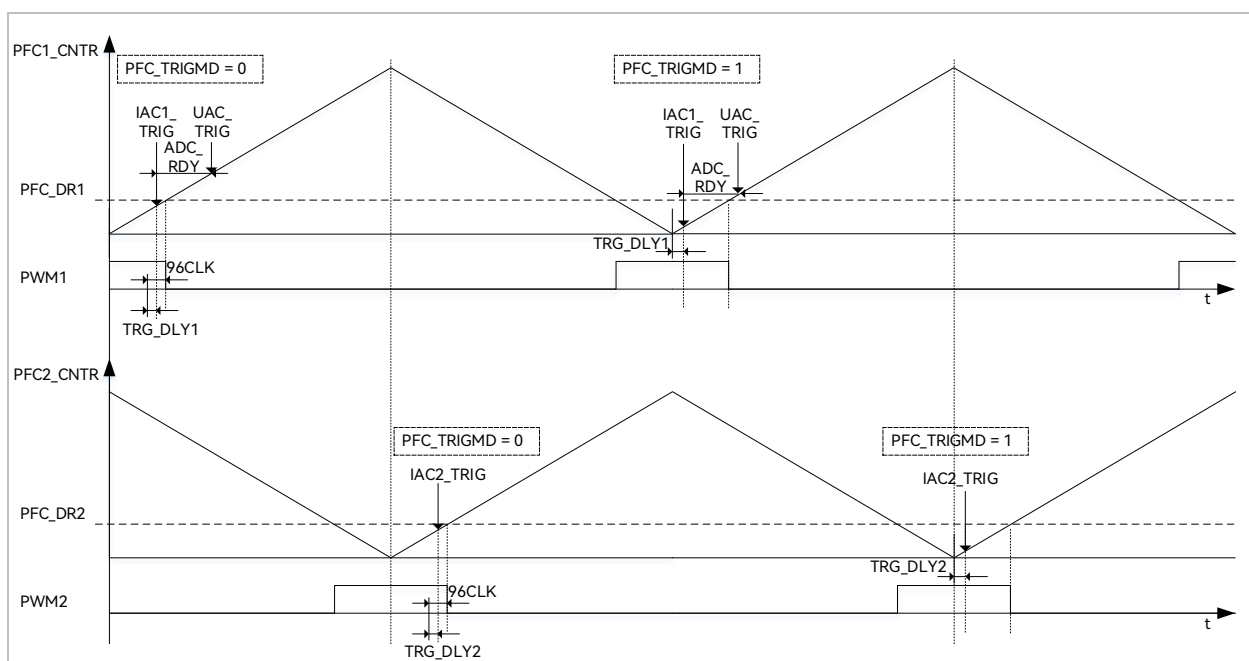


备注：

$$PFC2\_CNTR = PFC\_ARR - PFC1\_CNTR。$$

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 $31 * 8 * 20ns = 4.96 \mu s$ 。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 PFC IAC1/PFC IAC2/PFC 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 PFC_UAC/PFC_IAC1/PFC_IAC2/PFC_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 PFC_IAC1/PFC_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PFC_IAC1的采样时机，配置寄存器PFC_TRGDLY的高8位延迟PFC_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，PFC_IAC1在PWM1 ON的中心点往后延迟一个CLK处采样，PFC_IAC2在PWM2 ON的中心点往后延迟两个CLK处采样; 当PFC_TRGDLY = 0x8182时，PFC_IAC1在PWM1 ON的中心点往前一个CLK处采样，PFC_IAC2在PWM2 ON的中心点往前两个CLK处采样。
- PFC_IAC1固定使用ADC3通道0，PFC_IAC2固定使用ADC3通道2
- 写IAC1_CSO可校准PFC_IAC1的基准值，写IAC2_CSO可校准PFC_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 PFC_UAC 采样

- 设置PFC_CR1[UACSAMSEL]配置PFC_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PFC_IAC1采样完成后立刻采样PFC_UAC; PFC1/2同时使能时，当PFC_IAC2采样完成后立刻采样PFC_UAC;
- 默认使用ADC3通道1
- 写UAC_CSO可校准PFC_UAC的基准值; 假设ADC的电压范围0V ~ 5V，基准为2.5V，则 $UAC\_CSO = 2.5/5V * 32768 = 16384$ (CSR:0x4000)。

图 19-9 PFC_UAC 单桥采样

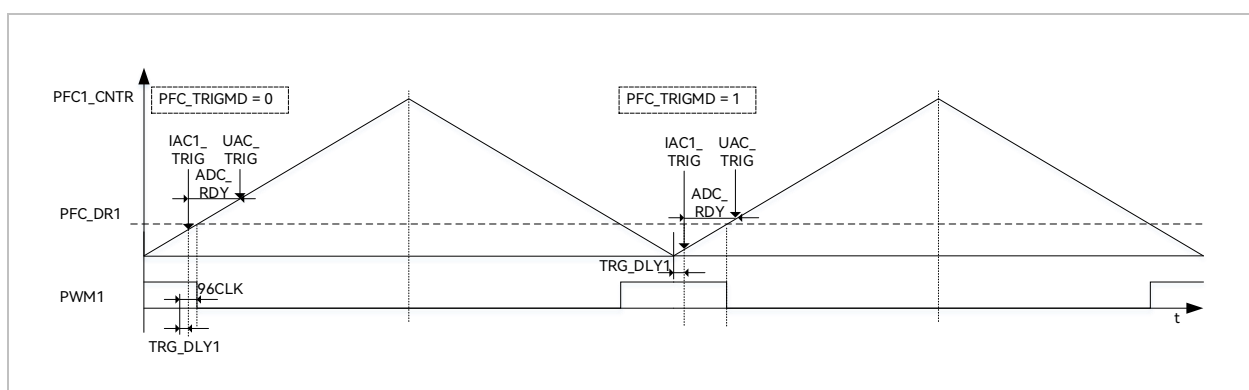
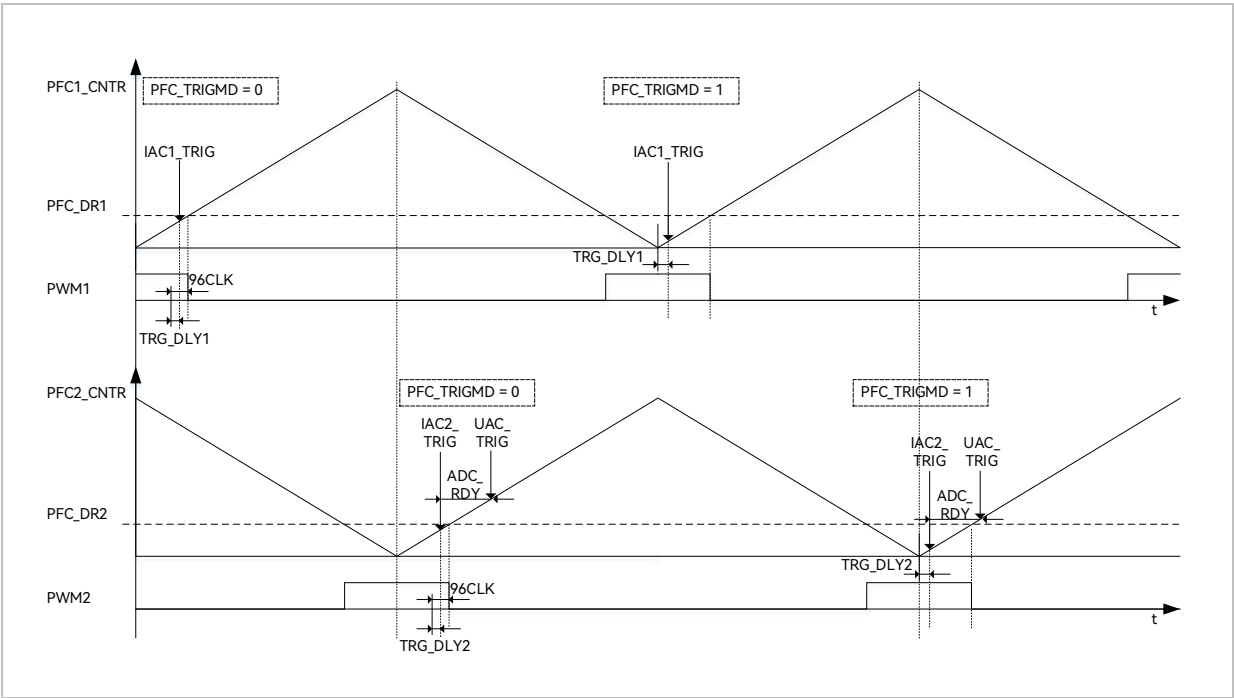


图 19-10 PFC_UAC 双桥采样



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 0: DDCM 1: DCCM
[14]	UAVGSW	软件启动 PFC_UAVG 计算 启动 PFC_UAVG 计算，PFC_UAVG 的值更新 软件写 1，下一时刻硬件自清 0，写 0 无效 0: 不启动 1: 启动
[13]	PFC_FORC2	PFC2 输出强制拉低信号 0: 无强制动作 1: 强制拉低输出
[12]	PFC_FORC1	PFC1 输出强制拉低信号 0: 无强制动作 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 0: 不使能，PFC2 根据配置正常输出 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 0: NFOCx_UDCFLT 1: NOFCx_UDC
[7:6]	COM_MD	前馈补偿模式选择

		00: 硬件更新 PFC_DDCM 和 PFC_COM, PFC_COM 不补偿到 PFC1/2 01: 硬件更新 PFC_DDCM 和 PFC_COM, PFC_COM 补偿到 PFC1/2 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 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
[5]	PFC_FM	过流保护动作选择 0: CMP5/CMP11 各自触发对应环路的输出 1: CMP5/CMP11 任意一路发生保护信号, 两路都停止输出
[4]	UAVGCDIS	使能硬件计算 PFC_UAVG 不使能该位, 硬件不会每个工频周期计算 PFC_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。 0: 使能 1: 不使能
[3]	PFCOA	逐波限流使能 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。 0: 不使能 1: 使能
[2]	IAC2EN	PFC2 使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	PFCOE	PFC 输出使能 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 0: 不使能 1: 使能  备注: 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。
[0]	PFCEN	PFC1 使能 0: 不使能 1: 使能

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				
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[7:6]	UACSAMSEL	PFC_UAC 采样周期 每 x 个 PFC 周期，启动 1 次 PFC_UAC 采样。 00: 1 个 PFC 周期 01: 2 个 PFC 周期 10: 4 个 PFC 周期 11: 8 个 PFC 周期
[5]	UTHR	PFC_UAC 周期起始点设置 PFC_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 PFC_UAVG。与 UAC_BASE 相关，即与硬件的 PFC_UAC 分压系数相关。 0: 1/16*UAC_BASE 1: 1/8*UAC_BASE
[4:0]	UCTHR	PFC_UAC 的采样次数下限设置 当硬件根据 PFC_CR1[UTHR]得到工频周期，必须满足 PFC_UAC 采样次数大于 PFC_CR1[UCTHR]设定的次数。 公式: PFC_CR1[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							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	PFC_IF	PFC 载波下溢中断标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[14]	CMRD	选择在 PFC_DDCM 寄存器中读到的值 0: 读 DCCM 1: 读 DDCM
[13]	IAC_DDCM_DIS	PFC_KIACx 的校正模式选择 0: 硬件自动计算 $(PFC\_UDC * PFC\_DR) / ((PFC\_UDC - PFC\_UAC) * PFC\_ARR)$ 1: 用户手动计算 $(PFC\_UDC * PFC\_DR) / ((PFC\_UDC - PFC\_UAC) * PFC\_ARR)$
[12]	DDCM_SEL	PFC_DCCMCSO 的调节模式选择 0: 偏移, 正数为减少 1: 缩放, Q15 格式
[11:10]	PFC_IE	PFC 载波中断使能位 00: 中断不使能 01: PFC 下溢点产生中断 10: PFC 上溢点产生中断 11: PFC 上下溢点都产生中断
[9]	DRMIN_MD	最小占空比模式选择 0: 输出占空比小于设定最小值时, 输出最小设定值 1: 输出占空比小于设定最小值时, 输出 0
[8]	DRMIN_EN	输出最小占空比限制使能 0: 不使能, 输出占空比小于设定最小值时, 采样电流会二次滤波 1: 使能, 输出占空比小于设定最小值时, 根据 DRMIN_MD 决定输出脉宽
[7:6]	PFC_COMMD	前馈补偿方式 00: 内部算 $UDC\_UK / (PFC\_UAVG * PFC\_UAVG)$ 01: 内部只算 UDC_UK 1x: 软件填 KDDCM
[5]	PFC_TRIGMD	PFC_IAC1 和 PFC_IAC2 采样时机选择 0: 在高电平末端采 1: 在高电平中间采

[4:0]	DRMIN_THR	输出最小占空比限制 两路 PWM 输出的最小脉宽 计算公式: $n * 8 * CLK$, n 最大为 31, 约 4.96μs 备注: 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

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	0

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:0]	PFC_KM	两路 PFC 的外环输出换算常数 KM1 和 KM2 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] 备注: 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

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PFC_UAC 采样的校准值 对 UAC_CSO 写校准值，可校准 PFC_UAC 基准。 取值范围[0,32767]  备注: 假设 ADC 的电压范围 0V~5V，基准为 2.5V，则 UAC_CSO = 2.5/5V*32768 = 16384(0x4000)

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_CSO	PFC_IACx 采样的偏置基准值 对 IACx_CSO 写校准值，可校准 PFC_IACx 偏置基准。 取值范围[0,32767]  备注: 假设 ADC 的电压范围 0V~5V，基准为 2.5V，则 IACx_CSO = 2.5/5V*32768 = 16384(0x4000)

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																
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W						
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

位	名称	描述
[31:12]	RSV	保留
[11:0]	PFC_ARR	PFC 计数器的重载值，决定载波周期和运算周期(中央对齐模式) PFC 计数器从 0 开始计数到 PFC_ARR，产生上溢事件，然后向下计数到 0 该寄存器只写，不可读。 取值范围[0,4095]

19.3.8 PFC_DRx (CSR:0x5C8/CSR:0x5C9) (x = 1/2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_DRx																
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[11:0]	PFC_DRx	PFC 产生 PWMx 的比较值 当 PFC 计数器的计数值小于 PFC_DRx，输出 1，反之，输出 0。PFC 使能时，硬件自动更新 PFC_DRx 的值。 取值范围[0,4095]

19.3.9 UDC_ARR (CSR:0x5CA)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	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_ARR																
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[11:0]	UDC_ARR	PFC 外环执行频率设置值 设置 PFC 外环即 UDC 的 PI 控制器的执行频率

		公式: 外环执行频率 = 内环执行频率 / UDC_ARR = 48M / (2*PFC_ARR) / UDC_ARR 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。 取值范围[0,2047]

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	PFC_IAC1 和 PFC_IAC2 的 ADC 采样触发延迟 其中, 低 8 位为 PFC_IAC1 的采样延迟时间 TRG_DLY1, 高 8 位为 PFC_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。 系统时钟为 48MHz(20.83ns), PFC_TRGDLY = 5, 则延迟 20.83*8*5 = 833.2ns。

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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	UDC_UKMAX	UDC 的 PI 控制器的输出的上限值 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	UDC_UKMIN	UDC 的 PI 控制器的输出的下限值 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_REF	用户给定的 PFC_IACx 参考值 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_UK	PFC_IACx 的 PI 控制器的输出值 UK 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_KP	PFC_IACx 的 PI 控制器的 KP 系数 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	PFC_IACx 的 PI 控制器的 KI 系数 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	PFC_IACx 的 PI 控制器的输出的上限值 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	PFC_IACx 的 PI 控制器的输出的下限值 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PFC_UAC 在一个工频周期的平均值 取值范围[-32768,32767]  备注: 当输入电源为直流时，需要手动写 PFC_CR0[UAVGSW]触发一次 PFC_UAVG 采样。否则无法通过 PFC_CR1[UTHR]及时触发硬件计算 PFC_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 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	PFC_KCOM	内环前馈补偿系数 用于 PFC_DDCM 的计算 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	

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	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_KDCCM															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	PFC_KDDCM	DDCM 模式补偿量的系数 当 PFC_COMMD 配置为 1x 时，用 PFC_KDDCM 手动输入 UDC_UK 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	PFC_DCCMCSO	DCCM 模式补偿量的调节系数 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。 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 当 IAC_DDCM_DIS 配置为 0 时，IACx 采样电流值为 PFC_KIACx*PFC_UDC*PFC_DRx*PFC_IACx/((PFC_UDC-PFC_UAC)*PFC_ARR); 当 IAC_DDCM_DIS 配置为 1 时，采样电流值为 PFC_KIACx*PFC_IACx 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								
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 设置此值决定 Systick 产生中断的周期，默认为 1ms 计算公式为: Systick 中断频率 = SYSCLK/128 / (SYST_ARR[8:0]) 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 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	SYSTIE	Systick 中断使能 0: 不使能 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

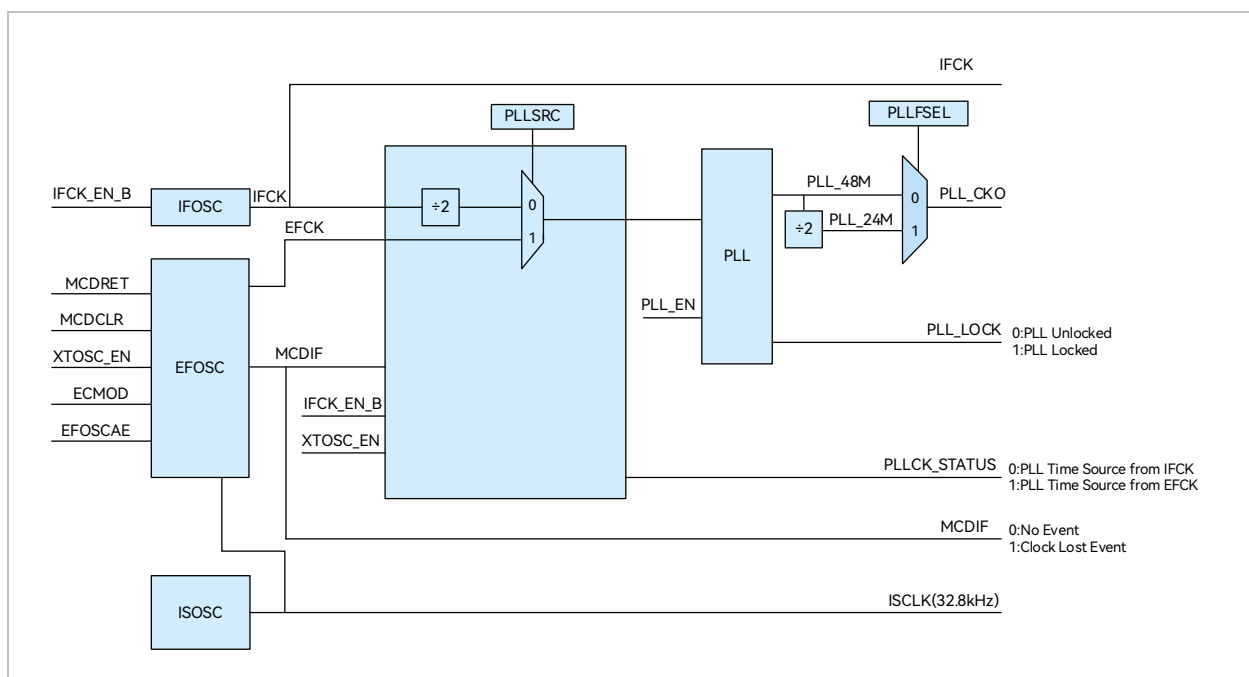


内部快时钟的输入输出端的情况如图 21-1 所示。内部快时钟的作用是产生频率为 24MHz 的精准时钟。如图 21-5 所示, 勾选 System Clk Setting 中的 Internal CLK, 启动内部快时钟。睡眠模式下(PCON[STOP] = 1), 内部快时钟不工作。

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

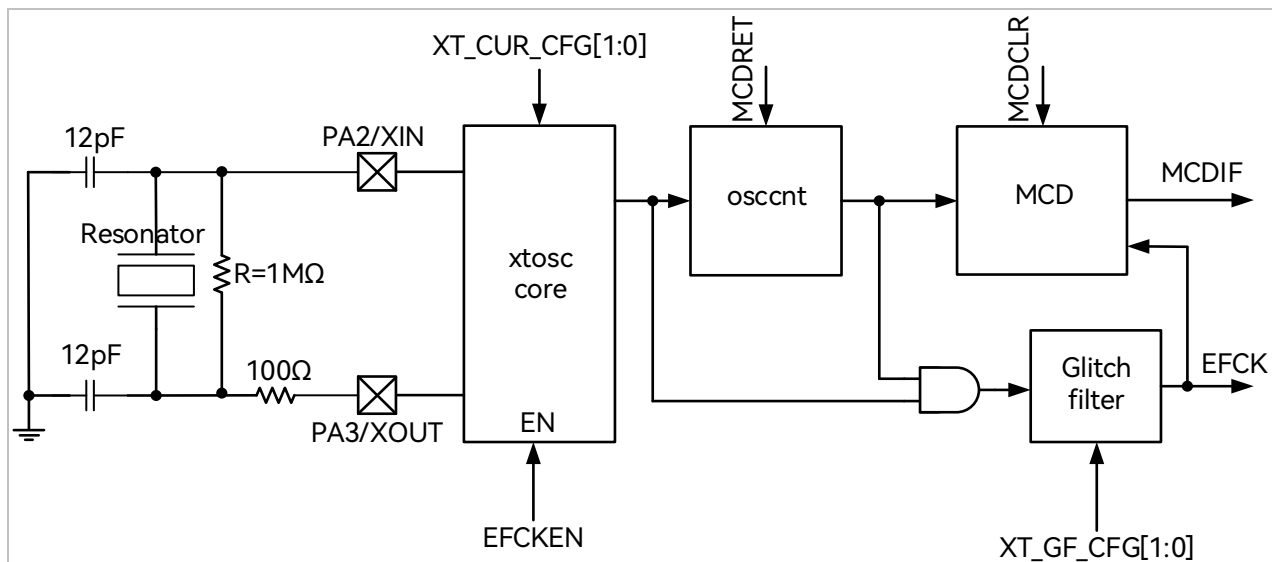
如图 21-5 所示，勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 `OSC_CR[PLLEN] = 1`，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率。

