

第 7 章：定时器/计数器

井艳军

沈阳工业大学电气工程学院

定时器/计数器 TMR0

定时器 TMR0 应用举例

看门狗定时器 WDT

定时器/计数器 TMR1

定时器 TMR2

定时器/计数器

定时器/计数器是大部分单片机都内置的一个重要功能模块，定时器/计数器的正常工作一般由时序脉冲来触发。

其实定时器都是一个由时钟信号触发的递增的计数器；都是从预先设定的初始值开始累计，在累计数超过最大值，或者超过预先设定的值时便产生溢出，并同时会建立一个相应的溢出标志（即中断标志位）。

由单片机内部时序脉冲触发—**定时器**

由单片机外部引脚 T0CKI(RA4) 上时序脉冲触发—**计时器**

定时器/计数器应用场合

从单片机 I/O 引脚上向外部电路输出一系列符合一定时序规范的方波信号。(变频调速)

从单片机 I/O 引脚上，检测外部电路输入的一系列方波信号的脉宽、周期或频率，以便单片机接收外部电路的输入信号或通信信号。(速度检测)

单片机对其端口引脚上输入的由外部事件产生的触发信号进行准确地计数，依据计数结果来控制完成相应的动作。(生产线计件)

3 个定时器/计数器模块

模块	位宽	分频器	普通功能	特别功能
TMR0	8	预分频器	定时/计数	通用目的
TMR1	16	预分频器	定时/计数	捕捉或输出比较
TMR2	8	预/后分频器	定时	脉宽调制

定时器/计数器 TMR0

定时器/计数器 TMR0 特性

- 核心部分是一个 8 位宽，在时钟信号上升沿触发的循环累加计数寄存器 TMR0；
- TMR0 是一个特殊功能寄存器，地址为 01H 或 101H；
- 有一个可选用的 8 位可编程分频器；
- 信号源可以是内部时钟信号源 (定时器模式)，也可以是外部时钟信号源 (计数器模式)。
- 当使用外部触发信号作为时钟信号源时，可定义触发方式，即上升沿触发或下降沿触发；
- 具有溢出中断功能。

TMR0 模块相关寄存器

与 TMR0 模块有关的特殊功能寄存器有四个：8 位的累加寄存器 TMR0、中断控制寄存器 INTCON、选项寄存器 OPTION_REG 和端口 RA 方向控制寄存器 TRISA，如下表所列。

名称	内容							
	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
TMR0	8 位累加计数寄存器							
OPTION_REG	\overline{RBPU}	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
TRISA	—	—	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0

以上 4 个寄存器都是特殊功能寄存器，可以把它们当做普通 RAM 单元来进行读写访问。

选项寄存器 OPTION_REG

Bit2-Bit0 / PS2-PS0 : 分频器倍率选择位，主动参数。

分频器位值	TMR0 倍率	WDT 倍率
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

选项寄存器 OPTION_REG

Bit3 / PSA : 前后分频器分配位，主动参数。

清零 0

分配给 TMR0，作为 TMR0 的前分频器；

置位 1

分配给 WDT，作为 WDT 的后分频器。

Bit4 / T0SE : TMR0 用于计数器，计数脉冲信号边沿选择位，主动参数。

清零 0

RA4/T0CKI 引脚上的上升沿增量；

置位 1

RA4/T0CKI 引脚上的下降沿增量。

Bit5 / T0CS : 定时/计数器 TMR0 时钟源选择位，主动参数。

清零 0

用内部指令周期时钟 (CLKOUT) 作为 TMR0 的触发脉冲；

置位 1

用 T0CKI 引脚上的外部时钟作为 TMR0 的触发脉冲。

中断控制寄存器 INTCON

Bit2 / T0IF : TMR0 溢出标志位 (也就是溢出中断标志)。

清零 0

TMR0 未发生溢出。

置位 1

TMR0 发生溢出；

中断控制寄存器 INTCON

Bit5 / T0IE : TMR0 溢出中断使能位。

清零 0

屏蔽 TMR0 溢出后产生中断。

置位 1

允许 TMR0 溢出后产生中断；

中断控制寄存器 INTCON

Bit7 / GIE : 全局中断总使能位。

清零 0

禁止 CPU 响应所有外围设备产生的中断请求。

置位 1

允许 CPU 响应所有外围设备产生的中断请求；

端口 RA 方向控制寄存器 TRISA

Bit4 / TRISA4 : 由于 TMR0 的外部输入信号 T0CKI 与端口 RA4 是复合在同一条脚上的，当 TMR0 工作于计数模式时，要求该脚必须设置为输入方式，作为 T0CKI 信号专用输入引脚。

