

1.5ppm/°C 漂移、 低噪声、缓冲基准电压源

特点

- **低漂移**
 - A 级: 1.5ppm/°C (最大值)
 - B 级: 3ppm/°C (最大值)
- **低噪声:**
 - 0.5ppm_{P-P} (0.1Hz 至 10Hz)
 - 0.8ppm_{RMS} (10Hz 至 1kHz)
- **宽电源电压范围 (可达 40V)**
- **拉电流和灌电流 10mA (最小值)**
- 电压调整率: 0.2ppm/V
- 负载调整率: 2μV/mA
- 反向电源保护
- 反向输出保护
- 低功耗关断模式: <4μA (最大值)
- 1.5V 最小电源电压 (适用于 1.25V 选项)
- 热保护
- 可工作于分流模式
- 可配置为负基准电压源
- 提供输出电压选项: 1.25V、2.5V、3V、4.096V 和 5V
- MSOP-8 封装

应用

- 高温工业
- 高分辨率数据采集系统
- 仪器仪表与过程控制
- 汽车控制和监视
- 医疗设备
- 分流和负基准电压源

说明

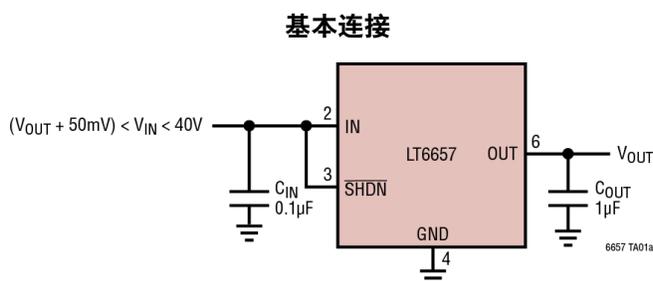
LT[®]6657 是一款精密基准电压源, 该器件兼具稳健的工作特性和极低的漂移与低噪声。利用先进的曲率补偿, 该带隙基准电压源可实现 1.5ppm/°C 的漂移和可预知的温度特性, 以及 0.1% 的初始电压准确度。它还提供了 0.5ppm_{P-P} 的噪声和非常低的温度循环迟滞。

LT6657 是一款低压差基准电压源, 可采用仅比输出电压 (最高可达 40V) 高 50mV 的电源进行供电。缓冲输出支持 ±10mA 的输出驱动 (在低输出阻抗条件下) 和精准的负载调节性能。大拉电流能力允许其用作一个负基准电压源, 而精准度则与正基准电压源相同。该器件在电池反接的情况下是安全的, 并内置了输出短路电流保护和过载热关断功能。该器件包括一种关断模式, 以在降低功耗的同时实现快速开启。

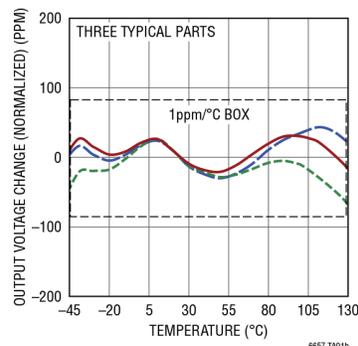
LT6657 的额定温度范围为 -40°C 至 125°C。该器件采用 8 引脚 MSOP 封装。

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

典型应用



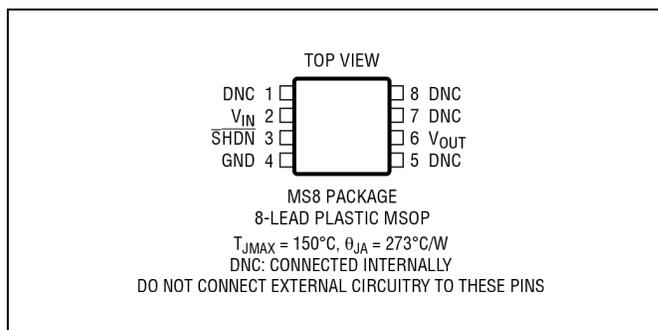
输出电压温度漂移



绝对最大额定值 (注释 1)

输入电压 V_{IN} (至 GND) -40V 至 40V
关断电压 SHDN -20V 至 40V
输出电压 V_{OUT} -3V 至 30V
输入至输出差分电压 (注释 2) $\pm 40V$
输出短路持续时间 未定
工作结温范围 $-40^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$
存储温度范围 $-65^{\circ}C$ 至 $150^{\circ}C$
引脚温度 (焊接 10 秒) (注释 3) $300^{\circ}C$

引脚配置



订购信息 <http://www.linear.com/cn/product/LT6657#orderinfo>

管装	卷带和卷盘	器件标识*	封装说明	额定温度范围
LT6657AHMS8-1.25#PBF	LT6657AHMS8-1.25#TRPBF	LTGYR	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657BHMS8-1.25#PBF	LT6657BHMS8-1.25#TRPBF	LTGYR	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657AHMS8-2.5#PBF	LT6657AHMS8-2.5#TRPBF	LTGKN	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657BHMS8-2.5#PBF	LT6657BHMS8-2.5#TRPBF	LTGKN	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657AHMS8-3#PBF	LT6657AHMS8-3#TRPBF	LTGYG	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657BHMS8-3#PBF	LT6657BHMS8-3#TRPBF	LTGYG	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657AHMS8-4.096#PBF	LT6657AHMS8-4.096#TRPBF	LTHCJ	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657BHMS8-4.096#PBF	LT6657BHMS8-4.096#TRPBF	LTHCJ	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657AHMS8-5#PBF	LT6657AHMS8-5#TRPBF	LTGYH	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$
LT6657BHMS8-5#PBF	LT6657BHMS8-5#TRPBF	LTGYH	8 引脚塑料 MSOP	$-40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$

*温度等级通过运输容器上的标签识别。

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。以 PBF 结尾的器件符合 RoHS 和 WEEE 标准。

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/tapeandreel/>。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。

提供选项

输出电压	初始准确度	温度系数	订购产品型号**	额定温度范围
1.25V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-1.25	-40°C 至 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-1.25	-40°C 至 125°C
2.5V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-2.5	-40°C 至 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-2.5	-40°C 至 125°C
3V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-3	-40°C 至 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-3	-40°C 至 125°C
4.096V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-4.096	-40°C 至 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-4.096	-40°C 至 125°C
5V	0.1%	1.5ppm/°C	LT6657AHMS8-5	-40°C 至 125°C
	0.1%	3ppm/°C	LT6657BHMS8-5	-40°C 至 125°C

** 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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。测试条件为 $V_{\text{IN}} = V_{\text{OUT}} + 0.5\text{V}$ ， $V_{\text{SHDN}} = 1.6\text{V}$ ， $I_{\text{OUT}} = 0$ ， $C_{\text{IN}} = 0.1\mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$ 。除非另有说明，LT6657-1.25 的 $V_{\text{SHDN}} = 1.45\text{V}$ ， $C_{\text{IN}} = 1\mu\text{F}$ ， $C_{\text{OUT}} = 2.7\mu\text{F}$ 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位		
输出电压准确度		-0.1	0	0.1	%		
输出电压温度系数 (注释 4)	LT6657A	●	0.5	1.5	ppm/°C		
	LT6657B	●	1	3	ppm/°C		
电压调整率 (注释 5)	$V_{\text{OUT}} + 0.5\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$	●	0.2	2	ppm/V		
		●		4	ppm/V		
负载调整率 (注释 5)	I_{OUT} (拉电流) = 10mA	●	2	6	$\mu\text{V}/\text{mA}$		
		●		10	$\mu\text{V}/\text{mA}$		
		●	3	8	$\mu\text{V}/\text{mA}$		
	I_{OUT} (灌电流) = 10mA	●		15	$\mu\text{V}/\text{mA}$		
		●	3	15	$\mu\text{V}/\text{mA}$		
		●			$\mu\text{V}/\text{mA}$		
最小 $V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}$ (所有器件，LT6657-1.25 除外)	$V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}$ ， $\Delta V_{\text{OUT}} = 0.1\%$	$I_{\text{OUT}} = 0\text{mA}$	●	20	50	mV	
			●		70	mV	
		I_{OUT} (拉电流) = 1mA	●	65	100	mV	
			●		140	mV	
	I_{OUT} (拉电流) = 10mA	●	330	450	mV		
		●		500	mV		
	I_{OUT} (灌电流) = 10mA	●	-230	-150	mV		
		●		-50	mV		
	LT6657-1.25V	$V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}$ ， $\Delta V_{\text{OUT}} = 0.1\%$	$I_{\text{OUT}} = 0\text{mA}$	●	120	200	mV
				●		250	mV
			I_{OUT} (拉电流) = 1mA	●	120	200	mV
				●		250	mV
I_{OUT} (拉电流) = 10mA	●	330	450	mV			
	●		500	mV			
I_{OUT} (灌电流) = 10mA	●	120	200	mV			
	●		250	mV			

6657fd

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。测试条件为 $V_{\text{IN}} = V_{\text{OUT}} + 0.5\text{V}$, $V_{\text{SHDN}} = 1.6\text{V}$, $I_{\text{OUT}} = 0$, $C_{\text{IN}} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$ 。除非另有说明,LT6657-1.25 的 $V_{\text{SHDN}} = 1.45\text{V}$, $C_{\text{IN}} = 1\mu\text{F}$, $C_{\text{OUT}} = 2.7\mu\text{F}$ 。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
关断引脚 (SHDN) (所有器件, LT6657-1.25 除外)	逻辑高输入电压	●	1.6		V
	逻辑高输入电流, $V_{\text{SHDN}} = 1.6\text{V}$	●	0.7	2	μV
	逻辑低输入电压	●		0.8	V
	逻辑低输入电流, $V_{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$	●	0.2	1	μV
	逻辑高输入电压	●	1.45		V
	逻辑高输入电流, $V_{\text{SHDN}} = 1.45\text{V}$	●	0.5	2	μV
LT6657-1.25V	逻辑低输入电压	●		0.8	V
	逻辑低输入电流, $V_{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$	●	0.05	1	μV
关断模式下的电源电流	$V_{\text{SHDN}} = 0.4\text{V}$	●	0.01	4	μA
	$V_{\text{SHDN}} = 0.8\text{V}$	●	2.0	20	μA
电源电流	空载	●	1.2	1.8	mA
		●		2.3	mA
输出短路电流	V_{OUT} 短路至 GND		15		mA
	V_{OUT} 短路至 V_{IN}		16		mA
输出电压噪声 (注释 6)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$		0.5		ppm _{p-p}
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$		0.8		ppm _{RMS}
开启时间	0.1% 建立时间, $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$		180		μsec
输出电压长期漂移 (注释 7)			30		ppm/ $\sqrt{\text{kHr}}$
迟滞 (注释 8)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 50°C		20		ppm
	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 70°C		24		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 85°C		30		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 125°C		35		ppm
	$\Delta T = -55^\circ\text{C}$ 至 125°C		40		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: 当 V_{IN} 为 40V 时,可能无法将 V_{OUT} 拉至 0V 以下。 V_{IN} 至 V_{OUT} 总的差分电压不得超过 $\pm 40\text{V}$ 。