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

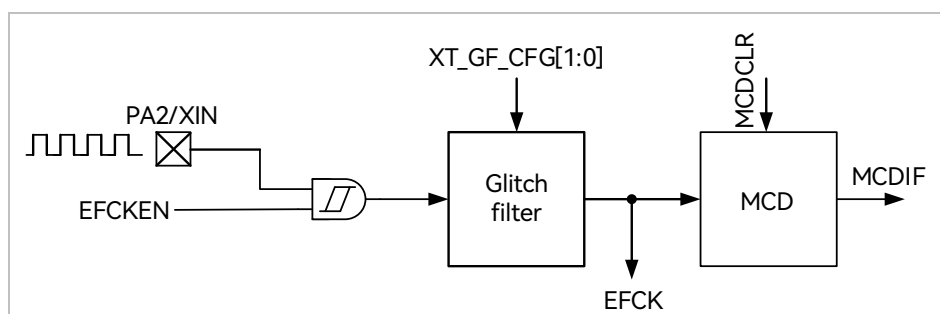


外部快时钟晶体输入模式如图 21-3 所示。外部快时钟模块的功能是产生精准的 24MHz 频率的时钟。

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

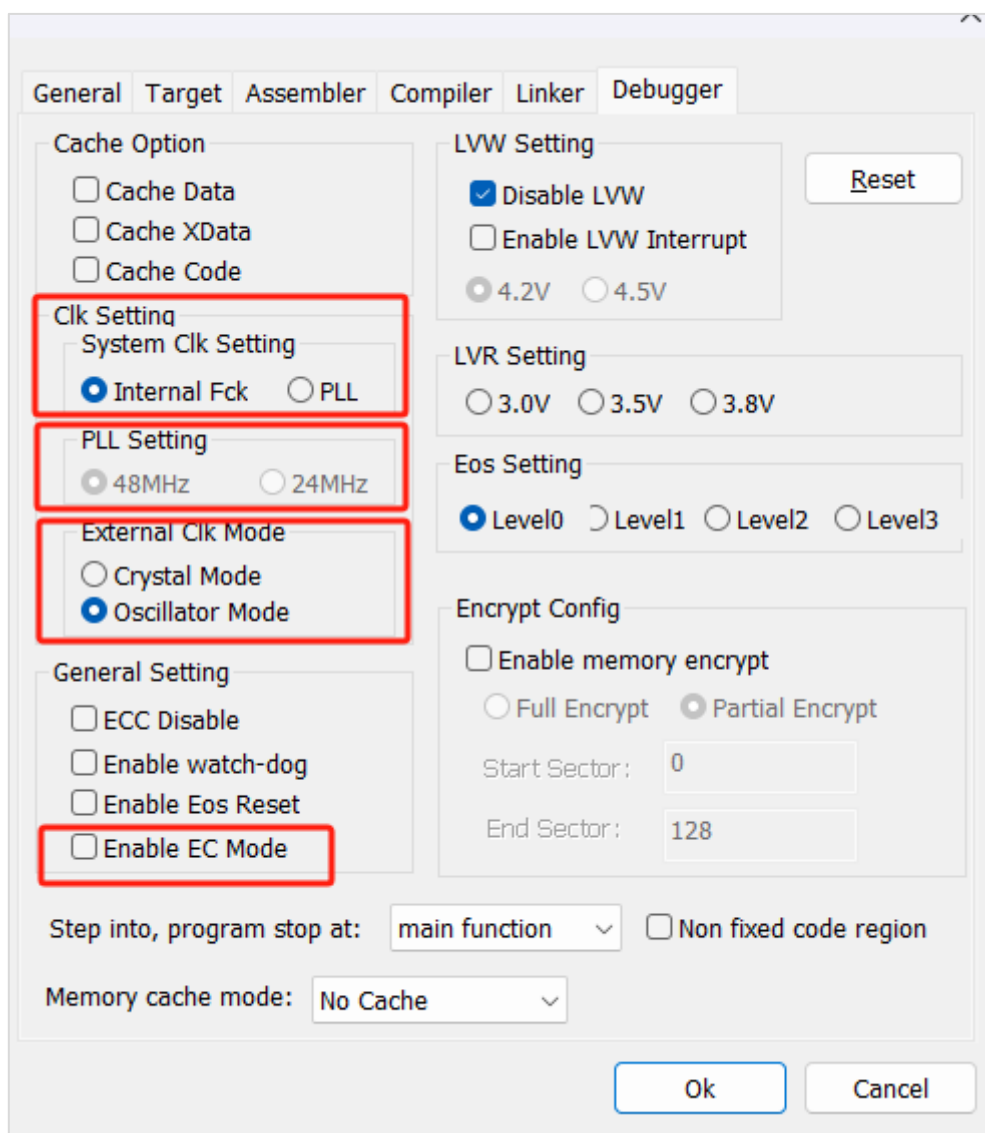


外部快时钟外部时钟输入模式如图 21-4 所示。外部时钟由 XIN 的引脚输入。勾选 System Clk Setting 中的 PLL 或者软件配置 `OSC_CR[PLLEN] = 1`，使能 PLL 时钟，勾选 PLL Setting 中的 48M 或者 24M 选择 PLL 的时钟频率，勾选 External Clk Mode 中的 Oscillator Mode 选择外部快时钟来源于时钟输入模式，外部快时钟 xtosc 工作在外部时钟输入模式。

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



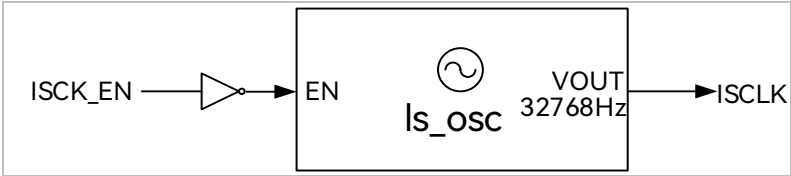
The image shows a 'System Clock Configuration' dialog box with several tabs: General, Target, Assembler, Compiler, Linker, and Debugger. The 'General' tab is selected. The dialog is divided into several sections:

- Cache Option:** Three checkboxes: 'Cache Data', 'Cache XData', and 'Cache Code', all of which are unchecked.
- Clk Setting:** A section with two sub-sections:
 - System Clk Setting:** Two radio buttons: 'Internal Fck' (selected) and 'PLL'.
 - PLL Setting:** Two radio buttons: '48MHz' (selected) and '24MHz'.
- External Clk Mode:** Two radio buttons: 'Crystal Mode' and 'Oscillator Mode' (selected).
- General Setting:** Four checkboxes: 'ECC Disable', 'Enable watch-dog', 'Enable Eos Reset', and 'Enable EC Mode' (checked).
- LVW Setting:** A 'Reset' button and two checkboxes: 'Disable LVW' (checked) and 'Enable LVW Interrupt' (unchecked). Below these are two radio buttons: '4.2V' (selected) and '4.5V'.
- LVR Setting:** Three radio buttons: '3.0V', '3.5V', and '3.8V'.
- Eos Setting:** Four radio buttons: 'Level0' (selected), 'Level1', 'Level2', and 'Level3'.
- Encrypt Config:** A checkbox 'Enable memory encrypt' (unchecked). Below it are two radio buttons: 'Full Encrypt' and 'Partial Encrypt' (selected). There are 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 showing 'main function' and a checkbox 'Non fixed code region' (unchecked).
- Memory cache mode:** A dropdown menu showing '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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	rw	-	-	-	rw	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0

位	名称	描述
[31:8]	RSV	保留
[7]	LVWPD	低电压预警 0: 使能 1: 不使能
[6]	LVWIE	低电压预警中断使能 0: 不使能 1: 使能
[5]	IWDTEN	独立看门狗使能 0: 不使能 1: 使能
[4:2]	RSV	保留
[1]	PLLSRC	PLL 时钟选择: 0: 选择 PLL 时钟为内部快时钟 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 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	-	-	-	-	-	-	-	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
[31:28]	EOSSET	电过应力等级设置，默认配置为 0000 等级越低，检测灵敏度越低 00: 等级 0，灵敏度最低 01: 等级 1 10: 等级 2 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 00: 3.0V 01: 无意义 10: 3.5V 11: 3.8V
[22:16]	RSV	保留
[15]	EOS_RST_EN	EOS 电过度应力复位使能 0: 不使能 1: 使能
[14:9]	RSV	保留
[8]	LWSEL	VDD5 低电压预警电压选择 0: 4.2V 1: 4.5V
[7:6]	RSV	保留
[5:4]	XT_CUR_CFG	晶体电路驱动能力配置 10: 弱，用于 0MHz ~ 12MHz 晶体(0.32mA)

		11: 中，用于 4MHz ~ 24MHz 晶体(0.64mA) 00: 强，用于 16MHz ~ 24MHz 晶体(1.28mA) 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 00: 时钟电路毛刺滤波 0 01: 时钟电路毛刺滤波 1
[1]	ECMOD	外部时钟源选择方式 0: 选择外部时钟为晶体模式 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 0: 48MHz 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 0: 无意义 1: 清 OST 计数器
[5]	PLLLIE	PLL LOCK 锁相丢失中断使能 0: 不使能 1: 使能
[4]	MCDIE	外部快时钟缺失中断使能 0: 不使能 1: 使能
[3]	EFOSCAE	PA2、PA3 模式选择 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 0: 不使能 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 0: PLL 时钟还未准备好 1: PLL 时钟输出
[2]	PLLCK_STATUS	PLL 时钟源选择状态位 0: PLL 当前时钟来源于 IFCK 1: PLL 当前时钟来源于 EFCK
[1]	PLLLIF	PLL LOCK 锁相丢失中断标志位 读 0: PLL 锁相未丢失 1: PLL 锁相丢失 写 0:清 0 1: 无意义
[0]	MCDIF	外部时钟缺失中断标志位 读 0: 外部时钟未缺失 1: 外部时钟缺失 写

		0: 清 0 1: 无意义  备注: 软件清 0 产生清标志位 MCDCLR 信号

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	-	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]	CALBSY	时钟校准状态标志位 读: 0: 已完成时钟校准

		1: 正在进行时钟校准 写: 0: 无意义 1: 开始时钟校准
[14]	RSV	保留
[13:0]	CAL_ARR	校准计数值 使用快时钟连续累积计数 8 个慢时钟周期的值  备注: 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)。

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

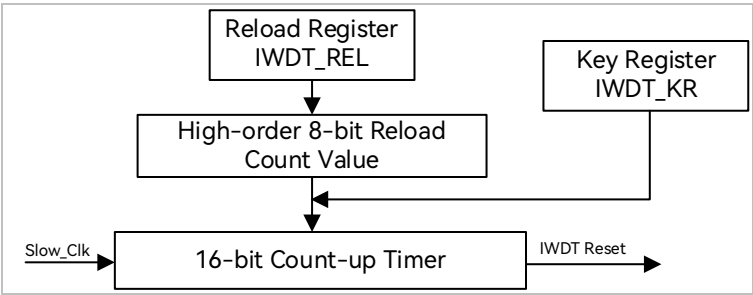
22.2 IWDT 操作说明

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	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。 写入 0x5555 解保护; 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); 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。

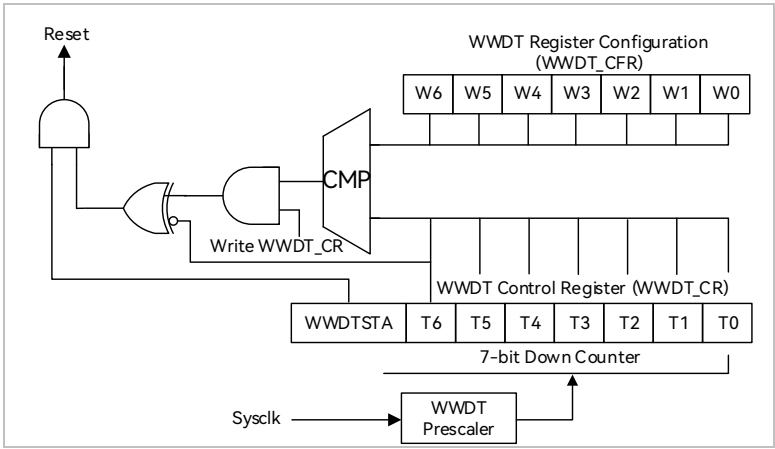
23.2 WWDT 主要特性

- 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

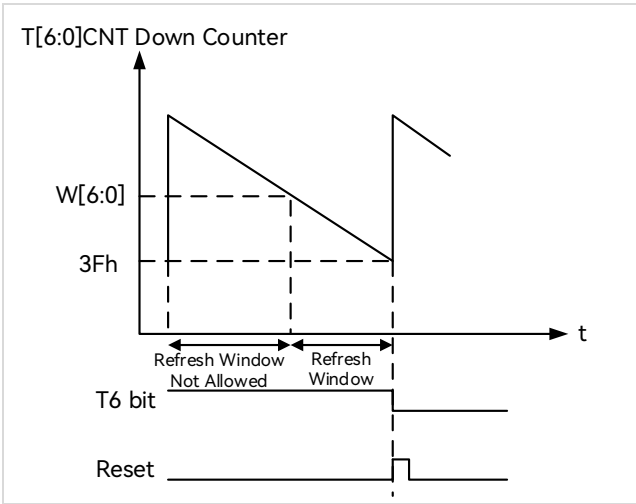


图 23-2 为 WWDT 的时序图，计算超时的公式如下：
 $T_{WWDT} = SYSCLK \times 2^{WWDTPSC} \times 4096 \times (T[6:0] + 1)$

T_{WWDT}: 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。 读： 0: WWDT 未启用 1: WWDT 已启用 写： 0: 无意义 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																						WWD TIE	WWD T PSC	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。 0: 不使能 1: 使能
[8:7]	WWDTPSC	时基: 预分频器的时基可以设置如下: 00: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 1 01: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 2 10: 计时器时钟(SYSCLK 除以 4096)除以 4 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)

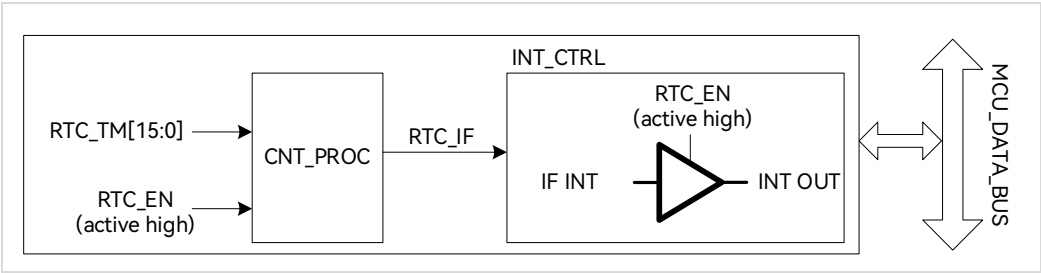
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSV																EWIF												rw0		0	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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。 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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 0: 不使能 1: 使能
[6]	RTCIF	RTC 中断事件标志位 读:

		0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5]	RSV	保留
[4]	ISOSCEN	内部慢时钟使能 0: 不使能 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 读: RTC 当前计数值 写: RTC 重载值

25 IO

25.1 IO 简介

FU7571Q 支持 29 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA6、PB0 ~ PB6、PB8 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB15、PC3 ~ PC7、PC9、PC12、PC15、PD3、PD5。

FU7562Q 支持 38 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA7、PA10 ~PA15、PB0 ~ PB6、PB8 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB15、PC0 ~ PC7、PC9、PC15、PD0、PD2、PD5。

FU7561Q 支持 37 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA6、PA10 ~PA15、PB0 ~ PB6、PB8 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB15、PC3 ~ PC7、PC9 ~ PC10、PC12 ~PC13、PC15、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。

FU7541Q 支持 29 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~PA4、PB0 ~ PB6、PB8 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB14 ~ PB15、PC3 ~ PC7、PC9、PC12、PC15、PD0、PD3、PD5。

FU7512L 支持 53 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~ PA15、PB0 ~ PB15、PC0 ~ PC15、PD0、PD2 ~ PD3、PD5 ~ PD6。

FU7512P 支持 38 个 GPIO 引脚，分别为 PA0 ~ PA3、PA6、PA10 ~ PA15、PB0 ~PB6、PB8 ~ PB9、PB11 ~ PB12、PB15、PC0 ~ PC7、PC9 ~ PC10、PC12 ~ PC13、PC15、PD0、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	PA15 ~ PA0 数字输入输出选择 0: 输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_OE	PB15 ~ PB0 数字输入输出选择 0: 输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_OE	PC15 ~ PC0 数字输入输出选择 0: 输入 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]	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	-	rw	rw	-	rw
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: 输入 1: 输出
[5]	PD_OE[5]	PD5 数字输入输出选择 0: 输入 1: 输出
[4]	RSV	保留
[3]	PD_OE[3]	PD3 数字输入输出选择 0: 输入 1: 输出
[2]	PD_OE[2]	PD2 数字输入输出选择 0: 输入

		1: 输出
[1]	RSV	保留
[0]	PD_OE[0]	PD0 数字输入输出选择 0: 输入 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PB15 ~ PB0 模拟模式使能 0: 不使能 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘	⌘
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PC15 ~ PC0 模拟模式使能 0: 不使能 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 0:不使能 1: 使能
[5]	PD_AN[5]	PD5 模拟模式使能 0:不使能 1: 使能
[4]	RSV	保留
[3]	PD_AN[3]	PD3 模拟模式使能 0:不使能 1: 使能
[2]	PD_AN[2]	PD2 模拟模式使能 0:不使能 1: 使能
[1]	RSV	保留
[0]	PD_AN[0]	PD0 模拟模式使能 0:不使能 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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_PU	PA15 ~ PA0 上拉电阻使能 0: 不使能 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	PB15 ~ PB0 上拉电阻使能 0: 不使能 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PC15 ~ PC0 上拉电阻使能 0: 不使能 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: 不使能 1: 使能
[5]	PD_PU[5]	PD5 上拉电阻使能 0: 不使能 1: 使能
[4]	RSV	保留
[3]	PD_PU[3]	PD3 上拉电阻使能 0: 不使能 1: 使能
[2]	PD_PU[2]	PD2 上拉电阻使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	RSV	保留
[0]	PD_PU[0]	PD0 上拉电阻使能 0: 不使能 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]	PA15 ~ PA4 下拉使能 0: 不使能 1: 使能
[3:2]	ODEN	PA1 ~ PA0 开漏使能 0: 不使能 1: 使能
[1:0]	PA_PL[1:0]	PA1 ~ PA0 下拉使能 0: 不使能 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	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 0: PA12 复用为 SFRE 1: PA13 复用为 SFRE
[30]	T5SEL	端口复用为 Timer5/QEP1 与 PH_SEL[T5ACT]、PH_SEL[T5BCT]组合配置 > PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5ACT] 01: PA13 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入 11: PA4 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入 > PH_SEL[T5SEL] : PH_SEL[T5BCT] 01: PA14 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1B 输入 11: PA5 作为 Timer5 的输入输出或作为 QEP1B 输入 > PH_SEL[T5SEL] 00: PA15 复用为 QEP1Z 输入

		01: PA6 复用为 QEP1Z 输入
[29:28]	T8CT	端口复用为 Timer8 00/11: 不复用 01: PA9 作为 Timer8 的输入输出 10: PB2 作为 Timer8 的输入输出
[27]	DBG1CT	端口复用为 DBG1 0: PA1 复用为 DBG1 1: PA9 复用为 DBG1
[26]	BISSSEL	端口复用为 BISS 0: PA10、PA11 复用为 MA、SLO 1: PA13、PA14 复用为 MA、SLO
[25]	CMPCT	端口复用为比较器输出 0: PA1 复用为比较器输出 1: PA3 复用为比较器输出
[24:23]	MONCT	端口复用为 DataMonitor 00: PA9 复用为 DataMonitor 01: PA0 复用为 DataMonitor 1x: PB0 复用为 DataMonitor
[22]	SPI2TMOD	SPI2 从机发送完后 MISO 端口状态 0: 输出状态 1: 高阻态
[21]	SPI1TMOD	SPI1 从机发送完后 MISO 端口状态 0: 输出状态 1: 高阻态
[20]	I2CCT	端口复用为 I ² C1 0: PA0、PA1 复用为 SDA1、SCL1 1: 不复用
[19]	CANCT	端口复用为 CAN 0: PA0、PA1 复用为 CTX、CRX 1: PA5、PA4 复用为 CTX、CRX
[18]	LINCT	端口复用为 LIN 0: PA0、PA1 复用为 LTX、LRX 1: PA5、PA4 复用为 LTX、LRX
[17:16]	UT2CT	端口复用为 UART2 00: PA2、PA3 复用为 TXD2、RXD2 01: PA5、PA4 复用为 TXD2、RXD2 1x: PB2 (单线模式 IO, 非单线 O)

[15:14]	UT1CT	端口复用为 UART1 00: PA0、PA1 复用为 TXD1、RXD1 01: PA7、PA6 复用为 TXD1、RXD1 1x: PA10、PA11 复用为 TXD1、RXD1
[13:12]	T7CT	端口复用为 Timer7 00: 不复用 01: PA1 作为 Timer7 的输入输出 10: PA3 作为 Timer7 的输入输出 11: PD0 作为 Timer7 的输入输出
[11]	T6BCT	端口复用为 Timer6 0: 不复用 1: PA8 作为 Timer6 的输入输出
[10:9]	T6ACT	端口复用为 Timer6 0x: 不复用 10: PA7 作为 Timer6 的输入输出 11: PA3 作为 Timer6 的输入输出
[8]	T5BCT	端口复用为 Timer5/QEP1B 与 PH_SEL[T5SEL]组合配置 PH_SEL[T5SEL]: PH_SEL[T5BCT] 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 与 PH_SEL[T5SEL]组合配置 PH_SEL[T5SEL]: PH_SEL[T5ACT] 01: PA13 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入 11: PA4 作为 Timer5 的输入输出或 QEP1A 输入
[6:5]	T4CT	端口复用为 Timer4 00: 不复用 01: PA0 作为 Timer4 的输入输出 10: PA2 作为 Timer4 的输入输出 11: PD3 作为 Timer4 的输入输出
[4:3]	T3CT	端口复用为 Timer3 00: 不复用 01: PA8 作为 Timer3 的输入输出 10: PA0 作为 Timer3 的输入输出 11: PA2 作为 Timer3 的输入输出
[2]	RSV	保留

[1]	T2BCT	端口复用为 Timer2 0: 不复用 1: PA11 作为 Timer2 的输入输出
[0]	T2ACT	端口复用为 Timer2 0: 不复用 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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	~	~	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-

位	名称	描述
[31:4]	RSV	保留
[3]	PFCO2CT	端口复用为 PFC PWM2 输出 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 0: PA6 复用为 PFC_O1 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PA15 ~ PA0 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PB15 ~ PB0 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															
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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	PC15 ~ PC0 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 0: 不使能 1: 使能												
[6]	TSEN_EN	温度传感器使能 0: 不使能 1: 使能												
[5]	TSEN_HYS	温度传感器输出结果滤波 0: 滤波宽度 1 个码值 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 表 26-2 过温保护码值与对应保护温度 <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></table>	TSD_ADJ	保护温度(°C)	0000	81.75	0001	86.45	0010	91.35	0011	96.35	0100	101.8
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							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	r	r	r	r	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 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

