

# TPS7H4011-SP (TPS7H4011EVM-CVAL) 评估模块



## 摘要

本用户指南介绍了 TPS7H4011EVM-CVAL 板的特性、运行和使用情况。此评估模块 (EVM) 针对 4.5V 至 14V 的输入电压范围和 12A 的最大输出电流进行了优化。可以根据 [TPS7H4011-SP 数据表](#) 修改反馈分压器和补偿网络，以适合其他应用条件。

## 内容

1 说明.....	2
2 特性.....	2
3 评估模块概述.....	2
3.1 简介.....	2
3.2 套件内容.....	2
3.3 规格.....	3
3.4 器件信息.....	4
4 硬件.....	4
4.1 设置.....	4
4.2 连接器说明.....	4
4.3 最佳实践.....	6
5 实现结果.....	6
5.1 默认配置结果.....	6
5.2 软启动.....	7
5.3 VOUT 上的电压纹波.....	7
5.4 负载阶跃.....	9
5.5 频率响应.....	11
6 硬件设计文件.....	12
6.1 原理图.....	12
6.2 PCB 布局.....	13
6.3 物料清单 (BOM).....	18
7 合规信息.....	22
8 相关文档.....	22

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 说明

**TPS7H4011EVM-CVAL** 演示了单个 **TPS7H4011-SP** 降压转换器 (陶瓷封装) 的运行。该板提供可用于组装额外元件的空间, 以便对定制配置进行测试; 它还提供了跳线和测试点, 以便轻松进行器件配置和性能验证。

## 2 特性

- 输入电压范围: 4.5V 至 14V
- 12A 最大输出电流
- 差分遥感
- 可选电流限制、开关频率和斜率补偿
- 高电流瞬态测试电路
- 在整个线路、温度和辐射范围内提供  $0.6V \pm 0.67\%$  的电压基准

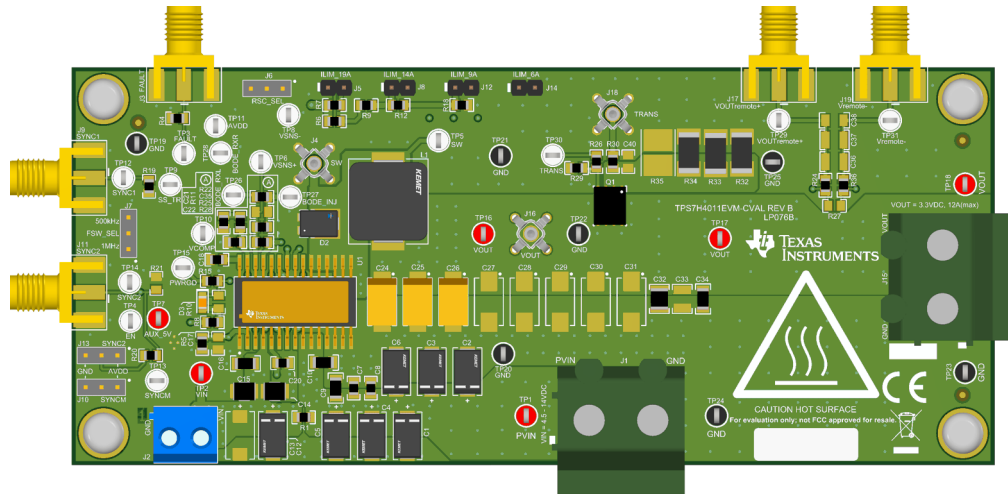


图 2-1. EVM 电路板

## 3 评估模块概述

### 3.1 简介

TPS7H4011EVM-CVAL 是适用于 TPS7H4011-SP 陶瓷封装选项的评估模块 (EVM), 提供了一个对其特性进行电气评估的平台。本用户指南提供有关 EVM 的详细信息 (包括配置、原理图和 BOM)。

EVM 旨在灵活地在不同条件下配置器件。可用于组装额外元件的空间, 用于监控器件引脚的多个连接选项以及外部遥感。要在自定义配置下配置器件, 请参阅 [TPS7H4011-SP 数据表](#) 来计算需要更改的所有无源器件的值。

### 3.2 套件内容

- TPS7H4011EVM-CVAL 板 (1)

### 3.3 规格

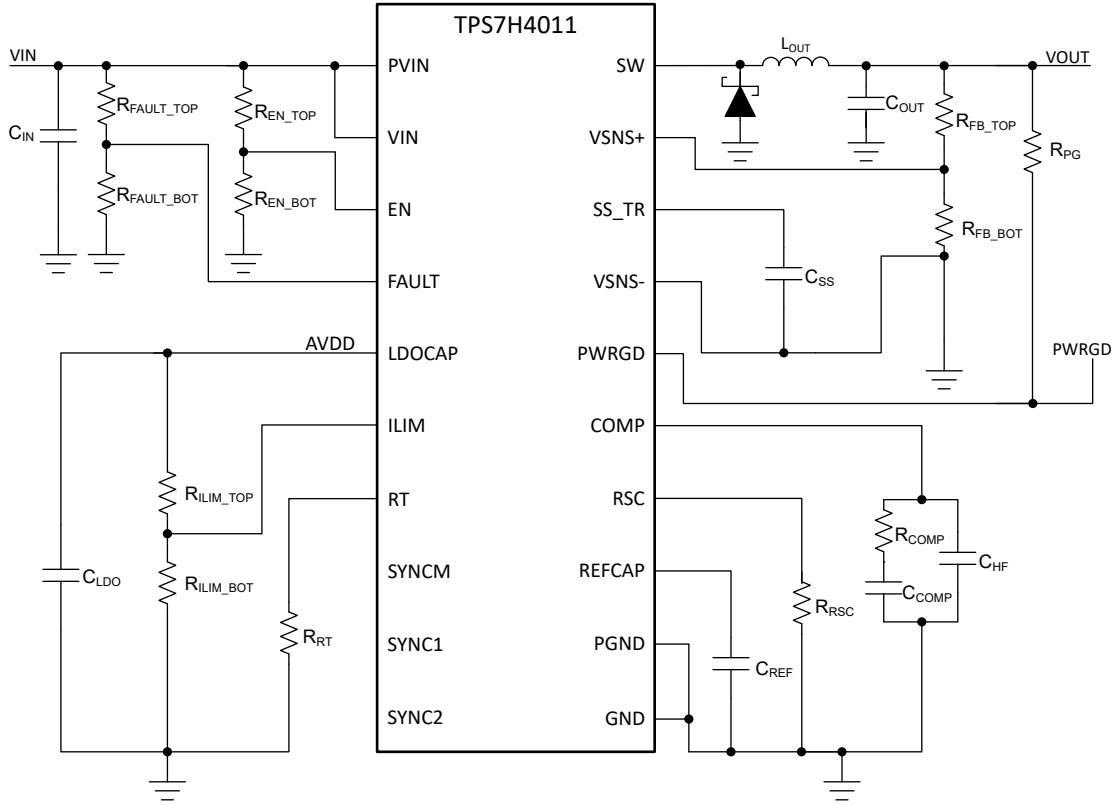


图 3-1. 简化原理图

表 3-1. 默认配置选项

规格	值	说明
输入电压 VIN	12V	处于建议的器件输入电压范围 4.5V 至 14V 内。
输出电压 VOUT	3.3V	器件输出能力范围内的常见电源轨电压。 可通过更改 R25 或 R28 进行配置。
斜坡补偿电阻器 RSC	511k $\Omega$ 或 267k $\Omega$	可使用 EVM 上的跳线进行配置。
开关频率 FSW	1MHz 或 500kHz	可使用 EVM 上的跳线进行配置。
电流限制 ILIM	5.6A、9A、13.4A 或 18.3A	可使用 EVM 上的跳线进行配置。

