

# 采用 ThinSOT 封装的 2.25MHz、800mA 同步降压型稳压器

## 特点

- 高效率：效率高达 95%
- 低输出纹波 (<20mV<sub>p-p</sub>) 突发模式 (Burst Mode<sup>®</sup>) 操作：I<sub>Q</sub> = 16μA
- 2.5V 至 5.5V 输入电压范围
- 2.25MHz 恒定频率操作
- 可同步至外部时钟
- 无需肖特基二极管
- 可在采用陶瓷电容器的情况下保持稳定
- 低压差操作：100% 占空比
- 0.6V 基准允许低输出电压
- 停机模式吸收的电源电流 <1μA
- ±2% 输出电压准确度
- 旨在获得卓越的电压和负载瞬态响应的电流模式操作
- 过热保护
- 扁平 (高度仅 1mm) ThinSOT™ 封装

## 应用

- 蜂窝电话
- 无线和 DSL 调制解调器
- 数码相机
- 媒体播放器
- 便携式仪器

## 描述

LTC<sup>®</sup>3560 是一款采用恒定频率、电流模式架构的高效率、单片式同步降压型稳压器。操作期间的电源电流仅 16μA，并在停机模式中降至 <1μA。2.5V 至 5.5V 的输入电压范围使得 LTC3560 成为单节锂离子/锂聚合物电池供电型应用的理想选择。100% 占空比能力实现了低压差操作，并延长了便携式系统中的电池使用寿命。

在内部将开关频率设定为 2.25MHz，因而允许采用小型表面贴装电感器和电容器。对于那些对噪声敏感的应用，可从外部使 LTC3560 拥有 1MHz 至 3MHz 的同步范围。在同步期间或当 SYNC/MODE 引脚被拉至高电平时，突发模式操作被禁用，以防止低频纹波干扰音频电路。

内部同步开关提升了效率，并免除了增设一个外部肖特基二极管的需要。利用 0.6V 反馈基准电压能够容易地对低输出电压提供支持。LTC3560 采用扁平 (高度仅 1mm) ThinSOT 封装。

LT、LTC、LT 和 Burst Mode 是凌力尔特公司的注册商标。

ThinSOT 是凌力尔特公司的商标。

所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

受包括第 6580258、5481178、5994885、6304066、6498466 和 6611131 号美国专利的保护。

## 典型应用

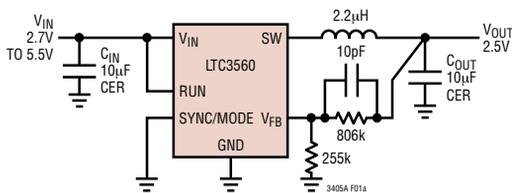


图 1a：高效率降压型转换器

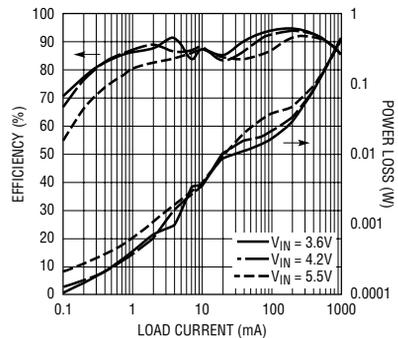


图 1b：效率与负载电流的关系曲线

# LTC3560

## 绝对最大额定值 (注1)

输入电源电压 .....	-0.3V 至 6V
SYNC/MODE, RUN, V <sub>FB</sub> 电压 .....	-0.3V 至 V <sub>IN</sub>
SW 电压 (DC) .....	-0.3V 至 (V <sub>IN</sub> + 0.3V)
P 沟道开关供电电流 (DC) (注 6) .....	1.2A
N 沟道开关吸收电流 (DC) (注 6) .....	1.2A
峰值 SW 吸收和供电电流 (注 6) .....	2.1A
工作温度范围 (注 2) .....	-40°C 至 85°C
结温 (注 3) .....	125°C
贮存温度范围 .....	-65°C 至 150°C
引脚温度 (焊接时间 10 秒) .....	300°C

## 封装/订购信息

TOP VIEW

RUN 1    6 SYNC/MODE

GND 2    5 V<sub>FB</sub>

SW 3    4 V<sub>IN</sub>

S6 PACKAGE  
6-LEAD PLASTIC TSOT-23  
T<sub>JMAX</sub> = 125°C, θ<sub>JA</sub> = 250°C/W

产品型号	S6 器件标记
LTC3560ES6	LTCFY
<b>订购选项</b> 卷带: 加 #TR 无铅型: 加 #PBF 无铅型卷带: 加 #TRPBF 无铅型器件标记: <a href="http://www.linear.com/leadfree/">http://www.linear.com/leadfree/</a>	

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌力尔特公司。

## 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<sub>A</sub> = 25°C。V<sub>IN</sub> = 3.6V, 除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
I <sub>VFB</sub>	反馈电流		●		±30	nA	
I <sub>PK</sub>	峰值电感器电流	V <sub>IN</sub> = 3V, V <sub>FB</sub> = 0.5V, 占空比 < 35%		1.0	1.5	2.0	A
V <sub>FB</sub>	已调反馈电压	(注 4)	●	0.588	0.6	0.612	V
ΔV <sub>FB</sub>	基准电压调节	V <sub>IN</sub> = 2.5V 至 5.5V (注 4)	●		0.04	0.4	%/V
V <sub>LOADREG</sub>	输出电压负载调节				0.5		%
V <sub>IN</sub>	输入电压范围		●	2.5		5.5	V
I <sub>S</sub>	输入 DC 偏置电流 脉冲跳跃模式 突发模式操作 待机模式	(注 5) V <sub>FB</sub> = 0.63V, MODE = 高电平, I <sub>LOAD</sub> = 0A V <sub>FB</sub> = 0.63V, MODE = 低电平, I <sub>LOAD</sub> = 0A V <sub>RUN</sub> = 0V, V <sub>IN</sub> = 5.5V			200 16 0.1	300 30 1	μA μA μA
f <sub>OSC</sub>	振荡器频率	V <sub>FB</sub> = 0.6V	●	1.8	2.25	2.7	MHz
f <sub>SYNC</sub>	SYNC 频率范围		●	1		3	MHz
R <sub>PFET</sub>	P 沟道 FET 的 R <sub>DS(ON)</sub>	I <sub>SW</sub> = 100mA			0.23	0.35	Ω
R <sub>NFET</sub>	N 沟道 FET 的 R <sub>DS(ON)</sub>	I <sub>SW</sub> = -100mA			0.21	0.35	Ω
I <sub>LSW</sub>	SW 漏电流	V <sub>RUN</sub> = 0V, V <sub>SW</sub> = 0V 或 5.5V, V <sub>IN</sub> = 5.5V			±0.01	±1	μA
V <sub>RUN</sub>	RUN 门限		●	0.3	1	1.5	V
I <sub>RUN</sub>	RUN 漏电流		●		±0.01	±1	μA
V <sub>SYNC/MODE</sub>	SYNC/MODE 门限		●	0.3	1.0	1.5	V
I <sub>SYNC/MODE</sub>	SYNC/MODE 漏电流		●		±0.01	±1	μA
t <sub>SOFTSTART</sub>	软起动时间	V <sub>FB</sub> 从 10% 至 90% 全标度		0.6	0.9	1.2	ms

