

LM25115,LM25115A,LM5115

Application Note 1367 LM5115 HV DC Evaluation Board



Literature Number: ZHCA169

LM5115直流高压 评估板

美国国家半导体公司
应用注释1367
Neil Gutierrez & Kim Nielson
2005年10月



介绍

LM5115 直流高压评估板通过LM5115 次级后置稳压器控制芯片提供同步降压直流-直流转换器的功能。

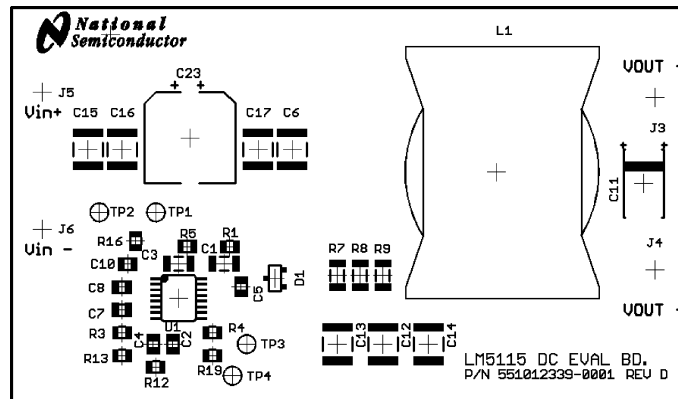
评估电路板特性如下:

- 直流输入电压范围: 7V至70V
- 稳压输出电压: 5V
- 输出电流范围: 0A至6A
- 测量效率: 在1.5A处94%, $V_{IN}=24V$
- 负载调整率: 0.1% (1A-6A)
- 开关频率: 215kHz, 典型值
- 限流始点: $\approx 8A$
- 电路板尺寸: 3.0*1.7*0.43英寸

印刷电路板由四层覆在FR4材料上的2盎司铜箔组成, 厚度为0.050英寸。设计该电路板在额定负载上连续工作, 设定最小的气流值是200LFPM。

工作原理

LM5115是一款次级后置稳压(SSPR)控制器, 它也可以配置为一款直流高压降压控制器。在降压应用中, LM5115的功率输入是一个直流电压而不是来自一个单独转换器(SSPR配置)的变压器次级线圈的脉冲信号。LM5115内部独立运行的振荡器可以为外部的同步降压MOS场效应功率管(MOSFET)的高边和低边驱动器设置时钟频率。LM5115应用先进的脉冲宽度调制(PWM)来避免高边的驱动进而能控制降压功率级, 直到为稳压而确立起必需的伏特*秒。接自偏置电压VCC到SYNC管脚的电阻设定了压控PWM模式下RAMP管脚电容器的充电电流。内部的振荡器终止降压开关脉冲, 并在另一个循环初始化之前给RAMP电容放电。自适应的死区时间控制延迟顶部和底部驱动器, 从而避免贯通电流。如图10和图11所示可以看到典型的自适应的延迟波形。



TOP SILKSCREEN (<PLC) LAYER AS VIEWED FROM TOP

20140201

图1.直流评估板顶部

工作原理（续）

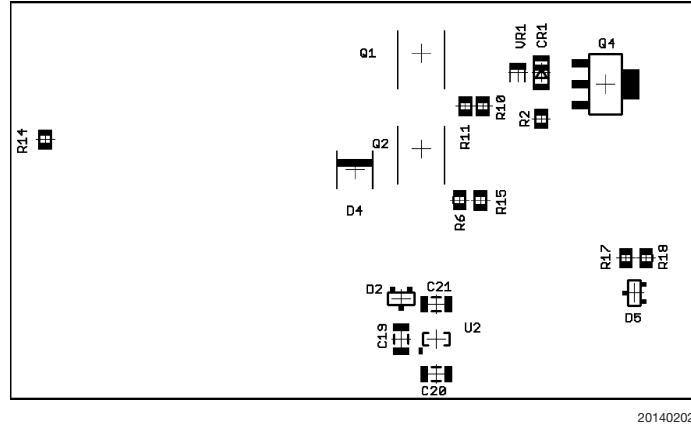


图2.评估板底部

电路板布局和探测

图1和图2显示了电路板布局，主要器件以及用于测试LM5115直流模式评估板的临界探测点。应该在给电路板上电前考虑下列注释：

1. 将主输入电源（7V至70V）加至端点J5和J6，即分别连接到电路的VIN和GND。
2. 主要的载流器件（如L1，Q1和Q2）在达到最大负载电流时温度会很高。**使用请注意。**当工作时的负载电流超过3A时，必需用风扇提供强制风冷。
3. 用于连接负载的线径和长度很重要。为了确保线路上没有明显的压降，建议采用最小值为14的标准接线。

