

# LM3407评估板及参考设计

查询LM3407供应商

美国国家半导体公司  
应用注释 1763  
SH Wong  
2008年1月18日



LM3407评估板及参考设计

## 引言

LM3407是一款集成了N沟道功率MOS场效应管的脉冲宽度调制的浮动式降压转换器，其设计是为提供精准的恒定电流输出，以驱动大功率发光二极管(LED)，如Lumileds Luxeon®的功率二极管和OSRAM Golden DRAGON®的LED。改变电流设定电阻器的阻值，可以在300kHz到1MHz之间选择开关频率，这样可使用小型的外部器件。LM3407的显著特色是脉冲电平调制(PLM)控制方案，这一方案在使用一个外部1%精度的电流设定厚膜电阻时，能确保在整个输入电压和工作温度范围内恒定电流输出精度好于10%。转换

器的另一个特点是具有一个可接收标准逻辑脉冲，控制LED阵列亮度的DIM引脚，使得LM3407成为精密功率LED驱动器或者恒流源的理想器件。

本应用注释介绍了采用LM3407的一个设计实例，能提供350mA的恒定电流来驱动6个串联的一组大功率LED。评估板的输入电压范围从22V到30V。下面对原理图、印刷电路板布局图、元件清单以及电路设计要求作详细说明。同时也给出了典型性能和工作波形供参考。

## 评估板原理图

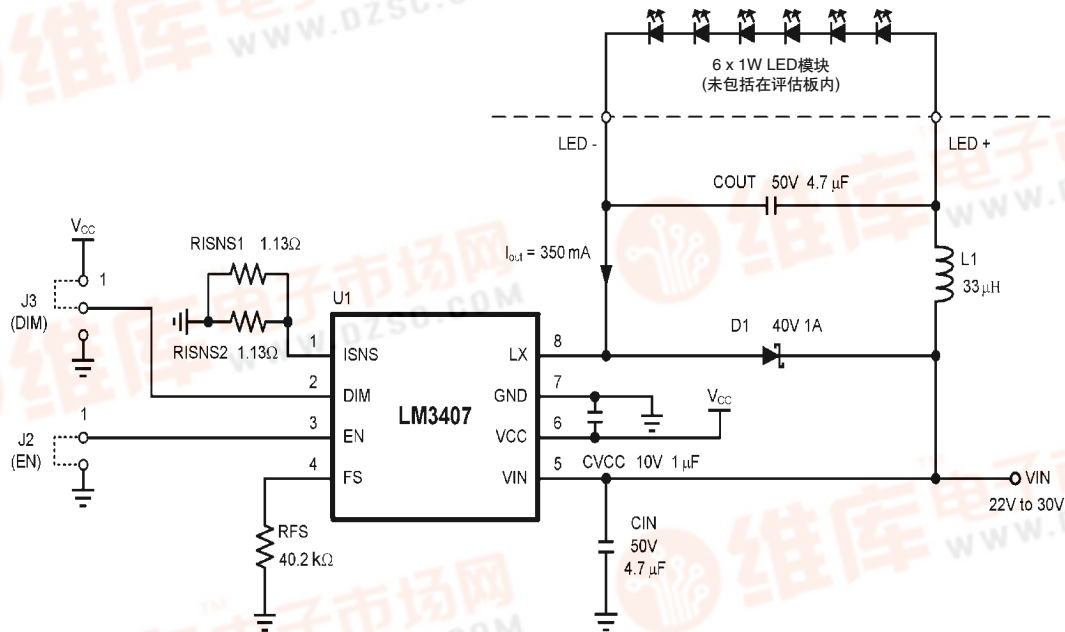
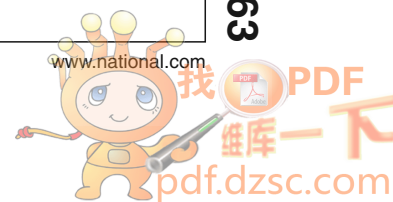


图 1. LM3407评估板原理图

30046701



AN-1763

[查询LM3407供应商](#)

