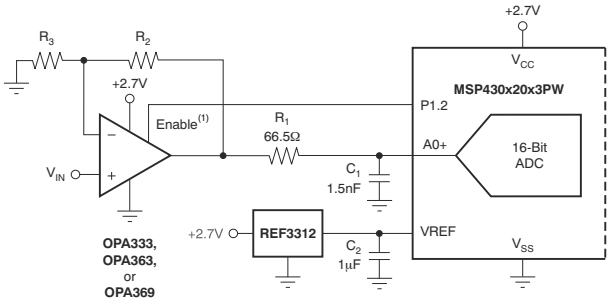
REF33xx 3.9μA、SC70-3、SOT-23-3 和 UQFN-8、30ppm/°C 漂移电压基准

1 特性

- 微型封装：SC70-3、SOT-23-3、UQFN-8
- 低电源电流：3.9 μA（典型值）
- 极低压降电压：110mV（典型值）
- 高输出电流：±5mA
- 低温漂：30ppm/°C（最大值）
- 高初始精度：±0.15%（最大值）
- 0.1Hz 至 10Hz 噪声： 35 μ V_{PP} (REF3312)
- 电压选项：1.2V、1.8V、2.5V、3V、3.3V

2 应用

- 便携式设备
- 平板电脑和智能手机
- 硬盘驱动器
- 传感器模块
- 数据采集系统
- 医疗设备
- 测试设备



单电源信号链中的 REF3312

3 说明

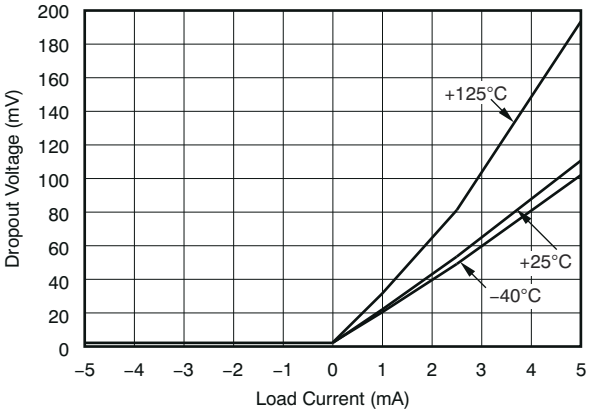
REF33xx 是一个采用微型 SC70-3 和 SOT-23-3 封装和 1.5mm× 1.5mm UQFN-8 封装的低功耗、精密低压降电压基准产品系列。REF33xx 尺寸小、功耗低（最大值为 5 μ A），非常适合用于各种便携式和电池供电类应用。

在正常负载条件下，REF33xx 可在比规定输出电压高 180mV 的电源电压下工作。但 REF3312 除外，它的最小电源电压为 1.7V。所有型号的额定宽工作温度范围均为 –40°C 至 +125°C。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
REF33xx	DBZ（SOT-23，3）	2.92mm × 2.37mm
	DCK（SC70，3）	2.00mm × 2.10mm
	RSE（UQFN，8）	1.50mm × 1.50mm

(1) 有关更多信息，请参阅 节 12。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



压降电压与负载电流间的关系

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 器件比较.....3
5 引脚配置和功能.....4
6 规格.....5
6.1 绝对最大额定值.....5
6.2 ESD 等级.....5
6.3 建议运行条件.....5
6.4 热性能信息.....5
6.5 电气特性.....6
6.6 典型特性.....8
7 参数测量信息.....11
7.1 热磁滞.....11
8 详细说明.....12
8.1 概述.....12
8.2 功能方框图.....12
8.3 特性说明.....12
8.4 器件功能模式.....13
9 应用和实施.....14
9.1 应用信息.....14
9.2 典型应用.....14
9.3 电源相关建议.....19
9.4 布局.....19
10 器件和文档支持.....21
10.1 文档支持.....21
10.2 接收文档更新通知.....21
10.3 支持资源.....21
10.4 商标.....21
10.5 静电放电警告.....21
10.6 术语表.....21
11 修订历史记录.....21
12 机械、封装和可订购信息.....22

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较

产品	说明
REF3312	1.25V
REF3318	1.8V
REF3320	2.048V
REF3325	2.5V
REF3330	3.0V
REF3333	3.3V

5 引脚配置和功能

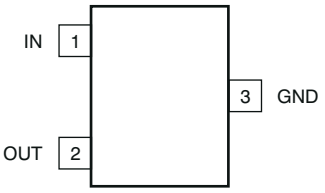


图 5-1. REF3312、REF3318、REF3320、REF3325、REF3330、REF3333DBZ 封装和 DCK 封装 SOT-23-3、SC70-3（顶视图）

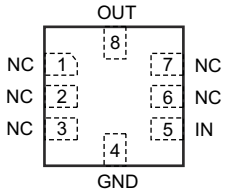


图 5-2. REF3312、REF3318、REF3320、REF3325、REF3330、REF3333RSE 封装 UQFN-8（顶视图）

表 5-1. 引脚功能

引脚			说明
名称	DBZ、DCK	RSE	
GND	3	4	接地
IN	1	5	输入电源电压
NC	—	1、2、3、6、7	未连接
OUT	2	8	输出电压

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）。[(1)]

		最小值	最大值	单位
电压	输入电压		7.5	V
	输出电压		5	
电流	输出短路，I_{SC} [(2)]		180	mA
温度	工作	-50	150	°C
	结温，T_J		150	
	贮存温度，T_{stg}	-65	150	

(1) 超出*绝对最大额定值*范围操作可能会导致器件永久损坏。*绝对最大额定值* 并不表示器件在这些条件下或在*建议的工作条件* 以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出*建议运行条件*但在*绝对最大额定值*范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 请参阅此数据表的*电源相关建议*部分。

6.2 ESD 等级

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001[(1)]	±4000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101[(2)]	±1000	
	机器模型 (MM)	±200	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）。

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{IN}	电源输入电压[(1)]	V_{OUT} + 0.2		5.5	V
I_{OUT}	输出电流范围	-5		5	mA

(1) REF3312 的最低电源电压为 1.7V。

6.4 热性能信息

热指标[(1)]		REF33xx		REF3325、REF3330	单位
		DCK (SC70)	DBZ (SOT-23)	RSE (UQFN)	
		3 引脚	3 引脚	8 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	279.7	313.1	61.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	136.3	144.0	32.6	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	56.9	109.3	16.0	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	11.0	18.2	1.3	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	56.1	107.9	16.0	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	不适用	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标* 应用手册。

6.5 电气特性

T_A = 25°C，V_{IN} = 5V，且 I_{LOAD} = 0mA（除非另有说明）。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
REF3312 (1.25V)						
V_{OUT}	输出电压			1.25		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		35		μV_{PP}
REF3318 (1.8V)						
V_{OUT}	输出电压			1.8		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		50		μV_{PP}
REF3320 (2.048V)						
V_{OUT}	输出电压			2.048		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		55		μV_{PP}
REF3325 (2.5V)						
V_{OUT}	输出电压			2.5		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		70		μV_{PP}
REF3330 (3.0V)						
V_{OUT}	输出电压			3.0		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		84		μV_{PP}
REF3333 (3.3V)						
V_{OUT}	输出电压			3.3		V
	初始精度		-0.15%		0.15%	
	输出电压噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		92		μV_{PP}
REF33xx（REF3312、REF3320、REF3325、REF3330、REF3333、REF3340）						
dV_{OUT}/dT	输出电压温漂	-40°C 至 85°C		9	30	ppm/°C
		-40°C 至 125°C		8	30	
$\Delta V_{O(\Delta VI)}$	线路调整率	V_{IN} = V_{OUT} + 200mV 至 5.5V(1)	-50	6	50	ppm/V
		0°C 至 +70°C		6		
		-40°C 至 85°C		8		
		-40°C 至 125°C		30		
$\Delta V_{O(\Delta IL)}$	负载调整率	V_{IN} = V_{OUT} + 200mV(1)	-50	6	50	ppm/mA
		I_{LOAD} = ±5mA，0°C 至 70°C		10		
		-40°C 至 85°C		20		
		-40°C 至 125°C		20		
	长期稳定性(3)	25℃ 时为 0h 至 1000h		55		ppm
dT	热滞后(2)			90		ppm

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

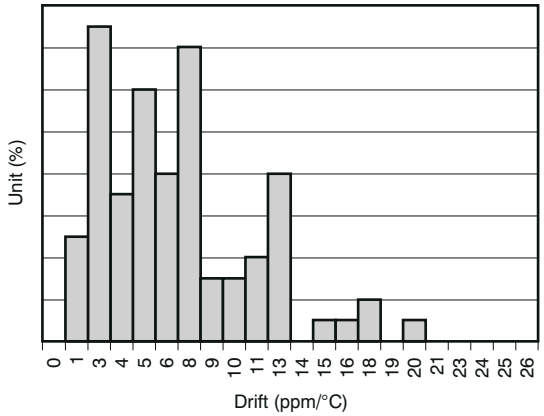
T_A = 25°C，V_{IN} = 5V，且 I_{LOAD} = 0mA（除非另有说明）。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN} - V_{OUT}	最小压降电压(1)	I_{LOAD} = ±5mA		110	160	mV
		0°C 至 70°C		120		
		-40°C 至 85°C		135		
		-40°C 至 125°C		180		
		I_{LOAD} = ±2mA，–40°C 至 85°C			70	
I_{SC}	短路电流	拉电流和灌电流		35		mA
	容性负载		0.1		10	µF
	导通趋稳时间	至 0.1%，C_L = 1µF		2		ms
电源						
V_S	额定电压范围		V_{OUT} + 0.2(1)		5.5	V
	工作电压范围	I_{LOAD} = 0mA		V_{OUT} + 0.005	5.5	V
I_Q	电流			3.9	5	µA
		-40°C 至 85°C		4.4	6.5	
		-40°C 至 125°C		4.8	8.5	
温度						
T_A	指定的范围		-40		125	°C
	工作温度范围		-50		150	

