

# 采用5引脚 SOT-23 封装的 1.4MHz，单节电池 DC/DC 转换器

## 特点

- 采用微型电容器和电感器
- 内部补偿
- 1.4MHz 固定频率工作
- 可配合低至 1.1V 的  $V_{IN}$  工作
- 从单节电池获得 3V 电压和 30mA 电流
- 从 3.3V 输入获得 5V 电压和 200mA 电流
- 从四节碱性电池获得 15V 电压和 60mA 电流
- 高输出电压：高达 34V
- 低停机电流： $<1\mu A$
- 低  $V_{CESAT}$  开关：在 300mA 时电压为 300mV
- 小型 5 引脚 SOT-23 封装

## 应用

- 数码相机
- 传呼机
- 无绳电话
- 后备电池
- LCD 偏置
- 医疗诊断设备
- 5V 或 12V 局部供电
- 外置式调制解调器
- PC 卡

## 描述

LT<sup>®</sup>1613 是业界第一个采用 5 引脚 SOT-23 封装的电流模式 DC/DC 转换器。它针对小型、低功率应用，可在低至 1.1V 的输入电压下工作，开关频率为 1.4MHz，并容许使用微型、低成本电容器以及高度为 2mm 或更扁平的电感器。得益于它的小尺寸和高开关频率，用户仅需小于 0.2 平方英寸的印刷电路板面积就能实现完整 DC/DC 转换器功能。现在，多输出电源可为每个输出电压用一个单独稳压器，取代了以往采用单个稳压器和定制变压器的笨拙稳压方法。

恒定频率、内部补偿电流模式 PWM 架构导致低及可预测的输出噪声，使之容易滤除掉。LT1613 上的高压开关额定值为 36V，这使得该器件非常适合应用在高达 34V 的升压型转换器、以及单端主电感转换器 (SEPIC) 和回扫设计。在 SEPIC 设计中，该器件能够从 3.3V 的电源中产生 5V 电压和 200mA 电流，或者从四节碱性电池产生 5V 电压和 175mA 电流。

LT1613 采用 5 引脚 SOT-23 封装。

LT, LTC 和 L 是凌特公司的注册商标。

## 典型应用

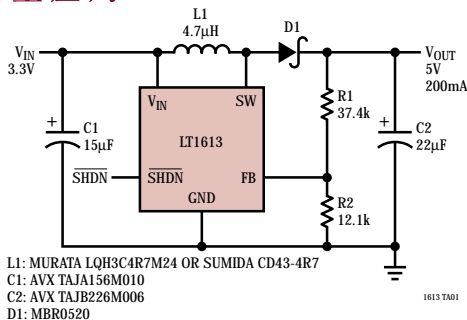
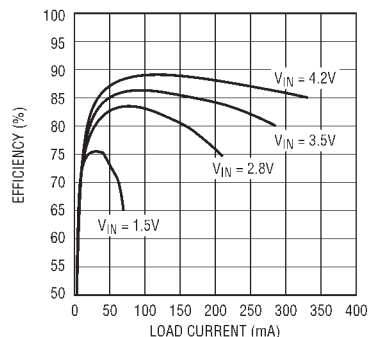


图1：3.3V 到 5V/200mA DC/DC 转换器

## 效率曲线图



## 绝对最大额定值

(注1)

$V_{IN}$ 电压 .....	10V
SW电压 .....	-0.4V 至36V
FB电压 .....	$V_{IN} + 0.3V$
进入FB引脚的电流 .....	$\pm 1mA$
$\overline{SHDN}$ 电压 .....	10V
最大结温 .....	125°C
工作环境温度范围	
商业用温度 .....	0°C 至 70°C
延伸商业用温度范围(注2) .....	-40°C 至 85°C
贮藏温度范围 .....	-65°C 至 150°C
引脚温度(焊接时间10秒) .....	300°C

## 封装 / 订购信息

<p>TOP VIEW SW 1      5 <math>V_{IN}</math> GND 2 FB 3      4 SHDN S5 PACKAGE 5-LEAD PLASTIC SOT-23</p>	产品型号
	LT1613CS5
	S5 型号标记
	LTED

关于工业元件，请咨询凌特公司。

## 电特性

凡标注●代表技术指标适合整个工作温度范围，否则指标是在  $T_A = 25^\circ C$ 。商业等级为 0°C 到 70°C， $V_{IN} = 1.5V$ ， $V_{SHDN} = V_{IN}$ ，除非另外注明。（注2）

