



摘要

本用户指南介绍了适用于德州仪器 (TI) TPS16530 电子保险丝器件的评估模块 (EVM)。该文档提供了使用 EVM 评估 TPS16530 电子保险丝器件的 EVM 配置和测试设置详细信息，还包括 EVM 原理图、电路板布局布线和物料清单 (BOM)。

内容

1 引言.....	1
2 说明.....	2
3 一般配置.....	3
4 EVM 电路板装配图和布局布线.....	10
5 原理图.....	12
6 物料清单.....	13

插图清单

图 3-1. EVM 测试设置.....	5
图 3-2. TPS16530 在电流限值设为 4.5A 时的过流响应.....	7
图 3-3. 输出短路保护.....	8
图 3-4. 通过输出短路启动.....	9
图 4-1. 顶面放置.....	10
图 4-2. 顶层.....	10
图 4-3. 底层.....	11
图 4-4. 内接地层.....	11
图 4-5. 内部布线层.....	11
图 5-1. TPS1653EVM 原理图.....	12

表格清单

表 1-1. SVHC 汇总.....	2
表 2-1. TPS1653EVM 选项和设置.....	2
表 3-1. 输入和输出连接器功能.....	3
表 3-2. 测试点说明.....	3
表 3-3. 跳线和 LED 说明.....	3
表 3-4. TPS1653EVM 的电源设置.....	6
表 3-5. TPS1653EVM 的默认跳线设置.....	6
表 3-6. 不同测试点的 TPS1653EVM DMM 读数.....	6
表 6-1. TPS1653EVM 物料清单.....	13

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TPS1653EVM 可对 TI 的 TPS16530 电子保险丝器件进行参考电路评估。TPS16530 是一款 4.5V 至 58V、0.6A 至 4.5A 的工业电子保险丝，具有集成式 31mΩ FET、可编程的欠压、过流和浪涌电流保护功能，和输出电流监测功能。

1.1 REACH 合规性

按照 EU REACH 法规第 33 条的规定，我们特此告知，此 EVM 的元件中至少含有一种含量高于 0.1% 的高度关注物质 (SVHC)。在德州仪器 (TI)，这类物质的年使用量不超过 1 吨。表 1-1 列出了 SVHC 汇总。

表 1-1. SVHC 汇总

元件制造商	元件类型	元件器件型号	SVHC 物质	SVHC CAS (如果有)
Fairchild Semiconductor	Diode	SMCJ54A	铅	7439-92-1

1.2 EVM 特性

TPS1653EVM 的特性包括：

- 4.5V 至 58V 输入电压工作范围
- 0.6A 至 4.5A 可编程电流限制
- 4.5V 和 43V 的可选输入 UVLO
- 可编程 V_{OUT} 压摆率控制
- 可选过流故障响应 (自动重试和锁存模式)
- 可选的板载瞬态保护器件，如输入 TVS 和输出肖特基二极管
- 板载复位开关、故障和电源正常状态指示灯

1.3 应用

- 在电信无线电中提供功率放大器保护
- 医疗设备
- 火警控制面板
- 工业打印机

2 说明

TPS1653EVM 能够对 TPS16530 器件进行全面评估。此 EVM 具有两个独立通道 (CH1 和 CH2)，可在其中同时评估两个器件。CH1 适用于 TPS16530PWPR 器件，而 CH2 适用于 TPS16530RGER 器件。输入电源应用于 T1 (CH1) 和 T3 (CH2)，而 T2 (CH1) 和 T4 (CH2) 分别提供与负载的输出连接。请参阅图 5-1 中的原理图和图 3-1 中的 EVM 测试设置。S1 和 S2 支持复位或禁用 U1 和 U2，跳线 J4 和 J11 支持更改电流限制设置。

D3 和 D7 分别为 CH1 和 CH2 提供故障 (FLTb) 指示灯。每个通道的调节电流可在 TP7 和 TP16 上以 0.83V/A 的比例因子进行监控。

表 2-1. TPS1653EVM 选项和设置

产品型号	EVM 功能	V_{IN} 范围	UVLO		电流限值		可用版本
			CH1	CH2	最低设置	最高设置	
TPS1653EVM	4.5V 至 58V、0.6A 至 4.5A 工业电子保险丝	4.5 V 至 58 V	4.5V	4.5V	0.6A	4.5A	自动重试 锁存 电流限制