(1) REF3312 的最低电源电压为 1.7V。
(2) 有关热磁滞测量过程的更详细信息，请参阅热磁滞部分。
(3) 长期稳定性数值随着时间增加而减小。

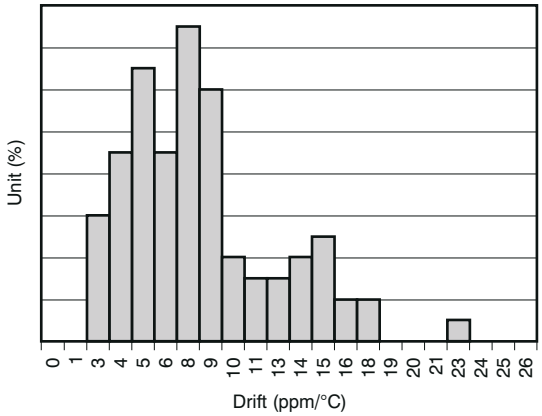
6.6 典型特性

T_A = 25°C 且 V_{IN} = 5V，使用 REF3325 测量典型特性（除非另有说明）。



0°C 至 70°C

图 6-1. 温漂



-40°C 至 125°C

图 6-2. 温漂

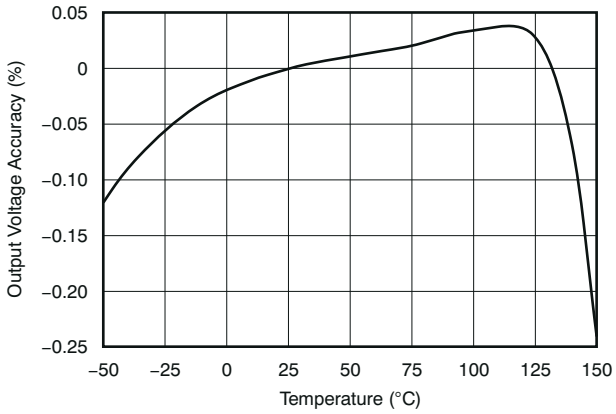


图 6-3. 输出电压精度与温度间的关系

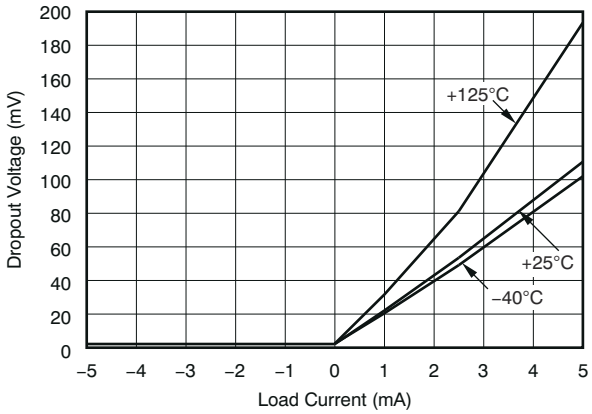


图 6-4. 压降电压与负载电流间的关系

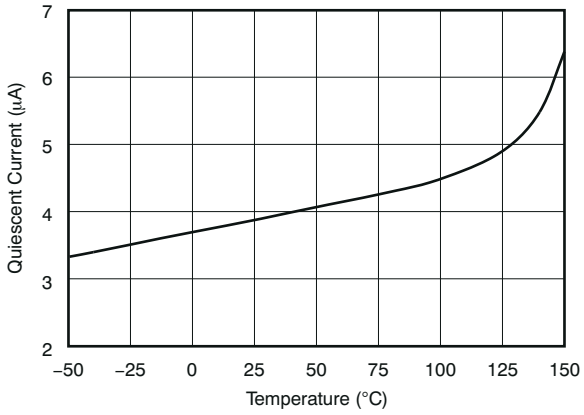


图 6-5. 静态电流与温度间的关系

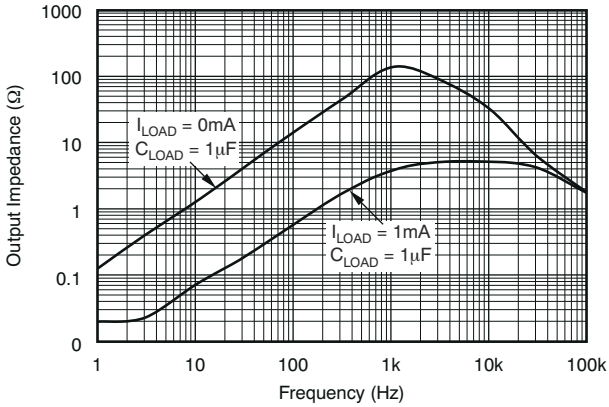


图 6-6. 输出阻抗与频率间的关系

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6.6 典型特性（续）

T_A = 25°C 且 V_{IN} = 5V，使用 REF3325 测量典型特性（除非另有说明）。

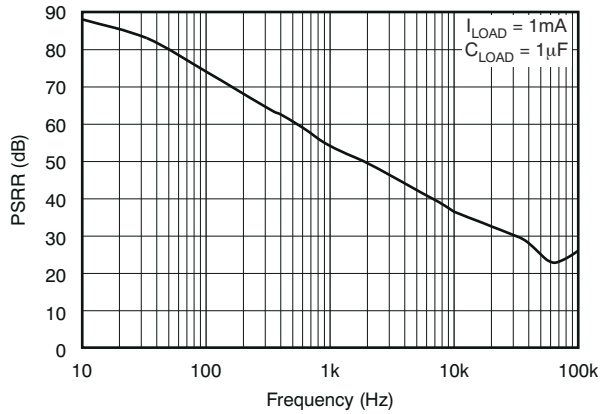


图 6-7. 电源抑制比与频率间的关系

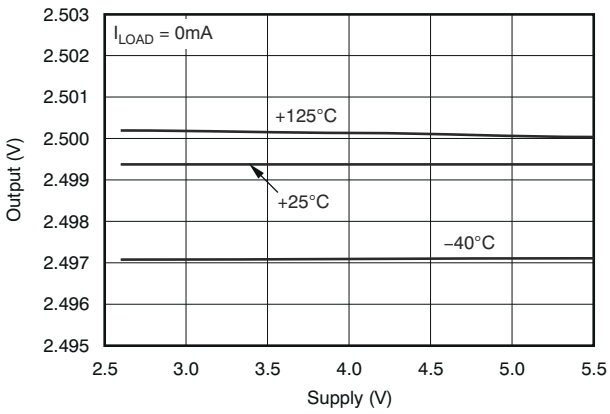


图 6-8. 输出与电源间的关系

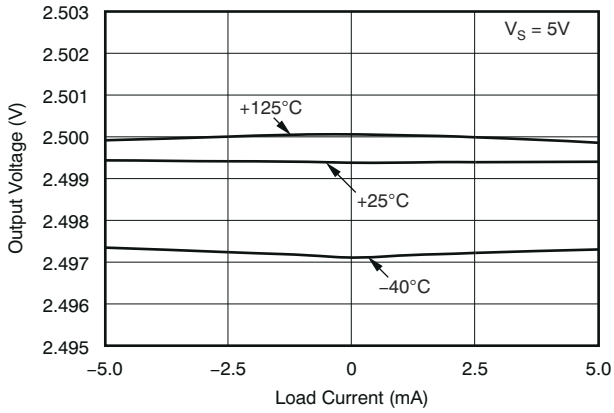
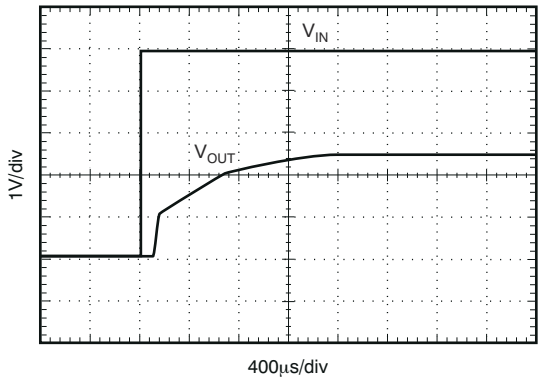


图 6-9. 输出电压与负载电流间的关系



C_L = 1 µ F 启动

图 6-10. 阶跃响应

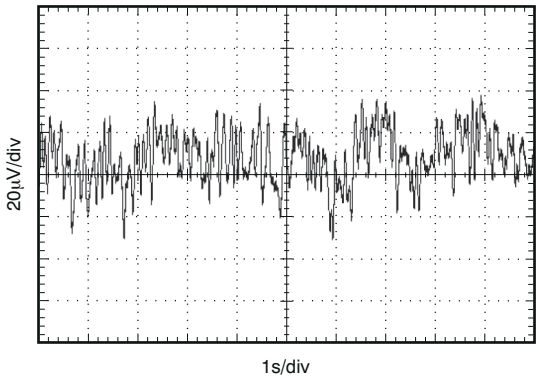
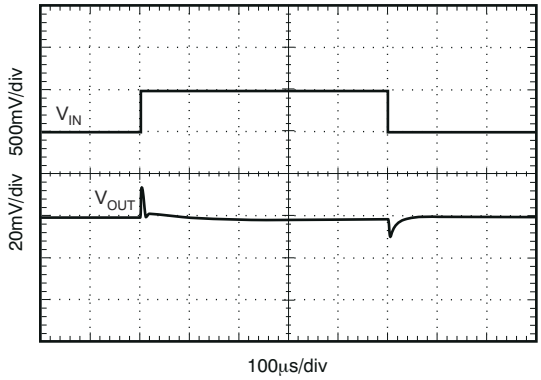


