

EVM User's Guide: LM72880QEVM-400

带 I2C 评估模块的 LM72880-Q1 CC-CV 降压转换器



说明

LM72880QEVM-400 评估模块 (EVM) 是一款同步降压直流/直流稳压器，能够通过 I2C 接口进行恒流恒压 (CC-CV) 调节。该 EVM 在 24V 至 70V (J4 VIN 端子处) 的宽输入电压范围内工作，可在 CC 模式下提供最高 5A，在 CV 模式下提供最高 20V。平均电感器电流限制和输出电压的调节目标可通过 I2C 进行编程。自由运行开关频率也可通过 I2C 编程，可与频率更高或更低的外部时钟信号同步。

开始使用

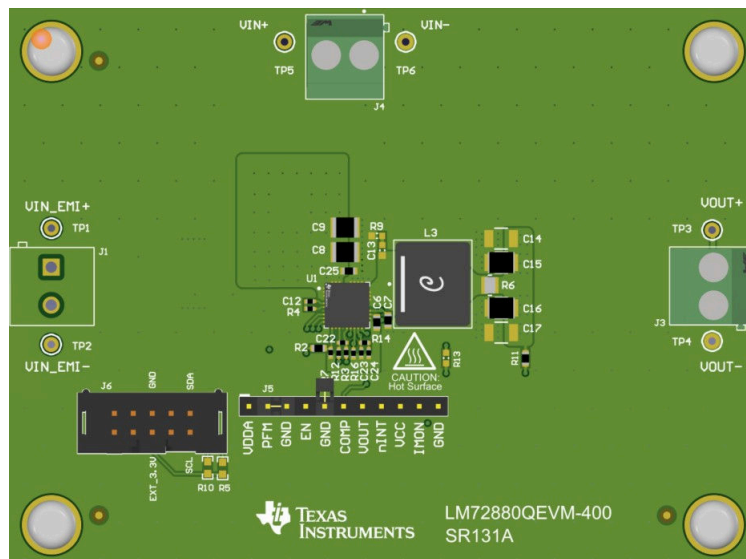
1. 将 EVM 连接到电源和负载。
2. 将 **USB2ANY** 适配器连接到 EVM 和 PC。
3. 启动 **产品文件夹** 中的配置 GUI。

特性

- 输入电压工作范围：24V 至 70V
- 可编程输出电压高达 20V，并具有可编程电缆压降补偿 (CDC)
- 可编程平均电流限制高达 5A
- 可编程输出电压压摆率为
- 可编程软启动时间
- 可选有源输出放电
- 可选展频
- 可编程开关模式 (FPWM 或 PFM)
- 98.2% 的峰值满负载效率
- 具有断续模式保护功能的峰值电流限制
- 可编程 OVP 阈值
- 可编程 UV/OV 警告阈值
- 使用上拉电阻器连接到 VDDA 的 nINT 指示器
- 采用 6 层 2oz PCB 的高效散热布局

应用

- 汽车电子系统
- 信息娱乐系统与仪表组
- 汽车 USB 充电



LM72880QEVM-400

1 评估模块概述

1.1 简介

LM72880QEVM-400 是一款具有恒流恒压 (CC-CV) 调节功能和 I2C 接口的同步直流/直流降压稳压器。该 EVM 在 24V 至 70V (VIN 端子) 的输入电压范围内工作, 可在 CC 模式下提供 5A (最大) 的稳定电流, 在 CV 模式下提供 20V (最大高) 的稳定电压。平均电感器电流限制和输出电压的调节目标可通过 I2C 进行编程。默认情况下, 输出电压预编程为 5V, 平均电感器电流限制预编程为 0.5A, 自由运行频率预编程为 400kHz。

该 EVM 具有电缆压降补偿、展频、可选 FPWM/OVP、有源输出放电、输出压摆率控制、软启动、PFM 以及具有断续模式保护功能的峰值电流限制。EVM 的设计开关频率为 400kHz。

1.2 套件内容

- 一个 LM72880QEVM-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 [LM72880-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	24	48	70	V
输入电流, I_{SUPPLY}				5	A
输入电流, 空载	PFM, BIAS_EN = 0, EN = VIN, V_{LOAD} = 20V, R7 已删除, 无 I2C 通信	V_{SUPPLY} = 24V	116		μ A
		V_{SUPPLY} = 36V	116		
		V_{SUPPLY} = 48V	117		
		V_{SUPPLY} = 60V	119		
输出特性					
额定输出电压 V_{LOAD}	CV 模式		20		V
平均电感器电流, I_{LOUT}	CC 模式	0.5		5	A
系统特性					
开关频率 f_{SW}			400		kHz
满负载效率	I_{LOAD} = 5A	V_{SUPPLY} = 24V	98.2%		
		V_{SUPPLY} = 36V	97.7%		
		V_{SUPPLY} = 48V	97.1%		
		V_{SUPPLY} = 60V	96.6%		

1.4 器件信息

表 1-2. 具有集成 CC-CV 控制和 I2C 接口的 LM72xx0(-Q1) 同步降压稳压器系列

直流/直流	最大 VIN	输出范围	最大 IOUT	汽车认证
LM72630-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 24V	3A	AEC-Q100 Grade1
LM72650-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 24V	5A	AEC-Q100 Grade1
LM72680-Q1	70V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	AEC-Q100 Grade1
LM72880-Q1	80V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	AEC-Q100 Grade1
LM72880	80V	1V - 24V / 3.3V - 48V	5A/8A	—

