



Fremont Micro Devices

FT61FC4

数据手册

主要特性

8-bit 基于 EEPROM 的 RISC MCU

Program: 4k x 14; RAM: 512 x 8; Data: 128 x 8

8 / 10 / 14 / 16 / 20 引脚

12-bit 高精度 ADC ($V_{\text{ADC-REF}} = 0.5\text{V}$ 时为 11-bit 精度)

4 个定时器, 7 路独立 PWM – 3 路带死区控制

USART

低 Standby, WDT 和工作电流

POR, LVR, LVD – 单输入比较器

可配置源电流和灌电流

高 ESD, 高 EFT

低 V_{DD} 工作电压

HIRC 可微调

8-bit CPU (EEPROM)

- 49 条 RISC 指令: 2T or 4T
- 16 MHz / 2T ($V_{DD} \geq 2.7$)
- 多达 20 个引脚

Memory

- PROGRAM: 4k x 14 bit (读/写保护)
- DATA: 128 x 8 bit
- RAM: 512 x 8 bit
- 16 层硬件堆栈
- 扇区加密, 支持 IAP

工作条件 (5V, 25°C)

- V_{DD} ($V_{POR} \leq 1.9V$) $V_{POR} - 5.5 V$
(通过 POR 自动调整, 0°C 以上 $\leq 1.7V$)
- 工作温度等级 1 $-40 - +125^{\circ}C$
- 工作温度等级 2 $-40 - +105^{\circ}C$
- 工作温度等级 3 $-40 - +85^{\circ}C$
- 低 Standby 0.2 μA
- WDT 3.0 μA
- 正常模式 (16 MHz) 286 $\mu A/mips$

高可靠性

- 100 万次擦写次数 (typical)
- > 20 年 / 85°C 存储 (typical)
- ESD > 5 kV, EFT > 5.5 kV

ADC (12-bit)

- 12 bit 分辨率 (11 bit 精度 ≤ 2 MHz ADC 时钟)
- 7 + 1 通道
- $V_{ADC-REF}$
 - ✓ 内部: 0.5, 2.0, 3.0, V_{DD}
 - ✓ 外部: +, - 可选
- 自动阈值比较

PWM (Total 7 路)

- 支持在 SLEEP 下运行
- 7 个捕获/比较/PWM 通道:
 - ✓ 独立: 占空比, 极性
- 3 个通道 (多达 6 个 I/O):
 - ✓ 互补输出+死区
- 自动故障刹车 (I/O, LVD, ADC)
- 边沿对齐, 中心对齐
- 单脉冲模式

Timers

- WDT (16-bit): 7-bit 预分频
- Timer1 (16-bit): 16-bit 预分频

- Timer2 (16-bit): 15-bit 预分频
- Timer4 (8-bit): 7-bit 预分频
- 自动重载
- 支持在 SLEEP 下运行
- Sysclk, LIRC, 1 or 2x {HIRC, 晶振, EC}

通信接口

- USART

I/O PORTS (多达 18 个 I/O)

- 上拉/下拉电阻
- 开漏
- 18 个 I/O 源电流: 3, 6 or 23mA (5V, 25°C)
- 18 个 I/O 灌电流: 53 or 62 mA (5V, 25°C)
- 18 个 I/O: 中断/唤醒

电源管理

- SLEEP
- LVR: 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.1, 3.6, 4.1 (V)
- LVD: 2.0, 2.4, 2.8, 3.0, 3.6, 4.0 (V)
(LVD 可用作极性可选的单输入比较器功能)

系统时钟 (SysClk)

- HIRC 高速内部振荡器
 - ✓ 16MHz $\leq \pm 1\%$ (2.5V, 25°C)
 - ✓ 可微调
 - ✓ 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 分频
- LIRC 低功耗低速内部振荡器
 - ✓ 32 kHz 或 256 kHz
- EC 外部时钟 (I/O 输入)
- LP / XT 晶振输入
 - ✓ 双速时钟启动 (HIRC 或 LIRC)
 - ✓ 故障保护时钟监控

其他特性 (欢迎垂询)

- ADC 最小分辨率为 0.12mV, 精度为 0.24mV, 适用于电流检测
- $\frac{1}{2} V_{DD}$ LCD 偏置

集成开发环境 (IDE)

- 片上调试 (OCD), ISP
- 3 个硬件断点
- 软复位, 暂停, 单步, 跳跃等

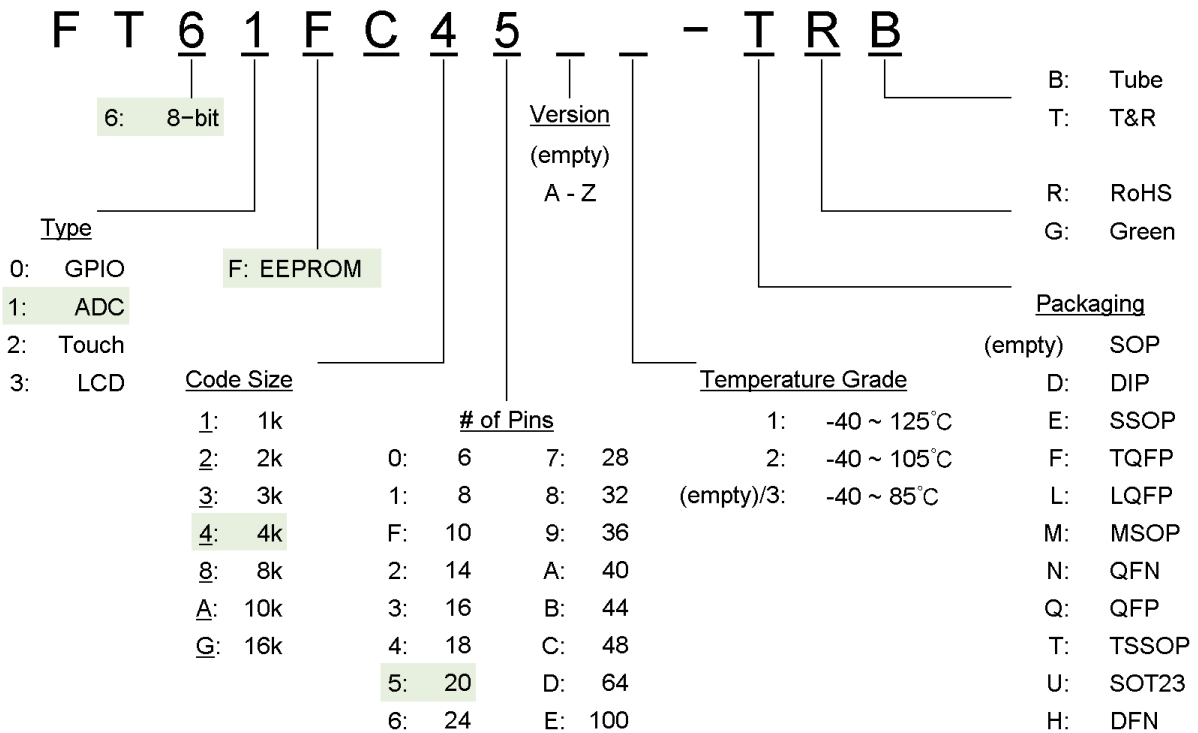
封装

- SOP8 MSOP10 SOP14 SOP16
SOP20 TSSOP20 QFN20

产品信息和选型表

型号	I/O 数	封装
FT61FC41- <u>ab</u>	6	SOP8
FT61FC4F- <u>Mab</u>	8	MSOP10
FT61FC42- <u>ab</u>	12	SOP14
FT61FC43- <u>ab</u>	14	SOP16
FT61FC43A- <u>ab</u>		
FT61FC43B- <u>ab</u>		
FT61FC45- <u>ab</u>	18	SOP20
FT61FC45A- <u>ab</u>		
FT61FC45- <u>Tab</u>		TSSOP20
FT61FC45A- <u>Tab</u>		
FT61FC45- <u>Nab</u>		QFN20
FT61FC45A- <u>Nab</u>		

此处 a = R; RoHS
= G; Green b = B; Tube
= T; T&R



MCU 产品订购信息

文档修改历史

日期	版本	描述
2022-09-07	1.00	初版
2022-09-19	1.01	增加 TIM1_CH3 在 PA3 引脚上的映射
2023-07-19	1.02	更新寄存器格式；更新产品命名；更新 HIRC 特性描述；更新源电流；更新章节 8 和章节 9 的示例程序；更新 SOP16 封装信息；更正笔误
2023-08-17	1.03	添加 PCL 和 PCLATH 章节；优化章节顺序；更新写 DROM 所需的最低电压

目录

1. 结构框图和引脚.....	13
1.1. 引脚图.....	14
1.2. 引脚描述--按功能分类.....	17
2. I/O 端口	20
2.1. I/O 配置	22
2.2. 引脚输出优先级.....	24
2.3. IO 端口相关寄存器汇总	25
2.3.1. ANSELA (0x197).....	26
2.3.2. TRISA (0x8C).....	26
2.3.3. TRISB (0x8D).....	26
2.3.4. TRISC (0x8E).....	27
2.3.5. PORTA (0x0C).....	27
2.3.6. PORTB (0x0D).....	27
2.3.7. PORTC (0x0E).....	27
2.3.8. LATA (0x10C)	28
2.3.9. LATB (0x10D)	28
2.3.10. LATC (0x10E)	28
2.3.11. WPUA (0x18C).....	28
2.3.12. WPUB (0x18D).....	29
2.3.13. WPUC (0x18E).....	29
2.3.14. WPDA (0x20C).....	29
2.3.15. WPDB (0x20D).....	30
2.3.16. WPDC (0x20E).....	30
2.3.17. ODCON0 (0x21F)	30
2.3.18. PSRC0 (0x11A).....	31
2.3.19. PSRC1 (0x11B).....	31
2.3.20. PSRC2 (0x11C)	32
2.3.21. PSINK0 (0x19A).....	32
2.3.22. PSINK1 (0x19B).....	33
2.3.23. PSINK2 (0x19C).....	33
3. 复位源及低电压检测.....	34

3.1.	上电复位 (POR).....	34
3.1.1.	初始化配置时序	34
3.2.	系统复位	36
3.2.1.	欠压复位 (Brown-Out Reset, LVR / BOR).....	37
3.2.2.	非法指令复位 (Illegal Instruction Reset)	37
3.2.3.	软件复位	37
3.2.4.	堆栈溢出复位.....	37
3.2.5.	EMC 复位	38
3.2.6.	看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT) 复位.....	38
3.2.7.	外部 I/O 系统复位 /MCLR	38
3.3.	检测上次复位类型	39
3.4.	低电压检测/比较器 (LVD).....	39
3.5.	复位及低电压检测相关寄存器汇总.....	40
3.5.1.	PCON (0x96).....	41
3.5.2.	LVDCON0 (0x199)	42
3.5.3.	LVDCON1 (0xF8E)	43
3.5.4.	LVDTUNE (0xF92).....	43
3.5.5.	ADCON3 (0x41A).....	44
4.	振荡器和系统时钟	45
4.1.	内部时钟模式 (HIRC 和 LIRC).....	46
4.2.	外部时钟模式 (EC / LP / XT)	47
4.2.1.	EC 模式	47
4.2.2.	LP 和 XT 模式.....	47
4.3.	HIRC, LIRC 和 EC 时钟的内部切换	49
4.4.	振荡器模块相关寄存器汇总.....	49
4.4.1.	CKOCON (0x95)	50
4.4.2.	CKAUX (0xF8D).....	51
4.4.3.	SOSCPRL (0x41E)	51
4.4.4.	SOSCPRH (0x41F).....	51
4.4.5.	OSCTUNE (0x98)	52
4.4.6.	OSCCON (0x99)	52
4.4.7.	TCKSRC (0x31F).....	53

4.4.8.	MSCKCON (0x41D).....	54
4.4.9.	PCKEN (0x9A)	54
5.	SLEEP 睡眠模式 (POWER-DOWN)	55
5.1.	进入 SLEEP.....	55
5.2.	从 SLEEP 中唤醒	56
6.	中断 (INTERRUPTS).....	57
6.1.	外部管脚中断.....	59
6.2.	中断相关寄存器汇总.....	59
6.2.1.	INTCON (0x0B/8B/10B/18B/20B/30B/40B/50B/F8B).....	60
6.2.2.	PIE1 (0x91)	61
6.2.3.	PIR1 (0x11)	61
6.2.4.	EPIE0 (0x94).....	62
6.2.5.	EPIF0 (0x14)	62
6.2.6.	EPS0 (0x118).....	63
6.2.7.	EPS1 (0x119).....	64
6.2.8.	ITYPE0 (0x11E)	65
6.2.9.	ITYPE1 (0x11F)	66
7.	定时器 (TIMERS)	67
7.1.	看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT).....	68
7.1.1.	WDT 的设置和使用	68
7.1.2.	WDT 相关寄存器汇总.....	69
7.1.2.1.	MISC0 (0x19D).....	69
7.1.2.2.	WDTCON (0x97)	70
7.2.	高级定时器 1 (TIMER1).....	71
7.2.1.	计数基本单元.....	72
7.2.1.1.	计数模式	74
7.2.1.2.	重复计数器.....	75
7.2.2.	时钟/触发控制器	76
7.2.2.1.	计数器时钟源 (Fmaster)	76
7.2.2.2.	计数器触发源.....	77
7.2.2.3.	计数控制模式.....	77
7.2.3.	捕获/比较通道.....	83

7.2.3.1. 输入捕获模式.....	85
7.2.3.2. 输出比较模式.....	88
7.2.3.3. 故障刹车(Fault-Break)功能.....	95
7.2.4. Timer1 相关寄存器汇总.....	96
7.2.4.1. PCKEN (0x9A).....	98
7.2.4.2. CKOCON (0x95).....	99
7.2.4.3. TIM1CR1 (0x211)	100
7.2.4.4. TIM1CR2 (0x212).....	101
7.2.4.5. TIM1SMCR (0x213).....	102
7.2.4.6. TIM1ETR (0x214).....	103
7.2.4.7. TIM1IER (0x215)	104
7.2.4.8. TIM1SR1 (0x216)	105
7.2.4.9. TIM1SR2 (0x217)	107
7.2.4.10.TIM1EGR (0x218)	108
7.2.4.11.TIM1CCMR1 – output mode (0x219).....	109
7.2.4.12.TIM1CCMR1 – input mode (0x219)	110
7.2.4.13.TIM1CCMR2 – output mode (0x21A).....	111
7.2.4.14.TIM1CCMR2 – input mode (0x21A).....	112
7.2.4.15.TIM1CCMR3 – output mode (0x21B).....	113
7.2.4.16.TIM1CCMR3 – input mode (0x21B).....	114
7.2.4.17.TIM1CCMR4 – output mode (0x21C)	115
7.2.4.18.TIM1CCMR4 – input mode (0x21C).....	116
7.2.4.19.TIM1CCER1 (0x21D)	117
7.2.4.20.TIM1CCER2 (0x21E)	118
7.2.4.21.TIM1CNTRH (0x28C).....	119
7.2.4.22.TIM1CNTRL (0x28D).....	119
7.2.4.23.TIM1PSCRH (0x28E)	119
7.2.4.24.TIM1PSCRL (0x28F).....	119
7.2.4.25.TIM1ARRH (0x290).....	120
7.2.4.26.TIM1ARRL (0x291).....	120
7.2.4.27.TIM1RCR (0x292)	120
7.2.4.28.TIM1CCR1H (0x293).....	120

7.2.4.29.TIM1CCR1L (0x294)	121
7.2.4.30.TIM1CCR2H (0x295).....	121
7.2.4.31.TIM1CCR2L (0x295)	121
7.2.4.32.TIM1CCR3H (0x297).....	121
7.2.4.33.TIM1CCR3L (0x298)	122
7.2.4.34.TIM1CCR4H (0x299).....	122
7.2.4.35.TIM1CCR4L (0x29A).....	122
7.2.4.36.TIM1BKR (0x29B)	123
7.2.4.37.TIM1DTR (0x29C).....	124
7.2.4.38.TIM1OISR (0x29D).....	125
7.2.4.39.LEBCON (0x41C).....	126
7.2.4.40.AFP0 (0x19E)	127
7.2.4.41.AFP1 (0x19F)	128
7.3. 通用定时器 2 (TIMER2).....	129
7.3.1. 计数基本单元.....	130
7.3.2. 捕获/比较通道.....	132
7.3.2.1. 输入捕获模式.....	132
7.3.2.2. 输出比较模式.....	133
7.3.3. Timer2 相关寄存器汇总.....	135
7.3.3.1. PCKEN (0x9A).....	136
7.3.3.2. CKOCON (0x95).....	137
7.3.3.3. TIM2CR1 (0x30C)	138
7.3.3.4. TIM2IER (0x30D).....	139
7.3.3.5. TIM2SR1 (0x30E).....	140
7.3.3.6. TIM2SR2 (0x30F).....	141
7.3.3.7. TIM2EGR (0x310)	142
7.3.3.8. TIM2CCMR1 – output mode (0x311)	143
7.3.3.9. TIM2CCMR1 – input mode (0x311)	144
7.3.3.10.TIM2CCMR2 – output mode (0x312).....	145
7.3.3.11.TIM2CCMR2 – input mode (0x312)	146
7.3.3.12.TIM2CCMR3 – output mode (0x313).....	147
7.3.3.13.TIM2CCMR3 – input mode (0x313)	148

7.3.3.14.TIM2CCER1 (0x314).....	149
7.3.3.15.TIM2CCER2 (0x315).....	150
7.3.3.16.TIM2CNTRH (0x316)	150
7.3.3.17.TIM2CNTRL (0x317)	150
7.3.3.18.TIM2PSCR (0x318).....	151
7.3.3.19.TIM2ARRH (0x319).....	151
7.3.3.20.TIM2ARRL (0x31A)	151
7.3.3.21.TIM2CCR1H (0x31B)	152
7.3.3.22.TIM2CCR1L (0x31C).....	152
7.3.3.23.TIM2CCR2H (0x31D)	152
7.3.3.24.TIM2CCR2L (0x31E).....	152
7.3.3.25.TIM2CCR3H (0x29E)	153
7.3.3.26.TIM2CCR3L (0x29F)	153
7.3.3.27.AFP0 (0x19E)	154
7.4. 基本定时器 4 (TIMER4).....	155
7.4.1. Timer4 相关寄存器汇总.....	156
7.4.1.1. PCKEN (0x9A).....	156
7.4.1.2. TIM4CR1 (0x111).....	157
7.4.1.3. TIM4IER (0x112)	158
7.4.1.4. TIM4SR (0x113)	158
7.4.1.5. TIM4EGR (0x114).....	158
7.4.1.6. TIM4CNTR (0x115)	159
7.4.1.7. TIM4PSCR (0x116)	159
7.4.1.8. TIM4ARR (0x117).....	159
8. 数据 EEPROM (DROM)和程序 EEPROM (PROM).....	160
8.1. DROM	160
8.1.1. 写 DROM.....	160
8.1.2. 读 DROM.....	161
8.2. PROM.....	162
8.2.1. 擦除 PROM	162
8.2.2. 写 PROM.....	163
8.2.3. 读 PROM.....	165

8.3.	读初始化配置寄存器 UCFGx.....	166
8.4.	存储区读/写保护	166
8.5.	DROM 和 PROM 相关寄存器汇总.....	167
8.5.1.	EEADRL (0x191).....	167
8.5.2.	EEADRH (0x192)	167
8.5.3.	EEDATL (0x193).....	168
8.5.4.	EEADRH (0x194).....	168
8.5.5.	EECON2 (0x196)	168
8.5.6.	EECON1 (0x195)	169
9.	12-bit 模/数转换器 (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER, ADC).....	170
9.1.	ADC 配置.....	171
9.1.1.	ADC 触发和延时配置	173
9.1.2.	ADC 中止转换	174
9.1.3.	阈值比较.....	174
9.1.4.	中断	174
9.2.	ADC 采样保持时间	174
9.3.	ADC 最短采样时间	175
9.4.	ADC 转换步骤示例	175
9.5.	ADC 相关寄存器汇总	177
9.5.1.	ANSELA (0x197).....	178
9.5.2.	PCKEN (0x9A)	178
9.5.3.	ADRESL (0x9B)	179
9.5.4.	ADRESH (0x9C)	179
9.5.5.	ADCON0 (0x9D)	180
9.5.6.	ADCON1 (0x9E).....	181
9.5.7.	ADCON2 (0x9F).....	182
9.5.8.	ADCON3 (0x41A).....	183
9.5.9.	ADDLY (0x1F).....	184
9.5.10.	ADCMPI (0x41B).....	184
9.5.11.	LEBCON (0x41C).....	185
9.5.12.	AFPO (0x19E).....	186
10.	USART 接口	187

10.1. USART 功能	189
10.1.1. 异步工作模式	189
10.1.2. 同步工作模式	190
10.1.3. 红外工作模式	190
10.1.4. 智能卡模式	191
10.1.5. LIN Master 模式	191
10.1.6. 多处理器通信模式	192
10.1.7. 自动波特率检测	193
10.2. USART 接口相关寄存器汇总	194
10.2.1. PCKEN (0x9A)	195
10.2.2. URDATAL (0x48C)	195
10.2.3. URDATAH (0x48D)	196
10.2.4. URIER (0x48E)	196
10.2.5. URLCR (0x48F)	197
10.2.6. URLCREXT (0x490)	198
10.2.7. URMCR (0x491)	199
10.2.8. URLSR (0x492)	200
10.2.9. URRAR (0x493)	201
10.2.10. URDLL (0x494)	201
10.2.11. URDLH (0x495)	201
10.2.12. URABCR (0x496)	202
10.2.13. URSYNCR (0x497)	203
10.2.14. URLINCR (0x498)	203
10.2.15. URSDCR0 (0x499)	204
10.2.16. URSDCR1 (0x49A)	204
10.2.17. URSDCR2 (0x49B)	205
10.2.18. URTC (0x49C)	205
10.2.19. AFP1 (0x19F)	206
11. 特殊功能寄存器 (SPECIAL FUNCTION REGISTERS, SFR)	207
11.1 初始化配置寄存器	207
11.2 用户寄存器	209
11.3 STATUS 寄存器 (Bank 首地址 + 0x03)	221

11.4	堆栈	222
11.4.1	PCON (0x96).....	223
11.4.2	STKPTR (0xFED).....	224
11.4.3	TOSL (0xFEE).....	224
11.4.4	TOSH (0xFEf)	224
11.5	PCL 和 PCLATH.....	225
11.6	间接寻址	226
11.6.1	传统数据存储器	226
11.6.2	线性数据存储器	227
11.6.3	程序存储器	227
12.	指令集 (INSTRUCTION SET)	229
12.1.	读-修改-写 (RMW)指令	231
12.2.	指令详细描述.....	232
13.	电气特性	242
13.1.	极限参数	242
13.2.	工作特性	242
13.3.	POR, LVR, LVD	243
13.4.	I/O 端口电路	244
13.5.	工作电流 (IDD)	244
13.6.	内部振荡器	245
13.7.	ADC(12bit)和 ADC V_{REF}	245
13.8.	Program 和 Data EEPROM.....	247
13.9.	EMC 特性	247
14.	特性图	248
15.	封装信息.....	253
16.	附录：寄存器类型	260
	联系信息	261

1. 结构框图和引脚

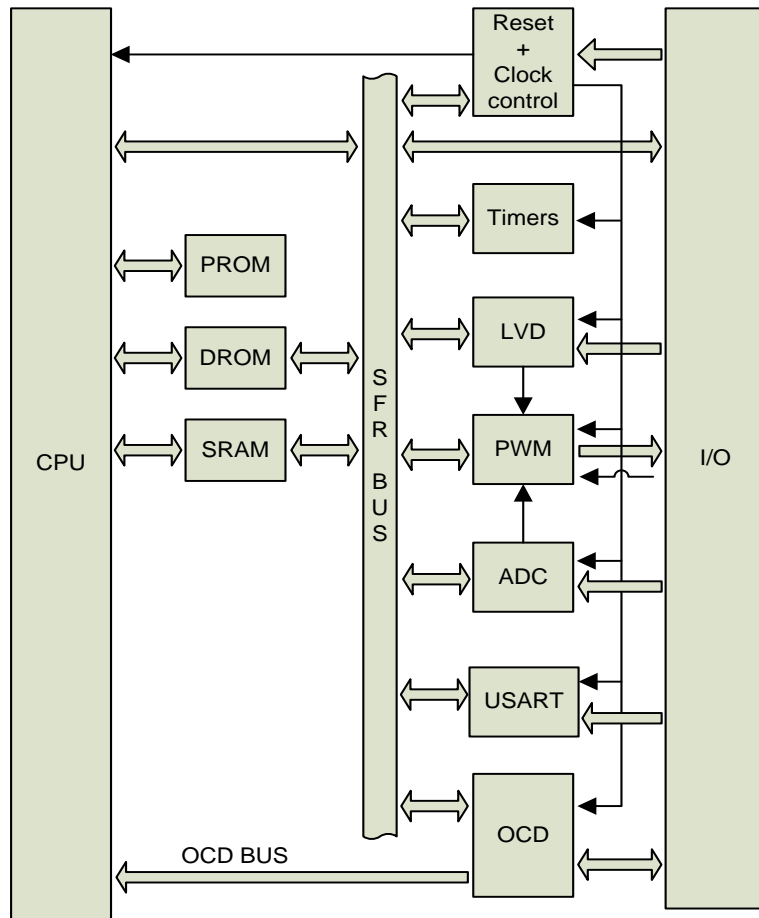


图 1-1 系统结构框图

标准缩写列表如下：

缩写	描述
CPU	Central Processing Unit
SFR	Special Function Registers
SRAM	Static Random Access Memory
DROM	Data EEPROM
PROM	Program EEPROM
Timers	WDT, Timer1, Timer2, Timer4
PWM	Pulse Width Modulator
ADC	Analog to Digital Converter
LVD	Low Voltage Detect / comparator
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
OCD	On Chip Debug
I/O	Input / Output

1.1. 引脚图

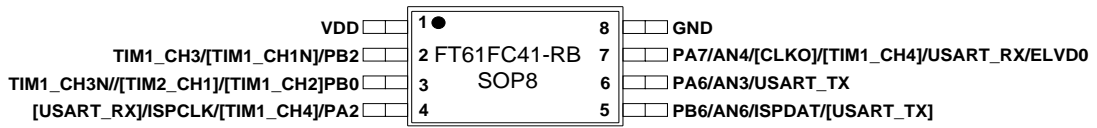


图 1-2 SOP8

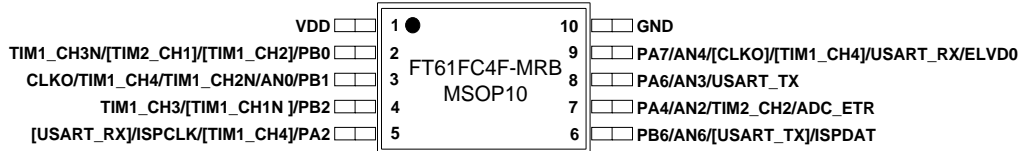


图 1-3 MSOP10

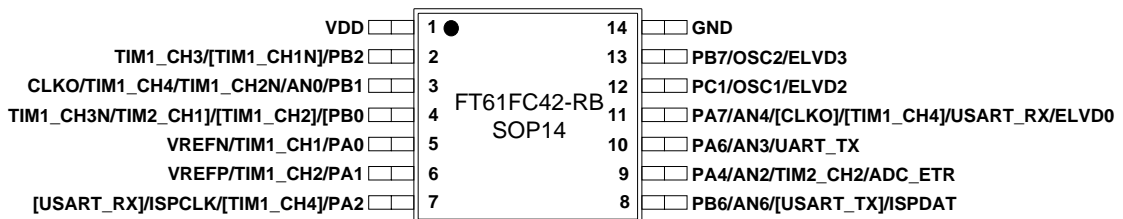


图 1-4 SOP14

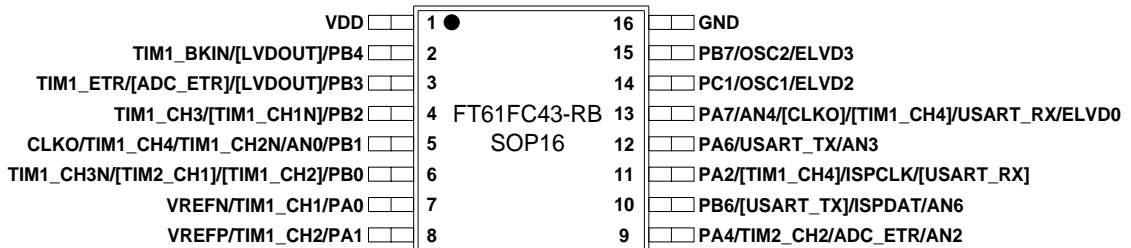


图 1-5 SOP16 (A)

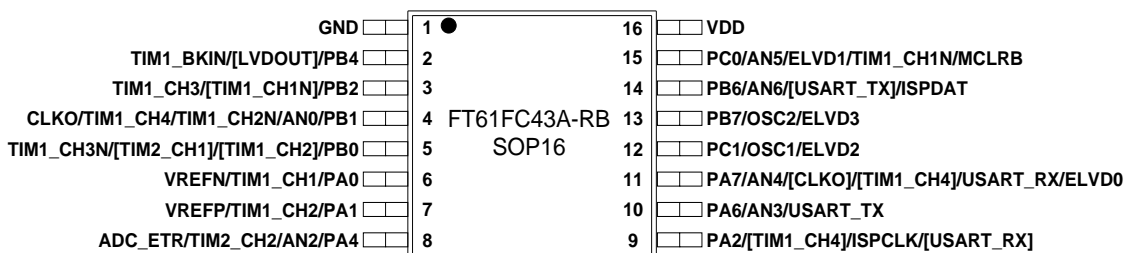


图 1-6 SOP16 (B)

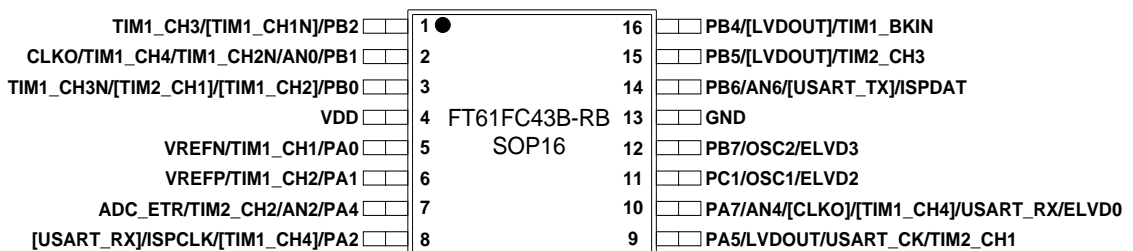


图 1-7 SOP16 (C)

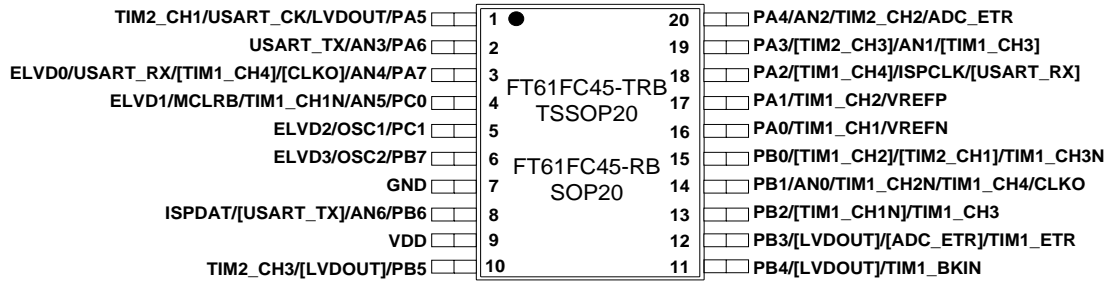


图 1-8 TSSOP20 / SOP20 (A)

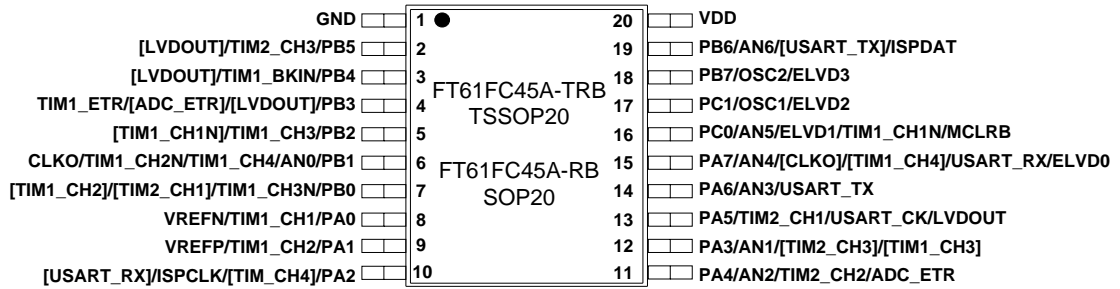


图 1-9 TSSOP20 / SOP20 (B)

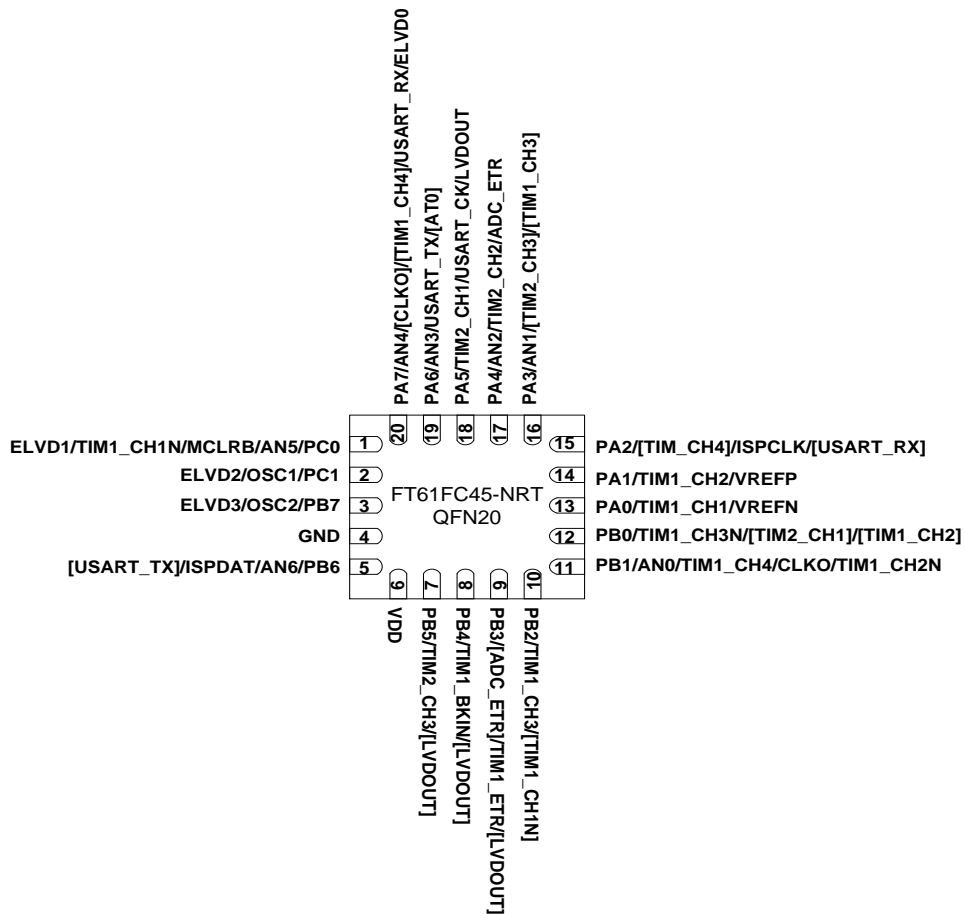
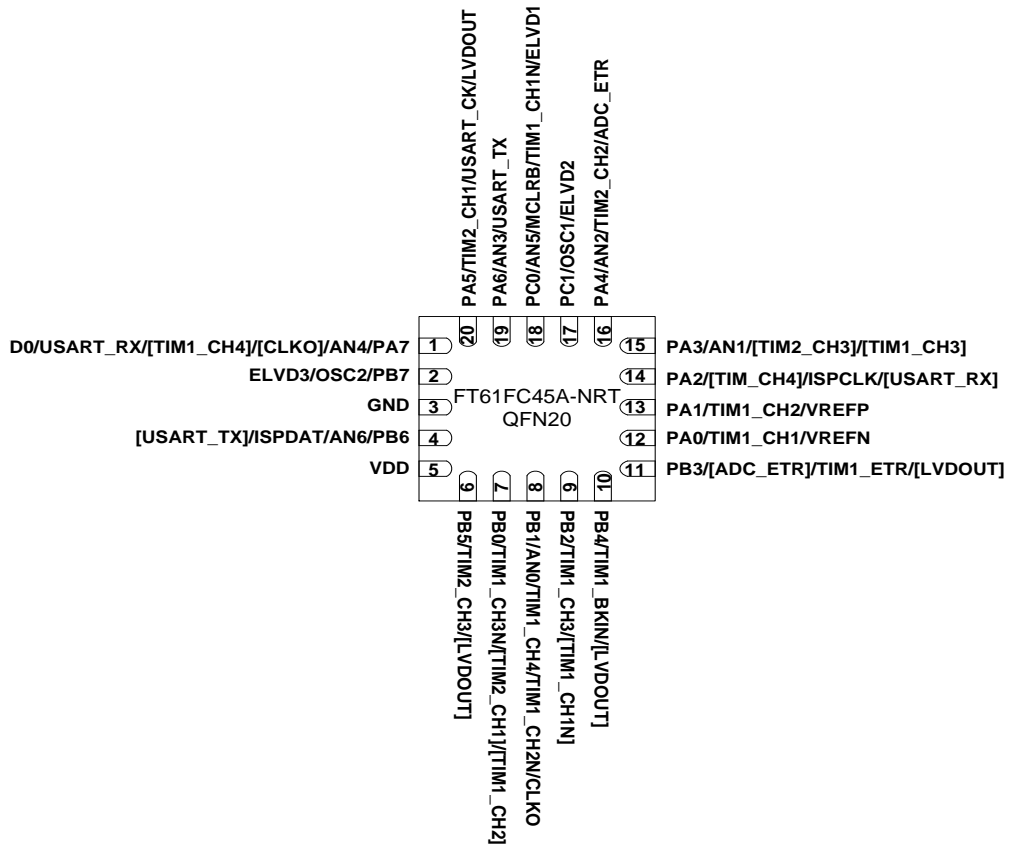


图 1-10 QFN20 (A) ¹



1-11 QFN20 (B) ¹

¹ 对于 QFN20 封装，底部裸露的焊垫与 GND 连在一起。

1.2. 引脚描述---按功能分类

功能	描述	引脚名	对应 GPIO	8 pins	10 pins	14 pins	16(A) pins	16(B) pins	16(C) pins	20(A) pins	20(B) pins	QFN20 (A) pins	QFN20 (B) pins	
电源		VDD		1	1	1	1	16	4	9	20	6	5	
		GND		8	10	14	16	1	13	7	1	4	3	
GPIO	上拉/下拉, 数字输入, 数字输出	PC1				12	14	12	11	5	17	2	17	
		PC0						15		4	16	1	18	
		PB7				13	15	13	12	6	18	3	2	
		PB6		5	6	8	10	14	14	8	19	5	4	
		PB5							15	10	2	7	6	
		PB4						2	2	16	11	3	8	10
		PB3						3			12	4	9	11
		PB2		2	4	2	4	3	1	13	5	10	9	
		PB1			3	3	5	4	2	14	6	11	8	
		PB0		3	2	4	6	5	3	15	7	12	7	
		PA7		7	9	11	13	11	10	3	15	20	1	
		PA6		6	8	10	12	10		2	14	19	19	
		PA5								9	1	13	18	20
		PA4			7	9	9	8	7	20	11	17	16	
		PA3									19	12	16	15
		PA2		4	5	7	11	9	8	18	10	15	14	
PA1				6	8	7	6	17	9	14	13			
PA0					5	7	6	5	16	8	13	12		
ISP 调试	ISP-Data	ISPDAT	PB6	5	6	8	10	14	14	8	19	5	4	
	ISP-CLK	ISPCLK	PA2	4	5	7	11	9	8	18	10	15	14	
外部复位	上拉	/MCLR	PC0					15		4	16	1	18	
LVD	输入	ELVD0	PA7	7	9	11	13	11	10	3	15	20	1	
		ELVD1	PC0					15		4	16	1	18	
		ELVD2	PC1				12	14	12	11	5	17	2	17
		ELVD3	PB7				13	15	13	12	6	18	3	2
	输出	LVDOUT	PA5							9	1	13	18	20
		[LVDOUT]	PB5							15	10	2	7	6
		[LVDOUT]	PB4					2	2	16	11	3	8	10
		[LVDOUT]	PB3					3			12	4	9	11

功能	描述	引脚名	对应 GPIO	8 pins	10 pins	14 pins	16(A) pins	16(B) pins	16(C) pins	20(A) pins	20(B) pins	QFN20 (A) pins	QFN20 (B) pins
时钟	输出	CLKO	PB1		3	3	5	4	2	14	6	11	8
		[CLKO]	PA7	7	9	11	13	11	10	3	15	20	1
	OSC +	OSC1	PC1			12	14	12	11	5	17	2	17
	OSC -	OSC2	PB7			13	15	13	12	6	18	3	2
Timer1 (死区)	PWM1	TIM1_CH1	PA0			5	7	6	5	16	8	13	12
	/PWM1	TIM1_CH1N	PC0					15		4	16	1	18
		[TIM1_CH1N]	PB2	2	4	2	4	3	1	13	5	10	9
	PWM2	TIM1_CH2	PA1			6	8	7	6	17	9	14	13
		[TIM1_CH2]	PB0	3	2	4	6	5	3	15	7	12	7
	/PWM2	TIM1_CH2N	PB1		3	3	5	4	2	14	6	11	8
	PWM3	TIM1_CH3	PB2	2	4	2	4	3	1	13	5	10	9
	/PWM3	TIM1_CH3N	PB0	3	2	4	6	5	3	15	7	12	7
	PWM4	TIM1_CH4	PB1		3	3	5	4	2	14	6	11	8
		[TIM1_CH4]	PA7	7	9	11	13	11	10	3	15	20	1
PWM故障 刹车输入	TIM1_BKIN	PB4				2	2	16	11	3	8	10	
触发	TIM1_ETR	PB3				3			12	4	9	11	
Timer2	PWM5	TIM2_CH1	PA5						9	1	13	18	20
		[TIM2_CH1]	PB0	3	2	4	6	5	3	15	7	12	7
	PWM6	TIM2_CH2	PA4		7	9	9	8	7	20	11	17	16
	PWM7	TIM2_CH3	PB5						15	10	2	7	6
		[TIM2_CH3]	PA3							19	12	16	15
ADC	输入	AN6	PB6	5	6	8	10	14	14	8	19	5	4
		AN5	PC0					15		4	16	1	18
		AN4	PA7	7	9	11	13	11	10	3	15	20	1
		AN3	PA6	6	8	10	12	10		2	14	19	19
		AN2	PA4		7	9	9	8	7	20	11	17	16
		AN1	PA3							19	12	16	15
		AN0	PB1		3	3	5	4	2	14	6	11	8
	触发	ADC_ETR	PA4		7	9	9	8	7	20	11	17	16
		[ADC_ETR]	PB3				3			12	4	9	11
	V _{REF-}	VREFN	PA0			5	7	6	5	16	8	13	12
	V _{REF+}	VREFP	PA1			6	8	7	6	17	9	14	13

功能	描述	引脚名	对应 GPIO	8 pins	10 pins	14 pins	16(A) pins	16(B) pins	16(C) pins	20(A) pins	20(B) pins	QFN20 (A) pins	QFN20 (B) pins
外部管脚 中断	低电平, 上升沿, 下降沿, 双边沿	PC1				12	14	12	11	5	17	2	17
		PC0						15		4	16	1	18
		PB7				13	15	13	12	6	18	3	2
		PB6		5	6	8	10	14	14	8	19	5	4
		PB5							15	10	2	7	6
		PB4					2	2	16	11	3	8	10
		PB3					3			12	4	9	11
		PB2		2	4	2	4	3	1	13	5	10	9
		PB1			3	3	5	4	2	14	6	11	8
		PB0		3	2	4	6	5	3	15	7	12	7
		PA7		7	9	11	13	11	10	3	15	20	1
		PA6		6	8	10	12	10		2	14	19	19
		PA5							9	1	13	18	20
		PA4			7	9	9	8	7	20	11	17	16
		PA3								19	12	16	15
		PA2		4	5	7	11	9	8	18	10	15	14
PA1				6	8	7	6	17	9	14	13		
PA0				5	7	6	5	16	8	13	12		
USART	USART_CK	USART_CK	PA5						9	1	13	18	20
	USART_TX (开漏)	USART_TX	PA6	6	8	10	12	10		2	14	19	19
		[USART_TX]	PB6	5	6	8	10	14	14	8	19	5	4
	USART_RX	USART_RX	PA7	7	9	11	13	11	10	3	15	20	1
		[USART_RX]	PA2	4	5	7	11	9	8	18	10	15	14

表 1-1 按功能分类的引脚描述

2. I/O 端口

根据不同的封装类型，FT61FC4x 系列芯片最多有 18 个 I/O 引脚。共分为 3 组：PORTA(8)、PORTB(8) 和 PORTC(2)。表 2-1 列出了所有 I/O 引脚的功能。

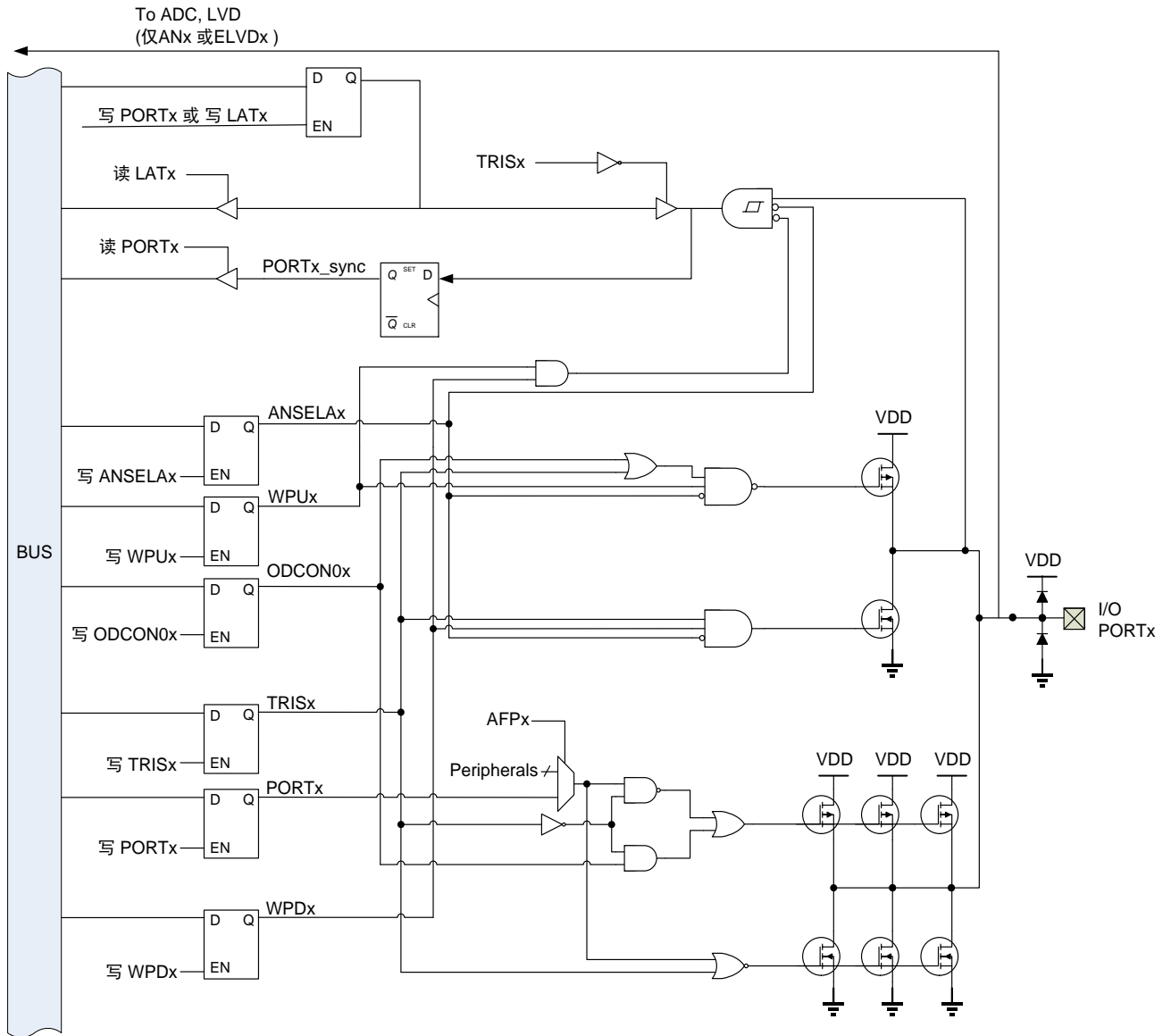


图 2-1 PORT 端口结构框图

所有 I/O 引脚均具有以下功能：

- 数字输出
- 数字输入
- 开漏 (USART 相应端口)
- 弱上拉
- 弱下拉

此外，部分 I/O 具有以下特殊功能：

1. 烧录调试引脚 (ISP-Data, ISP-CLK)，硬件内部连接，不需要设置。

2. 通过 IDE 界面选择，且在芯片初始化配置时加载的功能 (表 2-4)：

- 外部时钟/晶振输入 (OSC1, OSC2)
- 系统外部复位 (/MCLR/B)

3. 通过指令对相应 I/O 引脚进行配置的其他功能，可分为 4 类：

a) 数字输出

- PWM
- 内部时钟输出
- LVD 输出

b) 数字输入

- PWM 故障刹车
- Timer1 触发(TIM1_ETR)
- GPIO 端口变化中断
- ADC 触发 (ADC_ETR)

c) 模拟输入

- LVD / BOR
- ADC
- V_{REF+}
- V_{REF-}

d) 通信接口

- USART

引脚名	ISP 调试	时钟	ADC	USART	中断	LVD	PWM	数字 I/O 上拉/下拉	开漏	源电流 (mA)	灌电流 (mA)
PA0			(V _{REF-})		√		PWM1	√		3, 23	53, 62
PA1			(V _{REF+})		√		PWM2	√		3, 23	53, 62
PA2		CLK		[RX]	√			√		3, 23	53, 62
PA3			AN1		√		[PWM3]/ [PWM7]	√		3, 23	53, 62
PA4			AN2/ Trigger		√		PWM6	√		3, 23	53, 62
PA5				CLK	√	LVDOOUT	PWM5	√		3, 23	53, 62
PA6			AN3	TX	√			√	√	3, 23	53, 62
PA7		输出	AN4	RX	√	ELVD0	[PWM4]	√		3, 23	53, 62
PB0					√		[PWM2]/ PWM3N/ [PWM5]	√		6, 23	53, 62
PB1		输出	AN0		√		PWM4/ PWM2N	√		6, 23	53, 62
PB2					√		PWM3/ [PWM1N]	√		6, 23	53, 62
PB3			Trigger		√	[LVDOOUT]	TIM1_ETR	√		6, 23	53, 62
PB4					√	[LVDOOUT]	BKIN	√		6, 23	53, 62
PB5					√	[LVDOOUT]	PWM7	√		6, 23	53, 62
PB6	DATA		AN6	[TX]	√			√	√	6, 23	53, 62
PB7		OSC-			√	ELVD3		√		6, 23	53, 62
PC0			AN5		√	ELVD1	PWM1N	√		3, 6, 23	53, 62
PC1		OSC+			√	ELVD2		√		3, 6, 23	53, 62
注					/MCLRB = PC0					V _{DD} =5, V _{DS} =0.5	

表 2-1 I/O 端口功能

注： PORTA 和 PORTB 支持 2 档可配置源电流驱动能力(参阅“PSRCAx”和“PSRCBx”)，PORTC 支持 3 档可配置源电流驱动能力(参阅“PSRCCx”)，所有 IO 支持 2 档可配置灌电流驱动能力(参阅“PSINKx”)。

2.1. I/O 配置

每个 PORT 端口，均需根据其相应功能配置以下 5 个模块：

- 数字输出
- 数字输入
- 开漏
- 弱上拉
- 弱下拉

功能	数字输入	上拉/下拉	数字输出	设置
ISP-DATA	On	Off	On	(硬件内置, 忽略指令)
ISP-CLK	On	Off	Off	(硬件内置, 忽略指令)
/MCLR _B	On	上拉	Off	(初始化配置, 忽略指令)
OSC+ (EC)	On	(可选)	Off	(初始化配置, 忽略指令)
OSC+ / OSC- (LP, XT)	Off	Off	Off	(初始化配置, 忽略指令)
ADC	Off	Off	Off	TRISx = 1; ANSELAx = 1
LVD	Off ⁽⁵⁾	Off	Off	TRISx = 1; ANSELAx = 1(除 PC1, PB7 外)
V _{REF+} / V _{REF-}	Off	Off	Off	TRISx = 1
ADC 触发	On	(可选)	Off	TRISx = 1
USART 输入	On	(可选)	Off	TRISx = 1
外部管脚中断	On	(可选)	Off	TRISx = 1
BKIN	On	(可选)	Off	TRISx = 1
数字输入	On	(可选)	Off	TRISx = 1
时钟输出	(忽略)	Off	On	TRISx = 0
PWM	On	Off	On	TRISx = 0
数字输出	On	Off	On	TRISx = 0
USART 输出	On	Off	On	TRISx = 0

表 2-2 I/O 配置标志和用户寄存器

注:

1. TRISx = 0: “数字输出”使能, “上拉/下拉”自动关闭 (忽略 WPDx, WPUx)。
2. ANSELAx = 1: “上拉”、“下拉”、“数字输入”自动关闭 (忽略 WPDx, WPUx)。
3. 可关闭“数字输入”的唯一指令为“ANSELAx = 1”。
4. 将 PORT 端口设置为 LVD 输入时, 其“数字输入”、“上拉”和“下拉”功能被自动关闭。当 LVD 输入需要在不同的通道之间切换使用时, 通过设置“ANSELAx = 1”可关闭当前未被选择通道的“数字输入”, 但 PB7 和 PC1 无 ANSELAx 控制, 无法关闭“数字输入”, 因此不应仅在部分时间作为 LVD 输入。
5. /MCLR 使能: PC0 的弱上拉功能自动使能 (忽略 WPUC[0]); 读 PORTC[0] 的值为“0”。
6. 对 PORTx 数据输出寄存器或 LATx 数据锁存器进行写操作, I/O 端口都将输出相应的逻辑电平。每组多达 8 个 I/O 的数据寄存器共用相同的地址, 写操作实际执行“读-修改-写”的过程, 即先读取该组 PORTx 端口锁存器值 (输出或输入) 或 LATx 数据锁存器, 然后修改, 再写回 PORTx/LATx 数据寄存器。
7. 数字输出和数字输入功能可以共存, 有些应用需要同时使能数字输出和数字输入。
8. ODCON0x = 1: “USART_TX”所选映射管脚(参阅“AFP1”)开漏输出。开漏和内部上拉功能可以同时打开。
9. 完全复位或系统复位时, PORTx 寄存器不会复位, 但 TRISx 将被重置为“1”, 从而关闭输出。

外部管脚中断的设置, 请参阅 [章节 6](#) “中断”。

2.2. 引脚输出优先级

每个 I/O 引脚均复用多个功能，当相应模块都使能输出时，输出优先级从低到高如表 2-3 所示。因为输入连接到各个功能模块，所以输入不存在优先级问题。

名称	优先级 0	优先级 1	优先级 2	优先级 3
PA0	PA0	TIM1_CH1	-	-
PA1	PA1	TIM1_CH2	-	-
PA2	PA2	[TIM1_CH4]	ISPCLK	-
PA3	PA3	[TIM2_CH3]	[TIM1_CH3]	-
PA4	PA4	TIM2_CH2	-	-
PA5	PA5	LVDOOUT	USART_CK	TIM2_CH1
PA6	PA6	USART_TX	-	-
PA7	PA7	[CLKO]	[TIM1_CH4]	-
PB0	PB0	[TIM1_CH2]	[TIM2_CH1]	TIM1_CH3N
PB1	PB1	TIM1_CH2N	TIM1_CH4	CLKO
PB2	PB2	[TIM1_CH1N]	[TIM1_CH3]	-
PB3	PB3	[LVDOOUT]	-	-
PB4	PB4	[LVDOOUT]	-	-
PB5	PB5	[LVDOOUT]	TIM2_CH3	-
PB6	PB6	[USART_TX]	ISPDAT	-
PB7	PB7	OSC2	-	-
PC0	PC0	TIM1_CH1N	MCLR_B	-
PC1	PC1	OSC1	-	-

表 2-3 管脚输出优先级

2.3. IO 端口相关寄存器汇总

名称	功能	默认
MCLRE	外部 I/O 复位	关闭
FOSC	<ul style="list-style-type: none"> LP: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部低速晶振 XT: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部高速晶振 EC: PC1 (+) 接外部时钟输入, PB7 为 I/O INTOSCIO: PC1 和 PB7 为 I/O 	INTOSCIO

表 2-4 I/O 相关初始化配置寄存器

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
ANSELA	197	-	ANSELA[6:0]							-000 0000
TRISA	8C	PORTA 方向控制								1111 1111
TRISB	8D	PORTB 方向控制								1111 1111
TRISC	8E	-	-	-	-	-	-	PORTC 方向控制		---- --11
PORTA	0C	PORTA 数据寄存器								xxxx xxxx
PORTB	0D	PORTB 数据寄存器								xxxx xxxx
PORTC	0E	-	-	-	-	-	-	PORTC 数据寄存器		---- --xx
LATA	10C	PORTA 数据锁存器								xxxx xxxx
LATB	10D	PORTB 数据锁存器								xxxx xxxx
LATC	10E	-	-	-	-	-	-	PORTC 数据锁存器		---- --xx
WPUA	18C	PORTA 弱上拉								0000 0000
WPUB	18D	PORTB 弱上拉								0000 0000
WPUC	18E	-	-	-	-	-	-	PORTC 弱上拉		---- --00
WPDA	20C	PORTA 弱下拉								0000 0000
WPDB	20D	PORTB 弱下拉								0000 0000
WPDC	20E	-	-	-	-	-	-	PORTC 弱下拉		---- --00
ODCON0	21F	-	-	-	-	-	-	-	UROD	---- ----0
PSRC0	11A	PORTA 源电流设置								1111 1111
PSRC1	11B	PORTB 源电流设置								1111 1111
PSRC2	11C	-	-	-	-	PC1, PC0 源电流设置				---- 1111
PSINK0	19A	PORTA 灌电流设置								0000 0000
PSINK1	19B	PORTB 灌电流设置								0000 0000
PSINK2	19C	-	-	-	-	-	-	PC1, PC0 灌电流设置		---- --00

表 2-5 I/O 相关用户寄存器的地址和复位值

2.3.1. ANSELA (0x197)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	ANSELA[6:0]						
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6:0	ANSELA	AN[6:0]引脚功能: 1 = 模拟输入 0 = 数字 I/O

2.3.2. TRISA (0x8C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	TRISA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	TRISA	PORTA[7:0] 方向控制: 1 = 输入 0 = 输出

2.3.3. TRISB (0x8D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	TRISB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	TRISB	PORTB[7:0] 方向控制: 1 = 输入 0 = 输出

2.3.4. TRISC (0x8E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	TRISC[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	1	1

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	TRISC	PORTC[1:0] 方向控制: 1 = 输入 0 = 输出

2.3.5. PORTA (0x0C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PORTA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	PORTA	PORTA 数据寄存器

2.3.6. PORTB (0x0D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PORTB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	PORTB	PORTB 数据寄存器

2.3.7. PORTC (0x0E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	PORTC[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	x	x

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	PORTC	PORTC 数据寄存器

2.3.8. LATA (0x10C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LATA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	LATA	PORTA 数据锁存器

2.3.9. LATB (0x10D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LATB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	LATB	PORTB 数据锁存器

2.3.10. LATC (0x10E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	LATC[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	x	x

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	LATC	PORTC 数据锁存器

2.3.11. WPUA (0x18C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WPUA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	WPUA	PORTA[7:0] 弱上拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.12. WPUB (0x18D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WPUB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	WPUB	PORTB[7:0] 弱上拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.13. WPUC (0x18E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	WPUC[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	WPUC	PORTC[1:0] 弱上拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.14. WPDA (0x20C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WPDA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	WPDA	PORTA[7:0] 弱下拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.15. WPDB (0x20D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WPDB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	WPDB	PORTB[7:0] 弱下拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.16. WPDC (0x20E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	WPDC[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	WPDC	PORTC[1:0] 弱下拉: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.17. ODCON0 (0x21F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	UROD
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	UROD	USART_TX 开漏输出: 1 = 使能 0 = 关闭

2.3.18. PSRC0 (0x11A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PSRCA[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7	PSRCA[7]	PA7 源电流: 1 = <u>23</u> mA 0 = 3 mA
6	PSRCA[6]	PA6 源电流 (同上)
5	PSRCA[5]	PA5 源电流 (同上)
4	PSRCA[4]	PA4 源电流 (同上)
3	PSRCA[3]	PA3 源电流 (同上)
2	PSRCA[2]	PA2 源电流 (同上)
1	PSRCA[1]	PA1 源电流 (同上)
0	PSRCA[0]	PA0 源电流 (同上)

2.3.19. PSRC1 (0x11B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PSRCB[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7	PSRCB[7]	PB7 源电流: 1 = <u>23</u> mA 0 = 6 mA
6	PSRCB[6]	PB6 源电流 (同上)
5	PSRCB[5]	PB5 源电流 (同上)
4	PSRCB[4]	PB4 源电流 (同上)
3	PSRCB[3]	PB3 源电流 (同上)
2	PSRCB[2]	PB2 源电流 (同上)
1	PSRCB[1]	PB1 源电流 (同上)
0	PSRCB[0]	PB0 源电流 (同上)

2.3.20. PSRC2 (0x11C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	PSRCC[3:0]			
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3:2	PSRCC[3:2]	PC1 源电流: 00 = 3 mA 01 / 10 = 6 mA 11 = <u>23</u> mA
1:0	PSRCC[1:0]	PC0 源电流: 00 = 3 mA 01 / 10 = 6 mA 11 = <u>23</u> mA

2.3.21. PSINK0 (0x19A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PSINK0[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	PSINK0[7]	PA7 灌电流: 1 = 62 mA 0 = <u>53</u> mA
6	PSINK0[6]	PA6 灌电流 (同上)
5	PSINK0[5]	PA5 灌电流 (同上)
4	PSINK0[4]	PA4 灌电流 (同上)
3	PSINK0[3]	PA3 灌电流 (同上)
2	PSINK0[2]	PA2 灌电流 (同上)
1	PSINK0[1]	PA1 灌电流 (同上)
0	PSINK0[0]	PA0 灌电流 (同上)

2.3.22. PSINK1 (0x19B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PSINK1[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	PSINK1[7]	PB7 灌电流: 1 = 62 mA 0 = <u>53</u> mA
6	PSINK1[6]	PB6 灌电流 (同上)
5	PSINK1[5]	PB5 灌电流 (同上)
4	PSINK1[4]	PB4 灌电流 (同上)
3	PSINK1[3]	PB3 灌电流 (同上)
2	PSINK1[2]	PB2 灌电流 (同上)
1	PSINK1[1]	PB1 灌电流 (同上)
0	PSINK1[0]	PB0 灌电流 (同上)

2.3.23. PSINK2 (0x19C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	PSINK2[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	PSINK2[1]	PC1 灌电流: 1 = 62 mA 0 = <u>53</u> mA
0	PSINK2[0]	PC0 灌电流: 1 = 62 mA 0 = <u>53</u> mA

3. 复位源及低电压检测

3.1. 上电复位 (POR)

上电过程，即 V_{DD} 从低于 Power-On-Reset 电压(V_{POR})上升至高于 V_{POR} 的过程。当 CPU 重新上电时， V_{DD} 可能没有完全掉电至 0V。

1. 当 V_{DD} 低于 V_{POR} 时，CPU 处于完全复位状态。
 - a. 所有校准配置寄存器不复位。除 INDFx、Z、DC、C、FSRxL/H、BSREG、WREG、PORTx、LATx、OSCTUNE、EEDATL、EEDATH、EECON2 和 SRAM 以外（参阅 [章节 11](#) “特殊功能寄存器”）的其他特殊功能寄存器（Special Function Registers, SFR）均处于复位状态。而不复位的寄存器如 SRAM，将保持其数据直至 V_{DD} 降到 0.6V(典型值)，当 V_{DD} 低于 0.6V 时，其值为不确定值。
 - b. 程序计数器 PC = 0x00，指令寄存器 = “NOP”，堆栈指针 = “TOS” (栈顶)。
2. 当 V_{DD} 上升至 V_{POR} 以上时，芯片开始初始化配置(BOOT)过程。
3. 初始化配置完成后，指令将从 PC = 0x00 地址开始执行。

常温(25°C)下， V_{POR} 的典型值~1.6V，低温(-40°C)上升至~1.9V。当 $V_{DD} \geq V_{POR}$ 时，CPU 即可在较低的速度 8 MHz / 2T 下正常工作，因此 V_{DD} 的工作范围随温度变化而自动调整。此特性对于电池供电系统来说很重要，在典型的电池工作环境中，当电池电压低至~1.6V 时，CPU 仍可工作，从而提高电池使用寿命。

注：

1. V_{POR} 不可配置。
2. POR 的硬件电路默认为开启状态，当 V_{DD} 电压低于 V_{POR} 时即执行芯片电源复位，而不是仅在上电时执行。

3.1.1. 初始化配置时序

名称	功能	默认
PWRTEB	上电延时定时器，初始化配置完成后额外延时~64ms	关闭

表 3-1 初始化配置

以上初始化配置，由 IDE 界面设置，不能通过指令修改。初始化配置过程：

1. CPU 空闲等待~4ms；
 2. 从非易失性存储器中加载初始化配置寄存器值，该过程~39 μ s。这些寄存器值由 IDE 预先设置，不受指令影响；
3. 如果使能上电延时定时器(Power-On-Timer, PWRT)，CPU 将额外空闲等待~64ms。

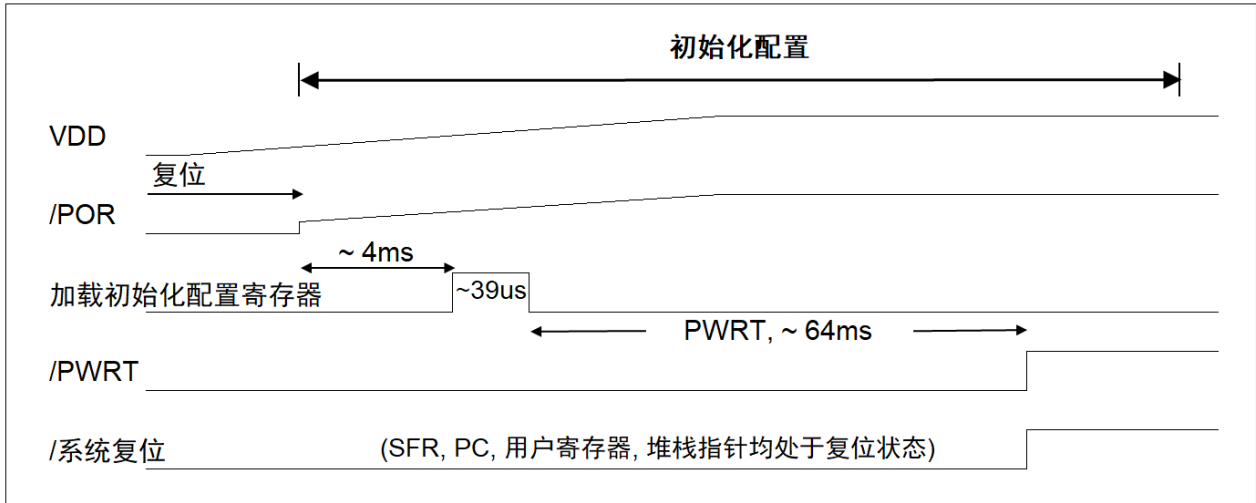


图 3-1 上电时序 (PWRT 使能)

