

EVM User's Guide: TPS7H2140EVM

TPS7H2140-SEP 评估模块 (EVM)

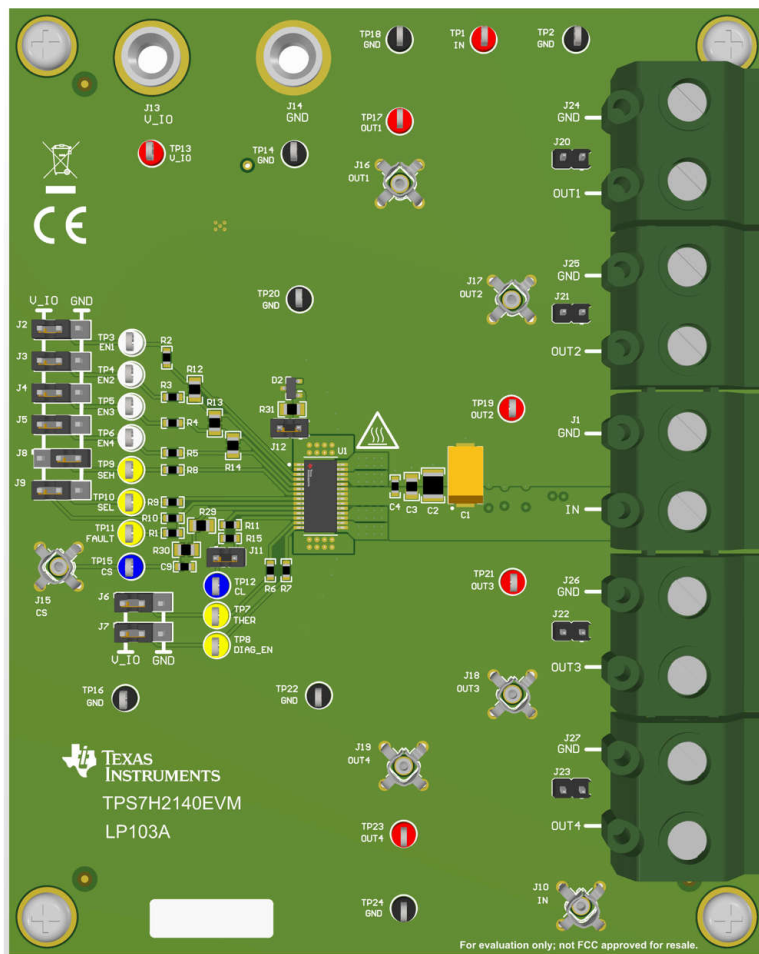


说明

TPS7H2140EVM 提供了一个用于演示 TPS7H2140-SEP 电子保险丝运行情况和特性的平台。EVM 提供测试点、跳线、连接端子和带标签的易于访问的元件，允许对器件功能进行定制配置。该电路板还包含一个稳压器，可启用器件功能，而无需为 IO 配置提供辅助电源。

特性

1. 工作电压：4.5V 至 32V
2. 可编程电流限制（利用外部电阻器）
3. 输出通道可以并行连接以适应更高电流的应用
4. 多路复用电流检测输出



TPS7H2140EVM 电路板

1 评估模块概述

1.1 简介

TPS7H2140EVM 是用于 TPS7H2140-SEP 的评估模块 (EVM)，提供一个评估性能和特性的平台。本用户指南提供了连接器和测试点描述、原理图、物料清单和 EVM 电路板布局布线的说明。

该 EVM 设计为可轻松配置，以便在不同的工作条件或要求下使用。表 1-1 显示了 EVM 的默认配置。要更改器件的配置，请参考 TPS7H2140-SEP 数据表 (SLVSH46) 来计算需要更改的所有无源器件的值。

1.2 套件内容

- EVM 电路板 (1)
- EVM 套件用户指南 (1)

1.3 规格

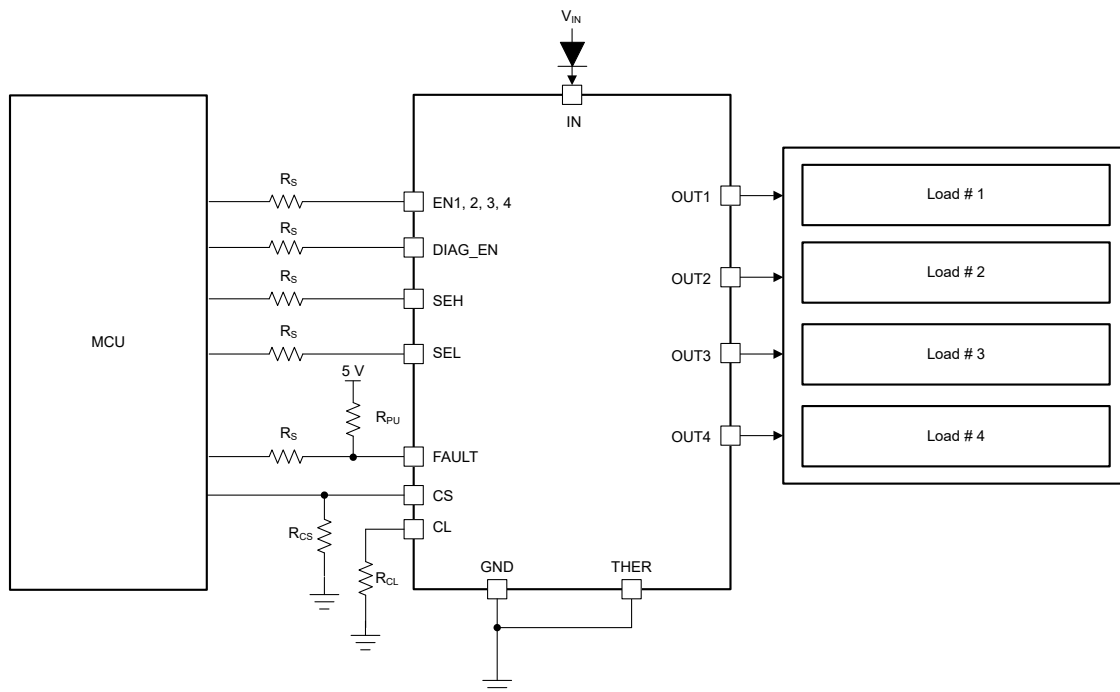


图 1-1. 典型应用图

表 1-1. TPS7H2140EVM 默认配置

规格	值	说明
输入电压 V_{IN}	12V	处于建议的器件输入电压范围 4.5 V 至 32 V 内。
并行输出通道	CH1-CH4	允许共享所有四个通道的电流容量，以用于更高电流的应用。
输出电流 I_{OUT}	0 至 4 A	允许每通道输出电流保持在 1.3A 的默认配置电流限值以下
电流限值 I_L	1.3 A	不超过每通道 1.35A 的最大建议输出电流。 设置方式： $R_{11} = 3.01k\Omega$ $R_{15} = 3.01k\Omega$
最大电流检测	2.7 A	允许通过默认配置的电流限值进行精确的电流检测。 设置方式： $R_{29} = 442\Omega$

1.4 器件信息

TPS7H2140-SEP 是一款四通道、4.5V 至 32V、160m Ω 电子保险丝，具有可调节电流限制和高精度电流检测功能。此外，TPS7H2140-SEP 还具有接地短路保护、接地失效保护、热过载保护和感性负载负电压钳位功能。该器件包含四个 N 沟道 MOSFET，可对每个输出通道使用分立式使能信号来独立控制所有四个通道。该器件支持具有数字状态输出和模拟电流检测报告的诊断报告。对于在不同器件之间多路复用检测引脚的情况，可禁用诊断。外部可编程电流限制可限制浪涌或过载电流，从而提高整个系统的可靠性。可以在闭锁或自动重试之间配置热关断行为。

