

轨到轨输入 / 输出的 10 MHz 运算放大器

特性

- 轨到轨输入 / 输出
- 带宽宽: 10 MHz (典型值)
- 低噪声: 10 kHz 时, 8.7 nV/√Hz (典型值)
- 低失调电压
 - 工业级温度: $\pm 500 \mu\text{V}$ (最大值)
 - 扩展级温度: $\pm 250 \mu\text{V}$ (最大值)
- 电源电压中值 V_{REF} : 用于 MCP6021 和 MCP6023
- 低供电电流: 1 mA (典型值)
- 总谐波失真: 0.00053% (典型值, $G = 1$)
- 单位增益稳定
- 电源电压范围: 2.5V 至 5.5V
- 温度范围:
 - 工业级: -40°C 至 $+85^\circ\text{C}$
 - 扩展级: -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$

概述

Microchip Technology Inc. 的 MCP6021、MCP6022、MCP6023 和 MCP6024 是高性能的轨到轨输入 / 输出运算放大器。其主要特性包括: 高带宽 (10 MHz), 低噪声 (8.7 nV/√Hz), 低输入失调电压和失真 (0.00053% THD+N)。这些特性使得这一系列运算放大器十分适合那些需要高性能和高带宽的应用。MCP6023 还提供了一个片选引脚 (CS), 可在器件不工作时节省电源功耗。

单运放 MCP6021、MCP6023 和双运放 MCP6022 采用标准 8 引脚 PDIP、SOIC 和 TSSOP 封装。四运放 MCP6024 采用 14 引脚 PDIP、SOIC 和 TSSOP 封装。

MCP6021/2/3/4 系列可用于工业级和扩展级温度范围内。电源电压范围为 2.5V 至 5.5V。

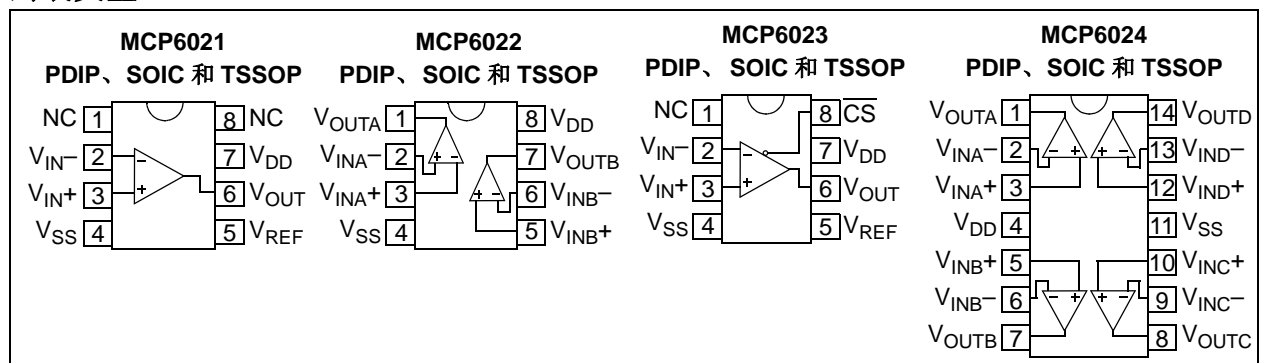
典型应用

- 汽车
- A/D 转换器驱动器
- 多极有源滤波器
- 条形码扫描器
- 音频处理
- 通讯
- DAC 缓冲器
- 检测设备
- 医用仪器

工具支持

- SPICE 宏模型 (可在 www.microchip.com 网站下载)
- FilterLab[®] 软件 (可在 www.microchip.com 网站下载)

封装类型



MCP6021/2/3/4

1.0 电气特性

绝对最大额定值 †

$V_{DD} - V_{SS}$	7.0V
所有输入输出	$V_{SS} - 0.3V$ 至 $V_{DD} + 0.3V$
差分输入电压	$ V_{DD} - V_{SS} $
输出短路电流	连续
输入引脚电流	± 2 mA
输出和电源输入引脚电流	± 30 mA
储存温度	-65°C 至 $+150^{\circ}\text{C}$
结温	$+150^{\circ}\text{C}$
所有引脚上的 ESD 保护 (HBM/MM)	≥ 2 kV / 200V

† 注：如果器件运行参数超过上述各项最大额定值，即可能对器件造成永久性损坏。上述数值为运行条件最大值，我们不建议器件在该规范范围外运行。如果器件长时间在绝对最大额定条件下工作，其稳定性会受到影响。

引脚功能表

名称	功能
V_{IN+} , V_{INA+} , V_{INB+} , V_{INC+} , V_{IND+}	非反相输入
V_{IN-} , V_{INA-} , V_{INB-} , V_{INC-} , V_{IND-}	反相输入
V_{DD}	正电源
V_{SS}	负电源
\overline{CS}	片选
V_{REF}	参考电压
V_{OUT} , V_{OUTA} , V_{OUTB} , V_{OUTC} , V_{OUTD}	输出
NC	无内部连接

直流特性

电气规范：除非另有说明， $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5V$ 至 $+5.5V$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $R_L = 10$ k Ω 连到 $V_{DD}/2$ 。

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						
工业级温度范围	V_{OS}	-500	—	+500	μV	$V_{CM} = 0V$
扩展级温度范围	V_{OS}	-250	—	+250	μV	$V_{CM} = 0V$, $V_{DD} = 5.0V$
扩展级温度范围	V_{OS}	-2.5	—	+2.5	mV	$V_{CM} = 0V$, $V_{DD} = 5.0V$ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
输入失调电压温度漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T_A$	—	± 3.5	—	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
电源抑制比	PSRR	74	90	—	dB	$V_{CM} = 0V$
输入电流和阻抗						
输入偏置电流						
工业级温度范围	I_B	—	1	—	μA	
扩展级温度范围	I_B	—	30	150	μA	$T_A = +85^{\circ}\text{C}$
扩展级温度范围	I_B	—	640	5,000	μA	$T_A = +125^{\circ}\text{C}$
输入失调电流	I_{OS}	—	± 1	—	μA	
共模输入阻抗	Z_{CM}	—	$10^{13} 6$	—	ΩpF	
差分输入阻抗	Z_{DIFF}	—	$10^{13} 3$	—	ΩpF	
共模						
共模输入范围	V_{CMR}	$V_{SS}-0.3$	—	$V_{DD}+0.3$	V	
共模抑制比						
	CMRR	74	90	—	dB	$V_{DD} = 5V$, $V_{CM} = -0.3V$ 至 $5.3V$
	CMRR	70	85	—	dB	$V_{DD} = 5V$, $V_{CM} = 3.0V$ 至 $5.3V$
	CMRR	74	90	—	dB	$V_{DD} = 5V$, $V_{CM} = -0.3V$ 至 $3.0V$
参考电压 (仅用于 MCP6021 和 MCP6023)						
V_{REF} 精度 ($V_{REF} - V_{DD}/2$)	ΔV_{REF}	-50	—	+50	mV	
V_{REF} 温度漂移	$\Delta V_{REF}/\Delta T_A$	—	± 100	—	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
开环增益						
直流开环增益 (大信号)	A_{OL}	90	110	—	dB	$V_{CM} = 0V$, $V_{OUT} = V_{SS}+0.3V$ 至 $V_{DD}-0.3V$

直流特性 (续)

电气规范: 除非另有说明, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
输出						
最大输出电压摆幅	V_{OL}, V_{OH}	$V_{SS}+15$	—	$V_{DD}-20$	mV	0.5V 输出过驱
输出短路电流	I_{SC}	—	± 30	—	mA	
电源电压						
电源电压	V_S	2.5	—	5.5	V	
每个放大器的静态电流	I_Q	0.5	1.0	1.35	mA	$I_O = 0$

交流特性

电气规范: 除非另有说明, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$, $C_L = 60\text{ pF}$ 。

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	—	10	—	MHz	
单位增益的相位裕限	PM	—	65	—	°	$G = 1$
稳定时间, 0.2%	t_{SETTLE}	—	250	—	ns	$G = 1$, $V_{OUT} = 100\text{ mV}_{P-P}$
转换速率	SR	—	7.0	—	V/ μs	
总谐波失真及噪声						
$f = 1\text{ kHz}$, $G = 1$	THD+N	—	0.00053	—	%	$V_{OUT} = 0.25\text{V} + 3.25\text{V}$, $BW = 22\text{ kHz}$
$f = 1\text{ kHz}$, $G = 1$, $R_L = 600\Omega @ 1\text{ kHz}$	THD+N	—	0.00064	—	%	$V_{OUT} = 0.25\text{V} + 3.25\text{V}$, $BW = 22\text{ kHz}$
$f = 1\text{ kHz}$, $G = +1\text{ V/V}$	THD+N	—	0.0014	—	%	$V_{OUT} = 4V_{P-P}$, $V_{DD} = 5.0\text{V}$, $BW = 22\text{ kHz}$
$f = 1\text{ kHz}$, $G = +10\text{ V/V}$	THD+N	—	0.0009	—	%	$V_{OUT} = 4V_{P-P}$, $V_{DD} = 5.0\text{V}$, $BW = 22\text{ kHz}$
$f = 1\text{ kHz}$, $G = +100\text{ V/V}$	THD+N	—	0.005	—	%	$V_{OUT} = 4V_{P-P}$, $V_{DD} = 5.0\text{V}$, $BW = 22\text{ kHz}$
噪声						
输入电压噪声	E_{ni}	—	2.9	—	μV_{P-P}	$f = 0.1\text{ Hz}$ 至 10 Hz
输入电压噪声密度	e_{ni}	—	8.7	—	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 10\text{ kHz}$
输入电流噪声密度	i_{ni}	—	3	—	fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 1\text{ kHz}$

MCP6023 片选 ($\overline{\text{CS}}$) 特性

电气规范: 除非另有说明, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$, $V_{SS} = \text{GND}$, $V_{CM} = V_{DD}/2$, $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$, $C_L = 60\text{ pF}$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
直流特性						
$\overline{\text{CS}}$ 逻辑门限, 低电平	V_{IL}	0	—	$0.2V_{DD}$	V	
$\overline{\text{CS}}$ 输入电流, 低电平	I_{CSL}	-1.0	0.01	—	μA	$\overline{\text{CS}} = V_{SS}$
$\overline{\text{CS}}$ 逻辑门限, 高电平	V_{IH}	$0.8V_{DD}$	—	V_{DD}	V	
$\overline{\text{CS}}$ 输入电流, 高电平	I_{CSH}	—	0.01	2.0	μA	$\overline{\text{CS}} = V_{DD}$
$\overline{\text{CS}}$ 输入为高电平时, GND 电流	I_{SS}	—	0.05	2.0	μA	$\overline{\text{CS}} = V_{DD}$
放大器输出泄漏电流	—	—	0.01	—	μA	$\overline{\text{CS}} = V_{DD}$
时序						
$\overline{\text{CS}}$ 低电平到放大器输出接通时间	t_{ON}	—	2	10	μs	$G = 1$, $V_{IN} = V_{SS}$, $\overline{\text{CS}} = 0.2V_{DD}$ 至 $V_{OUT} = 0.45V_{DD}$ 时间
$\overline{\text{CS}}$ 高电平到放大器输出 High-Z 关断时间	t_{OFF}	—	0.01	—	μs	$G = 1$, $V_{IN} = V_{SS}$, $\overline{\text{CS}} = 0.8V_{DD}$ 至 $V_{OUT} = 0.05V_{DD}$ 时间
迟滞	V_{HYST}	—	0.6	—	V	内部切换

