

EVM User's Guide: LM25139-Q1EVM-440

LM25139-Q1EVM-440 评估模块



说明

LM25139-Q1EVM-440 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，并可通过修改反馈电阻器的值来进行调节。

开始使用

1. 订购 [LM25139-Q1EVM-440](#)
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

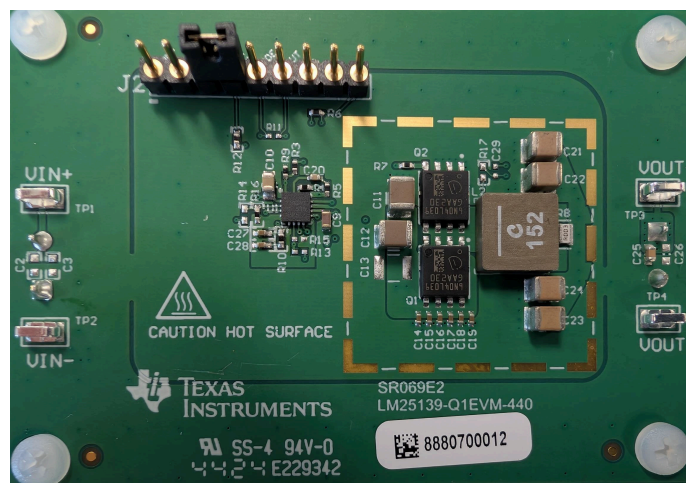
特性

- 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、仪表盘、ADAS
- 车身电子装置



LM25139-Q1EVM-440

1 评估模块概述

1.1 简介

LM25139-Q1EVM-440 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 12A 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 440kHz，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元件（包括降压电感器和陶瓷输入和输出电容器）可从多个元件供应商处获得。

该 EVM 的默认配置使用串联电阻器 (R8) 来检测输出电流。也可以通过执行以下更改，将 EVM 配置为电感器 DCR 检测：

1. 将 R8 替换为 0Ω 电阻器。
2. DNP R19 和 R20。
3. 使用 0Ω 电阻器填充 R18。
4. 填充 R17 和 C29。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
- 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

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-440	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
空载时的输入电流 I_{IN-NL}	$I_{OUT} = 0A$, PFM 连接到 VDDA, 移除 UVLO	$V_{IN} = 12V$	10.8		μA	
		$V_{IN} = 24V$	9.8			
		$V_{IN} = 36V$	9.8			
关断时的输入电流 I_{IN-OFF}	$V_{EN} = 0V$	$V_{IN} = 12V$	2.4		μA	
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		12	A
输出电压调节, ΔV_{OUT}	负载调整率	$I_{OUT} = 0A$ 至 $12A$	0.1%			
	线性调整率	$V_{IN} = 5.5V$ 至 $36V$	0.1%			
输出电压纹波 V_{OUT-AC}	$V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 12A$		20		mVpp	
输出过流保护, I_{OCP}	$V_{IN} = 12V$		18		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	
半负载效率, η_{HALF} ⁽¹⁾	$I_{OUT} = 6A$	$V_{IN} = 9V$	96.5%			
		$V_{IN} = 12V$	95.6%			
		$V_{IN} = 24V$	93.1%			
满载效率 η_{FULL}	$I_{OUT} = 12A$	$V_{IN} = 9V$	94.6%			
		$V_{IN} = 12V$	94%			
		$V_{IN} = 24V$	92.2%			
LM25139-Q1 结温, T_J			-40		150	$^{\circ}C$

(1) 此 EVM 的默认输出电压为 5V。效率和其他性能指标会根据工作输入电压、负载电流、外部连接的输出电容器和其他参数而变化。

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。

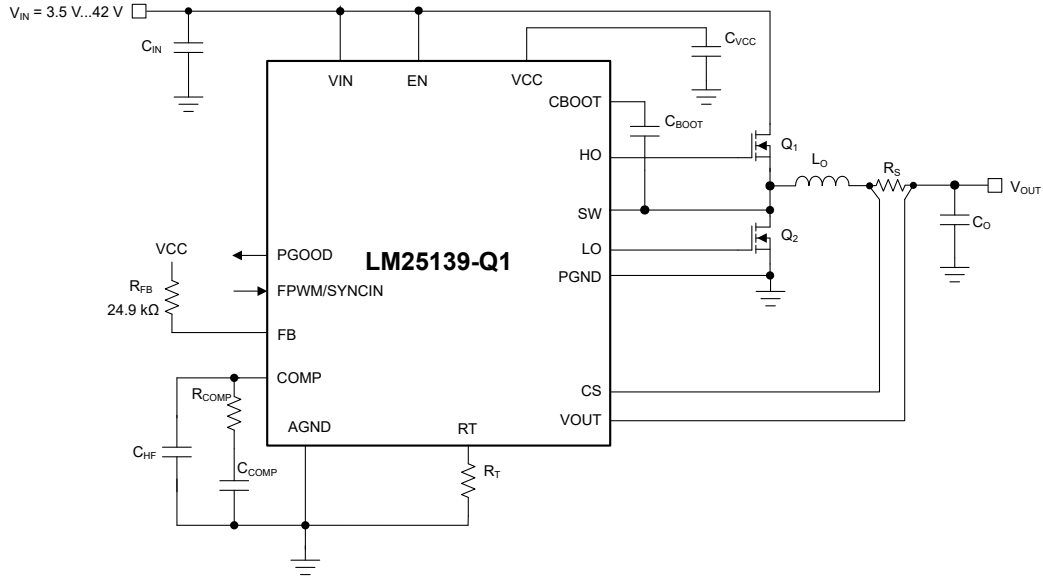


图 1-1. LM25139-Q1 同步降压稳压器简化原理图

1.4 器件信息

表 1-3. EVM 配置

EVM	转换器 IC	封装
LM25139-Q1EVM-440	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-440 的测试装置如图 2-1 所示。

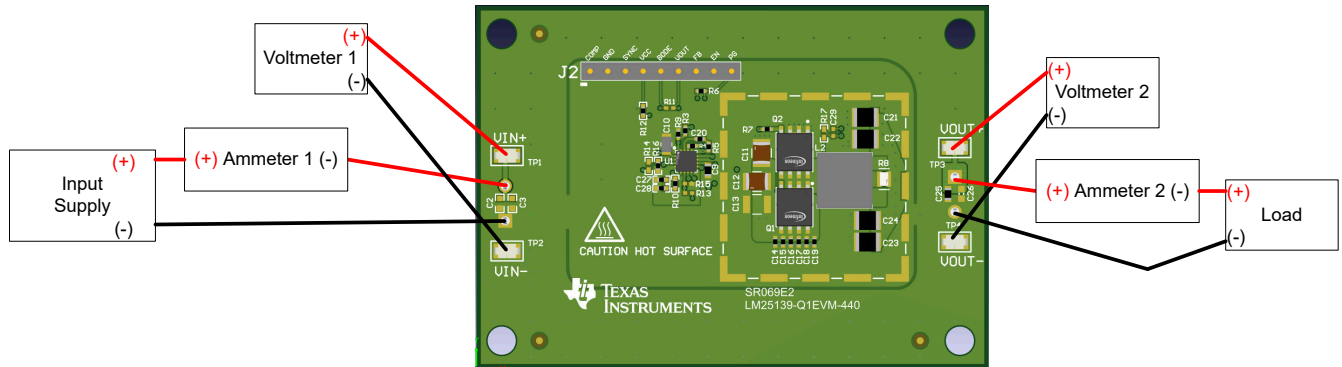


图 2-1. EVM 测试设置

小心

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 12A 电流的输入电压源。

万用表：

- **电压表 1**：VIN+ 到 VIN - 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 12A 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。

