

## 3mm × 3mm DFN 封装的 双通道 1.3A、1.2MHz 升压/负输出转换器

### 特点

- 1.2MHz 开关频率
- 低  $V_{CESAT}$  开关：330mV/1.3A
- 高输出电压：高达 40V
- 宽输入范围：2.4V 至 16V
- 负输出转换能力
- 可从 3.3V 输入提供 5V/630mA 输出
- 可从 5V 输入提供 12V/320mA 输出
- 可从 5V 输入提供 -12V/200mA 输出
- 采用纤巧型表面贴装元件
- 低停机电流： $<1\mu A$
- 扁平 (高度仅 0.75mm) 10 引脚 3mm × 3mm DFN 封装

### 应用

- 有机 LED 电源
- 数码相机
- 白光 LED 电源
- 蜂窝电话
- 医疗诊断设备
- 本机  $\pm 5V$  或  $\pm 12V$  电源
- TFT-LCD 偏置电源
- xDSL 电源

### 描述

LT<sup>®</sup>3471 双通道开关稳压器将两个 42V、1.3A 开关与能够在至地电位的条件下进行检测的误差放大器组合在了一起，从而提供了升压和负输出转换功能。低  $V_{CESAT}$  双极型开关使得该器件能够在占板面积很小的情况下提供高电流输出。LT3471 的开关频率为 1.2MHz，因而允许采用纤巧、低成本且扁平的电感器和电容器。采用可编程软起动功能消除了启动期间的高浪涌电流，此时，一个外部 RC 用于设定电流斜坡速率。恒定频率电流模式 PWM 架构的运用产生了易于滤除的可预测低输出噪声。

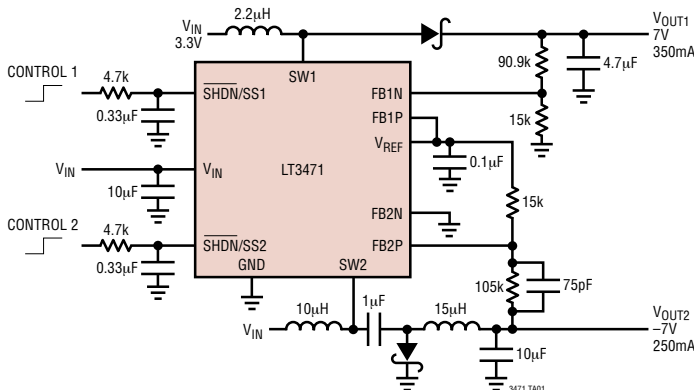
LT3471 开关的额定电压为 42V，从而使得该器件成为高达  $\pm 40V$  的升压型转换器以及 SEPIC 和反激式设计的理想选择。在一个 SEPIC 设计中，每个通道均可从一个 3.3V 电源产生 5V/630mA 的输出，或从四节碱性电池产生 5V/510mA 的输出。该器件可被配置成两个升压转换器、一个升压转换器和一个负输出转换器或两个负输出转换器。

LT3471 采用扁平 (高度仅 0.75mm) 10 引脚 3mm × 3mm DFN 封装。

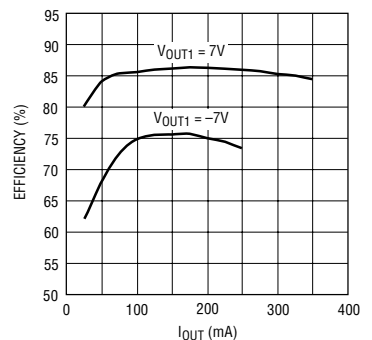
LT、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。  
其他商标均为各自拥有者的产权。

### 典型应用

OLED 驱动器



OLED 驱动器效率



3471 TA01b

34711a

## 绝对最大额定值 (注1)

$V_{IN}$ 电压 .....	16V
SW1, SW2 电压 .....	-0.4V 至 42V
FB1N, FB1P, FB2N, FB2P 电压 ..	12V 或 $V_{IN} - 1.5V$
$\overline{SHDN}/SS1$ , $\overline{SHDN}/SS2$ 电压 .....	16V
$V_{REF}$ 电压 .....	1.5V
最大结温 .....	125°C
工作温度范围 (注2) .....	-40°C 至 85°C
贮存温度范围 .....	-65°C 至 125°C

## 封装/订购信息

<p>DD PACKAGE 10-LEAD (3mm × 3mm) PLASTIC DFN <math>T_{JMAX} = 125^{\circ}C</math>, <math>\theta_{JA} = 43^{\circ}C/W</math>, <math>\theta_{JC} = 3^{\circ}C/W</math> EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	产品型号
	LT3471EDD
	DD 器件标记
	LBHM

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌特公司。

## 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 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{IN} = V_{SHDN} = 3V$ ，除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最小工作电压			2.1	2.4	V
基准电压		● 0.991 0.987	1.000	1.009 1.013	V
基准电压电流限值	(注3)	1	1.4		mA
基准电压负载调整率	$0mA \leq I_{REF} \leq 100\mu A$ (注3)		0.1	0.2	%/100 $\mu A$
基准电压调整率	$2.6V \leq V_{IN} \leq 16V$		0.03	0.08	%/V
误差放大器失调	从不进行开关操作转换至进行开关操作, $V_{FBP} = V_{FBN} = 1V$		$\pm 2$	$\pm 3$	mV
FB 引脚偏置电流	$V_{FB} = 1V$ (注3)	●	60	100	nA
静态电流	$V_{SHDN} = 1.8V$ , 未进行开关操作		2.5	4	mA
停机模式中的静态电流	$V_{SHDN} = 0.3V$ , $V_{IN} = 3V$		0.01	1	$\mu A$
开关频率		1	1.2	1.4	MHz
最大占空比		● 90 86	94		%
最小占空比			15		%
开关电流限值	在最小占空比条件下 在最大占空比条件下 (注4)	1.5 0.9	2.05 1.45	2.6 2.0	A
开关 $V_{CESAT}$	$I_{SW} = 0.5A$ (注5)		150	250	mV
开关漏电流	$I_{SW} = 5V$		0.01	1	$\mu A$
$\overline{SHDN}/SS$ 输入电压高		1.8			V
$\overline{SHDN}$ 输入电压低	静态电流 $\leq 1\mu A$			0.3	V
$\overline{SHDN}$ 引脚偏置电流	$V_{SHDN} = 3V$ , $V_{IN} = 4V$ $V_{SHDN} = 0V$		22 0	36 0.1	$\mu A$