电路板连接/启动

输入连接到端口J5（+）和J6（-）。输入电源必须足以提供与负载相关的输入电流，如图3所示。负载连接到端口J3（+）和J4（-）。在启动之前，应将电压表连接到输入端和输出端。输入电流应该用电表或者电流探针来监测。由LM5115提供的软启动会确保输出上升信号是平缓的而不是一个过冲信号（图8）。LM5115评估板在轻负载或者空负载的连续传导模式下工作。

LM5115直流-直流稳压器性能

可通过下图看到LM5115评估板的性能：

1. 功率转换效率（图4）
2. 负载调整（图5）
3. 负载阶跃响应（图6）
4. 纹波电压（图7）
5. 门延迟（图7和图8）
6. 启动和关闭响应（图8和图9）
7. 工作波形（图10-13）
8. 输出短路响应（图14）

V_{BIAS}

V_{BIAS} 由输入电源通过6.2V的钳位电压和一个NPN管初始上电。一旦VOUT进入稳压，电压倍增器会提供一个加倍的输出电压(10V)至 V_{BIAS} 。

V_{CC}

LM5115产生一个LDO 7V的稳压输出（ V_{CC} ），并提供高达40mA的直流电流。在该直流评估板中， V_{CC} 提供的控制电流可以设定振荡器的频率。 V_{CC} 稳压器也给低边MOSFET的高电流栅驱动和高边MOSFET驱动器的自举电容提供功率。

限流操作

通过并连电阻R7，R8和R9来感测电感电流。设计电阻值使得电流限值约为8A。当传感电阻的电压超过45mV阈值时，产生电流限值，并造成电流传感放大器降低CO和COMP管脚上的电压。将CO和COMP管脚电压拉低可以减少到高边驱动器的脉冲宽度，从而限制了转换器的输出电流。在到达电流限值之后，电压反馈使得COMP管脚电压上升并导通高边驱动器，直到电感电流再一次到达约8A的电流阈值。（图14）。

回输式限流保护

限流过载保护可以通过下列元件来实现：R17，R18，D5和R16（见图15b）。在标称输出电压时（ $V_{OUT} > 3V$ ），D5被反向偏置，此时限流阈值仍然约等于45mV。在更低的输出电压时，电阻分压网络随着前馈偏置二极管（D5）会增加R16上的电压。为了达到45mV的限流阈值，传感电阻（R7–R9）上的电压会因为R16上的电压增加而减少。因此，倘若回输限流保护，限流值将会减少。当返送限流保护时，电阻分压器设定电压，而R16则设定限流过载的具体值。

内部振荡器

直流-直流转换器系统的频率通过VCC电压，SYNC管脚电阻（R4），RAMP管脚电容（C4）依照下列等式来设定：

$$F_{CLK} = \frac{1}{\frac{(C4 \times 2.25V)}{(VCC/R4 \times 3)} + 300 \text{ ns}} \approx 215 \text{ kHz}$$

