第 61 章 运算放大器 （运放）

目录

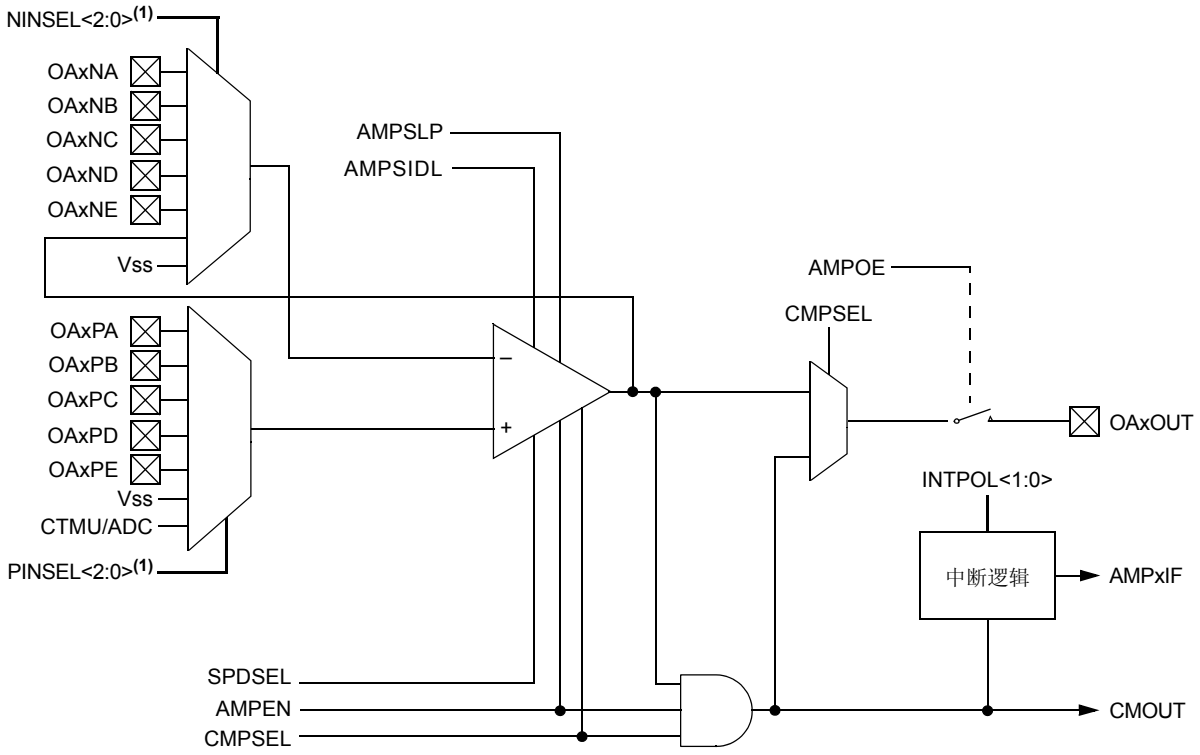
本章包括下列主题：

61.1 简介 61-2
61.2 配置运算放大器 61-3
61.3 工作原理 61-5
61.4 模拟输入连接注意事项 61-6
61.5 中断 61-6
61.6 示例应用 61-7
61.7 休眠和空闲模式期间的操作 61-11
61.8 复位的影响 61-11
61.9 相关应用笔记 61-12
61.10 版本历史 61-13

61.1 简介

运算放大器（运放）模块提供调理模拟输入信号的功能，也可以通过连接作为比较器工作。根据用户规范，它可以配置为以高功耗或低功耗模式运行。该模块还采用中断来向内核处理器指示输出发生了变化。输入可以从 I/O 引脚或 PIC® MCU 上的几个其他模块中选择。基于控制寄存器的设置，输出可以送至某个 I/O 引脚，也可以仅供内部芯片使用。图 61-1 中的图对该模块进行进一步的说明。

图 61-1： 运算放大器模块



注 1： 输入多路开关选择是特定于器件的。并非所有器件上都实现了所显示的所有选项。关于实际的多路开关选项，请参见具体器件的数据手册。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.2 配置运算放大器