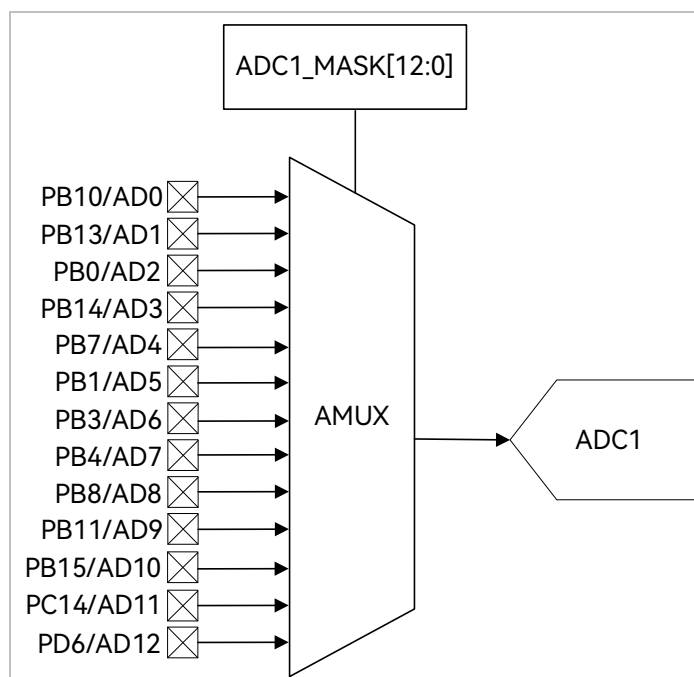


图 27-2 ADC2 多路复用器框图

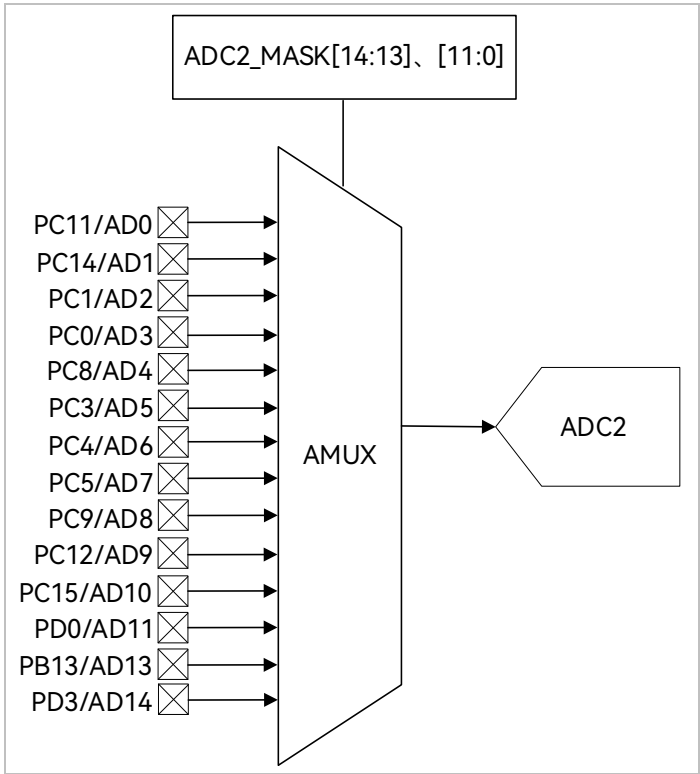


图 27-3 ADC3 多路复用器框图

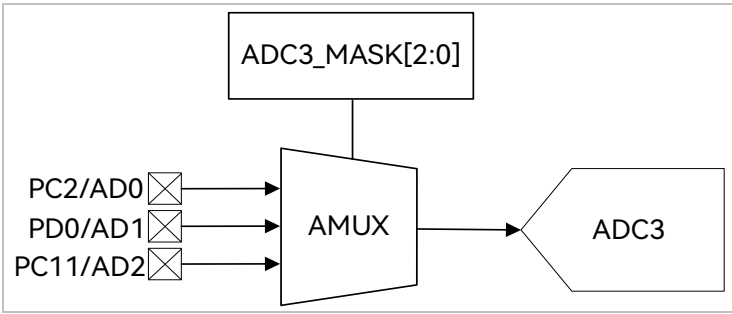


图 27-4 ADC1 功能框图

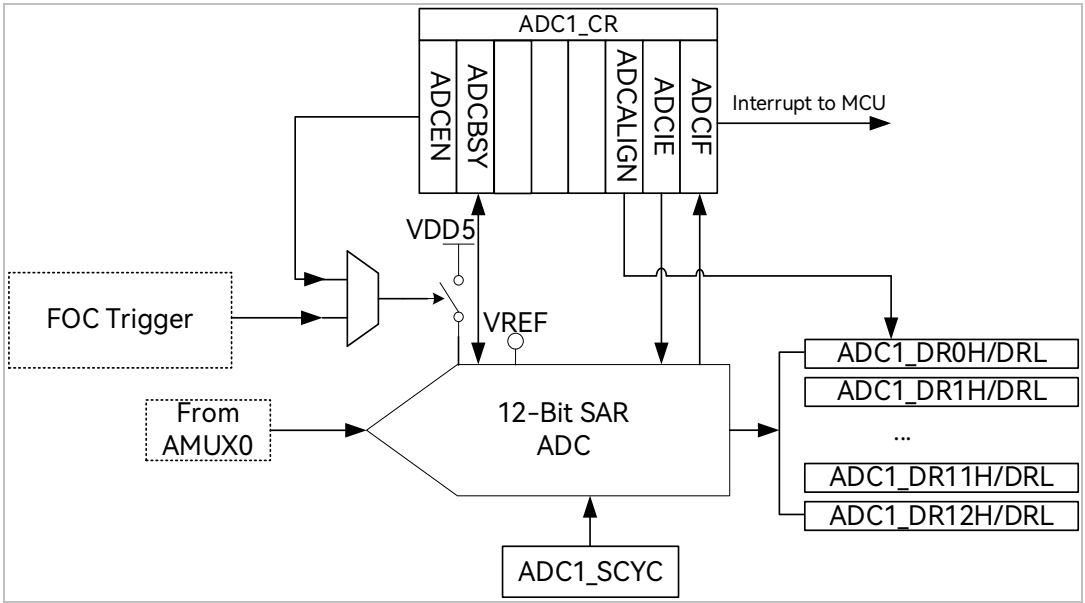


图 27-5 ADC2 功能框图

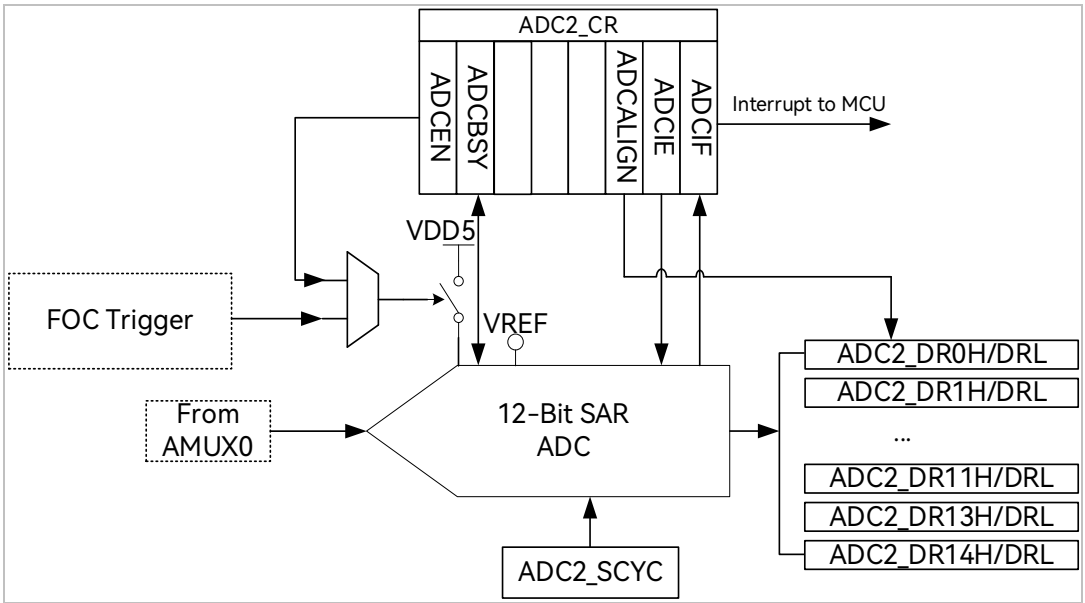
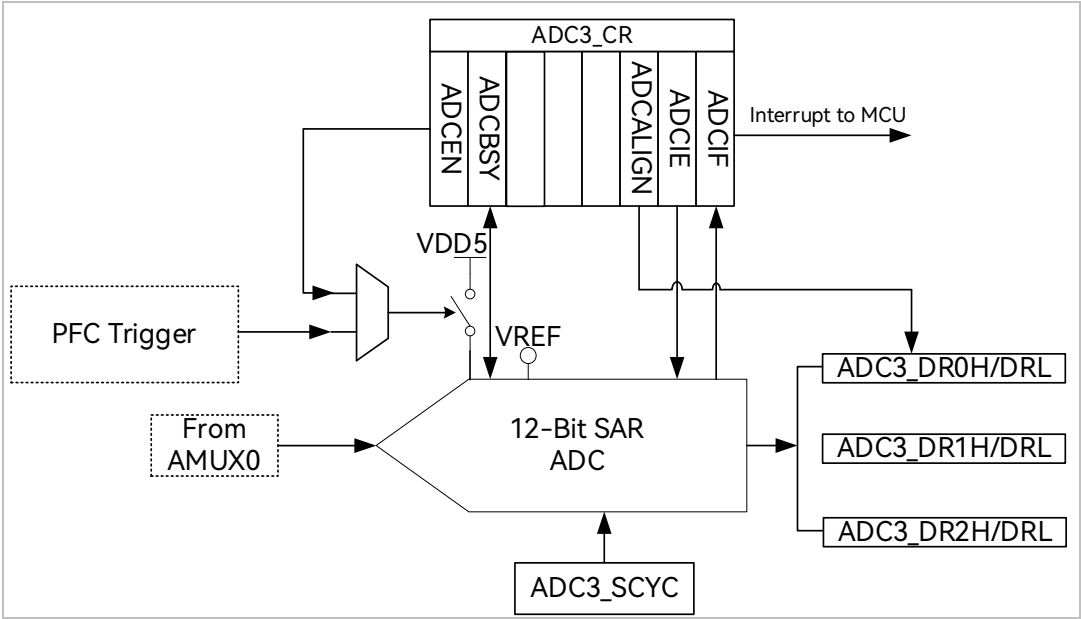


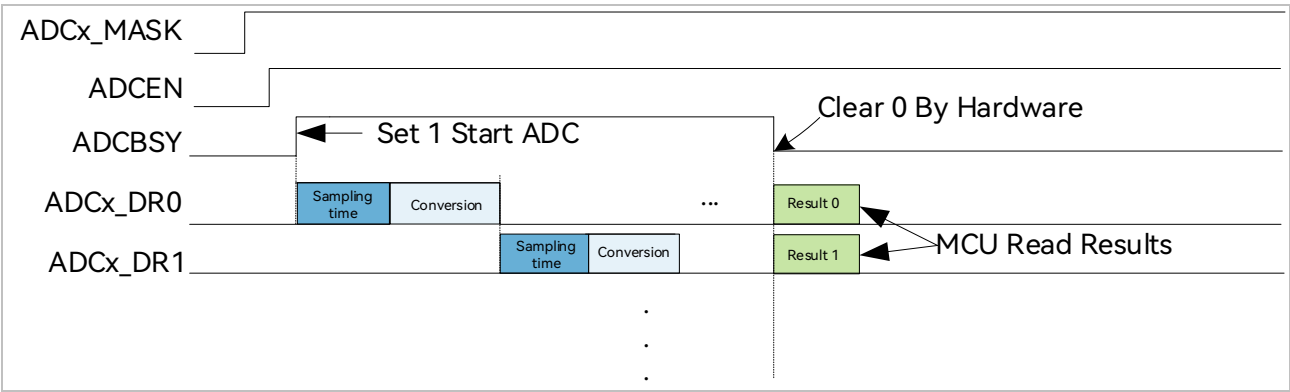
图 27-6 ADC3 功能框图



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[ADCALIGN]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 0: 不使能 1: 使能
[6]	ADCBSY	ADC 启动&ADC 忙标志位 读: 0: ADC 空闲 1: ADC 忙 写: 0: 无意义 1: 启动 ADC 转换  备注: ADCx_MASK = 0 时此位写 1 无意义
[5:3]	RSV	保留
[2]	ADCALIGN	ADC 数据格式选择 0: ADC 数据右对齐 1: ADC 数据左次高位对齐  备注: 触发采样模式不受影响, 固定为左次高位对齐
[1]	ADCIE	ADC 中断使能(不包含触发模式中断) 0: 不使能

		1: 使能
[0]	ADCIF	ADC 中断事件标志位 当本次 ADC 转换完成时，硬件置 1 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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
[15:12]	ADC1_SCYC3 [15:12]	ADC1 采样周期设置，ADC 通道 3、8、9、10、12 共用设置 ADC1_SCYC3[15] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC3[14:12]个 ADC 时钟周期 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 [11:8]	ADC1 采样周期设置，ADC 通道 5、6、7 共用设置 ADC1_SCYC2[11] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC2[10:8]个 ADC 时钟周期 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 [7:4]	ADC1 采样周期设置，ADC 通道 2 设置 ADC1_SCYC1[7] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC1[6:4]个 ADC 时钟周期 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 [3:0]	ADC1 采样周期设置，ADC 通道 0、1、4、11 共用设置 ADC1_SCYC0[3] = 0: 采样周期为 ADC1_SCYC0[2:0]个 ADC 时钟周期 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 [15:12]	ADC2 采样周期设置, ADC 通道 3、8、9、10、14 共用设置 ADC2_SCYC3[15] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC3[14:12]个 ADC 时钟周期 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 [11:8]	ADC2 采样周期设置, ADC 通道 5、6、7 共用设置 ADC2_SCYC2[11] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC2[10:8]个 ADC 时钟周期 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 [7:4]	ADC2 采样周期设置, ADC 通道 2、11 共用设置 ADC2_SCYC1[7] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC1[6:4]个 ADC 时钟周期 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 [3:0]	ADC2 采样周期设置, ADC 通道 0、1、4、13 共用设置 ADC2_SCYC0[3] = 0: 采样周期为 ADC2_SCYC0[2:0]个 ADC 时钟周期 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
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	w	r	w	r	w	r	w

-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	描述
[31:8]	RSV	保留
[7:4]	ADC3_SCYC1 [7:4]	ADC3 采样周期设置, ADC 通道 0、2 共用设置 ADC3_SCYC1[7] = 0: 采样周期为 ADC3_SCYC1[6:4]个 ADC 时钟周期 ADC3_SCYC1[7] = 1: 采样周期为(ADC3_SCYC1[6:4]*8 + 7)个 ADC 时钟周期
[3:0]	ADC3_SCYC0 [3:0]	ADC 采样周期设置, ADC 通道 1 设置 ADC3_SCYC0[3] = 0: 采样周期为 ADC3_SCYC0[2:0]个 ADC 时钟周期 ADC3_SCYC0[3] = 1: 采样周期为(ADC3_SCYC0[2:0]*8 + 7)个 ADC 时钟周期

27.4.6 ADC1_DRx (0x40000040)

偏移	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
00h	ADC1_DR0														
02h	ADC1_DR1														
04h	ADC1_DR2														
06h	ADC1_DR3														
08h	ADC1_DR4														
0Ah	ADC1_DR5														
0Ch	ADC1_DR6														
0Eh	ADC1_DR7														
10h	ADC1_DR8														
12h	ADC1_DR9														
14h	ADC1_DR10														
16h	ADC1_DR11														
18h	ADC1_DR12														

27.4.7 ADC2_DRx (0x40000060)

偏移	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
00h	ADC2_DR0														
02h	ADC2_DR1														
04h	ADC2_DR2														
06h	ADC2_DR3														
08h	ADC2_DR4														

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											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	└	└	└	└	└	└	└	└	└	└	└	└
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 转换结果数据根据 ADCx_CR[ADCALIGN]选择对齐方式 备注: 触发采样模式 ADC 结果不会更新至此寄存器

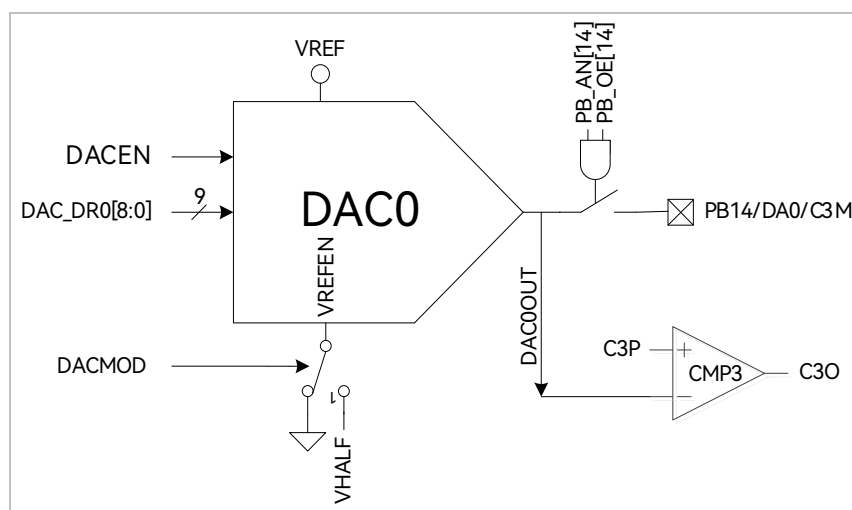
28 DAC

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

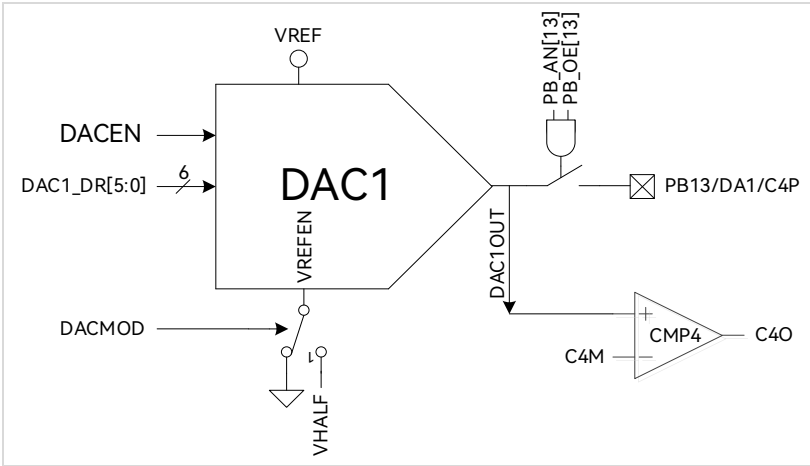
模式下输出电压与DAC0_DR关系如表 28-1所示。

表 28-1 不同配置下 DAC0 的电压输出

DAC0_DR[8:0]	DAC0 输出电压 (DAC_CR[DACMOD] = 0)	DAC0 输出电压 (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

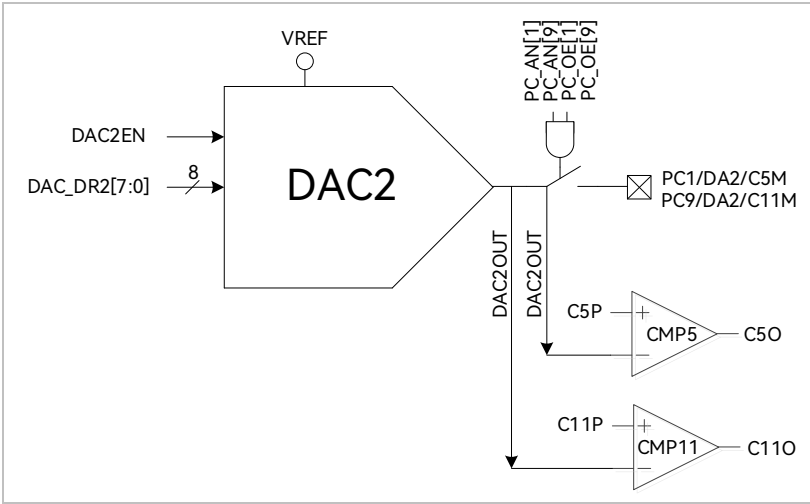
置下DAC1的输出电压如表 28-2所示。

表 28-2 不同配置下 DAC1 的电压输出

DAC1_DR[5:0]	DAC1 输出电压 (DAC_CR[DACMOD] = 0)	DAC1 输出电压 (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。

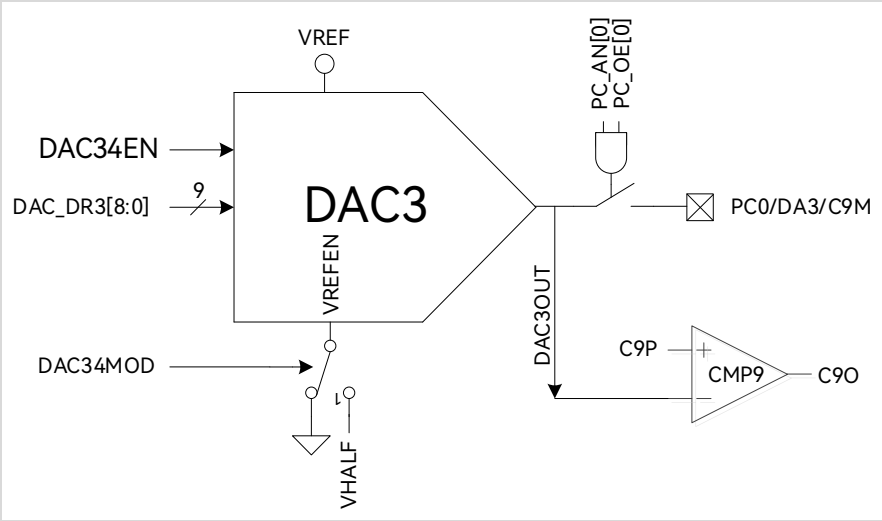
使用 DAC2 的具体设定如下：

- 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。

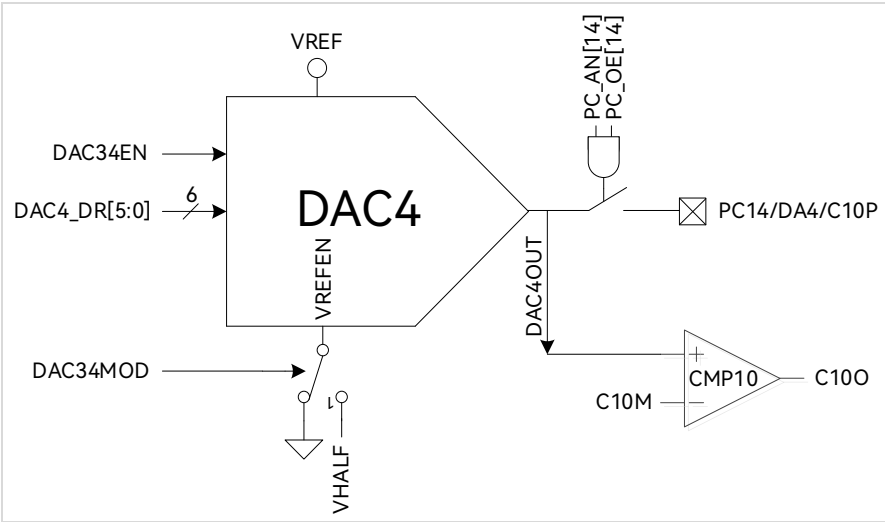
表 28-3 不同配置下 DAC3 的电压输出

DAC3_DR[8:0]	DAC3 输出电压 (DAC_CR[DAC34MOD] = 0)	DAC3 输出电压 (DAC_CR[DAC34MOD] = 1)
0x000	0	VHALF

DAC3_DR[8:0]	DAC3 输出电压 (DAC_CR[DAC34MOD] = 0)	DAC3 输出电压 (DAC_CR[DAC34MOD] = 1)
0x100	VREF/2	(VREF - VHALF)/2 + VHALF
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 (DAC_CR[DAC34MOD] = 0)	DAC4 输出电压 (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 0: 全电压输出模式 1: 半电压输出模式
[4]	DACMOD	DAC0、DAC1 模式设置 0: 全电压输出模式 1: 半电压输出模式
[3]	RSV	保留
[2]	DAC34EN	DAC3、DAC4 使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	DAC2EN	DAC2 使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	DACEN	DAC0、DAC1 使能 0: 不使能 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)

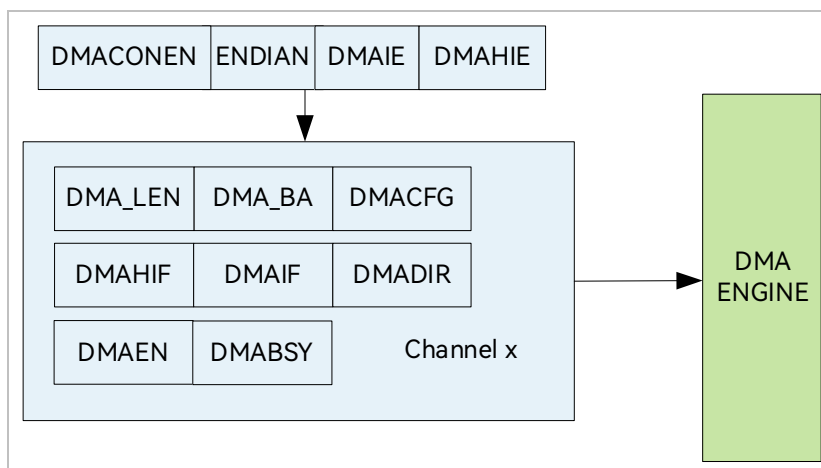
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
RSV																								DAC4_DR							
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	rw	rw	rw	rw	rw	rw	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	

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、I²C、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 0: 不使能 1: 使能
[11]	DMAIE	DMA 中断使能 0: 不使能 1: 使能
[10]	DMACONEN	循环模式 0: 不执行循环操作 1: 执行循环操作
[9]	DMAEN	DMA 模块使能 0: 不使能 1: 使能
[8]	DMABSY	DMA 通道忙状态/启动 读:

		0: 通道空闲 1: 通道正在传输 写: 0: 无意义 1: 启动通道开始传输
[7:4]	DMACFG	DMA 通道外设与方向选择位 0000: 复用为 UART1 0001: 复用为 UART2 0010: 保留 0011: 复用为 SPI1 0100: 复用为 SPI2 0101: 复用为 I²C1 0110: 复用为 I²C2 0111: 复用为 LIN 1000: 复用为 T2DR 1001: 复用为 T2ARR 1010: 复用为 T5DR 1011: 复用为 T5ARR 1100: 复用为 CRC 1101: 复用为 DataMonitor  备注: 当 DMA 通道忙状态时不可改变
[3]	DMADIR	DMA 方向选择 0: 从外设到 RAM 1: 从 RAM 到外设
[2]	ENDIAN	DMA 数据传输顺序 0: 高位字节先接收或发送 1: 低位字节先接收或发送  备注: 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。
[1]	DMAHIF	DMA 半完成中断标志位 读: 0: 未发生中断事件

		1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 产生中断事件
[0]	DMAIF	DMA 中断标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 产生中断事件

29.4.2 DMAx_LEN (CSR:0x0A1/0x0B1/0x0C1/0x0D1/0x0E1/0x0F1)

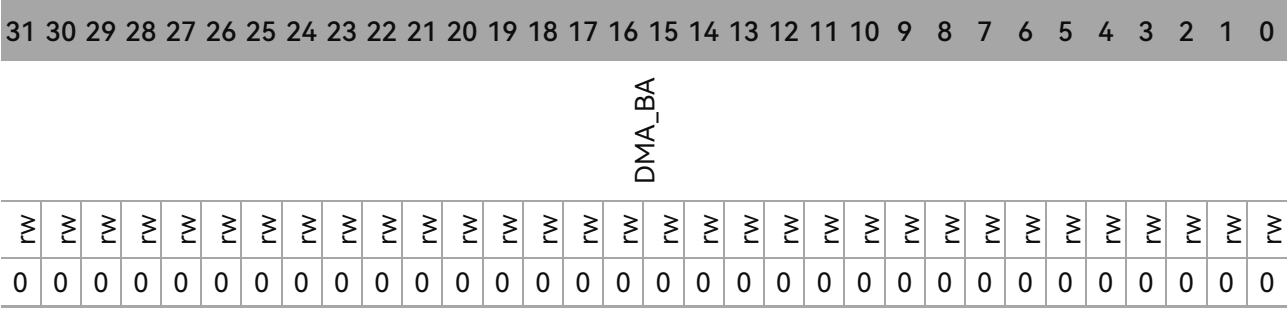
x 为 DMA 通道号，x = 0/1/2/3/4/5。

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 读: DMA 通道目前传输的字节是第几字节(0 表示第 1 字节) 写: DMA 通道 SRAM 数据传输长度  备注: 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 DMAx_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 当 DMA 忙状态时不可改变  备注: 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])

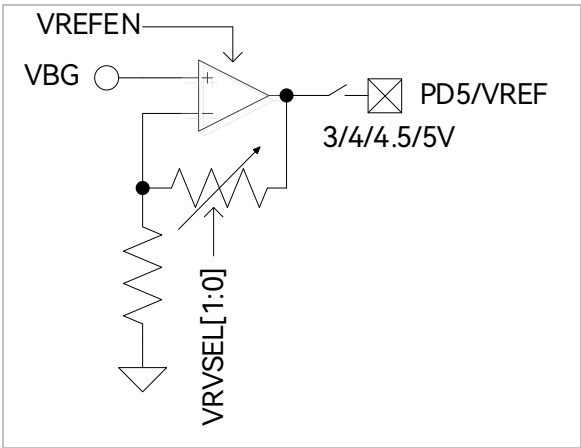
 备注:

当 DMA 通道外设选择为 I²C 时(包括从 I²C 到 SRAM、从 SRAM 到 I²C)，I²C 通讯的 START + Address 中断需 MCU 软件清除。I²C 为从机时，若遇到 STOP，配置 I2Cx_SR[I2CSTP] = 0 以清除 I²C 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	

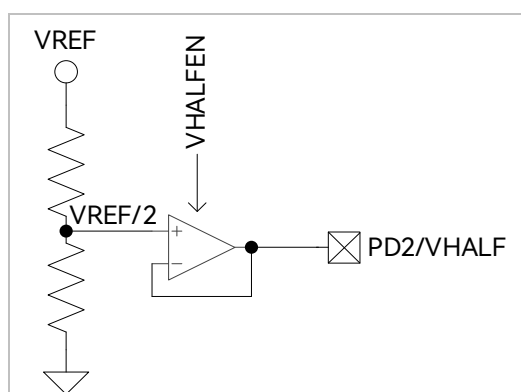
位	名称	描述
[31:10]	RSV	保留

[9]	VHALFSEL1	VHALF 工作电压选择(VREF 系数 1) 00: 1/8 01: 1/4 10: 25/64 11: 1/2(默认值)
[8]	VHALFSEL0	VHALF 工作电压选择(VREF 系数 0) 00: 1/8 01: 1/4 10: 25/64 11: 1/2(默认值)
[7]	VRVSEL1	VREF 电压配置 1 00: 4.5V 01: 5V 10: 3V 11: 4V
[6]	VRVSEL0	VREF 电压配置 0 00: 4.5V 01: 5V 10: 3V 11: 4V
[5]	RSV	保留
[4]	VREFEN	VREF 模块使能 0: 不使能 1: 使能
[3:1]	RSV	保留
[0]	VHALFEN	VHALF 使能 0: 不使能 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

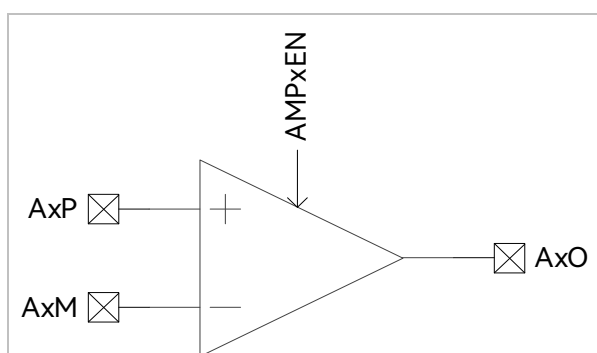
VHALF 寄存器参考 30.2.1。

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：

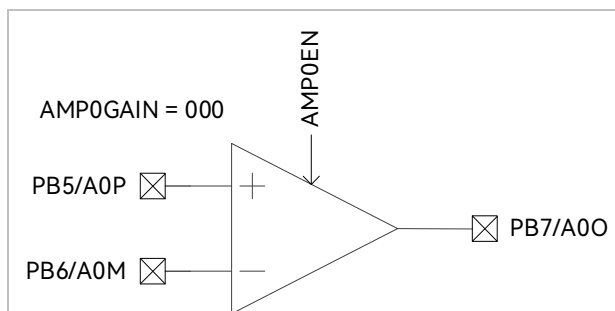
- 普通模式
- PGA差分输入模式
- PGA单端输入模式(AMP3除外)

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

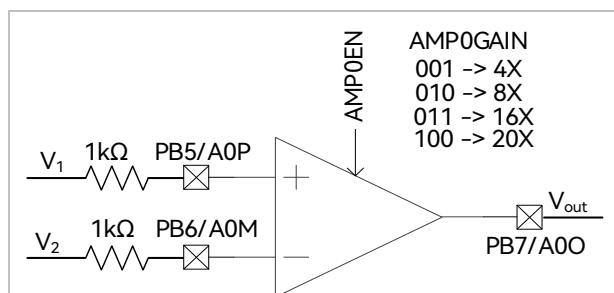
图 32-2 母线电流运放 AMP0



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

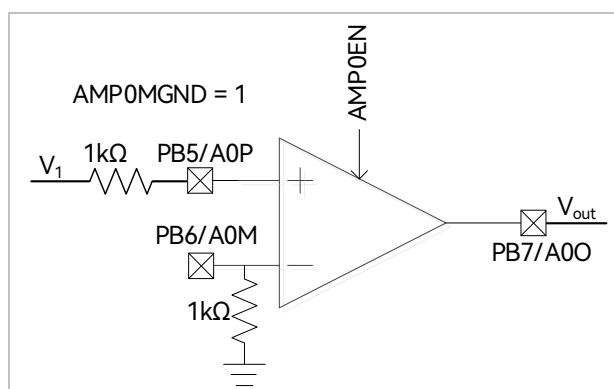


如图 32-3 所示，AMP0 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

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 1kΩ 电阻到地。

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[AMP0MGND] = 1, AMP_CR0[AMP0EN] = 1，使能 AMP0。运放的输出与输入之间的关系为：

$$V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMP0GAIN。$$



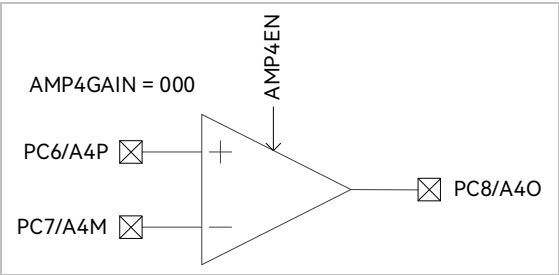
备注：

当 AMP0 负输入端接地时，PB6 不能用作 IO

32.2.2 母线电流采样运放(AMP4)

32.2.2.1 AMP4 普通模式

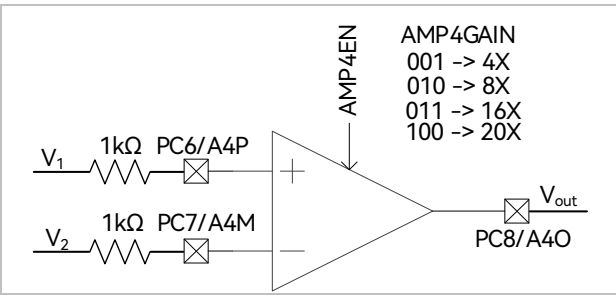
图 32-5 母线电流运放 AMP4



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

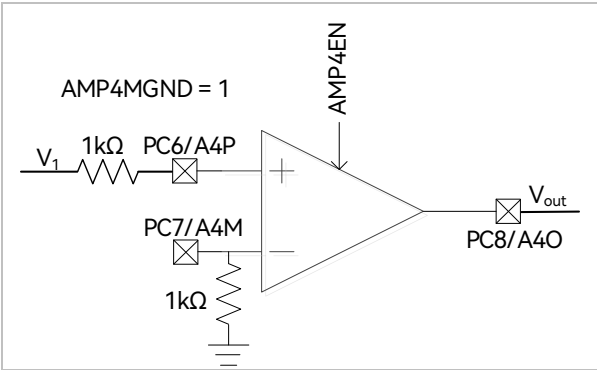


如图 32-6 所示，AMP4 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

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: $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMP4GAIN$ 。

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 1kΩ电阻到地。

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[AMP4MGND] = 1，AMP_CR0[AMP4EN] = 1，使能 AMP4。运放的输出与输入之间的关系为：
 $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMP4GAIN$ 。

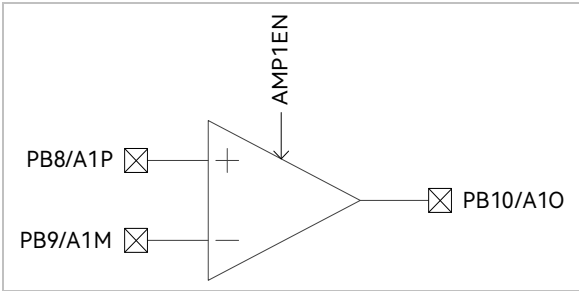


备注：
当 AMP4 负输入端接地时，PC7 不能用作 IO

32.2.3 相电流运放(AMP1)

32.2.3.1 AMP1 普通模式

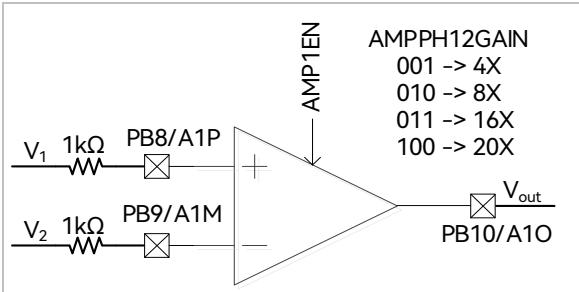
图 32-8 AMP1 输入输出相关端口



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



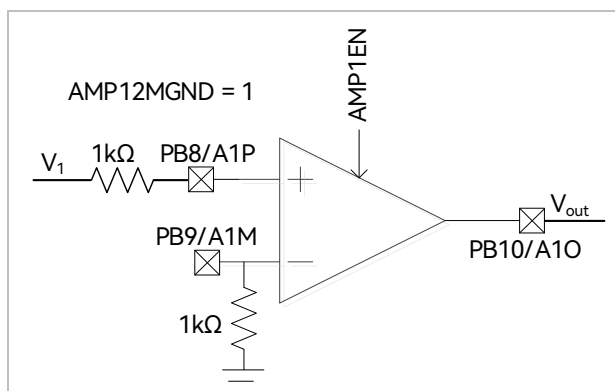
如图 32-9 所示，AMP1 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

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 1kΩ 的电阻，负输入端在 MCU 内部接 1kΩ 电阻到地。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： $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMPPH12GAIN$ 。



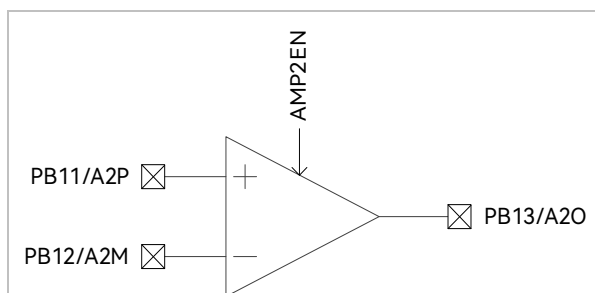
备注：

当 AMP1 负输入端接地时，PB9 不能用作 IO

32.2.4 相电流运放(AMP2)

32.2.4.1 AMP2 普通模式

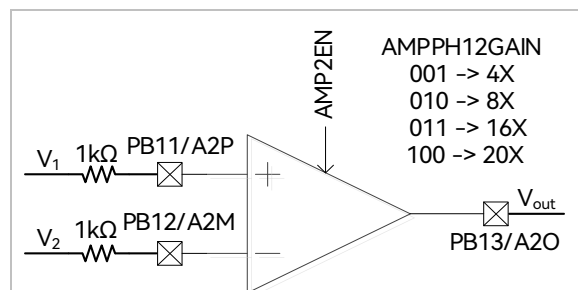
图 32-11 AMP2 输入输出相关端口



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

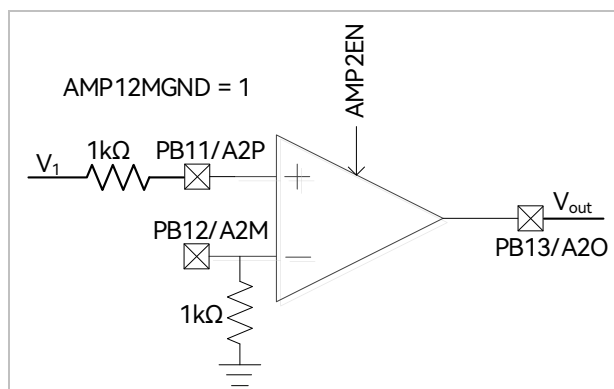


如图 32-12 所示，AMP2 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

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： $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMPPH12GAIN$ 。

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 1kΩ 电阻到地。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： $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMPPH12GAIN$ 。



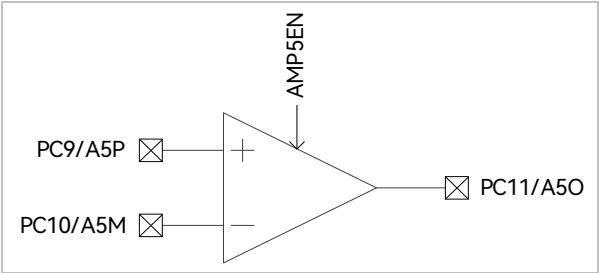
备注:

当 AMP2 负输入端接地时，PB12 不能用作 IO

32.2.5 相电流运放(AMP5)

32.2.5.1 AMP5 普通模式

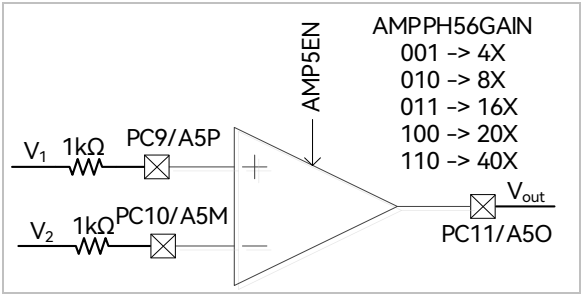
图 32-14 AMP5 输入输出相关端口



相电流运放输入输出端对应的端口如图 32-14 所示。配置 AMP_CR0[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 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

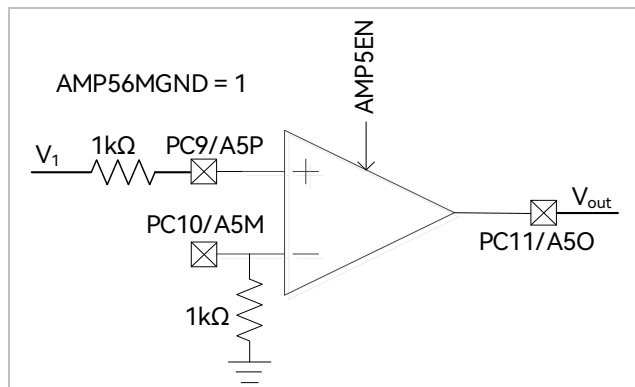


如图 32-15 所示，AMP5 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

使用 AMP5 PGA 差分输入模式时，通过 AMP_CR1[AMPPH56GAIN] 设定放大倍数；配置 AMP_CR0[AMP5EN] = 1，使能 AMP5。运放的输出与输入之间的关系为： $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMPPH56GAIN$ 。

32.2.5.3 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 1kΩ 的电阻，负输入端在 MCU 内部接 1kΩ 电阻到地。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：

$$V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMPPH56GAIN。$$



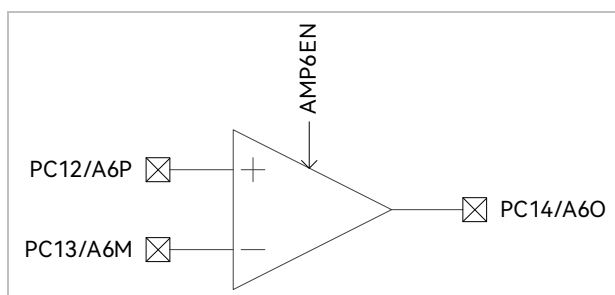
备注：

当 AMP5 负输入端接地时，PC10 不能用作 IO

32.2.6 相电流运放(AMP6)

32.2.6.1 AMP6 普通模式

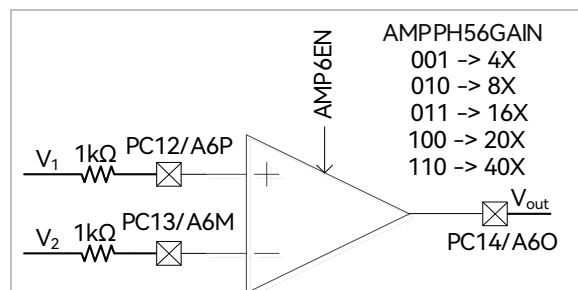
图 32-17 AMP6 输入输出相关端口



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

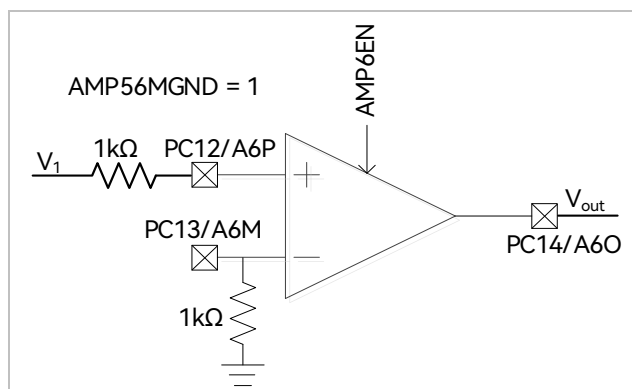


如图 32-18 所示，AMP6 的正输入端和负输入端在外部电路分别串联一个 1kΩ 的电阻。

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，负输入端在 MCU 内部接 1kΩ 电阻到地。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： $V_{out} = V_{HALF} + V_1 * AMPPH56GAIN$ 。



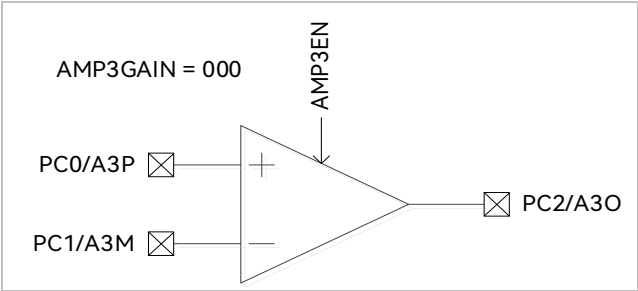
备注：

当 AMP6 负输入端接地时，PC13 不能用作 IO

32.2.7 运放 AMP3

32.2.7.1 AMP3 普通模式

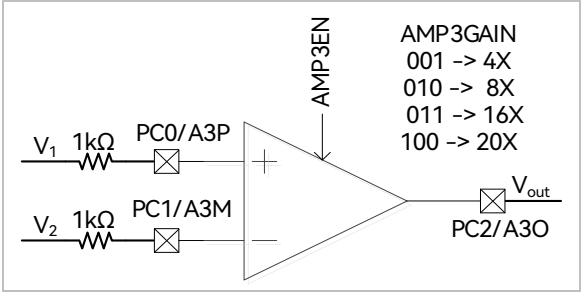
图 32-20 AMP3 输入输出相关端口



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: $V_{out} = V_{HALF} + (V_1 - V_2) * AMP3GAIN$ 。

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	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 0: 不使能 1: 使能
[12]	CP0SEL	AMP0 平均电流采样通道选择，需配置 AMP_CR0[CP0EN] = 1，方可生效 0: 从 AD1 通道 10(PB15)采样平均电流 1: 从 AD1 通道 12(PD6)采样平均电流  备注: 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
[11]	CP0EN	AMP0 恒功率使能 0: 不使能 1: 使能
[10]	AMP56MGND	AMP5&AMP6 负输入端接 GND 使能 0: 不使能 1: 使能
[9]	AMP4MGND	AMP4 负输入端接 GND 使能 0: 不使能 1: 使能
[8]	AMP12MGND	AMP1&AMP2 负输入端接 GND 使能 0: 不使能 1: 使能
[7]	AMP0MGND	AMP0 负输入端接 GND 使能

		0: 不使能 1: 使能
[6]	AMP6EN	AMP6 使能 0: 不使能 1: 使能
[5]	AMP5EN	AMP5 使能 0: 不使能 1: 使能
[4]	AMP4EN	AMP4 使能 0: 不使能 1: 使能
[3]	AMP3EN	AMP3 使能 0: 不使能 1: 使能
[2]	AMP2EN	AMP2 使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	AMP1EN	AMP1 使能 0: 不使能 1: 使能
[0]	AMP0EN	AMP0 使能 0: 不使能 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 放大倍数设置

		000: 放大倍数由外部电路配置 001: 4 倍 010: 8 倍 011: 16 倍 100: 20 倍 101: 保留 110: 40 倍 111: 保留
[11:9]	AMPPH12GAIN	AMP1/AMP2 放大倍数设置 000: 放大倍数由外部电路配置 001: 4 倍 010: 8 倍 011: 16 倍 100: 20 倍 101: 保留 110: 保留 111: 保留
[8:6]	AMP4GAIN	AMP4 放大倍数设置 000: 放大倍数由外部电路配置 001: 4 倍 010: 8 倍 011: 16 倍 100: 20 倍 101: 保留 110: 保留 111: 保留
[5:3]	AMP3GAIN	AMP3 放大倍数设置 000: 放大倍数由外部电路配置 001: 4 倍 010: 8 倍 011: 16 倍 100: 20 倍 101: 保留 110: 保留 111: 保留
[2:0]	AMP0GAIN	AMP0 放大倍数设置 000: 放大倍数由外部电路配置