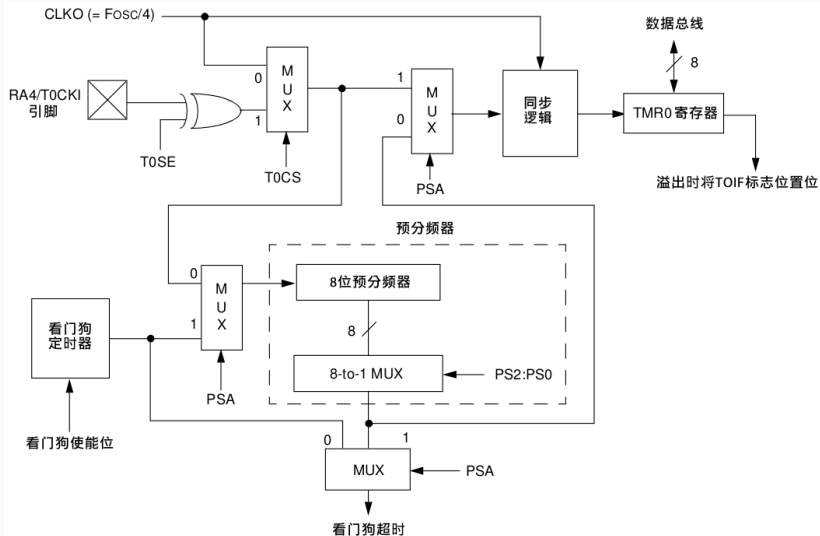
清零 0

引脚 RA4 设为输出。

置位 1

引脚 RA4 设为输入，以便从该脚送进 T0CK1 信号。

TMR0 的电路结构和工作原理



看门狗定时器 WDT 与 TMR0 共同分享一个分频器，但两者不能同时使用。即在同一时刻，分频器只能分配给两者中之一。

分频器也是一个 8 位累加计数器，不过它不能像 TMR0 那样直接进行读、写操作，它只能配合 TMR0 或 WDT 起分频作用。

当 $PSA=0$ 时，分频器归 TMR0 所有，进入累加器 TMR0 的时钟信号，都要先经过分频器；而当 $PSA=1$ 时，分频器与 TMR0 隔离，进入 TMR0 的时钟信号，不再经过分频器。

当分频器分配给 TMR0 时，任何以 TMR0 为目标的写操作指令（如 `CLRF TMR0`，`MOVWF TMR0`）都会将分频器清 0；当分频器分配给 WDT 时，执行 `CLRWD`T 的指令将会同时将其分频器清零。

注意分频器清零时，而分频比和分配对象并不会改变。

TMR0 累加计数寄存器

定时器 / 计数器 TMR0 既可以作为定时器使用，也可以作为计数器使用，即 TMR0 具有定时和计数两种工作模式。

两种模式的差异就是进入 TMR0 的时钟信号源不同，TMR0 的工作模式由 T0CS 位，即选项寄存器 OPTION_REG 位 5 决定。

T0CS	TMR0 工作模式	触发信号的来源
0	定时器	计数器的触发信号取自内部指令周期
1	计数器	计数器的触发信号取自外部引脚 T0CKI 电平的上升沿/下降沿

TMR0 累加计数寄存器 - 定时器模式

当 $T0CS=0$ 时，TMR0 为定时器模式，TMR0 的触发信号来自于内部的指令周期信号。

在定时器模式下，一旦往 TMR0 中写入初始值，TMR0 便启动累加计数。未使用分频器时，TMR0 会在每个指令周期信号到来时自动加 1；使用了分频器时，TMR0 会在收到 n 个指令周期信号后自动加 1， n 由分频比决定。

TMR0 累加计数寄存器 - 计数器模式

工作在计数器模式时，T0SE 位决定了外部时钟信号的触发边沿：T0SE=1，下降沿触发；T0SE=0，上升沿触发。

TMR0 工作于计数器模式时，一旦往计数寄存器中写入初始值后，TMR0 立即开始新一轮的累加计数。

TMR0 累加计数寄存器 - 计数器模式

没有使用分频器时，TMR0 会在每个 T0CKI 信号的上升沿或下降沿到来时自动加 1。

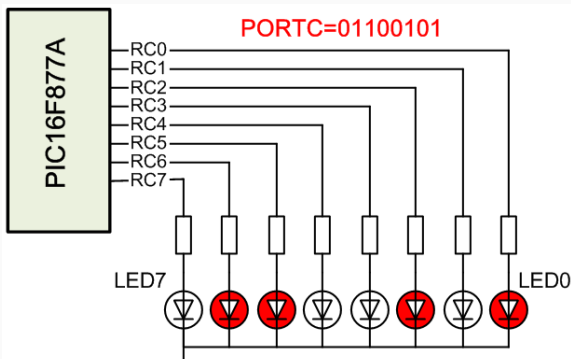
在此模式下，外部随机送入的脉冲信号和内部的工作时钟之间存在一个同步的问题。也就是说，并不是外部触发信号一进入，TMR0 就立即加 1，而是要经过一个同步逻辑，外部信号与系统时钟同步之后，方能进入累加计数器 TMR0，引发一次加 1 操作。

定时器 TMR0 应用举例

定时器 TMR0 应用举例

例题 7-1

要求 RC 口连接 8 个 LED 显示灯，作为自动加一计数器的显示窗口，间隔时间为 0.5s，这里假定时钟振荡频率为 4MHz。



定时器 TMR0 应用举例 - 例题 7-1 查询方式

```
1 COUNTER EQU      20H
2          ORG      0000H
3 MAIN     NOP
4          BSF      STATUS, RP0
5          MOVLW    00H
6          MOVWF    TRISC
7          MOVLW    07H
8          MOVWF    OPTION_REG
9          BCF      STATUS, RP0
10         CLRF     PORTC
```

定时器 TMR0 应用举例 - 例题 7-1 查询方式

1	JX	CALL	DEL50MS
2		DECFSZ	COUNTER
3		GOTO	JX
4		GOTO	LOOP
5			
6	DEL50MS	BCF	INTCON, T0IF
7		MOVLW	03DH
8		MOVWF	TMR0
9	LP1	BTFSS	INTCON, T0IF
10		GOTO	LP1
		RETURN	

定时器 TMR0 应用举例 - 例题 7-1 中断方式

```
1 COUNTER EQU      20H
2          ORG      0000H
3          NOP
4          GOTO     MAIN
5 ; 中断程序
6          ORG      0004H
7          BCF      INTCON, T0IF
8          DECFSZ   COUNTER
9          GOTO     RT
10         INCF     PORTC
11         MOVLW    0AH
12         MOVWF    COUNTER
13 RT      MOVLW    03DH
```