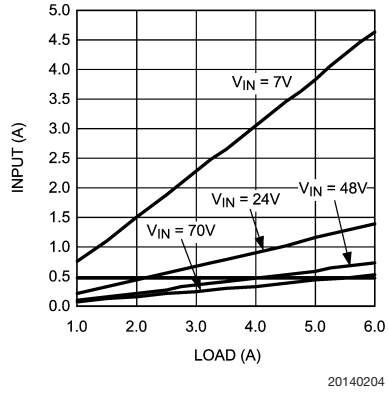


图3.输入电流与负载电流的关系

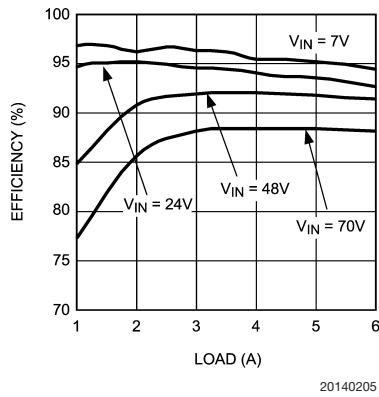


图4.输入电压VIN的系统效率与负载电流的关系

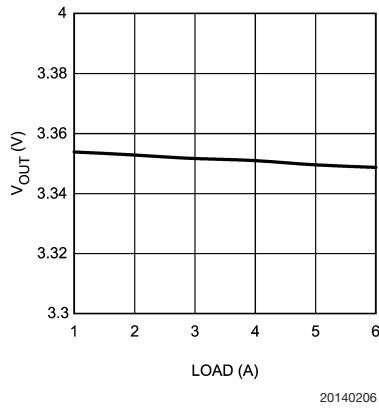
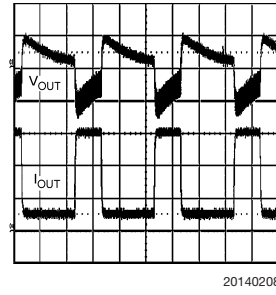
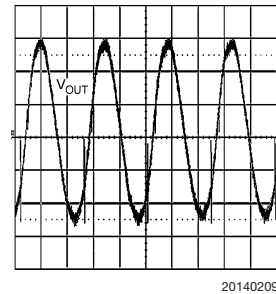


图5.输出电压与负载电流的关系



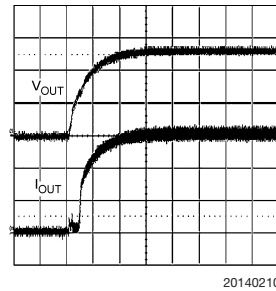
条件: VIN=24V
CH1=5V输出, 200mV/div(交流模式)
CH4=输出电流负载 (1A至5A), 2A/div
水平精度=1ms/div

图6.负载阶跃响应



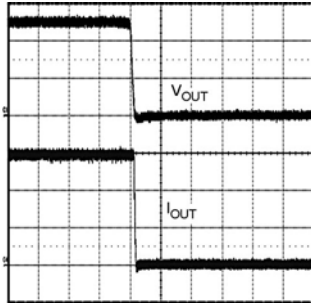
条件: VIN=24V, 6A负载
CH1=5V输出, 200mV/div(交流模式)
水平精度=2us/div

图7.纹波电压



条件: VIN=24V; 6A负载
CH1=5V输出, 2V/div
CH4=输出电流负载, 2A/div
水平精度=10ms/div

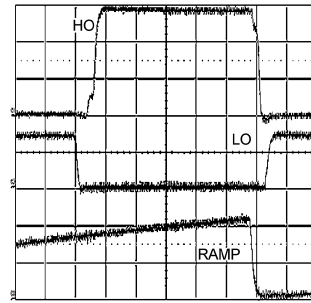
图8.启动响应



20140211

条件: $V_{IN}=24V$; 6A负载
 CH1=5V输出, 2V/div
 CH4=输出电流负载, 2A/div
 水平精度=10ms/div

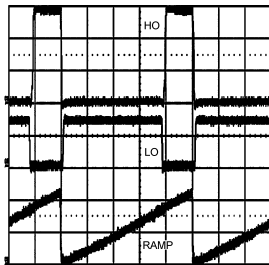
图9.关机响应



20140213

条件: $V_{IN}=24V$, 1A
 CH1=高边栅驱动器 (HO), 10V/div
 CH2=低边栅驱动器 (LO), 5V/div
 CH3=RAMP, 1V/div
 水平精度=200ns/div

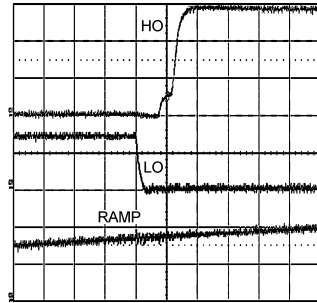
图11.自适应延迟



20140212

条件: $V_{IN}=24V$; 1A
 CH1=高边栅驱动器 (HO), 10V/div
 CH2=低边栅驱动器 (LO), 5V/div
 CH3=RAMP, 1V/div
 水平精度=1μs/div