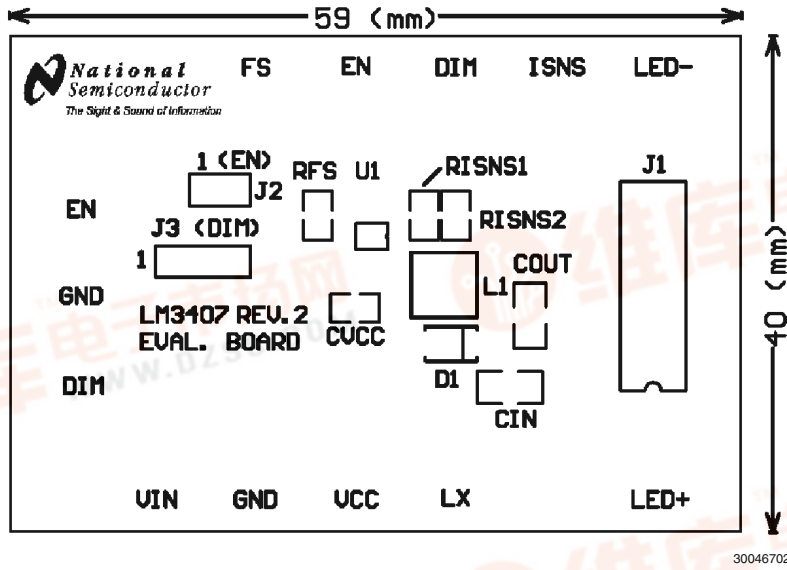


图 2. LM3407评估板的印刷电路顶层视图

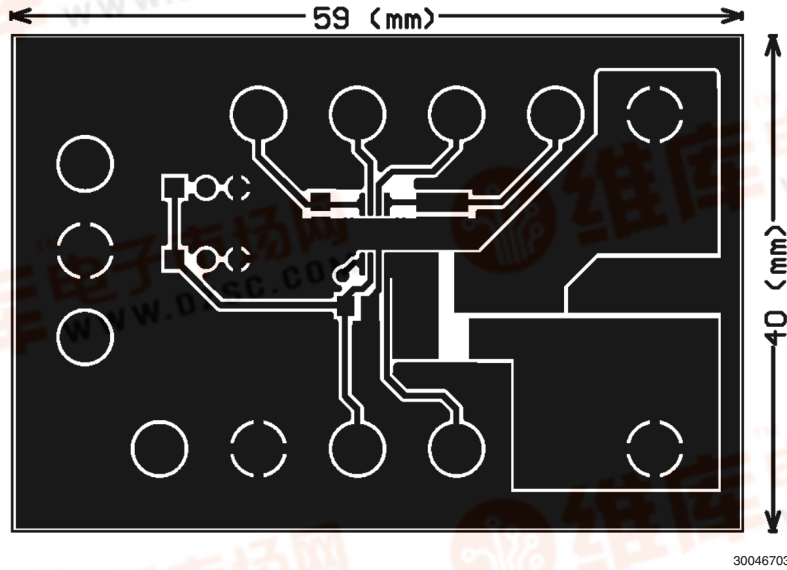
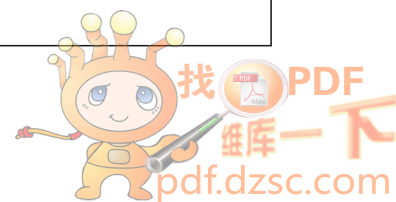


图 3. LM3407评估板的印刷电路顶视图



[查询LM3407供应商](#)

