参考文献

EVM User's Guide: TPS1689EVM

TPS1689 电子保险丝评估模块

说明

TPS1689EVM 用于评估 TPS1689 电子保险丝器件的性能。TPS1689EVM 配置了 1 个 TPS16890 电子保险丝和 1 个 TPS16851，两者并联，能评估 54V（典型值）和 40A（稳态）设计。此评估模块集成了 1 个 TPS16890 器件和 1 个 TPS16851，两者并联，支持在 48V 输入电压下进行 2kW 输入电源路径保护设计。TPS1689EVM 通过使用 USB-TO-GPIO2 USB 接口适配器评估模块与 TPS1689EVM-GUI 进行通信，从而实现对 TPS1689 电子保险丝的评估。

特性

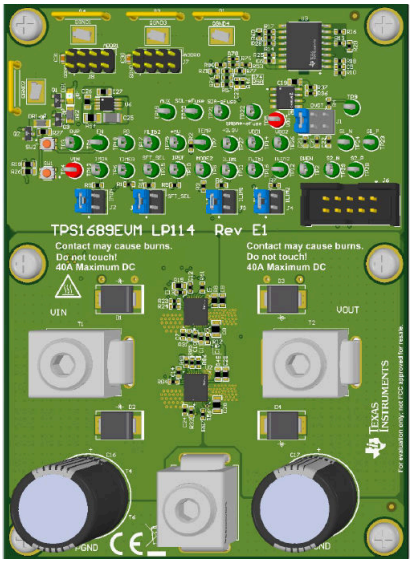
TPS1689EVM 配置了一个 TPS16890 电子保险丝和一个 TPS16851 电子保险丝，两者并联，能评估 54V（典型值）和 40A（稳态）设计。TPS1689EVM 电子保险丝评估板的一般特性包括：

- 40V 至 54V（典型值）工作电压
- 使用板载跳线时的 25A 至 44A 可编程断路器阈值
- 用于过流、短路保护和有源电流共享块的可调节基准电压 (V_{IREF})，通过 VIREF (32h) 寄存器实现
- 硬件和固件具有可调节输出电压压摆率控制
- 固件中有可调节瞬态电流消隐计时器，通过 OC_TIMER (14h) 寄存器实现
- 使用板载跳线时的可调有源电流共享阈值
- 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
- 表示电源正常和故障状态的 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 EN/UVLO 引脚）
- 与 TPS1689EVM-GUI 连接的 PMBus 接口（使用 USB-TO-GPIO2 USB 接口适配器评估模块）
- 可选择将外部 EEPROM 与 TPS1689 连接，以实现电子保险丝的各种配置和黑盒故障记录

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
- 交换机和路由器



English Document: SLVUD44

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

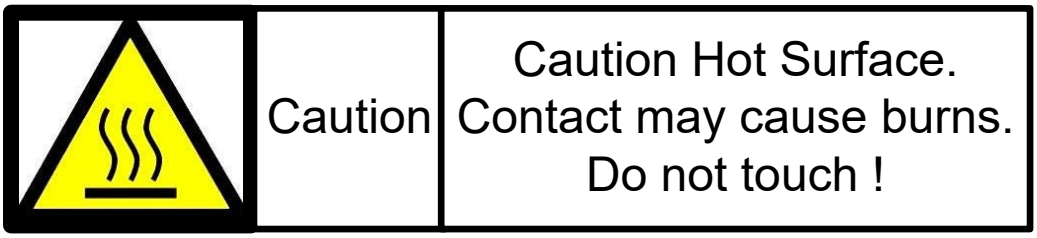
1 评估模块概述

1.1 简介

TPS1689EVM 电子保险丝评估板可对德州仪器 (TI) TPS1689 电子保险丝进行基准电路评估。TPS1689 器件是一款 9V 至 80V、20A 可堆叠电子保险丝，配置了一个 PMBus 接口， 能进行精确数字遥测、控制、配置和调试。该器件提供准确快速的负载电流监测输出，有助于 Intel PSYS 和 PROCHOT 实施。该电子保险丝通过在启动和稳态期间主动同步器件状态和共享负载，支持与多个 TPS1685 电子保险丝并联，从而实现更高电流的设计。TPS1689 电子保险丝配置了集成式 FET，该 FET 具有 3.65mΩ 的超低导通电阻、可调节且稳健的过流和短路保护、快速过压保护、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，从而验证 FET 安全工作区（SOA）。TPS1689 电子保险丝还具有可调节过流瞬态消隐计时器（支持负载瞬态）、可调节欠压保护、集成式 FET 运行状况监测和报告、模拟裸片温度监测输出以及专用故障和电源正常指示引脚。

备注

TPS1689EVM-GUI 可用于访问 TPS1689 评估模块 GUI。



小心

请勿在无人照看的情况下使该 EVM 通电

警告

信号布线、元件和元件引线位于电路模块的底部。因此，可能存在表面带电、高温或边缘锋利的情况。在操作电路板时，请勿触摸底部。

小心

EVM 上的通信接口未进行隔离。请确保计算机和 EVM 之间不存在接地电位。请注意，计算机以 EVM 的接地电位为基准。

1.2 套件内容

条目	说明	数量
TPS1689EVM	TPS1689 电子保险丝评估模块	1

1.3 规格

表 1-1. TPS1689EVM 设计规格

参数	值
输入电压范围 (V_{IN})	40V 至 60V
最大 RMS 负载电流 ($I_{OUT(max)}$)	40A
过流保护阈值 (I_{TRIP})	44A
在 PG 置位之前所有负载是否都关闭？	否
最高环境温度	70°C
瞬态过载消隐计时器	2.1ms
输出电压压摆率	0.5V/ms
是否需要承受输出端*热短路*情况？	是

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 1-1. TPS1689EVM 设计规格（续）

参数	值
是否需要承受*上电至短路*情况？	是
是否可以热插拔电路板或对电路板进行下电上电？	是
是否需要负载电流监测？	是
故障响应	闭锁
最大输出电容 (C_{LOAD})	2mF

1.4 器件信息

TPS1689EVM 支持评估 TPS1689 电子保险丝。使用 USB-TO-GPIO2 USB 接口适配器评估模块，与 TPS1689EVM-GUI 进行通信，以此访问 PMBus 功能。该 EVM 具有一个 TPS16890 电子保险丝（第一器件）和一个 TPS16851 电子保险丝（第二器件），两者并联，能评估 40A 热插拔设计的性能。

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 5-1 中的原理图和图 3-1 中的 EVM 测试设置。TVS 二极管 D1 和 D2 保护输入免受瞬态过压的影响。肖特基二极管 D3 和 D4 通过将 TPS1689 和 TPS1685 电子保险丝的 OUT 引脚上的负电压偏移钳制在其最小绝对额定值范围内来保护输出。

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 1-2. TPS1689EVM 电子保险丝评估板选项和设置

参数	选项和设置
V_{IN} UVLO 阈值	40V
V_{IN} OVLO 阈值	硬件中为 60V，可通过 PMBus 在 16V 至 80V 范围内进行配置，默认值为 60.1V（VIN_OV_FLT (55h) 寄存器中的 0xb1）
过流消隐计时器持续时间 (t_{TIMER})	默认设置为 2.1ms（OC_TIMER (E6h) 寄存器中的 0x14h），在 0ms 至 27.3ms 范围时可通过 PMBus 进行配置
输出电压压摆率 (dv/dt)	在硬件中可选。1V/ms，0.5V/ms 和 0.1V/ms，在标称压摆率的 25% 至 150%（通过硬件设置）范围内可通过 PMBus 进行配置，默认值为 100%（DEVICE_CONFIG (E4h) 寄存器 10:9 位中的 10b）
断路器阈值 (I_{OCP})	在硬件中可选。25A 和 44A，V_{IREF} 为 1V
TPS1689 电子保险丝 (U1) 的有源电流共享阈值	在硬件中可选。25A 和 22A 的有源电流共享阈值，V_{IREF} 为 1V
TPS1685 电子保险丝 (U2) 的浪涌电流限制和有源电流共享阈值	在硬件中可选。25A 和 22A 的有源电流共享阈值，V_{IREF} 为 1V
过流保护和有源电流共享的基准电压 (V_{IREF})	可通过 PMBus 在 0.3V 至 1.2V 范围内进行配置，默认值为 1V（VIREF (E0h) 寄存器中的 0x32h）
TPS1689 电子保险丝的 PMBus 地址	0x40h（7 位格式），ADDR0 和 ADDR1 引脚 OPEN

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

2 硬件

2.1 一般配置

2.1.1 物理访问

表 2-1 列出了 TPS1689EVM 电子保险丝评估板输入和输出连接器功能。表 2-2 和表 2-3 介绍了测试点的可用性和跳线的功能。表 2-4 总结了配置器件地址的方法。表 2-5 介绍了信号 LED 的功能。

表 2-1. 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	VOUT (+)	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 2-2. 测试点说明

测试点	标签	说明
TP1	EN	高电平有效使能输入。
TP2	SWEN	用于指示和控制电源开关开启和关闭状态的开漏信号。
TP3	OVP	过压保护引脚。
TP4	VIN	输入电压。
TP5	VOUT	输出电压。
TP6	计时器	过流消隐计时器。
TP7	TEMP	并联 TPS1689 和 TPS1685 时的最大器件裸片温度监测器模拟电压输出
TP8	MODE2	模式选择：辅助器件。
TP9	DVDT	启动输出压摆率控制。
TP10	IREF	过流和电流的基准电压；短路保护以及有源电流共享块。
TP11	ILIM1	稳态下的单独电子保险丝电流监测器和有源电流共享阈值：主器件。
TP12	ILIM2	稳态下的单独电子保险丝电流监测器和有源电流共享阈值：辅助器件。
TP13	IMON	稳态期间的负载电流监测器以及过流阈值和快速跳变阈值。
TP14	VDD1	控制器输入电源：主器件。
TP15	SFT_SEL	稳态期间的可扩展快速跳变阈值选择器。
TP16	FLTb1	开漏低电平有效故障指示：主器件。
TP17	FLTb2	开漏低电平有效故障指示：辅助器件。
TP18	PG	开漏高电平有效电源正常指示。
TP19	AUX	用于通过 PMBus 监测外部模拟信号的辅助 ADC 输入通道。还可用作具有内部可编程阈值的快速比较器的模拟输入。
TP20	SCL 电子保险丝	电子保险丝的 PMBus 时钟线路。
TP21	SDA 电子保险丝	电子保险丝的 PMBus 数据线路。
TP22	SMBA# 电子保险丝	SMBus™ 警报输出。
TP23	S1_P	用于测量主电子保险丝导通电阻的开尔文检测点。
TP24	S1_N	用于测量主电子保险丝导通电阻的开尔文检测点。
TP25	VDD 上拉	使用来自 VIN 的 LDO 生成的 5V 上拉电源。
TP26	VDD2	控制器输入电源：辅助器件。
TP27	+3P3V	使用来自 VIN 的 LDO 生成的 3.3V 上拉电源。
TP28	S2_P	用于测量辅助电子保险丝导通电阻的开尔文检测点。
TP29	S2_N	用于测量辅助电子保险丝导通电阻的开尔文检测点。
QGND1、QGND2、QGND3 和 QGND4	QGND	器件接地。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 2-2. 测试点说明（续）

测试点	标签	说明
G1、G2、G3 和 G4	QGND	器件接地。

表 2-3. 跳线说明和默认位置

跳线	标签	说明	默认跳线位置
J1	DVDT	1-2 位置将输出压摆率设置为 1V/ms	3-4
		3-4 位置将输出压摆率设置为 0.5V/ms	
		5-6 位置将输出压摆率设置为 0.1V/ms	
J2	IMON	1-2 位置将断路器阈值设置为 25A，V_{IREF} 为 1V	3-4
		3-4 位置将断路器阈值设置为 44A，V_{IREF} 为 1V	
J3	ILIM1	1-2 位置将有源电流共享阈值设置为 25A，V_{IREF} 为 1V；主器件	3-4
		3-4 位置将有源电流共享阈值设置为 22A，V_{IREF} 为 1V；主器件	
J4	ILIM2	1-2 位置将有源电流共享阈值设置为 25A，V_{IREF} 为 1V；主器件	3-4
		3-4 位置将有源电流共享阈值设置为 22A，V_{IREF} 为 1V；主器件	
J5	SFT_SEL	当 U2 在初级模式下使用时，1-2 位置将可扩展快速跳变阈值设置为过流阈值的 2.5 倍	3-4
		当 U2 在初级模式下使用时，3-4 位置将可扩展快速跳变阈值设置为过流阈值的 2 倍	

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 2-4. 配置器件地址

J7 (ADDR0)	J8 (ADDR1)	地址	EVM 中设置的默认地址
断开	断开	0x40	0x40
	GND（1-2 位置）	0x41	
	75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	0x42	
	150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	0x43	
	267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	0x44	
GND（1-2 位置）	断开	0x45	
	GND（1-2 位置）	0x46	
	75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	0x47	
	150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	0x48	
	267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	0x49	
75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	断开	0x4A	
	GND（1-2 位置）	0x4B	
	75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	0x4C	
	150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	0x4D	
	267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	0x4E	
150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	断开	0x50	
	GND（1-2 位置）	0x51	
	75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	0x52	
	150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	0x53	
	267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	0x54	
267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	断开	0x55	
	GND（1-2 位置）	0x56	
	75kΩ 连接至 GND（3-4 位置）	0x57	
	150kΩ 连接至 GND（5-6 位置）	0x58	
	267kΩ 连接至 GND（7-8 位置）	0x59	

表 2-5. 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

2.1.2 测试设备和设置

2.1.2.1 电源

一个可调电源，具有 0V 至 80V 输出和 0A 至 100A 输出电流限制。

2.1.2.2 仪表

两 (2) 个数字万用表 (DMM)。

2.1.2.3 示波器

DPO2024 或等效器件，具有三个 10x 电压探针和一个能够测量 150A 电流的直流电流探针。

2.1.2.4 USB 转 GPIO 接口适配器

TPS1689EVM 和主机之间需要一个通信适配器才能使用 TPS1689EVM-GUI。GUI 仅与德州仪器 (TI) USB-TO-GPIO**2** USB 接口适配器评估模块通信。可以在 USB-TO-GPIO2 评估模块 | 德州仪器 TI.com.cn 上购买该适配器。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