图 6-11. 0.1Hz 至 10Hz 噪声

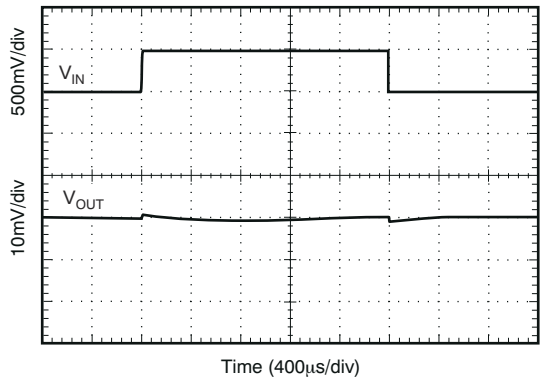


C_L = 1 µ F，I_{OUT} = 0mA

图 6-12. 线路瞬态

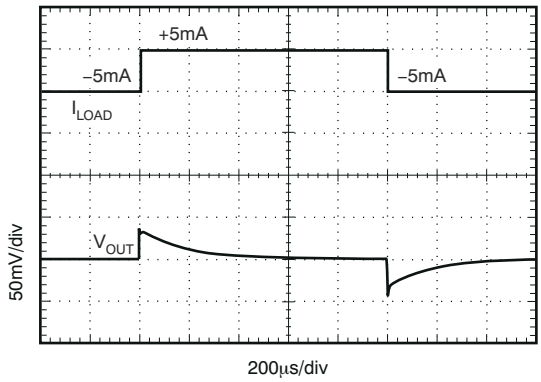
6.6 典型特性（续）

T_A = 25°C 且 V_{IN} = 5V，使用 REF3325 测量典型特性（除非另有说明）。



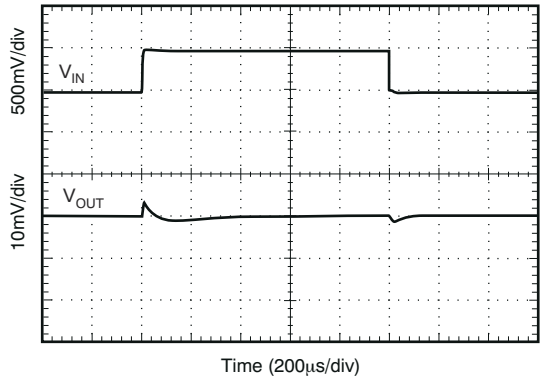
C_{LOAD} = 10 µF，I_{OUT} = 0mA

图 6-13. 线路瞬态



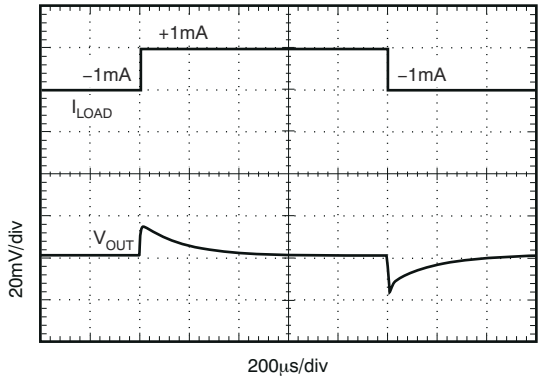
C_L = 1 µF，±5mA 输出脉冲

图 6-14. 负载瞬态



C_{LOAD} = 10 µF，I_{OUT} = 1mA

图 6-15. 线路瞬态



C_L = 1 µF，±1mA 输出脉冲

图 6-16. 负载瞬态

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息

7.1 热磁滞

REF33xx 的热磁滞定义为器件在 25°C 下工作时，在指定温度范围内循环并返回到 25°C 后输出电压的变化。它可以表示为方程式 1：

$$V_{HYST} = \left(\frac{|V_{PRE} - V_{POST}|}{V_{NOM}}\right) \times 10^6 (ppm) \quad (1)$$

其中

- V_{HYST} = 热磁滞（单位为 ppm）。
- V_{NOM} = 指定的输出电压。
- V_{PRE} = 在 25°C 预热循环时测得的输出电压。
- V_{POST} = 器件从 25°C 开始到经过 –40°C 至 125°C 额定温度范围内所有温度后返回 25°C 时测得的输出电压。

8 详细说明

8.1 概述

REF33xx 是一个低功耗、精密带隙电压基准产品系列，专为极低压降、出色的初始电压精度和高输出电流而设计。*功能方框图*部分展示了 REF33xx 的简化方框图。图 8-1 显示了 REF33xx 的典型连接。建议使用 1 μF 至 10 μF 的电源旁路电容器。输出端的总电容负载必须为 0.1 μF 到 10 μF，以建立输出稳定性。

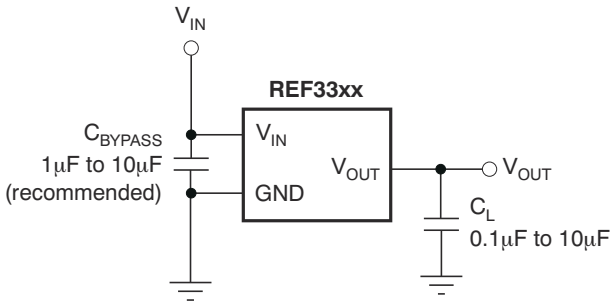
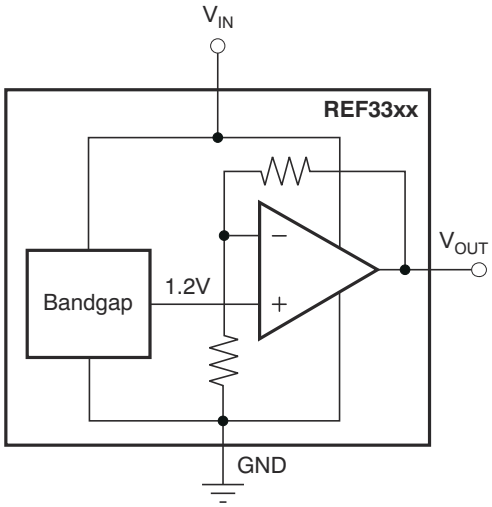


图 8-1. 基本连接

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 启动时间

REF33xx 具有高级启动电路。启动时间几乎与负载无关（具有 0.1 μF 至 10 μF 负载）。启动时，电流提升电路会强制设置输出电压。当达到预设电压时，REF33xx 会切换到输出电路的第二级，以精确设置输出电压。图 8-2 展示了 REF3325 在三种不同电容负载下的启动时间。在所有三种情况下，输出电压均在 2ms 内达到稳定。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

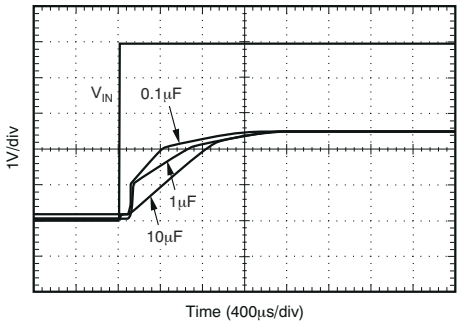


图 8-2. 启动时间

8.3.2 低温漂

REF33xx 旨在最大程度减小温漂误差，温漂误差定义为输出电压在温度范围内的变化。使用逻辑框方法计算温漂，如方程式 2 所述：

$$\text{Drift} = \left(\frac{V_{OUTMAX} - V_{OUTMIN}}{V_{OUT} \times \text{Temperature Range}}\right) \times 10^6 (\text{ppm}) \tag{2}$$

8.3.3 功率耗散

REF33xx 产品系列在指定的输入电压范围内提供 ±5mA 的电流负载。器件的温度根据方程式 3 升高：

$$T_J = T_A + P_D \times R_{\theta JA} \tag{3}$$

其中

- T_J = 结温 (°C)
- T_A = 环境温度 (°C)
- P_D = 功率耗散 (W)

$$= V_{IN} \times I_Q + (V_{IN} - V_{OUT}) I_{OUT} \tag{4}$$

- $R_{\theta JA}$ = 结至环境热阻 (°C/W)

REF33xx 结温不得超过 150°C 的绝对最大额定温度。

8.3.4 噪声性能

*电气特性*表中规定了 REF33xx 系列中每款器件的典型电压噪声为 0.1Hz 至 10Hz 。噪声电压随输出电压和工作温度的增加而增加。可通过额外滤波进一步降低输出噪声。请特别注意确保输出阻抗不会降低输出电压精度。

8.4 器件功能模式

当 IN 引脚上的电压大于 V_{OUT} + 0.2V 时，REF33xx 上电，但最小电源电压为 1.7V 的 REF3312 除外。REF33xx 的最大输入电压为 5.5V。使用 1µF 至 10µF 的电源旁路电容器。输出端的总电容负载必须为 0.1µF 到 10µF，以确保输出稳定性。

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

9.1 应用信息

REF33xx 是一个低功耗、精密带隙电压基准产品系列，专为极低压降、出色的初始电压精度和高输出电流而设计。SC70-3、SOT-23-3 和 UQFN-8 封装的超小尺寸，使这些电压基准源非常适合空间受限的应用。以下部分将介绍一种常见的应用。

