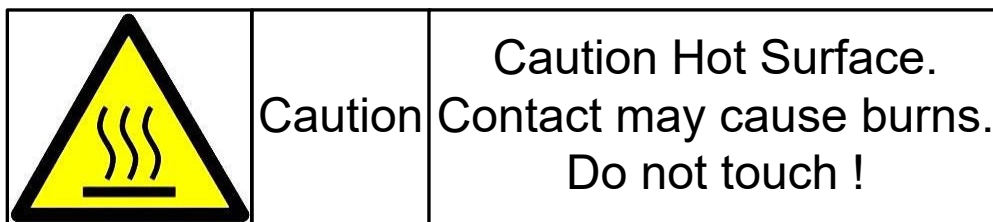




## 摘要

本用户指南介绍了 TPS25984 电子保险丝评估模块 (EVM)。TPS25984 器件是一款 4.5V 至 16V 和 70A (峰值) 可堆叠电子保险丝, 具有准确、快速的电流监测器。该器件通过在启动和稳定状态期间主动同步器件状态并共享负载, 支持多个电子保险丝并联, 以便实现电流更高的设计。TPS25984 电子保险丝包含一个具有  $0.8\text{m}\Omega$  超低导通电阻的集成式 FET、可调节且稳健的过流和短路保护、精确的负载电流监测、快速过压保护 (固定 16.7V 阈值)、可调节的输出压摆率控制 (以实现浪涌电流保护) 和过热保护 (用于验证 FET SOA)。TPS25984 电子保险丝还具有可调节过流瞬态消隐计时器 (在负载瞬态下为系统提供缓冲)、可调节欠压保护、集成式 FET 运行状况监测和报告、模拟芯片温度监测输出以及专用故障和电源正常指示引脚。



## 内容

1 引言.....	3
1.1 EVM 特性.....	3
1.2 EVM 应用.....	3
2 说明.....	3
3 原理图.....	4
4 一般配置.....	6
4.1 物理访问.....	6
4.2 测试设备.....	7
5 测试设置和过程.....	8
5.1 热插拔.....	8
5.2 通过 ENABLE 启动.....	9
5.3 电流限制和基于 DVDT 的启动机制之间的差异.....	10
5.4 上电至短路.....	11
5.5 过压锁定.....	12
5.6 瞬态过载性能.....	12
5.7 过流事件.....	14
5.8 使用板载开关电路施加负载瞬态和过流事件.....	14
5.9 输出热短路.....	16
5.10 快速输出放电 (QOD).....	17
5.11 TPS25984EVM 的热性能.....	17
6 评估板装配图和布局指南.....	19
6.1 PCB 图.....	19
7 物料清单 (BOM).....	22
8 修订历史记录.....	26

## 插图清单

图 3-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板原理图 (第 1 页).....	4
图 3-2. TPS25984EVM 电子保险丝评估板原理图 (第 2 页).....	5

图 5-1. 带测试设备的 TPS25984EVM 设置.....	8
图 5-2. TPS25984 电子保险丝热插拔曲线 1.....	9
图 5-3. TPS25984 电子保险丝热插拔曲线 2.....	9
图 5-4. 使用 ENABLE 的 TPS25984 电子保险丝启动曲线.....	10
图 5-5. 通过 ENABLE 启动的曲线：两 (2) 个 TPS25984 电子保险丝之间的电流共享.....	10
图 5-6. TPS25984 电子保险丝具有电流限制响应的启动.....	11
图 5-7. TPS25984 电子保险丝具有输出电压摆率控制 ( 仅 ) 响应的启动.....	11
图 5-8. TPS25984 电子保险丝的上电至输出短路响应.....	12
图 5-9. TPS25984EVM 的上电至输出短路响应：两 (2) 个电子保险丝之间的电流共享.....	12
图 5-10. TPS25984 电子保险丝的过压锁定响应.....	12
图 5-11. TPS25984 电子保险丝的瞬态过载性能.....	13
图 5-12. TPS25984EVM 的瞬态过载性能：两 (2) 个电子保险丝之间的电流共享.....	13
图 5-13. TPS25984 电子保险丝 1 的过流性能.....	14
图 5-14. TPS25984 电子保险丝 2 的过流性能.....	14
图 5-15. 使用板载开关电路时 TPS25984EVM 的瞬态过载性能.....	15
图 5-16. 使用板载开关电路的 TPS25984EVM 的持续过载性能.....	15
图 5-17. TPS25984 电子保险丝的输出热短路响应.....	16
图 5-18. 在 TPS25984 电子保险丝上启用 QOD.....	17
图 5-19. 在 TPS25984 电子保险丝上禁用 QOD.....	17
图 5-20. TPS25984EVM 的热性能.....	18
图 6-1. TPS25984EVM 电路板：顶层装配图.....	19
图 6-2. TPS25984EVM 电路板：底层装配图.....	19
图 6-3. TPS25984EVM 电路板：顶层.....	19
图 6-4. TPS25984EVM 电路板：底层.....	19
图 6-5. TPS25984EVM 电路板：第 2 层 ( 电源 ) .....	20
图 6-6. TPS25984EVM 电路板：第 3 层 ( 电源 ) .....	20
图 6-7. TPS25984EVM 电路板：第 4 层 ( 信号 ) .....	20
图 6-8. TPS25984EVM 电路板：第 5 层 ( 信号 ) .....	20
图 6-9. TPS25984EVM 电路板：第 6 层 ( 电源 ) .....	21
图 6-10. TPS25984EVM 电路板：第 7 层 ( 电源 ) .....	21

## 表格清单

表 2-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板选项和设置.....	3
表 4-1. 输入和输出连接器功能.....	6
表 4-2. 测试点说明.....	6
表 4-3. 跳线说明和默认位置.....	7
表 4-4. LED 说明.....	7
表 5-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板的默认跳线设置.....	8
表 7-1. TPS25984EVM 物料清单.....	22

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

TPS25984EVM 电子保险丝评估板可对德州仪器 (TI) TPS25984 电子保险丝进行基准电路评估。TPS25984 器件是一款 4.5V 至 16V 和 70A (峰值) 可堆叠电子保险丝, 具有准确、快速的电流监测器。该器件通过在启动和稳定状态期间主动同步器件状态并共享负载, 支持多个电子保险丝并联, 以便实现电流更高的设计。TPS25984 电子保险丝包含一个具有  $0.8\text{m}\Omega$  超低导电电阻的集成式 FET、可调节且稳健的过流和短路保护、精确的负载电流监测、快速过压保护 (固定 16.7V 阈值)、可调节的输出压摆率控制 (以实现浪涌电流保护) 和过热保护 (用于验证 FET SOA)。TPS25984 电子保险丝还具有可调节过流瞬态消隐计时器 (在负载瞬态下为系统提供缓冲)、可调节欠压保护、集成式 FET 运行状况监测和报告、模拟芯片温度监测输出以及专用故障和电源正常指示引脚。

### 1.1 EVM 特性

TPS25984EVM 具有两 (2) 个并联的 TPS25984 电子保险丝, 用于评估 12V (典型值) 和 110A (稳态) 设计。TPS25984EVM 电子保险丝评估板的特性包括:

- 5V 至 16V (典型值) 运行
- 14A 至 120A 可编程断路器阈值 (使用板载跳线)
- 针对过流保护和有源电流共享块的可调基准电压
- 可调节输出电压压摆率控制
- 可调节瞬态电流消隐计时器
- 可调节的启动期间电流限制和有源电流共享阈值 (使用板载跳线)
- 用于输入瞬态保护的 TVS 二极管和用于输出瞬态保护的肖特基二极管
- 用于电源正常和故障指示的 LED 状态指示灯
- 启动下电上电和快速输出放电 (QOD) 的选项
- 使用板载 MOSFET、栅极驱动电路和负载电阻施加自定义负载瞬态的选项

### 1.2 EVM 应用

该 EVM 可用于以下应用:

- 输入热插拔
- 服务器和高性能计算
- 网络接口卡
- 显卡和硬件加速器卡
- 数据中心交换机和路由器
- 风扇托盘
- 交换机/路由器

## 2 说明

TPS25984EVM 支持评估 TPS25984 系列中的 TPS259840x 和 TPS259841x 电子保险丝。该 EVM 具有两 (2) 个并联的 TPS259840x 保险丝。输入电源施加在连接器 T1 和 T3 上, 而 T2 和 T3 为 EVM 提供输出连接; 请参阅图 3-1 中的原理图和图 5-1 中的 EVM 测试设置。TVS 二极管 D1 和 D2 提供对瞬态过压的输入保护。肖特基二极管 D3 和 D4 通过将 TPS25984 电子保险丝 OUT 引脚上的负电压偏移限制在最小绝对额定值内来保护输出。

SW1 可实现下电上电, SW2 可实现快速输出放电 (QOD)。电源正常 (PG) 和故障 (FLTb 和 FLTb2) 指示灯分别由 LED DG1、DR1 和 DR2 提供。

表 2-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板选项和设置

EVM 功能	V <sub>IN</sub> UVLO 阈值	V <sub>IN</sub> OVLO 阈值	ITIMER	输出压摆率 (dv/dt)	IMON	ILIM	ILIM2	IREF
TPS25984 4.5V 至 16V、55A (RMS) 电子保险丝的性能评估	5V	16.7V	可选 - 1.4ms 和 14ms	可选 - 1.2V/ms、1.8V/ms 和 12V/ms	可选 - 120A 和 70A, V <sub>REF</sub> 为 1V	可选 - 38A 和 22A 的浪涌电流限制, 59A 和 35A 的有源电流共享阈值, V <sub>REF</sub> 为 1V		可选 - 1V 和 0.8V