备注

TPS1689EVM 套件不包含该 USB-TO-GPIO2 适配器。

备注

TPS1689EVM-GUI 不与 USB-TO-GPIO USB 接口适配器 EVM 通信。

2.1.2.5 负载

一个电阻负载或等效负载，能够在 80V 电压下承受高达 100A 的直流负载。

3 实现结果

3.1 测试设置和过程

本用户指南介绍了 TPS1689 电子保险丝的测试过程。确保评估板具有如表 3-1 所示的默认跳线设置。

表 3-1. TPS1689EVM 电子保险丝评估板的默认跳线设置

J1	J2	J3	J4	J5	J7	J8
3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	断开	断开

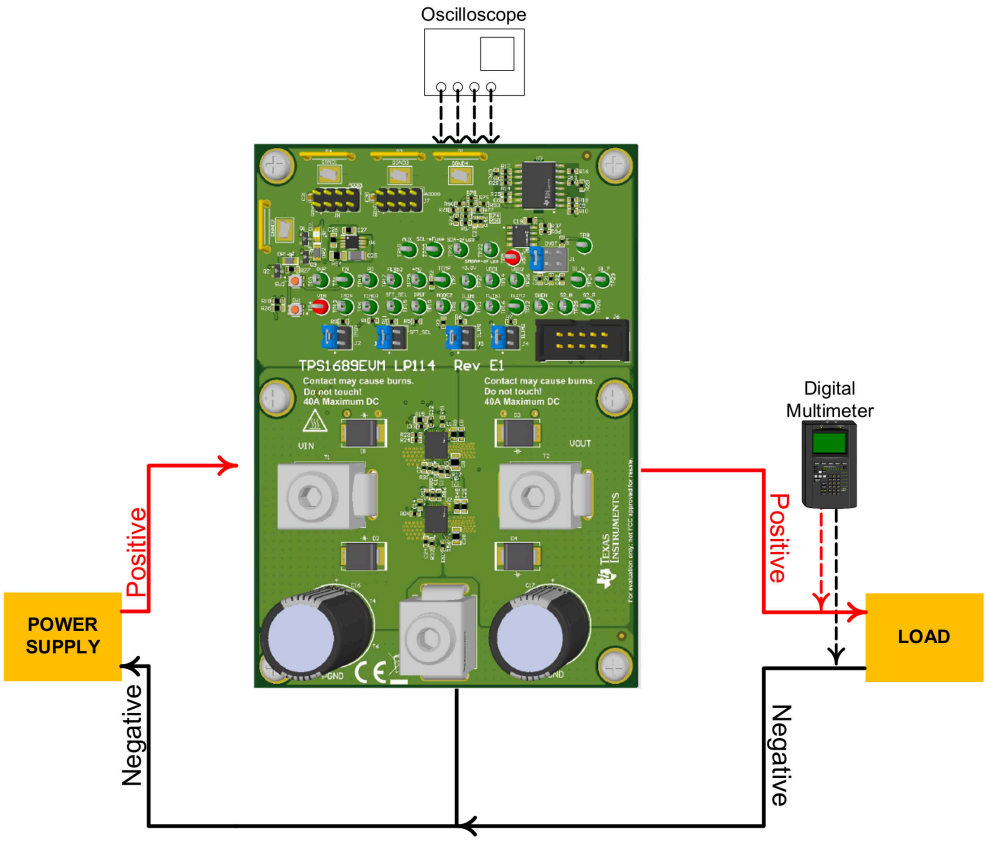


图 3-1. 带测试设备的 TPS1689EVM 设置

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 3-1 所示。
- 打开电源并将电源输出 (VIN) 设置为 54V、100A，并禁用电源输出。
- 使能电源输出，以便 EVM 获得输入电源。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

3.1.1 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 J1 位置，如跳线说明和默认位置 所详述将压摆率配置为所需启动值。
2. 在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间连接 1mF 的容性负载。
3. 将电源的负极端子连接到连接器 T3。
4. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 5A。启用电源。
5. 热插拔连接器 T1 上的电源正极端子。
6. 使用示波器观察 VOUT (TP5) 和输入电流的波形，以测量在 54V 给定输入电压下 VOUT 的压摆率和上升时间。

图 3-2 展示了在 TPS1689EVM 上捕获的热插拔事件示例。

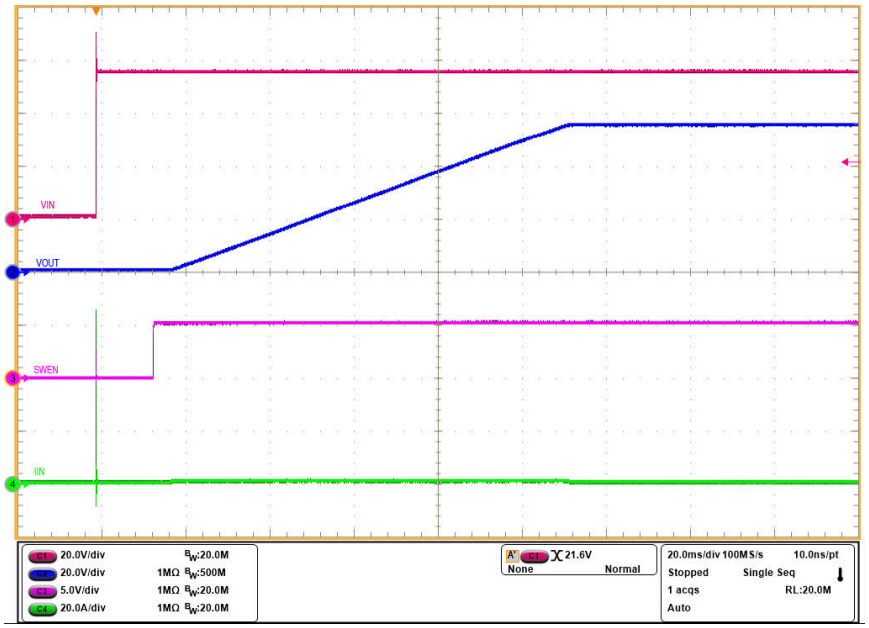


图 3-2. TPS1689EVM 热插拔曲线（V_{IN} 从 0V 升高至 54V，C_{OUT} = 1mF 且 C_{DVDT} = 100nF）

3.1.2 通过使能启动

按照以下说明通过 ENABLE 上电：

1. 在跳线 J1 位置，如跳线说明和默认位置 所述将压摆率配置为所需值。
2. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 5A。
3. 在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间连接 1mF 的容性负载。
4. 在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间连接输入电源。
5. 通过使用开关 SW1 使器件保持禁用状态来开启该电源。
6. 通过释放开关 SW1 来启用电子保险丝。
7. 使用示波器观察 VOUT (TP5) 和输入电流的波形，以测量给定输入电压为 54V 的 VOUT 的压摆率和上升时间。

图 3-3 展示了使用 两个并联器件在 ENABLE 时 TPS1689EVM 电子保险丝启动曲线。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

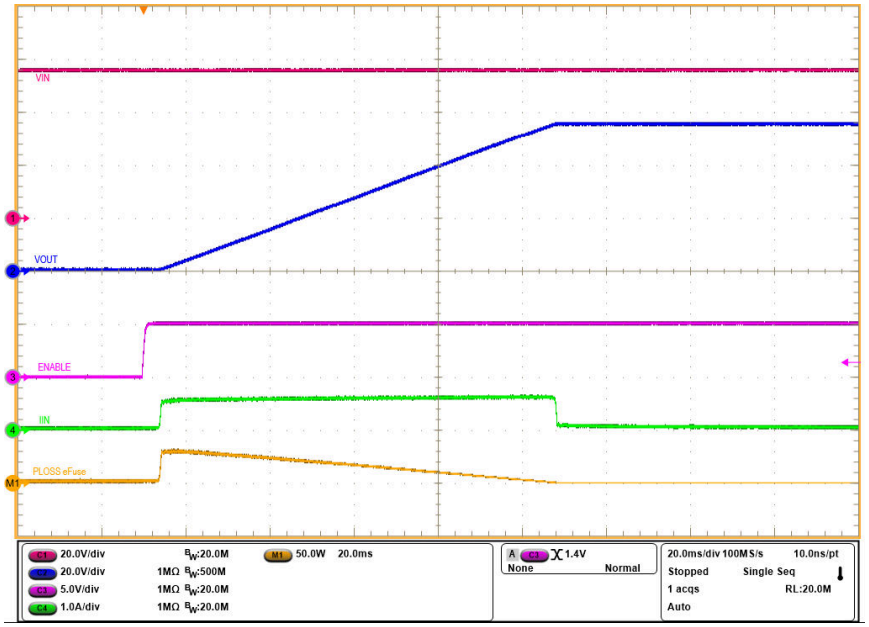


图 3-3. 使用 ENABLE 的 TPS1689EVM 启动曲线（V_{IN} = 54V，EN 从 0V 升高至 5V，C_{OUT} = 1mF 及 C_{DVDT} = 82nF）

3.1.3 上电至短路

按照以下说明执行上电至短路测试：

1. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 5A。关闭电源。在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间连接电源。
2. 将 EVM 的输出端短接至地。例如，通过一根电缆将 VOUT（连接器 T2）短接到 PGND（连接器 T3）。
3. 通过按下开关 SW1 使电子保险丝保持禁用状态。
4. 打开电源。
5. 通过释放开关 SW1 来启用 TPS1689 电子保险丝。

图 3-4 展示了 TPS1689EVM 的上电至输出短路测试波形，其中两个器件并联。

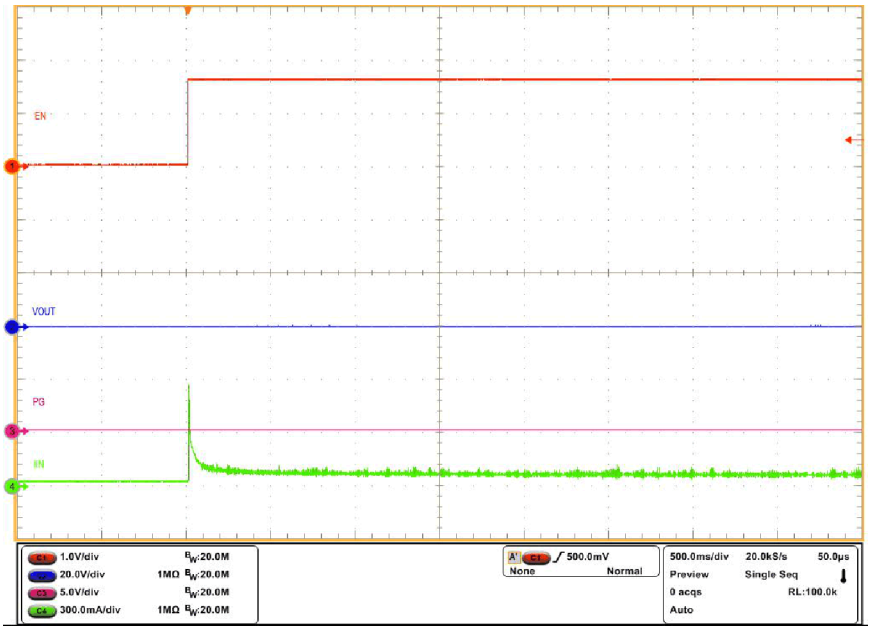


图 3-4. TPS1689EVM 的上电至输出短路响应（V_{IN} = 54V，EN 从 0V 升高至 5V，OUT 短接至 PGND）

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

3.1.4 欠压锁定

按照以下说明执行过压保护测试：

1. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 5A。在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间施加电源并启用电源。
2. 在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间施加 50Ω 的负载。
3. 将输入电源 VIN 从 54V 减小到 38V，然后再次增大至 54V，并使用示波器观察波形。

图 3-5 展示了 TPS1689EVM 上 TPS1689 电子保险丝的欠压锁定响应。

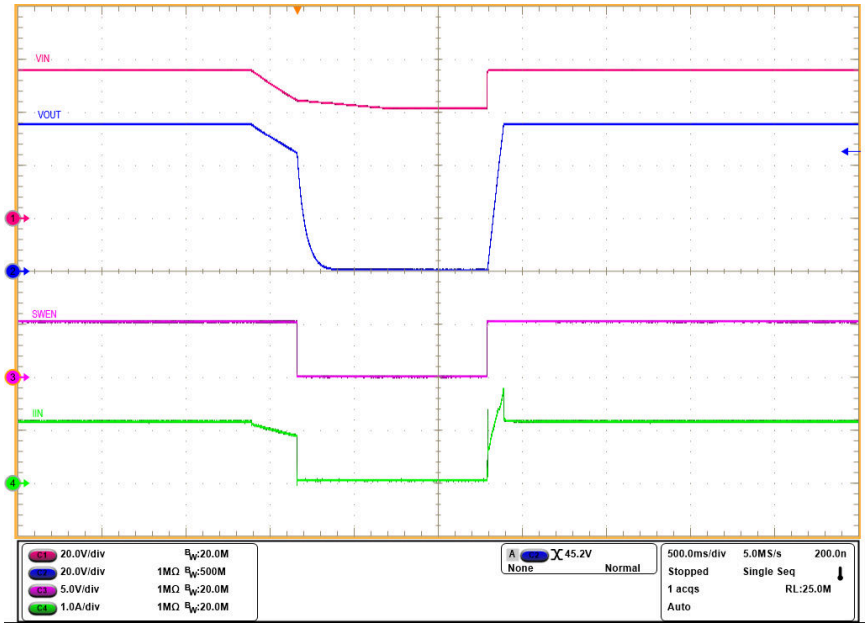


图 3-5. TPS1689 电子保险丝的欠压锁定响应（V_{IN} 从 54V 斜降至 38V 然后斜升至 54V，$V_{IN(UVP)}$=40V，C_{OUT} = 1mF 且 R_{LOAD} = 50Ω）

3.1.5 过压锁定

按照以下说明执行过压保护测试：

1. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 5A。在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间施加电源并启用电源。
2. 在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间施加 50Ω 的负载。
3. 将输入电源 VIN 从 54V 增加到 62V，然后再次减小至 54V，并使用示波器观察波形。

图 3-6 展示了 TPS1689EVM 上 TPS1689 电子保险丝的过压锁定响应。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

