

## 2mm x 2mm DFN 封装的 纤巧型微功率精准串联基准

### 特点

- 无需输出电容器
- 低漂移：**20ppm/°C (最大值)**
- 高精度：**0.2% (最大值)**
- 低电源电流
- 保证能够提供 20mA 的输出电流
- 反向电池保护
- 低 IR 回流所引致的应力：**0.02% (典型值)**
- 电压选项：2.5V、3V、3.3V、5V 和 10V
- LT1460 的空间节省型替代产品
- 3 引脚 2mm × 2mm × 0.75mm DFN 封装

### 应用

- 手持式仪器
- 精准稳压器
- A/D 和 D/A 转换器
- 电源
- 硬盘驱动器
- 传感器模块

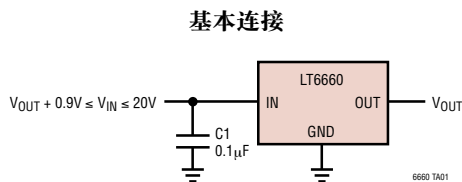
### 描述

LT®6660 是一个微功率串联基准系列，它集高精度、低漂移、低功耗和极小封装尺寸等诸多特点于一身。这些串联基准采用了曲率补偿(用于获得低温度系数)和激光修整精准薄膜电阻器(旨在实现高输出准确度)。LT6660 可提供高达 20mA 的电流和卓越的电压调节特性，从而使其成为精准稳压应用的理想选择。

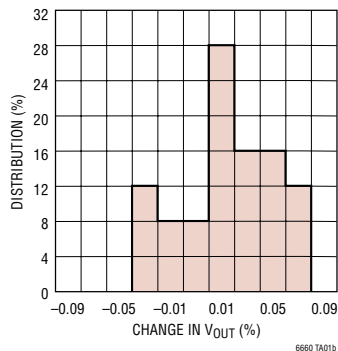
与必须耗用全部负载电流来进行运作的并联基准相比，LT6660 系列串联基准具有电源电流和功耗方面的优势。此外，LT6660 也无需使用一个输出补偿电容器。在 PC 板级空间十分宝贵、需要快速稳定或必须尽可能地抑制总电容(就像在本质安全型应用中那样)的应用中，该特点是很重要的。反向电池保护可阻止这些基准传导反向电流。

LT、LT、LTC 和 LTM 是凌力尔特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

### 典型应用



由于 IR 回流所引起的  
LT6660H V<sub>OUT</sub> 偏移

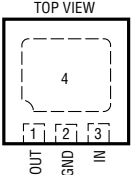


# LT6660

## 绝对最大额定值 (注1)

输入电压 .....	30V	工作温度范围 (注 2) .....	-40°C 至 85°C
反向电压 .....	-15V	贮存温度范围 (注 3) .....	-65°C 至 150°C
输出短路持续时间, $T_A = 25^\circ\text{C}$ .....	5 秒	引脚温度 (焊接时间 10 秒) .....	300°C
规定温度范围 .....	0°C 至 70°C		

## 封装/订购信息

 <p>DC PACKAGE 3-LEAD (2mm × 2mm) PLASTIC DFN <math>T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}</math>, <math>\theta_{JA} = 102^\circ\text{C/W}</math> EXPOSED PAD IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	产品型号	DFN 器件标记*
		LT6660HCDC-2.5
	LT6660JCDC-2.5	LBXN
	LT6660KCDC-2.5	LBXN
	LT6660HCDC-3	LBVY
	LT6660JCDC-3	LBVY
	LT6660KCDC-3	LBVY
	LT6660HCDC-3.3	LBYW
	LT6660JCDC-3.3	LBYW
	LT6660KCDC-3.3	LBYW
	LT6660HCDC-5	LBYT
	LT6660JCDC-5	LBYT
	LT6660KCDC-5	LBYT
	LT6660HCDC-10	LBYX
	LT6660JCDC-10	LBYX
	LT6660KCDC-10	LBYX

**订购选项** 卷带: 加 #TR  
无铅型: 加 #PBF 无铅型卷带: 加 #TRPBF  
无铅型器件标记: <http://www.linear.com/leadfree/>

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌力尔特公司。 \* 温度等级标识见集装箱上的标签。

## 可用选项

输出电压 (V)	规定温度范围	准确度 (%)	温度系数 (ppm / °C)	产品型号
2.5	0°C 至 70°C	0.2	20	LT6660HCDC-2.5
2.5	0°C 至 70°C	0.4	20	LT6660JCDC-2.5
2.5	0°C 至 70°C	0.5	50	LT6660KCDC-2.5
3	0°C 至 70°C	0.2	20	LT6660HCDC-3
3	0°C 至 70°C	0.4	20	LT6660JCDC-3
3	0°C 至 70°C	0.5	50	LT6660KCDC-3
3.3	0°C 至 70°C	0.2	20	LT6660HCDC-3.3
3.3	0°C 至 70°C	0.4	20	LT6660JCDC-3.3
3.3	0°C 至 70°C	0.5	50	LT6660KCDC-3.3