注1：绝对最大额定值是指超出该值则器件的使用寿命可能会受损。

注2：LT3471E 在 0°C 至 70°C 的范围内保证能够满足性能规格的要求。在 -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。

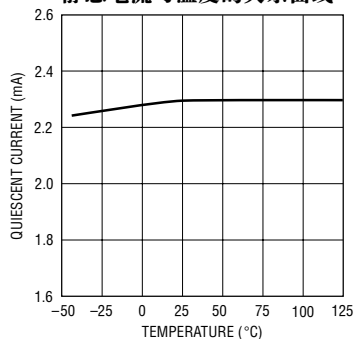
注3：电流从引脚流出。

注4：保证电流限值与占空比的关系曲线请见“典型性能特征”。

注5：在晶圆级上对  $V_{CESAT}$  进行了全面测试。

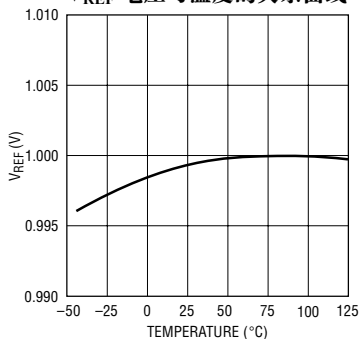
典型性能特征

静态电流与温度的关系曲线



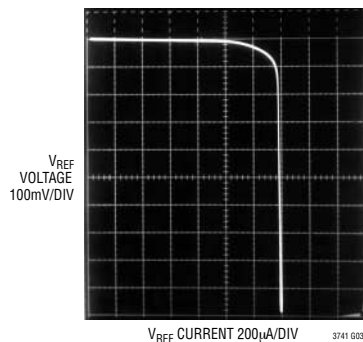
3471 G01

$V_{REF}$  电压与温度的关系曲线



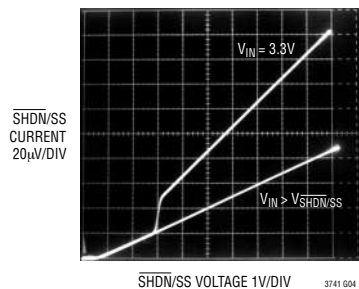
3471 G02

$V_{REF}$  电压与  $V_{REF}$  电流的关系曲线



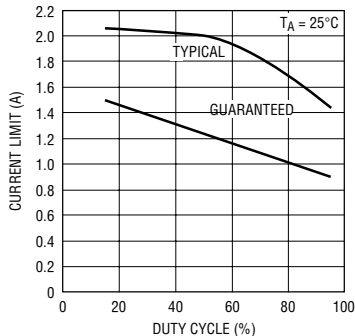
3471 G03

$\overline{SHDN/SS}$  电流与  $\overline{SHDN/SS}$  电压的关系曲线



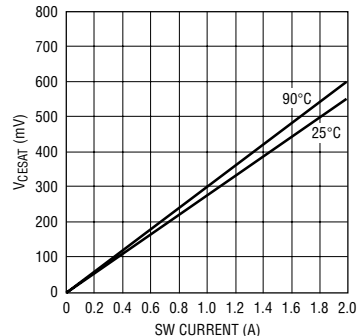
3471 G04

电流限值与占空比的关系曲线



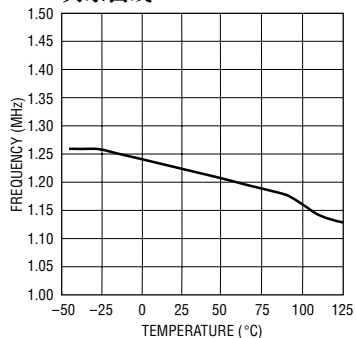
3471 G05

开关饱和电压与开关电流的关系曲线



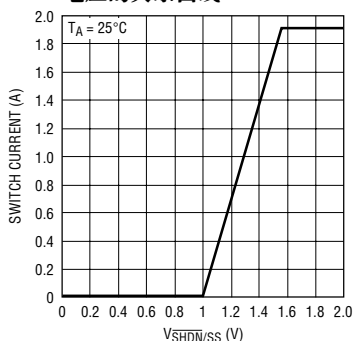
3471 G06

振荡器频率与温度的关系曲线



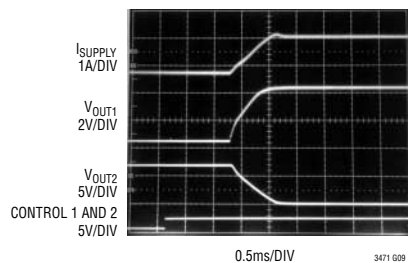
3471 G07

峰值开关电流与  $\overline{SHDN/SS}$  电压的关系曲线



3471 G08

启动波形 (图 2 所示电路)



3471 G09

## 引脚功能

**FB1N (引脚 1) :** 用于开关 1 的负反馈引脚。将阻性分压器抽头连接于此。应最大限度地减小在 FB1N 的走线面积。设定  $V_{OUT} = V_{FB1P}(1 + R1/R2)$ ，或将引脚连接至地以用于负输出转换拓扑结构。

**FB1P (引脚 2) :** 用于开关 1 的正反馈引脚。将该引脚连接至  $V_{REF}$  或  $V_{REF}$  的一个分压版本，或者连接至一个阻性分压器抽头以用于负输出转换拓扑结构。

**$V_{REF}$  (引脚 3) :** 1.00V 基准引脚。能够提供高达 1mA 的电流。不要将该引脚拉至高电平。必须采用不小于  $0.01\mu F$  且不多于  $1\mu F$  的电容器来对该引脚进行本机旁路。建议采用一个  $0.1\mu F$  的陶瓷电容器。可将此引脚用作正反馈基准，或在该引脚上连接一个电阻分压器，以获得一个较小的基准电压。