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。

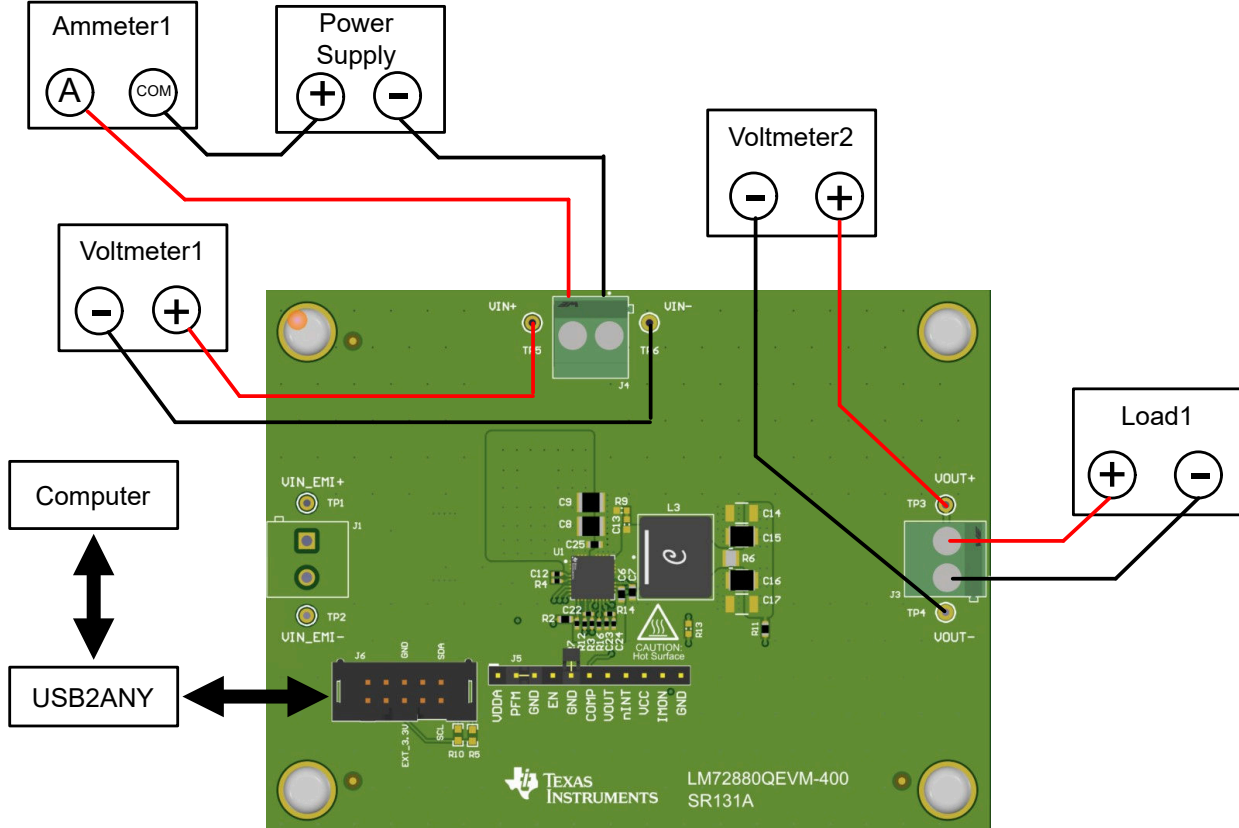


图 2-1. EVM 测试设置



表 2-1. 电源连接

参考位号	标签	说明
J4	VIN+	正输入电压电源连接
J4	VIN-	负输入电压电源连接
J1	VIN_EMI+	用于 EMI 测试的正输入电压电源连接
J1	VIN_EMI -	用于 EMI 测试的负输入电压电源连接
J3	VOUT+	正输出电压电源连接
J3	VOUT -	负输出电压电源连接

表 2-2. DVM 连接

参考位号	标签	说明
TP5	VIN+	正输入电压检测
TP6	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. J5 跳线

编号	标签	说明
1	VDDA	VDDA 连接
2	PFM	PFM / FPWM 模式选择和同步输入引脚
3	GND	接地连接
4	EN	使能输入。将该引脚连接至 GND 以禁用该器件
5	GND	接地连接
6	COMP	外部补偿引脚
7	VOUT	VOUT 连接引脚
8	nINT	中断指示器引脚。开漏输出通过 100k Ω 上拉电阻器连接到 VDDA。
9	VCC	VCC 连接
10	IMON	IMON 连接。电流监控引脚。在启动期间将该引脚保持悬空状态。
11	GND	接地连接

表 2-4. J6 跳线

编号	标签	说明
1、2、3、4、 7、8	NC	无连接引脚
5	EXT-3.3V	从 USB2ANY 连接到外部 3.3V
6	GND	接地连接
9	SCL	I2C 时钟引脚
10	SDA	I2C 数据引脚

2.1.2 测试设备

- **电源**：使用能够提供 0V 至 70V 电压和 7A 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) 和恒流 (CC) 调节的电子负载。电子负载必须能够在 20V 及更低电压下灌入 8A 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+/TP5 和 VIN- /TP6 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 J5 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 输入连接

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 J4 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 J3。在施加输入电压之前，将负载设置为 CV 模式并设为 22V。
2. 在 VOUT+ 和 VOUT- 测试点上连接电压表 2 以测量输出电压。

2.1.3.3 I2C 连接

1. 将 10 引脚带状电缆插入 USB2ANY 和 J6。
2. 将 USB mini-B 连接器插入 USB2ANY 和计算机。

2.1.4 测试程序

2.1.4.1 图形用户界面 (GUI)

2.1.4.1.1 快速概览

首先，使用 USB mini-B 连接器将 USB2ANY 适配器连接到计算机，使用 10 引脚带状电缆将 USB2ANY 适配器连接到 EVM，将电源和负载连接到 EVM，为 EVM 上电，然后启动配置 GUI。

GUI 会自动连接到 EVM，但如果未连接，则在 GUI 底部的状态栏中点击 **重新连接** 按钮以连接到 EVM。

Device Not Connected

✘ LM726x0, LM72880

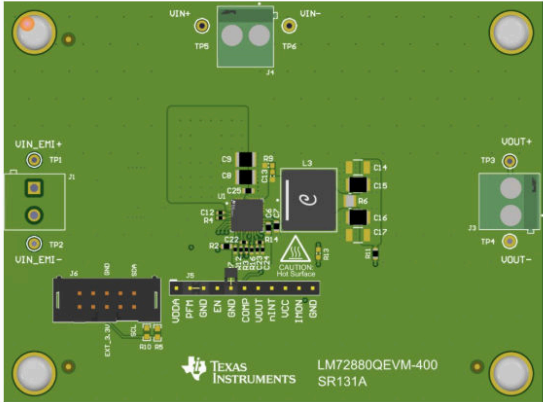
The LM726x0 and LM72880 are ultra-low IQ, synchronous buck converters with constant-current constant-voltage (CC-CV) regulation and I2C interface.

STEP1: I2C Interface Configuration →

STEP2: VOUT Programming and Cable Drop Compensation (CDC) →

STEP3: Evaluation →

✎ Register Map >



Featured Functionalities

- ✔ Dynamic Voltage Scaling (DVS)
- ✔ Dynamic Current Limiting
- ✔ Cable Drop Compensation (CDC)
- ✔ Active Output Discharge
- ✔ Over-voltage Program
- ✔ Fault Indicator
- ✔ Status Monitor
- ✔ Device Configuration (Fsw, DRSS, Tss, Hiccup protection, PFM/FPWM)

AVAILABLE SOON
User Guide

AVAILABLE SOON
Datasheets

E2E Forum

Hardware not Connected. Please plug your Target Device into your computer's USB port, and click the Connect icon at left.