运放模块的功能由 AMPxCON 寄存器控制。

寄存器 61-1： AMPxCON：运放控制寄存器

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R/W-0
AMPEN	—	AMPSIDL	AMPSLP	INTPOL1(1,2)	INTPOL0(1,2)	CMOUT(1,2)	CMPSEL(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, HSC	R/C-0, HSC
SPDSEL	AMPOE(1)	NINSEL2	NINSEL1	NINSEL0	PINSEL2	PINSEL1	PINSEL0
bit 7							bit 0

图注：	C = 可清零位	U = 未实现位，读为 0	
R = 可读位	W = 可写位	HSC = 硬件置 1/ 清零位	
-n = POR 时的值	1 = 置 1	0 = 清零	x = 未知

bit 15 **AMPEN：**运放控制模块使能位
1 = 使能模块
0 = 禁止模块

bit 14 **未实现：**读为 0

bit 13 **AMPSIDL：**外设空闲模式停止位
1 = 当器件进入空闲模式时，模块停止工作
0 = 在空闲模式下模块继续工作

bit 12 **AMPSLP：**外设休眠模式使能位
1 = 当器件进入休眠模式时，模块继续工作
0 = 在休眠模式下模块停止工作

bit 11-10 **INTPOL<1:0>：**中断允许位 (1,2)
当 CMPSEL = 1 时：
11 = 电平变化时产生中断
10 = 出现下降沿时产生中断
01 = 出现上升沿时产生中断
00 = 禁止中断
当 CMPSEL = 0 时：
在运放模式下不产生中断。

bit 9 **CMOUT：**比较器输出状态位 (1,2)
1 = 比较器正输入大于负输入
0 = 比较器正输入小于负输入

bit 8 **CMPSEL：**比较器模式选择位 (1)
1 = 配置为比较器
0 = 配置为运放

bit 7 **SPDSEL：**运放和比较器功耗 / 速度选择位
1 = 较高功耗、较高带宽 / 较快响应速度
0 = 较低功耗、较低带宽 / 较慢响应速度

注 1：这些位在一些选定器件上实现。更多信息，请参见具体器件的数据手册。
2：该位仅在比较器模式下可用；在运放模式下，它会被强制设为 0。

寄存器 61-1： AMPxCON：运放控制寄存器 （续）

bit 6 **AMPOE：**放大器输出使能位 (1)
1 = 放大器输出发送到某个引脚 （不使能放大器输出）
0 = 放大器输出不发送到某个引脚 （使能放大器输出）

bit 5-3 **NINSEL<2:0>：**反相运放输入通道选择位
xxx = 特定于器件；关于通道选择映射，请参见器件数据手册

bit 2-0 **PINSEL<2:0>：**同相运放输入通道选择位
xxx = 特定于器件；关于通道选择映射，请参见器件数据手册

注 1：这些位在一些选定器件上实现。更多信息，请参见具体器件的数据手册。
2：该位仅在比较器模式下可用；在运放模式下，它会被强制设为 0。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.3 工作原理

61.3.1 使能运放

运算放大器在 AMPEN 位（AMPxCON<15>）置 1 时使能。当禁止运放模块时，电流消耗将降至最低，输出将驱动为其无效状态。此外，如果在运算放大器模式下使用该模块，比较器输出 CMOUT 将清零 （AMPxCON<9> = 0），运放的模拟输出将驱动为高阻态。

61.3.2 工作模式

在一些选定器件中，运放具有两种工作模式，由 CMOUT 位（AMPxCON<9>）决定。当 CMOUT 置 1 时，该模块将以比较器模式工作。在该模式下，模块的模拟输出有效，当正输入（通过 PINSEL<2:0> 选择）大于负输入（通过 NINSEL<2:0> 选择）时，比较器输出（CMOUT）位为 1。当 CMOUT 清零时，比较器输出将强制设为 0，模块作为运算放大器工作。

除了在比较器和运放模式之间选择之外，该模块还可以使用 SPDSEL 位（AMPxCON<7>）在高功耗和低功耗模式之间进行选择。当该位置 1 时，放大器处于高功耗 / 高速模式，导致增益带宽、压摆率显著上升，电压噪声下降。这将伴随着更高的电流预算。低功耗 / 低速模式可使运放的电流消耗显著降低，但代价是牺牲性能规范。关于各个电气特性，请参见具体器件系列的数据手册。

