

采用 3mm x 3mm DFN 封装的 4A、2MHz 双相升压型 DC/DC 转换器

特点

- 高效率：高达 92%
- 两相控制减小了输出电压纹波
- 可从 3.3V 输入获得 5V/2A 输出
- 可从 1.8V 输入获得 3.3V/1.5A 输出
- 1.6V 至 5.25V 可调输出电压
- 1.6V 至 4.5V 输入范围
- 内部软启动操作
- 低停机电流： $<1\mu\text{A}$
- 采用小巧的表面安装型元件
- 10 引脚 3mm × 3mm DFN 封装

应用

- 网络设备
- 手持式仪表
- 数码相机
- 分布式电源
- 本机 3.3V 至 5V 转换

描述

LTC[®]3428 是一款两相、电流模式升压型转换器，可从一个 3.3V 输入提供 5V/2A 的输出。两个 93mΩ、2A N 沟道 MOSFET 开关使得 LTC3428 能够在输入电压低至 1.6V 的条件下提供高效率。

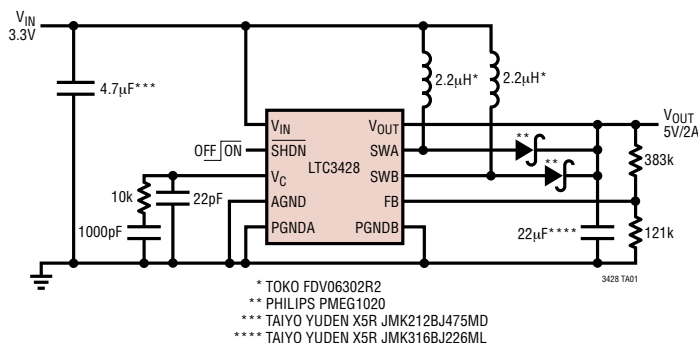
1MHz 开关频率和两相设计的运用最大限度地缩减了外部元件的数量和外形尺寸。两相操作显著地减小了峰值电感器电流和电容器纹波电流，从而使有效开关频率提升了一倍，并最大限度地减小了电感器和电容器的尺寸。外部补偿使得能够针对某种特定的应用来优化反馈环路响应。

其他功能包括：一个低态有效停机引脚可将电源电流减小至 $1\mu\text{A}$ 以下、内部软启动、抗振铃控制和热停机。LTC3428 采用扁平（高度仅 0.75mm）的 10 引脚（3mm × 3mm）DFN 封装。

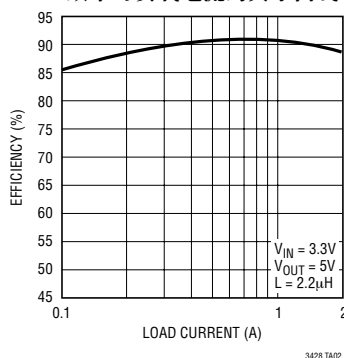
LT[®]、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。

典型应用

3.3V 至 5V/2A 转换器



效率与负载电流的关系曲线

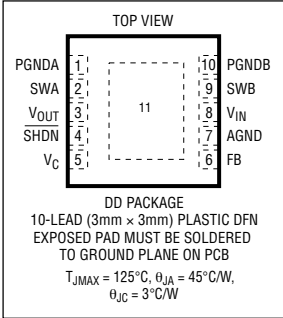


LTC3428

绝对最大额定值 (注1)

V_{IN} , V_{OUT} , SWA, SWB 电压	–0.3V 至 6V
SWA, SWB 电压, 脉冲, <100ns	7V
$\overline{SHDN}$, VC, FB 电压	–0.3V 至 6V
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

 DD PACKAGE 10-LEAD (3mm x 3mm) PLASTIC DFN EXPOSED PAD MUST BE SOLDERED TO GROUND PLANE ON PCB $T_{JMAX} = 125^{\circ}\text{C}$, $\theta_{JA} = 45^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JC} = 3^{\circ}\text{C/W}$	产品型号
	LTC3428EDD
	DD 器件标记
	LBBG

