

# EVM User's Guide: LM5177EVM-HP

## LM5177 降压/升压控制器评估模块

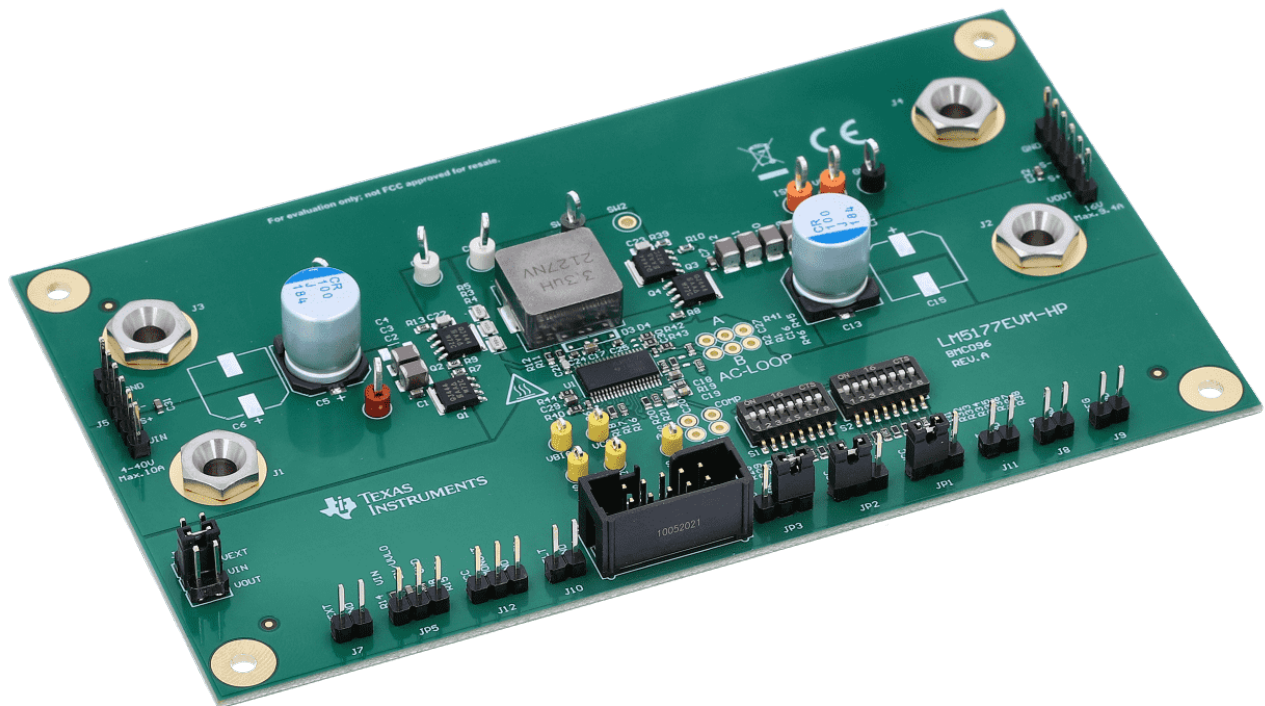


### 说明

LM5177EVM-HP 展示了一款采用 LM5177 宽输入电压降压/升压控制器的高功率灵活降压/升压设计。该评估模块经配置，可在 4.2V 至 36V 的输入电压范围内运行，并提供 16V 稳压输出，负载电流高达 9.4A。

### 特性

- 输入电压范围为 4.2V 至 36V
- 输出电压为 16V、电流高达 9.4A (150W)
- 高效同步降压/升压转换
- 轻松访问配置特性
- 采用标准 5mm x 6mm FET 的灵活设计



## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

LM5177EVM-HP 展示了一款采用 LM5177 宽  $V_{IN}$  降压/升压控制器的高功率灵活降压/升压设计。该评估模块经配置，可在 4.2V 至 36V 的输入电压范围内运行，并提供 16V 稳压输出，负载电流高达 9.4A。

### 1.2 套件内容

- 一个 LM5177EVM-HP 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	4.2V 至 36V
输出电压	16V
最大输出电流	9.4A
默认开关频率	400kHz
电路板尺寸 ( 四层 )	5.6inch × 3.2inch

- 流畅的降压/升压运行
- 超高 (> 97%) 峰值电源转换效率
- 可使用反馈电阻分压器选择来调节输出电压
- 具有可选同步 (SYNC) 功能的可编程开关频率
- 逐周期过流保护
- 可选断续模式过载保护
- 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
- 用于降低 EMI 的可选频率抖动
- 通过 DIP 开关设置配置电阻器  $R_{CFG}$

## 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

参考标识符	说明
J1	输入电压正连接
J2	输出电压连接和 ISNSN 测试点
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 VIN/BIAS 输入连接
J8	R_FB 输入连接
J9	CFG 外部输入连接
J10	FLT 外部输入连接
J11	RT 外部输入连接
J12	IMONOUT 输出连接
J13	I2C/USB2ANY 连接器 (不用于 LM5177)

#### 2.1.2 跳线说明

表 2-2. 跳线

参考标识符	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，省电模式 (PSM) 已禁用。	*
JP2	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。	*
	开路	跳线已移除，在 SYNC 引脚上馈入外部时钟。SYNC 已启用。	
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。	
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。	

表 2-2. 跳线 (续)

参考标识符	引脚	说明	默认连接
JP5	引脚 1 至引脚 2 (GND)	跳线处于 GND 位置 ( EN/UVLO 引脚连接至 GND )。LM5177 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 )。LM5177 已启用。	

### 2.1.3 测试点说明

表 2-3. 测试点

参考标识符	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)	BIAS 电压测试点
TP10	VCC 测试点
TP11	SYNC 测试点

## 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。有关详细信息，请参阅 [LM5177 宽  \$V\_{IN}\$  4 开关降压/升压控制器内核 IP](#) 数据表。

**表 2-4. CFG 引脚配置概述**

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

#### 备注

只需关闭 S1 和 S2 内的一个 DIP 开关，即可避免配置设置不正确。

## 2.1.5 电流监测器和电流限制器配置

EVM 可用于支持电流监测和电流限制功能。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 电流监测器和电流限制器配置

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 J12
- IMONOUT 以及与 GND 连接的电阻器 - 请参阅 [图 2-1](#)

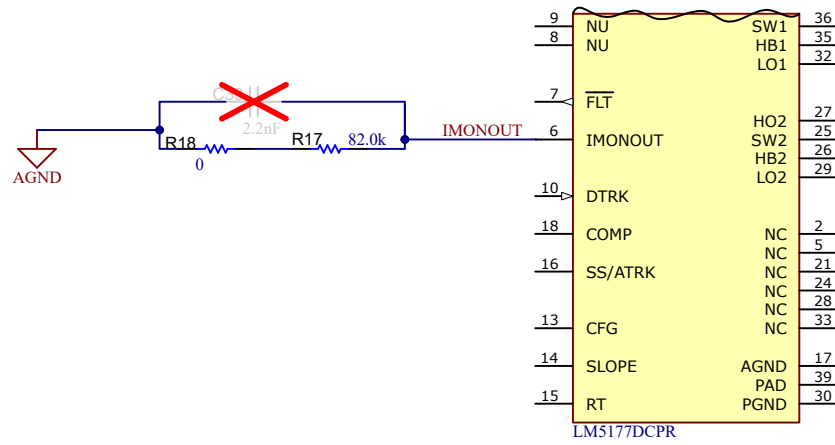


图 2-1. 用于电流监测的 IMONOUT 组件

### 2.1.5.2 电流限制器配置

对于电流限制，相关设置如下所示。请参阅图 2-3。

- 启用了电流限制器的 CFG 设置
- 移除了 IMONOUT 跳线 J12
- SYNC 连接到 VCC 以进行正向电流限制
- IMONOUT 以及与 GND 串联的电阻器和电容器 - 请参阅图 2-2

