

采用 3mm × 3mm DFN 封装的 600mA 低 V_{IN} 降压型稳压器

特点

- 1.6V 至 5.5V 输入电压范围
- 内部软启动功能
- 可选 1.7MHz 或 2.6MHz 恒定频率操作
- 内部振荡器可同步至一个频率范围为 1MHz 至 3MHz 的外部时钟
- 高效率：效率高达 95%
- 非常低的静态电流：在突发模式 (Burst Mode[®]) 操作期间仅为 65 μ A
- 600mA 输出电流 ($V_{IN} = 1.8V$, $V_{OUT} = 1.2V$)
- 750mA 峰值电感器电流
- 无需肖特基二极管
- 低压降操作：100% 占空比
- 0.613V 基准电压
- 可在采用陶瓷电容器的情况下保持稳定
- 停机模式吸收的电源电流 < 1 μ A
- 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
- 采用高度仅为 0.75mm 的扁平 8 引脚 (3mm × 3mm) DFN 封装

应用

- 蜂窝电话
- 数码相机
- MP3 播放机

描述

LTC[®]3409 是一款采用恒定频率、电流模式架构的高效、单片式同步降压型稳压器。输出电压通过一个外部电阻分压器来调节。

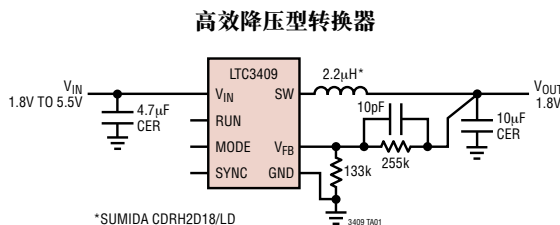
支持 1.7MHz 和 2.6MHz 固定开关频率。或者，一个内部 PLL 将同步至一个频率范围为 1MHz 至 3MHz 的外部时钟。这种开关频率范围允许采用小型表面贴装电感器和电容器 (包括陶瓷电容器)。

突发模式操作期间的电源电流仅为 65 μ A，并将在待机模式中降至 < 1 μ A。1.6V 至 5.5V 的输入电压范围使得 LTC3409 成为单节锂离子电池、金属锂电池和两节碱性电池、镍镉电池或镍氢电池供电型应用的理想选择。100% 占空比能力实现了低压降操作，并延长了便携式系统中的电池使用寿命。突发模式操作可由用户来使能，以提高轻负载条件下的效率，从而进一步延长了电池的使用寿命。

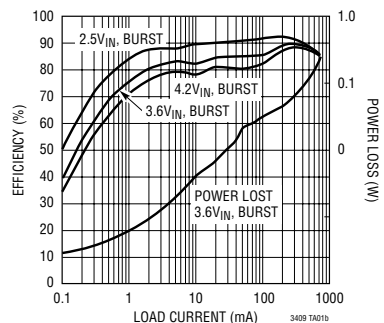
内部同步开关提升了效率，并免除了增设一个外部肖特基二极管的需要。内部软启动功能可在启动时提供受控的输出电压上升时间，而无需使用外部元件。

、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。Burst Mode 是凌特公司的注册商标。所有其他商标均为其各自拥有者的产权。受包括第 5481178、6580258、6304066、6127815、6498466 和 6611131 号美国专利的保护。

典型应用



突发模式效率, 1.8V_{OUT}



绝对最大额定值 (注1)

输入电源电压 -0.3V 至 6V
 RUN, V_{FB}, MODE,
 SYNC 电压 -0.3V 至 (V_{IN} + 0.3V)
 SW 电压 -0.3V 至 (V_{IN} + 0.3V)
 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 125°C

封装/订购信息

<p>DD PACKAGE 8-LEAD (3mm 3mm) PLASTIC DFN T_{JMAX} = 125°C, θ_{JA} = 43°C/W EXPOSED PAD (PIN 9) IS GND MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	产品型号
	LTC3409EDD
	DD 器件标记
	LBNM