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: LTC3560E 在 0°C 至 85°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的相关性来保证。

## 电特性

注3：T<sub>J</sub> 根据以下公式由环境温度 T<sub>A</sub> 和功耗 P<sub>D</sub> 计算而得：

$$LTC3560: T_J = T_A + (P_D) (250^{\circ}C/W)$$

注4：LTC3560 在一个将 V<sub>FB</sub> 连接至误差放大器输出端的专有测试模式中进行测试。

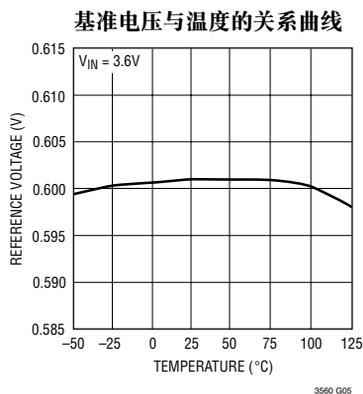
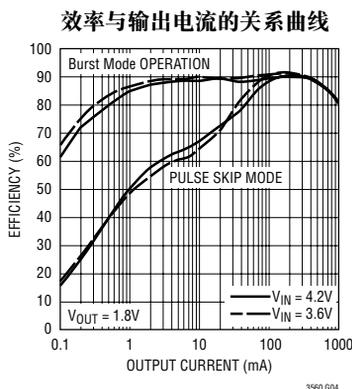
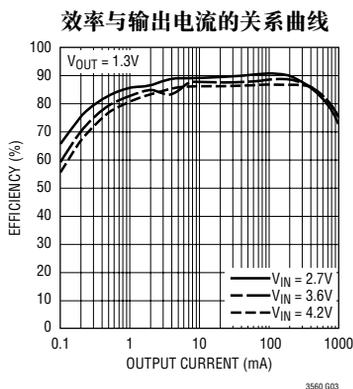
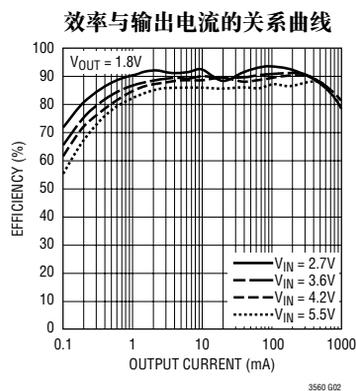
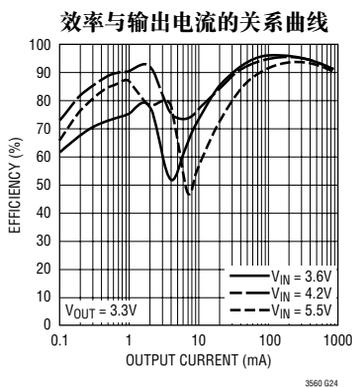
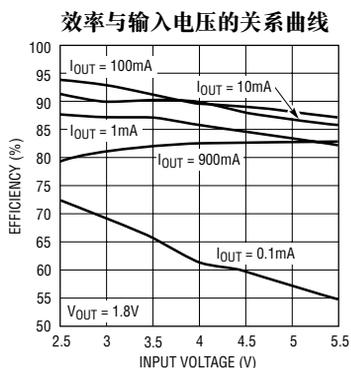
注5：由于以开关频率输送的栅极电荷的缘故，动态电源电流更高。

注6：由长期电流密度极限来提供保证。

注7：该 IC 具有用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。当过热保护功能生效时，结温将超过 125°C。连续工作于规定的最大工作结温以上有可能损害器件的可靠性。

## 典型性能特征

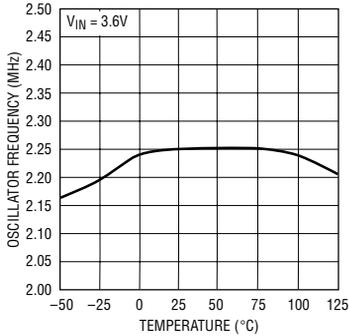
(由图 1a 所示的典型应用电路得出，只是阻性分压电阻器的阻值有所不同)



## 典型性能特征

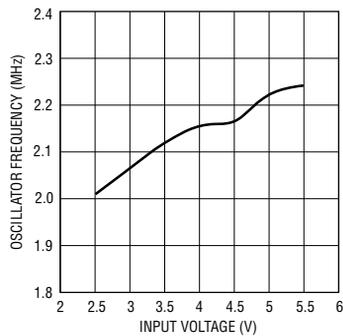
(由图 1a 所示的典型应用电路得出，只是阻性分压电阻器的阻值有所不同)

