



MCP6401/1R/1U/2/4

1 MHz、45 μ A 运算放大器

特性

- 低静态电流: 45 μ A (典型值)
- 增益带宽积: 1 MHz (典型值)
- 轨到轨输入和输出
- 电源电压范围: 1.8V 至 6.0V
- 单位增益稳定
- 扩展级温度范围: -40°C 至 +125°C
- 无相位反转

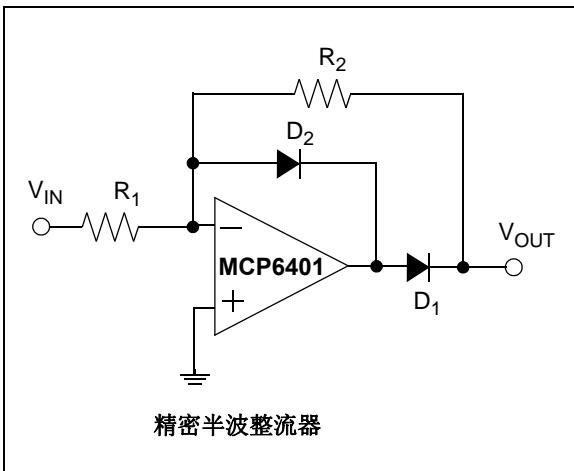
应用

- 便携式设备
- 电池供电系统
- 医疗仪器
- 数据采集设备
- 传感器信号调理
- 电源电流检测
- 模拟有源滤波器

设计帮助

- SPICE 宏模型
- FilterLab® 软件
- Mindi™ 电路设计和仿真器
- Microchip 高级器件选型器 (Microchip Advanced Part Selector, MAPS)
- 模拟演示和测试板
- 应用笔记

典型应用

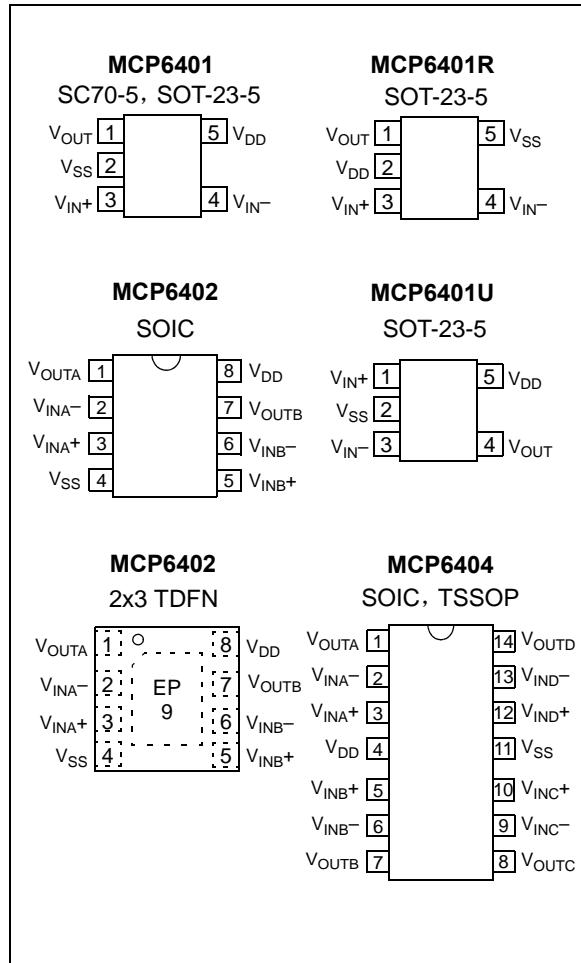


概述

Microchip Technology Inc. 的 MCP6401/1R/1U/2/4 系列运算放大器 (运放) 具有低静态电流 (45 μ A, 典型值) 和轨到轨输入和输出运行。该系列运放单位增益稳定, 且增益带宽积为 1 MHz (典型值)。器件可工作于低至 1.8V 的单电源电压。这些特性使得该系列运放适合于单电源以及电池供电的应用。

MCP6401/1R/1U/2/4 系列运放采用 Microchip 先进的 CMOS 工艺进行设计, 并以单运放封装形式提供。所有器件可在扩展级温度范围下工作, 电源电压范围为 1.8V 至 6.0V。

封装类型



MCP6401/1R/1U/2/4

注：

1.0 电气特性

1.1 绝对最大额定值 †

$V_{DD} - V_{SS}$	7.0V
输入引脚的电流	± 2 mA
模拟输入 (V_{IN^+} 和 V_{IN^-}) ††	$V_{SS} - 1.0V$ 至 $V_{DD} + 1.0V$
所有其他输入和输出	$V_{SS} - 0.3V$ 至 $V_{DD} + 0.3V$
差分输入电压	$ V_{DD} - V_{SS} $
输出短路电流	连续
输出和电源引脚的电流	± 30 mA
存储温度	-65°C 至 +150°C
最大结温 (T_J)	+150°C
所有引脚上的 ESD 保护 (HBM:MM)	≥ 4 kV:300V

† 注：如果器件运行条件超过上述各项绝对最大额定值，可能对器件造成永久性损坏。上述数值为运行条件的最大值，我们不建议器件在该范围外运行。如果器件长时间工作在绝对最大额定值条件下，其可靠性可能受到影响。

†† 参考第 4.1.2 节 “输入电压限制”

直流电气规范

电气规范：除非另外说明，否则 $V_{DD} = +1.8V$ 至 $+6.0V$, $V_{SS} = GND$, $T_A = +25^\circ C$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \gg V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$ 和 $R_L = 100$ kΩ 连接到 V_L (见图 1-1)。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输入失调						
输入失调电压	V_{OS}	-4.5	—	+4.5	mV	$V_{CM} = V_{SS}$
输入失调电压漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T_A$	—	± 2.0	—	$\mu V/^\circ C$	$T_A = -40^\circ C$ 至 $+125^\circ C$, $V_{CM} = V_{SS}$
电源抑制比	PSRR	63	78	—	dB	$V_{CM} = V_{SS}$
输入偏置电流和阻抗						
输入偏置电流	I_B	—	± 1.0	100	pA	$T_A = +85^\circ C$
		—	30	—	pA	$T_A = +125^\circ C$
		—	800	—	pA	
输入失调电流	I_{OS}	—	± 1.0	—	pA	
共模输入阻抗	Z_{CM}	—	$10^{13} \parallel 6$	—	$\Omega \parallel pF$	
差模输入阻抗	Z_{DIFF}	—	$10^{13} \parallel 6$	—	$\Omega \parallel pF$	
共模						
共模输入电压范围	V_{CMR}	$V_{SS} - 0.2$	—	$V_{DD} + 0.2$	V	$V_{DD} = 1.8V$, 注 1
		$V_{SS} - 0.3$	—	$V_{DD} + 0.3$	V	$V_{DD} = 6.0V$, 注 1
共模抑制比	CMRR	56	71	—	dB	$V_{CM} = -0.2V$ 至 $2.0V$, $V_{DD} = 1.8V$
		63	78	—	dB	$V_{CM} = -0.3V$ 至 $6.3V$, $V_{DD} = 6.0V$
开环增益						
直流开环增益 (大信号)	A_{OL}	90	110	—	dB	$V_{OUT} = 0.3V$ 至 $V_{DD} - 0.3V$ $V_{CM} = V_{SS}$
输出						
最大输出电压摆幅	V_{OL} , V_{OH}	$V_{SS} + 20$	—	$V_{DD} - 20$	mV	$V_{DD} = 6.0V$, $R_L = 10$ kΩ 0.5V 输入过载
输出短路电流	I_{SC}	—	± 5	—	mA	$V_{DD} = 1.8V$ $V_{DD} = 6.0V$
电源						
电源电压	V_{DD}	1.8	—	6.0	V	
每个放大器的静态电流	I_Q	20	45	70	μA	$I_O = 0$, $V_{DD} = 5.0V$ $V_{CM} = 0.2V_{DD}$

注 1：图 2-11 显示了不同温度下 V_{CMR} 的变化。

MCP6401/1R/1U/2/4

交流电气规范

电气规范: 除非另外说明, 否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 连接到 V_L 和 $C_L = 60 \text{ pF}$ 。(见图 1-1)。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
交流响应						
增益带宽积	GBWP	—	1	—	MHz	
相位裕量	PM	—	65	—	°	$G = +1 \text{ V/V}$
压摆率	SR	—	0.5	—	$\text{V}/\mu\text{s}$	
噪声						
输入噪声电压	E_{ni}	—	3.6	—	$\mu\text{V}_{\text{p-p}}$	$f = 0.1 \text{ Hz} \text{ 至 } 10 \text{ Hz}$
输入噪声电压密度	e_{ni}	—	28	—	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 1 \text{ kHz}$
输入噪声电流密度	i_{ni}	—	0.6	—	$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 1 \text{ kHz}$

温度特性

电气规范: 除非另外说明, 否则 $V_{DD} = +1.8V$ 至 $+6.0V$ 和 $V_{SS} = GND$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
工作温度范围	T _A	-40	—	+125	°C	注 1
存储温度范围	T _A	-65	—	+150	°C	
封装热阻						
热阻, 5 引脚 SC70	θ _{JA}	—	331	—	°C/W	
热阻, 5 引脚 SOT-23	θ _{JA}	—	220.7	—	°C/W	
热阻, 8 引脚 SOIC	θ _{JA}	—	149.5	—	°C/W	
热阻, 8 引脚 2x3 TDFN	θ _{JA}	—	41	—	°C/W	
热阻, 14 引脚 SOIC	θ _{JA}	—	95.3	—	°C/W	
热阻, 14 引脚 TSSOP	θ _{JA}	—	100	—	°C/W	

注 1: 工作时内部结温 (T_J) 不得超过绝对最大规范值 +150°C。

1.2 测试电路

用于大多数直流和交流测试的测试电路如图 1-1 所示。此电路与 V_{CM} 和 V_{OUT} 设置无关。请参见公式 1-1。注意, V_{CM} 并不等于电路的共模电压 ($(V_P + V_M)/2$), 同时 V_{OST} 包括 V_{OS} 和输入失调电压随温度、CMRR、PSRR 和 A_{OL} 变化的效应 (V_{OST} , 输入失调误差)。

公式 1-1:

$$\begin{aligned}
 G_{DM} &= R_F/R_G \\
 V_{CM} &= (V_P + V_{DD}/2)/2 \\
 V_{OST} &= V_{IN^-} - V_{IN^+} \\
 V_{OUT} &= (V_{DD}/2) + (V_P - V_M) + V_{OST}(1 + G_{DM})
 \end{aligned}$$

其中：

$$\begin{aligned}
 G_{DM} &= \text{差模增益} & (V/V) \\
 V_{CM} &= \text{运放的共模输入电压} & (V) \\
 V_{OST} &= \text{运放的总输入失调电压} & (mV)
 \end{aligned}$$

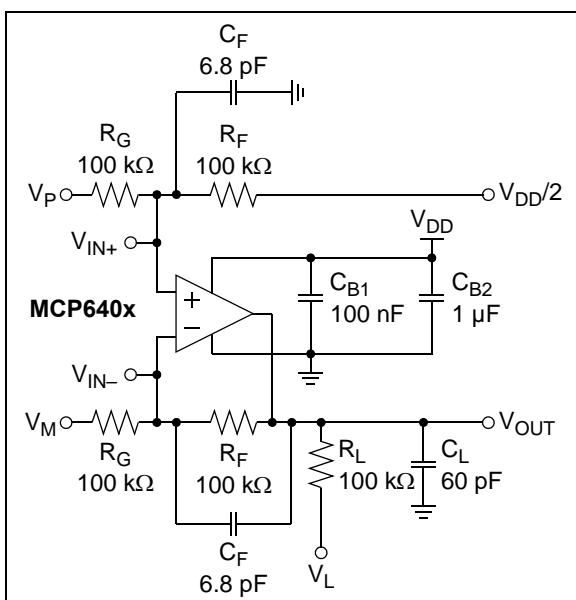


图 1-1: 适用于大多数规范的交流和直流测试电路

2.0 典型特性曲线

注：以下图表来自有限数量样本所作的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，我公司不做任何担保。一些图表列出的数据可能超出规定的工作范围（例如：超出规定的电源电压范围），因而在担保范围内。