3 一般配置

3.1 物理访问

表 3-1 列出了 TPS1653EVM 输入和输出连接器功能，表 3-2 描述了测试点可用性，表 3-3 描述了跳线功能。

表 3-1. 输入和输出连接器功能

连接器	标签	说明
T1	CH1	VIN1 (+)、GND (-)
T2		EVN 的 CH1 输入电源
T3	通道 2	VOUT1 (+)、GND (-)
T4		EVN 的 CH1 输出
T3	通道 2	VIN2 (+)、GND (-)
T4		EVN 的 CH2 输入电源
T3	通道 2	VOUT2 (+)、GND (-)
T4		EVN 的 CH2 输出

表 3-2. 测试点说明

通道	测试点	标签	说明
CH1	TP1	VIN1	CH1 系统电源输入
	TP2	VOUT1	CH1 输出电压
	TP3	PGOOD1	CH1 输出电源正常
	TP4	FLTb1	CH1 故障指示灯
	TP5	ENb1	CH1 低电平有效使能输入控制
	TP6	SHDNb1	CH1 关断输入
	TP7	IMON1	CH1 输出电流监测
	TP8、TP9、TP10	GND	GND
通道 2	TP11	VIN2	CH2 系统电源输入
	TP12	VOUT2	CH2 输出电压
	TP13	PGOOD2	CH2 输出电源正常
	TP14	FLTb2	CH2 故障指示灯
	TP15	ENb2	CH2 低电平有效使能输入控制
	TP16	IMON2	CH2 输出电流监测
	TP17	SHDNb2	CH2 关断输入
	TP18、TP19、TP20	GND	GND

表 3-3. 跳线和 LED 说明

跳线	标签	说明
J1	J1	CH1 故障 LED 拉至 VIN1 (如果已安装)
J2	J2	CH1 输出电源正常指示灯 LED 拉至 VOUT1 (如果已安装)
J3	J3	CH1 UVLO 设置：位置 1-2 设置 4.5V 作为输入 UVLO，位置 2-3 设置 43V 作为输入 UVLO
J4	J4	CH1 电流限制设置 位置 1-2 设置 4.5A 位置 3-4 设置 3A 位置 5-6 设置 2A 位置 7-8 设置 1A 位置 9-10 设置 0.6A
J5	J5	如果 J5 开路且 ENb1 被拉至高于 1.25V，则禁用 CH1 器件
J6	J6	CH1 模式选择 打开位置设置锁存模式 关闭位置设置自动重试模式
J7	J7	CH2 故障 LED 拉至 VIN1 (如果已安装)
J8	J8	CH2 输出电源正常指示灯 LED 拉至 VOUT1 (如果已安装)
J9	J9	CH2 UVLO 设置：位置 1-2 设置 4.5V 作为输入 UVLO，位置 2-3 设置 43V 作为输入 UVLO

表 3-3. 跳线和 LED 说明 (continued)

跳线	标签	说明
J10	J10	如果 J10 开路且 ENb1 被拉至高于 1.25V，则禁用 CH2 器件
J11	J11	CH2 电流限制设置 位置 1-2 设置 4.5A 位置 3-4 设置 3A 位置 5-6 设置 2A 位置 7-8 设置 1A 位置 9-10 设置 0.6A
J12	J12	CH2 模式选择 打开位置设置锁存模式 关闭位置设置自动重试模式
D3、D7 (RED-LED)	故障 LED	分别表示 CH1、CH2 故障指示灯。当内部 MOSFET 因任何故障条件（例如欠压、过载、短路和热关断）而禁用时，LED 会亮起。
D4、D8 (GREEN-LED)	输出功率指示灯	分别表示 CH1、CH2 输出电源正常指示灯。只要输出电压接近 VIN，LED 就会亮起。