61.3.3 输入选择

放大器或比较器的输入通过NINSEL和PINSEL位（分别为AMPxCON<5:3>和AMPxCON<2:0>）选择。NINSEL 位连接到负输入，PINSEL 位连接到正输入。输入可以为外部引脚或器件内部的其他模块。关于输入引脚选择的更多信息，请参见系列器件数据手册中的具体连接和**第 12 章“带外设引脚选择 （PPS）的 I/O 端口”**（DS39711）。

61.3.4 输出选择

在已实现的情况下，运放的输出由 AMPOE 位（AMPxCON<6>）控制（关于说明，请参见系列器件数据手册）。当该位置 1 时，放大器或比较器的输出将送至外部引脚。关于输出引脚选择的更多信息，请参见**第 12 章 “带外设引脚选择 （PPS）的 I/O 端口”**。

当该位清零时，放大器的输出在器件内部可用。关于在使用运放输出作为输入的器件上实现的模块，请参见器件数据手册。

在比较器模式下，当 PINSELx 上的电压源大于 NINSELx 时，输出将设置为 1。当 PINSELx 小于 NINSELx 时，比较器输出将清除为零。这分别通过 CMOUT 位置 1 或清零指示。

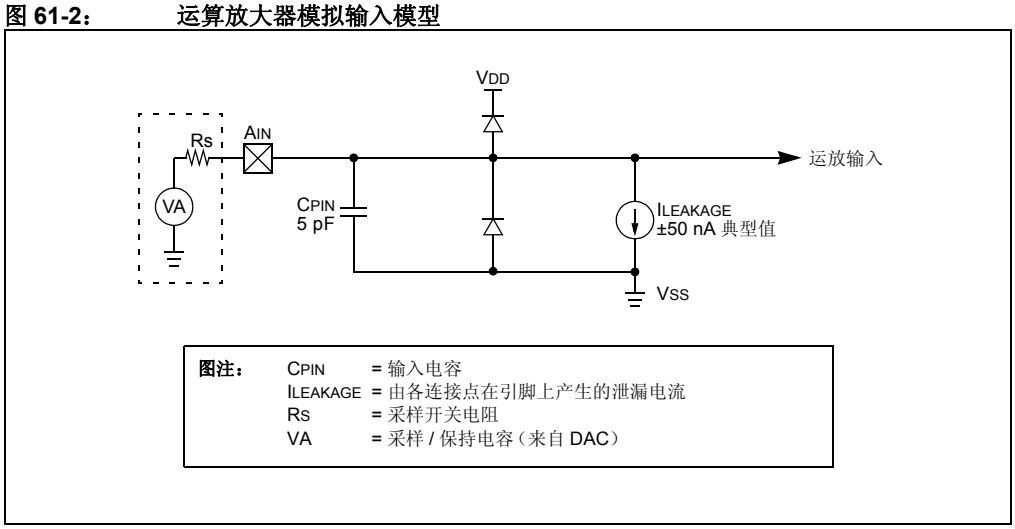
在未实现 AMPOE 的器件中，放大器的输出总是送至 OAxOUT 引脚。该信号仍可通过在所需模块的配置中选择相应的模拟选择位在内部使用 （通过 A/D 采样，发送至比较器等）。

61.4 模拟输入连接注意事项

模拟输入的简化电路如图 61-2 所示。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），要保证其泄漏电流极小。

关于输入电压限制，请参见具体器件的数据手册。

图 61-2： 运算放大器模拟输入模型



61.5 中断

在实现了比较器模式且使能了比较器 （CMPSEL = 1）的器件中，中断由 INTPOL<1:0> 位（AMPxCON<11:10>）控制。在未实现比较器模式的器件中，运放不会产生中断，不存在相应的中断标志、中断允许或中断优先级位。

这些位可用于在一些特定条件下禁止或允许中断。具体地说，可以在低电平跳变为高电平（INTPOL<1:0> = 01）、高电平跳变为低电平 （INTPOL<1:0> = 10）时产生中断，或者在这两种情况 （INTPOL<1:0> = 11）下均产生中断。

如果运放中断允许位（AMPxIE）清零，则不会产生中断。但是，如果发生了中断条件（由 INTPOL 位定义），AMPxIF 位会置 1。用户可通过清零 AMPxIF 清除中断服务程序（Interrupt Service Routine， ISR）。更多信息，请参见 《PIC24F 系列参考手册》中的**第 8 章 “中断”**。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.6 示例应用