振荡器频率与温度的关系曲线



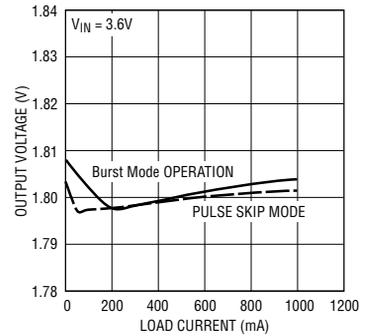
3560 G06

振荡器频率与电源电压的关系曲线



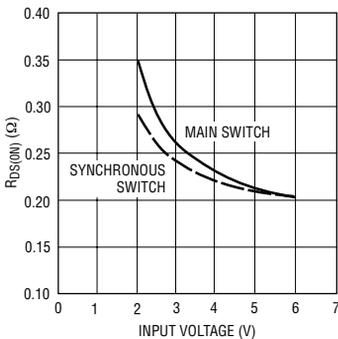
3560 G07

输出电压与负载电流的关系曲线



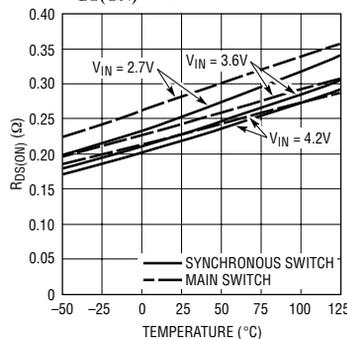
3560 G08

$R_{DS(ON)}$  与输入电压的关系曲线



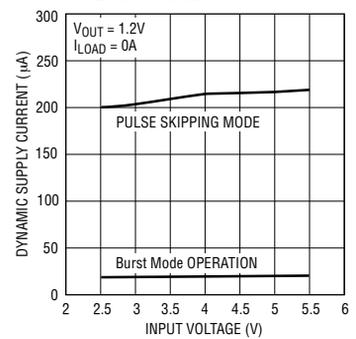
3560 G10

$R_{DS(ON)}$  与温度的关系曲线



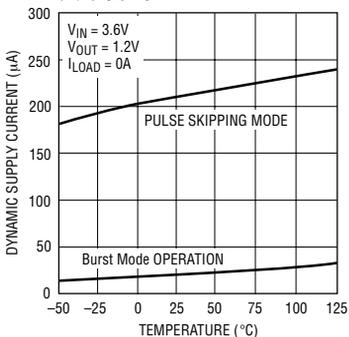
3560 G09

动态电源电流



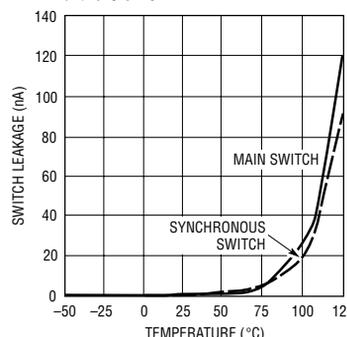
3560 G12

动态电源电流与温度的关系曲线



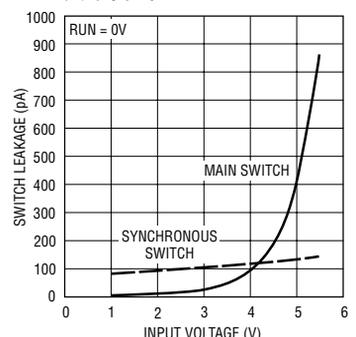
3560 G11

开关漏电流与温度的关系曲线



3560 G13

开关漏电流与输入电压的关系曲线

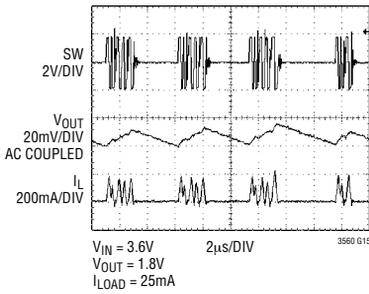


3560 G14

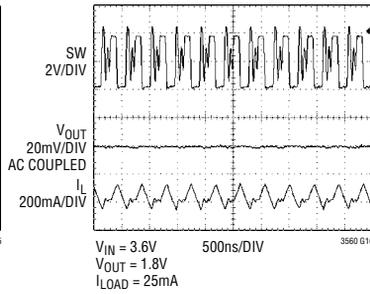
## 典型性能特征

(由图 1a 所示的典型应用电路得出，只是阻性分压电阻器的阻值有所不同)

