

## EVM User's Guide: TPS1686-87EVM

# TPS1686-87 电子保险丝评估模块



## 说明

TPS1686-87EVM 用于评估 TPS1686 电子保险丝器件的性能。TPS1686-87EVM 具有 TPS16861 电子保险丝，用于评估 54V (典型值) 和 10A (稳态) 设计。

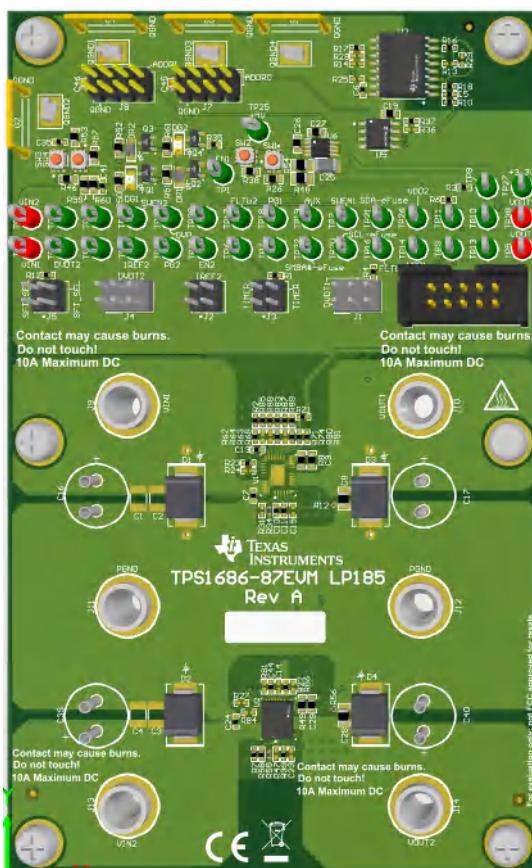
## 特性

- 40V 至 60V (典型值) 工作电压
- 10A 可编程断路器阈值
- 用于过流保护的可调节参考电压
- 欠压和过压保护
- 可调输出电压压摆率控制 (使用板载跳线)
- 可调瞬态电流消隐计时器 (使用板载跳线)
- 可调可扩展快速跳变阈值 (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
- 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

## 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



TPS1686-87EVM

## 1 评估模块概述

### 1.1 简介

TPS1686-87EVM 电子保险丝评估板可对德州仪器 (TI) TPS1686 电子保险丝进行基准电路评估。TPS1686 器件是一款 9V 至 80V 和 10A (RMS) 电子保险丝，具有准确和快速的电流监测能力。TPS1686 电子保险丝的特性包括：

- 集成型 FET
- 超低导通电阻： $16\text{m}\Omega$
- 可调节的稳健过流和短路保护
- 精确的负载电流监测
- 可调节的快速欠压和过压保护
- 可调节输出压摆率控制，能提供浪涌电流保护
- 内置过热保护，可验证 FET 安全工作区 (SOA)
- 能支持负载瞬态的可调节过流瞬态消隐计时器
- 集成式 FET 运行状况监测和报告
- 模拟裸片温度监测器输出
- 故障和电源正常指示专用引脚

本 EVM 用户指南介绍了 TPS1686 电子保险丝评估模块 (EVM)。



**小心**

表面高温。接触会导致烫伤。请勿触摸。

### 1.2 套件内容

**表 1-1. TPS1686-87EVM : 套件内容**

条目	说明	数量
TPS1686-87EVM	TPS1686 电子保险丝评估模块	1

### 1.3 规格

表 1-2 中总结了 TPS1686-87EVM 规格。

**表 1-2. TPS1686-87EVM 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 ( $I_{OUT(max)}$ )	< 10A
过流保护阈值 ( $I_{TRIP}$ )	10A
最大输出电容 ( $C_{LOAD}$ )	1mF
最高环境温度	70°C
瞬态过载消隐计时器	3ms
输出电压压摆率	1V/ms
故障响应	闭锁

## 1.4 器件信息

TPS1686-87EVM 支持评估 TPS1686 系列中的 TPS16861 和 TPS16860 电子保险丝。默认情况下，EVM 上安装了 TPS16861。输入电源施加在连接器 J13 和 J11 之间。连接器 J14 和 J12 提供如图 4-1 所示的 EVM 的输出连接和图 3-1 所示的 EVM 测试设置。TVS 二极管 D2 提供输入保护，防止瞬态过压。肖特基二极管 D4 通过将 TPS1686 电子保险丝的 OUT 引脚上的负电压偏移限制在最大绝对额定值内来保护输出。

SW1 可完成输入上电下电循环，SW2 可实现快速输出放电 (QOD)。电源正常 (PG2) 指示灯由 LED DG2 提供，而故障 (FLTb2) 指示灯由 DR2 提供。

**表 1-3. TPS1686-87EVM 电子保险丝评估板选项和设置**

EVM 功能	Vin UVLO 阈值	Vin OVLO 阈值	ITIMER	输出压摆率 (dv/dt)	IMON	VREF
TPS1686 9V 至 80V、10A 电子保险丝的性能评估	40V	60V	可选 - 3ms 和 17ms	可选 - 1V/ms、0.5V/ms 和 0.1V/ms	10A，V <sub>REF</sub> 为 1V	可选 - 1V 和 0.8V

TPS1686-87EVM 器件的其他信息包括：

- 在 PG 置位之前，负载关闭
- 承受输出端热短路情况
- 承受上电至短路情况
- 电路板可以热插拔
- 对电路板进行下电上电
- 电流负载监测

## 2 硬件

### 2.1 一般配置

#### 2.1.1 物理访问

表 2-1 列出了 TPS1686-87EVM 电子保险丝评估板输入和输出连接器。表 2-2 和表 2-3 介绍了测试点的可用性和跳线的功能。信号 LED 指示灯的功能详见表 2-4。