MCP6021/2/3/4

温度特性

电气规范: 除非另有说明, $V_{DD} = +2.5V$ 至 $+5.5V$ 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						
工业级温度范围	T_A	-40	—	+85	°C	
扩展级温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	
工作温度范围	T_A	-40	—	+125	°C	注 1
储存温度范围	T_A	-65	—	+150	°C	
封装热阻						
热阻, 8 引脚 PDIP	θ_{JA}	—	85	—	°C/W	
热阻, 8 引脚 SOIC	θ_{JA}	—	163	—	°C/W	
热阻, 8 引脚 TSSOP	θ_{JA}	—	124	—	°C/W	
热阻, 14 引脚 PDIP	θ_{JA}	—	70	—	°C/W	
热阻, 14 引脚 SOIC	θ_{JA}	—	120	—	°C/W	
热阻, 14 引脚 TSSOP	θ_{JA}	—	100	—	°C/W	

注 1: 工业级温度的器件可工作在扩展温度范围内, 但性能有所下降。在任何情况下, 内部结温 (T_J) 均不得超过绝对最大参数值 $150^{\circ}C$ 。

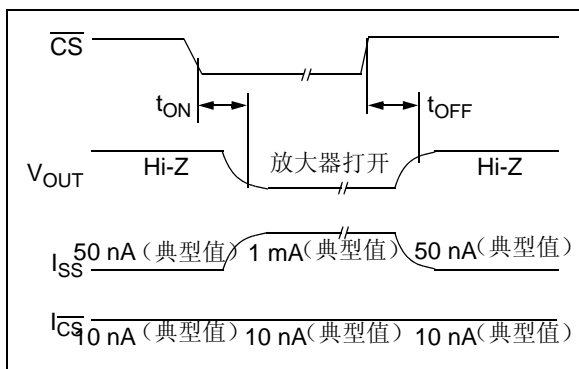


图 1-1: MCP6023 的 \overline{CS} 引脚时序图

2.0 典型性能曲线

注： 以下图表来自有限数量样本的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，我们不能保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（如：超出了规定电源电压范围），因此不在担保范围。

电气特性： 除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

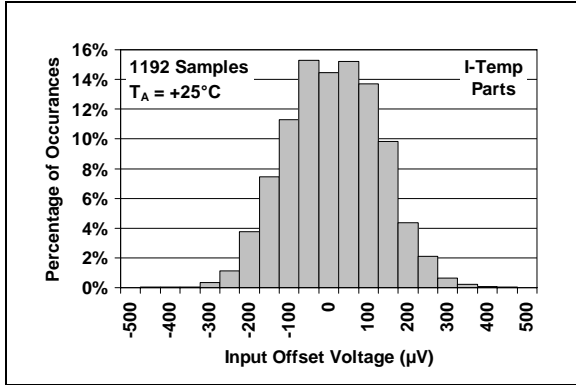


图 2-1： 输入失调电压
(工业级温度范围)

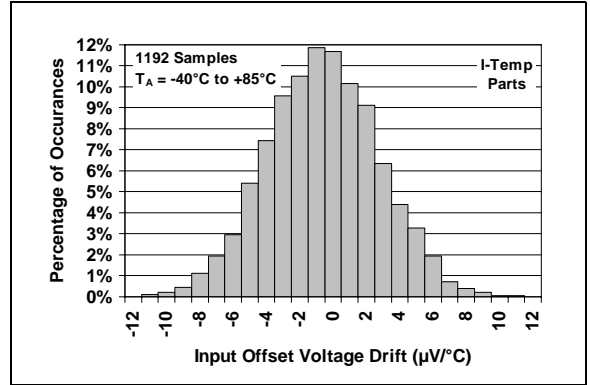


图 2-4： 输入失调电压漂移
(工业级温度范围)

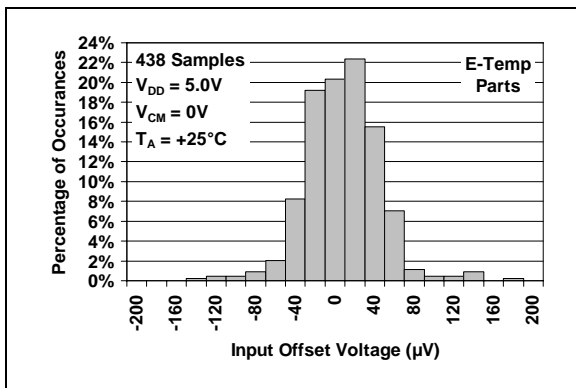


图 2-2： 输入失调电压
(扩展级温度范围)

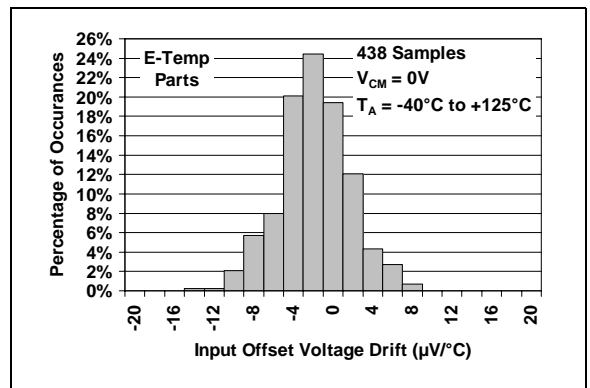


图 2-5： 输入失调电压漂移
(扩展级温度范围)

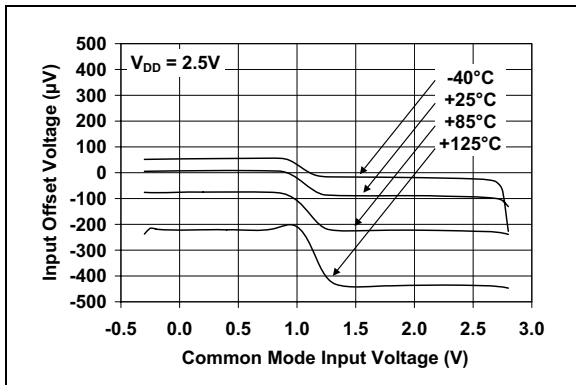


图 2-3： 输入失调电压—共模输入电压曲线 ($V_{DD} = 2.5\text{V}$)

