

4. 功能框图

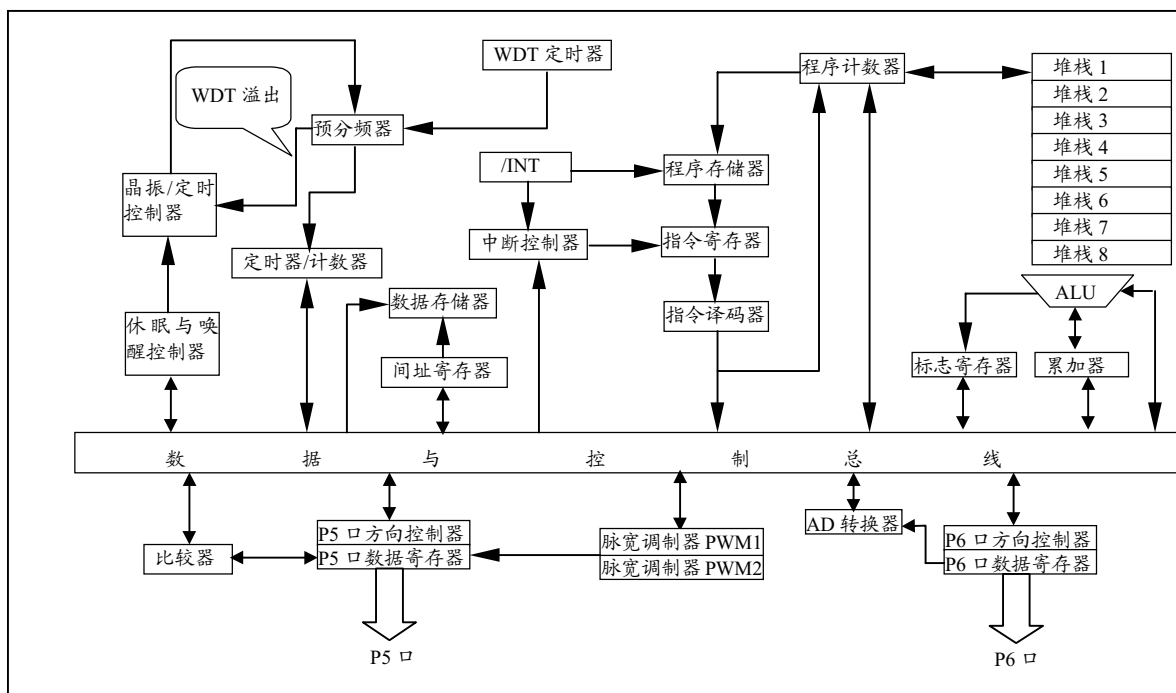


图 1 EM78P458 功能框图

5. 引脚说明

表 1 EM78P458 引脚说明

| 符号 | 类型 | 功能描述 |
|------------|-----|--|
| Vdd | - | 电源 |
| OSCI | I | *XTAL 模式: 晶体或外部时钟输入 *RC 模式: RC 振荡器输入 |
| OSCO | O | *XTAL 模式: 晶振输出或外时钟输入 *RC 模式: 周期为 1 个指令周期的时钟输出 |
| P50-P57 | I/O | 通用 I/O 引脚 |
| P60-P67 | I/O | 通用 I/O 引脚 |
| /INT | I | 下降沿触发的外部中断引脚 |
| ADC1-ADC8 | I | AD 转换器 |
| PWM1, PWM2 | O | 脉宽调制输出 |
| Vref | I | ADC 外部参考电压 |
| C-, C+ | I | 比较器输入 |
| CO | O | 比较器输出 |
| TCC | I | 斯密特触发的时钟/计数器输入, 若不用必须与 VDD 或 VSS 相连 |
| Vss | - | 地 |

表 2 EM78P459 引脚说明

| 符号 | 类型 | 功能描述 |
|------------|-----|---|
| VDD | - | 电源 |
| OSCI | I | *XTAL 模式: 晶体或外部时钟输入 *RC 模式: RC 振荡器输入 |
| OSCO | O | *XTAL 模式: 晶振输出或外时钟输入 *RC 模式: 周期为 1 个指令周期的时钟输出 |
| P50-P57 | I/O | 通用 I/O 引脚 |
| P60-P67 | I/O | 通用 I/O 引脚 |
| /INT | I | 下降沿触发的外部中断引脚 |
| ADC1-ADC8 | I | AD 转换器 |
| PWM1, PWM2 | O | 脉宽调制输出 |
| Vref | I | ADC 外部参考电压 |
| C-, C+ | I | 比较器输入 |
| CO | O | 比较器输出 |
| /RESET | I | *保持低电平则系统复位 *该引脚状态变化将单片机由休眠模式唤醒 *通常状态下电压不得高于 VDD *使用该引脚有上拉功能 |
| TCC | I | 斯密特触发的时钟/计数器输入, 若不用必须与 VDD 或 VSS 相连 |
| ENTCC | I | 为 1 则使能 TCC, 为 0 禁止 TCC |
| VSS | - | 地 |

6. 功能说明

6.1 操作寄存器

1) R0 寄存器 (间址寄存器)

R0 并非实际存在的寄存器。它的主要功能是做为间接寻址指针。任何以 R0 为指针的指令实际上是对 RAM 选择寄存器 R4 所指的数据进行操作。

2) R1 (定时器/计数器)

- ◆ 由 TCC 引脚上的信号边沿或指令周期时钟触发加 1 操作
- ◆ 由 CONT 寄存器第 4、5 位决定触发信号源
- ◆ 可读写

3) R2 (程序计数器 PC) 和堆栈

- ◆ R2 与硬件堆栈为 12 位宽, 结构如图 4 所示。
- ◆ 产生 4K×13 位片内 OTP ROM 地址以获取对应程序指令代码。一个程序页为 1K 字长。
- ◆ 复位后 R2 所有位均清 0。
- ◆ JMP 指令直接装载 R2 低 10 位值, 因此 JMP 指令跳转范围为一个程序页面内。
- ◆ CALL 指令先将 PC+1 入栈, 而后装载 R2 低 10 位值, 因此子程序入口地址限在同一页面内。
- ◆ RET、RETI、RETL 指令将栈顶数据装入 PC。
- ◆ “ADD R2, A” 允许将一有关地址加到当前 PC 上, 但同时 PC 第 9、10 位将被清 0。

- ◆ “MOV R2, A” 将 A 寄存器中的 8 位地址装入 PC 低 8 位, PC 第 9、10 位被清 0。
- ◆ 对 PC (R2) 进行直接操作指令如 “MOV R2, A”、“ADD R2, A”、“BC R2, 0” 都将导致 PC 之第 9 及第 10 位 (A9、A8) 被清零, 因此此类情况产生的任何跳转都限定在同一页面的前 256 个地址
- ◆ 执行 CALL、RET、JMP 等间接修改 R2 内容的指令时, R2 的最高两位由状态寄存器 R3 的 PS0、PS1 装入。
- ◆ 除改变 R2 内容的指令需要 2 个指令周期外, 所有指令都是单周期 ($f_{clk}/2$)。

4) R3 (状态寄存器)

| | | | | | | | |
|--------|-----|-----|---|---|---|----|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| CMPOUT | PS1 | PS0 | T | P | Z | DC | C |

- ◆ 第 7 位 (CMPOUT) 比较器结果
- ◆ 第 6 位 (PS1)、第 5 位 (PS0) 程序页面选择位, 用于选择一个程序寄存器页面。当执行 CALL、JMP 等间接修改 R2 内容的指令时, 这两位被装入 R2 最高两位以选择所需页面。要注意的是, 执行 RET、RETI、RETI 指令并不需要对 PS0、PS1 操作, 因为 STACK 与 PC 位数相同, 出栈则栈顶单元直接移入 PC。故执行这些指令后, 不管 PS0、PS1 内容是什么, 程序都返回至原调用处。

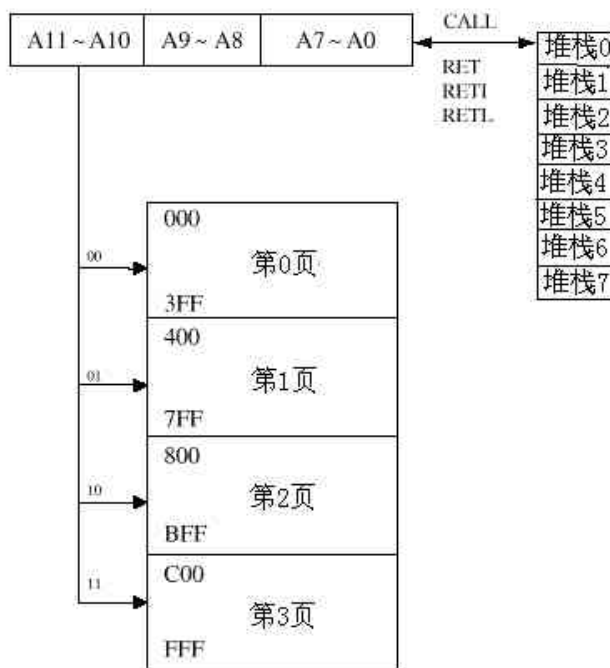


图3 程序计数器组成

| PS1 | PS0 | 程序页面 |
|-----|-----|-----------------|
| 0 | 0 | 第 0 页 [000~3FF] |
| 0 | 1 | 第 1 页 [400~7FF] |
| 1 | 0 | 第 2 页 [800~BFF] |
| 1 | 1 | 第 3 页 [C00~FFF] |

- ◆ 第 4 位 (T) 溢出位, 执行 SLEEP 或 WDTC 指令或上电后置 1, WDT 溢出时清 0。
- ◆ 第 3 位 (P) 低功耗位, 执行 WDTC 指令或上电后置 1, 执行 SLEEP 指令后清 0。
- ◆ 第 2 位 (Z) 零标志位, 当算术运算或逻辑运算结果位 0 时该位置 1。第 1 位 (DC) 辅助进位标志。

- ◆ 第 0 位 (C) 进位标志。
- 5) **R4 (RAM 选择寄存器)**
- ◆ 第 0~5 位在间接寻址方式中用于选择 RAM 寄存器 (00~3F)。
 - ◆ 第 6 位用于选择 RAM 页面 0 或 RAM 页面 1。
 - ◆ 第 7 位为通用读写位。
 - ◆ 参见图 4 所示数据存储结构。
- 6) **R5~R6 (端口 5、6) I/O 寄存器**
- 7) **R7~R8 8 位通用寄存器**