表 2-1. 输入和输出连接器功能

连接器	标签	说明
J13	VIN2 (+)	TPS1686 输入电源的正极端子
J14	VOUT2 (+)	TPS1686 输出电源的正极端子
J11、J12	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
TP37	VIN2	TPS1686 输入电压
TP38	VOUT2	TPS1686 输出电压
TP30	EN2	TPS1686 的高电平有效使能输入
TP31	SWEN2	用于指示和控制 TPS1686 开启和关闭状态的开漏信号
TP3	OVP	TPS1686 的 OVP 引脚处的电压
TP6	计时器	TPS1686 的过流消隐计时器
TP26	VDD2	TPS1686 控制器输入电源
TP32	TEMP2	TPS1686 裸片温度监测器模拟电压输出
TP33	DVDT2	启动输出压摆率控制
TP34	IREF2	过流和电流的基准电压；短路保护以及有源电流共享块
TP12	ILIM2	TPS1686 电流监控器
TP36	IMON2	该引脚与 GND 之间的外部电阻器可设置稳定状态期间的过流保护阈值和快速跳变阈值。此外，此引脚在稳定状态期间用作快速且准确的模拟输出负载电流监测信号。
TP15	SFT_SEL	稳态期间的可扩展快速跳变阈值乘法器
TP17	FLTb2	开漏低电平有效故障指示：辅助器件
TP35	PG2	TPS1686 开漏高电平有效电源正常指示
TP25	VDD 上拉	使用来自 VIN 的 LDO 生成的 5V 上拉电源
QGND1、 QGND2、 QGND3 和 QGND4	QGND	器件接地
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
J4	DVDT2	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	
J3	计时器	1-2 位置将过流消隐计时器设置为 3ms	3-4
		3-4 位置将过流消隐计时器设置为 17ms	
J2	IREF2	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	
J5	SFT_SEL	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	1-2
		3-4 位置将可扩展快速跳变阈值设置为过流阈值的 2 倍	

**表 2-4. LED 说明**

LED	说明
DG2	当开启时，表示 PG2 有效
DR2	当开启时，表示 FLTb2 有效

### 2.1.2 测试设备和设置

**电源**：一个可调电源，具有 0V 至 80V 输出和 0A 至 15A 输出电流限制。

**仪表**：两个数字万用表 (DMM)。

**示波器**：DPO2024 或等效器件，具有三个 10x 电压探针和一个额定电流为 30A 的直流电流探针。

**负载**：一个电阻负载或等效负载，能够在 80V 电压下承受高达 10A 的直流负载。

### 3 实现结果

#### 3.1 测试设置和过程

本 EVM 用户指南介绍了 TPS1686 电子保险丝的测试程序。确保评估板具有如表 3-1 所示的默认跳线设置。

表 3-1. TPS1686-87EVM 电子保险丝评估板的默认跳线设置

J4	J5	J2	J3
3-4	1-2	-4	3-4

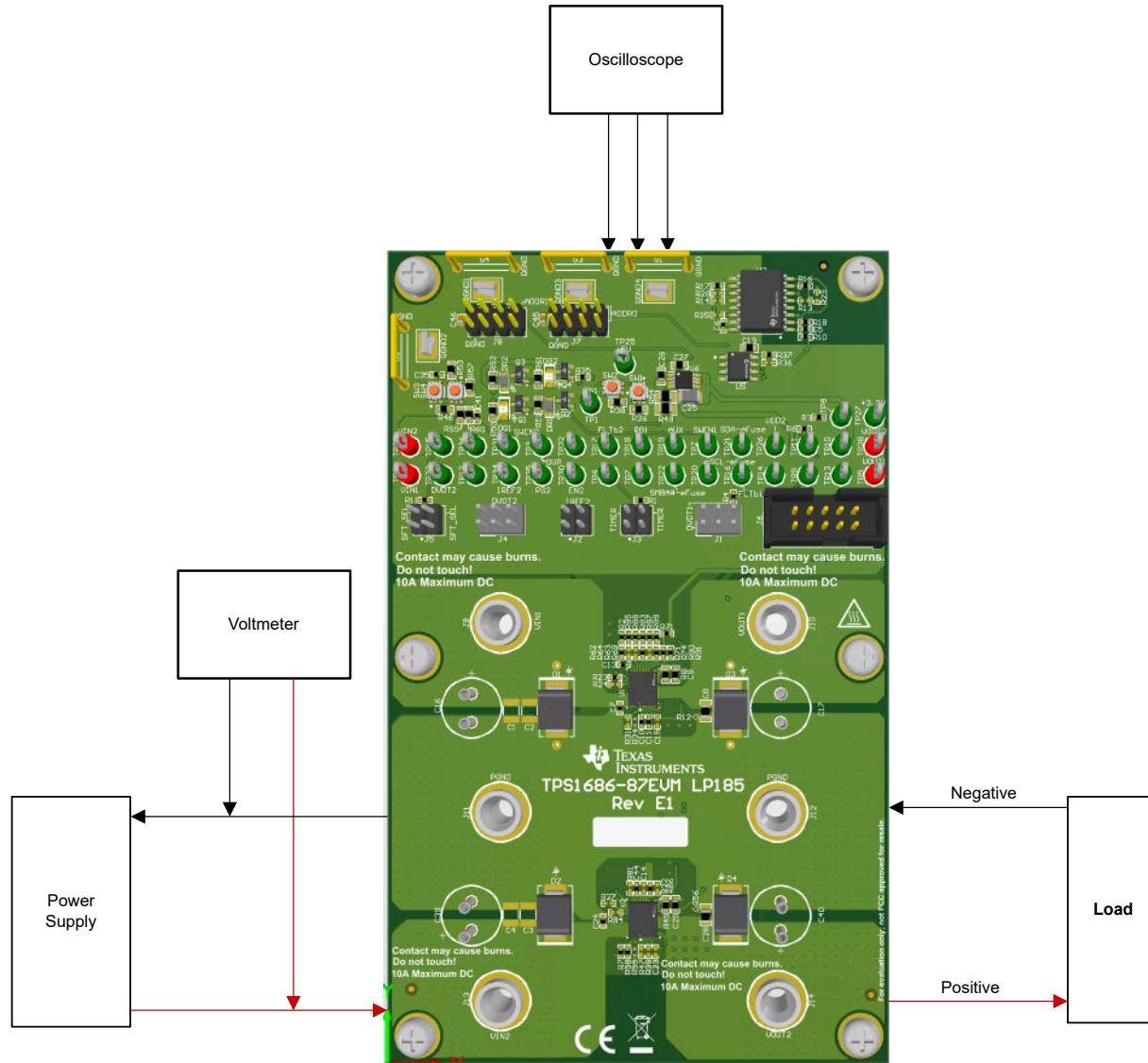


图 3-1. 带测试设备的 TPS1686-87EVM 设置

在开始任何测试之前，请按以下说明进行操作，并在进行下一个测试之前再次重复操作：

1. 将电源输出 (VIN) 设置为零伏。
2. 关闭电源。
3. 将 EVM 上的跳线位置调整为默认配置，如表 3-1 所示。
4. 打开电源并将电源输出 (VIN) 设置为 54V 和 10A。验证电源输出是否已禁用。
5. 使能电源输出，以便 EVM 获得输入电源。

