

第 39 章 运放 / 比较器

目录

本章包括下列主题：

39.1. 简介	39-2
39.2 运放 / 比较器寄存器	39-3
39.3 比较器工作原理	39-9
39.4 运放工作原理	39-9
39.5 比较器配置	39-10
39.6 比较器中断	39-14
39.7 运放配置	39-16
39.8 版本历史	39-18

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 PIC32 器件。

请参见当前器件数据手册中“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>

39.1 简介

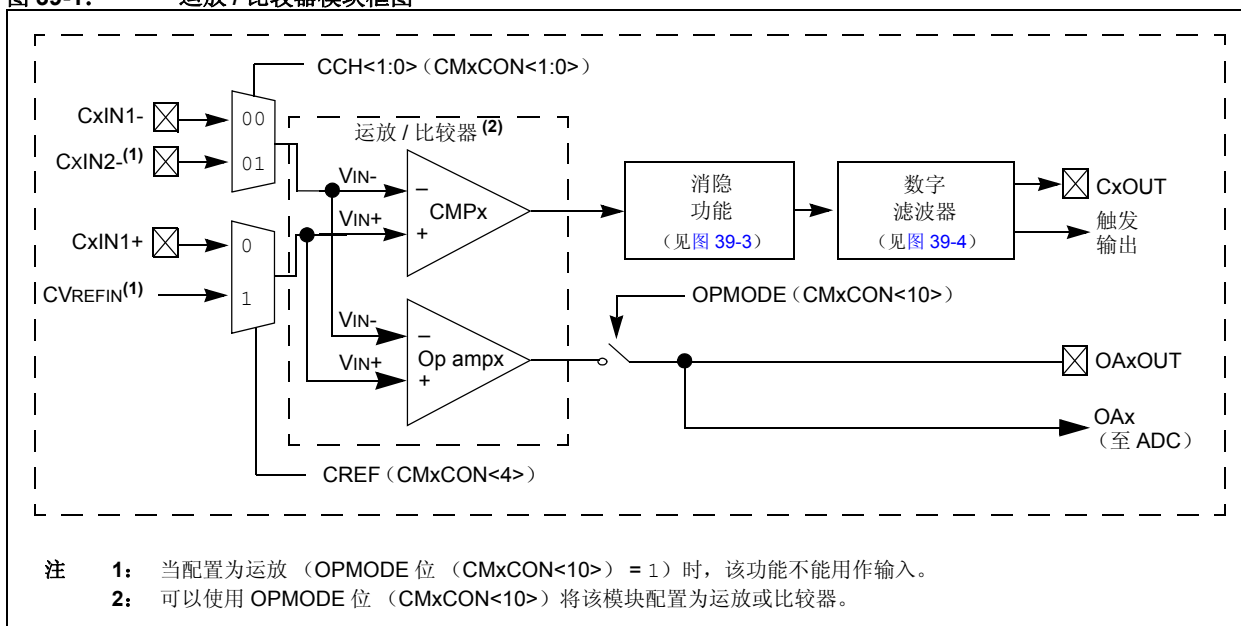
PIC32 器件具有多个内置比较器，其中一些比较器还可以配置为运放，其输出送到外部引脚来进行增益 / 滤波连接。

如图 39-1 所示，各个运放 / 比较器模块选项都通过特殊功能寄存器（Special Function Register, SFR）控制位指定。通过这些选项，用户可以执行以下操作：

- 选择触发信号和中断产生边沿
- 选择节能模式
- 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

运放 / 比较器模块的工作模式由输入选择决定（即，输入电压是与另一个输入电压、与内部带隙参考电压还是与内部参考电压相比较）。

图 39-1： 运放 / 比较器模块框图



39.2 运放 / 比较器寄存器

运放 / 比较器模块具有以下寄存器：

- **CMSTAT：运放 / 比较器状态寄存器**
CMSTAT 寄存器可用于控制在器件进入空闲模式时所有运放 / 比较器的操作。此外，它还可提供所有运放 / 比较器结果以及所有运放 / 比较器输出和事件位的状态，这些状态复制到 CMSTAT 寄存器中作为只读位。
- **CMxCON：运放 / 比较器控制寄存器**
应用程序可以通过 CMxCON 寄存器使能、配置并操作各个运放 / 比较器。
- **CMxMSKCON：比较器屏蔽器控制寄存器**
应用程序可以通过 CMxMSKCON 寄存器选择消隐功能的输入源。应用程序还可以通过该寄存器指定消隐功能逻辑。