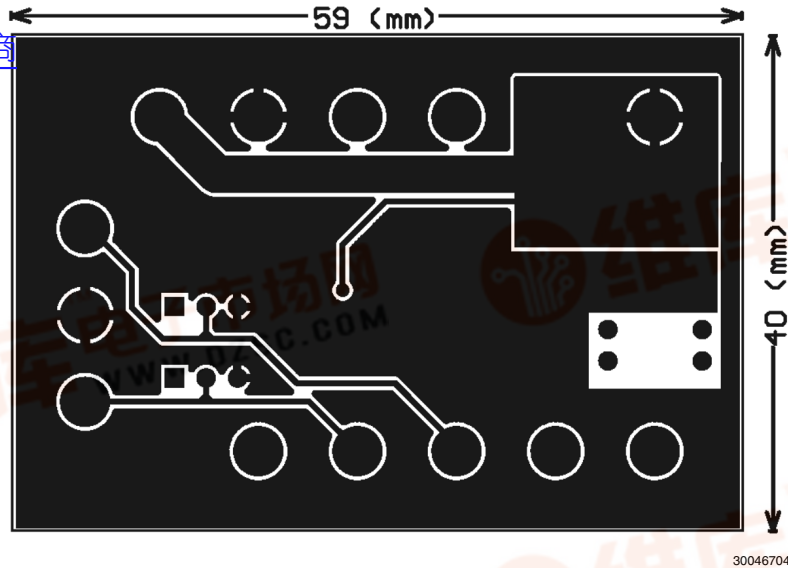


图 4. LM3407评估板的印刷电路底层图

#### 评估板的快速设置步骤

步序	操作	注释
1	移去评估板上的所有跳线。	
2	将6个功率LED的阵列接到J1。	
3	将电源的输出接到评估板的VIN端。	
4	设定电源的输出电压为24V。	$V_{IN}$ 应该不得超过30V
6	检查评估板上VCC端的电压。	$V_{CC} = 4.5V \pm 3\%$
7	使用跳线短路J3的引脚1和2。	所有LED充分导通
8	用电流表检查LED电流 ( $I_{OUT}$ )。	$I_{OUT} = 350\text{ mA} \pm 10\%$
9	用跳线短路J2，检查停机功能。	$I_{OUT} = 0$

#### 评估板的性能特性

描述	符号	条件	最小	典型	最大	单位
输入电压	$V_{IN}$		22	24	30	V
输出电流	$I_{OUT}$	DIM引脚连接到VCC	330	350	370	mA
输出电流变化	$\Delta I_{OUT}$	所有 $V_{IN}$ 和 $I_{OUT}$ 条件	8		10	%
效率		LED数量 = 6	93		96	%
		LED数量 = 4	90		95	%
		LED数量 = 2	85		92	%

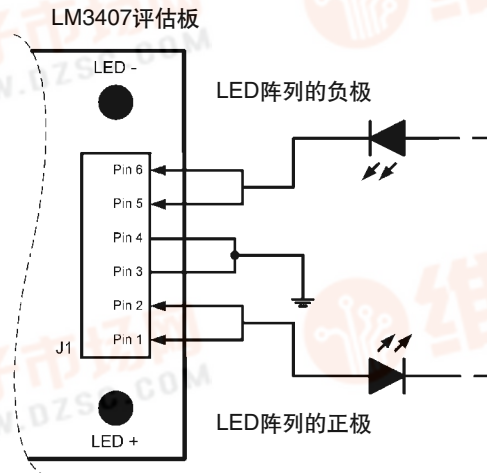
## 设计步骤

### 查询LM3407供应商

#### 连接LED阵列

LM3407评估板有一个6引脚的母连接器J1，用于板到板地连接LED阵列。图5显示了J1的引脚接头。为了避免损坏元件，不要在评估板连接电源后连接LED阵列或接错LED阵列

的极性。强烈推荐安装LED阵列散热片，并在必要时对LED阵列采取强制通风。



30046705

图 5. 将一个LED阵列连到LM3407评估板

#### 设置LED电流

可以通过调整电流设定电阻RISNS1和RISNS2来调整评估板的输出电流。默认条件下，RISNS1和RISNS2都是公差为1%的1.13Ω电阻，使得最终的电阻值R<sub>ISNS</sub>为0.565Ω。这个R<sub>ISNS</sub>阻值设定的输出电流（I<sub>OUT</sub>）为350mA。R<sub>ISNS</sub>的数值可用等式计算：

$$R_{ISNS} = \frac{0.198V}{I_{OUT}}$$

当选择电流设定电阻（RISNS1和RISNS2）的阻值时，要确保不得超过电阻的额定功率。例如，当I<sub>OUT</sub>设为350 mA时，在稳定状态下，RISNS1和RISNS2的总功耗为0.35 mA<sup>2</sup> × 0.565Ω，等于69 mW，表明可以用一个额定功率为1/8W的电阻器。

#### 调整开关频率

可以通过调整频率设定电阻RFS的阻值对LM3407评估板的开关频率编程。预装在评估板上的电阻RFS的初始值是40.2 kΩ，开关频率为1 MHz。为了保证良好的电流调整，建议将开关频率设在300kHz和1MHz之间。开关频率可由下式计算：

$$f_{sw} = \frac{40 \text{ Meg}}{R_{FS}} + 40 \text{ 以kHz为单位}$$

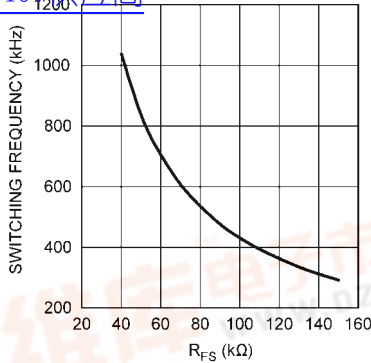
这里40 kΩ ≤ RFS ≤ 150 kΩ

为方便选择RFS数值，提供了一个f<sub>sw</sub>对应RFS的选择图表：



开关频率与RFS的关系  
(TA = 25°C)