定时器 TMR0 应用举例 - 例题 7-1 中断方式

```
1 ;主程序
2 MAIN    BSF        STATUS, RP0
3          MOVLW      00H
4          MOVWF      TRISC
5          MOVLW      07H
6          MOVWF      OPTION_REG
7          BCF        STATUS, RP0
8          MOVLW      B'10100000'
9          MOVWF      INTCON
10         MOVLW      0AH
11         MOVWF      COUNTER
12         CLRF       PORTC
13         MOVLW      03DH
```

看门狗定时器 WDT

看门狗用于监视软件和硬件的运行，在 CPU 混乱时（如软件死循环或跑飞），完成系统的复位，从而提高系统的可靠性。

PIC 单片机看门狗定时器 (Watch Dog Timer) 是一个片内自振式的 RC 振荡计时器，无需任何的外接元件。这意味着即使芯片 OSC1/OSC2 上振荡停止了（例如执行指令 SLEEP 后），WDT 照样保持计时。WDT 计时溢出将产生 RESET。

看门狗定时器 WDT 周期

WDT 有一个基本的溢出周期 18ms，如果你需要更长的 WDT 周期，可以把预分频器分配给 WDT，最大分频比可达 1:128，这时的 WDT 溢出周期约为 2.3s。

“CLRWDWT”和“SLEEP”指令将清除 WDT 计时器以及预分频器里已有的计数值（当预分频器分配给 WDT 时）。WDT 一般用来防止系统失控或者说防止单片机程序运行“失控”。在正常情况下，WDT 应在计满溢出前被 CLRWDWT 指令清零，以防止产生 RESET。如果程序由于某种干扰而失控，那么不能在 WDT 溢出前执行一条 CLRWDWT 指令，就会使 WDT 溢出而产生 RESET，使系统重新启动运行而不至失去控制。若 WDT 溢出产生 RESET，则状态寄存器 STATUS 的“TO”位会被清零，用户程序可藉此判断复位是否由 WDT 溢时所造成。

WDT 编程注意事项

如果使用 WDT，一定要仔细在程序中的某些地方放一条“CLRWDT”指令，以保证在 WDT 在溢出前能被清零。否则会造成芯片不停地产生 RESET，使系统无法正常工作。

```
1 ; 循环体
2 LOOP      INCF      PORTD
3           CLRWDT
4           CALL      DELAY1S
5           GOTO      LOOP
```

定时器/计数器 TMR1

TMR1 为 16 位宽，附带一个 3 位的分频器，还自带一个低功耗低频的时基振荡器。TMR1 的主要用途：

类似于 TMR0，用于定时和计数；

自带一个时基振荡器，可记录年、月、日、时、分、秒，实现实时时钟 RTC(real time clock)；

可以与 CCP 模块配合使用，实现输入捕捉或输出比较功能。

TMR1 特性

TMR1 由二个 8 位寄存器 TMR1H 和 TMR1L 对组成的 16 位定时器 / 计数器，可以由软件读 / 写，这二个寄存器都是和 RAM 统一编址的，地址分别为 0EH 和 0FH。

TMR1H:TMR1L 寄存器对，从 0000H 递增到 FFFFH(0 ~ 65535) 之后再返回到 0000H 时，就会产生溢出，并且将溢出中断标志位 TMR1IF 设置为 1。如果此时相关的中断使能位 TMR1IE 和 GIE 都为 1，就会引起 CPU 的中断响应。

TMR1 的触发信号源可来自内部系统时钟、外部触发信号或自带时基振荡器信号；因此即可以工作于定时器模式，又可工作于计数器模式，还可以用作实时时钟 RTC 模式；

TMR1 相关的寄存器

与 TMR1 有关的寄存器如下表所列。这些寄存器中的前 3 个的功能及其作用，与中断系统相关。T1CON 是 TMR1 的主要控制寄存器。

名称	内容							
	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
PIR1	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE1	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
TMR1L	16 位 TMR1 计数寄存器低字节寄存器							
TMR1H	16 位 TMR1 计数寄存器高字节寄存器							
T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON

Bit0 / TMR1ON : TMR1 使能控制位，这点不同于 TMR0

清零 0

关闭 TMR1，使 TMR1 退出活动状态；

置位 1

启用 TMR1，使 TMR1 进入活动状态；

Bit1 / TMR1CS : TMR1 时钟源选择位。

清零 0

选择内部时钟源

置位 1

选择外部时钟源，即时钟信号来源于外部引脚或者自带振荡器；

TMR1 控制寄存器 T1CON

Bit2 / $\overline{T1SYNC}$: TMR1 外部输入时钟与系统时钟同步控制位。
该位只有在 TMR1 工作于计数器方式 (TMR1CS=1) 才有效

