

第 19 章 比较器模块

目录

本章包括下列主题：

19.1	简介	19-2
19.2	控制寄存器	19-3
19.3	比较器工作原理	19-5
19.4	比较器参考电压	19-5
19.5	比较器响应时间	19-6
19.6	比较器输出	19-6
19.7	比较器中断	19-7
19.8	初始化	19-9
19.9	电气规范	19-10
19.10	相关应用笔记	19-11
19.11	版本历史	19-12

19.1 简介

模拟比较器模块包含两个比较器，可以用多种方式进行配置。该比较器的输入可以是与 I/O 引脚复用的模拟输入，也可以是片上参考电压（见第 20 章“比较器参考电压模块”）。图 19-1 所示为各种比较器配置的框图。

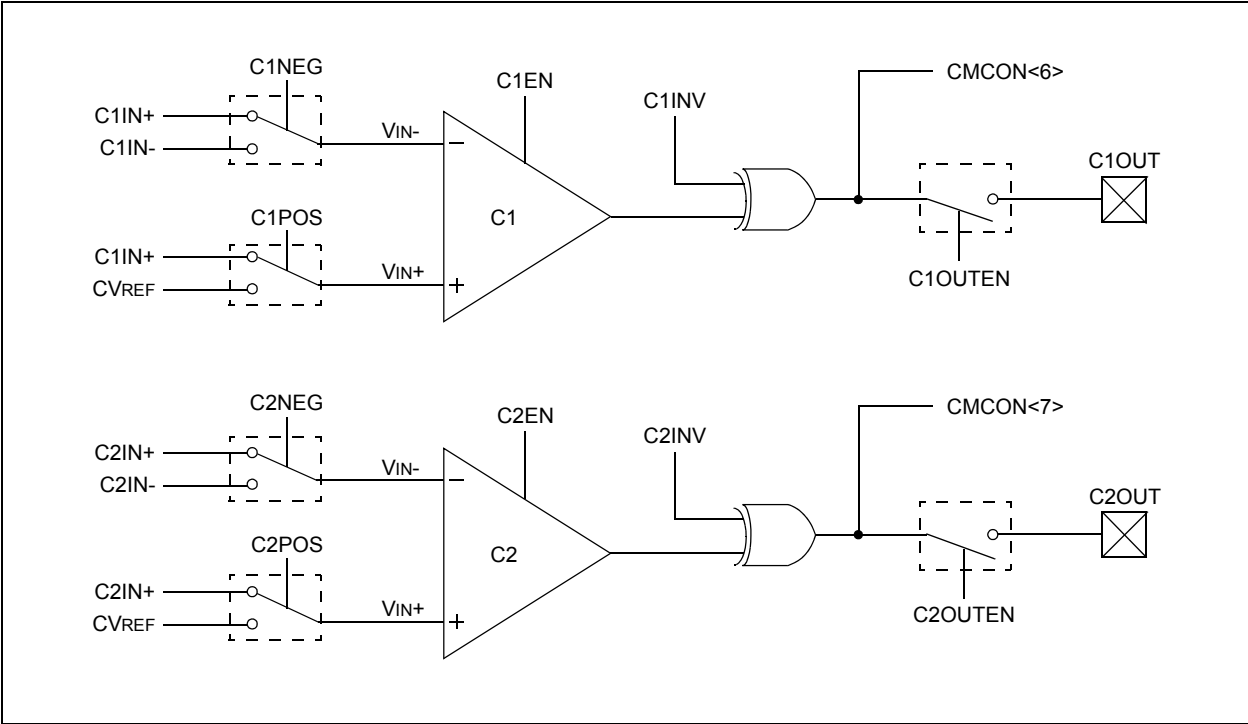
19.1.1 比较器配置

在比较器模块的配置方面，PIC24F 器件提供了近乎 100% 的灵活性，允许对在大多数 PIC18 器件上都固定不变的许多选项进行个别控制。PIC24F 比较器模块可以对使能、输出反相、I/O 引脚输出和输入选择进行个别控制。每个比较器的 VIN- 引脚可以选择任一 I/O 引脚（CxIN+ 或 CxIN-），比较器的 VIN+ 输入来自比较器参考电压或正极 I/O 引脚（CxIN+ 或 CVREF）。此外，PIC24F 还具有两个独立的比较器事件控制位。这两个控制位可以用于检测每个比较器的输出何时改变状态。

