

REF54 0.8ppm/°C 最大温漂、0.11ppm_{p-p} 1/f 噪声、380μA 电流、精密电压基准

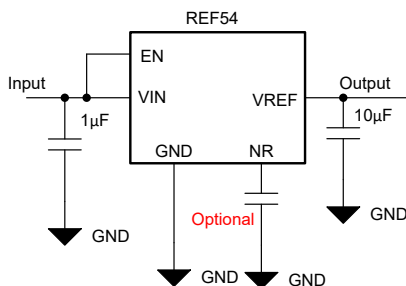
1 特性

- 低温漂系数：
 - 0.8ppm/°C 最大值 (C 级, 0°C 至 70°C)
 - 1.5ppm/°C 最大值 (Q 级, -40°C 至 125°C)
- 低噪声 (0.1Hz 至 10Hz)：
 - 0.11ppm_{p-p}, C_{NR} = 100 μF
 - 0.45ppm_{p-p}, C_{NR} = 开路
- 高精度：±0.02% (最大值)
- 低静态电流：380 μA (最大值)
- 低的长期稳定性 (1000 小时)：25ppm, SOIC
- 低的长期稳定性 (1000 小时)：3ppm 陶瓷电容器
- 适用于多种应用：
 - 高达 18V 的宽输入电压
 - 输出电流：±10mA
 - 电压选项：2.5V、3V、4.096V、4.5V、5V
- 符合所有设计要求：
 - 与 1 μF 至 100 μF 输出的低 ESR 电容器搭配使用时可保持稳定
 - 高 PSRR：1kHz 时为 100dB
 - 工作温度范围：-40°C 至 +125°C
 - 不使用 TEMP 引脚时，引脚对引脚兼容 REF50xx 系列

2 应用

- 半导体测试设备
- 精密数据采集系统
- 精密称重秤
- 超声波扫描仪
- X 射线系统
- 工业仪表
- PLC 模拟 I/O 模块
- 现场发送器
- 电源监控
- 电池管理系统

Basic Connection Diagram



基本连接图

3 说明

REF54 是一系列高精度、低漂移、低电流消耗的串联电压基准器件。REF54 系列提供低温漂系数 (0.8ppm/°C)、低噪声 (0.11ppm_{p-p}) 和高精度 (±0.02%)，同时消耗 380 μA 电流。REF54 具有低长期漂移 (3ppm LCCC；25ppm SOIC) 以及出色的负载和线路调整率，有助于满足高精度应用的严格性能要求。该器件系列设计为 [ADS8900B](#)、[ADS127L11](#)、[ADS1285](#) 和 [DAC11001B](#) 等高分辨率数据转换器的配套器件。

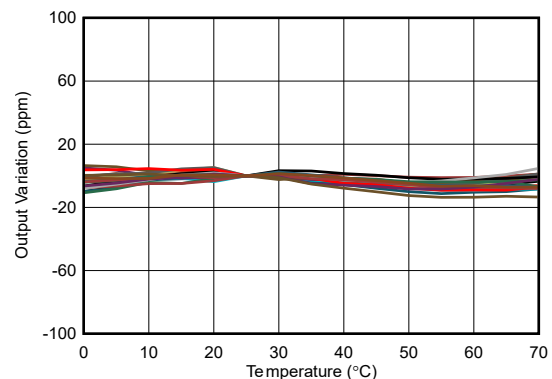
REF54 能够支持 18V 的宽电源电压范围。REF54 器件支持高达 10mA 的负载电流。

REF54 适用于两个温度范围，C 级适用于 0°C 至 70°C，Q 级适用于 -40°C 至 +125°C。宽广的温度范围使其能够适用于各种工业应用。

封装信息

器件名称	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
REF54	D (SOIC, 8)	4.9mm × 6mm
	VSSOP, 8 ⁽³⁾	3mm × 4.9mm
	LCCC, 8	5.00mm × 5.00mm

- 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
- 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。
- 预发布封装。



输出电压与自然通风温度间的关系



内容

1 特性	1	7.5 焊接热漂移.....	23
2 应用	1	7.6 功率耗散.....	24
3 说明	1	8 详细说明	25
4 器件比较表	3	8.1 概述.....	25
5 引脚配置和功能	4	8.2 功能方框图.....	25
6 规格	5	8.3 特性说明.....	25
6.1 绝对最大额定值.....	5	9 应用和实施	27
6.2 ESD 等级.....	5	9.1 应用信息.....	27
6.3 建议运行条件.....	5	9.2 典型应用.....	27
6.4 热性能信息.....	5	9.3 电源相关建议.....	30
6.5 电气特性 REF54250.....	6	9.4 布局.....	30
6.6 电气特性 REF54300.....	8	10 器件和文档支持	32
6.7 电气特性 REF54410.....	10	10.1 文档支持.....	32
6.8 电气特性 REF54450.....	12	10.2 接收文档更新通知.....	32
6.9 电气特性 REF54500.....	13	10.3 支持资源.....	32
6.10 典型特性.....	15	10.4 商标.....	32
7 参数测量信息	19	10.5 静电放电警告.....	32
7.1 温漂.....	19	10.6 术语表.....	32
7.2 长期稳定性.....	19	11 修订历史记录	32
7.3 噪声性能.....	20	12 机械、封装和可订购信息	33
7.4 热迟滞.....	23		

4 器件比较表

产品			V _{REF}	规定温度范围	工作温度范围
SOIC (8)	VSSOP (8) ⁽²⁾	LCCC (8)			
REF54250QDR ⁽²⁾	REF54250QDGKR	不适用	2.5V	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
REF54250CDR ⁽¹⁾	REF54250CDGKR	REF54250CFKHT ⁽²⁾	2.5V	0°C 至 70°C	-40°C 至 125°C
REF54250IDR ⁽²⁾	不适用	不适用	2.5V	-40°C 至 105°C	-40°C 至 125°C
REF54300QDR ⁽²⁾	REF54300QDGKR	不适用	3.0V	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
REF54300CDR ⁽¹⁾	REF54300CDGKR	不适用	3.0V	0°C 至 70°C	-40°C 至 125°C
REF54410QDR ⁽²⁾	REF54410QDGKR	不适用	4.096V	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
REF54410CDR ⁽¹⁾	REF54410CDGKR	REF54410CFKHT ⁽¹⁾	4.096V	0°C 至 70°C	-40°C 至 125°C
REF54410IDR ⁽²⁾	不适用	不适用	4.096V	-40°C 至 105°C	-40°C 至 125°C
REF54450QDR ⁽²⁾	REF54450QDGKR	不适用	4.5V	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
REF54500QDR ⁽²⁾	REF54500QDGKR	不适用	5.0V	-40°C 至 125°C	-40°C 至 125°C
REF54500CDR ⁽¹⁾	REF54500CDGKR	REF54500CFKHT ⁽¹⁾	5.0V	0°C 至 70°C	-40°C 至 125°C

(1) 此可订购器件已上市。

(2) 产品预发布。请联系当地 TI 支持人员获取样片。

5 引脚配置和功能

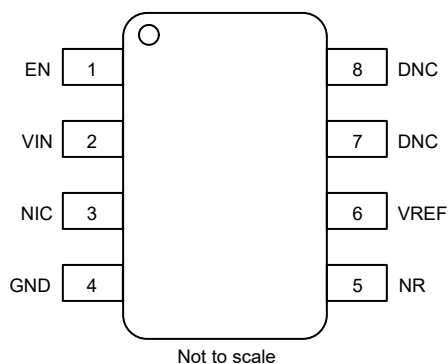


图 5-1. D 封装
8 引脚 SOIC, VSSOP
顶视图

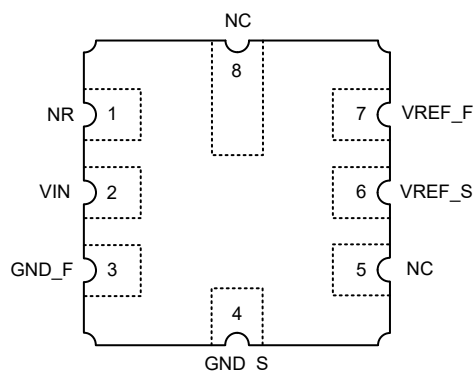


图 5-2. FKH 封装
8 引脚 LCCC
顶视图

表 5-1. 引脚功能

引脚			类型	说明
名称	D	FKH		
EN	1		输入	器件使能控制。低电平输入会禁用基准输出，器件进入关断模式。可以通过驱动大于 1.6V 的电压或使 EN 引脚悬空来启用器件。有关更多详细信息，请参阅节 8.3.1 部分。
VIN	2	2	电源	输入电源电压连接。为获得出色性能，请将最小 0.1 μ F 去耦电容器接地。有关更多详细信息，请参阅节 9.3 部分。
NIC	3		无连接	无内部连接。引脚可保持悬空或保持在已知电势。
GND_F		3	接地	接地连接
GND	4		接地	接地连接。
GND_S		4	接地	接地检测连接
NR	5	1	输出	降噪引脚。将一个去耦电容器接地以改进噪声性能。引脚可以保持悬空。有关更多详细信息，请参阅节 8.3.2 部分。
NC		5, 8	NC	将此焊盘连接至 GND 或保持悬空。
VREF	6		输出	基准电压输出。将 1 μ F 至 100 μ F 之间的电容器接地以获得出色性能。
VREF_S		6	输出	基准电压输出检测连接
VREF_F		7	输出	基准电压输出强制连接为了实现最佳性能，连接一个介于 1 μ F 和 100 μ F 之间的输出电容器。
DNC	7, 8		不连接	将引脚悬空或接地

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
输入电压	V _{IN}	-0.3	20	V
启用电压	EN	-0.3	V _{IN}	V
输出电压	V _{REF}	-0.3	V _{IN}	V
输出短路电流	I _{SC}		25	mA
工作温度范围	T _A	-55	150	°C
贮存温度范围	T _{stg}	-65	170	°C

(1) 超出绝对最大额定值运行可能会对器件造成永久损坏。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。

6.2 ESD 等级

		值	单位
V _(ESD)	静电放电	±1000	V
	人体放电模式 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 ⁽¹⁾	±500	

(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}	输入电压	V _{REF} + V _{DO} ⁽¹⁾		18	V
EN	启用电压	0		V _{IN}	V
NR	降噪	0		6	V
I _L	输出电流	-10		10	mA
T _A	工作环境温度	-40	25	125	°C

(1) V_{DO} = 压降电压。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		REF54		单位
		FKH (LCCC)	D (SOIC)	
		8 引脚	8 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	86.7	120.4	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳（顶部）热阻	50.4	52	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	49	66	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	39.8	9.8	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	15.8	64.7	°C/W

6.4 热性能信息 (续)

热指标 ⁽¹⁾		REF54		单位
		FKH (LCCC)	D (SOIC)	
		8 引脚	8 引脚	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	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 REF54250

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值, 最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证, 除非另有说明

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
精度和温漂						
	输出电压精度	T _A = 25°C	-0.02		0.02	%
	输出电压温度系数	Q 级; -40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾			1.5	ppm/°C
		I 级; -40°C ≤ T _A ≤ 105°C ⁽¹⁾			2	
		陶瓷 (FKH) 封装; 0°C ≤ T _A ≤ 70°C ⁽¹⁾			0.8	
		C 级; 0°C ≤ T _A ≤ 70°C			0.8	
线路和负载调整率						
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V, 0°C ≤ T _A ≤ 70°C		1	3	ppm/V
		V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V, - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		1	3	
Δ V _R / Δ I _L	负载调整	I _L = 0mA 至 10mA, V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} , 0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5	20	ppm/mA
		I _L = 0mA 至 10mA, V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} , -40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		5	30	
		I _L = 0mA 至 -10mA, V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} , 0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5	15	
		I _L = 0mA 至 -10mA, V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} , -40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		5	25	
噪声						
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		0.45		ppm _{p-p}
		f = 0.1Hz 至 10Hz, C _{NR} = 10 μ F		0.24		
		f = 0.1Hz 至 10Hz, C _{NR} = 100 μ F		0.11		
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz		0.7		ppm _{rms}
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz, C _{NR} = 1 μ F		0.16		ppm _{rms}
R _{NR}	NR 引脚内部电阻			14		kΩ
迟滞和长期稳定性						
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性- SOIC (D) 封装	250h T _A = 35°C		14		ppm
		1000h T _A = 35°C		25		
		2000h T _A = 35°C		32		
		4500h T _A = 35°C		46		
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性-陶瓷 (FKH) 封装 ⁽¹⁾	250h T _A = 35°C		2		ppm
		1000h T _A = 35°C		3		
		2000h T _A = 35°C		4		
		4500h T _A = 35°C		4		

6.5 电气特性 REF54250 (续)

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
ΔV_{REF_HYS}	输出电压迟滞- SOIC (D) 封装	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)		15			ppm
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)		0.8			
ΔV_{REF_HYS}	输出电压迟滞-陶瓷 (FKH) 封装 ⁽¹⁾	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)		5			ppm
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)		4			
开通时间							
t _{ON}	导通时间	0.1% 稳定，C _{REF} = 1μF			0.4		ms
容性负载							
C _{IN}	稳定的输入电容器范围	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			0.1		μF
C _{REF}	稳定的输出电容器范围 ⁽²⁾	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			1	100	μF
电源							
V _{IN}	输入电压				V _{REF} + V _{DO}	18	V
I _Q	静态电流	T _A = 25°C	工作模式	260		μA	
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		380		μA	
		T _A = 25°C	关断模式	0.5		1	uA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				2	uA
V _{EN}	使能引脚电压	工作模式 (EN=1)			1.6		V
		关断模式 (EN=0)			0.5		V
I _{EN}	使能引脚电流	V _{IN} = V _{EN} = 18V			0.5		uA
		V _{IN} = V _{EN} = 18V， - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			1.5		uA
V _{DO}	压降电压	I _L = 5mA， - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			250		mV
		I _L = 10mA， - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			400		mV
I _{SC}	短路电流	V _{REF} = 0V			21		mA

(1) 预发布规格。在发布正式版本时可能会发生更改。

(2) 电容器的 ESR 范围为 $10\text{m}\Omega$ 至 1Ω

6.6 电气特性 REF54300

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明 (1)

