

# HK16P071J1M6-TR单片机用户手册

Ver1.04

## 目录

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 1. 概述 .....                               | 5  |
| 2. 特征 .....                               | 5  |
| 3. 管脚信息 .....                             | 6  |
| 3.1 管脚图 .....                             | 6  |
| 3.2 管脚说明 .....                            | 8  |
| 4. 系统框图 .....                             | 11 |
| 5. 存储器结构 .....                            | 12 |
| 5.1 程序存储器 .....                           | 12 |
| 5.2 RAM 数据存储器 .....                       | 12 |
| 6. 操作寄存器 .....                            | 19 |
| 6.1 工作寄存器 .....                           | 19 |
| 6.1.1 INDF(间接寻址寄存器) .....                 | 19 |
| 6.1.2 PCL(程序计数器的低字节)和 Stack .....         | 19 |
| 6.1.3 STATUS(状态寄存器) .....                 | 21 |
| 6.1.4 FSR(间接寻址指针) .....                   | 22 |
| 6.1.5 PORTA/PORTC(端口数据寄存器) .....          | 22 |
| 6.1.6 PCON(芯片控制寄存器) .....                 | 22 |
| 6.1.7 WUACON(PORA 输入状态变化中断/唤醒控制寄存器) ..... | 23 |
| 6.1.8 PCLATH(PC 高位缓冲器) .....              | 23 |
| 6.1.9 PADCON(内部下拉控制寄存器) .....             | 23 |
| 6.1.10 PCDCON(内部下拉控制寄存器) .....            | 23 |
| 6.1.11 PAODCON(漏极开路控制寄存器) .....           | 23 |
| 6.1.12 PAHCON(PA 内部上拉控制寄存器) .....         | 23 |
| 6.1.13 PCHCON(PC 内部上拉控制寄存器) .....         | 24 |
| 6.1.14 INTCON(中断屏蔽寄存器) .....              | 24 |
| 6.1.15 PIE1(外设中断屏蔽寄存器 1) .....            | 24 |
| 6.1.16 PIR1(外设中断状态寄存器 1) .....            | 25 |
| 6.1.17 PIE2(外设中断屏蔽寄存器 2) .....            | 25 |
| 6.1.18 PIR2(外设中断状态寄存器 2) .....            | 25 |
| 6.1.19 ACC(累加器) .....                     | 25 |
| 6.1.20 OPTIONR 寄存器 .....                  | 25 |
| 6.1.21 TRISA/TRISC(I/O 口控制寄存器) .....      | 26 |
| 6.1.22 OSCM (模式控制寄存器) .....               | 26 |
| 6.2 T1 16 位定时、计数器 .....                   | 27 |
| 6.2.1 T1 特性 .....                         | 27 |
| 6.2.2 T1PWM 相关寄存器 .....                   | 27 |
| 6.3 T3 (10 位定时/计数器) .....                 | 29 |
| 6.3.1 T3PWM 特性 .....                      | 29 |
| 6.3.2 T3PWM 相关寄存器 .....                   | 30 |
| 6.3.3 T3PWM 示意图 .....                     | 34 |
| 6.4 T4 (10 位定时/计数器) .....                 | 34 |
| 6.4.1 T4PWM 特性 .....                      | 34 |
| 6.4.2 T4PWM 相关寄存器 .....                   | 35 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 6.4.3 T4PWM 示意图 .....           | 37 |
| 6.5 14+2 通道 ADC .....           | 38 |
| 6.5.1 概述 .....                  | 38 |
| 6.5.2 ADM (ADC 模式寄存器) .....     | 39 |
| 6.5.3 ADB (ADC 数据寄存器) .....     | 40 |
| 6.5.4 VREFH (ADC 参考电压寄存器) ..... | 41 |
| 6.5.5 ADC 操作说明和注意事项 .....       | 41 |
| 6.5.6 ADT (ADC 结果微调寄存器) .....   | 44 |
| 6.5.7 ADC 应用电路 .....            | 45 |
| 6.6 比较器 C1 .....                | 46 |
| 6.6.1 比较器简介 .....               | 46 |
| 6.6.2 比较器相关寄存器 .....            | 46 |
| 6.6.3 比较器模式 .....               | 48 |
| 6.6.4 模拟输入连接注意事项及部分特性 .....     | 48 |
| 6.7 I/O 口 .....                 | 50 |
| 6.8 WDT(看门狗定时器) .....           | 52 |
| 6.9 中断 .....                    | 53 |
| 6.9.1 外部中断 .....                | 53 |
| 6.9.2 PORTA 输入改变中断 .....        | 53 |
| 6.9.3 T1 中断 .....               | 53 |
| 6.9.4 T3 溢出中断 .....             | 53 |
| 6.9.5 T4 溢出中断 .....             | 54 |
| 6.9.6 C1 中断 .....               | 54 |
| 6.9.7 ADC 中断 .....              | 54 |
| 6.10 SLEEP(睡眠模式) .....          | 55 |
| 6.10.1 睡眠唤醒 .....               | 55 |
| 6.11 绿色模式 .....                 | 56 |
| 6.11.1 绿色唤醒 .....               | 56 |
| 6.12 低速模式 .....                 | 57 |
| 6.13 复位 RESET .....             | 58 |
| 6.13.1 上电延时定时器 PWRT .....       | 58 |
| 6.13.2 复位顺序 .....               | 58 |
| 7. 指令集 .....                    | 59 |
| 8. 电气特性 .....                   | 63 |
| 8.1 绝对最大额定值 .....               | 63 |
| 8.2 操作条件 .....                  | 63 |
| 8.3 直流特性 .....                  | 63 |
| 8.4 ADC 特性参数 .....              | 64 |
| 9. 开发工具 .....                   | 66 |
| 9.1 OTP 烧录器 .....               | 66 |
| 9.2 编译器 .....                   | 66 |
| 10. 封装及尺寸 .....                 | 67 |
| 10.1 SOP16 封装图及尺寸 .....         | 67 |
| 10.1.1 SOP16 封装图 .....          | 67 |

---

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 10.1.2 SOP16 封装尺寸 .....   | 67 |
| 10.2 SOP14 封装图及尺寸 .....   | 68 |
| 10.2.1 SOP14 封装图 .....    | 68 |
| 10.2.2 SOP14 封装尺寸 .....   | 68 |
| 10.3 SOP8 封装图及尺寸 .....    | 69 |
| 10.3.1 SOP8 封装图 .....     | 69 |
| 10.3.2 SOP8 封装尺寸 .....    | 69 |
| 10.4 SOT23-6 封装及尺寸 .....  | 70 |
| 10.4.1 SOT23-6 封装图 .....  | 70 |
| 10.4.2 SOT23-6 封装尺寸 ..... | 70 |
| 10.5 QFN16 封装及尺寸 .....    | 71 |
| 10.5.1 QFN16 封装图 .....    | 71 |
| 10.5.2 QFN16 封装尺寸 .....   | 71 |
| 10.6 ESSOP10 封装及尺寸 .....  | 72 |
| 10.6.1 ESSOP10 封装图 .....  | 72 |
| 10.6.2 ESSOP10 封装尺寸 ..... | 72 |
| 11. 修正记录 .....            | 73 |

# HK16P071J1M6-TR

## 1. 概述

HK16P071J1M6-TR是采用低功耗高速 CMOS 工艺制造的 8 位单片机，它内建了 2K\*14-bit 的 OTP、128Byte 的 SRAM。包含 1 个 16 位定时器 T1。1 个 10 位定时器 T3，可输出 1 带 5 路 PWM。1 个 10 位定时器 T4，可输出 1 路 PWM。含有一个 14+2 通道的 12 位 ADC 模块，1 个比较器模块。

## 2. 特征

- ◆ 39 条 RISC 指令，除了跳转指令是两个周期，所有的指令都是单周期
- ◆ 14 位宽指令，8 位宽数据路径，8 级深度硬件堆栈
- ◆ 支持 GOTO 指令全地址跳转、支持全地址子程序调用
- ◆ 2K×14 的程序存储器（OTP）
- ◆ 128×8 位通用寄存器（SRAM）
- ◆ 直接、间接寻址方式
- ◆ 1 个 16 位定时/计数器 T1
- ◆ 1 个 10 位定时/计数器 T3，可配置 5 路独立 10 位 PWM
- ◆ 1 个 10 位定时/计数器 T4，可配置 1 路独立 10 位 PWM
- ◆ 14+2 通道的 12 位 ADC 模块
- ◆ 内置上电复位电路（POR）、内置欠压复位（LVR）
- ◆ 上电复位定时器（PWRT）和振荡器启动定时器（OST）
- ◆ 2 组 14 个 I/O 口(PORTA/PORTC)，可配置上拉、下拉和开漏等状态，PORTC 无开漏
- ◆ 4 种工作模式可任意切换：正常模式、低速模式、睡眠模式、绿色模式
- ◆ 唤醒睡眠：INT 管脚中断、PORTA 的输入状态改变、T1 溢出唤醒、C1 输出状态变化唤醒、T3/4 溢出唤醒
- ◆ 唤醒绿色：同唤醒睡眠
- ◆ 省电休眠模式，可编程代码保护
- ◆ 可选的振荡器选项：内部高速振荡器、内部低速振荡器
- ◆ 7 种可用中断：PORTA 的输入变化、外中断、T1、T3、T4、ADC、比较器 C1
- ◆ 宽工作电压范围：2.7V~5.5V@16M/2T  
1.7V~5.5V@16M/4T
- ◆ 可支持 C 编译，C 仿真，可在线调试

### 3. 管脚信息

#### 3.1 管脚图

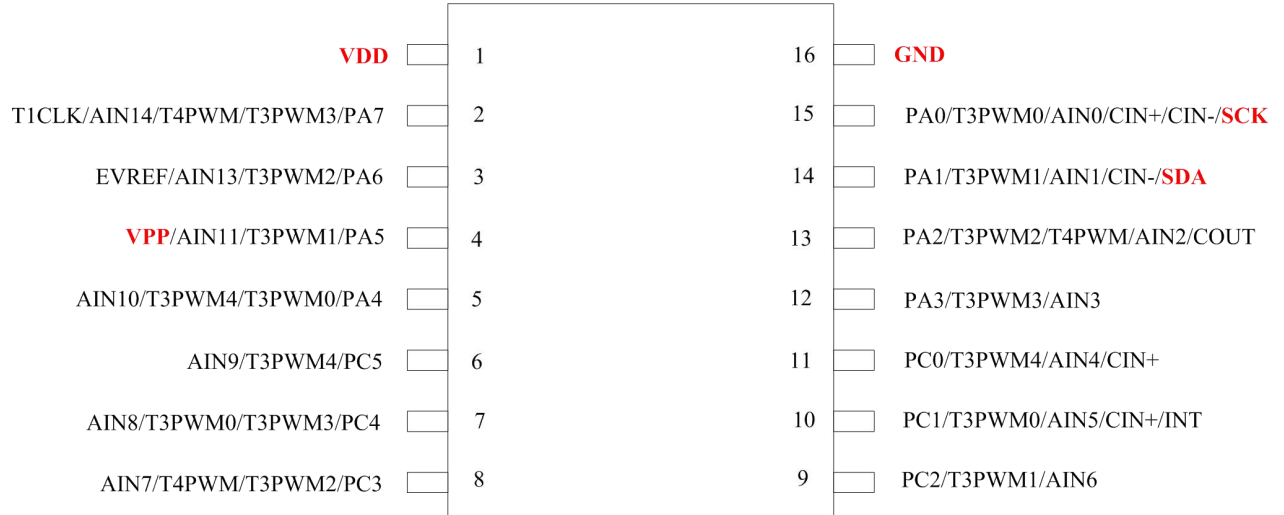


图 3.1 管脚信息 (SOP16)

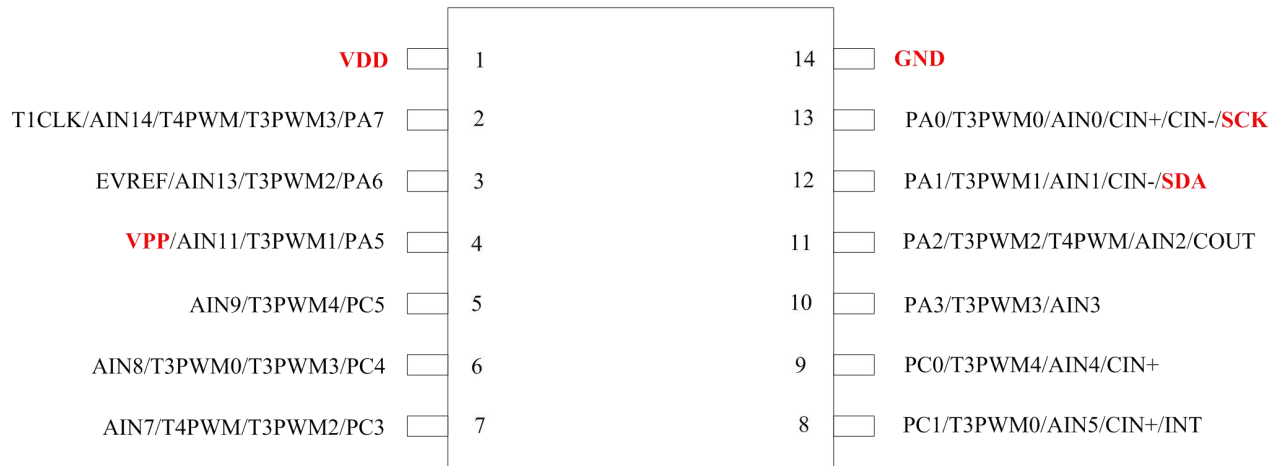


图 3.2 管脚信息 (SOP14)

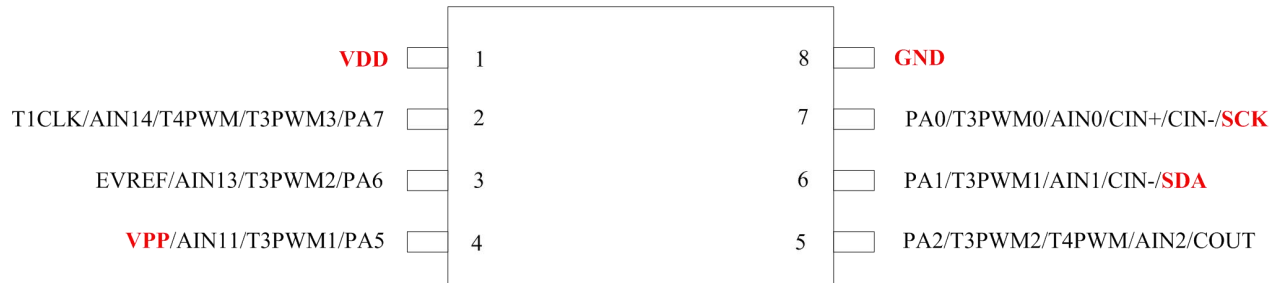


图 3.3 管脚信息 (SOP8)



图 3.4 管脚信息 (SOT23-6)

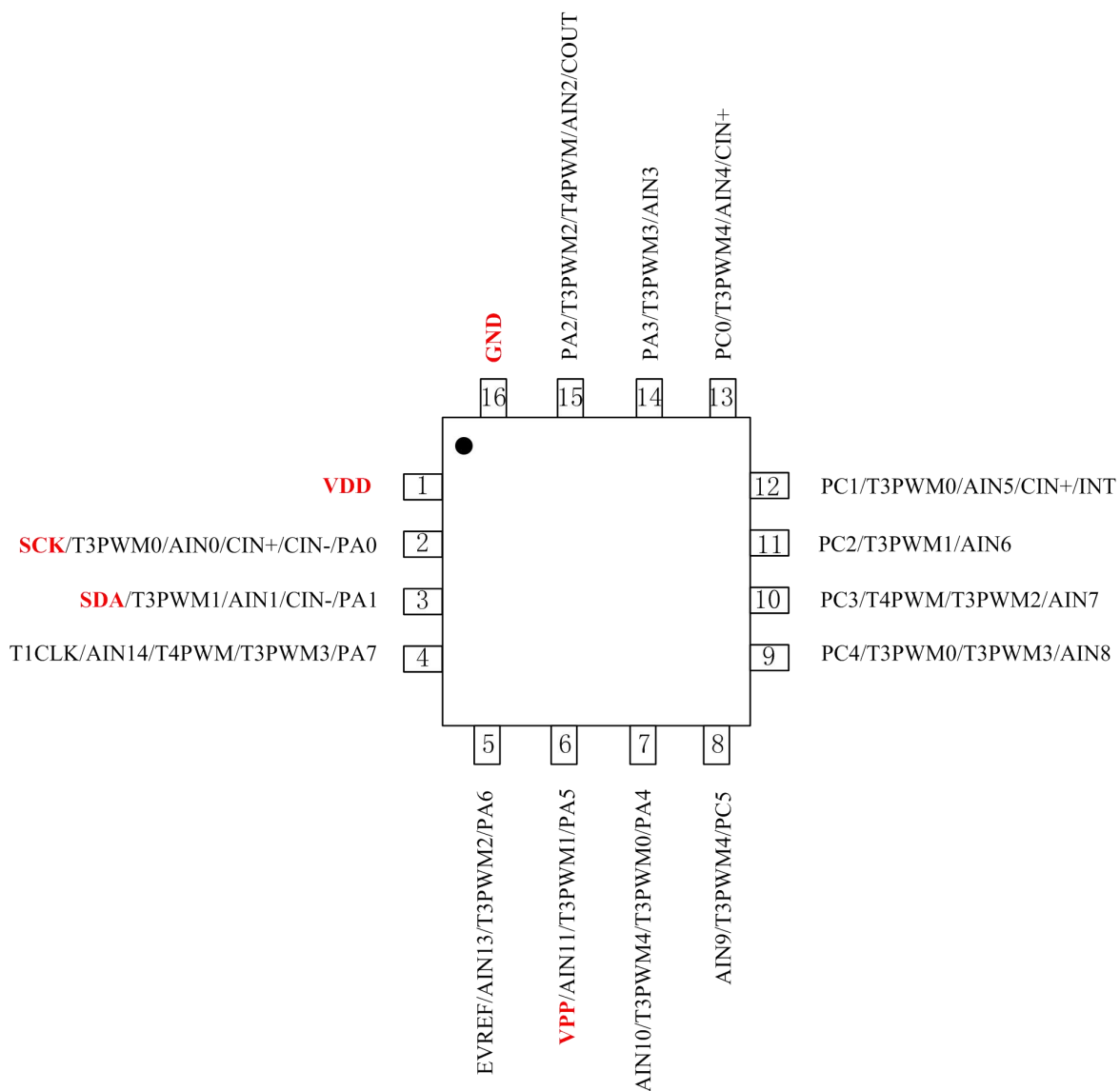


图 3.5 管脚信息 (QFN16)

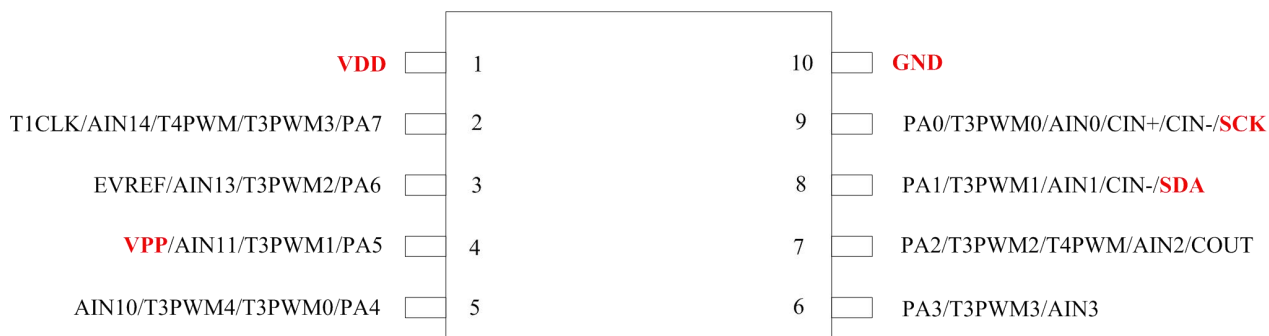


图 3.6 管脚信息（ESSOP10）

## 3.2 管脚说明

表 3-1 管脚说明

| 名称  | 类型  | 说明                                                                                                                  |
|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA0 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN0<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM0<br>可配置为比较器正、负端输入<br>烧写 CLK 脚 SCK        |
| PA1 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN1<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM1<br>可配置为比较器负端输入<br>烧写 DATA 脚 SDA         |
| PA2 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN2<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM2<br>可配置为 PWM 输出口 T4PWM<br>可配置为比较器输出 COUT |

|     |     |                                                                                                                       |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PA3 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN3<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM3                                           |
| PA4 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN10<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM4<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM0                   |
| PA5 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN11<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM1<br>烧写高压 VPP 脚                            |
| PA6 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 AD 输入脚 AIN13<br>可配置为 ADC 外部基准输入脚 EVREF<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM2                |
| PA7 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置开漏输出<br>可配置为 T1 外部时钟输入脚<br>可配置为 AD 输入脚 AIN14<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM3<br>可配置为 PWM 输出口 T4PWM |
| PC0 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置为 AD 输入脚 AIN4<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM4<br>可配置为比较器正端输入                                       |
| PC1 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻                                                                                                 |

|     |     |                                                                                         |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|     |     | 可配置为 AD 输入脚 AIN5<br>可配置为外部中断 INT 输入脚<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM0<br>可配置为比较器正端输入              |
| PC2 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置为 AD 输入脚 AIN6<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM1                        |
| PC3 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置为 AD 输入脚 AIN7<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM2<br>可配置为 PWM 输出口 T4PWM  |
| PC4 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置为 AD 输入脚 AIN8<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM3<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM0 |
| PC5 | I/O | 可作为输入输出口<br>可配置上、下拉电阻<br>可配置为 AD 输入脚 AIN9<br>可配置为 PWM 输出口 T3PWM4                        |
| VDD | P   | 系统电源输入                                                                                  |
| GND | P   | 系统接地输入                                                                                  |