查询LM3407供应商



30046707

LM3407具有内部补偿电路，不需要外部元件作反馈补偿。对于22V到30V的输入电压范围和驱动6个功率LED，该评估板的元器件已经过优化。如果需要不同的转换，例如改变输入电压和负载条件，为确保稳定的工作，可能需要改变L1和RFS。

### 电感器和二极管的选择

为了获得恒定电流输出，在所有工作条件下LM3407需要工作在连续传导模式（CCM）。一般情况下，应该使电感器的纹波电流的幅值尽可能小。如果印刷电路板的尺寸没有限制，越大的电感器会产生更精准的输出电流。但是，为了使电路的物理尺寸最小，应选择最小物理外形的电感器，这样总是工作在连续传导模式下以及电感器的峰值电流不会超过

电感器饱和电流的限制。电感器的纹波和峰值电流可以用下式计算：

电感器的纹波电流峰值：

$$I_{L(\text{ripple})} = \frac{V_{IN} - (n \times V_F) - 0.198 \left( 1 + \frac{1}{R_{ISNS}} \right) \times (n \times V_F)}{L \times V_{IN} \times f_{SW}}$$

电感器的峰值电流：

$$I_{L(\text{peak})} = \frac{0.198}{R_{ISNS}} + \frac{I_{L(\text{ripple})}}{2}$$

这里n是串行LED的数量，V<sub>F</sub>是每个LED的正向电压。

对特定应用所要求的最小电感值可由下式计算：

$$L_{\min} = \frac{V_{IN} - (n \times V_F) - 0.198 \times \left( 1 + \frac{1}{R_{ISNS}} \right) \times (R_{ISNS} \times n \times V_F)}{0.197 \times V_{IN} \times f_{SW}}$$

由于评估板是针对驱动6个LED阵列设计的，电感器的默认值是33 μH，它用来在输入电压为22V到30V之间，开关频率为1 MHz时确保在连续传导模式下的工作。对于输入电压和LED数量不同的应用，需要改变电感器的电感以维持精准的输出电流。表1显示的是在500 kHz和1 MHz的开关频率下所建议的电感器的电感量。

评估板电路的输出二极管的选择取决于输出电压和电流。二极管的额定反向电压必须高于转换器的输入电压，以及峰值额定电流必须大于预期的最大电感器电流。使用低正向电压的肖特基二极管将会减少功耗并增加转换效率。

表 1. 建议的电感器电感

f<sub>SW</sub> = 500 kHz, C<sub>OUT</sub> = 4.7 μF (对一个LED为1 μF) 条件下电感器的选择表

VIN/V	LED的数量						
	1	2	3	4	5	6	7
5	22 μH						
10	22 μH	22 μH					
15	22 μH	22 μH	22 μH				
20	22 μH	33 μH	22 μH	22 μH	22 μH		
25	22 μH	33 μH	33 μH	22 μH	22 μH	22 μH	
30	22 μH	47 μH	33 μH	33 μH	33 μH	22 μH	22 μH

f<sub>SW</sub> = 1 MHz, C<sub>OUT</sub> = 4.7 μF (对一个LED为1 μF) 条件下电感器选择表

5	22 μH						
10	22 μH	22 μH					
15	22 μH	22 μH	22 μH				
20	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH		
25	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH	
30	22 μH	33 μH	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH	22 μH

## LED的调光

查询LM3407供应商

有两种方法来禁止评估板的电流输出 ( $I_{OUT}$ )。将DIM或者EN引脚连接到地线, 都可以禁止LM3407评估板的电流输出。连接EN引脚到地线将停止内部的线性稳压器并维持极小的功耗。将DIM引脚连接到地线仅禁止了LM3407的输出电流, 而内部的振荡器和控制器仍然保持激活状态以便快速启动。

一般情况下, 将一个逻辑脉冲串加到评估板的DIM端脚, 周期性地启动和禁止LM3407并控制LED阵列的平均电流 $I_{OUT}$ , 以此进行LED阵列调光。由于LED的色彩特性与驱动电流紧密相关, 用调节电流设定电阻器来调光会引起色温漂移。为了有效地控制LED阵列的亮度, 应采用PWM调光。PWM调光是一种以固定频率控制LED的开/关时间比率调光的方法。

评估板上的DIM端脚直接连到LM3407的DIM引脚, 其提供了LED阵列调光的一个PWM信号输入。为了正确地启动和禁止LM3407, PWM调光信号应具有1V以下的逻辑低

