MCP6411

具有EMI滤波功能的1 MHz运算放大器

特性：

- **低静态电流：**47 µA（典型值）
- **低输入失调电压：**
  - ±1.0 mV（最大值）
- **增强型EMI保护：**
  - 1.8 GHz下的电磁干扰抑制比（Electromagnetic Interference Rejection Ratio，EMIRR）：97 dB
- 电源电压范围：1.7V至5.5V
- 增益带宽积：1 MHz（典型值）
- 轨到轨输入/输出
- 压摆率：0.5 V/µs（典型值）
- 单位增益稳定
- 无相位反转
- 小型封装：SC70-5和SOT-23-5
- 扩展温度范围：
  - -40°C至+125°C

应用：

- 便携式医疗仪器
- 安全监视
- 电池供电系统
- 远程检测
- 电源电流检测
- 模拟有源滤波器

设计辅助工具：

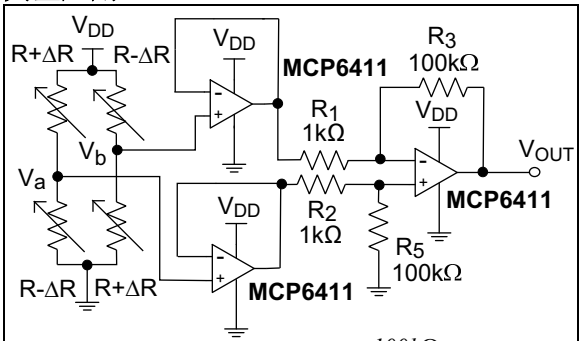
- SPICE宏模型
- FilterLab®软件
- Microchip高级器件选型器（Microchip Advanced Part Selector，MAPS）
- 模拟演示和评估板
- 应用笔记

说明：

Microchip的MCP6411运算放大器在低至1.7V的单电源电压下即可工作，同时具有较低的静态电流消耗（最大值为55 µA）。该运放还具有低输入失调电压（最大值为±1.0 mV）以及轨到轨输入和输出操作。此外，MCP6411单位增益稳定，增益带宽积为1 MHz（典型值）。这些特性完美融合，为电池供电和便携式应用提供支持。MCP6411具有增强型EMI保护功能，可最大程度地降低来自外部源的电磁干扰。这种特性使器件非常适合EMI敏感型应用，例如电力线、无线电台和移动通信。

MCP6411提供小型SC70-5和SOT-23-5两种封装。所有器件均采用先进的CMOS工艺设计，并可在-40°C到+125°C的扩展温度范围内达到额定性能。

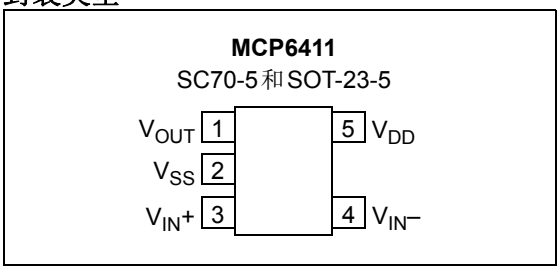
典型应用



$$V_{OUT} = (V_a - V_b) \times \frac{100k\Omega}{1k\Omega}$$

应变仪

封装类型



注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

1.0 电气特性

1.1 绝对最大值†

$V_{DD} – V_{SS}$ 6.5V
模拟输入引脚（V_{IN}+和V_{IN}-）上的电流 ..... ±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
输入引脚电流 ..... ±2 mA
输出和电源引脚电流 ..... ±30 mA
存储温度 ..... –65°C至+150°C
最高结温（T_J） ..... +150°C
所有引脚上的ESD保护（HBM； MM） ..... ≥4 kV； 400V

† 注：如果器件的工作条件超过上述“绝对最大值”，可能对器件造成永久性损坏。上述值仅代表本规范规定的极限工作条件，不代表器件在上述极限值或超出极限值的情况下仍可正常工作。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

†† 请参见**第4.1.2节“输入电压限制”**。

1.2 规范

表1-1： 直流电气规范

电气特性：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF（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}	–1.0	—	1.0	mV	V_{DD} = 3.5V； V_{CM} = V_{DD}/4
随温度变化的输入失调漂移	$\Delta V_{OS}/\Delta T_A$	—	±3.0	—	μV/°C	T_A= –40°C至+125°C，V_{CM} = V_{SS}
电源抑制比	PSRR	75	90	—	dB	V_{CM} = V_{DD}/4
输入偏置电流和阻抗						
输入偏置电流	I_B	—	±1	—	pA	
		—	20	—	pA	T_A = +85°C
		—	800	—	pA	T_A = +125°C
输入失调电流	I_{OS}	—	±1	—	pA	
共模输入阻抗	Z_{CM}	—	10^{13}||12	—	Ω||pF	
差模输入阻抗	Z_{DIFF}	—	10^{13}||12	—	Ω||pF	
共模						
共模输入电压范围	V_{CMR}	V_{SS} – 0.3	—	V_{DD} + 0.3	V	
共模抑制比	CMRR	75	90	—	dB	V_{DD} = 5.5V V_{CM} = –0.3V至5.8V
		65	85	—	dB	V_{DD} = 1.72V V_{CM} = –0.3V至2.02V

表1-1：　直流电气规范（续）

电气特性：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF（见图1-1）。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
开环增益						
直流开环增益（大信号）	A_{OL}	95	115	—	dB	0.2 < V_{OUT} < (V_{DD} –0.2V) V_{CM}= V_{DD}/4 V_{DD} = 5.5V
输出						
高电平输出电压	V_{OH}	V_{DD} – 5.5	V_{DD} – 2	—	mV	V_{DD} = 1.72V
		V_{DD} – 7	V_{DD} – 3	—	mV	V_{DD} = 5.5V
低电平输出电压	V_{OL}	—	V_{SS} + 2	V_{SS} + 5.5	mV	V_{DD} = 1.72V
		—	V_{SS} + 2.5	V_{SS} + 6.5	mV	V_{DD} = 5.5V
输出短路电流	I_{SC}	—	±6	—	mA	V_{DD} = 1.72V
		—	±22	—	mA	V_{DD} = 5.5V
电源						
电源电压	V_{DD}	1.72	—	5.5	V	
静态电流	I_Q	35	47	55	μA	I_O = 0，V_{CM} = V_{DD}/4

表1-2：　交流电气规范

电气特性：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 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	—	68	—	°	G = +1 V/V
压摆率	SR	—	0.5	—	V/μs	
噪声						
输入噪声电压	E_{ni}	—	10	—	$μV_{P-P}$	f = 0.1 Hz至10 Hz
输入噪声电压密度	e_{ni}	—	38	—	nV/√Hz	f = 1 kHz
		—	32	—	nV/√Hz	f = 10 kHz
输入噪声电流密度	i_{ni}	—	0.6	—	fA/√Hz	f = 1 kHz
电磁干扰抑制比	EMIRR	—	79	—	dB	V_{IN} = 100 mV_{PK}，400 MHz
		—	85	—		V_{IN} = 100 mV_{PK}，900 MHz
		—	89	—		V_{IN} = 100 mV_{PK}，1800 MHz
		—	94	—		V_{IN} = 100 mV_{PK}，2400 MHz

© 2018 Microchip Technology Inc.

表1-3： 温度规范

电气特性：除非另外说明，否则V_{DD} = +1.72V至+5.5V，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}	—	221	—	°C/W	

注 1： 内部结温（T_J）不得超过绝对最大规范值+150°C。

1.3 测试电路

图1-1给出了用于大多数直流和交流测试的测试电路。此电路可独立设置V_{CM}和V_{OUT}（见公式1-1）。请注意，V_{CM}不是电路的共模电压（$(V_P + V_M)/2$），并且V_{OST}包含了V_{OS}以及温度、CMRR、PSRR和A_{OL}的影响（出现输入失调误差V_{OST}时）。

公式1-1：

$$G_{DM} = R_F/R_G$$
$$V_{CM} = (V_P + V_{DD}/2)/2$$
$$V_{OST} = V_{IN-} - V_{IN+}$$
$$V_{OUT} = (V_{DD}/2) + (V_P - V_M) + V_{OST}(1 + G_{DM})$$

其中：

G_{DM} = 差模增益 （V/V）

V_{CM} = 运放的共模输入电压 （V）

V_{OST} = 运放的总输入失调电压 （mV）

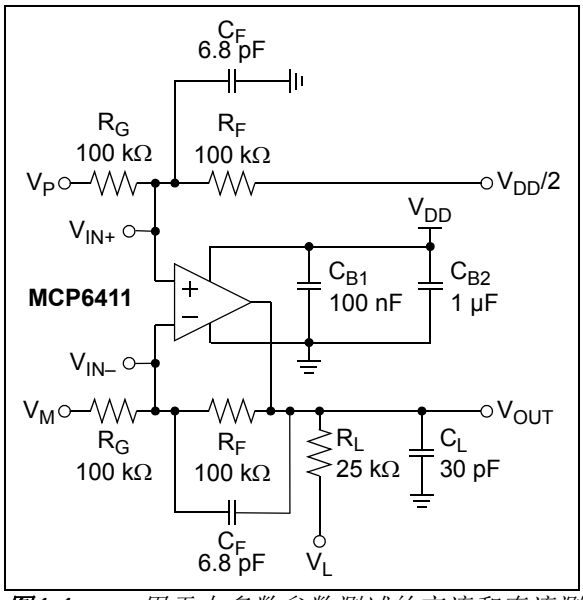


图1-1： 用于大多数参数测试的交流和直流测试电路

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

2.0 典型性能曲线

注：	以下图表为基于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，我们不做保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（例如，超出了规定的电源范围），因此不在担保范围内。