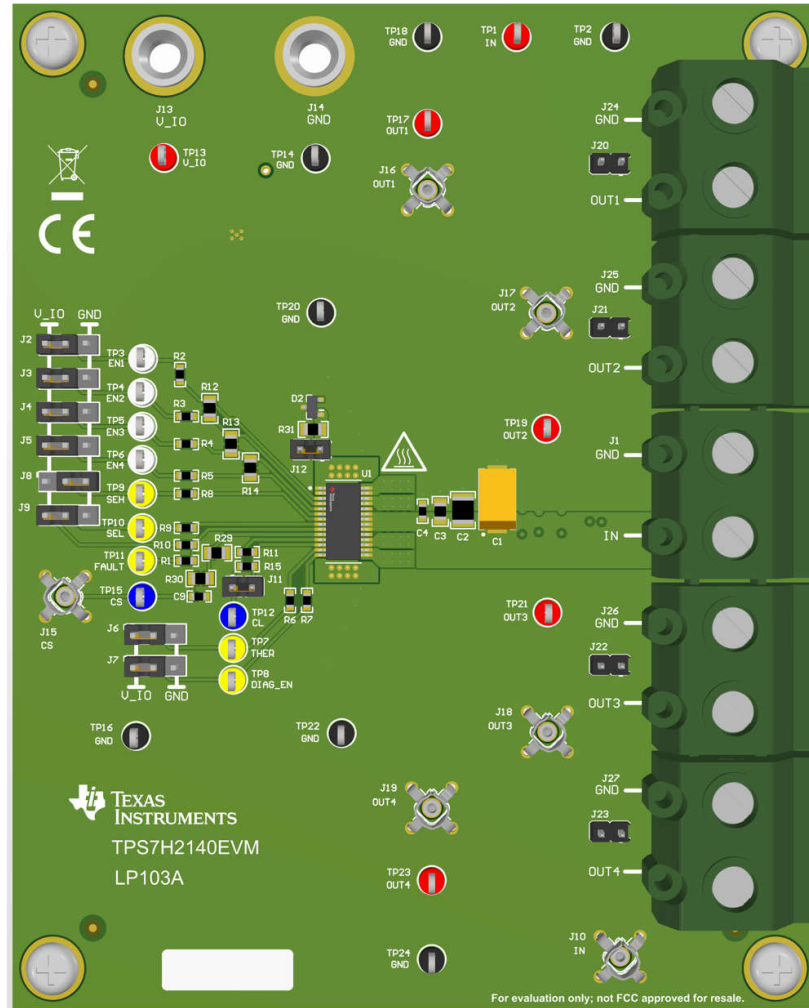
- 数据表：[TPS7H2140-SEP 抗辐射、32V、160m \$\Omega\$ 四通道电子保险丝](#)

2 硬件

2.1 连接说明

本节对 EVM 上的连接器进行了说明，并介绍了如何正确地连接、设置和使用 TPS7H2140EVM。

2.1.1 连接器



TPS7H2140EVM

表 2-1. 连接器和测试点汇总

参考位号	功能		
J1 (引脚 1)	IN	输入电压和电流	
J1 (引脚 2)	GND		
J13	V_IO	IO 电压输入	
J14	GND		
J24 (引脚 1)	OUT1	通道 1 的输出电压和电流	
J24 (引脚 2)	GND		
J25 (引脚 1)	OUT2	通道 2 的输出电压和电流	
J25 (引脚 2)	GND		
J26 (引脚 1)	OUT3	通道 3 的输出电压和电流	
J26 (引脚 2)	GND		
J27 (引脚 1)	OUT4	通道 4 的输出电压和电流	
J27 (引脚 2)	GND		
TP1、J10	IN	测试点	
TP17、J16	OUT1		
TP19、J17	OUT2		
TP21、J18	OUT3		
TP23、J19	OUT4		
TP2、TP14、TP16、TP18、TP20、TP22、TP24	GND		
TP3	EN1		
TP4	EN2		
TP5	EN3		
TP6	EN4		
TP7	THER		
TP8	DIAG_EN		
TP9	SEH		
TP10	SEL		
TP11	FAULT		
TP12	CL		
TP15、J15	CS		
J2	V_IO - EN1 - GND		用于模式选择的分流器
J3	V_IO - EN2 - GND		
J4	V_IO - EN3 - GND		
J5	V_IO - EN4 - GND		
J6	V_IO - THER - GND		
J7	V_IO - DIAG_EN - GND		
J8	V_IO - SEH - GND		
J9	V_IO - SEL - GND		
J11	CL - GND		
J12	GND - GND_IC		
J20	开路负载检测上拉 OUT1		
J21	开路负载检测上拉 OUT2		
J22	开路负载检测上拉 OUT3		
J23	开路负载检测上拉 OUT4		

2.2 CS 和 CL 可变电阻器

2.2.1 电流检测电阻

- 有关更准确和更详细的指导，请参阅 [TPS7H2140-SEP 数据表](#) 的精确的电流检测部分。

高精度电流检测可实现更好的实时监测和更准确的诊断，无需进一步校准。高精度电流检测可提供实时输出电流监测。电流镜用于提供 $1/K_{CS}$ 的负载电流，并反映为 $V_{CS} = I_{CS} \times R_{CS}$ 。 K_{CS} 在整个温度和电源电压范围内是一个恒定值 (300)。验证正常运行时，CS 电压是否处于线性区域 (0V - 4V) 内。

当发生故障时，CS 引脚用作诊断报告引脚。当导通状态下发生开路负载/VIN 短路时， V_{CS} 几乎等于零。当电流限制、热关断/热摆幅或开路负载/VIN 短路处于禁用状态时，电压被钳位在 V_{CS_FAULT} 。电流和故障报告的通道选择通过多路复用器数字输入 (SEL 和 SEH) 来实现，可使用跳线 J8 (SEH) 和跳线 J9 (SEL) 进行配置。

方程式 1 是电流检测电阻 R_{CS} 的公式。

$$R_{(CS)} = \frac{V_{CS}}{I_{CS}} = \frac{V_{CS} \times K(CS)}{I_{OUTx}} \quad (1)$$

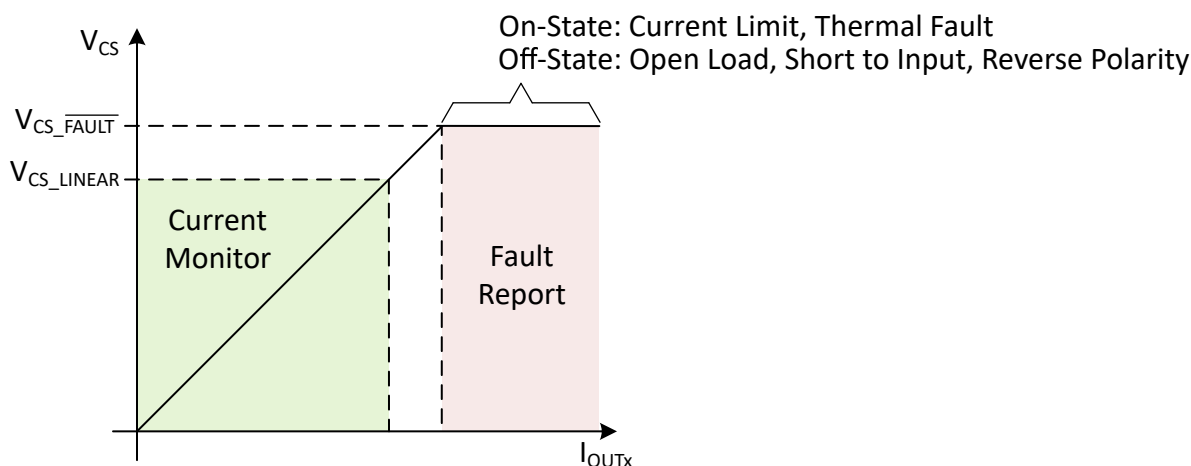


图 2-1. 电流检测输出电压曲线

计算 R_{CS} 时请考虑以下几点。

- 验证 V_{CS} 在整个负载电流范围内是否位于电流检测线性区域内 (V_{CS_LINEAR} 、 I_{OUTx_LINEAR})。使用 [方程式 2](#) 检查 R_{CS} 。

$$R_{CS} = \frac{V_{CS}}{I_{CS}} \leq \frac{V_{CS_LINEAR(MAX)} \times K_{CS}}{I_{OUTx(MAX)}} \quad (2)$$

- 在故障模式下，验证 I_{CS} 是否在 CS 引脚的拉电流能力范围内 (I_{CS_FAULT})。使用 [方程式 3](#) 检查 R_{CS} 。

$$R_{CS} = \frac{V_{CS}}{I_{CS}} \geq \frac{V_{CS_FAULT(MAX)}}{I_{CS_FAULT(MIN)}} \quad (3)$$

2.2.2 限流电阻器

- 有关更准确和更详细的指导，请参阅 [TPS7H2140-SEP 数据表的可调节电流限制](#) 部分。

外部电阻器用于将比例负载电流转换为电压，该电压会与内部基准电压进行比较。当 CL 引脚上的电压超过基准电压时，输出电流被钳位。

使用外部电流限制时，固有电流限制 ($I_{CL_INTERNAL}$) 仍然存在。内部或外部设定值之间的较小值决定了实际标称电流限值。如果用户决定不使用外部可编程电流，则将 CL 引脚接地。

