

# 第 10 章: CCP 捕捉/比较/脉宽调制

---

井艳军

沈阳工业大学电气工程学院

CCP 模块功能

捕捉功能模式

比较功能模式

脉宽调制功能

## CCP 模块功能

---

PIC 配置了 2 个捕捉／比较／脉宽调制模块 CCP1、CCP2(Capture/Compare/PWM)。

它们各自都有独立的 16 位寄存器 CCPR1 和 CCPR2，两个模块结构、功能、操作方法基本一样，它们的区别仅在于各自有独立的外部引脚，以及各自的特殊事件触发器。

它们的功能实现，往往与定时器 TMR1、TMR2 复合使用。

CCP 模块可工作在 3 种模式下：捕捉方式、比较方式和脉宽调制方式。

## 捕捉功能

可捕捉外部输入脉冲的上升沿或下降沿，产生相应的中断，适用于测量引脚输入的周期性方波信号的周期、频率、占空比等，也适用于测量引脚输入的非周期性矩形脉冲信号的宽度、到达时刻或消失时刻等参数；

## 比较功能

用于从引脚上输出不同宽度的矩形正脉冲、负脉冲、延时启动信号等;

## 脉宽调制功能

适合于从引脚上输出脉冲宽度随时可调的 PWM 信号来实现直流电机的调速、D/A 转换、步进电机的步进控制等。

## CCP 模块与定时器模块的搭配

CCP 模块工作方式	时钟源
捕捉	TMR1
比较	TMR1
脉宽调制	TMR2

## CCP 模块寄存器介绍（CCP1 为例）

CCP1 控制寄存器: CCP1CON

CCP1 模块寄存器: CCPR1H: CCPR1L

PIR1、PIE1、TRISC 、TMR1H : TMR1L



## CCP1 控制寄存器: CCP1CON

Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0

## CCP1 控制寄存器: CCP1CON

Bit3-Bit0/CCP1M3-CCP1M0: CCP1 工作方式选择位。

选择位	工作方式	设定条件	响应状态
0000	关闭	-	CCP1 复位
0100	捕捉	每个脉冲下降沿	-
0101	捕捉	每个脉冲上升沿	-
0110	捕捉	每 4 个脉冲上升沿	-
0111	捕捉	每 16 个脉冲上升沿	-
1000	比较	输出匹配	使引脚为高电平
1001	比较	输出匹配	使引脚为低电平
1010	比较	输出匹配	软件中断
1011	比较	特殊事件触发	TMR1 清零
11xx	脉宽调制	条件匹配	-

## CCP1 控制寄存器: CCP1CON

### Bit5-Bit4/CCP1X-CCP1Y:

PWM 工作循环周期的最低 2 位，数据参数。作为其输出信号脉宽的低 2 位，高 8 位在 CCPR1L 中。

捕捉方式：未用。

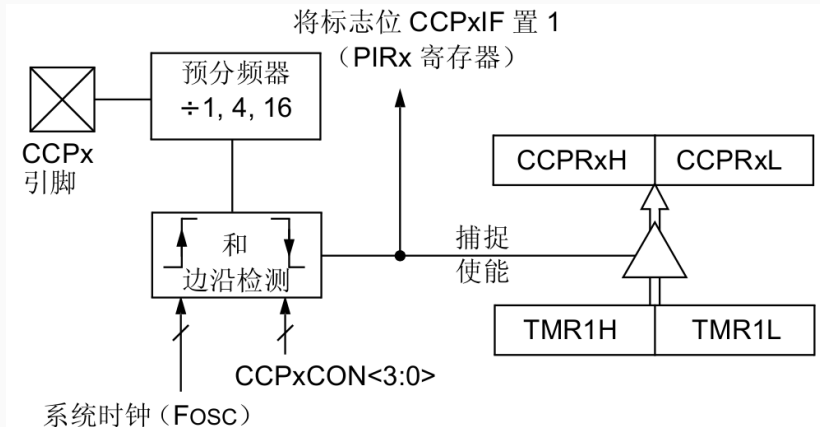
比较方式：未用。

## 捕捉功能模式

---

PIC 单片机的输入捕捉功能，就是对外部从引脚 CCP 上输入的脉冲上升沿或下降沿进行捕捉检测。

# 捕捉方式工作原理



## 捕捉方式相关的寄存器

CCP 控制寄存器 CCP1CON

专用 CCP 寄存器 CCP1H: CCP1L

外设中断标志寄存器: PIR1 ( CCP1IF )