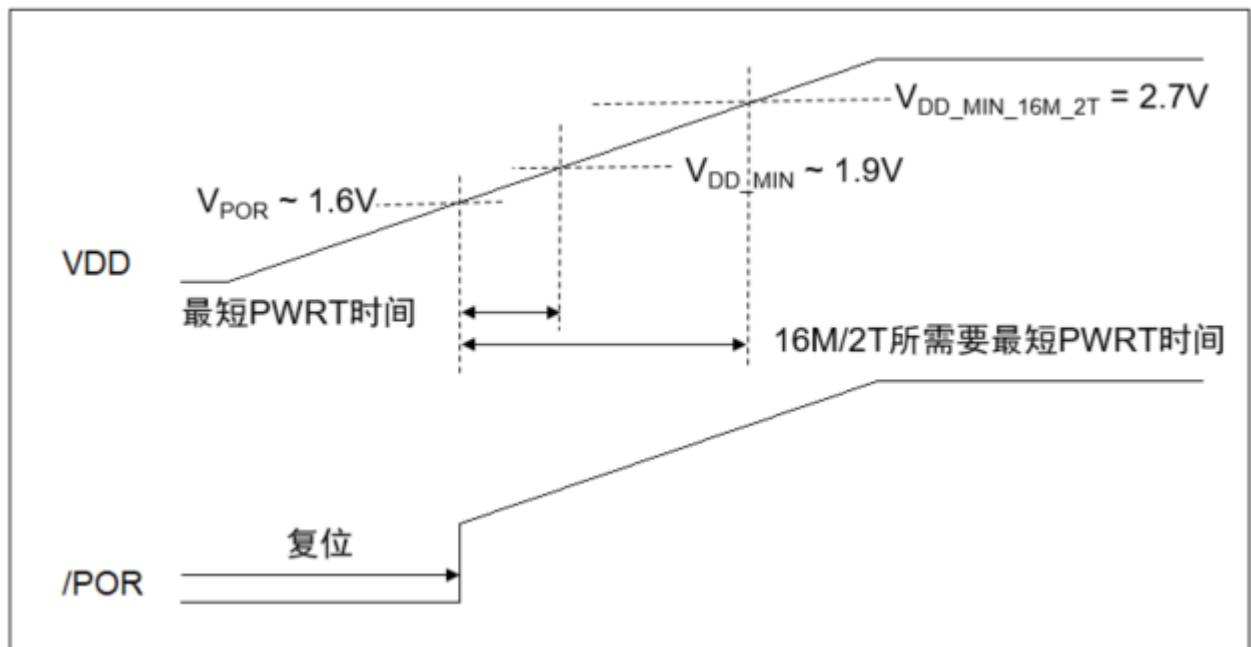


图 3-2 上电过程所需最小 PWRT 时间

如果 CPU 需要在 16MHz / 2T 的速度下运行，那么在初始化配置(BOOT)结束时 V_{DD} 必须高于 2.7V。通过使能 PWRT，可使初始化配置时间从~4ms 增加至~68ms，从而提高电源系统的稳定时间。

在以 16MHz / 2T 的速度运行时，应使能 LVR 且设置 $V_{BOR} \geq 2.7V$ 。另外，可通过指令控制 LVR 使能的频率以不时地监测 V_{DD} ，而无需一直使能(参阅“LVREN”，“SLVREN”)以降低功耗。

注:

1. V_{DD} 上电过程不可以太慢，另外不建议 V_{DD} 的电容 $C_{VDD} \geq 22 \mu F$ ；
2. V_{DD} 电容值以 1 到 $10 \mu F$ 为佳。出于 EFT 性能考虑， $C_{VDD} < 1 \mu F$ 可能太小；
3. 如果可以接受启动延时，那么建议使能 PWRT 以提高 CPU 的稳定性；

3.2. 系统复位

与 POR 不同，系统复位(system reset) 并不会完全复位。系统复位时，CPU 是否启动初始化配置过程则取决于复位触发类型。若启动初始化配置则空闲等待~4ms，然后重新加载初始化配置寄存器值，如果使能 PWRT 将额外延时~64ms，随后系统正常启动。在系统复位中：

- 除初始化配置寄存器外，POR 过程中被重置的寄存器在系统复位时也会被同样重置；
- 程序计数器 PC = 0x00，指令寄存器 = “NOP”，堆栈指针 = “TOS” (栈顶)；

除仿真调试的 OCD(On-Chip Debugger) 模块外，以下 7 种事件可触发系统复位：

1. 欠压复位 (BOR / LVR) – 总会启动初始化配置；
2. 非法指令复位；
3. 看门狗复位 (WDT, CPU 处于非 SLEEP 状态)；
4. EMC 复位– 总会启动初始化配置；
5. 软件复位 (执行指令 “RESET”)；
6. 堆栈溢出复位 (上溢或下溢)；
7. 外部 I/O 复位 (/MCLR) – 总会启动初始化配置。

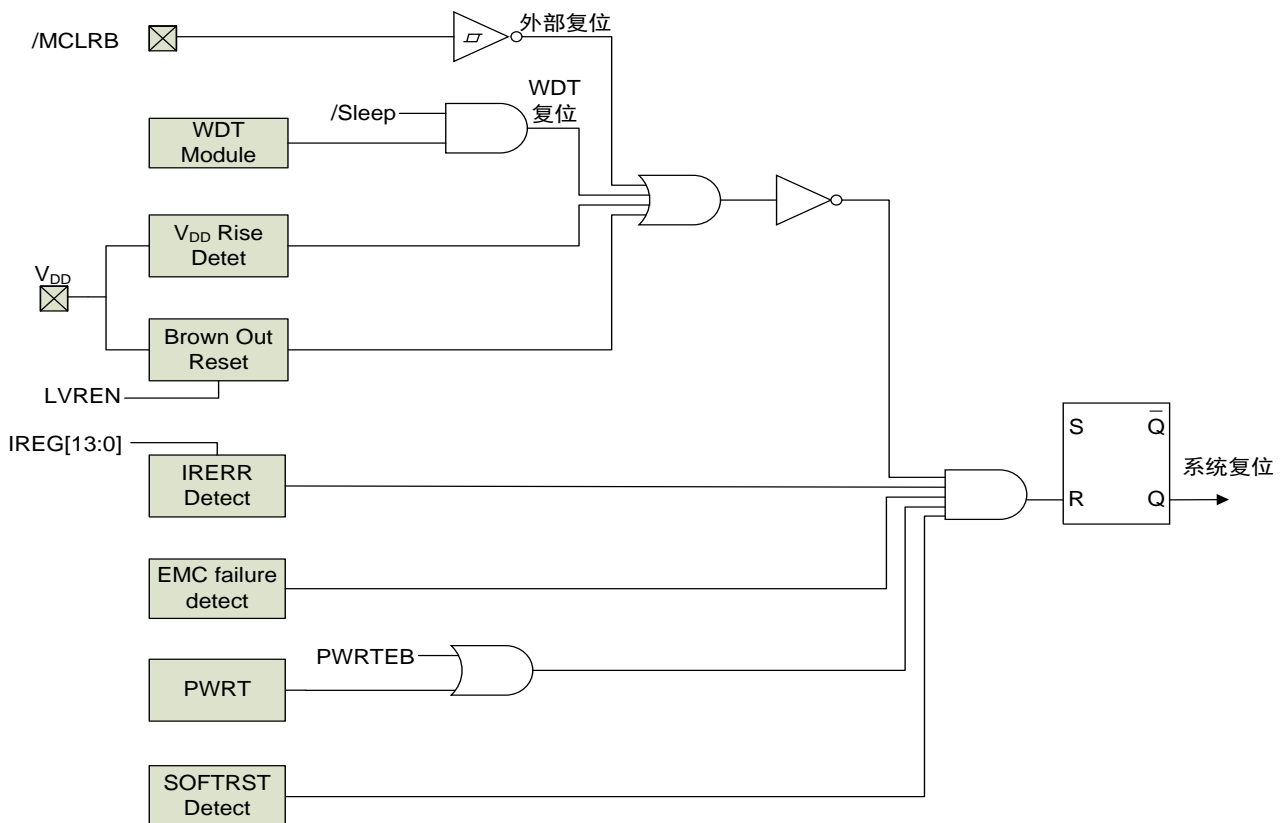


图 3-3 复位电路结构框图

3.2.1. 欠压复位 (Brown-Out Reset, LVR / BOR)

当 V_{DD} 值降低并低于预设的欠压值 (V_{BOR}) 超过 T_{BOR} 时间时, 就会出现欠压状态。 T_{BOR} 大概为 3 到 4 个 LIRC 时钟周期 ($\sim 94 - 125\mu s$, 如果未预先启动, LIRC 将自动开启)。当 $V_{DD} \leq V_{BOR}$ 时, CPU 保持系统复位状态, 直至 $V_{DD} > V_{BOR}$ 时 CPU 开始初始化配置过程(BOOT), 欠压复位标志位 /BORF 将置 0。

V_{POR} 值不能配置, 而 V_{BOR} 值可以设置为 2.0、2.2、2.5、2.8、3.1、3.6、4.1V (参阅“LVRS”, 表 3-3)。

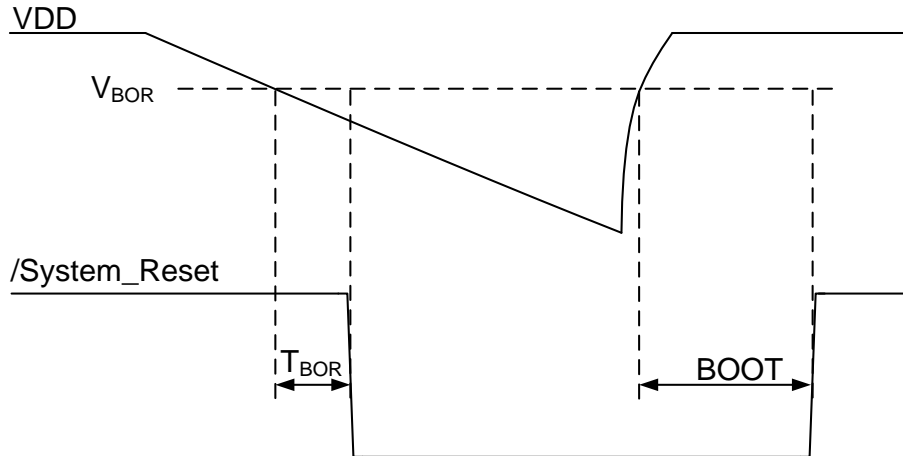


图 3-4 LVR 初始化配置时序图

LVR 可配置成 4 种不同功能(参阅“LVREN”, 表 3-3)。

1. LVR 使能。
2. LVR 关闭。
3. 非 SLEEP 模式下 LVR 使能。
4. 由指令控制使能或关闭 LVR (SLVREN)。

注: SLEEP 模式下, 可通过指令关闭 LVR 以降低功耗。但如果系统 V_{DD} 不稳定, CPU 应定时唤醒并使能 LVR 来监测 V_{DD} 。

3.2.2. 非法指令复位 (Illegal Instruction Reset)

CPU 获取指令错误的原因有很多, 最常见的为干扰和 V_{DD} 不稳定。

虽然没有专用的复位指令, 但任何蓄意的非法指令都等同于复位指令。出现非法指令时, 产生系统复位, 标志位 IERRR 将被置 1。

3.2.3. 软件复位

程序执行软件复位指令“RESET”时, 产生系统复位, 标志位 /SRSTF 将被置 0。

3.2.4. 堆栈溢出复位

堆栈上溢或下溢时, 产生系统复位(通过配置“STVREN”), 上溢标志位 STKOVF 或下溢标志位 STKUNF 将被置 1。

3.2.5. EMC 复位

EMC 检测模块始终开启,当发生某种 EMC 干扰时,产生系统复位,并启动初始化配置过程,标志位 EMCF 将被置 1。

3.2.6. 看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT) 复位

SLEEP 模式下, WDT 溢出将导致唤醒。

正常模式 (非 SLEEP 模式)下, WDT 溢出将触发系统复位。WDT 复位可用于复位挂起的 CPU。应在程序中不时地清除 WDT 以避免错误复位。

关于 WDT 的操作和设置等细节, 请参阅 [章节 7.1 看门狗定时器 \(Watch Dog Timer, WDT\)](#)。

3.2.7. 外部 I/O 系统复位 /MCLR

如果已相应设置初始化配置寄存器, 那么可通过在/MCLR (PC0)脚上施加低电压来使 CPU 复位。/MCLR 脚通常经过一个电阻弱上拉到 V_{DD} , 而不是直接连到 V_{DD} , 如 [图 3-5](#) 所示, 建议采用外部 RC 电路以提供故障滤波和过流保护。

/MCLR 系统复位后, 将产生初始化配置过程。

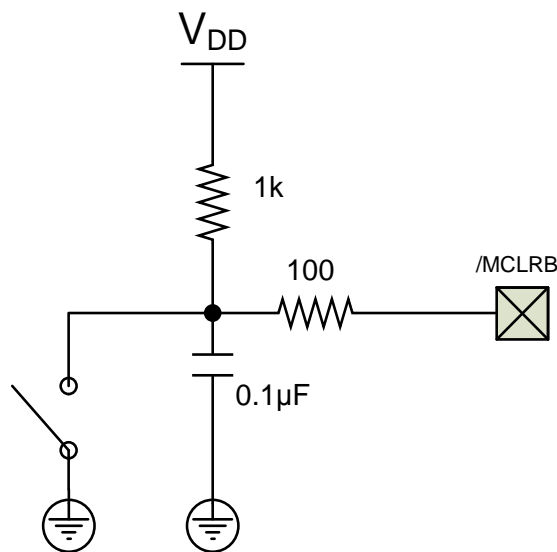


图 3-5 /MCLR 复位电路

3.3. 检测上次复位类型

通过 PCON 寄存器中的 8 个状态标志位，以及 Time Out (/TO)和 Power Down (/PD)的不同组合可以追溯上一次系统复位的类型。/BORF 需由指令置 1，复位后将被锁定为“0”。

复位源	STKOVF	STKUNF	EMCF	IERRR	/MCLRR	/SRSTF	/PORF	/BORF	/TO	/PD
	PCON[7]	PCON[6]	PCON[5]	PCON[4]	PCON[3]	PCON[2]	PCON[1]	PCON[0]	STATUS[4]	STATUS[3]
	0x96								Bank 首地址 + 0x03	
POR	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
LVR	0	0	0	0	1	1	1	0	-	-
CLRWDT 指令	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
SLEEP 指令	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
正常模式下(非 SLEEP) WDT 溢出(复位)	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
SLEEP 模式下 WDT 溢出 (唤醒)	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
软件复位	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-
MCLR 复位	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
非法指令复位	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
EMC 复位	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
堆栈下溢复位	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
堆栈上溢复位	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
片上调试 (OCD)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表 3-2 复位相关状态标志位 (“-“ 无变化)

3.4. 低电压检测/比较器 (LVD)

LVD 的工作原理与 LVR 类似，但以下几点除外：

- 所有控制位和参数选择位均由用户指令设置，而不是初始化配置时。
- 必须正确设置 I/O: $TRISx = 1$; $ANSELAx = 1$ (不适用于 PB7 和 PC1，当 PB7 和 PC1 配置为输入但没有被选择为 LVD 输入，且端口电压不是 V_{DD} 或 GND 时，可能会有数字输入模块的漏电)。
- LVD 事件将置位 LVDW 而不是/BOR。
- 可通过指令配置为中断，且不会触发系统复位。
- 可通过 LVDDEB 使能消抖功能。消抖时间 (T_{LVD})为 3 – 4 LIRC 周期 (如果未预先启动，LIRC 将自动开启)。
- LVD 输入可以配置成 V_{DD} 或其他 4 个 I/O, 后者允许将 LVD 当作单输入比较器功能使用, 与 6 档 LVDL 电压值($V_{LVD-REF}$) 之一进行比较。
- 可设置 LVD 的极性，因此 LVD 可作为 $V_{LVD-REF}$ 的“高”或“低”比较器。
- 6 档可选 LVD 电压(LVDL)，可通过指令实现~2%/step 的微调精度。

- LVD 电平可输出到管脚 (参阅“LVDOE”和“LVDOS”)。
- PC0 的外部复位功能 MCLR 优先级高于 ELVD 功能。当配置为外部复位管脚时，ELVD 检测无效。

3.5. 复位及低电压检测相关寄存器汇总

系统复位的大多数设置均由 IDE 界面配置，而不能通过指令修改。

名称	功能	默认
STVREN	堆栈上/下溢复位 <ul style="list-style-type: none"> • 使能 • 关闭 	使能
LVRS	7 档 V_{BOR} 电压(V): <u>2.0 / 2.2 / 2.5 / 2.8 / 3.1 / 3.6 / 4.1</u>	2.0
LVREN	<u>LVR</u> <ul style="list-style-type: none"> • 使能 • <u>关闭</u> • 非 SLEEP 模式下使能 • 通过指令控制 (SLVREN) 	关闭
WDTE	<u>WDT</u> <ul style="list-style-type: none"> • 使能 (指令不能禁止) • <u>由指令控制 (SWDTEN)</u> 	SWDTEN 控制
MCLRRE	外部 I/O 复位	关闭

表 3-3 复位相关初始化配置寄存器

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
PCON	96	STKOVF	STKUNF	EMCF	IERRR	/MCLR	/SRSTF	/PORF	/BORF	qqqq qqqq
LVDCON0	199	SLVREN	LVDM	-	LVDM	LVDP	LVDL[2:0]			00-0 0000
LVDCON1	F8E	-	-	-	LVDP	LVDDDEB	LVDOE	LVDOS[1:0]		---0 1000
LVDTUNE	F92	LVDCAL[3:0]				-	-	-	-	xxxx ----
ADCON3	41A	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEP	ADCMPO	LEBADT	-	ELVDS[1:0]		0000 0-00

表 3-4 复位及 LVD 相关用户寄存器地址和复位值

3.5.1. PCON (0x96)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	STKOVF	STKUNF	EMCF	IERRR	/MCLRR	/SRSTF	/PORF	/BORF
Type	RW0	RW0	RW0	RW0	RW1	RW1	RW1	RW1
Reset	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹

Bit	Name	Function
7	STKOVF	堆栈上溢标志： 1 = 发生了堆栈上溢 0 = 未发生堆栈上溢，或由软件清 0
6	STKUNF	堆栈下溢标志： 1 = 发生了堆栈下溢 0 = 未发生堆栈下溢，或由软件清 0
5	EMCF	EMC 复位标志： 1 = 发生了 EMC 指令复位 0 = 未发生 EMC 指令复位，或由软件清 0
4	IERRR	非法指令复位标志： 1 = 发生了非法指令复位 0 = 未发生非法指令复位，或由软件清 0
3	/MCLRR	外部 I/O 系统复位标志： 1 = 未发生外部 I/O 系统复位，或由软件置 1 0 = 发生了外部 I/O 系统复位
2	/SRSTF	软件复位标志： 1 = 未发生软件复位，或由软件置 1 0 = 发生了软件复位
1	/PORF	上电复位标志： 1 = 未发生上电复位，或由软件置 1 0 = 发生了上电复位
0	/BORF	低电压复位标志： 1 = 未发生低电压复位，或由软件置 1 0 = 发生了低电压复位

¹ 取决于所发生的复位

3.5.2. LVDCON0 (0x199)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SLVREN	LVDM	-	LVDEN	LVDW	LVDL[2:0]		
Type	RW	RW	RO	RW	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	SLVREN ²	仅适用于 LVREN 配置成由指令 SLVREN 控制 LVR: 1 = 使能 LVR 0 = <u>关闭 LVR</u>
6	LVDM	LVD 输入: 1 = 外部管脚 (ELVDx) 0 = <u>VDD</u>
5	N/A	保留位
4	LVDEN	LVD 模块: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
3	LVDW	LVD 触发标志: 1 = Yes (不锁存) 0 = <u>No</u>
2:0	LVDL	V _{LVD-REF} : 000 = <u>保留</u> 001 = 保留 010 = 2.0 011 = 2.4 100 = 2.8 101 = 3.0 110 = 3.6 111 = 4.0

² 发生欠压复位时，此位不会清 0。其它复位会将此位清 0。

3.5.3. LVDCON1 (0xF8E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	LVDP	LVDDEB	LVDOE	LVDOS[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	1	0	0	0

Bit	Name	Function
7:5	N/A	保留位
4	LVDP	LVDW 极性: 1 = 检测电压 > $V_{LVD-REF}$ 0 = 检测电压 < $V_{LVD-REF}$
3	LVDDEB	LVD 消抖: 1 = 使能 0 = 关闭
2	LVDOE	LVD 输出: 1 = 使能 0 = 关闭
1:0	LVDOS	LVD 输出管脚: 00 = PA5 01 = PB5 10 = PB4 11 = PB3

3.5.4. LVDTUNE (0xF92)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LVDCAL[3:0]				-	-	-	-
Type	RW	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO
Reset	x	x	x	x	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	LVDCAL	LVDL 修调位, ~2%/step
3:0	N/A	保留位

3.5.5. ADCON3 (0x41A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEM	ADCMPO	LEBADT	-	ELVDS[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RO	RW	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	ADFBEN	ADC 阈值比较结果匹配事件触发 PWM 故障刹车： 1 = 使能 0 = 关闭
6	ADCMPOP	ADC 阈值比较的极性： 1 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0] 0 = ADC 结果的高 8 位 \geq ADCMPH[7:0]
5	ADCMPEM	ADC 阈值比较： 1 = 使能 0 = 关闭 (将清除 ADCMP 产生的刹车事件)
4	ADCMPO	ADC 比较结果输出位 (每次 AD 转换完成时均更新)： 当 ADCMPPOP = 1 时 1 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0] (不锁存) 0 = ADC 结果的高 8 位 \geq ADCMPH[7:0] 当 ADCMPPOP = 0 时 1 = ADC 结果的高 8 位 \geq ADCMPH[7:0] (不锁存) 0 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0]
3	LEBADT	LEB 结束后，触发 ADC 自动转换： 1 = 触发 0 = 不触发
2	N/A	保留位
1:0	ELVDS	LVD 外部输入管脚： 00 = ELVD0 01 = ELVD1 10 = ELVD2 11 = ELVD3

4. 振荡器和系统时钟

系统时钟 (SysClk) 可通过指令选择为内部高速振荡器 HIRC, 内部低速振荡器 LIRC, 或外部振荡器 (EC, LP, XT, 参阅 “SCS”)。如果选择外部振荡器, 那么由初始化配置寄存器 “FOSC” (表 4-1) 选定 3 种外部振荡器之一。系统时钟还可通过指令进一步选择为内部或外部振荡器的分频 (参阅 MCKCF)。系统时钟用于产生指令时钟(Instruction Clock):

$$\text{指令时钟} = \text{SysClk} / N \quad ; N = 2 \text{ for } 2T, 4 \text{ for } 4T.$$

外部时钟输入引脚由初始化配置寄存器设置 (参阅 FOSC)。可通过指令选择 8 种时钟源输出(参阅 "CCOSEL"和"CCOEN"), 当时钟输出使能时, 其所选时钟源自动开启, 标志位 CCORDY 置 1, 输出引脚可选择为 PA7 或 PB1 (参阅 "CLKOS") 。

外设 Timers、ADC 和 USART 均有独立的模块时钟控制位(参阅"PCKEN")。需先使能模块时钟, 再使能相应模块。关闭时, 需先关闭模块功能, 再关闭模块时钟。此外, Timers 的计数时钟源和 ADC 的转换时钟源有独立的振荡器, 当模块时钟和模块功能均使能时, 其所选振荡器将自动开启, 且在模块运行期间一直保持有效, 因此可有多振荡器同时运行。

SLEEP 模式下指令停止运行, 指令时钟默认停止, 时钟输出暂停。当 SYSON = 1 时, 指令时钟将保持运行, 因此使能模块时钟的相应外设也将在 SLEEP 模式下保持工作, 此外时钟输出也将继续。

注:

1. SLEEP 模式下, 当 SYSON = 1 且 TIMxEN = 1 时, Timers 所选计数时钟源将保持运行;
2. 当 ADC 转换时钟源选择 LIRC 时, 进入 SLEEP 模式后, LIRC 将保持运行, 与 SYSON 无关;
3. 建议关闭未使用外设的模块时钟, 以降低功耗。

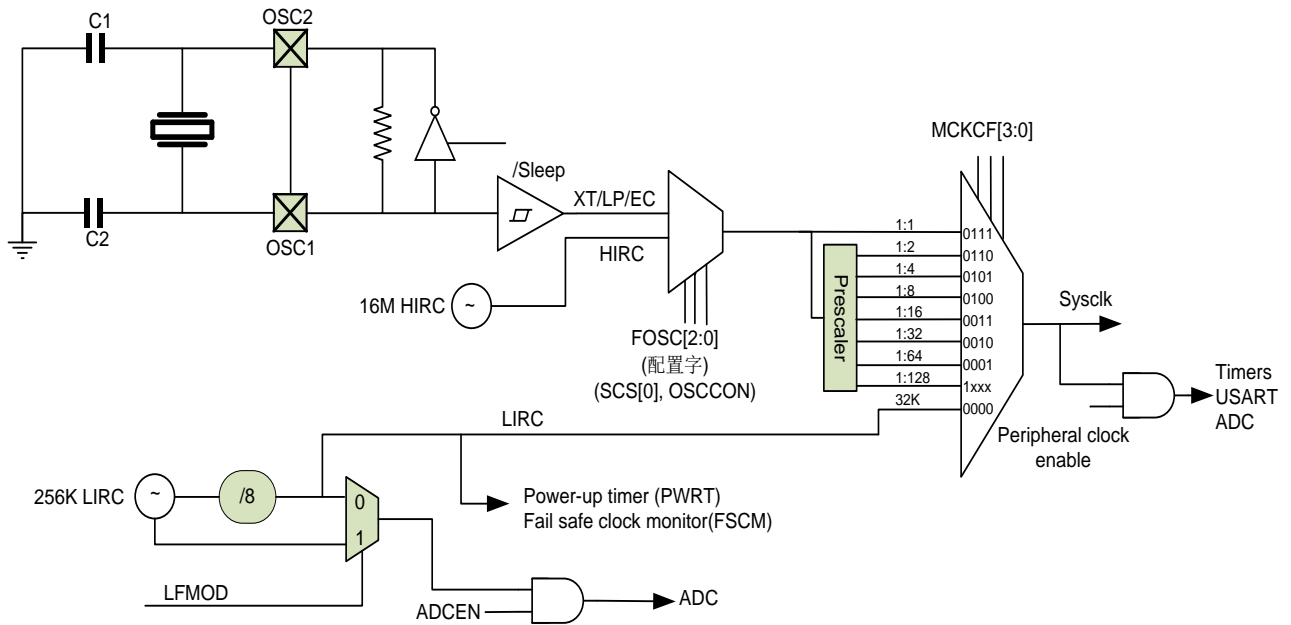


图 4-1 系统时钟 SysClk 的时钟源框图

4.1. 内部时钟模式 (HIRC 和 LIRC)

内部高频时钟 (Internal high frequency clock, HIRC) 出厂时已校准到 16 MHz，校准范围为 $< \pm 1.0\%$ @ 2.5V/25°C，电压变化典型值为 $< \pm 0.5\%$ @ 2.5 - 5.5V/25°C，温度变化典型值为 $< \pm 2.0\%$ @ 2.5V/40 - +85 °C。

HIRC 精度在晶圆测试时已进行校准。封装过程可能会导致 HIRC 频率漂移。烧录器软件可选择对 HIRC 进行重新校准。HIRC 出厂校准值已存储到“OSCTUNE”寄存器中，用户可通过指令修改“OSCTUNE”来微调 HIRC 频率 (默认 16 MHz)，微调 steps 是非线性的 (~40 kHz)。粗略估计如下：

$$OSCTUNE[7:0] \pm N \approx 16000 \pm N * 40 \text{ (kHz)}$$

内部低频时钟 (Internal low frequency clock, LIRC) 出厂时已校准至 32kHz，校准范围为 $< \pm 5.0\%$ @ 2.5V/25°C，电压变化典型值为 $< \pm 5.0\%$ @ 2.5 - 5.5V/25°C，温度变化典型值为 $< \pm 2.5\%$ @ 2.5V/40 - +85 °C。

LIRC 和 HIRC 可相互交叉校准 – 在一个 LIRC 周期 (32 kHz) 内使用 Timer2 来测量指令时钟数(SysClk 选择 16MHz HIRC)，此为内置硬件功能。

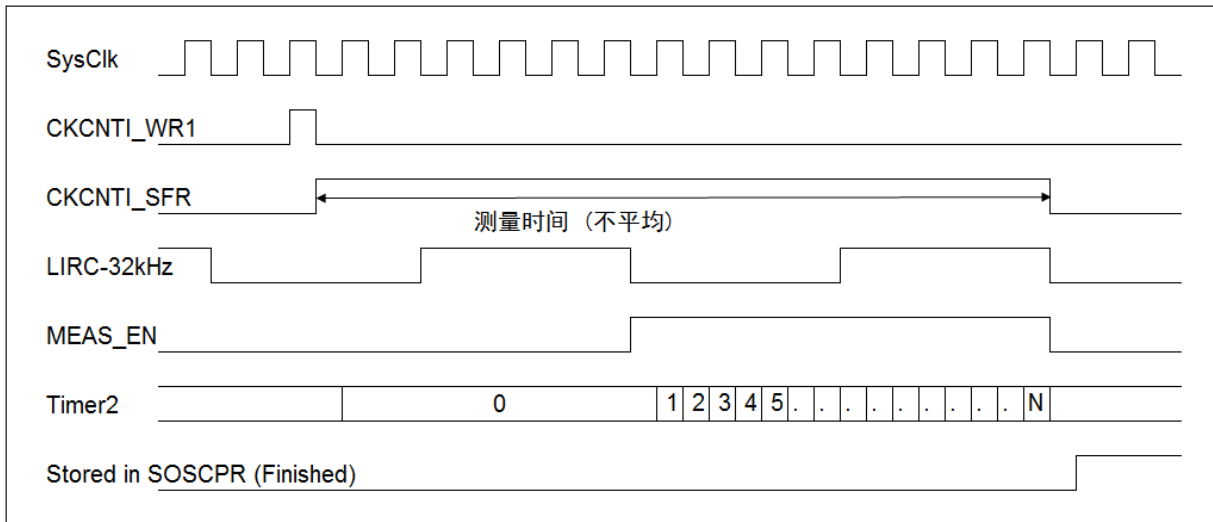


图 4-2 单次测量时序图

LIRC 和 HIRC 交叉校准步骤：

1. 设置 MCKCF = 111, SCS = 1 ; SysClk 选择 16MHz HIRC (其他频率设置的精准度会降低)
2. 设置 CKMAVG = 1 ; 4 次测量平均，选择 0 表示不做平均
3. 设置 TIM2EN= 1, T2CEN = 1 ; 使能 Timer2
4. 设置 CKCNTI = 1 ; 开始校准，默认 Timer2 预分频比 = 1, 后分频比 = 1, ; T2CKSRC = HIRC
5. 校准完成时，CKCNTI 自动清零("CKCNTI = 0"), CKMIF 自动置位("CKMIF = 1")。
6. 测量值存储在 SOSCPR 寄存器中。
7. LIRC 默认为 32kHz，且 CPU 运行在 16MHz / 2T 下，则理想的匹配值为 500。

注：

- LIRC 和 HIRC 交叉校准时，不要对 SOSCPRH/L 寄存器进行写操作；
- LIRC 和 HIRC 交叉校准时，Timer2 不能被其他外设使用；
- LIRC 和 HIRC 交叉校准功能与 IDE 的单步调试模式不兼容；
- 当 CKCNTI = 1 时，LIRC 自动开启，且进入 SLEEP 模式后保持运行，但仅当 SYSON = 1 时，校准才可在 SLEEP 模式下运行。
- 上电后，LIRC 和 HIRC 交叉校准将会自动启动，此时 CKCNTI = 1, CKMAVG = 0, 无需置位 T2CEN。自动交叉校准完成后，CKMIF 标志位不会置位，CKCNTI 自动清零，此时 TIM2 才可配置或被其他外设使用。

4.2. 外部时钟模式 (EC / LP / XT)

4.2.1. EC 模式

外部数字信号作为时钟源连接到 OSC1 脚(OSC2 用作 I/O)。当 SysClk 选择 EC 模式时，当 POR 复位或从睡眠中唤醒时，EC 模式不需要设置或转换时间延迟。

4.2.2. LP 和 XT 模式

LP 或 XT 模式下，石英晶体谐振器或陶瓷谐振器作为时钟源连接到 OSC1 和 OSC2 脚。

LP 振荡器模式是 3 种模式 (EC, LP, XT) 中增益设定和电流消耗最低的。该模式仅用于驱动 32.768 kHz 音叉式晶振(钟表晶振)。

XT 振荡器模式选择内部反相放大器的最高增益设定。

如果时钟源选择 XT 或 LP 模式，当初始化配置结束或从睡眠中唤醒时，CPU 在振荡器起振定时器 (OST) 计数期间将暂停执行程序，这有利于 XT 或 LP 时钟的稳定。对于 XT 和 LP 模式，OST 对 OSC1 (晶体输入+ve 端) 进行计数，计数个数由初始化配置寄存器 OSTPER 决定。对于 32.768 kHz 音叉式晶振，当 OSTPER=32,768 时，OST 计时至少需要 1 秒。

注：

- WDT 将保持清零状态直至 OST 完成计数。
- OST 计数期间，不要对 WDTCN 或 OPTION 寄存器进行写操作，否则将产生不可预期的行为。

双速时钟启动 (参阅“IESO”，表 4-1) 允许 CPU 在 OST 计数期间选择内部振荡器 INTOSC 模式作为 SysClk 进而执行指令。在需要频繁进出睡眠模式的情况下，双速时钟启动功能可使芯片在唤醒后立即执行指令，从而除去外部振荡器所需的起振时间，以降低整机功耗。即 CPU 从睡眠中唤醒，将 INTOSC 作为 SysClk 执行几条指令后，再返回睡眠状态，而无需等待外部振荡器的稳定。

注：EC 模式下双速启动功能关闭，因其振荡器不需要稳定时间。

双速启动时序：

1. 初始化配置结束或从睡眠中唤醒。
2. 选择 INTOSC 作为 SysClk 执行指令直至 OST 超时。

3. SysClk 从 INTOSC 的下降沿一直保持为低，直至新时钟的下降沿到来 (LP 或 XT 模式)。
4. SysClk 切换到外部时钟源。

振荡器起振超时状态位(OSTS)用于提示 SysClk 运行在外部时钟源下或内部时钟源下。当开启双速时钟启动功能时，通过 OSTS 可间接查询 LP 或 XT 模式下的振荡器起振定时器(OST)是否已经超时。

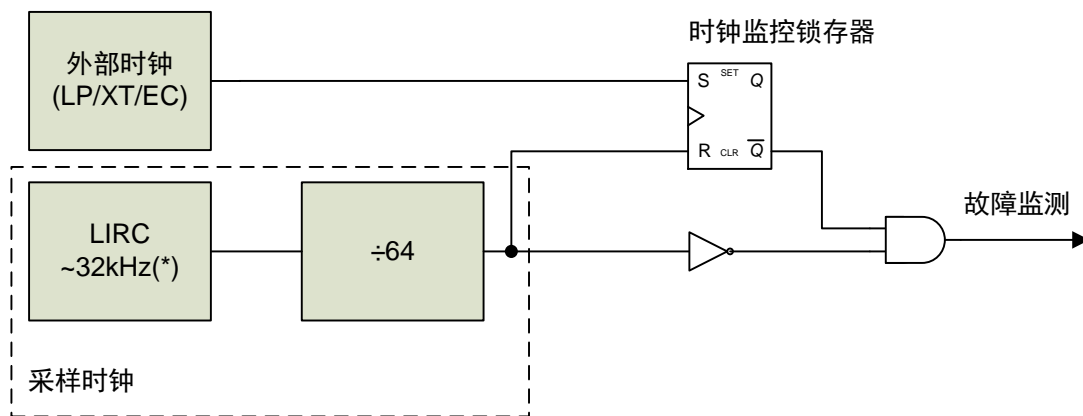
执行 SLEEP 指令将中止 OST 计时，而 OSTS 将保持为“0”。

故障保护时钟监控器 (Fail-Safe Clock Monitor, FSCM, 由“FSCMEN”使能, 参阅表 4-1) 可使芯片在外部振荡器出现故障时仍能继续工作。在振荡器起振定时器 (OST) 超时后, FSCM 随时检测振荡器故障。FSCM 适用于所有外部振荡器模式(EC, LP 和 XT)。当选择外部振荡器时, 建议使能 FSCM 功能。

如果外部振荡器的振荡频率在~1 kHz 及以下时, 则判定其出现故障。由 LIRC 除以 64 产生采样时钟, 故障监控器内部有一个锁存器, 外部时钟在其每个下降沿将锁存器置 1, 采样时钟在其每个上升沿将锁存器清 0。当采样时钟的整个半周期结束而主时钟依然未进入低电平时, 即检测到故障。

当外部时钟出现故障时, FSCM 自动将 SysClk 切换到内部时钟源并置位 OSFIF。如果 OSFIE 使能, OSFIF 置 1 将产生中断。芯片固件随后应采取措施来减轻可能由故障时钟所导致的问题。SysClk 将继续运行在内部时钟源下, 直到芯片固件成功重启外部振荡器。

由“MCKCF”决定“FSCM”所用的内部时钟源, 这使得内部振荡器在外部时钟发生故障前就得以配置。



注：LFMOD不影响采样时钟。

图 4-3 FSCM 结构框图

复位、执行 SLEEP 指令或翻转 SCS 位后, 故障保护条件将被清除。当 SCS 位被修改后, OST 将重新启动计时。OST 运行期间, CPU 选择 INTOSC 模式作为 SysClk 继续执行指令。OST 超时后, 故障保护条件被清除, 芯片将切换回外部时钟源进行操作。必须先清除故障保护条件, 才能清零 OSFIF 标志位。

注: 任何可能由双速时钟启动或故障保护时钟监控器所产生的时钟自动切换, 都不会更新 SCS 位。程序应监控 OSTS 位以确定当前的 SysClk 系统时钟源。

4.3. HIRC, LIRC 和 EC 时钟的内部切换

图 4-4 为时钟内部切换时序图。若 HIRC 或 LIRC 在切换前已经关闭(为了省电), 则将会有额外的振荡器设置延迟时间, 可通过 HTS 和 LTS 标志位查询相应振荡器的状态。

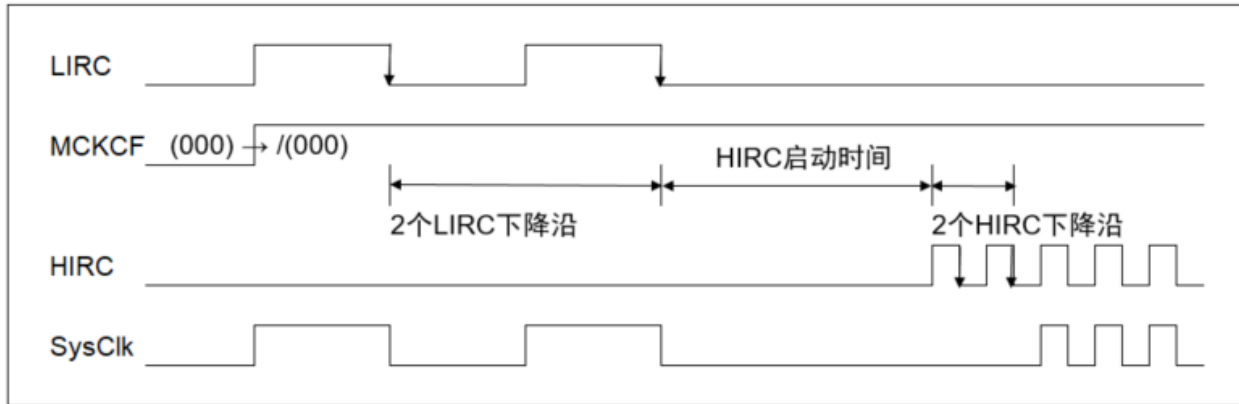


图 4-4 由 LIRC 切换到 HIRC 时序图 (同样的原则页适用于 EC, LIRC, HIRC 之间的切换)

4.4. 振荡器模块相关寄存器汇总

名称	功能	默认
FOSC	<ul style="list-style-type: none"> LP: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部低速晶振 XT: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部高速晶振 EC: PC1 (+) 接外部时钟输入, PB7 为 I/O INTOSCIO: PC1 和 PB7 为 I/O 	INTOSCIO
IESO	XT / LP 双速时钟启动	使能
FSCMEN	故障保护时钟监控器	使能
TSEL	指令时钟与系统时钟的对应关系 (2T or 4T) <ul style="list-style-type: none"> 2 (指令时钟 = SysClk/2) 4 (指令时钟 = SysClk/4) 	2
OSTPER	OST 定时器周期选择 (XT / LP 适用) <ul style="list-style-type: none"> 512 1024 2048 4096 (LP 模式时为 32768) 	1024

表 4-1 FOSC 和双速启动初始化配置寄存器

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
CKOCON	95	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]			CCOEN	0010 0000
CKAUX	F8D	—	—	—	—	—	—	CLKOS	—	---- --1-
SOSCPRL	41E	SOSCPRL[7:0]								1111 1111
SOSCPRH	41F	—	—	—	—	SOSCPRH[11:8]				---- 1111
OSCTUNE	98	TUN[7:0]								xxxx xxxx
OSCCON	99	MCKCF[3:0]			OSTS	HTS	LTS	SCS	0100 0000	
TCKSRC	31F	LFMOD	T2CKSRC[2:0]		—	T1CKSRC[2:0]			0000 -000	
MSCKCON	41D	—	—	—	—	—	—	CKMAVG	CKCNTI	---- --00
PCKEN	9A	—	—	UARTEN	—	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000

表 4-2 振荡器相关用户寄存器地址和复位值

4.4.1. CKOCON (0x95)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]			CCOEN
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	SYSON	睡眠模式下，系统时钟控制： 1 = 使能 0 = 关闭
6	CCORDY	时钟输出标志位： 1 = Yes 0 = No
5:4	DTYSEL	TIM1/TIM2 倍频时钟占空比调节位： 00 = 2ns 延迟 01 = 3ns 延迟 10 = 4ns 延迟 11 = 7ns 延迟
3:1	CCOSEL	输出时钟选择位： 000 = Sysclk 100 = T1CK 001 = HIRC 101 = T2CK 010 = LIRC 110 = LP (*) 011 = XT (*) 111 = EC (*) (*) FOSC 应相应配置成 LP/XT/EC 模式，否则时钟输出可能不正确或无输出；
0	CCOEN	时钟输出： 1 = 使能 0 = 关闭

4.4.2. CKAUX (0xF8D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	CLKOS	-
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	1	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	CLKOS ¹	时钟输出引脚： 1 = CLKO 映射到 PB1 0 = CLKO 映射到 PA7
0	N/A	保留位

4.4.3. SOSCPRL (0x41E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SOSCPRL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	SOSCPRL	校准 LIRC 周期所需的 HIRC 周期数，低 8 位

4.4.4. SOSCPRH (0x41F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	SOSCPRH[11:8]			
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3:0	SOSCPRH	校准 LIRC 周期所需的 HIRC 周期数，高 4 位

¹ 在修改 CLKOS 之前需将 EECON1.CFGS 置 1，写之后需清零 EECON1.CFGS。

4.4.5. OSCTUNE (0x98)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	TUN[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	TUN	内部高速时钟 HIRC 频率调节寄存器

4.4.6. OSCCON (0x99)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	MCKCF[3:0]				OSTS	HTS	LTS	SCS
Type	RW	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RW
Reset	0	1	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	MCKCF	SysClk 系统时钟分频 (EC/XT/LP/HIRC): 0111 = 1 0110 = 2 0101 = 4 0100 = 8 0011 = 16 0010 = 32 0001 = 64 1xxx = 128 0000 = LIRC
3	OSTS	振荡器启动超时状态位(锁存): 1 = 运行在外部振荡器下 (启动成功) 0 = 运行在内部振荡器下
2	HTS	高速 HIRC ready (锁存): 1 = Yes 0 = No
1	LTS	低速 LIRC ready (锁存): 1 = Yes 0 = No
0	SCS	系统时钟选择: 1 = 内部振荡器 0 = 由 FOSC 决定

4.4.7. TCKSRC (0x31F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LFMOD	T2CKSRC[2:0]			-	T1CKSRC[2:0]		
Type	RW	RW	RW	RW	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	LFMOD	LIRC 频率: 1 = 256 kHz ² 0 = 32 kHz ³
6:4	T2CKSRC	Timer2 时钟源 (Fmaster): 000 = Sysclk 001 = HIRC 010 = XT or EC ^(*) 011 = 2x HIRC 100 = 2x (XT or EC) ^(*) 101 = LIRC 110 = LP or EC ^(*) 111 = 2x (LP or EC) ^(*) ^(*) FOSC 应相应配置成 LP/XT/EC 模式, 否则振荡器将不会运行;
3	N/A	保留位
2:0	T1CKSRC	Timer1 时钟源 (Fmaster): 000 = Sysclk 001 = HIRC 010 = XT or EC ^(*) 011 = 2 x HIRC 100 = 2 x (XT or EC) ^(*) 101 = LIRC 110 = LP or EC ^(*) 111 = 2 x (LP or EC) ^(*) ^(*) FOSC 需相应配置成 LP/XT/EC 模式, 否则振荡器将不会运行;

² 256 kHz LIRC 只供 ADC (参阅 ADCS 和 LFMOD) 使用。

³ 系统时钟源 (MCKCF=0000)、PWRT、LIRC 和 HIRC 交叉校准、FSCM、WDT (WCKSRC=00)、Timer1 (T1CKSRC = 101)、Timer2 (T2CKSRC = 101) 和时钟输出 (CCOSEL = 010) 统一使用 LIRC 的 8 分频, 即 32 kHz, 而不管 LFMOD 为何值。

4.4.8. MSCKCON (0x41D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	CKMAVG	CKCNTI
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	CKMAVG	LIRC 和 HIRC 交叉校准时 4 次平均测量模式： 1 = 使能 0 = 关闭
0	CKCNTI	启动 LIRC 和 HIRC 的交叉校准功能： 1 = 启动 0 = 完成 (自动清零)

4.4.9. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
0	ADCEN	ADC 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭

5. SLEEP 睡眠模式 (POWER-DOWN)

睡眠模式下，指令时钟关闭，指令执行停止，大多数模块掉电以降低功耗。如 [表 5-1](#) 所示，FT61FC4x 可根据实际需求在睡眠时有选择地开启各个模块，而无须指令介入，以使其相应功能如 LVR、LVD、WDT、Timers、PWM、ADC 和 USART 能在 SLEEP 模式下保持运行。有些模块也可配置成进入 SLEEP 后自动关闭，而无须由指令关闭。

模块	SLEEP 模式下的各模块配置条件	
	运行	自动关闭?
指令时钟	(始终关闭)	Yes
LVR (配置 LVREN)	使能或通过指令控制 (SLVREN = 1)	非 SLEEP 模式下使能
LVD	LVDEN = 1	No
WDT	WDTE or SWDTEN	No
TIMER1	SYSON = 1 & TIM1EN = 1 & T1CEN = 1	SYSON = 0
TIMER2	SYSON = 1 & TIM2EN = 1 & T2CEN = 1	SYSON = 0
TIMER4	SYSON = 1 & TIM4EN = 1 & T4CEN = 1	SYSON = 0
时钟输出	SYSON = 1 & CCOEN = 1	SYSON = 0
ADC	SYSON = 1 & ADCEN = 1 & ADON = 1	Yes: SYSON = 0 & ADCS ≠ x11 No: ADCS = x11
USART	SYSON = 1 & UARTEN = 1 & TXEN / RXEN = 1	SYSON = 0
PWM	(跟随 Timer1 或 Timer2)	
HIRC / LIRC / EC / LP / XT	(跟随使用它们的外设状态)	
I/O	(除非 SLEEP 时使能 PWM、时钟输出或其他外设，否则 I/O 将保持其进入 SLEEP 前的状态)	

表 5-1 除指令时钟外，其他模块可根据需求在 SLEEP 模式下保持运行

5.1. 进入 SLEEP

CPU 通过执行 SLEEP 指令进入睡眠模式。进入睡眠时：

1. 如果 WDT 使能，则 WDT 的预分频器和定时器将被清零，并重新开始计时。
2. 超时标志位 (/TO) = 1。
3. 掉电标志位 (/PD) = 0。
4. 时钟源
 - 当 SYSON = 0 时，指令时钟自动关闭；
 - 当 SYSON = 1 时，指令时钟保持运行，使能模块时钟(参阅 PCKEN)的相应外设及其所选时钟源(HIRC, LIRC, EC, LP 或 XT)也将保持运行；
 - 当 SYSON = 1 时，时钟输出所选时钟源(参阅 CCOSEL)将保持运行，时钟输出继续；
5. I/O 端口
 - 当 SYSON = 1 & TIMxEN = 1 & TxCEN = 1 时，即 Timers 在 SLEEP 下保持运行，则 PWM 输出也将保持。当 SYSON = 0 时，Timers 自动关闭，那么 PWM 输出将保持其进入 SLEEP 前的状态。

- 当 SYSON = 1, 且 ADC 或 USART 的模块时钟和模块功能同时使能时, 则模块功能既可保持运行。当 SYSON = 0 时, ADC (ADCS ≠ x11) 或 USART 将自动关闭, 但 ADC 时钟源选择 LIRC (ADCS = x11) 除外。
- 其他数字输出端口, 将保持其进入 SLEEP 之前的状态(高阻态, 低电平或高电平)。

有关各个外设 在 SLEEP 状态下如何工作的详细信息, 请查阅相应章节。

注:

1. 如果在执行 SLEEP 指令之前发生中断(中断标志位置 1 且其中断使能, 但全局中断 GIE 禁止), 则 SLEEP 指令将作为 NOP 执行, 不会进入睡眠模式。
2. 由于同步延时, 将中断标志位清 0 之后, 至少要等两条指令才可以执行 SLEEP 指令, 否则不会进入睡眠模式。

5.2. 从 SLEEP 中唤醒

从睡眠中唤醒有 2 个基本原则:

- 基于时间, 即 CPU 在一定的时间后醒来。建议选择 LIRC 作为计时的时钟源, 因为 LIRC 比 HIRC 的功耗更低。
- 基于事件, 即触发 POR, 系统复位, 仅唤醒而不产生中断, 以及产生中断的事件, 如 LVD, ADC, DROM 写完成, 外部管脚中断。

从睡眠中唤醒, 分为以下几种情况:

1. 完全复位和系统复位:
 - POR 完全复位 (不能关闭)
 - 通过 /MCLR 进行外部系统复位 (如果使能)
 - LVR 复位 (如果使能)
2. 如果使能, 看门狗定时器可触发唤醒 (参阅 [章节 7.1](#) 看门狗定时器)。
3. 使能中断 (关闭“全局中断使能”不影响唤醒功能)。请参阅 [章节 6](#) 中断。

注:

1. 从睡眠中唤醒将清零 WDT。
2. 紧跟 SLEEP 指令后必须写为 NOP 指令

使用非中断方式 (即未执行“中断服务程序”) 从 SLEEP 中唤醒时, 比如 WDT 唤醒或全局中断控制位(GIE)未使能时的中断事件唤醒, 将继续执行下一条指令。

使用中断方式从 SLEEP 中唤醒时, 将先执行下一条指令, 然后再调用中断服务程序。为了避免重复执行, 建议紧跟 SLEEP 的后面写为 NOP 指令。

```
SLEEP
NOP           // 中断方式唤醒
```

6. 中断 (INTERRUPTS)

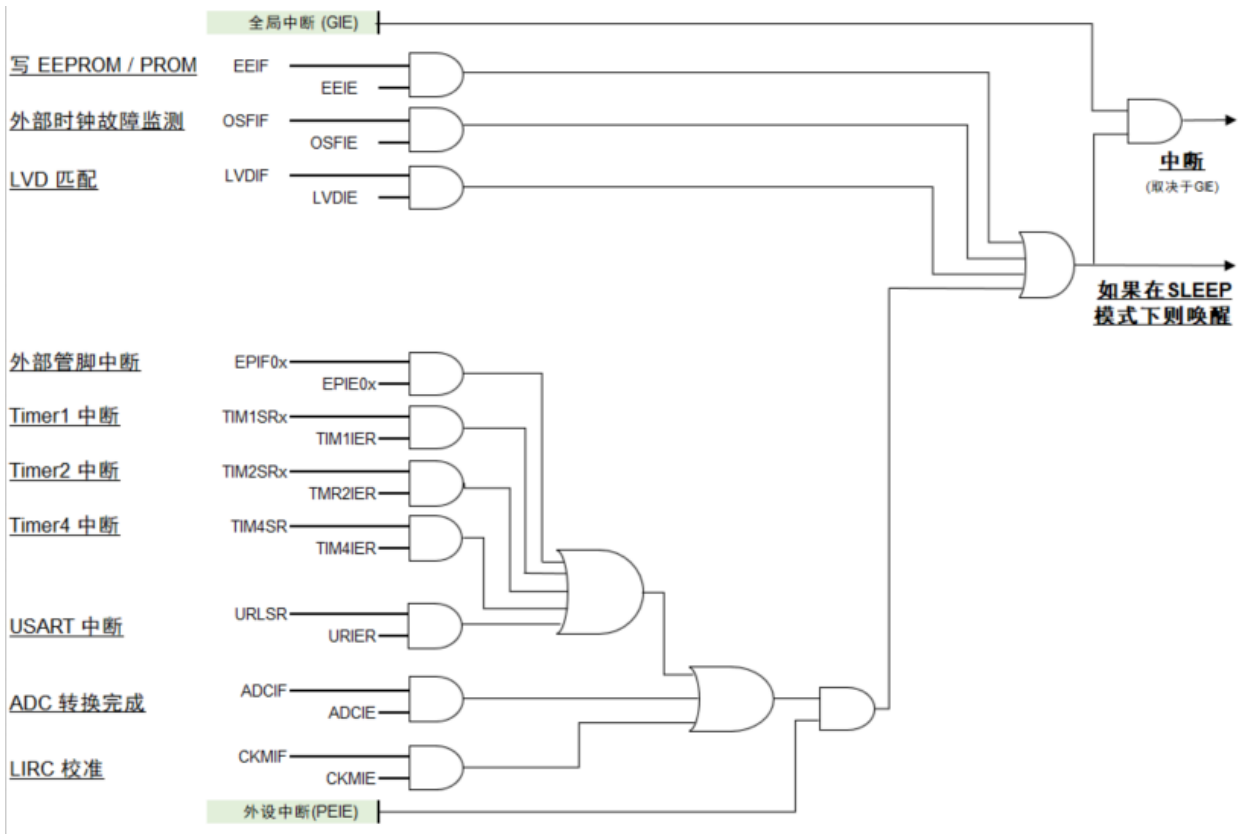


图 6-1 中断结构框图

CPU 支持 10 个中断源，分为 2 组：

1) 非外设中断

- DROM / PROM 写完成
- 故障保护时钟监控器
- LVD 条件匹配

2) 外设中断

- 外部管脚中断
- Timer1 中断
- Timer2 中断
- Timer4 中断
- USART 中断
- LIRC 和 HIRC 交叉校准完成
- ADC 转换完成

与其他 Timers 不同，WDT 溢出不会产生中断。除外部 I/O 中断外，其他中断请参阅相应章节。

产生中断时，PC 跳转并执行“中断服务程序(ISR)”。中断的关闭/使能有多层控制：

- 每个中断源均有其独立的中断使能位：EEIE, LVDIE, OSFIE, CKMIE, ADCIE, TIM1IER, TIM2IER, TIM4IER, URIER。
- 同时最多有 8 个外部管脚中断输入，共用一个端口中断使能位：EPIE0x (External PORTx Interrupt Enable)。
- 外设中断有一个总中断使能位：PEIE (PEripheral Interrupt Enable)。
- 如果关闭以上所有控制位，将不会执行从睡眠中唤醒。
- 所有中断都由全局中断使能位控制：GIE (Global Interrupt Enable)。与其他使能位不同，当关闭全局中断使能位时，依然允许从睡眠中唤醒。
- 关闭中断使能位并不影响中断标志位的置位。

中断处理时序如下：

- 自动设置“GIE = 0”，从而关闭中断。
- 返回地址被压入堆栈，程序指针 PC 加载 0x0004 地址。
- 发生中断后的 3 – 5 个指令周期，跳转到“中断服务程序(ISR)”开始处理中断。
- 执行“从中断返回(RETI)”指令退出 ISR。在 RETI 之前必须清除当前所处理的中断标志位。
- 当 ISR 完成时，PC 返回到中断前的地址，如果在 SLEEP 模式下，则返回到 SLEEP 指令后紧跟的地址。
- 在执行 RETI 时自动设置“GIE = 1”，从而使能中断。

注： 中断过程中，返回的 PC 地址自动保存在堆栈中，其他重要的寄存器值 [W, STATUS (/TO 和/PD 除外), BSREG, FSR, PCLATH] 自动保存在相应的影子寄存器 (可读写，参阅 bank31) 中。退出中断服务程序时，这些寄存器值将自动从影子寄存器中恢复。如果用户需要保存其他寄存器值，必须通过指令将这些值正确地写入临时寄存器中，建议使用 SRAM 的最后 16 个 bytes 作为临时寄存器，因为所有 bank 共用这 16 个 bytes，而不需要切换 bank 以节省代码。

6.1. 外部管脚中断

所有 I/O 均支持外部管脚中断，同时最多有 8 个外部管脚中断输入 (参阅 EINT0~7)，同时 I/O 需设置成输入($TRISA/B/C[x] = 1$ ，且 $ANSELA[x] = 0$)，触发源可选上升沿、下降沿、双边沿和低电平方式 (参阅 $ITYPEx$)。

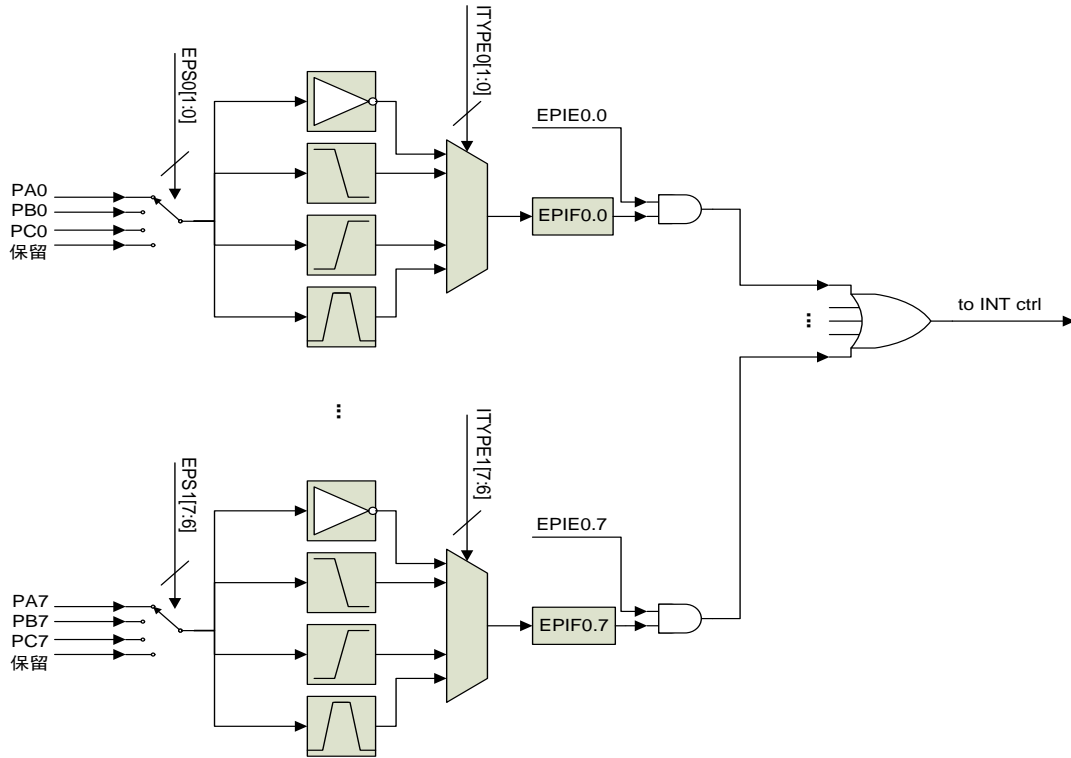


图 6-2 外部管脚中断结构框图

6.2. 中断相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值(RW)
INTCON	0B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
PIE1	91	-	-	-	-	-	-	CKMIE	ADCIE	---- --00
PIR1	11	-	-	-	-	-	-	CKMIF	ADCIF	---- --00
EPIE0	94	外部中断控制寄存器								0000 0000
EPIF0	14	外部中断标志位寄存器								0000 0000
EPS0	118	外部中断 EINT3 ~ 0 管脚选择寄存器								0000 0000
EPS1	119	外部中断 EINT7 ~ 4 管脚选择寄存器								0000 0000
ITYPE0	11E	PORTx[1:0] (x = A, B, C)和 PORTy[3:2] (y = A, B)外部管脚中断类型设置								0000 0000
ITYPE1	11F	PORTy[7:4] (y = A, B) 外部管脚中断类型设置								0000 0000

表 6-1 中断相关寄存器地址和复位值

6.2.1. INTCON (0x0B/8B/10B/18B/20B/30B/40B/50B/F8B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF
Type	RW	RW	RW	RW	RW	R_W1C	R_W1C	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	GIE	全局中断： 1 = 使能 (PEIE, 各中断独立使能位适用) 0 = <u>全局关闭</u> (唤醒不受影响)
6	PEIE	外设总中断： 1 = 使能 (各中断独立使能位适用) 0 = <u>关闭</u> (无唤醒)
5	EEIE	DROM / PROM 写完成中断： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u> (无唤醒)
4	LVDIE	LVD 中断： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u> (无唤醒)
3	OSFIE	外部振荡器故障中断： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u> (无唤醒)
2	EEIF ¹	DROM / PROM 写完成标志位： 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>
1	LVDIF ¹	LVD 中断标志位： 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>
0	OSFIF ¹	外部振荡器故障中断标志位： 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>

¹ 建议只使用 STR、MOVWI 指令进行写操作，而不要用 BSR 或 IOR 指令。

6.2.2. PIE1 (0x91)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	CKMIE	ADCIE
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	CKMIE	LIRC 和 HIRC 交叉校准完成中断： 1 = 使能 0 = 关闭 (无唤醒)
0	ADCIE	ADC 转换完成中断： 1 = 使能 0 = 关闭 (无唤醒)

6.2.3. PIR1 (0x11)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	CKMIF	ADCIF
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	R_W1C	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	CKMIF ¹	LIRC 和 HIRC 交叉校准完成标志位： 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>
0	ADCIF ¹	ADC 转换完成标志位： 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>

6.2.4. EPIE0 (0x94)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EPIE0x[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	EPIE0x	外部管脚 EINTx 中断: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>

6.2.5. EPIF0 (0x14)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EPIF0x[7:0]							
Type	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	EPIF0x ¹	外部管脚中断 EINTx 标志位: 1 = Yes (锁存) 0 = <u>No</u>

6.2.6. EPS0 (0x118)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EINT3[1:0]		EINT2[1:0]		EINT1[1:0]		EINT0[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	EINT3	外部中断 EINT3 管脚选择: 00 = PA3 01 = PB3 1x = 保留
5:4	EINT2	外部中断 EINT2 管脚选择: 00 = PA2 01 = PB2 1x = 保留
3:2	EINT1	外部中断 EINT1 管脚选择: 00 = PA1 01 = PB1 10 = PC1 11 = 保留
1:0	EINT0	外部中断 EINT0 管脚选择: 00 = PA0 01 = PB0 10 = PC0 11 = 保留

6.2.7. EPS1 (0x119)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EINT7[1:0]		EINT6[1:0]		EINT5[1:0]		EINT4[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	EINT7	外部中断 EINT7 管脚选择： 00 = <u>PA7</u> 01 = <u>PB7</u> 1x = 保留
5:4	EINT6	外部中断 EINT6 管脚选择： 00 = <u>PA6</u> 01 = <u>PB6</u> 1x = 保留
3:2	EINT5	外部中断 EINT5 管脚选择： 00 = <u>PA5</u> 01 = <u>PB5</u> 1x = 保留
1:0	EINT4	外部中断 EINT4 管脚选择： 00 = <u>PA4</u> 01 = <u>PB4</u> 1x = 保留

6.2.8. ITYPE0 (0x11E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ITYPE0[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	ITYPE0[7:6]	外部中断 EINT3 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
5:4	ITYPE0[5:4]	外部中断 EINT2 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
3:2	ITYPE0[3:2]	外部中断 EINT1 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
1:0	ITYPE0[1:0]	外部中断 EINT0 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿

6.2.9. ITYPE1 (0x11F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ITYPE1[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	ITYPE1[7:6]	外部中断 EINT7 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
5:4	ITYPE1[5:4]	外部中断 EINT6 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
3:2	ITYPE1[3:2]	外部中断 EINT5 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿
1:0	ITYPE1[1:0]	外部中断 EINT4 触发类型： 00 = <u>低电平</u> 01 = 上升沿 10 = 下降沿 11 = 双边沿

7. 定时器 (TIMERS)

共有 4 个定时器，包括看门狗定时器(WDT)在内。

	WDT	Timer1	Timer2	Timer4
预分频器 (位)	7	16	15	7
计数器 (位)	16	16	16	8
时钟源	<ul style="list-style-type: none"> • LP • XT • HIRC • <u>LIRC</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • EC, LP or XT • HIRC • <u>Sysclk</u> • LIRC • 2x HIRC • 2x (EC, LP or XT) 	<ul style="list-style-type: none"> • EC, LP or XT • HIRC • <u>Sysclk</u> • LIRC • 2x HIRC • 2x (EC, LP or XT) 	<ul style="list-style-type: none"> • LP • XT • HIRC • <u>Sysclk</u>

表 7-1 定时器资源

注： 如果定时器的时钟源不是系统时钟，在更改 TMRx 之前需先设置“TxCEN = 0”。

当定时器使能时，其所选的时钟源会自动开启。系统时钟在 SLEEP 模式下被默认关闭，因此不能用于 WDT。当定时器选择 LP / XT / EC 振荡器作为时钟源时，FOSC 必须相应配置成 LP / XT / EC 模式，否则振荡器将处于关闭状态，不会产生计数。

当 POR 或系统复位时，所有定时器的计数器和预分频器都将复位。以下事件也将复位相应定时器的计数器和预分频器：

	WDT	Timer1	Timer2	Timer4
预分频器	<ul style="list-style-type: none"> • WDT 关闭 	<ul style="list-style-type: none"> • 复位模式 	<ul style="list-style-type: none"> • T2CEN = 0 	<ul style="list-style-type: none"> • T4CEN = 0
计数器	<ul style="list-style-type: none"> • WDT, OST 溢出 • 进入/退出 SLEEP • CLRWDT • 写 WDTCON • 写 WCKSEL 	<ul style="list-style-type: none"> • T1CNT = T1ARR 	<ul style="list-style-type: none"> • T1CNT=T2ARR 	<ul style="list-style-type: none"> • T4CNT = T4ARR

表 7-2 定时器的计数器和分频器的重置事件

7.1. 看门狗定时器 (Watch Dog Timer, WDT)

WDT 用于“从 SLEEP 中唤醒”或“CPU 挂起时产生系统复位”。当 WDT 计数到预设数量的时钟周期数时则产生溢出。

- SLEEP 模式下，WDT 溢出将触发唤醒。CPU 将从其进入 SLEEP 前的位置恢复操作。唤醒不是中断，也不是系统复位事件。
- 正常模式(非 SLEEP 模式)下，WDT 溢出将触发系统复位，并启动初始化配置过程(参阅 [章节 3.2 系统复位](#))。

