

# 采用 ThinSOT 封装的 600mA、1.2MHz 微功率 同步升压型转换器

## 特点

- 效率高达 92%
- 可从单节 AA 电池产生 3.3V/100mA 的输出
- 低起动电压：0.85V
- 1.2MHz 固定频率开关
- 内部同步整流器
- 2.5V 至 5V 输出范围
- 自动突发模式 (Burst Mode<sup>®</sup>) 操作 (LTC3400)
- 轻负载条件下的连续开关操作 (LTC3400B)
- 逻辑控制的停机 (电流 < 1 $\mu$ A)
- 抗振铃控制实现了 EMI 的最小化
- 纤巧型外部元件
- 扁平 (高度仅 1mm) 的 ThinSOT<sup>™</sup> 封装

## 应用

- 寻呼机
- MP3 播放器
- 数码相机
- LCD 偏压电源
- 手持式仪器
- 无线手机
- GPS 接收机

## 描述

LTC<sup>®</sup>3400/LTC3400B 是采用 6 引脚 ThinSOT 封装的高效、固定频率同步升压型 DC/DC 转换器。该器件包括一个内部 NMOS 开关和 PMOS 同步整流器，能够在采用单节 AA 电池输入提供 3.3V/100mA 的输出。

1.2MHz 的开关频率允许采用外形小巧而扁平的电感器和陶瓷电容器，从而最大限度地减少了解决方案的占位面积。电流模式 PWM 设计是内部补偿的，使得外部元件的数量有所减少。LTC3400 可在轻负载条件下自动转换至节能的突发模式操作，而 LTC3400B 则在轻负载条件下进行连续开关操作。抗振铃控制电路通过在不连续工作模式中对电感器进行阻尼来抑制 EMI。这两款器件的停机电流均低于 1 $\mu$ A。

两款器件都采用扁平 (高度仅 1mm) 的 ThinSOT 封装。

、LTC、LT 和 Burst Mode 是凌特公司的注册商标。  
ThinSOT 是凌特公司的商标。

## 典型应用

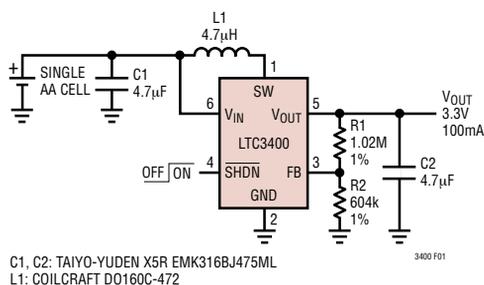
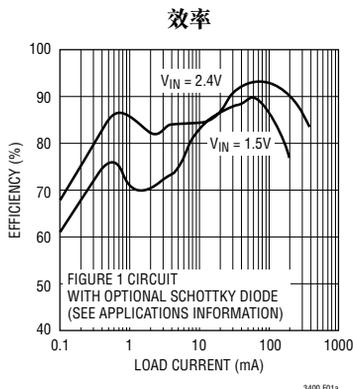


图1：单节电池至 3.3V 同步升压型转换器



# LTC3400/LTC3400B

## 绝对最大额定值 (注1)

$V_{IN}$ 电压	-0.3V 至 6V
SW 电压	-0.3V 至 6V
$\overline{SHDN}$ , FB 电压	-0.3V 至 6V
$V_{OUT}$	-0.3V 至 6V
工作温度范围 (注2)	-30°C 至 85°C
贮存温度范围	-65°C 至 125°C
引脚温度 (焊接时间 10 秒)	300°C

## 封装/订货信息

<p>TOP VIEW</p> <p>SW 1, GND 2, FB 3, V<sub>IN</sub> 6, V<sub>OUT</sub> 5, SHDN 4</p> <p>S6 PACKAGE 6-LEAD PLASTIC SOT-23</p> <p>T<sub>JMAX</sub> = 125°C, <math>\theta_{JA}</math> = 256°C/W</p>	产品型号
	LTC3400ES6 LTC3400BES6
	S6 器件标记
	LTWK LTUN