9.2 典型应用

9.2.1 采用双极性信号链配置的 REF3312

图 9-1 中的电路包含低功耗基准和调节电路。此电路对双极性输入电压进行衰减和电平位移，使其处于单电源低功耗 16 位 ΔΣ 模数转换器 (ADC) 的适当输入范围内，例如 MSP430™ 集成电路中的 ADC（或其他类似单电源 ADC）。精密基准电路用于对输入信号进行电平位移，提供 ADC 基准电压，并为低功耗模拟电路产生经过良好调节的电源电压。低功耗、零漂移的运算放大器电路用于对输入信号进行衰减和电平位移。

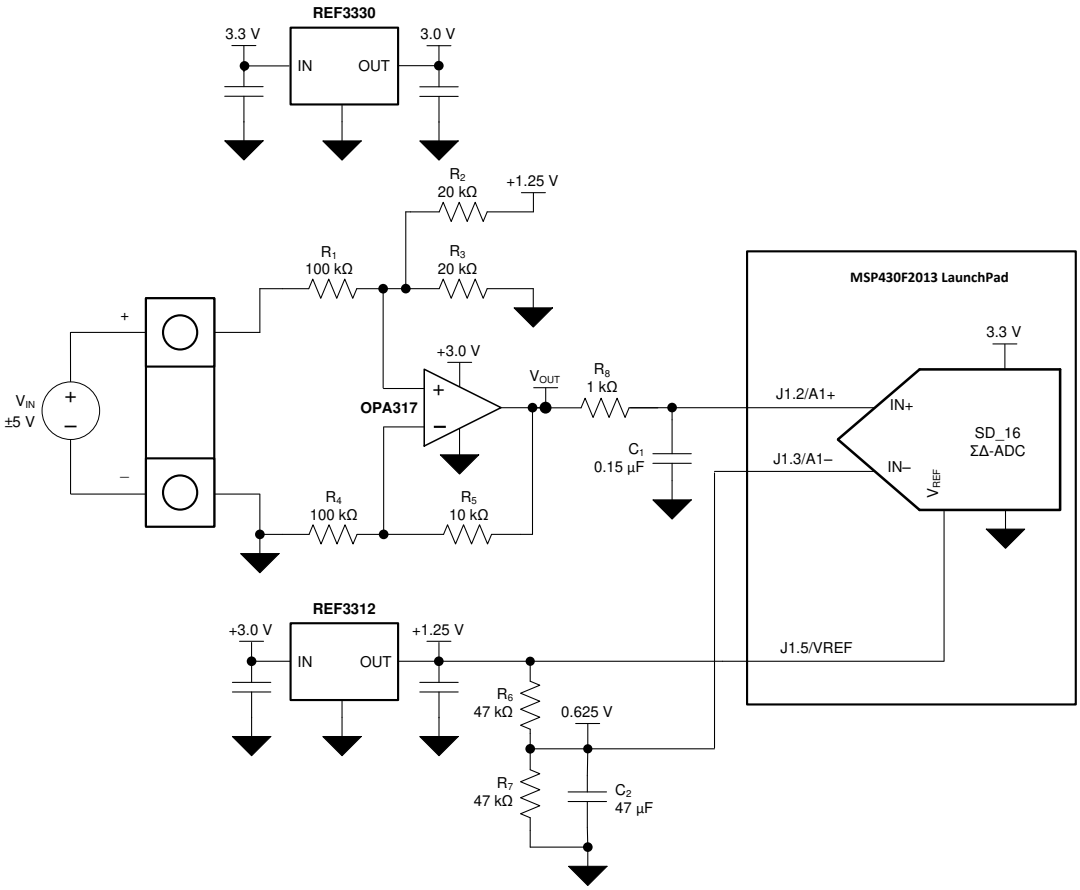


图 9-1. 双极性信号链配置

9.2.1.1 设计要求

设计要求如下：

- 电源电压：3.3V

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

- 最大输入电压：±6V
- 指定输入电压：±5V
- ADC 基准电压：1.25V

9.2.1.2 详细设计过程

图 9-1 提供了此设计的简单原理图，其中展示了 MSP430 ADC 输入和完整的输入调节电路。ADC 针对双极性测量进行配置，最终转换结果为正负 ADC 输入端 A1+ 与 A1 – 之间的差分电压 V_{DIFF}。双极性、以接地为基准的输入信号必须由运算放大器进行电平位移和衰减，使输出偏置到 $V_{REF}/2$，并且其差分电压处于 ADC 的 $\pm V_{REF}/2$ 输入范围内。运算放大器电路的传递函数简化为方程式 5。

$$A1+ = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right)V_{REF} + \left(\frac{R_2 \parallel R_3}{R_1}\right)V_{IN} \tag{5}$$

其中

- $R_1 = R_4$
- $R_5 = R_2 \parallel R_3$

施加到负 ADC 输入端 A1 – 的电压基于 R6 和 R7 所构成的电阻分压器，并通过将 R6 设置为等于 R7 来设置为 $V_{REF}/2$，如方程式 6 所示。

$$A1- = \left(\frac{R_7}{R_6 + R_7}\right)V_{REF} = \frac{V_{REF}}{2} \tag{6}$$

9.2.1.2.1 运算放大器电平位移设计

R_2、R_3 和 V_{REF} 电压之比决定了差分输入为 0V 时运算放大器输出端的电压。选择元件，使 V_{IN} 等于 0V 时 V_{OUT} 等于 $V_{REF}/2$ 电压，如方程式 7 所示。

$$A1+ = \frac{V_{REF}}{2} = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right)V_{REF} \tag{7}$$

其中

- $V_{IN} = 0V$
- $R_2 = R_3$

通过将 R_3 设置为等于方程式 5 中的 R_2，求解 R_5 的值，如方程式 8 所示：

$$R_5 = \left(\frac{R_2 \times R_2}{R_2 + R_2}\right) = \frac{{R_2}^2}{2 \times R_2} = \frac{R_2}{2} \tag{8}$$

9.2.1.2.2 差分输入衰减器设计

V_{DIFF} 是两个输入之间的差值，如方程式 9 所示：

$$V_{DIFF} = (A1+) - (A1-) = \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right)V_{REF} + \left(\frac{R_2 \parallel R_3}{R_1}\right)V_{IN} - \frac{V_{REF}}{2} \tag{9}$$

当 R_3 和 R_2 之比等于 R_7 和 R_6 之比时，方程式 9 可简化为方程式 11。

即，如果：

$$\left(\frac{R_3}{R_2+R_3}\right)V_{REF}=\left(\frac{R_7}{R_6+R_7}\right)V_{REF}=\frac{1}{2}V_{REF} \tag{10}$$

然后：

$$V_{DIFF}=\left(\frac{R_2 \parallel R_3}{R_1}\right)V_{IN} \tag{11}$$

通过将 A1+ 设置为满量程正或负输入电压 VIN_MAX 的最大 V_{DIFF}，确定 R_1、R_2 和 R_3 之比，如方程式 12 所示：

$$A1+\ =V_{DIFF_MAX}=\left(\frac{R_2 \parallel R_3}{R_1}\right)V_{IN_MAX} \tag{12}$$

R_2 等于 R_3；因此方程式 12 可简化为 $R_2/2$，得到方程式 13：

$$V_{DIFF_MAX}=\left(\frac{R_2}{2\times R_1}\right)V_{IN_MAX} \tag{13}$$

9.2.1.2.3 输入滤波

两个输入端都具有一阶低通抗混叠滤波器，可限制施加到 ADC 的输入信号的带宽和噪声。A1+ 滤波器由 R_8 和 C_1 构成，–3dB 截止频率的公式如方程式 14 所示：

$$f_{-3dB_A1+}=\frac{1}{2\times\pi\times R_8\times C_1} \tag{14}$$

A1– 输入滤波器由 C_2 以及 R_6 和 R_7 电阻器的并联组合构成，如方程式 15 所示：

$$f_{-3dB_A1-}=\frac{1}{2\times\pi\times\left(\frac{R_6}{2}\right)\times C_2} \tag{15}$$

9.2.1.2.4 元件选型

9.2.1.2.4.1 电压基准

REF33xx 系列精密低功耗电压基准产品与 MSP430 的低功耗非常契合，同时实现了目标精度目标。MSP430F2013 中的 16 位转换器接受 1V 至 1.5V 的外部基准电压，典型基准输入为 1.25V，如表 9-1 所示。

表 9-1. SD16_A，外部基准输入 (MSP430F20x3)

参数(1)		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{REF(I)}$	输入电压范围	VCC = 3V，SD16REFON = 0	1	1.25	1.5	V
$I_{REF(I)}$	输入电流	VCC = 3V，SD16REFON = 0			50	nA

(1) 在推荐的电源电压范围及自然通风条件下的工作温度范围内（除非另有说明）。

REF3312 为 MSP430 ADC 提供了所需的 1.25V 基准电压。*电气特性*中所示 REF3312 输出的精度直接影响整个系统的精度，并且必须小于所需的未调整误差目标。REF3312 的最大初始精度规格为 ±0.15%，这与本设计 0.15% 的未调整误差目标一致，表明设计中的大部分误差预算必须专门分配给基准精度。

为 MSP430 供电的 3.3V 系统电源同时也可能为其他器件供电，因此可能存在稳压和噪声问题。REF3330 产生精准且稳定的 3.0V 输出，用于为运算放大器、REF3312 及其他低功耗模拟电路供电。REF33xx 系列的压降输出电