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

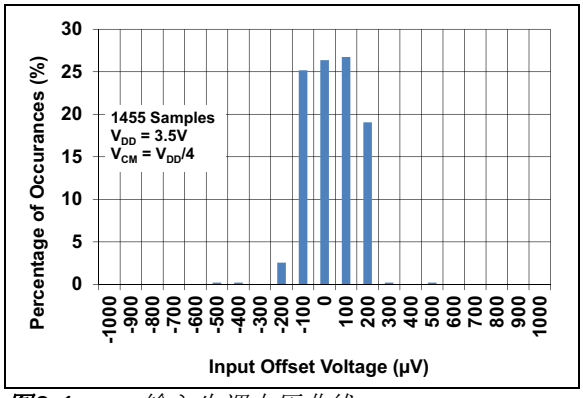


图2-1：　输入失调电压曲线

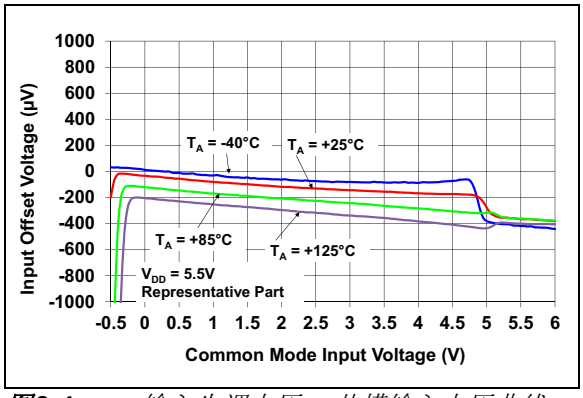


图2-4：　输入失调电压—共模输入电压曲线

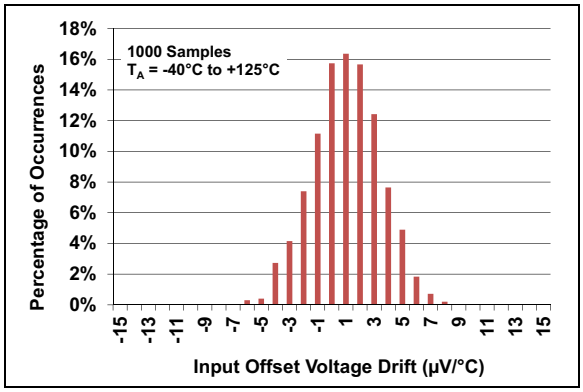


图2-2：　输入失调电压漂移曲线

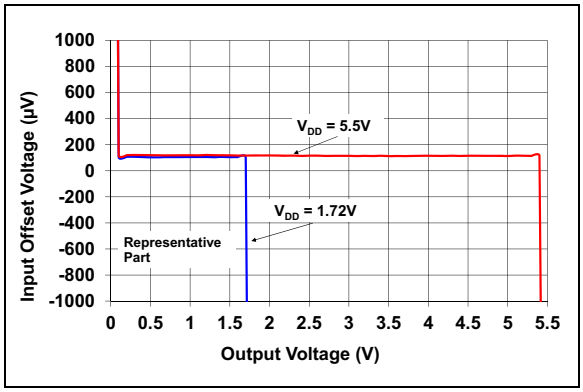


图2-5：　输入失调电压—输出电压曲线

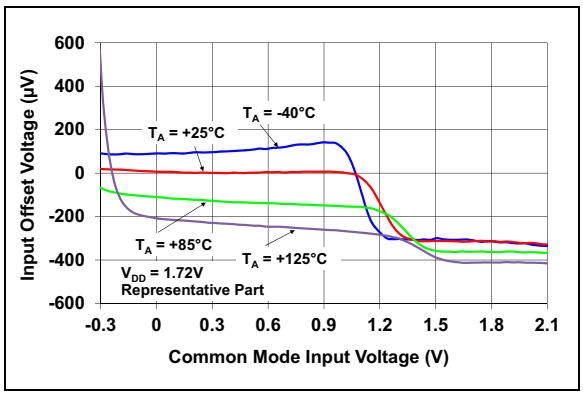


图2-3：　输入失调电压—共模输入电压曲线

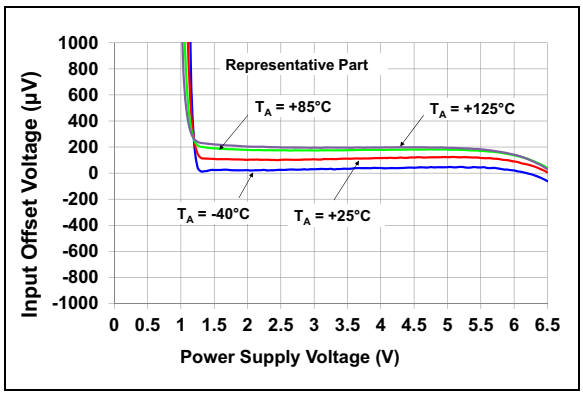


图2-6：　输入失调电压—电源电压曲线

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

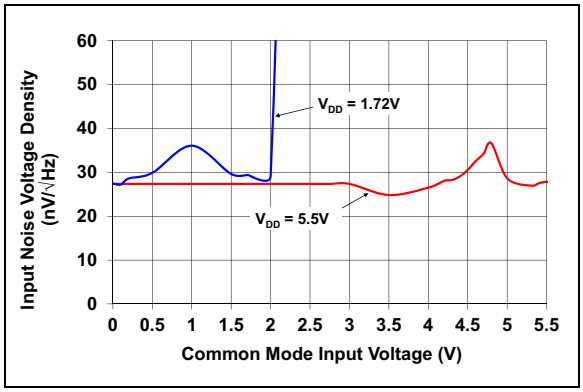


图2-7：　输入噪声电压密度—共模输入电压曲线

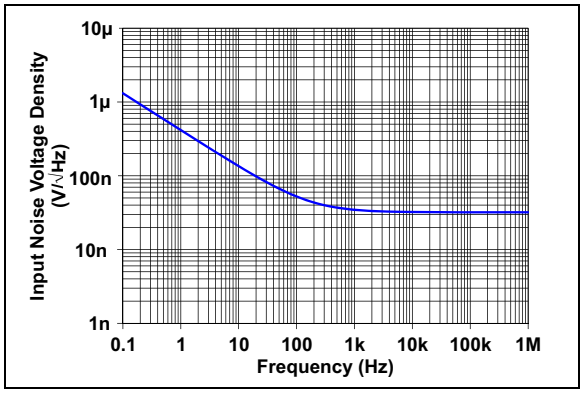


图2-8：　输入噪声电压密度—频率曲线

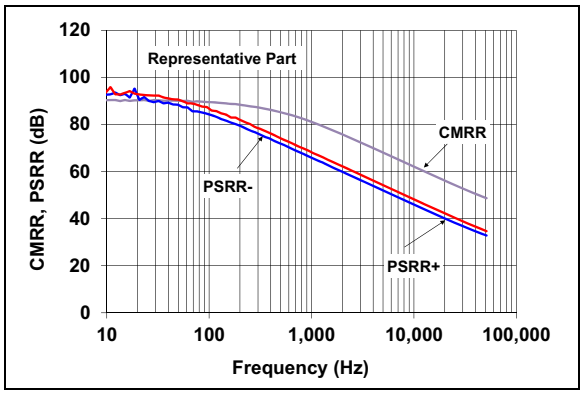


图2-9：　CMRR和PSRR—频率曲线

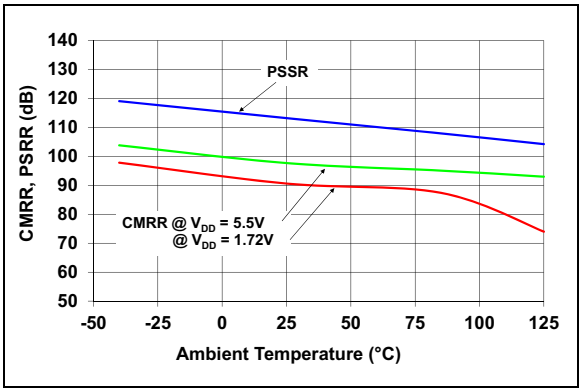


图2-10：　CMRR和PSRR—环境温度曲线

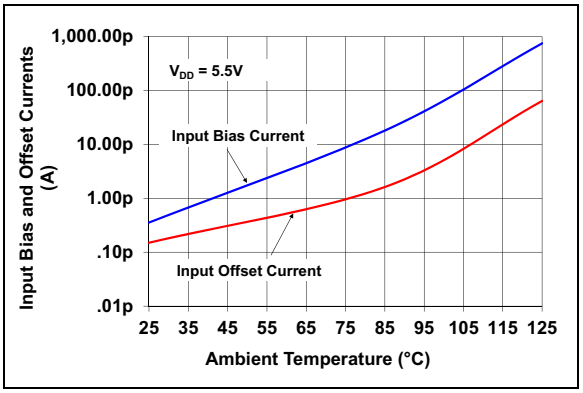


图2-11：　输入偏置和失调电流—环境温度曲线

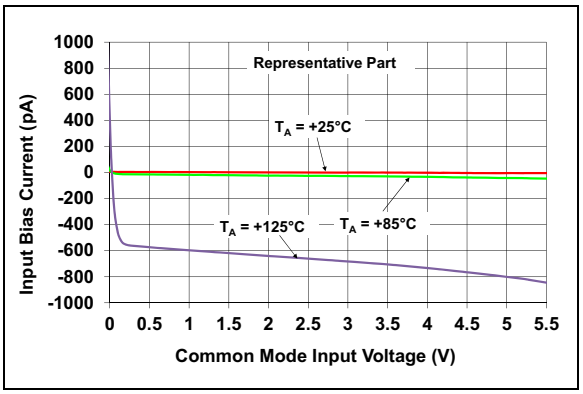


图2-12：　输入偏置电流—共模输入电压曲线

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

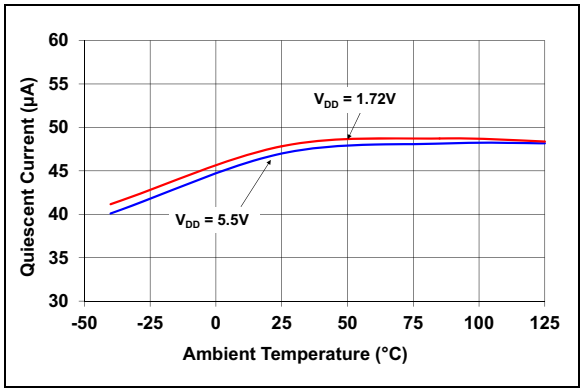


图2-13：　静态电流—环境温度曲线

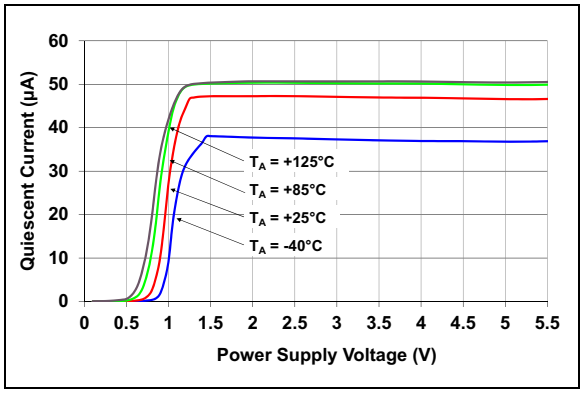


图2-14：　静态电流—电源电压曲线

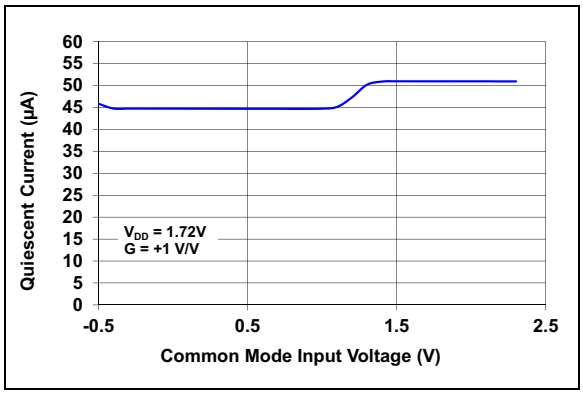


图2-15：　静态电流—共模输入电压曲线

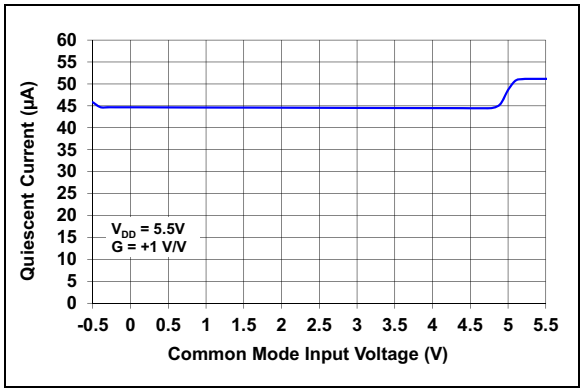


图2-16：　静态电流—共模输入电压曲线

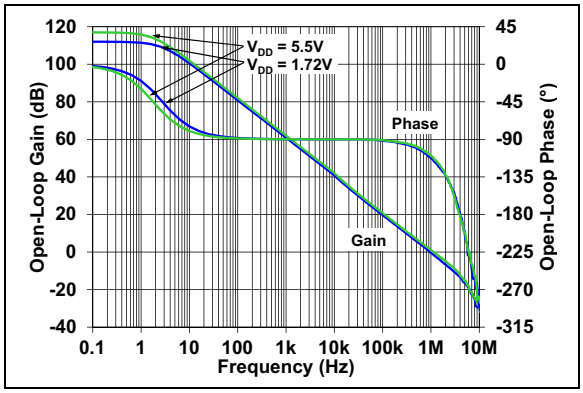


