

运放 / 比较器

目录

本章包括下列主题：

1.0	简介	2
2.0	比较器寄存器	5
3.0	比较器工作原理	17
4.0	比较器配置	18
5.0	比较器中断	22
6.0	运放配置	24
7.0	比较器参考电压发生器	26
8.0	相关应用笔记	32
9.0	版本历史	33

注： 本系列参考手册章节旨在用作对器件数据手册的补充。根据不同的器件型号，本手册章节可能并不适用于所有 dsPIC33E/PIC24E 器件。

请参见具体器件数据手册中“比较器”或“运放 / 比较器”章节开头部分的注释，以检查本文档是否支持您所使用的器件。

器件数据手册和系列参考手册章节可从 Microchip 网站下载
<http://www.microchip.com>。

1.0 简介

dsPIC33E/PIC24E 器件具有多个内置比较器，其中一些比较器还可以配置为运放，其输出送到外部引脚来进行增益 / 滤波连接。

如图 1-1 和图 1-3 所示，各比较器和运放选项都通过模块的特殊功能寄存器（Special Function Register, SFR）控制位指定。通过这些选项，用户可以：

- 选择触发信号和中断产生边沿
- 配置比较器参考电压
- 配置带隙
- 配置输出消隐和屏蔽
- 配置为比较器或运放

注 1： 本文档涉及 dsPIC33E/PIC24E 系列器件的运放 / 比较器和专用比较器模块。关于这些功能的可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

注 2： 本文档中提及比较器时，既指专用比较器模块，也指配置为比较器的运放 / 比较器模块。

运放 / 比较器和比较器工作模式通过 CMxCON 寄存器进行配置。一些选项包括运放或比较器模式、比较器极性选择和反相 / 同相比较器极性以及输入选择选项。

此外，还提供了使用由比较器参考电压控制（CVRCON）寄存器（见寄存器 2-7 和寄存器 2-8）配置的梯形电阻网络生成的内部参考电压的选项。

图 1-1: 专用比较器模块框图

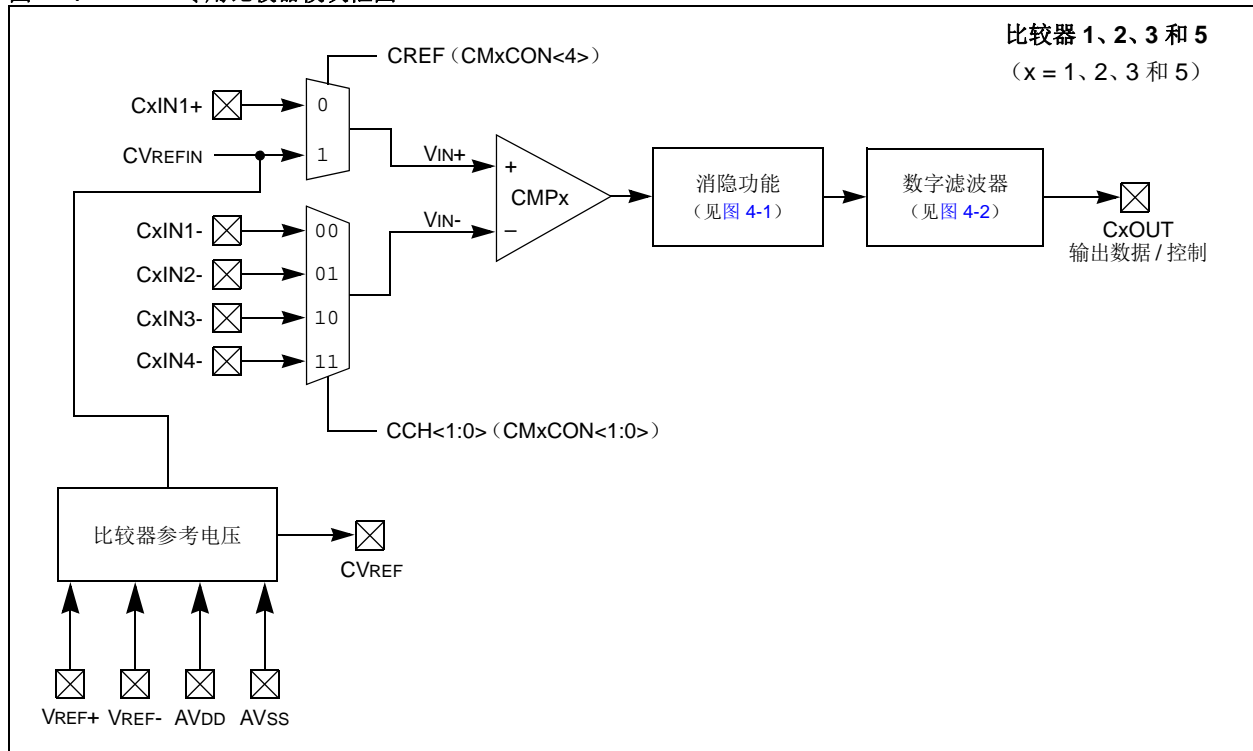
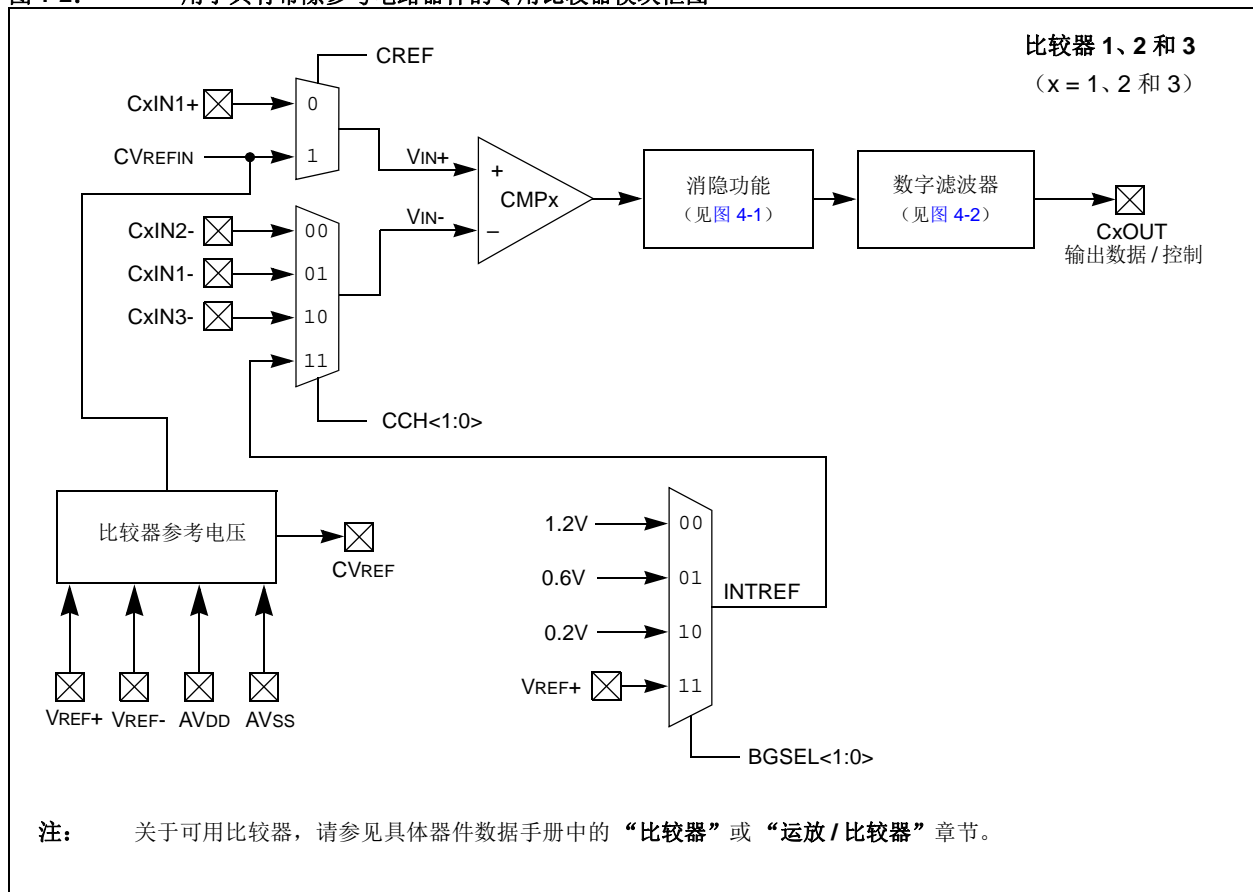
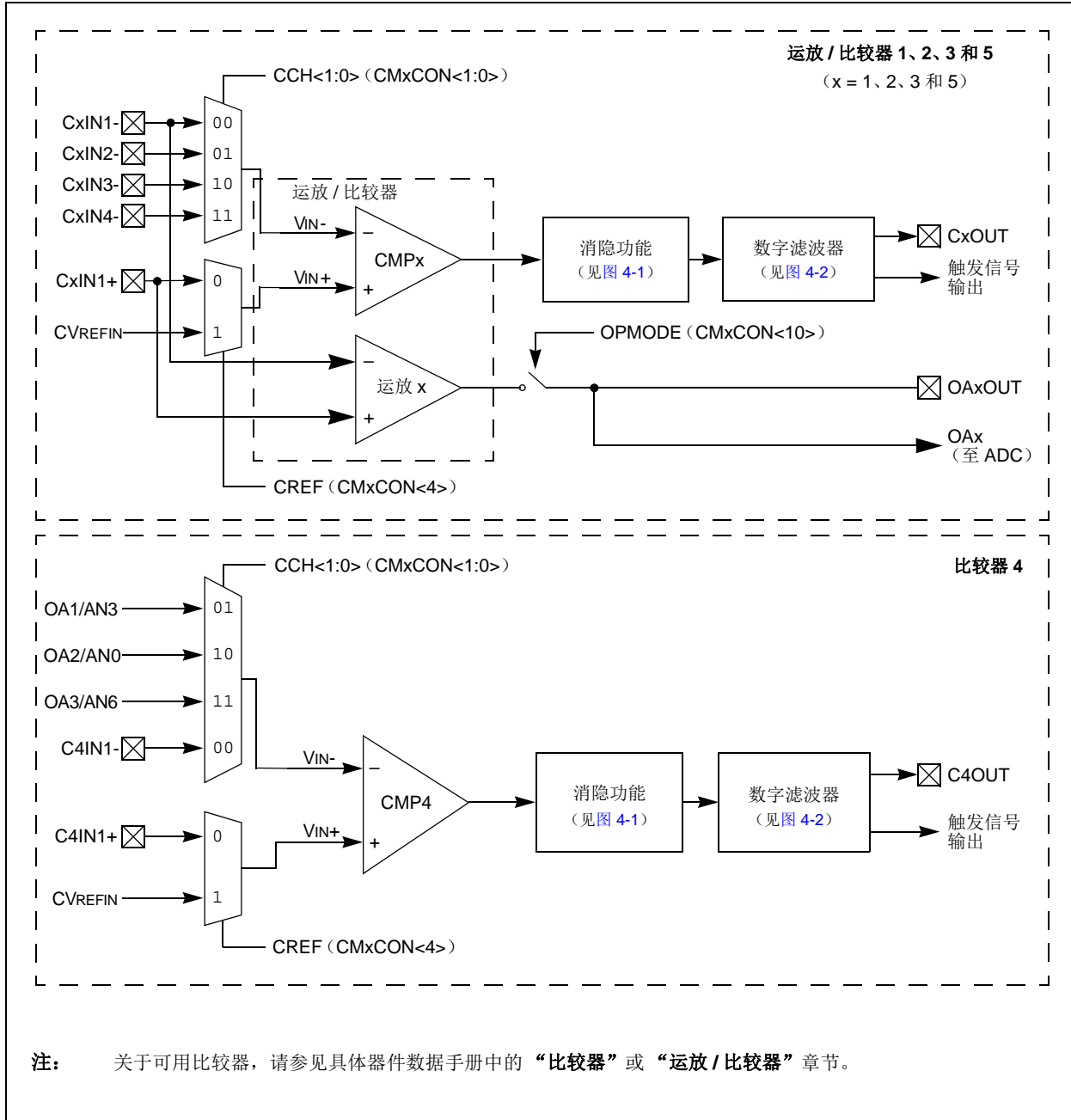


