

0.25ppm 噪声、低漂移 精密基准电压源

特点

- 低噪声: 0.25ppm_{p-p} (0.1Hz 至 10Hz)
LTC6655-2.5 为 625nV_{p-p}
- 低漂移: 2ppm/°C (最大值)
- 高准确度: ±0.025% (最大值)
- 无湿敏度 (LS8 封装)
- 热迟滞 (LS8): 30ppm (-40°C 至 85°C)
- 长期漂移 (LS8): 20ppm/√kHr
- 在 -40°C、25°C 和 125°C 下经 100% 测试
- 负载调整率: <10ppm/mA
- 灌电流和拉电流: ±5mA
- 低压差: 500mV
- 最大电源电压: 13.2V
- 低功耗关断模式: <20μA (最大值)
- 提供输出电压: 1.25V、2.048V、2.5V、3V、3.3V、4.096V 和 5V
- 采用 8 引脚 MSOP 封装和高稳定性密封式 5mm × 5mm LS8 封装

应用

- 仪器仪表和测试设备
- 高分辨率数据采集系统
- 衡器
- 精准电池监控
- 精准稳压器
- 医疗设备

说明

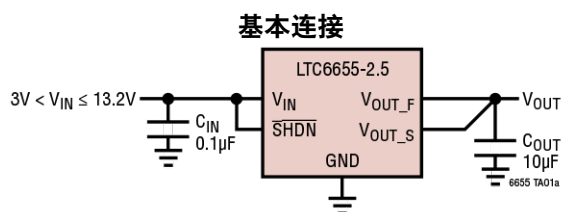
LTC®6655 是一个精密带隙基准电压源的完整系列, 可提供卓越的噪声和漂移性能。其低噪声和低漂移非常适合仪器仪表和测试设备所要求的高分辨率测量。而且, LTC6655 的额定温度范围为 -40°C 至 125°C, 可确保其适合严苛的汽车和工业应用。先进的曲率补偿功能使得该带隙基准电压源能够实现小于 2ppm/°C 的漂移和可预知的温度特性, 以及一个达 ±0.025% 的输出电压准确度, 从而减少或免除了进行校准的需要。

LTC6655 可采用仅比输出电压(最高可达 13.2V)高 500mV 的电源进行供电。出色的负载调节率以及拉电流和灌电流能力, 再加上优异的电压抑制性能, 使其可在宽工作范围内提供一致性能。该器件针对低功耗应用提供关断模式。

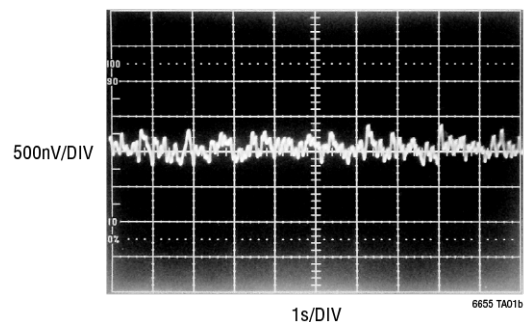
LTC6655 基准电压源采用 8 引脚 MSOP 封装和 8 引脚 LS8 封装。LS8 是一个 5mm x 5mm 表贴密封式封装, 可提供出色的稳定性。

LT, LT, LTC, LTM, Linear Technology 和 Linear 徽标是 ADI 公司的注册商标。所有其他商标均属各自所有人所有。

典型应用



低频 0.1Hz 至 10Hz 噪声 (LTC6655-2.5)



LTC6655

绝对最大额定值 (注释 1)

输入电压

V_{IN} 至 GND..... -0.3V 至 13.2V
SHDN 至 GND..... -0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$)

输出电压:

V_{OUT_F} -0.3V 至 ($V_{IN} + 0.3V$)
 V_{OUT_S} -0.3V 至 6V
输出短路持续时间..... 未定

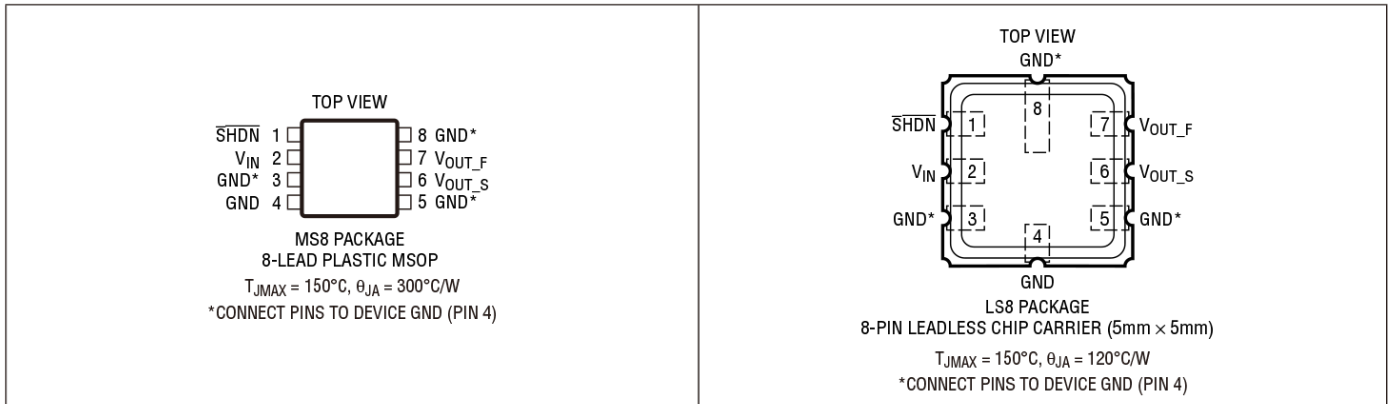
工作温度范围 (注释 2) -40°C 至 125°C

存储温度范围 (注释 2) -65°C 至 150°C

引脚温度范围 (焊接, 10 秒)

(注释 3) 300°C

引脚配置



订购信息 <http://www.linear.com/cn/product/LTC6655#orderinfo>

无铅表面处理	卷带和卷盘	器件标识*	封装说明	额定温度范围
LTC6655BHMS8-1.25#PBF	LTC6655BHMS8-1.25#TRPBF	LTFDG	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-1.25#PBF	LTC6655CHMS8-1.25#TRPBF	LTFDG	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-2.048#PBF	LTC6655BHMS8-2.048#TRPBF	LTFDH	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-2.048#PBF	LTC6655CHMS8-2.048#TRPBF	LTFDH	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-2.5#PBF	LTC6655BHMS8-2.5#TRPBF	LTFCY	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-2.5#PBF	LTC6655CHMS8-2.5#TRPBF	LTFCY	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-3#PBF	LTC6655BHMS8-3#TRPBF	LTFDJ	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-3#PBF	LTC6655CHMS8-3#TRPBF	LTFDJ	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-3.3#PBF	LTC6655BHMS8-3.3#TRPBF	LTFDK	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-3.3#PBF	LTC6655CHMS8-3.3#TRPBF	LTFDK	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-4.096#PBF	LTC6655BHMS8-4.096#TRPBF	LTFDM	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-4.096#PBF	LTC6655CHMS8-4.096#TRPBF	LTFDM	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHMS8-5#PBF	LTC6655BHMS8-5#TRPBF	LTFDN	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655CHMS8-5#PBF	LTC6655CHMS8-5#TRPBF	LTFDN	8 引脚塑料 MSOP	-40°C 至 125°C
LTC6655BHLS8-2.5 #PBF [†]	不适用	665525	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C
LTC6655CHLS8-2.5 #PBF [†]	不适用	665525	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C
LTC6655BHLS8-4.096#PBF [†]	不适用	554096	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C
LTC6655CHLS8-4.096#PBF [†]	不适用	554096	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C
LTC6655BHLS8-5 #PBF [†]	不适用	66555	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C
LTC6655CHLS8-5 #PBF [†]	不适用	66555	8 引脚陶瓷 LCC (5mm × 5mm)	-40°C 至 125°C

有关具有更宽额定工作温度范围的器件，请咨询 LTC 市场部门。*温度等级通过运输容器上的标签识别。

[†]此产品仅提供托盘形式。欲了解更多信息，请访问 <http://www.linear.com/cn/packaging/>

有关非标准铅基表面处理器件的信息，请咨询 LTC 市场部门。

有关无铅器件标识的更多信息，请访问：<http://www.linear.com/cn/leadfree>

有关卷带和卷盘规格的更多信息，请访问：<http://www.linear.com/cn/tapeandreeel>。某些封装以 500 单元卷盘形式通过指定销售渠道提供，其带有 #TRMPBF 后缀。

LTC6655

提供选项

输出电压	初始准确度	温度系数	产品型号†
1.250	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-1.25
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-1.25
2.048	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-2.048
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-2.048
2.500	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-2.5
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-2.5
	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHLS8-2.5
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHLS8-2.5
3.000	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-3.0
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-3.0
3.300	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-3.3
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-3.3
4.096	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-4.096
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-4.096
	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHLS8-4.096
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHLS8-4.096
5.000	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHMS8-5
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHMS8-5
	0.025%	2ppm/°C	LTC6655BHLS8-5
	0.05%	5ppm/°C	LTC6655CHLS8-5

†完整的产品型号列表，请参见订购信息部分。

电气特性

● 表示规格适用于全部工作温度范围，其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明， $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$ ， V_{OUT_S} 连接至 V_{OUT_F} 。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
输出电压	LTC6655B		-0.025		0.025	%
	LTC6655C		-0.05		0.05	%
输出电压温度系数 (注释 4)	LTC6655B	●		1	2	ppm/°C
	LTC6655C	●		2.5	5	ppm/°C
电压调整率	$V_{OUT} + 0.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 13.2\text{V}$, SHDN = 2V			5	25	ppm/V
			●		40	ppm/V
负载调整率 (注释 5)	$I_{SOURCE} = 5\text{mA}$	LTC6655MS8	●	3	15	ppm/mA
		LTC6655LS8	●	3	15	ppm/mA
	$I_{SINK} = 5\text{mA}$	LTC6655MS8	●	10	30	ppm/mA
		LTC6655LS8	●	20	45	ppm/mA
工作电压 (注释 6)	LTC6655-1.25、LTC6655-2.048、LTC6655-2.5 $I_{SOURCE} = 5\text{mA}$, $V_{OUT} \text{ Error} \leq 0.1\%$		●	3	13.2	V
	LTC6655-3、LTC6655-3.3、LTC6655-4.096、LTC6655-5 $I_{SOURCE} = \pm 5\text{mA}$, $V_{OUT} \text{ Error} \leq 0.1\%$ $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $V_{OUT} \text{ Error} \leq 0.1\%$		●	$V_{OUT} + 0.5$	13.2	V
			●	$V_{OUT} + 0.2$	13.2	V

电气特性 • 表示规格适用于全部工作温度范围，其他规格的适用温度为 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。除非另有说明， $V_{\text{IN}} = V_{\text{OUT}} + 0.5\text{V}$ ， V_{OUT_S} 连接至 V_{OUT_F} 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出短路电流	V_{OUT} 短路至 GND		20		mA
	V_{OUT} 短路至 V_{IN}		20		mA
关断引脚 (SHDN)	逻辑高输入电压	•	2.0		V
	逻辑高输入电流, $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$	•		12	μA
	逻辑低输入电压	•		0.8	V
	逻辑低输入电流, $\overline{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$	•		15	μA
电源电流	空载	•	5	7	mA
				7.5	mA
关断电流	SHDN 连接至 GND	•		20	μA
输出电压噪声 (注释 7)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$		0.25		ppm _{p-p}
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$		0.67		ppm _{RMS}
开启时间	0.1% 建立时间, $C_{\text{OUT}} = 2.7\mu\text{F}$		400		μs
输出电压长期漂移 (注释 8)	LTC6655MS8		60		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
	LTC6655LS8		20		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
迟滞 (注释 9)	LTC6655MS8	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 70°C	20		ppm
		$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C	30		ppm
		$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C	60		ppm
	LTC6655LS8	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 70°C	5		ppm
		$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C	30		ppm
		$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C	80		ppm