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 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 $V_{IN} = 3.3\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$ ，除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
最小启动电压			1.5	1.6	V
静态电流, V_{OUT}	$\overline{SHDN} = V_{IN}$		100	200	μA
静态电流, V_{IN}	$\overline{SHDN} = V_{IN}$		1.3	2.0	mA
停机电流	$\overline{SHDN} = 0\text{V}$			1	μA
开关频率	每相	● 0.8	1.0	1.2	MHz
FB 调整电压		● 1.219	1.243	1.268	V
FB 输入电流	$V_{FB} = 1.24\text{V}$		1	50	nA
误差放大器跨导			170		μS
输出调节电压			1.6	5.25	V
NMOS 开关漏电流	V_{SWA} , $V_{SWB} = 5.5\text{V}$, 每相		0.1	2.5	μA
NMOS 开关接通电阻	$V_{OUT} = 5\text{V}$, 每相		0.093		Ω
NMOS 电流限值	每相	● 2	2.5		A
$\overline{SHDN}$ 输入门限		● 0.4	0.8	1.5	V
$\overline{SHDN}$ 输入电流			0.01	1	μA
最大占空比		● 80	87		%
最小占空比		●		0	%
至输出的电流限制延迟	(注3)		40		ns

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：LTC3428E 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的相关性来保证。

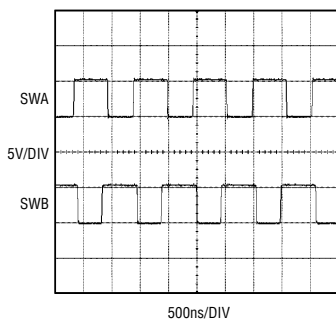
注3：该规格由设计提供保证，但未经 100% 的生产测试。

注4：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。过热保护功能将在结温超过 125°C 时进入运行状态。在规定的最大工作结温以上连续操作有可能损害器件的可靠性。

典型性能特征

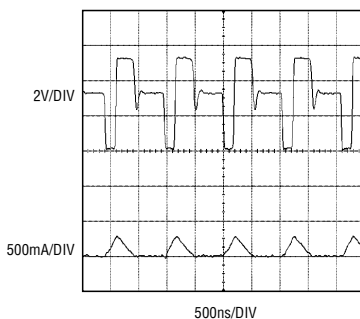
所有特性曲线均在 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 的条件下测得，除非特别注明。

SWA、SWB 开关波形



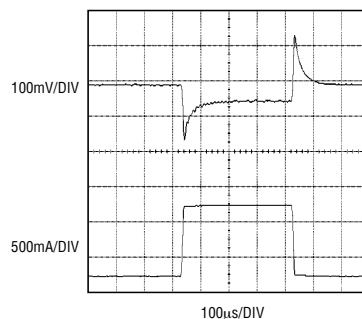
3428 G01

不连续操作模式下的 SW 引脚和电感器电流，证明 抗振铃电路的运行



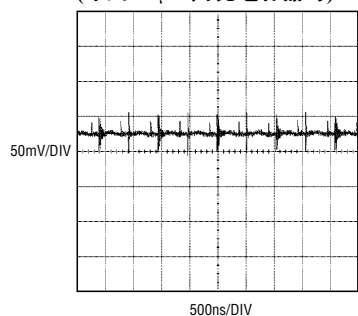
3428 G02

瞬态响应，0.5A 至 1.5A



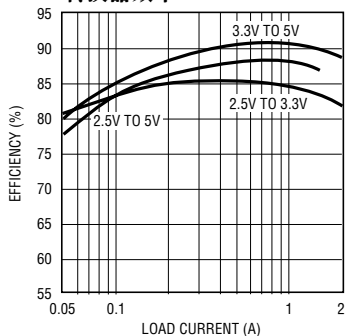
3428 G03

输出电压纹波 (采用 22μF 陶瓷电容器时)



