

## EVM User's Guide: LM251772

## 适用于 USB-PD 的 LM251772 降压/升压控制器评估模块



## 说明

LM251772EVM-PD 演示了一款采用 LM251772 的高功率灵活降压/升压设计。该评估模块经配置，可在 9V 至 36V 的输入电压范围内运行，并提供 5V 至 48V 稳压输出，负载电流高达 5A。该 EVM 的工作开关频率为 320kHz。该器件的大多数设置可通过跳线轻松调整或设置，例如：工作模式（PSM 或 fPWM）、辅助电源和外部时钟同步。

## 开始使用

1. 将 EVM 连接到电源和负载
2. 使用 [USB2ANY](#) 适配器以配置 GUI 和 I2C 操作
3. 安装 LM251772 配置 GUI

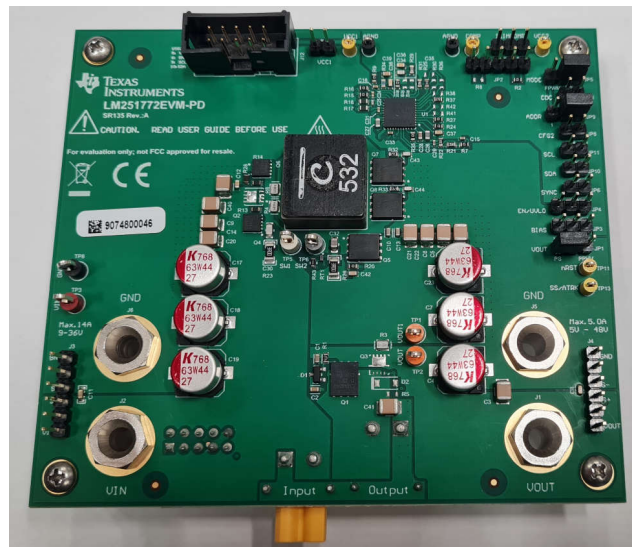
## 特性

- 宽输入电压范围
- 超高 (> 95%) 峰值电源转换效率
- 可使用反馈电阻或 I2C 接口来调节输出电压

- 可选同步 (SYNC)
- 可轻松配置电流监控器或限制器
- 支持电缆压降补偿
- 输出断开支持
- 可编程输入欠压锁定 (UVLO) 阈值和迟滞
- 输出恒压 (CV) 和恒流 (CC) 选项
- 具有 USB2ANY 和 GUI 的 I2C 接口
- 通过 DIP 开关设置配置电阻器  $R_{CFG2}$

## 应用

- USB Type-C® 电力输送
  - 集线站
  - PC 监视器
  - 台式机
- 无线充电
- 工业 PC 和耐用型 PC
- 直流/直流模块



## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

**LM251772EVM-PD** 评估模块 (EVM) 旨在方便地评估 **LM251772** 宽 VIN 降压/升压控制器的性能。**LM251772** 是一款宽  $V_{IN}$  四开关降压/升压控制器。无论输入电压是高于、等于还是低于调节后的输出电压，该器件均可提供稳定的输出电压。在省电模式下，该器件支持在整个输出范围内实现出色的效率。

通过可选使用 I2C 接口，该器件涵盖了用于配置和调整开关模式电源运行的附加参数。

为了检查性能，I2C 接口还便于轻松测量降压/升压控制器的典型信号。

### 1.2 套件内容

- 一个 LM25177EVM-PD PCB
- EVM 免责声明自述文件

#### 未包含的内容

该 EVM 不包含 USB2ANY 接口。

如需订购 USB2ANY 接口适配器，请访问 [USB2ANY 接口适配器页面](#)。

### 1.3 规格

表 1-1. 评估板规格

参数	值
输入电压	9.0V 至 36V
输出电压	5V 至 28V 5V 至 48V ( $V_{in} > 16V$ )
最大输出电流	5A
默认开关频率	320kHz
电路板尺寸 (四层)	4.1inch × 3.6inch

### 1.4 器件信息

**LM251772** 是一款四开关降压/升压控制器。无论输入电压是高于、等于还是低于调节后的输出电压，该器件均可提供稳定的输出电压。在省电模式下，该器件支持在整个输出范围内实现出色的效率。

- 宽输入电压范围：3.5V 至 36V
- 输出电压范围为 3.3V 至 48V
- 峰值电流调节方案
- 输出电压动态跟踪
  - 数字 PWM 跟踪输入
  - 模拟跟踪输入
  - 通过 I2C 接口编程
- 最小静态电流
  - 3  $\mu$ A 的低关断 IQ
  - 25  $\mu$ A 的低工作 IQ
- 可实现高轻负载效率的运行模式选择
  - 省电突发模式
  - $\mu$  Sleep 省电模式
- 集成高压电源 LDO

## 2 硬件连接器、测试点和选择开关说明

本节提供了 EVM 的 I/O 连接器、跳线和测试点。

电源必须连接到输入连接器 J2 和 J6。

负载必须连接到输出连接器 J1 和 J5。

### 2.1 连接器说明

表 2-1. 连接器

参考指示符	说明
J1	输出电压正连接
J2	输入电压正连接
J3	输入电压正和输入电压返回测试点
J4	输出电压正和输出电压返回测试点
J5	输出电压回路连接
J6	输入电压回路连接
J7	USB-PD 控制器 EVM 控制连接器
J9	USB-PD 控制器 EVM 电源输入连接器
J10	USB-PD 控制器 EVM 电源输出连接器
J11	CDC 输出连接
J12	I2C/USB2ANY 连接器 ( 不用于 LM25177222 )

表 2-2. USB-PD 控制器 EVM 控制连接器 : J7

引脚	功能	引脚	功能
1	CDC : 电流监测信号	2	PTC : 温度传感器
3	PDCTRL_GOOD : 温度传感器电源	4	nFLT 信号
5	EN/UVLO 信号	6	I2C : SDA
7	GND	8	I2C : SCL
9	VCC1 ( 通过跳线 JP12 连接 )	10	GND

### 2.2 跳线说明

表 2-3. 跳线

参考指示符	引脚	说明	默认连接
JP1	引脚 1 至引脚 2	Connect 检测电阻前的 VOUT	*
	引脚 2 至引脚 3	Connect 检测电阻后的 VOUT	
JP2	引脚 1 至引脚 3	使用外部分压器电路时，可用于波特图信号注入	
	引脚 4 至引脚 5 (FB)	将 FB 连接到 VCC2 ( 如果未组装 R2 ) 以使用内部分压器电路	
JP3	引脚 1 至引脚 2 (VOUT1)	Connect 偏置到 VOUT1 ( 功率级输出 )	
	引脚 2 至引脚 3 (VIN)	Connect BIAS 至 VIN	

**表 2-3. 跳线 (续)**

参考指示符	引脚	说明	默认连接
JP4	引脚 1 至引脚 2 (GND)	Connect EN/UVLO 至 GND	
	引脚 2 至引脚 3 (VIN)	Connect EN/UVLO 至 VIN	
JP5	引脚 1 至引脚 2 (GND)	将 MODE 设置为低电平: PSM 模式	
	引脚 2 至引脚 3 (VCC2)	将 MODE 设置为高电平: FPWM 模式	*
JP6	引脚 1 至引脚 2 (SYNC)	将 SYNC 设置为 GND	
JP7	引脚 1 至引脚 2 (GND)	将 ILIMCOMP 连接到 GND	
	引脚 2 至引脚 3 (VCC2)	将 ILIMCOMP 连接到 VCC2 (禁用电流限制器)	
	开路	启用电流限制器功能	
JP8	引脚 2 至引脚 3 (CFG2)	将 CFG2 设置为 GND	
JP9	引脚 1 至引脚 2 (ADDR/AGND)	设置 I2C 启用地址 0x6A	
	引脚 2 至引脚 3 (ADDR/VCC2)	设置 I2C 启用地址 0x6B	*
JP10	引脚 2 至引脚 3 (CFG3/SDA)	将 CFG3/SDA 设置为 GND	
JP11	引脚 1 至引脚 2 (CFG4/SCL)	将 CFG4/SCL 设置为 GND	
JP12	引脚 1 至引脚 2 (VCC1)	将 VCC1 连接至接口接头 J7	

## 2.3 测试点说明

**表 2-4. 测试点**

参考指示符	说明
TP1	ISNSP 测试点
TP2	ISNSN 测试点
TP3 (VIN)	输入电压正测试点
TP4	AGND 测试点
TP5	SW1
TP6	SW2
TP7	AGND 测试点
TP8 (GND)	输入电压返回测试点
TP9	VCC2 测试点
TP10	VCC1 测试点
TP11	nRST 测试点
TP12	COMP 测试点
TP13	SS/ATRK 测试点