表 39-1 简要汇总了所有与运放 / 比较器模块相关的寄存器。该汇总表之后列出了相应的寄存器，并且每个寄存器均附有详细的说明。

表 39-1： 运放 / 比较器特殊功能寄存器汇总

名称		Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
CMSTAT ⁽¹⁾	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	C8EVT	C7EVT	C6EVT	C5EVT	C4EVT	C3EVT	C2EVT	C1EVT
	15:8	—	—	SIDL	—	—	—	—	CVREFSEL
	7:0	C8OUT	C7OUT	C6OUT	C5OUT	C4OUT	C3OUT	C2OUT	C1OUT
CMxCON ⁽¹⁾	31:24	—	—	—	—	—	—	—	—
	23:16	—	CFSEL<2:0>			CFLTREN	CFDIV<2:0>		
	15:8	CON	COE	CPOL	CLPWR	OA0	OPMODE	CEVT	COUT
	7:0	EVPOL<1:0>		—	CREF	—	—	CCH<1:0>	
CMxMSKCON ⁽¹⁾	31:24	—	—	—	—	SELSRC_C<3:0>			
	23:16	SELSRC_B<3:0>				SELSRC_A<3:0>			
	15:8	HLMS	—	OCEN	OCNEM	OBEN	OBNEN	OAEN	OANEN
	7:0	NAGS	PAGS	ACEN	ACNEN	ABEN	ABNEN	AAEN	AANEN

图注： — = 未实现，读为 0。

注 1： 该寄存器具有关联的清零、置 1 和取反寄存器，分别位于 0x4、0x8 和 0xC 字节偏移处。这些寄存器的命名方式是在关联寄存器的名称末尾附加 CLR、SET 或 INV（例如，CMSTATCLR）。向这些寄存器的任意位写入 1 时，会将关联寄存器中的有效位清零。对这些寄存器的读操作将被忽略。

寄存器 39-1: CMSTAT: 运放 / 比较器状态寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
23:16	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
	C8EVT	C7EVT	C6EVT	C5EVT	C4EVT	C3EVT	C2EVT	C1EVT
15:8	U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0
	—	—	SIDL	—	—	—	—	CVREFSEL
7:0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
	C8OUT	C7OUT	C6OUT	C5OUT	C4OUT	C3OUT	C2OUT	C1OUT

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 31-24 **未实现:** 读为 0

bit 23-16 **C8EVT:C1EVT:** 运放 / 比较器 8 至比较器 1 事件状态位

1 = 发生了运放 / 比较器事件

0 = 未发生运放 / 比较器事件

bit 15-14 **未实现:** 读为 0

bit 13 **SIDL:** 空闲模式停止位

1 = 当器件进入空闲模式时, 所有运放 / 比较器停止工作

0 = 在空闲模式下模块继续工作

bit 12-9 **未实现:** 读为 0

bit 8 **CVREFSEL:** CVREF 参考电压选择使能位

1 = 选择外部 CVREF 参考电压

0 = 选择内部参考电压

bit 7-0 **C8OUT:C1OUT:** 运放 / 比较器 8 至比较器 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: 该寄存器中的所有位是否有效取决于运放 / 比较器是否可用。关于可用性, 请参见具体器件数据手册中的“运放 / 比较器”章节。

寄存器 39-2: CMxCON: 运放 / 比较器控制寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
	—	—	—	—	—	—	—	—
23:16	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	—	—	CFSEL<1:0> ⁽¹⁾		CFLTREN	CFDIV<2:0> ⁽²⁾		
15:8	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0
	CON	COE	CPOL	CLPWR ⁽³⁾	OA0	OPMODE	CEVT	COUT
7:0	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	—	—	CCH<1:0>	

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 31-22 未实现: 读为 0

bit 21-20 **CFSEL<1:0>**: 比较器输出滤波器时钟源选择位 ⁽¹⁾

11 = 时钟源 4

10 = 时钟源 3

01 = 时钟源 2

00 = 时钟源 1

bit 19 **CFLTREN**: 比较器输出数字滤波器使能位

1 = 使能数字滤波器

0 = 禁止数字滤波器

bit 18-16 **CFDIV<2:0>**: 比较器输出滤波器时钟分频比选择位 ⁽²⁾

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

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 **CLPWR**: 比较器低功耗模式选择位 ⁽³⁾

1 = 比较器在低功耗模式下工作

0 = 比较器不在低功耗模式下工作

注 1: 关于时钟源的更多信息, 请参见具体器件数据手册中的“运放 / 比较器”章节。

2: 数字滤波器输入时钟周期是指令时钟周期 (SYSCLK)。

3: 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“运放 / 比较器”章节。

寄存器 39-2: CMxCON: 运放 / 比较器控制寄存器 (续)