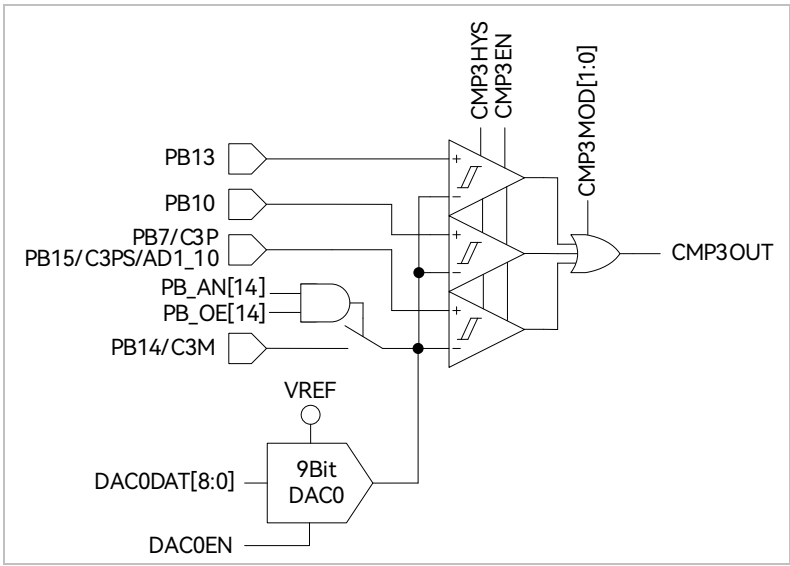
		001: 4 倍 010: 8 倍 011: 16 倍 100: 20 倍 101: 保留 110: 保留 111: 保留

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

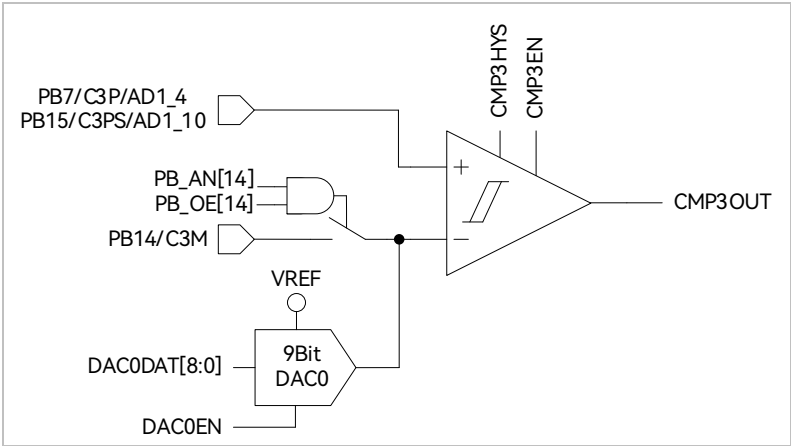


图 33-3 双比较器输入模式

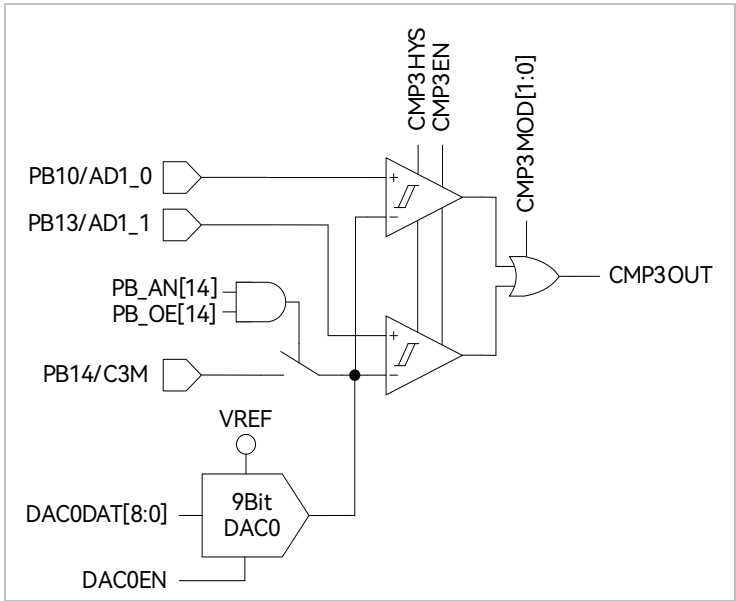
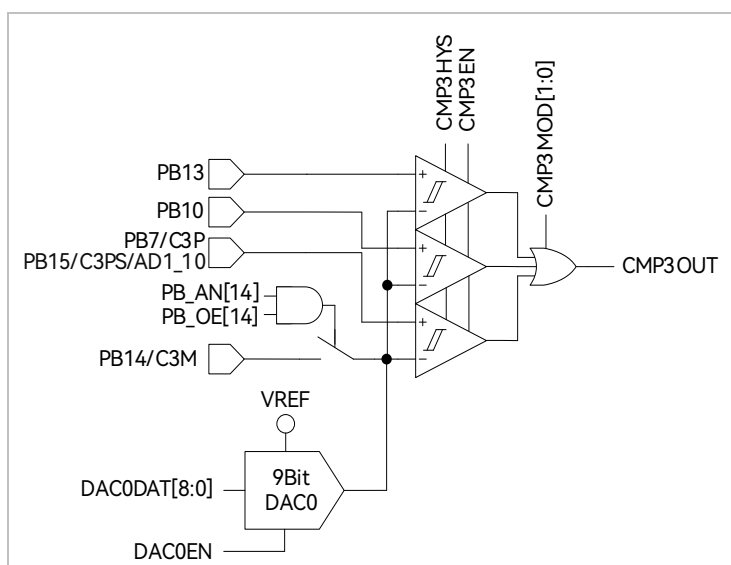


图 33-4 三比较器输入模式



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] = 01，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。

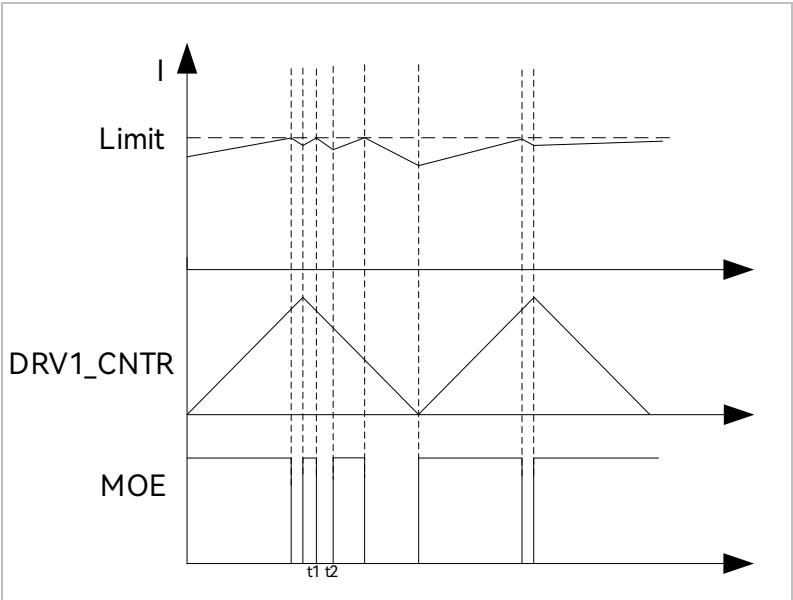
主电机过流保护事件的输入信号可配置 CMP_CR3[CMP3FSEL]使能滤波功能，通过配置 CMP_CR3[CMP3FSEL]= 01/10/11 选择滤波宽度为 4/8/16 个时钟周期。使能滤波功能后，滤波后的信号会比滤波前的信号延迟 4/8/16 个时钟周期。

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

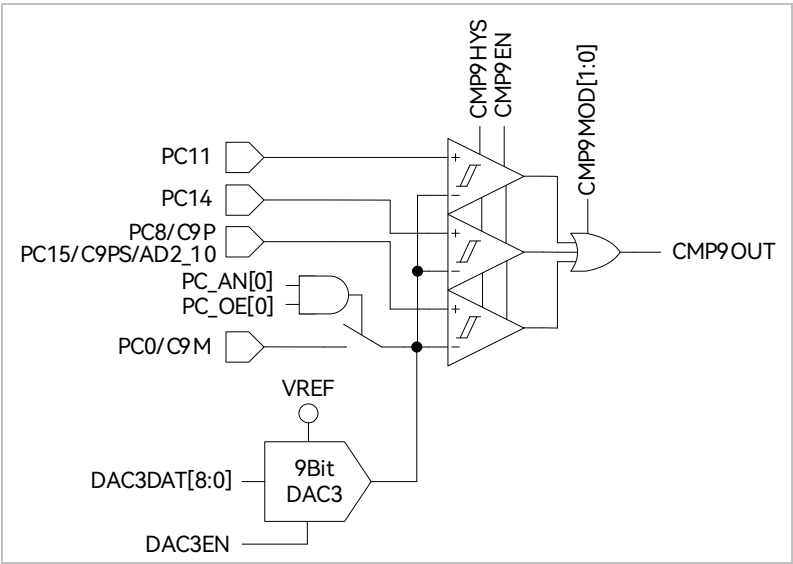
后，自动使能 DRV1_OUT[MOE]，恢复驱动。如果配置 DRV1_CR[MOEMD] = 11，产生保护事件后自动关闭输出；在 Driver 计数器的上溢下溢事件或 5μs 之后，自动使能 DRV1_OUT[MOE]，恢复驱动。

图 33-5 DRV1_CR[MOEMD] = 10，逐波限流波形(t2 - t1 = 10μs)



33.1.2 比较器 CMP9

图 33-6 CMP9 的输入输出端口



CMP9 的输入输出端口如图 33-6 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CMP9负端信号由PC0输入；
- 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PC0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33-7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33-8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33-9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 33-7 单比较器输入模式

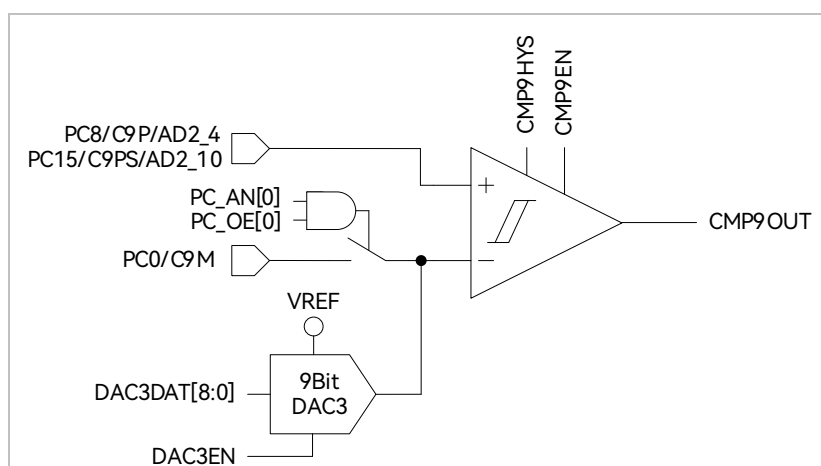


图 33-8 双比较器输入模式

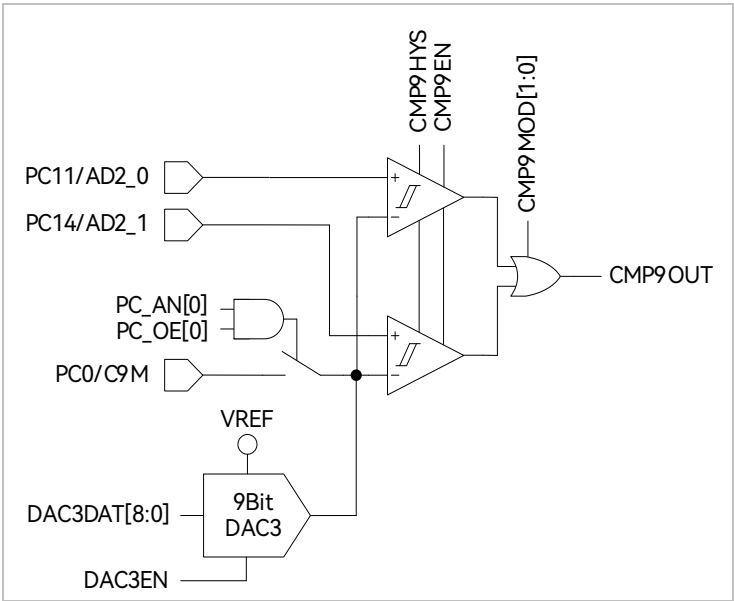
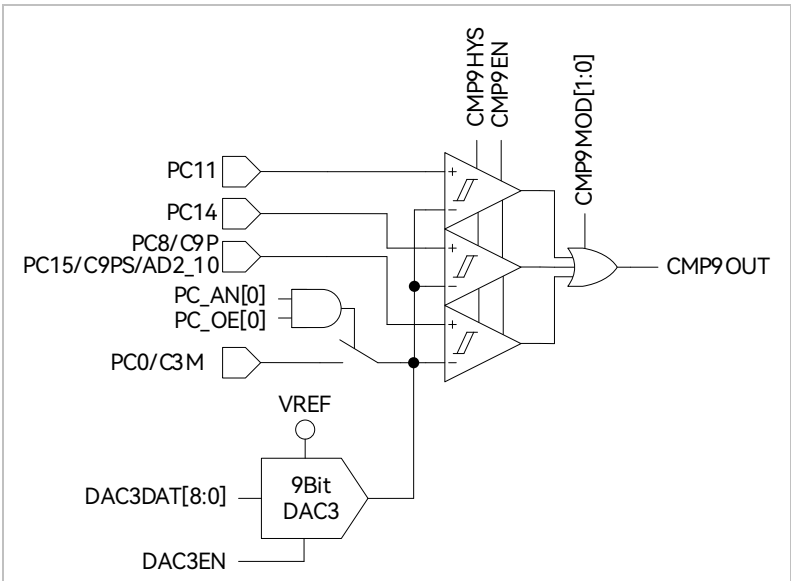


图 33-9 三比较器输入模式



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

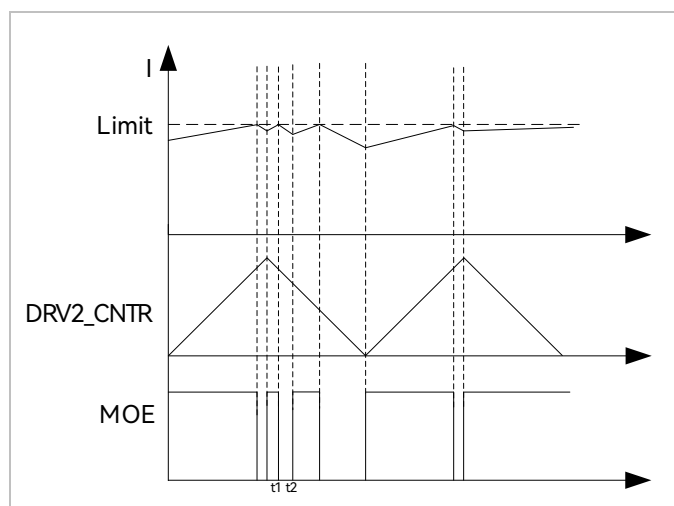
CMP9 中断产生。配置 CMP_CR4[CMP9IM] = 01，过流保护信号由 CMP9 的上升沿产生，此时保护中断为 CMP9 中断。当处于三电阻电流采样模式下，配置 CMP_CR5[CMP9MOD]为三比较器输入模式，任意一相电流过流时，CMP9 中断产生过流保护信号；除三电阻电流采样模式外，配置 CMP_CR5[CMP9MOD]为单比较器输入模式，母线过流时，由 CMP9 产生过流保护信号。

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 10 μ s 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 5 μ s 之后，自动使能 DRV2_OUT[MOE]，恢复驱动。

图 33-10 DRV2_CR[MOEMD] = 10，逐波限流波形($t_2 - t_1 = 10\mu$ s)



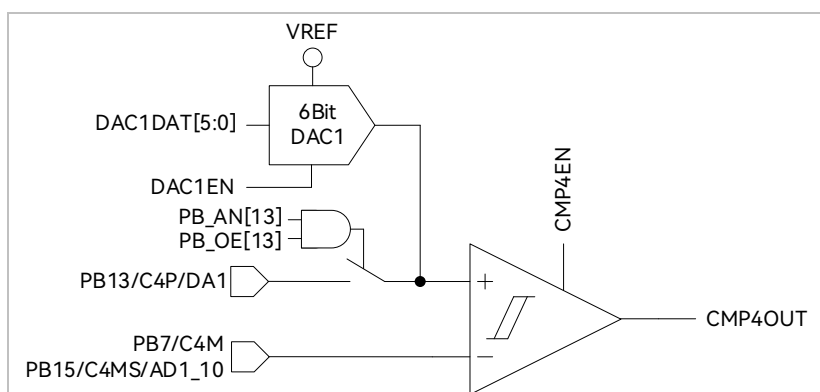
33.1.3 比较器 CMP4

CMP4 的输入输出端口如图 33-11 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 作为主电机母线过流保护。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. 选择正输入端参考电压，正输入端参考电压可使用外部电路输入电压或来自片内 DAC1 的输出电压；
 - 如果使用外部电路输入电压，需配置PB_AN[13] = 1、PB_OE[13] = 1，使CMP4正端信号由PB13输入；
 - 如果使用DAC1输出，需配置DAC_CR[DACEN] = 1, 使能DAC1，然后配置相应的DAC1码值；
 - 在使能DAC1的同时，可以配置PB_AN[13] = 1、PB_OE[13] = 1，在PB13和地之间外接电容(推荐容值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 33-11 CMP4 模块示意图



33.1.4 比较器 CMP10

CMP10 的输入输出端口如图 33-12 所示。CMP10OUT 可由软件读取或外部中断 EXTI0 判断是否翻转。当 CMP9 用于逐波限流保护时，使用 CMP10 作为主电机母线过流保护。CMP10 触发主电机母线电流过流保护后需要软件关闭输出。

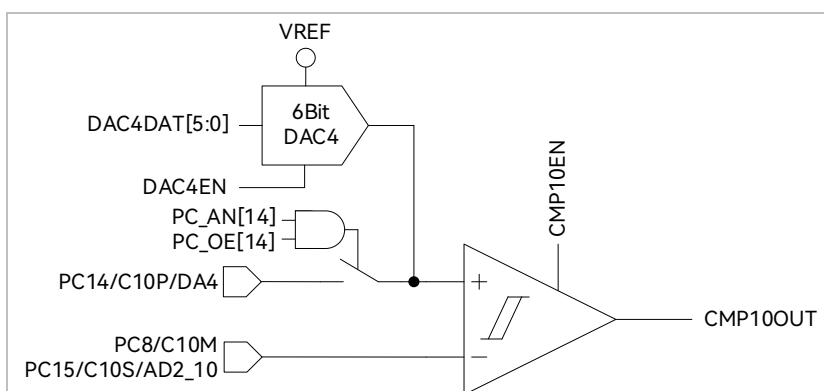
配置 CMP10 的步骤为：

1. 选择正输入端参考电压，正输入端参考电压可使用外部电路输入电压或来自片内DAC4的输出电压；

- 如果使用外部电路输入电压，需配置PC_AN[14] = 1、PC_OE[14] = 1，使CMP10正端信号由PC14输入；
- 如果使用DAC4输出，需配置DAC_CR[DAC34EN] = 1，使能DAC4，然后配置相应的DAC4码值；
- 在使能DAC4的同时，可以配置PC_AN[14] = 1、PC_OE[14] = 1，在PC14和地之间外接电容(推荐容值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 33-12 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 33-13。CMP5OUT 可由软件读取。CMP5 用于 PFC 过流保护。



备注：

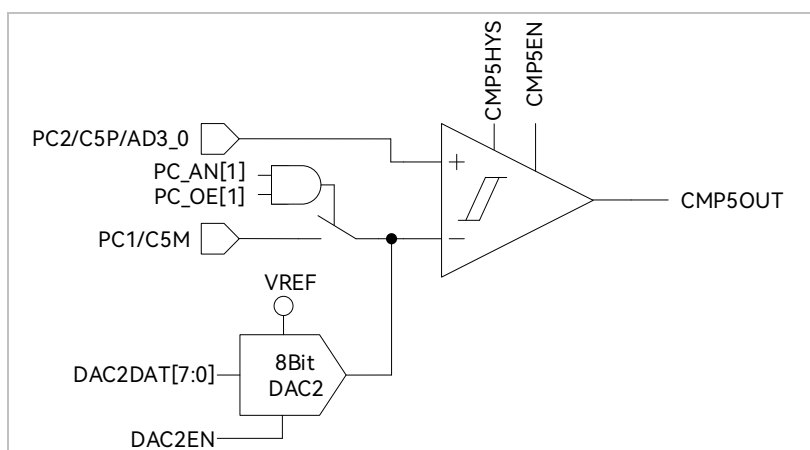
发生过流保护时，CMP5 只是强制拉低 PFC1 的输出，并未清除 PFC_CR0[PFCEN]、PFC_CR0[PFCOE]，用户可通过读 PFC_CR0[PFC_FORC1]来判断是否发生强制拉低动作。

配置 CMP5 的步骤为：

1. 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 DAC2 的输出电压；
 - 如果使用外部电路输入电压，需配置PC_AN[1] = 1、PC_OE[1] = 1，使CMP5负端信号输入至PC1；

- 如果使用DAC2输出，需配置DAC_CR[DAC2EN] = 1, 使能DAC2，然后配置相应的DAC2码值；
 - 在使能DAC2的同时，可以配置PC_AN[1] = 1、PC_OE[1] = 1，在PC1和地之间外接电容(推荐容值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 33-13 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 33-14。CMP11OUT 可由软件读取。CMP11 用于 PFC 过流保护。



备注：

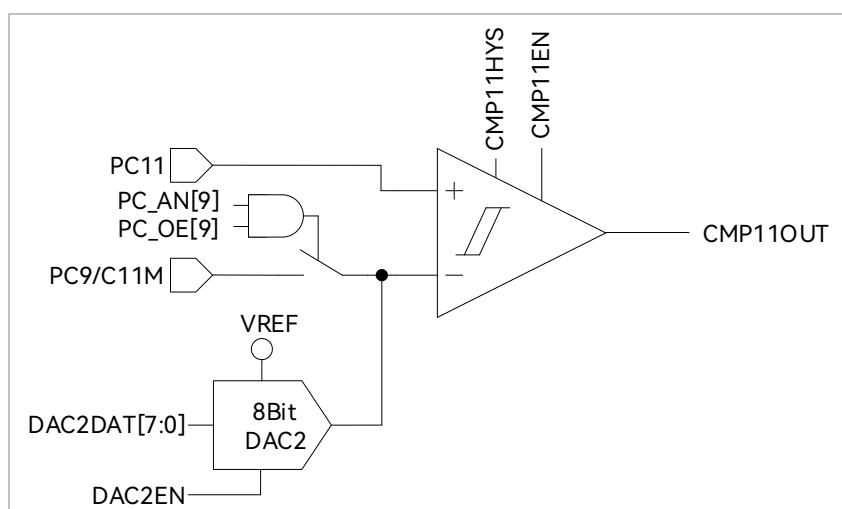
发生过流保护时，CMP11 只是强制拉低 PFC2 的输出，并未清除 PFC_CR0[IAC2EN]、PFC_CR0[PFCOE]，用户可通过读 PFC_CR0[PFC_FORC2]来判断是否发生强制拉低动作。

配置 CMP11 的步骤为：

1. 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DAC2的输出电压；
 - 如果使用外部电路输入电压，需配置PC_AN[9] = 1、PC_OE[9] = 1，使CMP11负端信号输入至PC9；
 - 如果使用DAC2输出，需配置DAC_CR[DAC2EN] = 1, 使能DAC2，然后配置相应的DAC2码值；