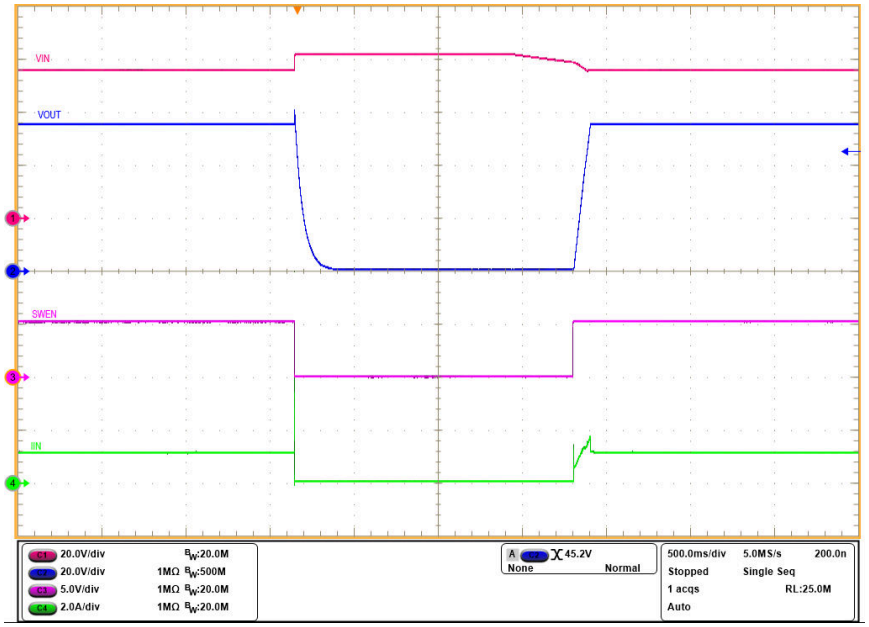


图 3-6. TPS1689 电子保险丝的过压锁定响应（V_{IN} 从 54V 斜升至 62V 然后斜降至 54V，$V_{IN(OVP)}$=60V，C_{OUT} = 1mF 及 R_{LOAD} = 50Ω）

3.1.6 过流事件

按照以下说明在 TPS1689 电子保险丝上执行持续过流测试：

1. 过流消隐计时器持续时间 (tTIMER) 默认为 2.18ms。如果需要 0ms 至 27.8ms 范围内的另一个计时器持续时间，则可以使用 OC_TIMER (E6h) 寄存器通过 PMBus 对过流消隐计时器持续时间进行编程。
2. 过流保护和有源电流共享的基准电压默认为 1V。如果需要 0.3V 至 1.2V 范围内的另一个基准电压，也可以使用 VIREF (E0h) 寄存器通过 PMBus 对基准电压进行编程。
3. 根据表 2-3 将跳线 J2 置于合适的位置，以设置所需的断路器阈值 (I_{OCP})。
4. 根据表 2-3 将跳线 J5 置于合适的位置，以设置所需的可扩展快速跳变阈值 (I_{SFT})。
5. 将输入电源电压 VIN 设置为 54V，将电流限制设置为 100A。
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. 现在在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间施加 I_{OCP} 和 I_{SFT} 范围内的过载，持续时间大于 t_{TIMER}。
8. 使用示波器观察波形。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

图 3-7 展示了 TPS1689EVM 评估板上 TPS1689 电子保险丝的断路器响应。

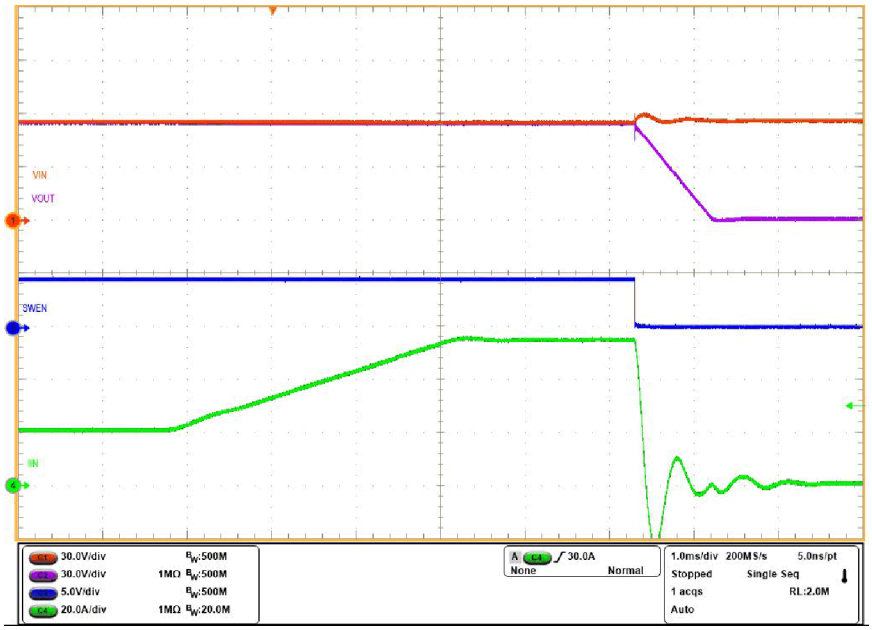


图 3-7. TPS1689 电子保险丝的持续过载性能

3.1.7 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 VIN 设置为 54V，并在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间连接电源。
2. 根据表 2-3 将跳线 J5 置于合适的位置，以设置所需的可扩展快速跳变阈值 (I_{SFT})。
3. 打开电源，为 EVM 上电。
4. 例如，通过一根短电缆将器件的输出端 VOUT（连接器 T2）短接到 PGND（连接器 T3）。
5. 使用示波器观察波形。

图 3-9 和图 3-9 展示了 TPS1689EVM 上的输出热短路测试波形。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

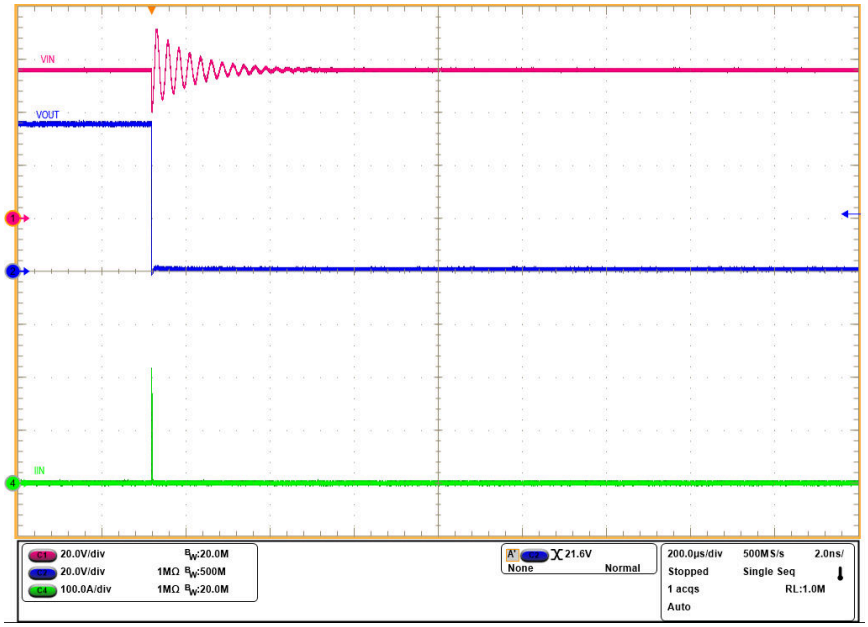


图 3-8. TPS1689EVM 中的输出热短路响应（缩小图）（V_{IN} = 54V，R_{IMON} = 1.24kΩ，R_{IREF} = 40.2kΩ，R_{SFT} = 150kΩ 及 C_{OUT} = 1mF）

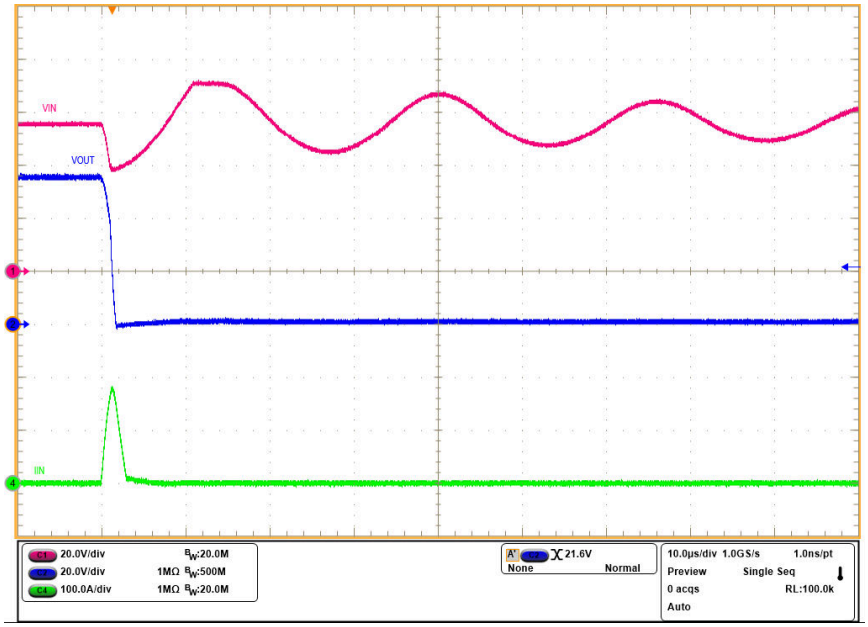


图 3-9. TPS1689EVM 中的输出热短路响应（放大图）（V_{IN} = 54V，R_{IMON} = 1.24kΩ，R_{IREF} = 40.2kΩ，R_{SFT} = 150kΩ 及 C_{OUT} = 1mF）

备注

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。

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

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 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。

3.1.8 TPS1689EVM 的热性能

按照以下说明评估 TPS1685EVM 的热性能：

1. 将输入电源电压 VIN 设置为 54V，将电流限制设置为 50A。
2. 在 VIN（连接器 T1）和 PGND（连接器 T3）之间连接电源并启用电源。
3. 现在在 VOUT（连接器 T2）和 PGND（连接器 T3）之间施加 40A（直流）负载半小时或更长时间，以达到热平衡点。
4. 使用数字万用表捕获 EVM 的热像图或监测 TEMP (TP7) 引脚的电压。TEMP (V_{TEMP}) 引脚上的电压报告两个电子保险丝之间的最高裸片温度，可使用方程式 1 获得。

$$T_J(°C) = \left[25 + \left\{\frac{V_{TEMP}(mV) - 680}{2.65\ (mV/°C)}\right\}\right] \quad (1)$$

TPS1689EVM 的热性能图如 图 3-10 所示。

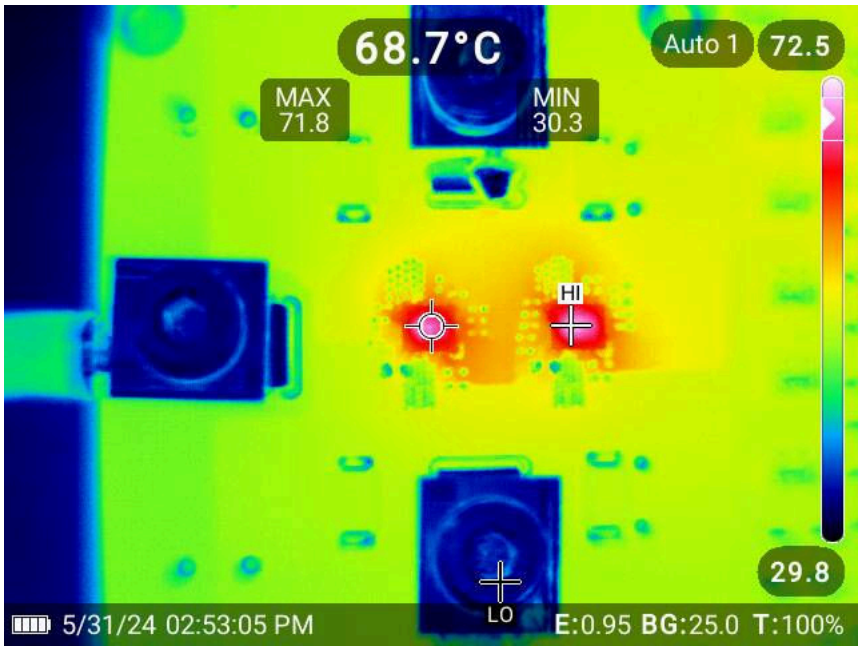


图 3-10. TPS1689EVM 的热性能（V_{IN} = 54V，I_{OUT} = 40A，T_A = 30ºC 且无外部气流）

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 使用 TPS1689EVM-GUI

4.1 访问 TPS1689EVM-GUI

首次在网络浏览器（最好是 Google Chrome™ 浏览器）中访问 TPS1689EVM-GUI 后，会显示以下弹出窗口，如图 4-1 所示。确保完成*步骤 1* 和*步骤 2*，然后点击 *FINISH* 图标。

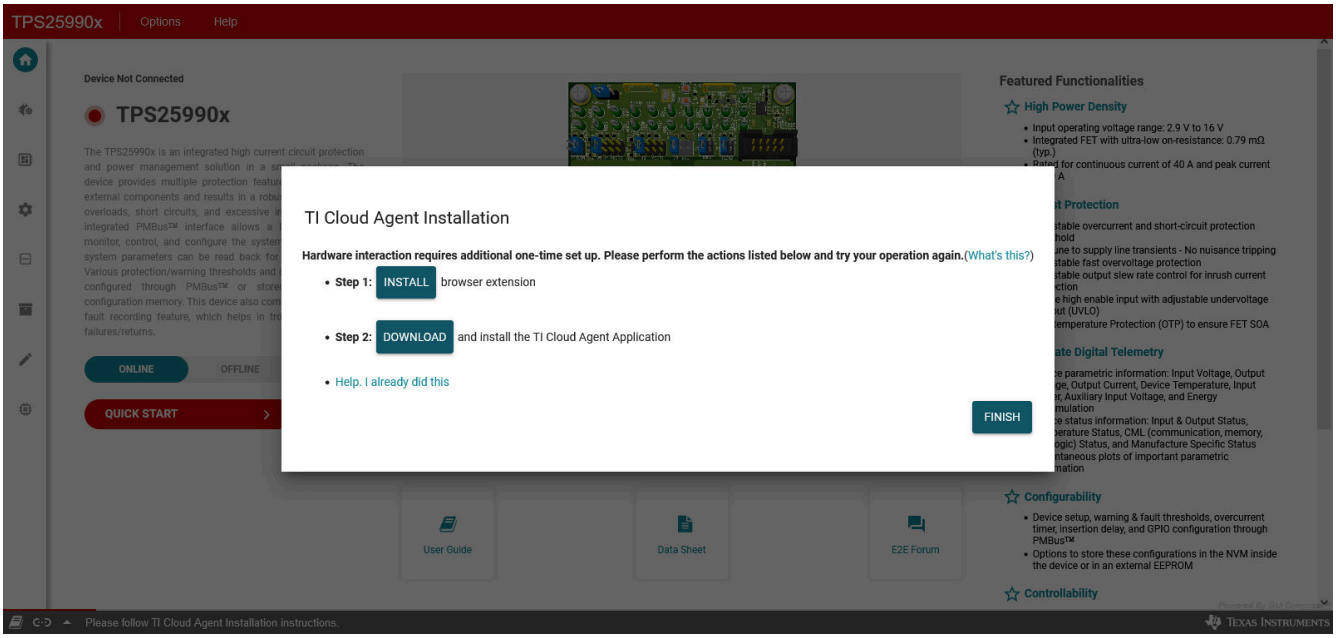


图 4-1. 在 EVM 和 GUI 之间建立通信的先决条件

4.2 TPS1689EVM-GUI 简介

图 4-2 所示的 GUI 简介页面，向用户介绍了 TPS1689 电子保险丝的功能和特性。此外，该页面还提供指向 TPS1689 电子保险丝数据表、TPS1689EVM 用户指南和 TI E2E™ 论坛（用户可以在其中发布问题）的链接。