以下代码示例给出了为模拟比较器或运算放大器进行初始化和配置检测事件的典型序列。虽然这些示例仅讨论单个比较器，但多个比较器的操作是非常类似的。

61.6.1 比较器初始化和操作

例 61-1 中的初始化序列在比较器模式下配置一个放大器。该代码示例还包含了示例应用程序，它对输出电平跳变进行计数；它会对正跳变和负跳变进行计数。根据最终使用的应用程序，可以通过修改 INTPOL 位，仅对上升沿或下降沿进行计数。

例 61-1： 初始化序列

```
AMP1CONbits.AMPSIDL = 0;              //Continue operation in Idle mode
AMP1CONbits.AMPSLP = 0;               //Discontinue operation in Sleep mode
AMP1CONbits.INTPOL = 0b11;            //Interrupt on change
AMP1CONbits.CMPSEL = 1;               //Comparator mode
AMP1CONbits.SPDSEL = 1;               //High power/high speed operation
AMP1CONbits.AMPOUTEN = 1;             //output is sent to external pin
AMP1CONbits.NINSEL = 5;               //Input selection is device-specific; refer to the
AMP1CONbits.PINSEL = 5;               //family datasheet for specific options.
AMP1CONbits.AMPEN = 1;                //enabler operation.

unsigned int event Count = 0;

_AMP1IF = 0;

while (1) // Loop forever
{
    if (_AMP1IF) // Check Amplifier Interrupt Flag
    {
            eventCount++; // Count transition edges
            _AMP1IF = 0;
    }
}
```

61.6.2 运放初始化和操作

例 61-2 将模块配置为以运放形式工作。请注意，主要区别在于将 CMPSEL 位清零。该示例设置为一个电压跟随器，可以用于提升低强度信号的电流输出。它还可以更好地进行负载匹配 （即，将具有高源阻抗的器件连接到具有低输入阻抗的器件）。

关于用于嵌入式系统的运放应用程序的更多示例，请参见 AN682《嵌入式系统中使用单电源运算放大器》。

例 61-2： 运放模块配置代码

```
AMP1CONbits.AMPSIDL = 0;          //Continue operation in Idle mode
AMP1CONbits.AMPSLP = 0;           //Discontinue operation in Sleep mode
AMP1CONbits.CMPSEL = 0;           //Op Amp mode
AMP1CONbits.SPDSEL = 1;           //High power/high speed operation
AMP1CONbits.AMPOE = 1;
AMP1CONbits.NINSEL = 5;           //Input selection is device-specific; refer to the
AMP1CONbits.PINSEL = 5;           //family datasheet for specific options.
AMP1CONbits.AMPEN = 1;            //enabler amplifiter operation.
asm volatile("repeat #40");       //Delay 10us
Nop();
```

61.6.3 输入失调电压计算

对于高精度应用，用户可能希望针对运放电路中任何可能的输入失调电压进行校准。输入失调电压是放大器正输入和负输入接线端之间的电压差。输入失调电压会在运放输出上产生很小的直流误差。使用 A/D 对运放输出进行采样时，可以测量运放失调电压并使用固件修正失调。

为了确定失调偏置电压：

1. 配置一个已知的输入电压。
2. 配置 A/D，以选择要进行转换的输入电压 （关于配置 A/D 的信息，请参见**第 51 章 “带阈值检测功能的 12 位 A/D 转换器”**）。
3. 在不会被覆盖的 A/D 缓冲区，或在存储器中的适当位置存储计算输出。
4. 配置运放，使用正输入作为选定电压，负输入作为放大器的输出 （电压跟随器配置）。
5. 配置 A/D，以选择用于转换的运放输出。
6. 从第一次转换的结果中减去第二次转换的结果。

减法运算的结果即为输入失调。通过使用运放作为单位增益缓冲器，输出在理论上应等于输入。如果不相等，则说明放大器输入之间存在一定失调。现在，用户可以通过该值计算由于该值而产生的任何误差，或确定硬件中的失调。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.6.4 主动保护