使用 [方程式 4](#) 和 [方程式 5](#) 计算 R_{CL} 的值。内部带隙电压 V_{CL_TH} 的典型值为 0.8V。 K_{CL} (2500) 是输出电流和电流限制设定值，在温度和电源电压范围内保持恒定。

$$I_{CL} = \frac{V_{CL_TH}}{R_{CL}} = \frac{I_{OUT}}{K_{CL}} \quad (4)$$

$$R_{CL} = \frac{V_{CL_TH} \times K_{CL}}{I_{OUT}} \quad (5)$$

限流电阻器 R11 和 R15 均为并联的 3.01k Ω 电阻器。组装/取消组装 R11 和 R15 以改变 CL。当在 J11 中插入一个分流器时，没有外部电流限制功能，内部电流限制处于活动状态。

2.3 开路负载检测上拉电阻器

- 有关更准确和更详细的指导，请参阅 [TPS7H2140-SEP 数据表的路径负载检测](#) 部分。

TPS7H2140-SP 能够检测已禁用输出通道上的开路负载。为了使该功能发挥作用，VIN 和输出通道之间需要一个上拉电阻器。TPS7H2140EVM 电路板包含上拉电阻器和跳线，可切换此功能。通过在 J20-J24 中插入分流器，可以通过随附的 20k Ω 电阻上拉每个输出通道，以启用开路负载检测。当在任何禁用的通道上检测到开路负载时， \overline{FAULT} 引脚会被拉至低电平。因此，当使用加载的通道少于四个的 TPS7H2140EVM 时，必须移除每个已禁用通道和空载通道的分流器，以便 \overline{FAULT} 引脚准确报告。

2.4 并行连接通道

TPS7H2140EVM 能够并联输出通道，以便用于比单通道电流更高的高电流应用。通过将 $0\ \Omega$ 电阻器焊接到 PCB 上的焊盘，可以并联通道。输出通道通过在 PCB 底层焊接 4 个 $0\ \Omega$ 电阻器连接在一起。对于所连接的每个通道，TI 建议在顶层焊接一个额外的 $0\ \Omega$ 电阻，以同步每个绑定通道的使能信号。

表 2-2 列出了连接了 $0\ \Omega$ 电阻器的焊盘，以支持每 2 个通道一组并行通道运行。

表 2-2. 输出通道绑定连接

要绑定的通道	参考位号
CH1 - CH2	R12 (EN)、R16、R19、R22、R25
CH2 - CH3	R13 (EN)、R18、R21、R24、R27
CH3 - CH4	R14 (EN)、R17、R20、R23、R26

任意数量的相邻通道都可以连接在一起，并且通道组合不限于表 2-2 中所示的对。

当在两个或更多个通道的使能信号之间连接 $0\ \Omega$ 电阻器时，TI 建议仅使用一个使能跳线来控制每个绑定通道的使能状态。移除绑定通道集的其他使能跳线。

3 实现结果

3.1 分离输出结果

以下测试是使用 EVM 执行的，该 EVM 在默认配置（可在表 1-1 中找到）基础上经过修改，方法是移除所有通道之间的并行连接。

CAUTION

当器件限制输出电流时，耗散的功率可能很大。如果不加以控制，则此行为会导致电路板快速升温。如果器件的热过载行为配置为重试模式，则电路板会保持热态，直到过流状态得到纠正。

