

SN8P2501B

用户参考手册

V1.0

SONiX 8-Bit MCU

SONiX 公司保留对以下所有产品在可靠性，功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。SONiX 不承担由本手册所涉及的产品或电路的运用和使用所引起的任何责任，SONiX 的产品不是专门设计来应用于外科植入、生命维持和任何 SONiX 产品的故障会对个体造成伤害甚至死亡的领域。如果将 SONiX 的产品应用于上述领域，即使这些是由 SONiX 在产品设计和制造上的疏忽引起的，用户应赔偿所有费用、损失、合理的人身伤害或死亡所直接或间接产生的律师费用，并且用户保证 SONiX 及其雇员、子公司、分支机构和销售商与上述事宜无关。

修正记录

版本	日期	内容
VER 1.0	2006 年 12 月	1. 初版。

目 录

修正记录.....	2
目 录.....	3
1 产品概述.....	5
1.1 特性.....	5
1.2 系统结构框图.....	6
1.3 引脚配置.....	7
1.4 引脚功能说明.....	8
1.5 引脚电路框图.....	9
2 中央处理器 (CPU).....	10
2.1 存储器.....	10
2.1.1 程序存储器 (ROM).....	10
2.1.1.1 复位向量 (0000H)	11
2.1.1.2 中断向量(0008H)	12
2.1.1.3 查表.....	13
2.1.1.4 跳转表.....	15
2.1.1.5 CHECKSUM 计算.....	17
2.1.2 编译选项列表.....	18
2.1.3 数据存储器(RAM).....	19
2.1.4 系统寄存器.....	20
2.1.4.1 系统寄存器表.....	20
2.1.4.2 系统寄存器说明.....	20
2.1.4.3 系统寄存器位定义.....	21
2.1.4.4 累加器.....	22
2.1.4.5 程序状态寄存器 PFLAG.....	23
2.1.4.6 程序计数器.....	24
2.1.4.7 Y, Z 寄存器.....	26
2.1.4.8 R 寄存器.....	26
2.2 寻址模式.....	27
2.2.1 立即寻址.....	27
2.2.2 直接寻址.....	27
2.2.3 间接寻址.....	27
2.3 堆栈.....	28
2.3.1 概述.....	28
2.3.2 堆栈寄存器.....	29
2.3.3 堆栈操作举例.....	30
3 复位.....	31
3.1 概述.....	31
3.2 上电复位.....	32
3.3 看门狗复位.....	32
3.4 掉电复位.....	33
3.4.1 概述.....	33
3.4.2 系统工作电压.....	33
3.4.3 掉电复位性能改进.....	34
3.5 外部复位.....	36
3.6 外部复位电路.....	37
3.6.1 RC 复位电路.....	37
3.6.2 二极管&RC 复位电路.....	37
3.6.3 齐纳二极管复位电路.....	38
3.6.4 电压偏置复位电路.....	38
3.6.5 外部 IC 复位.....	39
4 系统时钟.....	40
4.1 概述.....	40
4.2 时钟框图.....	40
4.3 OSCM 寄存器.....	41
4.4 系统高速时钟.....	42
4.4.1 内部高速 RC 振荡器.....	42
4.4.2 外部高速时钟.....	43
4.4.2.1 石英/陶瓷振荡器.....	43
4.4.2.2 RC 振荡器.....	44
4.4.2.3 外部时钟源.....	44

4.5	系统低速时钟	45
4.5.1	系统时钟测试	45
5	系统工作模式	46
5.1	概述	46
5.2	模式切换举例	47
5.3	唤醒时间	48
5.3.1	概述	48
5.3.2	唤醒时间	48
5.3.3	P1W 唤醒控制寄存器	48
6	中断	49
6.1	概述	49
6.2	中断请求使能寄存器 INTEN	49
6.3	中断请求寄存器 INTRQ	50
6.4	GIE 全局中断	50
6.5	PUSH, POP 处理	51
6.6	INT0(P0.0)中断	52
6.7	T0 中断	53
6.8	TC0 中断	54
6.9	多中断操作举例	55
7	定时器	56
7.1	看门狗定时器	56
7.2	定时器 T0	57
7.2.1	概述	57
7.2.2	模式寄存器 T0M	58
7.2.3	计数寄存器 T0C	59
7.2.4	T0 操作时序	60
7.3	定时/计数器 TC0	61
7.3.1	概述	61
7.3.2	模式寄存器 TC0M	62
7.3.3	计数寄存器 TC0C	63
7.3.4	自动重载寄存器 TC0R	64
7.3.5	TC0 时钟频率输出(蜂鸣器输出)	65
7.3.6	TC0 操作举例	66
7.4	PWM0	67
7.4.1	概述	67
7.4.2	TC0IRQ 和 PWM 输出占空比	68
7.4.3	PWM 输出占空比与 TC0R 的变化	69
7.4.4	PWM 编程举例	70
8	I/O 端口	71
8.1	I/O 端口模式	71
8.2	I/O 口上拉电阻	72
8.3	I/O 漏极开路寄存器	73
8.4	I/O 口数据寄存器	74
9	指令表	75
10	电气特性	75
11	OTP 烧录引脚	77
11.1	转接板插座对应的引脚分布图	77
11.2	烧录引脚分布图	78
12	SN8P2501A 升级为 SN8P2501B 注意事项	79
13	封装信息	81
13.1	P-DIP 14 PIN	81
13.2	SOP 14 PIN	82
13.3	SSOP 16 PIN	83

1 产品概述

1.1 特性

◆ 存储器

OTP ROM: 1K * 16 bits

RAM: 48 * 8 bits

四层堆栈缓存器

◆ I/O 端口

输入输出端口: P0, P1, P2, P5

输入端: P1.1

可编程漏极开路: P1.0

唤醒功能: P0, P1 电平变缓触发

带上拉电阻: P0, P1, P2, P5

外部中断信号触发沿: 寄存器 PEDGE 控制的 P0.0 ◆ 双时钟系统

◆ 3-Level LVD

复位及电源监控系统

◆ 强大的指令系统

单时钟指令周期 (1T)

大部分指令仅需一个周期

JMP 指令可以在整个 ROM 区执行

CALL 指令可寻址全部 ROM 区

查表功能 (MOVC)可用于全部 ROM 区

◆ 三个中断源

两个内部中断源: T0, TC0

一个外部中断源: INT0

◆ 两个 8-bit 定时/计数器

T0: 0.5sec RTC 基本定时器

TC0: 自动重新加载定时器/计数器/蜂鸣器输出

◆ 内置看门狗定时器和内部时钟源

低速 RC (16KHz @3V, 32KHz @5V).

◆ 双时钟系统

外部高速时钟: RC 模式高达 10MHz

外部高速时钟: 晶振模式高达 16MHz

内部高速时钟: 16MHz RC

内部低速时钟: 16KHz(3V), 32KHz(5V) RC

◆ 工作模式

普通模式: 高、低速时钟同时工作

低速模式: 低速时钟有效

睡眠模式: 高、低速时钟都停止工作

绿色模式: 由 T0 周期性的唤醒

◆ 封装

PDIP 14 pins

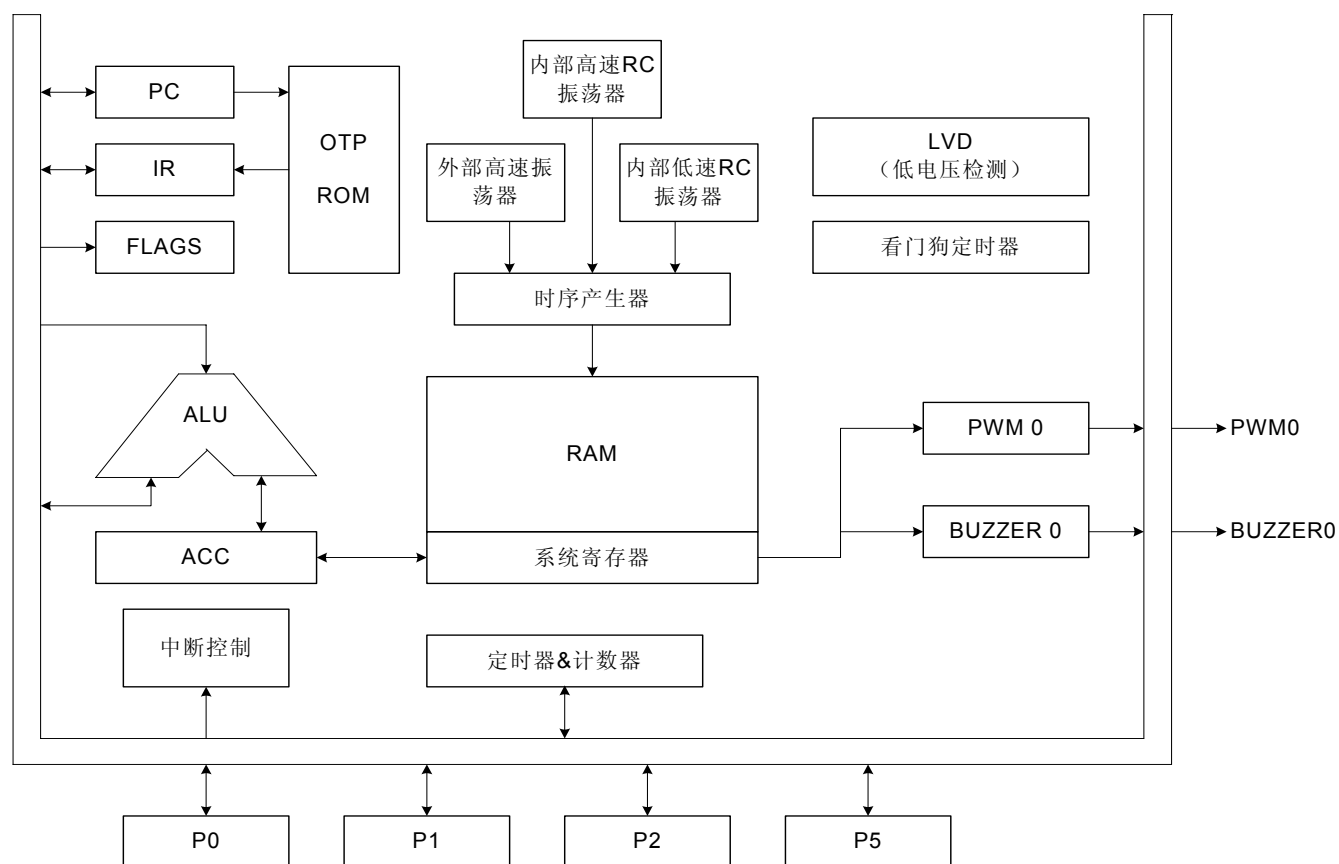
SOP 14 pins

SSOP 16 pins

特性选择列表

芯片	ROM (word)	RAM (Byte)	堆 栈	定时器		LVD 层数	IHRC	I/O	绿色 模式	低速 模式	PWM 蜂鸣器	唤醒功能的 引脚个数	封装
				T0	TC0								
SN8P2501A	1K	48	4	V	V	1	V	12	V	V	V	5	DIP14/SOP14/SSOP16
SN8P2501B	1K	48	4	V	V	3	V	12	V	V	V	5	DIP14/SOP14/SSOP16

1.2 系统结构框图



1.3 引脚配置

SN8P2501BP (P-DIP 14 pins)

SN8P2501BS (SOP 14 pins)

SN8P2501BX (SSOP 16 pins)

P2.2	1	U	14	P2.3
P2.1	2		13	P2.4
P2.0	3		12	P2.5
VDD	4		11	VSS
P1.3/XIN	5		10	P0.0/INT0
P1.2/XOUT	6		9	P1.0
P1.1/RST/VPP	7		8	P5.4/BZ0/PWM0
SN8P2501BP				
SN8P2501BS				

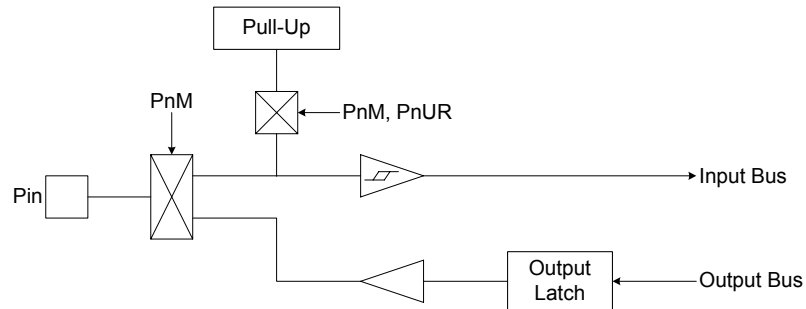
P2.2	1	U	16	P2.3
P2.1	2		15	P2.4
P2.0	3		14	P2.5
VDD	4		13	VSS
VDD	5		12	VSS
P1.3/XIN	6		11	P0.0/INT0
P1.2/XOUT	7		10	P1.0
P1.1/RST/VPP	8		9	P5.4/BZ0/PWM0
SN8P2501BX				

1.4 引脚功能说明

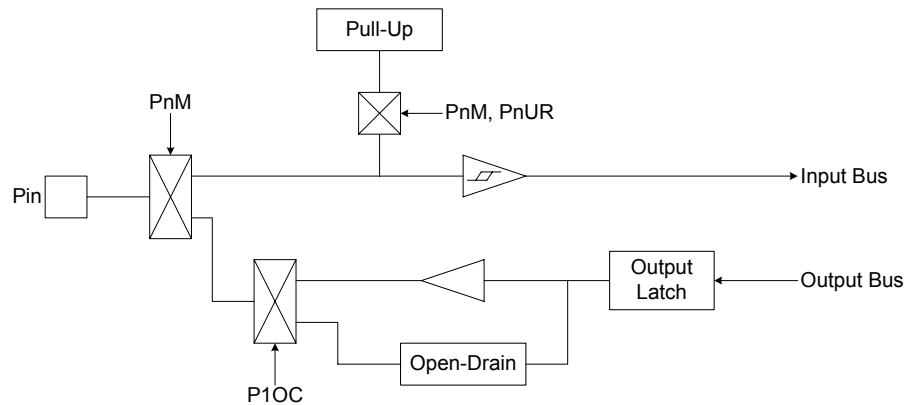
引脚	类型	说明
VDD, VSS	P	数字电路电源输入端
P1.1/RST/VPP	I, P	P1.1: 禁止外部复位的情况下仅作输入引脚 (施密特触发器) P1.1 无内置上拉电阻; 具有唤醒功能; RST: 系统复位输入引脚, 施密特触发器结构, 低电平触发, 一般处于高电平状态 VPP: OTP 烧录引脚
P1.3/XIN	I/O	P1.3 输入/输出引脚, 输入时为施密特触发器结构; 内置上拉电阻; 具有唤醒功能; XIN: 外部振荡器 (晶振或 RC) 有效时作为振荡器输入引脚
P1.2/XOUT	I/O	P1.2 输入/输出引脚, 输入引脚为施密特触发器结构 内置上拉电阻; 唤醒功能; XOUT: 外部晶振模式时作为振荡器输出引脚
P0.0/INT0	I/O	P0.0 输入/输出引脚, 输入引脚为施密特触发器结构; 内置上拉电阻; 具有唤醒功能; INT0 触发引脚 (施密特触发器); TC0 事件计数器时钟输入引脚;
P1.0	I/O	PP1.0 输入/输出引脚, 漏极开路输入引脚为施密特触发器结构; 内置上拉电阻;
P2 [5:0]	I/O	输入/输出引脚, 输入引脚为施密特触发器结构; 内置上拉电阻;
P5.4/BZ0.PWM0	I/O	P5.4 输入/输出引脚, 输入引脚为施密特触发器结构; 内置上拉电阻; TC0 2 分频输出引脚, PWM 和蜂鸣器引脚;

1.5 引脚电路框图

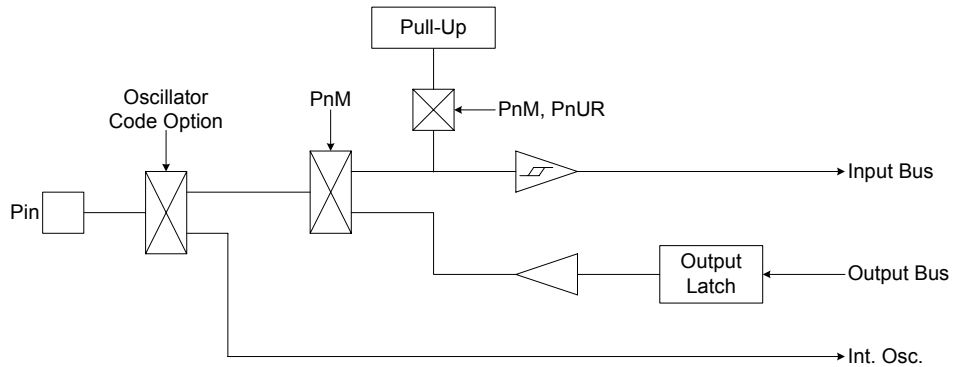
Port 0, 2, 5



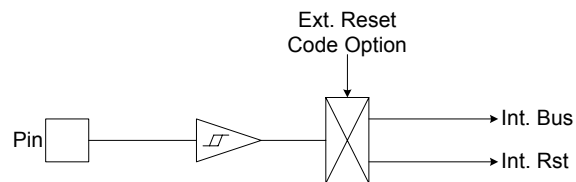
Port 1.0



Port 1.2, 1.3



Port 1.1



2 中央处理器 (CPU)

2.1 存储器

2.1.1 程序存储器 (ROM)

☞ 1 words ROM

ROM			
0000H	复位向量	用户复位向量 跳至用户程序初始端	
0001H	通用区域		
.			
0007H			
0008H		中断向量	用户中断向量
0009H		通用区域	用户程序
.			
.			
000FH			
0010H			
0011H			
.			
.			
.			
03FCH			用户程序结束
03FDH	系统保留		
03FEH			
03FFH			

2.1.1.1 复位向量（0000H）

一个字长的系统复位向量。

- ☞ 上电复位(NT0=1, NPD=0);
- ☞ 看门狗复位(NT0=0, NPD=0);
- ☞ 外部复位(NT0=1, NPD=1)。

系统执行完上电复位、外部复位或看门狗定时器溢出复位后，程序将从 0000H 处开始重新执行，系统寄存器也都将重置为默认值。根据 PFLAG 寄存器中的 NT0 和 NPD 标志位的内容可以判断系统复位状况。下面一段程序演示了如何定义 ROM 中的复位向量。

➤ 例：定义复位向量。

```
                ORG      0                ; 0000H
                JMP      START            ; 跳至用户程序
                ...

START:          ORG      10                ; 0010H, 用户程序首地址
                ...                      ; 用户程序
                ...

                ENDP                      ; 程序结束
```

2.1.1.2 中断向量(0008H)

长度为 1-word，用于执行中断请求。当系统响应某个中断请求时，程序计数器（PC）的当前值存入堆栈缓冲器后转至中断向量 0008H。用户可以自己定义中断向量，下面的程序说明了如何在程序中定义中断向量。

* 注：“PUSH”，“POP”指令用于存储和恢复 ACC/PFLAG，NT0、NTD 不受影响。PUSH/POP 缓存器是唯一的，且仅有一层。

➤ 例：定义中断向量，中断服务程序就在 ORG 8 之后。

```
.CODE
    ORG      0          ; 0000H
    JMP      START      ; 跳至用户程序
    ...
    ORG      8          ; 中断向量
    PUSH     ; 保存 ACC 和 PFLAG
    ...
    POP      ; 恢复 ACC 和 PFLAG
    RETI     ; 中断结束
    ...
START:
    ...          ; 用户程序开始
    ...
    JMP      START      ; 用户程序结束
    ...
    ENDP         ; 程序结束
```

➤ 例：定义中断向量，中断程序位于用户程序之后。

```
.CODE
    ORG      0          ; 0000H
    JMP      START      ; 跳至用户程序
    ...
    ORG      8          ; 中断向量
    JMP      MY_IRQ     ; 0008H, 跳至中断程序

    ORG      10H        ; 0010H, 用户程序开始
START:
    ...
    JMP      START      ; 用户程序结束
    ...

MY_IRQ:
    ...          ; 中断程序开始
    PUSH     ; 保存 ACC 和 PFLAG
    ...
    POP      ; 恢复 ACC 和 PFLAG
    RETI     ; 中断程序结束
    ...
    ENDP         ; 程序结束
```

* 注：从上面的程序中容易得出 SONiX 的编程规则，有以下几点：

1. 地址 0000H 的“JMP”指令使程序从头开始执行；
2. 地址 0008H 是中断向量；
3. 用户的程序应该是一个循环。

2.1.1.3 查表

对 ROM 数据进行查找，寄存器 Y 指向查找数据地址的高字节 (bit8~bit15)，寄存器 Z 指向地址的低字节 (bit0~bit7)。执行完 MOVC 指令后，数据低字节内容被存入 ACC 中，而数据高字节内容被存入 R 寄存器。

➤ 例：查找 ROM 地址为“TABLE1”的值。

```

B0MOV    Y, #TABLE1$M    ; 设置 TABLE1 地址高字节
B0MOV    Z, #TABLE1$L    ; 设置 TABLE1 地址低字节
MOVC     ; 查表, R = 00H, ACC = 35H

                                ; 查找下一地址
INCMS    Z
JMP      @F                ; Z 没有溢出
INCMS    Y                ; Z 溢出(FFH → 00), → Y=Y+1
NOP      ;
;
;
@@:      MOVC              ; 查表, R = 51H, ACC = 05H.
;
;
TABLE1:  DW      0035H    ; 定义数据表 (16 bits) 数据
          DW      5105H
          DW      2012H
          ...

```

* 注：当寄存器 Z 溢出（从 0xFF 变为 0x00）时，寄存器 Y 并不会自动加 1。因此，Z 溢出时，Y 必须由程序加 1，下面的宏指令 INC_YZ 能够对 Y 和 Z 寄存器自动处理。

➤ 例：宏 INC_YZ

```

INC_YZ    MACRO
          INCMS    Z
          JMP      @F                ; 没有溢出

          INCMS    Y
          NOP      ; 没有溢出

@@:
          ENDM

```

➤ 例：通过“INC_YZ”对上例进行优化

```

B0MOV    Y, #TABLE1$M    ; 设置 TABLE1 地址中间字节
B0MOV    Z, #TABLE1$L    ; 设置 TABLE1 地址低字节
MOVC     ; 查表, R = 00H, ACC = 35H

          INC_YZ          ; 查找下一地址数据
;
;
@@:      MOVC              ; 查表, R = 51H, ACC = 05H.
;
;
TABLE1:  DW      0035H    ; 定义数据表 (16 bits) 数据
          DW      5105H
          DW      2012H
          ...