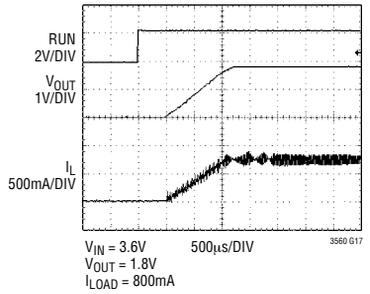
突发模式操作



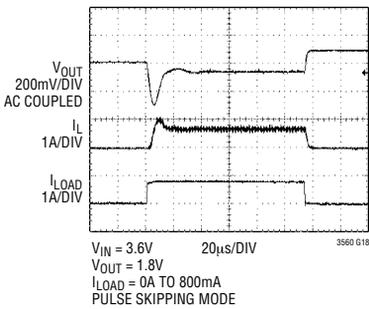
脉冲跳跃模式操作



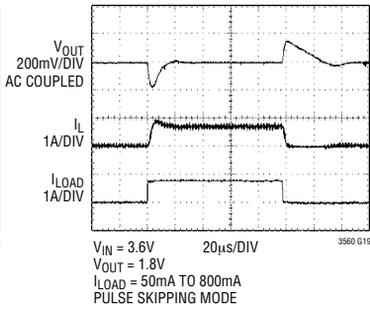
从停机模式启动



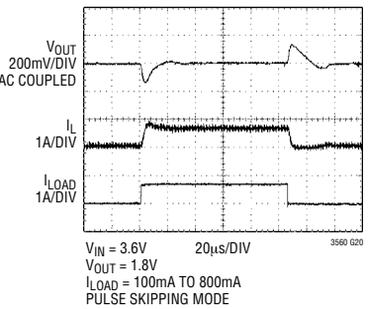
负载阶跃



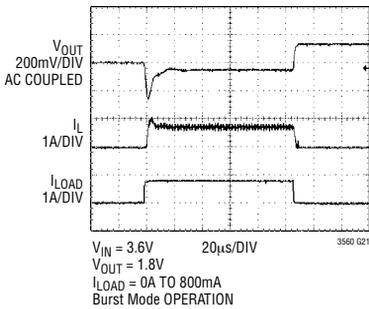
负载阶跃



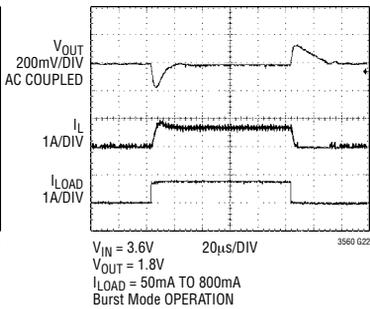
负载阶跃



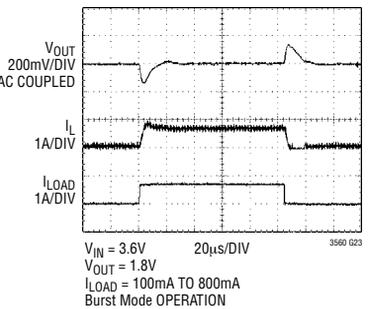
负载阶跃



负载阶跃



负载阶跃





## 工作原理 (参阅功能示意图)

### 主控制环路

LTC3560 采用一种恒定频率、电流模式降压型架构。内置主 (P 沟道 MOSFET) 和同步 (N 沟道 MOSFET) 开关。在正常操作过程中, 当振荡器设置 RS 锁存器时, 内部顶端功率 MOSFET 每个周期都导通, 而当电流比较器  $I_{COMP}$  使 RS 锁存器复位时则关断。 $I_{COMP}$  使 RS 锁存器复位的峰值电感器电流由误差放大器 EA 的输出来控制。如“引脚功能”部分所述,  $V_{FB}$  引脚允许 EA 从一个外部阻性分压器来接收输出反馈电压。当负载电流增加时, 它将导致反馈电压相对 0.6V 基准发生轻微的下降, 而这又会使 EA 放大器的输出电压升高, 直到平均电感器电流与新的负载电流相匹配为止。当顶端 MOSFET 关断时, 底端 MOSFET 接通, 直到电感器电流开始反向(由电流反向比较器  $I_{RCMP}$  来指示) 或下一个时钟周期开始为止。

把 RUN 引脚接地将关断主控制环路, 从而使内部软起动电路复位。重新使能主控制环路(通过把 RUN 引脚拉至高电平来实现) 将启动内部软起动电路, 该电路将使输出电压在约 0.9ms 的时间里缓慢上升, 直至其达到稳压状态为止。

### 突发模式操作

LTC3560 能够进行突发模式操作, 在该模式中, 内部功率 MOSFET 可根据负载要求进行间歇式操作。如欲使能突发模式操作, 只需将 SYNC/MODE 引脚连接至 GND 即可。如需停用突发模式操作并启用 PWM 脉冲跳跃模式, 则应将 SYNC/MODE 引脚连接至  $V_{IN}$  或采用一个逻辑高电平 ( $V_{MODE} > 1.5V$ ) 对其进行驱动。在该模式中, 轻负载条件下的效率较低, 但是, 当输出负载超过 100mA 时, 效率将变得与突发模式操作时相差无几。脉冲跳跃模式的优点是输出纹波较小, 且对音频电路的干扰较轻。

当转换器处于突发模式操作状态时, 电感器的最小峰值电流被设定为 150mA 左右, 这与输出负载无关。每个突发过程的持续时间可以从轻负载条件下的几个周期到中等负载条件下带短暂睡眠间隔的几乎连续循环。在这些突发过程之间, 功率 MOSFET 以及任何不需要的电路均被关断, 从而将静态电流降至 16 $\mu$ A。在该睡眠状态下, 负载电流全部由输出电容器提供。随着输出电压的下降, EA 放大器的输出升至睡眠门限之上, 这时向 BURST 比较器发送跳变指示信号, 并接通顶端 MOSFET。该过程的重复频率取决于负载要求。

### 频率同步

当采用一个外部信号源对 LTC3560 进行定时的的时候, 停用突发模式操作; LTC3560 随后工作于 PWM 脉冲跳跃模式。在该模式中, 当输出负载非常低时, 电流比较器  $I_{COMP}$  有可能在多个周期中保持跳变状态, 并强制主开关在数目相同的周期中处于关断状态。略微增加输出负载将允许恢复恒定频率 PWM 操作。该模式具有低输出纹波和低音频噪声, 降低了 RF 干扰, 并提供了合理的低电流效率。

### 压降方式操作

当输入电源电压降至一个接近输出电压的数值时, 占空比向最大接通时间增加。电源电压的进一步降低将使主开关在超过一个周期的时间里保持导通状态, 直到占空比达到 100% 为止。这样, 输出电压将由输入电压与 P 沟道 MOSFET 和电感器两端的压降之差来决定。

另一个需要牢记的重要细节是, 在低输入电源电压条件下, P 沟道开关的接通电阻  $R_{DS(ON)}$  增大(请参见“典型性能特征”)。因此, 当 LTC3560 在 100% 的占空比及低输入电压的条件下使用时, 用户应计算功耗(请参见“应用信息”部分中的“热考虑”)。

## 工作原理 (参阅功能示意图)

### 斜率补偿和电感器峰值电流

斜率补偿通过防止在高占空比条件下发生子谐波振荡，在恒定频率架构中提供稳定性。在占空比超过 40% 的情况下，这是通过在内部给电感器电流信号增加一个补偿斜坡来实现的。一般来说，这会

在占空比 > 40% 时导致最大电感器峰值电流有所下降。但是，LTC3560 采用了一种专利电路，这种电路能够抵消该补偿斜坡，从而使得最大电感器峰值电流在各种占空比条件下都不会受到影响。

## 应用信息

图 1 示出了 LTC3560 的基本应用电路。外部元件的选择受负载要求的驱使，首先选择的是电感 L，然后再选择 C<sub>IN</sub> 和 C<sub>OUT</sub>。

于大多数应用来说，采用一个额定电流为 960mA 的电感器应该是足够了(800mA + 160mA)。为了获得更高的效率，请选用一个具有低 DC 电阻的电感器。

### 电感器的选择

对于大多数应用而言，电感值将位于 1μH 至 3.3μH 的范围内。其数值的选择基于期望的纹波电流。采用大数值的电感器可降低波纹电流，而小数值的电感器则会导致较高的纹波电流。如 (1) 式所示，较高的 V<sub>IN</sub> 或 V<sub>OUT</sub> 也将使纹波电流增大。用于设定纹波电流的一个合理的起始点为 ΔI<sub>L</sub> = 320mA (即 800mA 的 40%)。

$$\Delta I_L = \frac{1}{(f)(L)} V_{OUT} \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (1)$$

