

EVM User's Guide: LM5113LLPEVB

AN-2149 LM5113 评估板

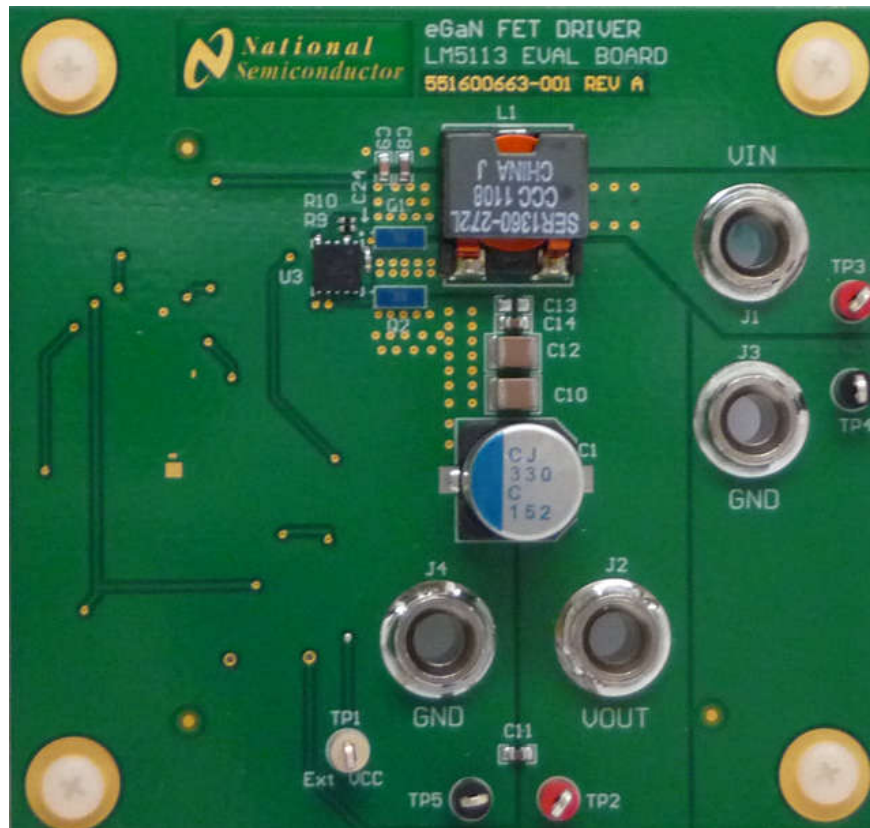


说明

LM5113 评估板旨在为设计工程师提供同步降压转换器来评估 LM5113 (一款 100V 半桥增强模式氮化镓 (GaN) FET 驱动器)。使用有源钳位电压模式控制器 LM5025 来生成降压开关和同步开关的 PWM 信号。

IC 特性

- 独立的高侧和低侧 TTL 逻辑输入
- 1.2A/5A 峰值拉/灌电流
- 高侧浮动偏置电压轨工作电压高达 100VDC
- 内部自举电源电压钳位
- 分离的输出可实现可调的开启/关闭强度
- 0.6Ω/2.1Ω 下拉/上拉电阻
- 快速传播时间 (典型值为 28ns)
- 出色的传播延迟匹配 (典型值为 1.5ns)
- 电源轨欠压锁定
- 低功耗



1 评估模块概述

1.1 简介

评估板的规格如下：

- 输入工作电压：15V 至 60V
- 输出电压：10V
- 输出电流：48V 时为 10A，60V 时为 7A
- 48V 时测得的效率：93.9% (10A 时)
- 工作频率：800kHz
- 线路 UVLO：13.8V (上升) /10.8V (下降)
- 电路板尺寸：3.00 x 2.83 英寸

印刷电路板 (PCB) 由 FR4 材料制成，覆有 2 层 2 盎司铜，厚度为 0.050 英寸。

本文档包含评估板的原理图、物料清单 (BOM) 和快速设置程序。评估板可针对不同的开关频率、死区时间和上述规格中的输出电压进行重新配置。节 4 提供了 48V 至 3.3V 转换的示例。有关更完整的信息，请参阅 [LM5113 适用于增强模式 GaN FET 的 5A、100V 半桥栅极驱动器数据表 \(SNVS725\)](#)。

1.2 套件内容

- 组装好的 LM5113 评估板
- LM5113 应用手册 2149

2 硬件

2.1 供电和加载注意事项

给 LM5113 评估板供电时，需要遵循某些预防措施。断开连接可能会损坏组件。

2.1.1 正确的电路板连接

图 2-2 显示了典型评估设置。电源连接到 J1 (VIN) 和 J3 (GND)。负载连接到 J2 (VOUT) 和 J4 (GND)。请确保选择正确的连接器和线径。必须直接在电路板的端子上监控输入和输出电压。跨连接线的压降会导致测量不准确。