#### 备注

EMV 仅显示组件的占位符。名称和符号并不总能反映所放置组件的类型和值。例如，CR18 : 2.2nF 和 R17 : 700 Ω

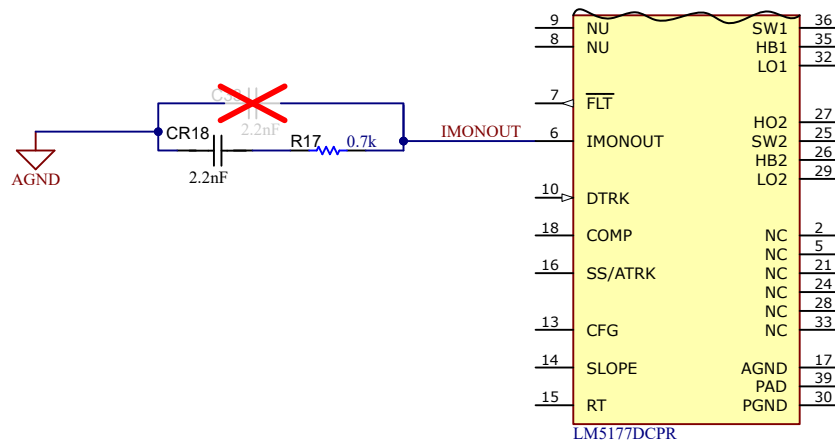
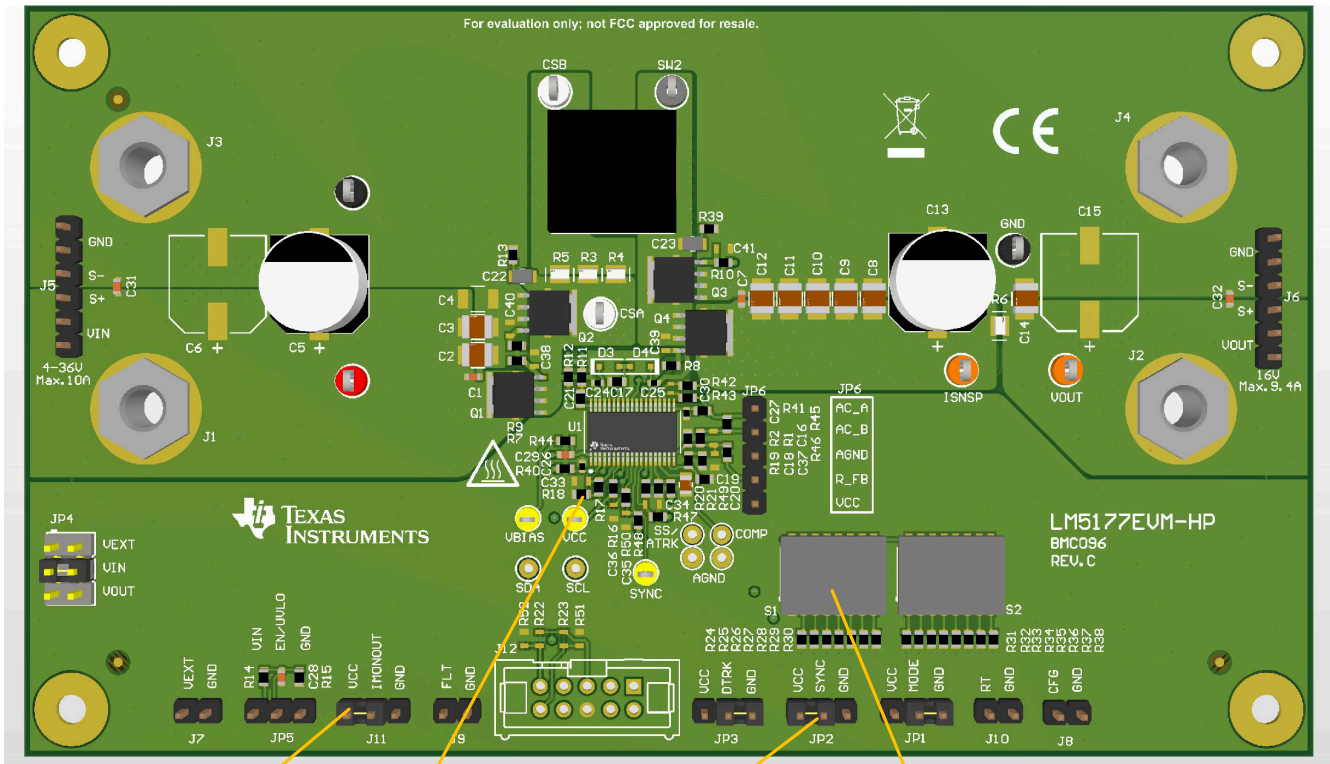


图 2-2. 用于电流限制的 IMONOUT 组件



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. LM5177 EVM 电流限制设置

## 2.2 测试装置和过程

### 2.2.1 测试设置

图 2-4 显示了用于评估 LM5177EVM-HP 的典型测试设置。

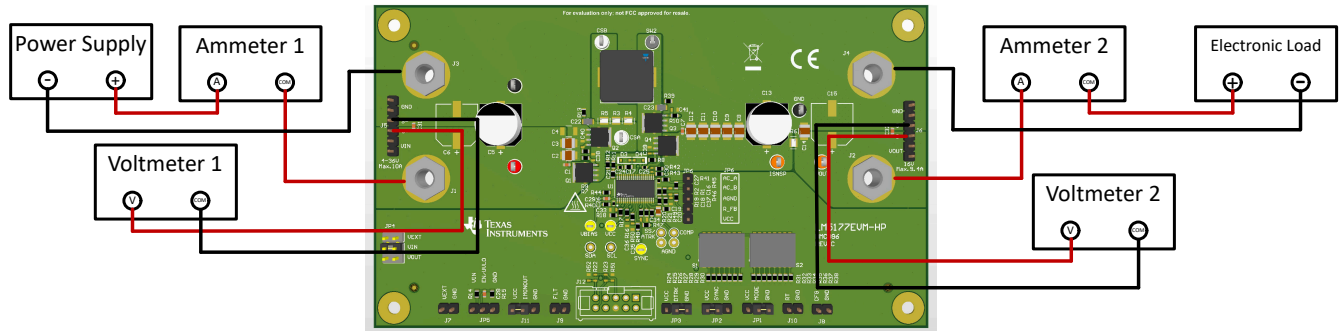


图 2-4. 典型的 EVM 连接图

### 2.2.2 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 16V，将电子负载设置为 0.1A。电子负载电压必须通过标称 16V 输出进行调节。
4. 缓慢增大负载，同时监控 J6-VCC 和 J6-GND 之间的输出电压。当输出负载增加到 9.4A 时，输出电压必须保持标称 16V 输出的稳压。
5. 从 16V 至 36V 缓慢扫描输入电压。输出电压必须通过标称 16V 输出进行调节。
6. 将负载降至 2.5A。
7. 从 36V 至 5V 缓慢扫描输入电压。输出电压必须通过标称 16V 输出进行调节。
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。