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
精度和温漂							
	输出电压精度	T _A = 25°C		-0.02		0.02	%
	输出电压温度系数	Q 级；-40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1.5	ppm/°C
		C 级；0°C ≤ T _A ≤ 70°C				0.8	
线路和负载调整率							
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		1		2	ppm/V
		V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C		1		3	
Δ V _R / Δ I _L	负载调整	I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C		5		30	ppm/mA
		I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5		20	
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C		5		25	
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5		15	
噪声							
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		0.45			ppm _{p-p}
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 10 μ F		0.24			
		f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 100 μ F		0.11			
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz		0.7			ppm _{rms}
e _n		f = 10Hz 至 1kHz，C _{NR} = 1 μ F		0.16			ppm _{rms}
迟滞和长期稳定性							
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性	250h T _A = 35°C		14			ppm
		1000h T _A = 35°C		25			
Δ V _{REF_HYS}	输出电压迟滞	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)		15			ppm
Δ V _{REF_HYS}	输出电压迟滞	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)		0.8			ppm
开通时间							
t _{ON}	导通时间	0.1% 稳定，C _{REF} = 1μF		0.44			ms
容性负载							
C _{IN}	稳定的输入电容器范围	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		0.1			μF
C _{REF}	稳定的输出电容器范围 (2)	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		1		100	μF
电源							
V _{IN}	输入电压			V _{REF} + V _{DO}	18		V
I _Q	静态电流	T _A = 25°C	工作模式	260			μA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		380			μA
		T _A = 25°C	关断模式	0.5			uA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		1.5			uA
V _{EN}	使能引脚电压	工作模式 (EN=1)		1.6			V
		关断模式 (EN=0)		0.5			V

6.6 电气特性 REF54300 (续)

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明 ⁽¹⁾

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I_{EN}	使能引脚电流	$V_{IN} = V_{EN} = 18\text{V}$		0.25	0.7	μA
		$V_{IN} = V_{EN} = 18\text{V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			1.2	μA
V_{DO}	压降电压	$I_L = 5\text{mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			250	mV
		$I_L = 10\text{mA}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$			400	mV
I_{SC}	短路电流	$V_{REF} = 0\text{V}$		21		mA

(1) REF54300 器件处于预发布状态。所有规格均为初始版，在正式发布之前可能会发生更改。

(2) 电容器的 ESR 范围为 $10\text{m}\Omega$ 至 1Ω

6.7 电气特性 REF54410

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
精度和温漂						
	输出电压精度	T _A = 25°C	-0.02		0.02	%
	输出电压温度系数	Q 级；-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾			1.5	ppm/°C
		I 级；-40°C ≤ T _A ≤ 105°C ⁽¹⁾			2	
		陶瓷 (FKH) 封装；0°C ≤ T _A ≤ 70°C			0.8	
		C 级；0°C ≤ T _A ≤ 70°C			1	
线路和负载调整率						
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		1	2	ppm/V
		V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		1	3	
Δ V _R / Δ I _L	负载调整	I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5	20	ppm/mA
		I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		5	30	
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C		5	15	
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		5	25	
噪声						
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz		0.45		ppm _{p-p}
		f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 10 μ F		0.24		
		f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 100 μ F		0.11		
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz		0.7		ppm _{rms}
		f = 10Hz 至 1kHz，C _{NR} = 1 μ F		0.15		
R _{NR}	NR 引脚内部电阻			14		kΩ
迟滞和长期稳定性						
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性- SOIC (D) 封装	250h T _A = 35°C		14		ppm
		1000h T _A = 35°C		25		
		2000h T _A = 35°C		32		
		4500h T _A = 35°C		46		ppm
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性 - 陶瓷 (FKH) 封装	250h T _A = 35°C		2		ppm
		1000h T _A = 35°C		3		
		2000h T _A = 35°C		4		
		4500h T _A = 35°C		4		
Δ V _{REF_HYS}	输出电压迟滞- SOIC (D) 封装	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)		15		ppm
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)		0.8		ppm
Δ V _{REF_HYS}	输出电压磁滞 - 陶瓷 (FKH) 封装	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)		5		ppm
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)		4		
开通时间						
t _{ON}	导通时间	0.1% 稳定，C _{REF} = 1μF		0.6		ms
容性负载						
C _{IN}	稳定的输入电容器范围	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		0.1		μF

6.7 电气特性 REF54410 (续)

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
C _{REF}	稳定的输出电容器范围 (2)	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		1		100	μF
电源							
V _{IN}	输入电压			V _{REF} + V _{DO}		18	V
I _Q	静态电流	T _A = 25°C	工作模式		300		μA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				450	μA
		T _A = 25°C	关断模式		0.5		uA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1	uA
V _{EN}	使能引脚电压	工作模式 (EN=1)		1.6			V
		关断模式 (EN=0)				0.5	V
I _{EN}	使能引脚电流	V _{IN} = V _{EN} = 18V			0.25	0.7	uA
		V _{IN} = V _{EN} = 18V , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1.2	uA
V _{DO}	压降电压	I _L = 5mA , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				250	mV
		I _L = 10mA , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				400	mV
I _{SC}	短路电流	V _{REF} = 0V			21		mA

- (1) 预发布规格。在发布正式版本时可能会发生更改。
(2) 电容器的 ESR 范围为 $10\text{m}\Omega$ 至 1Ω

6.8 电气特性 REF54450

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明 ⁽¹⁾

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
精度和温漂							
	输出电压精度	T _A = 25°C		-0.02		0.02	%
	输出电压温度系数	Q 级；-40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1.5	ppm/°C
线路和负载调整率							
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 10V			4	30	ppm/V
		V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C			1	10	
Δ V _R / Δ I _L	负载调整	I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C			5	30	ppm/mA
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C			5	40	
噪声							
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz			0.45		ppm _{p-p}
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 10 μ F			0.24		
		f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 100 μ F			0.11		
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz			0.7		ppm _{rms}
e _n		f = 10Hz 至 1kHz，C _{NR} = 1 μ F			0.16		ppm _{rms}
迟滞和长期稳定性							
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性	250h T _A = 35°C			14		ppm
		1000h T _A = 35°C			25		
Δ V _{REF_HYS}	输出电压迟滞	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)			15		ppm
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)			0.8		
开通时间							
t _{ON}	导通时间	0.1% 稳定，C _{REF} = 1μF			0.63		ms
容性负载							
C _{IN}	稳定的输入电容器范围	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			0.1		μF
C _{REF}	稳定的输出电容器范围 ⁽²⁾	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C			1	100	μF
电源							
V _{IN}	输入电压			V _{REF} + V _{DO}		18	V
I _Q	静态电流	T _A = 25°C	工作模式	260		310	μA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				420	μA
		T _A = 25°C	关断模式	0.25		0.7	uA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1	uA
V _{EN}	使能引脚电压	有源模式 (EN=1)		1.6			V
		关断模式 (EN=0)				0.5	V
I _{EN}	使能引脚电流	V _{IN} = V _{EN} = 18V		0.25		0.7	uA
		V _{IN} = V _{EN} = 18V，- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1.2	uA
V _{DO}	压降电压	I _L = 5mA，- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				250	mV
		I _L = 10mA，- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				400	mV
I _{SC}	短路电流	V _{REF} = 0V			21		mA

(1) REF54450 器件处于预发布状态。所有规格均为初始版，在正式发布之前可能会发生更改。

(2) 电容器的 ESR 范围为 $10\text{m}\Omega$ 至 1Ω 。

6.9 电气特性 REF54500

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
精度和温漂						
	输出电压精度	T _A = 25°C	-0.02	0.02		%
	输出电压温度系数	Q 级；-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾		1.5	ppm/°C	
		陶瓷 (FKH) 封装；0°C ≤ T _A ≤ 70°C		0.8		
		C 级；0°C ≤ T _A ≤ 70°C		1		
线路和负载调整率						
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 10V	4	30		ppm/V
Δ V _R / Δ V _{IN}	线路调整	V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，0°C ≤ T _A ≤ 70°C	1	5	ppm/V	
		V _{REF} + V _{DO} ≤ V _{IN} ≤ 18V，- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾	1	10		
Δ V _R / Δ I _L	负载调整	I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾	5	30	ppm/mA	
		I _L = 0mA 至 10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C	5	20		
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，-40°C ≤ T _A ≤ 125°C ⁽¹⁾	5	40		
		I _L = 0mA 至 -10mA，V _{IN} = V _{REF} + V _{DO} ，0°C ≤ T _A ≤ 70°C	5	25		
噪声						
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz	0.45		ppm _{p-p}	
e _{np-p}	低频噪声	f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 10 μ F	0.24			
		f = 0.1Hz 至 10Hz，C _{NR} = 100 μ F	0.11			
e _n	输出电压噪声	f = 10Hz 至 1kHz	0.7		ppm _{rms}	
e _n		f = 10Hz 至 1kHz，C _{NR} = 1 μ F	0.16		ppm _{rms}	
迟滞和长期稳定性						
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性- SOIC (D) 封装	250h T _A = 35°C	14		ppm	
		1000h T _A = 35°C	25			
		2000h T _A = 35°C	32			
		4500h T _A = 35°C	46			
Δ V _{REF_LTD}	长期稳定性 - 陶瓷 (FKH) 封装	250h T _A = 35°C	2		ppm	
		1000h T _A = 35°C	3			
		2000h T _A = 35°C	4			
		4500h T _A = 35°C	4			
Δ V _{REF_HYS}	输出电压迟滞- SOIC (D) 封装	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1)	18		ppm	
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2)	0.8			
Δ V _{REF_HYS}	输出电压磁滞- 陶瓷 (FKH) 封装	25°C、0°C、70°C、25°C (周期 1) - FKH 封装	5		ppm	
		25°C、0°C、70°C、25°C (周期 2) - FKH 封装	4		ppm	
开通时间						
t _{ON}	导通时间	0.1% 稳定，C _{REF} = 1μF	0.7			ms
容性负载						
C _{IN}	稳定的输入电容器范围	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C	0.1			μF

6.9 电气特性 REF54500 (续)

典型规格是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $I_L = 0\text{mA}$ 、 $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$ 、 $C_{REF} = 10\mu\text{F}$ 、 $C_{NR} = \text{开路}$ 、 $V_{IN} = V_{REF} + V_{DO}$ 条件下的值，最小值/最大值规格在整个温度范围内经过验证，除非另有说明

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
C _{REF}	稳定的输出电容器范围 (2)	- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C		1		100	μF
电源							
V _{IN}	输入电压			V _{REF} + V _{DO}		18	V
I _Q	静态电流	T _A = 25°C	工作模式		300	380	μA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				430	μA
		T _A = 25°C	关断模式		0.25	0.7	uA
		- 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1	uA
V _{EN}	使能引脚电压	工作模式 (EN=1)		1.6			V
		关断模式 (EN=0)				0.5	V
I _{EN}	使能引脚电流	V _{IN} = V _{EN} = 18V			0.25	0.7	uA
		V _{IN} = V _{EN} = 18V , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				1.2	uA
V _{DO}	压降电压	I _L = 5mA , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				250	mV
		I _L = 10mA , - 40°C ≤ T _A ≤ 125°C				400	mV
I _{SC}	短路电流	V _{REF} = 0V			21		mA

(1) 预发布规格。在发布正式版本时可能会发生更改。

(2) 电容器的 ESR 范围为 $10\text{m}\Omega$ 至 1Ω

6.10 典型特性

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{EN} = V_{REF} + 0.5\text{V}$, $I_L = 0\text{mA}$, $C_{Out} = C_{REF} = 10\ \mu\text{F}$, $C_{NR} = \text{开路}$, $C_{IN} = 0.1\ \mu\text{F}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$ 时 (除非另有说明)