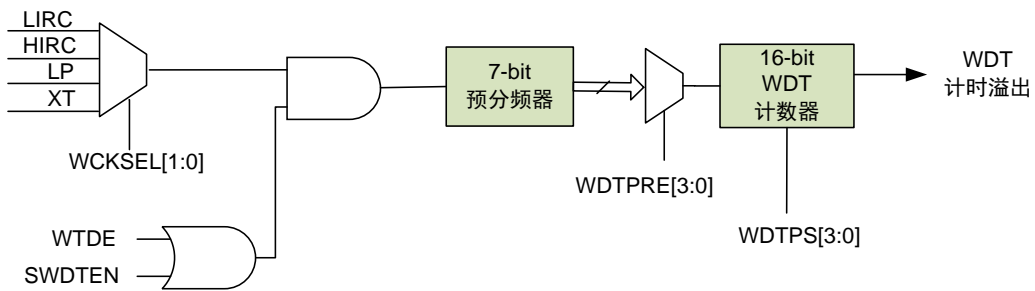


图 7-1 WDT 结构框图

计时超过看门狗定时时间：WDT-周期 x WDT-预分频比 / WDT 时钟频率，WDT 将溢出。

对于选定的时钟源，由于 WDT 预分频器的二进制特性，看门狗定时时间步长呈连续的倍数关系。选用 LIRC 作为时钟源时，WDT 溢出前可设置的最长定时时间为：

$$2^{16} \times 2^7 / 32\text{kHz} = \sim 262 \text{ seconds.}$$

7.1.1. WDT 的设置和使用

由 WDTE (初始化配置寄存器) 以及 SWDTEN (用户寄存器) 使能 WDT, WDT 触发复位后将产生初始化配置过程。

WDT 预分频器由 WDTPRE 设置，时钟源由 WCKSEL 选择 (如果选 LIRC 则默认为 32kHz，而不管 LFMOD 为何值)。当 WDT 使能时，其所选时钟源自动开启，且在 SLEEP 模式下保持运行。

如需阻止 WDT 溢出，必须在设定的定时时间之前清除 WDT，具体可参阅 [表 7-2](#) 中的清除 WDT 事件。WDT 被清除后将重新开始计时。

7.1.2. WDT 相关寄存器汇总

名称	功能	默认
WDTE	<p><u>WDT</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 使能 (指令不能禁止) 通过指令控制 (SWDTEN) 	SWDTEN 控制

表 7-3 WDT 选项初始化配置寄存器

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
MISC0	19D	-	-	-	-	-	-	WCKSEL[1:0]		---- --00
WDTCON	97	WDTPRE[2:0]			WDTPS[3:0]			SWDTEN		1110 1000

表 7-4 WDT 相关用户寄存器地址和复位值

7.1.2.1. MISC0 (0x19D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	WCKSEL[1:0]	
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1:0	WCKSEL[1:0]	<p>WDT 时钟源:</p> <p>00 = <u>LIRC</u></p> <p>01 = HIRC</p> <p>10 = LP (仅当 FOSC 为 LP 或 INTOSCIO 模式*)</p> <p>11 = XT (仅当 FOSC 为 XT 或 INTOSCIO 模式*)</p> <p>*否则配置错误, 无 WDT 时钟源</p>

7.1.2.2. WDTCON (0x97)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	WDTPRE[2:0]			WDTPS[3:0]				SWDTEN
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	0	1	0	0	0

Bit	Name	Function
7:5	WDTPRE	WDT 预分频比： 000 = 1 001 = 2 010 = 4 011 = 8 100 = 16 101 = 32 110 = 64 111 = <u>128</u> (默认)
4:1	WDTPS	WDT 周期： 0000 = 32 0001 = 64 0010 = 128 0011 = 256 0100 = <u>512</u> (默认) 0101 = 1024 0110 = 2048 0111 = 4096 1000 = 8192 1001 = 16384 1010 = 32768 1011 = 65536 11xx = 65536
0	SWDTEN	当 WDTE 选择由 SWDTEN 控制时： 1 = WDT 使能 0 = <u>WDT 关闭</u>

7.2. 高级定时器 1 (TIMER1)

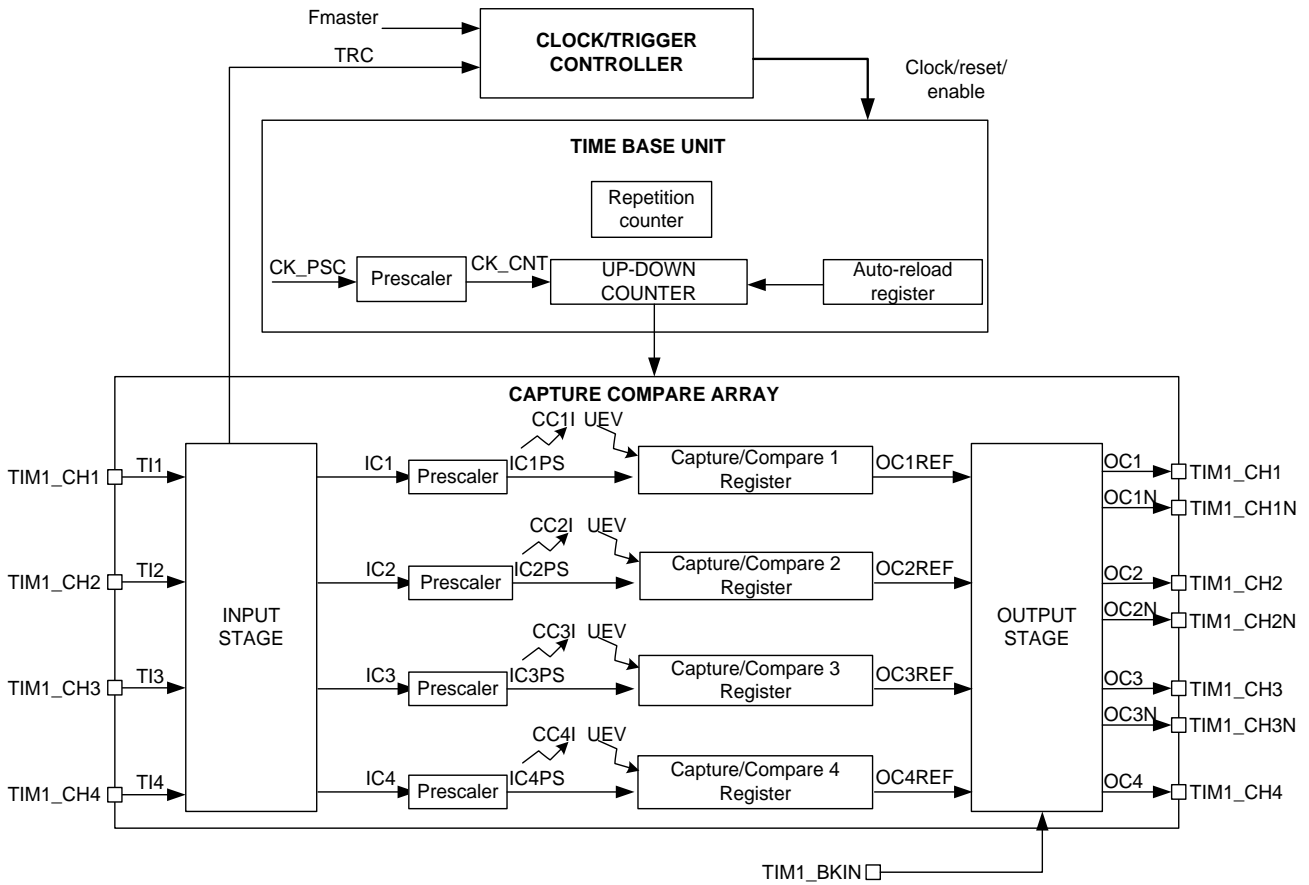


图 7-2 TIM1 结构框图

TIM1 特性:

- 16 位向上、向下、上/下计数器，支持自动重载
- 重复计数器
- 16 位可编程预分频器
- 计数控制模式：
 - ✓ 内部时钟模式、编码器模式 1/2/3、复位模式、门控模式、触发模式、外部时钟模式 1/2
- 4 路极性可选的通道支持：
 - ✓ 输入捕获
 - ✓ 输出比较
 - ✓ 周期相同、独立占空比的 PWM 通道(边沿或中心对齐)，3 路支持互补输出及可编程死区时间
 - ✓ 单脉冲输出
 - ✓ 6 步 PWM、同步模式、群组模式
 - ✓ 故障刹车功能(可选自动重启功能)
- TIM1 / TIM2 同步触发模式
- 中断事件：更新事件、输入触发、换相事件、输入捕获、输出比较、故障刹车输入
- 支持 3 级寄存器写保护锁定设置(T1LOCK)

7.2.1. 计数基本单元

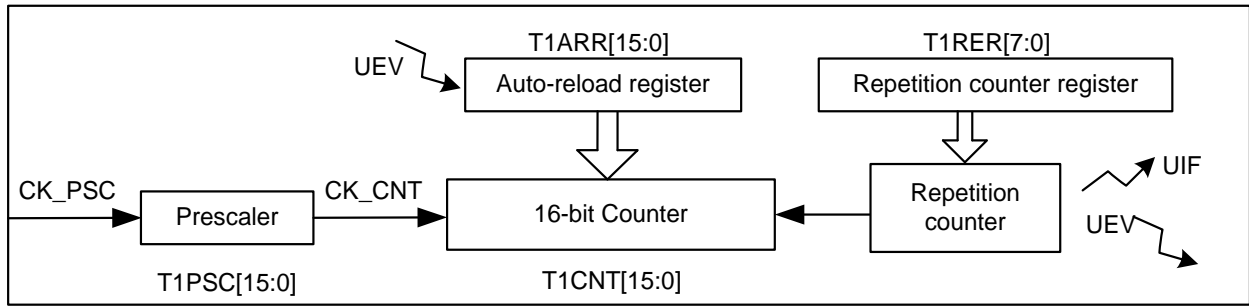


图 7-3 计数基本单元

TIM1 基本单元:

- 16 位向上、向下或上/下计数器
- 16 位预分频器
- 重复计数器
- 16 位自动重载寄存器

预分频器、重复计数器、输出比较值和自动重载寄存器分别由预装载寄存器和影子寄存器组成。

	预分频器	重复计数器	输出比较值	自动重载寄存器
预装载使能位	当 T1CEN = 1 时默认使能		T1OCxPE	T1ARPE
预装载寄存器	T1PSC[15:0]	T1REP[7:0]	T1CCRx[15:0]	T1ARR[15:0]

表 7-5 更新事件相关的预装载寄存器

预分频时钟(CK_PSC)源可选如下 (参阅[章节 7.2.2](#) 时钟/触发控制器):

- 内部时钟源(Fmaster)
- 外部时钟源(ETR)
- 滤波后的外部通道触发输入(TI1FP1, TI2FP2)

注: 由于时钟同步的需求, 外部异步时钟源(ETR)的时钟周期必须大于内部时钟源(Fmaster)时钟的 2 倍。

16 位预分频器可对预分频时钟(CK_PSC)进行 1 ~ 65536 分频, 从而产生计数时钟(CK_CNT)。

分频公式: $f_{CK_CNT} = f_{CK_PSC} / (PSCR[15:0] + 1)$; (PSCR 为预分频器影子寄存器值)

当 T1UDIS = 0 时, 允许产生更新事件, 更新事件源 (参阅“T1URS”) 如下:

- 计数器上溢或下溢 (当 T1REP = 0 时, 请查阅[章节 7.2.1.2](#) 重复计数器)
- 软件设置 T1UG 位
- 复位模式下, 产生触发事件

当产生更新事件时, 更新事件标志位 T1UIF 置位, 是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能

控制位(GIE, PEIE 和 T1UIE)。

此外，根据不同配置，更新事件可触发以下情况：

1. 与预分频器、重复计数器、输出比较值和自动重载寄存器相关：
 - 1.1 当计数器使能(T1CEN = 1)，且其相应的预装载使能时(T1OCxPE / T1ARPE =1, 如表 7-5)，其影子寄存器将在产生更新事件时更新为预装载值，如图 7-4。
 - 1.2 当计数器关闭(T1CEN = 0)，或其相应的预装载关闭时(T1OCxPE / T1ARPE =0)，其影子寄存器将直接更新为预装载值。
2. 单次脉冲模式下，产生更新事件时，将自动关闭计数器(T1CEN = 0)，计数器停止计数。
3. 当故障刹车使能，且自动输出使能(T1AOE = 1)时，故障事件撤销后，PWM 将在产生更新事件后恢复正常输出。

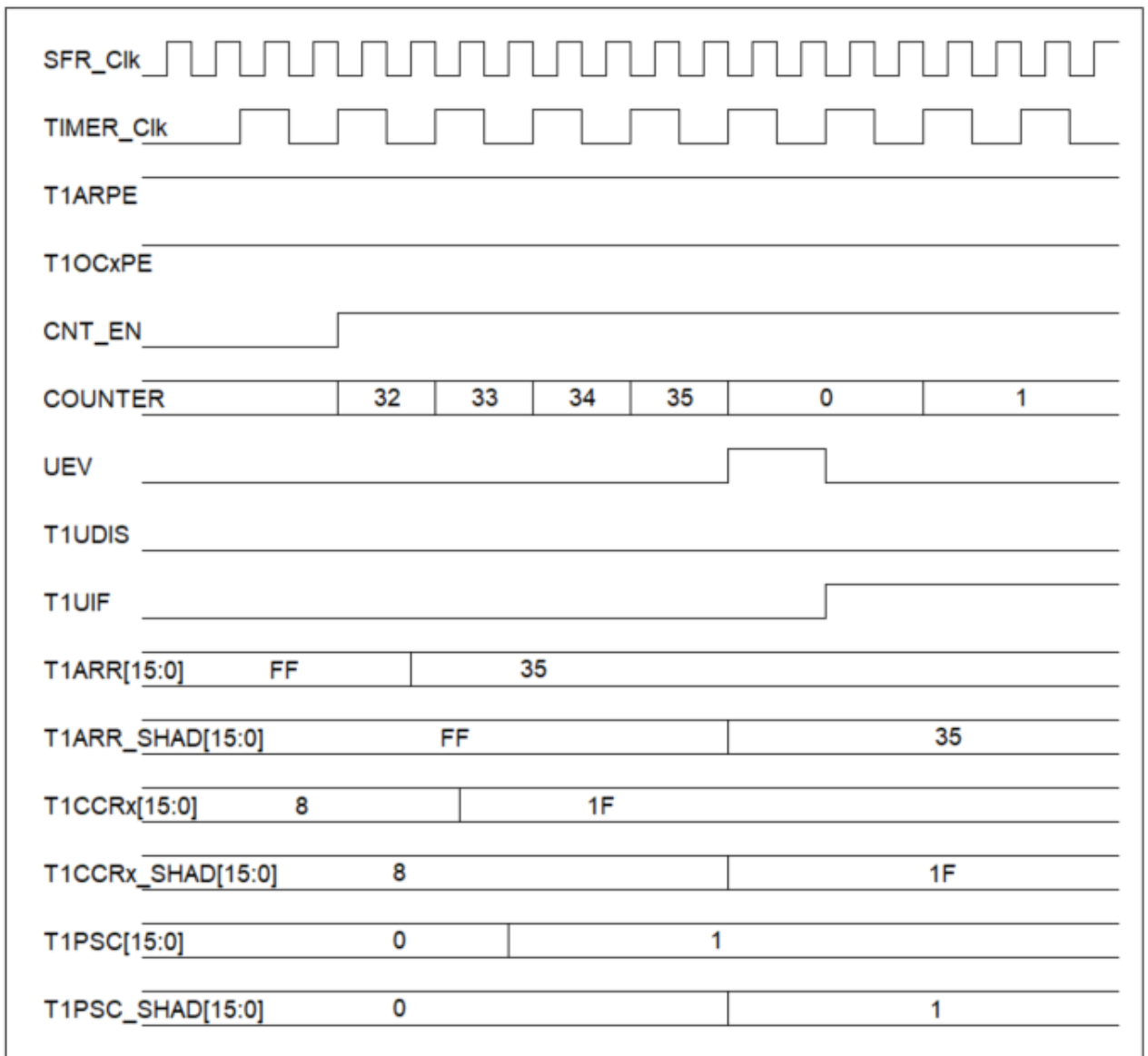


图 7-4 更新事件下，预装载寄存器的更新时序图

7.2.1.1. 计数模式

- 向上计数模式($T1CMS = 00$ 且 $T1DIR = 0$): 计数器从 0 开始向上计数, 当 $T1CNT = T1ARR$ 时, 产生上溢事件, 然后重新从 0 开始计数。

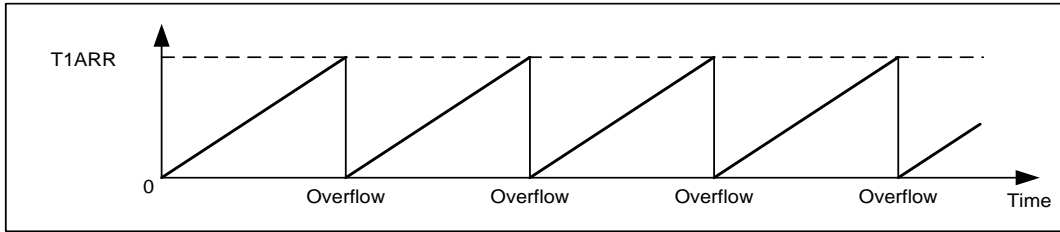


图 7-5 向上计数模式

- 向下计数模式($T1CMS = 00$ 且 $T1DIR = 1$): 计数器从 $T1ARR$ 值开始向下计数, 当 $T1CNT = 0$ 时, 产生下溢事件, 然后重新从 $T1ARR$ 值开始计数。

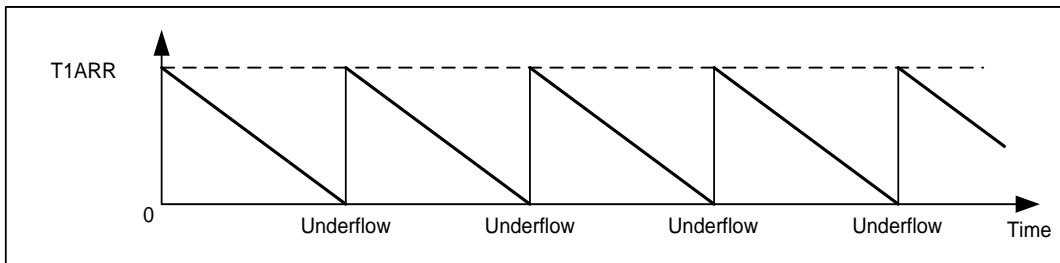


图 7-6 向下计数模式

- 中央对齐模式(向上/向下计数, $T1CMS \neq 00$): 计数初始方向取决于 $T1DIR$ 寄存器值(如图 7-7 和图 7-8 所示), 计数初始值为 $T1CNT$ 。如果 $T1DIR$ 初始化为 0, 计数器从 $T1CNT$ 开始向上计数, 当 $T1CNT = T1ARR$ 时, 产生上溢事件; 然后计数器从 $T1ARR$ 值开始向下计数, 当 $T1CNT = 0$ 时, 产生下溢事件; 而后从 0 开始向上计数, 计数器不断重复上述过程。

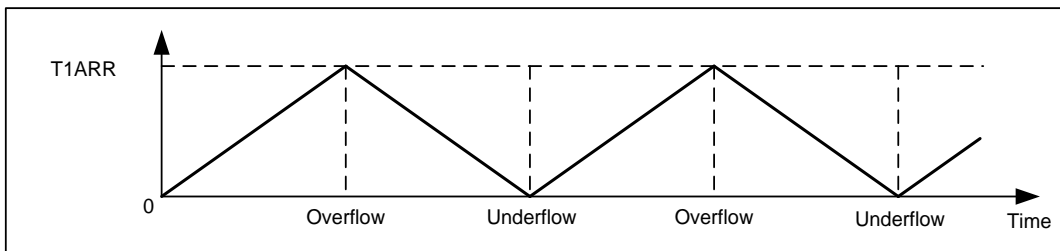


图 7-7 中央对齐模式 ($T1DIR$ 初始化为 0)

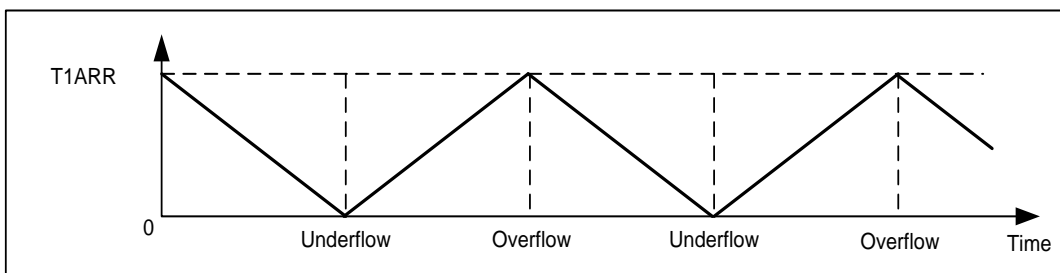


图 7-8 中央对齐模式 ($T1DIR$ 初始化为 1)

配置步骤示例：

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1)，并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC)；
2. 如需要，可使能计数周期预加载功能(T1ARPE = 1)；
3. 配置计数周期值(T1ARR)；
4. 配置计数方向为向上或向下计数(T1DIR)；
5. 配置计数模式为边沿对齐模式或中央对齐模式(T1CMS)；
6. 配置预分频(T1PSC)；
7. 使能计数器(T1CEN = 1)；

注：

1. 建议在计数器停止(T1CEN = 0)时，再对计数器值 T1CNT[15:0] 进行读写操作，避免出错。
2. 软件不可同时改写 T1CMS 和 T1DIR 位；当 T1CMS = 00 时，T1DIR 为可读写寄存器；当 T1CMS ≠ 00 时，T1DIR 为只读寄存器，启动计数后由硬件自动设置计数方向。
3. 中央对齐模式下，需设置初始计数值 $T1CNT \leq T1ARR$ 。
4. 需先配置周期、输出比较值、计数模式等寄存器，并在使能计数器(T1CEN = 1)之前配置预分频寄存器。

7.2.1.2. 重复计数器

当 8 位重复计数器的影子寄存器(RCR)不为 0 时，其将在以下事件发生时自动减 1：

- 向上计数模式下，每个计数上溢事件
- 向下计数模式下，每个计数下溢事件
- 中央对齐模式下，每个计数上溢或下溢事件

当重复计数器减到 0 时，计数器上溢或下溢事件才会产生更新事件(UEV)，即使用重复计数器能够设定更新事件的频率，另外在更新事件中断处理程序中可更改计数周期 T1ARR、占空比 T1CCR_x 等配置，这在产生特定数量 PWM 信号时非常有用(具体请参阅 [章节 7.2.3.2 PWM 模式](#))。

当发生更新事件时，其影子寄存器(RCR)将自动更新为预装载 T1REP 值。

注：当配置 T1REP 且其值不为 0 时，建议在第一次更新事件之后再打开更新事件中断，在下次更新事件(UEV)发生时，其影子寄存器(RCR)才会重载为 T1REP 值。

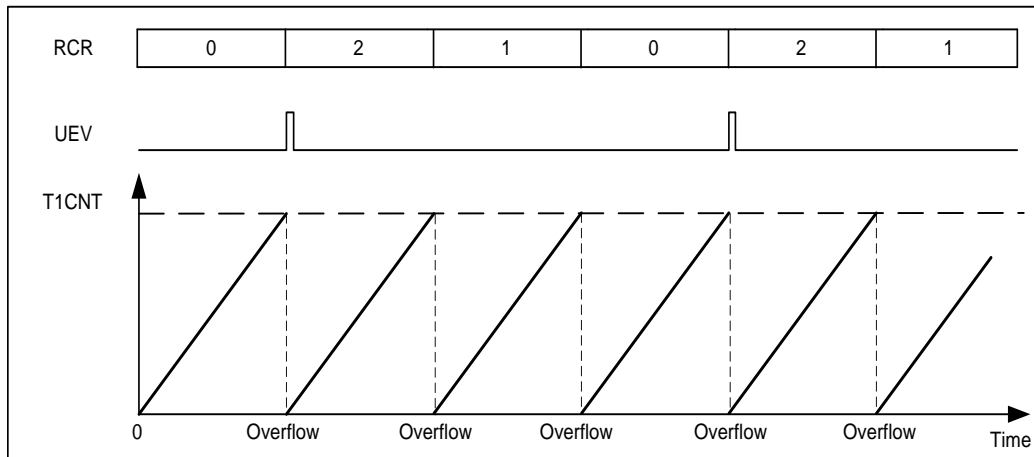


图 7-9 重复计数器计数时序图 (当 T1REP = 2 时)

7.2.2. 时钟/触发控制器

时钟/触发控制器包括计数器的时钟源、触发源和模式控制。

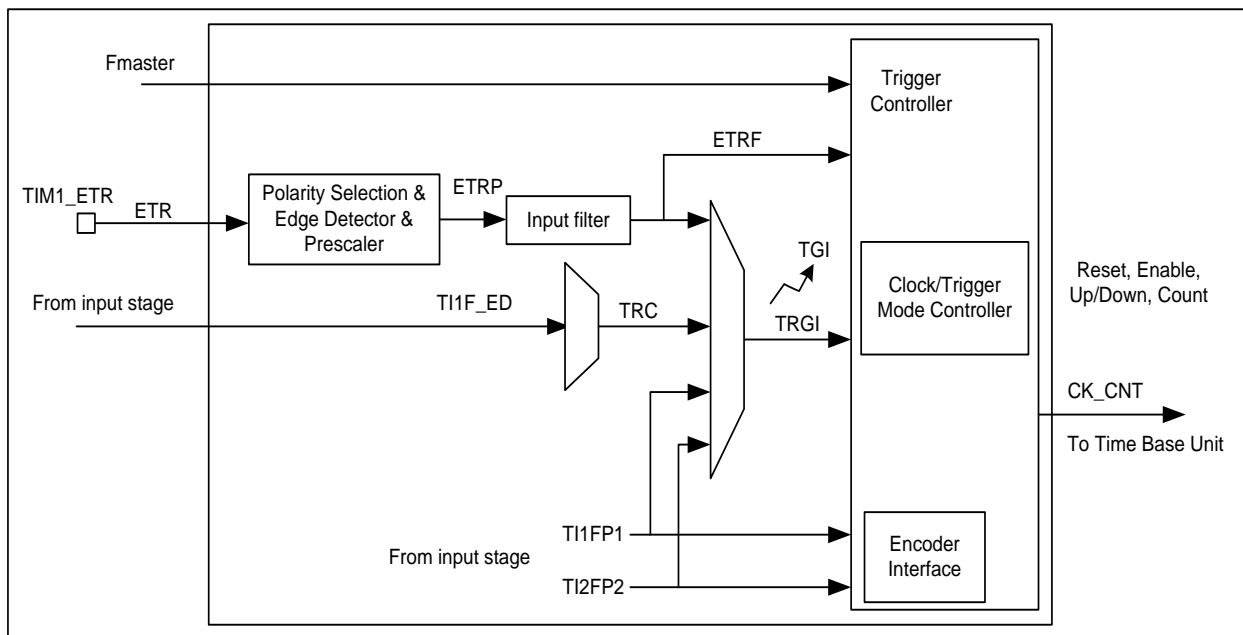


图 7-10 时钟/触发控制器框图

7.2.2.1. 计数器时钟源 (Fmaster)

当 T1SMS = 000 时，计数由内部时钟驱动，其可选的 6 种时钟源(参阅 T1CKSRC)如下：

- Sysclk
- 1x or 2x HIRC
- LIRC
- 1x or 2x 外部时钟 (只有当 FOSC 相应地配置成 LP, XT 或 EC 模式时才有效)

7.2.2.2. 计数器触发源

当 T1SMS ≠ 000 (Slave 模式) 时, 计数由触发源(TRGI)驱动, 其可选的 4 个触发事件源(参阅 T1TS) 如下:

- 通道 1 输入 TI1 的边沿检测器 (TI1F_ED)
- 滤波后的通道 1 输入 (TI1FP1)
- 滤波后的通道 2 输入 (TI2FP2)
- 外部触发输入 (ETRF)

注:

1. 触发输入有效沿/有效电平的极性参阅 T1CC1P/T1CC2P 或 T1ETP;
2. 当发生触发事件时, 触发中断标志位 T1TIF 置位, 是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE 和 T1TIE)。

7.2.2.3. 计数控制模式

TIM1 计数控制模式(参阅 T1SMS 和 T1ECE)除内部时钟模式外, 还可选择编码器模式 1/2/3、复位模式、门控模式、触发模式和外部时钟模式 1/2。

- **内部时钟模式** (T1SMS = 000):
计数由内部时钟(Fmaster)驱动;
- **编码器模式:**
 - ✓ 编码器模式 1 (T1SMS = 001): 根据 TI1FP1 电平, 计数器在 TI2FP2 的有效沿向上/下计数;
 - ✓ 编码器模式 2 (T1SMS = 010): 根据 TI2FP2 电平, 计数器在 TI1FP1 的有效沿向上/下计数;
 - ✓ 编码器模式 3 (T1SMS = 011): 根据 TI1FP1/TI2FP2 的电平, 计数器在 TI2FP2/TI1FP1 的有效沿向上/下计数;

编码器模式	有效计数沿	TI2FP2 电平值	TI1FP1 有效沿		TI1FP1 电平值	TI2FP2 有效沿	
			上升	下降		上升	下降
1	TI2FP2	—	—	—	高	向上	向下
		—	—	—	低	向下	向上
2	TI1FP1	高	向下	向上	—	—	—
		低	向上	向下	—	—	—
3	TI1FP1 或 TI2FP2	高	向下	向上	高	向上	向下
		低	向上	向下	低	向下	向上

表 7-6 编码器模式 (计数方向 vs. 译码信号, T1CCxP = 0)

编码器模式主要应用于电机应用。计数方向随着 TI1FP1 和 TI2FP2 信号的组合不断变化。

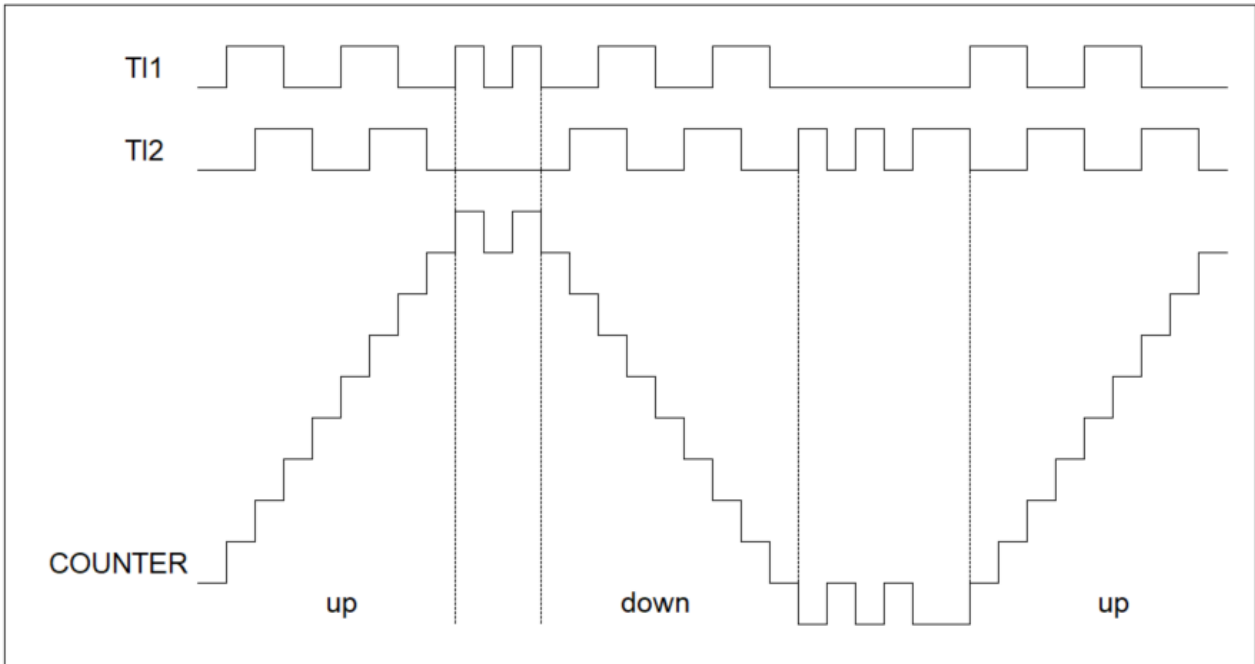


图 7-11 编码器模式 3，计数器时序图

编码器模式下的注意事项如下：

1. Timer1 的输入捕获和输出比较功能均能正常工作；
 2. 预分频(T1PSC)功能无效；
 3. 与外部时钟模式 2 不能同时使用；
- **复位模式** (T1SMS = 100):

计数器开始由内部时钟驱动正常计数，直到触发输入(TRGI)出现一个有效沿，此时计数器清零并从 0 开始重新计数。同时触发标志位 T1TIF 置位。另外当 T1UDIS = 0 且 T1URS= 0 时，则会产生一个更新事件。

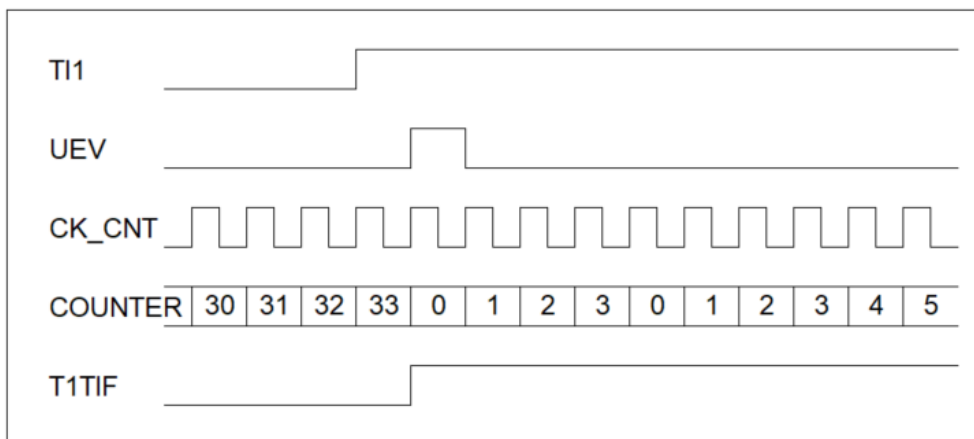


图 7-12 复位模式，计数器时序图 (选择通道 T11 且触发输入有效沿为上升沿)

- **门控模式 (T1SMS = 101):**

计数器在触发输入(TRGI)有效电平期间由内部时钟驱动计数，无效电平则停止计数，但不复位。触发标志位 T1TIF 在计数器启动或停止时均会置位。

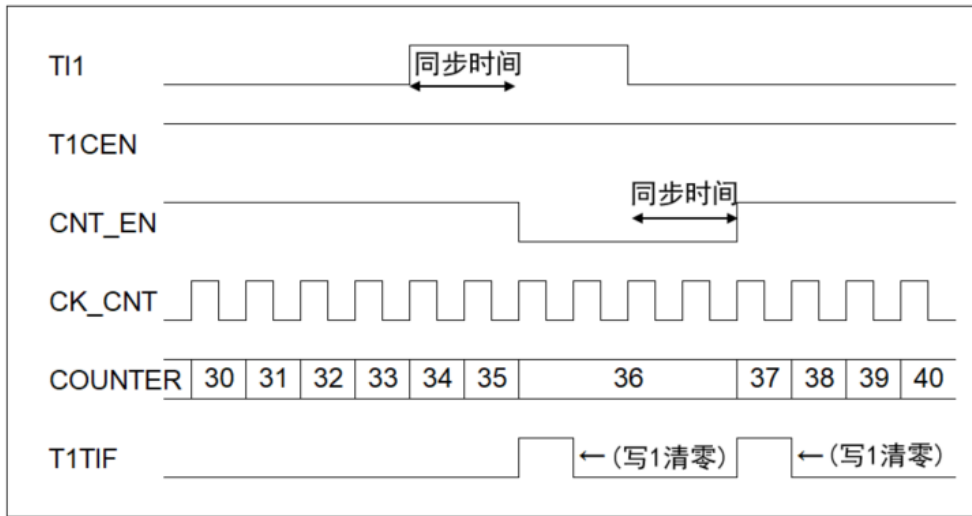


图 7-13 门控模式，计数器时序图 (选择通道 T11 且触发输入有效电平为低电平)

- **触发模式 (T1SMS = 110):**

计数器在触发输入(TRGI)有效沿时由内部时钟驱动计数，且不复位。同时触发标志位 T1TIF 置位。

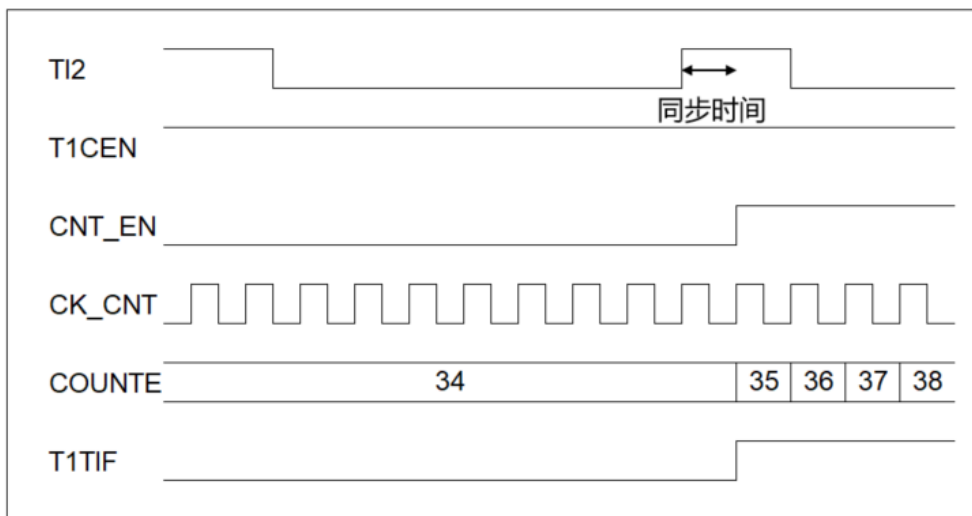


图 7-14 触发模式，计数器时序图 (选择通道 T12 且触发输入有效沿为上升沿)

• 外部时钟模式 1 (T1SMS = 111):

计数器在触发输入(TRGI)的有效沿进行计数。同时触发标志位 T1TIF 置位。

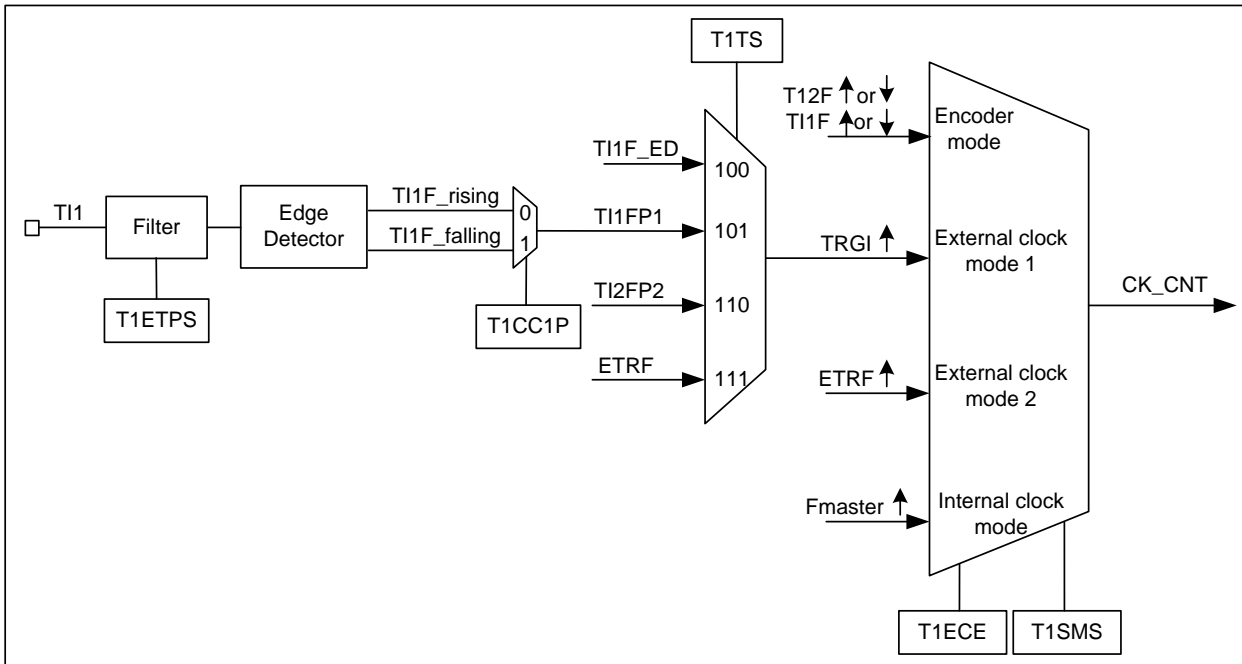


图 7-15 外部时钟模式 1 结构框图 (以 T11 作为计数时钟源)

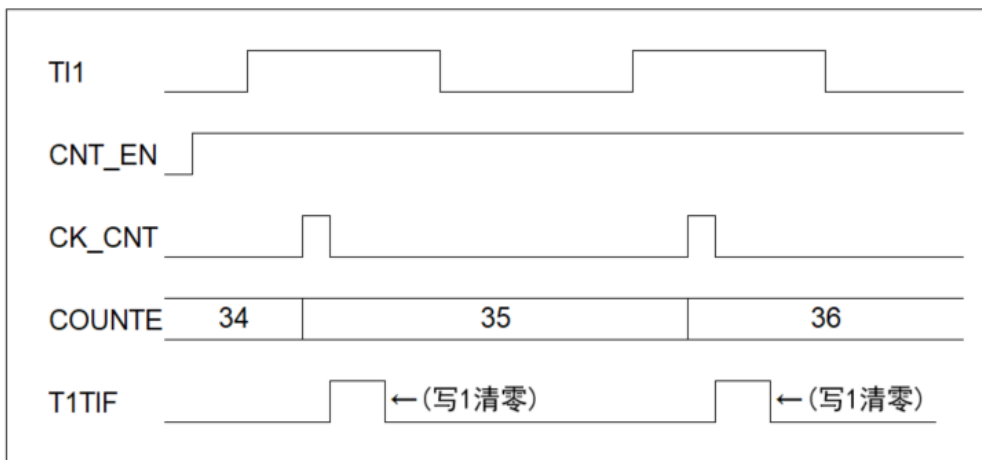


图 7-16 外部时钟模式 1, 计数器时序图 (选择通道 T11 且触发输入有效沿为上升沿)

• 外部时钟模式 2 (T1ECE = 1):

计数器在触发输入(ETRF)的有效沿进行计数。

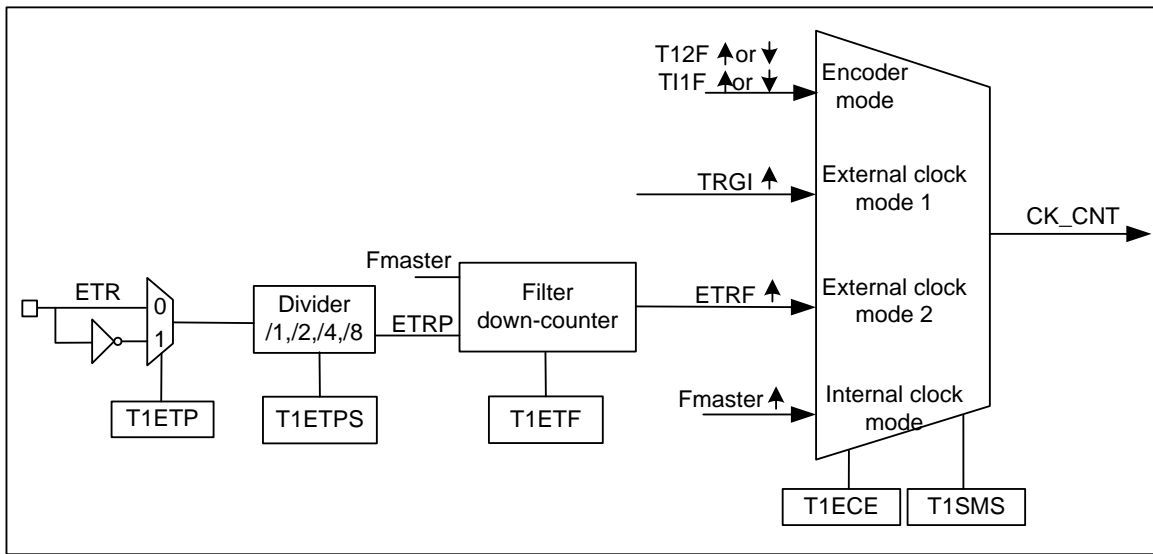


图 7-17 外部时钟模式 2 结构框图

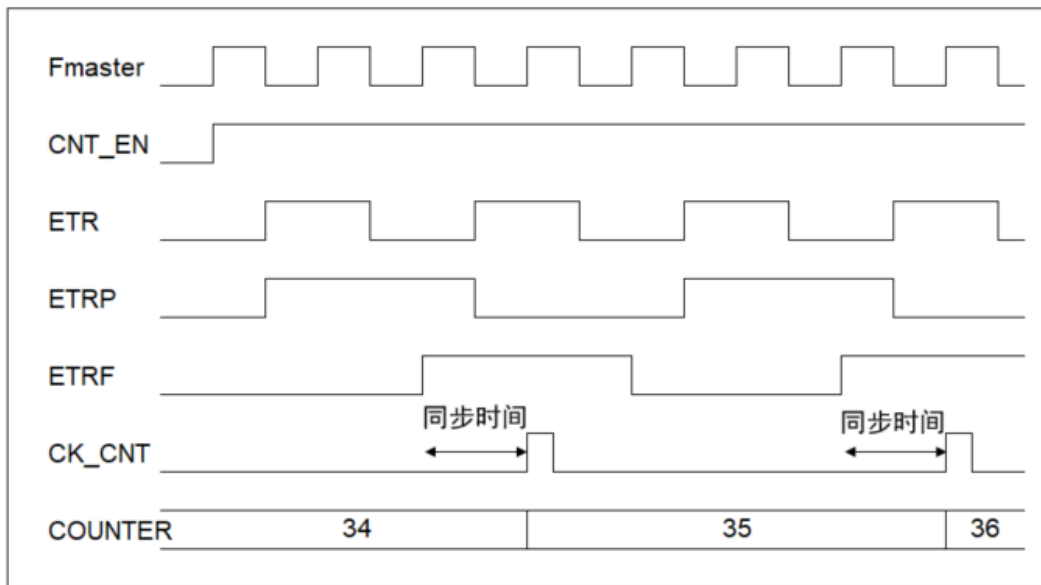


图 7-18 外部时钟模式 2, 计数器时序图

控制模式(除外部时钟模式 2 外)的配置步骤示例:

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1), 并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC);
2. 将所选通道端口配置为输入(TRISx = 1);
3. 配置通道 x 的输入捕获采样频率和滤波器长度(T1ICxF);
4. 配置通道 x 的输入捕获预分频(T1ICxPSC);
5. 根据需要, 选择输入捕获通道(T1CC1S/T1CC2S);

6. 配置触发输入的有效沿或有效电平(T1CC1P/T1CC2P);
7. 选择计数控制模式为复位模式、门控模式或触发模式(T1SMS), 并选择触发输入源(T1TS);
8. 使能计数器(T1CEN = 1);

示例程序 1 (以编码器模式 3 为例, 时序图参阅 [图 7-11](#)):

```

BANKSEL PCKEN
BSR PCKEN,0           ; 使能 TIM1 模块时钟
BANKSEL TCKSRC
LDWI 01H
STR TCKSRC           ; 选择 TIM1 时钟源为 HIRC
BANKSEL TRISA
LDWI 03H
STR TRISA           ; 配置通道 1 端口 PA0 和通道 2 端口 PA1 为输入
BANKSEL TIM1CCMR1
LDWI 01H
STR TIM1CCMR1       ; 配置通道 1 输入捕获滤波器长度、预分频, 且输入脚映射在 TI1FP1
LDWI 01H
STR TIM1CCMR2       ; 配置通道 2 输入捕获滤波器长度、预分频, 且输入脚映射在 TI2FP2
LDWI 53H
STR TIM1SMCR        ; 配置 TIM1 为编码器模式 3
LDWI 11H
STR TIM1CCER1       ; 使能通道 1 和 2 为输入, 且触发输入有效电平为低电平
BANKSEL TIM1CR1
BSR TIM1CR1,0       ; 使能计数器

```

示例程序 2 (以门控模式为例, 时序图参阅 [图 7-13](#)):

```

BANKSEL PCKEN
BSR PCKEN,0           ; 使能 TIM1 模块时钟
BANKSEL TCKSRC
LDWI 01H
STR TCKSRC           ; 选择 TIM1 时钟源为 HIRC
BANKSEL TRISA
LDWI 01H
STR TRISA           ; 配置通道 1 端口 PA0 为输入
BANKSEL TIM1CCMR1
LDWI 01H
STR TIM1CCMR1       ; 配置通道 1 输入捕获滤波器长度、预分频, 且输入脚映射在 TI1FP1
LDWI 55H
STR TIM1SMCR        ; 配置 TIM1 为门控模式, 触发源为 TI1FP1
LDWI 03H
STR TIM1CCER1       ; 使能通道 1 为输入, 且触发输入有效电平为低电平
BANKSEL TIM1CR1
BSR TIM1CR1,0       ; 使能计数器

```

`BTSS TIM1SR1,6` ; 判断触发中断标志位是否为高

`LJUMP $-1`

`BCR TIM1SR1,6` ; 将触发中断标志位清零

外部时钟模式 2 的配置步骤示例:

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1), 并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC);
2. 将所选 ETR 外部通道端口配置为输入(TRISx = 1);
3. 配置外部触发预分频(T1ETPS), 以及外部触发采样频率和滤波器长度(T1ETF);
4. 配置外部触发输入的有效沿或有效电平(T1ETP);
5. 选择计数控制模式为外部时钟模式 2(T1ECE);
6. 使能计数器(T1CEN = 1);

示例程序 (时序图参阅 [图 7-18](#)):

`BANKSEL PCKEN`

`BSR PCKEN,0` ; 使能 TIM1 模块时钟

`BANKSEL TCKSRC`

`LDWI 01H`

`STR TCKSRC` ; 选择 TIM1 时钟源为 HIRC

`BANKSEL TRISB`

`LDWI 08H`

`STR TRISB` ; 配置 ETR 外部通道 PB3 为输入

`BANKSEL TIM1ETR`

`LDWI 50H`

`STR TIM1ETR` ; 配置外部触发预分频、滤波器、极性, 并使能外部时钟模式 2

`BANKSEL TIM1CR1`

`BSR TIM1CR1,0` ; 使能计数器

7.2.3. 捕获/比较通道

TIM1 的 CH1~4 端口可配置为输入捕获或输出比较功能(参阅复用寄存器 TIM1CCMRx 的 T1CCxS 位)。

T1CCRx 寄存器由一个预装载寄存器和一个影子寄存器组成。读写过程仅操作预装载寄存器。

- 输入捕获模式下:

T1CCRx[15:0]为只读寄存器。当发生捕获事件时, 捕获到的计数器值被写入到影子寄存器中, 然后再复制到 T1CCRx 预装载寄存器中。

读 T1CCRx[15:0]寄存器时, 必须先读高 8 位, 再读低 8 位。读高 8 位时, 预装载寄存器被冻结, 然后可读到正确的低 8 位。读完低 8 位后, 预装载寄存器才能更新为最新一次的捕获值。

- 输出比较模式下:

T1CCRx[15:0]为可读可写寄存器。写操作时 T1CCRx 预装载寄存器值被复制到影子寄存器中(参阅 [章节 7.2.1](#)), 然后影子寄存器的内容和计数器进行比较。读操作时读出的值来自预装载寄存器。

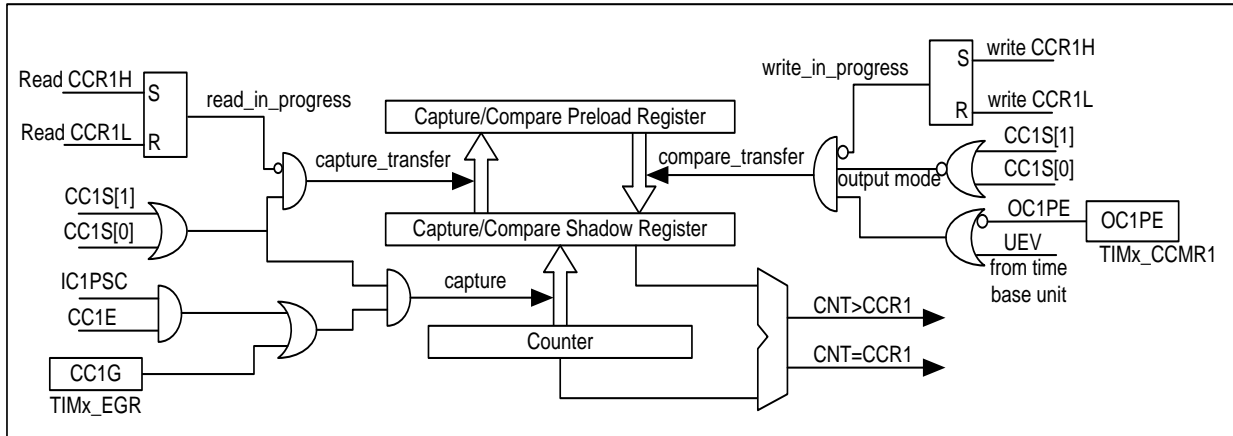


图 7-19 捕获/比较通道 1 框图

输入捕获/输出比较控制位可通过换相事件进行更新。换相事件预加载功能可使计数器在运行过程中改变控制位，而不影响上一个 PWM 波形的完整输出。

换相事件源 (参阅“T1COMS”) 如下：

- T1COMG 由软件置 1
- 产生触发事件 (参阅 章节 7.2.2.2 计数器触发源)

当产生换相事件时，换相事件标志位 T1COMIF 置位，是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE 和 T1COMIE)。

此外，根据不同配置，换相事件可触发以下情况：

1. 当预装载使能时(T1CCPC = 1)，输入捕获/输出比较控制位(如表 7-7)将在产生换相事件时更新为预装载值；
2. 当预装载关闭时(T1CCPC = 0)，输入捕获/输出比较控制位将直接更新为预装载值；

	PWM 同步模式	PWM 群组模式	通道 x 引脚功能	互补通道 x 引脚功能	通道 x 极性	互补通道 x 极性	通道 x 输出 比较模式
预装载寄存器	T1SMOD	T1GP	T1CCxE	T1CCxNE	T1CCxP	T1CCxNP	T1OCxM
预装载使能位	T1CCPC						

表 7-7 换相事件相关的预装载寄存器

7.2.3.1. 输入捕获模式

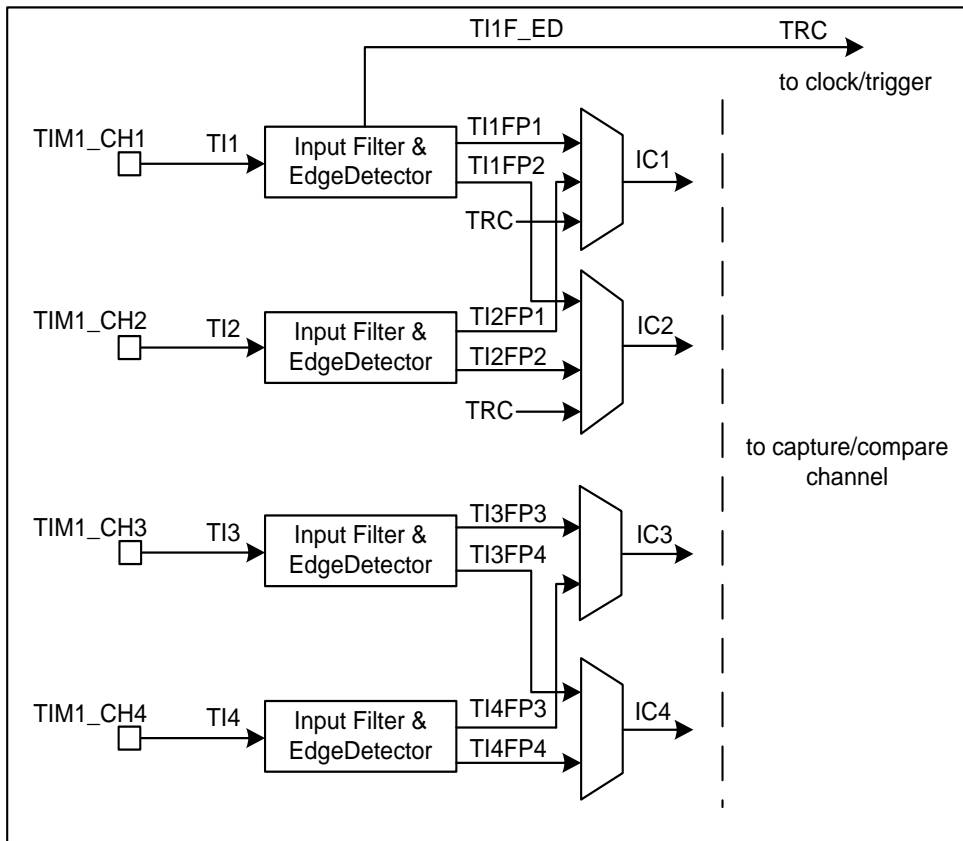


图 7-20 输入捕获通道框图

输入捕获模式下，当通道 x 发生输入捕获事件时，当前的计数值将被捕获到 T1CCRx[15:0]寄存器中，同时输入捕获标志位 T1CCxIF 置位。如果当 T1CCxIF 保持为 1 时，再次发生输入捕获事件，则重复捕获标志位 T1CCxOF 将置位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE 和 T1CCxIE)。此外，可启用输入捕获软件中断位 T1CCxG 来触发中断。

TIM1 各通道的输入捕获源(参阅 T1CCxS)如下：

T1CCxS	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4
01	TI1FP1	TI2FP2	TI3FP3	TI4FP4
10	TI2FP1	TI1FP2	TI4FP3	TI3FP4
11	TRC	TRC	—	—

表 7-8 各通道输入捕获源

注： 当通道 x (x = 1/2/3/4) 的捕获源，选择为其他通道对应 I/O 的输入捕获信号时，则需要同时将其其他通道设置成输入。例如通道 1 选择 TI2FP1 (T1CC1S = 10)，则通道 2 必须设置成输入 (T1CC2S = 01 或 10)；通道 3 和通道 4 同上。

信号名称	详细说明
TIM1_CH1/2/3/4	通道 1/2/3/4 对应的 I/O 输入
IC1/2/3/4	通过选择后的通道捕获源
TI1FP1	通道 1 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 1 的捕获源之一
TI1FP2	通道 1 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 2 的捕获源之一
TI2FP2	通道 2 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 2 的捕获源之一
TI2FP1	通道 2 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 1 的捕获源之一
TI3FP3	通道 3 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 3 的捕获源之一
TI3FP4	通道 3 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 4 的捕获源之一
TI4FP4	通道 4 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 4 的捕获源之一
TI4FP3	通道 4 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 3 的捕获源之一
TRC	通道 1 对应 I/O 的输入双沿捕获信号，作为通道 1 和 2 的捕获源之一

表 7-9 输入捕获信号说明

输入捕获通道的配置步骤示例：

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1)，并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC)；
2. 将所选通道端口配置为输入(TRISx = 1)；
3. 选择输入捕获源(T1CCxS)；
4. 配置捕获源的极性(T1CCxP)；
5. 配置通道 x 的捕获采样频率和滤波器长度(T1ICxF[3:0])，捕获预分频(T1IC1PSC[1:0])；
6. 根据需要，可使能输入捕获中断(GIE, PEIE, T1CCxIE)；
7. 使能捕获通道(T1CCxE = 1)；
8. 使能计数器(T1CEN = 1)；

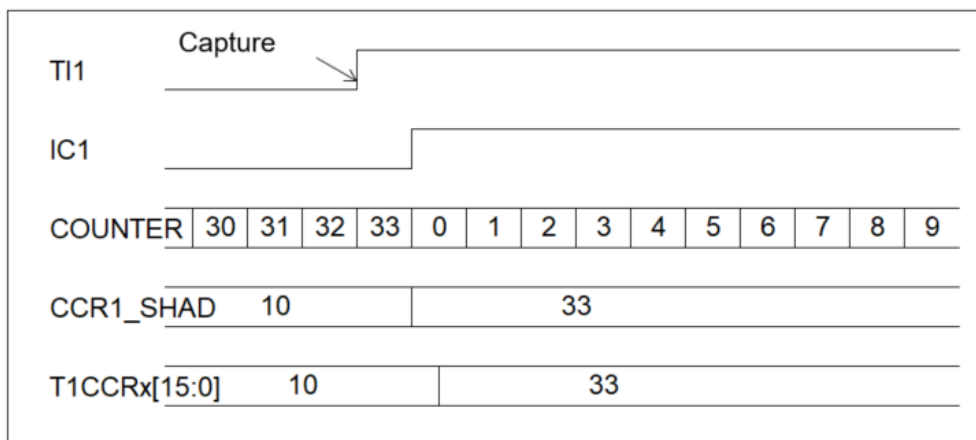


图 7-21 输入捕获时序图

PWM 信号测量应用：运用输入捕获模式和复位模式，且将 2 个通道的输入捕获源选择为同 1 个通道的

PWM 信号输入，即可测量 PWM 信号的周期及占空比。

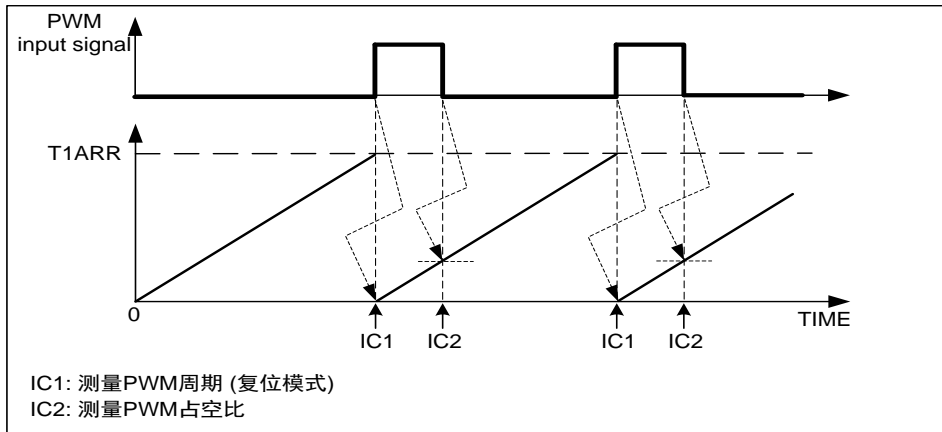


图 7-22 测量 PWM 信号示意图

测量 PWM 的配置步骤示例：

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1)，并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC)。
2. 将通道 1/2 对应的端口配置为输入(TRISx = 1)。
3. 选择输入捕获源(T1CCxS)，将通道 1 的 IC1 映射在 TI1FP1 上，通道 2 的 IC2 映射在 TI2FP1 上。
4. 配置捕获源的极性，将通道 1 配置为上升沿(T1CC1P = 0)，通道 2 配置为下降沿(T1CC2P = 1)。
5. 配置捕获采样频率和滤波器长度(T1ICxF[3:0] = 0000)，捕获预分频(T1IC1PSC[1:0] = 00)。
6. 配置计数控制模式为复位模式(T1SMS = 101)，计数触发源为 TI1FP1(T1TS = 101)。
7. 使能通道 1 和通道 2 的输入捕获功能(T1CC1E=1 且 T1CC2E=1)。
8. 使能计数器(T1CEN = 1)。

注：因捕获沿先于复位触发源两个计数时钟周期，为了得到准确测量值，软件需要做以下处理：

- 当预分频 = 0 时，PWM 周期 = $T1CCR1H/L+2$ ，占空比 = $T1CCR2H/L+2$ 。
- 当预分频 = 1 时，PWM 周期 = $T1CCR1H/L+1$ ，占空比 = $T1CCR2H/L+1$ 。
- 当预分频 ≥ 1 时，PWM 周期 = $T1CCR1H/L$ ，占空比 = $T1CCR2H/L$ 。

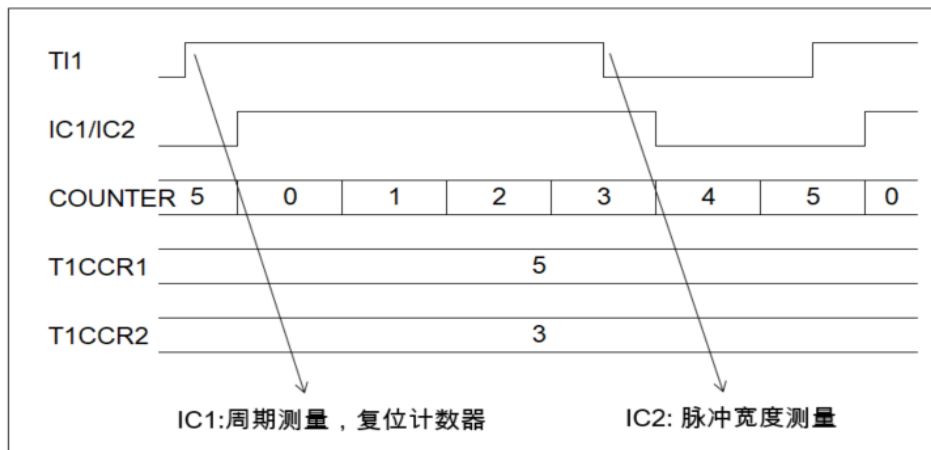


图 7-23 测量 PWM 信号的时序图

7.2.3.2. 输出比较模式

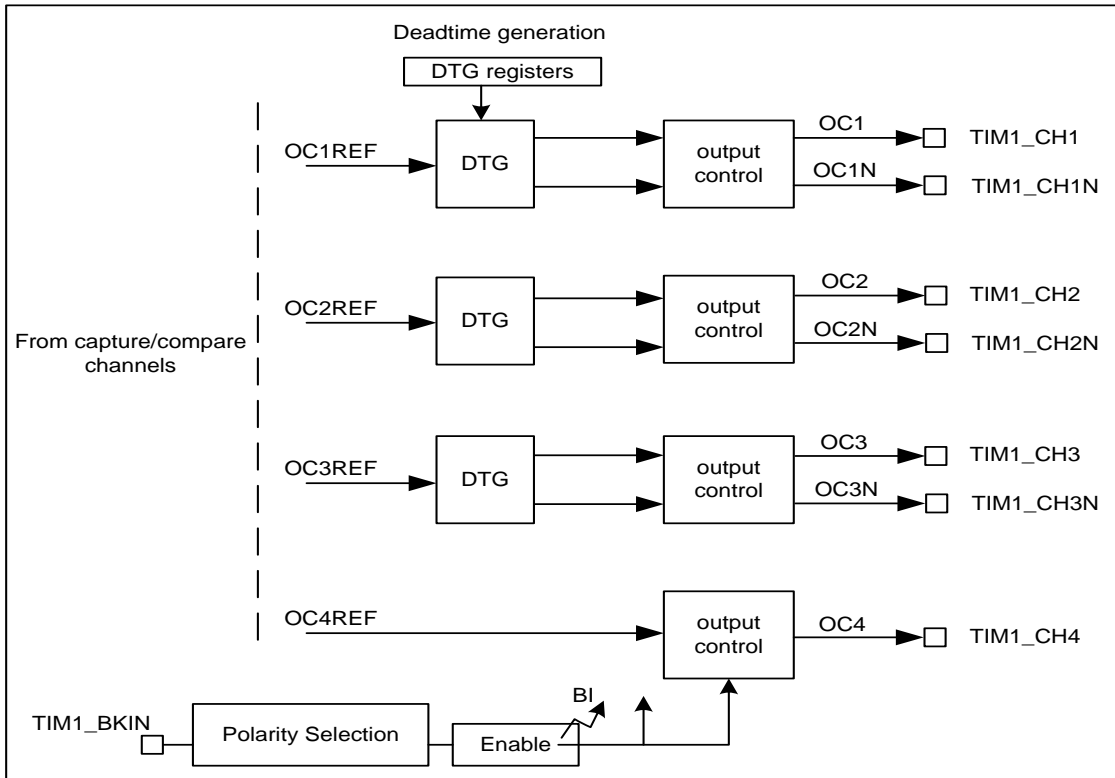


图 7-24 输出比较通道框图

输出比较模块通过对比计数值(T1CNT)与比较值(影子寄存器 CCRx_SHAD), 先产生输出参考信号 OCxREF(高电平有效), 然后送到死区产生模块或刹车模块, 再经过极性选择和其他输出控制位 (参阅 T1MOE, T1OSSI, T1OSSR, T1CCxE 和 T1CCxNE) 将波形输出到端口 (参阅 表 7-10)。