3.1.1 上电和断电

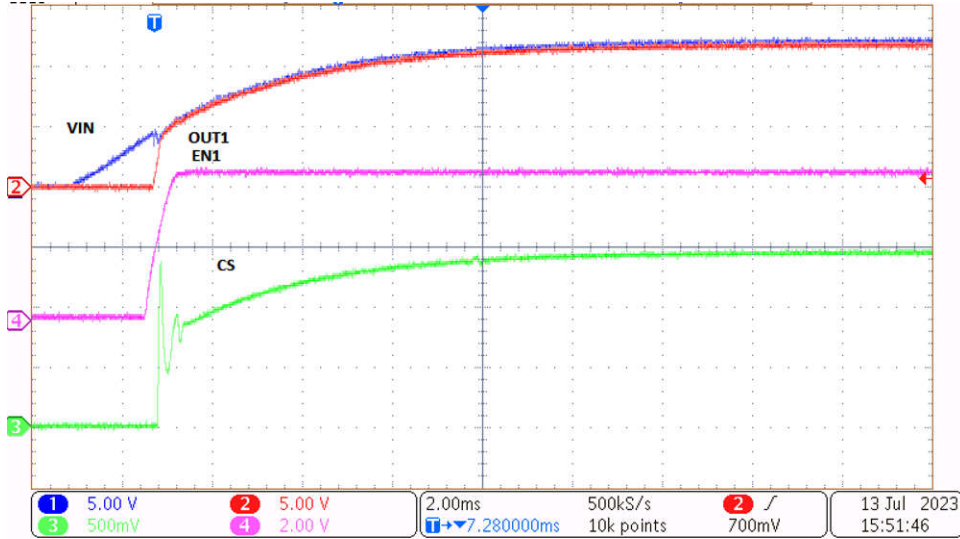


图 3-1. 上电

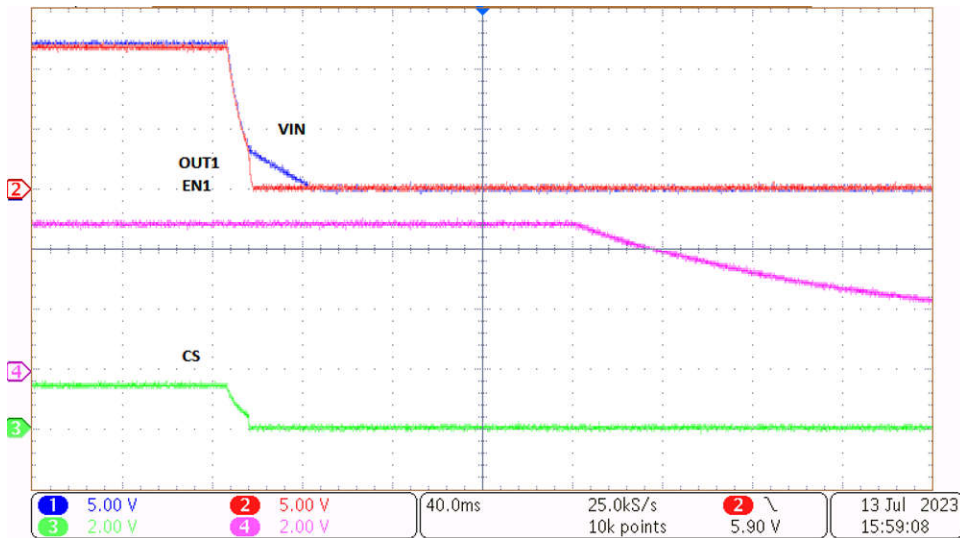


图 3-2. 断电

两个测试都是在 $V_{IN} = 12V$ 且负载为 12Ω 的情况下执行的。

3.1.2 启用和禁用

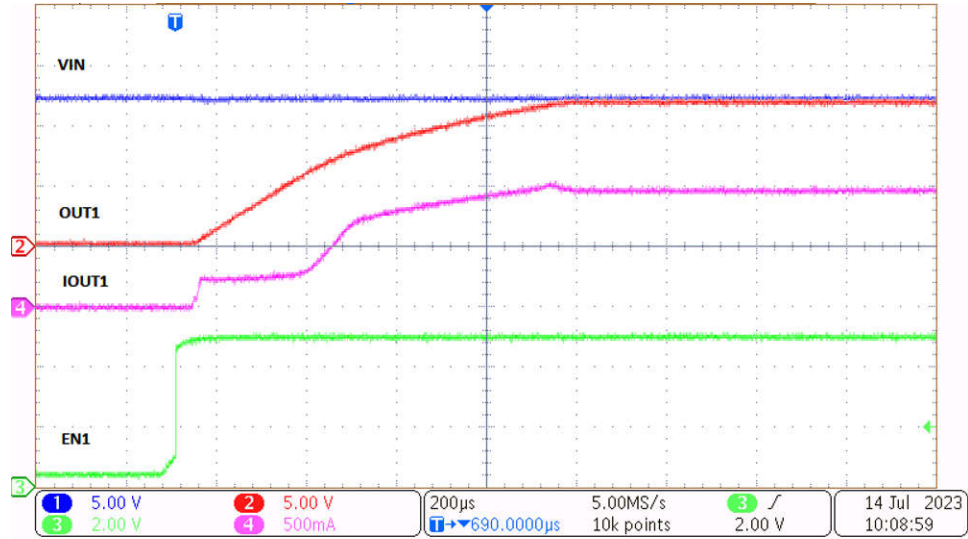


图 3-3. 通道使能

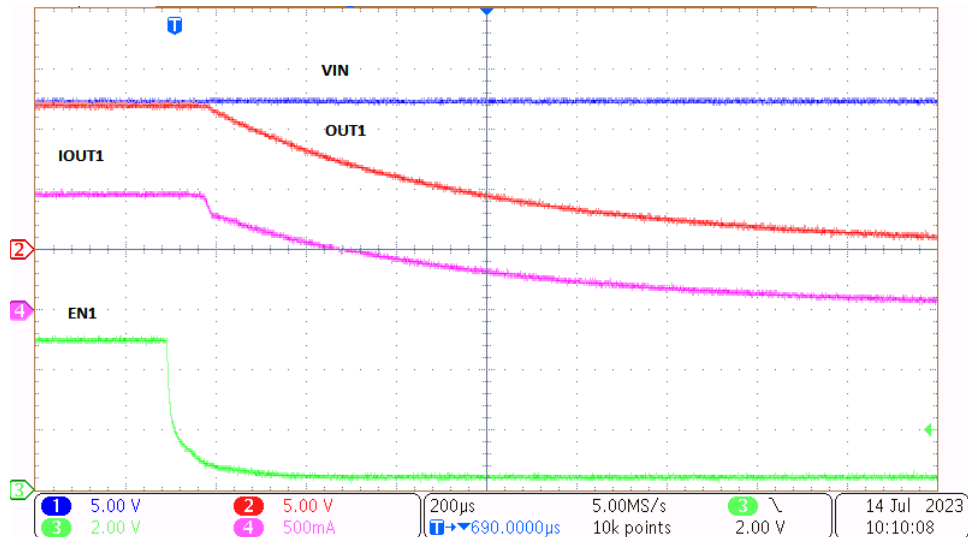


图 3-4. 通道禁用

两个测试都是在 $V_{IN} = 12V$ 且负载为 12Ω 的情况下执行的。

3.1.3 电流检测

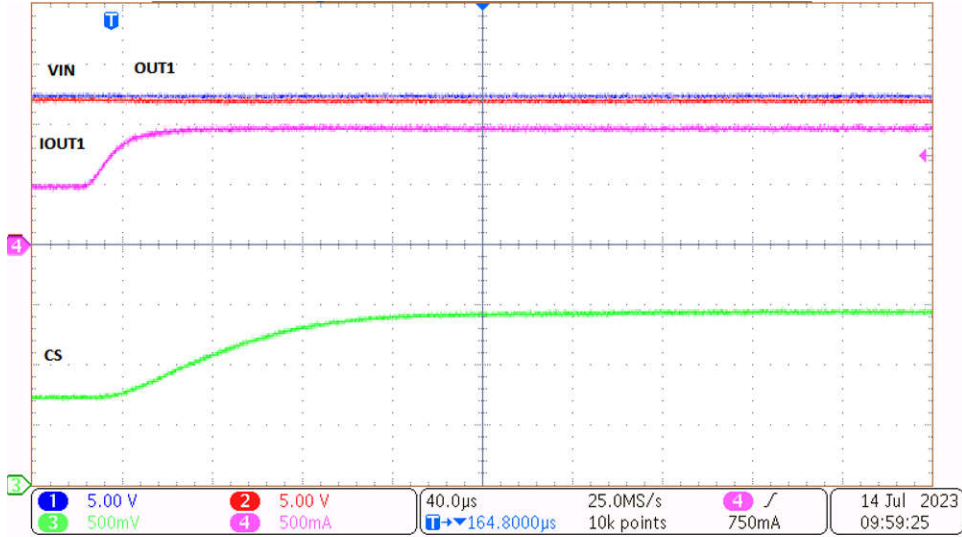


图 3-5. 电流检测负载阶跃

电流检测负载阶跃测试是在 $V_{IN} = 12V$ 且负载阶跃为 24Ω 至 12Ω 的条件下执行的。

3.1.4 输出通道上的负载阶跃效应

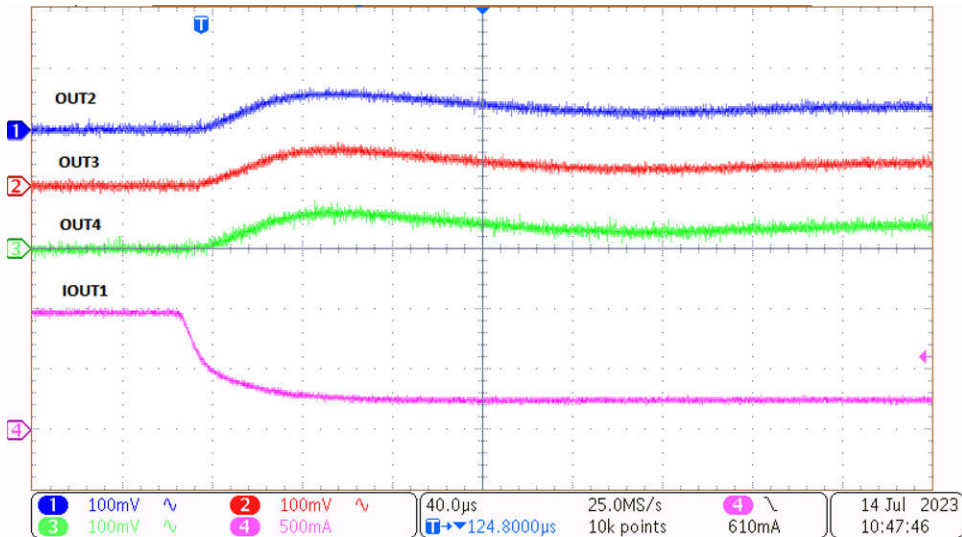


图 3-6. 通道间的负载阶跃效应 (交流耦合)

交叉通道负载阶跃测试在以下条件下执行： $V_{IN} = 12V$ 、CH1 上的负载阶跃为 48Ω 至 12Ω 。CH2-CH4 的电压测量是使用交流耦合模式进行的。