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
最小工作电压			0.9	1.1	V	
最大工作电压				10	V	
反馈电压		●	1.205	1.23	1.255	V
FB引脚偏置电流		●	27	80	nA	
静态电流	$V_{SHDN} = 1.5V$		3	4.5	mA	
在停机时的静态电流	$V_{SHDN} = 0V, V_{IN} = 2V$		0.01	0.5	$\mu A$	
	$V_{SHDN} = 0V, V_{IN} = 5V$		0.01	1.0	$\mu A$	
基准电源稳压	$1.5V \leq V_{IN} \leq 10V$		0.02	0.2	%/V	
开关频率		●	1.0	1.4	1.8	MHz
最大占空比		●	82	86		%
开关电流限制	(注3)		550	800		mA
开关 $V_{CESAT}$	$I_{SW} = 300mA$		300	350		mV
开关泄漏电流	$V_{SW} = 5V$		0.01	1		$\mu A$
$\overline{SHDN}$ 高输入电压			1			
$\overline{SHDN}$ 低输入电压				0.3		V
$\overline{SHDN}$ 引脚偏置电流	$V_{SHDN} = 3V$		25	50		$\mu A$
	$V_{SHDN} = 0V$		0.01	0.1		$\mu A$

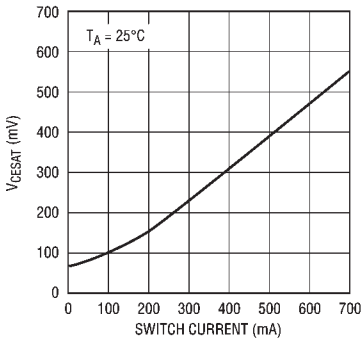
注1：绝对最大额定值是指器件超过这一个临界值可能会被损坏。

注2：在 0°C 至 70°C 温度范围内，保证 LT1613C 符合相关性能规格。但工作温度在 -40°C 至 85°C 范围，技术指标则靠设计、特征和相关的统计过程控制来保证。