图 1-2: 用于具有带隙参考电路器件的专用比较器模块框图



注：关于可用比较器，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

图 1-3: 运放 / 比较器模块框图



2.0 比较器寄存器

运放 / 比较器模块使用以下八个寄存器：

- **CMSTAT：比较器状态寄存器**

该寄存器可用于控制在器件进入空闲模式时所有比较器的操作。此外，它还可提供所有比较器结果以及所有比较器输出和事件位的状态，这些状态在该寄存器中作为只读位。

- **CMxCON：运放 / 比较器 x 控制寄存器**

应用程序可以通过该寄存器使能、配置并操作各个比较器 / 运放（在某些器件上）。

- **CMxMSKSRC：比较器 x 屏蔽源选择控制寄存器**

应用程序可以通过该寄存器选择消隐功能的输入源。

- **CMxMSKCON：比较器 x 屏蔽器门控寄存器**

应用程序可以通过该寄存器指定消隐功能逻辑。

- **CMxFLTR：比较器 x 滤波器控制寄存器**

该寄存器可用于配置比较器滤波器。

- **CVRCON：比较器参考电压控制寄存器⁽⁴⁾**

应用程序可以通过该寄存器使能、配置并操作比较器内部参考电压发生器（更多信息，请参见第 7.0 节“比较器参考电压发生器”）。

- **CVR1CON：比较器参考电压控制寄存器 1⁽⁴⁾**

应用程序可以通过该寄存器使能、配置并操作比较器内部参考电压发生器（更多信息，请参见第 7.0 节“比较器参考电压发生器”）。

- **CVR2CON：比较器参考电压控制寄存器 2⁽⁴⁾**

应用程序可以通过该寄存器使能、配置并操作比较器内部参考电压发生器（更多信息，请参见第 7.0 节“比较器参考电压发生器”）。

注 1：具有两个 DAC 的器件上存在 CVR1CON 和 CVR2CON 寄存器。如果器件只有一个 DAC，则仅具有 CVRCON 寄存器。

dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册

寄存器 2-1: **CMSTAT: 比较器状态寄存器**

R/W-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
PSIDL	—	—	C5EVT ⁽¹⁾	C4EVT ⁽¹⁾	C3EVT	C2EVT	C1EVT
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
—	—	—	C5OUT ⁽¹⁾	C4OUT ⁽¹⁾	C3OUT	C2OUT	C1OUT
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15 **PSIDL:** 比较器空闲模式停止位
 1 = 当器件进入空闲模式时, 所有比较器停止工作
 0 = 在空闲模式下所有比较器继续工作

bit 14-13 **未实现:** 读为 0

bit 12 **C5EVT:** 比较器 5 事件状态位 ⁽¹⁾
 1 = 发生了比较器事件
 0 = 未发生比较器事件

bit 11 **C4EVT:** 比较器 4 事件状态位 ⁽¹⁾
 1 = 发生了比较器事件
 0 = 未发生比较器事件

bit 10 **C3EVT:** 比较器 3 事件状态位
 1 = 发生了比较器事件
 0 = 未发生比较器事件

bit 9 **C2EVT:** 比较器 2 事件状态位
 1 = 发生了比较器事件
 0 = 未发生比较器事件

bit 8 **C1EVT:** 比较器 1 事件状态位
 1 = 发生了比较器事件
 0 = 未发生比较器事件

bit 7-5 **未实现:** 读为 0

bit 4 **C5OUT:** 比较器 5 输出状态位 ⁽¹⁾
 当 CPOL = 0 时:
 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 当 CPOL = 1 时:
 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 3 **C4OUT:** 比较器 4 输出状态位 ⁽¹⁾
 当 CPOL = 0 时:
 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 当 CPOL = 1 时:
 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

注 1: 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放/比较器”章节。

寄存器 2-1: CMSTAT: 比较器状态寄存器 (续)

bit 2 **C3OUT:** 比较器 3 输出状态位

当 CPOL = 0 时:

1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 1 **C2OUT:** 比较器 2 输出状态位

当 CPOL = 0 时:

1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

bit 0 **C1OUT:** 比较器 1 输出状态位

当 CPOL = 0 时:

1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

当 CPOL = 1 时:

1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$

0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

注 1: 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册

寄存器 2-2: CMxCON: 运放 / 比较器 x 控制寄存器

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CON	COE	CPOL	—	—	OPMODE ⁽¹⁾	CEVT	COUT
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
EVPOL<1:0>		—	CREF ⁽²⁾	—	—	CCH<1:0> ⁽²⁾	
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

- bit 15 **CON:** 比较器使能位
 1 = 使能比较器
 0 = 禁止比较器
- bit 14 **COE:** 比较器输出使能位
 1 = 比较器输出出现在 CxOUT 引脚上
 0 = 比较器输出仅在内部有效
- bit 13 **CPOL:** 比较器输出极性选择位
 1 = 比较器输出反相
 0 = 比较器输出不反相
- bit 12-11 **未实现:** 读为 0
- bit 10 **OPMODE:** 运放使能位 ⁽¹⁾
 1 = 使能运放
 0 = 禁止运放
- bit 9 **CEVT:** 比较器事件位
 1 = 根据 EVPOL<1:0> 设置发生了比较器事件; 禁止未来的触发和中断, 直到该位清零为止
 0 = 未发生比较器事件
- bit 8 **COUT:** 比较器输出位
 当 CPOL = 0 时 (极性不反相):
 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 当 CPOL = 1 时 (极性反相):
 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$
 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$

- 注**
- 1: 该位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
 - 2: 已选择和不可用的输入将连接到 Vss。
 - 3: 当 OPMODE (CMxCON<10>) = 1 时, 该输入不可用。

寄存器 2-2: CMxCON: 运放 / 比较器 x 控制寄存器 (续)

- bit 7-6 **EVPOL<1:0>**: 触发 / 事件 / 中断极性选择位
 11 = 在比较器输出发生任何变化时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)
 10 = 仅在极性选定的比较器输出从高电平跳变为低电平时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)
 如果 CPOL = 1 (极性反相):
 比较器输出从低电平跳变为高电平。
 如果 CPOL = 0 (极性不反相):
 比较器输出从高电平跳变为低电平。
 01 = 仅在极性选定的比较器输出从低电平跳变为高电平时产生触发 / 事件 / 中断 (当 CEVT = 0 时)
 如果 CPOL = 1 (极性反相):
 比较器输出从高电平跳变为低电平。
 如果 CPOL = 0 (极性不反相):
 比较器输出从低电平跳变为高电平。
 00 = 禁止产生触发 / 事件 / 中断
- bit 5 **未实现**: 读为 0
- bit 4 **CREF**: 比较器参考电压选择位 (VIN+ 输入) ⁽²⁾
 1 = VIN+ 输入连接到内部 CVREFIN 电压 ⁽³⁾
 0 = VIN+ 输入连接到 CxIN1+ 引脚
- bit 3-2 **未实现**: 读为 0
- bit 1-0 **CCH<1:0>**: 运放 / 比较器通道选择位 ⁽²⁾
 这些位用于选择 CxIN1、CxIN2 和 CxIN3 输入。关于可用选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

- 注 1:** 该位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
- 2:** 已选择和不可用的输入将连接到 VSS。
- 3:** 当 OPMODE (CMxCON<10>) = 1 时, 该输入不可用。

dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册

寄存器 2-3: **CMxMSKSRC: 比较器 x 屏蔽源选择控制寄存器**

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	RW-0
—	—	—	—	SELSRCC<3:0>			
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SELSRCB<3:0>				SELSRCA<3:0>			
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

- bit 15-12 **未实现:** 读为 0
- bit 11-8 **SELSRCC<3:0>:** 屏蔽器 C 输入选择位
 这些位选择 FLT_x、PTG_x 和 PWM_x 输入作为屏蔽源。关于可用选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
- bit 7-4 **SELSRCB<3:0>:** 屏蔽器 B 输入选择位
 这些位选择 FLT_x、PTG_x 和 PWM_x 输入作为屏蔽源。关于可用选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
- bit 3-0 **SELSRCA<3:0>:** 屏蔽器 A 输入选择位
 这些位选择 FLT_x、PTG_x 和 PWM_x 输入作为屏蔽源。关于可用选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

寄存器 2-4: CMxMSKCON: 比较器 x 屏蔽器门控寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
HLMS	—	OCEN	OCNEN	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