3.1.5 过流保护

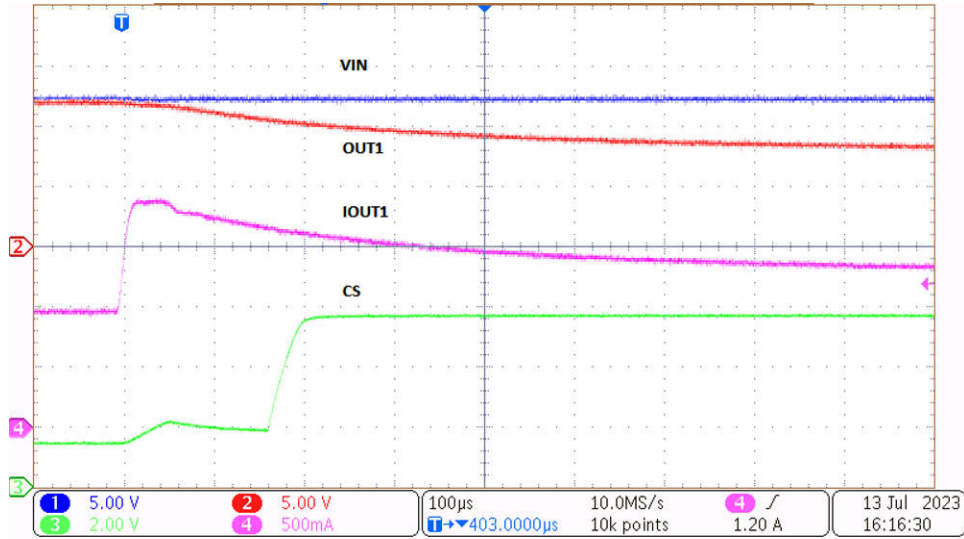


图 3-7. 在 $R_{Load} = 6\ \Omega$ 时 OCP 有效

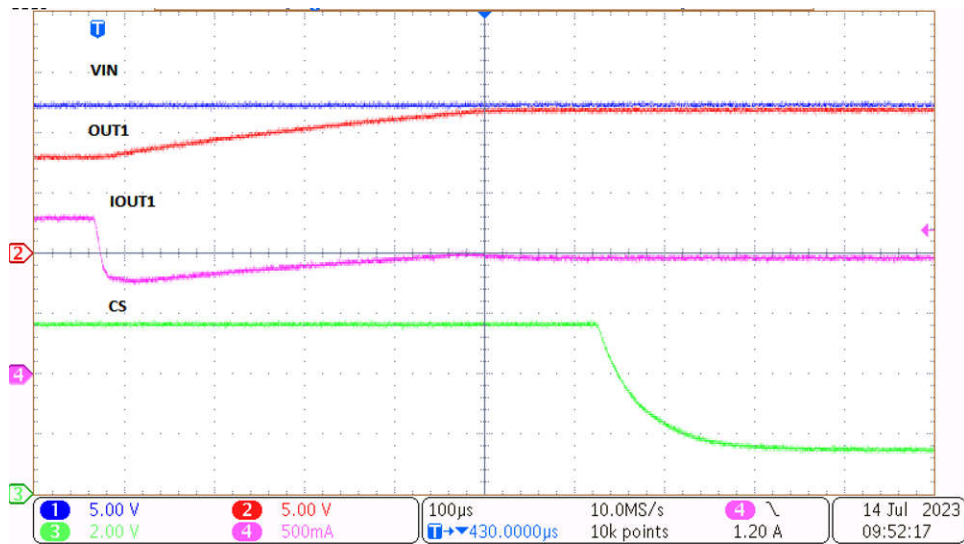


图 3-8. 通过返回 $R_{Load} = 12\ \Omega$ 使 OCP 无效

两个测试都是在 $VIN = 12V$ 且负载介于 $6\ \Omega$ 和 $12\ \Omega$ 之间的情况下执行的。

3.2 修改后的配置结果

以下测试使用通过移除输出电容器进行修改的 EVM 电路板来执行，旨在演示 TPS7H2140-SEP 的快速跳变过流保护。为了演示快速跳变功能，器件的输出被短路以收集图 3-9。不建议故意使 EVM 的任何输出短路，这会迅速导致器件过热。

3.2.1 接地短路 (快速跳变) 过流

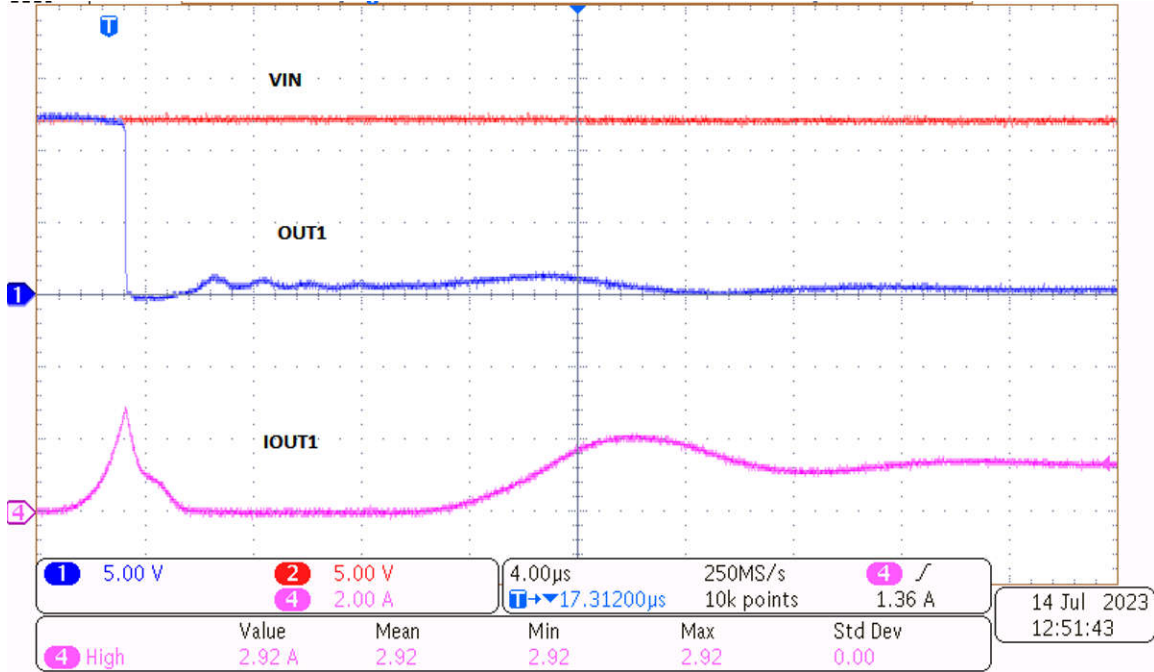


图 3-9. 快速跳变电流保护 - 接地短路

接地短路测试是在 $V_{IN} = 12V$ 且负载阶跃为 $2.56k\Omega$ 至 0Ω 的情况下执行的。

4 硬件设计文件

4.1 原理图

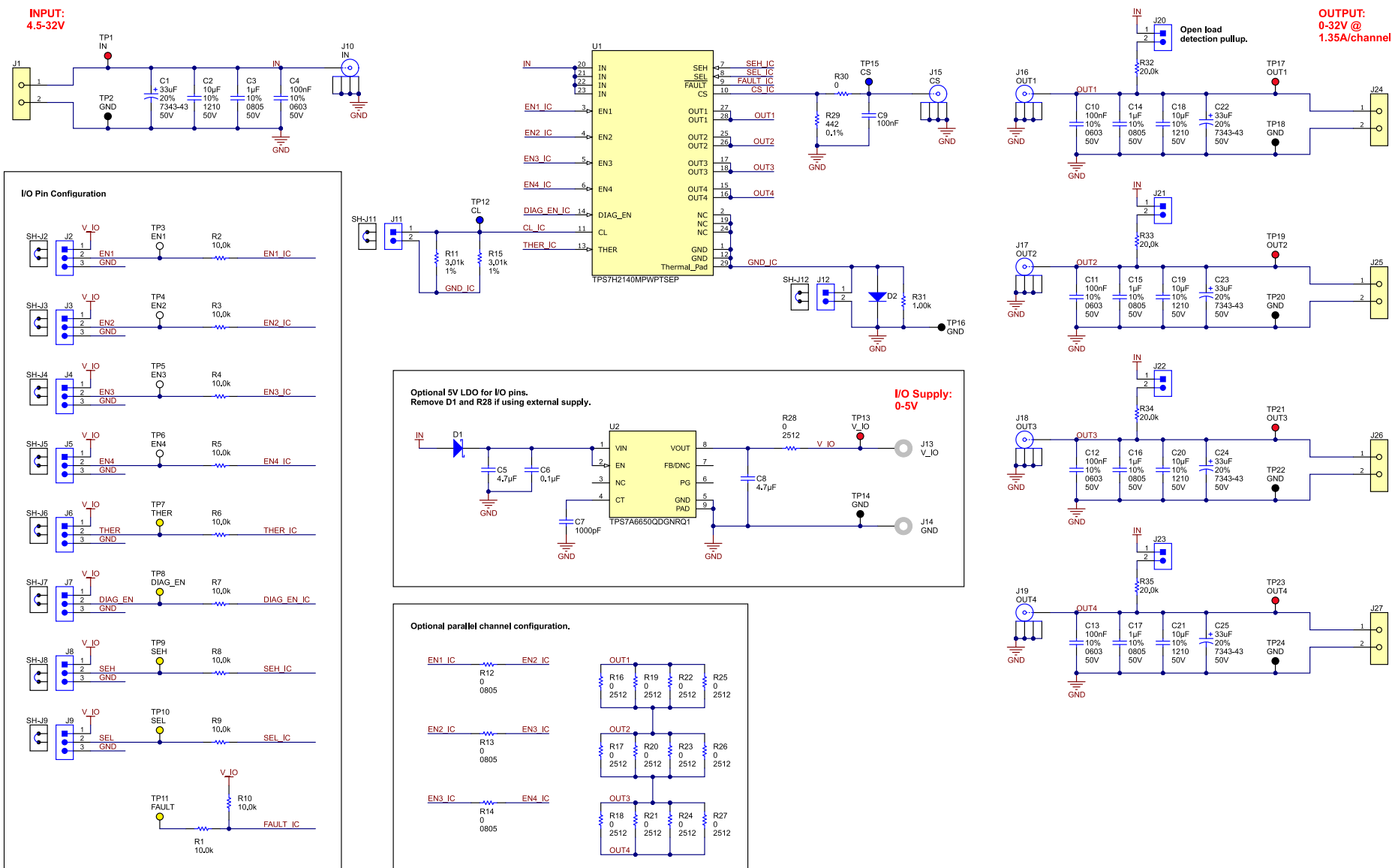


图 4-1. TPS7H2140EVM 原理图

4.2 PCB 布局

图 4-2 至图 4-9 显示了 TPS7H2140EVM 印刷电路板 (PCB) 的设计。EVM 在电路板的右侧有主电源输入和输出连接器，顶部有辅助 IO 电源输入。用于器件配置的跳线位于电路板的左侧、IC 周围、输出端子正后面。TPS7H2140 下的过孔可实现从顶层一直到底层的热路径。EVM 电路板利用一个 GND 网络来测试可能需要该网络的应用。但是，如果 TPS7H2140-SEP 应用不需要 GND 网络，则也可以将散热焊盘直接连接到 GND 平面以提高热性能。如需了解更多信息，请参阅 TPS7H2140-SEP 数据表的布局示例部分。EVM 底部提供了焊盘，可组装 0 Ω 电阻器以将输出通道并联在一起，顶层也提供焊盘以同步输出通道的使能信号。

