

EVM User's Guide: TPS7H4011QEVM-CVAL

TPS7H4011QEVM-CVAL 评估模块



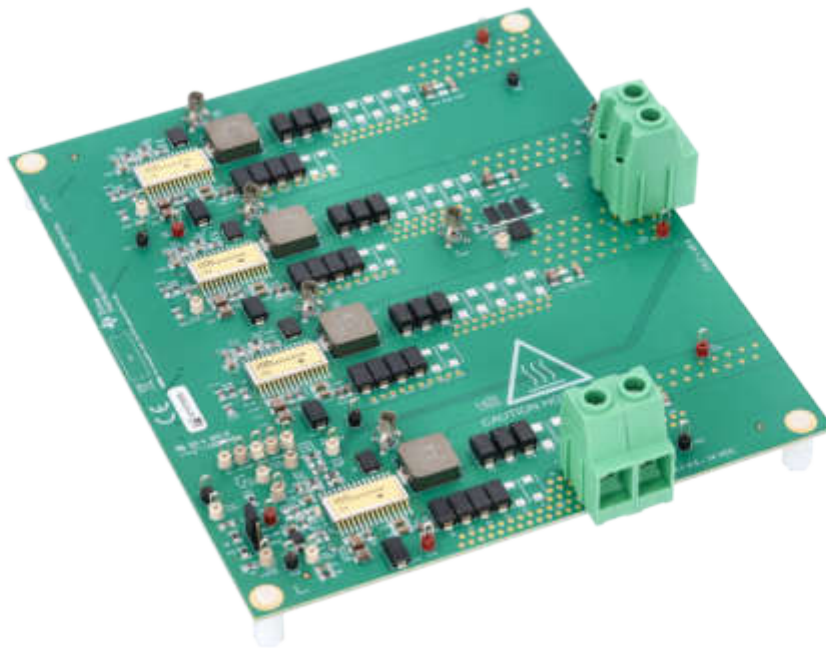
说明

[TPS7H4011QEVM-CVAL](#) 演示了四个 [TPS7H4011-SP](#) 降压转换器 (陶瓷封装) 的并行正交相位运行。该 EVM 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; 它还提供了测试点, 以便轻松进行器件配置、性能验证和分析。

特性

- 四通道运行, 提供高达 48A 的输出电流

- 输入电压范围: 4.5V 至 14V
- 可选开关频率
- 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



TPS7H4011QEVM-CVAL

1 评估模块概述

1.1 简介

TPS7H4011QEVM-CVAL 是适用于 TPS7H4011 陶瓷封装选项的评估模块 (EVM) 的四通道版本，提供了一个对多通道性能进行评估的平台。此 EVM 提供的四通道配置可为单个输出提供高达 48A 的负载电流。本用户指南提供有关 EVM 的详细信息 (包括配置、原理图和 BOM)。此 EVM 提供在不同条件下配置器件的灵活性，并提供可用于组装额外元件的空间以及用于监控器件引脚的多个连接选项。要在自定义配置中配置器件，请参阅 [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，以计算需要更改的任何无源器件的值。

1.2 套件内容

- TPS7H4011QEVM-CVAL 板 (1)

1.3 规格

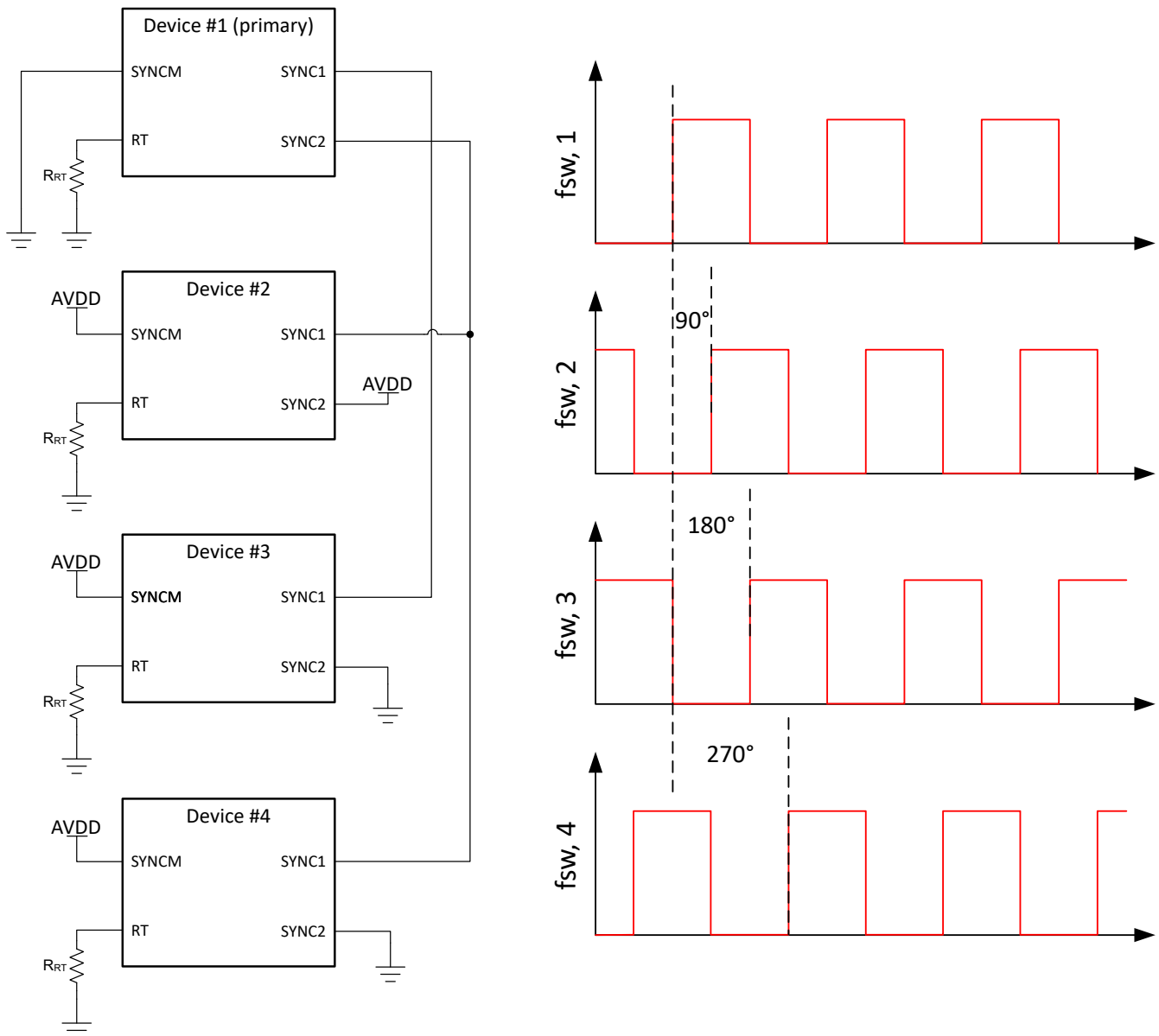


图 1-1. 简化版原理图

表 1-1. 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	1.8V	器件输出能力范围内的常见电压。 可通过更改 R26 或 R27 进行配置。
斜坡补偿电阻器, RSC	787k Ω	可通过更改 R13 进行配置。
开关频率, FSW	200kHz 或 500kHz	可使用 EVM 上的跳线进行配置。
电流限制, ILIM	每通道 18.3A	配置为最大电流限制。

1.4 器件信息

[TPS7H4011](#) 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 的宽电压范围使器件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 [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。

2 硬件

2.1 瞬态负载电路

TPS7H4011QEVN-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 $120\text{m}\Omega$ 芯片电阻器产生的 $40\text{m}\Omega$ 负载电阻。虽然 CSD16408Q5 功率 MOSFET 能够传导四个 TPS7H4011-SP 器件的 48A 全输出电流，但每个片式电阻器的额定值仅为 2W。当使用 TPS7H4011QEVN-CVAL 上的瞬态电路时，可对通过 TP20（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 的额外信息，请参阅 [N 通道 NexFET 功率 MOSFET 数据表](#)。

2.2 连接器说明

[表 2-1](#) 提供了 TPS7H4011EVM-CVAL 的连接器的说明。

表 2-1. 连接器说明

参考位号	功能	
J1	PVIN	电源输入连接器
J3	VOUT	电源输出连接器
J4	FSW_SEL	用于模式选择的跳线
J8	VOUT	紧凑型探头尖端连接器
J9	TRANS	
J10	SW1	
J105	SW2	
J205	SW3	
J305	SW4	
TP1	PVIN	测试点
TP2	VIN	
TP3	AUX_5V	
TP4、TP5、TP6	VOUT	
TP7	FAULT	
TP8	EN	
TP10	VSNS+	
TP11	VSNS-	
TP12	SS_TR	
TP13	AVDD	
TP14	VCOMP	
TP15	PWRGD	
TP16	SYNC1	
TP17	SYNC2	
TP18	BODE_RXL	
TP19	BODE_INJ	
TP20	TRANS	
TP21、TP22、TP23、TP24、 TP25、TP26、TP27	GND	

2.3 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°C 以上的高温。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。