图2-17：　开环增益和相位—频率曲线

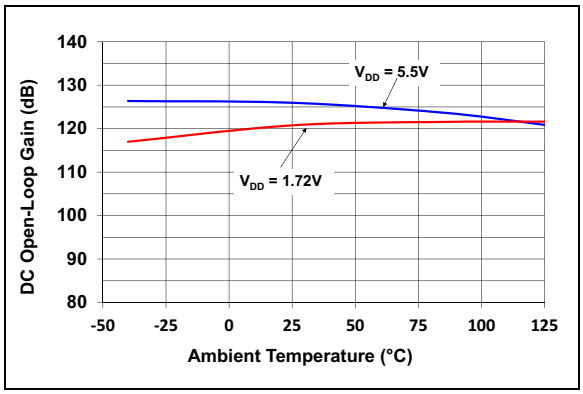


图2-18：　直流开环增益—环境温度曲线

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

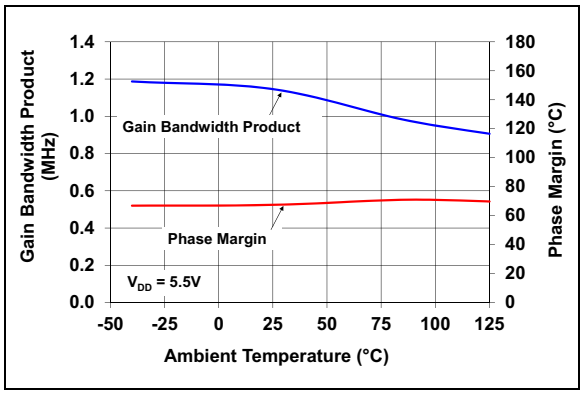


图2-19：　增益带宽积和相位裕量—环境温度曲线

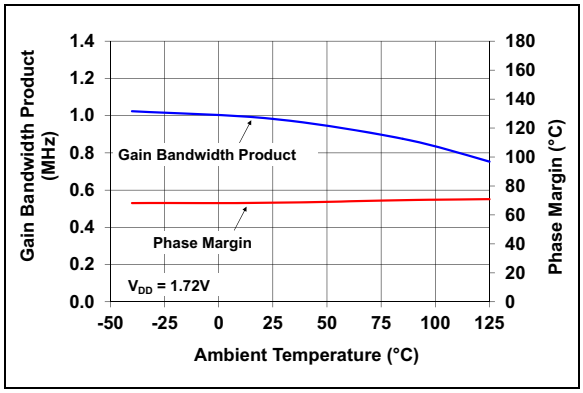


图2-20：　增益带宽积和相位裕量—环境温度曲线

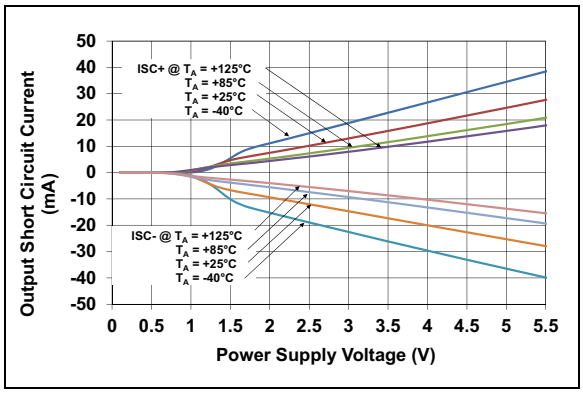


图2-21：　输出短路电流—电源电压曲线

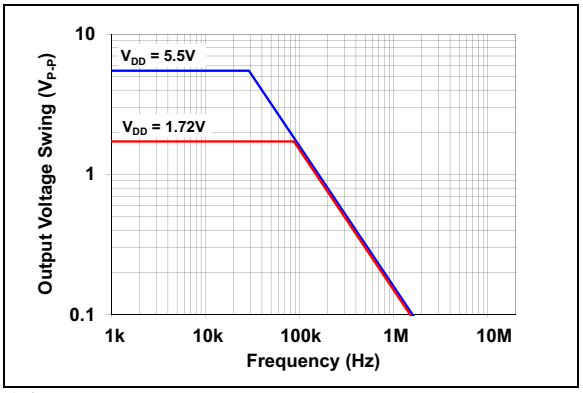


图2-22：　输出电压摆幅—频率曲线

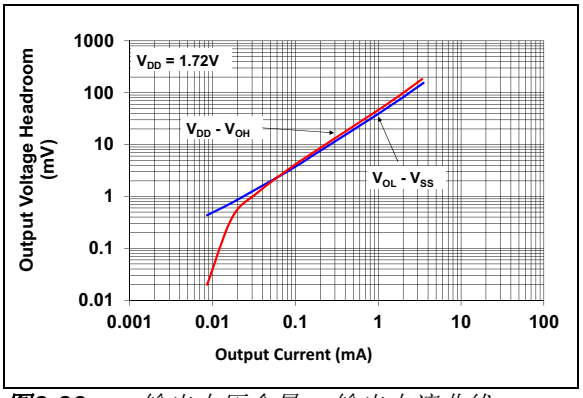


图2-23：　输出电压余量—输出电流曲线

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

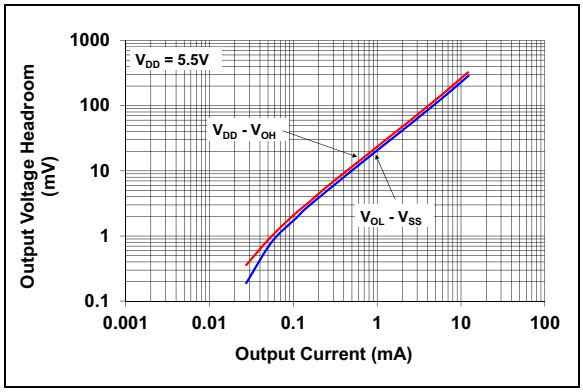


图2-24：　输出电压余量—输出电流曲线

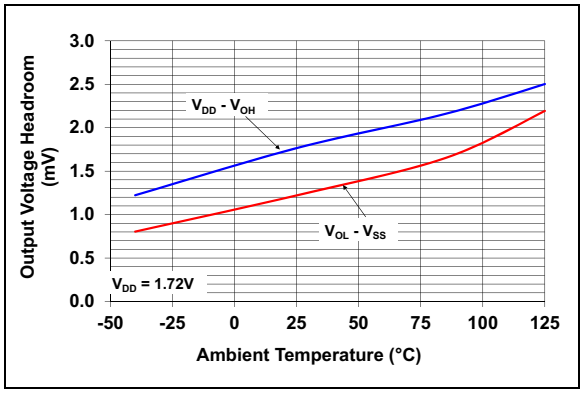


图2-25：　输出电压余量—环境温度曲线

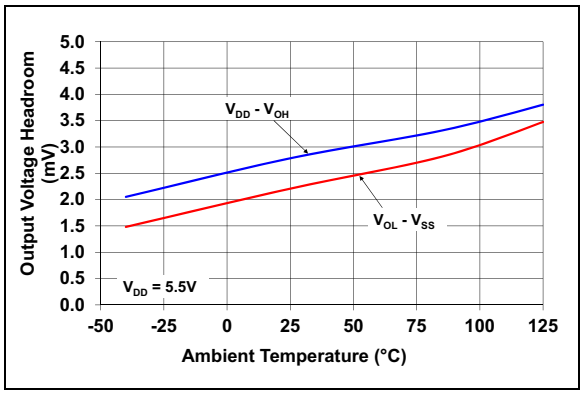


图2-26：　输出电压余量—环境温度曲线

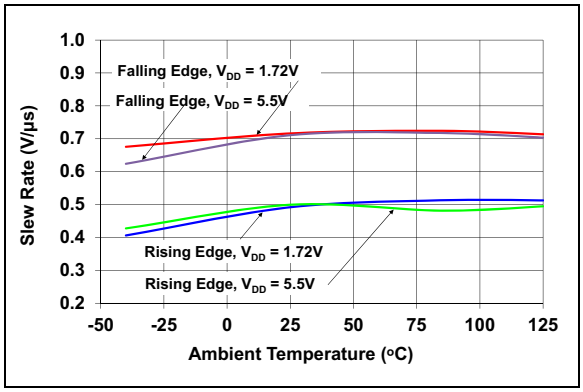


图2-27：　压摆率—环境温度曲线

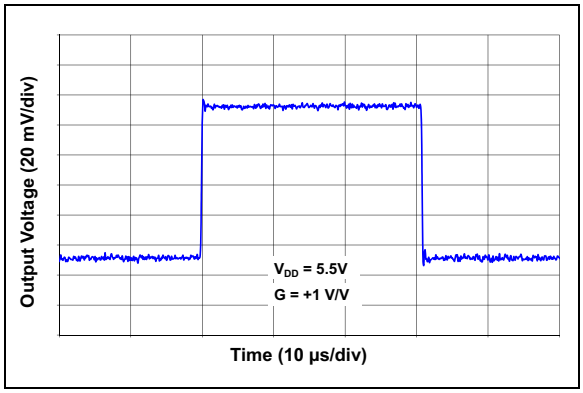


图2-28：　小信号同相脉冲响应曲线

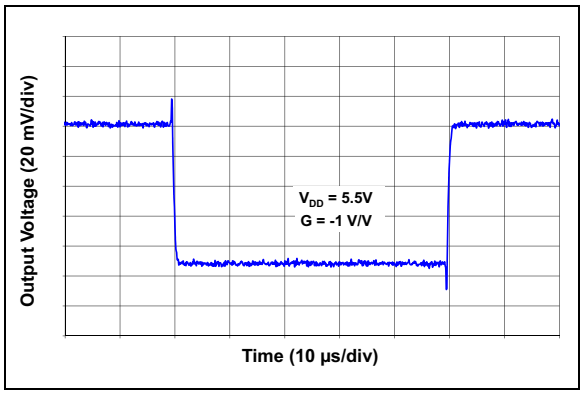


图2-29：　小信号反相脉冲响应曲线

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

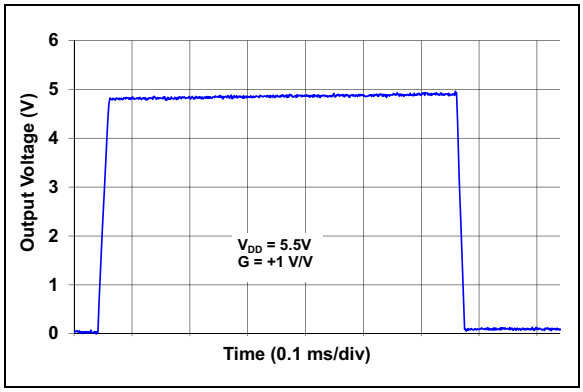


图2-30：　大信号同相脉冲响应曲线

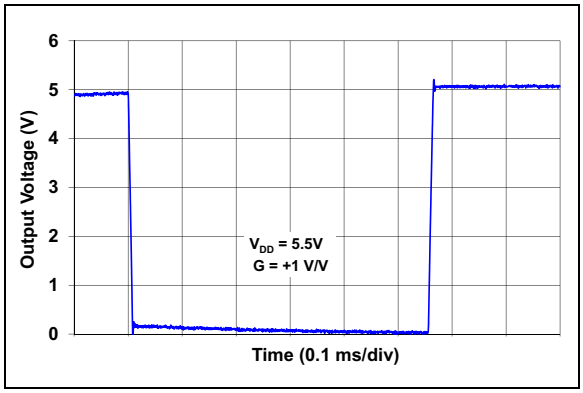


图2-31：　大信号反相脉冲响应曲线

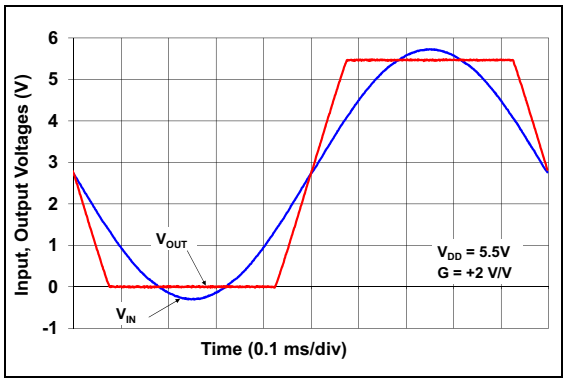


图2-32：　MCP6411 器件显示无相位反转曲线

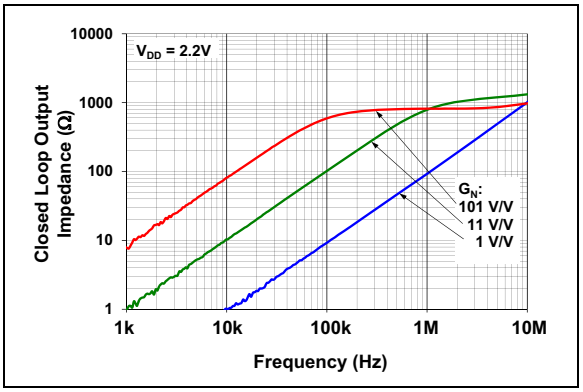


图2-33：　闭环输出阻抗— 频率曲线