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌特公司的营销部。

## 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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{IN} = 1.2\text{V}$ , $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ , 除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最小起动电压	$I_{LOAD} = 1\text{mA}$		0.85	1	V
最小工作电压	$\overline{SHDN} = V_{IN}$ (注4)		0.5	0.65	V
输出电压调节范围		2.5		5	V
反馈电压		● 1.192	1.23	1.268	V
反馈输入电流	$V_{FB} = 1.25\text{V}$ (注3)		1		nA
静态电流 (突发模式操作)	$V_{FB} = 1.4\text{V}$ (注5), 仅 LTC3400		19	30	$\mu\text{A}$
静态电流 (停机模式)	$V_{\overline{SHDN}} = 0\text{V}$ , 不包括开关的漏泄		0.01	1	$\mu\text{A}$
静态电流 (工作模式)	在 $V_{OUT}$ 引脚上测量		300	500	$\mu\text{A}$
NMOS 开关漏电流	$V_{SW} = 5\text{V}$		0.1	5	$\mu\text{A}$
PMOS 开关漏电流	$V_{SW} = 0\text{V}$		0.1	5	$\mu\text{A}$
NMOS 开关接通电阻	$V_{OUT} = 3.3\text{V}$		0.35		$\Omega$
	$V_{OUT} = 5\text{V}$		0.20		$\Omega$
PMOS 开关接通电阻	$V_{OUT} = 3.3\text{V}$		0.45		$\Omega$
	$V_{OUT} = 5\text{V}$		0.30		$\Omega$
NMOS 电流限值		600	850		mA
突发模式操作电流门限	仅 LTC3400 (注3)		3		mA
至输出的电流限值延时	(注3)		40		ns
最大占空比	$V_{FB} = 1.15\text{V}$	● 80	87		%
开关频率		● 0.95	1.2	1.5	MHz
		● 0.85	1.2	1.5	MHz
$\overline{SHDN}$ 输入高电平		1			V
$\overline{SHDN}$ 输入低电平				0.35	V
$\overline{SHDN}$ 输入电流	$V_{\overline{SHDN}} = 5.5\text{V}$		0.01	1	$\mu\text{A}$

注1: 绝对最大额定值是指超过该值则器件的寿命可能会受损。

注2: LTC3400E/LTC3400BE 保证在 0°C 至 70°C 的范围内能够满足性能规格的要求。-30°C 至 85°C 工作温度范围内的规格由设计、特性化和相关的统计过程控制来提供保证。

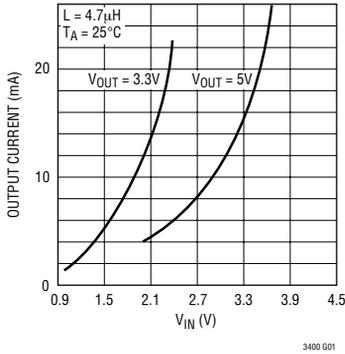
注3: 规格由设计提供保证, 并未经过全面的生产测试。

注4: 起动之后的  $V_{IN}$  仅受电池在进入深度放电状态时提供必要功率的能力限制。

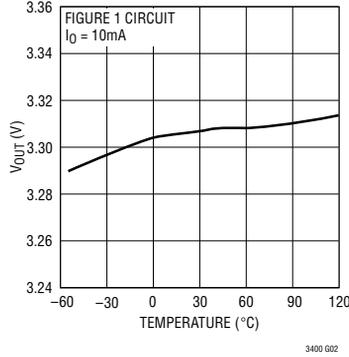
注5: 突发模式操作时的静态电流  $I_Q$  在  $V_{OUT}$  引脚上进行测量。将该数值与  $V_{OUT}/V_{IN}$  相乘即可获得等效的输入 (电池) 电流。