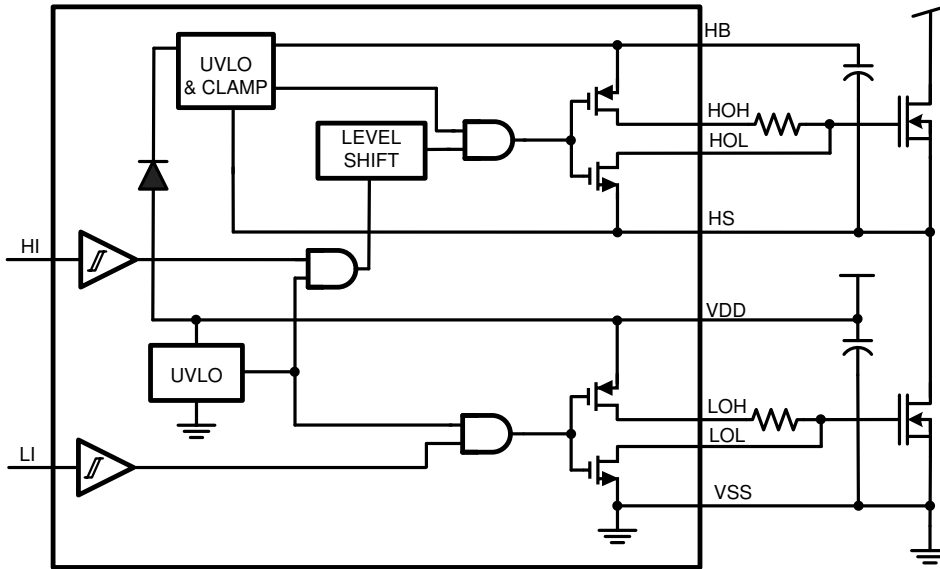


图 2-1. LM5113 的简化方框图

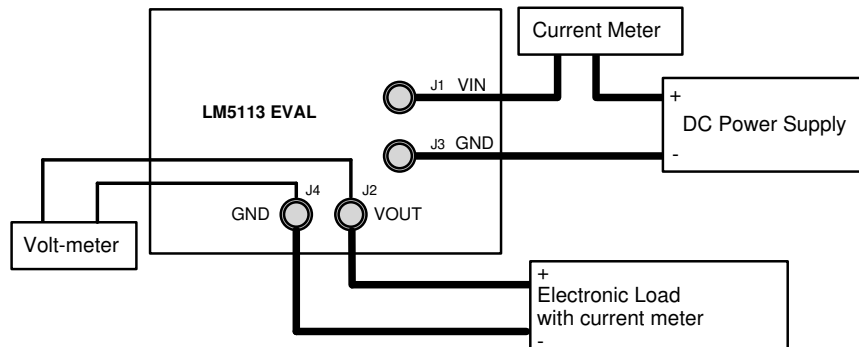


图 2-2. 典型评估设置

2.1.2 电源

要全面测试 LM5113 评估板，需要能够提供 60V 电压和 8A 电流的直流电源。电源和布线对评估板的阻抗必须低。在具有评估板浪涌电流的电源应用过程中，布线不足或高阻抗会导致电源压降。如果压降足够大，就会导致上电时出现抖动情况。这种抖动情况是评估板欠压锁定、布线阻抗和浪涌电流相互作用造成的。

2.1.3 输出电流降额

LM5113 评估板设计为在输入电压为 15V 至 48V 下运行，最大负载电流为 10A。随着输入电压进一步升高，允许的最大负载电流逐渐降至 7A，以保证长期可靠运行。图 2-3 展示了在室温下空气流量为 200CFM 时输出电流的降额曲线。在更高的环境温度下，可能需要进一步降低最大负载电流。

请注意，LM5113 评估板没有过流保护。必须采取一些预防措施来防止负载电流超过图 2-3 中所示的降额曲线，否则可能导致灾难性故障。

2.1.4 气流

需要充分冷却以保证正常且可靠运行。尤其是在高压线输入和满负载条件下，大部分功率损耗都耗散在降压开关中。空气流量不足会导致 GaN FET 过热。必须始终提供至少 200CFM 的空气流量。

2.1.5 快速入门流程

1. 将电源的电流限制设置为提供约 1.5 倍的预期输出功率。将电源连接到 J1 和 J3。
2. 在 J2 和 J4 之间连接负载电缆。禁用负载。
3. 设置输入电压并在没有负载电流的情况下打开电源。检查输出电压为 10V。
4. 缓慢增大负载电流，同时监控输出电压。