图 2-2. 开始使用

在对器件进行编程之前，完成第 1 步中的 I2C 接口配置。选择 **LM72880** 作为 GPN，选择 **8m Ω** 作为检测电阻值。该器件支持标准，快速和快速 + 模式，但 GUI 仅支持标准和快速模式。请选择标准模式作为起点。使能 USB2ANY 适配器内部的上拉电阻，然后点击 **配置 USB2ANY** 按钮。选择 **0x6A** 作为 I2C 目标地址，然后点击 **连接到 EVM** 按钮。

图 2-3. 第 1 步 : I2C 接口配置

在第 2 步中，将 VOUT 调节目标编程为将 20V 作为起点，并根据需要对电缆补偿增益进行编程。

图 2-4. 第 2 步 : VOUT 编程和 CDC

在第 3 步中对其余参数进行编程，包括开关频率、展频、CC 模式调节目标、OVP、PGOOD、DVS 和 VOUT 放电。将 CC 模式调节目标编程为 5A，并将开关频率编程为将 400kHz 作为起点。器件编程完成后，可以根据需要通过切换 **使能转换器** 的切换按钮来使能转换器。

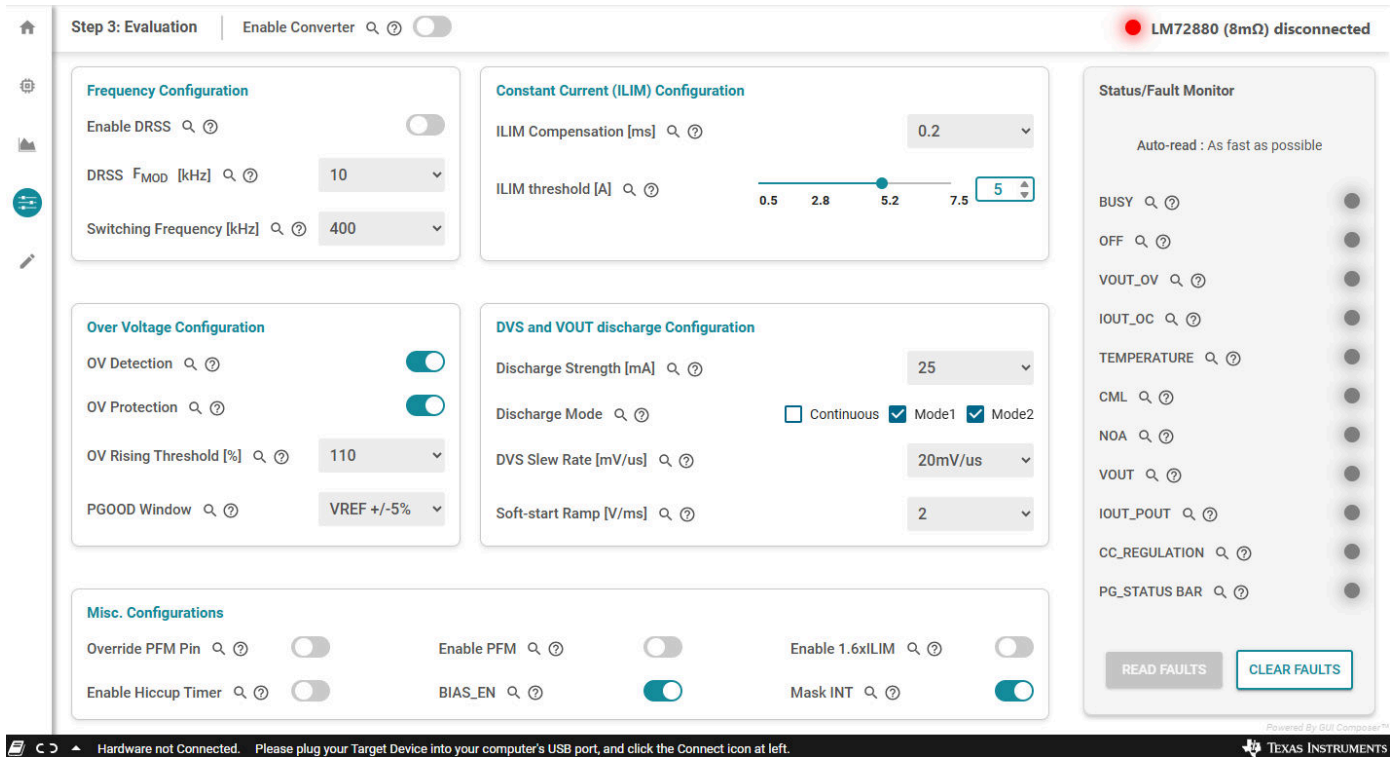


图 2-5. 第 3 步：评估

每个 I2C 寄存器和位都可以在寄存器映射中进行监控或编程。如果熟悉器件操作和 I2C 接口，请直接对 I2C 寄存器映射进行编程。

The screenshot shows the Register Map tool interface. The main table lists registers under 'Control Registers' and 'Status Registers'. The 'OPERATION' register (Address 0x01, Value 0x0000) is highlighted. Its bit fields are shown in a grid with columns 15 to 0. The 'FIELD VIEW' panel on the right shows the 'CONV_EN' bit field set to 'Disabled'.

Register Name	Address	Value	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
OPERATION	0x01	0x0000										0	-	-	-	-	-	-
CLEAR_FAULTS	0x03	0x0000										0	0	0	0	0	0	0
VOUT	0x21	0x00FA	-	-	-	-	0	0	0	0					1	1	0	
MFG_DEVICE_CFG_D0	0xD0	0x000A										0	0	0	0	1	0	1
MFG_DEVICE_CFG_D1	0xD1	0x008A										1	0	0	0	1	0	1
MFG_DEVICE_CFG_D2	0xD2	0x00CB										1	1	0	0	1	0	1
MFG_DEVICE_CFG_D5	0xD5	0x0065										-	1	1	0	0	1	0
MFG_DEVICE_CFG_D8	0xD8	0x00CA										1	1	0	0	1	0	1
MFG_DEVICE_CFG_D9	0xD9	0x0000										0	0	0	0	0	0	0
STATUS_BYTE	0x78	0x0000										0	0	0	0	-	0	0
STATUS_WORD	0x79	0x0000	0	0	0	-	0	0	-	-	-	0	0	0	0	-	0	0

图 2-6. 寄存器映射

2.1.4.2 基本测试过程

1. 如前所述，设置 EVM、USB2ANY 和配置 GUI。请勿使能转换器。
2. 将负载设置为恒压 (CV) 模式并设置为 22V。
3. 将输入电源的电流限值设置为最大 0.1A。
4. 将输入源设置为 48V 并打开。
5. 通过 I2C 使能转换器。负载电压必须在 20V 调节目标范围内。
6. 将输入电源的电流限值设置为最大 7A。
7. 将负载电压设置为 19V。负载电流必须处于 5A 调节目标范围内。
8. 将负载电压设置为 12V。负载电流必须处于 5A 调节目标范围内。
9. 将负载电压设置为 22V。负载电压必须处于 20V 调节目标范围内，负载电流必须为 0A。
10. 通过 I2C 禁用转换器。
11. 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