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

注释 5: 电压调整率和负载调整率基于额定输入电压或负载电流范围的脉冲进行测量。由芯片温度变化而引起的输出电压变化必须单独考虑。

注释 6: 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,以消除引脚上的热电偶效应,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

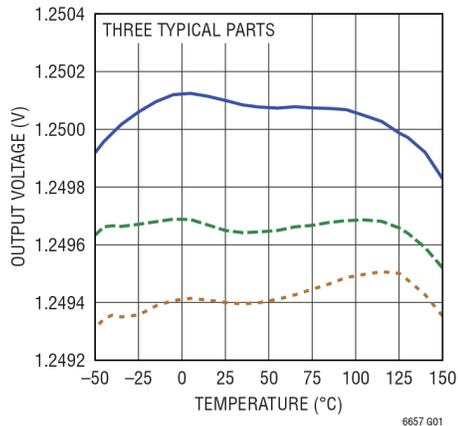
所预测的那样。通常,可预期在典型值下至少有 50% 的单元能具有类似或更好的执行性能。对于 1000 个间隔的测试,一个典型单元在超出 50% 的测量间隔中的噪声应小于电气特性表中列出的典型值。有关噪声测试的详细信息,请参见应用笔记 124。RMS 噪声采用频谱分析仪在屏蔽环境中进行测量。

注释 7: 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,漂移持续减少。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。

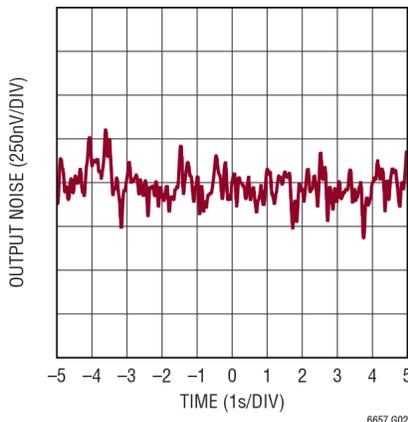
注释 8: 输出电压迟滞是由机械应力产生的,该应力取决于 IC 先前是否处于不同的温度下。输出电压总是在 25°C 下进行测量,但是在连续测量前,IC 在 25°C 到低温再到 25°C 或 25°C 到高温再到 25°C 之间循环。迟滞测量三个热温度循环或冷温度循环下的最大输出变化平均值 (预设值为一个冷温度或热温度循环)。对于存储在受控良好的温度 (工作温度的 30 度范围内) 条件下的仪器来说,迟滞通常不是主要的误差源。

典型性能参数 测试条件为 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$, $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。
 除非另有说明, LT6657-1.25 的 $V_{SHDN} = 1.45\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$ 。

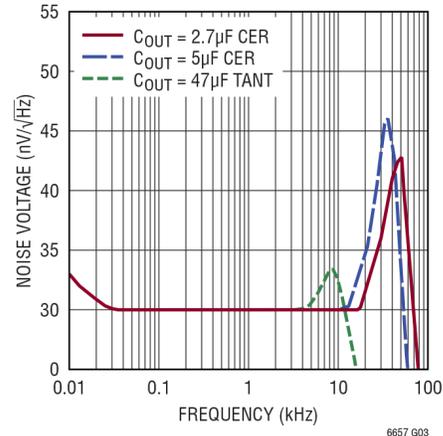
1.25V 输出电压温度漂移



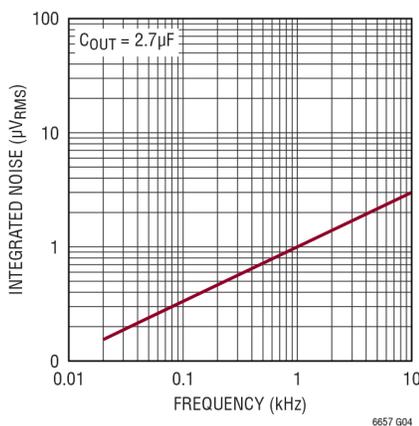
1.25V 低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)



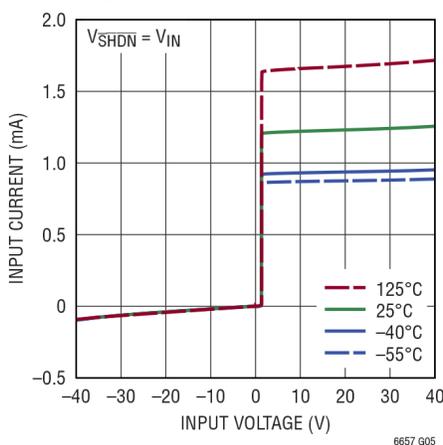
1.25V 输出电压噪声谱



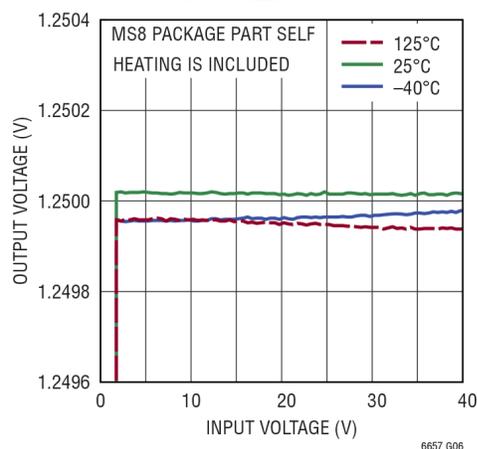
1.25V 综合噪声 (10Hz 至 10kHz)



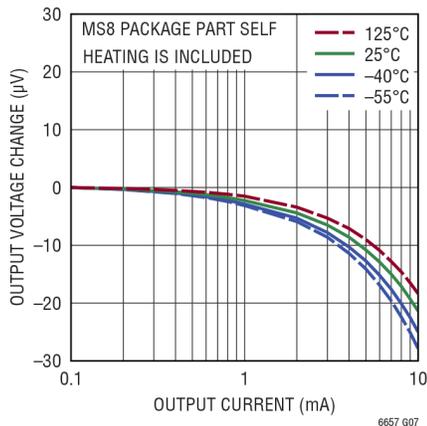
1.25V 电源电流与输入电压的关系



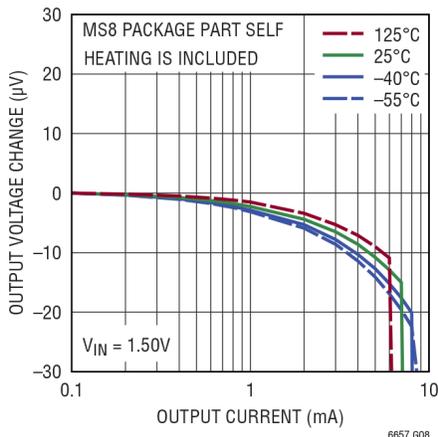
1.25V 电压调整率



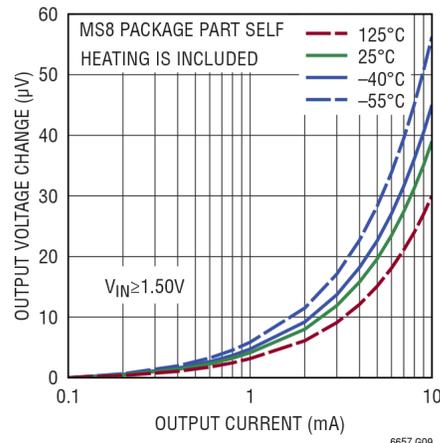
1.25V 负载调整率 (拉电流)



1.25V 负载调整率 (拉电流)



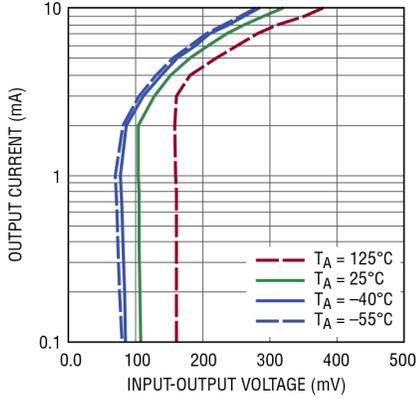
1.25V 负载调整率 (灌电流)



典型性能参数

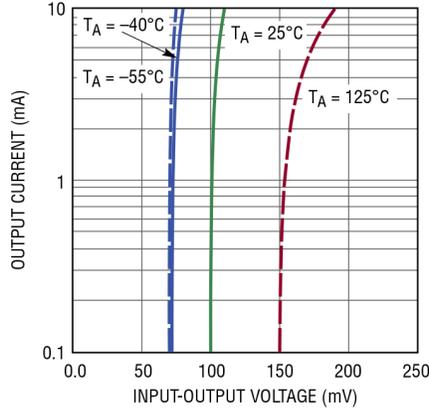
测试条件为 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$, $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。
 除非另有说明, LT6657-1.25 的 $V_{SHDN} = 1.45\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$ 。

1.25V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差
最小值 (拉电流)



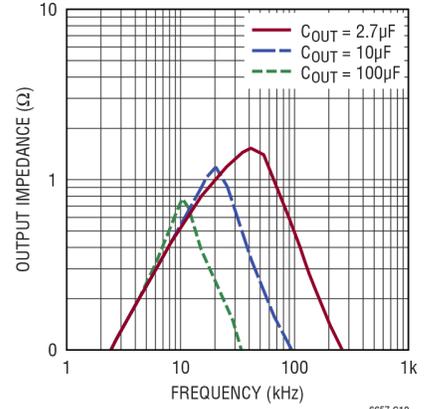
6657 G10

1.25V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差
最小值 (灌电流)