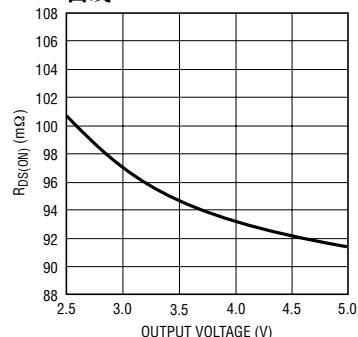
3428 G04

转换器效率



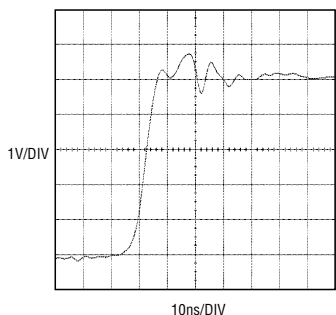
3428 G05

开关 $R_{DS(ON)}$ 与 V_{OUT} 的关系 曲线



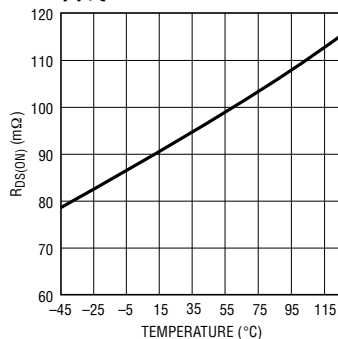
3428 G06

SWA、SWB 上升时间， $I = 2A$



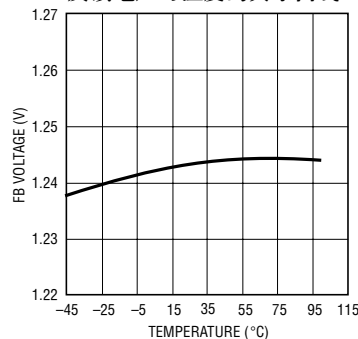
3428 G07

开关 $R_{DS(ON)}$ 与温度的关系 曲线



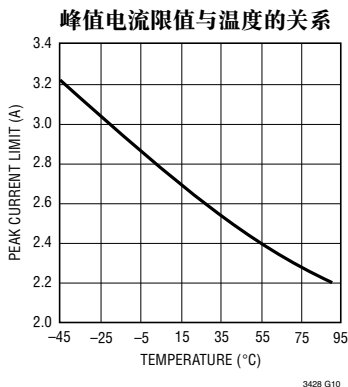
3428 G08

反馈电压与温度的关系曲线



3428 G09

典型性能特征



引脚功能

PGNDA、PGNDB (引脚 1、10、11 (裸露衬垫))：IC 的电源地。直接连接至本机接地平面。

SWB (引脚 2)、SWA (引脚 9)：B 相和 A 相开关引脚。用于每相的电感器和肖特基二极管连接至这些引脚。应最大限度地缩短走线长度以降低 EMI。

V_{OUT} (引脚 3)：用于 IC 的电源输出和自举型电源。应在该引脚与接地平面之间连接低 ESR 输出滤波电容器。

SHDN (引脚 4)：停机引脚。把该引脚接地将关断 IC。把该引脚连接至一个高于 1.5V 的电压将使能 IC。

V_C (引脚 5)：误差放大器输出。将一个频率补偿网络连接至该引脚，用于对升压转换器环路实施补偿。

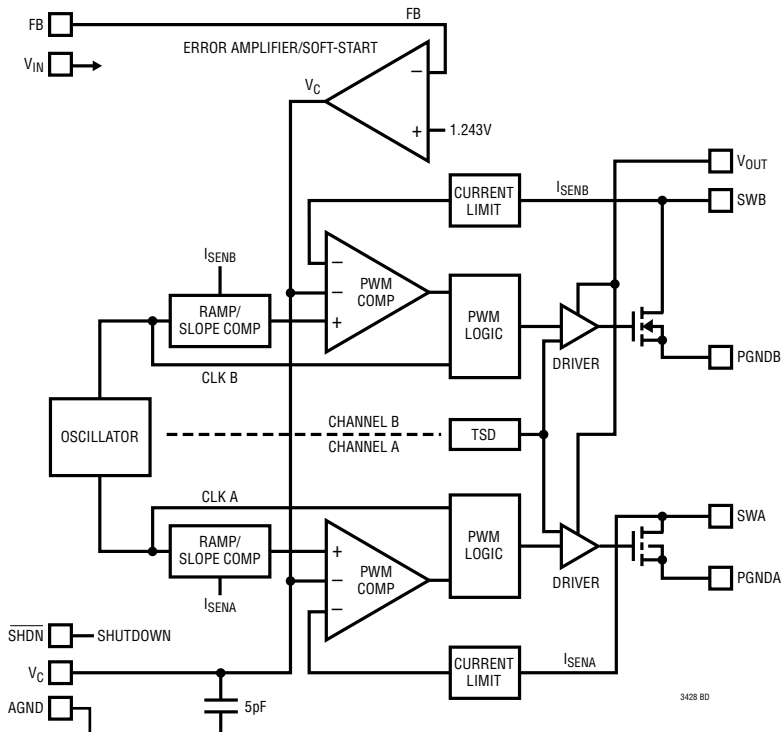
FB (引脚 6)：反馈引脚。在 V_{OUT} 引脚与该引脚之间连接一个电阻分压器，用于设定输出电压，公式如下：

$$V_{OUT} = 1.243 \cdot (1 + R1 / R2)$$

AGND (引脚 7)：IC 的信号地。连接至靠近反馈电阻分压器的接地平面。