注释 1: 应力超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作会影响器件的可靠性和使用寿命。

注释 2: 如果器件存储温度在额定温度范围之外，则精度可能会受到影响。温度变化过大可能会使器件因热迟滞而发生性能变化。为获得最佳性能，应尽可能避免极端温度。

注释 3: 所述温度是在手动返工期间焊接引脚的典型温度。有关红外 (IR) 回流焊的详细建议，请参见应用信息部分。

注释 4: 温度系数可通过输出电压的最大变化值除以额定温度范围来测量。

注释 5: 负载调整率基于从空载到额定负载电流的脉冲进行测量。负载电流不包括 2mA 的检测电流。由芯片温度变化而引起的输出变化必须单独考虑。

注释 6: 不包括负载调整率误差。LTC6655-1.25、LTC6655-2.048 和 LTC6655-2.5 的最小电源由内部电路的电源需求设定，与负载条件无关。LTC6655-3、LTC6655-3.3、LTC6655-4.096 和 LTC6655-5 的最小电源取决于负载电流。

注释 7: 峰峰值噪声采用 0.1Hz 的 2 极高通滤波器和 10Hz 的 3 极低通滤波器进行测量。将该单元封闭于静止空气环境中，以消除脚上的热电偶效应，且测试时间为 10 秒。由于噪声

的统计特性，重复噪声测量将在给定的测量间隔中产生更大或更小峰值。1000 个间隔（每个时长为 10 秒）的重复测量显示某些时间间隔的噪声高于单个典型间隔的噪声，正如统计理论所预测的那样。通常，可预期在典型值下至少有 50% 的单元能具有类似或更好的执行性能。对于 1000 个间隔的测试，一个典型单元在超出 50% 的测量间隔中的噪声应小于电气特性表中列出的典型值。有关噪声测试的详细信息，请参见应用笔记 124。RMS 噪声采用频谱分析仪在屏蔽环境中进行测量。

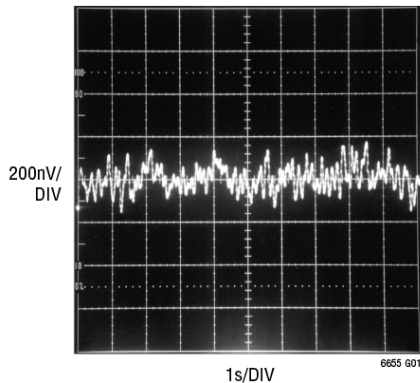
注释 8: 长期稳定性通常具有对数特征，因此，1000 小时后的变化值往往比之前的小很多。第 2 个 1000 小时的总漂移通常不到第 1 个 1000 小时的三分之一，并且随着时间的推移，漂移持续减小。线路板组装期间产生的 IC 和电路板材料之间的差异应力也会影响长期稳定性。

注释 9: 输出电压迟滞是由机械应力产生的，该应力取决于 IC 先前是处于更高还是更低的温度。输出电压总是在 25°C 下进行测量，但是在连续测量前，IC 在高温或低温极限值间循环。迟滞大致与温度变化的平方成正比。对于存储在受控良好的温度（工作温度的 20 或 30 度范围内）条件下的仪器来说，迟滞通常不是主要的误差源。典型迟滞是从 25°C 到低温再到 25°C 或从 25°C 到高温再到 25°C （预先设定的一个热循环）下的最差情况。

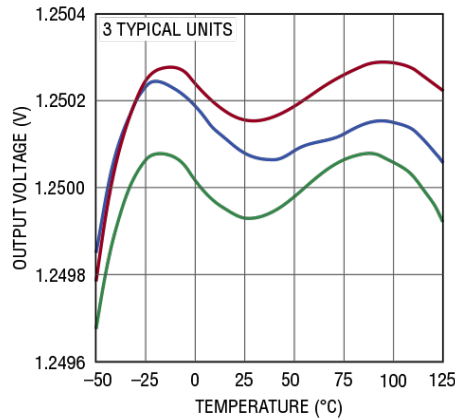
典型性能参数

其特性曲线与 LTC6655 的多数电压选项相似。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5 和 LTC6655-5 的曲线代表了整个基准电压源系列的性能范围。其他输出电压的特性曲线落在这些曲线之间，可以根据其电压输出进行估算。

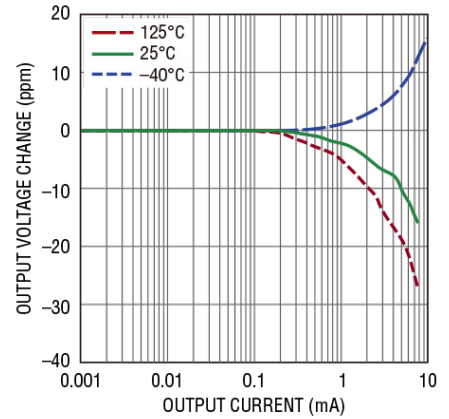
1.25V 低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)



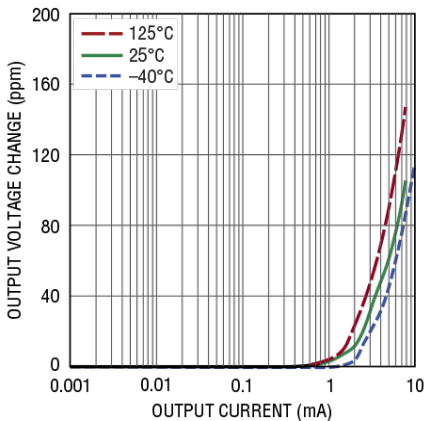
1.25V 输出电压温度漂移



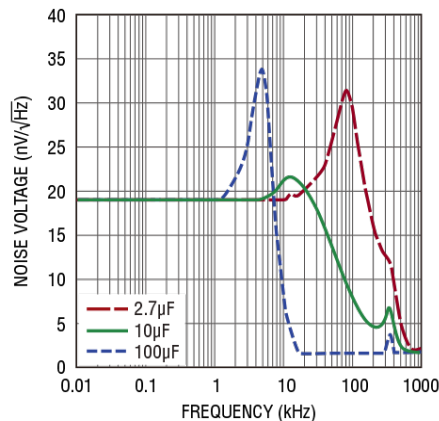
1.25V 负载调整率 (拉电流)



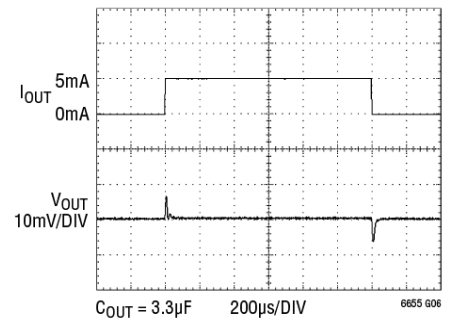
1.25V 负载调整率 (灌电流)



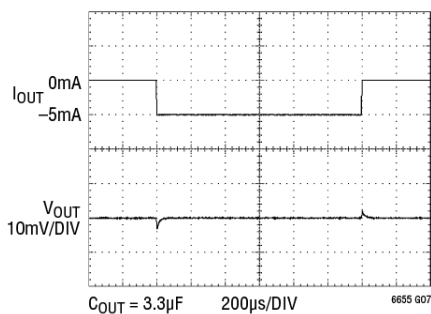
1.25V 输出电压噪声谱



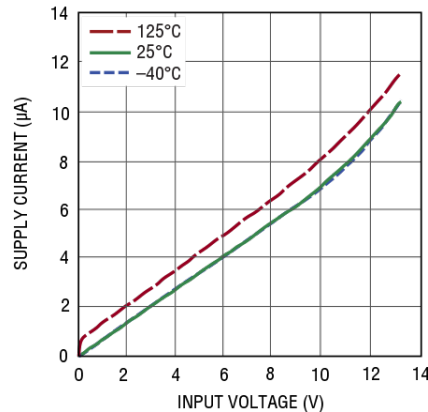
1.25V 使用 3.3µF 输出电容时的灌电流



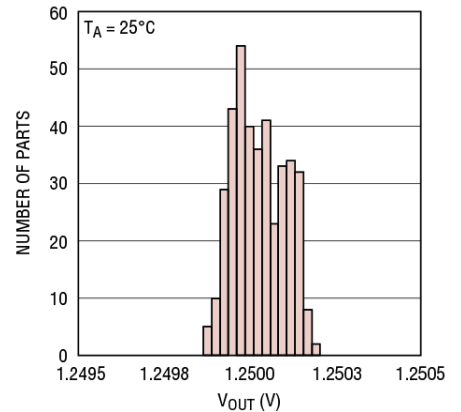
1.25V 使用 3.3µF 输出电容时的拉电流



1.25V 关断电源电流与输入电压的关系



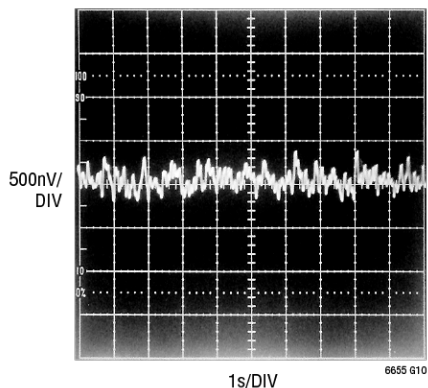
1.25V VOUT 分布



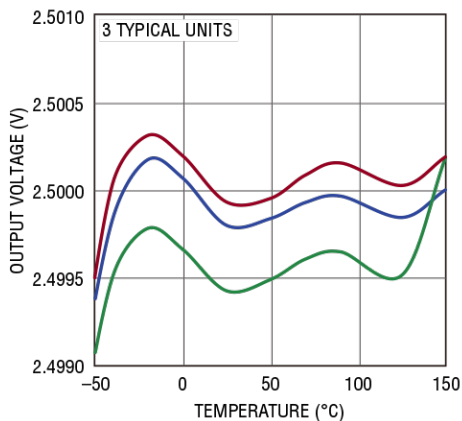
典型性能参数

其特性曲线与 LTC6655 的多数电压选项相似。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5 和 LTC6655-5 的曲线代表了整个基准电压源系列的性能范围。其他输出电压的特性曲线落在这些曲线之间，可以根据其电压输出进行估算。

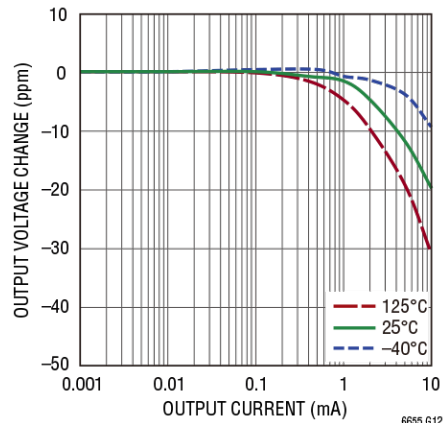
2.5V 低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)



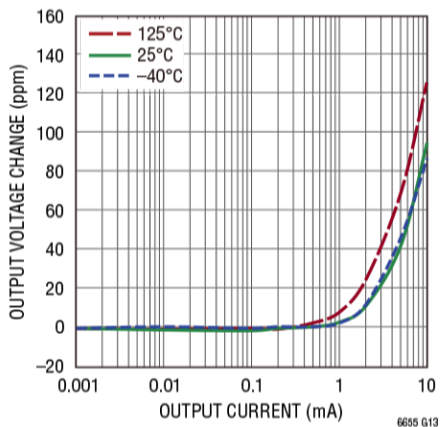
2.5V 输出电压温度漂移



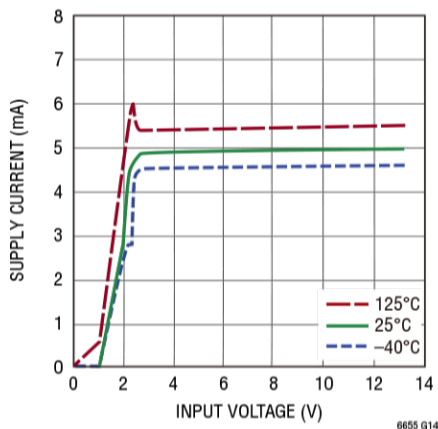
2.5V 负载调整率 (拉电流)