电平和2V以上的逻辑高电平。DIM引脚是用一个400 k $\Omega$ 电阻器在内部下拉到接地线, 它应被连接到逻辑高电平或者逻辑低电平, 不能悬空。在稳定状态时, 平均LED驱动电流的表达式是:

$$I_{OUT(AVG)} = D_{DIM} \times \frac{0.198}{R_{ISNS}}$$

## PWM调光的限制

图6显示了最大PWM调光频率、最小和最大占空因数。最大调光频率不得超过LM3407的开关频率的1/50。为避免可见的闪烁, 不推荐使用低于100 Hz以下的调光频率。在图6中T是PWM调光信号的周期。间隔 $t_D$ 代表从调光信号逻辑高到打开输出电流的延时。 $t_{SU}$ 和 $t_{SD}$ 分别表示输出电流从零转换到稳态和从稳态转换到零所需要的时间。在图中可以看出, 最小的调光信号占空因数不得小于输出电流的 $t_{SU}$ 和 $t_{SD}$ 之和。

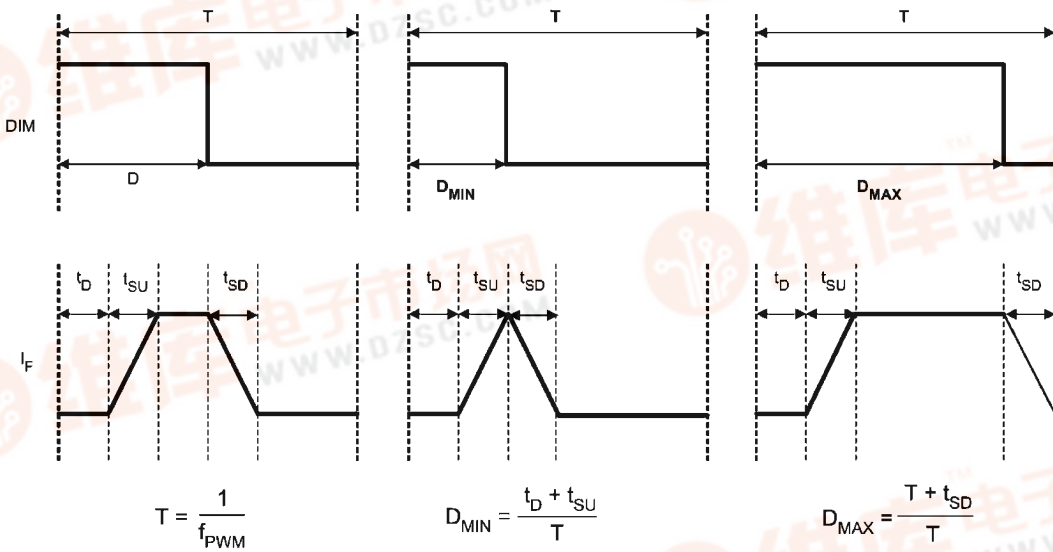
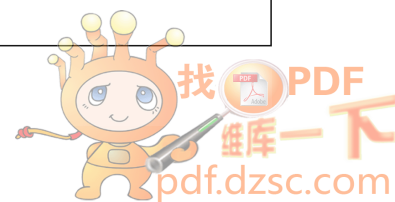


图 6. PWM调光信号的限制

30046712



## 印刷电路板的布局指南

由于印刷电路板铜线所具有的电阻和寄生电感，铜线越长，电阻和电感越高。这些因素会在转换节点处产生电压和电流尖峰，损坏整个电路的性能。为了优化LM3407的性能，经验法则是元件间的连线应尽可能短以及尽可能直接连接。由于准确的平均电流控制依赖于平均开关电流的检测，为减少铜线的寄生电感以及避免噪声反馈，电流设定电阻RISNS1和RISNS2必须尽可能靠近LM3407放置。为减少LX引脚上的电压尖峰，应确保LX引脚，整流二极管D1，电感器L1和输

出电容COUT之间的连接尽可能地短捷。CVCC是LM3407内部线性稳压器的输出滤波器电容，建议将它放在靠近VCC引脚的位置。输入滤波器电容CIN应该放置在靠近L1和D1负极的位置。如果CIN是用一段长线连到VIN引脚的话，为过滤噪声应在靠近VIN引脚处添加一个0.1  $\mu$ F的电容器。在正常操作下，如果没有应用热管理，LM3407内部产生的热量可能会损坏器件。有关开关电源布局考虑的更详细的信息，可参看应用注释 1149：开关电源的布局准则

