

LM25115,LM25115A,LM5025,LM5115

Application Note 1542 LM5115A Evaluation Board



Literature Number: ZHCA264

LM 5115A 评估板

美国国家半导体公司
应用注释 1542
Sameh Sarhan
2006年11月



引言

LM5115A/LM5025A评估电路板提供了一个典型应用电路, 其次边后稳压(SSPR)输出来自现有的有源箝位正向转换器。在上电/关机期间, 该次边后稳压(SSPR)输出电压对有源箝位正向转换器的输出电压进行跟踪。在应用注释AN-1345中包含LM5025A有源箝位评估板上的信息。请注意也可以应用其他类型的隔离电源转换器(例如推挽、半桥和全桥)来代替LM5025A有源箝位正向转换器, 以驱动LM5115A AC 评估电路板。评估电路板的规格如下:

- 输入电压: 36V 至 72V, 在LM5025A上标称值为48V
- 原边输出电压: 标称值3.3V
- 原边输出电流: 0 至 30A
- 原边电流限制: 约30A
- 次边输出电压: 2.5V
- 次边输出电流: 0 至 9A
- 次边电流限制: 约10A
- 仅在次端测量的效率: 36V处为98%, $I_{load} = 1A$, 48V处为93%, $I_{load} = 4A$
- 负载调节: 1A至7A范围内变化2mV, $36V < V_{in} < 72V$
- 尺寸: 2.175 x 1.125 x 0.0375 英寸

采用四层2盎司铜箔的FR4材料制作印刷电路板, 厚度为0.050英寸。设计该电路可在额定负载下连续工作, 最小的气流值为200 LFPM。

工作原理

LM5115A控制器包含用SSPR技术产生多路跟踪输出而必需的所有特性。SSPR技术可以跟踪来自隔离电源转换器次边开关波形, 产生高效的并经过良好稳压的辅助电压。LM5115A的同步信号来自变压器次边线圈的主脉冲信号。电阻R2和R4感测脉冲信号以形成一个内置的同步电流信号。LM5115A应用领先的脉冲宽度调制(PWM)技术来控制降压电源级。领先的调制技术通过延迟LM5115A的高边栅驱动器来延缓主脉冲信号的上升沿。因此确立稳压SSPR输出所需要的电压*秒。典型波形如图8所示。

通过一个整流的脉冲信号对器件进行偏置。注意到当输入电压 V_{in} 从36V 变化至 72V时, 脉冲信号从6Vpp变化至12Vpp。因此, V_{cc} 稳压器不会在7V处, 而是到峰峰值电压略高于7.5V (考虑到二极管对偏置的压降)时才稳压。该设置表明, 即使采用非调节的 V_{cc} , LM5115A仍能够由3.3V的主电压来提供2.5V的次边电压。自适应死区控制延迟了顶部和底部驱动器, 以避免直通电流(图9 & 10)。

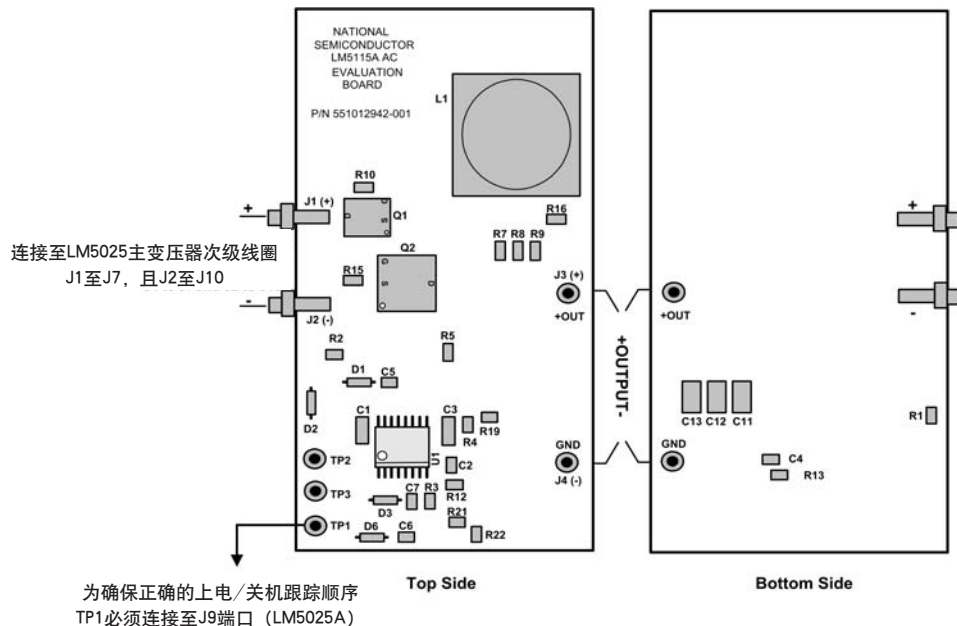
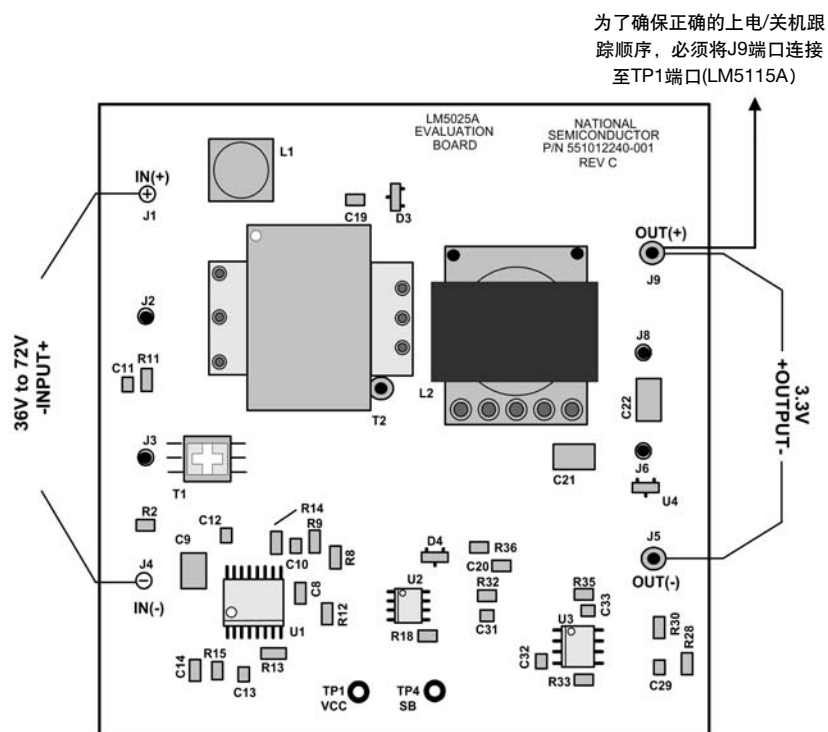
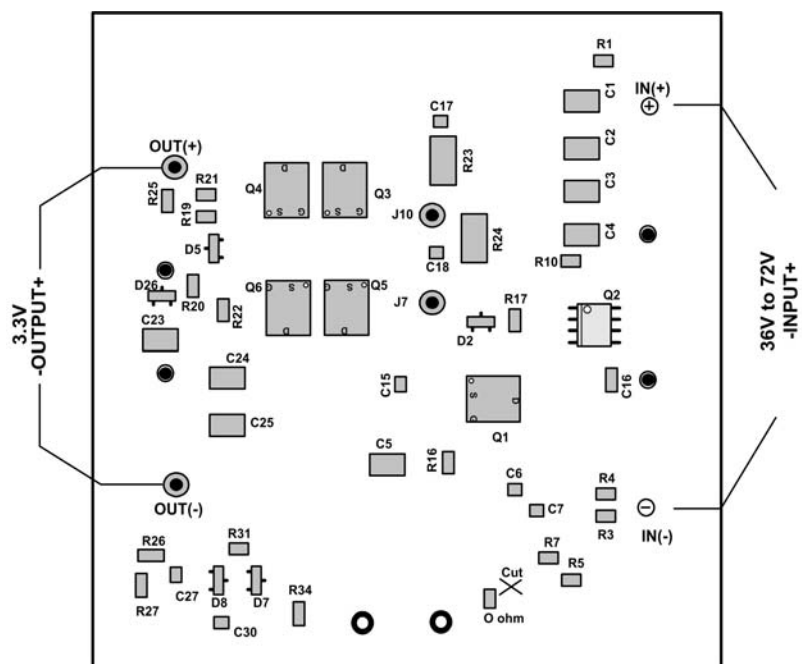