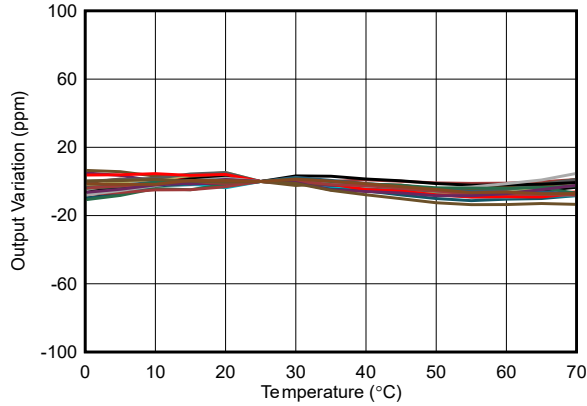


图 6-1. 输出电压与自然通风温度 SOIC 封装间的关系

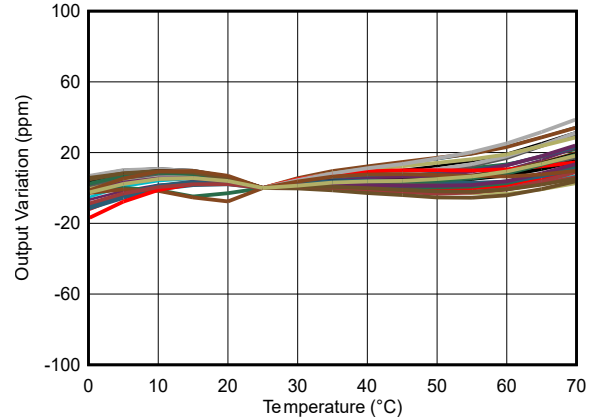


图 6-2. 输出电压与自然通风温度 FKH 封装间的关系

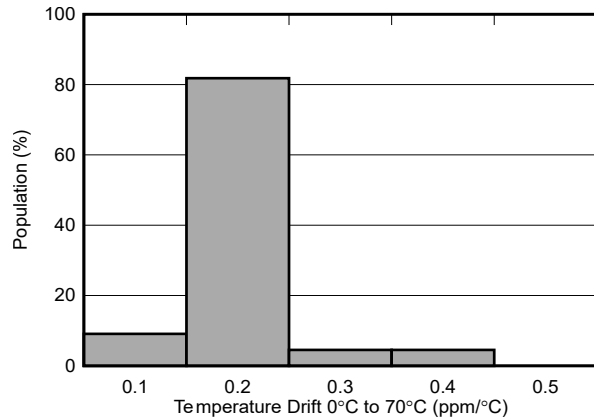


图 6-3. 温度漂移分布 SOIC 封装

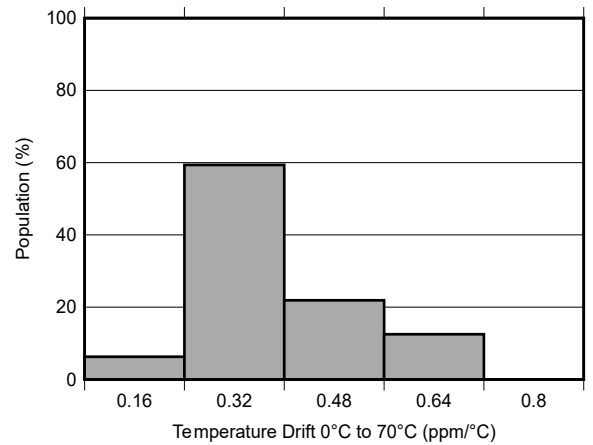


图 6-4. 温度漂移分布 FKH 封装

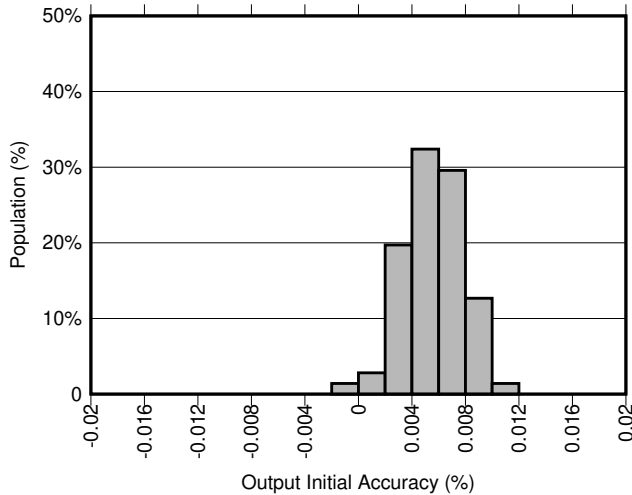


图 6-5. 精度分布

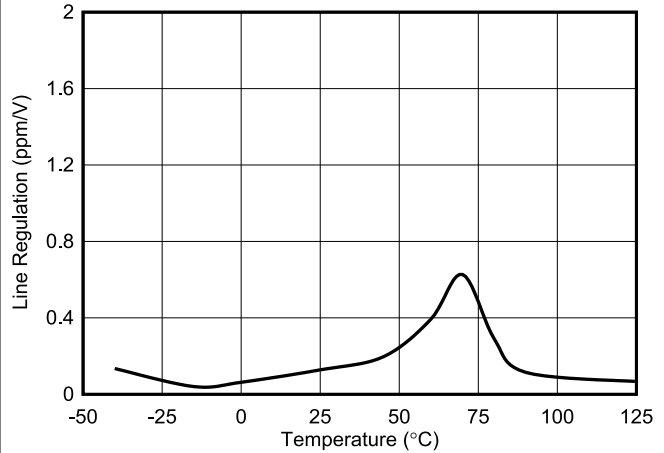


图 6-6. 线路调整率与温度间的关系

6.10 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{EN} = V_{REF} + 0.5\text{V}$, $I_L = 0\text{mA}$, $C_{OUT} = C_{REF} = 10\text{ }\mu\text{F}$, $C_{NR} = \text{开路}$, $C_{IN} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$ 时 (除非另有说明)

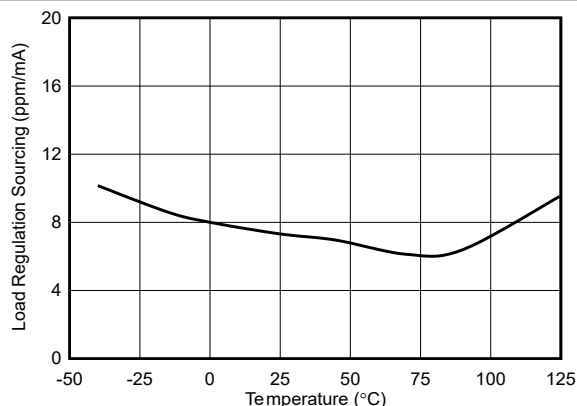


图 6-7. 负载调整率 (拉电流) 与温度间的关系

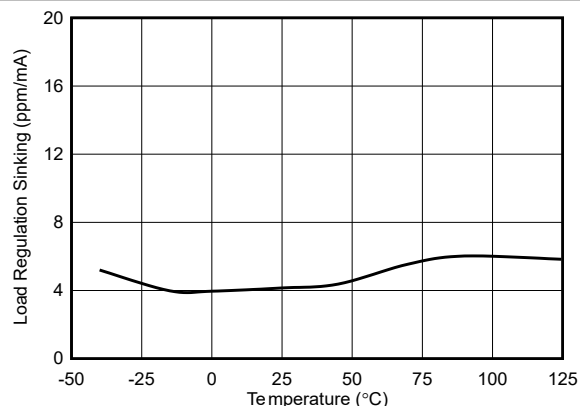


图 6-8. 负载调整率 (灌电流) 与温度间的关系

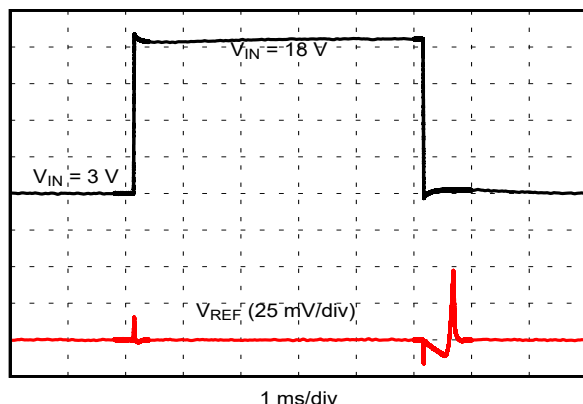


图 6-9. 线路瞬态响应

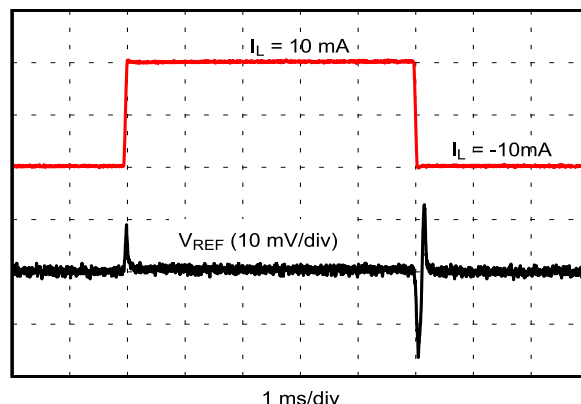
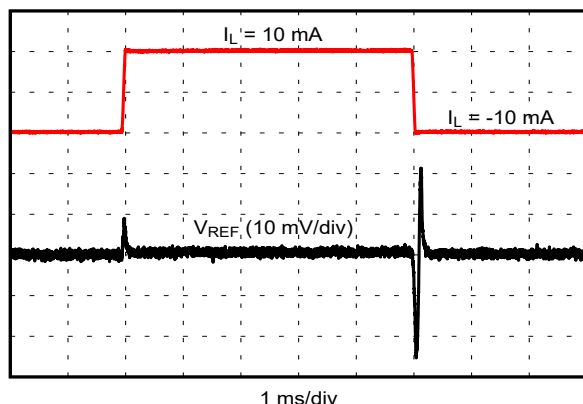
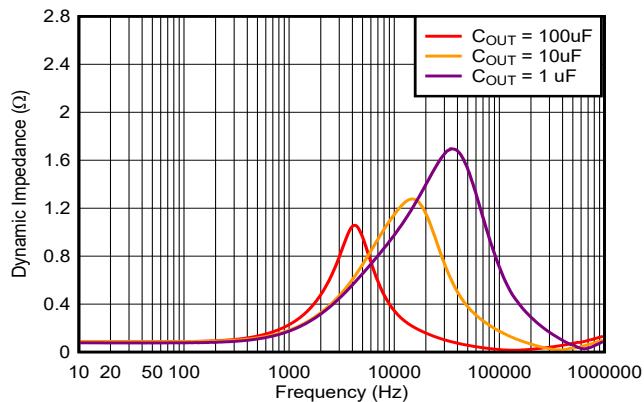
图 6-10. 负载瞬态响应 ($C_{OUT} = 10\text{ }\mu\text{F}$)图 6-11. 负载瞬态响应 ($C_{OUT} = 1\text{ }\mu\text{F}$)

图 6-12. 输出阻抗

6.10 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{EN} = V_{REF} + 0.5\text{V}$, $I_L = 0\text{mA}$, $C_{OUT} = C_{REF} = 10\text{ }\mu\text{F}$, $C_{NR} = \text{开路}$, $C_{IN} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$ 时 (除非另有说明)

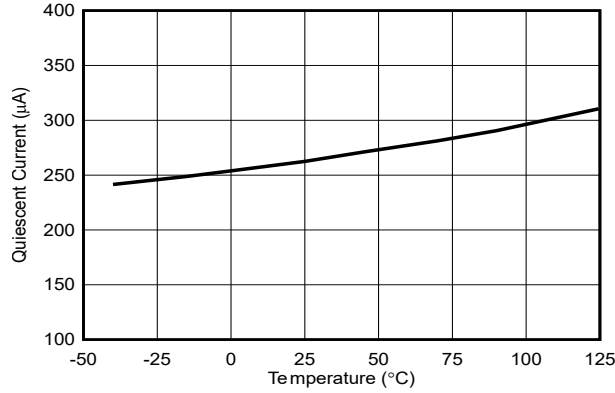


图 6-13. 静态电流与温度间的关系

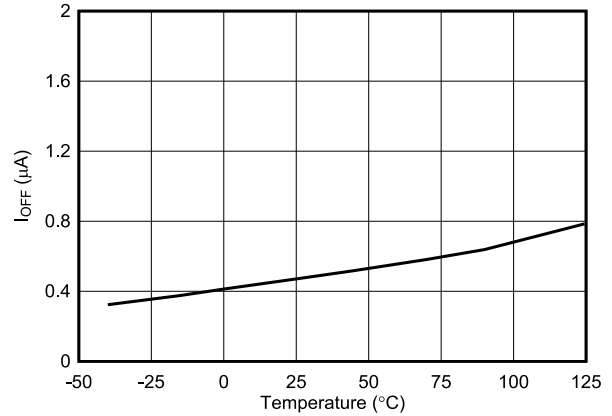


图 6-14. 关断电流与温度间的关系

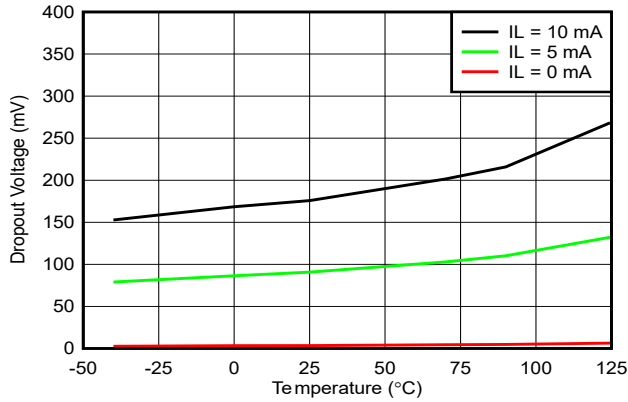


图 6-15. 压降电压与温度间的关系

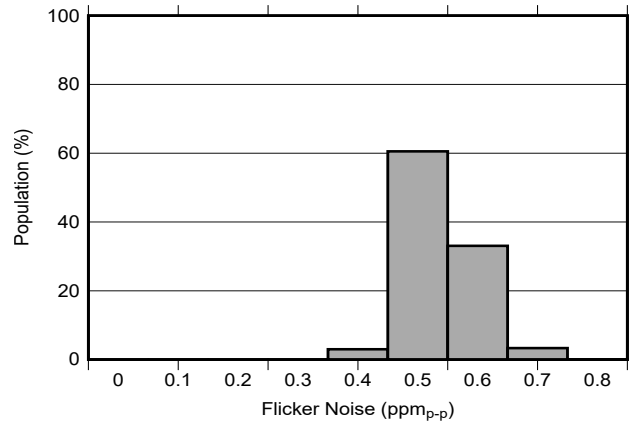


图 6-16. 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声
($C_{NR} = \text{开路}$)

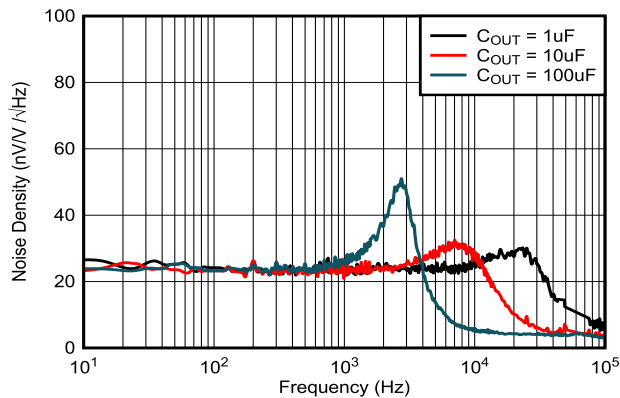


图 6-17. 噪声性能 10Hz 至 100kHz
($C_{NR} = \text{开路}$)

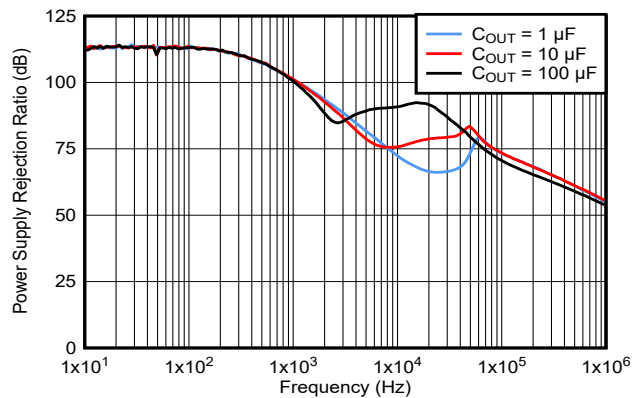


图 6-18. 电源抑制比与频率间的关系

6.10 典型特性 (续)

在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{EN} = V_{REF} + 0.5\text{V}$, $I_L = 0\text{mA}$, $C_{Out} = C_{REF} = 10\ \mu\text{F}$, $C_{NR} = \text{开路}$, $C_{IN} = 0.1\ \mu\text{F}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$ 时 (除非另有说明)