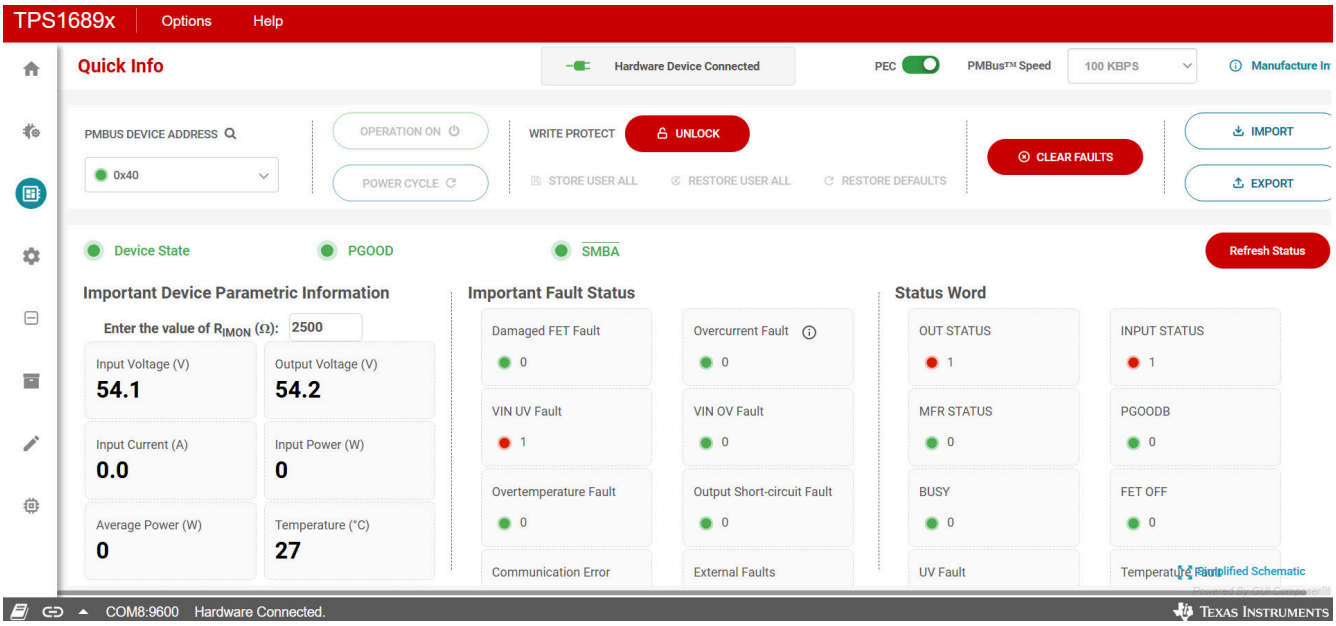


图 4-2. TPS1689EVM-GUI：简介

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4.3 在 EVM 和 GUI 之间建立通信

GUI 的 *Hardware Setup* 页面中提供了在 GUI 和 EVM 之间建立连接的步骤，如图 4-3 所示。

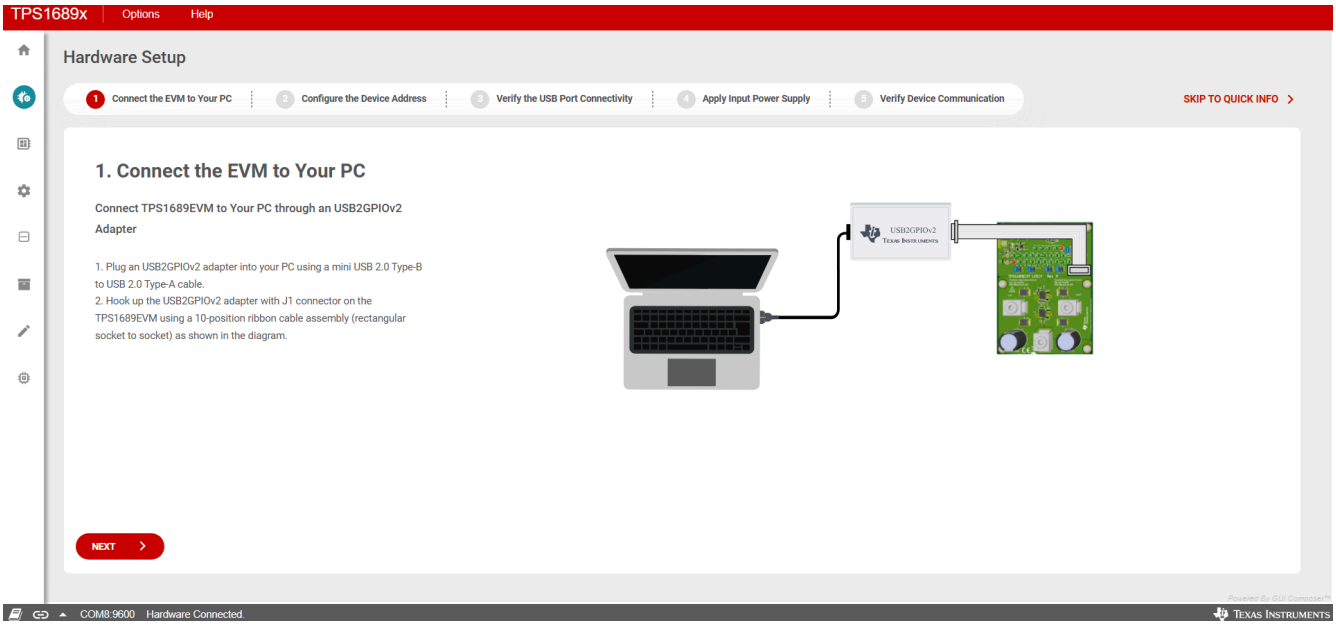


图 4-3. 硬件设置：在 EVM 和 GUI 之间建立通信

确保仔细完成所有步骤，并在完成前面列出的全部四个步骤之后在 图 4-4 所示的 *Hardware Setup* 页面中的步骤 5 验证器件通信。

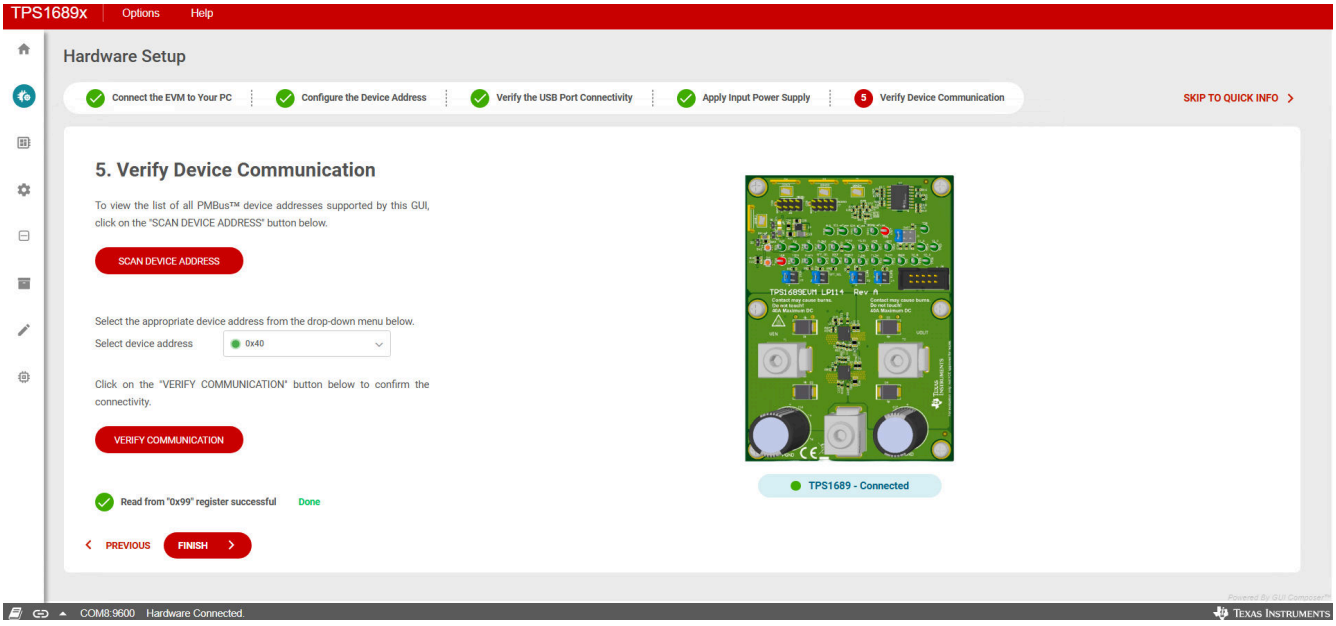


图 4-4. TPS1689EVM-GUI：验证器件连接

4.4 快速信息

如 图 4-5 所示，用户在验证器件通信后，点击 *FINISH* 图标可转到 *Quick Info* 页面，如 图 4-4 所示。如 图 4-5 所示，也可以通过点击 GUI 左侧的 *Quick Info* 图标来访问该页面。*Quick Info* 页面提供以下功能。

- 该 GUI 支持的所有器件的 PMBus 地址

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 用于控制 TPS1689 电子保险丝的所有重要 PMBus 命令，例如 OPERATION (01h)、POWER_CYCLE (D9h)、MFR_WRITE_PROTECT (F8h)、STORE_USER_ALL (15h)、RESTORE_USER_ALL (16h)、RESTORE_FACTORY_DEFAULTS (12h) 和 CLEAR_FAULTS (03h)
- 用于导入和导出用户定义的配置文件的配置
- 用于启用或禁用数据包错误检查 (PEC) 和选择首选 PMBus 速度的选项
- 用于根据器件支持的所有寄存器中的最新状态更新（点击 *Update Status* 图标）整个 GUI 的选项

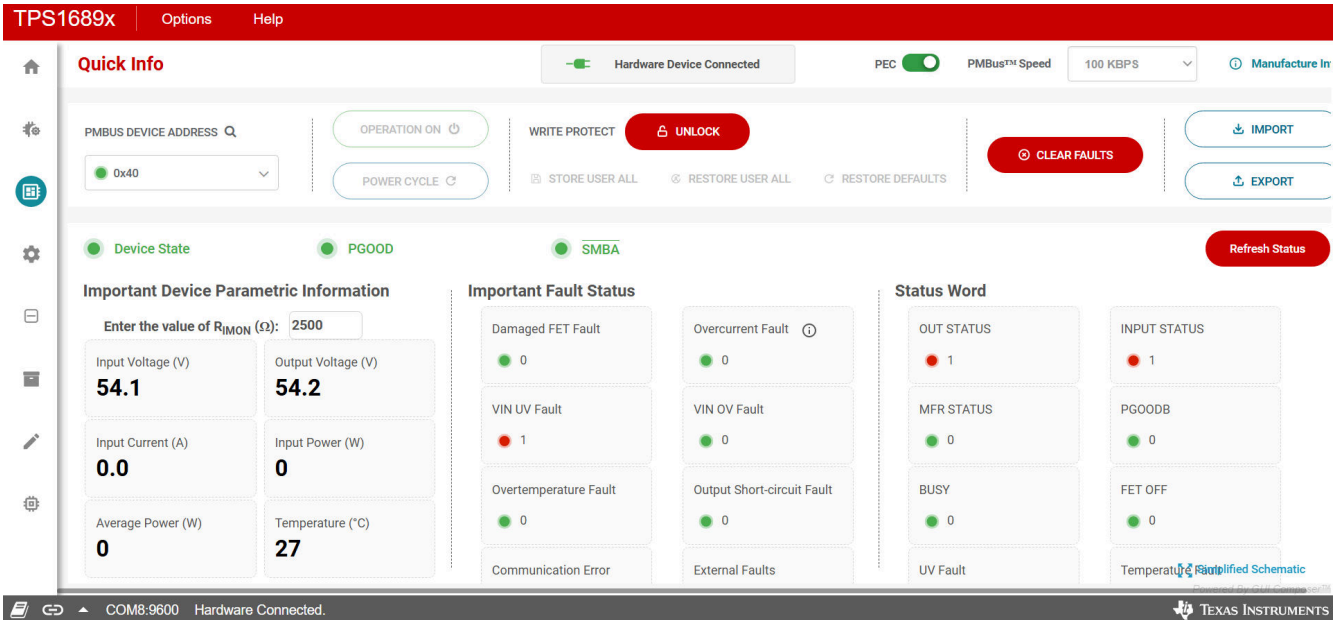


图 4-5. TPS1689EVM-GUI：快速信息

备注

只能通过更新 GUI 中的 R_{IMON}（如 图 4-5 中的红圈所示），使其与 EVM 的 IMON 引脚上的电阻相匹配，来获得正确的输入电流 (A) 和输入功率 (W) 值。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4.5 配置

