

EVM User's Guide: LM25139-Q1EVM-20A

LM25139-Q1 评估模块



说明

LM25139-Q1EVM-20A 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。在采取适当的热缓解措施的情况下，该 EVM 设计为可处理高达 20A 的输出电流。

开始使用

1. 订购 [LM25139-Q1EVM-20A](#)
2. 请仔细查看本用户指南
3. 按照本用户指南中的详细说明设置 EVM
4. 测试和测量性能

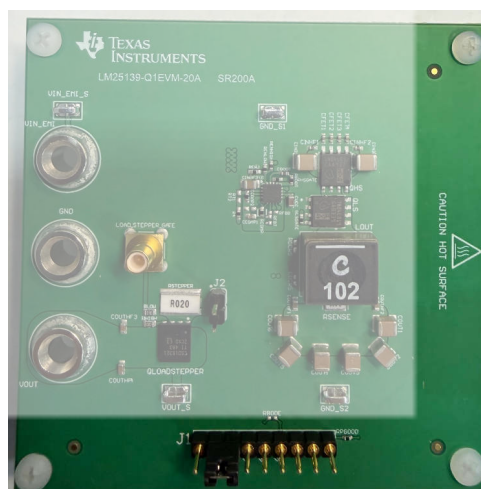
特性

- 5.5V 至 36V 的宽输入工作电压范围
- 精度为 1% 的 3.3V、5V 固定输出电压或低至 0.8V 的可调输出电压
- 440kHz 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 94% 的满载效率

- V_{IN} 为 12V 时具有 12.8 μ A 的控制器待机电流
- 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) 操作
 - 外部环路补偿
- 集成式高侧和低侧功率 MOSFET 栅极驱动器
 - 1.75A 灌电流和 2.5A 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耗散和 MOSFET 温升
- 通过断续模式为持续过载情况提供过流保护 (OCP)
 - 串联传感或电感器 DCR 传感
- 使用 100k Ω 上拉电阻器连接到 VCC 的电源正常信号
- 内部 3ms 软启动
- 经过全面组装、测试和验证的 PCB 布局

应用

- 汽车电子系统
- 信息娱乐系统、仪表组、ADAS
- 车身电子装置



LM25139-Q1EVM-20A

1 评估模块概述

1.1 简介

LM25139-Q1EVM-20A 高密度 EVM 设计为使用 5.5V 至 36V 的稳压或非稳压高压输入电源轨，产生严格稳压的 5V 输出电压，负载电流最高可达 20A。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。为该 EVM 选用的 PowerTrain 无源元件可从多家元件供应商处获得。

此 EVM 的默认配置为 5V 输出电压、440kHz 开关频率，并使用串联电阻 (RSENSE) 检测输出电流。有关针对其他常见配置可对 EVM 进行的修改，请参见下文：

要将 EVM 配置为其他输出电压，请执行以下操作：

- 将 R4 替换为 0 Ω 电阻，以获得 3.3V 输出电压。
- 对于其他输出电压，不装配 R4，并装配 RFBT 和 RFBB。请参阅器件数据表选择元件值。

要将 EVM 配置为其他开关频率，请执行以下操作：

- 启用 DRSS 时，不装配 RT1，并装配 RT2，以设置其他开关频率。请参阅器件数据表选择元件值。
- 禁用 DRSS 时，不装配 RT2，并装配 RT1，以设置其他开关频率。请参阅器件数据表选择元件值。
- 将 FPWM/MODE 引脚同步至外部时钟，该外部时钟的频率可在 RT 设定频率的 $\pm 20\%$ 范围内，最高可达 3.2MHz。有关更多详细信息，请参阅器件数据表。

要将 EVM 配置为使用电感器 DCR 进行检测，请执行以下操作：

1. 将 RSENSE 替换为 0 Ω 电阻器。
2. DNP R2 和 R3。
3. 使用 0 Ω 电阻器填充 R1。
4. 装配 RDCRS 和 CDCRS。请参阅器件数据表选择元件值。

该 EVM 中使用的 LM25139-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
- 峰值电流模式控制环路架构，具有逐周期打嗝式过流保护
- 集成的高电流 MOSFET 栅极驱动器



1.2 套件内容

表 1-1 列出了 EVM 套件的内容。如果缺少任何元件，请通过 (972) 644-5580 联系 TI 产品信息中心。

表 1-1. EVM 内容

条目	数量
LM25139-Q1EVM-20A	1

1.3 规格

表 1-2 列出了电气特性。

表 1-2. 电气性能特性

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
输入电压范围, V_{IN}	工作	5.5	12	36	V
输出特性					
输出电压, $V_{OUT}^{(1)}$		4.95	5	5.05	V
输出电流 I_{OUT}	$V_{IN} = 5.5V$ 至 $36V$	0		20	A
输出过流保护, I_{OCP}	$V_{IN} = 12V$		30		A
软启动时间, t_{SS}			3		ms
系统特性					
开关频率 F_{SW-nom}	$V_{IN} = 12V$		428		kHz
LM25139-Q1 结温, T_J		-40		150	°C

(1) 此 EVM 的默认输出电压为 5V。其他性能指标可能会因工作输入电压、输出电压、外接输出电容以及其他参数而发生变化。

1.3.1 应用电路图

图 1-1 展示了基于 LM25139-Q1 的同步降压稳压器的原理图。

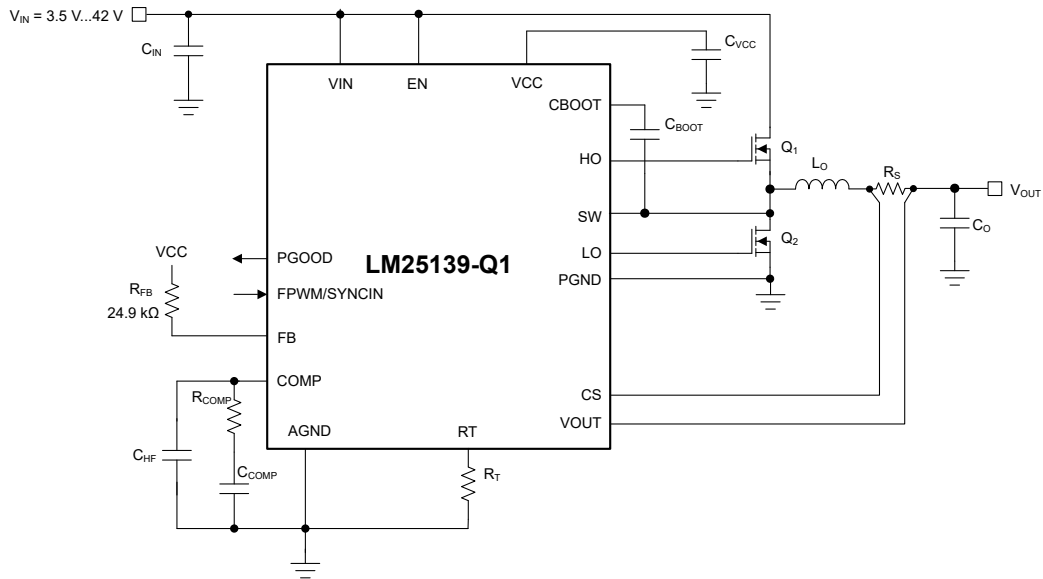


图 1-1. LM25139-Q1 同步降压稳压器简化原理图

1.4 器件信息

表 1-3. EVM 配置

EVM	转换器 IC	封装
LM25139-Q1EVM-20A	LM25139QRGTRQ1	带有 PowerPAD 的 16 引脚 RGT 封装 (3.0mm × 3.0mm)