3 实现结果

本节显示了以下方面的测试结果：

1. 正交开关节点
2. 输出电压纹波
3. 软启动
4. 正负负载阶跃
5. 环路频率响应
6. 电路板效率
7. 均流等效性

3.1 评估设置

除非另有说明，以下测试使用表 3-1 中 TPS7H4011QEVM-CVAL 的默认配置执行。

表 3-1. 测试设置

规格	值
VIN	12V
VOUT	1.8V
FSW	500kHz
ILIM	18.3A
RSC	787k Ω

3.2 开关节点

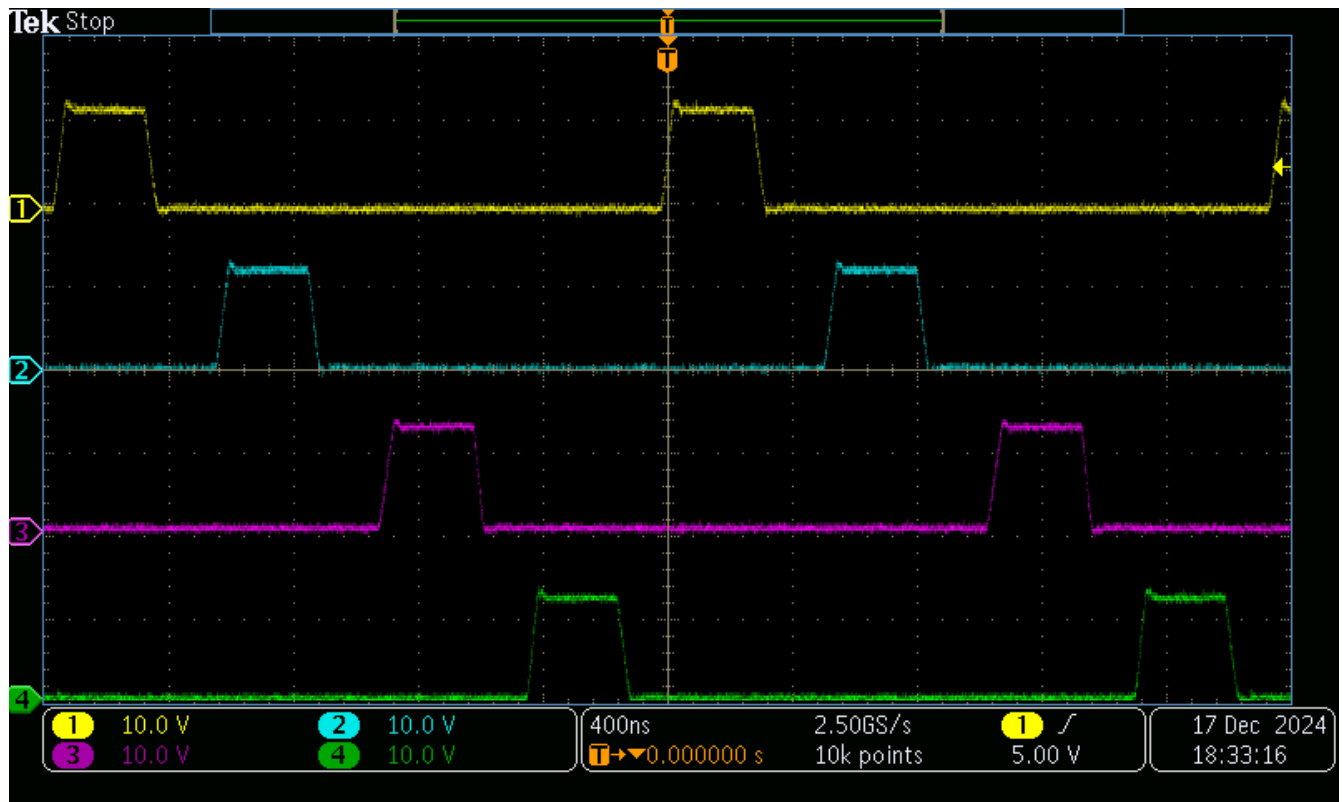


图 3-1. 正交开关节点

3.3 输出电压纹波

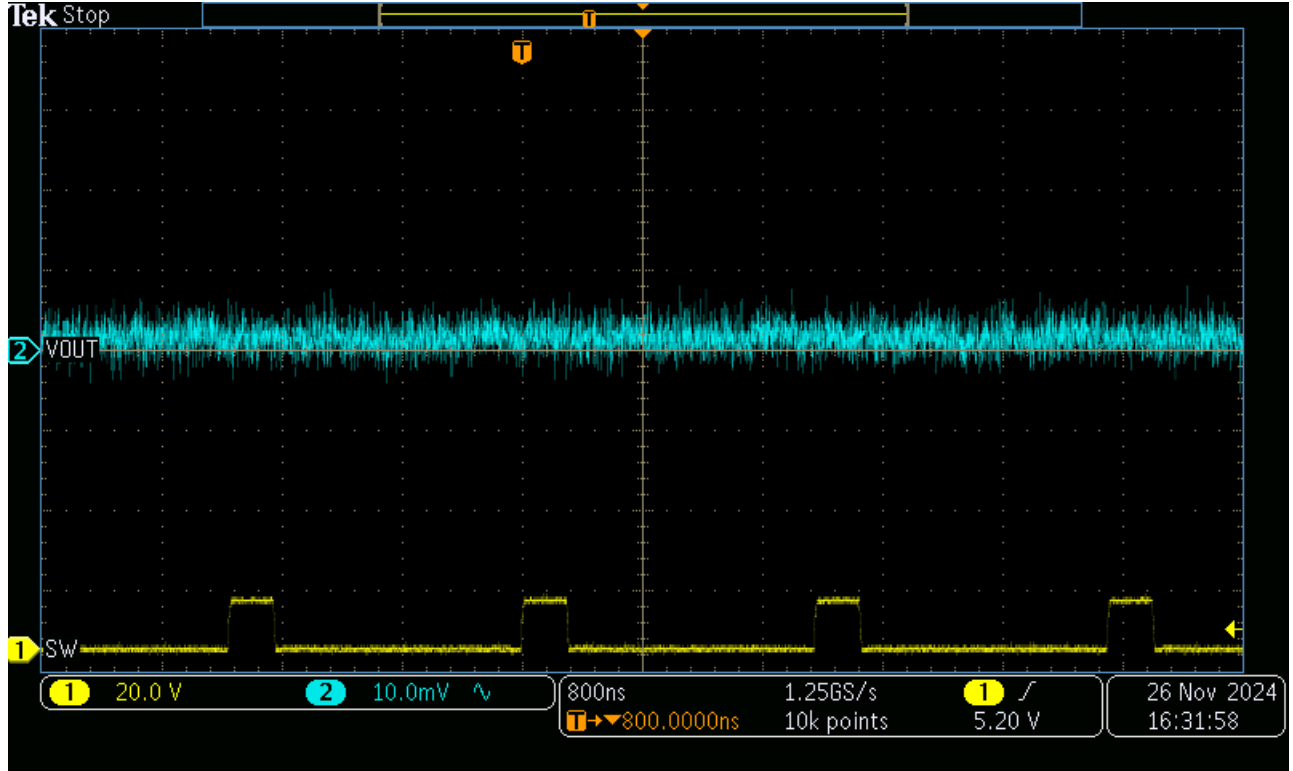


图 3-2. 输出电压纹波

3.4 软启动

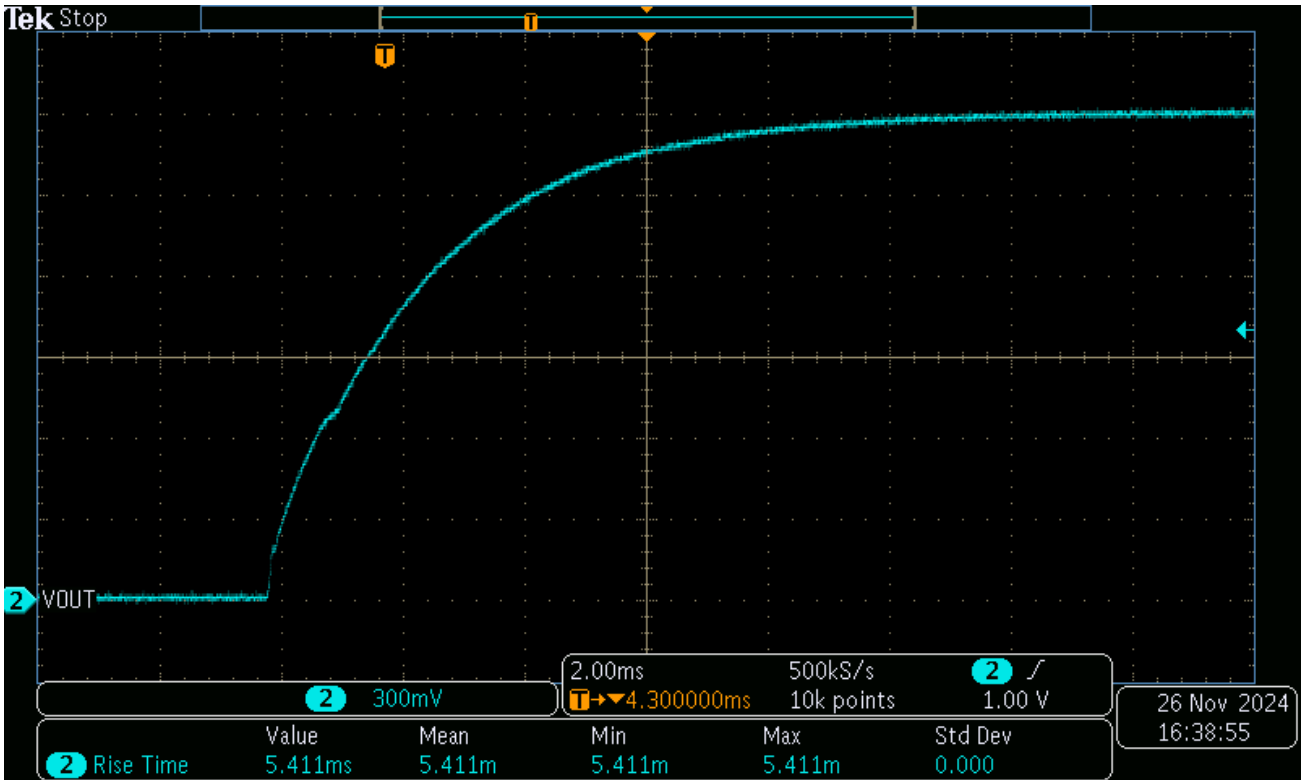


图 3-3. 软启动

3.5 负载阶跃

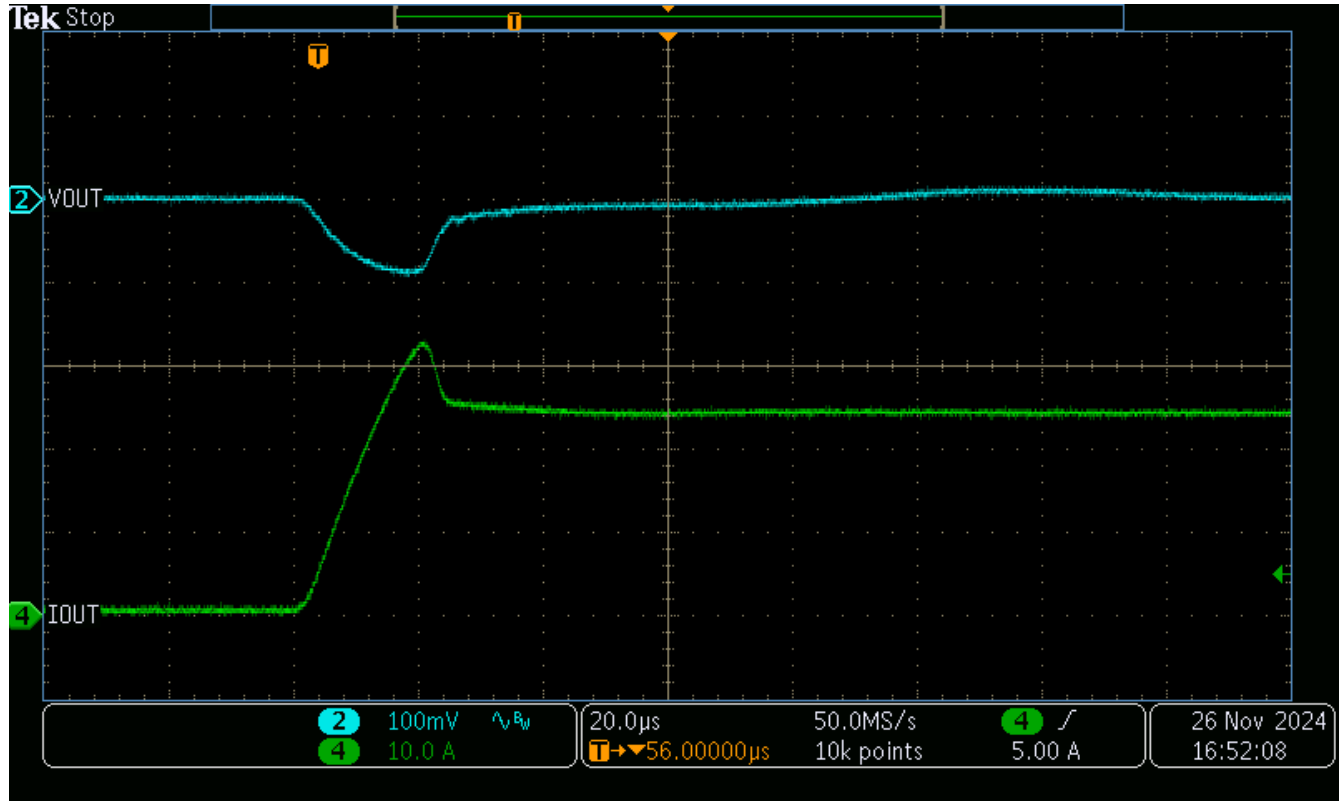