Configure 页面下显示了所有与器件配置和不同警告、故障阈值设置相关的寄存器，如图 4-6 所示。

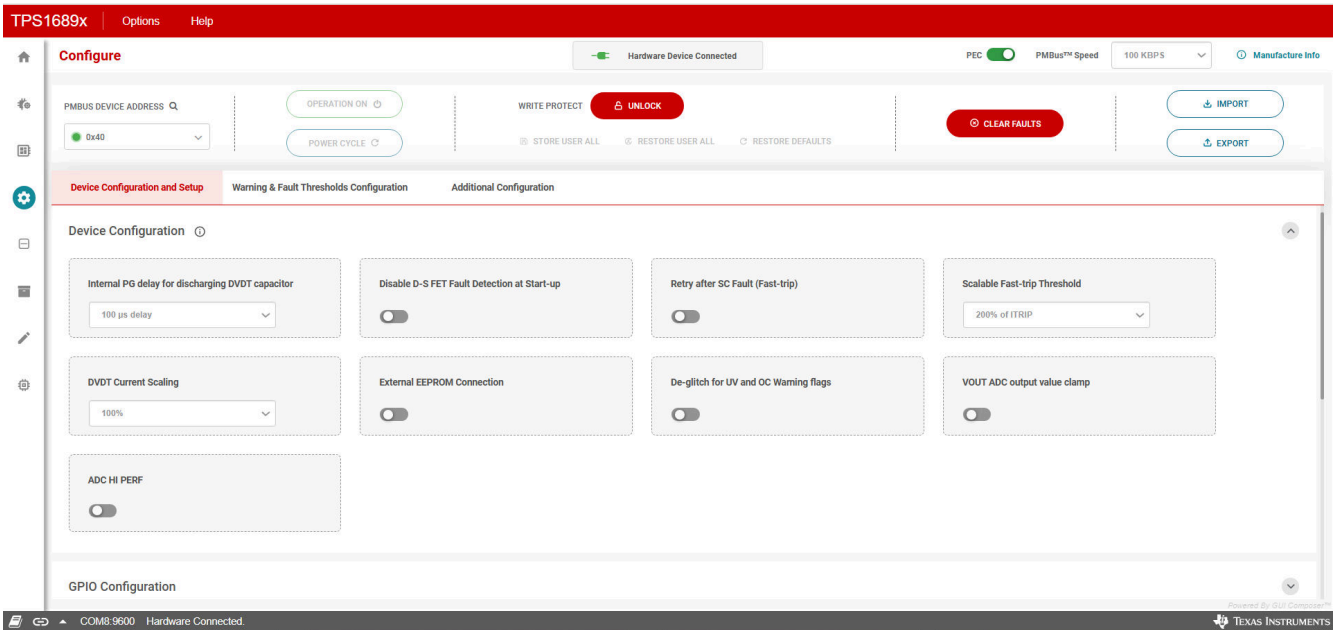


图 4-6. TPS1689EVM-GUI：器件配置

GUI 的这一部分分为三个选项卡：*Device Configuration and Setup*、*Warning & Fault Thresholds Configuration* 和 *Additional Configuration*。

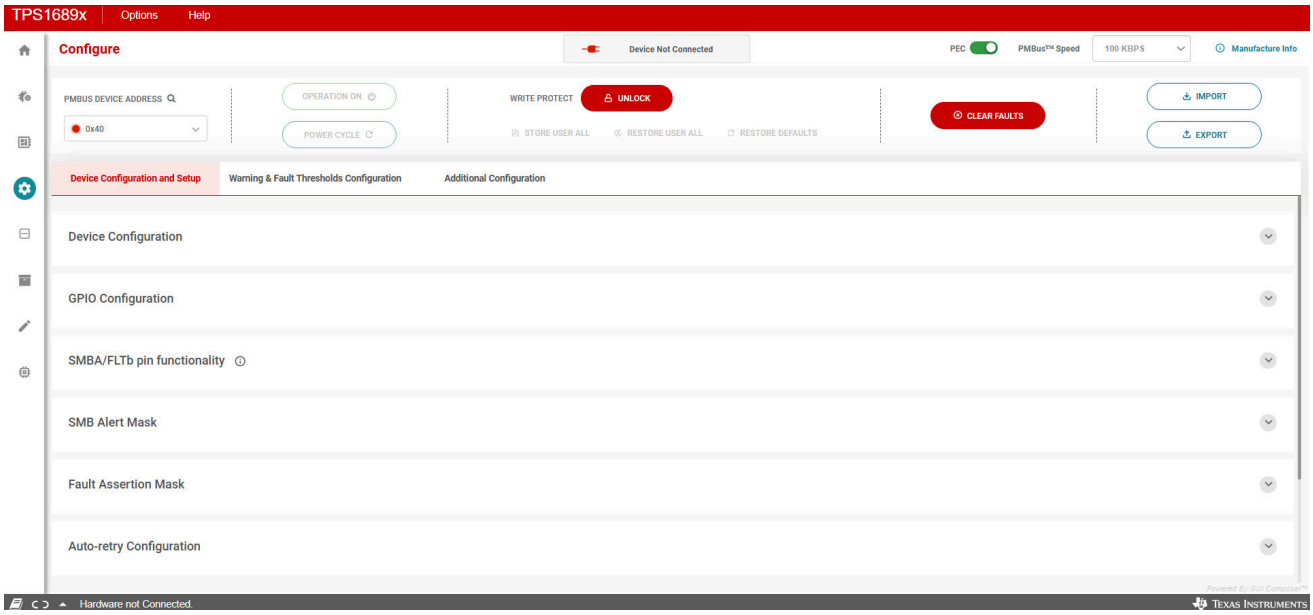


图 4-7. TPS1689EVM-GUI：器件配置：器件配置和设置

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

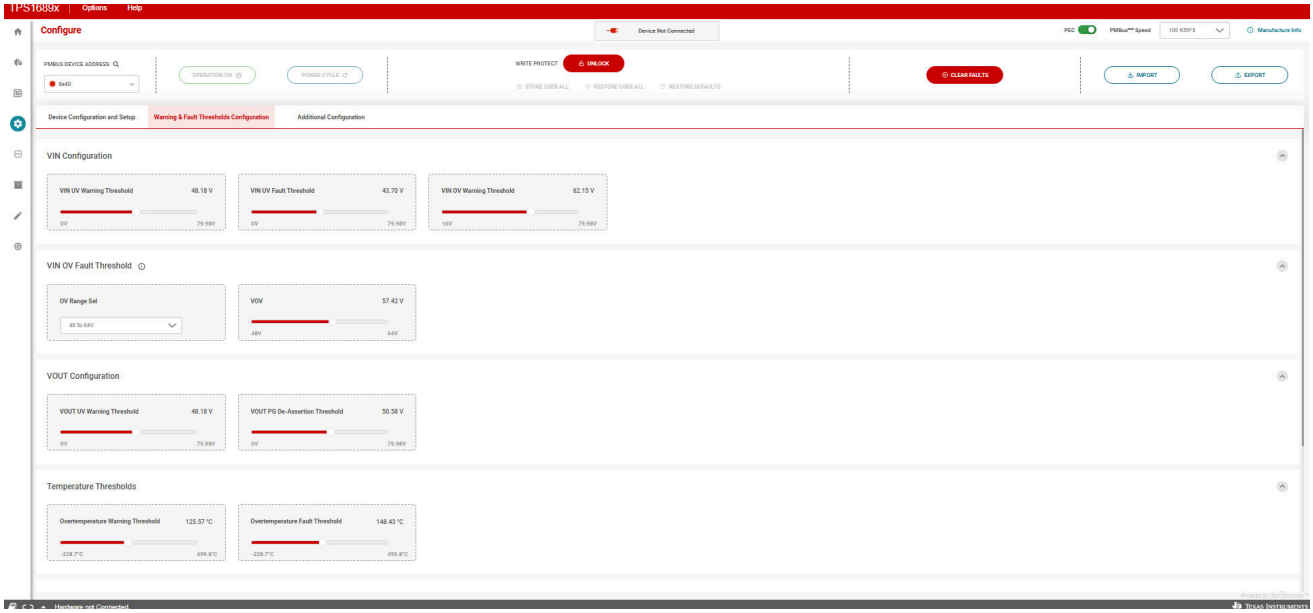


图 4-8. TPS1689EVM-GUI：器件配置：警告和故障阈值配置

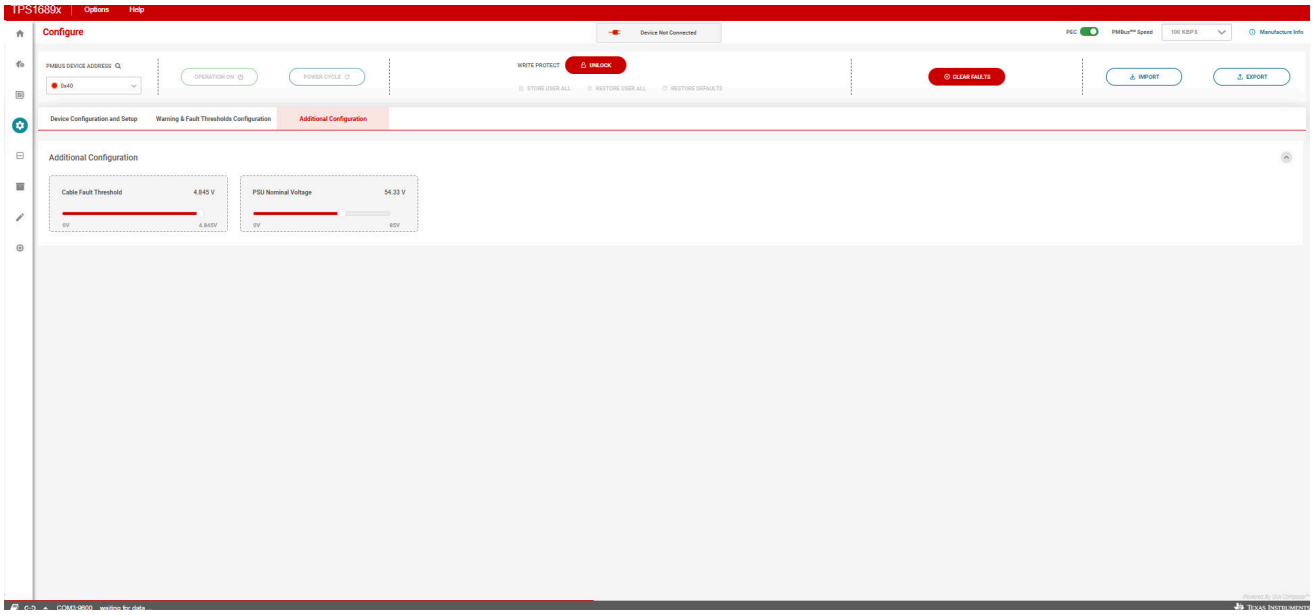


图 4-9. TPS1689EVM-GUI：器件配置：其他配置

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4.6 遥测

图 4-10 所示的 *Telemetry* 页面可引导用户浏览器件参数数据、状态信息、从高速采样缓冲区读取的数据以及一些关键器件参数的实时图表。

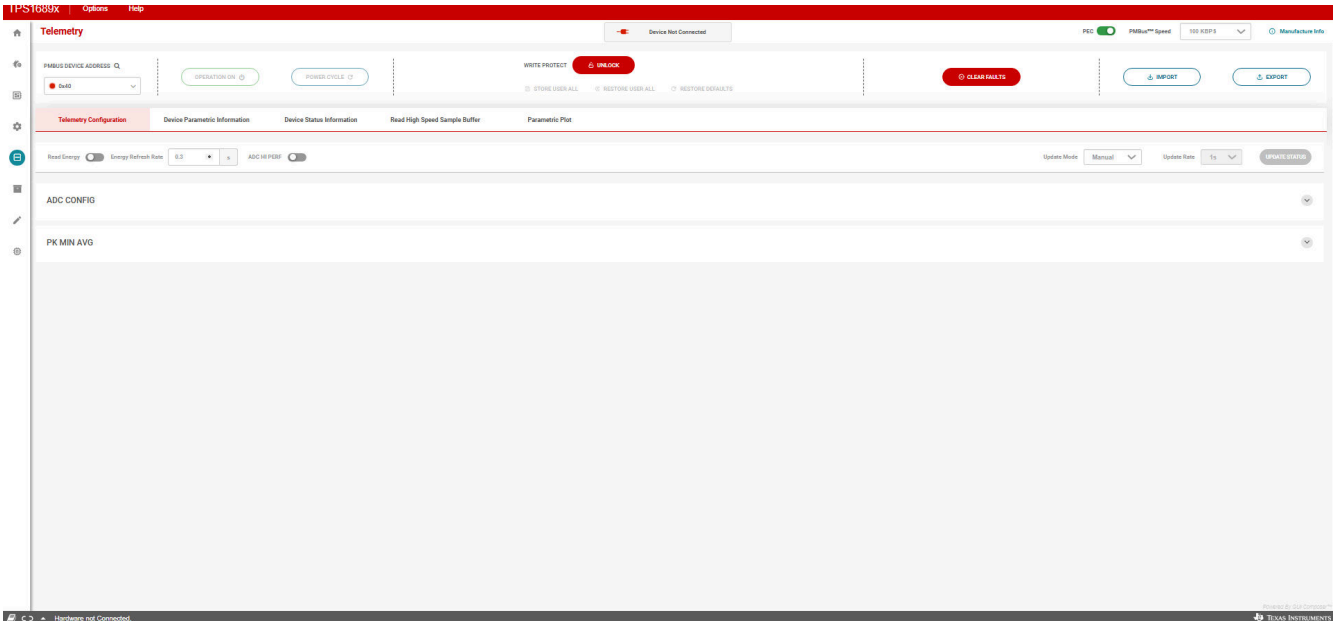


图 4-10. TPS1689EVM-GUI：器件遥测

GUI 的这一部分分为五个选项卡：*Telemetry Configuration*、*Device Parametric Information*、*Device Status Information*、*Read High Speed Sample Buffer* 和 *Parametric Plot*。

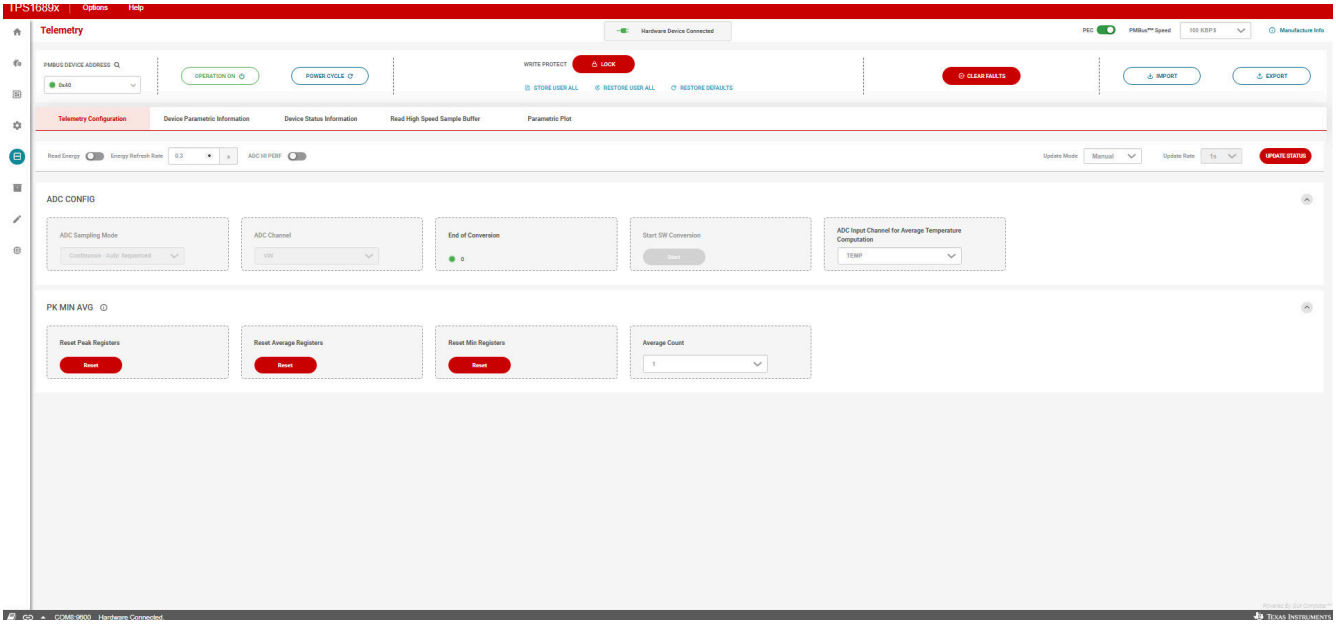


图 4-11. 遥测配置

GUI 中禁用了 ADC_CONFIG_1 (E8h) 寄存器的可访问性。在正常操作下不建议更改该寄存器的配置。这是因为更改该寄存器的配置会阻止 ADC 对保护所需的所有必要信号进行采样。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