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 LM25139-Q1EVM-20A 的测试装置如图 2-1 所示。

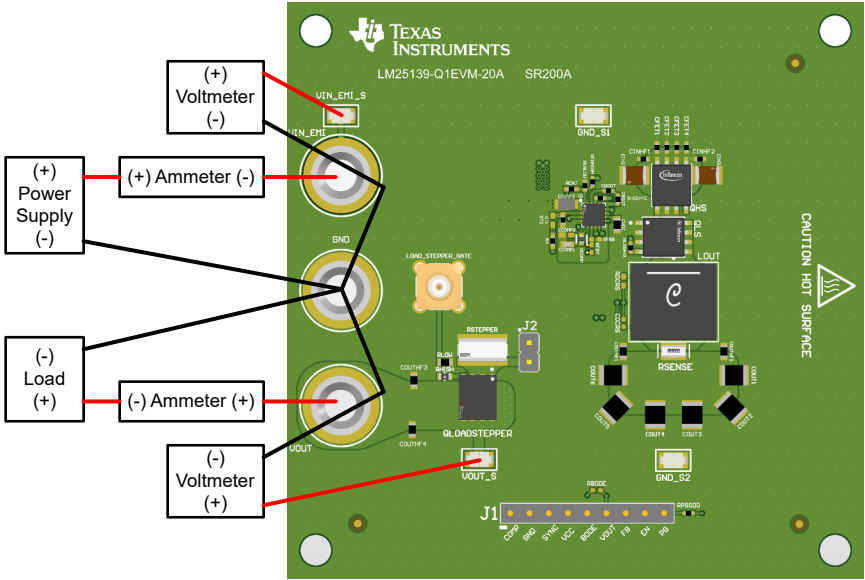


图 2-1. EVM 测试设置

备注

有关元件选型和控制器操作的其他指导，请参阅 **LM25139-Q1 数据表**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
COMP	误差放大器输出
GND	GND 连接
SYNC	PFM 和 FPWM 选择和同步输入。对于 FPWM，将跳线从 SYNC 连接到 VCC 引脚；对于 PFM，连接到 GND。
VCC	偏置电源连接
BODE	环路响应的 50 Ω 注入点
VOUT	输出电压
FB	反馈电压
EN	使能引脚连接
PG	电源正常标志输出

2.1.2 测试设备

电压源：使用能够提供 0V 至 36V 电压和 20A 电流的输入电压源。

万用表：

- **电压表 1：** VIN+ 与 GND 之间的输入电压。
- **电压表 2：** VOUT 到 GND 的输出电压。
- **电流表 1：** 输入电流。
- **电流表 2：** 输出电流。

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 5V 电压下支持 0A 至 20A 直流电流。对于空载输入电流测量，请断开电子负载，因为该负载会消耗少量剩余电流。

示波器：将示波器设置为交流耦合模式，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。

集成式负载瞬态发生器：EVM 上提供了负载瞬态发生器。将合适的脉冲发生器连接到

“LOAD_STEPPER_GATE” SMB 连接器，并根据需要调节负载电流脉冲的幅度和持续时间，同时监测 J2 处的电压。使用了 20mΩ 检测电阻 (RSTEPPER)，可提供 20mV/A 的比例因子。脉冲占空比必须保持在较低水平，以免损坏 MOSFET。直接在输出电容两端监测输出电压。TI 建议使用高速差分探头。

安全性：接触任何带电或通电电路时，请务必小心。

3 实现结果

3.1 测试数据和性能曲线

图 3-1 至图 3-8 展示了 LM25139-Q1EVM-20A 在默认 EVM 原理图下的典型性能曲线，除非另有说明。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

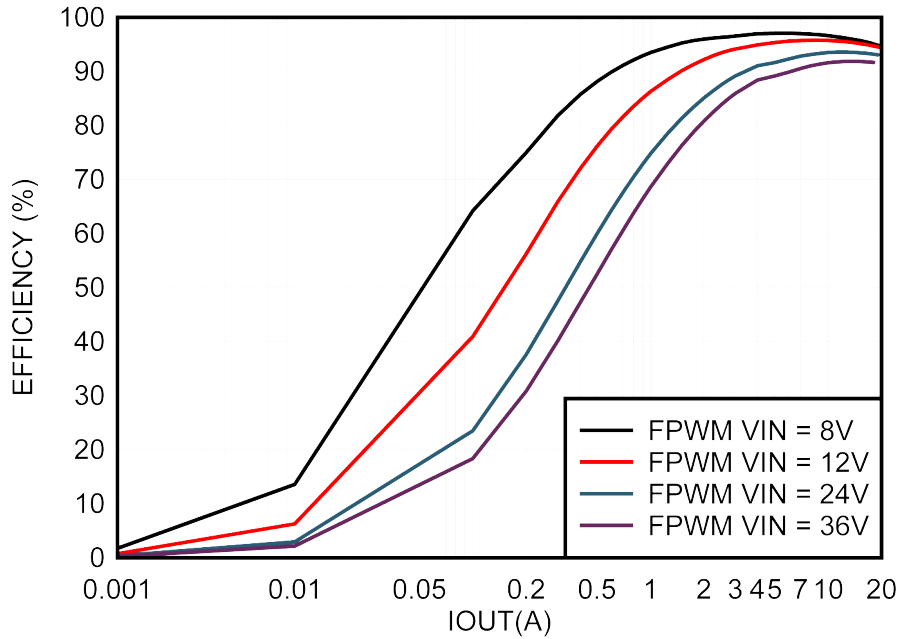


图 3-1. 效率， $V_{OUT} = 5V$ ，FPWM (对数刻度)