```

下面的程序通过累加器对 Y,Z 寄存器进行处理来实现查表功能，但需要特别注意进位时的处理。

➤ 例：由指令 B0ADD/ADD 对 Y 和 Z 寄存器加 1。

```

      B0MOV    Y, #TABLE1$M    ; 设置 TABLE1 地址中间字节
      B0MOV    Z, #TABLE1$L    ; 设置 TABLE1 地址低字节

      B0MOV    A, BUF          ; Z = Z + BUF.
      B0ADD    Z, A

      B0BTS1   FC              ; 检查进位标志
      JMP      GETDATA         ; FC = 0
      INCMS    Y               ; FC = 1
      NOP

GETDATA:
      MOV      ;
      MOV      ; 存储数据，如果 BUF = 0，数据为 0x0035
      MOV      ; 如果 BUF = 1，数据=0x5105
      MOV      ; 如果 BUF = 2，数据=0x2012
      ...

TABLE1:  DW      0035H          ; 定义数据表 (16 bits) 数据
          DW      5105H
          DW      2012H
          ...
```

2.1.1.4 跳转表

跳转表能够实现多地址跳转功能。PCL 和 ACC 的值相加即可得到新的 PCL。如果 PCL+ACC 后发生溢出，PCH 则自动加 1。由此得到的新的 PC 值指向一系列跳至指令列表。如此可通过修改 ACC 的值轻松实现多地址的跳转。

* 注：PCH 只支持 PC 增量运算，而不支持 PC 减量运算。当 PCL+ACC 后如有进位，PCH 的值会自动加 1。PCL-ACC 后若有借位，PCH 的值将保持不变，用户在设计应用时要加以注意。

➤ 例：跳转表

```

ORG      0X0100      ; 跳转表从 ROM 前端开始

B0ADD    PCL, A       ; PCL = PCL + ACC, PCL 溢出时 PCH 加 1
JMP      A0POINT     ; ACC = 0, 跳至 A0POINT
JMP      A1POINT     ; ACC = 1, 跳至 A1POINT
JMP      A2POINT     ; ACC = 2, 跳至 A2POINT
JMP      A3POINT     ; ACC = 3, 跳至 A3POINT

```

SONiX 提供一个宏程序以保证可靠执行跳转表功能，它将检测 ROM 边界并自动将跳转表移至适当的位置。但采用该宏程序会占用部分 ROM 空间。

➤ 例：如果跳转表在 ROM 中跨段，则程序可能出错。

```

@JMP_A    MACRO      VAL
            IF        (($+1) !& 0XFF00) != (($+(VAL)) !& 0XFF00)
            JMP       ($ | 0XFF)
            ORG       ($ | 0XFF)
            ENDIF
            ADD        PCL, A
            ENDM

```

* 注：“VAL”为跳转表列表中列表个数。

➤ 例：宏 “MACRO3.H” 中，“@JMP_A” 的应用。

```

B0MOV     A, BUF0     ; “BUF0”从 0 至 4.
@JMP_A    5           ; 列表个数为 5
JMP       A0POINT     ; ACC = 0, 跳至 A0POINT
JMP       A1POINT     ; ACC = 1, 跳至 A1POINT
JMP       A2POINT     ; ACC = 2, 跳至 A2POINT
JMP       A3POINT     ; ACC = 3, 跳至 A3POINT
JMP       A4POINT     ; ACC = 4, 跳至 A4POINT

```

如果跳转表恰好位于 ROM BANK 边界处 (0x00FF~0x0100)，宏“@JMP_A”将调整跳转表到适当的位置 (0x0100)。

➤ 例：“@JMP_A” 运用举例

; 编译前

ROM 地址

	B0MOV	A, BUF0	; “BUF0” 从 0 到 4.
	@JMP_A	5	; 列表个数为 5
0X00FD	JMP	A0POINT	; ACC = 0, 跳至 A0POINT
0X00FE	JMP	A1POINT	; ACC = 1, 跳至 A1POINT
0X00FF	JMP	A2POINT	; ACC = 2, 跳至 A2POINT
0X0100	JMP	A3POINT	; ACC = 3, 跳至 A3POINT
0X0101	JMP	A4POINT	; ACC = 4, 跳至 A4POINT

; 编译后

ROM 地址

	B0MOV	A, BUF0	; “BUF0” 从 0 到 4.
	@JMP_A	5	; 列表个数为 5
0X0100	JMP	A0POINT	; ACC = 0, 跳至 A0POINT
0X0101	JMP	A1POINT	; ACC = 1, 跳至 A1POINT
0X0102	JMP	A2POINT	; ACC = 2, 跳至 A2POINT
0X0103	JMP	A3POINT	; ACC = 3, 跳至 A3POINT
0X0104	JMP	A4POINT	; ACC = 4, 跳至 A4POINT

2.1.1.5 CHECKSUM 计算

ROM 的末端位置的几个 word 限制使用，进行 Checksum 计算时，用户应避免对该单元访问。

➤ 例：示例程序演示了如何对 00H 到用户程序结束进行 Checksum 计算。

```

MOV      A,#END_USER_CODE$L
B0MOV    END_ADDR1, A      ; low end address 地址存入 end_addr1
MOV      A,#END_USER_CODE$M
B0MOV    END_ADDR2, A      ; middle end address 存入 end_addr2
CLR      Y                  ; Y 清零
CLR      Z                  ; Z 清零

@@:
MOV      A,FC               ; 标志位 C 清零
B0BCLR   FC
ADD      DATA1, A
MOV      A, R
ADC      DATA2, A
JMP      END_CHECK         ; 检验 YZ 地址= 代码结束地址?

AAA:
INCMS    Z                  ; Z=Z+1
JMP      @B                 ; 如果 Z != 00H, 进行下一个计算
JMP      Y_ADD_1           ; 如果 Z = 00H, Y 加 1

END_CHECK:
MOV      A, END_ADDR1
CMPSR    A, Z               ; 检验 Z 地址= 代码结束地址?
JMP      AAA               ; 否, 则进行 checksum 计算
MOV      A, END_ADDR2
CMPSR    A, Y               ; 是, 则检测是否 Y = middle end address
JMP      AAA               ; 不等则跳至 checksum 计算
JMP      CHECKSUM_END       ; 相等, 则 checksum 计算已结束

Y_ADD_1:
INCMS    Y
NOP
JMP      @B                 ; 转至 checksum 计算

CHECKSUM_END:
...
...

END_USER_CODE:
```

2.1.2 编译选项列表

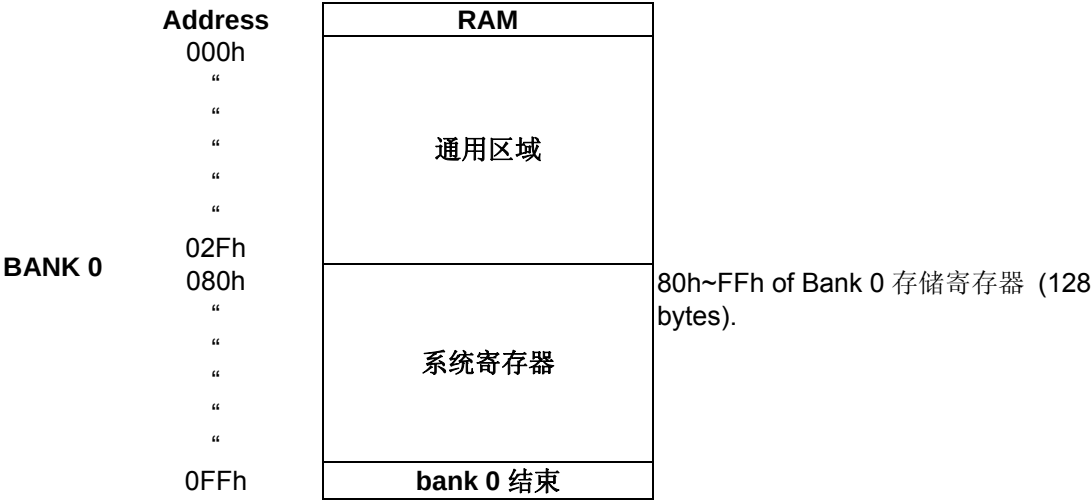
编译选项	内容	功能说明
Noise_Filter	Enable	开启杂讯滤波功能, $F_{cpu} = F_{osc}/4 \sim F_{osc}/16$ 。
	Disable	关闭杂讯滤波功能, $F_{cpu} = F_{osc}/1 \sim F_{osc}/16$ 。
Fcpu	Fosc/1	指令周期 = 时钟周期, 必须关闭杂讯滤波功能。
	Fosc/2	指令周期 = 2 个时钟周期, 必须关闭杂讯滤波功能。
	Fosc/4	指令周期 = 4 个时钟周期
	Fosc/8	指令周期 = 8 个时钟周期
	Fosc/16	指令周期 = 16 个时钟周期
High_Clk	IHRC_16M	内部高速 16MHz RC, XIN/XOUT 作为 P1.3/P1.2 输入输出引脚
	IHRC_RTC	内部高速 16MHz RC, 0.5sec RTC, XIN/XOUT 为 P1.3/P1.2 输入输出引脚
	RC	廉价 RC 振荡电路提供内部高速时钟, XOUT 为 P1.2 输入输出引脚
	32K X'tal	低频, 省电石英振荡器(如 32.768KHz) 作为外部高速时钟源
	12M X'tal	高速石英/陶瓷振荡器 (10MHz~12MHz) 作为外部高速时钟源。
Watch_Dog	4M X'tal	标准石英/陶瓷振荡器 (1MHz~10Mhz) 作为外部高速时钟源。
	Always_On	看门狗定时器通常处于有效状态, 即使在睡眠或绿色模式中。
	Enable	看门狗定时器有效, 在睡眠和绿色模式时关闭。
Reset_Pin	Disable	关闭看门狗。
	Reset	外部复位引脚有效。
Low Power	P11	使能 P1.1 输入引脚, 无上拉电阻。
	Enable	开启省电功能以减小工作电流。
LVD	Disable	一般情况
	LVD_L	VDD 低于 2.0V 时, LVD 复位系统
	LVD_M	VDD 低于 2.0V 时, LVD 复位系统 LVD 的 24-bit PFLAG 寄存器作为 2.4V 低电压监测器
Security	LVD_H	VDD 低于 2.4V 时, LVD 复位系统 LVD 的 36-bit PFLAG 寄存器作为 3.6V 低电压监测器
	Enable	允许 ROM 代码加密。
Security	Disable	禁止 ROM 代码加密。

* 注:

1. 在干扰严重的情况下, 建议开启杂讯滤波功能, 此时 $F_{cpu} = F_{osc}/4 \sim F_{osc}/128$, 并将 Watch_Dog 设置为 "Always_On";
2. 如果用户定义看门狗为 "Always_On", 编译器将自动开启看门狗定时器;
3. 编译选项 Fcpu 仅针对外部振荡信号, 在进入内部低速模式时, $F_{cpu} = F_{ILRC}/4$ 。

2.1.3 数据存储器(RAM)

☞ 48 X 8-bit RAM



2.1.4 系统寄存器

2.1.4.1 系统寄存器表

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
8	-	-	R	Z	Y	-	PFLAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	P0M	-	-	-	-	-	-	PEDGE
C	P1W	P1M	P2M	-	-	P5M	-	-	INTRQ	INTEN	OSCM	-	WDTR	TC0R	PCL	PCH
D	P0	P1	P2	-	-	P5	-	-	T0M	T0C	TC0M	TC0C	-	-	-	STKP
E	P0UR	P1UR	-	-	-	P5UR	-	@YZ	-	P1OC	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-	STK3L	STK3H	STK2L	STK2H	STK1L	STK1H	STK0L	STK0H

2.1.4.2 系统寄存器说明

PFLAG = ROM 页及特殊标志寄存器

P1W = P1 唤醒寄存器

PEDGE = P0.0 触发方向寄存器

PnM = Pn 输入/输出模式寄存器

P1OC = P1 漏极开路控制寄存器

INTRQ = 中断请求寄存器

OSCM = 振荡器模式寄存器

T0M = T0 模式寄存器

TC0M = TC0 模式寄存器

TC0R = TC0 自动重装数据寄存器

STKP = 堆栈指针寄存器

R = 工作寄存器, ROM 查表数据寄存器

Y, Z = 工作寄存器, @YZ 和 ROM 寻址寄存器

@YZ = RAM YZ 间接寻址指针

Pn = Pn 数据寄存器

PnUR = Pn 上拉电阻控制寄存器

INTEN = 中断使能寄存器

PCH, PCL = 程序计数器

T0C = T0 计数寄存器

TC0C = TC0 计数寄存器

WDTR = 看门狗定时器清零寄存器

STK0~STK3 = 堆栈寄存器

2.1.4.3 系统寄存器位定义

地址	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	R/W	备注
082H	RBIT7	RBIT6	RBIT5	RBIT4	RBIT3	RBIT2	RBIT1	RBIT0	R/W	R
083H	ZBIT7	ZBIT6	ZBIT5	ZBIT4	ZBIT3	ZBIT2	ZBIT1	ZBIT0	R/W	Z
084H	YBIT7	YBIT6	YBIT5	YBIT4	YBIT3	YBIT2	YBIT1	YBIT0	R/W	Y
086H	NT0	NPD	LVD36	LVD24	-	C	DC	Z	R/W	PFLAG
0B8H	-	-	-	-	-	-	-	P00M	R/W	P0M
0BFH	-	-	-	P00G1	P00G0	-	-	-	R/W	PEDGE
0C0H	-	-	-	-	P13W	P12W	P11W	P10W	W	P1W 唤醒寄存器
0C1H	-	-	-	P14M	P13M	P12M	-	P10M	R/W	P1M I/O
0C2H	-	-	P25M	P24M	P23M	P22M	P21M	P20M	R/W	P2M I/O
0C5H	-	-	-	P54M	-	-	-	-	R/W	P5M I/O
0C8H	-	-	TC0IRQ	T0IRQ	-	-	-	P00IRQ	R/W	INTRQ
0C9H	-	-	TC0IEN	T0IEN	-	-	-	P00IEN	R/W	INTEN
0CAH	-	-	-	CPUM1	CPUM0	CLKMD	STPHX	-	R/W	OSCM
0CCH	WDTR7	WDTR6	WDTR5	WDTR4	WDTR3	WDTR2	WDTR1	WDTR0	W	WDTR
0CDH	TC0R7	TC0R6	TC0R5	TC0R4	TC0R3	TC0R2	TC0R1	TC0R0	W	TC0R
0CEH	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0	R/W	PCL
0CFH	-	-	-	-	-	-	PC9	PC8	R/W	PCH
0D0H	-	-	-	-	-	-	-	P00	R/W	P0 数据缓存器
0D1H	-	-	-	-	P13	P12	P11	P10	R/W	P1 数据缓存器
0D2H	-	-	P25	P24	P23	P22	P21	P20	R/W	P2 数据缓存器
0D5H	-	-	-	P54	-	-	-	-	R/W	P5 数据缓存器
0D8H	T0ENB	T0rate2	T0rate1	T0rate0	-	-	-	T0TB	R/W	T0M
0D9H	T0C7	T0C6	T0C5	T0C4	T0C3	T0C2	T0C1	T0C0	R/W	T0C
0DAH	TC0ENB	TC0rate2	TC0rate1	TC0rate0	TC0CKS	ALOAD0	TC0OUT	PWM0OUT	R/W	TC0M
0DBH	TC0C7	TC0C6	TC0C5	TC0C4	TC0C3	TC0C2	TC0C1	TC0C0	R/W	TC0C
0DFH	GIE	-	-	-	-	-	STKPB1	STKPB0	R/W	STKP 堆栈指针
0E0H	-	-	-	-	-	-	-	P00R	W	P0 上拉电阻
0E1H	-	-	-	-	P13R	P12R	-	P10R	W	P1 上拉电阻
0E2H	-	-	P25R	P24R	P23R	P22R	P21R	P20R	W	P2 上拉电阻
0E5H	-	-	-	P54R	-	-	-	-	W	P5 上拉电阻
0E7H	@YZ7	@YZ6	@YZ5	@YZ4	@YZ3	@YZ2	@YZ1	@YZ0	R/W	@YZ
0E9H	-	-	-	-	-	-	-	P10OC	W	P10C 漏极开路
0F8H	S3PC7	S3PC6	S3PC5	S3PC4	S3PC3	S3PC2	S3PC1	S3PC0	R/W	STK3L
0F9H	-	-	-	-	-	-	S3PC9	S3PC8	R/W	STK3H
0FAH	S2PC7	S2PC6	S2PC5	S2PC4	S2PC3	S2PC2	S2PC1	S2PC0	R/W	STK2L
0FBH	-	-	-	-	-	-	S2PC9	S2PC8	R/W	STK2H
0FCH	S1PC7	S1PC6	S1PC5	S1PC4	S1PC3	S1PC2	S1PC1	S1PC0	R/W	STK1L
0FDH	-	-	-	-	-	-	S1PC9	S1PC8	R/W	STK1H
0FEH	S0PC7	S0PC6	S0PC5	S0PC4	S0PC3	S0PC2	S0PC1	S0PC0	R/W	STK0L
0FFH	-	-	-	-	-	-	S0PC9	S0PC8	R/W	STK0H

* 注:

1. 为了避免系统出错，寄存器各位的值应与上表所示一致；
2. 所有寄存器名都已在 SN8ASM 编译器中做了宣告；
3. SN8ASM 编译器中对寄存器位的引用必须以“F”开头；
4. 指令 “b0bset”, “b0bclr”, “bset”, “bclr”只能用于 “R/W”（可读写）的寄存器；
5. 详细的内容请参阅“系统寄存器参照列表”。

2.1.4.4 累加器

8-bit 数据寄存器 ACC 在 ALU 和数据存储器之间进行数据的传送和操作。如果操作结果为零 (Z) 或有进位产生 (C 或 DC)，标志寄存器 PFLAG 中相应位会发生变化。

ACC 并不在 RAM 中，因此在立即寻址模式中不能用“B0MOV”指令对其进行读写。

➤ 例：读/写 ACC

; 读取 ACC 中的数据并存入 BUF

```
MOV      BUF, A
```

; 数据写入 ACC

```
MOV      A, #0FH
```

; BUF 中的数据写入 ACC

```
MOV      A, BUF
```

```
B0MOV    A, BUF
```

系统执行中断操作时，ACC 和 PFLAG 中的数据不会自动存储，必须将中断入口处的 ACC 和 PFLAG 中的数据送入存储器进行保存。由程序通过“PUSH”和“POP”指令，对系统寄存器进行存储及恢复。

➤ 例：ACC 和工作寄存器中断保护操作。

INT_SERVICE:

```
PUSH                                ; PFLAG 和 ACC 数据送入缓冲器.
```

```
...
```

```
...
```

```
POP                                ; 恢复 ACC 和 PFLAG
```

```
RETI                               ; 退出中断
```

2.1.4.5 程序状态寄存器 PFLAG

寄存器 PFLAG 中包含 ALU 运算状态信息、系统复位状态信息和 LVD 检测信息，其中，位 NT0 和 NPD 显示系统复位状态信息，包括上电复位、LVD 复位、外部复位和看门狗复位；位 C、DC 和 Z 显示 ALU 的运算信息。位 LVD24 和 LVD36 显示了芯片供电电源状况。

086H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PFLAG	NT0	NPD	LVD36	LVD24	-	C	DC	Z
读/写	R/W	R/W	R	R	-	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	0	0	-	0	0	0

Bit [7:6] **NT0, NPD:** 复位状态标志

NT0	NPD	复位状态
0	0	看门狗复位
0	1	保留
1	0	LVD 复位
1	1	外部复位

Bit 5 **LVD36:** LVD 3.6V 工作标志，LVD 编译选项为 LVD_H 时有效。

0 = 无效($VDD > 3.6V$);

1 = 有效($VDD \leq 3.6V$)。

Bit 4 **LVD24:** LVD 2.4V 工作标志，仅支持 LVD 编译选项为 LVD_M。

0 = 无效($VDD > 2.4V$);

1 = 有效($VDD \leq 2.4V$)。

Bit 2 **C:** 进位标志。

1 = 加法运算后有进位、减法运算没有借位发生或移位后移出逻辑“1”或比较运算的结果 ≥ 0 ;

0 = 加法运算后没有进位、减法运算有借位发生或移位后移出逻辑“0”或比较运算的结果 < 0 。

Bit 1 **DC:** 辅助进位标志。

1 = 加法运算时低四位有进位，或减法运算后没有向高四位借位;

0 = 加法运算时低四位没有进位，或减法运算后有向高四位借位。

Bit 0 **Z:** 零标志。

1 = 算术/逻辑/分支运算的结果为零;

0 = 算术/逻辑/分支运算的结果非零。

* 注：关于标志位 C、DC 和 Z 的更多信息请参阅指令集相关内容。

2.1.4.6 程序计数器

10-bit 程序计数器 PC 分为 2-bit 高字节和 8-bit 低字节，用于定位程序执行的指令。程序运行过程中，每执行一条指令，程序计数器 PC 将自动加 1。

但是，如果程序执行 CALL 或 JMP 指令时，PC 则指向特定地址。

	Bit 15	Bit 14	Bit 13	Bit 12	Bit 11	Bit 10	Bit 9	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PC	-	-	-	-	-	-	PC9	PC8	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1	PC0
复位后	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PCH								PCL							

单地址跳转

共有 9 条单地址跳转指令：CMPRS, INCS, INCMS, DECS, DECMS, BTS0, BTS1, B0BTS0, B0BTS1，如果这些指令执行的结果为真，PC 值加 2 跳过待执行的下一条指令。

```

B0BTS1    FC          ; 如果 Carry_flag = 1 则跳过下一条指令
JMP       C0STEP      ; 否则跳至 C0STEP.

C0STEP:     ...
            NOP

            B0MOV       A, BUF0      ; BUF0 的值送入 ACC.
B0BTS0    FZ          ; 如果 Zero flag = 0, 跳过下一条指令
JMP       C1STEP      ; 否则转至 C1STEP.

C1STEP:     ...
            NOP

```

如果 ACC 的值与立即数或存储器的值相等，则 PC 值将加 2 以跳过下一条指令。

```

CMPRS     A, #12H      ; 如果 ACC = 12H, 跳过下一条指令
JMP       C0STEP      ; 否则转至 C0STEP.

C0STEP:     ...
            NOP

```

如果 PC 值加 1 时从 0xFF 溢出到 0x00，则 PC 值将加 2 以跳过下一条指令。

```

INCS 指令:
            INCS       BUF0
JMP       C0STEP      ;

C0STEP:     ...
            NOP

```

```

INCMS 指令:
            INCMS       BUF0
JMP       C0STEP

C0STEP:     ...
            NOP

```

如果 PC 值减 1 时从 0x00 溢出到 0xFF 则 PC 值将加 2 以跳过下一条指令。

```

DECS 指令:
            DECS       BUF0
JMP       C0STEP

C0STEP:     ...
            NOP

DECMS 指令:
            DECMS       BUF0
JMP       C0STEP

C0STEP:     ...
            NOP

```


多地址跳转

执行 JMP 或 ADD M,A (M=PCL) 指令可实现多地址跳转。PCL 溢出并向 PCH 产生进位时, 可采用指令“ADD M,A”, “ADC M,A”和 “B0ADD M,A”。对于跳转表及其它应用, 可采用以上三条指令计算 PC 值而不需要担心 PCL 溢出的问题。

* 注: PCH 仅支持 PC 的递增运算而不支持递减运算。当 PCL+ACC 执行完后有进位时, PCH 会自动加 1。若 PCL-ACC 执行完后有借位发生, 此时 PCH 的值保持不变。

➤ 例: 如果 PC = 0323H (PCH = 03H, PCL = 23H)。

; PC = 0323H

```
MOV    A, #28H
B0MOV  PCL, A      ; 跳转至 0328H
...
```

; PC = 0328H

```
MOV    A, #00H
B0MOV  PCL, A      ; 转至 0300H
...
```

➤ 例: 如果 PC = 0323H (PCH = 03H, PCL = 23H)。

; PC = 0323H

```
B0ADD  PCL, A      ; PCL = PCL + ACC, PCH 不变
JMP    A0POINT     ; ACC = 0, 跳转至 A0POINT
JMP    A1POINT     ; ACC = 1, 跳转至 A1POINT
JMP    A2POINT     ; ACC = 2, 跳转至 A2POINT
JMP    A3POINT     ; ACC = 3, 跳转至 A3POINT
...
```

2.1.4.7 Y, Z 寄存器

寄存器 Y 和 Z 都是 8 位缓存器，主要用途如下：

- 普通工作寄存器；
- RAM 数据寻址指针@YZ；
- 配合指令 MOVC 对 ROM 数据进行查表。

084H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Y	YBIT7	YBIT6	YBIT5	YBIT4	YBIT3	YBIT2	YBIT1	YBIT0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	-

083H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Z	ZBIT7	ZBIT6	ZBIT5	ZBIT4	ZBIT3	ZBIT2	ZBIT1	ZBIT0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	-

➤ 例：用 Y, Z 作为数据指针寻址 RAM 中 bank0 的 025H。

```

B0MOV    Y, #00H        ; Y 指向 RAM bank 0
B0MOV    Z, #25H        ; Z 指向 25H
B0MOV    A, @YZ         ; 数据送入 ACC

```

➤ 例：利用数据指针@YZ 对 RAM 数据清零。

```

B0MOV    Y, #0          ; Y = 0, bank 0
B0MOV    Z, #07FH       ; Z = 7FH, RAM 区的最后单元；

```

CLR_YZ_BUF:

```

CLR      @YZ            ; @YZ 清零

```

```

DECMS    Z              ;
JMP      CLR_YZ_BUF     ; 不为零

```

```

CLR      @YZ

```

END_CLR:

```

...