外设中断允许寄存器: PIE1 ( CCP1IE )

TMR1 计数寄存器高低字节 TMR1H: TMR1L

专用 CCP 端口定义: TRISC ( Bit2 )

## CCP1 控制寄存器: CCP1CON

### Bit3-Bit0/CCP1M3-CCP1M0:

01xx: 捕捉工作方式设置, 主动参数。

0100	每个脉冲下降沿
0101	每个脉冲上升沿
0110	每 4 个脉冲上升沿
0111	每 16 个脉冲上升沿



CCP1 模块构成输入信号的捕捉功能，需要对相应的控制位进行设置，即所谓 CCP1 模块捕捉方式的初始化。

CCP1 和 RC2 合用一个引脚 RC2 / CCP1，在 CCP1 的捕捉方式下，RC2 引脚必须由 TRISC 的 Bit2 设定为输入方式。但如该引脚设置为输出方式时，则每次对该端口的写操作都会被作为一次捕捉事件处理。

## TMR1 工作方式的设定

当 CCP1 工作于捕捉模式时，必须和 TMR1 搭配。同时 TMR1 必须设定为定时器工作方式或者同步计数器方式。计数初值一般以 0 开始。

但如 TMR1 设置为异步计数器方式时，则 CCP1 不能工作在捕捉模式下。

必须通过 CCP1CON 的 CCP1M3-CCP1M0 的设置，选择一种触发事件。

而利用 TMR1 的预分频比例进行设置。

1: 1、1: 4、1: 16 共三种。

每当 CCP1 捕捉到一事件发生时，将 CCP1IF 置位，产生一次中断。

在改变 CCP 捕捉方式时，可能产生一次错误的捕捉中断，所以，在改变捕捉方式之前，必须清除中断使能位 CCP1IE 来屏蔽 CCP1 中断请求，并且在捕捉模式改变之后，将中断标志位 CCP1IF 清零，以防止引起 CPU 的错误响应。

### 例题：测量一个脉冲的周期。

测量脉冲周期，即测量两次上升沿之间的时间间隔。在第一次捕获上升沿时将 `TIMER1` 计数清零，在下一次捕获上升沿后 `CCPR1` 的计数值即为脉冲的周期。

## 例题：测量一个脉冲的周期

1	FLAG	EQU	70H
2	RESL	EQU	71H
3	RESH	EQU	72H
4		ORG	0000H
5		NOP	
6		GOTO	MAIN
7		ORG	0004H
8		GOTO	INT
9	MAIN	BSF	STATUS, RP0
10		MOVLW	04H
11		MOVWF	TRISC
12		MOVLW	04H
13		MOVWF	PIE1

## 例题：测量一个脉冲的周期

1	BCF	STATUS, RP0
2	CLRF	PIR1
3	CLRF	FLAG
4	MOVLW	30H
5	MOWWF	T1CON
6	MOVLW	05H
7	MOWWF	CCP1CON
8	BSF	T1CON, TMR1ON
9	MOVLW	0C0H
10	MOWWF	INTCON
11	GOTO	\$



## 例题：测量一个脉冲的周期

1	INT	BCF	PIR1 , CCP1IF
2		MOVF	FLAG , W
3		BTFSS	STATUS , Z
4		GOTO	CAPTURE
5		BCF	T1CON , TMR1ON
6		CLRF	TMR1L
7		CLRF	TMR1H
8		BSF	T1CON , TMR1ON
9		INCF	FLAG , F
10		RETFIE	

