

EVM User's Guide: LM25148B-Q1EVM-2100

LM25148B-Q1 降压转换器评估模块



说明

LM25148B-Q1EVM2100 高密度评估模块旨在使用 5.5V 至 36V 的稳压或非稳压高压输入轨，在负载电流高达 10A 时产生 5V 的严格稳压输出电压。这种宽 V_{IN} 范围的直流/直流解决方案提供了超大的额定电压和运行裕度，可承受电源轨电压瞬变。

自由运行开关频率为 2.1MHz，可与频率更高或更低的外部时钟信号同步。为该 EVM 选择的动力总成无源器件（包括降压电感器和陶瓷输入和输出电容器）符合汽车 AEC-Q200 标准，可从多个元件供应商处获得。

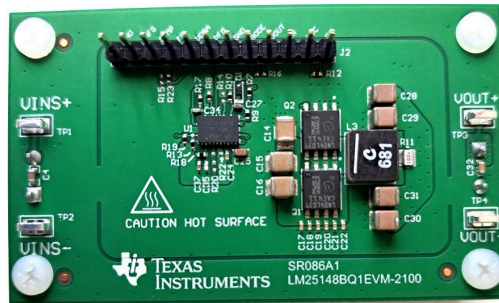
特性

- 5.5V 至 36V 的宽输入工作电压范围
- 精度为 1% 的固定 5V 输出
- 2.1MHz 开关频率，可从外部进行升高或降低 20% 的同步操作
- V_{IN} 为 12V 时具有 93.3% 的满载效率
- V_{IN} 为 12V 时具有 9.9 μ A 的典型控制器待机电流
- 经过优化，可实现超低电磁干扰 (EMI)
 - 双随机展频和有源 EMI 滤波

- 峰值电流模式控制架构可提供快速线路和负载瞬态响应
 - 与开关频率相适应的集成式斜坡补偿
 - 强制 PWM (FPWM) 或脉频调制 (PFM) 运行
 - 可选的内部或外部环路补偿
- 集成式高侧和低侧功率 MOSFET 栅极驱动器
 - 2.2A 灌电流和 3.2A 拉电流栅极驱动电流能力
 - 20ns 自适应死区时间控制功能可降低功率损耗和 MOSFET 温升
- 通过断续模式为持续过载情况提供过流保护 (OCP)
- 与内部时钟存在 180° 相位差的 SYNCOUT 信号
- 具有开漏的电源正常信号
- 内部 3ms 软启动
- 经全面组装、测试和验证的 PCB 布局，总面积为 83mm × 43mm

应用

- 大电流汽车电子系统
- ADAS 和车身电子装置
- 信息娱乐系统与仪表组
- 汽车 HEV/EV 动力总成系统



LM25148B-Q1 EVM , 83mm × 43mm

1 评估模块概述

1.1 简介

LM25148BQ1EVM-2100 评估模块 (EVM) 是一款采用同步整流实现小尺寸、高转换效率的同步直流/直流降压稳压器。此 EVM 在 5.5V 至 36V 的宽输入电压范围工作，可提供 5V 的稳压输出。输出电压具有优于 1% 的设定精度并可以通过修改反馈电阻值进行调节，从而允许用户根据需要定制输出电压。

该 EVM 中使用的 LM25148B-Q1 同步降压控制器具有以下特性：

- 3.5V 至 42V 的宽输入电压 (宽 V_{IN}) 范围
- 展频调制，可实现更低的 EMI
- 具有低 $t_{ON(min)}$ 和 $t_{OFF(min)}$ 的宽占空比范围
- 超低关断电流和空载待机静态电流
- 多相功能
- 峰值电流模式控制环路架构
- 集成的高电流 MOSFET 栅极驱动器
- 具有断续模式的逐周期过流保护功能

1.2 套件内容

此套件包含一个 LM25148BQ1EVM-2100。

1.3 规格

该 EVM 的自由运行开关频率为 2.1MHz，可根据需要与更高或更低的频率同步。此外，相对于内部时钟具有 180° 相移的同步输出信号 (SYNCOUT)，可用于双相领导者/跟随者配置。VCC 和栅极驱动 UVLO 在低输入电压条件下保护稳压器，每个通道的 EN 引脚可满足应用特定上电和下电要求。

LM25148B-Q1 采用尺寸为 5.5mm × 3.5mm 的 24 引脚 VQFN 封装，可实现具有高密度、较少元件数的直流/直流设计方案。如需了解更多信息，请参阅 LM25148B-Q1 数据表。使用 LM25148B-Q1 并借助 [WEBENCH® Power Designer](#) 创建定制稳压器设计方案。若要优化元件选择并检查线路和负载范围内的预测效率性能，请下载 [LM25148-Q1 Quickstart Calculator](#)。