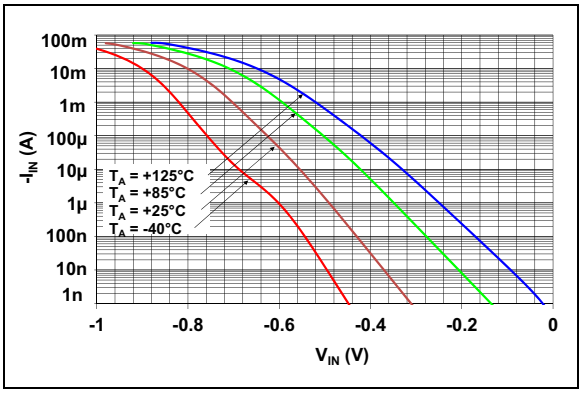


图2-34：　测量的输入电流— 输入电压（低于 V_{SS}）曲线

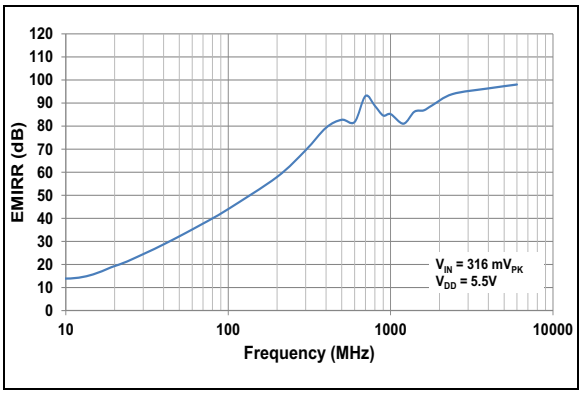


图2-35：　EMIRR — 频率曲线

© 2018 Microchip Technology Inc.

注：除非另外说明，否则T_A= +25°C，V_{DD} = +1.72V至+5.5V，V_{SS}= GND，V_{CM} = V_{DD}/3，V_{OUT} = V_{DD}/2，V_L = V_{DD}/2，R_L = 25 kΩ至V_L，C_L = 30 pF。

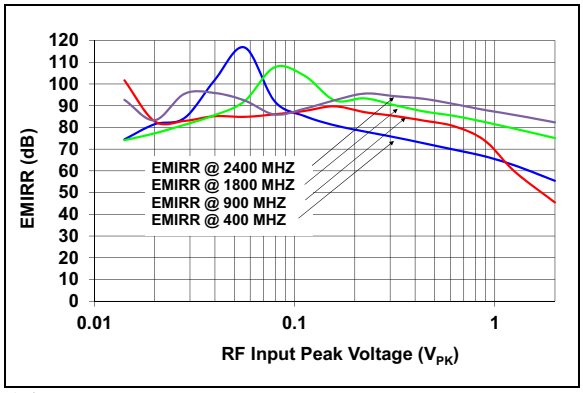


图2-36：　EMIRR—RF输入峰-峰值电压曲线

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

3.0 引脚说明

表3-1列出了引脚说明。

表3-1： 引脚功能表

MCP6411 SC70-5和 SOT-23-5	符号	说明
1	V_{OUT}	模拟输出
2	V_{SS}	负电源
3	$V_{IN}+$	同相输入
4	$V_{IN}-$	反相输入
5	V_{DD}	正电源

3.1 模拟输出

输出引脚是低阻抗电压源。

3.2 模拟输入

同相和反相输入均为低偏置电流的高阻抗CMOS输入。

3.3 电源引脚（V_{SS}和V_{DD}）

正电源引脚（V_{DD}）比负电源引脚（V_{SS}）的电压高1.72V至5.5V。正常工作时，其他引脚的电压介于V_{SS}和V_{DD}之间。

这些部件通常用于单（正）电源配置。在这种情况下，V_{SS}接地，而V_{DD}则连接到电源。V_{DD}需要旁路电容。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

4.0 应用信息

MCP6411 运放采用Microchip 最先进的CMOS 工艺制造。此运放单位增益稳定，适用于各种通用应用。

4.1 轨到轨输入

4.1.1 相位反转

MCP6411 运放设计为能够防止在输入引脚电压超过电源电压时发生相位反转。图2-32显示了输入电压超过电源电压而未发生相位反转的情况。

4.1.2 输入电压限制

为了防止损坏和/或误操作放大器，电路必须对输入引脚的电压进行限制（见**第1.1节，绝对最大值†**）。

输入端的静电放电（Electrostatic Discharge，ESD）保护如图4-1所示。选择此结构是为了保护输入晶体管免受大部分过压条件影响，以及最大程度地降低输入偏置电流（I_B）。

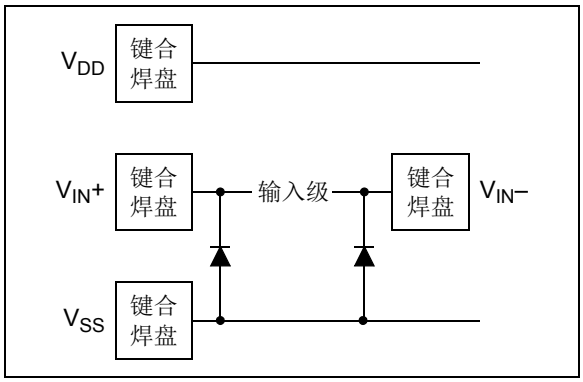