## 典型性能特征

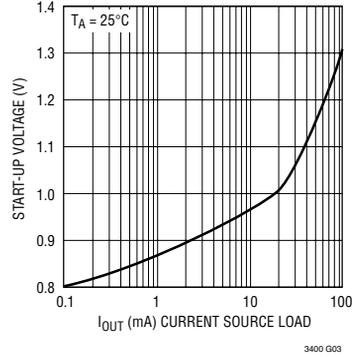
输出负载突发模式门限与  $V_{IN}$  的关系曲线



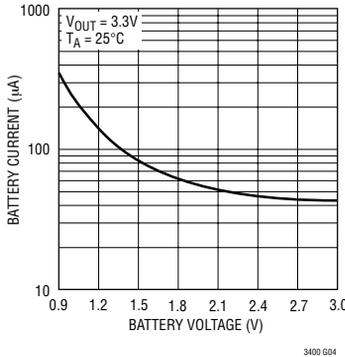
$V_{OUT}$  与温度的关系曲线



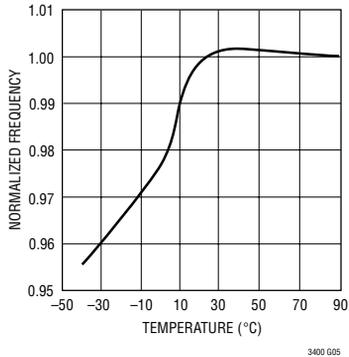
最小起动电压与负载电流的关系曲线



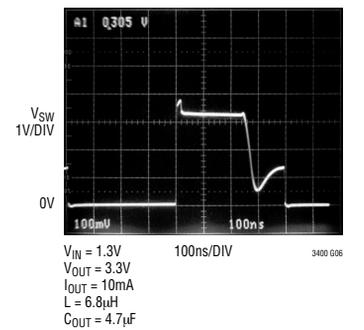
无负载电池电流与  $V_{BATT}$  的关系曲线



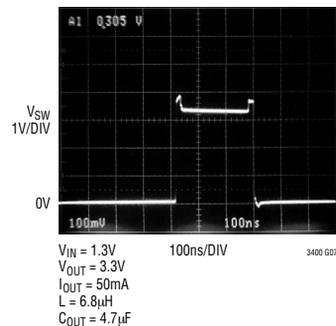
归一化振荡器频率与温度的关系曲线



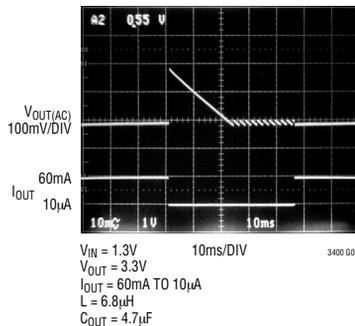
SW引脚抗振铃操作



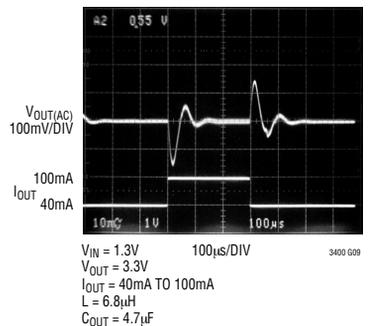
SW引脚固定频率、连续电感器电流操作



固定频率和突发模式操作



$V_{OUT}$  瞬态响应



# LTC3400/LTC3400B

## 引脚功能

**SW (引脚 1) :** 开关引脚。将电感器连接于 SW 与  $V_{IN}$  引脚之间。任选的肖特基二极管被连接于 SW 与  $V_{OUT}$  之间。把这些 PCB 走线保持得尽可能简短且宽阔，以抑制 EMI 和电压过冲。如果电感器电流降至零，或  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚为低电平，则应将一个  $100\Omega$  的内部抗振铃开关从 SW 引脚连接至  $V_{IN}$  引脚，以最大限度地抑制 EMI。