```

2.1.4.8 R 寄存器

8 位缓冲器 R 主要有以下两个功能：

- 作为工作寄存器使用；
- 存储查表函数的高字节数据。

(执行 MOVC 指令，指定 ROM 单元的高字节数据会被存入 R 寄存器而低字节数据则存入 ACC)

082H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
R	RBIT7	RBIT6	RBIT5	RBIT4	RBIT3	RBIT2	RBIT1	RBIT0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	-

2.2 寻址模式

2.2.1 立即寻址

立即寻址就是把一个立即数送入 ACC 或指定的 RAM 单元。

- 例：立即数 12H 送入 ACC。

```
MOV      A, #12H
```

- 例：立即数 12H 送入寄存器 R。

```
B0MOV    R, #12H
```

* 注：立即数寻址范围必须介于 RAM 的 0x80~0x87 单元 。

2.2.2 直接寻址

直接寻址即是实现 RAM 单元与 ACC 之间的数据传输。

- 例：RAM 0x12 中数据送入 ACC。

```
B0MOV    A, 12H
```

- 例：将 ACC 中数据送入 RAM 的 0x12 单元。

```
B0MOV    12H, A
```

2.2.3 间接寻址

间接寻址即是通过指针寄存器（Y/Z）访问 RAM 数据。

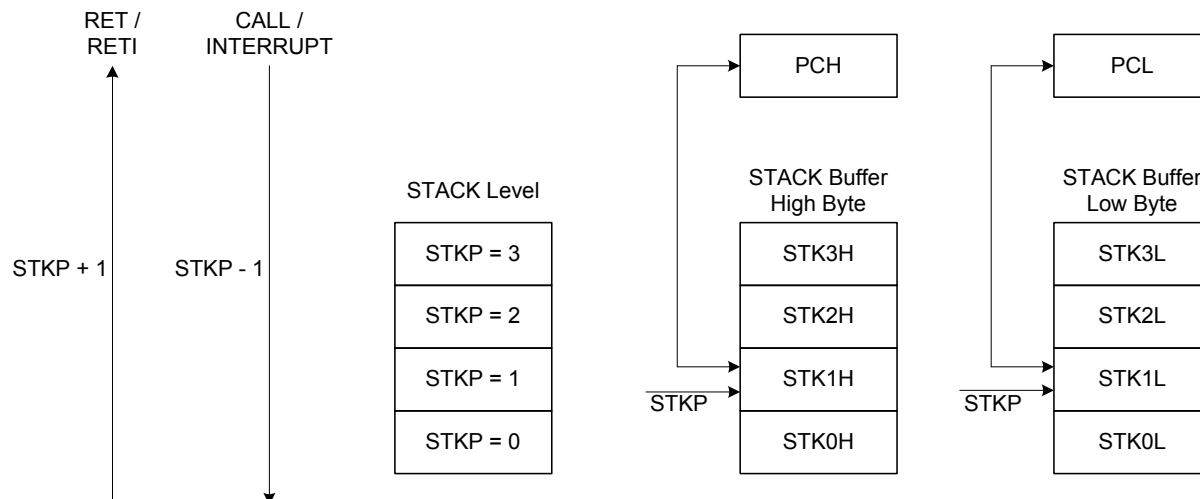
- 例：用 @YZ 实现间接寻址。

```
B0MOV    Y, #0           ; Y 清零以寻址 RAM bank 0.  
B0MOV    Z, #12H        ; 立即数 12H 送入 Z  
B0MOV    A, @YZ
```

2.3 堆栈

2.3.1 概述

堆栈缓存器共 4 层，当程序进入中断或执行 CALL 指令时，用于存放 PC 值。寄存器 STKP 指向堆栈的当前层，STKnH 和 STKnL 具体存放 PC 值。



2.3.2 堆栈寄存器

2-bit 堆栈指针 STKP 用于存放当前访问的堆栈缓存器的地址，9-bit 数据存储器 STKnH 和 STKnL 用于临时存放堆栈操作地址。

入栈操作时 STKP 的值减 1，相反，执行出栈操作时，STKP 的值则加 1。因此，STKP 总是指向堆栈最顶层的缓存器。程序进入中断或执行 CALL 指令之前，程序计数器 PC 的值被存入堆栈缓存器中。堆栈操作遵循 LIFO（后进先出）的规则，堆栈指针 STKP 和堆栈缓存器(STKnH 和 STKnL) 位于系统寄存器的 Bank 0。

0DFH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STKP	GIE	-	-	-	-	-	STKPB1	STKPB0
读/写	R/W	-	-	-	-	-	R/W	R/W
复位后	0	-	-	-	-	-	1	1

Bit[2:0] **STKPBn**: 堆栈指针 (n = 0 ~ 2)

Bit 7 **GIE**: 全局中断控制位。

0 = 禁止

1 = 允许（详见中断章节）。

➤ 例：系统复位时，堆栈指针寄存器内容为默认值，但强烈建议在程序初始部分另行程序设定，如下面所示：

```
MOV      A, #00000011B
B0MOV    STKP, A
```

0F0H~0F8H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STKnH	-	-	-	-	-	-	SnPC9	SnPC8
读/写	-	-	-	-	-	-	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	0	0

0F0H~0F8H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STKnL	SnPC7	SnPC6	SnPC5	SnPC4	SnPC3	SnPC2	SnPC1	SnPC0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

STKn = STKnH , STKnL (n = 3 ~ 0)

2.3.3 堆栈操作举例

执行程序调用指令 CALL 和响应中断复位时，堆栈指针 STKP 的值减 1，指针指向下一个堆栈缓存器。同时，对程序计数器 PC 的内容进行入栈保存。

堆栈层数	STKP		堆栈缓存器		备注
	STKPB1	STKPB0	高字节	低字节	
0	1	1	Free	Free	-
1	1	0	STK0H	STK0L	-
2	0	1	STK1H	STK1L	-
3	0	0	STK2H	STK2L	-
4	1	1	STK3H	STK3L	-
> 4	1	0	-	-	溢出出错

对应每个入栈操作，都有一个出栈操作来恢复程序计数器 PC 的值。RETI 指令用于中断服务程序中，RET 用于子程序调用。出栈时，STKP 加 1 并指向下一个空闲堆栈缓冲器。堆栈恢复操作如下表所示：

堆栈层数	STKP		堆栈缓存器		备注
	STKPB1	STKPB0	高字节	低字节	
4	1	1	STK3H	STK3L	-
3	0	0	STK2H	STK2L	-
2	0	1	STK1H	STK1L	-
1	1	0	STK0H	STK0L	-
0	1	1	—	—	-

3 复位

3.1 概述

在如下 4 种情况下系统会复位：

- 上电复位
- 看门狗复位
- 掉电复位
- 外部复位 (仅在外复位引脚处于使能状态)

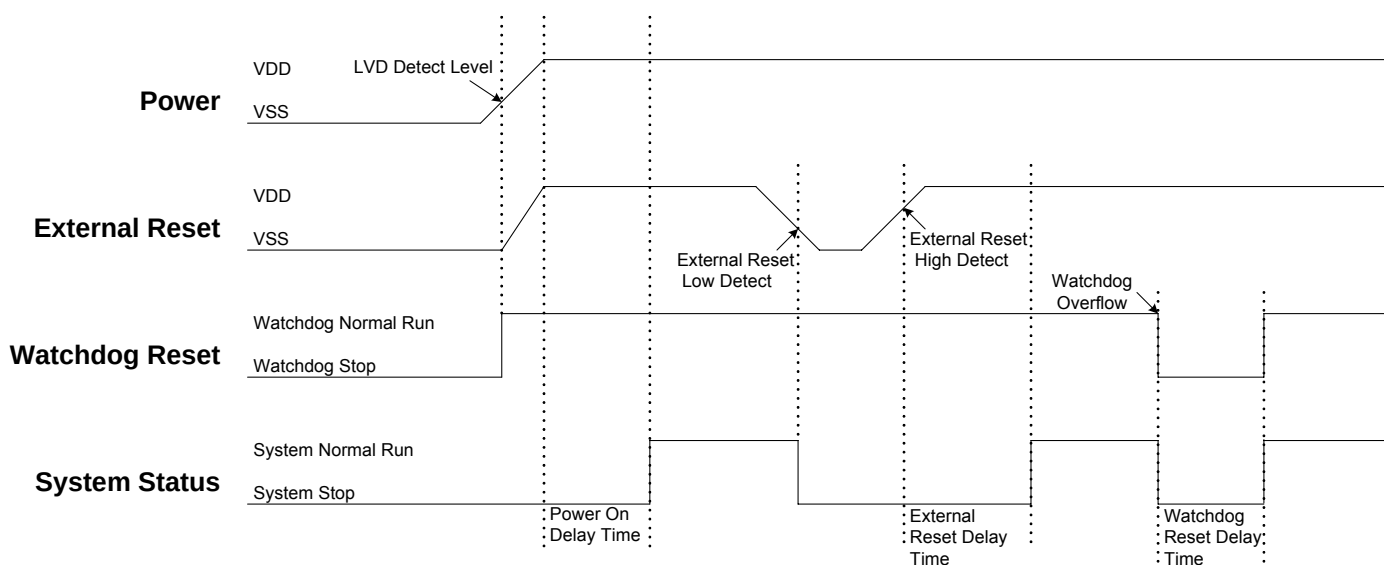
当上述任何一种复位发生时，所有的系统寄存器被初始化，程序停止运行同时计数器 PC 清零。复位结束后，系统重启，程序从 ORG 0 处开始执行。标志位 NT0 和 NPD 用于指示系统的复位状态，可对这两个寄存器编程控制系统复位方式。

086H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PFLAG	NT0	NPD	-	-	-	C	DC	Z
读/写	R/W	R/W	-	-	-	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	-	0	0	0

Bit [7:6] **NT0, NPD**：复位状态标志

NT0	NPD	复位情况	说明
0	0	看门狗复位	看门狗溢出
0	1	保留	-
1	0	上电及 LVD 复位	电源电压低于 LVD 检测值
1	1	外部复位	外部复位引脚检测到低电平

任何一种复位情况都需要一定的响应时间，系统提供完善的复位流程以保证复位动作的顺利进行。对于不同类型的振荡器，复位完成所需要的时间也不同。因此，VDD 的上升速度和不同晶振的起振时间都不固定。RC 振荡器的起振时间最短，晶体振荡器的起振时间则较长。在用户终端使用的过程中，应注意考虑主机对上电复位时间的要求。



3.2 上电复位

上电复位与 LVD 操作密切相关。系统上电的过程呈逐渐上升的曲线形式，需要一定时间才能达到正常电平值。下面给出上电复位的正常时序：

- **上电：**系统检测电压值，等待其稳定；
- **外部复位 (仅限于外部复位引脚使能状态)：**系统检测外部复位引脚状态。如果不为高电平，系统保持复位状态直到外部复位引脚释放。
- **系统初始化：**所有的系统寄存器被置为初始值；
- **振荡器开始工作：**振荡器开始提供系统时钟；
- **执行程序：**上电结束，程序开始运行。

3.3 看门狗复位

看门狗复位是系统的一种保护设置。在正常状态下，由程序将看门狗定时器清零。若出错，系统处于未知状态，看门狗定时器溢出，此时系统复位。看门狗复位后，系统重启进入正常状态。看门狗复位的时序如下：

- **看门狗定时器状态：**系统检测看门狗定时器是否溢出，若溢出，则系统复位；
- **系统初始化：**初始化所有的系统寄存器；
- **振荡器开始工作：**振荡器开始提供系统时钟；
- **执行程序：**上电结束，程序开始运行。

看门狗定时器应用注意事项：

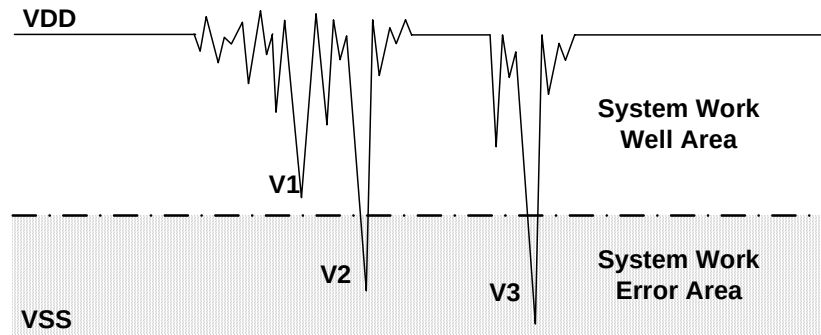
- 看门狗定时器清零之前，请检查 I/O 端口状态及 RAM 数据；
- 不能在中断向量和中断程序中将看门狗定时器清零，否则无法起到侦测程序跑飞的目的；
- 程序中应该只在主程序中有一个清看门狗的动作，这种架构能够最大限度的发挥看门狗的保护功能。

* 注：关于看门狗定时器的详细内容，请参阅“看门狗定时器”有关章节。

3.4 掉电复位

3.4.1 概述

掉电复位针对外部因素引起的系统电压跌落情形（例如，干扰或外部负载的变化），掉电复位可能会引起系统工作状态不正常或程序执行错误。



掉电复位示意图

电压跌落可能会进入系统死区。系统死区意味着电源不能满足系统的最小工作电压要求。上图是一个典型的掉电复位示意图。图中，VDD 受到严重的干扰，电压值降的非常低。虚线以上区域系统正常工作，在虚线以下的区域内，系统进入未知的工作状态，这个区域称作死区。当 VDD 跌至 V1 时，系统仍处于正常状态；当 VDD 跌至 V2 和 V3 时，系统进入死区，则容易导致出错。以下情况系统可能进入死区：

DC 应用中：

DC 应用中一般都采用电池供电，当电池电压过低或 MCU 驱动负载时，系统电压可能跌落并进入死区。这时，电源不会进一步下降到系统复位电压，因此系统维持在死区。

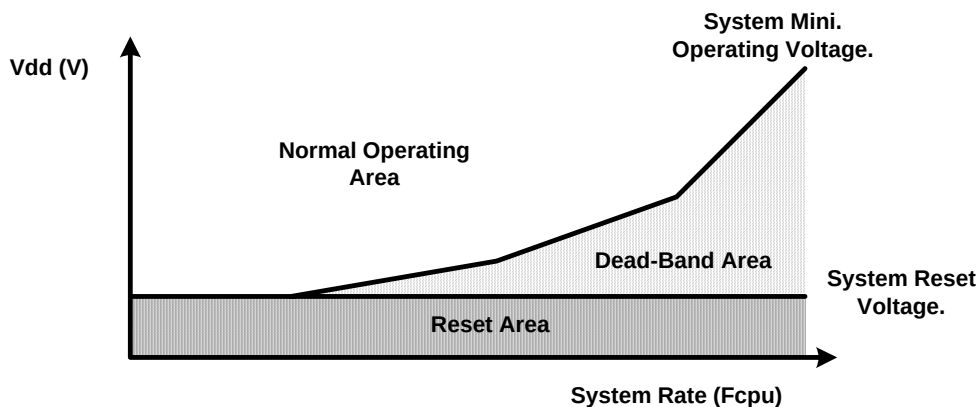
AC 应用中：

系统采用 AC 供电时，DC 电压值受 AC 电源中的噪声影响。当外部负载过高，如驱动马达时，负载动作产生的干扰也影响到 DC 电源。VDD 若由于受到干扰而跌落至最低工作电压以下时，则系统工作电压会失去稳定状态。

在 AC 应用中，系统上、下电时间都较长。其中，上电时序保护使得系统正常上电，但下电过程却和 DC 应用中情形类似，AC 电源关断后，VDD 电压在缓慢下降的过程中易进入死区。

3.4.2 系统工作电压

为了改善系统掉电复位的性能，首先必须明确系统具有的最低工作电压值。系统最低工作电压与系统执行速度有关，不同的执行速度下最低工作电压值亦不同。电气特性一章给出了系统工作电压与执行速度之间的关系。



系统工作电压与执行速度关系图

如上图所示，系统正常工作电压区域一般略高于系统复位电压，同时复位电压由 LVD 检测电平决定。当系统执行速度高于复位电压时，系统最低工作电压值将会升高。复位电压与最低工作电压之间的区域即是系统工作的死区。

3.4.3 掉电复位性能改进

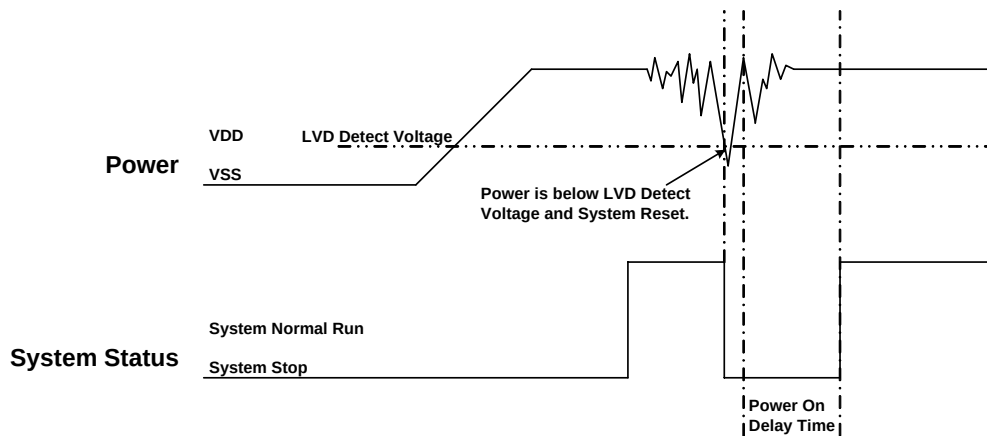
如何改善系统掉电复位性能，有以下几点建议：

- LVD 复位；
- 看门狗复位；
- 降低系统工作速度；
- 采用外部复位电路 (齐纳二极管复位电路，电压偏移复位电路，外部 IC 复位)。

* 注：

- a) “齐纳二极管复位电路”、“电压偏移复位电路”和“外部 IC 复位”能够完全避免掉电复位出错；
b) 对于 AC 供电的系统，可提高 EFT 性能，系统时钟采用 4MHz 和外部复位（齐纳二极管复位电路，电压偏移复位电路，外部 IC 复位）。电路结构的优化可降低噪声的影响并获得更好的 EFT 特性。

LVD 复位：



LVD(低电压检测)是 SONiX 8-bit MCU 的内置掉电复位保护装置，当 VDD 跌落并低于 LVD 检测电压值时，LVD 被触发，系统复位。不同的 MCU 有不同的 LVD 检测电平，LVD 检测电平值仅为一个点电压，并不能覆盖所有死区范围。因此采用 LVD 依赖于系统要求和环境状况。电源变化较大时，LVD 能够起到保护作用，如果电源变化触发 LVD 却使得系统工作出错，那么 LVD 就不能起到保护作用，就需要采用其它复位方法。电气特性一章中给出了更多关于 LVD 的详细内容。

LVD 设计为三层结构 (2.0V/2.4V/3.6V)，由 LVD 编译选项控制决定。对于上电复位和掉电复位，2.0V LVD 始终处于使能状态；2.4V LVD 具有 LVD 复位功能，并能显示 VDD 状态；3.6V LVD 具有标记功能，可显示 VDD 的工作状态。LVD 标志功能只是一个低电压检测装置，标志位 LVD24 和 LVD36 给出 VDD 的电压情况。对于低电压检测应用，只需查看 LVD24 和 LVD36 的状态即可检测电池状况。

086H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PFLAG	NT0	NPD	LVD36	LVD24	-	C	DC	Z
读/写	R/W	R/W	R	R	-	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	0	0	-	0	0	0

Bit 5 **LVD36:** LVD 3.6V 工作标志，仅当 LVD 编译选项为 LVD_H 时有效；
0 = LVD36 标志位无效 ($VDD > 3.6V$)；
1 = LVD36 标志位有效 ($VDD \leq 3.6V$)；

Bit 4 **LVD24:** LVD 2.4V 工作标志，仅当 LVD 编译选项为 LVD_M 时有效；
0 = LVD24 标志位无效 ($VDD > 2.4V$)；
1 = LVD24 标志位有效 ($VDD \leq 2.4V$)；

LVD	LVD 编译选项		
	LVD_L	LVD_M	LVD_H
2.0V 复位	有效	有效	有效
2.4V 标志	-	有效	-
2.4V 复位	-	-	有效
3.6V 标志	-	-	有效

LVD_L

如果 $VDD < 2.0V$ ，系统复位；
LVD24 和 LVD36 标志位无意义。

LVD_M

如果 $VDD < 2.0V$ ，系统复位；
LVD24，如果 $VDD > 2.4V$ ，LVD24 = “0”；如果 $VDD \leq 2.4V$ ，LVD24 = “1”
LVD36 标志位无意义。

LVD2_H

如果 $VDD < 2.4V$ ，系统复位；
LVD24，如果 $VDD > 2.4V$ ，LVD24 = “0”；如果 $VDD \leq 2.4V$ ，LVD24 = “1”
LVD36，如果 $VDD > 3.6V$ ，LVD36 = “0”；如果 $VDD \leq 3.6V$ ，LVD36 = “1”

*** 注：**

- a) . LVD 复位结束后，LVD24 和 LVD36 都将被清零；
b) . LVD 2.4V 和 LVD3.6V 检测电平值仅作为设计参考，不能用作芯片工作电压值的精确检测。