### 3.4 器件信息

**TPS7H4011-SP** 是一款适用于航天环境的 14V、12A 同步降压转换器。通过控制峰值电流模式，可实现高效率并能减少元件数量。TPS7H4011-SP 的宽电压范围使其能够用作负载点稳压器，以直接从 12V 电压轨进行转换。此外，该器件还包含多种特性，例如差分远程感测、可选电流限制、灵活的故障输入引脚和可配置的补偿。

有关 TPS7H4011-SP 的更多信息，请参阅器件[数据表](#)。

## 4 硬件

### 4.1 设置

#### 4.1.1 跳线配置

TPS7H4011EVM-CVAL 包含 8 个跳线，用于控制 SYNCM、SYNC2、FSW、RSC 和 ILIM。为了使器件在没有外部时钟信号的情况下正常开关，必须在 J7 (FSW\_SEL) 中安装跳线。此外，只要器件运行以使斜率补偿正常工作，就建议在 J6 (RSC\_SEL) 中安装跳线。适当的斜率补偿取决于确切的器件配置。更多信息请参阅 [TPS7H4011-SP 数据表](#)。

TPS7H4011EVM-CVAL 提供 4 个跳线，用于设置器件的电流限制 (ILIM)。使用跳线设置电流限制时，请确保一次只填充一根电流限制跳线，以获得适当的电流限制配置。建议只要器件正常工作，就组装 ILIM 跳线。

#### 4.1.2 瞬态负载电路

TPS7H4011EVM-CVAL 使用 CSD16408Q5 N 通道功率 MOSFET 提供瞬态负载电路，以及由 3 个并联的 1 $\Omega$  芯片电阻器产生的 333m $\Omega$  负载电阻。虽然 CSD16408Q5 功率 MOSFET 能够传导 TPS7H4011-SP 的 12A 全输出电流，但每个片式电阻器的额定值仅为 2W。当使用 TPS7H4011EVM-CVAL 上的瞬态电路时，可对通过 TP30 (瞬态) 发送到 MOSFET 栅极的信号进行调制，以将通过负载电阻的平均功率保持在 2W 额定值以下。

有关功率 MOSFET 的信息，请参阅 [CSD16408Q5 数据表](#)。

### 4.2 连接器说明

[表 4-1](#) 提供了 TPS7H4011EVM-CVAL 的连接器的说明。

表 4-1. 连接器说明

参考位号	功能	
J1	PVIN	电源输入连接器 默认情况下使用 R1 连接在一起。
J2	VIN	
J15	VOUT	电源输出连接器

表 4-1. 连接器说明 (续)

参考位号	功能	
J3	FAULT	SMA 连接器
J9	SYNC1	
J11	SYNC2	
J17	VOUTrremote+	
J19	Vremote-	
TP1	PVIN	测试点
TP2	VIN	
TP3	故障	
TP4	EN	
TP5	SW	
TP6	VSNS+	
TP7	AUX_5V	
TP8	VSNS-	
TP9	SS_TR	
TP10	VCOMP	
TP11	AVDD	
TP12	SYNC1	
TP13	SYNCM	
TP14	SYNC2	
TP15	PWRGD	
TP16、TP17、TP18	VOUT	
TP19、TP20、TP21、TP22、TP23、TP24、TP25	GND	
TP26	BODE_RXL	
TP27	BODE_INJ	
TP28	BODE_RXR	
TP29	VOUTrremote+	
TP30	TRANS	
TP31	Vremote-	
J4	SW	
J16	VOUT	
J18	TRANS	
J5	ILIM_19A	用于模式选择的跳线
J6	RSC_SEL	
J7	FSW_SEL	
J8	ILIM_14A	
J10	SYNCM	
J12	ILIM_9A	
J13	SYNC2	
J14	ILIM6A	

### 4.3 最佳实践

以下信息用于传达运行此器件的最佳实践。



#### 警告

**表面高温！接触会导致烫伤。请勿触摸！**

电路板上电后，某些元件可能会达到  $> 55^{\circ}\text{C}$  的高温。在运行过程中或运行刚结束时，不得触摸电路板，因为可能存在高温。

## 5 实现结果

本节显示了以下方面的测试结果：

1. [软启动](#)
2. [VOUT 上的电压纹波](#)
3. [正负负载阶跃](#)
4. [环路频率响应](#)