**GND (引脚 2) :** 信号和电源地。在 GND 和输出电容器的负 (-) 端之间提供一条短而直的 PCB 轨迹。

**FB (引脚 3) :**  $g_m$  误差放大器的反馈输入。将电阻分压器的抽头连接于该引脚。输出电压可在 2.5V 至 5V 的范围内调节，公式如下：

$$V_{OUT} = 1.23V \cdot [1 + (R1/R2)]$$

**$\overline{\text{SHDN}}$  (引脚 4) :** 逻辑控制的停机输入。

$\overline{\text{SHDN}}$  = 高电平：正常的自由运行操作，1.2MHz 典型工作频率。

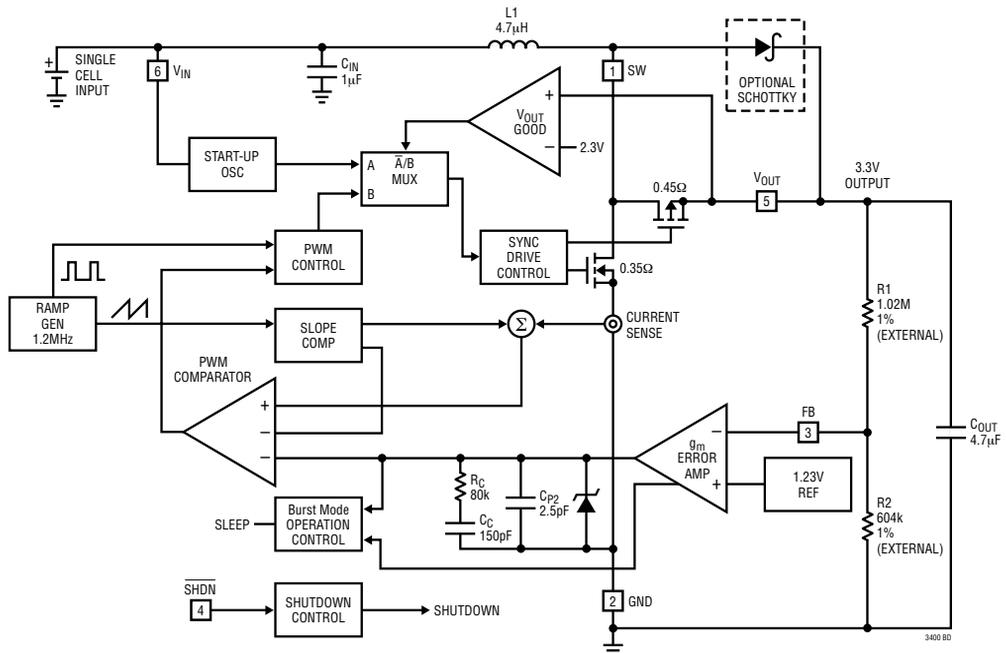
$\overline{\text{SHDN}}$  = 低电平：停机状态，静态电流  $< 1\mu\text{A}$ 。在 SW 和  $V_{IN}$  引脚之间连接  $100\Omega$ 。

一般来说，应通过一个 1M 上拉电阻器将  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚连接至  $V_{IN}$  引脚。

**$V_{OUT}$  (引脚 5) :** 输出电压检测输入和内部同步整流器 MOSFET 的漏极。偏压取自  $V_{OUT}$  引脚。从  $V_{OUT}$  至输出滤波电容器的 PCB 轨迹应尽可能简短且宽阔。由于内部 PMOS 的体二极管的缘故，使得  $V_{OUT}$  在停机状态下被维持在  $V_{IN} - 0.6V$ 。

**$V_{IN}$  (引脚 6) :** 电池输入电压。该器件由  $V_{IN}$  引脚获得其起动偏压。一旦  $V_{OUT}$  超过  $V_{IN}$ ，则偏压来自  $V_{OUT}$  引脚。因此，器件一旦起动，则其操作完全独立于  $V_{IN}$ 。器件的操作仅受输出功率电平及电池内部串联电阻的限制。

## 方框图



## 工作原理

LTC3400/LTC3400B 是采用 6 引脚 ThinSOT 封装的 1.2MHz 同步升压型转换器。这两款器件采用了旨在实现优越的电压和负载调节的固定频率电流模式 PWM 控制，可在输入电压低至 1V 以下的场合正常工作。凭借低接通电阻  $R_{DS(ON)}$  以及栅极电荷内部 MOSFET 开关，这些器件能在一个宽负载电流范围内保持高效率。下面将详细说明这三种截然不同的操作模式。参阅方框图可以对器件的工作原理有一个非常好的理解。

### 低压起动

LTC3400/LTC3400B 一般将在 0.85V 或更高的  $V_{IN}$  电压条件下起动。在高至 850mA (典型值) 的最大峰值电感器电流条件下，低压起动电路可对内部 NMOS 开关进行控制，并在起动过程中具有一个约 1.5 $\mu$ s 的关断时间，使得器件能够起动一个输出负载。一旦  $V_{OUT}$  超过 2.3V，则起动电路失效，并启动正常的固定频率 PWM 操作。在该模式中，LTC3400/LTC3400B 的操作与  $V_{IN}$  无关，使得工作时间得到延长，因为电池电压可降至几十分之一伏，而不会对输出电压调节产生任何影响。此时，电池向输出提供足够能量的能力成为了该应用的限制因素。