电感器的额定 DC 电流应至少等于最大负载电流与一半纹波电流之和，以防止磁芯饱和。因此，对

电感值对突发模式操作也有影响。当电感器电流峰值降至 200mA 左右时，将开始过渡至低电流操作。较小的电感值(较高的 ΔI<sub>L</sub>)将在较低的负载电流条件下触发这一现象，这会导致低电流操作上区段的效率下降。在突发模式操作中，较小的电感值将使突发脉冲频率增加。

### 电感器磁芯选择

不同的磁芯材料和形状将改变一个电感器的尺寸/电流和价格/电流关系。采用铁氧体或坡莫合金材料的环形芯或屏蔽式罐形磁芯体积小且不辐射太多的能量，但其价格一般比具有相似电特性的铁粉磁芯电感器要高。选用的电感器的类型往往更多地取

表 1：具有代表性的表面贴装电感器

制造商	器件型号	数值	最大 DC 电流	DCR	高度
Toko	A960AW-1R2M-518LC	1.2μH	1.8A	46mΩ	1.8mm
	A960AW-2R3M-518LC	2.3μH	1.5A	63mΩ	1.8mm
	A997AS-3R3M-DB318L	3.3μH	1.2A	70mΩ	1.8mm
Sumida	CDRH2D11/HP-1R5	1.5μH	1.35A	64mW	1.2mm
	CDRH3D11/HP-1R5	1.5μH	2A	80mW	1.2mm
	CDRH2D18/HP-2R2	2.2μH	1.6A	48mW	2.0mm
	CDRH2D14-3R3	3.3μH	1.2A	100mW	1.55mm
TDK	VLF3010AT-1R5M1R2	1.5μH	1.2A	68mW	1.0mm
	VLF3010AT-2R2M1R0	2.2μH	1.0A	100mW	1.0mm
Coilcraft	D01608C-222	2.2μH	2.3A	70mW	3.0mm
	LP01704-222M	2.2μH	2.4A	120mW	1.0mm
Cooper	SD3112-2R2	2.2μH	1.1A	140mW	1.2mm
EPCO	B82470A1222M	2.2μH	1.6A	90mW	1.2mm

## 应用信息

决于价格与尺寸要求的相互关系以及任何的辐射场/EMI 要求，而非 LTC3560 的操作要求。表 1 罗列了一些在 LTC3560 应用中使用情况良好的典型表面贴装电感器。

### C<sub>IN</sub> 和 C<sub>OUT</sub> 的选择

在连续工作方式中，顶端 MOSFET 的源极电流是占空比 V<sub>OUT</sub>/V<sub>IN</sub> 的一个方波。为防止发生大电压瞬变，必须采用一个按最大 RMS 电流选取的低 ESR 输入电容器。最大 RMS 电容器电流由下式给出：

$$C_{IN} \text{ 要求的 } I_{RMS} \cong I_{OMAX} \frac{\left[ V_{OUT} (V_{IN} - V_{OUT}) \right]^{1/2}}{V_{IN}}$$

该公式在 V<sub>IN</sub> = 2V<sub>OUT</sub> 时具有最大值，此时，I<sub>RMS</sub> = I<sub>OUT</sub>/2。这一简单的最坏情况是设计中常用的，因为即使明显偏离也不会有多大的变化。请注意，电容器制造商所提供的额定纹波电流通常是基于使用寿命仅 2000 小时这种情形的。这样，建议在选择电容器时降低额定值使用，或选择一个比所要求的额定温度更高的电容器。如果有任何的问题，请向制造商咨询。

C<sub>OUT</sub> 的选择受所要求的有效串联电阻 (ESR) 的驱使。一般来说，一旦 C<sub>OUT</sub> 的 ESR 要求得到满足，则额定 RMS 电流通常将远远超过 I<sub>ripple(P-P)</sub> 要求。输出纹波 ΔV<sub>OUT</sub> 由下式决定：

$$\Delta V_{OUT} \cong \Delta I_L \left( ESR + \frac{1}{8fC_{OUT}} \right)$$

式中的 f = 工作频率，C<sub>OUT</sub> = 输出电容，ΔI<sub>L</sub> = 电感器中的纹波电流。对于一个固定的输出电压，输出纹波在最大输入电压条件下是最高，因为 ΔI<sub>L</sub> 随输入电压的增加而增加。

如果采用钽电容器，则关键是电容器须经浪涌测试，以便应用于开关电源。AVX TPS 系列表面贴

装钽电容器是一种极佳的选择。这些电容器专为低 ESR 而制造和测试，因此，在给定的体积情况下，它们可提供最低的 ESR。其他型号的电容器包括 Sanyo POSCAP、Kemet T510 和 T495 系列以及 Sprague 593D 和 595D 系列。请咨询制造商，以了解其他特定的推荐选择方案。

### 采用陶瓷输入和输出电容器

较高数值、较低成本的陶瓷电容器现已可采用更小的外壳尺寸。它们所具有的高纹波电流、高额定电压和低 ESR 使其成为开关稳压器应用的理想选择。由于 LTC3560 控制环路的稳定操作与输出电容器的 ESR 无关，因此，可以直接使用陶瓷电容器来获得非常低的输出纹波以及很小的电路尺寸。

然而，当在输入端和输出端采用陶瓷电容器时必须谨慎。当在输入端上采用了一个陶瓷电容器，且电源由一个交流适配器通过长电线来提供的时候，输出端上的一个负载阶跃有可能在输入端 V<sub>IN</sub> 上引起振铃。在最佳的情况下，该振铃会耦合至输出并被错误地当作是环路的不稳定性。而在最坏的情况下，通过长电线突然涌入的电流有可能在 V<sub>IN</sub> 上引发一个足以使器件损坏的大电压尖峰。