注3：电流限制要靠设计和/或相关的统计测试来保证。

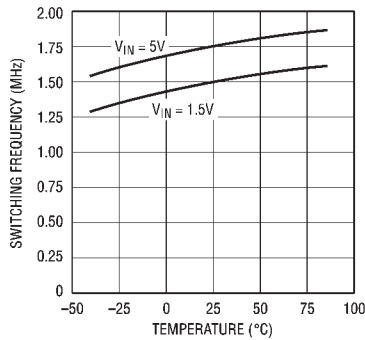
典型性能特征

开关 $V_{CESAT}$ 与开关电流关系图



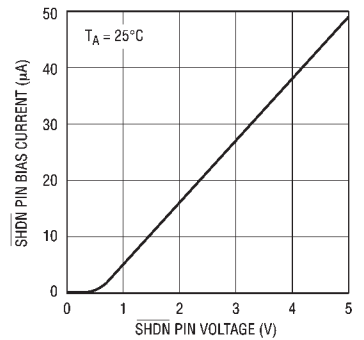
1613 G01

振荡频率与温度关系图



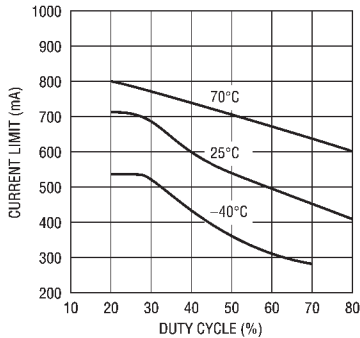
1613 G02

SHDN引脚电流与 $V_{SHDN}$ 关系图



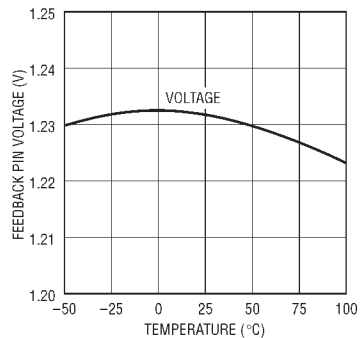
1613 G03

电流限制与占空比关系图



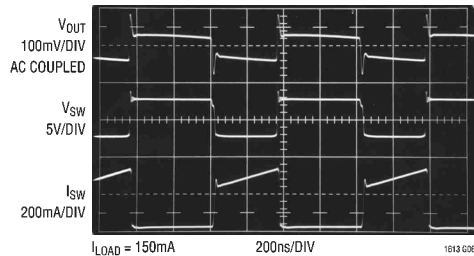
1613 G04

反馈引脚电压



1613 G05

图1电路的开关波形图



1613 G06

## 引脚功能

**SW (引脚 1) :** 开关引脚。这里连接电感器/二极管。尽量使SW引脚的引线面积减到最小以降低EMI。

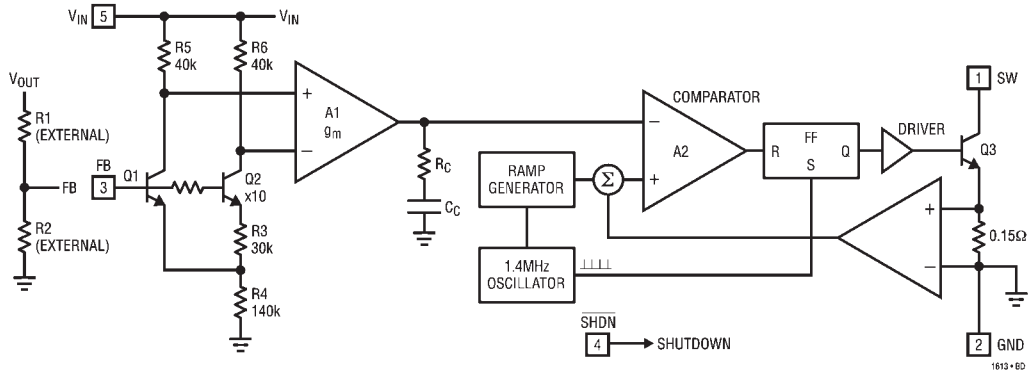
**GND (引脚 2) :** 地。直接与本地的接地面连接。

**FB (引脚 3) :** 反馈引脚。基准电压为1.23V。在这里连接电阻分压器的抽头。尽量使FB引脚的引线面积减到最小。根据  $V_{OUT} = 1.23V (1 + R1/R2)$  设置  $V_{OUT}$ 。

**SHDN (引脚 4) :** 停机引脚。与1V或更高电压相连以便激活器件。与地相连可关断器件。

**V<sub>IN</sub> (引脚 5) :** 输入电源引脚。必须在本地旁路。

## 方框图



## 工作原理

LT1613是一种电流模式、内部补偿、固定频率升压型开关稳压器。参照方框图可更了解它的工作原理。Q1和Q2组成一个带隙参考核，它的环路紧紧围绕稳压器的输出。由于R5和R6上的压降足够低，即使当 $V_{IN}$ 为1V时，Q1和Q2也不至饱和。当没有负载时，FB略微升高至1.23V以上，这将导致 $V_C$  (误差放大器的输出)下降。比较器A2的输出维持高电平，使开关Q3处于关断状态。随著输出负载增加将导致FB电压下降，所以A1的输出增加。通过 $V_C$ 节点可一个循环接一个循环地直接调整开关电流。正反器设置在每个开关周期的开端使开关导通。当代表开关电流以及斜坡发生器的信号总和(引入它是为了避免在占空因数大于50%时产生次级谐波振荡)超过 $V_C$ 信号时，比较器A2改变状态，从而使正反器复位并关

断开关。随著开关电流增加，更多的功率传递给输出端。由外部电阻分压器R1和R2衰减的输出电压出现在FB引脚上，从而闭合整个环路。频率补偿由 $R_C$ 和 $C_C$ 内部提供。在那些使用大容量或低ESR输出电容器的应用中，可通过在R1上并联一个相引导电容器 $C_{PL}$ 来优化瞬态响应。

当负载电流减小时，在每个循环开关导通的周期变短了。如果负载电流进一步减小，为了维持输出电压的稳定性，转换器将跳过循环。

## 布局

LT1613以很高的速度开关电流，这就要求在布局时格外小心，以便获得适当的性能。如果在布局

## 工作原理

时粗心大意，你将无法获得所描述的性能。图2推荐了一个升压转换器的元件放置方法，在你的PCB布局中，可周密地仿效这种方法。须注意开关环路的直接通道。输入电容器C1必须放置在靠近IC封装的位置 (<5mm)。小到如10mm的走线或从C<sub>IN</sub>到V<sub>IN</sub>之间的印刷电路迹将导致不能稳压或发生振荡这样的问题。

输出电容器C2的地端应当与LT1613的引脚2靠近连接，这样做能够减少接地铜片上的 di/dt，从而将高频尖峰减少到最低。为了避免接地引入的 di/dt，DC/DC 转换器的地应当仅在一个地方与印刷电路板的接地面相连。

图3给出了一个SEPIC (单端主感应转换器) 电路。该转换器的拓扑结构产生一个围绕输出(即能高于或低于)的稳压输出。图4建议了一个SEPIC的元件放置方案。

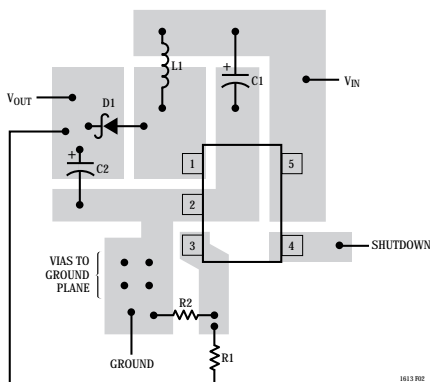


图2：建议的升压型转换器元件放置方法。注意采用宽PCB线迹作为直接的大电流通道。尽量减少引脚3 (FB) 的面积。利用过孔将本地接地面与系统接地面相连。为了避免在接地面中引入开关电流，采用图中所示的过孔。