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $V_L = V_{DD}/2$ ， $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60 \text{ pF}$ 。

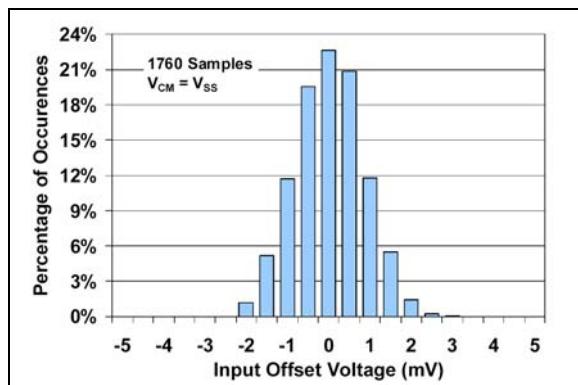


图 2-1： 输入失调电压

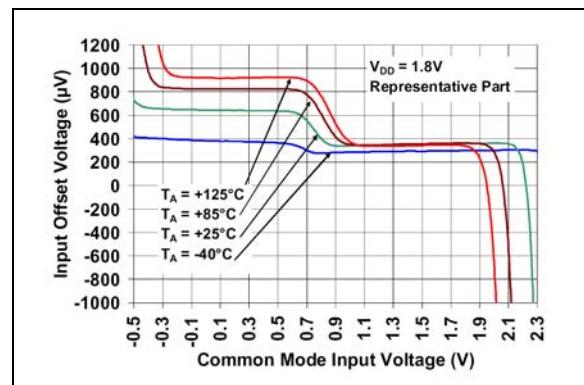


图 2-4： 输入失调电压—共模输入电压
曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

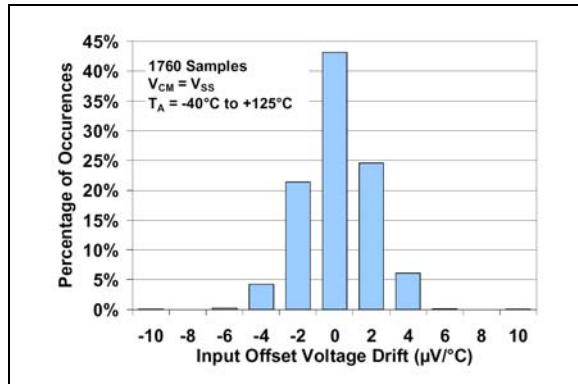


图 2-2： 输入失调电压漂移

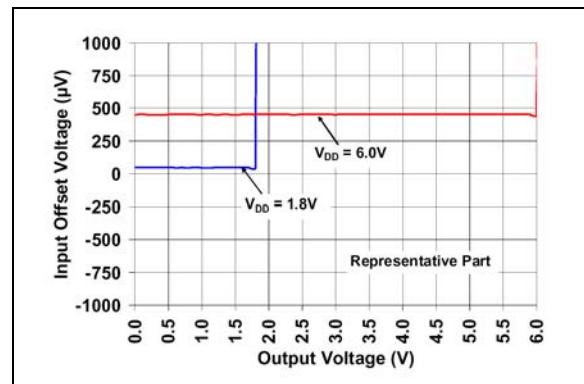


图 2-5： 输入失调电压—输出电压曲线

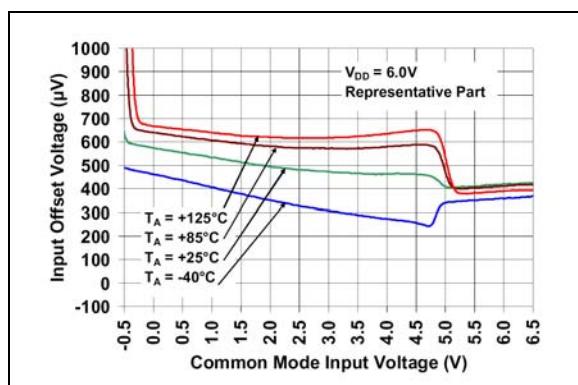


图 2-3： 输入失调电压—共模输入电压
曲线 ($V_{DD} = 6.0\text{V}$)