图 3-4. 对 500mA 至 24A 负载阶跃的瞬态响应

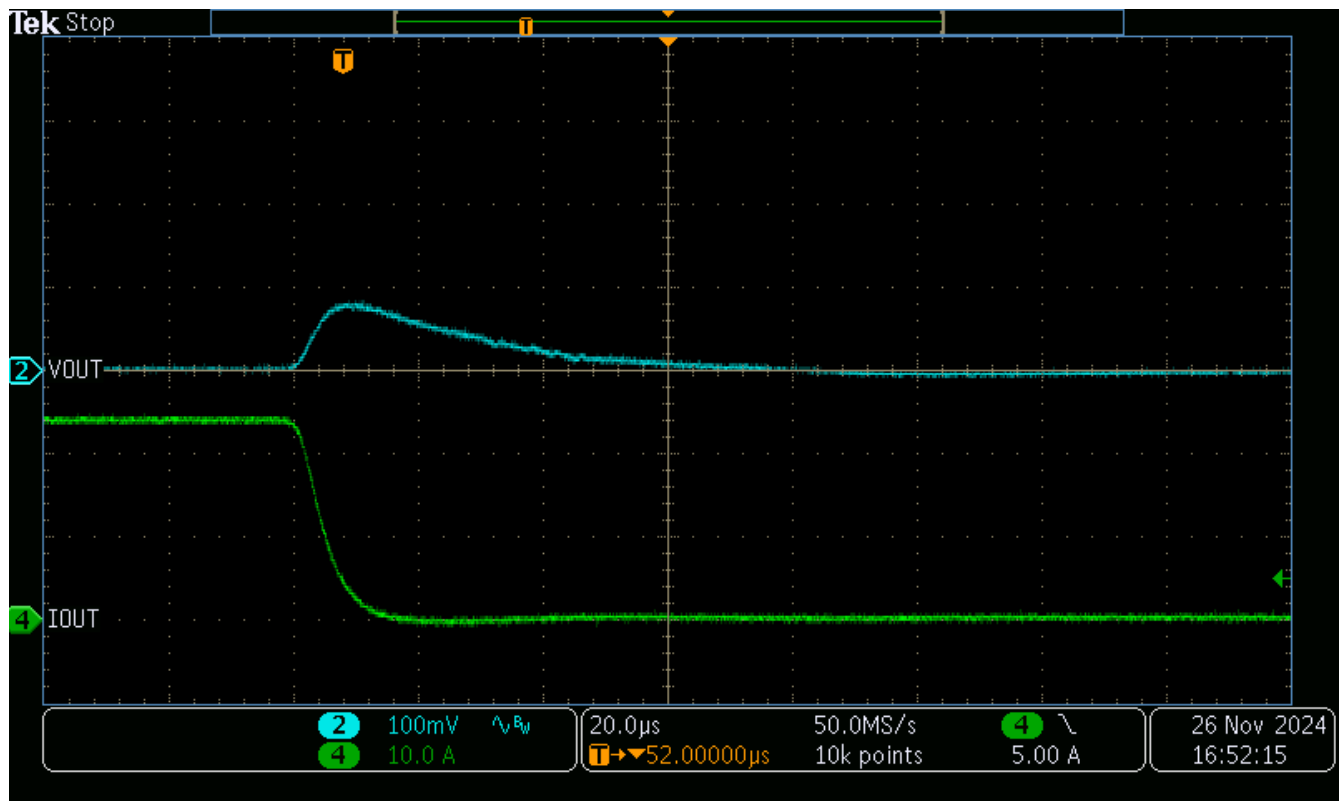


图 3-5. 对 24A 至 500mA 负载阶跃的瞬态响应

3.6 波特图

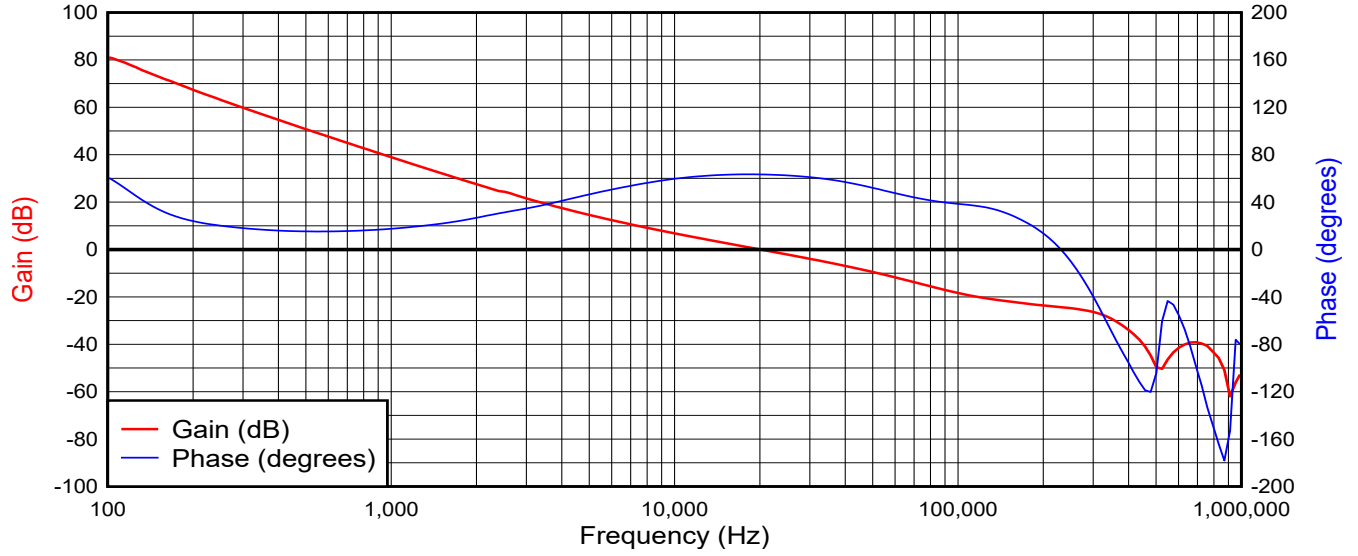


图 3-6. 频率响应 IOUT = 24A

3.7 效率结果

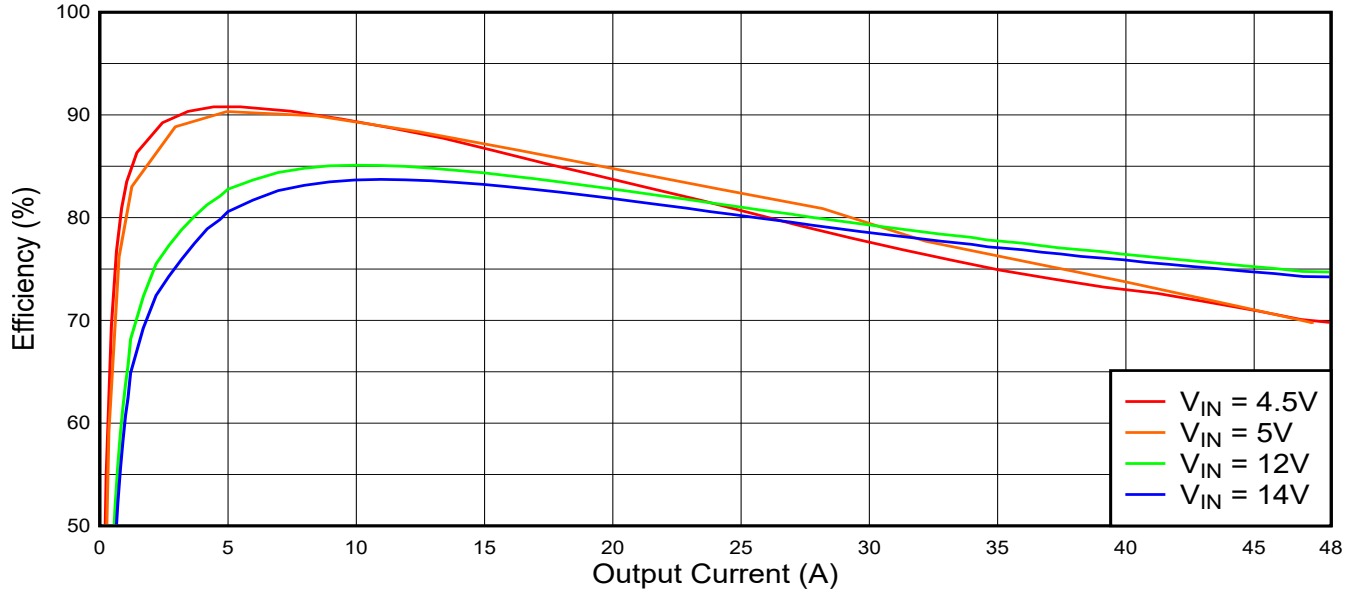


图 3-7. 效率 FSW = 500kHz

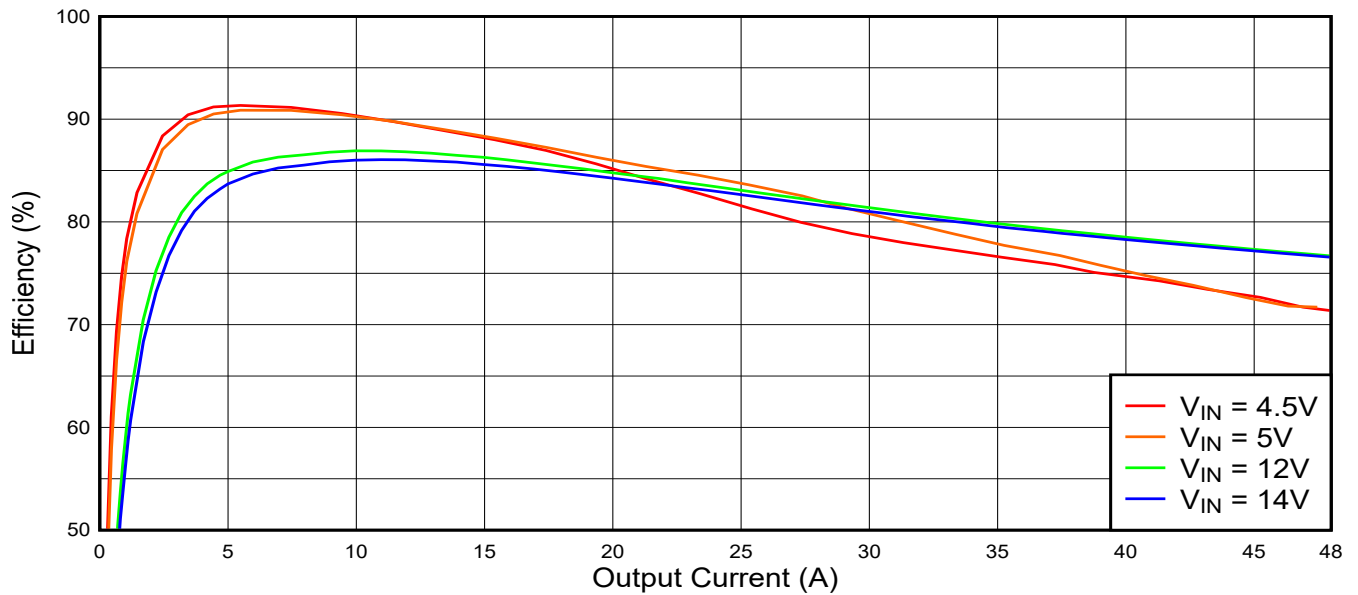


图 3-8. 效率 FSW = 200kHz

3.8 均流

当多个器件并联时，理想的工作模式是所有器件向负载提供相同的电流量。由于均流等效性的主要因素是每个器件的功率级跨导（器件数据表中的 g_{mps} ）之间的比例关系，因此任何实现的均流性能都取决于并联系统中器件的 g_{mps} 值。