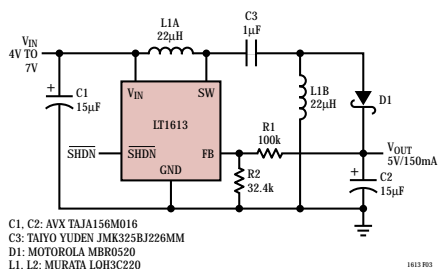


图3：单端主电感转换器 (SEPIC) 可从一个超过或低于5V的输入电压上产生5V电压

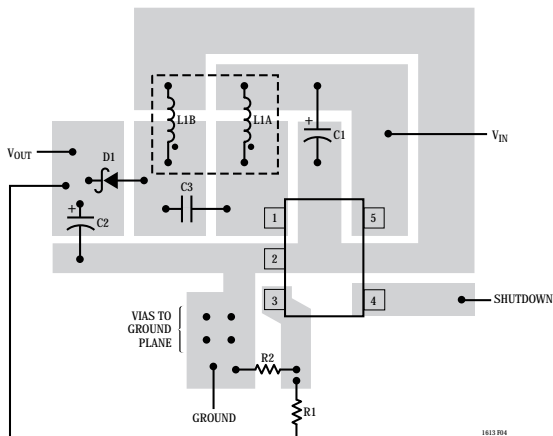


图4 \*\*建议的SEPIC元件放置方法

## 元件选择

### 电感器

配合LT1613使用的电应当具有约0.5A或更大的饱和电流额定值(这时的电感约为零电流电感的70%)。电感的DCR应为0.5Ω或更小。对于升压型转换器，当输入电压小于3.3V时，电感应为4.7µH，而当输入电压大于3.3V时，电感应为10µH。当将该器件用作SEPIC时，既可采用一个耦合电感或两个独立电感。如果采用独立电感，若输入电压大于3.3V，建议采用22µH的电感。耦合电感具备有益的互感，这样一个10µH耦合电感所导致的纹波电流与两个20µH非耦合电感所导致的相同。

## 工作原理

表1列出了几种可配合LT1613工作的电感器，当然这不是一个详尽的表格。许多电磁元件供应商所开发的元件也适合。

### 二极管

建议采用一个肖特基二极管配合LT1613使用。Motorola的MBR0520就是一个很好的选择。对于输入到输出电压差分超过20V的情况，可采用MBR0530（一个30V的二极管）。如果成本比效率更重要，可采用1N4148，但只适合小电流负载的情况。

### 电容器

输入旁路电容器必须放置在靠近输入引脚的位置上。ESR不是一个关键因素，并且在大多数情况下廉价钽电容也适合。

输出电容器的选择是非常重要的，该电容器的质量对输出电压纹波具有决定性影响。输出电容器必须具有足够大的容量以满足瞬态条件下的负载要求，并且它必须能够旁路掉来自二极管的开关成份电流。当该开关电流通过输出电容器的有限输出阻抗时，就会导致输出电压纹波。在LT1613的1.4MHz开关频率下，电容器应当具有较低的阻抗。在该频率下，阻抗通常由电容器的等效串联电阻（ESR）决定。选择一个较低ESR电容器将导致较小输出纹波。

如果考虑环路的稳定性，可采用陶瓷电容器配

合LT1613工作。钽电容器会有一些ESR，这将在稳压器环路中引起“零ESR”。这个零有益于环路稳定性。内部补偿的LT1613没有一个可以使用的补偿节点，但可采用其它电路技术来抵消零ESR损失，有关细节请参见下一节。

表2给出了一些适合配合LT1613使用的电容器类型。

### 采用陶瓷电容器的工作原理

因为LT1613是内部补偿的，当选择输出电容器时，必须认真考虑环路稳定性。小型低成本钽电容器具有一些ESR，这有助于提高稳定性。但是，由于陶瓷电容器具有接近零的ESR、小尺寸和成本合理等吸引人的特性，正变得越来越普及。简单地利用陶瓷电容器取代输出钽电容器，则可减小相容限；在有些情况下，会减小到不能接受的程度。若增加一只相引导电容（ $C_{PL}$ ）和隔离电阻器（R3），LT1613则能成功地配合陶瓷输出电容器使用，正如随后图中所描述的那样。

图5给出了一个从2.5V升高到5V的升压型转换器。输入和输出采用钽电容器（只要满足最小电容量的要求，输入电容器并不关键，它对环路稳定性的影响也较小）。图6给出了一个从50mA到100mA的负载台阶瞬态响应图。要注意由C2的ESR所引起的“双

**表1：电感器供应商一览表**

供应商	电话	网址	型号	说明
Sumida	(847) 956-0666	www.sumida.com	CLS62-22022 CD43-220	22 $\mu$ H 耦合 22 $\mu$ H
Murata	(404) 436-1300	www.murata.com	LQH3C-220 LQH3C-100 LQH3C-4R7	22 $\mu$ H, 2mm 高 10 $\mu$ H 4.7 $\mu$ H
Coiltronics	(407) 241-7876	www.coiltronics.com	CTX20-1	20 $\mu$ H 耦合, 低DCR

**表2：电容器供应商一览表**

供应商	电话	网址	型号	说明
Taiyo Yuden	(408) 573-4150	www.t-yuden.com	陶瓷电容器	X5R 介电质
AVX	(803) 448-9411	www.avxcorp.com	陶瓷电容器 钽电容器	
Murata	(404) 436-1300	www.murata.com	陶瓷电容器	

## 工作原理

重轨迹”。环路是稳定的，且稳定时间小于 $100\mu\text{s}$ 。在图7中， $C_2$ 被 $10\mu\text{F}$ 陶瓷电容器单元取代。此时，相容限显著减小，结果导致严重的欠阻尼响应发生。通过增加 $R_3$ 和 $C_{PL}$ ，可参见图8所示的电路，相