### 3 原理图

图 3-1 所示为 EVM 原理图。

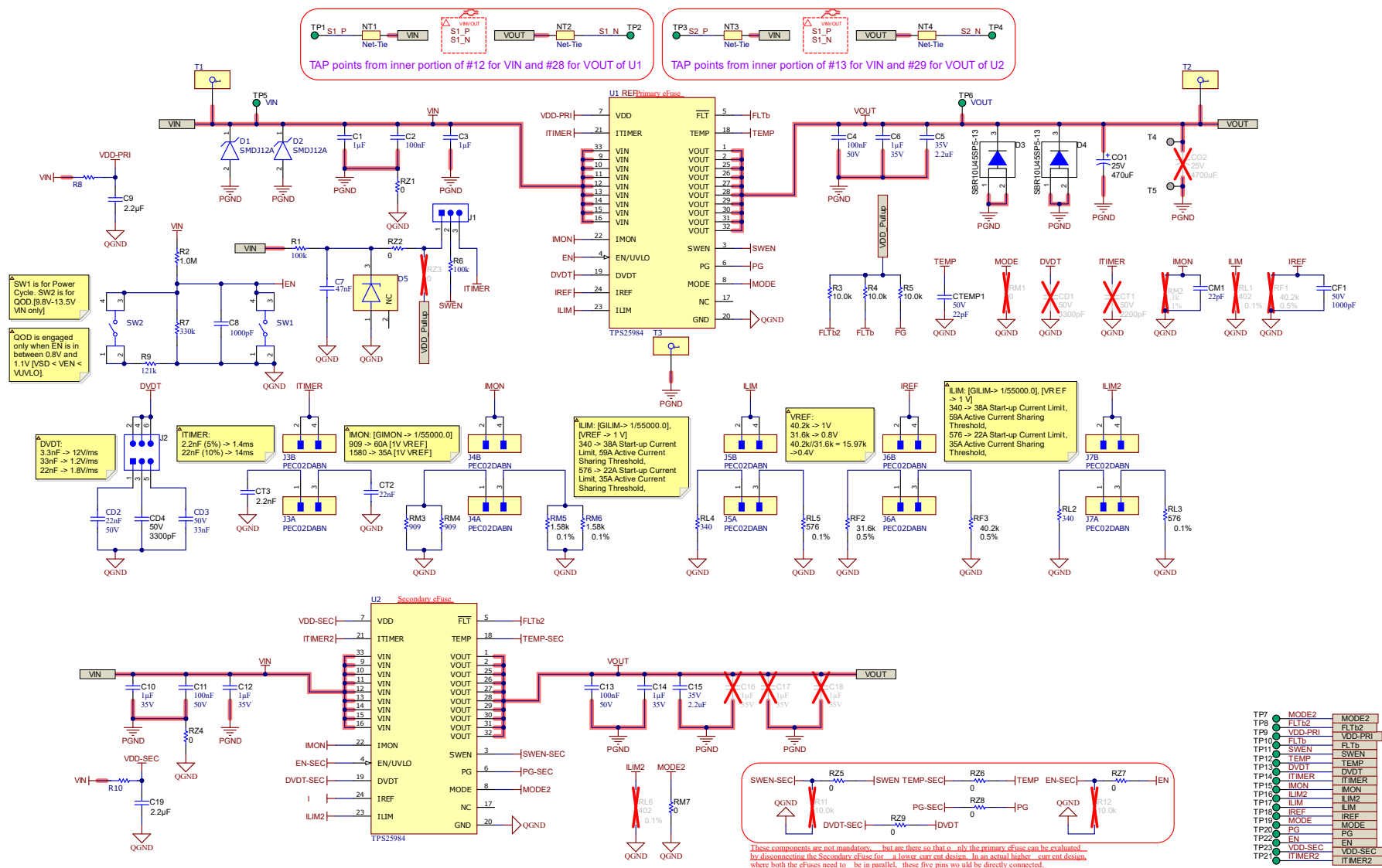


图 3-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板原理图 (第 1 页)

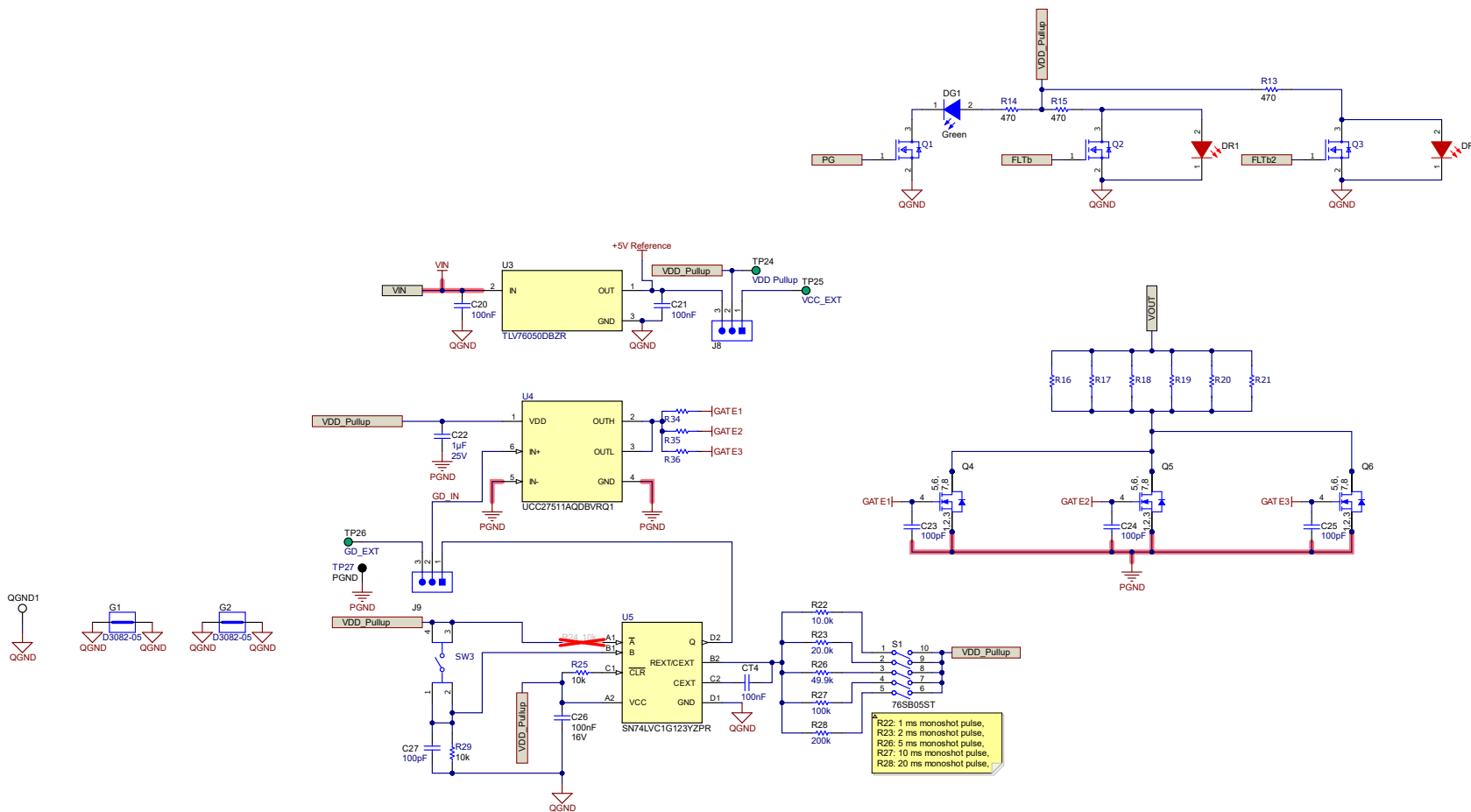


图 3-2. TPS25984EVM 电子保险丝评估板原理图 (第 2 页)

备注

- 为了评估一个 TPS25984 电子保险丝在较低电流 (< 55A) 下的性能，需要去掉 RZ5、RZ6、RZ7、RZ8 和 RZ9 电阻器。此外，还必须安装 R11 和 R12 电阻器来禁用辅助电子保险丝。
- TPS25984 电子保险丝周围各种元件的接地连接必须直接相互连接，并连接各自电子保险丝的 GND 引脚。随后必须在一点上将其连接到系统接地端，如 EVM 原理图中使用 RZ1 和 RZ4 电阻器实现的那样。请勿通过大电流系统接地线连接各种元件接地。

## 4 一般配置

### 4.1 物理访问

表 4-1 列出了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板输入和输出连接器功能。表 4-2 和表 4-3 介绍了测试点的可用性和跳线的功能。表 4-4 介绍了信号 LED 的功能。

表 4-1. 输入和输出连接器功能

连接器	标签	说明
T1	VIN (+)	EVM 输入电源的正极端子
T2	VOOUT (+)	EVM 输出电源的正极端子
T3	PGND (-)	EVM 的负极端子 (输入和输出均为公共端子)

表 4-2. 测试点说明

测试点	标签	说明
TP1	S1_P	用于测量导通电阻的开尔文检测点：主器件 (U1)
TP2	S1_N	
TP3	S2_P	用于测量导通电阻的开尔文检测点：辅助器件 (U2)
TP4	S2_N	
TP5	VIN	输入电压
TP6	VOOUT	输出电压
TP7	MODE2	模式选择：第二器件
TP8	FLTb2	开漏低电平有效故障指示：第一器件
TP9	VDD-PRI	控制器输入电源：主要器件
TP10	FLTb	开漏低电平有效故障指示：第一器件
TP11	SWEN	用于指示和控制电源开关开启和关闭状态的开漏信号
TP12	TEMP	最大器件芯片温度监控模拟电压输出，并联两 (2) 个 TPS25984 电子保险丝
TP13	DVDT	启动输出压摆率控制
TP14	ITIMER	过流消隐计时器：第一器件
TP15	IMON	稳态期间的负载电流监测器以及过流和快速跳变阈值
TP16	ILIM2	启动期间的电流限制和快速跳变阈值：第二器件
TP17	ILIM	启动期间的电流限制和快速跳变阈值：第一器件
TP18	IREF	用于过流和短路保护以及有源电流共享块的基准电压
TP19	MODE	模式选择：第一器件
TP20	PG	开漏高电平有效电源正常指示
TP21	ITIMER2	过流消隐计时器：第二器件
TP22	EN	高电平有效使能输入
TP23	VDD-SEC	控制器输入电源：辅助器件
TP24	VDD PULLUP	使用来自 VIN 的 LDO 生成的 5V 上拉电源
TP25	VCC 外部	外部上拉电源
TP26	GD 外部	用于自定义负载瞬态的外部栅极信号
TP27	PGND	电源接地

表 4-2. 测试点说明 (续)

测试点	标签	说明
QGND1	QGND	器件接地
G1	QGND	
G2	QGND	

表 4-3. 跳线说明和默认位置

跳线	标签	说明	默认跳线位置
J1	SWEN	1-2 位置：SWEN 上拉电源由 VIN 产生，使用齐纳二极管（已填充 RZ2，未填充 RZ3）或使用 LDO（未填充 RZ2，已填充 RZ3）	1-2
		2-3 位置：SWEN 引脚通过一个 100kΩ 电阻连接到主器件的 ITIMER 引脚	
J2	DVDT	1-2 位置将输出压摆率设置为 1.8V/ms	5-6
		3-4 位置将输出压摆率设置为 12V/ms	
		5-6 位置将输出压摆率设置为 1.2V/ms	
J3	ITIMER	1-2 位置将过流消隐计时器设置为 1.4ms	3-4
		3-4 位置将过流消隐计时器设置为 14ms	
J4	IMON	1-2 位置将断路器阈值设置为 120A，V <sub>IREF</sub> 为 1V	1-2
		3-4 位置将断路器阈值设置为 70A，V <sub>IREF</sub> 为 1V	
J5	ILIM	1-2 位置将浪涌电流限制设置为 38A，将有源电流共享阈值设置为 59A，V <sub>IREF</sub> 为 1V：第一器件	1-2
		3-4 位置将浪涌电流限制设置为 22A，将有源电流共享阈值设置为 35A，V <sub>IREF</sub> 为 1V：主要器件	
J6	IREF	1-2 位置将过流、短路保护和有源电流共享块的基准电压设置为 0.8V	3-4
		3-4 位置将过流、短路保护和有源电流共享块的基准电压设置为 1V	
J7	ILIM2	1-2 位置将浪涌电流限制设置为 38A，将有源电流共享阈值设置为 59A，V <sub>IREF</sub> 为 1V：第二器件	1-2
		3-4 位置将浪涌电流限制设置为 22A，将有源电流共享阈值设置为 35A，V <sub>IREF</sub> 为 1V：辅助器件	
J8	VDD PULL-UP POWER SUPPLY	1-2 位置通过外部电源提供 VDD 上拉电源	2-3
		2-3 位置通过板载 12V 至 5V LDO 提供 VDD 上拉电源	
J9	EXTERNAL GATE SIGNAL	1-2 位置通过板载单稳态向 MOSFET (Q4 - Q6) 提供栅极信号	1-2
		2-3 位置通过外部信号发生器向 MOSFET (Q4 - Q6) 提供 GATE 信号	