清零 0

TMR1 外部输入时钟与系统时钟保持同步；当 TMR1 工作于定时器方式，该位不起作用。

置位 1

TMR1 外部输入时钟与系统时钟不保持同步；

Bit3 / T1OSCEN : TMR1 自带振荡器使能位。

清零 0

禁止 TMR1 振荡器起振。

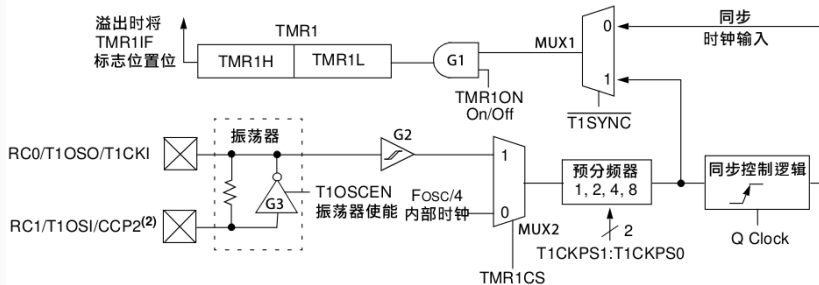
置位 1

允许 TMR1 振荡器起振；

Bit5-Bit4 / T1CKPS1-T1CKPS0 : 分频器分频比选择位，主动参数。

分频器位值	分频比
0 0	1:1
0 1	1:2
1 0	1:4
1 1	1:8

TMR1 的电路结构和工作原理



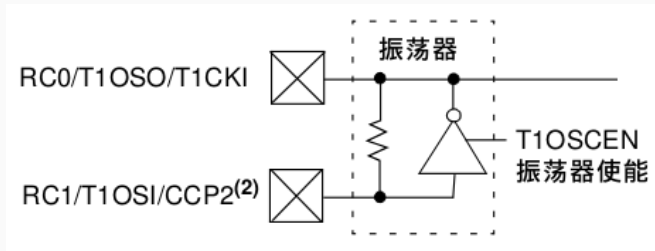
TMR1 的电路结构和工作原理

- 核心部分由 TMR1H:TMR1L 构成；
- 一个与门 G1，对送入计数器的触发信号，起到是否允许通行的控制作用。
- 一个信号复用器 MUX1，允许触发信号来自两个不同的路径。
- 同步控制逻辑，将经过外部引脚送入的触发信号，与单片机内部的系统时钟进行同步。
- 3 位宽的预分频器，允许选择四种不同的分频比 1:1、1:2、1:4 或 1:8。在对寄存器对 TMR1H:TMR1L 进行写操作时，可以使预分频器被清 0。

TMR1 的电路结构和工作原理

- 另一个信号复用器 MUX2，允许触发信号有两个不同的来源：一个是由内部系统时钟产生的指令周期；另一个是取自于外部引脚的触发信号或自带振荡器。
- 一个施密特触发器 G2，用于对来自外部引脚的触发信号或自带振荡器产生的时钟信号进行整形。
- 一个由受控三态门 G3 构成的独立的低频低功耗晶体振荡器，用来为 TMR1 提供独立于系统时钟的时间基准信号。

TMR1 的电路结构和工作原理



只有当使能端 T1OSCEN 为高电平时，振荡器才能够工作；而当 T1OSCEN 为低电平时，非门 G3 的输出端呈现高阻状态，振荡器不能工作，此时，工作于计数器方式的 TMR1 的触发信号，从 T1OSO 端加入

TMR1 有定时器方式和计数器方式；计数器方式又分为同步计数器方式和异步计数器方式。TMR1 的工作信号共有 4 种获取方式：

- 由内部系统时钟提供；
- 从 RC0 / T1OSO / T1CKI 口线输入；
- 从 RC1 / T1OSI / CCP2 口线输入；
- 自带振荡器产生。

TMR1 的工作方式由 TMR1CS 确定。

当 $\text{TMR1CS}=0$ ，TMR1 工作于定时器方式，TMR1 的 16 位计数器在每个指令周期到来时增加；

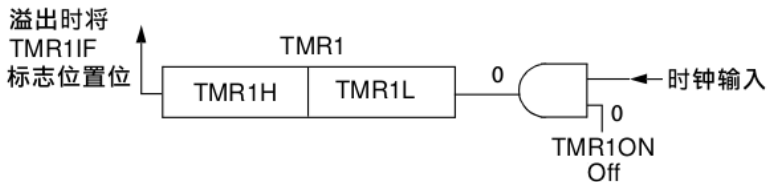
当 $\text{TMR1CS}=1$ ，TMR1 工作于计数器方式，TMR1 的 16 位计数器在每个外部时钟输入的上升沿到来时增加。

一旦 TMR1 自带振荡器被使能 ($T1OSCEN=1$) , RC1 / T1OSI / CCP2 和 RC0 / T1OSO / T1CKI 引脚就自动设为专用引脚, 此时 TRISC 方向寄存器 bit1 和 bit0 的值将失效。

当对寄存器 TMR1H 或 TMR1L 进行赋值时, 预分频器将会自动清 0。

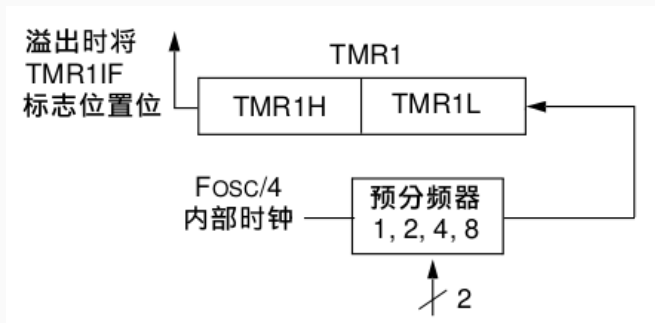
停止 TMR1 工作

TMRI 比 TMR0 多一种选择，即可以被关闭。具体方法是，将 TMR1 使能位 TMR1ON 清 0。此时，与门 G1 的一只引脚被低电平封锁，因此使得累加计数器维持静止状态。



TMR1 定时器工作方式

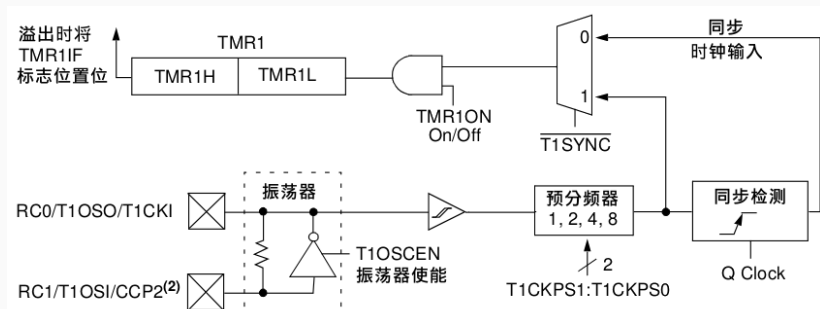
当 $\text{TMR1CS}=0$ 时，TMR1 工作于定时器方式，时钟来自内部 $f_{\text{osc}} / 4$ 指令周期。在此情况下，同步控制信号 T1SYNC 不起作用，因为，TMR1 的输入信号与系统时钟总是同步的。这种模式常用来延时、定时功能。



