

# TPS7H1111-SP 引脚故障模式分析 (FMA)



本应用简报为 TPS7H1111-SP 超低噪声、高 PSRR LDO 的引脚提供了 *故障模式分析 (FMA)*。本文档介绍的故障情况包括各个引脚的典型故障场景：

- 引脚对地短路 ( 请参阅 [表 1](#) )
- 引脚对  $V_{IN}$  电源短路 ( 请参阅 [表 2](#) )
- 引脚对  $V_{OUT}$  电源短路 ( 请参阅 [表 3](#) )
- 引脚开路 ( 请参阅 [表 4](#) )
- 引脚对邻近引脚短路 ( 请参阅 [表 5](#) )

在下表中，*损坏* 表示器件可能立即损坏、器件逐渐损坏或寿命缩短。它仅包含器件本身的损坏，而不包括上游或下游元件的损坏。*功能正常* 表示器件整体行为如数据表中所述 ( 尽管这并不一定意味着器件正在进行调节 )。该分析使用 [图 3](#) 所示的原理图且带有 0.5A 的电阻负载。有关每种情况的详细信息，请参阅下表中的注释。

此分析主要针对 TPS7H1111-SP 器件的陶瓷 HBL 14 引脚封装。但是，大多数结果也适用于 TPS7H1111-SP 和 TPS7H1111-SEP 器件的塑料 PWP 28 引脚封装。

[图 1](#) 和 [图 2](#) 展示了 CFP 和 HTSSOP 封装的 TPS7H1111-SP 引脚图。有关器件引脚的详细说明，请参阅 TPS7H1111-SP 数据表中的 *引脚配置和功能* 部分。

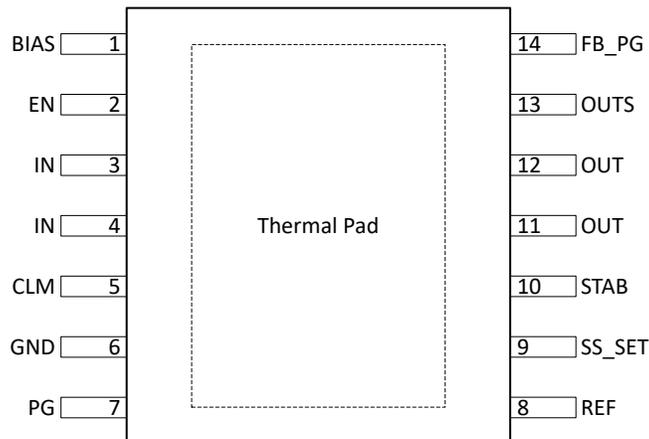


图 1. 引脚图 - (CFP) 封装

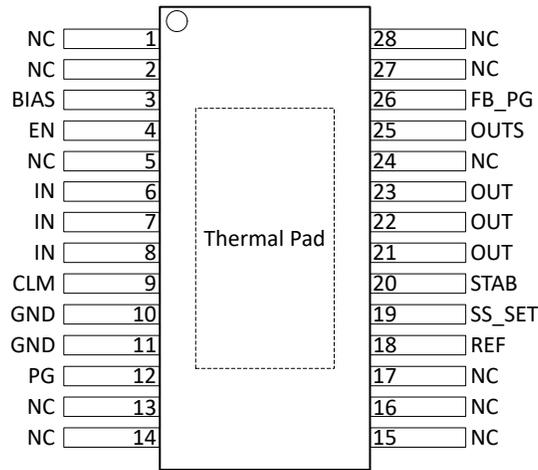
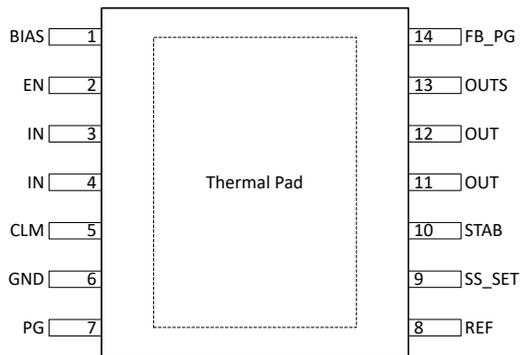