### 3 实现结果

#### 3.1 测试设置

图 3-1 展示了用于评估 LM251772EVM-PD 的典型测试设置。

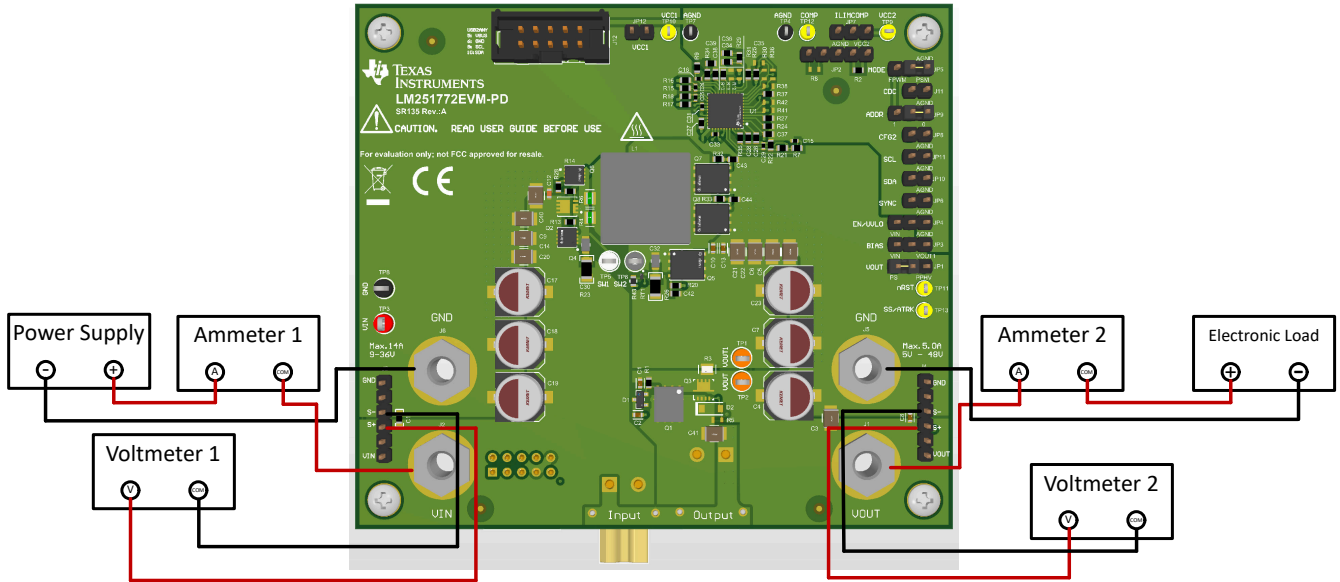


图 3-1. 典型的 EVM 连接图

#### 3.2 测试程序

1. 将电源电流限值设置为 15A。
2. 关闭电源。
3. 将电源的正输出连接到 J2，负输出连接到 J6。
4. 将负载连接到 J1 实现正连接，连接到 J5 实现负连接。
5. 将电源电压设置为 8V，将电子负载设置为 0.1A。确保电子负载电压通过标称 5V 输出进行调节。
6. 缓慢增大负载，同时监控 J4-VOUT 和 J4-GND 之间的输出电压。当输出负载增加到 3A 时，输出电压必须保持标称 4V 输出的稳压。
7. 从 8V 至 36V 缓慢扫描输入电压。输出电压必须通过标称 5V 输出进行调节。
8. 通过 I2C 和 GUI 将输出电压设置为 48V
9. 将负载电流增至 5A。
10. 从 36V 至 20V 缓慢扫描输入电压。确保输出电压必须通过标称 48V 输出进行调节。
11. 将输入电压降至 0V 以关闭降压/升压转换器，然后关闭负载。

#### 3.3 注意事项



##### 小心

在全功率低输入下长时间运行会导致 FET ( Q1 至 Q8 ) 发热。电路板表面会变热。请勿触摸。接触会导致烫伤。

### 3.4 测试数据和性能曲线

#### 3.4.1 热性能

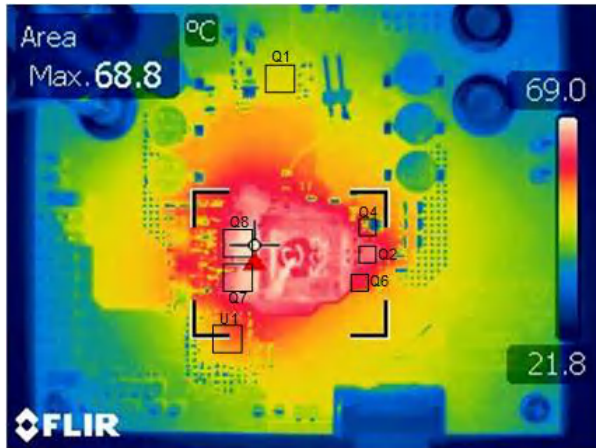


图 3-2. 热像图 :  $V_{IN} = 12.0V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$ , 无强制空气冷却

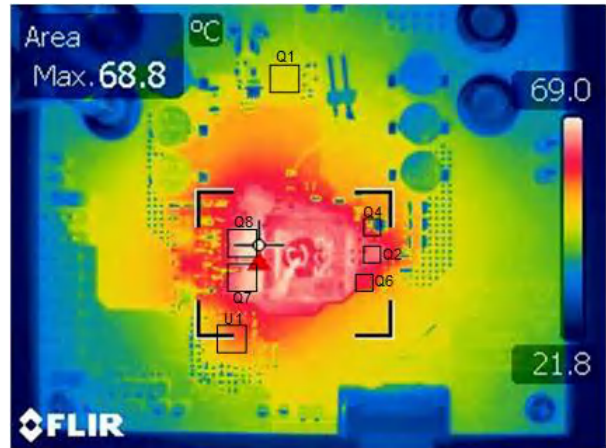


图 3-3. 热像图 :  $V_{IN} = 12.0V$ ,  $V_{OUT} = 28.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$ , 无强制空气冷却

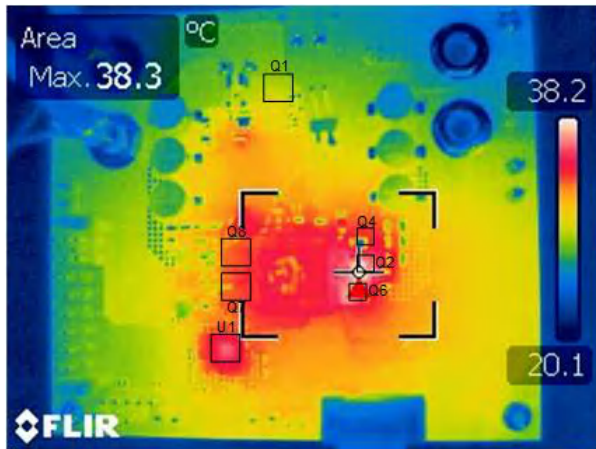


图 3-4. 热像图 :  $V_{IN} = 20.0V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$ , 无强制空气冷却

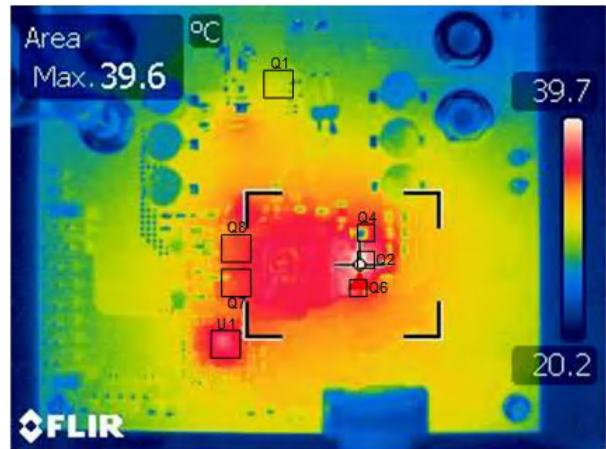


图 3-5. 热像图 :  $V_{IN} = 20.0V$ ,  $V_{OUT} = 12.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$ , 无强制空气冷却

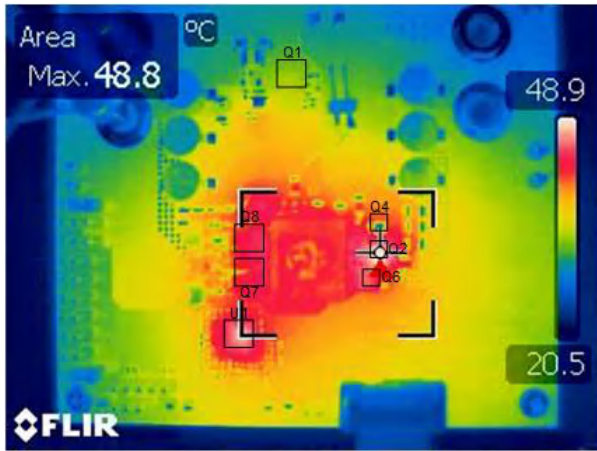


图 3-6. 热像图 :  $V_{IN} = 20.0V$  ,  $V_{OUT} = 20.0V$  ,  $I_{OUT} = 5.0A$  , 无强制空气冷却

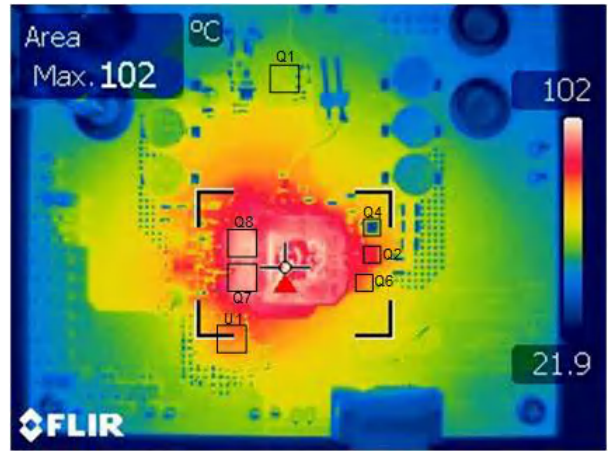


图 3-7. 热像图 :  $V_{IN} = 20.0V$  ,  $V_{OUT} = 48.0V$  ,  $I_{OUT} = 5.0A$  , 无强制空气冷却

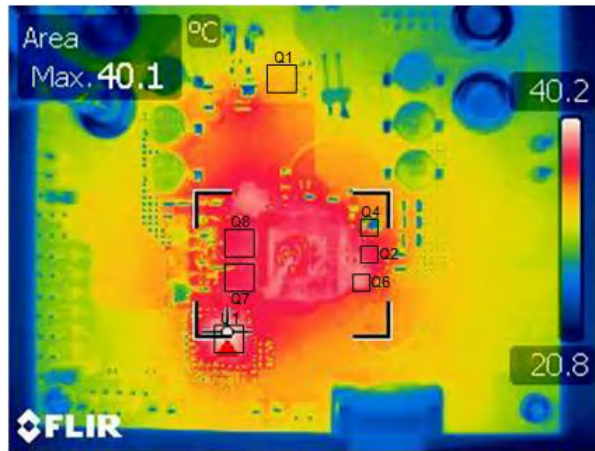


图 3-8. 热像图 :  $V_{IN} = 20.0V$  ,  $I_{LIM}$  ( 限流器 ) =  $5.0A$  , 负载 = 短路 , 无强制空气冷却

### 3.4.2 效率

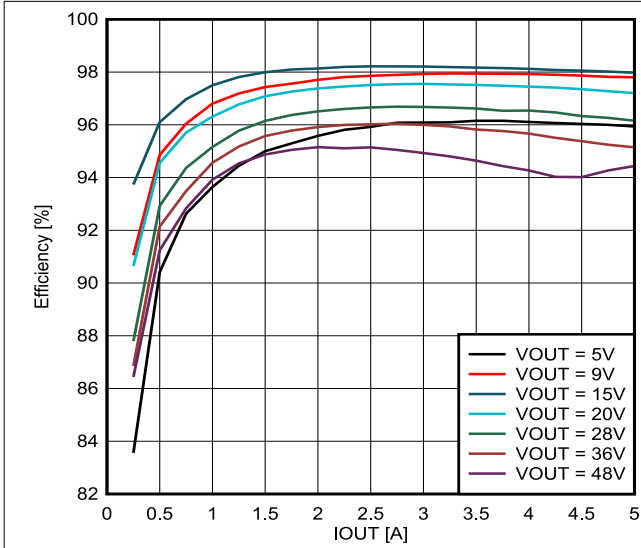


图 3-9. 效率与输出电流间的关系曲线 (  $V_{IN} = 20V$  时 )