**FB2P (引脚 4) :** 与 FB1P 引脚相同但用于开关 2。

**FB2N (引脚 5) :** 与 FB1N 引脚相同但用于开关 2。

**SW2 (引脚 6) :** 用于开关 2 的开关引脚 (内部 NPN 功率开关的集电极)。将电感器/二极管连接于此，

并最大限度地缩小连接至该引脚的金属走线面积，以实现 EMI 的最小化。

**SHDN/SS2 (引脚 7) :** 停机和软起动引脚。把该引脚与 1.8V 或更高的电压相连将使能器件。把该引脚接地则器件进入停机模式。当采用一个外部 RC 电路来使该引脚上的电压缓慢斜坡上升至 1.8V 时，将提供软起动功能。

**$V_{IN}$  (引脚 8) :** 输入电源。必须对该引脚进行本机旁路。

**SHDN/SS1 (引脚 9) :** 与 SHDN/SS2 引脚相同但用于开关 1。注：把任一个 SHDN/SS 引脚拉至高电平都将使能器件。每个开关由其各自的 SHDN/SS 引脚来单独使能。

**SW1 (引脚 10) :** 与 SW2 引脚相同但用于开关 1。

**裸露衬垫 (引脚 11) :** 地。直接连接至本机接地平面。该接地平面还起散热器的作用，旨在实现最佳的热性能。

## 方框图

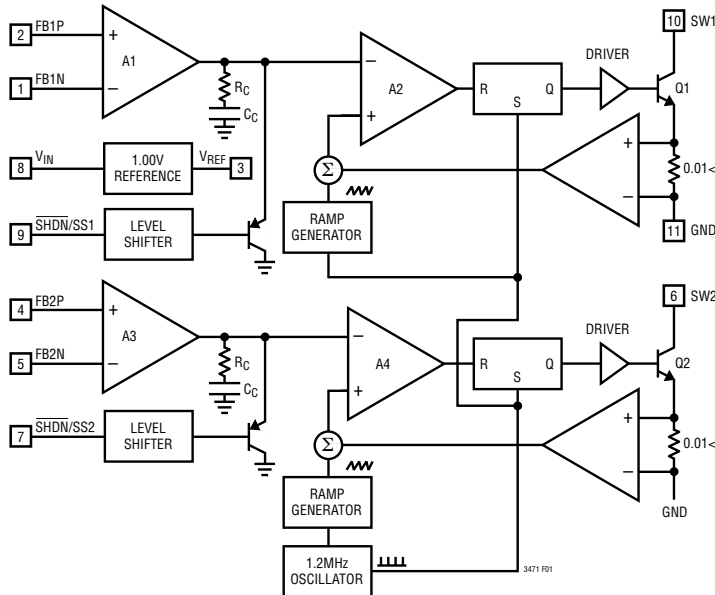


图 1

## 工作原理

LT3471 采用一种恒定频率、电流模式控制电路，旨在提供卓越的电压和负载调节性能。请参阅方框图。在每个振荡器周期的起点，SR 锁存器被设定，这将接通功率开关 Q1 (Q2)。一个与开关电流成比例的电压被加至一个稳定斜坡信号之上，最终的和被馈入 PWM 比较器 A2 (A4) 的正端。当该电压超过 A2 (A4) 负输入端上的电平时，SR 锁存器被复位，从而将功率开关 Q1 (Q2) 关断。A2 (A4) 负输入端上的电平由误差放大器 A1 (A3) 来设定，而且就是负反馈电压与正反馈电压之间压差的一个放大版本 (常常与基准电压  $V_{REF}$  相连)。误差放大器以此方式来设置正确的峰值电流电平，以把输出保持于调节状态。如果误差放大器的输出增加，则将向输出输送更多的电流；同样，如果误差放大器的输出减少，则向输出输送的电流变少。每个开关独立运作，但它们共用同一个振荡器，因此这些开关始终是同相的。器件的使能是通过把任一  $\overline{SHDN}/SS$  引脚拉至 1.8V

以上来完成的。而器件的失效则可通过将两个  $\overline{SHDN}/SS$  引脚同时接地来实现。LT3471 的软起动功能通过限制比较器 A1 和 A2 输出端上的电压升幅 (这又限制了峰值开关电流) 而为实现完善的启动条件奠定了基础。用于每个开关的软起动功能是通过使相应开关的  $\overline{SHDN}/SS$  引脚电平缓慢斜坡上升，例如采用一个 RC 网络。典型的电阻器和电容器数值分别为  $4.7k\Omega$  和  $0.33\mu F$ ，从而为实现毫秒 (ms) 级的启动时间创造了条件。LT3471 具有一个电流限制电路 (方框图中未示出)。对开关电流进行连续监视且不允许其超过最大开关电流 (典型值为 1.6A)。如果开关电流达到该值，则 SR 锁存器被复位，这与比较器 A2 (A4) 的状态无关。方框图中未示出的还有热停机电路。如果器件的温度超过约  $160^{\circ}C$ ，则两个锁存器都将被复位，而与比较器 A2 和 A4 的状态无关。电流限制和热停机电路对功率开关以及与 LT3471 相连的外部元件起到了保护作用。

## 应用信息

### 占空比

LT3471 的典型最大占空比为 94%。针对某一给定应用的占空比由下式给出：

$$DC = \frac{|V_{OUT}| + |V_D| - |V_{IN}|}{|V_{OUT}| + |V_D| - |V_{CESAT}|}$$

式中的  $V_D$  为二极管的正向压降， $V_{CESAT}$  在最坏情况下为 330mV (在 1.3A)。

LT3471 可在较高的占空比条件下使用，但其必须工作于不连续导通模式，以便减小实际占空比。

### 设定输出电压

输出电压的设定取决于所采用的拓扑结构。对于标准的同相升压型稳压器拓扑结构：

$$V_{OUT} = V_{FBP} \left( 1 + \frac{R1}{R2} \right)$$

在该场合， $V_{FBN}$  连接于 R1 和 R2 之间 (实例见“典型应用”部分)。

根据下面的公式来选择 R1 和 R2 的阻值：

$$R1 = R2 \left[ \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} \right) - 1 \right]$$

R2 的一个合适的阻值为 15k，该阻值将电阻分压器通路中的电流设定为  $1.00V/15k = 67\mu A$ 。

$V_{FBP}$  通常仅连接至  $V_{REF} = 1.00V$ ，但  $V_{FBP}$  也可被连接至  $V_{REF}$  的一个分压版本或一些其他的电压值，只要不超过反馈引脚的绝对最大额定值即可 (见“绝对最大额定值”)。

对于负输出转换拓扑结构， $V_{FBN}$  被连接至地，而  $V_{FBP}$  则连接在 R1 和 R2 之间。R2 位于  $V_{FBP}$  和  $V_{REF}$  之间，R1 位于  $V_{FBP}$  和  $V_{OUT}$  之间 (实例见“应用信息”部分)。在这种场合：