1.3.1 应用电路图

图 1-1 显示了具有有源 EMI 滤波器、基于 LM25148B-Q1 的同步降压稳压器的原理图。

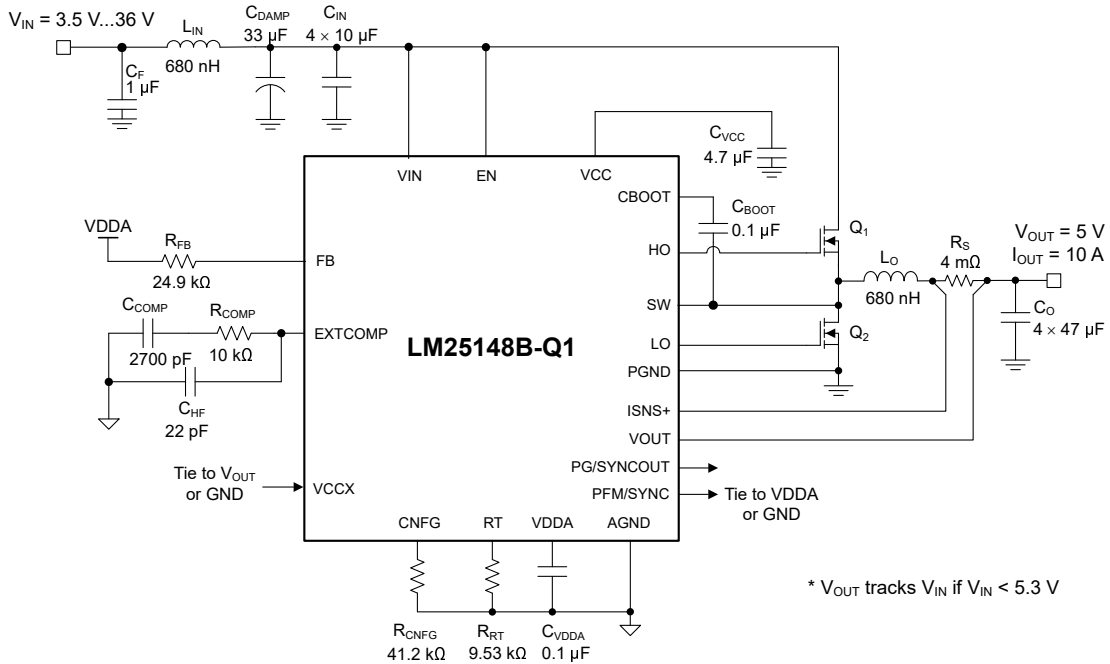


图 1-1. LM25148B-Q1 同步降压稳压器简化原理图

1.4 器件信息

TI LM514x-Q1 系列汽车同步降压控制器具有 3.5V 至 100V 的输入工作电压范围 (如表 1-1 所示)，可为一系列应用提供灵活性、可扩展性和经优化的设计尺寸。这些控制器可实现具有高密度、低 EMI 和更高灵活性的直流/直流设计。提供的 EMI 缓解功能包括双随机展频 (DRSS) 或三角展频 (TRSS)、用于控制压摆率 (SR) 的栅极驱动器分离输出和集成式有源 EMI 滤波 (AEF)。所有控制器的最大额定工作结温为 150°C，并符合 AEC-Q100 1 级标准。

表 1-1. 汽车同步降压直流/直流控制器系列

直流/直流控制器	单通道或双通道	V _{IN} 范围	控制方法	栅极驱动电压	同步输出	降低 EMI
LM25141-Q1	单通道	3.8V 至 42V	峰值电流模式	5V	不适用	SR 控制、TRSS
LM25143-Q1	双通道	3.5V 至 42V	峰值电流模式	5V	90° 相移	SR 控制、TRSS
LM25148-Q1	单通道	3.5V 至 42V	峰值电流模式	5V	180° 相移	DRSS
LM25148B-Q1	单通道	3.5V 至 42V	峰值电流模式	5V	180° 相移	DRSS
LM25149-Q1	单通道	3.5V 至 42V	峰值电流模式	5V	180° 相移	DRSS, AEF
LM5141-Q1	单通道	3.8V 至 65V	峰值电流模式	5V	不适用	SR 控制、TRSS
LM5143-Q1	双通道	3.5V 至 65V	峰值电流模式	5V	90° 相移	SR 控制、TRSS
LM5145-Q1	单通道	5.5V 至 75V	电压模式	7.5V	180° 相移	不适用
LM5146-Q1	单通道	5.5V 至 100V	电压模式	7.5V	180° 相移	不适用
LM5148-Q1	单通道	3.5V 至 80V	峰值电流模式	5V	180° 相移	DRSS
LM5149-Q1	单通道	3.5V 至 80V	峰值电流模式	5V	180° 相移	DRSS, AEF

2 硬件

2.1 测试装置和过程

2.1.1 EVM 连接

参考表 2-1 所述的 EVM 连接，建议用于评估 LM25148B-Q1EVM-2100 的测试装置如图 2-1 所示。在提供 ESD 保护的工作站上工作时，请确保在处理 EVM 之前已连接所有腕带、靴带或垫子以使用户接地。

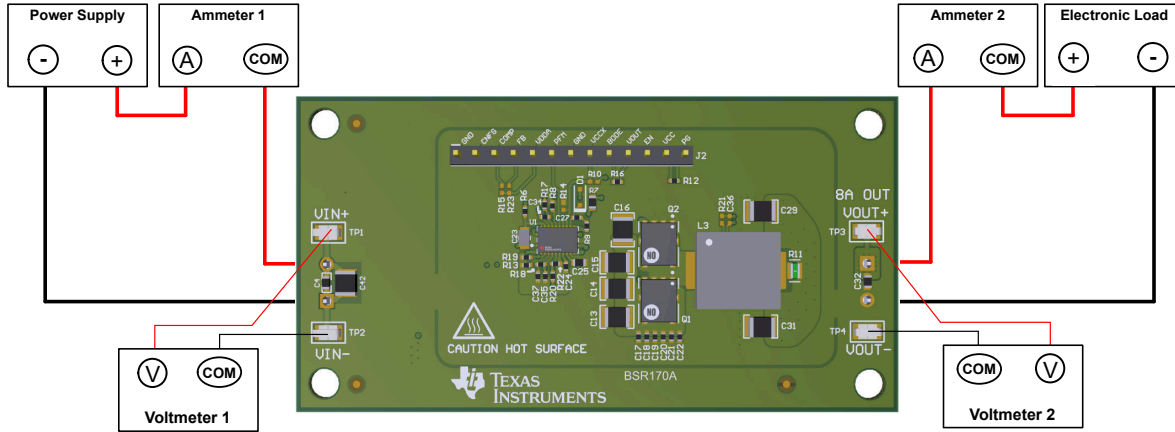


图 2-1. EVM 测试设置

小心

有关元件选择和控制器操作的其他指导，请参阅 [LM25148B-Q1 具有超低 IQ 和双随机展频的汽车级 42V 同步直流/直流降压控制器](#) 数据表、[LM25148-Q1 快速入门计算器](#) 和 [WEBENCH® Power Designer](#)。

表 2-1. EVM 电源接头

标签	说明
VIN+	正输入电压电源和检测连接
VIN-	负输入电压电源和检测连接
VOUT+	正输出电压电源和感测连接
VOUT-	负输出电压电源和检测连接

表 2-2. EVM 信号接头

标签	说明
GND	GND 连接
CNFG	配置输入 - 连接到 GND，以禁用 AEF
COMP	误差放大器输出
FB	FB 节点
VDDA	模拟电路的辅助电源连接
PFM	PFM/FPWM 选择和同步输入
GND	GND 连接
VCCX	用于提升效率的可选 VCC 外部偏置电源
BODE	环路响应的 50Ω 注入点
VOUT	输出电压
EN	使能输入 - 连接到 GND，以禁用该器件
VCC	栅极驱动器和 AEF 的偏置电源连接
PGOOD	电源正常状态指示器

2.1.2 测试设备

电压源：使用能够提供 0V 至 42V 电压和 12A 电流的输入电压源。

万用表：

- **电压表 1：** VIN+ 到 VIN - 的输入电压。将电压表设置为具有 100M Ω 的输入阻抗。
- **电压表 2：** VOUT 到 GND 的输出电压。将电压表设置为具有 100M Ω 的输入阻抗。
- **电流表 1：** 输入电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。
- **电流表 2：** 输出电流。将电流表设置为具有 1 秒的孔径时间。

电子负载：负载必须是电子恒阻 (CR) 或恒流 (CC) 模式负载，能够在 12V 电压下支持 0A_{DC} 至 10A_{DC} 电流。对于空载输入电流测量，请断开电子负载，因为它会消耗少量剩余电流。