3.2 测试设备

3.2.1 电源

一个可调节电源：0V 至 58V 输出电压和 0A 至 9A 输出电流限制。

3.2.2 仪表

如果需要同时测量，至少需要一个 DMM。

3.2.3 示波器

DPO2024 或等效器件。三个 10x 电压探针和一个直流电流探头。

3.2.4 负载

一个电阻负载，能够在 58V 电压下随高达 9A 直流负载。

备注

建议在测试中使用电阻负载。如果使用电子负载，确保输出负载设置为恒定电阻 (CR) 模式，而不是恒定电流 (CC) 模式。

3.3 测试设置

图 3-1 显示了 TPS1653EVM 的典型测试设置。将 T1/T3 连接到电源，将 T2/T4 连接到负载。

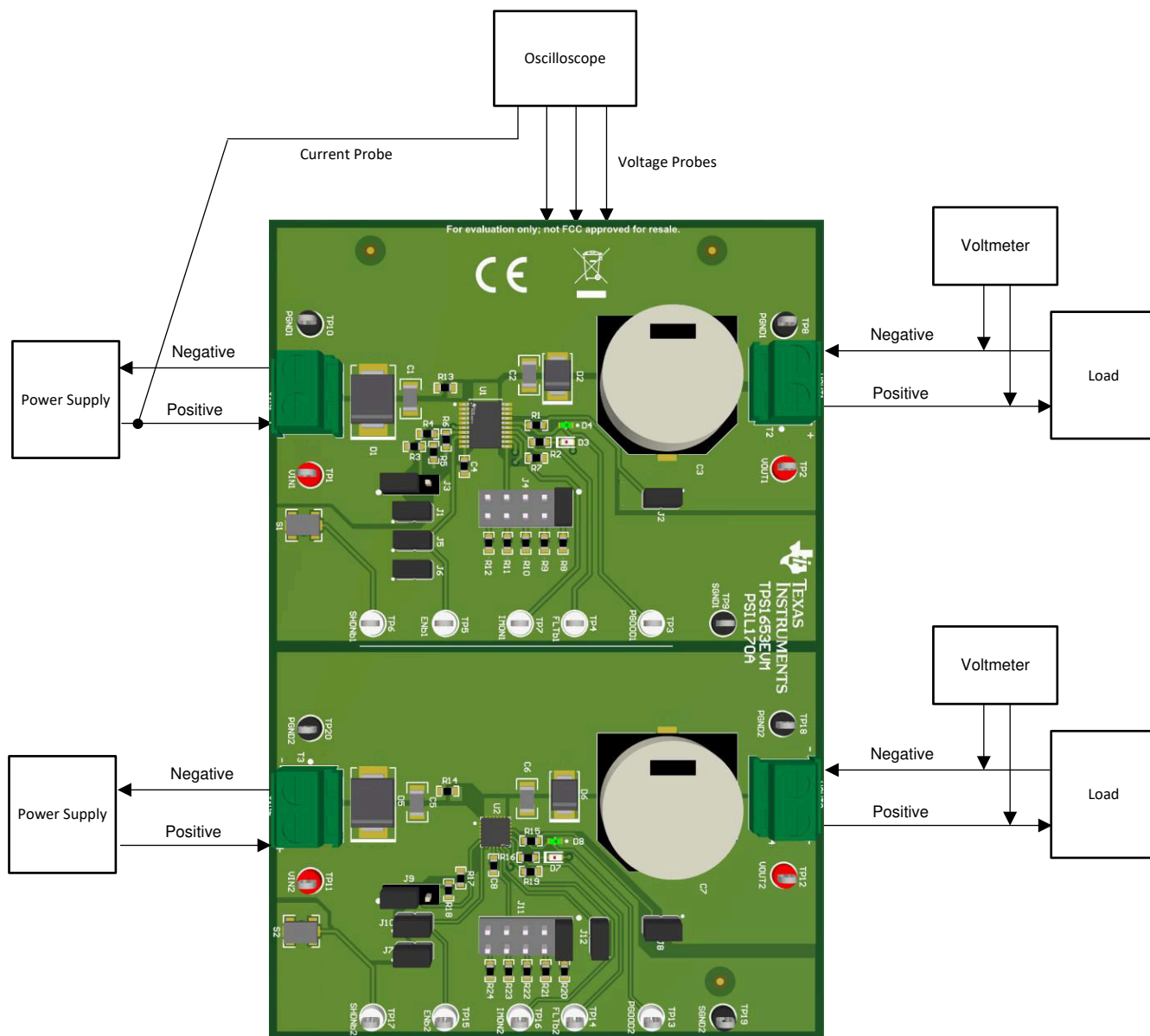


图 3-1. EVM 测试设置

3.4 测试步骤

备注

CH1 和 CH2 可以通过单一电源和负载逐一测试。

3.4.1 初步测试

1. 打开电源，并根据表 3-4 设置输出电压和电流限制。

表 3-4. TPS1653EVM 的电源设置

EVM	通道	电压设定点	电源电流限制
TPS1653EVM	CH1	48V	9 A
	通道 2	48V	9 A

2. 打开负载并将负载电阻设置为 $96\ \Omega \pm 1\ \Omega$ 。
3. 关闭电源，加载并组装 TPS1653EVM 组件，如图 3-1 所示。
4. 确保默认评估板跳线设置如表 3-5 所示。