评估板断电后，等待 30 秒钟，然后再次为评估板上电以允许软启动电容器完全放电。

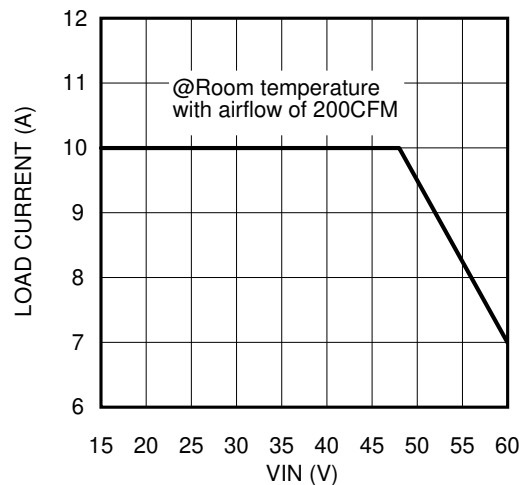


图 2-3. 负载电流降额曲线

3 实现结果

3.1 性能特征

图 3-1 显示了 LM5113 评估板在不同输入电压和负载电流下的效率。LM5113 的 HI 和 LI 输入之间选用 30ns 死区时间来消除击穿并实现高效率。

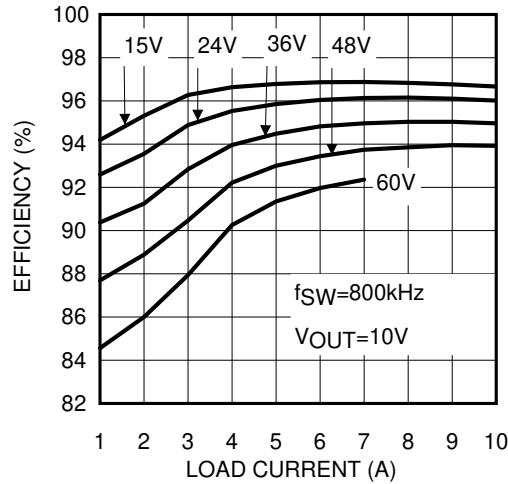


图 3-1. 评估板效率与负载电流之间的关系

在死区时间期间，HS 引脚电压会被拉低至 $-0.7V$ 以下，从而导致过大的自举电压。LM5113 具有内部钳位电路，通常可防止自举电压超过 $5.25V$ 。图 3-2 显示了不同负载电流下的自举电压平均值。可以看到，自举电压得到了良好调节。

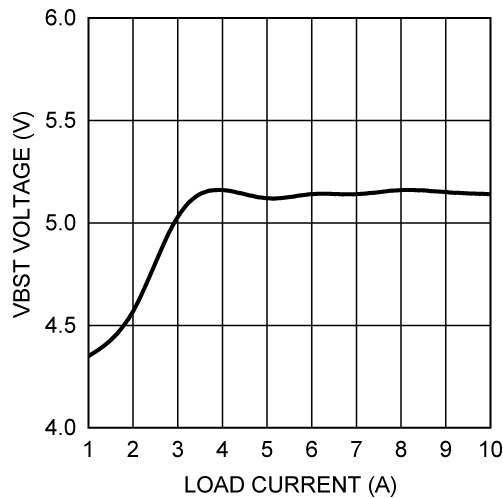
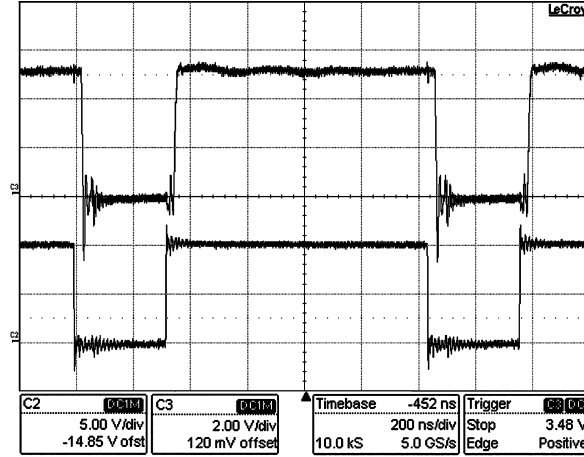


图 3-2. 自举电压调节与负载电流之间的关系

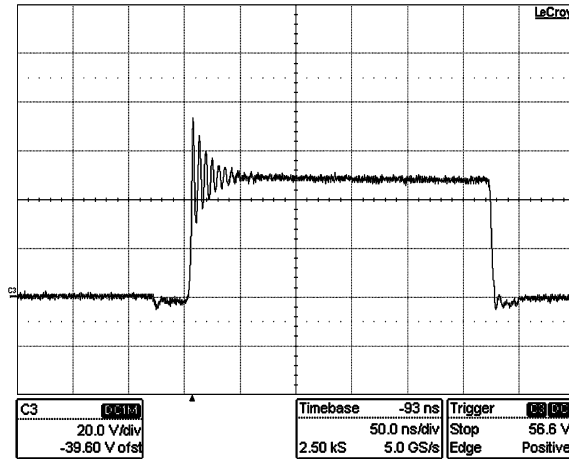
图 3-3 比较了低侧驱动器的输入和输出。



条件：输入电压 = 48V 直流，负载电流 = 5A 迹线：顶部迹线：低侧 eGaN FET 的栅极，Volt/div = 2V 底部迹线：LM5113 的 LI，Volt/div = 5V 带宽限制 = 600MHz 水平分辨率 = 0.2 μ s/div