在选择输入和输出陶瓷电容器的时候，请选择 X5R 或 X7R 电介质组成。在所有的陶瓷电容器中，对于给定的数值和尺寸，这两种电容器具有最佳温度的电压特性。

### 输出电压设置

输出电压由一个阻性分压器根据以下公式来设置：

$$V_{OUT} = 0.6V \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (2)$$

如图 2 所示，外部阻性分压器被连接至输出端，允许对该电压进行远端感测。

## 应用信息

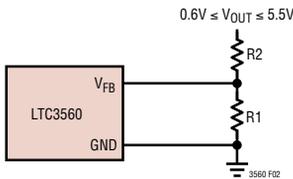


图 2：设定 LTC3560 输出电压

### 效率的考虑

开关稳压器的效率等于输出功率与输入功率相除所得的商再乘以 100%。分析单独损耗分量以确定效率的限制因素以及做出何种变更能够实现最大的改进往往很有用处。效率可表达为：

$$\text{效率} = 100\% - (L1 + L2 + L3 + \dots)$$

式中的 L1、L2 ... 等等是输入功率百分比的单独损耗。

尽管电路中所有的耗能元件都会产生损耗，但在 LTC3560 电路中，大部分损耗通常来源于两个主要因素： $V_{IN}$  静态电流和  $I^2R$  损耗。在非常低的负载电流条件下，效率损失主要由  $V_{IN}$  静态电流损耗造成；而在中等至高负载电流条件下，效率损失则主要由  $I^2R$  损耗造成。在一个典型的效率曲线图中，非常低负载电流条件下的效率曲线可能会起误导作用，因为实际的功耗无关紧要，如图 3 所示。

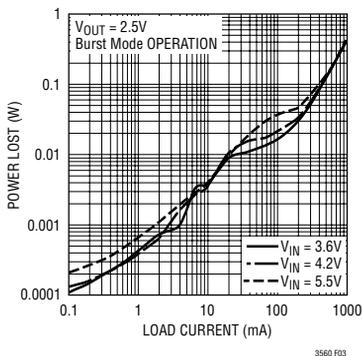


图 3：功率损耗与负载电流的关系曲线

1.  $V_{IN}$  静态电流包括两个分量：即 DC 偏置电流（在电特性参数表中给出）以及内部主开关和同步开关栅极充电电流。栅极充电电流产生自内部功率 MOSFET 开关的栅极电容开关操作。每次栅极从高电平转换至低电平并再度转换至高电平，一组电荷  $dQ$  从  $V_{IN}$  转移至地。合成  $dQ/dt$  是从  $V_{IN}$  流出的电流，该电流通常比 DC 偏置电流大。在连续工作模式中， $I_{GATECHG} = f(Q_T + Q_B)$ ，式中的  $Q_T$  和  $Q_B$  分别代表内部顶端和底端开关的栅极电荷。DC 偏置电流和栅极电荷损耗均与  $V_{IN}$  成正比，因此，在较高的电源电压条件下，它们的影响将更加明显。

2.  $I^2R$  损耗由内部开关的电阻  $R_{SW}$  和外部电感器的电阻  $R_L$  来计算。在连续工作模式中，流经电感器 L 的平均输出电流在主开关和同步开关之间被“斩波切换”。因此，向 SW 引脚看过去的串联电阻与顶端和底端 MOSFET 的  $R_{DS(ON)}$  以及占空比 (DC) 的函数关系如下：

$$R_{SW} = (R_{DS(ON)TOP})(DC) + (R_{DS(ON)BOT})(1 - DC)$$

顶端和底端 MOSFET 的  $R_{DS(ON)}$  均可从“典型性能特征”曲线获得。于是，只需将  $R_{SW}$  与  $R_L$  相加所得的和与平均输出电流的平方值相乘，即可求出  $I^2R$  损耗。

其他损耗（包括  $C_{IN}$  和  $C_{OUT}$  ESR 损耗以及电感器磁芯损耗）通常只占总额外损耗的 2% 以下。

### 热考虑

在大多数应用中，由于效率很高，所以 LTC3560 的发热量并不太多。但是，当 LTC3560 在高环境温度以及低电源电压和高占空比条件下（比如在压降）运行时，其散热有可能超过器件的最大结温。如果结温达到  $150^{\circ}\text{C}$  左右，则两个电源开关都将断开，且 SW 节点呈高阻抗。

## 应用信息

为避免 LTC3560 超过最大结温，用户将需要进行一些热分析。热分析的目的在于确定工作条件是否超过了器件的最大结温。温升由下式给出：

$$T_R = (P_D)(\theta_{JA})$$

式中的  $P_D$  为稳压器的功耗， $\theta_{JA}$  为从芯片结点至环境温度的热阻。

结温  $T_J$  由下式给出：

$$T_J = T_A + T_R$$

式中的  $T_A$  为环境温度。

作为一个实例，假设 LTC3560 工作于压降方式下，输入电压为 2.7V，负载电流为 800mA，环境温度为 70°C。从开关电阻的典型性能曲线图可知，在 70°C 的温度条件下，P 沟道开关的  $R_{DS(ON)}$  约为 0.31  $\Omega$ 。因此，该器件的功耗为：

$$P_D = I_{LOAD}^2 \cdot R_{DS(ON)} = 198mW$$

对于 SOT-23 封装， $\theta_{JA}$  为 250°C/W。于是，稳压器的结温为：

$$T_J = 70^\circ C + (0.198)(250) = 120^\circ C$$

这低于 125°C 的最大结温。

请注意，在较高的电源电压条件下，由于开关电阻 ( $R_{DS(ON)}$ ) 减小，故结温下降。

### 检查瞬态响应

通过观察负载瞬态响应可以验证稳压器环路响应。开关稳压器需要几个周期来对负载电流的阶跃作出响应。当发生负载阶跃时， $V_{OUT}$  立即产生 ( $\Delta I_{LOAD} \cdot ESR$ ) 的偏移量，其中，ESR 为  $C_{OUT}$  的有效串联电阻。 $\Delta I_{LOAD}$  还开始对  $C_{OUT}$  进行充电或放电操作，这将产生一个反馈误差信号。稳压器环路随后起作用，使  $V_{OUT}$  恢复至其稳态值。在此恢复期间，可对  $V_{OUT}$  进行过冲或振铃 (它们有可能表示存