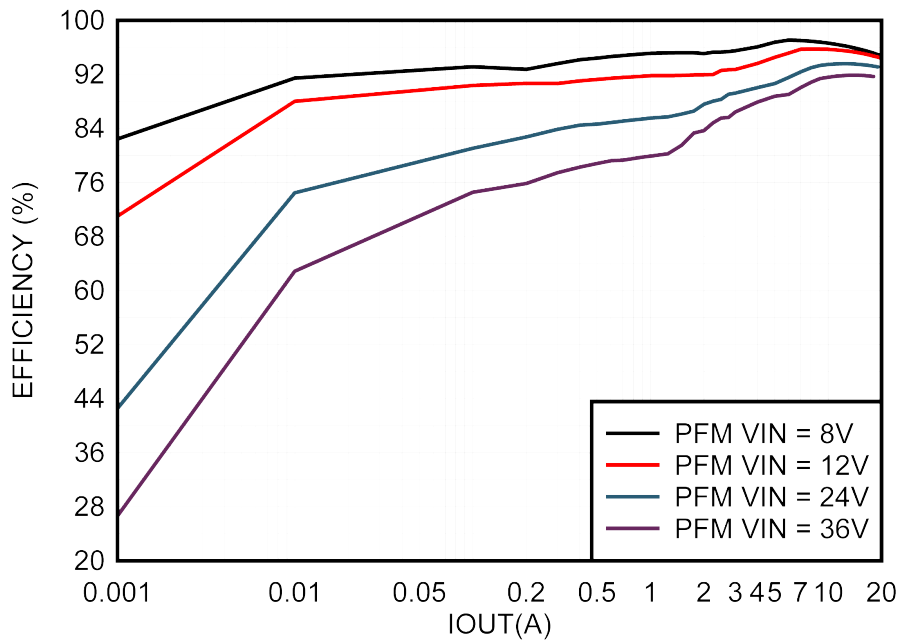


图 3-2. 效率， $V_{OUT} = 5V$ ，PFM (对数刻度)