表 3-5. TPS1653EVM 的默认跳线设置

	J1	J2	J3	J4	J5	J6
CH1	安装	安装	1-2	1-2	安装	安装
	J7	J8	J9	J10	J11	J12
通道 2	安装	安装	1-2	安装	1-2	安装

5. 启用负载和电源。
6. 将 DMM 的负极探头连接到测试点 TP8 或 TP10，将正极探头连接到相应的测试点，并验证是否获得表 3-6 中所示的电压。

表 3-6. 不同测试点的 TPS1653EVM DMM 读数

电压测试接通 (CH1)	测量的电压读数	电压测试接通 (CH2)	测量的电压读数
VIN1 (TP1)	48V $\pm$ 1V 直流	VIN2 (TP11)	48V $\pm$ 1V 直流
VOUT1 (TP2)	48V $\pm$ 1V 直流	VOUT2 (TP12)	48V $\pm$ 1V 直流
FLTb1 (TP4)	46.6V $\pm$ 0.5V 直流	FLTb2 (TP14)	46.6V $\pm$ 0.5V 直流
SHDNb1 (TP6)	2.7V $\pm$ 0.5V 直流	SHDNb2 (TP17)	2.7V $\pm$ 0.5V 直流

7. 按下 CH1/CH2 关断开关 S1/S2，并验证 CH1/CH2 输出电压 VOUT1/VOUT2 降至零。松开 S1/S2 开关，并验证输出电压恢复至标称 48V $\pm$ 1V。
8. 禁用电源和负载。

3.4.2 UVLO 测试

按照说明验证器件的欠压电平：

1. 将跳线 J3 和 J9 设置在位置 2-3，以将 UVLO 电平设置为 43V。
2. 将负载电阻设置为 $96\ \Omega \pm 1\ \Omega$ ，将电源电压设置为 48V。启用电源和负载。
3. 降低 CH1 输入电压，并验证 VOUT1 是否随着 VN1 降低而降低，并在 VIN1 降至 43V $\pm$ 1V (CH1 UVLO 限制) 以下时降至零。
4. 同样，降低 CH2 输入电压，并验证 VOUT2 是否随着 VN2 的降低而降低，并在 VIN2 降至 43V $\pm$ 1V (CH2 UVLO 限制) 以下时降至零。
5. 验证当电源电压达到相应通道的 UVLO 限制时，CH1 和 CH2 FLTb 红色 LED (D3/D7) 是否亮起。
6. 禁用电源和负载。

3.4.3 阶跃负载为 4A 至 7A 时的电流限制测试

按照以下说明进行电流限制测试：

1. 通过将跳线 J4/J11 安装在位置 1-2，将电流限制设置为 4.5A。
2. 将负载电阻设置为 $96\Omega \pm 1\Omega$ ，将电源电压设置为 58V。
3. 启用负载和电源。
4. 降低负载电阻，将负载电流设置为 4A。
5. 施加 7A 的过载，并验证器件电流限制行为。
6. 在将电流限制为 4.5A 之前，该器件允许 7A 的脉冲过载电流持续 25ms。在这种情况下，该器件会在 $t_{CL_ILIM(dly)}$ 到期之前由于热关断而关闭内部 FET。
7. 将跳线 J4 和 J11 置于其他设置，在其他各种电流限制下进行测试。
8. 禁用电源和负载。