bit 11	OAO: 运放 / 比较器输出使能位 1 = 比较器输出不出现在 OAxOUT 引脚上 0 = 比较器输出出现在 OAxOUT 引脚上
bit 10	OPMODE: 运放 / 比较器模式使能位 1 = 模块作为运放工作 0 = 模块作为比较器工作
bit 9	CEVT: 比较器事件位 1 = 根据 EVPOL<1:0> 位的设置发生比较器事件; 在该位清零前禁止后续的事件 / 触发和中断的发生 0 = 未发生比较器事件
bit 8	COUT: 比较器输出反相位 <u>当 CPOL = 0 时 (极性不反相):</u> 1 = $V_{IN+} > V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ <u>当 CPOL = 1 时 (极性反相):</u> 1 = $V_{IN+} < V_{IN-}$ 0 = $V_{IN+} > V_{IN-}$
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) <u>如果 CPOL = 0 (极性不反相):</u> 比较器输出从高电平跳变为低电平 <u>如果 CPOL = 1 (极性反相):</u> 比较器输出从低电平跳变为高电平 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) <u>如果 CPOL = 0 (极性不反相):</u> 比较器输出从低电平跳变为高电平 <u>如果 CPOL = 1 (极性反相):</u> 比较器输出从高电平跳变为低电平 00 = 禁止产生触发 / 事件 / 中断
bit 5	未实现: 读为 0
bit 4	CREF: 运放 / 比较器参考电压选择位 1 = V_{IN+} 输入连接到内部 CVREFIN 电压 0 = V_{IN+} 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 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 “运放 / 比较器” 章节。

- 注 1: 关于时钟源的更多信息, 请参见具体器件数据手册中的 “运放 / 比较器” 章节。
2: 数字滤波器输入时钟周期是指令时钟周期 (SYSCLK)。
3: 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 “运放 / 比较器” 章节。

寄存器 39-3: CMxMSKCON: 比较器屏蔽器控制寄存器

位范围	Bit 31/23/15/7	Bit 30/22/14/6	Bit 29/21/13/5	Bit 28/20/12/4	Bit 27/19/11/3	Bit 26/18/10/2	Bit 25/17/9/1	Bit 24/16/8/0
31:24	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	—	—	—	—	SELSRC_C<3:0> ⁽¹⁾			
23:16	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	SELSRC_B<3:0> ⁽¹⁾				SELSRC_A<3:0> ⁽¹⁾			
15:8	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
7:0	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

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 31-28 未实现: 读为 0

bit 27-24 SELSRC_C<3:0>: 屏蔽器 C 输入选择位 ⁽¹⁾bit 23-20 SELSRC_B<3:0>: 屏蔽器 B 输入选择位 ⁽¹⁾bit 19-16 SELSRC_A<3:0>: 屏蔽器 A 输入选择位 ⁽¹⁾

bit 15 HLMS: 高电平或低电平屏蔽选择位

1 = 比较器的无效状态为 1, 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效的 (0) 比较器信号的传递

0 = 比较器的无效状态为 0, 屏蔽 (消隐) 功能将阻止任何置为有效的 (1) 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 = 使能 “C” 输入作为或门的输入

0 = 禁止 “C” 输入作为或门的输入

bit 12 OCNEN: 反相或门 “C” 输入使能位

1 = 使能 “C” 输入 (反相) 作为或门的输入

0 = 禁止 “C” 输入 (反相) 作为或门的输入

bit 11 OBEN: 或门 “B” 输入使能位

1 = 使能 “B” 输入作为或门的输入

0 = 禁止 “B” 输入作为或门的输入

bit 10 OBNEN: 反相或门 “B” 输入使能位

1 = 使能 “B” 输入 (反相) 作为或门的输入

0 = 禁止 “B” 输入 (反相) 作为或门的输入

bit 9 OAEN: 或门 “A” 输入使能位

1 = 使能 “A” 输入作为或门的输入

0 = 禁止 “A” 输入作为或门的输入

bit 8 OANEN: 反相或门 “A” 输入使能位

1 = 使能 “A” 输入 (反相) 作为或门的输入

0 = 禁止 “A” 输入 (反相) 作为或门的输入

bit 7 NAGS: 负与门输出选择位

1 = 使能与门到或门的负 (反相) 输出

0 = 禁止与门到或门的负 (反相) 输出

注 1: 关于屏蔽器值, 请参见具体器件数据手册中的 “运放 / 比较器” 章节。

寄存器 39-3: CMxMSKCON: 比较器屏蔽器控制寄存器 (续)

bit 6	PAGS: 正与门输出选择位 1 = 使能与门到或门的正输出 0 = 禁止与门到或门的正输出
bit 5	ACEN: 与门 “C” 输入使能位 1 = 使能 “C” 输入作为与门的输入 0 = 禁止 “C” 输入作为与门的输入
bit 4	ACNEN: 反相与门 “C” 输入使能位 1 = 使能 “C” 输入 (反相) 作为与门的输入 0 = 禁止 “C” 输入 (反相) 作为与门的输入
bit 3	ABEN: 与门 “B” 输入使能位 1 = 使能 “B” 输入作为与门的输入 0 = 禁止 “B” 输入作为与门的输入
bit 2	ABNEN: 反相与门 “B” 输入使能位 1 = 使能 “B” 输入 (反相) 作为与门的输入 0 = 禁止 “B” 输入 (反相) 作为与门的输入
bit 1	AAEN: 与门 “A” 输入使能位 1 = 使能 “A” 输入作为与门的输入 0 = 禁止 “A” 输入作为与门的输入
bit 0	AANEN: 反相与门 “A” 输入使能位 1 = 使能 “A” 输入 (反相) 作为与门的输入 0 = 禁止 “A” 输入 (反相) 作为与门的输入