## 应用信息

$$V_{OUT} = V_{REF} \left( \frac{R1}{R2} \right)$$

按照下式来选择 R1 和 R2 的阻值：

$$R1 = R2 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} \right)$$

R2 的一个合适的阻值为 15k，该阻值将电阻分压器通路中的电流设定为  $1.00V/15k = 67\mu A$ 。

### 开关频率和电感器的选择

LT3471 的开关频率为 1.2MHz，因而允许采用小数值的电感器。4.7μH 或 10μH 常常就足够了。应选择一个能够在不引起饱和的情况下处理至少 1.4A 电流的电感器，并确保该电感器具有一个低 DCR（铜线电阻），以最大限度地减少  $I^2R$  功耗。请注意，电感器的电流处理要求在某些应用中有可能较低。例如在每个电感器仅传输二分之一总开关电流的 SEPIC 拓扑结构的情况为了获得更高的效率，可采用一个数值相近但体积较大的电感器。不同的制造商能够提供多种大小和形状各异的电感器。应选择一种在 1.2MHz 频率条件下具有低损耗的磁芯材料，比如铁氧体磁芯。

**表 1：电感器制造商**

Sumida	(847) 956-0666	www.sumida.com
TDK	(847) 803-6100	www.tdk.com
Murata	(714) 852-2001	www.murata.com

### 软启动和停机功能

如欲关断器件，则把两个  $\overline{SHDN/SS}$  引脚同时接地。如果只想关断两个开关中的一个，则需把该开关的  $\overline{SHDN/SS}$  引脚接地。软启动功能提供了一种对启动期间从电源吸收的涌入电流加以限制的方法。如欲采用任一个开关的软启动功能，则需使该开关的  $\overline{SHDN/SS}$  引脚电平缓缓慢斜坡上升。一旦  $\overline{SHDN/SS}$  引脚电压达到约 1.1V，则开关的比较器（对于开关 1 或开关 2 分别为 A1 或 A3）输出端上电压上升速率将

跟踪  $\overline{SHDN/SS}$  引脚上的电压上升速率。当  $\overline{SHDN/SS}$  引脚上的电压超过 1.8V 时，软启动功能将失效。请参见“典型性能特征”部分中的“峰值开关电流与  $\overline{SHDN/SS}$  电压的关系曲线”图。 $\overline{SHDN/SS}$  引脚电压的上升速率可以容易地利用一个连接于控制信号和  $\overline{SHDN/SS}$  引脚之间的简单 RC 网络来控制。RC 网络元件的典型参数值为 4.7kΩ 和 0.33μF，从而提供了毫秒 (ms) 级的启动时间。可对该 RC 时间常数进行调整以提供不同的启动时间。如果需要采用不同的电阻值，则应把“ $\overline{SHDN/SS}$  电流与  $\overline{SHDN/SS}$  电压的关系曲线”图和“峰值开关电流与  $\overline{SHDN/SS}$  电压的关系曲线”图（两者均描述于“典型性能特征”部分）牢记于心。 $\overline{SHDN/SS}$  引脚上的阻抗取决于  $\overline{SHDN/SS}$  电压是高于  $V_{IN}$  还是低于  $V_{IN}$ 。一般来说， $\overline{SHDN/SS}$  引脚电压不会被驱动至  $V_{IN}$  以上，因此，阻抗看似 100kΩ 与一个二极管的串联。如果  $\overline{SHDN/SS}$  引脚电压高于  $V_{IN}$ ，则阻抗看上去更像是 50kΩ 与一个二极管的串联。如果您在 RC 软启动网络中所选择的 R 值过大，则该 100kΩ 或 50kΩ 阻抗有可能对启动时间产生轻微的影响。另一种考虑是选择适当的软启动时间，以使软启动功能受控于 RC 网络，而不是  $V_{REF}$  引脚上的电容器（详见“应用信息”中的“ $V_{REF}$  电压基准”部分）。

### 电容器的选择

在输出端上应采用低 ESR（等效串联电阻）电容器，以最大限度地减小输出纹波电压。多层陶瓷电容器是绝佳的选择，因为它们具有极低的 ESR，而且可以采用非常小巧的封装。首选 X5R 型电介质，其次是 X7R 型电介质，原因是这些材料能够在很宽的电压和温度范围内维持其电容不变。对于大多数应用来说，采用一个 4.7μF 至 15μF 的输出电容器便足够了，但是，输出电流非常低的系统有可能只需要采用一个 1μF 或 2.2μF 的输出电容器。可以采用固体钽电容器或 OS-CON 电容器，但与陶瓷电容器相比，它们将占用较多的电路板面积且具有较高的 ESR。应始终采用一个具有足够额定电压的电容器。

应用信息

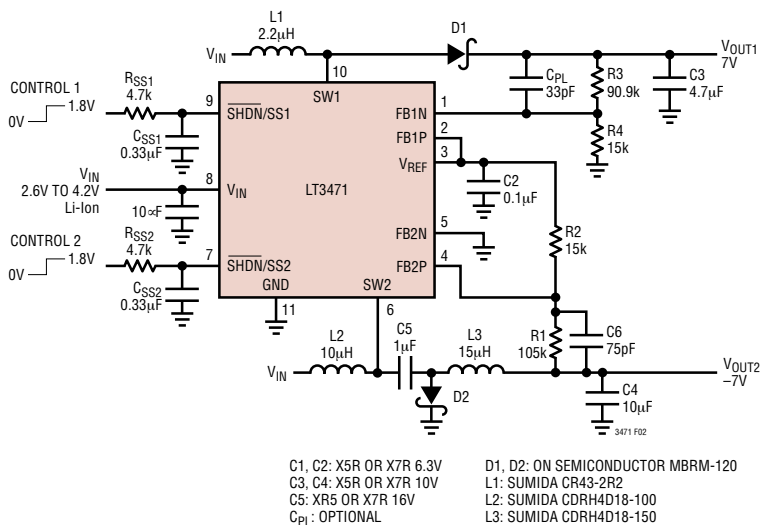


图 2：锂离子电池 OLED 驱动器

图 2 所示驱动器在启动期间的电源电流 (未采用软起动 RC 网络时)

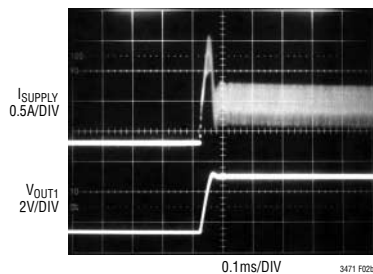
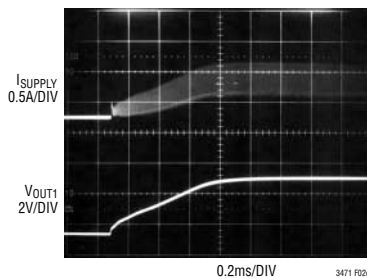


