

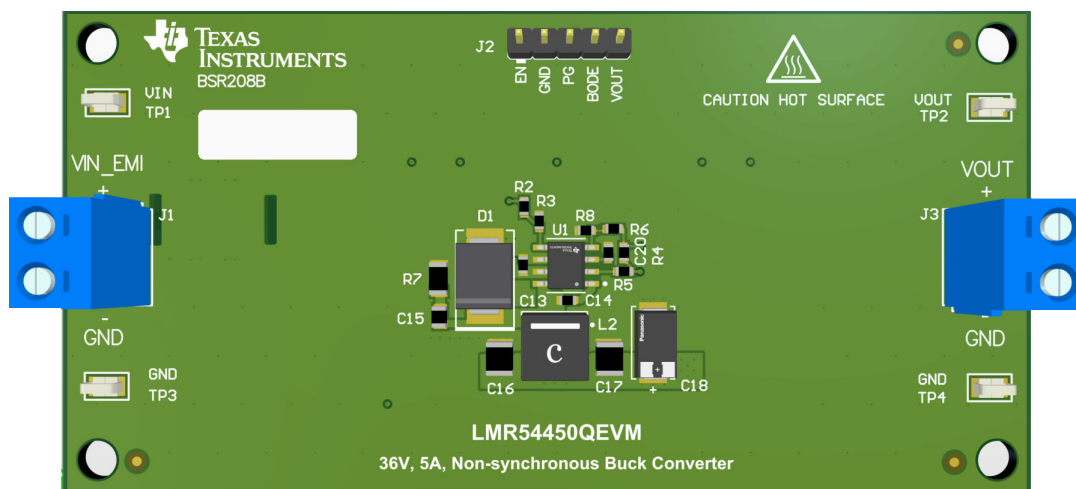
LMR54450-Q1 36V、5A 降压转换器评估模块



摘要

LMR54450QEVM 评估模块 (EVM) 旨在帮助客户评估 LMR54450-Q1 非同步降压转换器的性能。此 EVM 包含一个 LMR54450-Q1 器件，该器件能够在内部设置为 400kHz 的标称开关频率下提供 5V 输出电压和高达 5A 的负载电流。此 EVM 配置为在 5.5V 至 36V 的输入电源电压范围内运行，可提供多个电源连接器和测试点，用于测量效率、交叉频率、相位裕度、电源正常和使能。此 EVM 还提供了针对 EMI 和热性能进行优化的布局示例。本用户指南包含以下内容：

- 背景
- 原理图和布局
- 测试设置和波形
- PCB 层堆叠
- 物料清单 (BOM)



LMR54450QEVM 电路板 (顶视图)



CAUTION

表面高温。接触会导致烫伤。请勿触摸。

内容

1 背景.....	3
2 快速入门.....	3
3 EVM 连接.....	4
4 原理图.....	5
5 PCB 布局.....	6
6 测试数据和性能曲线.....	9
6.1 效率和负载调节性能.....	9
6.2 波形.....	9
6.3 热性能.....	10
6.4 EMI 性能.....	11
7 物料清单.....	13
8 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案.....	15
9 修订历史记录.....	15

插图清单

图 1-1. LMR54450-Q1 8 引脚 SOIC DDA 封装 (顶视图)	3
图 3-1. EVM 测试设置.....	4
图 4-1. EVM 原理图.....	5
图 5-1. 3D 顶视图.....	6
图 5-2. 3D 底视图.....	6
图 5-3. 顶部铜层.....	7
图 5-4. 第 2 层覆铜.....	7
图 5-5. 第 3 层覆铜.....	7
图 5-6. 底部铜层 (顶视图)	8
图 6-1. 转换效率.....	9
图 6-2. 负载调节.....	9
图 6-3. 启动, V_{IN} 步进至 24 V.....	9
图 6-4. 关断.....	9
图 6-5. 使能开/关切换.....	9
图 6-6. 负载瞬态, 1.25 A 至 3.75 A.....	9
图 6-7. 输出纹波加载到 5A.....	10
图 6-8. 精密使能启动.....	10
图 6-9. 红外线热感图像: 测试 $V_{IN} = 13.5V$	10
图 6-10. 红外线热感图像: 测试 $V_{IN} = 24V$	10
图 6-11. CISPR 25 5 类传导发射.....	11
图 6-12. CISPR 25 5 类辐射发射: 单极.....	11
图 6-13. CISPR 25 5 类辐射发射: 双锥水平极化.....	11
图 6-14. CISPR 25 5 类辐射发射: 双锥垂直极化.....	12
图 6-15. CISPR 25 5 类辐射发射: 对数周期.....	12

表格清单

表 3-1. EVM 电源接头.....	4
表 3-2. EVM 信号接头.....	4
表 5-1. 多层叠.....	8
表 7-1. 元件 BOM.....	13

商标

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 背景

LMR54450-Q1 是一款高输出电流 PWM 转换器，集成了低电阻高侧 N 沟道 MOSFET。集成的功能包括高性能误差放大器（可在瞬态条件下提供严密电压调节精度）、欠压锁定电路（用于防止在输入电压达到 5.5V 前启动）以及内部设置的软启动电路（用于限制浪涌电流）。LMR54450-Q1 实现了电压模式控制。通过使用 EN 引脚，关断电源电流通常可减少到 13 μ A。其他特性包括高电平有效使能端、过流限制、过压保护和热关断。反馈环路经过内部补偿，可降低设计复杂性并减少外部元件数量。有关更多详细信息，请参阅 [LMR54450-Q1 数据表](#)。