如果改变比较器模式，由于存在特定的模式改变延时（如第 19.9 节“电气规范”所示），比较器的输出电平可能会在此延时期间无效。

注： 改变比较器模式期间应禁止比较器中断；否则可能会产生错误的中断。

图 19-1： 比较器 I/O 工作模式



19.2 控制寄存器

数字输出（正常或翻转输出）可从引脚电平读取，也可通过比较器控制寄存器（CMCON）读取。CMCON 寄存器（寄存器 19-1）选择比较器的输入和输出配置。

寄存器 19-1: CMCON: 比较器控制寄存器

R/W-0	U-0	R/C-0	R/C-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CMIDL	—	C2EVT	C1EVT	C2EN	C1EN	C2OUTEN	C1OUTEN
bit 15							bit 8

R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	C2NEG	C2POS	C1NEG	C1POS
bit 7							bit 0

图注:	C = 可清零位
R = 可读位	W = 可写位
-n = POR 值	1 = 置 1
	U = 未实现位，读为 0
	0 = 清零
	x = 未知

- bit 15 **CMIDL:** 空闲模式停止位
1 = 在器件进入空闲模式时，模块不产生中断。模块仍然使能。
0 = 处于空闲模式时继续正常的模块操作
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **C2EVT:** 比较器 2 事件位
1 = 比较器输出已改变状态
0 = 比较器输出未改变状态
- bit 12 **C1EVT:** 比较器 1 事件位
1 = 比较器输出已改变状态
0 = 比较器输出未改变状态
- bit 11 **C2EN:** 比较器 2 使能位
1 = 比较器使能
0 = 比较器禁止
- bit 10 **C1EN:** 比较器 1 使能位
1 = 比较器使能
0 = 比较器禁止
- bit 9 **C2OUTEN:** 比较器 2 输出使能位
1 = 比较器输出驱动到输出焊垫
0 = 比较器输出不驱动到输出焊垫
- bit 8 **C1OUTEN:** 比较器 1 输出使能位
1 = 比较器输出驱动到输出焊垫
0 = 比较器输出不驱动到输出焊垫
- bit 7 **C2OUT:** 比较器 2 输出位
当 C2INV = 0 时:
1 = C2IN+ > C2IN-
0 = C2IN+ < C2IN-
当 C2INV = 1 时:
0 = C2IN+ > C2IN-
1 = C2IN+ < C2IN-

寄存器 19-1: CMCON: 比较器控制寄存器 (续)

bit 6	<p>C1OUT: 比较器 1 输出位</p> <p><u>当 C1INV = 0 时:</u></p> <p>1 = C1IN+ > C1IN-</p> <p>0 = C1IN+ < C1IN-</p> <p><u>当 C1INV = 1 时:</u></p> <p>0 = C1IN+ > C1IN-</p> <p>1 = C1IN+ < C1IN-</p>
bit 5	<p>C2INV: 比较器 2 输出翻转位</p> <p>1 = C2 输出翻转</p> <p>0 = C2 输出不翻转</p>
bit 4	<p>C1INV: 比较器 1 输出翻转位</p> <p>1 = C1 输出翻转</p> <p>0 = C1 输出不翻转</p>
bit 3	<p>C2NEG: 比较器 2 负极输入配置位</p> <p>1 = 输入连接到 C2IN+</p> <p>0 = 输入连接到 C2IN-</p> <p>请参见图 19-1 了解比较器模式。</p>
bit 2	<p>C2POS: 比较器 2 正极输入配置位</p> <p>1 = 输入连接到 C2IN+</p> <p>0 = 输入连接到 CVREF</p> <p>请参见图 19-1 了解比较器模式。</p>
bit 1	<p>C1NEG: 比较器 1 负极输入配置位</p> <p>1 = 输入连接到 C1IN+</p> <p>0 = 输入连接到 C1IN-</p> <p>请参见图 19-1 了解比较器模式。</p>
bit 0	<p>C1POS: 比较器 1 正极输入配置位</p> <p>1 = 输入连接到 C1IN+</p> <p>0 = 输入连接到 CVREF</p> <p>请参见图 19-1 了解比较器模式。</p>

