

# LM3433,LM5002

*Application Note 1793 LM3433 4A to 20A LED Driver Evaluation Board*



Literature Number: ZHCA346

# 电流从4A到20A的LED驱动器 LM3433评估板

美国国家半导体公司  
应用注释1793  
Clinton Jensen  
2008年8月25日



## 引言

LM3433是一款自适应恒定导通时间的DC/DC降压型输出恒流控制器，是针对高电流下驱动高亮度发光二极管（HBLED）而设计的产品。LM3433是一个真正的电流源，输出为恒定纹波的恒定电流，与LED正向压降的变化无关。以接地（GND）为参考，评估板可接受范围从-9V到-14V的输入电压。当输入为负电压时，为达到最大散热效率，输出配置允许多个LED的阳极并到一起，连到接参考地的机架上。

## LM3433评估板描述

设计的评估板提供了4A到20A的恒流输出。LM3433需要两个输入电压才可正常工作。一个对地为正的电压用于偏置和控制电路，另一个对地为负的电压用于主要的功率输入。这样才能使用共阳极的LED，并将阳极固定到接参考地的机架上。评估板仅需一个对地为-12V的输入电压。正电压由LM5002电路提供。LM5002电路也提供了欠压锁定（UVLO）功能，这样可消除LM3433启动期间输入为低电压时吸收大电流的可能性。将POT引脚上的电位器（P1）顺时针旋到底，初步设定输出电流约为4A的最小电流。要获得所需电流水平，可将LED+和LED-引脚短接，然后使用电流探头并旋转电位器（P1），直到获得所要求的电流为止。脉宽调光的场效应管也装在板上用于测试，届时直接连上靠近板子的LED。Shutdown测试端口，即J2上的ENA也在板上，这样使用外部电压就可测试开机和停机功能。

## 设置LED电流

设计的LM3433评估板可有多种方法设定LED的电流。开始时短路J2上的ADJ和POT引脚，能用POT引脚上的电位器（P1）调整电流。POT引脚对ADJ引脚提供了对地为0.3V到1.5V的电压，从而调整了感测电阻（ $R_{SENSE}$ ）R15上的压降。也可去掉POT到ADJ的短路线，用对地为正的外部电压加到板上ADJ测试点。板上安装了5mΩ的感测电阻，使用典型性能特性章节中 $V_{SENSE}$ 与 $V_{ADJ}$ 的关系图形，可由下式设置电流：

$$I_{LED} = V_{SENSE} / R_{SENSE}$$

也可去除短路跳线后将ADJ测试点连到VINX测试点，将 $V_{SENSE}$ 设成固定的60mV。

## PWM调光

LM3433具有超过40kHz的高速PWM调光功能。采用场效应管短路LED两端的方法来实现调光。调光场效应管装在评估板上以便测试靠近评估板放置的LED。若使用远端的更靠近LED的场效应管（推荐做法）时，应拆除评估板上的场效应管。

为了使用调光功能，在评估板上PWM测试点加一个对地为正电压的方波。当拉高该引脚电平，场效应管开启，LED关闭。当该引脚电平被拉低时，场效应管关闭，LED开启。在典型性能特性章节中给出了在50%占空比、30kHz PWM调光的示波器波形图。

## 大电流工作和元件的寿命

在驱动高电流LED时，特别是采用PWM调光时，元件的寿命可能是一个因素。在这些情况下，输入电容需承受的输入波纹电流会很大。在小电流情况下，长寿命陶瓷电容也许能处理这一纹波电流而不会有问题。对于更高的电流，可能需要更大的输入电容。为了保持性价比，可以采用一个或多个铝质电解电容器与陶瓷输入电容相并联。由于LED的工作寿命很长（可达50,000小时），所以铝质电解电容器的寿命可能成为整个系统寿命的主要因素。选择输入电容器的首要因素是需要处理的波纹电流的均方根值（RMS）。这一电流由下式给出：

$$I_{RMS} = I_{LED} \frac{\sqrt{V_{LED}(|V_{EE}| - V_{LED})}}{|V_{EE}|}$$

铝质电解电容与陶瓷电容并联的输入电容必须能够处理这个波纹电流。特别是铝质电解电容应能处理波纹电流而内部没有显著温升。一个好的经验规则是，若电容器的壳温比评估板的环境温度高于5°C时，那末电容器就没有能力在其整个额定寿命期间内持续处理波纹电流，此时应选择更坚固的或等效电阻（ESR）更低的电容器。