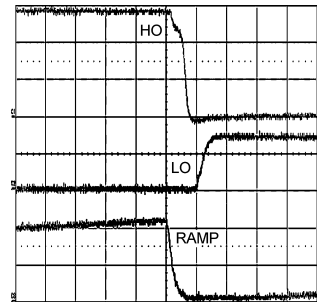
图10.典型工作波形



20140214

条件: $V_{IN}=24V$, 1A
 CH1=高边栅驱动器 (HO), 10V/div
 CH2=低边栅驱动器 (LO), 5V/div
 CH3=RAMP, 1V/div
 水平精度=100ns/div

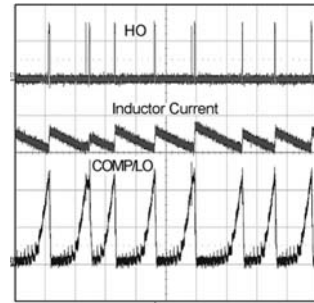
图12.门开启延迟



20140215

条件: $V_{IN}=24V$, 1A
 CH1=高边栅驱动器 (HO), 10V/div
 CH2=低边栅驱动器 (LO), 5V/div
 CH3=RAMP, 1V/div
 水平精度=100ns/div

图13.门关闭延迟

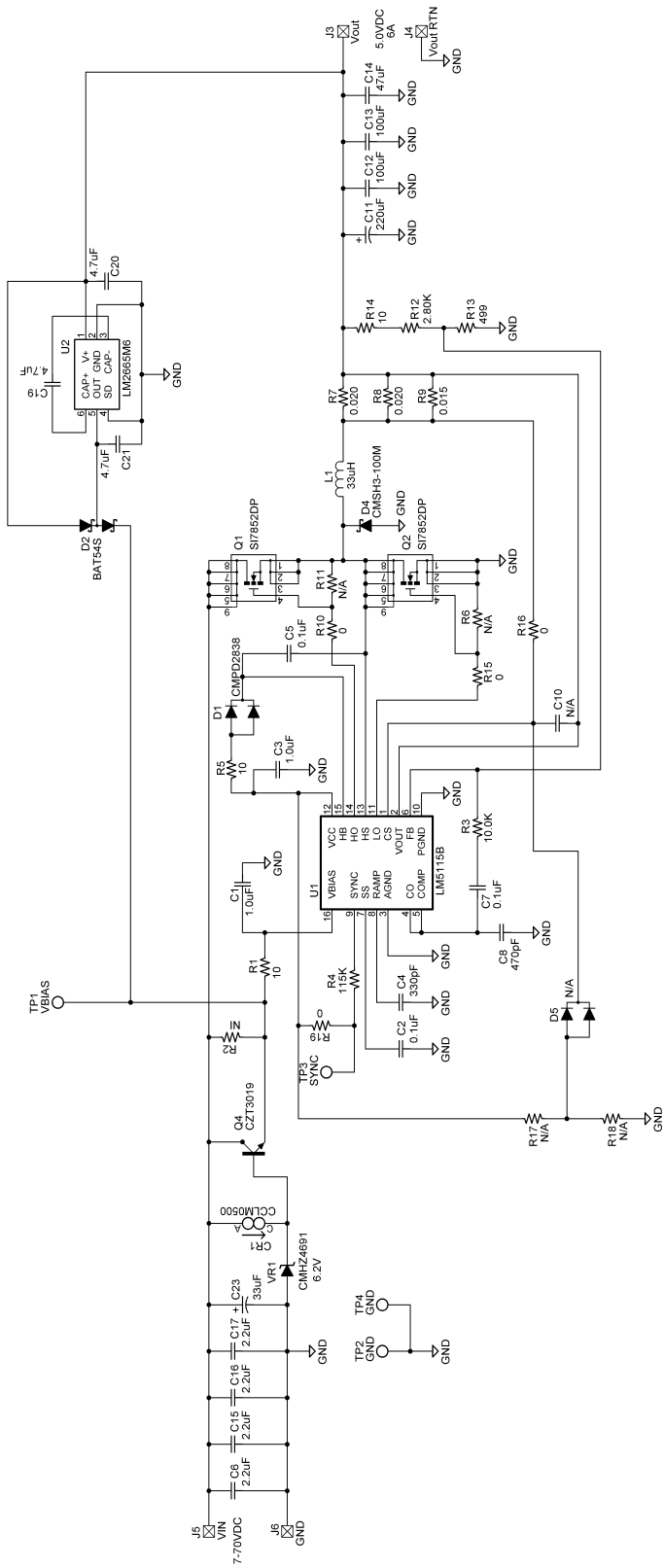


20140216

条件: $V_{IN}=24V$, 短路负载
 CH1=高边栅驱动器 (HO), (20V/div)
 CH2=COMP/CO, (1V/div)
 CH4=电感电流 (2A/div)
 水平精度=50 μ s/div