图 3-3. 低侧驱动器的输入和输出

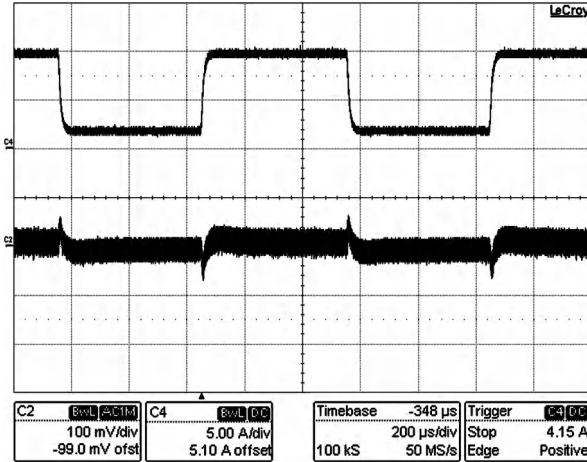
图 3-4 显示了开关节点电压，该电压也是低侧 FET 的漏极电压。可通过 HOH 栅极电阻器降低开关节点电压上的振铃。对于 60V 输入，选择 2 Ω HOH 栅极电阻来实现 12V 漏极-源极电压裕度。



条件：输入电压 = 48V 直流，负载电流 = 10A 迹线：迹线：开关节点电压，Volts/div = 20V 带宽限制 = 600MHz 水平分辨率 = 50ns/div

图 3-4. 开关节点电压

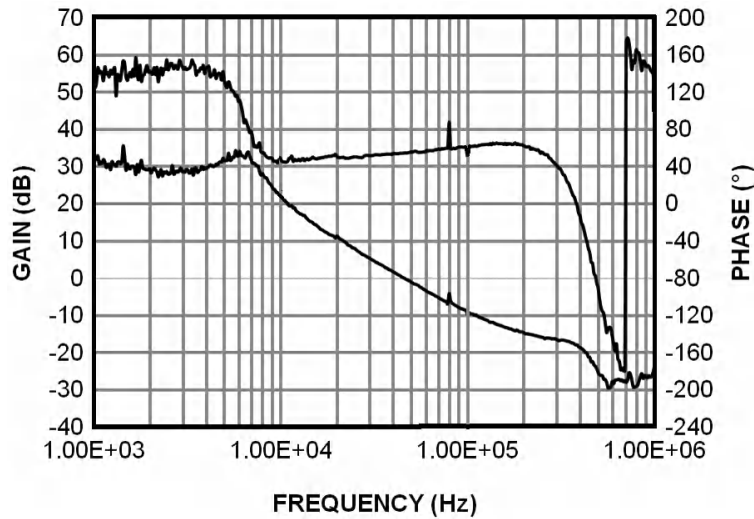
图 3-5 显示了负载瞬态响应。负载在 2A 和 10A 之间变化。800kHz 开关频率允许使用 2.7μH 的小型电感器，这有助于改善大信号瞬态响应。



条件：输入电压 = 48V 直流，输出电流 = 2A 至 10A 迹线：顶部迹线：负载电流，Amp/div = 5A 底部迹线：输出电压 Volt/div = 100mV，交流耦合带宽限制 = 20MHz 水平分辨率 = 0.2ms/div

图 3-5. 负载瞬态响应

图 3-6 显示了测得的整体环路响应。交叉频率为 46kHz，相位裕度约为 55°。



条件：输入电压 = 48V 直流，输出电流 = 10A

图 3-6. 环路增益和相位

4 48V 至 3.3V 转换

LM5113 评估板还可针对不同的开关频率、死区时间和输出电压进行重新配置。通过调整电阻器 R17，PWM 控制器 LM5025 最高可以在 1MHz 下运行。死区时间可通过电阻器 R15 和/或通过 LM5113 输入端的 RCD 电路进行调节。输出电压可通过 R16 进行调节，如下所示：

$$R16 = \frac{21 \times V_0}{20 - V_0} k\Omega \quad (1)$$

请注意，当针对超过上述规格的开关频率配置评估板时，最大输出功率可能会降低，以保证 GaN FET 安全运行。

图 4-1 显示了 48V 至 3.3V 转换的设计。开关频率设置为 500kHz。请注意，控制电路的辅助电源从 LM5025 的内部 LDO 生成。为了帮助散热，必须为 LM5025 提供足够的冷却。或者，可以将外部 10V 电源连接到端子 TP1 EXT VCC 来为控制电路提供偏置电压。