图 2 所示驱动器在启动期间的电源电流 (采用软起动 RC 网络时)



陶瓷电容器同时也是输入耦合电容器(它必须布设在尽可能靠近 LT3471 的地方)的上佳选择。对于大多数应用来说,采用一个 4.7µF 至 10µF 的输入电容器便足够了。表 2 罗列了几家陶瓷电容器制造商。请向制造商咨询,以了解有关其陶瓷元件完整选择的详细信息。

表 2：陶瓷电容器制造商

Taiyo Yuden	(408) 573-4150	www.t-yuden.com
AVX	(803) 448-9411	www.avxcorp.com
Murata	(714) 852-2001	www.murata.com

采用低 ESR (陶瓷) 电容器或具有较高 ESR 的 (钽或 OS-CON) 电容器的决定将会影响到总体系统的稳定性。任何电容器的 ESR 以及其本身的电容值将向系统提供一个零点。对于钽电容器和 OS-CON 电容器而言,由于其 ESR 较高的缘故,该零点位于一个较低的频率上,而陶瓷电容器的零点由位于一个高得多的频率上,而且一般可以忽略掉。

如图 2 所示,可通过布设一个与位于 VOUT 和 VFB 之间的电阻器 (R3) 并联的电容器 (CPL) 来故意引入一个相位超前零点。该零点的频率由下面的公式来确定。



## 应用信息

$$f_z = \frac{1}{2\pi \cdot R_3 \cdot C_{PL}}$$

通过选择合适的电阻器和电容器数值，便可以设计零点频率以改善整个转换器的相位余量。零点频率的典型目标值在 35kHz 至 55kHz 之间。图 3 示出了图 2 中的升压型转换器的瞬态响应(未采用相位超前电容器  $C_{PL}$  时)。尽管对许多应用而言已经足够，但是相位余量并不理想，这一点可以从输出电压和电感器电流中出现的 2-3 处“扰动”得到印证。 $C_{PL}$  采用一个 33pF 电容器将获得理想的相位余量，这在图 4 中表现为一个阻尼更大的响应和更小的过冲。

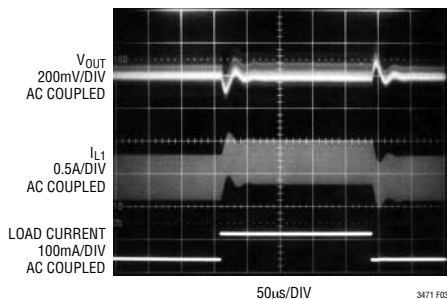


图 3：图 2 中的升压型转换器的瞬态响应 (未采用相位超前电容器时)

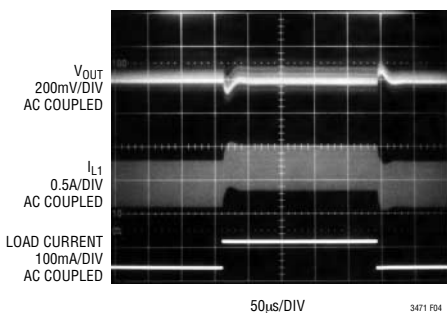


图 4：图 2 中的升压型转换器的瞬态响应 (采用 33pF 相位超前电容器时)

### $V_{REF}$ 电压基准

LT3471 的引脚 3 是一个带隙电压基准，它被分压至 1.00V 并针对外部使用进行了缓冲。必须采用一个至少 0.01  $\mu\text{F}$  (且不超过 1  $\mu\text{F}$ ) 的电容器来对该引脚进行旁路。这将确保稳定性并降低该引脚上的噪声。缓冲器具有一个至少 1mA (典型值为 1.4mA) 的内置电流限值。这不仅意味着您能够将该引脚用作一个用于追加电路的外部基准，而且还意味着能够在该引脚被用作误差放大器的反馈引脚之一时提供软起动功能。如“软起动和停机”部分所述，软起动时间通常将受控于 RC 时间常数。然而，由于用于  $V_{REF}$  引脚的缓冲器的有限电流限制作用，旁路电容器的充电将需要一定的时间。在这段时间里， $V_{REF}$  引脚上的电压将斜坡上升，该动作提供了另一种实现电路软起动的方法。如果采用的是具有最大推荐电容值 (1  $\mu\text{F}$ ) 的旁路电容器，则  $V_{REF}$  引脚提供的最坏情况 (最长) 软起动函数为：

$$\frac{1\mu\text{F} \cdot 1.00\text{V}}{1.0\text{mA}} = 1.0\text{ms}$$

选择合适的 RC 网络以使软起动时间长于该时间，或者为  $V_{REF}$  引脚选择一个较小的旁路电容器 (但始终大于 0.01  $\mu\text{F}$ )，以使 RC 网络对 LT3471 的软起动起支配作用。也可对  $V_{REF}$  引脚上的电压进行分压，并将其用作误差放大器的反馈引脚之一。这尤其适合于 LED 驱动器应用，在这种场合，流经 LED 的电流是采用 LED 通路中的一个检测电阻器两端的电压基准来设定的。采用一个较小或经过分压的基准可降低检测电阻器的功耗。LED 驱动应用实例请见“典型应用”部分。

### 二极管的选择

建议 LT3471 采用一个肖特基二极管。为了实现高效率，应采用一个在高电流条件下具有上佳热特性的二极管 (例如：On Semiconductor MBRM120)。这是一款 20V 二极管。在开关电压超过 20V 的场合，



## 应用信息

应采用 MBRM140 (这是一种 40V 二极管)。这些二极管的额定值是为处理一个 1.0A 的平均正向电流而拟定的。在二极管的平均正向电流小于 0.5A 的应用中，应采用 Philips PMEG 2005、3005 或 4005 (分别为 20V、30V 或 40V 二极管)。

### 布局提示

由于 LT3471 进行的是高速操作，因此对于电路板布局必需格外谨慎。如果未精心设计电路板布局，您就不可能获得产品广告中所宣传的性能。图 5 示出了推荐的元件布局。