### 3.1.1 电源电压从 0V 斜升至 54V -启动

按照以下说明测量热插拔事件期间的浪涌电流：

1. 在跳线 J4 位置，将压摆率配置为如 表 2-3 所详述的所需启动值。
2. 将电源的正极端子连接到连接器 J13。
3. 将电源的负极端子连接到连接器 J11。
4. 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 10A。启用电源。
5. 使用示波器观察 VOUT2 (TP38) 和输入电流的波形，以测量给定输入电压为 54V 的 VOUT2 的压摆率和上升时间。

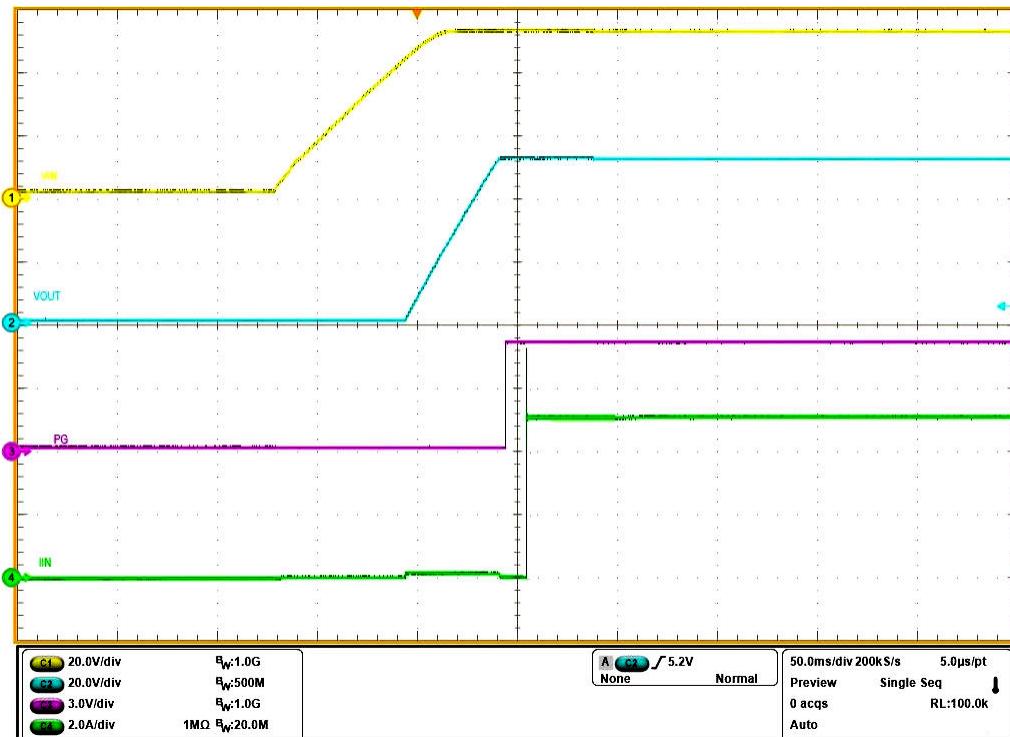


图 3-2. TPS1686 电子保险丝上电曲线

### 3.1.2 上电至短路

按照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。
2. 在 VIN2 ( 连接器 J13 ) 和 PGND ( 连接器 J11 ) 之间连接电源。
3. 将 EVM 的输出端短接至地。例如，通过一根电缆将 VOUT2 ( 连接器 J14 ) 短接到 PGND ( 连接器 J12 ) 。
4. 打开电源。