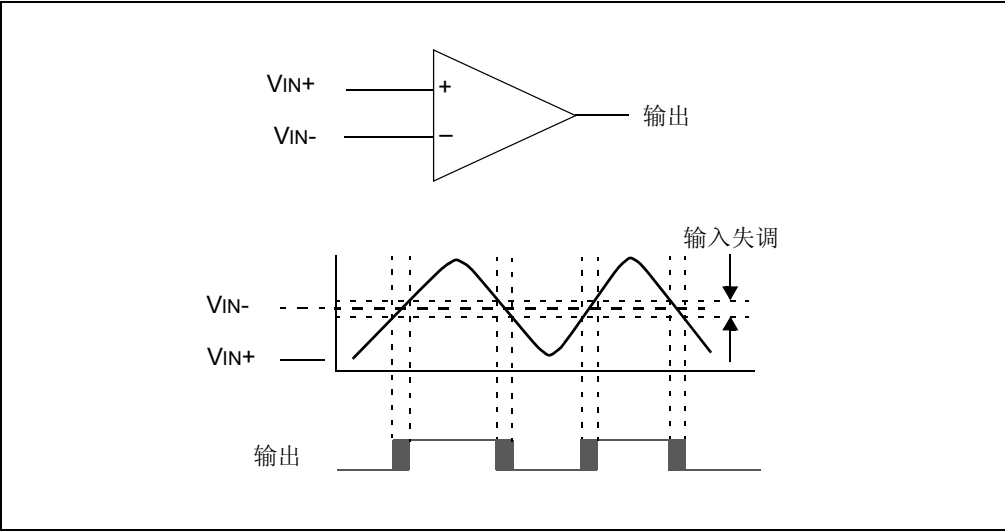
注 1: 关于屏蔽器值, 请参见具体器件数据手册中的 “运放 / 比较器” 章节。

39.3 比较器工作原理

图 39-2 所示为典型运放 / 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，将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。关于运放 / 比较器参考电压的更多信息，请参见《PIC32 系列参考手册》中的第 20 章“比较器参考电压”（DS61109）。

在图 39-2 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，由两个信号之间的差产生比较器的数字输出。当 $V_{IN+} < V_{IN-}$ 时，比较器的输出为数字低电平。当 $V_{IN+} > V_{IN-}$ 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。可以对比较器输出的极性进行反相，从而使它在 $V_{IN+} > V_{IN-}$ 时为数字低电平。

图 39-2: 运放 / 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。响应时间是运放 / 比较器识别出输入电压变化所需的最小时间。

39.4 运放工作原理

比较器还可以配置为运放。每个运放具有两个引脚，一个用于负极输入，另一个用于正极输入。正极还可以选择参考电压。每个运放具有一个用于输出的引脚，以便连接外部增益 / 滤波反馈元件。运放的输出也是模数转换器（Analog-to-Digital Converter，ADC）模块的输入。

39.5 比较器配置

运放 / 比较器模块中的每个比较器都可以通过寄存器 39-1、寄存器 39-2 和寄存器 39-3 中的各个控制位独立进行配置。

39.5.1 比较器使能 / 禁止

可以使用运放 / 比较器控制寄存器中相应的运放 / 比较器使能位 CON (CMxCON<15>) 来使能或禁止要控制的比较器。禁止比较器时，相应的触发和中断产生会被禁止。

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。

39.5.2 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 39-3 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以下用户可选的输入：

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

可以通过比较器屏蔽控制寄存器 CMxMSKCON 中的屏蔽器 A 输入选择位 (SELSRCA<3:0>)、屏蔽器 B 输入选择位 (SELSRCB<3:0>) 和屏蔽器 C 输入选择位 (SELSRCC<3:0>) 来选择 MAI、MBI 和 MCI 信号源。