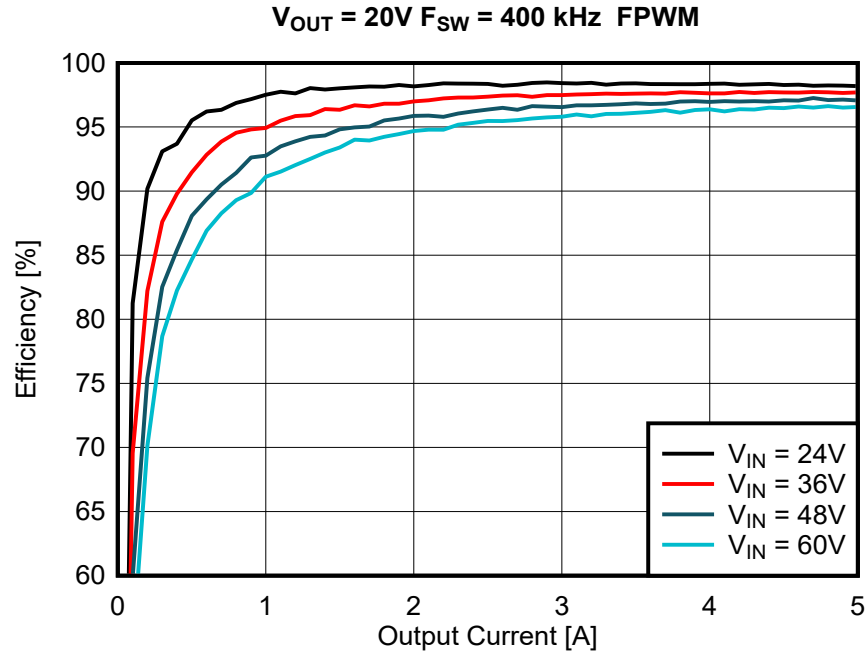


图 3-1. FPWM 模式，线性标度

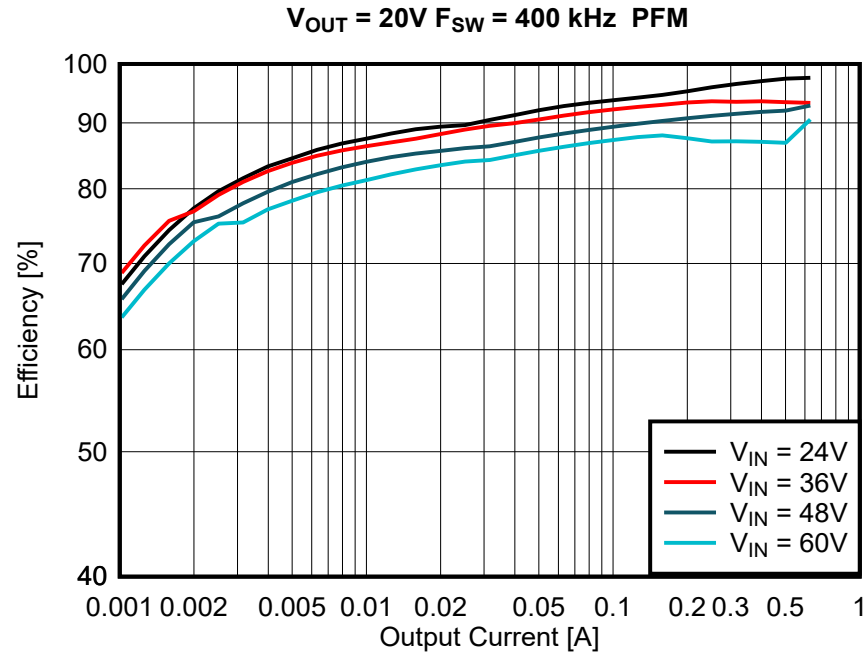


图 3-2. PFM 模式，对数标度

3.1.2 工作波形

3.1.2.1 启动和关断

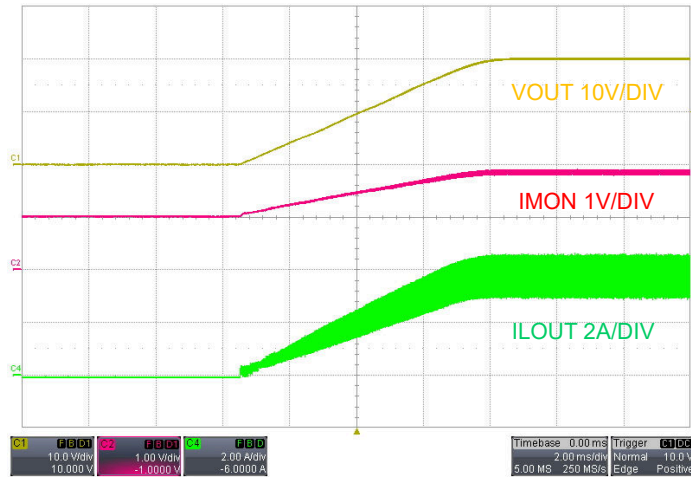


图 3-3. $V_{SUPPLY} = 48V$, $I_{LOAD} = 4A$ 电阻负载

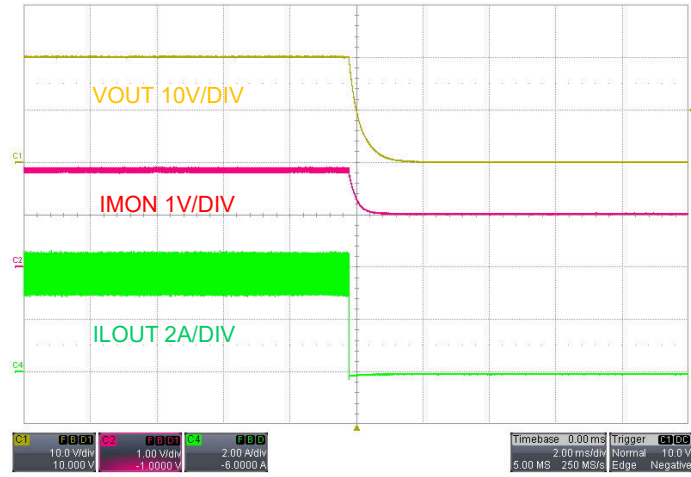


图 3-4. $V_{SUPPLY} = 48V$, $I_{LOAD} = 4A$ 电阻负载

3.1.2.2 开关

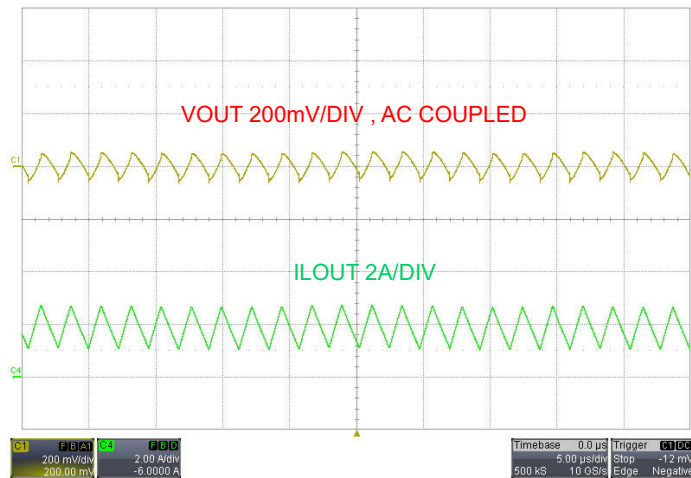


图 3-5. 输出纹波 , $V_{SUPPLY} = 48V$, $I_{LOAD} = 2A$

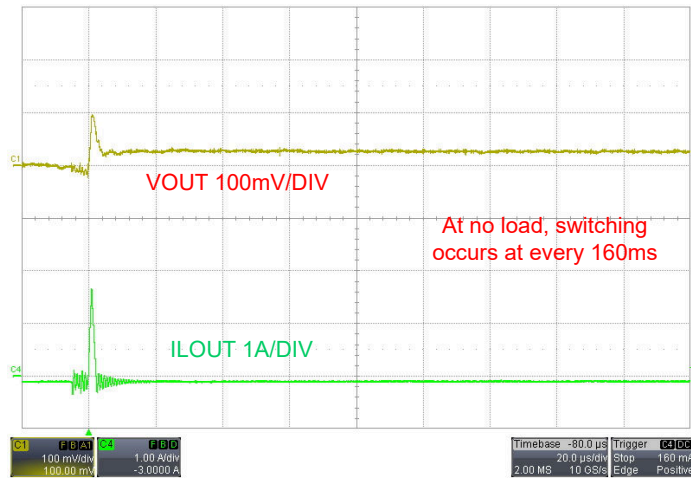