### 5.1 默认配置结果

使用 TPS7H4011EVM-CVAL 在默认配置下执行了以下测试，详细设置如表 5-1 所示。

**表 5-1. 测试设置**

规格	值
VIN	12V
VOUT	3.3V
FSW	500kHz
ILIM	18.3A
RSC	511k $\Omega$

## 5.2 软启动

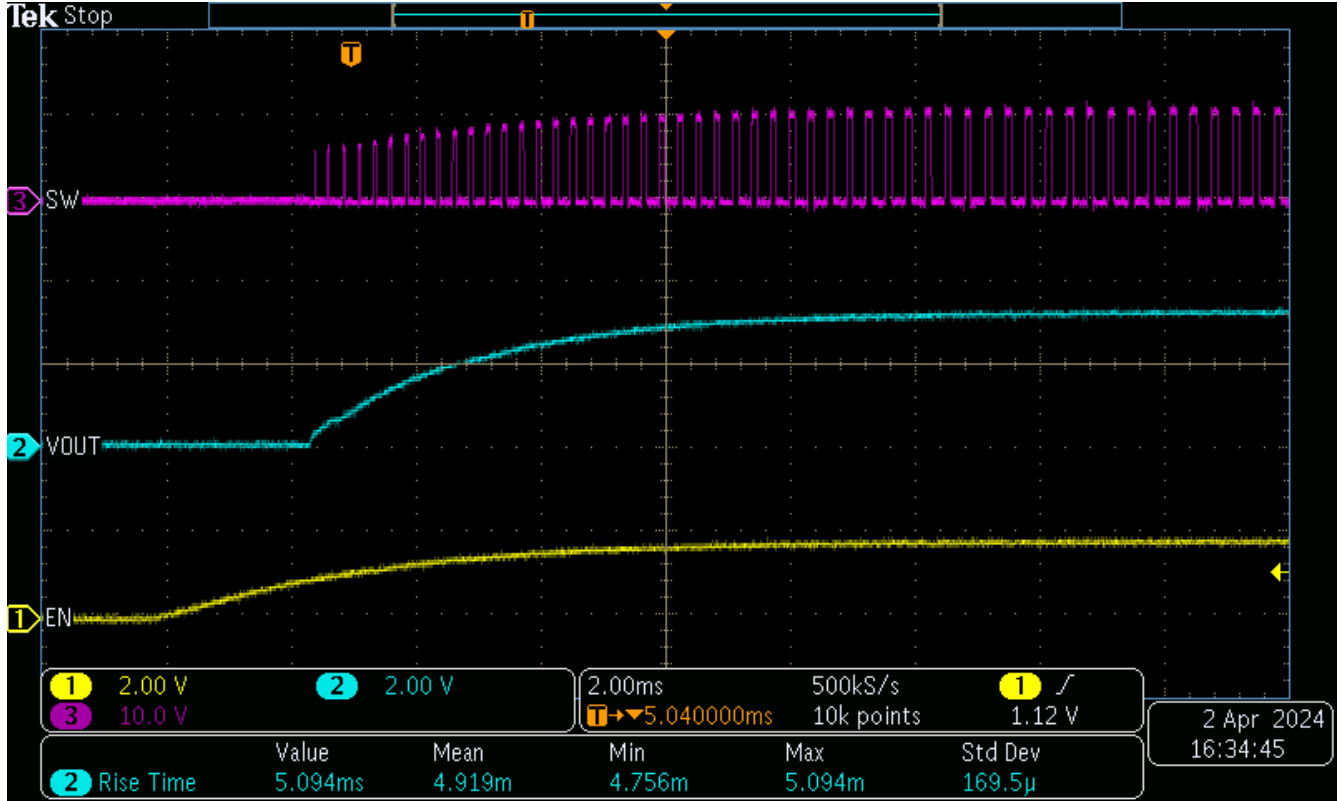


图 5-1. 软启动进入 275mΩ 负载

## 5.3 VOUT 上的电压纹波

### 备注

为了避免来自开关节点的耦合噪声，使用“尖端和接地筒”方法并借助线圈导线接地来测量 C24 两端的输出电压纹波。

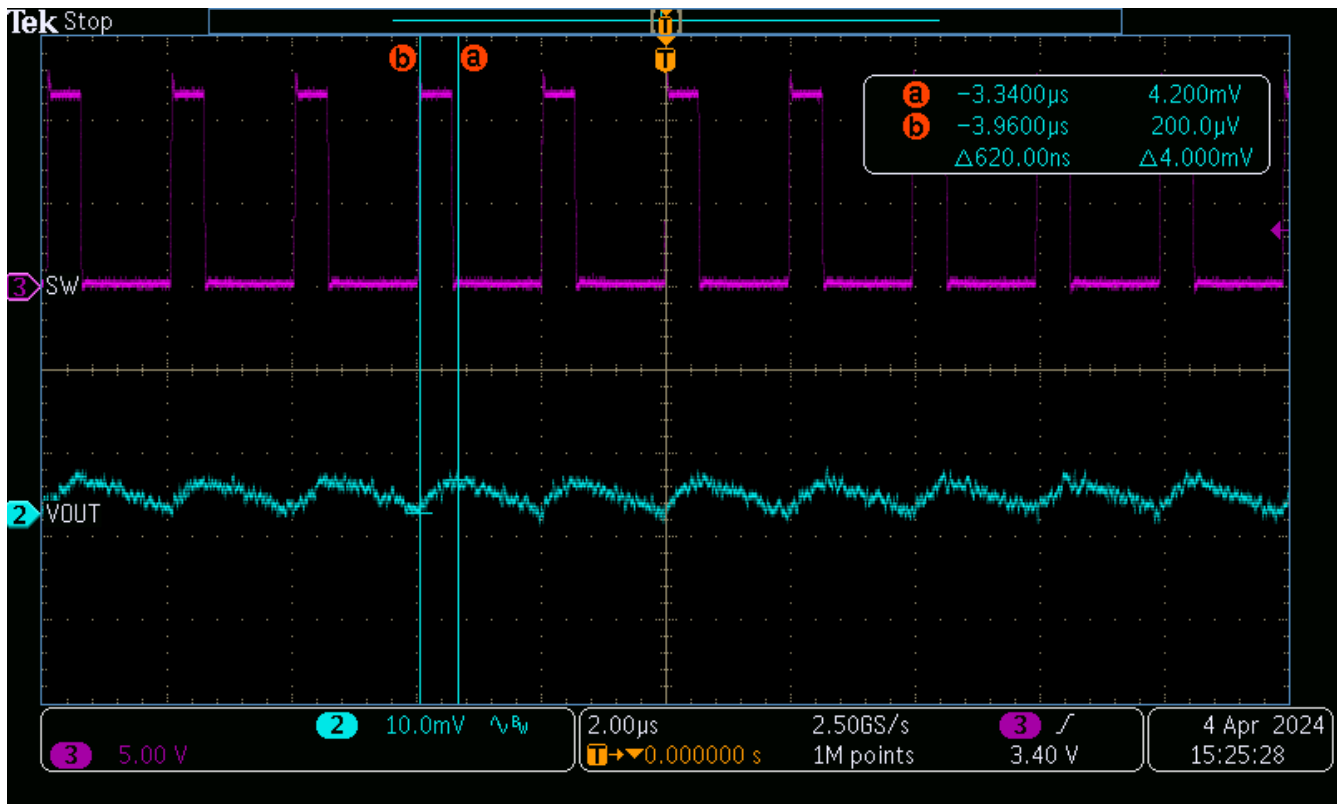


图 5-2. 输出电压纹波



### 5.4 负载阶跃

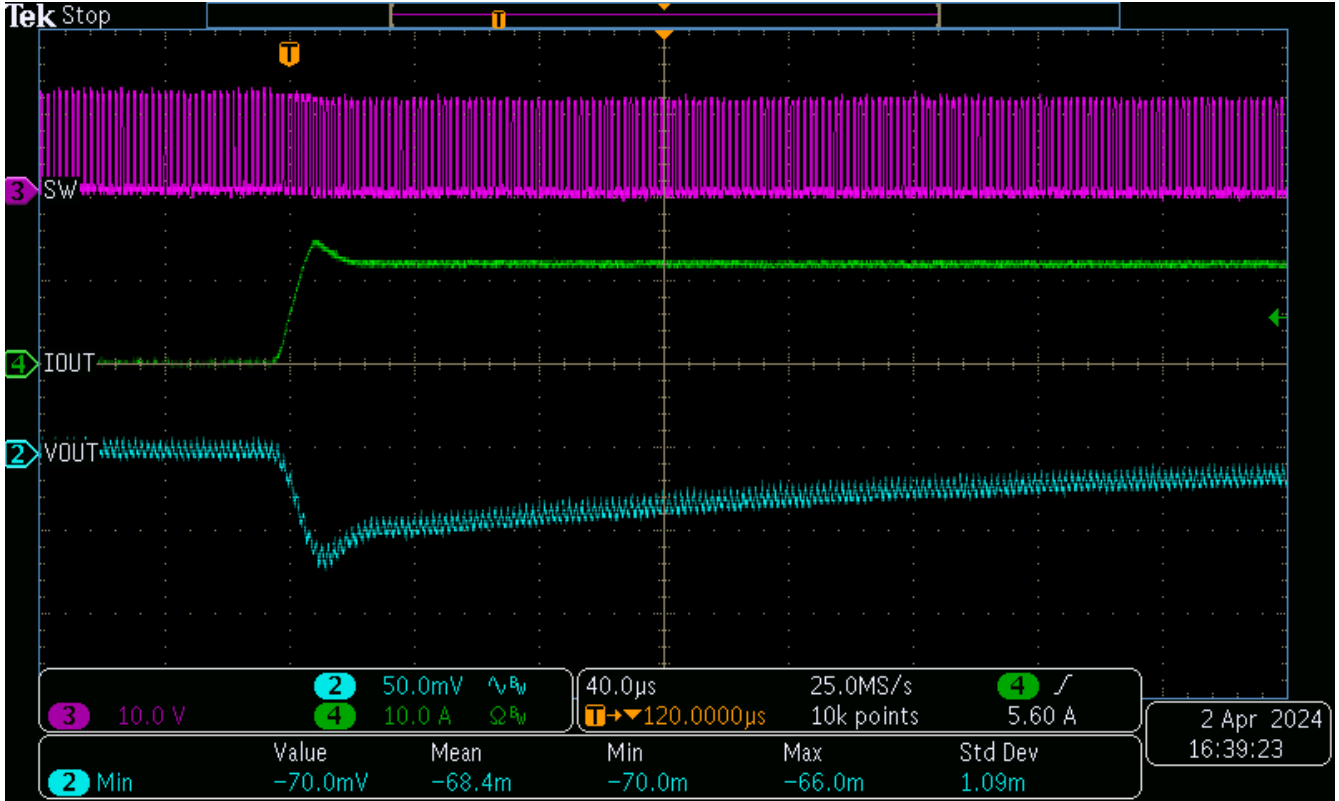


图 5-3. 对 100mA 至 12A 负载阶跃的瞬态响应 (以 8A/µs 的速率)