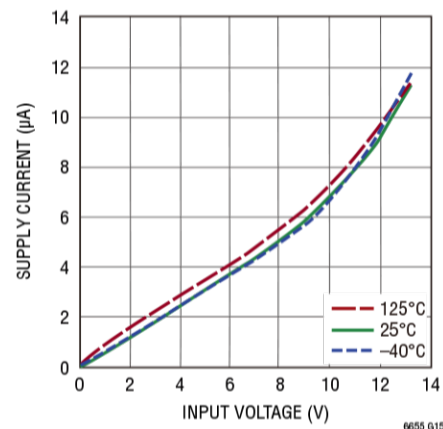
2.5V 负载调整率 (灌电流)



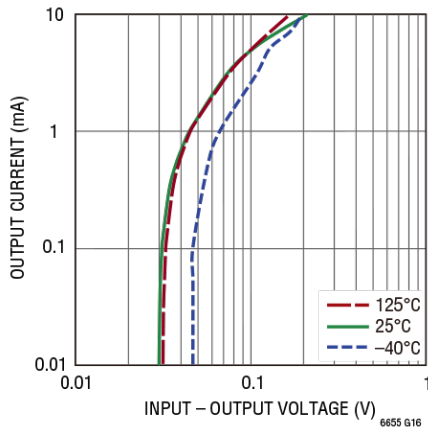
2.5V 电源电流与输入电压的关系



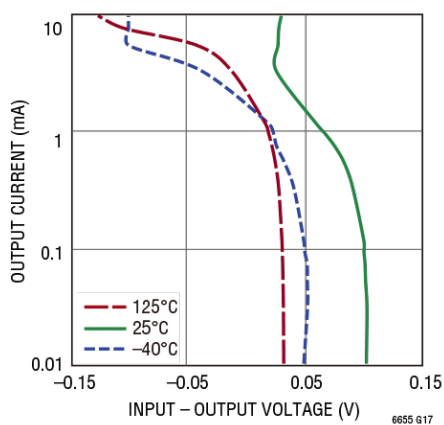
2.5V 关断电源电流与输入电压的关系



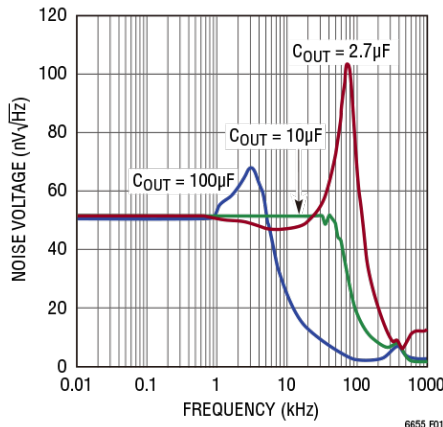
2.5V $V_{IN} - V_{OUT}$ 压差最小值 (拉电流)



2.5V $V_{IN} - V_{OUT}$ 压差最小值 (灌电流)



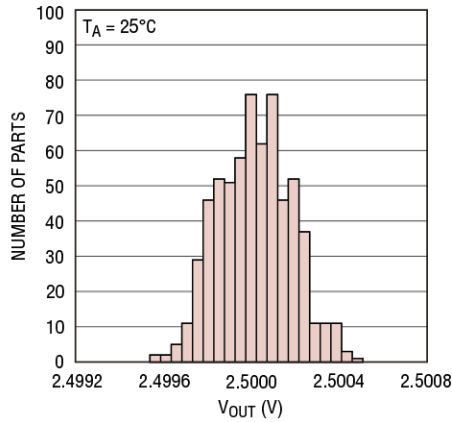
2.5V 输出电压噪声谱



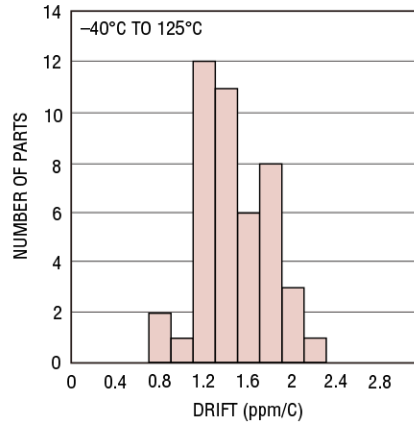
典型性能参数

其特性曲线与 LTC6655 的多数电压选项相似。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5 和 LTC6655-5 的曲线代表了整个基准电压源系列的性能范围。其他输出电压的特性曲线落在这些曲线之间，可以根据其电压输出进行估算。

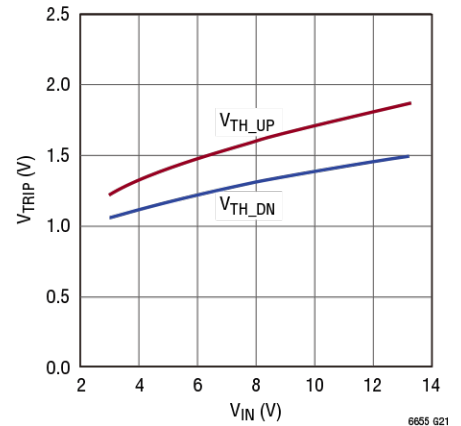
2.5V V_{OUT} 分布



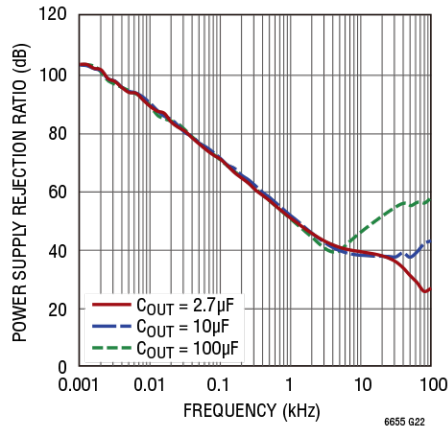
2.5V 温度漂移分布



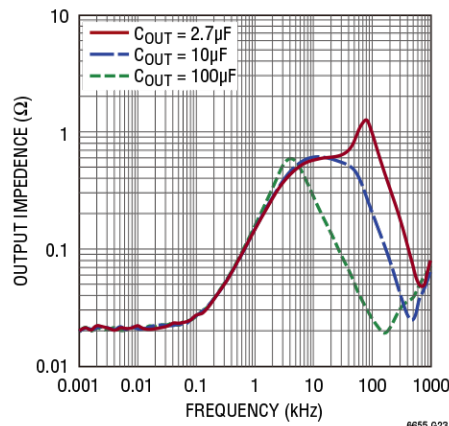
2.5V $\overline{\text{SHDN}}$ 输入电压阈值与 V_{IN} 的关系



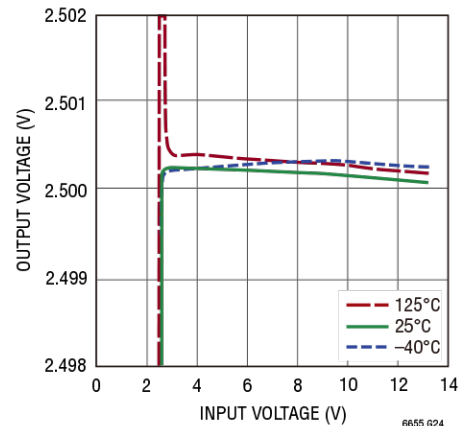
2.5V 电源抑制比与频率的关系



2.5V 输出阻抗与频率的关系



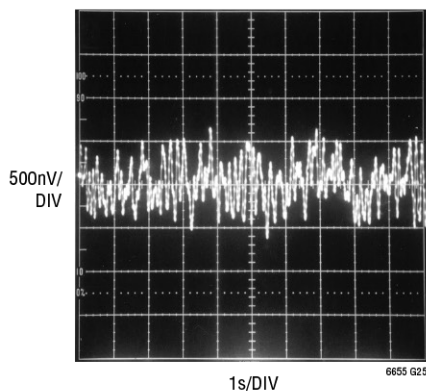
2.5V 电压调整率



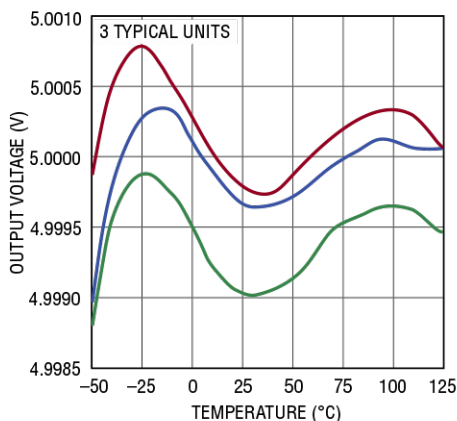
典型性能参数

其特性曲线与 LTC6655 的多数电压选项相似。LTC6655-1.25、LTC6655-2.5 和 LTC6655-5 的曲线代表了整个基准电压源系列的性能范围。其他输出电压的特性曲线落在这些曲线之间，可以根据其电压输出进行估算。

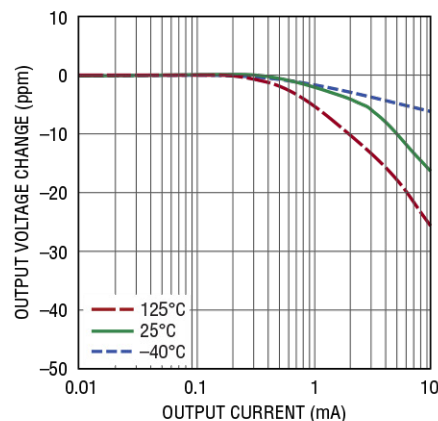
5V 低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)



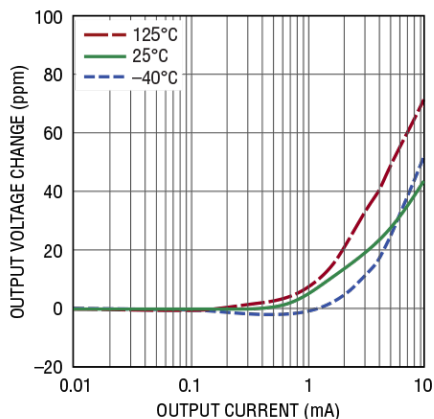
5V 输出电压温度漂移



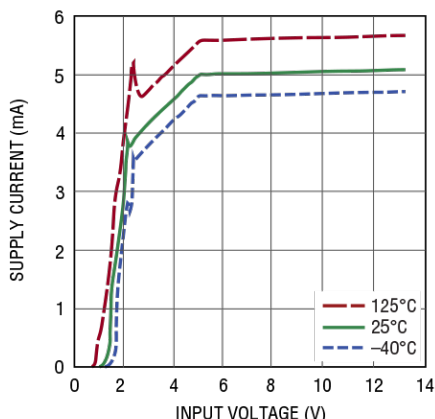
5V 负载调整率 (拉电流)



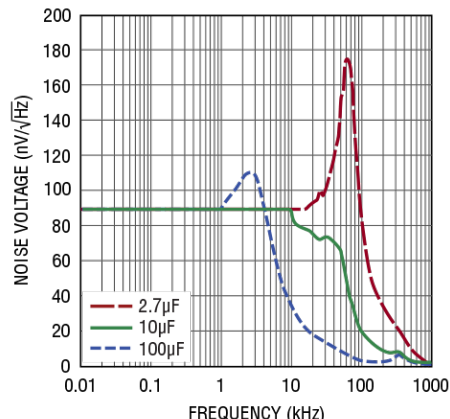
5V 负载调整率 (灌电流)