图1. LM 5115A评估板



20213801

图2. LM 5025A 评估板顶侧



20213802

图3 LM 5025A 评估板底侧

电路板布局和探测

图1-3为测试与LM5025A电路板连接的M5115A AC评估板的电路板布局、主器件和关键的探测点。在给电路板进行上电操作之前必须考虑以下要点：

1. 施加主输入电源(36V 至 72V)至LM5025A 电路板的J1和J4点，使之分别连接至VIN和GND端。
2. 流过主电流的器件 (LM5115A 电路板:L1, Q1, 和 Q2; LM5025A 电路板 L2, Q3-Q6) 在最大负载电流时将变得异常烫手。使用时须小心。当工作负载电流大于5A时，有必要使用风扇来提供强制风冷。
3. 连接负载线的直径和长度尤为重要。为了确保线路上没有明显的压降，建议采用最小线规为14的标准线。

电路板连接/启动

将输入电源连接至LM5025A评估电路板的J1 (+)和J4 (-) 端口。输入电源容量必须足以同时为LM5025A电路板和LM5115A电路板上的负载供电。LM5025A电路板的次级线圈提供LM5115A的输入。J7 (LM5025A)连接J1 (LM5115A), J10 (LM5025A) 连接至J2 (LM5115A), 参见图1-3。将主负载连接至**LM5025A**的终端**J9 (+)** 和**J5(-)**。终端J3 (+) 和J4 (-) 为LM5115A提供负载连接。在上电之前，将电压计连接至输入端口和输出端口。通过一个电流计或者电流探头来监测 输入电流。

注意到为了确保正确的上电/关机跟踪顺序，必须将**J9**端口，即**LM5115A**的**Vout (+)**端口，连接至**TP1**端口，即**LM5115A**的跟踪点（见图1-3）。为了关闭跟踪特性，应将**R21**和**R22**从**LM5115A**评估板上移除，并在电路板上添加软启动电容**C2(0.1μF)**。

LM5115A 次边后稳压器的性能

LM5115A评估板的性能可以参见以下图示：

1. 电源转换效率（图4和图5）
2. 负载调节（图6）
3. 次边闭环频率响应（图7）
4. 典型波形（图8）
5. 栅延迟（图9和图10）
6. 短路响应（图11）
7. 步长负载响应（图12和图13）
8. 上电/关机跟踪（图14和图15）
9. 输出电压纹波（图16）

V_{CC}

LM5115A产生一个7V的LDO稳压输出(VCC)，可以提供高达40mA的直流电流。VCC稳压器为低边MOSFET的大电流栅驱动和高边MOSFET驱动器的自举电容供电。

跟踪 / 软启动

将J9(+)端口连接至TP1端口会强制LM5115A评估板的输出电压对上电/关机时的主电源输出电压 (LM5025A评估电路板的输出电压) 进行跟踪。通过电阻分压器(R21& R22) 将TP1端口连接至LM5115A的跟踪引脚（图18）。因此，在启动/关机时采用主电源来控制LM5115A评估板的输出压摆率。对LM5115A评估电路板的配置可以证明，LM5115A可用在需要精确时序的应用中。为了禁止跟踪特性，应该将R21和R22从LM5115A评估板上移除，并在电路板上添加软启动电容C2(0.1μF)。欲了解关于跟踪特性的更多信息，请参考LM5115A的数据表。

限流工作

通过电阻R8可感测电感电流。设计电阻值可限制电流上限为10A。LM5115A具有两个限流放大器，可以监测R8上的感测电流信号。这些限流放大器的共用输出端口，CO引脚通过一个二极管(D3)连接至COMP引脚。慢速限流放大器在所需的电流限制设定点上提供恒定电流工作。快速限流放大器提供对快速过流情况的保护。在正常工作时，电压误差放大器控制COMP引脚电压，可以调节PWM占空比。然而当电流感测输入电压超过45mV时，慢速限流放大器通过CO引脚逐渐地下拉COMP电压。将COMP电压拉低减小了工作的占空比。通过控制工作的占空比，慢速限流放大器将会在所需的限流设定点强制恒定电流工作。以串联形式从CO引脚至地连接R19和C6，可以为慢速限流（图18）提供足够的控制环路补偿。使用下面公式，选择正确的电流感测电阻RSENSE，可以对所需的限流设定点ILimit进行编程：

$$R_{SENSE} = 0.045 \text{ V} / I_{Limit}$$

在电流感测输入电压超过60mV的情况下，快速限流放大器将会通过CO引脚迅速下拉COMP上的电压。因此，PWM比较器将会抑制输出脉冲。一旦离开默认条件，快速限流放大器会释放COMP。因此，切换过程将会继续。

以上解释的限流方案提供了一种工作的平均限流模式。也可以对LM5115A评估板 进行配置获得逐周期的电流限制性能。在该模式下，一旦感测电阻R8上的电压超过45mV时，CO引脚通过二极管D6将SYNC引脚电压下拉至接地端。因此，高边MOSFET将会瞬间关闭，以停止产生导通脉冲。只有在主电源使用电压模式（或者采用前馈的电压模式）控制环路方案时才会使用逐周期电流限制。如果在使用逐周期限流的同时主电源利用电流模式控制方案，会产生振荡现象。为更好地配置LM5115A评估电路板以进行逐周期的限流，必须移除C9, R19, D3，并将D6添加到电路板上。