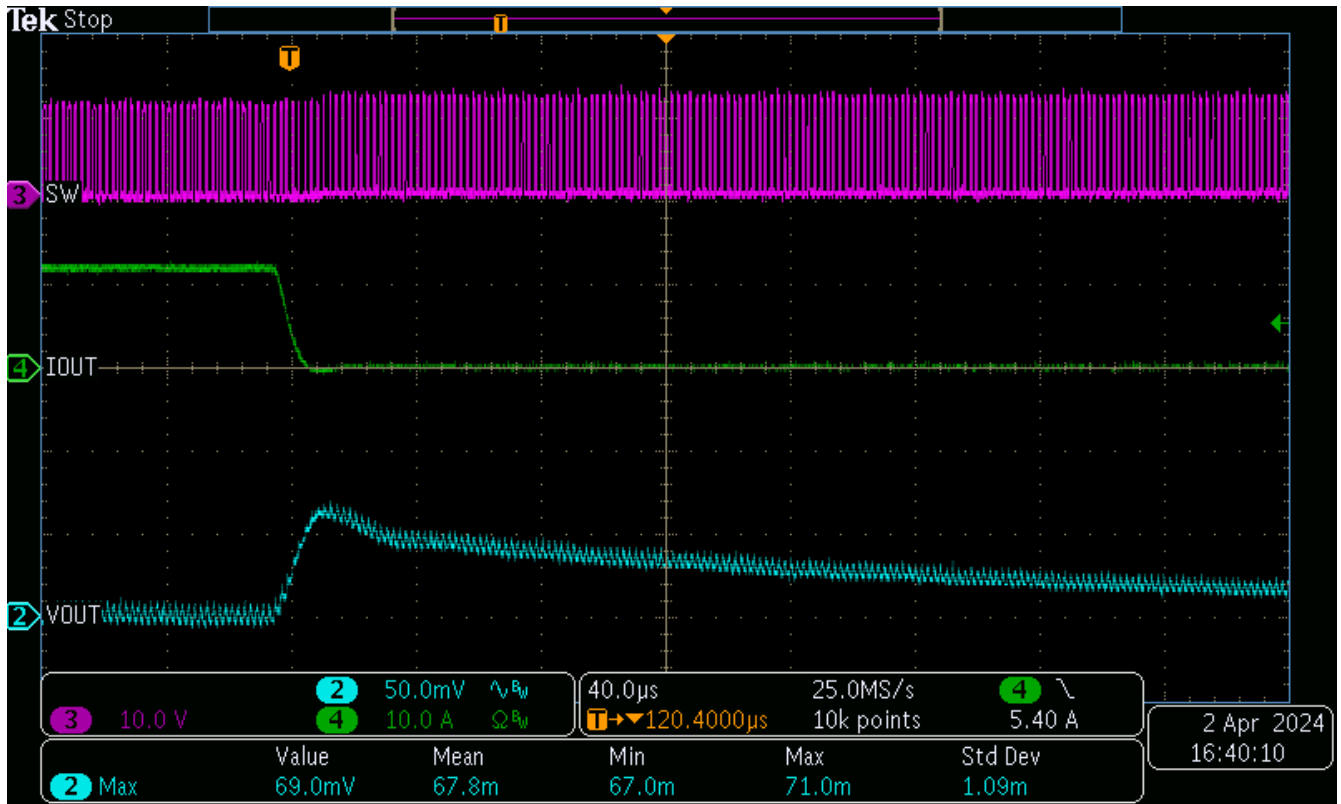


图 5-4. 对 12A 至 100mA 负载阶跃的瞬态响应 (以 8A/μs 的速率)