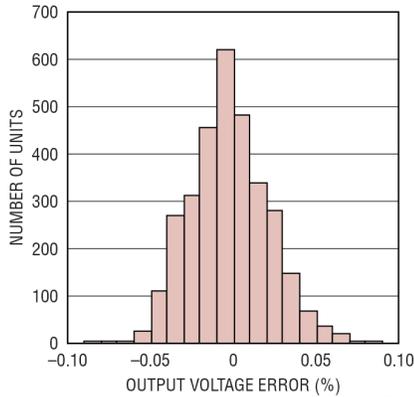
6657 G11

1.25V 输出阻抗与频率的关系



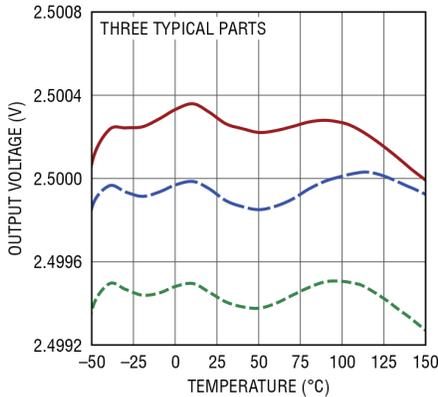
6657 G12

输出准确度直方图



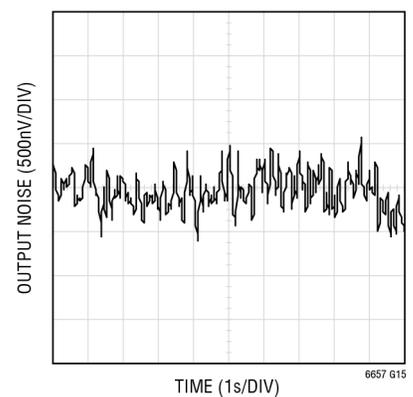
6657 G13

2.5V 输出电压温度漂移



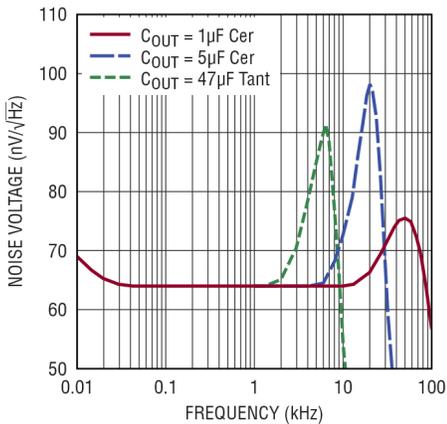
6657 G14

2.5V 低频噪声
(0.1Hz 至 10Hz)



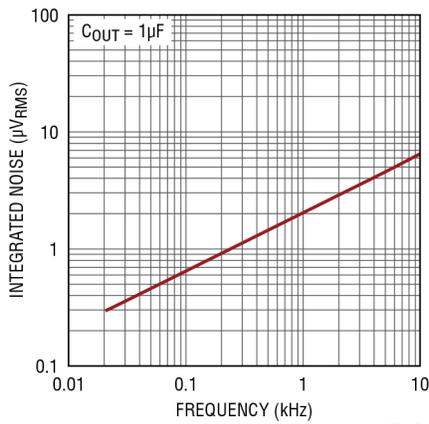
6657 G15

2.5V 输出电压噪声谱



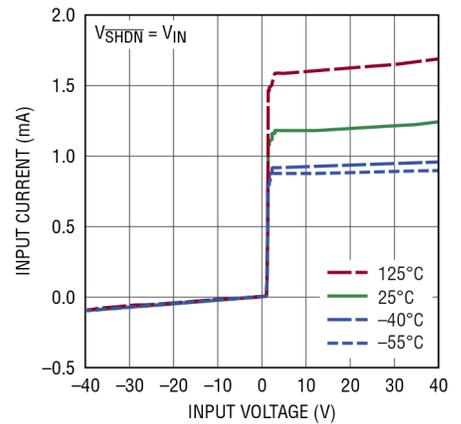
6657 G16

2.5V 综合噪声
(10Hz 至 10kHz)



6657 G17

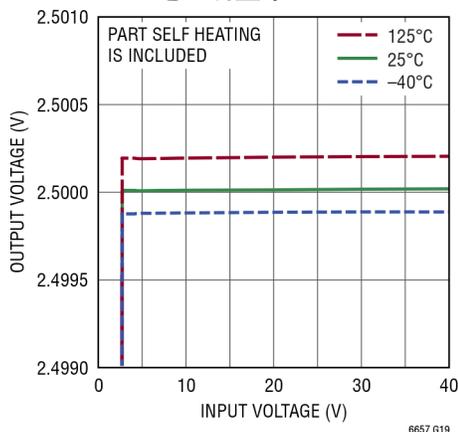
2.5V 电源电流与输入电压的关系



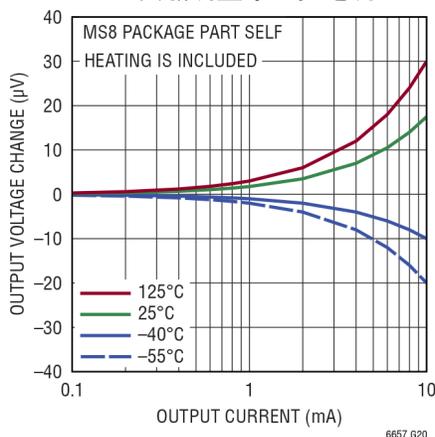
6657 G18

典型性能参数 测试条件为 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$, $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。
 除非另有说明, LT6657-1.25 的 $V_{SHDN} = 1.45\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$ 。

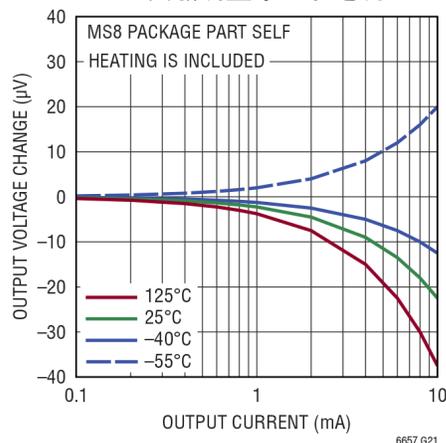
2.5V 电压调整率



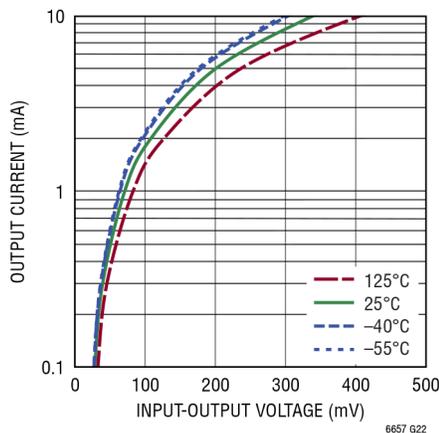
2.5V 负载调整率 (拉电流)



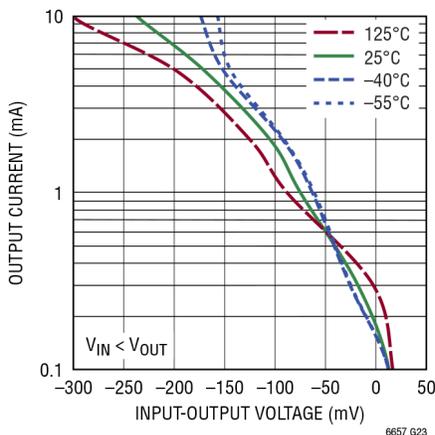
2.5V 负载调整率 (灌电流)



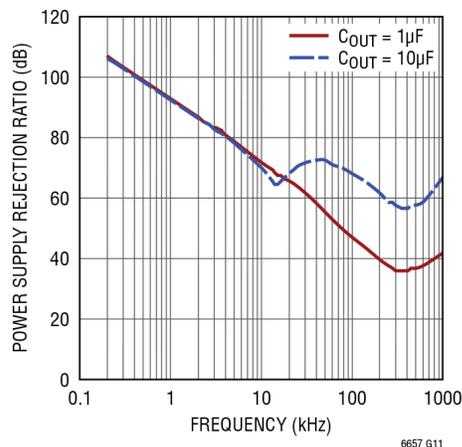
2.5V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差最小值 (拉电流)



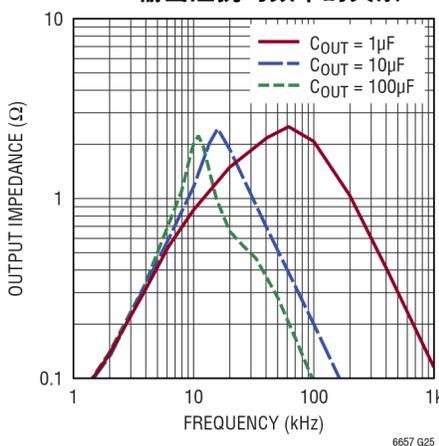
2.5V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差最小值 (灌电流)