V_C (引脚 8)：输入电源引脚。利用一个至少 4.7μF 的低 ESR 陶瓷电容器来对 V_{IN} 引脚进行旁路。XSR 和 X7R 型电介质凭借其超群的电压和温度特性而成为优选方案。

方框图



应用信息

详细描述

LTC3428 可为高电流升压型应用提供高效率、低噪声电源。采用自适应斜率补偿的电流模式架构实现了简单的环路补偿以及卓越的瞬态响应。低 $R_{DS(ON)}$ 开关能够在高效率条件下提供脉宽调制控制。

振荡器：在内部将每相开关频率设定为一个 1MHz 的标称值。

电流检测：无损型电流检测将峰值电流信号转换为一个电压，该电压与内部斜率补偿信号进行求和运算。然后将求和信号与误差放大器输出进行比较，以提供一个用于 PWM 的峰值电流控制命令。斜率补偿在 IC 的内部进行，并可根据输入电压的变化做出适应性调整，从而使得转换器能够提供所需的斜率补偿度，而不会导致环路特性中的相位差有所损失。

误差放大器：误差放大器是一种跨导型放大器，其跨导 (g_m) = 1/5.9k Ω 。在 V_C 引脚与地之间布设了一个简单的补偿网络。位于 V_C 和地之间的内部 5pF 电容器通常能够把外部网络简化成一个简单的 R-C 组合。将 1.243V 的内部基准电压与 FB 引脚电压进行比较，以便在误差放大器的输出端 (V_C) 上产生一个误差信号。一个连接在 V_{OUT} 与地之间的分压器可将输出电压设置在 1.6V 至 5.25V 之间，公式如下：

$$V_{OUT} = 1.243V \cdot (1 + R1/R2)$$

软启动：R1 和 R2 的位置如图 3 所示。提供了一个约 1.5ms 的内部软启动。这是一个斜坡信号，用于在内部软启动电压超过内部电流限制电压之前对峰值电流加以限制。当该器件处于停机模式时，内部软启动电容器将自动放电。

电流限值：每相中的电流限值比较器将在电流超过电流限制门限 (标称值为 2.5A) 时立即关断 N 沟道 MOSFET 开关。至输出的电流限制延迟通常为 40ns。电流信号前沿被消隐 40ns 以增强噪声抑制。

