

EVM User's Guide: LM51770

LM51770 降压/升压控制器评估模块



说明

LM51770EVM-HV 演示了一款采用 LM51770 的高功率灵活降压/升压设计。该评估模块经配置，可在 36V 至 48V 的输入电压范围内运行，并提供 48V 稳压输出，负载电流高达 4A。该 EVM 的工作开关频率为 380kHz。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)、偏置电源和外部时钟同步。

开始使用

将 EVM 连接到电源和负载：

- 将电源连接到输入连接器 J1 和 J3。
- 将负载连接到输出连接器 J2 和 J4。

特性

- 宽输入电压范围
- 超高 (> 95%) 峰值电源转换效率
- 可使用反馈电阻分压器来调节输出电压
- 可选同步 (SYNC)
- 可轻松配置电流监控器或限制器
- 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
- 通过 DIP 开关设置配置电阻器 R_{CFG}

应用

- 电池备份单元 (BBU)
- 直流/直流模块



1 评估模块概述

1.1 简介

LM51770EVM-HV 评估模块 (EVM) 旨在方便地评估 **LM51770** 宽 VIN 降压/升压控制器的性能。**LM51770** 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。

1.2 套件内容

- 该 EVM 包含一个 LM51770EVM-HV PCB
- EVM 免责声明自述文件

1.3 规格

表 1-1. 评估板规格

参数	值
输入电压	36V 至 48V
输出电压	47.5V (请参阅反馈分压器)
最大输出电流	4A
默认开关频率	380kHz
电路板尺寸 (四层)	5.6inch × 3.2inch

备注

所用元件的额定电压允许使用高达 78V 的输入和输出电压。调整此电压时，需要考虑电流限制和输入/输出电压比限制。

使用高于 48V 的电压时，请采取必要的预防措施。

1.4 器件信息

LM51770 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。

- 宽输入电压范围为 3.5V 至 78V (EVM 最大值为 48V)
- 输出电压为 3.3V 至 78V (EVM 最大值为 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
- 最小静态电流
 - 3 μ A 的低关断 IQ
 - 25 μ 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
 - μ Sleep 省电模式
- 集成高压电源 LDO

2 硬件

2.1 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 J1 和 J3。

负载必须连接到输出连接器 J2 和 J4。

2.1.1 连接器说明

表 2-1. 连接器

参考指示符	说明
J1	输入电压正连接
J2	输出电压连接
J3	输入电压回路连接
J4	输出电压回路连接
J5	输入电压正和输入电压返回测试点
J6	输出电压正和输出电压返回测试点
J7	外部 BIAS 输入连接
J8	CFG 连接
J9	FLT 外部连接
J10	RT 外部输入连接
J11	IMONOUT 连接器

2.1.2 跳线说明

表 2-2. 跳线

参考指示符	引脚	说明	默认连接
JP1	引脚 1 至引脚 2 (GND)	跳线处于 GND 位置，省电模式 (PSM) 已启用。	
	引脚 2 至引脚 3 (VCC)	跳线处于 VCC 位置，FPWM 模式已启用。	*
JP2	引脚 1 至引脚 2 (GND)	跳线处于 GND 位置 (SYNC 引脚连接至 GND)，频率同步已禁用。	*
	开路	跳线已移除，在 SYNC 引脚上馈入外部时钟。SYNC 已启用。	
	引脚 2 至引脚 3 (VCC)	跳线处于 VCC 位置 (SYNC 引脚连接至 VCC)，频率同步已禁用。	
JP3	引脚 1 至引脚 2 (GND)	跳线处于 GND 位置 (DTRK 引脚连接至 GND)，数字电压跟踪已禁用。	*
	开路	跳线已移除，在 DTRK 引脚上馈入电压。如果 DTRK 引脚上的电压高于 VT (DTRK) 的上升阈值，则启用 DTRK。	
	引脚 2 至引脚 3 (VCC)	跳线处于 VCC 位置 (DTRK 引脚连接至 VCC)，数字电压跟踪已禁用。	
JP4	引脚 1 至引脚 2 (VEXT)	跳线处于 VEXT 位置，来自 J7-VEXT 的输入连接至 BIAS 引脚。	
	引脚 3 至引脚 4 (VIN)	跳线处于 VIN 位置。VIN (J1) 连接至 BIAS 引脚。	*
	引脚 5 至引脚 6 (VOUT)	跳线处于 VOUT 位置。VOUT (J2) 连接至 BIAS 引脚。	
JP5	引脚 1 至引脚 2 (GND)	跳线处于 GND 位置 (EN/UVLO 引脚连接至 GND)。LM51770 已禁用。	
	开路	跳线已移除 (EN 引脚连接至由 R14 和 R15 组成的电阻分压器网络)。通过电阻分压器网络设置 EN/UVLO 阈值。	*
	引脚 2 至引脚 3 (VIN)	跳线处于 VCC 位置 (EN/UVLO 引脚连接至 VCC)。LM51770 已启用。	
JP6	引脚 1/引脚 2	环路稳定性测量的连接点 (波特图)。	
	引脚 3	GND	
	引脚 4 至引脚 5	跳线就位选择内部反馈分压器。	

2.1.3 测试点说明

表 2-3. 测试点

参考指示符	说明
TP1 (VIN)	输入电压正测试点
TP2 (VOUT)	输出电压正测试点
TP3 (GND)	输入电压返回测试点
TP4 (GND)	输出电压返回测试点
TP5	CSA 测试点
TP6	CSB 测试点
TP7	SW2 测试点
TP8	ISNSP 测试点
TP9	BIAS 测试点
TP10	VCC 测试点
TP11	SYNC 测试点
TP12	SS/ATRK 测试点
TP13	COMP 测试点
TP14	HO1_LL
TP15	HO2_LL
TP16	GND
TP17	GND

2.1.4 选择开关说明

2.1.4.1 S1 和 S2 CFG 设置

这些开关可以设置 CFG 引脚的电阻器。详情请查阅 [LM51770](#) 数据表。

表 2-4. CFG 引脚配置概述

# ⁽¹⁾	DRSS	SCP - 断续模式	电流限值	PSM 进入阈值
1	禁用	禁用	禁用	10%
2	启用			
3	禁用	启用		
4	启用			
5	禁用	禁用	启用	
6	启用			
7	禁用	启用		
8	启用			
9	禁用	禁用	禁用	15%
10	启用			
11	禁用	启用		
12	启用			
13	禁用	禁用	禁用	
14	启用			
15	禁用	启用	启用	
16	启用			

(1) 只需关闭一个开关。

2.1.5 电流监测器和电流限制器配置

本章介绍了如何采用 EVM 来支持电流监测器和电流限制功能。默认设置为“电流监测”。

要选择 IMONOUT 所需的组件并设置各种运行模式，请参阅 [LM51770 降压/升压快速入门计算器工具](#)。

2.1.5.1 电流监测器配置

对于电流监测，需要完成以下设置：

- 未启用电流限制器的 CFG 设置
- 移除了 IMONOUT 跳线 J11
- IMONOUT 以及与 GND 连接的电阻器 - 请参阅 [图 2-1](#)

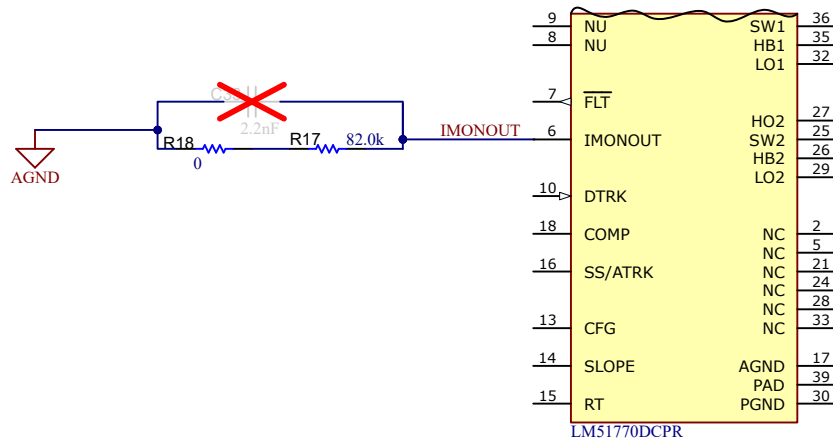


图 2-1. 用于电流监测的 IMONOUT 组件

2.1.5.2 电流限制器配置

电流限制器配置

对于电流限制，需要完成以下设置：

- 启用了电流限制器的 CFG 设置
- 移除了 IMONOUT 跳线 J11
- SYNC 连接到 VCC 以进行正向电流限制
- IMONOUT 与电阻器和电容器串联至 GND (注意：EMV 仅显示元件、名称和符号的占位符，并不总是反映放置在其中的元件类型和值。例如 2.2nF 和 700 Ω)