控制位					输出状态	
T1MOE	T1OSSI	T1OSSR	T1CCxE	T1CCxNE	OCx 输出状态	OCxN 输出状态
1	x	0	0	0	OCx = 0 (输出关闭)	OCxN = 0 (输出关闭)
		0	0	1	OCx = 0 (输出关闭)	OCxN = OCxREF ^ T1CCxNP
		0	1	0	OCx = OCxREF ^ T1CCxP	OCxN = 0 (输出关闭)
		0	1	1	OCx = OCxREF ^ T1CCxP + 死区	OCxN = OCxREF 的互补信号 ^ T1CCxNP + 死区
		1	0	0	OCx = T1CCxP (输出关闭)	OCxN = T1CCxNP (输出关闭)
		1	0	1	OCx = T1CCxP	OCxN = OCxREF ^ T1CCxNP
		1	1	0	OCx = OCxREF ^ T1CCxP	OCxN = T1CCxNP
		1	1	1	OCx = OCxREF ^ T1CCxP + 死区	OCxN = OCxREF 的互补信号 ^ T1CCxNP + 死区
0	0	x	0	0	OCx = T1CCxP (输出关闭)	OCxN = T1CCxNP (输出关闭)
	0		0	1	死区时间内: OCx = T1CCxP, OCxN = T1CCxNP (输出关闭)	
	0		1	0	死区时间后: OCx = T1OISx, OCxN = T1OISxN (输出关闭)	
	0		1	1		
	1		0	0	OCx = T1CCxP (输出关闭)	OCxN = T1CCxNP (输出关闭)
	1		0	1	死区时间内: OCx = T1CCxP, OCxN = T1CCxNP (输出无效值)	
	1		1	0	死区时间后: OCx = T1OISx, OCxN = T1OISxN	
	1		1	1		

表 7-10 Timer1 输出控制和状态

参考信号 OCxREF 可通过 T1OCxM[2:0] 配置为 8 种输出模式 (参阅 表 7-10):

1. 冻结模式(T1OCxM = 000): OCxREF 值保持不变。
2. 匹配有效(T1OCxM = 001): 当 T1CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1。
3. 匹配无效(T1OCxM = 010): 当 T1CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0。
4. 翻转模式(T1OCxM = 011): 当 T1CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF 值翻转。
5. 强制无效(T1OCxM = 100): OCxREF 一直为 0。
6. 强制有效(T1OCxM = 101): OCxREF 一直为 1。
7. PWM1 模式(T1OCxM = 110):
当 T1CNT < CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1; 当 T1CNT > CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0。
8. PWM2 模式(T1OCxM = 111):
当 T1CNT < CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0; 当 T1CNT > CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1。

当 T1CNT 与 CCRx_SHAD 匹配时, 输出比较标志位 T1CCxIF 置位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE, T1CCxIE)。此外, 可使能输出比较软件中断位 T1CCxG 来触发中断。

输出比较通道的配置步骤：

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1)，并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC)。
2. 将通道对应的端口配置为输出(TRISx = 0)。
3. 配置输出波形的周期(T1ARR) 和比较值(T1CCRx)。
4. 配置输出比较模式(T1OCxM)和输出极性(T1CCxP)。
5. 根据需要，可使能输出比较中断(GIE, PEIE, T1CCxIE)。
6. 使能输出比较通道(T1CCxE = 1)。
7. 使能主输出自动控制位(T1AOE = 1)，即硬件会在产生更新事件时自动使能主输出(T1MOE)。
8. 使能计数器(T1CEN = 1)。

注：建议配置输出比较值 $T1CCRx \leq$ 计数周期值 $T1ARR$ 。

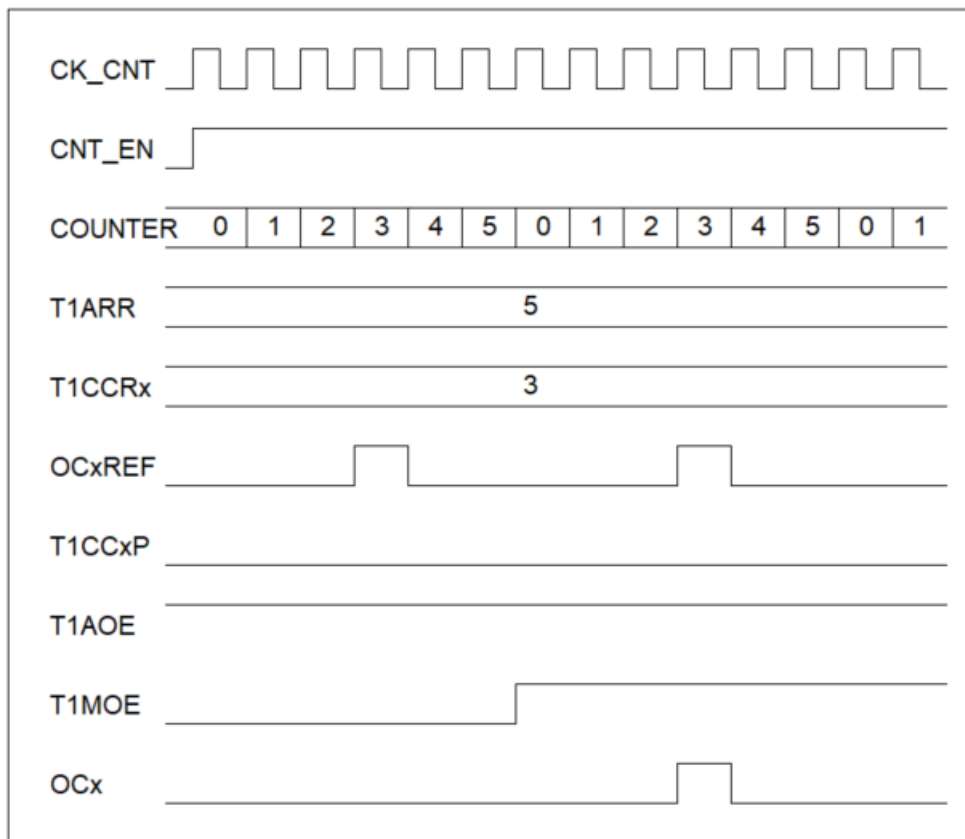


图 7-25 匹配有效模式下的输出时序图

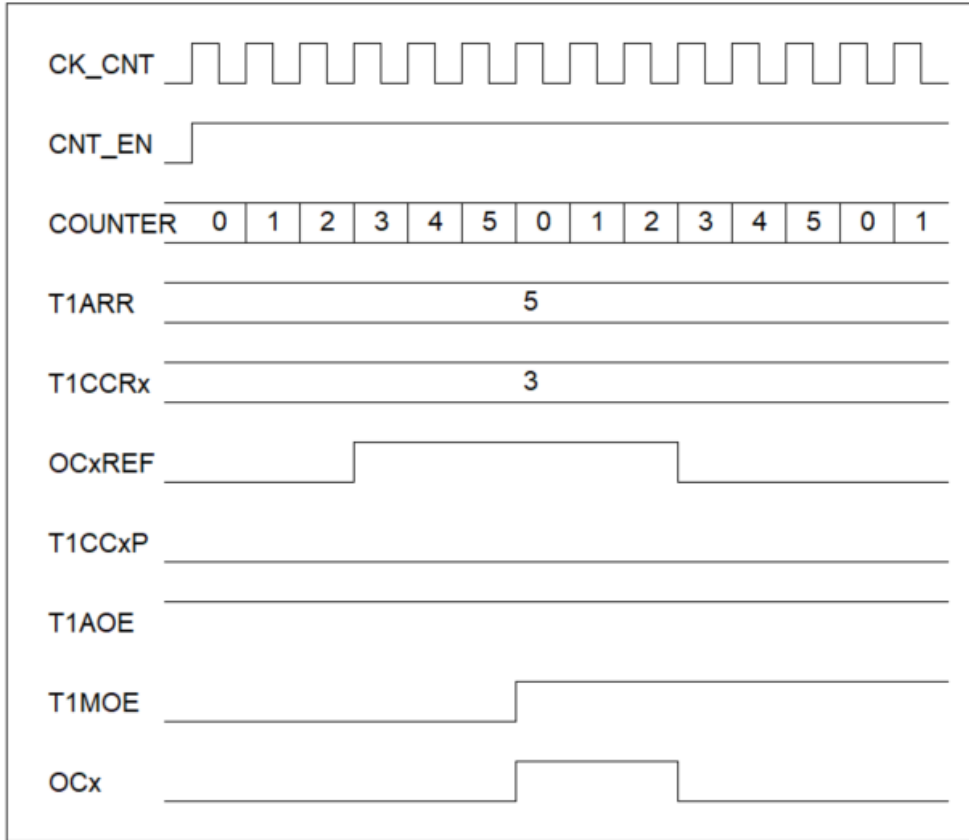


图 7-26 翻转模式下的输出时序图

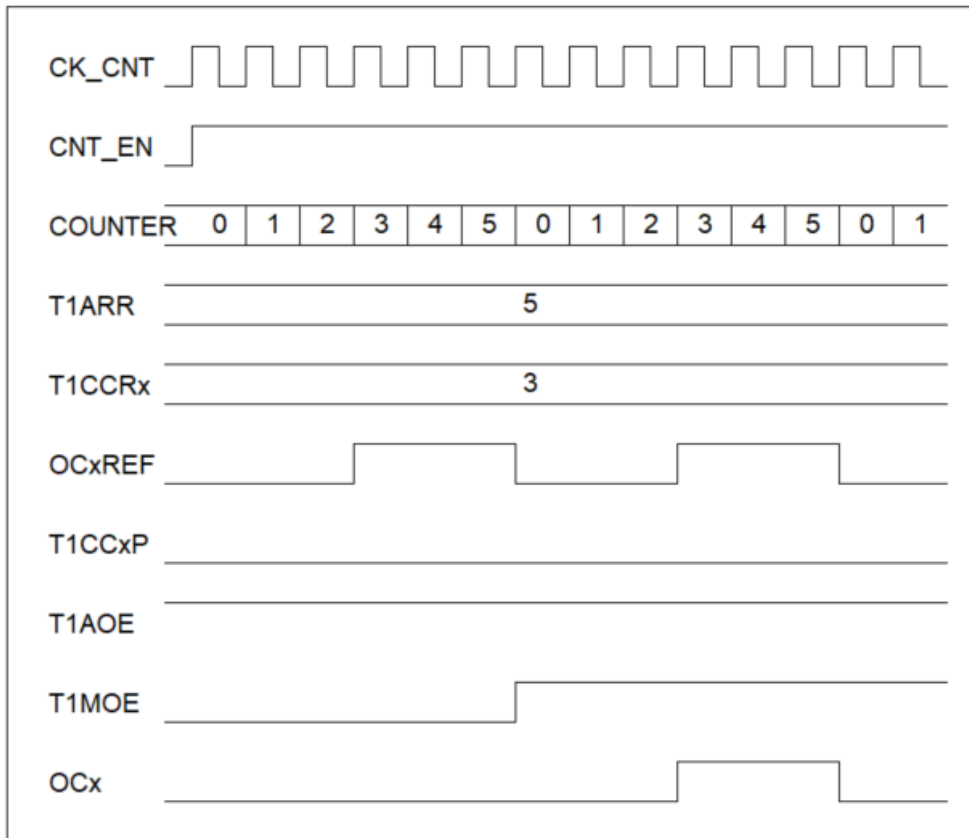


图 7-27 PWM2 模式下的输出时序图

PWM 模式 – PWM1/PWM2 周期由 T1ARR 决定、占空比由 T1CCR_x 决定。

公式 7-1 $PWM1/2 \text{ 周期} = (T1ARR+1) * T_{CK_CNT}$

公式 7-2 $PWM1/2 \text{ 占空比} = T1CCR_x \div (T1ARR+1)$

TIM1_CH1/2/3/4 通道可独立使能输出 PWM 信号，其中 CHI/2/3 带互补输出功能。输出信号以及互补输出信号的极性可选(参阅 T1CCxP/ T1CCxNP)。当输出通道以及互补输出通道同时使能时(T1CCxE = 1, T1CCxNE = 1)，将自动使能死区功能，并可设置死区时间(参阅 T1DTG)，即每当一个输出信号(OC_x 或互补输出 OC_{xN}) 出现下降沿时，另一个信号的上升沿将延后一个死区时间长度。

注：PWM 模式下，必须使能通道 x 占空比的自动预装载功能(T1OCxPE = 1)；

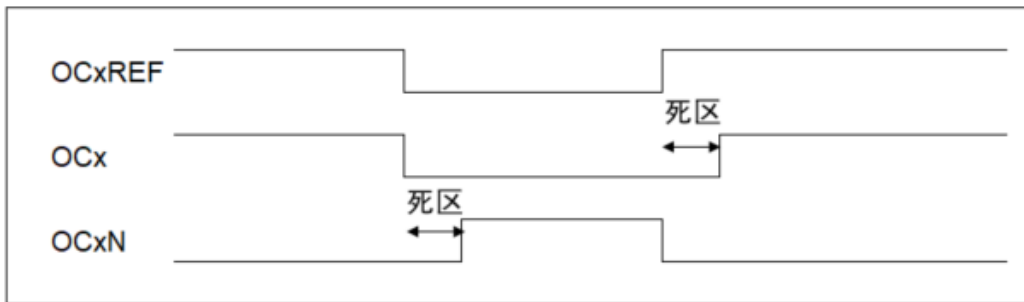


图 7-28 互补输出插入死区时间时序图

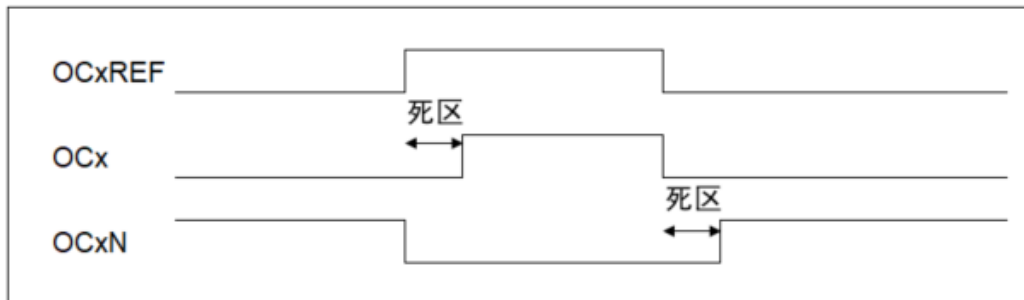


图 7-29 正向输出插入死区时间时序图

当 OC_xREF 输出的脉冲时间比死区时间短时，某一个脉冲信号可能会被死区覆盖，导致输出不变。

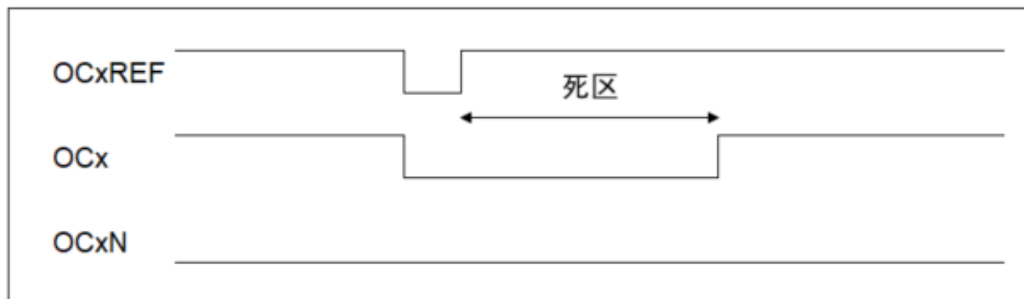


图 7-30 互补输出被死区覆盖时序图

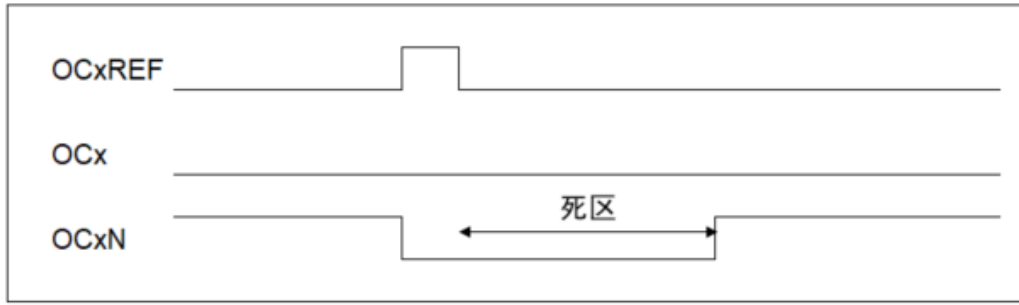


图 7-31 正向输出被死区覆盖时序图

PWM 模式与重复计数器、更新事件、周期预装载和占空比预装载等功能结合使用，可产生特定数量 PWM 信号。

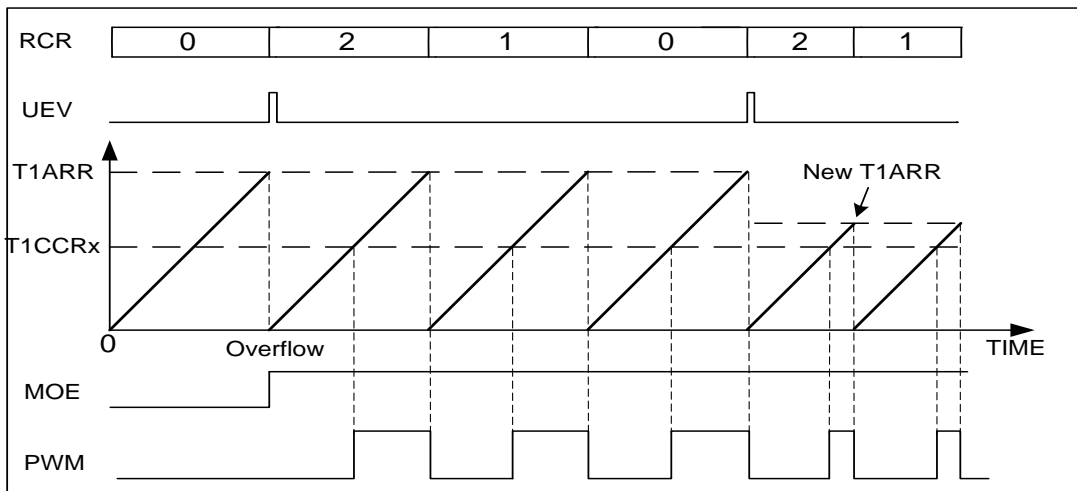


图 7-32 运用重复计数器输出 3 个特定 PWM 的时序图

示例程序：

```

BANKSEL PCKEN
BSR PCKEN,0           ; 使能 TIM1 模块时钟
BANKSEL INTCON
LDWI C0H
STR INTCON             ; 使能全局中断和外设中断
BANKSEL TCKSRC
LDWI 01H
STR TCKSRC             ; 选择 TIM1 时钟源为 HIRC
BANKSEL TRISA
LDWI 00H
STR TRISA              ; 配置通道 1 端口 PA0 为输出
BANKSEL TIM1ARRL
LDWI 1FH
STR TIM1ARRL          ; 配置输出波形周期为 32
LDWI 10H
STR TIM1CCR1L         ; 配置输出波形占空比为 16
LDWI 02H
    
```

```

STR TIM1RCR           ; 配置重复计数器为 2
BANKSEL TIM1CCMR1
LDWI 70H
STR TIM1CCMR1       ; 配置通道 1 为 PWM2 模式输出
BSR TIM1IER,0       ; 使能更新事件中断
LDWI 01H
STR TIM1CCER1       ; 使能通道 1, 并选择极性
BANKSEL TIM1BKR
BSR TIM1BKR,6       ; 打开主输出自动使能位
BANKSEL TIM1CR1
LDWI 81H
STR TIM1CR1         ; 使能周期预装载功能, 并使能计数器

INT:
BANKSEL TIM1ARRL
LDWI 14H
STR TIM1ARRL       ; 重新配置输出波形周期为为 20
    
```

单脉冲模式 – 单脉冲模式下(T1OPM = 1), 当产生下一次更新事件时, 硬件会自动关闭计数器使能位(T1CEN = 0), 计数器停止计数。

为产生一个正确的脉冲, 计数器初始值(T1CNT)必须与比较值(T1CCR_x)不同。即启动计数前, 需满足以下配置:

- 向上计数模式: $T1CNT < T1CCR_x \leq T1ARR$
- 向下计数模式: $T1CNT > T1CCR_x$

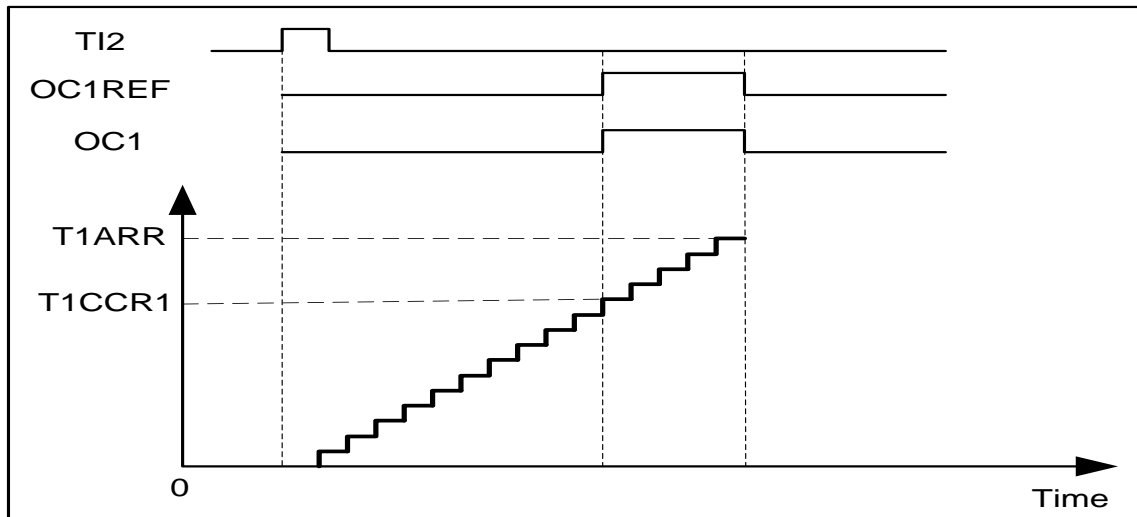


图 7-33 单脉冲应用示意图

单脉冲模式可配合触发模式在特定的时间点产生单个脉冲输出, 如上图所示。配置步骤如下:

1. 使能 TIM1 模块时钟(TIM1EN = 1), 并选择 TIM1 时钟源(T1CKSRC)。
2. 将通道 2 对应的端口配置为输入, 通道 1 对应的端口配置为输出。
3. 将通道 2 的输入映射在 TI2FP2 上(T1CC2S = 01), 并选为上升沿捕获(T1CC2P = 0)。

4. 将计数控制模式配置为触发模式($T1SMS = 110$)，触发源选为 $TI2FP2$ ($T1TS = 110$)。
5. 将通道 1 配置为输出通道($T1CC1S = 00$)。
6. 将通道 1 配置为输出比较模式的 PWM2 模式($T1OC1M = 111$)，输出极性配置为高电平有效($T1CC1P = 0$)。
7. 使能通道 2 的输入捕获功能($T1CC2E=1$)，以及通道 1 的输出比较功能 ($T1CC1E$)。
8. 使能主输出自动控制位($T1AOE = 1$)，即硬件会在产生更新事件时自动使能主输出($T1MOE$)。
9. 使能计数器($T1CEN = 1$)。

快速输出 – 当 PWM 或单脉冲模式与触发模式配合使用时，触发输入有效沿会使能计数器计数，计数值与 $T1CCRx$ 值的比较会使输出发生变化。但触发输入边沿发生变化到真正输出波形之间会有一段最小延时，可通过设置 $T1OCxFE$ 来缩短延时。

同步模式 – 通道 1/2/3 的互补输出与其正向输出信号完全相同 (参阅 "T1SMOD")。同步模式下，硬件自动禁止死区功能。

群组模式 – 通道 1/2/3 及其互补输出的占空比均由 $T1CCR1[15:0]$ 决定，原配置 $T1CCR2[15:0]$ 和 $T1CCR3[15:0]$ 无效 (参阅 "T1GP")。

TIM1/TIM2 同步触发模式 – TIM2 的内部使能信号完全由 TIM1 的 $TICEN$ 控制 (参阅 "T1ENCTRL")。配置过程如下：

1. 先配置 TIM1 和 TIM2 相应功能；
2. 配置 $T1ENCTRL = 1$ ，使能同步触发功能；
3. 配置 $TICEN = 1$ ，使 TIM1 和 TIM2 同时开启；

7.2.3.3. 故障刹车(Fault-Break)功能

4 路 PWM 均支持故障刹车功能。当刹车输入功能使能($T1BKE = 1$)时，一旦发生故障刹车事件，且只要故障条件一直存在，则 PWM 输出引脚将根据其设置输出预设状态(参阅 $TIM1OISR$)。

TIM1 故障刹车事件可以为下列条件之一(参阅 BKS)：

- BKIN 管脚事件
- LVD 事件
- ADC 阈值比较事件

发生刹车事件时，PWM 输出及互补输出状态(参阅表 7-10)如下：

- 如果 TIM1 的时钟源关闭， $T1MOE$ 会被异步清零，强制输出为无效状态；
- 如果 TIM1 的时钟源打开， $T1MOE$ 会被异步清零，输出在死区时间内为无效状态，死区时间后为空闲状态(此情况下，真正的死区时间比死区时间设置值长 2 个 CK_CNT 时钟)；

同时，刹车中断标志位 $T1BIF$ 置位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE , $PEIE$, $T1BIE$)。此外，可使能刹车软件中断位 $T1BG$ 来触发中断。

故障事件撤销后，如果主输出自动控制位 $T1AOE = 1$ ，那么 $T1MOE$ 将在下次更新事件(UEV)到来时，由硬件自动置位(需同步 2 个 CK_CNT 时钟)，PWM 恢复正常输出。否则需由软件置位 $T1MOE$ 以恢复输出。

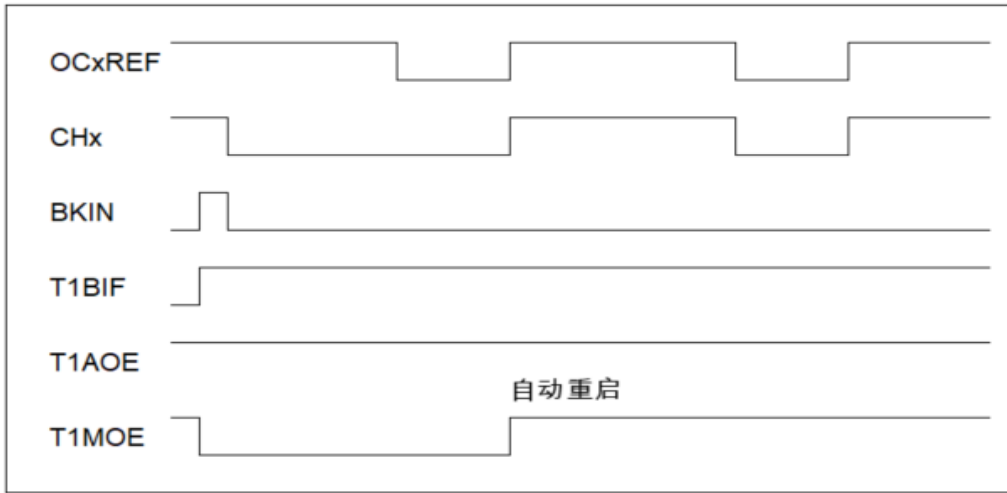


图 7-34 PWM 自动重启示意图

7.2.4. Timer1 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
PCKEN	9A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000
CKOCON	95	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]			CCOEN	0010 0000
TIM1CR1	211	T1ARPE	T1CMS[1:0]		T1DIR	T1OPM	T1URS	T1UDIS	T1CEN	0000 0000
TIM1CR2	212	T1ENCTRL	-	-	-	-	T1COMS	-	T1CCPC	0--- -0-0
TIM1SMCR	213	-	T1TS[2:0]			-	T1SMS[2:0]			-000 -000
TIM1ETR	214	T1ETP	T1ECE	T1ETPS[1:0]		T1ETF[3:0]				0000 0000
TIM1IER	215	T1BIE	T1TIE	T1COMIE	T1CC4IE	T1CC3IE	T1CC2IE	T1CC1IE	T1UIE	0000 0000
TIM1SR1	216	T1BIF	T1TIF	T1COMIF	T1CC4IF	T1CC3IF	T1CC2IF	T1CC1IF	T1UIF	0000 0000
TIM1SR2	217	-	-	-	T1CC4OF	T1CC3OF	T1CC2OF	T1CC1OF	-	---0 000-
TIM1EGR	218	T1BG	T1TG	T1COMG	T1CC4G	T1CC3G	T1CC2G	T1CC1G	T1UG	0000 0000
TIM1CCMR1 (output mode)	219	T1OC1CE	T1OC1M[2:0]			T1OC1PE	T1OC1FE	T1CC1S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR1 (input mode)		T1IC1F[3:0]				T1IC1PSC[1:0]		T1CC1S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR2 (output mode)	21A	T1OC2CE	T1OC2M[2:0]			T1OC2PE	T1OC2FE	T1CC2S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR2 (input mode)		T1IC2F[3:0]				T1IC2PSC[1:0]		T1CC2S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR3 (output mode)	21B	T1OC3CE	T1OC3M[2:0]			T1OC3PE	T1OC3FE	T1CC3S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR3 (input mode)		T1IC3F[3:0]				T1IC3PSC[1:0]		T1CC3S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR4 (output mode)	21C	T1OC4CE	T1OC4M[2:0]			T1OC4PE	T1OC4FE	T1CC4S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR4 (input mode)		T1IC4F[3:0]				T1IC4PSC[1:0]		T1CC4S[1:0]		0000 0000

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
TIM1CCER1	21D	T1CC2NP	T1CC2NE	T1CC2P	T1CC2E	T1CC1NP	T1CC1NE	T1CC1P	T1CC1E	0000 0000
TIM1CCER2	21E	T1GP	T1SMOD	T1CC4P	T1CC4E	T1CC3NP	T1CC3NE	T1CC3P	T1CC3E	0000 0000
TIM1CNTRH	28C	T1CNT[15:8]								0000 0000
TIM1CNTRL	28D	T1CNT[7:0]								0000 0000
TIM1PSCRH	28E	T1PSC[15:8]								0000 0000
TIM1PSCRL	28F	T1PSC[7:0]								0000 0000
TIM1ARRH	290	T1ARR[15:8]								1111 1111
TIM1ARRL	291	T1ARR[7:0]								1111 1111
TIM1RCR	292	T1REP[7:0]								0000 0000
TIM1CCR1H	293	T1CCR1[15:8]								0000 0000
TIM1CCR1L	294	T1CCR1[7:0]								0000 0000
TIM1CCR2H	295	T1CCR2[15:8]								0000 0000
TIM1CCR2L	296	T1CCR2[7:0]								0000 0000
TIM1CCR3H	297	T1CCR3[15:8]								0000 0000
TIM1CCR3L	298	T1CCR3[7:0]								0000 0000
TIM1CCR4H	299	T1CCR4[15:8]								0000 0000
TIM1CCR4L	29A	T1CCR4[7:0]								0000 0000
TIM1BKR	29B	T1MOE	T1AOE	T1BKP	T1BKE	T1OSSR	T1OSSI	T1LOCK[1:0]		0000 0000
TIM1DTR	29C	T1DTG[7:0]								0000 0000
TIM1OISR	29D	—	T1OIS4	T1OIS3N	T1OIS3	T1OIS2N	T1OIS2	T1OIS1N	T1OIS1	—000 0000
LEBCON	41C	LEBEN	LEBCH[1:0]		—	EDGS	BKS[2:0]			000— 0000
AFP0	19E	—	—	AFP0[5:0]						--00 0000
AFP1	19F	—	—	AFP1[5:0]						--00 0000

表 7-11 Timer1 相关用户寄存器汇总(—保留位必须保持为复位值，不可更改)

7.2.4.1. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
0	ADCEN	ADC 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>

7.2.4.2. CKOCON (0x95)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]			CCOEN
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	SYSON	睡眠模式下，系统时钟控制： 1 = 使能 0 = 关闭
6	CCORDY	时钟输出标志位： 1 = Yes 0 = <u>No</u>
5:4	DTYSEL	TIM1/TIM2 倍频时钟占空比调节位： 00 = 2ns 延迟 01 = 3ns 延迟 10 = 4ns 延迟 11 = 7ns 延迟
3:1	CCOSEL	输出时钟选择位： 000 = Sysclk 001 = HIRC 010 = LIRC 011 = XT (*) 100 = T1CK 101 = T2CK 110 = LP (*) 111 = EC (*) (*) FOSC 应相应配置成 LP/XT/EC 模式，否则时钟输出可能不正确或无输出；
0	CCOEN	时钟输出： 1 = 使能 0 = 关闭

7.2.4.3. TIM1CR1 (0x211)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1ARPE	T1CMS[1:0]		T1DIR	T1OPM	T1URS	T1UDIS	T1CEN
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1ARPE	计数周期的自动预装载： 1 = 使能 (T1ARR 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T1ARR 立即被加载)
6:5	T1CMS	计数器对齐模式： 00 = 边沿对齐模式 (计数方向由 T1DIR 决定) 01 = 中央对齐模式 1 (向下计数时 T1CCxIF 置 1) 10 = 中央对齐模式 2 (向上计数时 T1CCxIF 置 1) 11 = 中央对齐模式 3 (向上和向下计数时 T1CCxIF 均置 1) 注： 1. 中央对齐模式为计数器交替地向上和向下计数； 2. 仅允许在计数器关闭(T1CEN=0)时切换模；
4	T1DIR	计数器计数方向 (中央对齐/编码器模式下，该位只读)： 1 = 向下 0 = 向上
3	T1OPM	单脉冲模式： 1 = 使能 (下一次更新事件到来时，T1CEN 自动清零，计数器停止) 0 = 关闭 (发生更新事件时，计数器不停止)
2	T1URS	当 T1UDIS = 0 时，更新事件源： 1 = 计数器上溢/下溢 0 = 计数器上溢/下溢、软件设置 T1UG 位、或复位触发事件
1	T1UDIS	允许产生更新事件控制： 1 = 关闭 0 = 使能
0	T1CEN	TIM1 计数器： 1 = 使能 0 = 关闭

7.2.4.4. TIM1CR2 (0x212)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1ENCTRL	-	-	-	-	T1COMS	-	T1CCPC
Type	RW	RO	RO	RO	RO	RW	RO	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1ENCTRL	TIM1/TIM2 同步触发控制： 1 = TIM1/TIM2 同时由 T1CEN 使能 0 = <u>TIM2</u> 由 T2CEN 使能
6:3	N/A	保留位
2	T1COMS	当 T1CCPC = 1 时，换相事件源： 1 = T1COMG 由软件置 1，或产生触发事件 0 = <u>T1COMG</u> 由软件置 1 注：仅对带互补输出的通道有效；
1	N/A	保留位
0	T1CCPC	捕获/比较控制位(T1SMOD, T1GP, T1CCxE, T1CCxNE, T1CCxP, T1CCxNP, T1OCxM)的自动预装载： 1 = 使能 (控制位的预装载值在换相事件到来时被加载) 0 = <u>关闭</u> (控制位立即被加载) 注：仅对带互补输出的通道有效

7.2.4.5. TIM1SMCR (0x213)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	T1TS[2:0]			-	T1SMS[2:0]		
Type	RO	RW	RW	RW	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6:4	T1TS	<p>同步计数器的触发输入源 (TRGI):</p> <p>0xx = 保留</p> <p>100 = 通道 1 输入 T11 的边沿检测器 (TI1F_ED)</p> <p>101 = 滤波后的通道 1 输入 (TI1FP1)</p> <p>110 = 滤波后的通道 2 输入 (TI2FP2)</p> <p>111 = 外部触发输入 (ETRF)</p> <p>注:</p> <ol style="list-style-type: none"> 仅允许在 T1SMS = 000 时更改触发输入源; 触发输入有效沿/有效电平的极性参阅 T1CC1P/T1CC2P 或 T1ETP
3	N/A	保留位
2:0	T1SMS	<p>触发模式:</p> <p>000 = 内部时钟</p> <p>001 = 编码器模式 1 (根据 TI1FP1 电平, 计数器在 TI2FP2 的有效沿向上/下计数)</p> <p>010 = 编码器模式 2 (根据 TI2FP2 电平, 计数器在 TI1FP1 的有效沿向上/下计数)</p> <p>011 = 编码器模式 3 (根据 TI1FP1/TI2FP2 的电平, 计数器在 TI2FP2/TI1FP1 的有效沿向上/下计数)</p> <p>100 = 复位模式 (在触发输入有效沿时, 计数器清零并从 0 开始重新计数)</p> <p>101 = 门控模式 (计数器在触发输入有效电平期间计数, 无效电平则停止计数, 但不复位)</p> <p>110 = 触发模式 (计数器在触发输入有效沿时计数且不复位)</p> <p>111 = 外部时钟模式 1 (计数器在触发输入有效沿时计数)</p> <p>注: 门控模式的触发输入不能选择 TI1F_ED;</p>

7.2.4.6. TIM1ETR (0x214)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1ETP	T1ECE	T1ETPS[1:0]		T1ETF[3:0]			
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7	T1ETP	外部触发极性： 1 = ETR 反相，即低电平或下降沿有效 0 = ETR 不反相，即高电平或上升沿有效																																																			
6	T1ECE	外部时钟模式 2： 1 = 使能 (计数器在外部触发输入 ETR 有效沿时计数) 0 = 关闭 注：1. 当外部时钟模式 1 选择外部触发输入 ETR 时，与外部时钟模式 2 的功能相同； 2. 外部时钟模式 2，与外部时钟模式 1 和编码器模式不能同时使用；外部时钟模式 2 比外部时钟模式 1 的优先级更高； 3. 外部时钟模式 2 可与触发/复位/门控模式同时使用，但此时其他模式的触发输入源不能选择 ETRF																																																			
5:4	T1ETPS	外部触发预分频比 (外部触发信号的频率需满足 $\leq F_{master}/4$): 00 = 1 01 = 2 10 = 4 11 = 8																																																			
3:0	T1ETF	外部触发滤波器采样频率及数字滤波器长度： <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 ($f_{SAMPLING}$)</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>F_{master}</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>F_{master}</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>F_{master}</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>F_{master}</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>$F_{master} / 2$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>$F_{master} / 2$</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>$F_{master} / 4$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>$F_{master} / 4$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>$F_{master} / 8$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>$F_{master} / 8$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>$F_{master} / 16$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>$F_{master} / 16$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>$F_{master} / 16$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>$F_{master} / 32$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>$F_{master} / 32$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>$F_{master} / 32$</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 ($f_{SAMPLING}$)	数字滤波器长度 N	0000	F_{master}	0	0001	F_{master}	2	0010	F_{master}	4	0011	F_{master}	8	0100	$F_{master} / 2$	6	0101	$F_{master} / 2$	8	0110	$F_{master} / 4$	6	0111	$F_{master} / 4$	8	1000	$F_{master} / 8$	6	1001	$F_{master} / 8$	8	1010	$F_{master} / 16$	5	1011	$F_{master} / 16$	6	1100	$F_{master} / 16$	8	1101	$F_{master} / 32$	5	1110	$F_{master} / 32$	6	1111	$F_{master} / 32$	8
Value	采样频率 ($f_{SAMPLING}$)	数字滤波器长度 N																																																			
0000	F_{master}	0																																																			
0001	F_{master}	2																																																			
0010	F_{master}	4																																																			
0011	F_{master}	8																																																			
0100	$F_{master} / 2$	6																																																			
0101	$F_{master} / 2$	8																																																			
0110	$F_{master} / 4$	6																																																			
0111	$F_{master} / 4$	8																																																			
1000	$F_{master} / 8$	6																																																			
1001	$F_{master} / 8$	8																																																			
1010	$F_{master} / 16$	5																																																			
1011	$F_{master} / 16$	6																																																			
1100	$F_{master} / 16$	8																																																			
1101	$F_{master} / 32$	5																																																			
1110	$F_{master} / 32$	6																																																			
1111	$F_{master} / 32$	8																																																			

7.2.4.7. TIM1IER (0x215)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1BIE	T1TIE	T1COMIE	T1CC4IE	T1CC3IE	T1CC2IE	T1CC1IE	T1UIE
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1BIE	刹车中断: 1 = 使能 0 = 关闭
6	T1TIE	触发中断: 1 = 使能 0 = 关闭
5	T1COMIE	换相(COM)中断: 1 = 使能 0 = 关闭
4	T1CC4IE	通道 4 捕获/比较中断: 1 = 使能 0 = 关闭
3	T1CC3IE	通道 3 捕获/比较中断: 1 = 使能 0 = 关闭
2	T1CC2IE	通道 2 捕获/比较中断: 1 = 使能 0 = 关闭
1	T1CC1IE	通道 1 捕获/比较中断: 1 = 使能 0 = 关闭
0	T1UIE	允许更新中断: 1 = 使能 0 = 关闭

7.2.4.8. TIM1SR1 (0x216)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1BIF	T1TIF	T1COMIF	T1CC4IF	T1CC3IF	T1CC2IF	T1CC1IF	T1UIF
Type	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1BIF ¹	刹车中断标志位： 1 = 刹车输入上检测到有效电平 0 = 无刹车事件产生
6	T1TIF ¹	触发中断标志位： 1 = 已触发 0 = 无触发事件产生
5	T1COMIF ¹	换相(COM)中断标志位： 1 = 已换相 0 = 无换相事件产生
4	T1CC4IF ¹	通道 4 捕获/比较中断标志位： • 输出模式： 1 = T1CNT 与 T1CCR4 值匹配 0 = 不匹配 注：若 T1CCR4 > T1ARR，则当 CNT 计数到 T1ARR 值时，T1CC4IF 置 1。 • 输入模式： 1 = 计数器值已被捕获至 T1CCR4 (读 T1CCR4 时自动清零) 0 = 无捕获产生
3	T1CC3IF ¹	通道 3 捕获/比较中断标志位： • 输出模式： 1 = T1CNT 与 T1CCR3 值匹配 0 = 不匹配 注：若 T1CCR3 > T1ARR，则当 CNT 计数到 T1ARR 值时，T1CC3IF 置 1。 • 输入模式： 1 = 计数器值已被捕获至 T1CCR3 (读 T1CCR3 时自动清零) 0 = 无捕获产生

¹ 建议只使用 STR、MOVWI 指令进行写操作。而不要用 BSR 或 IOR 指令。

Bit	Name	Function
2	T1CC2IF ¹	<p>通道 2 捕获/比较中断标志位：</p> <ul style="list-style-type: none"> 输出模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = T1CNT 与 T1CCR2 值匹配 0 = <u>不匹配</u> <p>注：若 T1CCR2 > T1ARR，则当 CNT 计数到 T1ARR 值时，T1CC2IF 置 1。</p> <ul style="list-style-type: none"> 输入模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 计数器值已被捕获至 T1CCR2 (读 T1CCR2 时自动清零) 0 = <u>无捕获产生</u>
1	T1CC1IF ¹	<p>通道 1 捕获/比较中断标志位：</p> <ul style="list-style-type: none"> 输出模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = T1CNT 与 T1CCR1 值匹配 0 = <u>不匹配</u> <p>注：若 T1CCR1 > T1ARR，则当 CNT 计数到 T1ARR 值时，T1CC1IF 置 1。</p> <ul style="list-style-type: none"> 输入模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 计数器值已被捕获至 T1CCR1 (读 T1CCR1 时自动清零) 0 = <u>无捕获产生</u>
0	T1UIF ¹	<p>更新事件中断标志位：</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 = 发生更新事件 0 = <u>无更新事件</u>

7.2.4.9. TIM1SR2 (0x217)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	T1CC4OF	T1CC3OF	T1CC2OF	T1CC1OF	-
Type	RO	RO	RO	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:5	N/A	保留位
4	T1CC4OF ¹	通道 4 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T1CCR4 寄存器时，T1CC4IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
3	T1CC3OF ¹	通道 3 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T1CCR3 寄存器时，T1CC3IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
2	T1CC2OF ¹	通道 2 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T1CCR2 寄存器时，T1CC2IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
1	T1CC1OF ¹	通道 1 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T1CCR1 寄存器时，T1CC1IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
0	N/A	保留位

7.2.4.10. TIM1EGR (0x218)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1BG	T1TG	T1COMG	T1CC4G	T1CC3G	T1CC2G	T1CC1G	T1UG
Type	WO	WO	WO	WO	WO	WO	WO	WO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1BG ²	刹车软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
6	T1TG ²	触发软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
5	T1COMG ²	换相(COM)软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
4	T1CC4G ²	通道 4 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
3	T1CC3G ²	通道 3 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
2	T1CC2G ²	通道 2 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
1	T1CC1G ²	通道 1 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
0	T1UG ²	允许更新软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭

² 软件置 1, 硬件自动清 0。

7.2.4.11. TIM1CCMR1 – output mode (0x219)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1OC1CE	T1OC1M[2:0]			T1OC1PE	T1OC1FE	T1CC1S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	T1OC1CE	通道 1 输出参考信号 OC1REF 由 ETR 清零控制： 1 = 使能 (当 ETR 为有效电平时，OC1REF 清零) 0 = 关闭 (OC1REF 不受 ETR 输入的影响)			
6:4	T1OC1M	通道 1 输出比较模式及参考信号 OC1REF 的电平值：			
			比较模式	OC1REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T1CNT = CCR1_SHAD 时	1	
		010	当 T1CNT = CCR1_SHAD 时	0	
		011	当 T1CNT = CCR1_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T1CNT < CCR1_SHAD	1
				T1CNT > CCR1_SHAD	0
111	PWM2 模式	T1CNT < CCR1_SHAD	0		
		T1CNT > CCR1_SHAD	1		
注：输出参考信号 OC1REF 为高电平有效，其与极性选择 T1CC1P 共同决定引脚 OC1 的实际输出值；					
3	T1OC1PE	通道 1 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T1CCR1 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T1CCR1 立即被加载) 注：PWM 模式下必须使能，单脉冲模式可选			
2	T1OC1FE	通道 1 输出信号快速使能： 1 = 使能 (输入触发有效沿到通道 1 输出的延时 $\geq 3 \cdot T_{Fmaster}$ ，且通道 1 输出为固定值，输出值 = T1CEN (PWM1 模式) / !T1CEN (PWM2 模式)) 0 = 关闭 (输入触发有效沿到通道 1 输出的延时 $\geq 5 \cdot T_{Fmaster}$) 注：该位只在通道 1 被配置成 PWM1/PWM2 模式时起作用			
1:0	T1CC1S ³	通道 1 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI1FP1 10 = 输入，输入脚映射在 TI2FP1 11 = 输入，输入脚映射在 TRC			

³ 仅在通道 1 关闭 (T1CC1E = 0 和 T1CC1NE = 0) 时可写。

7.2.4.12. TIM1CCMR1 – input mode (0x219)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1IC1F[3:0]				T1IC1PSC[1:0]		T1CC1S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T1IC1F	<p>通道 1 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>Fmaster</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>Fmaster</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>Fmaster</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>Fmaster</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>Fmaster / 2</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>Fmaster / 2</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>Fmaster / 4</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>Fmaster / 4</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>Fmaster / 8</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>Fmaster / 8</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>Fmaster / 16</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>Fmaster / 16</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>Fmaster / 16</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>Fmaster / 32</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>Fmaster / 32</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>Fmaster / 32</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	Fmaster	0	0001	Fmaster	2	0010	Fmaster	4	0011	Fmaster	8	0100	Fmaster / 2	6	0101	Fmaster / 2	8	0110	Fmaster / 4	6	0111	Fmaster / 4	8	1000	Fmaster / 8	6	1001	Fmaster / 8	8	1010	Fmaster / 16	5	1011	Fmaster / 16	6	1100	Fmaster / 16	8	1101	Fmaster / 32	5	1110	Fmaster / 32	6	1111	Fmaster / 32	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	Fmaster	0																																																			
0001	Fmaster	2																																																			
0010	Fmaster	4																																																			
0011	Fmaster	8																																																			
0100	Fmaster / 2	6																																																			
0101	Fmaster / 2	8																																																			
0110	Fmaster / 4	6																																																			
0111	Fmaster / 4	8																																																			
1000	Fmaster / 8	6																																																			
1001	Fmaster / 8	8																																																			
1010	Fmaster / 16	5																																																			
1011	Fmaster / 16	6																																																			
1100	Fmaster / 16	8																																																			
1101	Fmaster / 32	5																																																			
1110	Fmaster / 32	6																																																			
1111	Fmaster / 32	8																																																			
3:2	T1IC1PSC	<p>通道 1 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T1CC1E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T1CC1S ³	<p>通道 1 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI1FP1 10 = 输入，输入脚映射在 TI2FP1 11 = 输入，输入脚映射在 TRC</p>																																																			

7.2.4.13. TIM1CCMR2 – output mode (0x21A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1OC2CE	T1OC2M[2:0]			T1OC2PE	T1OC2FE	T1CC2S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	T1OC2CE	通道 2 输出参考信号 OC2REF 由 ETR 清零控制： 1 = 使能 (当 ETR 为有效电平时，OC2REF 清零) 0 = 关闭 (OC2REF 不受 ETR 输入的影响)			
6:4	T1OC2M	通道 2 输出比较模式及参考信号 OC2REF 的电平值：			
			比较模式	OC2REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T1CNT = CCR2_SHAD 时	1	
		010	当 T1CNT = CCR2_SHAD 时	0	
		011	当 T1CNT = CCR2_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T1CNT < CCR2_SHAD	1
				T1CNT > CCR2_SHAD	0
111	PWM2 模式	T1CNT < CCR2_SHAD	0		
		T1CNT > CCR2_SHAD	1		
注：输出参考信号 OC2REF 为高电平有效，其与极性选择 T1CC2P 共同决定引脚 OC2 的实际输出值					
3	T1OC2PE	通道 2 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T1CCR2 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T1CCR2 立即被加载) 注：PWM 模式下必须使能，单脉冲模式可选			
2	T1OC2FE	通道 2 输出信号快速使能： 1 = 使能 (输入触发有效沿到通道 2 输出的延时 $\geq 3 \cdot T_{Fmaster}$ ，且通道 2 输出为固定值，输出值 = T1CEN (PWM1 模式) / !T1CEN (PWM2 模式)) 0 = 禁止 (输入触发有效沿到通道 2 输出的延时 $\geq 5 \cdot T_{Fmaster}$) 注：该位只在通道 2 被配置成 PWM1/PWM2 模式时起作用			
1:0	T1CC2S ⁴	通道 2 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI2FP2 10 = 输入，输入脚映射在 TI1FP2 11 = 输入，输入脚映射在 TRC			

⁴ 仅在通道 2 关闭 (T1CC2E = 0 和 T1CC2NE = 0) 时可写。

7.2.4.14. TIM1CCMR2 – input mode (0x21A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1IC2F[3:0]				T1IC2PSC[1:0]		T1CC2S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T1IC2F	<p>通道 2 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>Fmaster</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>Fmaster</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>Fmaster</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>Fmaster</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>Fmaster / 2</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>Fmaster / 2</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>Fmaster / 4</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>Fmaster / 4</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>Fmaster / 8</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>Fmaster / 8</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>Fmaster / 16</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>Fmaster / 16</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>Fmaster / 16</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>Fmaster / 32</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>Fmaster / 32</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>Fmaster / 32</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	Fmaster	0	0001	Fmaster	2	0010	Fmaster	4	0011	Fmaster	8	0100	Fmaster / 2	6	0101	Fmaster / 2	8	0110	Fmaster / 4	6	0111	Fmaster / 4	8	1000	Fmaster / 8	6	1001	Fmaster / 8	8	1010	Fmaster / 16	5	1011	Fmaster / 16	6	1100	Fmaster / 16	8	1101	Fmaster / 32	5	1110	Fmaster / 32	6	1111	Fmaster / 32	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	Fmaster	0																																																			
0001	Fmaster	2																																																			
0010	Fmaster	4																																																			
0011	Fmaster	8																																																			
0100	Fmaster / 2	6																																																			
0101	Fmaster / 2	8																																																			
0110	Fmaster / 4	6																																																			
0111	Fmaster / 4	8																																																			
1000	Fmaster / 8	6																																																			
1001	Fmaster / 8	8																																																			
1010	Fmaster / 16	5																																																			
1011	Fmaster / 16	6																																																			
1100	Fmaster / 16	8																																																			
1101	Fmaster / 32	5																																																			
1110	Fmaster / 32	6																																																			
1111	Fmaster / 32	8																																																			
3:2	T1IC2PSC	<p>通道 2 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T1CC2E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T1CC2S ⁴	<p>通道 2 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI2FP2 10 = 输入，输入脚映射在 TI1FP2 11 = 输入，输入脚映射在 TRC</p>																																																			

7.2.4.15. TIM1CCMR3 – output mode (0x21B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1OC3CE	T1OC3M[2:0]			T1OC3PE	T1OC3FE	T1CC3S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	T1OC3CE	通道 3 输出参考信号 OC3REF 由 ETR 清零控制： 1 = 使能 (当 ETR 为有效电平时，OC1REF 清零) 0 = 关闭 (OC3REF 不受 ETR 输入的影响)			
6:4	T1OC3M	通道 3 输出比较模式及参考信号 OC3REF 的电平值：			
			比较模式	OC3REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T1CNT = CCR3_SHAD 时	1	
		010	当 T1CNT = CCR3_SHAD 时	0	
		011	当 T1CNT = CCR3_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T1CNT < CCR3_SHAD	1
				T1CNT > CCR3_SHAD	0
		111	PWM2 模式	T1CNT < CCR3_SHAD	0
T1CNT > CCR3_SHAD	1				
注：输出参考信号 OC3REF 为高电平有效，其与极性选择 T1CC3P 共同决定引脚 OC3 的实际输出值					
3	T1OC3PE	通道 3 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T1CCR3 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T1CCR3 立即被加载) 注：PWM 模式下必须使能，单脉冲模式可选			
2	T1OC3FE	通道 3 输出信号快速使能： 1 = 使能 (输入触发有效沿到通道 3 输出的延时 $\geq 3 \cdot T_{Fmaster}$ ，且通道 3 输出为固定值，输出值 = T1CEN (PWM1 模式) / !T1CEN (PWM2 模式)) 0 = 关闭 (输入触发有效沿到通道 3 输出的延时 $\geq 5 \cdot T_{Fmaster}$) 注：该位只在通道 3 被配置成 PWM1/PWM2 模式时起作用；			
1:0	T1CC3S ⁵	通道 3 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP3 10 = 输入，输入脚映射在 TI4FP3 11 = 保留			

⁵ 仅在通道 3 关闭 (T1CC3E = 0 和 T1CC3NE = 0) 时可写。

7.2.4.16. TIM1CCMR3 – input mode (0x21B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1IC3F[3:0]				T1IC3PSC[1:0]		T1CC3S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T1IC3F	<p>通道 3 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>Fmaster</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>Fmaster</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>Fmaster</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>Fmaster</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>Fmaster / 2</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>Fmaster / 2</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>Fmaster / 4</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>Fmaster / 4</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>Fmaster / 8</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>Fmaster / 8</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>Fmaster / 16</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>Fmaster / 16</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>Fmaster / 16</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>Fmaster / 32</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>Fmaster / 32</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>Fmaster / 32</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	Fmaster	0	0001	Fmaster	2	0010	Fmaster	4	0011	Fmaster	8	0100	Fmaster / 2	6	0101	Fmaster / 2	8	0110	Fmaster / 4	6	0111	Fmaster / 4	8	1000	Fmaster / 8	6	1001	Fmaster / 8	8	1010	Fmaster / 16	5	1011	Fmaster / 16	6	1100	Fmaster / 16	8	1101	Fmaster / 32	5	1110	Fmaster / 32	6	1111	Fmaster / 32	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	Fmaster	0																																																			
0001	Fmaster	2																																																			
0010	Fmaster	4																																																			
0011	Fmaster	8																																																			
0100	Fmaster / 2	6																																																			
0101	Fmaster / 2	8																																																			
0110	Fmaster / 4	6																																																			
0111	Fmaster / 4	8																																																			
1000	Fmaster / 8	6																																																			
1001	Fmaster / 8	8																																																			
1010	Fmaster / 16	5																																																			
1011	Fmaster / 16	6																																																			
1100	Fmaster / 16	8																																																			
1101	Fmaster / 32	5																																																			
1110	Fmaster / 32	6																																																			
1111	Fmaster / 32	8																																																			
3:2	T1IC3PSC	<p>通道 3 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T1CC3E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T1CC3S ⁵	<p>通道 3 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP3 10 = 输入，输入脚映射在 TI4FP3 11 = 保留</p>																																																			

7.2.4.17. TIM1CCMR4 – output mode (0x21C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1OC4CE	T1OC4M[2:0]			T1OC4PE	T1OC4FE	T1CC4S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	T1OC4CE	通道 4 输出参考信号 OC4REF 由 ETR 清零控制： 1 = 使能 (当 ETR 为有效电平时，OC4REF 清零) 0 = 关闭 (OC4REF 不受 ETR 输入的影响)			
6:4	T1OC4M	通道 4 输出比较模式及参考信号 OC4REF 的电平值：			
			比较模式	OC4REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T1CNT = CCR4_SHAD 时	1	
		010	当 T1CNT = CCR4_SHAD 时	0	
		011	当 T1CNT = CCR4_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T1CNT < CCR4_SHAD	1
				T1CNT > CCR4_SHAD	0
		111	PWM2 模式	T1CNT < CCR4_SHAD	0
T1CNT > CCR4_SHAD	1				
注：输出参考信号 OC4REF 为高电平有效，其与极性选择 T1CC4P 共同决定引脚 OC4 的实际输出值					
3	T1OC4PE	通道 4 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T1CCR4 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T1CCR4 立即被加载) 注：PWM 模式下必须使能，单脉冲模式可选			
2	T1OC4FE	通道 4 输出信号快速使能： 1 = 使能 (输入触发有效沿到通道 4 输出的延时 $\geq 3 \cdot T_{Fmaster}$ ，且通道 4 输出为固定值，输出值 = T1CEN (PWM1 模式) / !T1CEN (PWM2 模式)) 0 = 关闭 (输入触发有效沿到通道 4 输出的延时 $\geq 5 \cdot T_{Fmaster}$) 注：该位只在通道 4 被配置成 PWM1/PWM2 模式时起作用			
1:0	T1CC4S ⁶	通道 4 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP4 10 = 输入，输入脚映射在 TI4FP4 11 = 保留			

⁶ 仅在通道 4 关闭 (T1CC4E = 0 和 T1CC4NE = 0) 时可写。

7.2.4.18. TIM1CCMR4 – input mode (0x21C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1IC4F[3:0]				T1IC4PSC[1:0]		T1CC4S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T1IC4F	<p>通道 4 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>Fmaster</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>Fmaster</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>Fmaster</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>Fmaster</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>Fmaster / 2</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>Fmaster / 2</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>Fmaster / 4</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>Fmaster / 4</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>Fmaster / 8</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>Fmaster / 8</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>Fmaster / 16</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>Fmaster / 16</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>Fmaster / 16</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>Fmaster / 32</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>Fmaster / 32</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>Fmaster / 32</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	Fmaster	0	0001	Fmaster	2	0010	Fmaster	4	0011	Fmaster	8	0100	Fmaster / 2	6	0101	Fmaster / 2	8	0110	Fmaster / 4	6	0111	Fmaster / 4	8	1000	Fmaster / 8	6	1001	Fmaster / 8	8	1010	Fmaster / 16	5	1011	Fmaster / 16	6	1100	Fmaster / 16	8	1101	Fmaster / 32	5	1110	Fmaster / 32	6	1111	Fmaster / 32	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	Fmaster	0																																																			
0001	Fmaster	2																																																			
0010	Fmaster	4																																																			
0011	Fmaster	8																																																			
0100	Fmaster / 2	6																																																			
0101	Fmaster / 2	8																																																			
0110	Fmaster / 4	6																																																			
0111	Fmaster / 4	8																																																			
1000	Fmaster / 8	6																																																			
1001	Fmaster / 8	8																																																			
1010	Fmaster / 16	5																																																			
1011	Fmaster / 16	6																																																			
1100	Fmaster / 16	8																																																			
1101	Fmaster / 32	5																																																			
1110	Fmaster / 32	6																																																			
1111	Fmaster / 32	8																																																			
3:2	T1IC4PSC	<p>通道 4 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T1CC4E = 0 时，该预分频器复位为 00；</p>																																																			
1:0	T1CC4S ⁶	<p>通道 4 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP4 10 = 输入，输入脚映射在 TI4FP4 11 = 保留</p>																																																			

7.2.4.19. TIM1CCER1 (0x21D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CC2NP	T1CC2NE	T1CC2P	T1CC2E	T1CC1NP	T1CC1NE	T1CC1P	T1CC1E
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1CC2NP	通道 2 互补输出 OC2N 极性 (T1CC2S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
6	T1CC2NE	通道 2 互补输出 OC2N 引脚功能 (T1CC2S = 00): 1 = 使能 0 = 关闭
5	T1CC2P	通道 2 输入捕获/触发模式 (T1CC2S ≠ 00): 1 = 捕获/触发发生在 TI2F 的下降沿或低电平 0 = 捕获/触发发生在 TI2F 的上升沿或高电平 通道 2 输出 OC2 极性 (T1CC2S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
4	T1CC2E	通道 2 引脚功能 (输入捕获/触发, 或输出 OC2, 参阅 T1CC2S): 1 = 使能 0 = 关闭
3	T1CC1NP	通道 1 互补输出 OC1N 极性 (T1CC1S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
2	T1CC1NE	通道 1 互补输出 OC1N 引脚功能 (T1CC1S = 00): 1 = 使能 0 = 关闭
1	T1CC1P	通道 1 输入捕获/触发模式 (T1CC1S ≠ 00): 1 = 捕获/触发发生在 TI1F 的下降沿或低电平 0 = 捕获/触发发生在 TI1F 的上升沿或高电平 通道 1 输出 OC1 极性 (T1CC1S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
0	T1CC1E	通道 1 引脚功能 (输入捕获/触发, 或输出 OC1, 参阅 T1CC1S): 1 = 使能 0 = 关闭

7.2.4.20. TIM1CCER2 (0x21E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1GP	T1SMOD	T1CC4P	T1CC4E	T1CC3NP	T1CC3NE	T1CC3P	T1CC3E
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T1GP	PWM 群组模式： 1 = 使能 (通道 CH1/2/3 及 CH1N/2N/3N 的占空比由 T1CCR1 决定，原配置 T1CCR2 / T1CCR3 失效) 0 = 关闭
6	T1SMOD	PWM 同步模式： 1 = 使能 (通道 CH1N/2N/3N 与 CH1/2/3 的信号完全相同，且无死区功能) 0 = 关闭
5	T1CC4P	通道 4 输入捕获模式 (T1CC4S = 01/10): 1 = 捕获发生在 TI4F 的下降沿或低电平 0 = 捕获发生在 TI4F 的上升沿或高电平 通道 4 输出 OC4 极性 (T1CC4S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
4	T1CC4E	通道 4 引脚功能 (输入捕获，或输出 OC4，参阅 T1CC4S): 1 = 使能 0 = 关闭
3	T1CC3NP	通道 3 互补输出 OC3N 极性 (T1CC3S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
2	T1CC3NE	通道 3 互补输出 OC3N 引脚功能 (T1CC3S = 00): 1 = 使能 0 = 关闭
1	T1CC3P	通道 3 输入捕获模式 (T1CC3S = 01/10): 1 = 捕获发生在 TI3F 的下降沿或低电平 0 = 捕获发生在 TI3F 的上升沿或高电平 通道 3 输出 OC3 极性 (T1CC3S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
0	T1CC3E	通道 2 引脚功能 (输入捕获，或输出 OC2，参阅 T1CC2S): 1 = 使能 0 = 关闭

7.2.4.21. TIM1CNTRH (0x28C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CNTH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CNTH	TIM1 计数值高 8 位

7.2.4.22. TIM1CNTRL (0x28D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CNTL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CNTL	TIM1 计数值低 8 位

7.2.4.23. TIM1PSCRH (0x28E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1PSCH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1PSCH	TIM1 预分频器高 8 位

7.2.4.24. TIM1PSCRL (0x28F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1PSCL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1PSCL	TIM1 预分频器低 8 位

7.2.4.25. TIM1ARRH (0x290)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1ARRH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T1ARRH	计数周期的自动重载寄存器(预装载值) 高 8 位 注: 当 T1ARR[15:0]为 0 时, 计数器不工作;

7.2.4.26. TIM1ARRL (0x291)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1ARRL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T1ARRL	计数周期的自动重载寄存器(预装载值) 低 8 位 注: 当 T1ARR[15:0]为 0 时, 计数器不工作;

7.2.4.27. TIM1RCR (0x292)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1REP[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T1REP	重复向下计数值

7.2.4.28. TIM1CCR1H (0x293)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR1H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR1H	通道 1 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T1CCR1L)

7.2.4.29. TIM1CCR1L (0x294)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR1L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR1L	通道 1 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC1)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM1_CH1 的输出比较值 (预装载值)

7.2.4.30. TIM1CCR2H (0x295)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR2H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR2H	通道 2 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T1CCR2L)

7.2.4.31. TIM1CCR2L (0x295)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR2L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR2L	通道 2 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC2)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM1_CH2 的输出比较值 (预装载值)

7.2.4.32. TIM1CCR3H (0x297)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR3H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR3H	通道 3 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T1CCR3L)

7.2.4.33. TIM1CCR3L (0x298)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR3L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR3L	通道 3 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC3)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM1_CH3 的输出比较值 (预装载值)

7.2.4.34. TIM1CCR4H (0x299)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR4H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR3H	通道 4 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T1CCR4L)

7.2.4.35. TIM1CCR4L (0x29A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1CCR4L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T1CCR4L	通道 4 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC4)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM1_CH4 的输出比较值 (预装载值)

7.2.4.36. TIM1BKR (0x29B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1MOE	T1AOE	T1BKP	T1BKE	T1OSSR	T1OSSI	T1LOCK[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	T1MOE ⁷	主输出控制 (仅对配置为输出的通道有效): 1 = 使能 (若 T1CCxE/T1CCxNE = 1, 则使能 OCx 和 OCxN 输出) 0 = 关闭 (关闭 OCx 和 OCxN 输出或强制为空闲状态)			
6	T1AOE	主输出自动控制: 1 = T1MOE 在下一个更新事件到来时被自动置 1 (当刹车输入无效) 或由软件置 1 0 = T1MOE 只能由软件置 1			
5	T1BKP	故障源 TIM1_BKIN 刹车输入极性: 1 = 高电平 0 = 低电平			
4	T1BKE	刹车输入(BRK)功能: 1 = 使能 0 = 关闭			
3	T1OSSR	运行模式下(当 T1MOE = 1 时)输出“关闭状态”选择 详情请见表 7-10 Timer1 输出控制和状态			
2	T1OSSI	空闲模式下(当 T1MOE=0 时)输出“关闭状态”选择 详情请见表 7-10 Timer1 输出控制和状态			
1:0	T1LOCK ⁸	锁定设置 (写保护, 防止软件错误):			
		00	01	10	11
		关闭	锁定级别 1	锁定级别 2	锁定级别 3
		寄存器无写保护	T1BKE T1BKP T1AOE T1OISx T1OISxN T1DTG	包含级别 1 T1CCxP T1CCxNP T1OSSR T1OSSI	包含级别 2 T1OCxM T1OCxPE