可用选项

输出电压 (V)	规定温度范围	准确度 (%)	温度系数 (ppm/°C)	产品型号
5	0°C 至 70°C	0.2	20	LT6660HCDC-5
5	0°C 至 70°C	0.4	20	LT6660JCDC-5
5	0°C 至 70°C	0.5	50	LT6660KCDC-5
10	0°C 至 70°C	0.2	20	LT6660HCDC-10
10	0°C 至 70°C	0.4	20	LT6660JCDC-10
10	0°C 至 70°C	0.5	50	LT6660KCDC-10

**电特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{IN} = V_{OUT} + 2.5\text{V}$ ， $I_{OUT} = 0$ ，除非特别说明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输出电压容限	LT6660HCDC	-0.2		0.2	%
	LT6660JCDC	-0.4		0.4	%
	LT6660KCDC	-0.5		0.5	%
输出电压温度系数 (注 4)	LT6660HCDC	●	10	20	ppm/°C
	LT6660JCDC	●	10	20	ppm/°C
	LT6660KCDC	●	25	50	ppm/°C
电压调节	$V_{OUT} + 0.9\text{V} \leq V_{IN} \leq V_{OUT} + 2.5\text{V}$	●	150	800	ppm/V
	$V_{OUT} + 2.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 20\text{V}$	●	50	100	ppm/V
负载调节供电 (注 5)	$I_{OUT} = 100\mu\text{A}$	●	1000	3000	ppm/mA
	$I_{OUT} = 10\text{mA}$	●	50	200	ppm/mA
	$I_{OUT} = 20\text{mA}$	●	20	70	ppm/mA
热调整 (注 6)	$\Delta P = 200\text{mW}$		2.5	10	ppm/mW
压降 (注 7)	$V_{IN} - V_{OUT}$ ， $\Delta V_{OUT} \leq 0.2\%$ ， $I_{OUT} = 0$	●		0.9	V
	$V_{IN} - V_{OUT}$ ， $\Delta V_{OUT} \leq 0.2\%$ ， $I_{OUT} = 10\text{mA}$	●		1.3	V
输出电流	把 $V_{OUT}$ 短接至 GND		40		mA
反向漏电流	$V_{IN} = -15\text{V}$	●	0.5	10	$\mu\text{A}$
输出电压噪声 (注 8)	$0.1\text{Hz} \leq f \leq 10\text{Hz}$		4		ppm(P-P)
	$10\text{Hz} \leq f \leq 1\text{kHz}$		4		ppm(RMS)
输出电压的长期稳压性 (注 9)			100		ppm/kHr
迟滞 (注 10)	$\Delta T = 0^\circ\text{C}$ 至 $70^\circ\text{C}$	●	50		ppm
	$\Delta T = -40^\circ\text{C}$ 至 $85^\circ\text{C}$	●	250		ppm
电源电流	LT6660-2.5	●	115	145	$\mu\text{A}$
				175	$\mu\text{A}$
	LT6660-3	●	145	180	$\mu\text{A}$
				220	$\mu\text{A}$
	LT6660-3.3	●	145	180	$\mu\text{A}$
				220	$\mu\text{A}$
	LT6660-5	●	160	200	$\mu\text{A}$
				240	$\mu\text{A}$
	LT6660-10	●	215	270	$\mu\text{A}$
				350	$\mu\text{A}$