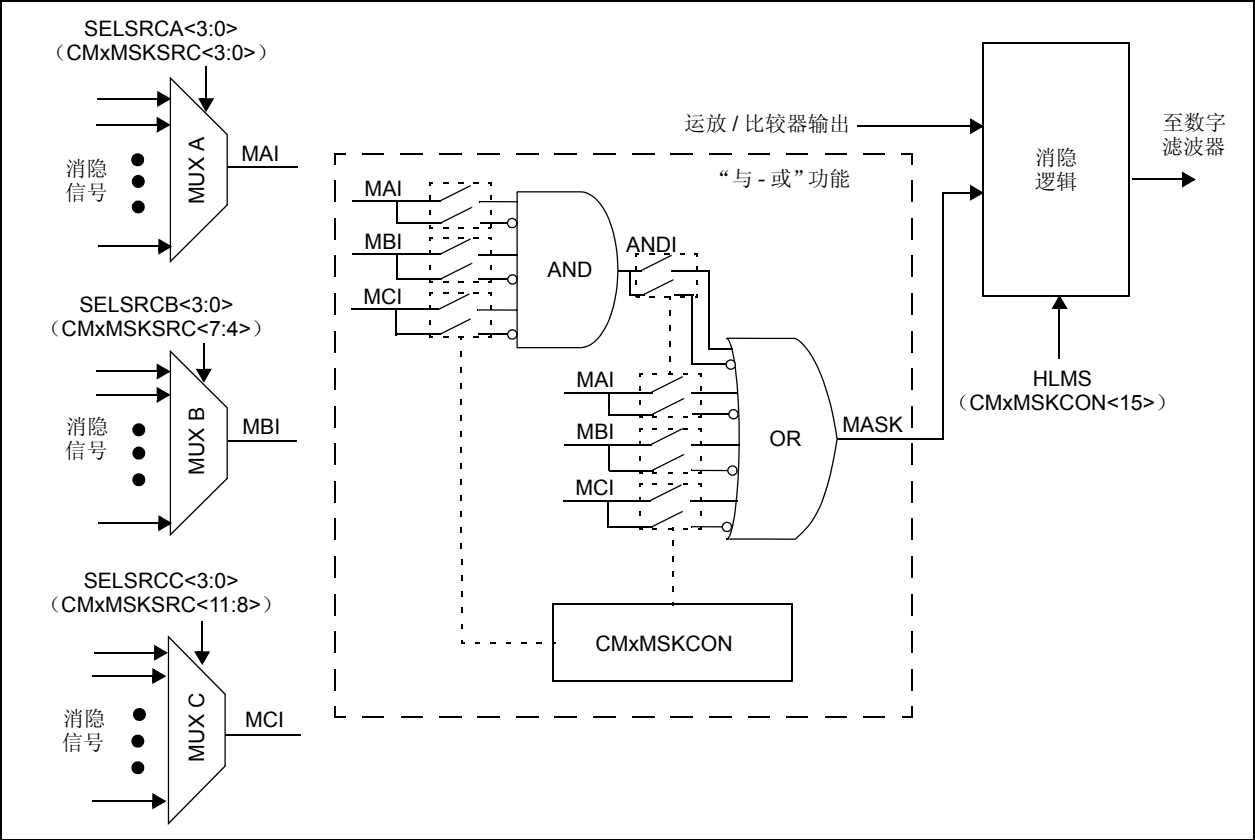
MAI、MBI 和 MCI 信号会被送到“与 - 或”功能块，让用户可以基于这些输入构造消隐（屏蔽）信号。发生系统复位之后，消隐（屏蔽）功能会被禁止。

高电平或低电平屏蔽选择位 HLMS (CMxMSKCON<15>) 用于配置屏蔽逻辑，使之根据比较器的默认（无效）状态工作。

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 位应设置为 0，从而消隐功能（假定消隐功能已激活）将会阻止比较器的 1 信号在消隐模块中传递。

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，从而消隐功能（假定消隐功能已激活）将会阻止比较器的 0 信号在消隐模块中传递。

图 39-3: 用户可编程消隐功能框图



39.5.3 数字输出滤波器

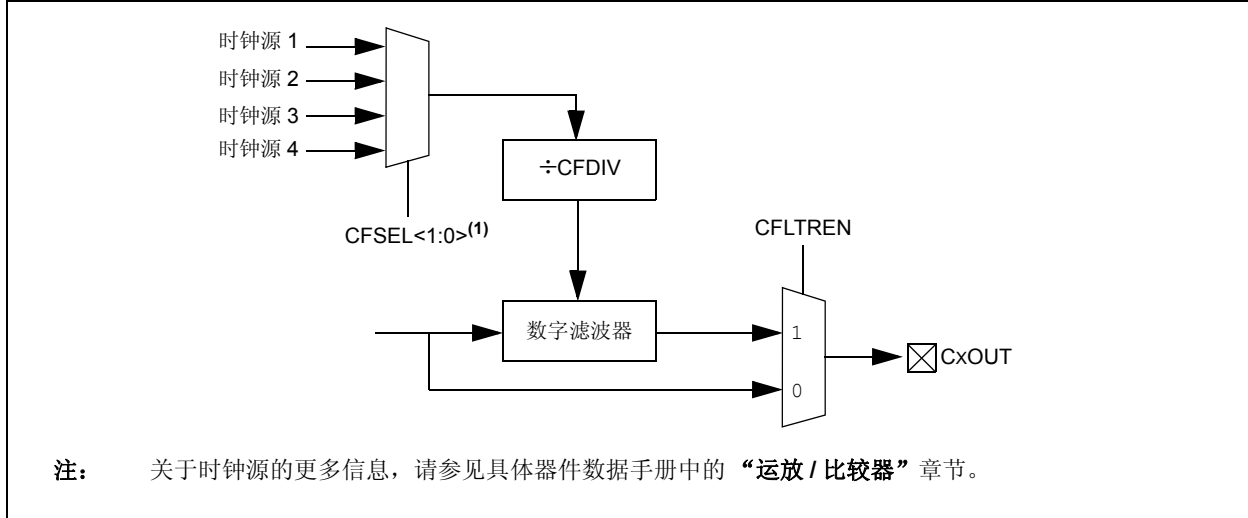
在许多电机和电源控制应用中，关联的外部开关功率晶体管产生的强大电磁场可能会破坏比较器输入信号。比较器的模拟输入信号被破坏时，将会导致意外的比较器输出电平跳变。可编程数字输出滤波器可以最大程度地降低输入信号破坏的影响。