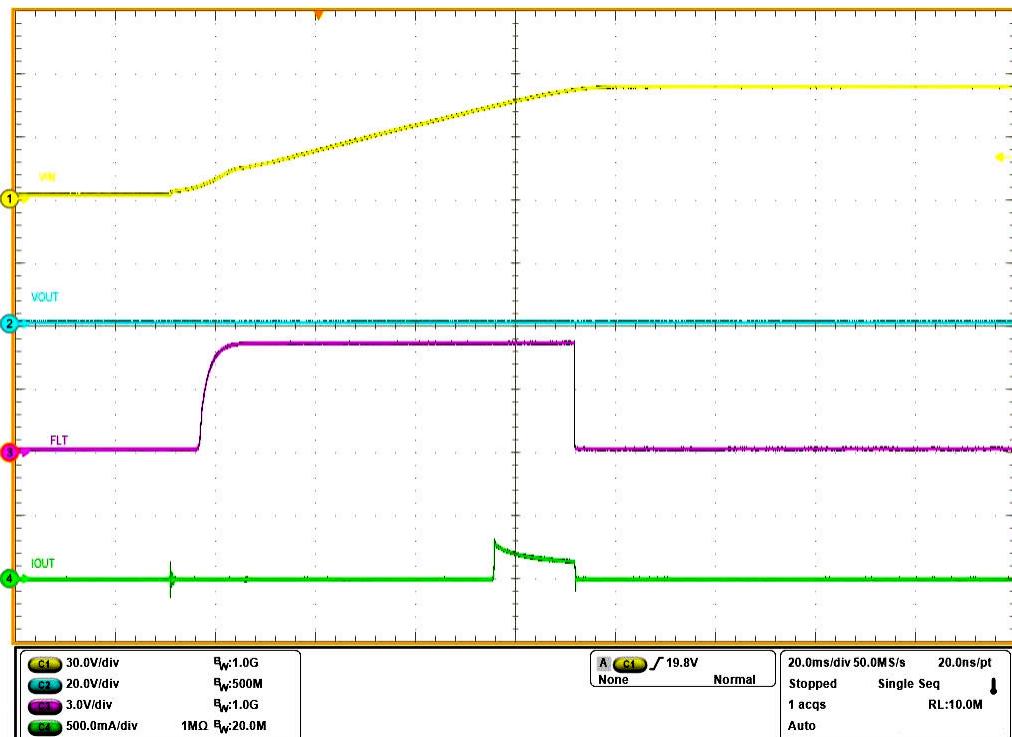
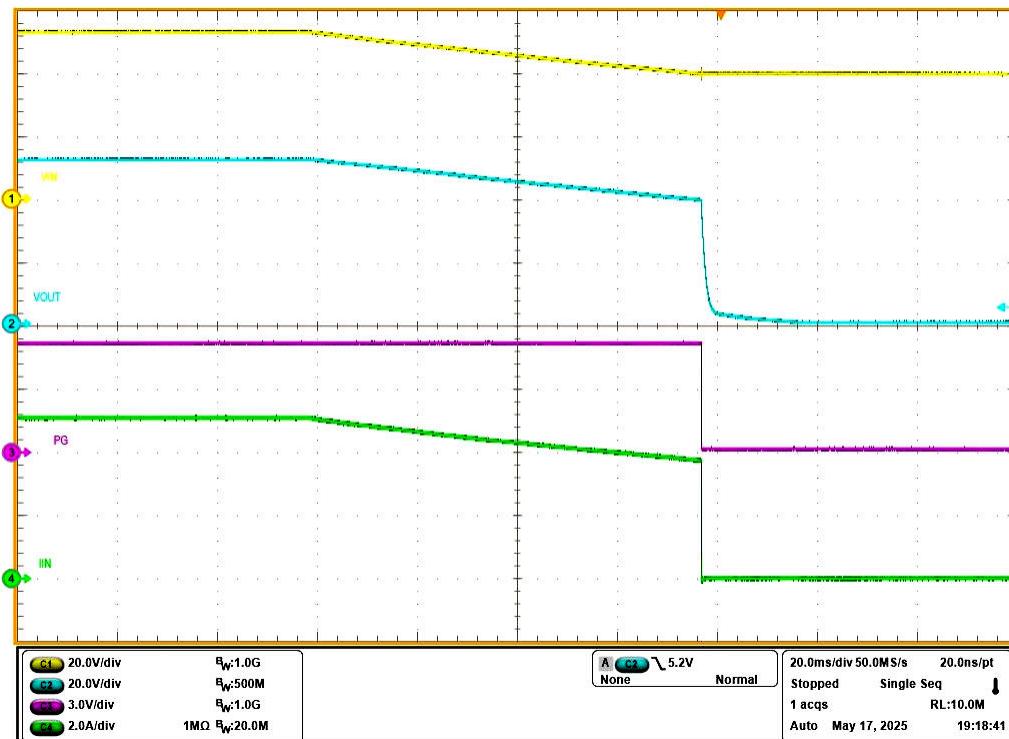


图 3-3. TPS1686 上电至输出短路响应

### 3.1.3 欠压锁定

按照说明执行欠压保护测试：

1. 将输入电源电压 VIN2 设置为 54V，将电流限制设置为 10A。
2. 在 VIN2 ( 连接器 J13 ) 和 PGND ( 连接器 J11 ) 之间施加电源并启用电源。
3. 在 VOUT2 ( 连接器 J14 ) 和 PGND ( 连接器 J12 ) 之间施加 5A 负载。
4. 关闭电源。使用示波器观察波形。



电源关闭、 $V_{IN(UVP)} = 40V$ 、 $C_{OUT} = 100\mu F$  和  $I_{LOAD} = 5A$

图 3-4. TPS1686 电子保险丝的欠压锁定响应

### 3.1.4 过压锁定

按照以下说明执行过压保护测试：

- 将输入电源电压设置为 54V，将电流限制设置为 10A。在 VIN2 (连接器 J13) 和 PGND (连接器 J11) 之间施加电源并启用电源。
- 在 VOUT2 (连接器 J14) 和 PGND (连接器 J12) 之间施加 5A 负载。
- 将输入电源 VIN2 从 54V 增加到 65V。使用示波器观察波形。

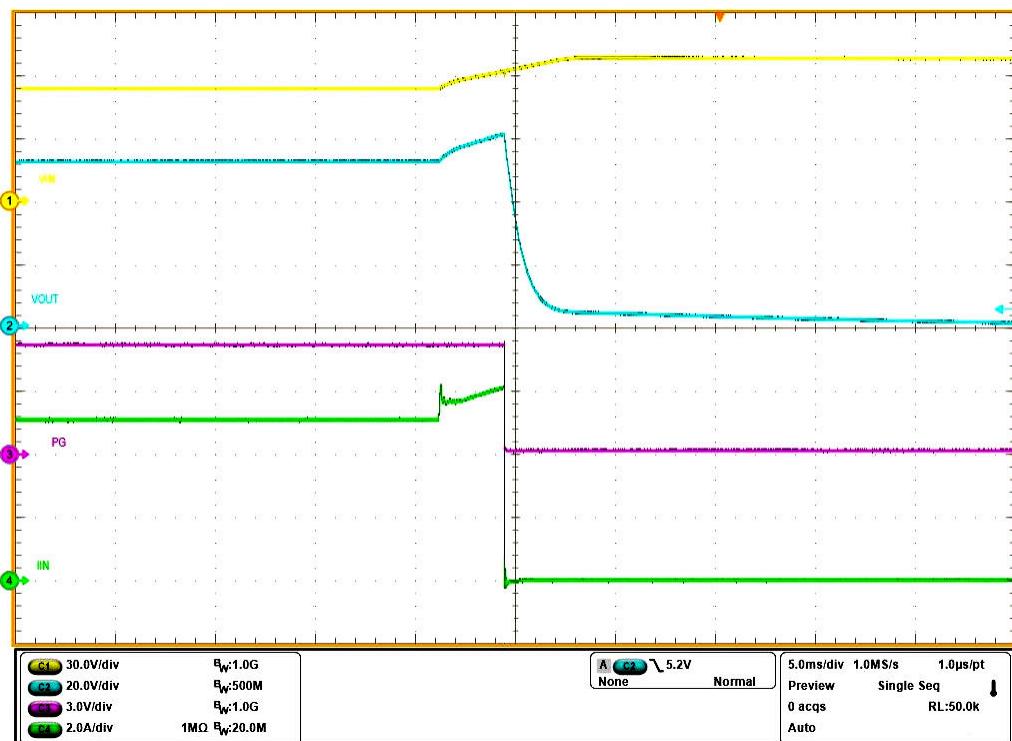
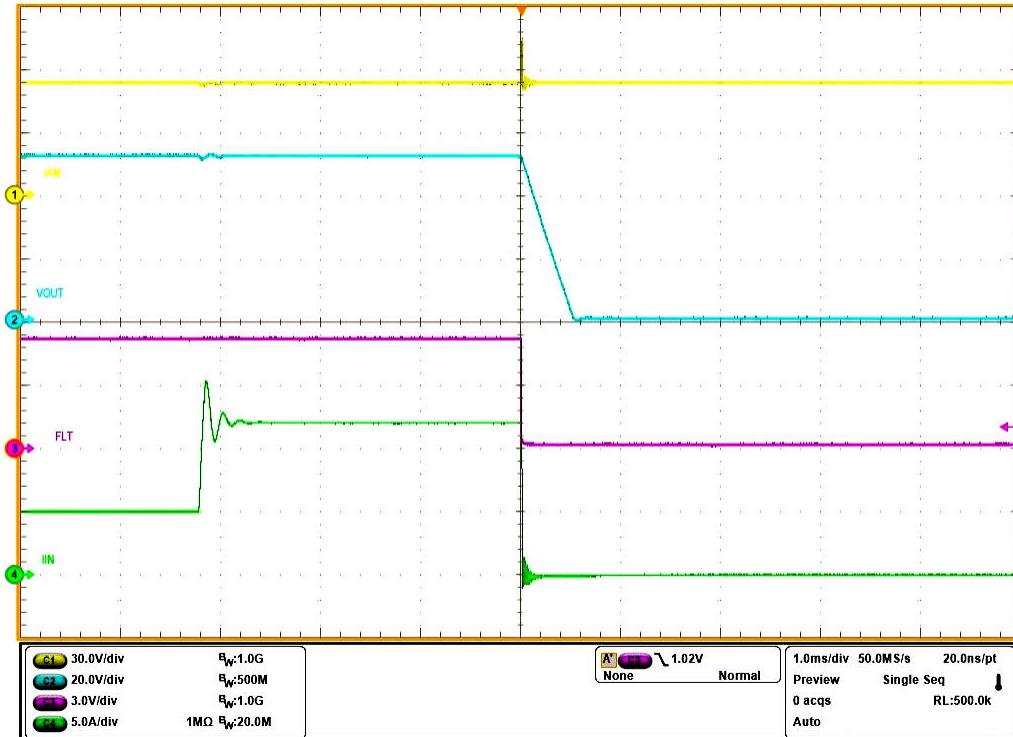