## 电特性

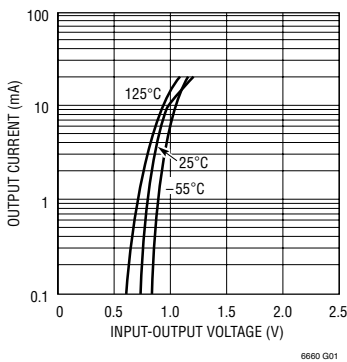
- 注 1:** 高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。
- 注 2:** LT6660 保证可在  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $85^{\circ}\text{C}$  的工作温度范围内正常运行。
- 注 3:** 如果器件在超出规定温度范围的条件下贮存, 则输出有可能由于迟滞的原因而产生偏移。
- 注 4:** 温度系数是用输出电压的变化除以规定温度范围来测量的。增量斜率也是在  $25^{\circ}\text{C}$  的温度条件下测量。
- 注 5:** 负载调节性能是逐个脉冲进行测量的 (范围从无负载到规定负载电流)。由于芯片温度变化所导致的输出变化必须单独地加以考虑。
- 注 6:** 热调整电路是由负载电流或输入电压的变化所产生的芯片温度梯度来启动的。这个作用必须加至正常的电压或负载调节。该参数未经全面测试。
- 注 7:** 不包括负载调节误差。
- 注 8:** 峰至峰噪声是利用一个单极点高通滤波器 (在  $0.1\text{Hz}$ ) 和双极点低通滤波器 (在  $10\text{Hz}$ ) 来测量的。该器件被封入一个静止空气环境中, 以消除热电偶效应对引脚的影响。测试时间

为 10 秒。RMS 噪声是利用一个单极点高通滤波器 (在  $10\text{Hz}$ ) 和一个双极点低通滤波器 (在  $1\text{kHz}$ ) 进行测量的。对合成输出进行全波整流, 接著在一个固定期间内对其进行积分, 从而使最终的读数是一个平均值 (而不是 RMS 值)。采用了一个数值为 1.1 的校正因子, 用于实现从平均值至 RMS 值的转换, 而第二个校正因子 (数值为 0.88) 则用于对滤波器的非理想带通特性进行校正。

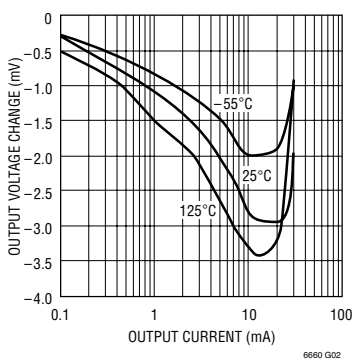
- 注 9:** 长期稳定性通常具有对数特征, 因此, 1000 小时之后的变化往往要比此前小很多。第二个 1000 小时中的总漂移一般要比第一个 1000 小时的总漂移低  $1/3$ , 并且随著时间的推移呈不断下降之势。在电路板装配期间产生的 IC 与电路板材料之间的应力差也将对长期稳定性产生影响。
- 注 10:** 输出电压中的迟滞由封装应力所产生, 其数值取决于 IC 先前是处于一个较高的温度还是一个较低的温度。输出电压始终在  $25^{\circ}\text{C}$  的温度条件下进行测量, 但是, 在进行连续测量之前 IC 被循环至  $70^{\circ}\text{C}$  或  $0^{\circ}\text{C}$ 。迟滞大致与温度变化的平方成比例。对于那些在良好受控的温度条件下 (在工作温度的  $20^{\circ}\text{C}$  或  $30^{\circ}\text{C}$  以内) 贮存的仪器来说, 迟滞并不是一个问题。

**典型性能特征** 对于 LT6660 的所有电压选项而言, 其特征曲线都是相似的。从 LT6660-2.5 和 LT6660-10 获得的曲线代表了极限电压选项时的情形。其他输出电压的特征曲线位于上述曲线之间, 并可根据其电压输出来估测。

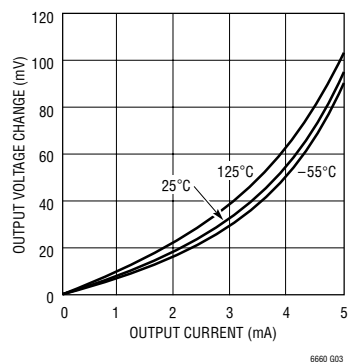
2.5V 最小输入-输出差分电压



2.5V 负载调节 (供电)

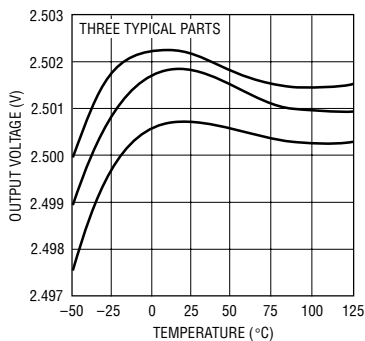


2.5V 负载调节 (吸收电流)