对于铝质电解电容器寿命的其它主要的考虑是额定寿命和环境运行温度。一个铝质电解电容器在给定的内部温度下有额定的寿命，例如在105°C下为5000小时。从物理上讲，在电容器的工作温度每降低7°C时，电容器的寿命会增加一倍，并且工作温度每升高7°C时，电容器的寿命会缩短一

半。一个品质优良的铝质电解电容器，在额定工作电流均方根值下，其内部温度也会比环境温度高出约3°C到5°C。作为实例，一个在105°C下额定寿命为5,000小时的电容器，在环境温度为85°C的条件下以满额RMS电流工作时，其内部温度约为90°C。在这种情况下，预期的电容器工作寿命将只有约20,000小时以上。实际的寿命（Life<sub>ACTUAL</sub>）可用下式计算：

$$\text{Life}_{\text{ACTUAL}} = \text{Life}_{\text{RATED}} \times 2^{\left(\frac{T_{\text{CORE}} - T_{\text{ACTUAL}}}{7}\right)}$$

这里Life<sub>RATED</sub>是额定内部温度T<sub>CORE</sub>下的额定寿命。例如，如果环境温度为85°C，内部温度就是85°C + 5°C = 90°C。（105°C - 90°C）/7°C = 2.143。2<sup>2.143</sup> = 4.417。因此，预期的寿命为5,000 \* 4.417 = 22,085小时。对于LED的应用，推荐使用长寿命的电容器，如现有的在105°C下额定寿命在20,000小时以上或更长寿命的电容器。