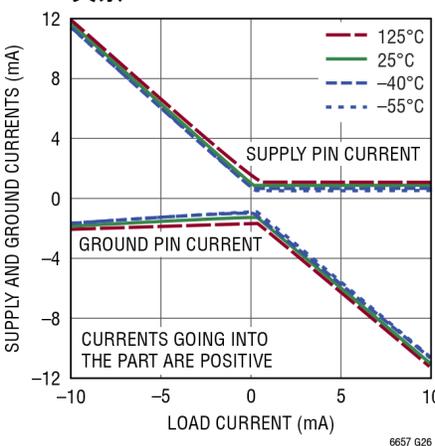
2.5V 电源抑制比与频率的关系



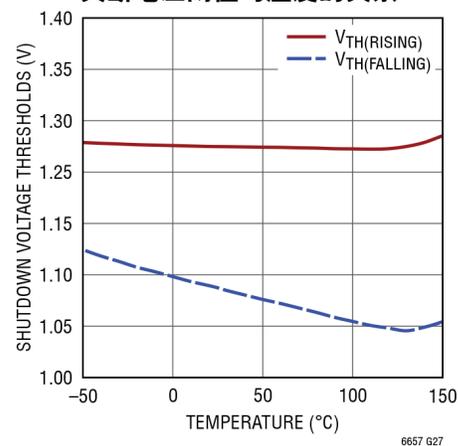
2.5V 输出阻抗与频率的关系



电源和接地电流与负载电流的关系



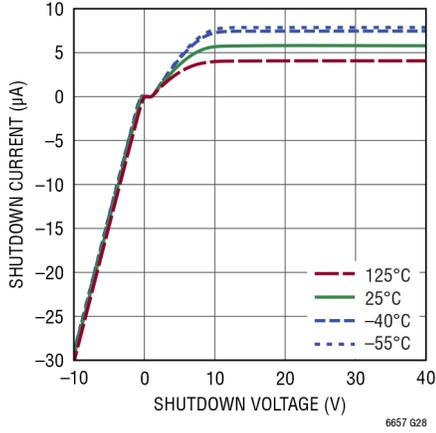
关断电压阈值与温度的关系



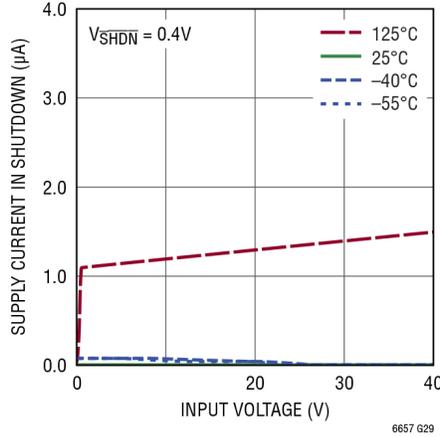
典型性能参数

测试条件为 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$, $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。
 除非另有说明, LT6657-1.25 的 $V_{SHDN} = 1.45\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$ 。

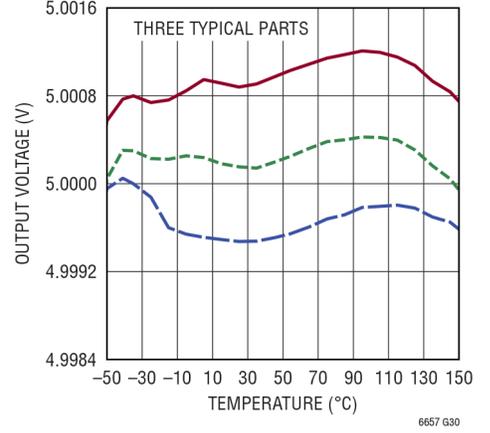
关断引脚电流与关断电压的关系



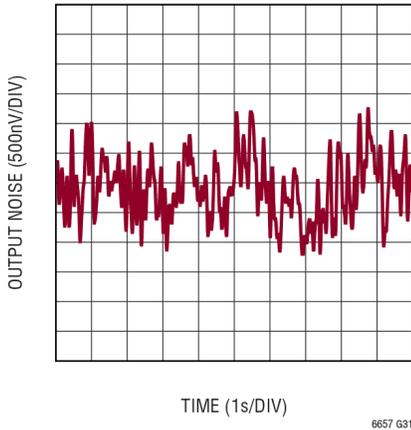
2.5V 关断模式下的电源电流与输入电压的关系



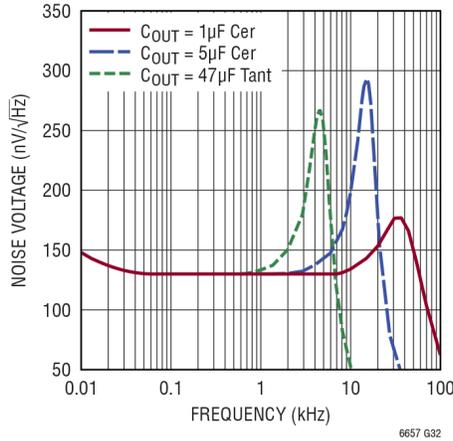
5V 输出电压温度漂移



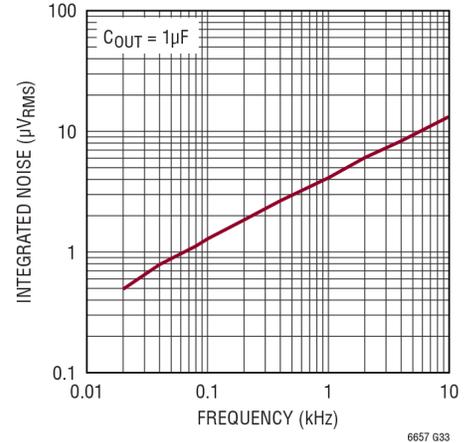
5V 低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)



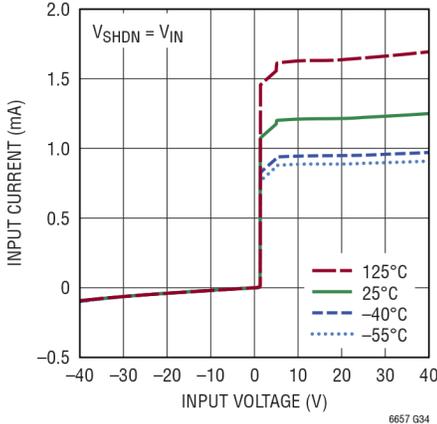
5V 输出电压噪声谱



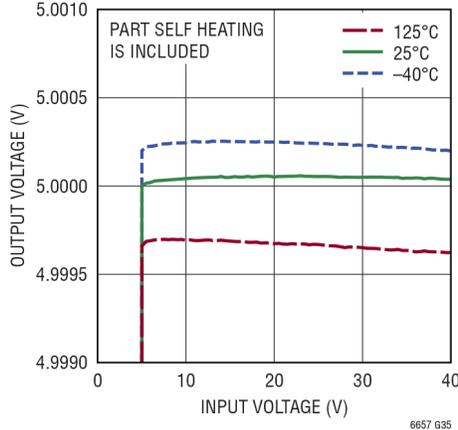
5V 综合噪声 (10Hz 至 10kHz)



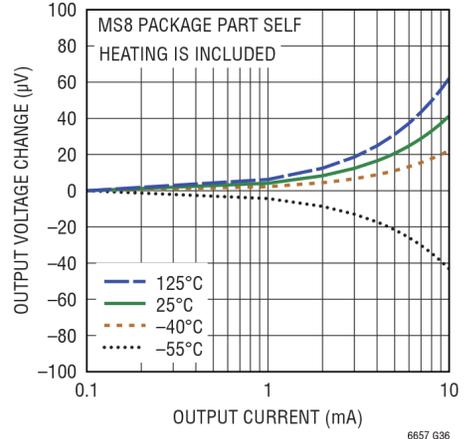
5V 电源电流与输入电压的关系



5V 电压调整率

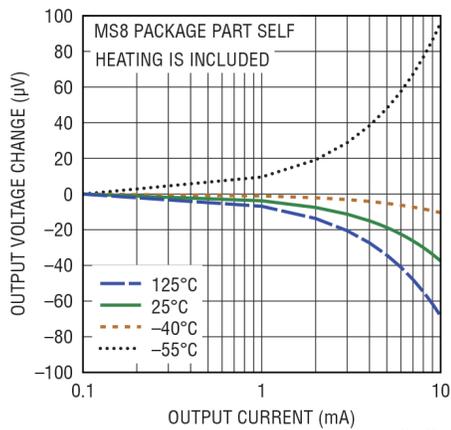


5V 负载调整率 (拉电流)

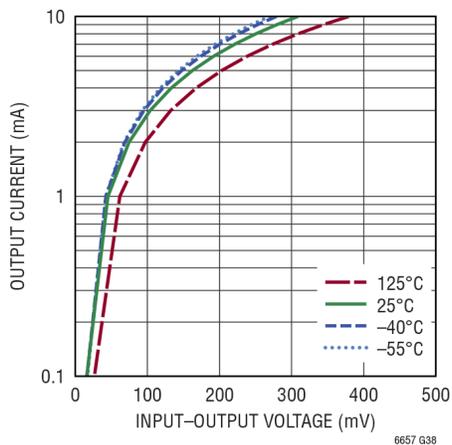


典型性能参数 测试条件为 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = V_{OUT} + 0.5\text{V}$, $V_{SHDN} = 1.6\text{V}$, $I_{OUT} = 0$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\mu\text{F}$ 。
除非另有说明, LT6657-1.25 的 $V_{SHDN} = 1.45\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 2.7\mu\text{F}$ 。

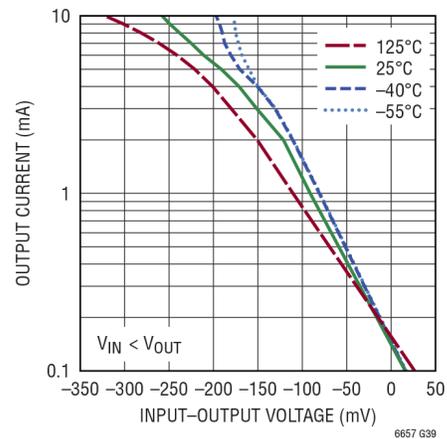
5V 负载调整率 (灌电流)



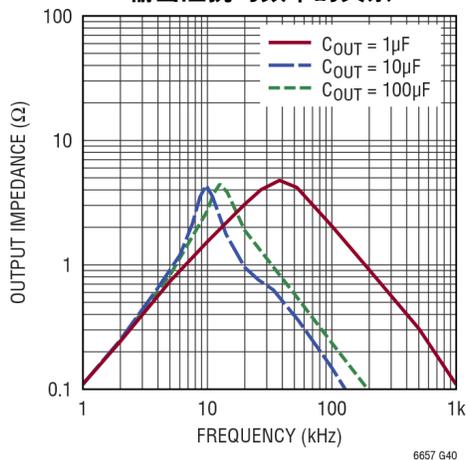
5V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差最小值 (拉电流)



5V V_{IN} 与 V_{OUT} 压差最小值 (灌电流)



5V 输出阻抗与频率的关系



引脚功能

SHDN (引脚 3) : 关断输入。该低电平有效输入禁用器件，从而将电源电流降低为 $< 2\mu\text{A}$ 。该引脚必须从外部驱动，如果不使用时则应连接至 V_{IN} 。在正常工作期间，它可以被驱动为逻辑高电平或 V_{IN} 。