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

压为 V_{OUT} + 200mV；因此，只要输入电源保持在 3.2V 以上，REF3330 就会产生 3.0V 稳压输出。如图 6-9 所示，REF33xx 系列的输出电流额定值为 ±5mA，足以为 REF3312 和一个低功耗运算放大器供电。

9.2.1.2.4.2 运算放大器

之所以使用 OPA317 运算放大器，是因为它具有低偏移电压、低偏移电压漂移、CMRR 和低功耗。OPA317 的直流规格可在德州仪器 (TI) 的*低偏移、轨到轨 I/O 运算放大器精密目录*数据表中找到。可从 www.ti.com 下载该数据表。100μV 的最大偏移电压仅占满量程信号的 0.001%，且低漂移可减轻温度漂移效应。因此，如前文所述，本设计中的大部分误差来自基准精度和无源元件容差。

9.2.1.2.5 输入衰减和电平位移

在本设计中，双极性 ±5V 输入必须进行衰减并进行电平位移，使差分电压处于 $\pm V_{REF}/2$（即 ±0.625V）的输入范围内。运算放大器输出及 ADC 输入的精度在靠近电源轨和 V_{REF} 电压时可能会下降，因此输出设计为产生 0.125V 至 1.125V 的输出电压，对于 ±5V 输入，输出范围为 ±0.5V。以这种方式缩放输出还会将允许的输入范围扩展至 ±6V，并支持一定的欠量程和过量程电压测量，同时提供保护。

使用 方程式 13 将 ±5V 输入调整为 ±0.5V 差分电压，如方程式 16 所示。

$$0.5\text{V} = \left(\frac{R_2}{2 \times 100\text{k}\Omega}\right) \times 5\text{V} \tag{16}$$

其中

- $R_1 = R_4 = 100\text{k}\Omega$

对于本设计，R_1 和 R_4 在输入阻抗中占主导，因此选择 100kΩ。可以选择更高的阻值来增加输入阻抗，但同时会增加输入噪声。

当 R_2 和 R_3 的值选为 20kΩ 时，可计算出 R_5 的值，如方程式 17 所示：

$$R_5 = \left(\frac{R_2}{2}\right) \times 10\text{k}\Omega \tag{17}$$

其中

- $R_2 = R_3 = 20\text{k}\Omega$

对于 A1－ 等于 $V_{REF}/2$，R_6 必须等于 R_7。采用两个 47kΩ 电阻器，旨在节省功耗，同时避免阻抗过低以致无法驱动 ADC 输入。

9.2.1.2.6 输入滤波

MSP430 ADC 配置为以 1.1MHz SMCLK 驱动运行，过采样率 (OSR) 设为 256，从而产生大约 4.3kHz 的采样率。输入滤波器截止频率设置为 1kHz 以限制输入信号带宽，如方程式 19 所示。R_8 为 1kΩ，用于实现与低通滤波器的电容负载的隔离，从而减少稳定性问题。

$$f_{-3\text{dB_A1}+} = 1\text{kHz} = \frac{1}{2 \times \pi \times R_8 \times C_1} \tag{18}$$

其中

$$C_1 = \frac{1}{2 \times \pi \times 1\text{k}\Omega \times 1\text{kHz}} = 159\text{nF} \tag{19}$$

将 C_1 降至 150nF，使其成为标准值。

ΔΣ 转换器的 A1 输入未经缓冲，因此需要一个大电容器来为内部采样电容器提供电荷。选择 47μF 电容器，产生的截止频率如方程式 20 所示。

$$f_{-3dB_A1-} = \frac{1}{2 \times \pi \times \left(\frac{R_6}{2}\right) \times C_2} = 0.144Hz \quad (20)$$

在无法承受如此低的截止频率（因而启动时间较长）的应用中，请使用另一个 OPA317 来缓冲 A1 输入，以便使用较小输入电容的电容器正确驱动 ADC 输入。

9.2.1.2.7 无源元件容差和材料

电阻器 R_1、R_2、R_3、R_4、R_5、R_6 和 R_7 直接影响电路的精度。为了满足 0.2% 的未调整精度目标，使用的电阻器精度为 0.1%。选择精度为 0.1% 的电阻器来构造差分放大器电路，以提供至少 60dB 的共模抑制比 (CMRR)。

9.2.1.3 应用曲线

9.2.1.3.1 直流性能

电路的测得直流性能和计算误差分别如图 9-2 和图 9-3 所示。通过在指定的 ±5V 输入范围内应用两点增益和偏移校准，校准后的误差如图 9-4 所示。未校准结果显示误差为 138 µV 或 0.0138% FSR。采用简单两点校准的校准结果显示，在 ±5V 的规定输入范围内，误差低于 5 µV 或 0.0005% FSR。

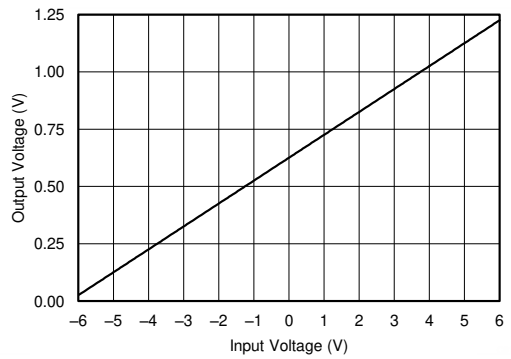


图 9-2. ±6V 输入下测得的直流传递函数

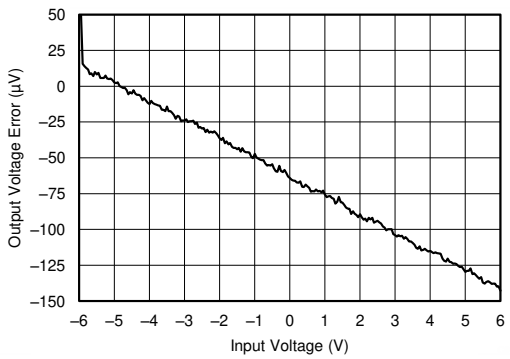


图 9-3. ±6V 输入下测得的输出误差

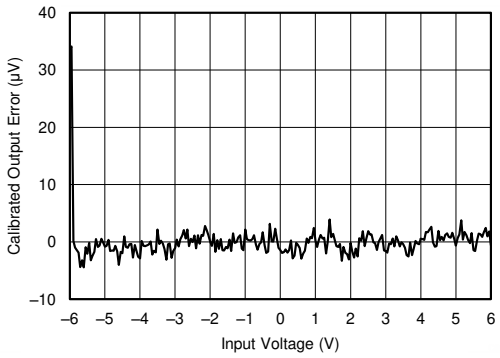


图 9-4. ±6V 输入下的校准输出误差

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

9.2.1.3.2 交流性能

衰减和电平位移电路的交流传递函数如图 9-5 所示。

测得的低频交流 CMRR 性能为 62dB，如图 9-6 所示。

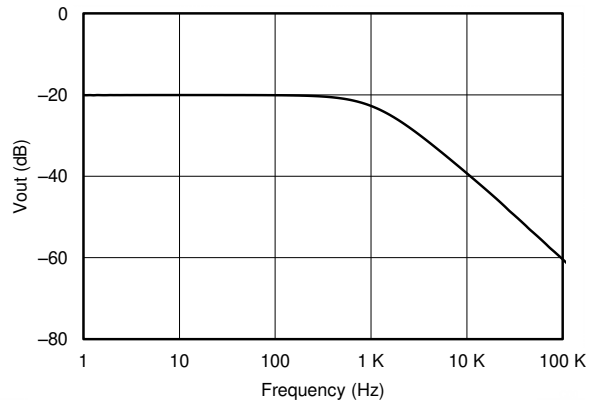


图 9-5. 测得的交流传递函数

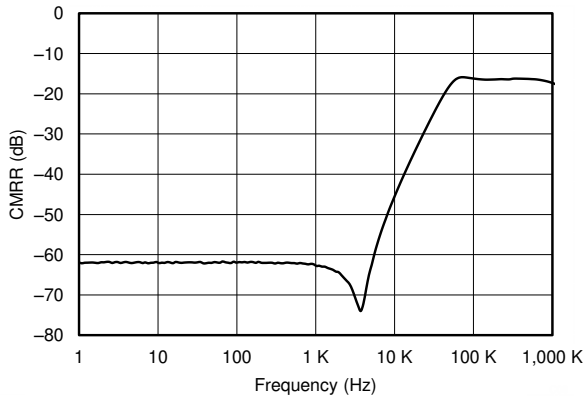


图 9-6. 测得的交流 CMRR 结果

9.3 电源相关建议

除 REF3312 外，REF33xx 系列电压基准产品均具有极低的压降电压。REF3312 的最低电源要求为 1.7V。在 5mA 负载（典型值）下，可使用仅比输出电压高 110mV 的电源为这些基准产品供电。对于有负载的情况，*典型特性*中的图 6-4 展示了典型压降电压与负载之间的关系图。

如果在 REF33xx 连接电容负载时，施加于 IN 引脚的电源电压快速变动，则反向电压可能通过 OUT 引脚反向放电至 REF33xx。只要该电压小于或等于 5V，就不会损坏 REF33xx。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

为了实现本设计的最佳性能，请遵循标准印刷电路板 (PCB) 布局指南，包括在所有集成电路附近进行适当的去耦处理，并通过大面积覆铜来保证充足的电源与接地连接。请选择尺寸合适的 PCB，并使其连接器能够直接与 MSP430 LaunchPad™ 相连。