注： I： 输入； O： 输出； P： 电源

## 4. 系统框图

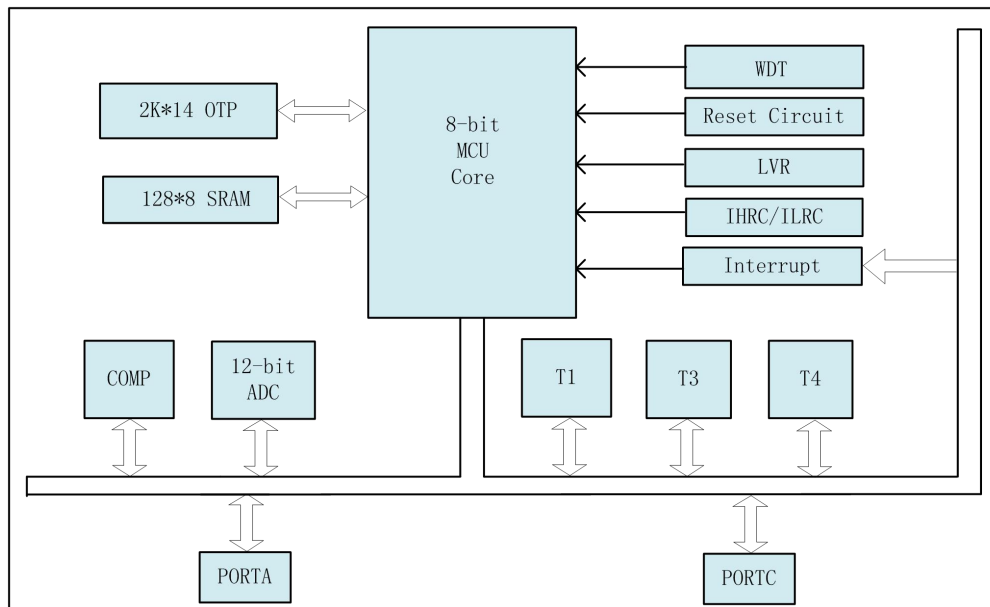


图 4.1 系统框图



|         |     |         |     |        |      |         |      |
|---------|-----|---------|-----|--------|------|---------|------|
| INDF    | 00h | INDF    | 80h | INDF   | 100h | INDF    | 180h |
|         | 01h | OPTIONR | 81h |        | 101h | OPTIONR | 181h |
| PCL     | 02h | PCL     | 82h | PCL    | 102h | PCL     | 182h |
| STATUS  | 03h | STATUS  | 83h | STATUS | 103h | STATUS  | 183h |
| FSR     | 04h | FSR     | 84h | FSR    | 104h | FSR     | 184h |
| PORTA   | 05h | TRISA   | 85h |        | 105h |         | 185h |
|         | 06h |         | 86h |        | 106h |         | 186h |
| PORTC   | 07h | TRISC   | 87h |        | 107h |         | 187h |
|         | 08h |         | 88h |        | 108h |         | 188h |
|         | 09h |         | 89h |        | 109h | PWMSEL1 | 189h |
| PCLATH  | 0Ah | PCLATH  | 8Ah | PCLATH | 10Ah | PCLATH  | 18Ah |
| INTCON  | 0Bh | INTCON  | 8Bh | INTCON | 10Bh | INTCON  | 18Bh |
| PIR1    | 0Ch | PIE1    | 8Ch |        | 10Ch | PWMSEL  | 18Ch |
| PIR2    | 0Dh | PIE2    | 8Dh |        | 10Dh | T4C0    | 18Dh |
|         | 0Eh | PCON    | 8Eh |        | 10Eh | T4C1    | 18Eh |
|         | 0Fh | WUACON  | 8Fh |        | 10Fh | T4TL    | 18Fh |
|         | 10h |         | 90h | T3C0   | 110h | T4TH    | 190h |
|         | 11h |         | 91h | T3C1   | 111h | T4PL    | 191h |
| PCHCON  | 12h | PAHCON  | 92h | T3TL   | 112h | T4PH    | 192h |
| PCDCON  | 13h | PADCON  | 93h | T3TH   | 113h | T4DL    | 193h |
|         | 14h | OSCM    | 94h | T3PL   | 114h | T4DH    | 194h |
|         | 15h | PAODCON | 95h | T3PH   | 115h |         | 195h |
| ADB1    | 16h |         | 96h | T3D0L  | 116h |         | 196h |
|         | 17h |         | 97h | T3D0H  | 117h |         | 197h |
|         | 18h |         | 98h |        | 118h |         | 198h |
| ADPCON1 | 19h |         | 99h | T3C2   | 119h |         | 199h |
| ADPCON  | 1Ah |         | 9Ah | T3D1L  | 11Ah |         | 19Ah |
| ADM     | 1Bh | T1CON   | 9Bh | T3D1H  | 11Bh |         | 19Bh |
| ADB     | 1Ch | T1TH    | 9Ch | T3D2L  | 11Ch |         | 19Ch |
| ADR     | 1Dh | T1TL    | 9Dh | T3D2H  | 11Dh | CMCON0  | 19Dh |
| ADT     | 1Eh | T3D4L   | 9Eh | T3D3L  | 11Eh |         | 19Eh |

| VREF               | 1Fh             | T3D4H         | 9Fh             | T3D3H         | 11Fh              | VRCON         | 19Fh              |
|--------------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| RAM<br>80 字节       | 20h<br>~<br>6Fh | RAM<br>32 字节  | A0h<br>~<br>BFh | -             | -                 | -             | -                 |
|                    |                 | -             | -               |               |                   |               |                   |
| 通用<br>寄存器<br>16 字节 | 70h<br>~<br>7Fh | 访问<br>70h~7Fh | F0h<br>~<br>FFh | 访问<br>70h~7Fh | 170h<br>~<br>17Fh | 访问<br>70h~7Fh | 1F0h<br>~<br>1FFh |

表 5-2：特殊功能寄存器地址

| 地址                 | 名称      | B7                        | B6     | B5      | B4              | B3              | B2      | B1     | B0     |
|--------------------|---------|---------------------------|--------|---------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|
| <b>所有 BANK 区共用</b> |         |                           |        |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>00H(r/w)</b>    | INDF    | 使用 FSR 的内容寻址数据寄存器（非物理寄存器） |        |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>02H(r/w)</b>    | PCL     | PC 的低 8 位                 |        |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>03H(r/w)</b>    | STATUS  | IRP                       | RP1    | RP0     | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z       | DC     | C      |
| <b>04H(r/w)</b>    | FSR     | FSR7                      | 间接寻址指针 |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>0AH(r/w)</b>    | PCLATH  | -                         | -      | -       | -               | -               | PCH2    | PCH1   | PCH0   |
| <b>0BH(r/w)</b>    | INTCON  | GIE                       | PEIE   | -       | INTIE           | PAIE            | -       | INTIF  | PAIF   |
| <b>BANK0</b>       |         |                           |        |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>05H(r/w)</b>    | PORTA   | PA7                       | PA6    | PA5     | PA4             | PA3             | PA2     | PA1    | PA0    |
| <b>07H(r/w)</b>    | PORTC   | -                         | -      | PC5     | PC4             | PC3             | PC2     | PC1    | PC0    |
| <b>0CH(r/w)</b>    | PIR1    | -                         | ADCIF  | -       | -               | -               | -       | -      | T1IF   |
| <b>0DH(r/w)</b>    | PIR2    | -                         |        | C1IF    | -               |                 | T4IF    | T3IF   | -      |
| <b>12H(r/w)</b>    | PCHCON  | *                         | *      | /PHC5   | /PHC4           | /PHC3           | /PHC2   | /PHC1  | /PHC0  |
| <b>13H(r/w)</b>    | PCDCON  | *                         | *      | /PDC5   | /PDC4           | /PDC3           | /PDC2   | /PDC1  | /PDC0  |
| <b>16H(r/w)</b>    | ADB1    | ADC 低 8 位数据存放于 ADB1 寄存器中  |        |         |                 |                 |         |        |        |
| <b>19H(r/w)</b>    | ADPCON1 | -                         | -      | ANSEL14 | ANSEL13         | ANSEL11         | ANSEL10 | ANSEL9 | ANSEL8 |
| <b>1AH(r/w)</b>    | ADPCON  | ANSEL7                    | ANSEL6 | ANSEL5  | ANSEL4          | ANSEL3          | ANSEL2  | ANSEL1 | ANSEL0 |
| <b>1BH(r/w)</b>    | ADM     | ADENB                     | ADS    | EOC     | GCHK            | CHK3            | CHK2    | CHK1   | CHK0   |
| <b>1CH(r/w)</b>    | ADB     | ADB11                     | ADB10  | ADB9    | ADB8            | ADB7            | ADB6    | ADB5   | ADB4   |
| <b>1DH(r/w)</b>    | ADR     | -                         | ADCKS1 | -       | ADCKS0          | ADB3            | ADB2    | ADB1   | ADB0   |

|          |         |                         |          |                 |           |          |              |                 |              |
|----------|---------|-------------------------|----------|-----------------|-----------|----------|--------------|-----------------|--------------|
| 1EH(r/w) | ADT     | -                       | -        | -               | ADTS<0>   | ADT<3>   | ADT<2>       | ADT<1>          | ADT<0>       |
| 1FH(r/w) | VREFH   | EVHENB                  | -        | -               | -         | -        | -            | VHK1            | VHK0         |
| BANK1    |         |                         |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 01H(r/w) | OPTIONR | -                       | INTEDGE  | -               | -         | -        | -            | -               | -            |
| 05H(r/w) | TRISA   | POTRA 输入输出控制寄存器         |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 07H(r/w) | TRISC   | -                       | -        | POTRC 输入输出控制寄存器 |           |          |              |                 |              |
| 0CH(r/w) | PIE1    | -                       | ADCIE    | -               | -         | -        | -            | -               | T1IE         |
| 0DH(r/w) | PIE2    | -                       | -        | C1IE            | -         | -        | T4IE         | T3IE            | -            |
| 0EH(r/w) | PCON    | WDTE                    | -        | LVDTE           | *         | *        | *            | *               | *            |
| 0FH(r/w) | WUACON  | WUA7                    | WUA6     | WUA5            | WUA4      | WUA3     | WUA2         | WUA1            | WUA0         |
| 12H(r/w) | PAHCON  | /PHA7                   | /PHA6    | /PHA5           | /PHA4     | /PHA3    | /PHA2        | /PHA1           | /PHA0        |
| 13H(r/w) | PADCON  | /PDA7                   | /PDA6    | /PDA5           | /PDA4     | /PDA3    | /PDA2        | /PDA1           | /PDA0        |
| 14H(r/w) | OSCM    | -                       | WAKEMODE | GREENEN         | -         | SLCON    | -            | STPHX           | CLKMD        |
| 15H(r/w) | PAODCON | ODA7                    | ODA6     | ODA5            | ODA4      | ODA3     | ODA2         | ODA1            | ODA0         |
| 1BH(r/w) | T1CON   | -                       | -        | T1CK1           | T1CK0     | T1CKS1   | T1SYNC       | T1CKS0          | T1REN        |
| 1CH(r/w) | T1TH    | T1 定时、计数高 8 位 T1TH<7:0> |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 1DH(r/w) | T1TL    | T1 定时、计数低 8 位 T1TL<7:0> |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 1EH(r/w) | T3D4L   | T3PWM4 占空比寄存器低 8 位      |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 1FH(r/w) | T3D4H   | -                       | -        | -               | -         | -        | -            | T3PWM4 占空比高 2 位 |              |
| BANK2    |         |                         |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 10H(r/w) | T3C0    | T3REN                   | -        | T3PWM1INV       | T3PWM0INV |          | T3PWM1E<br>N | T3PWM0E<br>N    | -            |
| 11H(r/w) | T3C1    | -                       | T3OUT0   | -               | T3CKS0    | -        | T3CK2        | T3CK1           | T3CK0        |
| 12H(r/w) | T3TL    | T3 定时、计数低 8 位           |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 13H(r/w) | T3TH    | -                       | -        | -               | -         |          |              | T3 定时、计数高 2 位   |              |
| 14H(r/w) | T3PL    | T3PWM 周期寄存器低 8 位        |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 15H(r/w) | T3PH    | *                       | *        | *               | *         | *        | *            | T3PWM 周期高 2 位   |              |
| 16H(r/w) | T3D0L   | T3PWM0 占空比寄存器低 8 位      |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 17H(r/w) | T3D0H   | -                       | -        | -               | -         | -        | -            | T3PWM0 占空比高 2 位 |              |
| 19H(r/w) | T3C2    | -                       | PDTM0    | T3PWM4INV       | T3PWM3INV | T3PWM2NV | T3PWM4E<br>N | T3PWM3E<br>N    | T3PWM2E<br>N |
| 1AH(r/w) | T3D1L   | T3PWM1 占空比寄存器低 8 位      |          |                 |           |          |              |                 |              |
| 1BH(r/w) | T3D1H   | -                       | -        | -               | -         | -        | -            | T3PWM1 占空比高 2 位 |              |
| 1CH(r/w) | T3D2L   | T3PWM2 占空比寄存器低 8 位      |          |                 |           |          |              |                 |              |

|          |         |                    |              |              |              |              |              |                 |              |
|----------|---------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| 1DH(r/w) | T3D2H   | -                  | -            | -            | -            | -            | -            | T3PWM2 占空比高 2 位 |              |
| 1EH(r/w) | T3D3L   | T3PWM3 占空比寄存器低 8 位 |              |              |              |              |              |                 |              |
| 1FH(r/w) | T3D3H   | -                  | -            | -            | -            | -            | -            | T3PWM3 占空比高 2 位 |              |
| BANK3    |         |                    |              |              |              |              |              |                 |              |
| 01H(r/w) | OPTIONR | -                  | INTEDGE      | -            | -            | -            | -            | -               | -            |
| 09H(r/w) | PWMSEL1 | -                  | -            | -            | -            | T4PWM<br>S1  | T4PWM<br>S0  | T3PWM4<br>S1    | T3PWM<br>4S0 |
| 0CH(r/w) | PWMSEL  | T3PWM3S<br>1       | T3PWM3<br>S0 | T3PWM2S<br>1 | T3PWM2S<br>0 | T3PWM1S<br>1 | T3PWM1<br>S0 | T3PWM0S1        | T3PWM0S<br>0 |
| 0DH(r/w) | T4C0    | T4REN              | -            | -            | T4PWMINV     | T4BUZEN      | -            | T4PWMEN         | -            |
| 0EH(r/w) | T4C1    | -                  | T4OUT0       | -            | T4CKS0       | -            | T4CK2        | T4CK1           | T4CK0        |
| 0FH(r/w) | T4TL    | T4 定时、计数低 8 位      |              |              |              |              |              |                 |              |
| 10H(r/w) | T4TH    | -                  | -            | -            | -            | -            | -            | T4 定时、计数高 2 位   |              |
| 11H(r/w) | T4PL    | T4PWM 周期寄存器低 8 位   |              |              |              |              |              |                 |              |
| 12H(r/w) | T4PH    | *                  | *            | *            | *            | *            | *            | T4PWM 周期高 2 位   |              |
| 13H(r/w) | T4DL    | T4PWM 占空比寄存器低 8 位  |              |              |              |              |              |                 |              |
| 14H(r/w) | T4DH    | -                  | -            | -            | -            | -            | -            | T4PWM 占空比高 2 位  |              |
| 1DH(r/w) | CMCON0  | C2OUT              | C1OUT        | C2INV        | C1INV        | CIS          | CMCH2        | CMCH1           | CMCH0        |
| 1FH(r/w) | VRCON   | VREN               | VRR1         | VRR0         | VRS          | VR3          | VR2          | VR1             | VR0          |

表 5-3 寄存器复位状态

| 寄存器          | 地址  | POR 或 BOR  | RSTB 或 WDT 复位 |
|--------------|-----|------------|---------------|
| <b>BANK0</b> |     |            |               |
| INDF         | 00H | xxxx xxxx  | uuuu uuuu     |
| PCL          | 02H | 0000 0000  | 0000 0000     |
| STATUS       | 03H | 0001 1xxx  | 000# #xxx     |
| FSR          | 04H | 0000 0000  | uuuu uuuu     |
| PORTA        | 05H | xxxx xxxx  | uuuu uuuu     |
| PORTC        | 07H | 00 xx xxxx | 00uu uuuu     |
| PCLATH       | 0AH | 0000 0000  | 0000 0000     |
| INTCON       | 0BH | 0000 0000  | 0000 0000     |
| PIR1         | 0CH | 0000 0000  | 0000 0000     |
| PIR2         | 0DH | 0000 0000  | 0000 0000     |
| PCHCON       | 12H | 1111 1111  | 1111 1111     |
| PCDCON       | 13H | 1111 1111  | 1111 1111     |

|              |     |           |           |
|--------------|-----|-----------|-----------|
| ADB1         | 16H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| ADPC1        | 19H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| ADPC         | 1AH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| ADM          | 1BH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| ADB          | 1CH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| ADR          | 1DH | 1010 0000 | 1010 0000 |
| ADT          | 1EH | 0001 1011 | 0001 1011 |
| VREF         | 1FH | 0111 1000 | 0111 1000 |
| <b>BANK1</b> |     |           |           |
| OPTIONR      | 01H | 0011 1111 | 0011 1111 |
| TRISA        | 05H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| TRISC        | 07H | 0011 1111 | 0011 1111 |
| PIE1         | 0CH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| PIE2         | 0DH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| PCON         | 0EH | 1011 1111 | 1011 1111 |
| WUACON       | 0FH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| PAHCON       | 12H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| PADCON       | 13H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| OSCM         | 14H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| PAODCON      | 15H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T1CON        | 1BH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T1TH         | 1CH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T1TL         | 1DH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D4L        | 1EH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D4H        | 1FH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| <b>BANK2</b> |     |           |           |
| T3C0         | 10H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3C1         | 11H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3TL         | 12H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3TH         | 13H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3PL         | 14H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| T3PH         | 15H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| T3D0L        | 16H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D0H        | 17H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3C2         | 19H | 0000 0000 | 0000 0000 |

|              |     |           |           |
|--------------|-----|-----------|-----------|
| T3D1L        | 1AH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D1H        | 1BH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D2L        | 1CH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D2H        | 1DH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D3L        | 1EH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T3D3H        | 1FH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| <b>BANK3</b> |     |           |           |
| PWMSEL1      | 09H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| PWMSEL       | 0CH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4C0         | 0DH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4C1         | 0EH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4TL         | 0FH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4TH         | 10H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4PL         | 11H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| T4PH         | 12H | 1111 1111 | 1111 1111 |
| T4DL         | 13H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| T4DH         | 14H | 0000 0000 | 0000 0000 |
| CMCON0       | 1DH | 0000 0000 | 0000 0000 |
| VRCON        | 1FH | 0000 0000 | 0000 0000 |

说明：u = 未改变；x = 未知；- = 未使用；# = P/T 标志位

## 6. 操作寄存器

### 6.1 工作寄存器

#### 6.1.1 INDF(间接寻址寄存器)

| 地址       | 名称   | B7                        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----------|------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 00H(r/w) | INDF | 使用 FSR 的内容寻址数据寄存器（非物理寄存器） |    |    |    |    |    |    |    |

INDF 寄存器不是真正的物理寄存器,任何使用 INDF 寄存器的指令实际上访问的是由指针寄存器 (FSR) 所指向的寄存器。若使用间接寻址方式对 INDF 寄存器进行读操作 (FSR='0'), 读的结果为 00H; 而使用间接寻址对 INDF 寄存器进行写操作, 实际执行的是空操作, 但有可能影响标志位。FSR 寄存器的位<6:0>可以用来选择 128 个寄存器 (地址: 00H~7FH)。

注: 不同 BANK 下间接寻址地址分别对应不同 BANK, BANK1 下间接寻址地址为 80~FFH, BANK2 下间接寻址地址为 100~17FH, BANK3 下间接寻址地址为 180~1FFH

例 6.1: 间接寻址

- ◆ 寄存器 28 里值为 10H
- ◆ 寄存器 29 里的值为 0AH
- ◆ 把 28 放入 FSR 寄存器
- ◆ 读 INDF 寄存器将返回 10H
- ◆ FSR 寄存器的值加 1
- ◆ 读 INDF 寄存器将返回 0AH

#### 6.1.2 PCL(程序计数器的低字节)和 Stack

| 地址       | 名称  | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----------|-----|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 02H(r/w) | PCL | 程序计数器的低字节 |    |    |    |    |    |    |    |

HK16P071J1M6-TR有一个11位程序计数器PC和8级深度硬件堆栈Stack。PC的低8位是PCL(PC<7:0>), 即可读也可写; 高3位是PCH(PC<10:8>), 不能直接读写, PCH的改变是通过PCLATH寄存器来实现的。当程序执行的时候, PC里装载的是下一条将要执行程序地址。每个指令周期, PC值将增加1, 除非有指令改变PC的值。