### 低噪声固定频率操作

**振荡器：**将工作频率内设为 1.2MHz。

**误差放大器：**误差放大器为内部补偿跨导型 (电流输出)，跨导 ( $g_m$ ) 为 33 $\mu\Omega^{-1}$ 。将内部的 1.23V 基准电压与 FB 引脚上的电压进行比较，以在误差放大器的输出端上生成一个误差信号。一个从  $V_{OUT}$  引脚连接至地的分压器通过 FB 引脚在 2.5V 至 5V 的范围内对输出电压进行设置，采用的公式如下：

$$V_{OUT} = 1.23V \cdot [1 + (R1/R2)]$$

**电流检测：**利用斜率补偿器对一个表示 NMOS 开关电流的信号进行求和运算。将和信号与误差放大器的输出进行比较，以提供一个用于 PWM 的峰值电流控制命令。峰值开关电流被限制在 850mA 左

右，且与输入或输出电压无关。电流信号被消隐 40ns 以增强噪声抑制效果。

**零电流比较器：**零电流比较器对流向输出端的电感器电流进行监控，并在该电流降至约 20mA 时立即关断同步整流器。这样做可防止电感器电流发生极性翻转，从而提高了轻负载条件下的效率。

**抗振铃控制：**抗振铃控制电路通过对由 L 和  $C_{SW}$  (SW 引脚上的电容) 形成的谐振回路进行阻尼来防止 SW 引脚在电感器电流降至零时产生高频振铃。

### 突发模式操作

便携式设备常常在大多数时间里处于低功耗或待机状态，只是在启用某些特定功能时才转换至高功耗状态。为了延长这些产品的电池使用寿命，需要在一个宽输出功率范围内保持高功率转换器效率。除了在中等和重负载条件下具有高效率之外，LTC3400 采用了能够提高轻负载条件下功率转换器效率的自动突发模式操作。如果输出负载电流降至一个内部设定的门限以下，则起动突发模式操作 (请参见“典型性能特征”曲线图中的“输出负载突发模式门限与  $V_{IN}$  的关系曲线”)。一旦起动，突发模式操作电路即关断器件的大部分电路，只有用于输出电压监控的电路保持工作状态。这就是所谓的睡眠状态。在睡眠状态下，LTC3400 仅从输出电容器吸收 19 $\mu$ A 的电流，从而极大地提高了效率。当输出电压从标称值下降了 1% 左右时，LTC3400 被唤醒，并开始正常 PWM 操作。如果输出负载保持在睡眠门限以下，则输出电容器重新充电并导致 LTC3400 再次进入睡眠状态。该间歇 PWM 或突发操作的频率与负载电流成正比，这即是随著负载电流在突发门限以下继续下降，LTC3400 接通的频率次数下降。当负载电流升至突发门限以上时，LTC3400 将无缝地恢复连续 PWM 操作。LTC3400B 未采用突发模式操作，而是在轻负载条件下进行连续操作，这样虽然消除了低频输出电压纹波，但代价是轻负载条件下的效率有所下降。

# LTC3400/LTC3400B

## 应用信息

### PCB 布局指南

由于 LTC3400/LTC3400B 进行的是高速操作，因此要求格外注意电路板的布局。如果您没有进行精心的电路板布局，那么就不会获得产品广告中宣传的性能。图 2 示出了推荐的元件布置方案。采用一个大的接地引脚铜面积将有助于降低芯片温度。理想的做法是采用带有一个单独接地平面的多层电路板，但这不是绝对必需的。

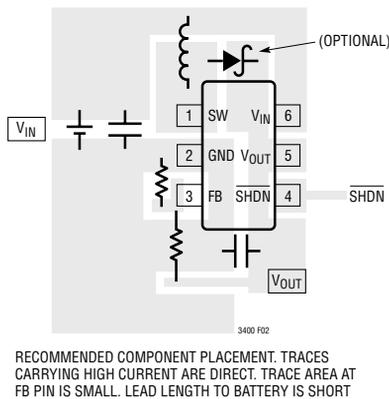


图 2：对单层电路板的推荐元件布置方案

### 元件的选择

#### 电容器的选择

LTC3400/LTC3400B 由于采用了 1.2MHz 的高开关频率，因此可以使用小型表面贴装电感器或片式电感器。对于 3.6V 及更低电压的应用，需要采用一个最小值为 3.3μH 的电感，而对于超过 3.6V 的输出电压，则需采用 4.7μH 的电感。更大的电感值将通过减小电感器纹波电流来实现更高的输出电流能力。但是，当电感值增加到 10μH 以上时，电感器的尺寸将增加，而输出电流能力的提高却微乎其微。