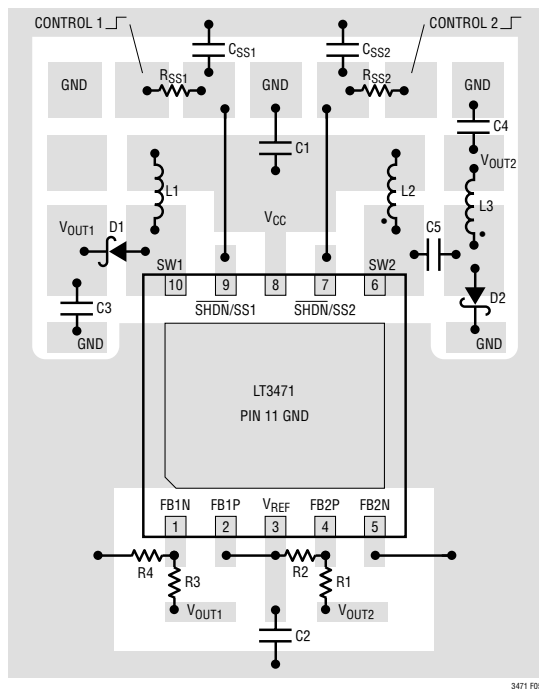


图 5：推荐的电路板布局 (在 SW1 引脚上设置了一个升压转换器、在 SW2 引脚上具有一个负输出转换器)。请注意，所有的高电流通路均布设了单独的接地回线 (采用多层电路板)。

### 补偿 — 原理

需要对 LT3471 进行补偿以实现稳定而高效的操作，这一点和所有其他的电流模式开关稳压器是一样的。在 LT3471 中采用了两个反馈环路：一个不需要进行补偿的快速电流环路和一个需要进行补偿的较慢的电压环路。可采用标准的博德 (Bode) 图分析法来了解并调整电压反馈环路。

与所有的反馈环路一样，确定环路中的不同元件对增益和相位的影响是至关重要的。图 6 示出了一个升压型转换器的主要等效元件。由于采用了快速电流控制环路，因此，IC 的功率级、电感器和二极管被等效的跨导放大器  $g_{mp}$  所取代。 $g_{mp}$  起一个电流源的作用，此时，输出电流与  $V_C$  电压成比例。请注意，由于 IC 中的电流限制电路的缘故， $g_{mp}$  的最大输出电流是有限的。

由图 6 可计算 DC 增益、极点和零点，公式如下：

$$\text{输出极点: } P1 = \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot R_L \cdot C_{OUT}}$$

$$\text{误差放大器极点: } P2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_O \cdot C_C}$$

$$\text{误差放大器零点: } Z1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_C \cdot C_C}$$

$$\text{DC 增益: } A = \frac{V_{REF}}{V_{OUT}} \cdot g_{ma} \cdot R_O \cdot g_{mp} \cdot R_L \cdot \frac{1}{2}$$

$$\text{ESR 零点: } Z2 = \frac{2}{2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT}}$$

$$\text{RHP 零点: } Z3 = \frac{V_{IN}^2 \cdot R_L}{2 \cdot \pi \cdot V_{OUT}^2 \cdot L}$$

$$\text{高频极点: } P3 > \frac{f_s}{3}$$

$$\text{相位超前零点: } Z4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_{PL}}$$

$$\text{相位超前极点: } P4 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C_{PL} \cdot \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}}$$

## 应用信息

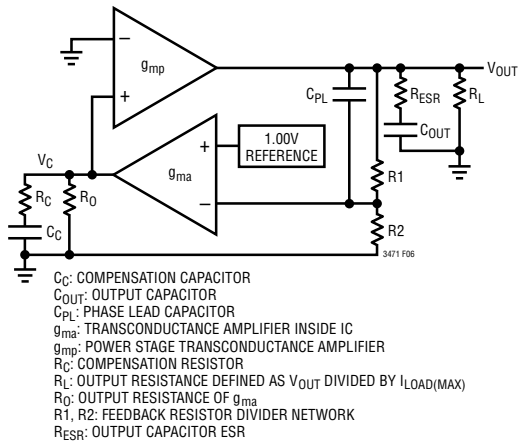


图 6：升压转换器等效模型

电流模式零点是一个右半平面零点，它在反馈控制设计中会成为一个问题，但可通过正确的外部元件选择来加以处理。

以图 2 中的电路为例，表 3 罗列了用于生成图 7 所示博德图的参数。

表 3：博德图参数

参数	数值	单位	备注
$R_L$	20	$\Omega$	专用
$C_{OUT}$	4.7	$\mu F$	专用
$R_{ESR}$	10	m $\Omega$	专用
$R_O$	0.9	M $\Omega$	不可调
$C_C$	90	pF	不可调
$C_{PL}$	33	pF	可调
$R_C$	55	k $\Omega$	不可调
$R1$	90.9	k $\Omega$	可调
$R2$	15	k $\Omega$	可调
$V_{OUT}$	7	V	专用
$V_{IN}$	3.3	V	专用
$g_{ma}$	50	$\mu mho$	不可调
$g_{mp}$	9.3	mho	不可调
$L$	2.2	$\mu H$	专用
$f_s$	1.2	MHz	不可调

由图 7 可知，当增益达到 0dB 时，相位为  $-115^\circ$ ，从而提供了一个  $65^\circ$  的相位余量。这绰绰有余了。交叉频率为 50kHz。

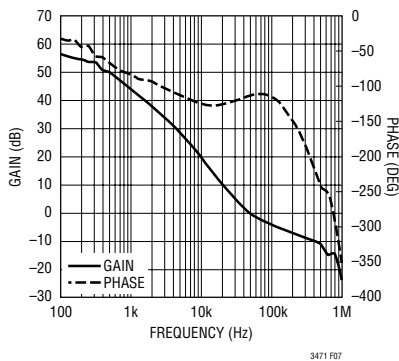
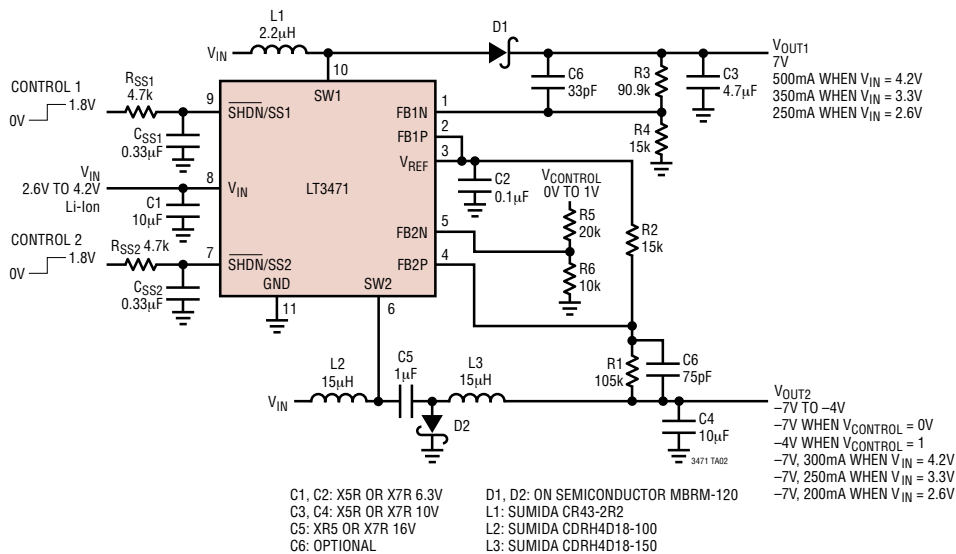