图 3-2 显示了 TPS1653EVM 电子保险丝评估板上阶跃负载为 4A 至 7A 时的电流限制行为。

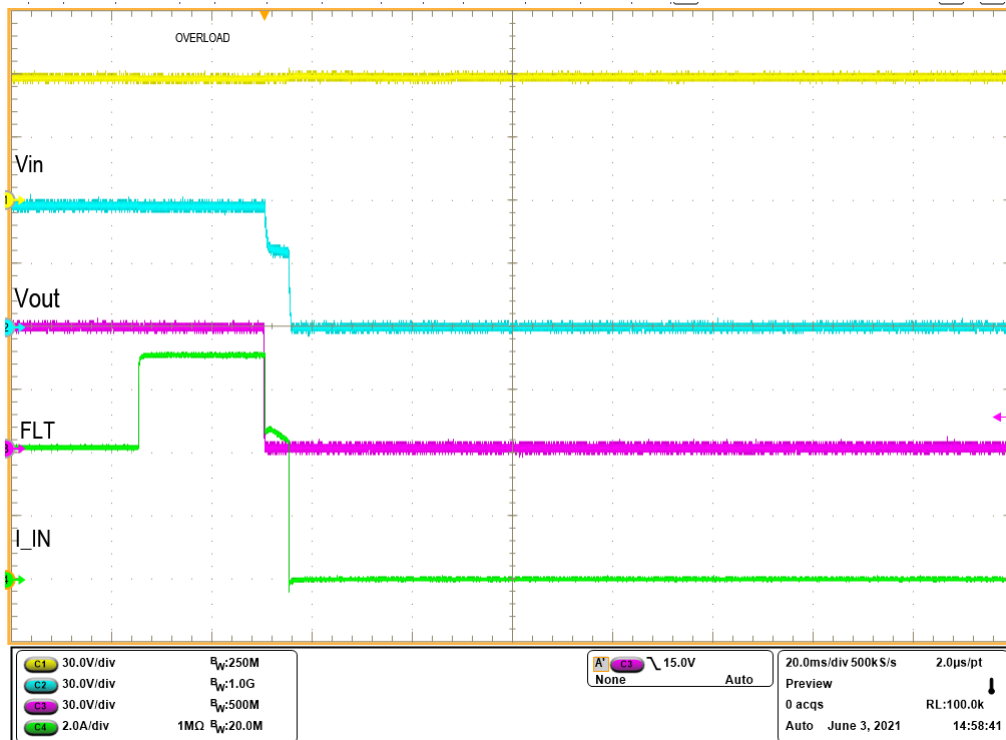


图 3-2. TPS16530 在电流限值设为 4.5A 时的过流响应

3.4.4 输出短路保护测试

按照说明验证器件的输出短路保护功能：

1. 通过将跳线 J4/J11 安装在位置 7-8，将电流限制设置为 1A。
2. 将输入电源电压设置为 50V，将电流限值设置为 6A。开启电源。
3. 例如，通过一根较短的电缆将器件的输出端 VOUT 短接到 GND。
4. 验证输出短路响应波形，如 图 3-3 所示。