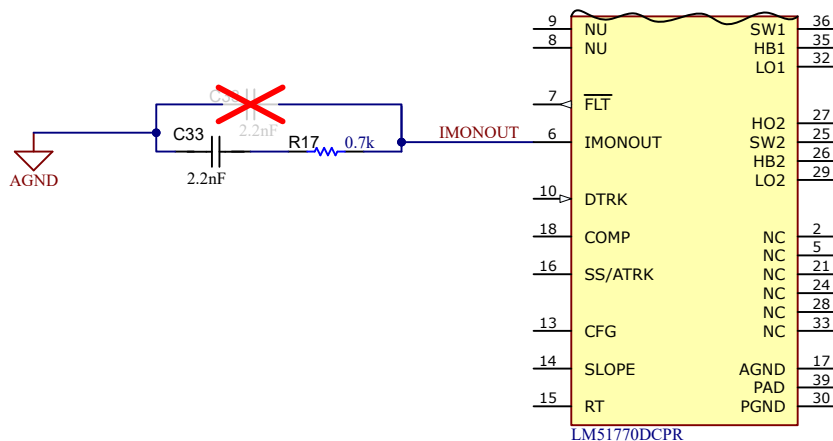
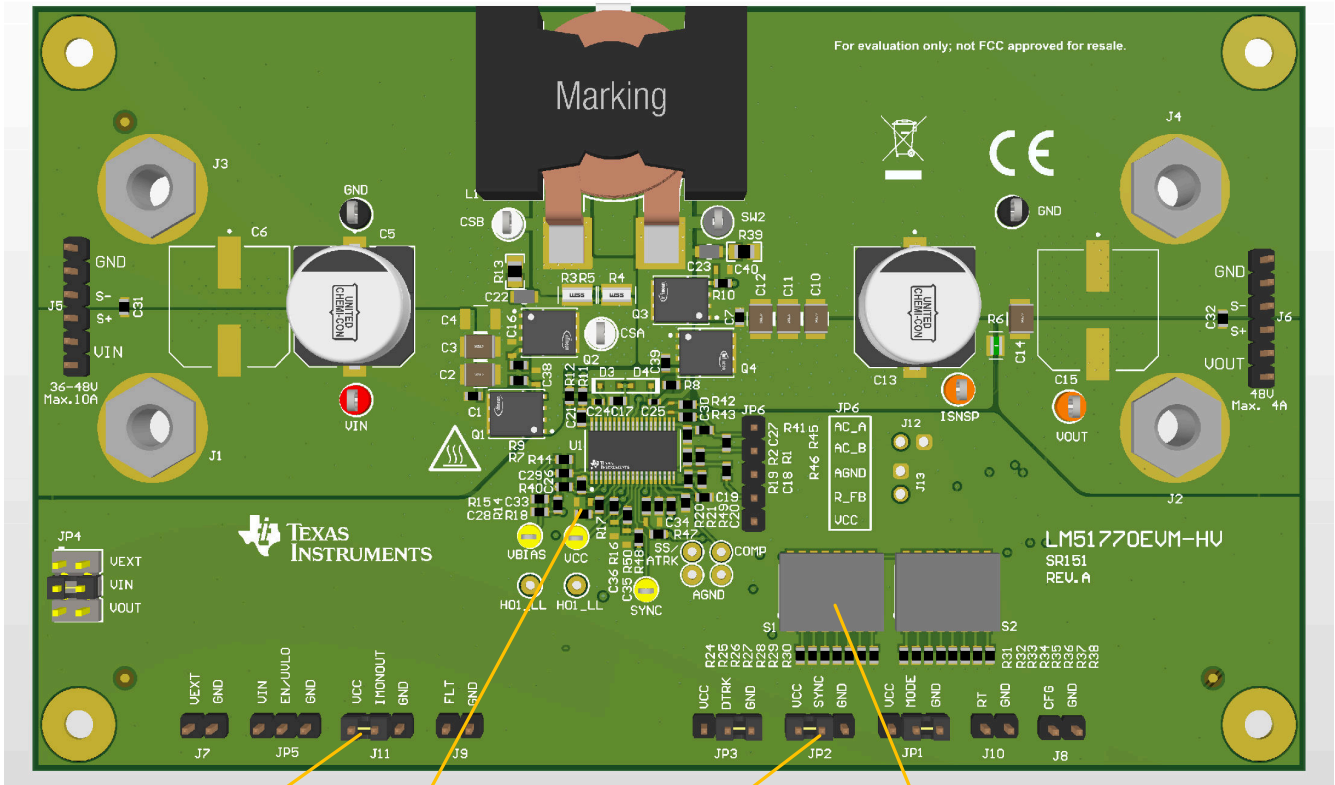


图 2-2. 用于电流限制的 IMONOUT 元件



- Remove Jumper on IMONOUT
- Filter for Current limit on IMONOUT
R + C (in series)

(R17 + R18 components replaced R and C)
- SYNC connected to VCC
- CFG setting #5
Enable I_Limit in forward direction

图 2-3. LM51770 电流限制 EVM 设置

3 实现结果

3.1 测试装置和过程

3.1.1 测试设置

图 3-1 展示了用于评估 LM51770EVM-HV 的典型测试设置

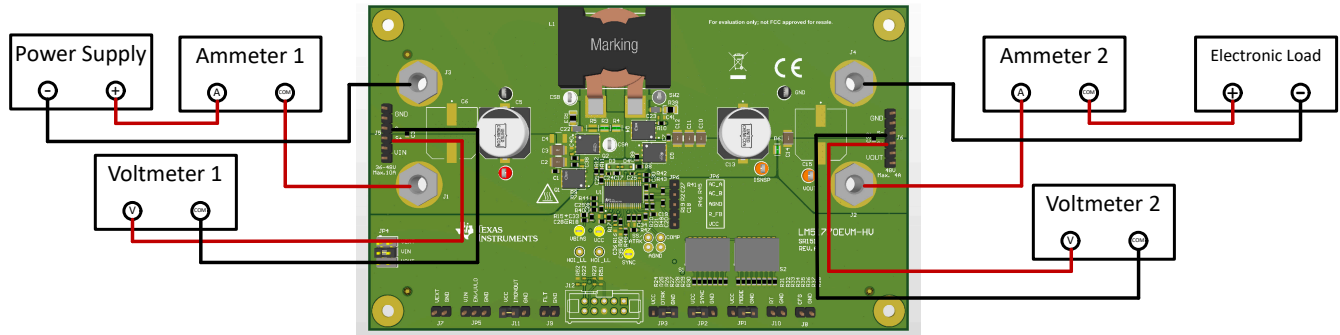


图 3-1. 典型的 EVM 连接图

3.1.2 测试程序

1. 将电源电流限值设置为 10A。关闭电源。将电源的正输出连接到 J1，负输出连接到 J3。
2. 将负载连接到 J2 实现正连接，连接到 J4 实现负连接。
3. 将电源电压设置为 36V，将电子负载设置为 0.1A。电子负载电压必须通过标称 48V 输出进行调节。
4. 缓慢增大负载，同时监控 J6-VOUT 和 J6-GND 之间的输出电压。当负载增加到 4A 时，电压必须保持标称 48V 输出的稳压。
5. 从 36V 至 48V 缓慢扫描输入电压。输出电压必须通过标称 48V 输出进行调节。
6. 从 48V 至 36V 缓慢扫描输入电压。输出电压必须通过标称 48V 输出进行调节。
7. 将负载降至 1A。
8. 将输入电压降至 0V 以关闭降压/升压转换器，然后关闭负载。

3.1.3 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 Q4) 发热。电路板表面会变热。请勿触摸。接触会导致烫伤。

3.2 测试数据和性能曲线

3.2.1 热性能

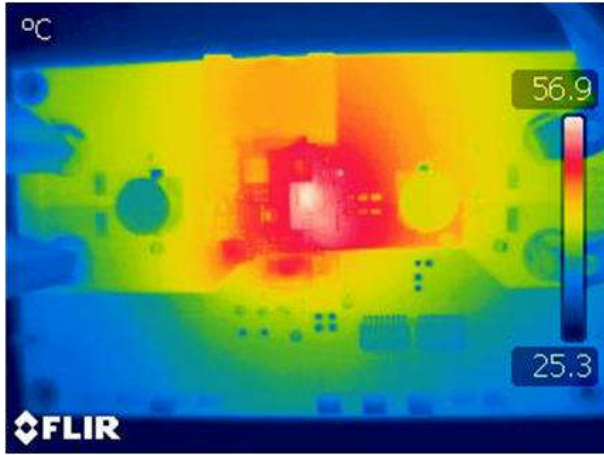


图 3-2. 热像图 : $V_{IN} = 36.0V$, $I_{OUT} = 4.0A$, 无强制空气冷却

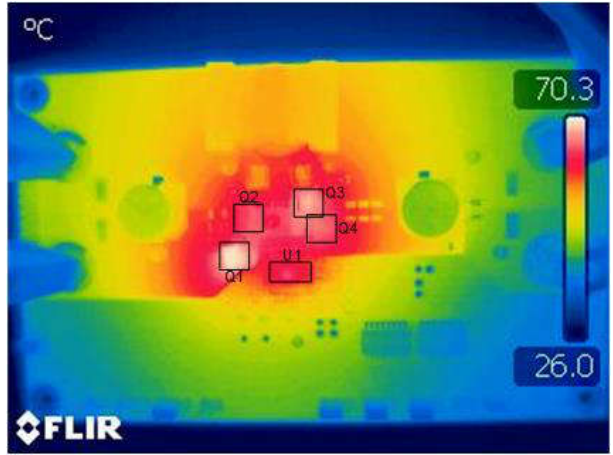


图 3-3. 热像图 : $V_{IN} = 40.0V$, $I_{OUT} = 4.0A$, 无强制空气冷却

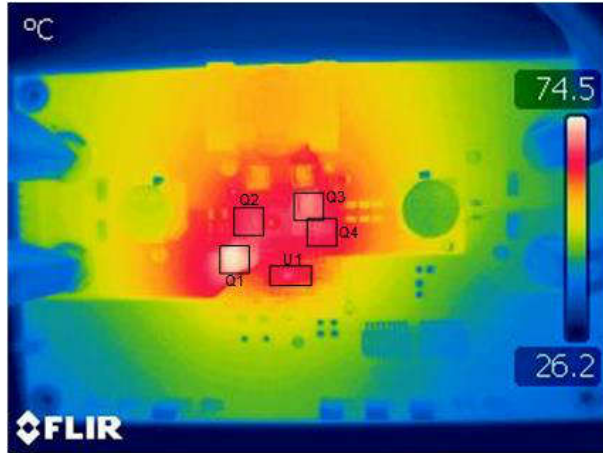


图 3-4. 热像图 : $V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 4.0A$, 无强制空气冷却