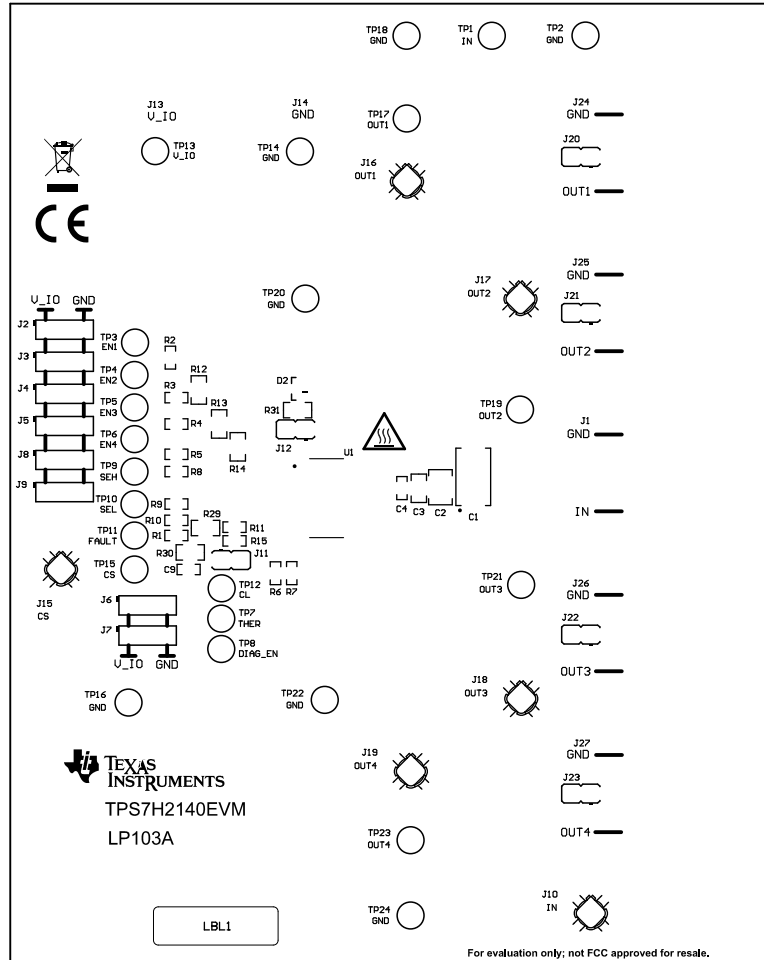


图 4-2. 顶部覆盖层

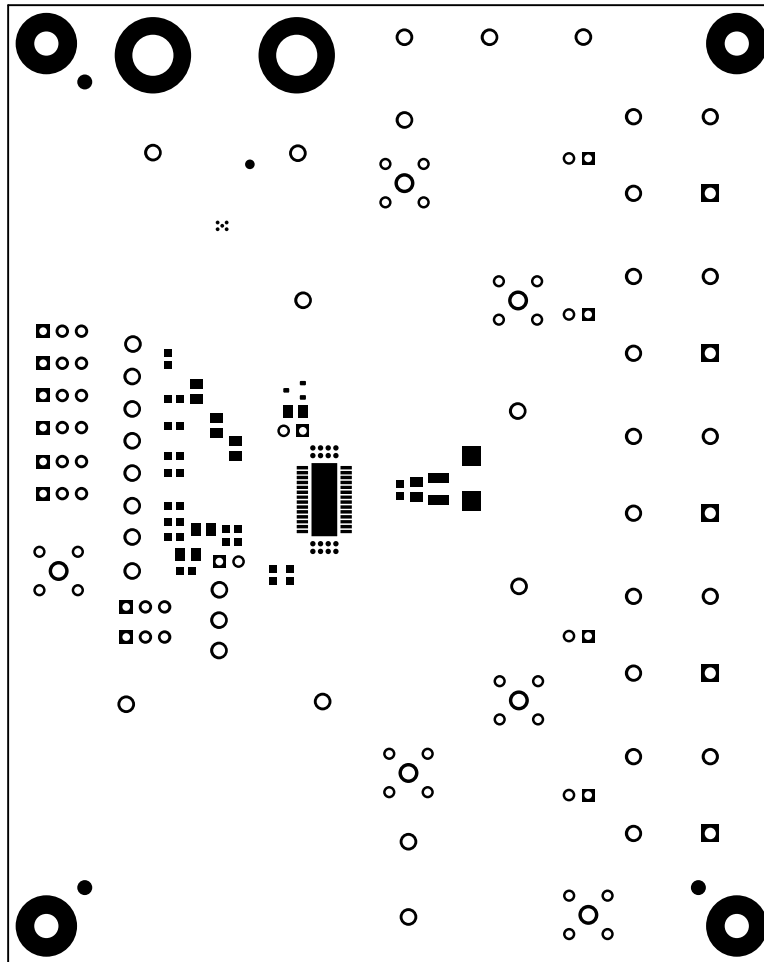


图 4-3. 顶部阻焊层

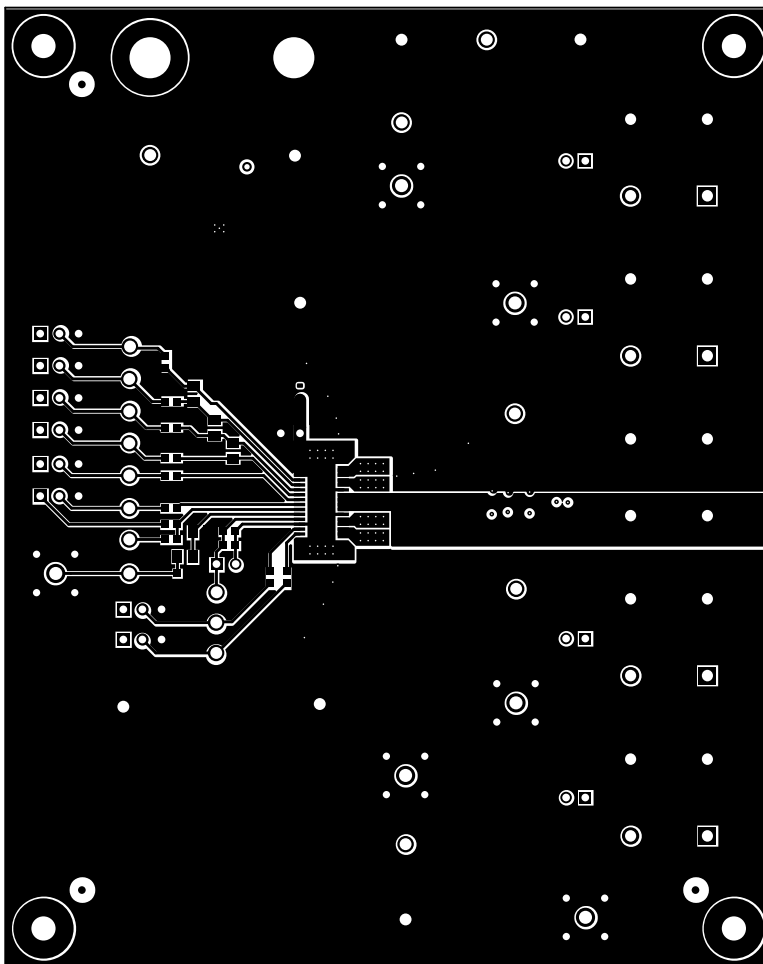


图 4-4. 第 1 层 (顶部)