### 2.2.3 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 实现结果

#### 3.1 测试数据和性能曲线

##### 3.1.1 热性能

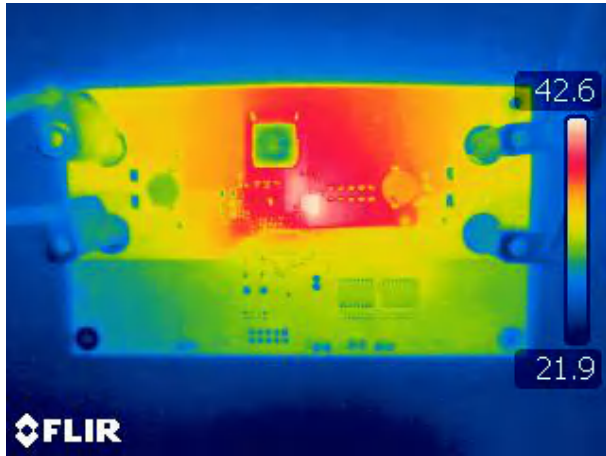


图 3-1. 热像图 :  $V_{IN} = 4.2V$  ,  $I_{OUT} = 2.2A$  , 无强制空气冷却

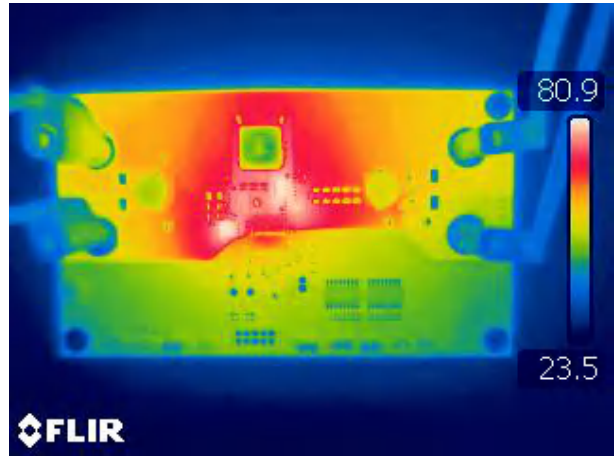


图 3-2. 热像图 :  $V_{IN} = 16V$  ,  $I_{OUT} = 9.4A$  , 无强制空气冷却

##### 3.1.2 效率

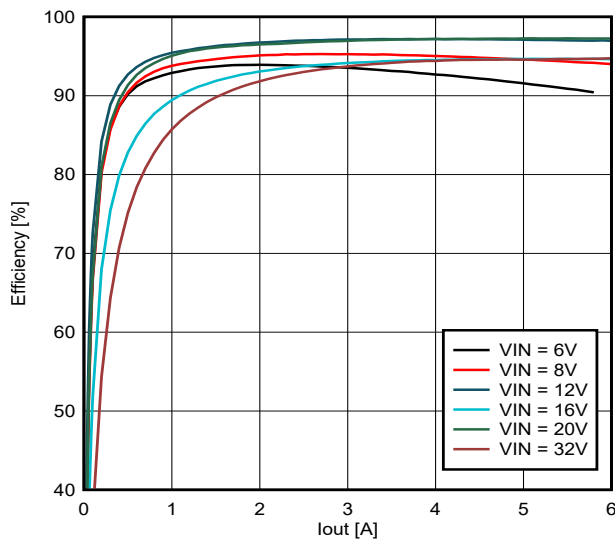


图 3-3. 效率与输出电流间的关系

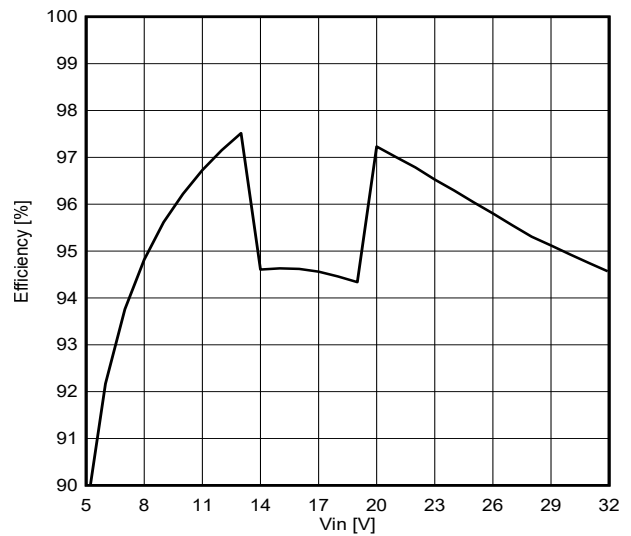


图 3-4. 效率与输入电压间的关系 ( $I_{OUT} = 4.5A$ )

### 3.1.3 稳态波形

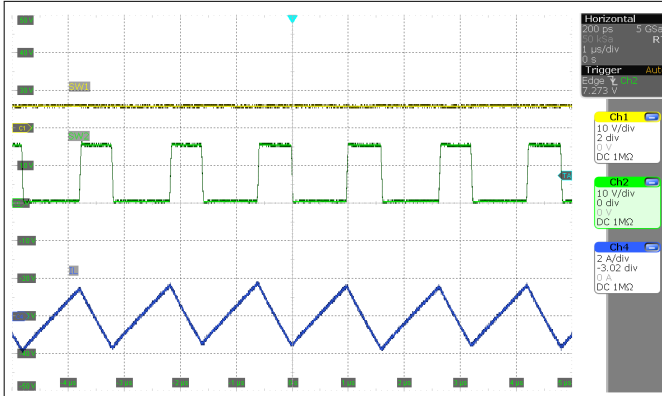


图 3-5. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 6V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

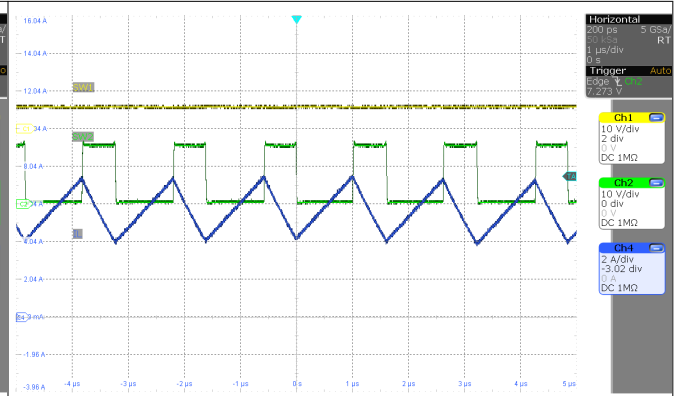


图 3-6. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 6V$ ,  $I_{OUT} = 2A$ )

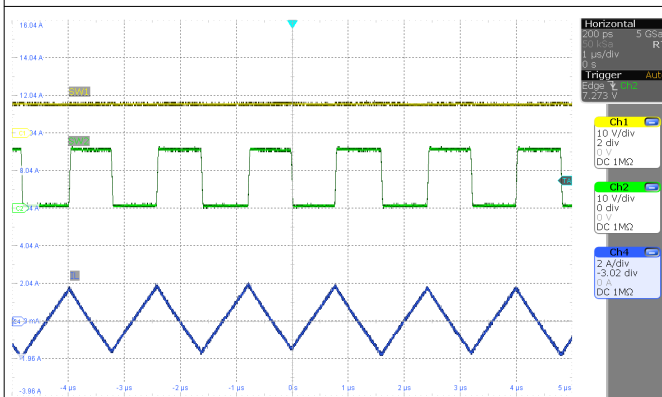


图 3-7. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 8V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

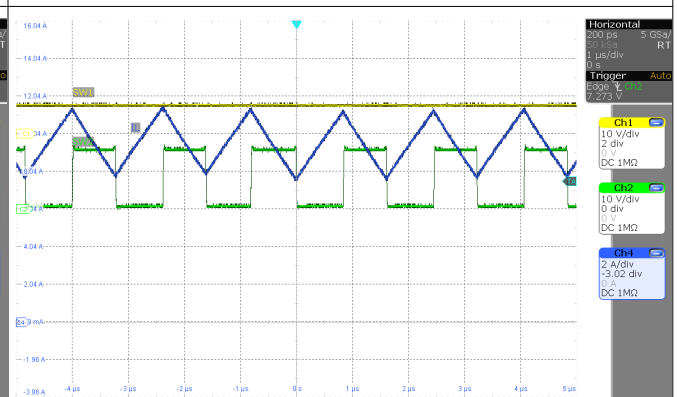


图 3-8. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 8V$ ,  $I_{OUT} = 4.5A$ )

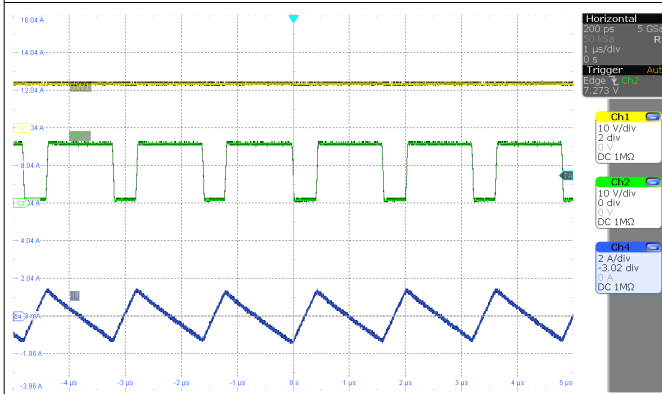


图 3-9. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

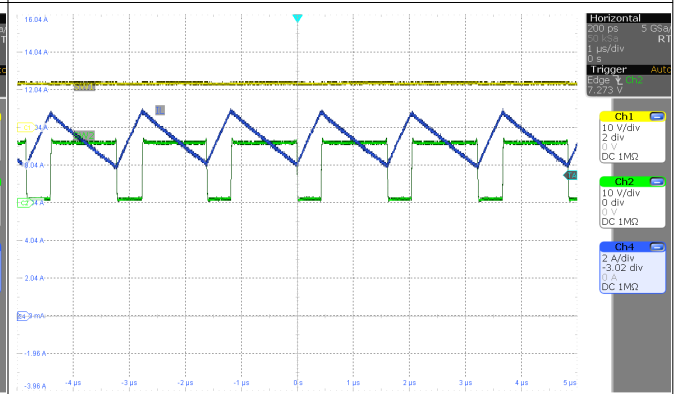


图 3-10. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 6.8A$ )