图 3-5. TPS1686 电子保险丝的过压锁定响应

### 3.1.5 过流事件

按照以下说明在 TPS1686 电子保险丝上执行持续过流测试：

1. 将跳线 J2 位置配置为过流保护所需的基准电压，如表 2-3 所述。
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. 将输入电源电压 VIN 设置为 54V，将电流限制设置为 15A。
4. 在 VIN2 ( 连接器 J13 ) 和 PGND ( 连接器 J11 ) 之间连接电源并启用电源。
5. 现在在 VOUT2 ( 连接器 J14 ) 和 PGND ( 连接器 J12 ) 之间施加  $I_{OCP} < I_{LOAD} < I_{SFT}$  范围内的过载，持续时间大于使用跳线 J3 决定的  $t_{TIMER}$ 。
6. 使用示波器观察波形。



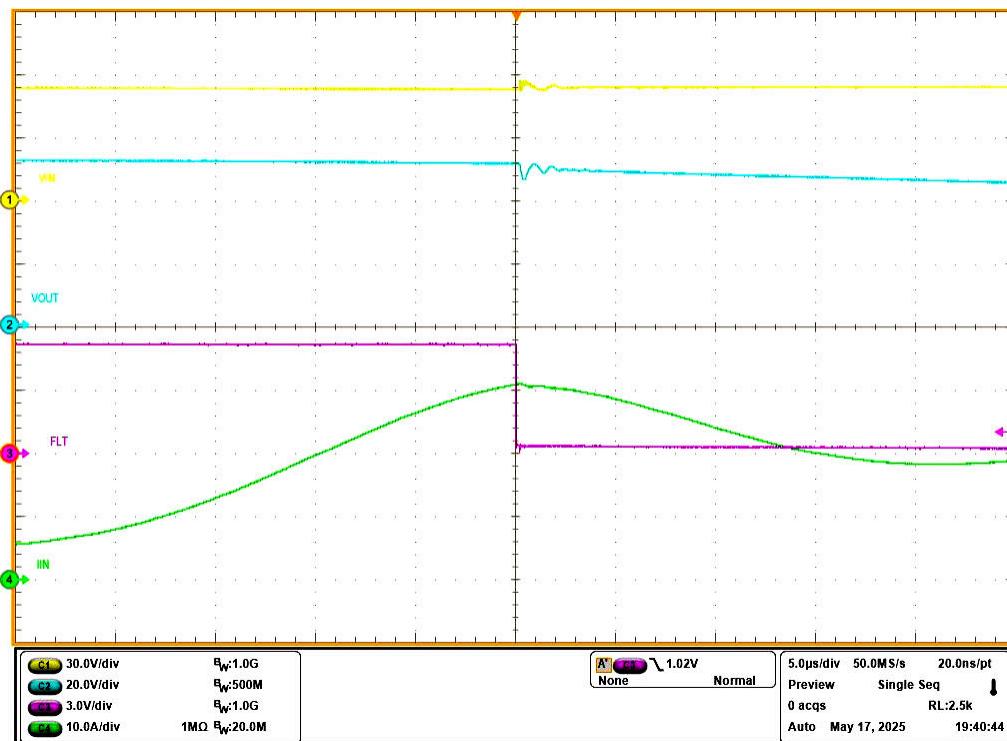
$V_{IN} = 54V$ 、 $C_{ITIMER} = 4.7nF$ 、 $C_{OUT} = 100\mu F$ 、 $R_{IMON} = 5.6k\Omega$  ( $I_{OCP} = 10A$ )、 $R_{IREF} = 40.2k\Omega$  ( $V_{REF} = 1V$ ) 和  
 $I_{OUT}$  从 5A 斜升至 12A