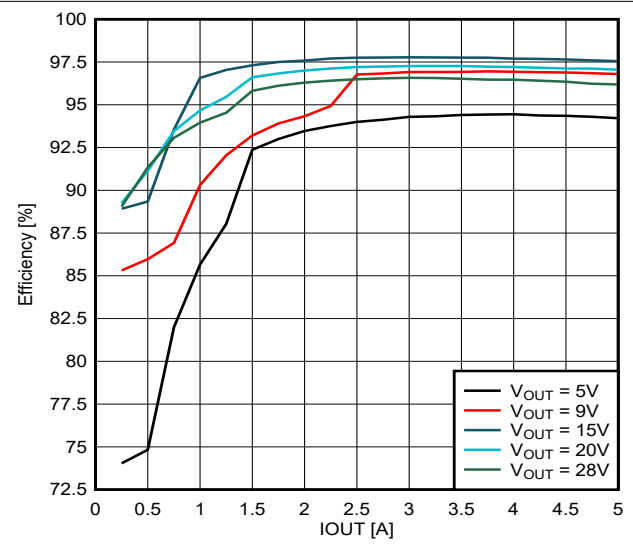


图 3-10. 效率与输出电流间的关系曲线 (  $V_{IN} = 12V$  时 )



### 3.4.3 稳态波形

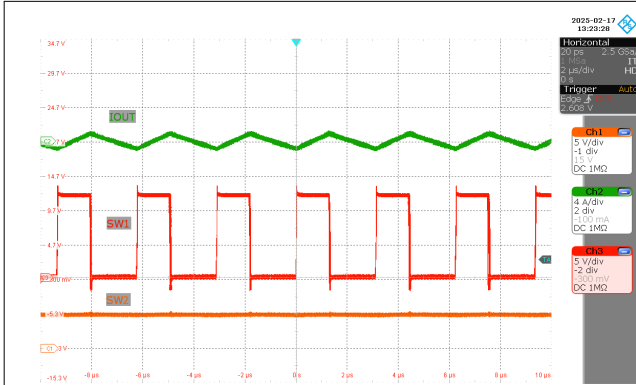


图 3-11. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

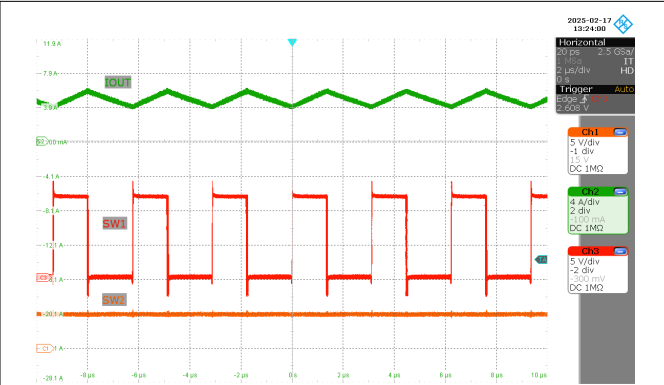


图 3-12. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

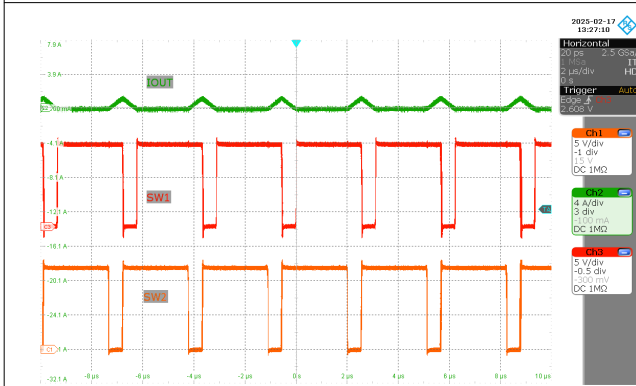


图 3-13. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

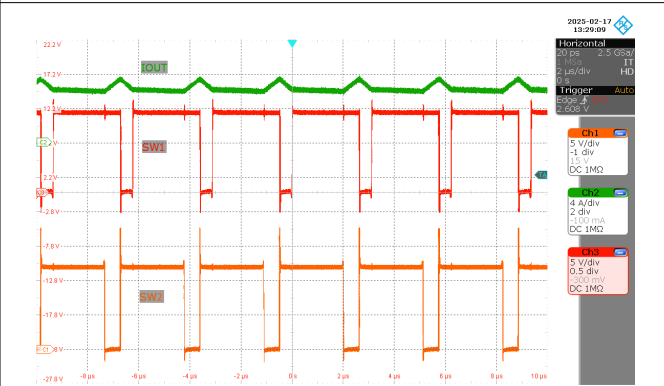


图 3-14. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

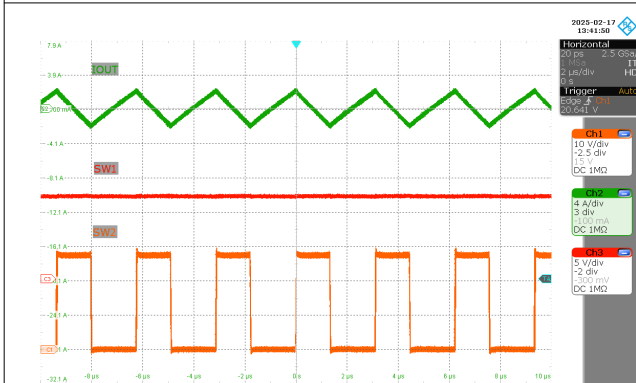


图 3-15. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 28V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

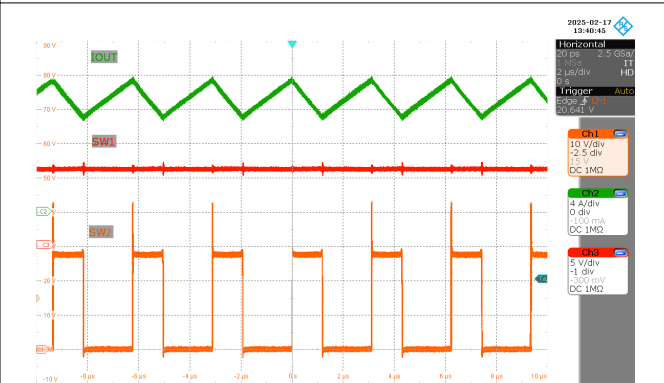


图 3-16. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 28V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

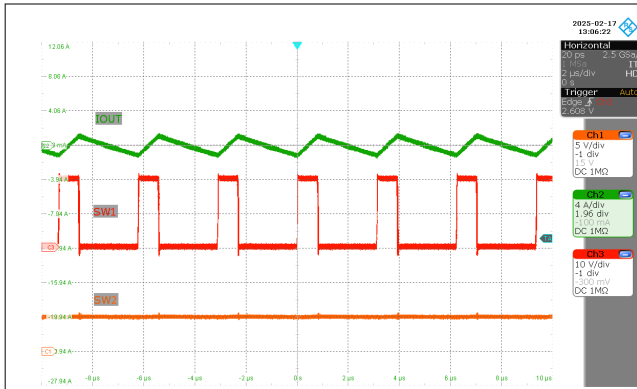


图 3-17. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

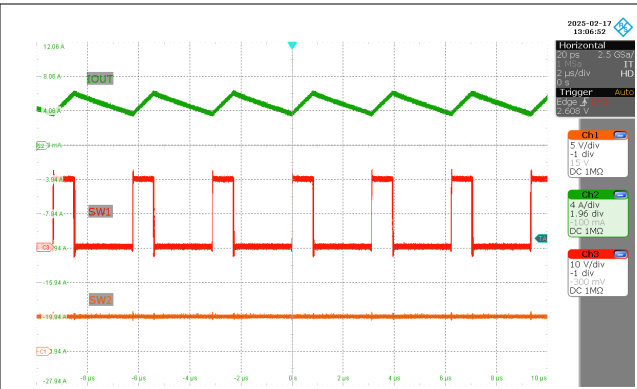


图 3-18. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

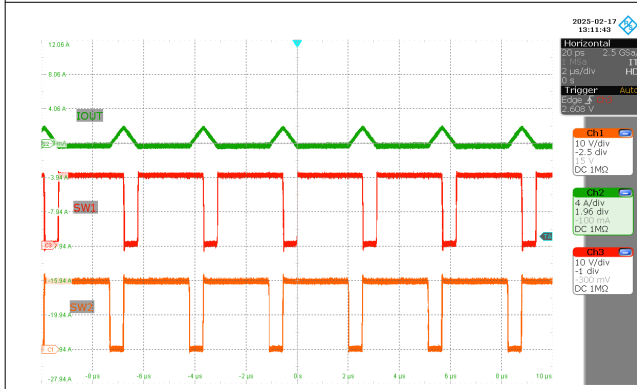


图 3-19. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 20V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

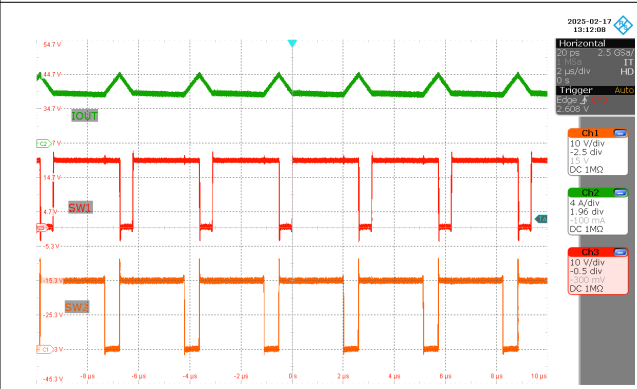


图 3-20. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 20V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