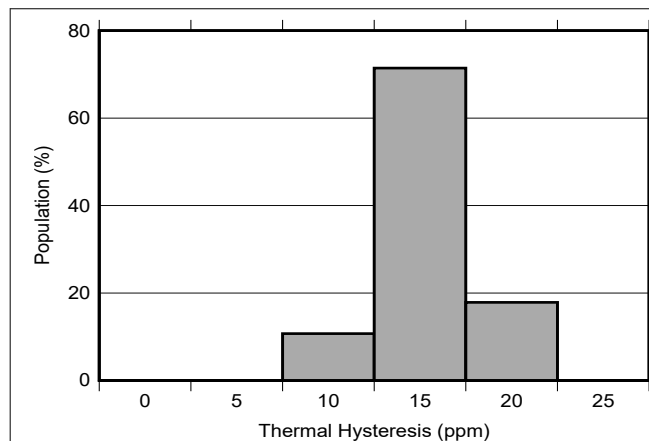


图 6-19. REF54250 热迟滞分布
(0°C 至 70°C)

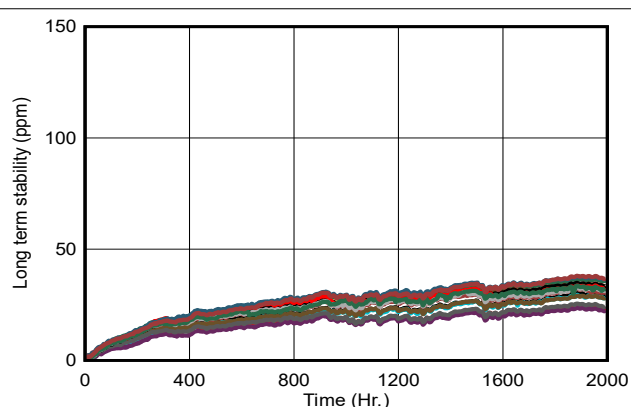


图 6-20. 长期稳定性 SOIC 封装 2000 小时

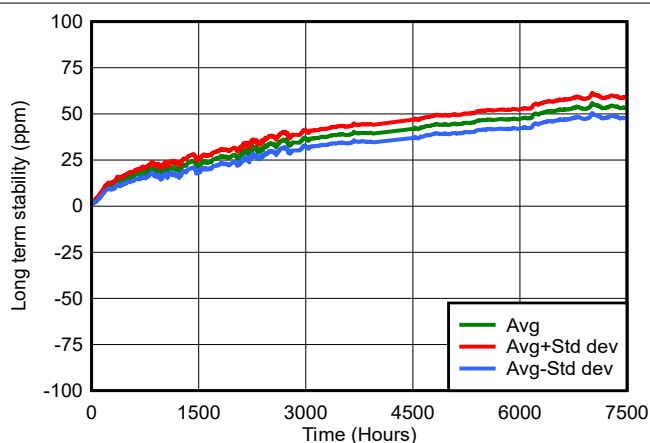


图 6-21. 长期稳定性 SOIC 封装 7500 小时

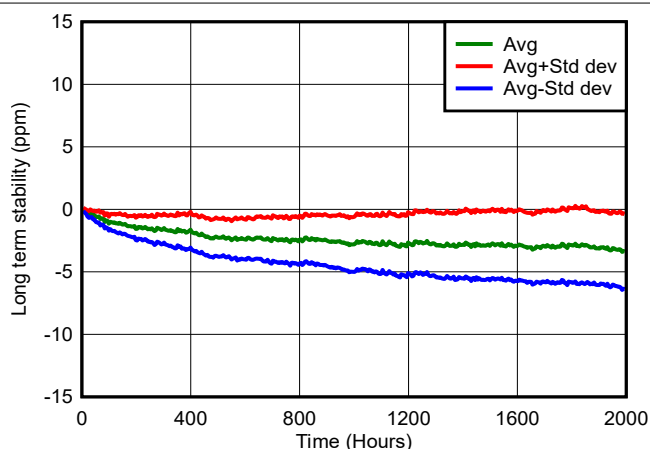


图 6-22. 长期稳定性 FKH 封装 2000 小时

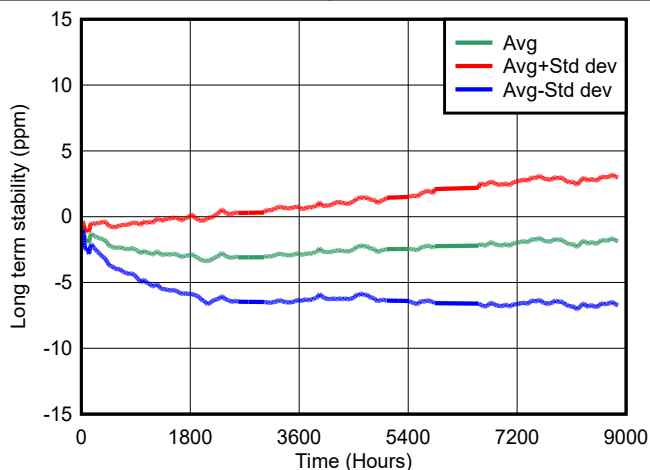


图 6-23. 长期稳定性 FKH 封装 9000 小时

7 参数测量信息

7.1 温漂

REF54 针对最小输出电压温漂进行设计和测试，该温漂定义为输出电压随温度的变化。每个发货的器件都在多个温度下进行了测试，以确保产品符合数据表规格。使用框方法计算温度系数，其中框由工作温度范围内标称输出电压的最小/最大限值组成。REF54 器件 C 型号在 0°C 至 70°C 范围内的最大温度系数为 0.8ppm/°C，REF54 器件 Q 型号在 -40°C 至 125°C 范围内的最大温度系数为 1.5ppm/°C。框方法指定温度误差的限值，但不指定受测器件的确切形状和斜率。由于为实现低温漂而进行温度曲率校正，温漂预计为非线性。关于“盒式计算方法”的更多信息，请参阅《模拟设计期刊》中的[精密电压基准](#)一文。盒式计算方法公式如[方程式 1](#)所示：

$$\text{Drift} = \left[\frac{V_{\text{REF(MAX)}} - V_{\text{REF(MIN)}}}{V_{\text{REF(25°C)}} \times \text{TemperatureRange}} \right] \times 10^6 \quad (1)$$

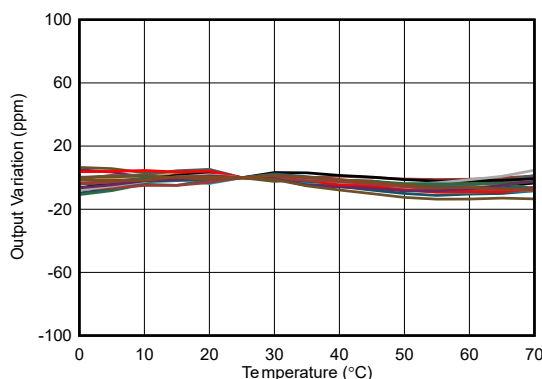


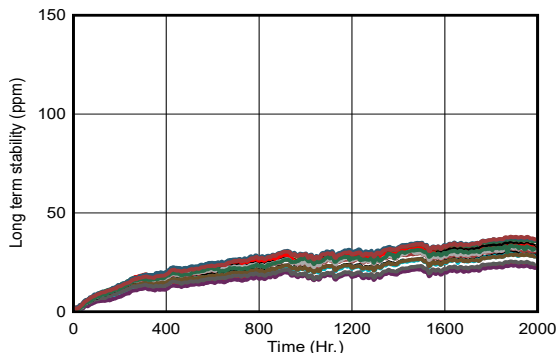
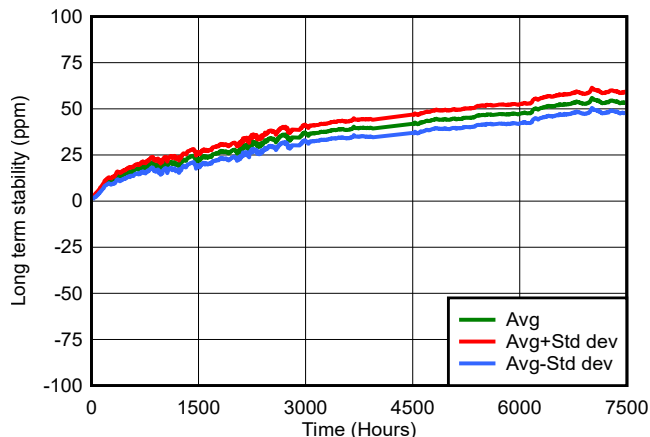
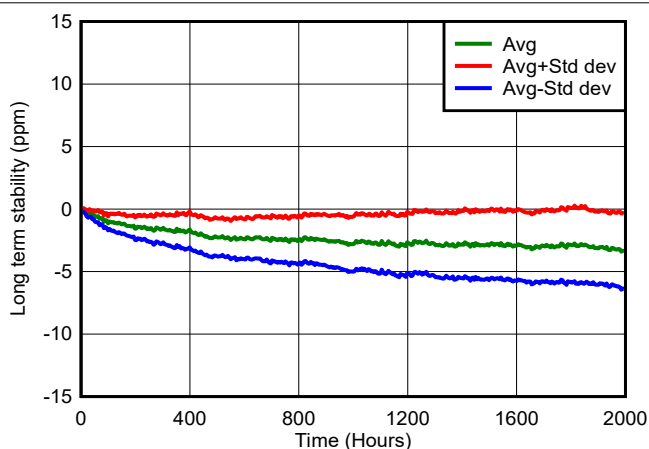
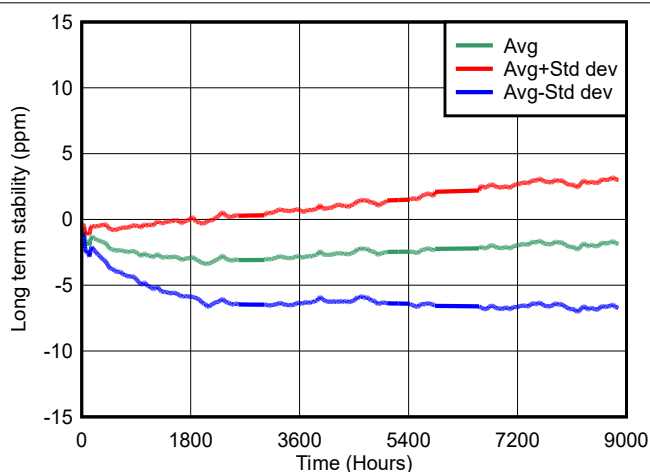
图 7-1. 输出电压与自然通风温度间的关系

7.2 长期稳定性

长期稳定性是所有精密应用中串联电压基准的关键性能参数。它被定义为基准电压随时间的变化。长期稳定性值在反映标准 PCB 电路板制造实践的典型设置下进行测试。电路板由标准 FR4 材料制成，在器件周围没有特殊切口或凹槽，也未经过老化处理来缓解 PCB 的机械应力。这些条件反映了实际用例场景以及常见的制造技术。

在长期稳定性测试期间，请采取预防措施，确保仅测量长期稳定性漂移。电路板在油浴中保持在 35°C ± 0.02°C。油浴可确保整个器件的温度随着时间的推移保持恒定。每 30 分钟使用经过校准的 8.5 位万用表捕获一次测量结果。

典型的长期稳定性特性表示为一段时间内的偏差。[图 7-2](#)展示了 SOIC 封装 V_{REF} 中 REF54 在 0 到 1000 小时内的典型漂移值为 25ppm。[图 7-4](#)展示了 FKH 封装 V_{REF} 中 REF54 在 0 到 1000 小时内的典型漂移值为 3ppm。REF54 在最初的 1000 小时内出现最高的漂移，后续偏差通常低于之前的 1000 小时。

图 7-2. 长期稳定性 SOIC - 2000 小时 (V_{REF})图 7-3. 长期稳定性 SOIC - 7500 小时 (V_{REF})图 7-4. 长期稳定性 FKH - 2000 小时 (V_{REF})图 7-5. 长期稳定性 FKH - 9000 小时 (V_{REF})

7.3 噪声性能

7.3.1 $1/f$ 噪声

$1/f$ 噪声，也称为闪烁噪声，主要存在于较低频段中。REF54 数据表指定了 0.1Hz 至 10Hz 频段的闪烁噪声，其中 $1/f$ 噪声具有最大功率。由于 $1/f$ 噪声是一个极低的值，因此目标频率通过具有极低本底噪声的精密带滤波器进行放大和滤波，如图 7-6 所示。

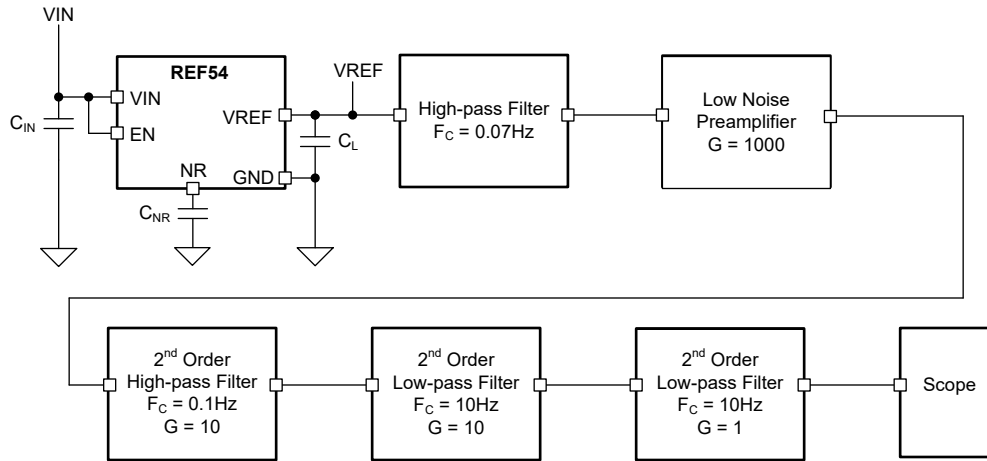


图 7-6. 1/f 噪声测试设置

图 7-7 显示了多个器件的闪烁噪声的典型分布，其中每个器件捕获了超过 1000 个样本。

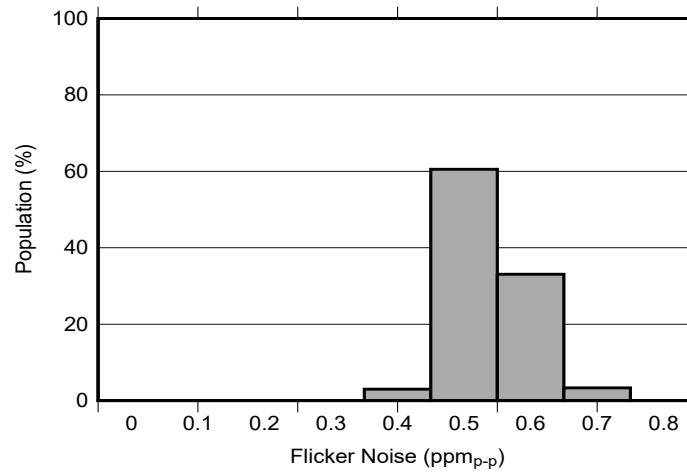


图 7-7. 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声 (C_{NR} = 开路)