表 4-4. LED 说明

LED	说明
DG1	当开启时，表示 PG 有效
DR1	当开启时，表示 FLTb 有效
DR2	当开启时，表示 FLTb2 有效

## 4.2 测试设备

### 4.2.1 电源

一个具有 0V 至 30V 输出电压和 0A 至 200A 输出电流限制的可调电源。

### 4.2.2 仪表

至少需要一个数字万用表 (DMM)。

### 4.2.3 示波器

DPO2024 或等效器件，具有三个 10x 电压探针和一个直流电流探针。

### 4.2.4 负载

一个电阻负载或等效负载，可以在 24V 下承受高达 200A 的直流负载，并且能够实现输出短路。

## 5 测试设置和过程

本用户指南介绍了 TPS25984 电子保险丝的测试过程。确保评估板具有如表 5-1 所示的默认跳线设置。

表 5-1. TPS25984EVM 电子保险丝评估板的默认跳线设置

J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9
1-2	5-6	3-4	1-2	1-2	3-4	1-2	2-3	1-2

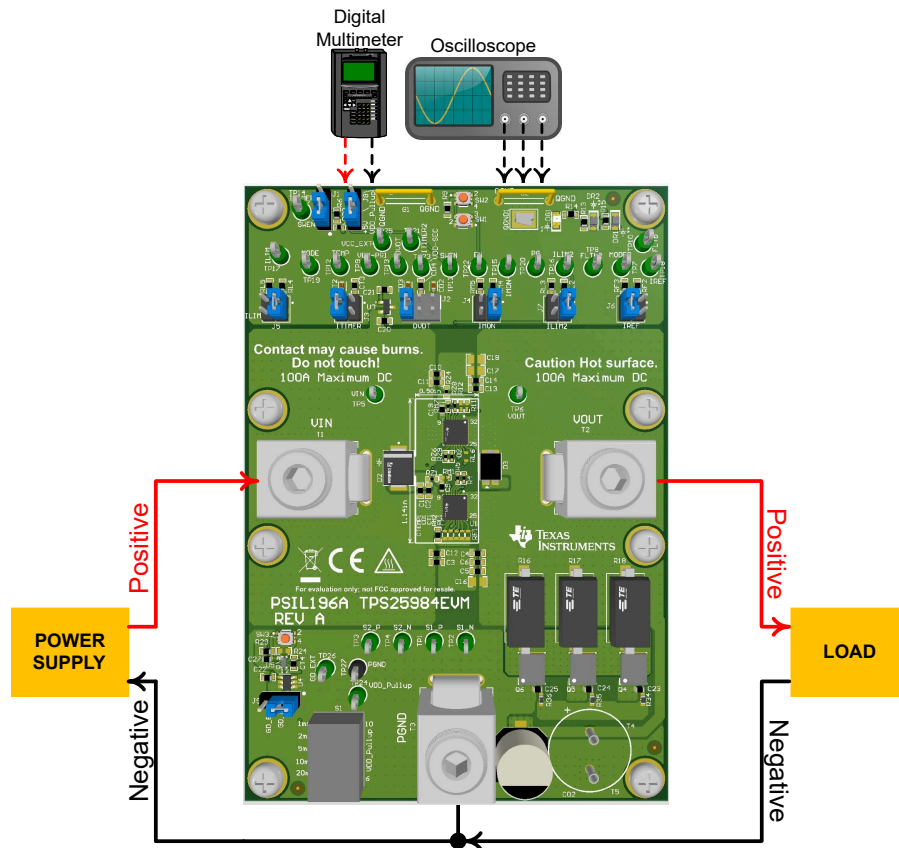


图 5-1. 带测试设备的 TPS25984EVM 设置

在开始任何测试之前，请遵循这些指示，并在进行下一个测试之前再次重复这些指示：

- 将电源输出 (VIN) 设置为零伏。
- 关闭电源。
- 将 EVM 上的跳线调整为默认配置，如表 5-1 所示。
- 打开电源并将电源输出 (VIN) 设置为 12V、200A，并禁用电源输出。
- 使能电源输出，以便 EVM 获得输入电源。

### 5.1 热插拔

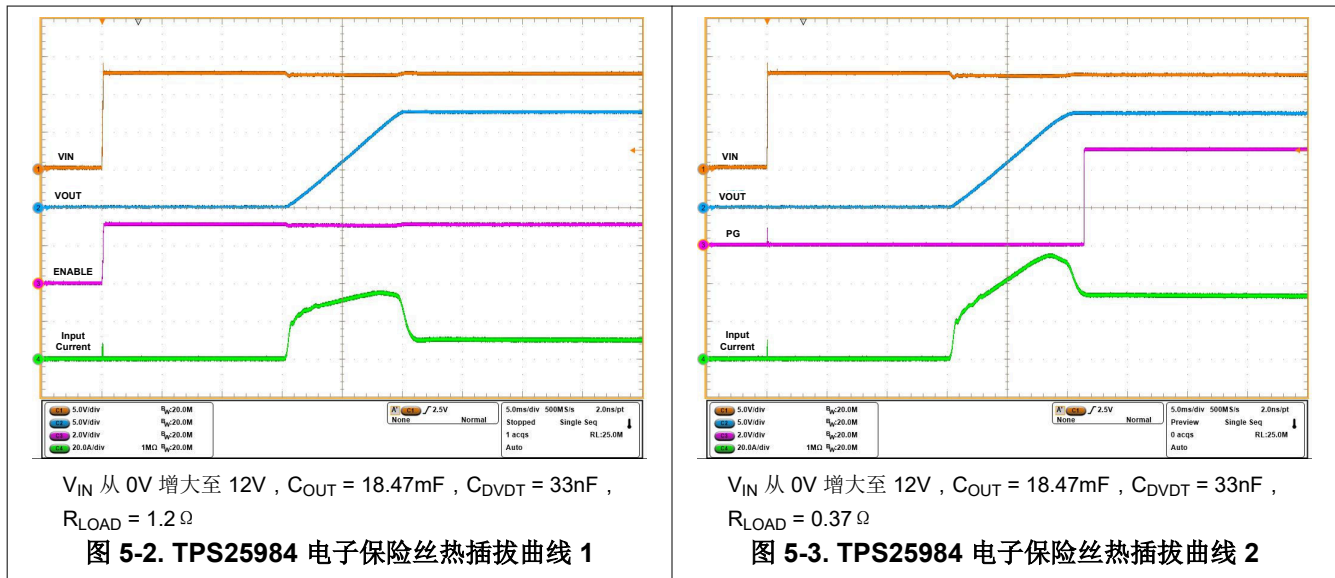
按照以下说明测量热插拔事件期间的浪涌电流：

1. 在跳线 J2 位置，如表 4-3 所述将压摆率配置为所需值。
2. 在跳线 J5 和 J7 位置，如表 4-3 所述将启动期间的电流限值配置为所需值。



- 在跳线 J6 位置，如表 4-3 规定将用于过流保护和有源电流共享的基准电压配置为所需值。
- 在 VOUT (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接 1.2Ω 的负载。
- 将电源的负极端子连接到连接器 T3。
- 将输入电源电压 VIN 设置为 12V，将电流限值设置为 100A。启用电源。
- 热插拔连接器 T1 上的电源正极端子。
- 使用示波器观察 VOUT (TP6) 和输入电流的波形，以测量在 12V 给定输入电压下 VOUT 的压摆率和上升时间。

图 5-2 和图 5-3 展示了在热插拔事件期间在 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上捕获的浪涌电流示例，其中两个(2)个器件并联。

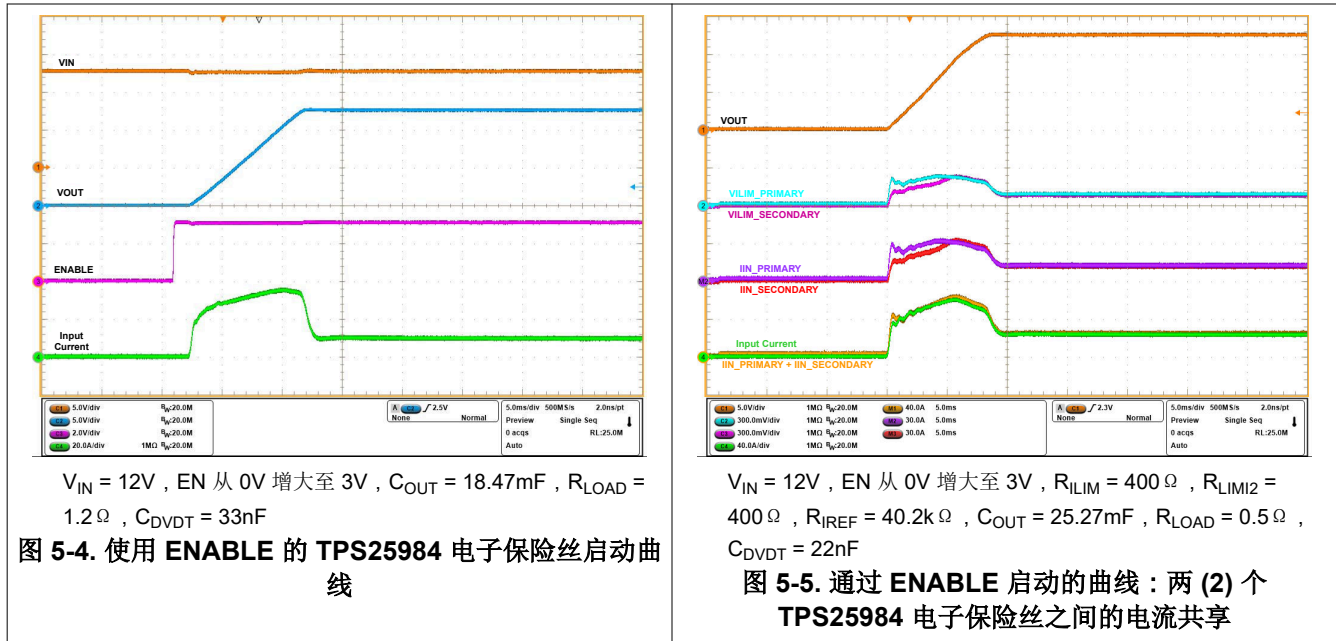


## 5.2 通过 ENABLE 启动

按照以下说明通过 ENABLE 为 TPS25984 电子保险丝上电：

- 在跳线 J2 位置，如表 4-3 所述将压摆率配置为所需值。
- 在跳线 J5 和 J7 位置，如表 4-3 所述将启动期间的电流限值配置为所需值。
- 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压，如表 4-3 所述。
- 将输入电源电压设置为 12V，将电流限制设置为 100A。
- 在 VOUT (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接 1.2Ω 的负载。
- 在 VIN (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接输入电源。
- 通过使用开关 SW1 使器件保持禁用状态来开启该电源。
- 通过释放开关 SW1 来启用电子保险丝。
- 使用示波器观察 VOUT (TP6) 和输入电流的波形，以测量给定输入电压为 12V 的 VOUT 的压摆率和上升时间。