LTC3400/LTC3400B 的输出电流能力与电感值的大致关系由下式给出，并在图 3 中进行了图示。

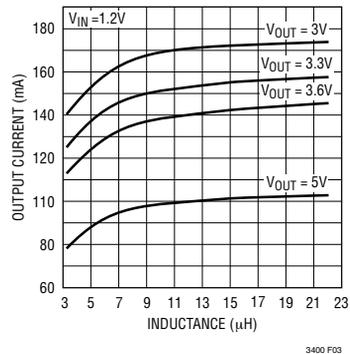


图 3：效率为 90% 时最大输出电流与电感值的关系曲线

$$I_{OUT(MAX)} = \eta \cdot \left( I_P - \frac{V_{IN} \cdot D}{f \cdot L \cdot 2} \right) \cdot (1-D)$$

其中：

$\eta$  = 估计的效率

$I_P$  = 峰值电流限值 (0.6A)

$V_{IN}$  = 输入 (电池) 电压

$D$  = 稳态占空比 =  $(V_{OUT} - V_{IN}) / V_{OUT}$

$f$  = 开关频率 (1.2MHz 典型值)

$L$  = 电感值

电感器电流纹波通常是针对最大电感器电流 ( $I_P$ ) 的 20% 至 40% 来设定的。与相对便宜的铁粉磁芯相比，高频铁氧体磁芯电感器材料能够减少与频率有关的功耗，从而使效率有所提高。电感器应具有低 ESR (绕组的串联电阻)，以降低  $I^2R$  功耗，且须在不发生饱和的情况下对峰值电感器电流进行处理。模制扼流圈和一些片式电感器的磁芯往往不足以承受 LTC3400/LTC3400B 上的 850mA 峰值电感器电流。为了最大限度地降低辐射噪声，可采用一个环形芯、壶形磁芯或屏蔽线轴电感器。表 1 罗列了一些推荐的元件和供应商。

## 应用信息

表 1：推荐的电感器

器件型号	L ( $\mu$ H)	最大 DCR m $\Omega$	高度 (mm)	制造商
CDRH5D18-4R1	4.1	57	2.0	Sumida (847)956-0666 www.sumida.com
CDRH5D18-100	10	124	2.0	
CDRH3D16-4R7	4.7	105	1.8	
CDRH3D16-6R8	4.7	170	1.8	
CR43-4R7	4.7	109	3.5	
CR43-100	10	182	3.5	
CMD4D06-4R7MC	4.7	216	0.8	
CMD4D06-3R3MC	3.3	174	0.8	
DS1608-472	4.7	60	2.9	
DS1608-103	10	75	2.9	
DS1608C-472	4.7	90	2.9	
D52LC-4R7M	4.7	84	2.0	Toko (408)432-8282 www.tokoam.com
D52LC-100M	10	137	2.0	
LQH3C4R7M24	4.7	195	2.2	Murata www.murata.com

### 输出和输入电容器的选择

应采用低 ESR (等效串联电阻) 电容器, 以最大限度地减小输出电压纹波。多层陶瓷电容器是一种极佳的选择, 因为它具有非常低的 ESR 和很小的占位面积。对于大多数应用而言, 采用一个 2.2 $\mu$ F 至 10 $\mu$ F 的输出电容器便足够了。可以采用更大的电容值 (高至 22 $\mu$ F) 来获得极低的输出电压纹波并改善瞬态响应。可能需要增加一个相位超前电容器, 以便和大于 10 $\mu$ F 的输出电容器一道来保持可接受的相位余量。X5R 和 X7R 介质材料因其能够在宽电压和温

度范围内保持电容的稳定性而被优先选用。

低 ESR 输入电容器降低了输入开关噪声并减小了从电池吸收的峰值电流。因此, 将陶瓷电容器用于输入去耦也是一个不错的选择, 而且, 这种电容器应放置在尽可能靠近器件的地方。实际上, 对于任何应用来说, 采用一个 4.7 $\mu$ F 的输入电容器便足够了。可以采用更大的电容值, 在这一点上没有什么限制。表 2 列举了几家陶瓷电容器制造商。请直接向制造商咨询, 以了解有关其陶瓷元件完整选择的详细信息。

