

EVM User's Guide: LM5190QEVM-400

LM5190-Q1 CCCV 降压控制器评估模块



说明

LM5190QEVM-400 评估模块 (EVM) 是一款具有恒流恒压 (CCCV) 调节功能的同步直流/直流降压稳压器。该 EVM 在 15V 至 72V (在 J1 VIN 端子处) 的宽输入电压范围内工作, 可在 CC 模式下提供 8A 的稳定电流, 在 CV 模式下提供 12V 的稳定电压。平均电感器电流的调节目标通过 ISET 进行编程, 而输出电压通过修改反馈电阻器进行调节。

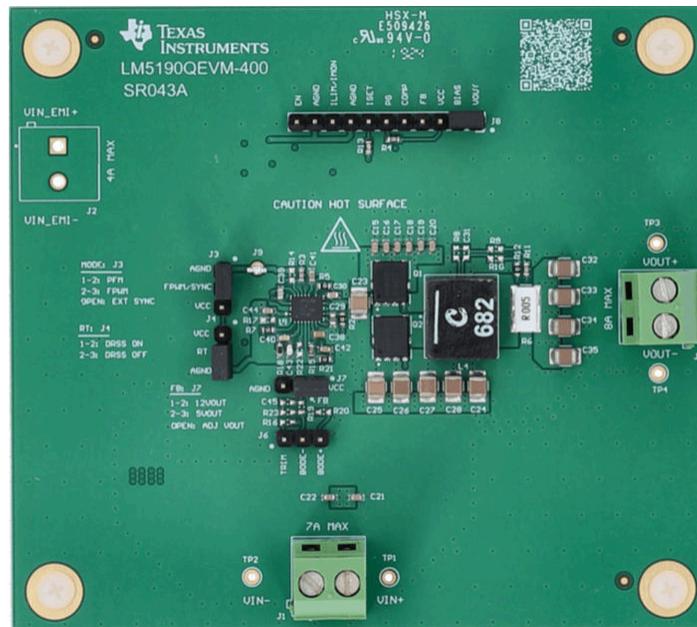
特性

- 宽输入工作电压范围
 - 15V 至 72V : VIN 端子
- 固定 12V、5V 或可调节输出电压
- 可调节平均电感器电流 (使用 ISET)
- 电感器电流监测 (使用 IMON)
- 集成标准 MOSFET 栅极驱动器
- 18 μ A 待机电流 (使用 BIAS, $V_{SUPPLY} = 48V$ 时)

- 95% 的满载效率 ($V_{SUPPLY} = 48V$ 时)
- 400kHz 开关频率, 可选择与外部时钟同步
- 双随机展频
- 集成斜坡补偿
- 强制 PWM (FPWM) 或脉频调制 (PFM) 运行
- 通过断续模式为异常过载情况提供过流保护 (OCP)
- 使用上拉电阻器连接到 VCC 的电源正常指示器
- CV 模式下的内部 2.75ms 软启动
- 使用 C_{ISET} 电容器进行 CC 模式软启动
- 采用 6 层 2oz PCB 的高效散热布局

应用

- 超级电容器备用能量
- 电动自行车
- 电动工具
- 服务器电池备份单元 (BBU)
- 储能系统和太阳能



LM5190Q1EVM

1 评估模块概述

1.1 引言

LM5190QEVM-400 是一款具有恒流恒压 (CCCV) 调节功能的同步直流/直流降压稳压器。该 EVM 在 15V 至 72V (VIN 端子) 的宽输入电压范围内工作, 可在 CC 模式下提供 8A 的稳定电流, 在 CV 模式下提供 12V 的稳定电压。平均电感器电流通过控制 ISET 引脚电压进行编程, 而输出电压通过修改反馈电阻值进行调节。

该 EVM 具有内部 (适用于固定 5V、12V) 或外部反馈、可选 DRSS、FPWM/PFM 选择跳线和 CV 模式环路响应测量的注入点。自由运行开关频率为 400kHz, 可与频率更高或更低的外部时钟信号同步。可以安装外部反馈电阻和 50Ω 注入电阻, 以测量 CV 模式下的环路响应。

1.2 套件内容

- 一个 LM5190QEVM-400 EVM 电路板
- EVM 免责声明自述文件

1.3 规格

表 1-1 表列出了评估模块的电气特性。请参阅 [LM5190-Q1 产品文件夹](#), 详细了解器件规格。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。运行时建议的空气流量为 200LFM。

表 1-1. 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					
输入工作范围, V_{SUPPLY}	VIN+, VIN- 端子	15	48	72	V
输入电流, I_{SUPPLY}				7	A
输入电流, 空载	PFM, BIAS=VIN VOUT, EN=VIN, 内部反馈	$V_{SUPPLY} = 24V$	22		μA
		$V_{SUPPLY} = 48V$	18		
		$V_{SUPPLY} = 72V$	17		
输出特性					
输出电压, V_{LOAD}	CV 模式		12		V
平均电感器电流, I_{LOAD}	CC 模式		8		A
系统特性					
开关频率 f_{SW}			400		kHz
满负载效率	$I_{LOAD} = 8A$	$V_{SUPPLY} = 24V$	96.8%		
		$V_{SUPPLY} = 48V$	95.0%		
		$V_{SUPPLY} = 60V$	94.3%		

1.4 器件信息

表 1-2. LM(2)5190(-Q1) 具有集成 CCCV 控制的同步降压控制器系列

直流/直流控制器	输入范围	输出范围	f_{SW} 范围 (RT)	栅极驱动器	汽车认证
LM25190	5V 至 42V	0.8V 至 42V	100kHz 至 2.2MHz	标准	-
LM5190	5V 至 80V	0.8V 至 80V	100kHz 至 2.2MHz	标准	-
LM25190-Q1	5V 至 42V	0.8V 至 42V	100kHz 至 2.2MHz	标准	AEC-Q100 Grdae1
LM5190-Q1	5V 至 80V	0.8V 至 80V	100kHz 至 2.2MHz	标准	AEC-Q100 Grade1