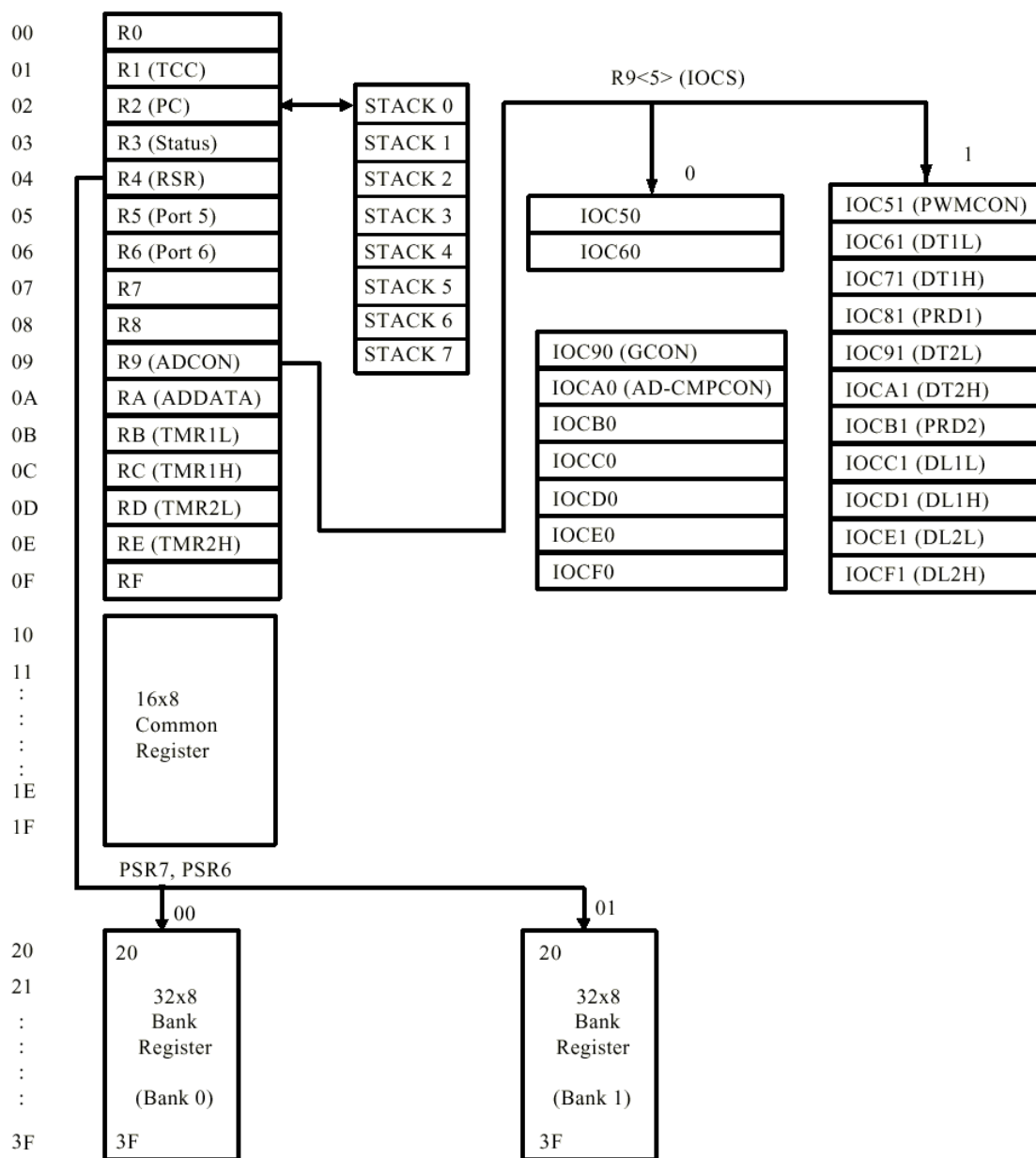


图 4 数据寄存器组成

8) R9 (ADCON: AD 转换控制)

| | | | | | | | |
|---|---|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| - | - | IOCS | ADRUN | ADPD | ADIS2 | ADIS1 | ADIS0 |

- ◆ 第 7、6 位未用，读数为 0。
- ◆ 第 5 位 (IOCS) 选择输入输出寄存器段：
 - ◆ 为 1 则选择段 1 (IOC51~IOCF1)，为 0 则选择段 0 (IOC50~IOCF0)。
- ◆ 第 4 位 (ADRUN) ADC 开始运行位。该位被软件置 1 则 AD 转换开始。转换结束后，该位被硬件清 0。
- ◆ 第 3 位 (ADPD) ADC 低功耗模式位。该位为 1 表 ADC 处于工作状态，为 0 则关闭 ADC 参考电阻使其进入低功耗状态 (尽管此时 CPU 可能仍在工作)。
- ◆ 第 2 位~第 0 位 (ADIS2~ADIS0) 模拟输入选择
 - 000=AN0; 001=AN1; 010=AN2; 011=AN3;
 - 100=AN4; 101=AN5; 110=AN6; 111=AN7
 只有在 ADIF 和 ADRUN 均为 0 时才可修改这 3 位。

9) RA (ADDATA: AD 转换结果)

AD 转换结束后，结果送入 ADDATA，START/END 位清 0，ADIF 置 1。

10) RB 8 位通用寄存器

11) RC 一个两位寄存器，BIT0 与 BIT1 可用。

12) RD 8 位通用寄存器

13) RE 一个两位寄存器，BIT0 与 BIT1 可用。

14) RF (中断状态寄存器)

| | | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|------|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| - | CMPIF | PWM2IF | PWM1IF | ADIF | EXIF | ICIF | TCIF |

- ◆ 1 表示有中断请求，0 表示没有。
- ◆ 第 0 位 (TCIF) TCC 溢出中断标志。TCC 溢出时置 1，软件清 0。
- ◆ 第 1 位 (ICIF) P6 口输入变化中断标志。P6 口输入变化时置 1，软件清 0。
- ◆ 第 2 位 (EXIF) 外部中断标志。由 /INT 引脚上的下降沿置 1，软件清 0。
- ◆ 第 3 位 (ADIF) AD 转换结束标志。AD 转换结束则置 1，软件清 0。
- ◆ 第 4 位 (PWM1IF) PWM1 中断标志。达到设定周期则置 1，软件清 0。
- ◆ 第 5 位 (PWM2IF) PWM2 中断标志。达到设定周期则置 1，软件清 0。
- ◆ 第 6 位 (CMPIF) 比较器中断标志。比较器输出变化则置 1，软件清 0。
- ◆ 第 7 位未使用，读数为 0。
- ◆ RF 可软件清 0，但不可置 1。
- ◆ IOCF0 位中断屏蔽寄存器。
- ◆ 注意读 RF 的结果为 RF 和 IOCF0 相与的结果。

15) R10~R3F 通用寄存器
6.2 特殊功能寄存器

1) A (累加器) 用于内部数据传输，或指令操作数保持。不可寻址。

2) CONT (控制寄存器)

| | | | | | | | |
|-------|------|----|----|-----|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| /INTE | /INT | TS | TE | PAB | PSR2 | PSR1 | PSR0 |

- ◆ 第 0 位~第 2 位 (PSR0~PSR2) TCC/WDT 预分频位。
- ◆ 第 3 位 (PAB0) 预分频器分配位, 为 0 分给 TCC, 为 1 分给 WDT。
- ◆ 第 4 位 (TE) TCC 信号边沿选择位。为 0 表示 TCC 引脚信号发生由低到高变化时 TCC 加 1, 为 1 表示高到低变化加 1。

| PSR2 | PSR1 | PSR0 | TCC RATE | WDT RATE |
|------|------|------|----------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 1: 2 | 1: 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1: 4 | 1: 2 |
| 0 | 1 | 0 | 1: 8 | 1: 4 |
| 0 | 1 | 1 | 1: 16 | 1: 8 |
| 1 | 0 | 0 | 1: 32 | 1: 16 |
| 1 | 0 | 1 | 1: 64 | 1: 32 |
| 1 | 1 | 0 | 1: 128 | 1: 64 |
| 1 | 1 | 1 | 1: 256 | 1: 128 |

- ◆ 第 5 位 (TS) TCC 信号源选择位。0 表示为内部指令周期时钟, 1 表示为外部输入信号。
- ◆ 第 6 位 (INT) 中断允许标志。0 表示已由 DISI 指令或硬件中断屏蔽中断, 1 表示已由 ENI 指令或 RETI 指令允许中断。
- ◆ 第 7 位 (INTE) 外部中断信号边沿选择位。0 表示由 INT 引脚信号上升沿引起中断, 1 表示由下降沿引起。
- ◆ CONT 寄存器可读写。

3) IOC50~IOC60 (I/O 控制寄存器)

- ◆ 1 定义对应 I/O 引脚为高阻状态, 0 定义其为输出
- ◆ IOC50 和 IOC60 寄存器可读写。

4) IOCB0 (下拉控制寄存器)

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| /PD7 | /PD6 | /PD5 | /PD4 | /PD3 | /PD2 | /PD1 | /PD0 |

- ◆ 第 0~7 位分别控制 P60~P67 引脚的内部下拉功能。0 为使能内部下拉, 1 为禁止。
- ◆ IOCB0 寄存器可读写。

5) IOCC0 (漏极开路控制寄存器)

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OD7 | OD6 | OD5 | OD4 | OD3 | OD2 | OD1 | OD0 |

- ◆ 第 0~7 位分别控制 P64~P67、P51、P52、P54、P57 引脚的漏极开路功能。0 为使能, 1 为禁止。
- ◆ IOCC0 寄存器可读写。

6) IOCD0 (上拉控制寄存器)

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| /PH7 | /PH6 | /PH5 | /PH4 | /PH3 | /PH2 | /PH1 | /PH0 |

- ◆ 第 0~3 位分别控制 P60~P63、第 5~7 位分别控制 P53、P55、P56 引脚内部上拉功能，第 4 位未使用。
- ◆ IOCD0 客读写。

7) IOCE0 (WDT 控制寄存器)

| | | | | | | | |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| WDTE | EIS | - | - | - | - | - | - |

- ◆ 第 7 位 (WDTE) WDT 使能控制位，0 为禁止，1 为使能。
- ◆ WDTE 可读写。
- ◆ 第 6 位 (EIS) P50 引脚功能定义位。0 表示为 P50，且只能为输入。1 表示为外部中断输入引脚/INT，此时引脚必须设置为输入状态，
- ◆ 当 EIS 为 0 时，/INT 通道被屏蔽。为 1 时，/INT 引脚的状态也可由 P5 端口读取。
- ◆ IOCE0 可读写。
- ◆ 第 0~5 位未使用。

8) IOCF0 (中断屏蔽寄存器)

| | | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|------|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| - | CMPIE | PWM2IE | PWM1IE | ADIE | EXIE | ICIE | TCIE |

- ◆ 第 0~6 位分别对 TCIF、ICIF、EXIF、ADIF、PWM1IF、PWM2IF、CMPIF 进行控制，0 为禁止，1 为使能。
- ◆ 第 7 位未使用，读出为 0。
- ◆ IOCF0 可读写。
- ◆ 总的中断允许由 ENI 指令完成，中断禁止则由 DISI 指令完成。IOCF0 控制各个中断源的允许、禁止。

9) IOC90 (GCON: I/O 口结构和 ADC 控制)

| | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OP2E | OP1E | G42 | G41 | G40 | G12 | G11 | G10 |

- ◆ 第 7 位 (OP2E) 增益放大器控制。该放大器由 P64 输入，输出接至 8 选 1 模拟开关。为 0 时 OP2 关闭，输入信号由旁路进入 ADC。为 1 时 OP2 打开。
- ◆ 第 6 位 (OP1E) 增益放大器控制。该放大器由 P60 输入，输出接至 8 选 1 模拟开关。为 0 时 OP1 关闭，输入信号由旁路进入 ADC。为 1 时 OP1 打开。
- ◆ 第 5~3 位 (G42~G40) OP2 增益选择。
000=1 (默认值)，001=2，010=4，011=8，100=16，101=32
- ◆ 第 2~0 位 (G12~G10) OP1 增益选择。
000=1 (默认值)，001=2，010=4，011=8，100=16，101=32

10) IOCA0 (AD-CMPCON)

| | | | | | | | |
|-------|----|-----|------|------|------|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| VREFS | CE | COE | IMS2 | IMS1 | IMS0 | CKR1 | CKR0 |

- ◆ 第 7 位为 ADC 参考电压选择位。为 0 时以工作电压为参考电压，为 1 时以引脚 P53/VREF 上电压为参考。
- ◆ 第 6 位为比较器使能位。为 0 则关闭比较器 (默认值)，为 1 则打开比较器。
- ◆ 第 5 位比较器功能选择位。为 0 时比较器用作运算放大器，为 1 时当作比较器。
- ◆ 第 4~2 位 (IMS2~IMS0) 输入模式选择、ADC 结构定义位。下表描述了如何定义 P6 口各引脚特性。