示波器：将示波器带宽设置为 20MHz 并采用交流耦合模式，使用示波器探头通常提供的短接地引线直接测量输出电容器两端的输出电压纹波。将示波器探头尖端放在输出电容器的正极端子上，通过接地引线将探头的接地筒形连接器固定到电容器的负极端子。TI 不建议使用长引线接地，因为这会在接地回路很大时引起额外的噪声。若要测量其他波形，请根据需要调整示波器。

安全性：在接触任何可能带电或通电的电路时，请务必小心。

2.1.3 建议的测试设置

2.1.3.1 输入连接

1. 在连接直流输入源之前，将输入源的电流限值设置为最大 0.1A。确认输入源最初设置为 0V 并连接到 VIN+ 和 VIN - 连接点，如图 2-1 所示。
2. 在 VIN+ 和 VIN - 连接点上连接电压表 1 以测量输入电压。
3. 连接电流表 1 以测量输入电流并设置为具有至少 1 秒的孔径时间。

2.1.3.2 输出接头

1. 将电子负载连接至 VOUT 接头。在施加输入电压之前，将负载设置为恒阻模式或恒流模式，电流为 0A。
2. 在 VOUT 和 GND 接头上连接电压表 2 以测量输出电压。
3. 连接电流表 2，以测量输出电流。

2.1.4 测试过程

2.1.4.1 线路和负载调节，效率

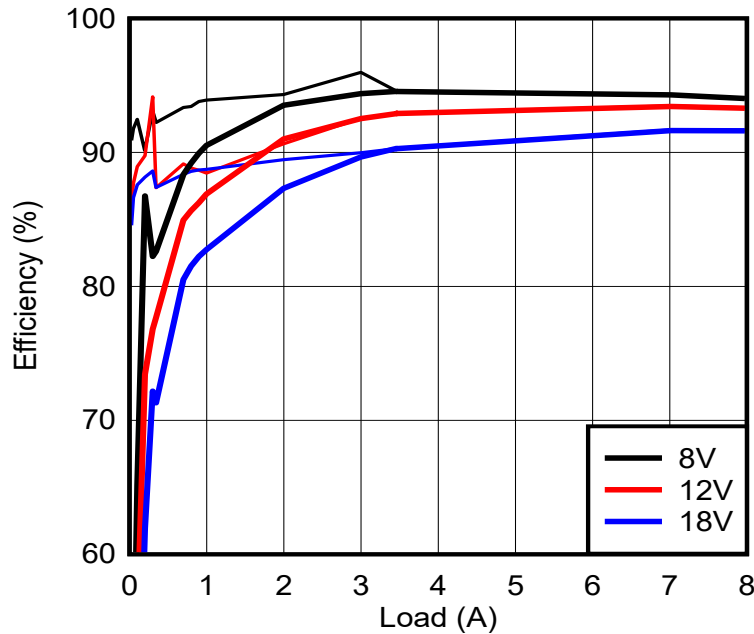
1. 如前所述设置 EVM。
2. 将负载设置为恒阻或恒流模式并具有 0A 的灌电流。
3. 将输入源从 0V 增加到 36V；使用电压表 1 测量输入电压。
4. 将输入源的电流限值增加到 8A。
5. 使用电压表 2 测量输出电压 V_{OUT}，将负载电流从 0A 更改为 8A_{DC}；V_{OUT} 必须保持在负载调节规格之内。
6. 将负载电流设置为 4A (50% 额定负载) 并将输入源电压从 8V 更改为 18V；V_{OUT} 必须保持在线路调节规格之内。
7. 将负载降至 0A。将输入源电压降至 0V。

3 实现结果

3.1 测试数据和性能曲线

图 3-1 至图 3-7 展示了 LM25148B-Q1EVM-2100 的典型性能曲线。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。

3.1.1 转换效率



轻负载下效率更高的曲线对应于启用二极管仿真的情形 (PFM 连接到 GND)。

图 3-1. 效率 ($V_{OUT} = 5V$)