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，所以所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。

如图 39-4 所示，通过将比较器输出数字滤波器使能位 CFLTREN (CMxCON<19>) 置 1 来使能数字滤波器。比较器输出滤波器时钟频比选择位 CFDIV<2:0> (CMxCON<18:16>) 用于选择数字滤波器模块的时钟信号输入的时钟频比。比较器输出滤波器时钟源选择位 CFSEL<2:0> (CMxCON<22:20>) 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 39-4: 数字滤波器互连框图



39.5.4 比较器极性选择

为了提供最大程度的灵活性，可以使用比较器输出极性选择位 CPOL（CMxCON<13>）将运放 / 比较器的输出反相。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。

只有通过将运放 / 比较器输出使能位 CON（CMxCON<14>）清零来禁止比较器时，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。逻辑允许 CON 位和 CPOL 位同时在单个寄存器写操作中置 1。

39.5.5 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 寄存器中的触发 / 事件 / 中断极性选择位 EVPOL<1:0> 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）。

39.5.6 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 39-2。

39.5.7 比较器通道选择

比较器反相输入（也称为通道输入）的输入可以通过运放 / 比较器通道选择位 CCH<1:0>（CMxCON<1:0>）进行选择。关于 CCH<1:0> 位的更多信息，请参见寄存器 39-2。

39.5.8 低功耗选择

根据器件的功能，运放 / 比较器模块提供一个低功耗模式选择位 CLPWR（CMxCON<12>）。通过使用该位，用户可以在比较器功耗和速度之间进行折衷。

当 CLPWR = 0 时，将使能标准功耗模式。当 CLPWR = 1 时，将使能相应比较器的低功耗设置。

注： 当 CON = 1 时，不应更改比较器功耗设置。

39.5.9 比较器事件状态位

比较器事件状态位 CEVT（CMxCON<9>）会反映比较器是否已发生预先配置的事件。在 CEVT 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 位之后，比较器需要经过一个额外的 CPU 周期之后才能完全准备好进行下一次触发。

39.5.10 状态寄存器

为了提供所有比较器结果的概况，比较器输出位 COUT（CMxCON<8>）和 CEVT 位会被复制到运放 / 比较器参考电压状态寄存器 CMSTAT 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。

39.6 比较器中断

比较器中断标志位 CMIF (IFSx) 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 CxEVT 位 (CMSTAT<23:16>) 来检测事件。

注： 关于确切的位和中断寄存器的信息，请参见具体器件数据手册中的“中断”章节。

用户应用程序可以通过读取 CEVT 位 (CMxCON<9>) 和 COUT 位 (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。CMIF 位和 CEVT 位 (CMxCON<9>) 都必须通过中断服务程序 (Interrupt Service Routine, ISR) 清零。更多信息，请参见第 8 章“中断” (DS61108)。

注 1： CMIF 位是特定于器件的位，因器件而异。更多信息，请参见具体器件数据手册中的“中断”章节。
注 2： 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。读取 CxOUT 位 (CMxCON<7:0>) 时，将更新用于产生中断的值。

39.6.1 休眠模式期间的中断操作

如果使能了比较器而 PIC32 器件处于休眠模式，则运放 / 比较器仍保持工作状态。如果在中断模块中允许了运放 / 比较器中断，则它也将保持工作状态。在以上条件下，运放 / 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运放 / 比较器都将消耗额外电流。若要将休眠模式下的功耗降至最低，可以通过禁止 CON 位 (CMxCON<15>) 在进入休眠模式之前关闭比较器。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，请参见第 9 章“看门狗定时器和节能模式” (DS61114)。

39.6.2 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空闲模式停止位 SIDL (CMSTAT<13>) 控制。如果 SIDL = 0，则继续正常的中断操作。如果 SIDL = 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，请参见第 9 章“看门狗定时器和节能模式” (DS61114)。