## 例题：测量一个脉冲的周期

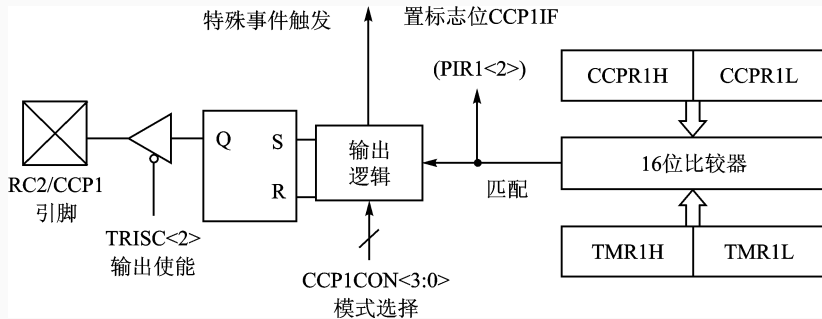
```
1  CAPTURE  MOVF      CCPR1L, W
2           MOVWF     RESL
3           MOVF      CCPR1H, W
4           MOVWF     RESH
5           CLRF      FLAG
6           RETFIE
7           END
```

## 比较功能模式

---

CCP 模块第 2 个功能是比较方式输出，用于从引脚上输出不同宽度的矩形脉冲信号、不同的周期频率脉冲以及非周期频率信号等

# 比较方式工作原理



## CCP1 控制寄存器: CCP1CON

### Bit3-Bit0/CCP1M3-CCP1M0:

10xx: 比较工作方式设置, 主动参数。

1000	如果 CCPR1 与 TMR1 相等, RC2 / CCP 引脚为高电平, 同时 CCP1IF 置位;
1001	如果 CCPR1 与 TMR1 相等, RC2 / CCP 引脚为低电平, 同时 CCP1IF 置位;
1010	如果 CCPR1 与 TMR1 相等, 产生软中断 (CCP1IF 置位, CCP1 引脚不受影响);
1011	特殊事件触发 (CCP1IF 置位, CCP1 将 TMR1 复位, CCP2 将 TMR1 复位, 并且启动 A/D 模数转换电路)。

CCP1 模块构成输出比较功能，需要对相应的控制位进行设置，即所谓 CCP1 模块比较工作方式的初始化。

在比较工作方式下，用户必须通过把 TRISC 的 bit2 位清零，把 RC2 / CCP1 引脚设置成输出状态。如果对 CCP1CON 寄存器清零，将迫使 RC2 / CCP1 引脚输出低电平。



当 CCP1 工作在比较方式时，TMR1 必须设置在定时方式或同步计数方式下，TMR1 初值一般为 0。而当 TMR1 工作在异步计数方式下时，CCP1 无法工作在比较工作方式。

当选择软件中断方式，即 CCP1CON 的 CCP1M3-CCP1M0 为 1010 时，CCP1 引脚上的电平不受影响，只把 CCP1IF 置位，产生 CCP 中断（当该中断使能时）。

## 特殊事件触发方式

在特殊事件触发方式下，即 CCP1CON 的 CCP1M3-CCP1M0 为 1011 时，将产生一个内部硬件触发信号，它可以用于启动一个特殊操作。

CCP1 的特殊事件触发输出将对 TMR1 寄存器进行复位，使得 CCPR1 寄存器可以作为 TMR1 的 16 位可编程周期寄存器。

CCP2 的特殊事件触发输出也将对 TMR1 寄存器进行复位，并且启动 A / D 数模转换。CCP1、CCP2 模块的特殊事件触发输出不会将中断标志位 TMR1IF 置位。

### 例题：CCP1 口输出一个 1KHz 的方波信号

假定时钟频率为 4MHz，指令周期即为  $1\mu s$ ，1KHz 波形的周期为 1ms，高低交替的持续事件为  $500\mu s$ ，CCP1R 定义为 500，预分频比 1:1。

## 例题: CCP1 口输出一个 1KHz 的方波信号

1	ORG	0000H
2	NOP	
3	MAIN	BSF STATUS, RP0
4		CLRF TRISC
5		BCF STATUS, RP0
6		MOVLW 01H
7		MOVWF CCPR1H
8		MOVLW 0F4H
9		MOVWF CCPR1L
10		MOVLW 00H
11		MOVWF T1CON
12		MOVLW 08H
13		MOVWF CCP1CON
14		BSF T1CON, TMR1ON