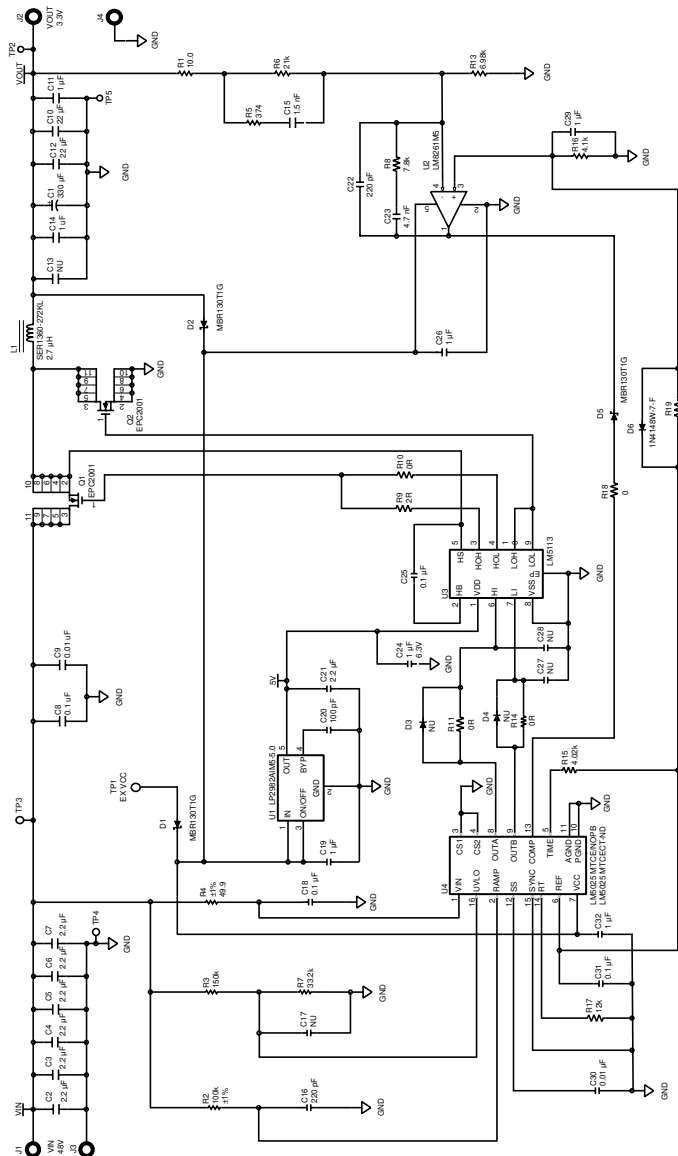


图 4-1. 应用电路：输入 48V，输出 3.3V，10A，500kHz

5 硬件设计文件

5.1 评估板原理图

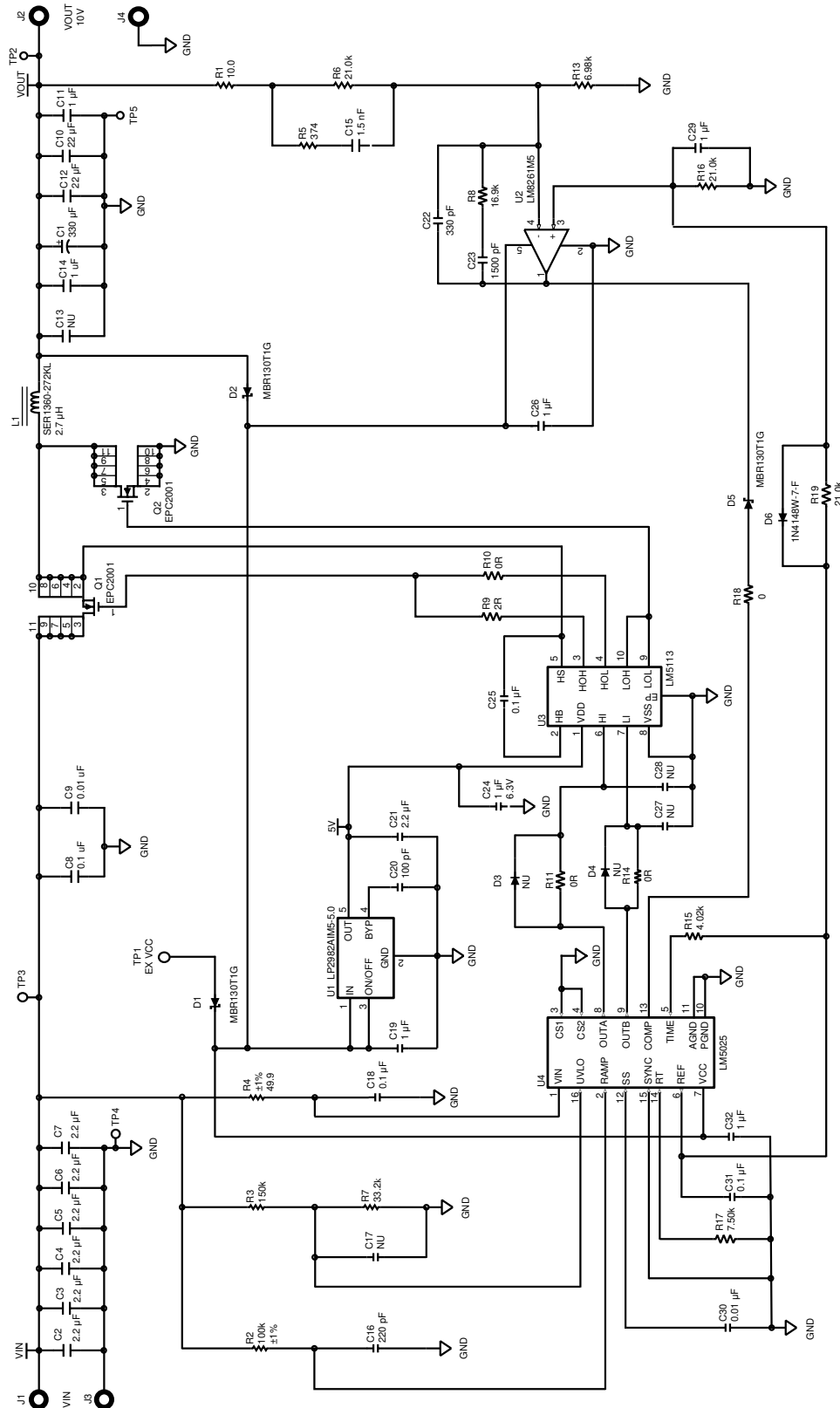