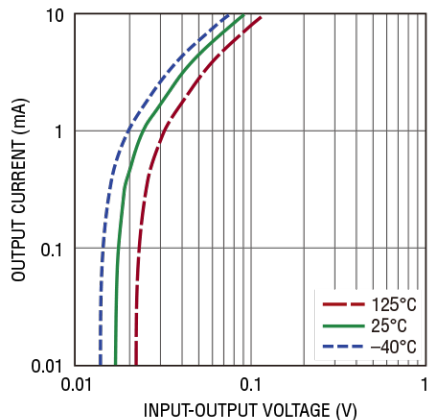
5V 电源电流与输入电压的关系



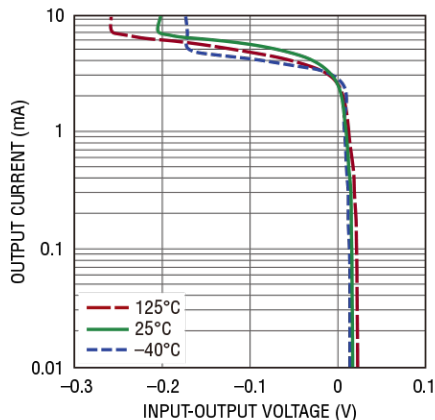
5V 输出电压噪声谱



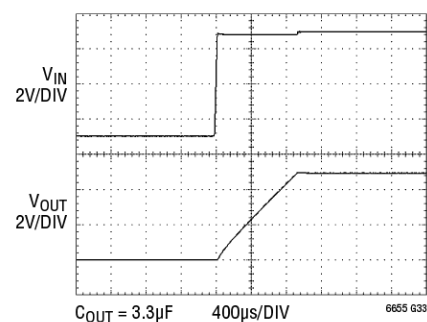
5V $V_{IN} - V_{OUT}$ 压差最小值 (拉电流)



5V $V_{IN} - V_{OUT}$ 压差最小值 (灌电流)



5V 使用 3.3µF 输出电容时的启动响应



引脚功能

SHDN (引脚 1): 关断输入。该低电平有效输入关断器件至 $<20\mu\text{A}$ 。如果该引脚保持开路, 内部上拉电阻使器件正常工作。建议将此引脚接至外部高电平, 以在正常工作期间获得最佳性能。

V_{IN} (引脚 2): 电源。用 $0.1\mu\text{F}$ 或以上的电容将 V_{IN} 旁路至 GND。

GND (引脚 4): 器件的地。该引脚为主要地, 必须连接至无噪声的接地层。

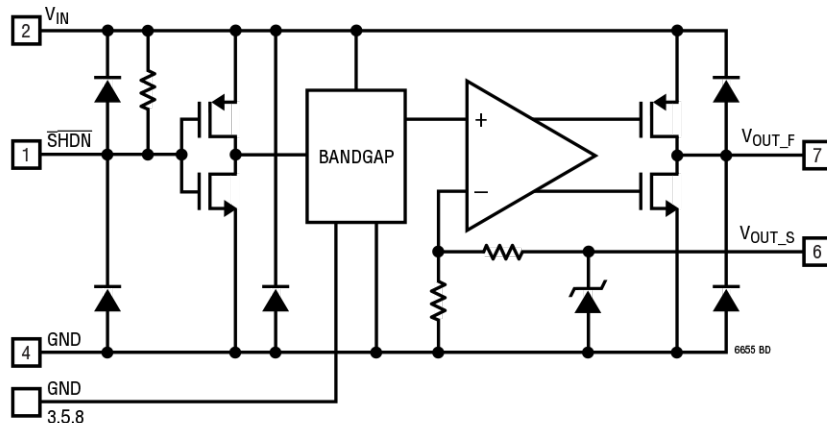
V_{OUT_S} (引脚 6): V_{OUT} 检测引脚。将此引脚连接在负载上, 并使用宽金属走线, 以最大限度地

减少负载调整率误差。该引脚提供 2mA 灌电流。输出误差为 $R_{\text{TRACE}} \cdot 2\text{mA}$, 与负载电流无关。负载电流 $<100\mu\text{A}$, 直接连接到 V_{OUT_F} 引脚。

V_{OUT_F} (引脚 7): V_{OUT} 强制引脚。该引脚为负载提供拉电流和灌电流。需要一个 $2.7\mu\text{F}$ 至 $100\mu\text{F}$ 的输出电容。

GND (引脚 3、5、8): 内部功能。将这些引脚接地。

框图



应用信息

旁路电容和负载电容

LTC6655 基准电压源需要在器件附近放置一个 $0.1\mu\text{F}$ 或以上的输入电容，以提高电源抑制比。同时还需要一个电容值在 $2.7\mu\text{F}$ 至 $100\mu\text{F}$ 之间的输出电容。

输出电容直接影响稳定性、开启时间和建立行为。为确保稳定性，应选择低 ESR 的电容。输出电容的等效串联电阻 (ESR) 在输出缓冲传递函数中引入一个零点，从而导致不稳定性。 $2.7\mu\text{F}$ 至 $100\mu\text{F}$ 的电容值范围包含易于获取的多类电容 (如通孔和表面贴装元件)。建议将 ESR 保持在小于或等于 0.1Ω 。容值和 ESR 均与频率相关。频率增加，则容值减小、ESR 增大。为确保稳定工作，输出电容应在 100kHz 时具有所需值。

要获得最佳性能，请务必谨慎选择电容。X7R 陶瓷电容非常小，具有合适的容值，并且可在宽温度范围内保持相对稳定。但是，X7R 电容可能不适合低噪声应用，因为它们可能会产生压电效应。机械振动导致陶瓷电介质中的电荷位移，并且所产生的微扰可能会与噪声类似。如果必须使用 X7R 电容，需要完成细致的基准评估，以验证性能合适。

对于噪声极低的应用，每纳伏都很重要，应考虑使用薄膜电容，因为它们噪声很低且没有压电效应问题。聚酯、聚苯乙烯、聚碳酸酯和聚丙烯等薄膜电容具有良好的温度稳定性。必须特别注意，因为聚苯乙烯和聚丙烯的温度上限为 85°C 至 105°C 。当超过这些温度时，工作电压需要根据制造商的规格进行降额。另一种薄膜电容是聚苯硫醚 (PPS)。这些器件可在很宽的温度范围内工作，稳定且具有 $1\mu\text{F}$ 以上的大电容值。通常，薄膜电容采用表贴封装和引脚封装。表 1 列出了部分电容公司及其提供的部分产品的清单。

在基准电压源应用中，薄膜电容的使用寿命受到温度和施加电压的影响。当聚酯电容的工作温度超过其额定温度 (某些电容的额定工作温度不超过 85°C) 时，需要降额使用。电压降额通常取决于施加电压与额定电压限值的比率。请联系特定的薄膜电容制造商以确定准确的使用寿命和降额信息。

X7R 电容的使用寿命较长，尤其适合基准电压源应用。电容使用寿命会因接近或超过额定电压、高温、AC 纹波或这些因素的组合而缩短。大多数基准电压源应用仅在瞬态事件期间产生 AC 纹波。

表 1. 薄膜电容公司

公司	电介质	提供容值	温度范围	类型
Cornell Dublier	聚酯	$0.5\mu\text{F}$ 至 $10\mu\text{F}$	-55°C 至 125°C	DME
Dearborn Electronics	聚酯	$0.1\mu\text{F}$ 至 $12\mu\text{F}$	-55°C 至 125°C	218P、430P、431P、442P 和 410P
Tecate	聚酯	$0.01\mu\text{F}$ 至 $18\mu\text{F}$	-40°C 至 105°C	901、914 和 914D
Wima	聚酯	$10\mu\text{F}$ 至 $22\mu\text{F}$	-55°C 至 100°C	MKS 4、MKS 2-XL
Vishay	聚酯	1000pF 至 $15\mu\text{F}$	-55°C 至 125°C	MKT1820
Vishay	聚碳酸酯	$0.01\mu\text{F}$ 至 $10\mu\text{F}$	-55°C 至 100°C	MKC1862、632P
Dearborn Electronics	聚苯硫醚 (PPS)	$0.01\mu\text{F}$ 至 $15\mu\text{F}$	-55°C 至 125°C	820P、832P、842P、860P 和 880P
Wima	聚苯硫醚 (PPS)	$0.01\mu\text{F}$ 至 $6.8\mu\text{F}$	-55°C 至 140°C	SMD-PPS

应用信息

输出电容的选择也会影响基准电压源电路的带宽和由此产生的噪声峰值。如图 1 所示，带宽与输出电容值成反比。

噪声峰值与输出缓冲器的相位裕量有关。峰值越高通常代表相位裕量越低。影响噪声峰值的其他因素包括温度、输入电压和输出负载电流。

启动响应和负载瞬态响应

除非另有说明，瞬态响应曲线（图 3 至图 8）的结果使用图 2 所示的测试电路生成。

开启时间受诸多因素限制，由短路电流、输出电容和输出电压确定，如以下公式所示：

$$t_{ON} = V_{OUT} \cdot \frac{C_{OUT}}{I_{SC}}$$

例如，使用 $3.3\mu\text{F}$ 输出电容且典型短路电流为 20mA 的 LTC6655-2.5V，其启动时间约为：

$$2.5\text{V} \cdot \frac{3.3 \cdot 10^{-6}\text{F}}{0.02\text{A}} = 412\mu\text{s}$$

开启时间结果如图 3 所示。在此处，输出电容为 $3.3\mu\text{F}$ ，输入电容为 $0.1\mu\text{F}$ 。

图 4 显示了对 V_{IN} 上 500mV 阶跃的输出响应。对拉电流阶跃和灌电流阶跃的输出响应分别如图 5 和图 6 所示。

图 7 显示了当电流从拉电流到灌电流时的输出响应。

关断模式

LTC6655 基准电压源系列可以通过将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚连接至地将其关断。该引脚连接了一个内部上拉电阻。如果断开连接，该引脚上升至 V_{IN} ，则器件使能。由于内部上拉电流较低，建议将 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚从外部拉高，使之正常工作，以防因系统噪声或漏电流而引起意外关断。由于关断产生的开启/关断响应如图 8 所示。