TMR1 计数器工作方式

当 $TMRICS=1$ ，TMR1 工作于计数器方式，时钟来源于外部引脚或自带振荡器。TMR1 累加计数器在触发信号的上升沿递增。

TMR1 在计数器方式时，存在输入触发信号与系统时钟同步的问题。



TMR1 计数器工作方式

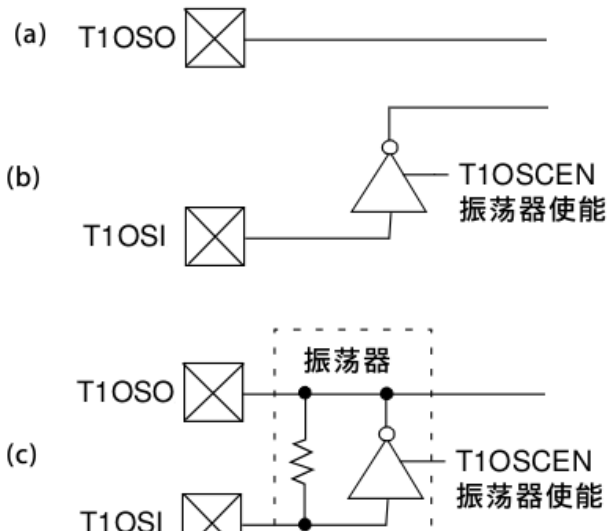
控制位 $\overline{T1SYNC}$ 的设定，既可以选择同步方式，也可以选择异步方式。工作于计数方式时，TMR1 的触发信号有三种获取方法：

第 1 种：当 $T1OSCEN=0$ 时，外部触发信号从 $T1OSO$ / $T1CKI$ 引脚输入，如下图 (a) 所示；

第 2 种，当 $T1OSCEN=1$ 时，并且振荡器外部不接石英晶体时，外部触发信号从引脚 $T1OSI$ 输入如下图 (b) 所示；

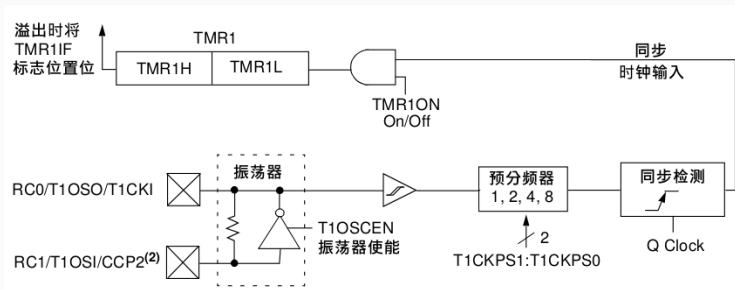
第 3 种：当 $T1OSCEN=1$ ，并且振荡器外部引脚接有石英晶体时，TMR1 是通过振荡器产生的时钟脉冲上升沿实现增量的如下图所示 (c) 所示。

TMR1 计数器工作方式



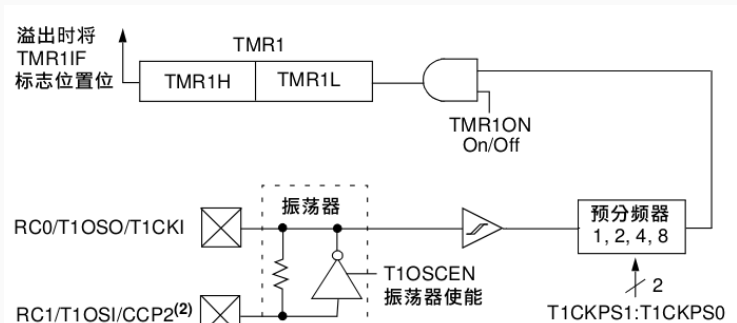
TMR1 同步计数器工作方式

当 $\overline{T1SYNC} = 0$ ，TMR1 工作在同步方式。此时，外部输入信号要与系统时钟脉冲在相位上进行同步。此时假如单片机进入了睡眠模式，即使有外部触发信号输入，TMR1 也不会增加，因为同步逻辑电路被关闭，如下图所示。



TMR1 异步计数器工作方式

当 $\overline{T1SYNC} = 0$ ，TMR1 工作在异步方式。此时，外部输入信号不与系统时钟脉冲相位进行同步。此时若单片机处于睡眠模式时，计数器随着外部触发信号所进行的增量操作不受影响，如下图所示。



TMR1 异步计数器工作方式读取操作

当对寄存器对 TMR1H ~ TMR1L 进行读操作时，可以分两次进行。但是，在读取期间存在 TMR1 的低字节向高字节产生进位的可能性。此时 TMR1H:TMR1L 可能正巧发生从 00FFH 到 0100H 或从 FFFFH 到 0000H 之类的递增。

若 TMR1H:TMR1L 正好从 00FFH 到 0100H 递增，先读 TMR1H 再读 TMR1L，则会读到 0000H 的错误结果；而先读 TMR1L 再读 TMR1H，则会读到 01FFH 的错误结果。

同理若正巧发生 TMR1H:TMR1L 从 FFFFH 到 0000H 的递增，无论是先读 TMR1H 再读 TMR1L，或先读 TMR1L 再读 TMR1H，都可能会产生错误结果。也就是说，在分为两个字节来读取 TMR1 时，可能会出现错误结果。下面是一段实用程序片段，可以避免在不断运行时读