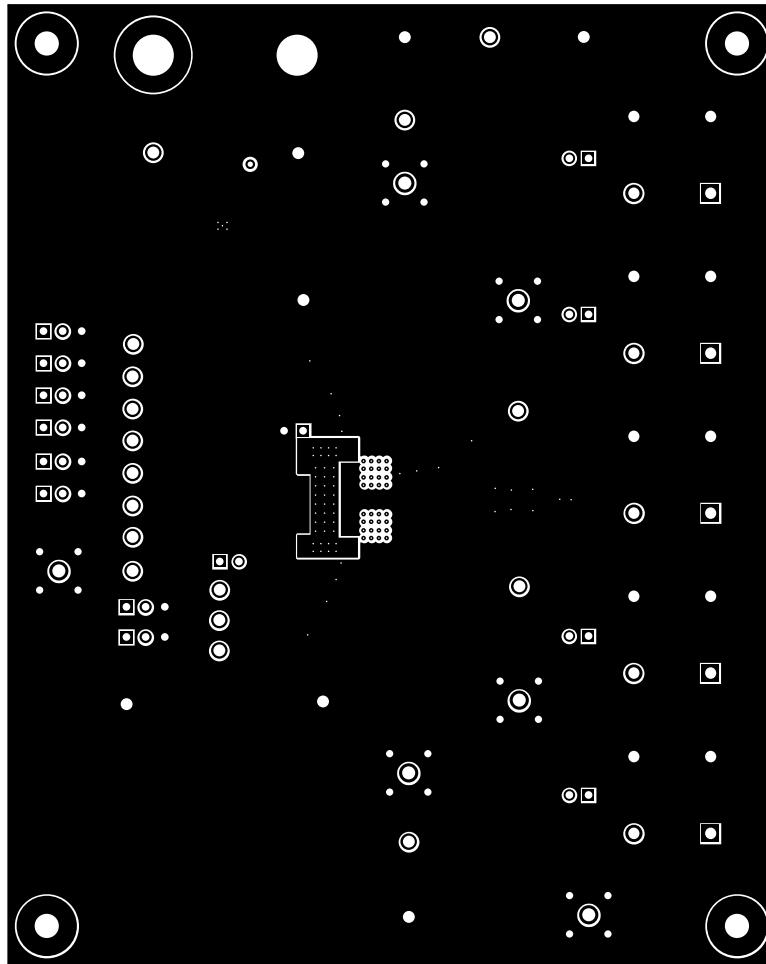


图 4-5. 第 2 层

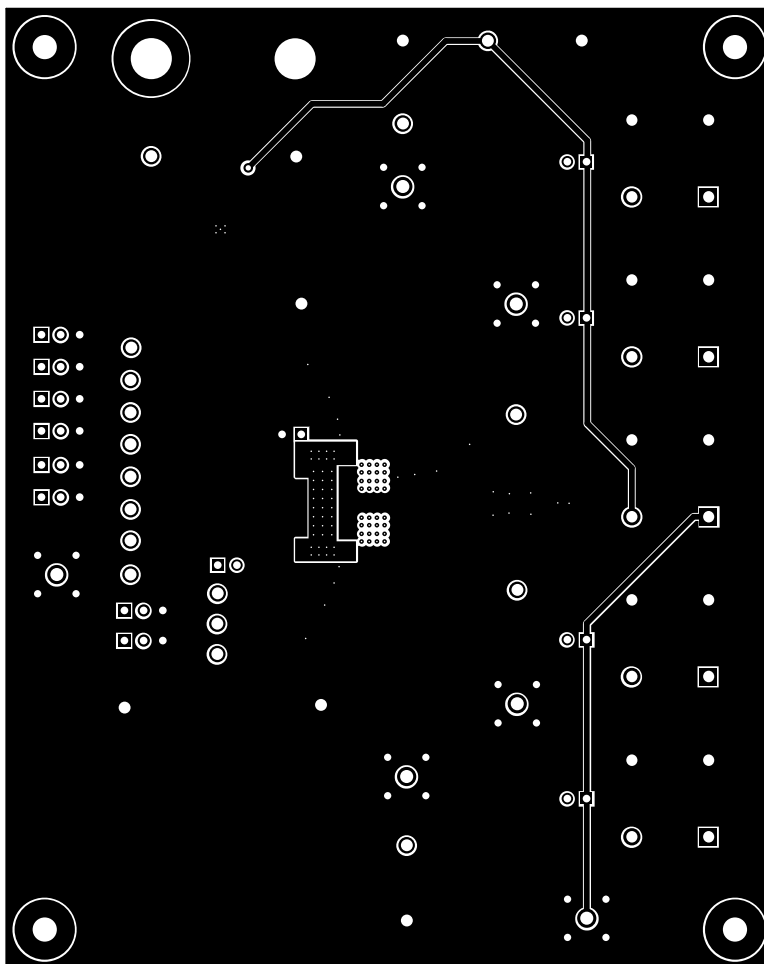


图 4-6. 第 2 层

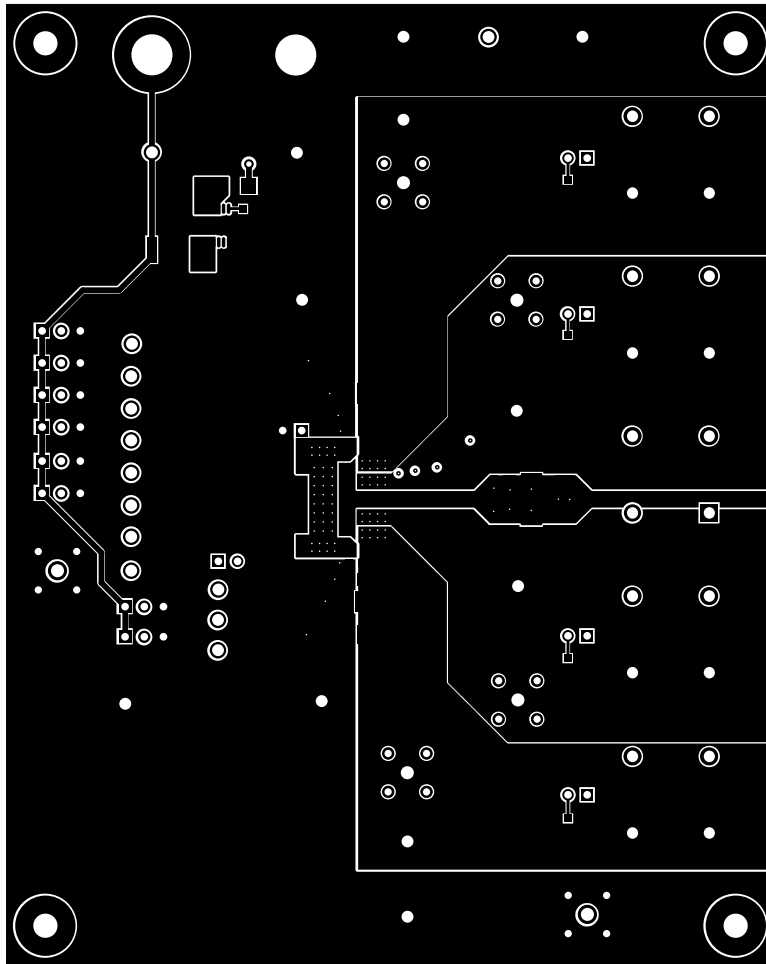


图 4-7. 第 3 层 (底部)