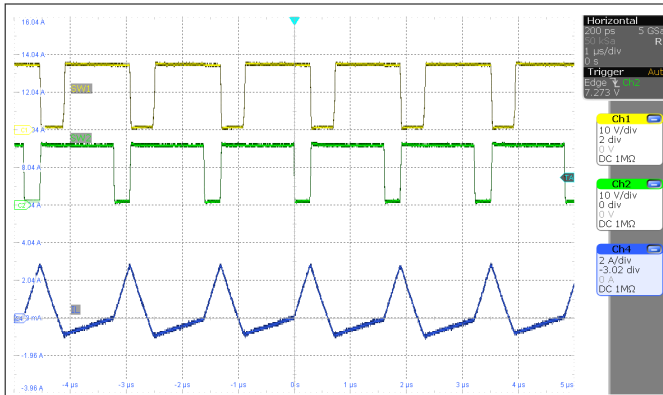


图 3-11. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 18V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

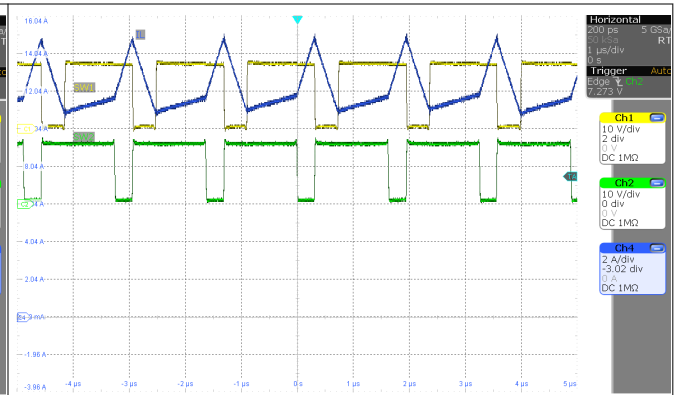


图 3-12. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 18V$ ,  $I_{OUT} = 9.4A$ )

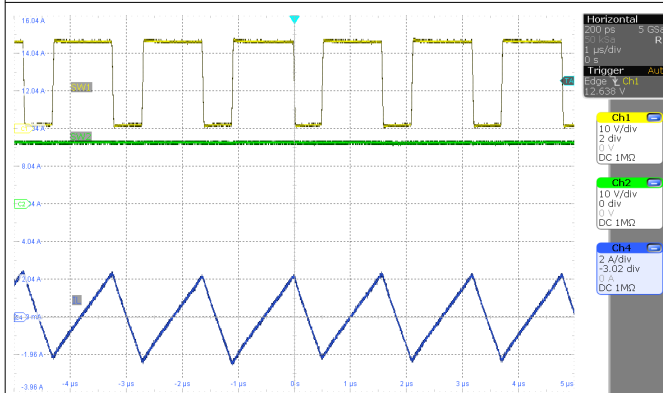


图 3-13. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 24V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

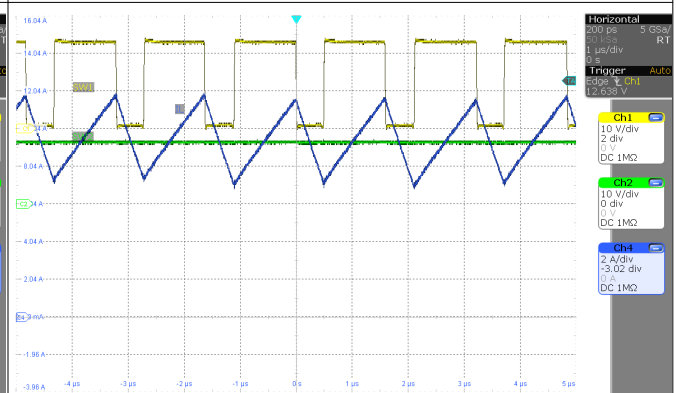


图 3-14. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 24V$ ,  $I_{OUT} = 9.4A$ )

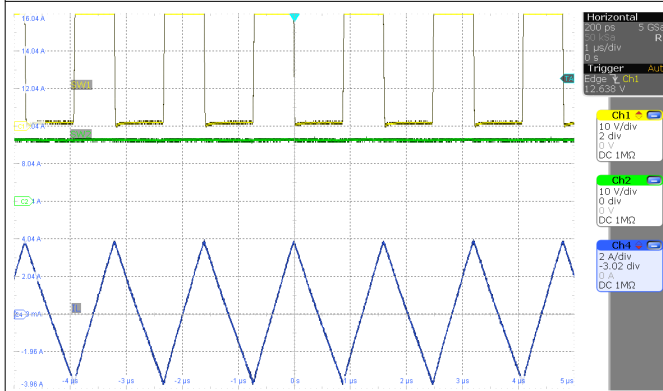


图 3-15. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 36V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

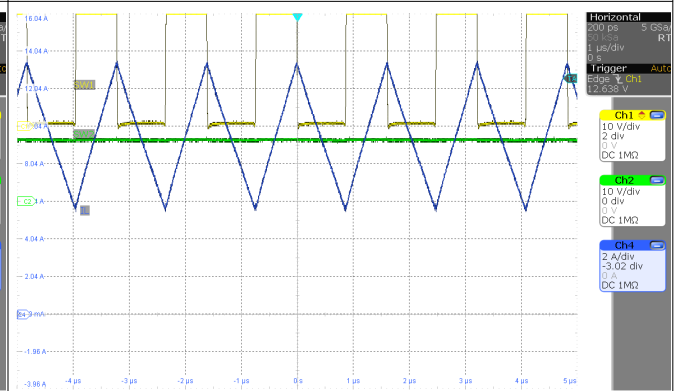


图 3-16. SW1、SW2、 $I_L$  ( $V_{IN} = 36V$ ,  $I_{OUT} = 9.4A$ )

### 3.1.4 阶跃负载响应

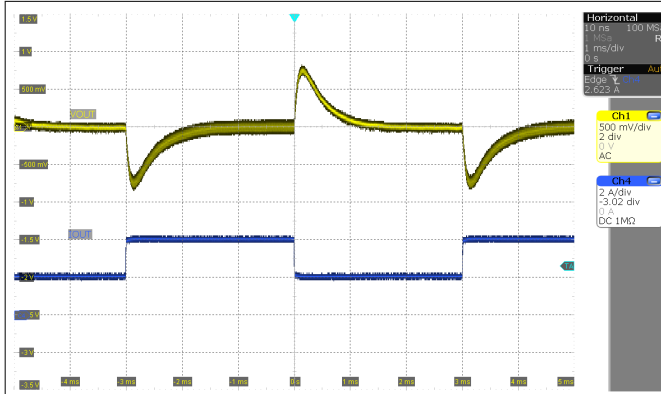


图 3-17. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 7V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $4A$ )

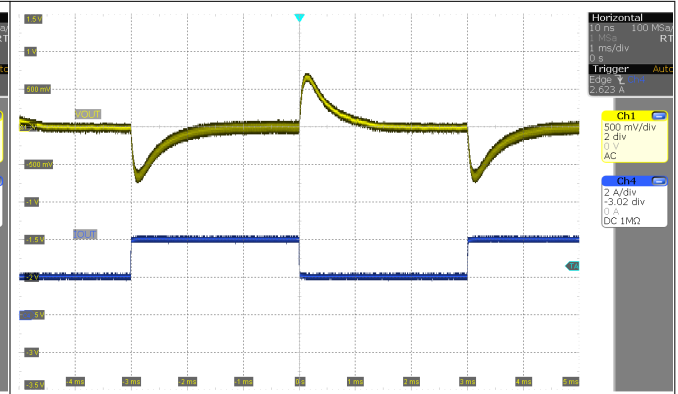


图 3-18. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 8V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $4A$ )