图 1-1 显示了 LMR54450-Q1 的引脚配置。

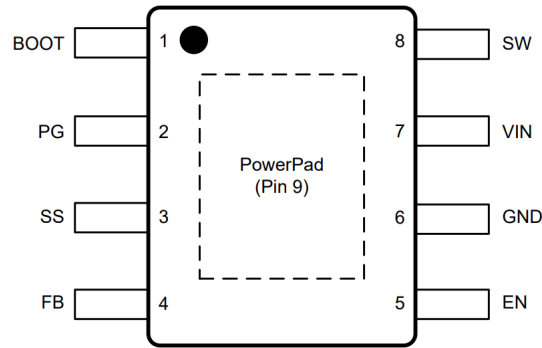


图 1-1. LMR54450-Q1 8 引脚 SOIC DDA 封装 (顶视图)

2 快速入门

请参阅图 3-1 中描述的连接，获取为 EVM 上电的可视化指南。

1. 用短而粗的电线连接 VIN_EMI 与 GND (J1) 端子之间的输入电压电源。
2. 用短而粗的电线连接 VOUT 与 GND (J3) 端子之间的转换器输出负载。
3. 将输入电压 (V_{IN}) 设置为 5.5V 至 36V 之间的适当电平。
4. 根据连接的输出负载，将输入电源的电流限制设置为适当的电平。
5. 通过使 EN 引脚悬空，确保将器件设置为使能开。
6. 打开电源。EVM 的默认配置必须加电至 $V_{OUT} = 5V$ 。
7. 监控输出电压。最大额定负载电流为 5A。

3 EVM 连接

参考表 3-1 中描述的 EVM 连接来评估 LMR54450-Q1。在提供 ESD 保护的工作站上工作时，请确保在为 EVM 加电之前已连接所有腕带、靴带或垫子，从而将用户接地。

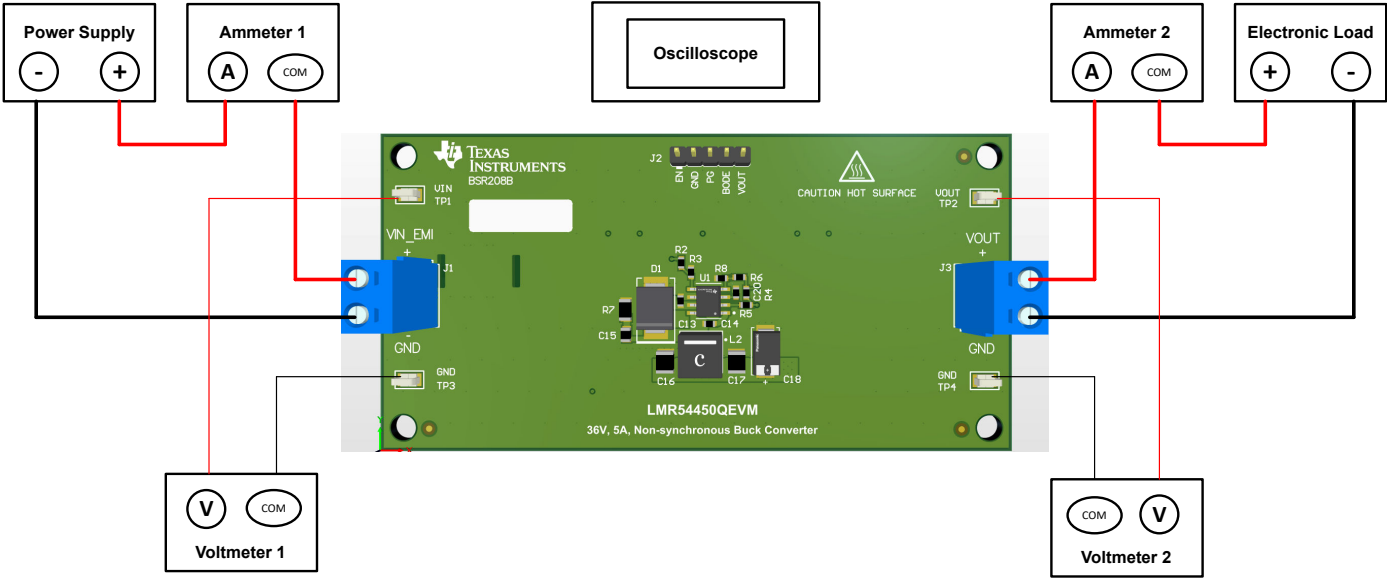


图 3-1. EVM 测试设置

表 3-1. EVM 电源接头

标签	说明
VIN_EMI	端子 J1 上的正输入电源连接。
GND	端子 J1 上的负输入电源连接。
VOUT	端子 J3 上的正输出电源连接。
GND	端子 J3 上的负输出电源连接。

表 3-2. EVM 信号接头

标签	说明
VIN (TP1)	正极输入感应端子。连接万用表正极引线，以测量效率。
GND (TP3)	负极输入感应端子。连接万用表负极引线，以便测量效率。
VOUT (TP2)	正极输出感应端子。连接万用表正极引线，以测量效率以及线路和负载调节。
GND (TP4)	负极输出感应端子。连接万用表负极引线，以测量效率以及线路和负载调节。
GND	接地参考点
EN	精密使能输入和输入电压 UVLO 保护。在 EN 和 GND 之间放置一个分流器来下拉引脚并关闭。默认启用时选择悬空 EN 引脚
PG	电源正常监视器输出。这是一个带有 110k Ω 上拉电阻到 VOUT 的开漏标志。
BODE	波特图测量和信号注入。从 BODE 到 VOUT 的 20 Ω 电阻有助于为波特图测量注入振荡器信号。在 BODE 和 VOUT 之间施加扫频信号，同时测量每个端子的相应响应，以便进行环路增益测量。