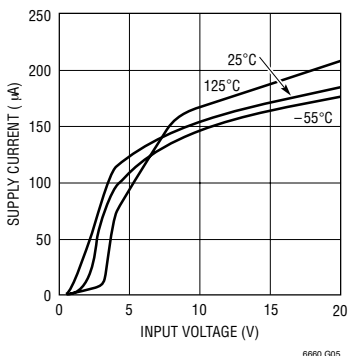


**典型性能特征** 对于 LT6660 的所有电压选项而言，其特征曲线都是相似的。从 LT6660-2.5 和 LT6660-10 获得的曲线代表了极限电压选项时的情形。其他输出电压的特征曲线位于上述曲线之间，并可根据其电压输出来估测。

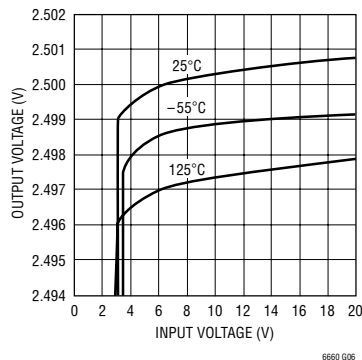
2.5V 输出电压温度漂移



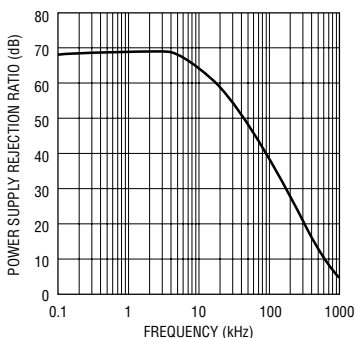
2.5V 电源电流与输入电压的关系曲线



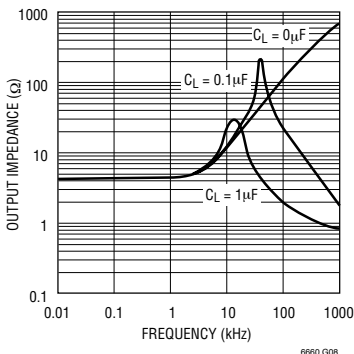
2.5V 电压调节



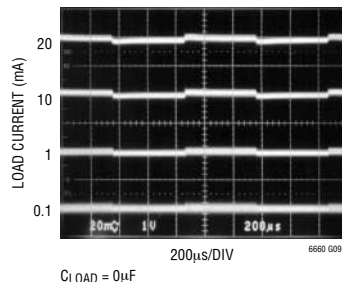
2.5V 电源抑制比与频率的关系曲线



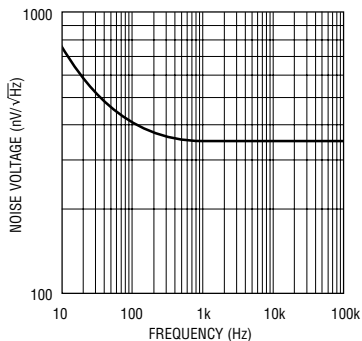
2.5V 输出阻抗与频率的关系曲线



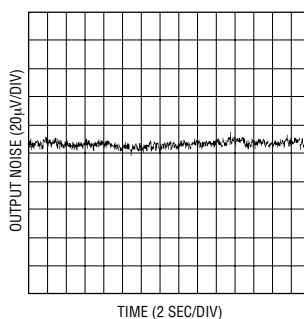
2.5V 瞬态响应



2.5V 输出电压噪声频谱

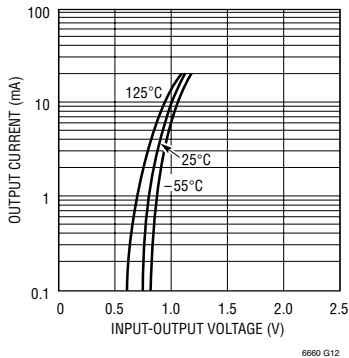


2.5V 输出噪声 (0.1Hz 至 10Hz)