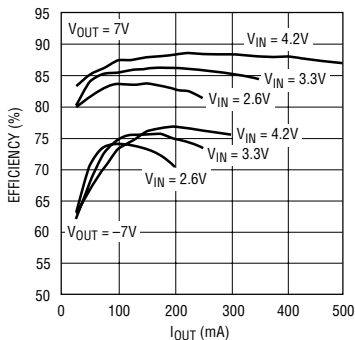
图 7：3.3V 至 7V 应用的博德图

典型应用

采用锂离子电池的 OLED 驱动器



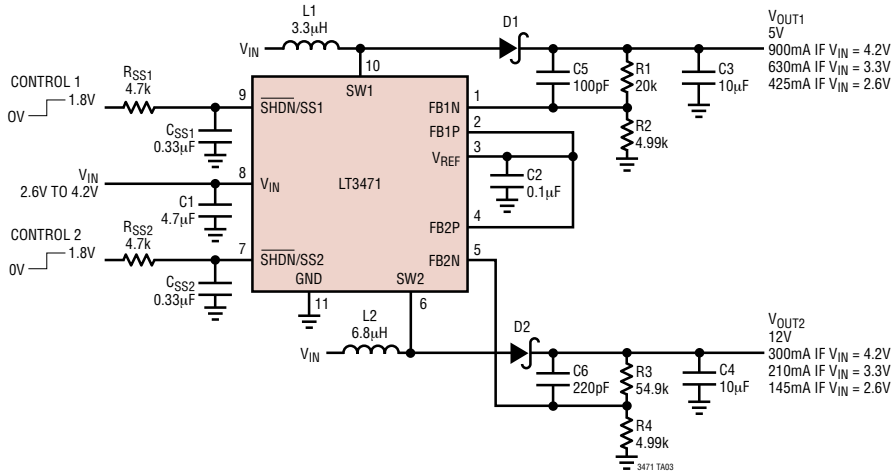
采用锂离子电池的 OLED 驱动器效率



3471 TA02b

## 典型应用

### 单节锂离子电池至 5V, 12V 升压转换器



C1-C3: X5R OR X7R 6.3V

C4: X5R OR X7R 16V

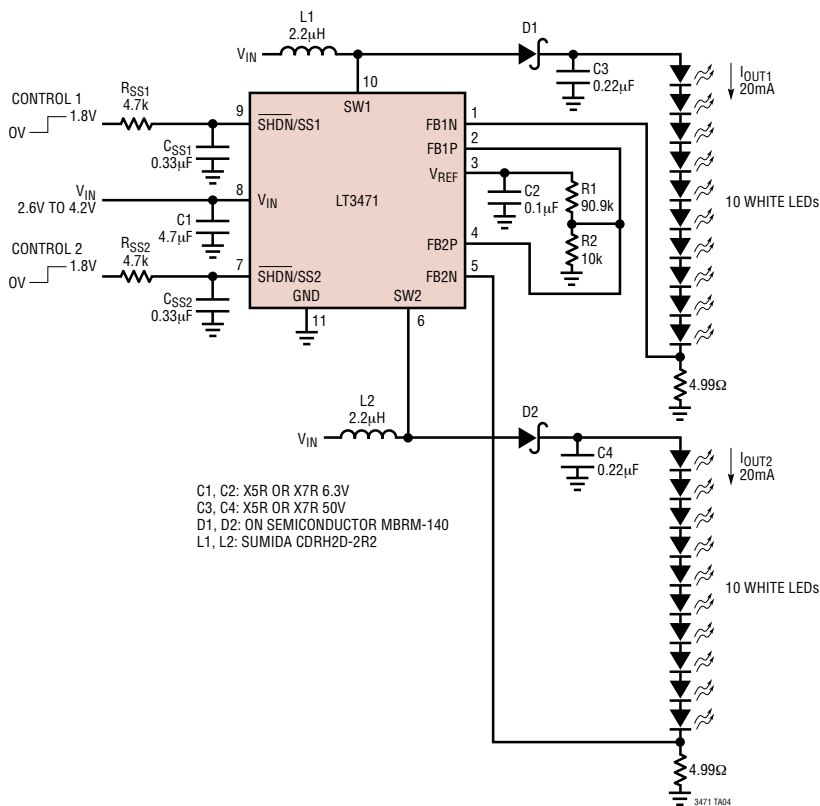
D1, D2: ON SEMICONDUCTOR MBRM-120

L1: SUMIDA CR43-3R3

L2: SUMIDA CR43-6R8

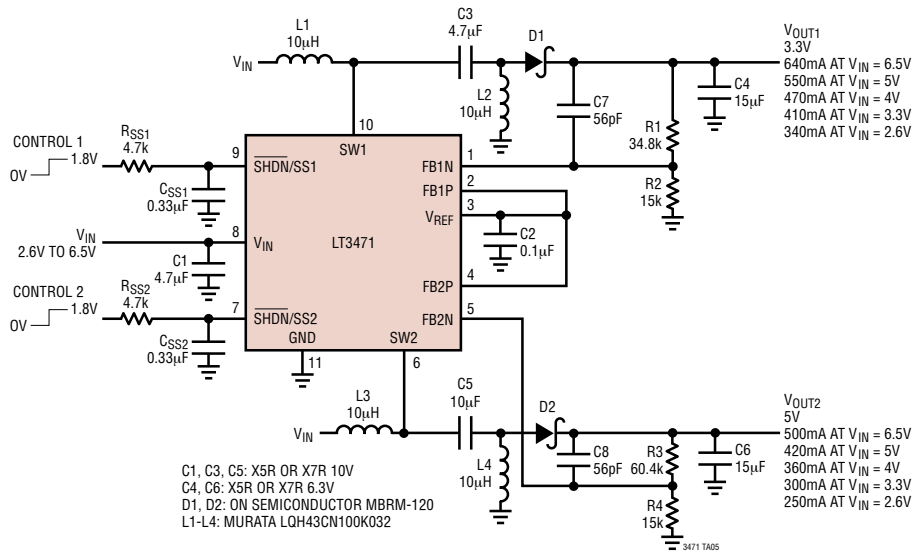
典型应用

采用锂离子电池、可驱动 20 只白光 LED 的驱动器



## 典型应用

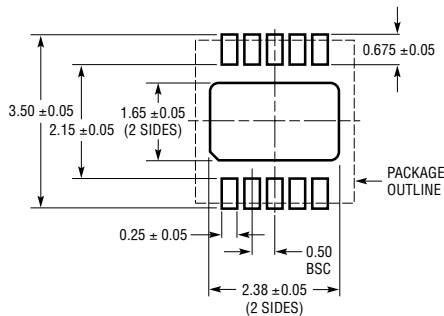
锂离子电池或四节碱性电池至 3.3V 和 5V SEPIC



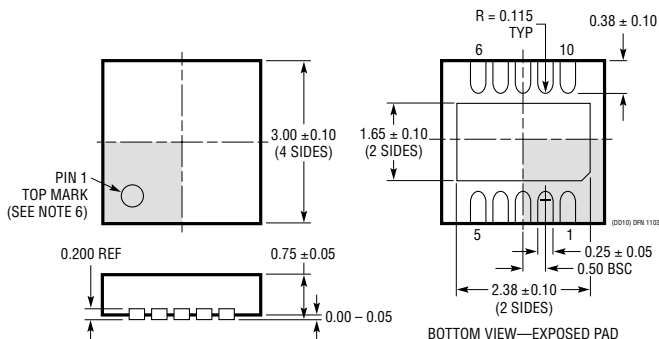


封装描述

DD 封装  
10 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)  
(参考 LTC DWG # 05-08-1698)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

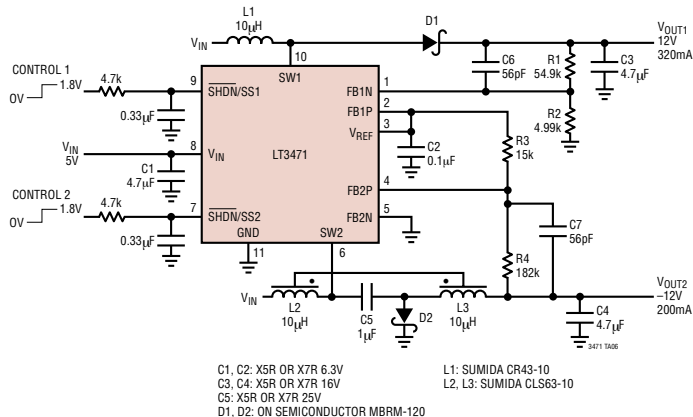


NOTE:

1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229 VARIATION OF (WEED-2). CHECK THE LTC WEBSITE DATA SHEET FOR CURRENT STATUS OF VARIATION ASSIGNMENT
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

### 5V 至 ±12V 双通道电源升压/负输出转换器



## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT1611	550mA (I <sub>SW</sub> ), 1.4MHz, 高效微功率负输出 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 1.1V 至 10V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = -34V, I <sub>Q</sub> = 3mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1613	550mA (I <sub>SW</sub> ), 1.4MHz, 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 0.9V 至 10V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 3mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1614	750mA (I <sub>SW</sub> ), 600kHz, 高效微功率负输出 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 1V 至 12V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = -24V, I <sub>Q</sub> = 1mA, I <sub>SD</sub> < 10µA, MS8, S8 封装
LT1615/LT1615-1	300mA/80mA (I <sub>SW</sub> ), 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 1V 至 15V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 20µA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1617/LT1617-1	350mA/100mA (I <sub>SW</sub> ), 高效微功率负输出 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 1.2V 至 15V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = -34V, I <sub>Q</sub> = 