- 在使能DAC2的同时，可以配置PC_AN[9] = 1、PC_OE[9] = 1，在PC9和地之间外接电容(推荐容值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 33-14 CMP11 模块示意图



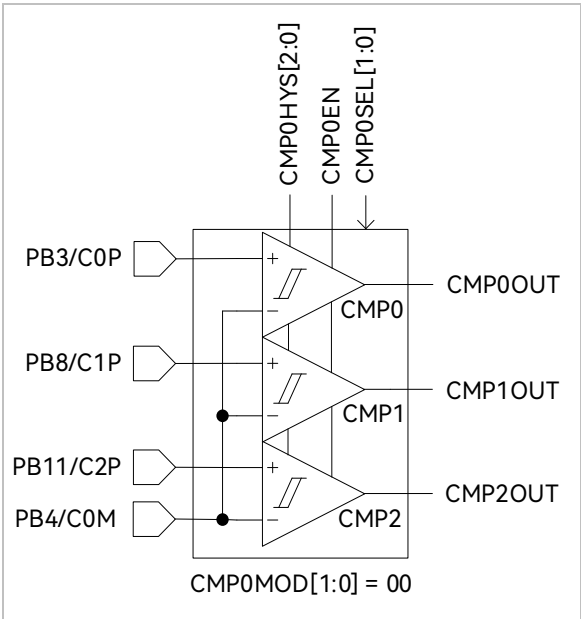
33.1.7 比较器组 CMPG1

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 CMP_CR2[CMP0MOD] = 00，选择无内置电阻三比较器模式，输入输出端口如图 33-15 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 CMP_CR2[CMP0SEL]决定，CMP_CR2[CMP0SEL] = 00，CMP0、CMP1 和 CMP2 三路比较器同时工作，为推荐设置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 01，仅 CMP0 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 10，仅 CMP1 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 11，仅 CMP2 工作，其余两个 CMP 闲置。

图 33-15 无内置电阻三比较器模式

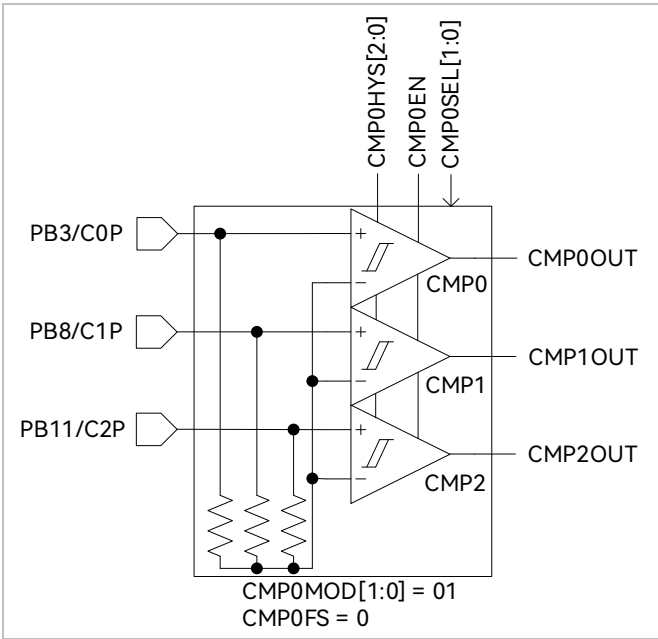


33.1.7.2 内置电阻三比较器模式

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。

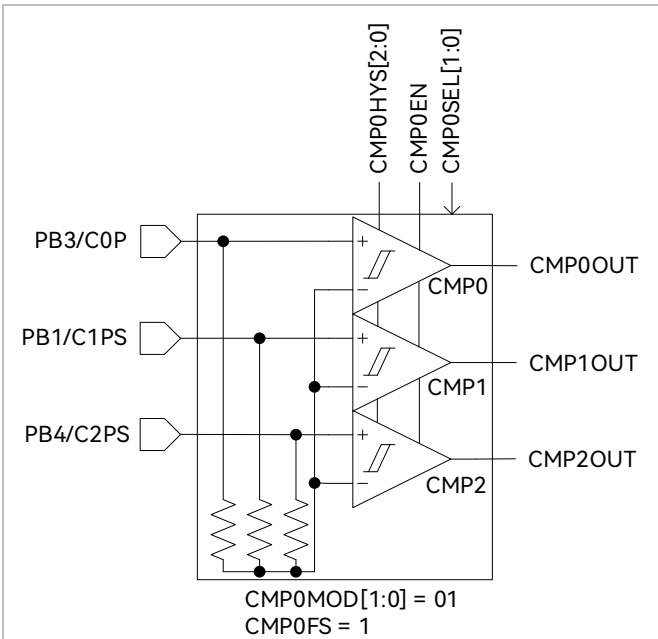
配置 $\text{CMP\_CR2}[\text{CMP0FS}] = 0$ ，输入输出端口如图 33-16 所示，三路比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PB3、PB8 和 PB11，输出分别为 CMP0OUT、CMP1OUT 和 CMP2OUT。

图 33-16 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 33-17 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 33-17 内置电阻三比较器模式，功能转移

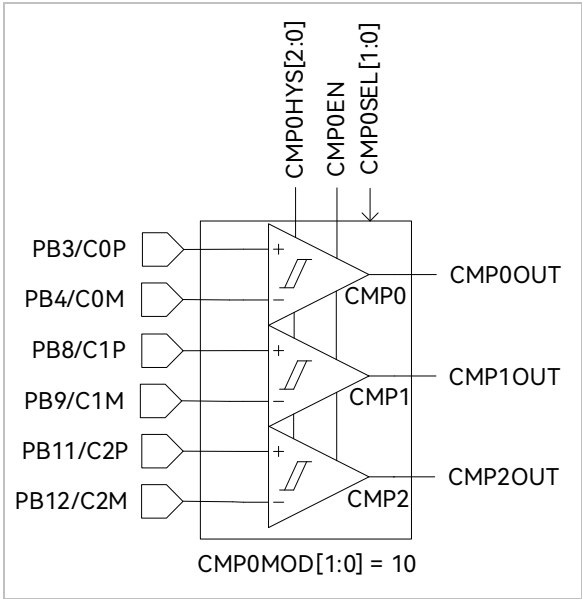


33.1.7.3 差分三比较器模式

配置 CMP_CR2[CMP0MOD] = 10，选择差分三比较器模式，输入输出端口如图 33-18 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 CMP_CR2[CMP0SEL]决定，CMP_CR2[CMP0SEL] = 00，CMP0、CMP1 和 CMP2 三路比较器同时工作，为推荐设置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 01，仅 CMP0 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 10，仅 CMP1 工作，其余两个 CMP 闲置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 11，仅 CMP2 工作，其余两个 CMP 闲置。

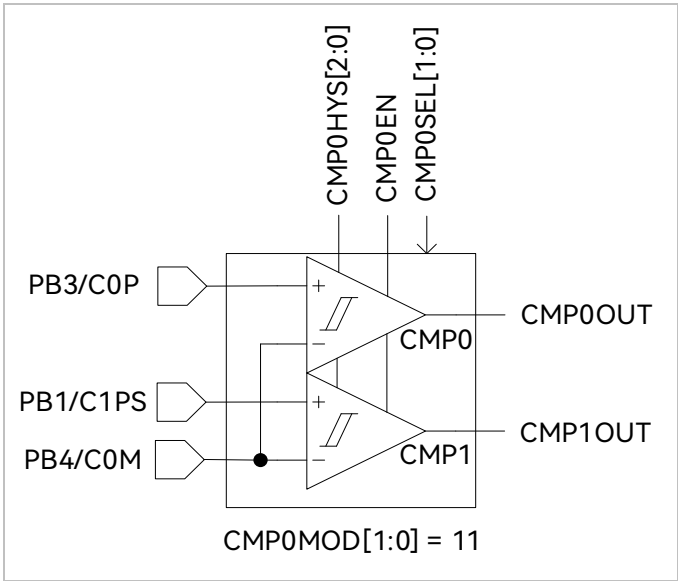
图 33-18 差分三比较器模式



33.1.7.4 双比较器模式

配置 CMP_CR2[CMP0MOD] = 11，选择双比较器模式，输入输出端口如图 33-19 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 CMP_CR2[CMP0SEL]决定，CMP_CR2[CMP0SEL] = 00，CMP0 和 CMP1 双比较器同时工作，为推荐设置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 01，仅 CMP0 工作，CMP1 闲置；CMP_CR2[CMP0SEL] = 10，仅 CMP1 工作，CMP0 闲置。

图 33-19 双比较器模式



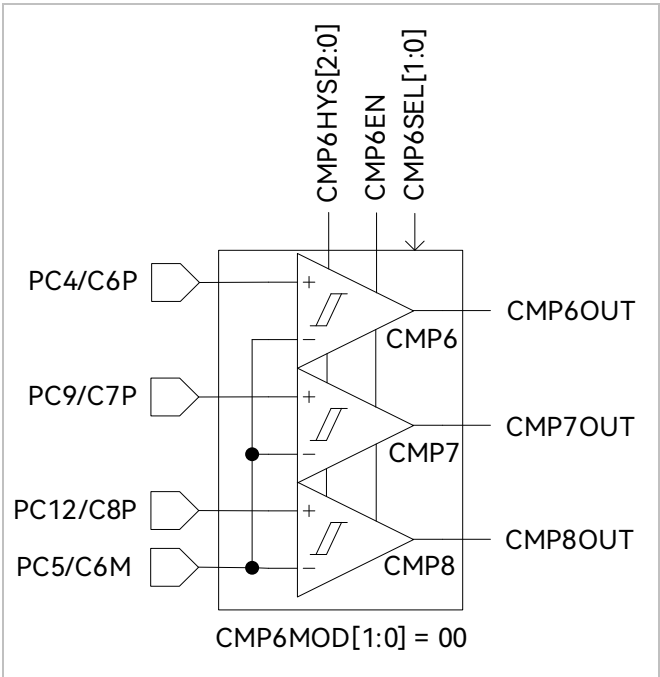
33.1.8 比较器组 CMPG2

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 33-20 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 33-20 无内置电阻三比较器模式

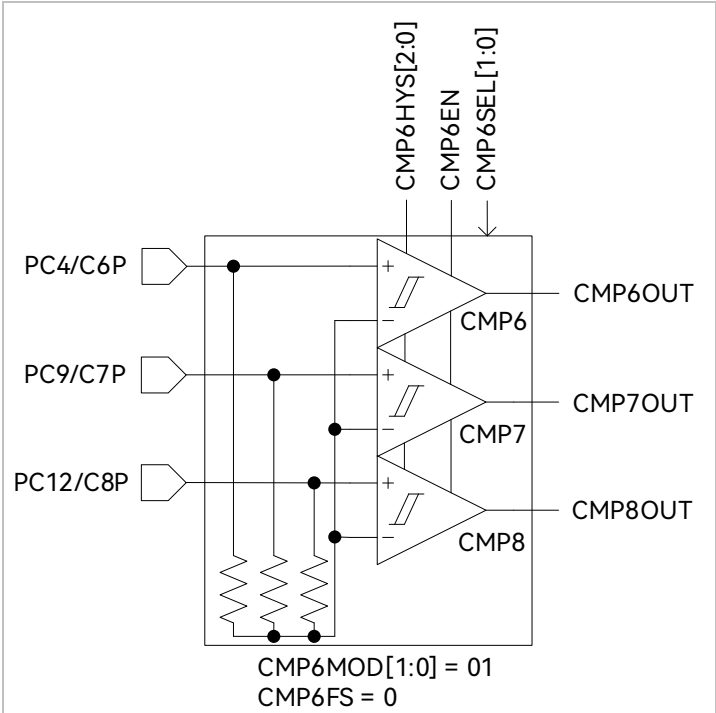


33.1.8.2 内置电阻三比较器模式

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。

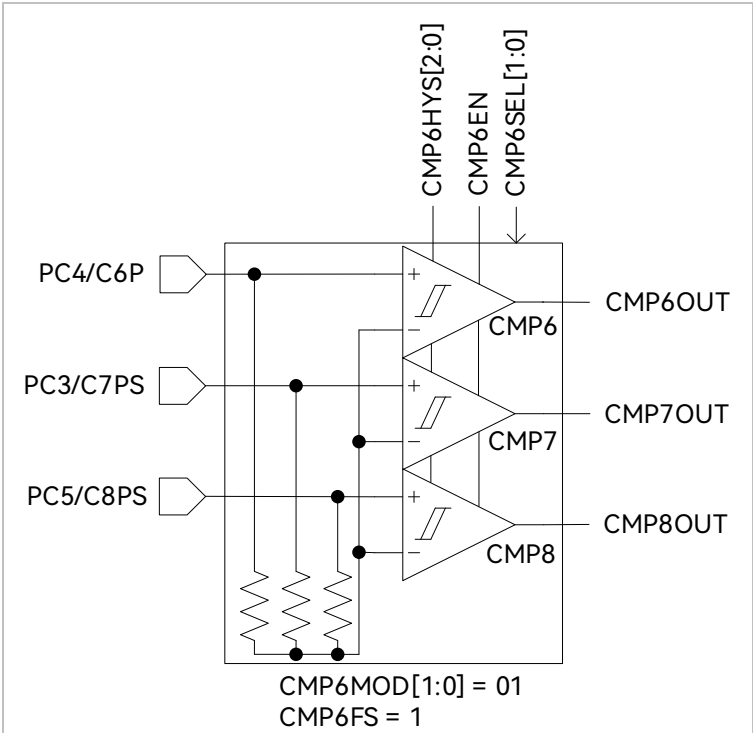
配置 $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6FS}] = 0$ ，输入输出端口如图 33-21 所示，三比较器的负输入端连在一起接内置电阻中心点，正输入端分别接 PC4、PC9 和 PC12，输出分别为 CMP6OUT、CMP7OUT 和 CMP8OUT。

图 33-21 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 33-22 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。

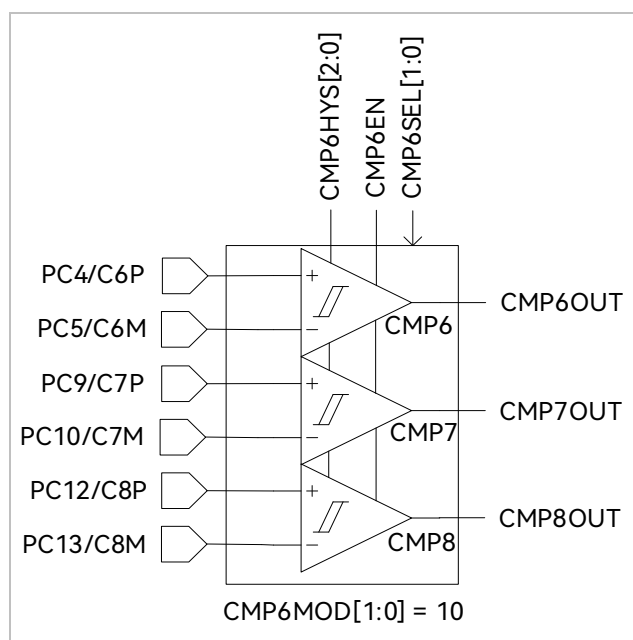
图 33-22 内置电阻三比较器模式，功能转移



33.1.8.3 差分三比较器模式

配置 $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6MOD}] = 10$ ，选择差分三比较器模式，输入输出端口如图 33-23 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 $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}]$ 决定， $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 00$ ，CMP6、CMP7 和 CMP8 三路比较器同时工作，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。

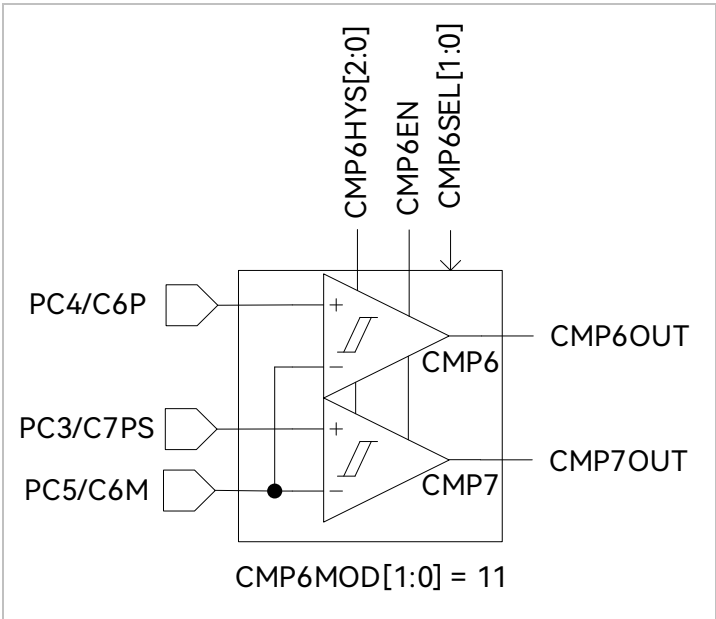
图 33-23 差分三比较器模式



33.1.8.4 双比较器模式

配置 $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6MOD}] = 11$ ，选择双比较器模式，输入输出端口如图 33-24 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 $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}]$ 决定， $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 00$ ，CMP6 和 CMP7 双比较器同时工作，为推荐设置； $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 01$ ，仅 CMP6 工作，CMP7 闲置； $\text{CMP\_CR6}[\text{CMP6SEL}] = 10$ ，仅 CMP7 工作，CMP6 闲置。

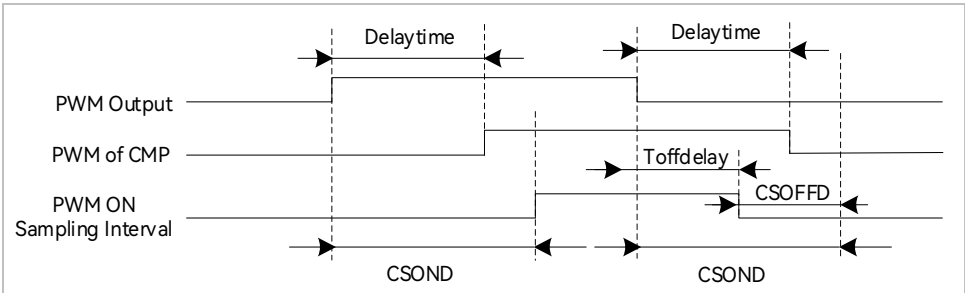
图 33-24 双比较器模式



33.1.9 比较器采样

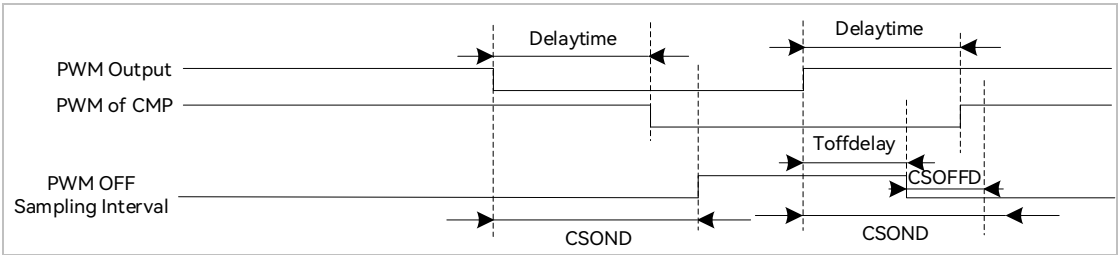
比较器采样功能主要用于 RSD 顺逆风判断功能，可消除来自于驱动电路的开关干扰。应用于 RSD 请参考章节 16.2.5.1。

图 33-25 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 33-26 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	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 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP5IF]置 1，但不产生中断  备注: 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]、

		PFC_CR0[PFCOE]。
[9:8]	CMP4IM	CMP4 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿，中断事件标志位 CMP_IFR[CMP4IF]置 1，但不产生中断
[7:6]	CMP3IM	CMP3 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断；DRV1_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV1_CR[MOE]清 0 ^[1] 10: 下降沿产生中断；DRV1_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV1_CR[MOE]清 0 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 ^[2]  备注: [1] MOE 配置详情参考 18.16.2.3 [2] CMP3 用于逐波限流功能，需配置 DRV1_CR[MOEMD] = 10/11。
[5:4]	CMP2IM	CMP2 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿均产生中断
[3:2]	CMP1IM	CMP1 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿均产生中断
[1:0]	CMP0IM	CMP0 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿均产生中断

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 迟滞方向使能位 当 CMP_CR1[CMP0HYSMOD] =1 时有效，配合 CMP0HYS 选择迟滞大小 0: 正迟滞 1: 负迟滞
[13]	CMP0HYSMOD	CMPG1 迟滞输出控制配置 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 0: 由比较器输出自动选择方向 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。 0: 功能不转移 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 0: 无迟滞 1: 有迟滞
[10]	CMP5HYS	CMP5 的迟滞配置 0: 无迟滞 1: 有迟滞
[9]	CMP11EN	CMP11 使能位 0: 不使能 1: 使能
[8]	CMP5EN	CMP5 使能位 0: 不使能

		1: 使能
[7]	CMP4EN	CMP4 使能位 0: 不使能 1: 使能
[6:5]	CMP3MOD	CMP3 的模式选择 负输入端接 PB14 或 DAC0 输出 00: 单比较器模式, PB7 接正输入端, 参考图 33-2 01: 双比较器模式, PB10 和 PB13 接正输入端, 参考图 33-3 1x: 三比较器模式, PB7、PB10 和 PB13 接正输入端, 参考图 33-4
[4]	CMP3EN	CMP3 使能位 0: 不使能 1: 使能
[3]	CMP3HYS	CMP3 的迟滞配置 0: 无迟滞 1: 有迟滞
[2]	RSV	保留
[1:0]	CMP0HYS	CMP0/1/2 的迟滞配置 00: 无迟滞 01: $\pm 3\text{mV}$ 10: $\pm 6\text{mV}$ 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	CMP0EN	CMP0CSEL	CMP0SEL	CMP0MOD	CMP0FS	HALLOEN	RSV	CMP0SAMSEL	CMP0SEL	CMP0CSEL	CMP0EN
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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]	CMP0SAMSEL	CMP0、CMP1、CMP2 在 PWM ON/OFF 采样延迟使能位 00: 在 ON 和 OFF 均采样, 无延迟采样 01: 只在 OFF 采样, 根据 CMP_SAMR 延迟采样

		10: 只在 ON 采样，根据 CMP_SAMR 延迟采样 11: 在 ON 和 OFF 均采样，根据 CMP_SAMR 延迟采样															
[9]	RSV	保留															
[8]	HALL0EN	Hall0 使能位 0: 不使能 1: 使能															
[7]	CMP0FS	CMP1、CMP2 功能转移模式使能位 0: 不使能 1: 使能，仅当 CMP_CR2[CMP0MOD] = 01 时有效，其余情况忽略此位															
[6:5]	CMP0MOD	CMPG1 的模式设置 00: 无内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-15 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 33-16 和图 33-17 10: 差分三比较器模式，参考图 33-18 11: 双比较器模式，参考图 33-19															
[4:3]	CMPOSEL	CMPG1 的端口组合选择，与 CMP0MOD 组合使用，参考表 33-1。 表 33-1 CMPG1 端口与 CMP_CR2[CMP0MOD]组合的功能描述 <table><tr><th>CMP0MOD</th><th>CMPOSEL</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 33-15，三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 33-16 和图 33-17，三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	CMPOSEL	功能描述	00	00	CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-15，三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 33-16 和图 33-17，三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	CMPOSEL	功能描述															
00	00	CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-15，三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 33-16 和图 33-17，三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]、 CMP_SR[CMP2OUT]
			01	CMP0 工作，CMP1/2 闲置，正输入端接 C0P，负 输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP0OUT]
			10	CMP1 工作，CMP0/2 闲置 CMP_CR2[CMP0FS] = 0, 正输入端接 C1P， CMP_CR2[CMP0FS] = 1, 正输入端接 C1PS 负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP1OUT]
			11	CMP2 工作，CMP0/1 闲置 CMP_CR2[CMP0FS] = 0, 正输入端接 C2P， CMP_CR2[CMP0FS] = 1, 正输入端接 C2PS 负输入端接内置 BEMF 电阻的中心点，输出接 CMP_SR[CMP2OUT]
		10	00	CMP0/1/2 同时工作，参考图 33-18，三路比较器 的正输入端分别接 C0P、C1P、C2P，与之对应的 负输入端分别接 C0M、C1M、C2M，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 C1M，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 C2M，输出接 CMP_SR[CMP2OUT]
		11	00	CMP0/1 同时工作，参考图 33-19，二路比较器的 正输入端分别接 C0P、C1PS，负输入端接 C0M， 输 出 结 果 分 别 送 至 CMP_SR[CMP0OUT]、 CMP_SR[CMP1OUT]
			01	CMP0 工作，CMP1 闲置，即正输入端接 C0P，负 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， 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 00: 正常轮询		