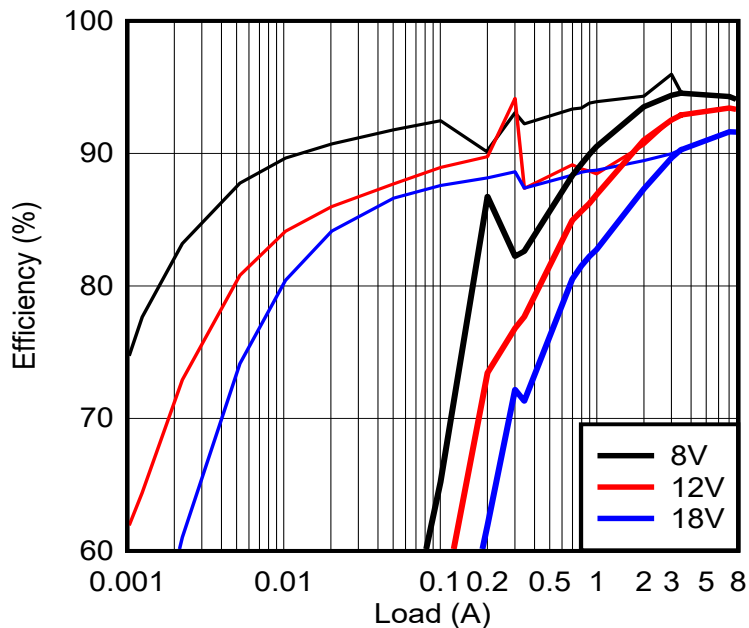


图 3-2. 效率, $V_{OUT} = 5V$, 对数标度

3.1.2 工作波形

3.1.2.1 负载瞬态响应

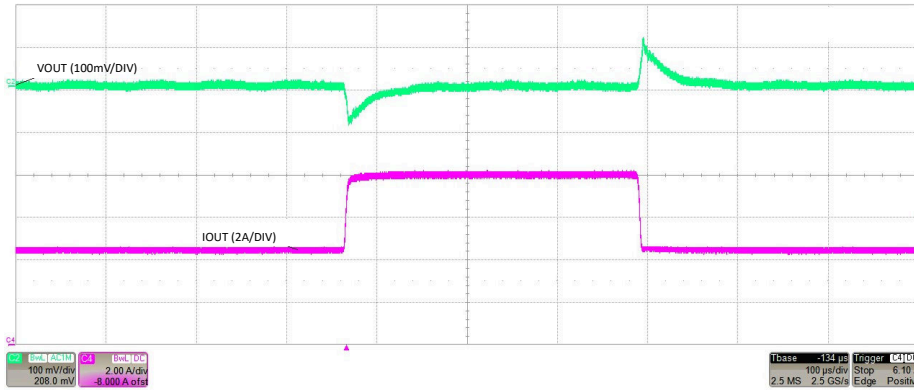


图 3-3. $V_{IN} = 12V$ 、FPWM、以 $1A/\mu s$ 的速度从 4A 变为 8A 时的负载瞬态响应

3.1.2.2 线路瞬态响应

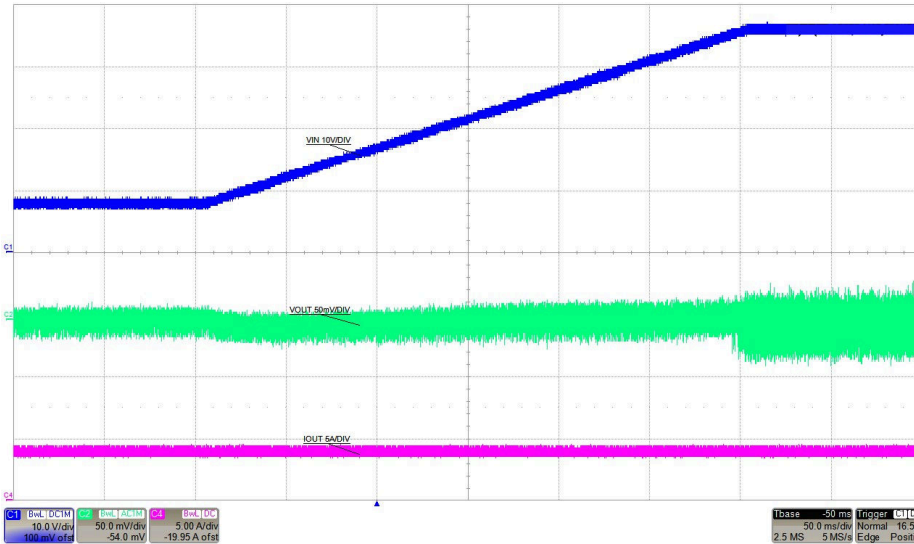


图 3-4. $I_{OUT} = 5A$ 、 V_{IN} 从 8V 变为 36V 时的线路瞬态响应

3.1.2.3 通过 VIN 启动和关断

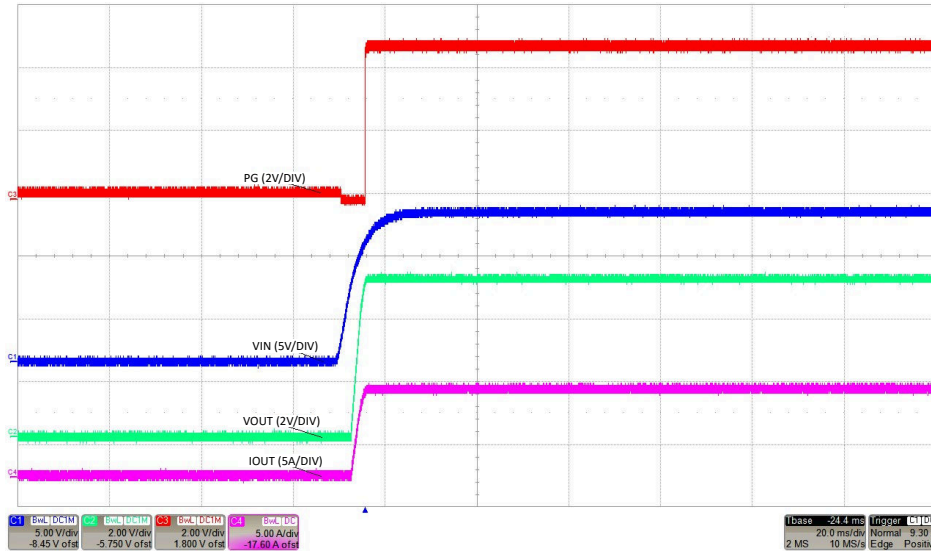


图 3-5. 启动, $V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 8A$ 电阻负载

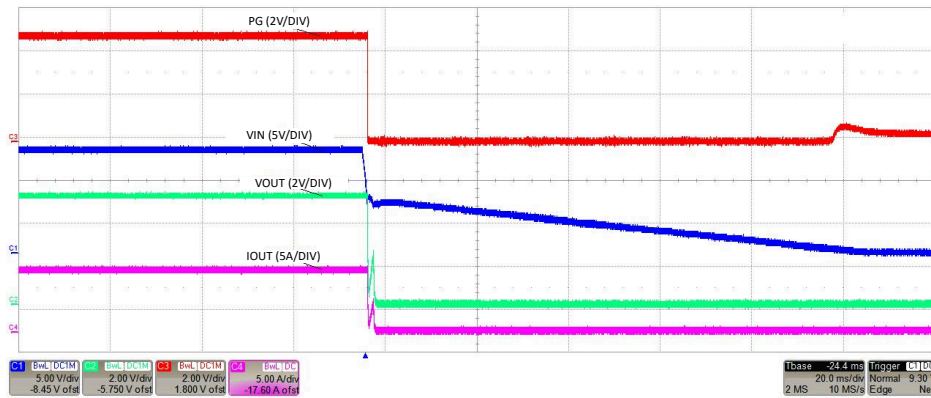


图 3-6. 关断, $V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 8A$ 电阻负载

3.1.3 CISPR 25 EMI 性能

图 3-7 显示了启用有源 EMI 和 DRSS 缓解技术时 LM25148B-Q1 EVM 在 12V 输入下的 EMI 性能。根据 CISPR 25 低频规范使用 5 μ H LISN，在 150kHz 至 30MHz 的频率范围内对传导发射进行测量。CISPR 25 5 级峰值和平均限值线以红色表示。分别使用峰值检测法和平均值检测法来测量黄色和绿色光谱。