3.2.2 效率

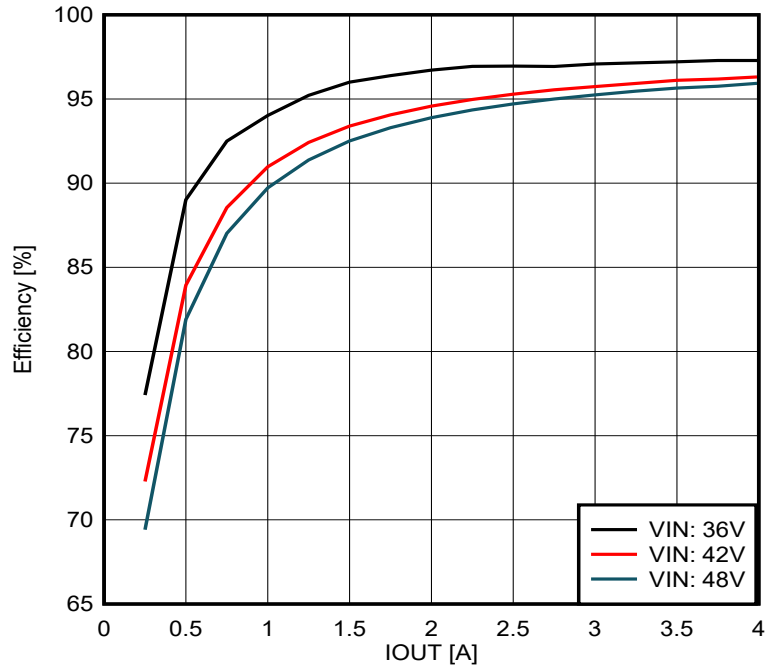


图 3-5. 效率与输出电流间的关系, $V_O = 20V$

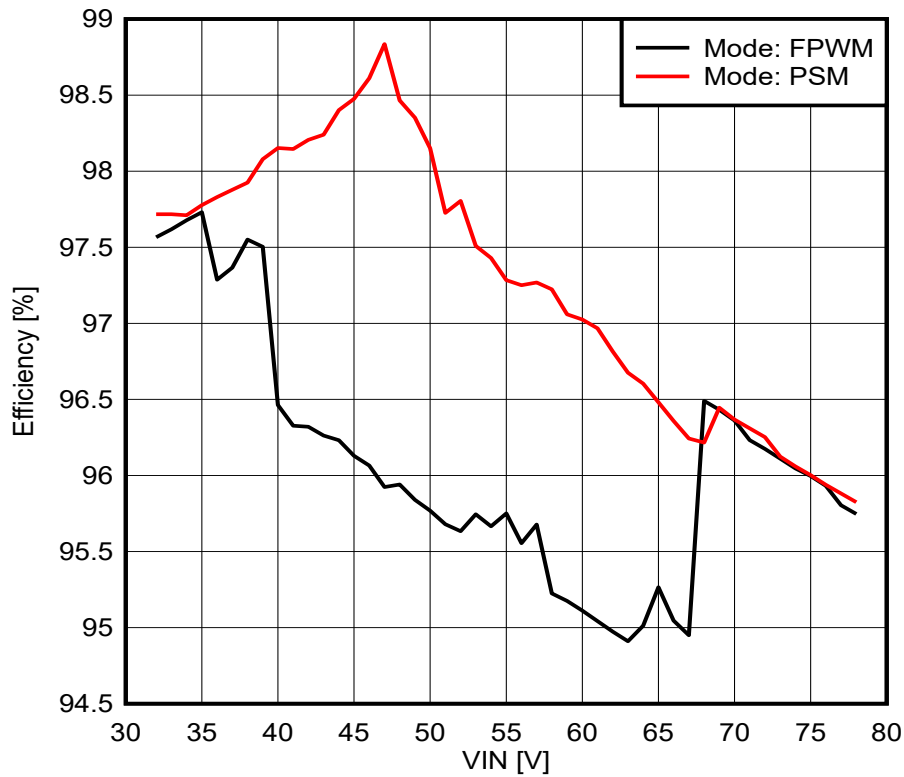


图 3-6. 效率与输入电压间的关系, $V_O = 20V$, $I_O = 5A$

3.2.3 稳态波形

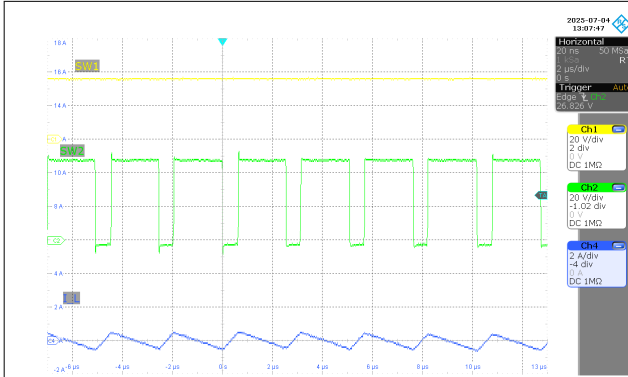


图 3-7. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 36V$, $I_{OUT} = 0A$, FPWM 模式)

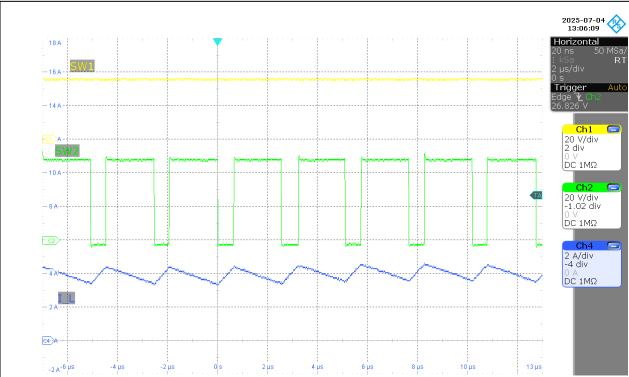


图 3-8. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 36V$, $I_{OUT} = 3.0A$, FPWM 模式)

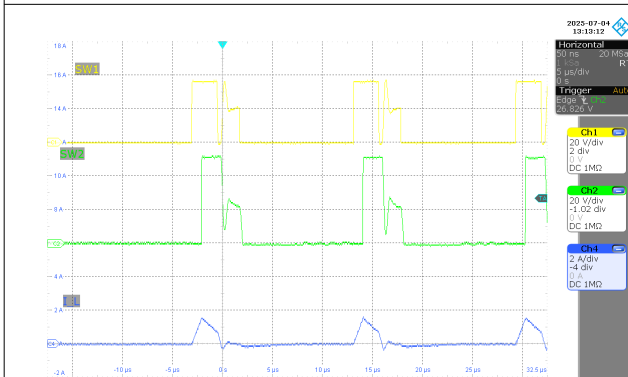


图 3-9. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 36V$, $I_{OUT} = 0A$, PSM 模式)

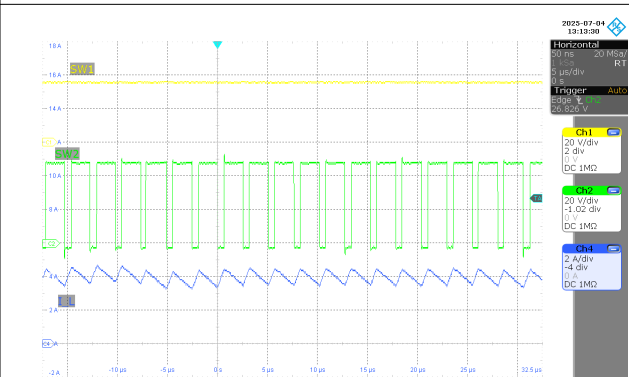


图 3-10. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 36V$, $I_{OUT} = 3.0A$, PSM 模式)

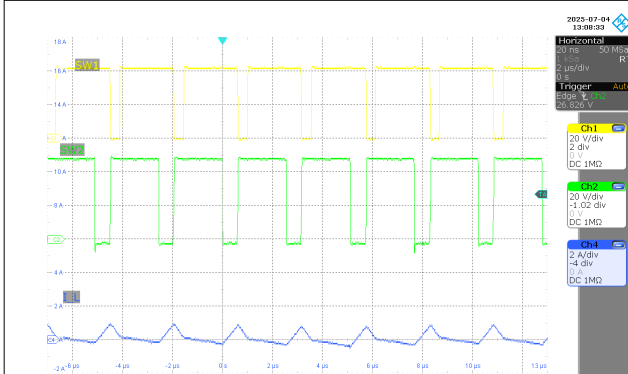


图 3-11. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 42V$, $I_{OUT} = 0A$, FPWM 模式)

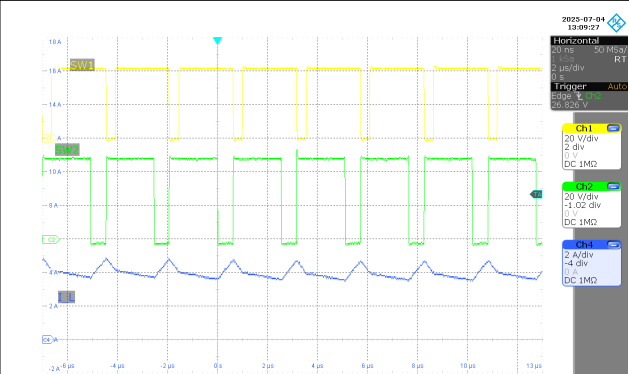


图 3-12. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 42V$, $I_{OUT} = 3.0A$, FPWM 模式)