元件清单

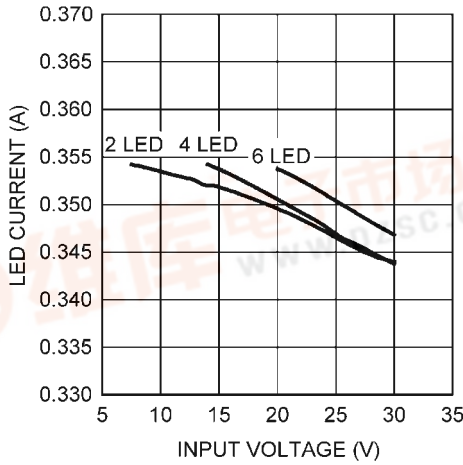
元件标识	说明	封装	制造商定的型号	制造商
U1	LED驱动器IC, LM3407	eMSOP-8	LM3407	NSC
L1	电感33 $\mu$ H 0.58A	4.0 x 4.0 x 1.8 (mm)	LPS4018-333ML	Coilcraft
	*电感33 $\mu$ H 0.56A	4.8 x 4.3 x 3.5 (mm)	CR43NP-330K	Sumida
D1	肖特基二极管40V 1.0A	DO-214AC (SMA)	SS14	Vishay
CIN, COUT	多层陶瓷电容50V 4.7 $\mu$ F X7R	1210	GRM32ER71H475K88L	Murata
CVCC	多层陶瓷电容10V 1.0 $\mu$ F X5R	0805	GRM188R61A105KA61D	Murata
RISNS1, RISNS2	片式电阻器1.13 $\Omega$ 1%	0805	CRCW08051R13F	Vishay
RFS	片式电阻器40.2k $\Omega$ 1%	0805	CRCW08054022F	Vishay
J1	6-pin连接器	DIP-12	535676-5	Tyco Electronics
J2	2路跳线	2.54 (mm) Pitch		
J3	3路跳线	2.54 (mm) Pitch		
VCC, GND, EN, DIM, ISNS, LX	引线插头	2.29 (mm) Dia.	160-1026	Cambion
VIN, GND	引线插头	1.57 (mm) Dia.	160-1512	Cambion
PCB	LM3407评估板	59x40 (mm)		NSC
J3	2脚跳线			

\*可替换的供应商

**典型性能和波形图** 除非另作说明, 所有曲线和波形均在  $T_A = 25^\circ\text{C}$  下测得。

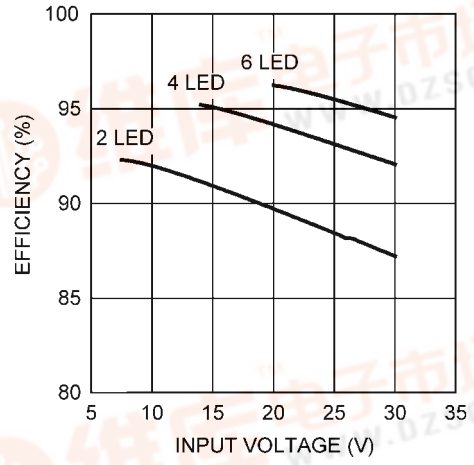
查询LM3407供应商

效率与输入电压的关系  
( $T_A = -40^\circ\text{C}$ )



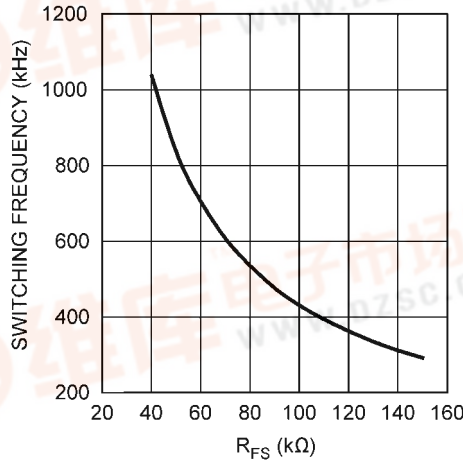
30046713

输出电流与输入电压的关系  
( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )



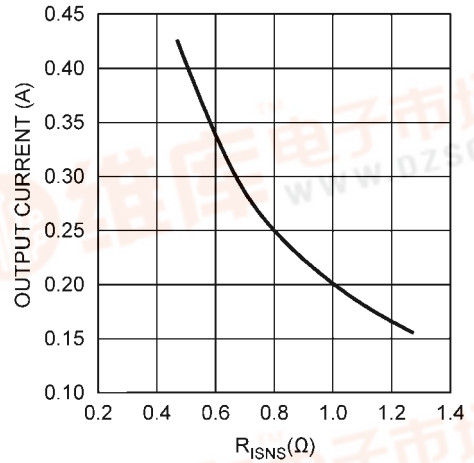
30046714

效率与输入电压的关系  
( $T_A = 125^\circ\text{C}$ )