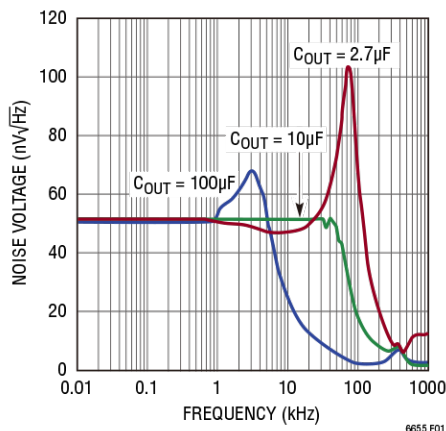


图 1. 输出电压噪声谱

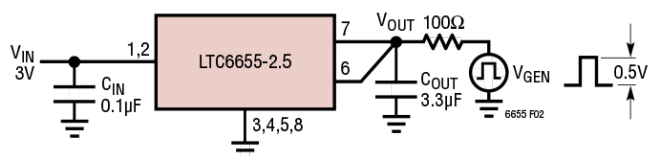


图 2. 瞬态负载测试电路

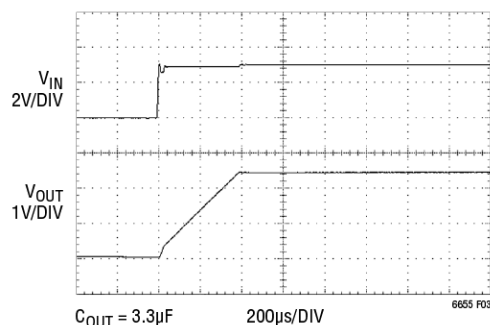


图 3. 启动响应

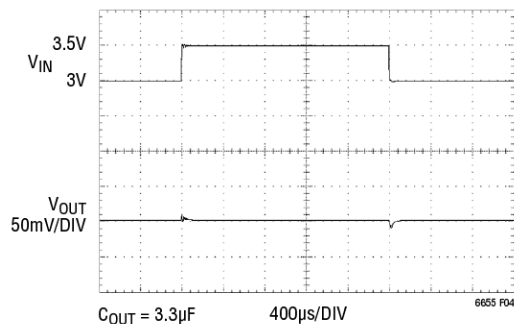


图 4. V_{IN} 上 500mV 阶跃的输出响应

应用信息

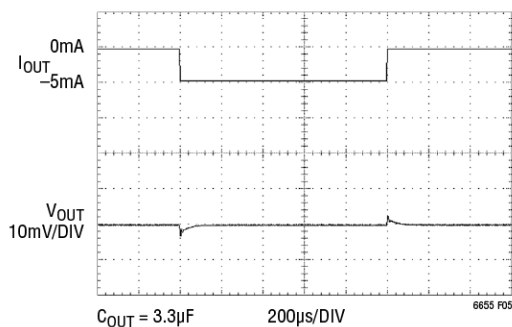


图 5. 5mA 负载阶跃拉电流的输出响应

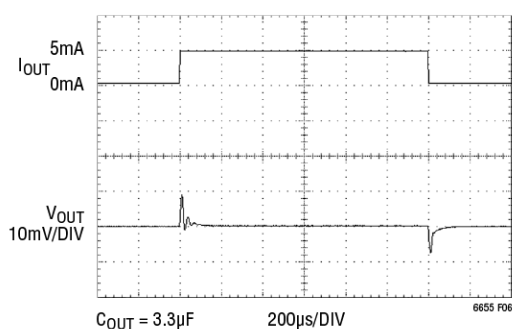


图 6. 5mA 负载阶跃灌电流的输出响应

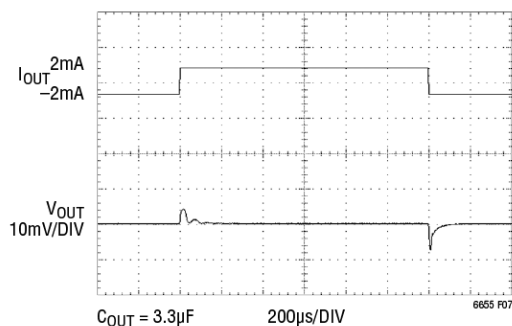


图 7. 灌电流到拉电流转换过程中的输出响应

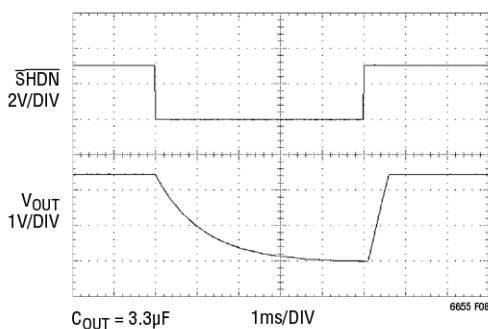


图 8. 5mA 源负载的关断响应

为了在低电压源下控制关断, 可将 MOSFET 用作下拉器件 (如图 9 所示)。请注意, 不需要使用外部电阻。应选择在工作温度范围内具有低漏极至源极漏电流的 MOSFET, 以避免无意中拉低 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚。可以在 $\overline{\text{SHDN}}$ 至 V_{IN} 之间添加一个电阻, 以克服过高的 MOSFET 漏电流。 $\overline{\text{SHDN}}$ 阈值对 V_{IN} 和温度有一定的依赖性 (如典型性能参数部分所示)。避免 $\overline{\text{SHDN}}$ 处于高低阈值之间的电压下, 因为这会导致由直通电流引起的电源电流增加。

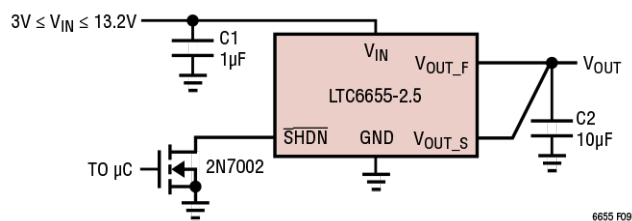


图 9. 开漏关断电路

长期漂移

长期漂移不能由高温加速测试来外推。这种错误的技术得出的偏移值过于乐观。确定长期漂移的唯一方法是在目标时间间隔上进行测量。

LTC6655 的长期漂移数据收集自焊接在印刷电路板上的 80 个器件 (与实际应用类似)。随后将线路板放入 $T_A = 35^\circ\text{C}$ 的恒温烤箱中, 定期扫描其输出并用 8.5 位的 DVM 进行测量。典型长期漂移如图 10a 所示。密封式 LS8 封装提供额外的稳定性 (如图 10b 所示)。

应用信息

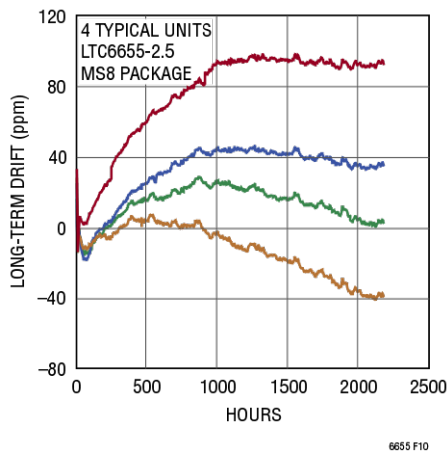


图 10a. 长期漂移 MS8

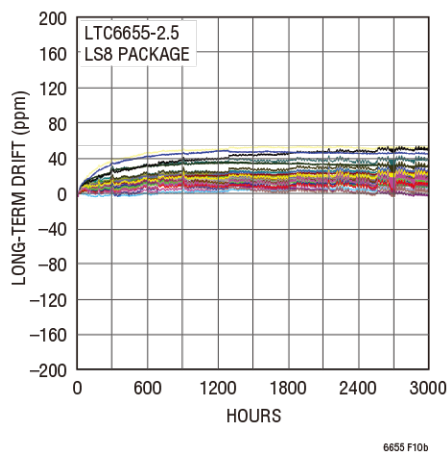


图 10b. 长期漂移 LS8

迟滞

热迟滞用于衡量因温度循环而导致的输出电压变化。图 11 显示了基于 LTC6655-2.5 的数据所得的典型迟滞。专有的设计技术可最大限度地减小热迟滞。

湿敏度

塑料模具化合物会吸收水分。随着相对湿度的变化，塑料封装材料施加于芯片内部的压力会发生改变，这会导致基准电压源的输出发生轻微变化（通常约为 100ppm）。LS8 为密封式封装，因此不受湿度影响，在需要考虑湿度的环境中更稳定。不过，PC 板的材料可能会吸收水分并对

LTC6655LS8 施加机械应力。合适的板材料和布局也至关重要。

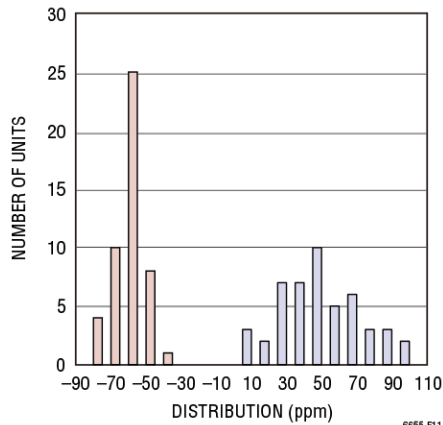
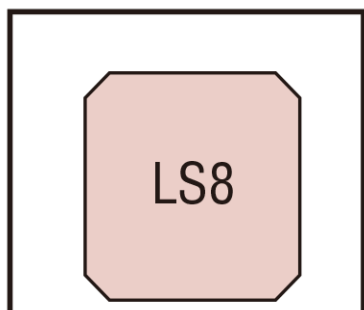


图 11. -40°C 至 125°C 的迟滞曲线

PC 板布局对获取最佳稳定性至关重要。PC 板温度和位置变化以及老化程度都会改变施加于焊接到板上的元件的机械应力。FR4 和类似材料也会吸收水分，导致电路板鼓起。虽然可以通过降低吸收率来延迟这种征兆，但即使采用保形涂层或电路板灌封也并不能完全消除这种影响。应当省略基准电压源 IC 下面的电源层和接地层，以获得最佳稳定性。图 12a 显示了在 LTC6655 三边拉环式切割 PC 板，这显著降低 IC 上的应力（如应用笔记 82 所述）。为了获得更好的性能，图 12b 显示了四边槽切 PC 板。切槽应尽可能长，拐角尺寸只需足以容纳走线。现已表明，以这种方法设计的 PC 板在相对湿度变化约为 60% 时，湿敏度可降低至 35ppm 以下。将基准电压源安装在电路板中心位置附近，并在四边切槽，可以将湿敏度进一步降低至 10ppm 以下。

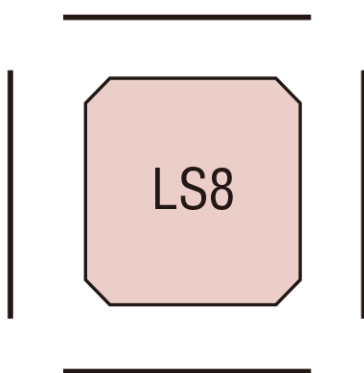
PC 板切槽的另一个优势是可将 LTC6655 与周围电路热隔离。这有助于减少热电偶效应并提高准确度。

应用信息



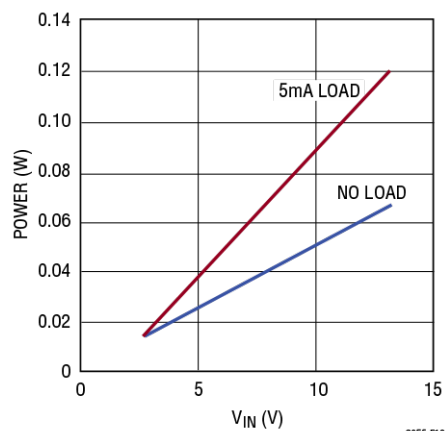
6655 F12b

图 12a. 3 边 PCB 拉环式切割



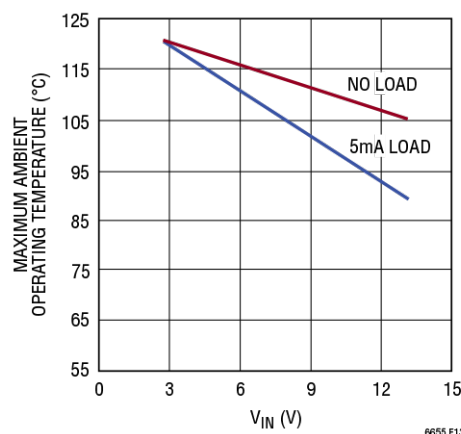
6655 F12a

图 12b. 4 边 PCB 切割



6655 F12

图 13. LTC6655-2.5 功耗



6655 F13

图 14. LTC6655-2.5 最高环境工作温度

功耗

LTC6655 的功耗取决于 V_{IN} 和负载电流。图 13 显示了在室温下，空载和 5mA 负载条件下 LTC6655-2.5 的功耗与 V_{IN} 的关系。其他电压选项也呈现相似的行为特性。

MSOP8 的封装热阻 (θ_{JA}) 等于 300°C/W。在最大负载条件下，芯片温度的升高超过 35°C。如

果在同样条件和 125°C 环境温度下运行，芯片温度会超过器件的绝对最大结温额定值。虽然最大结温为 150°C，为获得最佳性能，建议结温不要超过 125°C。图 14 中的曲线显示了使用 125°C 最高结温，在不同的 V_{IN} 和负载条件下建议的最大环境温度限值。

应用信息

PC 板布局

LTC6655 基准电压源是一款精密器件，其初始准确度经工厂调整为 $\pm 0.025\%$ (如典型性能参数部分所示)。将器件焊接至印刷电路板所引起的机械应力可能会导致输出电压发生偏移和温度系数发生变化。

为减少与应力相关的偏移的影响，请将基准电压源安装于靠近印刷电路板短边附近或拐角处。此外，可以在器件两侧的线路板上进行切槽，以减小机械应力。更厚、更小的电路板更硬，并且不易弯曲。最后，在安装电路板时采取消除应力措施（如柔性支座）。