- bit 15 **HLMS:** 高电平或低电平屏蔽选择位
 1 = 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效 (0) 的比较器信号的传递
 0 = 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效 (1) 的比较器信号的传递
- bit 14 **未实现:** 读为 0
- bit 13 **OCEN:** 或门 C 输入使能位
 1 = MCI 连接到或门
 0 = MCI 不连接到或门
- bit 12 **OCNEN:** 反相或门 C 输入使能位
 1 = 反相 MCI 连接到或门
 0 = 反相 MCI 不连接到或门
- bit 11 **OBEN:** 或门 B 输入使能位
 1 = MBI 连接到或门
 0 = MBI 不连接到或门
- bit 10 **OBNEN:** 反相或门 B 输入使能位
 1 = 反相 MBI 连接到或门
 0 = 反相 MBI 不连接到或门
- bit 9 **OAEN:** 或门 A 输入使能位
 1 = MAI 连接到或门
 0 = MAI 不连接到或门
- bit 8 **OANEN:** 反相或门 A 输入使能位
 1 = 反相 MAI 连接到或门
 0 = 反相 MAI 不连接到或门
- bit 7 **NAGS:** 反相与门输出使能位
 1 = 反相 ANDI 连接到与门
 0 = 反相 ANDI 不连接到与门
- bit 6 **PAGS:** 与门输出使能位
 1 = ANDI 连接到与门
 0 = ANDI 不连接到与门
- bit 5 **ACEN:** 与门 C 输入使能位
 1 = MCI 连接到与门
 0 = MCI 不连接到与门
- bit 4 **ACNEN:** 反相与门 C 输入使能位
 1 = 反相 MCI 连接到与门
 0 = 反相 MCI 不连接到与门
- bit 3 **ABEN:** 与门 B 输入使能位
 1 = MBI 连接到与门
 0 = MBI 不连接到与门

寄存器 2-4: **CMxMSKCON: 比较器 x 屏蔽器门控寄存器 (续)**

- bit 2 **ABNEN:** 反相与门 B 输入使能位
 1 = 反相 MBI 连接到与门
 0 = 反相 MBI 不连接到与门
- bit 1 **AAEN:** 与门 A 输入使能位
 1 = MAI 连接到与门
 0 = MAI 不连接到与门
- bit 0 **AAENEN:** 反相与门 A 输入使能位
 1 = 反相 MAI 连接到与门
 0 = 反相 MAI 不连接到与门

寄存器 2-5: CMxFLTR: 比较器 x 滤波器控制寄存器

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>		
bit 7							bit 0

图注:

R = 可读位	W = 可写位	U = 未实现位, 读为 0
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零
		x = 未知

bit 15-7 **未实现:** 读为 0

bit 6-4 **CFSEL<2:0>:** 比较器滤波器输入时钟选择位

- 111 = T5CLK⁽¹⁾
- 110 = T4CLK⁽¹⁾
- 101 = T3CLK⁽¹⁾
- 100 = T2CLK⁽¹⁾
- 011 = SYNCO2^(2,4)
- 010 = SYNCO1⁽²⁾
- 001 = Fosc⁽³⁾
- 000 = Fp⁽³⁾

bit 3 **CFLTREN:** 比较器滤波器使能位

- 1 = 使能数字滤波器
- 0 = 禁止数字滤波器

bit 2-0 **CFDIV<2:0>:** 比较器滤波器时钟分频选择位

- 111 = 1:128 时钟分频
- 110 = 1:64 时钟分频
- 101 = 1:32 时钟分频
- 100 = 1:16 时钟分频
- 011 = 1:8 时钟分频
- 010 = 1:4 时钟分频
- 001 = 1:2 时钟分频
- 000 = 1:1 时钟分频

- 注**
- 1: 更多信息, 请参见具体器件数据手册中的“**定时器**”章节或《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“**定时器**”章节 (DS70362B_CN)。
 - 2: 更多信息, 请参见具体器件数据手册中的“**高速 PWM**”章节或《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“**高速 PWM**”章节 (DS70645C_CN)。
 - 3: 更多信息, 请参见具体器件数据手册中的“**振荡器**”章节或《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“**振荡器**”章节 (DS70580C_CN)。
 - 4: 该位设置并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“**比较器**”或“**运放 / 比较器**”章节。

dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册

寄存器 2-6: CVRCON: 比较器参考电压控制寄存器⁽⁴⁾

U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	CVR2OE ⁽¹⁾	—	—	—	VREFSEL	BGSEL<1:0> ⁽¹⁾	
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVROE ⁽²⁾	CVRR	CVRSS ⁽³⁾	CVR<3:0>			
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

- bit 15 **未实现:** 读为 0
- bit 14 **CVR2OE:** 比较器参考电压 2 输出使能位⁽¹⁾
 1 = (AVDD - AVSS)/2 连接到 CVREF2O 引脚
 0 = 无参考电压连接到 CVREF2O 引脚
- bit 13-11 **未实现:** 读为 0
- bit 10 **VREFSEL:** 参考电压选择位
 1 = CVREFIN 为 VREF+
 0 = CVREFIN 通过电阻网络产生
- bit 9-8 **BGSEL<1:0>:** 带隙参考电压源选择位⁽¹⁾
 11 = 反相输入的参考电压源为 VREF+
 10 = 反相输入的参考电压源为 0.2V (标称值)
 01 = 反相输入的参考电压源为 0.6V (标称值)
 00 = 反相输入的参考电压源为 1.2V (标称值)
- bit 7 **CVREN:** 比较器参考电压使能位
 1 = 比较器参考电压电路上电
 0 = 比较器参考电压电路掉电
- bit 6 **CVROE:** 比较器参考电压输出使能位⁽²⁾
 1 = 电压 (CVREFIN) 从 CVREF 引脚输出
 0 = 电压 (CVREFIN) 与 CVREF 引脚断开
- bit 5 **CVRR:** 比较器参考电压范围选择位
 1 = 0 至 0.67 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/24
 0 = 0.25 CVRSRC 至 0.75 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/32
- bit 4 **CVRSS:** 比较器参考电压源选择位⁽³⁾
 1 = 比较器参考电压源 CVRSRC = (VREF+) - (VREF-) 或 CVRSRC = (VREF+) - (AVSS)
 0 = 比较器参考电压源 CVRSRC = AVDD - AVSS
- bit 3-0 **CVR<3:0>:** 比较器参考电压值选择位 (0 ≤ CVR<3:0> ≤ 15)
当 CVRR = 1 时:
 $CVREFIN = (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$
当 CVRR = 0 时:
 $CVREFIN = 1/4 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/32) \cdot (CVRSRC)$

- 注 1: 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放/比较器”章节。
- 2: 该位会改写 TRIS 位设置。
- 3: 关于可用位选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放/比较器”章节。
- 4: 该寄存器在具有单个 DAC 的器件中可用。

寄存器 2-7: CVR1CON: 比较器参考电压控制寄存器 1⁽⁴⁾

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0
—	—	—	—	CVRR1 ⁽¹⁾	VREFSEL ⁽¹⁾	—	—
bit 15						bit 8	
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVR1OE ⁽²⁾	CVRR0 ⁽¹⁾	CVRSS ⁽³⁾	CVR<3:0>			
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位

W = 可写位

U = 未实现位, 读为 0

-n = POR 时的值

1 = 置 1

0 = 清零

x = 未知

bit 15-12 未实现: 读为 0

bit 11,5 **CVRR<1:0>**: 比较器参考电压范围选择位⁽¹⁾

11 = 0.00 CVRSRC 至 0.94 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/16

10 = 0.33 CVRSRC 至 0.96 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/24

01 = 0.00 CVRSRC 至 0.67 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/24

00 = 0.25 CVRSRC 至 0.75 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/32

bit 10 **VREFSEL**: 参考电压选择位⁽¹⁾

1 = CVREFIN 为 VREF+

0 = CVREFIN 通过电阻网络产生

bit 9-8 未实现: 读为 0

bit 7 **CVREN**: 比较器参考电压使能位

1 = 比较器参考电压电路上电

0 = 比较器参考电压电路掉电

bit 6 **CVR1OE**: 比较器参考电压输出使能位⁽²⁾

1 = 电压 (CVREFIN) 从 CVREF10 引脚输出

0 = 电压 (CVREFIN) 与 CVREF10 引脚断开

bit 4 **CVRSS**: 比较器参考电压源选择位⁽³⁾

1 = 比较器参考电压源 CVRSRC = (VREF+) - (AVSS)

0 = 比较器参考电压源 CVRSRC = AVDD - AVSS

bit 3-0 **CVR<3:0>**: 比较器参考电压值选择位 (0 ≤ CVR<3:0> ≤ 15)

当 CVRR<1:0> = 11 时:

$$CVREF = (CVR<3:0>/16) \cdot (CVRSRC)$$

当 CVRR<1:0> = 10 时:

$$CVREF = 1/3 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$$

当 CVRR<1:0> = 01 时:

$$CVREF = (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$$

当 CVRR<1:0> = 00 时:

$$CVREF = 1/4 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/32) \cdot (CVRSRC)$$

注 1: 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

2: 该位会改写 TRISx 位设置。

3: 关于可用位选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

4: 该寄存器在具有两个 DAC 的器件中可用。

dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册

寄存器 2-8: **CVR2CON: 比较器参考电压控制寄存器 2⁽⁴⁾**

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0
—	—	—	—	CVRR1 ⁽¹⁾	VREFSEL ⁽¹⁾	—	—
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVR2OE ⁽²⁾	CVRR0 ⁽¹⁾	CVRSS ⁽³⁾	CVR<3:0>			
bit 7						bit 0	

图注:

R = 可读位 W = 可写位 U = 未实现位, 读为 0
 -n = POR 时的值 1 = 置 1 0 = 清零 x = 未知

bit 15-12 **未实现:** 读为 0

bit 11,5 **CVRR<1:0>:** 比较器参考电压范围选择位 ⁽¹⁾
 11 = 0.00 CVRSRC 至 0.94 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/16
 10 = 0.33 CVRSRC 至 0.96 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/24
 01 = 0.00 CVRSRC 至 0.67 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/24
 00 = 0.25 CVRSRC 至 0.75 CVRSRC, 步长为 CVRSRC/32

bit 10 **VREFSEL:** 参考电压选择位 ⁽¹⁾
 1 = 反相输入的参考电压源为 CVR2
 0 = 反相输入的参考电压源为 CVR1

bit 9-8 **未实现:** 读为 0

bit 7 **CVREN:** 比较器参考电压使能位
 1 = 比较器参考电压电路上电
 0 = 比较器参考电压电路掉电

bit 6 **CVR2OE:** 比较器参考电压输出使能位 ⁽²⁾
 1 = 电压 (CVREFIN) 从 CVREF20 引脚输出
 0 = 电压 (CVREFIN) 与 CVREF20 引脚断开

bit 4 **CVRSS:** 比较器参考电压源选择位 ⁽³⁾
 1 = 比较器参考电压源 CVRSRC = (VREF+) - (AVSS)
 0 = 比较器参考电压源 CVRSRC = AVDD - AVSS

bit 3-0 **CVR<3:0>:** 比较器参考电压值选择位 (0 ≤ CVR<3:0> ≤ 15)
 当 CVRR<1:0> = 11 时:
 $CVREF = (CVR<3:0>/16) \cdot (CVRSRC)$
 当 CVRR<1:0> = 10 时:
 $CVREF = 1/3 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$
 当 CVRR<1:0> = 01 时:
 $CVREF = (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$
 当 CVRR<1:0> = 00 时:
 $CVREF = 1/4 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/32) \cdot (CVRSRC)$

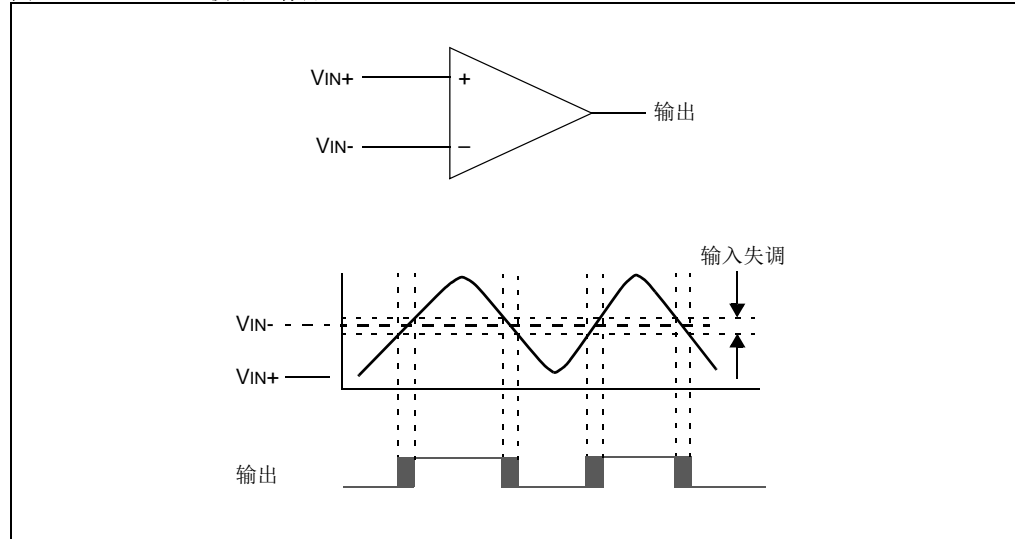
- 注 1: 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放/比较器”章节。
 2: 该位会改写 TRISx 位设置。
 3: 关于可用位选择, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放/比较器”章节。
 4: 该寄存器在具有两个 DAC 的器件中可用。

3.0 比较器工作原理

图 3-1 所示为典型比较器的工作原理以及模拟输入电压与数字输出之间的关系。根据比较器的工作模式，被监视的模拟信号与外部参考电压或内部参考电压相比较。任意一个比较器均可配置为使用相同或不同的参考源。例如，可以让一个比较器使用外部参考电压，而其他比较器使用内部参考电压。关于比较器工作原理的更多信息，请参见第 7.0 节“比较器参考电压发生器”。

在图 3-1 中，外部参考电压 V_{IN-} 是固定的外部电压。将 V_{IN+} 上的模拟信号与 V_{IN-} 上的参考信号作比较，由这两个信号之间的差产生比较器的数字输出。当 V_{IN+} 小于 V_{IN-} 时，比较器的输出为数字低电平。当 V_{IN+} 大于 V_{IN-} 时，比较器的输出为数字高电平。输出的阴影区域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。比较器输出的极性可以进行反相，从而使它在 V_{IN+} 大于 V_{IN-} 时为数字低电平。

图 3-1: 比较器工作原理



输入失调代表可能发生比较器跳变点的电压范围。输出在该失调范围内任何一点都可能跳变。响应时间是比较器识别出输入电压变化所需的最小时间。

4.0 比较器配置

比较器或运放/比较器模块中的每个比较器都可以通过以下寄存器中的各个控制位独立进行配置：

- CMSTAT：比较器状态寄存器（寄存器 2-1）
- CMxCON：运放 / 比较器 x 控制寄存器（寄存器 2-2）
- CMxMSKSRCA：比较器 x 屏蔽源选择控制寄存器（寄存器 2-3）
- CMxMSKCON：比较器 x 屏蔽器门控寄存器（寄存器 2-4）
- CMxFLTR：比较器 x 滤波器控制寄存器（寄存器 2-5）
- CVR1CON：比较器参考电压控制寄存器 1（寄存器 2-7）
- CVR2CON：比较器参考电压控制寄存器 2（寄存器 2-8）

4.1 比较器使能 / 禁止

要控制的比较器可以使用相应的 CON 位（CMxCON<15>）使能或禁止。禁止比较器时，相应的触发和中断产生在 CON = 0 时会被禁止。

建议先配置 CMxCON 寄存器，将所有位设置为所需的值，然后再将 CON 位（CMxCON<15>）置 1。

4.2 比较器输出消隐功能

在许多电源控制和电机控制应用中，事先已知模拟比较器的输入在一些时间段中是无效的。通过消隐（屏蔽）功能，用户可以忽略这些预定义时间段中的比较器输出。在本文档中，术语“屏蔽”和“消隐”可以互换使用。

图 4-1 给出了比较器消隐电路的框图。每个比较器都有一个与之关联的消隐电路。

每个比较器的消隐功能都具有 3 个用户可选的输入：

- MAI（屏蔽器 A 输入）
- MBI（屏蔽器 B 输入）
- MCI（屏蔽器 C 输入）

MAI、MBI 和 MCI 信号源通过 CMxMSKSRCA 寄存器中的 SELSRCA<3:0>、SELSRCA<3:0> 和 SELSRCA<3:0> 位进行选择。

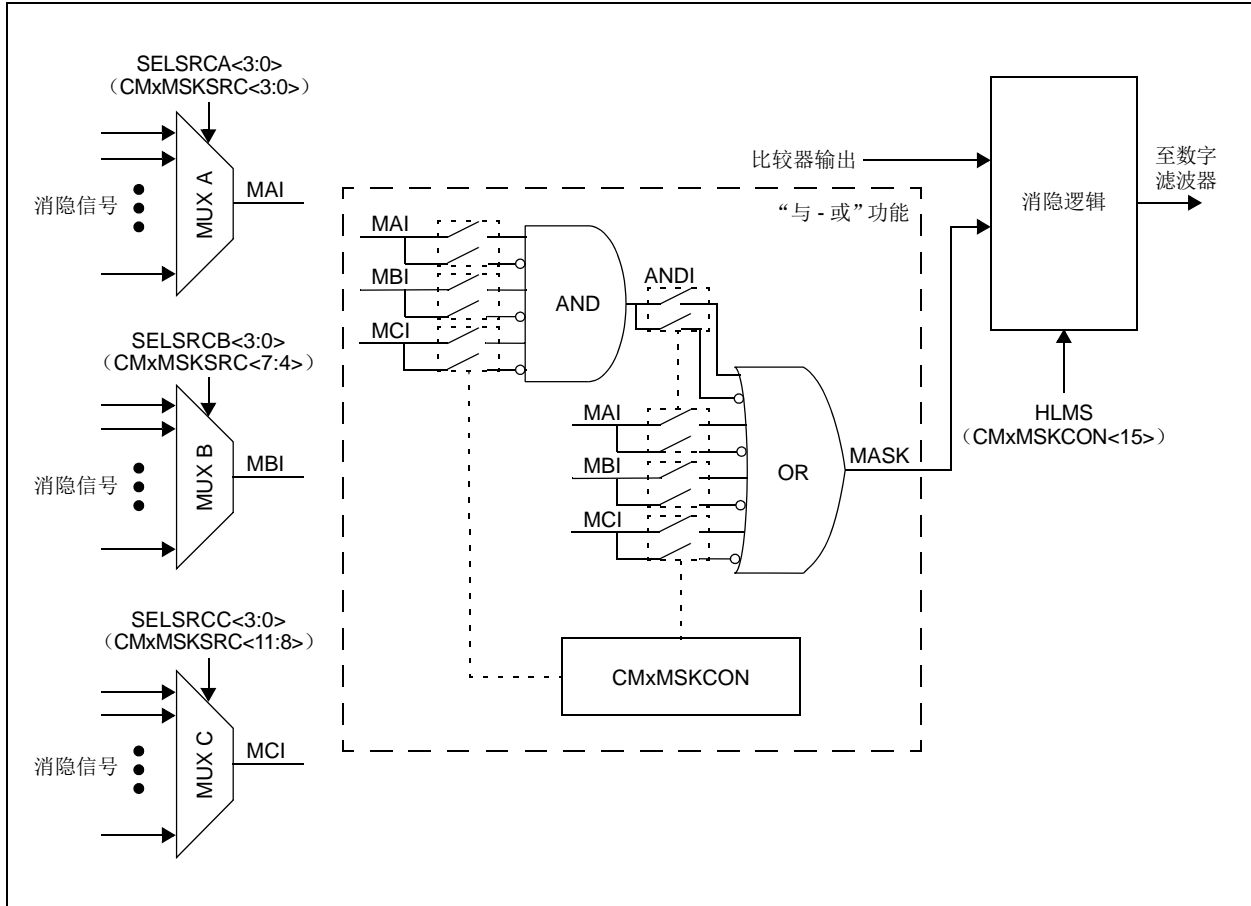
MAI、MBI 和 MCI 信号会被送入一个“与 - 或”功能块，让用户可以基于这些输入构造消隐（屏蔽）信号。发生系统复位之后，消隐（屏蔽）功能会被禁止。

CMxMSKCON 寄存器中的 HLMS 位用于配置屏蔽逻辑，使之根据比较器的默认（无效）状态正确工作。

如果比较器配置为“正逻辑”（此时 0 代表无效状态，比较器输出在置为有效时为 1），则 HLMS 位（CMxMSKCON<15>）应设置为 0，这样消隐功能（假定消隐功能已激活）将会阻止比较器的 1 信号在模块中传递。