4 原理图

图 4-1 所示为 EVM 原理图。

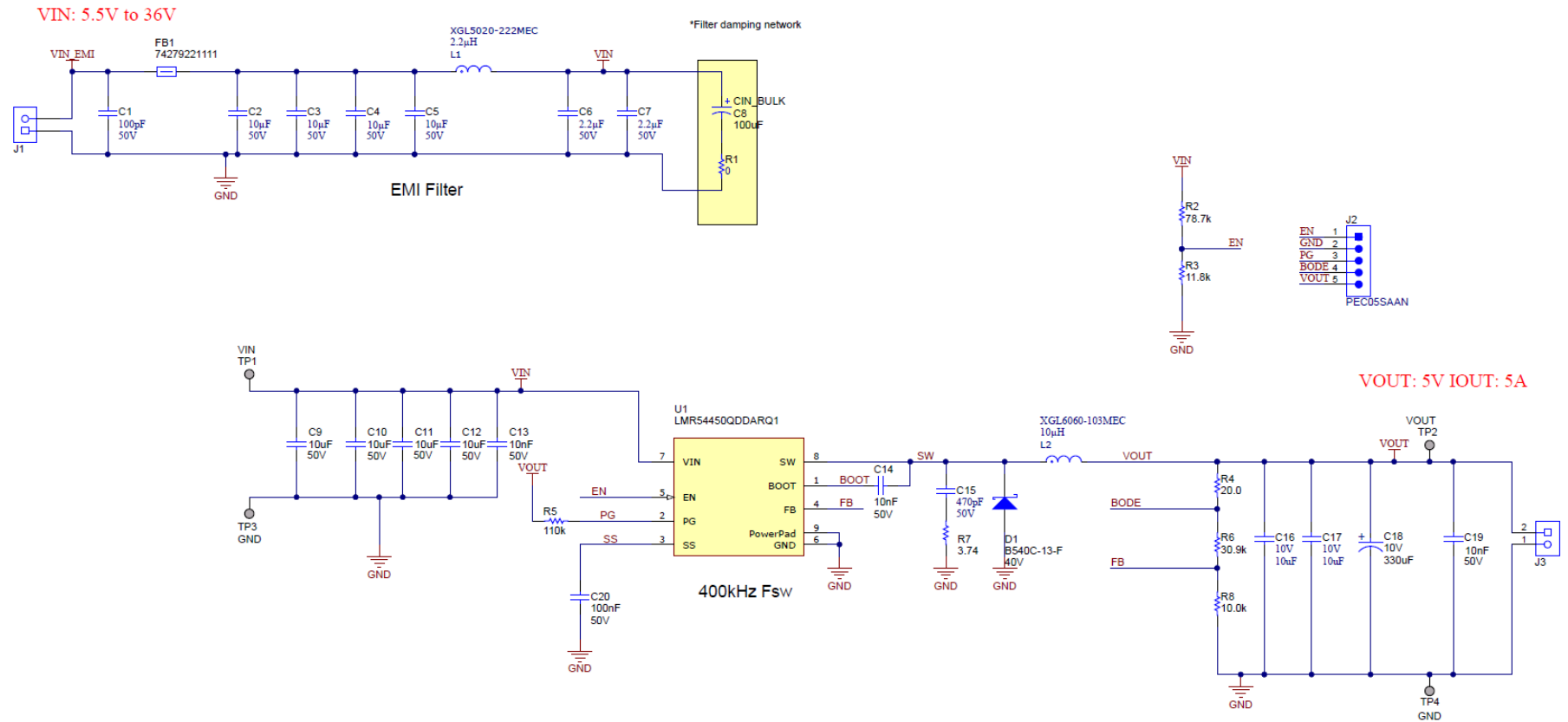


图 4-1. EVM 原理图

5 PCB 布局

图 5-1 至图 5-6 显示了 PCB 布局图像，包括 3D 视图和铜层。该 PCB 为 62 密耳标准厚度，共有四层，所有层均为 2 盎司覆铜，如表 5-1 所示。PCB 还针对 EMI 性能进行了优化。该布局更最大限度地缩减了高 dv/dt 节点（如 SW 和 BOOT）的面积，并添加了缓冲电路来衰减 SW 节点振铃。小型高频陶瓷输入电容器放在非常靠近 IC 的位置，以最大限度地缩短 VIN 引脚通过电容器到 PGND 引脚所形成的环路。电路板背面还有 EMI 滤波器以及电感器、铁氧体磁珠和滤波电容器选项，用于调整滤波器的 EMI 性能。