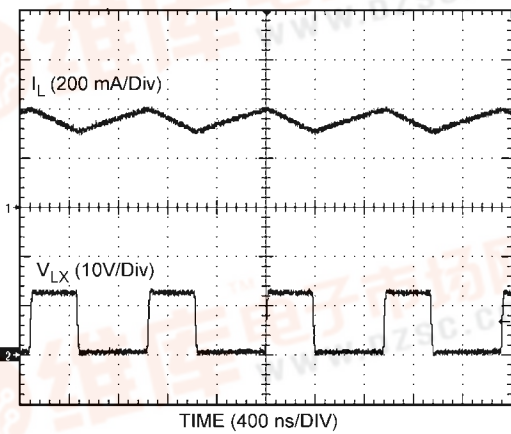
30046715

效率与输入电压的关系  
( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )



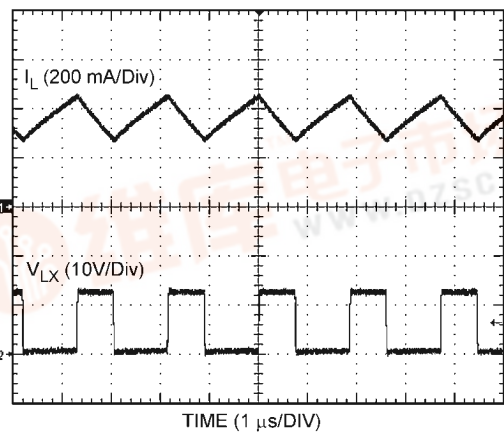
30046716

$f_{sw} = 1 \text{ MHz}$  时电感器的电流  
( $V_{IN} = 12\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ )

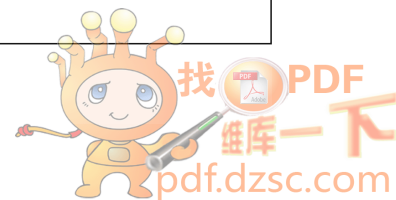


30046718

$f_{sw} = 500 \text{ kHz}$  时电感器的电流  
( $V_{IN} = 12\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ )

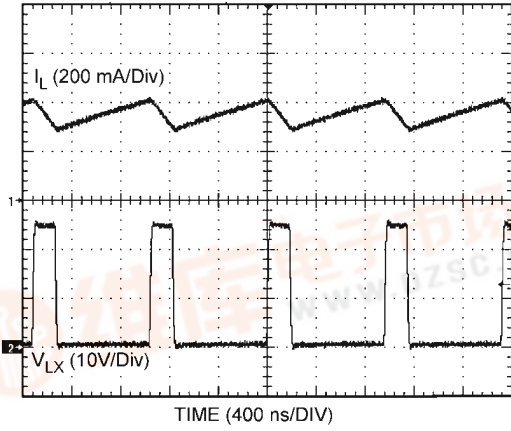


30046719



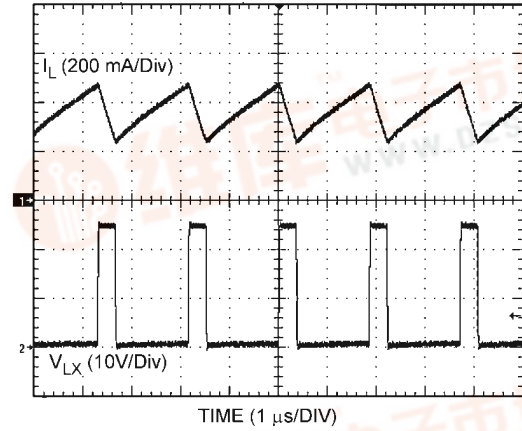


**$f_{sw} = 1 \text{ MHz}$ 时电感器的电流**  
 ( $V_{in} = 24\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ )  
[查询LM3407供应商](#)