⁷ 当刹车输入有效时, 该位将被硬件异步清 0。

⁸ 系统复位后只能写一次 LOCK 位, 一旦写入则其内容将保持不变直至复位。

7.2.4.37. TIM1DTR (0x29C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T1DTG[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function		
7:0	T1DTG	死区发生器设置		
		T1DTG[7:0]	DT(死区持续时间)	t_{DTG}
		0xxxxxx	$T1DTG[7:0] \times t_{DTG}$	$T_{Fmaster}$ (f1)
		10xxxxxx	$(64+T1DTG[5:0]) \times t_{DTG}$	$2 \times T_{Fmaster}$ (f2)
		110xxxxx	$(32+T1DTG[4:0]) \times t_{DTG}$	$8 \times T_{Fmaster}$ (f3)
		111xxxxx	$(32+T1DTG[4:0]) \times t_{DTG}$	$16 \times T_{Fmaster}$ (f4)
		* Fmaster 为 TIM1 时钟源 例如当 $T_{Fmaster} = 125 \text{ ns}$ (8 MHz) 时, 死区时间如下:		
		T1DTG[7:0]	死区时间 (μs)	步长时间
		0 ~ 7Fh	0 ~ 15.875	125 ns (f1)
		80h ~ BFh	16 ~ 31.75	250 ns (f2)
C0h ~ DFh	32 ~ 63	1 μs (f3)		
E0h ~ FFh	64 ~ 126	2 μs (f4)		

7.2.4.38. TIM1OISR (0x29D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	T1OIS4	T1OIS3N	T1OIS3	T1OIS2N	T1OIS2	T1OIS1N	T1OIS1
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6	T1OIS4	当 T1MOE=0 时，通道 4 空闲状态输出： 1 = OC4 输出 1 0 = <u>OC4 输出 0</u>
5	T1OIS3N	当 T1MOE=0 时，互补通道 3 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC3N 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC3N 输出 0</u>
4	T1OIS3	当 T1MOE=0 时，通道 3 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC3 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC3 输出 0</u>
3	T1OIS2N	当 T1MOE=0 时，互补通道 2 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC2N 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC2N 输出 0</u>
2	T1OIS2	当 T1MOE=0 时，通道 2 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC2 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC2 输出 0</u>
1	T1OIS1N	当 T1MOE=0 时，互补通道 1 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC1N 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC1N 输出 0</u>
0	T1OIS1	当 T1MOE=0 时，通道 1 空闲状态输出： 1 = 死区时间后，OC1 输出 1 0 = <u>死区时间后，OC1 输出 0</u>

7.2.4.39. LEBCON (0x41C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LEBEN	LEBCH[1:0]		-	EDGS	BKS[2:0]		
Type	RW	RW	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	LEBEN	ADC 触发和 BKIN 的 LEB 使能位： 1 = 使能 0 = 关闭 注：当 GO/DONE=1 时进行切换将产生不可预知的结果
6:5	LEBCH	LEB 信号源： 00 = TIM1_CH1 01 = TIM1_CH2 10 = TIM1_CH3 11 = TIM1_CH4
4	N/A	保留位
3	EDGS	LEB 触发沿： 1 = 下降沿 0 = 上升沿
2:0	BKS	TIM1 的故障刹车源： 000 = 关闭 001 = BKIN 管脚 010 = LVD 检测 100 = ADC 阈值比较

7.2.4.40. AFP0 (0x19E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	AFP0[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	AFP0[5]	TIM1_CH2 管脚重映射选择： 1 = PB0 0 = <u>PA1</u>
4	AFP0[4]	TIM2_CH1 管脚重映射选择： 1 = PB0 0 = <u>PA5</u>
3	AFP0[3]	TIM2_CH3 管脚重映射选择： 1 = PA3 0 = <u>PB5</u>
2	AFP0[2]	TIM1_CH1N 管脚重映射选择： 1 = PB2 0 = <u>PC0</u>
1	AFP0[1]	ADC_ETR 管脚重映射选择： 1 = PB3 0 = <u>PA4</u>
0	AFP0[0]	TIM1_CH3 管脚重映射选择： 1 = PA3 0 = <u>PB2</u>

7.2.4.41. AFP1 (0x19F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	AFP1[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5:4	AFP1[5:4]	USART_TX 管脚重映射选择: 00 = PA6 01 = PB6 10 = PA7 11 = PA2
3:2	AFP1[3:2]	USART_RX 管脚重映射选择: 00 = PA7 01 = PA2 10 = PA6 11 = PB6
1:0	AFP1[1:0]	TIM1_CH4 管脚重映射选择: 00 = PB1 01 = PB1 10 = PA7 11 = PA2

7.3. 通用定时器 2 (TIMER2)

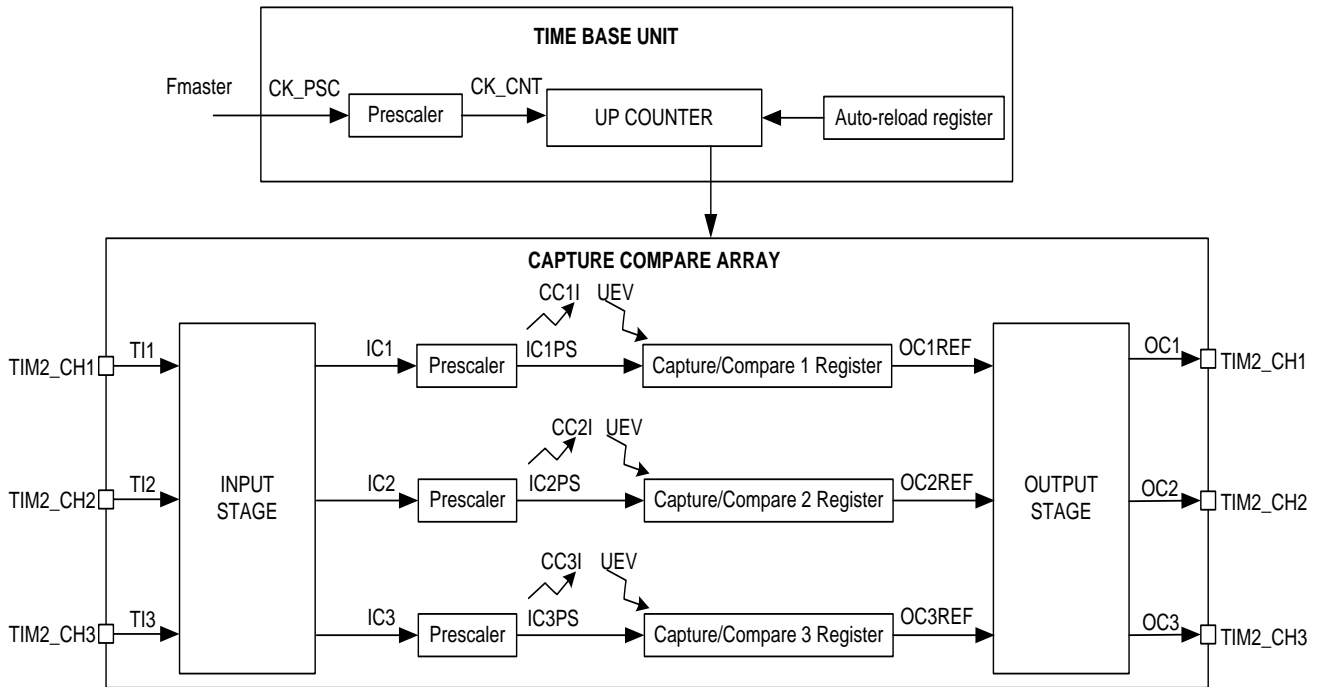


图 7-35 TIM2 原理框图

TIM2 特性:

- 16 位向上计数器，支持自动重载
- 15 位可编程预分频器
- 3 路极性可选的通道支持:
 - ✓ 输入捕获
 - ✓ 输出比较
 - ✓ 周期相同、独立占空比的 PWM 通道
 - ✓ 单脉冲模式
- 中断事件：更新事件、输入捕获、输出比较

7.3.1. 计数基本单元

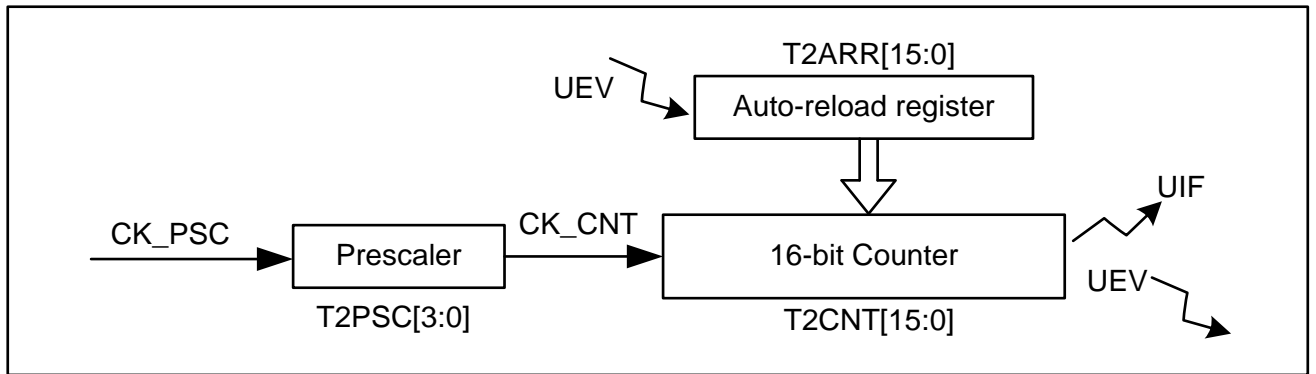


图 7-36 计数基本单元

TIM2 基本单元：

- 16 位向上计数器
- 15 位预分频器
- 16 位自动重载寄存器

向上计数模式：计数器从 0 开始向上计数，当 T2CNT = T2ARR 时，产生上溢事件，然后重新从 0 开始计数。

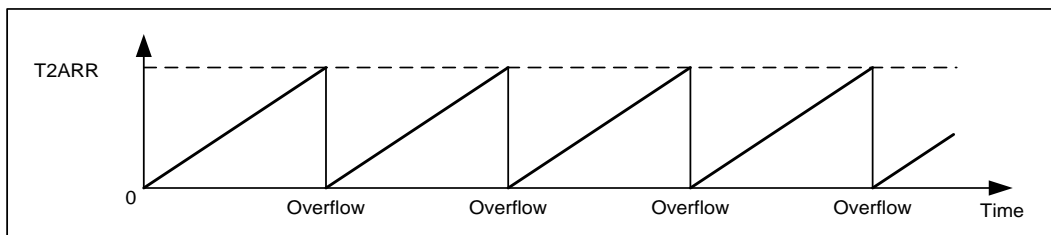


图 7-37 向上计数模式

预分频器、输出比较值和自动重载寄存器分别由预装载寄存器和影子寄存器组成。

	预分频器	输出比较值	自动重载寄存器
预装载使能位	当 T2CEN = 1 时默认使能	T2OCxPE	T2ARPE
预装载寄存器	T2PSC[3:0]	T2CCRx[15:0]	T2ARR[15:0]

表 7-12 有预装载功能的寄存器

TIM2 预分频时钟(CK_PSC)可选的 6 个时钟源(参阅 T2CKSRC)如下：

- Sysclk
- 1x or 2x HIRC
- LIRC
- 1x or 2x 外部时钟 (只有当 FOSC 相应地配置成 LP, XT 或 EC 模式时才有效)

15 位预分频器可对预分频时钟(CK_PSC)进行 1 ~ 32768 分频，从而产生计数时钟(CK_CNT)。

$$f_{CK_CNT} = f_{CK_PSC} / 2^{(PSCR[3:0])}, \quad (PSCR \text{ 为预分频器影子寄存器值})$$

注：

1. 建议在计数器停止(T2CEN = 0)时，再对计数器值 T2CNT[15:0] 进行读写操作，避免出错。
2. 需先配置周期、输出比较值等寄存器，并在使能计数器(T2CEN = 1)之前配置预分频寄存器。

当 T2UDIS = 0 时，允许产生更新事件，更新事件源（参阅“T1URS”）如下：

- 计数器上溢

当产生更新事件时，更新事件标志位 T2UIF 置位，是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE 和 T2UIE)。

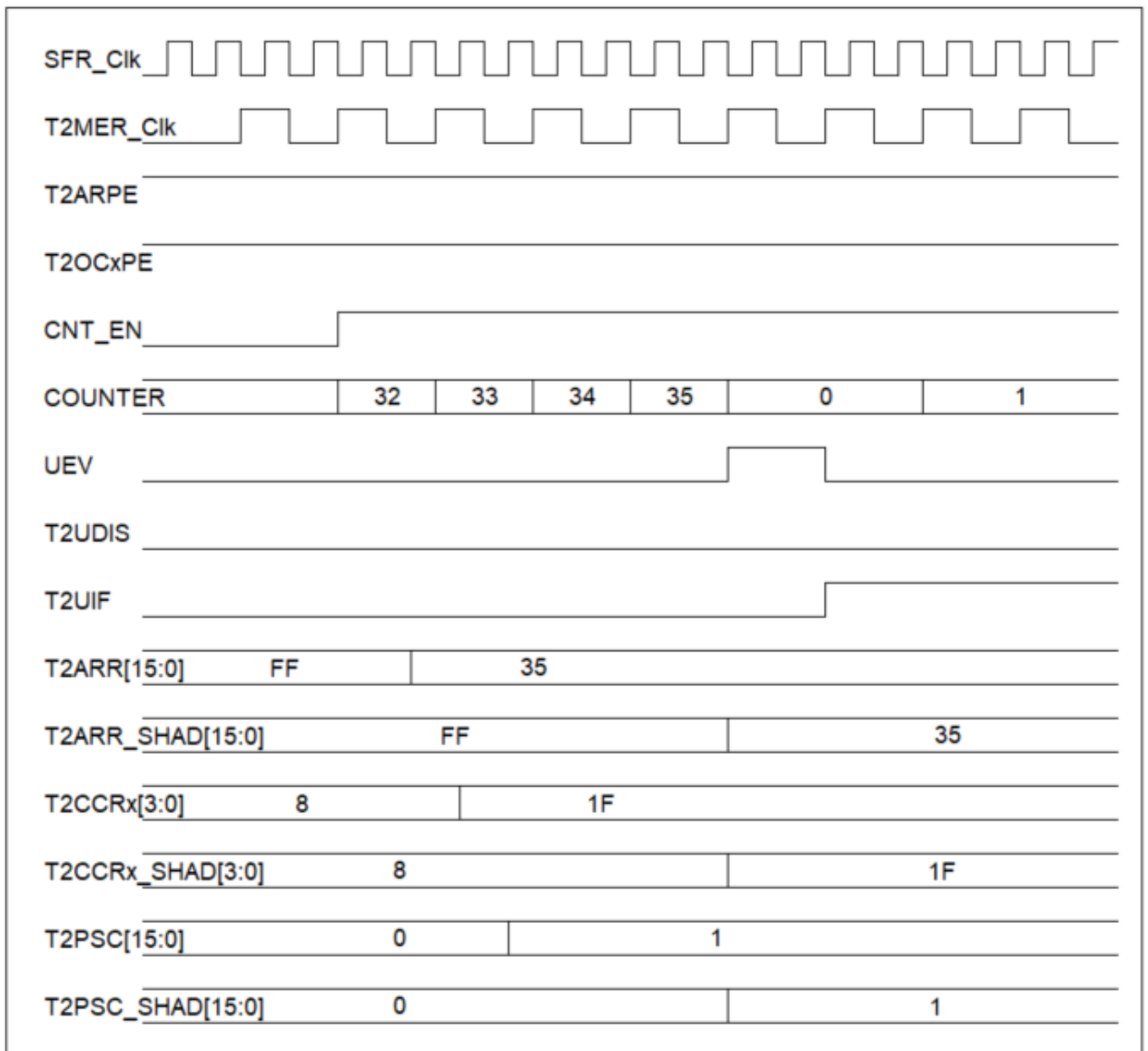


图 7-38 更新事件下，预装载寄存器的更新时序图

此外，根据不同配置，更新事件可触发以下情况：

8.1. 与预分频器、输出比较值和自动重载寄存器相关：

- 1.1 当计数器使能($T2CEN = 1$)，且其相应的预装载使能时($T2OCxPE / T2ARPE = 1$)，其影子寄存器将在产生更新事件时更新为预装载值，如 [图 7-38](#)；
- 1.3 当计数器关闭($T2CEN = 0$)，或其相应的预装载关闭时($T2OCxPE / T2ARPE = 0$)，其影子寄存器将直接更新为预装载值；

8.2. 单次脉冲模式下，产生更新事件时，将自动关闭计数器($T2CEN = 0$)，计数器停止计数；

7.3.2. 捕获/比较通道

TIM2 的 CH1~3 端口可配置为输入捕获或输出比较功能(参阅复用寄存器 TIM2CCMRx 的 T2CCxS 位)。

T2CCRx 寄存器由一个预装载寄存器和一个影子寄存器组成。读写过程仅操作预装载寄存器。

- 输入捕获模式下：

T2CCRx[15:0]为只读寄存器。当发生捕获事件时，捕获到的计数器值被写入到影子寄存器中，然后再复制到 T2CCRx 预装载寄存器中。

读 T2CCRx[15:0]寄存器时，必须先读高 8 位，再读低 8 位。读高 8 位时，预装载寄存器被冻结，然后可读到正确的低 8 位。读完低 8 位后，预装载寄存器才能更新为最新一次的捕获值。

- 输出比较模式下：

T2CCRx[15:0]为可读可写寄存器。写操作时 T2CCRx 预装载寄存器值被复制到影子寄存器中，然后影子寄存器的内容和计数器进行比较。读操作时读出的值来自预装载寄存器。

7.3.2.1. 输入捕获模式

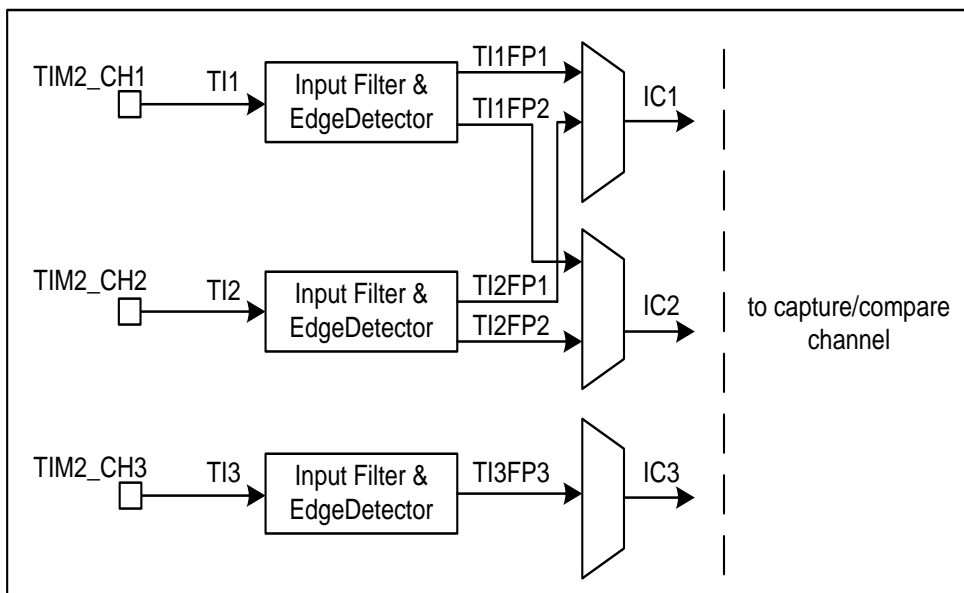


图 7-39 输入捕获通道框图

输入捕获模式下，当通道 x 发生输入捕获事件时，当前的计数值将被捕获到 T2CCRx[15:0]寄存器中，同

时输入捕获标志位 T2CCxIF 置位。如果当 T2CCxIF 保持为 1 时，再次发生输入捕获事件，则重复捕获标志位 T2CCxOF 将置位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE 和 T2CCxIE)。此外，可使能输入捕获软件中断位 T2CCxG 来触发中断。

TIM2 各通道的输入捕获源(参阅 T2CCxS)如下：

T2CCxS	通道 1	通道 2	通道 4
01	TI1FP1	TI2FP2	TI3FP3
10	TI2FP1	TI1FP2	-

表 7-13 各通道输入捕获源

信号名称	详细说明
TIM2_CH1/2/3	通道 1/2/3/4 对应的 I/O 输入
IC1/2/3	通过选择后的通道捕获源
TI1FP1	通道 1 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 1 的捕获源之一
TI1FP2	通道 1 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 2 的捕获源之一
TI2FP2	通道 2 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 2 的捕获源之一
TI2FP1	通道 2 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 1 的捕获源之一
TI3FP3	通道 3 对应 I/O 的输入捕获信号，作为通道 3 的捕获源

表 7-14 输入捕获信号说明

输入捕获通道的配置步骤请参阅 TIM1(章节 7.2.3.1)。

7.3.2.2. 输出比较模式

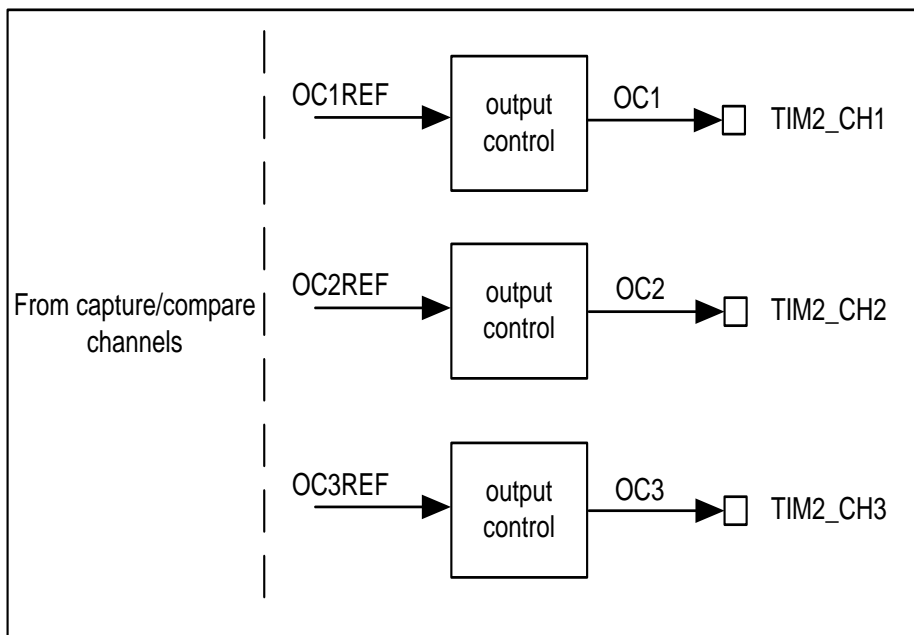


图 7-40 输出比较通道框图

输出比较模块通过对比计数值(T2CNT)与比较值(影子寄存器 CCRx_SHAD), 先产生输出参考信号 OCxREF(高电平有效), 再经过极性选择和输出控制位(T2CCxE) 将波形输出到端口。

参考信号 OCxREF 可通过 T2OCxM[2:0] 配置为 8 种输出模式:

1. 冻结模式(T2OCxM = 000): OCxREF 值保持不变;
2. 匹配有效(T2OCxM = 001): 当 T2CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1;
3. 匹配无效(T2OCxM = 010): 当 T2CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0;
4. 翻转模式(T2OCxM = 011): 当 T2CNT = CCRx_SHAD 时, OCxREF 值翻转;
5. 强制无效(T2OCxM = 100): OCxREF 一直为 0;
6. 强制有效(T2OCxM = 101): OCxREF 一直为 1;
7. PWM1 模式(T2OCxM = 110):
 - a) 当 T2CNT < CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1; 当 T2CNT > CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0;
8. PWM2 模式(T2OCxM = 111):
 - a) 当 T2CNT < CCRx_SHAD 时, OCxREF = 0; 当 T2CNT > CCRx_SHAD 时, OCxREF = 1;

当 T2CNT 与 CCRx_SHAD 匹配时, 输出比较标志位 T1CCx2F 置位。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位(GIE, PEIE, T2CCxIE)。此外, 可使能输出比较软件中断位 T2CCxG 来触发中断。

输出比较通道的配置步骤请参阅 TIM1([章节 7.2.3.2](#))。

PWM 模式 – PWM1/PWM2 周期由 T2ARR 决定、占空比由 T2CCRx 决定。

$$\text{公式 7-3} \quad PWM1/2 \text{ 周期} = (T2ARR+1) * T_{CK_CNT}$$

$$\text{公式 7-4} \quad PWM1/2 \text{ 占空比} = T2CCRx \div (T2ARR+1)$$

TIM1_CH1/2/3 通道可独立使能输出 PWM 信号, 输出信号极性可选(参阅 T2CCxP)。

单脉冲模式 – 单脉冲模式下(T2OPM = 1), 当产生下一次更新事件时, 硬件会自动关闭计数器使能位(T2CEN = 0), 计数器停止计数。

为产生一个正确的脉冲, 计数器初始值(T2CNT) 必须与比较值(T2CCRx) 不同。即启动计数前, 需满足以下配置:

- 向上计数模式: T2CNT < T2CCRx ≤ T2ARR

7.3.3. Timer2 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
PCKEN	9A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000
CKOCON	95	SYSON	CCORDY	DTYSEL		CCOSEL[2:0]			CCOEN	0010 0000
TIM2CR1	30C	T2ARPE	-	-	-	T2OPM	T2URS	T2UDIS	T2CEN	0--- 0000
TIM2IER	30D	-	-	-	-	T2CC3IE	T2CC2IE	T2CC1IE	T2UIE	---- 0000
TIM2SR1	30E	-	-	-	-	T2CC3IF	T2CC2IF	T2CC1IF	T2UIF	---- 0000
TIM2SR2	30F	-	-	-	-	T2CC3OF	T2CC2OF	T2CC1OF	-	---- 000-
TIM2EGR	310	-	-	-	-	T2CC3G	T2CC2G	T2CC1G	T2UG	---- 0000
TIM2CCMR1 (output mode)	311	-	T2OC1M[2:0]			T2OC1PE	-	T2CC1S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR1 (input mode)		T2IC1F[3:0]			T2IC1PSC[1:0]		T2CC1S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCMR2 (output mode)	312	-	T2OC2M[2:0]			T2OC2PE	-	T2CC2S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR2 (input mode)		T2IC2F[3:0]			T2IC2PSC[1:0]		T2CC2S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCMR3 (output mode)	313	-	T2OC3M[2:0]			OC3PE	-	T2CC3S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR3 (input mode)		T2IC3F[3:0]			T2IC3PSC[1:0]		T2CC3S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCER1	314	-	-	T2CC2P	T2CC2E	-	-	T2CC1P	T2CC1E	--00 --00
TIM2CCER2	315	-	-	-	-	-	-	T2CC3P	T2CC3E	---- --00
TIM2CNTRH	316	T2CNT[15:8]								0000 0000
TIM2CNTRL	317	T2CNT[7:0]								0000 0000
TIM2PSCR	318	-	-	-	-	T2PSC[3:0]				---- 0000
TIM2ARRH	319	T2ARR[15:8]								1111 1111
TIM2ARRL	31A	T2ARR[7:0]								1111 1111
TIM2CCR1H	31B	T2CCR1[15:8]								0000 0000
TIM2CCR1L	31C	T2CCR1[7:0]								0000 0000
TIM2CCR2H	31D	T2CCR2[15:8]								0000 0000
TIM2CCR2L	31E	T2CCR2[7:0]								0000 0000
TIM2CCR3H	29E	T2CCR3[15:8]								0000 0000
TIM2CCR3L	29F	T2CCR3[7:0]								0000 0000
AFP0	19E	-	-	AFP0[5:0]						--00 0000

表 7-15 Timer2 相关用户寄存器汇总 (一保留位必须保持为复位值, 不可更改)

7.3.3.1. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
0	ADCEN	ADC 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.2. CKOCON (0x95)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]			CCOEN
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	SYSON	睡眠模式下，系统时钟控制： 1 = 使能 0 = 关闭
6	CCORDY	时钟输出标志位： 1 = Yes 0 = <u>No</u>
5:4	DTYSEL	TIM1/TIM2 倍频时钟占空比调节位： 00 = 2ns 延迟 01 = 3ns 延迟 10 = 4ns 延迟 11 = 7ns 延迟
3:1	CCOSEL	输出时钟选择位： 000 = <u>Sysclk</u> 001 = HIRC 010 = LIRC 011 = XT (*) 100 = T1CK 101 = T2CK 110 = LP (*) 111 = EC (*) (*) FOSC 应相应配置成 LP/XT/EC 模式，否则时钟输出可能不正确或无输出；
0	CCOEN	时钟输出： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>

7.3.3.3. TIM2CR1 (0x30C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2ARPE	-	-	-	T2OPM	T2URS	T2UDIS	T2CEN
Type	RW	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T2ARPE	计数周期的自动预装载： 1 = 使能 (T2ARR 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T2ARR 立即被加载)
6:4	N/A	保留位
3	T2OPM	单脉冲模式： 1 = 使能 (下一次更新事件到来时，T2CEN 自动清零，计数器停止) 0 = 关闭 (发生更新事件时，计数器不停止)
2	T2URS	当 T2UDIS = 0 时，更新事件中断源： 1 / 0 = 计数器上溢
1	T2UDIS	允许产生更新事件控制： 1 = 关闭 0 = 使能
0	T2CEN	TIM2 计数器： 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.4. TIM2IER (0x30D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	T2CC3IE	T2CC2IE	T2CC1IE	T2UIE
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	T2CC3IE	通道 3 捕获/比较中断： 1 = 使能 0 = 关闭
2	T2CC2IE	通道 2 捕获/比较中断： 1 = 使能 0 = 关闭
1	T2CC1IE	通道 1 捕获/比较中断： 1 = 使能 0 = 关闭
0	T2UIE	允许更新中断： 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.5. TIM2SR1 (0x30E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	T2CC3IF	T2CC2IF	T2CC1IF	T2UIF
Type	RO	RO	RO	RO	R_W1C	R_W1C	R_W1C	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	T2CC3IF ¹	通道 3 捕获/比较中断标志位： <ul style="list-style-type: none"> 输出模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = T2CNT 与 T2CCR3 值匹配 0 = <u>不匹配</u> 输入模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 计数器值已被捕获至 T2CCR3 (读 T2CCR3 时自动清零) 0 = <u>无捕获产生</u>
2	T2CC2IF ¹	通道 2 捕获/比较中断标志位： <ul style="list-style-type: none"> 输出模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = T2CNT 与 T2CCR2 值匹配 0 = <u>不匹配</u> 输入模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 计数器值已被捕获至 T2CCR2 (读 T2CCR2 时自动清零) 0 = <u>无捕获产生</u>
1	T2CC1IF ¹	通道 1 捕获/比较中断标志位： <ul style="list-style-type: none"> 输出模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = T2CNT 与 T2CCR1 值匹配 0 = <u>不匹配</u> 输入模式： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 计数器值已被捕获至 T2CCR1 (读 T2CCR1 时自动清零) 0 = <u>无捕获产生</u>
0	T2UIF ¹	更新事件中断标志位： <ul style="list-style-type: none"> 1 = 发生更新事件 0 = <u>无更新事件</u>

7.3.3.6. TIM2SR2 (0x30F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	T2CC3OF	T2CC2OF	T2CC1OF	-
Type	RO	RO	RO	RO	R_W1C	R_W1C	R_W1C	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	T2CC3OF ¹	通道 3 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T2CCR3 寄存器时，T2CC3IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
2	T2CC2OF ¹	通道 2 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T2CCR2 寄存器时，T2CC2IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
1	T2CC1OF ¹	通道 1 重复捕获中断标志位： 1 = 发生重复捕获 (计数器值被捕获到 T2CCR1 寄存器时，T2CC1IF 已经置 1) 0 = <u>无重复捕获</u>
0	N/A	保留位

7.3.3.7. TIM2EGR (0x310)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	T2CC3G	T2CC2G	T2CC1G	T2UG
Type	RO	RO	RO	RO	WO	WO	WO	WO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	T2CC3G ²	通道 3 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
2	T2CC2G ²	通道 2 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
1	T2CC1G ²	通道 1 捕获/比较软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭
0	T2UG ²	允许更新软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.8. TIM2CCMR1 – output mode (0x311)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	T2OC1M[2:0]			T2OC1PE	-	T2CC1S[1:0]	
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	N/A	保留位			
6:4	T2OC1M	通道 1 输出比较模式及参考信号 OC1REF 的电平值：			
			比较模式	OC1REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T2CNT = CCR1_SHAD 时	1	
		010	当 T2CNT = CCR1_SHAD 时	0	
		011	当 T2CNT = CCR1_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T2CNT < CCR1_SHAD	1
				T2CNT > CCR1_SHAD	0
		111	PWM2 模式	T2CNT < CCR1_SHAD	0
T2CNT > CCR1_SHAD	1				
注：输出参考信号 OC1REF 为高电平有效，其与极性选择 T2CC1P 共同决定引脚 OC1 的实际输出值					
3	T2OC1PE	通道 1 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T2CCR1 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T2CCR1 立即被加载)			
2	N/A	保留位			
1:0	T2CC1S	通道 1 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI1FP1 10 = 输入，输入脚映射在 TI2FP1 11 = 保留			

7.3.3.9. TIM2CCMR1 – input mode (0x311)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2IC1F[3:0]				T2IC1PSC[1:0]		T2CC1S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T2IC1F	<p>通道 1 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>F_{master}</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>F_{master}</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>F_{master}</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	$F_{\text{master}} / 2$	0	0001	F_{master}	2	0010	F_{master}	4	0011	F_{master}	8	0100	$F_{\text{master}} / 2$	6	0101	$F_{\text{master}} / 2$	8	0110	$F_{\text{master}} / 4$	6	0111	$F_{\text{master}} / 4$	8	1000	$F_{\text{master}} / 8$	6	1001	$F_{\text{master}} / 8$	8	1010	$F_{\text{master}} / 16$	5	1011	$F_{\text{master}} / 16$	6	1100	$F_{\text{master}} / 16$	8	1101	$F_{\text{master}} / 32$	5	1110	$F_{\text{master}} / 32$	6	1111	$F_{\text{master}} / 32$	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	$F_{\text{master}} / 2$	0																																																			
0001	F_{master}	2																																																			
0010	F_{master}	4																																																			
0011	F_{master}	8																																																			
0100	$F_{\text{master}} / 2$	6																																																			
0101	$F_{\text{master}} / 2$	8																																																			
0110	$F_{\text{master}} / 4$	6																																																			
0111	$F_{\text{master}} / 4$	8																																																			
1000	$F_{\text{master}} / 8$	6																																																			
1001	$F_{\text{master}} / 8$	8																																																			
1010	$F_{\text{master}} / 16$	5																																																			
1011	$F_{\text{master}} / 16$	6																																																			
1100	$F_{\text{master}} / 16$	8																																																			
1101	$F_{\text{master}} / 32$	5																																																			
1110	$F_{\text{master}} / 32$	6																																																			
1111	$F_{\text{master}} / 32$	8																																																			
3:2	T2IC1PSC	<p>通道 1 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T2CC1E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T2CC1S	<p>通道 1 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI1FP1 10 = 输入，输入脚映射在 TI2FP1 11 = 保留</p>																																																			

7.3.3.10. TIM2CCMR2 – output mode (0x312)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	T2OC2M[2:0]			T2OC2PE	-	T2CC2S[1:0]	
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	N/A	保留位			
6:4	T2OC2M	通道 2 输出比较模式及参考信号 OC2REF 的电平值：			
			比较模式	OC2REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T2CNT = CCR2_SHAD 时	1	
		010	当 T2CNT = CCR2_SHAD 时	0	
		011	当 T2CNT = CCR2_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T2CNT < CCR2_SHAD	1
				T2CNT > CCR2_SHAD	0
		111	PWM2 模式	T2CNT < CCR2_SHAD	0
T2CNT > CCR2_SHAD	1				
注：输出参考信号 OC2REF 为高电平有效，其与极性选择 T2CC2P 共同决定引脚 OC2 的实际输出值					
3	T2OC2PE	通道 2 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T2CCR2 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T2CCR2 立即被加载)			
2	N/A	保留位			
1:0	T2CC2S	通道 2 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI2FP2 10 = 输入，输入脚映射在 TI1FP2 11 = 保留			

7.3.3.11. TIM2CCMR2 – input mode (0x312)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2IC2F[3:0]				T2IC2PSC[1:0]		T2CC2S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T2IC2F	<p>通道 2 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>F_{master}</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>F_{master}</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>F_{master}</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	$F_{\text{master}} / 2$	0	0001	F_{master}	2	0010	F_{master}	4	0011	F_{master}	8	0100	$F_{\text{master}} / 2$	6	0101	$F_{\text{master}} / 2$	8	0110	$F_{\text{master}} / 4$	6	0111	$F_{\text{master}} / 4$	8	1000	$F_{\text{master}} / 8$	6	1001	$F_{\text{master}} / 8$	8	1010	$F_{\text{master}} / 16$	5	1011	$F_{\text{master}} / 16$	6	1100	$F_{\text{master}} / 16$	8	1101	$F_{\text{master}} / 32$	5	1110	$F_{\text{master}} / 32$	6	1111	$F_{\text{master}} / 32$	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	$F_{\text{master}} / 2$	0																																																			
0001	F_{master}	2																																																			
0010	F_{master}	4																																																			
0011	F_{master}	8																																																			
0100	$F_{\text{master}} / 2$	6																																																			
0101	$F_{\text{master}} / 2$	8																																																			
0110	$F_{\text{master}} / 4$	6																																																			
0111	$F_{\text{master}} / 4$	8																																																			
1000	$F_{\text{master}} / 8$	6																																																			
1001	$F_{\text{master}} / 8$	8																																																			
1010	$F_{\text{master}} / 16$	5																																																			
1011	$F_{\text{master}} / 16$	6																																																			
1100	$F_{\text{master}} / 16$	8																																																			
1101	$F_{\text{master}} / 32$	5																																																			
1110	$F_{\text{master}} / 32$	6																																																			
1111	$F_{\text{master}} / 32$	8																																																			
3:2	T2IC2PSC	<p>通道 2 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T2CC2E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T2CC2S	<p>通道 2 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI2FP2 10 = 输入，输入脚映射在 TI1FP2 11 = 保留</p>																																																			

7.3.3.12. TIM2CCMR3 – output mode (0x313)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	T2OC3M[2:0]			T2OC3PE	-	T2CC3S[1:0]	
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function			
7	N/A	保留位			
6:4	T2OC3M	通道 3 输出比较模式及参考信号 OC3REF 的电平值：			
			比较模式	OC3REF 的电平值	
		000	冻结 (不比较)	保持不变	
		001	当 T2CNT = CCR3_SHAD 时	1	
		010	当 T2CNT = CCR3_SHAD 时	0	
		011	当 T2CNT = CCR3_SHAD 时	电平翻转	
		100	强制无效	0	
		101	强制有效	1	
		110	PWM1 模式	T2CNT < CCR3_SHAD	1
				T2CNT > CCR3_SHAD	0
		111	PWM2 模式	T2CNT < CCR3_SHAD	0
T2CNT > CCR3_SHAD	1				
注：输出参考信号 OC3REF 为高电平有效，其与极性选择 T2CC3P 共同决定引脚 OC3 的实际输出值					
3	T2OC3PE	通道 3 输出比较值的自动预装载： 1 = 使能 (T2CCR3 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T2CCR3 立即被加载)			
2	N/A	保留位			
1:0	T2CC3S	通道 3 模式选择： 00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP3 1x = 保留			

7.3.3.13. TIM2CCMR3 – input mode (0x313)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2IC3F[3:0]				T2IC3PSC[1:0]		T2CC3S[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function																																																			
7:4	T2IC3F	<p>通道 3 输入捕获的采样频率和数字滤波器长度：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Value</th> <th>采样频率 (f_{SAMPLING})</th> <th>数字滤波器长度 N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>0</td></tr> <tr><td>0001</td><td>F_{master}</td><td>2</td></tr> <tr><td>0010</td><td>F_{master}</td><td>4</td></tr> <tr><td>0011</td><td>F_{master}</td><td>8</td></tr> <tr><td>0100</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0101</td><td>$F_{\text{master}} / 2$</td><td>8</td></tr> <tr><td>0110</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>6</td></tr> <tr><td>0111</td><td>$F_{\text{master}} / 4$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1000</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1001</td><td>$F_{\text{master}} / 8$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1010</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1011</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1100</td><td>$F_{\text{master}} / 16$</td><td>8</td></tr> <tr><td>1101</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>5</td></tr> <tr><td>1110</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>6</td></tr> <tr><td>1111</td><td>$F_{\text{master}} / 32$</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N	0000	$F_{\text{master}} / 2$	0	0001	F_{master}	2	0010	F_{master}	4	0011	F_{master}	8	0100	$F_{\text{master}} / 2$	6	0101	$F_{\text{master}} / 2$	8	0110	$F_{\text{master}} / 4$	6	0111	$F_{\text{master}} / 4$	8	1000	$F_{\text{master}} / 8$	6	1001	$F_{\text{master}} / 8$	8	1010	$F_{\text{master}} / 16$	5	1011	$F_{\text{master}} / 16$	6	1100	$F_{\text{master}} / 16$	8	1101	$F_{\text{master}} / 32$	5	1110	$F_{\text{master}} / 32$	6	1111	$F_{\text{master}} / 32$	8
Value	采样频率 (f_{SAMPLING})	数字滤波器长度 N																																																			
0000	$F_{\text{master}} / 2$	0																																																			
0001	F_{master}	2																																																			
0010	F_{master}	4																																																			
0011	F_{master}	8																																																			
0100	$F_{\text{master}} / 2$	6																																																			
0101	$F_{\text{master}} / 2$	8																																																			
0110	$F_{\text{master}} / 4$	6																																																			
0111	$F_{\text{master}} / 4$	8																																																			
1000	$F_{\text{master}} / 8$	6																																																			
1001	$F_{\text{master}} / 8$	8																																																			
1010	$F_{\text{master}} / 16$	5																																																			
1011	$F_{\text{master}} / 16$	6																																																			
1100	$F_{\text{master}} / 16$	8																																																			
1101	$F_{\text{master}} / 32$	5																																																			
1110	$F_{\text{master}} / 32$	6																																																			
1111	$F_{\text{master}} / 32$	8																																																			
3:2	T2IC3PSC	<p>通道 3 输入捕获预分频器 (几个事件触发一次捕获)：</p> <p>00 = 1 个 01 = 2 个 10 = 4 个 11 = 8 个</p> <p>注：当 T2CC3E = 0 时，该预分频器复位为 00</p>																																																			
1:0	T2CC3S	<p>通道 3 模式选择：</p> <p>00 = 输出 01 = 输入，输入脚映射在 TI3FP3 1x = 保留</p>																																																			

7.3.3.14. TIM2CCER1 (0x314)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	T2CC2P	T2CC2E	-	-	T2CC1P	T2CC1E
Type	RO	RO	RW	RW	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	T2CC2P	通道 2 输入捕获模式 (T2CC2S = 01/10): 1 = 捕获发生在 TI2F 的下降沿或低电平 0 = 捕获发生在 TI2F 的上升沿或高电平 通道 2 输出 OC2 极性 (T2CC2S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
4	T2CC2E	通道 2 引脚功能 (输入捕获, 或输出 OC2, 参阅 T2CC2S): 1 = 使能 0 = 关闭
3:2	N/A	保留位
1	T2CC1P	通道 1 输入捕获模式 (T2CC1S = 01/10): 1 = 捕获发生在 TI1F 的下降沿或低电平 0 = 捕获发生在 TI1F 的上升沿或高电平 通道 1 输出 OC1 极性 (T2CC1S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
0	T2CC1E	通道 1 引脚功能 (输入捕获, 或输出 OC1, 参阅 T2CC1S): 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.15. TIM2CCER2 (0x315)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	T2CC3P	T2CC3E
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	T2CC3P	通道 3 输入捕获模式 (T2CC3S = 01/10): 1 = 捕获发生在 TI1F 的下降沿或低电平 0 = 捕获发生在 TI1F 的上升沿或高电平 通道 3 输出 OC3 极性 (T2CC3S = 00): 1 = 低电平 0 = 高电平
0	T2CC3E	通道 3 引脚功能 (输入捕获, 或输出 OC3, 参阅 T2CC3S): 1 = 使能 0 = 关闭

7.3.3.16. TIM2CNTRH (0x316)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CNTH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CNTH	TIM2 计数值高 8 位

7.3.3.17. TIM2CNTRL (0x317)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CNTL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CNTL	TIM2 计数值低 8 位

7.3.3.18. TIM2PSCR (0x318)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	T2PSC[3:0]			
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3:0	T2PSC	TIM2 预分频器

7.3.3.19. TIM2ARRH (0x319)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2ARRH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T2ARRH	计数周期的自动重载寄存器(预装载值) 高 8 位 注: 当 T2ARR[15:0]为 0 时, 计数器不工作

7.3.3.20. TIM2ARRL (0x31A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2ARRL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T2ARRL	计数周期的自动重载寄存器(预装载值) 低 8 位 注: 当 T2ARR[15:0]为 0 时, 计数器不工作

7.3.3.21. TIM2CCR1H (0x31B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR1H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR1H	通道 1 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T2CCR1L)

7.3.3.22. TIM2CCR1L (0x31C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR1L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR1L	通道 1 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC1)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM2_CH1 的输出比较值 (预装载值)

7.3.3.23. TIM2CCR2H (0x31D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR2H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR2H	通道 2 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T2CCR2L)

7.3.3.24. TIM2CCR2L (0x31E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR2L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR2L	通道 2 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC2)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM2_CH2 的输出比较值 (预装载值)

7.3.3.25. TIM2CCR3H (0x29E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR3H[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR3H	通道 3 捕获/比较值, 高 8 位 (参阅 T2CCR3L)

7.3.3.26. TIM2CCR3L (0x29F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T2CCR3L[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T2CCR3L	通道 3 捕获/比较值, 低 8 位 输入模式: 上一次捕获事件(IC3)捕获的计数值(此时该寄存器为只读) 输出模式: TIM2_CH3 的输出比较值 (预装载值)

7.3.3.27. AFP0 (0x19E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	AFP0[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	AFP0[5]	TIM1_CH2 管脚重映射选择： 1 = PB0 0 = <u>PA1</u>
4	AFP0[4]	TIM2_CH1 管脚重映射选择： 1 = PB0 0 = <u>PA5</u>
3	AFP0[3]	TIM2_CH3 管脚重映射选择： 1 = PA3 0 = <u>PB5</u>
2	AFP0[2]	TIM1_CH1N 管脚重映射选择： 1 = PB2 0 = <u>PC0</u>
1	AFP0[1]	ADC_ETR 管脚重映射选择： 1 = PB3 0 = <u>PA4</u>
0	AFP0[0]	TIM1_CH3 管脚重映射选择： 1 = PA3 0 = <u>PB2</u>

7.4.1. Timer4 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
PCKEN	9A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000
TIM4CR1	111	T4ARPE	-	T4CKS[1:0]		T4OPM	T4URS	T4UDIS	T4CEN	0-00 0000
TIM4IER	112	-	-	-	-	-	-	-	T4UIE	---- --0
TIM4SR	113	-	-	-	-	-	-	-	T4UIF	---- --0
TIM4EGR	114	-	-	-	-	-	-	-	T4UG	---- --0
TIM4CNTR	115	T4CNT[7:0]								0000 0000
TIM4PSCR	116						T4PSC[2:0]			---- -000
TIM4ARR	117	T4ARR[7:0]								1111 1111

表 7-16 Timer4 相关用户寄存器汇总 (-保留位必须保持为复位值, 不可更改)

7.4.1.1. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>禁止</u>
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>禁止</u>
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>禁止</u>
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>禁止</u>
0	ADCEN	ADC 模块时钟: 1 = 使能 0 = <u>禁止</u>

7.4.1.2. TIM4CR1 (0x111)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T4ARPE	-	T4CKS[1:0]		T4OPM	T4URS	T4UDIS	T4CEN
Type	RW	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	T4ARPE	计数周期的自动预装载： 1 = 使能 (T4ARR 预装载值在更新事件到来时被加载) 0 = 关闭 (T4ARR 立即被加载)
6	N/A	保留位
5:4	T4CKS	Timer4 时钟源： 00 = Sysclk 01 = HIRC 10 = LP (*) 11 = XT (*) (*) FOSC 需相应配置成 LP/XT 模式，否则振荡器将不会运行；
3	T4OPM	单脉冲模式： 1 = 使能 (下一次更新事件到来时，T4CEN 自动清零，计数器停止) 0 = 关闭 (发生更新事件时，计数器不停止)
2	T4URS	当 T4UDIS = 0 时，更新事件中断源： 1 = 计数器上溢 0 = 软件设置 T4UG 位或计数器上溢
1	T4UDIS	允许产生更新事件控制： 1 = 关闭 0 = 使能
0	T4CEN	TIM4 计数器： 1 = 使能 0 = 关闭

7.4.1.3. TIM4IER (0x112)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	T4UIE
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	T4UIE	允许更新中断： 1 = 使能 0 = 关闭

7.4.1.4. TIM4SR (0x113)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	T4UIF
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	T4UIF ¹	更新事件中标志位： 1 = 发生更新事件 0 = 无更新事件

7.4.1.5. TIM4EGR (0x114)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	T4UG
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	WO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	T4UG ²	允许更新软件中断： 1 = 使能 0 = 关闭

7.4.1.6. TIM4CNTR (0x115)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T4CNT[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	T4CNT	TIM4 计数值

7.4.1.7. TIM4PSCR (0x116)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	T4PSC[2:0]		
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:3	N/A	保留位
2:0	T4PSC	TIM4 预分频比： 000 = 1 001 = 2 010 = 4 011 = 8 100 = 16 101 = 32 110 = 64 111 = 128

7.4.1.8. TIM4ARR (0x117)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	T4ARR[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	1	1	1	1	1	1	1	1

Bit	Name	Function
7:0	T4ARR	计数周期的自动重载寄存器(预装载值) 注：此值为 0 时，计数器不工作

8. 数据 EEPROM (DROM)和程序 EEPROM (PROM)

FT61FC4x 片内集成的非易失性 DATA EEPROM (DROM)存储区和程序 EEPROM (PROM)存储器均可通过指令进行读/写访问,由 "CFGs" 和 "EEPGD" 选择所访问的存储区。128 x 8-bit 的 DROM 和 4k x 14-bit (128 page x 32 words) 的 PROM 相互独立。

DROM 存储区的典型擦写次数可达 100 万次。地址范围为 0x00 ~ 0x7F, 每次可读取或写入的单位为 1 个 byte (8-bit), 没有页模式(page mode)。PROM 存储区的典型擦写次数为 10 万次。地址范围为 0x0000 ~ 0x0FFF, 每次可读取或写入的单位为 1 个 word (14-bit),

DROM 擦除/编程实了硬件自定时, 无需软件查询, 以节省有限的代码空间, 因此写操作可在后台运行, 不影响 CPU 执行其他指令, 甚至可进入 SLEEP 状态。但 PROM 擦除/编程时, CPU 将停止执行指令。

读操作需要 1 个指令时钟周期, 而 DROM 写操作需要的时间为 $T_{WRITE-DROM}$ (~ 4 ms), PROM 擦除和写操作的时间分别为 $T_{ERASE-PROM}$ (0.75 ~ 1.25 ms)和 $T_{WRITE-PROM}$ (0.75 ~ 1.25 ms)。芯片内置有电荷泵, 因此不需要提供外部高压, 即可对 DROM 和 PROM 区进行擦除和编程。编程前, DROM 可配置成自动擦除, 但 PROM 必须由软件擦除。DROM 写操作完成时将置位相应的中断标志位 EEIF。

不支持连续读(sequential READ) 或连续写(sequential WRITE), 因此每次读/写都必须更新相应的地址。

只要 $V_{DD} \geq V_{POR}$, CPU 即可在 8 MHz / 2T 的速度下运行, 在高温下甚至可低至 1.5V 左右。而写 DROM 和 PROM 所需的电压($V_{DD-WRITE}$) 较高。对于 DROM, 最低 $V_{DD-WRITE}$ 为 2.0V。对于 PROM, 最低 $V_{DD-WRITE}$ 为 2.7V。读 DROM 和 PROM 没有此最低电压限制(参阅 $V_{DD-READ}$)。

8.1. DROM

8.1.1. 写 DROM

1. 设置 "GIE = 0"。
2. 判断 GIE, 如果 "GIE = 1", 则重复步骤 (1)。
3. 将目标地址写入 EEADRL。
4. 将目标数据写入 EEDATL。
5. 设置 "CFGs = 0" 和 "EEPGD = 0", 选择访问 DROM。
6. 设置 "WREN = 1"。
7. 向 EECON2 中顺序写入 0x55 和 0xAA。
8. 设置 "WR = 1" 以启动写。
9. 编程完成 (编程时间请参阅 $T_{WRITE-DROM}$) 后, "WR" 将由硬件自动清 0。

示例程序:

```
BCR INTCON, GIE
NOP
NOP ; 中断响应延时为 2 个 NOP
BTSC INTCON, GIE
```

LJUMP \$-4

BANKSEL EEADRL

LDWI DATA_EE_ADDR

STR EEADRL ; 写入目标地址

LDWI DATA_EE_DATA

STR EEDATL ; 写入目标数据

BCR EECON1, CFGS

BCR EECON1, EEPGD ; 选择访问 DROM

BSR EECON1, WREN

LDWI 55H

STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0x55

LDWI AAH

STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0xAA

BSR EECON1, WR ; 启动写

BSR INTCON, GIE ; GIE 置 1

BCR EECON1, WREN ; 关闭写使能

BTSC EECON1, WR

LJUMP \$-2

注：

1. 当编程正在进行中时，对 DROM 进行读操作将导致读取结果错误。
2. 在启动 DROM 的写操作前，需要先解锁，即向 EECON2 中顺序写入 0x55 和 0xAA，且不能被打断，因此解锁前需关闭所有中断。
3. GIE 清零后，需等待 2 个 NOP 的中断响应延时，再次判断 GIE 是否被清零。
4. WR 置 1 后，需至少等待一个 Sysclk (NOP 或任何其他指令)，软件才能读到正确的 WR 值，否则将读回 0 (误认为写结束)。
5. WR 置 1 后，清零 WREN 不会影响当前的写周期。
6. 当写 DROM 结束后，WREN 需由软件清零，此保护机制可防止误写操作。此外，上电延时定时器 PWRT(~64ms)也会阻止对 DROM 进行写操作。

8.1.2. 读 DROM

1. 设置 “GIE = 0”。
2. 判断 GIE，如果 “GIE = 1”，则重复步骤 (1)。
3. 将目标地址写入 EEADRL。
4. 设置 “CFGs = 0” 和 “EEPGD = 0”，选择访问 DROM。
5. 设置 “RD = 1” 以启动读。

6. 等待 4 个指令周期后，从 EEDATL 中读取目标数据。EEDATL 寄存器将保持此值直至下一次读或写操作。”RD”将由硬件自动清 0。

读 DROM 的示例程序如下：

```

BCR INTCON, GIE
NOP
NOP ; 中断响应延时为 2 个 NOP
BTSC INTCON, GIE
LJUMP $-4

BANKSEL EEADRL
LDWI DATA_EE_ADDR
STR EEADRL ; 写入目标地址
BCR EECON1, CFGS
BCR EECON1, EEPGD ; 选择访问 DROM
BSR EECON1, RD ; 启动读
NOP
NOP
NOP
NOP
LDR EEDATL, W ; 此时，数据可由指令读取

```

注：无论 CPB 为何值，软件总是可以读取 DROM。

8.2. PROM

程序地址计数器 PC 为 15 位(0x0000 ~ 0x7FFF)，最多支持 32k 地址空间。FT61FC4x 实现了 4k 的程序 PROM，共分为 128 page x 32 words (1 word = 14 bits)，地址范围为 0x0000 ~ 0x0FFF，当程序地址超过 0x0FFF 将导致回卷到 0x0000。

软件需先对程序 PROM 进行擦除，再执行编程操作。

注：

1. 当初始化配置寄存器 (参阅 FSECPB0) 设置成扇区加密时，被加密的 PROM 扇区只能读，不能擦除或写。

8.2.1. 擦除 PROM

软件擦除 PROM 的单位为 1 page (32 words)。

1. 设置 “GIE = 0”。
2. 判断 GIE，如果 “GIE = 1”，则重复步骤 (1)。
3. 将目标地址写入 EEADRL 和 EEADRH。
4. 设置 “CFGs = 0” 和 “EEPGD = 1”，选择访问 PROM。
5. 设置 “FREE = 1” 以及 “WREN = 1”。

6. 向 EECON2 中顺序写入 0x55 和 0xAA。
7. 设置 “WR = 1” 以启动擦除。
8. 擦除完成 (擦除时间 $T_{\text{ERASE-PROM}}$ 为 0.75 ~ 1.25 ms) 后, “FREE” 将由硬件自动清 0。

示例程序:

```

BCR INTCON, GIE
NOP
NOP ; 中断响应延时为 2 个 NOP
BTSC INTCON, GIE
LJUMP $-4

BANKSEL EEADRL
LDR ADDR1, W
STR EEADRL ; 写入目标地址低 8 位
LDR ADDR2, W
STR EEADRH ; 写入目标地址高 7 位
BCR EECON1, CFGS
BCR EECON1, EEPGD ; 选择访问 PROM
BSR EECON1, FREE
BSR EECON1, WREN

LDWI 55H
STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0x55
LDWI AAH
STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0xAA

BSR EECON1, WR ; 启动擦除
NOP
NOP ; 设置擦除操作需等待 2 个 NOP
BCR EECON1, WREN ; 关闭写使能
BSR INTCON, GIE ; GIE 置 1

```

注:

1. 在启动 PROM 的擦除操作前, 需要先解锁, 即向 EECON2 中顺序写入 0x55 和 0xAA, 且不能被中断, 因此解锁前需关闭所有中断。
2. WR 置 1 后, 处理器设置擦除操作需要 2 个指令周期, 因此必须在擦除指令之后紧跟 2 条 NOP 指令。
3. 擦除周期 $T_{\text{ERASE-PROM}}$ 内, CPU 将暂停执行指令, 时钟和外设将继续运行。
4. 擦除完成后, 程序将从擦除指令后的第三条指令继续执行。

8.2.2. 写 PROM

软件编程 PROM 的单位为 1 word (14 bits), 因此 1 page 需要重复编程 32 次。编程前, 对应地址需已擦除或未编程过。

1. 设置 “GIE = 0”。
2. 判断 GIE，如果 “GIE = 1”，则重复步骤 (1)。
3. 将目标地址写入 EEADRL 和 EEADRH。
4. 设置 “CFGs = 0” 和 “EEPGD = 1”，选择访问 PROM。
5. 设置 “FREE = 0” 以及 “WREN = 1”。
6. 将目标数据写入 EEDATL 和 EEDATH。
7. 向 EECON2 中顺序写入 0x55 和 0xAA。
8. 设置 “WR = 1” 以启动写。
9. 写完成 (编程时间 $T_{\text{WRITE-PROM}}$ 为 0.75 ~ 1.25 ms)后, ”WR” 将由硬件自动清 0。
10. 重复以上步骤，直至写入所有数据。

示例程序 (目标数据通过间接寻址加载):

```

BCR INTCON, GIE
NOP
NOP ; 中断响应延时为 2 个 NOP
BTSC INTCON, GIE
LJUMP $-4

BANKSEL EEADRL
LDR ADDR_L,W
STR EEADRL ; 写入目标地址低 8 位
LDR ADDR_H,W
STR EEADRH ; 写入目标地址高 7 位
LDWI LOW DATA_ADDR ; 加载目标数据的地址低 8 位
STR FSR0L
LDWI HIGH DATA_ADDR ; 加载目标数据的地址高 8 位
STR FSR0H
BCR EECON1, CFGS
BCR EECON1, EEPGD ; 选择访问 PROM
BCR EECON1, FREE
BSR EECON1, WREN

MOVIW FSR++
STR EEDATL ; 写入目标数据低 8 位
MOVIW FSR++
STR EEDATH ; 写入目标数据高 6 位

LDWI 55H
STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0x55
LDWI AAH
STR EECON2 ; 向 EECON2 写入 0xAA
BSR EECON1, WR ; 启动写

```

NOP

NOP ; 设置写操作需等待 2 个 *NOP*

BCR EECON1, WREN ; 关闭写使能

BSR INTCON, GIE ; *GIE* 置 1

注:

1. 将目标数据写入 *EEDATL* 和 *EEDATH* 时, 将被加载到 14-bit 的写锁寄存器。写操作完成后, 写锁寄存器将复位为 0x3FFF。
2. 在启动 PROM 的写操作前, 需要先解锁, 即向 *EECON2* 中顺序写入 0x55 和 0xAA, 且不能被打断, 因此解锁前需关闭所有中断。
3. *WR* 置 1 后, 处理器设置写操作需要 2 个指令周期, 因此必须在写指令之后紧跟 2 条 *NOP* 指令。
4. 写周期 $T_{\text{WRITE-PROM}}$ 内, CPU 将暂停执行指令, 时钟和外设将继续运行。
5. 写完成后, 程序将从写指令后的第三条指令继续执行。
6. 当需要更改某些 PROM 数据, 且当前 page 的其他数据需要保留时, 按以下步骤修改:
 - a) 加载要修改的 page 的起始地址。
 - b) 读取当前 page 所有数据并保存到 RAM 映射区。
 - c) 修改 RAM 映射区需要更改的新数据。
 - d) 加载要修改的 page 的起始地址, 并执行擦除操作, 以擦除当前 page。
 - e) 按编程步骤, 将 RAM 映射区的数据逐一写入当前 page。

8.2.3. 读 PROM

1. 设置 “*GIE* = 0”。
2. 判断 *GIE*, 如果 “*GIE* = 1”, 则重复步骤 (1)。
3. 将目标地址写入 *EEADRL* 和 *EEADRH*。
4. 设置 “*CFGFS* = 0” 和 “*EEPGD* = 1”, 选择访问 PROM。
5. 设置 “*RD* = 1” 以启动读。
6. 等待 2 个指令周期后, PROM 数据被写入 *EEDATH:EEDATL* 寄存器, 因而必须在读指令之后紧跟 2 条 *NOP* 指令。”*RD*”将由硬件自动清 0。 *EEDATH:EEDATL* 寄存器将保持此值直至下一次读或写操作。

读 PROM 的示例程序如下:

BCR INTCON, GIE

NOP

NOP ; 中断响应延时为 2 个 *NOP*

BTSC INTCON, GIE

LJUMP \$-4

BANKSEL EEADRL

```
LDWI PROG_ADDR_LO
STR EEADRL           ; 写入目标地址低 8 位
LDWI PROG_ADDR_HI
STR EEADRH           ; 写入目标地址高 7 位
BCR EECON1, CFGS
BSR EECON1, EEPGD     ; 选择访问 PROM
BSR EECON1, RD        ; 启动读
NOP
NOP                   ; 读等待 2 个 NOP
LDR EEDATL, W         ; 读取数据低 8 位
STR PROG_DATA_LO
LDR EEDATH, W         ; 读取数据高 6 位
STR PROG_DATA_HI
```

注意:

1. 无论 CPB 为何值，软件总是可以读取 PROM。

8.3. 读初始化配置寄存器 UCFGx

当 CFGS = 1 时，软件可读取初始化配置寄存器区 UCFGx。UCFGx 和程序 PROM 相互独立，地址从 0x8000 开始，对于未实现的单元，读返回未定义。读 UCFGx 的具体步骤请参考 [章节 8.2.3 读 PROM](#)。

8.4. 存储区读/写保护

程序区 (PROM) 可配置为全区读保护，或扇区读/写保护 (每个扇区空间为 1k x 14bit)。这些保护功能均由 IDE 界面进行选择配置。

名称	功能	默认
CPB	PROM 全区读保护	关闭
FSECPB0	PROM 扇区 0 (1k x 14bit) 读/写保护	关闭
FSECPB1	PROM 扇区 1 (1k x 14bit) 读/写保护	关闭
FSECPB2	PROM 扇区 2 (1k x 14bit) 读/写保护	关闭
FSECPB3	PROM 扇区 3 (1k x 14bit) 读/写保护	关闭

表 8-1 存储区读/写保护初始化配置寄存器

全加密和分扇区加密区别如下:

加密方式	CPU 取指	软件读	软件写	串口 OCD 读	串口 OCD 写
无	√	√	√(2)	√	√
全区	√	√	√(2)	×(1)	×(4)
分扇区	√	×(1)	×(3)	×(3)	×(5)

注:

1. EEDAT 保持旧值不变;
2. 软件不可以编程或擦除 UCFG 页;
3. 只可以读或写未加密的扇区;
4. 只允许串口做包括 UCFG 在内的全芯片擦除(解除加密);
5. 只允许串口做包括 UCFG 在内的全芯片擦除(解除加密), 或者对未加密的扇区做页擦除, 编程;
6. 任何情况下, 软件都不可以做包括 UCFG 在内的全芯片擦除;

8.5. DROM 和 PROM 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
EEADRL	191	EEADRL[7:0]								0000 0000
EEADRH	192	-	-	-	-	EEADRH[4:0]				---- 0000
EEDATL	193	EEDATL[7:0]								xxxx xxxx
EEDATH	194	-	-	EEDATH[5:0]						--xx xxxx
EECON1	195	EEPGD	CFGS	-	FREE	WRERR	WREN	WR	RD	00-0 x000
EECON2	196	EECON2[7:0]								xxxx xxxx

表 8-2 DROM 和 PROM 相关用户寄存器地址和复位值

8.5.1. EEADRL (0x191)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EEADRL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	EEADRL ¹	当 EEPGD = 0 时: DROM 地址 当 EEPGD = 1 时: PROM 地址低 8 位

8.5.2. EEADRH (0x192)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	EEADRH[3:0]			
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3:0	EEADRH ¹	当 EEPGD = 1 时: PROM 地址高 4 位

¹ 在写周期 (参阅 T_{WRITE-DROM} 和 T_{WRITE-PROM}) 内, 该寄存器不可写。

8.5.3. EEDATL (0x193)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EEDATL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	EEDATL ¹	当 EEPGD = 0 时: DROM 数据 当 EEPGD = 1 时: PROM 数据低 8 位

8.5.4. EEADRH (0x194)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	EEDATH[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5:0	EEDATH ¹	当 EEPGD = 1 时: PROM 数据高 6 位

8.5.5. EECON2 (0x196)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EECON2[7:0]							
Type	WO	WO	WO	WO	WO	WO	WO	WO
Reset	x	x	x	x	x	x	x	x

Bit	Name	Function
7:0	EECON2	PROM / DROM 写操作解锁控制: 必须先写 0x55, 再写 0xAA, 用于解锁操作, 然后将 WR 置 1 注: 这些写操作必须在连续的指令周期内完成, 不能被打断

8.5.6. EECON1 (0x195)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	EEPGD	CFGS	-	FREE	WRERR	WREN	WR	RD
Type	RW	RW	RO	RW	RW	RW	RW1	RW1
Reset	0	0	0	0	x	0	0	0