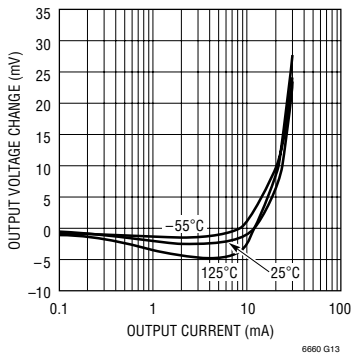


**典型性能特征** 对于 LT6660 的所有电压选项而言，其特征曲线都是相似的。从 LT6660-2.5 和 LT6660-10 获得的曲线代表了极限电压选项时的情形。其他输出电压的特征曲线位于上述曲线之间，并可根据其电压输出出来估测。

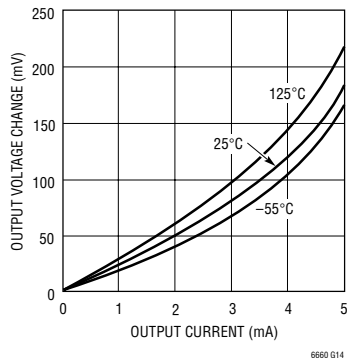
**10V 最小输入-输出差分电压**



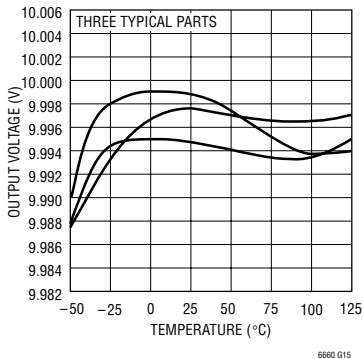
**10V 负载调节 (供电)**



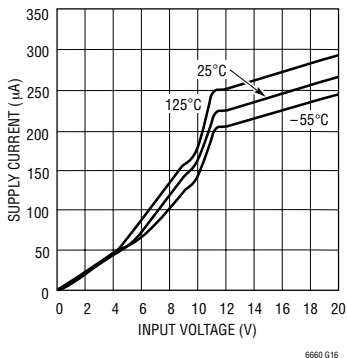
**10V 负载调节 (吸收电流)**



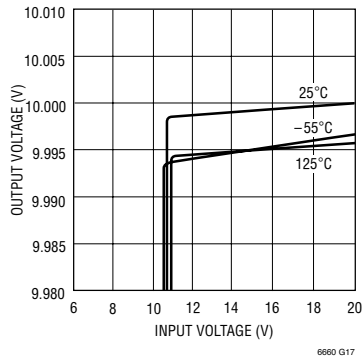
**10V 输出电压温度漂移**



**10V 电源电流与输入电压的关系曲线**

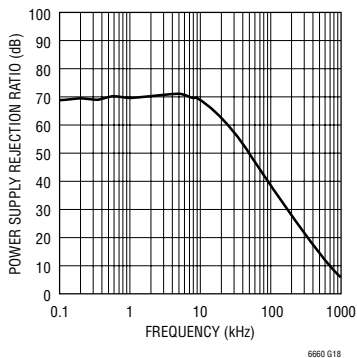


**10V 电压调节**

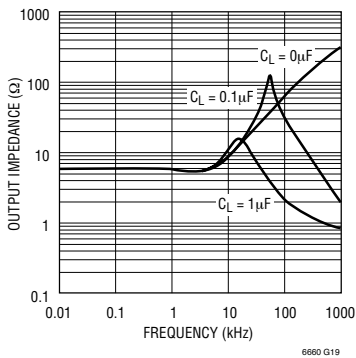


**典型性能特征** 对于 LT6660 的所有电压选项而言，其特征曲线都是相似的。从 LT6660-2.5 和 LT6660-10 获得的曲线代表了极限电压选项时的情形。其他输出电压的特征曲线位于上述曲线之间，并可根据其电压输出来估测。

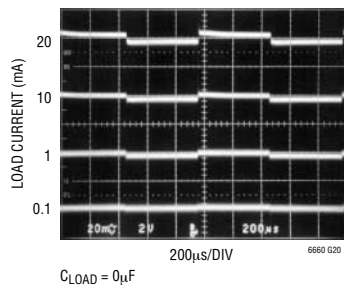
**10V 电源抑制比与频率的关系曲线**



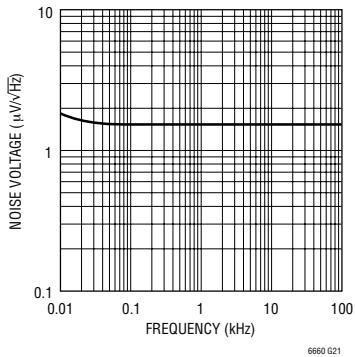
**10V 输出阻抗与频率的关系曲线**



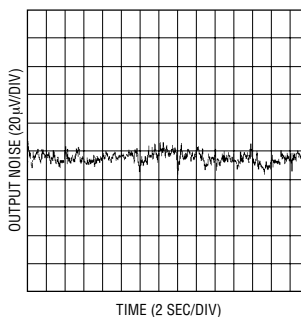
**10V 瞬态响应**



**10V 输出电压噪声频谱**



**10V 输出噪声 (0.1Hz 至 10Hz)**



## 应用信息

### 较长的电池使用寿命

相比于老式的并联型基准，串联基准具有一项很大的优势。并联基准在运作时需要从电源引出一个电阻器。必须为该电阻器选择合适的阻值，以提供被稳压电路会在任何时候需要的最大电流。即使受控电路并非工作于该最大电流条件下，并联基准也必须始终吸收这么大的电流，因而导致功耗高、电池使用寿命短。