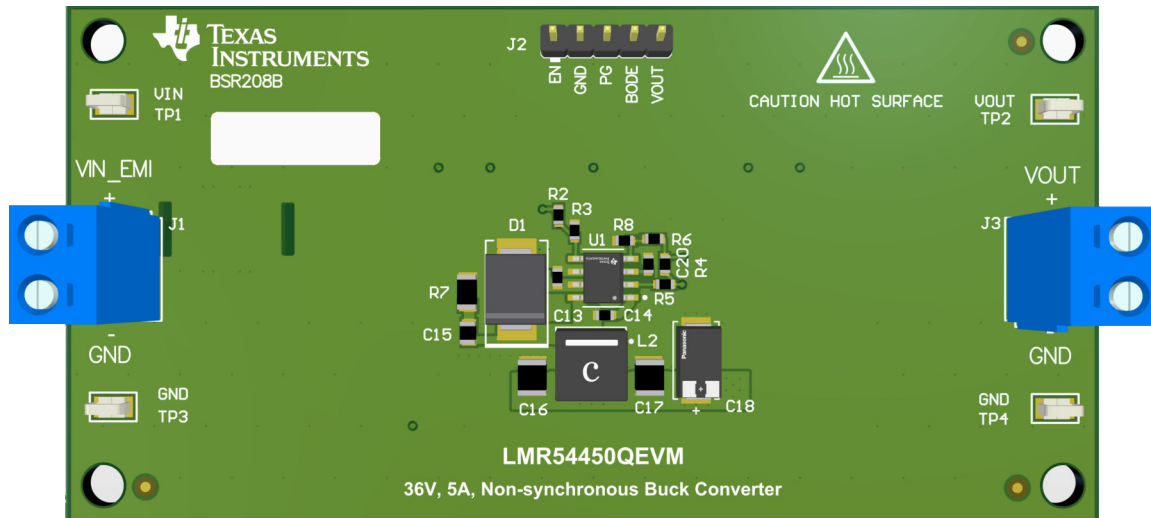


图 5-1. 3D 顶视图

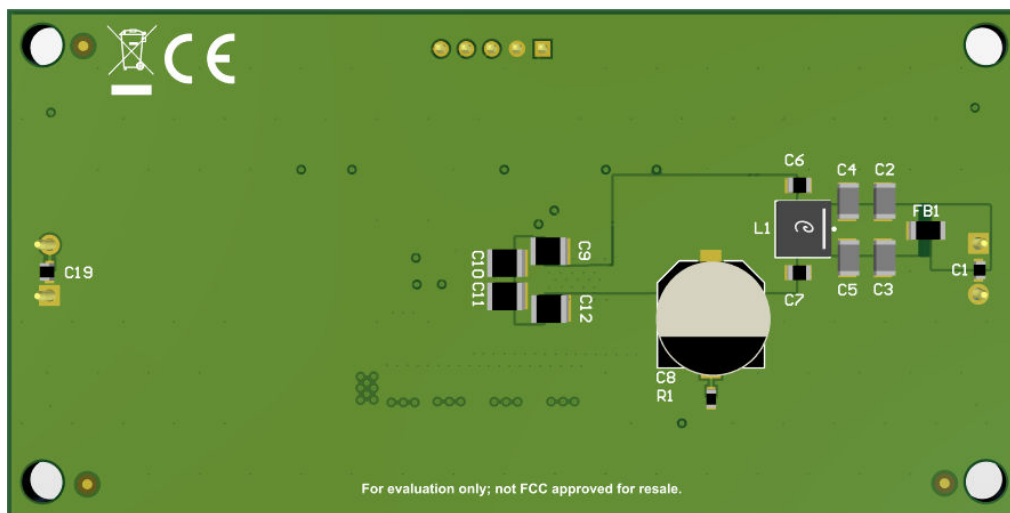


图 5-2. 3D 底视图

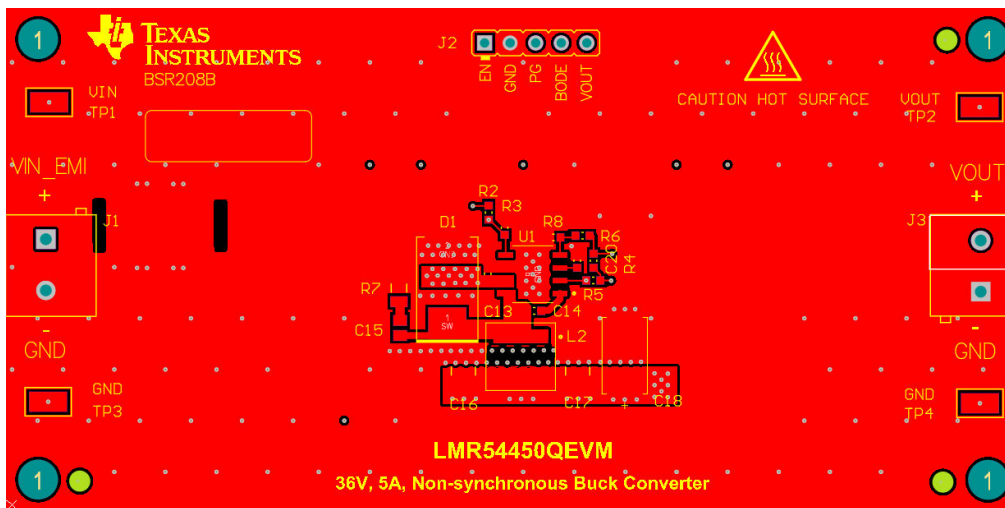


图 5-3. 顶部铜层

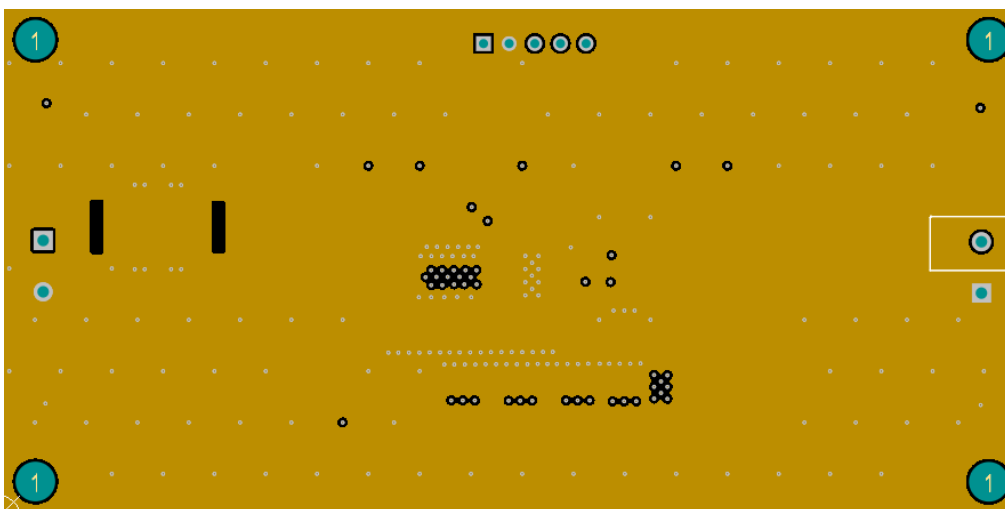