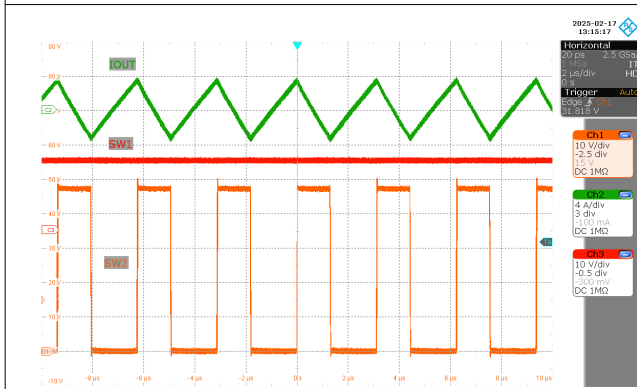


图 3-21. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 48V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

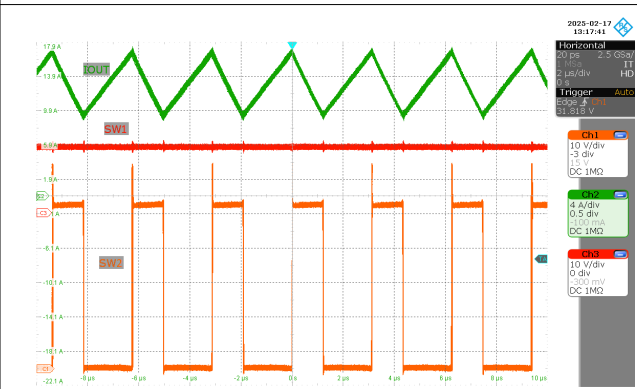


图 3-22. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 48V$ ,  $I_{OUT} = 5A$ )

### 3.4.4 阶跃负载响应

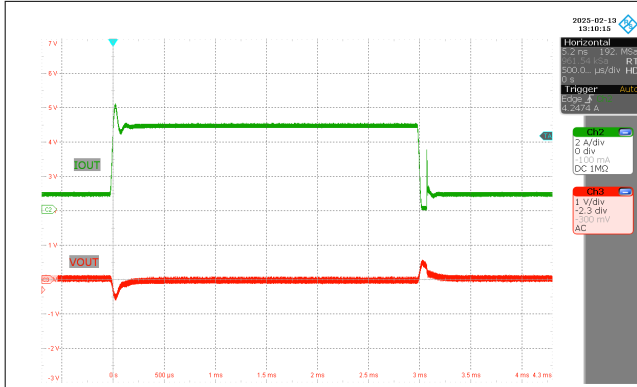


图 3-23. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

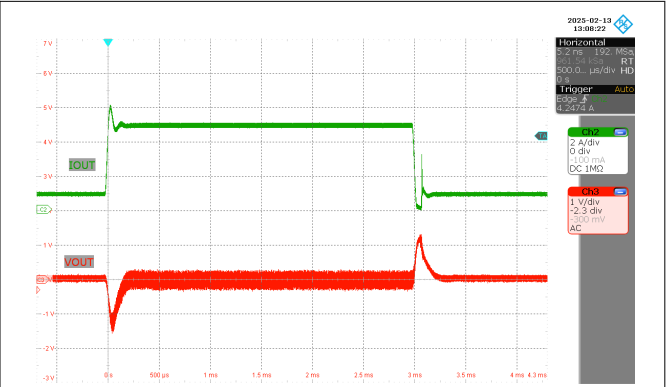


图 3-24. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 28V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

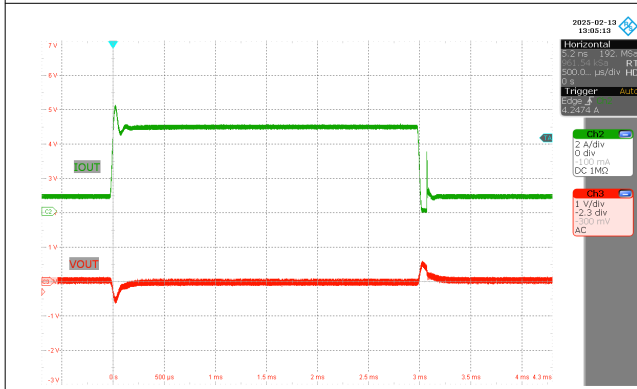


图 3-25. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

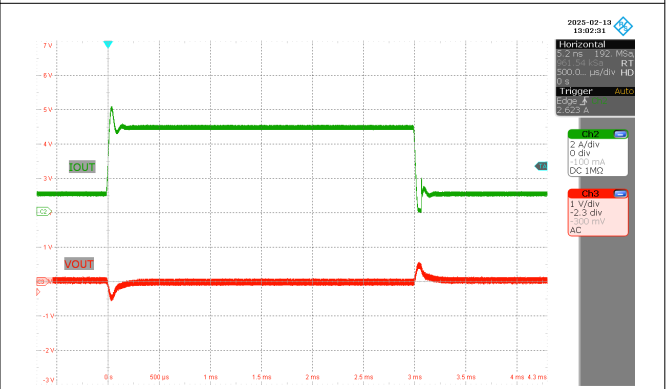


图 3-26. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

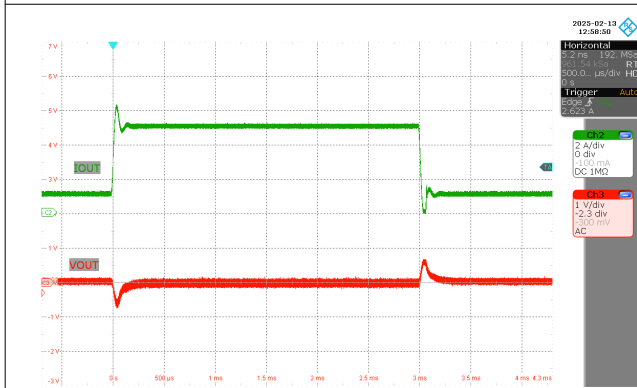


图 3-27. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 20V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

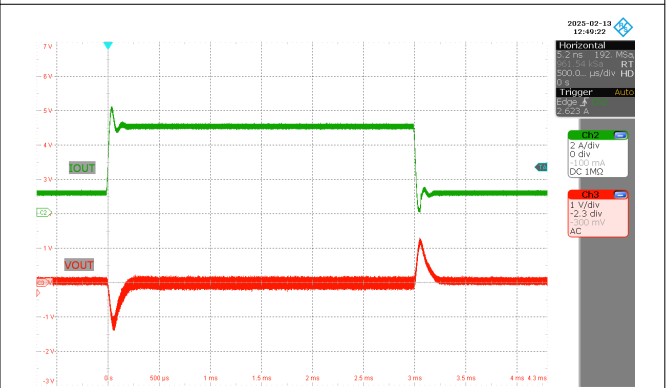


图 3-28. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 48V$ ,  $I_{OUT} = 1A - 5A$ )

### 3.4.5 交流环路响应曲线

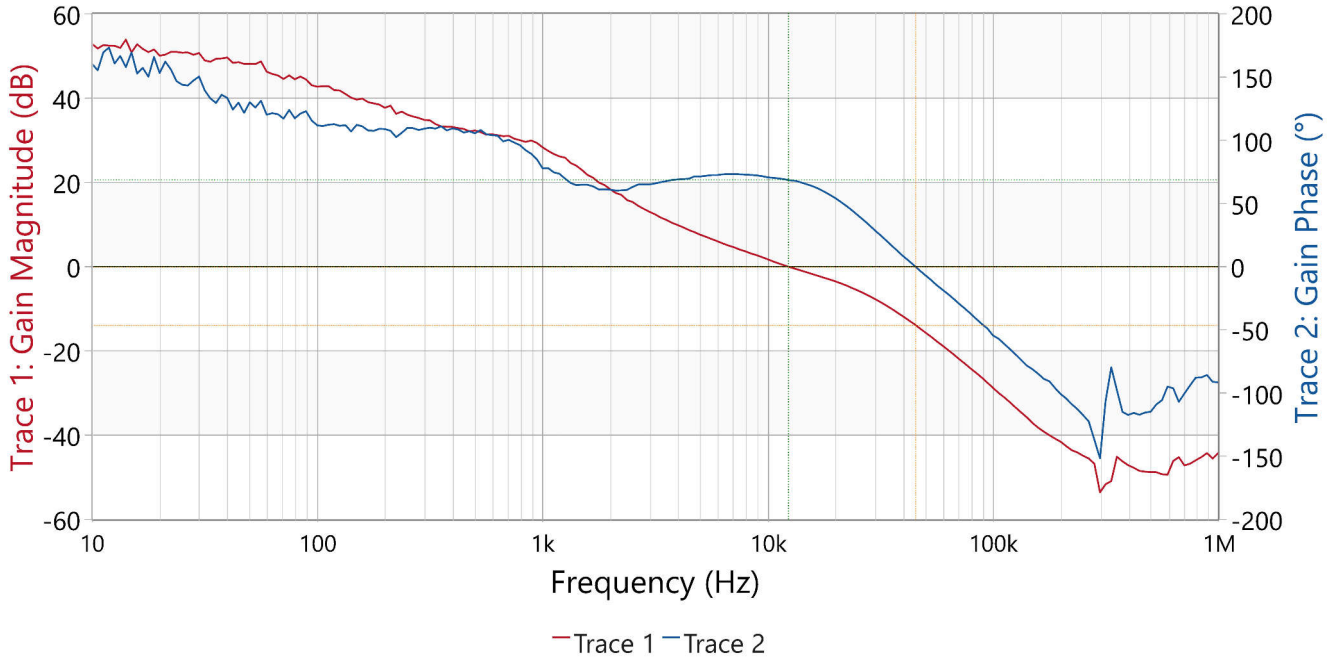


图 3-29. 控制环路响应,  $V_{IN} = 12.0V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