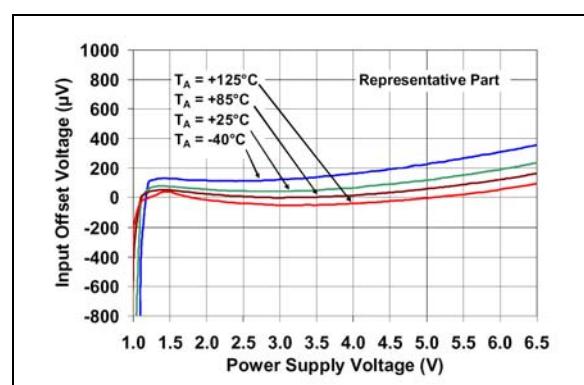


图 2-6： 输入失调电压—电源电压曲线

MCP6401/1R/1U/2/4

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60 \text{ pF}$ 。

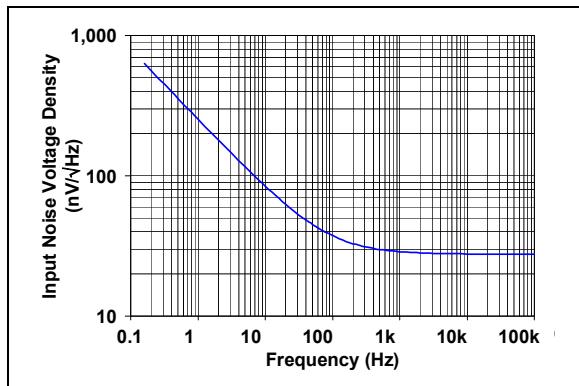


图 2-7: 输入噪声电压密度—频率曲线

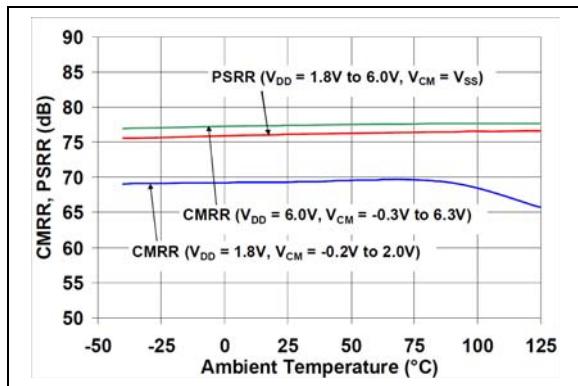


图 2-10: CMRR、PSRR—环境温度曲线

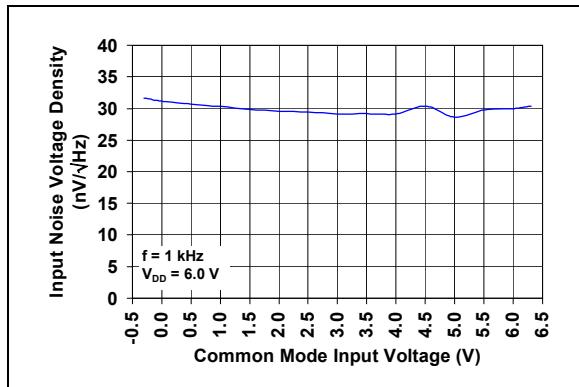


图 2-8: 输入噪声电压密度—共模输入电压曲线

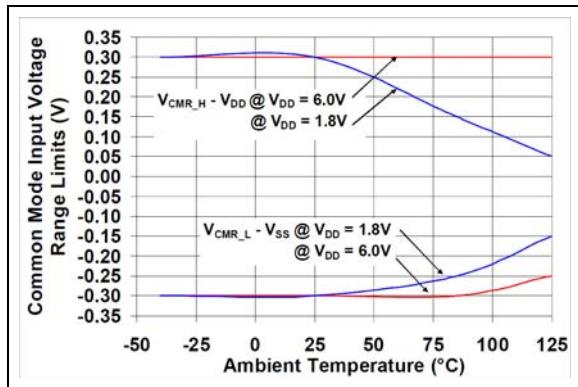


图 2-11: 共模输入电压范围限制—环境温度曲线

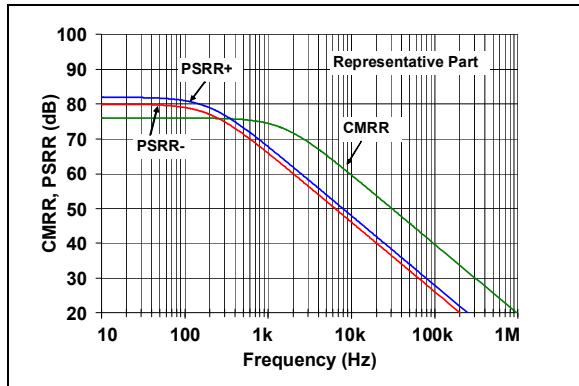


图 2-9: CMRR、PSRR—频率曲线

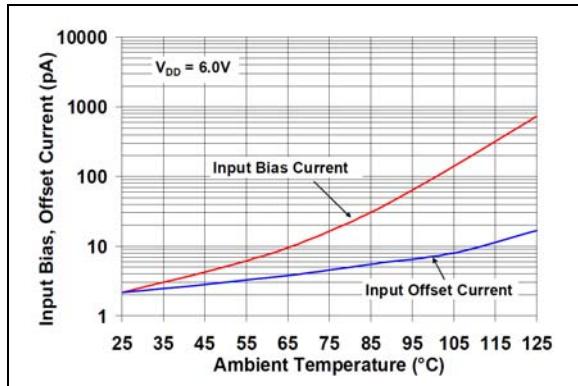


图 2-12: 输入偏置电流和失调电流—环境温度曲线

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60 \text{ pF}$ 。

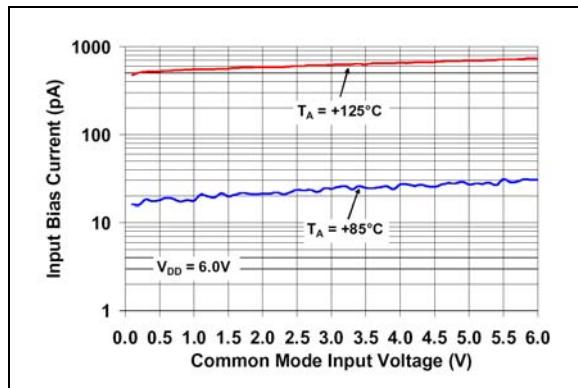


图 2-13: 输入偏置电流—共模输入电压曲线

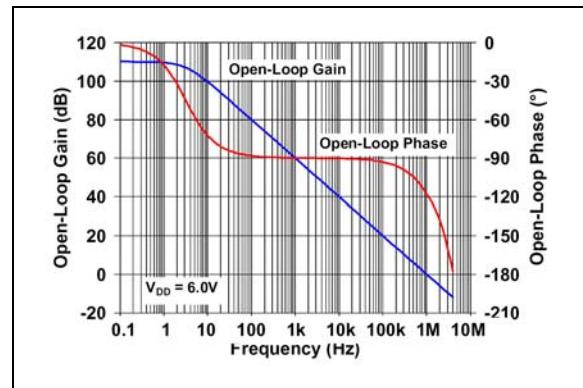


图 2-16: 开环增益、相位—频率曲线

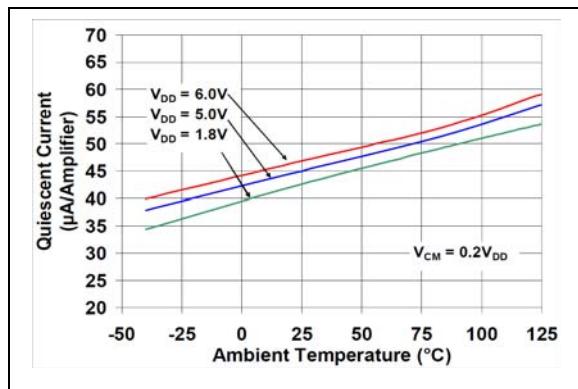


图 2-14: 静态电流—环境温度曲线

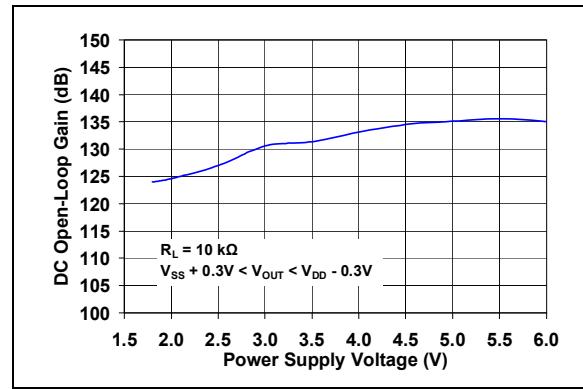


图 2-17: 直流开环增益—电源电压曲线

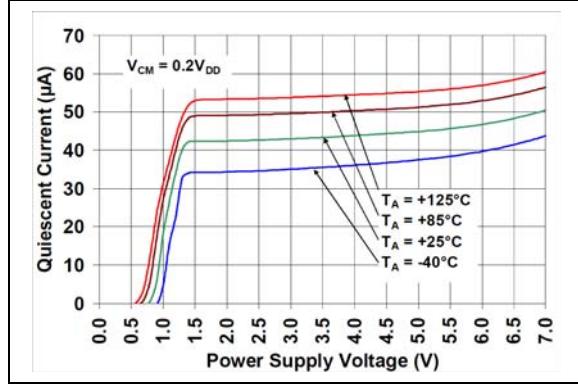


图 2-15: 静态电流—电源电压曲线

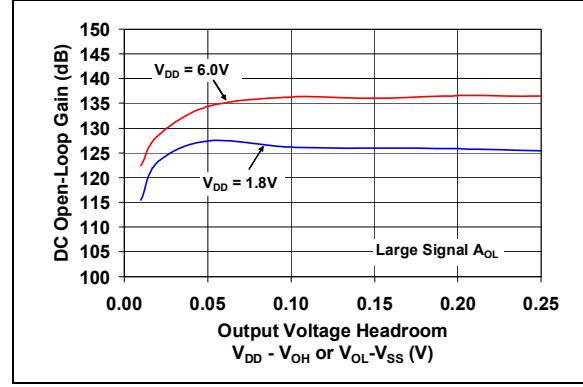


图 2-18: 直流开环增益—输出电压容限曲线

MCP6401/1R/1U/2/4

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60\text{ pF}$ 。

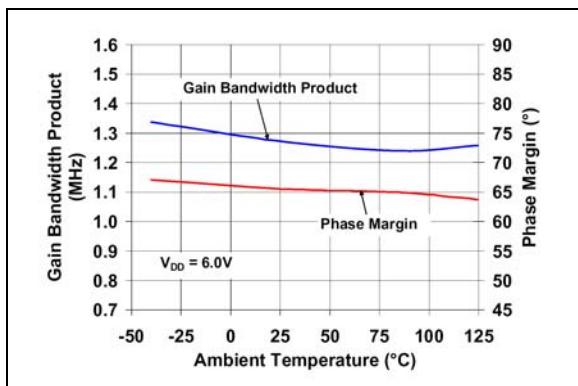


图 2-19: 增益带宽积、相位裕量—环境温度曲线

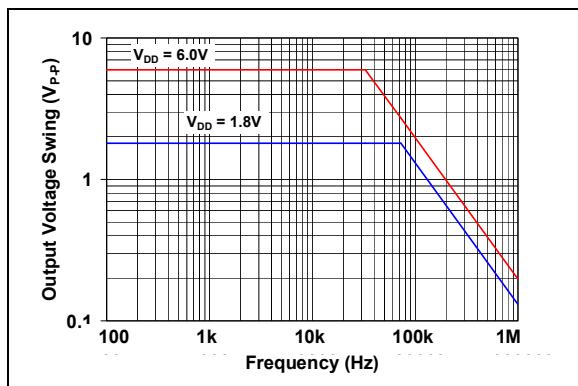


图 2-22: 输出电压摆幅—频率曲线

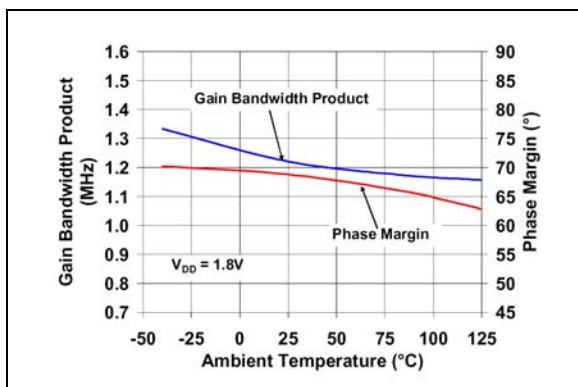


图 2-20: 增益带宽积、相位裕量—环境温度曲线

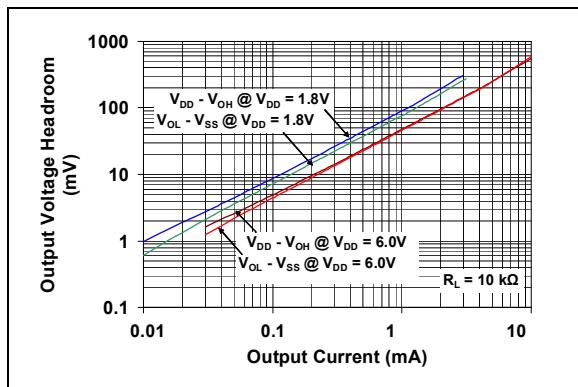


图 2-23: 输出电压裕量—输出电流曲线

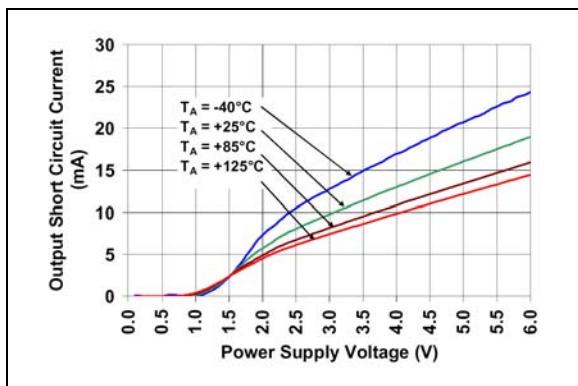


图 2-21: 输出短路电流—电源电压曲线

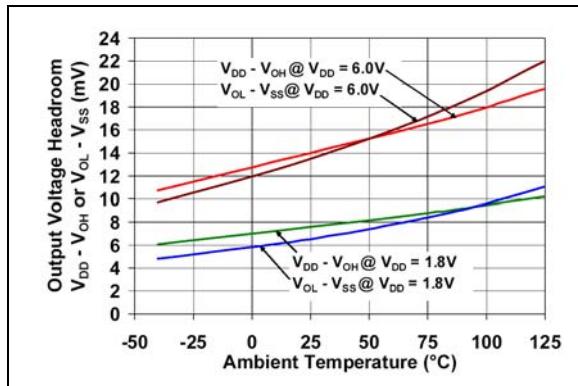


图 2-24: 输出电压容限—环境温度曲线

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60 \text{ pF}$ 。

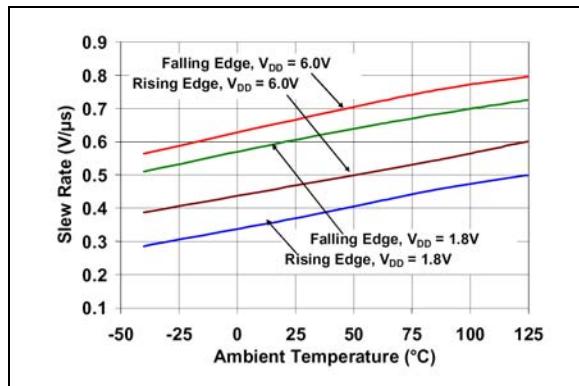


图 2-25: 压摆率—环境温度曲线

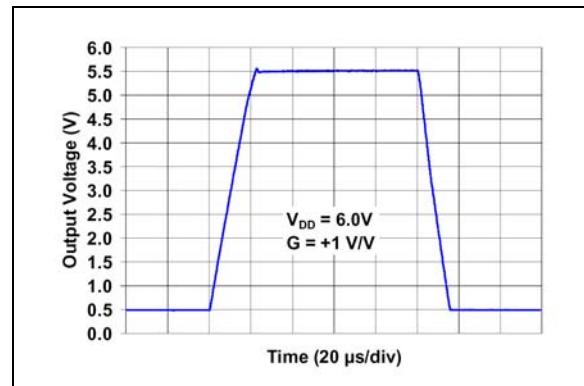


图 2-28: 大信号同相脉冲响应

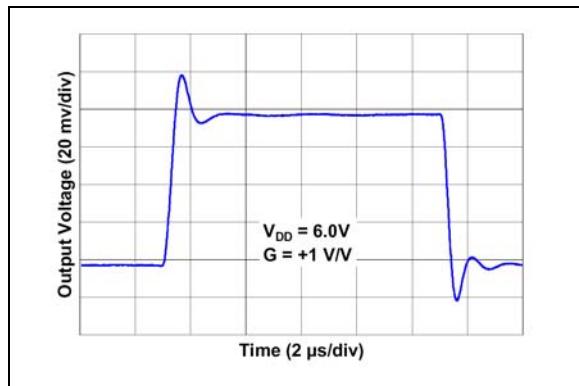


图 2-26: 小信号同相脉冲响应

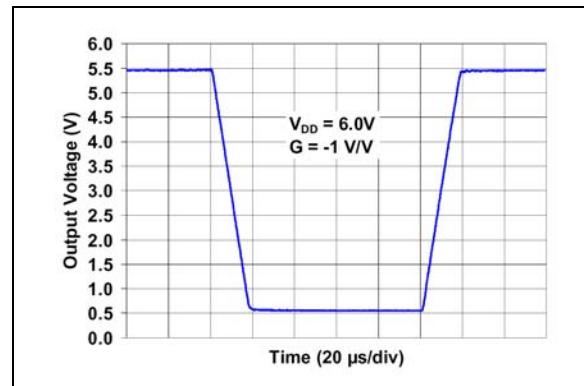


图 2-29: 大信号反相脉冲响应

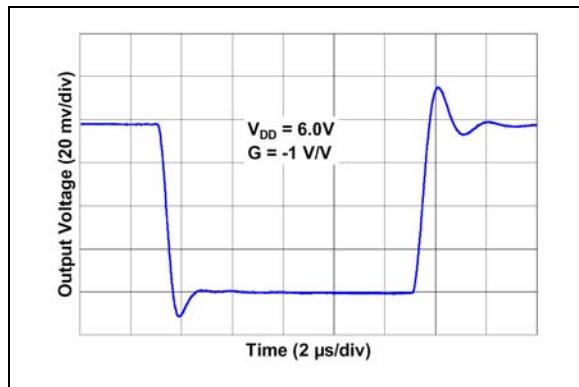


图 2-27: 小信号反相脉冲响应

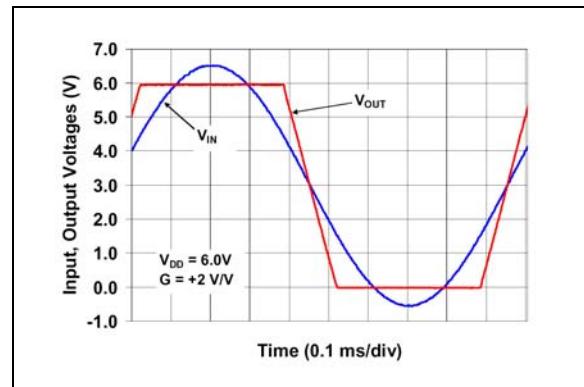


图 2-30: MCP6401/1R/1U/2/4 显示无相位反转

MCP6401/1R/1U/2/4

注：除非另外声明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +1.8\text{V}$ 至 $+6.0\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $V_L = V_{DD}/2$, $R_L = 100\text{ k}\Omega$ 至 V_L 和 $C_L = 60\text{ pF}$ 。