图 5-4. 第 2 层覆铜

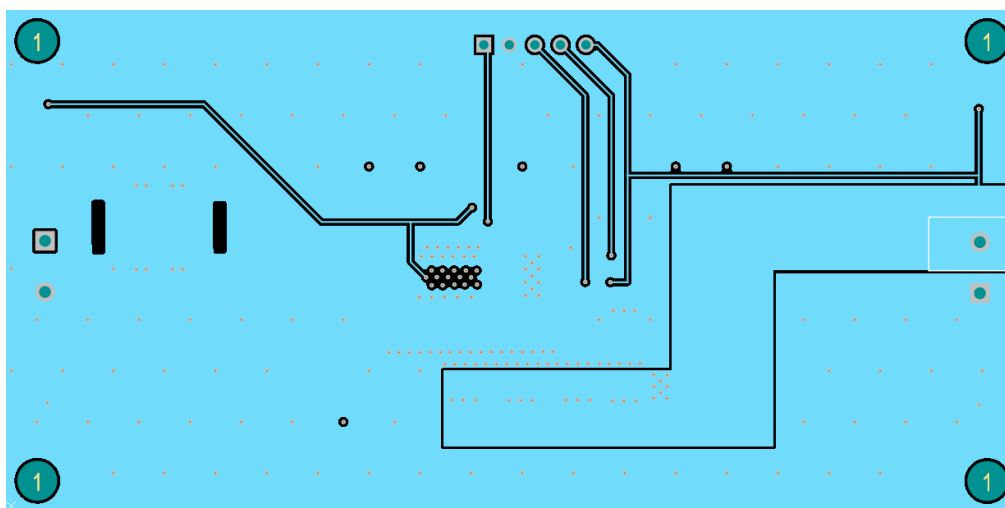


图 5-5. 第 3 层覆铜

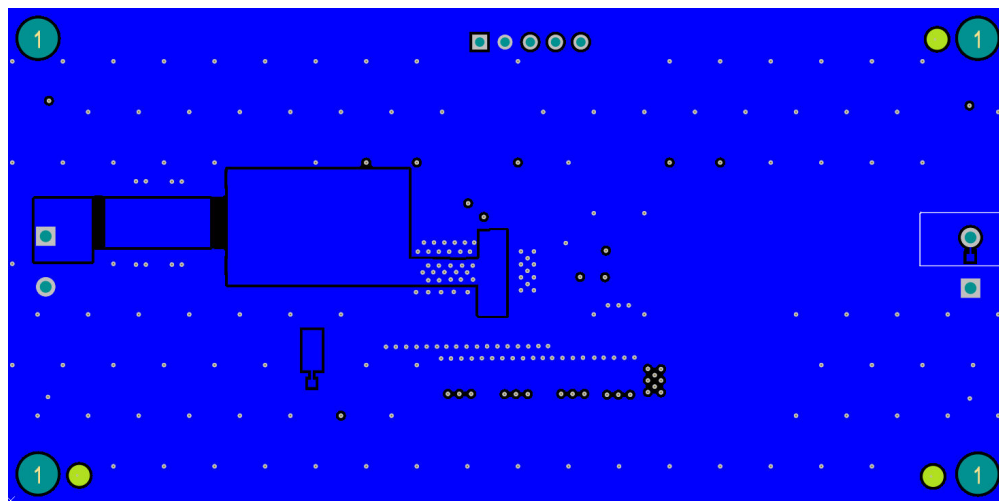


图 5-6. 底部铜层 (顶视图)

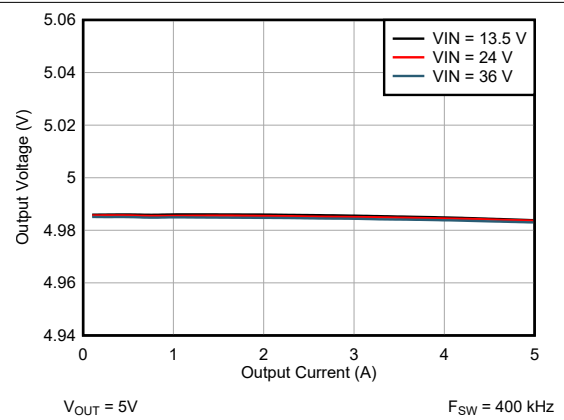
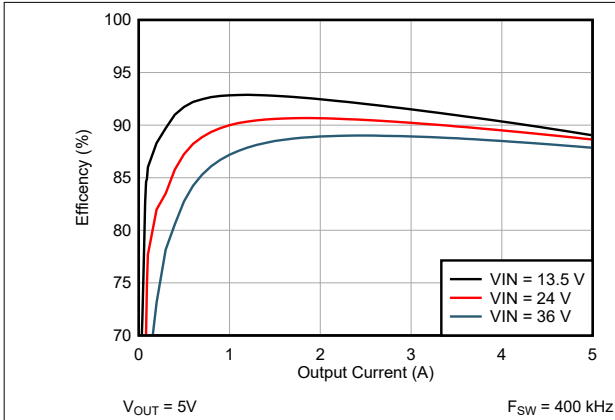
表 5-1. 多层叠