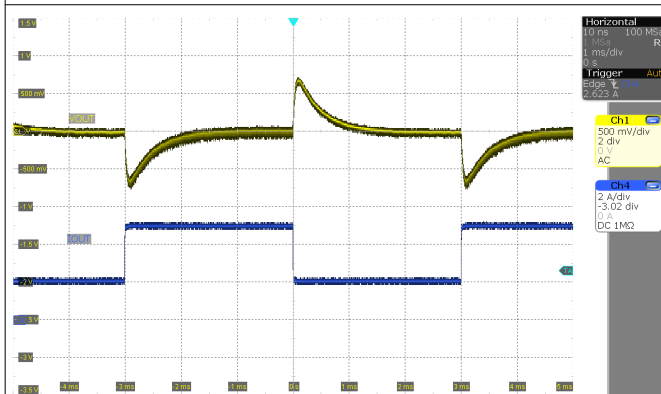


图 3-19. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 12V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $5A$ )

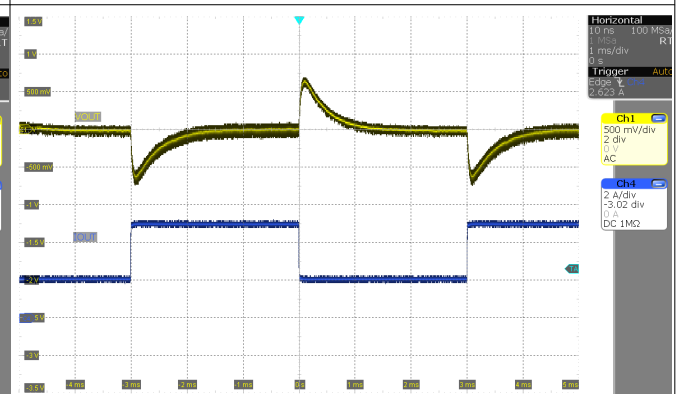


图 3-20. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 18V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $5A$ )

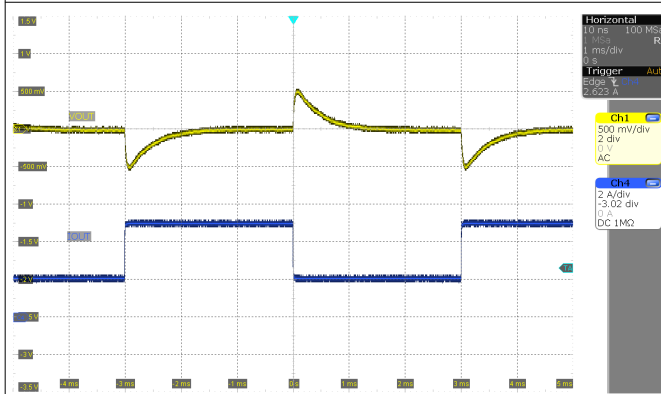


图 3-21. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 24V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $5A$ )

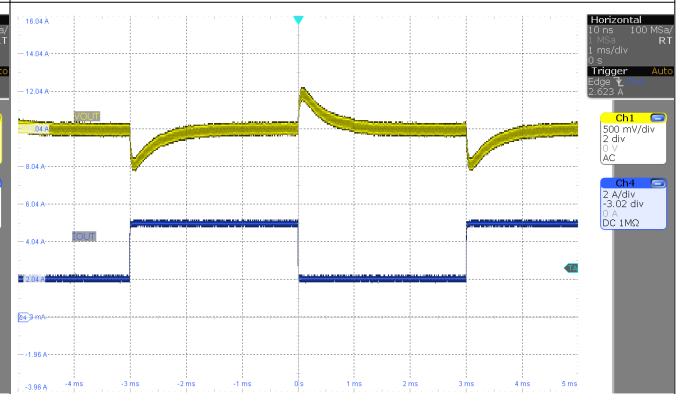


图 3-22. 负载阶跃 ( $V_{IN} = 36V$ ,  $I_{OUT} = 2A$  至  $5A$ )

## 4 硬件设计文件

### 4.1 原理图

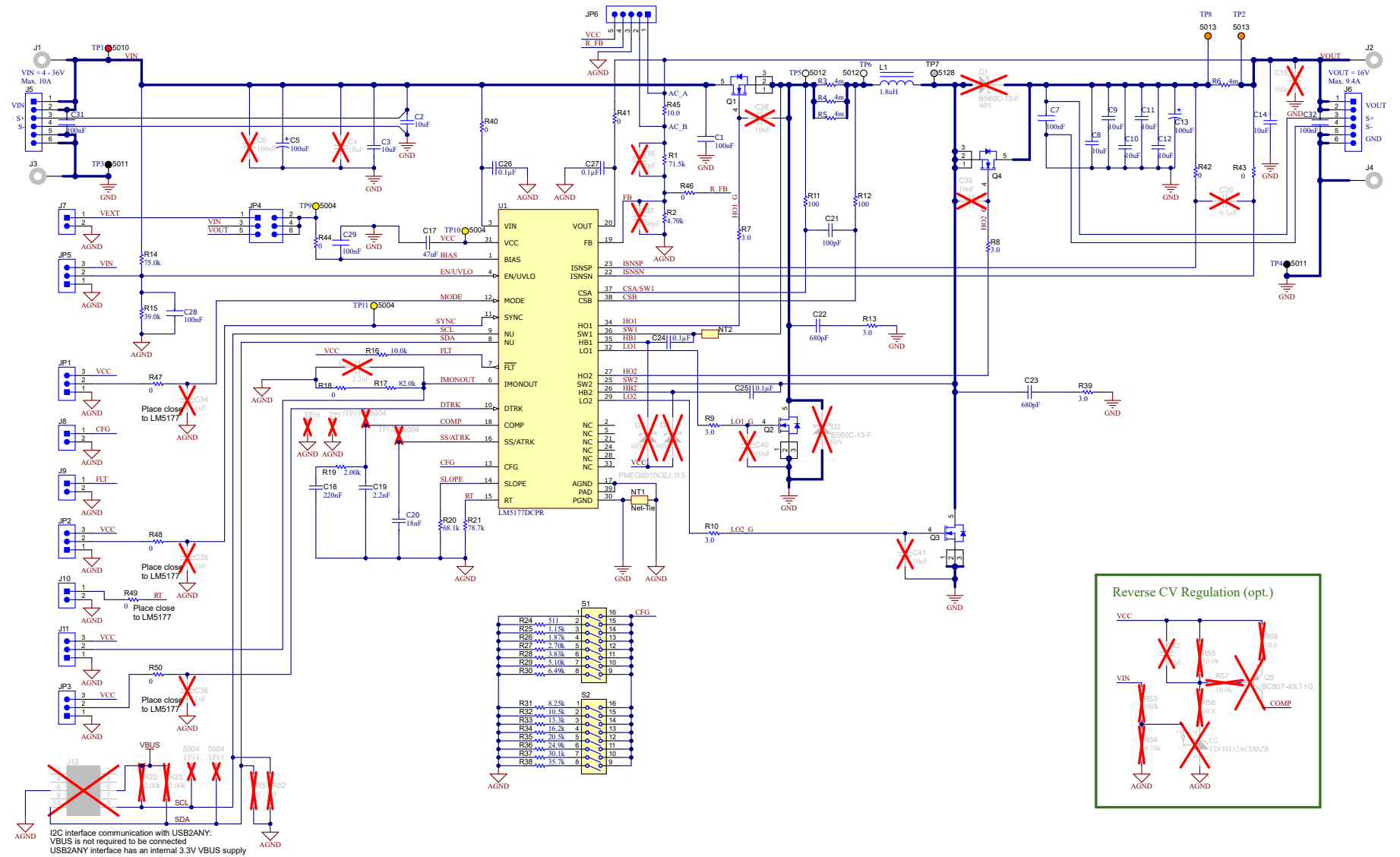


图 4-1. 4 开关降压/升压转换器原理图

## 4.2 可选元件

表 4-1 显示了原理图中可选元件的列表和功能

表 4-1. 可选元件

组件	功能
R47/C34 R48/C35 R50/C36	数字信号滤波器；可添加到噪声设置中。如果未使用，则为电阻器添加 0 欧姆电阻器。
J12/R22/R23/R51/R52	I2C 接口 - 不适用于 LM5177。引脚用作 HO1 和 HO2 的逻辑电平输出，请参阅数据表。
R18/R17/C33	IMONOUT 上滤波器电路的封装，请参阅数据表以了解配置该功能的元件选择。
D3/D4	外部自举二极管占位符。
R42/R43/C30	ISNS 输入的输入滤波器。
反向 CV 调节部分	可以在反向 CC 模式下添加 CV 控制。