如果比较器配置为“负逻辑”（此时 1 代表无效状态，比较器输出在置为有效时为 0），则 HLMS 位应设置为 1，这样消隐功能（假定消隐功能已激活）将会阻止比较器的 0 信号在模块中传递。

图 4-1: 用户可编程消隐功能图



4.3 数字输出滤波器

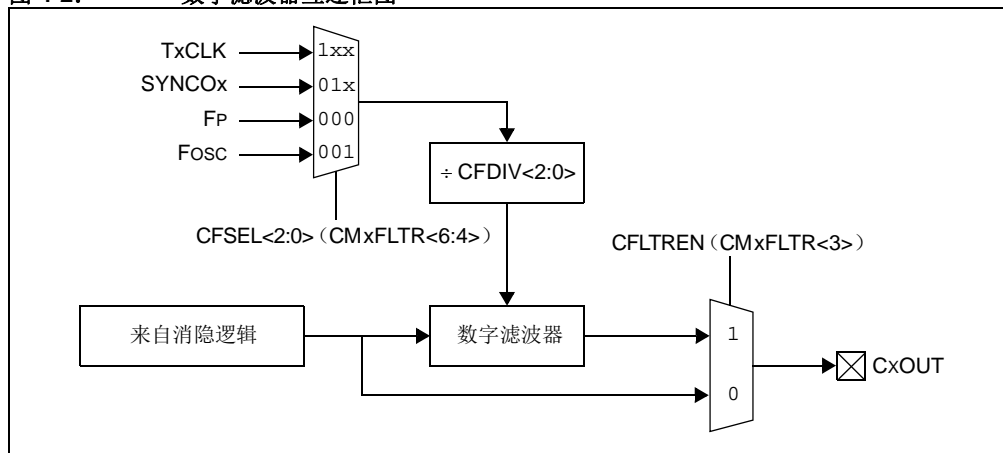
在许多电机和电源控制应用中，关联的外部开关功率晶体管产生的强大电磁场可能会破坏比较器输入信号。比较器的模拟输入信号被破坏时，将会导致意外的比较器输出电平跳变。可编程数字输出滤波器可以最大程度地降低输入信号受损的影响。

数字滤波器要求，只有连续 3 个输入采样相似时，滤波器的输出才会改变状态。假设当前状态为 0，诸如 001010110111 的输入串只会在示例序列末尾处的连续 3 个 1 之后产生输出状态 1。类似地，只有出现连续 3 个 0 的序列后，输出才会变为状态 0。

由于滤波器要求出现连续 3 个相似状态，所以选择的数字滤波器时钟周期必须小于等于所需的最大比较器响应时间的三分之一。

通过将 CFLTREN 位 (CMxFLTR<3>) 置 1 来使能数字滤波器。CFDIV<2:0> 位 (CMxFLTR<2:0>) 用于选择数字滤波器模块的输入时钟信号的时钟分频比。CFSEL<2:0> 位 (CMxFLTR<6:4>) 用于选择数字滤波器所需的时钟源。发生系统复位之后，数字滤波器会被禁止（旁路）。

图 4-2: 数字滤波器互连框图



4.4 比较器极性选择

为了提供最大程度的灵活性，比较器输出可以使用 CPOL 位（CMxCON<13>）进行反相。这在功能上等效于对于特定模式颠倒比较器的反相和同相输入。

只有在禁止比较器（CON = 0）时，才能更改 CPOL 位。当 CON = 0 时，内部逻辑会阻止产生任何相应的触发或中断信号。该逻辑允许使用一条寄存器写操作将 CON 和 CPOL 位同时置 1。

4.5 事件极性选择

除了可编程比较器输出极性之外，运放 / 比较器模块还允许软件通过相应 CMxCON 寄存器中的 EVPOL<1:0> 位来选择触发 / 中断信号边沿极性。该功能让用户可以独立地控制比较器输出（在任意外部引脚上送出）和触发 / 中断信号产生。

注： 要使能特定触发 / 中断信号的产生，必须先使能相应的比较器（CON = 1）。

4.6 比较器参考输入选择

比较器同相输入（也称为参考输入）的输入可以通过 CREF 位（CMxCON<4>）的值进行选择。关于 CREF 位的更多信息，请参见寄存器 2-2。

4.7 比较器通道选择

比较器反相输入（也称为通道输入）的输入可以通过 CCH<1:0> 位（CMxCON<1:0>）进行选择。关于 CCHx 位的更多信息，请参见寄存器 2-2。

注： 并非所有输入在运放和比较器模块中均可用。关于可用输入，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

4.8 比较器事件状态位

比较器事件状态 (CEVT) 位 (CMxCON<9>) 会反映比较器是否已发生预先配置的事件。在该位置 1 之后, 来自相应比较器的所有后续触发和中断信号都会被阻止, 直到用户应用程序清零 CEVT 位为止。清零 CEVT 位会重新激活比较器触发。清零 CEVT 位之后, 比较器触发需要经过一个额外的 CPU 周期之后才会完全重新激活。

4.9 STATUS 寄存器

为了提供所有比较器结果的概况, 比较器输出位 COUT (CMxCON<8>) 和比较器事件位 CEVT (CMxCON<9>) 会被复制到 CMSTAT 寄存器中作为状态位。

这两位是只读位, 只能通过操作相应的 CMxCON 寄存器或比较器输入信号进行修改。

5.0 比较器中断

比较器中断标志 (CMPIF) 位 (IFS1<2>) 会在任一比较器的同步输出值相对上个读取值改变时置 1。用户应用程序可以通过读取 CMSTAT 寄存器中的 CxEVT 位来检测事件。

用户软件可以通过读取 CEVT 和 COUT 位 (CMxCON<9> 和 CMxCON<8>) 来确定已发生的变化。由于可以向该寄存器写入 1, 因此可以通过软件产生模拟中断。CMPIF 和 CEVT 位都必须通过软件清零来复位。这两位可以在中断服务程序 (Interrupt Service Routine, ISR) 中清零。更多信息, 请参见《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“中断”章节 (DS70600)。

- | |
|---|
| <p>注 1: 产生中断所需的比较是基于当前比较器的状态和比较器输出的上个读取值。读 CMxCON 寄存器中的 COUT 位时, 将更新用于产生中断的值。</p> <p>2: 当配置为运放 (OPMODE = 1) 时, 禁止比较器中断。</p> |
|---|

5.1 休眠模式期间的中断操作

如果使能了比较器而 dsPIC33E/PIC24E 器件处于休眠模式, 比较器仍保持工作状态。如果在中断模块中允许了比较器中断, 它也将保持工作状态。在以上条件下, 比较器中断事件会将器件从休眠模式唤醒。

每个处于工作状态的比较器都将消耗额外电流。要将休眠模式下的功耗降至最低, 可通过禁止 CON 位 (CMxCON<15>) 在进入休眠模式前关闭比较器。如果器件从休眠模式唤醒, CMxCON 寄存器的内容不受影响。关于休眠模式的更多信息, 请参见《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“看门狗定时器和节能模式”章节 (DS70615)。

5.2 空闲模式期间的中断操作

比较器在空闲模式下保持工作状态。空闲模式期间的比较器中断操作由比较器空闲模式位 PSIDL (CMSTAT<15>) 控制。如果 PSIDL = 0, 则继续正常的中断操作。如果 PSIDL = 1, 则比较器继续工作, 但不产生中断。

关于空闲模式的更多信息, 请参见《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“看门狗定时器和节能模式”章节 (DS70615)。

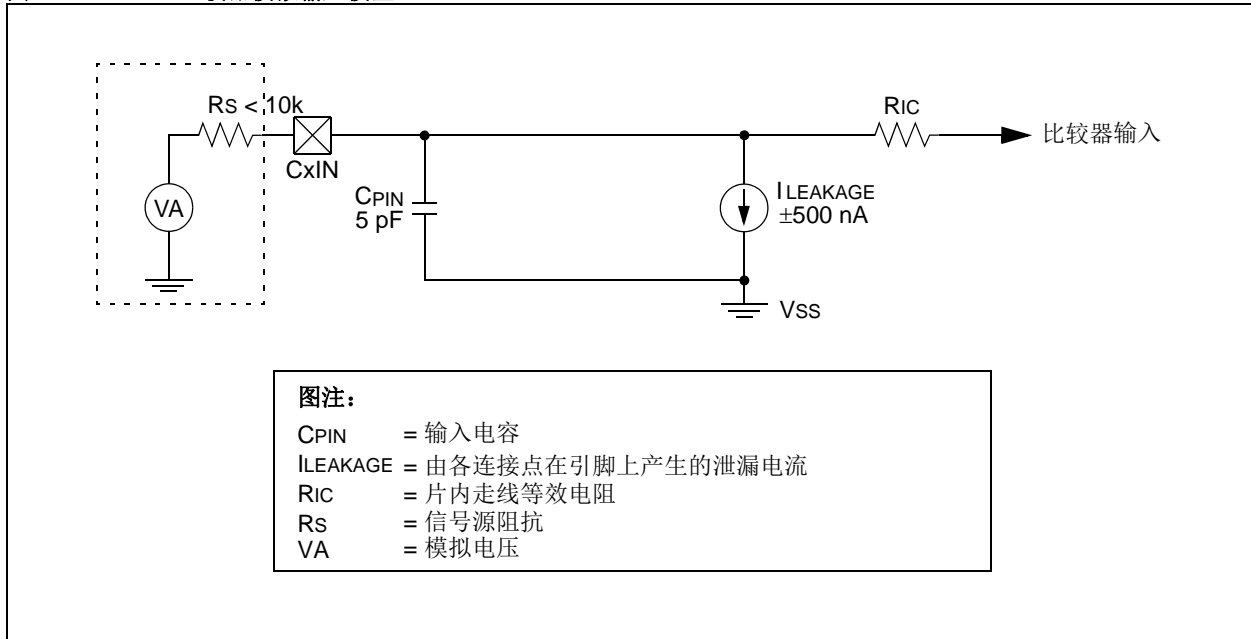
5.3 复位状态的影响

器件复位会强制 CMxCON 寄存器进入复位状态, 从而关闭比较器 (CON = 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 ANSELx 寄存器的设置决定。因此, 当复位时引脚呈现模拟输入状态, 将使器件电流降至最低。