图 9-7 展示了使用 REF33xx 的数据采集系统的 PCB 布局示例。

一些重要注意事项有：

- 在 IN 引脚上连接一个低 ESR、1μF 陶瓷电容器以实现旁路，在 OUT 引脚上连接一个 0.1μF 到 10μF 的陶瓷电容器以确保 REF33xx 的稳定性。
- 按照器件规格对系统中的其他工作器件进行解耦。
- 使用实心接地平面有助于散热和降低 EMI 噪声拾取。
- 外部元件应尽量靠近器件放置。该配置可防止产生寄生误差（如塞贝克效应）。
- 尽可能缩短基准与 ADC 的偏置连接之间的走线长度，从而降低噪声拾取。
- 敏感的模拟布线不能与数字布线平行。尽可能避免数字布线与模拟布线交叉，仅在绝对必要时可垂直交叉布线。

9.4.2 布局示例

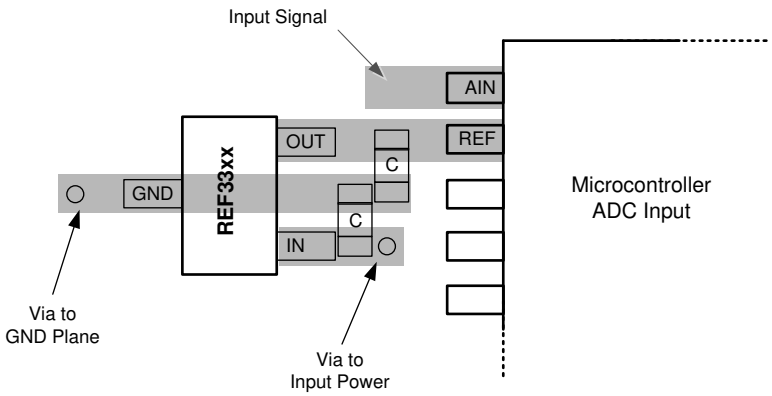


图 9-7. 布局示例

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

- 德州仪器 (TI)，*1.8V、700nA、零交叉、轨到轨 I/O 运算放大器数据表*
- 德州仪器 (TI)，*1.8V、7MHz、90dB CMRR、单电源轨到轨 I/O 运算放大器数据表*
- 德州仪器 (TI)，*高速、精密、增益 0.2 电平转换差分放大器数据表*
- 德州仪器 (TI)，*OPAx333 1.8V、微功耗、CMOS 运算放大器零漂移系列数据表*

10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

10.3 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

10.4 商标

LaunchPad™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

10.5 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

10.6 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision H (August 2019) to Revision I (April 2026) — **Page**

- 更新了整个文档中的表格、图、公式和交叉引用的编号格式 1
- 将 REF3312、REF3318、REF3320、REF3325、REF3330 和 REF3333 器件移至 TI.com 上的 REF33 产品文件夹，并更新了数据表标题 1
- 将*器件信息* 表更改为*封装信息* 1

Changes from Revision G (December 2016) to Revision H (August 2019) — **Page**

- 更改了*建议运行条件*部分中的最大运行电流值 5
- 将表标题更改为 REF33xx（REF3312、REF3320、REF3325、REF3330、REF3333、REF3340）..... 6

12 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
REF3312AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDBZT1G4	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDBZT1G4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33A
REF3312AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIDCKR1G4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIDCKR1G4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R12
REF3312AIRSER	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3312AIRSER.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3312AIRSERG4	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3312AIRSERG4.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3312AIRSET	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3312AIRSET.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	5G
REF3318AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDBZTG4	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDBZTG4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33B
REF3318AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18
REF3318AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18
REF3318AIDCKRG4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18
REF3318AIDCKRG4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18
REF3318AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
REF3318AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R18
REF3320AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDBZT1G4	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDBZT1G4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33C
REF3320AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3320AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3320AIDCKRG4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3320AIDCKRG4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3320AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3320AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R20
REF3325AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDBZR1G4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDBZR1G4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33D
REF3325AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIDCKR1G4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIDCKR1G4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R25
REF3325AIRSER	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	GN
REF3325AIRSER.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	GN
REF3325AIRSERG4	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	GN
REF3325AIRSERG4.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	GN
REF3330AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E
REF3330AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
REF3330AIDBZRG4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E
REF3330AIDBZRG4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E
REF3330AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E
REF3330AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33E
REF3330AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIDCKR1G4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIDCKR1G4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R30
REF3330AIRSER	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	EN
REF3330AIRSER.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	EN
REF3330AIRSERG4	Active	Production	null (null) |	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	EN
REF3330AIRSERG4.A	Active	Production	UQFN (RSE) | 8	5000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	EN
REF3333AIDBZR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDBZR.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDBZRG4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDBZRG4.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDBZT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDBZT.A	Active	Production	SOT-23 (DBZ) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33F
REF3333AIDCKR	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33
REF3333AIDCKR.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33
REF3333AIDCKRG4	Active	Production	null (null) |	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33
REF3333AIDCKRG4.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	3000 | LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33
REF3333AIDCKT	Active	Production	null (null) |	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33
REF3333AIDCKT.A	Active	Production	SC70 (DCK) | 3	250 | SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R33

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

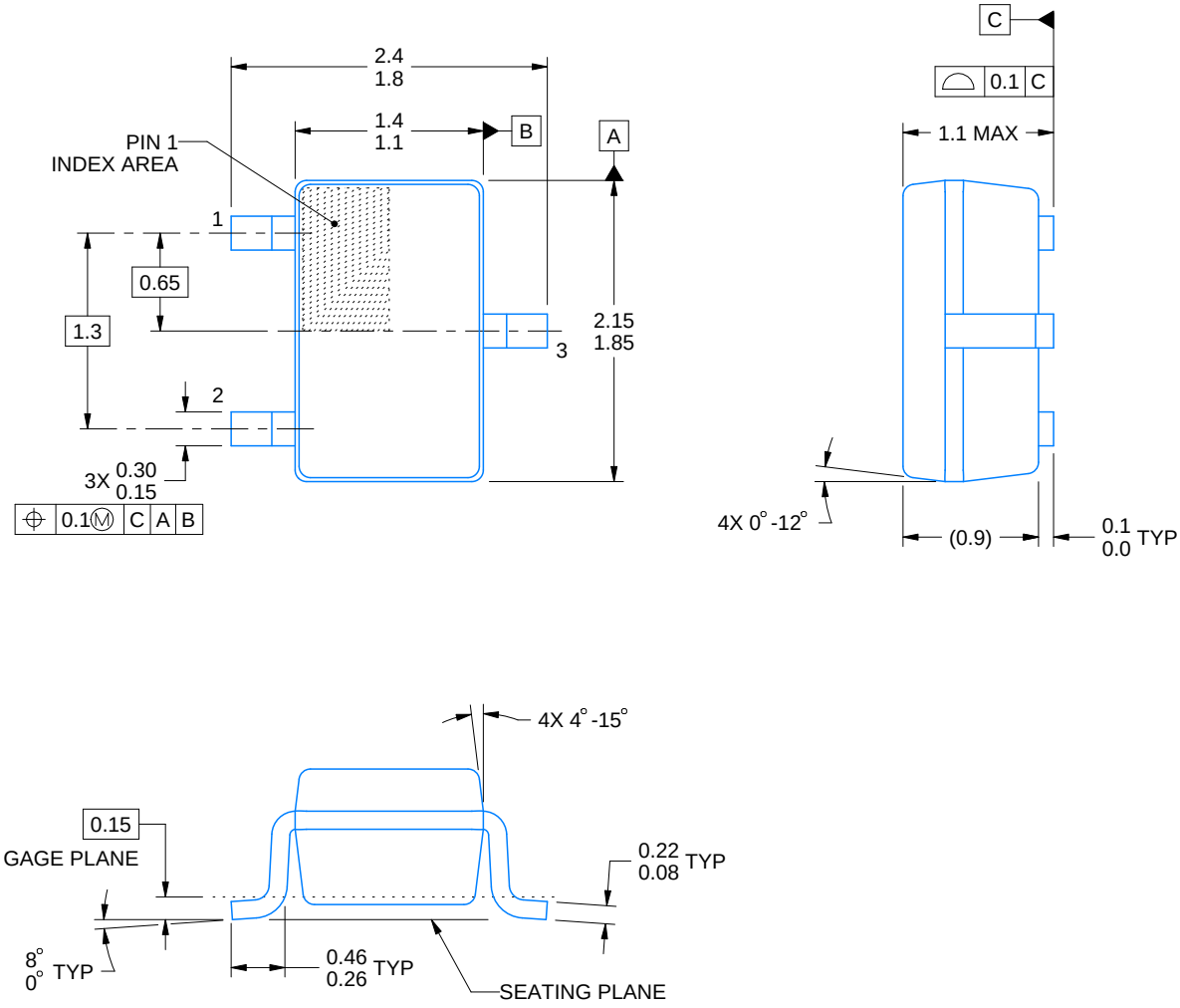
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