表 2：电容器制造商信息

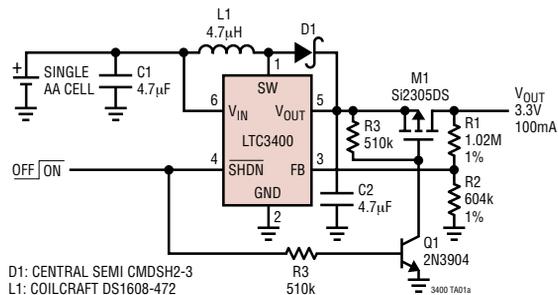
供应商	联系电话	网址
AVX	(803)448-9411	www.avxcorp.com
Murata	(714)852-2001	www.murata.com
Taiyo Yuden	(408)573-4150	www.t-yuden.com

### 输出二极管

如果转换器的输出电压为 4.5V 或更高, 则可采用一个肖特基二极管, 例如 MBR0520L、CMD5H2-3、1N5817 或同等规格的产品。肖特基二极管承载输出电流的时间是其等待同步整流器接通的时间。不要采用普通的整流二极管, 因为其较慢的恢复时间将使效率有所下降。在输出电压低于 4.5V 的场合, 肖特基二极管是任选的, 不过, 采用肖特基二极管能将转换器效率提高 2% 至 3%。