图4-1： *简化的模拟输入ESD 结构*

当输入ESD二极管尝试降到比V_{SS}低一个二极管压降以上时，将会对输入进行钳位。它们还会对远高于V_{DD}的所有电压进行钳位；其击穿电压对于正常工作来说足够高，但对于防止慢速过压（超出V_{DD}）事件来说不够低。满足规范的极快速ESD事件会受到限制，因此不会发生损坏。

在一些应用中，可能需要防止运放输入电压过大。图4-2给出了一种保护这些输入的方法。

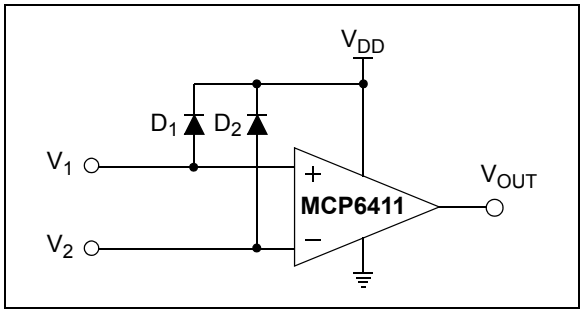


图4-2： *保护模拟输入*

当共模电压（V_{CM}）低于地电压（V_{SS}）时，将会从输入流出大量电流；请参见图2-34。

4.1.3 输入电流限制

为了防止损坏和/或误操作放大器，电路必须对流入输入引脚的电流进行限制（见**第1.1节，绝对最大值†**）。

图4-3给出了一种保护这些输入的方法。电阻R_1和R_2会限制可能流入或流出输入引脚（以及ESD二级管D_1和D_2）的电流。二极管电流将流过V_{DD}或V_{SS}。

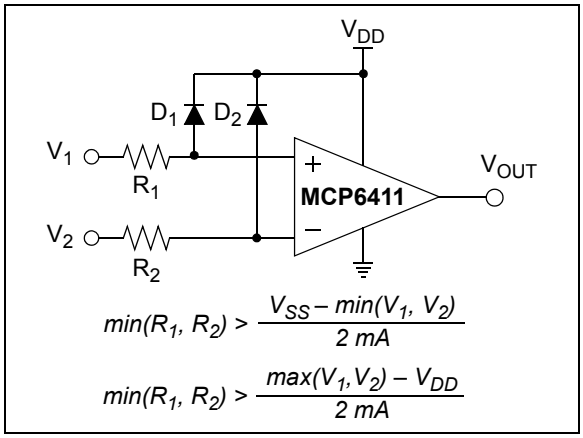


图4-3： *保护模拟输入*

4.1.4 正常工作

MCP6411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，而另一个则工作在高V_{CM}下。利用这种拓扑，器件可在V_{SS} – 300 mV至V_{DD} + 300 mV范围内的V_{CM}下工作。输入失调电压在V_{CM} = V_{SS} – 0.3V和V_{DD} + 0.3V时测量，以确保正常工作。

当V_{CM}接近V_{DD} – 0.6V时，两个输入级之间会发生转换（见图2-3和图2-4）。为了在同相增益下获得最佳的失真性能和增益线性度，应避免在此区域工作。

4.2 轨到轨输出

当R_L = 25 kΩ连接到V_{DD}/2和V_{DD} = 5.5V时，MCP6411运放的输出电压范围介于0.0025V（典型值）和5.497V（典型值）之间。更多信息，请参见图2-24和图2-26。

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。当负载电容增大时，反馈环路的相位裕度和闭环带宽都会减小。这会使频率响应产生增益尖峰，并使阶跃响应产生过冲和振铃。虽然单位增益缓冲器（G= +1 V/V）对容性负载最为敏感，但所有的增益都有同样的表现。

使用MCP6411运放驱动大容性负载（例如当G = +1 V/V时，容性负载 > 60 pF）时，在输出端串联一个小电阻（图4-5中的R_{ISO}），可使输出负载在较高频率时呈阻性，从而提高反馈环路的相位裕度（稳定性）。然而，其带宽通常会低于无容性负载时的带宽。