## 4.3 电路板布局

图 4-2 至图 4-7 展示了 LM5177EVM-HP 修订版 C PCB 的设计。

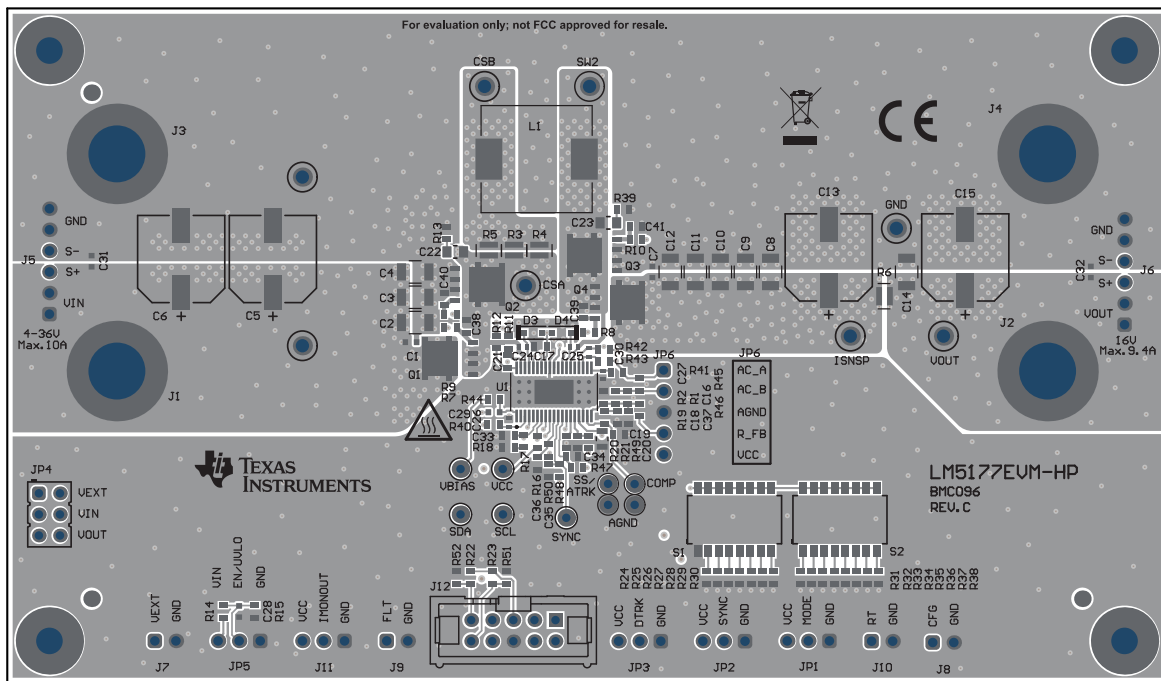


图 4-2. 顶部丝印

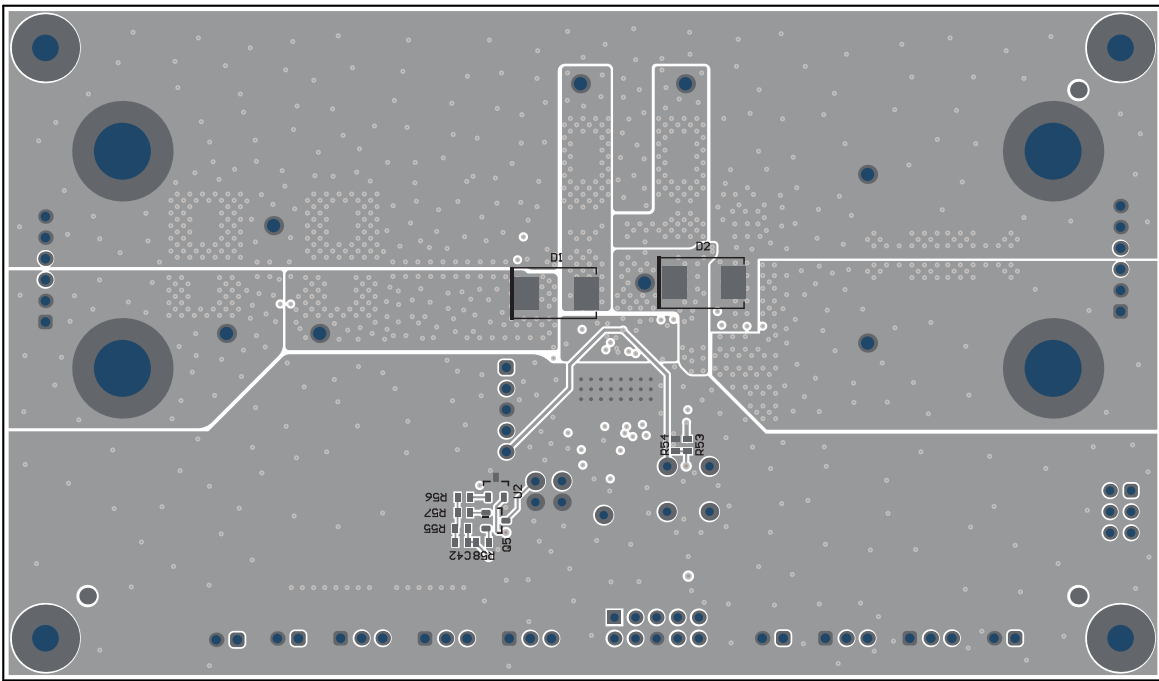


图 4-3. 底部丝印

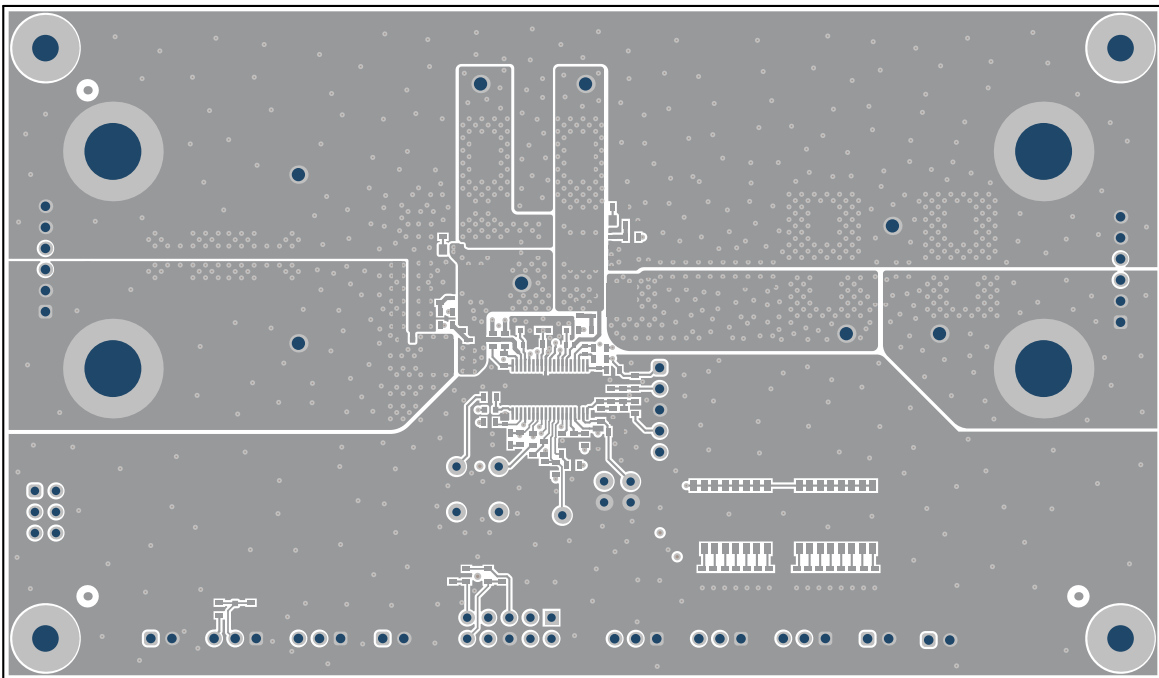


图 4-4. 顶层

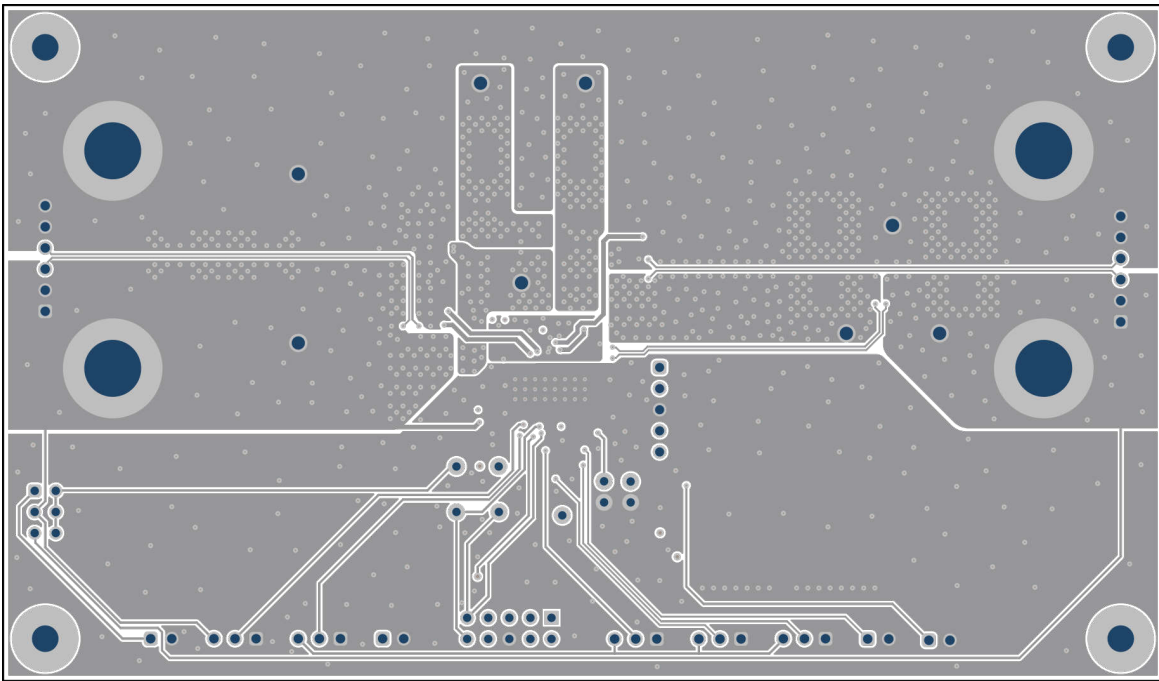


图 4-5. 中间层 1

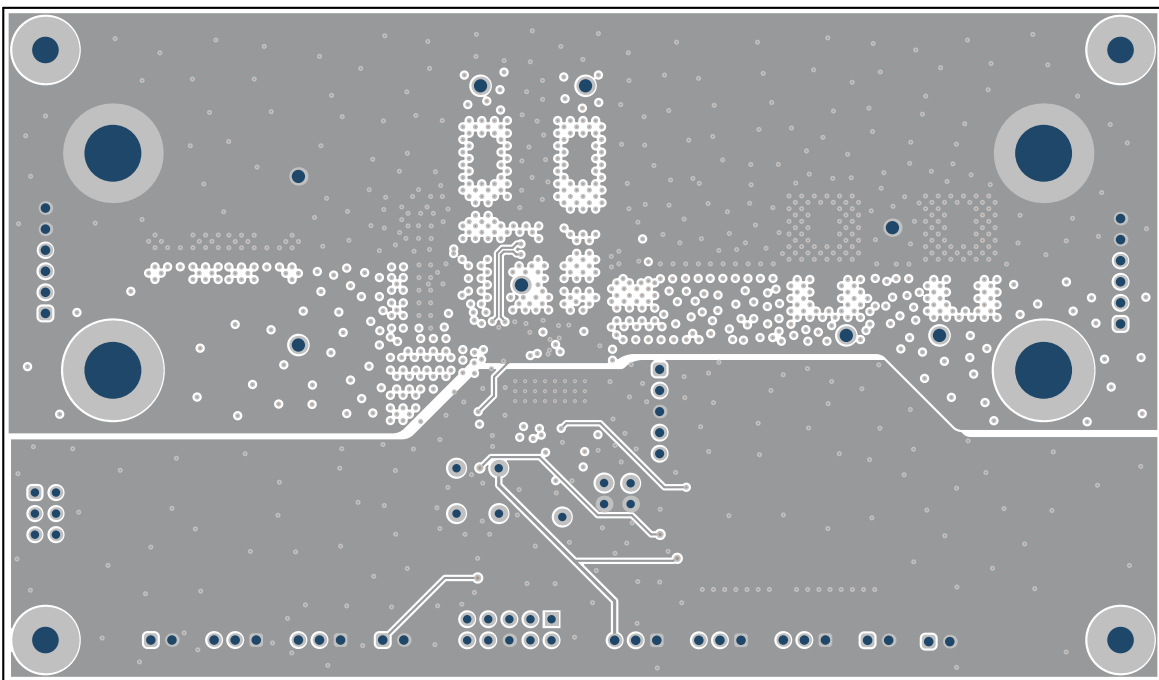


图 4-6. 中间层 2



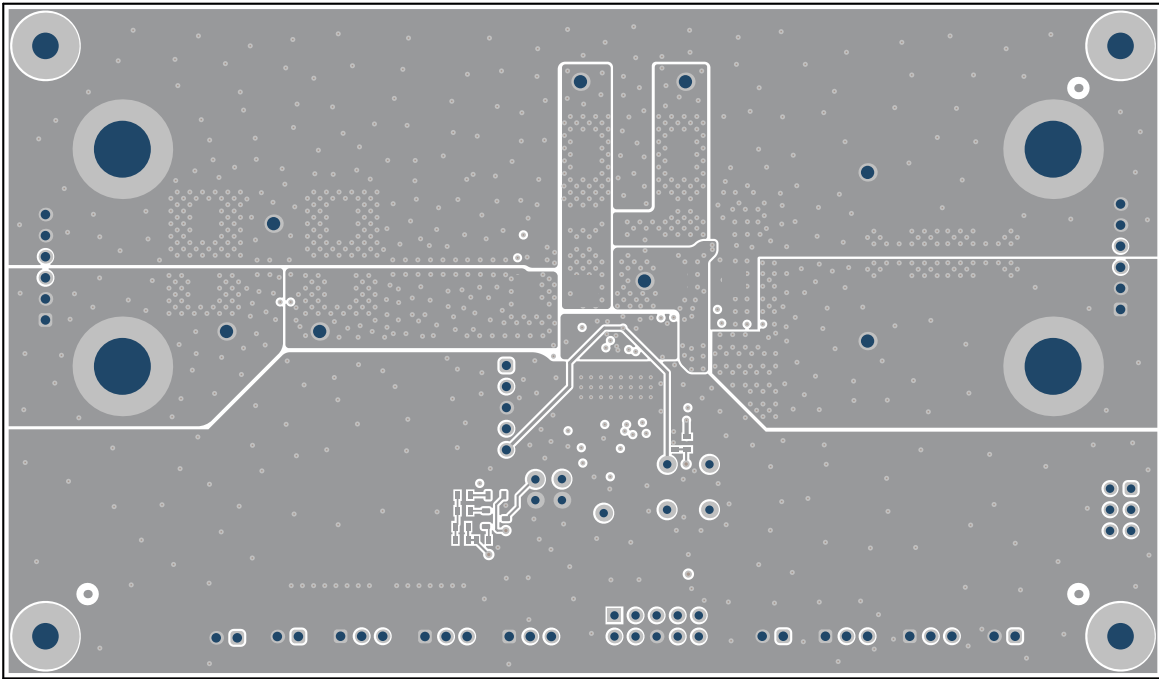


图 4-7. 底层

## 4.4 物料清单

**表 4-2. 物料清单**

位号	数量	说明	器件型号	制造商
C1、C7、C28、C29、C31、C32	6	0.1 $\mu$ F $\pm$ 10% 50V 陶瓷电容器 X8L 0603 ( 公制 1608 )	GCM188L81H104KA57D	Murata Electronics North America
C2、C3、C8、C9、C10、C11、C12、C14	8	汽车用陶瓷电容器, 10 $\mu$ F, $\pm$ 10%, 50VDC, X7S, 1210, 压纹 T/R	GCM32EC71H106KA03L	Murata
C5、C13	2	电容, 铝聚合物, 100 $\mu$ F, 63V, $\pm$ 20%, 0.024 $\Omega$ , SMD, 2 引线, 直径 10.5mm, 引脚间距 8mm SMD	PCR1J101MCL1GS	Nichicon
C17	1	电容器, 陶瓷, 47 $\mu$ F, 6.3V, $\pm$ 20%, X5R, 0603	GRM188R60J476ME15D	Murata
C18	1	电容, 陶瓷, 0.22 $\mu$ F, 50V, $\pm$ 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	CGA3E3X7R1H224K080AB	TDK
C19	1	电容, 陶瓷, 2200pF, 100V, $\pm$ 5%, X7R, 0603	06031C222JAT2A	AVX
C20	1	汽车用陶瓷电容器, 18nF, $\pm$ 5%, 50VDC, C0G, 0805, 压纹 T/R	GCM21B5C1H183JA16L	Murata
C21	1	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, $\pm$ 5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0603	GCM1885C1H101JA16J	Murata
C22、C23	2	电容, 陶瓷, 680pF, 50V, $\pm$ 5%, C0G/NP0, 0805	GRM2165C1H681JA01D	Murata
C24、C25、C26、C27	4	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, $\pm$ 10%, X7R, 0402	0402BB104KW500	Passive Plus
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
JP6	1	接头, 2.54mm, 5x1, 金, TH	61300511121	Würth Elektronik
L1	1	电感器, 屏蔽, 铁粉, 1.8 $\mu$ H, 24A, 0.0032 $\Omega$ , SMD	IHLP5050FDER1R8M01	Vishay-Dale
Q1、Q2、Q3、Q4	4	MOSFET, N 沟道, 40V, 75A, PowerPAK_SO-8L	SQJ422EP-T1-GE3	Vishay-Siliconix
R1	1	电阻, 71.5k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0771K5L	Yageo
R2	1	电阻, 4.70k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-074K7L	Yageo
R3、R4、R5、R6	4	4m $\Omega$ , $\pm$ 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-R004-F-T5	Susumu
R7、R8、R9、R10、R13、R39	6	电阻, 3.0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06033R00JNEA	Vishay-Dale
R11、R12	2	电阻, 100, 1%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603100RFKEAHP	Vishay-Dale
R14	1	电阻, 75.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0775KL	Yageo

表 4-2. 物料清单 (续)

位号	数量	说明	器件型号	制造商