图 5-4 和图 5-5 展示了使用 ENABLE 的 TPS25984 电子保险丝启动曲线，其中使用两个(2)个并联器件。

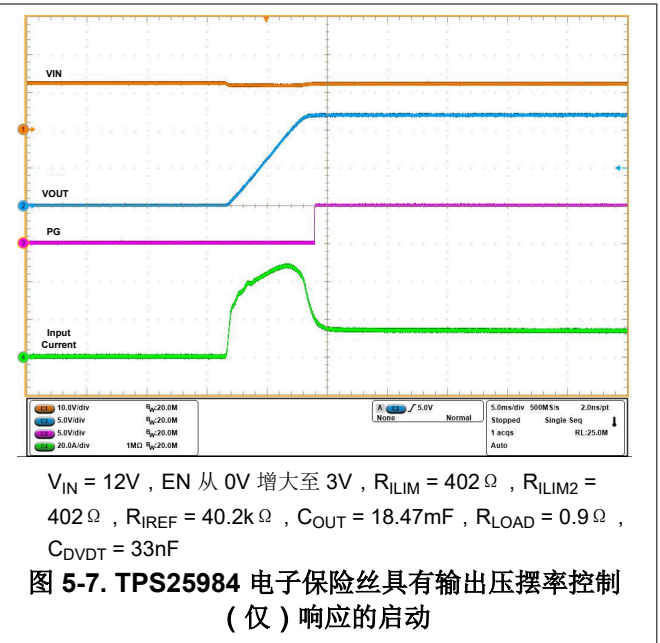
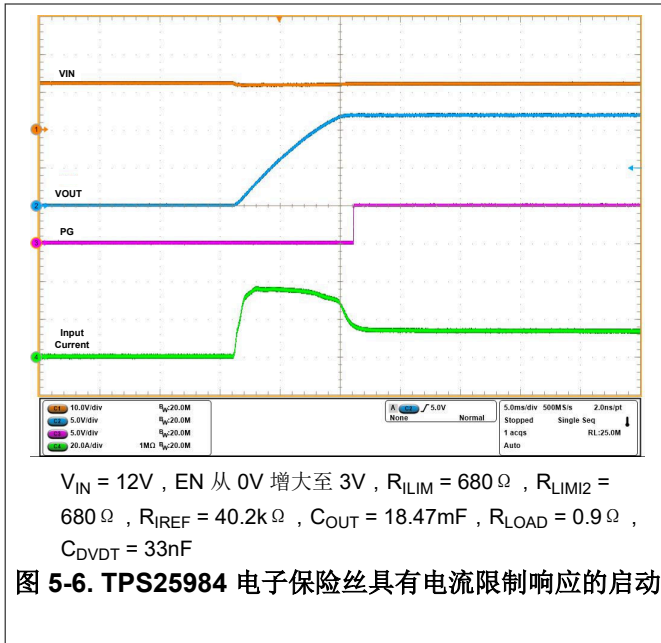


### 5.3 电流限制和基于 DVDT 的启动机制之间的差异

按照以下说明执行带电流限制的启动测试：

1. 在跳线 J2 位置，如表 4-3 所述将压摆率配置为所需值。
2. 在跳线 J5 和 J7 位置，如表 4-3 所述将启动期间的电流限值配置为所需值。
3. 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压，如表 4-3 所述。
4. 将输入电源电压设置为 12V，将电流限制设置为 100A。
5. 在 VOUT (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接 0.9Ω 的负载。
6. 在 VIN (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接输入电源。
7. 通过使用开关 SW1 使器件保持禁用状态来开启该电源。
8. 通过释放开关 SW1 来启用电子保险丝。
9. 使用示波器观察 VOUT (TP6) 和输入电流的波形。该实验的主要目的是观察输出电压和输入电流曲线以及完成浪涌所需的时间，其中两个不同的 ILIM 设定点具有完全相同的所有其他测试条件。浪涌电流在一种情况下会达到电流限制设定点，但在另一种情况下不会达到。

图 5-6 和图 5-7 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板在具有电流限制和基于 DVDT 这两种启动机制之间的差异。该评估板上的以下两 (2) 种器件并联，分别是： $680\Omega$  的  $R_{LIM}$  和  $680\Omega$  的  $R_{LIM2}$ ，以及  $402\Omega$  的  $R_{LIM}$  和  $402\Omega$  的  $R_{LIM2}$ 。



## 5.4 上电至短路

按照以下说明执行上电至短路测试：

1. 将输入电源电压  $V_{IN}$  设置为 12V，将电流限制设置为 100A。在  $V_{IN}$  (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接电源并将其关断。
2. 将 EVM 的输出端短路。例如， $V_{OUT}$  (连接器 T2) 通过短而粗的电缆连接到 PGND (连接器 T3)，以确保短路路径阻抗尽可能小。
3. 在跳线 J6 位置，如表 4-3 所述将用于过流保护和有源电流共享的基准电压配置为所需值。
4. 在跳线 J5 和 J7 位置，如表 4-3 所述将启动期间的电流限值配置为所需值。
5. 通过按下开关 SW1 使 TPS25984 电子保险丝保持禁用状态。
6. 打开电源。
7. 通过释放开关 SW1 来启用 TPS25984 电子保险丝。

图 5-8 和图 5-9 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上的上电至输出短路测试波形，其中两 (2) 个器件并联。

### 备注

在上电至短路期间，热折返会使流经器件的电流小于启动期间电流限制的计算值。

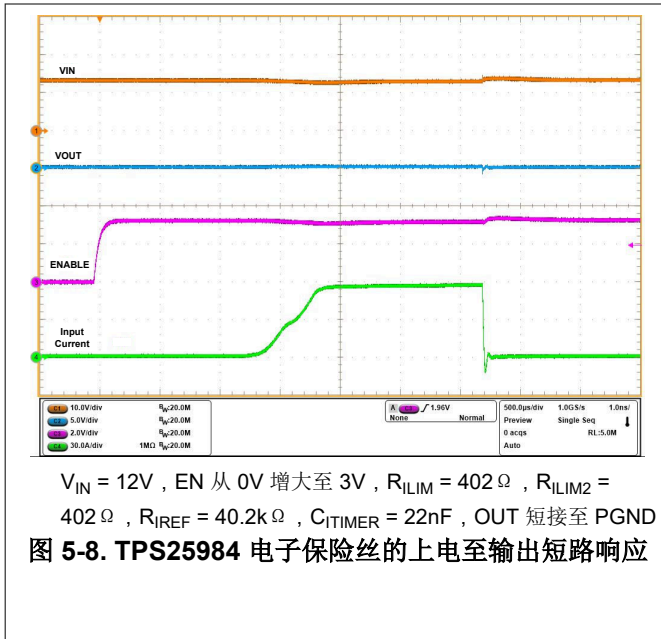


图 5-8. TPS25984 电子保险丝的上电至输出短路响应

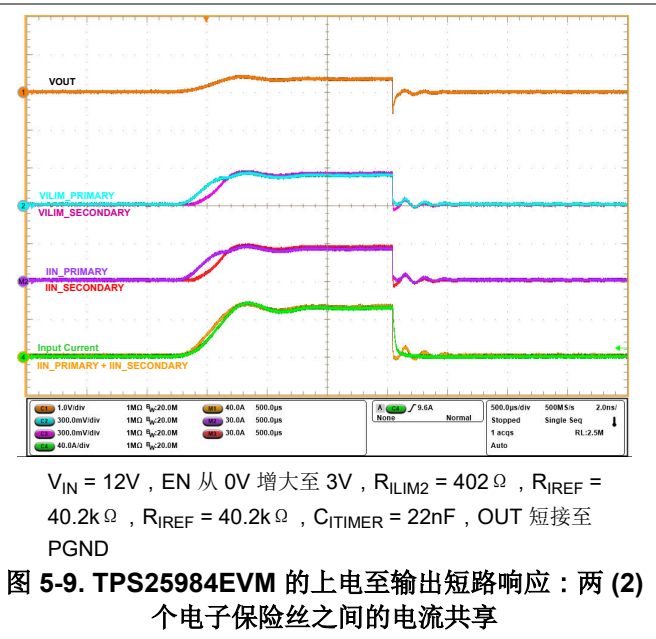


图 5-9. TPS25984EVM 的上电至输出短路响应：两 (2) 个电子保险丝之间的电流共享

## 5.5 过压锁定

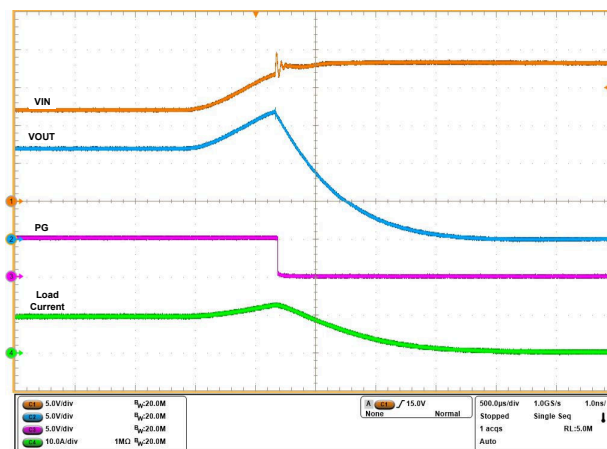
按照以下说明执行过压保护测试：

1. 将输入电源电压  $V_{IN}$  设置为 12V，将电流限制设置为 100A。在  $V_{IN}$  (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间施加电源并启用电源。
2. 在  $V_{OUT}$  (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间施加  $1.2\Omega$  的负载。
3. 将输入电源  $V_{IN}$  从 12V 增加到 18V，并使用示波器观察波形。