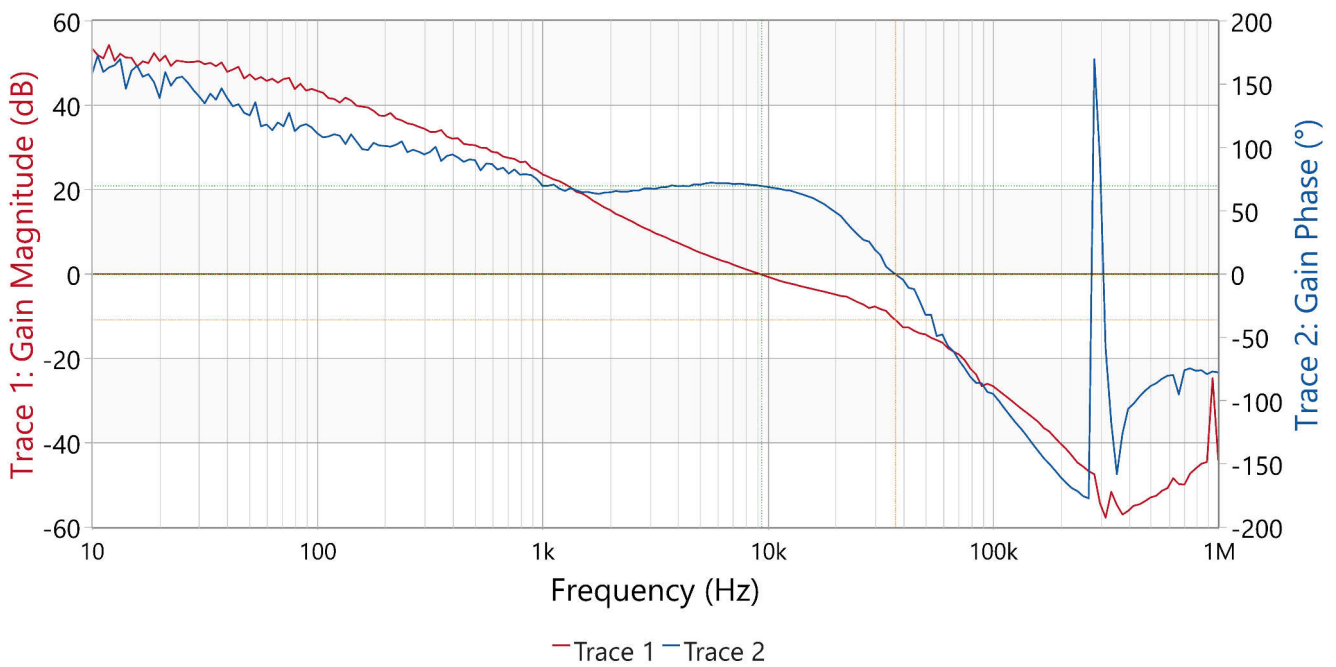


图 3-30. 控制环路响应,  $V_{IN} = 12.0V$ ,  $V_{OUT} = 12.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

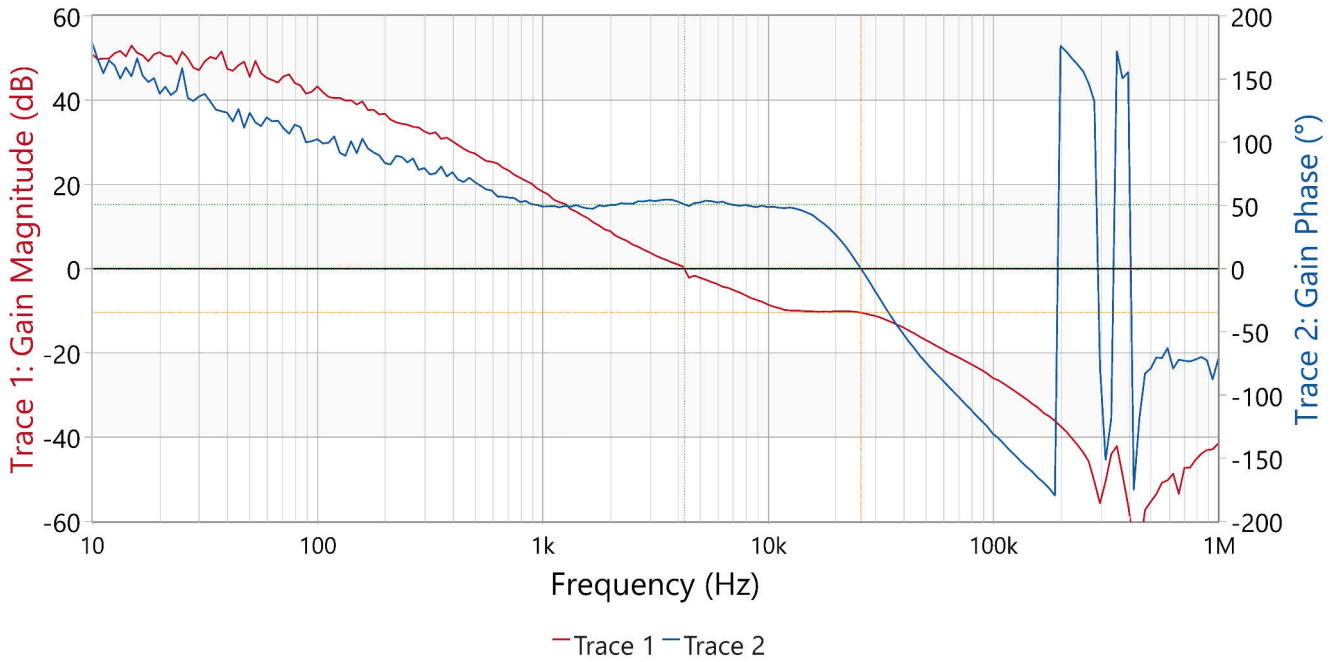


图 3-31. 控制环路响应,  $V_{IN} = 12.0V$ ,  $V_{OUT} = 28V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

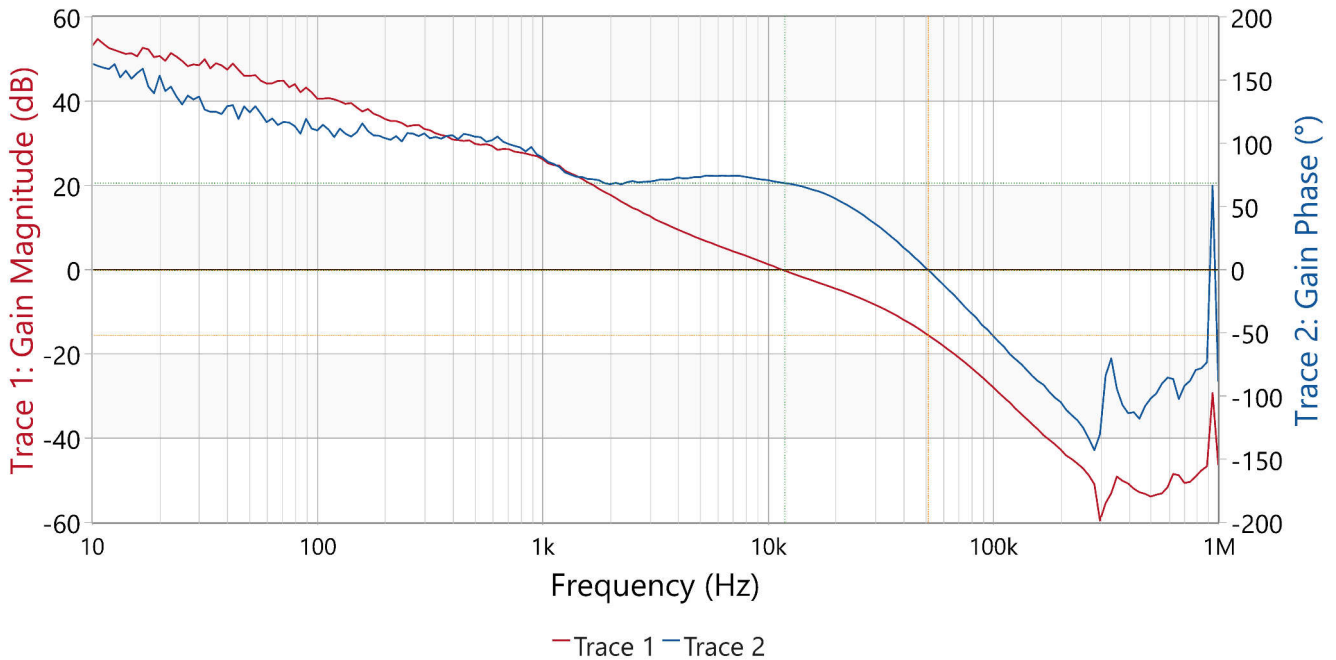


图 3-32. 控制环路响应,  $V_{IN} = 20.0V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

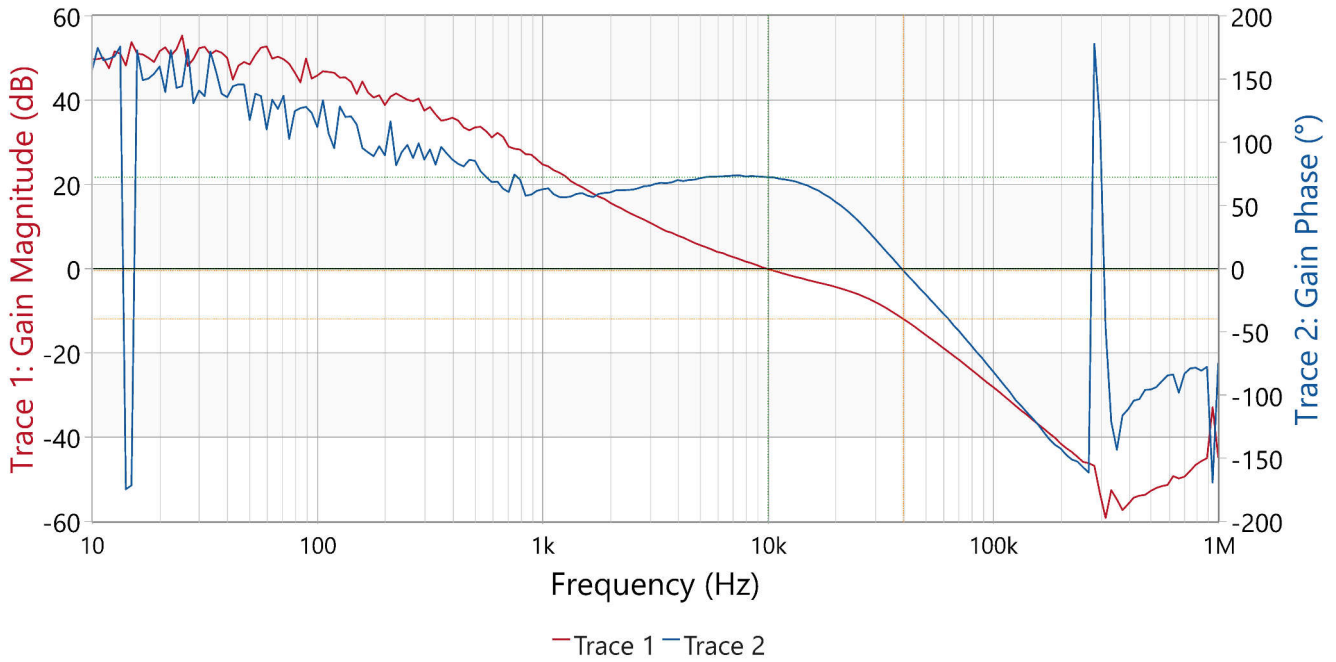


图 3-33. 控制环路响应,  $V_{IN} = 20.0V$ ,  $V_{OUT} = 20V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