如图 6.1.1~6.1.4 所示为装载 PC 值的四种情况。

情况 1: 执行 GOTO 指令

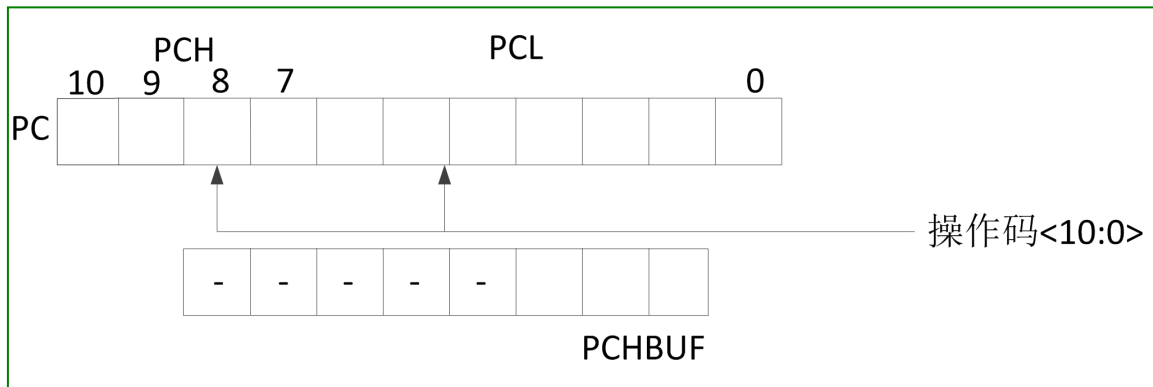


图 6.1.1 执行 GOTO 指令

情况 2: 执行 CALL 指令

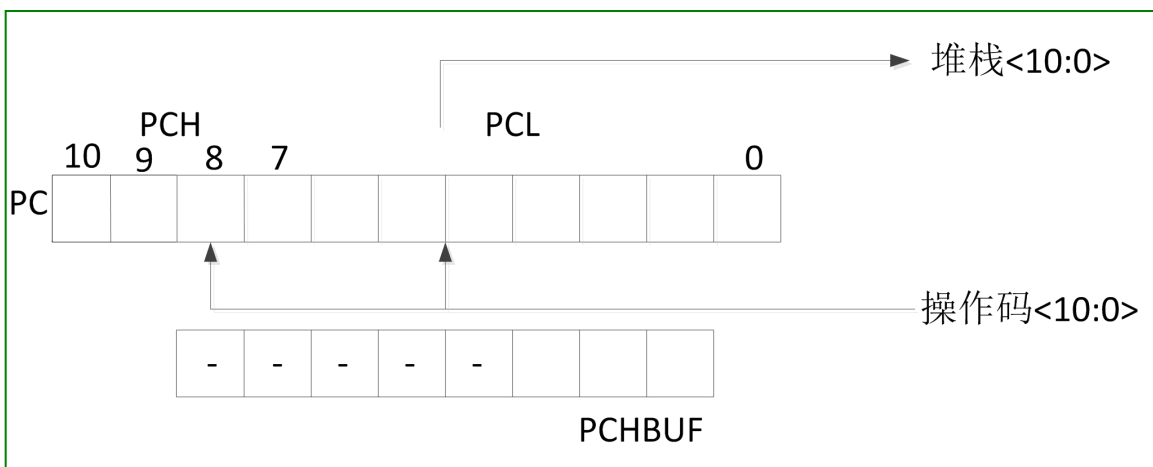


图 6.1.2 执行 CALL 指令

情况 3: 执行 RETIA、RETFIE 或者 RETURN 指令

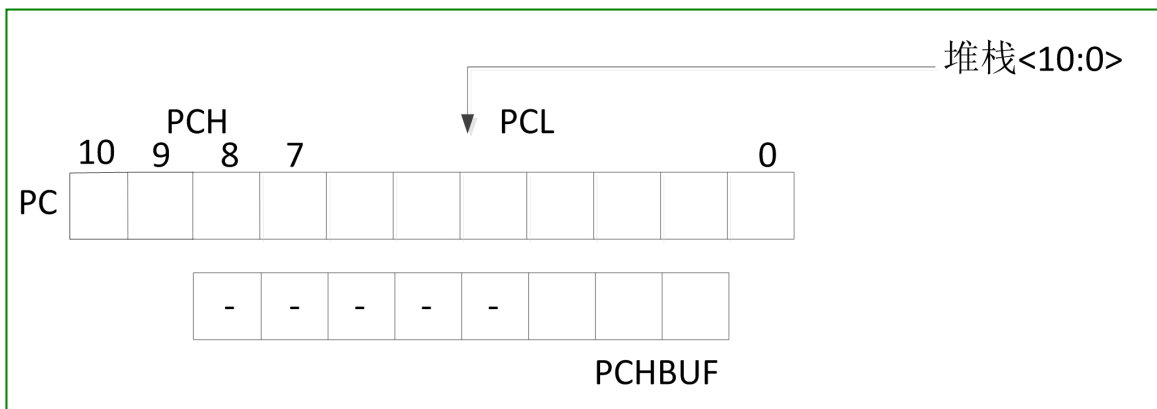


图 6.1.3 执行 RETIA、RETFIE 或者 RETURN 指令

情况 4：写 PCL 时

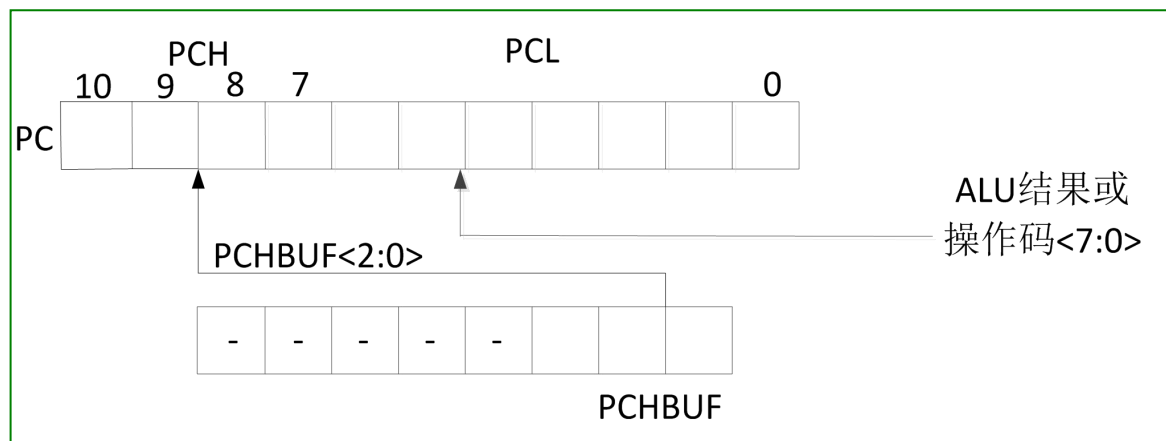


图 6.1.4 写 PCL

注 1：PCLATH 只有在 PCL 内容是目标地址才有效

注 2：PCLATH 不会随 PCH 的改变而改变

### 6.1.3 STATUS(状态寄存器)

| 地址       | 名称     | B7  | B6  | B5  | B4              | B3              | B2 | B1 | B0 |
|----------|--------|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|----|----|----|
| 03H(r/w) | STATUS | IRP | RP1 | RP0 | $\overline{TO}$ | $\overline{PD}$ | Z  | DC | C  |

状态寄存器 STATUS 反映运算器运算及复位后的状态。如果 STATUS 是某一指令的目标寄存器，且该指令将影响标志位 Z、DC 或者 C，那么对此三位的写操作是禁止的。Bit4 和 Bit3 是不可写的。清状态寄存器 STATUS 将出现下面结果 000uu1uu（u 表示未改变）。

C: 进位/ 借位位

1 = 有进位或无借位

0 = 无进位或有借位

注：借位时极性相反。执行减法是通过加上第二个操作数的补码来完成的。对于移位指令（RRR, RLR），源寄存器的最高位或最低位移入此位。

DC: 半进位/ 借位位（ADDAR, ADDIA, SUBIA, SUBAR 指令）

1 = 有第 3 位向第 4 位进位或无第 3 位向第 4 位借位

0 = 无第 3 位向第 4 位进位或有第 3 位向第 4 位借位

Z: 零位

1 = 运算或逻辑运算的结果是零

0 = 运算或逻辑结果的结果非零

 $\overline{PD}$ : 掉电标志位

1 = 上电或者执行 CLRWDT 指令

0 = 执行 SLEEP 指令

 $\overline{TO}$ : 定时器溢出标志位

1= 上电或者执行 CLRWDT 或 SLEEP 指令

0= 看门狗定时器溢出

RP1:RP0: BANK 区选择

00 = 选择 BANK0 区

01 = 选择 BANK1 区

10 = 选择 BANK2 区

11 = 选择 BANK3 区

IRP: 间接寻址 BANK 选择位, 与 FSR7 共同控制间接寻址 BANK

#### 6.1.4 FSR(间接寻址指针)

| 地址       | 名称  | B7   | B6     | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----------|-----|------|--------|----|----|----|----|----|----|
| 04H(r/w) | FSR | FSR7 | 间接寻址指针 |    |    |    |    |    |    |

Bit6:Bit0 : 选择间接寻址寄存器地址, 可寻址 00~7Fh 内寄存器或 RAM;

Bit7: 间接寻址 BANK 选择位, 与 IRP 共同控制间接寻址 BANK

IRP:FSR7:

00 = BANK0 区间接寻址

01 = BANK1 区间接寻址

10 = BANK2 区间接寻址

11 = BANK3 区间接寻址

#### 6.1.5 PORTA/PORTC(端口数据寄存器)

| 地址       | 名称    | B7  | B6  | B5  | B4  | B3  | B2  | B1  | B0  |
|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 05H(r/w) | PORTA | PA7 | PA6 | PA5 | PA4 | PA3 | PA2 | PA1 | PA0 |
| 07H(r/w) | PORTC | -   | -   | PC5 | PC4 | PC3 | PC2 | PC1 | PC0 |

读端口操作是读的引脚的状态, 和引脚模式无关。

#### 6.1.6 PCON(芯片控制寄存器)

| 地址       | 名称   | B7   | B6 | B5    | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----------|------|------|----|-------|----|----|----|----|----|
| 8EH(r/w) | PCON | WDTE | -  | LVREN | -  | -  | -  | -  | -  |

LVREN: LVR (低电压复位) 使能位

1 = 使能 LVR

0 = 禁止 LVR

WDTE: WDT (看门狗定时器) 使能位

1 = 使能 WDT

0 = 禁止 WDT

### 6.1.7 WUACON(PORA 输入状态变化中断/唤醒控制寄存器)

| 地址       | 名称     | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1   | B0   |
|----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 8FH(r/w) | WUACON | WUA7 | WUA6 | WUA5 | WUA4 | WUA3 | WUA2 | WUA1 | WUA0 |

0 = 关闭 PA 口中断/唤醒功能

1 = 使能 PA 口中断/唤醒功能

### 6.1.8 PCLATH(PC 高位缓冲器)

| 地址       | 名称     | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2   | B1   | B0   |
|----------|--------|----|----|----|----|----|------|------|------|
| 0AH(r/w) | PCLATH | -  | -  | -  | -  | -  | PCH2 | PCH1 | PCH0 |

低 3 位有效，详见 6.1.2 节

### 6.1.9 PADCON(内部下拉控制寄存器)

| 地址       | 名称     | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    | B0    |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 93H(r/w) | PADCON | /PDA7 | /PDA6 | /PDA5 | /PDA4 | /PDA3 | /PDA2 | /PDA1 | /PDA0 |

1 = 禁止 PA 口相应引脚内部下拉

0 = 使能 PA 口相应引脚内部下拉

### 6.1.10 PCDCON(内部下拉控制寄存器)

| 地址       | 名称     | B7 | B6 | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    | B0    |
|----------|--------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 13H(r/w) | PCDCON | -  | -  | /PDC5 | /PDC4 | /PDC3 | /PDC2 | /PDC1 | /PDC0 |

1 = 禁止 PC 口相应引脚内部下拉

0 = 使能 PC 口相应引脚内部下拉

### 6.1.11 PAODCON(漏极开路控制寄存器)

| 地址       | 名称      | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1   | B0   |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 95H(r/w) | PAODCON | ODA7 | ODA6 | ODA5 | ODA4 | ODA3 | ODA2 | ODA1 | ODA0 |

1 = PA 口相应引脚 NMOS 漏极开路输出使能

0 = PA 口相应引脚 NMOS 漏极开路输出禁止

### 6.1.12 PAHCON(PA 内部上拉控制寄存器)

| 地址       | 名称     | B7    | B6    | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    | B0    |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 92H(r/w) | PAHCON | /PHA7 | /PHA6 | /PHA5 | /PHA4 | /PHA3 | /PHA2 | /PHA1 | /PHA0 |

1 = 禁止 PA 口相应引脚内部上拉

0 = 使能 PA 口相应引脚内部上拉

### 6.1.13 PCHCON(PC 内部上拉控制寄存器)

| 地址       | 名称     | B7 | B6 | B5    | B4    | B3    | B2    | B1    | B0    |
|----------|--------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12H(r/w) | PCHCON | -  | -  | /PHC5 | /PHC4 | /PHC3 | /PHC2 | /PHC1 | /PHC0 |

1 = 禁止 PC 口相应引脚内部上拉

0 = 使能 PC 口相应引脚内部上拉

### 6.1.14 INTCON(中断屏蔽寄存器)

| 地址      | 名称     | B7  | B6   | B5 | B4    | B3   | B2 | B1    | B0   |
|---------|--------|-----|------|----|-------|------|----|-------|------|
| 0B(r/w) | INTCON | GIE | PEIE | -  | INTIE | PAIE | -  | INTIF | PAIF |

PAIF: PORTA 输入状态变化中断标志位, PORTA 输入状态改变时被置位, 软件复位。

INTIF: 外部中断标志位, INT 引脚上升沿/下降沿 (由 INTEDG 位 OPTIONR<6>配置), 软件复位。

PAIE: PORTA 输入状态变化中断使能位

1 = 使能 PORTA 输入状态变化中断

0 = 禁止 PORTA 输入状态变化中断

INTIE: 外部中断使能位 (PC1)

1 = 使能外部中断

0 = 禁止外部中断

PEIE: 外设总中断使能

1 = 使能外设中断

0 = 禁止外设中断

GIE: 全局中断使能位

1 = 使能所有为屏蔽的中断, 对于睡眠模式中的中断唤醒, MCU 将跳到中断地址 004H

0 = 禁止所有中断, 对于睡眠模式中点中断唤醒, MCU 将执行 SLEEP 后的指令

注: 在中断事件发生时, GIE 被硬件清零并禁止一切中断。执行 RETFIE 指令退出中断程序并重新设置 GIE =1 允许中断。

### 6.1.15 PIE1(外设中断屏蔽寄存器 1)

| 地址      | 名称   | B7 | B6    | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0   |
|---------|------|----|-------|----|----|----|----|----|------|
| 8C(r/w) | PIE1 | -  | ADCIE | -  | -  | -  | -  | -  | T1IE |

T1IE: 定时器 T1 中断使能位

1 = 使能定时器 T1 溢出中断

0 = 禁止定时器 T1 溢出中断

ADCIE: ADC 中断使能位

1 = 使能 ADC 中断

0 = 禁止 ADC 中断

### 6.1.16 PIR1(外设中断状态寄存器 1)

| 地址      | 名称   | B7 | B6    | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0   |
|---------|------|----|-------|----|----|----|----|----|------|
| 0C(r/w) | PIR1 | -  | ADCIF | -  | -  | -  | -  | -  | T1IF |

T1IF: 定时器 T1 溢出中断标志位, T1 溢出时被置位, 软件复位。

ADCIF: ADC 中断标志位, ADC 转换完成时被置位, 软件复位。

### 6.1.17 PIE2(外设中断屏蔽寄存器 2)

| 地址      | 名称   | B7 | B6 | B5   | B4 | B3 | B2   | B1   | B0 |
|---------|------|----|----|------|----|----|------|------|----|
| 8D(r/w) | PIE2 | -  | -  | C1IE | -  | -  | T4IE | T3IE | -  |

T3IE: 定时器 T3 中断使能位

1 = 使能定时器 T3 溢出中断

0 = 禁止定时器 T3 溢出中断

T4IE: 定时器 T4 中断使能位

1 = 使能定时器 T4 溢出中断

0 = 禁止定时器 T4 溢出中断

C1IE: 比较器 C1 中断使能位

1 = 使能比较器 C1 中断

0 = 禁止比较器 C1 中断

### 6.1.18 PIR2(外设中断状态寄存器 2)

| 地址      | 名称   | B7 | B6 | B5   | B4 | B3 | B2   | B1   | B0 |
|---------|------|----|----|------|----|----|------|------|----|
| 0D(r/w) | PIR2 | -  | -  | C1IF | -  | -  | T4IF | T3IF | -  |

T3IF: 定时器 T3 溢出中断标志位, T3 溢出时被置位, 软件复位。

T4IF: 定时器 T4 溢出中断标志位, T4 溢出时被置位, 软件复位。

C1IF: 比较器 C1 中断标志位, 比较器 C1 输出变化时被置位, 软件复位。

### 6.1.19 ACC(累加器)

| 地址       | 名称  | B7  | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| N/A(r/w) | ACC | 累加器 |    |    |    |    |    |    |    |

累加器是一个内部数据传送、指令操作数存储单元, 没有被编址。

### 6.1.20 OPTIONR 寄存器

| 地址      | 名称      | B7 | B6     | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---------|---------|----|--------|----|----|----|----|----|----|
| 81(r/w) | OPTIONR | -  | INTEDG | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

INTEDG: 外部中断触发方式选择位 (PC1)

1 = INT 引脚上升沿触发中断

0 = INT 引脚下降沿触发中断

### 6.1.21 TRISA/TRISC(I/O 口控制寄存器)

| 地址     | 名称    | B7              | B6 | B5              | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|--------|-------|-----------------|----|-----------------|----|----|----|----|----|
| 85H(w) | TRISA | PORTA I/O 控制寄存器 |    |                 |    |    |    |    |    |
| 87H(w) | TRISC | *               | *  | PORTC I/O 控制寄存器 |    |    |    |    |    |

TRISA/C 寄存器为 1，端口为输入模式，TRISA/C 寄存器为 0，端口为输出模式。

### 6.1.22 OSCM（模式控制寄存器）

| 地址      | 名称   | B7 | B6       | B5      | B4 | B3    | B2 | B1    | B0    |
|---------|------|----|----------|---------|----|-------|----|-------|-------|
| 94(r/w) | OSCM | -  | WAKEMODE | GREENEN | -  | SLCON | -  | STPHX | CLKMD |

CLKMD：系统时钟模式控制位

0 = 普通模式，高速时钟作为系统时钟

1 = 低速模式，低速时钟作为系统时钟

STPHX：内部高速振荡器控制位

0 = 运行

1 = 停止，内部低速 RC 振荡器仍然运行

SLCON：内部低速时钟控制位

0 = 开启内部低速时钟

1 = 关闭内部低速时钟（同时需 SLEEP 且 wdt disable）

GREENEN：绿色模式使能位

0 = 普通模式

1 = 绿色模式

WAKEMODE：低速模式下睡眠唤醒后系统时钟选择位

0 = 选择内外低速作为系统时钟

1 = 选择高速 RC 作为系统时钟

注：STPHX 为内部高速 RC 振荡器的控制位，当 STPHX=0 时内部高速 RC 振荡器正常运行，当 STPHX=1 时内部高速 RC 振荡器停止运行。从高速模式切换到低速模式时，需先进低速，再关高速。低速模式进睡眠模式，唤醒后的系统时钟通过 WAKEMODE 位选择。低速模式进绿色模式，唤醒后仍为低速模式。

## 6.2 T1 16 位定时、计数器

### 6.2.1 T1 特性

- 16 位定时器/计数器
- T1 溢出 T1IF 会置 1，若中断使能可进入中断
- 可选择外部异步时钟唤醒睡眠、绿色模式

T1 模块框图如图 6.2.1 所示：

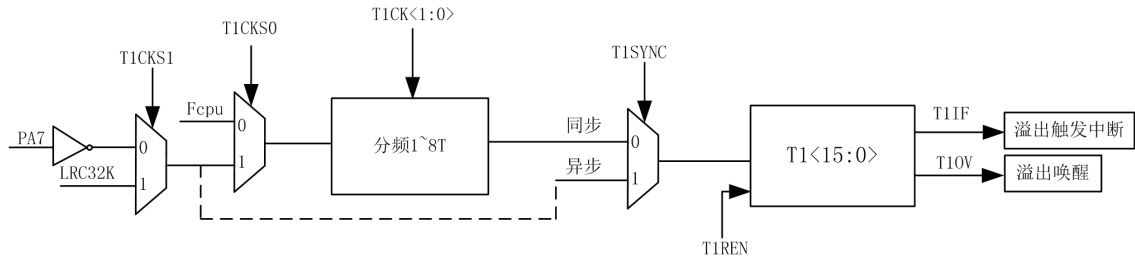


图 6.2.1 T1 模块工作原理图

### 6.2.2 T1PWM 相关寄存器

#### 6.2.2.1 T1 定时器控制寄存器

| 地址      | 名称    | B7 | B6 | B5    | B4    | B3    | B2     | B1    | B0    |
|---------|-------|----|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 9B(r/w) | T1CON | -  | -  | T1CK1 | T1CK0 | T1CK1 | T1SYNC | T1CK0 | T1REN |

T1CK<1:0>：T1 分频选择

00 = 1 分频

01 = 2 分频

10 = 4 分频

11 = 8 分频

T1CK0：T1 内外时钟源选择

0 = 内部 Fcpu

1 = 外部时钟源

T1CK1：T1 外部时钟源选择（T1CK0=1 时有效），参与分频

0 = 外部时钟 PA7（上升沿）

1 = 内部低速 RC（32K）

T1SYNC：T1 外部时钟源与内部系统时钟同步控制（T1CK0=1 时有效）

0 = 同步

1 = 异步

注：此位有效，T1 时钟源选择异步时钟，可用于唤醒睡眠、绿色模式

T1REN：定时器 T1 使能

0 = T1 关闭

1 = T1 使能

### 6.2.2.2 T1 定时器计数器

| 地址      | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|---------|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 9D(r/w) | T1TL | T1TL<7:0> |    |    |    |    |    |    |    |
| 9C(r/w) | T1TH | T1TH<7:0> |    |    |    |    |    |    |    |