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°C。V_{IN} = 2.2V，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{RUN}	RUN 门限		● 0.3	0.65	1.1	V
I _{RUN}	RUN 漏电流			0.01	1	μA
V _{MODE}	MODE 门限		● 0.3	0.65	1.1	V
I _{MODE}	MODE 漏电流			0.01	1	μA
V _{SYNCTH}	SYNC 门限		● 0.3	0.65	1.1	V
I _{SYNC}	SYNC 漏电流			0.01	1	μA
V _{FB}	已调反馈电压	(注4) T _A = 25°C (注4) 0°C ≤ T _A ≤ 85°C (注4) -40°C ≤ T _A ≤ 85°C	● 0.5977	0.6130	0.6283	V
I _{VFB}	反馈电流				±30	nA
ΔV _{OVL}	ΔV _{FBOVL} 欠压闭锁	ΔV _{OVL} = ΔV _{FBOVL} - V _{FB} (注6)	35	61	85	mV
ΔV _{FB}	基准电压调节	(注4)	● 0.04	0.4		%/V
ΔV _{OUT}	输出电压调节	I _{OUT} = 100mA, 1.6V < V _{IN} < 5.5V		0.04	0.4	%/V
I _{PK}	峰值电感器电流	V _{IN} = 2.2V, V _{FB} = 0.5V 或 V _{OUT} = 90%, 占空比 < 35%	0.75	1	1.3	A
V _{LOADREG}	输出电压负载调节			0.5		%
V _{IN}	输入电压范围		● 1.6		5.5	V
I _S	输入 DC 偏置电流 运行模式 睡眠模式 待机模式	(注5) V _{OUT} = 90%, I _{LOAD} = 0A V _{OUT} = 103%, I _{LOAD} = 0A V _{RUN} = 0V, V _{IN} = 5.5V		350 65 0.1	475 120 5	μA μA μA
f _{OSC}	标称振荡器频率	SYNC = GND SYNC = V _{IN}	● 0.9 ● 1.8	1.7 2.6	2.1 3.0	MHz MHz
SYNC TH	SYNC 门限	当 SYNC 输入处于变换状态时 (注7)		0.63		V
SYNC f _{MIN}	最小 SYNC 引脚频率			1		MHz
SYNC f _{MAX}	最大 SYNC 引脚频率			3		MHz
SYNC PW	最小 SYNC 脉冲宽度			100		ns
t _{SS}	软启动周期	RUN1↑		1		ms

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{IN} = 2.2\text{V}$ ，除非特别说明

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
SYNC t_0	SYNC 超时	从 EXT CLK (外部时钟) 的移除到固定频率操作开始之间的延迟 (注 7)		30		μs
R_{PFET}	P 沟道 FET 的 $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = 100\text{mA}$ ，晶圆级 $I_{SW} = 100\text{mA}$ ，DD 封装		0.33 0.35		Ω Ω
R_{NFET}	N 沟道 FET 的 $R_{DS(ON)}$	$I_{SW} = 100\text{mA}$ ，晶圆级 $I_{SW} = 100\text{mA}$ ，DD 封装		0.22 0.25		Ω Ω
I_{LSW}	SW 泄漏	$V_{RUN} = 0\text{V}$ ， $V_{SW} = 0\text{V}$ 或 5V ， $V_{IN} = 5\text{V}$		± 0.1	± 3	μA

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：LTC3409E 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 工作环境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： T_J 根据以下公式由环境温度 T_A 和功耗 P_D 计算而得：

$$\text{LTC3409: } T_J = T_A + (P_D)(43^\circ\text{C/W})$$

该 IC 备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最大工作结温时进入运行状态。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。

注 4：LTC3409 在一个将 V_{FB} 连接至误差放大器输出端的专有测试模式中进行测试的。

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。

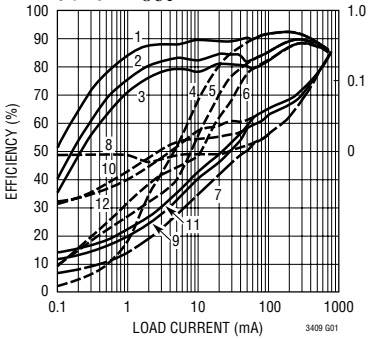
注 6： ΔV_{OVL} 是 V_{FB} 必须高出已调反馈电压的幅度。

注 7：由设计来决定，未进行生产测试。

典型性能特征

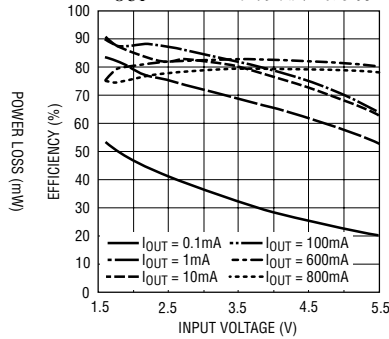
(由本数据表首页上的典型应用电路得出，只是阻性分压电阻器的阻值有所不同)