图 5-1. 应用电路：15V 至 60V 输入，10V 输出，800kHz

5.2 PCB 布局

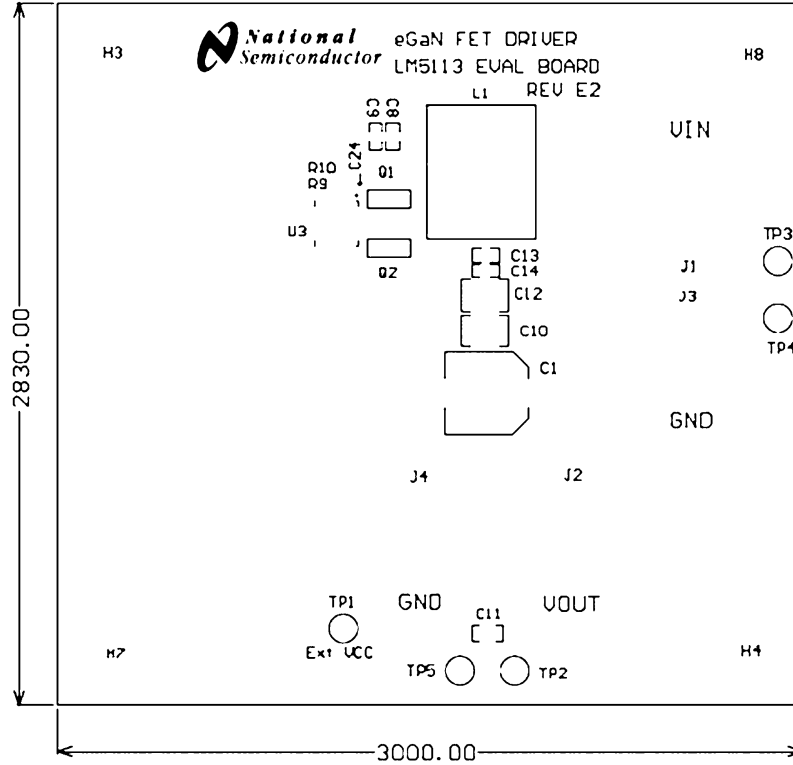


图 5-2. 顶面丝网印刷层

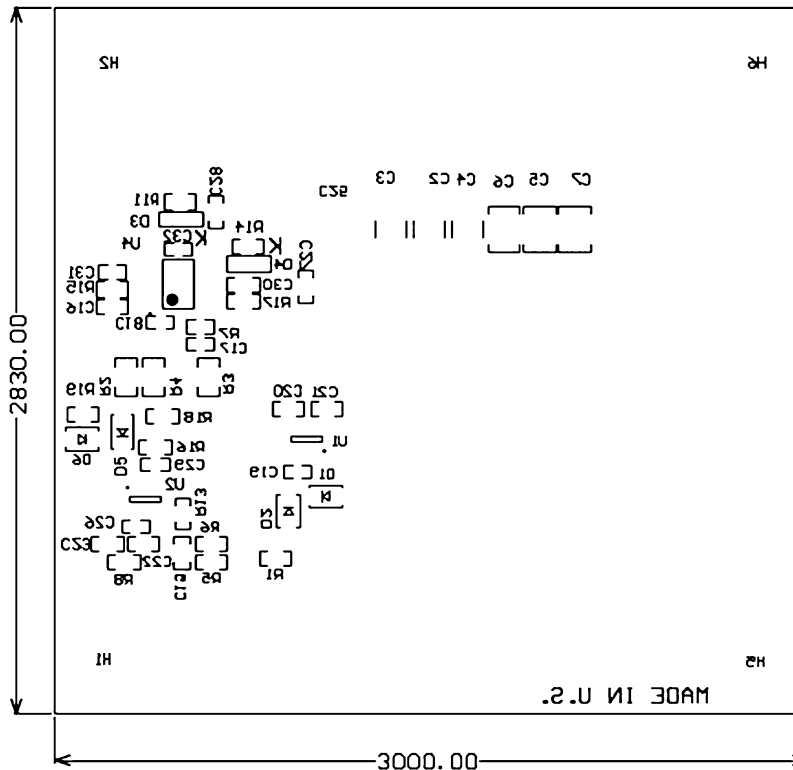