图 5-10 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上的 TPS25984 电子保险丝的过压锁定响应。

### 备注

在过压保护测试期间，必须移除输入 TVS 二极管。确保在本实验之后将该二极管放回。



$V_{IN}$  从 12V 增大至 18V,  $C_{OUT} = 470\mu F$ ,  $R_{LOAD} = 1.2\Omega$

图 5-10. TPS25984 电子保险丝的过压锁定响应

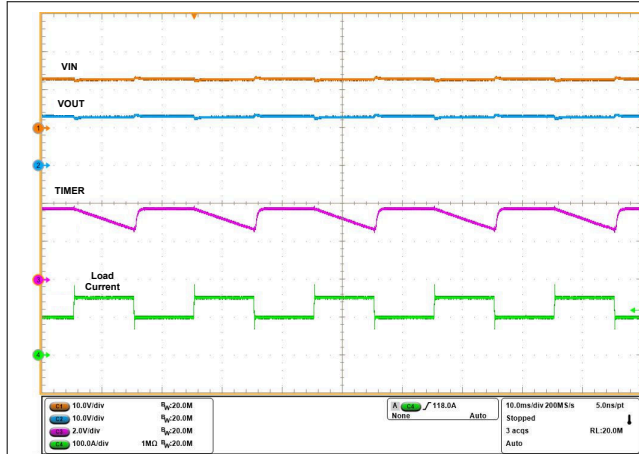
## 5.6 瞬态过载性能

按照以下说明观察瞬态过载性能：

1. 根据表 4-3 将跳线 J3 置于合适的位置，获得所需的过流消隐期 ( $t_{TIMER}$ )。

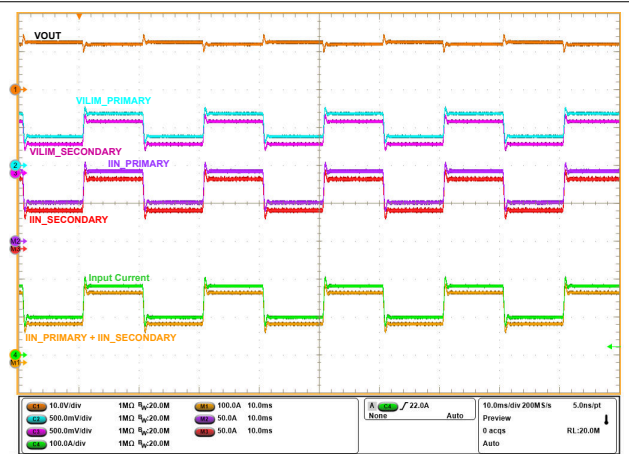
- 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压，如表 4-3 所述。
- 根据表 4-3 将跳线 J4 置于合适的位置，以设置所需的断路器阈值 ( $I_{OCP}$ )。
- 在 VOUT (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接电子负载 (能够施加高达 200A 的负载瞬态) 并将负载保持禁用状态。
- 将输入电源电压 VIN 设置为 12V，将电流限制设置为 200 A。
- 在 VIN (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接电源并启用电源。
- 现在使用  $I_{OCP} < I_{LOAD} < 2 \times I_{OCP}$  范围内的电子负载施加过载，持续时间小于  $t_{TIMER}$ ，该时间使用跳线 J3 来确定。
- 使用示波器观察波形。

图 5-11 和图 5-12 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上的 TPS25984 电子保险丝瞬态过载性能，其中两个 (2) 个器件并联。



$V_{IN} = 12V$ ,  $C_{TIMER} = 22nF$ ,  $C_{OUT} = 470 \mu F$ ,  $R_{IMON} = 1.1 // 1.1k \Omega$ ,  $R_{REF} = 40.2k \Omega$ ,  $I_{OUT}$  在 10ms 内从 100A 增大至 175A，然后减小至 100A

图 5-11. TPS25984 电子保险丝的瞬态过载性能



$V_{IN} = 12V$ ,  $C_{TIMER} = 22nF$ ,  $C_{OUT} = 470 \mu F$ ,  $R_{IMON} = 1.1 // 1.1k \Omega$ ,  $R_{REF} = 40.2k \Omega$ ,  $I_{OUT}$  在 10ms 内从 98A 增大至 180A，然后减小至 98A

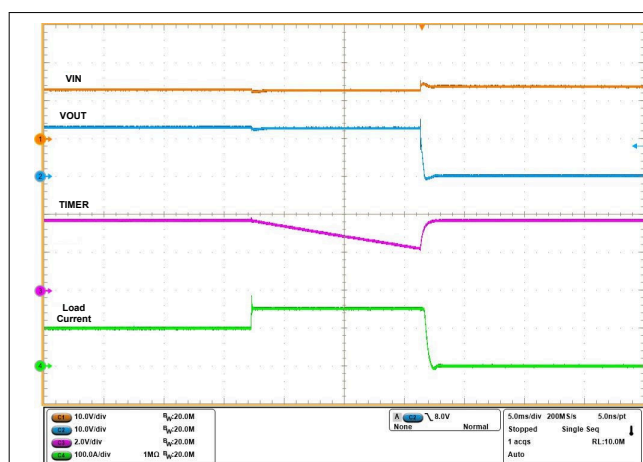
图 5-12. TPS25984EVM 的瞬态过载性能：两个 (2) 个电子保险丝之间的电流共享

## 5.7 过流事件

按照以下说明在 TPS25984 电子保险丝上执行过流测试：

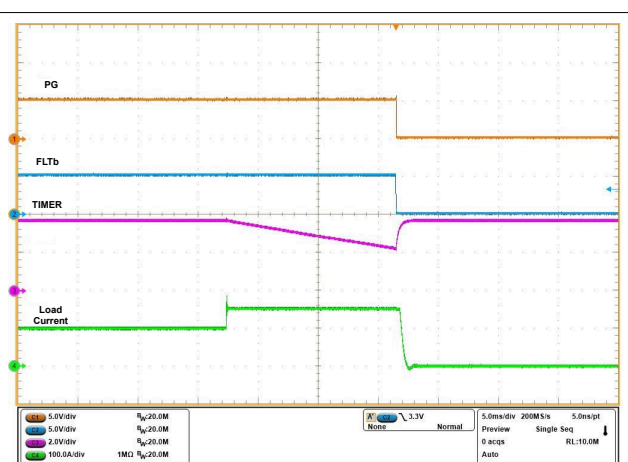
1. 根据表 4-3 将跳线 J3 置于合适的位置，获得所需的过流消隐期 ( $t_{\text{TIMER}}$ )。
2. 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压，如表 4-3 所述。
3. 根据表 4-3 将跳线 J4 置于合适的位置，以设置所需的断路器阈值 ( $I_{\text{OCP}}$ )。
4. 在 VOUT ( 连接器 T2 ) 和 PGND ( 连接器 T3 ) 之间连接电子负载 ( 能够施加高达 200A 的负载瞬态 ) 并将负载保持禁用状态。
5. 将输入电源电压 VIN 设置为 12V，将电流限制设置为 200 A。
6. 在 VIN ( 连接器 T1 ) 和 PGND ( 连接器 T3 ) 之间连接电源并启用电源。
7. 现在使用  $I_{\text{OCP}} < I_{\text{LOAD}} < 2 \times I_{\text{OCP}}$  范围内的电子负载施加过载，持续时间大于  $t_{\text{TIMER}}$ ，该时间使用跳线 J3 来确定。
8. 使用示波器观察波形。

图 5-13 和图 5-14 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上的 TPS25984 电子保险丝断路器响应，其中两 (2) 个器件并联。



$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ,  $C_{\text{TIMER}} = 22\text{nF}$ ,  $C_{\text{OUT}} = 470\ \mu\text{F}$ ,  $R_{\text{IMON}} = 1.1\ //\ 1.1\text{k}\ \Omega$ ,  $R_{\text{REF}} = 40.2\text{k}\ \Omega$ ,  $I_{\text{OUT}}$  从 100A 增大至 150A 并持续 20ms

图 5-13. TPS25984 电子保险丝 1 的过流性能



$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ ,  $C_{\text{TIMER}} = 22\text{nF}$ ,  $C_{\text{OUT}} = 470\ \mu\text{F}$ ,  $R_{\text{IMON}} = 1.1\ //\ 1.1\text{k}\ \Omega$ ,  $R_{\text{REF}} = 40.2\text{k}\ \Omega$ ,  $I_{\text{OUT}}$  从 100A 增大至 150A 并持续 20ms

图 5-14. TPS25984 电子保险丝 2 的过流性能

## 5.8 使用板载开关电路施加负载瞬态和过流事件

TPS25984EVM 提供了一个附加电路，以促进负载瞬态和持续过流事件。该实施由三 (3) 个低侧 MOSFET ( Q4、Q5 和 Q6 ) 和一个单稳态栅极驱动器电路 ( U4 和 U5 ) 以及六 (6) 个并联的  $1\ \Omega$  板载负载电阻器 ( R16 至 R21 ) 组成。使用单极单投 (SPST) 开关 (S1)，单脉冲栅极驱动器生成持续时间为 1ms、2ms、5ms、10ms 和 20ms 的栅极信号。通过执行此操作，低侧 MOSFET ( Q4、Q5 和 Q6 ) 在特定的持续时间内导通，除了稳态负载外，还会产生负载瞬态。使用此板载开关电路，按照以下说明应用负载瞬态或持续过流事件：

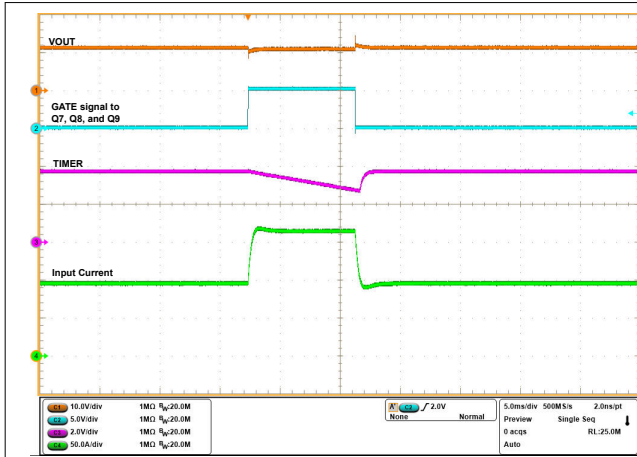
1. 根据表 4-3 将跳线 J3 置于合适的位置，获得所需的过流消隐期 ( $t_{\text{TIMER}}$ )。
2. 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压，如表 4-3 所述。
3. 根据表 4-3 将跳线 J4 置于可接受的位置，设置所需的断路器阈值 ( $I_{\text{OCP}}$ )。
4. 将输入电源电压设置为 12V，将电流限制设置为 200A。
5. 在 VIN ( 连接器 T1 ) 和 PGND ( 连接器 T3 ) 之间连接电源，然后启用电源。
6. 在 VOUT ( 连接器 T2 ) 和 PGND ( 连接器 T3 ) 之间施加稳态负载。
7. 使用单极单投 (SPST) 开关 (S1) 配置瞬态负载导通持续时间。
8. 按下开关 SW3 以打开 Q5、Q6 和 Q7 MOSFET，这会在 VOUT 和 PGND 之间产生 72A ( 典型值 ) 的负载瞬态，输出为 12V。
9. 使用示波器观察 VOUT (TP6)、MOSFET GATE (J9) 和输入电流的波形。