其他预防措施包括确保焊点清洁和电路板无焊剂，以避免漏电流路径。PCB 布局示例如图 15 所示。

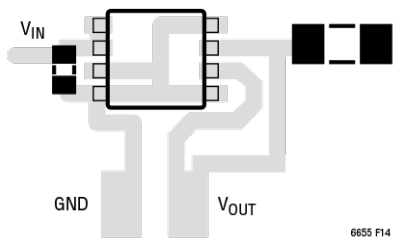


图 15. PCB 布局示例

负载调整率

为了充分利用 V_{OUT} 开尔文强制/检测引脚， V_{OUT_S} 引脚应与 V_{OUT_F} 引脚分开连接（如图 16 所示）。

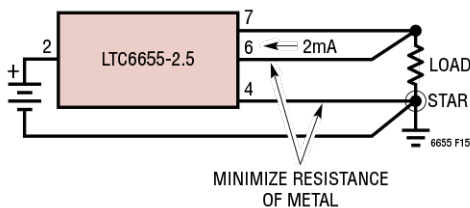


图 16. 开尔文连接以获得出色的负载调整率

V_{OUT_S} 引脚提供 2mA 灌电流，这对于开尔文连接来说并不常见。但是，这是实现卓越的低噪声

性能所要求的。 V_{OUT_S} 线上的 $I \cdot R$ 压降直接影响负载调整率。 V_{OUT_S} 走线应尽可能短且宽，以最大限度地减小串联电阻。 V_{OUT_S} 走线增加的误差为 $R_{TRACE} \cdot 2mA$ ，因此 0.1Ω 的走线会增加 $200\mu V$ 的误差。在这方面， V_{OUT_F} 引脚不如 V_{OUT_S} 引脚那样重要。 V_{OUT_F} 引脚上的 $I \cdot R$ 压降会在提供拉电流时增加最小电源电压，但不会直接影响负载调整率。对于输出轻负载（最大输出电流 $< 100\mu A$ ）， V_{OUT_S} 应通过尽可能短的路径连接到 V_{OUT_F} ，以减少由检测走线中的电阻引起的误差。

谨慎设计接地也很重要，尤其是在提供拉电流时。返回负载电流会产生 $I \cdot R$ 压降，导致负载调整率不良。使用“星形”接地连接并最大限度地减小地至负载的金属电阻。虽然有多个引脚需要接地，但引脚 4 是返回电流的实际地。

最佳噪声性能

LTC6655 为超低噪声带隙基准电压源，在 $0.1Hz$ 至 $10Hz$ 范围内噪声仅为 $0.25ppm$ 。因此，系统噪声性能可能由系统设计和物理布局主导。

为了获得最佳噪声性能，需要注意一些因素。在元件引线和 PC 板走线中使用不同的金属会产生热电偶。由不均匀气流引起的热阻变化会产生引脚温度差异，从而在基准电压源的输出端产生热电电压噪声。最大限度地减少热电偶的数量并限制气流，可显著减少这些误差。欲了解更多信息，请参见凌力尔特应用笔记 82。将输入电容和负载电容放置在靠近器件的位置。虽然 LTC6655 具有 $100dB$ 以上的 DC PSRR，但仍应尽可能保持电源稳定以保证最佳性能。典型性能参数部分显示了 $0.1Hz$ 至 $10Hz$ 下的低频噪声曲线图。通过并联多个 LTC6655 可以进一步提高噪声性能（如典型应用部分所示）。采用该技术可使噪声降低 \sqrt{N} ，其中 N 为并联 LTC6655 的数量。

应用信息

噪声规格

任何频带中的噪声都是基于物理特性的随机函数，例如热噪声、散粒噪声和闪烁噪声。具体描述随机误差（如噪声）最精确的方法是以统计数据（例如 RMS 值）进行描述。这可实现相对简单的最大误差估算，该估算通常涉及关于噪声带宽和波峰因数的假设。与宽带噪声不同，低频噪声（通常规定为 0.1Hz 至 10Hz 频带内）传统上已采用预期误差进行了规定，表现为峰峰值误差。通常采用示波器在 10 秒时间段内来测量低频噪声。这是一种很实用的方法，因为闪烁噪声在频谱密度上占主导地位，所以在低频下很难准确地测量噪声，并且也很难获得一致的噪声统计特性。不过实际上，10 秒间隔的随机采样并非表示低频噪声的完美方法，尤其对于那些低频噪声是系统性能主要限制的系统而言。鉴于噪声的随机特性，可能会在多个时间间隔内观测输出电压，每个间隔获得的结果均不同。使用这种方法来确定的噪声规格易带有主观性，并且更倾向于统计平均值，而不是所讨论器件可能产生的最大噪声。

由于大多数基准电压源的数据手册以典型数值来表示低频噪声，并且倾向于用在峰峰值分布均值附近的可重复曲线作为图示说明，因此 LTC6655 数据手册提供了类似定义的典型规格，以便与同类产品进行合理的直接比较。通常，用这种方法产生的数据表明在一系列的 10 秒间隔输出电压测量中，至少有一半的观测结果应具有低于该额定值的峰峰值。例如，对 LTC6655-2.5 进行测量，至少有 50% 的 10 秒间隔观测结果小于 0.25ppm_{p,p}。

如上所述，噪声的统计分布表现为：如果进行长

时间段的观测，由噪声引起的输出电压峰值误差可能会比在短时间段内观测到的峰值误差大很多。噪声引起的最大可能误差通常以 RMS 值乘以波峰因数估值（假定值在 6 到 8.4 之间）来估算。只有在非常长的时间段内对输出电压进行测量时，才会观测到这个最大可能值。因此，除了常用方法之外，针对 LTC6655 还采用了更彻底的噪声测量方法（详见凌力尔特 AN124），从而可从结果中获得更多信息。具体而言，该方法在大幅延长的时间段内表征噪声，从而能更完整地描述低频噪声。在数百个间隔内测量每个 10 秒间隔的峰峰值电压。此外，电子峰值检测电路为每个间隔存储一个目标值。然后根据观测噪声低于额定水平的测量间隔所占的比例对结果进行总结。例如，LTC6655-2.5 的测量值在 80% 的测量间隔内小于 0.27ppm_{p,p}，在 95% 的观测间隔内小于 0.295ppm_{p,p}。噪声的统计变化如表 2 和图 18 所示。测试电路如图 17 所示。

表 2

	低频噪声 (ppm _{p,p})
50%	0.246
60%	0.252
70%	0.260
80%	0.268
90%	0.292

这种测试低频噪声的方法优于更常用的方法。其结果提供了全面的统计描述，而不是单一的观测值。此外，直接测量随时间推移的输出电压提供了峰值噪声的实际结果，而不是基于统计假设（如波峰因数）的估值。可从低频噪声谱密度的测量中获得额外信息（如图 19 所示）。

应用信息

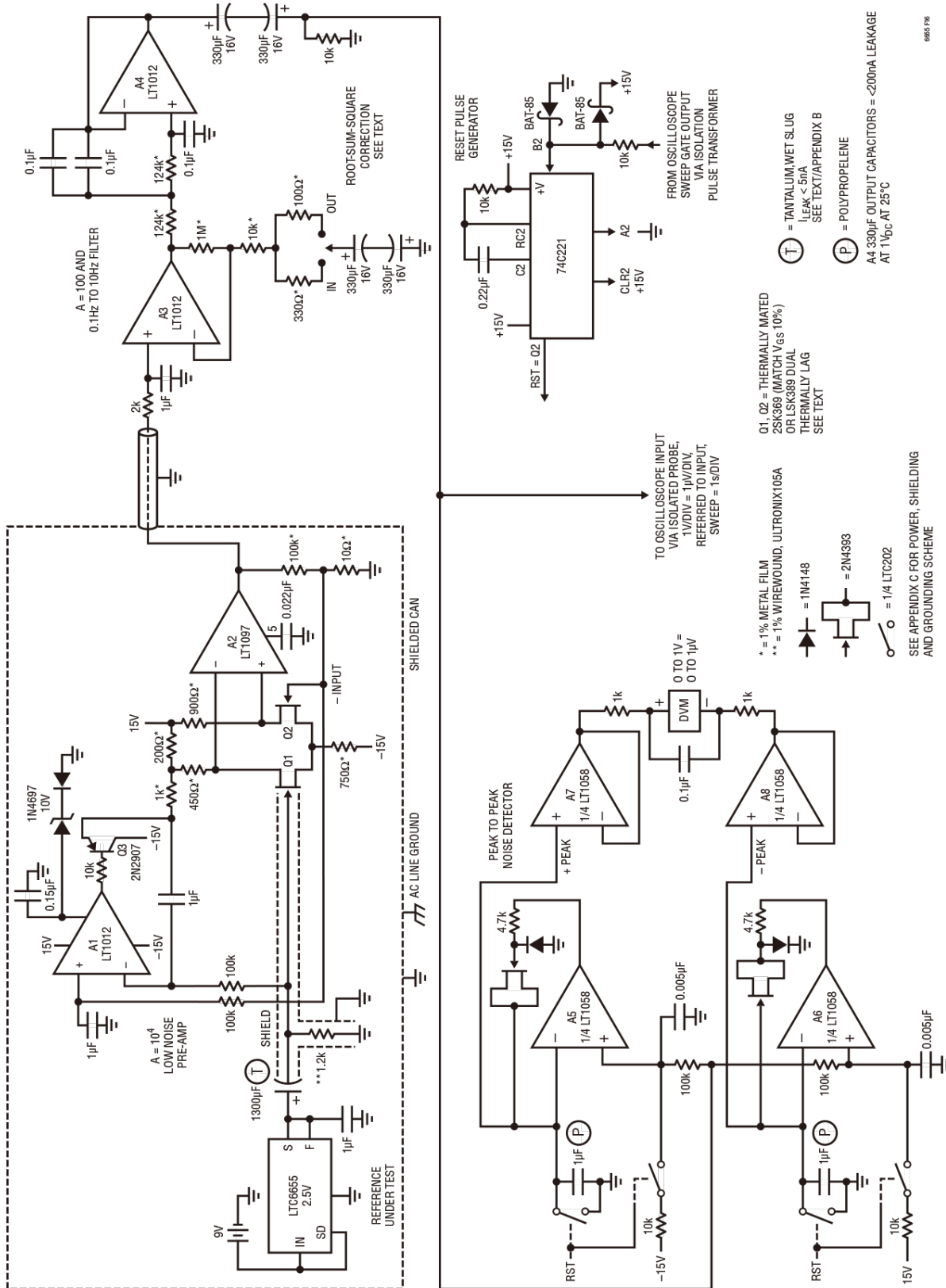


图 17. 噪声测试详细电路。请参见应用笔记 124。

应用信息

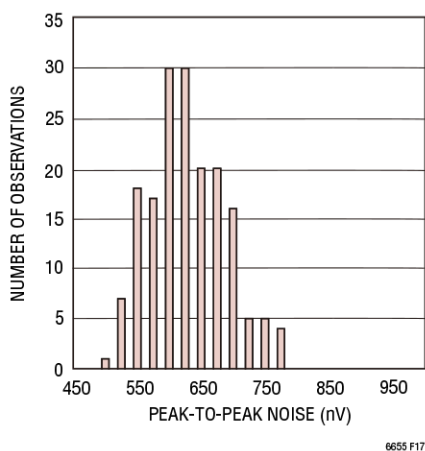


图 18. LTC6655-2.5 低频噪声直方图

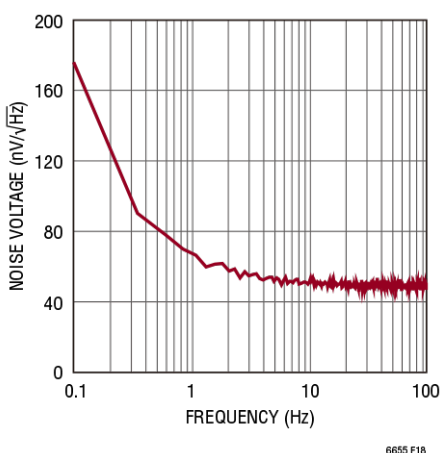


图 19. LTC6655-2.5 低频噪声谱

从图 19 中可以看出, LTC6655 不仅具有低宽带噪声, 而且还具有异常低的 1Hz 闪烁噪声转折频率! 这大大降低了低频噪声以及峰值噪声的长期变化。

红外回流焊偏移

将器件焊接至电路板上产生的机械应力会导致输出电压发生偏移。而且, 红外回流焊或对流式焊炉的热量也会导致输出电压发生偏移。构成半导体器件及其封装的材料具有不同的膨胀率和

收缩率。当器件经受无铅红外回流焊的极端高温处理后 (如图 20 所示曲线), 输出电压发生偏移。器件因受热而膨胀、接着又收缩之后, 芯片上的应力位置发生改变。这种偏移类似于热迟滞, 但比热迟滞偏离更严重。