表 3 AD 结构控制位功能

| IMS2-IMS0 | P60 | P61 | P62 | P63 | P64 | P65 | P66 | P67 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 000 | A | D | D | D | D | D | D | D |
| 001 | A | A | D | D | D | D | D | D |
| 010 | A | A | A | D | D | D | D | D |
| 011 | A | A | A | A | D | D | D | D |
| 100 | A | A | A | A | A | D | D | D |
| 101 | A | A | A | A | A | A | D | D |
| 110 | A | A | A | A | A | A | A | D |
| 111 | A | A | A | A | A | A | A | A |

- ◆ 第 1~0 位 (CKR1~CKR0) ADC 时钟分频数。
00=1: 4 (默认值), 01=1: 16, 10=1: 64, 11=内部 RC 振荡频率。

11) IOC51 (PWMCON)

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| PWM2E | PWM1E | T2EN | T1EN | T2P1 | T2P0 | T1P1 | T1P0 |

- ◆ 第 7 位 (PWM2E) PWM2 使能位。为 0 时 PWM2 关闭 (默认值), 对应引脚意义为 P52; 为 1 时 PWM2 打开, 对应引脚自动为输出模式。
- ◆ 第 6 位 (PWM1E) PWM1 使能位。为 0 时 PWM1 关闭 (默认值), 对应引脚意义为 P51; 为 1 时 PWM1 打开, 对应引脚自动为输出模式。
- ◆ 第 5 位 (T2EN) TMR2 使能位。为 0 时 TMR2 关闭, 为 1 时 TMR2 打开。
- ◆ 第 4 位 (T1EN) TMR1 使能位。为 0 时 TMR1 关闭, 为 1 时 TMR1 打开。
- ◆ 第 3~2 位 (T2P1~T2P0) TMR2 分频系数选择位。

| T2P1 | T2P0 | 分频系数 |
|------|------|------------|
| 0 | 0 | 1: 2 (默认值) |
| 0 | 1 | 1: 8 |
| 1 | 0 | 1: 32 |
| 1 | 1 | 1: 64 |

- ◆ 第 1~0 位 (T1P1~T1P0) TMR1 分频系数选择位。

| T1P1 | T1P0 | 分频系数 |
|------|------|------------|
| 0 | 0 | 1: 2 (默认值) |
| 0 | 1 | 1: 8 |
| 1 | 0 | 1: 32 |
| 1 | 1 | 1: 64 |

12) IOC61 (DT1L) PWM1 占空比低 8 位。是保持 PWM1 输出为高电平的一特殊值。当 TMR1 的值与其相等时输出才变为低。

13) IOC71 (DT1H) PWM1 占空比高两位。

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------|-------|---------|---------|---------|---|---------|---------|
| CALI1 | SIGN1 | VOF1[2] | VOF1[1] | VOF1[0] | - | PWM1[9] | PWM1[8] |

- ◆ 第 7 位 (CALI1) 校准使能位。0 为禁止, 1 为使能。
- ◆ 第 6 位 (SIGN1) 补偿电压极性选择位。0 为负, 1 为正。
- ◆ 第 5~3 位 (VOF1[2]~VOF1[0]) 补偿电压位。

- ◆ 第 1~0 位 (PWM1 [9]~PWM1 [8]) PWM1 占空比高 2 位。
- ◆ 第 2 位未使用。

14) IOC81 (PRD1) 其内容为 PWM1 周期。

15) IOC91 (DT2L) PWM2 占空比低 8 位。

是保持 PWM2 输出为高电平的一特殊值。当 TMR2 的值与其相等时输出才变为低。

16) IOCA1 (DT2H) PWM2 占空比高两位。

| | | | | | | | |
|-------|-------|---------|---------|---------|---|---------|---------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| CALI2 | SIGN2 | VOF2[2] | VOF2[1] | VOF2[0] | - | PWM2[9] | PWM2[8] |

- ◆ 第 7 位 (CALI2) 校准使能位。0 为禁止, 1 为使能。
- ◆ 第 6 位 (SIGN2) 补偿电压极性选择位。0 为负, 1 为正。
- ◆ 第 5~3 位 (VOF2 [2]~VOF2 [0]) 补偿电压位。
- ◆ 第 1~0 位 (PWM2 [9]~PWM2 [8]) PWM2 占空比高 2 位。
- ◆ 第 2 位未使用。

17) IOCB1 (PRD2) 其内容为 PWM2 周期。

18) IOCC1 (DL1L) PWM1 占空比锁存器低 8 位, 其内容只读。

19) IOCD1 (DL1H) PWM1 占空比锁存器高 2 位, 其内容只读。

20) IOCE1 (DL2L) PWM2 占空比锁存器低 8 位, 其内容只读。

21) IOCF1 (DL2H) PWM2 占空比锁存器高 2 位, 其内容只读。

6.3 TCC/WDT 预分频器

对于 TCC 或 WDT 有一个 8 位寄存器做预分频器。在同一时间它只能分配给其中一方, 这由 CONT 寄存器的 PAB 位决定。PSR0~PSR2 确定分频系数。若分配给 TCC, 则每次写 TCC 操作均将预分频器清 0。若分配给 WDT, 则 WDT 和预分频器均在执行 WDTC 和 SLEP 指令时清 0。TCC/WDT 电路框图如图 5 所示。

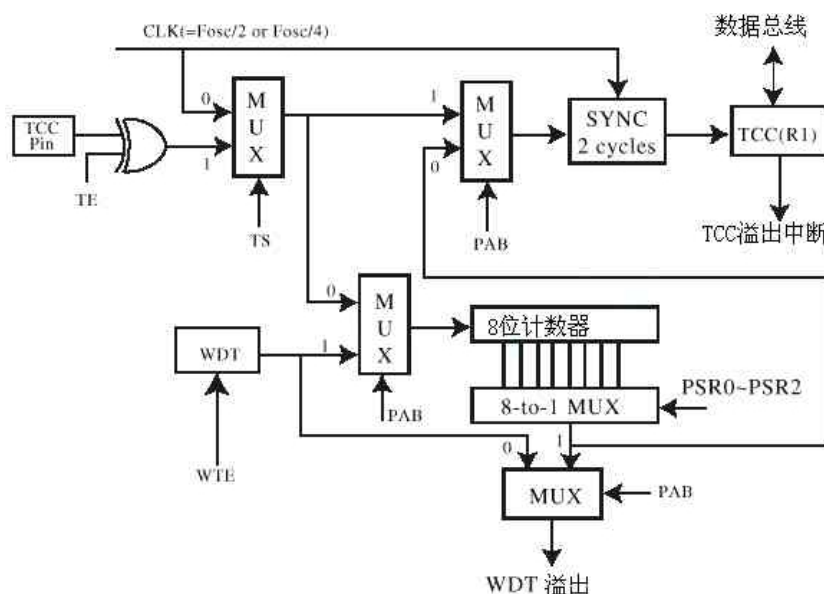


图5 TCC及WDT框图

R1 (TCC) 为 8 位定时器/计数器。TCC 时钟源可为内部时钟或外部时钟 (由 TCC 引脚输入, 触发沿可选择)。如果是内部时钟, 每个指令周期 TCC 加 1 (无预分频器)。由图 5 可知, 指令周期是 2 个还是 4 个时钟周期由代码选择寄存器 CLKS 位决定。CLKS=0 则 $CLK=F_{osc}/2$, CLKS=1 则 $CLK=F_{osc}/4$ 。如果是外部时钟, 则 TCC 由外部信号边沿触发。

WDT 是一个自由运行的片内 RC 振荡器。当振荡驱动器关闭后, WDT 依然运行, 如在休眠模式下即如此。WDT 溢出将引起复位 (若 WDT 使能)。在正常工作时, WDT 可由软件设置 IOCE0 的 WDTE 位来使能或禁止。在没有预分频情况下, WDT 溢出时间约为 18ms。

6.4 I/O 端口

PORT5、PORT6 为双向三态 I/O 端口。可 IOCB0、IOCC0、IOCD0 单独设置各引脚的上拉、下拉、漏极开路功能。PORT6 具有输入状态改变中断 (或唤醒) 功能。每个 I/O 引脚均可由 I/O 控制寄存器 (IOC50~IOC60) 设置为输入或输出。I/O 寄存器和 I/O 控制寄存器均可读写。PORT5、PORT6 的 I/O 接口电路如图 6、7 所示。

6.5 复位与唤醒

1) 复位与唤醒功能

复位由下面情况引起:

- A. 上电复位
- B. /RESET 引脚输入为低
- C. WDT 溢出 (若使能)

注意情况 A 中上电复位或电压检测是由代码选择寄存器使能的,

参见图 9。检测到复位后, 系统将保持复位状态 18mS (振荡器起振时间)。一旦复位发生, 单片机系统处于如下状态:

- ◆ 振荡器继续振荡或起振。
- ◆ PC 清为 0。
- ◆ 所有 I/O 引脚定义为输入模式 (高阻状态)。
- ◆ WDT 和预分频器清 0。
- ◆ 上电时, R3 高 3 位清 0。
- ◆ CONT 寄存器除第 6 位 (INT 标志) 外, 全置为 1。
- ◆ IOCB0 寄存器全置为 1。
- ◆ IOCC0 寄存器清 0。
- ◆ IOCD0 寄存器全置为 1。
- ◆ IOCE0 寄存器第 7 位置 1, 第 6 位清 0。
- ◆ RF、IOCF0 寄存器第 0~6 位清 0。

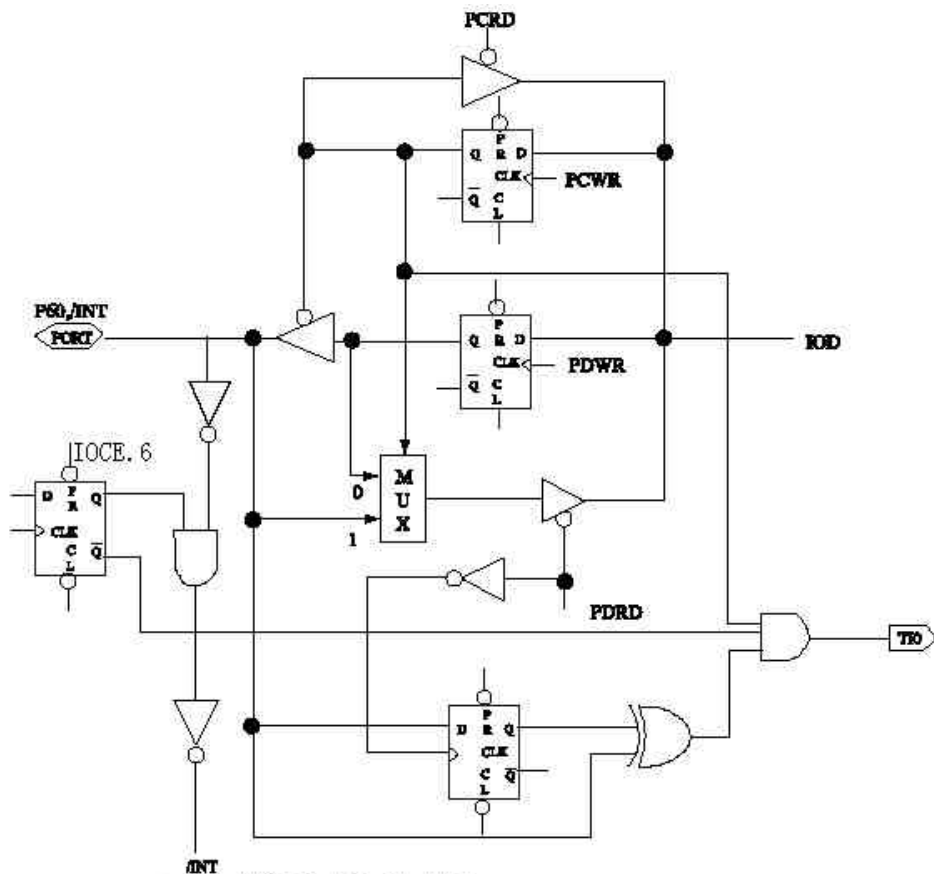
执行 SLEP 指令可进入休眠模式 (低功耗模式)。进入休眠模式时, WDT (若使能) 清 0 但继续运行。单片机可被如下情况唤醒:

- A) /RESET 引脚上输入的外部复位信号。
- B) WDT 溢出 (若使能)。
- C) PORT6 端口输入引脚状态变化。
- D) 比较器输出为高。
- E) ADC 结束。

前两种情况将引起 EM78P458/EM78P459 复位。R3 的 T、P 标志可用于确定复位源。第 3 种情况下唤醒后程序继续执行, 由中断状态来决定程序是否转入中断处理程序。如果在 SLEP 指令执行前执行 ENI 指令, 程序将从地址 0X08 处执行中断处理。如果在执行 SLEP 指令前执行 DISI 指令, 程序将从 SLEP 指令后继续执行。

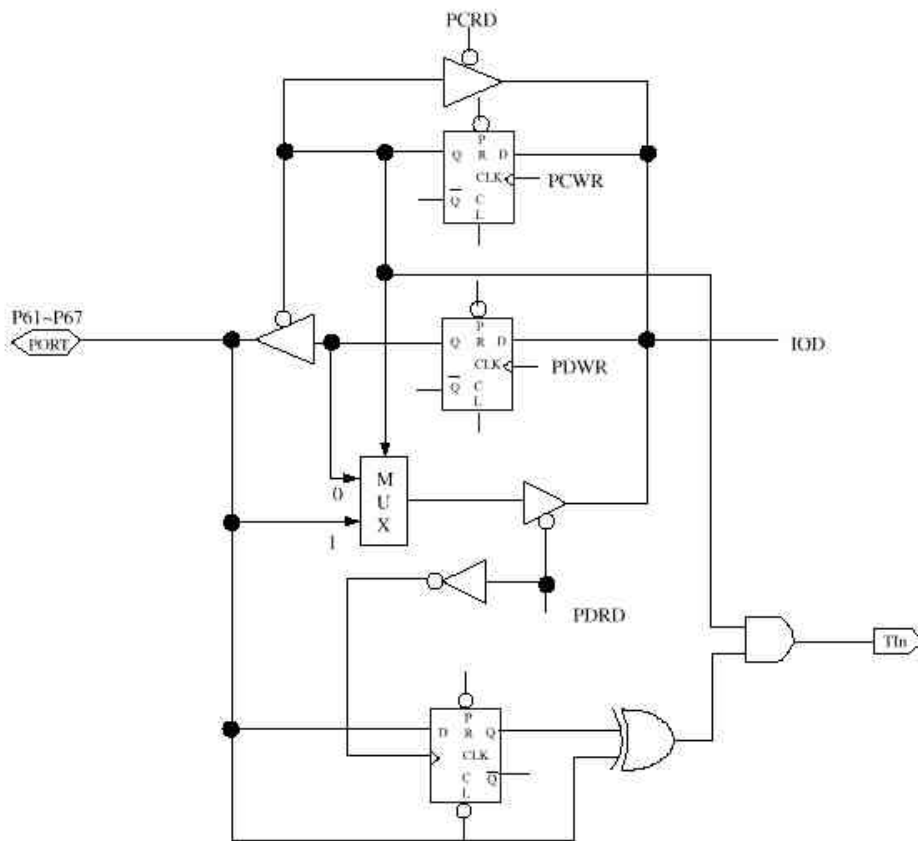
在进入休眠模式之前, 后 4 种情况只有一种可被使能。那就是说:

- i. 如果休眼前 PORT6 输入唤醒使能, 则 WDT 应由软件禁止 (代码选择寄存器中 WDT 仍为使能)。因此, EM78P458/EM78P459 可被 A、C 两种情况唤醒。
- ii. 如果 WDT 使能, 则 PORT6 输入唤醒应禁止。因此, EM78P458/EM78P459 可被 A、B 两种情况唤醒。



*上(下)拉及漏极开路未标示

图7(A) P50(/INT) I/O口及I/O控制寄存器电路



*上(下)拉及漏极开路未标示

图7(B) P60-P67的I/O口及I/O控制寄存器电路

- iii. 如果比较器输出高电平中断使能, WDT 应禁止。因此, EM78P458/EM78P459 可被 A、D 两种情况唤醒。
- iv. 如果 ADC 结束中断使能, WDT 应禁止。因此, EM78P458/EM78P459 可被 A、E 两种情况唤醒。

如果 PORT6 输入变化中断被用于唤醒单片机, 则如下指令应在 SLEP 指令前执行:

```
MOV    A, @0BXX000110      ; 选择 TCC 内部时钟
CONTW
CLR    R1                  ; TCC 和预分频器清 0
MOV    A, @0BXXXX1110     ; 选择 WDT 预分频
CONTW
WDTC                   ; 清 WDT 和预分频器
MOV    A, @0B0XXXXXXX     ; WDT 禁止
IOWRE
MOV    R6, R6             ; 读 PORT6 端口
MOV    A, @0B00000X1X     ; 使能 PORT6 输入变化中断
IOWRF
ENI (OR DISI)           ; 使能 (或禁止) 全局中断
SLEP                    ; 进入休眠
NOP
```

类似的, 若应用比较器输出高电平来唤醒单片机, 如下指令应先执行:

```
MOV    A, @0BXX000110     ; 选择 TCC 内部时钟
CONTW
CLR    R1                  ; TCC 和预分频器清 0
MOV    A, @0BXXXX1110     ; 选择 WDT 预分频
CONTW
WDTC                   ; 清 WDT 和预分频器
MOV    A, @0B0XXXXXXX     ; WDT 禁止
IOWRE
MOV    A, @0B01XXXXXX     ; 使能比较器中断
IOWRF
ENI (OR DISI)           ; 使能 (或禁止) 全局中断
SLEP                    ; 进入休眠
NOP
```

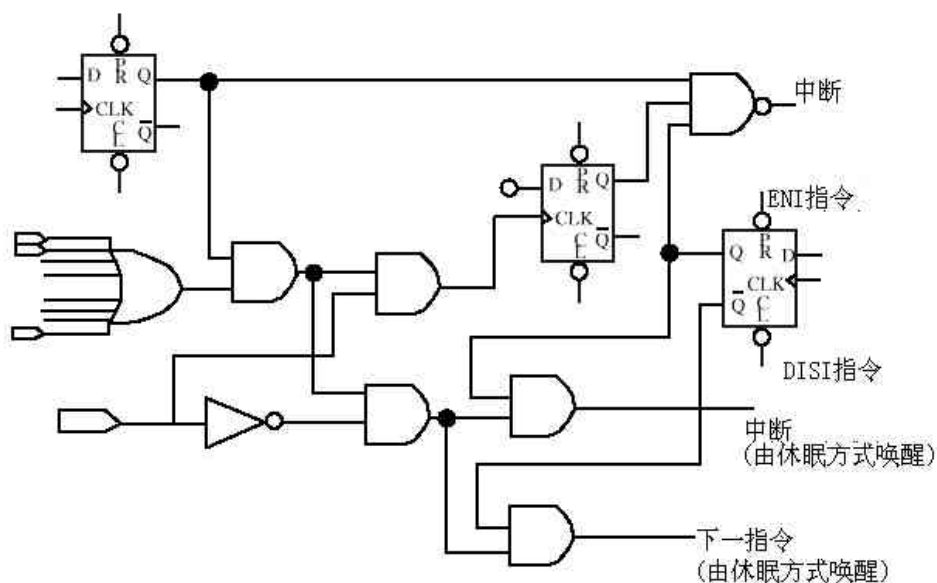


图8 具有输入变化中断/唤醒功能的端口6框图

一个问题应注意,从休眠模式唤醒后 WDT 功能将自动使能。因此,唤醒后 WDT 应根据需要重新设置。

2) 状态寄存器的 T、P 标志

T、P 标志值,如表 5 所列,可用于判断单片机由什么唤醒或复位。表 6 列出了可改变 T、P 值的事件。

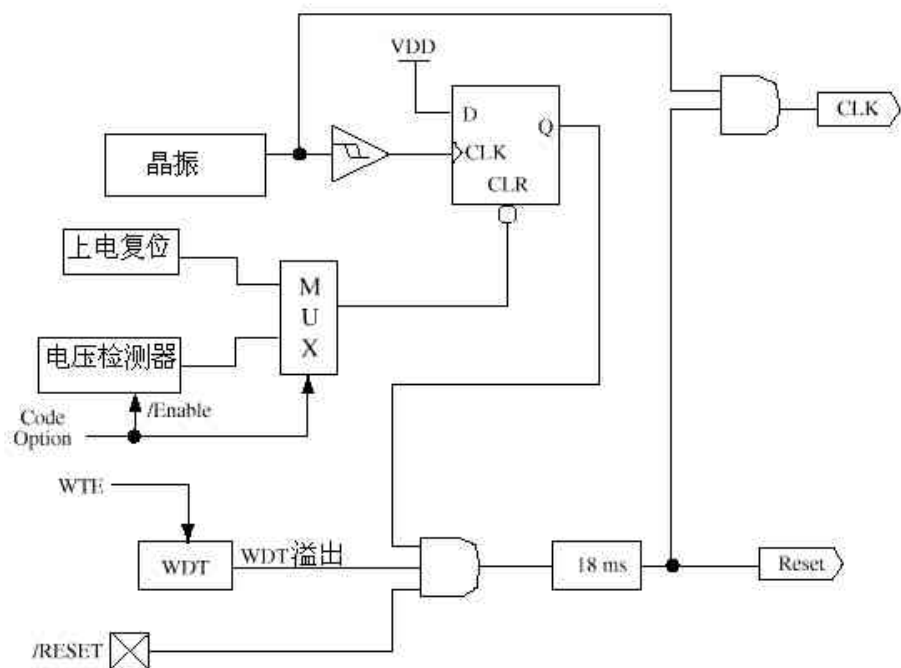


图9 复位控制器框图

表 5 复位后的 T、P 值

| 复位类型 | T | P |
|------------------|----|----|
| 上电 | 1 | 1 |
| /RESET 引脚工作模式下复位 | *P | *P |
| /RESET 引脚休眠模式下唤醒 | 1 | 0 |
| WDT 工作模式下溢出 | 0 | *P |
| WDT 休眠模式下溢出 | 0 | 0 |
| 休眠模式下引脚变化唤醒 | 1 | 0 |

*P: 复位前状态

表 6 事件影响后 T、P 的状态

| 事件 | T | P |
|-------------|---|----|
| 上电 | 1 | 1 |
| WDTC 指令 | 1 | 1 |
| WDT 溢出 | 0 | *P |
| SLEP 指令 | 1 | 0 |
| 休眠模式下引脚变化唤醒 | 1 | 0 |

*P: 复位前状态

6.6 中断

EM78P458/EM78P459 有如下 6 种情况可引起中断:

- (1) TCC 溢出。
- (2) PORT6 端口输入状态改变。

- (3) 外部中断信号。
- (4) AD 转换结束。
- (5) PWM 中 TMR1/TMR2 与 PRD1/PRD2 分别相等。
- (6) 比较器输出为高。

在 PORT6 输入变化中断使能前, 读 R6 寄存器是必要的。PORT6 的每一个引脚均可具有这个功能, 处于输出状态的引脚除外。

RF, 中断标志寄存器, 在相应位记录了中断请求情况。IOCF0 位中断屏蔽寄存器。整体的中断使能或禁止由 ENI 或 DISI 指令完成。当中断发生时, 下一指令由地址 0X08 取出。一旦进入中断处理程序, 可轮流检测 RF 寄存器来确定中断源。退出中断处理子程序前, 必须清中断标志并使能中断以免重复中断。

不管是否允许中断, RF 寄存器的相应位会由中断置位。读 RF 的结果是 RF 和 IOCF0 的逻辑与。参见图 10, RETI 指令结束中断子程并使能中断。

当 INT 指令 (若使能) 产生中断时, 下一指令将从地址 0X001 取出。

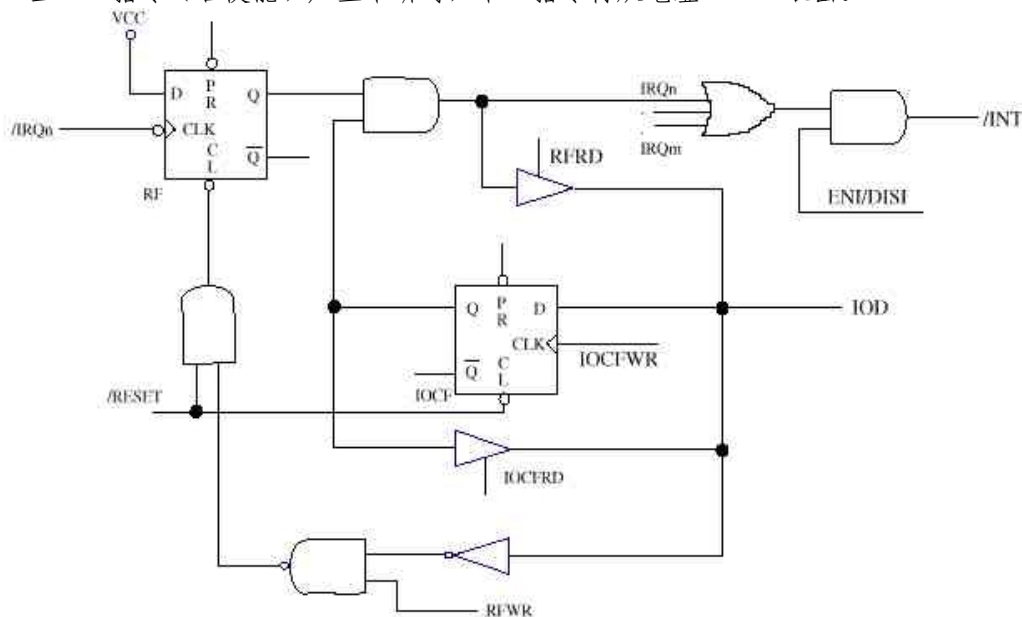


图10 中断输入电路

6.7 AD 转换器 (ADC)

AD 转换电路包括一个 8 位模拟转换器、3 个控制寄存器、1 个数据寄存器和 8 位分辨率的 AD 转换器。其功能框图如图 11 所示。模拟参考电压和模拟地由不同引脚接入。

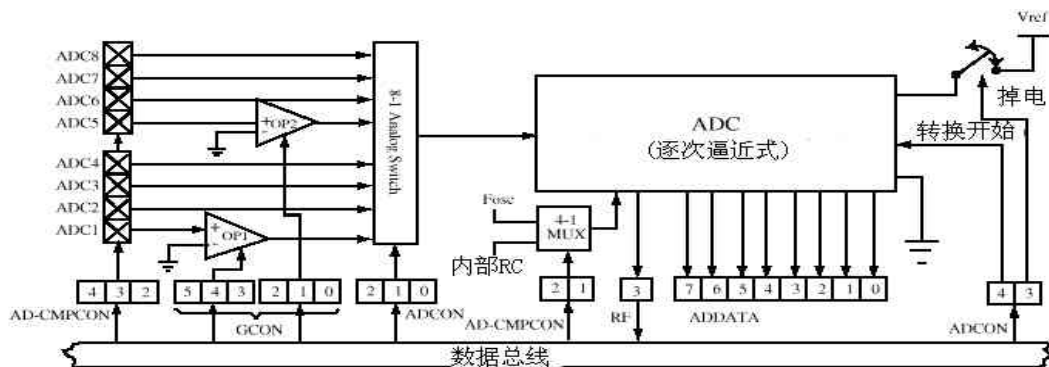


图11 ADC功能框图

AD 转换器是逐次逼近式的。结果存入 ADDATA。经 ADCON 寄存器的 ADIS0、ADIS1、ADIS2 设置后，输入通道由模拟输入转换器选择。

1) ADC 控制寄存器

I. ADCON/R9

ADCON 寄存器控制 ADC 操作，确定当前哪一引脚有效。表 7 描述了 ADCON 寄存器各位功能。

表 7 ADCON 各位描述

| | | | | | | | | |
|-------|---|---|------|-------|------|-------|-------|-------|
| 位 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 符号 | - | - | IOCS | ADRUN | ADPD | ADIS2 | ADIS1 | ADIS0 |
| 上电初始值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- ◆ 第 4 位 (ADRUN) ADC 启动位。为 1 时启动 AD 转换，转换结束由硬件置 0。
- ◆ 第 3 位 (ADPD) ADC 低功耗模式位。为 1 时 ADC 工作，为 0 时关闭参考电阻以降低功耗。
- ◆ 第 2~0 位 (ADIS2~ADIS0) 模拟输入选择位。
000=AN0, 001=AN1, 010=AN2, 011=AN3
100=AN4, 101=AN5, 110=AN6, 111=AN7
只有在 ADIF 和 ADRUN 均为 0 时这 3 位才可改变。

II. AD-CMP-CON 寄存器/IOCA0

AD-CMP-CON 分别定义 PORT6 各个引脚为模拟输入或数字 I/O 引脚。表 8 描述了各位意义。

表 8 AD-CMP-CON 各位描述

| | | | | | | | | |
|-------|-------|----|-----|------|------|------|------|------|
| 位 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 符号 | VREFS | CE | COE | IMS2 | IMS1 | IMS0 | CKR1 | CKR0 |
| 上电初始值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- ◆ 第 7 位 (VREFS) ADC 参考电压选择位。为 0 表示参考电压为工作电压，此时 P53/Vref 引脚功能为 P53；为 1 表示参考电压为 P53/Vref 引脚输入电压。
- ◆ 第 6 位 (CE) 比较器使能位。为 0 禁止比较器，为 1 使能比较器。
- ◆ 第 5 位 (COE) 该位为 0 则比较器作为运算放大器使用。
- ◆ 第 4~2 位 (IMS2~IMS0) ADC 结构定义位，如表 3 所示。
- ◆ 第 1、0 位 (CKR1、CKR0) 转换时间选择位：
00=Fosc/4, 01=Fosc/16, 10=Fosc/32, 11=内部 RC 振荡器

III. GCON/IOC90

如图 11 所示，运放 OP1、OP2 位于模拟输入引脚 AD1、AD5 和 8 选 1 模拟开关之间。GCON 寄存器控制增益。表 9 给出了增益和输入电压范围。

表 9 ADC 增益及工作电压范围

| G10~G12/G40~G42 | 增益 | 工作电压范围 |
|-----------------|----|----------------------|
| 000 | 1 | VDS~(Vref-VDS) |
| 001 | 2 | 1/2[VDS~(Vref-VDS)] |
| 010 | 4 | 1/4[VDS~(Vref-VDS)] |
| 011 | 8 | 1/8[VDS~(Vref-VDS)] |
| 100 | 16 | 1/16[VDS~(Vref-VDS)] |
| 101 | 32 | 1/32[VDS~(Vref-VDS)] |

2) ADC 数据寄存器 (ADDATA/RA)

AD 转换结束则结果送入 ADDATA/RA。

3) AD 采样时间

逐次逼近式 AD 转换的准确性、线性、速度跟 ADC 和比较器特性有关。源电阻和内部采样电阻直接影响采样保持电容充电所需时间。应用程序控制采样时间长短以满足特定精度需要。总的来说，对于每 $K\omega$ 源电阻，程序应等待 $1\mu s$ 。对于低阻源应至少等待 $1\mu s$ 。模拟通道选定后，在转换开始前，所需等待时间应先满足。

4) AD 转换时间

CKR0、CKR1 选择转换时间 (T_{ct})。这允许主控制器以最高频率运行但不影响 AD 转换精度。对于 EM78P458，每位转换时间为 $2\mu s$ 。表 10 给出了 T_{ct} 与最高工作频率的关系。

表 10 最大工作频率

| CKR0—CKR1 | 工作模式 | 最高工作频率 |
|-----------|--------------|--------|
| 00 | $F_{osc}/4$ | 1 MHz |
| 01 | $F_{osc}/16$ | 4 MHz |
| 10 | $F_{osc}/64$ | 16 MHz |
| 11 | 内部 RC | 1MHz |

5) 休眠模式时的 AD 转换

为了降低功耗，AD 转换可以在休眠模式下进行，但必须选择内部 RC 振荡时钟。当执行 SLEEP 指令时，主控制器停止工作，*但 ADC 继续工作。转换结束后，结果送入 ADDATA 寄存器，ADRUN 位清 0。若 ADC 中断使能，系统将被唤醒。否则，AD 转换器将关闭，不论 ADPD 位为什么。

6) 编程事项

I. 编程步骤

遵循以下步骤完成 AD 转换:

- 对 AD-CMP-CON 操作以定义模拟输入引脚和数字 I/O 引脚、参考电压、转换时钟。
- 对 ADCON 操作以选择 AD 输入通道，置 ADPD 位 1 开始采样。
- 对 GCON 操作以选择合适的增益。
- 根据需要开中断或关中断。
- ADRUN 置 1 启动 AD 转换。
- 等待转换结束。
- 从 ADDATA 中读出转换结果。
- 清除中断标志位 ADIF。

注意：为了获得准确的结果，在转换过程中需要避免在 I/O 端口上传输数据。

II. 程序示例

; 定义通用寄存器

```
R_0    ==    0           ; 间址寄存器
PSW    ==    3           ; 状态寄存器
PORT5==    5
PORT6==    6
R_F    ==    0XF        ; 中断状态寄存器
```

; 定义控制寄存器

```
IOC50 ==    0X5        ; PORT5 控制寄存器
IOC60 ==    0X6        ; PORT6 控制寄存器
C_INT ==    0XF        ; 中断控制寄存器
```

; ADC 控制寄存器

```
ADDATA ==    0XA        ; ADC 结果
```

```

ADCONR == 0X9 ; ADCON 寄存器
ADCONC == 0XA ; AD-CMPCON 寄存器
GCON == 0X9 ; GCON 寄存器

; 位定义
ADRUN == 0X4 ; 启动位
ADPD == 0X3 ; ADC 功耗模式位

ORG 0 ; 初始地址
JMP INITIAL
ORG 0X08 ; 中断向量

(用户程序)
CLR R_F ; ADCIF 清 0
BS ADCONR, ADRUN ; 开始下一转换
RETI

INITIAL: MOV A, @0bxxxx1xxx ; 使能 ADC 中断
IOW C_INT
MOV A, @0Xxx ; 禁止中断
CONTW
MOV A, @0B00000000 ; 参考电压 Vdd,
IOW ADCONC ; P60 为模拟输入, 选择时钟
EN_ADC: MOV A, @0BXXXXXXXX1 ; P60 为输入
IOW PORT6
MOV A, @0B01000111 ; OP1 使能, 增益
IOW GCON ; 为 32
BS ADCONR, ADPD ; 禁止 ADC 低功耗模式
ENI ; 使能中断
BS ADCONR, ADRUN ; 启动 ADC

POLLING: JBC ADCONR, ADRUN ; 检测 ADRUN
JMP POLLING

(用户程序)