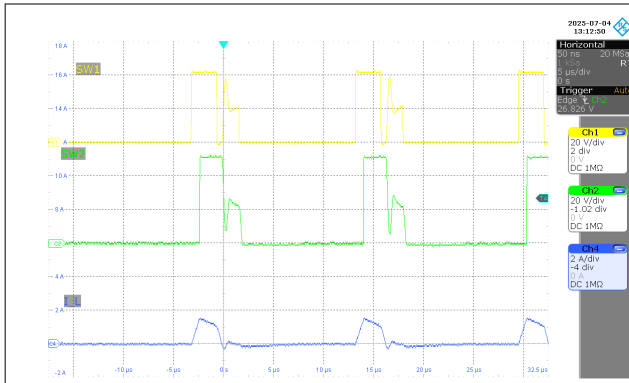


图 3-13. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 42V$, $I_{OUT} = 0A$, PSM 模式)

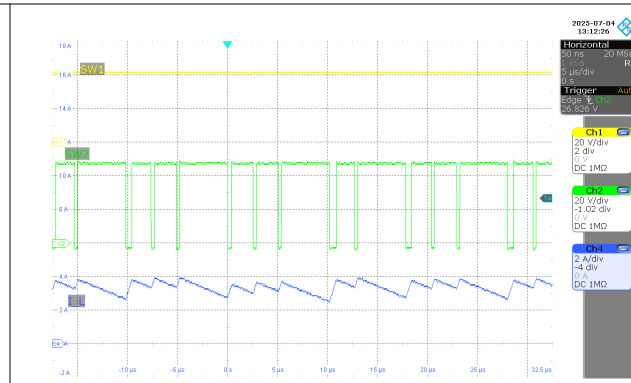


图 3-14. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 42V$, $I_{OUT} = 3.0A$, PSM 模式)

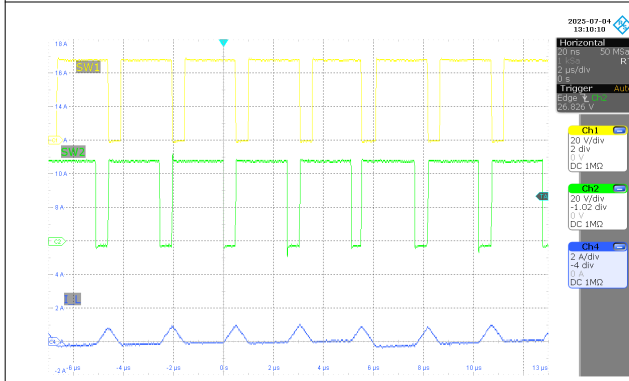


图 3-15. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 0A$, FPWM 模式)

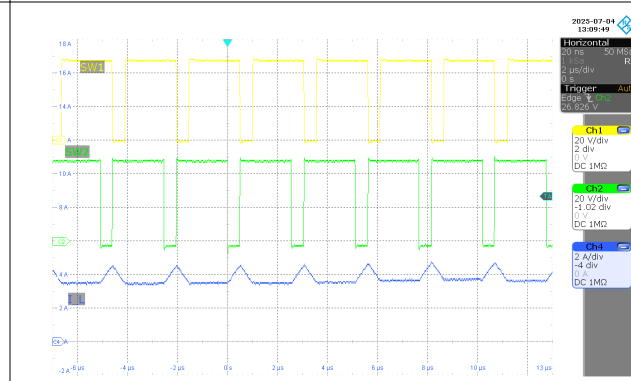


图 3-16. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 3.0A$, FPWM 模式)

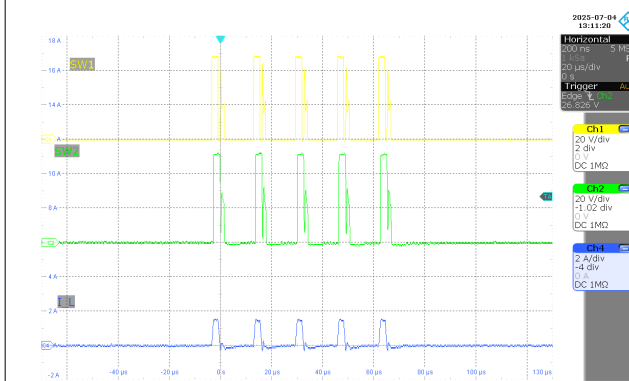


图 3-17. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 0A$, PSM 模式)

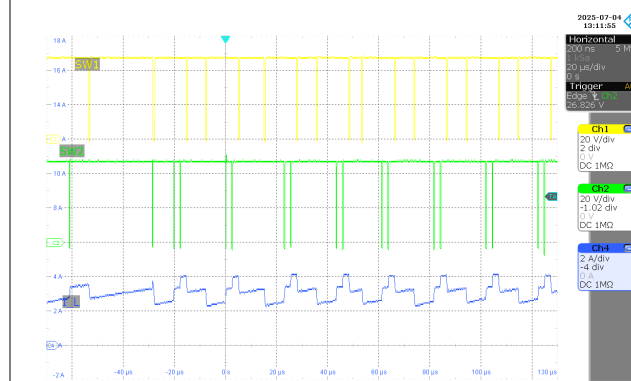


图 3-18. SW1、SW2、 I_L ($V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 3.0A$, PSM 模式)

3.2.4 阶跃负载响应

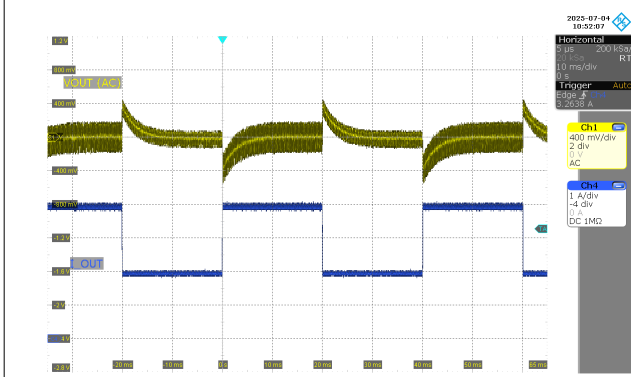


图 3-19. 负载阶跃 ($V_{IN} = 36V$, $I_{OUT} = 2A$ 至 $4A$)

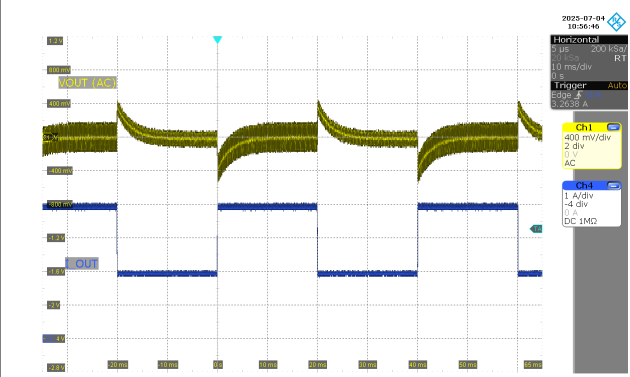


图 3-20. 负载阶跃 ($V_{IN} = 42V$, $I_{OUT} = 2A$ 至 $4A$)

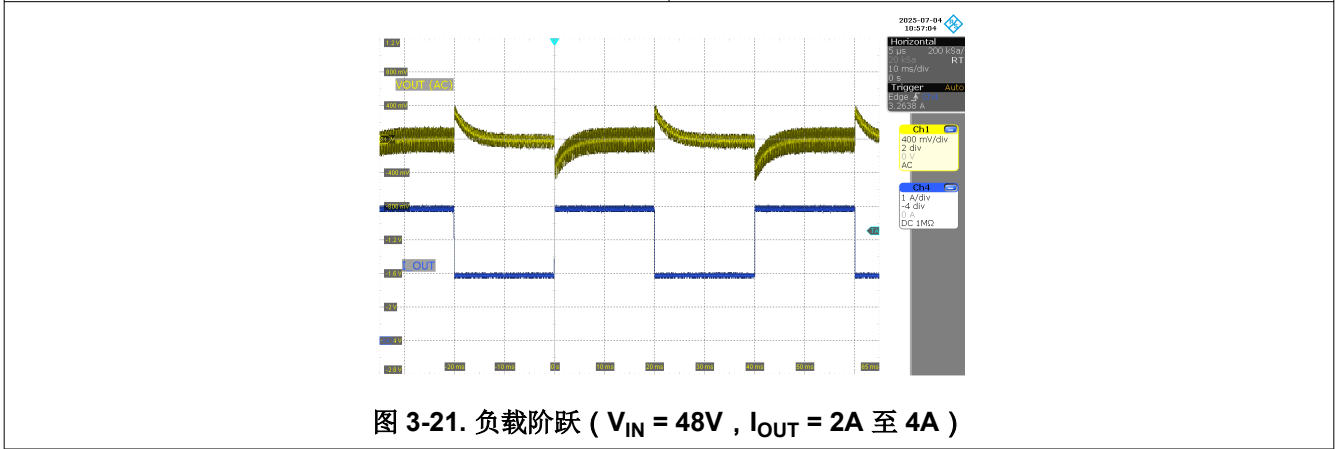


图 3-21. 负载阶跃 ($V_{IN} = 48V$, $I_{OUT} = 2A$ 至 $4A$)