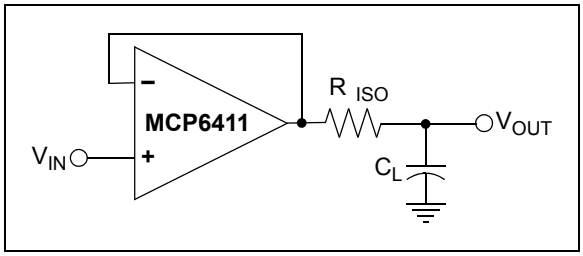


图4-4： 输出电阻R_{ISO}使大容性负载稳定

图4-5给出了不同容性负载和增益的R_{ISO}建议值。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与信号增益相等。对于反相增益，G_N为1+|信号增益|（即，-1 V/V得出G_N = +2 V/V）。

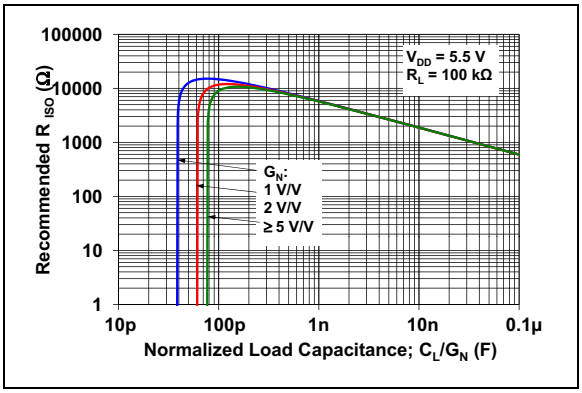


图4-5： 不同容性负载的R_{ISO}建议值

为电路选择R_{ISO}之后，请仔细检查所产生的频率响应峰值，以及阶跃响应是否存在过冲。修改R_{ISO}的值，直到产生合理的响应。

4.4 电源旁路

应在距离MCP6411运放的电源引脚（单电源时为V_{DD}）2 mm范围内连接一个本地旁路电容（即，0.01 µF至0.1 µF），以获得良好的高频性能。该运放还可在距其100 mm范围内连接一个大电容（即，1 µF或更大值），以提供缓慢变化的大电流。该大电容可以和其他模拟元件共用。

4.5 PCB表面漏电

在低输入偏置电流至关重要的应用中，需要考虑印刷电路板（Printed Circuit Board，PCB）表面漏电的影响。表面漏电由电路板潮湿、尘土或其他污染物引起。在低湿度条件下，相邻走线之间的典型阻抗为10^{12}Ω。5V的压差将产生5 pA的电流，此电流大于MCP6411在+25°C时的偏置电流（典型值为±1 pA）。

减少表面漏电的最简单方法是在敏感引脚（或走线）周围使用保护环。保护环的偏置电压与敏感引脚的电压相等。这种类型的布线示例如图4-6所示。

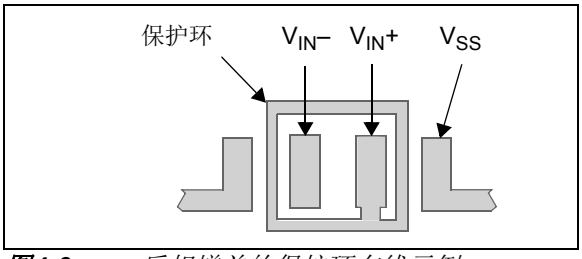


图4-6： 反相增益的保护环布线示例

© 2018 Microchip Technology Inc.

1. 同相增益和单位增益缓冲器：
   a) 使用一根不接触PCB表面的电线将同相引脚（V_{IN}+）与输入相连。
   b) 将保护环连接到反相输入引脚（V_{IN}–）。这会将保护环偏置为共模输入电压。
2. 反相增益和跨阻增益放大器（将电流转换电压，例如光电检测器）：
   a) 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的参考电压（例如V_{DD}/2或地）相同。
   b) 使用一根不接触PCB表面的电线将反相引脚（V_{IN}-）与输入相连。

4.6 电磁干扰抑制比（EMIRR）定义

电磁干扰（Electromagnetic Interference，EMI）是指因电磁感应或外部源发射的电磁辐射而影响电路的干扰。

电磁干扰抑制比（EMIRR）参数用于描述运放的EMI稳健性。此参数定量描述了RF干扰信号对运放性能的影响。与旧版器件相比，内部无源滤波器实现了更好的EMIRR。这意味着良好的PCB布局技术将有助于提高EMC性能。

EMIRR的定义如下：

公式4-1：

$$EMIRR(dB) = 20 \bullet log\left(\frac{V_{RF}}{\Delta V_{OS}}\right)$$

其中：

V_{RF} = RF干扰信号的峰值振幅（V_{PK}）

ΔV_{OS} = 输入失调电压漂移（V）

4.7 应用电路

4.7.1 一氧化碳气体传感器

一氧化碳（Carbon Monoxide，CO）气体检测器是一种用于检测一氧化碳气体浓度的设备。通常，此设备由电池供电，并且可发出声光警告。

传感器根据内部元件周围空气中CO的含量按比例降低传感器的电阻。在传感器模块上，此可变电阻属于由内部元件和电位器R_1组成的分压器的一部分。此分压器的输出馈送到MCP6411运放的同相输入。器件配置为具有单位增益的缓冲器，用于提供无负载的测试点来测试传感器灵敏度。

由于寄生电磁信号会破坏该传感器，因此MCP6411运放可用于调理该传感器。

在图4-7中，可变电阻用于校准不同环境下的传感器。

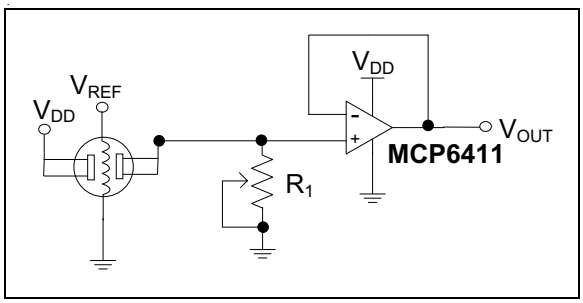


图4-7： CO 气体传感器电路

4.7.2 压力传感器放大器

MCP6411非常适合用于调理电池供电应用中的传感器信号。许多传感器配置为惠斯通电桥。应变仪和压力传感器是两个常见的示例。

图4-8给出了使用MCP6411增强型EMI保护器件实现的应变仪放大器。采用EMI稳健型运放的差分放大器用于放大惠斯通电桥的信号。两个运放均配置为缓冲器并与压力传感器的输出相连，通过电阻R1和R2来防止电桥的阻性负载。选择的电阻R_1、R_2和R_3、R_5需要具有超低容差，以匹配CMRR。

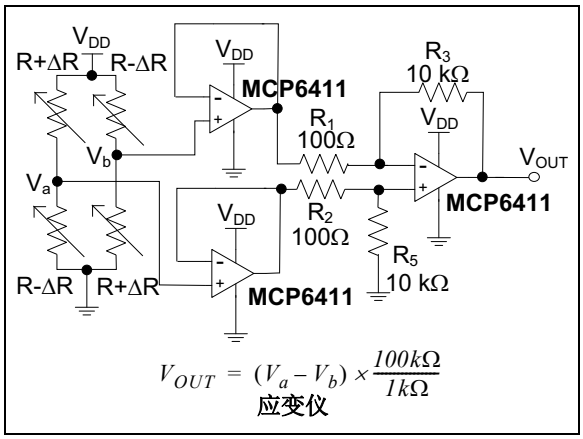


图4-8： 压力传感器放大器

4.7.3 电池电流检测

MCP6411运放的共模输入范围比两个电源轨高0.3V，支持上桥臂和下桥臂电池电流检测应用。低静态电流有助于延长电池寿命，并且轨到轨输出支持低电流检测。

图4-9给出了上桥臂电池电流传感器电路。选择10Ω电阻以最大程度降低功耗。电池电流（I_{DD}）流过10Ω电阻，导致其顶部端子电压低于其底部端子电压。这会使运放的共模输入电压保持低于V_{DD}，从而处于允许的范围内。运放的输出也将低于V_{DD}，处于其最大输出电压摆幅规范的范围内。

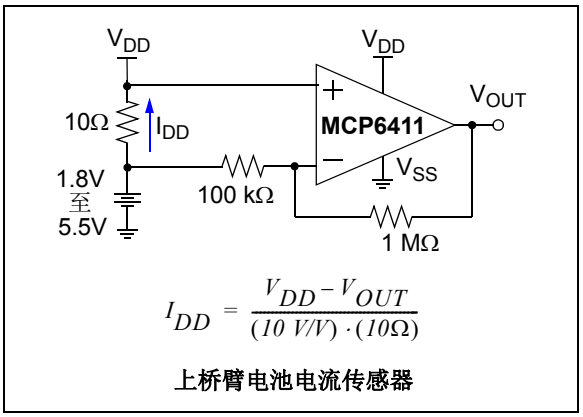


图4-9： 电池电流检测

© 2018 Microchip Technology Inc.