看门狗复位：

看门狗定时器用于保证系统正常工作。通常，会在主程序中将看门狗定时器清零，但不要在多个分支程序中清看门狗。若程序正常运行，看门狗不会复位。当系统进入死区或程序运行出错的时候，看门狗定时器继续计数直至溢出，系统复位并回到正常模式。如果看门狗复位后电源仍处于死区，则系统复位失败，一直处于复位状态直到电源回到正常水平。

如果看门狗复位后电源仍处于死区，则系统复位失败，保持复位状态，直到电源恢复到正常值。

降低系统工作速度：

如果系统工作速度过快容易导致芯片最低工作电压值增高，从而加大工作死区的范围，那么降低系统工作速度不失为降低系统进入死区几率的有效措施。因为系统工作速度较低则最小工作电压值相应较低。所以，调节电源电压选择恰当的电压值，在该电压下不会带来死区问题，从而找到合适的系统工作速度。这个方法需要调整整个程序使其满足系统要求。

附加外部复位电路：

外部复位发也能够完全改善掉电复位性能。共有三种外部复位方式：齐纳二极管复位电路，电压偏移复位电路和外部 IC 复位。它们都采用外部复位信号控制 MCU 可靠复位。

3.5 外部复位

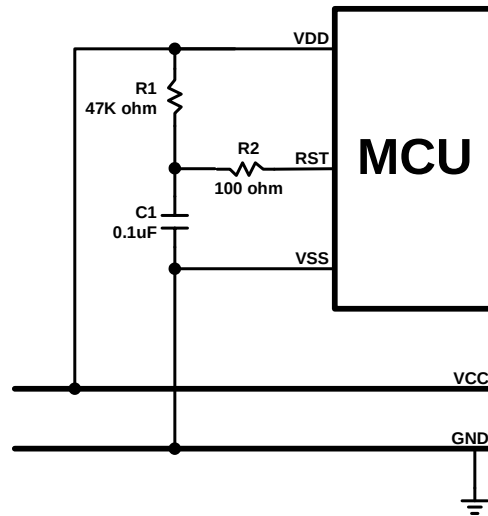
外部复位功能由“Reset_Pin”编译选项控制。将该编译选项置为“Reset”，从而使能外部复位功能。外部复位引脚为施密特触发器结构，低电平有效。复位引脚处于高电平时，系统正常运行。当复位引脚输入低电平信号时，系统复位。外部复位操作在上电和正常工作模式时有效。需要注意的是，在系统上电的过程中，外部复位引脚必须输入高电平，否则系统将一直保持在复位状态。外部复位的时序如下：

- **外部复位（当且仅当外部复位引脚为使能状态）：**系统检测外部复位引脚的状态，如果外部复位引脚不为高电平，则系统保持在复位状态直到外部复位引脚被释放；
- **系统初始化：**初始化所有的系统寄存器；
- **振荡器开始工作：**振荡器开始提供系统时钟；
- **执行程序：**上电结束，程序开始运行。

外部复位可以在上电过程中使系统复位。良好的外部复位电路可以保护系统以免进入未知的工作状态，如 AC 应用中的掉电复位等。

3.6 外部复位电路

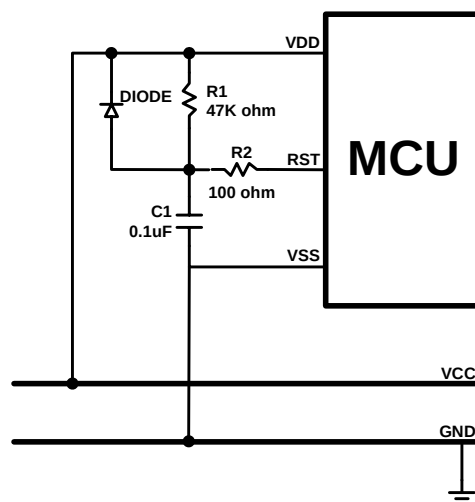
3.6.1 RC 复位电路



上图为一个由电阻 R1 和电容 C1 组成的基本 RC 复位电路，它在系统上电的过程中能够为复位引脚提供一个缓慢上升的复位信号。这个复位信号的上升速度低于 VDD 的上电速度，为系统提供合理的复位时间，当复位引脚达到高电平时，系统复位结束，进入正常工作状态。

* 注：RC 复位电路不能解决非正常上电和掉电复位问题。

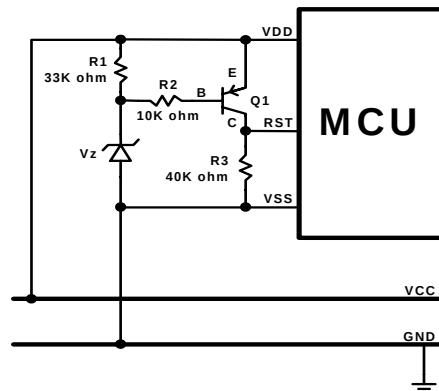
3.6.2 二极管&RC 复位电路



上图中，R1 和 C1 同样是为复位引脚提供输入信号。对于电源异常情况，二极管正向导通使 C1 快速放电并与 VDD 保持一致，避免复位引脚持续高电平、系统无法正常复位。

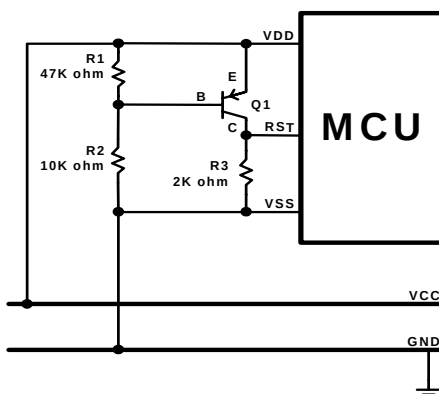
* 注：“基本 RC 复位电路”和“二极管&RC 复位电路”中的电阻 R2 都是必不可少的限流电阻，以避免复位引脚 ESD（Electrostatic Discharge）或 EOS（Electrical Over-stress）击穿。

3.6.3 齐纳二极管复位电路



齐纳二极管复位电路是一种简单的 LVD 电路，基本上可以完全解决掉电复位问题。如上图电路中，利用齐纳管的击穿电压作为电路复位检测值，当 VDD 高于“ $V_z + 0.7V$ ”时，三极管集电极输出高电平，MCU 正常工作；当 VDD 低于“ $V_z + 0.7V$ ”时，三极管集电极输出低电平，MCU 复位。齐纳管规格不同则电路复位检测值不同，根据电路的要求选择合适的二极管。

3.6.4 电压偏置复位电路

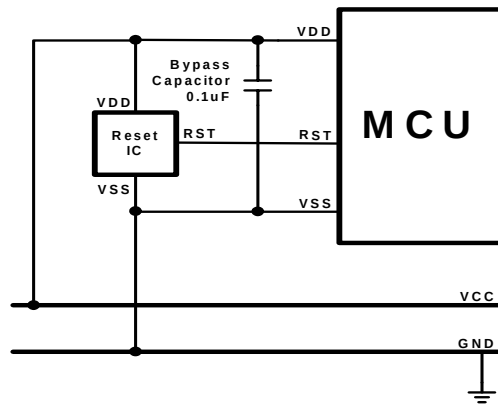


电压偏置复位电路是一种简单的 LVD 电路，基本上可以完全解决掉电复位问题。与齐纳二极管复位电路相比，这种复位电路的检测电压值的精确度有所降低。电路中，R1 和 R2 构成分压电路，当 VDD 高于和等于分压值“ $0.7V \times (R1 + R2) / R1$ ”时，三极管集电极 C 输出高电平，MCU 正常工作；VDD 低于“ $0.7V \times (R1 + R2) / R1$ ”时，集电极 C 输出低电平，MCU 复位。

对于不同应用需求，选择适当的分压电阻。MCU 复位引脚上电压的变化与 VDD 电压变化之间的差值为 0.7V。如果 VDD 跌落并低于复位引脚复位检测值，那么系统将被复位。如果希望提升电路复位电平，可将分压电阻设置为 $R2 > R1$ ，并选择 VDD 与集电极之间的结电压高于 0.7V。分压电阻 R1 和 R2 的电流稳定，在功耗电路如直流电源系统中，此处的功耗必须计入整个系统的功耗中。

* 注：在电源不稳定或掉电复位的情况下，“齐纳二极管复位电路”和“偏压复位电路”能够保护电路在电压跌落时避免系统出错。当电压跌落至低于复位检测值时，系统将被复位。从而保证系统正常工作。

3.6.5 外部 IC 复位



外部复位也可以选用 IC 进行外部复位，但是这样一来系统成本将会增加。针对不同的应用要求选择适当的复位 IC，如上图所示外部 IC 复位电路，能够有效的降低电源变化对系统的影响。

也可以选用 IC 进行外部复位，但是这样一来系统成本将会增加。针对不同的应用要求选择适当的复位 IC，如上图所示外部 IC 复位电路，能够有效的降低电源变化对系统的影响。

4 系统时钟

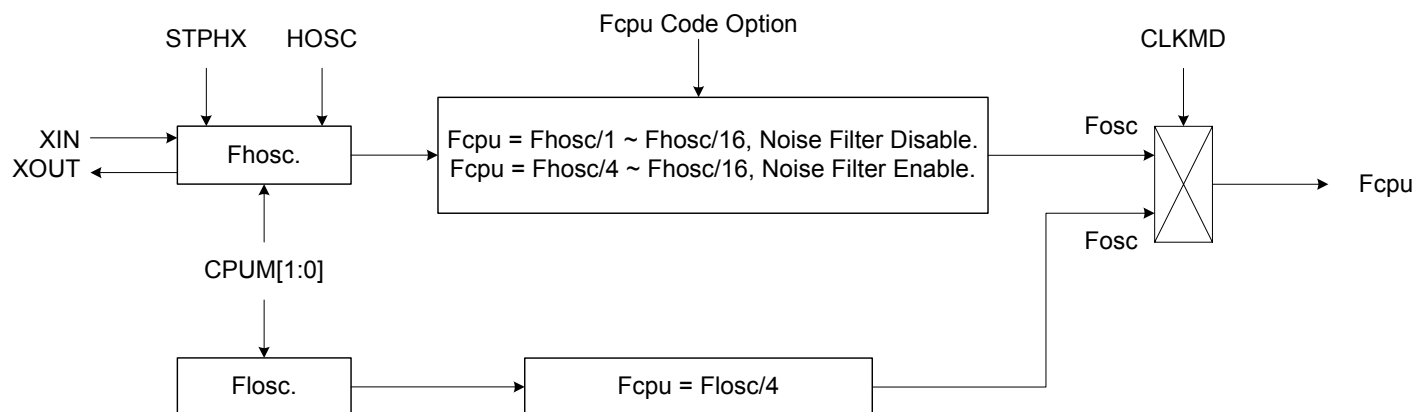
4.1 概述

双时钟系统包括高速时钟和低速时钟，高速时钟由外部晶振和内置的16MHz RC 振荡电路（IHRC 16KHz）提供。低速时钟由内置的低速RC振荡电路（ILRC 16KHz）产生。两种时钟都可作为系统时钟源Fosc，系统工作在低速模式时，Fosc 4分频后作为一个指令周期。

- ☞ 普通模式 (高速时钟): $F_{cpu} = F_{hosc} / N$, $N = 1 \sim 16$, F_{cpu} 的编译选项决定 N 的值。
- ☞ 低速模式 (低速时钟): $F_{cpu} = F_{loosc}/4$ 。

在干扰较严重的运用条件下，SONiX 提供的杂讯滤波器能够对外部干扰进行隔离以保护系统的正常工作。但在杂讯滤波器有效时，高速时钟的 F_{cpu} 被限制为 $F_{cpu} = F_{hosc}/4$ 。

4.2 时钟框图



- HOSC: High_Clk 编译选项
- Fhosc: 外部高速时钟频率
- Flosc: 内部低速 RC 时钟频率(16KHz@3V, 32KHz@5V).
- Fosc: 系统时钟频率
- Fcpu: 指令执行频率

4.3 OSCM 寄存器

寄存器 OSCM 控制振荡器的状态和系统的工作模式。

0CAH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
OSCM	0	0	0	CPUM1	CPUM0	CLKMD	STPHX	0
读/写	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	-
复位后	-	-	-	0	0	0	0	-

Bit 1 **STPHX**: 外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。

Bit 2 **CLKMD**: 系统时钟模式控制位。
0 = 普通（双时钟）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。

Bit[4:3] **CPUM[1:0]**: CPU 工作模式控制位。
00 = 普通模式;
01 = 睡眠模式;
10 = 绿色模式;
11 = 系统保留。

➤ 例：停止高速振荡器。
B0BSET FSTPHX ; 停止外部高速振荡器

➤ 例：系统进入睡眠模式时，高速振荡器和内部低速振荡器都被停止。
B0BSET FCPUM0

4.4 系统高速时钟

内部 16MHZ RC 振荡器和外部振荡器都可作为系统高速时钟源，由编译选项 “High_Clk” 控制。

High_Clk	说明
IHRC_16M	内部 16MHz RC 振荡器作为系统时钟源，XIN 和 XOUT 引脚为通用 I/O 口。
IHRC_RTC	内部 16MHz RC 振荡器作为系统高速时钟，XIN 和 XOUT 引脚与 32768HZ 石英晶体相连。
RC	外部 RC 振荡器为系统高速时钟，XOUT 引脚为通用 I/O 口。
32K	外部 32768Hz 低速振荡器作为系统高速时钟。
12M	外部高速振荡器作为系统高速时钟，典型频率为 12MHz。
4M	外部振荡器作为系统高速时钟，典型频率为 4MHz。

4.4.1 内部高速 RC 振荡器

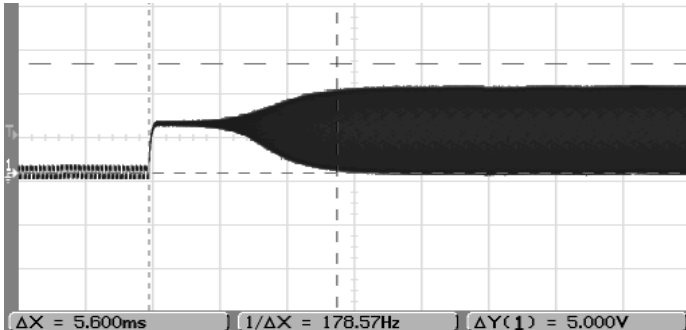
编译选项 “IHRC_16M” 和 “IHRC_RTC” 控制芯片的内置 RC 高速时钟（16MHz）。若选择 “IHRC_16M”，则内置 16MHz RC 振荡器作为系统时钟源，XIN 和 XOUT 引脚作为通用 I/O 口。若选择 “IHRC_RTC”，则系统时钟来自内置 16MHz RC 振荡器，同时 XIN 和 XOUT 引脚与实时时钟源（RTC）32768MHZ 石英晶体相连。

- **IHRC:** 系统高速时钟来自内置 16MHz RC 振荡器，XIN/XOUT 引脚作为普通的 I/O 引脚。
- **IHRC_RTC:** 内置 16MHZ RC 振荡器作为系统高速时钟，同时 XIN 和 XOUT 引脚与实时时钟源（RTC）32768MHZ 石英晶体相连
RTC 的周期为 0.5 s，RTC 的定时器为 T0。

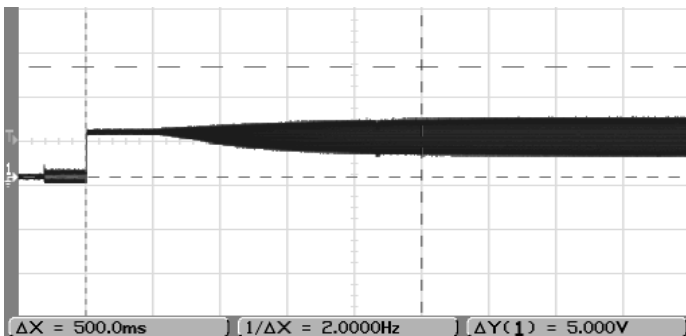
4.4.2 外部高速时钟

外部高速时钟共三种模式：石英/陶瓷振荡器，RC 及外部时钟源，由编译选项 High_Clk 控制具体模式的选择。石英/陶瓷振荡器和 RC 振荡器的上升时间各不相同。RC 振荡器的上升时间相对较短。振荡器上升时间与复位时间的长短密切相关。

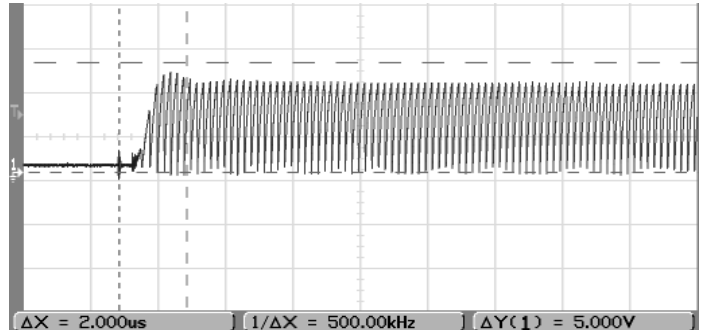
4MHz Crystal



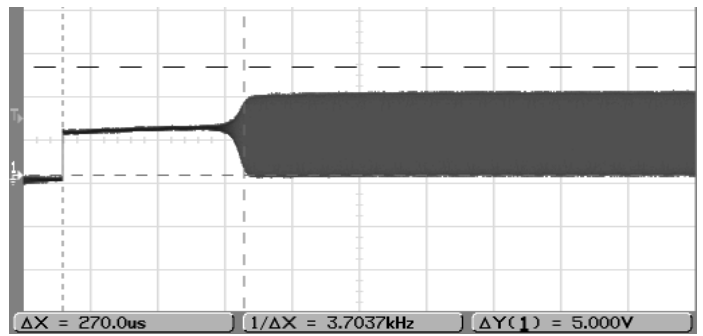
32768Hz Crystal



RC

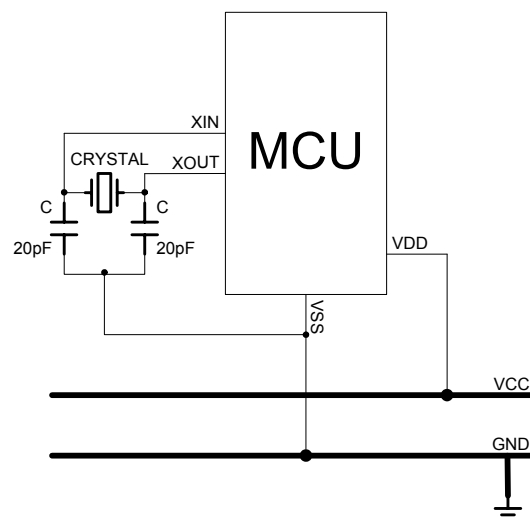


4MHz Ceramic



4.4.2.1 石英/陶瓷振荡器

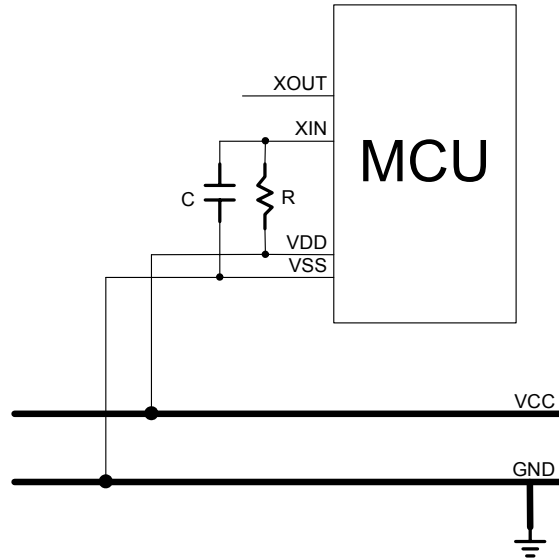
石英/陶瓷振荡器由 XIN/XOUT 口驱动，对于高速、普通和低速三种不同工作模式，振荡器的驱动电流也不同。不同的工作模式下，编译选项 High_Clk 支持不同的频率条件：高速模式下的 12MHz 工作频率、普通模式的 4MHz 工作频率以及低速模式下 32KHz 工作频率。



* 注：上图中，XIN/XOUT/VSS 引脚与石英/陶瓷振荡器以及电容 C 之间的距离越近越好。

4.4.2.2 RC 振荡器

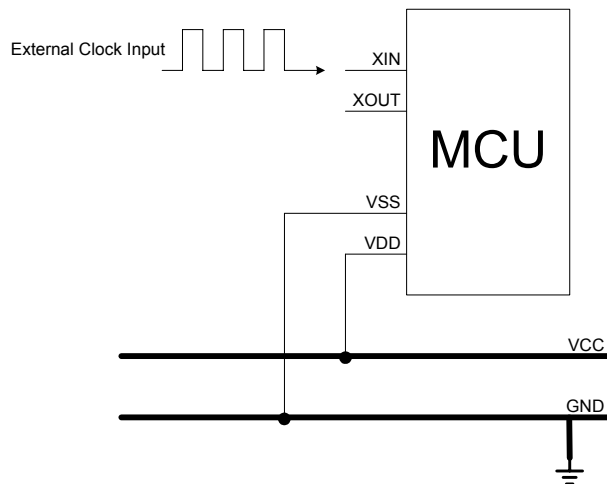
通过编译选项 High_Clk 的设置可控制 RC 振荡器的选择，RC 振荡器输出频率最高可达 10MHZ。改变 R 可改变输出频率的大小，电容 C 的最佳容量为 50P~100P，引脚 XOUT 为通用 I/O 口，如下图所示：



* 注：电容 C 和电阻 R 应尽可能的接近芯片的 VDD。

4.4.2.3 外部时钟源

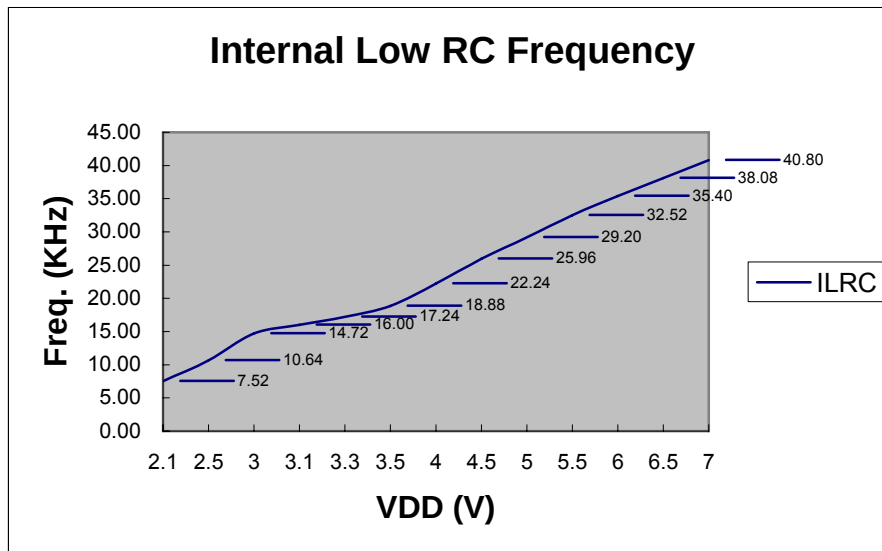
芯片可选择外部时钟信号作为系统时钟，由编译选项 High_Clk 控制，从 XIN 脚送入。