在电容触摸应用中，可以通过实现运算放大器来提高抗噪声能力和改善触摸传感算法的稳健性。

电容触摸应用的工作原理是检测在发生触摸时电路中增加的额外电容。关于电容触摸应用如何工作的更完整说明，请参见 AN1250《Microchip 用于电容触摸应用的 CTMU》（DS01250A_CN）。

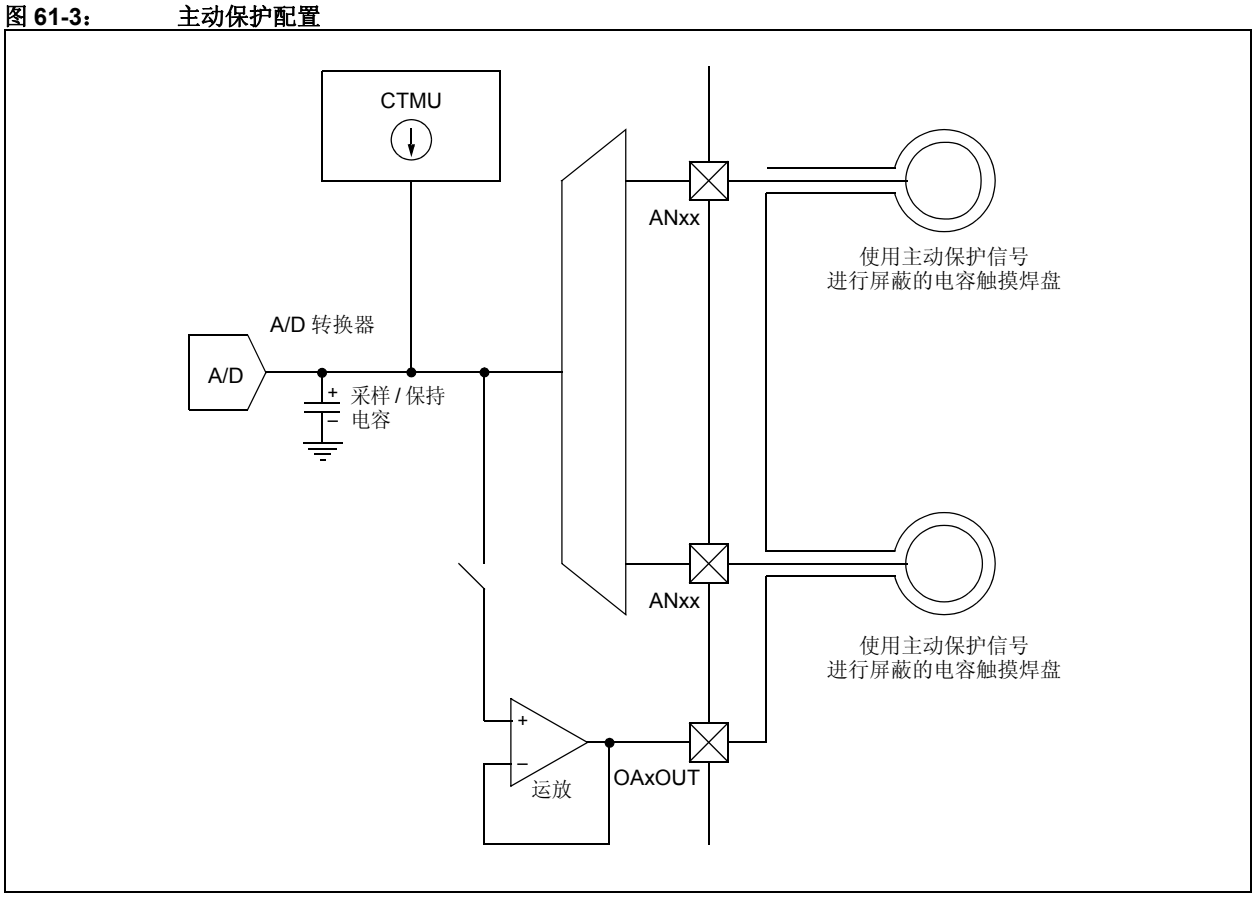
噪声是电容触摸应用中存在的普遍问题。为了降低噪声对于测量产生的破坏，可以对电容触摸焊盘进行屏蔽，仅露出接受触摸的区域。在典型应用中，这种屏蔽连接到电路地，具有升高焊盘电容的意外效果。在电容触摸环境中，通过评估触摸焊盘电容在触摸时和无触摸时的电容差来确定是否发生了触摸。传感器电容升高意味着由于触摸所产生的电容变化将按比例减小。这意味着触摸将较难检测，在特别嘈杂的环境中，可能会完全错失一些触摸。