编号	名称	材质	类型	重量 (盎司)	厚度 (mil)	电介质常数
	顶部覆盖层		覆层			
	顶部阻焊层	阻焊剂	阻焊层		0.4	3.5
1	顶层	铜	信号	2	2.8	
	电介质 1	FR-4 高 Tg	电介质半固化片		6	4.2
2	信号层 1	铜	信号	2	2.8	
	电介质 2	FR-4 高 Tg	电介质内核		38	4.2
3	信号层 2	铜	信号	2	2.8	
	电介质 3	FR-4 高 Tg	电介质半固化片		6	4.2
4	底层	铜	信号	2	2.8	
	底部阻焊层	阻焊剂	阻焊层		0.4	3.5
	底部覆盖层		覆层			

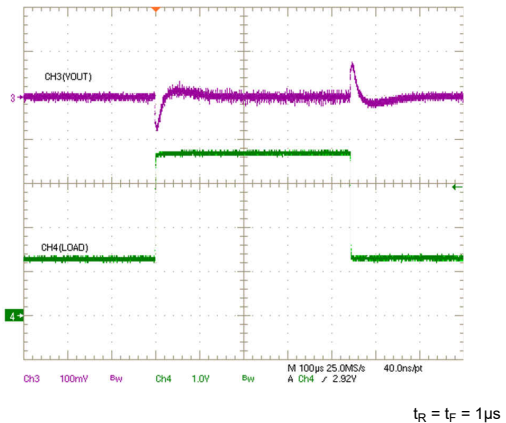
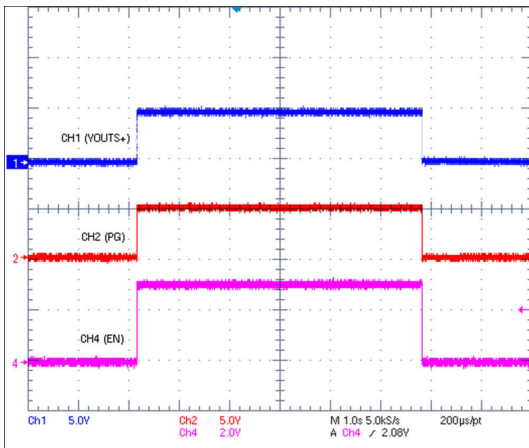
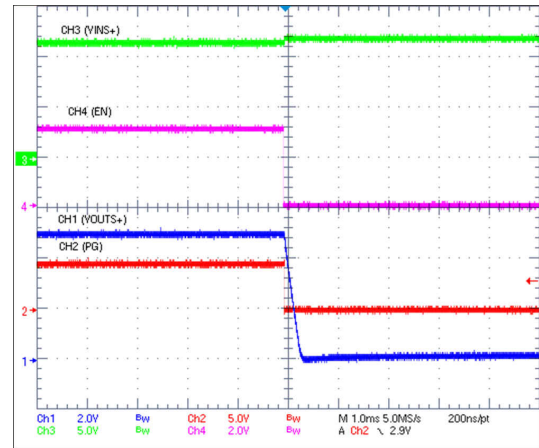
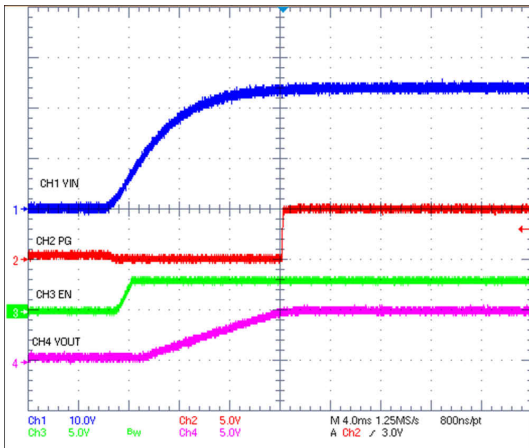
6 测试数据和性能曲线

实际性能数据可能会受到测量技术和环境变量的影响，因此这些曲线仅供参考，并可能与实际现场测量结果有所不同。除非另有指明，否则 $V_{in} = 13.5V$ ， $V_{out} = 5V$ ， $I_{out} = 5A$ 且 $F_{sw} = 400kHz$ 。

6.1 效率和负载调节性能



6.2 波形



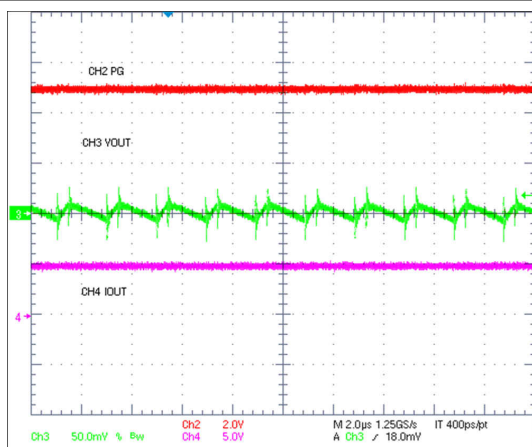
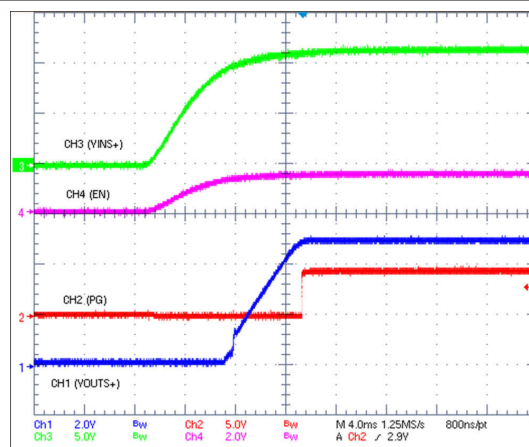