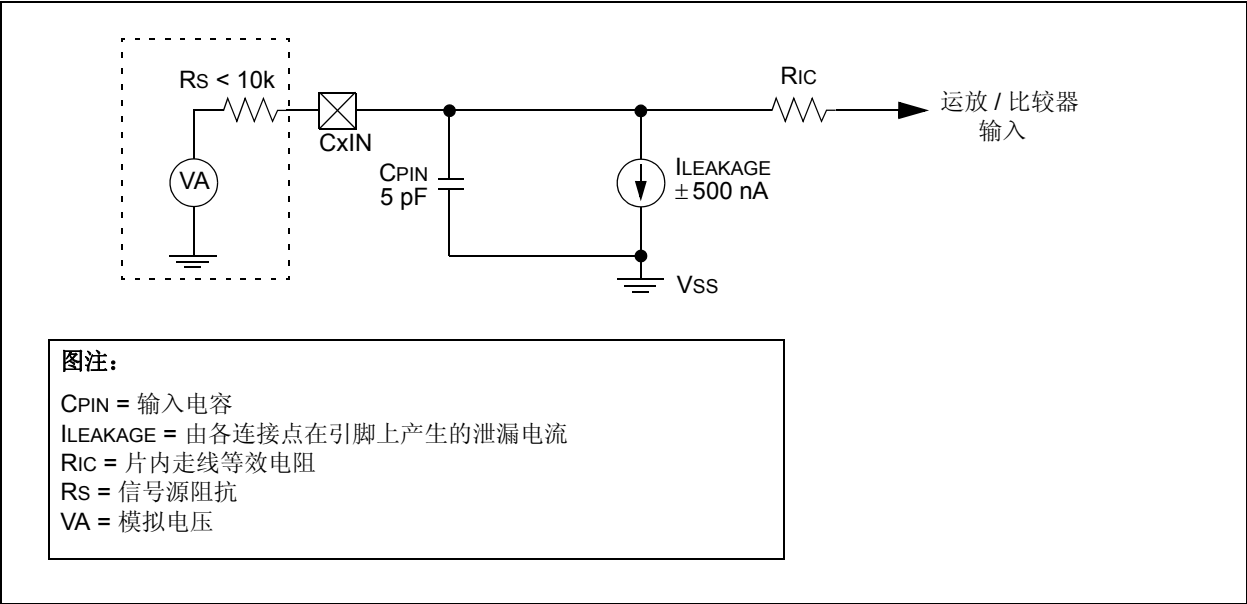
39.6.3 复位状态的影响

器件复位会强制 CMxCON 寄存器进入复位状态，从而关闭运放 / 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。

39.6.4 模拟输入连接注意事项

模拟输入的简化电路如图 39-5 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），均要保证其泄漏电流极小。

图 39-5: 运放 / 比较器模拟输入模型



39.7 运放配置

带有运放 / 比较器模块的器件可以通过将 **OPMODE** 位 (**CMxCON<10>**) 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，请参见第 38 章“12 位模数转换器 (ADC)”。图 39-6 给出了运放配置的图示。