3.1.2 工作波形

3.1.2.1 负载瞬态响应

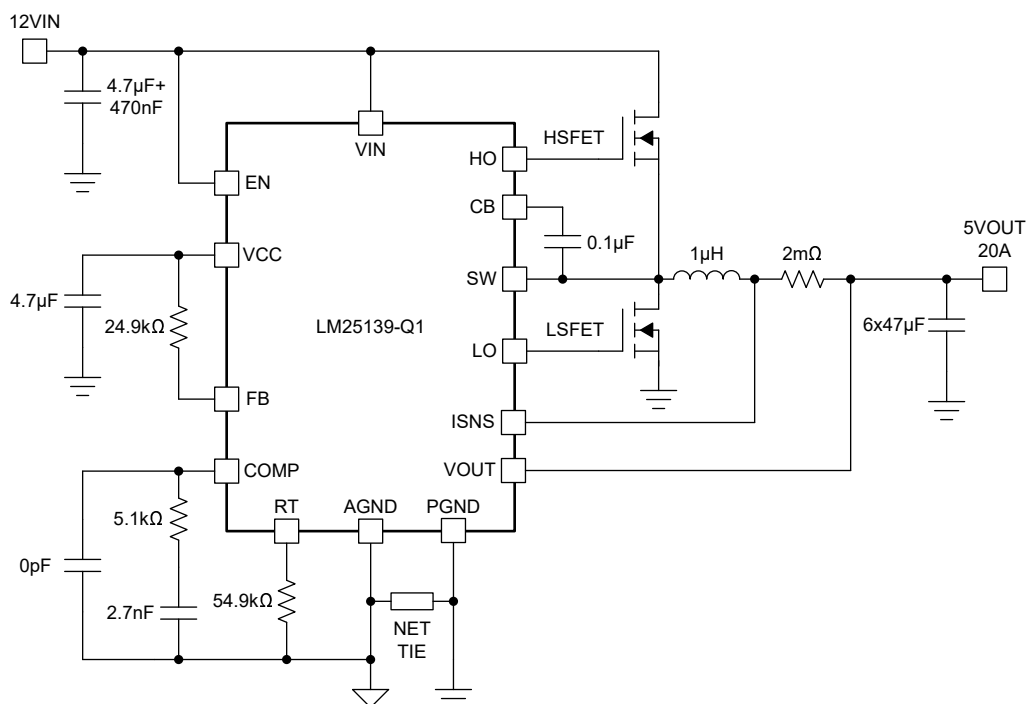


图 3-3. 默认原理图，简化版

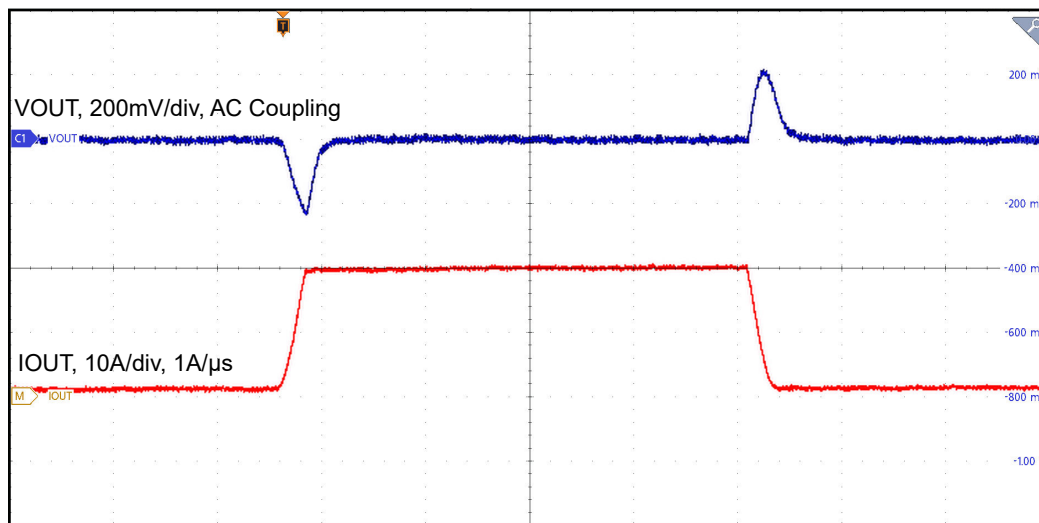


图 3-4. 负载瞬态响应， $V_{IN} = 12V$ ，FPWM，0A 至 20A， $1A/\mu s$

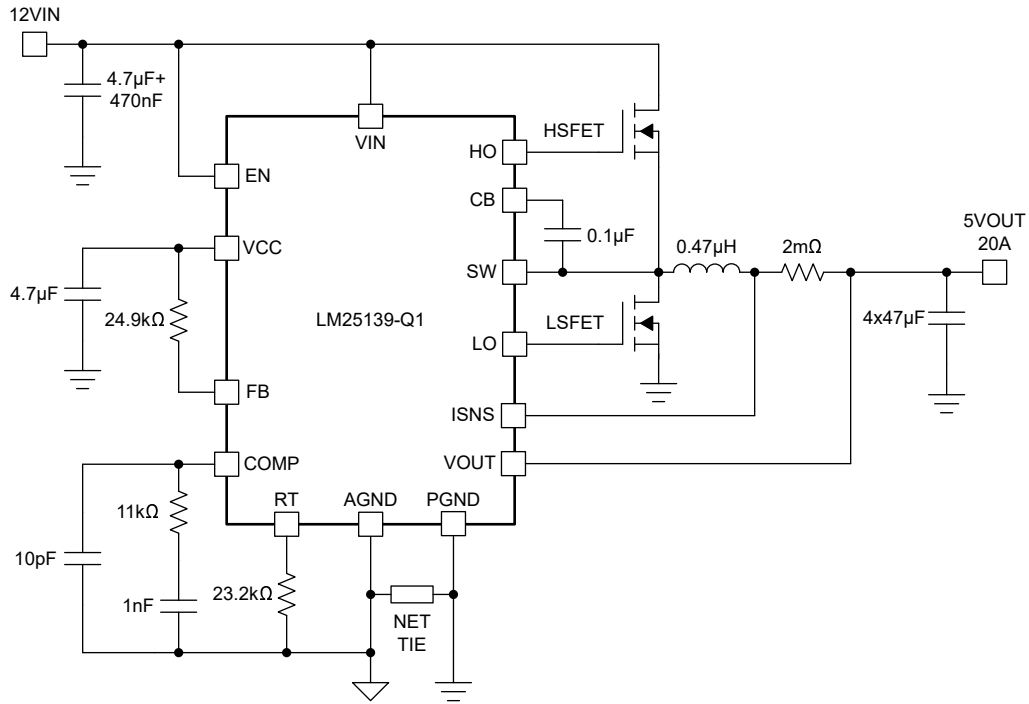


图 3-5. 1MHz 原理图，简化版

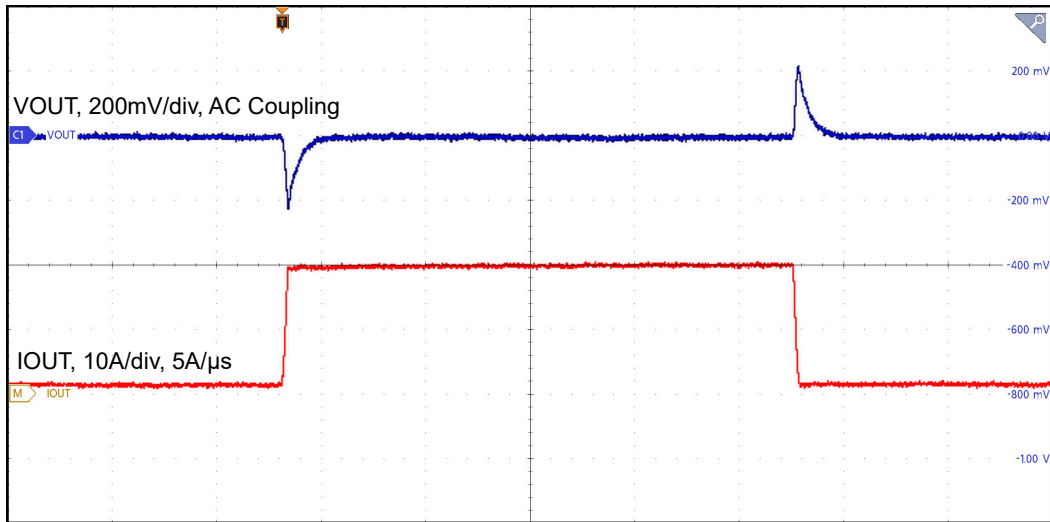


图 3-6. 1MHz 原理图负载瞬态响应, $V_{IN} = 12V$, FPWM, 0A 至 20A, $5A/\mu s$

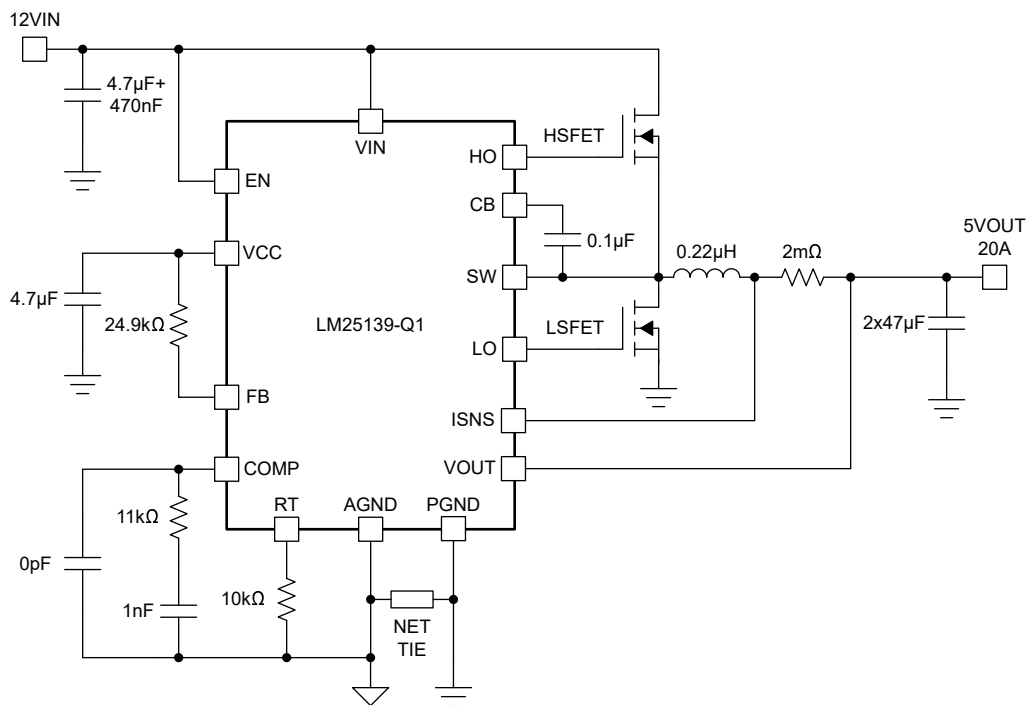
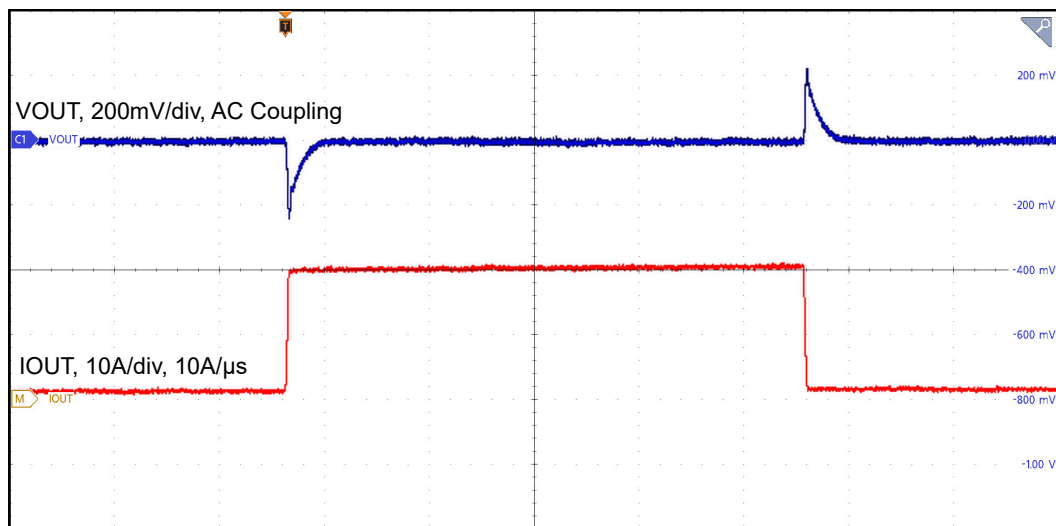