图 3-6. TPS1686 电子保险丝的持续过载性能

### 3.1.6 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 VIN2 设置为 54V，并在 VIN2（连接器 J13）和 PGND（连接器 J11）之间连接电源。
2. 根据表 2-3 配置跳线 J5，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 VOUT2（连接器 J14）短接到 PGND（连接器 J12）。
5. 使用示波器观察波形。



$$V_{IN} = 54V, R_{IMON} = 5.6k\Omega, R_{IREF} = 40.2k\Omega, R_{SFT} = 150k\Omega \text{ 和 } C_{OUT} = 100\mu F$$

图 3-7. TPS1686 的输出热短路响应

#### 备注

验证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可能会很困难。以下因素会导致结果变化：

- 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。验证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。

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 和图 4-2 显示了 EVM 原理图。

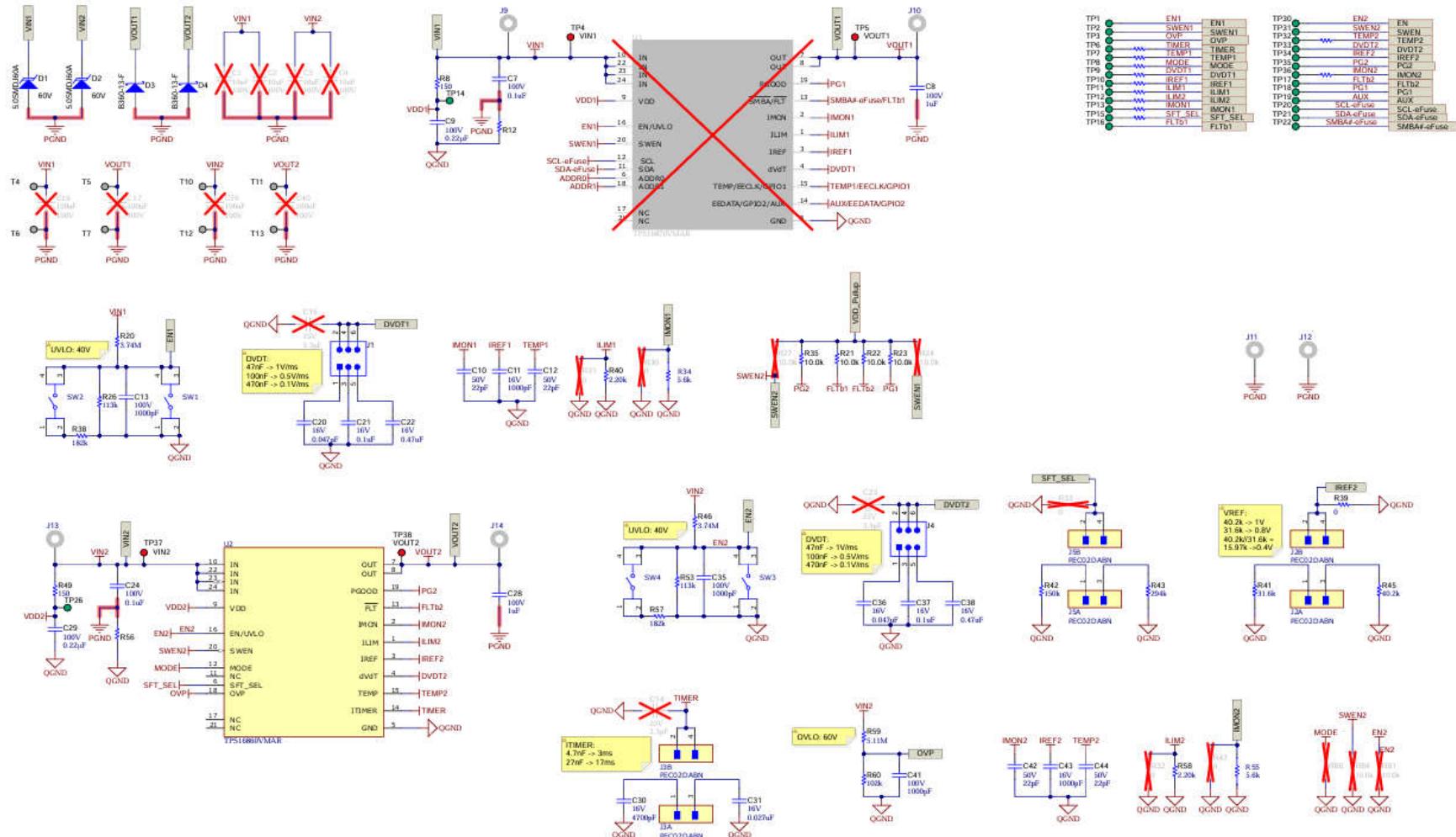


图 4-1. TPS1686-87EVM 评估板原理图 (第 1 页)