2 硬件

2.1 测试装置和过程

2.1.1 EVM 连接

图 2-1 展示了建议的测试设置。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。

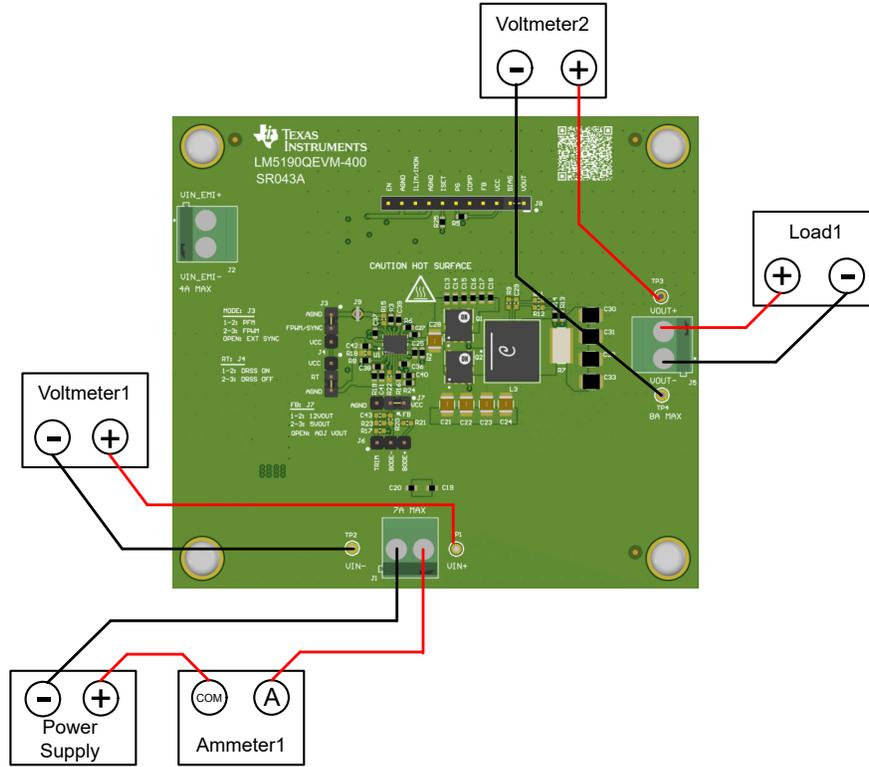


图 2-1. EVM 测试设置



表 2-1. 电源连接

参考位号	标签	说明
J1	VIN+	正输入电压电源连接。
J1	VIN-	负输入电压电源连接。
J2	VIN_EMI+	用于 EMI 测试的正输入电压电源连接。
J2	VIN_EMI -	用于 EMI 测试的负输入电压电源连接。
J5	VOUT+	正输出电压电源连接。
J5	VOUT -	负输出电压电源连接。

表 2-2. DVM 连接

参考位号	标签	说明
TP1	VIN+	正输入电压检测。
TP2	VIN-	负输入电压检测。
TP3	VOUT+	正输出电压检测。
TP4	VOUT-	负输出电压检测。

表 2-3. J8 跳线

编号	标签	说明
1	VOUT	VOUT 连接。
2	BIAS	BIAS 连接。将 #1 连接至 #2 以从 VOUT 提供外部 BIAS 电源。
3	VCC	VCC 连接。
4	FB	FB 连接。
5	COMP	COMP 连接
6	PG	PGOOD 连接。集电极开路输出通过 100k Ω 上拉电阻器连接到 VCC。
7	ISET	ISET 连接。用于恒流运行的动态电流设置引脚。
8	AGND	接地连接。
9	ILIM/IMON	IMON 连接。电流监测和电流限制编程引脚。
10	AGND	接地连接。
11	EN	ENABLE 输入。将 #10 连接至 #11 以禁用该器件。

表 2-4. J3 跳线

编号	标签	说明
1	AGND	接地连接。
2	FPWM/SYNC	FPWM/SYNC 连接。对于 PFM，将 #1 连接至 #2。对于 FPWM，将 #2 连接至 #3。如果需要，施加外部时钟同步脉冲。
3	VCC	VCC 连接。

表 2-5. J4 跳线

编号	标签	说明
1	VCC	VCC 连接。
2	RT	连接到 RT 电阻器。在 DRSS 初始启动期间，将 #1 连接至 #2。在初始启动期间，将 #2 连接至 #3 以实现固定开关频率运行。
3	AGND	接地连接。

表 2-6. J7 跳线

编号	标签	说明
1	VCC	VCC 连接。
2	FB	FB 连接。将 #1 连接至 #2 以使用内部反馈实现 12V 固定输出。将 #2 连接至 #3 以使用内部反馈实现 5V 固定输出。
3	AGND	接地连接。

表 2-7. J6 跳线

编号	标签	说明
1	TRIM	施加外部电压以动态更改输出调节目标。
2	BODE-	CV 环路响应测量的 50 Ω 注入点。连接到反馈电阻器。
3	BODE+	CV 环路响应测量的 50 Ω 注入点。连接到输出电容器。

2.1.2 测试设备

- **电源**：使用能够提供 0V 至 72V 电压和 10A 电流的输入电压源。
- **电压表 1**：测量 VIN+ 至 VIN- 的输入电压。
- **电压表 2**：测量 VOUT+ 至 VOUT- 的输出电压。
- **电流表 1**：测量输入电流。连接到电源和 VIN+。
- **负载 1**：负载必须是能够进行恒压 (CV) 调节的电子负载。电子负载必须能够在 12V 及更低电压下灌入 10A 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。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。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

使用位于电源端子块附近的 VIN+/TP1 和 VIN-/TP2 测试点以及 VOUT+/TP3、VOUT-/TP4 测试点作为电压监测点，通过连接电压表来分别测量输入和输出电压。**请勿将这些检测端子用作输入电源或输出负载连接点。**连接到这些检测端子的 PCB 迹线不能支持高电流。在向 EVM 供电之前，请确保已在合适的位置放置了 J3、J4、J7 和 J8 跳线。

小心

在高输出电流和高输入电压下长时间运行会使元件温度升高到 55°C 以上。为避免烧伤风险，断开电源后不要立即触摸元件，直到元件充分冷却为止。输入电源和输出电气负载的线规需要至少为 9AWG，且长度不得超过 1 英尺。请拧紧输入和输出端子螺钉，以尽量减少接触电阻。

2.1.3.1 输入接头

1. 在连接输入电源之前，将输入电源的电流限值设置为最大 0.1A。确保输入源最初设置为 0V 并连接到 J1 端子，如图 2-1 所示。
2. 在 VIN+ 和 VIN- 测试点上连接电压表 1 以测量输入电压。
3. 连接电流表 1，以测量输入电流。

2.1.3.2 输出接头

1. 将电子负载连接到 J5。在施加输入电压之前，将负载设置为 CV 模式并设为 15V。
2. 在 VOUT+ 和 VOUT- 测试点上连接电压表 2 以测量输出电压。

2.1.4 测试过程

2.1.4.1 基本测试过程

1. 如前所述设置 EVM。
2. 将负载设置为恒压 (CV) 模式并设置为 15V。
3. 将输入源设置为 48V 并打开。负载电压必须在 12V 调节目标范围内。
4. 将输入电源的电流限值设置为最大 10A。
5. 将负载电压设置为 10V。负载电流必须处于 8A 调节目标范围内。
6. 将负载电压设置为 5V。负载电流必须处于 8A 调节目标范围内。
7. 将负载电压设置为 15V。负载电流必须为 0A。
8. **如果额外的输出电容器或超级电容器连接到输出端，则必须在关闭输入电源之前对额外的输出电容器或超级电容器完全放电。**
9. 关闭输入电源。

3 实现结果

3.1 测试数据和性能曲线

除非另有说明，否则 $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 且 $f_{\text{SW}} = 400\text{kHz}$