EVM 的修改方式是在电感器和 EVM 的 VOUT 平面之间放置一根导线，以允许电流探头在运行期间测量每个相位 RMS 电流。表 3-2 显示了收集的数据。第二列显示了每个器件的目标 RMS 电流，即在分流相等的情况下流经每个转换器的电流。最后四列显示了每个器件相对于目标均流值的偏差，以占目标器件电流的百分比表示。

由于任何一组器件的均流性能取决于 g_{mps} 值，因此每个 EVM 都具有不同的均流特性。因此，表 3-2 中提供的数据与其他 TPS7H4011QEVM-CVAL 板不同。

表 3-2. 均流数据

总电流 (A)	每个器件的目标电流 (A)	每个器件的 RMS 电流 (A)				相对于目标电流的偏差 (%)			
		器件 1	器件 2	器件 3	器件 4	器件 1	器件 2	器件 3	器件 4
2.03	0.51	0.51	0.51	0.48	0.53	1.46%	0.13%	-5.95%	4.36%
3.03	0.76	0.77	0.76	0.72	0.78	2.06%	-0.33%	-4.35%	2.62%
3.93	0.98	1.01	0.98	0.95	1.00	2.50%	-0.41%	-3.50%	1.41%
5.11	1.28	1.31	1.27	1.24	1.29	2.72%	-0.91%	-2.61%	0.80%
6.29	1.57	1.62	1.56	1.54	1.58	2.97%	-1.09%	-2.02%	0.14%
7.25	1.81	1.87	1.79	1.78	1.81	2.97%	-1.23%	-1.63%	-0.11%
8.25	2.06	2.12	2.04	2.03	2.06	2.93%	-1.18%	-1.55%	-0.20%
9.22	2.31	2.37	2.27	2.28	2.30	2.96%	-1.50%	-1.25%	-0.21%
10.19	2.55	2.63	2.51	2.52	2.54	3.05%	-1.51%	-1.19%	-0.35%
14.70	3.67	3.79	3.61	3.64	3.65	3.17%	-1.73%	-0.83%	-0.61%
19.44	4.86	5.01	4.78	4.83	4.82	3.19%	-1.73%	-0.70%	-0.77%
24.28	6.07	6.26	5.97	6.03	6.03	3.05%	-1.72%	-0.60%	-0.74%
29.27	7.32	7.53	7.19	7.28	7.27	2.91%	-1.74%	-0.53%	-0.64%
34.12	8.53	8.78	8.38	8.49	8.47	2.97%	-1.79%	-0.50%	-0.68%
38.35	9.59	9.88	9.41	9.54	9.53	3.04%	-1.88%	-0.53%	-0.64%
42.75	10.69	11.02	10.48	10.62	10.63	3.09%	-1.91%	-0.63%	-0.55%
46.94	11.74	12.11	11.49	11.65	11.69	3.17%	-2.06%	-0.72%	-0.38%