* 注：外部振荡电路中的 GND 必须尽可能的接近芯片的 VSS 端口。

4.5 系统低速时钟

系统低速时钟源即内置的低速振荡器，采用 RC 振荡电路。低速时钟的输出频率受系统电压和环境温度的影响，通常为 5V 时输出 32KHZ，3V 时输出 16KHZ。输出频率与工作电压之间的关系如下图所示。



低速时钟可作为看门狗定时器的时钟源。由 CLKMD 控制系统低速工作模式。

- ☞ **Fosc = 内部低速 RC 振荡器 (16KHz @3V, 32KHz @5V).**
- ☞ **低速模式 Fcpu = Fosc / 4**

系统工作在睡眠模式和绿色模式下看门狗处于无效时，可以停止低速 RC 振荡器。如果系统工作频率为 32K 且看门狗无效，那么这种情况下只有 32K 振荡器处于工作状态，系统功耗相应较低。

- **例：停止内部低速振荡器。**
B0BSET FCPUM0

* 注：不可以单独停止内部低速时钟；由寄存器 OSCM 的位 CPUM0 和 CPUM1(32K, 禁止看门狗)的设置决定内部低速时钟的状态。

4.5.1 系统时钟测试

在设计过程中，用户可通过软件指令周期 Fcpu 对系统时钟速度进行测试。

- **例：外部振荡器的 Fcpu 指令周期测试。**

```

B0BSET      P0M.0                      ; P0.0 置为输出模式以输出 Fcpu 的触发信号
@@:
B0BSET      P0.0
B0BCLR      P0.0
JMP          @B
  
```

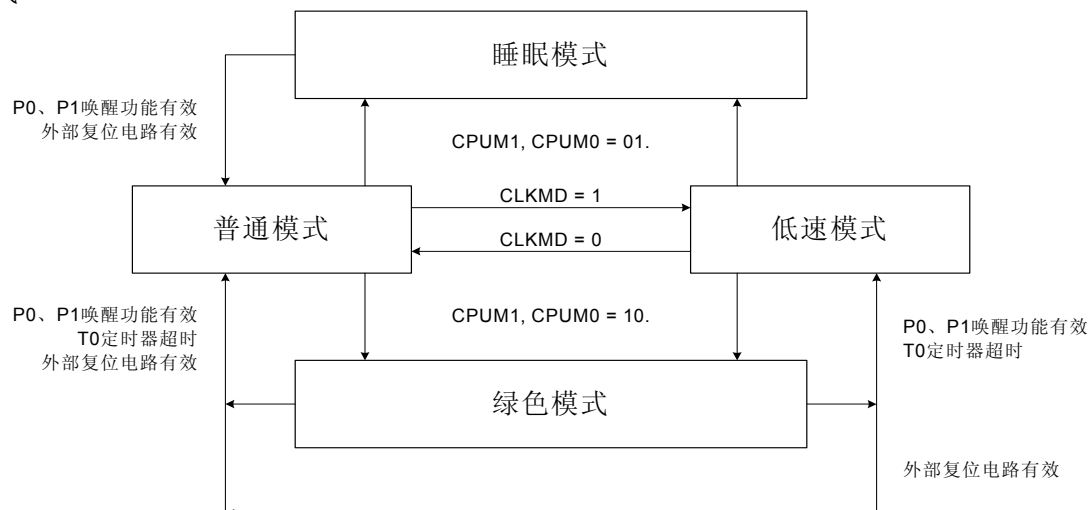
* 注：不能直接从 XIN 引脚测试 RC 振荡频率，因为探针的连接会影响测试的准确性。

5 系统工作模式

5.1 概述

芯片可在如下四种工作模式之间进行切换：

- 高速模式
- 低速模式
- 睡眠模式
- 绿色模式



系统工作模式切换框图

工作模式说明

模式	普通	低速	绿色	睡眠	注释
EHOSC	运行	STPHX	STPHX	停止	
IHRC	运行	STPHX	STPHX	停止	
ILRC	运行	运行	运行	停止	
EHOSC, 带有 RTC 功能	运行	By STPHX	运行	停止	
IHRC, 带有 RTC 功能	运行	By STPHX	停止	停止	
ILRC, 带有 RTC 功能	运行	运行	停止	停止	
CPU 指令	执行	执行	停止	停止	
T0 定时器	*有效	*有效	*有效	无效	* T0ENB=1 有效
TC0 定时器	*有效	*有效	无效	无效	* TC0ENB=1 有效
看门狗定时器	由 Watch_Dog 编译选项控制	由 Watch_Dog 编译选项控制	由 Watch_Dog 编译选项控制	由 Watch_Dog 编译选项控制	参考编译选项说明
内部中断	都有效	都有效	T0	都有效	
外部中断	都有效	都有效	都有效	都有效	
唤醒源	-	-	P0, P1, T0 复位	P0, P1, 复位	

- **EHOSC**: 外部高速时钟
- **IHRC**: 内部高速时钟(16M RC 振荡器)
- **ILRC**: 内部低速时钟(3V 时 16K, 5V 时 32K)

5.2 模式切换举例

- 例：普通/低速模式切换到睡眠模式。
 B0BSET FCPUM0 ;

* 注：睡眠模式下，只有具有唤醒功能的引脚及复位操作才能将系统唤醒进入普通模式。

- 例：普通模式切换到低速模式。
 B0BSET FCLKMD ; CLKMD = 1, 系统进入低速模式
 B0BSET FSTPHX ; 停止外部高速振荡器

- 例：从低速模式切换到普通模式（外部高速振荡器仍然处于工作状态）。
 B0BCLR FCLKMD ;

- 例：从低速模式切换到普通模式（外部高速振荡器停止工作）。
 B0BCLR FSTPHX ; 外部高速振荡器开始工作
 MOV A, #27 ; VDD = 5V, 内部 RC=32KHz (标准值) 延迟
 B0MOV Z, A
 DECMS Z ; 延迟 0.125ms X 81 = 10.125ms 以稳定振荡器
 JMP @B
 ;
 B0BCLR FCLKMD ; 系统重新返回到普通模式

如果外部高速时钟停止且程序需要返回至普通模式就必须延迟至少 10ms 以等待外部时钟稳定。

- 例：普通/低速模式切换到绿色模式。
 B0BSET FCPUM1 ;

* 注：如果在绿色模式下禁止 T0 的唤醒功能，只有具有唤醒功能的引脚和复位引脚可以将系统唤醒返回到上一个工作模式。

- 例：从普通/低速模式切换到绿色模式，并使能 T0 唤醒功能。

; T0 定时器置唤醒功能

```

B0BCLR            FT0IEN            ; 禁止 T0 中断
B0BCLR            FT0ENB            ; 禁止 T0 定时器
MOV               A, #20H           ;
B0MOV             T0M, A            ; T0 时钟 = Fcpu / 64
MOV               A, #74H           ;
B0MOV             T0C, A            ; T0C 初始值置为 74H (T0 间隔为 10 ms)
B0BCLR            FT0IEN            ; T0 不响应中断
B0BCLR            FT0IRQ            ; 清除 T0 中断请求
B0BSET            FT0ENB            ; 使能 T0 定时器

```

; 进入绿色模式

```

B0BCLR            FCPUM0            ; CPUMx = 10
B0BSET            FCPUM1

```

* 注：在绿色模式下，T0 具有唤醒功能，系统唤醒后返回到上一个工作模式。T0 的唤醒时间由过程控制。

- 例：从普通/低速模式切换到绿色模式，由 RTC 使能 T0 唤醒功能。

```

CLR                T0C               ; T0 计数器清零
B0BSET            FT0ENB            ; 使能 T0 定时器
B0BSET            FT0TB            ; 使能 RTC

```

; 进入绿色模式:

```

B0BCLR            FCPUM0            ; CPUMx = 10
B0BSET            FCPUM1

```

5.3 唤醒时间

5.3.1 概述

在绿色模式和睡眠模式下，系统并不执行程序指令，唤醒触发信号能够将处于睡眠状态的系统唤醒到普通模式或低速模式。这里的唤醒触发信号包括外部触发信号（P0、P1 引脚的电平变化）和内部触发信号（T0 溢出信号），具体为：

- 由睡眠模式唤醒到普通模式只能是外部触发；
- 由绿色模式唤醒回到系统前一工作模式（普通模式或低速模式）可以用外部触发或者内部触发。

5.3.2 唤醒时间

系统进入睡眠模式后，高速时钟停止运行。把系统从睡眠模式下唤醒时，MCU 需要等待 2048 个外部高速振荡器时钟周期以使振荡电路进入稳定工作状态，等待的这段时间就称为唤醒时间。唤醒时间结束后，系统才进入到普通模式。

* 注：将系统从绿色模式中唤醒是不需要唤醒时间的，因为在绿色模式下高速时钟仍然正常工作。

唤醒时间的计算如下：

$$\text{唤醒时间} = 1/F_{osc} * 2048 \text{ (sec)} + \text{高速时钟启动时间}$$

* 注：高速时钟的启动时间与 VDD 和振荡器类型有关。

➤ 例：将系统从睡眠模式中唤醒，并设置系统进入普通模式。唤醒时间计算如下。

$$\begin{aligned} \text{唤醒时间} &= 1/F_{osc} * 2048 = 0.512 \text{ ms} \quad (F_{osc} = 4\text{MHz}) \\ \text{总的唤醒时间} &= 0.512 \text{ ms} + \text{振荡器启动时间} \end{aligned}$$

5.3.3 P1W 唤醒控制寄存器

在绿色模式和睡眠模式下，有唤醒功能的 I/O 口能够将系统从睡眠到普通模式。P0 和 P1 都有唤醒功能，二者区别在于，P0 的唤醒功能始终有效，而 P1 由寄存器 P1W 控制。

0C0H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1W	-	-	-	-	P13W	P12W	P11W	P10W
读/写	-	-	-	-	W	W	W	W
复位后	-	-	-	-	0	0	0	0

Bit[3:0] **P10W~P13W:** Port 1 唤醒功能控制位

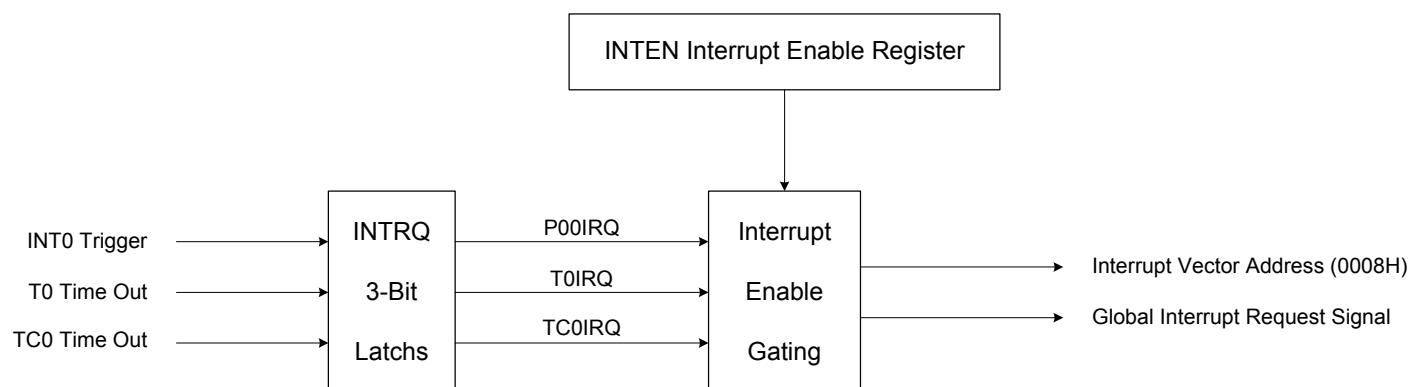
0 = 禁止 P1n 唤醒功能

1 = 开放 P1n 唤醒功能

6 中断

6.1 概述

芯片提供三种中断源：两个内部中断（T0/TC0）和一个外部中断（INT0）。系统从睡眠模式进入高速普通模式时，外部中断能够将芯片唤醒。一旦程序进入中断，寄存器 STKP 的位 GIE 将被清零以避免再次响应其它中断。系统退出中断后，GIE 置“1”，以响应下一个中断。中断请求存放在寄存器 INTRQ 中。



* 注：程序响应中断时，位 GIE 必须处于有效状态。

6.2 中断请求使能寄存器 INTEN

中断请求控制寄存器 INTEN 包括 2 个内部中断和 1 个外部中断，当有效位被置为 1 后，系统进入该中断服务程序，程序计数器入栈，程序转至 ORG 8 即中断程序。程序运行到指令 RETI 时，中断结束，系统退出中断服务。

0C9H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTEN	-	-	TC0IEN	T0IEN	-	-	-	P00IEN
读/写	-	-	R/W	R/W	-	-	-	R/W
复位后	-	-	0	0	-	-	-	0

Bit 0 **P00IEN:** P0.0 外部中断(INT0) 控制位

0 = 禁止

1 = 允许

Bit 4 **T0IEN:** T0 中断控制位

0 = 禁止

1 = 允许

Bit 5 **TC0IEN:** TC0 中断控制位

0 = 禁止

1 = 允许

6.3 中断请求寄存器 INTRQ

中断请求寄存器 INTRQ 中存放各中断请求标志。一旦有中断请求发生，则 INTRQ 中对应位将被置“1”，该请求被响应后，程序应将该标志位清零。根据 INTRQ 的状态，程序判断是否有中断发生，并执行相应的中断服务。

0C8H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTRQ	-	-	TC0IRQ	T0IRQ	-	-	-	P00IRQ
读/写	-	-	R/W	R/W	-	-	-	R/W
复位后	-	-	0	0	-	-	-	0

Bit 0 **P00IRQ**: P0.0 中断 (INT0) 请求标志

0 = INT0 无中断请求

1 = INT0 有中断请求

Bit 4 **T0IRQ**: T0 中断请求标志

0 = T0 无中断请求

1 = T0 有中断请求

Bit 5 **TC0IRQ**: TC0 中断请求标志

0 = TC0 无中断请求

1 = TC0 有中断请求

6.4 GIE 全局中断

只有当全局中断控制寄存器 GIE 置 1 的时候程序才能响应中断请求。

0DFH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
STKP	GIE	-	-	-	-	-	STKPB1	STKPB0
读/写	R/W	-	-	-	-	-	R/W	R/W
复位后	0	-	-	-	-	-	1	1

Bit 7 **GIE**: 全局中断控制位

0 = 全局中断无效

1 = 使能全局中断

➤ 例：设置全局中断控制位 (GIE)。

B0BSET

FGIE

; 使能 GIE

* 注：在所有中断中，GIE 都必须处于使能状态。

6.5 PUSH, POP 处理

有中断请求发生并被响应后，程序转至 ORG 8 执行中断子程序。响应中断之前，必须保存 ACC、PFLAG 的内容。芯片提供 PUSH 和 POP 指令进行入栈保存和出栈恢复，从而避免中断结束后可能的程序运行错误。

* 注：“PUSH”，“POP”指令仅对 ACC 和 PFLAG 作中断保护，而不包括 NT0 和 NPD。PUSH/POP 缓存器是唯一的且仅有一层。

➤ 例：对 ACC 和 PAFLG 进行入栈保护。

```

                ORG      0
                JMP      START

                ORG      8
                JMP      INT_SERVICE

START:          ORG      10H
                ...

INT_SERVICE:    PUSH                    ; 保存 ACC 和 PFLAG
                ...
                ...
                POP                     ; 恢复 ACC 和 PFLAG

                RETI                    ; 退出中断
                ...
                ENDP
```

6.6 INT0(P0.0)中断

INT0 被触发，则无论 P00IEN 处于何种状态，P00IRQ 都会被置“1”。如果 P00IRQ=1 且 P00IEN=1，系统响应该中断；如果 P00IRQ=1 而 P00IEN=0，系统并不会执行中断服务。在处理多中断时尤其需要注意。

★ 注：P0.0 的中断触发方式由 PEDGE 控制。

0BFH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
PEDGE	-	-	-	P00G1	P00G0	-	-	-
读/写	-	-	-	R/W	R/W	-	-	-
复位后	-	-	-	1	0	-	-	-

Bit[4:3] P00G[1:0]: P0.0 中断触发控制位

00 = 保留

01 = 上升沿触发

10 = 下降沿触发

11 = 上升/下降沿触发（电平触发）

➤ 例：INT0 中断请求设置，电平触发。

```
MOV      A, #18H
B0MOV    PEDGE, A      ; INT0 置为电平触发
```

```
B0BSET   FP00IEN      ; INT0 中断开放
B0BCLR   FP00IRQ      ; INT0 中断请求标志清零
B0BSET   FGIE         ; 允许 GIE
```

➤ 例：INT0 中断服务程序。

```
ORG      8
JMP      INT_SERVICE ;
```

INT_SERVICE:

```
...      ; ACC 和 PFLAG 入栈保护
```

```
B0BTS1   FP00IRQ      ; 检测 P00IRQ
JMP      EXIT_INT     ; P00IRQ = 0, 退出中断
```

```
B0BCLR   FP00IRQ      ; P00IRQ 清零
...      ;
```

EXIT_INT:

```
...      ; ACC 和 PFLAG 出栈恢复
```

```
RETI     ; 退出中断
```

6.7 T0 中断

T0C 计数器溢出时, 不管 T0IEN 是否开启, T0IRQ 会被置“1”, 此时若 T0IEN=1, 则系统响应 T0 中断; 若此时 T0IEN=0, 则系统并不会响应 T0 中断。

➤ 例: T0 中断请求设置

```

B0BCLR    FT0IEN    ; 禁止 T0 中断
B0BCLR    FT0ENB    ;
MOV        A, #20H  ;
B0MOV     T0M, A     ; T0 时钟= Fcpu / 64
MOV        A, #74H  ; T0C 初始值置为 74H
B0MOV     T0C, A     ; T0 间隔为 10 ms

B0BSET    FT0IEN    ; 允许响应 T0 中断
B0BCLR    FT0IRQ    ; T0 中断请求标志清零
B0BSET    FT0ENB    ;

B0BSET    FGIE      ; 使能 GIE

```

➤ 例: T0 设置为无 RTC。

```

ORG        8
JMP        INT_SERVICE

INT_SERVICE:
...        ; ACC 和 PFLAG 入栈保存
B0BTS1    FT0IRQ    ; 检查是否有 T0 中断请求标志
JMP        EXIT_INT

B0BCLR    FT0IRQ    ; 清 T0IRQ
MOV        A, #74H
B0MOV     T0C, A
...        ; T0 中断程序

EXIT_INT:
...        ; ACC 和 PFLAG 出栈恢复

RETI      ; 退出中断

```

* 注: 1. 在 RTC 模式下, 必须延迟 1/2 RTC 时钟源(32768Hz)之后再对 T0IRQ 作清零动作, 否则 RTC 间隔时间可能出错。即从程序响应 T0 中断开始到 T0IRQ 再次被清零大约需要 16us。
2. RTC 模式下, 中断服务程序中不能对 T0C 进行清零。

➤ 例: RTC 下执行 T0 中断。

```

ORG        8
JMP        INT_SERVICE

INT_SERVICE:
...        ; ACC 和 PFLAG 中断保护
> 16us { B0BTS1    FT0IRQ    ; 检测 T0IRQ
        JMP        EXIT_INT ; T0IRQ = 0, 退出中断
        ...        ; T0 中断程序
        ...        ;
        B0BCLR    FT0IRQ    ; T0IRQ 清零

EXIT_INT:
...        ; 恢复 ACC 和 PFLAG

RETI      ; 退出中断

```

6.8 TC0 中断

TC0C 溢出时，不管 TC0IEN 是否开启，TC0IRQ 都会被置“1”。如果 TC0IRQ=1 且 TC0IEN=1，则系统将响应 TC0 的中断请求；如果 TC0IRQ=1 而 TC0IEN=0，则系统并不会响应 TC0 的中断请求。对于多中断情形，尤其需要注意上述条件。

➤ 例：TC0 中断请求设置。

```

B0BCLR    FTC0IEN    ; 禁止 TC0 中断
B0BCLR    FTC0ENB    ;
MOV        A, #20H    ;
B0MOV      TC0M, A    ; TC0 时钟 = Fcpu / 64
MOV        A, #74H    ; TC0C 初始值 = 74H
B0MOV      TC0C, A    ; TC0 间隔 = 10 ms

B0BSET     FTC0IEN    ; 允许 TC0 中断
B0BCLR     FTC0IRQ    ; 清 TC0 中断请求标志
B0BSET     FTC0ENB    ;

B0BSET     FGIE       ; 允许 GIE

```

➤ 例：TC0 中断服务程序。

```

ORG        8          ;
INT_SERVICE:
JMP        INT_SERVICE

...          ; ACC 和 PFLAG 入栈保护

B0BTS1     FTC0IRQ    ; 检查是否有 TC0 中断请求标志
JMP        EXIT_INT   ; TC0IRQ = 0, 退出中断

B0BCLR     FTC0IRQ    ; 清 TC0IRQ
MOV        A, #74H    ;
B0MOV      TC0C, A    ; 清 TC0C
...          ; TC0 中断程序
...

EXIT_INT:
...          ; ACC 和 PFLAG 出栈恢复

RETI       ; 退出中断

```

6.9 多中断操作举例

在同一时刻，系统中可能出现多个中断请求。处理这种多中断情况时，必须预先对各中断请求设置不同的优先级别。中断请求标志 IRQ 由中断事件触发，当 IRQ 处于有效值“1”时，系统并不一定会响应该中断。各中断触发事件列表如下：

中断	有效触发
P00IRQ	PEDGE 控制
T0IRQ	T0C 溢出
TC0IRQ	TC0C 溢出

多个中断同时发生时，需要注意的是：首先，必须预先设定好各中断的优先级。其次，利用 IEN 和 IRQ 控制系统是否响应该中断。在程序中，必须对中断控制位和中断请求标志进行检测。

➤ 例：多中断条件下检测中断请求。

```
ORG 8 ;
INT_SERVICE:
    ; ACC 和 PFLAG 入栈保护

INTP00CHK:
    B0BTS1    FP00IEN    ; 检查是否有 INT0 中断请求
    JMP      INTT0CHK    ; 检查是否允许 P00 中断
    B0BTS0    FP00IRQ    ; 进入下一个中断
    JMP      INTP00      ; 检查是否有 P00 中断请求
    ; 进入 INT0 中断程序

INTT0CHK:
    B0BTS1    FT0IEN     ; 检查是否有 T0 中断请求
    JMP      INTTC0CHK   ; 检查是否允许 T0 中断
    B0BTS0    FT0IRQ     ; 进入下一个中断
    JMP      INTT0       ; 检查是否有 T0 中断请求
    ; 进入 T0 中断程序

INTTC0CHK:
    B0BTS1    FTC0IEN    ; 检查是否有 TC0 中断请求
    JMP      INT_EXIT    ; 检查是否允许 TC0 中断
    B0BTS0    FTC0IRQ    ;
    JMP      INTTC0      ; 检查是否有 TC0 中断请求
    ; 进入 TC0 中断程序

INT_EXIT:
    ; ACC 和 PFLAG 出栈恢复

    RETI                ; 退出中断
```

7 定时器

7.1 看门狗定时器

看门狗定时器 WDT 用于控制程序的正常执行。如果由于干扰程序进入了未知状态，WDT 溢出，MCU 复位。看门狗的工作模式由编译选项控制，其时钟源来自内部低速振荡器(16KHz @3V, 32KHz @5V)。

看门狗溢出时间 = 8192 / 内部低速振荡器周期 (sec).