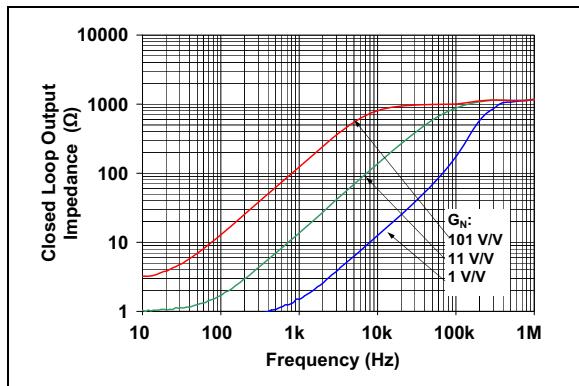


图 2-31: 闭环输出阻抗—频率曲线

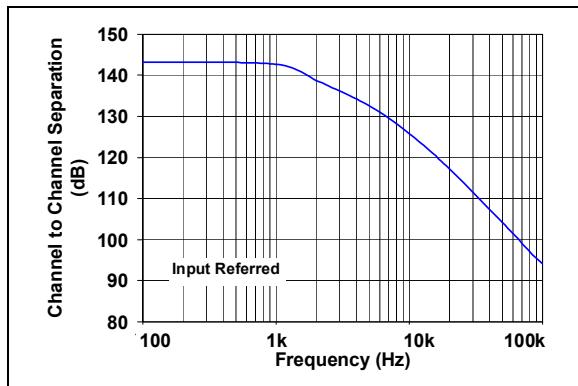


图 2-33: 通道至通道隔离—频率曲线
(仅 MCP6402/4)

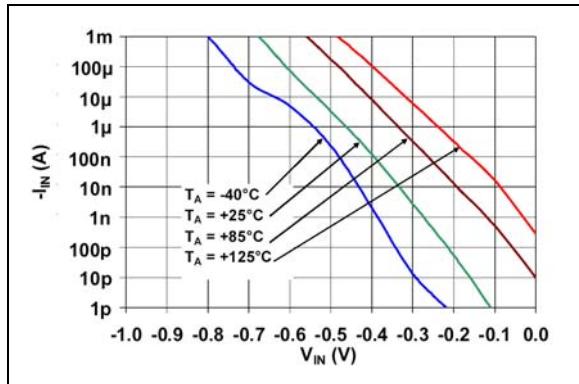


图 2-32: 测量的输入电流—输入电压
曲线 (低于 V_{SS})

3.0 引脚说明

表 3-1 列出了引脚说明。

表 3-1: 引脚功能表

MCP6401	MCP6401R	MCP6401U	MCP6402		MCP6404	符号	功能
SC70-5, SOT-23-5	SOT-23-5	SOT-23-5	SOIC	2x3 TDFN	SOIC, TSSOP		
1	1	4	1	1	1	V_{OUT} , V_{OUTA}	模拟输出 (运算放大器 A)
4	4	3	2	2	2	V_{IN-} , V_{INA-}	反相输入 (运算放大器 A)
3	3	1	3	3	3	V_{IN+} , V_{INA+}	正相输入 (运算放大器 A)
5	2	5	8	8	4	V_{DD}	电源正极
—	—	—	5	5	5	V_{INB+}	正相输入 (运算放大器 B)
—	—	—	6	6	6	V_{INB-}	反相输入 (运算放大器 B)
—	—	—	7	7	7	V_{OUTB}	模拟输出 (运算放大器 B)
—	—	—	—	—	8	V_{OUTC}	模拟输出 (运算放大器 C)
—	—	—	—	—	9	V_{INC-}	反相输入 (运算放大器 C)
—	—	—	—	—	10	V_{INC+}	正相输入 (运算放大器 C)
2	5	2	4	4	11	V_{SS}	电源负极
—	—	—	—	—	12	V_{IND+}	正相输入 (运算放大器 D)
—	—	—	—	—	13	V_{IND-}	反相输入 (运算放大器 D)
—	—	—	—	—	14	V_{OUTD}	模拟输出 (运算放大器 D)
—	—	—	—	9	—	EP	裸露的散热焊盘 (EP)；必须连接到 VSS 。

3.1 模拟输出 (V_{OUT})

模拟输出引脚是低阻抗电压源。

3.2 模拟输入 (V_{IN+} , V_{IN-})

同相和反相输入引脚是高阻抗 CMOS 输入，偏置电流很小。

3.3 电源引脚 (V_{DD} , V_{SS})

电源正极引脚 (V_{DD}) 的电压比电源负极引脚 (V_{SS}) 的电压高 1.8V 至 6.0V。在正常工作时，其他引脚的电压介于 V_{SS} 和 V_{DD} 之间。

通常，该系列器件都在单电源 (正极) 供电模式下工作。此时， V_{SS} 接地，而 V_{DD} 接电源。 V_{DD} 需要接一个旁路电容。

MCP6401/1R/1U/2/4

注：

4.0 应用信息

MCP6401/1R/1U/2/4 系列运放采用 Microchip 先进的 CMOS 工艺制造，特别适用于低功耗、高精密的应用。

4.1 轨到轨输入

4.1.1 相位反转

MCP6401/1R/1U/2/4 运放设计用于防止在输入引脚电压超过电源电压时的相位反转。图 2-30 表明输入电压超过电源电压时没有发生任何相位反转。

4.1.2 输入电压限制

为了防止对放大器的破坏和 / 或不恰当的操作，电路必须限制输入引脚上的电压（见第 1.1 节 “绝对最大额定值 †”）。

输入引脚的 ESD 保护如图 4-1 所示。采用这种结构可在许多（并非所有）过电压条件发生时保护输入晶体管并最大程度地降低输入偏置电流（ I_B ）。

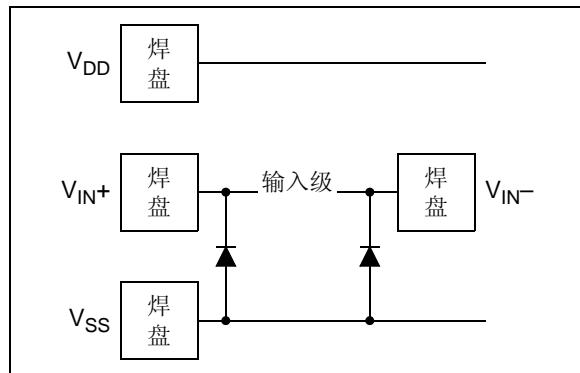


图 4-1: 简化的模拟输入 ESD 结构

输入 ESD 二极管会在输入电压比 V_{SS} 低一个二极管的电压时将输入电压钳位。它们同样会在任一电压远高于 V_{DD} 时将输入电压钳位。它们的击穿电压足够高可允许器件正常工作，但不能过分低以至于对缓慢的过电压（ V_{DD} ）事件起到保护作用。对非常快速的 ESD 事件（满足规范的）要加以限制以防止发生破坏。

在某些应用中，可能需要防止过电压达到运算放大器的输入电压；图 4-2 所示为保护输入的一种方法。

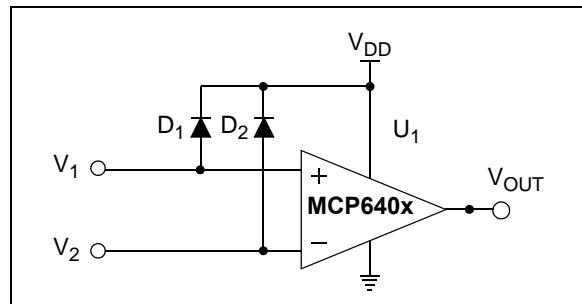


图 4-2: 模拟输入保护

当共模电压（ V_{CM} ）低于地电平（ V_{SS} ）时，将有大量电流从输入引脚流出（见图 2-32）。

4.1.3 输入电流限制

为了防止对这些放大器的破坏和 / 或不恰当的操作，电路必须限制输入引脚上的电流（见第 1.1 节 “绝对最大额定值 †”）。

图 4-3 所示为保护输入的一种方法。电阻 R_1 和 R_2 限制输入引脚（和 ESD 二极管 D_1 和 D_2 ）。二极管电流可以等于 V_{DD} 或 V_{SS} 。

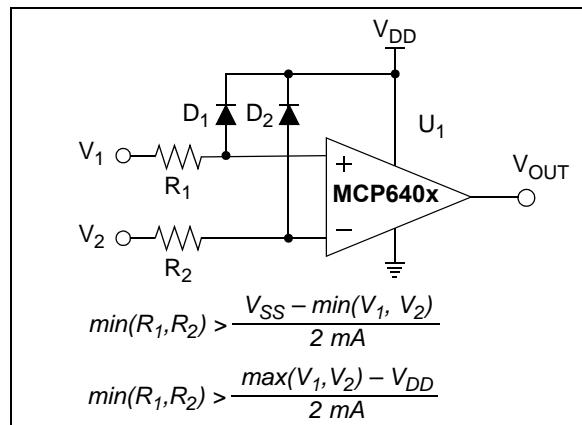


图 4-3: 模拟输入保护

4.1.4 正常工作

MCP6401/1R/1U/2/4 运放的输入级采用两个并联的差分输入级。一个工作在低共模输入电压（ V_{CM} ）下，另一个工作在高 V_{CM} 下。采用这种拓扑结构，器件工作在 V_{CM} 为比 V_{DD} 高出 300 mV 和比 V_{SS} 低 300 mV 的范围内（见图 2-11）。输入失调电压是在 $V_{CM} = V_{SS} - 0.3V$ 和 $V_{DD} + 0.3V$ 时测得的，以确保正常工作。

当 V_{CM} 接近 $V_{DD} - 1.1V$ （见图 2-3 和图 2-4）时，两个输入级会发生转换。因此，在同相增益下，为获得最好的非失真性能和增益线性，请避免器件在此区域内工作。

4.2 轨到轨输出

当负载电阻 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 连接到 $V_{DD}/2$ 和 $V_{DD} = 5.0\text{V}$ 时, MCP6401/1R/1U/2/4 系列运放的输出电压范围为 $V_{SS} + 20 \text{ mV}$ (最小值) 和 $V_{DD} - 20 \text{ mV}$ (最大值)。更多信息, 请参见图 2-23 和图 2-24。

4.3 容性负载

驱动大容性负载会使电压反馈运放出现稳定性问题。当容性负载增大时, 反馈回路的相位容限会减小, 而且闭环带宽也会减小。这将使频率响应出现增益尖峰, 并在阶跃响应中出现产生过冲和振荡。尽管单位增益缓冲器 ($G = +1 \text{ V/V}$) 对容性负载最敏感, 但是所有的增益具有相同的特性。

当用这些运放来驱动大容量的容性负载 (如, 当 $G = +1$ 时, 容性负载电容 $>100 \text{ pF}$) 时, 在输出端串联一个小电阻 (图 4-4 中的 R_{ISO}) 能使输出负载在高频时呈现阻抗, 从而改善反馈回路的相位容限 (稳定性)。然而, 其带宽一般比没有容性负载的带宽窄。

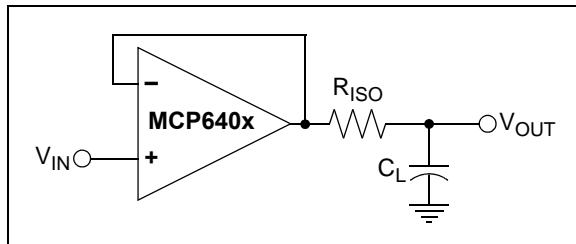


图 4-4: 输出电阻 R_{ISO} 使大容量容性负载稳定

图 4-5 给出了不同容性负载和增益的 R_{ISO} 推荐值。x 轴为归一化容性负载 (C_L/G_N), 其中 G_N 是电路的噪声增益。对于同相增益, G_N 等于信号增益。而对于反相增益, G_N 为 $1+|$ 信号增益 $|$ (例如, 如果信号增益为 -1 V/V , 则 $G_N = +2 \text{ V/V}$)。