红外回流焊偏移的实验结果如下图 21 所示。这些结果仅显示了由回流焊产生的偏移, 不包括由机械应力产生的偏移。

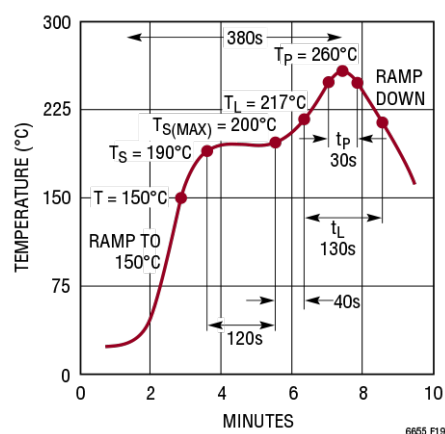


图 20. 无铅回流焊曲线

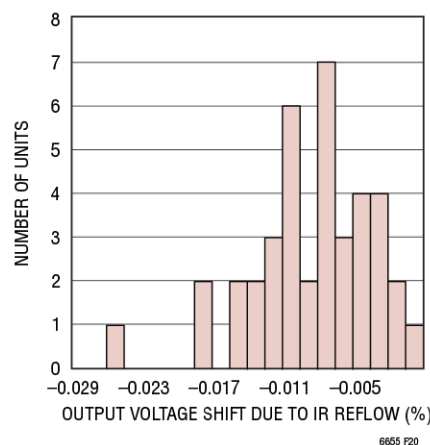
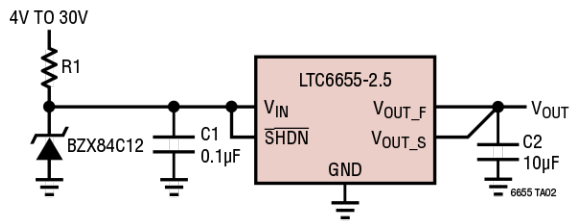


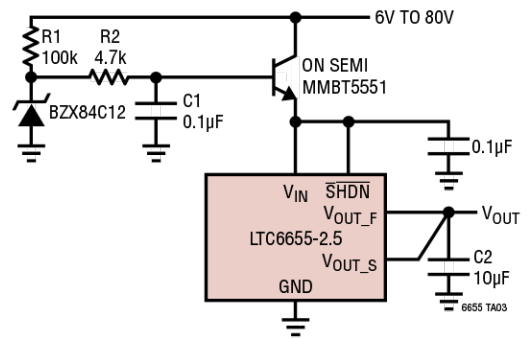
图 21. 由红外回流焊产生的输出电压偏移

典型应用

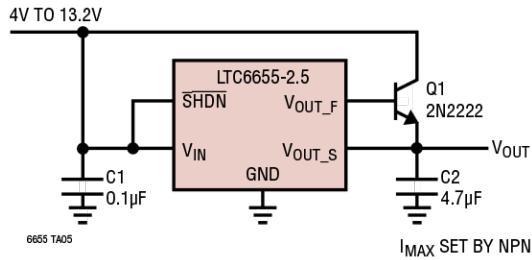
扩展电源范围的基准电压源



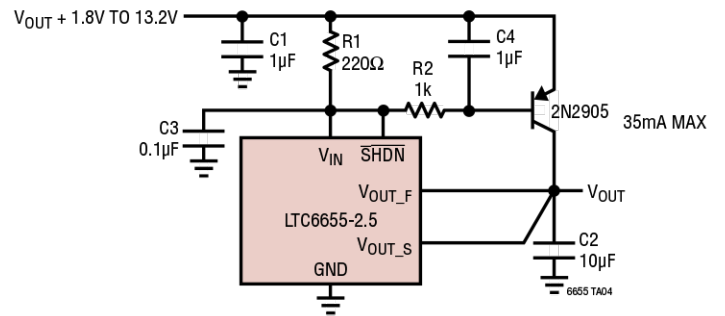
扩展电源范围的基准电压源



升举输出电流

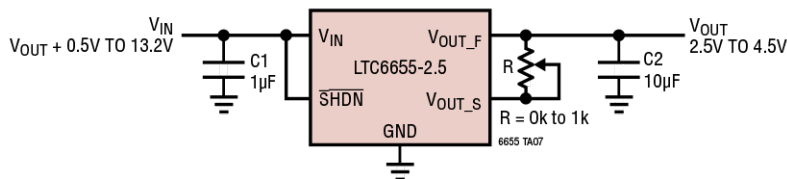


升举输出电流



典型应用

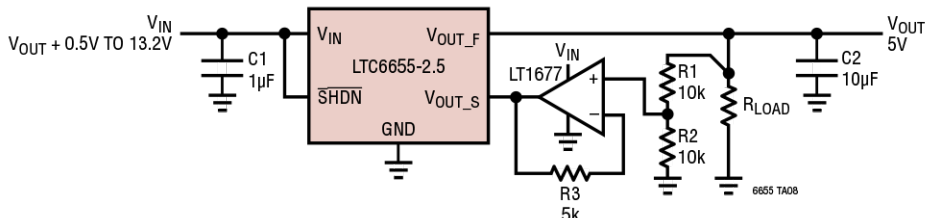
输出电压升压



$V_{OUT} = \text{VOLTAGE OPTION} + 0.002 \cdot R$
THIS EXAMPLE USES 2.5V AS THE VOLTAGE OPTION

FOR R USE A POTENTIOMETER THAT CAN HANDLE 2mA, IS LOW NOISE AND HAS A LOW TEMPERATURE COEFFICIENT

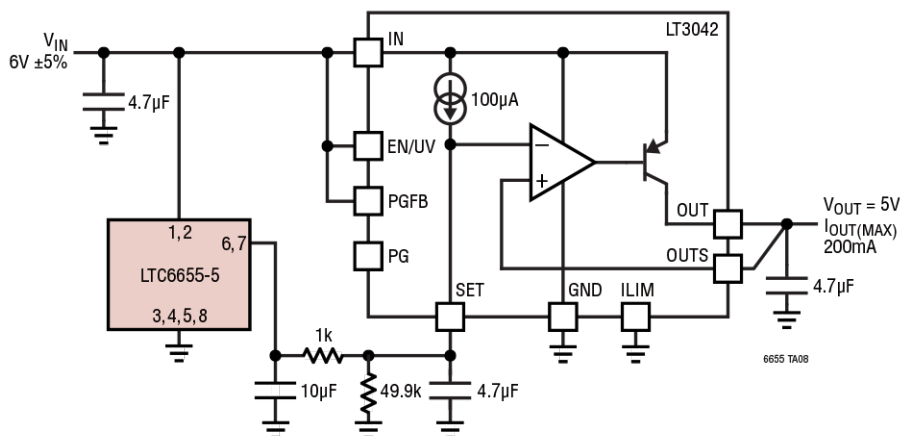
低噪声精密电压升压电路



$V_{OUT} = \text{VOLTAGE OPTION} \cdot (1 + R1/R2)$
THIS EXAMPLE USES 2.5V AS THE VOLTAGE OPTION

FOR R1, R2 AND R3 USE LT5400-1. WITH A PRECISION ARRAY THE MATCHING AND LOW TC WILL HELP PRESERVE LOW DRIFT. R3 = R1||R2. R3 IS MADE WITH TWO PARALLEL 10K RESISTORS, AVAILABLE IN THE LT5400-1

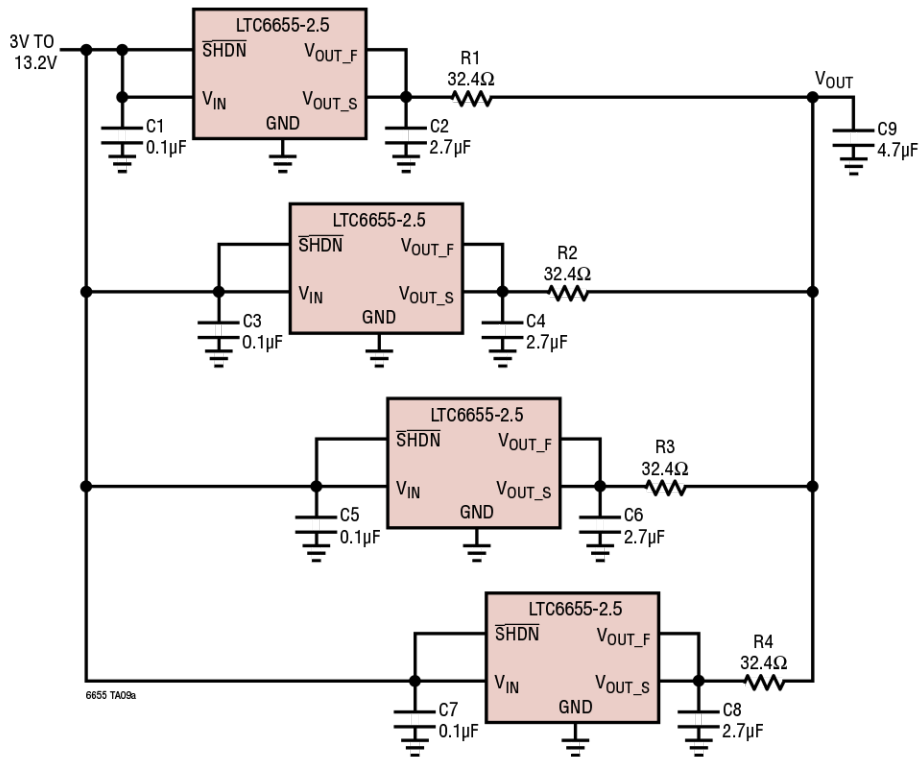
超低 1/f 噪声基准电压源缓冲器



典型应用

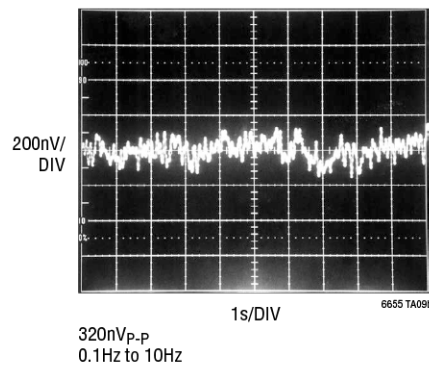
低噪声统计平均基准电压源

$e'_N = e_N / \sqrt{N}$; 其中 N 为并联 LTC6655 的数量



低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)

四个 LTC6655-2.5 并联



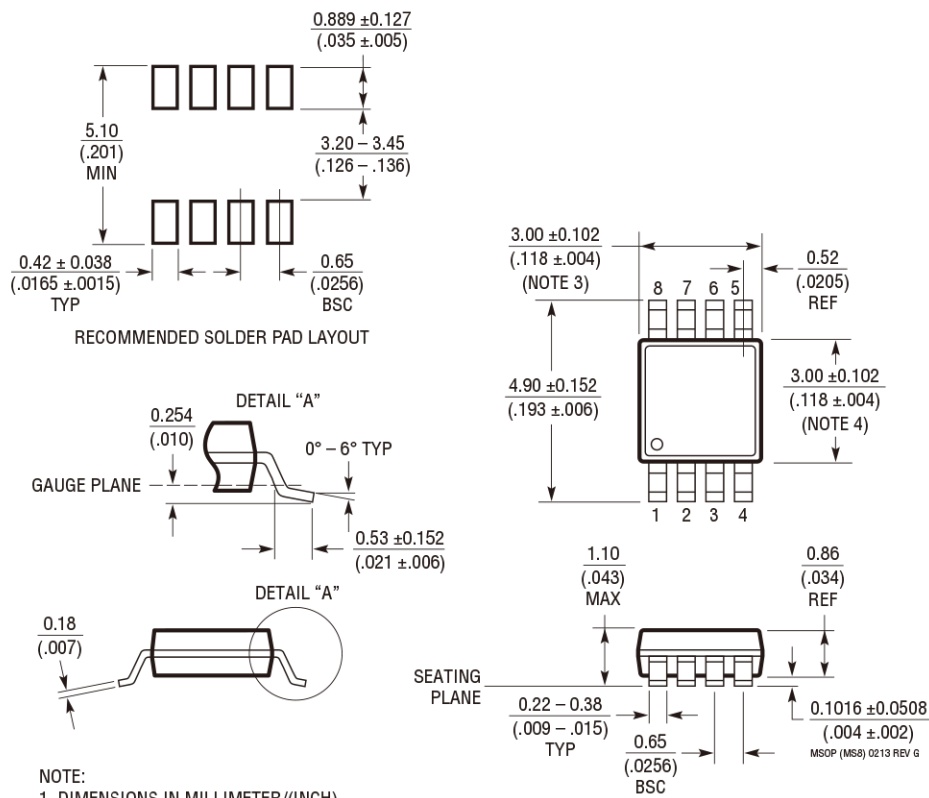
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.linear.com/cn/product/LTC6655#packaging>。