安全：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

- 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。如果使用长输入线路，则建议使用一个额外的大容量输入电容器来提供阻尼。
- 在 VIN+ 和 VIN - 连接点上连接电压表 1 以测量输入电压。
- 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

- 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。
- 在 VOUT 和 GND 接头上连接电压表 2 以测量输出电压。
- 连接电流表 2，以测量输出电流。

2.1.4 测试程序

2.1.4.1 线路和负载调节效率

- 如前所述设置 EVM。
- 将负载设置为恒阻或恒流模式并具有 0A 的灌电流。
- 将输入源从 0V 增加到 12V；使用电压表 1 测量输入电压。
- 将输入电源的电流限值增加到 12A。
- 使用电压表 2 测量输出电压 V_{OUT} ，将负载电流从 0A 更改为 12A 直流； V_{OUT} 必须保持在负载调节规格之内。
- 将负载电流设置为 6A (50% 额定负载) 并将输入源电压从 5.5V 更改为 36V； V_{OUT} 必须保持在线路调节规格之内。
- 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 3-10 展示了 LM25139-Q1EVM-440 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

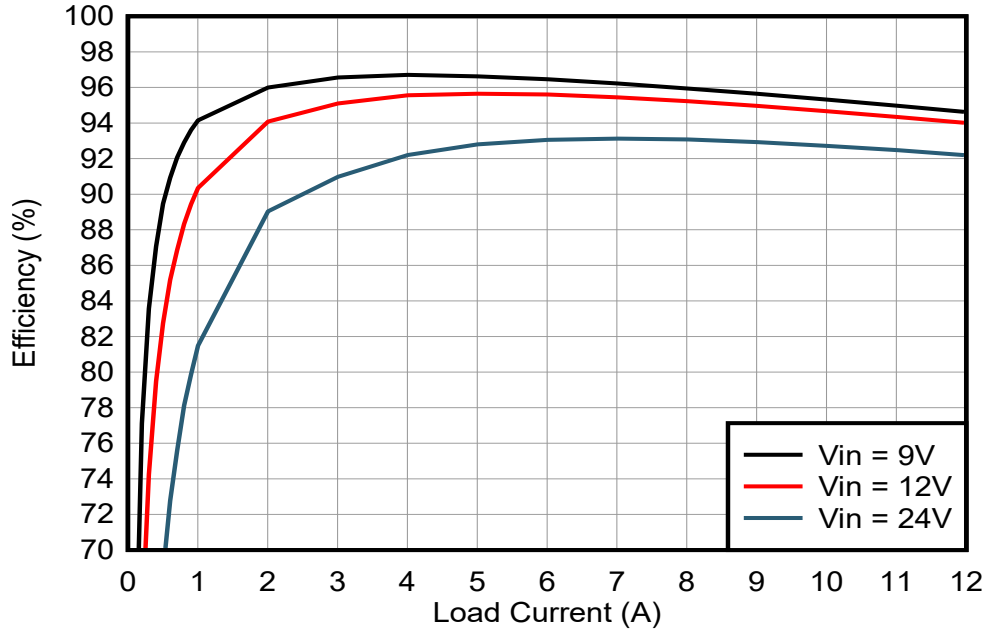


图 3-1. 效率, $V_{OUT} = 5V$, FPWM

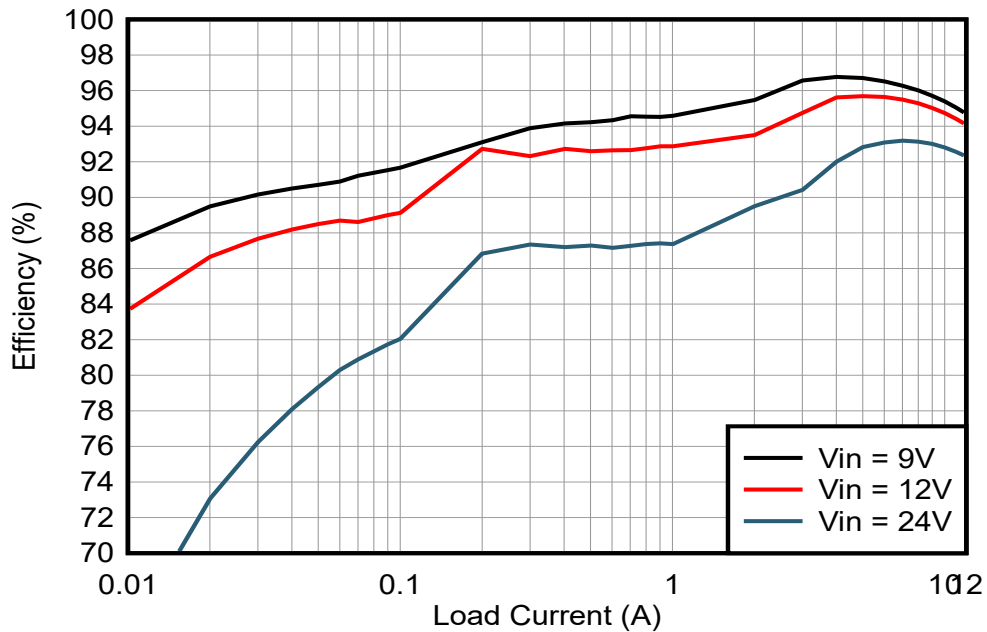


图 3-2. 效率, $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 5V$, PFM (对数标度)