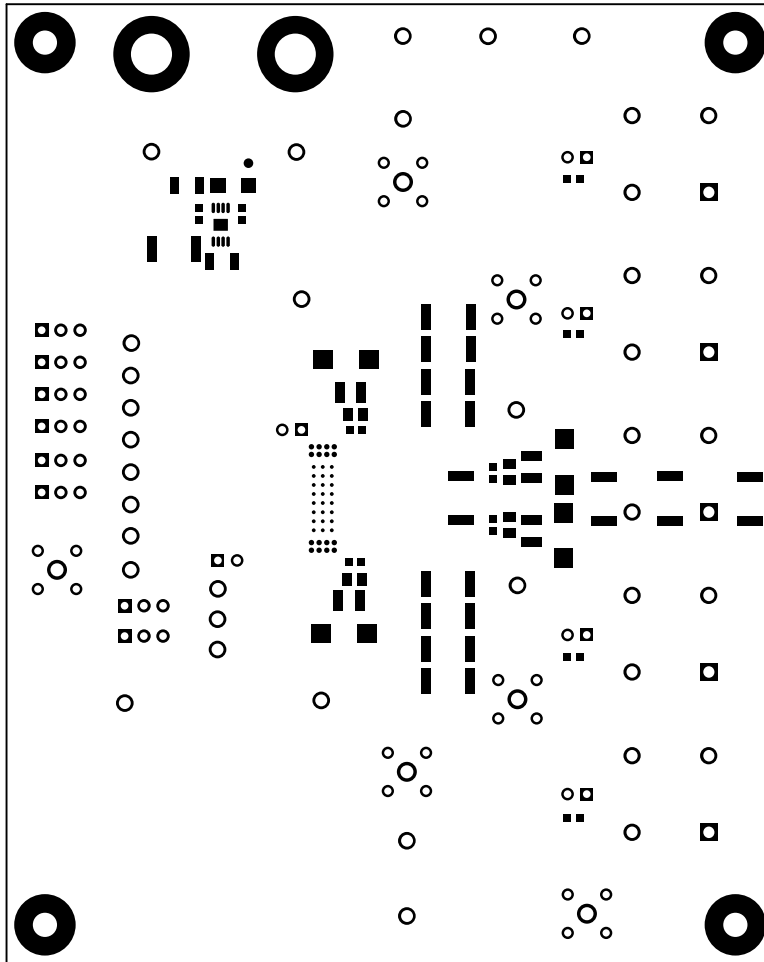


图 4-8. 底部阻焊层

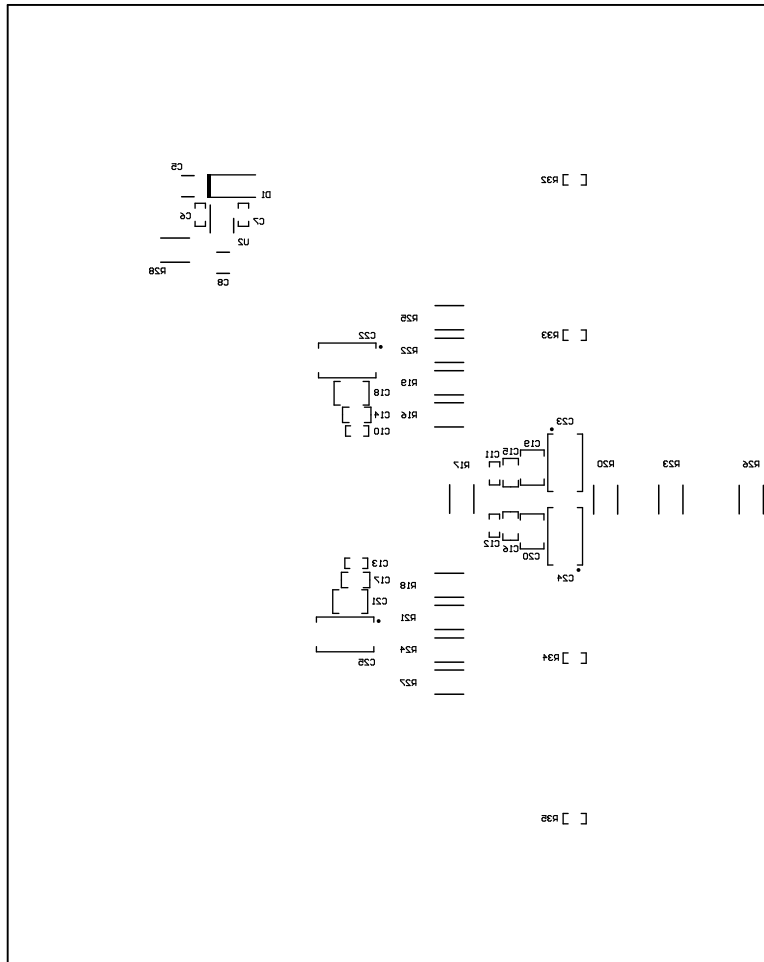


图 4-9. 底部覆盖层

4.3 物料清单

表 4-1 列出了默认配置下 EVM 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
C1、C22、C23、C24、C25	5	33μF	电容, 钽聚合物, 33μF, 50V, +/-20%, 0.05 欧姆, 7343-43 SMD	7343-43	T521X336M050ATE050	Kemet
C2、C18、C19、C20、C21	5	10μF	电容, 陶瓷, 10μF, 50V, +/-10%, X7R, 1210	1210	CL32B106KBJNNWE	Samsung Electro-Mechanics
C3、C14、C15、C16、C17	5	1μF	电容, 陶瓷, 1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	0805	CL21B105KBFNFNE	Samsung
C4、C6、C10、C11、C12、C13	6	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	06035C104KAZ2A	AVX
C5、C8	2	4.7μF	电容, 陶瓷, 4.7μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 1210	1210	C1210C475K5RACAUTO	Kemet
C7	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1,000pF, 50V, +/-10%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A102KAT2A	AVX
C9	1	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	C0603C104K5RACAUTO	Kemet
D1	1	50V	二极管, 肖特基, 50V, 1A, SMA	SMA	B150-13-F	Diodes Inc.
D2	1	200V	二极管, 开关, 200V, 0.2A, SOT-23	SOT-23	BAS21-7-F	Diodes Inc.
H1、H3、H5、H7	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	螺柱	1902C	Keystone
H2、H4、H6、H8	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
J1、J24、J25、J26、J27	5		固定端子块 MKDSP 10HV/2-10	HDR2	1929517	Phoenix Contact
J2、J3、J4、J5、J6、J7、J8、J9	8		接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	接头, 3x1, 100mil, TH	5-146278-3	TE Connectivity
J10、J15、J16、J17、J18、J19	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
J11、J12、J20、J21、J22、J23	6		接头, 2.54mm, 2x1, 锡, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	22284023	Molex
J13、J14	2		标准香蕉插头, 非绝缘, 5.5mm	Keystone_575-4	575-4	Keystone
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
R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、R10	10	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale
R11、R15	2	3.01k	电阻, 3.01k, 1%, 0.2W, 0603	0603	ERJ-P03F3011V	Panasonic
R12、R13、R14、R30	4	0	电阻, 0, 5%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08050000Z0EA	Vishay-Dale
R16、R17、R18、R19、R20、R21、R22、R23、R24、R25、R26、R27、R28	13	0	电阻, 0, 5%, 1W, 2512	2512	RC6432J000CS	Samsung

表 4-1. 物料清单 (continued)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R29	1	442	电阻, 442, 0.1%, 0.125W, 0805	0805	RT0805BRD07442RL	Yageo America
R31	1	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.125W, AEC-Q200 0 级, 0805	0805	CRCW08051K00FKEA	Vishay-Dale
R32、R33、R34、R35	4	20.0k	电阻, 20.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-0720KL	Yageo
SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5、SH-J6、SH-J7、SH-J8、SH-J9、SH-J11、SH-J12	10		分流器, 100mil, 镀金, 黑色	跳线	QPC02SXGN-RC	Sullins
TP1、TP13、TP17、TP19、TP21、TP23	6		测试点, 多用途, 红色, TH	红色多用途测试点	5010	Keystone Electronics
TP2、TP14、TP16、TP18、TP20、TP22、TP24	7		测试点, 通用, 黑色, TH	黑色多用途测试点	5011	Keystone Electronics
TP3、TP4、TP5、TP6	4		测试点, 多用途, 白色, TH	白色通用测试点	5012	Keystone Electronics
TP7、TP8、TP9、TP10、TP11	5		测试点, 通用, 黄色, TH	黄色多用途测试点	5014	Keystone
TP12、TP15	2		测试点, 多用途, 蓝色, TH	蓝色多用途测试点	5127	Keystone Electronics
U1	1		抗辐射 32V、160mΩ 四通道电子保险丝	HTSSOP28	TPS7H2140MPWPTSEP	德州仪器 (TI)
U2	1		高电压超低 I(q) 低压降稳压器, DGN0008D (HVSSOP-8)	DGN0008D	TPS7A6650QDGNRQ1	德州仪器 (TI)

5 其他信息

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 相关文档

- 德州仪器 (TI), [标准评估模块条款](#)

7 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

Changes from Revision * (July 2023) to Revision A (August 2023)	Page
• 通篇更改了输入电压范围.....	1
• 更改了用于实现结果的 EVM 配置的说明.....	9

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司