5.4 模拟输入连接注意事项

模拟输入的简化电路如图 5-1 所示。模拟信号源的最大阻抗建议值为 $10\text{ k}\Omega$ 。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），均要保证其泄漏电流极小。

图 5-1: 比较器模拟输入模型

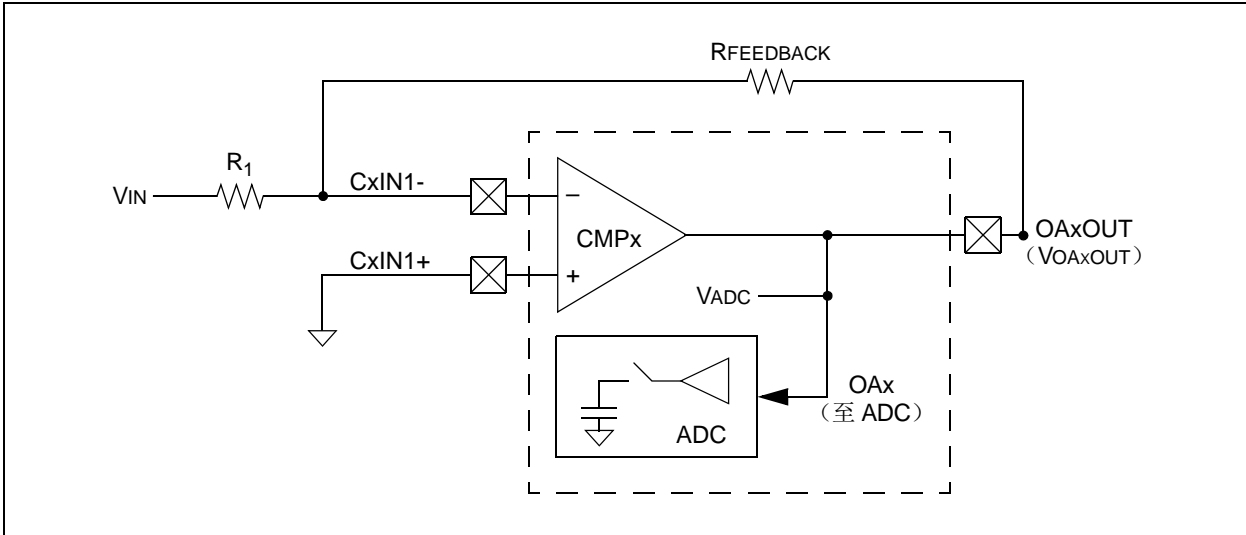


6.0 运放配置

带有运放 / 比较器模块的器件可以通过将 **OPMODE** (**CMxCON<10>**) 位置 1 来配置为运放。当置 1 时, 该位会使能 **OAxOUT** 引脚上的运放输出, 从而可以将外部增益 / 滤波元件添加到任一运放输入的反馈路径中。

ADC 模块配置合适的情况下, 可以对运放进行相应配置, 使 ADC 可以直接对运放输出进行采样, 而无需将运放输出送到单独的模拟输入引脚。关于配置 ADC 的更多信息, 请参见《dsPIC33E/PIC24E 系列参考手册》中的“**模数转换器 (ADC)**”章节 (DS70621)。图 6-1 介绍了该配置 (称为配置 A)。

图 6-1: 运放配置 A



如图 6-2 所示, 可以针对运放进行另一种配置 (称为配置 B)。在该配置中, 运放没有在内部连接到 ADC。而是将运放输出送到单独的模拟输入引脚 (**ANx**)。在某些器件系列上, 该配置还可提高运放性能。关于性能信息, 请参见具体器件数据手册中的“**比较器**”或“**运放 / 比较器**”章节。

图 6-2: 运放配置 B

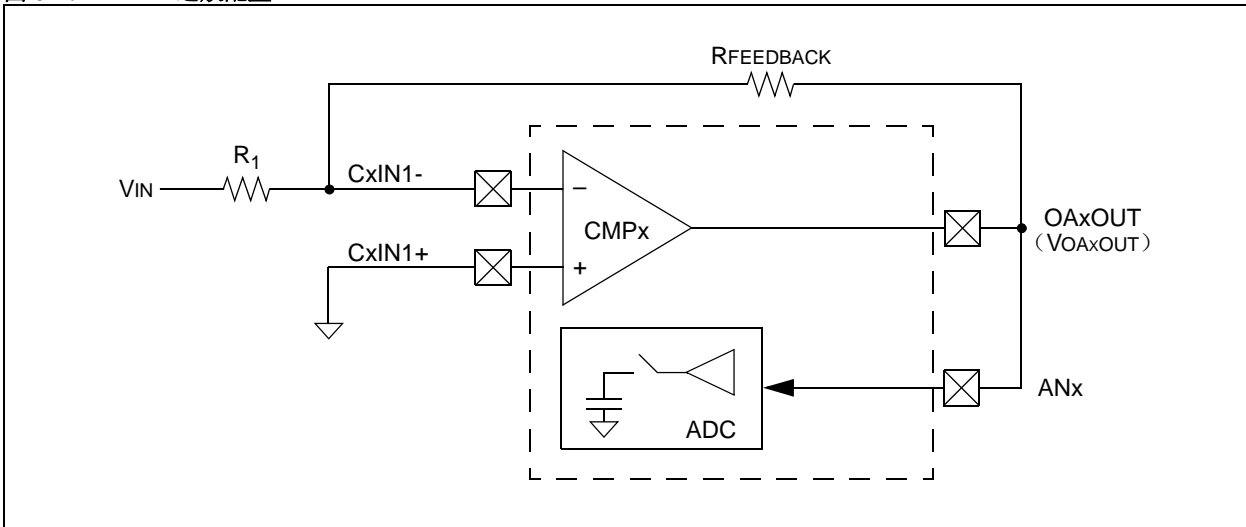
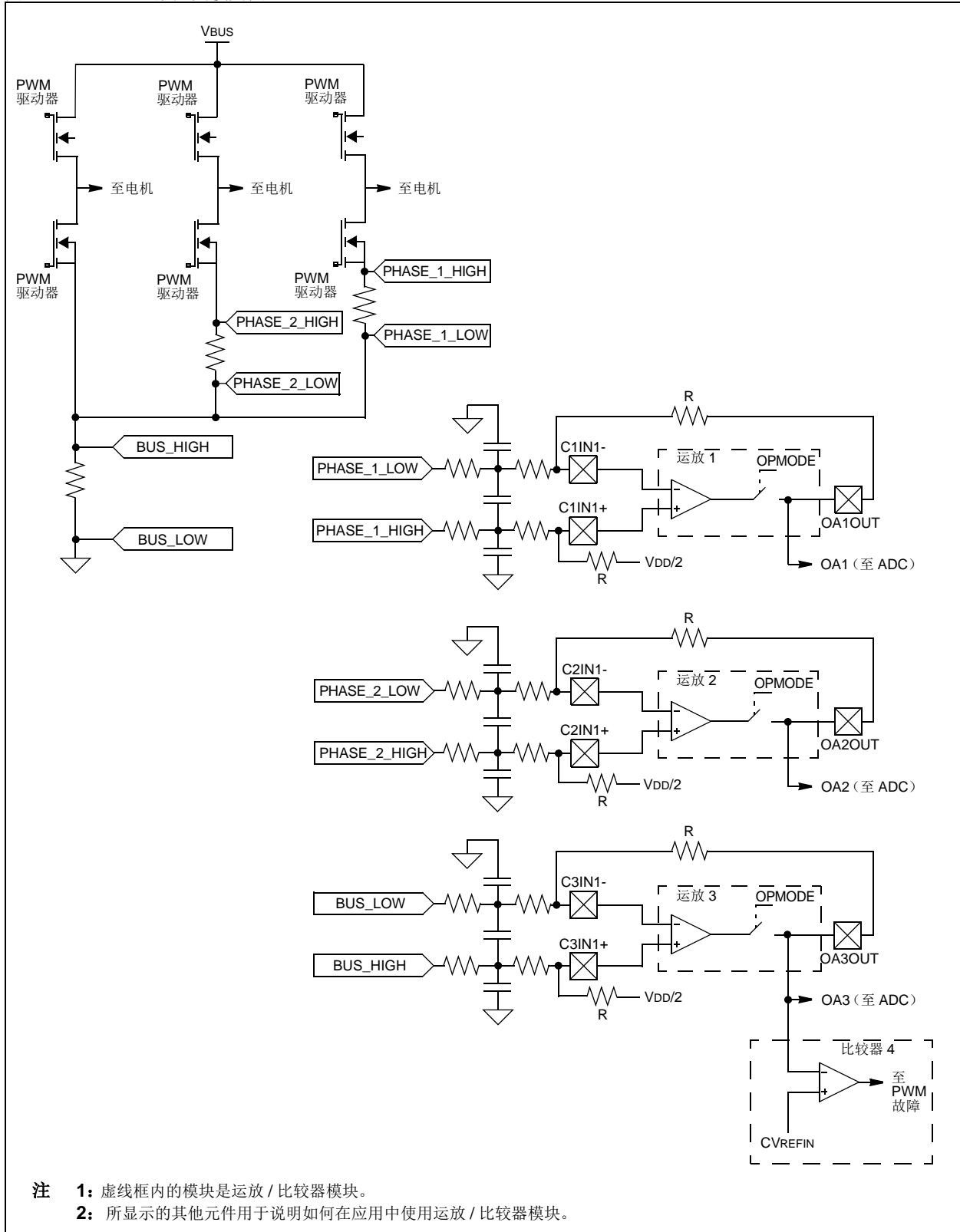


图 6-3 给出了一个采用运放的典型三相电机控制应用的示例。在该示例中，如前面图 6-1 中的配置 A 所描述，运放对通过电流检测电阻的电流进行采样，运放输出则直接连接到 ADC 模块。

图 6-3: 运放应用使用图



7.0 比较器参考电压发生器

内部比较器参考电压来自一个 16 阶的梯形电阻网络，可提供多个参考电压供选择，如图 7-1 所示。该梯形电阻网络为模拟比较器提供内部参考电压。图 7-1 显示具有单个 16 阶梯形电阻网络的器件的运放 / 比较器参考电压框图。

该电压发生器网络是由比较器参考电压控制 (CVRxCON) 寄存器 (见寄存器 2-7 和寄存器 2-8) 通过以下控制位来管理的：

- **CVREN**—— 比较器参考电压使能位 (CVRxCON<7>)

该控制位用于使能参考电压电路。
- **CVRxOE**—— 比较器参考电压输出使能位 (CVRxCON<6>)