3.2.5 交流环路响应曲线

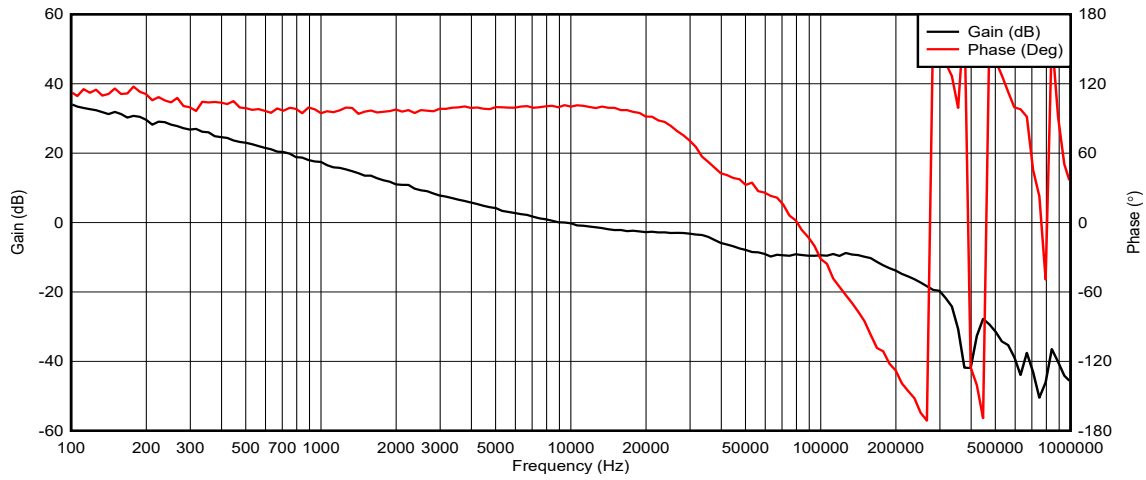


图 3-22. 控制回路响应，VIN = 36.0V，IOU = 3.0A

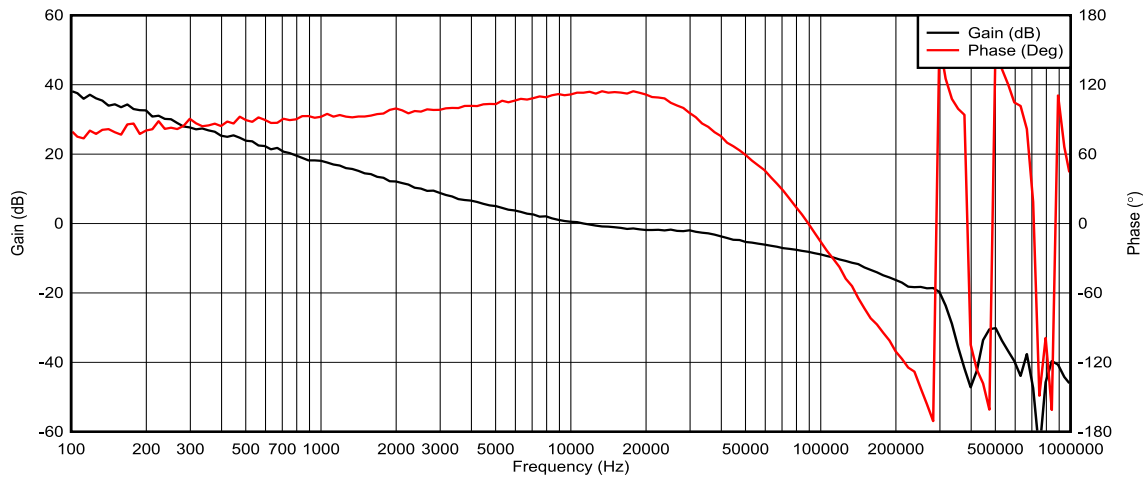


图 3-23. 控制回路响应，VIN = 48.0V，IOU = 3.0A

4 硬件设计文件

4.1 原理图

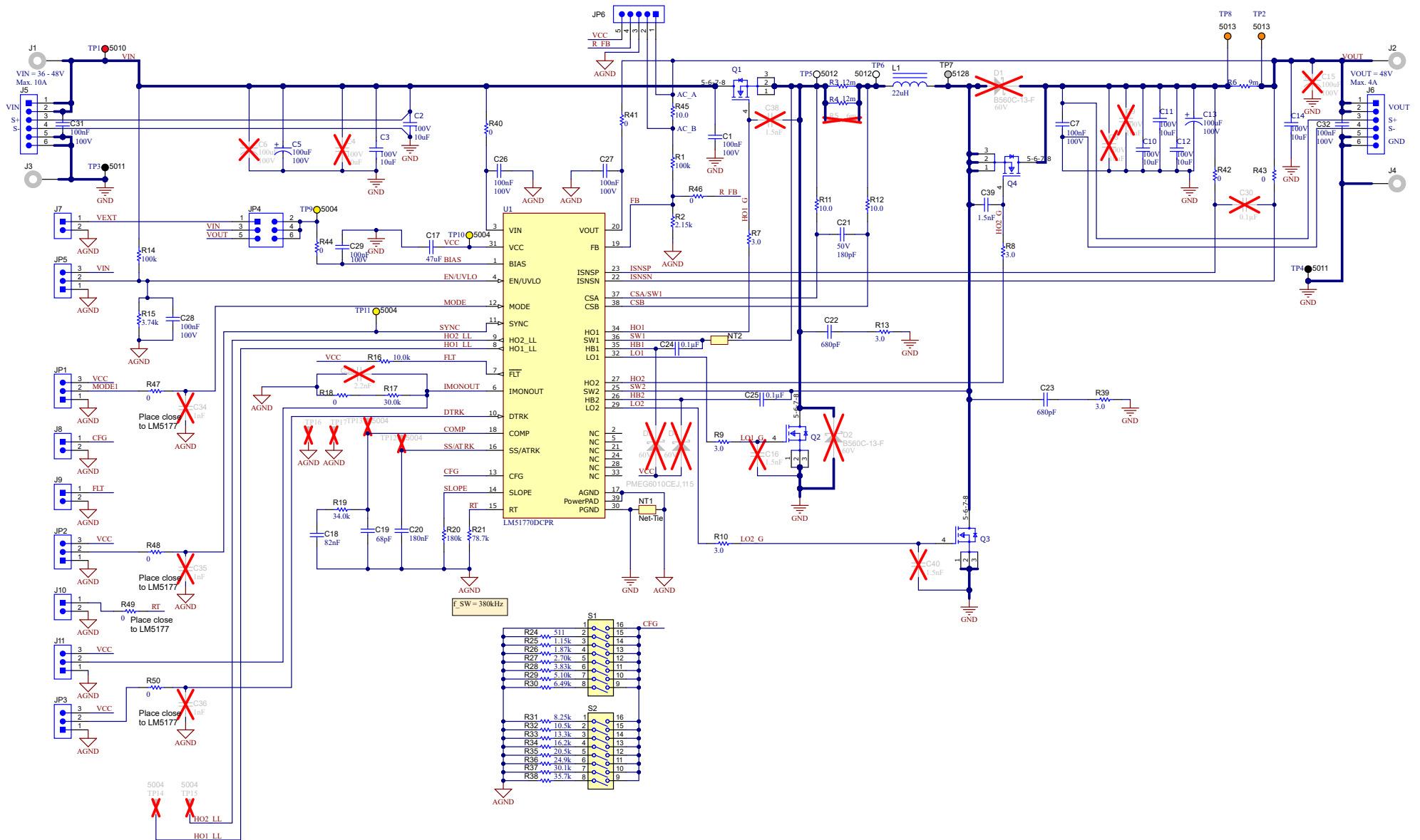


图 4-1. 4 开关降压/升压控制器原理图

Optional external components
- Beard board circuits

This sheet contains footprint placeholder for compoents to extend the controller functions. Components and values are generic and can be