图14.输出短路响应

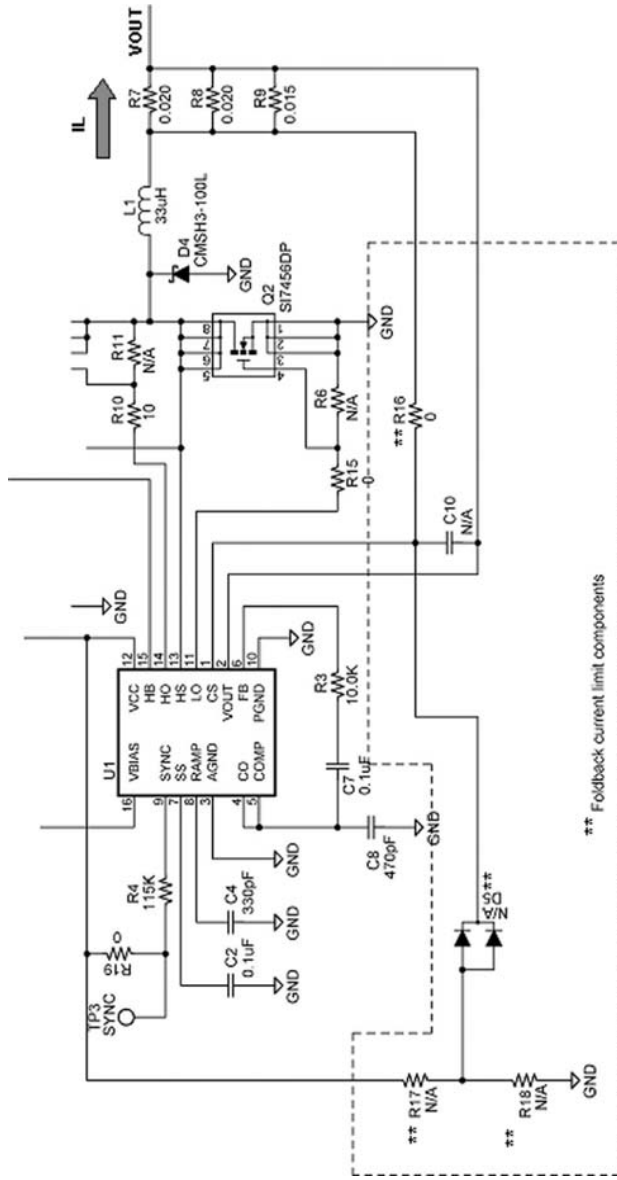
应用电路图



20140218

图15.LM5115HVDC评估板

应用电路图 (续)