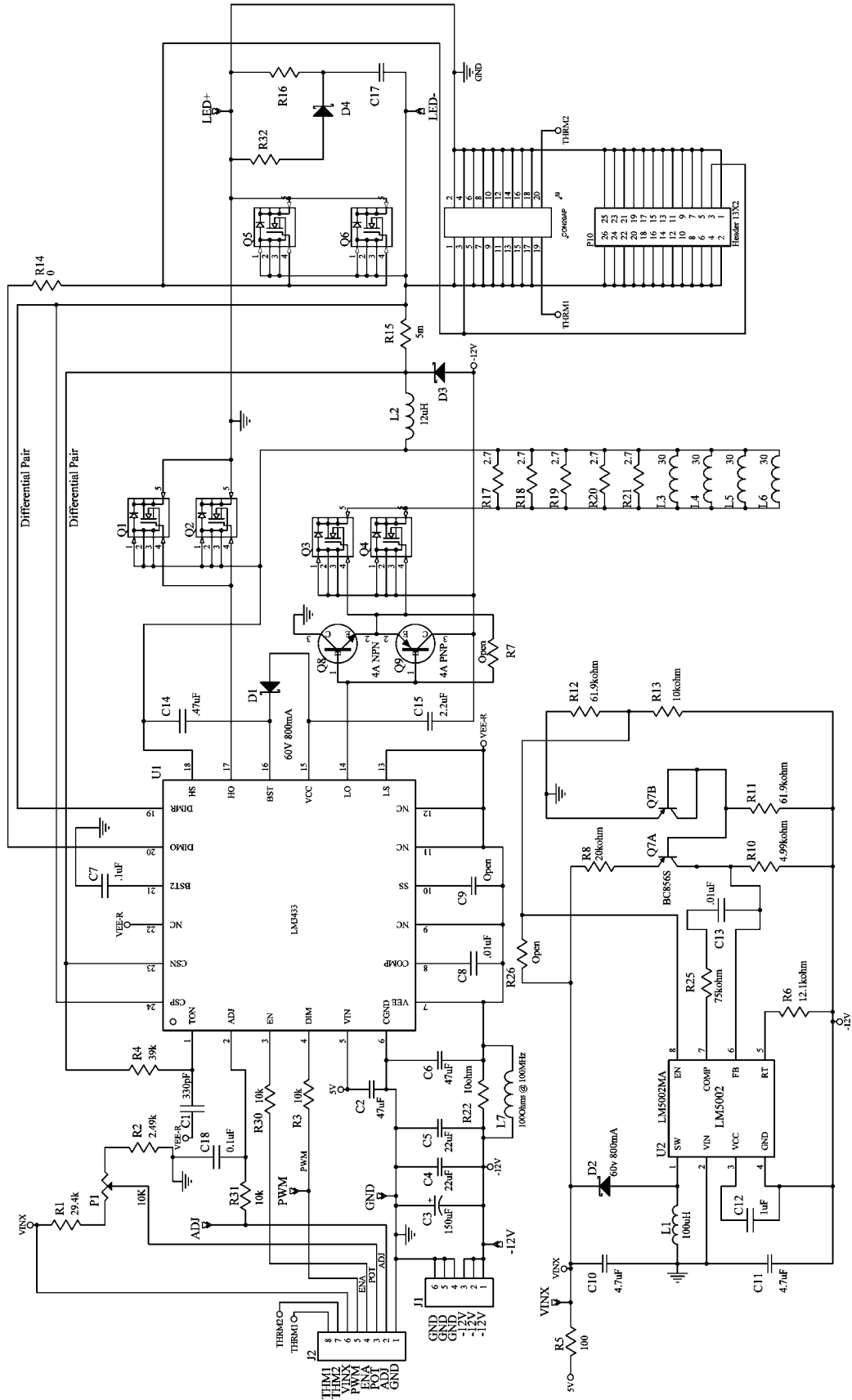


图1. LM3433评估板原理图

30051801

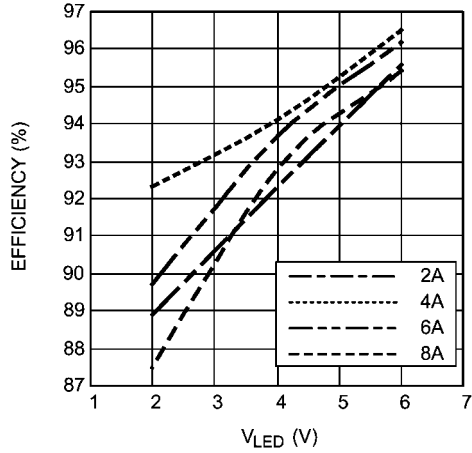
表1. 元件清单

器件标识	器件型号	说明	尺寸	参数	数量	生产厂商
U1	LM3433	LED驱动器	LLP-24		1	NSC
U2	LM5002MA	升压调节器	SO-8		1	NSC
C1	C0805C331J5GACTU	电容	0805	330pF, 50V	1	Kemet
C2	GRM31CR60J476KE19L	电容	1206	47 $\mu$ F, 6.3V	1	Murata
C3	16SA150M	电容	MULTICAP	150 $\mu$ F, 16V	1	Sanyo
C4, C5	GRM32ER61C226KE20L	电容	1210	22 $\mu$ F, 16V	2	Murata
C6	GRM32ER61C476ME15L	电容	1210	47 $\mu$ F, 16V	1	Murata
C7	C0805C104J5RACTU	电容	0805	0.1 $\mu$ F, 50V	1	Kemet
C8, C13	HMK212BJ103KG-T	电容	0805	10nF, 100V	2	Taiyo Yuden
C9	开路		0805			
C10, C11	GRM21BR61C475KA	电容	0805	4.7 $\mu$ F, 16V	2	Murata
C12	0805YD105KAT2A	电容	0805	1 $\mu$ F, 16V	1	AVX
C14	B37941K9474K60	电容	0805	0.47 $\mu$ F, 16V	1	EPCOS Inc .
C15	GRM21BF51E225ZA01L	电容	0805	2.2 $\mu$ F, 25V	1	Murata
C17	开路		0805			
C18	08055C104JAT2A	电容	0805	0.1 $\mu$ F, 50V	1	AVX
D1, D2	MA2YD2600L	二极管	SOD-123	60V, 800mA	2	Panasonic
D3	MBRS240LT3	二极管	SMB	40V, 2A	1	ON Semiconductor
D4	开路		SMB			
J2	B8B-EH-A (LF) (SN)	连接器			1	JST Sales America, Inc.
J1	1761582001	连接器			1	Weidmuller
J9	TFML-110-02-S-D	连接器	TFM-110-02-X-D-LC		1	Samtec
L1	LPS3008-104ML	电感	3008	100 $\mu$ H, 150mA	1	Coilcraft
L2	GA3252-AL	电感	GA3252-AL	12 $\mu$ H, 14A	1	Coilcraft
L3, L4, L5, L6	MPZ2012S300A	铁氧体磁珠	0805	100MHz时30 $\Omega$	4	TDK
L7	MPZ2012S101A	铁氧体磁珠	0805	100MHz时100 $\Omega$	1	TDK
P1	3352T-1-103LF	电位器	BOURNS2	10k $\Omega$	1	Bourns