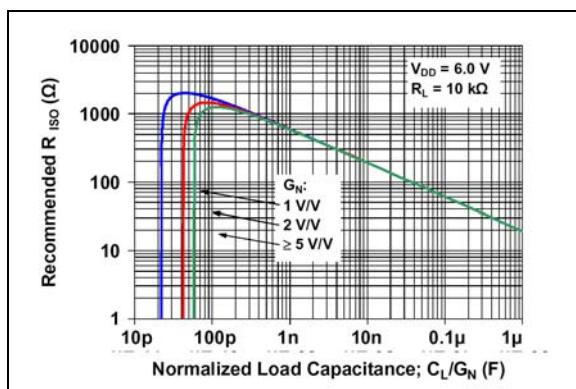


图 4-5: 容性负载的 R_{ISO} 建议值

选定了电路的 R_{ISO} 后, 再次查看产生的频率响应峰值和是否产生阶跃响应过冲。修正 R_{ISO} 的值, 直到产生合理的响应。进行基准评估和利用 MCP6401/1R/1U/2/4 的 SPICE 宏模型来仿真将很有帮助。

4.4 电源旁路

在使用这个系列运放时, 电源引脚 (单电源供电时的 V_{DD}) 上应该接一个本地旁路电容 (0.01 μF 至 0.1 μF), 连接位置距电源引脚 2 mm 以内, 以获得良好的高频性能。该引脚还需要一个大电容 (1 μF 或更大), 连接位置距电源引脚 100 mm 以内, 用以提供大而缓慢的电流。这个大电容可以和其他模拟元件共用。

4.5 未使用的运算放大器

在正方封装的器件 (MCP6404) 中未使用的运算放大器应如图 4-6 所示进行配置。这两种电路防止输出翻转和产生串扰。电路 A 将运算放大器的噪声增益设置到最小。通过电阻分压器可获得在运算放大器输出电压范围内的任意所需参考电压; 运算放大器对参考电压进行缓冲。电路 B 使用的元件最少且能用作比较器, 但消耗更多的电流。

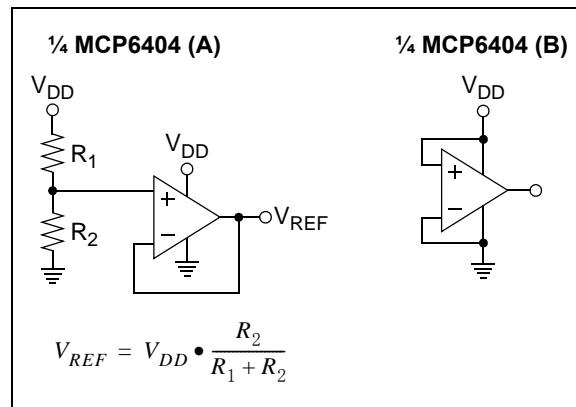


图 4-6: 未使用的运算放大器

4.6 印刷电路板表面泄漏电流

对那些必须保证较低输入偏置电流的应用来说, 必须考虑印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 表面的泄漏电流。电路板表面泄漏电流是由电路板潮湿、积尘或其他污染引起的。在湿度很低的条件下, 相邻走线之间的典型电阻值为 $10^{12}\Omega$ 。5V 的电压差会产生 5 pA 的泄漏电流, 这一电流比 MCP6401/1R/1U/2/4 系列运放在 $+25^\circ\text{C}$ 时的偏置电流 (典型值 $\pm 1.0 \text{ pA}$) 还大。

为减小电路板表面泄漏电流，最简单的方法是在敏感的引脚（或走线）外围设置保护环。保护环的偏置电压与敏感引脚的偏置电压相同。图 4-7 所示为这种布局的一个示例。

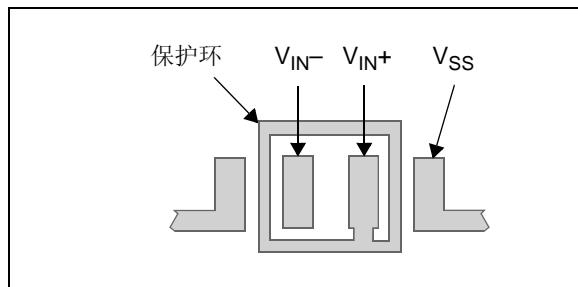


图 4-7:
反相增益放大时保护环布局示例

1. 对于同相增益和单位增益缓冲器：
 - 用一根不与 PCB 表面接触的导线将同相引脚 (V_{IN+}) 和输入端相连。
 - 将保护环连接到反相输入引脚 (V_{IN-})。这将使保护环偏置为共模输入电压。
2. 对于反相增益和跨阻抗增益放大器（将电流转换为电压的放大器，如光电检测器）：
 - 将保护环连接到同相输入引脚 (V_{IN+})。这将使保护环的偏置电压与运放输入引脚的参考电压（例如 $V_{DD}/2$ 或地）相同。
 - 用一根不与 PCB 表面接触的导线将同相引脚 (V_{IN-}) 和输入端相连。

4.7 应用电路

4.7.1 精密半波整流器

精密半波整流器，也被称为超级二极管，可利用运放来实现，以获得类似于理想二极管和整流管构成的电路特性。它有效地消除了二极管的正向压降，因此可以在几乎没有错误的情况下对很小的信号进行整流。它同样适用于高精密信号的处理。MCP6401/1R/1U/2/4 运放具有高输入阻抗，低输入偏置电流和轨到轨输入 / 输出，因此，器件特别适合于精密整流器应用。

图 4-8 显示了精密半波整流器及其传递特性。整流器的输入阻抗由输入电阻 R_1 决定。为避免负载效应，整流器应该由低阻抗信号源驱动。

当 V_{IN} 大于零时， D_1 关断，而 D_2 导通， V_{OUT} 等于零。当 V_{IN} 低于零时， D_1 导通而 D_2 关断，因此 V_{OUT} 等于 V_{IN} ，放大倍数等于 $-R_2/R_1$ 。

图 4-8 所示的整流器电路的最大好处是运放永远不会进入饱和，所以影响频率响应的因素仅为放大倍数和增益带宽积。

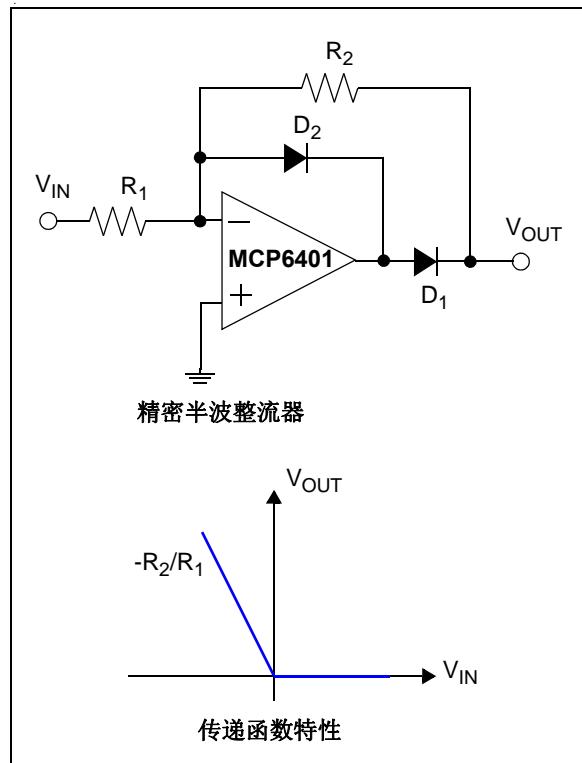


图 4-8:
精密半波整流器

4.7.2 电池电流检测

MCP6401/1R/1U/2/4 运放的共模输入范围可以超出两个电源轨 0.3V，因而同样可以适用于高端或低端电池电流检测的应用。低静态电流（45 μ A，典型值）有助于延长电池使用寿命，其轨到轨输出可以实现很低电流的检测。

图 4-9 所示为高端电池电流检测电路。使用 10 Ω 电阻可以减小功耗。电池电流 (I_{DD}) 流过 10 Ω 电阻使得运放的上端比下端电位低，从而使运放的共模输出电压低于 V_{DD} ，处于容许的范围之内。运放的输出也低于 V_{DD} ，并处以其最大输出电压摆幅规范之内。

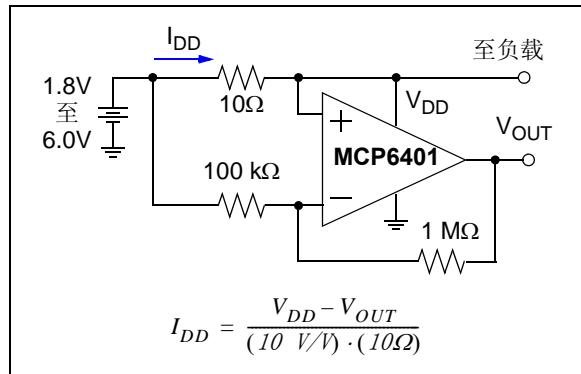


图 4-9: 电池电流检测

4.7.3 仪表放大器

MCP6401/1R/1U/2/4 运放非常适用于电池供电应用中传感器信号的调理。图 4-10 所示为使用 MCP6402 构成的双运放仪表放大器，特别适合增益很高时需要抑制共模噪声的应用。参考电压 (V_{REF}) 由低阻抗基准源提供。在单电源应用中， V_{REF} 通常为 $V_{DD}/2$ 。

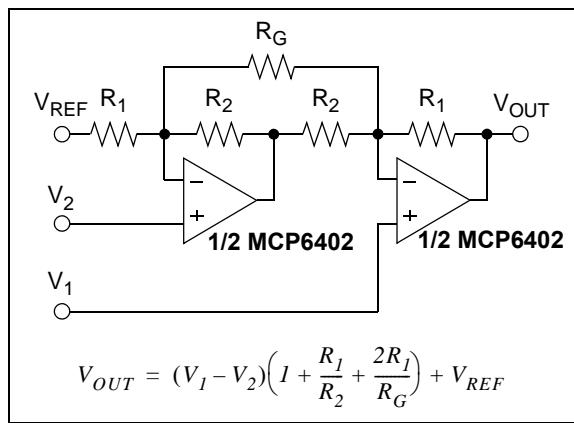


图 4-10: 两个运放构成的仪表放大器

5.0 设计帮助

Microchip 为 MCP6401/1R/1U/2/4 系列运算放大器提供基本的设计工具。

5.1 SPICE 宏模型

Microchip 公司网站 www.microchip.com 上提供了最新的 MCP6401/1R/1U/2/4 运算放大器的 SPICE 宏模型。该模型由 Orcad (Cadence) 公司的 PSPICE 编写和测试。对于其他仿真器，则需要对此宏模型进行转换。

宏模型包括运放的广泛电气规范。该模型不仅包括运放的电压、电流和电阻，同时包括温度和噪声对运放特性的影响。超出运放数据手册中列出的参数的范围，该模型并没有进行验证。因此在这些条件下，并不能保证运放的特性与实际运放的性能特性相符合。

然而，此模型为初始设计工具。基准测试是任何设计中极为重要的一个环节，不能用仿真替代。同时，利用此宏模型得到的仿真结果应通过与数据手册上的技术参数和特性曲线相比较而进行验证。

5.2 FilterLab® 软件

Microchip 的 FilterLab® 软件是一款创新的工具软件，它简化了模拟有源滤波器（使用运放）的设计。Microchip 网站 www.microchip.com/filterlab 上提供了免费的 FilterLab 有源滤波器设计软件，该软件提供完整的滤波器电路原理图，并注明了元件值。该工具软件还可以输出 SPICE 格式的滤波器电路，结合宏模型可以仿真实际的滤波器性能。

5.3 Mindi™ 电路设计器和仿真器

Microchip 的 Mindi™ 电路设计器和仿真器可帮助设计各种用于有源滤波器、放大器和电源管理应用的电路。Microchip 网站 www.microchip.com/mindi 免费提供在线电路设计器和仿真器。这款交互性电路设计器和仿真器可帮助设计人员快速生成电路图并对电路进行仿真。使用 Mindi 电路设计器和仿真器开发的电路可以下载到个人计算机或工作站中。

5.4 Microchip 高级器件选型器 (MAPS)

软件工具 MAPS 是一款能够帮助半导体专业人员有效地识别出满足特定设计需求的 Microchip 器件的软件工具。Microchip 网站 www.microchip.com/maps 免费提供这款工具。MAPS 是一款针对包括模拟器件、存储器、MCU 和 DSC 等 Microchip 产品组合的综合选型器。使用该工具，您可以定义一个筛选器，按参数搜索对特性进行筛选，并输出一一对应的技术比较报告。同时还提供了各种链接，用以查找数据手册、进行订购以及申请 Microchip 器件样片等。