图 5-3. 底面丝网印刷层

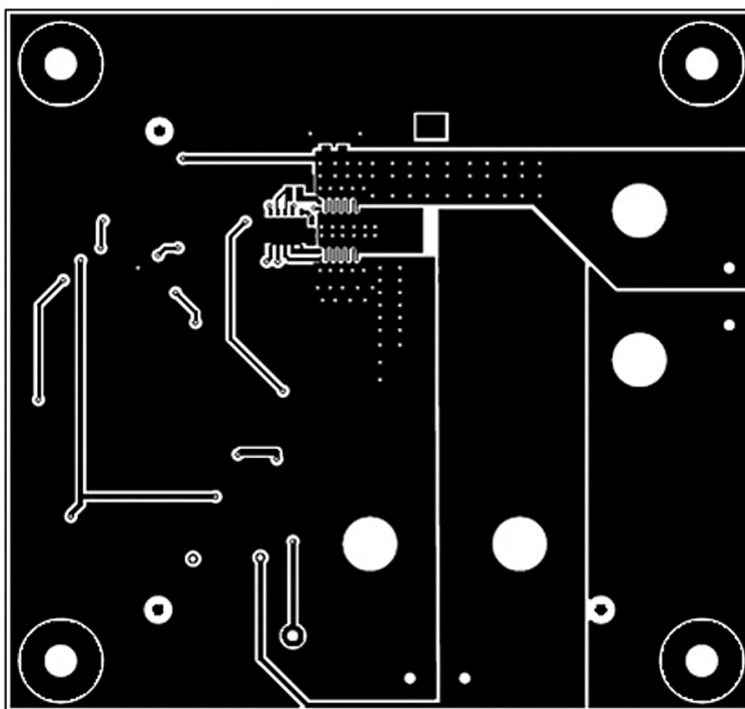


图 5-4. 顶层

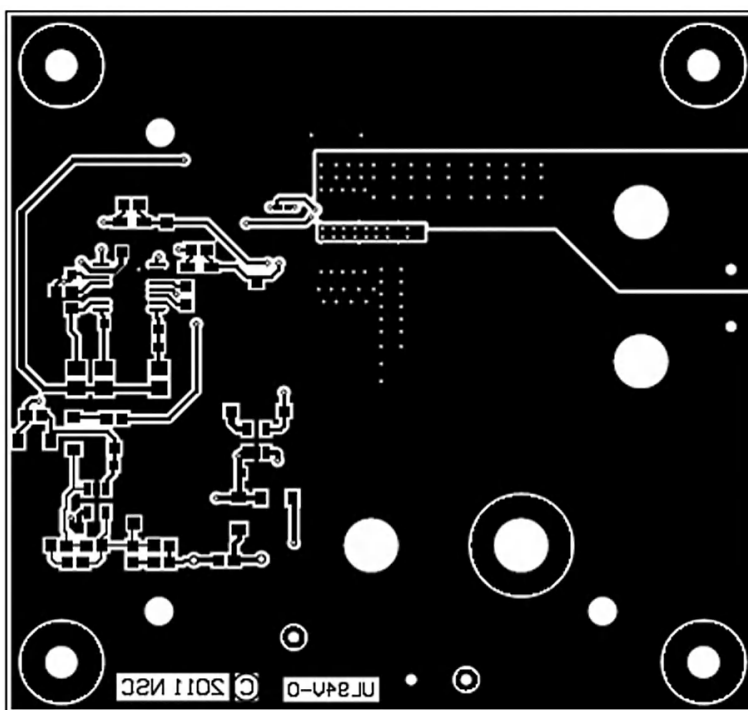


图 5-5. 底层

5.3 物料清单 (BOM)