[T1TH:T1TL]为其 16 位定时、计数值。

注：T1 定时器最低工作电压需要高于 2.2v。

## 6.3 T3（10 位定时/计数器）

### 6.3.1 T3PWM 特性

- 5 路独立 10 位 PWM 输出，共用相同周期
- 1 组带死区互补 PWM
- 提供每个 PWM 周期溢出中断，但中断共用同一个向量入口
- 输出极性可选择
- PWM 工作时钟源可设定时钟分频比
- 可做定时器/计数器使用

T3 模块框图如图 6.3.1 所示：

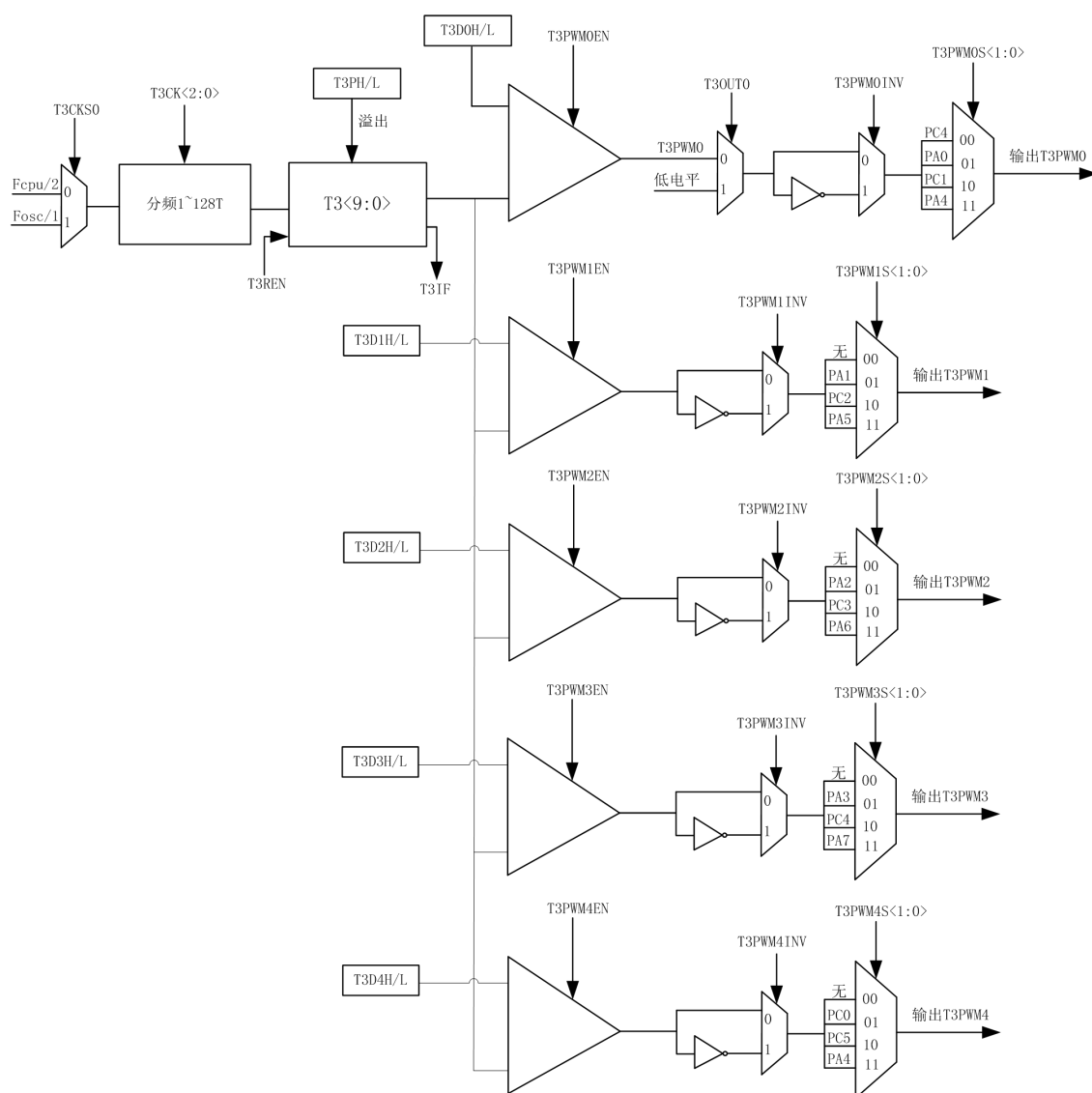


图 6.3.1 T3 模块工作原理图

注：图中暂未标注互补模式。

## 6.3.2 T3PWM 相关寄存器

### 6.3.2.1 T3PWM 使能寄存器 0

| 地址        | 名称   | B7    | B6 | B5        | B4        | B3 | B2       | B1       | B0 |
|-----------|------|-------|----|-----------|-----------|----|----------|----------|----|
| 110H(r/w) | T3C0 | T3REN | -  | T3PWM1INV | T3PWM0INV | -  | T3PWM1EN | T3PWM0EN | -  |

T3REN: T3 定时器总使能

0 = 禁止

1 = 使能

T3PWM1INV: T3PWM1 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T3PWM0INV: T3PWM0 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T3PWM1EN: T3PWM1EN 输出使能

0 = 禁止 T3PWM1 输出

1 = 允许 T3PWM1 输出

T3PWM0EN: T3PWM0EN 输出使能

0 = 禁止 T3PWM0 输出

1 = 允许 T3PWM0 输出

注: PWM 输出需将对应端口设置为输出模式。

### 6.3.2.2 T3PWM 使能寄存器 2

| 地址        | 名称   | B7 | B6    | B5        | B4        | B3        | B2       | B1       | B0       |
|-----------|------|----|-------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| 119H(r/w) | T3C2 | -  | PDTM0 | T3PWM4INV | T3PWM3INV | T3PWM2INV | T3PWM4EN | T3PWM3EN | T3PWM2EN |

PDTM0: T3PWM1&T3PWM0 工作模式选择位

0 = T3PWM1&T3PWM0 工作于独立输出模式

1 = T3PWM1&T3PWM0 工作于互补输出模式

T3PWM4INV: T3PWM4 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T3PWM3INV: T3PWM3 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T3PWM2INV: T3PWM2 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T3PWM4EN: T3PWM4EN 输出使能

0 = 禁止 T3PWM4 输出

1 = 允许 T3PWM4 输出

T3PWM3EN: T3PWM0EN 输出使能

0 = 禁止 T3PWM3 输出

1 = 允许 T3PWM3 输出

T3PWM2EN: T3PWM2EN 输出使能

0 = 禁止 T3PWM2 输出

1 = 允许 T3PWM2 输出

### 6.3.2.3 T4PWM 控制寄存器 1

| 地址        | 名称   | B7 | B6     | B5 | B4     | B3 | B2    | B1    | B0    |
|-----------|------|----|--------|----|--------|----|-------|-------|-------|
| 111H(r/w) | T3C1 | -  | T3OUT0 | -  | T3CKS0 | -  | T3CK2 | T3CK1 | T3CK0 |

T3CK<2:0>: T3 定时器时钟分频选择

111 = 1 分频

110 = 2 分频

101 = 4 分频

100 = 8 分频

011 = 16 分频

010 = 32 分频

001 = 64 分频

000 = 128 分频

T3CKS0: T3 定时器时钟源选择

0 = Fcpu/2

1 = Fosc

T3OUT0: T3PWM0 输出全低电平使能

0 = T3PWM0 输出不受影响

1 = T3PWM0 输出全低电平

注：默认 T3PWM 输出极性不取反，T3PWM0 输出全低电平模式，不受占空比影响，T3PWM1~T3PWM4 正常输出，不受 T3OUT0 影响。

### 6.3.2.4 T3PWM 周期寄存器

| 地址        | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-----------|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 114H(r/w) | T3PL | T3PL<7:0> |    |    |    |    |    |    |    |

|           |      |   |   |   |   |   |   |           |
|-----------|------|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 115H(r/w) | T3PH | - | - | - | - | - | - | T3PH<1:0> |
|-----------|------|---|---|---|---|---|---|-----------|

T3PWM 周期=[T3PH:T3PL]\*T3PWM 工作时钟源。

注：更新 T3PWM 周期寄存器时，需先关闭 T3REN，T3PH/L 赋值完成后再使能 T3REN。

#### 6.3.2.5 T3PWM0 占空比寄存器

| 地址        | 名称    | B7         | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1         | B0 |
|-----------|-------|------------|----|----|----|----|----|------------|----|
| 116H(r/w) | T3D0L | T3D0L<7:0> |    |    |    |    |    |            |    |
| 117H(r/w) | T3D0H | -          | -  | -  | -  | -  | -  | T3D0H<1:0> |    |

T3PWM0 占空比=[T3D0H:T3D0L]\*T3PWM 工作时钟源

#### 6.3.2.6 T3PWM1 占空比寄存器

| 地址        | 名称    | B7         | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1         | B0 |
|-----------|-------|------------|----|----|----|----|----|------------|----|
| 11AH(r/w) | T3D1L | T3D1L<7:0> |    |    |    |    |    |            |    |
| 11BH(r/w) | T3D1H | -          | -  | -  | -  | -  | -  | T3D1H<1:0> |    |

独立模式下，T3PWM1 占空比=[T3D1H:T3D1L]\*T3PWM 工作时钟源

互补模式下，T3PWM1 与 T3PWM0 的死区时间=[T3D1H:T3D1L+1]\*T3PWM 工作时钟源

#### 6.3.2.7 T3PWM2 占空比寄存器

| 地址        | 名称    | B7         | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1         | B0 |
|-----------|-------|------------|----|----|----|----|----|------------|----|
| 11CH(r/w) | T3D2L | T3D2L<7:0> |    |    |    |    |    |            |    |
| 11DH(r/w) | T3D2H | -          | -  | -  | -  | -  | -  | T3D2H<1:0> |    |

T3PWM2 占空比=[T3D2H:T3D2L]\*T3PWM 工作时钟源

#### 6.3.2.8 T3PWM3 占空比寄存器

| 地址        | 名称    | B7         | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1         | B0 |
|-----------|-------|------------|----|----|----|----|----|------------|----|
| 11EH(r/w) | T3D3L | T3D3L<7:0> |    |    |    |    |    |            |    |
| 11FH(r/w) | T3D3H | -          | -  | -  | -  | -  | -  | T3D3H<1:0> |    |

独立模式下，T3PWM3 占空比=[T3D3H:T3D3L]\*T3PWM 工作时钟源

#### 6.3.2.9 T3PWM4 占空比寄存器

| 地址 | 名称 | B7 | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

|           |       |            |   |   |   |   |   |            |
|-----------|-------|------------|---|---|---|---|---|------------|
| 09EH(r/w) | T3D4L | T3D4L<7:0> |   |   |   |   |   |            |
| 09EH(r/w) | T3D4H | -          | - | - | - | - | - | T3D4H<1:0> |

T3PWM4 占空比=[T3D4H:T3D4L]\*T3PWM 工作时钟源

### 6.3.2.10 T3 计数/定时器时间寄存器

| 地址        | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1        | B0 |
|-----------|------|-----------|----|----|----|----|----|-----------|----|
| 112H(r/w) | T3TL | T3TL<7:0> |    |    |    |    |    |           |    |
| 113H(r/w) | T3TH | -         | -  | -  | -  | -  | -  | T3TH<1:0> |    |

当 T3PWM 被禁止时，T3 可以做定时、计数器使用，[T3TH:T3TL]为其定时、计数值。

T3 溢出或者计数到 T3PWM 周期寄存器值，T3IF 会置 1，若中断使能可进入中断。

### 6.3.2.11 T3PWM 端口选择控制寄存器

| 地址        | 名称     | B7       | B6       | B5       | B4       | B3       | B2       | B1       | B0       |
|-----------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 18CH(r/w) | PWMSEL | T3PWM3S1 | T3PWM3S0 | T3PWM2S1 | T3PWM2S0 | T3PWM1S1 | T3PWM1S0 | T3PWM0S1 | T3PWM0S0 |

T3PWM3S<1:0> :T3PWM3 端口选择寄存器

00 =无端口输出 T3PWM3

01 =PA3 输出 T3PWM3

10 =PC4 输出 T3PWM3

11 = PA7 输出 T3PWM3

T3PWM2S<1:0> :T3PWM2 端口选择寄存器

00 =无端口输出 T3PWM2

01 =PA2 输出 T3PWM2

10 =PC3 输出 T3PWM2

11 = PA6 输出 T3PWM2

T3PWM1S<1:0> :T3PWM1 端口选择寄存器

00 =无端口输出 T3PWM1

01 =PA1 输出 T3PWM1

10 =PC2 输出 T3PWM1

11 = PA5 输出 T3PWM1

T3PWM0S<1:0> :T3PWM0 端口选择寄存器

00 =PC4 输出 T3PWM0

01 =PA0 输出 T3PWM0

10 =PC1 输出 T3PWM0

11 = PA4 输出 T3PWM0

### 6.3.2.12 T3PWM 端口选择控制寄存器 1

| 地址        | 名称      | B7 | B6 | B5 | B4 | B3      | B2      | B1       | B0       |
|-----------|---------|----|----|----|----|---------|---------|----------|----------|
| 189H(r/w) | PWMSEL1 | -  | -  | -  | -  | T4PWMS1 | T4PWMS0 | T3PWM4S1 | T3PWM4S0 |

T3PWM4S<1:0> :T3PWM4 端口选择寄存器

00 =无端口输出 T3PWM4

01 =PC0 输出 T3PWM4

10 =PC5 输出 T3PWM4

11 =PA4 输出 T3PWM4

### 6.3.3 T3PWM 示意图

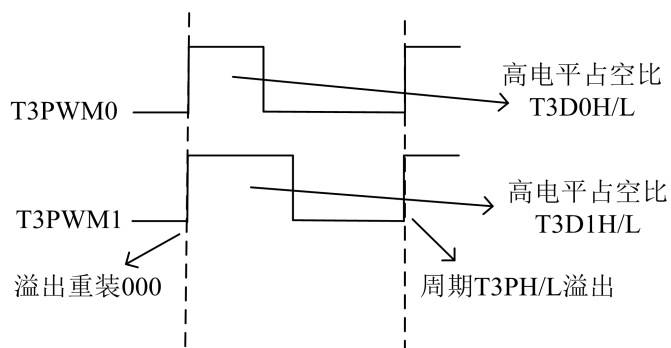


图 6.3.2 T3PWM0/1 独立输出模式波形示意图

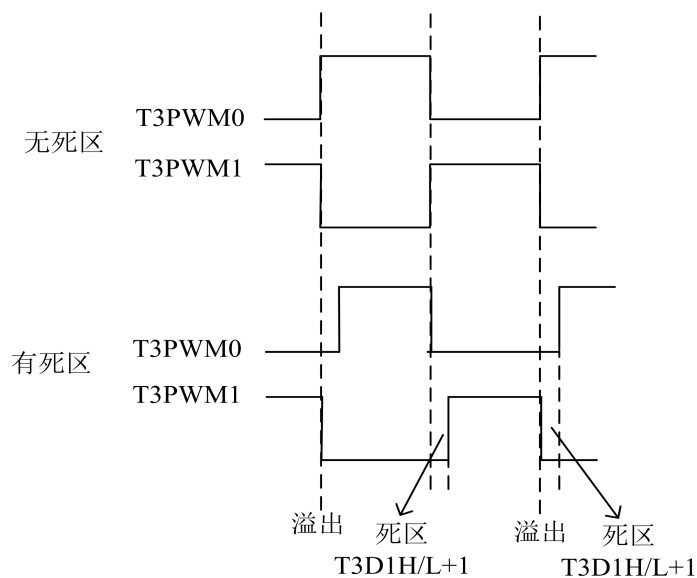


图 6.3.3 T3PWM0/1 互补输出模式波形示意图

## 6.4 T4（10 位定时/计数器）

### 6.4.1 T4PWM 特性

- 1 路独立 10 位 PWM 输出

- PWM 周期溢出中断，中断共用同一个向量入口
- 输出极性可选择
- PWM 工作时钟源可设定时钟分频比
- 可做定时器/计数器使用

T4 模块框图如图 6.4.1 所示：

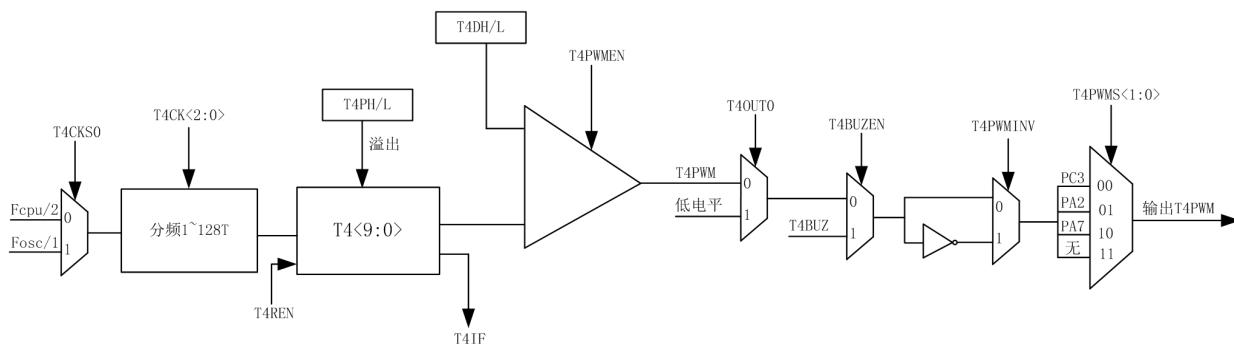


图 6.4.1 T4 模块工作原理图

## 6.4.2 T4PWM 相关寄存器

### 6.4.2.1 T4PWM 使能寄存器

| 地址        | 名称   | B7    | B6 | B5 | B4       | B3      | B2 | B1      | B0 |
|-----------|------|-------|----|----|----------|---------|----|---------|----|
| 18DH(r/w) | T4C0 | T4REN | -  | -  | T4PWMINV | T4BUZEN | -  | T4PWMEN | -  |

T4REN：T4 定时器总使能

0 = 禁止

1 = 使能

T4PWMINV：T4PWM 输出极性取反

0 = 不取反

1 = 取反

T4BUZEN：T4BUZZER 输出使能（T4PWMEN 需使能）

0 = 禁止 T4BUZZER 输出

1 = 允许 T4BUZZER 输出

T4PWMEN：T4PWMEN 输出使能

0 = 禁止 T4PWM 输出

1 = 允许 T4PWM 输出

注：PWM/BUZZER 输出需将对应端口设置为输出模式。

### 6.4.2.2 T4PWM 控制寄存器

| 地址        | 名称   | B7 | B6     | B5 | B4     | B3 | B2    | B1    | B0    |
|-----------|------|----|--------|----|--------|----|-------|-------|-------|
| 18EH(r/w) | T4C1 | -  | T4OUT0 | -  | T4CKS0 | -  | T4CK2 | T4CK1 | T4CK0 |

T4CK<2:0>: T4 定时器时钟分频选择

111 = 1 分频

110 = 2 分频

101 = 4 分频

100 = 8 分频

011 = 16 分频

010 = 32 分频

001 = 64 分频

000 = 128 分频

T4CKS0: T4 定时器时钟源选择

0 = Fcpu/2

1 = Fosc

T4OUT0: T4PWM 输出全低电平使能

0 = T4PWM 输出不受影响

1 = T4PWM 输出全低电平

注：默认 T4PWM 输出极性不取反，T4PWM 输出全低电平模式，不受占空比影响。

#### 6.4.2.3 T4PWM 周期寄存器

| 地址        | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1        | B0 |
|-----------|------|-----------|----|----|----|----|----|-----------|----|
| 191H(r/w) | T4PL | T4PL<7:0> |    |    |    |    |    |           |    |
| 192H(r/w) | T4PH | -         | -  | -  | -  | -  | -  | T4PH<1:0> |    |

T4PWM 周期=[T4PH:T4PL]\*T4PWM 工作时钟源。

注：更新 T4PWM 周期寄存器时，需先关闭 T4REN，T4PH/L 赋值完成后再使能 T4REN。

#### 6.4.2.4 T4PWM 占空比寄存器

| 地址        | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1        | B0 |
|-----------|------|-----------|----|----|----|----|----|-----------|----|
| 193H(r/w) | T4DL | T4DL<7:0> |    |    |    |    |    |           |    |
| 194H(r/w) | T4DH | -         | -  | -  | -  | -  | -  | T4DH<1:0> |    |

T4PWM 占空比=[T4DH:T4DL]\*T4PWM 工作时钟源

#### 6.4.2.5 T4 计数/定时器时间寄存器

| 地址        | 名称   | B7        | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1 | B0 |
|-----------|------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 18FH(r/w) | T4TL | T4TL<7:0> |    |    |    |    |    |    |    |

|           |      |   |   |   |   |   |   |           |
|-----------|------|---|---|---|---|---|---|-----------|
| 190H(r/w) | T4TH | - | - | - | - | - | - | T4TH<1:0> |
|-----------|------|---|---|---|---|---|---|-----------|

当 T4PWM 被禁止时，T4 可以做定时、计数器使用，[T4TH:T4TL]为其定时、计数值。

T4 溢出或者计数到 T4PWM 周期寄存器值，T4IF 会置 1，若中断使能可进入中断

#### 6.4.2.6 T4PWM 端口选择控制寄存器

| 地址        | 名称      | B7 | B6 | B5 | B4 | B3      | B2      | B1       | B0       |
|-----------|---------|----|----|----|----|---------|---------|----------|----------|
| 189H(r/w) | PWMSEL1 | -  | -  | -  | -  | T4PWMS1 | T4PWMS0 | T3PWM4S1 | T3PWM4S0 |