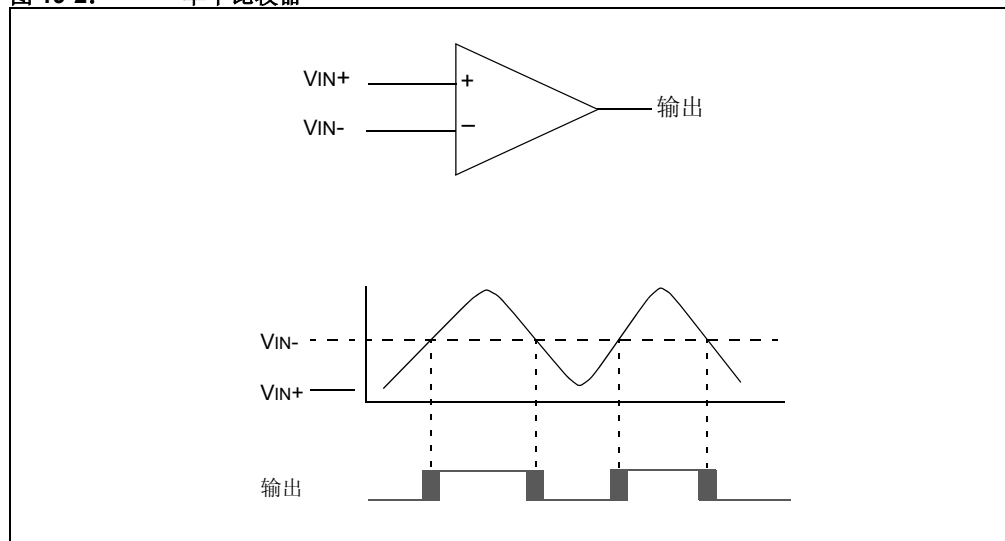
19.3 比较器工作原理

图 19-2 所示为单比较器，同时显示了模拟输入电平和数字输出之间的关系。当 V_{IN+} 上的模拟输入电平值小于 V_{IN-} 上的模拟输入值时，比较器输出数字低电平。当 V_{IN+} 上的模拟输入电平值大于 V_{IN-} 上的模拟输入值时，比较器输出数字高电平。图 19-2 中比较器输出的阴影部分表示因输入失调电压和响应时间所造成的输出不确定区域。

19.4 比较器参考电压

根据不同的比较器工作模式，可选择使用外部或内部参考电压。将 V_{IN-} 上的模拟信号与 V_{IN+} 上的信号作比较，并相应地调整比较器的数字输出（图 19-2）。

图 19-2： 单个比较器



19.4.1 外部参考电压信号

当使用外部参考电压时，可将比较器模块中的两个比较器配置为使用同一个参考源或使用不同的参考源。但是，门限检测电路可能要求使用同一个参考源。请参见第 19.9 节“电气规范”了解输入电压限制。

19.4.2 内部参考电压信号

比较器模块也可以选择使用内部比较器参考电压模块产生的参考电压。在第 20 章“比较器参考电压模块”中详细介绍了该模块。

当 $C1POS = 0$ 、 $C2POS = 0$ 并且 $CVRSS$ 位 ($CVRCON<4>$) = 0 时，可以使用内部参考电压。在该模式下，内部参考电压被施加到两个比较器的 V_{IN+} 引脚上。