		01: 快速轮询 10: 低速轮询 11: 偏低速轮询
[0]	CMP0EN	CMP0/1/2 使能位 0: 不使能 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 00: 不滤波 01: 4 个周期 10: 8 个周期 11: 16 个周期
[9:8]	CMP9FSEL	CMP9 滤波设置 00: 不滤波 01: 4 个周期 10: 8 个周期 11: 16 个周期
[7:6]	CMP3FSEL	CMP3 滤波设置 00: 不滤波 01: 4 个周期 10: 8 个周期 11: 16 个周期
[5:3]	CMP6FSEL	CMP6/7/8 滤波设置 000: 4 个周期 001: 8 个周期 010: 16 个周期

		011: 24 个周期 100: 32 个周期 101: 64 个周期 110: 96 个周期 111: 128 个周期
[2:0]	CMP0FSEL	CMP0/1/2 滤波设置 000: 4 个周期 001: 8 个周期 010: 16 个周期 011: 24 个周期 100: 32 个周期 101: 64 个周期 110: 96 个周期 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 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[10]	CMP10IF	CMP10 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[9]	CMP9IF	CMP9 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[8]	CMP8IF	CMP8 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件

		写: 0: 清 0 1: 无意义
[7]	CMP7IF	CMP7 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[6]	CMP6IF	CMP6 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[5]	CMP5IF	CMP5 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[4]	CMP4IF	CMP4 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[3]	CMP3IF	CMP3 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0

		1: 无意义
[2]	CMP2IF	CMP2 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[1]	CMP1IF	CMP1 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义
[0]	CMP0IF	CMP0 中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 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 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。

		延迟开启采样时间 = 32*CMP_SAMR[CSOND]*T  备注: CMP_SAMR[CSOND]必须大于或等于 CMP_SAMR[CSOFFD]
[3:0]	CSOFFD	CMPG1 和 CMPG2 提前关闭采样时间 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。 关闭采样时间 = 32*CMP_SAMR[CSOFFD]*T  备注: CMP_SAMR[CSOND]必须大于或等于 CMP_SAMR[CSOFFD]

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	输出 Debug 信号选择, 输出到 PB0 端口 00000: 不使能 Debug 信号输出 00001: ADC1 触发信号 00010: ADC2 触发信号 00011: ADC3 触发信号 00100: CMP0/1/2 PWM ON 采样信号输出 00101: CMP0/1/2 PWM OFF 采样信号输出 00110: CMP6/7/8 PWM ON 采样信号输出 00111: CMP6/7/8 PWM OFF 采样信号输出 01000: CMP0/1/2 PWM ON/OFF 采样信号输出 01001: CMP6/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出 01010: 保留 01011: 保留 01100: FOC 计算中

		01101: FOC 电流环计算中 01110: 从电机 FOC 计算中 01111: 保留 10000: 主电机 DRVx_CNTR 方向 10001: 主电机 DRVx_CNTR 上溢点 10010: 主电机 DRVx_CNTR 下溢点 10011: 主电机 OMEGA 启动中 10100: 主电机高频注入状态 10101: 主电机外环计算中 10110: 保留 10111: 保留 11000: 从电机 DRVx_CNTR 方向 11001: 从电机 DRVx_CNTR 上溢点 11010: 从电机 DRVx_CNTR 下溢点 11011: 从电机 OMEGA 启动中 11100: 从电机高频注入状态 11101: 从电机外环计算中 11110: 保留 11111: 保留
[9:5]	DBGSEL1	输出 Debug 信号选择，输出到 PA1 端口 00000: 不使能 Debug 信号输出 00001: ADC1 触发信号 00010: ADC2 触发信号 00011: ADC3 触发信号 00100: CMP0/1/2 PWM ON 采样信号输出 00101: CMP0/1/2 PWM OFF 采样信号输出 00110: CMP6/7/8 PWM ON 采样信号输出 00111: CMP6/7/8 PWM OFF 采样信号输出 01000: CMP0/1/2 PWM ON/OFF 采样信号输出 01001: CMP6/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出 01010: 保留 01011: 保留 01100: FOC 计算中 01101: FOC 电流环计算中 01110: 从电机 FOC 计算中 01111: 保留 10000: 主电机 DRVx_CNTR 方向 10001: 主电机 DRVx_CNTR 上溢点

		10010: 主电机 DRVx_CNTR 下溢点 10011: 主电机 OMEGA 启动中 10100: 主电机高频注入状态 10101: 主电机外环计算中 10110: 保留 10111: 保留 11000: 从电机 DRVx_CNTR 方向 11001: 从电机 DRVx_CNTR 上溢点 11010: 从电机 DRVx_CNTR 下溢点 11011: 从电机 OMEGA 启动中 11100: 从电机高频注入状态 11101: 从电机外环计算中 11110: 保留 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 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 下降沿, 中断事件标志位 CMP_IFR[CMP11IF]置 1, 但不产生中断  备注: 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 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 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 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断；DRV2_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV2_CR[MOE]清 0 ^[1] 10: 下降沿产生中断；DRV2_CR[MOEMD]配置为非 0 状态时，DRV2_CR[MOE]清 0 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 ^[2]  备注： [1] MOE 配置详情参考 18.16.2.3 [2] CMP9 用于逐波限流功能，需配置 DRV2_CR[MOEMD] = 10/11)
[5:4]	CMP8IM	CMP8 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿均产生中断
[3:2]	CMP7IM	CMP7 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 11: 上升/下降沿均产生中断
[1:0]	CMP6IM	CMP6 中断模式 00: 不产生中断 01: 上升沿产生中断 10: 下降沿产生中断 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。 0: 功能不转移 1: 功能转移至 PC15，此时对应 C9P 有且只有一路输入
[7]	CMP10EN	CMP10 使能位 0: 不使能 1: 使能
[6:5]	CMP9MOD	CMP9 的模式选择 负输入端接 PC0 或 DAC3 输出 00: 单比较器模式，PC8 接正输入端，参考图 33-7 01: 双比较器模式，PC11、PC14 接正输入端，参考图 33-8 1x: 三比较器模式，PC8、PC11 和 PC14 接正输入端，参考图 33-9
[4]	CMP9EN	CMP9 使能位 0: 不使能 1: 使能
[3]	CMP9HYS	CMP9 的迟滞配置 0: 无迟滞 1: 有迟滞
[2]	RSV	保留
[1:0]	CMP6HYS	CMP6/7/8 的迟滞配置 00: 无迟滞 01: ±3mV 10: ±6mV 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			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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 00: 在 ON 和 OFF 均采样，无延迟采样 01: 只在 OFF 采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样 10: 只在 ON 采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样 11: 在 ON 和 OFF 均采样，根据 CMP6SAMR 延迟采样						
[9]	RSV	保留						
[8]	HALL1EN	Hall1 使能位 0: 不使能 1: 使能						
[7]	CMP6FS	CMP7、CMP8 功能转移模式使能位 0: 不使能 1: 使能，仅当 CMP6CR6[CMP6MOD] = 01 时有效，其余情况忽略此位						
[6:5]	CMP6MOD	CMP6G2 的模式设置 00: 无内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-20 01: 内置虚拟中心点电阻的 BEMF 模式，参考图 33-21 和图 33-22 10: 差分三比较器模式，参考图 33-23 11: 双比较器模式，参考图 33-24						
[4:3]	CMP6SEL	CMP6G2 的端口组合选择，与 CMP6CR6[CMP6MOD]组合使用。 表 33-2 CMP6G2 端口与 CMP6CR6[CMP6MOD]组合的功能描述 <table><tr><th>CMP6MOD</th><th>CMP6SEL</th><th>功能描述</th></tr><tr><td>00</td><td>00</td><td>CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-20，三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</td></tr></table>	CMP6MOD	CMP6SEL	功能描述	00	00	CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-20，三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
CMP6MOD	CMP6SEL	功能描述						
00	00	CMP6/7/8 同时工作，参考图 33-20，三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 33-21 和图 33-22，三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 CMP_CR6[CMP6FS] = 0, 正输入端接 C7P， CMP_CR6[CMP6FS] = 1, 正输入端接 C7PS 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 CMP_CR6[CMP6FS] = 0, 正输入端接 C8P， CMP_CR6[CMP6FS] = 1, 正输入端接 C8PS 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 33-23，三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]

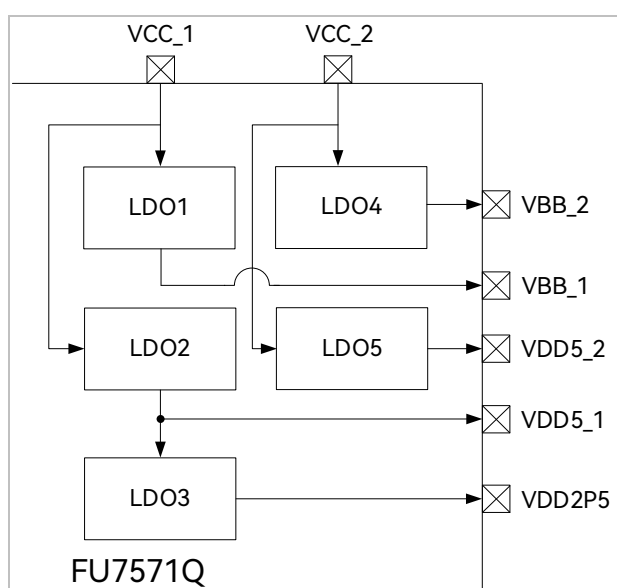
			10	CMP7 工作，CMP6/8 闲置，正输入端接 C7P，负输入端接 C7M，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]
			11	CMP8 工作，CMP6/7 闲置，正输入端接 C8P，负输入端接 C8M，输出接 CMP_SR[CMP8OUT]
		11	00	CMP6/7 同时工作，参考图 33-24，二路比较器的正输入端分别接 C6P、C7PS，负输入端接 C6M，其输出结果分别送至 CMP_SR[CMP6OUT]、CMP_SR[CMP7OUT]
			01	CMP6 工作，CMP7 闲置，即正输入端接 C6P，负输入端接 C6M，输出接 CMP_SR[CMP6OUT]
			10	CMP7 工作，CMP6 闲置，即正输入端接 C7PS，负输入端接 C7M，输出接 CMP_SR[CMP7OUT]
			11	保留
[2:1]	CMP6CSEL	CMP6/7/8 轮询速度选择 00: 正常轮询 01: 快速轮询 10: 低速轮询 11: 偏低速轮询		
[0]	CMP6EN	CMP6/7/8 使能位 0: 不使能 1: 使能		

34 电源模块

34.1 LDO

34.1.1 FU7571Q LDO 模块简介

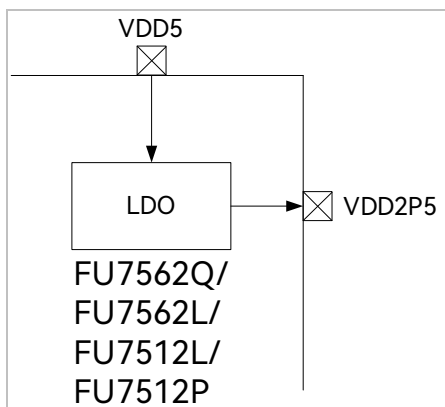
图 34-1 FU7571Q LDO 模块功能框图



FU7571Q LDO 模块的输入输出端口如图 34-1 所示。LDO1、LDO4 将输入电源电压分别降至 12V (VBB_1 和 VBB_2); LDO2、LDO5 将输入电源电压分别降至 5V (VDD5_1 和 VDD5_2)给芯片内部供电; LDO3 将 LDO2 输入电源电压进一步降至 2.5V (VDD2P5)给芯片内部供电。

34.1.2 FU7562Q / FU7562L / FU7512L / FU7512P LDO 模块简介

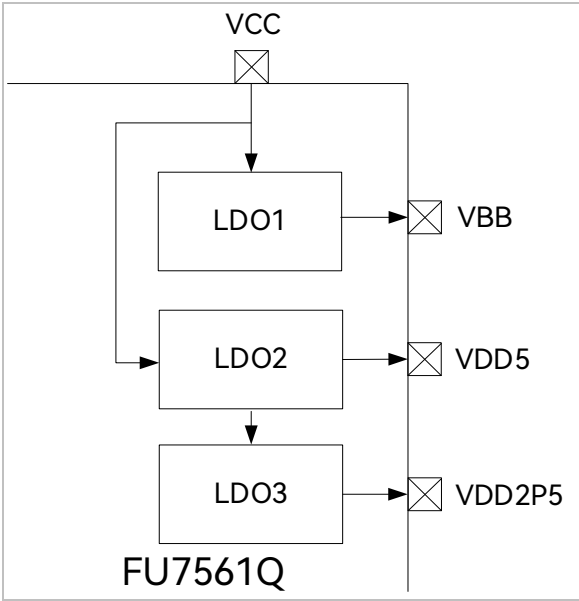
图 34-2 FU7562Q / FU7562L / FU7512L / FU7512P LDO 模块功能框图



FU7562Q / FU7562L / FU7512L / FU7512P LDO 模块的输入输出端口如图 34-2 所示。LDO 将输入电源电压降至 2.5V (VDD2P5)给芯片内部供电。

34.1.3 FU7561Q LDO 模块简介

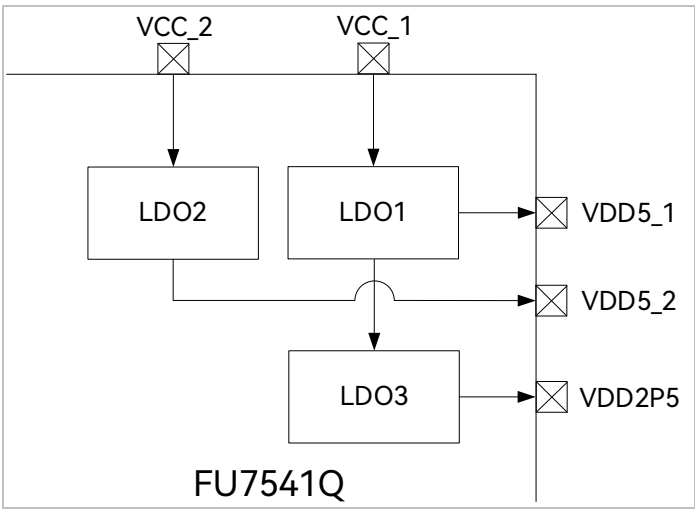
图 34-3 FU7561Q LDO 模块功能框图



FU7571Q LDO 模块的输入输出端口如图 34-1 所示。LDO1 将输入电源电压降至 12V (VBB); LDO2 将输入电源电压降至 5V (VDD5)给芯片内部供电; LDO3 将 LDO2 输入电源电压进一步降至 2.5V (VDD2P5)给芯片内部供电。

34.1.4 FU7541Q LDO 模块简介

图 34-4 FU7541Q LDO 模块功能框图



FU7541Q LDO 模块的输入输出端口如图 34-4 所示。LDO1、LDO2 将输入电源电压分别降至 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。

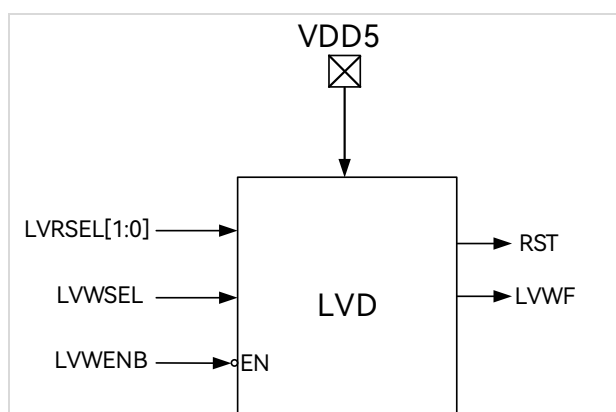
34.2 低压检测

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 34-5 低电压检测模块

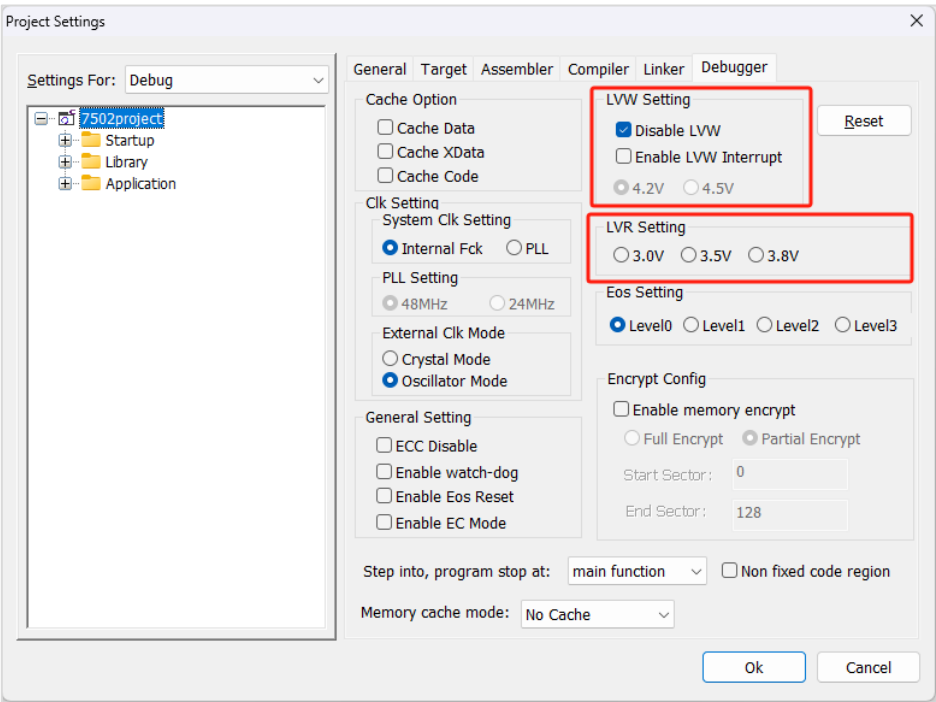


低压检测模块操作说明如下：

- 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 34-6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 34-6 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 反映当前是否处于低电压状态 0: 当前无低电压报警 1: 当前低电压报警
[0]	LVWIF	VDD5 低电压中断事件标志位 读: 0: 未发生中断事件

		1: 发生中断事件 写: 0: 清 0 1: 无意义  备注: 当低电压检测中断不使能，该位不会硬件置 1

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64个单元即512B，共计128个扇区
- 每页(Page)包含8个扇区即4kB，共计16页
- 最后一个扇区(地址范围: 0xFE00 ~ 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



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。

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 2 位错误。

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																		FLAM0ERR	FLAERR	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
[31:14]	RSV	保留
[13]	FLAM0ERR	Flash Margin0 错误标志位 0: 未发生 Margin0 错误事件 1: 发生 Margin0 错误事件
[12]	FLAERR	Flash 编程/预编程错误标志位 0: 未发生操作错误事件 1: 发生操作错误事件
[11:9]	RSV	保留
[8]	FLAMARGIN1	Flash Margin1 测试模式使能 0: 不使能 Margin1 测试模式 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

		1: 使能  备注: 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 0: 8B 1: 1B  备注: 只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLASIZE]才生效
[4]	FLACHIP	Flash 全片操作使能 0: 不使能 1: 使能  备注: 只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLACHIP]才生效
[3]	FLAPAGE	Flash 页操作使能 0: 不使能 1: 使能  备注: 只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAPAGE]才生效
[2]	FLAPRE	Flash 预编程使能 0: 不使能 1: 使能  备注: 只有在 FLA_CR[FLAEN] = 1 时, FLA_CR[FLAPRE]才生效
[1]	FLAERS	Flash 擦除使能 0: 不使能 1: 使能  备注: 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 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 00: 上锁 01: 0x5A 已经写入, 等待 0x1F 写入 10: 冻结 11: 开锁

35.4.3 FLA_ECSR (CSR:0x4E2)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
RSV										LMERR_CEN	LERR_CEN	ERR_CNTR				ERR_ARR				MERR	MERR_IE	CMERR	CMERR_IE	CERR	CERR_IE	LMERR	LMERR_IE	LERR	LERR_IE			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

位	名称	描述
[31:22]	RSV	保留
[21]	LMERR_CEN	从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误计数使能 0: 不使能 1: 使能
[20]	LERR_CEN	从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误计数使能 0: 不使能

		1: 使能
[19:15]	ERR_CNTR	触发 ECC 错误的次数
[14:10]	ERR_ARR	触发多次 ECC 错误中断的阈值 设置此值决定产生多次 ECC 错误中断的累计错误次数
[9]	MERR	ECC 累计错误中断使能标志位，当该中断使能时 ERR_CNTR 才会进行 ECC 错误计数；当该中断不使能时，ERR_CNTR 将一直为 0。 0: 不使能 1: 使能
[8]	MERR_IE	ECC 累计错误中断使能。当该中断使能时 ERR_CNTR 才会进行 ECC 错误计数；当该中断不使能时，ERR_CNTR 将一直为 0。 0: 不使能 1: 使能
[7]	CMERR	从 Flash 中取指令时发生多位 ECC 错误中断标志位 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件
[6]	CMERR_IE	从 Flash 中取指令时发生多位 ECC 错误中断使能 0: 不使能 1: 使能
[5]	CERR	从 Flash 中取指令时发生单位 ECC 错误中断使能标志位 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件
[4]	CERR_IE	从 Flash 中取指令时发生单位 ECC 错误中断使能 0: 不使能 1: 使能
[3]	LMERR	从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误中断使能标志位 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件
[2]	LMERR_IE	从 Flash 中取数据时发生多位 ECC 错误中断使能 0: 不使能 1: 使能
[1]	LERR	从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误中断使能标志位 0: 未发生中断事件 1: 发生中断事件
[0]	LERR_IE	从 Flash 中取数据时发生单位 ECC 错误中断使能 0: 不使能 1: 使能