图 3-7. 2.2MHz 原理图，简化版

图 3-8. 2.2MHz 原理图负载瞬态响应, $V_{IN} = 12V$, FPWM, 0A 至 20A, $10A/\mu s$

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 显示了 EVM 原理图。

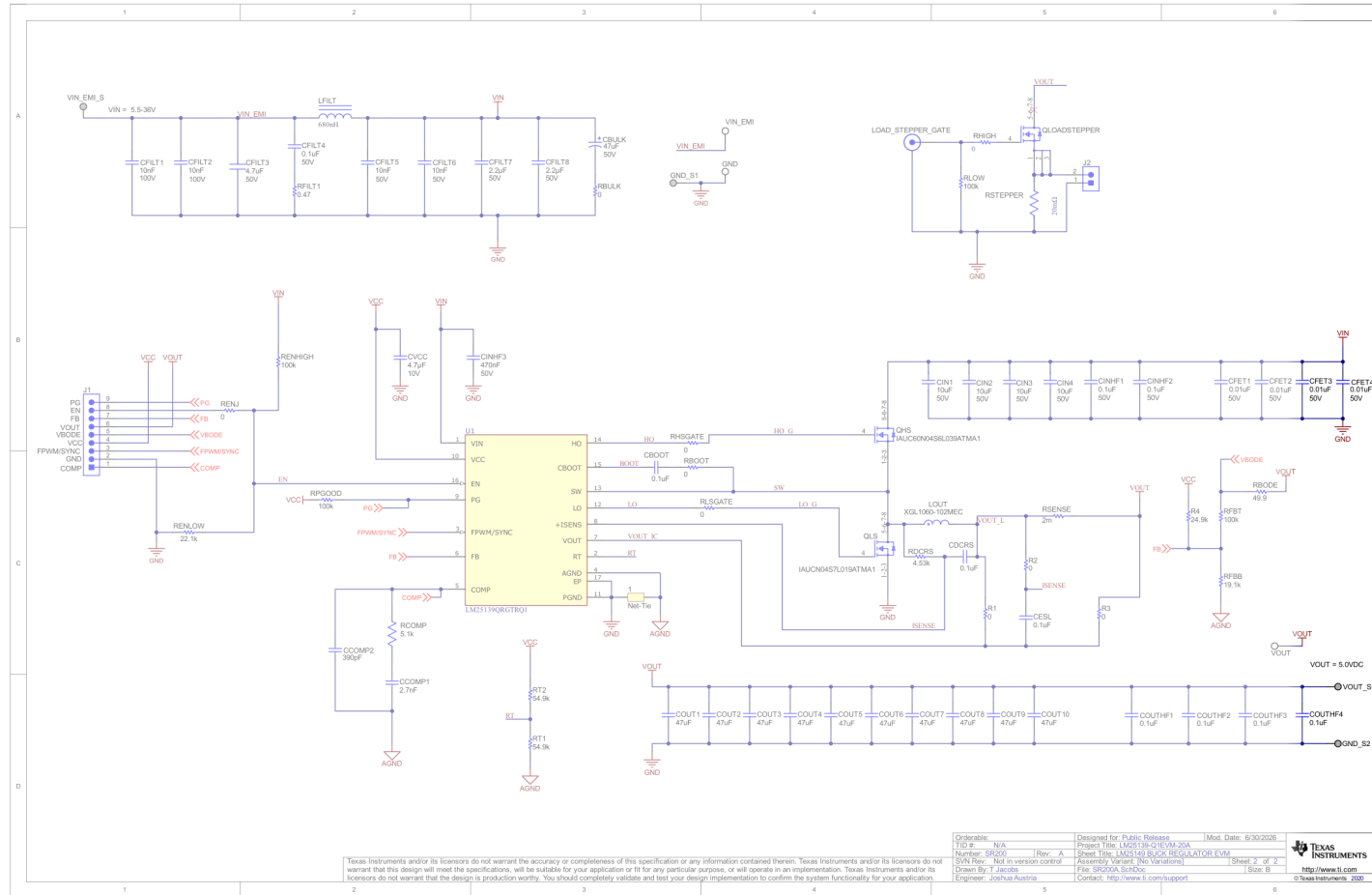


图 4-1. EVM 原理图

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 LM25139-Q1 EVM 设计。功率级本质上是单面设计，输入滤波位于底部。用于可选 EMI 屏蔽的元素焊盘放置在 MOSFET 和电感器周围。