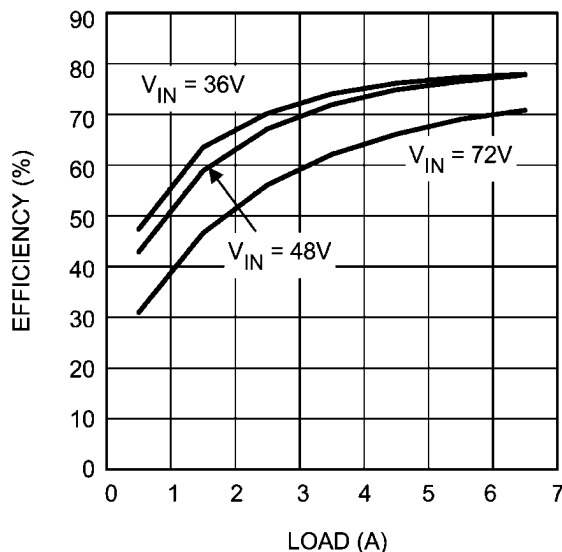
存在噪声电流感测的情况下，在CS和VOUT的输入端增加一个低通滤波器有助于重建一个更纯净的波形(图17中R16 和 C10)。注意不要采用大的RC时间常数，以防止产生不稳定性。

返送电流限制

采用下列器件: R17, R18, C10, D5和R16 (参见图

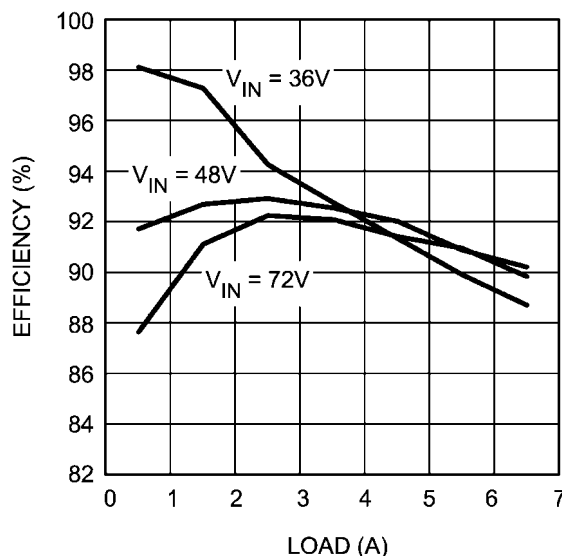
17)。在正常输出电压 ($V_{OUT} = 2.5V$) 时，对D5进行反向偏置，限流阈值仍为45mV。在较低的输出电压时，电阻分压网络以及正向偏置二极管 (D5)会增加R16上的电压。为了达到45mV的限流阈值，增加了R16上的电压，从而减少了感测电阻R8上的电压。因此，由于发生限流返送，减少了对电流的限制。限流返送发生后，由电阻分压器设定电压。R16则设定了限流返送的大小。

典型的性能特性



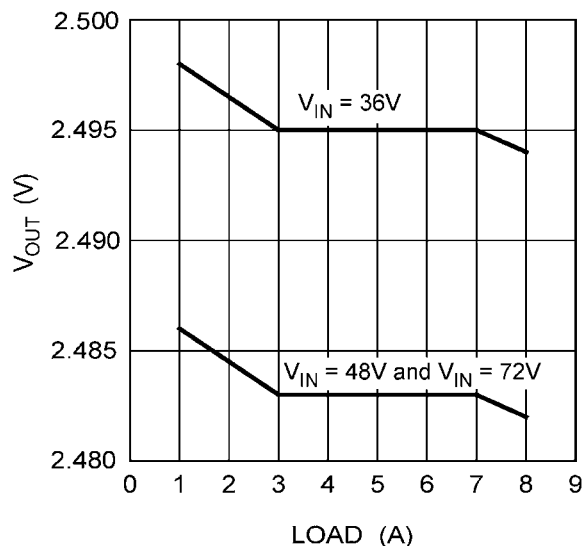
20213805

图4. 系统效率与负载电流和输入电压(V_{IN})的关系



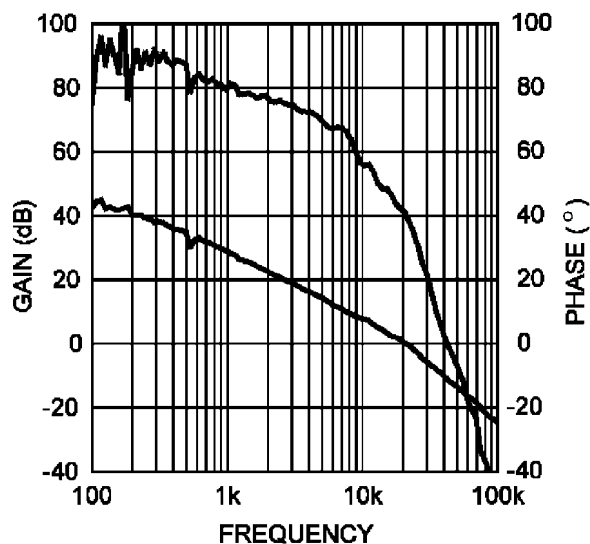
20213806

图5 次边上可调节效率与负载电流和输入电压(V_{IN})的关系



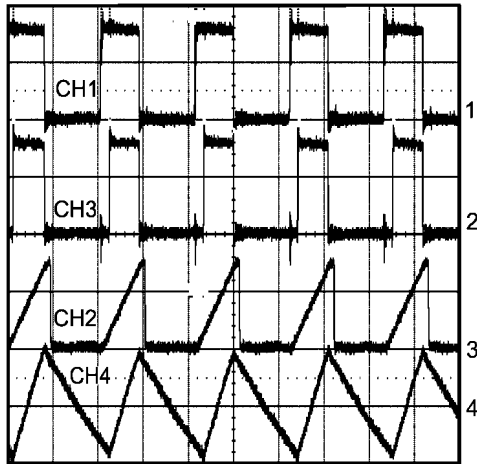
20213815

图6 输出与负载电流和输入电压(V_{IN})的关系



20213816

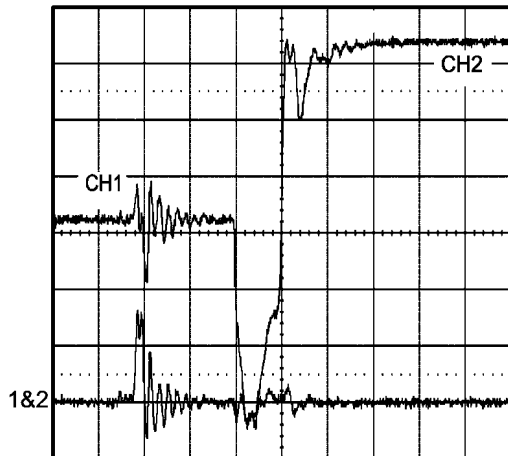
图7 次边闭环频率响应



$V_{IN}=48V$, 次边输出, 负载 = 开路
CH1 = 主相信号 (5V/Div)
CH2 = RAMP (1V/Div)
CH3 = 次边开关信号 (5V/Div)
水平精度 = 2 μs /Div