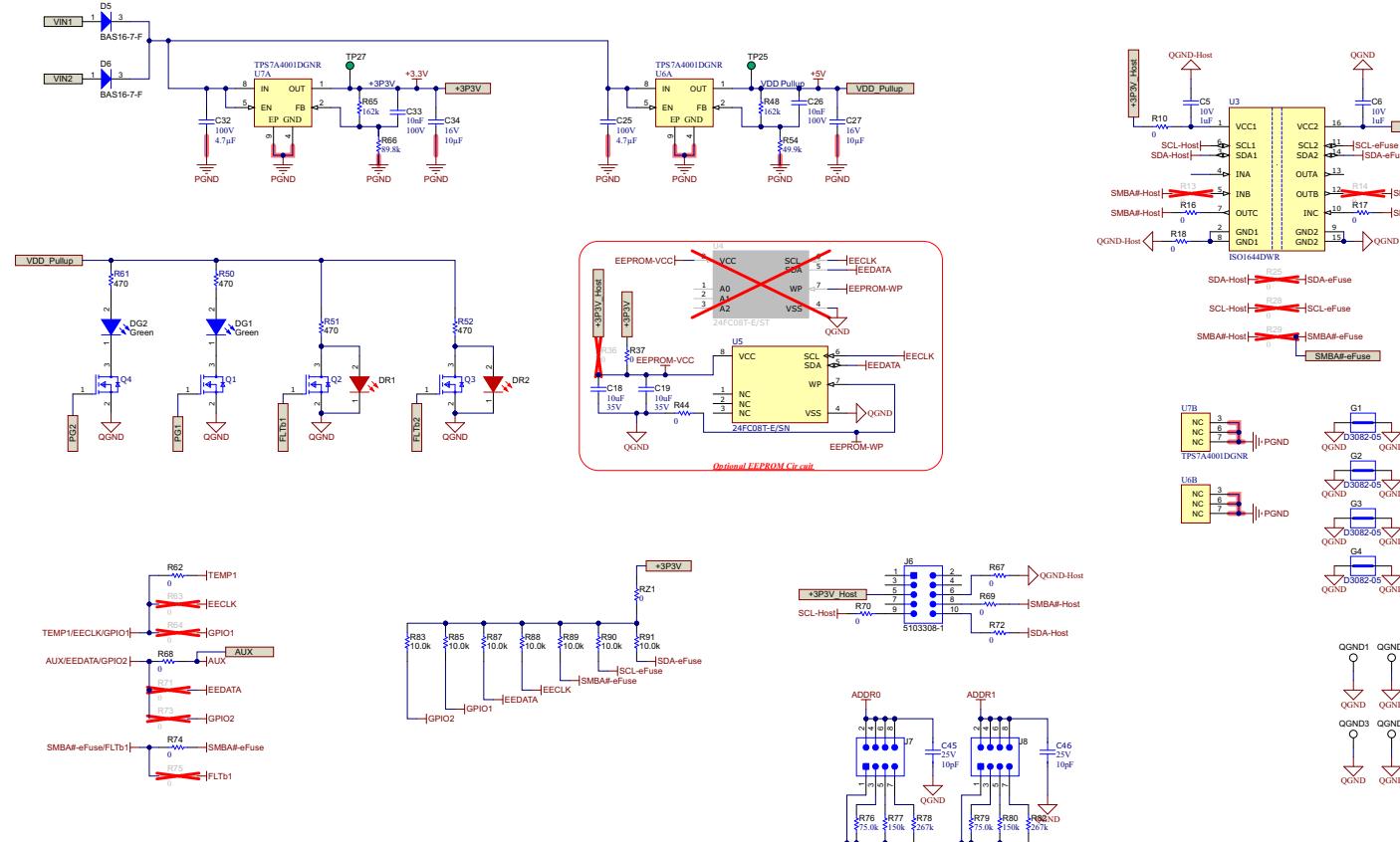


图 4-2. TPS1686-87EVM 评估板原理图 (第 2 页)