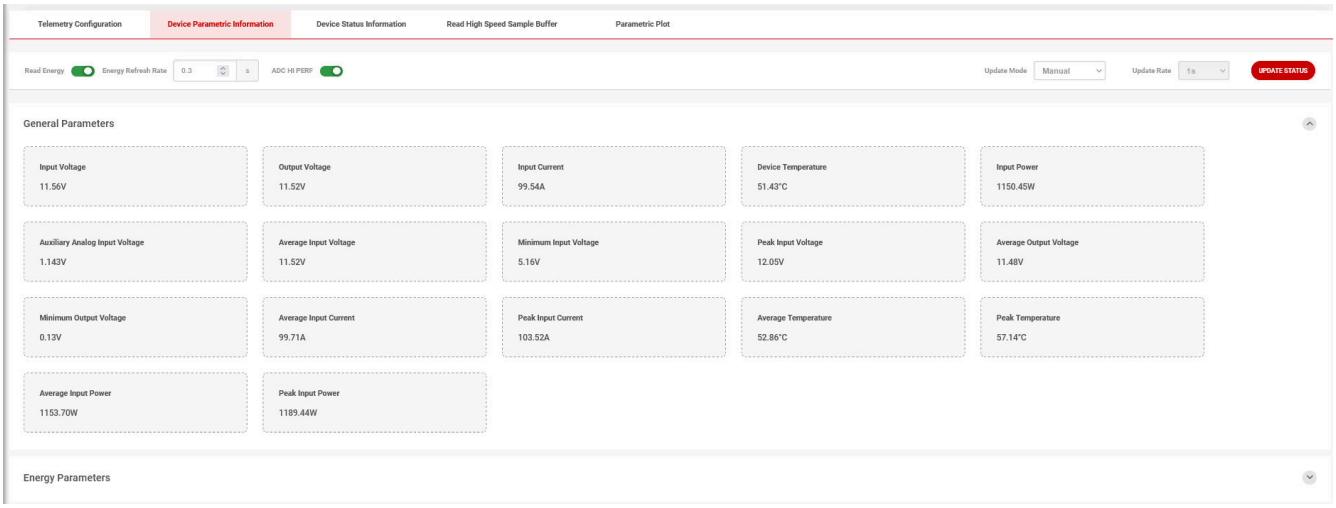


图 4-12. 器件参数信息：一般参数

GUI 实现了 PMBus 规范中描述的算法，使用 READ_EIN (86h) 寄存器数据计算系统累积电能和平均功耗的实际值，如图 4-13 所示。要获得累积电能和平均功耗的值，必须通过启用 *Read Energy* 切换开关（如图 4-13 中的红圈所示）以 *Energy Refresh Rate* 字段中指定的周期定期读取 READ_EIN (86h) 寄存器。*ADC HI PERF* 切换开关（DEVICE_CONFIG (E4h) 寄存器的位 [3]）用于指定 ADC 内部工作模式（高速或高性能）。ADC 有效采样周期在高速模式下为 11μs，在高性能模式下为 18μs，默认采用高速模式。如果需要更改 ADC 内部模式，则必须在施加负载之前、首次与 GUI 建立通信之后执行 ADC 内部模式更改。在正常操作下不得更改 ADC 内部模式。这么做会导致电能累积的实际值错误。

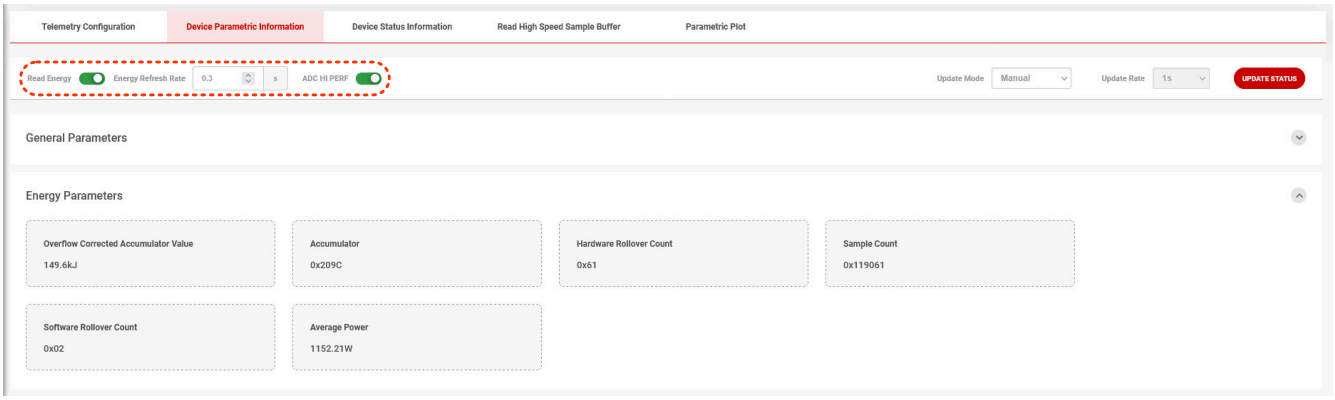


图 4-13. 器件参数信息：电能参数

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

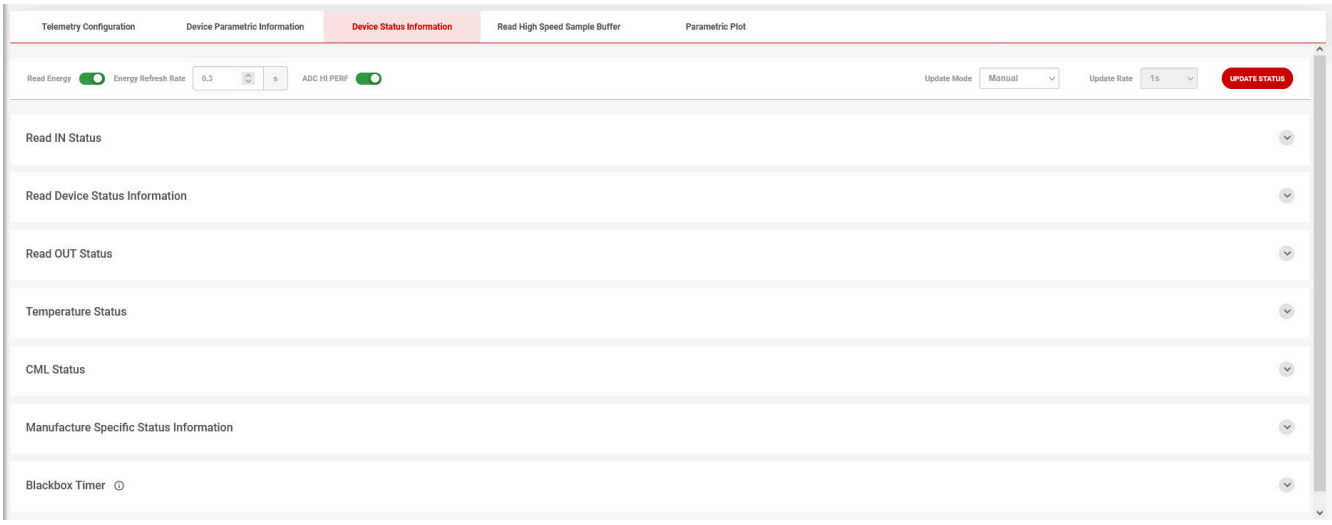


图 4-14. 器件状态信息

可以手动或自动更新器件参数和状态信息（在图 4-15 中所示的 *Update Mode* 下拉菜单中进行选择）。在手动更新模式下，用户需要点击 *UPDATE STATUS* 图标以获取最新信息。在自动更新模式下点击 *START* 图标后，GUI 会以 *Update Rate* 字段中指定的时间间隔读取除 READ_EIN (86h) 之外的所有遥测寄存器，如图 4-15 中的红圈所示。只要用户处于 *Telemetry* 页面的 *Telemetry Configuration*、*Device Parametric Information* 和 *Device Status Information* 三个选项卡中的任何一个，GUI 就会继续读取寄存器。当用户导航到其他选项卡时，GUI 停止更新。

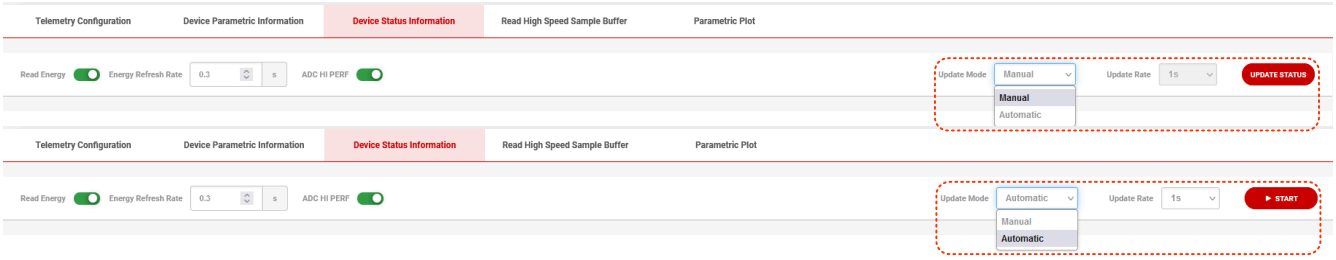


图 4-15. 器件遥测更新

Read High Speed Sample Buffer 选项卡实现了 READ_SAMPLE_BUF（D8h，块读取）寄存器。分别通过 ADC_CONFIG_2 寄存器中的位 [5:3] 和位 [2:0] 来配置用于缓冲采样的 ADC 通道和抽取率/采样跳过计数。可以使用图 4-15 中的红圈所示的下拉菜单来选择参数和抽取率。通过选择不同的抽取率，用户可以在*高时间分辨率和短孔径* 和*低时间分辨率和宽孔径* 之间进行选择。点击 *READ* 图标可绘制从 READ_SAMPLE_BUF 块读取命令检索的 64 个样本。

图 4-16 所示的是输入电压图，通过发送 READ_SAMPLE_BUF (D8h) 块读取命令来检索数据，由此可得出此图。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

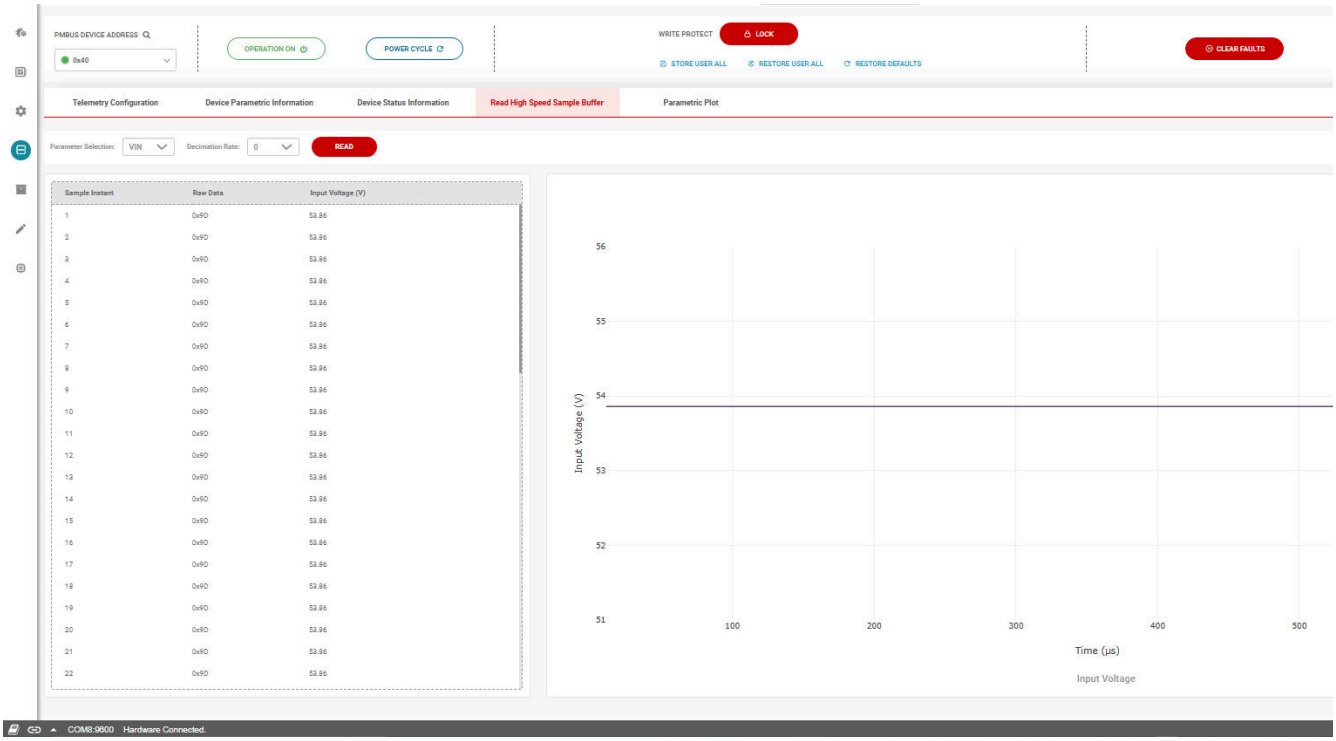


图 4-16. 读取高速采样缓冲区和输入电压

利用 *Parametric Plot* 选项卡，用户可以直观显示一些关键器件参数，包括输入电压、输出电压、输入电流、输入功率、平均输入功率、器件芯片温度、辅助输入电压和电能累积，如图 4-17 所示。用户必须从名为 *Update Rate*（如 图 4-17 所示）的下拉菜单中选择更新速率。然后，用户需要选择要绘制的参数。要开始绘图，必须始终选择两个参数。点击 *START* 图标可开始绘图。点击 *STOP* 图标可停止绘图。当用户导航到其他选项卡时，绘图停止。