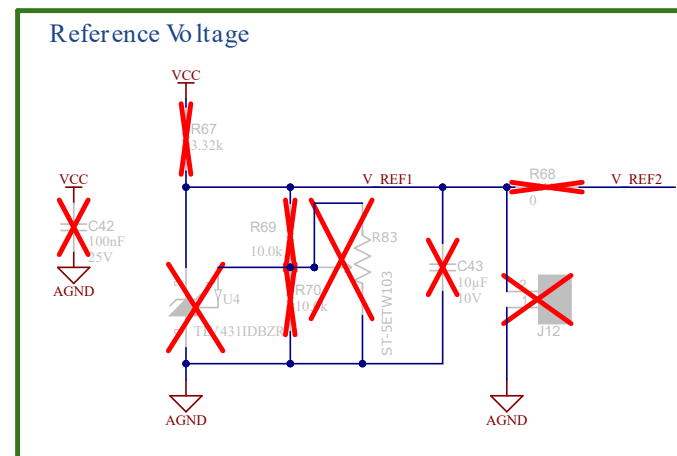
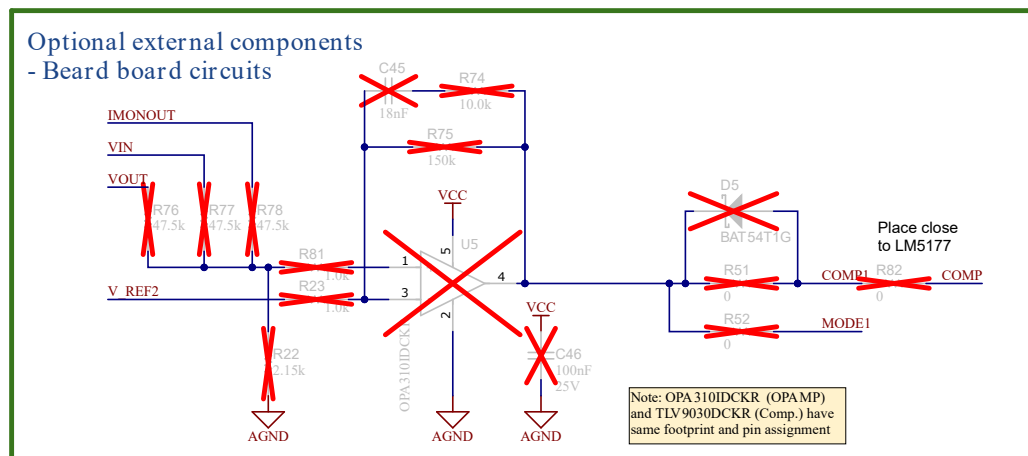
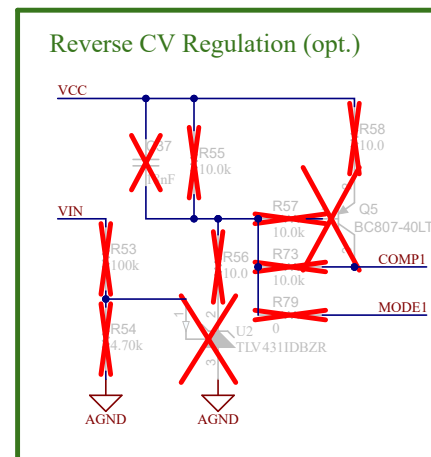
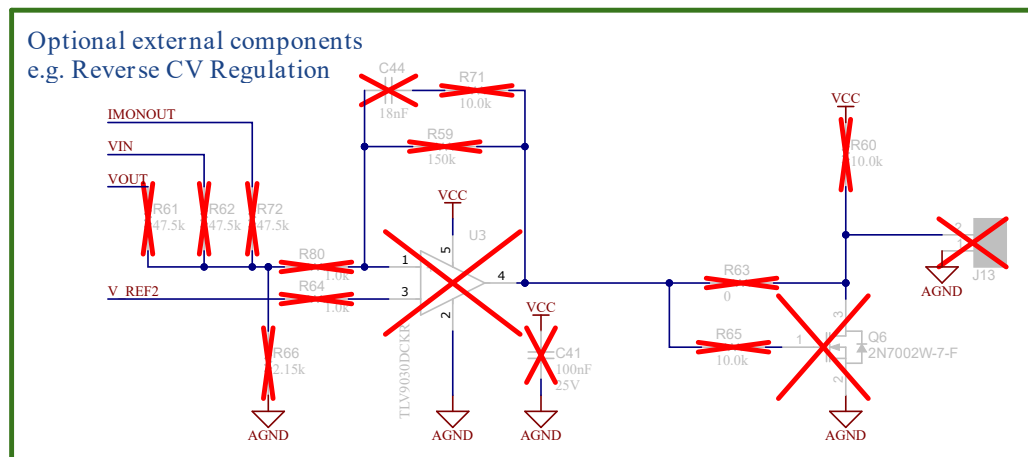


图 4-2. 4 开关降压/升压控制器原理图 (可选元件)