LT6660 串联基准不需要使用一个电流设定电阻器，并能够在任何处于  $V_{OUT} + 0.9V$  至  $20V$  范围内的电源电压条件下操作。当被稳压的电路不需要电流时，LT6660 可降低其功耗，从而使电池使用寿命得以延长。如果基准未在输送负载电流，则其功耗仅为几 mW，但相同的线路仍然能够在需要的时候提供  $20mA$  的负载电流。

### 容性负载

LT6660 系列基准是专为在采用大范围的容性负载情况下保持稳定而设计。当没有容性负载时，这些基准非常适合于快速稳定或 PC 板级空间十分宝贵的应用。图 1 所示的测试电路用于测量各种负载电流和负载电容器的响应时间和稳定性。该电路是针对  $2.5V$  电压选项而设定的。对于其他的电压选项，必须按比例提高输入电压，而且必须调整输出电压发生器偏移电压。从  $2.5V$  至  $1.5V$  的  $1V$  电压阶跃将产生一个  $10mA$  或  $1mA$  的电流阶跃 (对于  $R_L = 100\Omega$  或  $R_L = 1k$ )。图 2 示出了基准在没有负载电容的情况下对这些  $1mA$  和  $10mA$  负载阶跃的响应，图 3 给出了采用一个  $0.1\mu F$  输出电容器时的  $1mA$  和  $10mA$  负载阶跃。图 4 则示出了当  $C_L = 1\mu F$  和  $4.7\mu F$  时基准对一个  $1mA$  负载阶跃的响应。

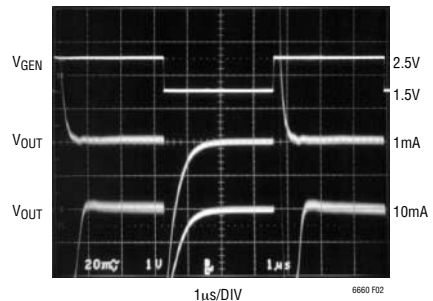


图 2 :  $C_L = 0\mu F$

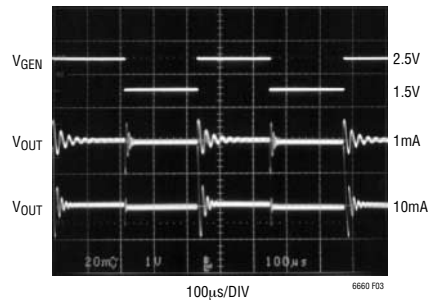


图 3 :  $C_L = 0.1\mu F$

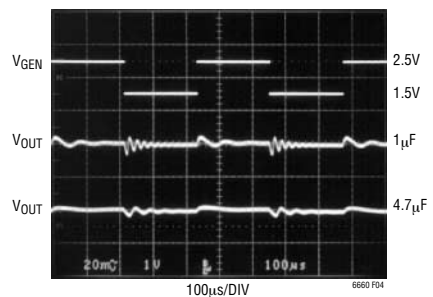


图 4 :  $I_{OUT} = 1mA$

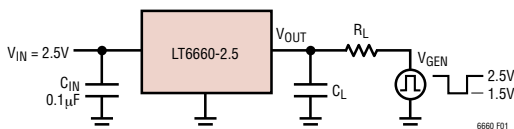


图 1 : 响应时间测试电路



## 应用信息

表 1 给出了用于在各种负载电流和输出电压条件下避免出现不稳定所需的最大输出电容。与诸如极化铝电容器或钽电容器等 ESR (等效串联电阻) 较高的电容器相比, 具有低 ESR 的负载电容器会引发较大的振铃。

表 1 : 最大输出电容

电压选项	$I_{OUT} = 100\mu A$	$I_{OUT} = 1mA$	$I_{OUT} = 10mA$	$I_{OUT} = 20mA$
2.5V	$>10\mu F$	$>10\mu F$	$2\mu F$	$0.68\mu F$
3V	$>10\mu F$	$>10\mu F$	$2\mu F$	$0.68\mu F$
3.3V	$>10\mu F$	$>10\mu F$	$1\mu F$	$0.68\mu F$
5V	$>10\mu F$	$>10\mu F$	$1\mu F$	$0.68\mu F$
10V	$>10\mu F$	$1\mu F$	$0.15\mu F$	$0.1\mu F$