## 例题：CCP1 口输出一个 1KHz 的方波信号

```
1 LOOP      BTFSS      PIR1 , CCP1IF
2           GOTO      LOOP
3           CLRF      TMR1H
4           CLRF      TMR1L
5           MOVLW     01H
6           XORWF     CCP1CON, F
7           BCF      PIR1 , CCP1IF
8           GOTO      LOOP
9           END
```

## 脉宽调制功能

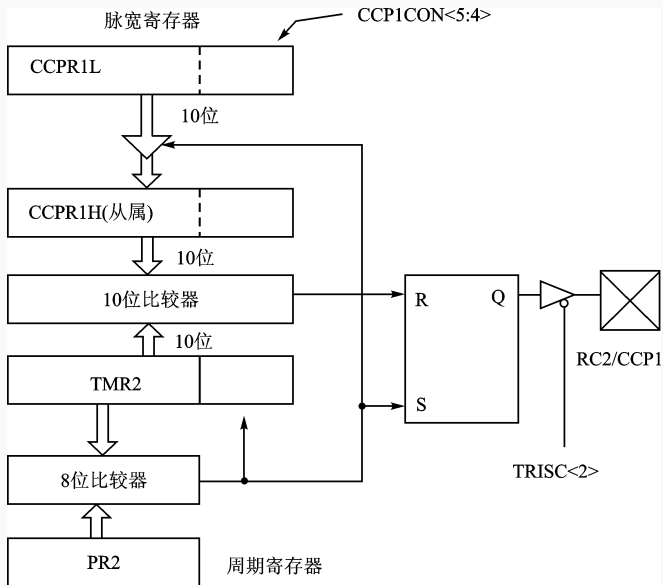
---

CCP 模块第 3 个功能 PWM 脉宽调制，它的应用非常广泛，可以从 CCP 引脚上输出不同占空比宽度的矩形脉冲信号，并可有效改变信号的输出频率。PWM 脉宽调制信号，一般用于特殊器件的启动触发脉冲。

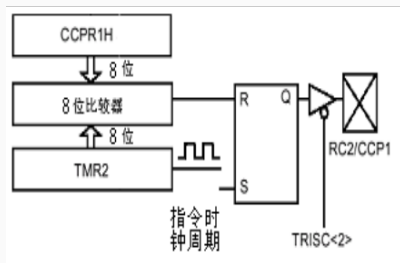
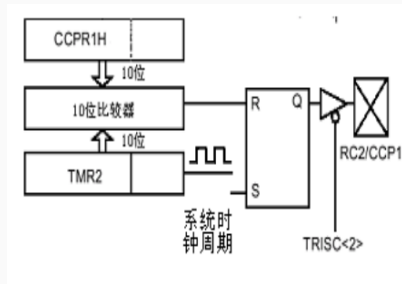


当 CCP1 工作在脉宽调制 PWM (Pulse Width Modulation) 方式下, RC2 / CCP1 引脚上可能输出分辨率高达 10 位, 脉冲宽度随时可调的脉宽调制波形。必须将 RC2 / CCP1 引脚设置为输出状态。对 CCP1CON 寄存器清 0 将迫使 PWM 输出引脚 RC2 / CCP1 输出低电平, 这并非是正常的 PWM 输出的数据。