5.5 模拟演示及评估板

Microchip 提供种类繁多的模拟演示和评估板，旨在帮助缩短产品上市的时间。关于模拟演示和评估板的完整清单、相应的用户指南以及技术信息，请访问 Microchip 网站 www.microchip.com/analogtools。

下面是一些特别有用的评估板：

- MCP6XXX 放大器评估板 1
- MCP6XXX 放大器评估板 2
- MCP6XXX 放大器评估板 3
- MCP6XXX 放大器评估板 4
- 有源滤波器演示板工具包
- 5/6 引脚 SOT-23 评估板，P/N VSUPEV2
- 8 引脚 SOIC/MSOP/TSSOP/DIP 评估板，P/N SOIC8EV
- 14 引脚 SOIC/TSSOP/DIP 评估板，P/N SOIC14EV

5.6 应用笔记

Microchip 网站 www.microchip.com/appnotes 提供以下 Microchip 模拟设计笔记和应用笔记，建议将它们作为补充参考资源。

- **ADN003:** “*Select the Right Operational Amplifier for your Filtering Circuits*”, DS21821
- **AN722:** 《运算放大器结构和直流参数》，DS00722A_CN
- **AN723:** 《运算放大器交流参数和应用》，DS00723A_CN
- **AN884:** 《使用运放驱动容性负载》，DS00884A_CN
- **AN990:** 《模拟传感器的调理电路概述》，DS00990A_CN
- **AN1177:** “*Op Amp Precision Design: DC Errors*”, DS01177
- **AN1228:** “*Op Amp Precision Design: Random Noise*”, DS01228
- **AN1297:** “*Microchip's Op Amp SPICE Macro Models*”, DS01297

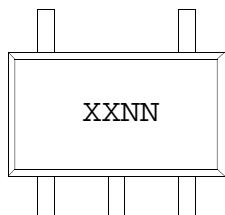
这些应用笔记及其他资料列在了设计指南中：

- “*Signal Chain Design Guide*”, DS21825

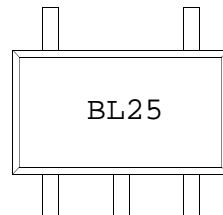
6.0 封装信息

6.1 封装标识信息

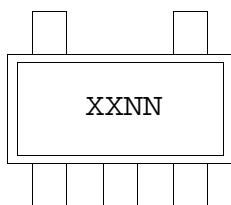
5 引脚 SC70 (仅 MCP6401)



示例

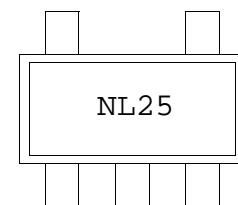


5 引脚 SOT-23

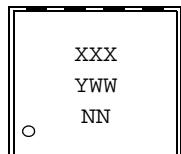


器件编号	代码
MCP6401T-E/OT	NLNN
MCP6401RT-E/OT	NMNN
MCP6401UT-E/OT	NPNN

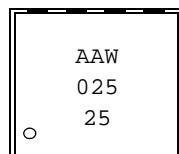
示例



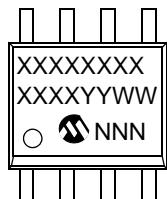
8 引脚 TDFN (2 x 3)



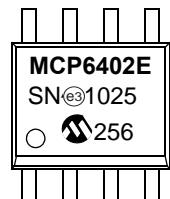
示例



8 引脚 SOIC (150 mil)



示例



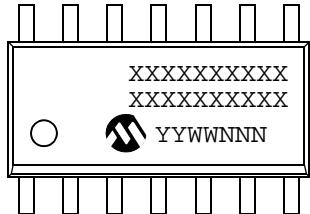
图注:	XX...X	客户信息
	Y	年份代码 (日历年的最后一位数字)
	YY	年份代码 (日历年的最后两位数字)
	WW	星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC 无铅标志
*		表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

注: Microchip 器件编号如果无法在一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户信息的字符数。

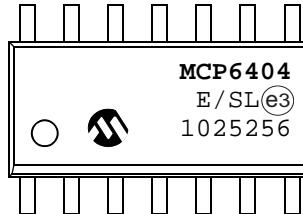
MCP6401/1R/1U/2/4

封装标识信息 (续)

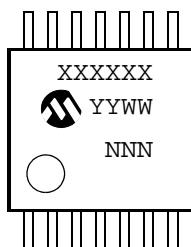
14 引脚 SOIC (150 mil) (MCP6404)



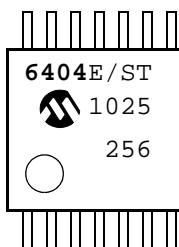
示例



14 引脚 TSSOP (MCP6404)



示例

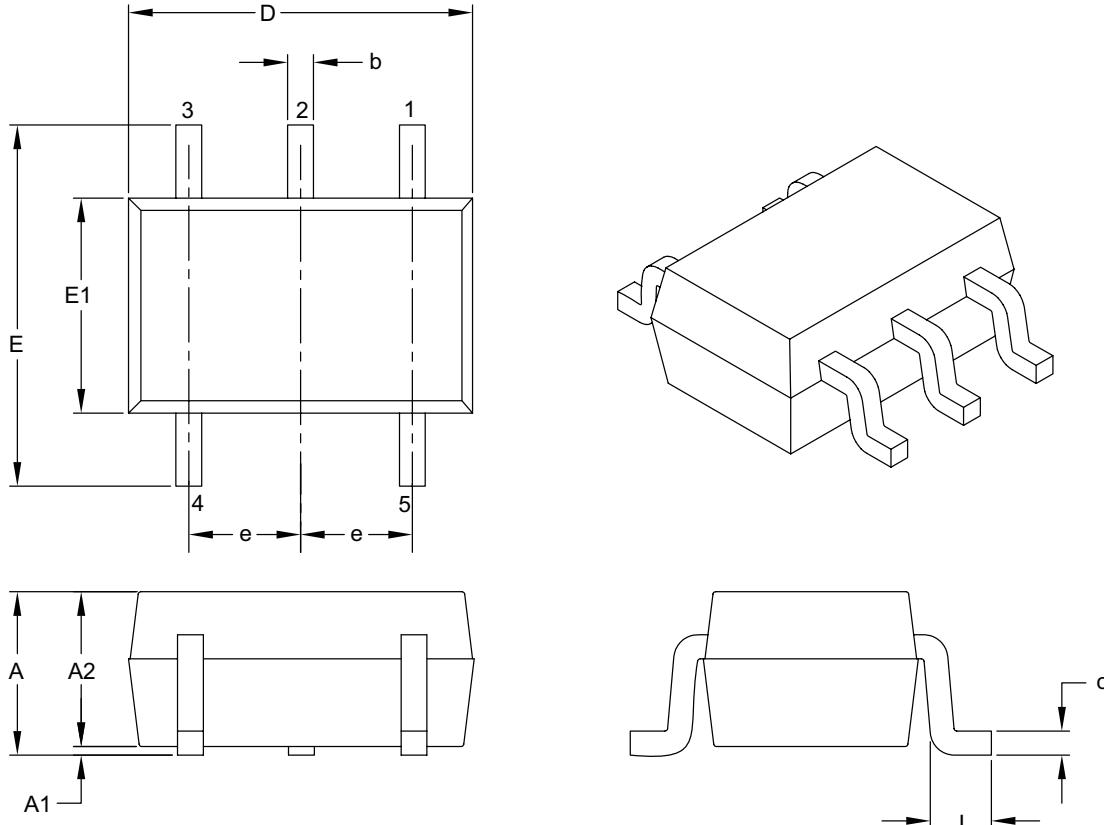


图注:	XX...X	客户信息
	Y	年份代码 (日历年的最后一位数字)
	YY	年份代码 (日历年的最后两位数字)
	WW	星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
	NNN	以字母数字排序的追踪代码
	(e3)	雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC 无铅标志
*		表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

注: Microchip 器件编号如果无法在一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户信息的字符数。

5 引脚塑封小外形晶体管封装 (LT) [SC70]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		5	
Pitch	e		0.65 BSC	
Overall Height	A	0.80	—	1.10
Molded Package Thickness	A2	0.80	—	1.00
Standoff	A1	0.00	—	0.10
Overall Width	E	1.80	2.10	2.40
Molded Package Width	E1	1.15	1.25	1.35
Overall Length	D	1.80	2.00	2.25
Foot Length	L	0.10	0.20	0.46
Lead Thickness	c	0.08	—	0.26
Lead Width	b	0.15	—	0.40

Notes:

1. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
2. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

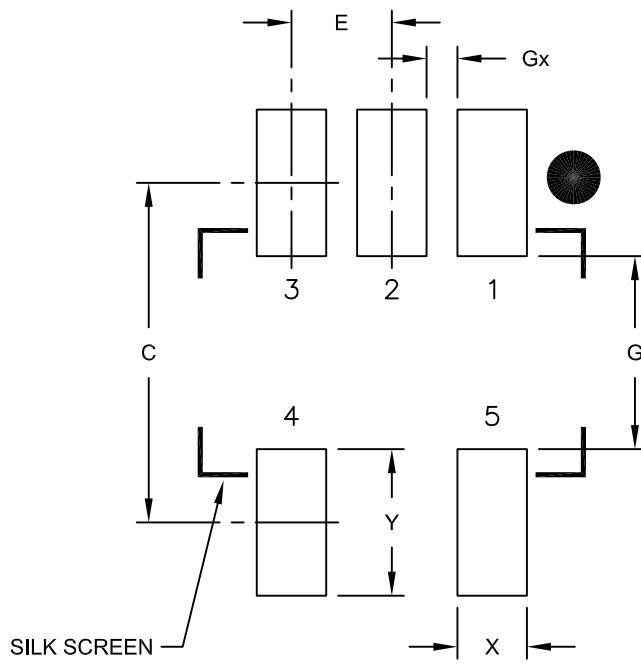
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-061B

MCP6401/1R/1U/2/4

5 引脚塑封小外形晶体管封装 (LT) [SC70]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch		0.65 BSC		
Contact Pad Spacing	C		2.20	
Contact Pad Width	X			0.45
Contact Pad Length	Y			0.95
Distance Between Pads	G	1.25		
Distance Between Pads	Gx	0.20		

Notes:

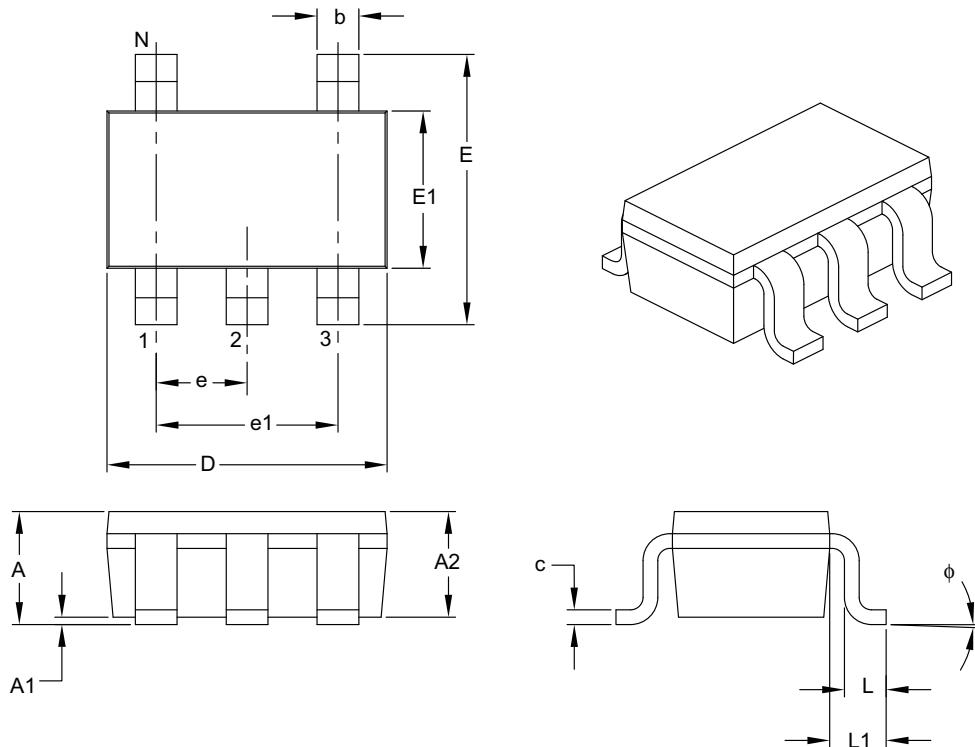
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2061A