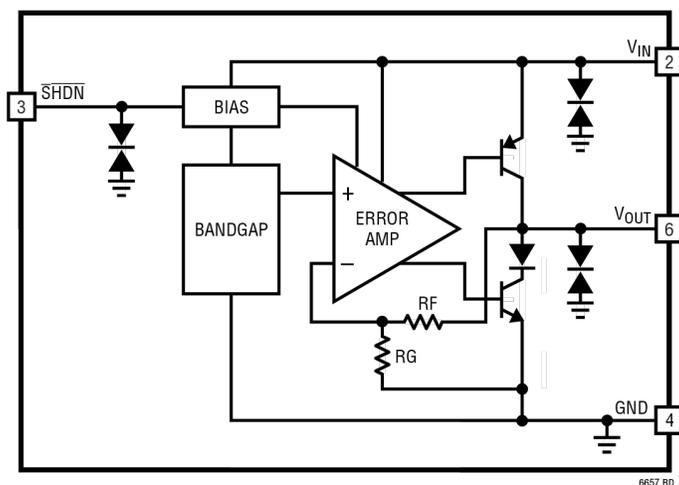
V_{IN} (引脚 2) : 输入电压源。使用一个 $0.1\mu\text{F}$ (1.25V 器件则使用 $1\mu\text{F}$) 或以上的电容 (尽可能靠近引脚) 将 V_{IN} 旁路至 GND。

GND (引脚 4) : 器件的地。该引脚必须连接至无噪声的接地层。使用相关电路的星形接地将获得最佳结果。注意走线阻抗, 因为 GND 引脚承载电源返回电流。

V_{OUT} (引脚 6) : 基准电压源输出电压。该引脚可为负载提供拉电流和灌电流。需要使用一个 $1\mu\text{F}$ (1.25V 器件则使用 $2.7\mu\text{F}$) 或以上的电容以确保稳定性。

DNC (引脚 1、5、7、8) : 内部功能。请勿连接这些引脚，也不要对其施加电气应力。这些引脚必须浮空，并将其漏电流保持在最小值。保留额外的布线间距。

框图



应用信息

电压调整率和负载调整率

LT6657 的电压调整率通常远低于 1ppm/V。由输入电压改变 10V 所引起的典型输出漂移仅为 2ppm。同时，采用 MS8 封装时的负载调整率也低于 2 μ V/mA。负载电流改变 5mA 使输出电压仅产生 10 μ V 漂移。这些电气特性为低占空比脉冲下的测量所得。

为了实现如此出色的负载调整率，必须最大限度地减小 V_{OUT} 和 GND 走线上的 IR 压降。1 盎司铜箔印制电路板的电阻为 0.5m Ω /方块。走线电阻只是增加 1m Ω ，就会为每通过 1mA 的电流引入 1 μ V 误差。这将使 2.5V 基准电压源的负载调整率增加 0.4ppm/mA。这些外部产生的误差具有与 LT6657 的典型负载调整率相同的数量级。最大限度地减小导线电阻并为负载使用单独的接地回路，将有助于保持出色的负载调整率。当提供拉电流时，接地连接引脚可以用于开尔文检测，以改善输出调节。

由芯片温度变化而引起的额外输出变化必须单独考虑。这些额外影响可利用以下公式来估算：

$$\text{Line_Reg (以 ppm 为单位)} = (I_{IN} + I_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot V_{IN}$$

$$\text{Load_Reg (以 ppm 为单位)} = (V_{IN} - V_{OUT}) \cdot \theta_{JA} \cdot TC \cdot I_{OUT}$$

其中电压单位为 V，电流单位为 mA，封装热阻 θ_{JA} 单位为 $^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ ，温度系数 TC 单位为 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 。例如，当典型静态电流 $I_{IN} = 1.2\text{mA}$ ， $I_{OUT} = 1\text{mA}$ ， $V_{IN} - V_{OUT} = 1\text{V}$ 时，对于 TC 为 1ppm/ $^{\circ}\text{C}$ 且热阻 $\theta_{JA} = 0.3^{\circ}\text{C}/\text{mW}$ 的 MSOP-8 封装来说，额外的电压调整率通常为 0.66ppm/V，额外的负载调整率通常为 0.3ppm/mA。

旁路电容和负载电容

LT6657 基准电压源需要在器件附近放置一个 0.1 μ F (1.25V 器件则使用 1 μ F) 或以上的输入电容，以提高电源抑制比。长输入导线具有大串联电感值，会对较大的负载瞬变产生振铃响应。

需要在器件输出端附近放置一个 1 μ F (1.25V 器件则使用 2.7 μ F) 或以上的电容。输出电容的容值和类型直接影响频率稳定性、开启时间和建立行为。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。建议将 ESR 保持在 0.5 Ω 以下，以便获得充足的相位裕量。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 100kHz 以上的稳定性，输出电容还必须在 100kHz 以上具有适当的特性。以下段落描述了具有合适性能的电容。

对于需要大输出电容的应用，低 ESR 的陶瓷电容与大容量钽电容并联可提供最佳阻尼响应。例如，一个具有较大 ESR 的 47 μ F 的钽电容与一个 ESR 小于 0.5 Ω 的 10 μ F 陶瓷电容并联，可改善瞬态响应并增加相位裕量。

还可额外考虑使用 X7R 类型的陶瓷电容。这类电容非常小，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要求，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表现为噪声。

对于噪声极低的应用，应考虑使用薄膜电容，因为它们没有压电效应问题。聚酯、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，因为聚丙烯的温度上限为 85 $^{\circ}\text{C}$ 至 105 $^{\circ}\text{C}$ 。当超过这些温度时，工作电压通常需要根据制造商的规格书进行降额。另一种薄膜电容是聚苯硫醚 (PPS)。这类电容可在很宽的温度范围内工作，稳定且具有 1 μ F 以上的大电容值。

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。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。