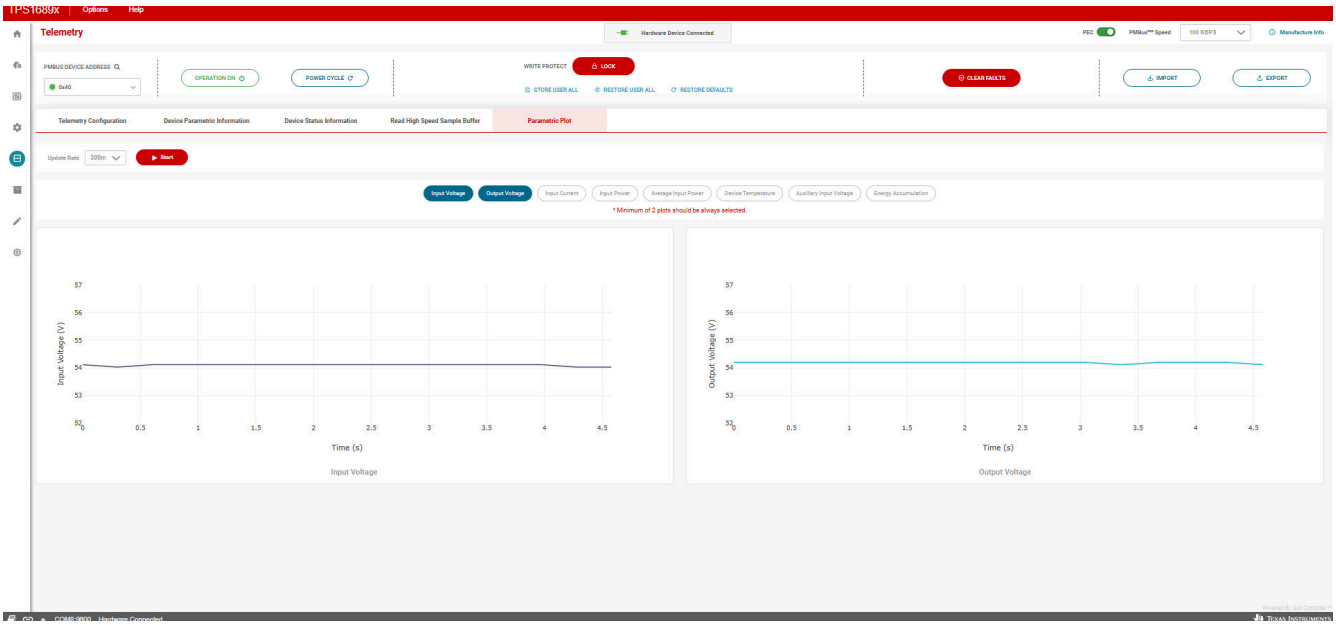


图 4-17. 参数图

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4.7 寄存器映射页面

利用 图 4-18 中显示的 *Register Map* 页面，用户可以一目了然地访问 TPS1689 电子保险丝支持的所有寄存器。此外，如果适用，也可以在此处对每个寄存器执行读取和写入操作。

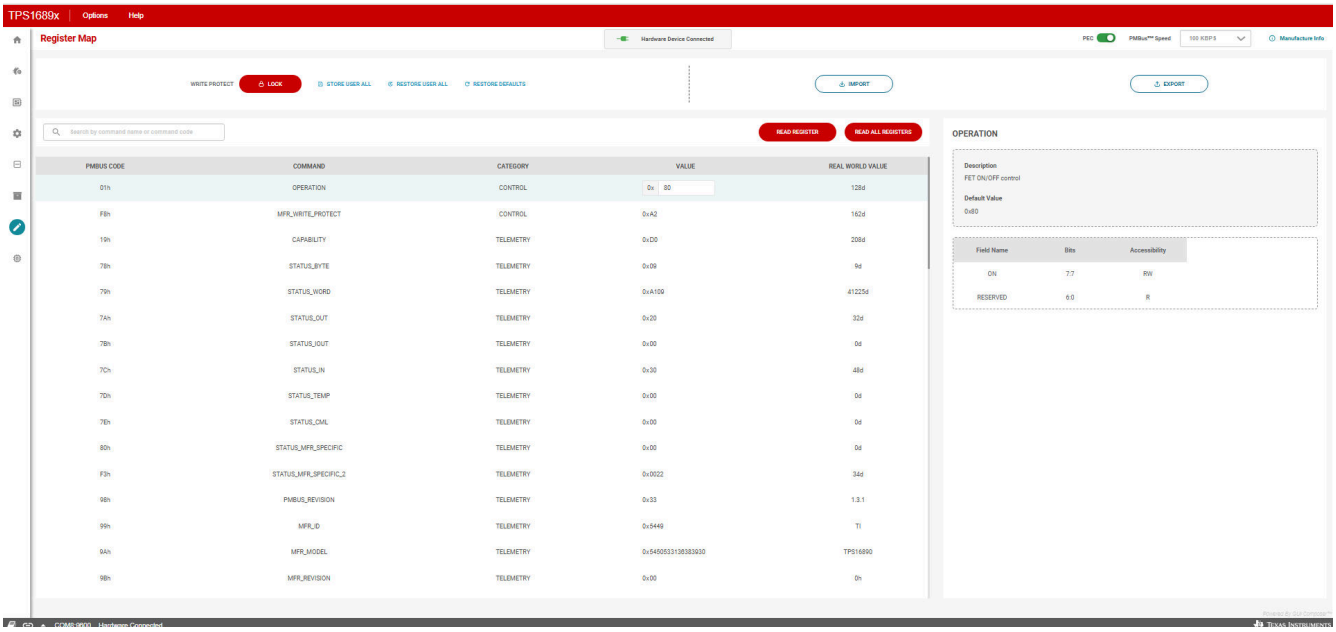


图 4-18. TPS1689EVM-GUI：寄存器映射

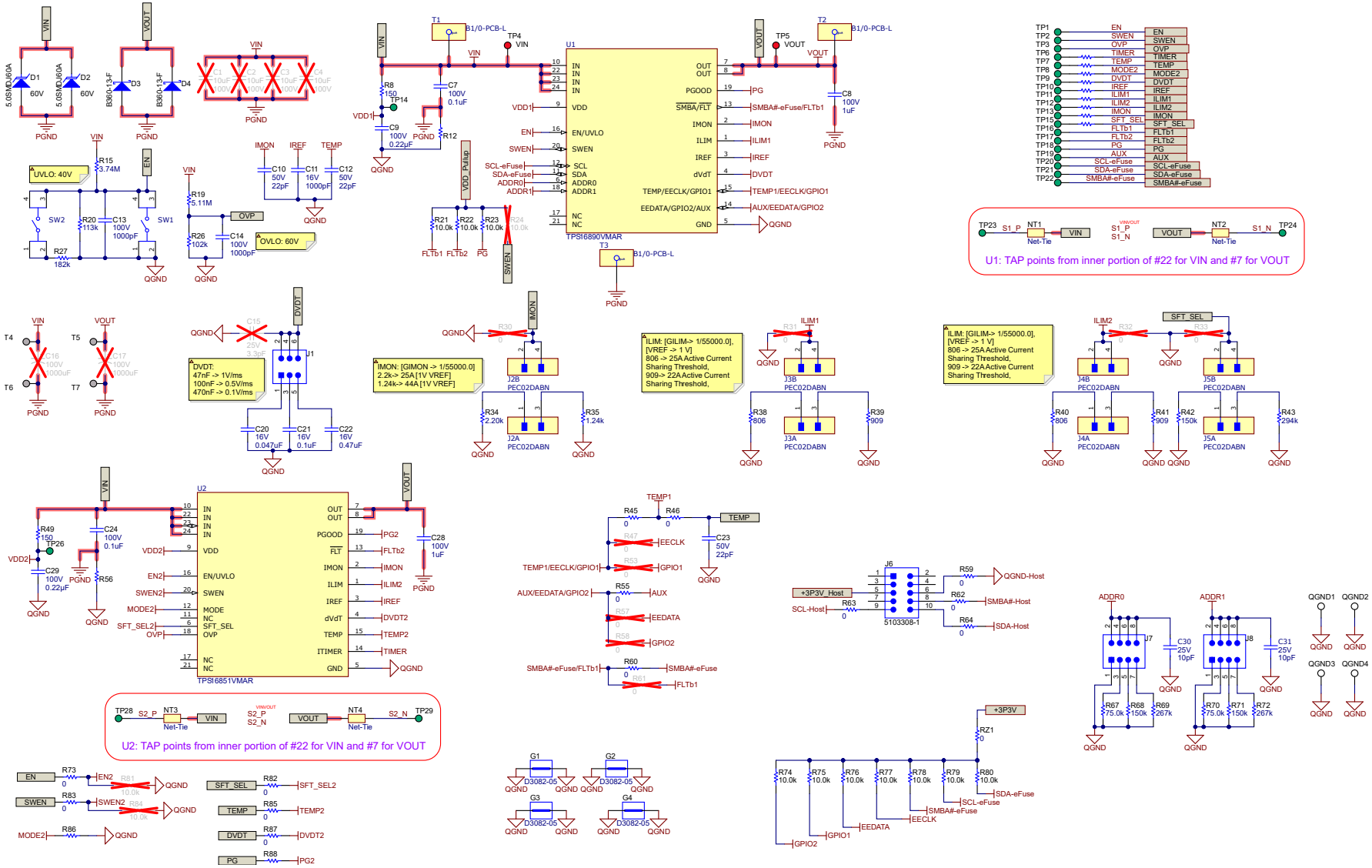
要写入寄存器（如果适用），请在字段中键入修改后的值，然后按 Enter。要读取特定的寄存器，请选择该寄存器并点击 *READ REGISTER* 图标。点击 *READ ALL REGISTERS* 图标可一次读取器件支持的所有寄存器。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 硬件设计文件

5.1 原理图

图 5-1 所示为 EVM 原理图。



English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

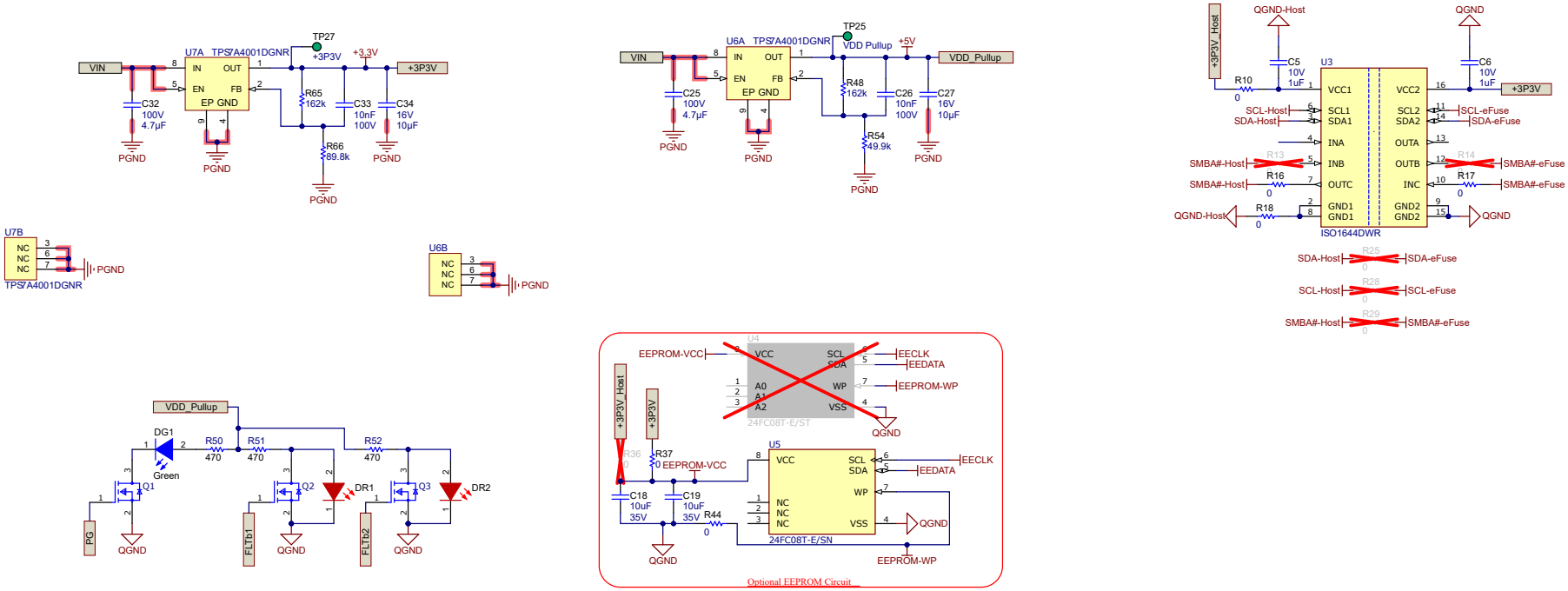


图 5-1. TPS1689EVM 电子保险丝评估板原理图

备注

- 要评估 TPS1689 在较低电流 (< 20A) 下的性能，需要去掉 R83、R85、R73、R88、R87 和 R82 电阻器，并且必须安装 R81 和 R84 电阻器以禁用第二电子保险丝 (TPS1685)。
- TPS1689 和 TPS1685 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。

English Document: SLVUD44
Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.2 PCB 图