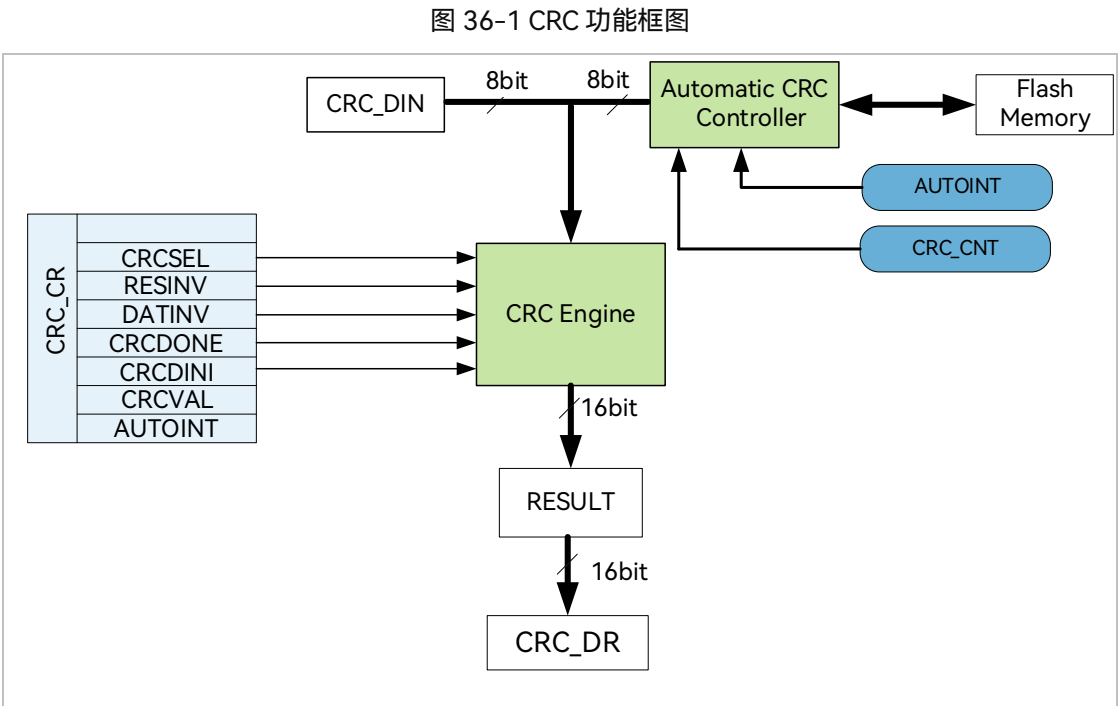
35.4.4 FLA_EEADR (CSR:0x4E3)

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

位	名称	描述
[31:16]	RSV	保留
[15:3]	FLA_EEADR	ECC 错误地址
[2:0]	RSV	保留

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

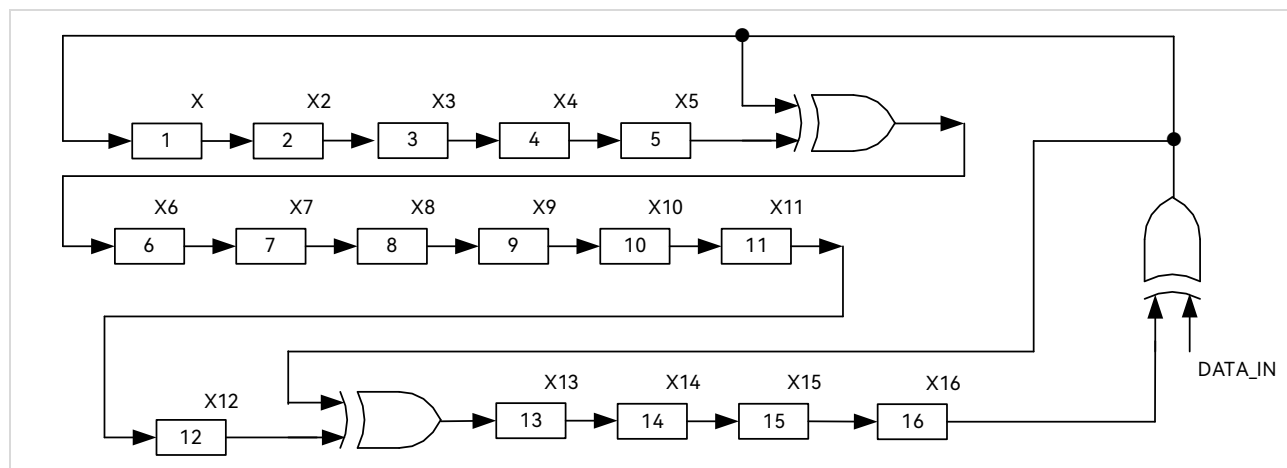
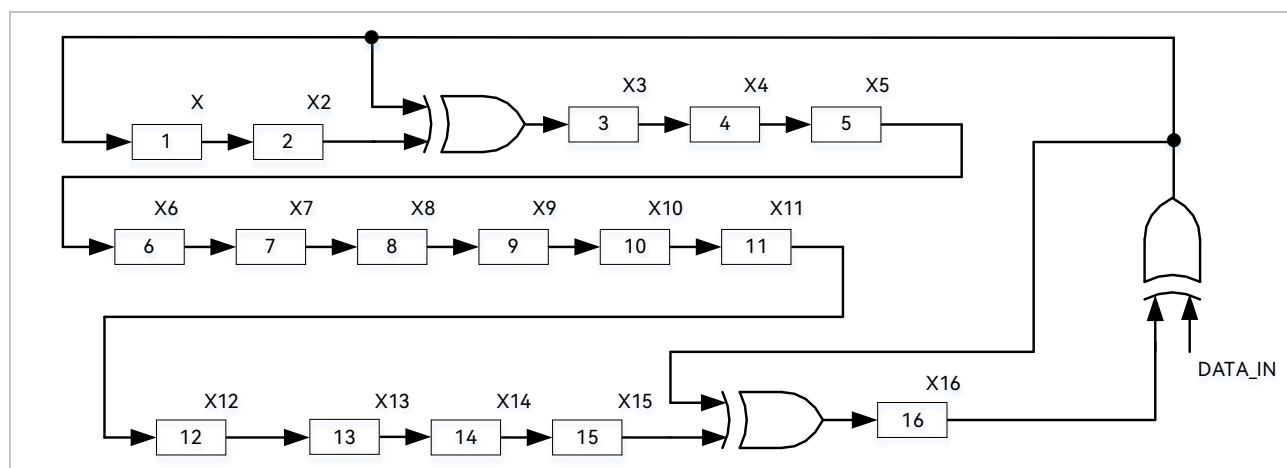


图 36-3 CRC16-MODBUS 电路原理图



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：

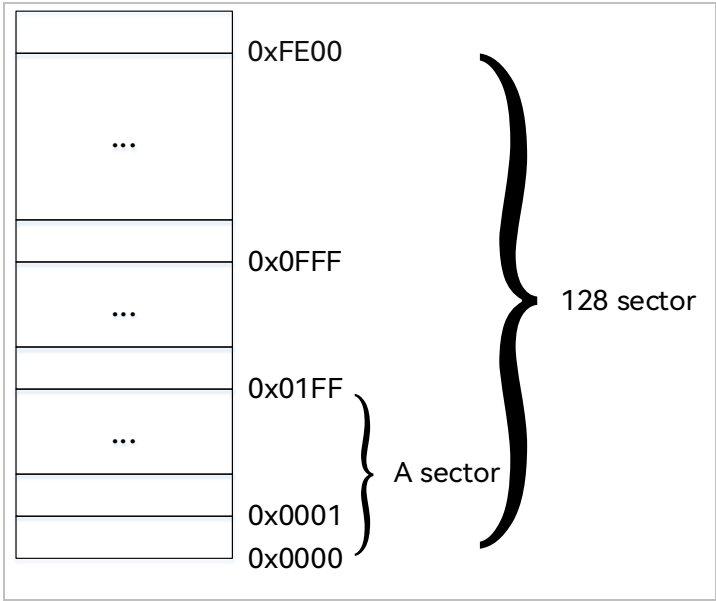
1. 初始化 CRC_DR，有两种方式可以选择：配置 CRC_CR[CRCVAL]并将 CRC_CR[CRCDINI]置 1，初始值为 0x0000 或 0xFFFF；
2. 向输入数据寄存器 CRC_DIN 写入数据，下个时钟周期 CRC 计算完成；
3. 读取 CRC 结果：软件读取结果输出寄存器 CRC_DR。

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128个sector, 编号从sector0到sector127。每个sector包含512个字节。在进行CRC批量计算时, 起始sector的值CRC_BEG可以是0 ~ 127之间的任何值, 包括0和127。需要计算的sector总数的数值CRC_CNT可以是0 ~ 127, 包括0和127。

需要注意的是, 随着 CRC_BEG 的增大, CRC_CNT 应该相应减小, 需满足 $CRC\_BEG + CRC\_CNT \leq 127$ 。

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 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。  备注： 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

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	-

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, 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, 外部 Reset/Debug 复位, PA9 输入电平变化	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

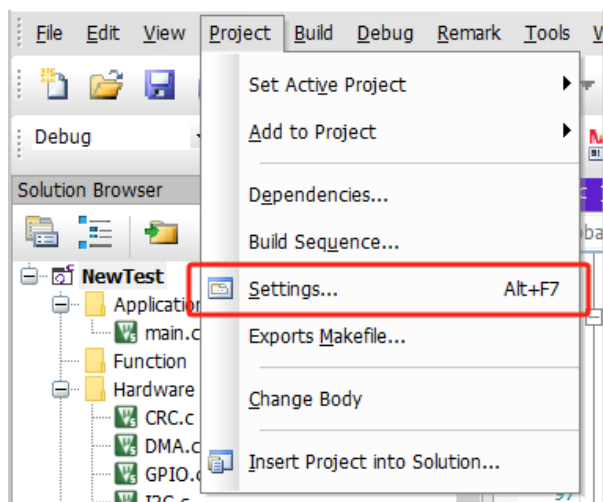
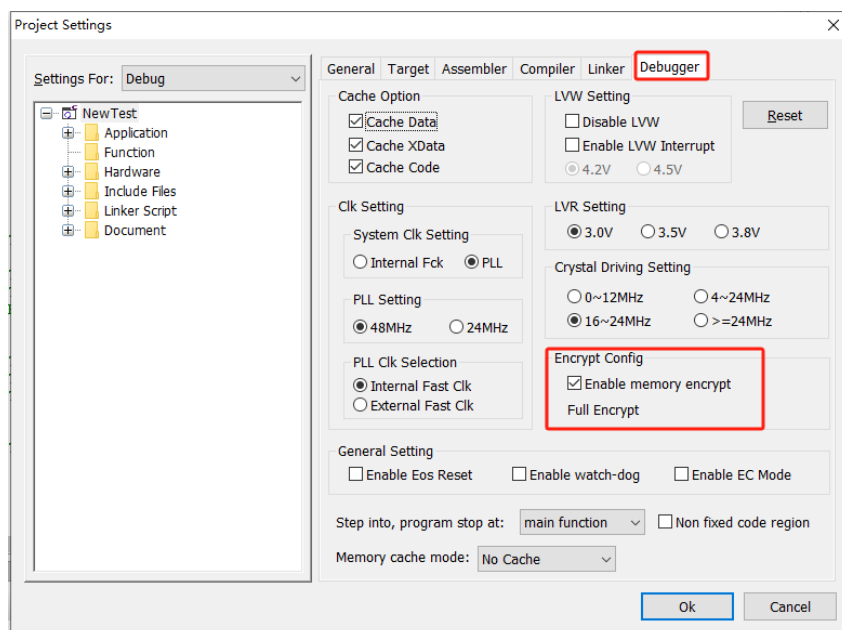


图 38-2 代码保护全保护模式



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 异常处理

39.1 陷阱简介

在 RISC-V 架构中，异常（Exceptions）和中断（Interrupts）统称为“陷阱”（Traps），是处理器响应内部错误或外部事件的核心机制。陷阱依赖一组专用的控制与状态寄存器（CSR），这些寄存器协同工作，实现异常的捕获、上下文保存、处理程序跳转以及返回。

RISC-V 中的陷阱分为两类：

- 同步异常：由当前指令执行触发（如非法指令、ebreak）
- 异步中断：由外部事件触发（如定时器中断、外部设备中断、软件中断），可在任意指令边界发生

两者共享同一套处理机制，但可通过 MCAUSE 寄存器中的最高位区分：0 表示异常，1 表示中断。

39.2 异常处理流程

1. 触发陷阱：处理器检测到异常；
2. 保存上下文：
 - 读取 MCAUSE 中原因编码；
 - 关闭全局中断。
3. 执行处理程序：操作系统或固件根据原因编码执行相应逻辑；
4. 返回现场：使用 mret 指令继续被异常/中断的程序执行。

39.3 异常处理寄存器

39.3.1 MEPC (CSR:0x341)

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MEPC																															
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]	MEPC	记录异常/中断发生时，PC 指针所在位置

39.3.2 MCAUSE (CSR:0x342)

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

位	名称	描述
[31]	IF	中断事件标志位 0: 发生异常事件 1: 发生中断事件
[30:5]	RSV	保留
[4:0]	CAUSE	MCAUSE[IF] = 1 时，表示中断向量 MCAUSE[IF] = 0 时，表示异常原因 MCAUSE[CAUSE]值为： 00000: 无异常 00001: 保留 00010: 非法指令 00011: 执行 ebreak 指令 00100 ~ 11111: 保留

40 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/ 朱兵华
V0.2	1. 删除 10.4 串行帧通讯; 2. 细分 16 ME 寄存器为 23 类; 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/ 杨博文/ 朱兵华
V0.3	1. 更新 2 引脚定义; 2. 更新 4 订购信息; 3. 增加 5 电气特性; 4. 增加 Timer8; 5. 更新 13 LIN、18 ME、19 PFC; 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; 2. 1.5.5.1 CSR 地址映射表更新 0x1A7 寄存器名称为 LIN_IDLECNT; 3. 更新 NFOC1/2 地址映射表; 4. 寄存器名称 TCON 改名为 EXT_TCON; 5. 1.1 特性更新 64kB Flash ROM 为 64kB Flash; 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”; 7. 5.7 参考电压电气特性增加最小值、最大值; 8. 更新 13 LIN; 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。”; 10. 自适应磁链观测器改为全阶磁链观测器; 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。”; 12. 18.15.2 FG 中断更新文字部分说明; 13. 18.17.2.2 DRVx_CR[15]描述增加 0: 向上计数; 1: 向下计数; 14. 18.17.2.5 DRVx_FCR0 (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2)更新[15:13]描述; 15. 增加 18.17.17.4 NFOCx_ZALORG (0x3000017C/0x3001017C) (x = 1/2); 16. 增加 18.17.17.5 NFOCx_ZBEORG (0x3000017E/0x3001017E) (x=1/2); 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
	18. 增加 18.17.17.15 NFOCx_ZALPHA(0x30000214/0x30010214) ($x = 1/2$); 19. 18.17.17.20 NFOCx_ITHETA (0x300000D2/0x300100D2) ($x = 1/2$)地址改为 0x300003EE/0x300103EE; 20. 19.1.1 简介增加备注; 21. 更新图 19 1 PFC 硬件连接关系示意图; 22. 更新 21 时钟; 23. 29 DMA 增加 DMADIR 模块; 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”; 25. 文档转为正式版本。		
V2.0	1. 增加 FU7541Q 信息, 更新 5 电气特性; 2. 增加 4kB PRAM; 3. 删除方波; 4. 删除 ADC2_CH12、ADC2_CH15; 5. 优化通讯章节; 6. 更新 18 ME, 删除 4 级二阶可配置滤波器等; 7. 更新 25 IO PD 相关寄存器表; 8. 更新 33 比较器; 9. 更新芯片进入睡眠模式条件。	2025/08/14	朱兵华
V3.0	1. 增加型号 FU7562L; 2. 1.4.1 FU7512L 功能框图增加 AD2_0 连接 AD3_2; 3. 更新 FU7512L、FU7541Q 引脚图丝印; 4. 5.1 绝对最大额定值修改 T_J 、 T_{STG} 绝对最大值为 150°C ; 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; 6. 5.13.2 FU7541Q LDO 电气特性修改 VDD5 电压阈值; 7. 6.9.2 RST_CR (CSR:0x4D1)[5:4]增加 WKRE、WKPOLAR 功能; 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; 9. 更新表 7-1 中断说明; 10. 更新部分寄存器名称、复位值、描述; 11. ADC1 修改通道数最多 16 为 15; 12. 32.3.1 AMP_CR0 (CSR:0x621)[13:11]增加 AMP4 和 AMP0 恒功率配置; 13. 33.2.2 CMP_CR1 (CSR:0x601) [14:13]增加 CMPG1 迟滞配置。	2025/09/28	朱兵华
V4.0	1. 增加 FU7571Q、FU7562Q、FU7561Q 3 个型号; 2. 修改 FU7562L、FU7541Q 中断源、定时器数量; 3. 增加电源与驱动接口相关引脚、符号表示说明, 减少电气特性篇幅; 4. 1.4 更新 FU7562L、FU7541Q、FU7512L 功能框图, FOC 改为 2 * FOC, 修改 MUX 形状, 校准 FU7541Q、FU7512L 的 ADC1 通	2025/12/31	朱兵华

版本	主要修改内容	生效日期	修订者
	道, PA6/PA12/PA15/PD3 QEPxly 改为 QEPxZy; 5. FU7562L、FU7541Q、FU7512L 引脚列表增加中断说明; 6. FU7562L 6N Pre-driver 相关引脚增加尾数 1; 7. 4 订购信息细分驱动接口、通信接口; 8. 5.2.5 FU7541Q 全局电气特性删除 VDD5 工作电压; 9. 5.2.6 FU7512L 全局电气特性修改表头 T_A 值为全温度范围; 10. 5.3.4 FU7562L GPIO 电气特性表头增加(除非特别声明, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 10\text{V} \sim 20\text{V}$); 11. 5.4.4 FU7562L 6N Pre-driver1 IO 电气特性删除 VCC 静态电流参数; 12. 11.4.4 UTx_BAUD (CSR:0x0143/0x153)($x = 1/2$)[15:0]描述修改波特率公式并增加示例; 13. 13 LIN 更新 LIN_BKCNT 为 LIN_BRKCNT; 14. 16 Timer2/5/6 修改 TIMx_CR1[TxCEN]为 TIMx_CR1[TxEN]并更新框图; 15. 17 Timer3/4/7/8 修改 TIMx_CR1[TxCEN]为 TIMx_CR1[TxEN], 修改 TIMx_CR0[TxINM]为 TIMx_CR0[TxFE]并更新框图; 16. 18.14.2 FG 中断更新 NFOCx_FGBASE 的计算公式, 增加 BASE_FREQ 是指电机最大转速对应的电频率(Hz); 17. 补充 18.16.2.12 DRVx_FCR6 (CSR: 0x54E/0x58E) ($x = 1/2$)、18.16.2.13 DRVx_FCR7 (CSR: 0x54F/0x58F) ($x = 1/2$)、18.16.2.14 DRVx_DTR (CSR: 0x553/0x593) ($x = 1/2$)、18.16.2.15 DRVx_ARRSH (CSR: 0x55F/0x59F) ($x = 1/2$)4 张寄存器表; 18. 32 运放 AMP0/1/2/4/5/6 PGA 单端输入模式增加备注: 当 AMPx 负输入端接地时, 负输入端引脚不能用作 IO; 统一所有框图中输入、输出的写法; 19. 19 PFC 在部分位名称前增加寄存器名称; 20. 33 比较器增加 CMP4/5/10/11 步骤 1 说明, 修改 CMP3/9 过流保护配置为 CMP_CR0[CMP3IM] = 01/CMP_CR4[CMP9IM] = 01; 21. 33.2.1 CMP_CR0 (CSR:0x600)、33.2.9 CMP_CR4 (CSR:0x608) [11:10]描述 11: 上升/下降沿改为 11: 下降沿; 22. 表 37 1 功耗模式睡眠唤醒源增加 PA9 输入电平变化; 23. 优化文档。		
V4.1	1. 1.1 特性增加最高支持 48MHz 时钟频率; 2. 更新 FU7541Q 相关信息; 3. 增加 2.13 各型号功能与引脚对比; 4. 5.2 FU7571Q、FU7561Q 全局电气特性增加工作时环境温度 T_A 最大值 85°C; 5. 5.11 OSC 电气特性 PLL 使能系统时钟增加条件 CCFG3[PLLFSEL]; 6. 修改图 18 12 死区示意图; 7. 增加 39 异常处理。	2026/01/19	朱兵华

版本	主要修改内容	生效日期	修订者
V5.0	1. 增加 FU7512P 型号; 2. 1.1 特性 FU7571Q、FU7562Q、FU7561Q SPI 增加 3 线制模式说明; 3. 4 订购信息频率改为系统时钟; 4. 5.1 绝对的最大额定值修改 FU7571Q、FU7561Q VCC 相对 VSS 的电压最大值, 增加 VBB_x 相对 VSS 的电压最大值; FU7541Q 按不同条件区分 VCC 相对 VSS 的电压最大值; 5. 标准化 5.2 全局电气特性、5.4 6N Pre-driver IO 电气特性参数; 6. 5.11 OSC 电气特性改为时钟电气特性, 删除系统时钟频率第一行参数 PLL 不使能条件, 修改备注中芯片系统时钟频率为芯片系统时钟源频率。	2026/02/04	朱兵华
V5.1	1. 表 2 8 FU7512_41_61_62_71 功能及引脚对比增加部分 PFC 相关引脚和运放部分 AxO 引脚; 2. 4 订购信息增加 PFC 选项; 3. 5.3.2 FU7562Q、5.3.4 FU7562L、5.3.6 FU7512L、5.3.7 FU7512P GPIO 电气特性备注[3]中 PC[0:5]为 PC[3:5]; 4. 优化图 10-6 数据/时钟时序图(SPIx_CR[CPHA] = 0)、10-7 数据/时钟时序图(SPIx_CR[CPHA] = 1)、图 16-5 输入捕获模式原理框图、图 16-7 输入计数模式原理框图; 5. 18.7 功率计算 $NFOCx\_POWER = (NFOCx\_ITFLT * NFOCx\_POWK1) * (NFOCx\_UDC * NFOCx\_POWK2)$ 中 POWK1 与 POWK2 互换位置; 6. 18.16.2.1 ME_CR (CSR:0x500)修改[2]描述中备注; 7. 18.16.2.6 DRVx_FCR0 (CSR:0x548/0x588) (x = 1/2) [5:1]双电阻 2 次采样改为双电阻双 ADC 采样; 8. 30.2.1 VREF_VHALF_CR (CSR:0x620)[7:6]描述 01: VDD5 改为 01: 5V; 9. 33.2.8 CMP_DBR (CSR:0x607)修改[14:5]描述中 CMP0/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出为 CMP6/7/8 PWM ON/OFF 采样信号输出; 10. 更新 35 Flash; 11. 更新图 36-4 ROM 访问分区图与 36.4.2 批量计算 ROM 数据 CRC 步骤 6。	2026/04/16	朱兵华
V5.2	1. 1.1 特性修改 ADC、DAC 内置通道为仅供芯片内部使用; 2. 更新 FU7571Q、FU7561Q VCC 电源电压为 5V ~ 26V, 更新绝对最大额定值 VCC 相对 VSS 的电压 -0.3V ~ 26V 为 -0.3V ~ 32V; 3. 1.4 功能框图删除 2k ME_RAM; 4. 更新图 3 1 FU7571Q QFN64_8X8 封装尺寸图; 5. 5.1.1 FU7571Q 绝对最大额定值、5.1.2 FU7562Q 绝对最大额定值、5.1.3 FU7561Q 绝对最大额定值、5.1.4 FU7562L 绝对最大额定值、5.1.5 FU7541Q 绝对最大额定值增加功率耗散参数及备注 3;	2026/06/09	朱兵华

版本	主要修改内容	生效日期	修订者
	6. 5.2.1 FU7571Q 全局电气特性修改睡眠电流条件; 7. 5.8 参考电压电气特性 VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 00 最小值改为 VREF/8 - 0.1、最大值改为 VREF/8 + 0.1; VREF_VHALF_CR[VHALFSEL] = 01 最小值改为 VREF/4 - 0.12、最大值改为 VREF/4 + 0.12; 8. 18.16.16.13 NFOCx_FEK6 (0x300001B4/0x300101B4) (x = 1/2)、18.16.23.3 NFOCx_FUWEI (0x3000021A/0x3001021A)(x = 1/2)取值范围; 9. 删除图 33-6 DRV1_CR[MOEMD] = 11, 逐波限流波形(t2 - t1 = 5μs)、图 33 12 DRV2_CR[MOEMD] = 11, 逐波限流波形(t2 - t1 = 5μs); 10. 优化图 33 1 CMP3 的输入输出端口、图 33 3 双比较器输入模式、图 33 4 三比较器输入模式、图 33 6 CMP9 的输入输出端口、图 33 8 双比较器输入模式、图 33 9 三比较器输入模式线条; 11. 33.2.3.CMP_CR2 (CSR:0x602)、33.2.11 CMP_CR6 (CSR:0x60A) [2:1] 描述改为 10: 低速轮询, 11: 偏低速轮询。		



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

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。