噪声敏感型设计倾向于通过极低的 1/f 噪声实现超高精度测量。REF54 提供 NR 引脚，可在带隙上创建一个典型电阻为 14kΩ 的低通滤波器。NR 引脚上的 100 μF 电容器可消除带隙基准整个频带的闪烁噪声 (0.1Hz)，如 图 7-8 所示。NR 引脚上的 10 μF 电容器可为带隙创建 1Hz 低通滤波器。

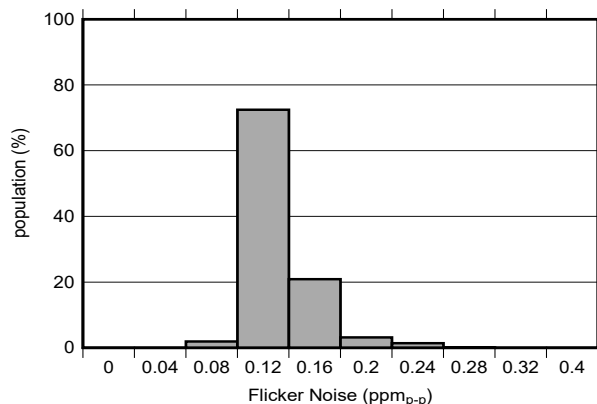


图 7-8. 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声
($C_{NR} = 100 \mu F$)

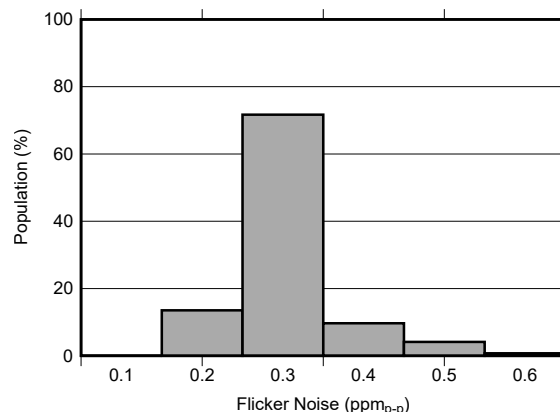


图 7-9. 0.1Hz 至 10Hz 电压噪声
($C_{NR} = 10 \mu F$)

7.3.2 宽带噪声

宽带噪声或白噪声在整个频谱范围内是平坦的，这受到内部带隙基准的带宽的限制。通过对 REF54 的输出进行高通滤波并在精密频谱分析仪上测量结果来测量宽带噪声，如图 7-10 所示。使用高通滤波器去除 REF54 的直流分量，然后进行放大。这里使用了两个小增益级来更大程度提升噪声带宽分析效果。

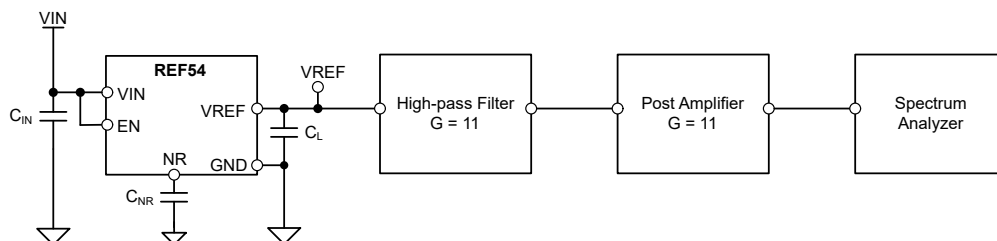


图 7-10. 宽带噪声测试设置

图 7-11 展示了 REF54 的典型白噪声。设计人员可以使用 NR 引脚限制噪声带宽，以实现信号链所需的分辨率。在 NR 引脚处连接 $1 \mu F$ ，可为带隙噪声创建一个典型的 12Hz 低通滤波器，从而降低 REF54 的白噪声本底。 $>1 \mu F$ 的电容器可消除 $>10Hz$ 频带内的所有噪声。

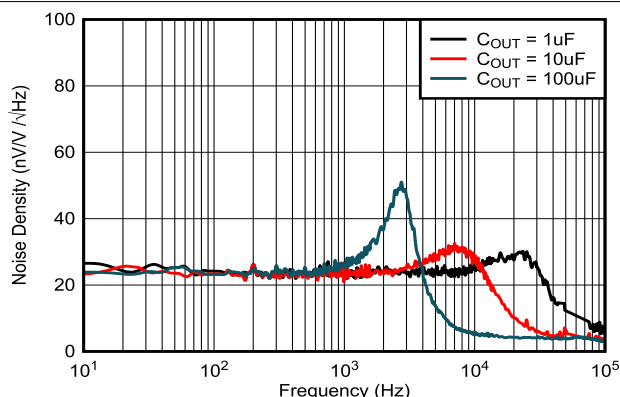


图 7-11. 噪声性能 10Hz 至 100kHz ($C_{NR} = \text{开路}$)

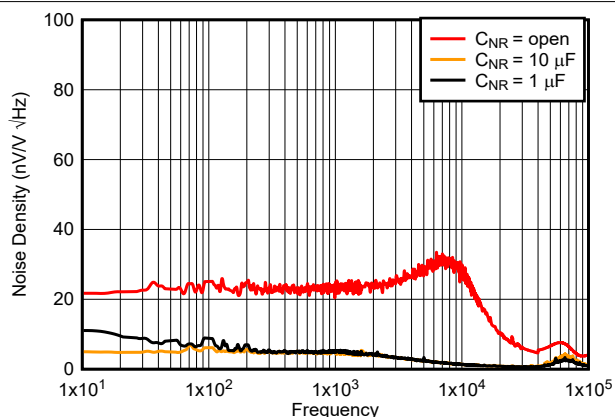


图 7-12. 噪声性能 10Hz 至 100kHz ($C_{OUT} = 10 \mu F$)

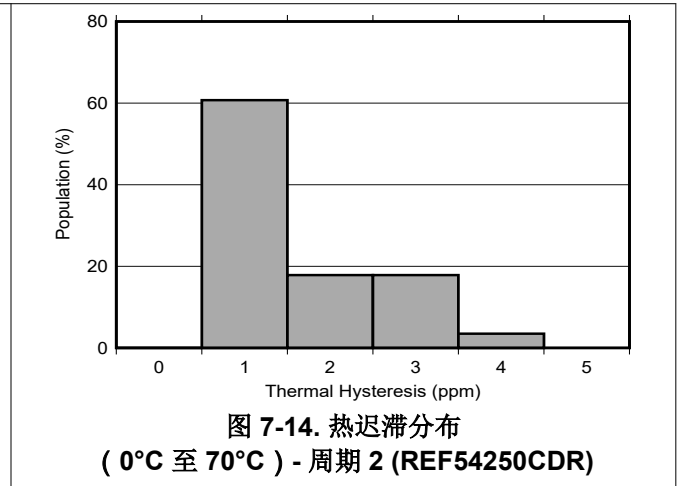
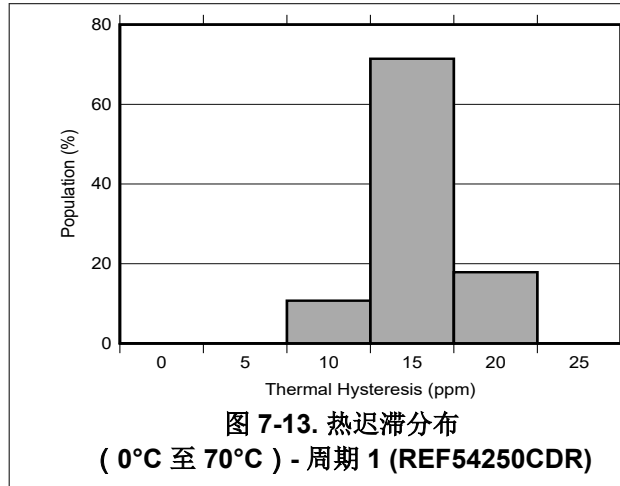
7.4 热迟滞

与实际应用类似，通过将 REF54 焊接到 PCB 上测量热迟滞。器件的热迟滞定义为器件在 25°C 下工作，在额定温度范围内循环并返回到 25°C 后输出电压的变化。C 型号的第一次热循环如图 7-13 所示，第二次热循环如图 7-14 所示。REF54250CDR 的热迟滞在第一个周期后稳定。迟滞可通过方程式 2 表示

$$V_{HYST} = \left(\frac{|V_{PRE} - V_{POST}|}{V_{NOM}} \right) \times 10^6 (\text{ppm}) \quad (2)$$

其中

- V_{HYST} = 热迟滞 (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 开始到经过额定温度范围 (例如 0°C 至 70°C) 内所有温度后返回 25°C 时测得的输出电压



7.5 焊接热漂移

REF54 的封装材料具有与 PCB 材料不同的热膨胀系数，当器件在焊接过程中被加热并在焊接后冷却时，会导致器件芯片上的应力变化。器件芯片上的回流和应力变化引起的热冲击会导致输出电压漂移，从而降低产品的初始精度性能。回流焊是造成这种误差的常见原因。为了量化这种影响，我们使用无铅焊锡膏和焊锡膏制造商建议的回流焊曲线将 32 个器件焊接在印刷电路板上，从而说明这种影响。回流焊曲线如图 7-15 中所示。印刷电路板使用 FR4 材料制成。电路板厚度为 1.65 mm，面积为 137 mm × 168 mm。

如需了解使用“锡铅共晶组装”或“无铅组装”的建议回流焊曲线，请参阅 JEDEC J-STD-020 标准。

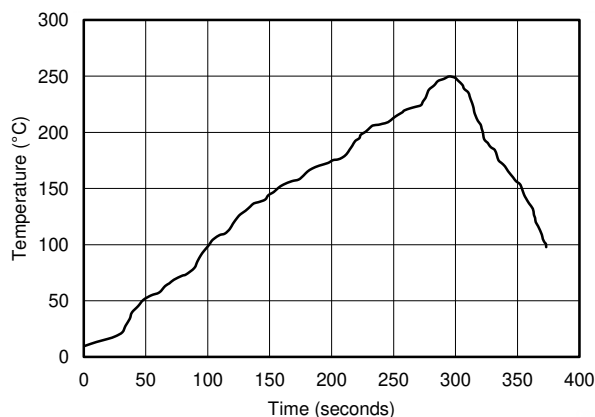


图 7-15. 回流焊曲线

在回流过程之前和之后测量基准输出电压。焊接漂移取决于印刷电路板的尺寸、厚度和材料。必须注意的是，图 7-16 显示暴露于单个回流焊曲线的典型漂移。在两侧都有表面贴装元件的 PCB 经常会暴露于多个回流焊，这会导致输出电压出现额外漂移。如果 PCB 暴露于多个回流焊，则必须在最后一道工序焊接器件，以最大限度地减少暴露于热应力的情况。

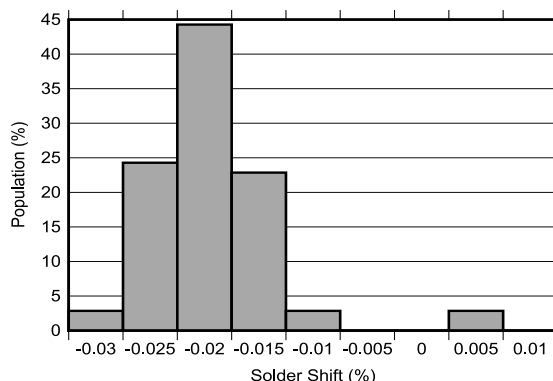


图 7-16. 焊接漂移

7.6 功率耗散

REF54 电压基准能够在额定输入电压范围内拉出和灌入高达 10mA 的负载电流。不过，在环境温度较高的应用中使用，必须仔细监控输入电压和负载电流，确保器件不会超过最大功率耗散额定值。可以使用方程式 3 来计算器件的最大功率耗散：

$$T_J = T_A + P_D \times R_{\theta JA} \quad (3)$$

其中

- P_D 是器件功率耗散
- T_J 是器件结温
- T_A 是环境温度
- $R_{\theta JA}$ 是封装 (结至空气) 热阻

由于这种关系，高温条件下可接受的负载电流可以小于器件的最大拉电流能力。请勿在超出最大额定功率的情况下运行器件，因为这样做可能会导致器件过早出现故障或损坏。

8 详细说明

8.1 概述

REF54 是高精度串联基准系列，旨在实现出色的初始电压精度以及随时间推移和温度变化的漂移，并且以低功耗提供出色的噪声性能。图 8-1 是 REF54 的简化方框图，展示了基本带隙拓扑。

8.2 功能方框图

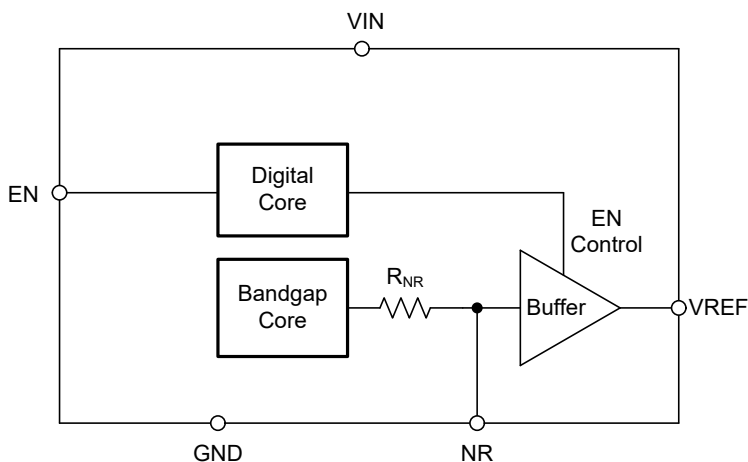


图 8-1. REF54 功能框图

8.3 特性说明

8.3.1 EN 引脚

当 EN 引脚电压大于 1.6V 或 EN 引脚悬空时，REF54 的输出进入有效状态。REF54 的使能特性旨在实现低静态电流 (I_Q)。当 EN 引脚的电压低于 VIN 引脚电压时，不会从 EN 引脚消耗任何电流。器件必须处于工作模式才能正常运行。REF54 将 EN 引脚拉至低电平可进入关断模式。在关断模式下，器件的输出被禁用并且器件的静态电流降至 1.2 μ A。EN 引脚不得拉至高于 VIN 电源电压。请参阅电气表，了解有关逻辑高电压电平和逻辑低电压电平的信息。