表 5-1. 物料清单 (BOM)

物品	器件	值	封装	器件型号	制造商
1	C1	电容, 330 μ F, 16V, 16m Ω	10mm x 10mm	PCJ1C331MCL1GS	Nippon Chemi-Con
2	C2、C3、C4	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 100V, X7R,	1812	C4532X7R2A225M	TDK
3	C5、C6、C7	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 100V, X7R	1210	HMK325B7225KN-T	Taiyo Yuden
4	C8	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 100V, X7R, 0603	0603	GRM188R72A104KA35D	Murata
5	C9	电容, 陶瓷, 10000pF, 100V, X7R	0603	C1608X7R2A103K	TDK
6	C13	NU			
7	C18、C31	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 16V, X7R	0603	C1608X7R1C104K	TDK
8	C10、C12	电容, 陶瓷, 22 μ F, 16V, X7R	1210	C3225X7R1C226K	TDK
9	C14、C11、C19、C26、C29、C32	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, X7R	0603	C1608X7R1C105K	TDK
10	C15、C23	电容, 陶瓷, 1500pF, 25V, +/-5%, COG/NP0	0603	GRM1885C1E152JA01D	MuRata
11	C16	电容, 陶瓷, 220pF, 100V, X7R	0603	06031C221KAT2A	AVX
12	C17	NU			
13	C20	电容, 陶瓷, 100pF, 25V, X7R	0603	06033C101KAT2A	AVX
14	C21	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 10V, X7R	0603	GRM188R71A225KE15D	Murata
15	C22	电容, 陶瓷, 330pF, 50V, +/-5%, COG/NP0	0603	GRM1885C1H331JA01D	Murata
16	C24	电容, 陶瓷, 1 μ F, 6.3V, X5R	0402	C1005X5R0J105M	TDK
17	C25	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 16V, X7R	0402	GRM155R71C104KA88D	TDK
18	C27、C28	NU			
19	C30	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 50V, X7R	0603	GRM188R71H103KA01D	Murata
20	D1、D2、D5	二极管, 肖特基, 30V, 1A	SOD-123	MBR130T1G	ON Semiconductor
21	D3、D4	NU	SOD-323		
22	D6	二极管, 超快速, 100V, 0.15A	SOD-123	1N4148W-7-F	Diodes Inc
23	L1	电感器, 屏蔽 E 型磁芯, 铁氧体, 2.7 μ H, 12A	SMD 12.6mmX12.7mm	SER1360-272KLB	Coilcraft
24	Q1、Q2	eGaN FET, 100V, 25A, 7m Ω	4105 μ m X 1632 μ m	EPC2001	EPC
25	R1	电阻, 10.0 Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-0710RL	Yageo America
26	R2	电阻, 100k Ω , 1%, 0.125W	0805	CRCW0805100KFKEA	Vishay-Dale

表 5-1. 物料清单 (BOM) (续)

物品	器件	值	封装	器件型号	制造商
27	R3	电阻, 150k Ω , 1%, 0.125W	0805	CRCW0805150KFKEA	Vishay-Dale
28	R4	电阻, 49.9 Ω 1/8W 1%	0805	CRCW080549R9FKEA	Vishay-Dale
29	R5	电阻, 374 Ω , 1%, 0.1W	0603	CRCW0603374RFKEA	Vishay-Dale
30	R6、R16、R19	电阻, 21.0k Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-0721KL	Yageo America
31	R7	电阻, 33.2k Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-0733K2L	Yageo America
32	R8	电阻, 16.9k Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-0716K9L	Yageo America
33	R9	电阻, 2.00 Ω , 1%, 0.063W	0402	CRCW04022R00FKED	Vishay-Dale
34	R10	电阻, 0.0 Ω , 1/10W	0402	ERJ-2GE0R00X	Panasonic
35	R11、R14、R18	电阻, 0 Ω , 5%, 0.1W	0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic
36	R13	电阻, 6.98k Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-076K98L	Yageo America
37	R15	电阻, 4.02k Ω , 1%, 0.1W	0603	RC0603FR-074K02L	Yageo America
38	R17	电阻, 7.50k Ω , 1%, 0.1W	0603	CRCW06037K50FKEA	Vishay-Dale
39	U1	5.0V, 50mA LDO	SOT-23	LP2982	德州仪器 (TI)
40	U2	运算放大器	SOT-23	LM8261	德州仪器 (TI)
41	U3	5A, 100V, GaN FET 驱动器	WSON-10	LM5113-Q1	德州仪器 (TI)
42	U4	有源钳位电压模式 PWM 控制器	16 引脚 TSSOP	LM5025	德州仪器 (TI)

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision A (May 2013) to Revision B (March 2024)	Page
• 将 U3 的工业版本更改为汽车版本.....	12

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司