P10	3429-6002	连接器	HDR13x2	13X2 Pin Header	1	3M
Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6	NTMFS4841NH	场效应管	PowerPAK	30V, 11m $\Omega$	2	ON Semiconductor
Q7	BC856S	双PNP晶体管	SOT363_N		1	Phillips
Q8	ZXTN25040DFHTA	NPN	SOT-23B		1	Zetex Inc.
Q9	ZXTP25040DFHTA	PNP	SOT-23B		1	Zetex Inc.
R1	ERJ-6ENF2942V	电阻	0805	29.4k $\Omega$	1	Panasonic
R2	ERJ-6ENF2491V	电阻	0805	2.49k $\Omega$	1	Panasonic
R3, R30, R31	ERJ-6ENF1002V	电阻	0805	10k $\Omega$	3	Panasonic
R4	ERJ-6GEYJ393V	电阻	0805	39k $\Omega$	1	Panasonic
R5	ERJ-6GEYJ101V	电阻	0805	100 $\Omega$	1	Panasonic
R7	开路					
R14	ERJ-6GEY0R00V	电阻	0805	0 $\Omega$	2	Panasonic
R8	ERJ-6ENF2002V	电阻	0805	20k $\Omega$	1	Panasonic
R10	ERJ-6ENF4991V	电阻	0805	4.99k $\Omega$	1	Panasonic
R11, R12	ERJ-6ENF6192V	电阻	0805	61.9k $\Omega$	2	Panasonic
R13	ERJ-6GEYJ103V	电阻	0805	10k $\Omega$	1	Panasonic
R15	WSL25125L000FEA	电阻	CR6332-2512	0.005 $\Omega$	1	Vishay

器件标识	器件型号	说明	尺寸	参数	数量	生产厂商
R16, R17, R18, R19, R20, R21	ERJ-6GEYJ2R7V	电阻	0805	2.7Ω	6	Panasonic
R22	ERJ-6GEYJ100V	电阻	0805	10Ω	1	Panasonic
R25	ERJ-6ENF7502V	电阻	0805	75kΩ	1	Panasonic
R26	开路		0805			
LED+, LED-	1502-2	测试柱	TP 1502	0.109"	2	Keystone
ADJ, PWM, VINX	1593-2	测试柱	TP 1593	0.084"	3	Keystone

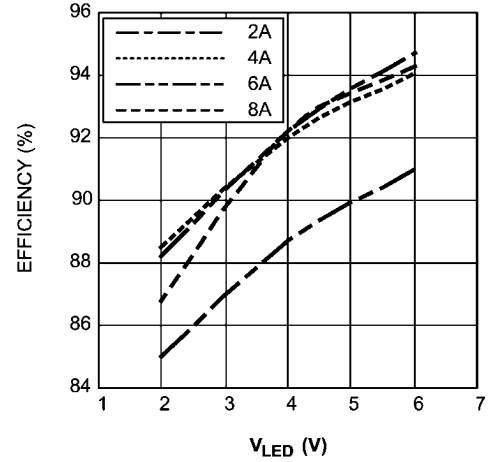
## 典型的性能特性

效率与LED正向电压的关系  
( $V_{CGND} - V_{EE} = 9V$ )



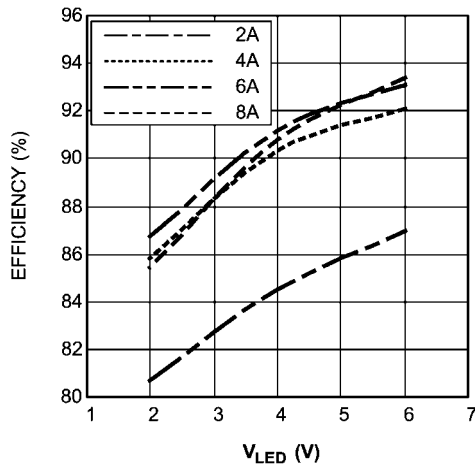
30051805

效率与LED正向电压的关系  
( $V_{CGND} - V_{EE} = 12V$ )