3.1.2 工作波形

3.1.2.1 开关

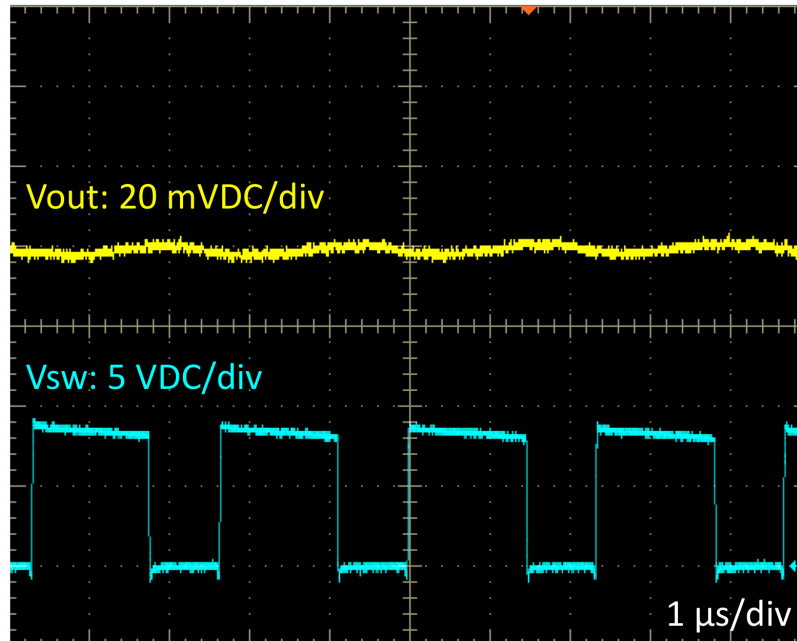


图 3-3. SW 节点电压, $V_{IN} = 8V$, $I_{OUT} = 12A$

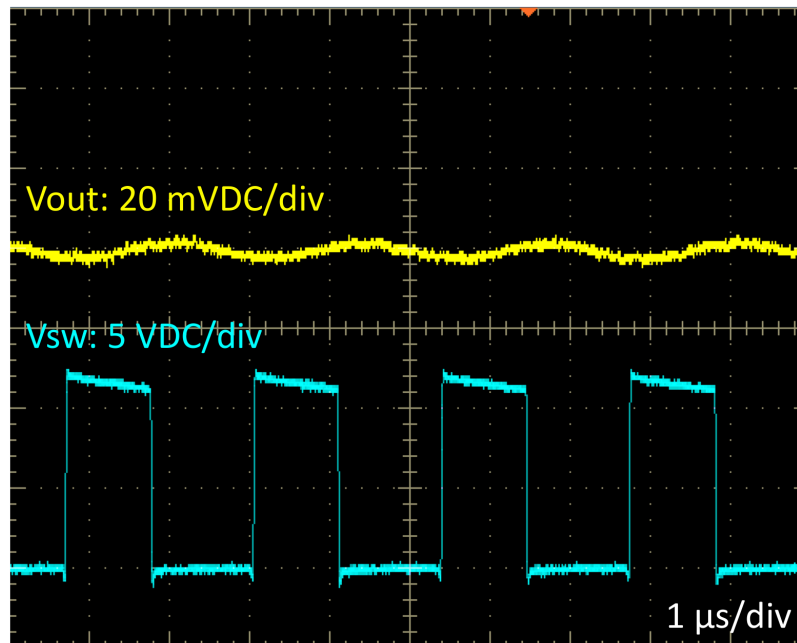


图 3-4. SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 12A$

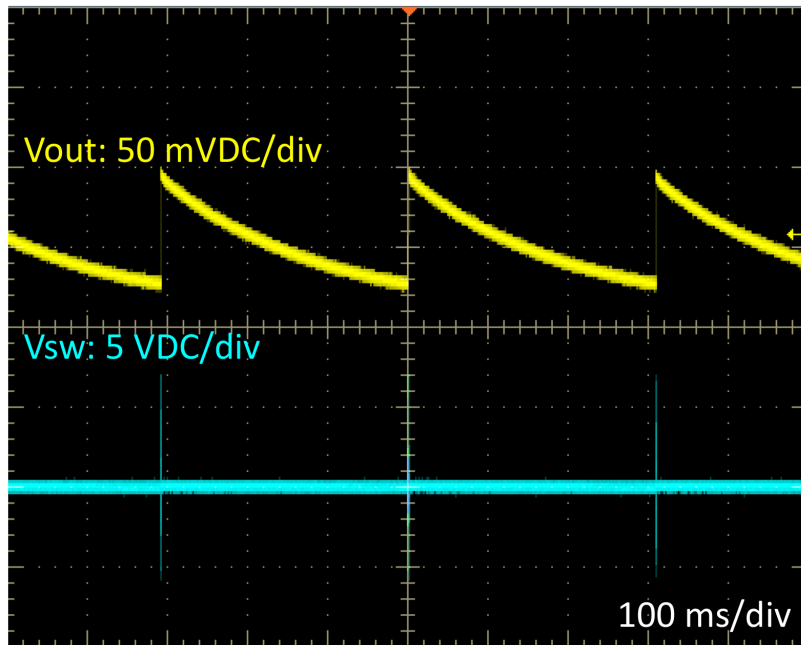


图 3-5. PFM 模式 SW 节点电压, $V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 0A$