效率/功耗与负载电流的关系曲线， $V_{OUT} = 1.8V$



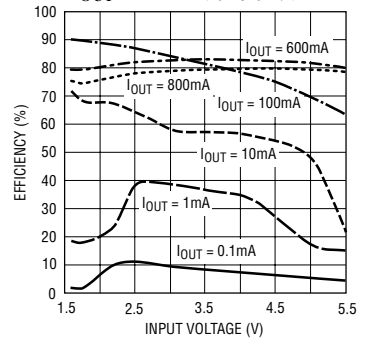
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1: 2.5V _{IN} , BURST | 7: POWER LOST, 2.5V _{IN} , BURST |
| 2: 3.6V _{IN} , BURST | 8: POWER LOST, 2.5V _{IN} , PULSE SKIP |
| 3: 4.2V _{IN} , BURST | 9: POWER LOST, 3.6V _{IN} , BURST |
| 4: 2.5V _{IN} , PULSE SKIP | 10: POWER LOST, 3.6V _{IN} , PULSE SKIP |
| 5: 3.6V _{IN} , PULSE SKIP | 11: POWER LOST, 4.2V _{IN} , BURST |
| 6: 4.2V _{IN} , PULSE SKIP | 12: POWER LOST, 4.2V _{IN} , PULSE SKIP |

效率与输入电压的关系曲线， $V_{OUT} = 1.2V$ ，突发模式操作



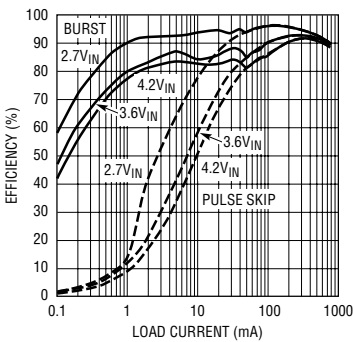
3409 G02

效率与输入电压的关系曲线， $V_{OUT} = 1.2V$ ，脉冲跳跃



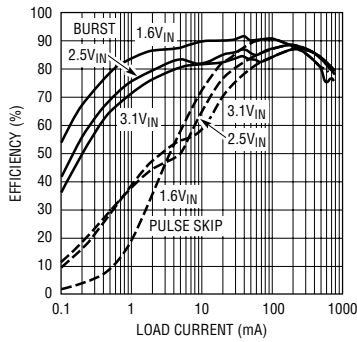
3409 G03

效率与负载电流的关系曲线， $V_{OUT} = 2.5V$



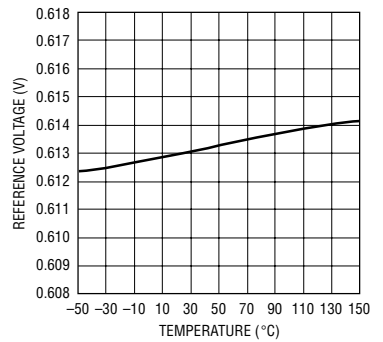
3409 G04

效率与负载电流的关系曲线， $V_{OUT} = 1.2V$



3409 G05

基准电压与温度的关系曲线

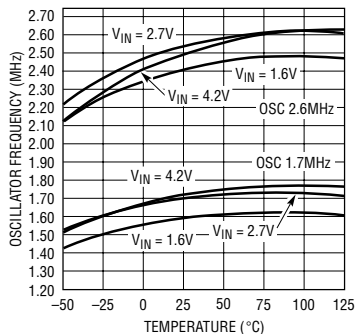


1011 G06

典型性能特征

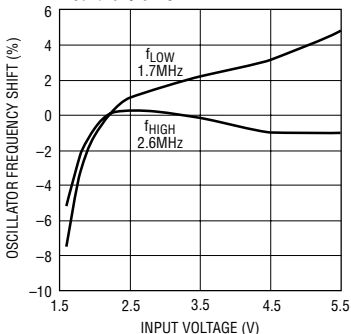
(由本数据表首页上的典型应用电路得出，只是阻性分压电阻器的阻值有所不同)