图 6-7. 输出纹波加载到 5A



UVLO 设置为 10V 输入

图 6-8. 精密使能启动

6.3 热性能

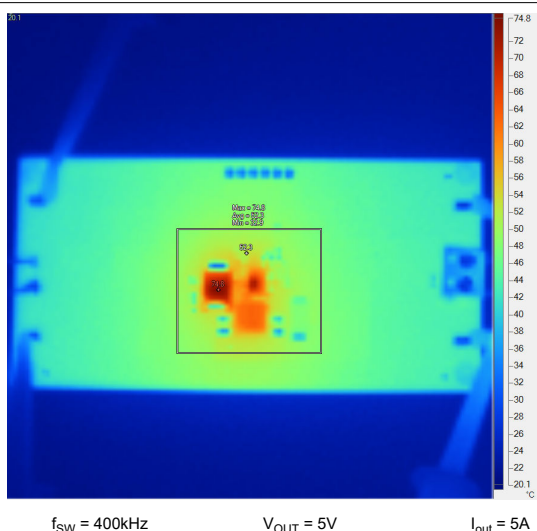


图 6-9. 红外线热感图像：测试 $V_{IN} = 13.5V$

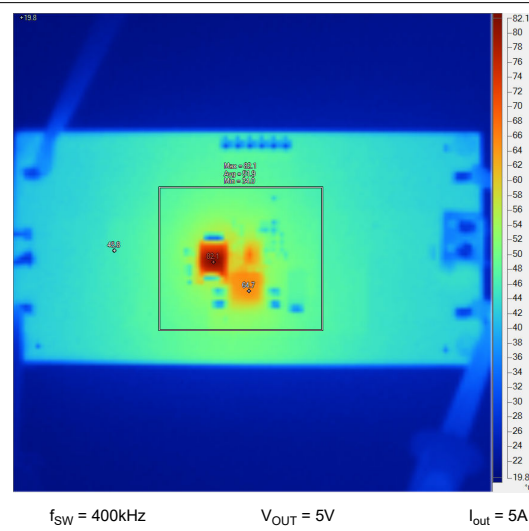


图 6-10. 红外线热感图像：测试 $V_{IN} = 24V$

6.4 EMI 性能

图 6-11 至图 6-15 提供了峰值和平均 EMI 波形，符合 CISPR 25 5 类 EMI 规范。在 LMR54450QEVm 上对传导发射和辐射发射进行了评估。

为了符合 CISPR 25 5 类汽车辐射发射标准，在 EVM 中添加了 EMI 屏蔽。除非另有指明，否则 $V_{in} = 13.5V$ ， $V_{out} = 5V$ ， $I_{out} = 5A$ 且 $F_{sw} = 400kHz$ 。