另一种选择是使用 TP26 和 TP27 之间连接的外部函数发生器应用自定义负载瞬态，并将跳线 J9 的分流器设置为“2-3”。

**小心**

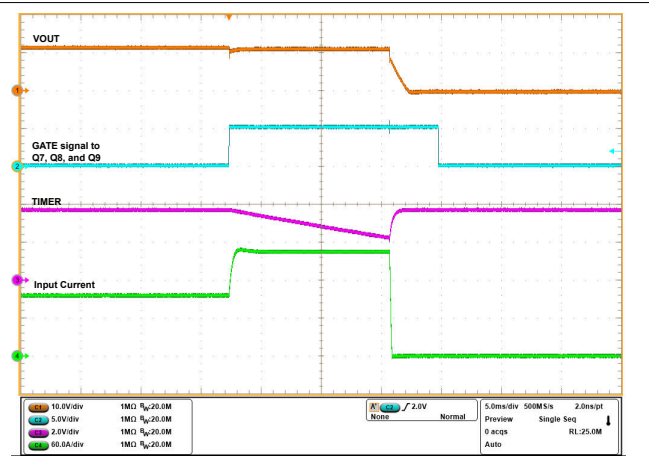
在这种情况下，请确保将瞬态负载电流幅度限制在安全水平，以根据负载电阻器 ( R16 至 R21 ) 的最大允许峰值脉冲功率与脉冲持续时间关系图可靠运行。

图 5-15 和图 5-16 分别展示了使用板载开关电路时瞬态过载和持续过载事件的测试波形。



$V_{IN} = 12V$ ,  $C_{TIMER} = 22nF$ ,  $C_{OUT} = 470 \mu F$ ,  $R_{IMON} = 1.1 // 1.1k \Omega$ ,  $R_{IREF} = 40.2k \Omega$ ,  $I_{OUT(Steady-State)} = 100A$ ,  
 $I_{OUT(Transient)} = 69A$  并持续 9ms

图 5-15. 使用板载开关电路时 TPS25984EVM 的瞬态过载性能



$V_{IN} = 12V$ ,  $C_{TIMER} = 22nF$ ,  $C_{OUT} = 470 \mu F$ ,  $R_{IMON} = 1.1 // 1.1k \Omega$ ,  $R_{IREF} = 40.2k \Omega$ ,  $I_{OUT(Steady-State)} = 100A$ ,  
 $I_{OUT(Transient)} = 69A$  并持续 18ms

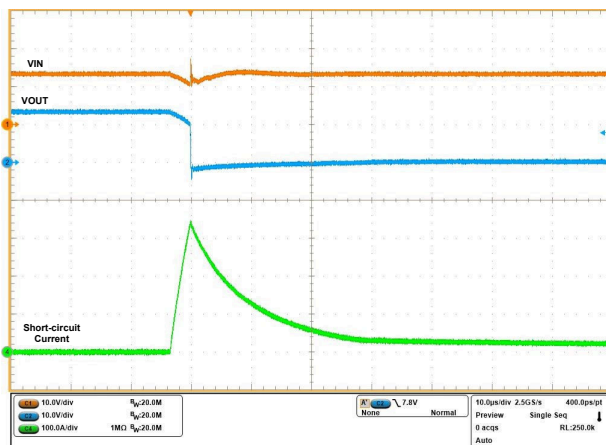
图 5-16. 使用板载开关电路的 TPS25984EVM 的持续过载性能

## 5.9 输出热短路

按照以下说明执行输出热短路测试：

1. 将输入电源电压  $V_{IN}$  设置为 12V，并在  $V_{IN}$  (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接电源。
2. 打开电源。
3. 例如，通过一根较短的电缆将器件的输出端  $V_{OUT}$  (连接器 T2) 与 PGND (连接器 T3) 短接，这足以插入 150A 电流探头。
4. 使用示波器观察波形。

图 5-17 展示了 TPS25984EVM 上的输出热短路测试波形，其中两 (2) 个 TPS25984 电子保险丝并联。



$V_{IN} = 12V$ ,  $R_{IMON} = 1.1 \parallel 1.1k\Omega$ ,  $R_{IREF} = 40.2k\Omega$ ,  $C_{OUT} = 10\mu F$

图 5-17. TPS25984 电子保险丝的输出热短路响应

确保有足够的输入电容器来消除输入端的电压突降。最好结合电解电容器和陶瓷电容器。使用这些电容器，可以在短路期间在短时间内提供大电流。

### 备注

获得可重复和相似的短路测试结果非常困难。以下因素会导致结果的变化：

- 源旁路
- 输入引线
- 电路板布局布线
- 组件选择
- 输出短路方法
- 短路的相对位置
- 仪表

实际短路呈现出一定程度的随机性，因为短路在微观上会弹跳和形成电弧。确保使用适当的配置和方法来获得真实的结果。因此，不要期望看到与本用户指南中的波形完全相同的波形，因为每个设置都不同。

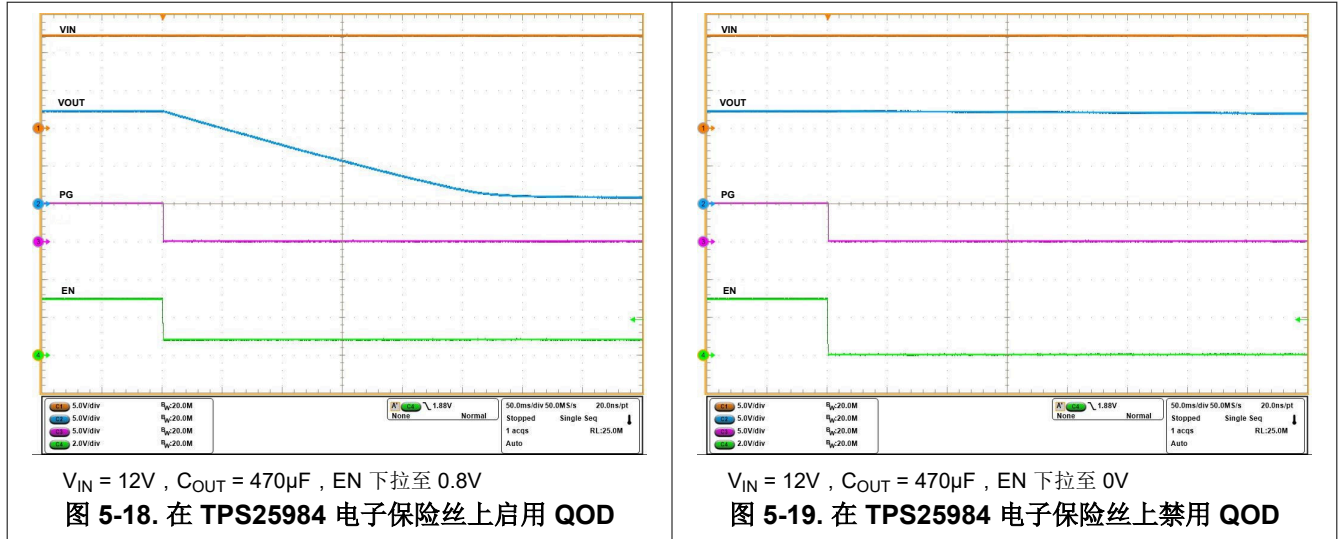


## 5.10 快速输出放电 ( QOD )

按照以下说明观察快速输出放电 ( QOD ) 功能：

1. 将输入电源电压  $V_{IN}$  设置为 12V，将电流限值设置为 10A。打开电源。
2. 使用开关 SW1 将 EN/UVLO 引脚接地以执行下电上电。
3. 使用开关 SW2 通过使 EN/UVLO 引脚上的电压处于 0.8V 至 1.1V 范围内并使输入电压处于 9.8V 至 13.5V 范围内来启用 QOD。
4. 使用示波器观察  $V_{IN}$  (TP5)、 $V_{OUT}$  (TP6)、PG (TP20) 和 EN (TP22) 的波形。

图 5-18 展示了启用 QOD 时 TPS25984 电子保险丝的关断性能，而图 5-19 展示了 TPS25984EVM 电子保险丝评估板上禁用 QOD 时的关断性能。



## 5.11 TPS25984EVM 的热性能

按照以下说明评估 TPS25984EVM 的热性能：

1. 将跳线 J6 位置配置为过流保护和有源电流共享所需的基准电压 ( $V_{IREF}$ )，如表 4-3 所述。本实验选择跳线 J6 的“3-4”位置，使  $V_{IREF}$  为 1V (典型值)。
2. 根据表 4-3 将跳线 J4 置于合适的位置，以设置所需的断路器阈值 ( $I_{OCP}$ )。本实验选择跳线 J4 的“1-2”位置，这使得  $I_{OCP}$  为 120A (典型值)， $V_{IREF}$  为 1V (典型值)。
3. 将输入电源电压  $V_{IN}$  设置为 12V，将电流限制设置为 115 A。
4. 在  $V_{IN}$  (连接器 T1) 和 PGND (连接器 T3) 之间连接电源并启用电源。
5. 现在在  $V_{OUT}$  (连接器 T2) 和 PGND (连接器 T3) 之间施加 110 A (直流) 负载半小时或更长时间，以达到热平衡点。
6. 使用数字万用表捕获 EVM 的热像图或监测 TEMP (TP12) 引脚的电压。TEMP ( $V_{TEMP}$ ) 引脚上的电压报告两个 TPS25984 电子保险丝之间的最高芯片温度，可使用方程式 1 获得。

$$T_J(^{\circ}C) = \left[ 25 + \left\{ \frac{V_{TEMP}(mV) - 677.6}{2.72 (mV/^{\circ}C)} \right\} \right] \quad (1)$$