应用信息

开启和电压瞬态响应

开启时间受压摆限制，通过以下公式由短路电流、输出电容和输出电压值确定：

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

例如，使用 $1\mu\text{F}$ 输出电容且典型限流为 15mA 的 LT6657-2.5V，其开启时间为：

$$t_{ON} = 2.5\text{V} \cdot \frac{1\mu\text{F}}{15\text{mA}} = 167\mu\text{s}$$

开启时间的结果如图 1 所示。

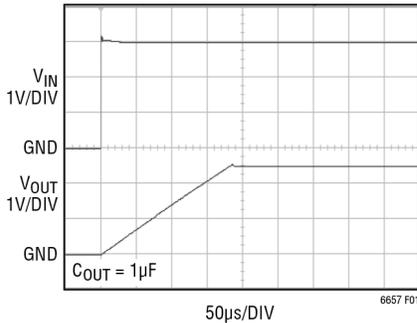


图 1. 2.5V 开启特性

使用 $1\mu\text{F}$ 输出电容且无输出电流时的电压瞬态响应如图 2 所示。峰值电压输出响应小于 1mV 。

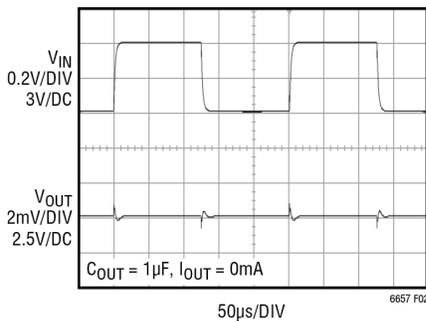


图 2. $V_{IN} = 0.4\text{V}_{P-P}$ 时的电压瞬态响应

加大输出负载可加快响应速度（图 3）。

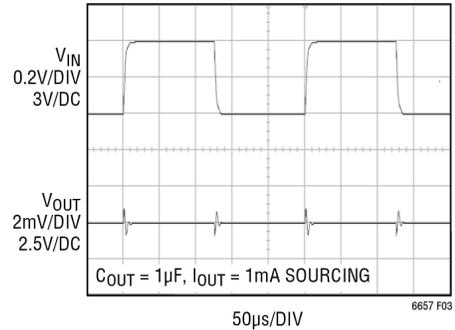


图 3. $V_{IN} = 0.4\text{V}_{P-P}$ 时的电压瞬态响应

加大输出电容会降低响应幅度，并且响应时间更长（图 4）。

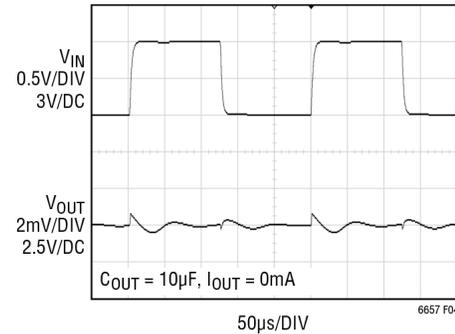


图 4. $V_{IN} = 1\text{V}_{P-P}$ 时的电压瞬态响应

负载瞬态响应

图 5 的测试电路用于测量各种电流情况下的负载瞬态响应。

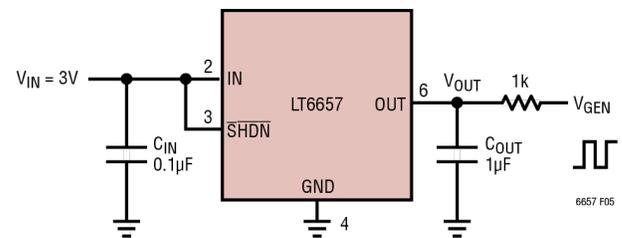


图 5. 瞬态负载测试电路

应用信息

图 6 和图 7 显示了对 5mA 电流阶跃(拉电流和灌电流) 的负载瞬态响应。

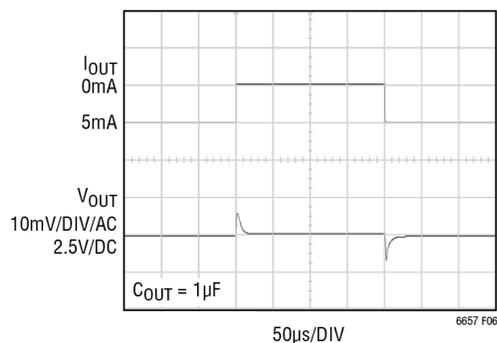


图 6. 5mA 负载阶跃拉电流的输出响应

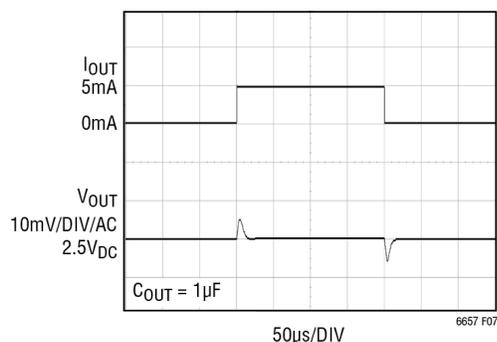


图 7. 5mA 负载阶跃灌电流的输出响应

图 8 和图 9 显示了对较小的 4mA 到 5mA 电流阶跃 (拉电流和灌电流) 的负载瞬态响应。

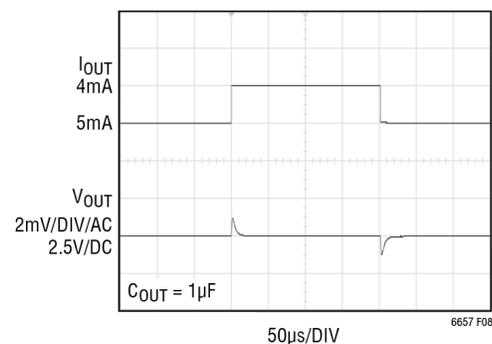


图 8. 4mA 到 5mA 负载阶跃拉电流的输出响应

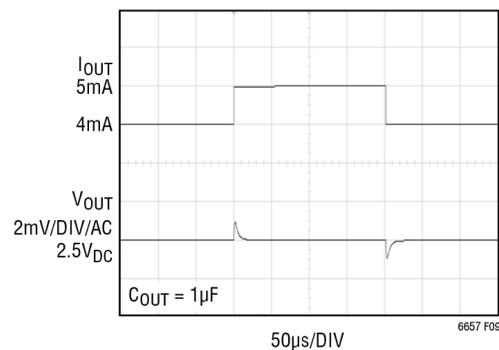


图 9. 4mA 到 5mA 负载阶跃灌电流的输出响应

图 10 和图 11 显示了对更小的 0.5mA 电流阶跃 (拉电流和灌电流) 的负载瞬态响应。

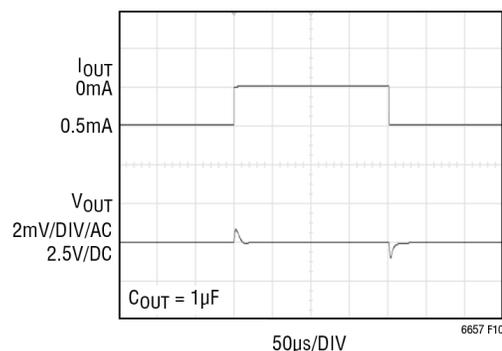


图 10. 0.5mA 负载阶跃拉电流的输出响应

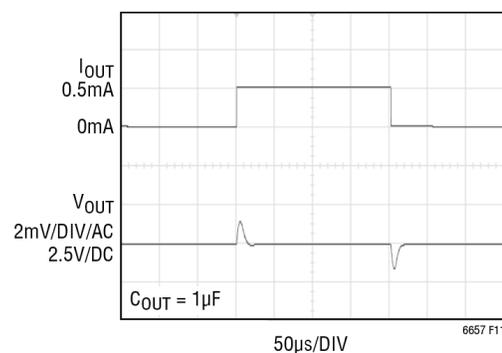


图 11. 0.5mA 负载阶跃灌电流的输出响应

应用信息

LT6657 灌电流压差说明

LT6657 的输出级能够提供相同幅度的拉电流和灌电流。在提供拉电流时，它可以作为传统的低压差调节器件。在提供灌电流时，它可以保持稳定的输出电压，而输入电压可与输出电压相等、比输出电压更高或略低。提供灌电流时的压差电压规格用 $V_{IN} - V_{OUT}$ 的负电压值来表示。一个典型单元将在提供灌电流的同时保持稳定的输出电压，而输入电压比输出电压低 250mV (保证值为 50mV) (LT6657-1.25 除外)。更低的输入电压将导致输出电压失调。这样可实现分流基准电压源应用，在此应用中可将输出和输入连接到一起，并提供从输出至地的灌电流。

正分流或负分流工作模式

除串联工作模式外，LT6657 还可以在分流模式下工作。在这种模式下，基准电压源的接线方式为双端电路，可用作正基准电压源或负基准电压源 (如图 12 和图 13 所示)。

R_{SHUNT} 可使用以下公式来选择：

$$R_{SHUNT} = \frac{V_{DD} - V_{OUT}}{I_{SHUNT_MAX}}$$

其中： $I_{SHUNT_MAX} = 2.5mA + I_{OUT_MAX}$

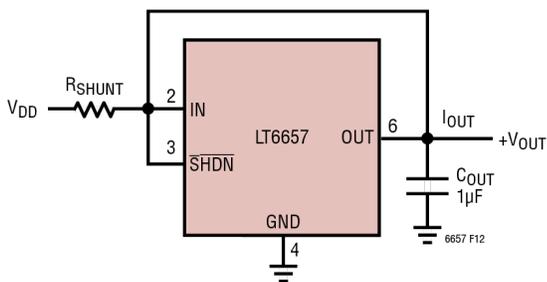


图 12. 正分流工作模式

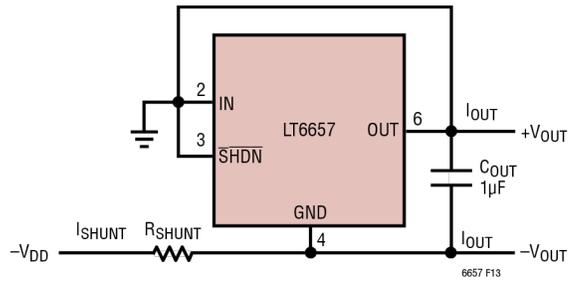


图 13. 负分流工作模式

要获得与串联工作模式相同的性能， I_{SHUNT} 电流必须高于 2.5mA。在分流工作模式下， I_{OUT_MAX} 小于或等于 8.5mA。输出端的 C_{OUT} 需要为 1µF 或以上，以确保稳定性。LT6657-1.25 仅可在串联模式下工作，其电源电压低至 1.5V (参见典型应用)。

关断模式

将 \overline{SHDN} 引脚电压拉至相对于地 0.8V 以下时，LT6657 进入低功耗状态并关断输出。静态电流通常为 2µA。如果将 \overline{SHDN} 设置为低于 0.4V，静态电流降至典型值 0.01µA。 \overline{SHDN} 引脚的开启阈值为 1.26V，并且其关断阈值大约有 150mV 迟滞。开启逻辑高电压为 1.6V (LT6657-1.25 为 1.45V)。借助上拉电阻，使用逻辑电平或开路集电极/漏极驱动 \overline{SHDN} 。该电阻将上拉电流 (通常为几微安) 提供给开路集电极/漏极逻辑电平，再加上 \overline{SHDN} 引脚电流 (通常在 6V 时小于 5µA)。如未使用关断模式，应当将 \overline{SHDN} 输入引脚连接至 V_{IN} 。

功耗

LT6657 的功耗取决于 V_{IN} 、负载电流和封装类型。MSOP-8 的封装热阻 $\theta_{JA} = 273^{\circ}C/W$ 。

应用信息

虽然最高结温为 150°C，但为了获得最佳性能，建议尽可能限制结温的变化。图 14 中的曲线图显示了在 MSOP-8 封装中采用 125°C 最大结温时，不同的 V_{IN} 和负载条件下的最高环境温度限制。如果负载电流超过 10mA，则器件可能开始限流。在这种情况下，输出电压不再稳定，并且器件可能耗散更多的功率，而工作温度比图中显示的更高。

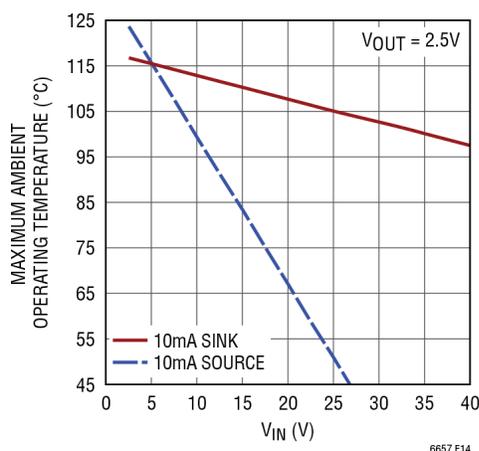


图 14. 最高环境温度工作温度

内置热关断保护电路具有较大的输入电压和拉电流，可限制最大功耗。提供灌电流时，无需热关断保护，因为功耗非常低，并且灌电流限制将提供一些负载保护。

噪声性能和规格

LT6657 为带隙基准电压源提供出色的低噪声，0.1Hz 至 10Hz 带宽内的噪声仅为 0.5ppm_{p.p.}。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，需要注意这些因素。在元件引线和 PC 板走线中使用不同的金属会产生热电偶。由电路板上的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 LT6657 具有 130dB 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 LT6657 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 为所用 LT6657 的数量。

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 LT6657 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 LT6657-2.5 进行测量，至少有 50% 的 10 秒间隔观测结果小于 0.5ppm_{p.p.}。

应用信息

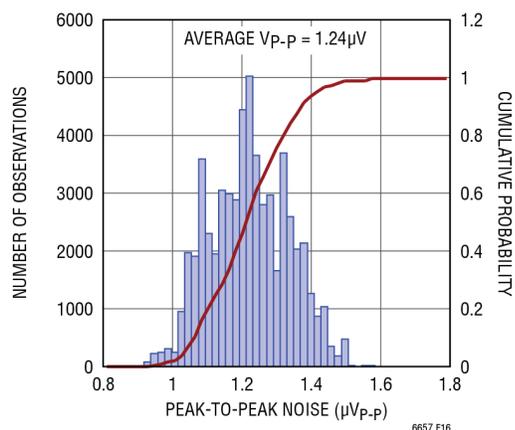


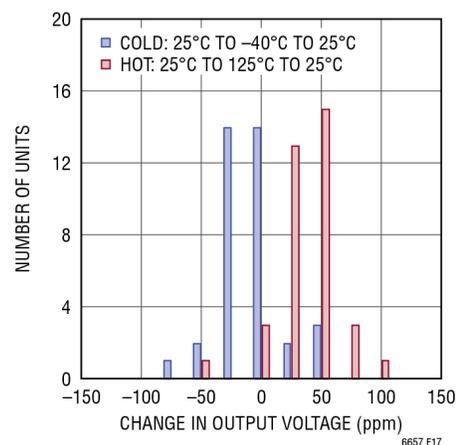
图 16. LT6657 低频噪声直方图

这种测试低频噪声的方法比常用方法更实用。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。

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 17 显示了基于 LT6657-2.5 的数据所得出的典型迟滞。专有的设计技术可最大限度地减小热迟滞。LT6657 能够耗散相对较高的功