20µA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1930/LT1930A	1A (I <sub>SW</sub> ), 1.2MHz/2.2MHz, 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.6V 至 16V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 4.2mA/5.5mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1931/LT1931A	1A (I <sub>SW</sub> ), 1.2MHz/2.2MHz, 高效微功率负输出 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.6V 至 16V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = -34V, I <sub>Q</sub> = 5.8mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT1943 (四通道)	四通道升压, 2.6A 降压, 2.6A 升压, 0.3A 升压, 0.4A 负输出 1.2MHz TFT DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 4.5V 至 22V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 40V, I <sub>Q</sub> = 10µA, I <sub>SD</sub> < 35µA, TSSOP28E 封装
LT1945 (双通道)	双输出, 升压/负输出转换器, 350mA (I <sub>SW</sub> ), 恒定关断时间, 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 1.2V 至 15V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = ±34V, I <sub>Q</sub> = 40µA, I <sub>SD</sub> < 1µA, 10 引脚 MS 封装
LT1946/LT1946A	1.5A (I <sub>SW</sub> ), 1.2MHz/2.7MHz, 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.45V 至 16V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 3.2mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, MS8 封装
LT3436	3A (I <sub>SW</sub> ), 1MHz, 34V 升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 3V 至 25V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 0.9mA, I <sub>SD</sub> < 6µA, TSSOP16E 封装
LT3462/LT3462A	内置肖特基二极管的 300mA (I <sub>SW</sub> ), 1.2MHz/2.7MHz 高效负输出 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 16V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = -38V, I <sub>Q</sub> = 2.9mA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装
LT3463/LT3463A	内置肖特基二极管的双输出, 升压/负输出转换器, 250mA (I <sub>SW</sub> ), 恒定关断时间, 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.3V 至 15V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = ±40V, I <sub>Q</sub> = 40µA, I <sub>SD</sub> < 1µA, DFN 封装
LT3464	内置肖特基二极管并具有 PNP 断接功能的 85mA (I <sub>SW</sub> ), 高效升压型 DC/DC 转换器	V <sub>IN</sub> : 2.3V 至 10V, V <sub>OUT(MAX)</sub> = 34V, I <sub>Q</sub> = 25µA, I <sub>SD</sub> < 1µA, ThinSOT 封装