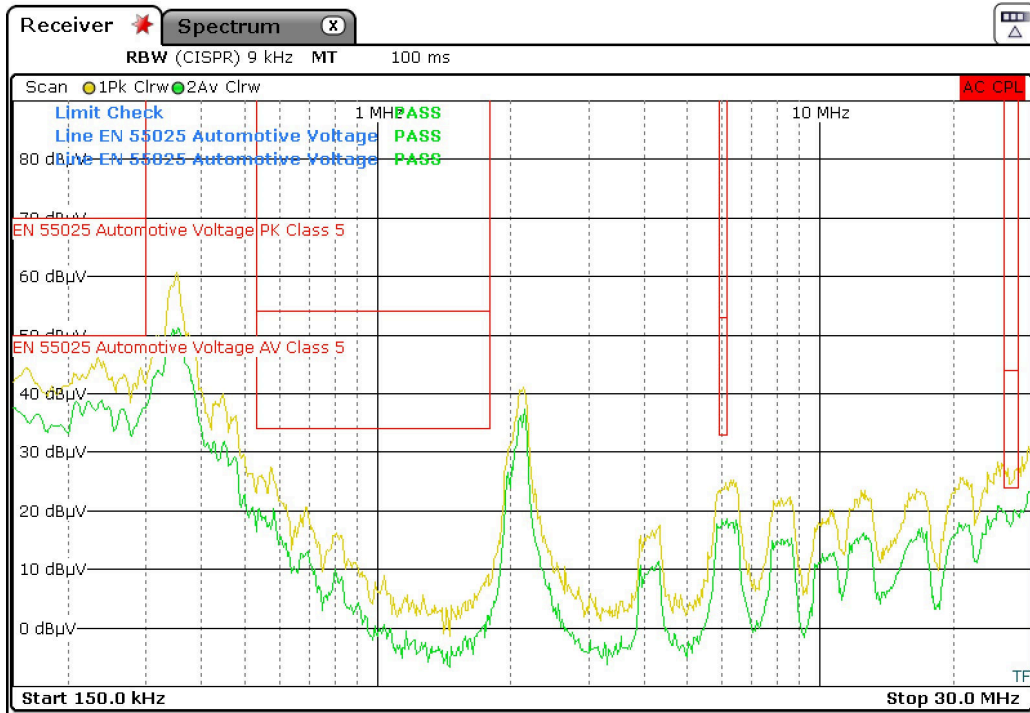


图 3-7. CISPR 25 5 级传导发射图，150kHz 至 30MHz， $V_{IN} = 12V$ ， $I_{OUT} = 8A$ 电阻负载

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 所示为 EVM 原理图。

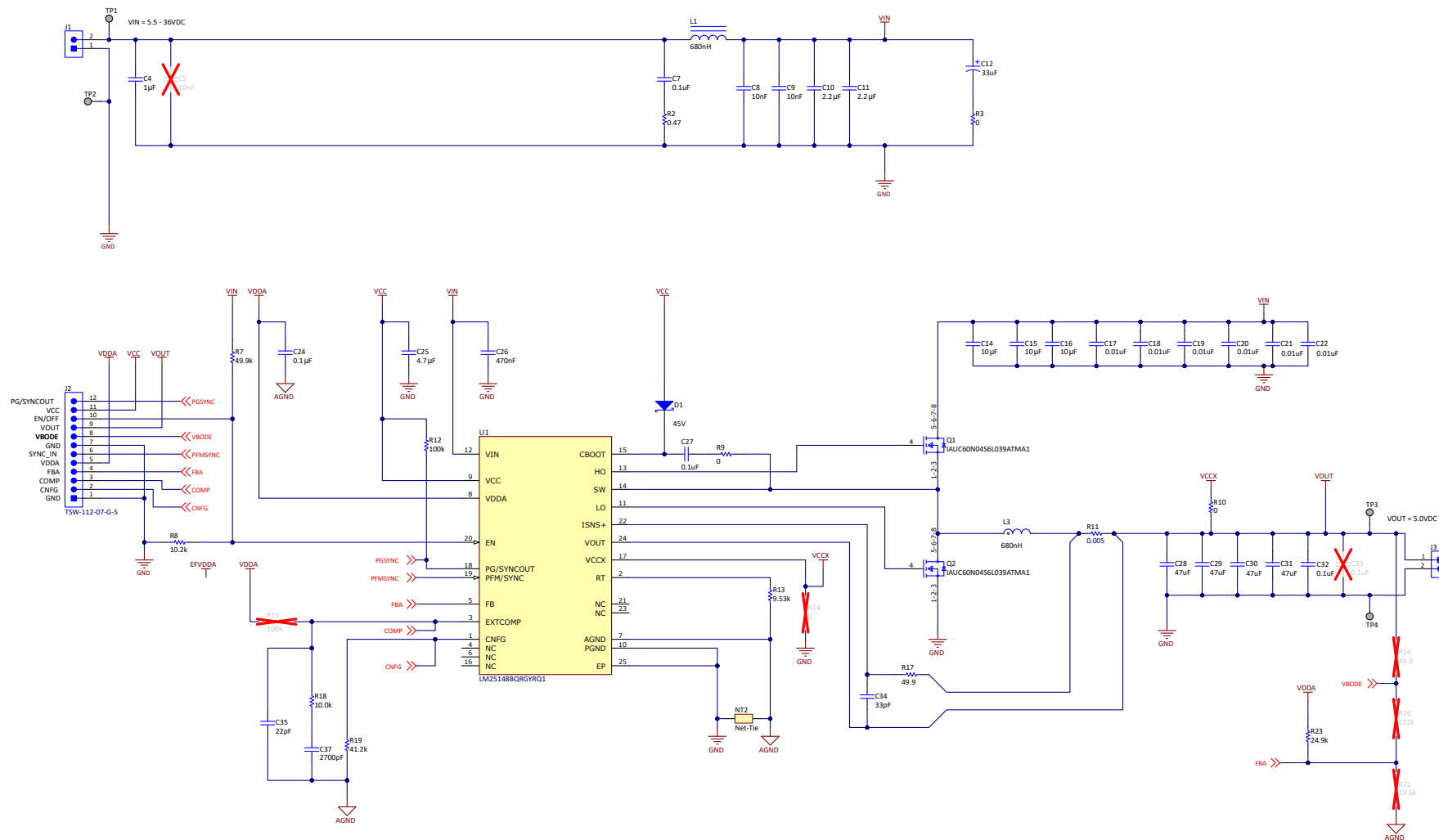


图 4-1. EVM 原理图

4.2 PCB 布局

图 4-2 至图 4-9 展示了使用铜厚度为 2oz 的六层 PCB 的 LM25148B-Q1 EVM 设计。功率级本质上是单面设计，输入滤波位于底部。

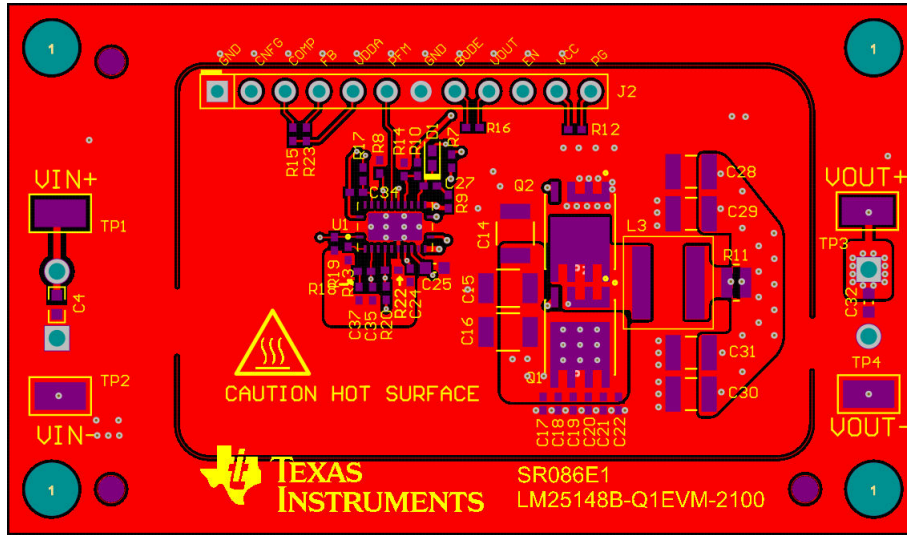


图 4-2. 顶层铜 (顶视图)