抗振铃控制：抗振铃控制在每相的电感器两端跨接了一个阻抗，用于对不连续模式操作期间产生于 SWA、SWB 引脚上的高频振铃进行衰减。虽然开关引脚上的这种由电感器和开关引脚电容所造成的 LC 振铃能量很低，但却有可能引发 EMI 辐射。

两相操作

LTC3428 采用一种两相架构，而不是大多数其他升压型转换器中所使用的传统型单相架构。两个相位相隔 180°。两相操作可使输出纹波频率加倍，并显著地减小了输出纹波电流，从而最大限度地减小了输出电容器所承受的压力。电感器 (输入) 峰值和纹波电流也得以减小，因而允许采用体积较小、成本较低的电感器。输出纹波电流的大幅下降还最大限度地放宽了对输出电容的要求。对于低噪声应用而言，高频输出纹波比较容易滤除。

图 1 和图 2 分别示出了单相和两相转换器的输入和输出电流的比较。

对于图 2 所示的实例，峰至峰输出纹波电流减小了 85% (从 4.34A 减小至 0.64A)，而峰值电感器电流减小了 53% (从 4.34A 减小至 2.02A)。与单相设计相比，这些下降使得能够采用外形扁平、数值较小的电感器和输出电容器。

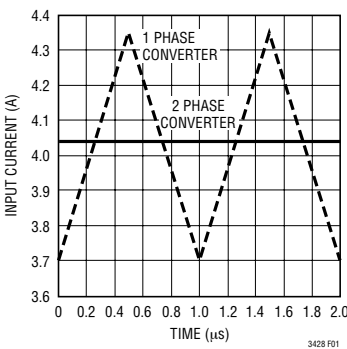


图 1：单相和两相升压型转换器输入纹波电流比较 (在 2A 负载电流和 50% 占空比的条件下)

应用信息

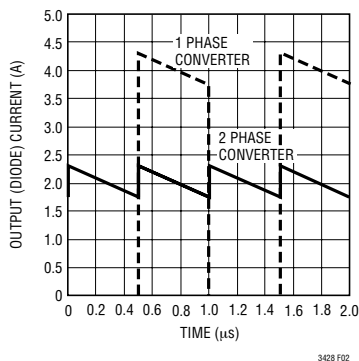


图 2：单相和两相升压型转换器输出纹波电流比较(在 2A 负载电流和 50% 占空比的条件下)

元件的选择

电感器的选择

LTC3428 的高频操作为使用小巧的表面安装型电感器创造了条件。电感器纹波电流通常被设定为最大电感器电流的 20% 至 40%。对于一组给定的条件，电感值可由下式得出：

$$L \geq \frac{V_{IN(MIN)} \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)})}{R \cdot V_{OUT}}, L > 2\mu H$$

式中：

R = 容许的电感器电流纹波 (A P-P)

$V_{IN(MIN)}$ = 最小输入电压 (V)

V_{OUT} = 输出电压 (V)

为了获得高效率，电感器应采用高频磁芯材料（例如：铁氧体），以减少磁芯损耗。电感器应具有低 ESR (等效串联电阻)，以降低 I^2R 损耗，并且必须能够在不引起饱和的情况下处理峰值电感器电流。采用一个环形芯、罐形磁芯或屏蔽线轴电感器将最大限度地降低辐射噪声。表 1 罗列了一些电感器制造商。一些性能优异的电感器产品型号为：Coilcraft 1608 和 3316 系列、Murata LQH55D 系列、Sumida CDRH4D22C/LD 或 CDRH5D28 系列、Toko FDV0630