5.0 设计辅助工具

Microchip提供了使用MCP6411运放所需的基本设计工具。

5.1 FilterLab®软件

Microchip的FilterLab软件是一款创新型软件工具，可以简化使用运放的模拟有源滤波器设计。FilterLab设计工具在Microchip网站（www.microchip.com/filterlab）上免费提供，可提供标注元件值的滤波器电路的完整原理图。该工具软件还可以输出SPICE格式的滤波器电路，结合宏模型可以模拟实际的滤波器性能。

5.2 Microchip高级器件选型器（MAPS）

MAPS是一款软件工具，用于帮助半导体专业人员高效地确定适合特定设计需求的Microchip器件。MAPS可以从Microchip网站（www.microchip.com/ maps）免费获取，它是针对Microchip所有产品系列（包括模拟器件、存储器、MCU和DSC）的综合选型工具。使用MAPS工具，您可以定义一个筛选器，按参数搜索满足特性要求的器件，并输出并列显示的技术比较报告。此外还提供Microchip器件的数据手册、购买信息和样片申请链接。

5.3 模拟演示和评估板

Microchip提供了种类广泛的模拟演示板和评估板，用于帮助您缩短产品上市时间。关于这些电路板的完整清单、相应的用户指南以及技术信息，请访问Microchip网站：www.microchipdirect.com。

以下是一些特别实用的评估板：

- 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
- 有源滤波器演示板套件
- 5/6引脚SOT-23评估板，部件编号为VSUPEV2

5.4 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材料。

- **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
- **AN1332：**《电流检测电路概念和基础》DS01332A_CN
- **AN1494：**《用于光探测应用的MCP6491运放》，DS01494A_CN

以下设计指南中列出了这些应用笔记和其他参考材料：

- 《信号链设计指南》（DS21825G_CN）

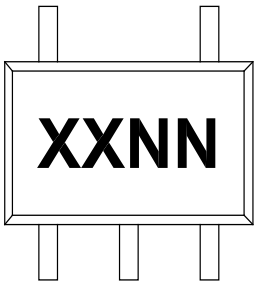
注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

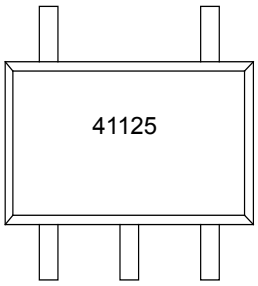
6.0 封装信息

6.1 封装标识信息

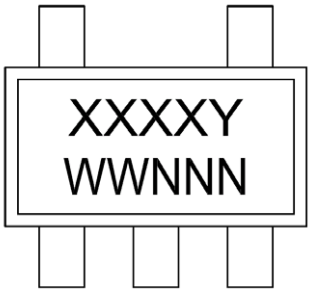
5 引脚 SC70



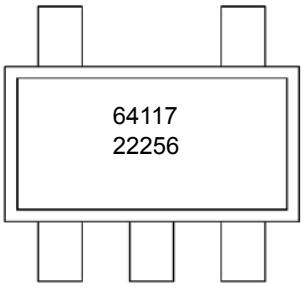
示例：



5 引脚 SOT-23



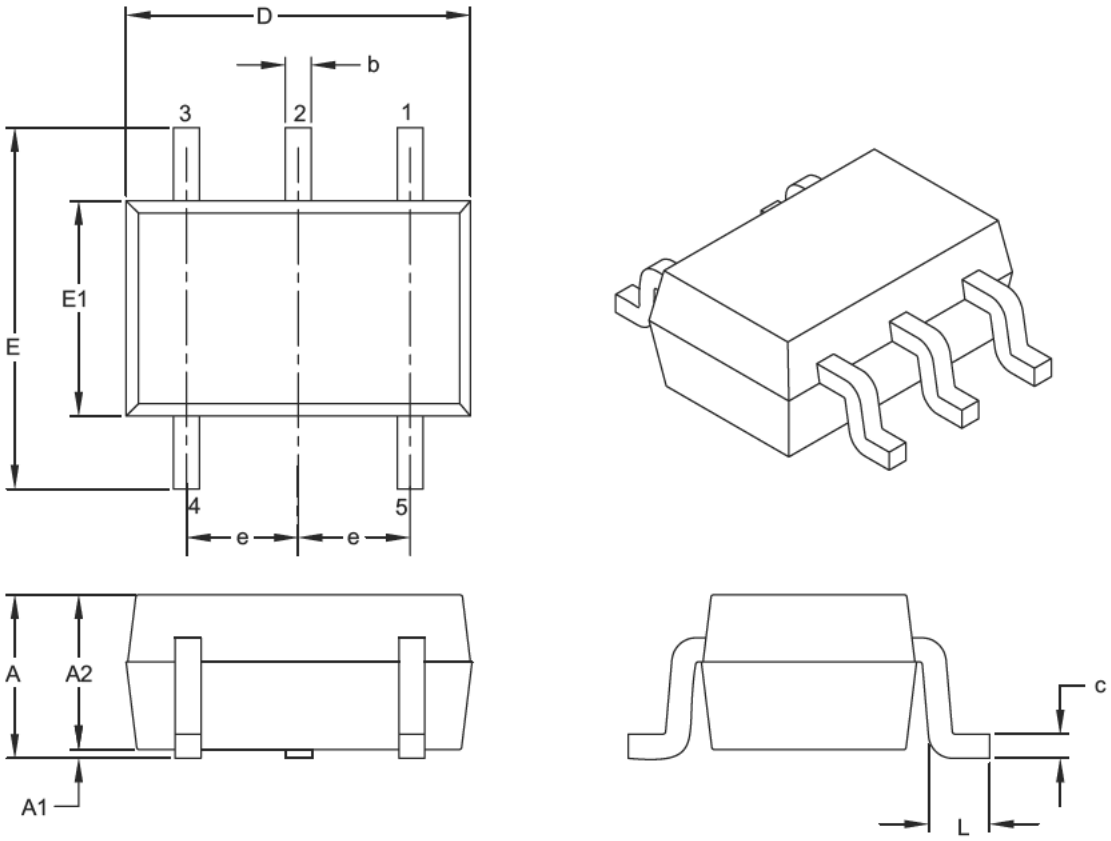
示例：



图注：	XX...X	客户指定信息
	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为“01”）
	NNN	以字母数字组成的追踪代码
	(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部件编号如果无法在同一行内完整标注，将换行标出，因此会限制表示客户指定信息的字符数。	

5引脚塑封小外形晶体管（LTY）[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:

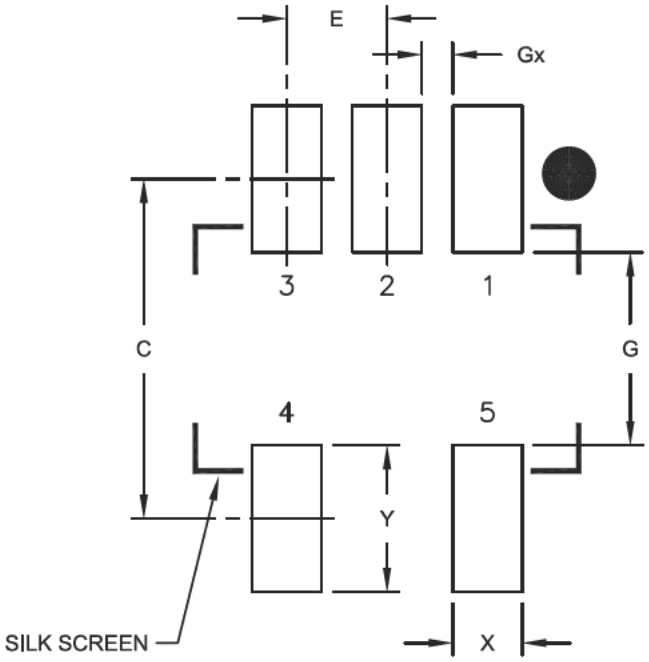
1. Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.127 mm per side.
2. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
   BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing C04 061B

© 2018 Microchip Technology Inc.