```

6.8 双脉宽调制器

1) 概述

在脉宽调制方式, PWM1、PWM2 两引脚产生 10 位精度的脉宽调制输出。功能框图如图 12。PWM 输出有一个周期和占空比。波特率为周期的倒数。图 13 描绘了周期与占空比的关系。

2) 增量定时器/计数器 (TMRX: TMR1H/TMR1L 或 TMR2H/TMR2L)

TMRX 为 10 位时钟计数器, 预分频系数可编程。它们是作为 PWM 模式的波特率发生器。TMRX 可读写, 复位时清 0。将 T1EN (PWMCON[4])、T2EN (PWMCON[5]) 清 0 可把 TMRX 关闭以降低功耗。

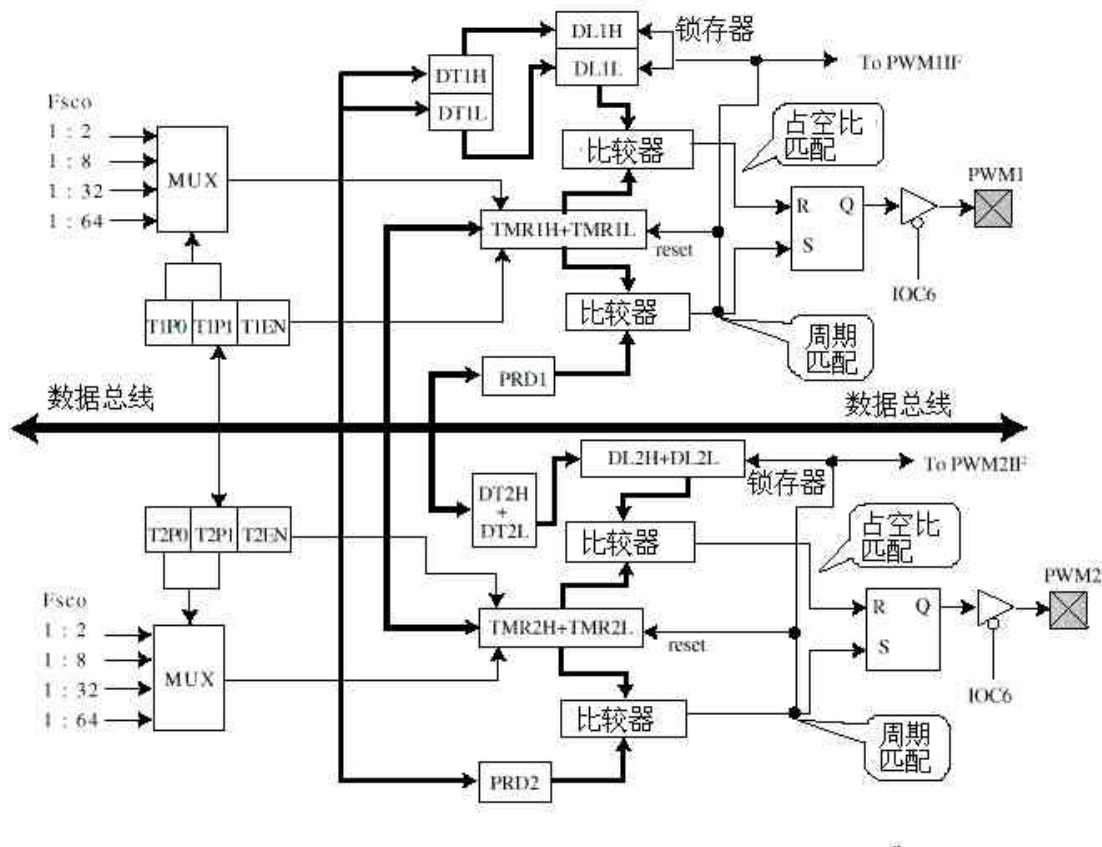


图12 双PWM功能框图

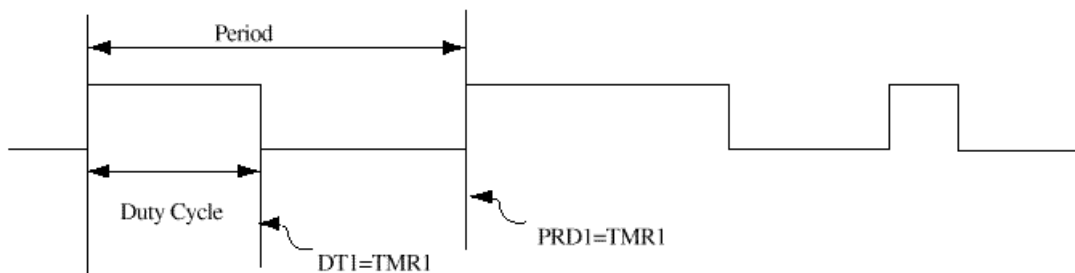


图13 PWM输出时序

3) PWM周期 (PRDX: PRD1 或 PRD2)

写 PRDX 寄存器可确定 PWM 周期。当 TMRX 等于 PRDX 时，下一增量周期将有如下事件发生：

- ◆ TMRX 清 0
- ◆ PWMX 引脚输出为 1 (若占空比为 0 则输出为 0)
- ◆ PWM 占空比由 DTL1/DTL2 锁存至 DT1/DT2
- ◆ PWMXIF 置 1

计算 PWM 周期的公式为：

$$\text{周期} = (\text{PRDX} + 1) * 4 * (1/\text{Fosc}) * (\text{TMRX 预分频系数})$$

4) PWM 占空比 (DTX: DT1H/DT1L 和 DT2H/DT2L; DLX: DL1H/DL1L 和

DL2H/DL2L)

写 DTX 寄存器以确定占空比。TMRX 清 0 时，占空比由 DTX 载入 DLX 锁存。当 DLX 等于 TMRX，PWMX 引脚清 0。DTX 寄存器的值可随时写入，但只有在 DLX 值等于 TMRX 之后才可锁存进 DLX。计算占空比的公式为：

$$\text{占空比} = (\text{DTX}) * (1/\text{Fosc}) * (\text{TMRX 预分频系数})$$

5) 比较器

匹配发生时，改变输出状态，同时 TMRXIF 标志置 1。

6) PWM 编程步骤

- I. 将 PWM 周期装入 PRDX
- II. 将 PWM 占空比装入 DTX
- III. 如果需要，使能中断
- IV. 设置 PWMX 引脚为输出
- V. 写 IOC51，选择预分频系数，使能 PWMX 和 TMRX

6.9 定时器

1) 概述

定时器 1 (TMR1) 和定时器 2 (TMR2) 为 10 位时钟计数器，预分频系数可分别编程。它们是设计给 PWM 模式做波特率发生器的。TMRX 可读写，复位时清 0。

2) 功能描述

图 14 为功能框图。各信号和方框描述如下：

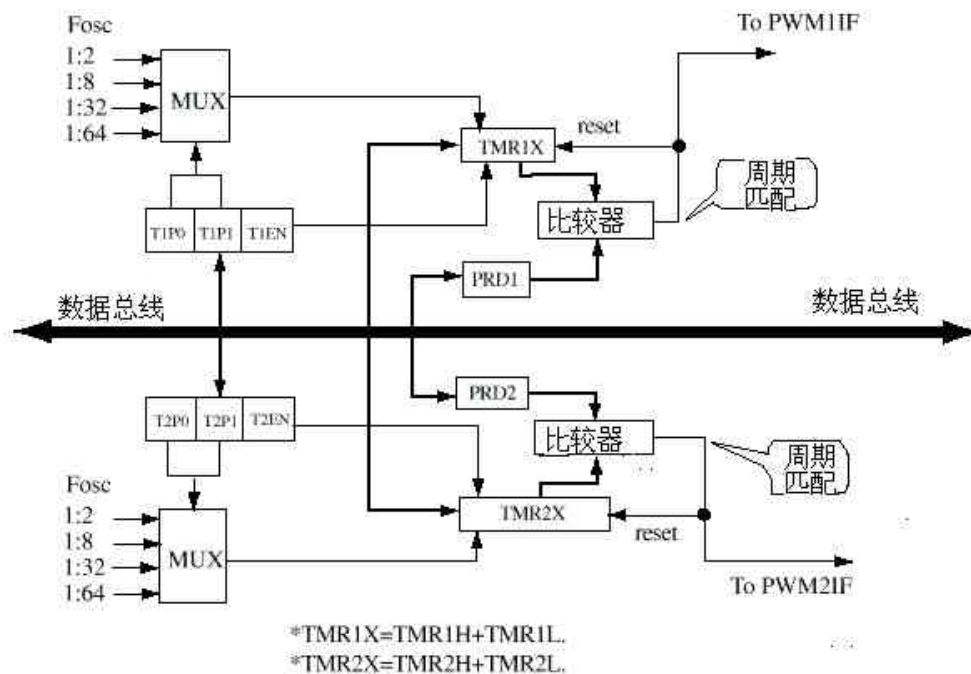


图14 定时器框图

Fosc: 输入时钟

预分频器 (T1P0 和 T1P1/T2P0 和 T2P1): 系数由 CLKX 确定。写 TMRX、PWMCON 或复位时

清 0。

TMR1X 和 TMR2X (TMR1H/TMR1L, TMR2H/TMR2L): 定时器寄存器。TMRX 自动加 1, 直至等于 PRDX 后回 0。TMRX 不可读。

PRDX (PRD1, PRD2) PWM 周期寄存器。

比较器 X (比较器 1 和比较器 2): 匹配发生后复位 TMRX, 同时 TMRXIF 标志置 1。

3) 相关寄存器编程

相关寄存器操作如表 11 所示。必须注意的是, 如果 TMRX 被使用, 对应的 PWMX 要禁止。即 PWMCON 的 6、7 位应清 0。

表 11 TMR1、TMR2 相关控制寄存器

| 地址 | 名称 | 第 7 位 | 第 6 位 | 第 5 位 | 第 4 位 | 第 3 位 | 第 2 位 | 第 1 位 | 第 0 位 |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IOC51 | PWMCON | PWM2E | PWM1E | T2EN | T1EN | T2P1 | T2P0 | T1P1 | T1P0 |

4) 定时器编程步骤

I. 将定时器周期载入 PRDX

II. 若需要, 使能中断

III. 写 PWMCON 寄存器, 选择预分频系数, 使能 TMRX, 禁止 PWMX。

6.10 比较器

EM78P458/EM78P459 有一个比较器, 它有 2 个模拟输入, 1 个输出。比较器可用于唤醒睡眠状态中的单片机。图 15 为比较器的电路图。



图 15 比较器工作模式

1) 外部参考信号

Cin+与 Cin-的模拟信号相比较, 数字输出信号相应变化。

- ◆ 参考信号应在 Vss 和 Vdd 之间。
- ◆ 参考电压可加在比较器任一引脚上。
- ◆ 极值检测应用可为同一个参考。
- ◆ 相同或不同参考, 比较器均可工作。

2) 比较器输出

- ◆ 比较结果存在 R3 的 CMPOUT 重。
- ◆ 比较器输出可由 P57 输出, 这由 AD-CMPCON 的 COE 位置 1 实现。
- ◆ P57 若为比较器输出, 必须设置为输出状态。