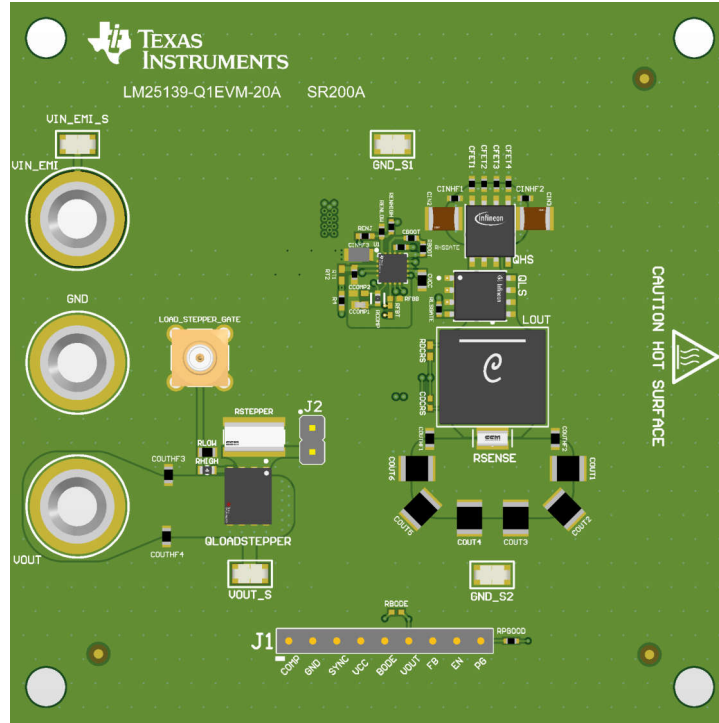


图 4-2. PCB (顶视图)

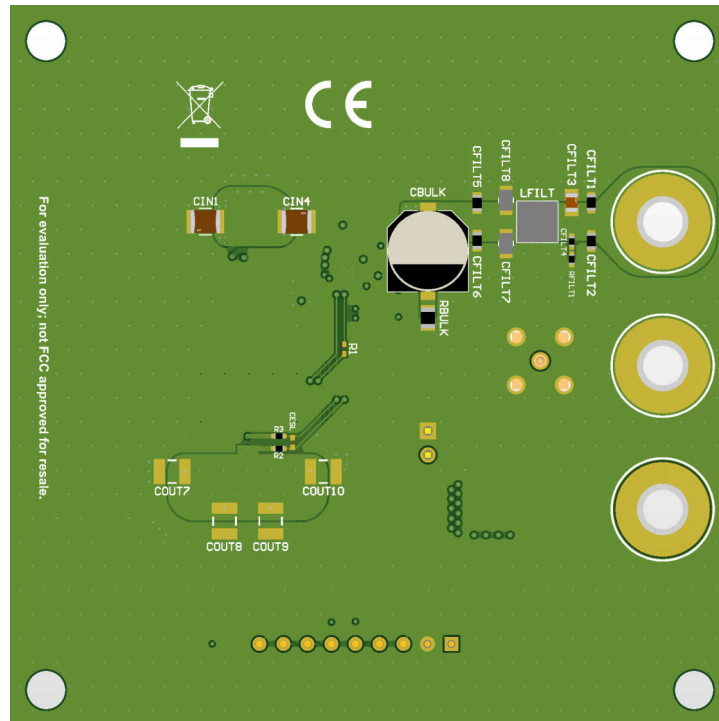


图 4-3. PCB (底视图)

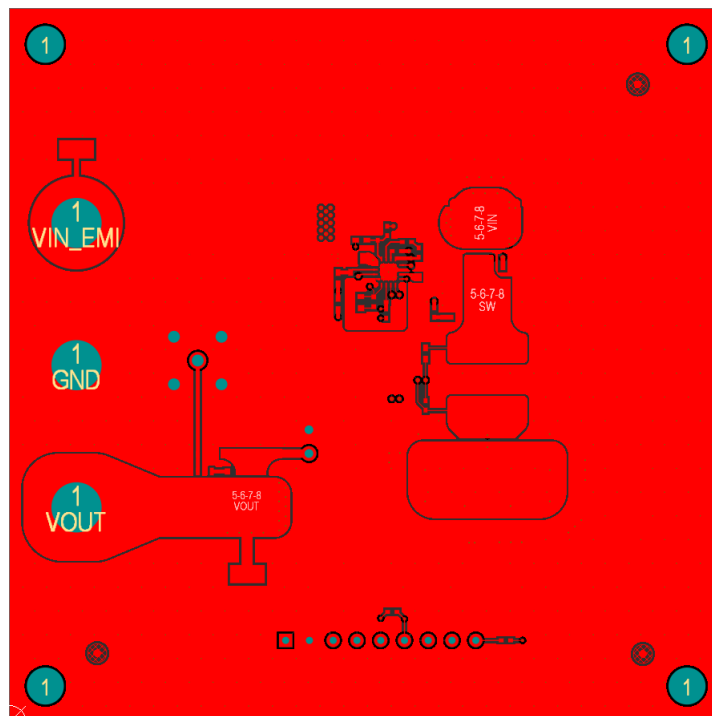


图 4-4. 顶层铜 (顶视图)

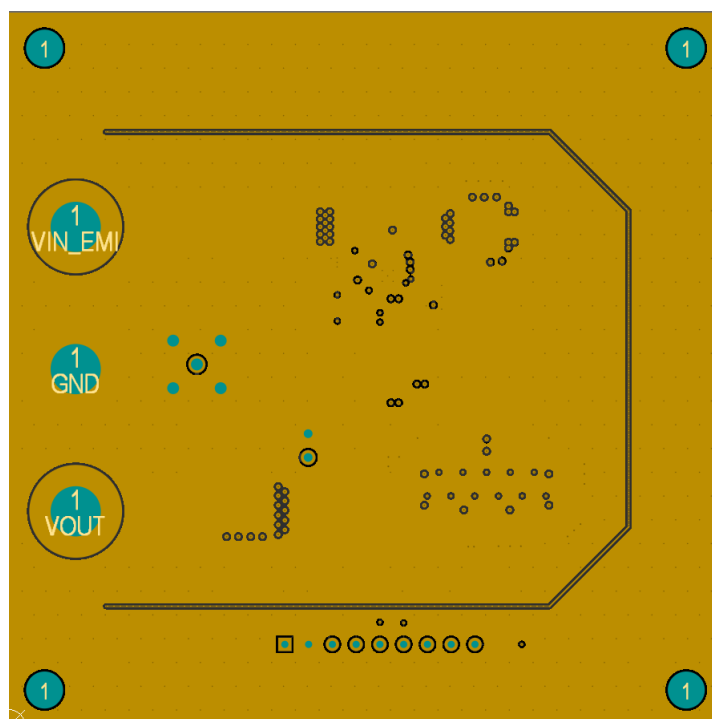


图 4-5. 第 2 层覆铜 (顶视图)