# 脉宽调制方式原理图



# 脉宽调制方式原理图



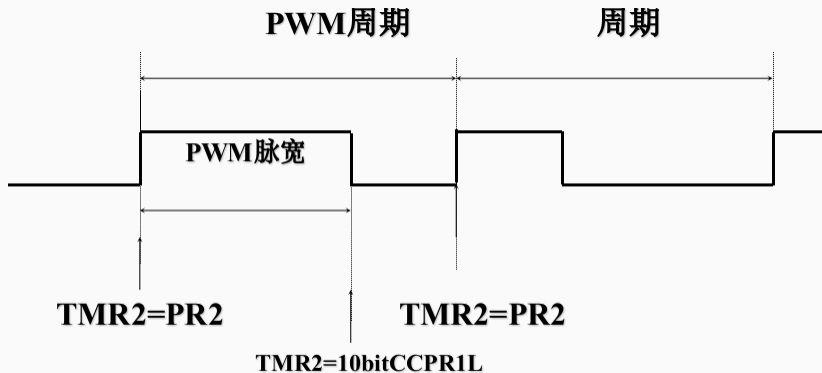
WM 输出信号周期可通过向 TMR2 的周期寄存器 PR2 写入来设定，计算公式如下：

$$\text{PWM 周期} = 4T_{osc} \times ((PR2) + 1) \times (\text{TMR2 预分频值})$$

其中， $T_{osc}$  为系统时钟周期； $4T_{osc}$  为指令周期；TMR2 预分频值可以为 1、4 或 16。

PWM 信号的频率定义为 PWM 周期的倒数。

# 脉宽调制输出时序图



## PWM 输出信号的脉宽

通过写入脉宽寄存器，即 CCPR1L 寄存器及 CCP1CON 控制寄存器的 bit5~bit4 位可以得到 PWM 的高电平时间设定值，分辨率可达 10 位。其中，由 8 位的 CCPR1L 的值作为 10 位中的高 8 位，由控制寄存器 CCP1CON 中的 Bit5-Bit4 两位作为 10 位中的低 2 位组成。因此，计算 PWM 高电平（脉宽）的公式如下：

$$\text{PWM 高电平（脉宽）} = \text{CCPR1L: CCP1CON (Bit5-Bit4)} \times T_{\text{osc}} \times (\text{TMR2 预分频值})$$

CCPR1L:CCP1CON(Bit5-Bit4) 为 10 位脉宽寄存器、TMR2 预分频值，可取 1、4 或 16。

## 脉宽调制方式相关寄存器

CCP 控制寄存器 CCP1CON

专用 CCP 寄存器 CCP1H: CCP1L

外设中断标志寄存器: PIR1 ( CCP1IF )

外设中断允许寄存器: PIE1 ( CCP1IE )

计时寄存器: TMR2

专用 CCP 端口定义: TRISC ( Bit2 )

定时周期寄存器: PR2

TMR2 控制寄存器: T2CON

**Bit3-Bit0/CCP1M3-CCP1M0:** 脉宽调制功能设置，主动参数。

**11XX:** 脉宽调制方式，低 2 位不起作用。

**Bit5-Bit4/CCP1X-CCP1Y:** CCP1 脉宽寄存器的低 2 位，高 8 位在 CCPR1L 中，数据参数。



## PWM 操作设置

1. 定 CCP1 引脚为输出状态，通过对 TRISC 的 bit2 位清零；
2. 定 PWM 周期，向 PR2 寄存器写入 PWM 周期值；
3. 定 PWM 高电平（脉宽）值，向 CCPR1L 和控制寄存器 CCP1CON 中的 Bit5-Bit4 两位写入 PWM 高电平（脉宽）值；
4. 设定 CCP 模块为 PWM 操作，向 CCP1CON 低 4 位写入设定值。
5. 设置 TMR2 的预分频值，并通过向 T2CON 写入以使 TMR2 使能；

### **例题：PWM 输出 4100Hz 占空比为 20% 波形**

利用 PWM 输出模式，在 RC2 口输出一个 4100Hz 的 PWM 信号。系统时钟为 4MHz，TMR2 预分频比时 1:1，占空比为 20% 的波形。

## 例题: PWM 输出 4100Hz 占空比为 20% 波形

1	ORG	0000H
2	NOP	
3	MAIN	BSF STATUS, RP0
4		CLRF TRISC
5		MOVLW 0F3H
6		MOVWF PR2
7		BCF STATUS, RP0
8		MOVLW 30H
9		MOVWF CCP1L
10		MOVLW 3CH
11		MOVWF CCP1CON
12		CLRF T2CON
13		BSF T2CON, TMR2ON
14		GOTO \$
15		END