3.1.1 效率

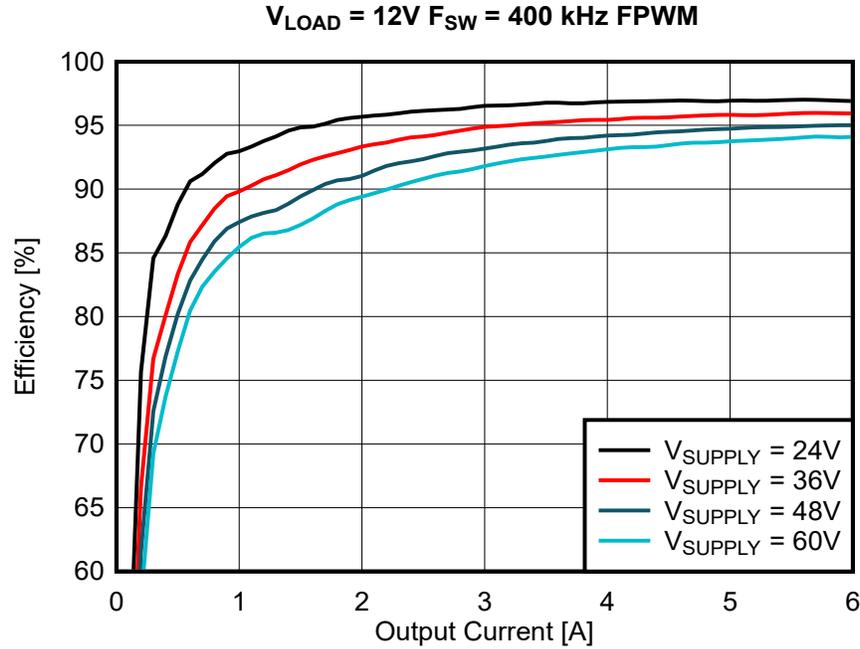


图 3-1. FPWM 模式，线性标度

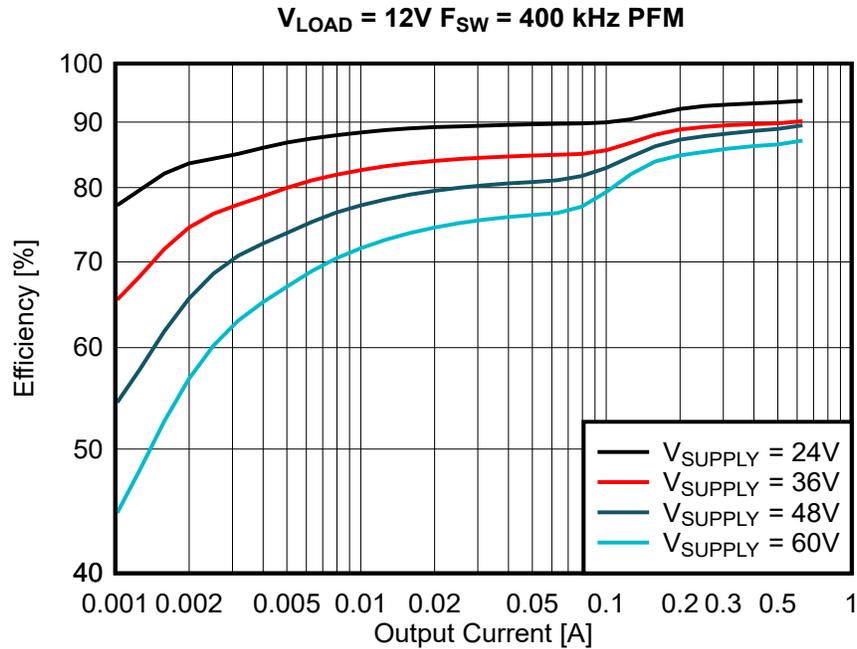


图 3-2. PFM 模式，对数标度

3.1.2 工作波形

3.1.2.1 通过 EN 启动和关断

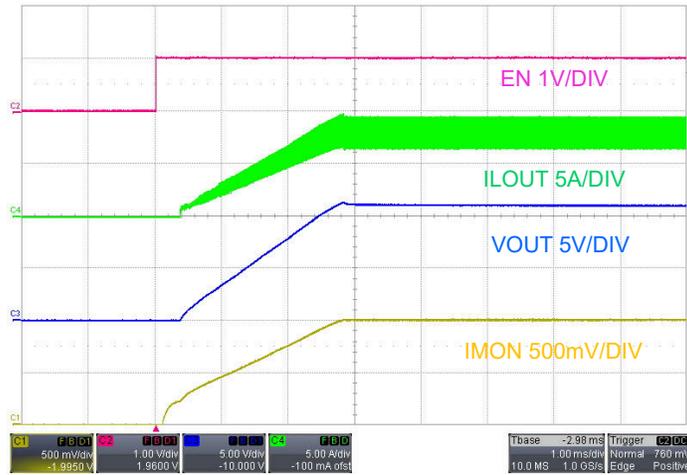


图 3-3. EN 开启, $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 8\text{A}$ 电阻负载

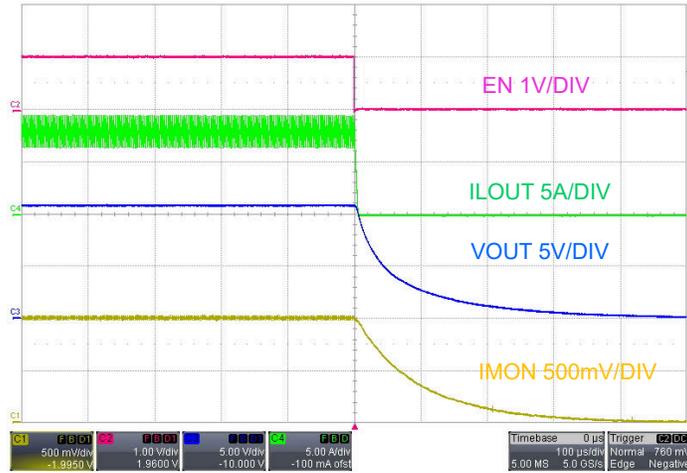


图 3-4. EN 关闭, $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 8\text{A}$ 电阻负载

3.1.2.2 开关



图 3-5. 输出纹波, $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 8\text{A}$



图 3-6. PFM 模式、 $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、 $I_{\text{LOAD}} = 0\text{A}$ 条件下的空载运行

3.1.2.3 负载瞬态 (CV) , ISET 调制 (CC)