## 4.2 PCB 图

图 4-3 和图 4-4 展示了 EVM 的元件放置方式。

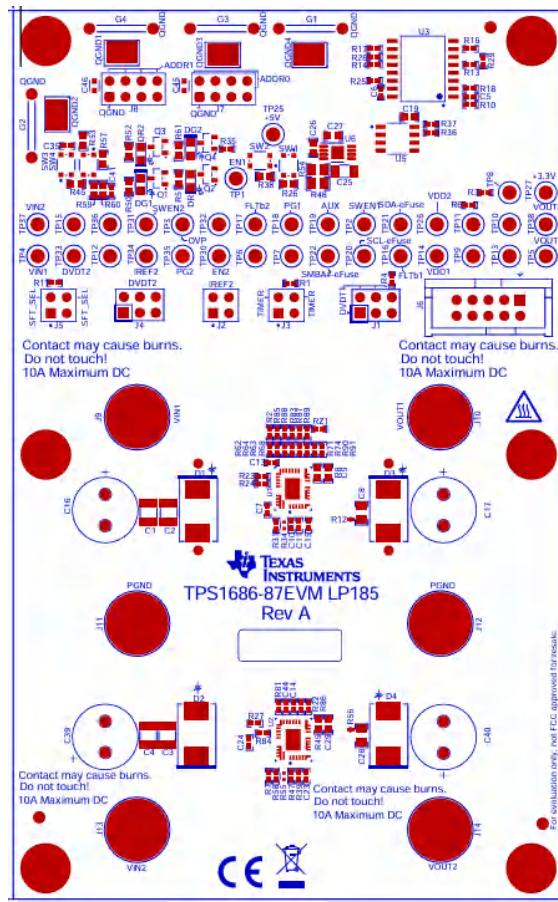


图 4-3. TPS1686-87EVM 电路板：顶层装配图

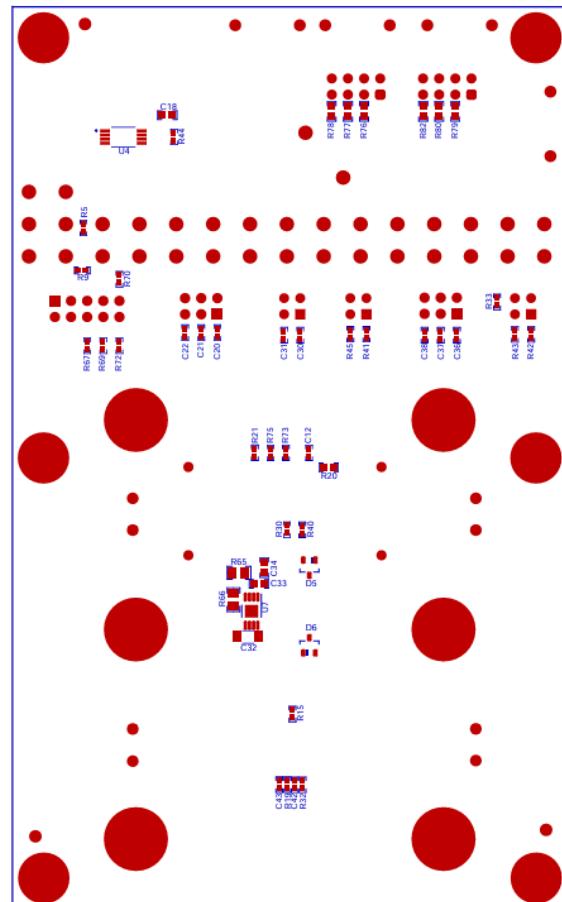


图 4-4. TPS1686-87EVM 电路板：底层装配图

### 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）。

## 4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1 列出了 EVM BOM

表 4-1. TPS1686-87EVM 物料清单

位号	数量	值	器件型号	制造商
IPCB1	1		LP185	不限
C5、C6	2	1uF	GRM155R61A105KE15D	MuRata
C7、C24	2	0.1uF	GRM155R62A104KE14D	MuRata
C8、C28	2	1uF	C2012X7S2A105K125AB	TDK
C9、C29	2	0.22μF	HMK107C7224KAHTE	Taiyo Yuden
C10、C12、C42、C44	4	22pF	GRM1555C1H220FA01D	MuRata
C11、C43	2	1000pF	GRM155R61C102KA01D	MuRata
C13、C35、C41	3	1000pF	GRM155R72A102KA01D	MuRata
C18、C19	2	10uF	GRM188R6YA106MA73D	Murata
C20、C36	2	0.047uF	GRM155R61C473KA01D	MuRata
C21、C37	2	0.1uF	GRM155R71C104KA88D	MuRata
C22、C38	2	0.47μF	GRM155R61C474KE01	MuRata
C25、C32	2	4.7uF	12061Z475MAT2A	AVX
C26、C33	2	0.01uF	GRM188R72A103KA01D	MuRata
C27、C34	2	10uF	GRM188R61C106KAALD	MuRata
C30	1	4700pF	GRM155R71C472KA01D	MuRata
C31	1	0.027uF	GRM155R71C273KA01D	MuRata
C45、C46	2	10pF	06033A100JAT2A	AVX
D1、D2	2	60V	5.0SMDJ60A	Littelfuse
D3、D4	2	60V	B360-13-F	Diodes Inc.
D5、D6	2	75V	BAS16-7-F	Diodes Inc.
DG1、DG2	2	绿色	LG R971-KN-1	OSRAM
DR1、DR2	2	红色	LS R976-NR-1	OSRAM
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6		不适用	不适用

表 4-1. TPS1686-87EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	器件型号	制造商
G1、G2、G3、G4	4		D3082-05	Harwin
H1、H2、H3、H4、H11、H12	6		1902C	Keystone
H5、H6、H7、H8、H9、H10	6		NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
J1、J4	2		PEC03DAAN	Sullins Connector Solutions
J2、J3、J5	3		PEC02DABN	Sullins Connector Solutions
J6	1		5103308-1	TE Connectivity
J7、J8	2		PRPC004DAAN-RC	Sullins Connector Solutions
J9、J10、J11、J12、J13、J14	6		575-8	Keystone
Q1、Q2、Q3、Q4	4		SI2306BDS-T1-GE3	Vishay Siliconix
QGND1、QGND2、QGND3、 QGND4	4		5016	Keystone
R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、 R9、R11、R15、R19	11	1.00k	ERA-2APB102X	Panasonic
R8、R49	2	150	CRCW0603150RJNEA	Vishay-Dale
R10、R16、R17、R18、R37、 R44、R62、R67、R68、R69、 R70、R72、R74、RZ1	14	0	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R12、R56	2		RC0201JR-070RL	Yageo
R20、R46	2	3.74Meg	CRCW06033M74FKEA	Vishay-Dale
R21、R22、R23、R35、R83、 R85、R87、R88、R89、R90、R91	11	10.0k	RC0402FR-0710KL	Yageo America
R26、R53	2	113k	RC0603FR-07113KL	Yageo
R34、R55	2	5.6k	ERA-2AEB562X	Panasonic Electronic Components
R38、R57	2	182k	CRCW0603182KFKEA	Vishay-Dale
R40、R58	2	2.20k	ERA2AEB222X	Panasonic
R41	1	31.6k	CRCW040231K6FKED	Vishay-Dale
R42	1	150k	ERJ-2RKF1503X	Panasonic
R43	1	294k	ERJ-2RKF2943X	Panasonic
R45	1	40.2k	ERJ-2RKF4022X	Panasonic

表 4-1. TPS1686-87EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	器件型号	制造商
R48、R65	2	162k	RT0805BRD07162KL	Yageo America
R50、R51、R52、R61	4	470	RC0603JR-07470RL	Yageo
R54	1	49.9k	RT0805BRD0749K9L	Yageo America
R59	1	5.11Meg	CRCW06035M11FKEA	Vishay-Dale
R60	1	102k	CRCW0603102KFKEA	Vishay-Dale
R66	1	89.8k	RT0805BRD0789K8L	Yageo America
R76、R79	2	75.0k	RT0603BRD0775KL	Yageo America
R77、R80	2	150k	RT0603BRD07150KL	Yageo America
R78、R82	2	267k	RT0603BRD07267KL	Yageo America
SH1、SH2、SH3、SH4、SH5、 SH6、SH7、SH8、SH9、SH10、 SH11、SH12	12		60900213621	Wurth Elektronik
SW1、SW2、SW3、SW4	4		PTS830GM140SMTRLFS	C&K Components
T4、T5、T6、T7、T10、T11、 T12、T13	8		0300-2-15-01-47-01-10-0	Mill-Max
TP1、TP2、TP3、TP6、TP7、 TP8、TP9、TP10、TP11、TP12、 TP13、TP14、TP15、TP16、 TP17、TP18、TP19、TP20、 TP21、TP22、TP25、TP26、 TP27、TP30、TP31、TP32、 TP33、TP34、TP35、TP36	30		5126	Keystone
TP4、TP5、TP37、TP38	4		5010	Keystone
U2	1		TPS16860NLMR	德州仪器 (TI)
U3	1		ISO1644DWR	德州仪器 (TI)
U5	1		24FC08T-E/SN	Microchip
U6、U7	2		TPS7A4001DGNR	德州仪器 (TI)
C1、C2、C3、C4	0		GRM32EC72A106KE05L	Murata
C14、C15、C23	0	3.3pF	GRM1555C1E3R3CA01D	MuRata
C16、C17、C39、C40	0	100μF	ECA2AM101	Panasonic

表 4-1. TPS1686-87EVM 物料清单 (续)

位号	数量	值	器件型号	制造商
R13、R14、R25、R28、R29、 R30、R31、R32、R33、R36、 R39、R47、R63、R64、R71、 R73、R75、R86	0	0	CRCW04020000Z0ED	Vishay-Dale
R24、R27	0	10.0k	RC0402FR-0710KL	Yageo America
R81、R84	0	10.0k	ERJPA2F1002X	Panasonic
U1	0		TPS16870NLMR	德州仪器 (TI)
U4	0		24FC08T-E/ST	Microchip

## 5 其他信息

### 5.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 6 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 * (June 2025) to Revision A (November 2025)</b>	<b>Page</b>
• 更新了 <a href="#">电路板图像</a> 。 .....	1
• 更新了 <a href="#">节 4.1</a> 中的图像。 .....	14
• 更新了 <a href="#">节 4.2</a> 。 .....	16
• 更新了 <a href="#">节 4.3</a> 。 .....	17

## 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、与某特定用途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、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月