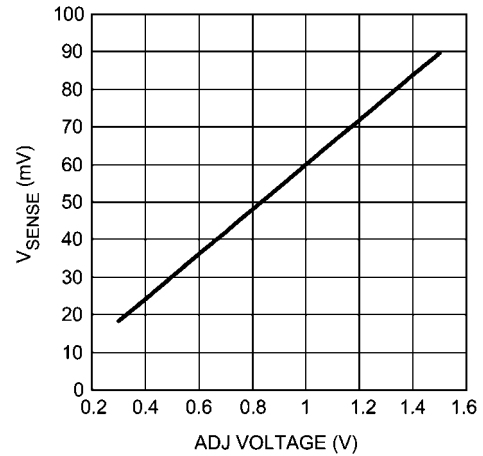
30051806

效率与LED正向电压的关系  
( $V_{CGND} - V_{EE} = 14V$ )



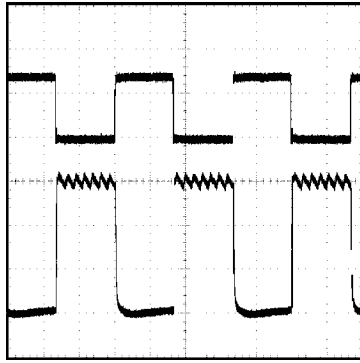
30051807

$V_{SENSE}$ 与 $V_{ADJ}$ 的关系



30051808

30kHz PWM调光波形图，显示出电感器波纹电流



30051809

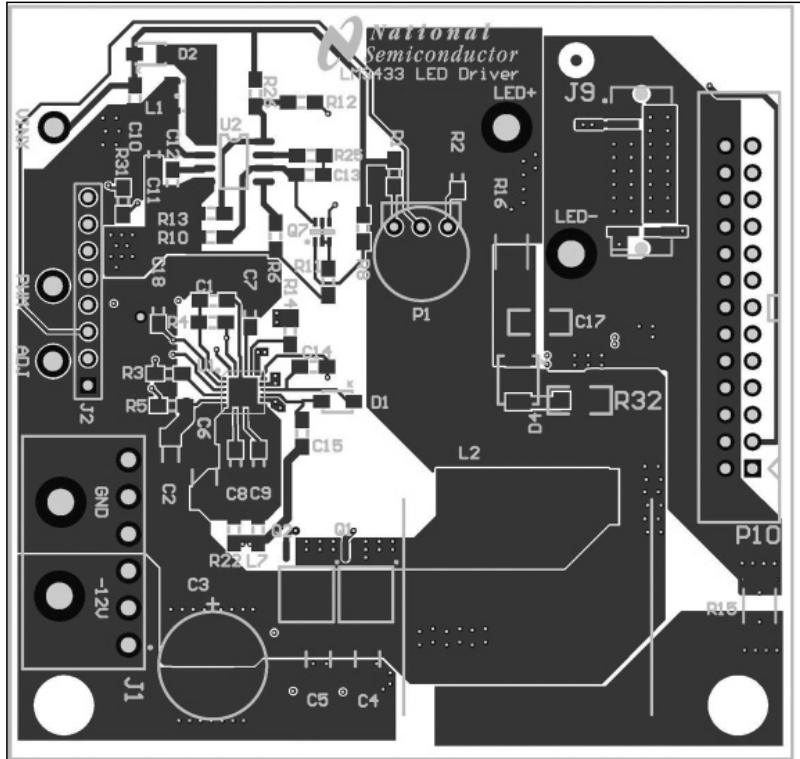
$I_{LED} = 6A$  (标称值),  $V_{IN} = 3.3V$ ,  $V_{EE} = -12V$