容限得到恢复；而图9给出了相同负载下的瞬态响应。由于寄生印刷电路线迹的电感， $R_3$ 将器件的FB引脚与在 $V_{OUT}$ 节点的快速上升沿隔离开。

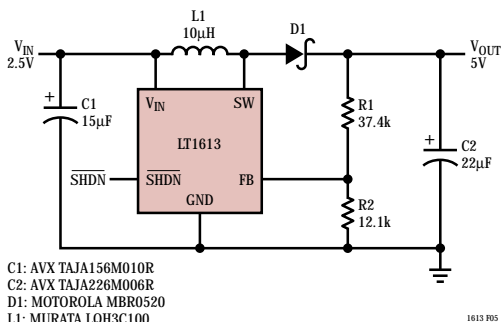


图5：从2.5V到5V的升压型转换器采用“A”类外型尺寸的输入和输出钽电容器。

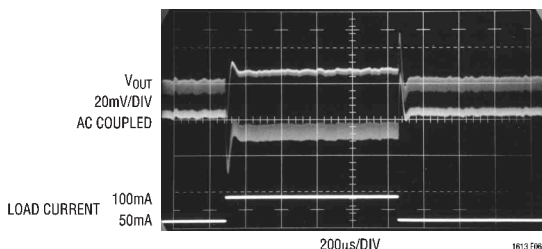


图6：采用 $22\mu\text{F}$ 输出钽电容器，从2.5V到5V升压型转换器的瞬态响应。由于流经电容器ESR的开关频率纹波电流，在 $V_{OUT}$ 上具有明显的双重轨迹。

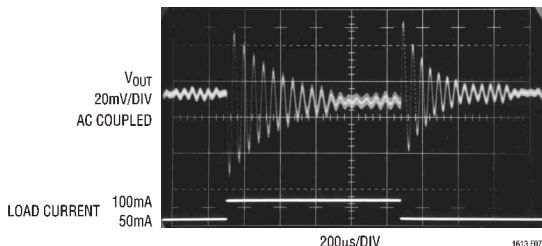


图7：从2.5V到5V的升压型转换器采用 $10\mu\text{F}$ 陶瓷输出电容器，没有 $C_{PL}$ 。

图10所示的电路给出了一个可供应高达130mA电流及从5V到12V的升压转换器的细节。对于一个从10mA到130mA的负载，图11中给出了一个没有 $C_{PL}$ 的瞬态响应。虽然震荡比前面的例子小，但响应依然欠阻尼并且能被改善。增加 $R_3$ 和 $C_{PL}$ 后，改善了瞬态响应可参见图12。

图13给出了一个将3V到10V输入转换成5V输出的SEPIC设计。对于一个从20mA到120mA的负载台阶，图14给出了没有 $C_{PL}$ 和 $R_3$ 的瞬态响应。增加这两个元件后，响应得到改善，如图15所示。

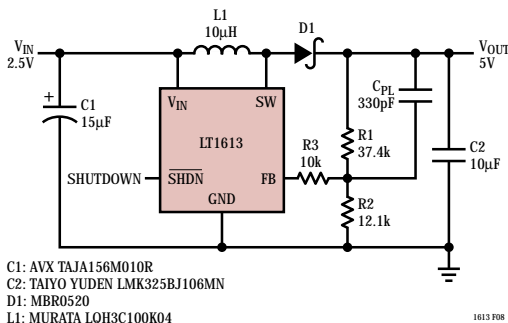


图8：从2.5V到5V的升压型转换器采用陶瓷输出电容器，增加 $C_{PL}$ 可提高相容限，用 $R_3$ 来隔离FB引脚和快速上升沿。

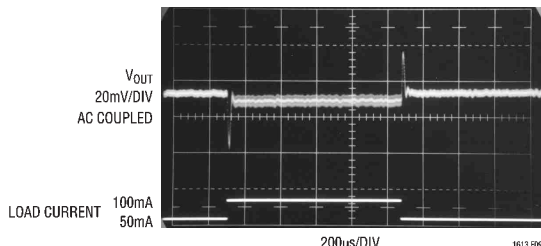


图9：从2.5V到5V的升压型转换器采用 $10\mu\text{F}$ 陶瓷输出电容器， $330\text{pF}$   $C_{PL}$ 以及与FB引脚串联的 $10\text{k}$ 电阻器。