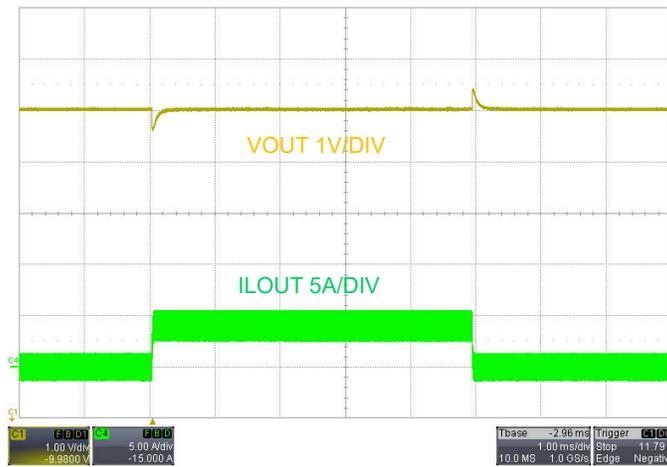


图 3-7. $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、FPWM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

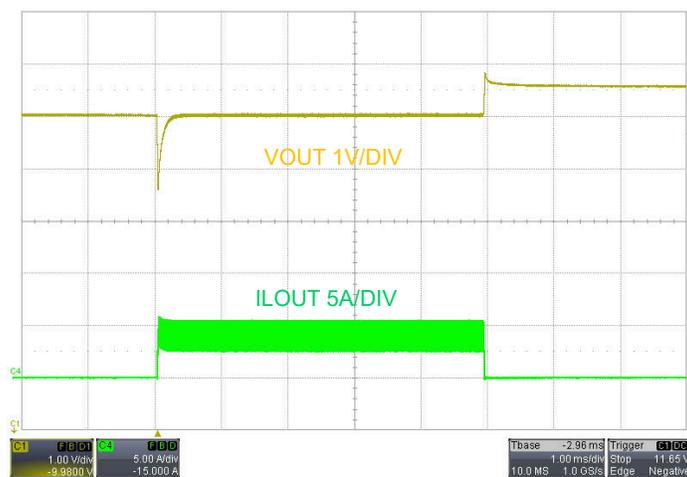


图 3-8. $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、PFM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

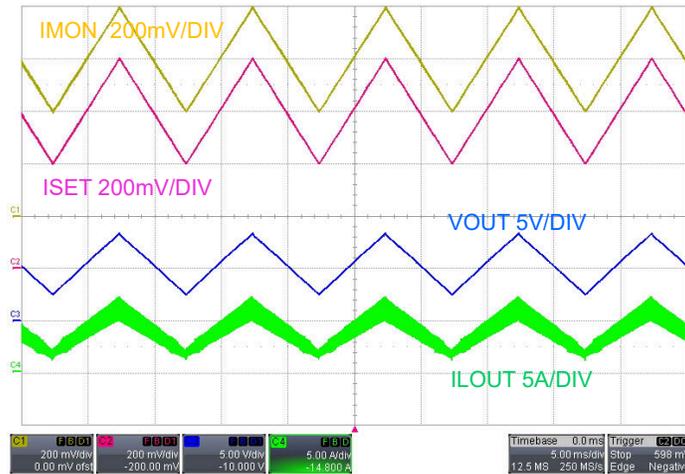


图 3-9. ISET 调制, $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$, $R_{\text{LOAD}} = 1.35\ \Omega$

3.1.3 热性能

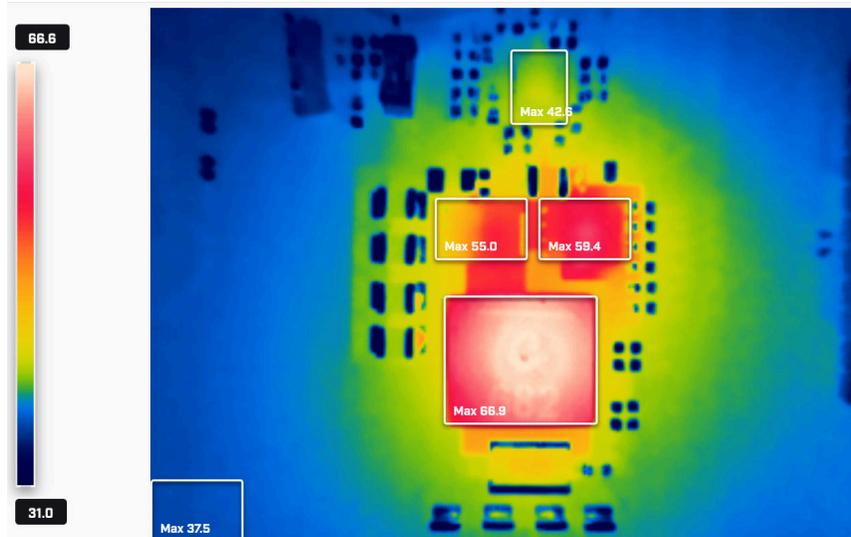


图 3-10. 热性能, $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 8\text{A}$, $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$, 无气流

3.1.4 波特图



图 3-11. 波特图， $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ ， $V_{\text{LOAD}} = 12\text{V}$ ， $I_{\text{LOAD}} = 8\text{A}$

3.1.5 EMI 性能

EMI 测试期间组装的 EMI 滤波器元件 (L2 : MCM-7060M-701-RU)。

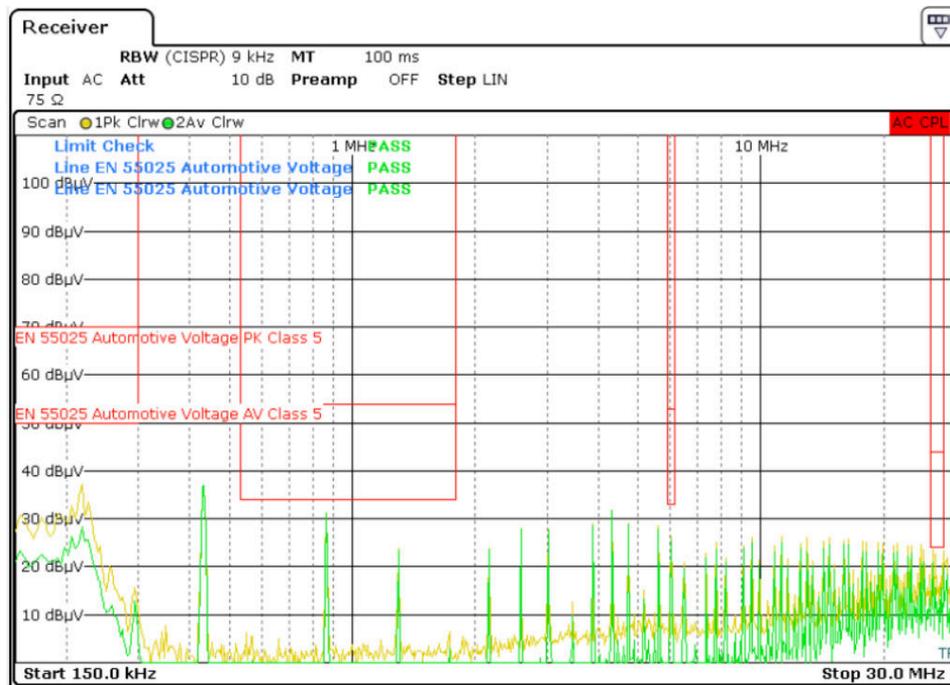


图 3-12. 150kHz 至 30MHz， $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ ， $R_{\text{LOAD}} = 1.5\ \Omega$ ，DRSS 关闭