T4PWMS<1:0> :T4PWM 端口选择寄存器

00 =PC3 输出 T4PWM

01 =PA2 输出 T4PWM

10 =PA7 输出 T4PWM

11 = 无端口输出 T4PWM

#### 6.4.3 T4PWM 示意图

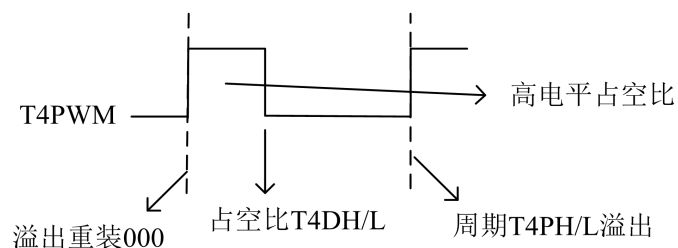


图 6.4.2 T4PWM 波形示意图

## 6.5 14+2 通道 ADC

### 6.5.1 概述

模拟数字转换，内置 16 个模拟通道，高达 4096 阶的分辨率，能将一个模拟信号转换成相应的 12 位数字信号。通过  $CHK[3:0]$  选择模拟信号输入引脚（AIN 引脚），内部  $1/4 \cdot V_{dd}$  电压源， $GCHK$  位使能全部 ADC 通道，模拟信号输入至 SAR ADC。ADC 的分辨率为 12 位；可以通过  $ADCKS[1:0]$  位选择 ADC 的转换速率以决定 ADC 的转换时间。ADC 参考电压的高电平包括 2 种，内部参考源，包括 VDD、4V、3V、2V（ $EVHENB=0$ ），外部参考源，由 PA6 提供（ $EVHENB=1$ ）。ADC 内置  $ADPCON/ADPCON1$  寄存器来设置模拟输入引脚，必须由程序将 ADC 输入引脚设为不带上拉电阻的输入引脚。设置好  $ADENB$  和  $ADS$  位后，ADC 开始转换，转换结束时，ADC 电路将  $EOC$  和  $ADCIF$  置 1，并将转换结果存入  $ADB$  和  $ADR$  寄存器中。若  $ADCIE=1$ ，ADC 请求中断，AD 转换完成后， $ADCIF=1$  时，程序计数器跳转中断向量地址（ORG 0004H）执行中断服务程序。ADC 工作原理框图如图 6.5.1 所示。

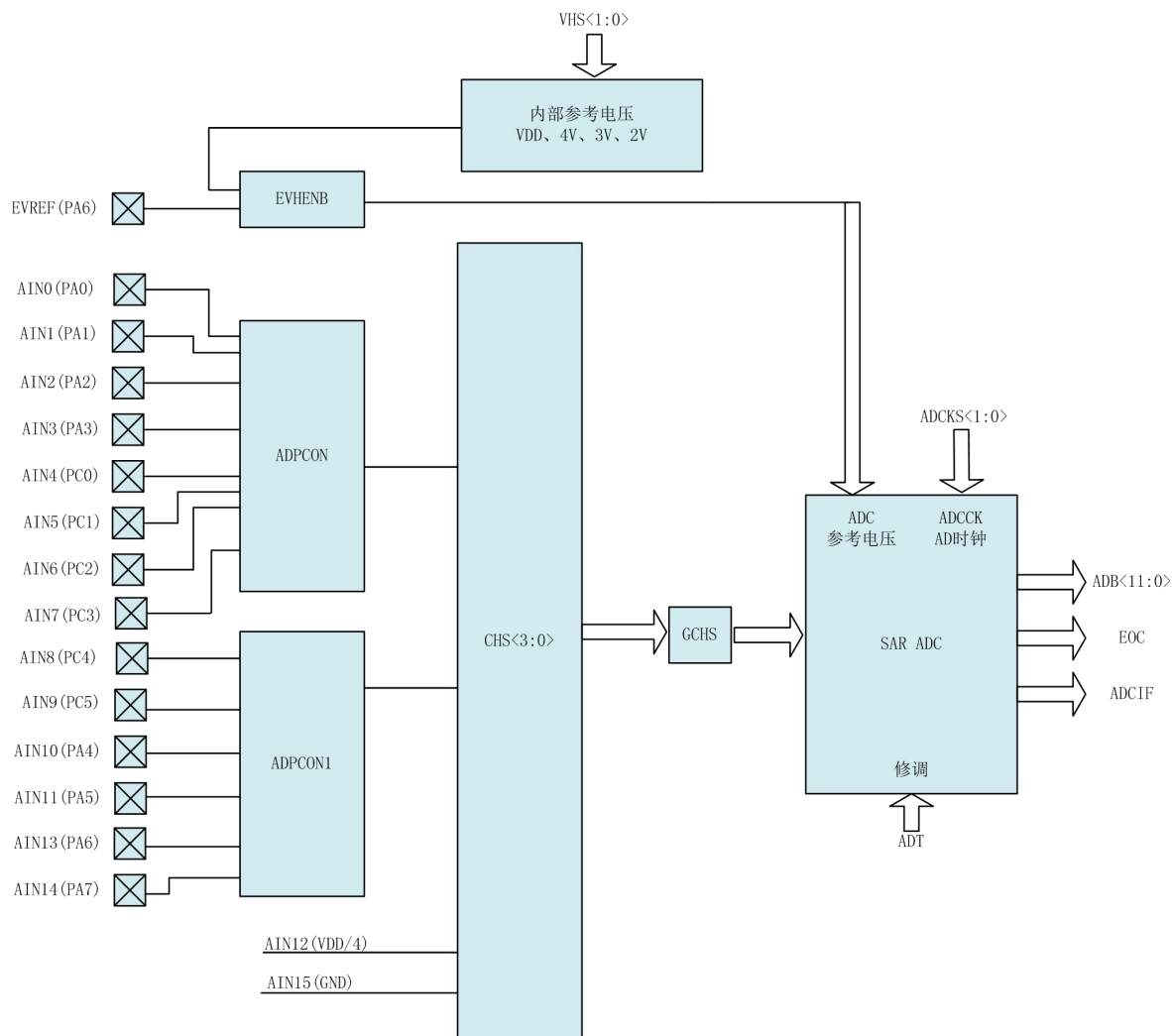


图 6.5.1 ADC 工作原理框图

## 6.5.2 ADM (ADC 模式寄存器)

ADC模式寄存器ADM设置ADC的相关配置：包括ADC启动，ADC通道选择，ADC的参考源选择和ADC处理状态显示等。必须在AD开始转换前将这些配置设置完毕。

| 地址        | 名称  | B7    | B6  | B5  | B4   | B3   | B2   | B1   | B0   |
|-----------|-----|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 01BH(r/w) | ADM | ADENB | ADS | EOC | GCHK | CHK3 | CHK2 | CHK1 | CHK0 |

ADENB: ADC控制位。睡眠模式下，禁止ADC以省电。

0 = 禁止;

1 = 使能。

ADS: ADC启动位。ADC处理完成后，ADS位自动清零。

0 = 停止;

1 = 开始。

EOC: ADC状态控制位。

0 = 转换过程中;

1 = 转换结束，ADS复位。

GCHK: 通道选择位。

0 = 禁止AIN通道;

1 = 使能AIN通道。

CHK[3:0]: ADC输入通道选择位。

0000 = AIN0 (PA0)

0001 = AIN1 (PA1)

0010 = AIN2 (PA2)

0011 = AIN3 (PA3)

0100 = AIN4 (PC0)

0101 = AIN5 (PC1)

0110 = AIN6 (PC2)

0111 = AIN7 (PC3)

1000 = AIN8 (PC4)

1001 = AIN9 (PC5)

1010 = AIN10 (PA4)

1011 = AIN11 (PA5)

1100 = AIN12 (VDD/4)

1101 = AIN13 (PA6)

1110 = AIN14 (PA7)

1111 = AIN15 (GND)

AIN12 通道没有连接外部管脚，连接的是  $1/4 \times VDD$ 。这种处理方式可以使 ADC 测得 VDD 的电

压。这对于 VDD 变化的，特别是手持设备非常有用。AIN15 通道没有连接外部管脚，连接的是 GND。

ADR 寄存器包括 ADC 模式控制和 ADC 低字节数据缓存器，ADC 配置包括 ADC 时钟速率和 ADC 分辨率。必须在启动 ADC 之前设置好这些配置。

| 地址        | 名称  | B7 | B6     | B5 | B4     | B3   | B2   | B1   | B0   |
|-----------|-----|----|--------|----|--------|------|------|------|------|
| 01DH(r/w) | ADR | -  | ADCKS1 | -  | ADCKS0 | ADB3 | ADB2 | ADB1 | ADB0 |

| ADCKS1 | ADCKS0 | ADC 时钟源 |
|--------|--------|---------|
| 0      | 0      | Fcpu/16 |
| 0      | 1      | Fcpu/8  |
| 1      | 0      | Fcpu    |
| 1      | 1      | Fcpu/2  |

ADB[3:0]: ADC12 位分辨率的低 3 位字节数据缓存器。

### 6.5.3 ADB (ADC 数据寄存器)

ADC 数据缓存器共 12 位，用来存储 AD 转换结果，8 位只读寄存器 ADB 存放结果的高字节 (bit11~bit4)，ADR (ADR[3:0]) 存放低字节 (bit3~bit0)，低 8 位 (bit7~bit0) 存放在 ADB1 寄存器。ADC 数据缓存器是只读寄存器，系统复位后处于未知状态。

ADB[11:0]: ADC 12 位数据存放于 ADB 和 ADR 寄存器中。

ADB1[7:0]: ADC 低 8 位数据存放于 ADB1 寄存器中。

| 地址      | 名称  | B7    | B6    | B5   | B4   | B3   | B2   | B1   | B0   |
|---------|-----|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 01CH(r) | ADB | ADB11 | ADB10 | ADB9 | ADB8 | ADB7 | ADB6 | ADB5 | ADB4 |

ADB[11:4]: ADC12 位分辨率的高字节数据缓存器。

| 地址      | 名称   | B7   | B6   | B5   | B4   | B3   | B2   | B1   | B0   |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 016H(r) | ADB1 | ADB7 | ADB6 | ADB5 | ADB4 | ADB3 | ADB2 | ADB1 | ADB0 |

ADB1[7:0]: ADC12 位分辨率的低 8 位字节数据缓存器。

| AIN n            | ADB11 | ADB10 | ADB9 | ADB8 | ADB7 | ADB6 | ADB5 | ADB4 | ADB3 | ADB2 | ADB1 | ADB0 |
|------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0/4096*VRE<br>FH | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 1/4096*VRE<br>FH | 0     | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    |
| ...              | ...   | ...   | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  |
| ...              | ...   | ...   | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  | ...  |

|                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ...                 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 4094/4096*V<br>REFH | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 0   |
| 4095/4096*V<br>REFH | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |

## 6.5.4 VREFH (ADC 参考电压寄存器)

ADC 内置 5 种参考电压，由 VREFH 寄存器控制：包括一个外部参考电压和 4 个内部参考源（VDD、4V、3V、2V）。EVHENB=1 时，ADC 参考电压由外部参考源提供（PA6），必须输入一个电压作为 ADC 参考电压的高电平，且不能低于 2V。EVHENB=0 时，ADC 参考电压由内部参考源提供，并由 VHK[1:0]选择控制。VHK[1:0]=11 时，ADC 参考源选择 VDD；VHK[1:0]=10 时，ADC 参考源选择 4V；VHK[1:0]=01 时，ADC 参考源选择 3V；VHK[1:0]=00 时，ADC 参考源选择 2V。外部参考源的限制条件为，最高为 VDD，最低为内部最低电平，否则默认为 VDD。

| 地址      | 名称    | B7     | B6 | B5 | B4 | B3 | B2 | B1   | B0   |
|---------|-------|--------|----|----|----|----|----|------|------|
| 01FH(r) | VREFH | EVHENB | -  | -  | -  | -  | -  | VHK1 | VHK0 |

VHK[1:0]: ADC 内部参考电压选择位。

| VHK1 | VHK0 | 内部 VREFH 电压 |
|------|------|-------------|
| 1    | 1    | VDD         |
| 1    | 0    | 4.0V        |
| 0    | 1    | 3.0V        |
| 0    | 0    | 2.0V        |

EVHENB: ADC 内部参考电压控制位。

0 = 选择内部参考电压

1 = 选择外部参考电压，EVREF（PA6）脚作为参考电压。

## 6.5.5 ADC 操作说明和注意事项

### 6.5.5.1 ADC 信号格式

ADC 采样电压范围为参考电压高/低电平之间，ADC 参考低电压为 VSS，高电压包括 VDD/4V/3V/2V，外部参考电压由 PA6 引脚提供。EVHENB = 0 时，ADC 参考电压选择内部参考源；EVHENB = 1 时，ADC 参考电压选择外部参考源（PA6）。ADC 参考电压的范围为：（ADC 参考高电压-ADC 参考低电压） $\geq$  2V，ADC 参考低电压为 VSS=0V，故 ADC 参考高电压范围为 2V~VDD，外部参考电压需在此范围之内。

ADC 内部参考低电压=0V。

ADC 内部端口低电压=VDD/4V/3V/2V。（EVHENB = 0）

ADC外部参考电压=2V~VDD。（EVHENB = 1）

ADC采样输入信号电压必须在ADC参考低电压和ADC参考高电压之间，若ADC输入信号的电压不在此范围内，则ADC的转换结果会出错（满量程或者为0）。

ADC参考低电压 $\leq$  ADC采用输入信号电压 $\leq$  ADC参考高电压

### 6.5.5.2 AD 转换时间

ADC转换时间是指从ADS=1（开始ADC）到EOC=1（ADC结束）所用的时间，由ADC分辨率和ADC时钟Rate控制，12位ADC的转换时间为 $1/(\text{ADC时钟}/4)*16\text{ S}$ 。ADC的时钟源为Fcpu, 包括Fcpu/1, Fcpu/2, Fcpu/8, Fcpu/16, 由ADCKS[1:0]位控制。

ADC 的转换时间会影响 ADC 的性能，如果输入高 Rate 的模拟信号，必须要选择一个高 Rate 的 ADC 转换 Rate。如果 ADC 的转换时间比模拟信号的转换 Rate 慢，则 ADC 的结果出错。故选择合适的 ADC 时钟 Rate 和 ADC 分辨率才能得到合适的 ADC 转换 Rate。

12 位 ADC 转换时间 =  $1/(\text{ADC 时钟 Rate}/4)*16\text{sec}$

示例如下：（Fcpu=Fosc/2=8Mhz 为例）

| ADCKS1<br>ADCKS0 | ADC 时钟 rate | Fcpu=8MHz                              |            |
|------------------|-------------|----------------------------------------|------------|
|                  |             | AD 转换时间                                | AD 转换 Rate |
| 00               | Fcpu/16     | $1/(8\text{MHz}/16/4)*16=128\text{us}$ | 7.81KHz    |
| 01               | Fcpu/8      | $1/(8\text{MHz}/8/4)*16=64\text{us}$   | 15.625KHz  |
| 10               | Fcpu        | $1/(8\text{MHz}/4)*16=8\text{us}$      | 125KHz     |
| 11               | Fcpu/2      | $1/(8\text{MHz}/2/4)*16=16\text{us}$   | 62.5KHz    |

### 6.5.5.3 ADC 引脚配置

ADC输入引脚与普通I/O引脚共用，ADC输入通道的选择由CHK[3:0]控制，CHK[3:0]=000时选择AIN0，CHK[3:0]=001时选择AIN1.....，同一时间只能设置一个引脚作为ADC的测量信号输入口（通过ADM寄存器来设置），其它引脚则作为普通I/O使用，该引脚必须设置为输入引脚，禁止内部上拉，并首先由程序使能ADPCON/ADPCON1寄存器。通过CHK[3:0]选择好ADC输入通道后，GCHK置1以使能ADC功能。

ADC输入引脚为GPIO引脚时必须设为输入模式。

必须禁止ADC输入引脚的内部上拉电阻。

ADC输入通道的ANSEL位必须置1。

EVHENB = 1时，PA6为ADC外部参考源的输入引脚，此时，PA6必须设为输入模式，并禁止其上拉电阻。

ADC外部参考源输入引脚为GPIO引脚时必须设为输入模式。

必须禁止ADC外部参考源输入引脚的内部上拉电阻。

ADC 输入引脚与普通 I/O 引脚共用。当输入一个模拟信号到 CMOS 结构端口时，尤其当模拟信号为 1/2 VDD 时，可能产生额外的漏电流。当 I/O 引脚输入多个模拟信号时，也会产生额外的漏电流。睡眠模式下，上述漏电流会严重影响到系统的整体功耗。ADPCON/ADPCON1 为 I/O 引脚的

配置寄存器，将 ANSEL 置 1，其对应的 I/O 引脚将被设为纯模拟信号输入引脚，从而避免上述漏电流的产生。

| 地址      | 名称      | B7     | B6     | B5      | B4      | B3      | B2      | B1     | B0     |
|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| 01AH(r) | ADPCON  | ANSEL7 | ANSEL6 | ANSEL5  | ANSEL4  | ANSEL3  | ANSEL2  | ANSEL1 | ANSEL0 |
| 019H(r) | ADPCON1 | -      | -      | ANSEL14 | ANSEL13 | ANSEL11 | ANSEL10 | ANSEL9 | ANSEL8 |

ANSEL14: PA7 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA7 为 GPIO

1 = PA7 为纯模拟输入脚

ANSEL13: PA6 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA6 为 GPIO

1 = PA6 为纯模拟输入脚

ANSEL11: PA5 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA5 为 GPIO

1 = PA5 为纯模拟输入脚

ANSEL10: PA4 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA4 为 GPIO

1 = PA4 为纯模拟输入脚

ANSEL9: PC5 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC5 为 GPIO

1 = PC5 为纯模拟输入脚

ANSEL8: PC4 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC4 为 GPIO

1 = PC4 为纯模拟输入脚

ANSEL7: PC3 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC3 为 GPIO

1 = PC3 为纯模拟输入脚

ANSEL6: PC2 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC2 为 GPIO

1 = PC2 为纯模拟输入脚

ANSEL5: PC1 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC1 为 GPIO

1 = PC1 为纯模拟输入脚

ANSEL4: PC0 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PC0 为 GPIO

1 = PC0 为纯模拟输入脚

ANSEL3: PA3 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA3 为 GPIO

1 = PA3 为纯模拟输入脚

ANSEL2: PA2 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA2 为 GPIO

1 = PA2 为纯模拟输入脚

ANSEL1: PA1 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA1 为 GPIO

1 = PA1 为纯模拟输入脚

ANSEL0: PA0 端口作为纯模拟输入脚配置控制位

0 = PA0 为 GPIO

1 = PA0 为纯模拟输入脚

注：当端口作为普通 I/O 口而不是 ADC 输入或者比较器输入引脚时，对应 ANSEL 位必须置为 0，否则通 I/O 信号会被隔离开来。

## 6.5.6 ADT（ADC 结果微调寄存器）

ADC模式寄存器ADM设置ADC的相关配置：包括ADC启动，ADC通道选择，ADC的参考源选择和ADC处理状态显示等。必须在AD开始转换前将这些配置设置完毕。

| 地址        | 名称  | B7 | B6 | B5 | B4      | B3     | B2     | B1     | B0     |
|-----------|-----|----|----|----|---------|--------|--------|--------|--------|
| 01EH(r/w) | ADT | -  | -  | -  | ADTS<0> | ADT<3> | ADT<2> | ADT<1> | ADT<0> |

ADTS<0>：修调方向控制。

0 = 负方向(ADB转换制变小);

1 = 正方向(ADB转换制变大)。

ADT<3:0>：ADT修调位

0000 = 修调0mv

0001 = 修调1mv

0010 = 修调2mv

0011 = 修调3mv

0100 = 修调4mv

0101 = 修调5mv

0110 = 修调6mv

0111 = 修调7mv

1000 = 修调8mv

1001 = 修调9mv

1010 = 修调10mv

1011 = 修调11mv

1100 = 修调12mv

1101 = 修调13mv

1110 = 修调14mv

1111 = 修调15mv

注：如果得到的 AD 转换值偏小，可以使 ADTS<0>=1,并适当增加 ADT<3:0>的值做调整，反之亦然。

ADT 初值默认配置为 1BH。

## 6.5.7 ADC 应用电路

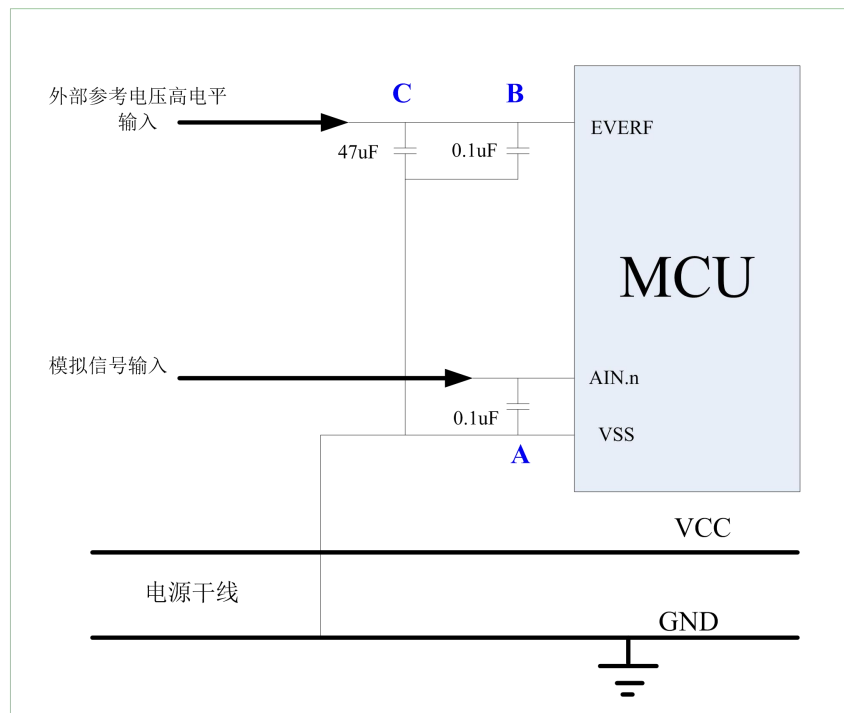


图 6.5.2 ADC 应用示意图

模拟信号从 ADC 输入引脚 AINn 输入。在 ADC 输入引脚和 VSS 之间（A）必须连接一个 0.1uF 的电容，且要尽可能的靠近 ADC 输入引脚。不能将电容的 GND 直接连接到电源干线的 GND，必须通过 VSS 引脚。该电容可以减小电源干扰对模拟信号的影响。