$V_{IN} = 12V$  ,  $I_{OUT} = 110A$  ,  $T_A = 25^\circ C$  , 无外部气流

图 5-20. TPS25984EVM 的热性能

图 5-20 展示了 TPS25984EVM 与两 (2) 个 TPS25984 电子保险丝并联时的热性能。

## 6 评估板装配图和布局指南

### 6.1 PCB 图

图 6-1 和图 6-2 展示了 EVM 的元件放置方式。在图 6-3 至图 6-10 中可以找到 TPS25984EVM PCB 层的图形表示。

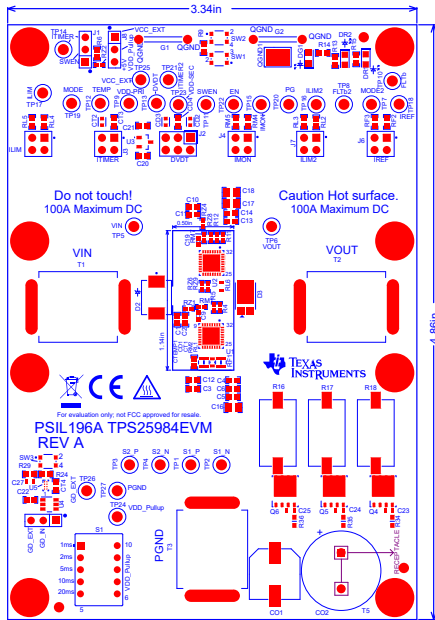


图 6-1. TPS25984EVM 电路板：顶层装配图

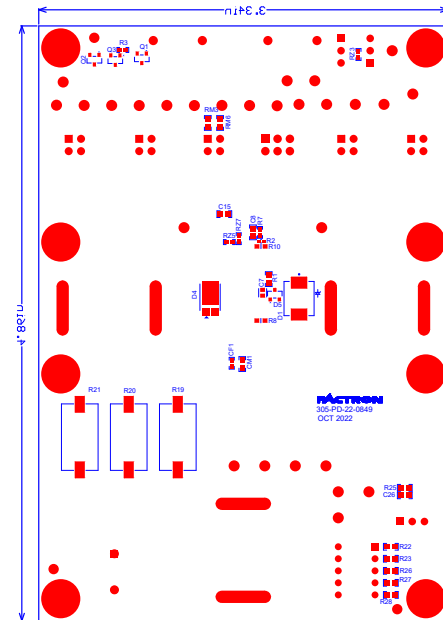


图 6-2. TPS25984EVM 电路板：底层装配图

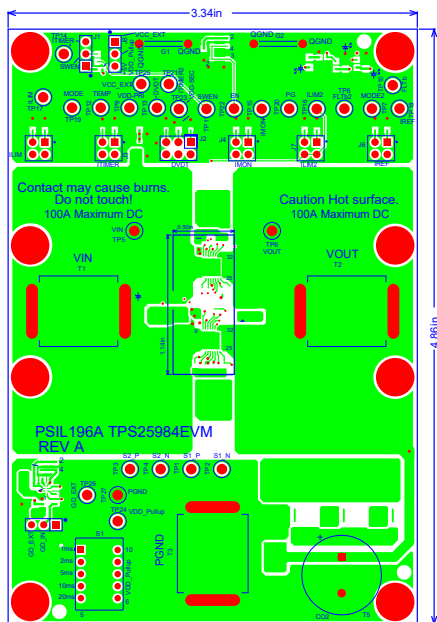


图 6-3. TPS25984EVM 电路板：顶层

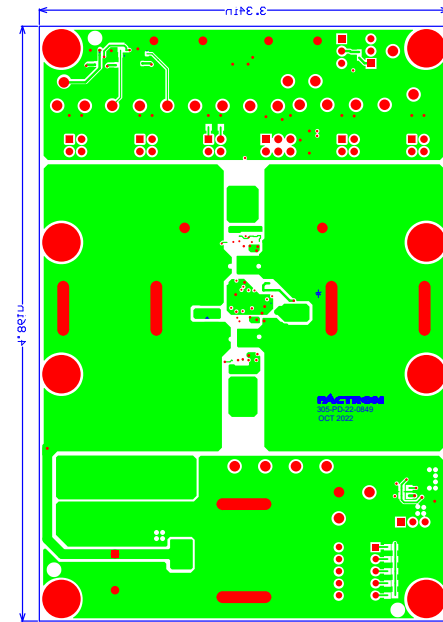


图 6-4. TPS25984EVM 电路板：底层

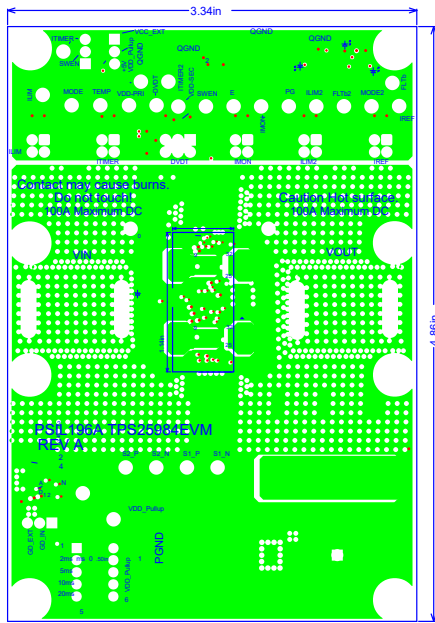


图 6-5. TPS25984EVM 电路板：第 2 层 (电源)

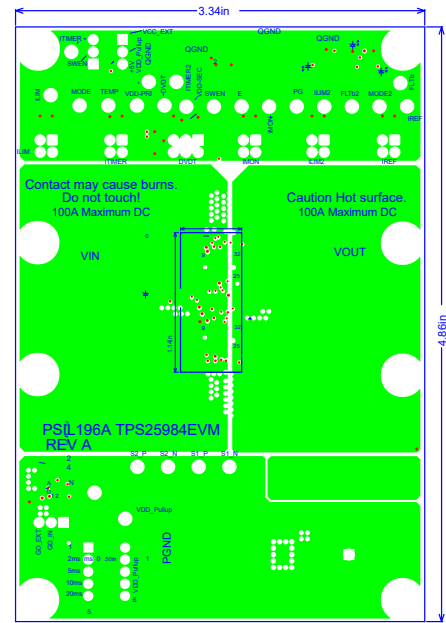


图 6-6. TPS25984EVM 电路板：第 3 层 (电源)

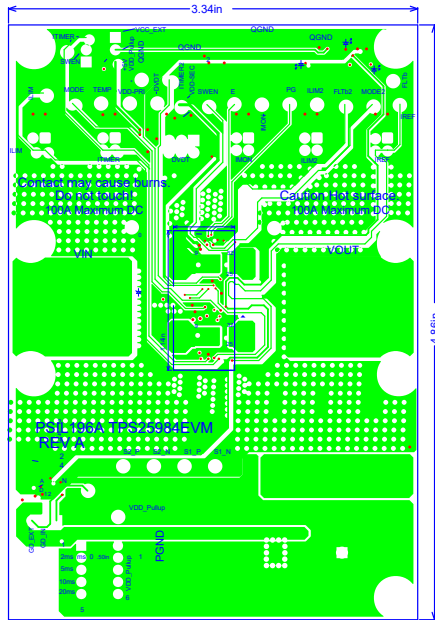


图 6-7. TPS25984EVM 电路板：第 4 层 (信号)

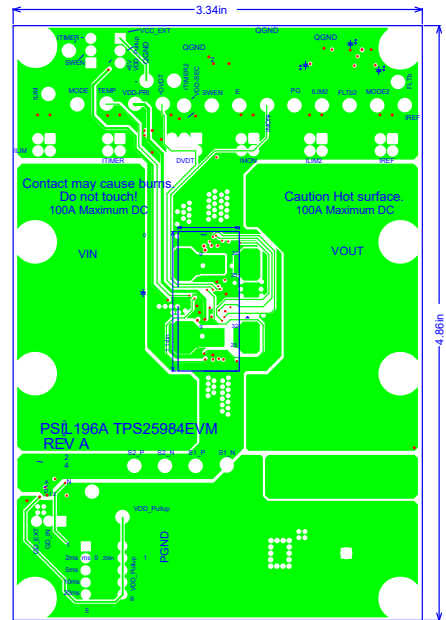


图 6-8. TPS25984EVM 电路板：第 5 层 (信号)

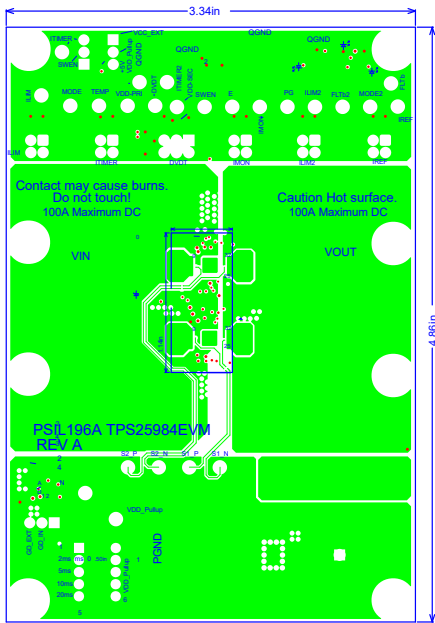


图 6-9. TPS25984EVM 电路板：第 6 层 (电源)

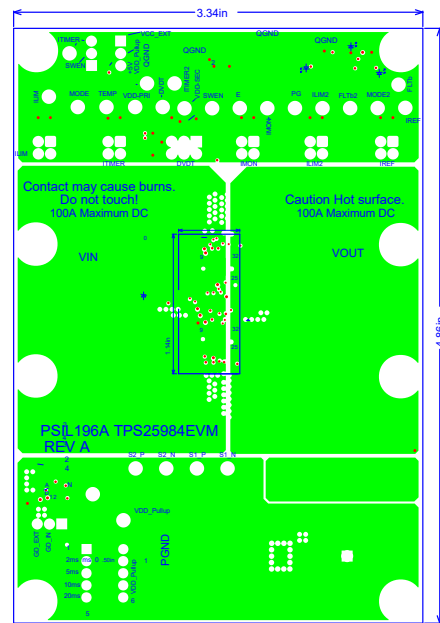


图 6-10. TPS25984EVM 电路板：第 7 层 (电源)