8.3.2 NR 引脚

REF54 中的 NR 去耦引脚结合 14k Ω 的内部电阻形成一个低通滤波器，以消除内部带隙噪声。与基准输出端的常规低通滤波器不同，将一个电容器连接到 NR 引脚不会影响输出阻抗，因此无需额外的缓冲器。电容器的漏电流会直接影响精度和温漂。如果使用 NR 功能，请选择在整个温度范围内具有低漏电流的电容器（推荐使用薄膜电容器、COG）。请注意，在 NR 引脚上使用电容器也会增加启动时间。

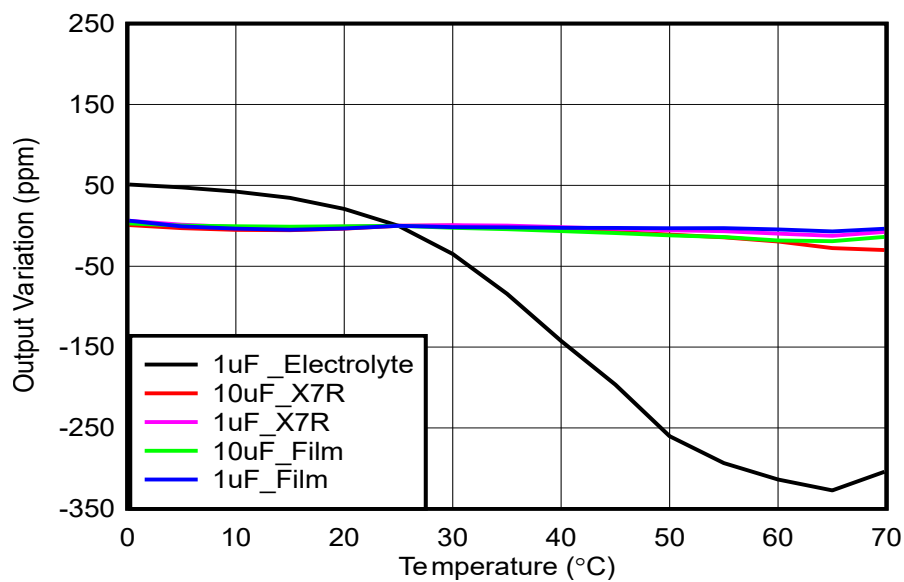


图 8-2. NR 上采用薄膜和 X7R 以及电解电容器的温漂比较

9 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

9.1 应用信息

REF54 专为需要以较低功耗实现高精度的应用而设计。低温漂和低噪声使 REF54 非常适合连接高精度数据转换器，用于实现理想的增益漂移和分辨率。

表 9-1. 与 REF54 配套的数据转换器列表

应用	数据转换器
精密数据采集	ADS8900B、ADS1278、ADS1262、DAC80501、DAC8562
无源地震监测	ADS1285
工业仪表	ADS127L11、ADS8699、ADS1256、ADS1251、DAC9881、DAC8811、DAC1220、DAC80508
测试和测量	ADS1262、ADS8598H、ADS131M08、ADS8686S、ADS8881、DAC11001B、DAC91001A、DAC7744
电源监测，PLC 模拟 I/O	ADS131E04、ADS131A02
现场变送器	ADS1247、ADS1220

9.2 典型应用

9.2.1 基本基准电压连接

图 9-1 显示了 REF54 基准的基本配置。按照节 9.2.1.2 中的指导原则连接旁路电容 C_{IN} 和输出电容 C_{OUT} 。

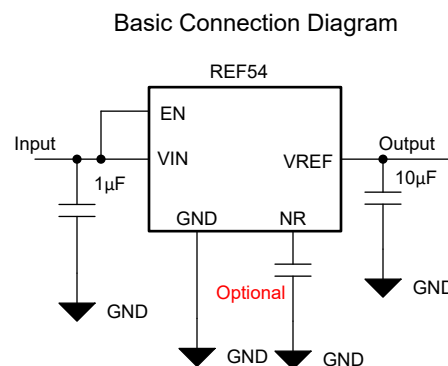


图 9-1. 基本基准连接

9.2.1.1 设计要求

基于设计示例给出了详细的设计步骤。本设计示例使用表 9-2 中所列的参数作为输入参数。

表 9-2. 设计示例参数

设计参数	值
输入电压 V_{IN}	3V
输入电容器	0.1 μ F
输出电容器	10 μ F

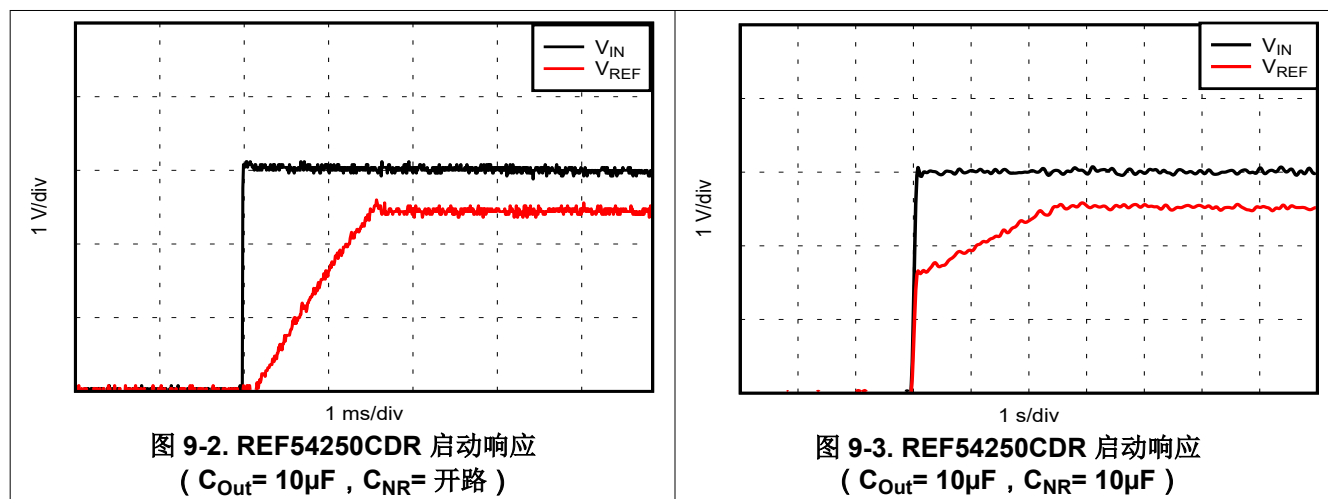
9.2.1.2 详细设计过程

大容量电容器 (0.1 μ F 至 10 μ F) 必须连接到电源, 以便改善在电源电压可能波动的应用中的瞬态响应。在靠近器件的 V_{IN} 引脚处连接一个额外的 0.1 μ F 电容器, 以旁路高频电源噪声。

1 μ F 至 100 μ F 的低 ESR (最大 1 Ω) 电容器必须连接到输出, 以提供稳定的输出。对于噪声极低的应用, 由于 X7R 和其他 MLCC 电容器的压电式效应, 必须特别小心。多层陶瓷电容器 (MLCC) 的压电式特性可能会因机械振动而引入 μ V 范围的噪声, 从而可能主导 REF54 的噪声。有关如何在系统中探索压电式效应的更多信息, 请参阅 [应力引起的突发: 陶瓷电容器中的颤噪效应 \(第 1 部分\)](#) 和 [应力引起的突发: 陶瓷电容器中的颤噪效应 \(第 2 部分\)](#)。设计人员必须在对噪声敏感的应用中使用薄膜电容器。TI 建议将 REF54 基准放置在尽可能靠近负载的位置, 以更大限度地减少布线电阻导致的 IR 压降。

图 9-2 中显示了 REF54 的瞬态启动响应。REF54 系列的启动响应取决于输出电容器和 NR 引脚电容器。增大输出电容器可改善器件的负载瞬态性能, 但这也会增加启动时间。图 9-3 显示了 $C_{NR} = 10 \mu F$ 时的启动时间增加到 3 秒。

9.2.1.3 应用曲线



9.2.2 高精度 ADC 连接基准

高精度 ADC 需要外部精密电压基准, 从而随着温度变化和时间推移产生的理想 SNR 和增益漂移。REF54 在较低频率下具有平坦的动态阻抗。不过, 对于较高的采样率, 动态阻抗会增加。具有良好带宽的低噪声、低偏移缓冲器有助于提高 THD 和压降性能, 从而在更高的采样率下实现大于 18 位的 ENOB。图 9-4 显示了 ADS1285 的评估电路。图 9-5 和图 9-6 分别显示了恒定直流输入为 0V 和 2.0796V 时的峰峰值代码变化。性能符合带 REF54 的 ADS1285 数据表规格。

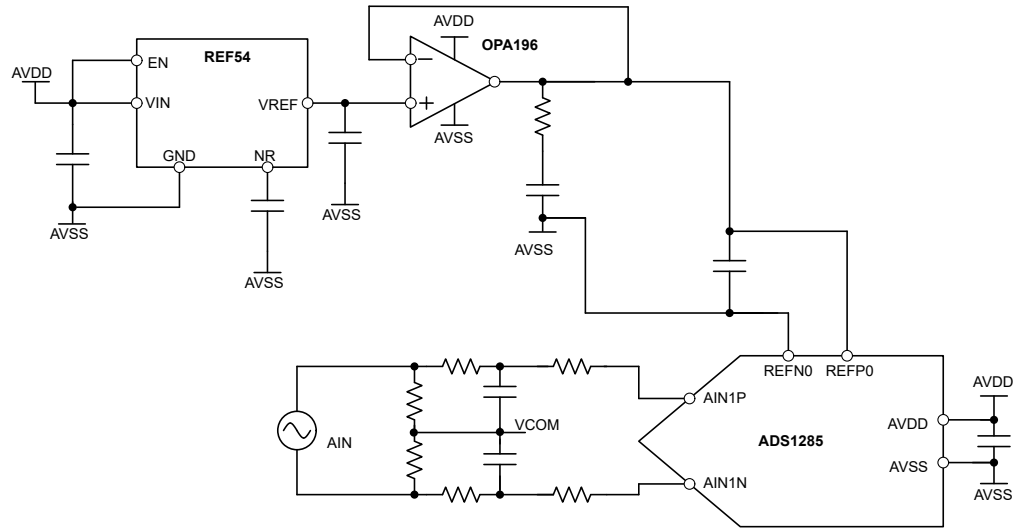


图 9-4. REF54 连接 ADS1285

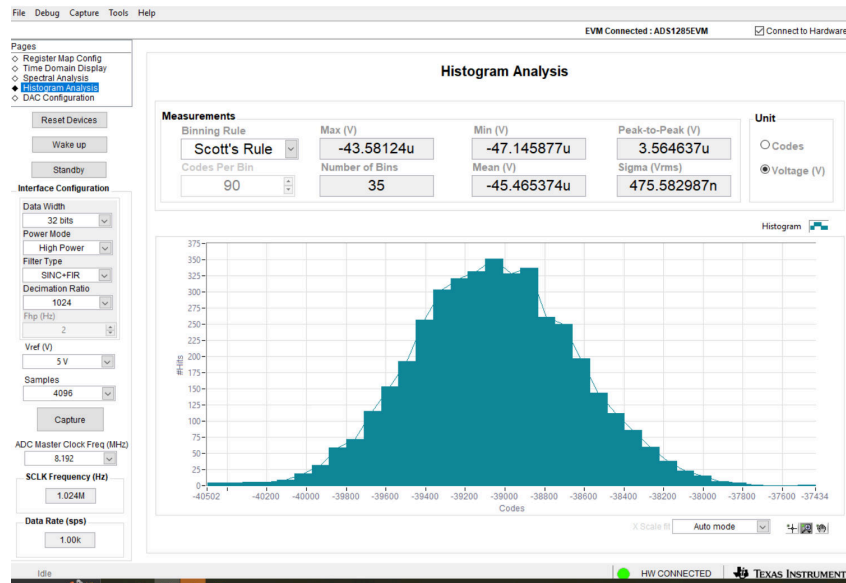


图 9-5. 使用 ADS1285 进行直流测量 (VIN = 0V)

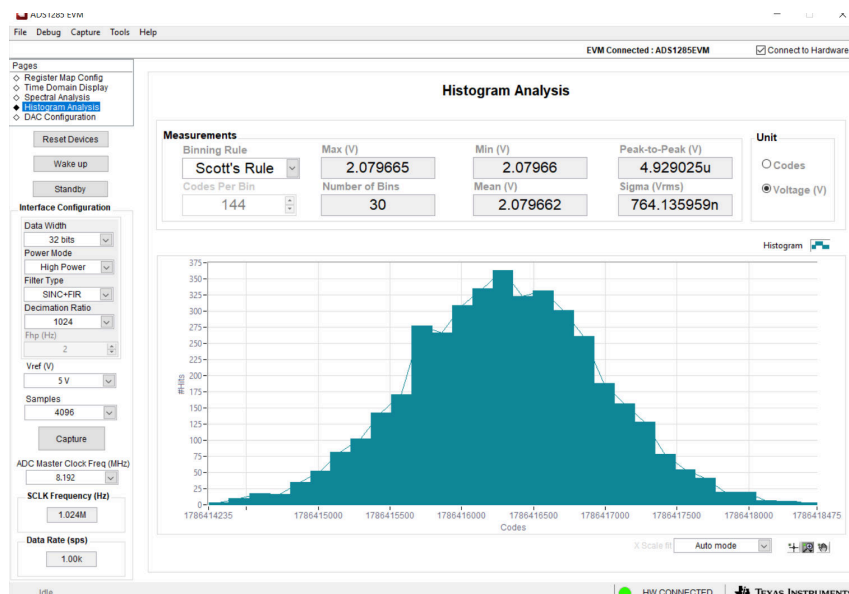


图 9-6. 使用 ADS1285 进行直流测量 (VIN = 2.0796V)