TMR1 异步计数器工作方式读取操作

```
1      BCF      INTCON, GIE ;所有中断被禁止
2      MOVF     TMR1H, W    ;读取高字节
3      MOVWF    TMPH        ;暂存到TMPH
4      MOVF     TMR1L, W    ;读取低字节
5      MOVWF    TMPL        ;暂存到TMPL
6      MOVF     TMR1H, W    ;读取高字节
7      SUBWF    TMPH, W     ;用第2次读取值减第1次读取值
8      BTFSC    STATUS, Z   ;结果为0否？
9      GOTO     CONTINUE    ;是！无溢出，结束读操作
10     MOVF     TMR1H, W    ;否！重新读取
11     MOVWF    TMPH        ;暂存到TMPH
12     MOVF     TMR1L, W    ;读取低字节
13     MOVWF    TMPL        ;暂存到TMPL
```

TMR1 异步计数器工作方式写入操作

当对 TMR1 进行写操作时，如果计数器正在递增，可能会产生一个不确定值。因此，先让计数器停止运行，再写入所希望的值。

假如非要在 TMR1 不间断运行的情况下写入，那么，就应该首先清零 TMR1L，以确保在它向 TMR1H 寄存器发生溢出进位之前，有足够长的递增距离，尽量避免溢出进位。随即装载 TMR1H 寄存器，然后装载 TMR1L 寄存器。推荐程序段如下：

TMR1 异步计数器工作方式写入操作

1	BCF	INTCON, GIE	; 所有中断被禁止
2	CLRF	TMR1L	; 清除低字节, 确保不会发生进位
3	MOVLW	HI_BYTE	; 取高字节给定值
4	MOVWF	TMR1H, F	; 装载高字节寄存器
5	MOVLW	LO_BYTE	; 取低字节给定值
6	MOVWF	TMR1L, F	; 装载低字节寄存器
7	BSF	INTCON, GIE	; 放开全局中断屏蔽位
8	CONTINUE		; 继续执行其他程序

定时器 TMR2

TMR2 与前面介绍的 TMR0 和 TMR1 相比，最大的差别是只能工作于定时模式，因此称它为“定时器 TMR2”。

定时器 TMR2 特性

TMR2 为 8 位宽，附带二个 4 位宽的分频器：一个“预分频器”和一个“后分频器”，一个可编程的 8 位周期寄存器 PR2。其主要用途：

可以用作时间定时器，但是不能作为计数器；

可以为同步串行端口 MSSP 模块提供波特率时钟；

可以与 CCP 模块配合使用，实现脉宽调制 PWM 功能。

定时器 TMR2 特性

TMR2 的核心是一个可以由软件读 / 写的 8 位宽的计数器，它也是按递增计数，从某一初值 (缺省为 0) 开始递增，直到与周期寄存器 PR2 中内容匹配之后，在下一次递增时则返回到 00H，并且会产生匹配信号，该匹配信号将作为“后分频器”的计数脉冲。

只有在后分频器产生溢出时，才会将溢出中断标志位 TMR2IF(PIR1 的 bit1) 置 1。如果此时相关的中断使能位都置位，则会引起 CPU 的中断响应。通过对中断使能位 TMR2IE 的置位或复位，即可允许或禁止 CPU 响应 TMR2 产生的中断请求。

定时器 TMR2 特性

TMR2 和 RAM 空间统一编址，地址为 11H；

可用软件方式直接读 / 写 TMR2 的内容；

有一个预分频器和一个后分频器；

有一个 8 位周期寄存器；

累加计数的触发信号只能选择内部系统时钟；

定时器 TMR2 相关寄存器

与 TMR2 有关的寄存器共有 6 个，如下表所示。

名称	内容							
	bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
PIR1	PSPIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIR1	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
TMR2	8 位 TMR2 计时寄存器							
T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
PR2	TMR2 定时周期寄存器							

Bit1-Bit0 / T2CKPS1-T2CKPS0 : 预分频器分频比选择位 ,
如下表所列。

T2CKPS1-T2CKPS0	预分频器分频比
0 0	1:1
0 1	1:4
1 0	1:16
1 1	1:16

Bit2 / TMR2ON : TMR2 使能控制位。

清零 0

关闭 TMR2 , 可以降低功耗。

置位 1

启用 TMR2 ;

TMR2 控制寄存器 T2CON

Bit6-Bit3 / TOUTPS3-TOUTPS0 : 后分频器分频比选择位 , 如下表所列。

TOUTPS3-TOUTPS0	后分频器分频比
0 0 0 0	1:1
0 0 0 1	1:2
0 0 1 0	1:3
0 0 1 1	1:4
⋮	⋮
1 1 1 1	1:16

定时器 TMR2 电路结构

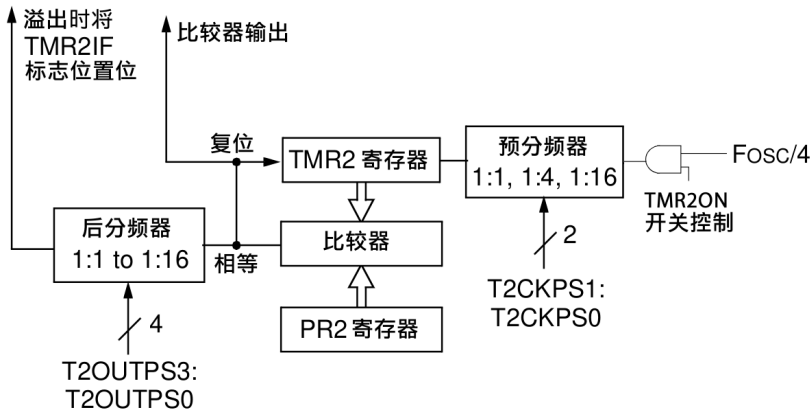
TMR2 的内部结构，如下图所示，包含 5 个组成部分。下面分析各个部分的功能和组成关系。