PACKAGE OUTLINE

DCK0003A

SOT-SC70 - 1.1 max height

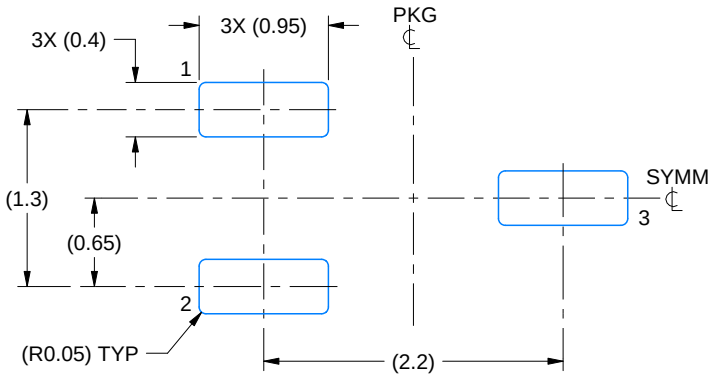
SMALL OUTLINE TRANSISTOR SC70



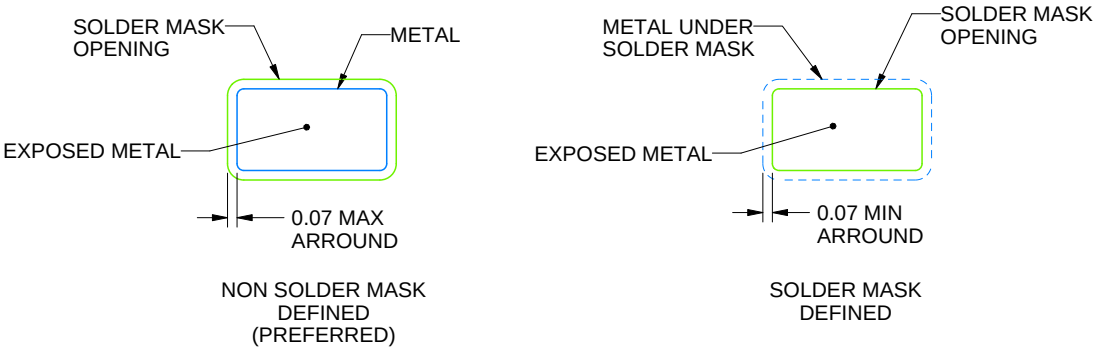
4220745/F 11/2024

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Body dimensions do not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.25mm per side



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:18X

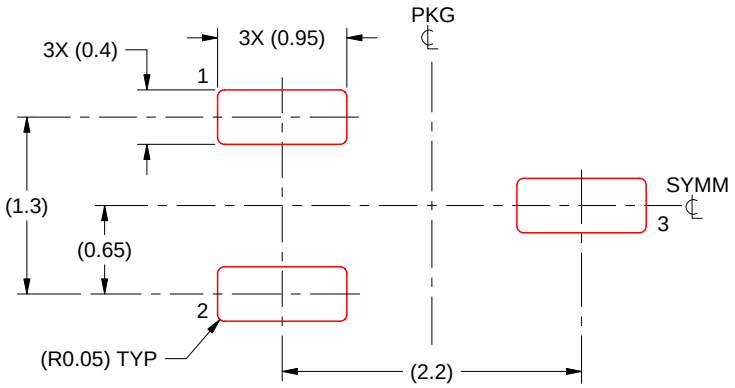


SOLDER MASK DETAILS

4220745/F 11/2024

NOTES: (continued)

4. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
5. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

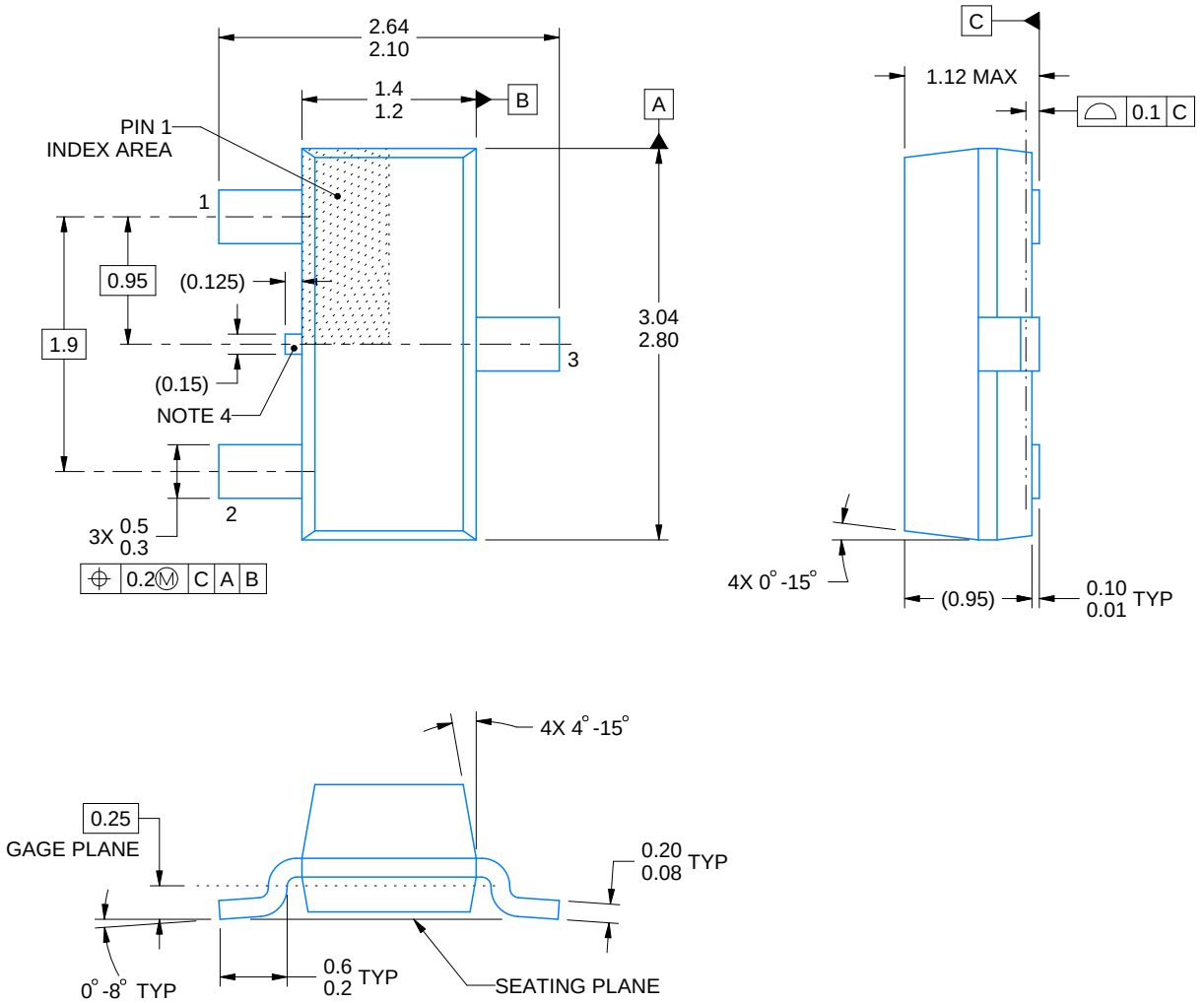


SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 THICK STENCIL
SCALE:18X

4220745/F 11/2024

NOTES: (continued)

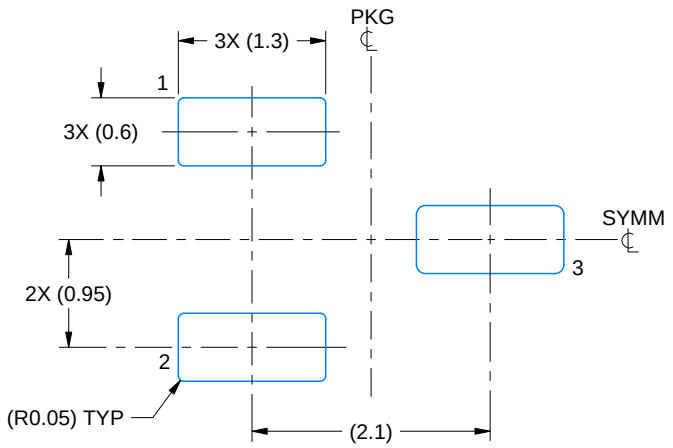
6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
7. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.



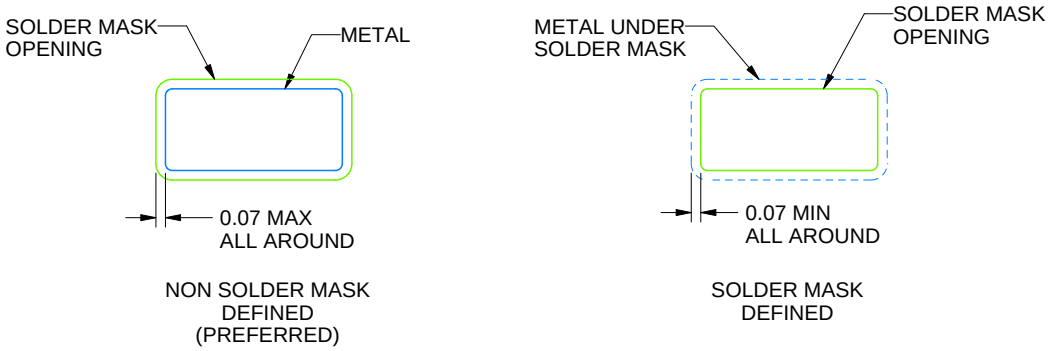
4214838/F 08/2024

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Reference JEDEC registration TO-236, except minimum foot length.
4. Support pin may differ or may not be present.
5. Body dimensions do not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.25mm per side