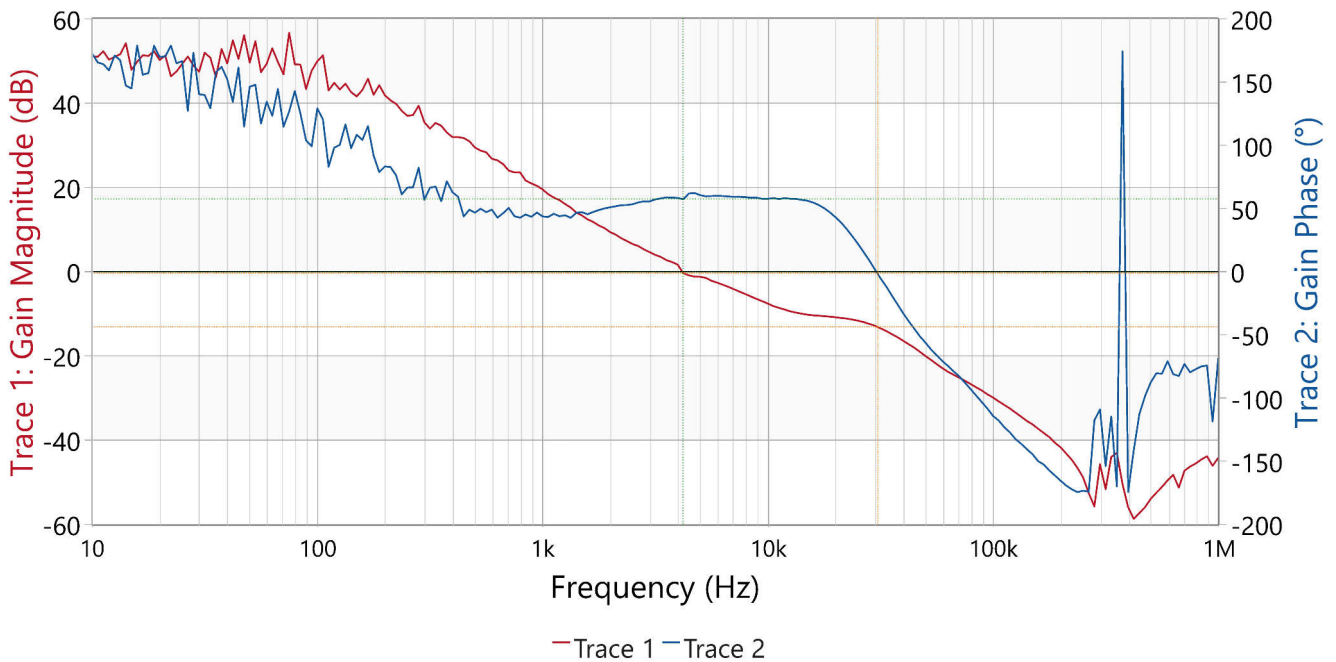


图 3-34. 控制环路响应,  $V_{IN} = 20.0V$ ,  $V_{OUT} = 48.0V$ ,  $I_{OUT} = 5.0A$

## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

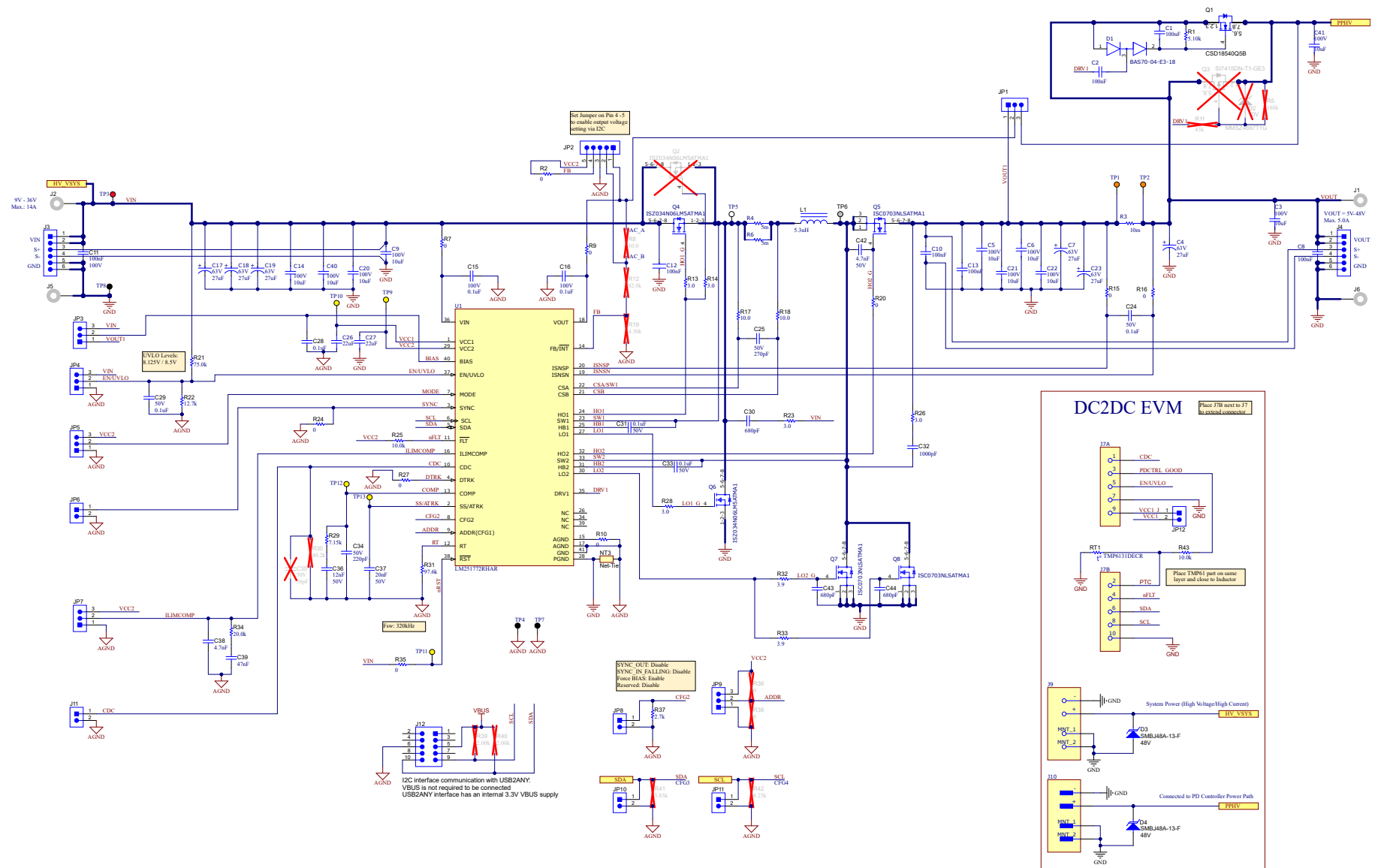


图 4-1. 4 开关降压/升压转换器原理图

## 4.2 电路板布局

图 4-2 至 图 4-7 展示了 LM251772EVM-PD PCB 设计。

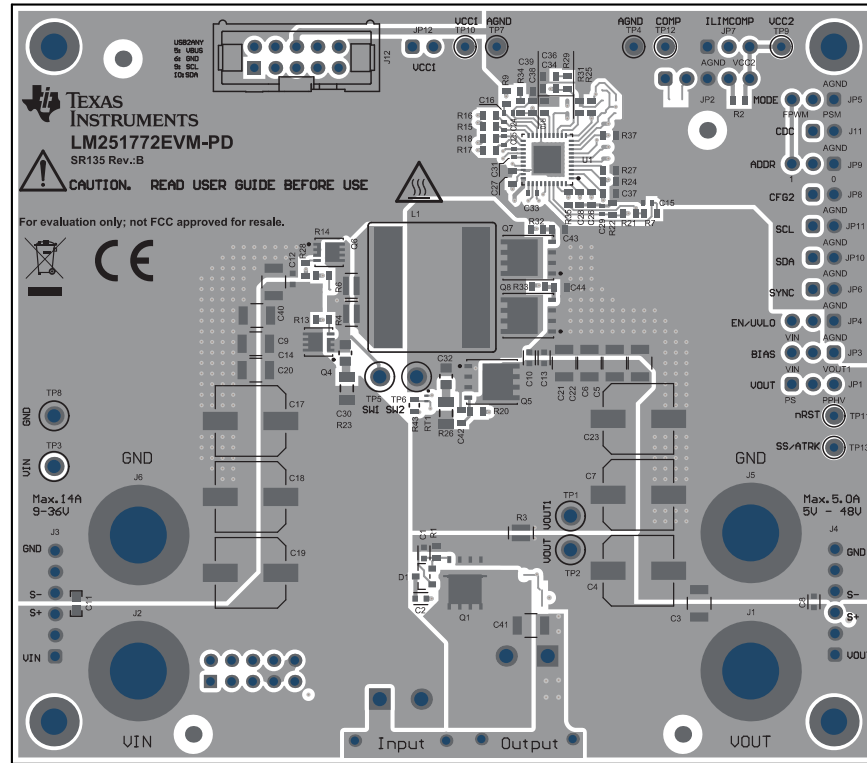


图 4-2. 顶部丝印



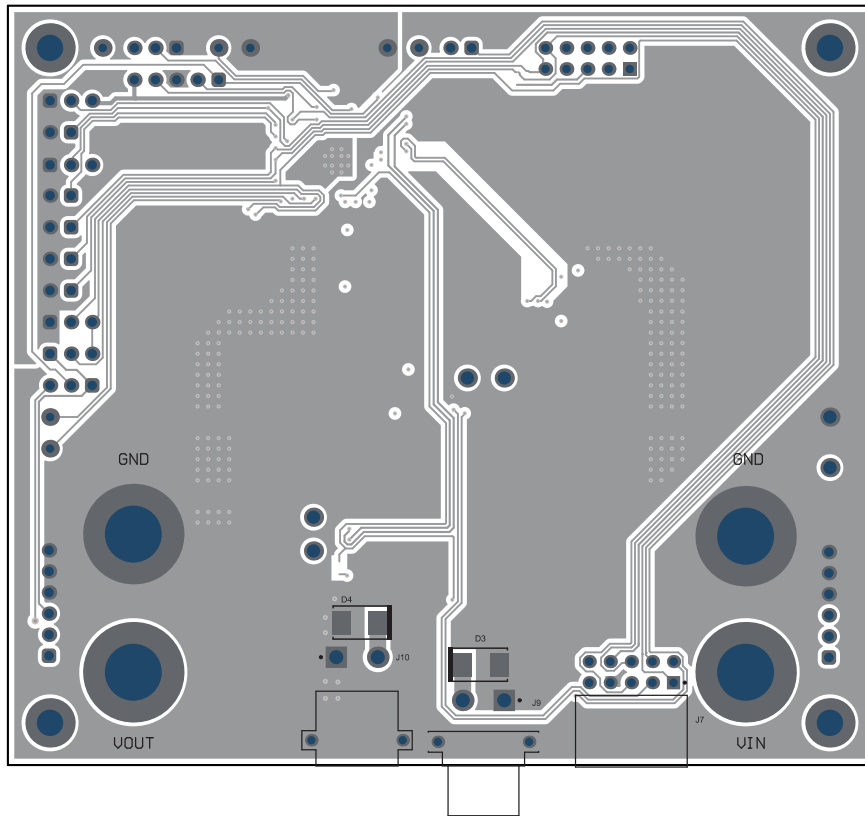


图 4-3. 底部丝印

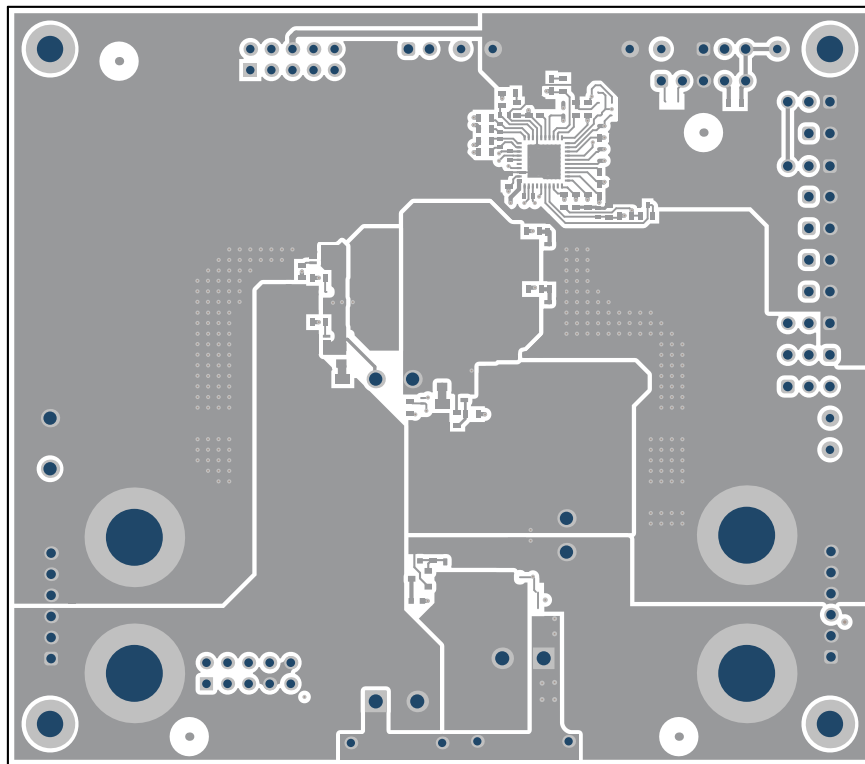


图 4-4. 顶层

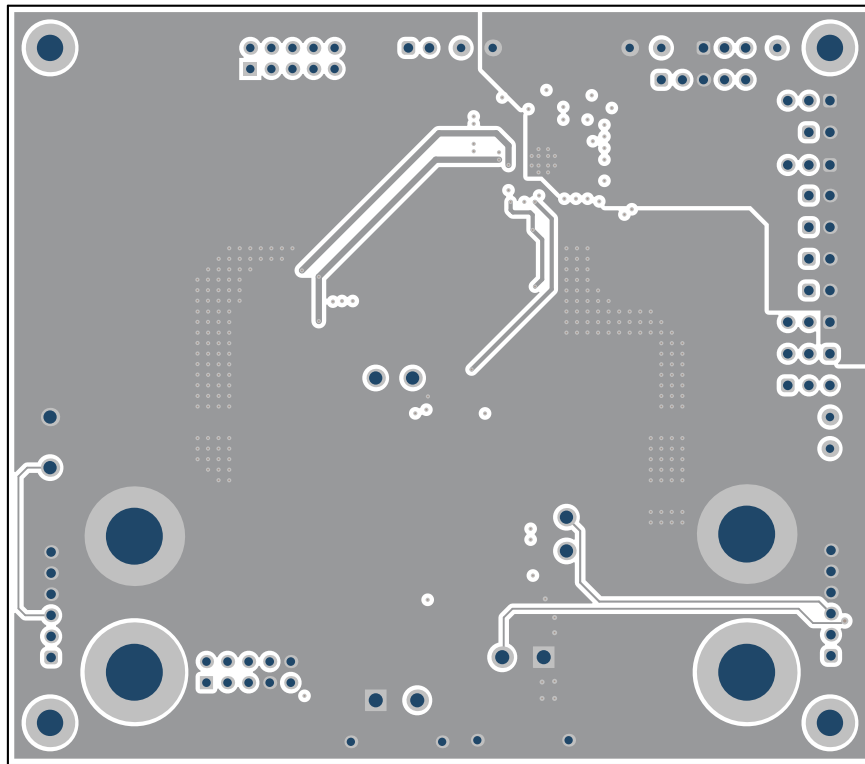


图 4-5. 中间层 1

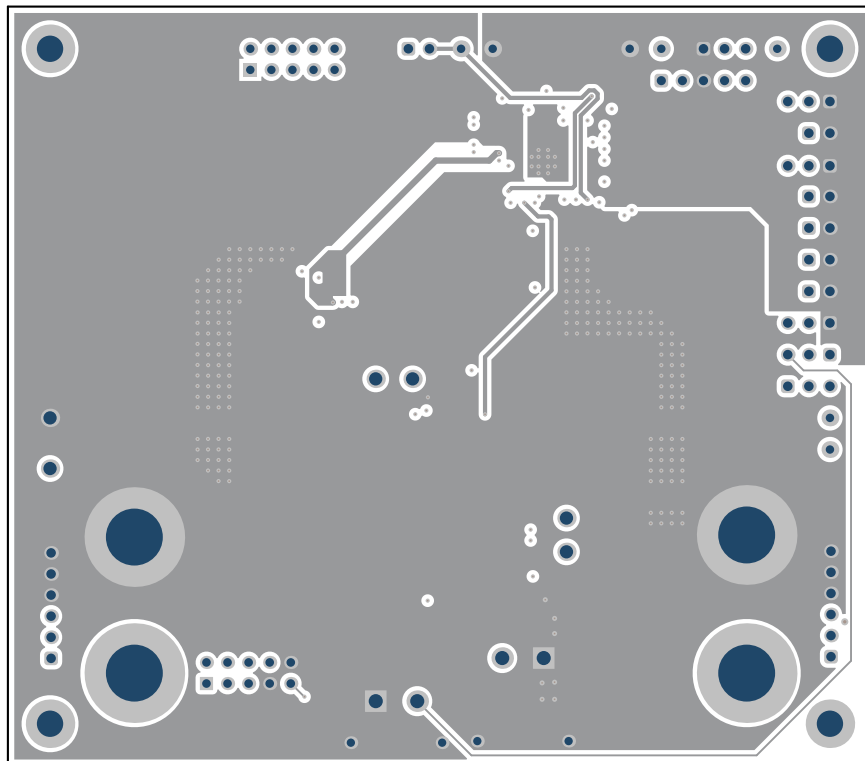


图 4-6. 中间层 2

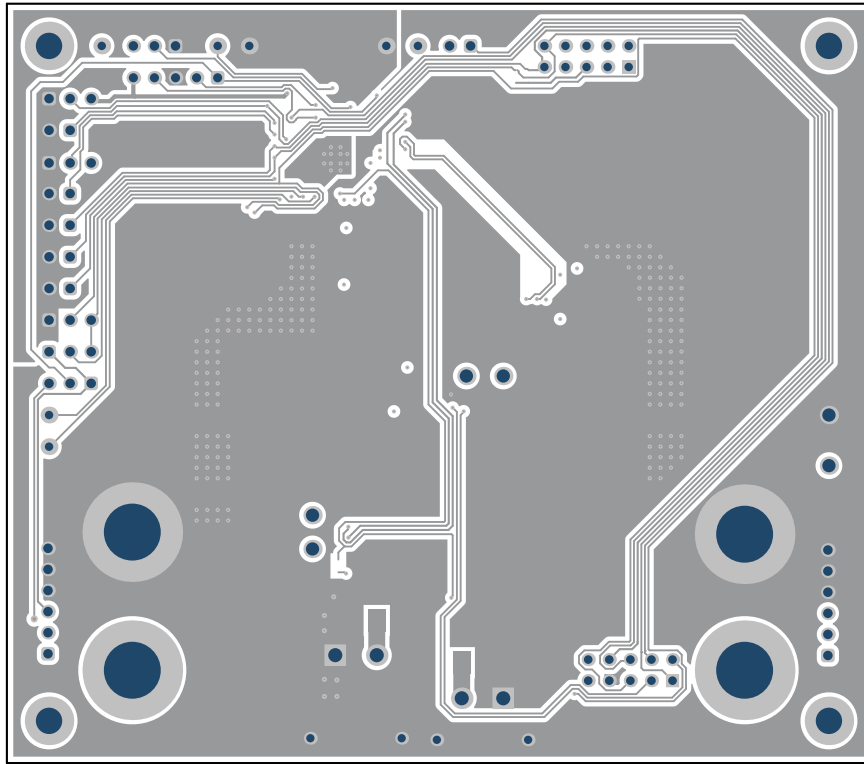


图 4-7. 底层

备注

在 PCB SR135A 上，电容器 C42 存在布局问题并直接焊接到 Q5。

### 4.3 物料清单

位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
C1、C2、C8、C10、C13	5		GRM188R72A104KA35D	Murata	0.1 $\mu$ F $\pm$ 10% 100V 陶瓷电容器 X7R 0603 ( 公制 1608 )
C3、C5、C6、C9、C14、 C20、C21、C22、C40、C41	10	10 $\mu$ F	C3225X7R2A106K250AC	TDK	10 $\mu$ F $\pm$ 10% 100V 陶瓷电容器 X7R 1210 ( 公制 3225 )
C4、C7、C17、C18、C19、 C23	6	27 $\mu$ F	A768KE276M1JLAE054	KEMET	电容铝制聚合物 27 $\mu$ F 63V 20% 焊接圆柱形 54m $\Omega$ 1175mA 2000 小时 125°C T/R
C11	1	0.1 $\mu$ F	GCJ188R72A104KA01D	MuRata	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603
C12	1		GCM188L81H104KA57D	Murata Electronics North America	0.1 $\mu$ F $\pm$ 10% 50V 陶瓷电容器 X8L 0603 ( 公制 1608 )
C15、C16	2	0.1 $\mu$ F	GRM155R62A104KE14D	MuRata	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 100V, +/-10%, X5R, 0402
C24、C29	2	0.1 $\mu$ F	GRM155R71H104ME14D	MuRata	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/- 20%, X7R, 0402
C25	1	270pF	GRM1555C1H271JA01D	MuRata	电容, 陶瓷, 270pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0402
C26、C27	2	22 $\mu$ F	GRT188R61A226ME13D	Murata	多层陶瓷电容器, 22 $\mu$ F, 10V, X5R $\pm$ 20%, 0603, 纸 质 T/R
C28	1	0.1 $\mu$ F	CGA3E3X7S2A104K080AB	TDK	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 100V, $\pm$ 10%, X7S, AEC-Q200 1 级, 0603
C30	1	680pF	08051A681JAT2A	AVX	电容, 陶瓷, 680pF, 100V, +/-5%, C0G/NP0, 0805
C31、C33	2	0.1 $\mu$ F	GCM155R71H104KE02D	MuRata	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, $\pm$ 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0402
C32	1	1000pF	C0805C102J1GACTU	Kemet	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, C0G/NP0, 0805

位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
C34	1	220pF	06035A221FAT2A	AVX	电容, 陶瓷, 220pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0603
C36	1	0.012uF	C0603C123K5RACTU	Kemet	电容, 陶瓷, 0.012μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0603
C37	1	0.02uF	CC0603KRX7R9BB203	Yageo	电容, 陶瓷, 0.02μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603