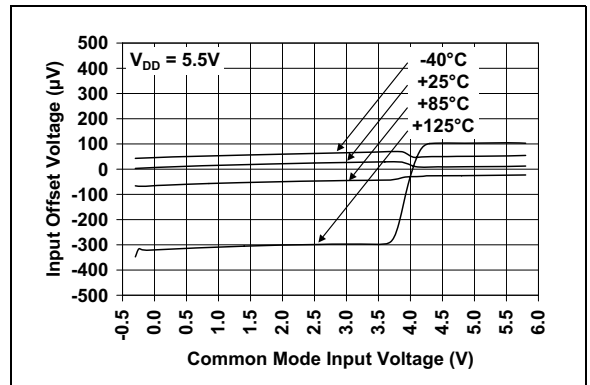


图 2-6： 输入失调电压—共模输入电压曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

MCP6021/2/3/4

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

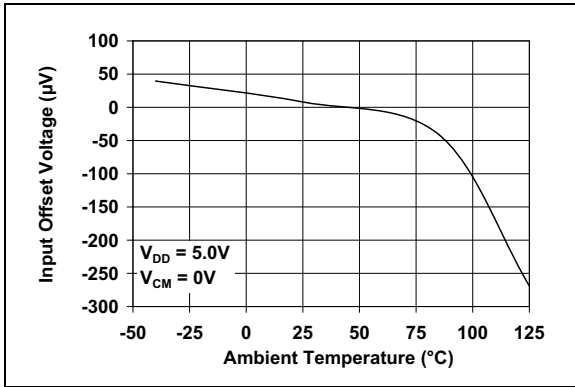


图2-7: 输入失调电压—温度曲线

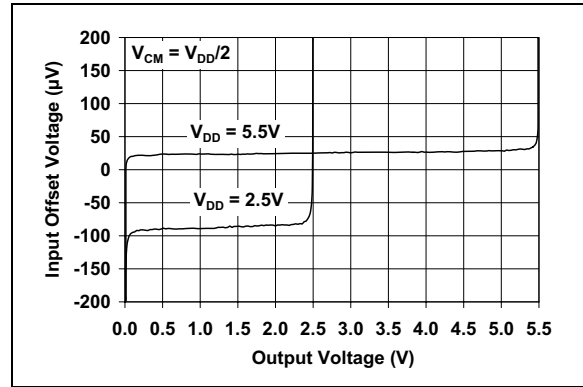


图2-10: 输入失调电压—输出电压曲线

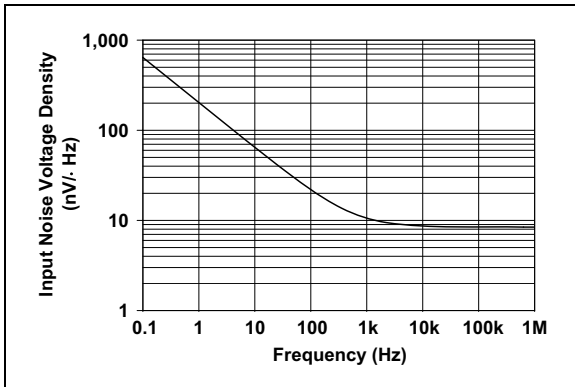


图2-8: 输入噪声电压密度—频率曲线

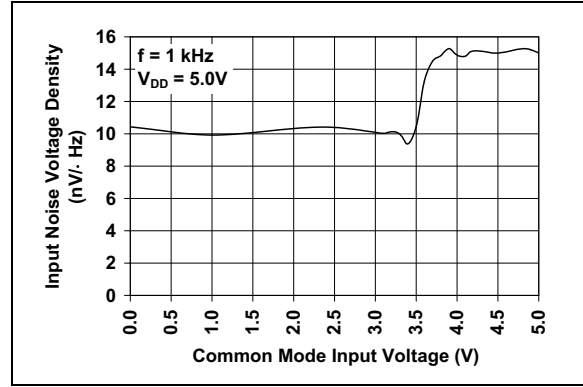


图2-11: 输入噪声电压密度—共模输入电压曲线

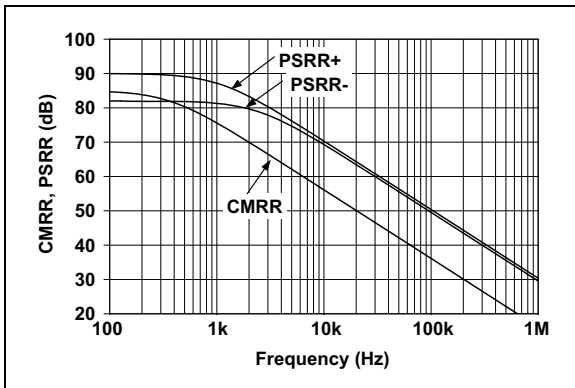


图2-9: CMRR, PSRR—频率曲线

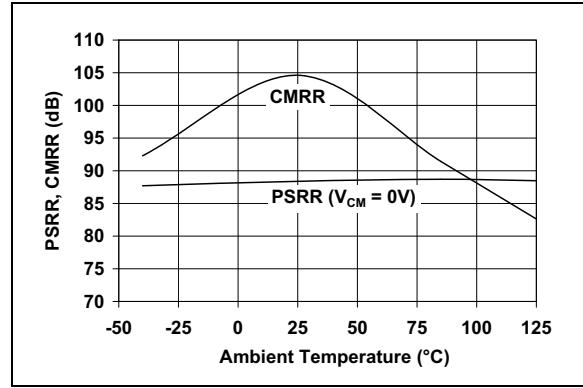


图2-12: CMRR, PSRR—温度曲线

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

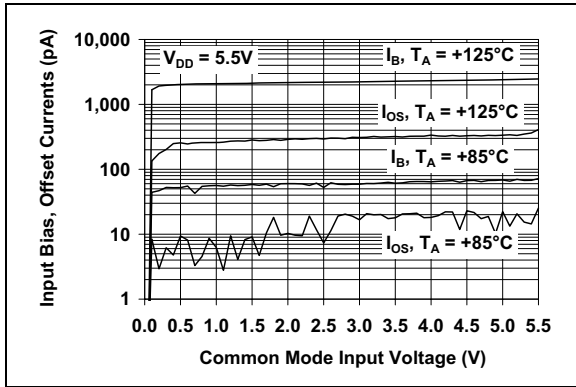


图2-13: 输入偏置电流，输入失调电流—共模输入电压曲线

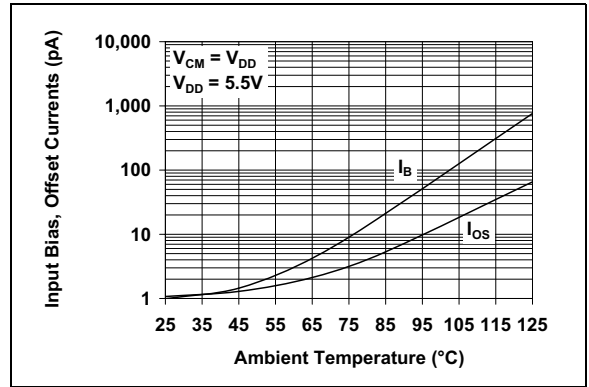


图2-16: 输入偏置电流，输入失调电流—温度曲线

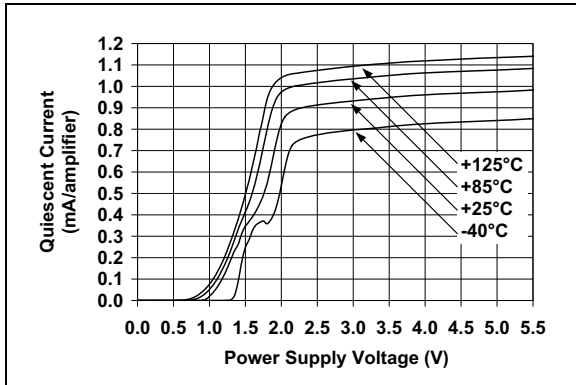


图2-14: 静态电流—电源电压曲线

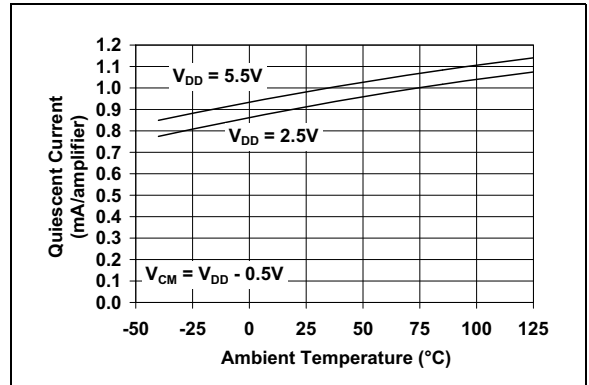


图2-17: 静态电流—温度曲线

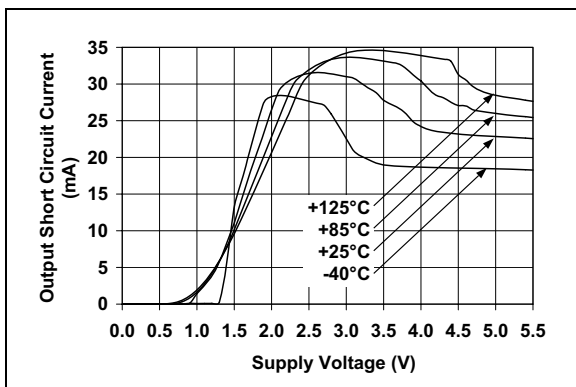


图2-15: 输出短路电流—电源电压曲线

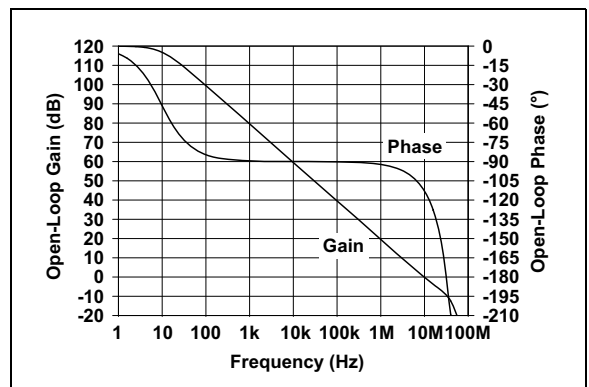


图2-18: 开环增益，相位—频率曲线

MCP6021/2/3/4

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

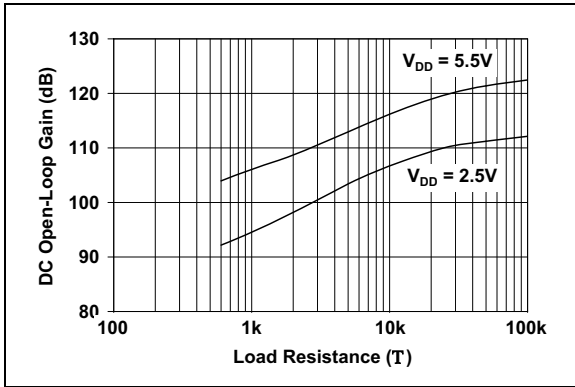


图 2-19: DC 开环增益—负载电阻曲线

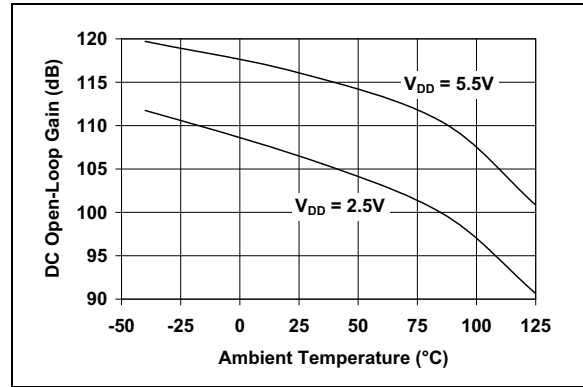


图 2-22: DC 开环增益—温度曲线

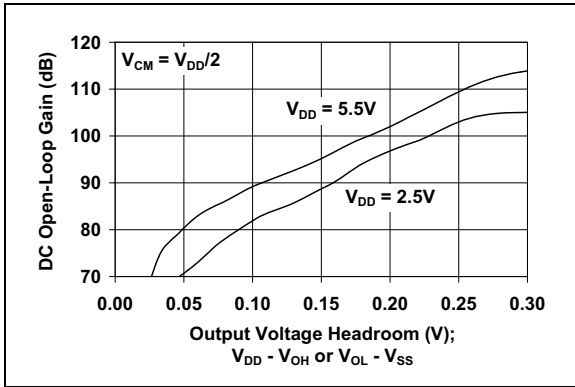


图 2-20: 小信号 DC 开环增益—输出电压余量曲线

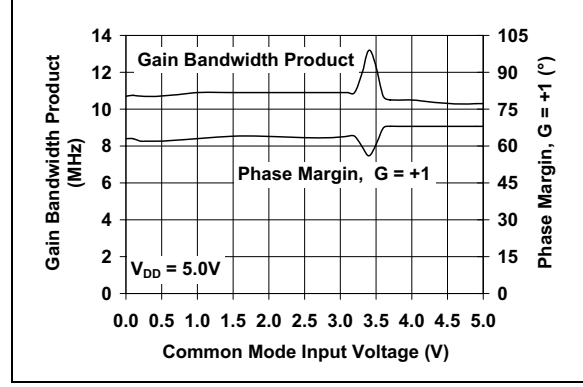


图 2-23: 增益带宽积，相位裕度—共模输入电压曲线

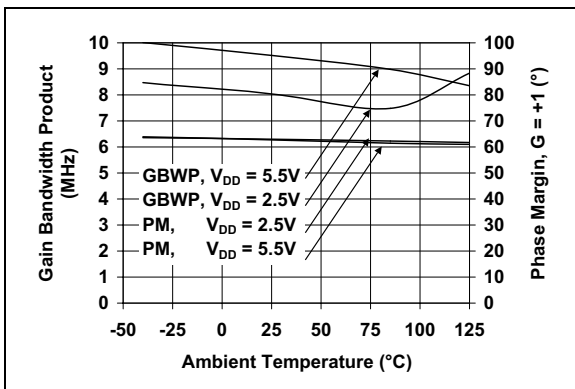


图 2-21: 增益带宽积，相位裕度—温度曲线