Bit	Name	Function
7	EEPGD	存储区选择 (当 CFGS = 0 时): 1 = 访问 PROM 0 = 访问 DROM
6	CFGS	存储区控制: 1 = 访问配置寄存器 (读访问) 0 = 访问 PROM 或 DROM
5	N/A	保留位
4	FREE	下一条 WR 命令所执行的 PROM 操作: 1 = 擦除 (完成后由硬件清零) 0 = 写 注: 仅当 CFGS = 0 且 EEGD = 1 时有效;
3	WRERR	PROM / DROM 擦除/写错误标志位: 1 = 中止 (除 POR 之外的任何复位) 0 = 正常完成
2	WREN	PROM / DROM 写使能: 1 = 使能 0 = 关闭
1	WR	PROM / DROM 写控制: 1 = 启动一次写或写正在进行中 (置 1 后至少等 1 个 Sysclk 才能回读, 完成后自动清零) 0 = 完成
0	RD	PROM / DROM 读控制: 1 = 使能 (保持 4 个指令周期后自动清零) 0 = 关闭

9. 12-bit 模/数转换器 (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER, ADC)

ADC 模块可将模拟输入信号转换成 12-bit 的数字信号。ADC 可在不同的时钟速度下运行，并且在高达 2MHz 的时钟速度下 (即 105 kHz 的采样率，9.5 μ s/采样) 仍具有 11-bit 精度。

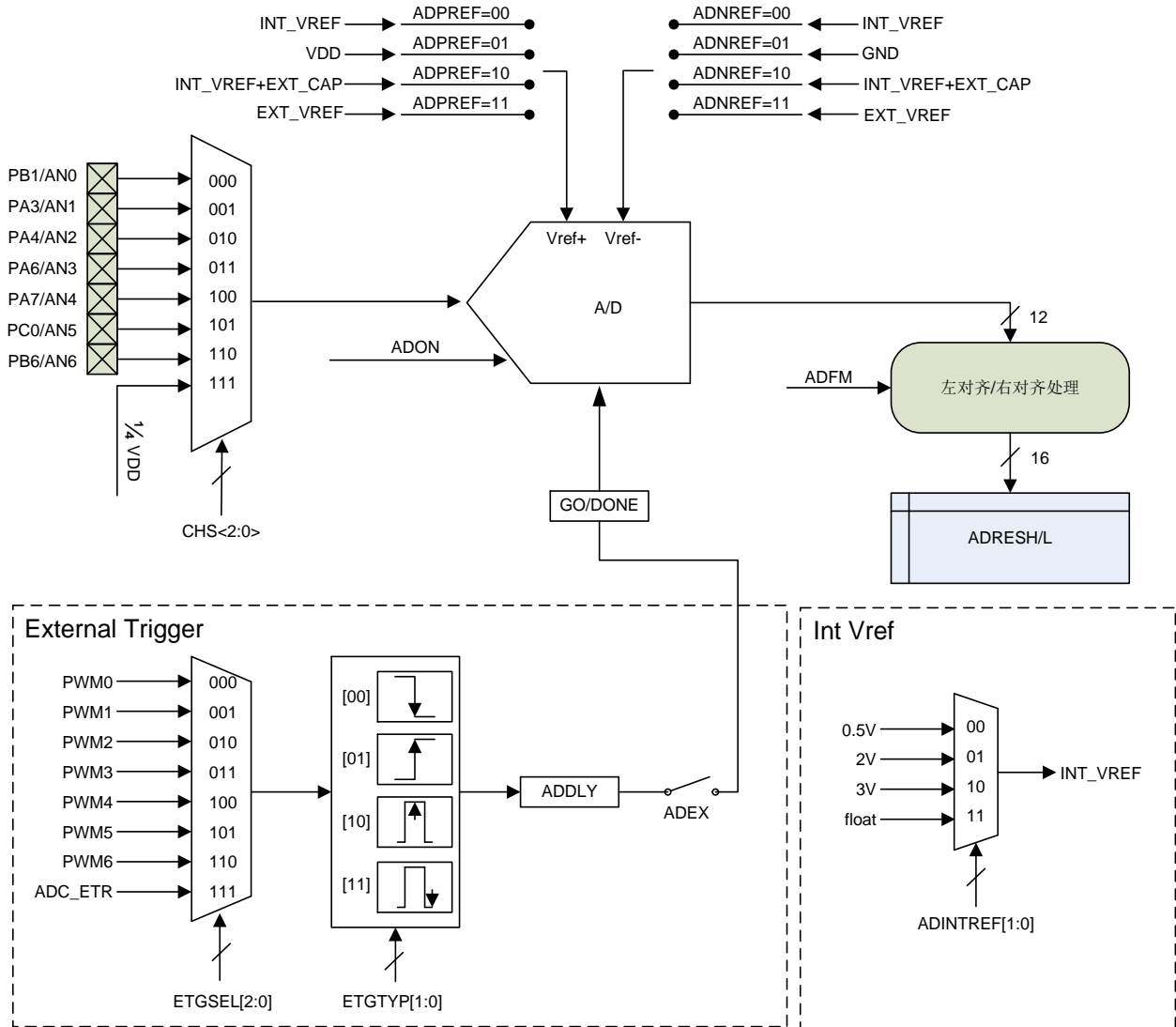


图 9-1 ADC 结构框图

模拟输入信号可选择为 7 个 I/O (ANx) 通道之一或 1 个内部通道 (1/4VDD)。ADC 由指令、I/O (PA4 / PB3) 或 PWM 触发。在触发和 ADC 采样之间可增加延时或前沿消隐(Leading Edge Blanking, LEB)。

当 ADC 转换完成时，将置位相应的中断标志位，并可触发中断和/或从睡眠中唤醒。

ADC 参考电压($V_{ADC-REF}$) 可通过指令选择为 V_{DD} ，3 个内部参考电压(0.5V, 2V, 3V) 之一，或通过 I/O 输入外部参考电压。

ADC 不需要校准。另外，ADC 转换过程在后台运行，转换期间 CPU 可执行其他指令。

如果 ADC 需要在 SLEEP 下保持运行：

1. 需设置 SYSON = 1，以使 Sysclk 保持运行；

2. 当 ADC 转换时钟源为 LIRC 时，进入 SLEEP 后 LIRC 将保持运行，与 SYSON 无关；
当 ADC 配置为硬件触发(PA4/PB3 或 PWM)时，GO/DONE 由硬件触发事件直接置位并启动 A/D 转换，软件置位 GO/DONE 将被忽略。

在高采样率的应用中，使用 ADC 时需注意 3 个时间点：

1. 所选通道开始采样的时刻。
2. 结束采样的时刻。采样保持电路断开前的瞬间，所选通道上的电压值被用于测量转换。
3. 数据转换完成时间。

9.1. ADC 配置

配置 ADC 包括以下设置 (更改配置时需设置 ADON = 0 以关闭 A/D 转换或外部触发)：

- ADC 模块时钟
- 通道选择
- ADC 参考电压
- ADC 转换时钟源
- 转换结果格式
- 触发源
- ADC 延时或前沿消隐 (LEB)
- 阈值比较 (可选)
- 响应 (中断设置)

通道选择 – 由 CHS 寄存器选择输入通道，连接到用于 ADC 转换的采样保持电路。相应的 I/O 需设置 TRISx = 1 和 ANSELAX = 1 来配置成模拟输入。

ADC 参考电压($V_{\text{ADC-REF}}$) – ADC 以 2 个参考电压作为相对值来测量输入模拟电压： $V_{\text{REF+}}$ 和 $V_{\text{REF-}}$ 。参考电压可以选择为：

- $V_{\text{REF+}}$ 可选 VDD, $V_{\text{REF-}}$ 可选 GND
- 内部参考电压
- 内部参考电压加外部电容 C_{EXT}
- 外部参考电压 ($V_{\text{REF+}}$ 为 PA1, $V_{\text{REF-}}$ 为 PA0)

$V_{\text{REF+}}$ 和 $V_{\text{REF-}}$ 可以为上述选择的不同组合，但不可以同时选择内部参考电压，否则 $V_{\text{REF-}}$ 将强制连接到 GND。

内部参考电压可以为 0.5V, 2.0V, 3.0V 或“未连接” (参阅“ADINTREF”)。

内部参考电压的出厂实测值存储在 PROM 的 information 区，PROM 存储地址如表 9-1，具体读取方法请参阅章节 8.3。

地址	名称	说明 ($V_{DD} = 5V$)
0x8060	VREF0P5_CAL[13:0]	ADC 内部参考 0.5V 的实测值
0x8061	VREF2P0_CAL[13:0]	ADC 内部参考 2V 的实测值
0x8062	VREF3P0_CAL[13:0]	ADC 内部参考 3V 的实测值

表 9-1 ADC V_{REF} 出厂值地址

注:

- ADC 内部参考电压 $VREFxPx_CAL[13:12]$ 表示实测值的整数部分, $VREFxPx_CAL[11:0]$ 表示小数部分。例如 $VREF0P5_CAL[13:0] = 0502$, 表示实测值为 0.502V。

ADC 转换时钟选择 – ADC 可通过指令选择 7 种时钟频率 (参阅 "ADCS"):

- SysClk/N; $N = 2, 4, 8, 16, 32, 64$
- LIRC (256 kHz 或 32 kHz, 参阅 "LFMOD")

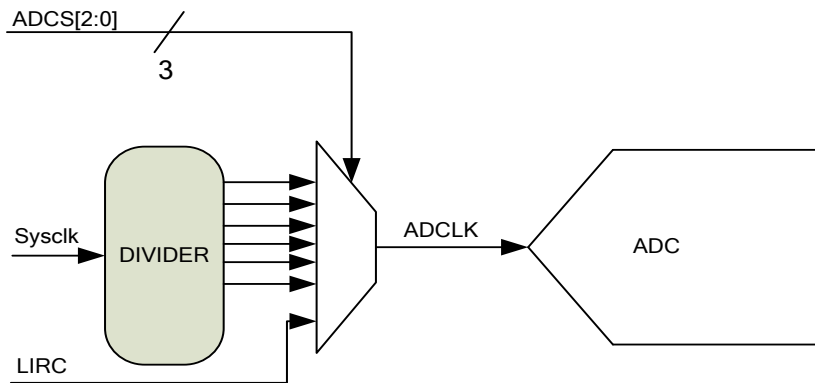


图 9-2 ADC 时钟配置

转换结果格式 – A/D 转换结果可储存为左对齐或右对齐两种格式 (参阅 "ADFM")。

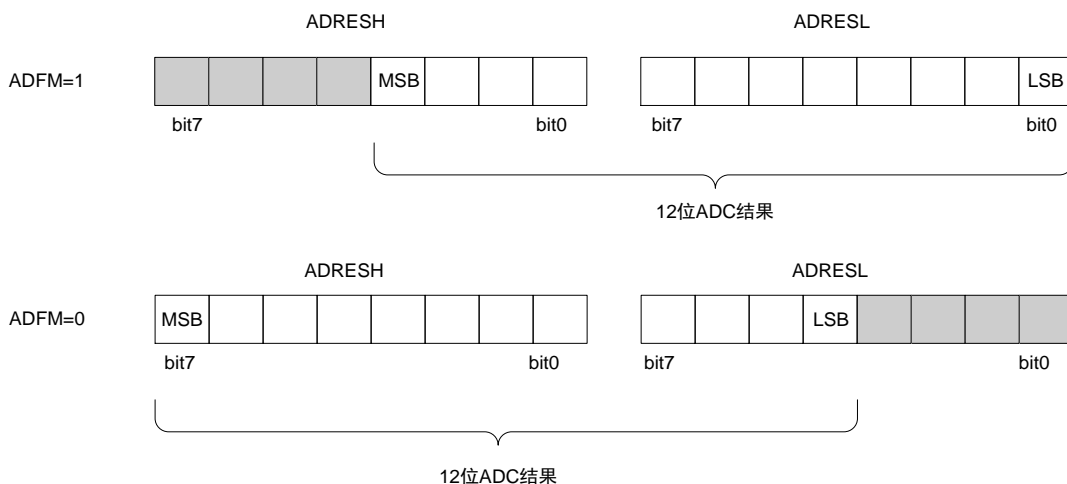


图 9-3 ADC 转换结果格式

9.1.1. ADC 触发和延时配置

ADC 转换可由指令 (ADEX = 0)、PWM (边沿/周期) 或 I/O (PA4/PB3) 转变沿 (ADEX = 1) 触发。其中，PWM 的触发类型可选择为“上升沿”、“下降沿”、“周期的中点”或“周期的终点”，PA4/PB3 的触发沿可选择为“上升沿”或“下降沿”(参阅“ETGTYP”和“ETGSEL”)。

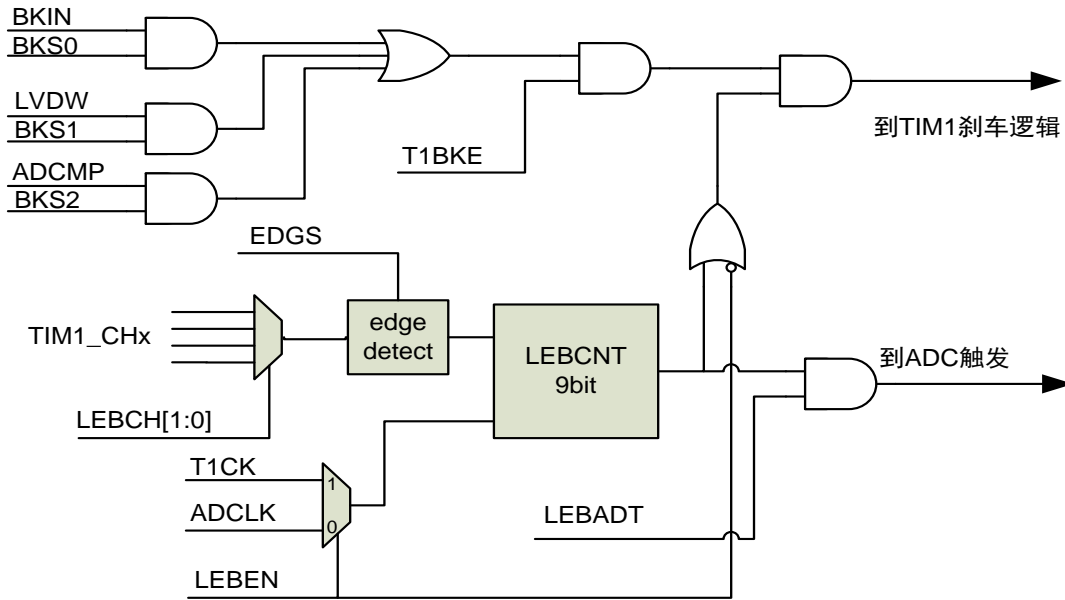


图 9-4 LEB 结构框图

在高速开关应用中，开关(如 MOSFETs/IGBTs)导通瞬间通常会产生极大的瞬变电流，而这些瞬变会导致测量误差。利用前沿消隐(LEB)功能，应用程序可忽略 PWM 输出边沿附近产生的由 MOSFETs/IGBTs 开关所引起的预期瞬变。

LEB 和 PWM 的时钟源均为 T1CK (Timer1 时钟源)。LEB 计时期间，ADC 保持采样，直至 LEB 计时溢出(参阅“LEBPR”)。在 LEB 计时周期内如果再次发生有效的 LEB 触发沿，则 LEB 定时器将清 0 并重新开始计数。

触发条件	延迟 / 消隐	触发通道
指令	(无延迟)	(N/A)
I/O (PA4/PB3)	$(ADDLY+1) \times T_{AD}$; $ADDLY = LEBPR$	I/O (PA4或PB2)
PWM	$(LEBPR+1) \times T_{AD}$	LEBEN = 0; ETGSEL (LEBCH 忽略)
	$(LEBPR+1) \times T_{T1CK}$ ($T_{T1CK} = \text{Timer1 period}$)	LEBEN = 1; LEBCH (ETGSEL 忽略)

表 9-2 ADC 触发，延迟和通道设置

如果由软件触发(ADEX = 0)，GO/DONE 由指令置位后立即启动 A/D 转换。如果由 PA4/PB2 或 PWM 触发，则有一定的延迟时间(“ $1 \times T_{AD}$ ”或“ $1 \times T_{T1CK}$ ”，参阅 表 9-2)。另外可通过设置 ADDLY / LEBPR 寄存器在 GO/DONE 置位前增加额外的延迟。ADC 延时定时器(ADDLY)和 LEB 定时器(LEBPR)共用同一个 9-bit 计数器，此计数器由 LEBPR9 和 LEBPRL[7:0]组成。延迟结束后采样保持电路将立即断开。

注：

1. 在使能 LEB 前，需先设置 ADEX 和 ADON 寄存器。
2. ADC 转换完成前将忽略新的触发条件。
3. 如果 LEBEN=1，则将忽略 ETGSEL，触发源即为 LEB 的触发源。此时由 LEB 定时器溢出触发 ADC 自动转换 (参阅 “LEBADT”)。

9.1.2. ADC 中止转换

有时需中止 ADC 转换，比如需启动新的 ADC 采样。

- 当 ADEX = 0 (指令触发)时，可通过软件设置 GO/DONE = 0 来中止 ADC。
- 当 ADEX = 1 时，必须通过关闭 ADC 模块(ADON = 0)来中止 ADC。
- 当 ADC 转换被中止时，中止操作需等待 $4 \times T_{AD}$ 的处理时间，而后 ADRESH 和 ADRESL 将部分更新为已转换完成位的值，未完成位将全部用最后转换的那 1 位的值来填充。
- 系统复位时，由于相应的寄存器被复位，因此 ADC 将中止，且 ADC 模块被关闭。

9.1.3. 阈值比较

ADC 转换完成后可自动将结果取反并与 ADCMPH 寄存器里的阈值进行比较(参阅 “ADCMPEN”)。由 ADCMPOP 设置比较极性, ADCMPO 输出比较结果。当产生相应的匹配条件时可触发 PWM 故障刹车(参阅 “ADFBEN”)。仅转换结果的高 8 位用于阈值比较，因此 V_{REF+} 和 V_{REF-} 之间的比较 step 为 0.4%。

注：

1. 需先将目标比较值取反后，再写到 ADCMPH 寄存器，用于阈值比较。
2. 当 ADCMPEN = 0 或 ADON = 0 时，ADCMPO 将清零；进入睡眠模式，ADCMPO 不清零。

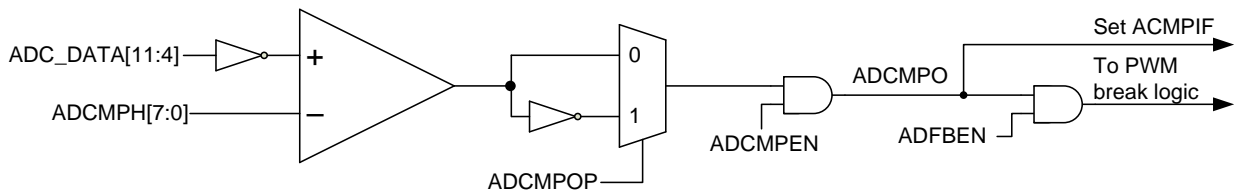


图 9-5 ADC 阈值比较结构框图

9.1.4. 中断

ADC 转换完成时将置位相应的中断标志位 ADCIF。是否触发中断和/或从睡眠中唤醒则取决于相应的中断使能控制位(GIE, PEIE, ADCIE)。

注：

1. 无论中断使能位是否打开，ADC 每次正常转换完成时都将置位 ADCIF。
2. 软件中止 AD 转换不会置位 ADCIF。

9.2. ADC 采样保持时间

采样保持时间 T_{ACQ} ，必须足够长以保证内部 ADC 电压稳定在输入通道电压的 0.01%误差以内，从而达到 12bit 的精度(0.024%)。采样保持时间和外部串联电阻的关系如下(表 9-2)：

$$T_{ACQ} > 0.09 \times (R + 1) (\mu s); R \text{ 的单位为 } k\Omega$$

当采样保持时间 T_{ACQ} 为 $2\mu s$ 时，外部串联电阻必须 $\leq 21\text{ k}\Omega$ 。如果使用更大的串联电阻，则 T_{ACQ} 将成比例增加。结点漏电流限制了允许使用的最大串联电阻值。对于 5 nA 的结点漏电流，在 $50\text{ k}\Omega$ 的串联电阻上将产生 0.25 mV (2 V 参考电压的 0.0125%) 的压降。而当温度超过 100°C 时，结点漏电流将大幅提高。因此，串联电阻越小越好。

串联电阻值	T_{ACQ}
$> 50\text{ k}\Omega$	(不推荐)
$43\text{ k}\Omega$	$\geq 4.0\ \mu s$
$21\text{ k}\Omega$	$\geq 2.0\ \mu s$
$< 21\text{ k}\Omega$	$\geq 2.0\ \mu s$

表 9-3 不同的外部串联电阻与最短 T_{ACQ} 的对应关系

采样保持时间即为内部 ADC 观测输入通道电压的时间。

采样保持时间的开始 = 通道切换(参阅“CHS”)后或 ADC 稳定(参阅“ T_{ST} ”)后，以时间较长者为准。

采样保持时间的结束 = 硬件触发延迟结束或 GO/DONE 置 1 后，延迟时间由触发条件决定(参阅 表 9-2)，同时采样保持电路断开。

采样点 = GO/DONE 被置 1 时刻。

采样断开后开始数据转换，转换过程需 $13 \times T_{AD}$ 时间。由于采样断开到开始转换需要 $1 - 2 \times T_{AD}$ 延时，因此从硬件触发延迟结束或软件 GO/DONE 置 1 后到数据转换完成需要 $14 \times T_{AD}$ 到 $15 \times T_{AD}$ 时间。数据转换完成后，采样保持电路重新闭合，开始下一个采样周期，同样需等待足够长的采样时间 T_{ACQ} 后，才能再次启动 A/D 转换。

9.3. ADC 最短采样时间

T_{AD} 为 ADC 的时钟周期。完整的 12-bit 转换所需最短时间：

$$T_{ACQ} + 15 \times T_{AD}$$

可保证 11-bit 精度的最高转换采样率为 105 kHz ($\sim 9.5\ \mu s/\text{采样}$)。

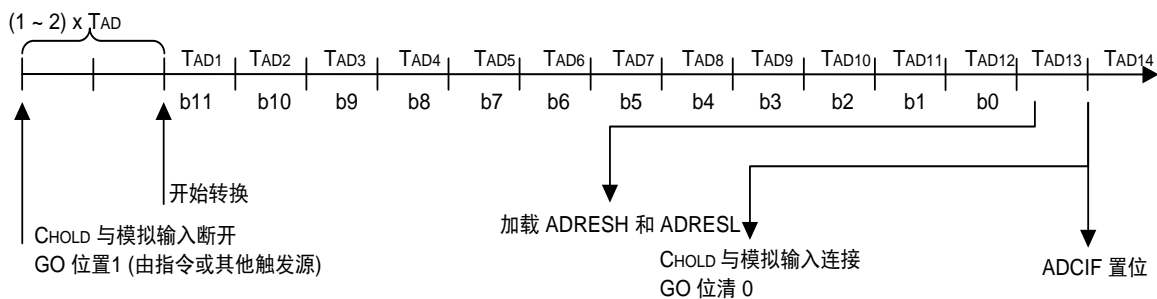


图 9-6 模数转换 T_{AD} 周期

9.4. ADC 转换步骤示例

设置 ADC：

1. 设置 $ADCEN = 1$ ，打开 ADC 模块时钟；

2. 配置端口：
 - a. 设置 $TRISx = 1$ ，禁止引脚输出驱动；
 - b. 设置 $ANSELAx = 1$ ，关闭数字输入、弱上拉和弱下拉功能；
3. 配置 ADC 模块：
 - a. 选择 ADC 转换时钟源；
 - b. 选择 ADC 参考电压；
 - c. 选择 ADC 触发条件：软件、PA4/PB3-ADC_ETR 或 PWM，有或无 LEB；
 - d. 选择转换结果格式；
 - e. 使能阈值比较(可选)；
4. 配置 ADC 中断 (可选)：
 - a. 使能 ADC 转换完成中断；
 - b. 使能外设总中断；
 - c. 关闭全局中断(如需执行中断服务程序则使能)；
5. 打开 ADC 模块。然后等待所需稳定时间 T_{ST} (~15 μ s)，当 $V_{ADC-REF}$ 选择内部参考电压时，则需等待内部参考电压的稳定时间 T_{VRINT} (参阅“ T_{VRINT} ”，[章节 13.7](#)) 和 T_{ST} 时间的较长者，即 $\max(T_{VRINT}, T_{ST})$ 。

至此，ADC 已准备好对不同的通道进行采样。对输入通道采样时：

1. ADC 输入选择为需测量的通道 (参阅“CHS”)。
2. 如有必要，需清除 ADC 转换完成中断标志位 ADCIF。
3. 对采样时间 T_{ACQ} 有最低要求， T_{ACQ} 需足够长以保证内部 ADC 输入电容充满至输入通道电压的 0.01% 误差以内。另外取决于触发类型，切换通道后或 ADC 稳定后(以时间较长者为准)可能会有一定的延迟再触发。
 - a. 对于软件触发，需要额外的 T_{ACQ} 时间。
 - b. 对于 PA4/PB3-ADC_ETR 或 PWM 触发，除非使用非常大的串联电阻，否则内部延迟时间 $(ADDLY+1) \times T_{AD}$ 通常大于 T_{ACQ} ，因此不需要再额外延迟 T_{ACQ} 。
6. 等待所需的延迟后，由指令置位 GO/DONE，或等待硬件触发事件自动置位 GO/DONE，以启动 A/D 转换。
7. 通过以下方式等待 ADC 转换完成：
 - c. 等待 1 个 sysclk 周期后，查询 GO/DONE 位；
 - d. 等待 ADC 中断 (使能中断时)；
8. 读取 ADC 转换结果。
9. 如有必要，清除 ADC 转换完成中断标志位 ADCIF。

注：

1. 虽然 GO/DONE 和 ADON 在同一个寄存器(ADCON0)中，但不应同时设置。
2. ADC 转换过程中或等待外部触发时，不可更改配置。建议在 $ADON = 0$ 时进行更改。

以下为 ADC 程序示例 (输入采样通道为 PB1，ADC 时钟为 LIRC)：

```

BANKSEL PCKEN
BSR PCKEN,0           ; ADC module clock
BANKSEL TRISB
BSR TRISB,1           ; Set PB1 to input
BANKSEL ANSELA
BSR ANSELA, 0         ; Set PB1 to analog
BANKSEL ADCON1
LDWI B'11110101'     ; Right justify, ADC LIRC clock
STR ADCON1            ; Vref+: VDD , Vref-: GND
BANKSEL ADCON0
LDWI B'00000000'     ; Select channel AN0
STR ADCON0
BSR ADCON0,ADON       ; Turn ADC On
CALL StableTime       ; ADC stable time
BSR ADCON0,GO         ; Start conversion
NOP                   ; GO/DONE ReadBack WaitTime
BTSC ADCON0,GO        ; Conversion done?
LJUMP $-1             ; No, test again
BANKSEL ADRESH
LDR ADRESH,W          ; Read upper 4 bits
STR RESULTHI          ; store in SRAM space
BANKSEL ADRESL
LDR ADRESL,W          ; Read lower 8 bits
STR RESULTLO          ; Store in SRAM space
    
```

9.5. ADC 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
ANSELA	197	-	ANSELA[6:0]							-000 0000
PCKEN	9A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000
ADRESL	9B	A/D 转换结果低有效位								0000 0000
ADRESH	9C	A/D 转换结果高有效位								0000 0000
ADCON0	9D	-	CHS[2:0]			-	ADEX	GO/DONE	ADON	-000 -000
ADCON1	9E	ADFM	ADCS[2:0]			ADNREF[1:0]		ADPREF[1:0]		0000 0000
ADCON2 ¹	9F	ADINTREF[1:0]		ETGTYP[1:0]		ADDLY.8	ETGSEL[2:0]			0000 0000
ADCON3 ¹	41A	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEM	ADCMPO	LEBADT	-	ELVDS[1:0]		0000 0-00
ADDLY ¹	1F	ADDLY[7:0] / LEBPRL[7:0]								0000 0000
ADCMPEM	41B	ADCMPEM[7:0]								0000 0000
LEBCON ¹	41C	LEBEN	LEBCH[1:0]		-	EDGS	BKS2	BKS1	BKS0	000- 0000
AFP0	19E	-	-	AFP0[5:0]						--00 0000

表 9-4 ADC 相关用户寄存器地址

¹ 当 ADCEN = 0 时，此寄存器仍可读写。

9.5.1. ANSELA (0x197)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	ANSELA[6:0]						
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6:0	ANSELA	AN[6:0]引脚功能： 1 = 模拟输入 0 = 数字 I/O

9.5.2. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭
0	ADCEN	ADC 模块时钟： 1 = 使能 0 = 关闭

9.5.3. ADRESL (0x9B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADRESL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	ADRESL	ADC 转换结果低有效位 (LSB): ADFM = 0: ADRESL[7:4] = 低 4 位 (其余为 “0”) ADFM = 1: ADRESL[7:0] = 低 8 位

9.5.4. ADRESH (0x9C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADRESH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	ADRESH	ADC 转换结果高有效位 (MSB): ADFM = 0: ADRESH[7:0] = 高 8 位 ADFM = 1: ADRESH[3:0] = 高 4 位 (其余为 “0”)

9.5.5. ADCON0 (0x9D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	CHS[2:0]			-	ADEX	GO/DONE	ADON
Type	RO	RW	RW	RW	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6:4	CHS	ADC 模拟输入通道： 000 = AN0 001 = AN1 010 = AN2 011 = AN3 100 = AN4 101 = AN5 110 = AN6 111 = 1/4 V _{DD}
3	N/A	保留位
2	ADEX	ADC 触发条件 (GO/DONE): 1 = 由 PA4/PB3 或 PWM 置位 GO/DONE (硬件触发) 0 = 由指令置位 GO/DONE (软件触发)
1	GO/DONE	ADC 转换启动和状态位： 1 = 由软件, PA4/PB3 或 PWM 启动 A/D 转换 (转换完成后自动清零) 0 = 转换完成 / 未进行转换
0	ADON	ADC 模块： 1 = 使能 0 = 关闭 (无电流消耗)

9.5.6. ADCON1 (0x9E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADFM	ADCS[2:0]			ADNREF[1:0]		ADPREF[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	ADFM	A/D 转换结果格式 (参阅 "ADRESH"): 1 = 右对齐 0 = 左对齐
6:4	ADCS	ADC 转换时钟源: 000 = SysClk/2 001 = SysClk/8 010 = SysClk/32 011 = LIRC 100 = SysClk/4 101 = SysClk/16 110 = SysClk/64 111 = LIRC
3:2	ADNREF	$V_{ADC-REF-}$ (负参考电压): 00 = 内部 $V_{ADC-REF}$ 01 = GND 10 = 内部 $V_{ADC-REF}$ + 外部电容 C_{EXT} 11 = 外部参考电压 (I/O)
1:0	ADPREF	$V_{ADC-REF+}$ (正参考电压): 00 = 内部 $V_{ADC-REF}$ 01 = V_{DD} 10 = 内部 $V_{ADC-REF}$ + 外部电容 C_{EXT} 11 = 外部参考电压 (I/O)

9.5.7. ADCON2 (0x9F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADINTREF[1:0]		ETGTYP[1:0]		ADDLY.8 / LEBPR9	ETGSEL[2:0]		
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	ADINTREF	内部 $V_{ADC-REF}$: 00 = <u>0.5</u> 01 = 2.0 10 = 3.0 11 = (未连接)
5:4	ETGTYP	外部触发沿 (当 ADEX=1 时适用): 00 = (PWM 或 PA4/PB3-ADC_ETR) 下降沿 01 = (PWM 或 PA4/PB3-ADC_ETR) 上升沿 10 = 一个 PWM 周期的中点 (*) 11 = 一个 PWM 周期的终点 (*) (*): 默认选择 TIM1 的中心对齐 PWM 模式
3	ADDLY.8 / LEBPR9	ADC 延迟计数器或 LEB 计数器的第 8 位 (参阅 “ADDLY”)
2:0	ETGSEL	外部触发源 (当 ADEX=1 时适用): 000 = <u>PWM1, TIM1_CH1</u> 001 = PWM2, TIM1_CH2 010 = PWM3, TIM1_CH3 011 = PWM4, TIM1_CH4 100 = PWM5, TIM2_CH1 101 = PWM6, TIM2_CH2 110 = PWM7, TIM2_CH3 111 = ADC_ETR

9.5.8. ADCON3 (0x41A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEN	ADCMPO	LEBADT	-	ELVDS[1:0]	
Type	RW	RW	RW	RO	RW	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	ADFBEN	ADC 阈值比较结果匹配事件触发 PWM 故障刹车： 1 = 使能 0 = 关闭
6	ADCMPOP	ADC 阈值比较的极性： 1 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0] 0 = ADC 结果的高 8 位 ≥ ADCMPH[7:0]
5	ADCMPEN	ADC 阈值比较： 1 = 使能 0 = 关闭 (将清除 ADCMP 产生的刹车事件)
4	ADCMPO	ADC 比较结果输出位 (每次 A/D 转换完成均更新)： 当 ADCMPPOP = 1 时 1 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0] (不锁存) 0 = ADC 结果的高 8 位 ≥ ADCMPH[7:0] 当 ADCMPPOP = 0 时 1 = ADC 结果的高 8 位 ≥ ADCMPH[7:0] (不锁存) 0 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0]
3	LEBADT	LEB 结束后，ADC 开始自动转换： 1 = 触发 ADC 转换 0 = 不触发 ADC 转换
2	N/A	保留位
1:0	ELVDS	LVD 外部输入管脚选择： 00 = ELVD0 01 = ELVD1 10 = ELVD2 11 = ELVD3

9.5.9. ADDLY (0x1F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADDLY[7:0] / LEBPRL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	ADDLY / LEBPRL	ADC 延迟计数器/ LEB 计数器低 8 位 (非软件触发, ADEX = 1 有效) 延迟时间 = (ADDLY+1) × T _{AD} (如果启用 PWM 输出触发 ADC, 在 PWM 运行过程中不得更改 ADDLY)

9.5.10. ADCMPH (0x41B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADCMPH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	ADCMPH	ADC 比较阈值 (仅高 8 位, 0.4% steps)

9.5.11. LEBCON (0x41C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	LEBEN	LEBCH[1:0]		-	EDGS	BKS[2:0]		
Type	RW	RW	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	LEBEN	ADC 触发和 BKIN 的 LEB 使能位： 1 = 使能 0 = 关闭 (当 GO/DONE=1 时进行切换将产生不可预知的结果)
6:5	LEBCH	LEB 信号源： 00 = <u>TIM1_CH1</u> 01 = TIM1_CH2 10 = TIM1_CH3 11 = TIM1_CH4
4	N/A	保留位
3	EDGS	LEB 触发沿： 1 = 下降沿 0 = <u>上升沿</u>
2:0	BKS	TIM1 的故障刹车源： 000 = 关闭 001 = BKIN 管脚 010 = LVD 检测 100 = ADC 阈值比较

9.5.12. AFP0 (0x19E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	AFP0[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	AFP0[5]	TIM1_CH2 管脚重映射选择: 1 = PB0 0 = <u>PA1</u>
4	AFP0[4]	TIM2_CH1 管脚重映射选择: 1 = PB0 0 = <u>PA5</u>
3	AFP0[3]	TIM2_CH3 管脚重映射选择: 1 = PA3 0 = <u>PB5</u>
2	AFP0[2]	TIM1_CH1N 管脚重映射选择: 1 = PB2 0 = <u>PC0</u>
1	AFP0[1]	ADC_ETR 管脚重映射选择: 1 = PB3 0 = <u>PA4</u>
0	AFP0[0]	TIM1_CH3 管脚重映射选择: 1 = PA3 0 = <u>PB2</u>

10. USART 接口

通用同步/异步收发器 USART 可与使用工业标准 NRZ 串行数据格式的外设进行通信，特性如下：

- 全双工、单线半双工异步模式
- 全双工同步模式
 - ✓ 同步时钟输出：可编程时钟极性和相位
- 红外 1.0 模式
 - ✓ 8 位预分频波特率发生器
 - ✓ 低功耗模式
- 智能卡模式
 - ✓ 8 位预分频波特率发生器
 - ✓ 停止位：1.5 位
 - ✓ 可编程保护时间
- LIN 主机模式
 - ✓ 支持断开帧的发送与检测
- 多芯片通信模式
 - ✓ 可通过地址匹配或 IDLE 帧唤醒哑模式，唤醒后开始接收数据
- 数据传输长度：7、8 或 9 位
- 奇偶校验位
- 停止位：1 或 2 位
- 16 位可编程波特率发生器，高达 1Mbit/s
- 数据从低位开始发送/接收
- 发送器和接收器可单独使能
- 自动波特率检测
- 支持 USART 接口 TX 开漏输出
- 发送 BUF 为空中断、接收 BUF 为非空中断
- 发送完成中断
- 空闲帧中断
- 接收状态中断：帧断开、帧错误、奇偶校验错误或接收溢出

注：默认为异步全双工模式，当选定一种工作模式后，请关闭其他模式的使能位。

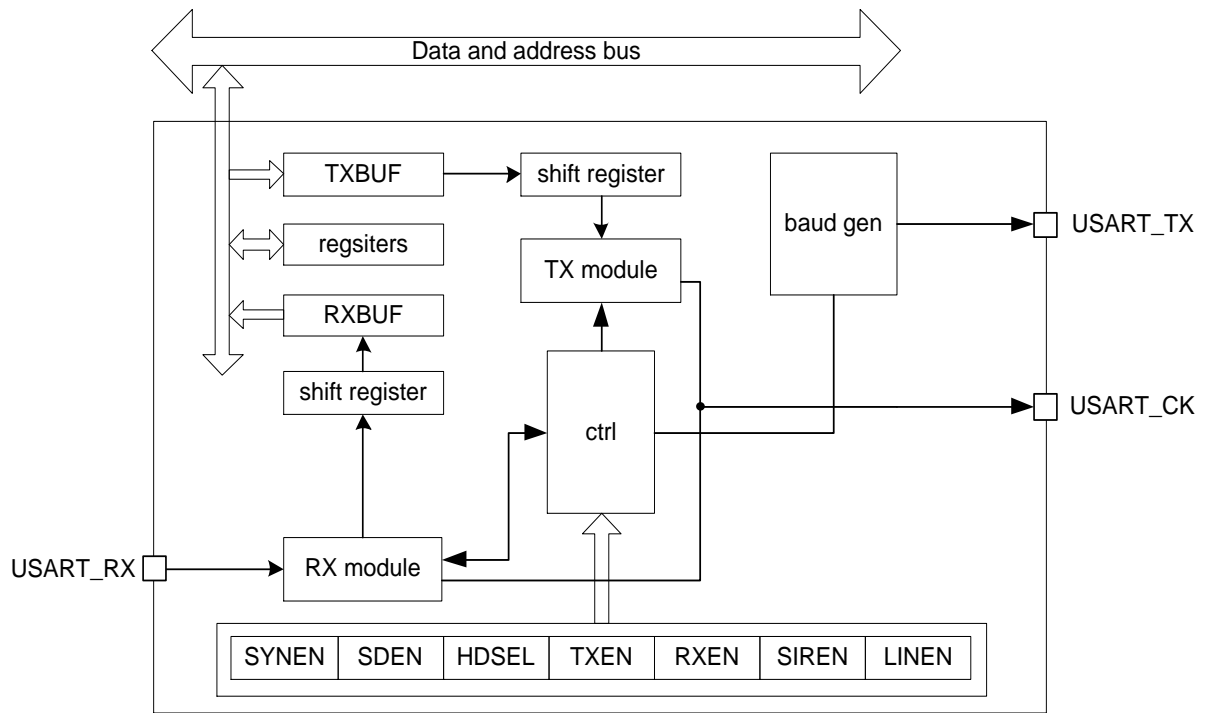


图 10-1 USART 结构框图

USART 串口模块有 3 个引脚：

USART_RX：串行数据输入。

USART_TX：串行数据输出。单线半双工模式下，TX 引脚既用于数据输入也用于数据输出（需配置成开漏模式）。

USART_CK：同步模式下用作同步时钟输出，智能卡模式下用作系统时钟分频输出。

注：

- 当发送器使能，但不发送数据时，TX 引脚处于高电平。
- 当发送器使能，且发送数据时，TX 引脚在起始位期间处于低电平，在停止位期间处于高电平。

10.1. USART 功能

10.1.1. 异步工作模式

全双工和半双工的配置流程：

1. 设置 $UARTEN = 1$ ，使能 USART 模块时钟；
2. 设置通信波特率 = $F_{master} / (16 * \{DLH, DLL\})$ (参阅 "DLH", "DLL")；
3. 设置通信数据长度为 7, 8 或 9 位 (参阅 "EXTEN", "LTH")；
4. 设置奇偶校验位 (参阅 "PEN", "EVEN")；
5. 设置停止位长度为 1 或 2 位 (参阅 "STOP")；
6. 选择全双工 (默认) 或半双工工作模式 (参阅 "HDSEL")；
7. 如需要，可使能相应的中断 (参阅 "GIE", "PEIE", "URTE", "URRXNE", "TCEN" 和 "RXSE" 等)；
8. 根据需要，设置 $TXEN = 1$ 或 $RXEN = 1$ ，使能发送或接收功能；

注：

- USART 外设时钟 $F_{master} = Sysclk$ ；
- 半双工模式下，如果同时使能发送和接收功能，则发送的数据也会被本机接收到；

异步模式的数据通信格式为先发送低位，后发送高位。有无奇偶校验位的数据帧格式对比如下图：

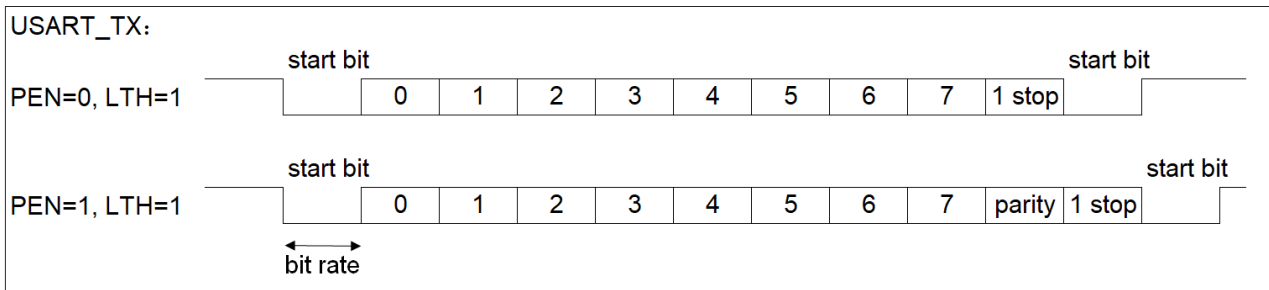


图 10-2 异步模式通信格式 (以 8bit 长度为例)

数据处理流程包括阻塞模式和非阻塞模式：

	阻塞模式	非阻塞模式
发送数据	向 DATAL/H(TXBUF)写入数据后，查询 TXEF 或 TCF，当其置 1 时，写入下一个数据	当 URTE = 1 或 TCEN = 1 时，向 DATAL/H(TXBUF)写入数据后，TXEF 或 TCF 置 1 则进入中断
接收数据	查询 RXNEF，当其置 1 时，则可读取 DATAL/H(RXBUF)的值	当 URRXNE = 1 时，RXNEF 置 1 后进入中断；此外，建议使能 RXSE 中断，当接收错误时则进入相应的中断进行处理；
备注	-	进入中断后，查询相应的状态标志位并处理发送接收流程，处理完成后退出中断

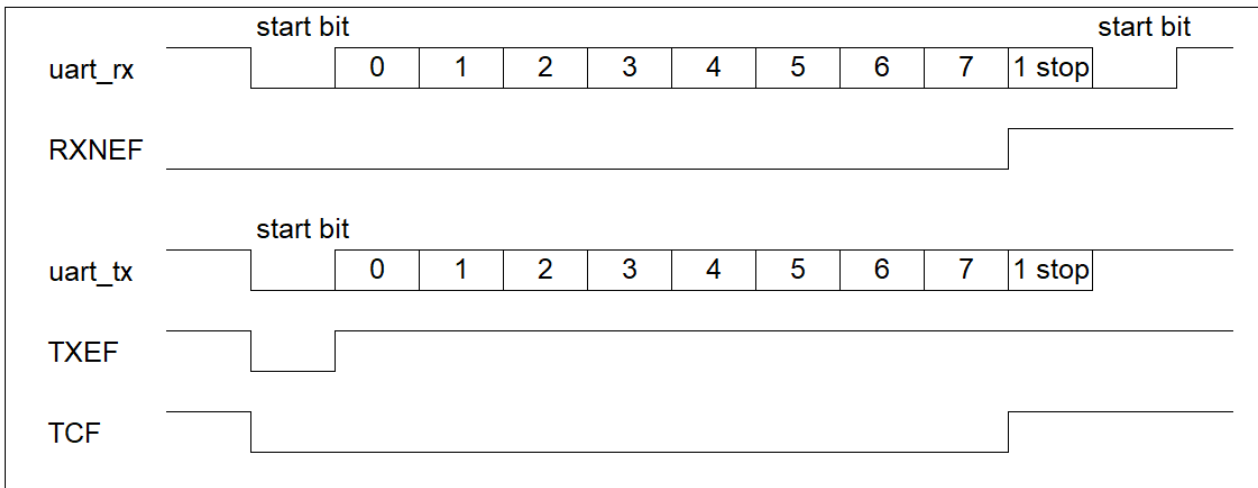


图 10-3 异步模式标志位时序图

10.1.2. 同步工作模式

同步模式用于模拟 SPI 主机模式下的通信功能。当 SYNEN = 1 时，USART_CK 引脚将输出与数据同步的时钟。数据输出先发送低位，后发送高位。

此外，可选择同步时钟的极性和相位 (参阅 “CPOL”, “CPHA”)。在起始位和停止位期间，USART_CK 引脚上没有时钟脉冲。发送最后 1bit 数据时是否输出同步时钟由 LBCL 决定。

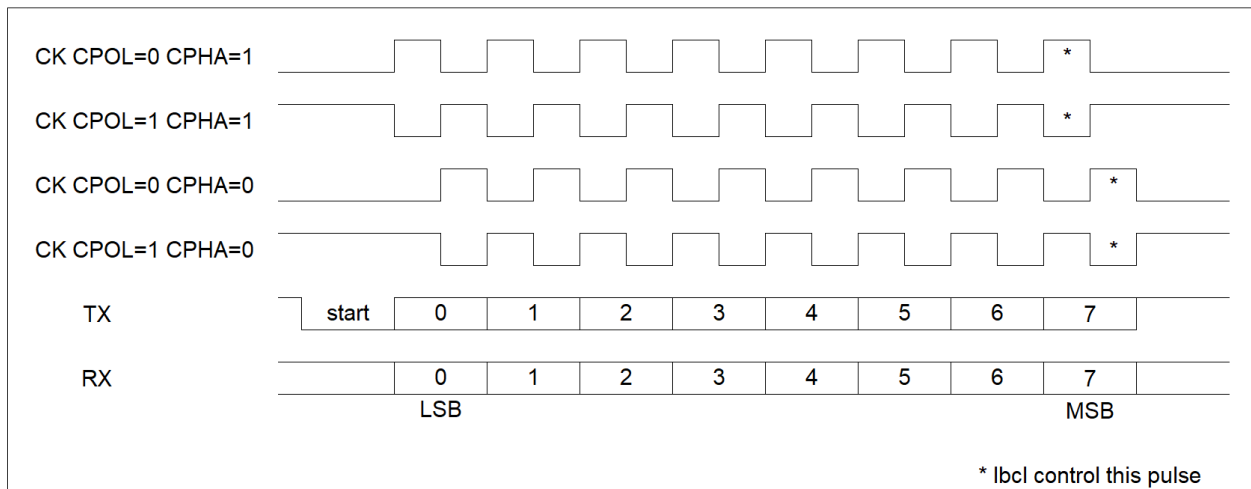


图 10-4 同步模式通信格式 (8bit 数据长度)

注:

- 同步时钟速率与波特率设置相同，即 $F_{master} / (16 * \{DLH, DLL\})$;
- 当 TXEN = 0, 且 RXEN = 1 时，仍会输出同步时钟，此时只用于接收数据，TX 引脚保持为高电平;

10.1.3. 红外工作模式

红外模式用于红外通信。当 SIREN = 1 使能红外模式时，通信数据长度默认为 8 位。

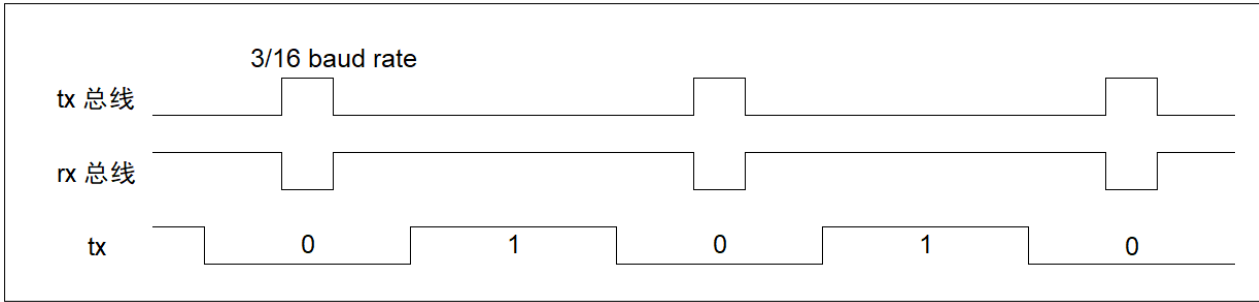


图 10-5 红外模式通信时序图

如图 10-5 所示，红外模块发送或接收总线上的数据脉冲宽度为正常模式时比特周期的 3/16。当发送数据为零时会产生一个高脉冲，而接收时的低脉冲会被译码成零。发送与接收总线极性相反，发送空闲时总线保持低电平，接收空闲时总线保持高电平。

正常模式下的红外模块，通信波特率 = $F_{master} / (16 * [DLH:DLL])$;

低功耗模式 (参阅“SIRLP”)下，通信波特率 = $F_{master} / (PSC * 16 * [DLH:DLL])$;

10.1.4. 智能卡模式

智能卡模式属于半双工模式，支持 ISO7816-3 标准。当 SDEC = 1 使能智能卡模式时，根据协议要求需设置数据长度为 8 位(参阅“LTH”),使能奇偶校验位(参阅“PEN”),且设置停止位为 1.5 位(参阅“STOP”)，同时需配置相应的 IO 为开漏模式。

智能卡的时钟源及分频输出由 CKOE 和 PSC 设置。

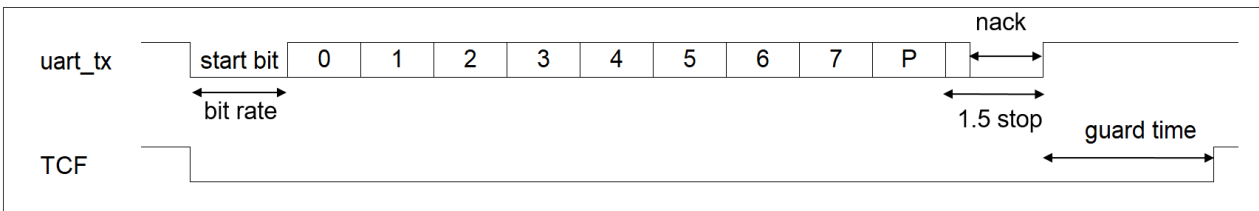


图 10-6 智能卡模式通信时序图

当 NACK = 1 时，接收方在检测到奇偶校验出错之后，会在 0.5 个停止位后拉低总线 1 比特周期，同时发送方会在停止位处检测总线是否被拉低，若检测到总线被拉低，则帧错误标志 FEF 将置 1。发送方根据要求可以选择重发当前的数据，发送次数由用户决定。

当 NACK = 0 时，接收方在检测到奇偶校验出错之后，不会拉低总线，此时奇偶检验错误标志位 PEF 置 1。

此外，智能卡模式可设置保护时间(参阅“GT”),当发送方发送数据完成后，等待 GT 个波特时钟周期后 TCF 置位。

10.1.5. LIN Master 模式

LINEN 置位后进入 LIN Master 模式。

发送端需先配置断开帧的长度(参阅“BLTH”)。当设置 BKREQ = 1 使能断开帧发送时，TX 引脚会连续发送 BLTH 个低电平，发送完成后 BKREQ 自动清零。

接收端在接收到大于(起始位+数据长度+停止位)个数的连续低电平以后，会认为接收到了断开帧，断开帧标志位 BKF 将置 1。

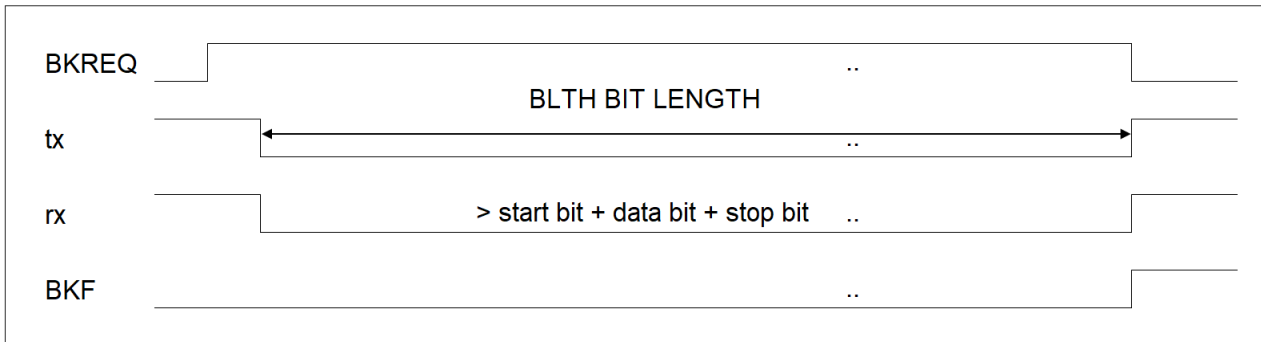


图 10-7 LIN Master 模式

注：断开帧的接收与发送不仅适用于 LIN Master 模式，其他异步模式、红外模式等也同样适用。

10.1.6. 多处理器通信模式

多处理器通信模式，例如某个 USART 用作主机模式，其他 USART 用作从机模式，从机的 TX 输出通过逻辑与的方式连接到主机的 RX 输入。

当 RWU 置 1 后，主机进入哑模式，屏蔽一切接收。根据 WAKE 的设置，USART 唤醒主机接收数据或退出哑模式有以下两种方式：

- WAKE = 0：地址空闲唤醒。当检测到空闲帧后唤醒，并开始接收数据。若总线数据一直繁忙，则不唤醒。

注：空闲帧，即完全由‘1’组成的一个完整的数据帧（连续‘1’的位数 \geq (起始位+数据位+停止位) 的位数)。

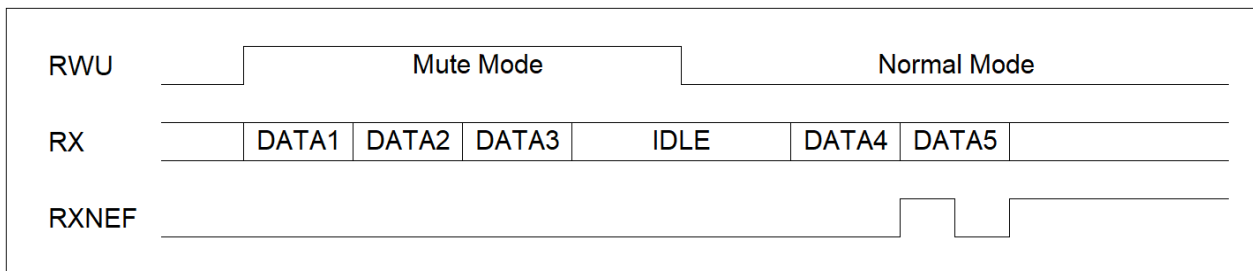


图 10-8 哑模式地址空闲唤醒

- WAKE = 1：地址匹配唤醒。每次接收到数据后会判断高位是否为 1(表示接收到的数据为地址数据)，若高位为 1 则继续对比数据的低四位和 URRAR 的值，相等则地址匹配标志位 ADDRFL 置 1，退出哑模式，并开始接收之后的数据，若不相等则立即进入哑模式。

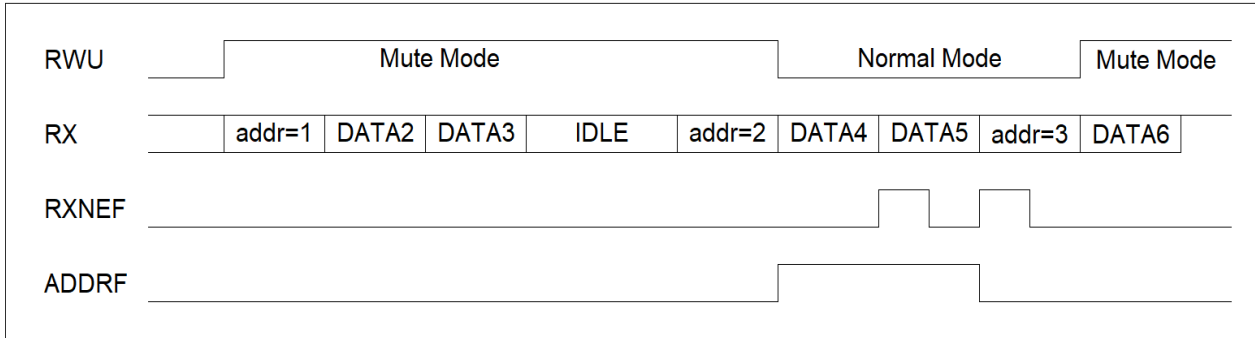


图 10-9 哑模式地址匹配唤醒

10.1.7. 自动波特率检测

自动波特率检测功能用于接收端校准通信波特率，从而保持与发送端波特率相同。波特率检测模块有两种模式：

1. ABRM = 0：只检测起始位的长度，并要求数据的第 1bit = 1。例如数据 0x03、0x55 等。
2. ABRM = 1：检测起始位和第 1bit 的长度，并要求第 1bit = 1，第 2bit = 0。例如数据 0x55，0x01 等。

波特率检测数据用来自动配置 DLL/DLH。若发送端的波特率数据不靠近接收端的 $F_{baudrate} = F_{master} / (16 * \{DLH, DLL\})$ ，则波特率检测模块会自动配置为较为靠近的波特率。串口模块并不支持小数波特率，因此该模块的波特率检测存在误差。

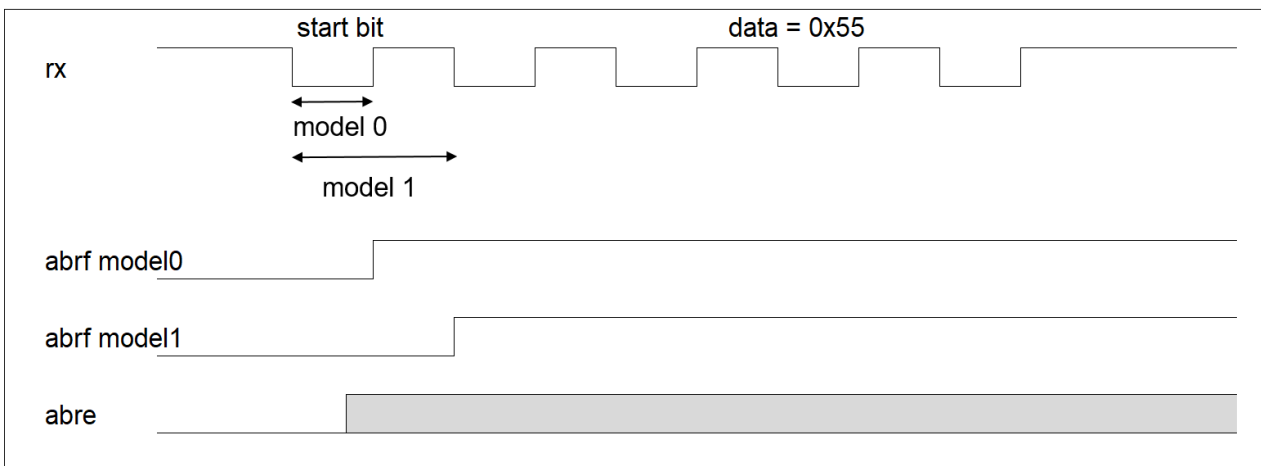


图 10-10 自动波特率检测

自动波特率检测流程：

1. 选择检测模式 ABRM；
2. 配置 ABREN = 1，使能自动波特率检测；
3. 读取检测到波特率标志位 ABRF 是否为 1 (上次未清零)，如果为 1，则写 0 清零；
4. 开始接收数据，波特率检测完成后 ABRF 置 1；
5. 当前数据接收完成后，接收 BUF 为非空标志位 RXNEF 置 1；
6. 开始下一次波特率的检测前，需先清零 ABRF；

注:

- 波特率检测完成, ABRF 置 1 后不可立即清零 ABRF。因为清零 ABRF 会立即在当前传输的位置 (可能已经不是起始比特的位置) 进行波特率检测, 导致结果错误。
- 当波特率检测超出范围时, 波特率检测溢出标志位 ABRE 将置 1。

10.2. USART 接口相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值	
PCKEN	9A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000	
URDATAL	48C	DATAL[7:0]								0000 0000	
URDATAH	48D	-	-	-	-	-	-	-	DATAH	---- ----0	
URIER	48E	-	-	TCEN	-	IDELE	RXSE	URTE	URRXNE	--0- 0000	
URLCR	48F	-	BKREQ	-	EVEN	PEN	STOP	-	LTH	-0-0 00-0	
URLCREXT	490	-	-	-	-	-	-	RWU	EXTEN	---- --00	
URMCR	491	-	-	SIRLP	TXEN	RXEN	WAKE	HDSEL	SIREN	--00 0000	
URLSR	492	ADDRF	IDLEF	TXEF	BKF	FEF	PEF	OVERF	RXNEF	0010 0000	
URRAR	493	-	-	-	-	RAR[3:0]			-	---- 0000	
URDLL	494	DLL[7:0]								0000 0000	
URDLH	495	DLH[7:0]								0000 0000	
URABCR	496	-	-	-	-	ABRE	ABRM	ABRF	ABREN	---- 0000	
URSYNCR	497	-	-	-	-	LBCL	CPHA	CPOL	SYNEN	---- 0000	
URLINCR	498	-	-	-	LINEN	BLTH[3:0]			-	---0 0000	
URSDCR0	499	-	NACK	CKOE	SDEN	-	-	-	-	-000 ----	
URSDCR1	49A	GT[7:0]								0000 0000	
URSDCR2	49B	PSC[7:0]								0000 0000	
URTC	49C	-	-	-	-	-	-	-	TCF	---- ----1	
AFP1	19F	-	-	AFP1[5:0]						-	--00 0000

表 10-1 USART 相关寄存器地址

10.2.1. PCKEN (0x9A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	UARTEN	USART 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
4	N/A	保留位
3	TIM4EN	Timer4 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
2	TIM2EN	Timer2 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
1	TIM1EN	Timer1 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭
0	ADCEN	ADC 模块时钟: 1 = 使能 0 = 关闭

10.2.2. URDATAL (0x48C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	DATAL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	DATAL	数据发送 / 接收 BUF 低 8 位 (不适宜位操作)

10.2.3. URDATAH (0x48D)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	DATAH
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	DATAH	数据发送 / 接收 BUF 高 1 位 (当 EXTEN=1 时) 注: 需先写 DATAL, 再 DATAH

10.2.4. URIER (0x48E)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	TCEN	-	IDELE	RXSE	URTE	URRXNE
Type	RO	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	TCEN	发送完成中断: 1 = 使能 0 = 关闭
4	N/A	保留位
3	IDELE	空闲帧中断: 1 = 使能 0 = 关闭
2	RXSE	接收错误中断: 1 = 使能 0 = 关闭 注: 接收错误中断产生条件为 BKF / FEF / PEF / OVERF = 1
1	URTE	发送 BUF 为空中断: 1 = 使能 0 = 关闭
0	URRXNE	接收 BUF 为非空中断: 1 = 使能 0 = 关闭

10.2.5. URLCR (0x48F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	BKREQ	-	EVEN	PEN	STOP	-	LTH
Type	RO	RW	RO	RW	RW	RW	RO	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6	BKREQ	<p>发送断开帧：</p> <p>1 = 使能，或正在发送中</p> <p>0 = 关闭，或已发送完成</p> <p>注：</p> <p>1. 发送断开帧之前请先设置断开帧的长度；</p> <p>2. 此位在发送完成后自动清零，禁止在发送过程中对其写 0</p>
5	N/A	保留位
4	EVEN	<p>奇/偶校验：</p> <p>1 = 偶校验</p> <p>0 = 奇校验</p>
3	PEN	<p>校验位：</p> <p>1 = 使能</p> <p>0 = 关闭</p>
2	STOP	<p>停止位长度：</p> <p>1 = 1.5 bit (智能卡模式) 或 2 bit</p> <p>0 = <u>1 bit</u></p>
1	N/A	保留位
0	LTH	<p>通信数据长度控制位(不包括校验位)：</p> <p>1 = 8 bit</p> <p>0 = <u>7 bit</u></p>

10.2.6. URLCREXT (0x490)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	RWU	EXTEN
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:2	N/A	保留位
1	RWU	多处理器模式下，进入哑模式： 1 = 使能 0 = <u>关闭，或已退出</u>
0	EXTEN	通信数据长度总控制位（不包括校验位）： 1 = 9 bit 0 = <u>7 bit 或 8 bit (由 LTH 决定)</u>

10.2.7. URMCR (0x491)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	SIRLP	TXEN	RXEN	WAKE	HDSEL	SIREN
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5	SIRLP	红外低功耗模式： 1 = 使能 0 = 关闭
4	TXEN	串口发送： 1 = 使能 (引脚 TX 功能自动使能) 0 = 关闭
3	RXEN	串口接收： 1 = 使能 (引脚 RX 功能自动使能) 0 = 关闭
2	WAKE	哑模式唤醒方式： 1 = 地址匹配 0 = IDLE 帧
1	HDSEL	半双工： 1 = 使能 0 = 关闭
0	SIREN	红外模式： 1 = 使能 0 = 关闭

10.2.8. URLSR (0x492)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	ADDRF	IDLEF	TXEF	BKF	FEF	PEF	OVERF	RXNEF
Type	RO	RW0	RO	RW0	RW0	RW0	RW0	RO
Reset	0	0	1	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	ADDRF	哑模式地址匹配标志： 1 = 匹配 0 = 未匹配
6	IDLEF	检测到空闲帧标志： 1 = 检测到 0 = 未检测到
5	TXEF	发送 BUF 状态： 1 = 空 0 = 非空 注：写 DATAL(8bit) / DATAH(9bit) 清零
4	BKF	接收到断开帧标志： 1 = 接收到 0 = 未接收到，或已被清零
3	FEF	接收到帧错误标志： 1 = 错误 0 = 正确，或已被清零
2	PEF	接收到奇偶校验错误标志： 1 = 错误 0 = 正确，或已被清零
1	OVERF	接收 BUF 溢出错误标志： 1 = 溢出 0 = 正常，或已被清零
0	RXNEF	接收 BUF 状态： 1 = 非空 0 = 空，或已被清零 注：读 DATAL(8bit) / DATAH(9bit) 清零；

10.2.9. URRAR (0x493)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	RAR[3:0]			
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3:0	RAR	多处理器模式下的本机地址[3:0]

10.2.10. URDLL (0x494)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	DLL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	DLL	波特率分频计数器低 8 位： 波特率 = Fmaster / (16 * [DLH:DLL]) 注：Fmaster = Sysclk；DLH:DLL 最小值为 0x0001，当其为 0x0000 时，USART 不工作

10.2.11. URDLH (0x495)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	DLH[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	DLH	波特率分频计数器高 8 位 (参阅 DLL)