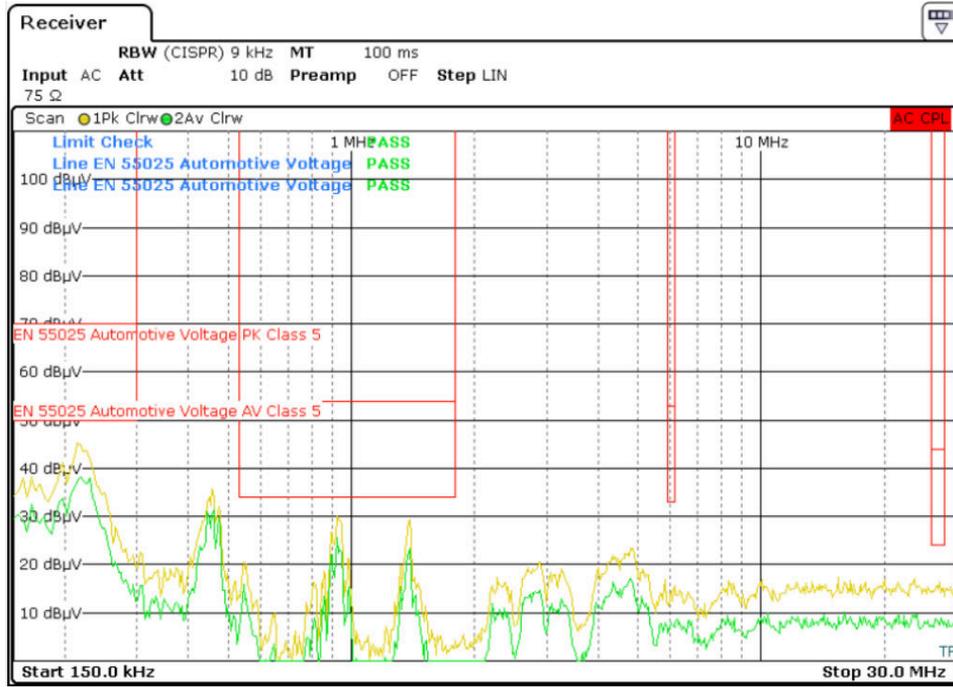


图 3-13. 150kHz 至 30MHz , $V_{SUPPLY} = 48V$, $R_{LOAD} = 1.5 \Omega$, DRSS 开启

4 硬件设计文件

4.1 原理图

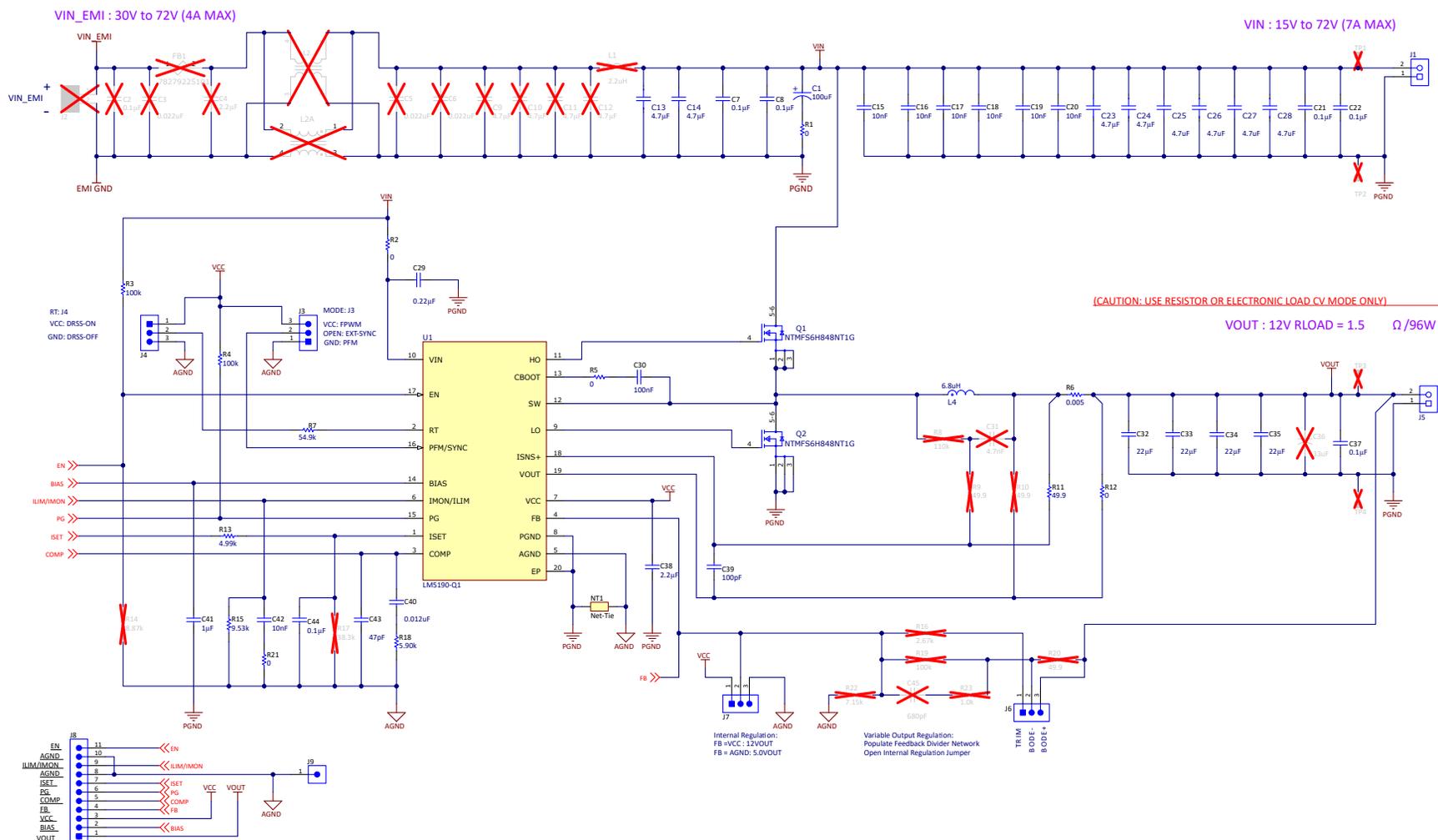


图 4-1. EVM 原理图

4.2 PCB 布局