3.1.2.2 负载瞬态响应

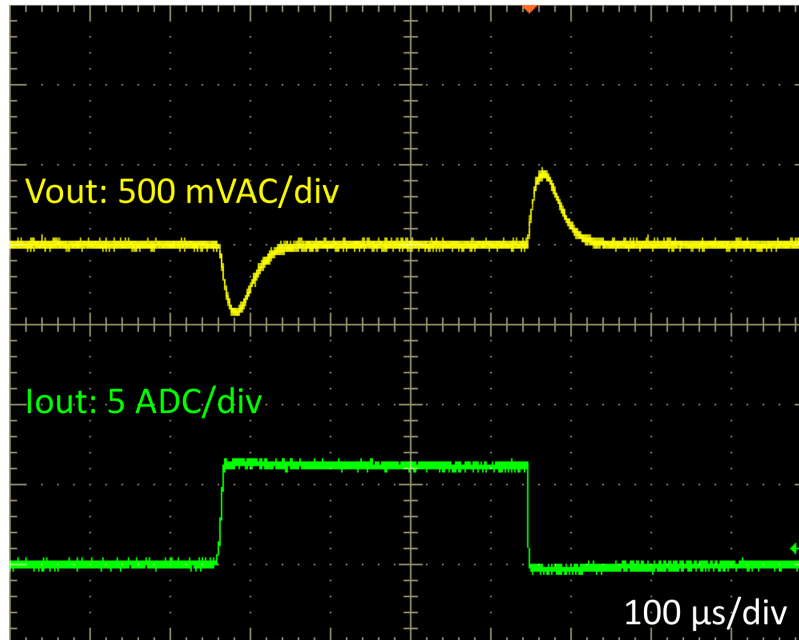


图 3-6. $V_{IN} = 12V$ 、FPWM、从 0A 变为 6A 时的负载瞬态响应

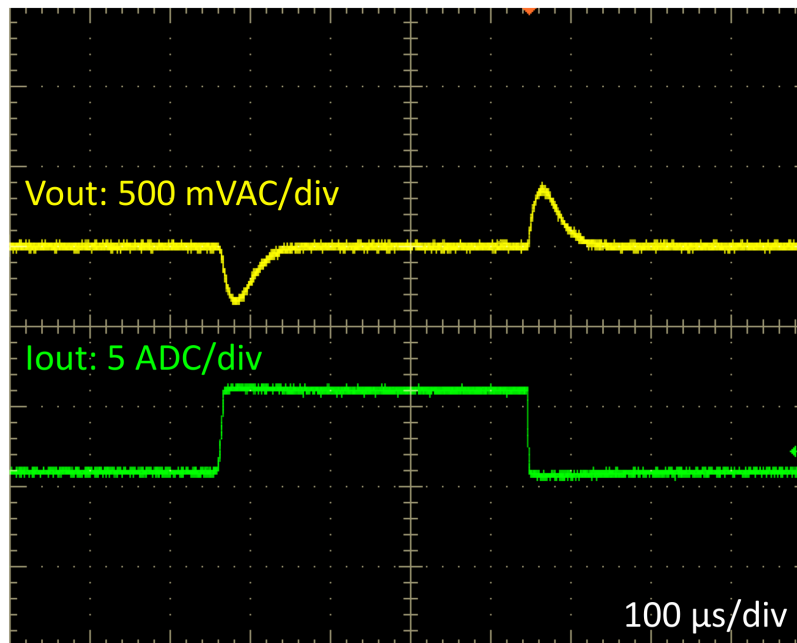


图 3-7. $V_{IN} = 12V$ 、FPWM、从 6A 变为 12A 时的负载瞬态响应

3.1.2.3 使能端开启和关闭时的启动和关断

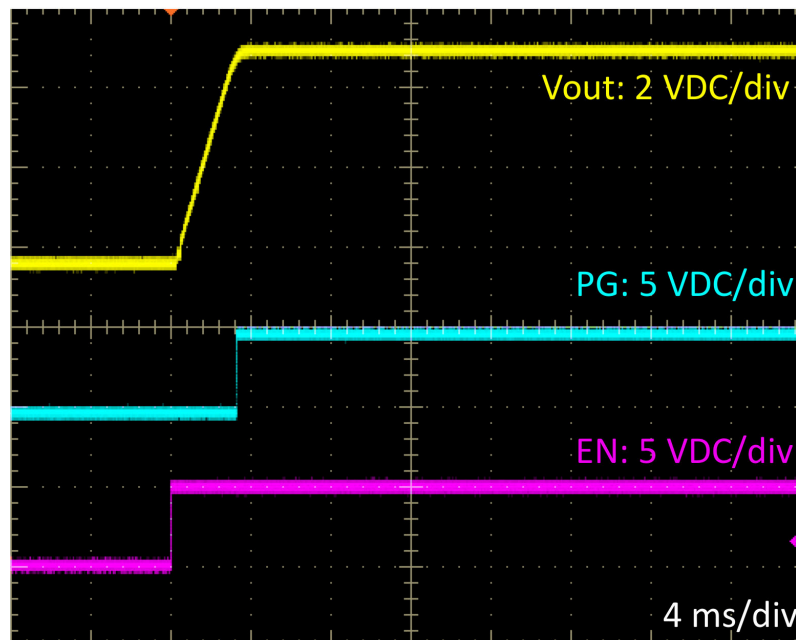


图 3-8. 使能端开启、 $V_{IN} = 12$

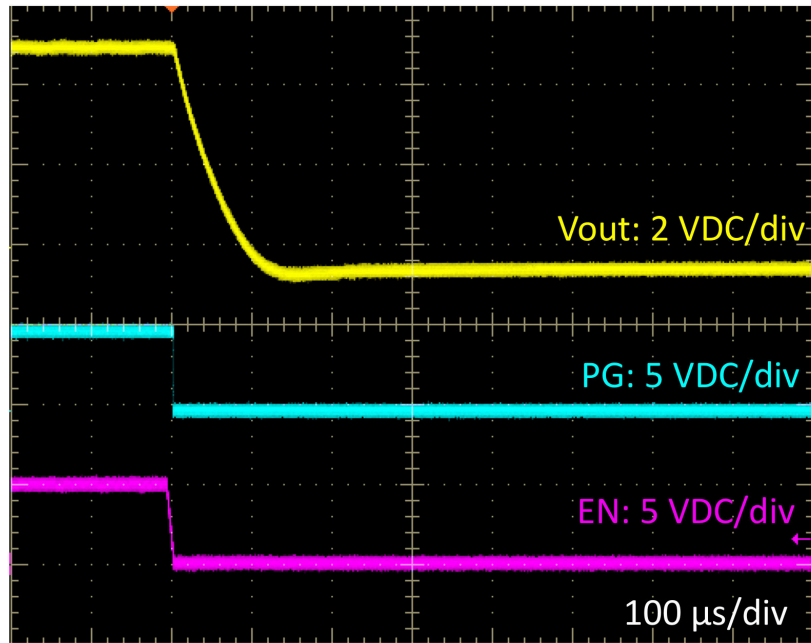


图 3-9. 使能端关闭、 $V_{IN} = 12$