### 长期漂移

长期漂移不能从加速的高温测试来推断。采用这种错误方法会得出过于乐观的漂移数值。确定长期漂移的唯一方法是在所关心的时段内对其进行测量。LT6660 的长期漂移数据是从 100 多个以类似于“实际”应用的方式焊接在 PC 板上的器件获得的。电路板随后被置于一个  $T_A = 30^\circ C$  的恒温炉中, 其输出被定期扫描, 并采用一个 8.5 位 DVM 进行测量。图 5 示出了 LT6660 的典型长期漂移。

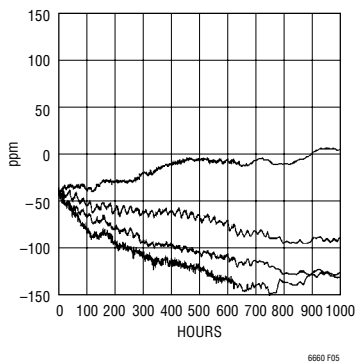


图 5 : 典型长期漂移

### 迟滞

图 6 和图 7 所示的迟滞数据代表了在  $0^\circ C$  至  $70^\circ C$  和  $-40^\circ C$  至  $85^\circ C$  的温度范围内从器件获得的最坏情况数据。输出能够耗散较高的功率, 即: 对于 LT6660-2.5,  $P_D = 17.5V \cdot 20mA = 350mW$ 。DFN 封装的热阻为  $102^\circ C/W$ , 而且, 该功耗造成了一个  $36^\circ C$  的内部温升。由于热迟滞的原因, 该温升有可能导致输出产生偏移。为了在精准应用中实现最高的性能, 不要让 LT6660 的结温超过  $85^\circ C$ 。

### 输入电容

建议在 LT6660 的输入引脚上增设一个  $0.1\mu F$  或更大的电容器。当需要大负载电流时, 这将有助于保持稳定性。

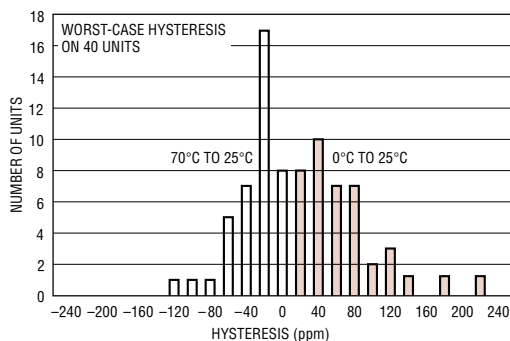


图 6 :  $0^\circ C$  至  $70^\circ C$  温度范围内的迟滞

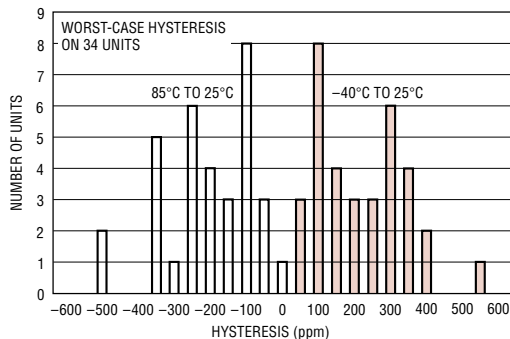


图 7 :  $-40^\circ C$  至  $85^\circ C$  温度范围内的迟滞

## 应用信息

### 输出准确度

与所有的基准 (不管是串联基准还是并联基准) 一样, LT6660 的误差预算由三个部分组成: 初始准确度、温度系数和负载调整率。由于通常仅为 150ppm/V, 因此负载调整率被忽略不计。当被焊接至 PCB 时, LT6660 通常仅产生 0.02% 的偏移, 因此这也被忽略不计。对于一个 100 $\mu$ A 的负载和 0°C 至 70°C 的温度范围, 输出误差可由下式计算:

#### LT6660HCDC

初始准确度 = 0.2%

对于  $I_{OUT} = 100\mu\text{A}$

$$\Delta V_{OUT} = (4000\text{ppm/mA})(0.1\text{mA}) = 0.04\%$$

对于 0°C 至 70°C 的温度范围, 最大  $\Delta T = 70^\circ\text{C}$

$$\Delta V_{OUT} = (20\text{ppm}/^\circ\text{C})(70^\circ\text{C}) = 0.14\%$$

总的最坏情况输出误差为:

$$0.2\% + 0.04\% + 0.14\% = 0.380\%$$

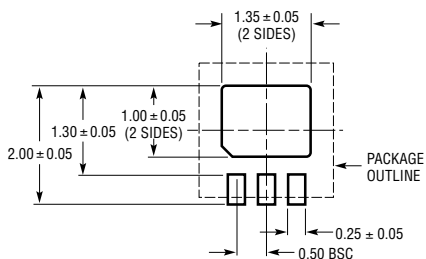
表 2 列出了 LT6660HC、LT6660JC 和 LT6660KC 在 0°C 至 70°C 温度范围内的最坏情况准确度, 并表明: 如果 LT6660HC 被用作一个基准 (而不是稳压器), 则它能够在不进行系统校准的情况下在整个温度范围内提供 8 位绝对准确度。