4 硬件设计文件

4.1 原理图

PVIN = VIN = 4.5-14 VDC

TPS7H4011-SP Four-Channel Converter

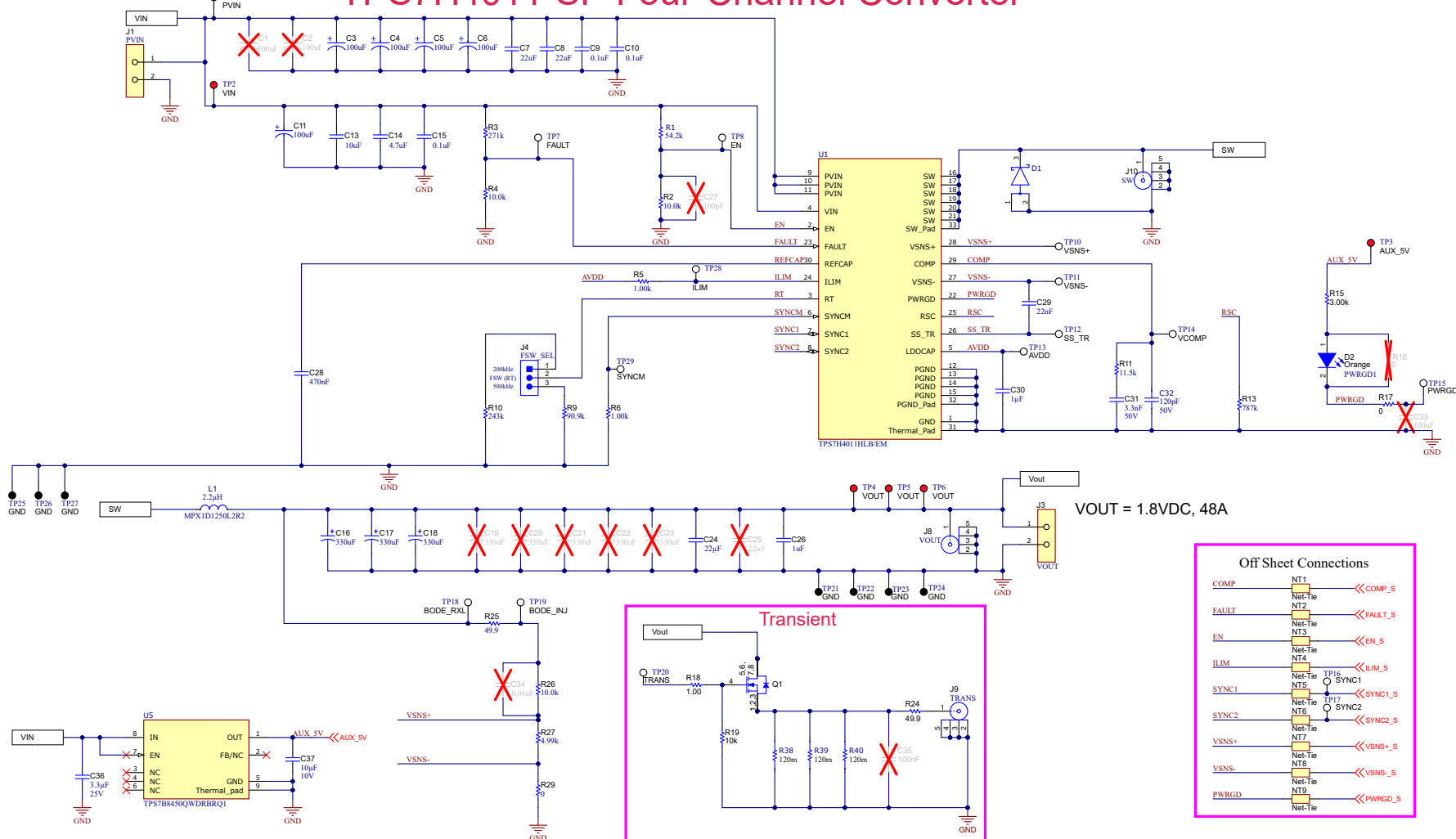


图 4-1. EVM 原理图

PVIN = VIN = 4.5-14 VDC

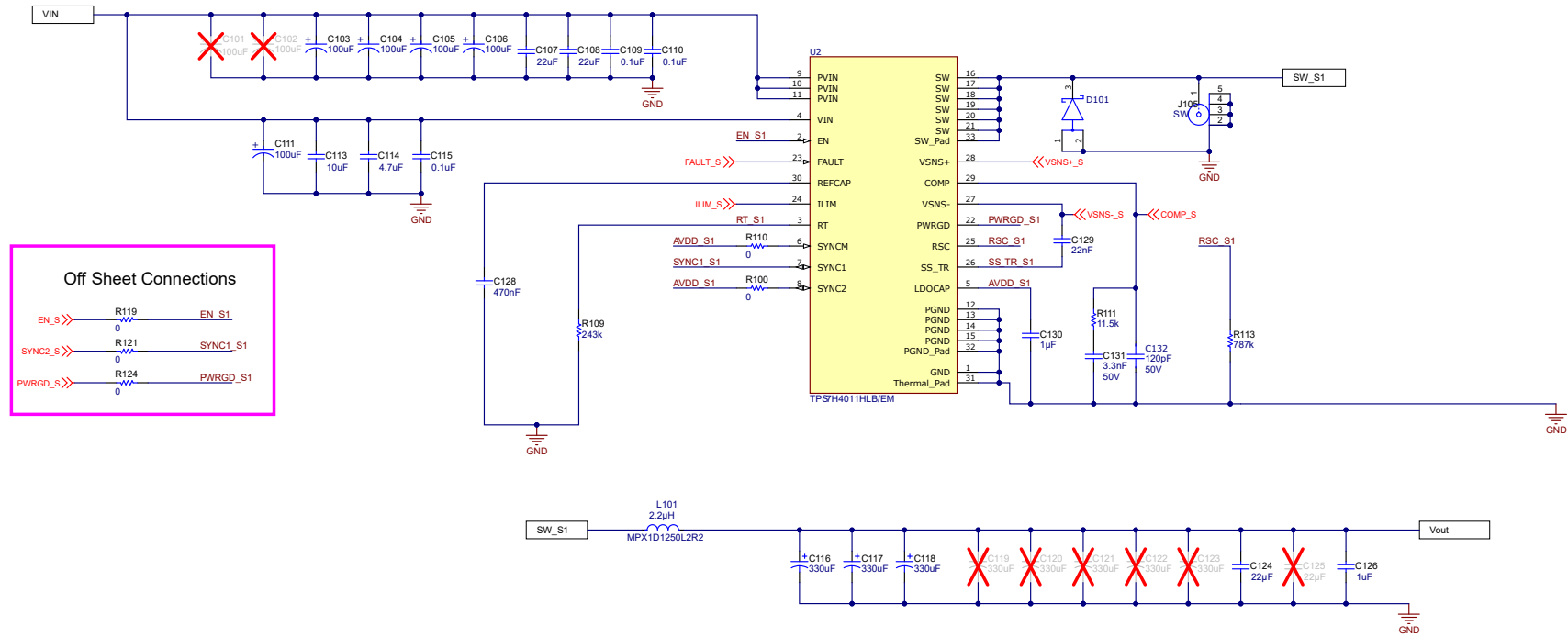


图 4-2. EVM 原理图

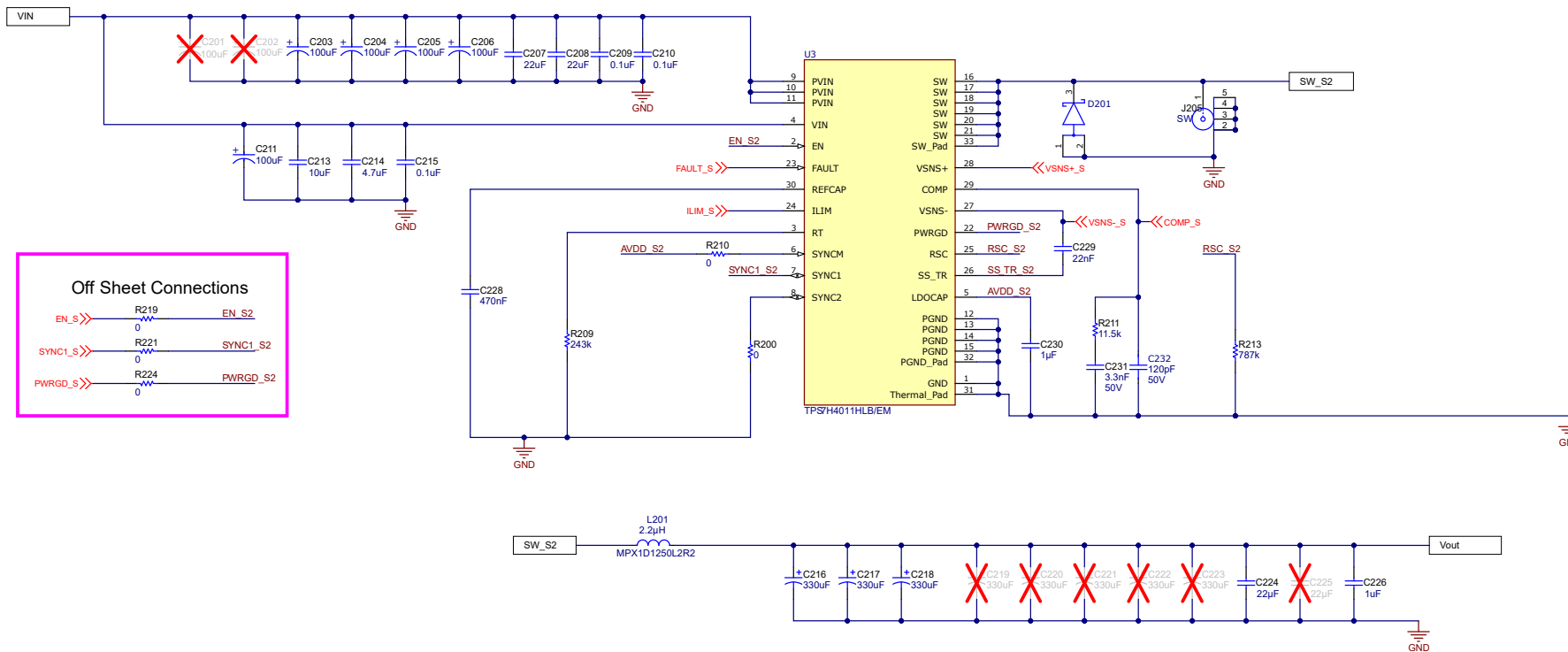


图 4-3. EVM 原理图

PVIN = VIN = 4.5-14 VDC

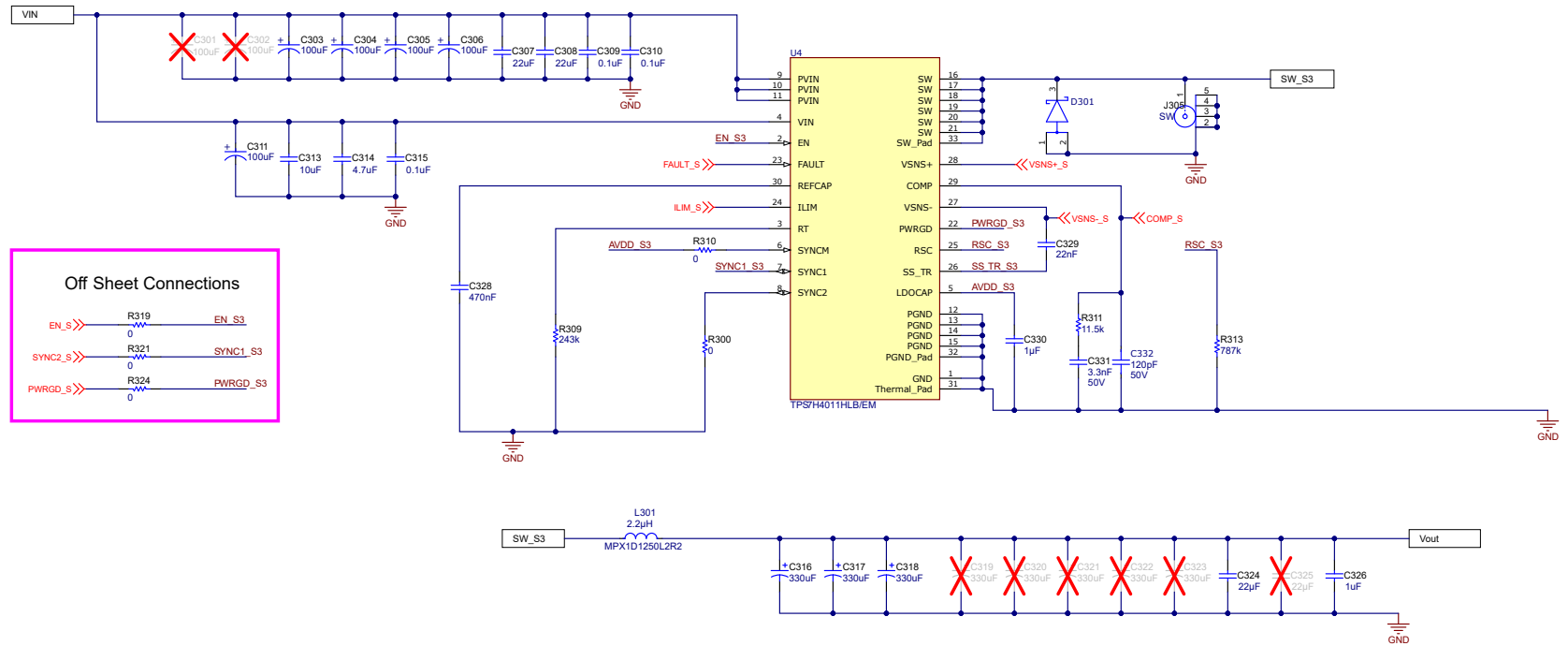


图 4-4. EVM 原理图

4.2 PCB 布局

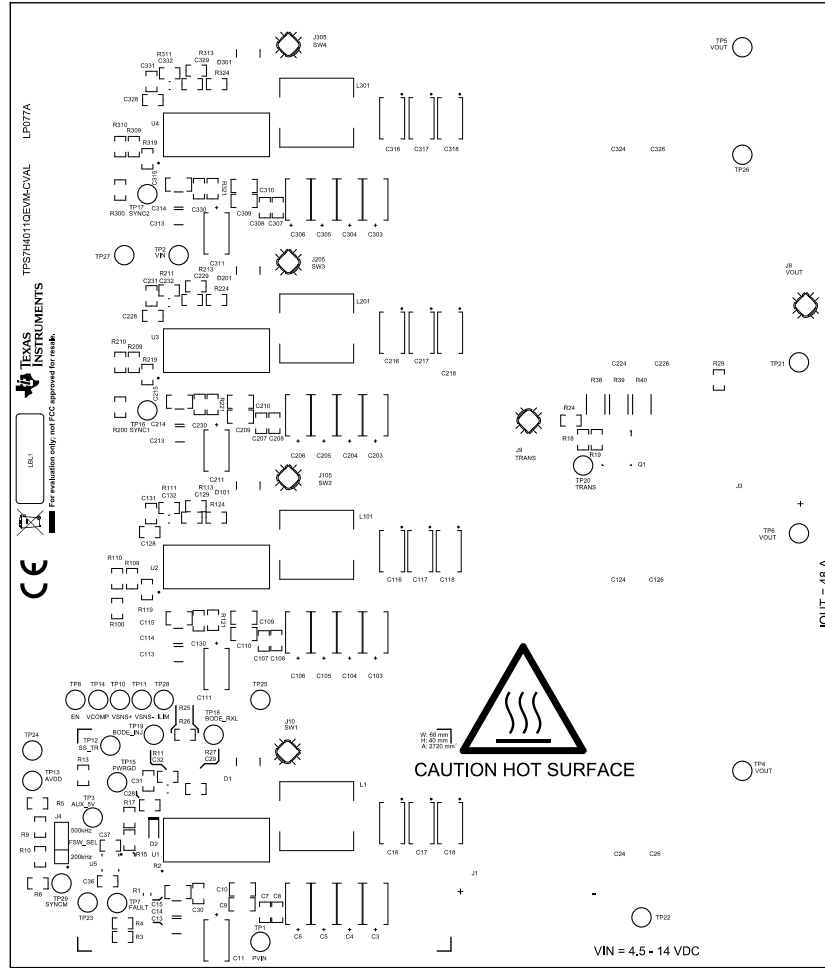


图 4-5. 顶层丝印层

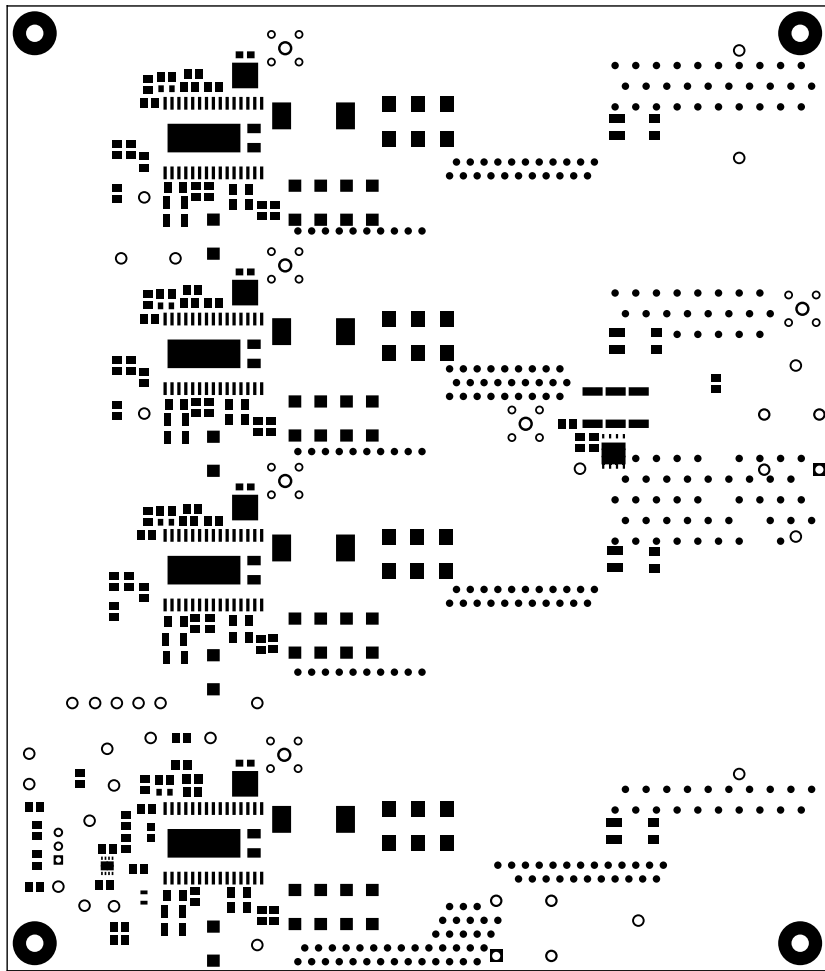


图 4-6. 阻焊层 (顶视图)