图 39-6: 运放配置

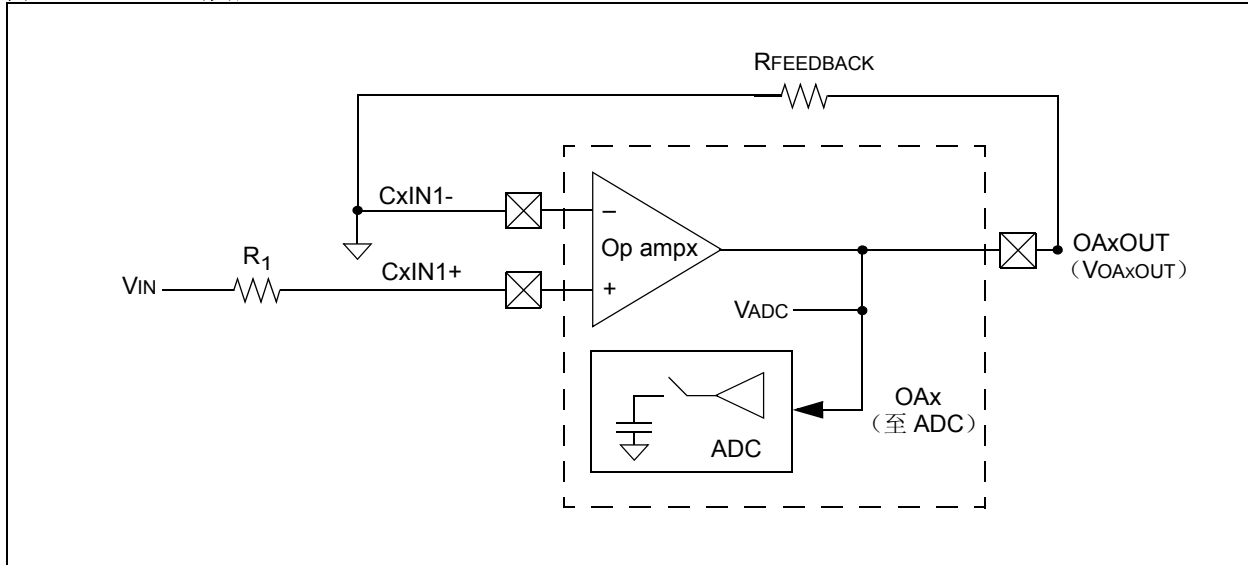
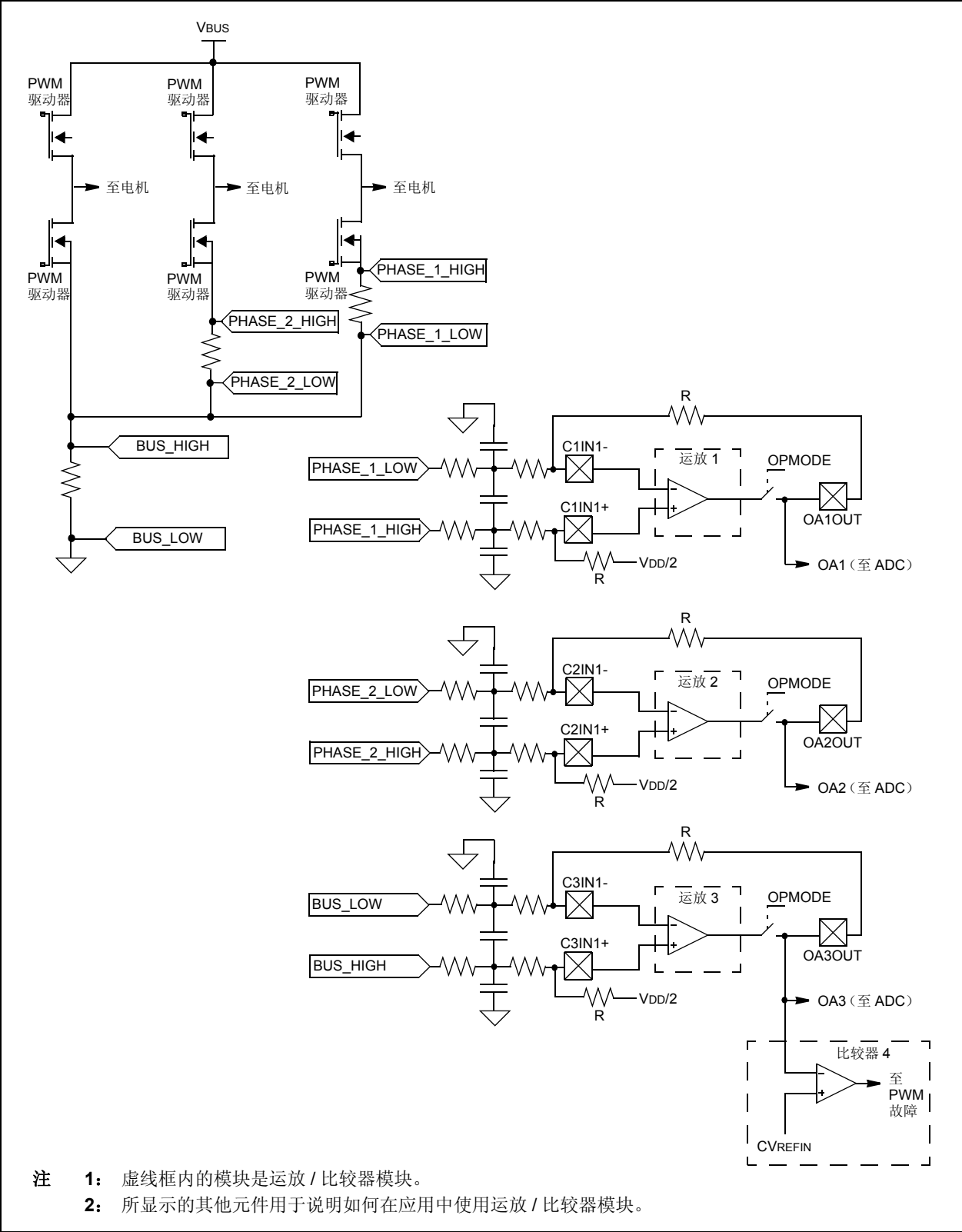


图 39-7 给出了一个采用运放的典型三相电机控制应用的示例。在该示例中，如前面图 39-6 中所描述，运放对通过分流电阻器的电流进行采样，运放输出则直接连接到 ADC 模块。

图 39-7: 运放应用使用图



39.8 版本历史

版本 A（2012 年 3 月）

这是本文档的初始版本。

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《数字器件千年版权法案（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，是您自身应负的责任。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、适销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。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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICTail、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2012, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-62076-201-1

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

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、非易失性存储器和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。

全球销售及服务网点

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

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

克里夫兰 Cleveland

Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

达拉斯 Dallas

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

底特律 Detroit

Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

印第安纳波利斯 Indianapolis

Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara

Santa Clara, CA
Tel: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto

Mississauga, Ontario, Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

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: 852-2401-1200
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 - 杭州

Tel: 86-571-2819-3187
Fax: 86-571-2819-3189

中国 - 香港特别行政区

Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

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: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳

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

中国 - 深圳

Tel: 86-755-8203-2660
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 - 珠海

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北

Tel: 886-2-2500-6610
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: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Osaka

Tel: 81-66-152-7160
Fax: 81-66-152-9310

日本 Japan - Yokohama

Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

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

法国 France - Paris

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

德国 Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Druenen

Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820