3.1.2.4 EN 连接至 V_{IN} 时的启动和关断

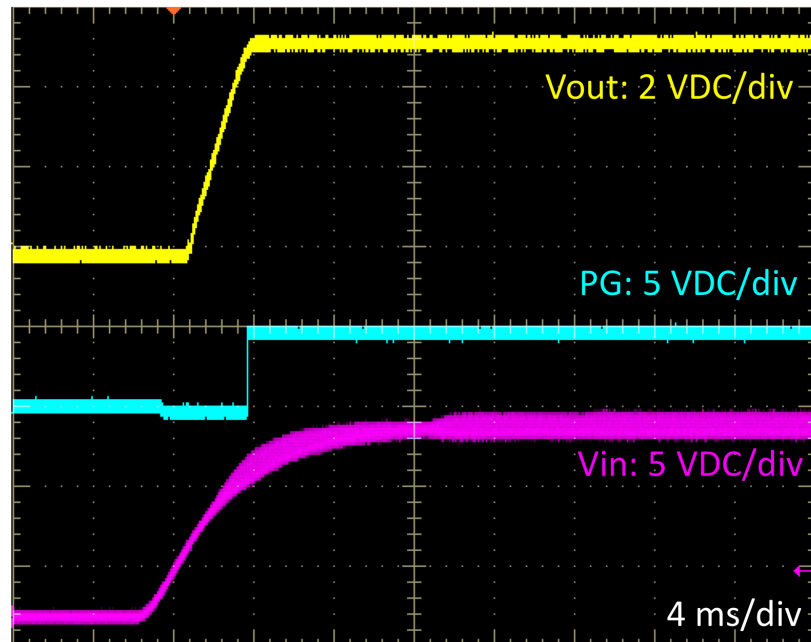


图 3-10. 启动, $V_{IN} = 12V$

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 所示为 EVM 原理图。

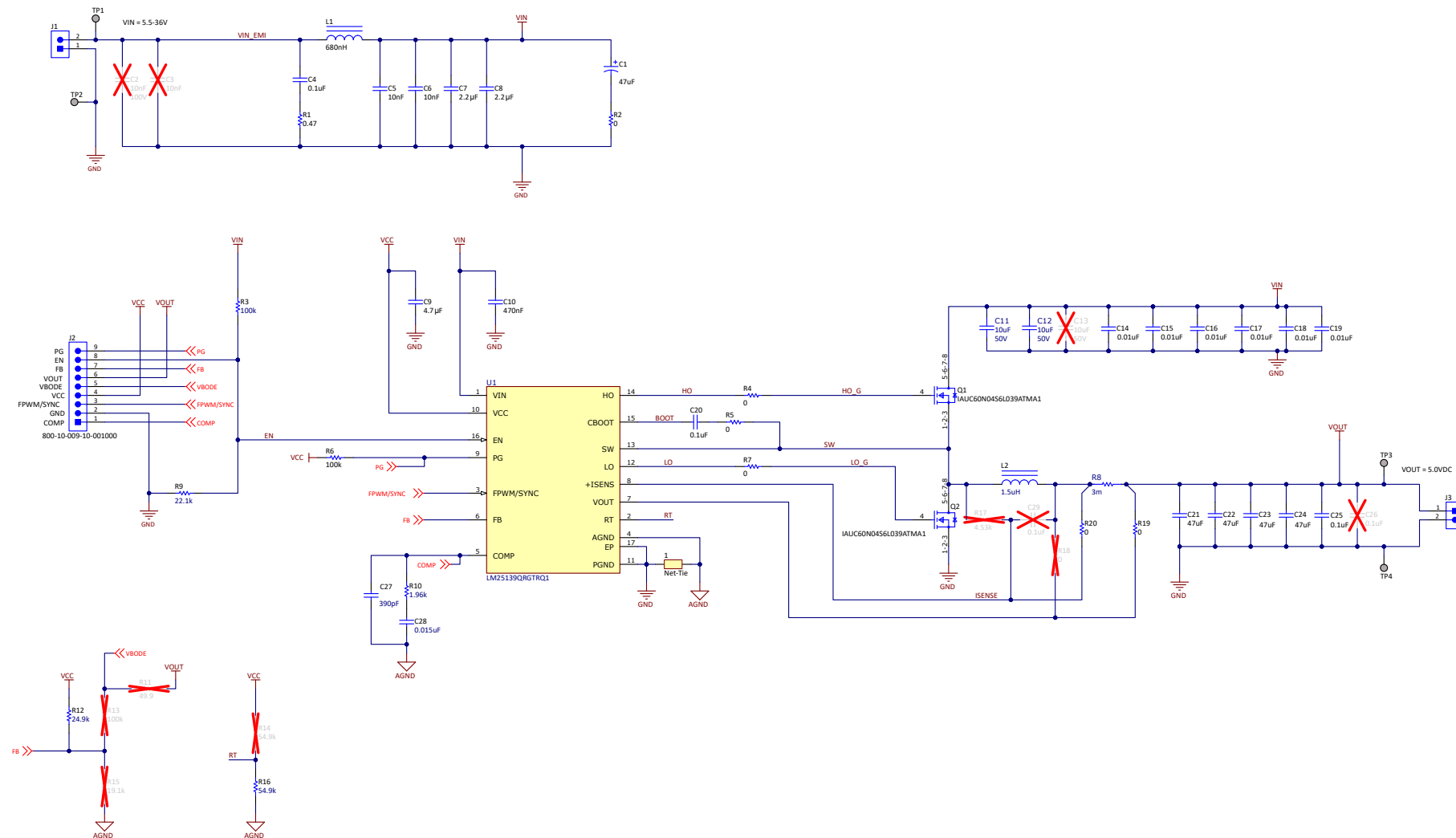


图 4-1. EVM 原理图

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 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。

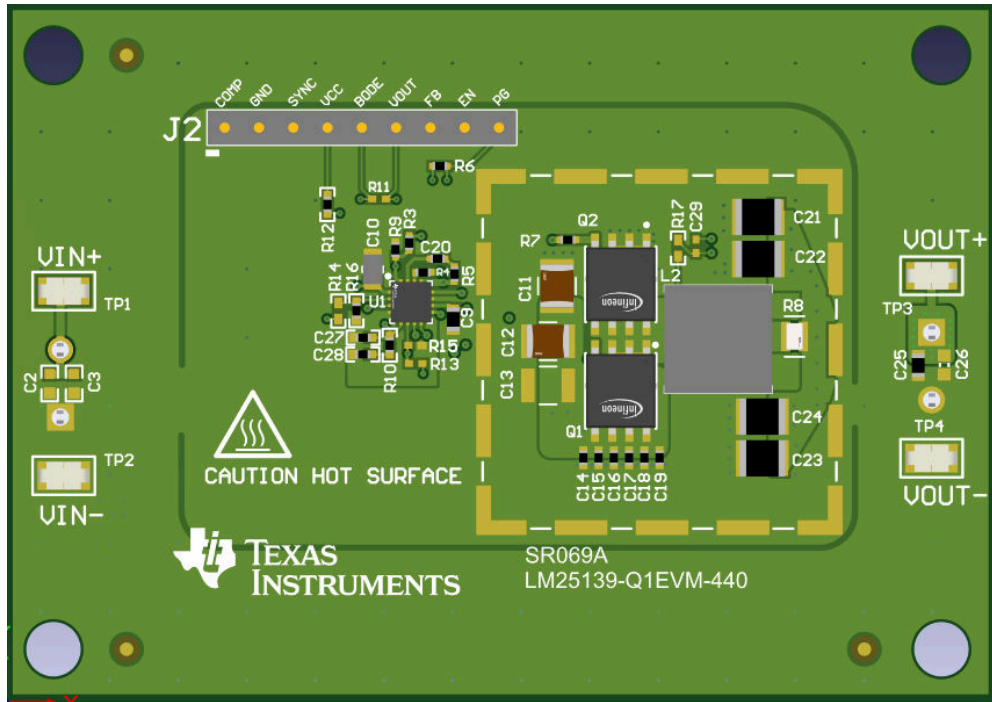


图 4-2. PCB (顶视图)