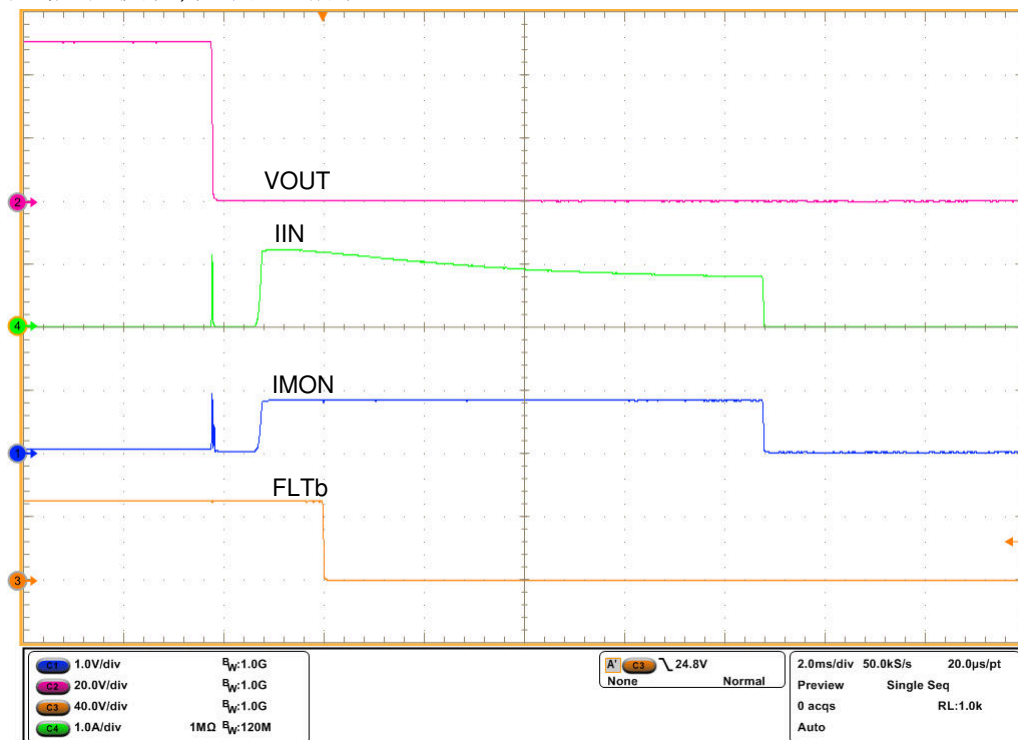


图 3-3. 输出短路保护

3.4.5 通过输出短路启动

按照以下说明执行启动至短路测试。

1. 通过将跳线 J4/J11 安装在位置 1-2，将电流限制设置为 4.5A。
2. 将输入电源电压设置为 58V，将电流限值设置为 9A。关闭电源。
3. 例如，通过一根较短的电缆将器件的输出端 VOUT 短接到 GND。
4. 打开电源。
5. 验证启动至短路的器件行为，如 图 3-4 所示。

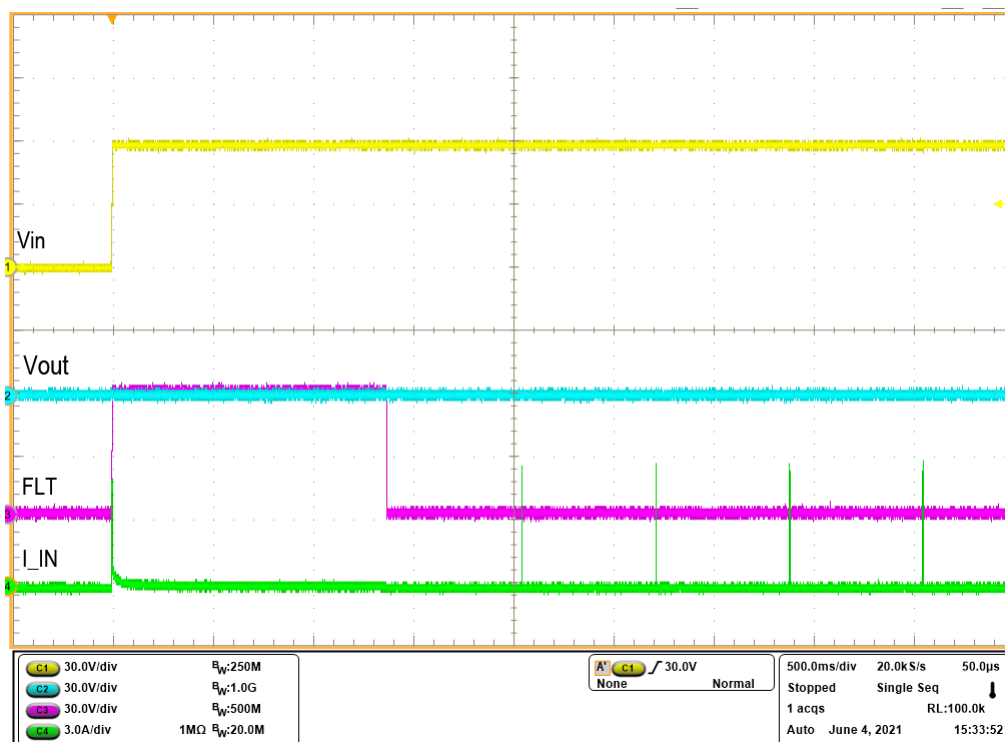
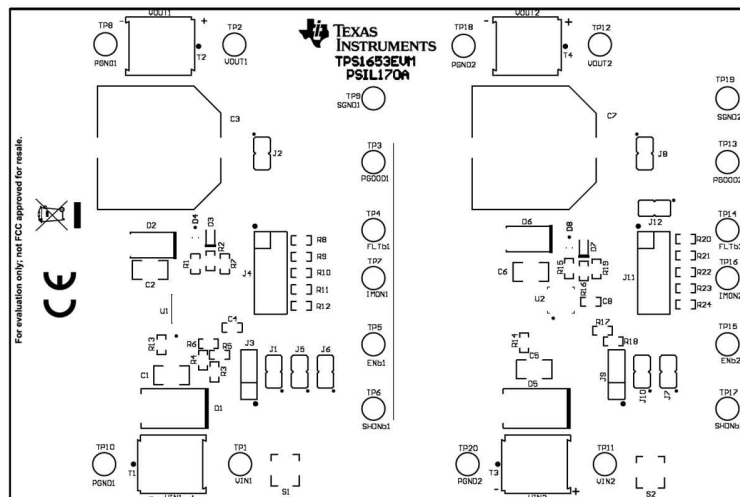