** Feedback current limit components

20140219

图16. 回输式限流保护

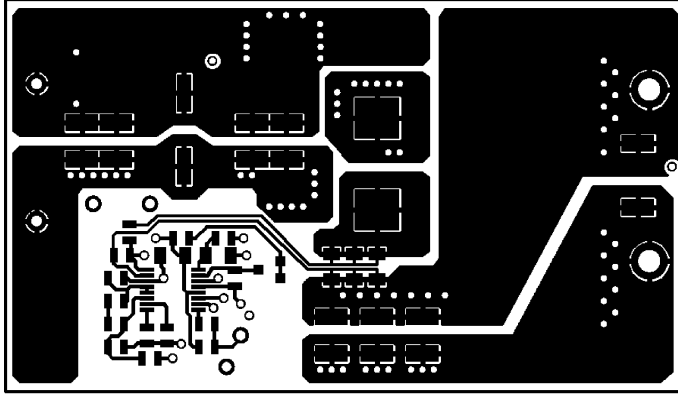
元件清单

分类		器件编号	说明	量值
C	1	C3216X7R1C105K	CAPACITOR, CER, TDK	1.0 μ F, 16V
C	2	C2012X7R1H104K	CAPACITOR, CER, TDK	0.1 μ F, 50V
C	3	C3216X7R1C105K	CAPACITOR, CER, TDK	1.0 μ F, 16V
C	4	C2012C0G1H331K	CAPACITOR, CER, TDK	330 pF, 50V
C	5	C2012X7R1H104K	CAPACITOR, CER, TDK	0.1 μ F, 50V
C	6	C4532X7R2A225M	CAPACITOR, CER, TDK	2.2 μ F, 100V
C	7	C2012X7R1H104K	CAPACITOR, CER, TDK	0.1 μ F, 50V
C	8	C2012C0G1H471K	CAPACITOR, CER, TDK	470 pF, 50V
C	10			Not Used
C	11	EEFUE0J221R	CAPACITOR, SP, PANASONIC	220 μ F, 6.3V
C	12	C4532X7R0J107M	CAPACITOR, CER, TDK	100 μ F, 6.3V
C	13	C4532X7R0J107M	CAPACITOR, CER, TDK	100 μ F, 6.3V
C	14	C4532X7R0J476M	CAPACITOR, CER, TDK	47 μ F, 6.3V
C	15	C4532X7R2A225M	CAPACITOR, CER, TDK	2.2 μ F, 100V
C	16	C4532X7R2A225M	CAPACITOR, CER, TDK	2.2 μ F, 100V
C	17	C4532X7R2A225M	CAPACITOR, CER, TDK	2.2 μ F, 100V
C	19	C3216X7R1C475M	CAPACITOR, CER, TDK	4.7 μ F, 16V
C	20	C3216X7R1C475M	CAPACITOR, CER, TDK	4.7 μ F, 16V
C	21	C3216X7R1C475M	CAPACITOR, CER, TDK	4.7 μ F, 16V
C	23	EEVFK2A330P	CAPACITOR, CER,	33 μ F, 100V
CR	1	CCLM0500	CURRENT REGULATOR, CENTRAL, SEMI	0.5mA, 100V
D	1	CMPD2838E-NSA	DIODE, SIGNAL, CENTRAL, SEMI	200mA, 120V
D	2	BAT54S	DIODE SHOTTKY, CENTRAL, SEMI	200mA, 30V
D	4	CMSH3-100M	DIODE SHOTTKY, CENTRAL, SEMI	3A, 100v
D	5			Not Used
J	3	2515-1-01-01-00-00-07-0	SOLDER TERMINAL SLOTTED, MILL-MAX	VOUT
J	4	2515-1-01-01-00-00-07-0	SOLDER TERMINAL SLOTTED, MILL-MAX	VOUT RTN
J	5	3104-2-00-01-00-00-08-0	TERMINAL, SOLDER, .040" MILL-MAX	VIN
J	6	3104-2-00-01-00-00-08-0	TERMINAL, SOLDER, .040" MILL-MAX	GND
TP	1	5002	TERMINAL, SMALL TEST POINT, KEYSTONE	VBIAS
TP	2	5002	TERMINAL, SMALL TEST POINT, KEYSTONE	GND
TP	3	5002	TERMINAL, SMALL TEST POINT, KEYSTONE	SYNC
TP	4	5002	TERMINAL, SMALL TEST POINT, KEYSTONE	GND
R	1	CRCW080510R0J	RESISTOR, VISHAY	10
R	2			Not Used
R	3	CRCW08051002F	RESISTOR, VISHAY	10.0k Ω
R	4	CRCW08051153F	RESISTOR, VISHAY	115k Ω
R	5	CRCW080510R0J	RESISTOR, VISHAY	10 Ω
R	6			Not Used
R	7	CRCW1206R02F	RESISTOR, VISHAY ,	0.02 Ω
R	8	CRCW1206R02F	RESISTOR, VISHAY ,	0.02 Ω
R	9	CRCW1206R015F	RESISTOR, VISHAY ,	0.015 Ω
R	10	CRCW08050000Z	RESISTOR, VISHAY	0 Ω