图 3-6. PFM 模式、 $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、 $I_{\text{LOAD}} = 0\text{A}$ 条件下的空载运行

3.1.2.3 负载瞬态 (CV) , ISET 调制 (CC)

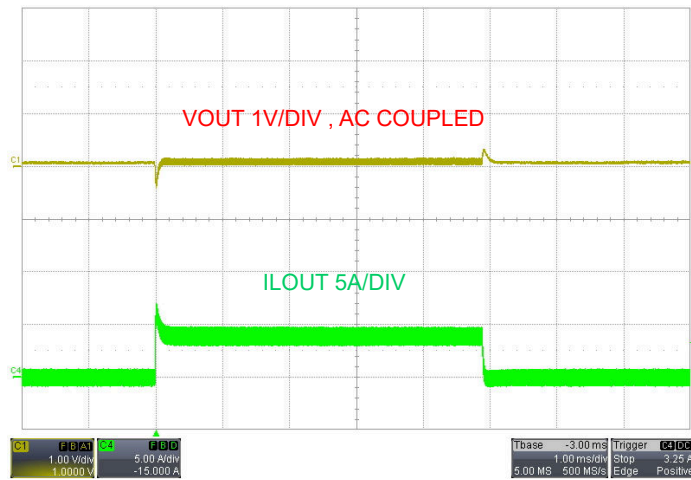


图 3-7. $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、FPWM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

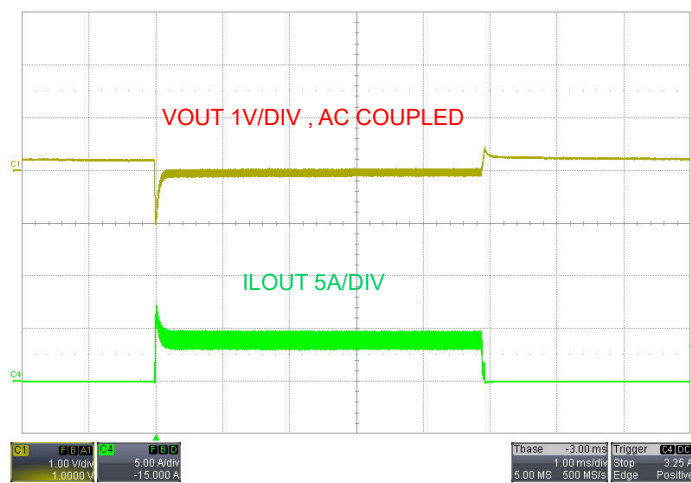


图 3-8. $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ 、PFM、从 0A 变为 4A 时的负载瞬态响应

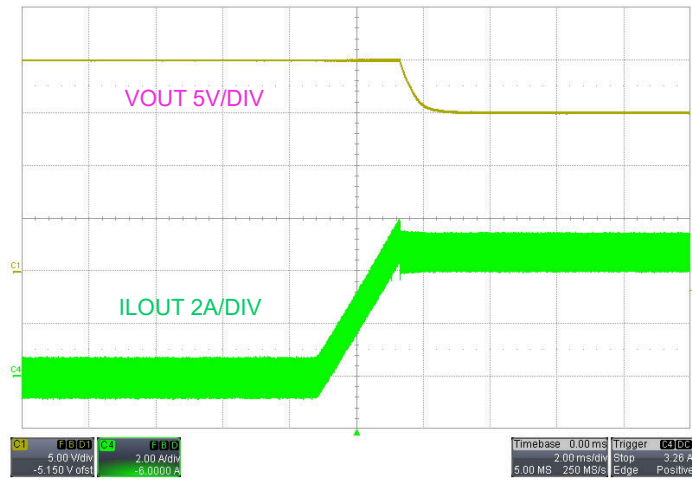


图 3-9. CV 至 CC 模式转换， $V_{\text{SUPPLY}} = 48\text{V}$ ， $V_{\text{LOAD}} = 20\text{V}$ 至 15V