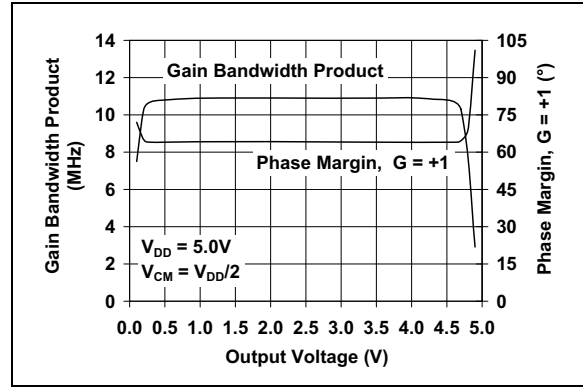


图 2-24: 增益带宽积，相位裕度—输出电压曲线

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

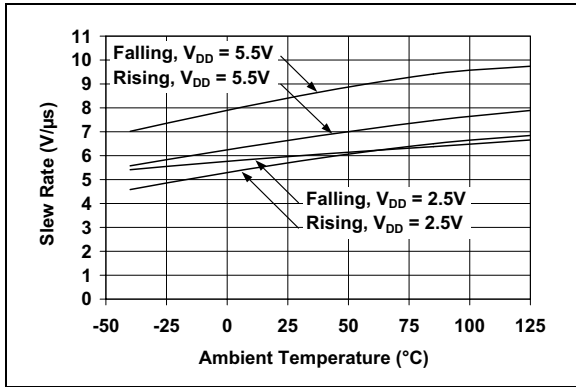


图 2-25: 转换率—温度曲线

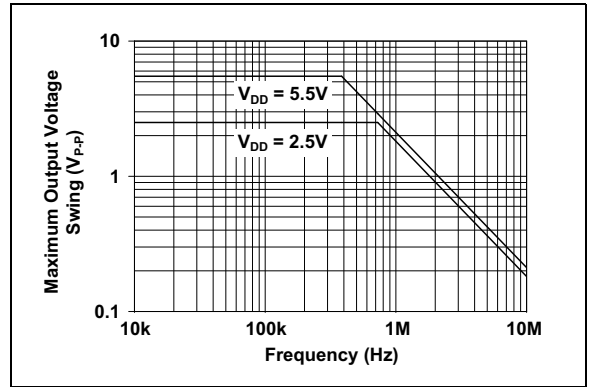


图 2-28: 最大输出电压摆幅—频率曲线

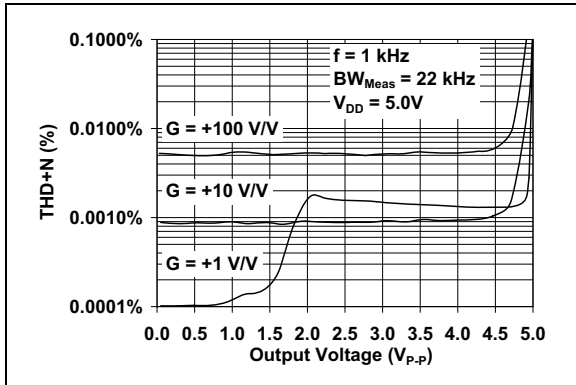


图 2-26: 最大谐波失真加噪声—输出电压曲线 ($f = 1\text{ kHz}$)

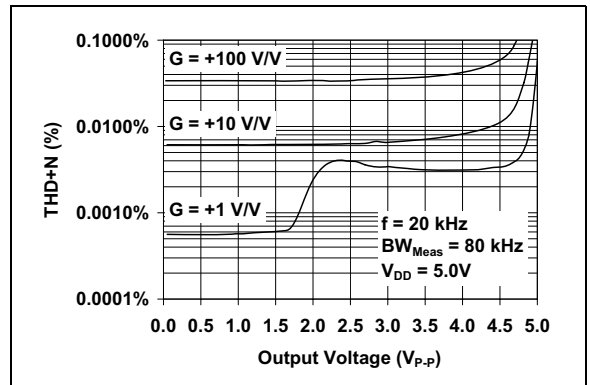


图 2-29: 最大谐波失真加噪声—输出电压曲线 ($f = 20\text{ kHz}$)

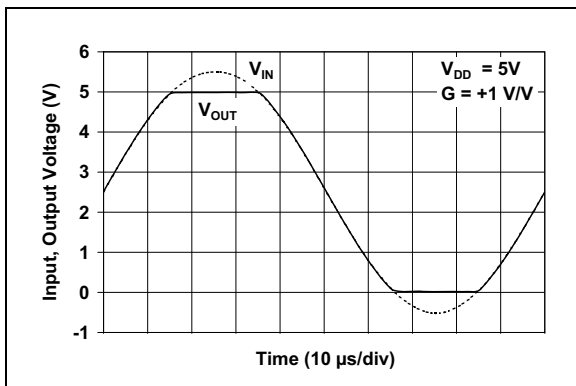


图 2-27: MCP6021/2/3/4 系列运放在过驱动时未显示相位相反

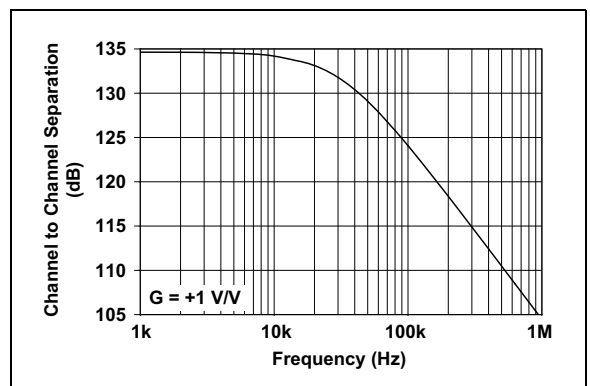


图 2-30: 通道至通道噪声隔离—频率曲线 (仅限 MCP6022 和 MCP6024)

MCP6021/2/3/4

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

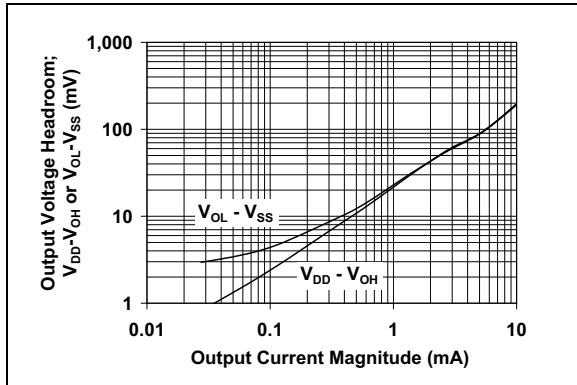


图 2-31: 输出电压余量—输出电流曲线

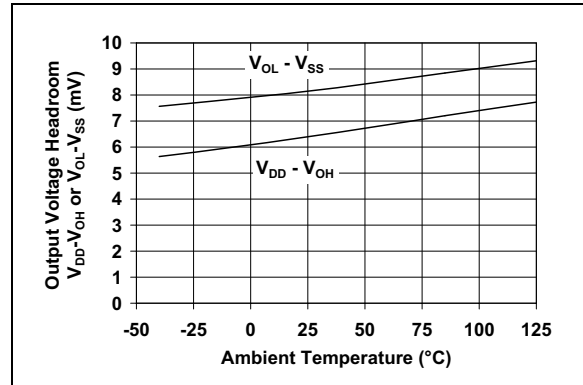


图 2-34: 输出电压余量—温度曲线

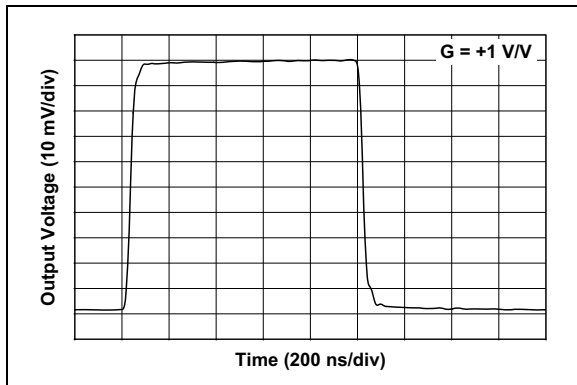


图 2-32: 小信号非反相脉冲响应

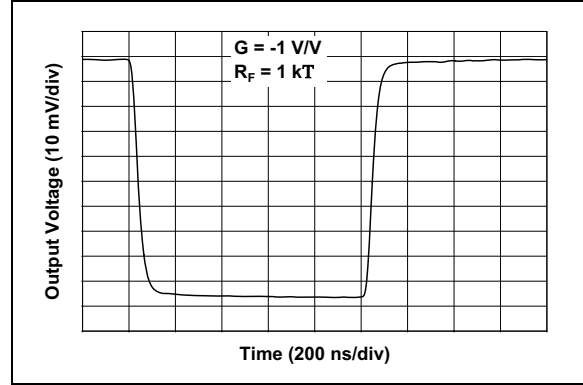


图 2-35: 小信号反相脉冲响应

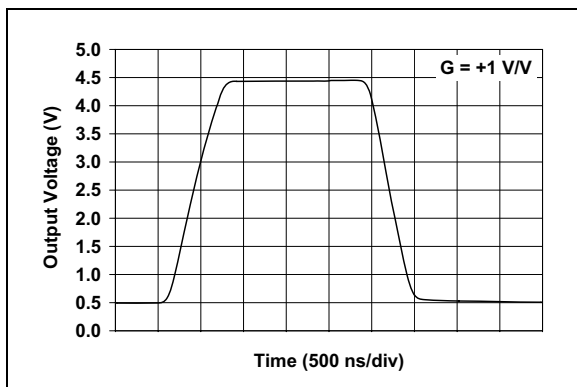


图 2-33: 大信号非反相脉冲响应

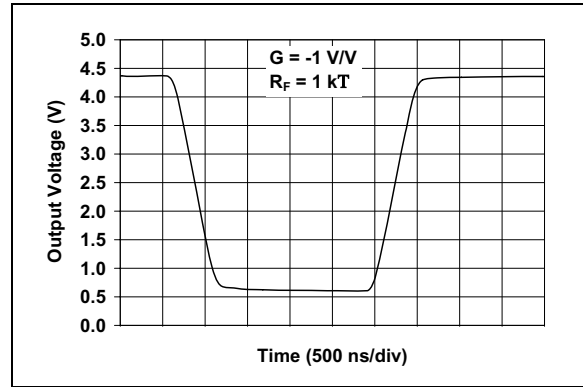


图 2-36: 大信号反相脉冲响应

注：除非另有说明， $T_A = +25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = +2.5\text{V}$ 至 $+5.5\text{V}$ ， $V_{SS} = \text{GND}$ ， $V_{CM} = V_{DD}/2$ ， $R_L = 10\text{ k}\Omega$ 连到 $V_{DD}/2$ ， $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ， $C_L = 60\text{ pF}$ 。

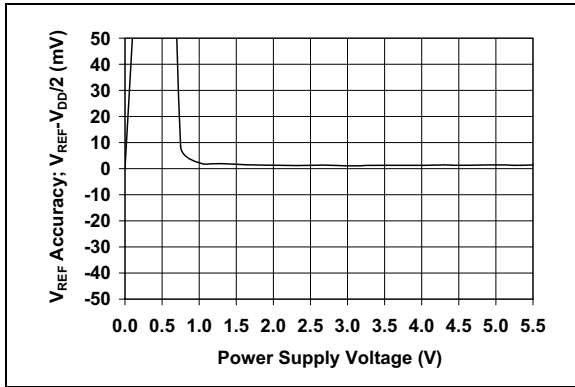


图 2-37: V_{REF} 准确度—电源电压曲线 (仅限 MCP6021 和 MCP6023)