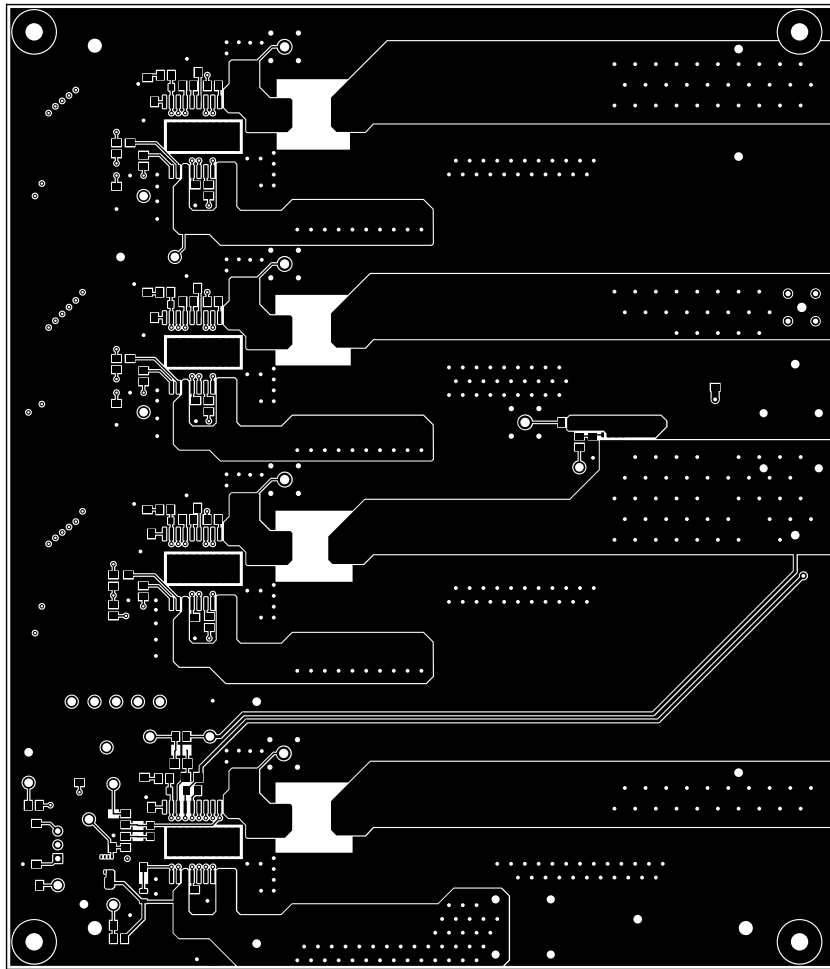


图 4-7. 第 1 层 (顶视图)