图 16 为比较器输出框图。

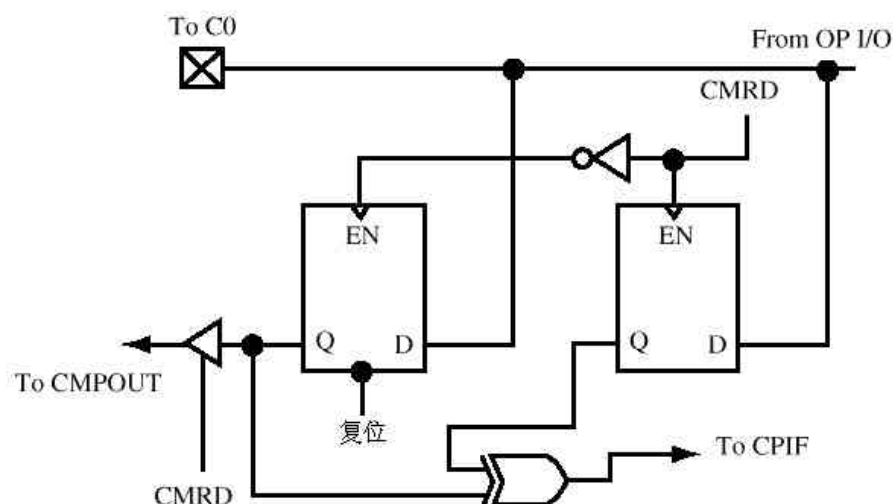


图16 比较器的输出结构

3) 作为运算放大器使用

如果在输入与输出之间外接一个反馈电阻则可做运算放大器使用。在这种情况下，为了降低功耗，CE置1、COE清0可禁止施密特触发。

4) 中断

- ◆ INTE、CMPIE 必须使能。
- ◆ 任何时候的比较器输出变化均将引起中断。
- ◆ 引脚的具体变化可由读 R3 的 CMPOUT 位确定。
- ◆ CMPIF，比较器中断标志，只可由软件清 0。
- ◆ 比较器输入的差别将继续置 CMPIF 为 1。

5) 由休眠模式唤醒

- ◆ 如果被使能，即使在休眠模式，比较器和中断功能继续有效。
- ◆ 如果失去匹配，中断将单片机从休眠模式唤醒。
- ◆ 如有需要，功耗问题应考虑在内。
- ◆ 如果休眠模式时不需要该项功能，应在进入休眠模式前关闭比较器。

6.11 复位后的初始值

表 12 寄存器初值概要

| Address | Name | Reset Type | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|---------|--------------------------|--------------------------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|
| N/A | IOC50 | Bit Name | C57 | C56 | C55 | C54 | C53 | C52 | C51 | C50 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC60 | Bit Name | C67 | C66 | C65 | C64 | C63 | C62 | C61 | C60 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCB0 | Bit Name | /PD7 | /PD6 | */PD5 | */PD4 | /PD3 | /PD2 | /PD1 | /PD0 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCC0 | Bit Name | OD7 | OD6 | OD5 | OD4 | OD3 | OD2 | OD1 | OD0 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCD0 | Bit Name | /PH7 | /PH6 | /PH5 | /PH4 | /PH3 | /PH2 | /PH1 | /PH0 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCE0 | Bit Name | WDTE | EIS | X | X | X | X | X | X |
| | | Power-on | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| N/A | IOCF0 | Bit Name | X | CMPE | PMW21E | PWM11E | ADIE | EXIE | ICIE | TCIE |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC90 (GCON) | Bit Name | OP2E | OP1E | G42 | G41 | G40 | G12 | G11 | G10 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCA0 (AD-CMP CON) | Bit Name | VREFS | CE | COE | IMS2 | IMS1 | IMS0 | CKR1 | CKR0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC51 (PWMCON) | Bit Name | PWM2E | PWM2E | T2EN | T1EN | T2P1 | T2P0 | T1P1 | T1P0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC61 (DT1L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |
| N/A | IOC71 (DT1H) | Bit Name | CAL11 | SIGN1 | VOF1[2] | VOF1[1] | VOF1[0] | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC81 (PRD1) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOC91 (DT2L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCA1 (DT2H) | Bit Name | CAL12 | SIGN2 | VOF2[2] | VOF2[1] | VOF2[0] | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCB1 (PRD2) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |



| Address | Name | Reset Type | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|----------|-----------------|--------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N/A | IOCC1 (DL1L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| N/A | IOCD1 (DL1H) | Bit Name | X | X | X | X | X | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | P |
| N/A | IOCE1 (DL2L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |
| N/A | IOCF1 (DL2H) | Bit Name | X | X | X | X | X | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | p |
| N/A | CONT | Bit Name | /INTE | /INT | TS | TE | PAB | PSR2 | PSR1 | PSR0 |
| | | Power-on | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |
| 0x00 | R0(IAR) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | U | U | U | U | U | U | U | U |
| | | /RESET and WDT | P | P | P | P | P | P | P | P |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0x01 | R1(TCC) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |
| 0x02 | R2(PC) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | Jump to address 0x08 or continue to execute next instruction | | | | | | | |
| 0x03 | R3(SR) | Bit Name | GP2 | GP1 | GP0 | T | P | Z | DC | C |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | U | U | U |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | t | t | P | P | P |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | t | t | P | P | P |
| 0x04 | R4(RSR) | Bit Name | BS7 | BS6 | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | U | U | U | U | U | U |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | P | P | P | P | P | P |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0x05 | P5 | Bit Name | P57 | P56 | P55 | P54 | P53 | P52 | P51 | P50 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0x06 | P6 | Bit Name | P67 | P66 | P65 | P64 | P63 | P62 | P61 | P60 |
| | | Power-on | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | /RESET and WDT | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0x07~0x8 | R7~R8 | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | U | U | U | U | U | U | U | U |
| | | /RESET and WDT | P | P | P | P | P | P | P | P |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0x9 | R9 (ADCON) | Bit Name | X | X | IOCS | ADRUN | ADPD | ADAS2 | ADAS1 | ADAS0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0xA | RA (ADDATA) | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0xB | RB (TMR1L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0xC | RC (TMR1H) | Bit Name | X | X | X | X | X | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | p |

| Address | Name | Reset Type | Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|-----------|---------------|--------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0xD | RD (TMR2L) | Bit Name | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | P | P | P | P | P | P | P | P |
| 0xE | RE (TMR2H) | Bit Name | X | X | X | X | X | X | Bit1 | Bit0 |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | p | p |
| 0xF | RF (ISR) | Bit Name | X | CMPIF | PWM2IF | PWM1IF | ADIF | EXIF | ICIF | TCIF |
| | | Power-on | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | /RESET and WDT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Wake-up from Pin Changed | 0 | p | p | p | p | p | p | p |
| 0x10~0x3F | R10~R3F | Bit Name | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Power-on | U | U | U | U | U | U | U | U |
| | | /RESET and WDT | p | p | p | p | p | p | p | p |
| | | Wake-up from Pin Changed | p | p | p | p | p | p | p | p |

X : not used.

U: unknown or don't care.

P : previous value before reset.

6.12 振荡器

1) 振荡器模式

EM78P458/EM78P459 可工作在 4 种振荡器模式：内部 RC 振荡器模式（IRC），外部 RC 振荡器模式（ERC），高频晶振模式（HXT），低频晶振模式（LXT）。用户可通过对代码寄存器编程来选择。

2) 晶体振荡器/陶瓷谐振器（XTAL）

EM78P458/EM78P459 可被 OSCI 引脚上的外部时钟驱动，如图 17 所示。

在大多数应用中，引脚 OSC0 和 OSCI 上可接晶体或陶瓷谐振器来产生振荡。图 18 为电路。

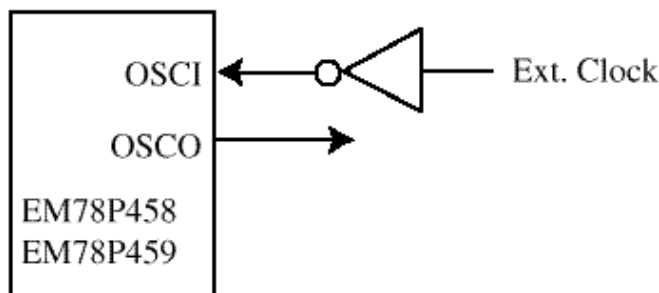


图 17 外时钟输入电路

不论是 HXT 还是 LXT 模式都适用。表 17 为 C1、C2 的推荐值。由于各个谐振器特性不同，用户应参照其规格选择 C1、C2 的合适值。串联电阻 RS 对于低频模式和 AT strip cut 晶体是需要的。

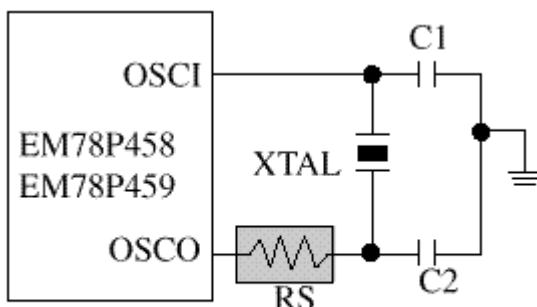


图 18 晶体/谐振器电路

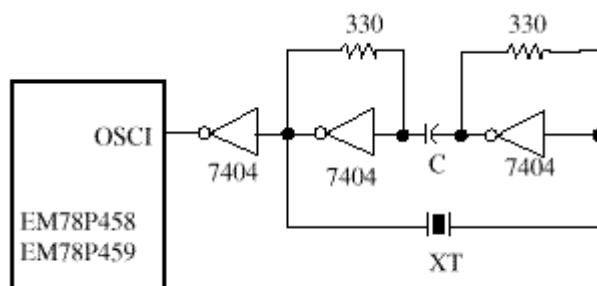


图 19 晶体/谐振器电路（串联模式）

表 13 晶体振荡器和陶瓷谐振腔电容选择指导

| 振荡器模式 | 频率模式 | 频率 | C1 (PF) | C2 (PF) |
|-------|------|-------------|---------|---------|
| 陶瓷谐振腔 | HXT | 455KHz | 100~150 | 100~150 |
| | | 2. 0MHz | 20~40 | 20~40 |
| | | 4. 0 MHz | 10~30 | 10~30 |
| 晶体振荡器 | LXT | 32. 768 KHz | 25 | 15 |
| | | 100 KHz | 25 | 25 |
| | | 200 KHz | 25 | 25 |
| | HXT | 455 KHz | 20~40 | 20~150 |
| | | 1. 0 MHz | 15~30 | 15~30 |
| | | 2. 0 MHz | 15 | 15 |
| | | 4. 0 MHz | 15 | 15 |

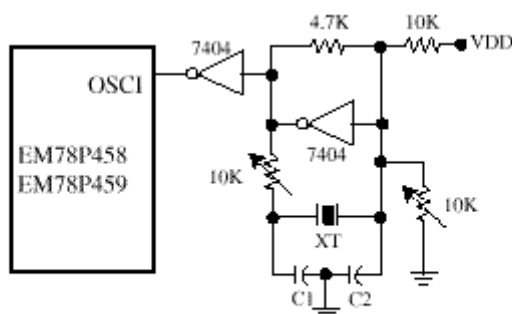


图 20 晶体/谐振腔电路（并联模式）

3) 外部 RC 振荡器模式

在一些不需要精确计时的应用中，使用 RC 振荡器可以节省部分费用。如图 21 所示。尽管如此，还是应该注意到，RC 振荡器的频率与电压、电阻值、电容值、甚至工作温度均有关。并且各芯片之间由于过程差别，频率也略有不同。