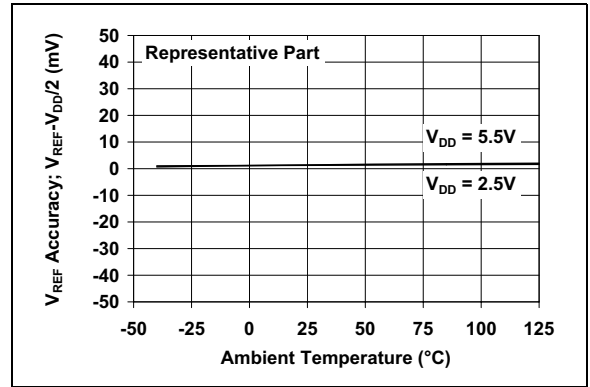


图 2-40: V_{REF} 准确度—温度曲线 (仅限 MCP6021 和 MCP6023)

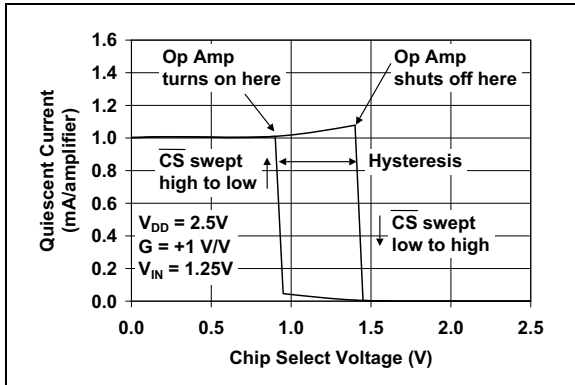


图 2-38: 片选 (\overline{CS}) 迟滞 (仅限 MCP6023) ($V_{DD} = 2.5\text{V}$)

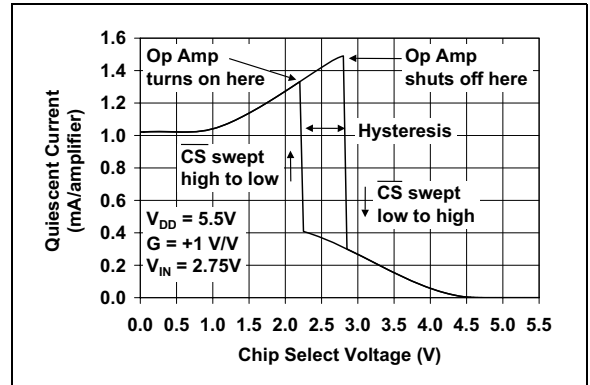


图 2-41: 片选 (\overline{CS}) 迟滞 (仅限 MCP6023) ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

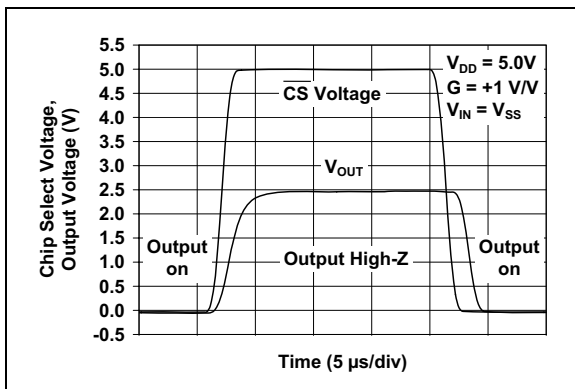


图 2-39: 片选 (\overline{CS}) 到放大器输出响应时间 (仅限 MCP6023)

MCP6021/2/3/4

3.0 应用信息

MCP6021/2/3/4 系列运算放大器是以 Microchip 先进的 CMOS 工艺生产的。它们的单位增益稳定并且广泛适用于各种通用应用中。

3.1 轨对轨输入

MCP6021/2/3/4 系列运算放大器设计为当输入引脚超出供电电压摆幅时，不显示相位反转。图 2-27 显示了当输入电压超过两个供电电压时都不出现相位反转的例子。

MCP6021/2/3/4 系列器件同时使用两个差分输入：一个工作在共模电压输入的低电平状态 (V_{CM})；另一个工作在 V_{CM} 的高电平状态。在此拓扑结构下，器件在 25°C 时工作在 V_{CM} 最大可超过每个电源输入轨 0.3V 的电压范围内 ($V_{SS} - 0.3V$ 至 $V_{DD} + 0.3V$)。只要 V_{CM} 保持在规定的 V_{CMR} 限制范围内，放大器输入就呈线性。在 $V_{CM} = V_{SS} - 0.3V$ 和 $V_{DD} + 0.3V$ 下测量输入失调电压以保证器件正常工作。

输入电压超出输入电压范围 (V_{CMR}) 会导致流入或流出输入引脚的电流过大。电流超过 ± 2 mA 将影响器件的可靠性。因此，若应用中的输入电流超出此额定值，必须通过一个外部电阻 (R_{IN}) 来限制此电流，如图 3-1 所示。

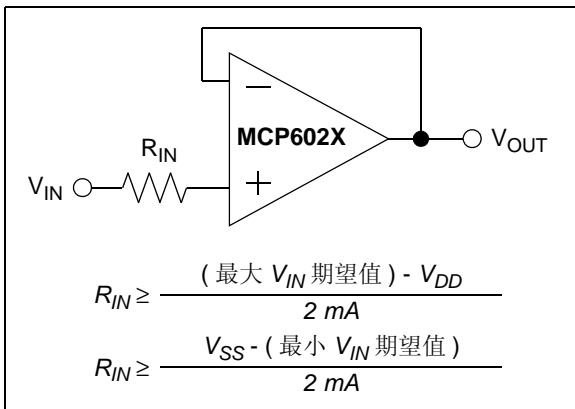


图 3-1: 通过 R_{IN} 限制电流流入输入引脚

3.2 轨到轨输出

最大输出电压摆幅是在特定输出负载条件下的最大可能摆幅。根据电气特性表，当 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 时，输出可达每个输入轨的上下 20 mV 之内。有关典型性能曲线请参见图 2-31 和图 2-34。

3.3 MCP6023 片选功能 (\overline{CS})

MCP6023 是一款带片选 (\overline{CS}) 功能的单运算放大器。当 \overline{CS} 为高电平时，供电电流低于 10 nA (典型值)，并从 \overline{CS} 引脚流到 V_{SS} 引脚，此时放大器的输出为高阻态。当 \overline{CS} 为低电平时，放大器使能。如果 \overline{CS} 引脚悬空，放大器可能无法正常工作。图 1-1 和图 2-29 显示了对一个 \overline{CS} 脉冲的输出电压和供电电流响应。

3.4 MCP6021 和 MCP6023 的参考电压

单运放 (MCP6021 和 MCP6023) 有内部连到 V_{REF} 引脚的电源电压中值参考电压 (参见图 3-2)。MCP6021 的 \overline{CS} 内部连到 V_{SS} ，这样使得运放始终保持开启状态，并提供一个等于电源电压中值的参考电压。在 MCP6023 中，将 \overline{CS} 引脚拉高可关断运放和 V_{REF} 电路以节省功耗。将 \overline{CS} 引脚拉低可开启运放和 V_{REF} 电路。

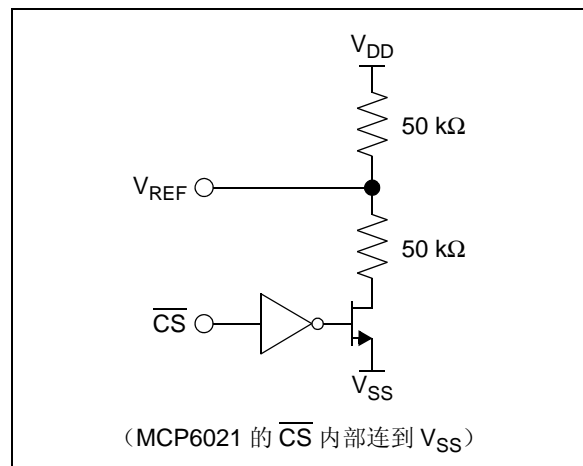


图 3-2: 简化的内部 V_{REF} 电路 (仅用于 MCP6021 和 MCP6023)

图 3-3 所示为使用电源电压中值参考电压的非反相增益电路。隔直电容 (C_B) 通过将运放的输入耦合到电源也能降低噪声。

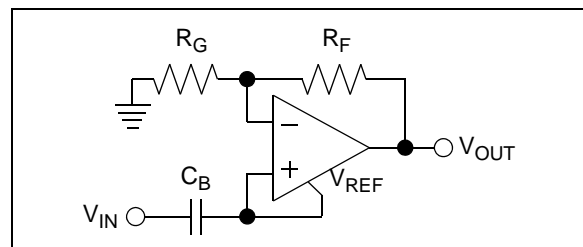


图 3-3: 使用 V_{REF} 的非反相增益电路 (仅用于 MCP6021 和 MCP6023)

为了在反相增益电路中使用电源电压中值的内部参考电压，将 V_{REF} 引脚连到非反相输入端，如图 3-4 所示。电容 C_B 有助于减小输出端的电源电压噪声。

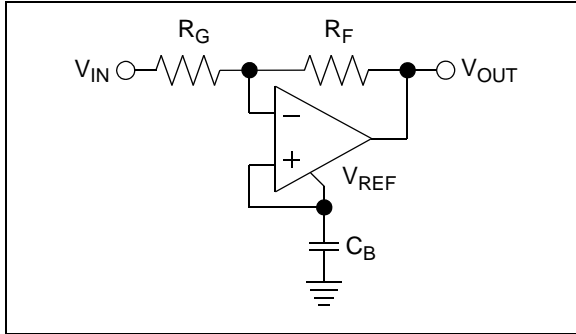


图 3-4: 使用 V_{REF} 的反相增益电路 (仅用于 MCP6021 和 MCP6023)

如果不需要使用电源电压中值的内部参考电压，将 V_{REF} 引脚悬空。

3.5 容性负载

对于电压反馈运放来说，驱动大容量容性负载会导致稳定性问题。当容性负载增大时，反馈回路的相位裕量会减小，并且闭环带宽也会变窄。这会使得频率响应产生增益尖峰，并在阶跃响应中产生过冲和振荡。

当用这些运放来驱动大容量负载（如：当 $G = +1$ 时，容性负载 $> 60 \text{ pF}$ ）时，在输出端串联一个小电阻（如图 3-5 中的 R_{ISO} ）能使输出负载在高频时呈现阻态，从而改善反馈回路的相位裕量（稳定性）。然而，其带宽一般比没有容性负载的带宽窄。

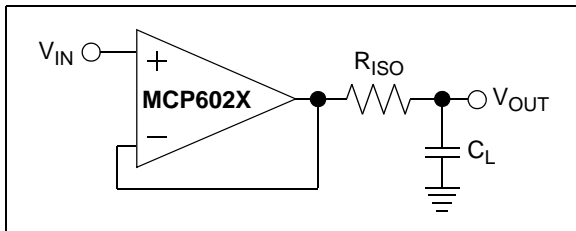


图 3-5: 输出电阻 R_{ISO} 稳定大容量容性负载

图 3-6 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。对于非反相增益， G_N 等于信号增益。而对于反相增益， G_N 为 $1+|\text{信号增益}|$ （例如：若信号增益为 -1 V/V ，则 $G_N = +2 \text{ V/V}$ ）。