R15	1	电阻, 39.0k $\Omega$ , 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0739KL	Yageo
R16	1	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.1W, 0603	RT0603BRD0710KL	Yageo America
R17	1	电阻, 82.0k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0782KL	Yageo
R18、R40、R41、R42、 R43、R44、R46、R47、 R48、R49、R50	11	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603ZT0R00	Stackpole Electronics Inc
R19	1	电阻, 2.00k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072KL	Yageo
R20	1	电阻, 68.1k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060368K1FKEA	Vishay-Dale
R21	1	电阻, 78.7k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0778K7L	Yageo
R24	1	电阻, 511, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW0603511RFKEA	Vishay-Dale
R25	1	电阻, 1.15k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06031K15FKEA	Vishay-Dale
R26	1	电阻, 1.87k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-071K87L	Yageo
R27	1	电阻, 2.70k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072K7L	Yageo
R28	1	电阻, 3.83k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW06033K83FKEA	Vishay-Dale
R29	1	电阻, 5.10k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-075K1L	Yageo
R30	1	电阻, 6.49k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-076K49L	Yageo
R31	1	电阻, 8.25k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-078K25L	Yageo
R32	1	电阻, 10.5k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310K5FKEA	Vishay-Dale
R33	1	电阻, 13.3k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0713K3L	Yageo
R34	1	电阻, 16.2k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060316K2FKEA	Vishay-Dale
R35	1	电阻, 20.5k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0720K5L	Yageo
R36	1	电阻, 24.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060324K9FKEA	Vishay-Dale
R37	1	电阻, 30.1k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060330K1FKEA	Vishay-Dale
R38	1	电阻, 35.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060335K7FKEA	Vishay-Dale
R45	1	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
SH-JP1、SH-JP2、SH- JP3、SH-JP4、SH-JP5	5	单操作 2.54mm 间距开顶跳线插座	M7582-05	Harwin
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

**表 4-2. 物料清单 (续)**

位号	数量	说明	器件型号	制造商
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	宽 VIN 双向 4 开关降压/升压控制器	LM5177DCPR	德州仪器 (TI)
C4	0	汽车用陶瓷电容器, 10uF, ±10%, 50VDC, X7S, 1210, 压纹 T/R	GCM32EC71H106KA03L	Murata
C6、C15	0	电容, 铝聚合物, 100uF, 63V, +/-20%, 0.024Ω, SMD, 2 引线, 直径 10.5mm, 引脚间距 8mm SMD	PCR1J101MCL1GS	Nichicon