该控制位允许将参考电压施加于 CVREF 引脚。当使能时，该位会改写相应的 TRISx 位设置。
- **VREFSEL**—— 参考电压选择位 (CVR1CON<10>)

该控制位指定参考电压源是外部电压 (VREF+) 还是从 4 位 DAC 输出处获取。
- **VREFSEL**—— 参考电压选择位 (CVR2CON<10>)

该控制位指定内部参考电压 (4 位 DAC 输出) 是来自 CVR1 还是 CVR2。
- **CVRSS**—— 比较器参考电压源选择位 (CVRxCON<4>)

该控制位指定参考电压电路的电压源 (CVRSS) 是器件电压源 (AVDD 和 AVSS)，还是外部参考电压 (VREF+ 和 VREF-)。
- **CVRR<1:0>**—— 比较器参考电压范围选择位 (CVRxCON<11,5>) ⁽¹⁾

这些控制位选择 16 阶梯形电阻网络涵盖的两个电压范围之一：

 - 0 CVRSRC 至 0.94 CVRSRC
 - 0.33 CVRSRC 至 0.96 CVRSRC
 - 0 CVRSRC 至 0.67 CVRSRC
 - 0.25 CVRSRC 至 0.75 CVRSRC

所选范围还决定了梯形电阻网络抽头可用的电压递增 (见第 7.1 节“配置比较器参考电压”)。
- **CVR<3:0>**—— 比较器参考电压值选择位 (CVRxCON<3:0>) ⁽²⁾

这些位指定了梯形电阻网络抽头的位置。

表 7-1 列出了 CVRSRC = 3.3V 时两个电压范围的每个抽头的电压。

- 注 1:** 这些位并非在所有器件上都可用。关于可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
- 注 2:** 比较器参考电压值选择位在不同器件中可能不同，具体取决于 DAC 分辨率。关于可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

图 7-1: 用于具有两个 DAC 器件的运放 / 比较器参考电压框图

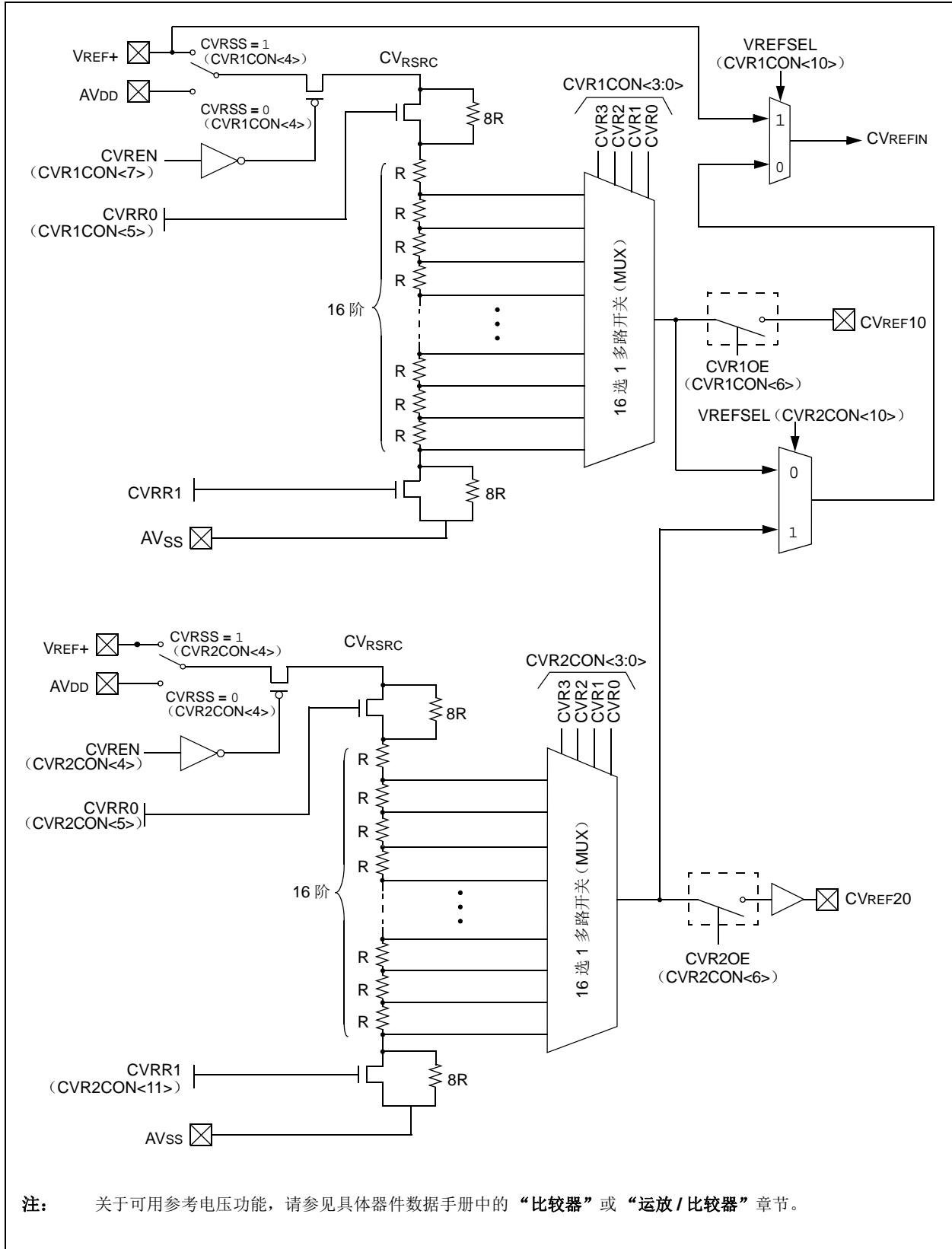


图 7-2: 用于具有单个 DAC 器件的运放 / 比较器参考电压框图

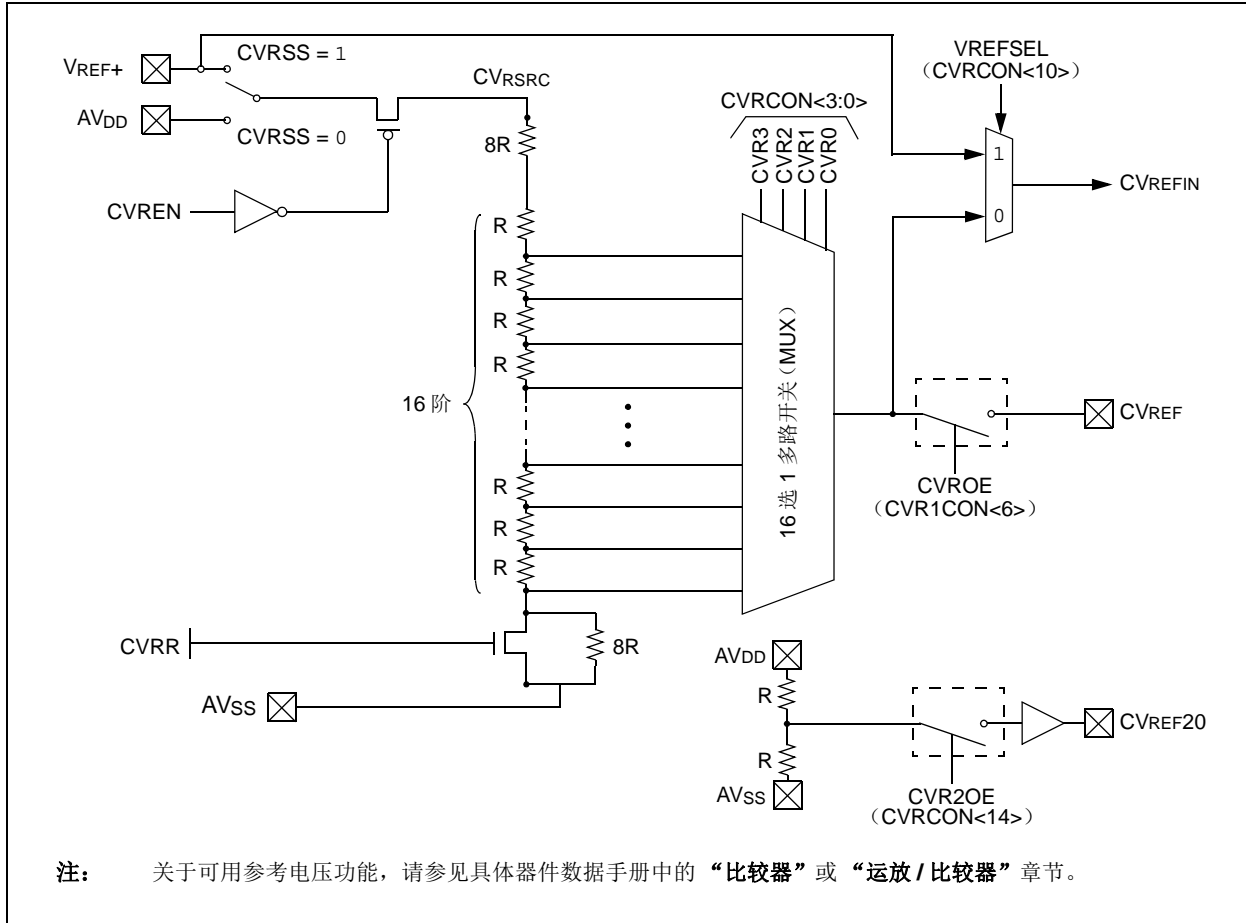


表 7-1: 典型参考电压 (CVRSRC = 3.3V)

CVR<3:0> ⁽²⁾	参考电压			
	CVRR0 = 0 CVRR1 = 0 ⁽¹⁾	CVRR0 = 0 CVRR1 = 1 ⁽¹⁾	CVRR0 = 1 CVRR1 = 0 ⁽¹⁾	CVRR0 = 1 CVRR1 = 1 ⁽¹⁾
0000	0.825	0	1.099989	0
0001	0.928125	0.137511	1.2375	0.20625
0010	1.03125	0.274989	1.375011	0.4125
0011	1.134375	0.4125	1.512489	0.61875
0100	1.2375	0.550011	1.65	0.825
0101	1.340625	0.687489	1.787511	1.03125
0110	1.44375	0.825	1.924989	1.2375
0111	1.546875	0.962511	2.0625	1.44375
1000	1.65	1.099989	2.200011	1.65
1001	1.753125	1.2375	2.337489	1.85625
1010	1.85625	1.375011	2.475	2.0625
1011	1.959375	1.512489	2.612511	2.26875
1100	2.0625	1.65	2.749989	2.475
1101	2.165625	1.787511	2.8875	2.68125
1110	2.26875	1.924989	3.025011	2.8875
1111	2.371875	2.0625	3.162489	3.09375