4.2 PCB 布局

图 4-3 至图 4-8 展示了 LM51770EVM-HV PCB 的设计。

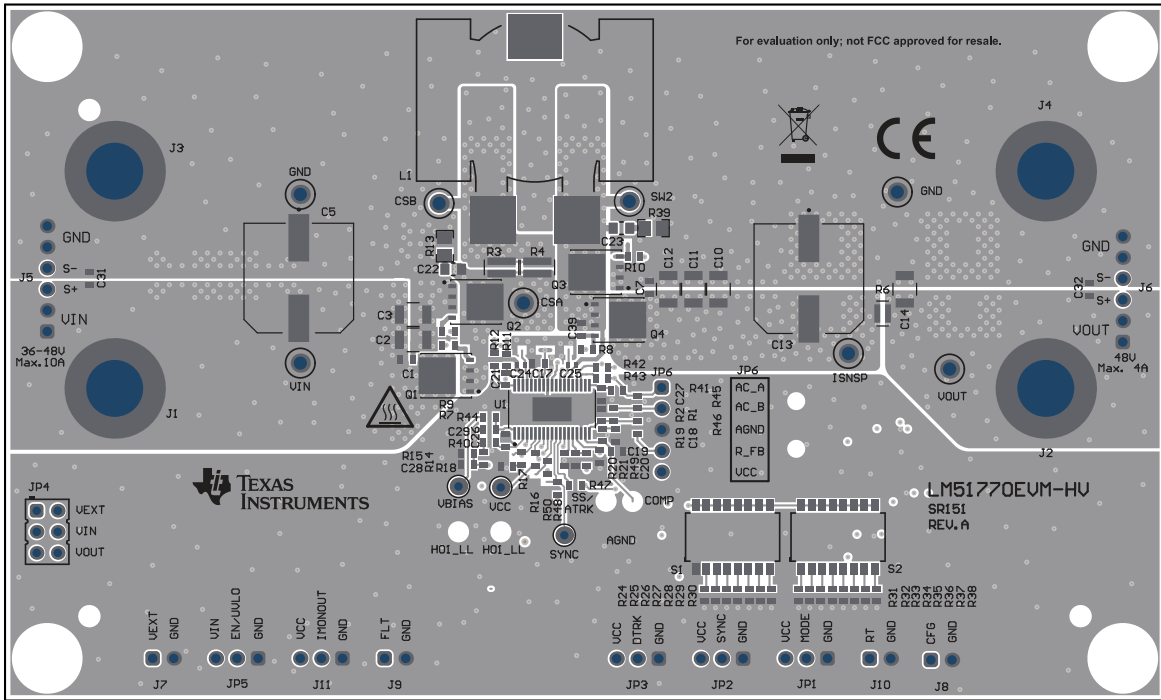


图 4-3. 顶部丝印

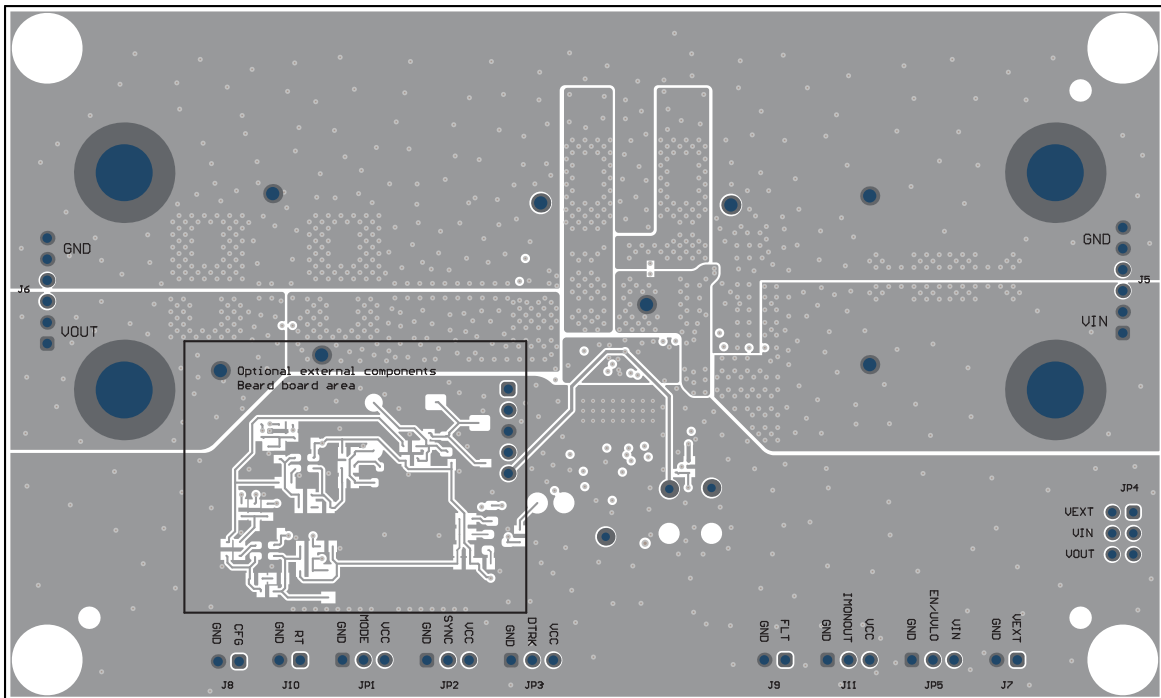


图 4-4. 底部丝印

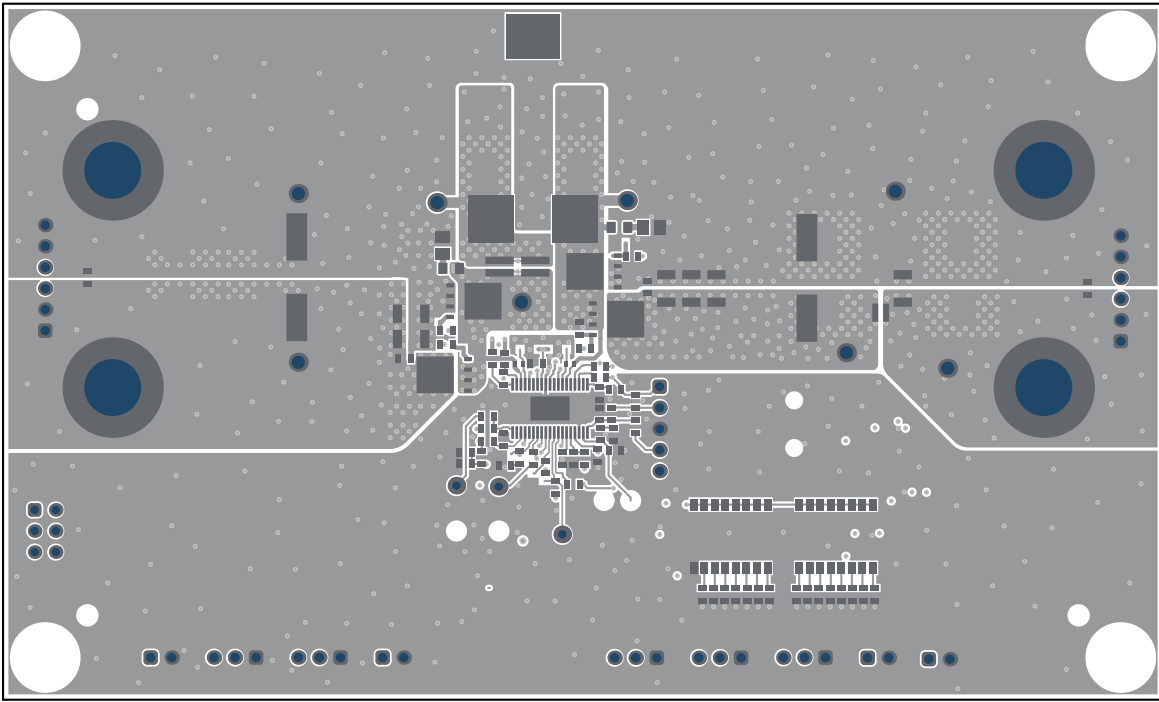


图 4-5. 顶层

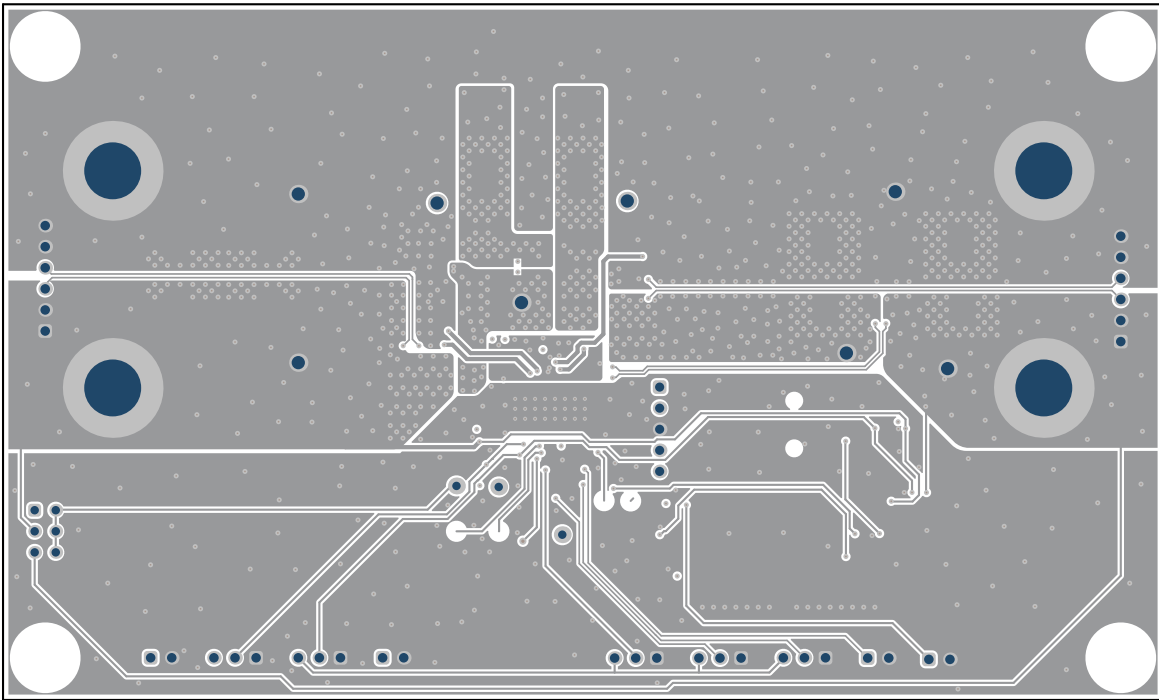


图 4-6. 中间层 1

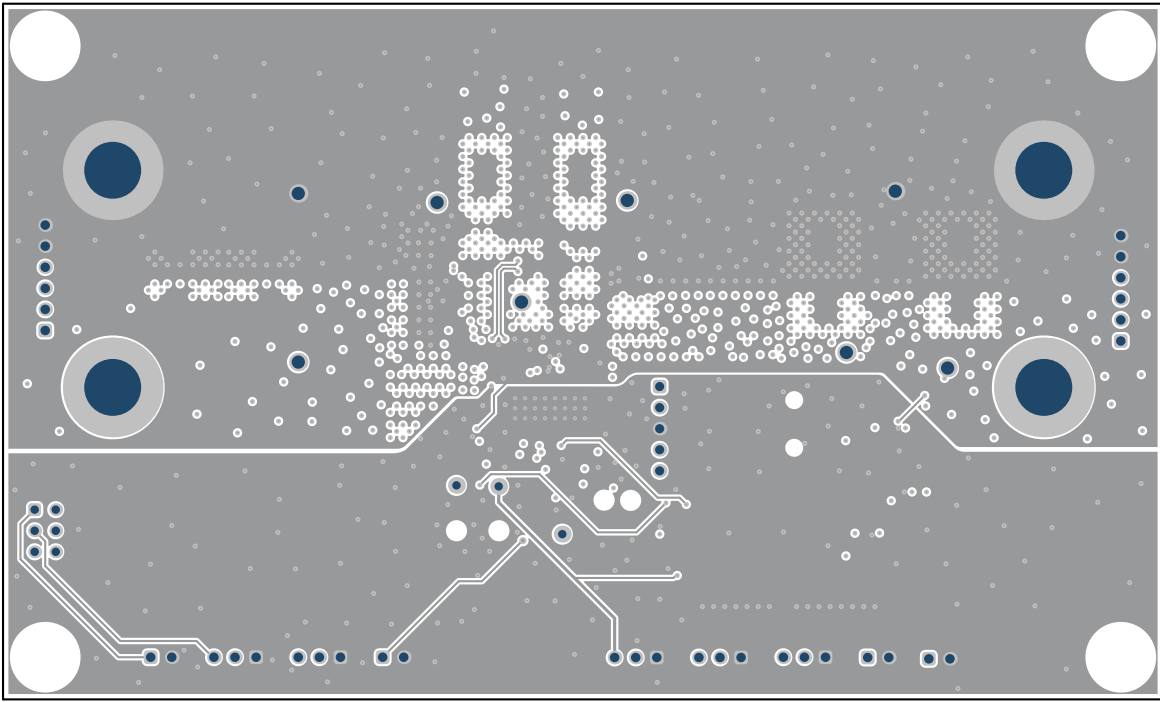


图 4-7. 中间层 2

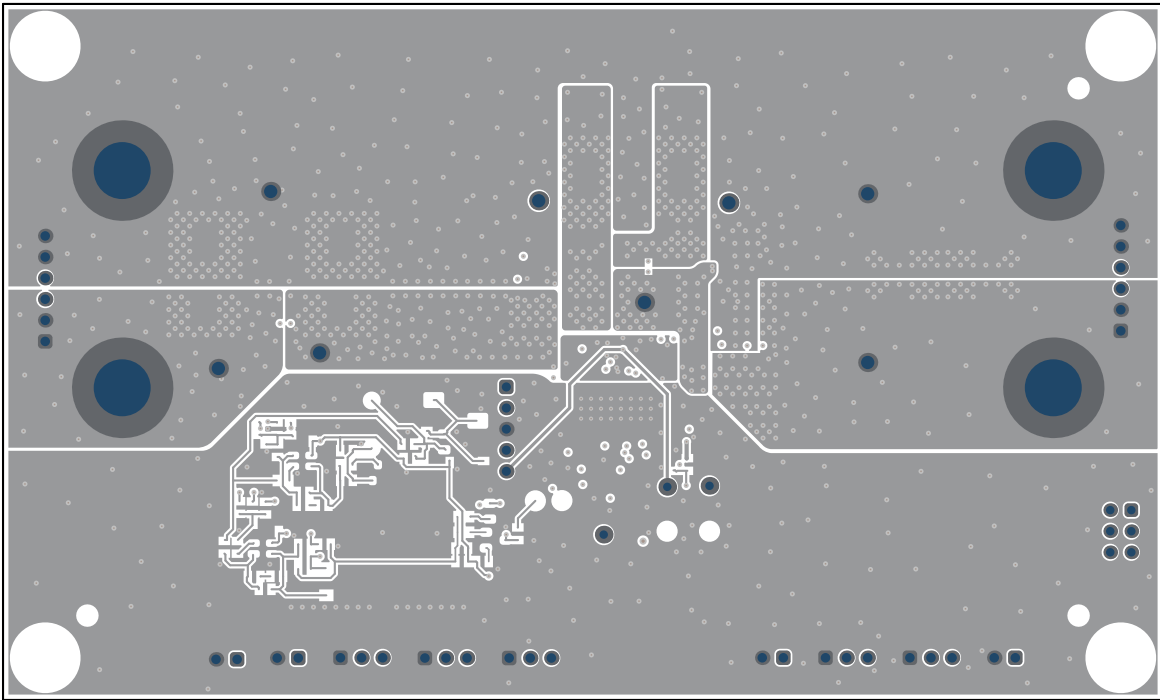


图 4-8. 底层

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、C7、C26、C27、C28、C29、C31、C32	8	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 100V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0603	GCJ188R72A104KA01D	MuRata
C2、C3、C10、C11、C12、C14	6	10μF	10μF ±10% 100V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	C3225X7R2A106K250AC	TDK
C5、C13	2	100μF	100uF 100V 20% 铝制电解电容器, 径向, Can - SMD - 5000 小时, 105°C	EMVY101ARA101MKE0S	United Chemi-Con
C17	1	47uF	电容器, 陶瓷, 47μF, 6.3V, +/-20%, X5R, 0603	GRM188R60J476ME15D	MuRata
C18	1	0.082uF	电容, 陶瓷, 0.082uF, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603YC823KAT2A	AVX
C19	1	68pF	电容, 陶瓷, 68pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	C0603C680J5GACTU	Kemet
C20	1	0.18uF	电容, 陶瓷, 0.18uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	GRM188R71E184KA88D	MuRata
C21	1	180pF	电容, 陶瓷, 180pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	C0603C181J5GACTU	Kemet
C22、C23	2	680pF	电容, 陶瓷, 680pF, 50V, +/-1%, C0G/NP0, 0805	C0805C681F5GACTU	Kemet
C24、C25	2	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402BB104KW500	Passive Plus
C39	1	1500pF	电容, 陶瓷, 1500pF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	06031C152KAT2A	AVX
J1、J2、J3、J4	4		标准香蕉插孔, 非绝缘, 15A	108-0740-001	Cinch Connectivity
J5、J6	2		接头, 2.54mm, 6x1, 金, TH	61300611121	Würth Elektronik
J7、J8、J9、J10	4		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	61300211121	Würth Elektronik
J11、JP1、JP2、JP3、JP5	5		接头, 2.54mm, 3x1, 金, TH	61300311121	Würth Elektronik
JP4	1		接头, 2.54mm, 3x2, 金, TH	HTSW-103-07-G-D	Samtec

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
JP6	1		接头, 2.54mm, 5x1, 金, TH	61300511121	Würth Elektronik
L1	1	22uH	电感, 屏蔽, 铁氧体, 22uH, 18A, 0.00264ohm, SMD	7443642200	Würth Elektronik
Q1、Q2、Q3、Q4	4		N 通道 100V 44A (Tc) 2.5W (Ta)、52W (Tc) 表面贴装 PG-TDSON-8-6	BSC146N10LS5ATMA1	Infineon
R1、R14	2	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
R2	1	2.15k	电阻, 2.15k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072K15L	Yageo
R3、R4	2	12m	12m Ω , \pm 1%, 1.5W, 片上电阻, 宽, 1206 (公制 3216), 0612, 汽车类 AEC-Q200, 电流检测, 金属箔	KRL3216E-C-R012-F-T5	Susumu
R6	1	9m	9m Ω , \pm 1%, 1W, 片上电阻, 宽, 0805 (公制 2012), 0508, 汽车类 AEC-Q200, 电流检测, 金属箔	KRL2012E-M-R009-F-T5	Susumu
R7、R8、R9、R10	4	3	电阻, 3.0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06033R00JNEA	Vishay-Dale
R11、R12	2	10	电阻, 10.0, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310R0FKEAHP	Vishay-Dale
R13、R39	2	3	电阻, 3.0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	CRCW08053R00JNEA	Vishay-Dale
R15	1	3.74k	电阻, 3.74k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-073K74L	Yageo
R16	1	10.0k	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0710KL	Yageo America
R17	1	30.0k	电阻, 30.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0730KL	Yageo

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
R18、R40、R41、R42、 R43、R44、R46、R47、 R48、R49、R50	11	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
R19	1	34.0k	电阻, 34.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	ERJ-3EKF3402V	Panasonic
R20	1	180k	电阻, 180k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603180KJNEA	Vishay-Dale
R21	1	78.7k	电阻, 78.7k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0778K7L	Yageo
R24	1	511	电阻, 511, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603511RFKEA	Vishay-Dale
R25	1	1.15k	电阻, 1.15k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06031K15FKEA	Vishay-Dale
R26	1	1.87k	电阻, 1.87k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-071K87L	Yageo
R27	1	2.70k	电阻, 2.70k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072K7L	Yageo
R28	1	3.83k	电阻, 3.83k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06033K83FKEA	Vishay-Dale
R29	1	5.10k	电阻, 5.10k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-075K1L	Yageo
R30	1	6.49k	电阻, 6.49k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-076K49L	Yageo
R31	1	8.25k	电阻, 8.25k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-078K25L	Yageo
R32	1	10.5k	电阻, 10.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310K5FKEA	Vishay-Dale