4 硬件设计文件

4.1 原理图

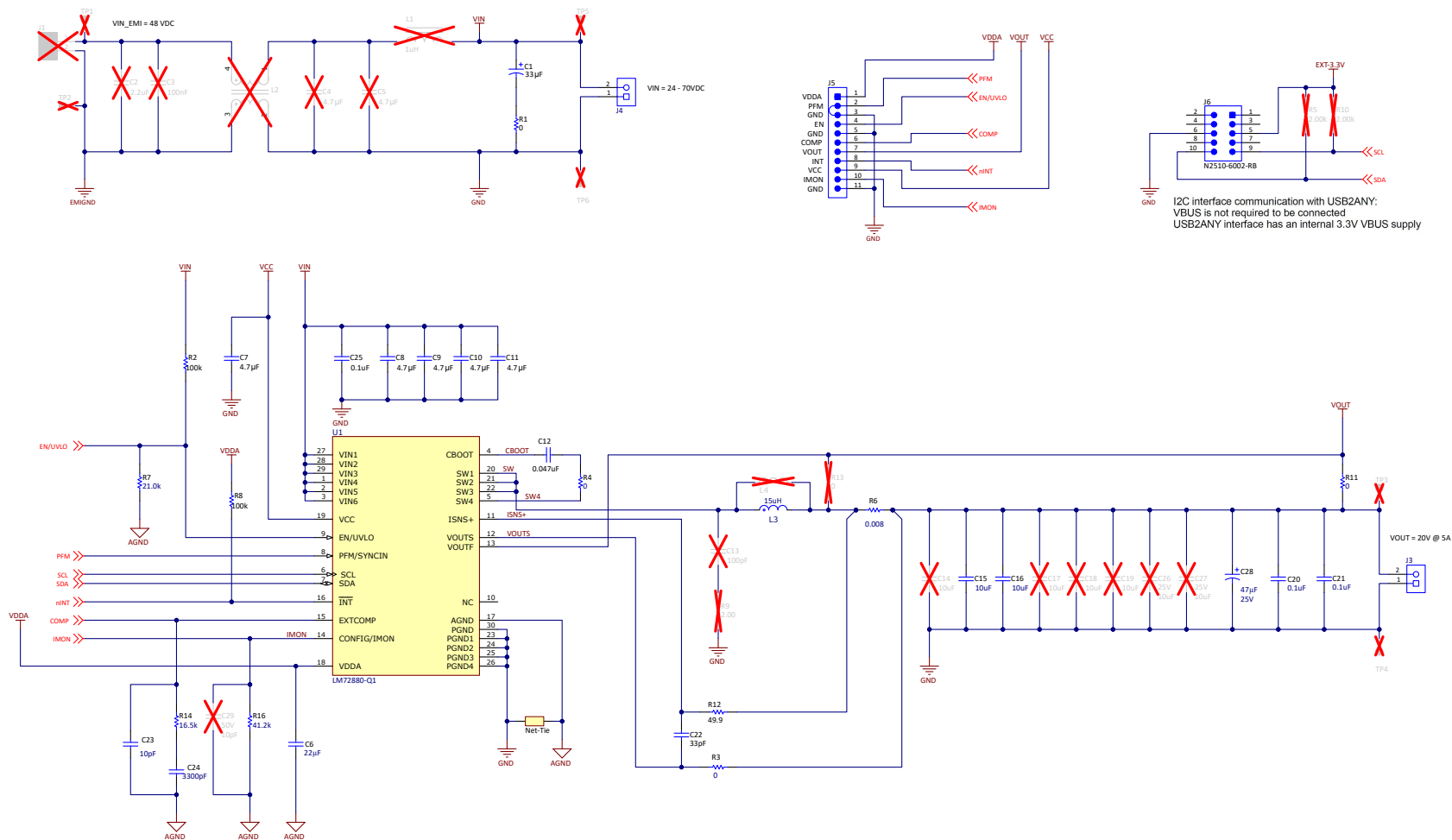


图 4-1. EVM 原理图

4.2 PCB 布局

LM72880QEV-400 使用铜厚度为 2oz 的 6 层 PCB。

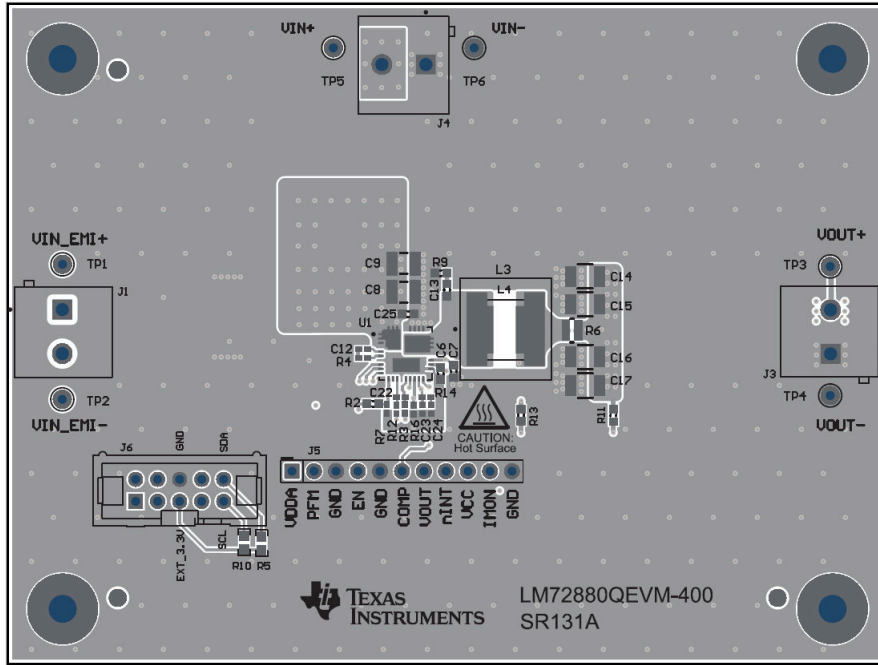


图 4-2. 顶层元件 (顶视图)

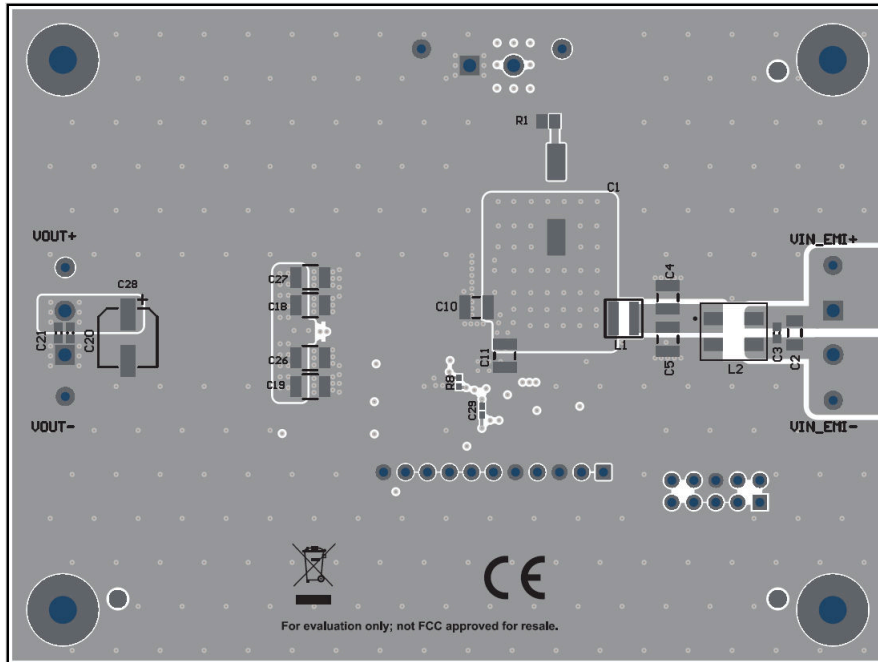


图 4-3. 底部元件 (底视图)

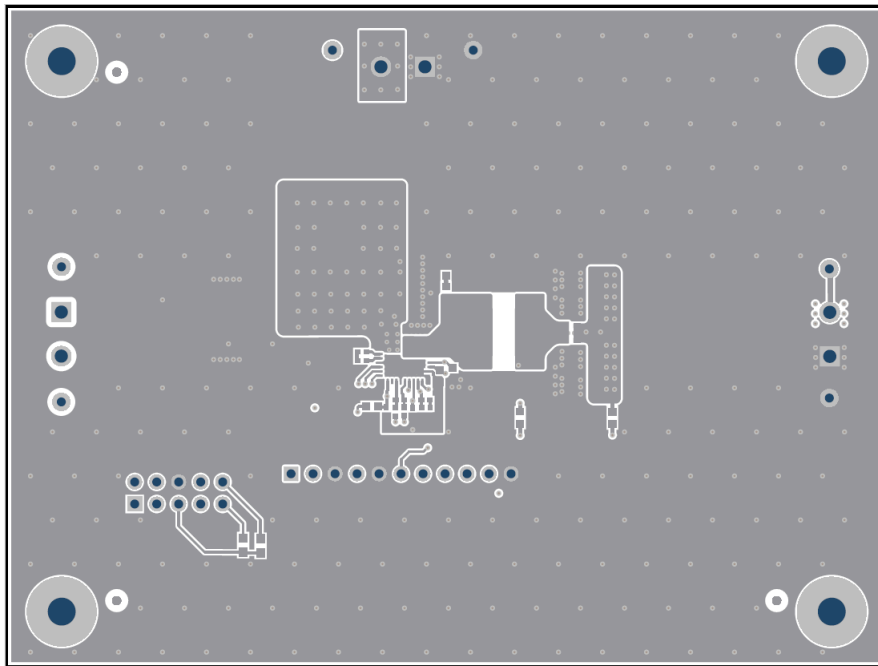


图 4-4. 顶层覆铜 (顶视图)