主动保护可以提供对于错失触摸的解决方案。屏蔽将连接到运算放大器的输出，而不是以地电位来屏蔽电容触摸焊盘。放大器配置为一个单位增益缓冲器，正输入连接到A/D的采样/保持（S/H）电容。在这种配置中，屏蔽的电压等于进行采样的触摸焊盘上的电压。这可以同样保护器件免受外部噪声影响，又可以将屏蔽和触摸焊盘设置为相同电位，显著地降低寄生电容。在某些情况下，这可以将测量灵敏度提高 75% 至 80%。

为了获得主动保护的最大好处，屏蔽必须尽可能完全地包围触摸焊盘。在配置应用时，应将运放配置为单位增益缓冲器，电容的正输入连接到 A/D 的采样 / 保持电容。对于应用中的所有电容触摸板，只需采用一个运放。

图 61-3 给出了这种技术的可视表示形式。

图 61-3： 主动保护配置



61.6.5 A/D 转换的信号调理

可以通过实现运算放大器来显著提高模数转换器的功能。通过使用它，可以对阻抗高于 A/D 规定的源进行转换。使用运放作为单位增益缓冲器 （采用电压跟随器配置），可以选择所需的源作为运放的正输入。 A/D 的输入将为运放的输出，满足放大器的负载条件。现在，之前超出规范的值将满足运放的输入阻抗规范，通常为几千欧姆。关于具体的输入特性，请参见器件数据手册。

运放还可用于防止输入信号发生混叠。当采样信号的频率大于奈奎斯特频率或 A/D 采样速率一半时，将会发生混叠。这会导致采样到的波形是输入信号的损坏副本，使重构原始信号变为不可能。

这可以通过使用运算放大器实现低通滤波器而避免。该滤波器可以实现为其截止频率会衰减高于奈奎斯特频率的频率，从而支持高精度采样。此外，由于带有运放的滤波器是有源滤波器，还可以通过应用增益来放大所需的频率范围。可以通过放大信号来涵盖输入范围，提高信噪比（Signal-to-Noise Ratio， SNR）和改善采样精度。

图 61-4 给出了一阶低通滤波器的图示。直流增益可以通过以下公式确定：

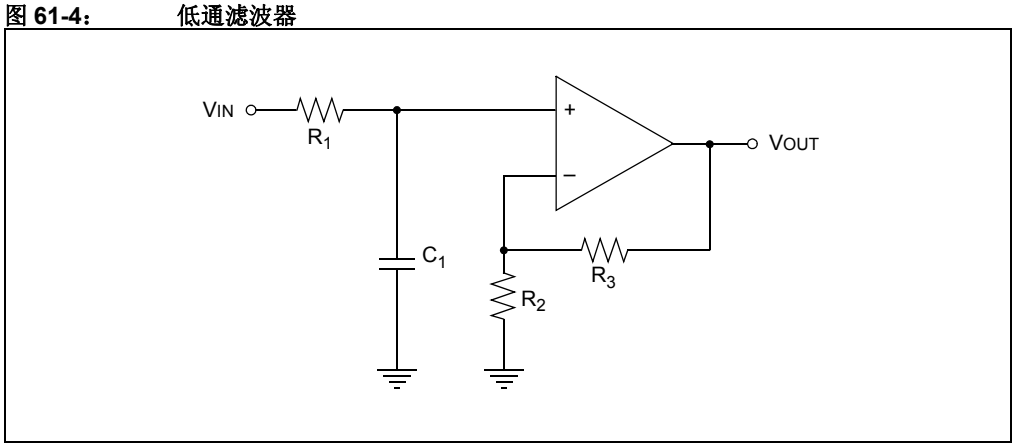
$$1 + \frac{R_3}{R_2}$$

截止频率可以通过以下公式计算 （以赫兹为单位测量）：

$$\frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

这意味着低频（从 0 Hz 接近截止频率）电压的幅值将乘以直流增益，然后输出。通过以电压跟随器配置连接运放并省略 R2 和 R3，可以实现单位直流增益。在截止频率下，输出已被衰减 3 dB。随着频率升高，输出将以 20 dB/ 十倍频的斜率继续衰减。