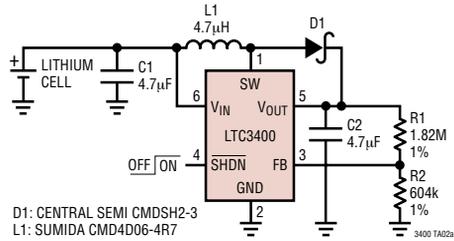
## 典型应用

在待机状态下将负载断接的单节电池至 3.3V  
同步升压型转换器

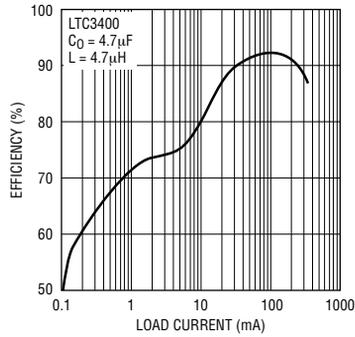


## 典型应用

## 单节锂电池至 5V/250mA



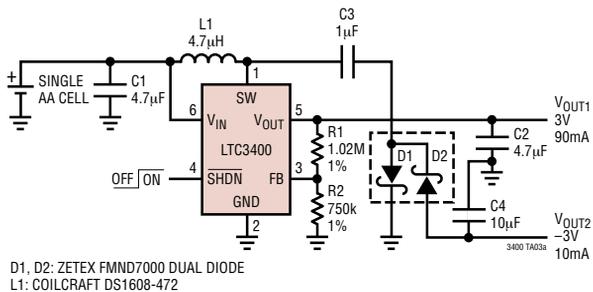
## 3.6V 至 5V 效率



# LTC3400/LTC3400B

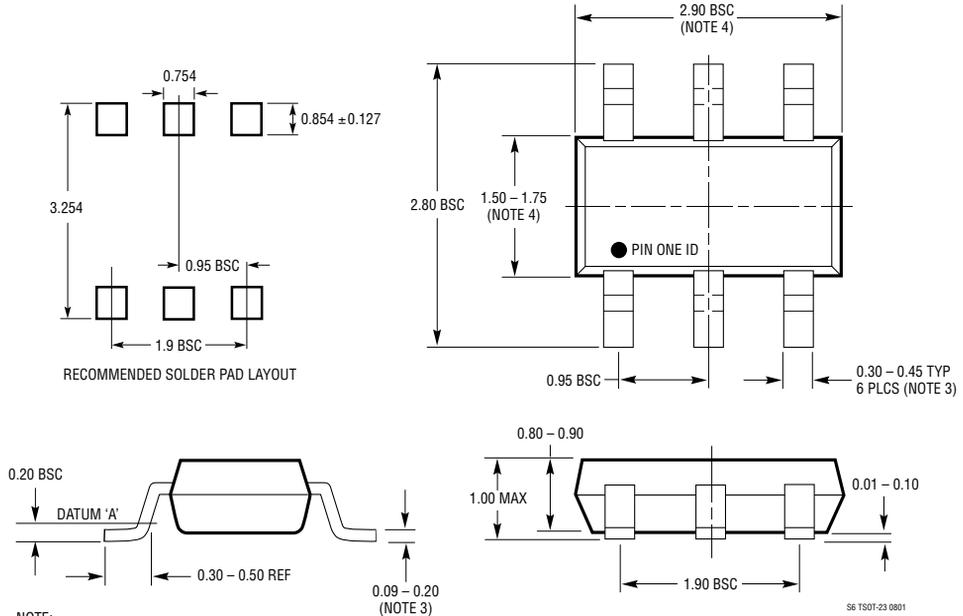
## 典型应用

单节 AA 电池至  $\pm 3V$  同步升压型转换器



## 封装描述

S6 封装  
6 引脚塑料 SOT-23 封装  
(参考 LTC DWG # 05-08-1636)



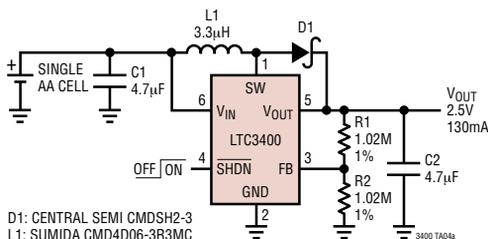
## NOTE:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSIONS ARE INCLUSIVE OF PLATING
4. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF MOLD FLASH AND METAL BURR
5. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.254mm
6. JEDEC PACKAGE REFERENCE IS MO-193

S6 TSOT-23 0801

## 典型应用

### 单节 AA 电池至 2.5V 同步升压型转换器



## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT1308A/LT1308B	高电流、微功率、单节电池 600kHz DC/DC 转换器	采用单节锂离子电池提供 5V/1A 输出， $V_{OUT}$ 至 34V
LT1613	采用 ThinSOT 封装的 1.4MHz 单节电池 DC/DC 转换器	$V_{IN}$ 低至 1.1V，从单节电池时提供 3V/30mA 输出
LT1615	采用 ThinSOT 封装的微功率升压型 DC/DC 转换器	$I_O = 20\mu A$ ，1 $\mu A$ 停机电流， $V_{IN}$ 低至 1V
LT <sup>®</sup> 1618	具电流限制功能的 1.4MHz 升压型 DC/DC 转换器	1.5A 开关电流，1.6V 至 18V 输入范围，输入或输出电流限制
LT1619	高效升压型 DC/DC 控制器	1A 栅极驱动，1.1V 至 20V 输入，用于栅极驱动器的分离 $V_{CC}$
LTC1872	采用 ThinSOT 封装的升压型 DC/DC 控制器	50kHz，2.5V 至 9.8V 输入
LT1930/LT1930A	采用 ThinSOT 封装的 1.2MHz/2.2MHz DC/DC 转换器	$V_{IN} = 2.6V$ 至 16V，从 3.3V 输入获得 5V/450mA 输出
LT1932	恒流升压型 LED 驱动器	可驱动多达 8 个白光 LED，ThinSOT 封装
LT1946/LT1946A	1.2MHz/2.7MHz 升压型 DC/DC 转换器	1.5A、36V 内部开关，8 引脚 MSOP 封装
LT1949	600kHz、1A 开关 PWM DC/DC 转换器	1A、0.5 $\Omega$ 、30V 内部开关， $V_{IN}$ 低至 1.5V，在停机状态下低电池电量检测保持工作状态
LTC3401	1A、3MHz 微功率同步升压型转换器	1A 开关电流、可设置频率、10 引脚 MSOP 封装
LTC3402	2A、3MHz 微功率同步升压型转换器	2A 开关电流、可设置频率、10 引脚 MSOP 封装
LTC3423	1A、3MHz 微功率同步升压型转换器	1A 开关电流、用于低输出电压的单独偏压引脚
LTC3424	2A、3MHz 微功率同步升压型转换器	2A 开关电流、用于低输出电压的单独偏压引脚