率。例如，当对 LT6657-2.5 施加一个 40V 输入电压和 5mA 源负载电流时，其功耗为 $PD = 40V \cdot 1.4mA + 37.5V \cdot 5mA = 244mW$ ，这导致 MSOP-8 封装内的芯片温度升高 $73^{\circ}C$ 。这可能会使结温升高到 $125^{\circ}C$ 以上，并且可能会使器件每次上电时都因热迟滞而发生输出漂移。

图 17. 由热迟滞所产生的 ΔV_{OUT}

应用信息

长期漂移

LT6657 的漂移数据获取自焊接在 PC 板上的器件（与实际应用类似）。然后将线路板放入 $T_A = 35^\circ\text{C}$ 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 18a 和 18b 所示。

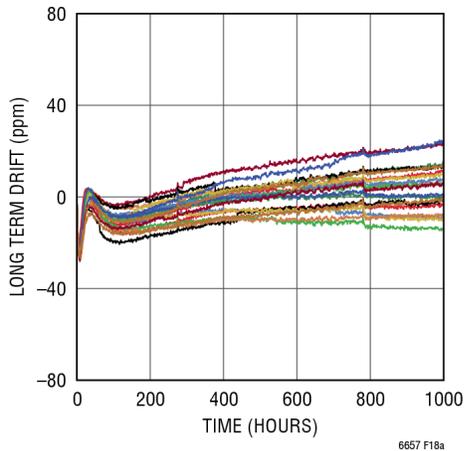


图 18a. 长期漂移

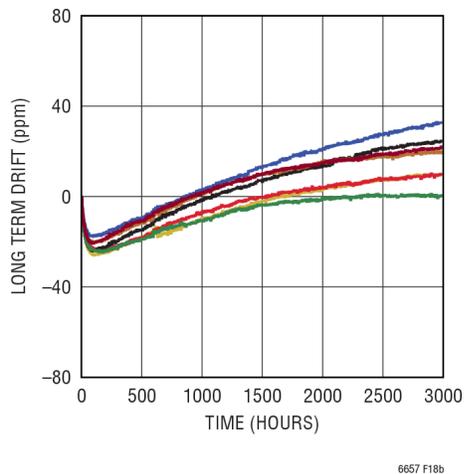


图 18b. 长期漂移高温老化 $150^\circ\text{C}/24\text{H}$

图 18.

PC 板布局应力

LT6657 是一款在不同温度下均非常稳定的基准电压源，误差低于 $1.5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ （如电气特性表所示）。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芯片温度系数发生变化。PC 板会影响稳定性的各个方面，包括长期稳定性、热迟滞和湿度稳定性。更多详细信息请参见凌力尔特的 AN82。

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曲线的极端高温处理后（如图 19 所示），输出电压发生偏移。器件因受热而膨胀、接着又收缩之后，芯片上的应力出现移动。这种偏移类似于热迟滞，但比热迟滞更大。

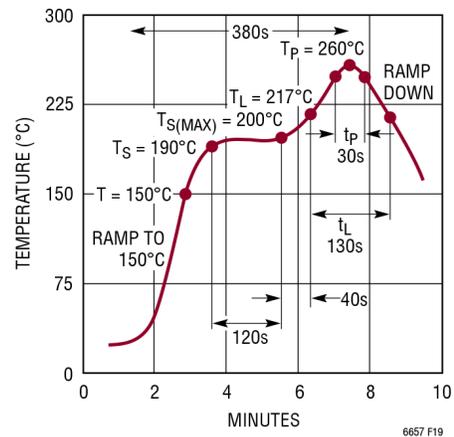


图 19. 无铅回流焊曲线

应用信息

红外回流焊偏移的实验结果如图 20 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。

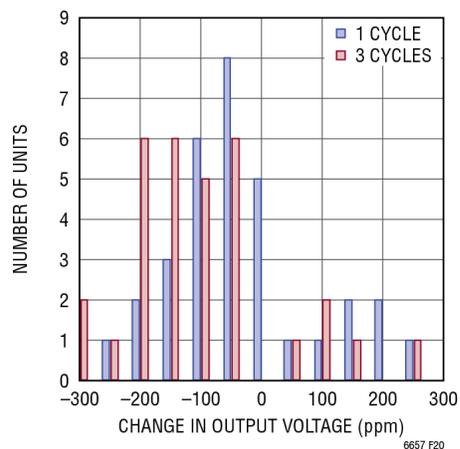
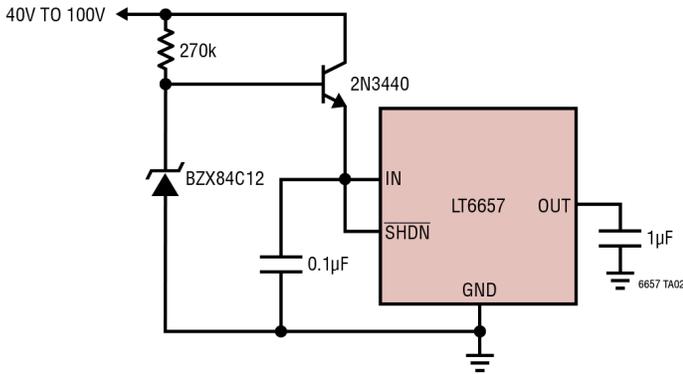


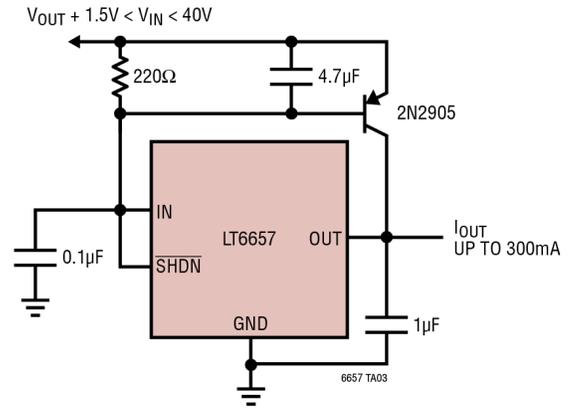
图 20. 由红外回流焊产生的 ΔV_{OUT} ，
峰值温度 = 260°C

典型应用

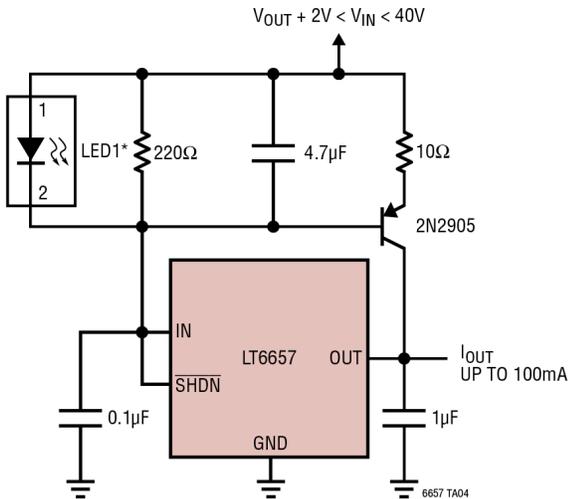
扩展电源范围的基准电压源



升举输出电流的基准电压源

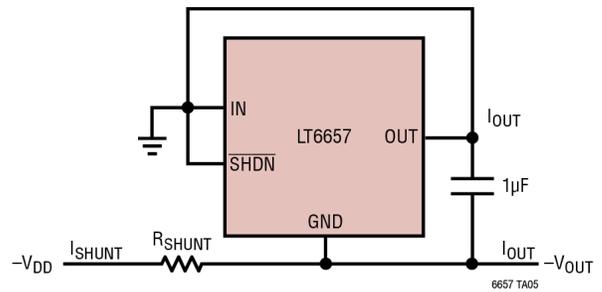


带限流的升举输出电流



* LED CANNOT BE OMITTED
THE LED CLAMPS THE VOLTAGE
DROP ACROSS THE 220Ω AND
LIMITS OUTPUT CURRENT

负分流模式基准电压源



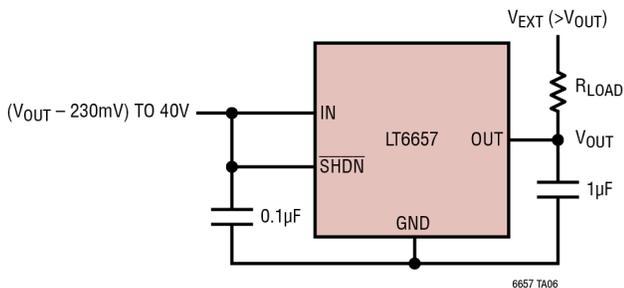
$$R_{SHUNT} = \frac{V_{DD} - V_{OUT}}{I_{SHUNT_MAX}}$$

$$I_{SHUNT_MAX} = 2.5\text{mA} + I_{OUT_MAX}$$

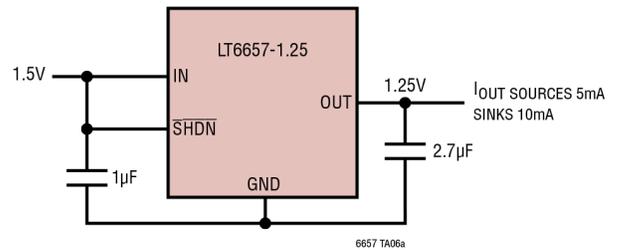
$$I_{OUT_MAX} < 8.5\text{mA}$$

(EXCLUDE 1.25V OPTION)