- 注 1: CVRR<1:0> 位并非在所有器件上都可用。关于可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。
- 2: 比较器参考电压值选择位 CVR<3:0> 在不同器件中可能不同，具体取决于 DAC 分辨率。关于可用性，请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

7.1 配置比较器参考电压

CVRR<1:0> 位 (CVRxCON<11,5>) 选择的电压范围决定了 CVR<3:0> 位 (CVRCON<3:0>) 选择的步长。下面是用于计算比较器参考电压的公式:

如果 CVRR<1:0> = 11:

$$CVREF = (CVR<3:0>/16) \cdot (CVRSRC)$$

如果 CVRR<1:0> = 10:

$$CVREF = 1/3 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$$

如果 CVRR<1:0> = 01:

$$CVREF = (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$$

如果 CVRR<1:0> = 00:

$$CVREF = 1/4 \cdot (CVRSRC) + (CVR<3:0>/32) \cdot (CVRSRC)$$

对于具有单个比较器参考电压范围选择位 CVRR (CVRCON<5>) 的器件, 用于计算比较器参考电压的公式如下所示:

如果 CVRR = 1:

$$\text{参考电压} = (CVR<3:0>/24) \cdot (CVRSRC)$$

如果 CVRR = 0:

$$\text{参考电压} = (CVRSRC/4) + (CVR<3:0>/32) \cdot (CVRSRC)$$

对于没有比较器参考电压范围选择位的器件, 用于计算比较器参考电压的公式如下所示:

$$\text{参考电压} = (CVR<3:0>/16) \cdot (CVRSRC)$$

7.2 参考电压精度 / 误差

由于梯形电阻网络顶部和底部的晶体管 (图 7-1) 使参考电压值不能达到参考电压源的满幅值, 所以不能实现整个参考电压范围的满量程输出。参考电压是由参考电压源分压而来的, 因此参考电压输出随参考电压源的波动而变化。关于参考电压精度, 请参见具体器件数据手册的“电气特性”章节。

7.3 休眠模式期间的操作

如果因中断或看门狗定时器超时将器件从休眠模式唤醒, CVRxCON 寄存器的内容将不受影响。为了最大程度降低休眠模式下的电流消耗, 应禁止参考电压模块。

7.4 复位的影响

器件复位会产生以下影响:

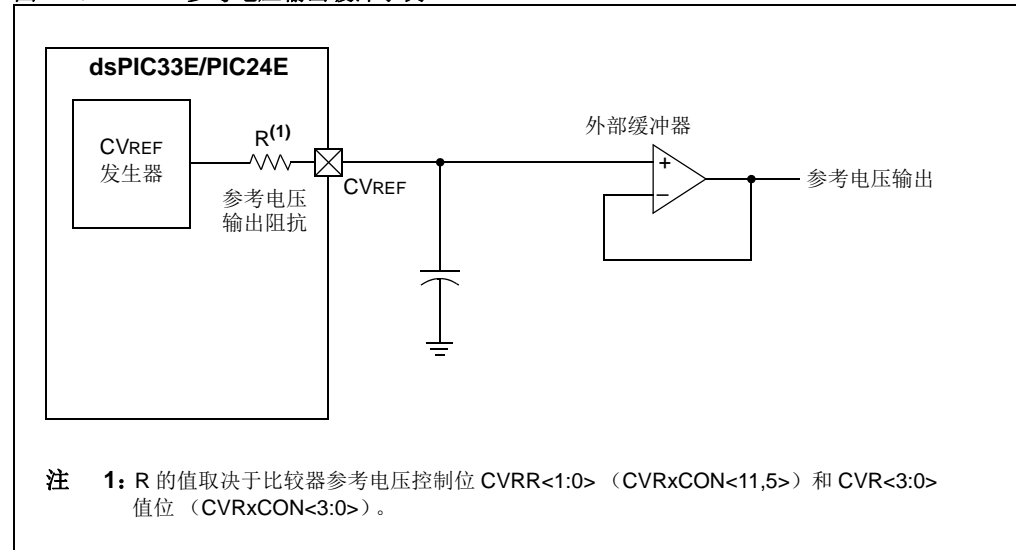
- 通过清零 CVREN 位 (CVRxCON<7>) 禁止参考电压
- 通过清零 CVRxOE 位 (CVRxCON<6>) 使参考电压从 CVREF 引脚断开
- 通过清零 CVRRx 位 (CVRxCON<11,5>) 选择高电压范围
- 清零 CVRx 值位 (CVRxCON<3:0>)

7.5 连接注意事项

参考电压发生器的工作独立于比较器。如果 CVROE 位 (CVRCON<6>) 置 1, 则参考电压发生器的输出连接到 CVREF 引脚。当 I/O 被配置为数字输入引脚时, 将参考电压输出连接到 I/O 引脚将会增加电流消耗。使能 CVRSS 时, 将与 CVREF 相关的端口配置为数字输出也将增加电流消耗。

CVREF 输出引脚可被用作简单的数模转换输出, 但是其驱动能力有限。由于这种有限的电流驱动能力, 可能需要在参考电压输出端 CVREF 上外接缓冲器。图 7-3 给出了一个缓冲技术示例。关于电流驱动能力, 请参见具体器件数据手册中的“比较器”或“运放 / 比较器”章节。

图 7-3: 参考电压输出缓冲示例



8.0 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 dsPIC33E/PIC24E 器件系列而编写的，但其概念是相近的，通过适当修改并受到一定限制即可使用。当前与运放 / 比较器模块相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
Make a Delta-Sigma Converter Using a Microcontroller's Analog Comparator Module	AN700
A Comparator Based Slope ADC	AN863

注： 如需获取更多 dsPIC33E/PIC24E 系列器件的应用笔记和代码示例，请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com)。

9.0 版本历史

版本 A（2008 年 11 月）

这是本文档的初始版本。

版本 B（2010 年 4 月）

文档的该版本包括以下更新：

- 替换了图 26-1：比较器 I/O 工作模式
- 更新了寄存器 26-2：CMxCON：比较器 x 控制寄存器：
 - 更改了 COE、COUT 和 EVPOL<1:0> 位的默认 POR 值
 - 更新了 CREF 和 CCH<1:0> 位的选择编码表
 - 更新了 CREF = 1 时的定义
 - 更新了 CCH<1:0> = 11 时的定义
- 更新了寄存器 26-3：CMxMSKSRG：比较器 x 屏蔽源选择控制寄存器：
 - 将 SELSRC_A、SELSRC_B 和 SELSRC_C 位重命名为 SELSRCA、SELSRCB 和 SELSRCC
 - 更改了 SELSRCA、SELSRCB 和 SELSRCC 的位值定义
- 更新了寄存器 26-4：CMxMSKCON：比较器 x 屏蔽器门控寄存器：
 - 从 OCEN、OBEN、ACEN 和 ABEN 位定义中删除了“反相”一词
- 在以下位置添加了注 1、注 2 和注 3 并更新了 CFSEL<2:0> 位定义：
寄存器 26-5：CMxFLTR：比较器 x 滤波器控制寄存器
- 在以下位置更新了 VREFSEL 和 BGSEL<1:0> 位的位值定义：
寄存器 26-6：CVRCON：比较器参考电压控制寄存器

版本 C（2011 年 7 月）

文档的该版本包括以下更新：

- 更新了文档以包含运放和比较器功能。更新内容包括：
 - 更新了第 26.1 节“简介”以包含运放 / 比较器模块的描述
 - 更新了图 26-1
 - 添加了关于运放 / 比较器 I/O 工作模式的图 26-2
 - 更新了寄存器 26-2 中的 bit 4 和 bit <1:0> 以包含适用于比较器和运放模块的设置
 - 在以下章节添加了关于运放 / 比较器功能的段落：
第 26.3 节“比较器工作原理”
 - 添加了“建议先配置 CMxCON 寄存器，将所有位设置为所需的值，然后再将 CON 位（CMxCON<15>）置 1。”，提供关于比较器模块如何作为运放工作的信息
 - 添加了第 26.6 节“运放配置”
- 添加了图 26-5
- 更新了寄存器 26-1
- 对寄存器 26-3 至寄存器 26-6 进行了少量更新
- 更新了比较器寄存器映射（见表 26-2）
- 对整篇文档的格式和文字进行了少量更新

版本 D（2011 年 12 月）

文档的该版本包括以下更新：

- 更新了第 26.1 节 “简介”
- 更新了以下图：
 - 图 26-1
 - 图 26-2
 - 图 26-4
 - 图 26-5
 - 图 26-9
 - 图 26-12
- 删除了图 26-6
- 更新了所有寄存器（见寄存器 26-1 至寄存器 26-6）
- 删除了第 26.3 节 “比较器工作原理” 中的最后两个段落
- 删除了第 26.4.2 节 “比较器作为运放工作”
- 删除了第 26.4.9 节 “低功耗选择”
- 删除了图 26-7：运放 / 比较器模块的比较器配置以及图 27-8：运放 / 比较器模块的运放配置
- 更新了第 26.4 节 “比较器配置”
- 添加了运放配置 A 和运放配置 B 图（见图 26-7 和图 26-8）
- 将第 26.6 节 “比较器中断” 调整为第 26.5 节 “比较器中断”
- 删除了运放 / 比较器寄存器映射（表 26-2）

版本 E（2013 年 6 月）

该版本的主要更改（包括从标题中删除了章节编号）：

- 包含了 CVR1CON 和 CVR2CON 寄存器（寄存器 2-7 和寄存器 2-8）
- 更新了表 7-1
- 更改了图 7-1

其他少量更改：

- 添加了一些注释
- 对整篇文档的格式和文字进行了少量更新

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应尽的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适用性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器 and 模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO/TS 16949 =**

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 徽标、RightTouch、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、ETHERSYNCH、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 QUIET-WIRE 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、Serial Quad I/O、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2011-2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-1082-9

全球销售及及服务网点

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://www.microchip.com/support>

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000
Fax: 86-21-3326-8021

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

亚太地区

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

法国 France - Saint Cloud
Tel: 33-1-30-60-70-00

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700
德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-67-3636

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7289-7561

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820