5引脚塑封小外形晶体管（LTY）[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	E	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		

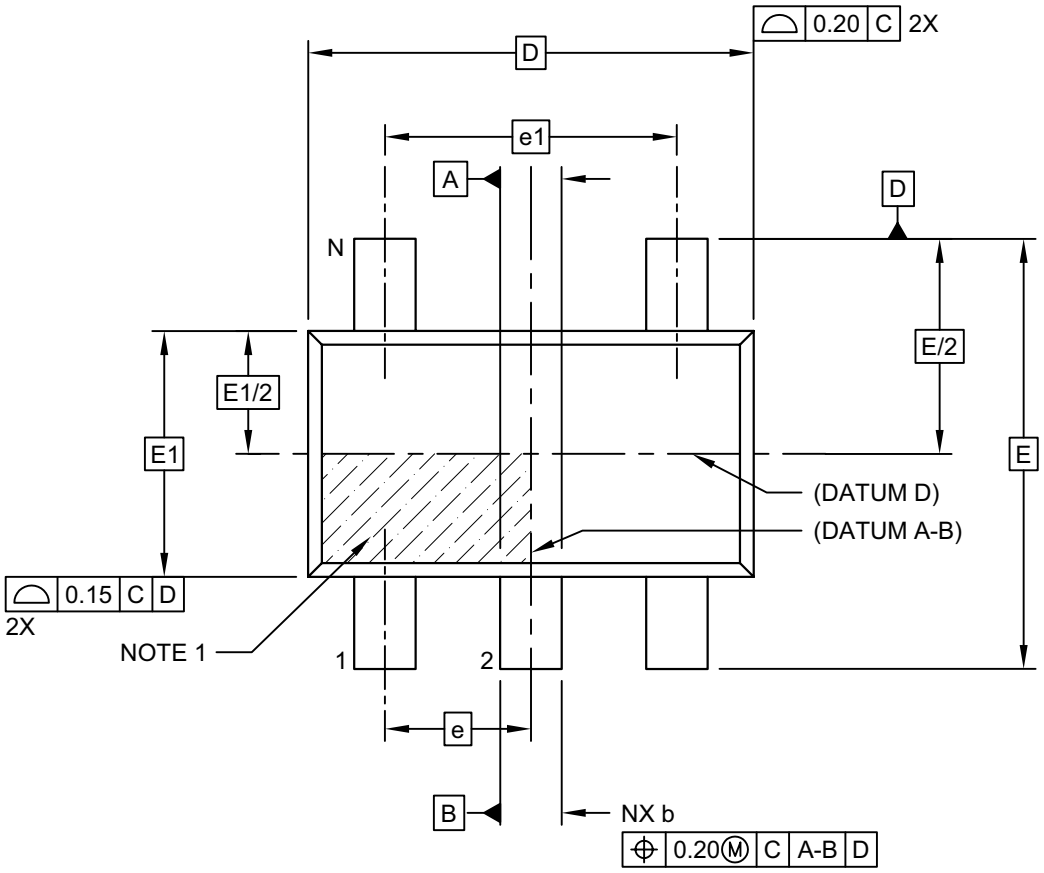
Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
   BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

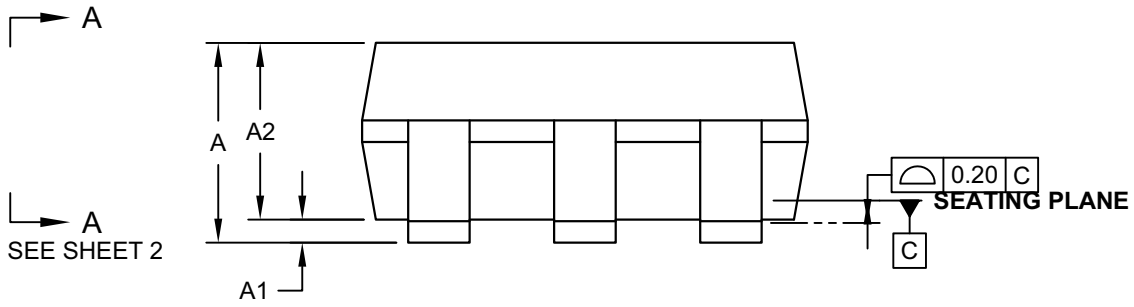
Microchip Technology Drawing No. C04-2061A

5引脚塑封小外形晶体管（OT）[SOT23]

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



TOP VIEW



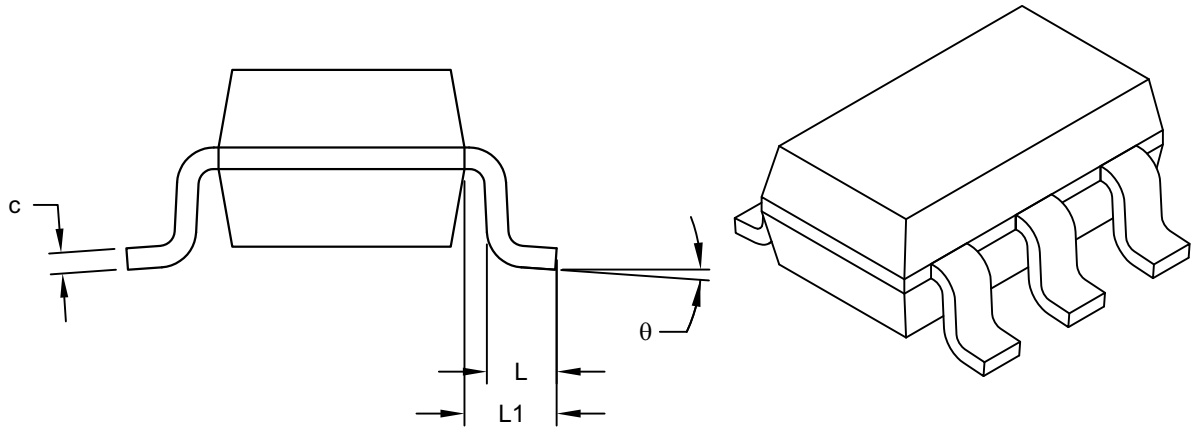
SIDE VIEW

Microchip Technology Drawing C04-028D [OT] Sheet 1 of 2

© 2018 Microchip Technology Inc.

5引脚塑封小外形晶体管（OT）[SOT23]

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



VIEW A-A
SHEET 1

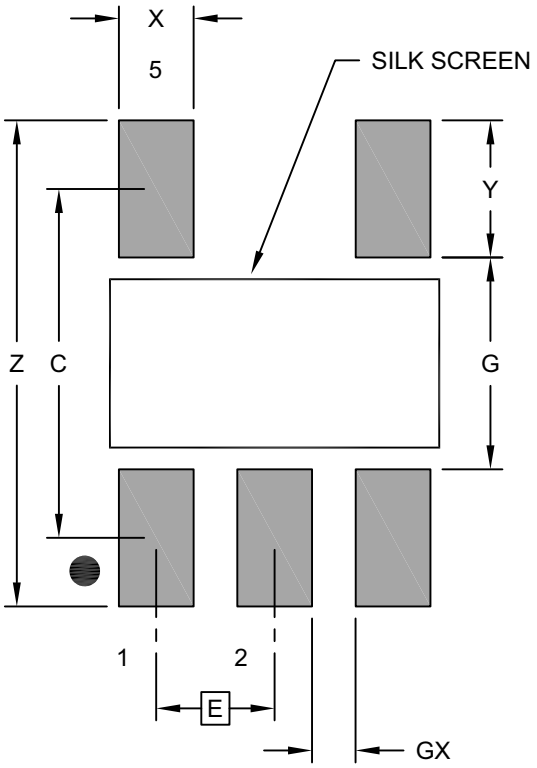
Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	6		
Pitch	e	0.95 BSC		
Outside lead pitch	e1	1.90 BSC		
Overall Height	A	0.90	-	1.45
Molded Package Thickness	A2	0.89	-	1.30
Standoff	A1	-	-	0.15
Overall Width	E	2.80 BSC		
Molded Package Width	E1	1.60 BSC		
Overall Length	D	2.90 BSC		
Foot Length	L	0.30	-	0.60
Footprint	L1	0.60 REF		
Foot Angle	ϕ	0°	-	10°
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 0.25mm per side.
2. 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 C04-091D [OT] Sheet 2 of 2

5引脚塑封小外形晶体管（OT）[SOT23]

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	0.95 BSC		
Contact Pad Spacing	C		2.80	
Contact Pad Width (X5)	X			0.60
Contact Pad Length (X5)	Y			1.10
Distance Between Pads	G	1.70		
Distance Between Pads	GX	0.35		
Overall Width	Z			3.90

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

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

Microchip Technology Drawing No. C04-2091A [OT]

© 2018 Microchip Technology Inc.

附录A： 版本历史

版本A（2017年6月）

- 本文档的初始版本。

注：

© 2018 Microchip Technology Inc.

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。

部件编号	[X](1)	-X	/XX
器件	卷带式选项	温度范围	封装

器件：	MCP6411T：	单运放（卷带式）（SC70和SOT-23）
温度范围：	E	= -40°C to +125°C（扩展级）
封装：	LTY*	= 塑料封装（SC70），5引脚
	OT	= 塑封小外形晶体管（SOT-23），5引脚
	*Y	= 镍钯金制造标识。仅TDFN封装提供。

示例：

a) MCP6411T-E/LTY： 卷带式，扩展温度，5引脚SC-70封装

b) MCP6411T-E/OT： 卷带式，扩展温度，5引脚SOT-23封装

注 1： 卷带式标识符仅出现在产品目录的部件编号描述中。该标识符用于订货目的，不会印刷在器件封装上。关于包装是否提供卷带式选项的信息，请咨询当地的Microchip销售办事处。

注：

© 2018 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。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器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。

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

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 AnyRate、 AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、 CryptoMemory、 CryptoRF、 dsPIC、 FlashFlex、 flexPWR、 Heldo、 JukeBlox、 KeeLoq、 Kleer、 LANCheck、 LINK MD、 maXStylus、 maXTouch、 MediaLB、 megaAVR、 MOST、MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PIC、 picoPower、 PICSTART、 PIC32 徽标、 Prochip Designer、 QTouch、 SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

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

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

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

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

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN：978-1-5224-3793-2

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

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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

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

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

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

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

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

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

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

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

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

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

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

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

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

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

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

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

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

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

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

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

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

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

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

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

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

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

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

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

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

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

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7288-4388

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

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

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

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

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

© 2018 Microchip Technology Inc.