20213804

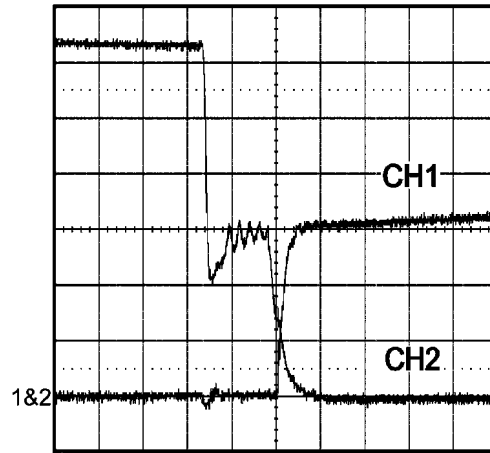
图8 典型波形



$V_{IN}=48V$, LM5115 负载 = 5.0A
CH1 = 底边 开关 栅驱动, 2V/Div
CH2 = 高边 开关 栅驱动, 2V/Div
水平精度 = 100 ns/Div

20213807

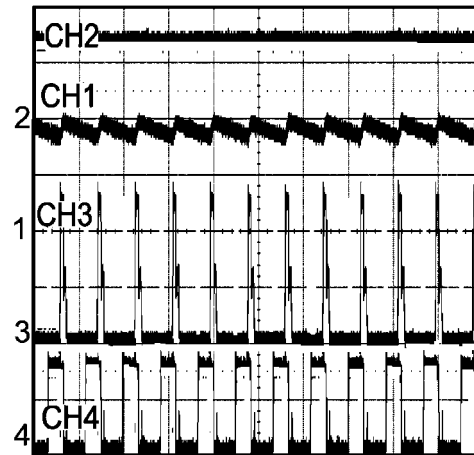
图9. 栅开启延迟



$V_{IN}=48V$, LM5115 负载 = 5.0A
CH1 = 底边 开关 栅驱动, 2V/Div
CH2 = 高边 开关 栅驱动, 2V/Div
水平精度 = 100 ns/Div

20213808

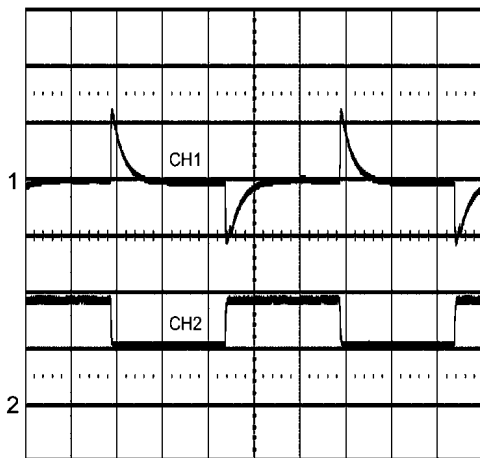
图10 栅关闭延迟



$V_{IN}=48V$
CH1 = 电感电流, 5A/Div
CH2 = COMP/CO, 1V/Div
CH3 = 高边 开关 栅驱动, 5V/Div
CH4 = 相位信号, 5V/Div
水平精度 = 10 μs /Div

20213809

图11 次边输出短路响应



$V_{IN}=48V$

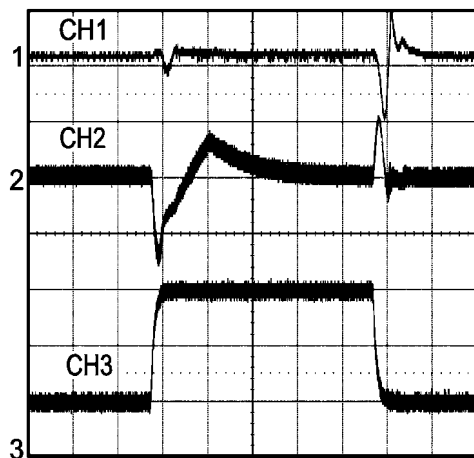
CH1 = 次边 2.5V 输出, 100m V/Div, (交流模式)

CH2 = 次边电流负载 (5A至9A), 5A/Div

水平精度 = 2 ms/Div

20213810

图12 次边突切负载响应



$V_{IN}=48V$

CH1 = 次边 2.5V 输出, 500m V/Div, 交流

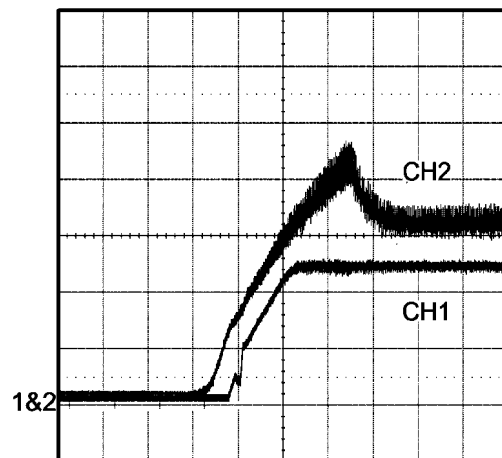
CH2 = 主边 3.3V 输出, 500mV/Div

CH3 = 主边 电流负载 (10A至30A), 10A/Div

水平精度 = 200 µs/Div

20213811

图13 交叉调节突切负载



$V_{IN} = 48V$; LM5115A负载 = 5.0A, LM5025负载 = 开路

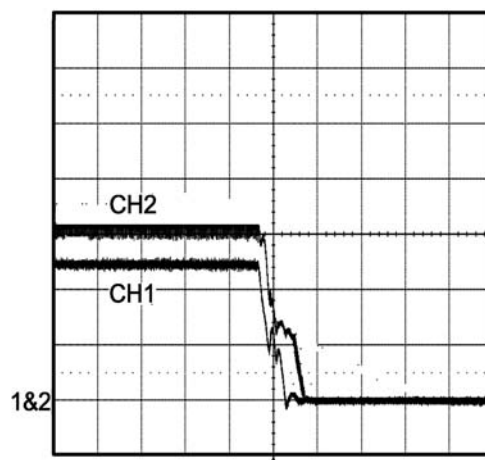
CH1 = 次边 2.5V 输出, 1 V/Div

CH2 = 主边 3.3V 输出, 1 V/Div

水平精度 = 500 µs/Div

20213812

图14 启动响应



$V_{IN} = 48V$; LM5115A 负载 = 5.0A, LM5025负载 = 开路

CH1 = 次边 2.5V 输出, 1 V/Div.

CH2 = 主边 3.3V 输出, 1 V/Div.

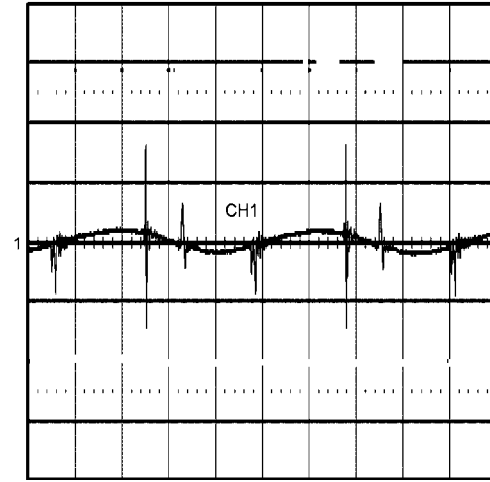
水平精度 = 200 µs/Div.