### 5.5 频率响应

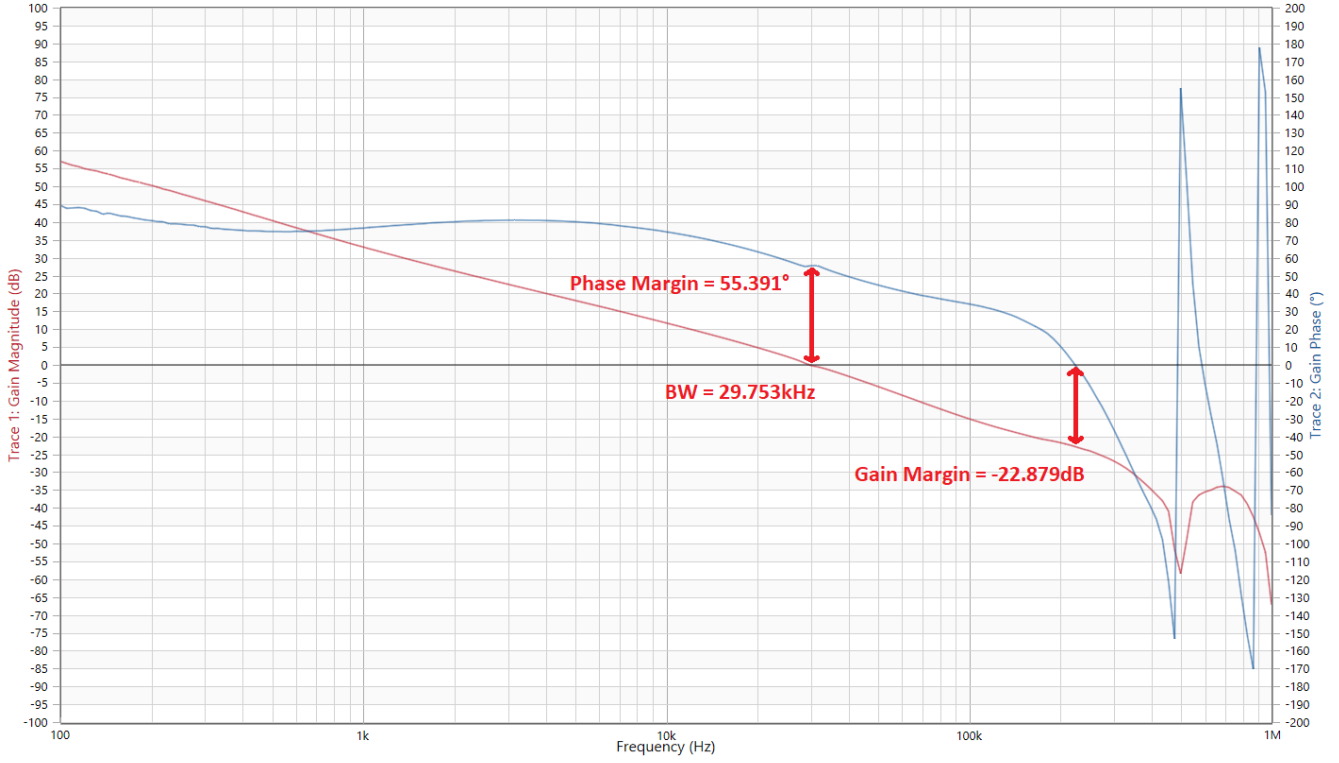


图 5-5. 频率响应 IOUT = 6A

## 6 硬件设计文件

### 6.1 原理图

PVIN = VIN = 4.5-14 VDC

## TPS7H4011-SP Converter

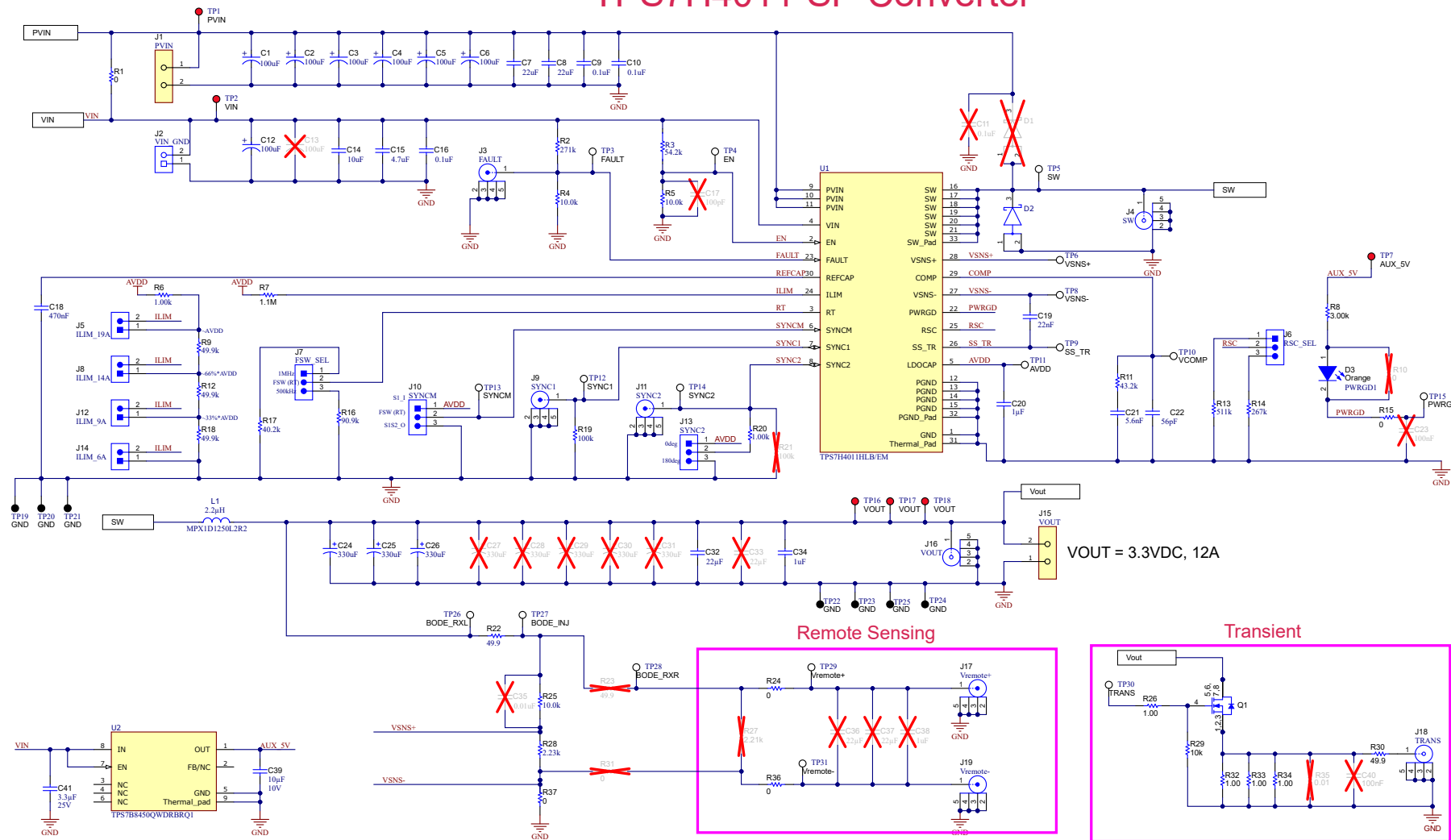


图 6-1. 默认 EVM 原理图

## 6.2 PCB 布局

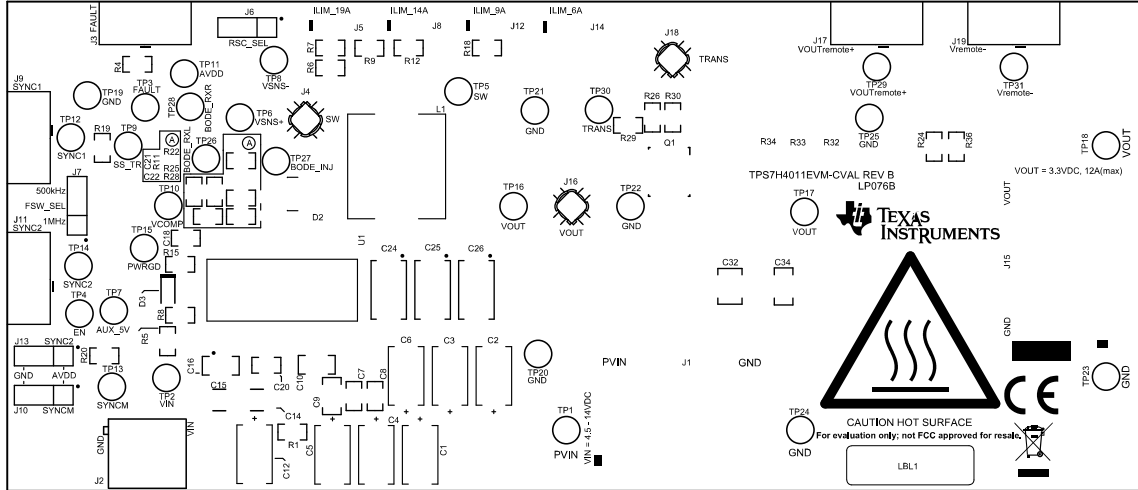


图 6-2. 顶部覆盖层

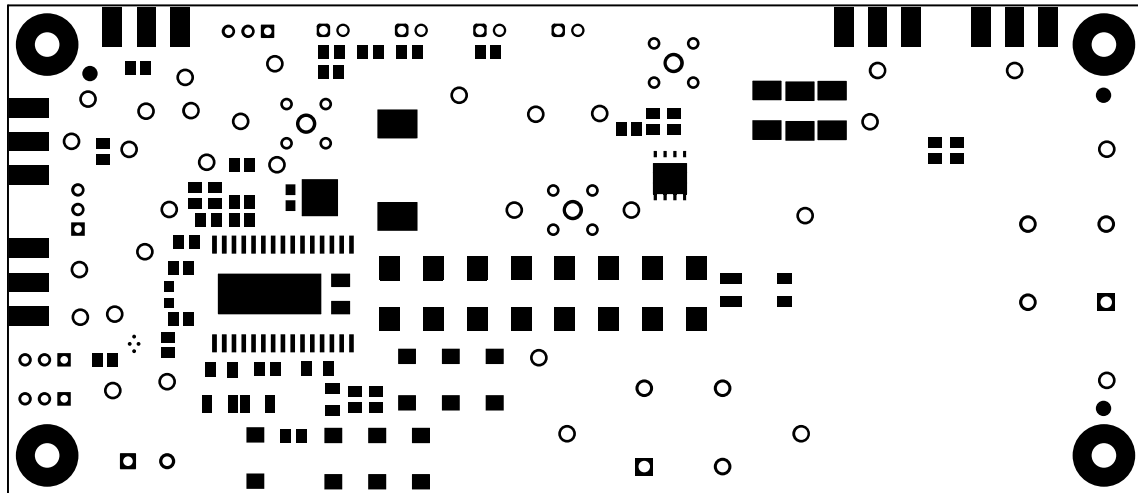


图 6-3. 顶部阻焊层

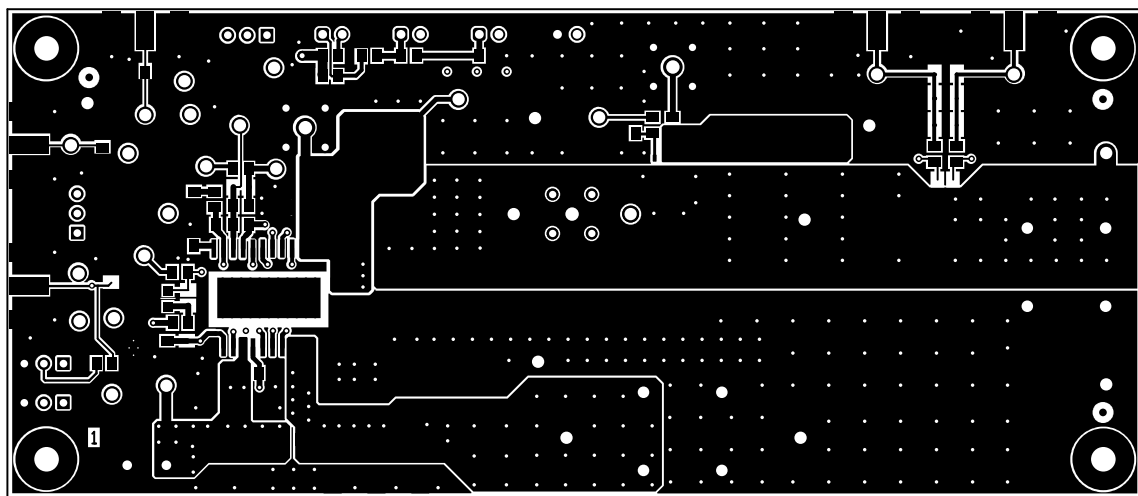


图 6-4. 第 1 层 (顶部)