19.5 比较器响应时间

响应时间是指从选定一个新的参考电压或输入源到比较器输出达到一个有效电平的最短时间。如果内部参考电压改变了，在使用比较器输出时，必须考虑内部参考电压的最大延时。否则，应使用比较器的最大延时（见第 19.9 节“电气规范”）。

19.6 比较器输出

通过 CMCON 寄存器可读取比较器输出。这些位是只读的。比较器输出也可以通过 C1OUT 和 C2OUT 直接输出到 I/O 引脚。当被使能时，I/O 引脚输出路径上的多路开关会发生切换，并且每个引脚的输出为比较器的异步输出。每个比较器输出的不确定区域的大小与规范中给出的输入失调电压和响应时间有关。图 19-3 给出了比较器的输出框图。

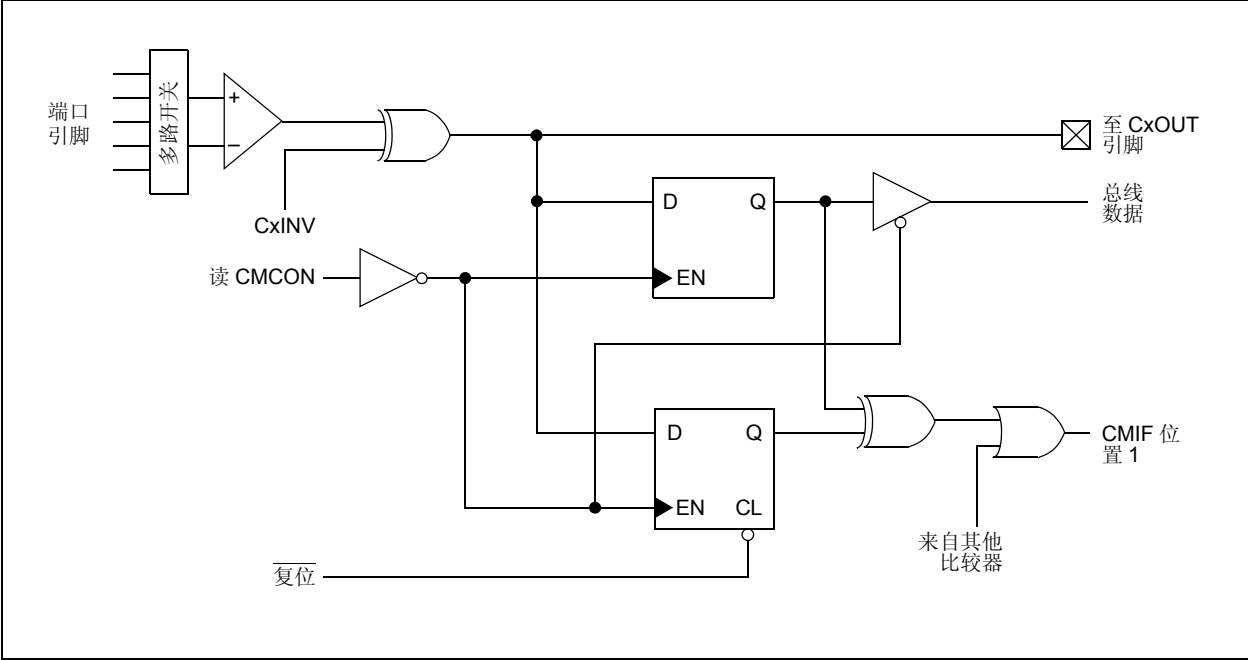
在该模式下，相关的 TRIS 位仍作为 I/O 引脚的输出使能 / 禁止位。

使用 C2INV 和 C1INV 位（CMCON<5:4>）可改变比较器输出的极性。

- 注 1: 读端口寄存器时，所有配置为模拟输入的引脚将读为 0。配置为数字输入的引脚将根据施密特触发器输入规范，对模拟输入进行相应转换。

2: 定义为数字输入引脚上的模拟电平可能会使输入缓冲器的电流消耗超过规定值。

图 19-3: 比较器输出框图



19.7 比较器中断

任一比较器的输出值发生变化，都会将该比较器的中断标志位 CMIF (IFS1<2>) 置 1。软件可以通过读 C1EVT 和 C2EVT 来确定实际发生的变化。由于可以向该寄存器写入 1，因此可以产生模拟中断。CMIF 和 CxEVT 位必须通过用软件清零复位。