图 3-4. 通过输出短路启动

4 EVM 电路板装配图和布局布线

4.1 PCB 图

图 4-1 至 图 4-3 展示了此款 EVM 的元素放置方式和布局。



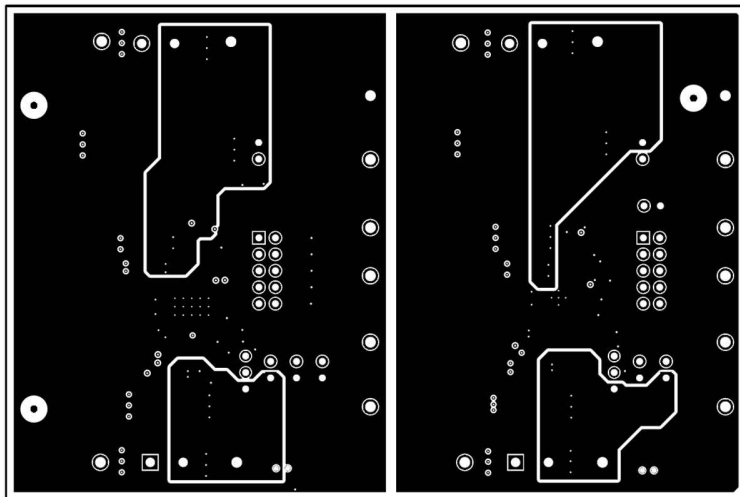


图 4-3. 底层

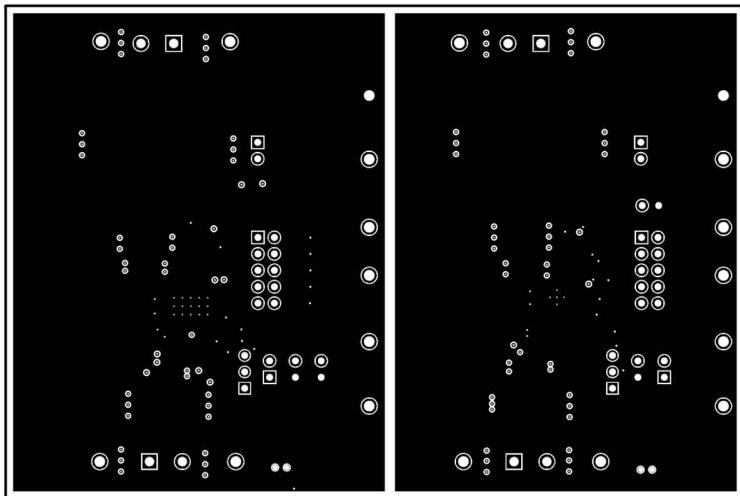


图 4-4. 内接地层

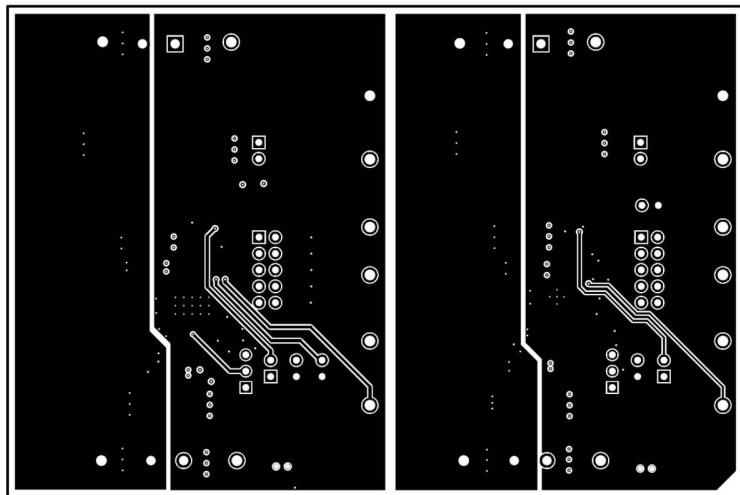


图 4-5. 内部布线层

图 5-1 展示了 TPS1653EVM 原理图。



6 物料清单

表 6-1 列出了 TPS1653EVM BOM。

表 6-1. TPS1653EVM 物料清单

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		PSIL170	不限
C1、C2、C5、C6	4	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 100V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C3216X7R2A105K160AA	TDK
C3, C7	2	470uF	电容, 铝, 470 μ F, 80V, $\pm$ 20%, 0.153 Ω , AEC-Q200 2 级, SMD	SMT 径向引线 K16	EEV-FK1K471M	Panasonic
C4、C8	2	0.022uF	电容, 陶瓷, 0.022 μ F, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C223K4RACTU	Kemet (基美)
D1, D5	2	54V	二极管, TVS, 单向, 54V, SMC	SMC	SMCJ54A	Fairchild Semiconductor
D2、D6	2	70V	二极管, 肖特基, 70V, 2A, SMB	SMB	B270-13-F	Diodes Inc.
D3、D7	2	红色	LED, 红色, SMD	1.6x0.8mm	TLMS1000-GS08	Vishay-Semiconductor (威世半导体)
D4, D8	2		绿色 570nm LED 指示 - 离散 2.1V 0603 (公制 1608)	0603	TLMG1100-GS08	Vishay
H1、H2、H3、H4	4		Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 透明	透明 Bumpon	SJ-5303 (CLEAR)	3M
J1、J2、J5、J6、J7、J8、J10、J12	8		接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	Sullins 100mil, 1x2, 绝缘体上方 230mil	PBC02SAAN	Sullins Connector Solutions
J3、J9	2		接头, 100mil 3x1, 锡, TH	接头, 3 引脚, 100mil, 锡	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions
J4、J11	2		接头, 100mil, 5x2, 锡, TH	接头, 5x2, 100mil, 锡	PEC05DAAN	Sullins Connector Solutions
R1、R15	2	24.3k	电阻, 24.3k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060324K3FKEA	Vishay-Dale

表 6-1. TPS1653EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R2、R16	2	49.9k	电阻, 49.9k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060349K9FKEA	Vishay-Dale
R3、R4、R17	3	825k	电阻, 825k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07825KL	Yageo
R5、R6、R18	3	23.7k	电阻, 23.7k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060323K7FKEA	Vishay-Dale