C16	0	电容, 陶瓷, 20pF, 100V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C2A200JA01D	Murata
C30	0	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0402	0402BB104KW500	Passive Plus
C33	0	电容, 陶瓷, 2200pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	06031C222JAT2A	AVX
C34、C35、C36	0	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	06031C102JAT2A	AVX
C37	0	电容, 陶瓷, 150pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	GRM1885C1H151JA01D	Murata
C38、C39、C40、C41	0	电容, 陶瓷, 0.01uF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	GRM188R72A103KA01D	Murata
C42	0	电容, 陶瓷, 0.018uF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	C0603C183K1RACTU	Kemet
D1、D2	0	二极管, 肖特基, 60V, 5A, SMC	B560C-13-F	Diodes Inc.
D3、D4	0	二极管, 肖特基, 60V, 1A, SOD-323F	PMEG6010CEJ,115	Nexperia
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	0	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	0	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
H5、H6、H7、H8	0	六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	1902C	Keystone
J12	0	接头 (有罩), 100mil, 5x2, 高温, 镀金, TH	N2510-6002-RB	3M
Q5	0	晶体管, PNP, 45V, 0.5A, AEC-Q101, SOT-23	BC807-40LT1G	ON Semiconductor
R22、R23	0	电阻, 2.00k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-072KL	Yageo
R51、R52	0	电阻, 0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	RMCF0603ZTOR00	Stackpole Electronics Inc
R53	0	电阻, 100k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-07100KL	Yageo
R54	0	电阻, 4.70k, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-074K7L	Yageo
R55、R57	0	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R56、R58	0	电阻, 10.0, 1%, 0.1W, 0603	RC0603FR-0710RL	Yageo
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	0	低压可调精度并联稳压器, 129ppm/°C, 80mA, 0°C 到 70°C, 3 引脚 SOT-23 (DBZ), 绿色环保 (RoHS 和无锡/溴)	TLVH432ACDBZR	德州仪器 (TI)

表 4-3. 备选器件

位号	器件型号	备选器件型号
C24、C25、C26、C27	0402BB104KW500	CL10B104JB8NNNC GRM155R71H104ME14D GRM155R71H104KE14D
R24	CRCW0603511RFKEA	RMCF0603FT511R
C20	GCM21B5C1H183JA16L	GRM21B5C1H183JA01L GRM21B5C1H183JA01K
Q1、Q2、Q3、Q4	SQJ422EP-T1-GE3	BSC032N04LS

## 5 其他信息

### 5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 6 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

<b>Changes from Revision C (October 2024) to Revision D (June 2025)</b>	<b>Page</b>
• 添加了 <i>电流监测器和电流限制器配置</i> 部分.....	<b>5</b>
• 更新了 <i>原理图</i> 部分的原理图、以便与修订版 C PCB 相匹配.....	<b>13</b>

## 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