振荡器频率与温度的关系曲线



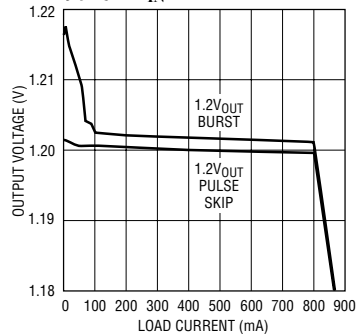
3409 G07

振荡器频率漂移与输入电压的关系曲线



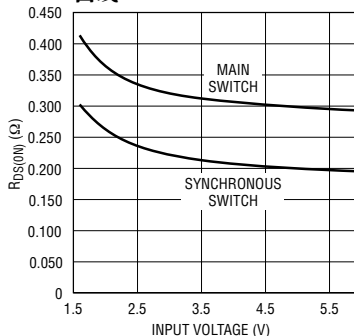
3409 G08

输出电压与负载电流的关系曲线，V_IN = 1.6V



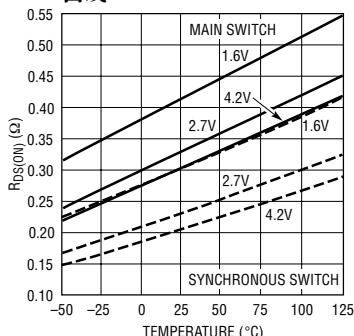
3409 G09

R_DS(ON) 与输入电压的关系曲线



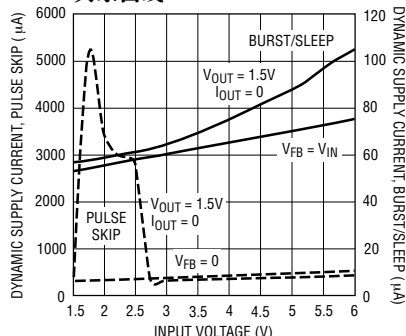
3409 G10

R_DS(ON) 与输入温度的关系曲线



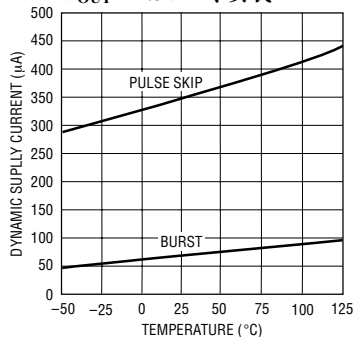
3409 G11

动态电源电流与输入电压的关系曲线



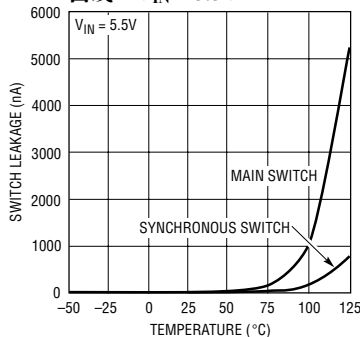
3409 G12

动态电源电流与温度的关系曲线，V_IN = 3.6V，V_OUT = 1.5V，零负载



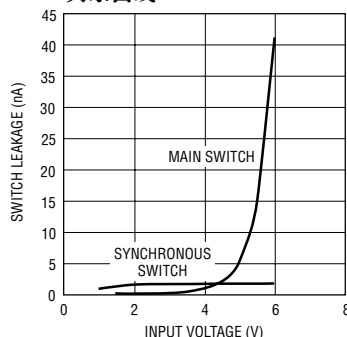
3409 G13

开关漏电流与温度的关系曲线，V_IN = 5.5V



3409 G14

开关漏电流与输入电压的关系曲线

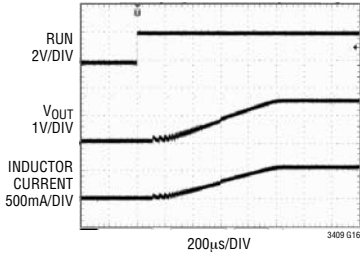


3409 G15

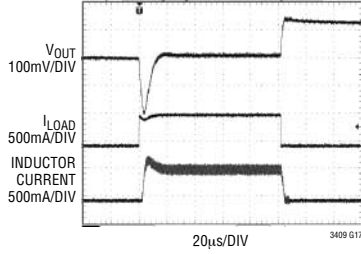
典型性能特征

(由本数据表首页上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)