20213813

图15 关机响应

输出纹波测量

很难获得精确的纹波和噪声测量。尽可能靠近转换器的输出端口进行测量时,可以获得最精确的测试结果。因为被测信号是毫伏级,并且测试的带宽范围相当大,测量设置易受外部拾取噪声的干扰,使测量结果产生失真。使该效应最小的最佳方法是与示波器探头作非常短而直接的连接,使得信号和接地连接的整体环路面积尽可能小。限制示波器的带宽也会有所帮助。



$V_{IN} = 48V$; LM5115A 负载 = 8.0A

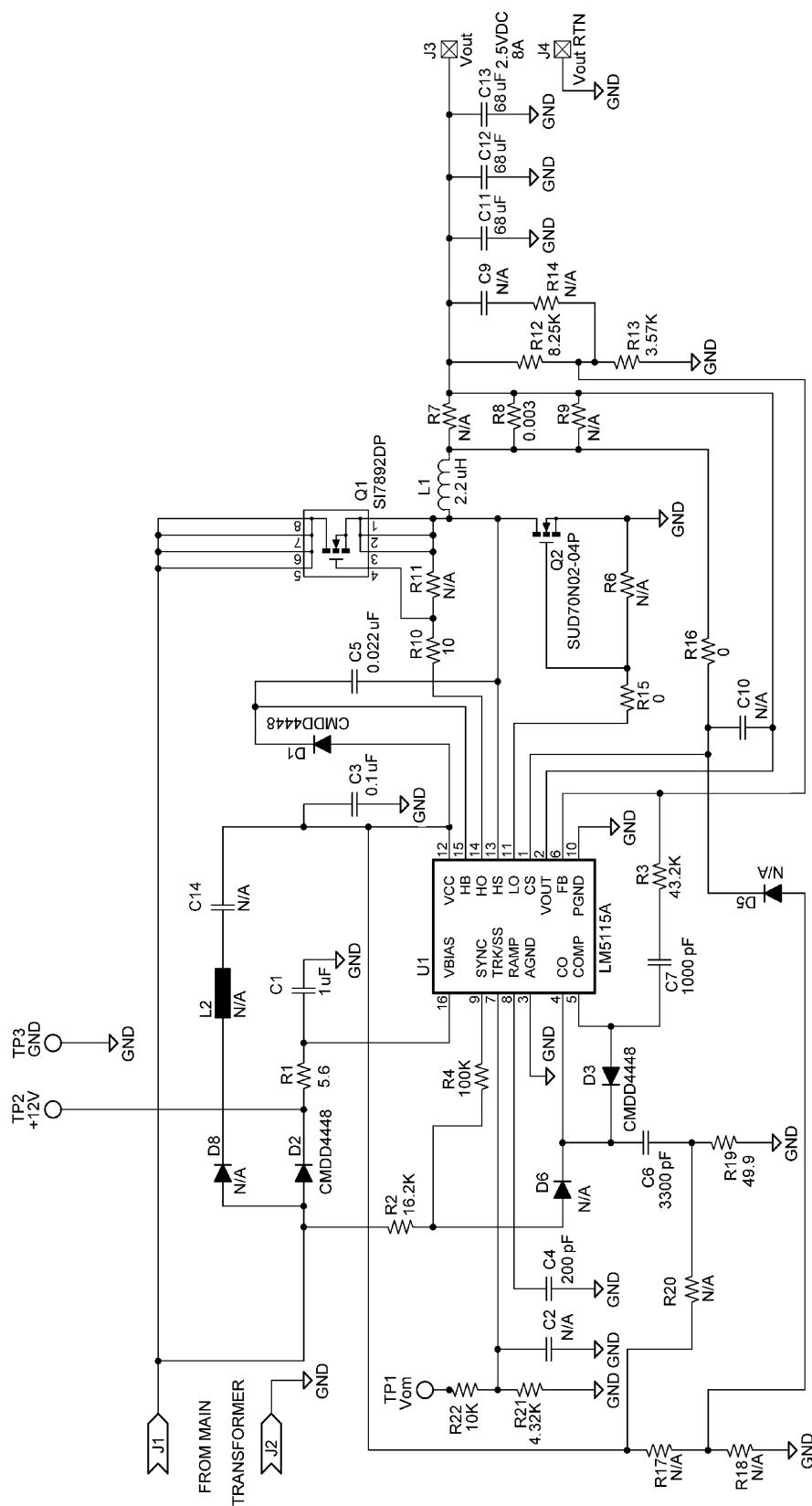
CH1 = 次边 2.5V 输出, 50mV/Div, (交流模式)

水平精度 = 1 μs /Div.