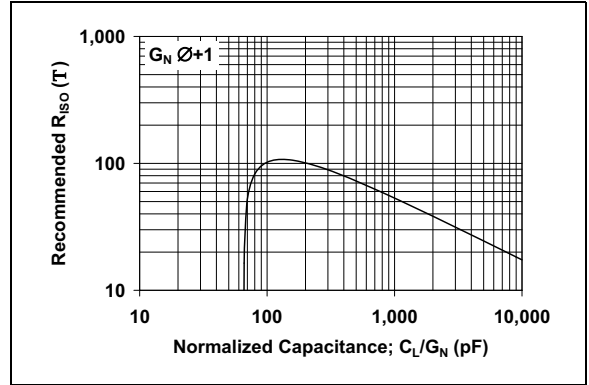


图 3-6: 容性负载的 R_{ISO} 推荐值

在电路中选定了 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。进行基准评估和利用 MCP6021/2/3/4 的 SPICE 宏模型来仿真将很有帮助。修正 R_{ISO} 的值直到有合理的响应。

3.6 电源旁路

在使用这个系列运算放大器时，电源引脚（单电源供电时的 V_{DD} ）上应该接一个旁路电容（ $0.01 \mu\text{F}$ 至 $0.1 \mu\text{F}$ ），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（ $1 \mu\text{F}$ 或更大），连接位置距电源引脚 100 mm 以内，用以提供缓慢的大电流。这个大电容可以和其他模拟元件共用。

3.7 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于电路板潮湿、积尘或其他污渍而产生的。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 的压差为 5V 会产生 5 pA 的泄漏电流，这一电流比 MCP6021/2/3/4 系列在 $+25^\circ \text{ C}$ 时的偏置电流（典型值 1 pA ）还大。

要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 3-7 所示为这种布局的一个实例。

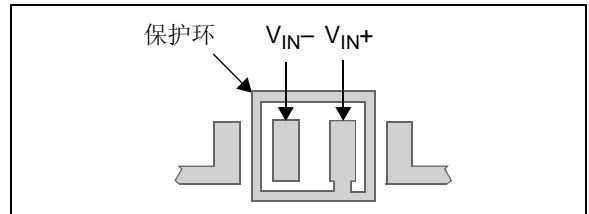


图 3-7: 保护环布局实例

MCP6021/2/3/4

1. 对于反相增益（图 3-7）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）：
 - a. 将保护环连接到非反相输入引脚（ 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。
 - b. 用一根不和 PCB 表面接触的导线将反相引脚（ V_{IN-} ）与输入端相连。
2. 非反相增益和单位增益缓冲器：
 - a. 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。
 - b. 用一根不和 PCB 表面接触的导线将非反相引脚（ V_{IN+} ）与输入端相连。

3.8 高速 PCB 设计

由于它们的高速性能，在 PCB 布局中只要更加仔细一些就能使这些运放的性能有显著的不同。良好的 PCB 布局技术有助于实现电气特性表和性能曲线图中的器件性能，同时也有助于减少电磁兼容性（Electro-Magnetic Compatibility, EMC）问题。

使用稳固的地平面并以最短的走线将旁路电容连到这个平面。这将防止电感和电容的串扰。

将数字和模拟、低速和高速、低功率和高功率电路区分开来。这样有助于减少干扰。

使敏感的走线尽量短且直。将它们与干扰元件和走线隔离。在高频（上升时间短）信号的应用中，这点尤其重要。

有时在受干扰的走线附近放置保护环有助于改善这种情况。保护环应放置在走线的两侧，并尽可能接近走线。将保护环的走线两端均连接到地平面，若走线较长则将其从中间连接到地平面。

使用同轴电缆（或低电感导线）引导 PCB 发送和接收的信号和功率。

3.9 典型应用

3.9.1 A/D 转换器驱动器和抗混叠滤波器

图 3-8 显示了一个可用作 A/D 转换器驱动器的三阶巴特沃斯滤波器。它有 20 kHz 的带宽和合理的阶跃响应。它能很好地工作在 80 ksp/s 或更大的转换速率下（它在 60 kHz 频率下有 29 dB 的衰减）。

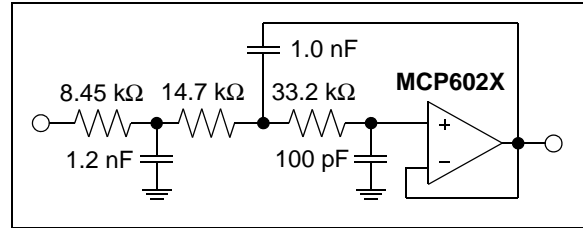


图 3-8: 截止频率为 20 kHz 的 A/D 转换器驱动器和抗混叠滤波器

这个滤波器可以通过将所有的电容乘上同一个系数来轻易地调节用于另一带宽。或者，也可将所有的电阻依另一个系数调节来改变带宽。

3.9.2 光电检测器放大器

图 3-9 显示了在光电检测器电路中用作跨导放大器的 MCP6021 运放。光电检测器看起来像一个容性电流源，因而 100 kΩ 的电阻可将输入信号增益到一个合理的电平。5.6 pF 的电容使这个电路稳定并产生一个平直的频率响应，其带宽为 370 kHz。

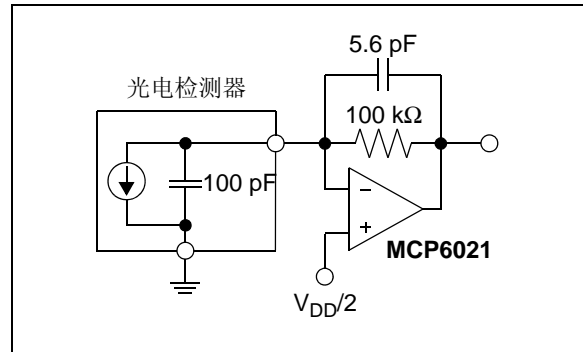


图 3-9: 用于光电检测的跨导放大器

4.0 设计工具

Microchip 为 MCP6021/2/3/4 系列运算放大器提供基本的设计工具。

4.1 SPICE 宏模型

Microchip 公司的网站 www.microchip.com 提供了最新的 MCP6021/2/4 运算放大器的 SPICE 宏模型。该模型旨在提供一个初始设计工具，它在室温条件下和运放工作在线性区内表现最佳。欲了解有关 SPICE 模型功能的信息，请参见模型文件。

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。而且，利用此宏模型得到的仿真结果应与数据手册上的技术参数和特性曲线相比较来进行验证。

4.2 FilterLab[®] 软件

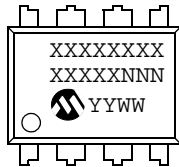
FilterLab[®] 软件是一种创新的工具软件，它简化了使用运放的模拟有源滤波器的设计。Microchip 网站 www.microchip.com 上提供了免费的 FilterLab 有源滤波器设计软件，这一软件为您提供完整的滤波器电路原理图，并注明了元件值。该工具软件还可输出 SPICE 格式的滤波器电路，结合宏模型可以仿真实际的滤波器性能。

MCP6021/2/3/4

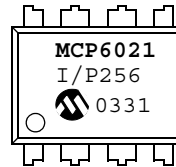
5.0 封装信息

5.1 封装标识信息

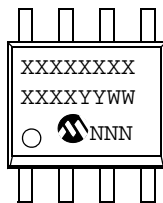
8 引脚 PDIP (300 mil)



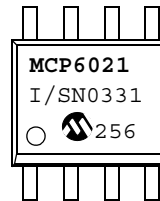
示例



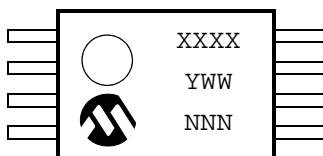
8 引脚 SOIC (150 mil)



示例



8 引脚 TSSOP



示例



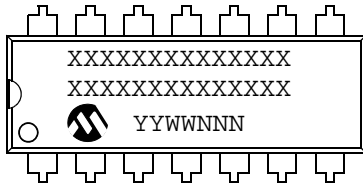
图注: XX...X 用户指定信息 *
Y 年份代码 (日历年的最后一位数字)
YY 年份代码 (日历年的最后两位数字)
WW 星期代码 (一月一日的星期代码是“01”)
NNN 以字母数字排序的追踪代码

注: Microchip 元器件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制客户指定信息的可用字符数。

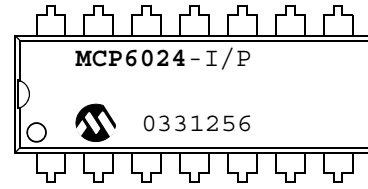
* 标准器件标识包括 Microchip 元器件标号、年份代码、星期代码和追踪代码。

封装标识信息 (续)

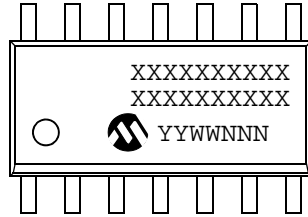
14 引脚 PDIP (300 mil) (MCP6024)



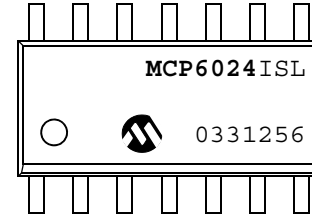
示例



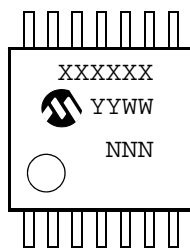
14 引脚 SOIC (150 mil) (MCP6024)



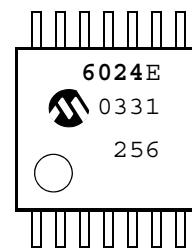
示例



14 引脚 TSSOP (MCP6024)

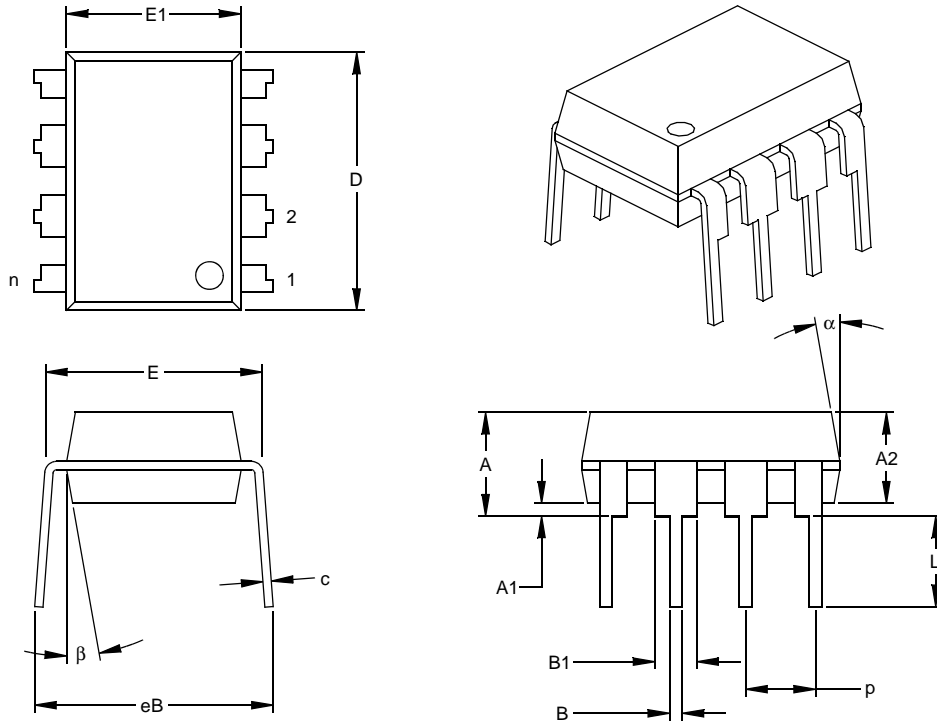


示例



MCP6021/2/3/4

8 引脚塑料双列直插式封装 (P) —— 300 mil (PDIP)