上部曲线: DIM输入, 2V/div, 直流

下部曲线:  $I_{LED}$ , 2A/div, 直流

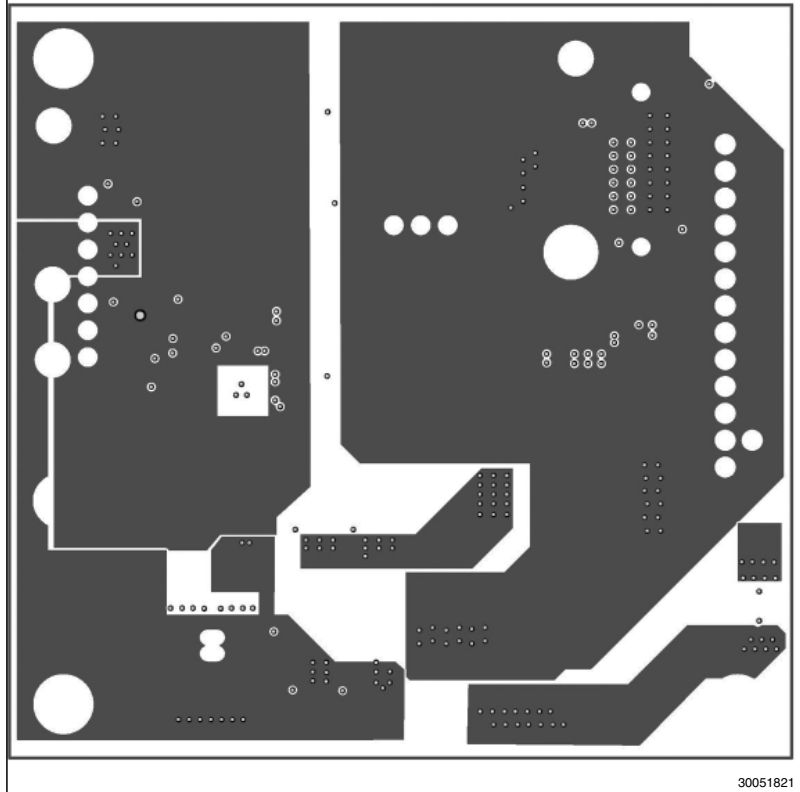
$T = 10\mu s/div$

# 印刷电路板布局图



30051820

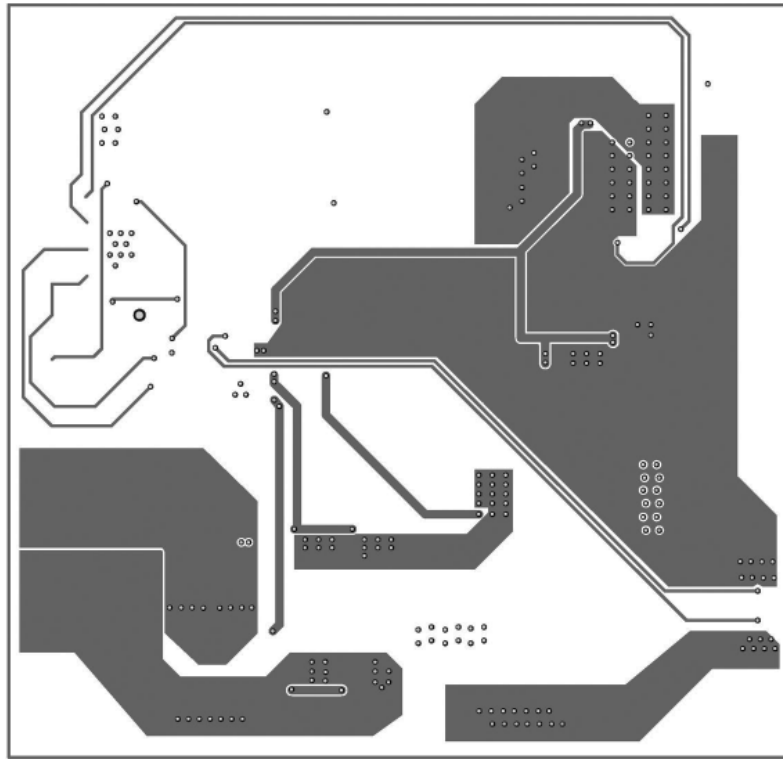
顶层以及顶层视图



30051821

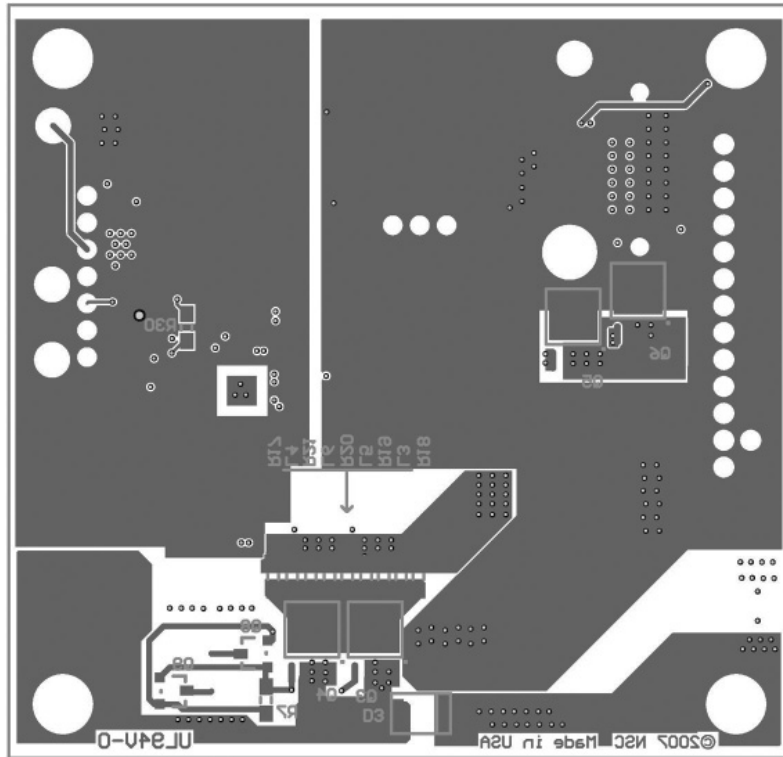
上面的中间层





30051822

下面的中间层



30051823

底层和低层视图

# 注释

## 注释

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/lido">www.national.com/lido</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

## 重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	产品		应用
数字音频	<a href="http://www.ti.com.cn/audio">www.ti.com.cn/audio</a>	通信与电信	<a href="http://www.ti.com.cn/telecom">www.ti.com.cn/telecom</a>
放大器和线性器件	<a href="http://www.ti.com.cn/amplifiers">www.ti.com.cn/amplifiers</a>	计算机及周边	<a href="http://www.ti.com.cn/computer">www.ti.com.cn/computer</a>
数据转换器	<a href="http://www.ti.com.cn/dataconverters">www.ti.com.cn/dataconverters</a>	消费电子	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
DLP® 产品	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>	能源	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
DSP - 数字信号处理器	<a href="http://www.ti.com.cn/dsp">www.ti.com.cn/dsp</a>	工业应用	<a href="http://www.ti.com.cn/industrial">www.ti.com.cn/industrial</a>