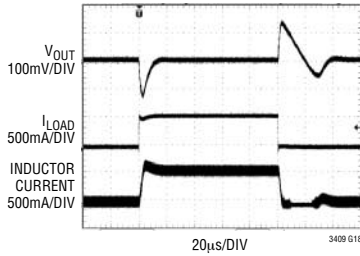
从停机模式启动



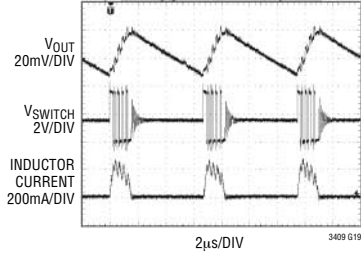
0mA 至 600mA 负载阶跃，
脉冲跳跃



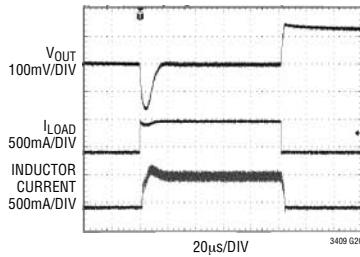
50mA 至 600mA 负载阶跃，
脉冲跳跃



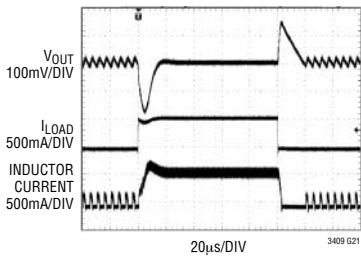
突发模式操作，
 $I_{LOAD} = 35mA$



0mA 至 600mA 负载阶跃，
突发模式操作



50mA 至 600mA 负载阶跃，
突发模式操作



引脚功能

V_{FB} (引脚 1) : 反馈引脚。从一个跨接在输出端上的外部阻性分压器来接收反馈电压。

GND (引脚 2) : 接地引脚。

V_{IN} (引脚 3、4) : 主电源引脚。必须通过一个电容值为 4.7 μ F (或更大) 的陶瓷电容器紧密去耦至 GND、引脚 2 和引脚 9。

MODE (引脚 5) : 模式选择输入。如需选择脉冲跳跃模式，则应强制该引脚的电压处于 1.1V 以上。使该引脚的电压处于 0.3V 以下将选择突发模式操作。不要将 MODE 引脚浮置。

SW (引脚 6) : 至电感器的开关节点连接。该引脚与内部主功率 MOSFET 开关和同步功率 MOSFET 开关的漏极相连。

RUN (引脚 7) : 运行控制输入。使此引脚的电平超过 1.1V 将使能该器件。使此引脚的电平低于 0.3V 将关断该器件。在停机模式中，所有的功能均失效，吸收 < 1 μ A 的电源电流。不要让 RUN 引脚处于浮置状态。

SYNC (引脚 8) : 外部时钟输入/固定开关频率选择。使该引脚的电平超过 1.1V 达 30 μ s 以上将选择 2.6MHz 开关频率。使该引脚的电平低于 0.3V 达 30 μ s 以上将选择 1.7MHz 开关频率。

外部时钟输入，1MHz 至 3MHz 频率范围。当在该频率范围内对 SYNC 引脚进行时钟同步时，SYNC 门限的标称值为 0.63V。为了实现上佳的噪声免疫力，SYNC 信号在该标称值上下的摆动幅度至少应为 0.3V (即在 0.33V 至 0.93V 之间)。不要将 SYNC 引脚浮置。

GND (引脚 9) : 裸露衬垫。裸露衬垫为地。必须将其焊接至 PCB 的地，以便提供电接触和最佳的热性能。

工作原理

定为 200mA 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 65 μ 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。

短路保护

当输出被短路至地时，LTC3409 将同步开关电流限制为 1.5A。如果该限值被超过，则顶端功率 MOSFET 将被禁止接通，直到同步开关中的电流降至 1.5A 以下为止。

压降操作

当输入电源电压降到一个接近输出电压的电压值时，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。

斜率补偿

斜率补偿通过防止在高占空比条件下发生次谐

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。

由用户来控制的开关频率

可使 LTC3409 的内部振荡器与一个用户提供的施加在 SYNC 引脚上的外部时钟相同步。或者，当该引脚被保持在一个固定的高电平或低电平上的时间超过 30 μ s 时，内部振荡器将回复至固定频率操作模式；在该模式中，可以把频率选定为 1.7MHz (SYNC 为低电平) 或 2.6MHz (SYNC 为高电平)。

内部软启动

在启动期间，当 RUN 引脚被拉至高电平时，内部基准将在 1ms 的时间里从 0V 线性上升至 0.613V。被调反馈电压将跟随这一斜坡上升，从而导致输出电压在 1ms 的时间内从 0% 升至 100%。软启动期间的电感器电流将由对输出电容进行充电所需的电流与在输出电压斜坡上升时输送至负载的电流的组合来确定。“典型性能特征”中给出的启动波形显示的是在采用一个 2.5 Ω 负载且 $V_{IN} = 2.2V$ 条件下的 0V 至 1.5V 输出电压启动过程。在 1.5V 电压条件下，该 2.5 Ω 负载将产生一个 600mA 的输出。

应用信息

LTC3409 的基本应用电路示于本数据表的首页。外部元件的选择由负载要求决定，首先需要选择的是电感 L，然后再选择 C_{IN} 和 C_{OUT}。

电感器的选择

对于大多数应用而言，电感值将位于 1 μH 至 10 μH 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纹波电流，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_{IN} 和 V_{OUT} 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_L = 240mA (即 600mA 的 40%)。

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

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，对于大多数应用来说，采用一个额定电流为 720mA 的电感器应该是足够了 (600mA + 120mA)。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。在较低的负载电流条件下，采用较小的电感值 (较高的 ΔI_L) 将触发这一现象，这会导致低电流操作方式上区段的效率下降。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要高。选用的电感器的类型往往更多地取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 LTC3409 的操作要求。表 1 罗列了一些在 LTC3409 应用中使用情况良好的典型表面贴装电感器。