在稳定性问题) 监视。如欲了解有关开关控制环路原理的详细说明，请参见“应用指南 76” (Application Note 76)。

第二，采用大数值 (>1  $\mu F$ ) 电源旁路电容器的负载开关操作会引起更严重的瞬变。被放电的旁路电容器有效地与  $C_{OUT}$  并联，导致  $V_{OUT}$  快速下降。如果负载开关电阻很低并被快速驱动，则没有稳压器能够提供足以防止该问题发生的电流。唯一的解决方案是对开关驱动的上升时间加以限制，以使负载上升时间被限制为约  $(25 \cdot C_{LOAD})$ 。这样，一个被充电至 3.3V 的 10 $\mu F$  电容器将需要 250 $\mu s$  的上升时间，从而将充电电流限制在 130mA 左右。

### PC 板布局检查清单

当进行印刷电路板布局时，下面的检查清单应被用于确保 LTC3560 的正确操作。图 4 和图 5 还对这些事项进行了图示。在您进行电路板布局时请检查以下事项：

1. 由接地走线、SW 走线和  $V_{IN}$  走线所组成的电源走线应保持短、直且宽。
2.  $V_{FB}$  引脚是否直接连接至反馈电阻器？阻性分压器 R1/R2 必须连接在  $C_{OUT}$  的正 (+) 极板和地之间。
3.  $C_{IN}$  的正 (+) 极板是否尽可能靠近连接至  $V_{IN}$ ？这个电容器负责向内部功率 MOSFET 提供 AC 电流。
4. 使  $C_{IN}$  和  $C_{OUT}$  的负 (-) 极板尽可能地靠近。
5. 使开关节点 SW 远离敏感的  $V_{FB}$  节点。

### 设计实例

作为一个设计实例，假定 LTC3560 在一个采用单节锂离子电池供电的蜂窝电话应用中使用。 $V_{IN}$  的工作电压范围将在 4.2V (最大值) 至大约 2.7V 之间。负载电流要求为 0.8A (最大值)，但在大多数情况下它将处于待机模式，只需要 2mA 的电流。低负载电

## 应用信息

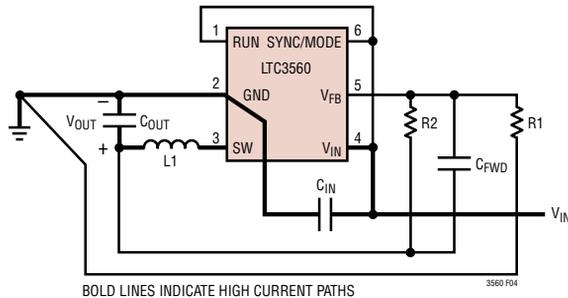


图 4：LTC3560 布局示意图

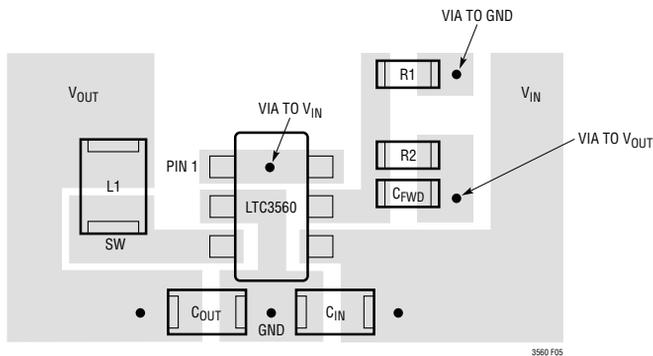


图 5：LTC3560 推荐布局

流和高负载电流条件下的效率都很重要。输出电压为 2.5V。借助这些信息，我们可以利用 (1) 式来计算电感 L：

$$L = \frac{1}{f(\Delta I_L)} V_{OUT} \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (3)$$

将  $V_{OUT} = 2.5V$ 、 $V_{IN} = 4.2V$ 、 $\Delta I_L = 320mA$  和  $f = 2.25MHz$  代入 (3) 式，得出：

$$L = \frac{2.5V}{2.25MHz(320mA)} \left( 1 - \frac{2.5V}{4.2V} \right) \approx 1.4\mu H$$

对于本应用，采用一个  $1.5\mu H$  的电感器能够起到很好的作用。为了获得最佳效率，请选择一个  $960mA$  或更大的电感器和小于  $0.2\Omega$  的串联电阻。

在整个工作温度范围内， $C_{IN}$  将要求一个至少为  $0.4A \approx I_{LOAD(MAX)}/2$  的额定 RMS 电流，而  $C_{OUT}$  将要求一个小于  $0.1\Omega$  的 ESR。在大多数场合，采用一个陶瓷电容器将能满足这一要求。

对于反馈电阻器，选择  $R1 = 309k$ 。然后可由 (2) 式计算出  $R2$  的阻值：

$$R2 = \left( \frac{V_{OUT}}{0.6} - 1 \right) R1 = 978.5k; \text{ 采用 } 976k \text{ 电阻}$$

图 6 示出了完整的电路及其效率曲线。

应用信息

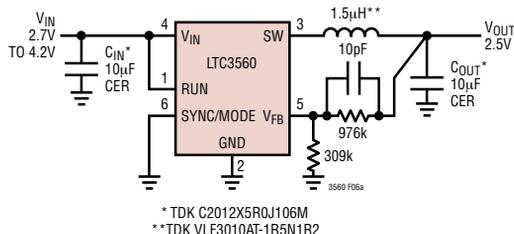


图 6a

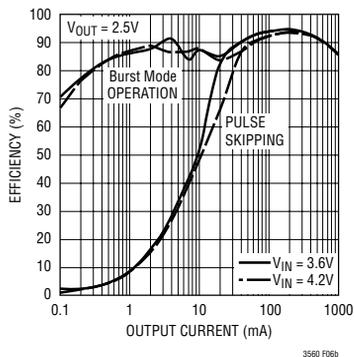


图 6b

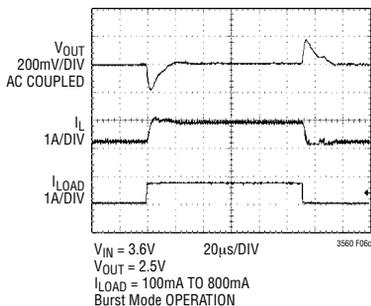


图 6c

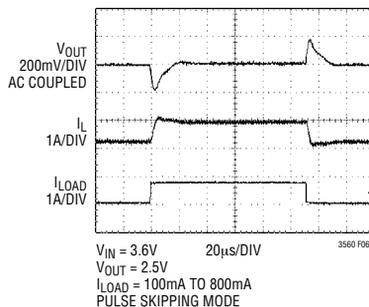
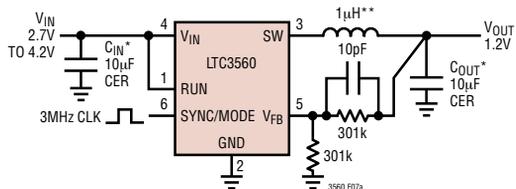