10.2.12. URABCR (0x496)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	ABRE	ABRM	ABRF	ABREN
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	ABRE	波特率检测溢出标志： 1 = 溢出 0 = <u>正常</u>
2	ABRM	波特率检测模式： 1 = 检测长度为 [(起始位+第 1bit 数据) / 2] (数据的第 1bit 必须为 1, 第 2bit 必须为 0) 0 = <u>只检测起始位长度 (第 1bit 数据必须为 1)</u>
1	ABRF	检测到波特率标志位： 1 = 检测到 0 = <u>未检测到</u> 注：写 0 清零，该位清零后，会立即再次进入波特率检测，为了保证每次检测到的都是起始位，建议在 RXNEF 被置位后，再清零此位
0	ABREN	自动波特率检测： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>

10.2.13. URSYNCR (0x497)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	LBCL	CPHA	CPOL	SYNEN
Type	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:4	N/A	保留位
3	LBCL	同步模式下，发送最后 1bit 数据(MSB)对应的时钟输出： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
2	CPHA	同步模式时钟相位 (数据采样点)： 1 = 第 2 个时钟转换沿 0 = <u>第 1 个时钟转换沿</u>
1	CPOL	同步模式时钟极性 (总线空闲时，SCK 的状态)： 1 = 高电平 0 = <u>低电平</u>
0	SYNEN	同步模式： 1 = 使能 (引脚 CK 自动输出同步时钟) 0 = <u>关闭</u>

10.2.14. URLINCR (0x498)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	LINEN	BLTH[3:0]			
Type	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:5	N/A	保留位
4	LINEN	LIN Master 模式： 1 = 使能 0 = <u>关闭</u>
3:0	BLTH	断开帧长度 (bit) 注: BLTH > 0 有效，建议设置为 12bit 或 13bit，太短会将接收到的误判为正常帧

10.2.15. URSDCR0 (0x499)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	NACK	CKOE	SDEN	-	-	-	-
Type	RO	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7	N/A	保留位
6	NACK	智能卡模式，检测到奇偶校验出错时回复 NACK： 1 = 发送 NACK 0 = <u>不发送 NACK</u>
5	CKOE	智能卡时钟源： 1 = 使能 (需配置 PSC 寄存器为有效值) 0 = <u>关闭</u>
4	SDEN	智能卡模式： 1 = 使能 (停止位必须为 1.5bit) 0 = <u>关闭</u>
3:0	N/A	保留位

10.2.16. URSDCR1 (0x49A)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	GT[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	GT	智能卡模式，保护时间 (两字符之间的波特时钟间隔) 注意：最小值为 1 (0 无效)，保护时间过后，发送完成标志才被置位

10.2.17. URSDCR2 (0x49B)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	PSC[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function		
7:0	PSC	对系统时钟进行分频，给智能卡或红外低功耗提供时钟		
			智能卡时钟源	红外低功耗时钟源
		0	无效	无效
		1	2 分频	1 分频
		2	3 分频	2 分频
		3	4 分频	3 分频
	
		255	256 分频	255 分频

10.2.18. URTC (0x49C)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	-	-	-	-	TCF
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	R_W1C
Reset	0	0	0	0	0	0	0	1

Bit	Name	Function
7:1	N/A	保留位
0	TCF	发送完成标志： 1 = 完成 0 = 未完成 注：写 1 清零，或写 DATAL(8bit) /DATAH(9bit) 后清零

10.2.19. AFP1 (0x19F)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	AFP1[5:0]					
Type	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:6	N/A	保留位
5:4	AFP1[5:4]	USART_TX 管脚重映射选择: 00 = PA6 01 = PB6 10 = PA7 11 = PA2
3:2	AFP1[3:2]	USART_RX 管脚重映射选择: 00 = PA7 01 = PA2 10 = PA6 11 = PB6
1:0	AFP1[1:0]	TIM1_CH4 管脚重映射选择: 00 = PB1 01 = PB1 10 = PA7 11 = PA2

11. 特殊功能寄存器 (SPECIAL FUNCTION REGISTERS, SFR)

有 2 种特殊功能寄存器(SFR):

- 初始化配置寄存器: 由仿真器界面设置 (Integrated Development Environment, IDE)。
- 用户寄存器。

11.1 初始化配置寄存器



图 11-1 由 IDE 设置的初始化配置寄存器

名称	功能	默认
CPB	PROM 全区读保护	关闭
MCLRE	外部 I/O 复位	关闭
PWRTEB	上电延时定时器(PWRT), 初始化配置完成后额外延时~64ms	关闭
WDTE	<u>WDT</u> <ul style="list-style-type: none"> 使能 (指令不能禁止) 由指令控制 (SWDTEN) 	SWDTEN 控制
FOSC	<ul style="list-style-type: none"> LP: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部低速晶振 XT: PC1 (+) 和 PB7 (-) 接外部高速晶振 EC: PC1 (+) 接外部时钟输入, PB7 为 I/O INTOSCIO: PC1 和 PB7 为 I/O 	INTOSCIO
STVREN	堆栈上/下溢复位 <ul style="list-style-type: none"> 使能 关闭 	使能
OSTPER	<u>OST 定时器周期选择 (XT / LP 适用)</u> <ul style="list-style-type: none"> 512 1024 2048 4096 (LP 模式时为 32768) 	1024
TSEL	<u>指令时钟与系统时钟 SysClk 的对应关系 (2T or 4T):</u> <ul style="list-style-type: none"> 2 (指令时钟= SysClk/2) 4 (指令时钟= SysClk/4) 	2
FSCMEN	<u>故障保护时钟监控器</u> <ul style="list-style-type: none"> 使能 关闭 	使能
IESO	<u>XT / LP 双速时钟启动</u> <ul style="list-style-type: none"> 使能 关闭 	使能
LVREN	<u>LVR</u> <ul style="list-style-type: none"> 使能 关闭 非 SLEEP 模式下使能 通过指令控制 (SLVREN) 	关闭
LVRS	<u>7 档 V_{BOR} 电压(V): 2.0 / 2.2 / 2.5 / 2.8 / 3.1 / 3.6 / 4.1</u>	2.5
FSECPB0	PROM 扇区 0 (1k x 14) 读/写保护	关闭
FSECPB1	PROM 扇区 1 (1k x 14) 读/写保护	关闭
FSECPB2	PROM 扇区 2 (1k x 14) 读/写保护	关闭
FSECPB3	PROM 扇区 3 (1k x 14) 读/写保护	关闭

表 11-1 初始化配置寄存器 (由 IDE 设置)

11.2 用户寄存器

用户寄存器，即特殊功能寄存器(SFR)和 SRAM 分布在 12 个 bank (bank0~10, bank31) 中，每个 bank 大小为 128 字节。在访问寄存器前，必须先切换到相应的 bank。可通过将 bank 存储区号 (0~10, 31) 写入存储区选择寄存器 (Bank Select Register, BSREG) 来选择有效 bank。用户寄存器的地址为 12 位，地址范围为 0x000 ~ 0xFFFF，高 5 位为 bank 区地址，低 7 位为 SFR/SRAM 地址。

由于切换 bank 需要额外的指令，因此一些常用的 SFR 同时存储在 12 个 bank 中，以减少切换操作，这 12 个 bank 所共有的寄存器值是同步的。

Bank	Bank0	Bank1	Bank2	Bank3	Bank4	Bank5	Bank6	Bank7	Bank8	Bank9	Bank10	Bank31
首地址	000H	080H	100H	180H	200H	280H	300H	380H	400H	480H	500H	F80H

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	首地址 + 0H	使用 FSR0 的内容对数据存储寄存器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	首地址 + 1H	使用 FSR1 的内容对数据存储寄存器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	首地址 + 2H	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	首地址 + 3H	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	首地址 + 4H	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	首地址 + 5H	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	首地址 + 6H	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	首地址 + 7H	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	首地址 + 8H	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	首地址 + 9H	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	首地址 + AH	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	首地址 + BH	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
首地址 + (70 - 7F)	公共 BANK SRAM 区								xxxx xxxx	

表 11-2 12 个 BANK 共有的寄存器

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	000	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	001	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	002	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	003	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	004	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	005	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	006	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	007	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	008	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	009	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	00A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	00B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
PORTA	00C	PORTA [7:0]								xxxx xxxx
PORTB	00D	PORTB [7:0]								xxxx xxxx
PORTC	00E	-	-	-	-	-	-	PORTC[1:0]		---- --xx
PIR1	011	-	-	-	-	-	-	CKMIF	ADCIF	---- --00
EPIF0	014	外部管脚中断标志位								0000 0000
ADDLY /LEBPRL	01F	ADC 外部触发启动延时计数器阈值低 8 位 / 复用为前沿消隐计数阈值								0000 0000
020-06F	SRAM BANK0 (80Bytes)								xxxx xxxx	
070-07F	SRAM BANK0 (16Bytes), 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx	

表 11-3 SFR, BANK 0

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	080	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	081	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	082	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	083	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	084	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	085	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	086	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	087	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	088	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	089	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	08A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	08B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
TRISA	08C	TRISA[7:0]								1111 1111
TRISB	08D	TRISB[7:0]								1111 1111
TRISC	08E	-	-	-	-	-	-	TRISC[1:0]		---- --11
PIE1	091	-	-	-	-	-	-	CKMIE	ADCIE	---- --00
EPIE0	094	外部管脚中断使能位								0000 0000
CKOCON	095	SYSON	CCORDY	DTYSEL[1:0]		CCOSEL[2:0]		CCOEN		0010 0000
PCON	096	STKOVF	STKUNF	EMCF	IERRR	/MCLRR	/SRSTF	/PORF	/BORF	qqqq qqqq
WDTCON	097	WDTPRE[2:0]			WDTPS[3:0]			SWDTEN		1110 1000
OSCTUNE	098	HIRC 时钟频率调节位								xxxx xxxx
OSCCON	099	MCKCF[3:0]				OSTS	HTS	LTS	SCS	0100 0000
PCKEN	09A	-	-	UARTEN	-	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	--0- 0000
ADRESL	09B	ADC 结果寄存器低 8 位								0000 0000
ADRESH	09C	ADC 结果寄存器高 8 位								0000 0000
ADCON0	09D	-	CHS[2:0]			-	ADEX	GO/DONE	ADON	-000 -000
ADCON1	09E	ADFM	ADCS[2:0]			ADNREF[1:0]		ADPREF[1:0]		0000 0000
ADCON2	09F	ADINTREF[1:0]		ETGTYP[1:0]		ADDLY.8	ETGSEL[2:0]			0000 0000
0A0-0EF		SRAM BANK1 (80Bytes)								xxxx xxxx
0F0-0FF		SRAM BANK1 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-4 SFR, BANK 1

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	100	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	101	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	102	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	103	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	104	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	105	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	106	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	107	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	108	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	109	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	10A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	10B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
LATA	10C	LATA[7:0]								xxxx xxxx
LATB	10D	LATB[7:0]								xxxx xxxx
LATC	10E	-	-	-	-	-	-	LATC[1:0]		---- --xx
TIM4CR1	111	T4ARPE	-	T4CKS[1:0]		T4OPM	T4URS	T4UDIS	T4CEN	0-00 0000
TIM4IER	112	-	-	-	-	-	-	-	T4UIE	---- --0
TIM4SR	113	-	-	-	-	-	-	-	T4UIF	---- --0
TIM4EGR	114	-	-	-	-	-	-	-	T4UG	---- --0
TIM4CNTR	115	T4CNT[7:0]								0000 0000
TIM4PSCR	116	-	-	-	-	-	T4PSC[2:0]			---- -000
TIM4ARR	117	T4ARR[7:0]								1111 1111
EPS0	118	EPS0[7:0]								0000 0000
EPS1	119	EPS1[7:0]								0000 0000
PSRC0	11A	PSRCA[7:0]								1111 1111
PSRC1	11B	PSRCB[7:0]								1111 1111
PSRC2	11C	-	-	-	-	PSRCC[3:2]		PSRCC[1:0]		---- 1111
ITYPE0	11E	ITYPE0[7:0]								0000 0000
ITYPE1	11F	ITYPE1[7:0]								0000 0000
120-16F		SRAM BANK2 (80Bytes)								xxxx xxxx
170-17F		SRAM BANK2 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-5 SFR, BANK 2

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	180	使用 FSR0 的内容对数据存储寄存器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	181	使用 FSR1 的内容对数据存储寄存器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	182	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	183	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	184	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	185	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	186	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	187	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	188	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	189	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	18A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	18B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
WPUA	18C	WPUA[7:0]								0000 0000
WPUB	18D	WPUB[7:0]								0000 0000
WPUC	18E	-	-	-	-	-	-	WPUC[1:0]		---- --00
EEADRL	191	EEADR[7:0]								0000 0000
EEADRH	192	-	-	-	-	EEADR[11:8]				---- 0000
EEDATL	193	EEDAT[7:0]								xxxx xxxx
EEDATH	194	-	-	EEDAT[13:8]						--xx xxxx
EECON1	195	EEPGD	CFGFS	-	FREE	WRERR	WREN	WR	RD	00-0 x000
EECON2	196	DROM 控制寄存器 2								xxxx xxxx
ANSELA	197	-	模拟管脚设置寄存器							-000 0000
LVDCON0	199	SLVREN	LVDM	-	LVDEN	LVDW	LVDL[2:0]			00-0 0000
PSINK0	19A	PSINK0[7:0]								0000 0000
PSINK1	19B	PSINK1[7:0]								0000 0000
PSINK2	19C	-	-	-	-	-	-	PSINK2[1:0]		---- --00
MISC0	19D	-	-	-	-	-	-	WCKSEL[1:0]		---- --00
AFP0	19E	-	-	AFP0[5:0]						--00 0000
AFP1	19F	-	-	AFP1[5:0]						--00 0000
1A0-1EF	SRAM BANK3 (80Bytes)								xxxx xxxx	
1F0-1FF	SRAM BANK3 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx	

表 11-6 SFR, BANK3

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	200	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	201	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	202	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	203	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	204	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	205	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	206	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	207	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	208	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	209	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	20A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	20B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
WPDA	20C	WPDA[7:0]								0000 0000
WPDB	20D	WPDB[7:0]								0000 0000
WPDC	20E	-	-	-	-	-	-	WPDC[1:0]		---- --00
TIM1CR1	211	T1ARPE	T1CMS[1:0]		TIDIR	T1OPM	TIURS	T1UDS	T1CEN	0000 0000
TIM1CR2	212	T1ENCTRL	-	-	-	-	T1COMS	-	T1CCPC	0--- -0-0
TIM1SMCR	213	-	T1TS[2:0]			-	T1SMS[2:0]			-000 -000
TIM1ETR	214	T1ETP	T1ECE	T1ETPS[1:0]		T1ETF[3:0]				0000 0000
TIM1IER	215	T1BIE	T1TIE	T1COMIE	T1CC4IE	T1CC3IE	T1CC2IE	T1CC1IE	T1UIE	0000 0000
TIM1SR1	216	T1BIF	T1TIF	T1COMIF	T1CC4IF	T1CC3IF	T1CC2IF	T1CC1IF	T1UIF	0000 0000
TIM1SR2	217	-	-	-	T1CC4OF	T1CC3OF	T1CC2OF	T1CC1OF	-	---0 000-
TIM1EGR	218	T1BG	T1TG	T1COMG	T1CC4G	T1CC3G	T1CC2G	T1CC1G	T1UG	0000 0000
TIM1CCMR1 (output mode)	219	T1OC1CE	T1OC1M[2:0]			T1OC1PE	T1OC1FE	T1CC1S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR1 (input mode)		T1IC1F[3:0]			T1IC1PSC[1:0]		T1CC1S[1:0]		0000 0000	
TIM1CCMR2 (output mode)	21A	T1OC2CE	T1OC2M[2:0]			T1OC2PE	T1OC2FE	T1CC2S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR2 (input mode)		T1IC2F[3:0]			T1IC2PSC[1:0]		T1CC2S[1:0]		0000 0000	
TIM1CCMR3 (output mode)	21B	T1OC3CE	T1OC3M[2:0]			T1OC3PE	T1OC3FE	T1CC3S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR3 (input mode)		T1IC3F[3:0]			T1IC3PSC[1:0]		T1CC3S[1:0]		0000 0000	
TIM1CCMR4 (output mode)	21C	T1OC4CE	T1OC4M[2:0]			T1OC4PE	T1OC4FE	T1CC4S[1:0]		0000 0000
TIM1CCMR4 (input mode)		T1IC4F[3:0]			T1IC4PSC[1:0]		T1CC4S[1:0]		0000 0000	
TIM1CCER1	21D	T1CC2NP	T1CC2NE	T1CC2P	T1CC2E	T1CC1NP	T1CC1NE	T1CC1P	T1CC1E	0000 0000
TIM1CCER2	21E	T1GP	T1SMOD	T1CC4P	T1CC4E	T1CC3NP	T1CC3NE	T1CC3P	T1CC3E	0000 0000
ODCON0	21F	-	-	-	-	-	-	-	UROD	---- --0
220-26F	SRAM BANK4 (80Bytes)								xxxx xxxx	
270-27F	SRAM BANK4 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70-0x7F								xxxx xxxx	

表 11-7 SFR, BANK4

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	280	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	281	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	282	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	283	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	284	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	285	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	286	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	287	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	288	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	289	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	28A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	28B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
TIM1CNTRH	28C	T1CNT[15:8]								0000 0000
TIM1CNTRL	28D	T1CNT [7:0]								0000 0000
TIM1PSCRH	28E	T1PSC[15:8]								0000 0000
TIM1PSCRL	28F	T1PSC[7:0]								0000 0000
TIM1ARRH	290	T1ARR[15:8]								1111 1111
TIM1ARRL	291	T1ARR[7:0]								1111 1111
TIM1RCR	292	T1REP[7:0]								0000 0000
TIM1CCR1H	293	T1CCR1[15:8]								0000 0000
TIM1CCR1L	294	T1CCR1[7:0]								0000 0000
TIM1CCR2H	295	T1CCR2[15:8]								0000 0000
TIM1CCR2L	296	T1CCR2[7:0]								0000 0000
TIM1CCR3H	297	T1CCR3[15:8]								0000 0000
TIM1CCR3L	298	T1CCR3[7:0]								0000 0000
TIM1CCR4H	299	T1CCR4[15:8]								0000 0000
TIM1CCR4L	29A	T1CCR4[7:0]								0000 0000
TIM1BKR	29B	T1MOE	T1AOE	T1BKP	T1BKE	T1OSSR	T1OSSI	T1LOCK[1:0]		0000 0000
TIM1DTR	29C	T1DGT[7:0]								0000 0000
TIM1OISR	29D	-	T1OIS4	T1OIS3N	T1OIS3	T1OIS2N	T1OIS2	T1OIS1N	T1OIS1	-000 0000
TIM2CCR3H	29E	T2CCR3[15:8]								0000 0000
TIM2CCR3L	29F	T2CCR3 [7:0]								0000 0000
2A0-2EF		SRAM BANK5 (80Bytes)								xxxx xxxx
2F0-2FF		SRAM BANK5 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-8 SFR, BANK5

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	300	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	301	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	302	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	303	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	304	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	305	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	306	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	307	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	308	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	309	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	30A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	30B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
TIM2CR1	30C	T2ARPE	-	-	-	T2OPM	T2URS	T2UDIS	T2CEN	0--- 0000
TIM2IER	30D	-	-	-	-	T2CC3IE	T2CC2IE	T2CC1IE	T2UIE	---- 0000
TIM2SR1	30E	-	-	-	-	T2CC3IF	T2CC2IF	T2CC1IF	T2UIF	---- 0000
TIM2SR2	30F	-	-	-	-	T2CC3OF	T2CC3OF	T2CC3OF	-	---- 000-
TIM2EGR	310	-	-	-	-	T2CC3G	T2CC2G	T2CC1G	T2UG	---- 0000
TIM2CCMR1 (output mode)	311	-	T2OC1M[2:0]			T2OC1PE	-	T2CC1S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR1 (input mode)		T2IC1F[3:0]			T2IC1PSC[1:0]		T2CC1S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCMR2 (output mode)	312	-	T2OC2M[2:0]			T2OC2PE	-	T2CC2S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR2 (input mode)		T2IC2F[3:0]			T2IC2PSC[1:0]		T2CC2S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCMR3 (output mode)	313	-	T2OC3M[2:0]			T2OC3PE	-	T2CC3S[1:0]		-000 0-00
TIM2CCMR3 (input mode)		T2IC3F[3:0]			T2IC3PSC[1:0]		T2CC3S[1:0]		0000 0000	
TIM2CCER1	314	-	-	T2CC2P	T2CC2E	-	-	T2CC1P	T2CC1E	--00 --00
TIM2CCER2	315	-	-	-	-	-	-	T2CC3P	T2CC3E	---- --00
TIM2CNTRH	316	T2CNT[15:8]								0000 0000
TIM2CNTRL	317	T2CNT[7:0]								0000 0000
TIM2PSCR	318	-	-	-	-	T2PSC[3:0]				---- 0000
TIM2ARRH	319	T2ARR[15:8]								1111 1111
TIM2ARRL	31A	T2ARR[7:0]								1111 1111
TIM2CCR1H	31B	T2CCR1[15:8]								0000 0000
TIM2CCR1L	31C	T2CCR1[7:0]								0000 0000
TIM2CCR2H	31D	T2CCR2[15:8]								0000 0000
TIM2CCR2L	31E	T2CCR2[7:0]								0000 0000
TCKSRC	31F	LFMOD	T2CKSRC[2:0]			-	T1CKSRC[2:0]			0000 -000
320-32F	SRAM BANK6 (16Bytes)								xxxx xxxx	
370-37F	SRAM BANK6 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx	

表 11-9 SFR, BANK6

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	380	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	381	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	382	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	383	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	384	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	385	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	386	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	387	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	388	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	389	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	38A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	38B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
3F0-3FF		SRAM BANK7 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-10 SFR, BANK7

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	400	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	401	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	402	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	403	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	404	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	405	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	406	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	407	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	408	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	409	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	40A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	40B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
ADCON3	41A	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEN	ADCMPO	LEBADT	-	ELVDS[1:0]		0000 0-00
ADCMPH	41B	ADCMPH[7:0]								0000 0000
LEBCON	41C	LEBEN	LEBCH[1:0]		-	EDGS	BKS[2:0]			000- 0000
MSCKCON	41D	-	-	-	-	-	-	CKMAVG	CKCNTI	---- --00
SOSCPRL	41E	SOSCPRL[7:0]								1111 1111
SOSCPRH	41F	-	-	-	-	SOSCPRH[11:8]				---- 1111
470-47F		SRAM BANK8 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-11 SFR, BANK8

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	480	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	481	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	482	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	483	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	484	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	485	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	486	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	487	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	488	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	489	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	48A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	48B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
URDATAL	48C	DATA[7:0]								0000 0000
URDATAH	48D	-	-	-	-	-	-	-	DATAH	---- ----0
URIER	48E	-	-	TCEN	-	IDELE	RXSE	URTE	URRXNE	--0- 0000
URLCR	48F	-	BKREQ	-	EVEN	PEN	STOP	-	LTH	-0-0 00-0
URLCREXT	490	-	-	-	-	-	-	RWU	EXTEN	---- ---00
URMCR	491	-	-	SIRLP	TXEN	RXEN	WAKE	HDSEL	SIREN	--00 0000
URLSR	492	ADDRF	IDLEF	TXEF	BKF	FEF	PEF	OVERF	RXNEF	0010 0000
URRAR	493	-	-	-	-	RAR[3:0]			----	0000
URDLL	494	DLL[7:0]								0000 0000
URDLH	495	DLH[7:0]								0000 0000
URABCR	496	-	-	-	-	ABRE	ABRM	ABRF	ABREN	---- 0000
URSYNCR	497	-	-	-	-	LBCL	CPHA	CPOL	SYNEN	---- 0000
URLINCR	498	-	-	-	LINEN	BLTH[3:0]			---0 0000	
URSDCR0	499	-	NACK	CKOE	SDEN	-	-	-	-	-000 ----
URSDCR1	49A	GT[7:0]								0000 0000
URSDCR2	49B	PSC[7:0]								0000 0000
URTC	49C	-	-	-	-	-	-	-	TCF	---- ----1
4F0-4FF	SRAM BANK9 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F									xxxx xxxx

表 11-12 SFR, BANK9

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	500	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	501	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	502	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	503	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	504	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	505	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	506	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	507	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	508	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	509	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	50A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器					---0 0000
INTCON	50B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
570-57F	SRAM BANK10 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx	

表 11-13 SFR, BANK10

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	复位值
INDF0	F80	使用 FSR0 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
INDF1	F81	使用 FSR1 的内容对数据存储器进行访问 (非物理寄存器)								xxxx xxxx
PCL	F82	程序计数器 (PC) 低 8 位								0000 0000
STATUS	F83	-	-	-	/TO	/PD	Z	DC	C	---1 1xxx
FSR0L	F84	间接寻址指针寄存器 FSR0 低 8 位								xxxx xxxx
FSR0H	F85	间接寻址指针寄存器 FSR0 高 8 位								xxxx xxxx
FSR1L	F86	间接寻址指针寄存器 FSR1 低 8 位								xxxx xxxx
FSR1H	F87	间接寻址指针寄存器 FSR1 高 8 位								xxxx xxxx
BSREG	F88	存储区选择寄存器								xxxx xxxx
WREG	F89	工作寄存器 W								xxxx xxxx
PCLATH	F8A	-	-	-	程序计数器 (PC) 高 5 位锁存器				---	0 0000
INTCON	F8B	GIE	PEIE	EEIE	LVDIE	OSFIE	EEIF	LVDIF	OSFIF	0000 0000
CKAUX	F8D	-	-	-	-	-	-	CLKOS	-	---- --1-
LVDCON1	F8E	-	-	-	LVDP	LVDDEB	LVDOE	LVDOS[1:0]		---0 1000
LVDTUNE	F92	LVDCAL[3:0]				-	-	-	-	xxxx ----
STATUS_SHAD	FE4	STATUS 影子寄存器								xxxx xxxx
WREG_SHAD	FE5	WREG 影子寄存器								xxxx xxxx
BSREG_SHAD	FE6	BSREG 影子寄存器								xxxx xxxx
PCLATH_SHAD	FE7	PCLATH 影子寄存器								xxxx xxxx
FSR0L_SHAD	FE8	FSR0L 影子寄存器								xxxx xxxx
FSR0H_SHAD	FE9	FSR0H 影子寄存器								xxxx xxxx
FSR1L_SHAD	FEA	FSR1L 影子寄存器								xxxx xxxx
FSR1H_SHAD	FEB	FSR1H 影子寄存器								xxxx xxxx
-	FEC	-	-	-	-	-	-	-	-	---- ----
STKPTR	FED	-	-	-	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	---0 0000
TOSL	FEE	TOSL[7:0]								0000 0000
TOSH	FEF	-	TOSH[6:0]							-000 0000
FF0-FFF		SRAM BANK31 (16Bytes), 访问 BANK0's 物理地址 0x70 - 0x7F								xxxx xxxx

表 11-14 SFR, BANK31

注:

1. INDF 不是物理寄存器;
2. 灰色部分表示没有实现;
3. 不要对未实现的寄存器位进行写操作;

11.3 STATUS 寄存器 (Bank 首地址 + 0x03)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	/TO	/PD	Z	HC	C
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	1	1	x	x	x

Bit	Name	Function
7:5	N/A	保留位
4	/TO	超时标志位： 1 = <u>上电后，执行了 CLRWDT 或 SLEEP 指令</u> 0 = 发生 WDT 超时溢出
3	/PD	掉电标志位： 1 = <u>上电复位后或执行了 CLRWDT 指令</u> 0 = 执行了 SLEEP 指令
2	Z	0 标志位 (算术或逻辑运算的结果为零?): 1 = Yes 0 = No
1	HC	半进位 / 半借位 (算术运算结果的第 4 低位向高位进位或借位?): 1 = 进位, 或未借位 0 = 未进位, 或借位
0	C	进位 / 借位 (算术运算结果的最高位发生了进位或借位?): 1 = 进位, 或未借位 0 = 未进位, 或借位

注:

1. 同其他寄存器一样，STATUS 状态寄存器也可以作为任何指令的目标寄存器。但如果一条影响 Z、DC 或 C 位的指令以 STATUS 作为目标寄存器，那么对这三位的写操作将被禁止，Z、DC 和 C 位只受运算结果影响从而被置 1 或清 0。此时，当执行一条以 STATUS 作为目标寄存器的指令后，STATUS 的内容可能与预期不一致。
2. 建议只使用 BCR、BSR、SWAPR 和 STR 指令来操作 STATUS 寄存器。

11.4 堆栈

FT61FC4x 的硬件堆栈为 16 级深 x 15 位宽。堆栈空间与程序 PROM、数据 EEPROM 或数据存储区 SRAM 相互独立。

TOSH:TOSL 指向栈顶，STKPTR 为堆栈指针的当前值。访问堆栈时，可调整用来定位 TOSH:TOSL 的 STKPTR 值，然后对 TOSH:TOSL 执行读/写操作。

正常程序运行期间，LCALL、CALLW 和中断使 STKPTR 值递增 1，PC 值被压入堆栈。而当执行 RETW、RET 和 RETI 指令时，PC 值从堆栈弹出，STKPTR 值递减 1。PCLATH 值不受压栈或出栈操作的影响。可通过读取 STKPTR 以查看可用堆栈空间。

STKPTR 为 5 位，允许检测上溢和下溢。在压满 16 级后再执行压栈操作，将产生上溢，STKOVF 标志位将被置 1。在弹出第 1 级后再执行出栈操作，将产生下溢，STKUNF 标志位将被置 1。上溢或下溢事件都将导致系统复位，且 16 级堆栈将全部清 0。

注意：在允许中断的情况下修改 STKPTR 时需谨慎。

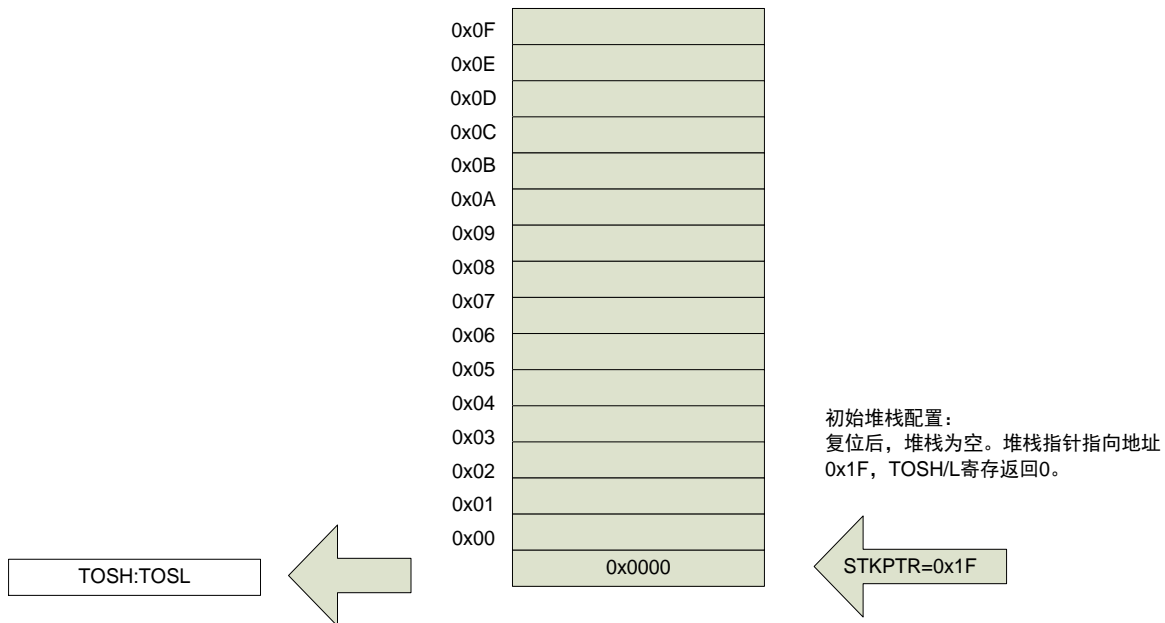


图 11-2 软件访问堆栈

11.4.1. PCON (0x96)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	STKOVF	STKUNF	EMCF	IERRR	/MCLRR	/SRSTF	/PORF	/BORF
Type	RW0	RW0	RW0	RW0	RW1	RW1	RW1	RW1
Reset	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹	q ¹

Bit	Name	Function
7	STKOVF	堆栈上溢标志： 1 = 发生了堆栈上溢 0 = 未发生堆栈上溢，或由软件清 0
6	STKUNF	堆栈下溢标志： 1 = 发生了堆栈下溢 0 = 未发生堆栈下溢，或由软件清 0
5	EMCF	EMC 复位标志： 1 = 发生了 EMC 指令复位 0 = 未发生 EMC 指令复位，或由软件清 0
4	IERRR	非法指令复位标志： 1 = 发生了非法指令复位 0 = 未发生非法指令复位，或由软件清 0
3	/MCLRR	外部 I/O 系统复位标志： 1 = 未发生外部 I/O 系统复位，或由软件置 1 0 = 发生了外部 I/O 系统复位
2	/SRSTF	软件复位标志： 1 = 未发生软件复位，或由软件置 1 0 = 发生了软件复位
1	/PORF	上电复位标志： 1 = 未发生上电复位，或由软件置 1 0 = 发生了上电复位
0	/BORF	低电压复位标志： 1 = 未发生低电压复位，或由软件置 1 0 = 发生了低电压复位

¹ 取决于所发生的复位

11.4.2. STKPTR (0xFED)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	-	-	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0
Type	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:5	N/A	保留位
4:0	SP[4:0]	堆栈指针地址位

11.4.3. TOSL (0xFEE)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	TOSL[7:0]							
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	TOSL	栈顶低字节

11.4.4. TOSH (0xFEF)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	-	TOSH[6:0]						
Type	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	Name	Function
7:0	TOSH	栈顶高字节

11.5 PCL 和 PCLATH

程序区分为 Page0 (2k Words) 和 Page1 (2k Words)。在 Page0 的末尾 (0x07FF) 将翻转到 Page1 的开头 (0x0800)，而在 Page1 的末尾 (0x1FFF) 将回滚到 Page0 的开头 (0x0000)。

程序计数器(PC)为 13 位宽。其低 8 位来自可读写的 PCL 寄存器，高 5 位(PC[12:8])来自 PCLATH，不可直接读写。发生复位时，PC 将被清 0。图 11-3 显示了装载 PC 值的不同情形。

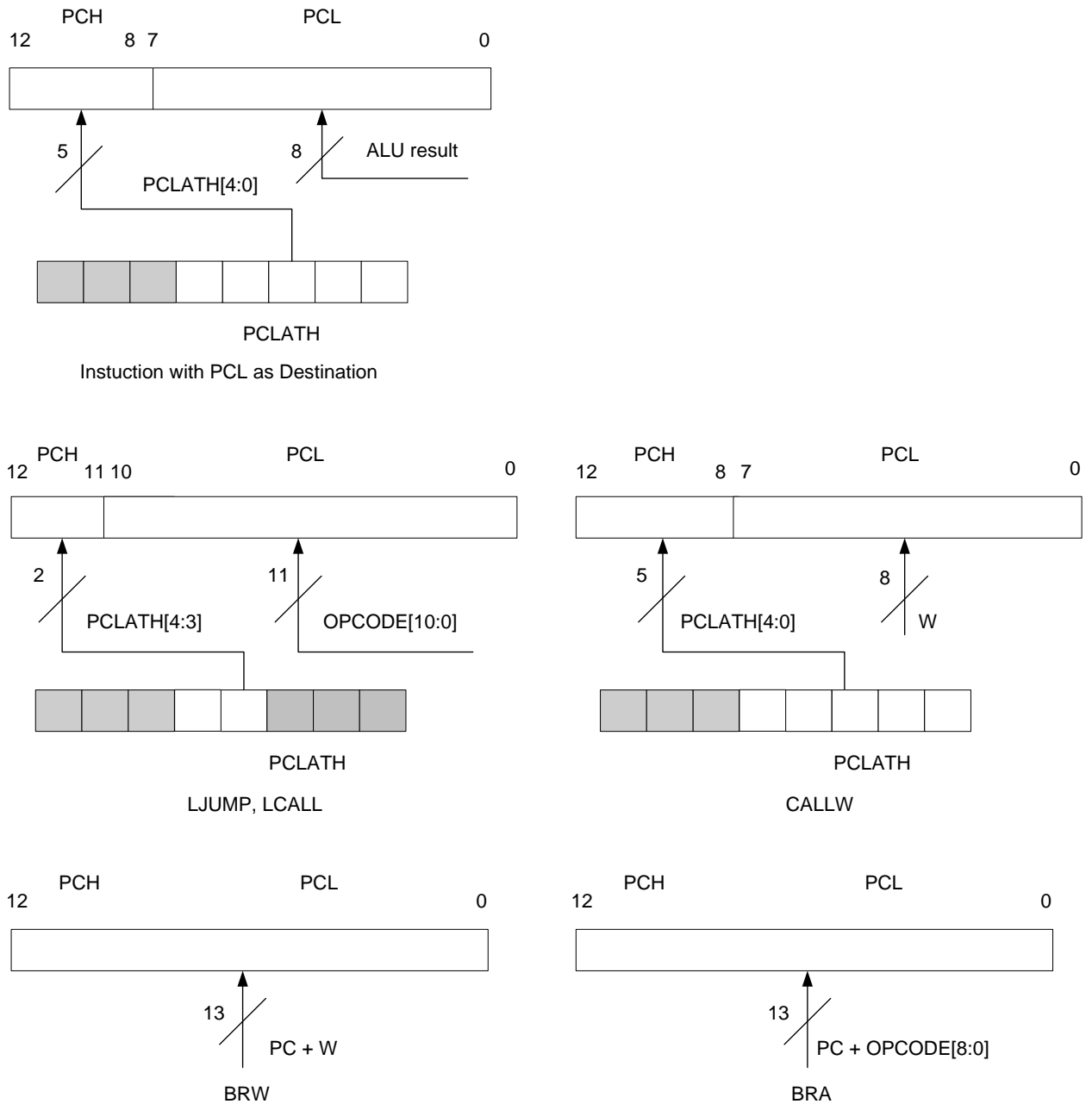


图 11-3 装载 PC 值的不同情况

执行任何以 PCL 寄存器为目标寄存器的指令将同时使程序计数器 PC[12:8]位被 PCLATH 内容所取代。因此可通过将所需的高 5 位先写入 PCLATH 寄存器来更改程序计数器 PC 的全部内容。

CALLW 指令所调用的目标地址由 PCLATH 和 W 组成。可通过将高 5 位先写入 PCLATH 寄存器，再将

低 8 位地址加载到 W 寄存器，而后执行 CALLW 指令来实现调用。

计算 LJUMP 指令是通过向程序计数器 PC 加入偏移量(ADDWR PCL)来实现的。因此通过修改 PCL 寄存器来跳转到查找表或程序分支表(计算 LJUMP)时应特别谨慎。假定 PCLATH 设置为表的起始地址，如果表的长度大于 255 条指令，或地址低 8 位在表的中间，计满至 0xFF 返回到 0x00，那么在每次表的起始地址或表内的目标地址发生计满返回时，PCLATH 必须递增。

相对跳转指令(BRW 和 BRA k)也是通过向程序计数器 PC 加入偏移量来实现的，并可以跨 PCL 存储边界。

INDF 不是物理存在的寄存器，对 INDF 进行寻址将产生间接寻址。任何使用 INDF 寄存器的指令，实际上是对文件选择寄存器(File Select Register, FSRn)所指向的单元进行存取。间接对 INDF 进行读操作将返回 0，间接对 INDF 进行写操作将导致空操作（可能会影响状态标志位）。

11.6 间接寻址

INDFn 不是物理存在的寄存器，对 INDFn 进行寻址将产生间接寻址。任何访问 INDFn 寄存器的指令，实际上是对文件选择寄存器(File Select Register, FSRn) 所指向的单元进行存取。间接对 INDF 进行读操作将返回 0，间接对 INDF 进行写操作将导致空操作(可能会影响状态标志位)。FSRnH:FSRnL 组成的 16 位地址允许对 65536 个地址单元进行寻址，可划分为 3 个存储区：

- 传统数据存储器
- 线性数据存储器
- 程序存储器

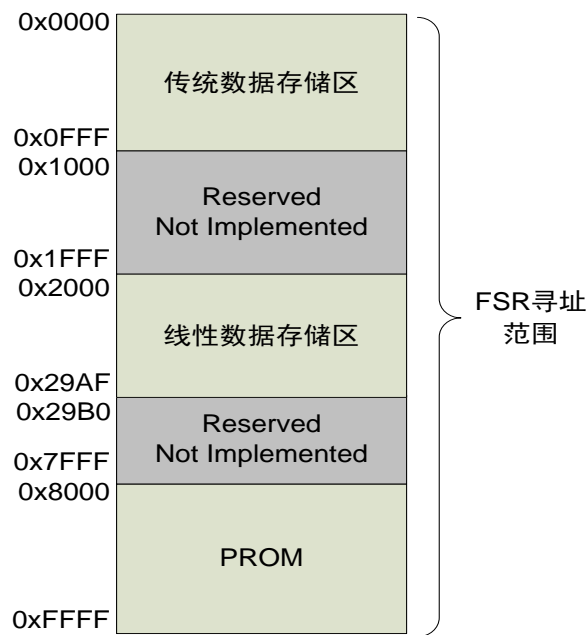


图 11-4 间接寻址

11.6.1 传统数据存储器

传统数据存储器，即用户寄存器，地址范围为 0x0000 ~ 0x0FFF，对应所有 SFR 和 SRAM 的绝对地址。

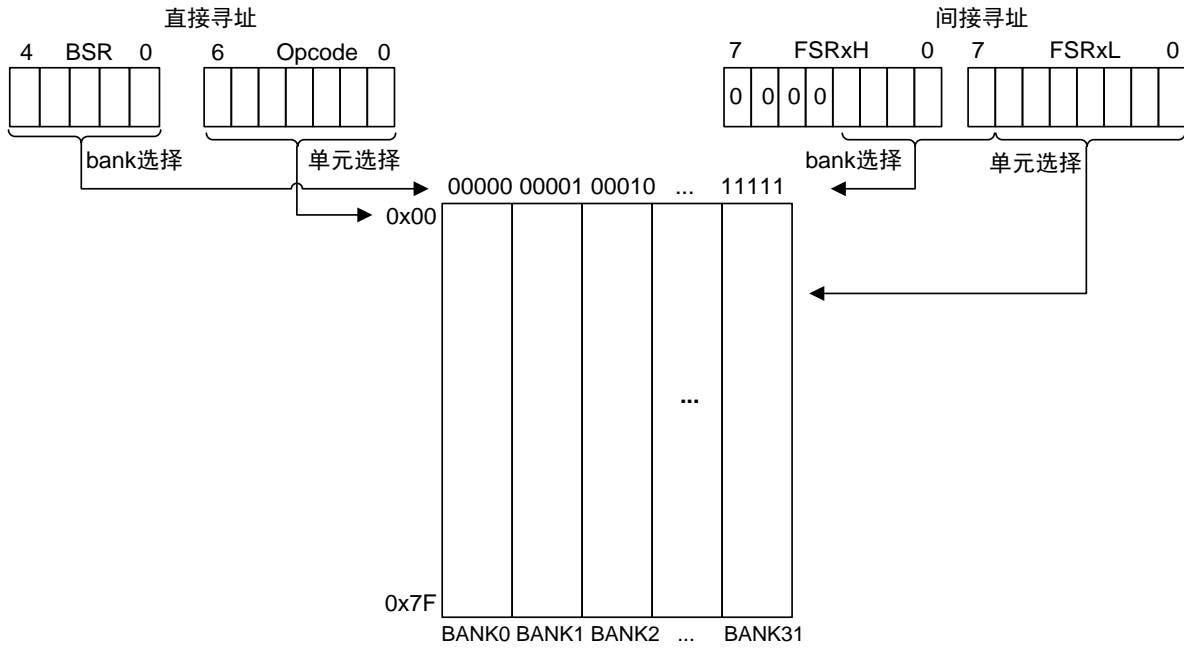


图 11-5 传统数据存储器映射

11.6.2 线性数据存储器

线性数据存储器，地址范围为 0x2000 ~ 0x29AF。该区域为虚拟区域，指向所有 Bank 中的 80 字节 SRAM 存储区 (不包括 16 字节的公共 SRAM)，未实现的存储区 (Bank6~30) 读为 0x00。

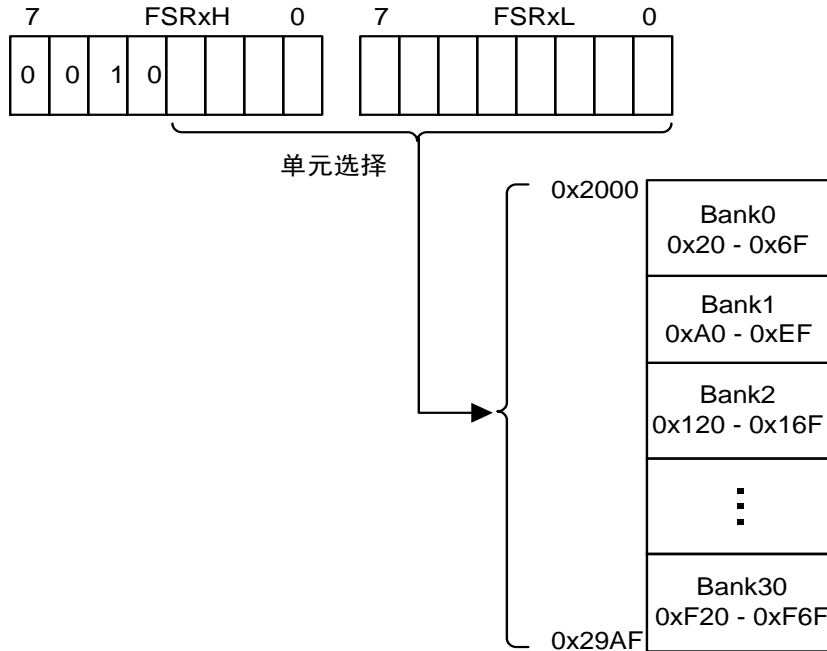


图 11-6 线性数据存储区映射

11.6.3 程序存储器

当 FSRnH 的 MSB 置 1 时，FSRnH:FSRnL 的低 15 位为需要访问的程序 PROM 存储区的地址，相应的低 8 位数据可通过 INDFn 进行读取。通过 FSR/INDF 无法对程序 PROM 执行写操作，而读操作需要 2

个指令周期。

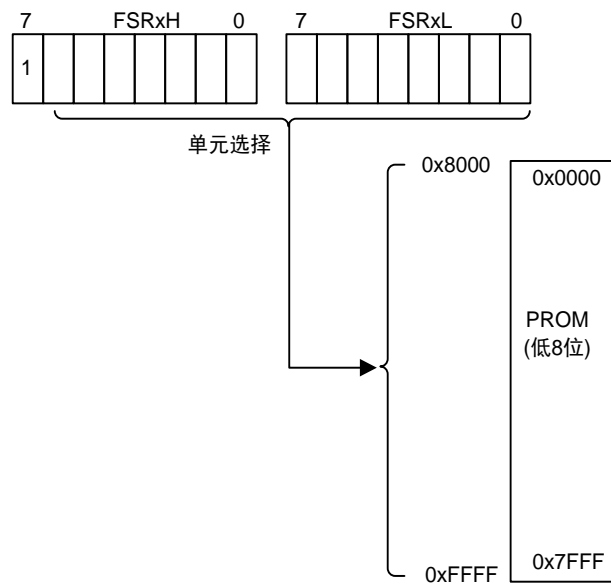


图 11-7 程序存储区映射

程序 PROM 存储器中的常数，可通过 FSR 间接访问，或通过 RETW 指令进行读取。

通过 FSR 间接访问的示例程序：

```

constants
RETW DATA0          ; Index0 data
RETW DATA1          ; Index1 data
RETW DATA2
RETW DATA3
my_function
...                  ; lots of code...
LDWI LOW constants
STR FSR1L
LDWI HIGH constants
STR FSR1H
MOVIW 0[FSR1]        ; The program memory is in W
    
```

通过 RETW 和 BRW 指令对常数表进行读取的示例程序：

```

constants
BRW                  ; Add Index in W to program counter to ;select data
RETW DATA0          ; Index0 data
RETW DATA1          ; Index1 data
RETW DATA2
RETW DATA3
my_function
...                  ; lots of code...
LDWI DATA_INDEX
call constants        ; the constant is in W
    
```

12. 指令集 (INSTRUCTION SET)

汇编语法	功能	运算	指令周期	状态位
NOP	空操作	None	1	NONE
SLEEP	进入 SLEEP 模式	$0 \rightarrow \text{WDT}$; Stop OSC	1	/PF, /TF
RESET	软件复位	复位寄存器 PCON	1	NONE
CLRWDT	清看门狗 (喂狗)	$0 \rightarrow \text{WDT}$	1	/PF, /TF
LJUMP N	无条件跳转	$N \rightarrow \text{PC}$	2	NONE
BRA k	相对跳转 (地址范围有限制)	$\text{PC} + 1 + k \rightarrow \text{PC}$	2	NONE
BRW	将寄存器 W 的值作为偏移量进行相对跳转	$\text{PC} + w \rightarrow \text{PC}$	2	NONE
LCALL N	调用子程序	$N \rightarrow \text{PC}$; $\text{PC} + 1 \rightarrow \text{Stack}$	2	NONE
CALLW	调用地址由寄存器 W 指定的子程序	$W \rightarrow \text{PC}$; $\text{PC} + 1 \rightarrow \text{Stack}$	2	NONE
RETW	将立即数 I 送入 W 并返回	$I \rightarrow W$, $\text{Stack} \rightarrow \text{PC}$	2	NONE
RETI	从中断返回	$\text{Stack} \rightarrow \text{PC}$; $1 \rightarrow \text{GIE}$	2	NONE
RET	从子程序返回	$\text{Stack} \rightarrow \text{PC}$	2	NONE
BCR R, b	将寄存器 R 的 b 位清 0	$0 \rightarrow R(b)$	1	NONE
BSR R, b	将寄存器 R 的 b 位置 1	$1 \rightarrow R(b)$	1	NONE
CLRR R	将寄存器 R 清 0	$0 \rightarrow R$	1	Z
LDR R, d (MOVF)	将 R 存到 d	$R \rightarrow d$	1	Z
COMR R, d	R 的反码	$/R \rightarrow d$	1	Z
INCR R, d	$R + 1$	$R + 1 \rightarrow d$	1	Z
INCRSZ R, d	$R + 1$, 结果为 0 则跳过	$R + 1 \rightarrow d$	1	NONE
DECR R, d	$R - 1$	$R - 1 \rightarrow d$	1	Z
DECRSZ R, d	$R - 1$, 结果为 0 则跳过	$R - 1 \rightarrow d$	1	NONE
SWAPR R, d	将寄存器 R 的半字节交换	$R(0-3)R(4-7) \rightarrow d$	1	NONE
RRR R, d	R 带进位循环右移	$R(0) \rightarrow C$; $R(n) \rightarrow R(n-1)$; $C \rightarrow R(7)$;	1	C
RLR R, d	R 带进位循环左移	$R(7) \rightarrow C$; $R(n) \rightarrow R(n+1)$; $C \rightarrow R(0)$;	1	C
LSRF f, d	F 逻辑右移	$0 \rightarrow f(7)$; $f(n+1) \rightarrow R(n)$; $f(0) \rightarrow C$;	1	C, Z
LSLF f, d	F 逻辑左移	$f(7) \rightarrow C$; $f(n) \rightarrow R(n+1)$; $0 \rightarrow R(0)$;	1	C, Z
ASRF f, d	算术右移	$f(7) \rightarrow R(7)$; $f(n+1) \rightarrow R(n)$; $f(0) \rightarrow C$;	1	C, Z
BTSC R, b	位测试, 结果为 0 则跳过	Skip if $R(b)=0$	1	NONE

汇编语法	功能	运算	指令周期	状态位
BTSS R, b	位测试, 结果为 1 则跳过	Skip if R(b)=1	1	NONE
CLRW	将工作寄存器 W 清 0	$0 \rightarrow W$	1	Z
STR R (MOVWF)	将 W 存到 R	$W \rightarrow R$	1	NONE
ADDWR R, d	W 与 R 相加	$W + R \rightarrow d$	1	C, DC, Z
ADDWFC R, d	W 与 R 相加(带进位)	$W + R + C \rightarrow d$	1	C, DC, Z
SUBWR R, d	R 减 W	$R - W \rightarrow d$	1	C, DC, Z
SUBWFB R, d	R 减 W (带借位)	$R - W - (/B) \rightarrow d$	1	C, DC, Z
ANDWR R, d	W 与 R 相与	$R \& W \rightarrow d$	1	Z
IORWR R, d	W 与 R 相或	$W R \rightarrow d$	1	Z
XORWR R, d	W 与 R 异或	$W \wedge R \rightarrow d$	1	Z
LDWI I (MOVLW)	将立即数存到 W	$I \rightarrow W$	1	NONE
ANDWI I	W 与立即数 I 相与	$I \& W \rightarrow W$	1	Z
IORWI I	W 与立即数 I 相或	$I W \rightarrow W$	1	Z
XORWI I	W 与立即数 I 异或	$I \wedge W \rightarrow W$	1	Z
ADDWI I	W 与立即数 I 相加	$I + W \rightarrow W$	1	C, DC, Z
SUBWI I	立即数 I 减 W	$I - W \rightarrow W$	1	C, DC, Z
RETW I	返回, 将立即数 I 存到 W	Stack \rightarrow PC; $I \rightarrow W$		NONE
MOVLB k	将立即数 I 送到存储区选择寄存器 BSR	$K \rightarrow BSR$	1	NONE
ADDFSR FSRn, k	立即数 k 与 FSRn 相加	$FSRn + k \rightarrow FSRn$	1	NONE
MOVLP	将立即数 k 送到 PCLATH	$k \rightarrow PCLATH$	1	NONE
MOVIW mm	将 FSRn 的内容送到 W	$FSRn \rightarrow W$	1	Z
MOVWI mm	将 W 的内容送到 FSRn	$W \rightarrow FSRn$	1	NONE

表 12-1 49 条指令集

字段	描述	
R(f)	SFR/SRAM 地址	
W	工作寄存器	
b	8-bit 寄存器 R / RAM 中的位地址	
l/Imm (k)	立即数字段、常数或标号	
x	不关心，值可以为 0 或 1	
d	目标寄存器选择	1 = 结果存放到寄存器 R / RAM 0 = 结果存放到 W
mm	预/后增/减模式选择 (++FSRn, --FSRn, FSRn++, FSRn--, k[FSRn])	
N	程序绝对地址	
PC	程序计数器	
/PD	掉电标志位	
/TO	超时标志位	
C	进位 / 借位	
DC	半进位 / 半借位	
Z	0 标志位	

表 12-2 操作码字段

12.1. 读-修改-写 (RMW)指令

所有需要使用文件寄存器 (表 12-1 中助记符带 R 的指令) 的指令都会执行读-修改-写(RMW)操作, 即先把目标寄存器内容取出, 根据指令修改数据, 再把数据写回到目标寄存器或 W (取决于 d 和具体指令)。

举例说明:

```
BSR    FSR0L, 0;
```

上述指令在 CPU 的执行过程如下:

- 1) 把 FSR0L 读出到临时寄存器 T;
- 2) 把寄存器 T 或上"0000 0001"形成新数据;
- 3) 再把新数据写回 FSR0L;

12.2. 指令详细描述

ADDFSR	立即数与 FSR _n 相加
语法:	[标号] ADDFSR FSR _n , k
操作数:	-32 ≤ k ≤ 31 n ∈ [0,1]
操作:	FSR(n)+k → FSR(n)
受影响的状态位:	无
说明:	将有符号 6 位立即数 k 与 FSR _n H:FSR _n L 寄存器对的内容相加。 FSR _n 地址范围限制为 0000h-FFFFh。传送地址超出该边界时, FSR 会发生折回。

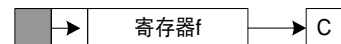
ADDWI	立即数与 W 相加
语法:	[标号] ADDWI k
操作数:	0 ≤ k ≤ 255
操作:	(W)+k → (W)
受影响的状态位:	C、DC 和 Z
说明:	将 W 寄存器的内容与 8 位立即数 k 相加, 结果存入 W 寄存器。

ADDWR	W 与 f 相加
语法:	[标号] ADDWR f, d
操作数:	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作:	(W)+(f) → (目标寄存器)
受影响的状态位:	C、DC 和 Z
说明:	将 W 寄存器的内容与寄存器 f 的内容相加。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

ANDWI	立即数和 W 作逻辑与运算
语法:	[标号] ANDWI k
操作数:	0 ≤ k ≤ 255
操作:	(W).AND.(k) → (W)
受影响的状态位:	Z
说明:	将 W 寄存器的内容与 8 位立即数 k 进行逻辑与运算。结果存入 W 寄存器。

ANDWR	W 和 f 作逻辑与运算
语法:	[标号] ANDWR f, d
操作数:	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作:	(W).AND.(f) → (目标寄存器)
受影响的状态位:	Z
说明:	将 W 寄存器的内容与寄存器 f 的内容进行逻辑与运算。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

ASRF	算术右移
语法:	[标号] ASRF f {,d}
操作数:	0 ≤ f ≤ 127 d ∈ [0,1]
操作:	(f[7]) → 目标寄存器[7] (f[7:1]) → 目标寄存器[6:0], (f[0]) → C
受影响的状态位:	C 和 Z
说明:	将寄存器 f 的内容连同进位标志位一起右移 1 位。MSb 保持不变。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。



ADDWFC W 与 f 相加 (带进位)

语法: [标号] ADDWFC f {,d}

操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

操作: $(W)+(f)+(C) \rightarrow$ 目标寄存器

受影响的状态位: C、DC 和 Z

说明: 将 W 的内容、进位标志位与数据存储器单元 f 的内容相加。如果 d 为 0, 结果存入 W。如果 d 为 1, 结果存入数据存储器单元 f。

BRW 将 W 寄存器的内容作为偏移量进行相对跳转

语法: [标号] BRW

操作数: 无

操作: $(PC)+(W) \rightarrow PC$

受影响的状态位: 无

说明: 将 W 的内容 (无符号) 与 PC 相加。由于 PC 将递增 1 以取出下一条指令, 所以新地址将为 $PC+1+(W)$ 。该指令为一条双周期指令。

BCR 将 f 寄存器中的某位清零

语法: [标号] BCR f, b

操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

操作: $0 \rightarrow (f[b])$

受影响的状态位: 无

说明: 将寄存器 f 中的位 b 清零。

BSR 将 f 中的某位置 1

语法: [标号] BSR f, b

操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

操作: $1 \rightarrow (f[b])$

受影响的状态位: 无

说明: 将寄存器 f 的位 b 置 1。

BRA 相对跳转

语法: [标号] BRA 标号
 [标号] BRA \$+k

操作数: $-256 \leq \text{标号} - PC + 1 \leq 255$
 $-256 \leq k \leq 255$

操作: $(PC)+1+k \rightarrow PC$

受影响的状态位: 无

说明: 将有符号 9 位立即数 k 与 PC 相加。由于 PC 将递增 1 以便取下一条指令, 所以新地址将为 $PC+1+k$ 。该指令为一条双周期指令。该跳转的地址范围存在限制。

BTSC 测试 f 中某位, 为 0 则跳过

语法: [标号] BTSC f, b

操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

操作: 如果 $(f[b])=0$, 则跳过

受影响的状态位: 无

说明: 如果寄存器 f 的位 b 为 1, 则执行下一条指令。如果寄存器 f 的位 b 为 0, 则丢弃下一条指令, 转而执行一条 NOP 指令, 从而使该指令成为双周期指令。

BTSS 测试 f 中某位,为 1 则跳过

语法: [标号] BTSS f,b
 操作数: 0≤f≤127
 0≤b≤7
 操作: 如果(f[b])=1, 则跳过
 受影响的状态位: 无
 说明: 如果寄存器 f 的位 b 为 0, 则执行下一条指令。如果位 b 为 1, 则丢弃下一条指令, 转而执行一条 NOP 指令, 从而使该指令成为双周期指令。

LCALL 调用子程序

语法: [标号] LCALL k
 操作数: 0≤k≤2047
 操作: (PC)+1→TOS,
 k→PC[10:0],
 (PCLATH[4:3])→PC[12:11]
 受影响的状态位: 无
 说明: 调用子程序。首先, 将返回地址 (PC+1) 压入堆栈。将 11 位立即数地址装入 PC 的[10:0]位。将 PCLATH 的内容装入 PC 的高位。LCALL 是双周期指令。

CLRR 将 f 清零

语法: [标号] CLRR f
 操作数: 0≤f≤127
 操作: 00h→(f)
 1→Z
 受影响的状态位: Z
 说明: 寄存器 f 的内容被清零, 并且 Z 位被置 1。

CLRW 将 W 寄存器清零

语法: [标号] CLRW
 操作数: 无
 操作: 00h→(W)
 1→Z
 受影响的状态位: Z
 说明: W 寄存器被清零。全零位 (Z) 被置 1。

CALLW 调用地址由 W 寄存器指定的子程序

语法: [标号] CALLW
 操作数: 无
 操作: (PC)+1→TOS,
 (W)→PC[7:0],
 (PCLATH[4:0])→PC[12:8]
 受影响的状态位: 无
 说明: 调用地址由 W 寄存器指定的子程序。首先, 将返回地址 (PC+1) 压入返回堆栈。然后, W 的内容被装入 PC[7:0], 将 PCLATH 的内容装入 PC[12:8]。CALLW 是双周期指令。

CLRWD T 将看门狗定时器清零

语法: [标号] CLRWD T
 操作数: 无
 操作: 00h→WDT
 0→WDT 预分频器
 1→/TO
 1→/PD
 受影响的状态位: /TO 和/PD
 说明: CLRWD T 指令复位看门狗定时器及其预分频器。状态位/TO 和/PD 均被置 1。

COMR	f 取反
语法:	[标号] COMR f,d
操作数:	0≤f≤127 d∈[0,1]
操作:	$\overline{(f)} \rightarrow (\text{目标寄存器})$
受影响的状态位:	Z
说明:	将寄存器 f 的内容取反。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

LJUMP	无条件跳转
语法:	[标号] LJUMP k
操作数:	0≤k≤2047
操作:	k→PC[10:0] PCLATH[4:3]→PC[12:11]
受影响的状态位:	无
说明:	LJUMP 是无条件跳转指令。将 11 位立即数值装入 PC 的[10:0] 位。PC 的高位从 PCLATH[4:3] 装入。LJUMP 是双周期指令。

DECR	f 递减 1
语法:	[标号] DECR f,d
操作数:	0≤f≤127 d∈[0,1]
操作:	$(f)-1 \rightarrow (\text{目标寄存器})$
受影响的状态位:	Z
说明:	将寄存器 f 的内容递减 1。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

INCR	f 递增 1
语法:	[标号] INCR f,d
操作数:	0≤f≤127 d∈[0,1]
操作:	$(f)+1 \rightarrow (\text{目标寄存器})$
受影响的状态位:	Z
说明:	将寄存器 f 的内容递增 1。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

DECRSZ	f 递减 1, 为 0 则跳过
语法:	[标号]DECRSZ f,d
操作数:	0≤f≤127 d∈[0,1]
操作:	$(f)-1 \rightarrow (\text{目标寄存器});$ 结果=0 则跳过
受影响的状态位:	无
说明:	将寄存器 f 的内容递减 1。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。如果结果为 1, 则执行下一条指令。如果结果为 0, 则转而执行一条 NOP 指令, 从而使该指令成为双周期指令。

INCRSZ	f 递增 1, 为 0 则跳过
语法:	[标号] INCRSZ f,d
操作数:	0≤f≤127 d∈[0,1]
操作:	$(f)+1 \rightarrow (\text{目标寄存器}),$ 结果=0 则跳过
受影响的状态位:	无
说明:	将寄存器 f 的内容递增 1。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。如果结果为 1, 则执行下一条指令。如果结果为 0, 则转而执行 NOP 指令, 从而使该指令成为双周期指令。

IORWI 立即数和 W 作逻辑或运算

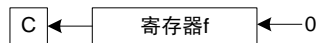
语法: [标号] IORWI k
 操作数: 0≤k≤255
 操作: (W).OR.k→(W)
 受影响的状态位: Z
 说明: 将 W 寄存器的内容与 8 位立即数 k 进行逻辑或运算。结果存入 W 寄存器。

IORWR W 和 f 作逻辑或运算

语法: [标号] IORWR f,d
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]
 操作: (W).OR.(f)→(目标寄存器)
 受影响的状态位: Z
 说明: 将 W 寄存器的内容与寄存器 f 的内容进行逻辑或运算。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

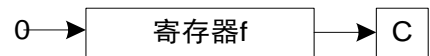
LSLF 逻辑左移

语法: [标号] LSLF f {,d}
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]
 操作: (f[7])→C
 (f[6:0])→目标寄存器[7:1]
 0→目标寄存器[0]
 受影响的状态位: C 和 Z
 说明: 将寄存器 f 的内容连同进位标志位一起左移 1 位。0 移入 LSb。如果 d 为 0, 结果存入 W。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。



LSRF 逻辑右移

语法: [标号] LSRF f {,d}
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]
 操作: 0→目标寄存器[7]
 (f[7:1])→目标寄存器[6:0]
 (f[0])→C
 受影响的状态位: C 和 Z
 说明: 将寄存器 f 的内容连同进位标志位一起右移 1 位。0 移入 MSb。如果 d 为 0, 结果存入 W。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。



LDR 传送 f

语法: [标号] LDR f,d
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]
 操作: (f)→(目标寄存器)
 受影响的状态位: Z
 说明: 根据 d 的状态, 将寄存器 f 的内容传送到目标寄存器。如果 d=0, 目标寄存器为 W 寄存器。如果 d=1, 目标寄存器为文件寄存器 f。由于状态标志位 Z 要受影响, 可用 d=1 检测文件寄存器。

指令字数: 1
 指令周期数: 1

示例: LDR FSR, 0
 执行指令后
 W=FSR 寄存器的值
 Z=1

MOVIW 将 INDFn 的内容传送到 W

语法: [标号] MOVIW ++FSRn
 [标号] MOVIW --FSRn
 [标号] MOVIW FSRn++
 [标号] MOVIW FSRn--
 [标号] MOVIW k[FSRn]

操作数: $n \in [0,1]$
 $mm \in [00,01,10,11]$
 $-32 \leq k \leq 31$

操作: INDFn → W
 有效地址通过以下方式确定:
 •FSR+1 (预递增 1)
 •FSR-1 (预递减 1)
 •FSR+k (相对偏移)
 执行传送指令后, FSR 值为以下任一项:
 •FSR+1 (所有值都加 1)
 •FSR-1 (所有值都减 1)
 •不变

受影响的状态位: Z

模式	语法	mm
预递增	++FSRn	00
与递减	--FSRn	01
后递增	FSRn++	10
后递减	FSRn--	11

说明: 该指令用于在 W 寄存器和任一间接寄存器 (INDFn) 之间传送数据。执行该传送指令之前/之后, 将通过预/后增/减来更新指针 (FSRn)。

注: INDFn 寄存器不是物理寄存器。访问 INDFn 寄存器的指令实际上访问的是由 FSRn 指定的地址处的寄存器。

FSRn 地址范围限制为 0000h-FFFFh。地址递增/递减到超出边界时, 将导致它发生折回。

MOVWI 将 W 的内容传送到 INDFn

语法: [标号] MOVWI ++FSRn
 [标号] MOVWI --FSRn
 [标号] MOVWI FSRn++
 [标号] MOVWI FSRn--
 [标号] MOVWI k[FSRn]

操作数: $n \in [0,1]$
 $mm \in [00,01,10,11]$
 $-32 \leq k \leq 31$

操作: W → INDFn
 有效的地址由以下项决定:
 •FSR+1 (预递增 1)
 •FSR-1 (预递减 1)
 •FSR+k (相对偏移)
 执行传送指令后, FSR 值为以下任一项:
 •FSR+1 (所有值都加 1)
 •FSR-1 (所有值都减 1)
 不变