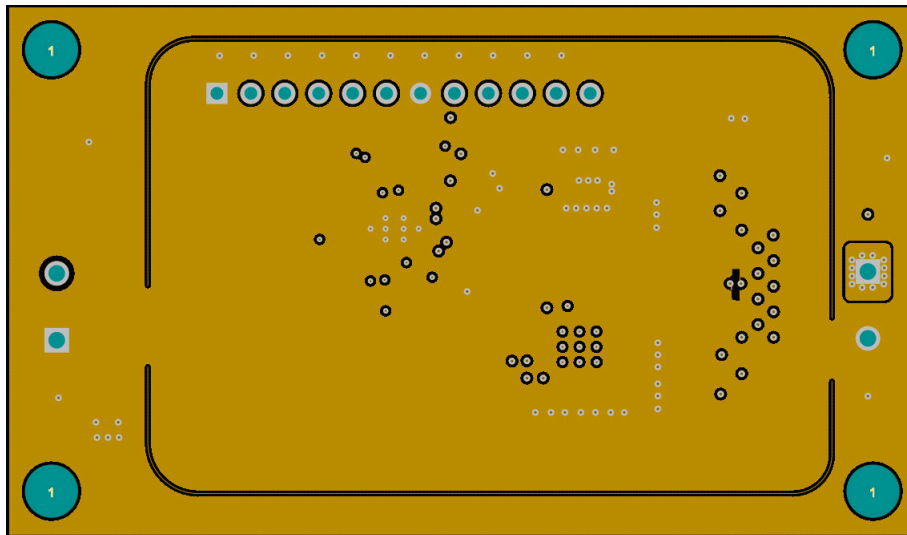


图 4-3. 第 2 层覆铜 (顶视图)

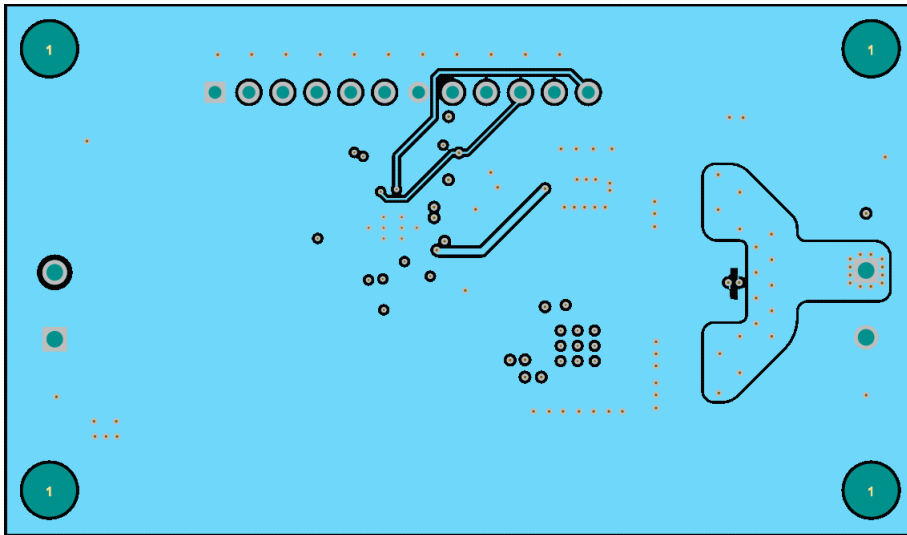


图 4-4. 第 3 层覆铜 (顶视图)

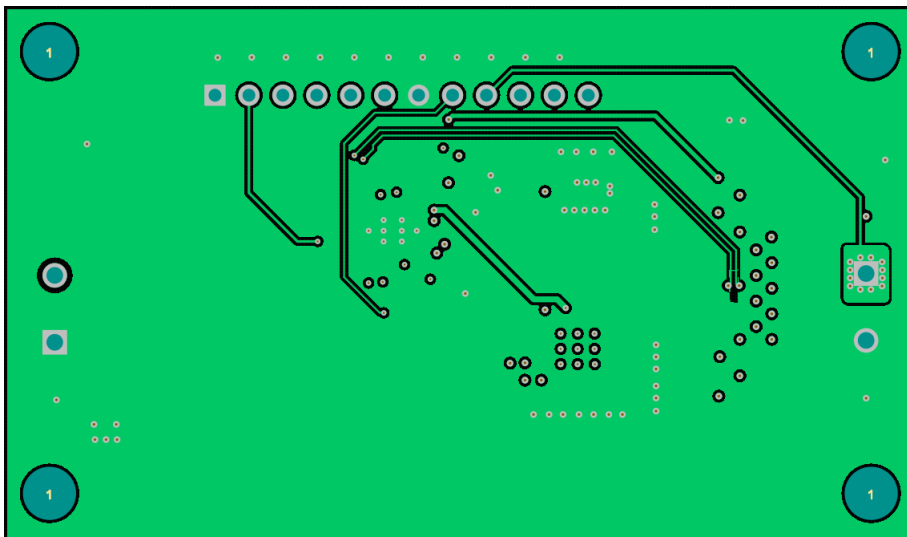


图 4-5. 第 4 层覆铜 (顶视图)

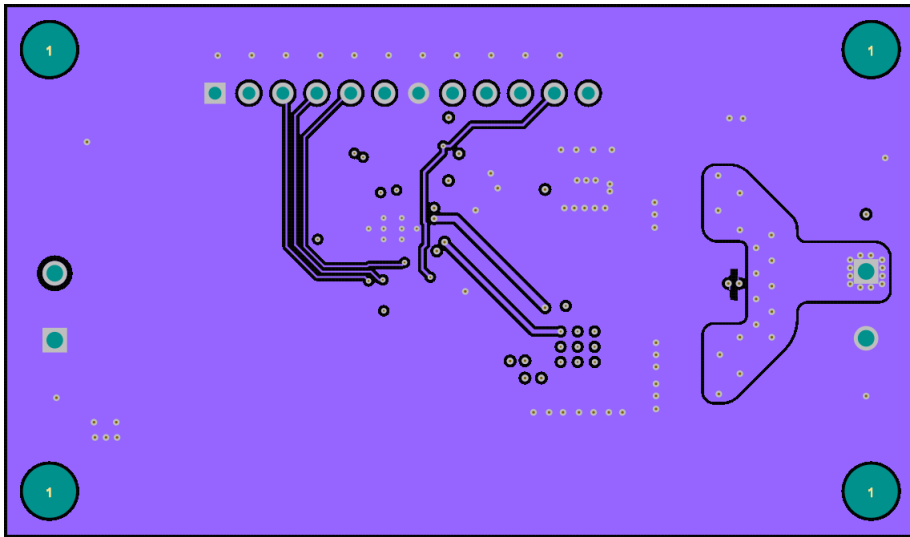


图 4-6. 第 5 层覆铜 (顶视图)