备注

模拟信号网 (如 IREF、IMON 和 TEMP) 的布线必须尽可能远离电源网 (如 VIN、VOUT 和 PGND)。

## 7 物料清单 (BOM)

表 7-1 列出了 EVM BOM

表 7-1. TPS25984EVM 物料清单

位号	数量	值	说明	封装尺寸	器件型号	制造商	说明
IPCB1	1		印刷电路板		PSIL196	不限	
C1、C3、C6、C10、C12、C14	6	1uF	电容, 陶瓷, 1μF, 35V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C1608X7R1V105K080AC	TDK	
C2、C4、C11、C13、CT4	5	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	C0603C104K5RACAUTO	Kemet	
C5、C15	2	2.2uF	电容, 陶瓷, 2.2μF, 35V, +/-10%, X5R, 0603	0603	GRM188R6YA225KA12D	MuRata	
C7	1	47nF	陶瓷电容 0.047uF 25 V X7R 5% SMD 0603 125°C 纸质 T/R	FP-C0603C473J3 RAC7867_0603-MFG	C0603C473J3RAC7867	KEMET	
C8	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	GRM1885C1H102JA01D	MuRata	
C9、C19	2	2.2uF	电容, 陶瓷, 2.2μF, 25V, +/-10%, X7S, 0603	0603L	GRM188C71E225KE11D	MuRata	
C20、C21	2	0.1μF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	0603	06035C104KAT2A	AVX	
C22	1	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	0603	GCM188R71E105KA64D	Murata	
C23、C24、C25、C27	4	100pF	电容, 陶瓷, 100pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603S	885012006057	Wurth Elektronik	
C26	1	0.1uF	电容, 陶瓷, 0.1μF, 16V, +/-10%, X7R, 0603	0603	CL10B104KO8WPNC	Samsung Electro-Mechanics	
CD2、CT2	2	22nF	电容, 陶瓷, 22000pF, 50V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0603, 软端接, +125°C, 汽车 T/R	FP-GCJ188R71H2 23KA01D_0603-MFG	GCJ188R71H223KA01D	MuRata	
CD3	1	33nF	电容, 陶瓷, 33000pF, 50V, X7R, 10%, 焊盘 SMD, 0603, 软端接, +125°C, 汽车 T/R	FP-GCJ188R71H3 33KA12D_0603-MFG	GCJ188R71H333KA12D	MuRata	
CD4	1	3300pF	电容, 陶瓷, 3300pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	GRM1885C1H332JA01D	MuRata	
CF1	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, AEC-Q200 1 级, 0402	0402	CGA2B2C0G1H102J050BA	TDK	
CM1、CTEMP1	2	22pF	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	06035A220JAT2A	AVX	
CO1	1	470uF	电容, 铝制, 470uF, 25V, +/-20%, SMD	CAPSMT_62_JA0	EMVE250ADA471MJA0G	Chemi-Con	
CT3	1	2200pF	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603	GRM1885C1H222JA01D	MuRata	
D1、D2	2		19.9V 钳位, 150.8A Ipp, Tvs 二极管, 表面贴装, DO-214AB (SMCJ)	FP-SMDJ12A_DO 214AB-MFG	SMDJ12A	Littelfuse Inc	

表 7-1. TPS25984EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装尺寸	器件型号	制造商	说明
D3, D4	2	45 V	二极管, 超势垒整流器, 45V, 10A, PowerDI5	POWERDI5	SBR10U45SP5-13	Diodes Inc.	
D5	1		齐纳二极管, 4.7V, 250mW, ±1%, 表面贴装 TO-236AB	FP-BZX84-A4V7、215_SOT23-3-MFG	BZX84-A4V7、215	Nexperia	
DG1	1	绿色	LED, 绿色, SMD	LG_R971_Green	LG R971-KN-1	OSRAM	
DR1、DR2	2	红色	LED, 红色, SMD	LS_R976_Red	LS R976-NR-1	OSRAM	
G1、G2	2		1 mm 非绝缘短路插头, 10.16mm 间距, TH	Harwin_D3082-05	D3082-05	Harwin	
H1、H2、H3、H4、H9、H10、H11、H12	8		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	NY PMS 440 0025 PH	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply	
H5、H6、H7、H8、H13、H14、H15、H16	8		六角螺栓, 0.5"L #4-40, 尼龙	Keystone_1902 C	1902C	Keystone	
J1、J8、J9	3		接头, 100mil, 3x1, 锡, TH	CONN_PEC03 SAAN	PEC03SAAN	Sullins Connector Solutions	
J2	1		接头, 100mil, 3x2, 锡, TH	SULLINS_PEC03DAAN	PEC03DAAN	Sullins Connector Solutions	
J3、J4、J5、J6、J7	5			FP-PEC02DABN_HDR4-MFG	PEC02DABN	Sullins Connector Solutions	
Q1、Q2、Q3	3		N 沟道 30V 3.16A (Ta) 750mW (Ta) 表面贴装 SOT-23-3 (TO-236)	FP-SI2306BDS-T1-GE3_SOT23-3-MFG	SI2306BDS-T1-GE3	Vishay Siliconix	
Q4、Q5、Q6	3	40V	MOSFET, N 沟道, 40V, 42A, DNK0008A (VSON-CLIP-8)	DNK0008A	CSD18510Q5B	德州仪器 (TI)	
QGND1	1		测试点, 紧凑型, SMT	Testpoint_Keystone_Compact	5016	Keystone	
R1	1	100k	电阻, 10.0kΩ, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07100KL	Yageo	
R2	1	1.0Meg	电阻, 1.0M, 5%, 0.063W, 0402	0402L	CRCW04021M00JNED	Vishay-Dale	
R3、R4、R5	3	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-0710KL	Yageo America	
R6、R27	2	100k	电阻, 100kΩ, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	0603	CRCW0603100KFKEA	Vishay-Dale	
R7	1	330k	电阻, 330k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402330KFKED	威世达勒	
R8、R10、R34、R35、R36	5	10	电阻通用厚膜 0603 10Ω 5% 1/10W ±200ppm/°C 模制 SMD Paper T/R	FP-RC0603JR-0710RL_0603-MFG	RC0603JR-0710RL	Yageo	
R9	1	121k	电阻, 121k, 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07121KL	Yageo	
R13、R14、R15	3	470	电阻, 470, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-07470RL	Yageo	

表 7-1. TPS25984EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装尺寸	器件型号	制造商	说明
R16、R17、R18、 R19、R20、R21	6	1	电阻线绕 1Ω 5% 5W ±200ppm/°C 模制 SMD T/R	FP- SMW51R0JT_ 5329-IPC_C	SMW51R0JT	TE Connectivity	
R22	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW060310K0FKEA	Vishay-Dale	
R23	1	20.0k	电阻, 20.0k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW060320K0FKEA	Vishay-Dale	
R25、R29	2	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-0710KL	Yageo	
R26	1	49.9k	电阻, 49.9k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW060349K9FKEA	Vishay-Dale	
R28	1	200k	电阻, 200k, 1%, 0.1W, 0603	0603	CRCW0603200KFKEA	Vishay-Dale	
RF2	1	31.6k	电阻, 31.6k, 0.5%, 0.1W, 0603	0603	RT0603DRE0731K6L	Yageo America	
RF3	1	40.2k	电阻, 40.2k, 0.5%, 0.1W, 0603	0603	RT0603DRE0740K2L	Yageo America	
RL2、RL4	2	340	电阻, 340, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD07340RL	Yageo America	
RL3、RL5	2	576	电阻, 576, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD07576RL	Yageo America	
RM3、RM4	2	909	电阻, 909, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD07909RL	Yageo America	
RM5、RM6	2	1.58k	电阻, 1.58k, 0.1%, 0.1W, 0603	0603	RT0603BRD071K58L	Yageo America	
RM7	1	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	
RZ1、RZ2、RZ4、 RZ5、RZ6、RZ7、 RZ8、RZ9	8	0Ω	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	
S1	1		开关, SPST 5Pos, 摇杆, TH	SW_76SB05	76SB05ST	Grayhill	
SH1、SH2、SH3、 SH4、SH5、SH6、 SH7、SH8、SH9	9		分流器, 2.54mm, 金, 蓝色	Wurth_609002 13621	60900213621	Wurth Elektronik	
SW1、SW2、SW3	3		触控开关 SPST-NO 顶部驱动表面贴装	FP- PTS830GM140 SMTRLFS_SM T_3MM05_2M M6-MFG	PTS830GM140SMTRLFS	C&K Components	
T1、T2、T3	3		1/0 AWG 高 AMP PCB 接线片 1/0-8 AWG	FP-B1-0-PCB- L_WIRE_LUG_ 150A_1-0AWG -MFG	B1/0-PCB-L	INTERNATIONAL HYDRAULICS	
T4、T5	2		连接器, 插座, 引脚, TH	CONN_ 0300-2-15-01-4 7-01-10-0	0300-2-15-01-47-01-10-0	Mill-Max	



表 7-1. TPS25984EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装尺寸	器件型号	制造商	说明
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14、TP15、TP16、TP17、TP18、TP19、TP20、TP21、TP22、TP23、TP24、TP25、TP26	26		测试点, 通用, 绿色, TH	Keystone5126	5126	Keystone	
TP27	1		测试点, 通用, 黑色, TH	Keystone5011	5011	Keystone Electronics	
U1, U2	2		具有准确、快速电流监测器、采用 QFN32 封装的 4.5V 至 16V、0.8mΩ、50A 可并联电子保险丝	0-MFG	TPS25984	德州仪器 (TI)	
U3	1		100mA, 30V, 固定输出, 线性电压稳压器, DBZ0003A (SOT-23-3)	DBZ0003A_N	TLV76050DBZR	德州仪器 (TI)	
U4	1		具有 5V 负输入电压处理能力的单通道高速低侧栅极驱动器, DBV0006A (SOT-23-6)	DBV0006A_N	UCC27511AQDBVRQ1	德州仪器 (TI)	
U5	1		具有施密特触发器输入的单路可再触发单稳态多谐振荡器, YZP0008ADAD, LARGE T&R	YZP0008ADAD	SN74LVC1G123YZPR	德州仪器 (TI)	
C16、C17、C18	0	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 35V, +/-10%, X7R, 0805	0805_HV	GMK212B7105KG-T	Taiyo Yuden	DNL
CD1	0	3300pF	电容, 陶瓷, 3300pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603S	GRM1885C1H332JA01D	MuRata	DNL
CO2	0	4700uF	电容, 铝制, 4700uF, 25V, +/-20%, TH	KMQ_1600x2500	EKMQ250EIV472ML25S	Chemi-Con	DNL
CT1	0	2200pF	电容, 陶瓷, 2200pF, 50V, +/-5%, C0G/NP0, 0603	0603S	GRM1885C1H222JA01D	MuRata	DNL
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	Fiducial6.4-20	不适用	不适用	DNL
R11、R12	0	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-0710KL	Yageo America	DNL
R24	0	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, 0603	0603	RC0603JR-0710KL	Yageo	DNL
RF1	0	40.2k	电阻, 40.2k, 0.5%, 0.1W, 0603	0603S	RT0603DRE0740K2L	Yageo America	DNL
RL1、RL6	0	402	电阻, 402, 0.1%, 0.1W, 0603	0603S	RT0603BRD07402RL	Yageo America	DNL
RM1	0	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	DNL
RM2	0	1.1k	1.1kΩ ±0.1% 0.1W, 1/10W 片上电阻 0603 (公制 1608), 抗硫化, 汽车 AEC-Q200, 防潮薄膜	FP-TNPW06031K10BYEN_0603-MFG	TNPW06031K10BYEN	Vishay	DNL
RZ3	0	0	电阻, 0, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	DNL

## 8 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 * (July 2023) to Revision A (November 2023)</b>	<b>Page</b>
• 首次公开发布.....	<a href="#">1</a>

## 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