9.3 电源相关建议

REF54 基准系列具有低压降电压。在 5mA 输出电流条件下，可使用仅高于输出电压 250mV 的电源来运行这些基准。TI 建议使用 0.1 μF 至 10 μF 的电源旁路电容器。REF54 系列具有出色的 PSRR (1KHz 时为 100dB)，放宽了设计人员对纯净电源的要求。

在启动期间，REF54 会因输出电容器而出现片刻的高输入电流。输入电流会瞬间上升至短路电流 I_{SC} 。

9.4 布局

9.4.1 布局指南

- 电源旁路电容器的位置应尽可能靠近电源引脚和接地引脚。该旁路电容器的建议值为 0.1 μF 至 10 μF 。如有必要，可以添加额外的去耦电容以补偿噪声或高阻抗电源。最小的电容器必须放置在最靠近器件的位置。
- 必须使用 1 μF 至 100 μF 低 ESR (最大 1 Ω) 电容器对输出进行去耦。
- 将 1 μF 至 100 μF 低泄露噪声滤除电容器放置在 NR 引脚和接地之间

9.4.2 布局示例

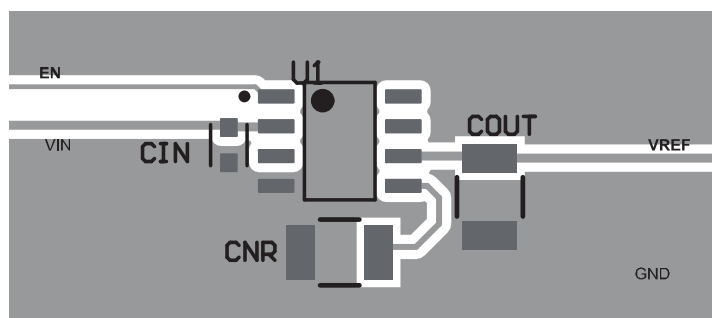


图 9-7. SOIC 封装的布局示例

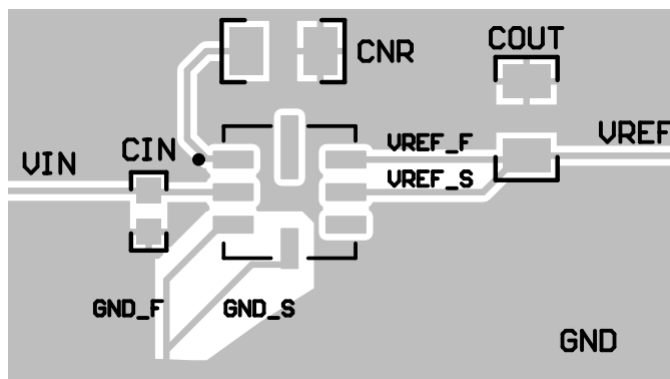


图 9-8. FKH 封装的布局示例

10 器件和文档支持

10.1 文档支持

10.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[关于数据转换器的电压基准设计提示](#)
- 德州仪器 (TI)，[电压基准选择基础知识](#)

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](https://www.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

TI E2E™ is a trademark 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 C (May 2025) to Revision D (June 2026)	Page
• 已从 LCCC 封装的“封装信息表”移除产品预览.....	1
• 将文档状态从 量产数据 更改为 量产混合	1
• 将 REF54500CFKHT、REF54410CFKHT、REF54250CFKHT 和 REF54300CDR 器件型号状态从“预发布”更改为“量产数据”	3
• 更新了工作温度范围与规定温度范围的说明，使其更清晰.....	3
• 作为产品预发布添加了 REF54250IDR 和 REF54410IDR.....	3
• 添加了 I 级器件温度漂移预发布规格.....	6
• 将 3V 型号降噪电容 = 100μF 噪声规格从 0.1ppm p-p 更新为 0.11ppm p-p。	8
• 将 4.096V 型号降噪电容 = 10μF 噪声规格从 0.2ppm p-p 更新为 0.24ppm p-p。	10
• 将 4.096V 型号降噪电容 = 100μF 噪声规格从 0.09ppm p-p 更新为 0.11ppm p-p。	10
• 更新了 4.096V 型号的热磁滞数字，以匹配 2.5V 型号。	10
• 添加了 3V、4.5V 和 5V 型号降噪电容 = 10μF 规格.....	12
• 更新了 4.5V 型号在降噪电容 = 100μF 时的数值，从 0.08ppm p-p 改为 0.11ppm p-p.....	12

• 将陶瓷封装 (2.5V、4.096V 和 5V 型号) 的预发布温度漂移从 0.5ppm/°C 更新为 0.8ppm/°C。.....	13
• 更新了 5V 型号在降噪电容 = 100μF 时的数值，从 0.08ppm p-p 改为 0.11ppm p-p.....	13
• 添加了带 1 μF NR 电容器的宽带噪声规格 (适用于 3V、4.5V 和 5V 型号)	13
• 在 FKH 封装的长期稳定性曲线图中添加了 9000 小时数据，并添加了 REF54xxxFKHT 的温度漂移分布图。重新命名了曲线图，以区分 REF54xxxFKHT 和 REF54xxxCDR。图 6-18 和图 6-20	15
• 向 图 7-4 添加了 9000 小时长期稳定性数据.....	19
• 添加了 FKH 封装的布局示例。.....	30

Changes from Revision B (June 2024) to Revision C (May 2025)	Page
• 向数据表中添加了 REF54xxxCFKH 可订购信息.....	1
• 将 REF54500CDR 器件型号状态从“预发布”更改为“量产数据”。添加了 LCCC 封装预发布信息.....	3
• 将 REF54500CDR 从预发布更改为量产.....	13
• 向 图 7-3 的 SOIC 封装添加了 7500 小时长期稳定性数据.....	19
• 向 图 7-4 添加了 2000 小时长期稳定性数据.....	19

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。

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)
REF54250CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5425C
REF54250CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5425C
REF54300CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5430C
REF54410CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5441C
REF54410CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5441C
REF54410CFKHT	Active	Production	LCCC (FKH) 8	250 SMALL T&R	No	Call TI	N/A for Pkg Type	-40 to 125	R5441NRF
REF54500CDR	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5450C
REF54500CDR.A	Active	Production	SOIC (D) 8	3000 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	R5450C

⁽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.

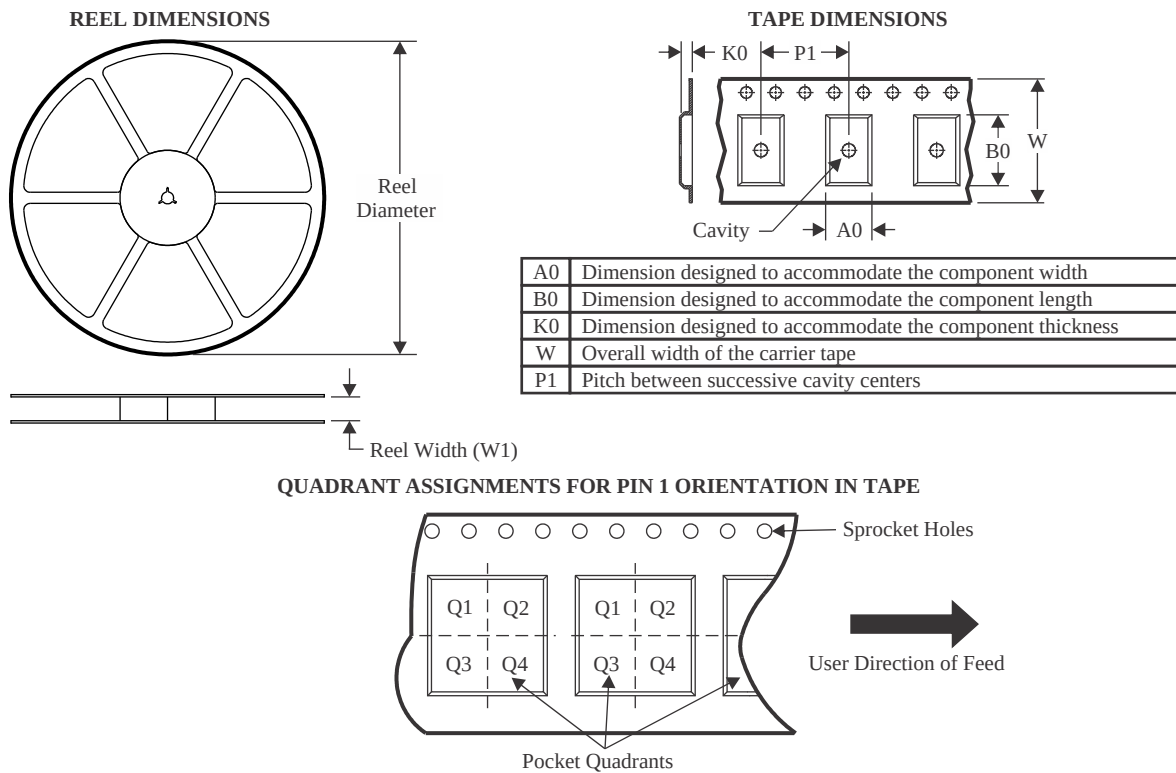
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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.

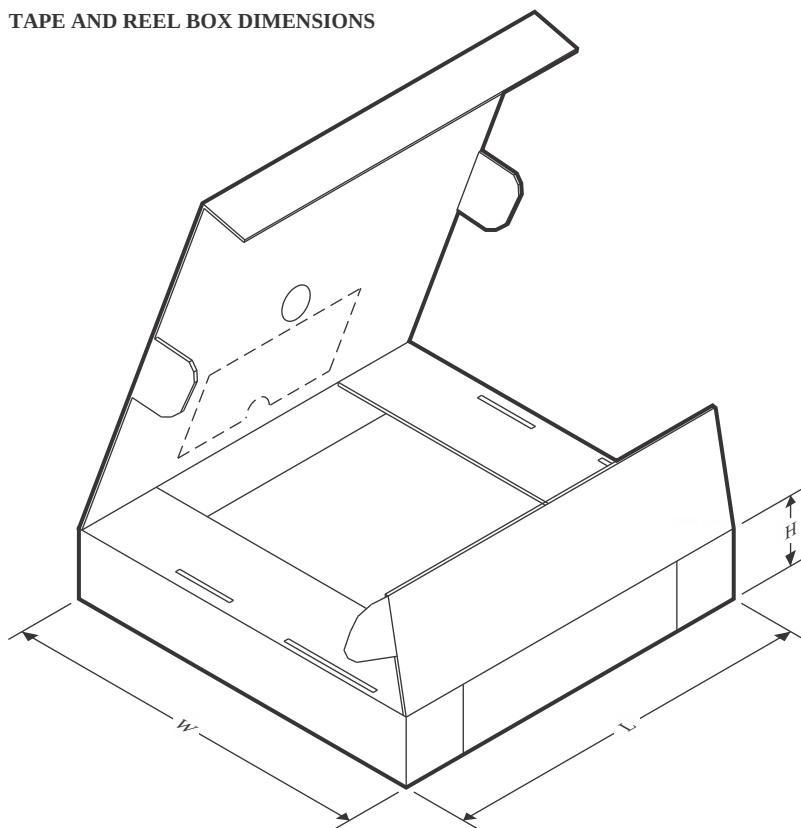
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

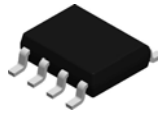
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
REF54250CDR	SOIC	D	8	3000	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
REF54300CDR	SOIC	D	8	3000	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
REF54410CDR	SOIC	D	8	3000	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
REF54410CFKHT	LCCC	FKH	8	250	180.0	12.4	5.35	5.35	1.57	8.0	12.0	Q2
REF54500CDR	SOIC	D	8	3000	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
REF54250CDR	SOIC	D	8	3000	353.0	353.0	32.0
REF54300CDR	SOIC	D	8	3000	353.0	353.0	32.0
REF54410CDR	SOIC	D	8	3000	353.0	353.0	32.0
REF54410CFKHT	LCCC	FKH	8	250	213.0	191.0	35.0
REF54500CDR	SOIC	D	8	3000	353.0	353.0	32.0

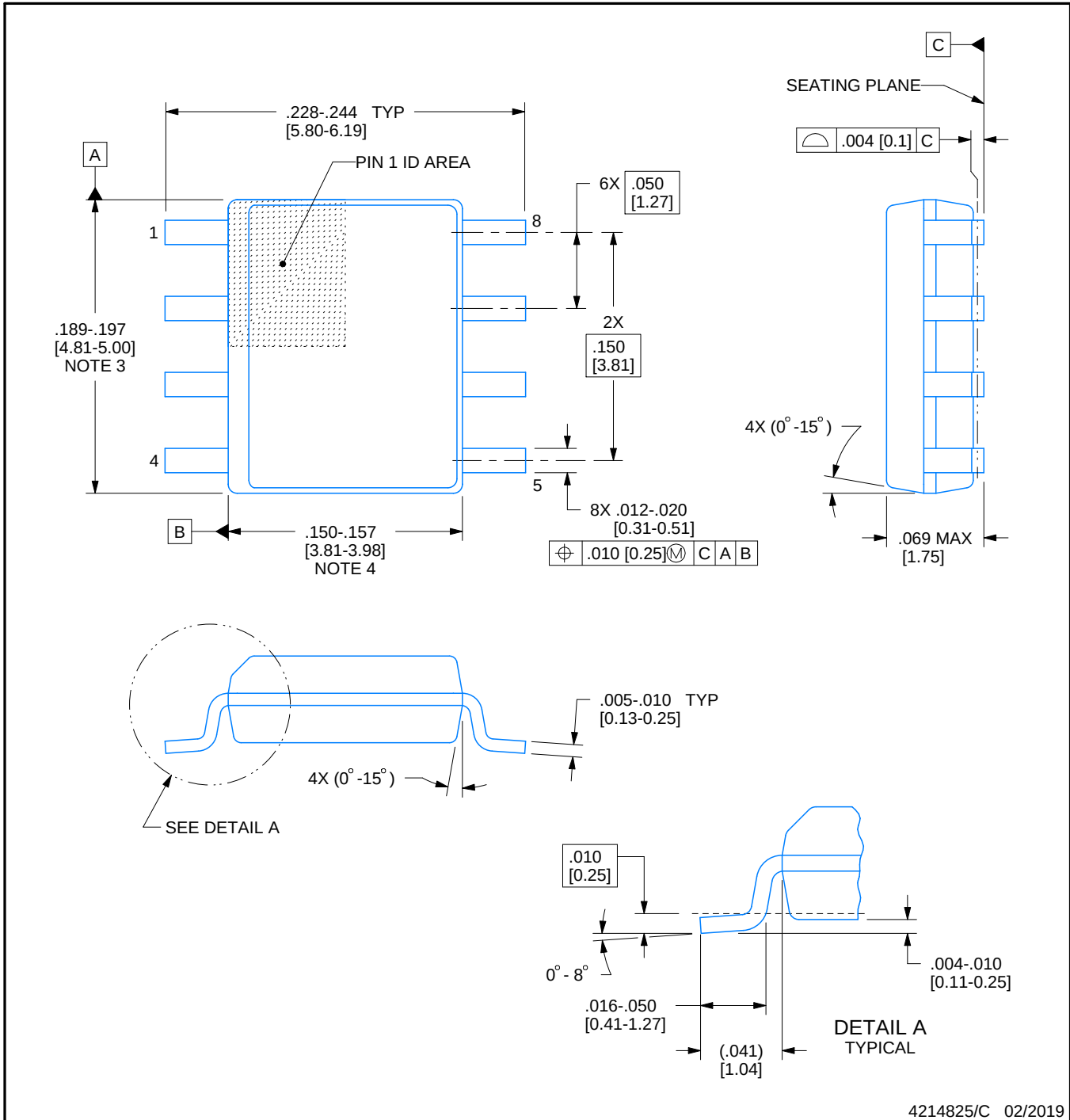


D0008A

PACKAGE OUTLINE

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4214825/C 02/2019

NOTES:

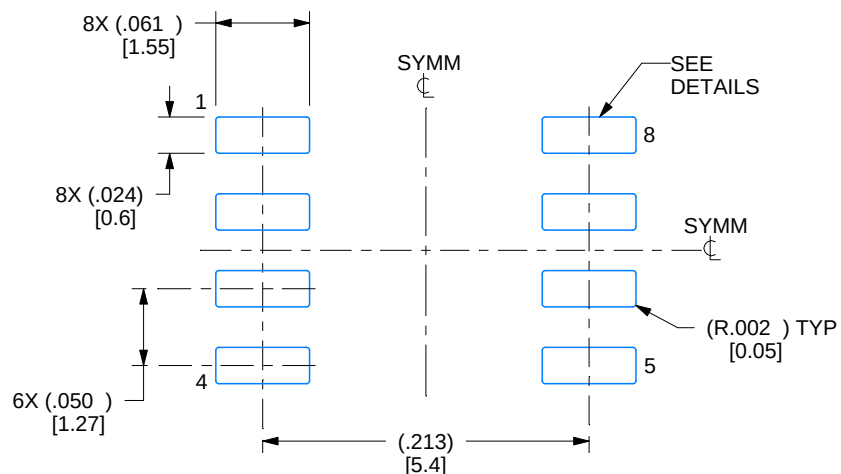
1. Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 [0.15] per side.
4. This dimension does not include interlead flash.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

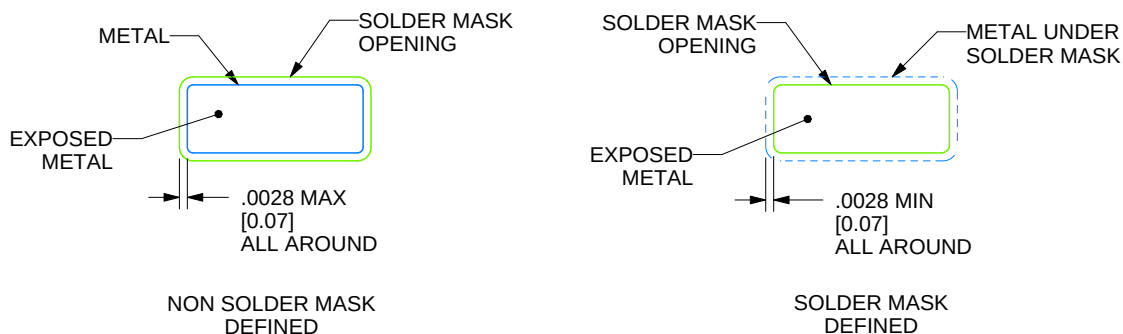
D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:8X



SOLDER MASK DETAILS

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

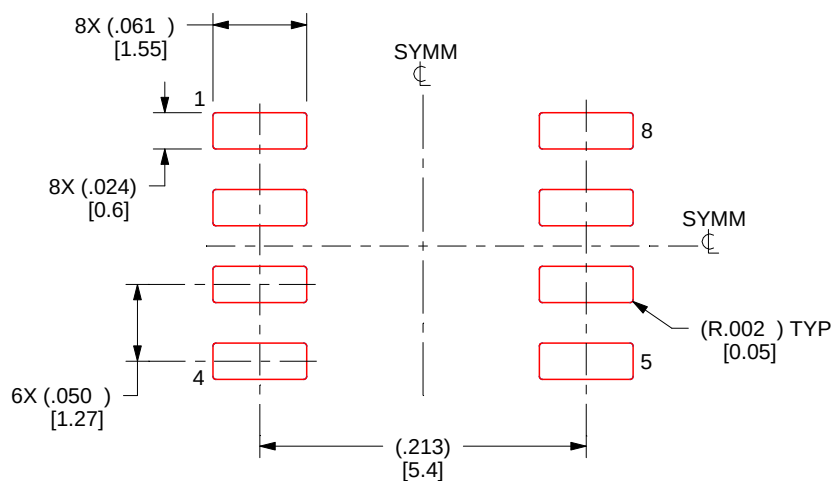
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



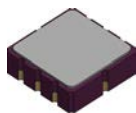
SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON .005 INCH [0.125 MM] THICK STENCIL
SCALE:8X

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

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

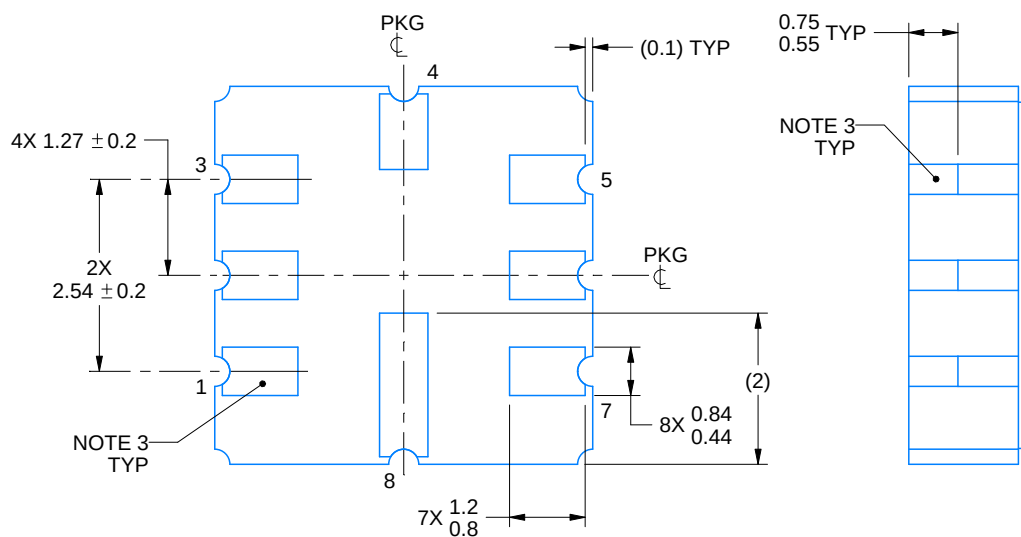
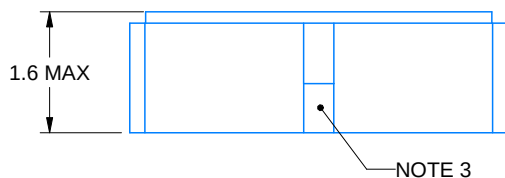
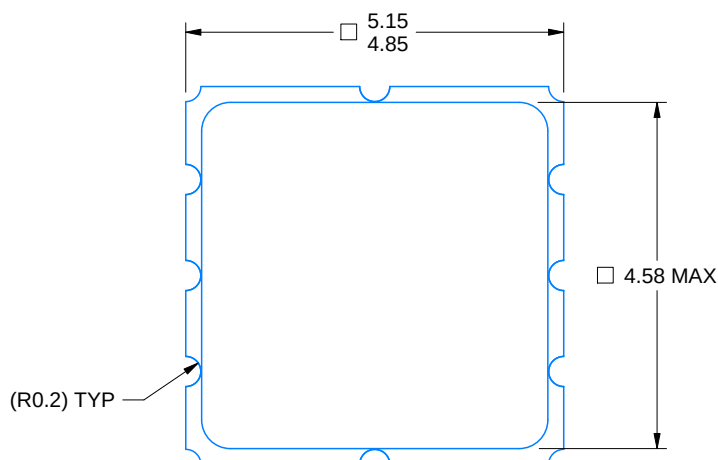
FKH0008A



PACKAGE OUTLINE

LCCC - 1.6 mm max height

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER



4222330/E 04/2023

NOTES:

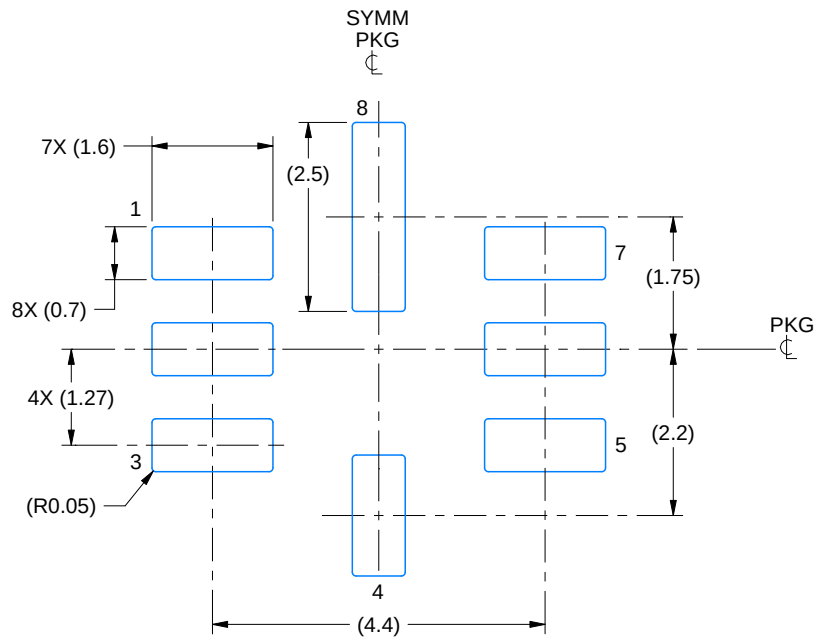
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M
2. This drawing is subject to change without notice.
3. Terminals are gold plated.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

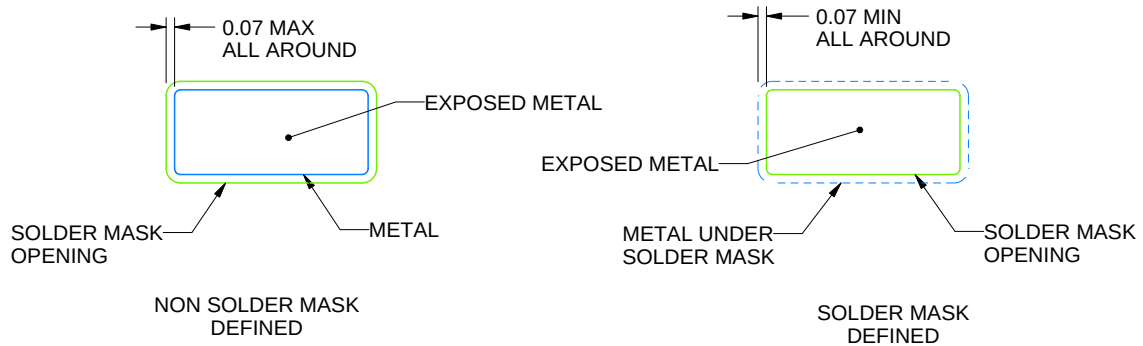
FKH0008A

LCCC - 1.6 mm max height

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:10X



SOLDER MASK DETAILS

4222330/E 04/2023

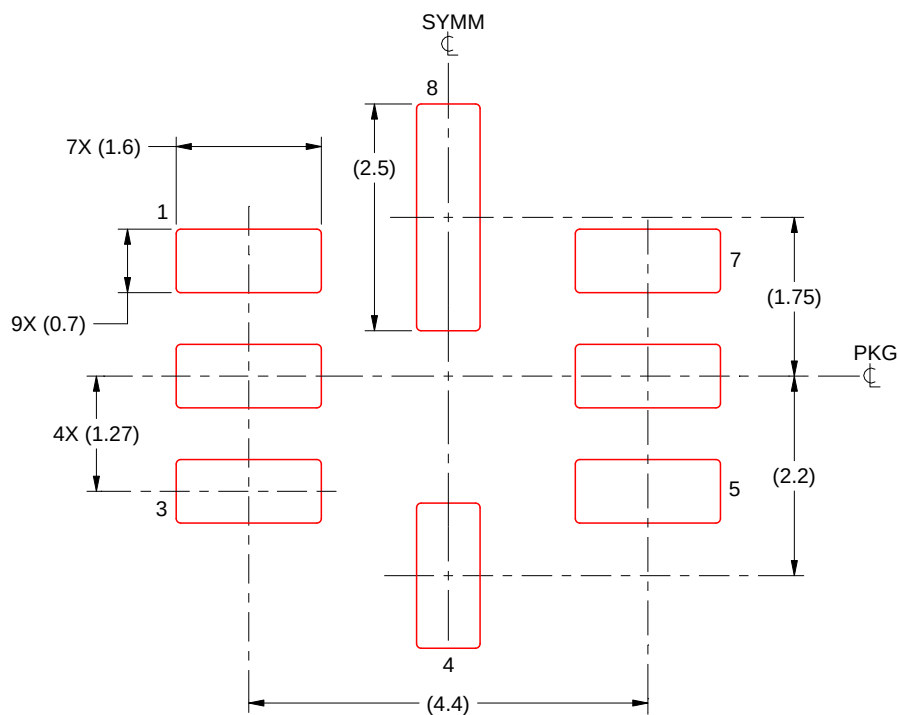
NOTES: (continued)

4. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).

FKH0008A

LCCC - 1.6 mm max height

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.125 mm THICK STENCIL
SCALE:12X

4222330/E 04/2023

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