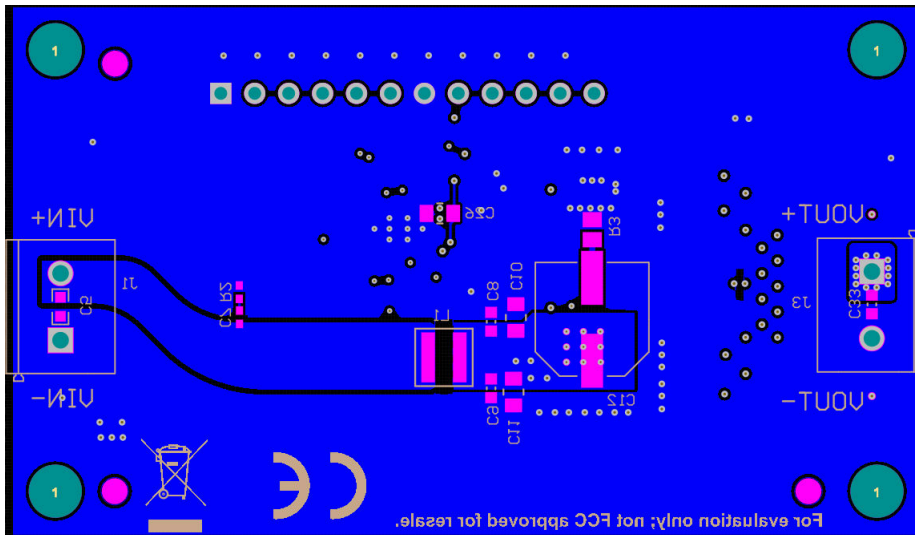


图 4-7. 底层覆铜 (顶视图)