20213830

图16 输出电压纹波

应用电路图



20213818

图17 LM5115A AC 评估板电路

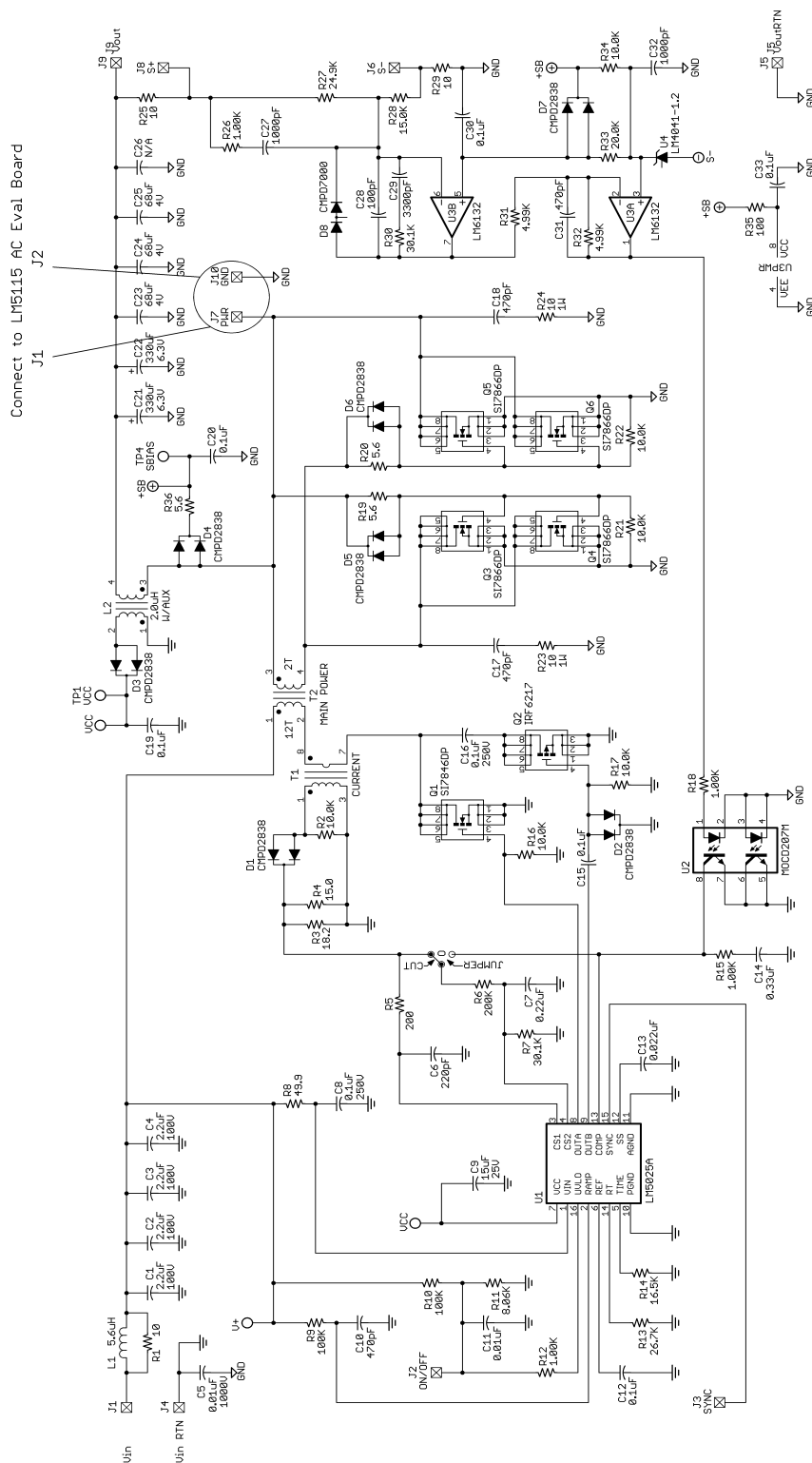


图18 LM5025A 评估板

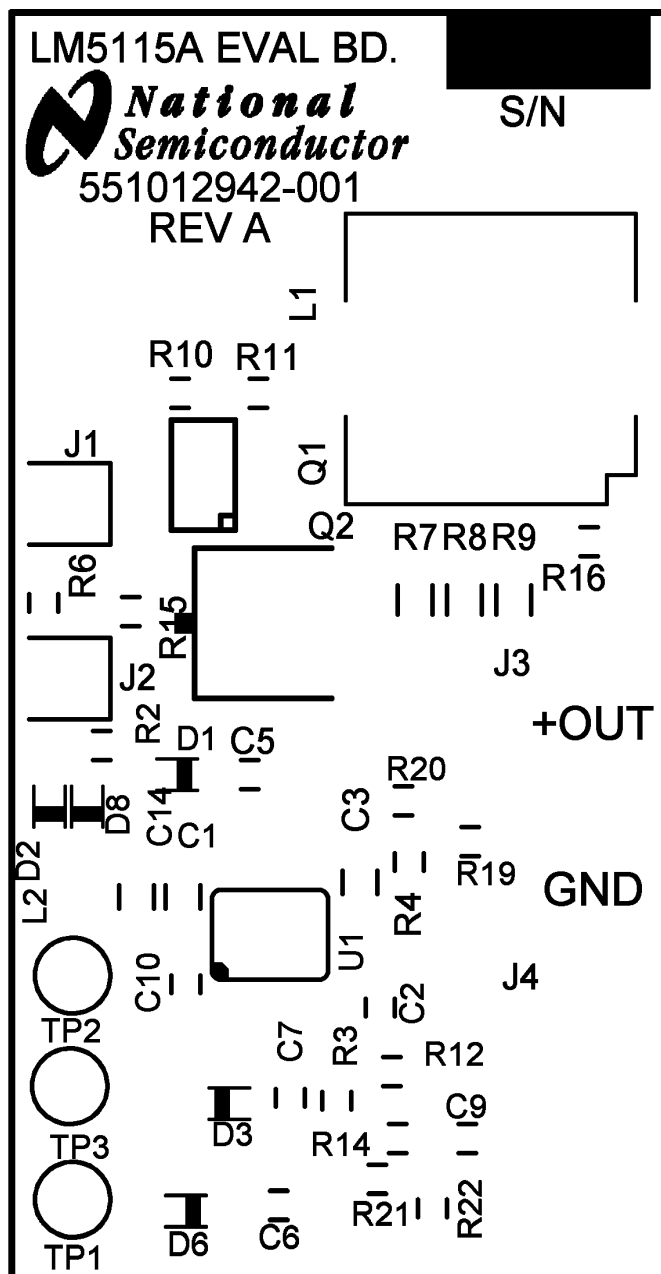
20213817

元件清单

分类		器件型号	说明	数值
C	1	C3216X7R1E105K	陶瓷电容, TDK	1.0 μ F, 25V
C	2			Not Used
C	3	C3216X7R1E104K	陶瓷电容, TDK	0.1 μ F, 25V
C	4	C2012X7R1H201K	陶瓷电容, TDK	200 pF, 50V
C	5	C2012X7R1H223K	陶瓷电容, TDK	0.022 μ F, 50V
C	6	C2012X7R1H332K	陶瓷电容, TDK	3300 pF, 50V
C	7	C2012X7R1H103K	陶瓷电容, TDK	0.01 μ F, 50V
C	8			Not Used
C	9			Not Used
C	10			Not Used
C	11	C4532X7SOG686M	陶瓷电容, TDK	68 μ F, 4.0V
C	12	C4532X7SOG686M	陶瓷电容, TDK	68 μ F, 4.0V
C	13	C4532X7SOG686M	陶瓷电容, TDK	68 μ F, 4.0V
D	1	CMDD4448	二极管, SIGNAL, CENTRAL, SEMI	
D	2	CMDD4448	二极管, SIGNAL, CENTRAL, SEMI	
D	3	CMDD4448	二极管, SIGNAL, CENTRAL, SEMI	
D	4			Not Used
D	5			Not Used
D	6			Not Used
D	7			Not Used
D	8			Not Used
J	1	2515-1-01-01-00-00-07-0	焊端SOLDER TERMINAL SLOTTED	
J	2	2515-1-01-01-00-00-07-0	焊端SOLDER TERMINAL SLOTTED	
J	3	5002	测试端TERMINAL, SMALL TEST POINT	
J	4	5002	测试端TERMINAL, SMALL TEST POINT	
R	1	ERJ-6RNF5R6V	电阻, PANASONIC	5.6
R	2	ERJ-6ENF1622V	电阻, PANASONIC	16.2 K
R	3	ERJ-6RNF4322V	电阻, PANASONIC	43.2 K
R	4	ERJ-6RNF1003V	电阻, PANASONIC	100 K
R	5			Not Used
R	6			Not Used
R	7			Not Used
R	8	WSL12063L000FEA	电阻, VISHAY	0.003
R	9			Not Used
R	10	ERJ-6RNF10R0V	电阻, PANASONIC	10
R	11			Not Used
R	12	ERJ-6RNF8251V	电阻, PANASONIC	8.25 K
R	13	ERJ-6RNF3571V	电阻, PANASONIC	3.57 K
R	14			Not Used
R	15	ERJ-6GEY0R00V	电阻, PANASONIC	0 OHMS
R	16	ERJ-6GEY0R00V	电阻, PANASONIC	0 OHMS
R	17			Not Used
R	18			Not Used
R	19	ERJ-6RNF49R9V	电阻, PANASONIC	49.9
R	20			Not Used
R	21	ERJ-6RNF4321V	电阻, PANASONIC	4.32 K
R	22	ERJ-6RNF1002V	电阻, PANASONIC	10 K
Q	1	SI7892DP	MOSFET, N-CH, POWER S0-8 PKG, VISHAY	SI7892DP