VDD	内部低速 RC Freq.	看门狗溢出时间
3V	16KHz	512ms
5V	32KHz	256ms

* 注：如果看门狗被置为“Always_On”模式，那么看门狗在睡眠模式和绿色模式下仍然运行。

寄存器 WDTR 控制对看门狗的清零：WDTR 置为 5AH 即可将看门狗清零。

0CCH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
WDTR	WDTR7	WDTR6	WDTR5	WDTR4	WDTR3	WDTR2	WDTR1	WDTR0
读/写	W	W	W	W	W	W	W	W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

➤ 例：如下是对看门狗定时器的操作，在主程序开头对看门狗清零。

```

MOV      A,#5AH          ; 看门狗定时器清零
B0MOV    WDTR,A
...
CALL     SUB1
CALL     SUB2
...
...
JMP      MAIN

```

看门狗应用注意事项如下：

- 对看门狗清零之前，检查 I/O 口的状态和 RAM 的内容可增强程序的可靠性；
- 不能在中断中对看门狗清零，否则无法检测到主程序跑飞的状况；
- 程序中应该只在主程序中有一次清看门狗的动作，这种架构能够最大限度的发挥看门狗的保护作用。

➤ 例：如下是对看门狗定时器的操作，在主程序开头对看门狗清零。

```

main:
...                                ; 检测 I/O 口状态
...                                ; 检测 RAM 内存
Err:  JMP $                        ; I/O 或 RAM 出错，不对看门狗清零，并等待看门狗计时溢出
...
...                                ; I/O 和 RAM 正常，看门狗清零
...
...                                ;
...                                ;
@RST_WDT
...
CALL     SUB1
CALL     SUB2
...
...
JMP      MAIN

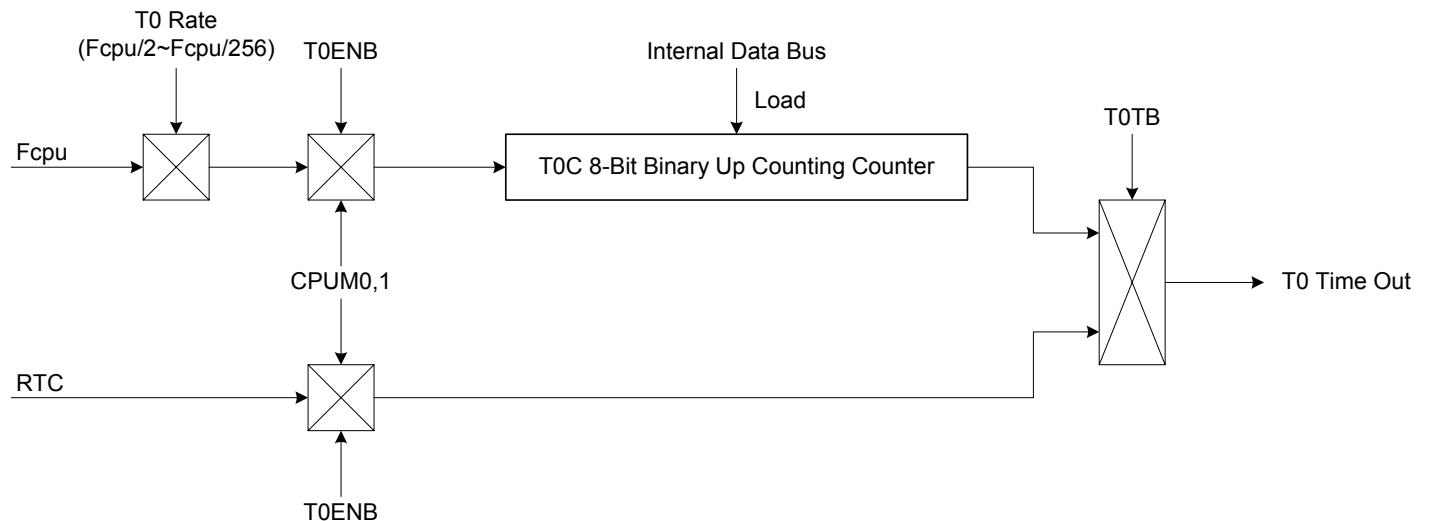
```


7.2 定时器 T0

7.2.1 概述

二进制定时器 T0 溢出（从 FFH 到 00H）时，T0 继续计数并给出一个超时信号触发 T0 中断请求。定时器 T0 的主要用途如下：

- ☞ **8-bit 可编程定时器：**根据选定的时钟频率定时产生中断请求；
- ☞ **RTC 定时器：**根据选定的时钟信号产生中断请求，RTC 功能仅限于编译选项为 **High_Clk = IHRC_RTC**；
- ☞ **绿色模式唤醒功能：**T0ENB = 1 时，T0 溢出将系统从绿色模式中唤醒。



- * 注：
1. 在 RTC 模式下，进入中断之后必须经过 1/2 RTC（32768HZ），即 16us 的延时后才能对 T0IRQ 清零；
 2. 在 RTC 模式下，T0 间隔时间固定为 0.5s，T0C 计数范围也固定为 256。

7.2.2 模式寄存器 T0M

0D8H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T0M	T0ENB	T0rate2	T0rate1	T0rate0	-	-	-	T0TB
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	-	-	-	R/W
复位后	0	0	0	0	-	-	-	0

Bit 0 **T0TB**: RTC 时钟控制位。

0 = 禁止 RTC;

1 = RTC 模式。

Bit [6:4] **T0RATE[2:0]**: T0 内部时钟选择控制位。

000 = fcpu/256;

001 = fcpu/128;

...

110 = fcpu/4;

111 = fcpu/2。

Bit 7 **T0ENB**: T0 计数控制位。

0 = 禁止 T0;

1 = 开启 T0。

* 注：在 RTC 模式下，T0RATE 的设置是无效的。

7.2.3 计数寄存器 T0C

8-bit 计数寄存器 T0C 用于控制 T0 的间隔时间。

0D9H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
T0C	T0C7	T0C6	T0C5	T0C4	T0C3	T0C2	T0C1	T0C0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

T0C 初始值的计算公式如下：

$$T0C \text{ 初始值} = 256 - (T0 \text{ 间隔时间} * \text{输入时钟})$$

➤ 例：T0 间隔时间为 10ms。其中，高速时钟 = 4MHz， $F_{cpu} = F_{osc}/4$ ，T0RATE = 010 ($F_{cpu}/64$)。

$$\begin{aligned}
 T0C \text{ 初始值} &= 256 - (T0 \text{ 间隔时间} * \text{输入时钟信号}) \\
 &= 256 - (10\text{ms} * 4\text{MHz} / 4 / 64) \\
 &= 256 - (10^{-2} * 4 * 10^6 / 4 / 64) \\
 &= 100 \\
 &= 64\text{H}
 \end{aligned}$$

T0 间隔时间列表

T0RATE	T0 时钟	高速模式 ($F_{cpu} = 4\text{MHz} / 4$)		低速模式 ($F_{cpu} = 32768\text{Hz} / 4$)	
		最大溢出间隔 max	单步计数时间 =max/256	最大溢出间隔 max	单步计数时间 =max/256
000	$F_{cpu}/256$	65.536 ms	256 us	8000 ms	31250 us
001	$F_{cpu}/128$	32.768 ms	128 us	4000 ms	15625 us
010	$F_{cpu}/64$	16.384 ms	64 us	2000 ms	7812.5 us
011	$F_{cpu}/32$	8.192 ms	32 us	1000 ms	3906.25 us
100	$F_{cpu}/16$	4.096 ms	16 us	500 ms	1953.125 us
101	$F_{cpu}/8$	2.048 ms	8 us	250 ms	976.563 us
110	$F_{cpu}/4$	1.024 ms	4 us	125 ms	488.281 us
111	$F_{cpu}/2$	0.512 ms	2 us	62.5 ms	244.141 us

* 注：在 RTC 模式下，T0C 的计数范围为 256，请不要随意改动。

7.2.4 T0 操作时序

T0 操作时序如下：

☞ T0 停止计数，关闭 T0 中断功能，并将 T0 中断请求标志清零。

```
B0BCLR    FT0ENB    ;  
B0BCLR    FT0IEN  
B0BCLR    FT0IRQ
```

☞ 设置 T0 速率

```
MOV        A, #0xxx0000b  
           ;  
B0MOV      T0M,A    ;
```

☞ T0 时钟选择 Fcpu 或 RTC.

```
B0BCLR     FT0TB      ; Fcpu 作为时钟源
```

or

```
B0BSET     FT0TB      ; 选择 RTC 模式
```

☞ 设置 T0 中断间隔时间

```
MOV        A, #7FH  
B0MOV      T0C,A
```

☞ 开放 T0 定时中断功能

```
B0BSET     FT0IEN
```

☞ 开放 T0 定时功能

```
B0BSET     FT0ENB
```

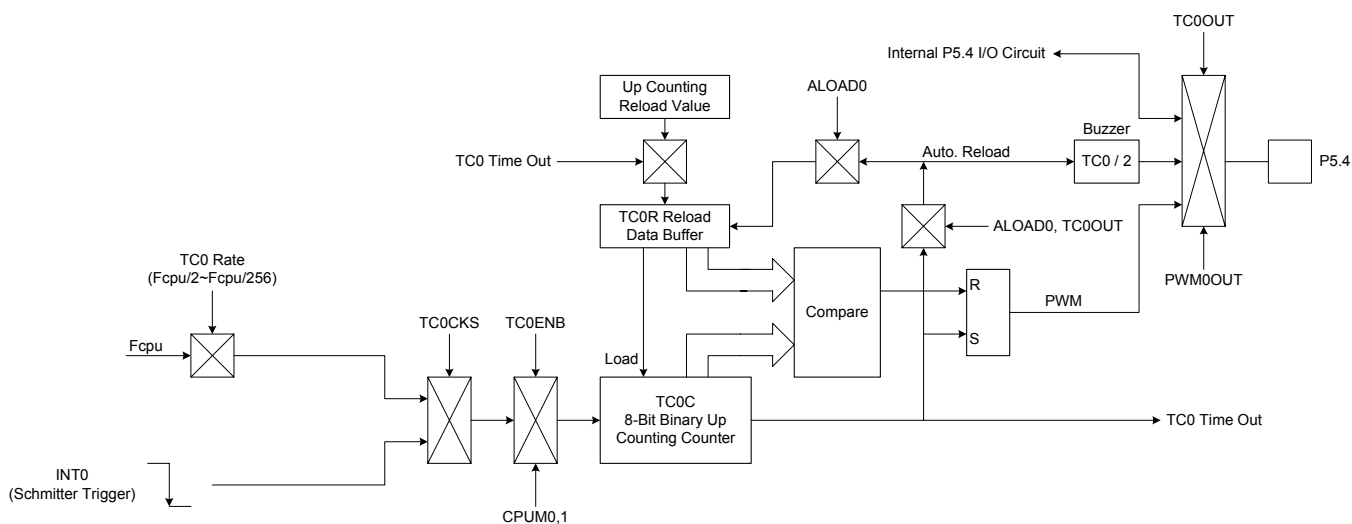
7.3 定时/计数器 TC0

7.3.1 概述

8-bit 二进制增量计数器 TC0 可根据实际需要，分别采用内部时钟和外部时钟两种时钟源作为计数时基。其中，内部时钟来自 F_{cpu} ，外部时钟 INT0 由 P0.0 引脚（下降沿触发）输入。寄存器 TC0M 控制具体时钟源的选择。通常，TC0 计数到 0xFF 变为 0X00 时，系统给出溢出信号触发 TC0 中断，同时开始重新计数。在 PWM 模式下，TC0 的溢出由 ALOAD0 和 TC0OUT 控制的 PWM 周期决定。

TC0 的主要作用如下：

- ☞ **8-bit 可编程定时器：** 根据选定的时钟频率在特定时间产生中断信号；
- ☞ **外部事件计数：** 通过对 INT0 口输入信号下降沿的检测，统计系统“事件”数；
- ☞ **蜂鸣器输出**
- ☞ **PWM 输出**



7.3.2 模式寄存器 TC0M

0DAH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TC0M	TC0ENB	TC0rate2	TC0rate1	TC0rate0	TC0CKS	ALOAD0	TC0OUT	PWM0OUT
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit 0 **PWM0OUT**: PWM 输出控制

0 = 禁止 PWM 输出;

1 = 开放 PWM 输出, PWM 输出占空比由 TC0OUT 和 ALOAD0 控制。

Bit 1 **TC0OUT**: TC0 超时输出信号控制。仅当 **PWM0OUT = 0** 时有效。

0 = 禁止, P5.4 作为输入/输出口;

1 = 允许, P5.4 输出 TC0OUT 信号。

Bit 2 **ALOAD0**: 自动重载控制。仅当 **PWM0OUT = 0** 时有效。

0 = 禁止 TC0 自动重载;

1 = 允许 TC0 自动重载。

Bit 3 **TC0CKS**: TC0 时钟源控制位

0 = 内部时钟(Fcpu or Fosc);

1 = 外部时钟, 由 P0.0/INT0 输入。

Bit [6:4] **TC0RATE[2:0]**: TC0 内部时钟选择控制

000 = fcpu/256;

001 = fcpu/128;

...

110 = fcpu/4;

111 = fcpu/2。

Bit 7 **TC0ENB**: TC0 计数控制位。

0 = 禁止 TC0 定时器;

1 = 开放 TC0 定时器。

* 注: 若 TC0CKS=1, 则 TC0 用作外部事件计数器, 此时不需要考虑 TC0RATE 的设置, P0.0 口无中断信号 (P0.0IRQ=0)。

7.3.3 计数寄存器 TC0C

TC0C 控制 TC0 的时间间隔。

0DBH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TC0C	TC0C7	TC0C6	TC0C5	TC0C4	TC0C3	TC0C2	TC0C1	TC0C0
读/写	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

TC0C 初始值的计算公式如下：

$$\text{TC0C 初始值} = N - (\text{TC0 中断间隔时间} * \text{输入时钟})$$

N 为 TC0 二进制计数范围，TC0 共有六种工作模式：TC0 定时器、TC0 事件计数器、TC0 Fcpu 时钟源、TC0 Fosc 时钟源、PWM 模式和无 PWM 模式。各模式下参数的设定如下表所示：

TC0CKS	PWM0	ALOAD0	TC0OUT	N	TC0C 范围	TC0C 二进制计数范围	注释
0	0	x	x	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b	每计数 256 次溢出
	1	0	0	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b	每计数 256 次溢出
	1	0	1	64	0x00~0x3F	xx000000b~xx111111b	每计数 64 次溢出
	1	1	0	32	0x00~0x1F	xxx00000b~xxx11111b	每计数 32 次溢出
	1	1	1	16	0x00~0x0F	xxxx0000b~xxxx1111b	每计数 16 次溢出
1	-	-	-	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b	每计数 256 次溢出

- 例：TC0 中断时间设为 10ms，时钟源选择 Fcpu(TC0KS = 0)，无 PWM 输出(PWM0=0)，高速时钟 = 4MHz。Fcpu = Fosc/4，TC0RATE = 010 (Fcpu/64)。

$$\begin{aligned}
 \text{TC0C 初始值} &= N - (\text{TC0 中断时间} * \text{输入时钟}) \\
 &= 256 - (10\text{ms} * 4\text{MHz} / 4 / 64) \\
 &= 256 - (10^{-2} * 4 * 10^6 / 4 / 64) \\
 &= 100 \\
 &= 64\text{H}
 \end{aligned}$$

TC0 中断时间对应表

TC0RATE	TC0CLOCK	高速模式 (Fcpu = 4MHz / 4)		低速模式 (Fcpu = 32768Hz / 4)	
		最大溢出间隔时间	单步间隔时间 = max/256	最大溢出间隔时间	单步间隔时间 = max/256
000	Fcpu/256	65.536 ms	256 us	8000 ms	31250 us
001	Fcpu/128	32.768 ms	128 us	4000 ms	15625 us
010	Fcpu/64	16.384 ms	64 us	2000 ms	7812.5 us
011	Fcpu/32	8.192 ms	32 us	1000 ms	3906.25 us
100	Fcpu/16	4.096 ms	16 us	500 ms	1953.125 us
101	Fcpu/8	2.048 ms	8 us	250 ms	976.563 us
110	Fcpu/4	1.024 ms	4 us	125 ms	488.281 us
111	Fcpu/2	0.512 ms	2 us	62.5 ms	244.141 us

7.3.4 自动重载寄存器 TC0R

TC0 的自动重载功能由 TC0M 的 ALOAD0 位控制。当 TC0C 溢出时，TC0R 的值自动装入 TC0C 中。这样，用户使用的过程中就不需要在中断中重新赋值。

TC0 为双重缓存器结构。若程序对 TC0R 进行了修改，那么修改后的 TC0R 值首先被暂存在 TC0R 的第一个缓存器中，直到 TC0 溢出后，才被真正存入 TC0R 缓存器中，从而避免 TC0 中断时间出错以及 PWM 和蜂鸣器误动作。

* 注：在 PWM 模式下，系统自动开启自动重装功能。位寄存器 ALOAD0 用于控制溢出范围。

0CDH	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TC0R	TC0R7	TC0R6	TC0R5	TC0R4	TC0R3	TC0R2	TC0R1	TC0R0
读/写	W	W	W	W	W	W	W	W
复位后	0	0	0	0	0	0	0	0

TC0R 初始值计算公式如下：

$$\text{TC0R 初始值} = N - (\text{TC0 中断间隔时间} * \text{输入时钟})$$

上式中，N 为 TC0 的最大计数范围。TC0 的溢出时间有如下六种可能情况：

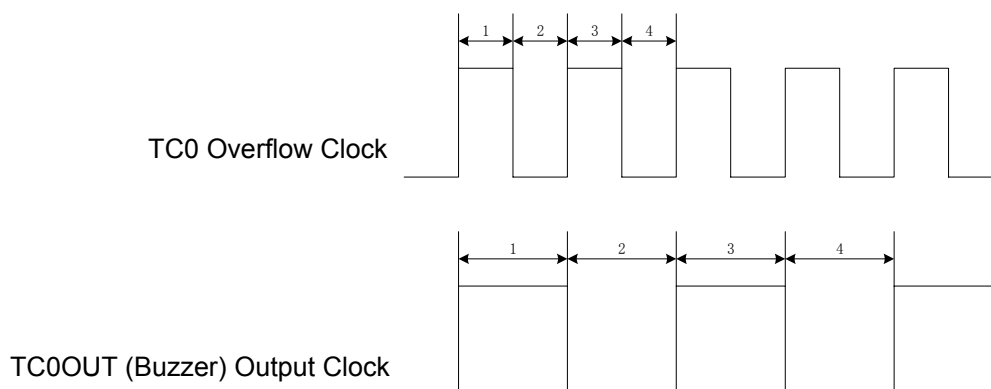
TC0CKS	PWM0	ALOAD0	TC0OUT	N	TC0R 计数范围	TC0R 二进制计数范围
0	0	x	x	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b
	1	0	0	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b
	1	0	1	64	0x00~0x3F	xx000000b~xx111111b
	1	1	0	32	0x00~0x1F	xxx00000b~xxx11111b
	1	1	1	16	0x00~0x0F	xxxx0000b~xxxx1111b
1	-	-	-	256	0x00~0xFF	00000000b~11111111b

➤ 例：TC0 中断间隔时间设置为 10ms，时钟源选 Fcpu (TC0KS = 0)，无 PWM 输出，(PWM0 = 0)，高速时钟为外部 4MHz，Fcpu = Fosc/4，TC0RATE = 010 (Fcpu/64)。

$$\begin{aligned}
 \text{TC0R 初始值} &= N - (\text{TC0 中断间隔时间} * \text{输入时钟源}) \\
 &= 256 - (10\text{ms} * 4\text{MHz} / 4 / 64) \\
 &= 256 - (10^{-2} * 4 * 10^6 / 4 / 64) \\
 &= 100 \\
 &= 64\text{H}
 \end{aligned}$$

7.3.5 TC0 时钟频率输出(蜂鸣器输出)

蜂鸣器输出即 TC0 计数/定时器的频率输出功能。对 TC0 时钟频率进行适当设置，TC0 经过 2 分频后作为 TC0OUT 并输出到 P5.4 引脚，同时，P5.4 的普通 I/O 功能自动被屏蔽。TC0OUT 输出波形如下：



- 例：设置 TC0OUT (P5.4)。其中，外部高速时钟 = 4MHz，TC0OUT 频率 = 0.5KHz，TC0 频率 = 1KHz，TC0 时钟源采用内部时钟 $F_{cpu}/4$ ， $TC0RATE2 \sim TC0RATE1 = 110$ ， $TC0C = TC0R = 131$ 。

```

MOV      A,#01100000B
B0MOV    TC0M,A           ; TC0 速率  $F_{cpu}/4$ 

MOV      A,#131
B0MOV    TC0C,A           ; 自动加载参考值设置
B0MOV    TC0R,A

B0BSET   FTC0OUT          ; TC0 的输出信号由 P5.4 输出，禁止 P5.4 的普通 I/O 功能
B0BSET   FALOAD1          ; 允许 TC0 自动重载功能
B0BSET   FTC0ENB          ; 开启 TC0 定时器
  
```

* 注：蜂鸣器的输出有效时，“PWM0OUT”必须被置为 0。

7.3.6 TC0 操作举例

TC0 定时器可用于定时器中断、事件计数、TC0OUT 和 PWM。下面分别举例说明。

- 例：停止 TC0 计数器，禁止 TC0 中断并将 TC0 中断请求标志清零。

```
B0BCLR    FTC0ENB
B0BCLR    FTC0IEN
B0BCLR    FTC0IRQ
```

- 例：设置 TC0 的速率 (不包含事件计数模式)。

```
MOV        A, #0xxx0000b    ; TC0M 的 bit4~bit6 控制 TC0 速率，设置范围为
                                x000xxxxb~x111xxxxb
```

```
B0MOV      TC0M,A            ; 禁止 TC0 中断
```

- 例：设置 TC0 的时钟源。

```
B0BCLR    FTC0CKS            ; 选择内部时钟
or
B0BSET    FTC0CKS            ; 选择外部时钟
```

- 例：TC0 自动重载模式设置。

```
B0BCLR    FALOAD0            ; 开放自动重载功能
or
B0BSET    FALOAD0            ; 禁止 TC0 自动重载
```

- 例：TC0 中断间隔时间设置。

```
MOV        A,#7FH            ; TC0 模式决定 TC0C 和 TC0R 的值
B0MOV      TC0C,A            ; 设置 TC0C
B0MOV      TC0R,A            ; 设置 TC0R

B0BCLR    FALOAD0            ; ALOAD0, TC0OUT = 00, PWM 周期 = 0~255
B0BCLR    FTC0OUT

or

B0BCLR    FALOAD0            ; ALOAD0, TC0OUT = 01, PWM 周期 = 0~63
B0BSET    FTC0OUT

or

B0BSET    FALOAD0            ; ALOAD0, TC0OUT = 10, PWM 周期 = 0~31
B0BCLR    FTC0OUT

or

B0BSET    FALOAD0            ; ALOAD0, TC0OUT = 11, PWM 周期 = 0~15
B0BSET    FTC0OUT
```