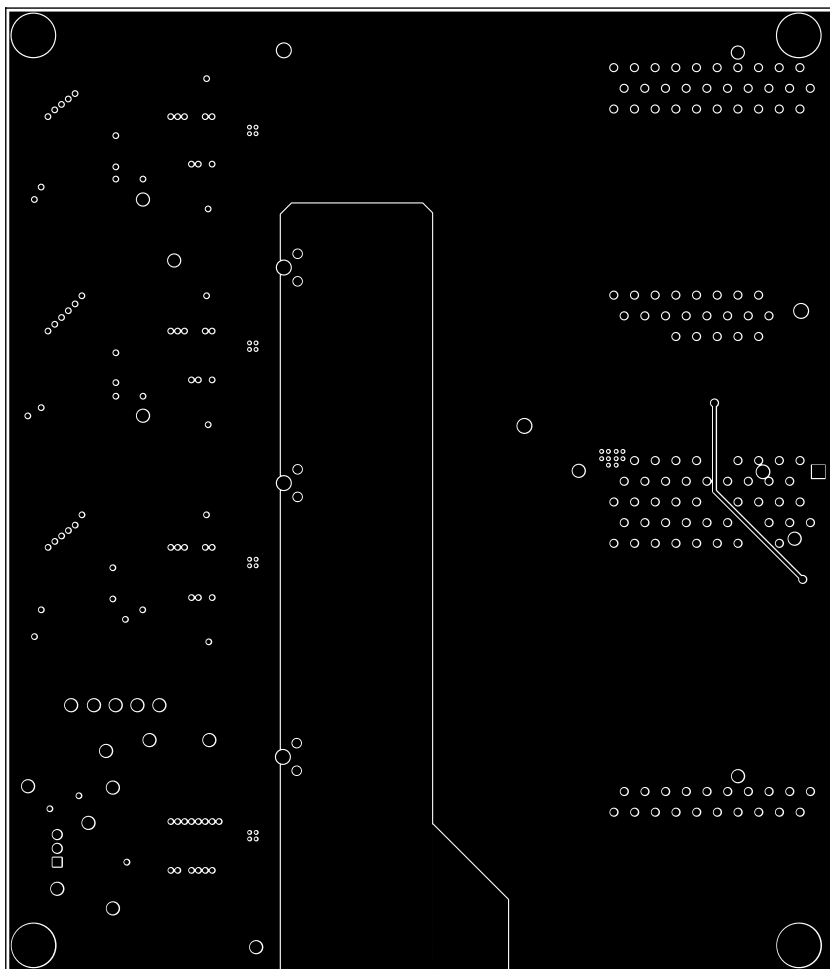


图 4-8. 第 2 层

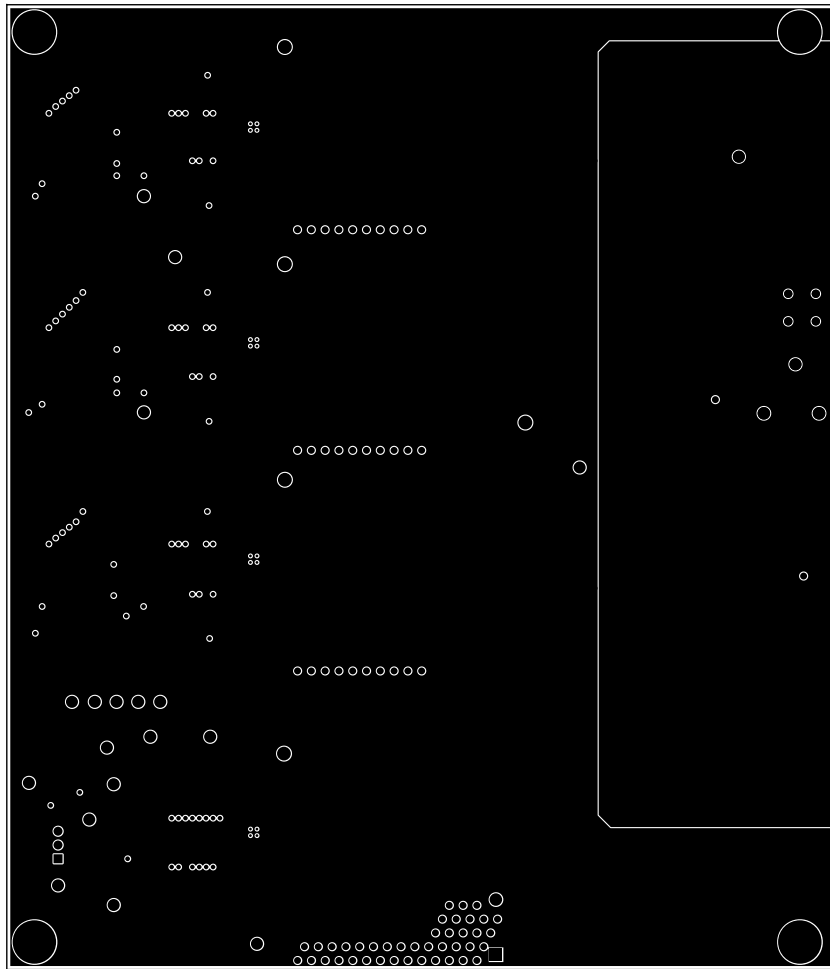


图 4-9. 第 3 层

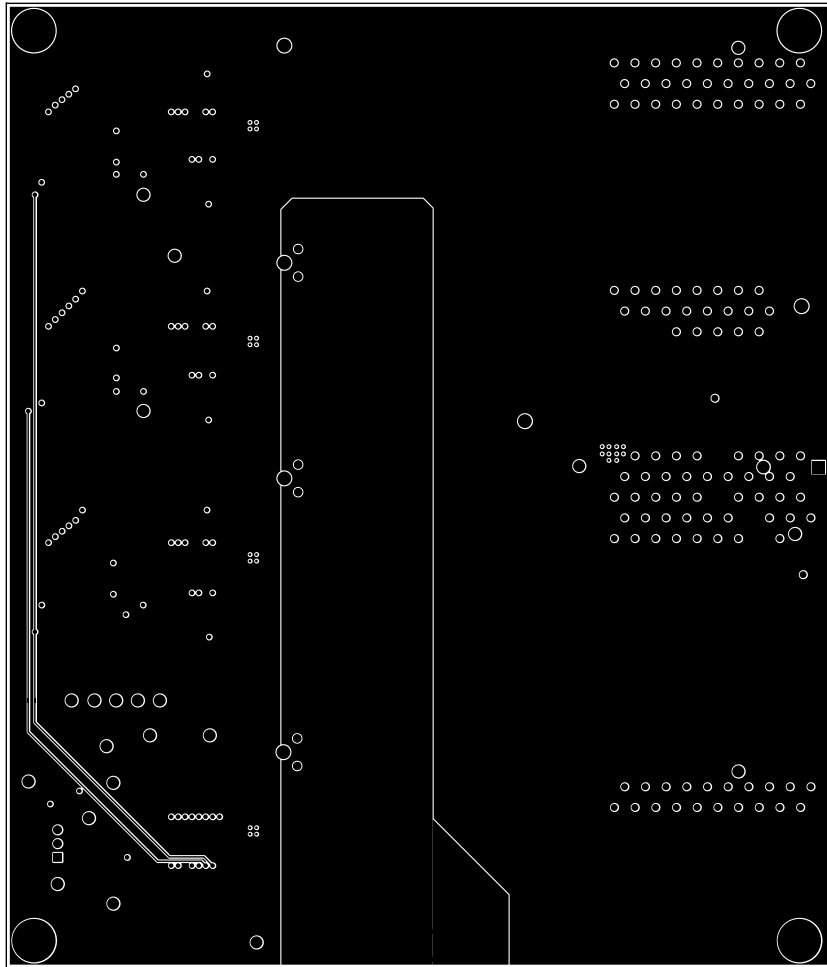


图 4-10. 第 4 层

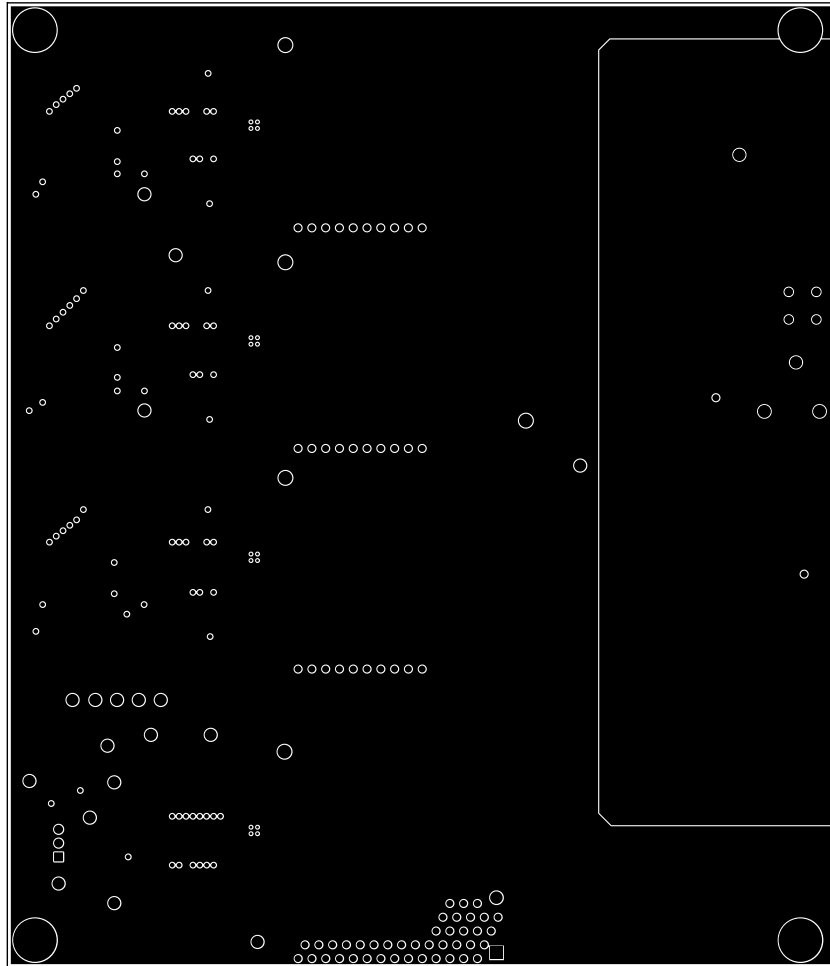


图 4-11. 第 5 层

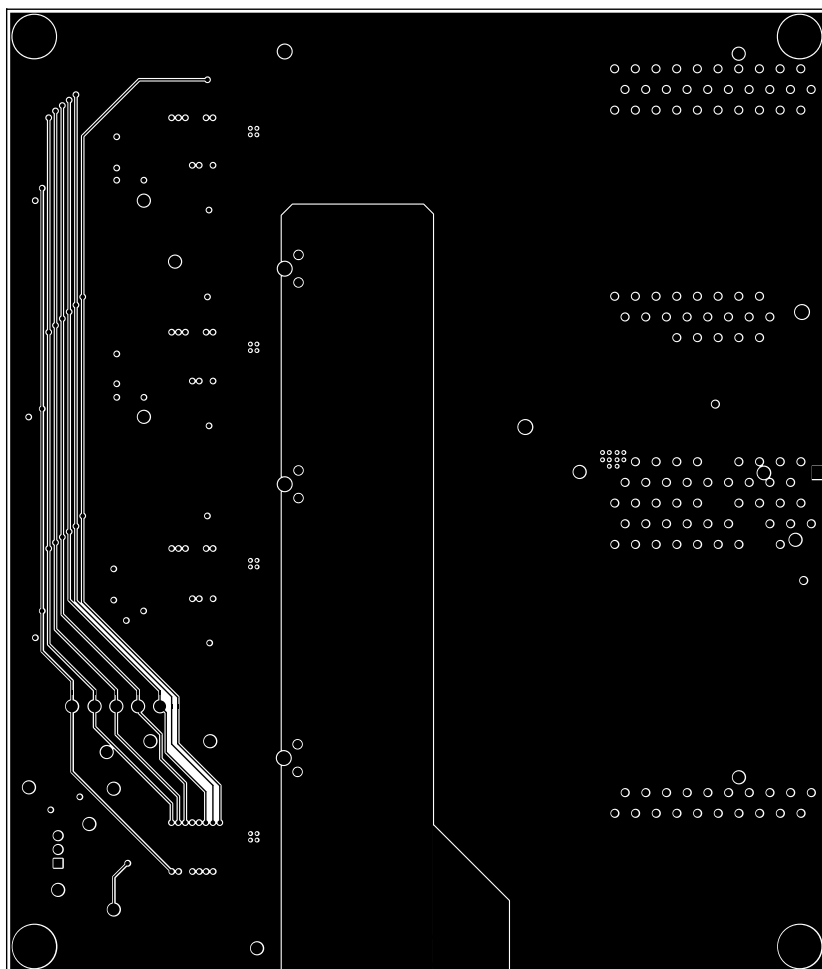


图 4-12. 第 6 层

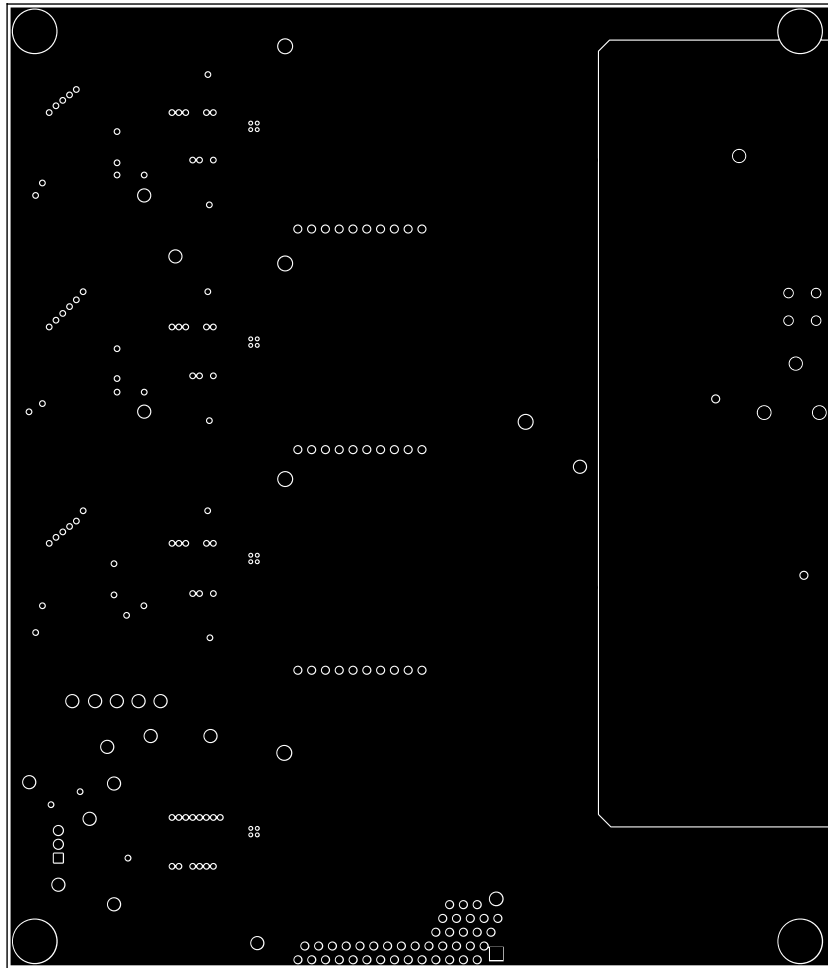


图 4-13. 第 7 层

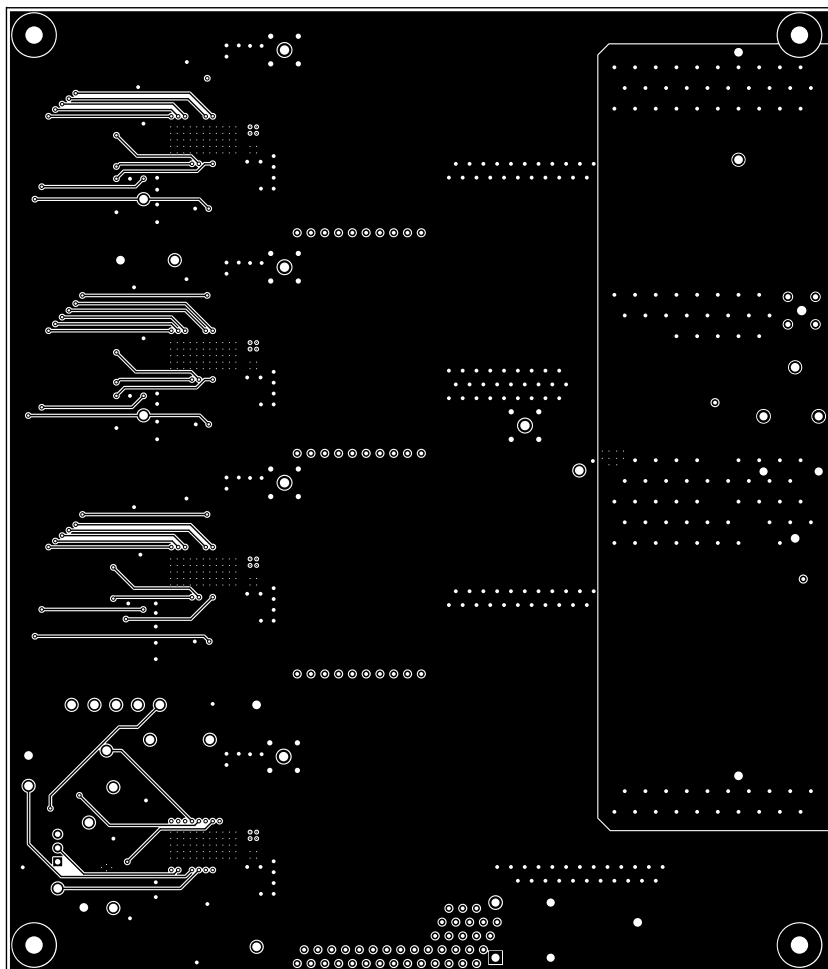


图 4-14. 第 8 层 (底视图)