MS8 封装

8 引脚塑料 MSOP

(参考 LTC DWG # 05-08-1660 Rev G)



NOTE:

1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX

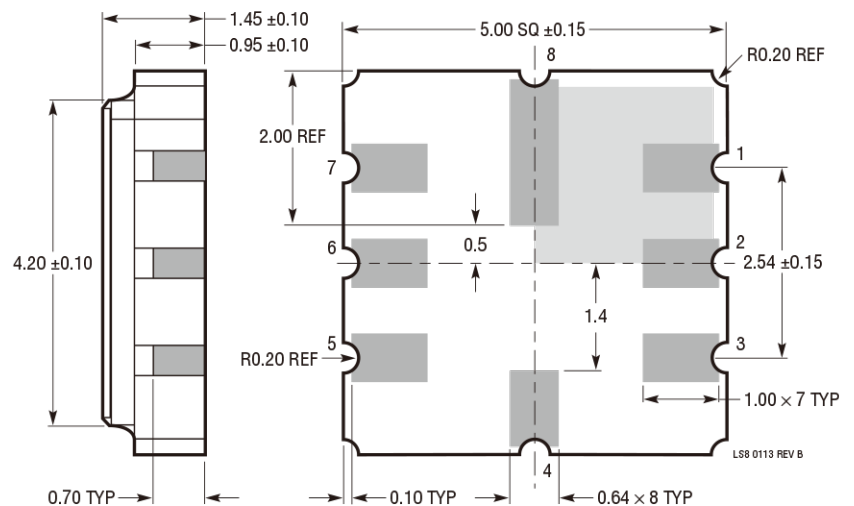
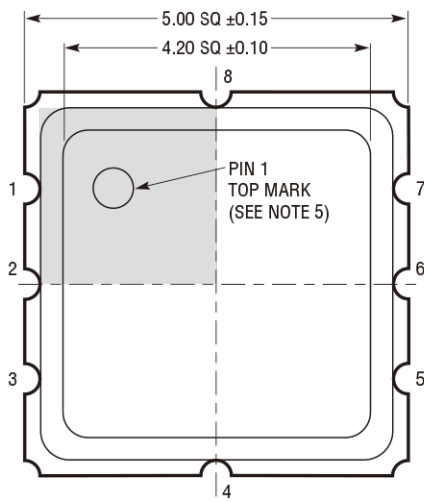
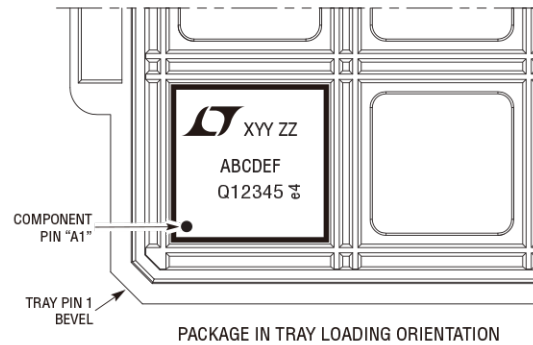
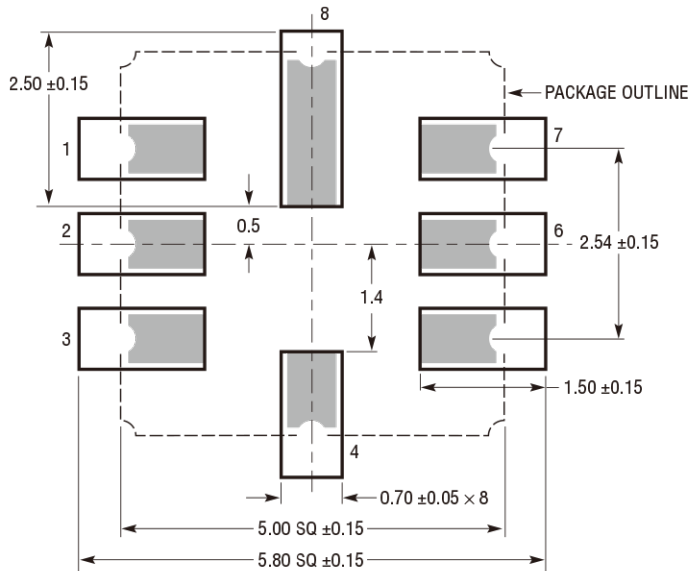
封装说明

有关最新封装图纸，请访问：<http://www.linear.com/cn/product/LTC6655#packaging>。

LS8 封装

8 引脚无铅芯片载体 (5mm × 5mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1852 Rev B)



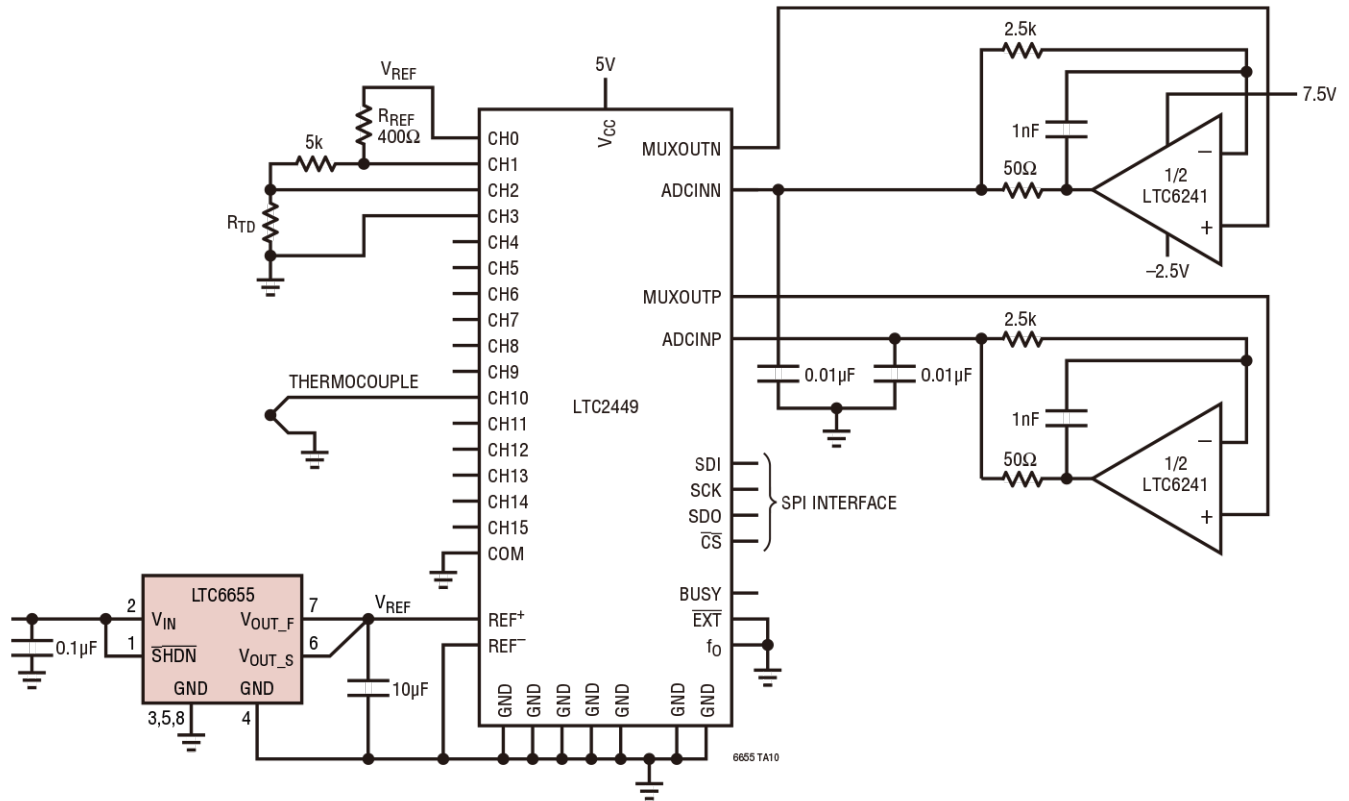
- NOTE:
1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 2. DRAWING NOT TO SCALE
 3. DIMENSIONS PACKAGE DO NOT INCLUDE PLATING BURRS
PLATING BURRS, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.30mm ON ANY SIDE
 4. PLATING—ELECTO NICKEL MIN 1.25UM, ELECTRO GOLD MIN 0.300UM
 5. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

修订历史

修订版	日期	说明	页码
A	02/10	增加电压选项 (1.250、2.048、3.000、3.300、4.096、5.000) , 显示在整个数据手册中	1 至 22
B	12/12	增添 5mm x 5mm 密封式 LS8 封装 更新电气特性以包含 LS8 封装 增添 LS8 封装的长期漂移和迟滞曲线 增添湿敏度信息 增添相关器件	1, 2, 3, 12, 22 3, 4 13 13 22
C	06/13	T _{JMAX} 由 125°C 更改为 150°C 增添 LS8 封装的 5V 选项 增添 PC 板布局指导原则	2 3, 4 14, 15
D	01/14	增添 LS8 封装的 4.096V 选项 电压调整率条件更改为 $\overline{\text{SHDN}} = 2\text{V}$ 更新 PC 板布局指导原则 更正图 17 中 9V 电池的极性 更新图 10、图 12 和图 18 的标题 更新“低噪声精密电压升压电路”的电路注释	3, 4 4 14 18 14, 15, 19 21
E	9/14	更正 LS8-4.096 器件标识	3
F	08/17	更新商标信息。 更新网站链接。 增添超低 1/f 噪声基准电压源缓冲器原理图。	1 3, 23, 24 21

典型应用

低噪声精密 24 位模数转换器应用



相关器件

产品型号	说明	备注
LT*1236	精密、低漂移、低噪声基准电压源	0.05% (最大值), 5ppm/°C (最大值), 1ppm (峰峰值) 噪声
LT1236LS8	精密低噪声、薄型密封式基准电压源	0.05% (最大值), 5ppm/°C (最大值), 0.3μV _{p,p} 噪声, 5mm × 5mm 密封式封装
LT1460	微功率串联基准电压源	0.075% (最大值), 10ppm/°C (最大值), 20mA 输出电流
LT1461	微功率串联低压差	0.04% (最大值), 3ppm/°C (最大值), 50mA 输出电流
LT1790	微功率精密串联基准电压源	0.05% (最大值), 10ppm/°C (最大值), 60mA 电源电流, SOT23 封装
LT6650	带缓冲放大器的微功率基准电压源	0.5% (最大值), 5.6μA 电源电流, SOT23 封装
LTC6652	精密、低漂移、低噪声基准电压源	0.05% (最大值), 5ppm/°C (最大值), -40°C 至 125°C, MSOP8
LT6660	微型微功率串联基准电压源	0.2% (最大值), 20ppm/°C (最大值), 20mA 输出电流, 2mm × 2mm DFN
LTC6652LS8	高精密、缓冲基准电压源系列, 采用 5mm × 5mm 密封式 QFN 封装	0.05% 最大初始误差, 5ppm/°C 最大漂移, 关断电流 <2μA, -40°C 至 125°C 工作温度范围
LT6654LS8	精密、低噪声、高输出驱动基准电压源系列, 采用 5mm × 5mm 密封式 QFN 封装	1.6ppm 峰峰值噪声 (0.1Hz 至 10Hz), 灌电流/拉电流 ±10mA, 5ppm/°C 最大漂移, -40°C 至 125°C 工作温度范围