C38	1	4700pF	06031C472JAT2A	AVX	电容, 陶瓷, 4700pF, 100V, +/- 5%, X7R, 0603
C39	1	0.047μF	06035C473JAT2A	AVX	电容, 陶瓷, 0.047μF, 50V, +/-5%, X7R, 0603
C42	1	4700pF	C0603C472K5RACTU	Kemet	电容, 陶瓷, 4700pF, 50V, +/-10%, X7R, 0603
C43、C44	2	680pF	C0603C681J5GACTU	Kemet	电容, 陶瓷, 680pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603
D1	1		BAS70-04-E3-18	Vishay	二极管阵列, 1 对串联肖特基, 70V, 200mA (DC), 表面贴装 TO-236-3, SC-59, SOT-23-3
D3、D4	2	48V	SMBJ48A-13-F	Diodes Inc.	二极管, TVS, 单向, 48V, 77.4Vc, SMB
H1、H2、H3、H4	4		PMSSS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply	机械螺丝, 飞利浦盘形头 4-40
J1、J2、J5、J6	4		108-0740-001	Cinch Connectivity	标准香蕉插孔, 非绝缘, 15A
J3、J4	2		61300611121	Würth Elektronik	接头, 2.54mm, 6x1, 金, TH
J7	1		SSW-105-02-G-D-RA	Samtec	10 位置插座连接器 0.100" (2.54mm) 穿孔, 直角镀金
J9	1		XT30PW-F	Amass	插座, 直流电源, XT30, 母头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A
J10	1		XT30PW-M	Amass	插座, 直流电源, XT30, 公头, 引脚: 2, 在 PCB 上, THT, 黄色, 15A, 500V

位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
J11、JP6、JP8、JP10、JP11、JP12	6		61300211121	Würth Elektronik	接头，2.54mm，2x1，金，TH
J12	1		N2510-6002-RB	3M	接头（有罩），100mil，5x2，高温，镀金，TH
JP1、JP3、JP4、JP5、JP7、JP9	6		61300311121	Würth Elektronik	接头，2.54mm，3x1，金，TH
JP2	1		61300511121	Würth Elektronik	接头，2.54mm，5x1，金，TH
L1	1	5.3uH	XAL1580-532MEB	Coilcraft	电感，屏蔽，复合，5.3uH，26.5A，0.00435Ω，SMD
Q1	1	60V	CSD18540Q5B	德州仪器 (TI)	MOSFET，N 沟道，60V，100A，DNK0008A (VSON-CLIP-8)
Q4、Q6	2		ISZ034N06LM5ATMA1	Infineon	N 沟道 60V 19A (Ta)、112A (Tc) 2.5W (Ta)、83W (Tc) 表面贴装 PG-TSDSON-8-26
Q5、Q7、Q8	3		ISC0703NLSATMA1	Infineon	MOSFET N 沟道 60V 23A (Ta)、135A (Tc) 3W (Ta)、100W (Tc) 表面贴装 PG-TDSON-8
R1	1	5.10k	RC0603FR-075K1L	Yageo	电阻，5.10k，1%，0.1W，0603
R2、R7、R9、R10、R15、R16、R20、R24、R27、R35	10	0	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc	电阻，0，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603
R3	1	10m	KRL2012E-C-R010-F-T05	Susumu	10mΩ，±1%，1W，片上电阻，宽，0805（公制 2012），0508，汽车 AEC-Q200，电流检测，金属箔
R4、R6	2	5m	KRL2012E-M-R005-F-T5	Susumu	5mΩ，±1%，1W，片上电阻，宽，0805（公制 2012），0508，汽车 AEC-Q200，电流检测，金属箔
R13、R14、R28	3	3	CRCW06033R00JNEA	Vishay-Dale	电阻，3.0，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603

位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
R17、R18	2	10	CRCW060310R0FKEAHP	Vishay-Dale	电阻, 10.0, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 0603
R21	1	75.0k	RC0603FR-0775KL	Yageo	电阻, 75.0k, 1%, 0.1W, 0603
R22	1	12.7k	RC0603FR-0712K7L	Yageo	电阻, 12.7k, 1%, 0.1W, 0603
R23、R26	2	3	CRCW12063R00JNEA	Vishay-Dale	电阻, 3.0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206