如果 CMIE 位 (IEC1<2>) 被清零，将无法允许中断，尽管中断条件发生时仍会将 CMIF 位置 1。

注： 当执行读操作时 (Q2 周期开始)，如果 CMCON 寄存器 (C1OUT 或 C2OUT) 的值发生变化，那么 CMIF (IFS1<2>) 中断标志位可能不会被置 1。

用户可通过清零 CMIF 在中断服务程序中清除该中断。更多信息，请参见本手册中的第 8 章“中断”。

19.7.1 休眠期间的比较器操作

当比较器处于激活状态而器件处于休眠模式时，比较器仍保持激活状态并可产生中断（如果中断被允许）。中断会把器件从休眠模式唤醒。每个处于工作状态中的比较器都会消耗额外的电流，如比较器规范中所示。若要将休眠模式下的功耗减到最低，可在进入休眠模式前关闭比较器 CxEN = 0 (CMCON<11:10>)。如果器件从休眠状态唤醒，CMCON 寄存器的内容不受影响。更多信息，请参见本手册中的第 10 章“省电特性”。

19.7.2 复位的影响

器件复位强制 CMCON 寄存器进入复位状态，从而使比较器模块进入关闭模式 (CxEN = 0)。但是，器件复位时与模拟输入源复用的输入引脚被默认配置为模拟输入。这些引脚的 I/O 配置由 ADxPCFG 寄存器的设置决定。因此，当复位时引脚呈现模拟输入状态，将使得器件电流降至最小。