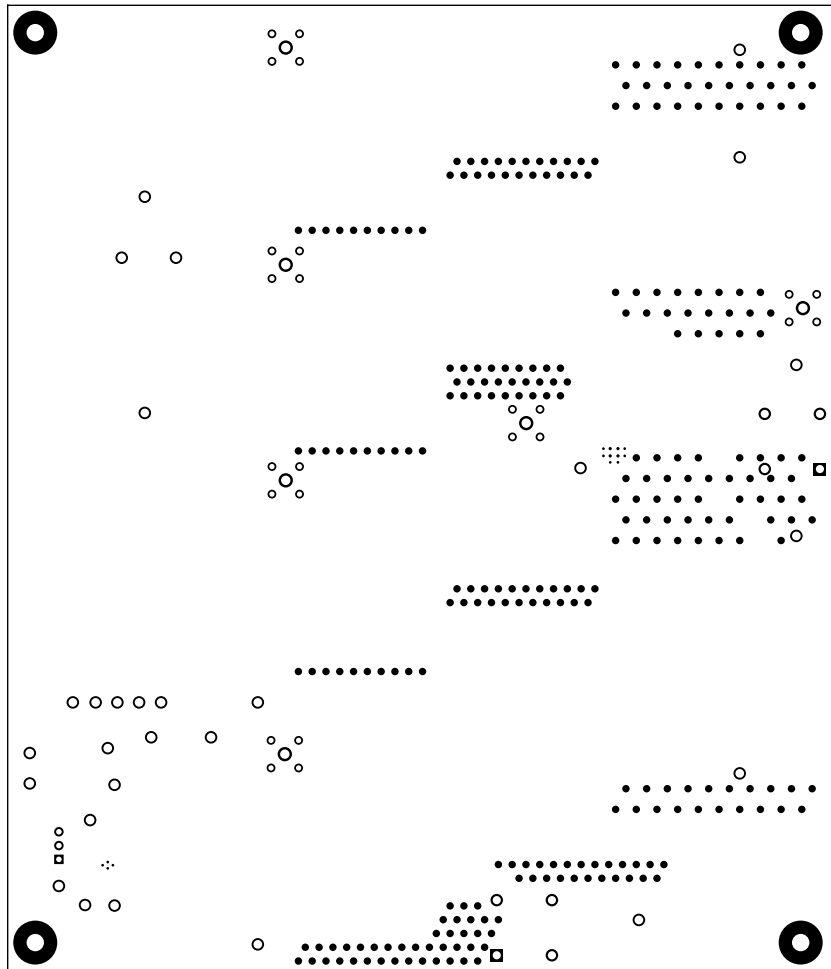


图 4-15. 阻焊层 (底视图)

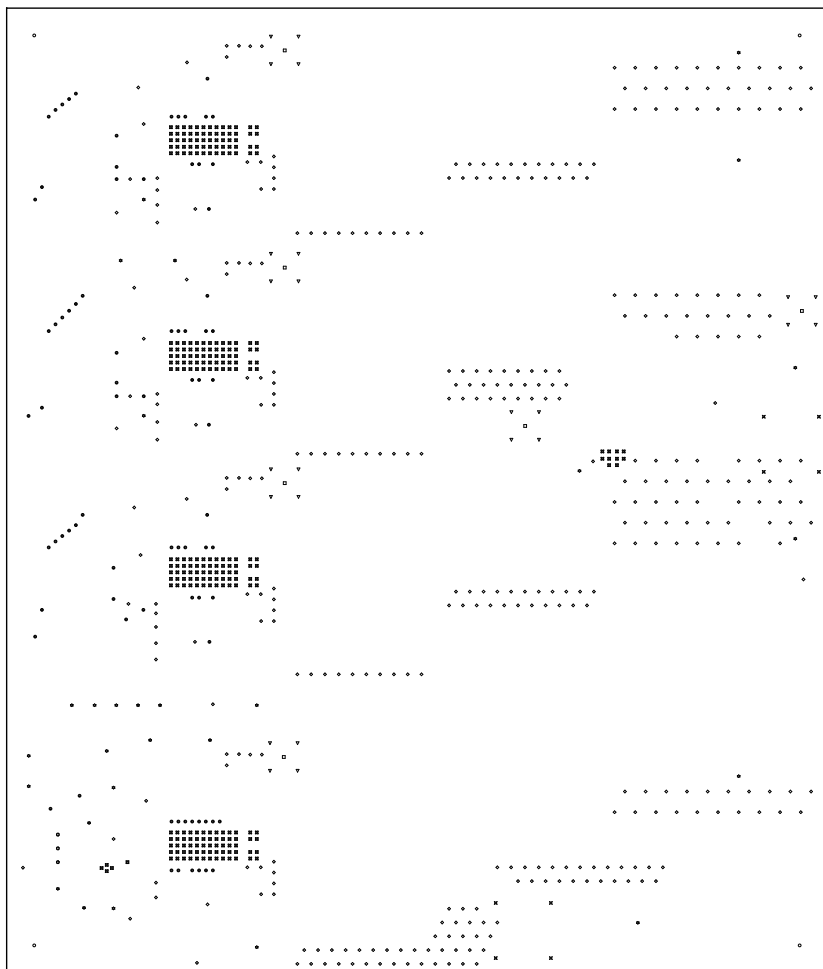


图 4-16. 钻孔图

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1 列出了 TPS7H4011QEVM-CVAL 的物料清单。

表 4-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C3、C4、C5、C6、C11、 C103、C104、C105、 C106、C111、C203、 C204、C205、C206、 C211、C303、C304、 C305、C306、C311	20	100 μ F	电容, 钽聚合物, 100 μ F, 25VDC, D CASE, 20%, (7.3mm x 4.3mm x 2.8mm), SMD, 7343-31, 0.04 Ω , 105°C, T/R	2917	T521D107M025ATE040	KEMET
C7、C8、C107、C108、 C207、C208、C307、C308	8	22 μ F	电容, 陶瓷, 22 μ F, 25V, +/-20%, X5R, 0805	0805	GRM21BR61E226ME44L	MuRata
C9、C10、C15、C109、 C110、C115、C209、 C210、C215、C309、 C310、C315	12	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 50V, +/-5%, X7R, 1206	1206	C1206C104J5RACTU	Kemet
C13、C113、C213、C313	4	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 25V, +/-10%, X7R, 1210	1210	12103C106KAT2A	AVX
C14、C114、C214、C314	4	4.7 μ F	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 1210	1210	C3225X7R1H475K250AB	TDK
C16、C17、C18、C116、 C117、C118、C216、 C217、C218、C316、 C317、C318	12	330 μ F	电容器, 钽聚合物, 330 μ F, 10V, +/-20%, 0.006 Ω , 7343-43 SMD	7343-43	T530X337M010ATE006	Kemet
C24、C124、C224、C324	4	22 μ F	电容, 陶瓷, 22 μ F, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	1210	CL32B226KOJVPNE	Samsung Electro- Mechanics
C26、C126、C226、C326	4	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 25V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C1206C105K3RACTU	Kemet
C28、C128、C228、C328	4	0.47 μ F	电容, 陶瓷, 0.47 μ F, 16V, +/-5%, X7R, 0805	0805	0805YC474JAT2A	AVX
C29、C129、C229、C329	4	0.022 μ F	电容, 陶瓷, 0.022 μ F, 100V, +/-5%, X7R, 0805	0805	08051C223JAT2A	AVX
C30、C130、C230、C330	4	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 16V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C0805C105K4RACTU	Kemet
C31、C131、C231、C331	4	3300pF	电容, 陶瓷, 3300pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	08055C332KAT2A	AVX

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C32、C132、C232、C332	4	120pF	陶瓷电容 120pF 50V X7R 10% SMD 2.0 x 1.2mm 125 C T/R	0805	08055C121KAT2A	KYOCERA AVX
C36	1	3.3μF	电容, 陶瓷, 3.3uF, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	C2012X7R1E335K125AB	TDK
C37	1	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 10V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	0805	GCJ21BR71A106KE01L	MuRata
D1、D101、D201、D301	4		二极管, 40V, 10A, 表面贴装, TO-277A (SMPC)	SMPC	SS10P4-M3/86A	Vishay
D2	1	橙色	LED, 橙色, SMD	LED_0805	LTST-C170KFKT	Lite-On
J1、J3	2		固定端子块 MKDSP 10HV/2-10	HDR2	1929517	Phoenix Contact
J4	1		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	接头, 100mil, 3x1, TH	HTSW-103-07-G-S	Samtec
J8、J9、J10、J105、J205、J305	6		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
L1、L101、L201、L301	4	2.2μH	2.2μH 屏蔽线绕电感器 21A 4.8mOhm 最大非标准值	SMD2	MPX1D1250L2R2	KEMET
Q1	1	25V	MOSFET, N 沟道, 25V, 113A, DQH0008A (VSON-CLIP-8)	DQH0008A	CSD16408Q5	德州仪器 (TI)
R1	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
R2、R4、R26	3	10.0k	电阻, 10.0k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-103-B-T5	Susumu Co Ltd
R3	1	271k	电阻, 271k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD07271KL	Yageo America
R5、R6	2	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF1001V	Panasonic
R9	1	90.9k	电阻, 90.9kΩ, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-9092-B-T5	Susumu Co Ltd
R10、R109、R209、R309	4	243k	电阻, 243k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD07243KL	Yageo America
R11、R111、R211、R311	4	11.5k	电阻, 11.5k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD0711K5L	Yageo America
R13、R113、R213、R313	4	787k	电阻, 787k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD07787KL	Yageo America
R15	1	3.00k	电阻, 3.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	ERJ-6ENF3001V	Panasonic

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R17、R29、R100、R110、R119、R121、R124、R200、R210、R219、R221、R224、R300、R310、R319、R321、R324	17	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale
R18	1	1	电阻, 1.00, 1%, 0.125W, 0805	0805	RC0805FR-071RL	Yageo America
R19	1	10k	电阻, 10k, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW080510K0JNEA	Vishay-Dale
R24、R25	2	49.9	电阻, 49.9, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD0749R9L	Yageo America
R27	1	4.99kΩ	电阻, 4.99k, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RG2012P-4991-B-T5	Susumu Co Ltd
R38、R39、R40	3	120m	120 mOhm ±1% 2W 片上电阻 2512 (公制 6432), 汽车 AEC-Q200, 电流检测, 金属元件	2512	2019-TLRH3AWTTER120FTR-ND	KOA Speer
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6	6		测试点, 通用, 红色, TH	红色通用测试点	5010	Keystone Electronics
TP7、TP8、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14、TP15、TP16、TP17、TP18、TP19、TP20、TP28、TP29	15		测试点, 通用, 白色, TH	白色通用测试点	5012	Keystone Electronics
TP21、TP22、TP23、TP24、TP25、TP26、TP27	7		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色通用测试点	5011	Keystone Electronics
U1、U2、U3、U4	4		耐辐射 4.5V 至 14V 输入、12A 同步降压转换器	CFP30	TPS7H4011HLB/EM	德州仪器 (TI)
U5	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)

5 合规信息

5.1 合规性和认证

- 德州仪器 (TI) , [TPS7H4011QEVM-CVAL EU RoHS 符合性声明 \(DoC\)](#)

6 其他信息

6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

7 相关文档

7.1 补充内容

- 德州仪器 (TI) , [TPS7H4011-SP 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 通道 NexFET™ 功率 MOSFET \(CSD16408Q5\) 数据表](#)

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