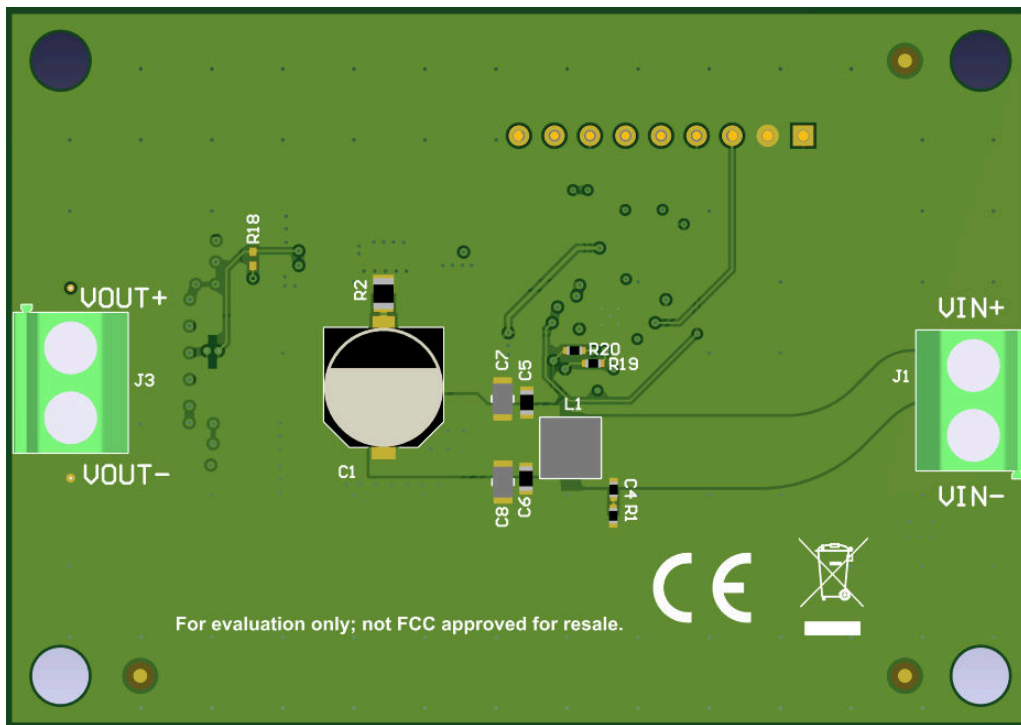


图 4-3. PCB (底视图)

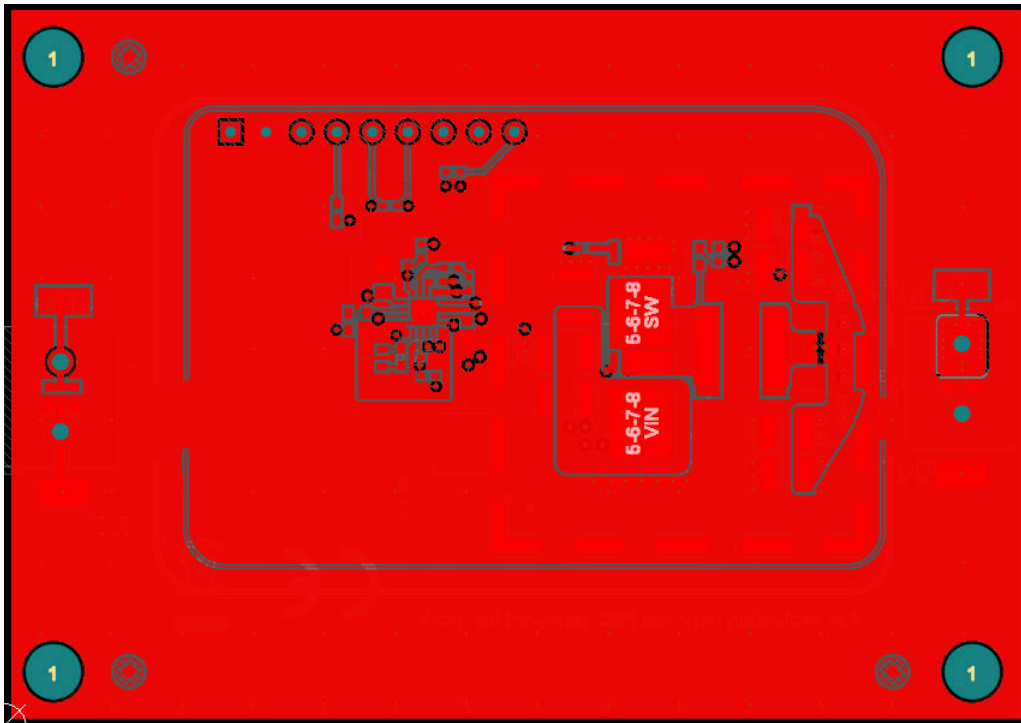


图 4-4. 顶层铜 (顶视图)

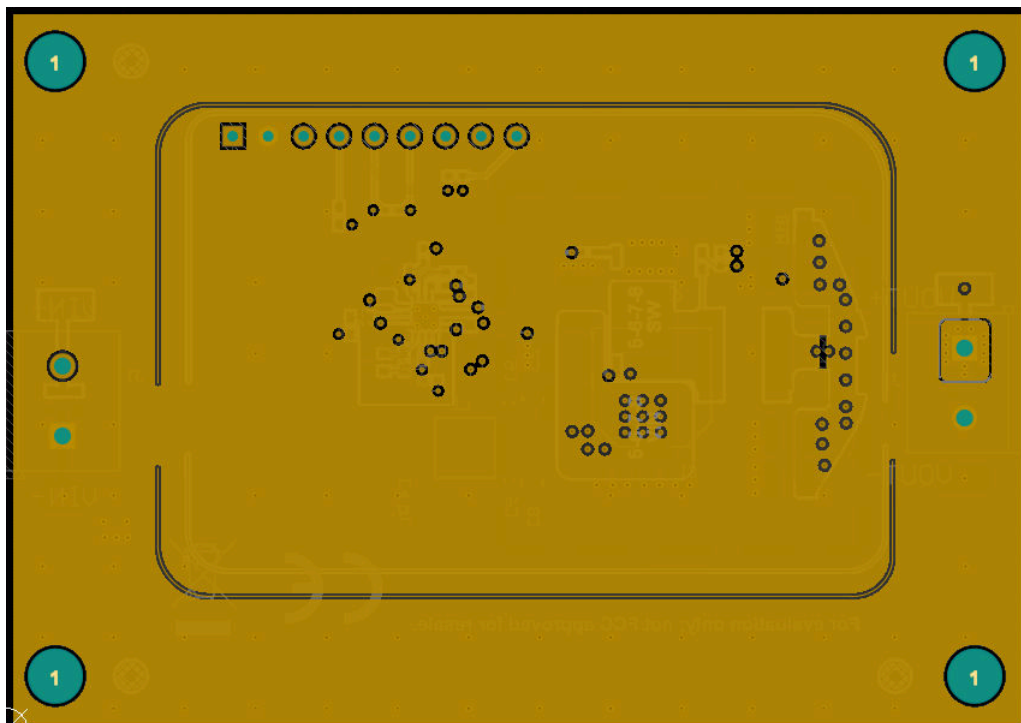


图 4-5. 第 2 层覆铜 (顶视图)