## 工作原理

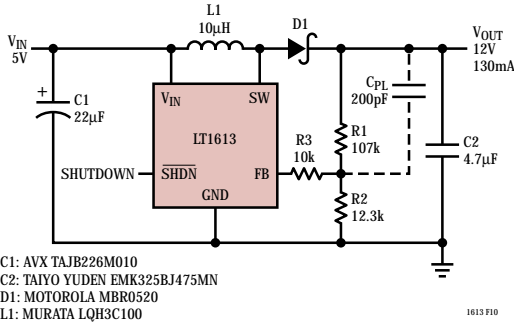


图 10：从5V到12V的升压型转换器采用4.7µF陶瓷输出电容器，加设  $C_{PL}$  可提高相容限。

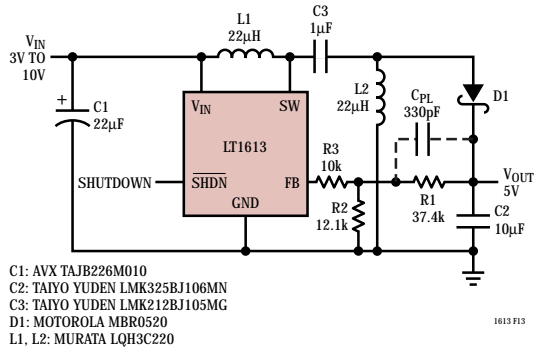


图 13：5V输出SEPIC采用陶瓷输出电容器， $C_{PL}$  增加相容限。

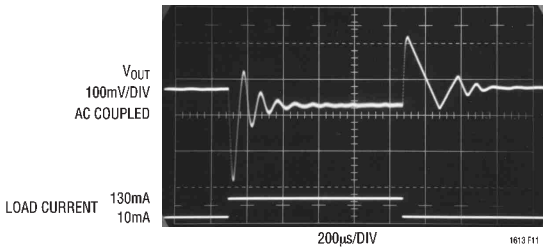


图 11：从5V到12V的升压型转换器采用4.7µF陶瓷输出电容器。

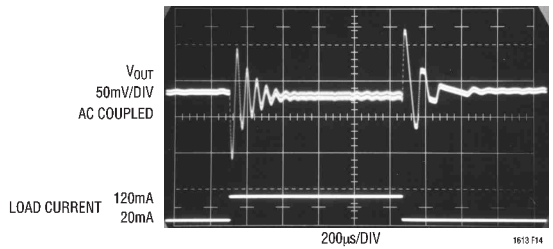


图 14：5V输出SEPIC采用10µF陶瓷输出电容器，没有  $C_{PL}$ ， $V_{IN} = 4V$ 。

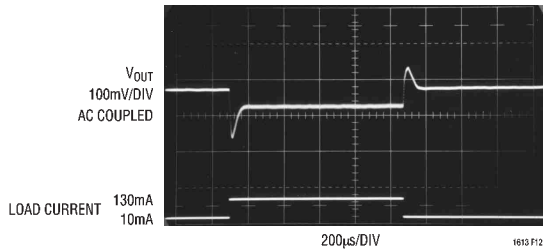


图 12：从5V到10V的升压型转换器采用4.7µF陶瓷输出电容器，200pF相引导电容器  $C_{PL}$  以及与FB引脚串联的10k电阻器。

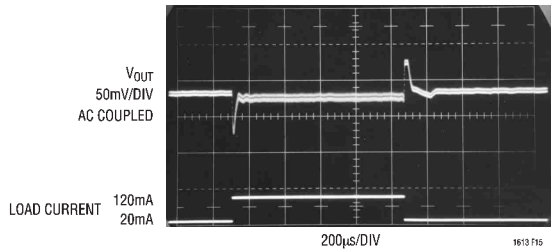


图 15：5V输出SEPIC采用10µF陶瓷输出电容器，330pF  $C_{PL}$  以及与FB引脚串联的10k电阻器。



## 工作原理

### 开启/软启动

当 LT1613 SHDN 引脚电压升高时，器件的开关电流迅速增加，直至达到内部电流限制。输入电流一直保持这个水平，直到输出电容器充电至最终输出电压。开关电流可超过 1A。图 16 的示波器图详细给出了图 17 中没有任何软启动的 SEPIC 进入 50Ω 负载时的开启波形。输出电压在大约 200 μs 的时间里达到最终值，同时输入电流达到 400mA。SEPIC 里的开关电流 2 倍于输入电流，这样开关要传导大约 800mA 的峰值电流。

通过延长达到最终输出电压的时间，软启动可减少侵入电流。图 17 所示了由 Q1、RS1、RS2 和 CS1 所构成的软启动电路，可用来将侵入电流限制在较低值上。图 18 给出了 VOUT 和具有 33kΩ RS2、10nF CS 的

输入电流。当要求达到最终值的时间增加到 1.7ms 时，输入电流的峰值被限制在 200mA。在图 19 中，CS 增加到 33nF。输入电流不超过器件用来为 50Ω 负载供电的稳态电流。开启时间增加到 4.3ms。对于更缓慢的斜坡，如果愿意的话，可进一步提高 CS。