为了获得稳定的系统频率，电容值不能小于 20pF，电容值不能大于 1MΩ。如果它们不在该范围之内，频率将很容易受噪声、湿度、漏电的影响。

RC 振荡器的电阻 R 越小频率越高。另一方面，对于很小的电阻值，如 1KΩ，由于 NMOS 不能正确将电容放电，振荡器将变得不稳定。

基于上述原因，必须牢记电源电压、工作温度、RC 振荡器部件、封装形式及 PCB 布线方式均会影响系统频率。

表 14 RC 振荡器频率

| 电容 | 电阻 | 典型频率 (5V, 25℃) | 典型频率 (3V, 25℃) |
|--------|-------|----------------|----------------|
| 20PF | 3. 3K | 1. 13MHz | 974 KHz |
| | 5. 1K | 2. 22 MHz | 1. 83 MHz |
| | 10K | 1. 28 MHz | 1. 14 MHz |
| | 100K | 150KHz | 143 KHz |
| 100 PF | 3. 3K | 1. 13 MHz | 974 KHz |
| | 5. 1K | 758 KHz | 675 KHz |
| | 10K | 409 KHz | 376 KHz |
| | 100K | 51 KHz | 43. 7 MHz |
| 300 PF | 3. 3K | 472 KHz | 420 KHz |
| | 5. 1K | 310 KHz | 283 KHz |
| | 10K | 165 KHz | 153 KHz |
| | 100K | 17. 5KHz | 17. 0KHz |

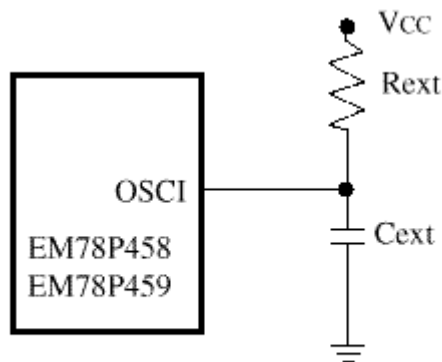


图 21 外部 RC 振荡器模式电路

6.13 关于上电的问题

在电源稳定之前，任何单片机均不能保证开始正常工作。

EM78P458/EM78P459 具有检测电压 1.4V~2.0V 的电压检测器 (POVD)。这就免去了外部复位电路。如果 Vdd 上升的足够快，它将正常工作。然而，在许多要求严格的应用中，还是需要附加的外部电路来帮助解决上电问题。

1) 外部上电复位电路

图 22 所示的电路使用了外部 RC 产生复位脉冲。脉冲宽度应足够长，直至 Vdd 达到最低工作电压。当电源上升慢时，可使用该电路。由于 /RESET 引脚的漏电流约为 $5\mu\text{A}$ ，建议 R 要大于 40K。这样，引脚 /reset 上电压将保持在 0.2V 以下。二极管 D 作用是在掉电时充当短路回路。电容 C 将快速充分放电。限流电阻 Rin 用来避免过大的放电电流或静电放电 ESD 流入引脚 /RESET。

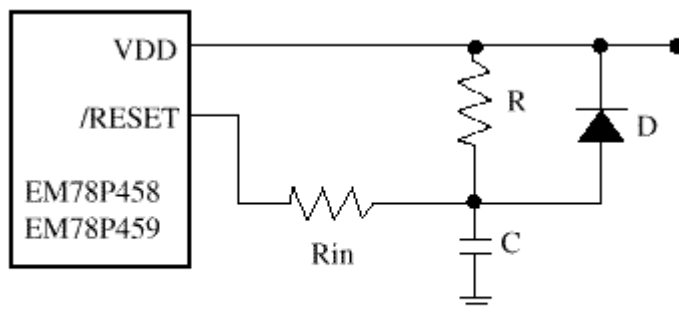


图 22 外部上电复位电路

2) 残存电压

有些应用中，如更换电池，Vdd 断开后几秒钟内便恢复。这将有一个小于 Vdd 最小值但不为 0 的残存电压。这样将引起不正常复位。图 23、24 为残存电压保护电路。

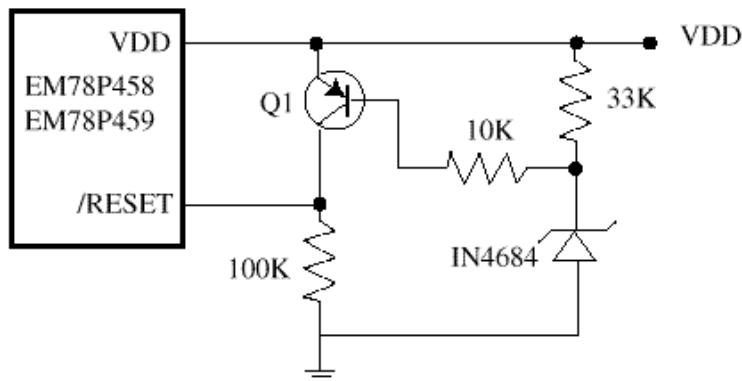


图 23 残余电压保护电路 1

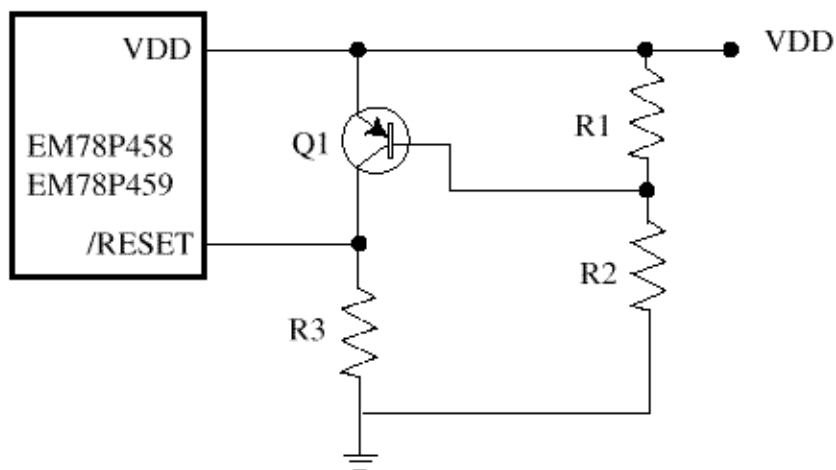


图 24 残余电压保护电路 2

6.14 指令系统 (请参阅指令系统章节——译者注)

附一、绝对最大范围 ($T_a=0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$, $V_{DD}=5.0\text{V}\pm 5\%$, $V_{SS}=0\text{V}$)

| Items | Sym. | Condition | Rating |
|------------------------|------------------|-----------|--|
| Temperature under bias | T_{OPR} | | 0°C to 70°C |
| Storage temperature | T_{STR} | | -65°C to 150°C |
| Input voltage | V_{IN} | | -0.3V to $+6.0\text{V}$ |
| Output voltage | V_{O} | | -0.3V to $+6.0\text{V}$ |

附二、电压检测器电气特性

| Parameter | Symbol | Condition | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------|------|------------------------|
| Detect voltage | Vdet | | 1.8 | 2.0 | 2.2 | V |
| Release voltage | Vrel | | | Vdet x 1.05 | | V |
| Current consumption | I _{ss} | $V_{DD} = 5\text{V}$ | | | 5 | μA |
| Operating voltage | Vop | | 0.7* | | 5.5 | V |
| Temperature characteristic of Vdet | $\Delta\text{Vdet}/\Delta\text{Ta}$ | $0^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 70^{\circ}\text{C}$ | | | -2 | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |

* When the voltage of V_{DD} rises between $V_{op}=0.7\text{V}$ and Vdet, the output of voltage detector must be "Low".

附三、直流电气特性

| Parameter | Sym. | Condition | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---|------------------|--|----------------------|------|----------------------|------|
| XTAL : VDD to 3V | F _{xt} | Two cycles with two clocks | DC | | 2.0 | MHz |
| XTAL : VDD to 5V | | | DC | | 4.0 | MHz |
| RC : VDD to 5V | F _{RC} | R : 5.0KΩ , C : 39pF | F _{RC} ±20% | 602 | F _{RC} ±20% | KHz |
| Input Leakage Current for input pins | I _{IL} | V _{IN} = V _{DD} , V _{SS} | | | ±1 | μA |
| Input High Voltage | V _{IH} | Port 5,6 | 1.8 | | | V |
| Input Low Voltage | V _{IL} | Port 5,6 | | | 0.8 | V |
| Input High Threshold Voltage | V _{IHT} | /RESET, TCC | 2.0 | | | V |
| Input Low Threshold Voltage | V _{ILT} | /RESET, TCC | | | 0.8 | V |
| Clock Input High Voltage | V _{IHX} | OSCI | 2.5 | | | V |
| Clock Input Low Voltage | V _{ILX} | OSCI | | | 1.0 | V |
| Output High Voltage (Port 5,6) | V _{OHI} | I _{OH} = -12.0mA | 2.4 | | | V |
| Output Low Voltage (P50~P53, P60~P63, P66~P67) | V _{OLI} | I _{OL} = 12.0mA | | | 0.4 | V |
| Output Low Voltage (P64,P65) | V _{OL2} | I _{OL} = 16.0mA | | | 0.4 | V |
| Pull-high current | I _{PH} | Pull-high active, input pin at V _{SS} | -50 | -100 | -240 | μA |
| Pull-down current | I _{PD} | Pull-down active, input pin at V _{DD} | 25 | 50 | 120 | μA |
| Power-down current | I _{SB} | All input and I/O pins at V _{DD} , output pin floating, WDT enabled | | | 4 | μA |
| Power-down current | I _{SB} | All input and I/O pins at V _{DD} , output pin floating, WDT disabled | | | 0.2 | μA |
| Operating supply current (V _{DD} =3V) at two cycles/two clocks | I _{CC1} | /RESET='High', Fosc=32KHz(Crystal type, CLKS="0"), output pin floating, WDT disabled | 15 | 15 | 30 | μA |
| Operating supply current (V _{DD} =3V) at two cycles/two clocks | I _{CC2} | /RESET='High', Fosc=32KHz(Crystal type, CLKS="0"), output pin floating, WDT enabled | | 19 | 35 | μA |
| Operating supply current (VDD=5V) at two cycles/two clocks | I _{CC3} | /RESET='High', Fosc=2MHz (Crystal type, CLKS="0"), output pin floating | | | 1.3 | mA |
| Operating supply current (VDD=5V) at two cycles/two clocks | I _{CC4} | /RESET='High', Fosc=4MHz (Crystal type, CLKS="0"), output pin floating | | | 4.0 | mA |

 四、交流电气特性 (Ta=0°C ~ 70°C, V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V)

| Parameter | Symbol | Condition | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------------------------------|--------|------------|--------------|------|------|------|
| Input CLK duty cycle | Dclk | | 45 | 50 | 55 | % |
| Instruction cycle time (CLKS="0") | Tins | XTAL Type | 125 | | DC | ns |
| | | RC Type | 500 | | DC | ns |
| TCC input period | Ttcc | | (Tins+20)/N* | | | ns |
| Device reset hold time | Tdrh | Ta = 25°C | 9 | 18 | 30 | ms |
| /RESET pulse width | Trst | Ta = 25°C | 2000 | | | ns |
| Watchdog Timer period | Twdt | Ta = 25°C | 9 | 18 | 30 | ms |
| Input pin setup time | Tset | | | 0 | | ns |
| Input pin hold time | Thold | | | 20 | | ns |
| Output pin delay time | Tdelay | Cload=20pF | | 50 | | ns |

Note : N*= selected prescaler ratio.