核心部分就是一个 8 位宽的累加计数器 TMR2。其复位值是 00H，也可以是在 00H ~ FFH 范围内由用户设定的一个起始值。

4 位宽的预分频器，对于进入 TMR2 的时钟信号进行预先分频，允许选择 3 种不同的分频比 (1:1、1:4 或 1:16)。

注意：在对 TMR2 或控制寄存器进行写操作时，都可以使预分频器清 0；在用任何方式复位时，都会对预分频器清 0。

定时器 TMR2 电路结构



定时器 TMR2 电路结构

周期寄存器 PR2 也是一个 8 位可读 / 写寄存器。用来预置一个作为 TMR2 一次计数过程结束的周期值。芯片复位后 PR2 寄存器被自动设置为全 1(FFH)。

比较器是一个 8 位宽的按位比较逻辑电路，只有当参加比较的两组数据完全相同之后，下一次递增时，“匹配”输出端才会送出高电平，其他情况下该输出端均保持低电平。

4 位宽的后分频器，对于比较器的输出信号进行后续分频，允许连续选择 16 种分频比，其输出信号频率是输入信号频率的 $1 / N$ ($N=1 \sim 16$)。

TMR2 的工作是可控的，所以还包含一个控制门 G1。只有当 TMR2 使能位 TMR2ON 置 1，系统时钟才能通过 G1，TMR2 也才能进入活动

定时器 TMR2 工作原理

TMR2 只有一种工作方式：定时器方式，其触发钟信号也只能从内部系统时钟 4 分频后得到。

禁止 TMR2 工作

TMR2 也比 TMR0 多了一种选择，即可以被用户程序关闭而节电，此点类似于 TMR1。具体方法是将 TMR2 使能控制位 TMR2ON 清 0。此时与门 G1 的一只引脚被低电平封锁，其输出端均保持低电平；因此使得累加计数器 TMR2 不能活动。

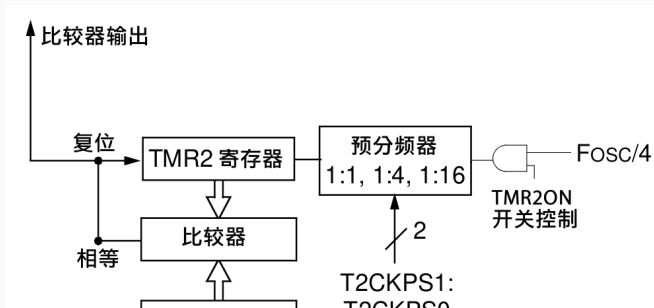
定时工作方式

TMR2 只有定时工作模式，该模式可以被用来实现一般的延时或定时。但是，TMR2 的主要目的并不是把它用作普通的定时器，而是为 CCP 模块或 MSCD 模块提供周期可调的时钟信号。

定时器 TMR2 用作周期可调的时基发生器

当 TMR2 被用作周期可调的时基发生器时，可以为 CCP 模块或 MSSP 模块提供周期可调的时基信号。

这时，应该将中断使能位 TMR2IE 清 0，即屏蔽 TMR2 的中断功能，相当于把后分频器的作用也屏蔽了。



定时器 TMR2 用作周期可调的时基发生器

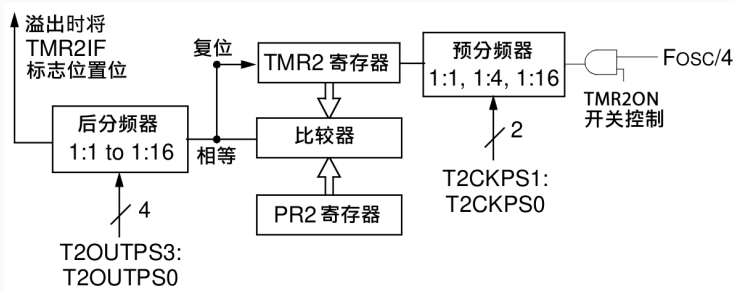
通过对周期寄存器 PR2 设置不同的值，以及给预分频器设定不同的分频比，来灵活调整 TMR2 输出端的信号周期 T_{TMR2} 。该周期的计算式为：

$$T_{TMR2} = T_{osc} * N1 * (PR2 + 1)$$

其中： T_{osc} 为系统指令周期；N1 为预分频器的分频比（取 1、4 或 16）；PR2 为周期寄存器预赋值；PR2+1 是因为在 TMR2 与 PR2 匹配后的下一次增量时 TMR2 才回 00H。

定时器 TMR2 用作延迟时间可调周期性定时器

把 TMR2 作为延迟时间可调的周期性定时器，会比 TMR0 的定时方式更加节省软件开销。



定时器 TMR2 用作延迟时间可调周期性定时器

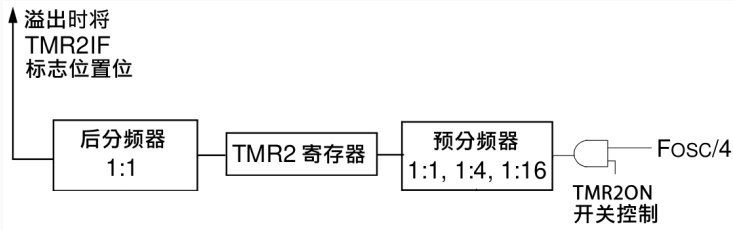
TMR2 不必像 TMR0 那样，每次溢出后，都要给寄存器 TMR2 赋初值。只要一次性设定溢出周期（通过设定预分频器、后分频器以及 PR2 来实现），TMR2 就将会周期性地按预先设定的溢出周期产生超时中断。该超时溢出周期的计算式为：

$$T_{TMR2IF} = T_{fosc} * N1 * (PR2 + 1) * N2$$

其中，N2 为后分频器的分频比（连续可取 1~16）。

定时器 TMR2 用作普通定时器

TMR2 也可以像 TMR0 那样用作普通的定时器，这样使用时，可以将后分频器的分频比设定为 1:1，PR2 的值设定为最大值 FFH，就相当于把后分频器、周期寄存器以及比较器的功能禁止掉了，使得它们不发挥作用。