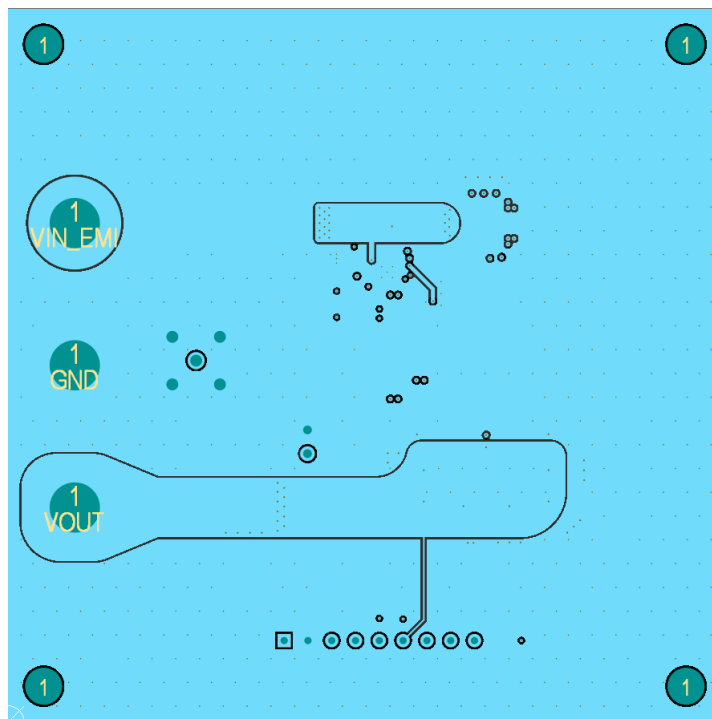


图 4-6. 第 3 层覆铜 (顶视图)

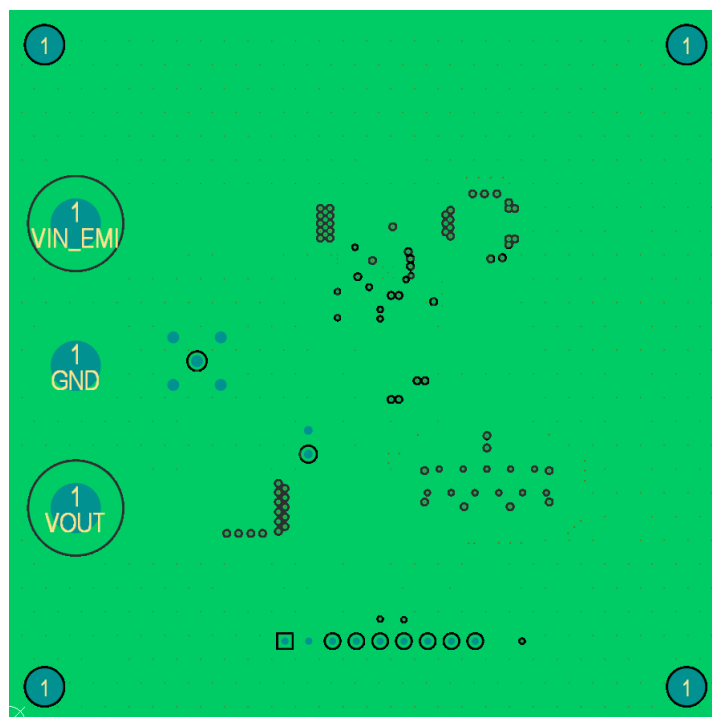


图 4-7. 第 4 层覆铜 (顶视图)

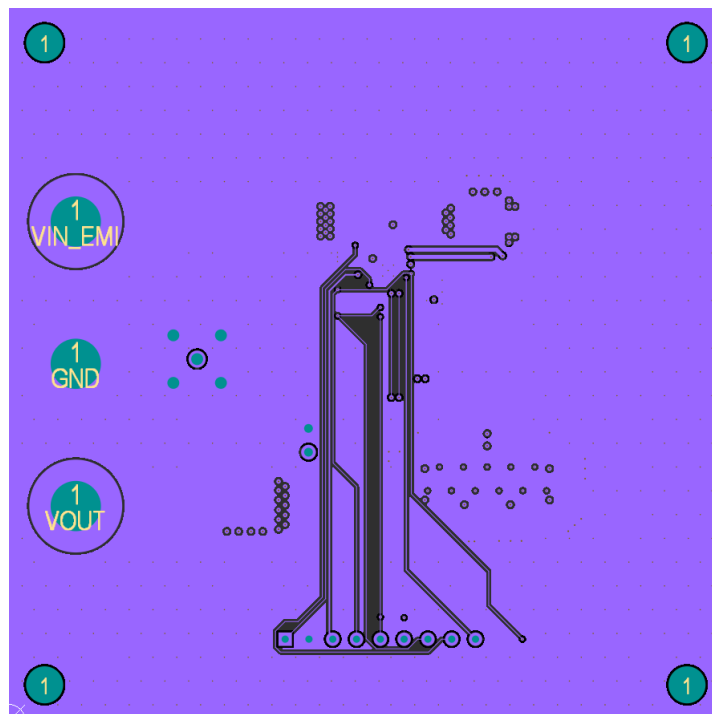


图 4-8. 第 5 层覆铜 (顶视图)

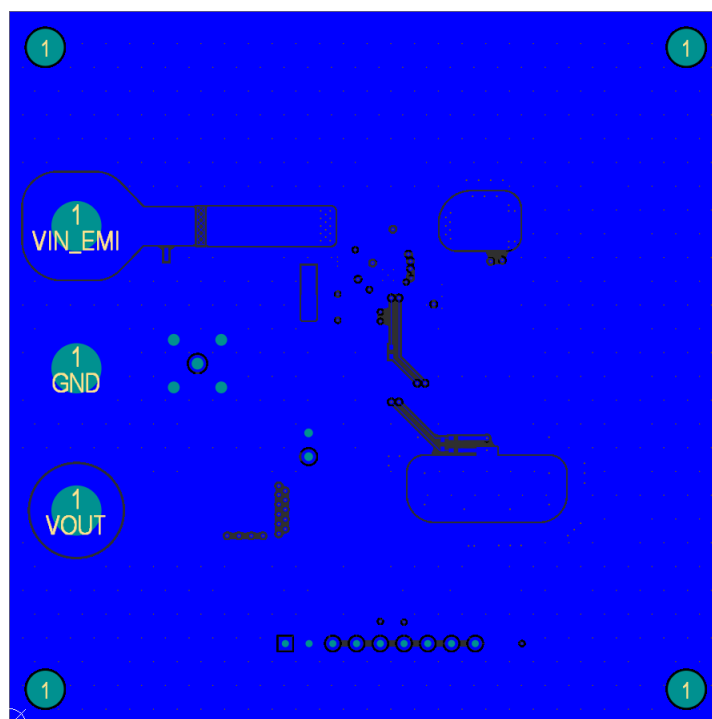


图 4-9. 底层覆铜 (顶视图)