图 6d

## 应用信息



\*TDK C2012X5R0J106M  
\*\*MURATA LQH32CN1R0M33

图 7a

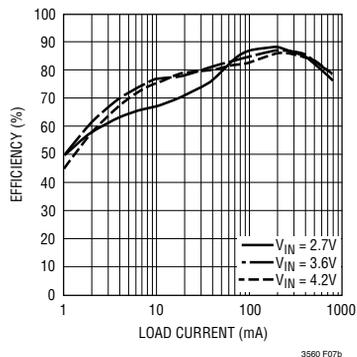


图 7b

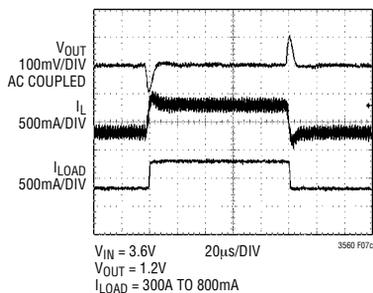


图 7c

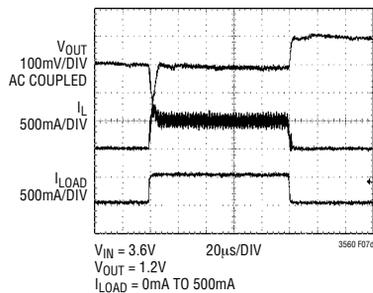
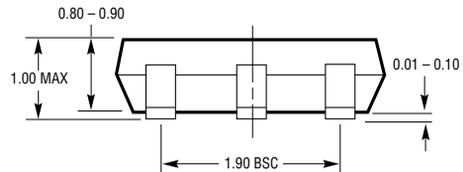
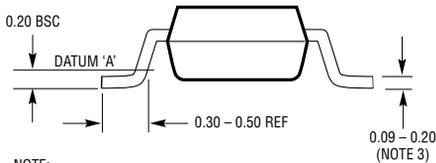
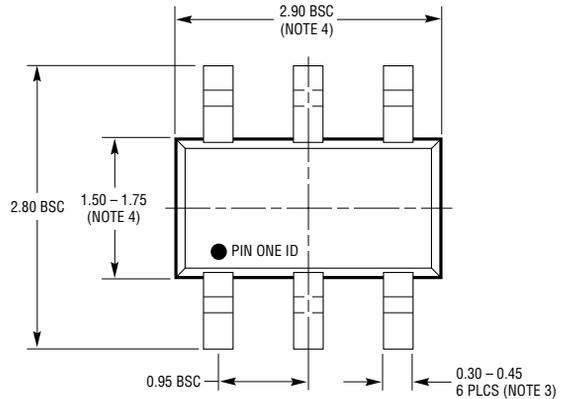
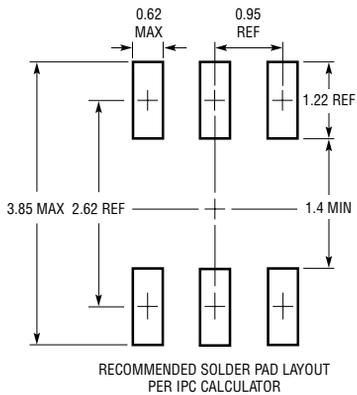


图 7d

## 封装描述

S6 封装  
6 引脚塑料 TSOT-23  
(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 0302

## 相关器件

器件型号	描述	备注
LTC3405/LTC3405A	300mA (I <sub>OUT</sub> ), 1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V, I <sub>Q</sub> = 20μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, ThinSOT 封装
LTC3406/LTC3406B	600mA (I <sub>OUT</sub> ), 1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 96%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.6V, I <sub>Q</sub> = 20μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, ThinSOT 封装
LTC3407/LTC3407-2	双通道 600mA/800mA (I <sub>OUT</sub> ), 1.5MHz/2.25MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.6V, I <sub>Q</sub> = 40μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, MS10E, DFN 封装
LTC3409	600mA (I <sub>OUT</sub> ), 1.7MHz/2.6MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 96%, V <sub>IN</sub> : 1.6V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.6V, I <sub>Q</sub> = 65μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, DFN 封装
LTC3410/LTC3410B	300mA (I <sub>OUT</sub> ), 2.25MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V, I <sub>Q</sub> = 26μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, SC70 封装
LTC3411	1.25A (I <sub>OUT</sub> ), 4MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V, I <sub>Q</sub> = 60μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, MS10, DFN 封装
LTC3412	2.5A (I <sub>OUT</sub> ), 4MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V, I <sub>Q</sub> = 60μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, TSSOP-16E 封装
LTC3441/LTC3442/ LTC3443	1.2A (I <sub>OUT</sub> ), 2MHz, 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.4V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 2.4V 至 5.25V, I <sub>Q</sub> = 50μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, DFN 封装
LTC3531/LTC3531-3/ LTC3531-3.3	200mA (I <sub>OUT</sub> ), 1.5MHz, 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 1.8V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 2V 至 5V, I <sub>Q</sub> = 16μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, ThinSOT, DFN 封装
LTC3532	500mA (I <sub>OUT</sub> ), 2MHz, 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.4V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 2.4V 至 5.25V, I <sub>Q</sub> = 35μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, MS10, DFN 封装
LTC3548/LTC3548-1/ LTC3548-2	双通道 400mA/800mA (I <sub>OUT</sub> ), 2.25MHz, 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.6V, I <sub>Q</sub> = 40μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, MS10E, DFN 封装
LTC3561	1.25A (I <sub>OUT</sub> ), 4MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V <sub>IN</sub> : 2.5V 至 5.5V, V <sub>OUT(MIN)</sub> = 0.8V, I <sub>Q</sub> = 240μA, I <sub>SD</sub> = <1μA, DFN 封装