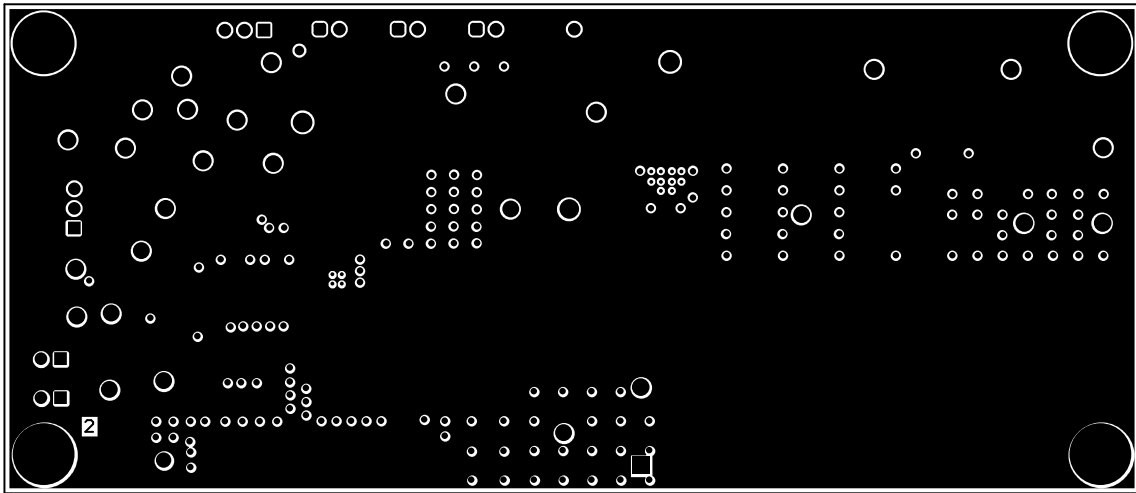


图 6-5. 第 2 层

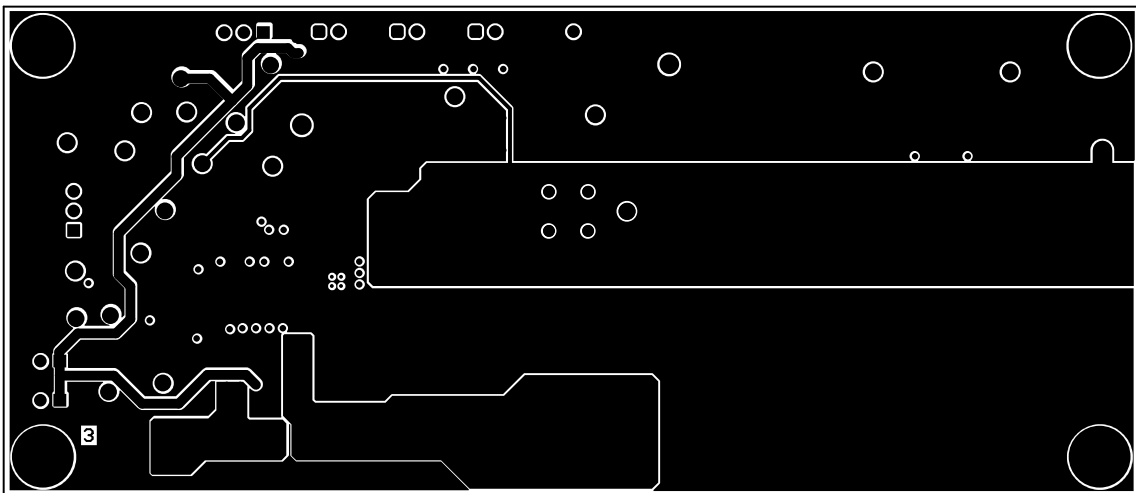


图 6-6. 第 3 层

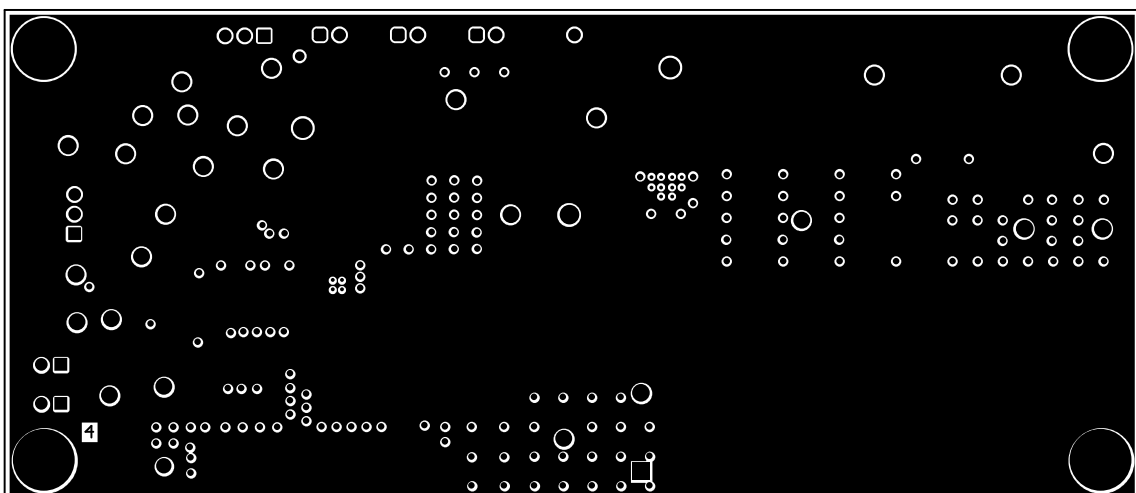


图 6-7. 第 4 层

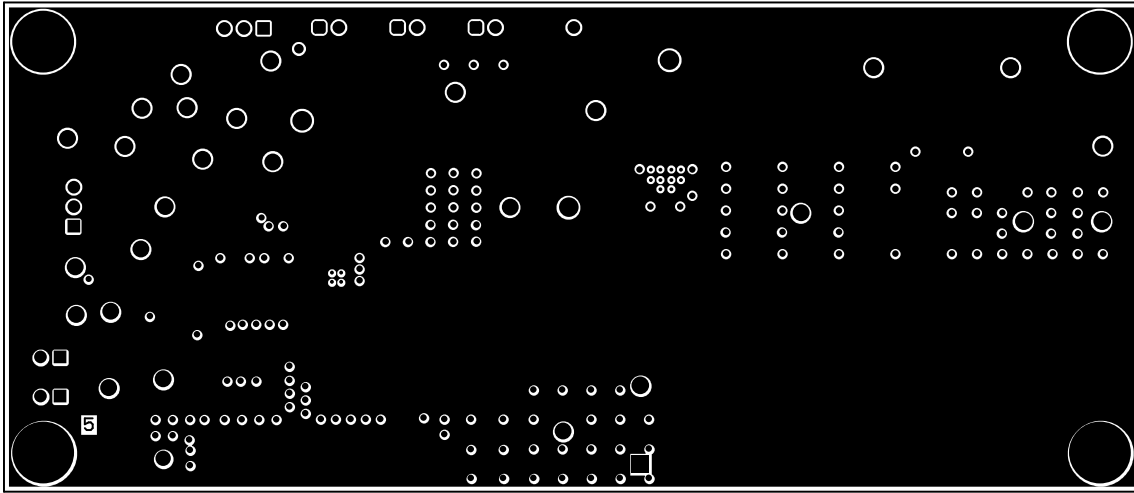


图 6-8. 第 5 层

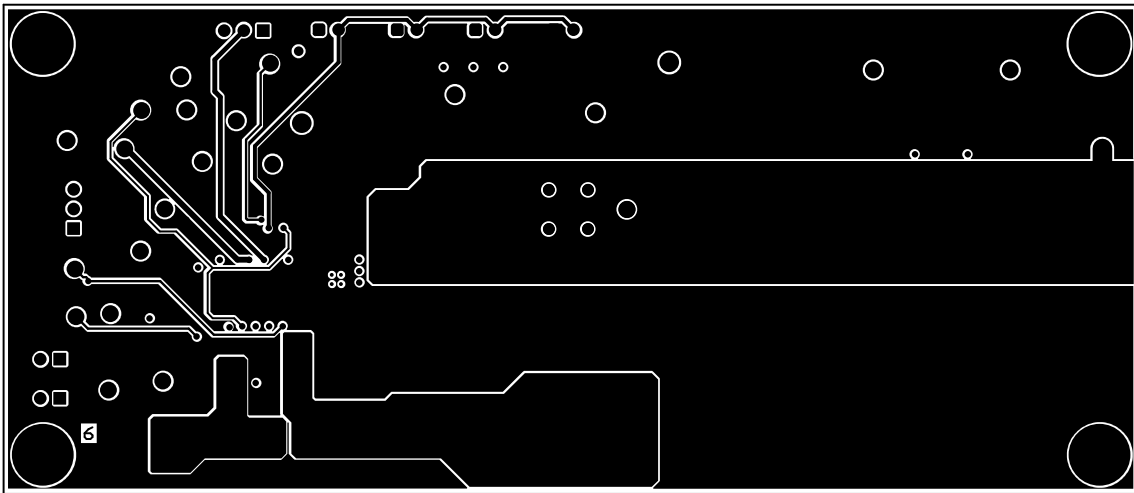


图 6-9. 第 6 层

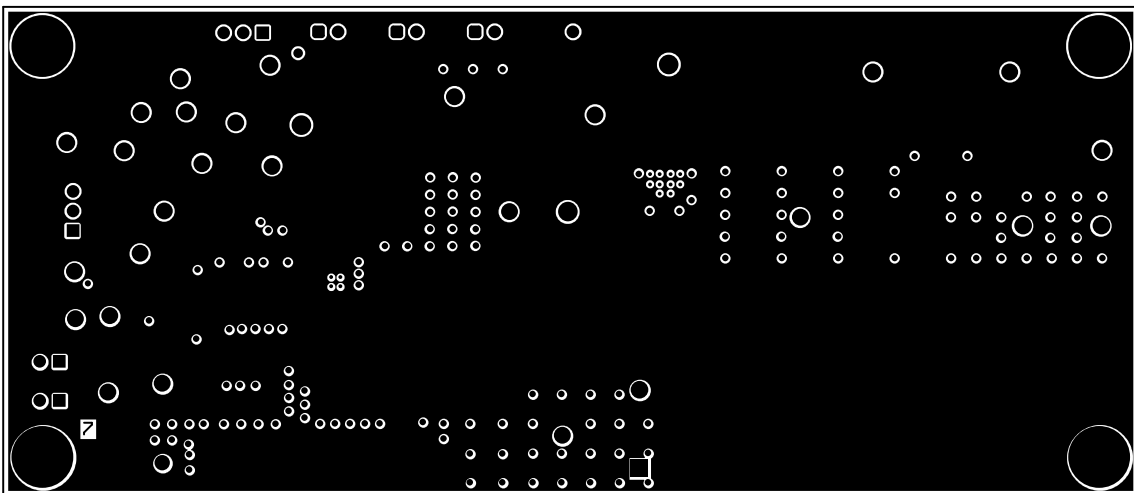


图 6-10. 第 7 层





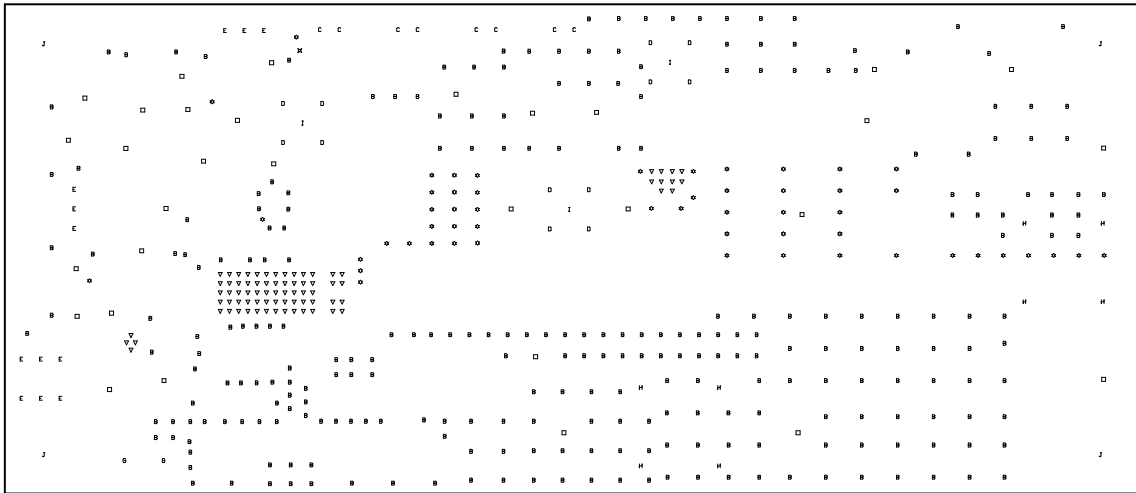


图 6-14. 钻孔图

### 6.3 物料清单 (BOM)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C2、C3、C4、C5、C6、C12	7	100 $\mu$ F	电容, 钽聚合物, 100 $\mu$ F, 25VDC, D CASE, 20%, (7.3mm x 4.3mm x 2.8mm), SMD, 7343-31, 0.04 $\Omega$ , 105°C, T/R	2917	T521D107M025ATE040	KEMET
C7、C8	2	22 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 25V, +/-20%, X5R, 0805	0805	GRM21BR61E226ME44L	MuRata
C9、C10、C16	3	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 1206	1206	C1206C104J5RACTU	Kemet
C14	1	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 1210	1210	12103C106KAT2A	AVX
C15	1	4.7 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 4.7 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 1210	1210	C3225X7R1H475K250AB	TDK
C18	1	0.47 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.47 $\mu$ F, 16V, +/-5%, X7R, 0805	0805	0805YC474JAT2A	AVX
C19	1	0.022 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.022 $\mu$ F, 100V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08051C223JAT2A	AVX
C20	1	1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C0805C105K4RACTU	Kemet
C21	1	5600pF	电容, 陶瓷, 5600pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C0805C562K5RACTU	Kemet
C22	1	56pF	电容, 陶瓷, 56pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0805	0805	C0805C560J5GACTU	Kemet
C24、C25、C26	3	330 $\mu$ F	电容, 钽聚合物, 330 $\mu$ F, 10V, +/-20%, 0.006 $\Omega$ , 7343-43 SMD	7343-43	T530X337M010ATE006	Kemet
C32	1	22 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 1210	1210	CL32B226KOJVPNE	Samsung Electro-Mechanics
C34	1	1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C1206C105K3RACTU	Kemet
C39	1	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1级, 0805	0805	GCJ21BR71A106KE01L	MuRata
C41	1	3.3 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 3.3 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1E335K125AB	TDK
D2	1		二极管, 40V, 10A, 表面贴装, TO-277A (SMPC)	SMPC	SS10P4-M3/86A	Vishay