4.3 物料清单

表 4-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
CBOOT、CFILT4、CINHF1、CINHF2	4	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0.1uF	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
CBULK	1	电容, 铝制, 47uF, 50V, +/- 20%, 0.68 Ω , AEC-Q200 2 级, SMD	47uF	EEE-FK1H470P	Panasonic
CCOMP1	1	电容, 陶瓷, 0.0027uF, 16V, X7R, 10%, SMD, 0402, 125°C, Paper T/R	0.0027uF	0402YC272KAT2A	AVX 互连/Elco
CFET1、CFET2、CFET3、CFET4	4	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	0.01uF	CGA2B3X7R1H103K050BB	TDK
CFILT1、CFILT2	2	电容, 陶瓷, 0.01 μ F, 100V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0.01uF	CGA3E2X7R2A103K080AA	TDK
CFILT3	1	通用片状多层陶瓷电容器, 0805, 4.7uF, X7S, 22%, 10%, 50V	4.7uF	GRM21BC71H475KE11L	Murata
CFILT5、CFILT6	2	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0.01uF	C1608X7R1H103K080AA	TDK
CFILT7、CFILT8	2	电容, 陶瓷, 2.2uF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	2.2uF	UMK212BB7225KG-T	Taiyo Yuden
CIN1、CIN2、CIN3、CIN4	4	10 μ F $\pm$ 10% 50V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	10uF	12105C106K4Z2A	Kyocera AVX
CINHF3	1	电容, 陶瓷, 0.47 μ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	0.47uF	GCM21BR71H474KA55L	Murata
COUT1、COUT2、COUT3、COUT4、COUT5、COUT6	6	电容, 陶瓷, 47uF, 10V, +/-10%, X7R, 1210	47uF	GRM32ER71A476KE15L	Murata
COUTHF1、COUTHF2、COUTHF3、COUTHF4	4	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0.1uF	C0603C104K5RAC-TU	KEMET
CVCC	1	电容, 陶瓷, 4.7uF, 10V, +/- 20%, X7R, 0603	4.7uF	GRM188Z71A475ME15D	Murata
FID1、FID2、FID3	3	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
GND、VIN_EMI、VOUT	3	香蕉插座, 非绝缘, 1 引脚 THD, RoHS, 大容量	不适用	575-4	Keystone
GND_S1、GND_S2、VIN_EMI_S、VOUT_S	4	测试点, 微型, SMT	不适用	5019	Keystone Electronics
H1、H2、H3、H4	4	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	不适用	1902C	Keystone Electronics
H5、H6、H7、H8	4	螺钉, 盘头, 4-40、3/8", 尼龙	不适用	NY PMS 440 0038 PH	B&F Fastener Supply
J1	1	接头, 100mil, 9x1, TH	不适用	800-10-009-10-001000	Mill-Max

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
J2	1	接头, 100mil, 2x1, 金, TH	不适用	PBC02SAAN	Sullins Connector Solutions
LFILT	1	电感器, 屏蔽, 680nH, 8.2A, 0.009Ω, SMD	680nH	744383560068	Würth Elektronik
LOAD_STEPPER_GATE	1	SMB 直插头, 高达 4GHz, -55 至 155 摄氏度	不适用	59S101-400L5	Rosenberger
LOUT	1	1μH 屏蔽模压电感器, 39.9A, 最大 2mΩ, 非标准	1uH	XGL1060-102MEC	Coilcraft
QHS	1	OptiMOS 6 功率晶体管	不适用	IAUC60N04S6L039ATMA1	Infineon
QLOADSTEPPER	1	MOSFET N 沟道 25V 31A/100A 8VSON	不适用	CSD16321Q5	德州仪器 (TI)
QLS	1	IAUCN04S7L019ATMA1 MOSFET, N 沟道, 40V, 120A, Tdson, 符合 RoHS: 是	不适用	IAUCN04S7L019ATMA1	Infineon
R2、R3、RBOOT、RENJ、RHSGATE、RLSGATE	6	电阻, 0, 0%, 0.2W, AEC-Q200 0 级, 0402	0	CRCW04020000Z0EDHP	Vishay Dale
R4	1	电阻, 24.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	24.9k	CRCW040224K9FKED	Vishay-Dale
RBULK	1	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
RCOMP	1	电阻厚膜, 5.1kΩ, 1%, 0.063W, 100ppm/°C, 0402	5.1k	CRCW04025K10FKED	Vishay-Dale
RENHIGH、RPGOOD	2	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	100k	RMCF0402FT100K	Stackpole Electronics Inc
RENLOW	1	电阻, 22.1k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	22.1k	CRCW040222K1FKED	Vishay-Dale
RFILT1	1	电阻, 0.47, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0402	0.47	ERJ-2BQFR47X	Panasonic
RHIGH	1	CRCW 系列 0603 0.1W 0Ω 跳线表面贴装厚膜片上电阻	0	CRCW06030000Z0EAC	Vishay
RLOW	1	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	100k	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale
RSENSE	1	2mΩ, ±2%, 1.5W, 片上电阻, 宽, 0612, 汽车类 AEC-Q200, 电流感流, 金属箔	0.002	KRL3216E-C-R002-G-T1	Susumu
RSTEPPER	1	固定电阻器, 金属箔, 3W, 0.02Ω, ±1% 容差, 50ppm/°C, 表面贴装, 1225	0.020	KRL6432E-C-R020-F-T5	Susumu
RT1	1	电阻, 54.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	54.9k	CRCW040254K9FKED	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	不适用	QPC02SXGN-RC	Sullins
U1	1	汽车级 42V 同步直流/直流降压控制器和双随机展频	不适用	LM25139QRGTRQ1	德州仪器 (TI)

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](#)

5.2 文档支持

5.2.1 相关文档

如要查看相关文件，请参阅以下内容：

- 德州仪器 (TI)，[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
- 德州仪器 (TI)，[通过更大程度降低电感寄生来降低降压转换器 EMI 和电压应力](#)，模拟设计期刊
- 德州仪器 (TI)，[AN-2162：轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[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](#)，白皮书
- 德州仪器 (TI)，[电源传导 EMI 规格概述](#)，白皮书
- 德州仪器 (TI)，[电源辐射 EMI 规格概述](#)，白皮书

5.2.1.1 PCB 布局资源

- 德州仪器 (TI)，[AN-1149 开关电源布局指南](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[AN-1229 Simple Switcher PCB 布局指南](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[构建电源 - 电源设计布局注意事项](#)，研讨会
- 德州仪器 (TI)，[使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[直流/直流转换器的高密度 PCB 布局，第 1 部分](#)，技术文章

5.2.1.2 热设计资源

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

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月