R33	1	13.3k	电阻, 13.3k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0713K3L	Yageo
R34	1	16.2k	电阻, 16.2k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060316K2FKEA	Vishay-Dale

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
R35	1	20.5k	电阻, 20.5k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0720K5L	Yageo
R36	1	24.9k	电阻, 24.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060324K9FKEA	Vishay-Dale
R37	1	30.1k	电阻, 30.1k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060330K1FKEA	Vishay-Dale
R38	1	35.7k	电阻, 35.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060335K7FKEA	Vishay-Dale
R45	1	10	电阻, 10.0, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710RL	Yageo
S1、S2	2		SPST 开关, 8 芯, 25mA, 24VDC, SMD	218-8LPST	CTS Electrocomponents
TP1	1		测试点, 通用, 红色, TH	5010	Keystone Electronics
TP2、TP8	2		测试点, 通用, 橙色, TH	5013	Keystone Electronics
TP3、TP4	2		测试点, 通用, 黑色, TH	5011	Keystone Electronics
TP5、TP6	2		测试点, 通用, 白色, TH	5012	Keystone Electronics
TP7	1		测试点, 通用, 灰色, TH	5128	Keystone Electronics
TP9、TP10、TP11	3		测试点, 微型, 黄色, TH	5004	Keystone Electronics
U1	1		78V 宽 VIN 双向 4 开关降压/升压控制器	LM51770DCPR	德州仪器 (TI)
C4、C8、C9	0	10 μ F	10 μ F \pm 10% 100V 陶瓷电容器 X7R 1210 (公制 3225)	C3225X7R2A106K250AC	TDK
C6、C15	0	100 μ F	100 μ F 100V 20% 铝制电解电容器, 径向, Can - SMD - 5000 小时, 105°C	EMVY101ARA101MKE0S	United Chemi-Con
C16、C40	0	1500pF	电容, 陶瓷, 1500pF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	06031C152KAT2A	AVX
C30	0	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402BB104KW500	Passive Plus

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
C33	0	2200pF	电容, 陶瓷, 2200pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	06031C222JAT2A	AVX
C34、C35、C36	0	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	06031C102JAT2A	AVX
C37、C44、C45	0	0.018uF	电容, 陶瓷, 0.018uF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C183K1RACTU	Kemet
C38	0	1500pF	电容, 陶瓷, 1500pF, 100V, ± 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E2X7R2A152K080AA	TDK
C41、C42、C46	0	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	C0603X104K3RACTU	Kemet
C43	0	10uF	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, +/-10%, X5R, 0603	GRM188R61A106KE69D	MuRata
D1、D2	0	60V	二极管, 肖特基, 60V, 5A, SMC	B560C-13-F	Diodes Inc.
D3、D4	0	60V	二极管, 肖特基, 60V, 1A, SOD-323F	PMEG6010CEJ,115	Nexperia
D5	0	30V	二极管, 肖特基, 30V, 0.2A, SOD-123	BAT54T1G	ON Semiconductor
J12、J13	0		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	61300211121	Wurth Elektronik
Q5	0	45V	晶体管, PNP, 45V, 0.5A, AEC-Q101, SOT-23	BC807-40LT1G	ON Semiconductor
Q6	0	60V	MOSFET, N 沟道, 60V, 0.115A, SOT-323	2N7002W-7-F	Diodes Inc.
R5	0	6m	6mΩ, ±1%, 1W, 片上电阻, 宽, 0805 (公制 2012), 0508, 汽车类 AEC-Q200, 电流检测, 金属箔	KRL2012E-M-R006-F-T5	Susumu
R22、R66	0	2.15k	电阻, 2.15k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072K15L	Yageo

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
R23、R64、R80、R81	0	1.0k	电阻, 1.0k, 5%, 0.1W, 0603	RC0603JR-071KL	Yageo
R51、R52、R63、R68、R79、R82	0	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
R53	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
R54	0	4.70k	电阻, 4.70k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-074K7L	Yageo
R55、R57、R71、R73、R74	0	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R56、R58	0	10	电阻, 10.0, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710RL	Yageo
R59、R75	0	150k	电阻, 150k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07150KL	Yageo
R60、R65、R69、R70	0	10.0k	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0710KL	Yageo America
R61、R62、R72、R76、R77、R78	0	47.5k	电阻, 47.5k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0747K5L	Yageo
R67	0	3.32k	电阻, 3.32k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-073K32L	Yageo
R83	0	10k Ω	10k Ω 0.25W, 1/4W 鸥翼表面贴装微调电位器金属陶瓷 14.0 转顶部调节	ST-5ETW103	Nidec Copal Electronics (日产科宝电子有限公司)
TP12、TP13、TP14、TP15	0		测试点, 微型, 黄色, TH	5004	Keystone Electronics
TP16、TP17	0		测试点, 微型, 黑色, TH	5001	Keystone Electronics
U2、U4	0		低压可调精度并联稳压器, 39ppm/ $^{\circ}$ C, 15mA, -40 $^{\circ}$ C 到 85 $^{\circ}$ C, 3 引脚 SOT-23 (DBZ), 绿色环保 (RoHS, 无镉/溴)	TLV431IDBZR	德州仪器 (TI)

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	器件型号	制造商
U3	0		具有推挽输出 5-SC70 和 -40 至 125°C 的汽单路低电压比较器	TLV9030DCKR	德州仪器 (TI)
U5	0		单通道、5.5V、3MHz 高输出电流 (150mA) 快速关断 (1 μ s) 运算放大器 5-SC70 -40°C 至 125°C	OPA310IDCKR	德州仪器 (TI)

5 其他信息

5.1 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