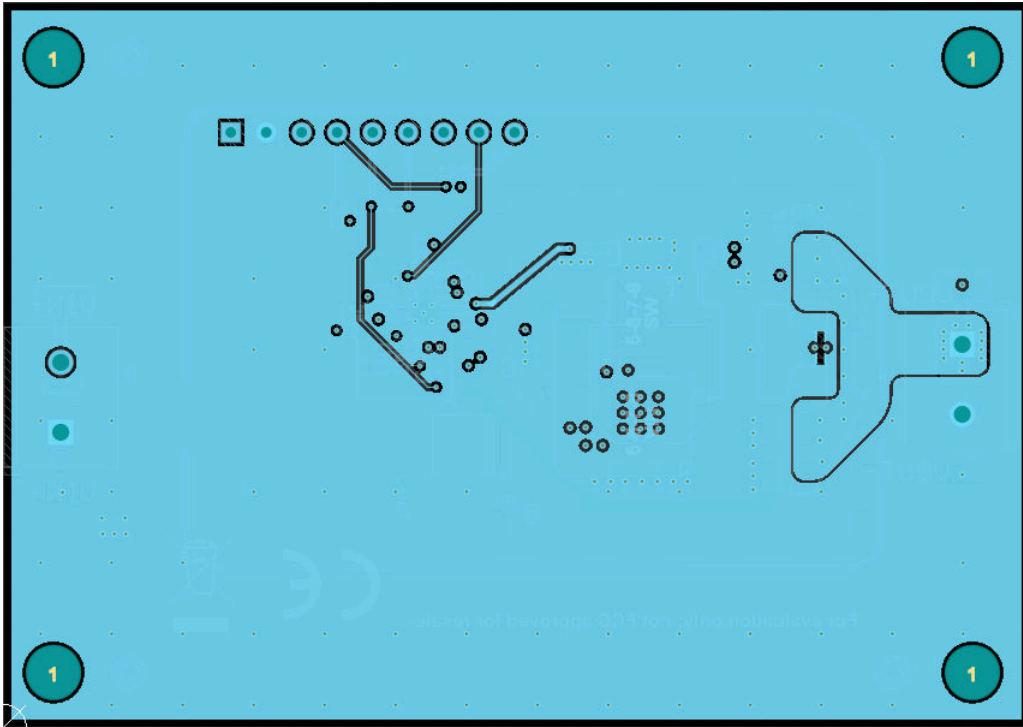


图 4-6. 第 3 层覆铜 (顶视图)

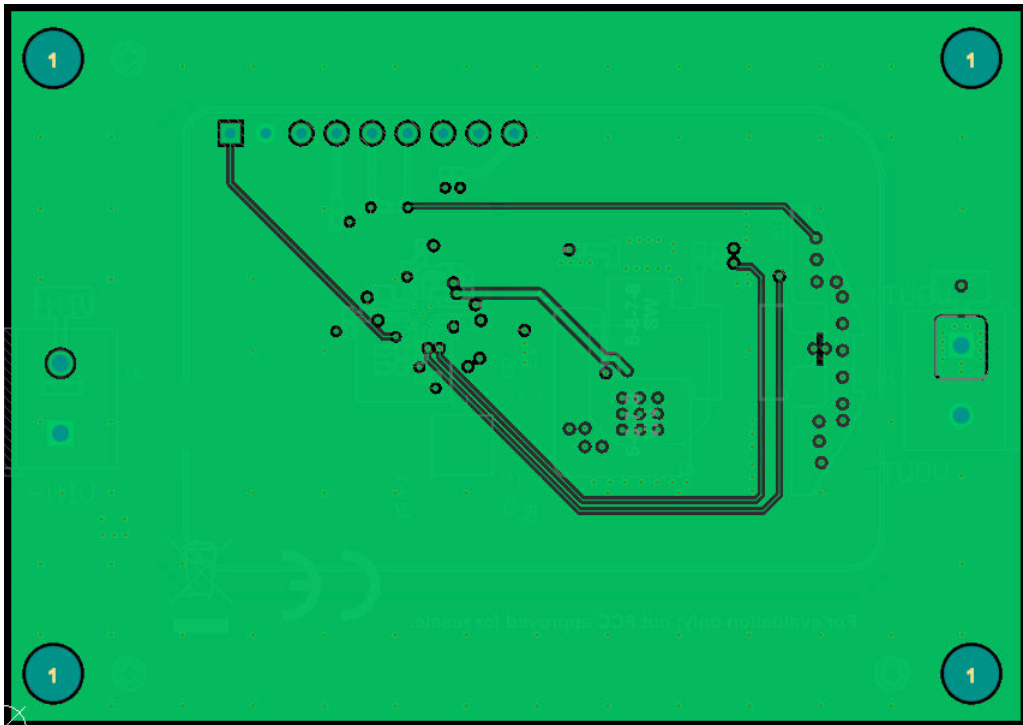


图 4-7. 第 4 层覆铜 (顶视图)

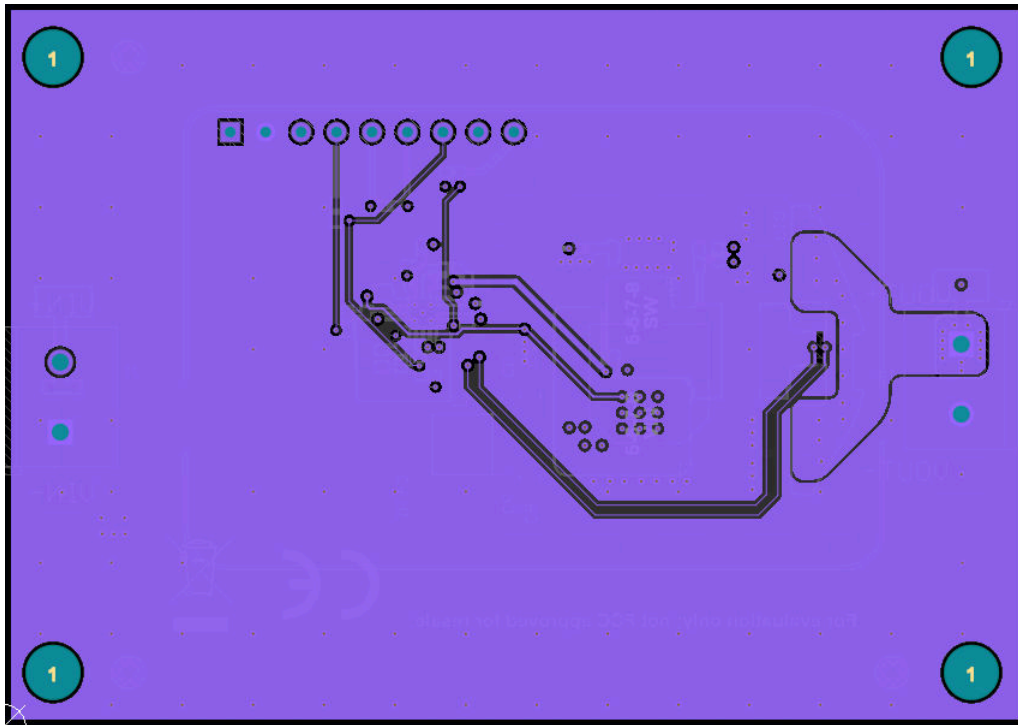


图 4-8. 第 5 层覆铜 (顶视图)