尺寸范围	单位	英寸*			毫米		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		8			8	
引脚间距	p		.100			2.54	
顶端到固定片高度	A	.140	.155	.170	3.56	3.94	4.32
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.145	2.92	3.30	3.68
塑模低端到固定片高度	A1	.015			0.38		
肩到肩宽度	E	.300	.313	.325	7.62	7.94	8.26
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.260	6.10	6.35	6.60
总长度	D	.360	.373	.385	9.14	9.46	9.78
引脚尖到固定片高度	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
引脚厚度	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
引脚上部宽度	B1	.045	.058	.070	1.14	1.46	1.78
引脚下部宽度	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
总排列距离	§ eB	.310	.370	.430	7.87	9.40	10.92
塑模顶部锥度	α	5	10	15	5	10	15
塑模底部锥度	β	5	10	15	5	10	15

* 控制参数

§ 重要特性

注

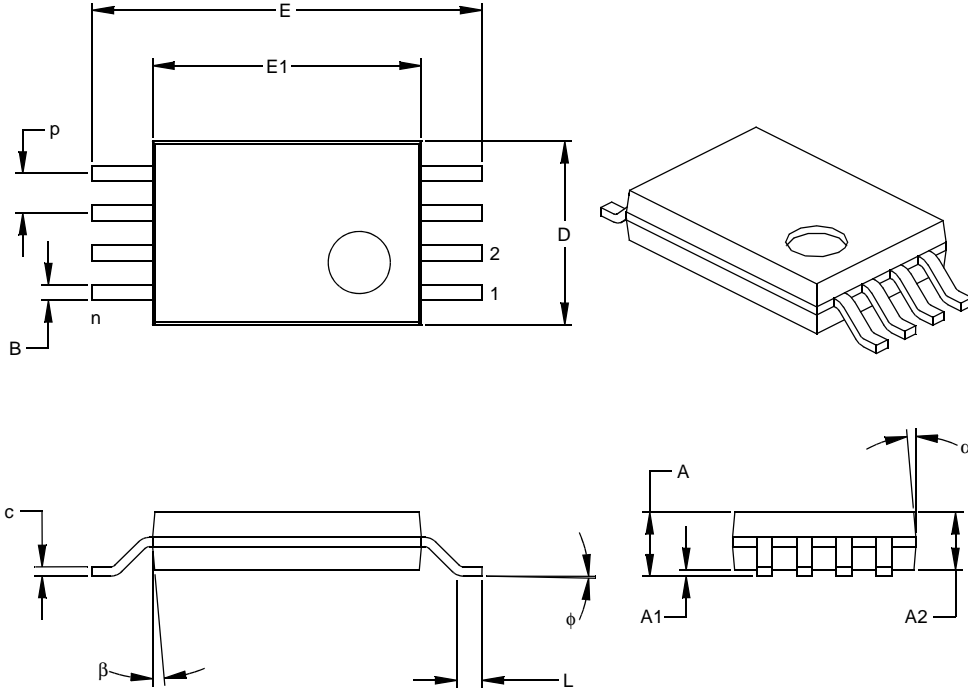
尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起, 塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010 英寸 (0.254 mm)。

同等 JEDEC 号: MS-001

图号 C04-018

MCP6021/2/3/4

8 引脚塑料小型封装 (SN) —— 窄条形, 150 mil (SOIC)



	单位	英寸			毫米 *		
		尺寸范围	最小	正常	最大	最小	正常
引脚数	n	8			8		
引脚间距	p		.026			0.65	
总高度	A			.043			1.10
塑模封装厚度	A2	.033	.035	.037	0.85	0.90	0.95
悬空间隙 §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
总宽度	E	.246	.251	.256	6.25	6.38	6.50
塑模封装宽度	E1	.169	.173	.177	4.30	4.40	4.50
塑模封装长度	D	.114	.118	.122	2.90	3.00	3.10
底足长度	L	.020	.024	.028	0.50	0.60	0.70
底足倾斜角	φ	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.007	.010	.012	0.19	0.25	0.30
塑模顶部椎度	α	0	5	10	0	5	10
塑模底部椎度	β	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

§ 重要特性

注

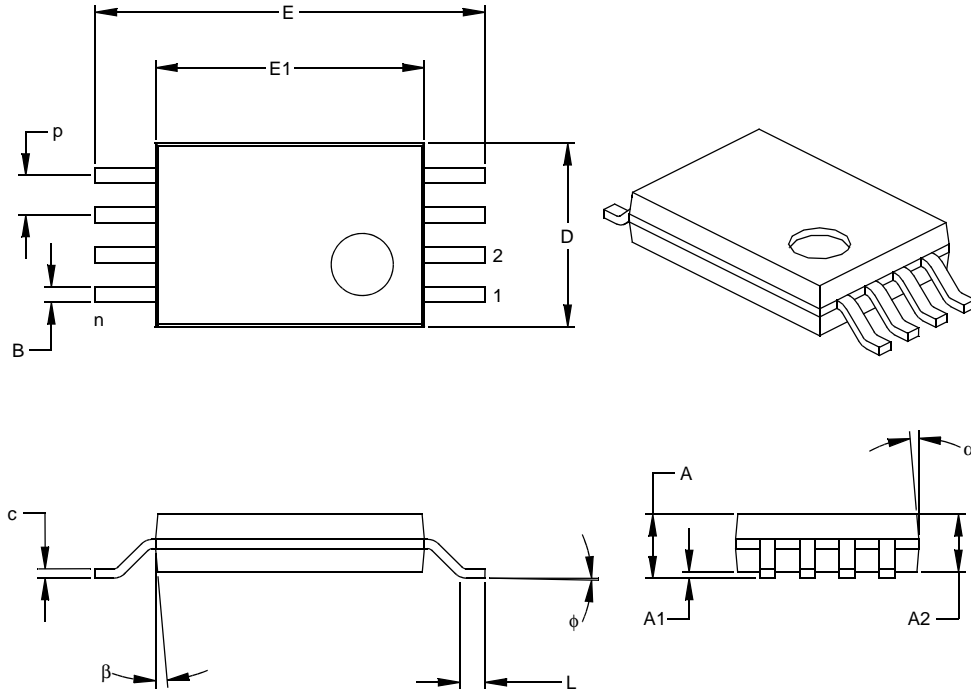
尺寸 D 和 E1 不包括塑模的毛边或突起。塑模的毛边或突起不得超过每侧 0.005" (0.127 mm)。

同等 JEDEC 号: MO-153

图号: C04-086

MCP6021/2/3/4

8 引脚塑料薄型小外形封装 (ST) —— 4.4 mm (TSSOP)



单位	尺寸范围	英寸			毫米 *		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	8			8		
引脚间距	P		.026			0.65	
总高度	A			.043			1.10
塑模封装厚度	A2	.033	.035	.037	0.85	0.90	0.95
悬空间隙 §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
总宽度	E	.246	.251	.256	6.25	6.38	6.50
塑模封装宽度	E1	.169	.173	.177	4.30	4.40	4.50
塑模封装长度	D	.114	.118	.122	2.90	3.00	3.10
底足长度	L	.020	.024	.028	0.50	0.60	0.70
底足倾斜角	φ	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.007	.010	.012	0.19	0.25	0.30
塑模顶部椎度	α	0	5	10	0	5	10
塑模底部椎度	β	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

§ 重要特征

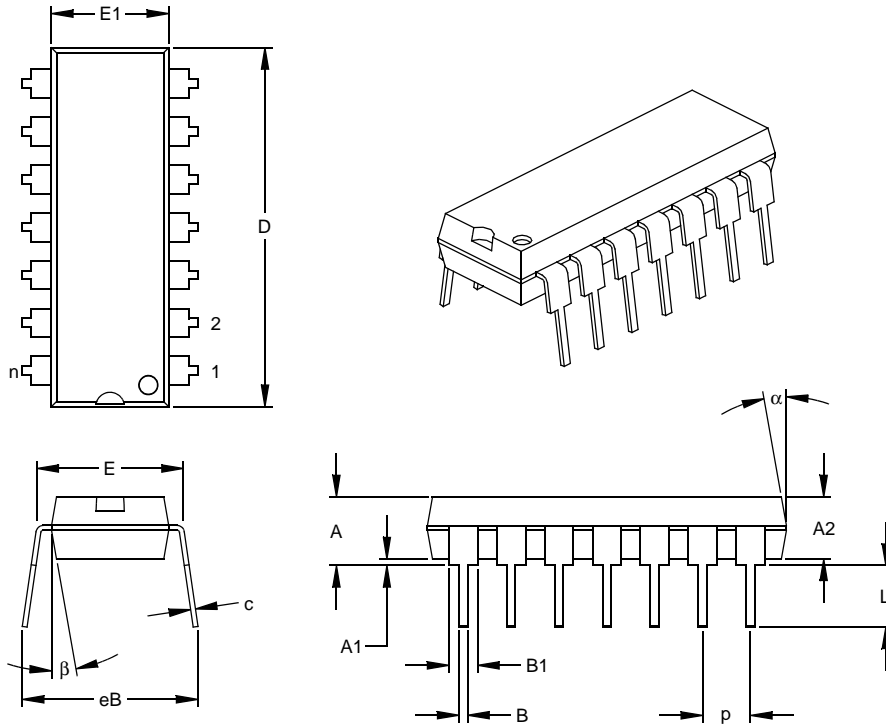
注

尺寸 D 和 E1 不包括塑模的毛边或突起。塑模的毛边或突起不得超过每侧 0.005" (0.127 mm)。

同等 JEDEC 号: MO-153

图号: C04-086

14 引脚塑料双列直插式封装 (P) —— 300 mil (PDIP)