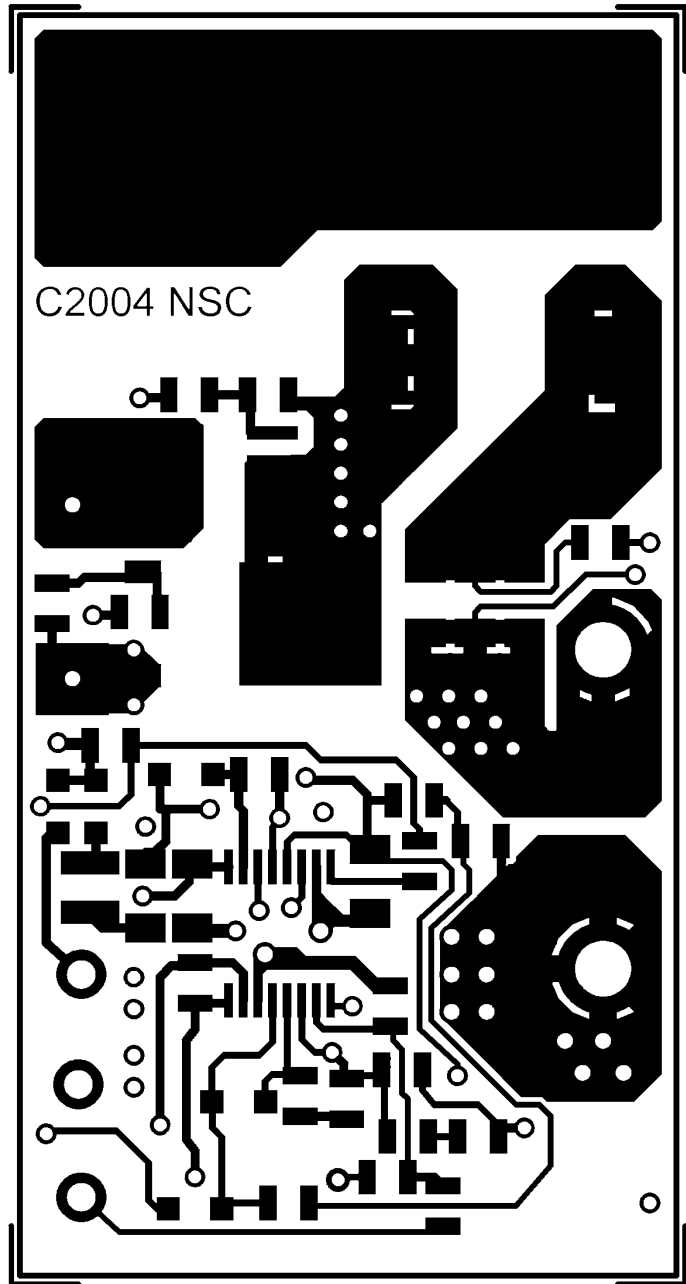
分类		器件型号	说明	数值
Q	2	IPD04N03LAG	MOSFET, N-CH, DPAK PKG, INFINEON	IPD04N03LAG
L	1	DR127-2R2-R	电感, COOPER, DR127-2R2	2.2 uH - 12A
L	2			Not Used
TP	1	5012	测试点, KEYSTONE	
TP	2	5012	测试点, KEYSTONE	
TP	3	5012	测试点, KEYSTONE	
U	1	LM5115A	控制器, 信号输出, PWM, NATIONAL	LM 5115A