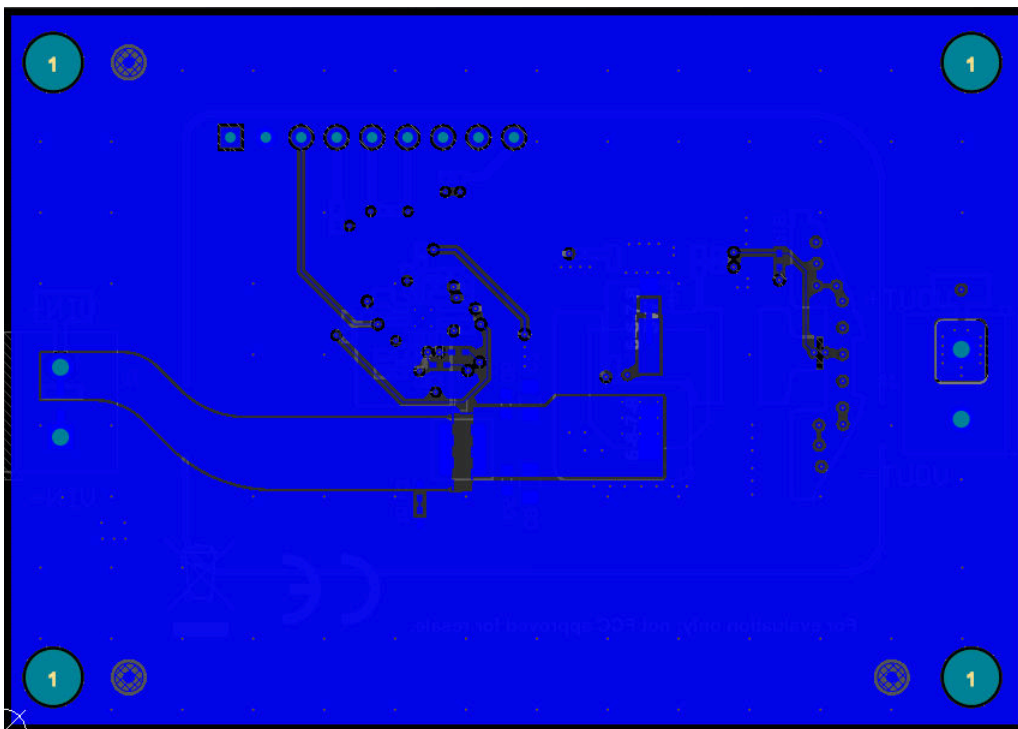


图 4-9. 底层覆铜 (顶视图)

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
C1	1	47uF	电容器, 铝制, 47uF, 50V, +/-20%, 0.68Ω, AEC-Q200 2 级, SMD	EEE-FK1H470P	Panasonic
C4、C20	2	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
C5、C6	2	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C1608X7R1H103K080AA	TDK
C7、C8	2	2.2uF	电容, 陶瓷, 2.2μF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	UMK212BB7225KG-T	Taiyo Yuden
C9	1	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7uF, 10V, ±20%, X7R, 0603	GRM188Z71A475ME15D	MuRata
C10	1	0.47uF	电容, 陶瓷, 0.47uF, 50V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	GCM21BR71H474KA55L	MuRata
C11、C12	2		10μF ±10% 50V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	12105C106K4Z2A	AVX
C14、C15、C16、C17、C18、C19	6	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 50V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H103K050BB	TDK
C21、C22、C23、C24	4	47uF	电容, 陶瓷, 47uF, 10V, +/-10%, X7R, 1210	GRM32ER71A476KE15L	MuRata
C25	1	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU	Kemet
C27	1	390pF	电容, 陶瓷, 390pF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	GRM155R71H391KA01D	MuRata
C28	1	0.015uF	电容, 陶瓷, 0.015uF, 50V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H153K050BB	TDK
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
H1、H2、H3、H4	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	1902C	Keystone
H6、H7、H8、H9	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, 9x1, TH	800-10-009-10-001000	Mill-Max
L1	1	680nH	电感器, 屏蔽, 680nH, 8.2A, 0.009Ω, SMD	744383560068	Würth Elektronik
L2	1	1.5uH	电感, 屏蔽, 复合, 1.5uH, 15A, 0.0076Ω, SMD	XAL7030-152MEB	Coilcraft
Q1、Q2	2		OptiMOS 6 功率晶体管	IAUC60N04S6L039ATMA1	Infineon
R1	1	0.47	电阻, 0.47, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0402	ERJ-2BQFR47X	Panasonic
R2	1	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
R3、R6	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT100K	Stackpole Electronics Inc
R4、R5、R7、R19、R20	5	0	电阻, 0, 0%, 0.2W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04020000Z0EDHP	Vishay-Dale
R8	1	3m	3mΩ, ±1%, 1W, 片上电阻, 宽, 0805 (公制 2012), 0508, 汽车 AEC-Q200, 电流检测, 金属箔	KRL2012E-M-R003-F-T5	Susumu

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
R9	1	22.1k	电阻, 22.1k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040222K1FKED	Vishay-Dale
R10	1	1.96k	电阻, 1.96k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04021K96FKED	Vishay-Dale
R12	1	24.9k	电阻, 24.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040224K9FKED	Vishay-Dale
R16	1	54.9k	电阻, 54.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	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	QPC02SXGN-RC	Sullins
TP1、TP2、TP3、TP4	4		测试点, 微型, SMT	5019	Keystone
U1	1		汽车级 42V 同步直流/直流降压控制器和双随机展频	LM25139QRGTRQ1	德州仪器 (TI)
C2、C3	0	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 100V, $\pm 10\%$, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E2X7R2A103K080AA	TDK
C13	0		10 μ F $\pm 10\%$ 50V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	12105C106K4Z2A	AVX
C26	0	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, $\pm 10\%$, X7R, 0603	C0603C104K5RACTU	Kemet
C29	0	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 50V, $\pm 10\%$, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H104K050BB	TDK
H5	0		标准表面贴装屏蔽层, 26.21 x 26.21mm, 高 5.08mm	BMI-S-203-F	Laird-Signal Integrity Products
R11	0	49.9	电阻, 49.9, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040249R9FKED	Vishay-Dale
R13	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT100K	Stackpole Electronics Inc
R14	0	54.9k	电阻, 54.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040254K9FKED	Vishay-Dale
R15	0	19.1k	电阻, 19.1k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040219K1FKED	Vishay-Dale
R17	0	4.53k	电阻, 4.53k, 1%, 0.063W, 0402	CRCW04024K53FKED	Vishay-Dale
R18	0	0	电阻, 0, 0%, 0.2W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04020000Z0EDHP	Vishay-Dale

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

请参阅以下相关文档：

- 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、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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司