表 2: 整个温度范围内的最坏情况输出准确度

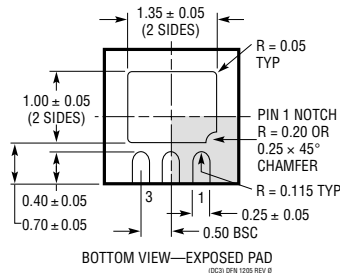
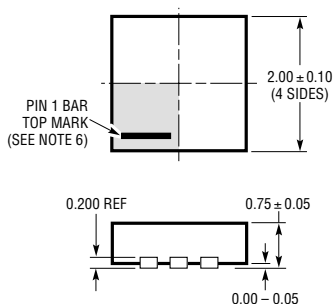
$I_{OUT}$	LT6660HCDC	LT6660JCDC	LT6660KCDC
0 $\mu$ A	0.340%	0.540%	0.850%
100 $\mu$ A	0.380%	0.580%	0.890%
10mA	0.640%	0.840%	1.15%
20mA	0.540%	0.740%	1.05%

封装描述

DC 封装  
 3 引脚塑料 DFN (2mm × 2mm)  
 (参考 LTC DWG # 05-08-1717 Rev 0)



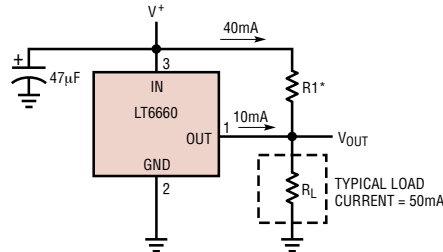
RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



- NOTE:
1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229 VARIATION OF (W-TBD)
  2. DRAWING NOT TO SCALE
  3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
  5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
  6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

## 典型应用

### 处理较高的负载电流

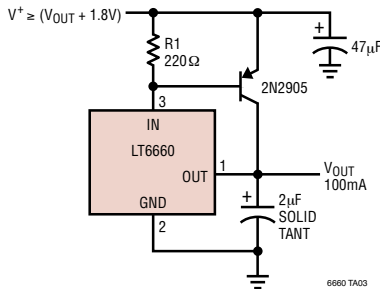


\*SELECT R1 TO DELIVER 80% OF TYPICAL LOAD CURRENT. LT6660 WILL THEN SOURCE AS NECESSARY TO MAINTAIN PROPER OUTPUT. DO NOT REMOVE LOAD AS OUTPUT WILL BE DRIVEN UNREGULATED HIGH. LINE REGULATION IS DEGRADED IN THIS APPLICATION

$$R1 = \frac{V^+ - V_{OUT}}{40mA}$$

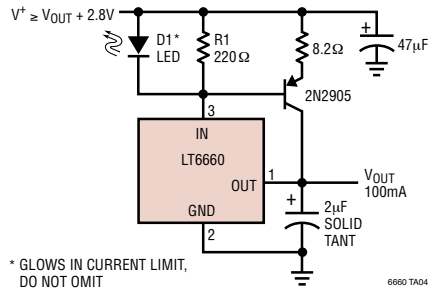
6660 TA02

### 无电流限值的升举输出电压



6660 TA03

### 具电流限值的升举输出电压



\* GLOWS IN CURRENT LIMIT, DO NOT OMIT

6660 TA04

## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT1019	精准带隙基准	0.05% (最大值), 5ppm/°C (最大值)
LT1027	精准 5V 基准	0.02%, 2ppm/°C (最大值)
LT1236	精准低噪声基准	0.05% (最大值), 5ppm/°C (最大值), SO 封装
LT1460	微功率串联基准	0.075% (最大值), 10ppm/°C (最大值), 20mA 输出电流
LT1461	微功率精准低压差	0.04% (最大值), 3ppm/°C (最大值), 50mA 输出电流
LT1634	微功率精准并联基准 1.25V, 2.5V 输出	0.05%, 25ppm/°C (最大值)
LT1970	微功率精准串联基准	0.05% (最大值), 10ppm/°C (最大值), 60µA 电源, SOT23 封装
LTC®1798	微功率低压差基准 (固定型或可调型)	0.15% (最大值), 40ppm/°C、6.5µA 最大电源电流