LM5190 EVM 使用铜厚度为 2oz 的 6 层 PCB。

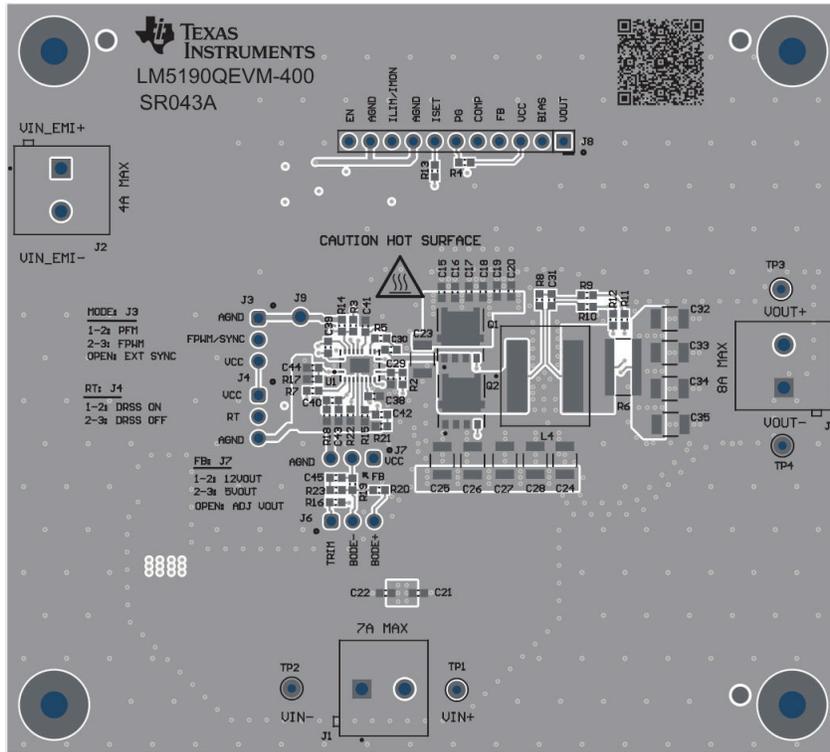


图 4-2. 顶层元件 (顶视图)

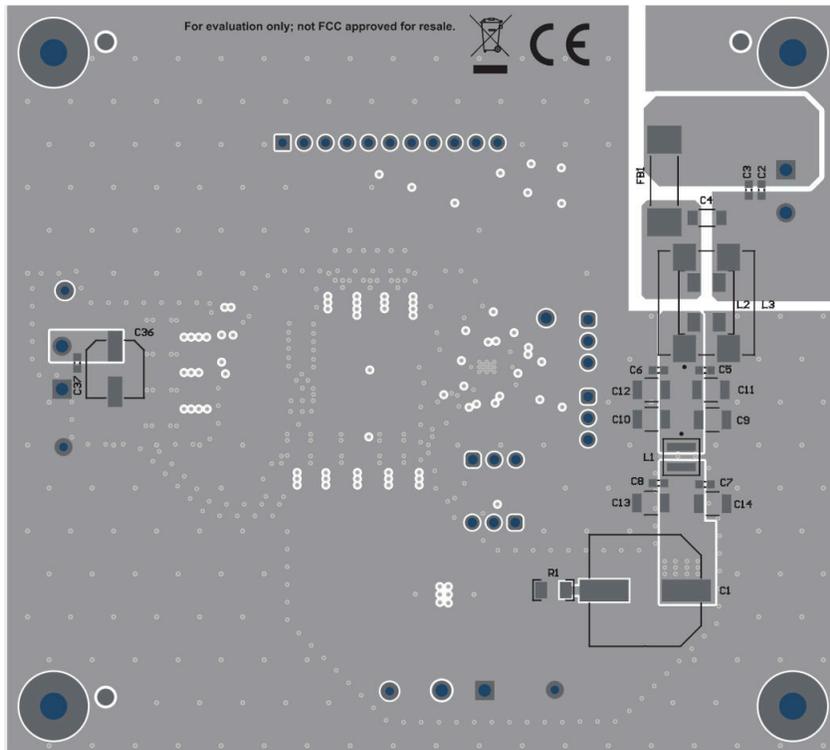


图 4-3. 底部元件 (底视图)

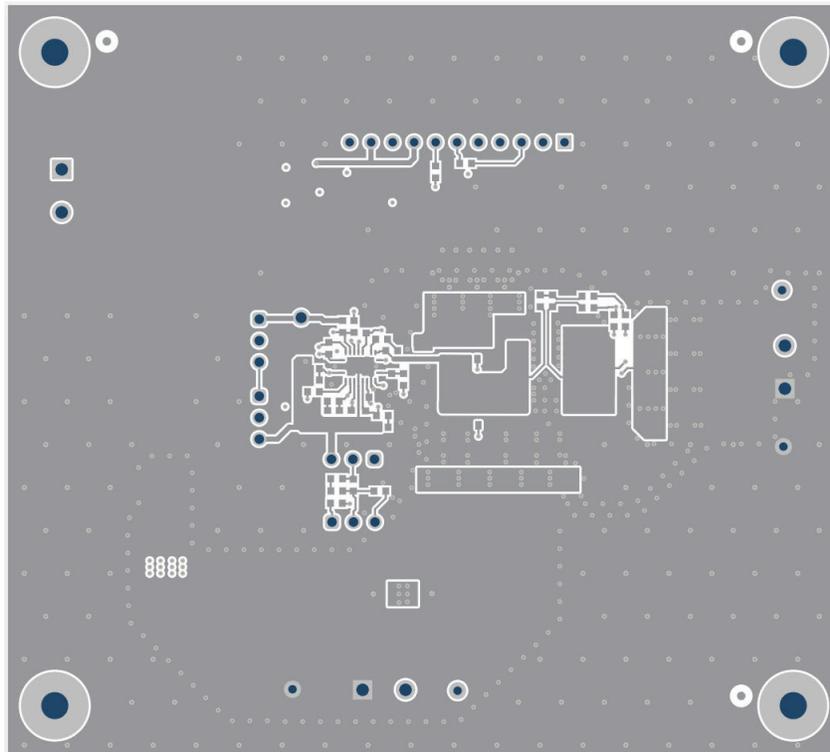


图 4-4. 顶层覆铜 (顶视图)