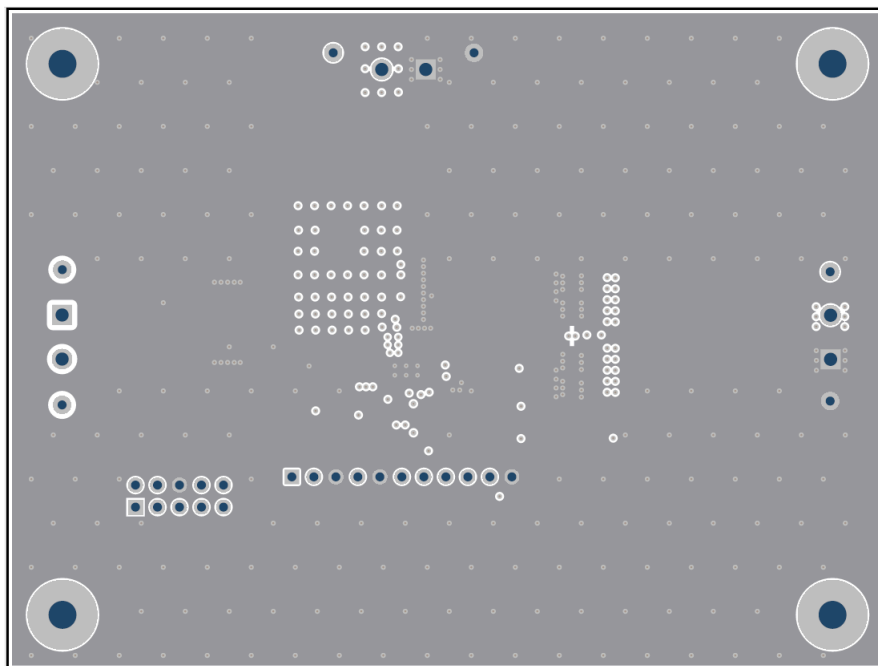


图 4-5. 第 2 层覆铜 (顶视图)

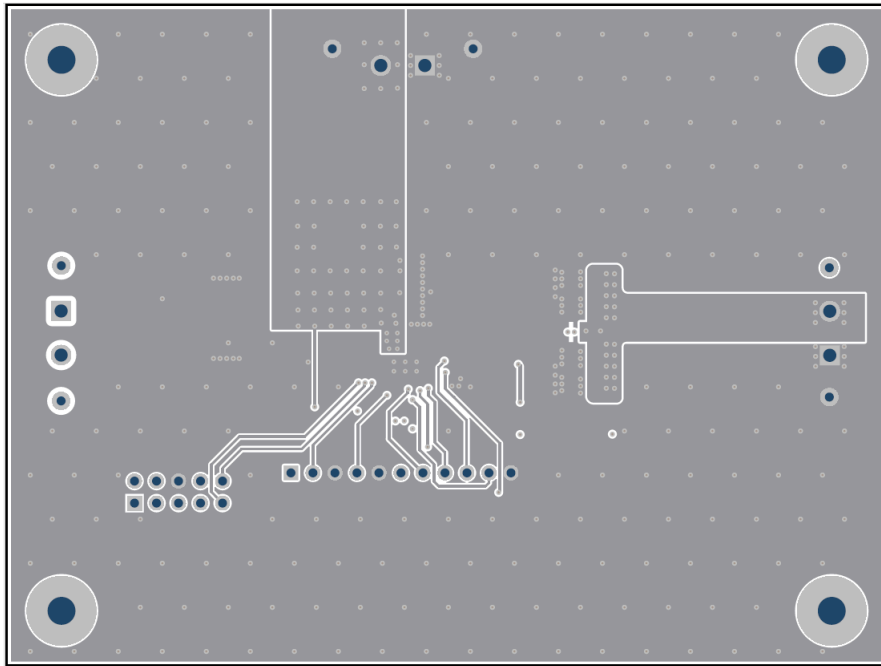


图 4-6. 第 3 层覆铜 (顶视图)

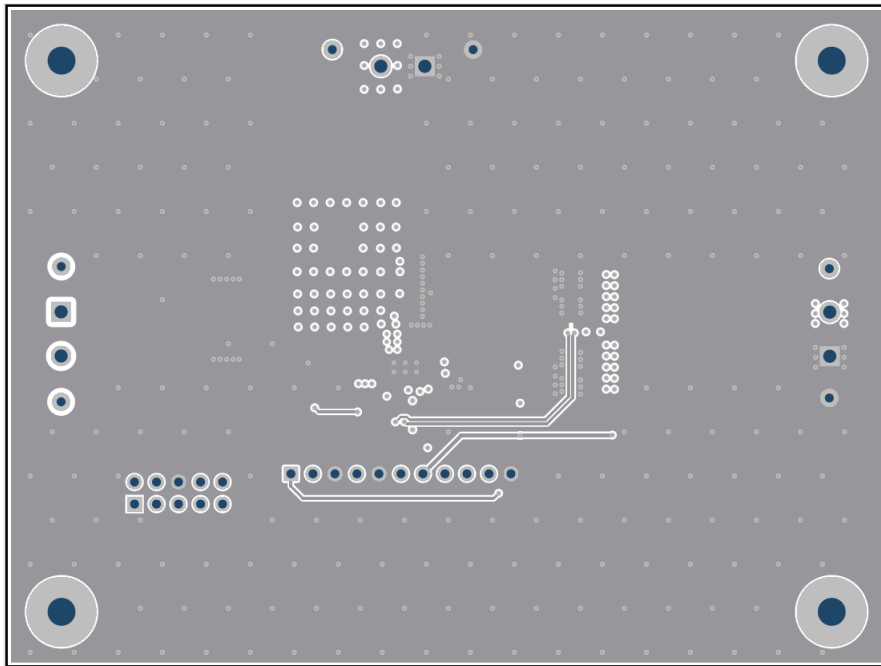


图 4-7. 第 4 层覆铜 (顶视图)