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
D3	1	橙色	LED, 橙色, SMD	LED_0805	LTST-C170KFKT	Lite-On
FID1、FID2、FID3、FID4、 FID5、FID6	6		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
H1、H2、H3、H4	4		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	螺钉	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
H5、H6、H7、H8	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40 尼龙	螺柱	1902C	Keystone
J1、J15	2		固定端子块 MKDSP 10HV/2-10	HDR2	1929517	Phoenix Contact
J2	1		端子块, 5.08mm, 2x1, 黄铜, TH	2x1 5.08mm 端子块	ED120/2DS	On-Shore Technology
J3、J9、J11、J17、J19	5		连接器, 末端发射 SMA, 50 欧姆, SMT	SMA 末端发射	142-0701-851	Cinch Connectivity
J4、J16、J18	3		紧凑型探头尖端电路板测试点, TH, 25 件装	TH 示波器探头	131-5031-00	Tektronix
J5、J8、J12、J14	4		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	61300211121	Würth Elektronik
J6、J7、J10、J13	4		接头, 100mil, 3x1, 镀金, TH	接头, 100mil, 3x1, TH	HTSW-103-07-G-S	Samtec
L1	1	2.2μH	2.2μH 屏蔽线绕电感器, 21A, 4.8mΩ (最大值, 非标准)	SMD2	MPX1D1250L2R2	KEMET
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
Q1	1	25V	MOSFET, N 沟道, 25V, 113A, DQH0008A (VSON-CLIP-8)	DQH0008A	CSD16408Q5	德州仪器 (TI)
R1、R15、R24、R36、R37	5	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale
R2	1	271k	电阻, 217k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD07271KL	Yageo America
R3	1	54.2k	54.2kΩ ±0.1% 0.26W, 片上电阻 0805 (公制 2012), 抗硫化, 汽车级 AEC-Q200, 防潮薄膜	0805	TNPW080554K2BEEN	Vishay
R4、R5、R25	3	10.0k	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-103-B-T5	Susumu Co Ltd
R6、R20	2	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF1001V	Panasonic
R7	1	1.1MΩ	电阻, 1.1MΩ, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6GEYJ115V	Panasonic

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R8	1	3.00k	电阻, 3.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	ERJ-6ENF3001V	Panasonic
R9、R12、R18	3	49.9k	电阻, 49.9k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	ERJ-6ENF4992V	Panasonic
R11	1	43.2k	电阻, 43.2k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD0743K2L	Yageo America
R13	1	511k	电阻, 511k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	ERJ-6ENF5113V	Panasonic
R14	1	267k	电阻, 29.4k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	CRCW0805267KFKEA	Vishay-Dale
R16	1	90.9k	电阻, 90.9k $\Omega$ , 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-9092-B-T5	Susumu Co Ltd
R17	1	40.2k	电阻, 40.2k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-4022-B-T5	Susumu Co Ltd
R19	1	100k	电阻, 100k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	ERJ-6ENF1003V	Panasonic
R22、R30	2	49.9	电阻, 49.9, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD0749R9L	Yageo America
R26	1	1	电阻, 1.00, 1%, 0.125W, 0805	0805	RC0805FR-071RL	Yageo America
R28	1	2.23k	电阻, 2.23k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD072K23L	Yageo America
R29	1	10k	电阻, 10k, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0级, 0805	0805	CRCW080510K0JNEA	Vishay-Dale
R32、R33、R34	3	1	电阻, 1.00, 1%, 2W, 6.3mm x 3.1mm	6.3x3.1mm	CRM2512-FX-1R00ELF	Bourns
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5	5	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	顶部闭合 100mil 分流器	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions
TP1、TP2、TP7、TP16、TP17、TP18	6		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone Electronics
TP3、TP4、TP5、TP6、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14、TP15、TP26、TP27、TP28、TP29、TP30、TP31	18		测试点, 通用, 白色, TH	白色通用测试点	5012	Keystone Electronics
TP19、TP20、TP21、TP22、TP23、TP24、TP25	7		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone Electronics
U1	1		耐辐射保障 (RHA) 4V 至 14V 输入、12A 同步降压转换器	CFP30	TPS7H4011HLB/EM	德州仪器 (TI)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
U2	1		线性稳压器 IC, 固定正电压, 1 个输出, 150mA, 8-SON (3x3)	VSON8	TPS7B8450QWDRBRQ1	德州仪器 (TI)
C11	0	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 1206	1206	C1206C104J5RACTU	Kemet
C13	0	100 $\mu$ F	电容, 钽聚合物, 100 $\mu$ F, 25VDC, D CASE, 20%, (7.3mm x 4.3mm x 2.8mm), SMD, 7343-31, 0.04 $\Omega$ , 105°C, T/R	2917	T521D107M025ATE040	KEMET
C17	0	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 100V, +/-5%, X7R, 0805	0805	C0805C101J1RACTU	Kemet
C23	0	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08055C104JAT2A	AVX
C27、C28、C29、C30、C31	0	330 $\mu$ F	电容, 钽聚合物, 330 $\mu$ F, 10V, +/-20%, 0.006 $\Omega$ , 7343-43 SMD	7343-43	T530X337M010ATE006	Kemet
C33、C36、C37	0	22 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 22 $\mu$ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	1210	CL32B226KOJVPNE	Samsung Electro-Mechanics
C35	0	0.01 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.01 $\mu$ F, 100V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08051C103JAT2A	AVX
C38	0	1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C1206C105K3RACTU	Kemet
C40	0	0.1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 0.1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C0805C104K5RACTU	Kemet
D1	0		二极管, 40V, 10A, 表面贴装, TO-277A (SMPC)	SMPC	SS10P4-M3/86A	Vishay
R10、R31	0	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale
R21	0	100k	电阻, 100k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF1003V	Panasonic
R23	0	49.9	电阻, 49.9, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD0749R9L	Yageo America
R27	0	2.21k	电阻, 2.21k $\Omega$ , 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD072K21L	Yageo America
R35	0	0.01	10m $\Omega$ , $\pm$ 1%, 10W, 片上电阻 2817 (公制 7142), 电流检测, 金属元件	2817	GMR320HJBFA10L0	ROHM

## 7 合规信息

- 德州仪器 (TI) , [TPS7H4011EVM-CVAL EU RoHS 符合性声明 \(DoC\)](#)

## 8 相关文档

- 德州仪器 (TI) , [TPS7H4011-SP 和 TPS7H4011-SEP 4.5V 至 14V 输入 12A 耐辐射同步降压转换器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI) , [N 沟道 NexFET™ 功率 MOSFET \(CSD16408Q5\) 数据表](#)

## 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