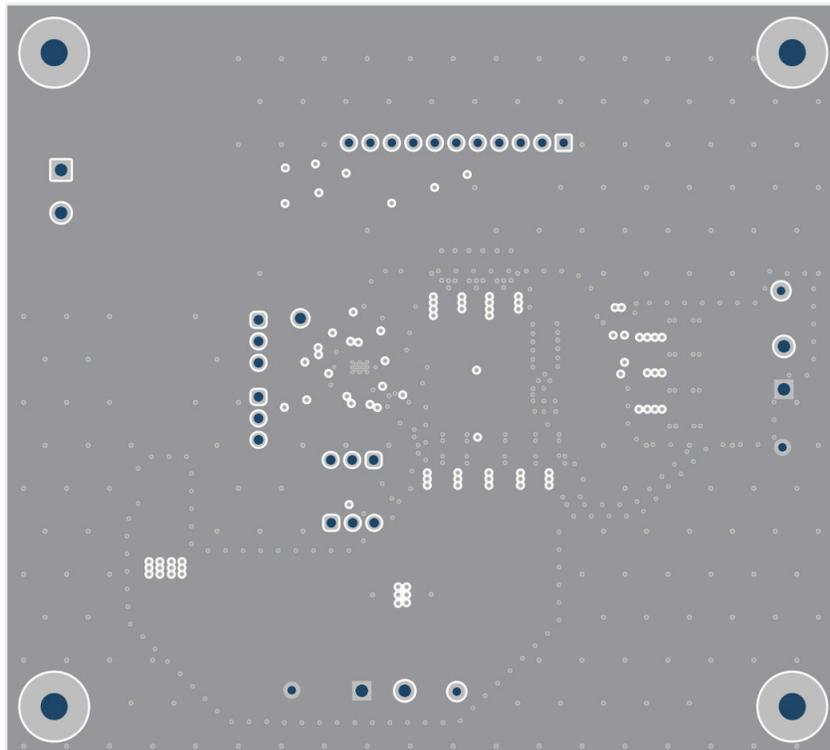


图 4-5. 第 2 层覆铜 (顶视图)

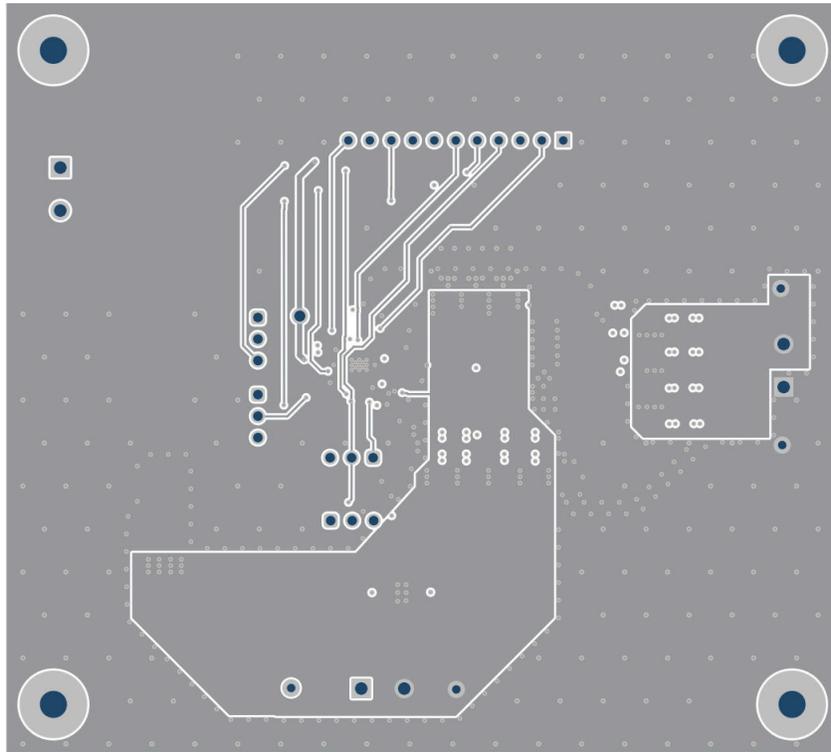


图 4-6. 第 3 层覆铜 (顶视图)

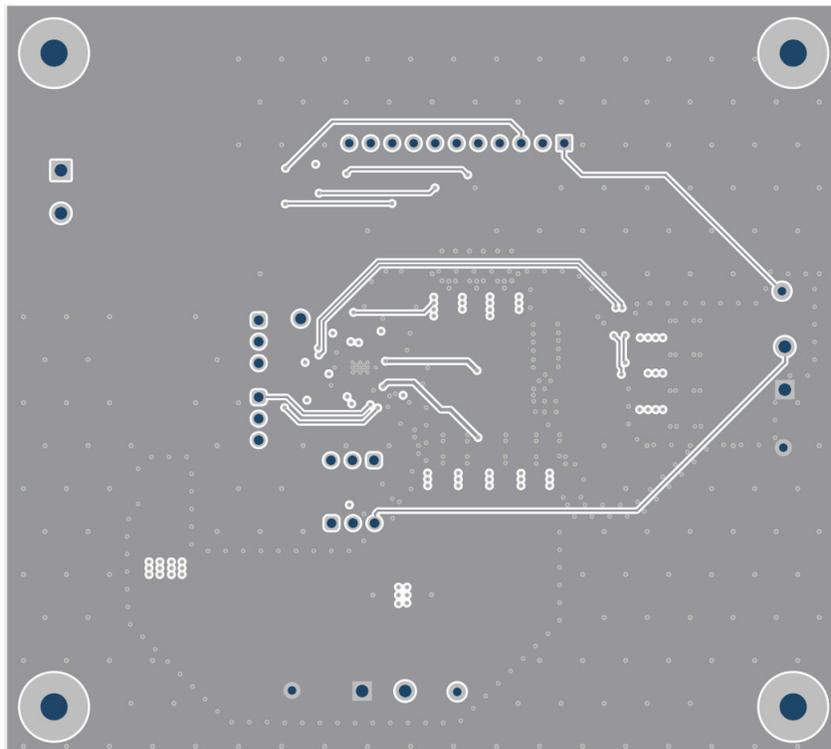


图 4-7. 第 4 层覆铜 (顶视图)

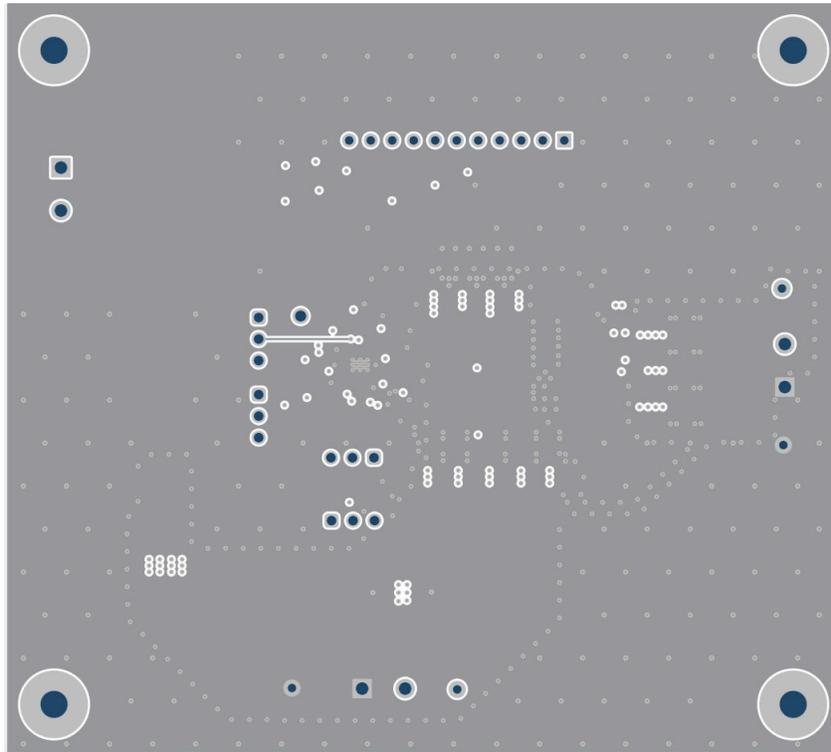


图 4-8. 第 5 层覆铜 (顶视图)