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:15X

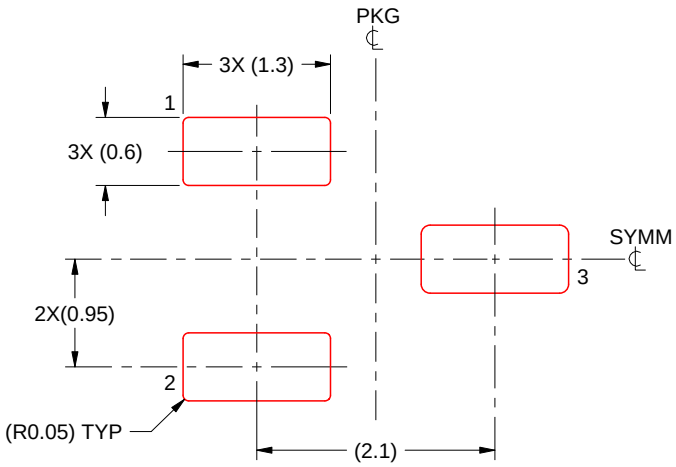


SOLDER MASK DETAILS

4214838/F 08/2024

NOTES: (continued)

5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

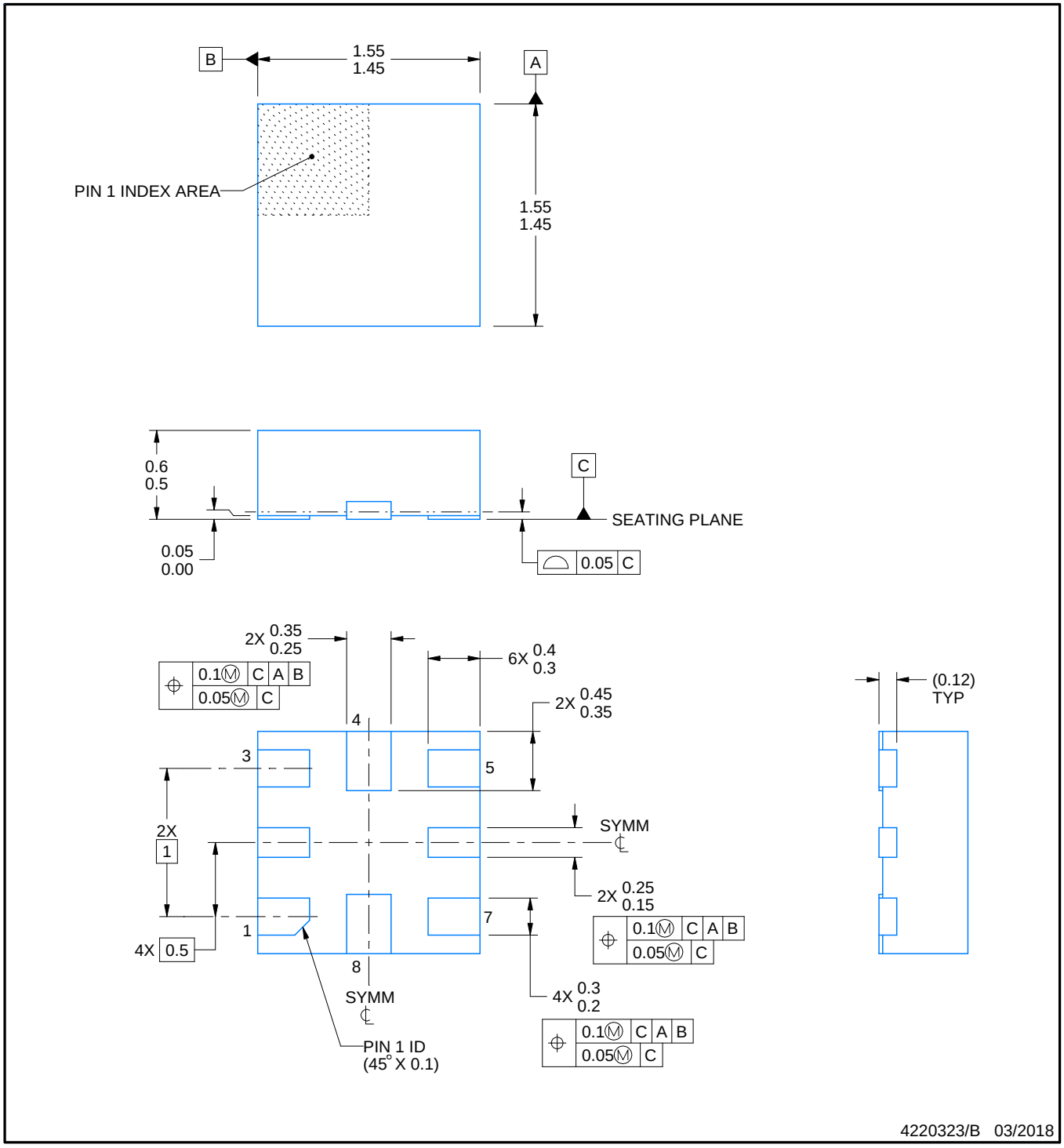


SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 THICK STENCIL
SCALE:15X

4214838/F 08/2024

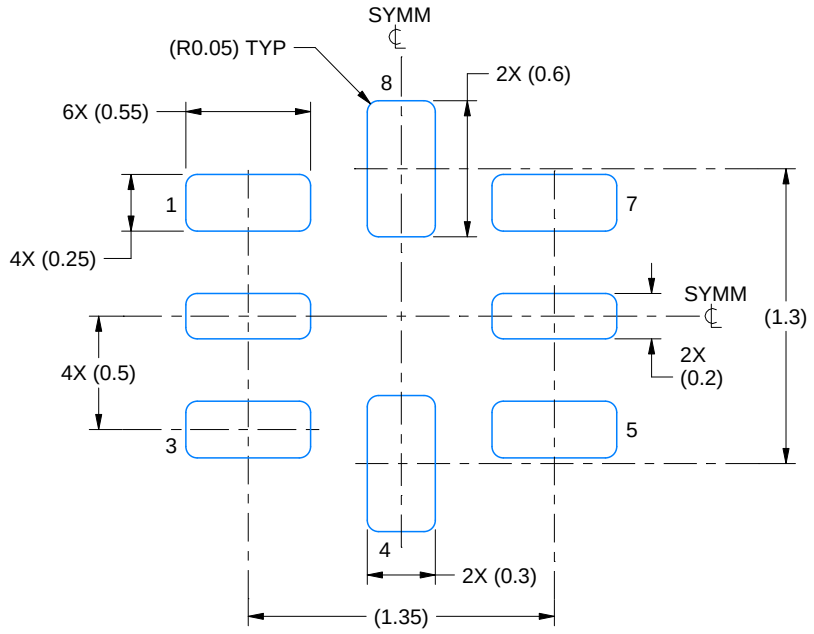
NOTES: (continued)

7. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
8. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

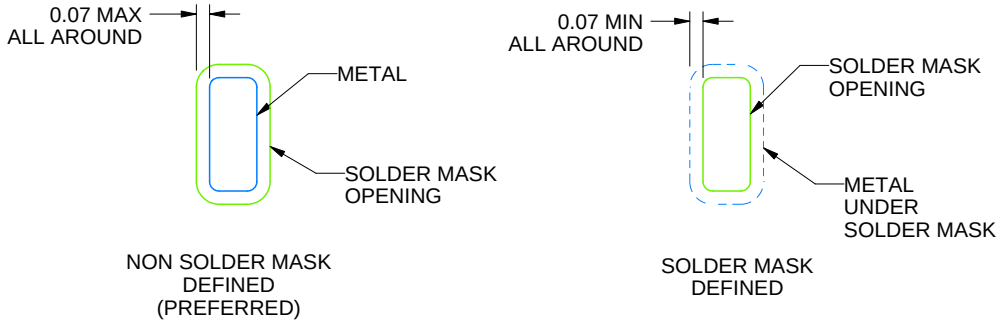


NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:30X

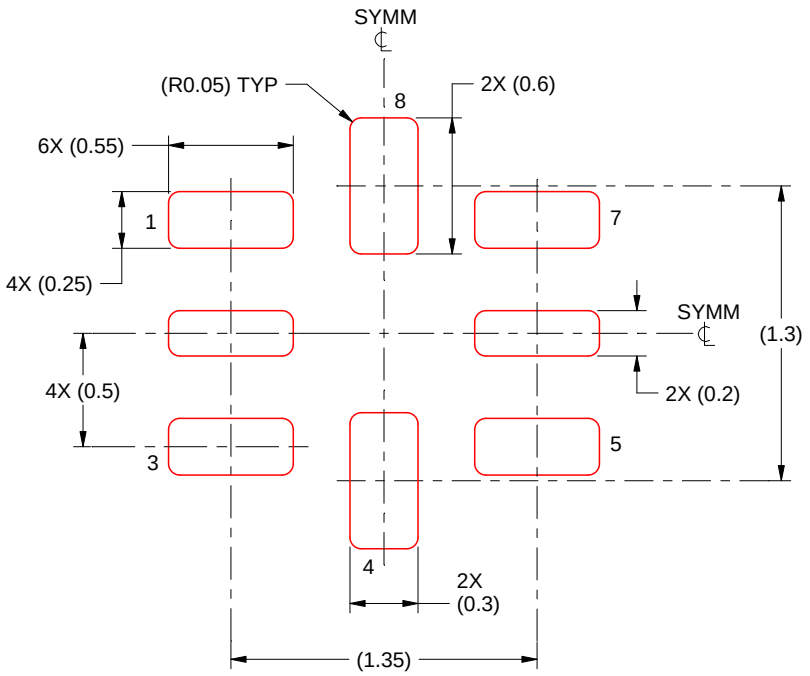


SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4220323/B 03/2018

NOTES: (continued)

3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICKNESS
SCALE: 30X

4220323/B 03/2018

NOTES: (continued)

5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月