或 D62CB 系列。

表 1：电感器供应商资料

供应商	电话	传真	网址
Coilcraft	(847) 639-6400	(847) 639-1469	www.coilcraft.com
Murata	美国： (814) 238-1431	美国： (814) 238-0490	www.murata.com
Sumida	美国： (847) 956-6666 日本： 81-3-3607-5111	美国： (847) 956-0702 日本： 81-3-3607-5144	www.sumida.copm
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com
Toko	(847) 299-0070	(847) 699-7864	www.toko.com
Würth	(201) 785-8800	(201) 785-8810	www.we-online.com

输出电容器的选择

设定了最小电容器数值，以减小因在每个周期中对电容器进行充电和放电操作所引起的输出纹波电压。由于这种充电所产生的稳态纹波可由下式求出：

$$V_{RIPPLE(C)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{I_{PEAK} \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)})}{C_{OUT} \cdot V_{OUT} \cdot f}$$

式中的 I_{PEAK} = 峰值电感器电流 (A)

输出电容器的等效串联电阻 (ESR) 是引发输出电压纹波另一个因素。由电容器 ESR 所产生纹波电压为：

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{PEAK} \cdot R_{ESR(C)}$$

式中的 $R_{ESR(C)}$ = 电容器 ESR

ESL (等效串联电感) 是另一个需要最大限度地加以抑制的电容器特性。采用小巧的表面安装型陶瓷电容器 (布设在尽可能靠近 V_{OUT} 引脚的地方) 将最大限度地减小 ESL。

输入电容器的选择

由于 V_{IN} 引脚直接给大多数内部电路供电，因此建议在 V_{IN} 和 AGND 之间尽可能靠近 IC 的地方布设至少一个 4.7 μF 的低 ESR 旁路电容器。表 2 罗列了一些电容器制造商。

应用信息

表 2：电容器供应商资料

供应商	电话	传真	网址
AVX	(803) 448-9411	(803) 448-1943	www.avxcorp.com
Sanyo	(619) 661-9322	(619) 661-1055	www.sanyovideo.com
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com
Murata	(814) 237-1431	(814) 238-0490	www.murata.com
Taiyo Yuden	(408) 573-4150	(408) 573-4159	www.t-yuden.com

输出二极管的选择

为了获得高效率，需要采用一个具有低反向漏电流和低正向压降的快速开关二极管。建议采用肖特基二极管，因为它们具有低正向压降和快速开关时间。当选择二极管时，切记升压型转换器中的平均二极管电流等于平均负载电流： $I_D = I_{LOAD}$ ，这一点很重要。

在选择二极管时，应确保峰值正向电流和平均额定功耗满足应用的要求。表 3 罗列了一些肖特基二极管制造商。性能上佳的二极管有 Philips PMEG1020、PMEG2010、On-Semi MBRA210、IR 10BQ015、Microsemi UPS120E、UPS315。

表 3：二极管供应商资料

供应商	电话	传真	网址
Philips	+31 40 27 24825		www.philips.com
Microsemi	(949) 221-7100	(949) 756-0308	www.microsemi.com
On-Semi	(602) 244-6600		www.onsemi.com
International Rectifier	(310) 469-2161	(310) 322-3332	www.irf.com

热性能考虑

为了提供最大功率，需要提供一条优良的散热通路，以便把 LTC3428 封装内部产生的热量散逸出去。IC 下侧的大面积热衬垫能够达到这一要求。采用多个 PC 板通孔使热量从 IC 中传导出来，并传递至一个面积尽可能大的铜箔平面上。