由外部电路提供灌电流

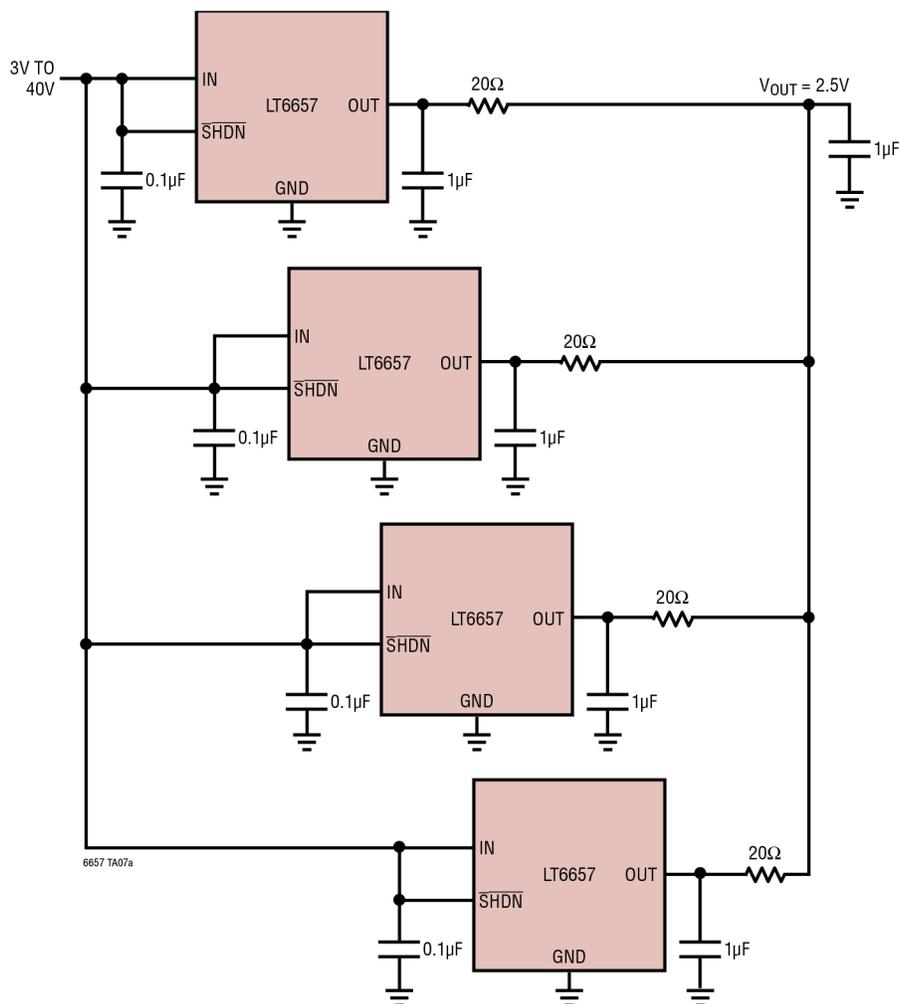


1.5V 最小电源电压

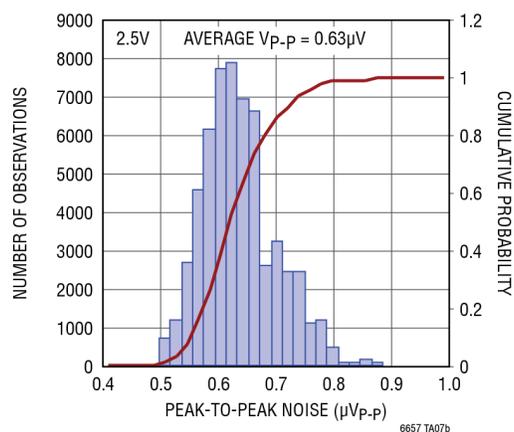


典型应用

低噪声统计平均基准电压源
 $e_{NOUT} = e_N / \sqrt{N}$, 其中 N 为并联 LT6657 的数量



四个 LT6657 并联时的低频噪声 (0.1Hz 至 10Hz)

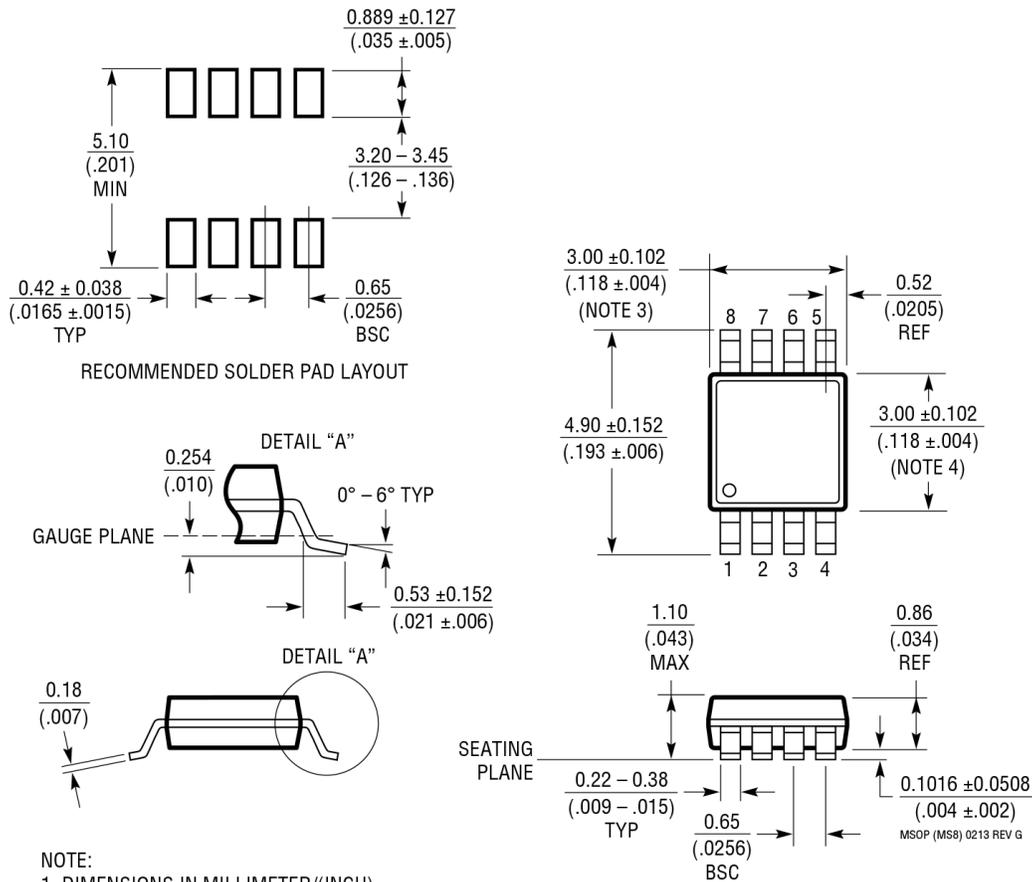


封装说明

有关最新封装图纸, 请访问: <http://www.linear.com/cn/product/LT6657#packaging>。

MS8 封装 8 引脚塑料 MSOP

(参考 LTC DWG # 05-08-1660 Rev G)



NOTE:

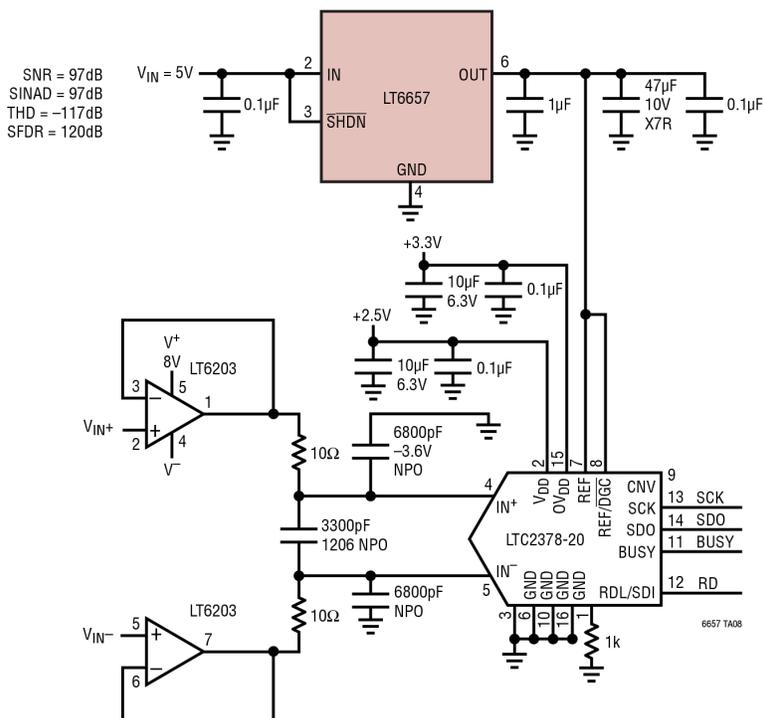
1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS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

修订历史

修订版	日期	说明	页码
A	03/16	增加电气特性中的条件, $V_{IN} - V_{OUT}$ 最小值	3
B	06/16	增加 3V、5V 选项 将 C_L 、 C_{LOAD} 更改为 C_{OUT} 更正图 G03、G12	1、2、6、7 9、10、11 5、6
C	12/16	增加 1.25V 选项 负载调整率单位由 ppm/mA 更改为 $\mu V/mA$ 增加 $C_{IN} = 1\mu F$ 和 $C_{OUT} = 2.7\mu F$ (适用于 1.25V 选项) 在分流工作模式下排除 1.25V 选项	1、2、3、4、6、7 1、3、11 3、5-11 14
D	2/17	增加 4.096V 选项	1、2、3

典型应用

低噪声精密 20 位模数转换器应用



相关器件

产品型号	说明	备注
LT1236	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
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), 60µA 电源电流, SOT23 封装
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
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	高精密、缓冲基准电压源系列	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
LT6654	低噪声、高电压、高输出驱动基准电压源系列	1.6ppm 峰峰值噪声 (0.1Hz 至 10Hz), 灌电流/拉电流 ±10mA, 10ppm/°C 最大漂移, -40°C 至 125°C 工作温度范围
LTC6655	精密、极低噪声和温度漂移的基准电压源系列	0.25ppm 峰峰值噪声 (0.1Hz 至 10Hz), 灌电流/拉电流 ±5mA, 0.025% (最大值), 2ppm/°C 最大漂移, -40°C 至 125°C 工作温度范围
LT6656	超低电流串联基准电压源系列	电源电流 <1µA, 0.05% (最大值), 10ppm/°C, 灌电流/拉电流 ±5mA