时钟和计时器	<a href="http://www.ti.com.cn/clockandtimers">www.ti.com.cn/clockandtimers</a>	医疗电子	<a href="http://www.ti.com.cn/medical">www.ti.com.cn/medical</a>
接口	<a href="http://www.ti.com.cn/interface">www.ti.com.cn/interface</a>	安防应用	<a href="http://www.ti.com.cn/security">www.ti.com.cn/security</a>
逻辑	<a href="http://www.ti.com.cn/logic">www.ti.com.cn/logic</a>	汽车电子	<a href="http://www.ti.com.cn/automotive">www.ti.com.cn/automotive</a>
电源管理	<a href="http://www.ti.com.cn/power">www.ti.com.cn/power</a>	视频和影像	<a href="http://www.ti.com.cn/video">www.ti.com.cn/video</a>
微控制器 (MCU)	<a href="http://www.ti.com.cn/microcontrollers">www.ti.com.cn/microcontrollers</a>		
RFID 系统	<a href="http://www.ti.com.cn/rfidsys">www.ti.com.cn/rfidsys</a>		
OMAP 机动性处理器	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>		
无线连通性	<a href="http://www.ti.com.cn/wirelessconnectivity">www.ti.com.cn/wirelessconnectivity</a>		
	德州仪器在线技术支持社区		<a href="http://www.deyisupport.com">www.deyisupport.com</a>

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122  
Copyright © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司