如果结温过高，则 LTC3428 将停止所有的开关操作，直到结温降至安全水平以下为止。典型过热门限为 150°C。

闭合反馈回路

LTC3428 采用具有内部自适应斜率补偿的电流模式控制。电流模式控制可消除电压模式转换器环路响应中由电感器和输出电容器所形成的二阶极点，从而将其简化为单极点响应。调制器控制至输出 DC 增益与误差放大器开环增益的乘积等于系统的 DC 增益。

$$G_{DC} = G_{CONTROL} \cdot G_{EA} \cdot \frac{V_{REF}}{V_{OUT}}$$

$$G_{CONTROL} = \frac{2 \cdot V_{IN}}{I_{OUT}}$$

$$G_{EA} \approx 100$$

输出滤波器极点由下式给出：

$$f_{POLE} = \frac{I_{OUT}}{\pi \cdot V_{OUT} \cdot C_{OUT}} \text{ Hz}$$

式中的 C_{OUT} 为输出滤波器电容器数值。输出滤波器零点由下式给出：

$$f_{ZERO} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT}} \text{ Hz}$$

式中的 R_{ESR} 为输出电容器等效串联电阻。

升压型转换器拓扑结构的一个复杂因素是右半平面零点 (RHP)，它由下式给出：

$$f_{RHP} = \frac{V_{IN}^2 \cdot R_0}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot V_0^2} \text{ Hz}$$

应用信息

该零点会导致增益增加和相位滞后。当负载较重时，这有可能出现于一个相对较低的频率上。为此，一般在 RHP 零点频率之下使环路增益下降。

图 3 和“典型应用”部分示出了一种典型的误差放大器补偿电路。

环路动态性能的计算公式如下：

$$f_{\text{POLE1}} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 400\text{e}6 \cdot C_{C1}}$$

$$f_{\text{ZER01}} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot C_{C1}}$$

$$f_{\text{ZER02}} \approx \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_Z \cdot (C_{C2} + 5\text{pF})}$$

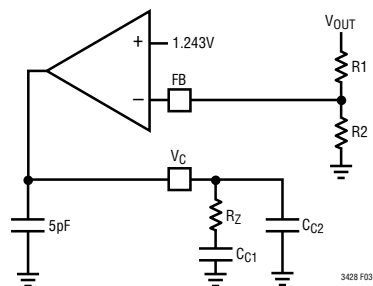
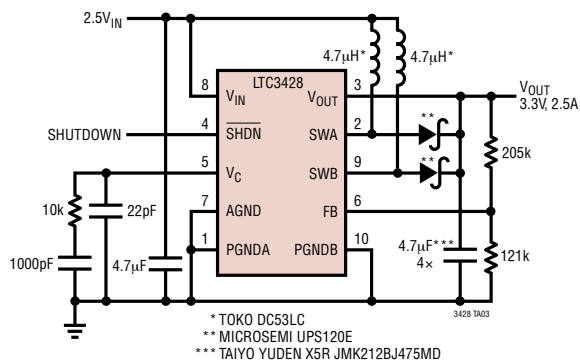


图 3

2.5V 至 3.3V/2.5A 转换器

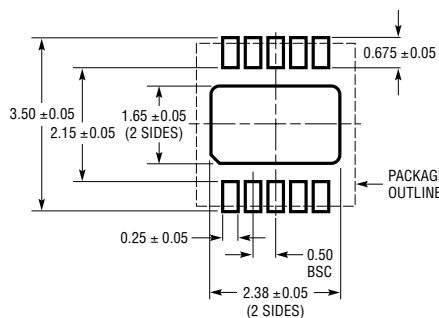


封装描述

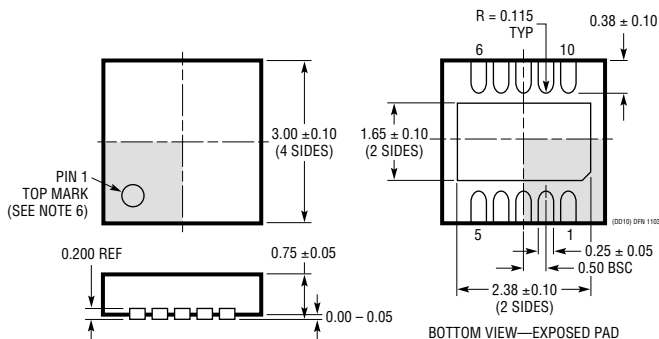
DD 封装

10 引脚塑料 DFN (3mm × 3mm)