表 1：具代表性的表面贴装电感器

器件型号	数值 (μH)	DCR (Ω 最大值)	最大 DC 电流 (A)	外形尺寸 W×L×H (mm ³)
Sumida CDRH3D18/LD	2.2	0.041	0.85	3.2 × 3.2 × 2.0
	3.3	0.054	0.75	
Sumida CDRH2D11	1.5	0.068	0.90	3.2 × 3.2 × 1.2
	2.2	0.170	0.78	
Sumida CMD4D11	2.2	0.116	0.950	4.4 × 5.8 × 1.2
	3.3	0.174	0.770	
Murata LQH32CN	1.0	0.060	1.00	2.5 × 3.2 × 2.0
	2.2	0.097	0.79	
Toko D312F	2.2	0.060	1.08	2.5 × 3.2 × 2.0
	3.3	0.260	0.92	
Panasonic ELT5KT	3.3	0.17	1.00	4.5 × 5.4 × 1.2
	4.7	0.20	0.95	

C_{IN} 和 C_{OUT} 的选择

在连续工作方式中，顶端 MOSFET 的源极电流是占空比 V_{OUT}/V_{IN} 的一个方波。为防止发生大电压瞬变，必须采用能承受最大 RMS 电流的低 ESR 输入电容器。最大 RMS 电容器电流由下式给出：

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

该公式在 V_{IN} = 2V_{OUT} 时具有最大值，此时，I_{RMS} = I_{OUT}/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_{OUT} 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_{OUT} 的 ESR 要求得到满足，则额定 RMS 电流通常将远远超过 I_{ripple(P-P)} 要求。输出纹波 ΔV_{OUT} 由下式决定：

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_L \left(ESR + \frac{1}{8 \cdot f \cdot C_{OUT}} \right)$$

应用信息

式中的 f = 工作频率, C_{OUT} = 输出电容, ΔI_L = 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最高, 因为 ΔI_L 随输入电压的增加而增加。铝电解电容器和干式钽电容器均可采用表面贴装配置。在采用钽电容器的场合, 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, 在体积一定的情况下, 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 LTC3409 的控制环路的稳定操作与输出电容器的 ESR 无关, 因此, 可以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, 且电源是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_{IN} 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_{IN} 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的温度的电压特性。

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:

$$V_{OUT} = 0.613V \left(1 + \frac{R1}{R2} \right)$$

如图 1 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。

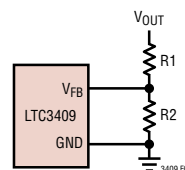


图 1

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 $L1$ 、 $L2$... 等等是作为输入功率百分比的单独损耗分量。

尽管电路中所有的耗能元件都会产生损耗, 但在 LTC3409 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; 而在中等及高负载电流条件下, 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 2 所示。

应用信息

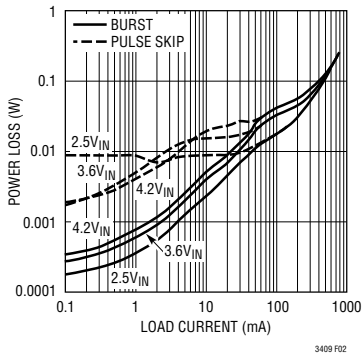


图 2

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。相应的 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 LTC3409 的发热并不太多。但是，当 LTC3409 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) 工作时，其散热有可能超过器件的最大结温。如果结温达到 150°C 左右，则两个功率开关都将断开，且 SW 节点呈高阻抗。

为避免 LTC3409 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， θ_{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 LTC3409 工作于直通方式下，输入电压为 1.6V ，负载电流为 600mA ，环境温度为 75°C 。从开关电阻的典型性能曲线图可知，在 75°C 的温度条件下，P 沟道开关的 $R_{DS(ON)}$ 约为 0.48Ω 。因此，该器件的功耗为：

$$P_D = I_{LOAD}^2 \cdot R_{DS(ON)} = 172.8\text{mW}$$

对于 DD8 封装， θ_{JA} 为 $43^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 。于是，稳压器的结温为：

$$T_J = 75^{\circ}\text{C} + (0.1728)(43) = 82.4^{\circ}\text{C}$$

它远远低于 125°C 的最大结温。

应用信息

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。 ΔI_{LOAD} 还开始对 C_{OUT} 进行充电和放电操作，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 $10\mu F$ 电容器被充电至 $3.3V$ 将需要 $250\mu s$ 的上升时间，从而将充电电流限制在 $130mA$ 左右。