5 引脚塑封小外形晶体管封装 (OT) [SOT-23]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		5	
Lead Pitch	e		0.95 BSC	
Outside Lead Pitch	e1		1.90 BSC	
Overall Height	A	0.90	—	1.45
Molded Package Thickness	A2	0.89	—	1.30
Standoff	A1	0.00	—	0.15
Overall Width	E	2.20	—	3.20
Molded Package Width	E1	1.30	—	1.80
Overall Length	D	2.70	—	3.10
Foot Length	L	0.10	—	0.60
Footprint	L1	0.35	—	0.80
Foot Angle	φ	0°	—	30°
Lead Thickness	c	0.08	—	0.26
Lead Width	b	0.20	—	0.51

Notes:

1. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
2. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

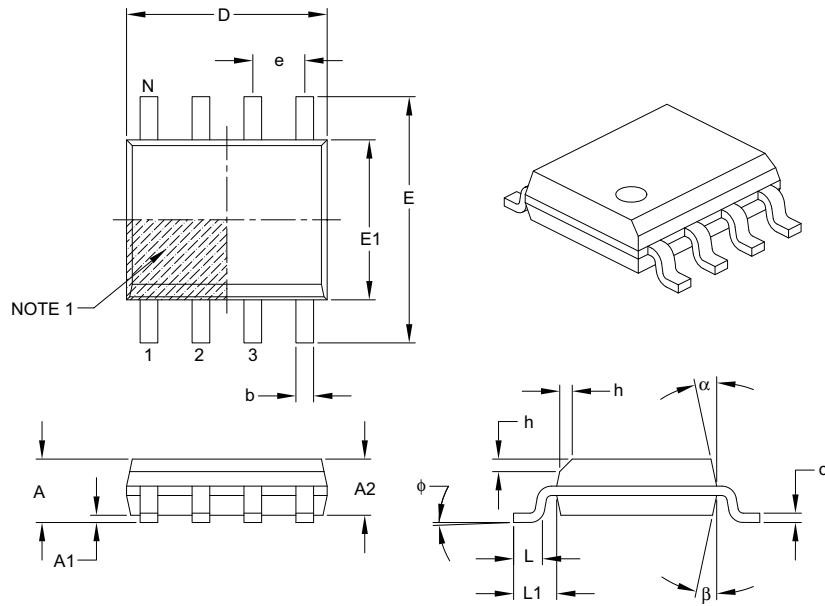
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04-091B

MCP6401/1R/1U/2/4

8 引脚塑封窄体小外形封装 (SN) —— 3.90 mm 主体 [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins		8		
Pitch		1.27 BSC		
Overall Height		A		
Molded Package Thickness		A2		
Standoff §		A1		
Overall Width		E		
Molded Package Width		E1		
Overall Length		D		
Chamfer (optional)		h		
Foot Length		L		
Footprint		L1		
Foot Angle		phi		
Lead Thickness		c		
Lead Width		b		
Mold Draft Angle Top		alpha		
Mold Draft Angle Bottom		beta		

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. § Significant Characteristic.
3. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

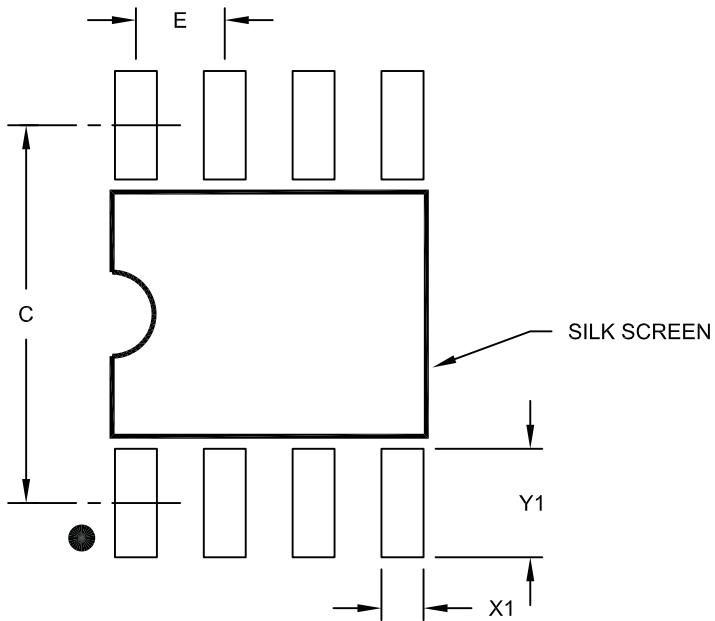
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-057B

8 引脚塑封窄体小外形封装 (SN) —— 3.90 mm 主体 [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E		1.27 BSC	
Contact Pad Spacing	C		5.40	
Contact Pad Width (X8)	X1			0.60
Contact Pad Length (X8)	Y1			1.55

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

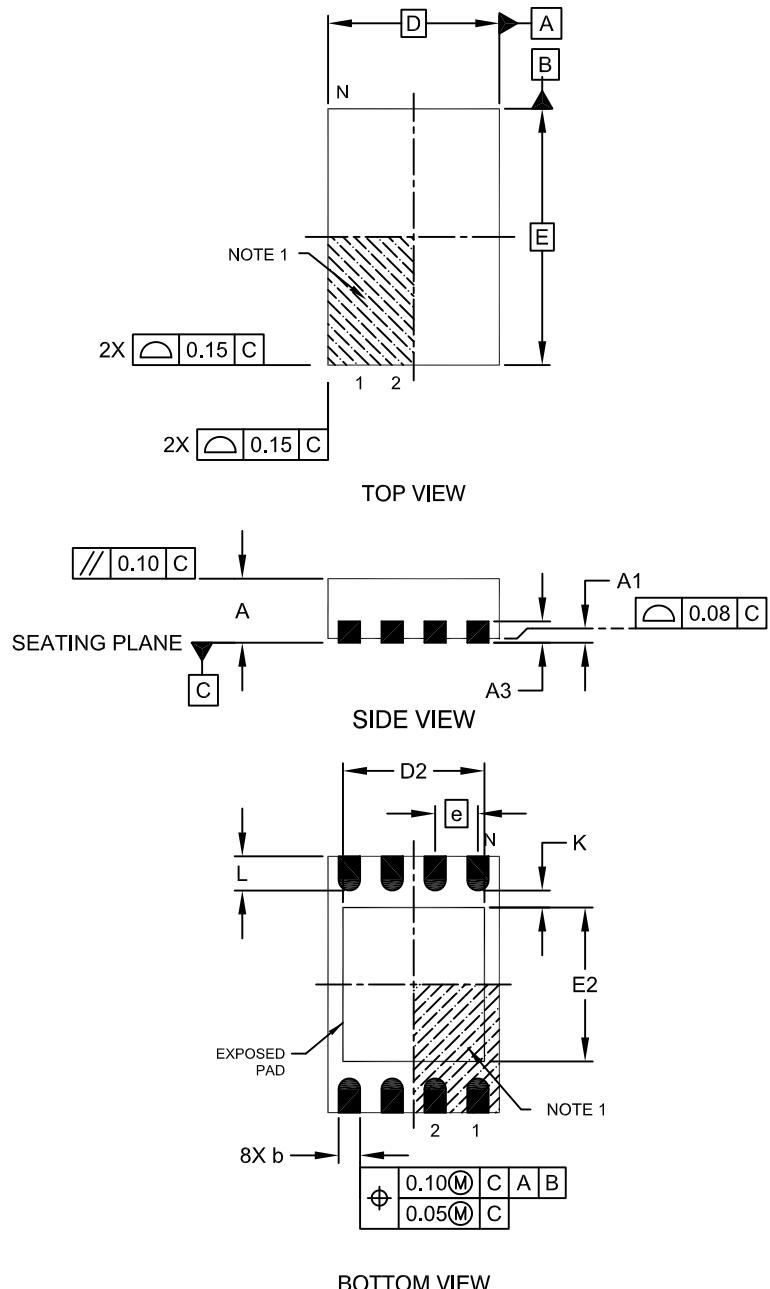
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2057A

MCP6401/1R/1U/2/4

8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) ——2 x3x0.75 mm 主体 [TDFN]

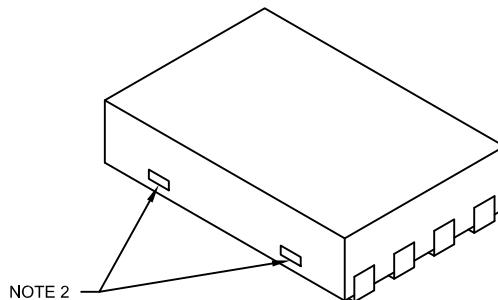
注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Microchip Technology Drawing No. C04-129C

8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) ——2 x3x0.75 mm 主体 [TDFN]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension		Units			MILLIMETERS		
Limits		MIN	NOM	MAX			
Number of Pins	N		8				
Pitch	e		0.50	BSC			
Overall Height	A	0.70	0.75	0.80			
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05			
Contact Thickness	A3		0.20	REF			
Overall Length	D		2.00	BSC			
Overall Width	E		3.00	BSC			
Exposed Pad Length	D2	1.20	-	1.60			
Exposed Pad Width	E2	1.20	-	1.60			
Contact Width	b	0.20	0.25	0.30			
Contact Length	L	0.25	0.30	0.45			
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-			

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. Package may have one or more exposed tie bars at ends.
3. Package is saw singulated
4. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

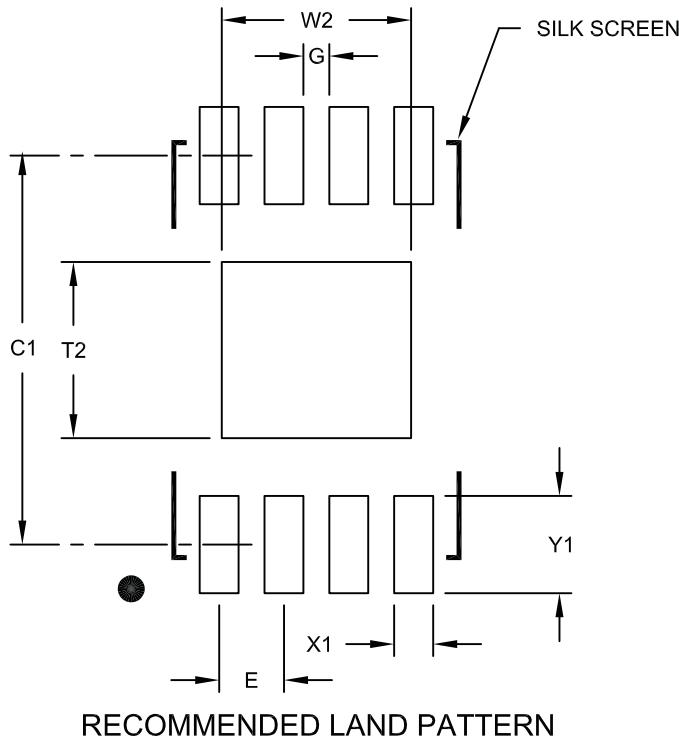
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing No. C04-129C

MCP6401/1R/1U/2/4

8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (MN) ——2 x3x0.75 mm 主体 [TDFN]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension	Limits	Units MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50	BSC	
Optional Center Pad Width	W2			1.46
Optional Center Pad Length	T2			1.36
Contact Pad Spacing	C1	3.00		
Contact Pad Width (X8)	X1			0.30
Contact Pad Length (X8)	Y1			0.75
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