(参考 LTC DWG # 05-08-1699)



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



BOTTOM VIEW—EXPOSED PAD

NOTE:

1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-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

相关器件

器件型号	描述	备注
LT1613	550mA (I_{SW}) , 1.4MHz 高效升压型 DC/DC 转换器	效率达 90% , V_{IN} : 0.9V 至 10V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 3mA , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LT1615/LT1615-1	300mA/80mA (I_{SW}) , 高效升压型 DC/DC 转换器	V_{IN} : 1V 至 15V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 20 μ A , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LT1618	1.5A (I_{SW}) , 1.25MHz 高效升压型 DC/DC 转换器	效率达 90% , V_{IN} : 1.6V 至 18V , $V_{OUT(MAX)}$ = 35V , I_Q = 1.8mA , I_{SD} < 1 μ A , MS10 封装
LT1930/LT1930A	1A (I_{SW}) , 1.2MHz/2.2MHz 高效升压型 DC/DC 转换器	高效率 , V_{IN} : 2.6V 至 16V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 4.2mA/5.5mA , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LT1946/LT1946A	1.5A (I_{SW}) , 1.2MHz/2.7MHz , 高效升压型 DC/DC 转换器	高效率 , V_{IN} : 2.45V 至 16V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 3.2mA , I_{SD} < 1 μ A , MS8 封装
LT1961	1.5A (I_{SW}) , 1.25MHz , 高效升压型 DC/DC 转换器	效率达 90% , V_{IN} : 3V 至 25V , $V_{OUT(MAX)}$ = 35V , I_Q = 0.9mA , I_{SD} < 6 μ A , MS8E 封装
LTC3400/LTC3400B	600mA (I_{SW}) , 1.2MHz 同步升压型 DC/DC 转换器	效率达 92% , V_{IN} : 0.85V 至 5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5V , I_Q = 19 μ A/300 μ A , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LTC3401	1A (I_{SW}) , 3MHz 同步升压型 DC/DC 转换器	效率达 97% , V_{IN} : 0.5V 至 5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V , I_Q = 38 μ A , I_{SD} < 1 μ A , MS 封装
LTC3402	2A (I_{SW}) , 3MHz 同步升压型 DC/DC 转换器	效率达 97% , V_{IN} : 0.5V 至 5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V , I_Q = 38 μ A , I_{SD} < 1 μ A , MS 封装
LTC3421	具有输出断接功能的 3A , 3MHz 同步升压型转换器	效率达 96% , V_{IN} : 0.5V 至 4.5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V , I_Q = 12 μ A , I_{SD} < 1 μ A , QFN-24 封装
LTC3425	5A (I_{SW}) , 8MHz 四相同步升压型 DC/DC 转换器	效率达 95% , V_{IN} : 0.5V 至 4.5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V , I_Q = 12 μ A , I_{SD} < 1 μ A , QFN-32 封装
LTC3429	具有输出断接功能的 600mA , 500kHz 同步升压型转换器	效率达 96% , V_{IN} : 0.5V 至 4.4V , $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V , I_Q = 20 μ A , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LTC3436	3A (I_{SW}) , 1MHz , 34V 升压型 DC/DC 转换器	V_{IN} : 3V 至 25V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 0.9mA , I_{SD} < 6 μ A , TSSOP-16E 封装
LTC3459	10V 微功率同步升压型转换器	效率达 85% , V_{IN} : 1.5V 至 5.5V , $V_{OUT(MAX)}$ = 10V , I_Q = 10 μ A , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装
LTC3464	具有集成肖特基二极管和 PNP 断接功能的 85mA (I_{SW}) , 高效升压型 DC/DC 转换器	V_{IN} : 2.3V 至 10V , $V_{OUT(MAX)}$ = 34V , I_Q = 25 μ A , I_{SD} < 1 μ A , ThinSOT 封装

No R_{SENSE} 是凌特公司的注册商标。