ADC 参考电压高电平由外部参考源提供，外部参考源连接到 EVREF 引脚（PA6）。在 EVREF 引脚和 VSS 之间连接电容，首先在图中 C 处连接一个 47uF 的电解电容，再在 B 处连接一个 0.1uF 的电容，且要尽可能的靠近 AVREFH 引脚。不能将电容的 GND 直接连接到电源干线上的 GND，必须通过 VSS 引脚。

## 6.6 比较器 C1

### 6.6.1 比较器简介

HK16P071J1M6-TR内部集成 1 个模拟比较器 C1，可分别用于比较 2 个模拟输入电压值的大小并输出比较结果。比较器 C1 可配置成多种输入输出连接模式，输出结果极性可选，并可输出到 I/O 引脚(PA2)，内部可编程参考电压 CVREF 也可被用于比较器输入。

比较器在 SLEEP 下可保持运行(当 CM≠000 或 101 或 111)，当比较器 C1 输出状态变化时，将置位相应的中断标志位，并可触发中断或从睡眠中唤醒。

比较器结构框图如图 6.6.1 所示：

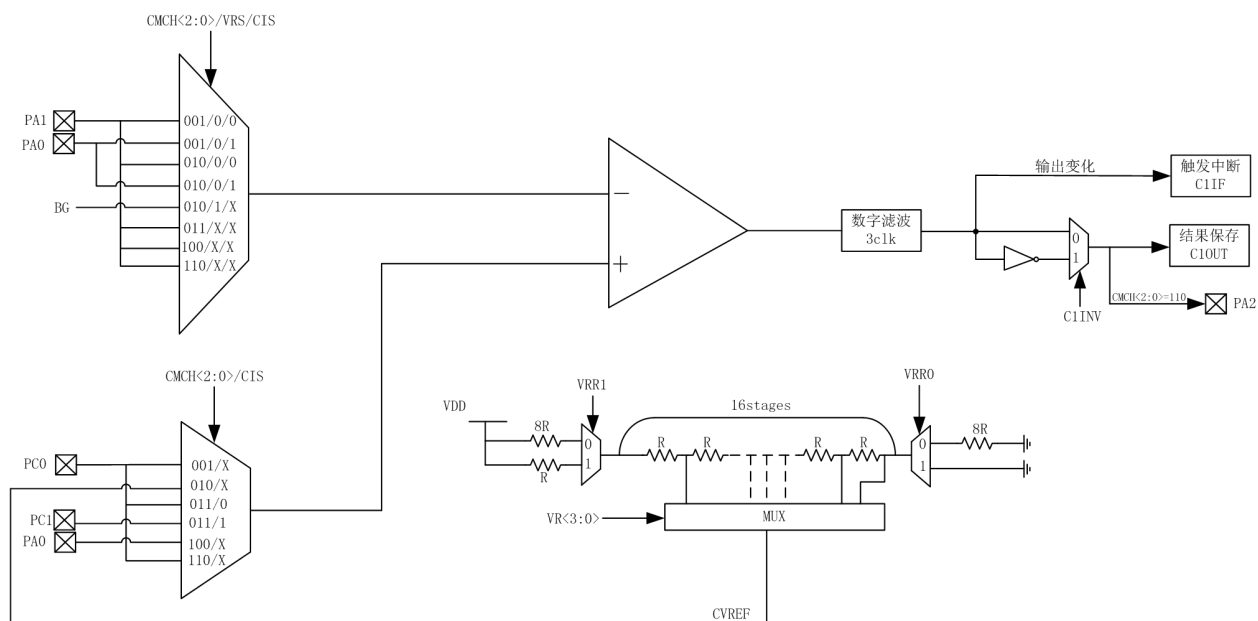


图 6.6.1 比较器工作原理图

### 6.6.2 比较器相关寄存器

#### 6.6.2.1 比较器控制寄存器 0

| 地址       | 名称     | B7 | B6    | B5 | B4    | B3  | B2    | B1    | B0    |
|----------|--------|----|-------|----|-------|-----|-------|-------|-------|
| 19D(r/w) | CMCON0 | -  | C1OUT | -  | C1INV | CIS | CMCH2 | CMCH1 | CMCH0 |

C1OUT：比较器 C1 输出结果

当 C1INV = 0:

1 = VIN+ > VIN-

0 = VIN+ < VIN-

当 C1INV = 1:

1 = VIN+ < VIN-

0 = VIN+ > VIN-

C1INV: 比较器 C1 输出极性

0 = 正常

1 = 反向

CIS: 比较器输入切换

当 CMCH<2:0> = 001:

1 = C1VIN-接 PA0

0 = C1VIN-接 PA1

当 CMCH<2:0>= 010(VRS=0):

1 = C1VIN-接 PA0

0 = C1VIN-接 PA1

当 CMCH<2:0>= 011:

1 = C1VIN+接 PC1

0 = C1VIN+接 PC0

CMCH<2:0>: 比较器模式选择

000 = 关闭

001 = 3 路输入, 负端可选

010 = 正端内部参考电压 CVREF, 负端 3 路输入

011 = 3 路输入, 正端可选

100 = 2 路输入

101 = 关闭

110 = 带输出比较器, 2 路输入

111 = 关闭

### 6.6.2.2 比较器内部参考电压

| 地址       | 名称    | B7   | B6   | B5   | B4  | B3  | B2  | B1  | B0  |
|----------|-------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 19F(r/w) | VRCON | VREN | VRR1 | VRR0 | VRS | VR3 | VR2 | VR1 | VR0 |

VREN: 内部参考电压 CVREF

0 = 关闭 (无电流消耗)

1 = 使能

VRR1: CVREF 范围高位

0 = 低电压

1 = 高电压

VRR0: CVREF 范围低位

0 = 高电压

1 = 低电压

VRS: 比较器负端选择 (CMCH<2:0>= 010)

0 = 比较器负端选择端口

1 = 比较器负端选择 BG, 1.0v ( $\pm 50\text{mv}$ )

VR<3:0>: CVREF 值

当 VRR<1:0> = 01 时:  $\text{CVREF} = (\text{VR}<3:0>/24)*\text{VDD}$

当 VRR<1:0> = 00 时:  $\text{CVREF} = \text{VDD}/4 + (\text{VR}<3:0>/32)*\text{VDD}$

当 VRR<1:0> = 11 时:  $\text{CVREF} = (\text{VR}<3:0>/17)*\text{VDD}$

当 VRR<1:0> = 10 时:  $\text{CVREF} = 0.32*\text{VDD} + (\text{VR}<3:0>/25)*\text{VDD}$

### 6.6.3 比较器模式

比较器 C1 共有 6 种配置模式。需先关闭比较器及其中断，再切换比较器 C1 输入输出模式。CMCH<2:0>控制比较器模式选择，如图 6.6.2~6.6.7 所示。

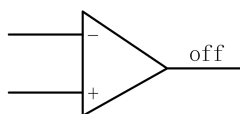


图 6.6.2 CMCH<2:0>=000/101/111

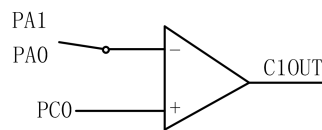


图 6.6.3 CMCH<2:0>=001

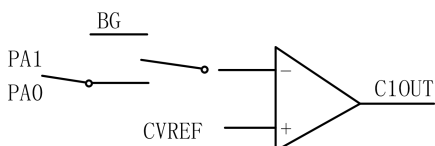


图 6.6.4 CMCH<2:0>=010

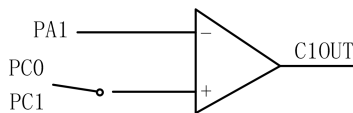


图 6.6.5 CMCH<2:0>=011

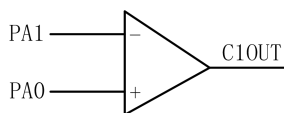


图 6.6.6 CMCH<2:0>=100

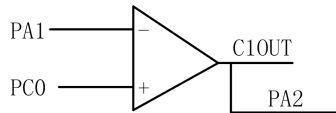


图 6.6.7 CMCH<2:0>=110

### 6.6.4 模拟输入连接注意事项及部分特性

模拟输入端口：相应的 I/O 需设置  $\text{TRISx} = 1$  和  $\text{ANSELx} = 1$  来配置成模拟输入。

模拟输入端口与 I/O 引脚复用，这些引脚与 VDD 和 GND 之间都有反向保护二极管，输入电压禁止偏离此保护范围 0.6V 以上，否则二极管将导通导致闩锁效应。外部串联电阻需  $< 10\text{ k}\Omega$ 。此外，如果模拟输入引脚上外接电容或齐纳二极管之类的元件，不应产生泄漏电流，否则可能会造成结果的不准确。

比较结果输出：比较结果可输出到 I/O 引脚 PA2 (CMCH=110)，相应的 I/O 需设置  $\text{TRISx} = 0$  来使能输出驱动电路。

比较器反应时间：当输入新的参考电压或输入源变化时，比较器输出有效电平所需的时间，即为反应时间。此外，当参考电压变化时，还需要一定的稳定时间。

注：使能比较器模块时，需要 1us 左右的稳定时间，在此期间，比较器输出无效，应关闭中断

以避免误触发。

可编程参考电压 CVREF：比较器输入可选择为内部可编程参考电压 CVREF (CMCH=010)，可输出 16 级高电平范围和 16 级低电平范围，并与 VDD 成比例。

当  $VRR<1:0> = 01$  时:  $CVREF = (VR<3:0>/24)*VDD$

当  $VRR<1:0> = 00$  时:  $CVREF = VDD/4 + (VR<3:0>/32)*VDD$

当  $VRR<1:0> = 11$  时:  $CVREF = (VR<3:0>/17)*VDD$

当  $VRR<1:0> = 10$  时:  $CVREF = 0.32*VDD + (VR<3:0>/25)*VDD$

由于模块的构造所限，无法实现 GND 至 VDD 的满量程。可通过如下配置将 CVREF 输出电压钳位至 GND，此时比较器可用于过零检测，且不消耗额外的 CVREF 模块电流。

BCR VRCON,7           //关闭 CVREF

CLRR VRCON           //VR<3:0> = 0000

BSR VRCON,5           // CVREF 低电平范围

比较器 C1 输出状态变化时将置位相应的中断标志位 C1IF，软件需要先保存输出位的状态，即读取 C1OUT，来判断实际发生的变化。是否触发中断或从睡眠中唤醒则取决于相应的使能控制位 (GIE, PEIE, C1IE)。

## 6.7 I/O 口

PORTA/PORTC 是双向三态输入/输出端口。PORTA 为 8 脚 I/O 口；PORTC 为 6 脚 I/O 口。

所有的 I/O 引脚都有一个直接控制寄存器（TRISA/C），用于配置端口的输入输出状态。

PORTA/PORTC 有相应的上、下拉控制位来设置使能内部上、下拉，如果设置为输出模式，内部上、下拉功能也不会自动关闭。

PORTA 有相应的漏极开路控制位(PAODCON 寄存器)，当这些引脚被设置为输出模式时，可通过 PAODCON 寄存器来使能漏极开路输出。PORTC 没有开漏输出功能。

PORTA 有输入改变中断/唤醒功能。它的每个管脚是否具有该功能通过取决于 WUACON 寄存器的相应位。

I/O 口引脚框图如图 6.7.1~6.7.3 所示：

PORTA0~PORTA7:

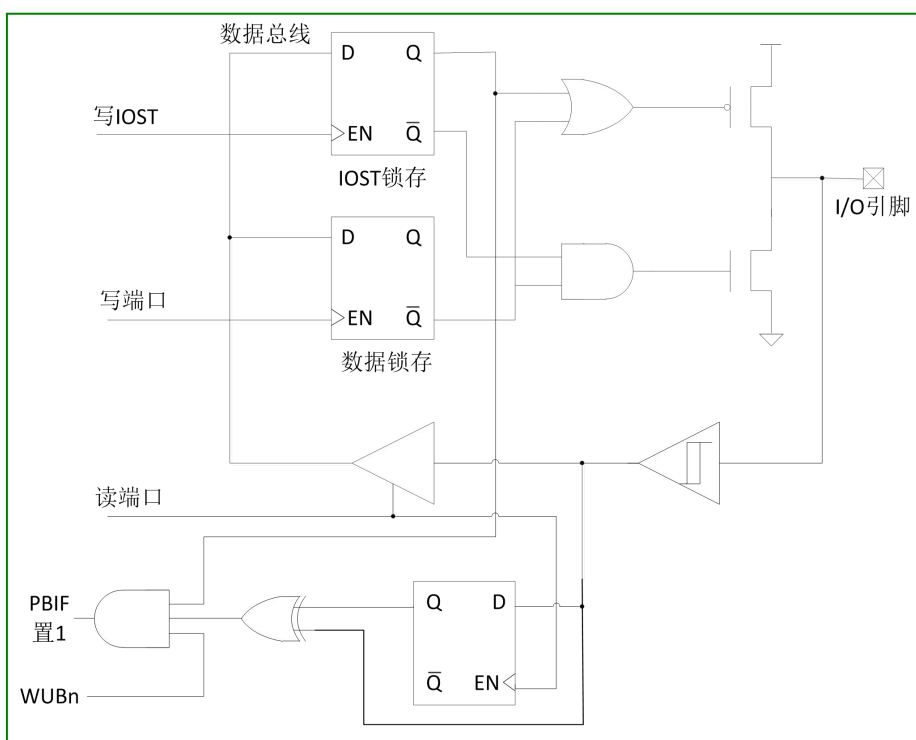


图 6.7.1 PORTA0~PORTA7 引脚框图（图中未显示上拉/下拉/开漏）

PORTC1/INT:

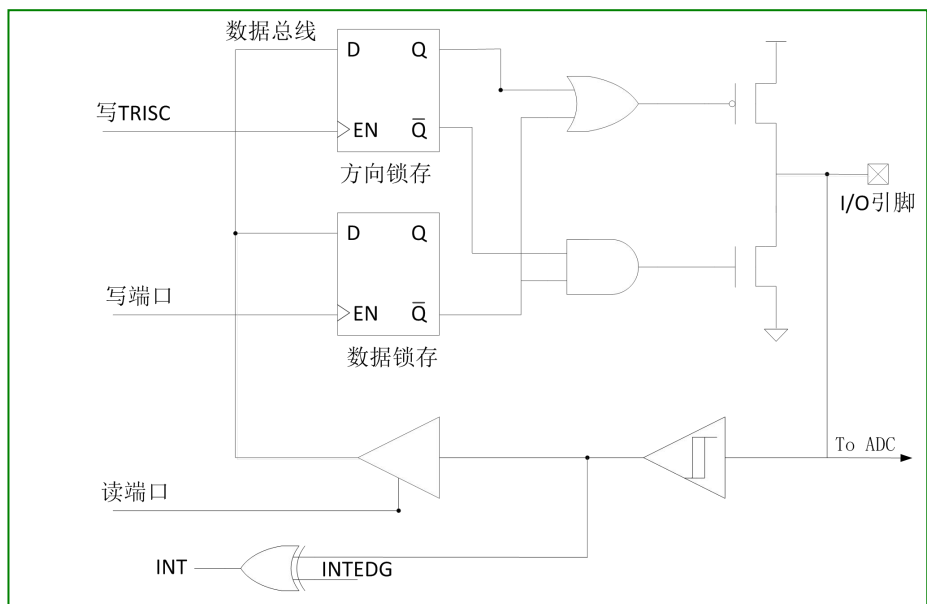


图 6.7.2 PORTC1 引脚框图（图中未显示上拉/下拉）

PORTC0~PORTC5:

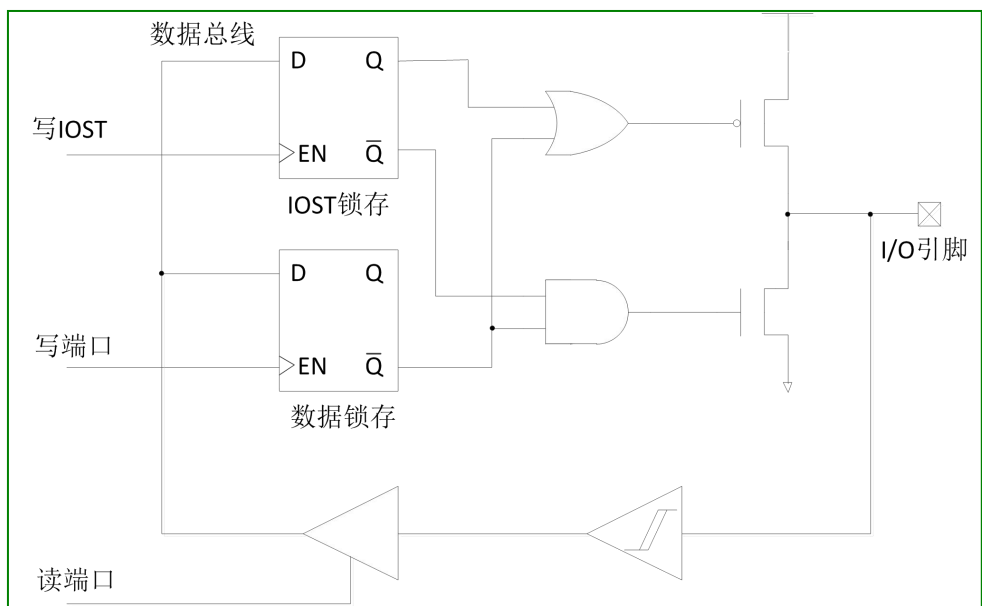


图 6.7.3 PORTC0~PORTC5 引脚框图（图中未显示上拉/下拉）

## 6.8 WDT(看门狗定时器)

看门狗定时器（WDT）是一个运行在片内的 RC 振荡器，它不需要任何的外接元件。睡眠模式 WDT 仍将正常工作。在正常运行或睡眠模式下，WDT 溢出将导致器件复位， $\overline{TO}$  将被清 0。有一个器件配置位 WDTE 是控制看门狗定时器（WDT）的使能/关闭。

看门狗溢出时间约为 288ms，512ms，766ms 或者 1024ms。这个时间可通过上位机设置。

CLRWDWT 指令用来清 WDT，如果 WDT 使能，那么该指令可以防止看门狗溢出而使芯片复位。

SLEEP 指令将复位 WDT。

## 6.9 中断

HK16P071J1M6-TR有 8 种中

断方式：1、INT 管脚的外部  
中断

2、PORTA 输入状态改变中断

3、T1 溢出中断

4、T3 溢出中断

5、T4 溢出中断

6、C1 中断

7、ADC 中断

INTCON、PIR1、PIR2 为中断标志寄存器。全局中断使能位 GIE（INTCON<7>），置位时可以  
使能所有未被屏蔽的中断，清零时将关闭所有中断。

中断发生时 GIE 位（在中断发生前 GIE 位和该中断相关的中断屏蔽位置 1）被硬件清零从而禁  
止进一步中断，同时下条指令跳到 004h 后开始执行。中断标志位在 GIE 重新置 1 的前由软件清零以  
防止重复中断。

执行 RETFIE 指令将退出中断，并且会使 GIE 重新置位

### 6.9.1 外部中断

外部中断 INT 管脚上升沿还是下降沿触发由 INTEDG 位 (OPTIONR<6>)决定，当一个有效的跳  
变发生时标志位 INTIF 置 1，若 INTIE 位清零，该中断被屏蔽。

如果在睡眠之前 INTIE 位已被置 1，INT 中断可以将系统从睡眠唤醒。如果在 GIE 位已被置 1，  
机器唤醒以后会执行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.2 PORTA 输入改变中断

PA 输入改变中断触发时，PAIF 标志位置 1。若 PAIE 位清零，该中断被屏蔽。

如果在睡眠之前 PAIE 位已被置 1，PORTA 输入脚改变中断也可以作为睡眠唤醒条件。在睡眠  
之前 GIE 位已被置 1，MCU 唤醒以后会执行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.3 T1 中断

T1 发生溢出时 T1IF 标志位置 1，若使能中断，则进入中断。若 T1IE 位或者 PEIE 位清零，该  
中断被屏蔽。

如果在睡眠之前 T1IE 位已被置 1，T1 中断可以将系统从睡眠唤醒（T1CON<2:1>需设置成 11，  
选择异步时钟，内外低速或者外部管脚作为 T1 时钟）。如果在 GIE 位已被置 1，机器唤醒以后会执  
行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.4 T3 溢出中断

T3 发生溢出时 T3IF 标志位置 1，若使能中断，则进入中断。若 T3IE 位或者 PEIE 清零，该中

断被屏蔽。

如果在睡眠之前 T3IE 位已被置 1，T3 中断可以将系统从睡眠唤醒（系统时钟选择内部低速，定时器 T3 时钟选择 Fosc）。如果在 GIE 位已被置 1，机器唤醒以后会执行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.5 T4 溢出中断