图 5-2 和图 5-3 展示了 EVM 的元件放置方式。在图 5-4 至图 5-5 中可以找到 TPS1689EVM PCB 层的图形表示。

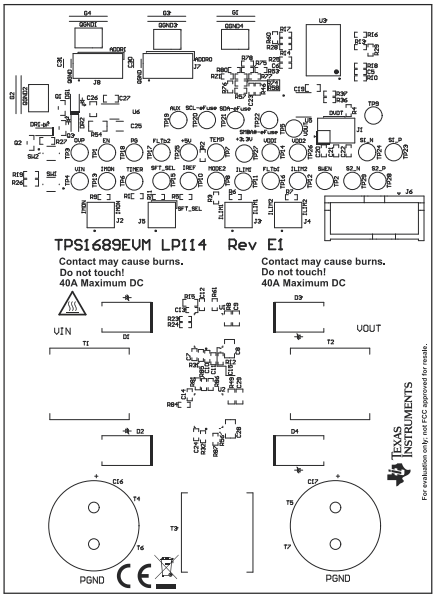


图 5-2. TPS1689EVM 电路板：顶层装配图

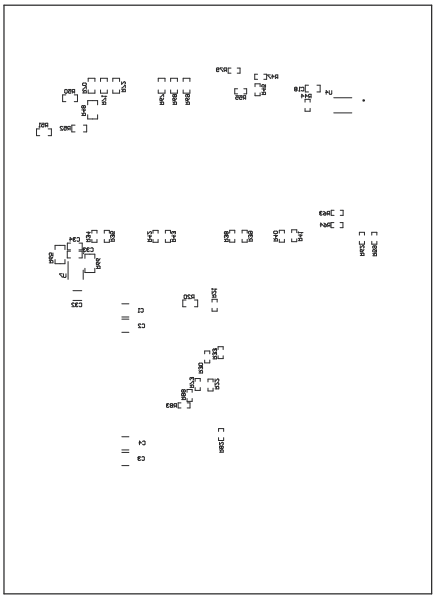


图 5-3. TPS1689EVM 电路板：底层装配图

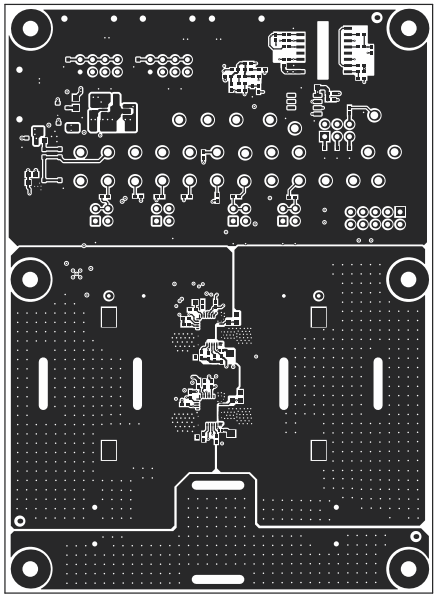


图 5-4. TPS1689EVM 电路板：顶层

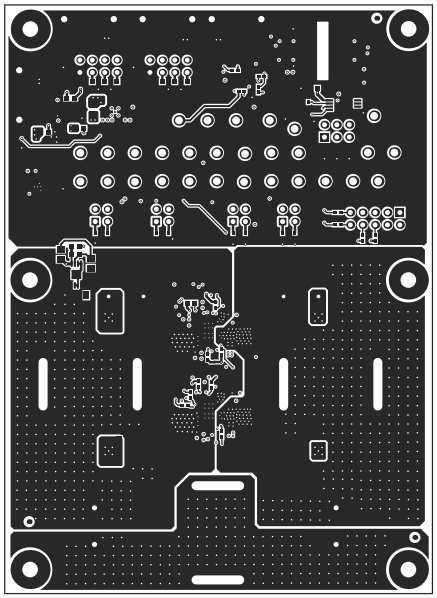


图 5-5. TPS1689EVM 电路板：底层

备注

模拟信号网（例如 IREF、IMON 和 TEMP）需要尽可能远离 电源网，例如 VIN、VOUT 和 PGND。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5.3 物料清单 (BOM)

表 5-1. TPS1689EVM 物料清单

项目编号	位号	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
1	!PCB1	1		LP114	不限	印刷电路板	
2	C5、C6	2	1uF	GRM155R61A105KE15D	MuRata	电容，陶瓷，1μF，10 V，+/-10%，X5R，0402	402
3	C7、C24	2	0.1uF	GRM155R62A104KE14D	MuRata	电容，陶瓷，0.1μF，100V，+/-10%，X5R，0402	402
4	C8、C28	2	1uF	C2012X7S2A105K125AB	TDK	电容，陶瓷，1μF，100 V，+/-10%，X7S，0805	805
5	C9、C29	2	0.22uF	HMK107C7224KAHTE	Taiyo Yuden	电容，陶瓷，0.22μF，100V，+/-10%，X7S，AEC-Q200 1 级，0603	603
6	C10、C12、C23	3	22pF	GRM1555C1H220FA01D	MuRata	电容，陶瓷，22pF，50V，+/-1%，C0G/NP0，0402	402
7	C11	1	1000pF	GRM155R61C102KA01D	MuRata	电容，陶瓷，1000pF，16V，+/-10%，X5R，0402	402
8	C13、C14	2	1000pF	GRM155R72A102KA01D	MuRata	电容，陶瓷，1000pF，100V，+/-10%，X7R，0402	402
9	C18、C19	2	10uF	GRM188R6YA106MA73D	Murata	电容，陶瓷，10μF，35V，+/-20%，X5R，0603	603
10	C20	1	0.047uF	GRM155R61C473KA01D	MuRata	电容，陶瓷，0.047uF，16V，+/-10%，X5R，0402	402
11	C21	1	0.1uF	GRM155R71C104KA88D	MuRata	电容，陶瓷，0.1μF，16V，+/-10%，X7R，0402	402
12	C22	1	0.47uF	GRM155R61C474KE01	MuRata	电容，陶瓷，0.47μF，16V，+/-10%，X5R，0402	402
13	C25、C32	2	4.7uF	12061Z475MAT2A	AVX	电容，陶瓷，4.7μF，100V，+/-20%，X7S，1206	1206
14	C26、C33	2	0.01uF	GRM188R72A103KA01D	MuRata	电容，陶瓷，0.01μF，100V，+/-10%，X7R，0603	603
15	C27、C34	2	10uF	GRM188R61C106KAALD	MuRata	电容，陶瓷，10μF，16V，+/-10%，X5R，0603	603

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. TPS1689EVM 物料清单（续）

项目编号	位号	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
16	C30、C31	2	10pF	06033A100JAT2A	AVX	10pF ±5% 25V 陶瓷电容器 C0G，NP0 0603（公制 1608）	603
17	D1、D2	2	60V	5.0SMDJ60A	Littelfuse	二极管，TVS，单向，60V，96.8Vc，SMC	SMC
18	D3、D4	2	60V	B360-13-F	Diodes Inc.	二极管，肖特基，60V，3A，SMC	SMC
19	DG1	1	绿色	LG R971-KN-1	OSRAM	LED，绿色，SMD	2x1.25mm
20	DR1、DR2	2	红色	LS R976-NR-1	OSRAM	LED，红色，SMD	2.1x1.35mm
21	FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6		不适用	不适用	基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用
22	G1、G2、G3、G4	4		D3082-05	Harwin	1mm 非绝缘短路插头，10.16mm 间距，TH	短路插头，10.16mm 间距，TH
23	H1、H3、H4、H5、H9、H10	6		NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply	机械螺钉，圆头，#4-40 x 1/4，尼龙，飞利浦盘形头	螺钉
24	H2、H6、H7、H8、H11、H12	6		1902C	Keystone	六角螺柱，0.5"L #4-40，尼龙	螺柱
25	J1	1		PEC03DAAN	Sullins Connector Solutions	接头，100mil，3x2，锡，TH	3x2 接头
26	J2、J3、J4、J5	4		PEC02DABN	Sullins Connector Solutions		HDR4
27	J6	1		5103308-1	TE Connectivity	接头（有罩），100mil，5x2，金，TH	5x2 有罩接头
28	J7、J8	2		PRPC004DAAN-RC	Sullins Connector Solutions	接头，2.54mm，4x2，金，TH	接头，2.54mm，4x2，TH
29	Q1、Q2、Q3	3		SI2306BDS-T1-GE3	Vishay Siliconix	N 通道 30V 3.16A (Ta) 750mW (Ta) 表面贴装 SOT-23-3 (TO-236)	SOT23-3
30	QGND1、QGND2、QGND3、QGND4	4		5016	Keystone	测试点，紧凑型，SMT	Testpoint_Keystone_Compact
31	R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R9、R11	9	1.00k	ERA-2APB102X	Panasonic	电阻，1.00k，0.1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
32	R8、R49	2	150	CRCW0603150RJNEA	Vishay-Dale	电阻，150，5%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	603

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. TPS1689EVM 物料清单（续）

项目编号	位号	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
33	R10、R16、R17、R18、R37、R44、R45、R46、R55、R59、R60、R62、R63、R64、R73、R82、R83、R85、R86、R87、R88、RZ1	22	0	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	电阻，0，5%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
34	R12、R56	2		RC0201JR-070RL	Yageo	电阻，SMD，0Ω，跳线，1/20W，0201	0201（公制 0603）
35	R15	1	3.74Meg	CRCW06033M74FKEA	Vishay-Dale	电阻，3.74M，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	603
36	R19	1	5.11Meg	CRCW06035M11FKEA	Vishay-Dale	电阻，5.11M，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	603
37	R20	1	113k	RC0603FR-07113KL	Yageo	电阻，113k，1%，0.1W，0603	603
38	R21、R22、R23、R74、R75、R76、R77、R78、R79、R80	10	10.0k	RC0402FR-0710KL	Yageo America	电阻，10.0k，1%，0.063W，0402	402
39	R26	1	102k	CRCW0603102KFKEA	Vishay-Dale	电阻，102k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	603
40	R27	1	182k	CRCW0603182KFKEA	Vishay-Dale	电阻，182k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	603
41	R34	1	2.20k	ERA2AEB222X	Panasonic	电阻，2.20k，0.1%，0.0625W，AEC-Q200 0 级，0402	402
42	R35	1	1.24k	ERA2AEB1241X	Panasonic	电阻，1.24k，0.1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
43	R38、R40	2	806	CRCW0402806RFKED	Vishay-Dale	电阻，806，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
44	R39、R41	2	909	CRCW0402909RFKED	Vishay-Dale	电阻，909，1%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
45	R42	1	150k	ERJ-2RKF1503X	Panasonic	电阻，150k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0402	402
46	R43	1	294k	ERJ-2RKF2943X	Panasonic	电阻，294k，1%，0.1W，AEC-Q200 0 级，0402	402

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. TPS1689EVM 物料清单（续）

项目编号	位号	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
47	R48、R65	2	162k	RT0805BRD07162KL	Yageo America	电阻，162k，0.1%，0.125W，0805	805
48	R50、R51、R52	3	470	RC0603JR-07470RL	Yageo	电阻，470，5%，0.1W，0603	603
49	R54	1	49.9k	RT0805BRD0749K9L	Yageo America	电阻，49.9k，0.1%，0.125W，0805	805
50	R66	1	89.8k	RT0805BRD0789K8L	Yageo America	电阻，89.8k，0.1%，0.125W，0805	805
51	R67、R70	2	75.0k	RT0603BRD0775KL	Yageo America	电阻，75.0k，0.1%，0.1W，0603	603
52	R68、R71	2	150k	RT0603BRD07150KL	Yageo America	电阻，150k，0.1%，0.1W，0603	603
53	R69、R72	2	267k	RT0603BRD07267KL	Yageo America	电阻，267k，0.1%，0.1W，0603	603
54	SH1、SH2、SH3、SH4、SH5、SH6、SH7、SH8、SH9、SH10、SH11、SH12	12		60900213621	Wurth Elektronik	分流器，2.54mm，金，蓝色	分流器，2.54mm，蓝色
55	SW1、SW2	2		PTS830GM140SMTRLFS	C&K Components	触控开关 SPST-NO 顶部驱动表面贴装	SMT_3MM05_2MM6
56	T1、T2、T3	3		B1/0-PCB-L	INTERNATIONAL HYDRAULICS	1/0 AWG 高 AMP PCB 接线片 1/0-8 AWG	WIRE_LUG_150A_1-0AWG
57	T4、T5、T6、T7	4		0300-2-15-01-47-01-10-0	Mill-Max	连接器，插座，引脚，TH	PCB 引脚
58	TP1、TP2、TP3、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、TP13、TP14、TP15、TP16、TP17、TP18、TP19、TP20、TP21、TP22、TP23、TP24、TP25、TP26、TP27、TP28、TP29	27		5126	Keystone	测试点，通用，绿色，TH	绿色通用测试点
59	TP4、TP5	2		5010	Keystone	测试点，通用，红色，TH	红色通用测试点
60	U1	1		TPS16890VMAR	德州仪器 (TI)	TPS16890VMAR	LQFN-CLIP23
61	U2	1		TPS16851VMAR	德州仪器 (TI)	配置了准确和快速电流监测器的 9-80V、4.3mΩ、20A 可堆叠电子保险丝	LQFN-CLIP23

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

表 5-1. TPS1689EVM 物料清单（续）

项目编号	位号	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
62	U3	1		ISO1644DWR	德州仪器 (TI)	配置了 GPIO 和增强 EMC 的热插拔双向 I2C 隔离器	SOICW16
63	U5	1		24FC08T-E/SN	Microchip	EEPROM 存储器 IC，8KB，(1K x 8)，I²C，1MHz，450µs，8-SOIC	SOIC8
64	U6、U7	2		TPS7A4001DGNR	德州仪器 (TI)	单输出 LDO，50mA，可调 1.175V 至 90V 输出，7V 至 100V 输入，8 引脚 MSOP (DGN)，-40°C 至 125°C，绿色环保（符合 RoHS 标准，无锑/溴）	DGN0008B
65	C1、C2、C3、C4	0		GRM32EC72A106KE05L	Murata	10µF ±10% 100V 陶瓷电容器 X7S 1210（公制 3225）	1210
66	C15	0	3.3pF	GRM1555C1E3R3CA01D	MuRata	电容，陶瓷，3.3pF，25V，+/-5%，C0G/NP0，0402	402
67	C16、C17	0	1000uF	ECA-2AM102	Panasonic	电容，铝制，1000uF，100V，+/-20%，TH	D18xL35.5mm
68	R13、R14、R25、R28、R29、R30、R31、R32、R33、R36、R47、R53、R57、R58、R61	0	0	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale	电阻，0，5%，0.063W，AEC-Q200 0 级，0402	402
69	R24	0	10.0k	RC0402FR-0710KL	Yageo America	电阻，10.0k，1%，0.063W，0402	402
70	R81、R84	0	10.0k	ERJPA2F1002X	Panasonic	电阻，10.0k，1%，0.2W，AEC-Q200 0 级，0402	402
71	U4	0		24FC08T-E/ST	Microchip	8KB I2C EEPROM，1MHz，1.7-5.5V，8-TSSOP 8 TSSOP 4.4MM T/r，符合 RoHS 标准：是	TSSOP8

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

商标

Google Chrome™ is a trademark of Google Inc.
E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

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出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