图 61-4： 低通滤波器



滤波器设计可以进行修改，以适应更陡的截止斜率、通带或止带中的纹波量和输出波形的稳定时间。*AN699 “Anti-Aliasing, Analog Filters for Data Acquisition Systems”*（DS00699）提供了关于这些设计选择的指导。

此外还提供了另一项灵活性，即负输入最多可以具有 7 个外部输入（8 个选择，一个用于电压跟随器），使应用可以根据应用需要在不同反馈网络之间进行选择。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.7 休眠和空闲模式期间的操作

61.7.1 休眠期间的运放操作

当运放处于工作状态而器件处于休眠模式时，运放仍保持工作状态并可产生中断（如果中断被允许）。中断会将器件从休眠模式唤醒。每个已使能的运放都会消耗额外的电流，如具体器件系列的电气特性中所示。

处于休眠模式时，为了最大程度降低功耗，可以在进入休眠之前，通过清零 AMPEN 位（AMPxCON<15> = 0）关闭所有运放 / 比较器。或者，清零 AMPSLP 位（AMPxCON<12> = 0）将在休眠模式下禁止器件。如果 AMPEN 置 1 且 AMPSLP 清零，则当器件从休眠中唤醒时，将继续进行正常的运放操作。当器件从休眠中唤醒时，AMPxCON 的内容不会受影响。关于休眠的更多信息，请参见 《PIC24F 系列参考手册》中的**第 10 章 “节能特性”**（DS39698）。

61.7.2 空闲期间的运放操作

当运放处于工作状态而器件处于空闲模式时，运放仍保持工作状态并可产生中断（如果中断被允许），并且 AMPSIDL（AMPxCON<13>）= 0。如果希望运放在空闲模式下停止工作，可以配置 AMPSIDL（AMPxCON<13>）= 1。关于空闲的更多信息，请参见《PIC24F 系列参考手册》中的**第 10 章 “节能特性”**。

61.8 复位的影响

器件复位强制 AMPxCON 寄存器进入其复位状态，导致运放模块被关闭（AMPEN = 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 或 ANSx 寄存器的设置决定，取决于具体器件。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。

61.9 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，但其概念是相近的，通过适当修改并受到一定限制即可使用。当前与运算放大器相关的应用笔记有：

标题	应用笔记编号
嵌入式系统中使用单电源运算放大器	AN682
Anti-Aliasing, Analog Filters for Data Acquisition Systems	AN699
运算放大器结构和直流参数	AN722
放大高阻抗传感器——光电二极管示例	AN951
Microchip 用于电容触摸应用的 CTMU	AN1250

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）。

© 2013 Microchip Technology Inc.

61.10 版本历史

版本 A （2012 年 9 月）

这是本文档的初始版本。

注：

© 2013 Microchip Technology Inc.

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、 FlashFlex、 KEELOQ、 KEELOQ 徽标、 MPLAB、 PIC、 PICmicro、 PICSTART、 PIC32 徽标、 rfPIC、 SST、 SST 徽标、 SuperFlash 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、 MTP、 SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

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

Analog-for-the-Digital Age、 Application Maestro、 BodyCom、 chipKIT、 chipKIT 徽标、 CodeGuard、 dsPICDEM、 dsPICDEM.net、 dsPICworks、 dsSPEAK、 ECAN、 ECONOMONITOR、 FanSense、 HI-TIDE、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 Mindi、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 mTouch、 Omniscient Code Generation、 PICC、 PICC-18、 PICDEM、 PICDEM.net、 PICkit、 PICtail、 REAL ICE、 rfLAB、 Select Mode、 SQI、 Serial Quad I/O、 Total Endurance、 TSHARC、 UniWinDriver、 WiperLock、 ZENA 和 Z-Scale 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。

GestIC 和 ULPP 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。

© 2013, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-62077-034-4

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: 852-2943-5100
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: 86-755-8864-2200
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 – 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

亚太地区

台湾地区 – 高雄
Tel: 886-7-213-7828
Fax: 886-7-330-9305

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: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

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

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 - Drunen
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

11/29/12

© 2013 Microchip Technology Inc.