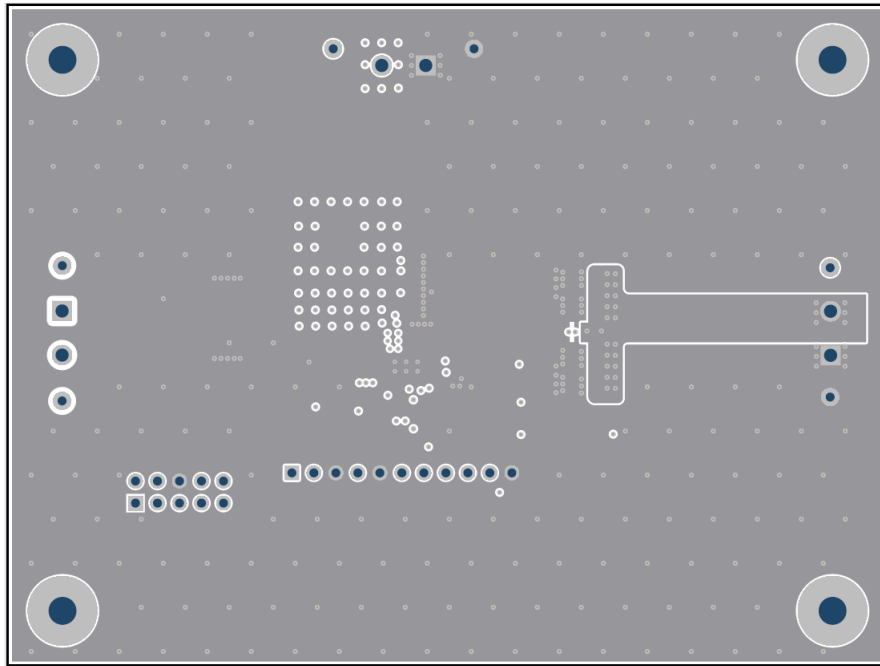


图 4-8. 第 5 层覆铜 (顶视图)

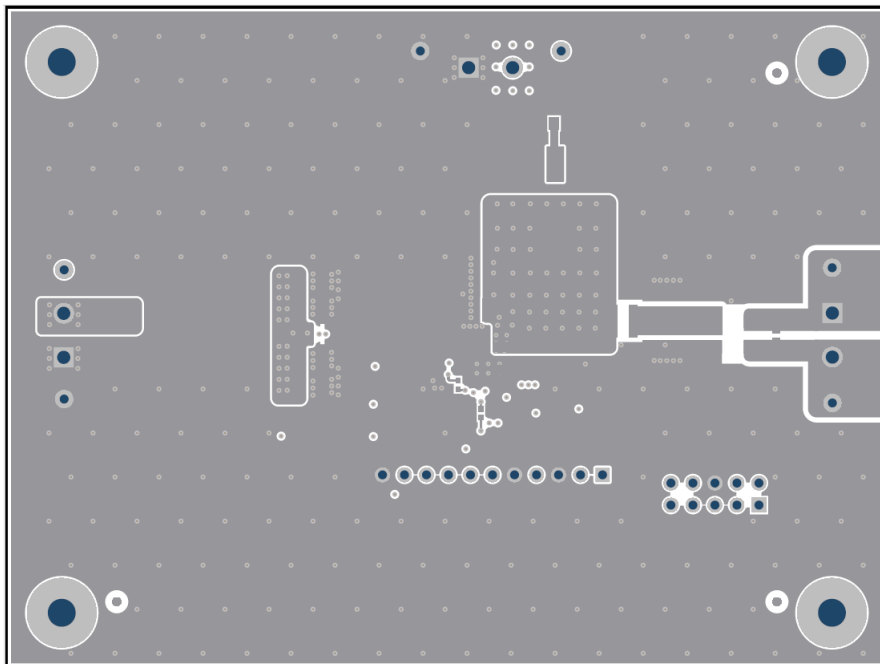


图 4-9. 底层覆铜 (底视图)

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	电容器, 铝制, 33 μ F, 100V, +/- 20%, 1 Ω , AEC-Q200 1 级, SMD	EEE-TG2A330P	Panasonic
1	C12	电容, 陶瓷, 0.047 μ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B3X7R1H473K050BB	TDK
2	C15、C16	电容器, 陶瓷, 10 μ F, 25V, +/- 20%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	CGA6P1X7R1E106M250AC	TDK
2	C20、C21	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E2X7R1H104K080AA	TDK
1	C22	电容器, 陶瓷, 33pF, 50V, +/- 5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	GCM1555C1H330JA16D	MuRata
1	C23	电容器, 陶瓷, 10pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B2C0G1H100D050BA	TDK
1	C24	电容器, 陶瓷, 3300pF, 50V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402	CGA2B2X7R1H332K050BA	TDK
1	C25	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 100V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	GCJ188R72A104KA01D	MuRata
1	C28	电容器, 铝制, 47 μ F, 25V, +/- 20%, 0.05 Ω , AEC-Q200 1 级, SMD	HHXC250ARA470MF61G	Chemi-Con
1	C6	电容器, 陶瓷, 22 μ F, 6.3V, +/-20%, X6S, 0603	GRM188C80J226ME15D	MuRata
1	C7	电容器, 陶瓷, 4.7 μ F, 10V, +/- 20%, X7R, 0603	GRM188Z71A475ME15D	MuRata
4	C8、C9、C10、C11	电容器, 陶瓷, 47 μ F, 100V, +/- 10%, X7S, AEC-Q200 1 级, 1210	GCM32DC72A475KE02L	MuRata
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, 0.5"L #4-40, 尼龙	1902C	Keystone
2	J3、J4	2 位, 线至板, 端子块, 与板齐平, 0.200" (5.08mm), 穿孔	6.91254E+11	Würth Electronics
1	J5	接头, 100mil, 11x1, 金, TH	TSW-111-07-G-S	Samtec
1	J6	接头 (有罩), 100mil, 5x2, 高温, 镀金, TH	N2510-6002-RB	3M
1	L3	15 μ H 屏蔽模压电感器 15.4A 15.2m Ω 最大非标准值	XGL1010-153MED	Coilcraft
1	R1	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	ERJ-6GEY0R00V	Panasonic
1	R11	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-070RL	Yageo
1	R12	电阻, 49.9, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040249R9FKED	Vishay-Dale
1	R14	电阻, 16.5k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040216K5FKED	Vishay-Dale
1	R16	电阻, 41.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040241K2FKED	Vishay-Dale
1	R2	电阻, 100k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale
2	R3、R4	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
1	R6	电阻, 0.008, 1%, 1W, AEC-Q200 0 级, 0508	KRL2012M-R008-F-T1	Susumu Co Ltd
1	R7	电阻, 21.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	CRCW040221K0FKED	Vishay-Dale
1	R8	电阻, 100k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	RMCF0402FT100K	Stackpole Electronics Inc
2	SH-J1、SH-J2	单操作 2.54mm 间距开顶跳线插座	M7582-05	Harwin
1	U1	具有 I2C 接口的 80V 同步 CC-CV 降压转换器	LM72880-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，请参阅以下文档：

- 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](#) 应用手册
- 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

- 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 - 布局注意事项](#) 电源设计研讨会
- 德州仪器 (TI)，[使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局](#) 应用手册

6.2.1.2 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

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