受影响的状态位: 无

模式	语法	mm
预递增	++FSRn	00
与递减	--FSRn	01
后递增	FSRn++	10
后递减	FSRn--	11

说明: 该指令用于在 W 寄存器和任一个间接寄存器 (INDFn) 之间传送数据。执行该传送指令之前/之后, 将通过预/后增/减来更新指针 (FSRn)。

注: INDFn 寄存器不是物理寄存器。访问 INDFn 寄存器的指令实际上访问的是由 FSRn 指定的地址处的寄存器。

FSRn 地址范围限制为 0000h-FFFFh。地址递增/递减到超出边界时, 将导致它发生折回。对于 FSRn 的递增/递减操作不会影响任何状态位。

MOVLB 将立即数传送到 BSR

语法: [标号] MOVLB k
 操作数: 0≤k≤15
 操作: k→BSR
 受影响的状态位: 无
 说明: 将5位立即数k装入存储区选择寄存器 (BSR)。

MOVLP 将立即数传送到 PCLATH

语法: [标号] MOVLP k
 操作数: 0≤k≤127
 操作: k→PCLATH
 受影响的状态位: 无
 说明: 将5位立即数k装入PCLATH寄存器。

LDWI 将立即数传送到 W

语法: [标号] MOVLW k
 操作数: 0≤k≤255
 操作: k→(W)
 受影响的状态位: 无
 说明: 将8位立即数k装入W寄存器。其余无关位均汇编为0。
 指令字数: 1
 指令周期数: 1
 示例: LDWI 0x5A
 执行指令后
 W = 0x5A

NOP 空操作

语法: [标号] NOP
 操作数: 无
 操作: 空操作
 受影响的状态位: 无
 说明: 不执行任何操作。
 指令字数: 1
 指令周期数: 1
 示例: NOP

STR 将 W 的内容传送到 f

语法: [标号] STR f
 操作数: 0≤f≤127
 操作: (W) →(f)
 受影响的状态位: 无
 说明: 将W寄存器的数据传送到寄存器f。
 指令字数: 1
 指令周期数: 1
 示例: STR OPTION
 执行指令前
 OPTION = 0xFF
 W = 0x4F
 执行指令后
 OPTION = 0x4F
 W = 0x4F

RESET 软件复位

语法: [标号] RESET
 操作数: 无
 操作: 执行器件复位。复位PCON寄存器的nRI标志。
 受影响的状态位: 无
 说明: 此指令可实现用软件执行硬件复位。

RET 从子程序返回

语法: [标号] RET
 操作数: 无
 操作: TOS→PC
 受影响的状态位: 无
 说明: 从子程序返回。执行出栈操作,将栈顶 (TOS) 内容装入程序计数器。这是一条双周期指令。

RETI 从中断返回

语法: [标号] RETI
 操作数: 无
 操作: TOS→PC,
 1→GIE

受影响的状态位: 无

说明: 从中断返回。执行出栈操作, 将栈顶 (Top-of-Stack, TOS) 的内容装入 PC。通过将全局中断允许位 GIE (INTCON[7]) 置 1, 来允许中断。这是一条双周期指令。

指令字数: 1
 指令周期数: 2

示例: RETI
 中断后
 PC = TOS
 GIE = 1

RLR 对 f 执行带进位的循环左移

语法: [标号] RLR f,d
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]

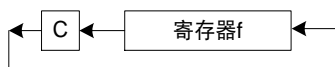
操作: 参见如下说明

受影响的状态位: C

说明: 将寄存器 f 的内容连同进位标志位一起循环左移 1 位。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

指令字数: 1
 指令周期数: 1

示例: RLF REG1,0
 执行指令前:
 REG1 = 1110 0110
 C = 0
 执行指令后:
 REG1 = 1110 0110
 W = 1100 1100
 C = 1



RETW 返回并将立即数送入 W

语法: [标号] RETW k
 操作数: 0≤k≤255
 操作: k→(W);
 TOS→PC

受影响的状态位: 无

说明: 将 8 位立即数 k 装入 W 寄存器。将栈顶内容 (返回地址) 装入程序计数器。这是一条双周期指令。

指令字数: 1
 指令周期数: 2

示例: LCALL TABLE;W contains
 ;table offset value
 • ;W now has table value
 •
 •
 •
 TABLE
 ADDWR PC ;W = offset
 RETW k1 ;Begin table
 RETW k2 ;
 •
 •
 •
 RETW kn ;End of table
 执行指令前
 W = 0x07
 执行指令后
 W = k8 的值

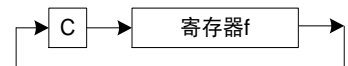
RRR 对 f 执行带进位的循环右移

语法: [标号] RRR f,d
 操作数: 0≤f≤127
 d∈[0,1]

操作: 参见如下说明

受影响的状态位: C

说明: 将寄存器 f 的内容连同进位标志位一起循环右移 1 位。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。



SLEEP 进入休眠模式

语法: [标号] SLEEP
 操作数: 无
 操作: 00h→WDT,
 0→WDT 预分频器,
 1→/TO,
 0→/PD
 受影响的状态位: /TO 和/PD
 说明: 掉电状态位/PD 被清零。超时状态位/TO 被置 1。看门狗定时器及其预分频器被清零。振荡器停振, 处理器进入休眠模式。

SUBWI 从立即数中减去 W

语法: [标号] SUBWI k
 操作数: $0 \leq k \leq 255$
 操作: $k-(W) \rightarrow (W)$
 受影响的状态位: C、DC 和 Z
 说明: 用 8 位立即数 k 减去 W 寄存器的内容 (通过二进制补码方式进行运算)。结果存入 W 寄存器。

C= 0	$W > k$
C= 1	$W \leq k$
DC=0	$W[3:0] > k[3:0]$
DC=1	$W[3:0] \leq k[3:0]$

SUBWFB f 减去 W (带借位)

语法: SUBWFB f {,d}
 操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
 操作: $(f)-(W)-(/B) \rightarrow$ 目标寄存器
 受影响的状态位: C、DC 和 Z
 说明: 用 f 寄存器的内容减去 W 的内容和借位标志 (进位) (通过二进制补码方式进行运算)。如果 d 为 0, 结果存入 W。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

SWAPR 将 f 中的两个半字节交换

语法: [标号] SWAPR f,d
 操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
 操作: $(f[3:0]) \rightarrow$ (目标寄存器[7:4]),
 $(f[7:4]) \rightarrow$ (目标寄存器[3:0])
 受影响的状态位: 无
 说明: 寄存器 f 的高半字节和低半字节相互交换。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

SUBWR f 减去 W

语法: [标号] SUBWR f,d
 操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
 操作: $(f)-(W) \rightarrow$ (目标寄存器)
 受影响的状态位: C、DC 和 Z
 说明: 用寄存器 f 的内容减去 W 寄存器的内容 (通过二进制补码方式进行运算)。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

C= 0	$W > f$
C= 1	$W \leq f$
DC=0	$W[3:0] > f[3:0]$
DC=1	$W[3:0] \leq f[3:0]$

XORWR W 和 f 作逻辑异或运算

语法: [标号] XORWR f,d
 操作数: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
 操作: $(W).XOR.(f) \rightarrow$ (目标寄存器)
 受影响的状态位: Z
 说明: 将 W 寄存器的内容与寄存器 f 的内容进行逻辑异或运算。如果 d 为 0, 结果存入 W 寄存器。如果 d 为 1, 结果存回寄存器 f。

XORWI 立即数和 W 作逻辑异或运算

语法: [标号] XORWI k

操作数: $0 \leq k \leq 255$ 操作: (W).XOR.k \rightarrow (W)

受影响的状态位: Z

说明: 将 W 寄存器的内容与 8 位立即数 k 进行逻辑异或运算。结果存入 W 寄存器。

13. 电气特性

13.1. 极限参数

工作温度等级 3.....	-40 – +85°C
工作温度等级 2.....	-40 – +105°C
工作温度等级 1.....	-40 – +125°C
存储温度.....	-40 – +125°C
结工作温度范围(Tj).....	-40 – +150°C
电源电压.....	$V_{SS}-0.3V - V_{SS}+6.0V$
端口输入电压.....	$V_{SS}-0.3V - V_{DD}+0.3V$

注:

1. 超过上述“极限参数”所规定的范围，可能会对芯片造成永久性损坏。
2. 除非另作说明，所有特性值的测试条件为 25°C, $V_{DD} = 1.9 - 5.5V$ 。
3. 本节所示的值和范围基于特性值，并非最终出货的标准值。
4. 除非另作说明，生产测试温度为 25°C。由于高温筛选不是常规测试流程，超出上述工作环境温度时，芯片的某些性能参数将不能保证。
5. 150°C 下，未经压力测试的典型数据保持时间大于 10 年。

13.2. 工作特性

参数		最小值	典型值	最大值	单位	条件
Fsys (SysClk)	2T/4T	—	—	8	MHz	-40~85°C, $V_{DD} = 1.9\sim 5.5V$
		—	—	16	MHz	-40~85°C, $V_{DD} = 2.7\sim 5.5V$
指令周期 ($T_{INSTRCLK}$)	2T	—	125	—	ns	SysClk = HIRC
	4T	—	250	—	ns	
	2T	—	61	—	μs	SysClk = LIRC
	4T	—	122	—	μs	
上电复位保持时间 (T_{DRH})		—	4.2	—	ms	25°C, PWRT disable
外部复位脉冲宽度 (T_{MCLRb})		2000	—	—	ns	25°C
WDT 周期 (T_{WDT})		—	1	—	ms	无预分频, WDTPS[3:0]=0000

13.3. POR, LVR, LVD

上电复位 (POR)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
I_{POR} 工作电流	-	140	-	nA	25°C, $V_{DD} = 3.3V$
V_{POR}	-	1.65	-	V	25°C

低电压复位 (LVR)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
I_{LVR} 工作电流	-	18.0	-	μA	25°C, $V_{DD} = 3.3V$
V_{LVR} , LVR 阈值	1.94	2.0	2.06	V	25°C
	2.13	2.2	2.27		
	2.42	2.5	2.58		
	2.72	2.8	2.88		
	3.01	3.1	3.19		
	3.49	3.6	3.71		
	3.98	4.1	4.22		
LVR delay	94	-	125	μs	25°C, $V_{DD} = 1.9 - 5.5V$

低电压检测 (LVD)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
I_{LVD} 工作电流	-	18.0	-	μA	25°C, $V_{DD} = 3.3V$
V_{LVD} , LVD 阈值	1.94	2.0	2.06	V	25°C
	2.33	2.4	2.47		
	2.72	2.8	2.88		
	2.91	3.0	3.09		
	3.49	3.6	3.71		
	3.88	4.0	4.12		
LVD delay	94	-	125	μs	25°C, $V_{DD} = 1.9 - 5.5V$

13.4. I/O 端口电路

参数		最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{IL}		0	-	$0.3 \cdot V_{DD}$	V	
V_{IH}		$0.7 \cdot V_{DD}$	-	V_{DD}	V	
漏电流		-1	-	1	μA	$V_{DD} = 5V$
源电流(source)	L0	-	-3	-	mA	$25^{\circ}C, V_{DD} = 5V, V_{OH} = 4.5V$
	L1	-	-6	-		
	L2	-	-23	-		
灌电流(sink)	L0	-	53	-	mA	$25^{\circ}C, V_{DD} = 5V, V_{OL} = 0.5V$
	L1	-	62	-		
上拉电阻		-	17	-	k Ω	
下拉电阻		-	17	-	k Ω	

13.5. 工作电流 (IDD)

参数	Sysclk	典型值@ V_{DD}			单位
		2.0V	3.0V	5.5V	
正常模式(2T), I_{DD}	16MHz	-	2.133	2.289	mA
	8MHz	0.953	1.486	1.591	
	4MHz	0.670	0.934	0.998	
	2MHz	0.451	0.629	0.672	
	1MHz	0.340	0.475	0.506	
	500kHz	0.285	0.397	0.424	
	250kHz	0.257	0.359	0.382	
	32kHz	0.024	0.032	0.034	
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR OFF), I_{SB}	-	0.170	0.190	0.219	μA
Sleep 模式 (WDT ON, LVR OFF)	-	1.448	2.510	2.955	
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR ON)	-	13.266	18.083	24.780	
Sleep 模式 (WDT ON, LVR ON)	-	14.559	20.396	27.409	
Sleep 模式 (WDT OFF, LVR OFF, LVD ON)	-	13.392	18.014	24.682	

注: Sleep 模式 I_{SB} 的测试条件为所有 I/O 设置成输入模式并外部下拉到 GND;

13.6. 内部振荡器

内部低频振荡器 (LIRC)

测试条件为 LIRC 选择 32 kHz (LFMOD = 0)。

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
频率范围	30.4	32	33.6	kHz	25°C, $V_{DD} = 2.5V$
随温度变化范围	-2.5%	-	2.0%	-	-40 ~ 85°C, $V_{DD} = 2.5V$
随电源电压变化范围	-5.0%	-	1.0%	-	25°C, $V_{DD} = 1.9 \sim 5.5V$
I_{LIRC} 工作电流	-	1.3	-	μA	25°C, $V_{DD} = 3.0V$
启动时间	-	4.6	-	μs	25°C, $V_{DD} = 3.0V$

内部高频振荡器(HIRC)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
频率范围	15.84	16	16.16	MHz	25°C, $V_{DD} = 2.5V$
随温度变化范围	-2.0%	-	2.0%	-	-40 ~ 85°C, $V_{DD} = 2.5V$
随电源电压变化范围	-0.5%	-	0.5%	-	25°C, $V_{DD} = 1.9 \sim 5.5V$
I_{HIRC} 工作电流	-	60	-	μA	25°C, $V_{DD} = 3.0V$
启动时间	-	2.5	-	μs	25°C, $V_{DD} = 3.0V$

13.7. ADC(12bit)和 ADC V_{REF}

ADC (12bit)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
ADC 工作电压 V_{DD}	2.7	-	5.5	V	
ADC 工作电流 I_{VDD}	-	90	-	μA	$V_{REF+} = V_{DD} = 2.7V$
	-	100	-	μA	$V_{REF+} = V_{DD} = 3.0V$
	-	140	-	μA	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.5V$
模拟输入电压 V_{AIN}	V_{REF-}	-	V_{REF+}	V	
外部参考电压 V_{REF}	-	-	V_{DD}	V	
分辨率	-	-	12	位	
积分误差 E_{IL}	-	± 2.0	-	LSB	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.0V,$ $V_{REF-} = GND,$ $F_{ADCLK} = 250kHz$
微分误差 E_{DL}	-	± 2.0	-	LSB	
偏移误差 E_{OFF}	-	± 3.0	-	LSB	$V_{REF+} = V_{DD} = 5.0V,$ $V_{REF-} = GND,$ $F_{ADCLK} = 250kHz$
增益误差 E_{GN}	-	± 3.0	-	LSB	
转换时钟周期 T_{AD}	-	2	-	μs	
转换时钟数	-	17	-	T_{AD}	
稳定时间 (T_{ST})	-	15	-	μs	
采样时间 (T_{ACQ})	-	≥ 2	-	μs	
模拟电压源阻抗(ZAI)	-	-	10	k Ω	(推荐)

ADC V_{REF}

参数		最小值	典型值	最大值	单位	条件
内部参考电压 $V_{ADC-REF}$	$V_{ADC-REF} = 0.5V$	0.492	0.5	0.508	V	
	$V_{ADC-REF} = 2.0V$	1.990	2	2.010	V	
	$V_{ADC-REF} = 3.0V$	2.985	3	3.015	V	
稳定时间 T_{VRINT}	$V_{ADC-REF} = 0.5V$	-	400	-	μs	
		-	600	-	μs	$C_{EXT} = 1\mu F$
	$V_{ADC-REF} = 2.0V$	-	450	-	μs	
		-	800	-	μs	$C_{EXT} = 1\mu F$
	$V_{ADC-REF} = 3.0V$	-	450	-	μs	
		-	1200	-	μs	$C_{EXT} = 1\mu F$

注:

1. 除非另作说明, 典型值的测试条件为 $25^{\circ}C$, $V_{DD} = 5.0V$ 。

C_{EXT} 为内部参考电压 $V_{ADC-REF}$ 所接的外部电容 (当 ADPREF 或 ADNREF 配置成 10 时)。

13.8. Program 和 Data EEPROM

参数		最小值	典型值	最大值	单位	条件
$V_{DD-READ}$	Program / Data EE 读电压	V_{POR}	-	5.5	V	-40 – 85 / 105°C
$V_{DD-WRITE}$	Program EE 写电压	2.7	-	5.5	V	-40 – 85 / 105°C
	Data EE 写电压	2.0	-	5.5		
N_{END}	Program EE 擦/写次数	100 k	-	-	cycle	25 °C
		40 k	-	-		85 °C
		10 k	-	-		105 °C
	Data EE 擦/写次数	1,000 k	-	-		25 °C
		400 k	-	-		85 °C
		100 k	-	-		105 °C
T_{RET}	Program EE 数据保持	20	-	-	年	1k 次擦写后 @ 85 °C
		10	-	-		1k 次擦写后 @ 105 °C
	Data EE 数据保持	20	-	-		10k 次擦写后 @ 85 °C
		10	-	-		10k 次擦写后 @ 105 °C
T_{WRITE}	Data EE 写时间	-	4.0	-	ms	使能自动擦除
		-	2.0	-		关闭自动擦除
I_{PROG}	Data EE 编程电流	-	600	-	μA	25 °C, $V_{DD} = 3 V$, 16MHz / 2T

13.9. EMC 特性

ESD

参数		最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{ESD}	HBM	5000	-	-	V	MIL-STD-883H Method 3015.9

Latch-up

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
LU, static latch-up	200	-	-	mA	EIA/JESD 78

EFT

参数	最小值	典型值	最大值	单位	条件
V_{EFT}	5.5	-	-	kV	$V_{DD} (5V)$ 与 GND 间的电容: 1 μF

14. 特性图

注： 特性图基于特性值，仅供参考，未经生产测试。

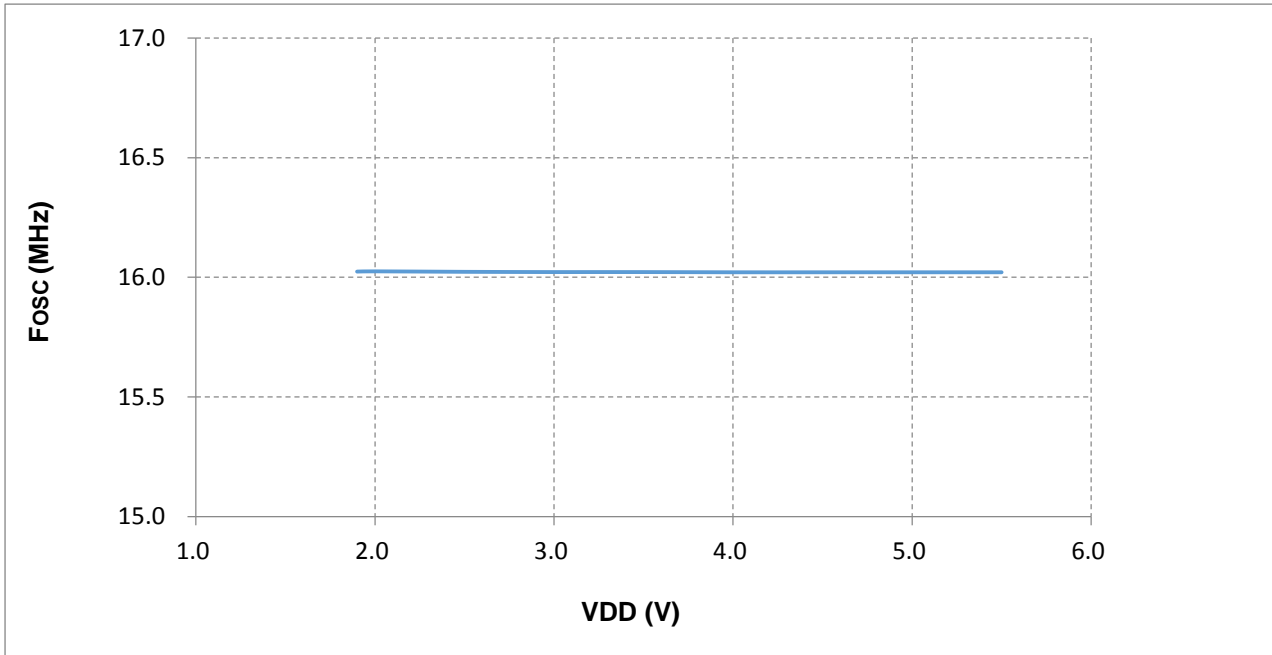


图 14-1 HIRC vs. V_{DD} (T_A = 25°C)

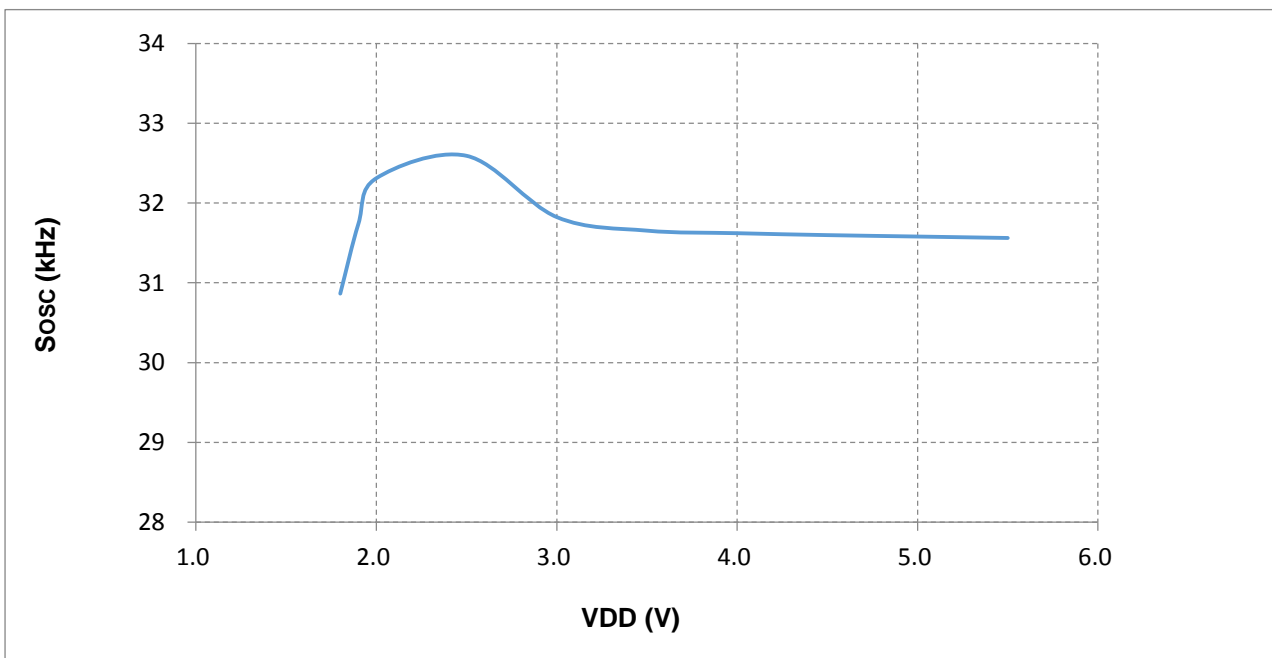


图 14-2 LIRC vs. V_{DD} (T_A = 25°C)

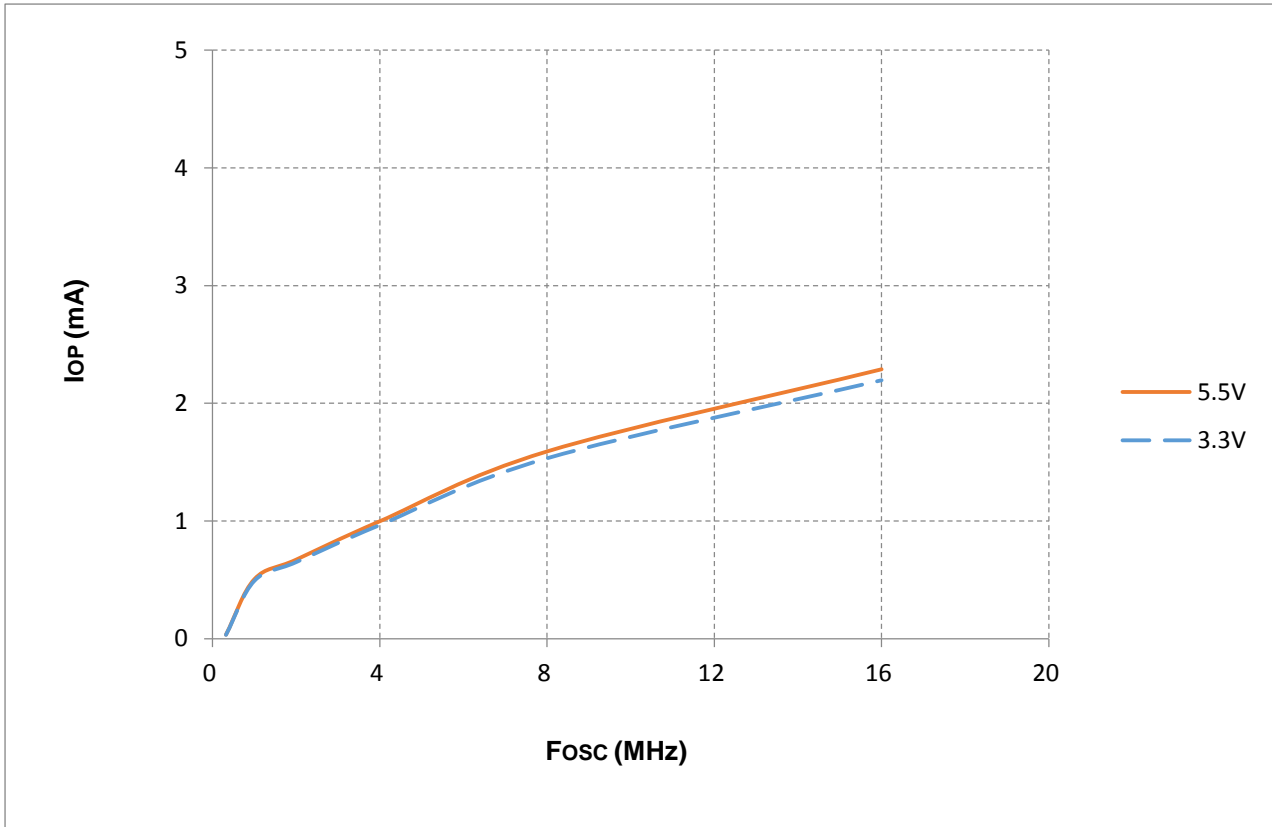


图 14-3 I_{DD} vs Frequency (2T, T_A=25°C)

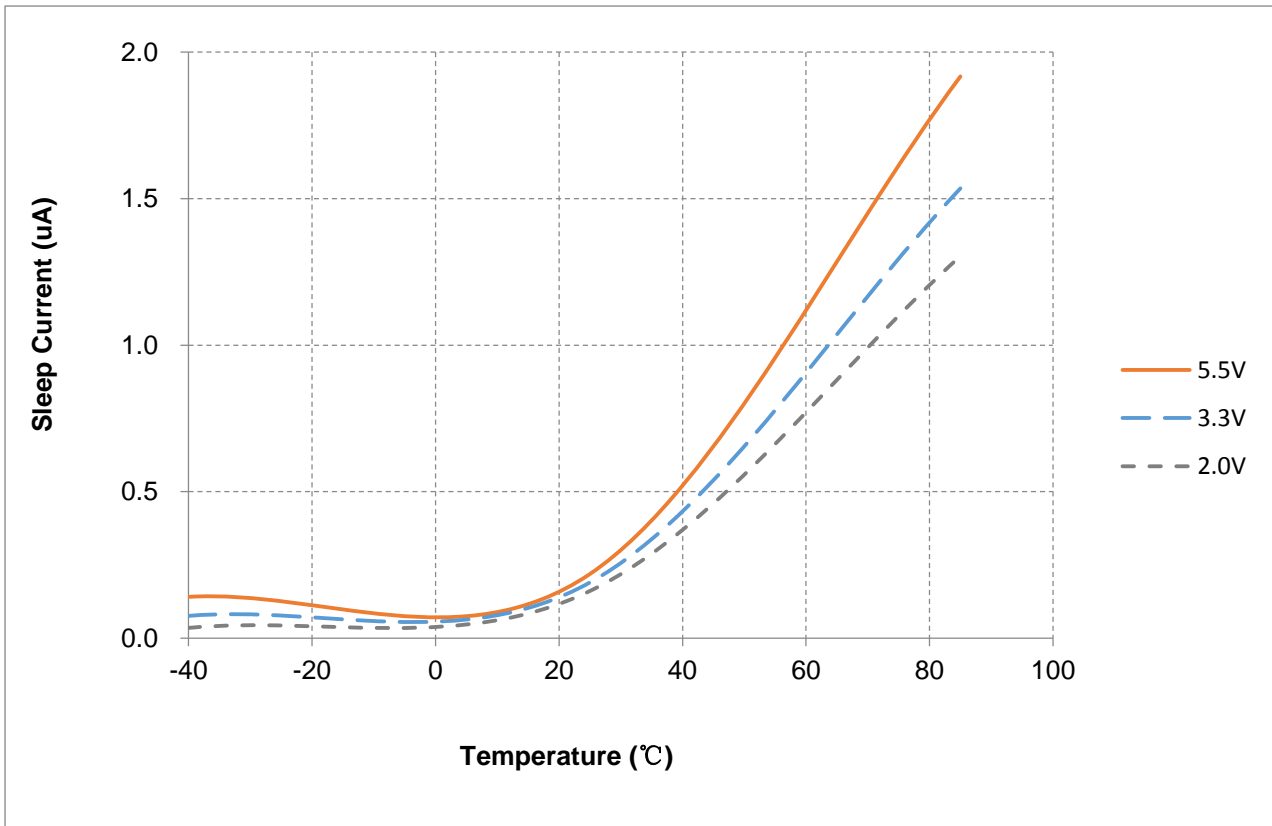


图 14-4 Sleep Current (ISB) vs. Temperature

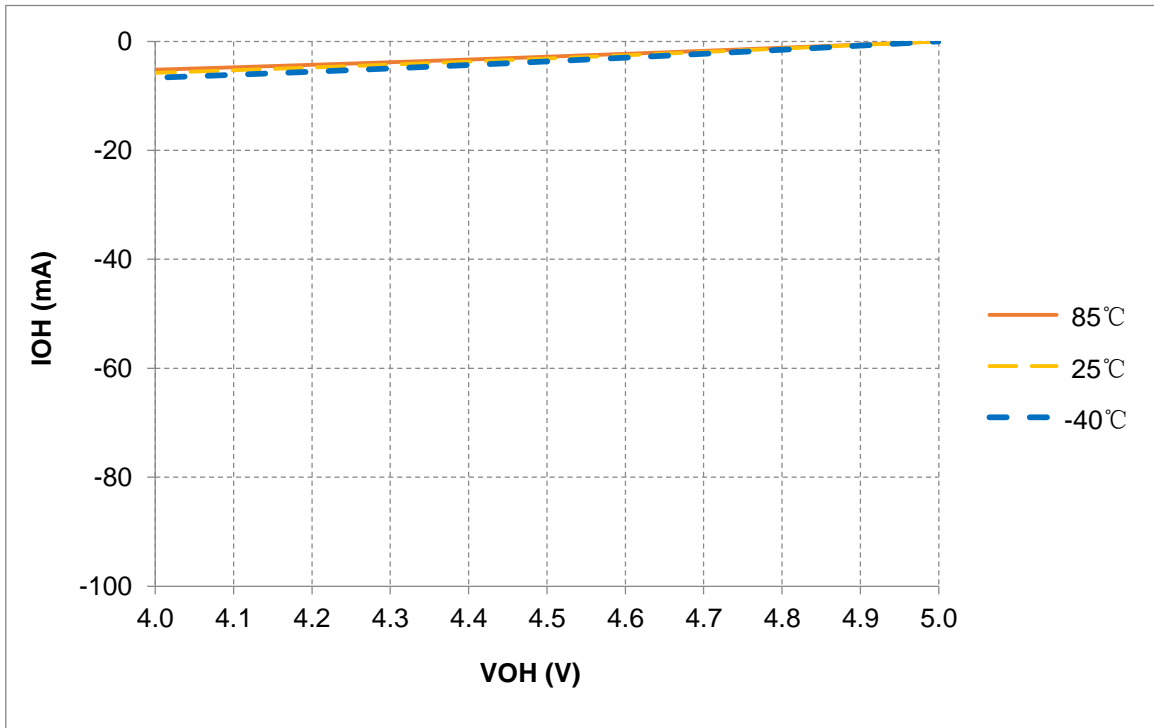


图 14-5 IOH vs VOH @L0 = -3mA , VDD = 5V

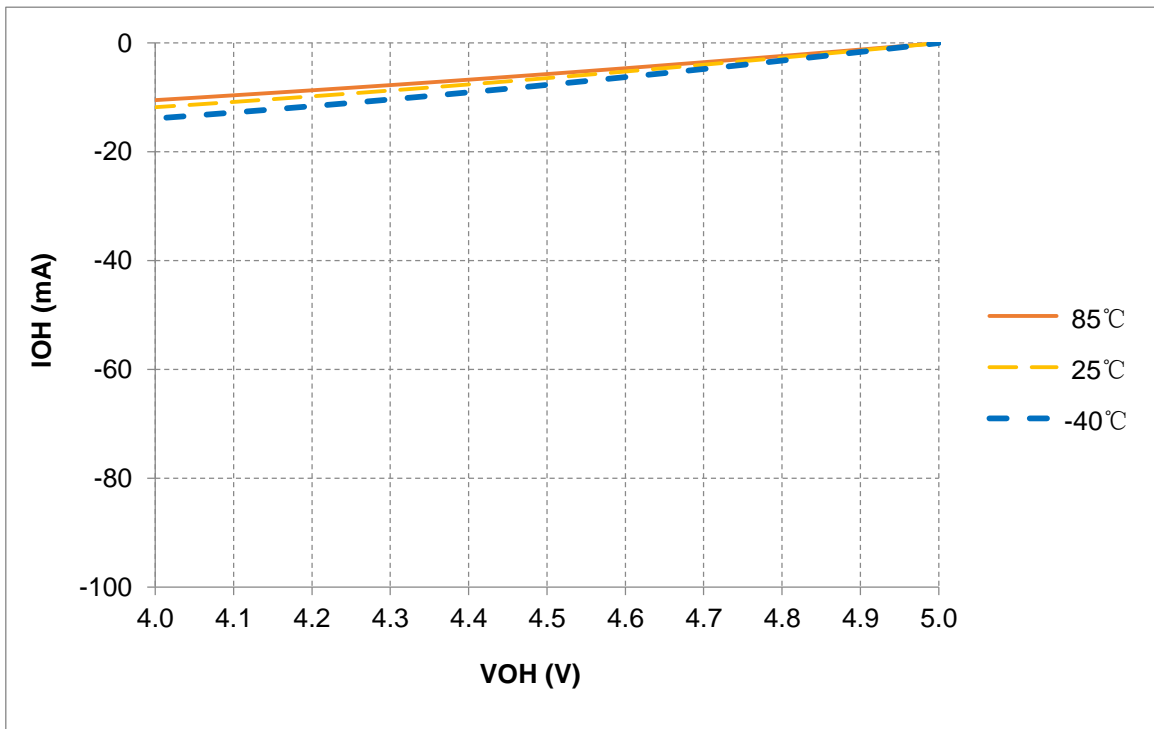


图 14-6 IOH vs VOH @L1 = -6mA , VDD = 5V

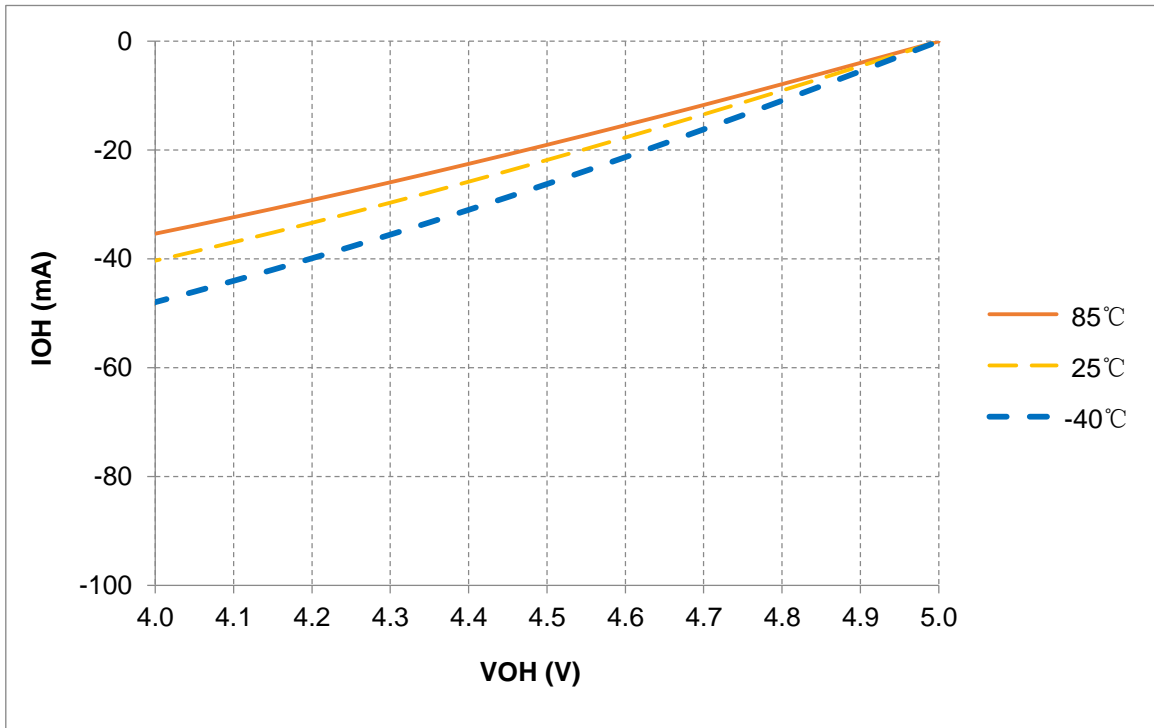


图 14-7 IOH vs VOH @L2 = -23mA , VDD = 5V

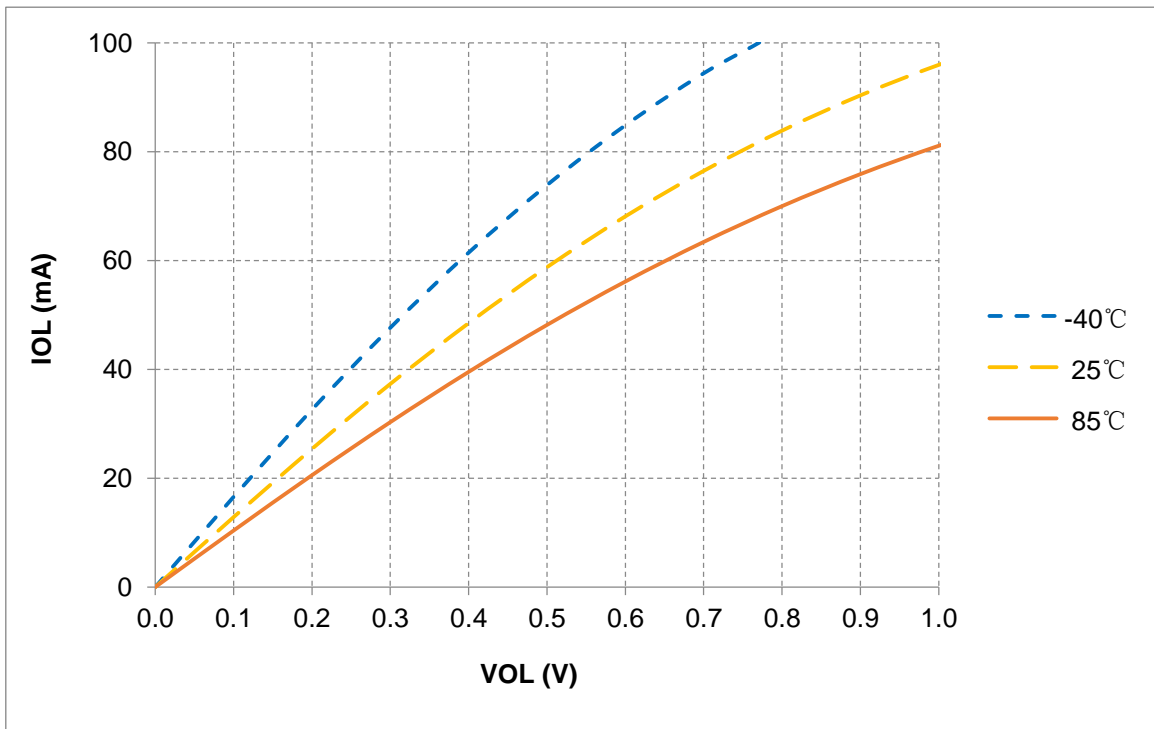


图 14-8 IOH vs VOL @L0 = 53mA , VDD = 5V

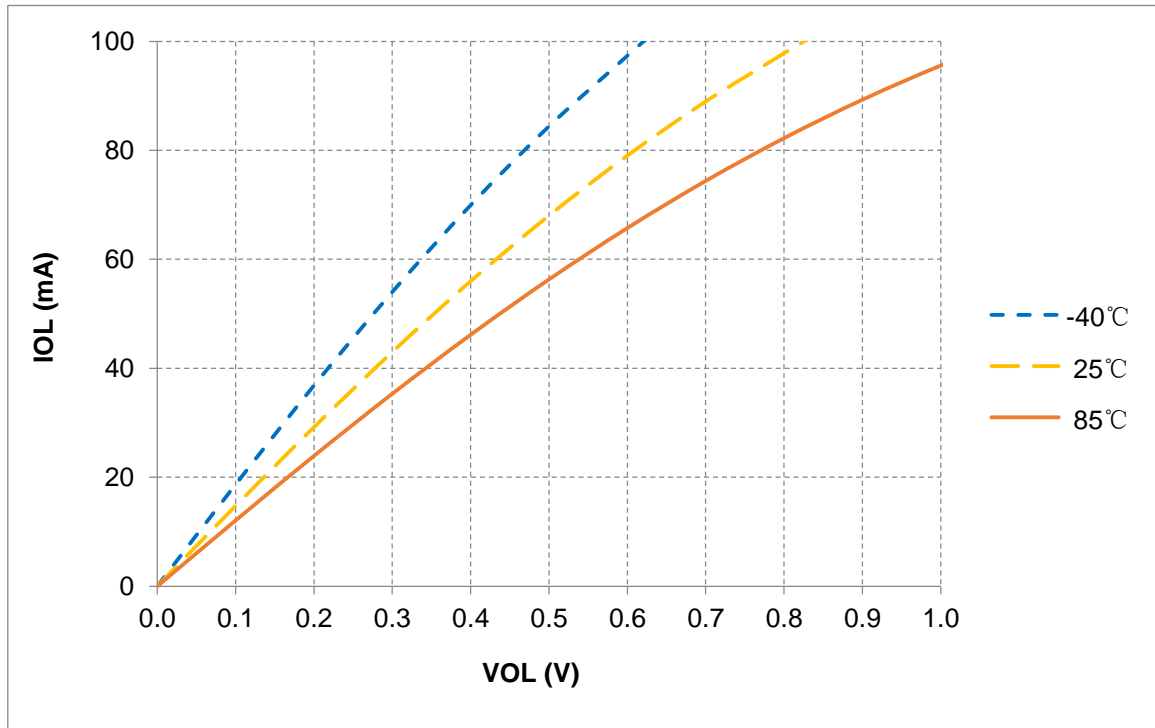
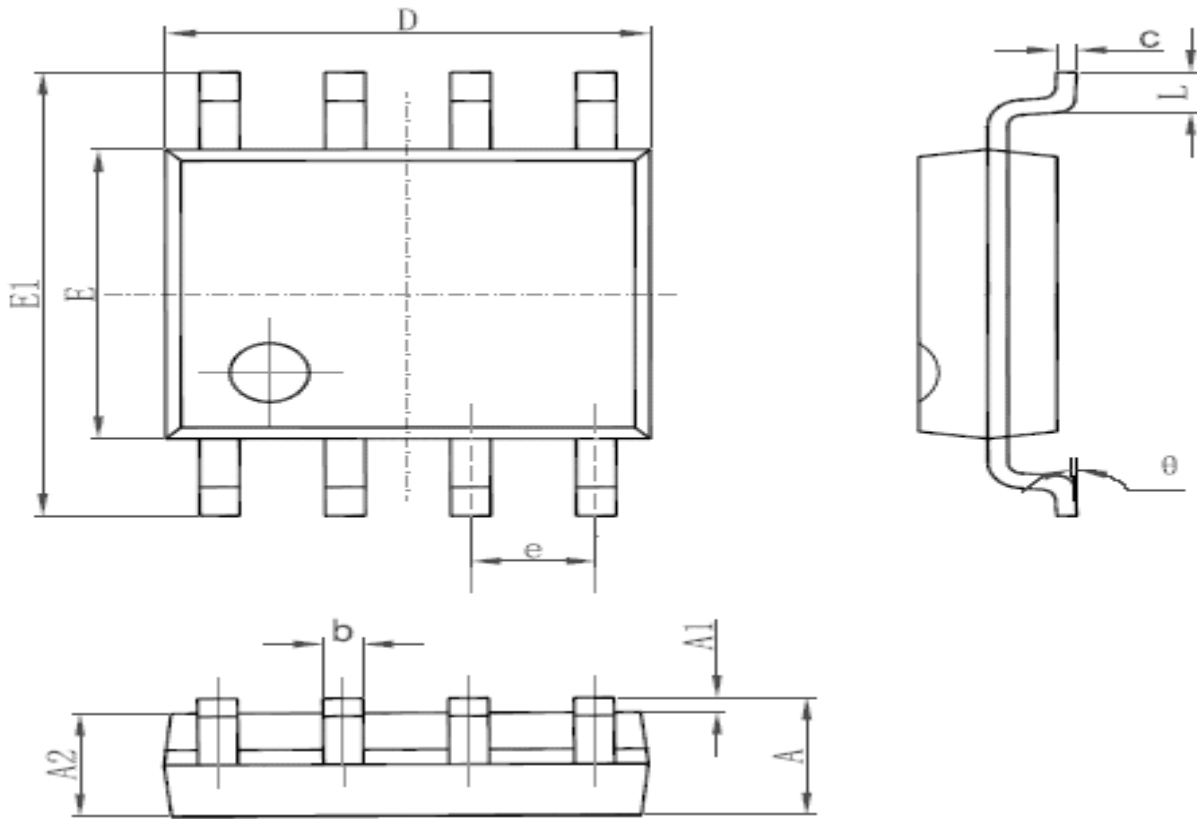


图 14-9 I_{OL} vs V_{OL} @ $L1 = 62\text{mA}$, $V_{DD} = 5\text{V}$

15. 封装信息

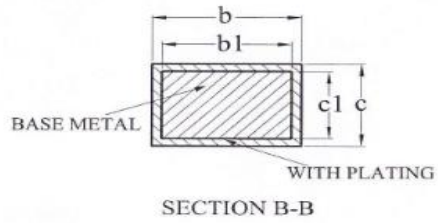
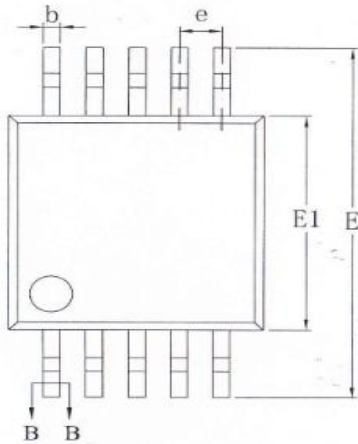
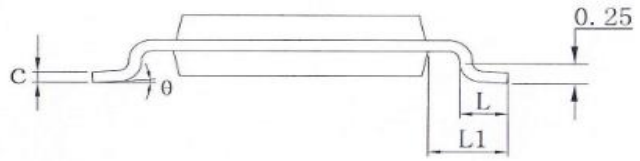
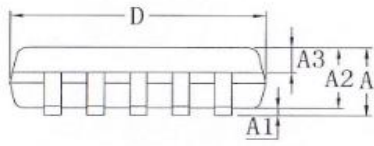
本芯片的封装形式有 SOP8、MSOP10、SOP14、SOP16、SOP20、QFN20 和 TSSOP20 封装。具体封装尺寸信息如下：

SOP8



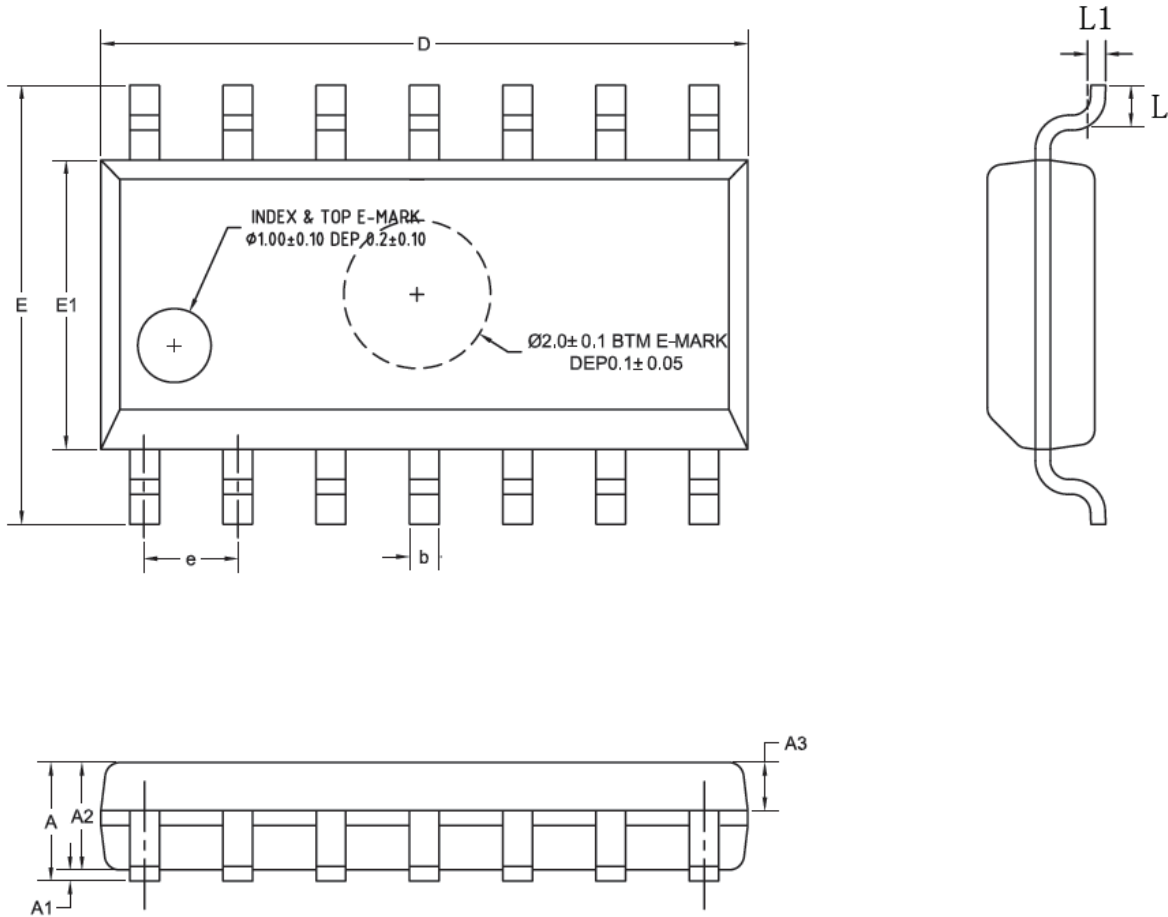
Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	1.350	1.750	0.053	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.350	1.550	0.053	0.061
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.170	0.250	0.006	0.010
D	4.700	5.100	0.185	0.200
E	3.800	4.000	0.150	0.157
E1	5.800	6.200	0.228	0.244
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

MSOP10



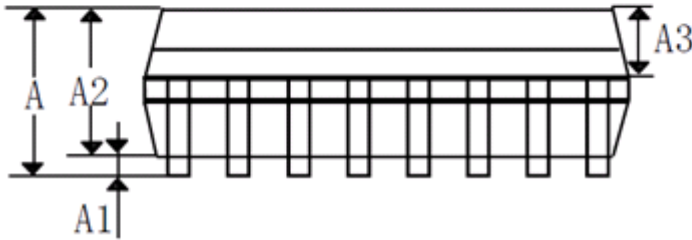
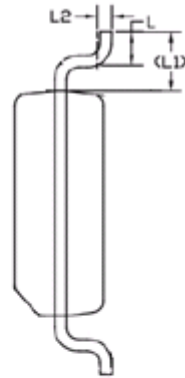
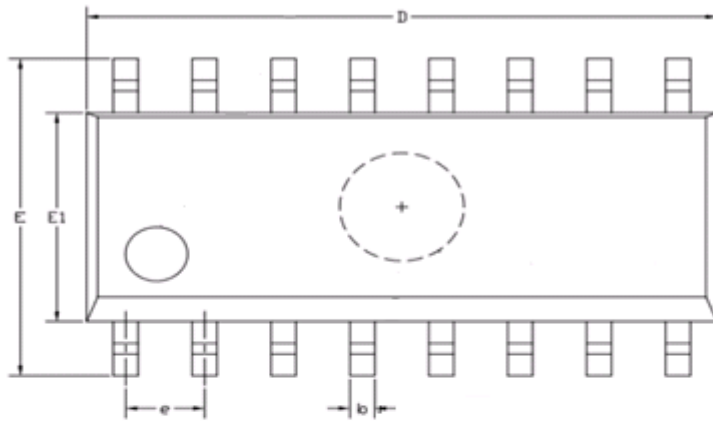
Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	-	1.100	-	0.043
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
A3	0.300	0.400	0.012	0.016
b	0.180	0.260	0.007	0.010
b1	0.170	0.230	0.007	0.009
c	0.150	0.190	0.006	0.007
c1	0.140	0.160	0.006	0.006
D	2.900	3.100	0.114	0.122
E	4.700	5.100	0.185	0.201
E1	2.900	3.100	0.114	0.122
e	0.500(BSC)		0.020(BSC)	
L	0.400	0.700	0.016	0.028
L1	0.950(REF)		0.037(REF)	
θ	0	8°	0	8°

SOP14



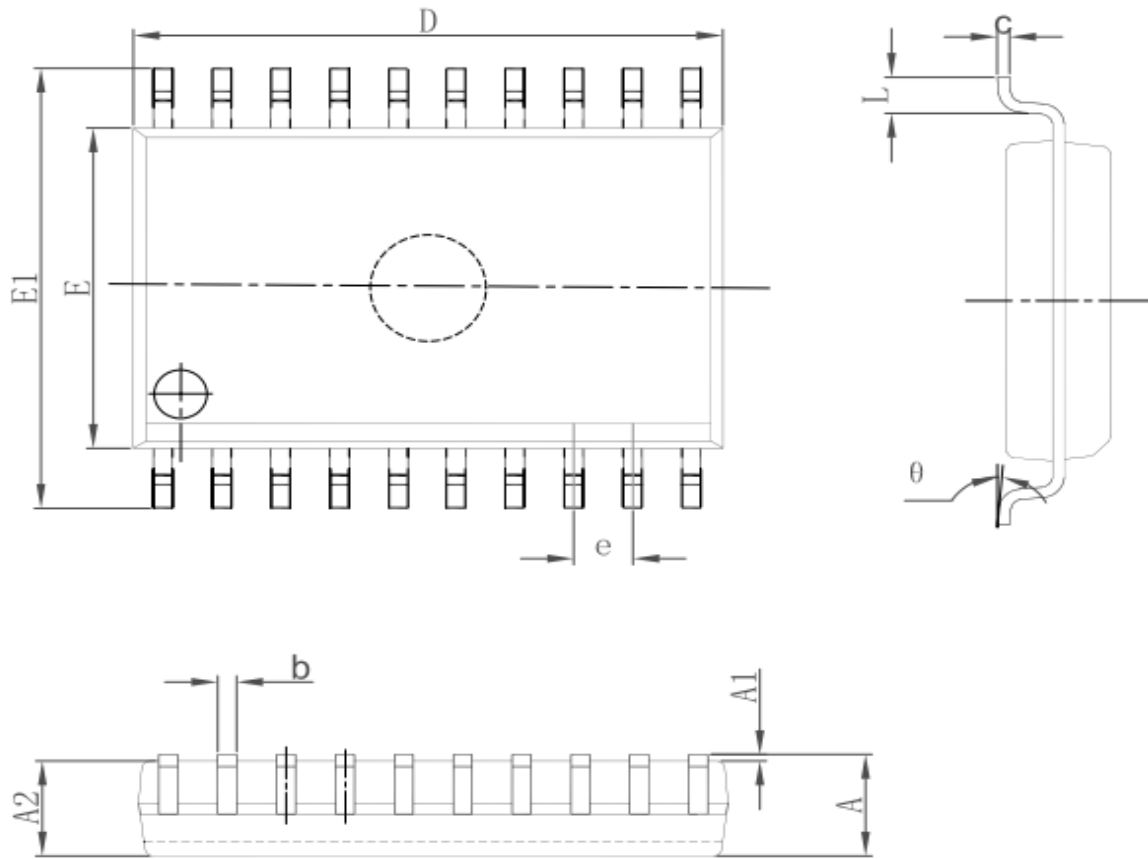
Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	-	1.700	-	0.066
A1	0.100	0.200	0.004	0.008
A2	1.400	1.500	0.055	0.059
A3	0.620	0.680	0.024	0.027
b	0.370	0.420	0.015	0.016
D	8.710	8.910	0.343	0.347
E	5.900	6.100	0.232	0.238
E1	3.800	3.950	0.150	0.156
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.500	0.700	0.020	0.027
L1	0.250(BSC)		0.010(BSC)	

SOP16



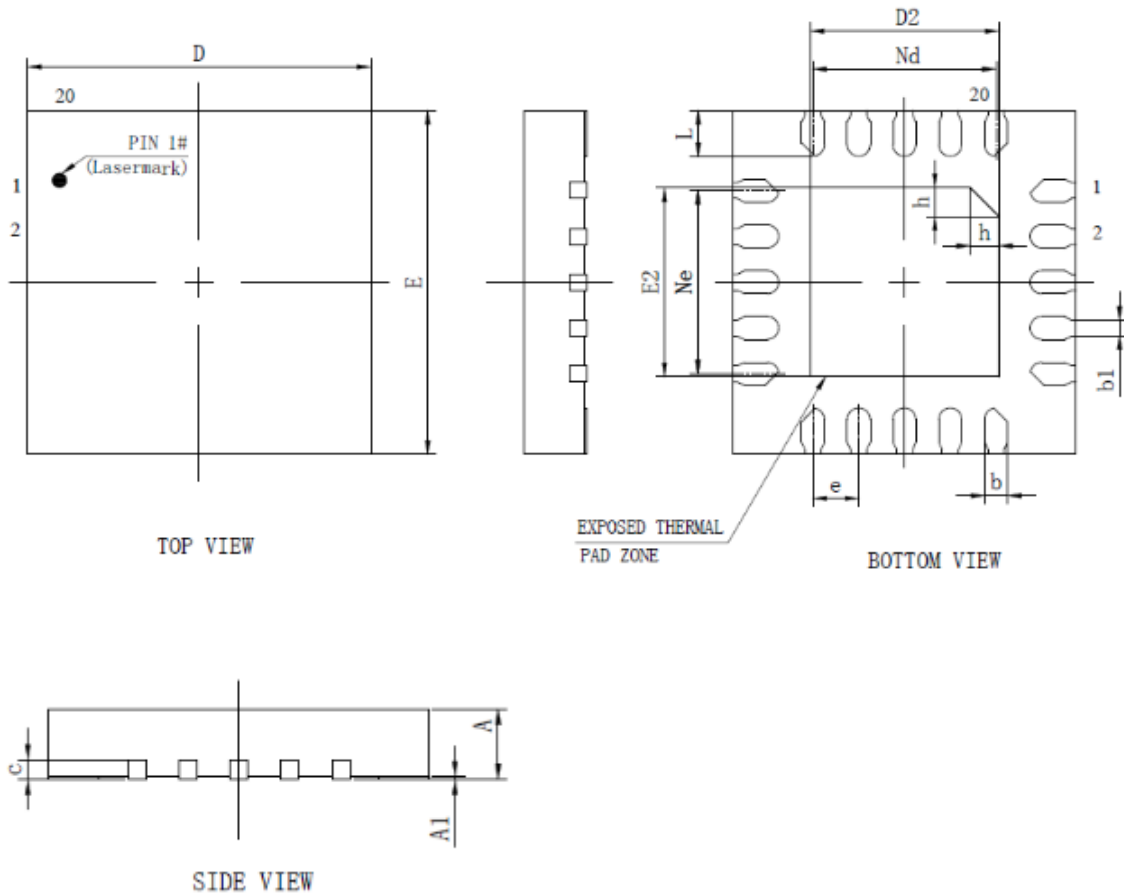
Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	-	1.750	-	0.069
A1	0.100	0.250	0.004	0.010
A2	1.250	1.550	0.049	0.061
A3	0.550	0.750	0.022	0.030
D	9.800	10.160	0.386	0.400
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1	3.800	4.000	0.150	0.157
b	0.310	0.510	0.012	0.020
e	1.270(BSC)		0.050(BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
L1	1.04(REF)		0.04(REF)	
L2	0.25(BSC)		0.01(BSC)	

SOP20



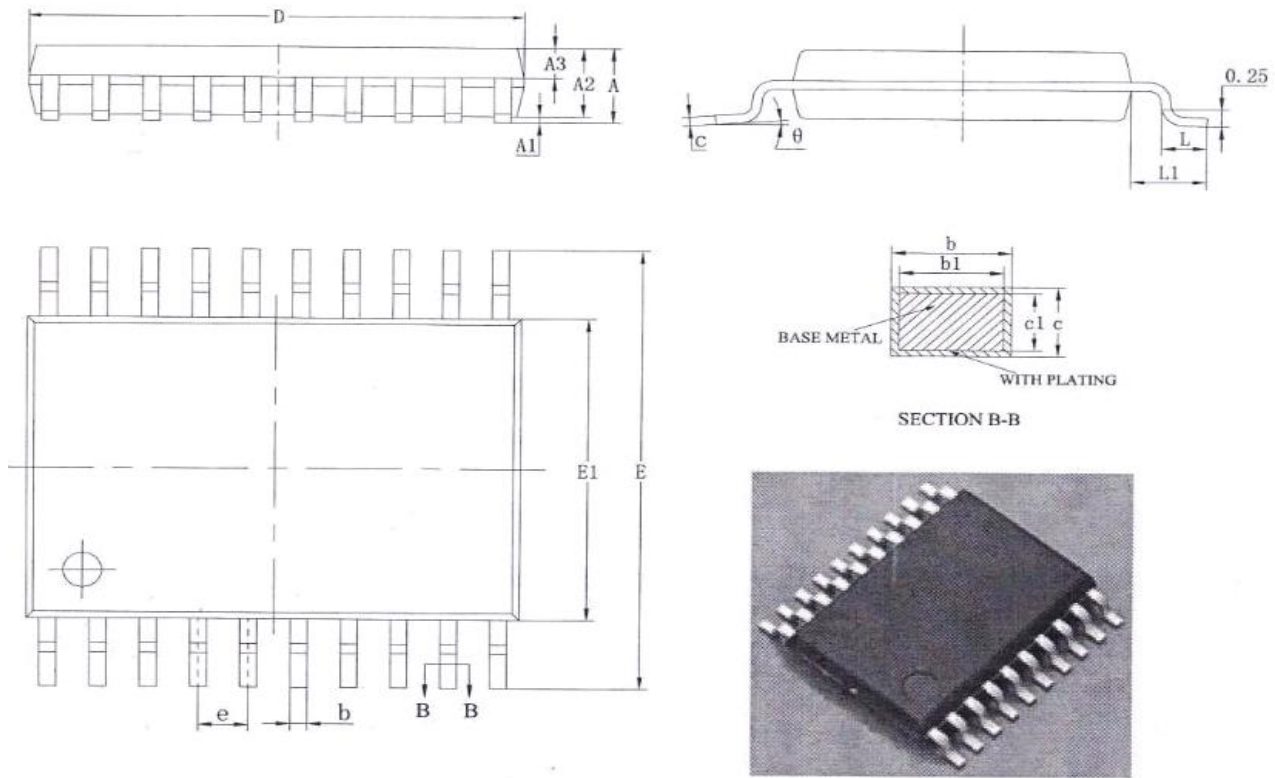
Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	2.350	2.650	0.093	0.104
A1	0.100	0.300	0.004	0.012
A2	2.100	2.500	0.083	0.098
b	0.330	0.510	0.013	0.020
c	0.204	0.330	0.008	0.013
D	12.520	13.000	0.493	0.512
E	7.400	7.600	0.291	0.299
E1	10.210	10.610	0.402	0.418
e	1.270 (BSC)		0.050 (BSC)	
L	0.400	1.270	0.016	0.050
θ	0°	8°	0°	8°

QFN20



Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	0.500	0.600	0.020	0.024
A1	-	0.050	-	0.002
b	0.150	0.250	0.006	0.010
b1	0.140 (REF)		0.006 (REF)	
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.900	3.100	0.114	0.122
D2	1.550	1.750	0.061	0.069
e	0.400 (BSC)		0.016 (BSC)	
Ne	1.600 (BSC)		0.063 (BSC)	
Nd	1.600 (BSC)		0.063 (BSC)	
E	2.900	3.100	0.114	0.122
E2	1.550	1.750	0.061	0.069
L	0.350	0.450	0.014	0.018
h	0.200	0.300	0.008	0.012

TSSOP20



Symbol	Dimensions (mm)		Dimensions (inches)	
	Min	Max	Min	Max
A	-	1.20	-	0.047
A1	0.05	0.15	0.002	0.006
A2	0.80	1.05	0.031	0.041
A3	0.39	0.49	0.015	0.019
b	0.20	0.28	0.008	0.011
b1	0.19	0.25	0.007	0.010
c	0.13	0.17	0.005	0.007
c1	0.12	0.14	0.005	0.006
D	6.40	6.60	0.252	0.260
E1	4.30	4.50	0.169	0.177
E	6.20	6.60	0.244	0.259
e	0.65(BSC)		0.026(BSC)	
L	0.45	0.75	0.018	0.030
L1	1.00REF		0.039REF	
θ	0	8°	0	8°

16. 附录：寄存器类型

缩写	描述	说明
WO	Write Only, read "0"	只写，读为 0
RO	Read Only	只读
RW	Read, Write	可读，可写
RW0	Read, Write "0" only	可读，只能写 0，写 1 无效
RW1	Read, Write "1" only	可读，只能写 1，写 0 无效
R_W1C	Read, Cleared by Writing "1"	可读，写 1 清零，写 0 无效
Res	Reserved, read "0"	保留位，只读，读为 0

联系信息**Fremont Micro Devices Corporation**

#5-8, 10/F, Changhong Building
Ke-Ji Nan 12 Road, Nanshan District,
Shenzhen, Guangdong, PRC 518057

Tel: (+86 755) 8611 7811

Fax: (+86 755) 8611 7810

Fremont Micro Devices (HK) Limited

#16, 16/F, Block B, Veristrong Industrial Centre,
34-36 Au Pui Wan Street, Fotan, Shatin, Hong Kong SAR

Tel: (+852) 2781 1186

Fax: (+852) 2781 1144

<http://www.fremontmicro.com>

* Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, Fremont Micro Devices Corporation assumes no responsibility for the consequences of use of such information or for any infringement of patents of other rights of third parties, which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent rights of Fremont Micro Devices Corporation. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. Fremont Micro Devices Corporation products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of Fremont Micro Devices Corporation. The FMD logo is a registered trademark of Fremont Micro Devices Corporation. All other names are the property of their respective owners.