T4 发生溢出时 T4IF 标志位置 1，若使能中断，则进入中断。若 T4IE 位或者 PEIE 清零，该中断被屏蔽。

如果在睡眠之前 T4IE 位已被置 1，T4 中断可以将系统从睡眠唤醒（系统时钟选择内部低速，定时器 T4 时钟选择 Fosc）。如果在 GIE 位已被置 1，机器唤醒以后会执行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.6 C1 中断

比较器 C1 输出状态改变时，C1IF 标志位置 1，若使能中断，则进入中断。若 C1IE 位或者 PEIE 清零，该中断被屏蔽。

如果在睡眠之前 C1IE 位已被置 1，C1 中断可以将系统从睡眠唤醒。如果在 GIE 位已被置 1，机器唤醒以后会执行中断服务程序，否则会运行睡眠以后的下一条指令。

### 6.9.7 ADC 中断

AD 转换完成后，则中断标志位 ADCIF 置 1，若使能中断，则进入中断。若 ADCIE 位或者 PEIE 清零，该中断被屏蔽。

## 6.10 SLEEP(睡眠模式)

执行 SLEEP 指令进入睡眠模式。 $\overline{PD}$ 被清,  $\overline{TO}$ 被置位, 看门狗定时器也被清 0 但仍然保持运行状态, 内部高速时钟关闭, 所有 I/O 引脚保持睡眠前的状态。

### 6.10.1 睡眠唤醒

以下事件的发生将会将芯片从睡眠模式唤醒:

- 1、INT 管脚中断 (需使能中断)
- 2、PORTA 输入状态改变 (需使能中断, 需使能 WUACON)
- 3、T1 溢出 (T1CON<2:1>需设置成 11, 选择异步时钟, 内外低速或者外部管脚作为 T1 时钟, 需使能中断)

4、C1 输出状态变化 (需使能中断)

5、T3 溢出 (系统时钟选择内部低速, 定时器 T3 时钟选择 Fosc)

6、T4 溢出 (系统时钟选择内部低速, 定时器 T4 时钟选择 Fosc)

看门狗溢出能使机器复位。上电复位或者执行 SLEEP 指令时/ $\overline{PD}$  位置 1, 看门狗溢出复位时/ $\overline{TO}$  位清零用于。

机器要想通过中断唤醒, 该中断使能位必须置 1, 不管 GIE 是否置 1。当 GIE 位被清零, 机器唤醒以后执行 SLEEP 指令以后的指令; 当 GIE 位被置 1, 机器唤醒以后跳转到中断复位地址 004H。

正常模式进睡眠, 唤醒后延迟 256 个 clk(16MHZ), 即 16us。低速模式进睡眠, wakemode=1, 唤醒后延迟 256 个 clk(16MHZ), 即 16us; wakemode=0, 唤醒后延迟 256 个 clk(32KHZ), 即 8ms。

## 6.11 绿色模式

将 OSCM.5(GREENEN)置 1 则进入绿色模式。

### 6.11.1 绿色唤醒

以下事件的发生将会将芯片从绿色模式唤醒：

- 1、INT 管脚中断（需使能中断）
- 2、PORTA 输入状态改变（需使能中断，需使能 WUACON）
- 3、T1 溢出（T1CON<2:1>需设置成 11，选择异步时钟，内外低速或者外部管脚作为 T1 时钟，需使能中断）
- 4、C1 输出状态变化（需使能中断）
- 5、T3 溢出（定时器 T3 时钟选择 Fosc）
- 6、T4 溢出（定时器 T4 时钟选择 Fosc）

机器要想通过中断唤醒，该中断使能位必须置 1，不管 GIE 是否置 1。当 GIE 位被清零，机器唤醒以后执行 GREENEN 置 1 以后的指令；当 GIE 位被置 1，机器唤醒以后跳转到中断复位地址 004H，无唤醒延迟时间。

## 6.12 低速模式

将 OSCM.0(CLKMD)置 1 则进入低速模式，系统时钟为 32KHZ，STPHX 为内部高速 RC 振荡器的控制位，当 STPHX=0 时内部高速 RC 振荡器正常运行，当 STPHX=1 时内部高速 RC 振荡器停止运行。从高速模式切换到低速模式时，需先进低速，再关高速。

低速模式进睡眠模式，唤醒后的系统时钟通过 WAKEMODE 位选择，WAKEMODE=0，睡眠唤醒后进入低速模式，WAKEMODE=1，睡眠唤醒后进入高速模式。

低速模式进绿色模式，唤醒后仍为低速模式。

切换到低速模式会自动进入低功耗模式。

## 6.13 复位 RESET

以下事件发生将导致 HK16P071J1M6-TR 复位：

- 1、上电复位（POR）
- 2、欠压复位（LVR）
- 3、WDT 溢出复位

一些寄存器在一些复位条件下没有影响，在上电和其他一些复位情况下它们的状态是未知或者未改变的。在上电复位，看门狗 WDT 溢出复位后大多数寄存器会回到复位状态。

当 VDD 低于某一固定值时，将会使芯片复位，这样能保证芯片只能在正常电压范围内工作。欠压复位（LVR）复位作为应用主要用在 AC 或重载交换的应用上。

注：LVR 复位点可通过上位机软件选择。

### 6.13.1 上电延时定时器 PWRT

任何一种情况复位后，上电延时定时器提供一个 16/4/256/64ms 的延时时间（该延时时间由上位机软件选择）。此间芯片将维持在复位状态。这段时间会由于电压、温度、工艺的不同而有所不同。

表 6-14-1 PWRT 时间

| 振荡类型 | 上电复位、欠压复位     | WDT 溢出复位 |
|------|---------------|----------|
| IRC  | 16/4/256/64ms | 32us     |

### 6.13.2 复位顺序

检测到 POR，LVR 或 WDT 溢出信号后，按以下顺序复位

- 1、复位锁存器置位，清 PWRT 和 OST；
- 2、POR，LVR 或者 WDT 溢出复位脉冲结束后，PWRT 开始计数；
- 3、PWRT 溢出后，OST 开始计数
- 4、OST 结束后，清复位锁存器，复位结束。

POR，LVR 复位延迟时间为 16/4/256/64mss；WDT 溢出复位延迟时间为 32us。

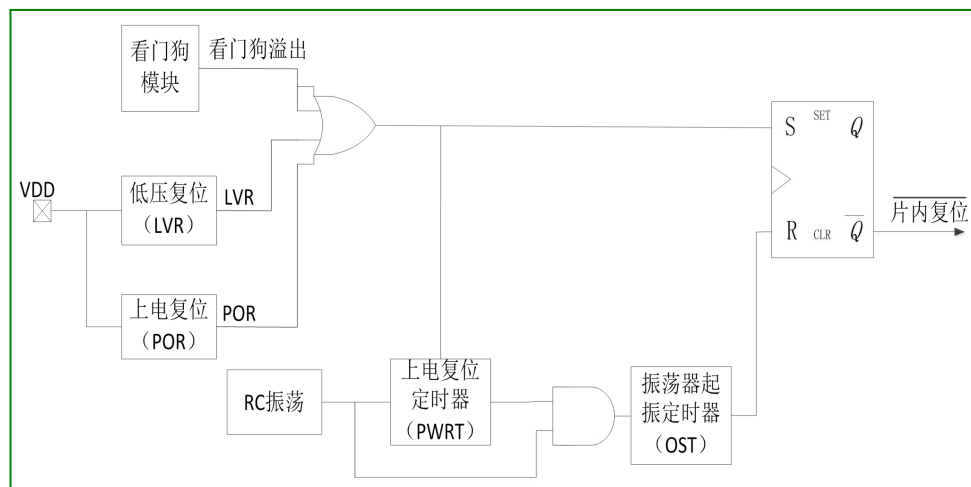


图 6.13.1 复位电路简图

## 7. 指令集

| 指令格式 (汇编)    | 指令格式 (C 编译) | 指令说明                                                          | 影响的状态位                         | 周期  |
|--------------|-------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----|
| BCR R, bit   | BCF f, b    | $R<b>\leftarrow 0$<br>$f<b>\leftarrow 0$                      | -                              | 1   |
| BSR R, bit   | BSF f, b    | $R<b>\leftarrow 1$<br>$f<b>\leftarrow 1$                      | -                              | 1   |
| BTRSC R, bit | BTFSC f, b  | 若 $R<b>=0$ , 则跳过下一条指令<br>若 $f<b>=0$ , 则跳过下一条指令                | -                              | 1+S |
| BTRSS R, bit | BTFSS f, b  | 若 $R<b>=1$ , 则跳过下一条指令<br>若 $f<b>=1$ , 则跳过下一条指令                | -                              | 1+S |
| NOP          | NOP         | 空操作指令                                                         | -                              | 1   |
| CLRWDT       | CLRWDT      | 清看门狗定时器<br>$WDT\leftarrow 00H$<br>WDT 预分频寄存器 $\leftarrow 00H$ | $\overline{TO}, \overline{PD}$ | 1   |
| SLEEP        | SLEEP       | 进入睡眠模式<br>$WDT\leftarrow 00H$<br>WDT 预分频寄存器 $\leftarrow 00H$  | $\overline{TO}, \overline{PD}$ | 1   |
| DAA          | DAW         | 加法运算后的十进制转换<br>$ACC(十进制)\leftarrow ACC(十六进制)$                 | C                              | 1   |
| DAS          |             | 减法运算后的十进制转换<br>$ACC(十进制)\leftarrow ACC(十六进制)$                 | -                              | 1   |
| RETURN       | RETURN      | 子程序返回指令, $PC\leftarrow STACK$                                 | -                              | 2   |
| RETFIE       | RETFIE      | 中断返回, GIE 置 1                                                 | -                              | 2   |
| CLRA         | CLRW        | 清 ACC, $ACC\leftarrow 00H$<br>清 W, $W\leftarrow 00H$          | Z                              | 1   |
| CLRR R       | CLRF f      | 清寄存器 R, $R\leftarrow 00H$<br>清寄存器 f, $f\leftarrow 00H$        | Z                              | 1   |
| MOVAR R      | MOVWF f     | $R\leftarrow ACC$<br>$f\leftarrow W$                          | -                              | 1   |
| MOVR R,d     | MOVF f, d   | $dest\leftarrow R$<br>$dest\leftarrow f$                      | Z                              | 1   |
| DECR R,d     | DECF f, d   | $dest\leftarrow R-1$<br>$dest\leftarrow f-1$                  | Z                              | 1   |
| DECRSZ R,d   | DECFSZ f, d | $dest\leftarrow R-1$<br>$dest\leftarrow f-1$                  | -                              | 1+S |

|            |             |                                                                                                                      |        |     |
|------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
|            |             | 如果结果为 0，则跳过下一条指令                                                                                                     |        |     |
| INCR R,d   | INCF f, d   | dest←R+1<br>dest←f+1                                                                                                 | Z      | 1   |
| INCRSZ R,d | INCFSZ f, d | dest←R+1<br>dest←f+1<br>如果结果为 0，则跳过下一条指令                                                                             | -      | 1+S |
| ADDAR R,d  | ADDWF f, d  | dest←R+ACC<br>dest←f+W                                                                                               | C,DC,Z | 1   |
| SUBAR R,d  | SUBWF f, d  | dest←R-ACC<br>dest←f-W                                                                                               | C,DC,Z | 1   |
| ADCAR R,d  | ADCWF f, d  | dest←R+ACC+C                                                                                                         | C,DC,Z | 1   |
| SBCAR R,d  | SBCWF f, d  | dest←R-ACC+C                                                                                                         | C,DC,Z | 1   |
| ANDAR R,d  | ANDWF f, d  | dest←R 与 ACC<br>dest←f 与 W                                                                                           | Z      | 1   |
| IORAR R,d  | IORWF f, d  | dest←R 或 ACC<br>dest←f 或 W                                                                                           | Z      | 1   |
| XORAR R,d  | XORWF f, d  | dest←R 异或 ACC<br>dest←f 异或 W                                                                                         | Z      | 1   |
| COMR R,d   | COMF f, d   | dest←R 取反<br>dest←f 取反                                                                                               | Z      | 1   |
| RLR R,d    | RLF f, d    | 带进位循环左移<br>dest.(b+1) ←R.b; (b=0~6)<br>dest.0←C<br>C←R.7<br>带进位循环左移<br>dest.(b+1) ←f.b; (b=0~6)<br>dest.0←C<br>C←f.7 | C      | 1   |
| RRR R,d    | RRF f, d    | 带进位循环右移<br>dest.b ←R. (b+1); (b=0~6)<br>dest.7←C<br>C←R.0<br>dest.b ←f. (b+1); (b=0~6)<br>dest.7←C<br>C←f.0          | C      | 1   |

|       |      |       |      |                                                                                                                                                                               |          |   |
|-------|------|-------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|
| SWAPR | R, d | SWAPF | f, d | $R<3:0>\rightarrow\text{dest}<7:4>$<br>$R<7:4>\rightarrow\text{dest}<3:0>$<br>$f<3:0>\rightarrow\text{dest}<7:4>$<br>$f<7:4>\rightarrow\text{dest}<3:0>$                      | -        | 1 |
| MOVIA | I    | MOVLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I$<br>$W \leftarrow k$                                                                                                                                 | -        | 1 |
| ADDIA | I    | ADDLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I + \text{ACC}$<br>$W \leftarrow k + W$                                                                                                                | C, DC, Z | 1 |
| SUBIA | I    | SUBLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I - \text{ACC}$<br>$W \leftarrow k - W$                                                                                                                | C, DC, Z | 1 |
| ANDIA | I    | ANDLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I \text{ 与 } \text{ACC}$<br>$W \leftarrow k \text{ 与 } W$                                                                                              | Z        | 1 |
| IORIA | I    | IORLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I \text{ 或 } \text{ACC}$<br>$W \leftarrow k \text{ 或 } W$                                                                                              | Z        | 1 |
| XORIA | I    | XORLW | k    | $\text{ACC} \leftarrow I \text{ 异或 } \text{ACC}$<br>$W \leftarrow k \text{ 异或 } W$                                                                                            | Z        | 1 |
| RETIA | I    | RETLW | k    | 子程序返回, 同时把立即数 I 赋给累加器<br>$\text{ACC} \leftarrow I$<br>$\text{PC} \leftarrow \text{Stack}$<br>子程序返回, 同时把立即数 k 赋给累加器<br>$W \leftarrow k$<br>$\text{PC} \leftarrow \text{Stack}$ | -        | 2 |
| CALL  | I    | CALL  | k    | 子程序调用<br>$\text{Stack} \leftarrow \text{PC} + 1$<br>$\text{PC} \leftarrow I$<br>$\text{Stack} \leftarrow \text{PC} + 1$<br>$\text{PC} \leftarrow k$                           | -        | 2 |
| GOTO  | I    | GOTO  | k    | 跳转指令<br>$\text{PC} \leftarrow I$<br>$\text{PC} \leftarrow k$                                                                                                                  | -        | 2 |

注 1. bit: 寄存器的位地址 (0~7)

2. R: 汇编指令寄存器 R

3. I: 汇编指令立即数

- 4. ACC: 汇编指令累加器
- 5. F: C 编译寄存器 f
- 6. k: C 编译立即数
- 7. W: C 编译累加器
- 8. d: 目标寄存器选择（指定操作结果存放位置）
  - 0 = 将结果放入 ACC（汇编）/W（C 编译）；
  - 1 = 将结果放入 R（汇编）/f（C 编译）；
- 9. dest: 目标寄存器
- 10. 如果判断条件为真，S=1，否则，S=0；

## 8. 电气特性

### 8.1 绝对最大额定值

电源电压：0V~5.5V

输入电压：VSS-0.3V~VDD+0.3V

存储温度：-50℃~125℃

工作温度：-30℃~85℃

用户在使用中达到或超过“最大额定值”中所列参数有可能会造成芯片永久性损坏。本规格仅采用芯片在该条件内测试完成，如超过本规范部分不做保证。芯片长期处于绝对最大额定值条件下，可能会影响器件的可靠性。

### 8.2 操作条件

DC 供电电压：+2.0V~5.5V

### 8.3 直流特性

| 符号                | 描述                        | 条件                     | 最小      | 典型  | 最大      | 单位  |
|-------------------|---------------------------|------------------------|---------|-----|---------|-----|
| F <sub>IHC</sub>  | IHRC                      | Vdd=2.0~5.5V, -35~105℃ | (-2.5%) | 16  | (+2%)   | MHz |
|                   |                           | Vdd=2.0~5.5V, -20~80℃  | (-1.5%) | 16  | (+1.5%) |     |
| F <sub>ILRC</sub> | ILRC                      | Vdd=2.0~5.5V, -35~105℃ | (-25%)  | 32  | (+25%)  | KHz |
|                   |                           | Vdd=2.0~5.5V, -20~80℃  | (-20%)  | 32  | (+15%)  |     |
|                   |                           | Vdd=5V, -20~80℃        | (-10%)  | 32  | (+10%)  |     |
|                   |                           | Vdd=5V, -35~105℃       | (-10%)  | 32  | (+20%)  |     |
| V <sub>IH</sub>   | 输入高电压<br>(开施密特)           | I/O 端口, Vdd=5V         |         | 2.6 |         | V   |
|                   |                           | I/O 端口, Vdd=3V         |         | 1.7 |         |     |
| V <sub>IL</sub>   | 输入低电压<br>(开施密特)           | I/O 端口, Vdd=5V         |         | 1.3 |         | V   |
|                   |                           | I/O 端口, Vdd=3V         |         | 0.9 |         |     |
| V <sub>IH</sub>   | 输入高电压<br>(关施密特)           | I/O 端口, Vdd=5V         |         | 1.9 |         | V   |
|                   |                           | I/O 端口, Vdd=3V         |         | 1.3 |         |     |
| V <sub>IL</sub>   | 输入低电压<br>(关施密特)           | I/O 端口, Vdd=5V         |         | 1.8 |         | V   |
|                   |                           | I/O 端口, Vdd=3V         |         | 1.2 |         |     |
| I <sub>OH</sub>   | 端口输出强 1 驱动<br>电流 (0.8VDD) | Vdd=5V                 |         | 30  |         | mA  |
|                   |                           | Vdd=3V                 |         | 12  |         |     |

|                 |                           |                                |        |      |        |    |
|-----------------|---------------------------|--------------------------------|--------|------|--------|----|
| I <sub>OL</sub> | 端口输出强 0 驱动<br>电流 (0.2VDD) | Vdd=5V                         |        | 42   |        |    |
|                 |                           | Vdd=3V                         |        | 19   |        |    |
| I <sub>SB</sub> | 睡眠模式电流                    | 睡眠模式, Vdd=5V, 关低速              |        | 0.75 |        | μA |
|                 |                           | 睡眠模式, Vdd=3V, 关低速              |        | 0.65 |        |    |
|                 |                           | 睡眠模式, Vdd=5V, 不关低速             |        | 4    |        |    |
|                 |                           | 睡眠模式, Vdd=3V, 不关低速             |        | 2    |        |    |
| I <sub>LV</sub> | 绿色模式电流                    | 绿色模式, 不关高速, Vdd=5V             |        | 0.29 |        | mA |
|                 |                           | 绿色模式, 不关高速, Vdd=3V             |        | 0.21 |        |    |
| I <sub>CC</sub> | 工作电流                      | 内部高速模式, 16M/2 分频, Vdd=5V       |        | 1.8  |        | mA |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/2 分频, Vdd=3V       |        | 0.78 |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/4 分频, Vdd=5V       |        | 1.5  |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/4 分频, Vdd=3V       |        | 0.6  |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/8 分频, Vdd=5V       |        | 1.35 |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/8 分频, Vdd=3V       |        | 0.55 |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/16 分频, 低功耗, Vdd=5V |        | 0.57 |        |    |
|                 |                           | 内部高速模式, 16M/16 分频, 低功耗, Vdd=3V |        | 0.33 |        |    |
|                 |                           | 内部低速模式, 关闭高速, Vdd=5V           |        | 13   |        | uA |
|                 |                           | 内部低速模式, 关闭高速, Vdd=3V           |        | 6    |        |    |
| R               | 端口上拉电阻                    | Vdd=3~5V                       |        | 105  |        | KΩ |
|                 | 端口下拉电阻                    | Vdd=3~5V                       |        | 100  |        |    |
| LVR             | 掉电复位电压                    | LVR=disable                    | (-0.2) | 1.65 | (+0.2) | V  |
|                 |                           | LVR=1.85v                      | (-0.2) | 1.85 | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=2.05v                      | (-0.2) | 2.1  | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=2.4v                       | (-0.2) | 2.4  | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=2.7v                       | (-0.2) | 2.65 | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=2.8v                       | (-0.2) | 2.75 | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=3.0v                       | (-0.2) | 3.0  | (+0.2) |    |
|                 |                           | LVR=3.3v                       | (-0.2) | 3.35 | (-0.2) |    |