- 例：设置 TC0 模式。

```
B0BSET    FTC0IEN            ; 开放 TC0 中断功能
or
B0BSET    FTC0OUT            ; 开放 TC0OUT (蜂鸣器) 功能
or
B0BSET    FPWM0OUT           ; 开放 PWM 功能
```

- 例：开启 TC0。

```
B0BSET    FTC0ENB            ; 开放 TC0
```

7.4 PWM0

7.4.1 概述

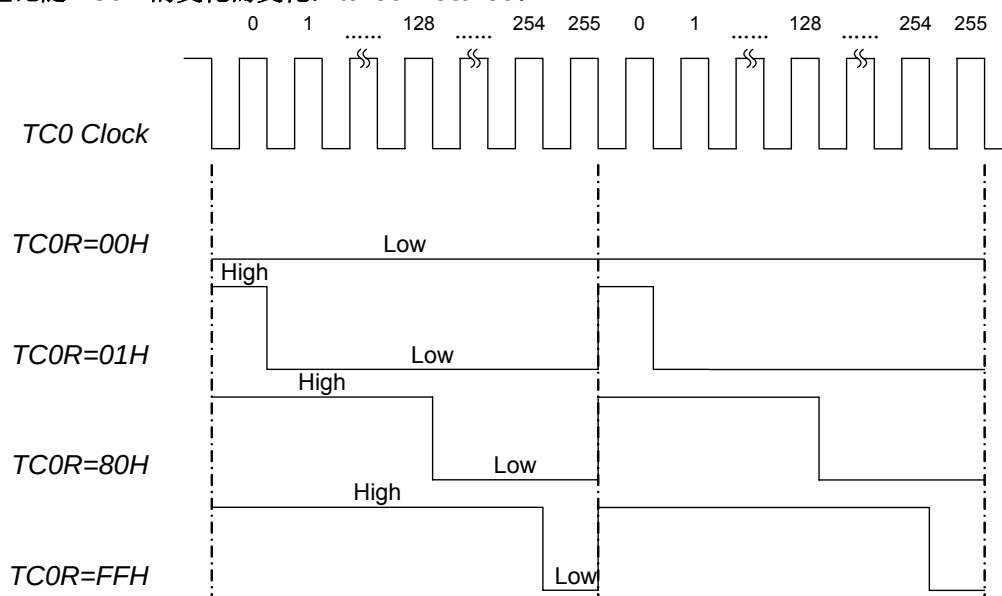
PWM 信号输出到 PWM0OUT (P5.4 引脚)，TC0OUT 和 ALOAD0 控制 PWM 输出的量程 (256、64、32 和 16)。8-bit 计数器 TC0C 计数过程中不断与 TC0R 相比较，当 TC0C 计数到两者相等时，PWM 输出低电平，当 TC0C 再次从零开始计数时，PWM 被强制输出高电平。PWM0 输出占空比 = TC0R/计数量程 (计数量程 = 256、64、32 或 16)。

参考寄存器保持输入 00H 可使 PWM 的输出长时间维持在低电平，通过修改 TC0R 可改变 PWM 输出占空比。

* 注：TC0 为双重缓冲寄存器结构，调整 TC0R 的值可以改变 PWM 的输出占空比。用户可随时改变 TC0R 的值，但是只有在 TC0 溢出后，这一修改值才真正被写入 TC0R 中。

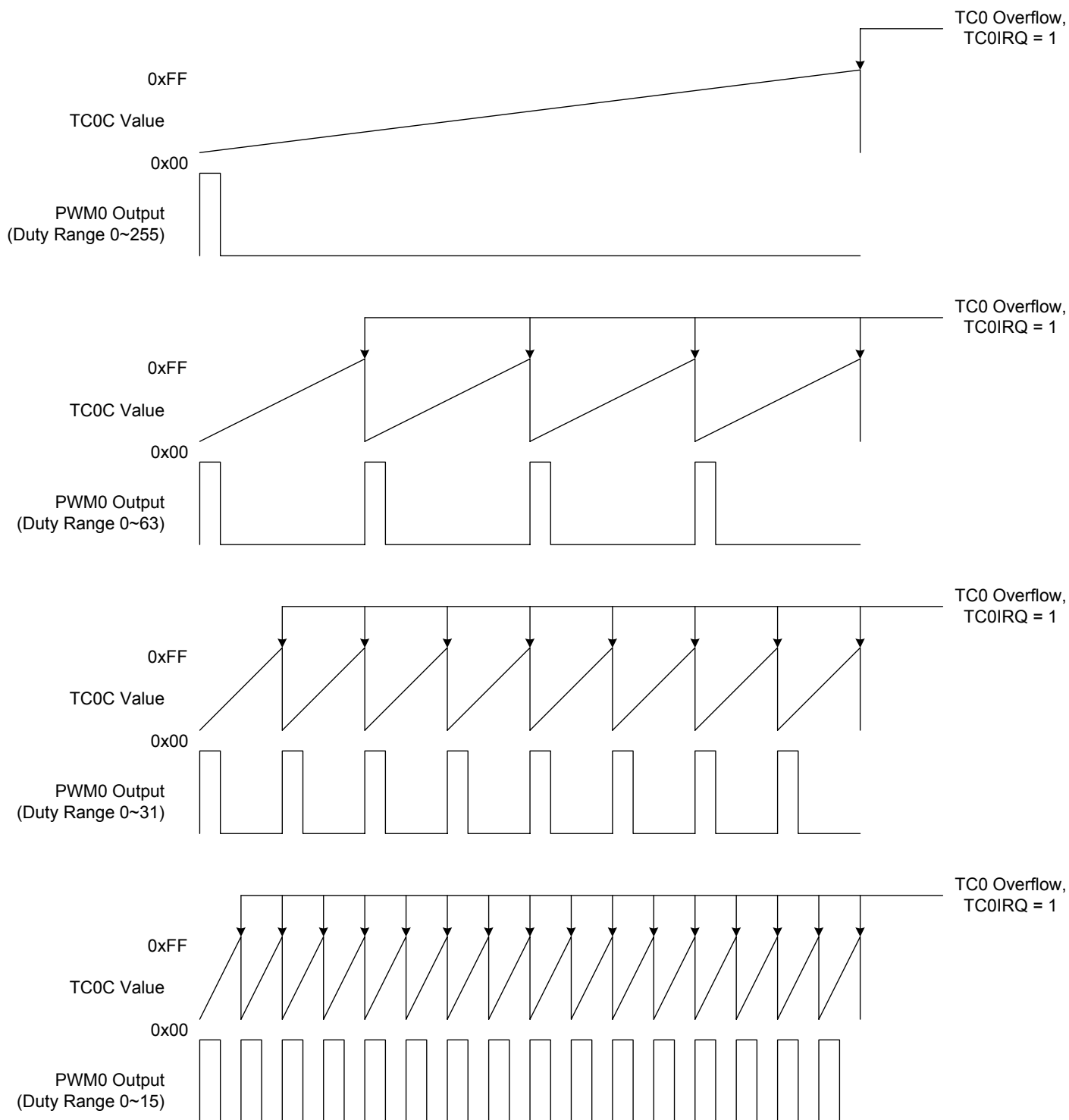
ALOAD0	TC0OUT	PWM 占空比范围	TC0C 有效值	TC0R 有效值	MAX. PWM 输出频率 (Fcpu = 4MHz)	注释
0	0	0/256~255/256	0x00~0xFF	0x00~0xFF	7.8125K	每计数 256 次溢出
0	1	0/64~63/64	0x00~0x3F	0x00~0x3F	31.25K	每计数 64 次溢出
1	0	0/32~31/32	0x00~0x1F	0x00~0x1F	62.5K	每计数 32 次溢出
1	1	0/16~15/16	0x00~0x0F	0x00~0x0F	125K	每计数 16 次溢出

PWM 输出占空比随 TC0R 的变化而变化：0/256~255/256。



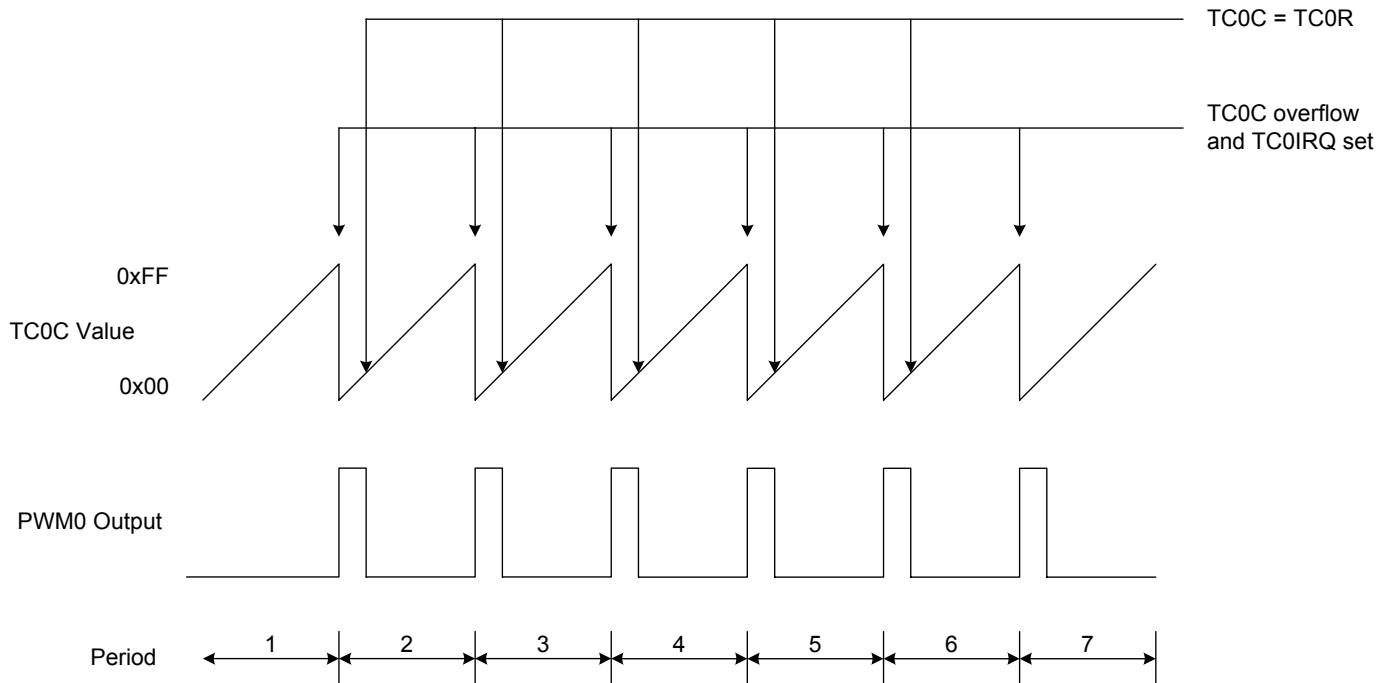
7.4.2 TC0IRQ 和 PWM 输出占空比

在 PWM 模式下，TC0IRQ 的频率与 PWM 的占空比有关，具体情况如下图所示：

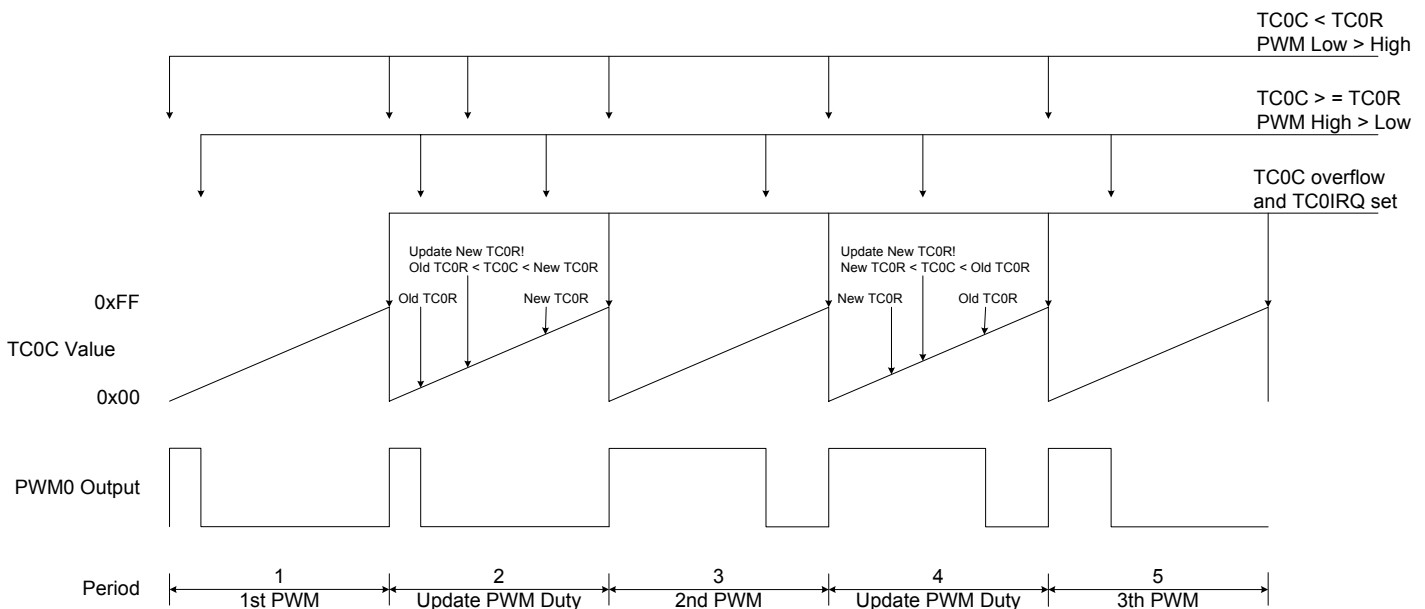


7.4.3 PWM 输出占空比与 TC0R 的变化

在 PWM 模式下，系统随时比较 TC0C 和 TC0R 的异同。若 $TC0C < TC0R$ ，PWM 输出高电平，反之则输出低电平。当 TC0C 发生改变的时候，PWM 将在下一周期改变输出占空比。如果 TC0R 保持恒定，那么 PWM 输出波形也保持稳定。



上图所示是 TC0R 恒定时的波形。每当 TC0C 溢出时，PWM 都输出高电平， $TC0C \geq TC0R$ 时，PWM 即输出低电平。下面所示是 TC0R 发生变化时对应的波形图：



在 period 2 和 period 4 中，显示新的占空比（TC0R），但 PWM 在 period 2 和 period 4 的占空比要在下一个 period 才会改变。这样，可以避免 PWM 不随设定改变或在同一个周期内改变两次，从而避免系统发生不可预知的误动作。

7.4.4 PWM 编程举例

- 例：PWM 输出设置。外部高速振荡器输出频率 = 4MHZ, $F_{cpu} = F_{osc}/4$, PWM 输出占空比 = 30/256, 输出频率 1KHZ, PWM 时钟源来自外部时钟, TC0 速率 = $F_{cpu}/4$, $TC0RATE2 \sim TC0RATE1 = 110$, $TC0C = TC0R = 30$ 。

```
MOV      A,#01100000B
B0MOV    TC0M,A           ; TC0 速率= $F_{cpu}/4$ 

MOV      A,#30
B0MOV    TC0C,A           ; PWM 输出占空比=30/256
B0MOV    TC0R,A

B0BCLR   FTC0OUT          ; 占空比变化范围: 0/256~255/256.
B0BCLR   FALOAD0
B0BSET   FPWM0OUT         ; PWM0 输出至 P5.4, 禁止 P5.4 I/O 功能
B0BSET   FTC0ENB
```

* 注：TC0R 为只写寄存器，不能用 INCMS 和 DECMS 指令对其进行操作。

- 例：改变 TC0R 的内容。

```
MOV      A, #30H
B0MOV    TC0R, A

INCMS    BUF0
NOP
B0MOV    A, BUF0
B0MOV    TC0R, A
```

8 I/O 端口

8.1 I/O 端口模式

寄存器 PnM 可选择编程控制端口的数据传送方向。

0B8H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P0M	-	-	-	-	-	-	-	P00M
读/写	-	-	-	-	-	-	-	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	0

0C1H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1M	-	-	-	-	P13M	P12M	-	P10M
读/写	-	-	-	-	R/W	R/W	-	R/W
复位后	-	-	-	-	0	0	-	0

0C2H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P2M	-	-	P25M	P24M	P23M	P22M	P21M	P20M
读/写	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	0	0	0	0	0	0

0C5H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P5M	-	-	-	P54M	-	-	-	-
读/写	-	-	-	R/W	-	-	-	-
复位后	-	-	-	0	-	-	-	-

Bit[7:0] **PnM[7:0]**: Pn 模式控制位(n = 0~5).

0 = 输入模式

1 = 输出模式

* 注:

1. 用户可通过位操作指令(B0BSET, B0BCLR)对 I/O 口进行编程控制;
2. P1.1 只能作为输入引脚, 寄存器 P1M.1 的值保持为“1”。

➤ 例: I/O 模式选择。

```
CLR    P0M           ; 所有端口设为输入模式
CLR    P1M
CLR    P5M
```

```
MOV    A, #0FFH      ; 所有端口设为输出模式
B0MOV  P0M, A
B0MOV  P1M, A
B0MOV  P5M, A
```

```
B0BCLR P1M.2         ; P1.2 设为输入模式
```

```
B0BSET P1M.2         ; P1.2 设为输出模式
```

8.2 I/O 口上拉电阻

0E0H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P0UR	-	-	-	-	-	-	-	P00R
读/写	-	-	-	-	-	-	-	W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	0

0E1H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1UR	-	-	-	-	P13R	P12R	-	P10R
读/写	-	-	-	-	W	W	-	W
复位后	-	-	-	-	0	0	-	0

0E2H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P2UR	-	-	P25R	P24R	P23R	P22R	P21R	P20R
读/写	-	-	W	W	W	W	W	W
复位后	-	-	0	0	0	0	0	0

0E5H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P5UR	-	-	-	P54R	-	-	-	-
读/写	-	-	-	W	-	-	-	-
复位后	-	-	-	0	-	-	-	-

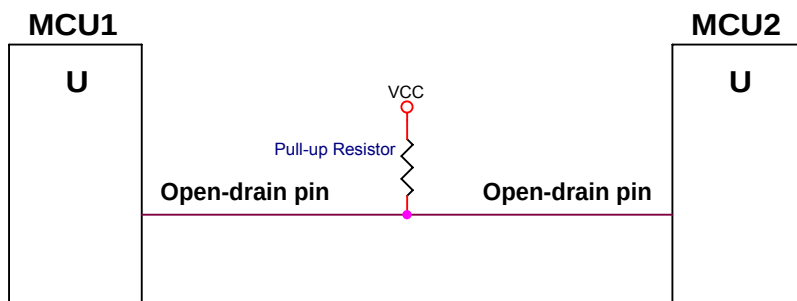
* 注：P1.1 只可用作输入引脚，无上拉电阻，寄存器 P1UR.1 保持值 1。

➤ 例：I/O 上拉寄存器。

```
MOV      A, #0FFH      ; 使能 P0, 1, 5 的上拉电阻
B0MOV    P0UR, A        ;
B0MOV    P1UR, A
B0MOV    P5UR, A
```


8.3 I/O 漏极开路寄存器

P1.0 有内置漏极开路功能，当使能该漏极开路功能时，P1.0 必须被置为输出模式。漏极开路的外部电路如下，图中的上拉电阻必不可少，漏极开路的输出高电平由上拉电阻驱动，输出低电平时为灌电流。



0E9H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P10C	-	-	-	-	-	-	-	P10OC
读/写	-	-	-	-	-	-	-	W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	0

Bit 0 **P10OC**: P1.0 漏极开路控制位
 0 = 无漏极开路
 1 = 漏极开路

➤ 例：P1.0 漏极开路，输出高电平。

```

B0BSET      P1.0           ; P1.0 置位

B0BSET      P10M           ; P1.0 为输出模式
MOV         A, #01H        ; P1.0 漏极开路
B0MOV       P10C, A
  
```

* 注：P10C 为只写寄存器，P10C 只能通过指令“MOV”进行动作。

➤ 例：禁止 P1.0 漏极开路，输出低电平。

```

MOV         A, #0
B0MOV       P10C, A
  
```

* 注：禁止 P1.0 漏极开路后，P1.0 恢复到之前的 I/O 模式。

8.4 I/O 口数据寄存器

0D0H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P0	-	-	-	-	-	-	-	P00
读/写	-	-	-	-	-	-	-	R/W
复位后	-	-	-	-	-	-	-	0

0D1H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P1	-	-	-	-	P13	P12	P11	P10
读/写	-	-	-	-	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	-	-	0	0	0	0

0D2H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P2	-	-	P25	P24	P23	P22	P21	P20
读/写	-	-	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
复位后	-	-	0	0	0	0	0	0

0D5H	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
P5	-	-	-	P54	-	-	-	-
读/写	-	-	-	R/W	-	-	-	-
复位后	-	-	-	0	-	-	-	-

* 注：当外部复位有效时， P11 的值保持为 1。

➤ 例：从输入口读取数据。

```

B0MOV      A, P0          ; 从 P0 读数据
B0MOV      A, P1          ; 从 P1 读数据
B0MOV      A, P5          ; 从 P5 读数据

```

➤ 例：写数据到输出端。

```

MOV        A, #0FFH      ; 立即数 FFH 写入所有输出口
B0MOV      P0, A
B0MOV      P1, A
B0MOV      P5, A

```

➤ 例：写 1-bit 的数据到输出口。

```

B0BSET     P1.3           ; P1.3 和 P5.4 置“1”。
B0BSET     P5.4
B0BCLR     P1.3           ; P1.3 和 P5.4 置“0”。
B0BCLR     P5.4