电路板布局检查清单

当进行印刷电路板布局时，下面的检查清单应被用于确保 LTC3409 的正确操作。在图 3 所给出的布局示意图中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. 电容器 C_{IN} 是否与电源 V_{IN} (引脚 3、4) 和电源 GND (裸露衬垫) 尽可能近地相连？该电容器向内部功率 MOSFET 及其驱动器提供 AC 电流。

2. C_{OUT} 和 $L1$ 是否靠近连接？ C_{OUT} 的负 (-) 极使电流返回 GND 和 C_{IN} 的负 (-) 极。
3. 阻性分压器 $R1$ 和 $R2$ 必须连接在 C_{OUT} 的正 (+) 极和一个终接于 GND (裸露衬垫) 附近的接地线之间。反馈信号 V_{FB} 的布线应远离噪声元件和走线，比如 SW 线 (引脚 6)，而且，其轨迹应尽可能简短。
4. 使敏感元件远离 SW 引脚。输入电容器 C_{IN} 以及电阻器 $R1$ 和 $R2$ 的布线应远离 SW 走线和电感器。
5. 最好采用一个接地平面，不过，如果做不到这一点，则使信号地和电源地保持分离，并让小信号元件回路在一点返回 GND 引脚。它们不得公用 C_{IN} 或 C_{OUT} 的高电流通路。
6. 将所有电路层的全部未用区域都敷上铜。采用这种敷铜的方法将能够降低功率元件的温升。这些铜面积应被连接至 V_{IN} 或 GND。

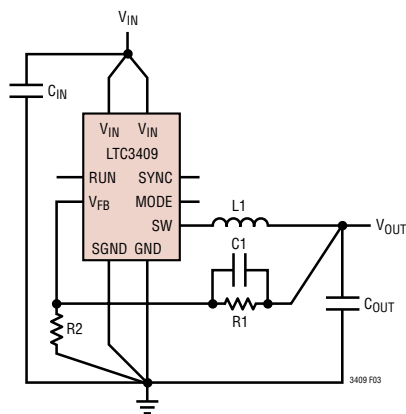


图 3

应用信息

设计实例

作为一个设计实例，假定 LTC3409 在一个采用两节碱性电池的电池供电型应用中使用。V_{IN} 的工作电压范围将在 3.2V (最大值) 至大约 1.8V 之间。负载电流要求为 600mA (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。低负载电流和高负载电流条件下的效率都很重要。输出电压为 1.5V。借助这些信息，我们可以利用 (2) 式来计算电感 L：

$$L = \frac{1}{f \cdot \Delta I_L} V_{OUT} \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) \quad (2)$$

将 V_{OUT}=1.5V、V_{IN}=3.2V、ΔI_L=240mA 和 f=1.7MHz 代入 (2) 式，得出：

$$L = \frac{1}{1.7\text{MHz} \cdot 240\text{mA}} 1.5 \left(1 - \frac{1.5}{3.2} \right) \cong 2.2\mu\text{H}$$

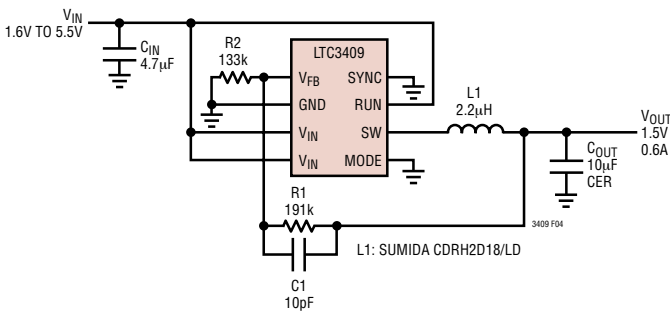


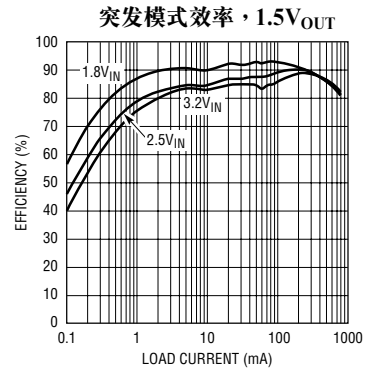
图 4

为了获得最佳效率，请选择一个 750mA 或更大的电感器和小于 0.3Ω 的串联电阻。在整个工作温度范围内，C_{IN} 要求一个至少为 0.3A ≅ I_{LOAD(MAX)}/2 的额定 RMS 电流。