印刷电路板布局



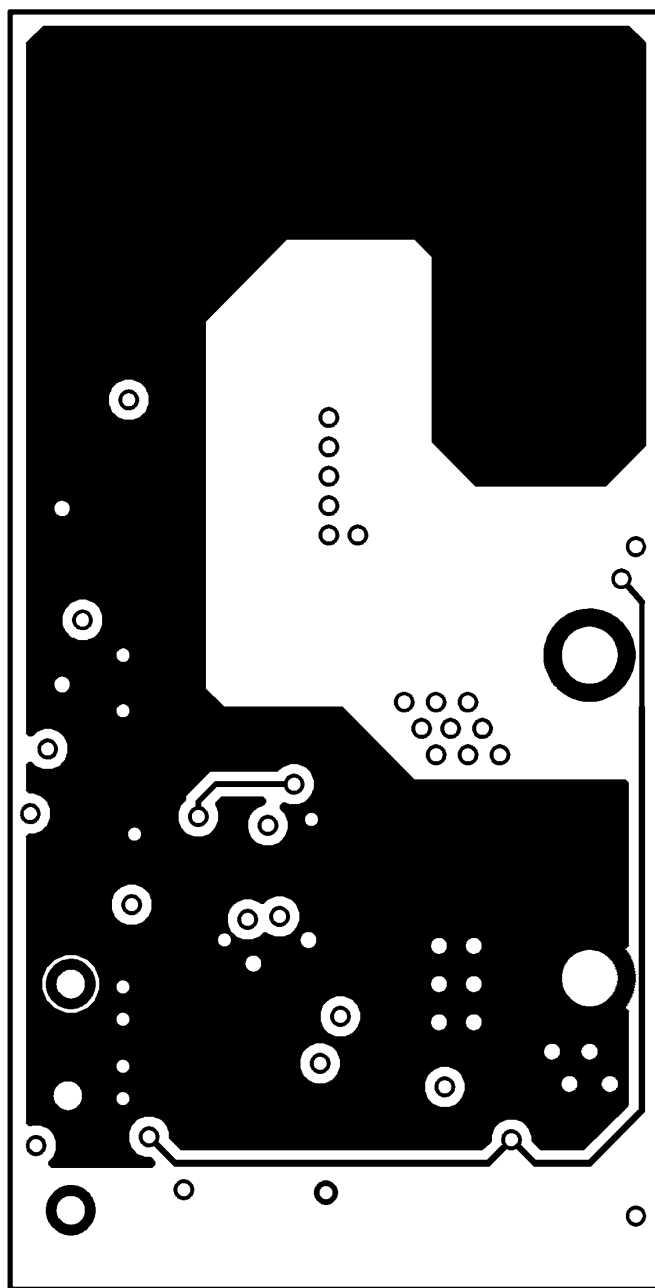
20213819

图19 顶层丝网LM 5115A



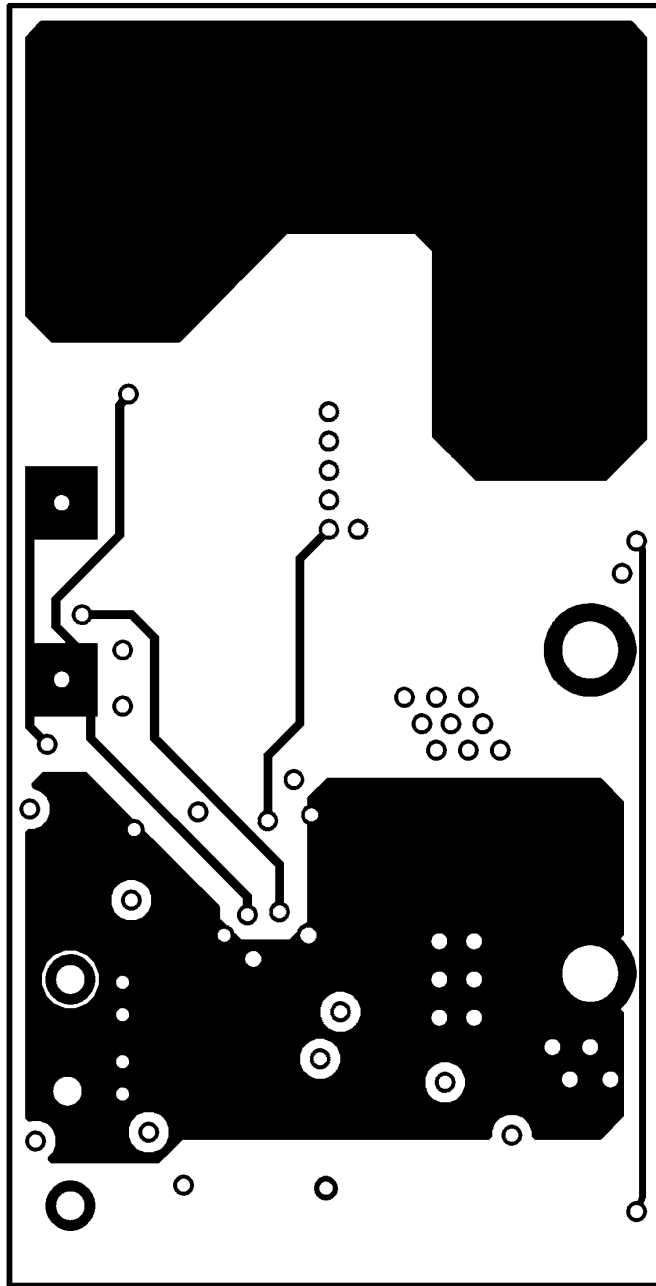
20213820

图20 顶层LM5115A



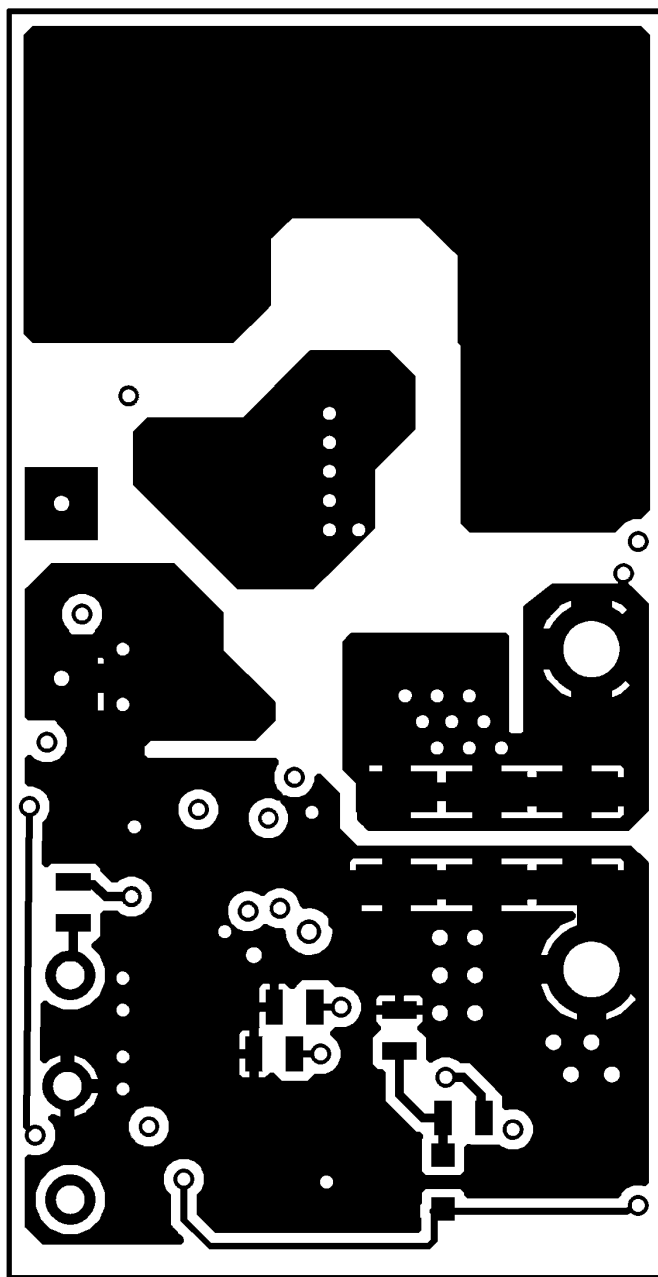
20213821

图21 第二层LM5115A



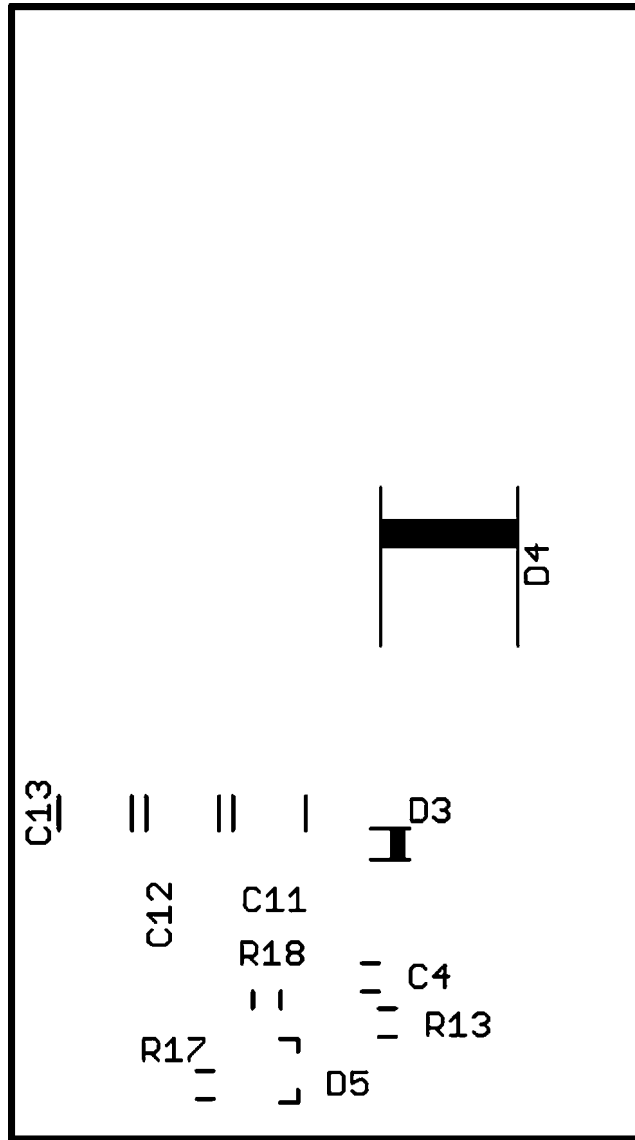
20213822

图22 第三层LM5115A



20213823

图23 底层LM5115A，从顶部视入



20213824

图24 底层丝网LM5115A

注释

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，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

www.national.com

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

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 & 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/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	
RFID 系统	
OMAP 机动性处理器	
无线连通性	
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 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