元件清单

分类		器件编号	说明	量值
R	11			Not Used
R	12	CRCW08052801F	RESISTOR, VISHAY	2.80k Ω
R	13	CRCW08054990F	RESISTOR, VISHAY	499 Ω
R	14	CRCW080510R0J	RESISTOR, VISHAY	10 Ω
R	15	CRCW08050000Z	RESISTOR, VISHAY	0 Ω
R	16	CRCW08050000Z	RESISTOR, VISHAY	0 Ω
R	17			Not Used
R	18			Not Used
R	19	CRCW08050000Z	RESISTOR, VISHAY	0 Ω
Q	1	SI7852DP	MOSFET, N-CH, POWER S0-8 PKG, VISHAY	80V, 11A
Q	2	SI7852DP	MOSFET, N-CH, POWER S0-8 PKG, VISHAY	80V, 11A
Q	4	CZT3019	NPN, CENTRAL SEMI	120V, 2W
L	1	D1787-AL	CUSTOM INDUCTOR, COILCRAFT	33 μ H - 6A
U	1	LM5115	IC, SECONDARY SIDE CONTROLLER	LM5115
U	2	LM2665M6	IC, CHARGE PUMP CONVERTER	LM2665
VR	1	CMHZ4691	DIODE, ZENER,	6.2V

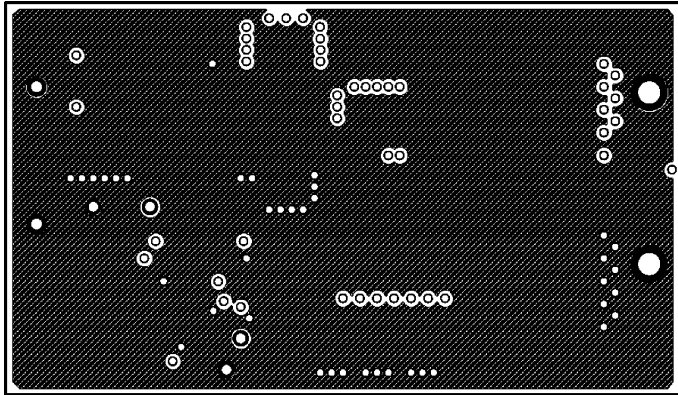
PCB布局



TOP (CMP) LAYER AS VIEWED FROM TOP

20140221

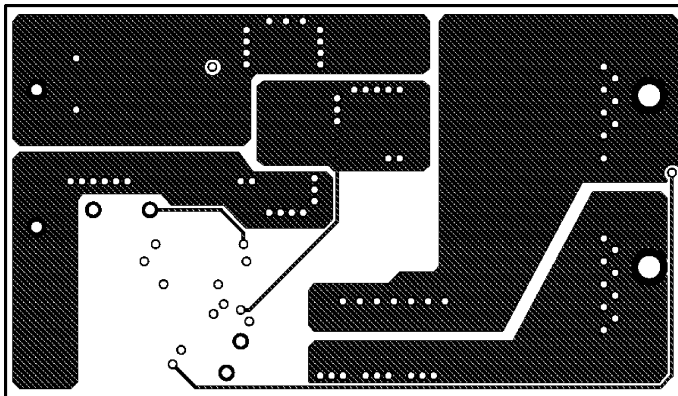
图17.顶层布局



LAYER 2 (LY2) AS VIEWED FROM TOP

20140222

图18.第二层

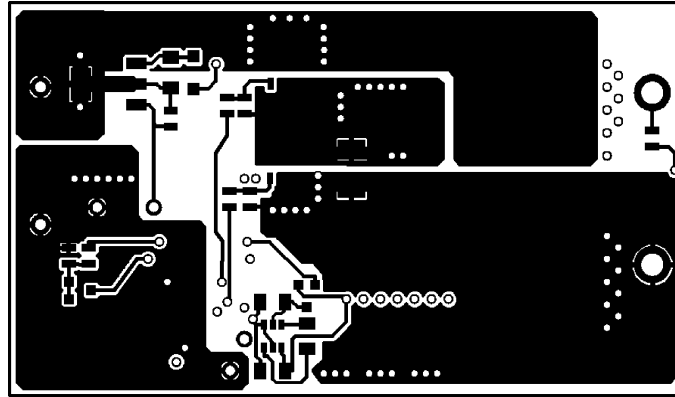


LAYER 3 (LY3) AS VIEWED FROM TOP

20140223

图19.第三层

PCB布局 (续)



BOTTOM (SOL) LAYER AS VIEWED FROM TOP

20140224

图20.从顶部观看的LM5115底层布局

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。

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时，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
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: 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

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

www.national.com

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

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

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司