对于反馈电阻器，选择 R₂ = 133k。然后可由 (2) 式求得 R₁ 的阻值为 191k。图 4 示出了完整的电路及其效率曲线。

下面的表 2 列出了针对选定输出电压的 1% 精度电阻器阻值。

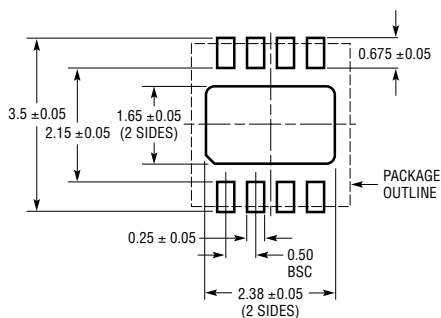
V _{OUT}	R ₁	R ₂
0.85V	51.1k	133k
1.2V	127k	133k
1.5V	191k	133k
1.8V	255k	133k



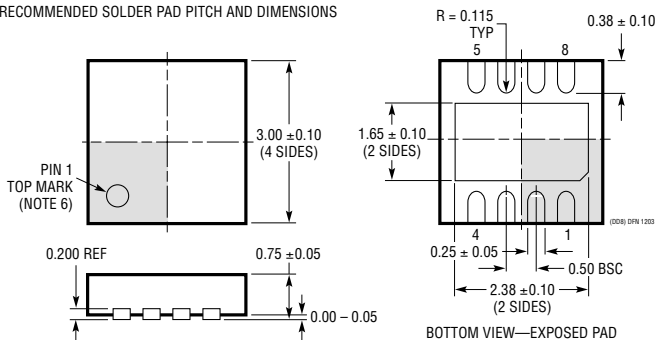
3409 F04b

封装描述

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



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

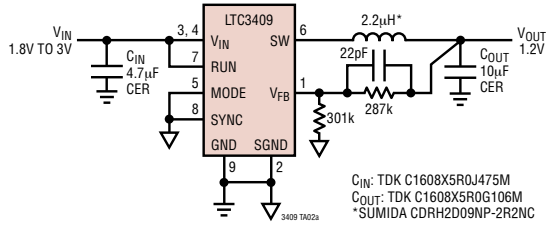


NOTE:

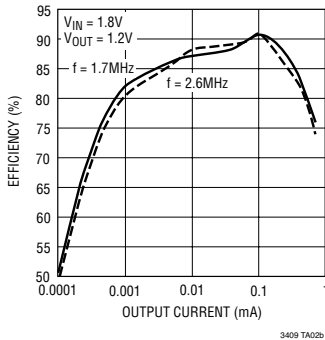
1. DRAWING TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229 VARIATION OF (WEED-1)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

典型应用

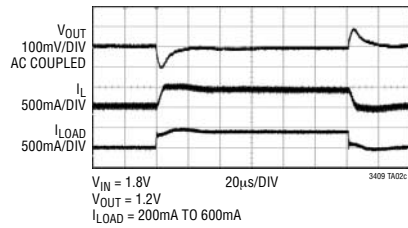
高效率和平的两节电池至 1.2V/600mA 稳压器



效率



负载阶跃



相关器件

器件型号	描述	备注
LTC1878	600mA (I_{OUT}), 550kHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 96%, V_{IN} : 2.7V 至 6V, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 10\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, MS8 封装
LTC1879	1.20A (I_{OUT}), 550kHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V_{IN} : 2.7V 至 10V, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 15\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 16 引脚 TSSOP 封装
LT3020	100mA, 低电压 VLDO™	V_{IN} : 0.9V 至 10V, $V_{OUT(MIN)} = 0.20V$, 压降 = 0.15V, $I_Q = 120\mu A$, $I_{SD} < 3\mu A$, V_{OUT} = 可调, DFN/MS8 封装
LTC3025	100mA, 低电压 VLDO	V_{IN} : 0.9V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)} = 0.40V$, 压降 = 0.05V, $I_Q = 54\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, V_{OUT} = 可调, DFN 封装
LTC3404	600mA (I_{OUT}), 1.4MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 96%, V_{IN} : 2.7V 至 6V, $V_{OUT(MIN)} = 0.80V$, $I_Q = 10\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, MS8 封装
LTC3405/LTC3405A	300mA (I_{OUT}), 1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V_{IN} : 2.5V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 20\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, ThinSOT™ 封装
LTC3406/LTC3406B	600mA (I_{OUT}), 1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 96%, V_{IN} : 2.5V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$, $I_Q = 20\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, ThinSOT 封装
LTC3407	双输出, 600mA (I_{OUT}), 1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V_{IN} : 2.5V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$, $I_Q = 40\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 10 引脚 MSE 封装
LTC3411	1.25A (I_{OUT}), 4MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%, V_{IN} : 2.5V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$, $I_Q = 60\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, 10 引脚 MS 封装

VLDO 和 ThinSOT 是凌特公司的商标。