尺寸范围	单位	英寸*			毫米		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		14			14	
引脚间距	p		.100			2.54	
顶端到固定高度	A	.140	.155	.170	3.56	3.94	4.32
塑模封装厚度	A2	.115	.130	.145	2.92	3.30	3.68
塑模低端到固定片高度	A1	.015			0.38		
肩到肩宽度	E	.300	.313	.325	7.62	7.94	8.26
塑模封装宽度	E1	.240	.250	.260	6.10	6.35	6.60
总长度	D	.740	.750	.760	18.80	19.05	19.30
引脚尖到固定片高度	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
引脚厚度	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
引脚上部宽度	B1	.045	.058	.070	1.14	1.46	1.78
引脚下部宽度	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
总排列距离 §	eB	.310	.370	.430	7.87	9.40	10.92
塑模顶部锥度	α	5	10	15	5	10	15
塑模底部锥度	β	5	10	15	5	10	15

* 控制参数

§ 重要特性

注

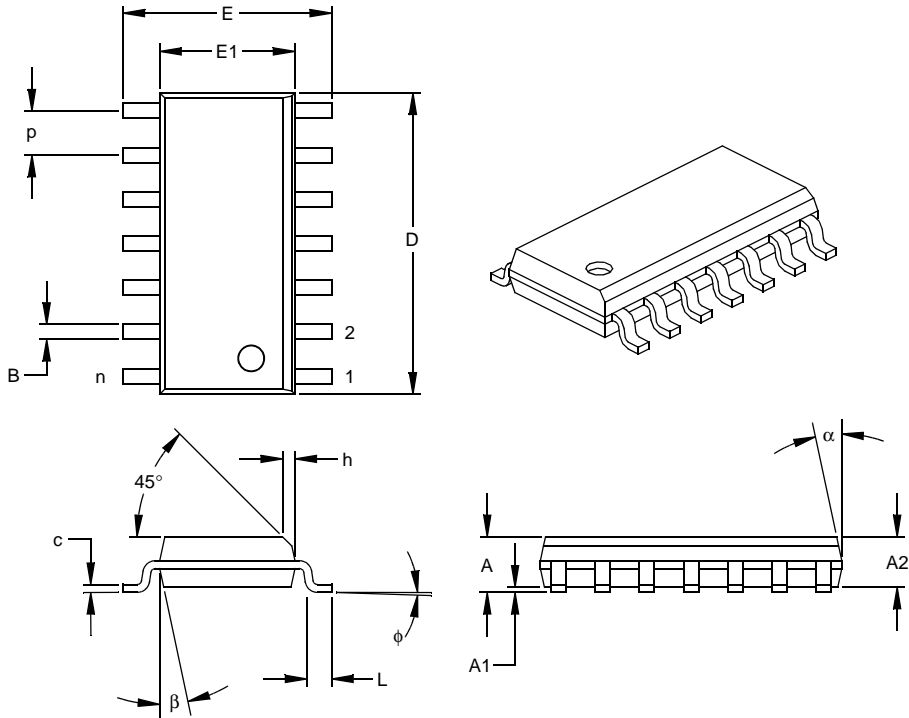
尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起，塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010 英寸 (0.254 mm)。

同等 JEDEC 号: MS-001

图号 C04-005

MCP6021/2/3/4

14 引脚塑料小型封装 (SL) —— 窄条形, 150 mil (SOIC)



尺寸范围	单位	英寸*			毫米		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		14			14	
引脚间距	p		.050			1.27	
总高度	A	.053	.061	.069	1.35	1.55	1.75
塑模封装厚度	A2	.052	.056	.061	1.32	1.42	1.55
悬空间隙 §	A1	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
总宽度	E	.228	.236	.244	5.79	5.99	6.20
塑模封装宽度	E1	.150	.154	.157	3.81	3.90	3.99
总长度	D	.337	.342	.347	8.56	8.69	8.81
斜面投影距离	h	.010	.015	.020	0.25	0.38	0.51
底角长度	L	.016	.033	.050	0.41	0.84	1.27
底角倾斜角	φ	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.008	.009	.010	0.20	0.23	0.25
引脚宽度	B	.014	.017	.020	0.36	0.42	0.51
塑模顶部锥度	α	0	12	15	0	12	15
塑模底部锥度	β	0	12	15	0	12	15

* 控制参数

§ 重要特性

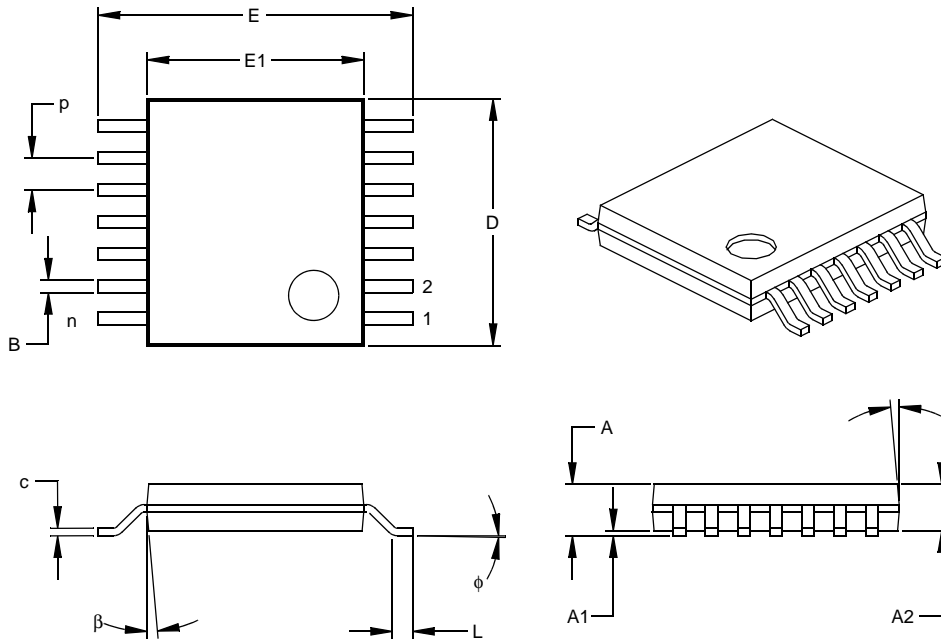
注

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起, 塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010" (0.254 mm)。

同等 JEDEC 号 MS-012

图号 C04-065

14 引脚塑料薄型小外形封装 (ST) —— 4.4 mm (TSSOP)



尺寸范围	单位	英寸			毫米*		
		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	14			14		
引脚间距	p		.026			0.65	
总高度	A			.043			1.10
塑模封装厚度	A2	.033	.035	.037	0.85	0.90	0.95
悬空间隙 §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
总宽度	E	.246	.251	.256	6.25	6.38	6.50
塑模封装宽度	E1	.169	.173	.177	4.30	4.40	4.50
塑模封装长度	D	.193	.197	.201	4.90	5.00	5.10
底足长度	L	.020	.024	.028	0.50	0.60	0.70
底足倾斜角	phi	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.007	.010	.012	0.19	0.25	0.30
塑模顶部椎度	alpha	0	5	10	0	5	10
塑模底部椎度	beta	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

§ 重要特性

注

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模毛边或突起不得超过每侧 0.005" (0.127 mm)。

同等 JEDEC 号: MO-153

图号: C04-087

MCP6021/2/3/4

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	
器件	温度范围	封装	
<p>器件：</p> <p>MCP6021 CMOS 单运放</p> <p>MCP6021T CMOS 单运放 (SOIC 和 TSSOP 的卷带式)</p> <p>MCP6022 CMOS 双运放</p> <p>MCP6022T CMOS 双运放 (SOIC 和 TSSOP 的卷带式)</p> <p>MCP6023 带 CS 功能的 CMOS 单运放</p> <p>MCP6023T 带 CS 功能的 CMOS 单运放 (SOIC 和 TSSOP 的卷带式)</p> <p>MCP6024 CMOS 四运放</p> <p>MCP6024T CMOS 四运放 (SOIC 和 TSSOP 的卷带式)</p>	<p>温度范围：</p> <p>I = -40°C 至 +85°C</p> <p>E = -40°C 至 +125°C</p>	<p>封装：</p> <p>P = 塑料 DIP (300 mil 主体)，8 引脚，14 引脚</p> <p>SN = 塑料 SOIC (150mil 主体)，8 引脚</p> <p>SL = 塑料 SOIC (150 mil 主体)，14 引脚</p> <p>ST = 塑料 TSSOP，8 引脚，14 引脚</p>	<p>示例：</p> <p>a) MCP6021-I/P: 工业级温度，PDIP 封装。</p> <p>b) MCP6021-E/P: 扩展级温度，PDIP 封装。</p> <p>c) MCP6021-E/SN: 扩展级温度，SOIC 封装。</p> <p>a) MCP6022-I/P: 工业级温度，PDIP 封装。</p> <p>b) MCP6022-E/P: 扩展级温度，PDIP 封装。</p> <p>c) MCP6022T-E/ST: 卷带式，扩展级温度，TSSOP 封装。</p> <p>a) MCP6023-I/P: 工业级温度，PDIP 封装。</p> <p>b) MCP6023-E/P: 扩展级温度，PDIP 封装。</p> <p>c) MCP6023-E/SN: 扩展级温度，SOIC 封装。</p> <p>a) MCP6024-I/SL: 工业级温度，SOIC 封装。</p> <p>b) MCP6024-E/SL: 扩展级温度，SOIC 封装。</p> <p>c) MCP6024T-E/ST: 卷带式，扩展级温度，TSSOP 封装。</p>

销售与技术支持

数据手册

初始数据手册中所述的产品可能会有一份勘误表，描述了实际运行与数据手册中记载内容之间存在的细微差异以及建议的变通方法。欲了解某一器件是否存在勘误表，请通过以下方式之一查询：

1. Microchip 网站 <http://www.microchip.com>
2. 当地 Microchip 销售办事处 (见最后一页)

在联络销售办事处时，请说明您所使用的器件型号、硅片版本和数据手册版本 (包括文献编号)。

客户通知系统

欲及时获知 Microchip 产品的最新信息，请到我公司网站 www.microchip.com 上注册。

MCP6021/2/3/4

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之中。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。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。未经 Microchip 书面批准, 不得将 Microchip 的产品用作生命维持系统中的关键组件。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗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、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AmpLab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、PICMASTER、SEEVAL、SmartSensor 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、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzyLAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、MPASM、MPLIB、MPLINK、MPSIM、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance 和 WiperLock 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。

© 2005, Microchip Technology Inc. 版权所有。

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

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于 2003 年 10 月通过了 ISO/TS-16949:2002 质量体系认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、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。

全球销售及服务中心

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
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

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
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

圣何塞 San Jose
Mountain View, CA
Tel: 1-650-215-1444
Fax: 1-650-961-0286

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

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 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

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

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

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

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

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

印度 **India - Bangalore**
Tel: 91-80-2229-0061
Fax: 91-80-2229-0062

印度 **India - New Delhi**
Tel: 91-11-5160-8631
Fax: 91-11-5160-8632

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

马来西亚 **Malaysia - Penang**
Tel: 604-646-8870
Fax: 604-646-5086

菲律宾 **Philippines - Manila**
Tel: 011-632-634-9065
Fax: 011-632-634-9069

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 - Weis**
Tel: 43-7242-2244-399
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: 34-91-352-30-52
Fax: 34-91-352-11-47

英国 **UK - Wokingham**
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820