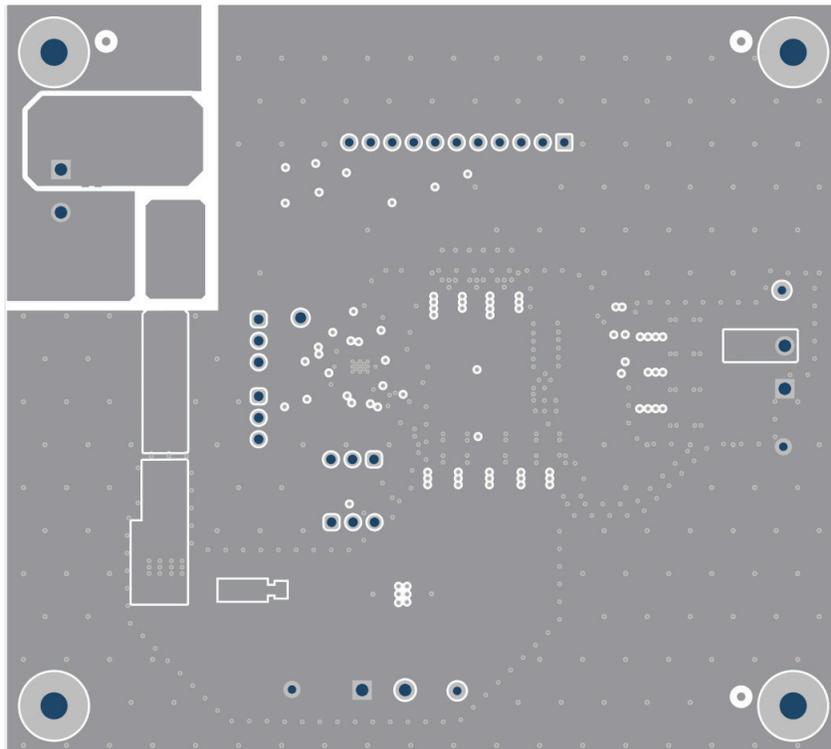


图 4-9. 底层覆铜 (顶视图)

4.3 物料清单

表 4-1. 物料清单

数量	参考位号	说明	器件型号	制造商
1	C1	电容, 铝制, 100uF, 100V, +/-20%, 0.33Ω, SMD	EMVY101ATR101MKE0S	Chemi-Con
7	C7、C8、C21、C22、C30、C37、C44	电容, 陶瓷, 0.1μF, VAC/100VDC, +/-20%, X7R, AEC-Q200 1级, 0603	HMK107B7104MAHT	Taiyo Yuden
8	C13、C14、C23、C24、C25、C26、C27、C28	4.7μF ±10% 100V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	CNC6P1X7R2A475K250AE	TDK
7	C15、C16、C17、C18、C19、C20、C42	电容, 陶瓷, 0.01μF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	885012206114	Würth Elektronik
1	C29	电容, 陶瓷, 0.22μF, 100V, +/-20%, X7S, AEC-Q200 1级, 0603	HMK107C7224MAHTE	Taiyo Yuden
4	C32、C33、C34、C35	电容, 陶瓷, 22μF, 25V, +/-10%, X7R, 1210	C1210C226K3RAC7800	Kemet
1	C38	电容, 陶瓷, 2.2uF, 16V, +/-20%, X7S, AEC-Q200 1级, 0603	CGA3E1X7S1C225M080AC	TDK
1	C39	电容, 陶瓷, 100pF, 100V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C2A101JA01D	MuRata
1	C40	电容, 陶瓷, 0.012UF, 25V, C0G/NP0, 0603	C0603C123J3GACTU	Kemet
1	C41	电容, 陶瓷, 1 μF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	06033C105KAT2A	AVX
1	C43	电容, 陶瓷, 47pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 0级, 0603	CGA3E2NP01H470J080AA	TDK
4	H1、H2、H3、H4	机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
4	H5、H6、H7、H8	六角螺柱, 1"L #4-40 尼龙	1902E	Keystone
2	J1、J5	2位, 线至板, 端子块, 与板齐平, 0.200" (5.08mm), 穿孔	691253510002	Würth Electronics
4	J3、J4、J6、J7	接头, 2.54mm, 3x1, 金, TH	61300311121	Würth Electronics
1	J8	接头, 100mil, 11x1, 镀金, TH	TSW-111-07-G-S	Samtec
1	J9	测试点	1040	Keystone
1	L4	6.8μH 屏蔽模压电感器 14.8A 12.5mΩ 最大非标准值	XGL1060-682MEC	Coilcraft
2	Q1、Q2	N 沟道 80V 13A (Ta)、57A (Tc) 3.7W (Ta)、73W (Tc) 表面贴装 5-DFN (5x6) (8-SOFL)	NTMFS6H848NT1G	onsemi
1	R1	电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0级, 1206	RCA12060000ZSEA	Vishay-Dale
4	R2、R5、R12、R21	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-070RL	Yageo
2	R3、R4	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
1	R6	电阻, 0.005, 1%, 2W, 2512 宽	FCSL64R005FER	Ohmite
1	R7	电阻, 54.9k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0754K9L	Yageo
1	R11	电阻, 49.9, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0级, 0603	ERJ-3EKF49R9V	Panasonic
1	R13	电阻, 4.99k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-074K99L	Yageo
1	R15	电阻, 9.53k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-079K53L	Yageo
1	R18	电阻, 5.90k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-075K9L	Yageo
4	SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4	单操作 2.54mm 间距开顶跳线插座	M7582-05	Harwin
1	U1	具有恒流恒压调节功能的 80V 同步降压控制器	LM5190-Q1	德州仪器 (TI)

5 其他信息

5.1 商标

PowerPAD™ is a trademark of Texas Instruments.

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 器件和文档支持

6.1 器件支持

6.1.1 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](#)。

6.2 文档支持

6.2.1 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](#) 模拟应用期刊
- 德州仪器 (TI)，[AN-2162：轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题](#) 应用报告
- 白皮书：
 - 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](#)
 - 德州仪器 (TI)，[电源的传导 EMI 规格概述](#)
 - 德州仪器 (TI)，[电源的辐射 EMI 规格概述](#)

6.2.1.1 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](#)

6.2.1.2 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
- [“使用新的热指标”](#) 应用报告

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 * (June 2024) to Revision A (November 2024)	Page
• 更新了电路板图像.....	1
• 将图 3-2 中的 V_{SUPPLY} 更改为 V_{LOAD}	6
• 添加了 EMI 滤波器信息.....	10

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