R25	1	10.0k	RT0603BRD0710KL	Yageo America	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603
R29	1	7.15k	CRCW06037K15FKEA	Vishay-Dale	电阻, 7.15k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603
R31	1	97.6k	RC0603FR-0797K6L	Yageo	电阻, 97.6k, 1%, 0.1W, 0603
R32、R33	2	3.9	CRCW06033R90JNEA	Vishay-Dale	电阻, 3.9, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603
R34	1	20.0k	CRCW060320K0FKEA	Vishay-Dale	电阻, 20.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603
R37	1	2.7k	CRCW06032K70JNEA	Vishay-Dale	电阻, 2.7k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603
R43	1	10.0k	TNPW060310K0BEEA	Vishay-Dale	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, AEC-Q200 1 级, 0603
RT1	1	10k	TMP6131DECR	德州仪器 (TI)	具有 0402 和 0603 封装选项、容差为 $\pm 1\%$ 的 10k $\Omega$ 线性热敏电阻, 2-X1SON, -40°C 到 125°C
TP1、TP2	2		5013	Keystone Electronics	测试点, 通用, 橙色, TH
TP3	1		5010	Keystone Electronics	测试点, 通用, 红色, TH
TP4、TP7	2		5001	Keystone Electronics	测试点, 微型, 黑色, TH
TP5	1		5012	Keystone Electronics	测试点, 通用, 白色, TH
TP6	1		5128	Keystone Electronics	测试点, 通用, 灰色, TH
TP8	1		5011	Keystone Electronics	测试点, 通用, 黑色, TH

位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
TP9、TP10、TP11、TP12、TP13	5		5004	Keystone Electronics	测试点，微型，黄色，TH
U1	1		LM251772RHAR	德州仪器 (TI)	具有 I2C 接口并可双向运行的 55V 4 开关降压/升压控制器
C35	0	56pF	06035A560FAT2A	AVX	电容，陶瓷，56pF，50V，+/-1%，C0G/NP0，0603
D2	0	10V	MMSZ4697T1G	ON Semiconductor	二极管，齐纳，10V，500mW，SOD-123
Q2	0		ISZ034N06LM5ATMA1	Infineon	N 沟道 60V 19A (Ta)、112A (Tc) 2.5W (Ta)、83W (Tc) 表面贴装 PG-TSDSON-8-26
Q3	0	-60V	SI7415DN-T1-GE3	Vishay-Siliconix	MOSFET，P 沟道，-60V，-3.6A，PowerPAK 1212
R5	0	180k	CRCW0603180KJNEA	Vishay-Dale	电阻，180k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603
R8	0	10	RC0603FR-0710RL	Yageo	电阻，10.0，1%，0.1W，0603
R11	0	43k	CRCW060343K0JNEA	Vishay-Dale	电阻，43k，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603
R12	0	82.0k	RC0603FR-0782KL	Yageo	电阻，82.0k，1%，0.1W，0603
R19	0	4.30k	RC0603FR-074K3L	Yageo	电阻，4.30k，1%，0.1W，0603
R30	0	40.2k	CRCW060340K2FKEA	Vishay-Dale	电阻，40.2k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603
R36、R38	0	0	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc	电阻，0，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603
R39、R40	0	2.00k	RC0603FR-072KL	Yageo	电阻，2.00k，1%，0.1W，0603
R41	0	3.83k	CRCW06033K83FKEA	Vishay-Dale	电阻，3.83k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603



位号	数量	值	器件型号	制造商	说明
R42	0	8.25k	RC0603FR-078K25L	Yageo	电阻, 8.25k, 1%, 0.1W, 0603

## 5 其他信息

### 商标

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.

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