```

9 指令表

Field	指令格式	描述	C	DC	Z	周期
MOV	MOV A,M	$A \leftarrow M$	-	-	√	1
	MOV M,A	$M \leftarrow A$	-	-	-	1
	B0MOV A,M	$A \leftarrow M$ (bank 0)	-	-	√	1
	B0MOV M,A	M (bank 0) $\leftarrow A$	-	-	-	1
	MOV A,I	$A \leftarrow I$	-	-	-	1
	B0MOV M,I	$M \leftarrow I$ 。(M 仅适用地址是 0x80~0x87 的系统寄存器, 如 R、Y、Z..., I 不能是 E6h、E7h。)	-	-	-	1
	XCH A,M	$A \leftrightarrow M$	-	-	-	1+N
	B0XCH A,M	$A \leftrightarrow M$ (bank 0)。(M 不使用地址是 0x80~0x87 的系统寄存器)	-	-	-	1+N
	MOVC	$R, A \leftarrow ROM[Y,Z]$	-	-	-	2
ARITH	ADC A,M	$A \leftarrow A + M + C$, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1
	ADC M,A	$M \leftarrow A + M + C$, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1+N
	ADD A,M	$A \leftarrow A + M$, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1
	ADD M,A	$M \leftarrow A + M$, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1+N
	B0ADD M,A	M (bank 0) $\leftarrow M$ (bank 0) + A, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1+N
	ADD A,I	$A \leftarrow A + I$, 如果产生进位则 C = 1, 否则 C = 0。	√	√	√	1
	SBC A,M	$A \leftarrow A - M - /C$, 如果产生借位则 C=0, 否则 C=1	√	√	√	1
	SBC M,A	$M \leftarrow A - M - /C$, 如果产生借位则 C=0, 否则 C=1	√	√	√	1+N
	SUB A,M	$A \leftarrow A - M$, 如果产生借位则 C=0, 否则 C=1	√	√	√	1
	SUB M,A	$M \leftarrow A - M$, 如果产生借位则 C=0, 否则 C=1	√	√	√	1+N
	SUB A,I	$A \leftarrow A - I$, 如果产生借位则 C=0, 否则 C=1	√	√	√	1
LOGIC	AND A,M	$A \leftarrow A$ 与 M	-	-	√	1
	AND M,A	$M \leftarrow A$ 与 M	-	-	√	1+N
	AND A,I	$A \leftarrow A$ 与 I	-	-	√	1
	OR A,M	$A \leftarrow A$ 或 M	-	-	√	1
	OR M,A	$M \leftarrow A$ 或 M	-	-	√	1+N
	OR A,I	$A \leftarrow A$ 或 I	-	-	√	1
	XOR A,M	$A \leftarrow A$ 异或 M	-	-	√	1
	XOR M,A	$M \leftarrow A$ 异或 M	-	-	√	1+N
	XOR A,I	$A \leftarrow A$ 异或 I	-	-	√	1
PUSH	SWAP M	$A(b3 \sim b0, b7 \sim b4) \leftarrow M(b7 \sim b4, b3 \sim b0)$	-	-	-	1
	SWAPM M	$M(b3 \sim b0, b7 \sim b4) \leftarrow M(b7 \sim b4, b3 \sim b0)$	-	-	-	1+N
	RRC M	$A \leftarrow M$ 带进位右移	√	-	-	1
	RRCM M	$M \leftarrow M$ 带进位右移	√	-	-	1+N
	RLC M	$A \leftarrow M$ 带进位左移	√	-	-	1
	RLCM M	$M \leftarrow M$ 带进位左移	√	-	-	1+N
	CLR M	$M \leftarrow 0$	-	-	-	1
	BCLR M.b	$M.b \leftarrow 0$	-	-	-	1+N
	BSET M.b	$M.b \leftarrow 1$	-	-	-	1+N
	B0BCLR M.b	$M(bank\ 0).b \leftarrow 0$	-	-	-	1+N
	B0BSET M.b	$M(bank\ 0).b \leftarrow 1$	-	-	-	1+N
BRANCH	CMPRS A,I	比较, 如果相等则跳过下一条指令, C 与 ZF 标志位可能受影响	√	-	√	1 + S
	CMPRS A,M	比较, 如果相等则跳过下一条指令, C 与 ZF 标志位可能受影响	√	-	√	1 + S
	INCS M	$A \leftarrow M + 1$, 如果 A = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	INCMS M	$M \leftarrow M + 1$, 如果 M = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1+N+S
	DECS M	$A \leftarrow M - 1$, 如果 A = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	DECMS M	$M \leftarrow M - 1$, 如果 M = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1+N+S
	BTS0 M.b	如果 M.b = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	BTS1 M.b	如果 M.b = 1, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	B0BTS0 M.b	如果 M(bank 0).b = 0, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	B0BTS1 M.b	如果 M(bank 0).b = 1, 则跳过下一条指令	-	-	-	1 + S
	JMP d	跳转指令, $PC15/14 \leftarrow RomPages1/0$, $PC13 \sim PC0 \leftarrow d$	-	-	-	2
	CALL d	子程序调用指令, $Stack \leftarrow PC15 \sim PC0$, $PC15/14 \leftarrow RomPages1/0$, $PC13 \sim PC0 \leftarrow d$	-	-	-	2
	RET	子程序跳出指令, $PC \leftarrow Stack$	-	-	-	2
	RETI	中断处理程序跳出指令, $PC \leftarrow Stack$, 并使能全局中断控制位	-	-	-	2
	NOP	空指令, 无特别意义	-	-	-	1

注: 1. “M”是系统寄存器或 RAM, M 为系统寄存器时 N = 0, 否则 N = 1。
 2. 条件跳转指令的条件为真, 则 S = 1, 否则 S = 0。
 3. 指令“B0MOV M,I”中的“I”不能是“E6h”或“E7h”。
 4. 指令“B0XCH”中的 M 不能是系统寄存器的 0x80~0xFF 单元。

10 电气特性

SN8P2501B 的电气特性请参考英文版的 Datasheet。

11 OTP 烧录引脚

11.1 转接板插座对应的引脚分布图

Easy Writer JP1/JP2			
VSS	2	1	VDD
CE	4	3	CLK/PGCLK
OE/ShiftDat	6	5	PGM/OTPCLK
D0	8	7	D1
D2	10	9	D3
D4	12	11	D5
D6	14	13	D7
VPP	16	15	VDD
RST	18	17	HLS
ALSB/PDB	20	19	-

JP1 连接 MP 转接板

Easy Writer JP3 (Mapping to 48-pin text tool)

DIP1	1	48	DIP48
DIP2	2	47	DIP47
DIP3	3	46	DIP46
DIP4	4	45	DIP45
DIP5	5	44	DIP44
DIP6	6	43	DIP43
DIP7	7	42	DIP42
DIP8	8	41	DIP41
DIP9	9	40	DIP40
DIP10	10	39	DIP39
DIP11	11	38	DIP38
DIP12	12	37	DIP38
DIP13	13	36	DIP36
DIP14	14	35	DIP35
DIP15	15	34	DIP34
DIP16	16	33	DIP33
DIP17	17	32	DIP32
DIP18	18	31	DIP31
DIP19	19	30	DIP30
DIP20	20	29	DIP29
DIP21	21	28	DIP28
DIP22	22	27	DIP27
DIP23	23	26	DIP26
DIP24	24	25	DIP25

JP3 连接 MP 转接板

11.2 烧录引脚分布图

SN8P2501B 烧录信息											
芯片名				SN8P2501BP/S		SN8P2501BX					
		EZ Writer Connector		OTP IC / JP3 引脚分布							
		Number	Name	Number	Pin	Number	Pin				
		1	VDD	4	VDD	4,5	VDD				
		2	GND	11	VSS	12,13	VSS				
		3	CLK	10	P0.0	11	P0.0				
		4	CE	-	-	-	-				
		5	PGM	9	P1.0	10	P1.0				
		6	OE	8	P5.4	9	P5.4				
		7	D1	-	-	-	-				
		8	D0	-	-	-	-				
		9	D3	-	-	-	-				
		10	D2	-	-	-	-				
		11	D5	-	-	-	-				
		12	D4	-	-	-	-				
		13	D7	-	-	-	-				
		14	D6	-	-	-	-				
		15	VDD	-	-	-	-				
		16	VPP	7	RST	8	RST				
		17	HLS	-	-	-	-				
		18	RST	-	-	-	-				
		19	-	-	-	-	-				
		20	ALSB/PDB	6	P1.2	7	P1.2				

12 SN8P2501A 升级为 SN8P2501B 注意事项

SN8P2501B 是最新推出的 SN8P2501A 的升级芯片，改善的特性列表如下。建议用户在新的项目或产品评估时，加以使用。

改善特性	SN8P2501A	SN8P2501B
LVD	1.8V	2.0/2.4/3.6V
IHRC	$\pm 15\%$	$\pm 2\%$
Fcpu	Fosc/1 ~ Fosc/128	Fosc/1 ~ Fosc/16
T0C 寄存器	可读/写	可读/写
TC0C 寄存器	可写	可读/写
PCL 寄存器	不可写入 0xnnFE、0xnnFF	-
中断入口处指令	须为 NOP 或 JMP 指令	-
B0MOV M,I	I $\neq$ 0xE6/E7	-
输入“0”电压 (Typical)	0.3VDD	0.4VDD
输入“1”电压 (Typical)	0.7VDD	0.6VDD

SN8P2501B 的 IHRC 振荡频率 16MHz 精确度有了大幅度的提高，在 5V/25℃ /Fcpu=1Mhz 条件下可控制在 $\pm 2\%$ 范围以内。由于考虑到芯片代工制程的飘移，SONiX 推出的 MP Writer Version18B 或更高版本的编程器会进行芯片内部振荡频率的校正。下面给出的 IHRC 振荡频率与芯片工作电压、IHRC 振荡频率与芯片工作温度的关系曲线图可用作产品开发参考。

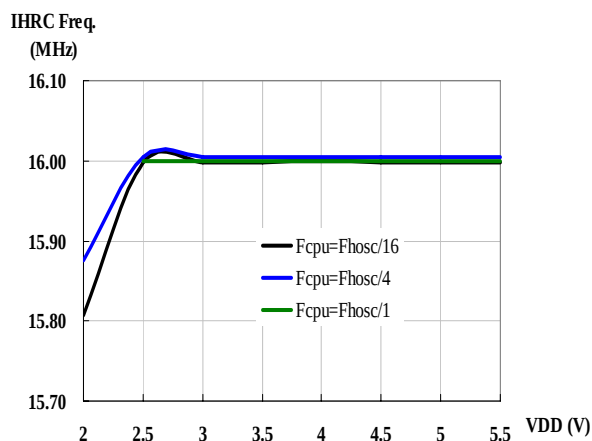


图 1 IHRC 振荡频率与工作电压曲线图
(温度 25℃)

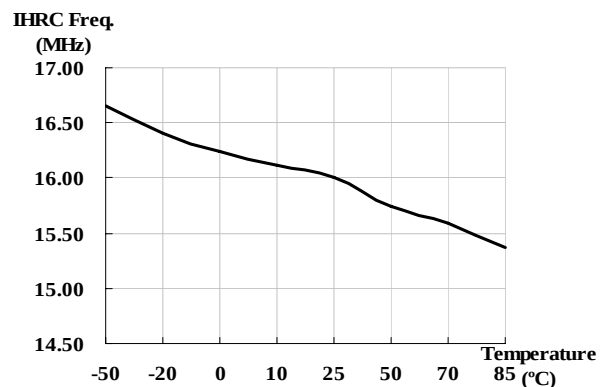


图 2 IHRC 振荡频率与工作温度曲线图
(VDD = 5V)

SN8P2501B 改善后的 Multi LVD 电路，允许用户通过 Code Option 选择电压侦测值 (2.4V、3.6V) 或者低电压复位值 (2.0V、2.4V)。下面列出了针对 LVD 选择的 Code Option 选项。

	Code Option	选项说明
LVD	LVD_L	芯片工作电压低于 2V reset
	LVD_M	芯片工作电压低于 2V reset，开启 2.4V 电压侦测功能
	LVD_H	芯片工作电压低于 2.4V reset，开启 3.6V 电压侦测功能

SN8P2501A 开发的旧有项目如果改用 SN8P2501，可以从以下几个步骤来进行。

- 1、程序中 Chip 宣告改为 SN8P2501B。
- 2、Code Option 中针对 LVD 进行合适的选择。
- 3、利用 M2ASM107 或更高版本的软件针对程序重新编译。
- 4、SN8P2501A 的看门狗清除指令“@RST_WDT”中有两个 NOP 指令，而 SN8P2501B 没有，这会影响到主程序 polling 计数时间差异，如将 SN8P2501A 原程序修改为 SN8P2501B，可在 @RST_WDT 后加两个 NOP，让主程序由 SN8P2501A 转换为 SN8P2501B 时维持原来的时序。

Example:

	SN8P2501A		SN8P2501B
main:	@RST_WDT	main:	@RST_WDT
	...		NOP
	...		NOP
	...		...

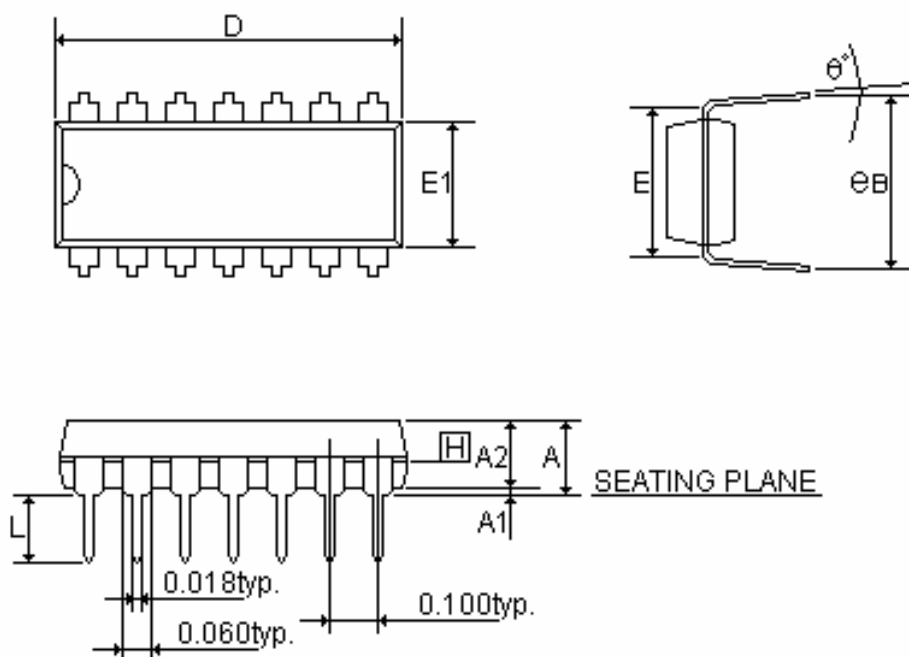
- 5、利用 EZ Writer、Version18B 或更高版本的 MP Writer 进行芯片编程。SN8P2501B 采用 IHRC 时如果利用 EZ Writer 编程，仿真器端须使用 16MHz 晶振。

* 注:

由于 Code Option 中“LVD”选项的添加，程序重新编译后，Checksum 值会改变，请做好记录再烧录芯片。如果没有源程序，请联络代理商将程序代码转交 SONiX 代为处理。

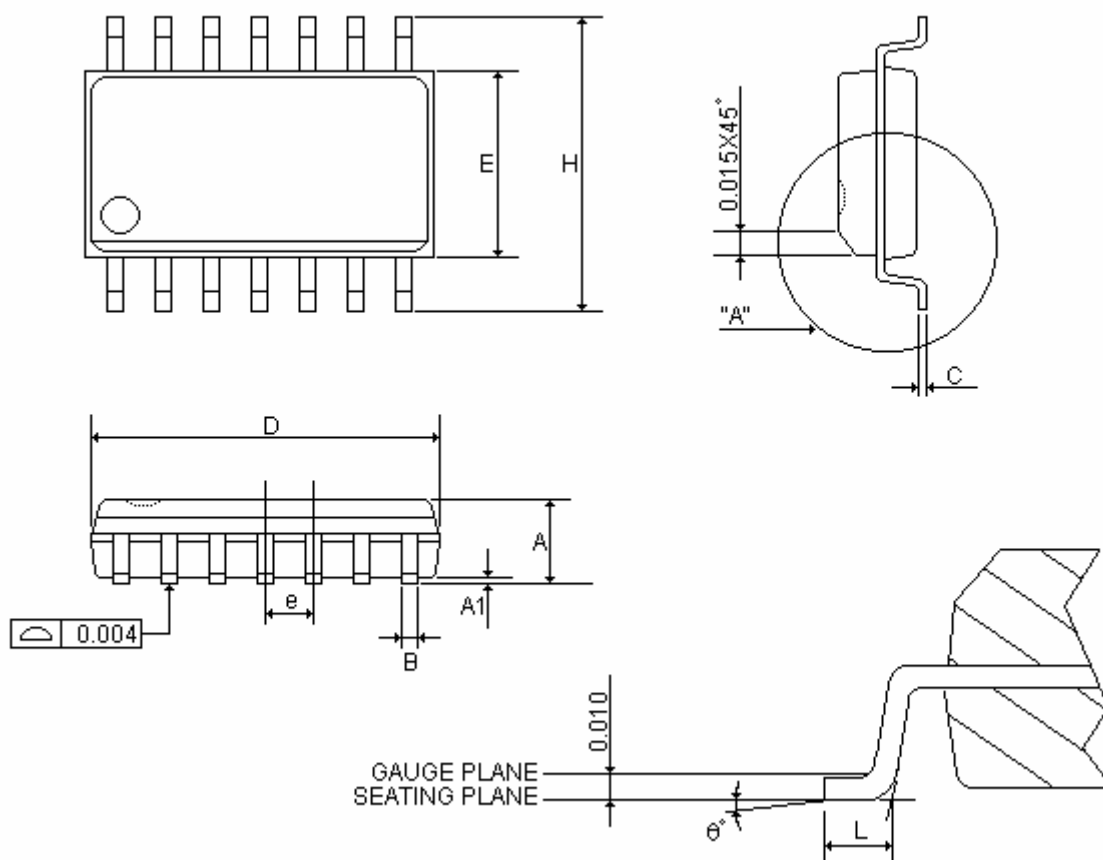
13 封装信息

13.1P-DIP 14 PIN



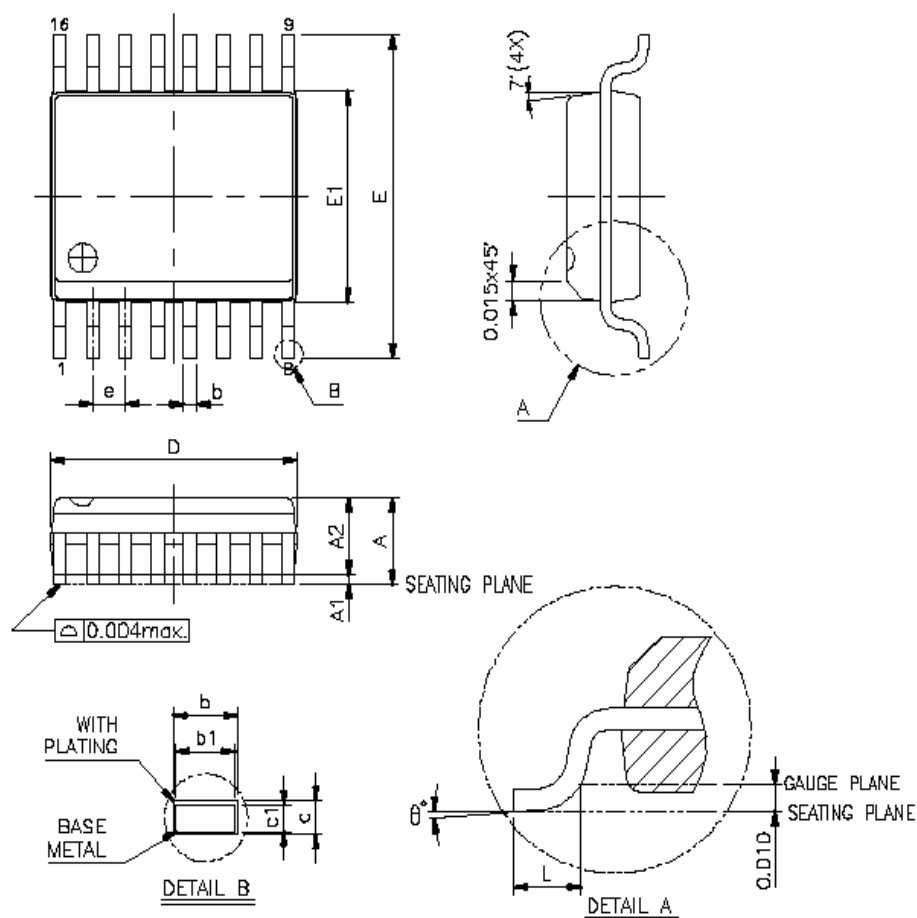
SYMBOLS	MIN	NOR	MAX	MIN	NOR	MAX
	(inch)			(mm)		
A	-	-	0.210	-	-	5.334
A1	0.015	-	-	0.381	-	-
A2	0.125	0.130	0.135	3.175	3.302	3.429
D	0.735	0.075	0.775	18.669	1.905	19.685
E	0.300			7.62		
E1	0.245	0.250	0.255	6.223	6.35	6.477
L	0.115	0.130	0.150	2.921	3.302	3.810
eB	0.335	0.355	0.375	8.509	9.017	9.525
θ°	0°	7°	15°	0°	7°	15°

13.2SOP 14 PIN



SYMBOLS	MIN	NOR	MAX	MIN	NOR	MAX
	(inch)			(mm)		
A	0.058	0.064	0.068	1.4732	1.6256	1.7272
A1	0.004	-	0.010	0.1016	-	0.254
B	0.013	0.016	0.020	0.3302	0.4064	0.508
C	0.0075	0.008	0.0098	0.1905	0.2032	0.2490
D	0.336	0.341	0.344	8.5344	8.6614	8.7376
E	0.150	0.154	0.157	3.81	3.9116	3.9878
e	-	0.050	-	-	1.27	-
H	0.228	0.236	0.244	5.7912	5.9944	6.1976
L	0.015	0.025	0.050	0.381	0.635	1.27
θ°	0°	-	8°	0°	-	8°

13.3SSOP 16 PIN



SYMBOLS	MIN	NOR	MAX	MIN	NOR	MAX
	(inch)			(mm)		
A	0.053	-	0.069	1.3462	-	1.7526
A1	0.004	-	0.010	0.1016	-	0.254
A2	-	-	0.059	-	-	1.4986
b	0.008	-	0.012	0.2032	-	0.3048
b1	0.008	-	0.011	0.2032	-	0.2794
c	0.007	-	0.010	0.1778	-	0.254
c1	0.007	-	0.009	0.1778	-	0.2286
D	0.189	-	0.197	4.8006	-	5.0038
E1	0.150	-	0.157	3.81	-	3.9878
E	0.228	-	0.244	5.7912	-	6.1976
L	0.016	-	0.050	0.4064	-	1.27
e	0.025 BASIC			0.635 BASIC		
θ°	0°	-	8°	0°	-	8°

SONiX 公司保留对以下所有产品在可靠性, 功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。SONiX 不承担由本手册所涉及的产品或电路的运用和使用所引起的任何责任, SONiX 的产品不是专门设计来应用于外科植入、生命维持和任何 SONiX 产品的故障会对个体造成伤害甚至死亡的领域。如果将 SONiX 的产品应用于上述领域, 即使这些是由 SONiX 在产品设计和制造上的疏忽引起的, 用户应赔偿所有费用、损失、合理的人身伤害或死亡所直接或间接产生的律师费用, 并且用户保证 SONiX 及其雇员、子公司、分支机构和销售商与上述事宜无关。

总公司:

地址: 台湾新竹县竹北市县政 5 街 32 巷 8 号 9 楼
电话: 886-3-551 0520
传真: 886-3-551 0523

台北办事处:

地址: 台北市松德路 171 号 15 楼之 2
电话: 886-2-2759 1980
传真: 886-2-2759 8180

香港办事处:

地址: 香港新界沙田沙田乡宁会路 138 # 新城市中央广场第一座 7 楼 705 室
电话: 852-2723 8086
传真: 852-2723 9179

松翰科技(深圳)有限公司

地址: 深圳市南山区高新技术产业园南区 T2-B 栋 2 层
电话: 86-755-2671 9666
传真: 86-755-2671 9786

技术支持:

Sn8fae@SONiX.com.tw