4.2.1 元件图

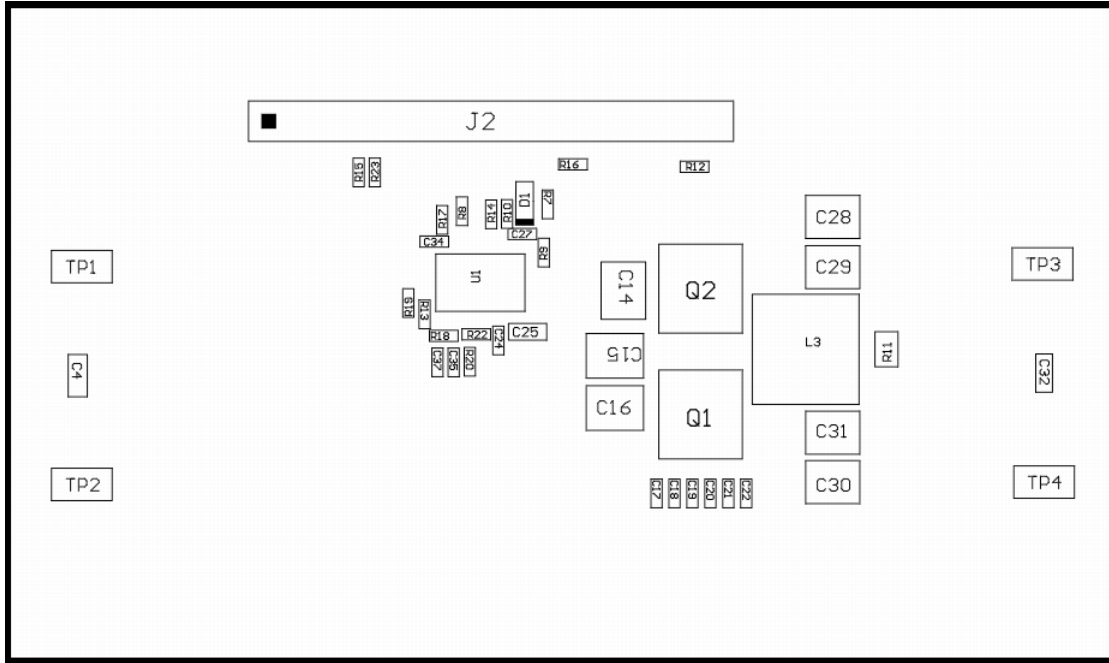


图 4-8. 顶层元件图

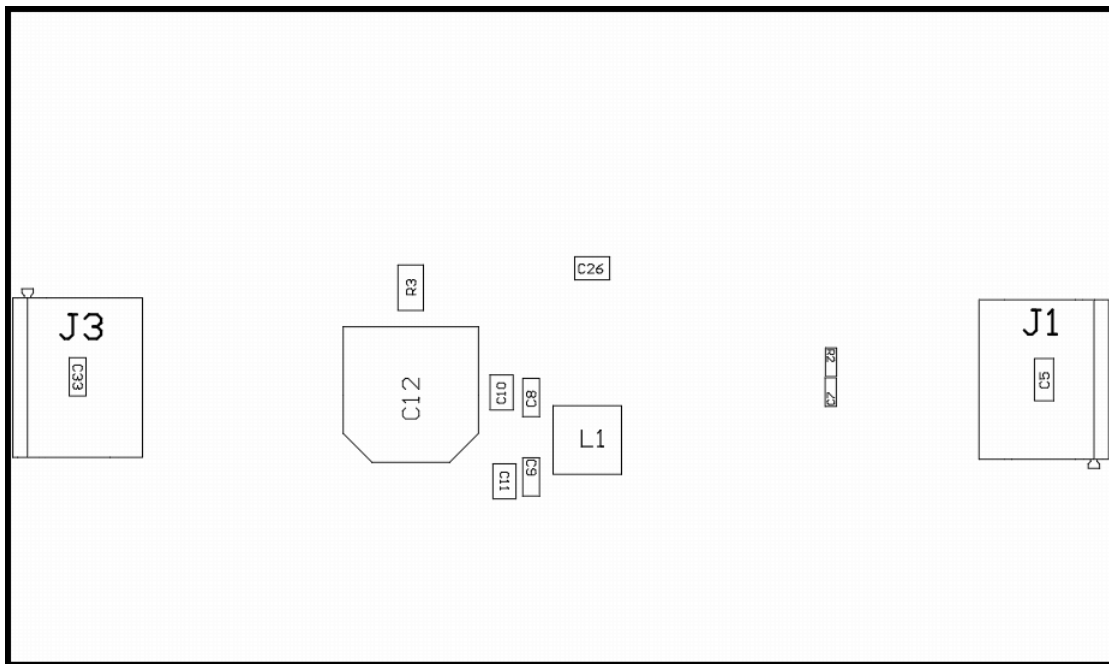


图 4-9. 底层元件图

4.3 物料清单

表 4-1. 物料清单

位号	数量	说明	器件型号	制造商
C4	1	电容, 陶瓷, 1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	UMK107AB7105KA-T	Taiyo Yuden
C7、C27	2	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
C8、C9	2	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C1608X7R1H103K080AA	TDK
C10、C11	2	电容, 陶瓷, 2.2 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	UMK212BB7225KG-T	Taiyo Yuden
C12	1	电容器, 铝制, 33 μ F, 50V, +/-20%, 0.68 Ω , AEC-Q200 2 级, SMD	EEE-FK1H330P	Panasonic
C14、C15、C16	3	电容器, 陶瓷, 10 μ F, 50V, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	UMJ325KB7106MMHP	Taiyo Yuden
C17、C18、C19、C20、C21、C22	6	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H103K050BB	TDK
C24	1	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	C0402C104K8RACAUTO	Kemet
C25	1	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 10V, +/-20%, X7R, 0603	GRM188Z71A475ME15D	MuRata
C26	1	电容器, 陶瓷, 0.47 μ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	GCM21BR71H474KA55L	MuRata
C28、C29、C30、C31	4	电容, 陶瓷, 47 μ F, 10V, +/-10%, X7R, 1210	GRM32ER71A476KE15L	MuRata
C32	1	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU	Kemet
C34	1	电容, 陶瓷, 33pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM1555C1H330JA16D	MuRata
C35	1	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B2NP01H220J050BA	TDK
C37	1	电容, 陶瓷, 2700pF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	CL05B272KB5NNNC	Samsung Electro-Mechanics
D1	1	二极管, 肖特基, 45V, 0.2A, AEC-Q101, SOD-523	RB520SM-40FH	Rohm
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用
H3、H4、H5、H6	4	六角螺柱, 0.5"L #4-40 尼龙	1902C	Keystone
H7、H8、H9、H10	4	螺钉, 盘头, 4-40、3/8", 尼龙	NY PMS 440 0038 PH	B&F Fastener Supply
J1、J3	2	端子块, 2POS 5mm, TH	1729018	Phoenix Contact
J2	1	接头, 100mil, 12x1, 镀金, TH	TSW-112-07-G-S	Samtec
L1	1	电感器, 屏蔽, 680nH, 8.2A, 0.009 Ω , SMD	744383560068	Würth Elektronik

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	说明	器件型号	制造商
L3	1	屏蔽式功率电感器 0.68uH ±20% 15.8A 3.5mΩ	XGL6030-681MEB	Coilcraft
Q1、Q2	2	OptiMOS 6 功率晶体管	IAUC60N04S6L039ATMA1	Infineon
R2	1	电阻, 0.47, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2BQFR47X	Panasonic
R3	1	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
R7	1	电阻, 49.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040249K9FKED	Vishay-Dale
R8	1	电阻, 10.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040210K2FKED	Vishay-Dale
R9、R10	2	电阻, 0, 0%, 0.2W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04020000Z0EDHP	Vishay-Dale
R11	1	电阻, 0.005, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 0508	KRL2012M-R005-F-T1	Susumu Co Ltd
R12	1	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT100K	Stackpole Electronics Inc
R13	1	电阻, 9.53k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04029K53FKED	Vishay-Dale
R17	1	电阻, 49.9, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040249R9FKED	Vishay-Dale
R18	1	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT10K0	Stackpole Electronics Inc
R19	1	电阻, 41.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040241K2FKED	Vishay-Dale
R23	1	电阻, 24.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040224K9FKED	Vishay-Dale
SH-J1	1	连接器跳线 S2 (1 x 2) 位置分流连接器黑色 开孔顶部 0.100"(2.54mm) GoldHORTING .100" 金	QPC02SXGN-RC	Sullins
TP1、TP2、TP3、 TP4	4	测试点, 微型, SMT	5019	Keystone
U1	1	具有超低 IQ 和双随机展频的汽车级 42V 同 步直流/直流降压控制器	LM25148BQRGYRQ1	德州仪器 (TI)
PCB1	1	PCB, FR4, 6 层, 2oz, 83mm × 43mm	PCB	—

5 器件和文档支持

5.1 器件支持

5.1.1 开发支持

相关开发支持请参阅以下资源：

- 有关 TI 的参考设计库，请访问 [TI 参考设计](#)
- 有关 TI 的 WEBENCH 设计环境，请访问 [WEBENCH® 设计中心](#)
- [LM25148B-Q1 直流/直流控制器快速入门计算器](#)

5.2 文档支持

5.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- [LM25148B-Q1 3.5V 至 42V 同步直流/直流降压控制器 数据表](#)
- [通过优化的功率级布局免费提高大电流直流/直流稳压器性能 应用简报](#)
- [通过将电感寄生效应降至最低来降低降压转换器 EMI 和电压应力 模拟应用期刊](#)
- [AN-2162 轻松抑制直流/直流转换器中的传导 EMI 应用报告](#)
- 白皮书：
 - [评估适用于成本驱动型严苛应用的宽 \$V_{IN}\$ 、低 EMI 同步降压电路](#)
 - [电源的传导 EMI 规格概述](#)
 - [电源的辐射 EMI 规格概述](#)

5.2.1.1 PCB 布局资源

- [AN-1149 开关电源布局指南 应用报告](#)
- [AN-1229 Simple Switcher PCB 布局指南 应用报告](#)
- [构建电源 - 布局注意事项电源设计 研讨会](#)
- [使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局 应用报告](#)
- Power House 博客：
 - [直流/直流转换器的高密度 PCB 布局](#)

5.2.1.2 热设计资源

- [AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛 应用报告](#)
- [AN-1520 外露焊盘封装实现最佳热阻的电路板布局布线指南 应用报告](#)
- [半导体和 IC 封装热指标 应用报告](#)
- [使用 LM43603 和 LM43602 简化热设计 应用报告](#)
- [PowerPAD 耐热增强型封装 应用报告](#)
- [PowerPAD 速成 应用简报](#)
- [使用新的热量指标 应用报告](#)

6 其他信息

6.1 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。

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 * (May 2024) to Revision A (October 2024)	Page
• 首次公开发布的 EVM 用户指南.....	1
• 更新了硬件图像.....	1

-
- 添加了 [套件内容](#) 一节.....2
-

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