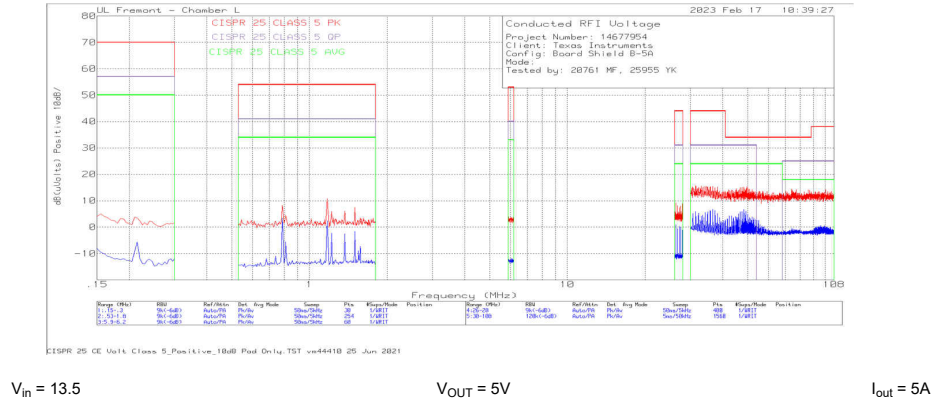


图 6-11. CISPR 25 5 类传导发射

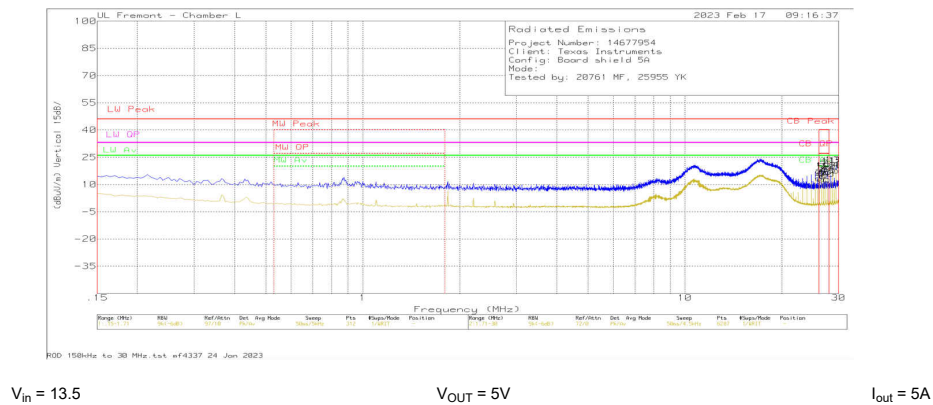


图 6-12. CISPR 25 5 类辐射发射：单极

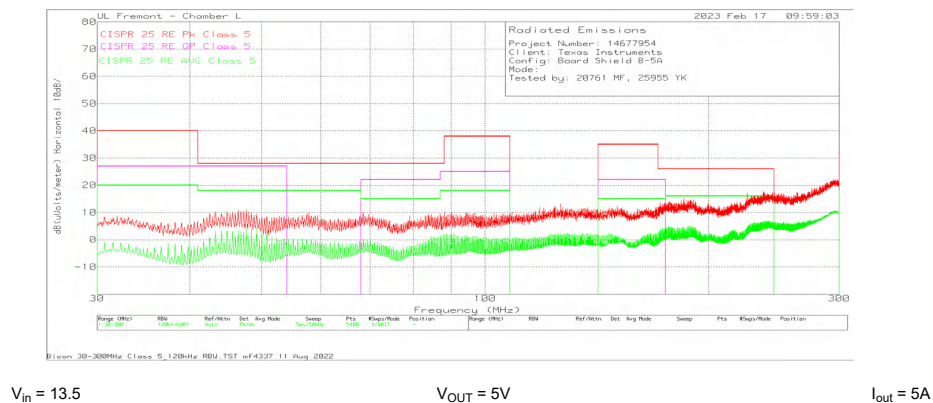


图 6-13. CISPR 25 5 类辐射发射：双锥水平极化


$$I_{out} = 5A$$

English Document: SLVUCF0
Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7 物料清单

表 7-1. 元件 BOM

参考标识符	说明	数量	值	封装	器件型号	制造商
C1	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	1	100pF	0603	CL10B101KB8NNNC	Samsung Electro-Mechanics
C2、C3、C4、C5	电容, 陶瓷, 10μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1206	4	10μF	1206	CGA5L1X7R1H106K160AC	TDK
C6, C7	电容, 陶瓷, 2.2μF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	2	2.2μF	0805	C2012X7R1H225K125AC	TDK
C8	电容, 铝制, 100μF, 63V, +/-20%, 0.35 Ω, AEC-Q200 2 级, SMD	1	100μF	SMD	EEE-FK1J101P	Panasonic
C9、C10、C11、C12	电容, 陶瓷, 10μF, 50V, +/-10%, X7R, 1210	4	10μF	1210	GRM32ER71H106KA12L	MuRata
C13、C14、C19	电容, 陶瓷, 0.01μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	3	0.01μF	0603	C1608X7R1H103K080AA	TDK
C15	电容, 陶瓷, 470pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	1	470pF	0805	CC0805KRX7R9BB471	Yageo America
C16、C17	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, +/-10%, X7R, 1210	2	10μF	1210	GRM32DR71A106KA01L	Murata
C18	330μF 模制钽聚合物电容器 10V 2917 (7343 公制) 35m Ω (100kHz 时)	1	330μF	SMD2	10TPB330M	Panasonic
C20	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	1	0.1μF	0603	885012206095	Würth Elektronik
D1	二极管, 肖特基, 40V, 5A, SMC	1	40V	SMC	B540C-13-F	Diodes Inc.
FB1	铁氧体磁珠, 110 Ω (100MHz 时), 5.4A, 1206	1	110 Ω	1206	74279221111	Würth Elektronik
H1、H2、H3、H4	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	4	-	-	1902C	Keystone
H5、H6、H7、H8	螺钉, 盘头, 4-40、3/8", 尼龙	4	-	-	NY PMS 440 0038 PH	B&F Fastener Supply
J1、J3	端子块, 5.08mm, 2x1, 黄铜, TH	2	-	-	ED120/2DS	On-Shore Technology
J2	接头, 2.54mm, 5x1, 锡, TH	1	-	-	PEC05SAAN	Sullins Connector Solutions
L1	屏蔽式功率电感器, 2.2μH, 20%, 18.8m Ω, 10.7A	1	2.2 μH	-	XGL5020-222MEC	Coilcraft
L2	功率电感器, 屏蔽, 复合, 20% tol, SMT, RoHS, 无卤素	1	10.0μH	-	XGL6060-103MEC	Coilcraft
R1	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	1	0 Ω	0603	CRCW06030000Z0EA	Vishay-Dale
R2	电阻, 78.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	1	78.7k Ω	0603	CRCW060378K7FKEA	Vishay-Dale
R3	电阻, 11.8k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	1	11.8k Ω	0603	CRCW060311K8FKEA	Vishay-Dale
R4	电阻, 20.0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	1	20.0 Ω	0603	CRCW060320R0FKEA	Vishay-Dale
R5	电阻, 110k, 1%, 0.1W, 0603	1	110k Ω	0603	RC0603FR-07110KL	Yageo
R6	电阻, 30.9k, 0.1%, 0.1W, 0603	1	30.9k Ω	0603	RT0603BRD0730K9L	Yageo America
R7	电阻, 3.74, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1	3.74 Ω	1206	CRCW12063R74FKEA	Vishay-Dale
R8	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	1	10.0k Ω	0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
TP1、TP2、TP3、TP4	测试点, 微型, SMT	4	-	-	5019	Keystone

表 7-1. 元件 BOM (continued)

参考标识符	说明	数量	值	封装	器件型号	制造商
U1	5A 宽输入范围降压转换器	1	-	HSOIC8	LMR54450QDDARQ1	德州仪器 (TI)

8 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#)，使用 LMR54450-Q1 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的器件进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图，并罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能。
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能。
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出。
- 打印设计方案的 PDF 报告并与同事共享。

有关 WEBENCH 工具的详细信息，请访问 www.ti.com.cn/WEBENCH。

9 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 * (June 2022) to Revision A (May 2023)	Page
• 添加了 EVM 图像.....	1
• 更改了 摘要 部分.....	1
• 添加了 背景 部分.....	3
• 更改了 EVM 连接 部分的 EVM 测试设置图.....	4
• 更改了 PCB 布局 部分的布局图像.....	6
• 添加了 热性能 部分.....	10
• 添加了 EMI 性能 部分.....	11

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司