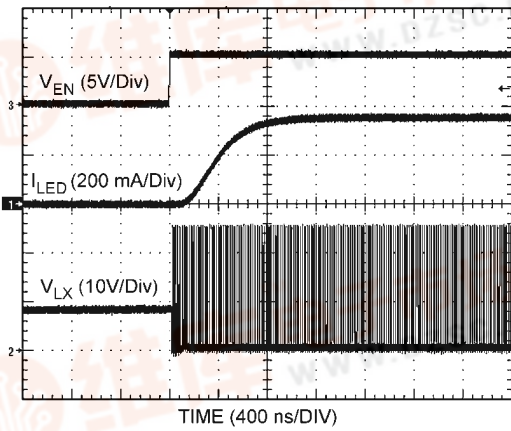
30046720

**$f_{sw} = 500 \text{ kHz}$ 时电感器的电流**  
 ( $V_{in} = 24\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ )



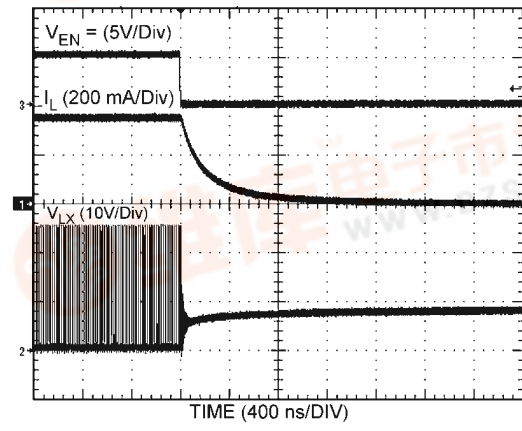
30046721

**DIM引脚启动**  
 ( $V_{in} = 24\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ ,  $f_{sw} = 500 \text{ kHz}$ )



30046722

**DIM引脚禁止**  
 ( $V_{in} = 24\text{V}$ , 2LEDs,  $L = 33 \mu\text{H}$ ,  $f_{sw} = 500 \text{ kHz}$ )



30046723

## 注释

[查询LM3407供应商](#)

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:

Products		Design Support	
Amplifiers	<a href="http://www.national.com/amplifiers">www.national.com/amplifiers</a>	WEBENCH	<a href="http://www.national.com/webench">www.national.com/webench</a>
Audio	<a href="http://www.national.com/audio">www.national.com/audio</a>	Analog University	<a href="http://www.national.com/AU">www.national.com/AU</a>
Clock Conditioners	<a href="http://www.national.com/timing">www.national.com/timing</a>	App Notes	<a href="http://www.national.com/appnotes">www.national.com/appnotes</a>
Data Converters	<a href="http://www.national.com/adc">www.national.com/adc</a>	Distributors	<a href="http://www.national.com/contacts">www.national.com/contacts</a>
Displays	<a href="http://www.national.com/displays">www.national.com/displays</a>	Green Compliance	<a href="http://www.national.com/quality/green">www.national.com/quality/green</a>
Ethernet	<a href="http://www.national.com/ethernet">www.national.com/ethernet</a>	Packaging	<a href="http://www.national.com/packaging">www.national.com/packaging</a>
Interface	<a href="http://www.national.com/interface">www.national.com/interface</a>	Quality and Reliability	<a href="http://www.national.com/quality">www.national.com/quality</a>
LVDS	<a href="http://www.national.com/lvds">www.national.com/lvds</a>	Reference Designs	<a href="http://www.national.com/refdesigns">www.national.com/refdesigns</a>
Power Management	<a href="http://www.national.com/power">www.national.com/power</a>	Feedback	<a href="http://www.national.com/feedback">www.national.com/feedback</a>
Switching Regulators	<a href="http://www.national.com/switchers">www.national.com/switchers</a>		
LDOs	<a href="http://www.national.com/ldo">www.national.com/ldo</a>		
LED Lighting	<a href="http://www.national.com/led">www.national.com/led</a>		
PowerWise	<a href="http://www.national.com/powerwise">www.national.com/powerwise</a>		
Serial Digital Interface (SDI)	<a href="http://www.national.com/sdi">www.national.com/sdi</a>		
Temperature Sensors	<a href="http://www.national.com/tempsensors">www.national.com/tempsensors</a>		
Wireless (PLL/VCO)	<a href="http://www.national.com/wireless">www.national.com/wireless</a>		

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS.

EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。

想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：[www.national.com](http://www.national.com)。

#### 生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

#### 禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范 (CSP-9-111C2)》以及《相关禁用物质和材料规范 (CSP-9-111S2)》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor  
Americas Customer  
Support Center  
Email: [new.feedback@nsc.com](mailto:new.feedback@nsc.com)  
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor  
Europe Customer Support Center  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: [europe.support@nsc.com](mailto:europe.support@nsc.com)  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor  
Asia Pacific Customer  
Support Center  
Email: [ap.support@nsc.com](mailto:ap.support@nsc.com)

National Semiconductor  
Japan Customer Support Center  
Fax: 81-3-5639-7507  
Email: [jpn.feedback@nsc.com](mailto:jpn.feedback@nsc.com)  
Tel: 81-3-5639-7560