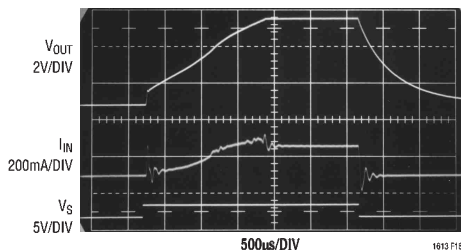


图 18：在图 17 的 SEPIC 中，软启动元件可减少侵入电流。CS = 10nF, RLOAD = 50Ω

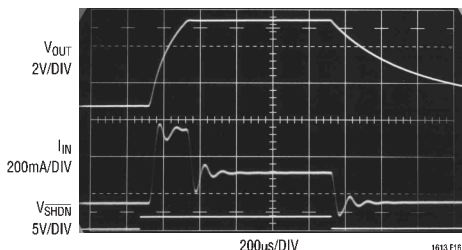


图 16：图 17 的 SEPIC 进入 50Ω 负载的软启动波形。

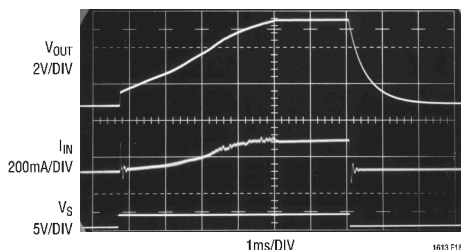


图 19：将 CS 增加到 33nF，将进一步减小侵入电流。RLOAD = 50Ω

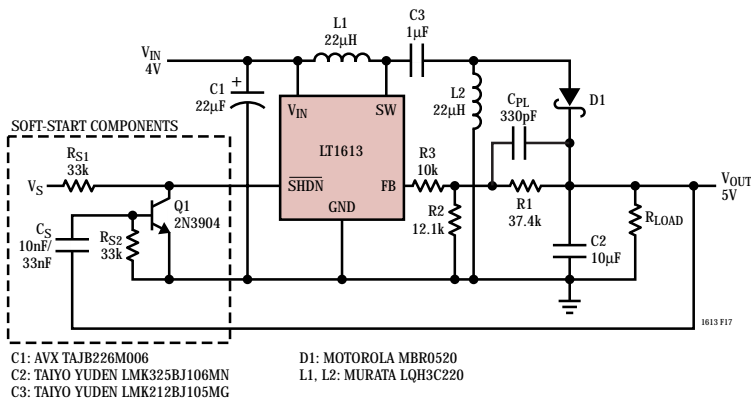
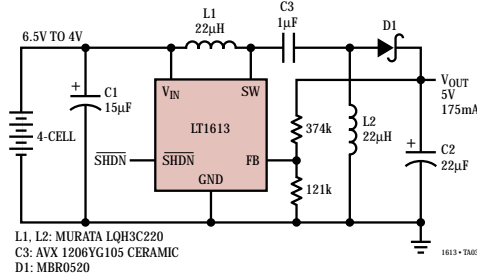