注：如无特殊说明，以上测试数据条件为 VDD=5V、常温 25℃、全周期。

## 8.4 ADC 特性参数

| 参数       | 符号                | 测试条件         | 参数 (典型) | 单位 |
|----------|-------------------|--------------|---------|----|
| ADC 工作电压 | V <sub>AVDD</sub> | VDD=2.0~5.5V | 2.0~5.5 | V  |

|          |            |                                                               |                             |         |
|----------|------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|
| ADC 工作电流 | $I_{AVDD}$ | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=3V,$<br>$F_{ADC}=500KHZ$                | 400                         | $\mu A$ |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$F_{ADC}=500KHZ$               | 350                         |         |
| 模拟信号输入电压 | $V_{AIN}$  | $V_{AVDD}=5V$                                                 | $0 \sim V_{AVDD}$           | V       |
| 分辨率      | $N_R$      | $V_{AVDD}=5V$                                                 | 12                          | bit     |
| 有效精度     | EA         | $V_{AVDD}=5V$                                                 | 10                          | bit     |
| 转换率      | $F_C$      | $V_{AVDD}=5V, F_{cpu}=F_{osc}/2$                              | 125 (max)                   | ksps    |
| 内部基准     | $V_{REF}$  | $V_{AVDD}=5V$ , 常温 $25^{\circ}C$                              | $2/3/4 (\pm 0.5\%)$<br>/VDD | V       |
| 积分非线性    | INL        | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=2V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 8$                     | LSB     |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=3V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 9$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=4V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 9$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$ | $\pm 11$                    |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=250KHZ$ | $\pm 10$                    |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=1MHZ$   | $\pm 11$                    |         |
| 差分非线性    | DNL        | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=2V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 1$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=3V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 3$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=4V,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$  | $\pm 2$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=500KHZ$ | $\pm 5$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=250KHZ$ | $\pm 5$                     |         |
|          |            | $V_{AVDD}=5V, V_{REF}=VDD,$<br>$V_{AIN} < 1V, F_{ADC}=1MHZ$   | $\pm 5$                     |         |

注：如无特殊说明，以上测试数据条件为  $VDD=5V$ 、常温  $25^{\circ}C$ 。

## 9. 开发工具

### 9.1 OTP 烧录器

◆ HK-Writer: 支持 HK16P 系列 MCU 大批量的脱机烧录。



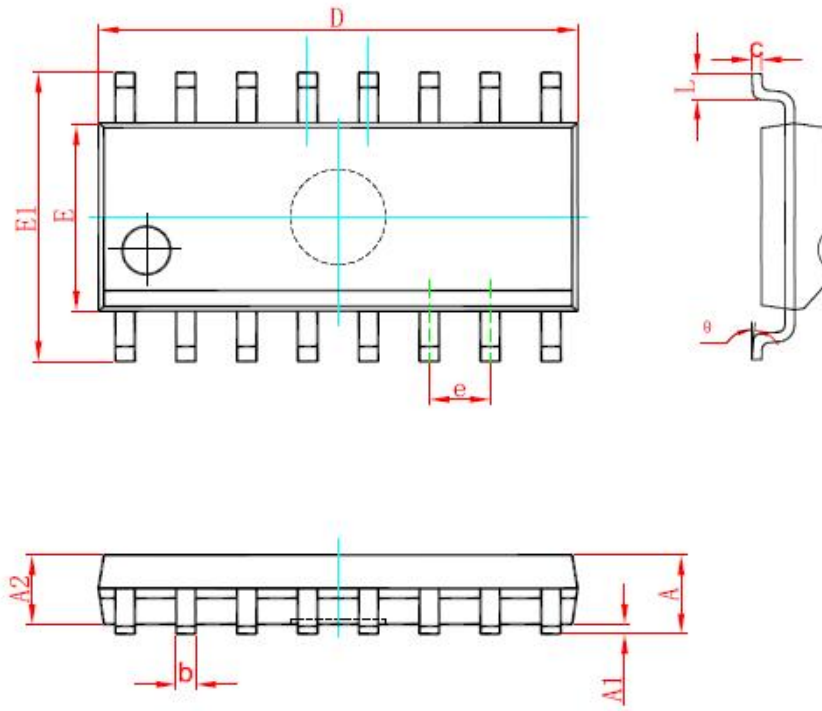
### 9.2 编译器

◆ HKIDE: IDE-V2.1.6 及以上版本（支持汇编/C 语言）

## 10. 封装及尺寸

### 10.1 SOP16 封装图及尺寸

#### 10.1.1 SOP16 封装图

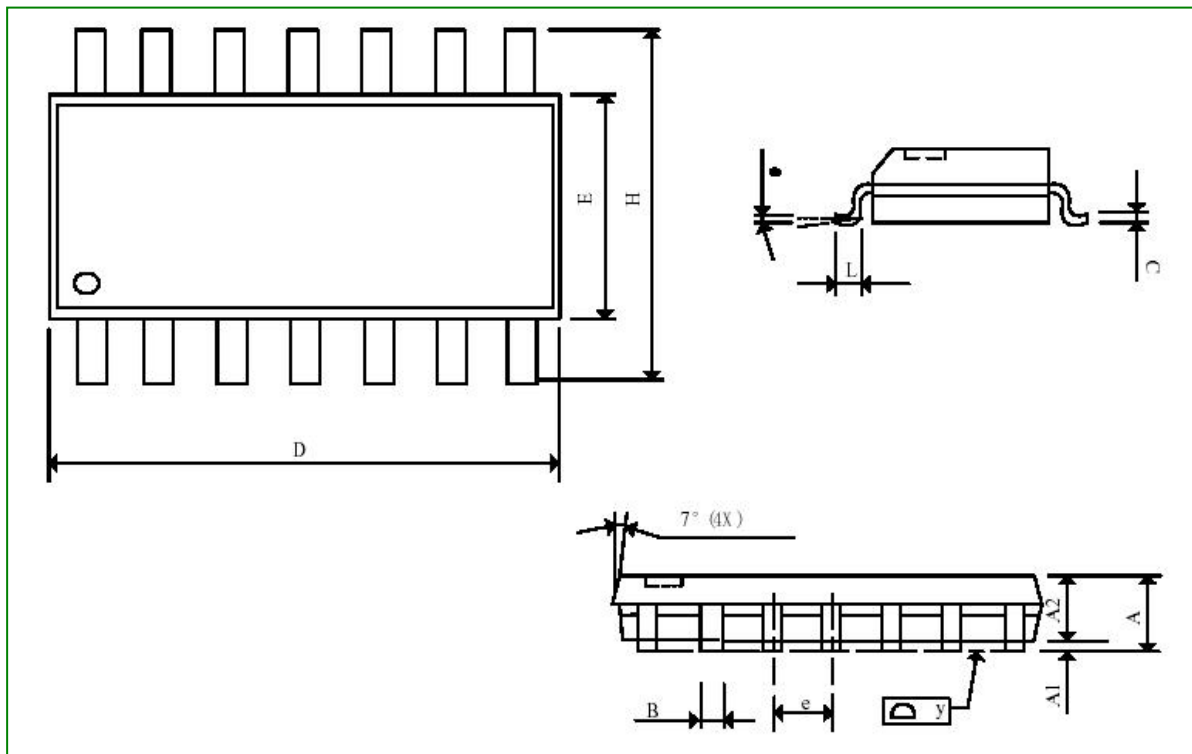


#### 10.1.2 SOP16 封装尺寸

| Symbol | Dimensions In Millimeters |        | Dimensions In 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  | 0.007                | 0.010 |
| D      | 9.800                     | 10.200 | 0.386                | 0.402 |
| 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°    |

## 10.2 SOP14 封装图及尺寸

### 10.2.1 SOP14 封装图

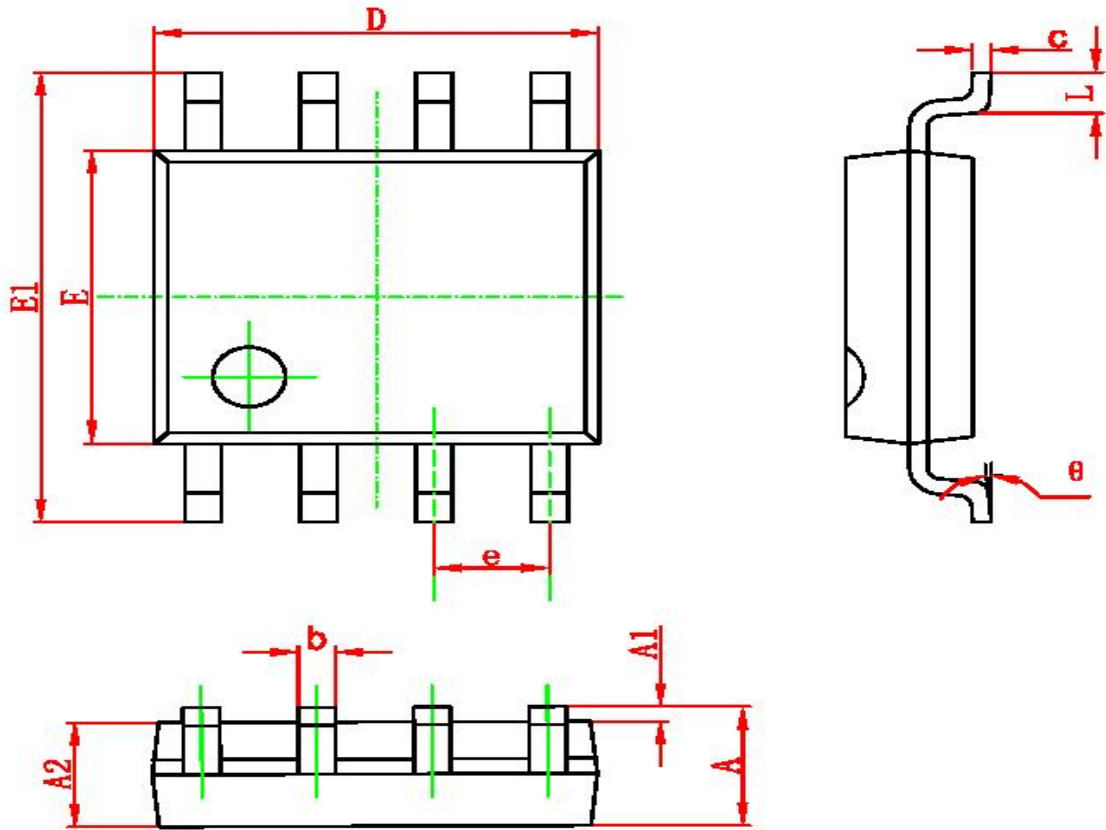


### 10.2.2 SOP14 封装尺寸

| Symbol | Dimensions In Millimeters |      |      | Dimensions In Inches |       |       |
|--------|---------------------------|------|------|----------------------|-------|-------|
|        | Min                       | Typ  | Max  | Min                  | Typ   | Max   |
| A      | 1.35                      | 1.60 | 1.75 | 0.053                | 0.063 | 0.069 |
| A1     | 0.1                       | -    | 0.25 | 0.004                | -     | 0.01  |
| A2     | -                         | 1.45 | -    | -                    | 0.057 | -     |
| B      | 0.33                      | -    | 0.51 | 0.013                | -     | 0.02  |
| C      | 0.19                      | -    | 0.25 | 0.007                | -     | 0.010 |
| D      | 8.55                      | -    | 8.75 | 0.337                | -     | 0.344 |
| E      | 3.8                       | -    | 4    | 0.150                | -     | 0.157 |
| e      | -                         | 1.27 | -    | -                    | 0.05  | -     |
| H      | 5.8                       | -    | 6.2  | 0.228                | -     | 0.244 |
| L      | 0.4                       | -    | 1.27 | 0.016                | -     | 0.05  |
| Y      | -                         | -    | 0.10 | -                    | -     | 0.004 |

## 10.3 SOP8 封装图及尺寸

### 10.3.1 SOP8 封装图

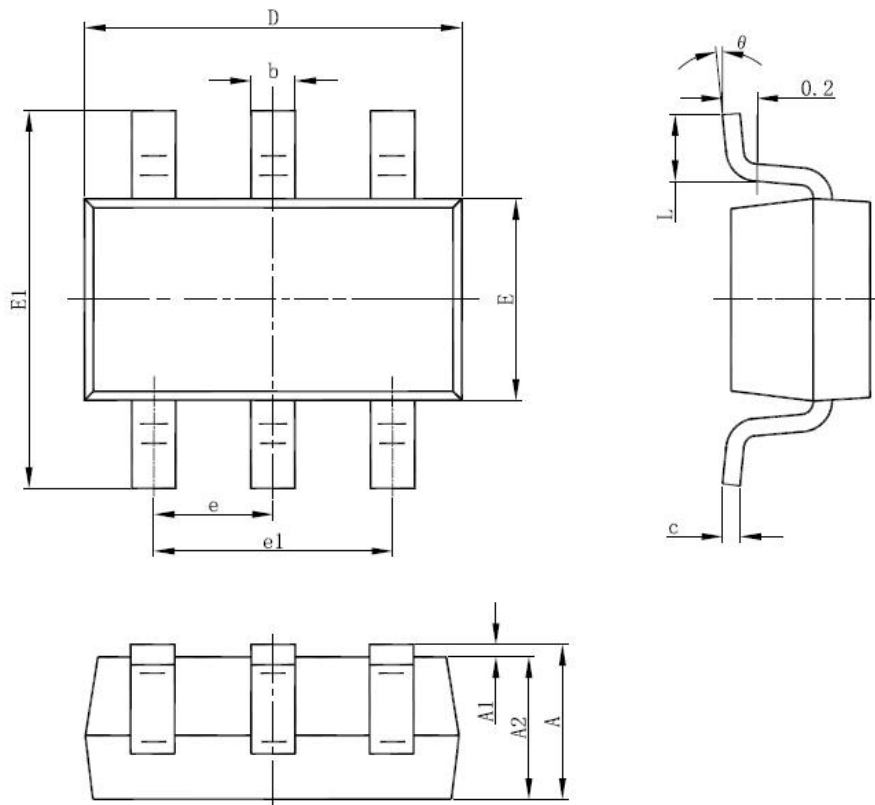


### 10.3.2 SOP8 封装尺寸

| Symbol | Dimensions In Millimeters |       | Dimensions In 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 |
| H      | 0.250(TYP)                |       | 0.01(TYP)            |       |

## 10.4 SOT23-6 封装及尺寸

### 10.4.1 SOT23-6 封装图

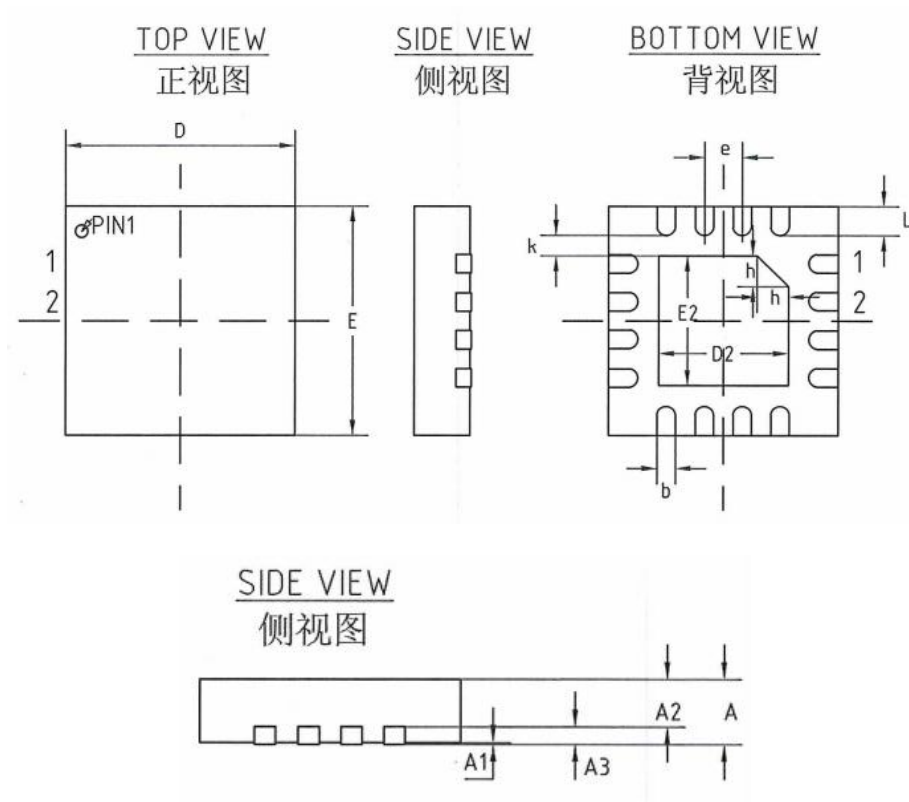


### 10.4.2 SOT23-6 封装尺寸

| Symbol | Dimensions In Millimeters |       | Dimensions In Inches |       |
|--------|---------------------------|-------|----------------------|-------|
|        | Min                       | Max   | Min                  | Max   |
| A      | 1.050                     | 1.250 | 0.041                | 0.049 |
| A1     | 0.000                     | 0.100 | 0.000                | 0.004 |
| A2     | 1.050                     | 1.150 | 0.041                | 0.045 |
| b      | 0.300                     | 0.500 | 0.012                | 0.020 |
| c      | 0.100                     | 0.200 | 0.004                | 0.008 |
| D      | 2.820                     | 3.020 | 0.111                | 0.119 |
| E      | 1.500                     | 1.700 | 0.059                | 0.067 |
| E1     | 2.650                     | 2.950 | 0.104                | 0.116 |
| e      | 0.950(BSC)                |       | 0.037(BSC)           |       |
| e1     | 1.800                     | 2.000 | 0.071                | 0.079 |
| L      | 0.300                     | 0.600 | 0.012                | 0.024 |
| θ      | 0°                        | 8°    | 0°                   | 8°    |

## 10.5 QFN16 封装及尺寸

### 10.5.1 QFN16 封装图

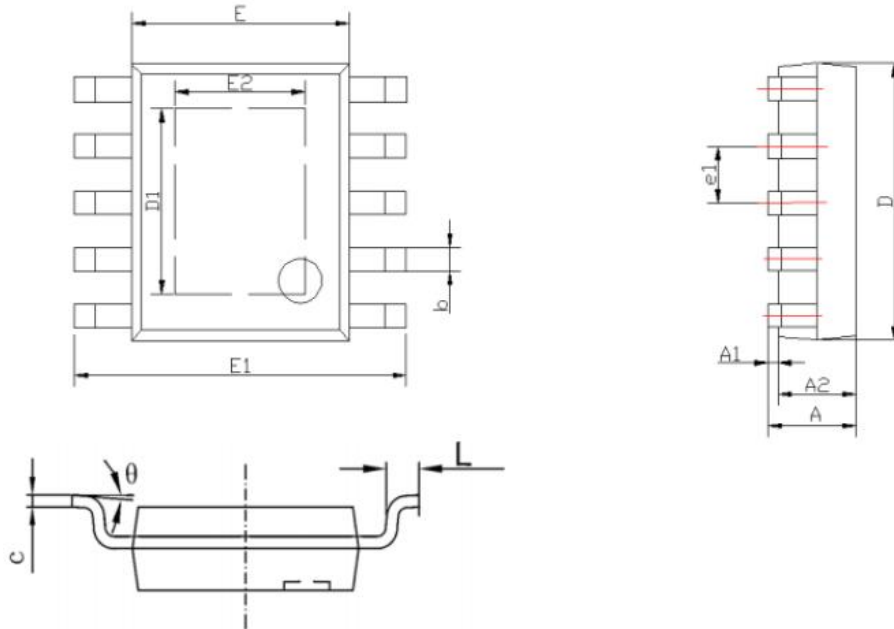


### 10.5.2 QFN16 封装尺寸

| 机械尺寸/mm      |            |                |            |
|--------------|------------|----------------|------------|
| 字符<br>SYMBOL | 最小值<br>MIN | 典型值<br>NOMINAL | 最大值<br>MAX |
| A            | 0.70       | 0.75           | 0.80       |
| A1           | 0          | 0.02           | 0.05       |
| A2           | -          | 0.55           | -          |
| A3           | 0.203 REF  |                |            |
| b            | 0.18       | 0.24           | 0.30       |
| D            | 3 BSC      |                |            |
| E            | 3 BSC      |                |            |
| e            | 0.50 BSC   |                |            |
| D2           | 1.6        | 1.7            | 1.8        |
| E2           | 1.6        | 1.7            | 1.8        |
| K            | 0.20 BCS   |                |            |
| L            | 0.30       | 0.40           | 0.50       |
| h            | 0.35       | 0.40           | 0.45       |

## 10.6 ESSOP10 封装及尺寸

### 10.6.1 ESSOP10 封装图



### 10.6.2 ESSOP10 封装尺寸

| 字符 | Dimension In Millimeters |       |
|----|--------------------------|-------|
|    | Min                      | Max   |
| A  | 1.500                    | 1.700 |
| A1 | 0.040                    | 0.120 |
| A2 | 1.350                    | 1.550 |
| b  | 0.300                    | 0.500 |
| c  | 0.190                    | 0.250 |
| D  | 4.800                    | 5.000 |
| D1 | 3.200                    | 3.400 |
| E  | 3.840                    | 4.040 |
| E1 | 5.900                    | 6.100 |
| E2 | 2.100                    | 2.300 |
| e  | 1.00 (BSC)               |       |
| L  | 0.520                    | 0.720 |
| θ  | 0°                       | 8°    |

## 11. 修正记录

| 版本    | 时间         | 内容                                                        |
|-------|------------|-----------------------------------------------------------|
| V1.00 | 2024.08.29 | 初版                                                        |
| V1.01 | 2024.11.04 | 增加 SOP14/SOP8 脚位及封装，删除 T3PWM2/3 死区功能，完善电气特性参数，增加 ADC 参数   |
| V1.02 | 2024.11.08 | 增加寄存器复位状态默认值，修改部分电气特性参数                                   |
| V1.03 | 2024.11.22 | 修改不同主频下工作电压范围描述，增加 T1 定时器最低工作电压点。                         |
| V1.04 | 2024.12.26 | 修改部分定时器寄存器描述，修改端口驱动参数                                     |
| V1.05 | 2025.01.17 | 更新部分参数                                                    |
| V1.06 | 2025.02.14 | 增加 SOT23-6 脚位及封装信息                                        |
| V1.07 | 2025.04.10 | 增加 QFN16/ESSOP10 脚位及封装信息，page32/36 增加定时器 T3/T4 周期寄存器操作说明。 |