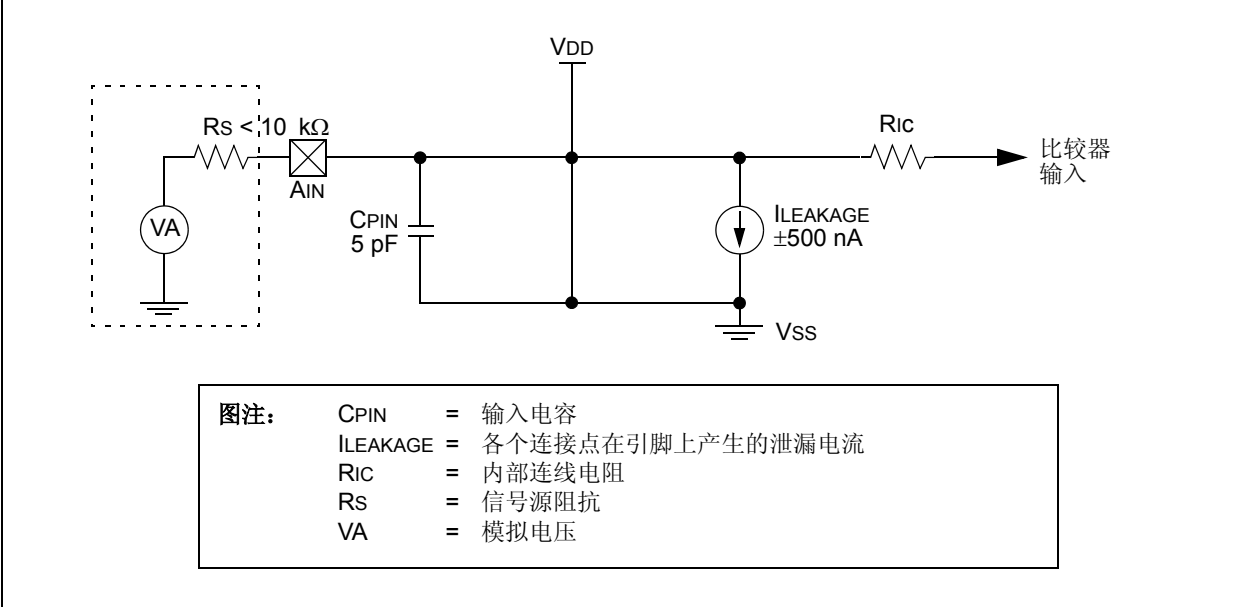
19.7.3 模拟输入连接注意事项

模拟输入的简化电路如图 19-4 所示。模拟信号源的最大阻抗推荐值为 10 kΩ。任何连接到模拟输入引脚的外部元件（如电容或齐纳二极管）应只有极小的泄漏电流。请参见第 19.9 节“电气规范”了解输入电压限制。

19.7.4 空闲期间的比较器操作

如果比较器处于工作状态，而器件进入空闲模式，则比较器保持工作状态并产生中断（如果允许），并且 $CMIDL = 0$ （ $CMCON<15>$ ）。如果希望比较器在空闲模式下工作而不产生中断，则可以配置 $CMIDL = 1$ （ $CMCON<15>$ ）。更多信息，请参见本手册中的第 10 章“省电特性”。

图 19-4： 比较器模拟输入模型



19.8 初始化

该初始化序列将比较器配置为两个独立的比较器，并使能比较器输出，比较器 1 的输出反相。比较器参考电压模块配置为使能输出，输出设置为 $0.25 * V_{DD}$ 。例 19-1 给出了配置参考电压和比较器模块的程序序列。该示例中使用的延时基于 8 MHz 振荡器。

例 19-1: 比较器配置

```
CMCON          = 0x0F10;           //Initialize Comparator Module

CVRCON         = 0x00C0;           //Initialize Voltage Reference Module

CMCONbits.C1EVT = 0;               //Clear Comparator 1 Event
CMCONbits.C2EVT = 0;               //Clear Comparator 2 Event

asm volatile("repeat #40");        //Delay 10us
Nop();
```

19.9 电气规范

19.9.1 交流特性

表 19-1: 比较器时序

参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	备注
300	TRESP	响应时间 ^{*(1)}	—	150	400	ns	
301	TMC2OV	比较器模式变为输出有效的时间 [*]	—	—	10	μs	

* 参数为特性值，未经测试。

注 1: 响应时间是在比较器的一个输入端电压为 $(V_{DD} - 1.5)/2$ ，而另一个输入端从 V_{SS} 跳变到 V_{DD} 时测得的。

19.9.2 直流特性

表 19-2: 比较器直流规范

工作条件: $2.0V < V_{DD} < 3.6V$, $-40^{\circ}C < T_A < +85^{\circ}C$ (除非另外声明)							
参数编号	符号	特性	最小值	典型值	最大值	单位	备注
D300	V _{IOFF}	输入失调电压 *	—	±5	TBD	mV	
D301	V _{ICM}	输入共模电压 *	TBD	—	TBD	V	
D302	CMRR	共模抑制比 *	TBD	—	—	dB	

图注: TBD = 待定

* 参数为特性值，未经测试。

19.10 相关应用笔记

本节列出了与手册本章内容相关的应用笔记。这些应用笔记可能并不是专为 PIC24F 器件系列而编写的，但其概念是相关的，通过适当修改即可使用，但在使用中可能会受到一定的限制。当前与比较器模块相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
Resistance and Capacitance Meter Using a PIC16C622	AN611
Make a Delta-Sigma Converter Using a Microcontroller's Analog Comparator Module	AN700
A Comparator Based Slope ADC	AN863
Oscillator Circuits for RTD Temperature Sensors	AN895
Temperature Measurement Circuits for Embedded Applications	AN929
Analog Sensor Conditioning Circuits – An Overview	AN990

注：如需获取更多 PIC24F 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站（www.microchip.com）。

19.11 版本历史

版本 A（2006 年 6 月）

这是本文档的初始发行版。