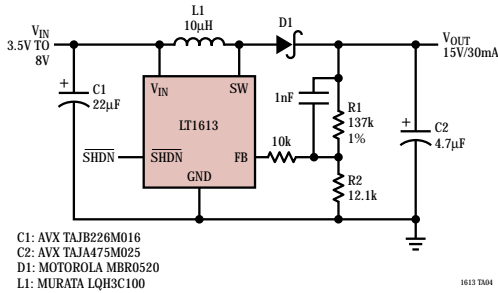
图 17：具有软启动元件的 5V SEPIC。

## 典型应用

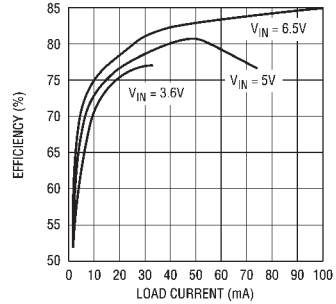
### 从4节电池到5V的SEPIC DC/DC转换器



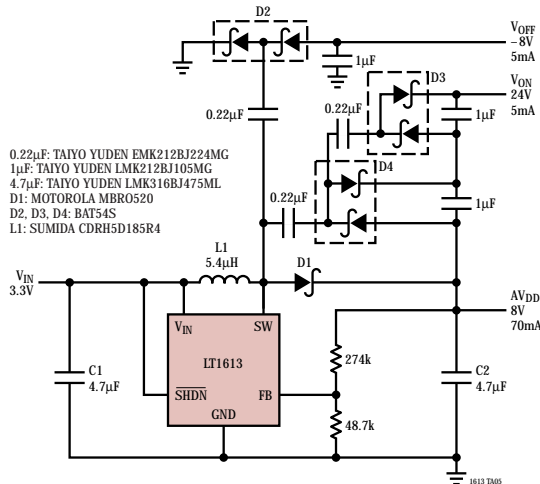
### 从4节电池到15V/30mA的DC/DC转换器



### 效率曲线图

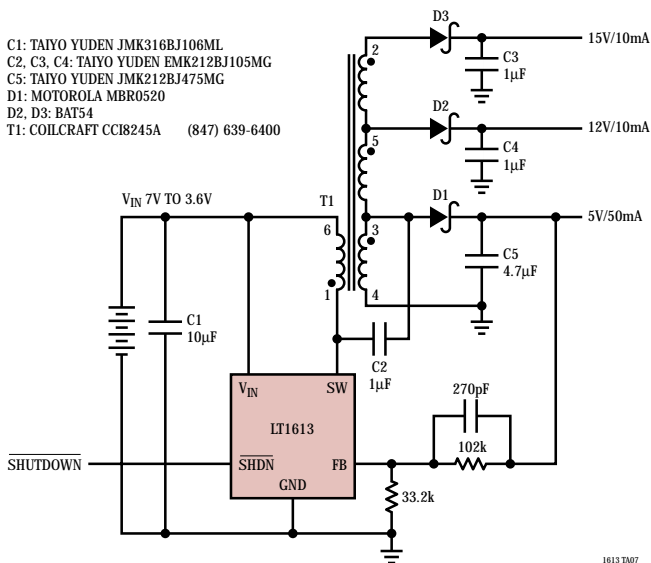


### 从3.3V到8V/70mA、-8V/5mA和24V/5mA的TFT LCD偏置电源全部采用陶瓷电容器

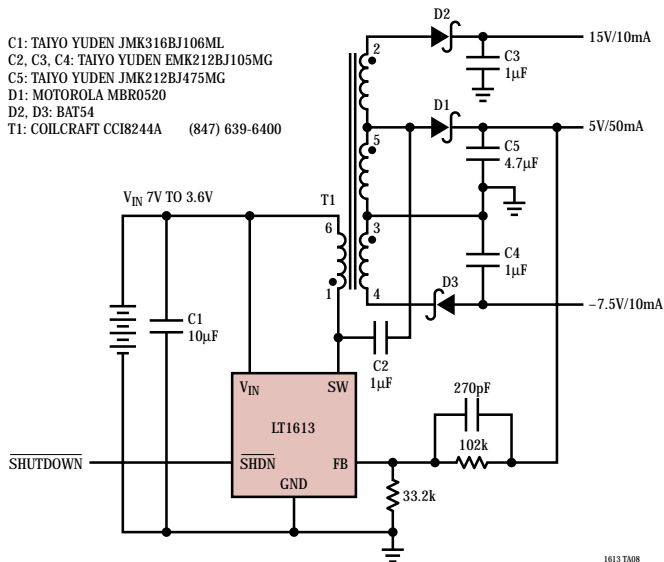


典型应用

从 4 节电池到 5V/50mA、12V/10mA 和 15V/10mA 的数码相机电源

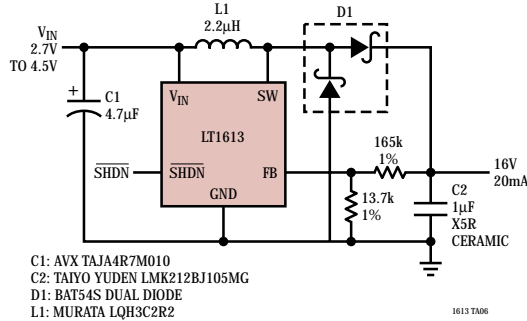


从 4 节电池到 5V/50mA、15V/10mA 和 -7.5V/10mA 的数码相机电源



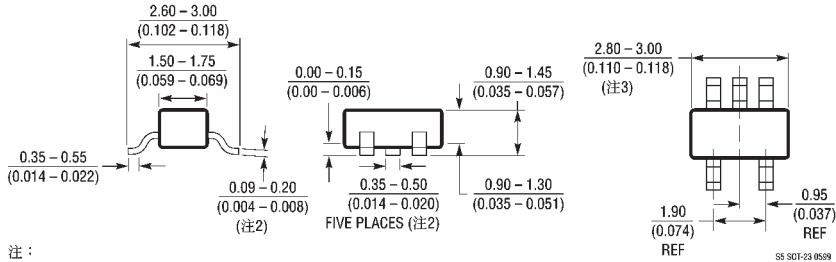
## 典型应用

### 从锂离子电池到 16V/20mA 的升压型 DC/DC 转换器



## 封装描述 除非特别注明，所有尺寸都以英寸 (mm) 为单位。

### S5封装 5引脚 SOT-23塑料封装 (LTC DWG # 05-08-1633)



## 相关器件

型号	描述	说明
LT1307	单节电池微功率 DC/DC	从 1V 获得 3.3V/75mA；600kHz 固定频率
LT1317	节电池微功率 DC/DC	从两节电池中获得 3.3V/200mA；600kHz 固定频率
LTC1474	低静态电流、高效率降压型转换器	效率为 94%，10µA I <sub>Q</sub> ，从 9V 到 5V/250µA
LT1521	具有微功率静态电流和关断的 300mA 低压降稳压器	500mV 压降，300mA 输出电流，12µA I <sub>Q</sub>
LTC1517-5	微功率稳压充电泵	从 3 节电池到 5V/20mA，SOT-23 封装，6µA I <sub>Q</sub>
LT1610	1.7MHz 单节电池微功率 DC/DC 转换器	30µA I <sub>Q</sub> ，MSOP 封装，内部补偿
LT1611	反相 1.4MHz 开关稳压器	从 5V 到 -5V/150mA，低输出噪声
LT1615/LT1615-1	采用 5 引脚 SOT-23 封装的微功率 DC/DC 转换器	从 2.5V 输入获得 20V/12mA，微型 SOT-23 封装