定时器 TMR2 用作普通定时器

从而使 TMR2 简化为类似于 TMR0 一样，带有一个分频比可设定为 1:1、1:4 或 1:16 的 4 位预分频器。这时超时溢出周期的计算式为：

$$T_{TMR2IF} = T_{fosc} * N1 * (256 - M)$$

其中，M 为 TMR2 的初始值。

采用这种用法时，需要在 TMR2 每次超时溢出时，都要给 TMR2 赋一次初始值。累加计数寄存器 TMR2，就会以该初始值为起点开始增量，直到递增到 FFH，之后再出现一个计数脉冲，就会将 TMR2 复位清 0，并且发出中断请求 (TMR2IF 被置 1)。

寄存器 TMR2 和 PR2 以及分频器的复位

对于单片机的任何一种方式的复位操作，寄存器 TMR2 都会自动复位清 0。另外，在 TMR2 的累计值与 PR2 的值匹配时，也会使 TMR2 复位清 0。

PR2 周期寄存器对于单片机的任何一种方式的复位操作，也都会自动复位，但不是清 0，而是置为全 1(FFH)。

寄存器 TMR2 和 PR2 以及分频器的复位

当发生下列几种情况中的任何一种时，将会对预分频器和后分频器同时复位清 0：

- 对于寄存器 TMR2 进行写操作；
- 对控制寄存器 T2CON 进行写操作；
- 任何方式对于单片机的复位，例如上电复位、WDT 溢出复位、掉电复位等。

但是，对于控制寄存器 T2CON 进行写操作时，不会使 TMR2 清 0，而是使 TMR2 维持原状。

例题 7-6

利用 TMR2 定时器在 PORTD 的 TD0 端口所接 LED 上显示变频方波信号，采用按键 RB0 和 RB1 细调，RB2 和 RB4 初调相结合的方法调整输出方波信号的频率。

```
1 INCLUDE "P16F877.INC"
2 CONT      EQU      70H
3 CONTTMP   EQU      71H
4           ORG      0000H
5           NOP
6           GOTO     ST
```

1	ORG	0004H
2	BCF	PIR1, TMR2IF
3	DECf	CONT, F
4	BTFSS	STATUS, Z
5	GOTO	RE
6	MOVF	CONTTMP
7	MOVWF	CONT
8	INCF	PORTD, F
9	RE	RETFIE

1	ST	BSF	STATUS, RP0
2		CLRF	TRISD
3		MOVLW	B'00010111'
4		MOVWF	TRISB
5		MOVLW	D'250'
6		MOVWF	PR2
7		BSF	PIE1, TMR2IE
8		BCF	STATUS, RP0
9		BSF	INTCON, PEIE
10		BSF	INTCON, GIE
11		MOVLW	D'10'
12		MOVWF	CONT
13		MOVWF	CONTTMP
14		MOVLW	03H
15		MOVWF	T2CON
16		BSF	T2CON, TMR2ON

1	RB0	BTFSS	PORTB, 0
2		GOTO	RB1
3		CALL	DEL10MS
4		BTFSS	PORTB, 0
5		GOTO	RB1
6	PP0	BTFSC	PORTB, 0
7		GOTO	PP0
8		CALL	DEL10MS
9		BTFSC	PORTB, 0
10		GOTO	PP0
11		MOVF	T2CON, W
12		SUBLW	B'01111011'
13		BTFSC	STATUS, Z
14		GOTO	RB1
15		MOVLW	08H
16		ADDWF	T2CON, F

1	RB1	BTFSS	PORTB, 0
2		GOTO	RB2
3		CALL	DEL10MS
4		BTFSS	PORTB, 0
5		GOTO	RB2
6	PP1	BTFSC	PORTB, 0
7		GOTO	PP1
8		CALL	DEL10MS
9		BTFSC	PORTB, 0
10		GOTO	PP1
11		MOVF	T2CON, W
12		SUBLW	B'00000011'
13		BTFSC	STATUS, Z
14		GOTO	RB2
15		MOVLW	08H
16		SUBWF	T2CON, F

1	RB2	BTFSS	PORTB, 0
2		GOTO	RB4
3		CALL	DEL10MS
4		BTFSS	PORTB, 0
5		GOTO	RB2
6	PP2	BTFSC	PO4TB, 0
7		GOTO	PP2
8		CALL	DEL10MS
9		BTFSC	PORTB, 0
10		GOTO	PP2
11		MOVF	CONTTMP, W
12		SUBLW	D'250'
13		BTFSC	STATUS, Z
14		GOTO	RB4
15		MOVLW	0AH
16		ADDWF	CONTTMP, F

1	RB4	BTFSS	PORTB, 0
2		GOTO	RB0
3		CALL	DEL10MS
4		BTFSS	PORTB, 0
5		GOTO	RB0
6	PP4	BTFSC	P04TB, 0
7		GOTO	PP4
8		CALL	DEL10MS
9		BTFSC	PORTB, 0
10		GOTO	PP4
11		MOVF	CONTTMP, W
12		SUBLW	D'10'
13		BTFSC	STATUS, Z
14		GOTO	RB0
15		MOVLW	0AH
16		SUBWF	CONTTMP, F
17		GOTO	RB0