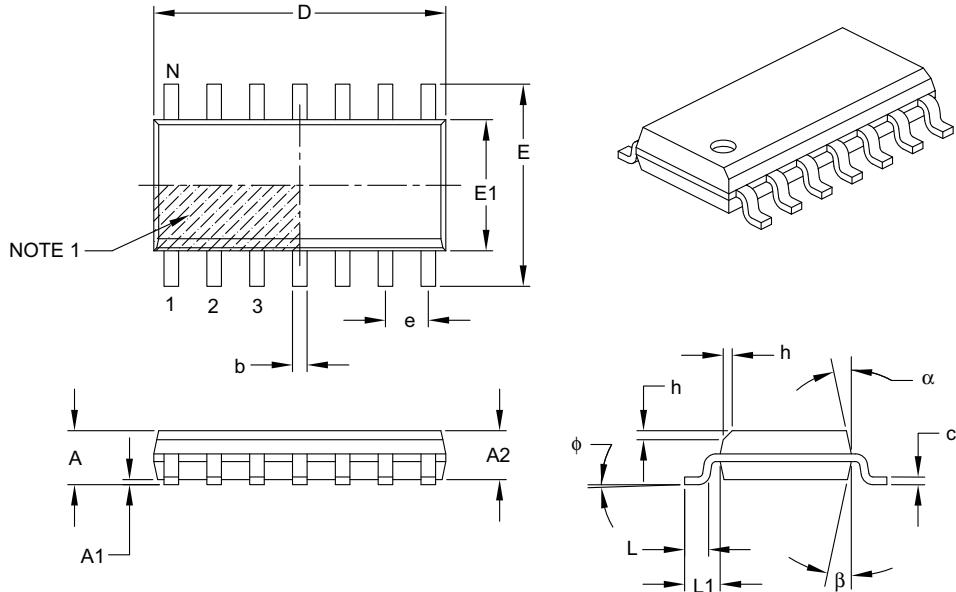
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2129A

14 引脚塑封窄体小外形封装 (SL) ——3.90 mm 主体 [SOIC]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		14	
Pitch	e		1.27 BSC	
Overall Height	A	—	—	1.75
Molded Package Thickness	A2	1.25	—	—
Standoff §	A1	0.10	—	0.25
Overall Width	E		6.00 BSC	
Molded Package Width	E1		3.90 BSC	
Overall Length	D		8.65 BSC	
Chamfer (optional)	h	0.25	—	0.50
Foot Length	L	0.40	—	1.27
Footprint	L1		1.04 REF	
Foot Angle	phi	0°	—	8°
Lead Thickness	c	0.17	—	0.25
Lead Width	b	0.31	—	0.51
Mold Draft Angle Top	alpha	5°	—	15°
Mold Draft Angle Bottom	beta	5°	—	15°

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. § Significant Characteristic.
3. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

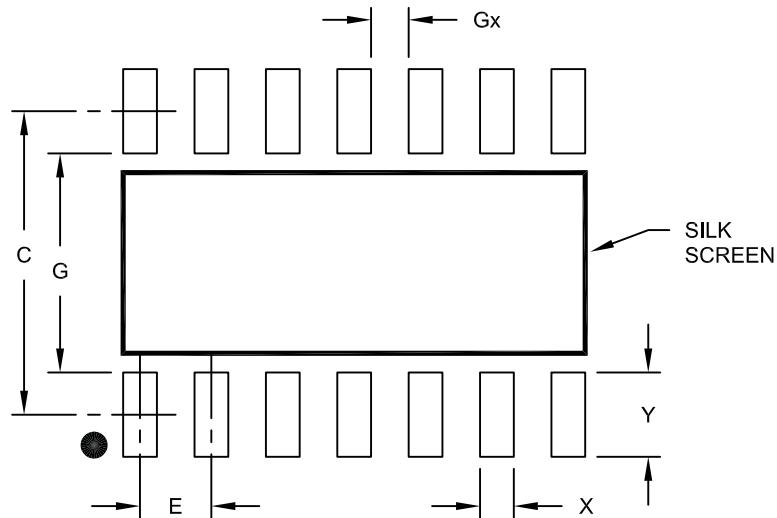
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-065B

MCP6401/1R/1U/2/4

14 引脚塑封窄体小外形封装 (SL) ——3.90 mm 主体 [SOIC]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch		1.27 BSC		
Contact Pad Spacing	C		5.40	
Contact Pad Width	X			0.60
Contact Pad Length	Y			1.50
Distance Between Pads	Gx	0.67		
Distance Between Pads	G	3.90		

Notes:

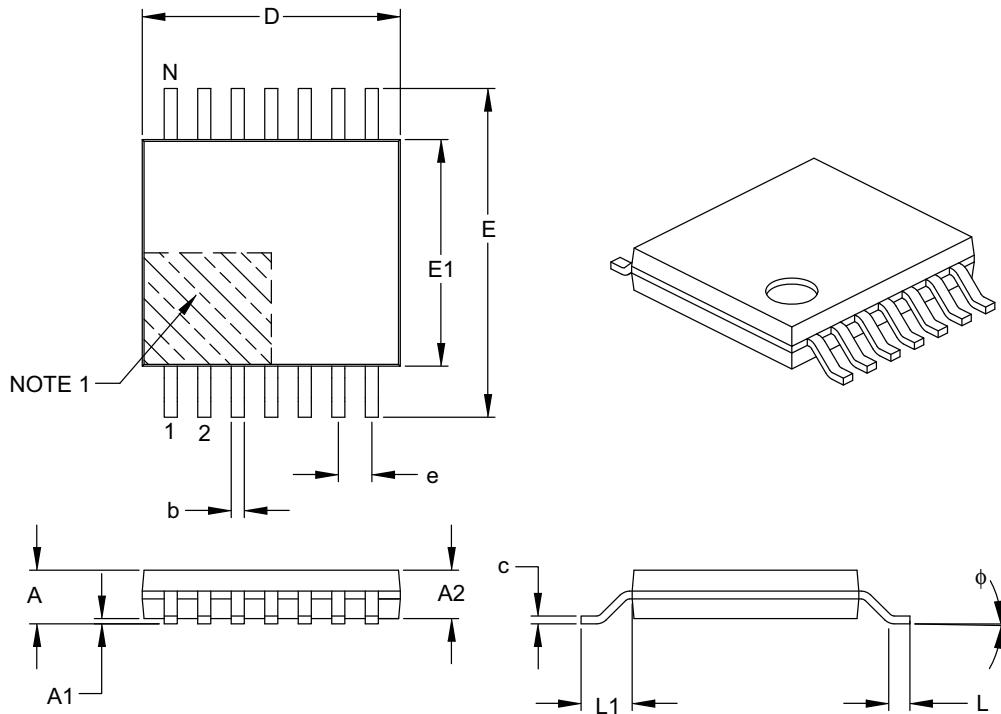
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2065A

14 引脚塑封薄缩小外形封装 (ST) —— 4.4 mm 主体 [TSSOP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



		Units	MILLIMETERS		
Dimension Limits			MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N		14		
Pitch	e		0.65 BSC		
Overall Height	A		—	—	1.20
Molded Package Thickness	A2		0.80	1.00	1.05
Standoff	A1		0.05	—	0.15
Overall Width	E		6.40 BSC		
Molded Package Width	E1		4.30	4.40	4.50
Molded Package Length	D		4.90	5.00	5.10
Foot Length	L		0.45	0.60	0.75
Footprint	L1		1.00 REF		
Foot Angle	phi		0°	—	8°
Lead Thickness	c		0.09	—	0.20
Lead Width	b		0.19	—	0.30

Notes:

1. Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
2. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm per side.
3. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

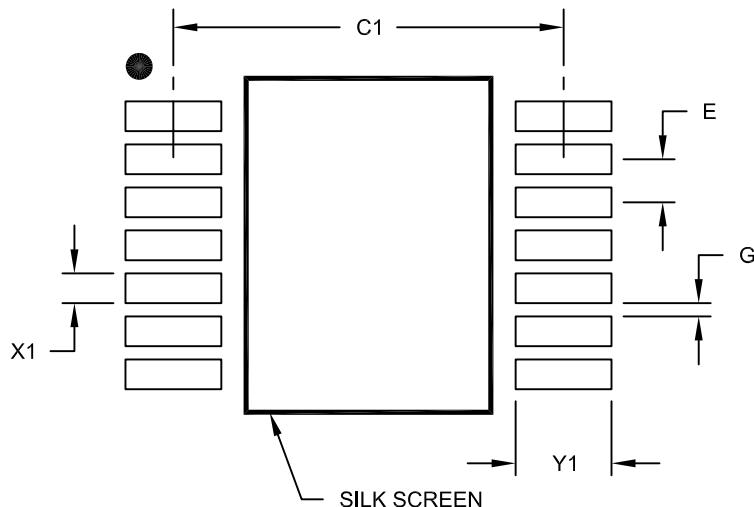
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-087B

MCP6401/1R/1U/2/4

14 引脚塑封缩小外形封装 (ST) —— 4.4 mm 主体 [TSSOP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch		E		0.65 BSC
Contact Pad Spacing	C1		5.90	
Contact Pad Width (X14)	X1			0.45
Contact Pad Length (X14)	Y1			1.45
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2087A

附录 A: 版本历史

版本 B (2010 年 6 月)

进行了以下修改:

1. 增加了 MCP6402 和 MCP6404 封装信息。
2. 更新了所有引脚上的 ESD 保护值第 1.1 页 “**绝对最大额定值†**”。
3. 增加了图 2-33。
4. 更新了表 3-1。
5. 更新了第 4.1.2 页 “**输入电压限制**”。
6. 增加了第 4.1.3 页 “**输入电流限制**”。
7. 增加了第 4.5 页 “**未使用的运算放大器**”。
8. 更新了第 5.5 页 “**模拟演示及评估板**”。
9. 更新了封装标识信息和封装图。
10. 更新了产品标识体系一页。

版本 A (2009 年 12 月)

- 本文档的初始版本。

MCP6401/1R/1U/2/4

注：

产品标识体系

欲订货, 或获取价格、交货等信息, 请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

器件编号	X	XX	示例:
器件			a) MCP6401T-E/LT: 卷带式, 5LD SC70 封装
温度范围	X		b) MCP6401T-E/OT: 卷带式, 5LD SOT-23 封装
封装		XX	c) MCP6401RT-E/OT: 卷带式, 5LD SOT-23 封装
器件:	MCP6401T:	单运放 (卷带式) (SC70, SOT-23)	d) MCP6401UT-E/OT: 卷带式, 5LD SOT-23 封装
	MCP6401RT:	单运放 (卷带式) (SOT-23)	e) MCP6402-E/SN: 8LD SOIC 封装
	MCP6401UT:	单运放 (卷带式) (SOT-23)	f) MCP6402T-E/SN: 卷带式, 8LD SOIC 封装
	MCP6402:	双运放	g) MCP6402T-E/MNY: 卷带式, 8LD 2x3 TDFN 封装
	MCP6402T:	双运放 (卷带式) (SOIC, 2x3 TDFN)	h) MCP6404-E/SL: 14LD SOIC 封装
	MCP6404:	四运放	i) MCP6404T-E/SL: 卷带式, 14LD SOIC 封装
	MCP6404T:	四运放 (卷带式) (SOIC, TSSOP)	j) MCP6404-E/ST: 14LD TSSOP 封装
温度范围:	E	= -40°C 至 +125°C	k) MCP6404T-E/ST: 卷带式, 14LD TSSOP 封装。
封装:	LT	= 塑封 (SC70), 5 引脚	
	OT	= 塑封小外形晶体管 (SOT-23), 5 引脚	
	SN	= 塑封 SOIC, (3.90 mm 主体), 8 引脚	
	MNY*	= 塑封双列扁平无脚, (2x3 TDFN), 8 引脚	
	SL	= 塑封 SOIC (3.90 mm 主体), 14 引脚	
	ST	= 塑封 TSSOP (4.4mm 主体), 14 引脚	
	* Y	= 镍钯金制造标识。仅在 TDFN 封装上提供。	

MCP6401/1R/1U/2/4

注：

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、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。

© 2010, **Microchip Technology Inc.** 版权所有。

ISBN: 978-1-60932-613-5

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
— ISO/TS 16949:2002 —

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-16949:2002 认证。公司在 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方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。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。



MICROCHIP

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://support.microchip.com>
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

科科莫 Kokomo

Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

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: 86-10-8528-2100
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 - 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

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830
Fax: 886-7-330-9305

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

亚太地区

台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

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 - 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 - 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