R7、R19	2	15.8k	电阻, 15.8k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060315K8FKEA	Vishay-Dale
R8、R20	2	4.02k	电阻, 4.02k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06034K02FKEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R9、R21	2	6.04k	电阻, 6.04k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-076K04L	Yageo
R10、R22	2	9.09k	电阻, 9.09k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW06039K09FKEA	Vishay-Dale
R11、R23	2	18k	电阻, 18k Ω , 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060318K0JNEA	Vishay-Dale
R12、R24	2	30k	电阻, 30k Ω , 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW060330K0JNEA	Vishay-Dale (威世达勒)
R13、R14	2	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, 0603	0603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic
S1、S2	2		开关, SPST-NO, Off- Mom, 0.05A, 12VDC, SMD	3.9x2.9mm	PTS820 J20M SMTR LFS	C&K Components

表 6-1. TPS1653EVM 物料清单 (continued)

标识符	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
SH-J1、SH-J2、SH-J3、 SH-J4、SH-J5、SH-J6、 SH-J7、SH-J8、SH-J9、 SH-J10、SH-J11、SH- J12	12	1x2	分流器，100mil，镀金， 黑色	顶部闭合 100mil 分流器	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions
T1、T2、T3、T4	4		端子块，2x1，5.08mm， TH	10.16x15.2x9mm	282841-2	TE Connectivity (泰科电 子)
TP1、TP2、TP11、TP12	4		测试点，多用途，红色， TH	红色多用途测试点	5010	Keystone
TP3、TP4、TP5、TP6、 TP7、TP13、TP14、 TP15、TP16、TP17	10		测试点，多用途，白色， TH	白色通用测试点	5012	Keystone
TP8、TP9、TP10、 TP18、TP19、TP20	6		测试点，多用途，黑色， TH	黑色多用途测试点	5011	Keystone
U1	1		HTSSOP20 具有脉冲电流 支持、用于负载瞬态的 58V、4.5A 电子保险丝	TSSOP 20	TPS16530PWPR	德州仪器 (TI)
U2	1		VQFN24 具有脉冲电流支 持、用于负载瞬态的 58V、4.5A 电子保险丝	VQFN24	TPS16530RGER	德州仪器 (TI)
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	不适用

重要声明和免责声明

TI 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安全、安保或其他要求。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 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.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。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司