图 2. 引脚图 - (HTSSOP) 封装

HBL 封装  
14 引脚 CFP  
顶视图



PWP 封装  
28 引脚 HTSSOP  
顶视图

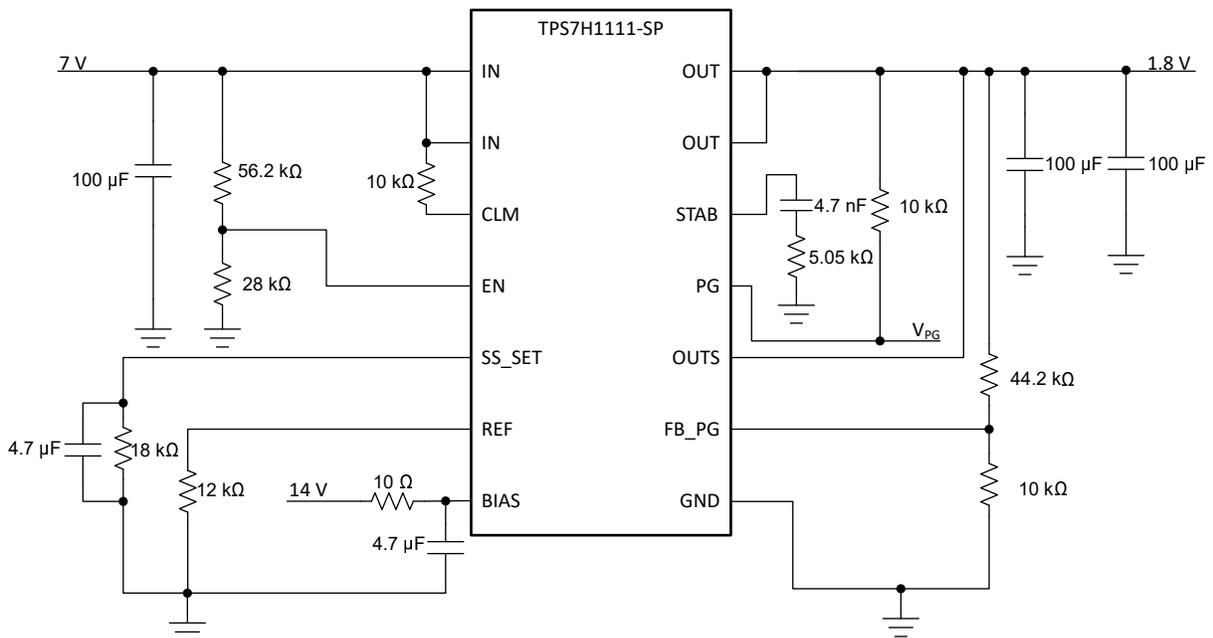
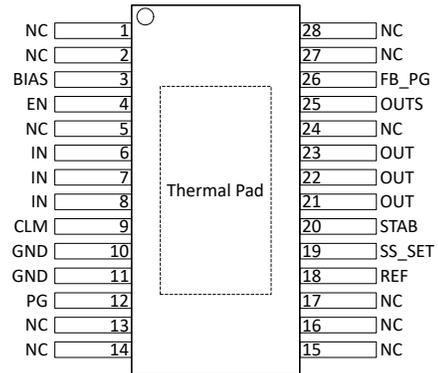


图 3. 器件原理图 - 引脚 FEA

表 1. 引脚对地短路

引脚名称	引脚编号	损坏	功能正常	对潜在故障影响的说明
BIAS	1	否	是	器件关断 ( 进入 UVLO )。
EN	2	否	是	器件关断 ( 禁用 )。
IN	3	有	是	如果两个 IN 引脚都短接, 则器件低于内部 UVLO, 因此会关断。如果只有一个短接, 这两个引脚之间可能会发生破坏性过流事件。
IN	4	是	是	
CLM	5	否	是	正常运行 - 器件配置为关断电流限制模式。如果 CLM 在发生对地短路之前时直接连接到 V <sub>IN</sub> , 则可能会导致短路, 从而可能导致损坏。由于原理图中显示了一个 10kΩ 上拉至 V <sub>IN</sub> , 因此不会发生损坏。
GND	6	不适用	不适用	不适用
PG	7	否	是	由于引脚为开漏引脚, 并且没有内部上拉电压, 因此引脚保持为 0V。
REF	8	是	否	REF 引脚上发生过流事件, 可能会损坏器件。此外, 这可能会导致其他电路中出现不正确的偏置, 从而导致其他故障。
SS_SET	9	否	是	器件将输出电压调节至 0V。如果 FB_PG 降至 V <sub>FB_PG(rising)</sub> - V <sub>FB_PG(HYS)</sub> 以下, 2mA 电流将导通并从此 SS_SET 引脚流出。
STAB	10	否	否	通道元件会导通, 这可能导致器件进入电流限制或输出升高到编程的 SS_SET 值以上。虽然不会损坏该器件, 但可能会损坏下游电路。如果在器件上电但因 STAB 内部驱动为高电平而被禁用时发生这种短路, 则预计会造成损坏。这会导致 STAB 上的电流过大, 可能会损坏器件。
OUT	11	是	是	短路保护功能已激活, 防止立即造成损坏; 不适用于长时间运行。
OUT	12	是	是	
OUTS	13	是	是	该器件会在输出端检测到 0V, 因此会调节到可能的最大电压。但是, OUTS 上的这个 0V 会导致不正确的内部偏置, 从而可能导致意外的电压应力, 而这可能会随着时间的推移而造成损坏。此外, 由于 OUTS 从外部连接到 OUT, 这可能会在外部形成高电流路径, 从而可能导致外部损坏。
FB_PG	14	是	是	器件会进入软启动模式并在 SS_SET 引脚上输出 2mA 电流, 这会导致更高的输出电压。除非达到电流限值并长时间保持恒定电流限值, 否则器件本身将正常工作。

**表 2. 引脚对  $V_{IN}$  短路**

引脚名称	引脚编号	损坏	功能正常	对潜在故障影响的说明
1	BIAS	是	是	如果 $V_{BIAS}$ 高于 $V_{IN}$ ，则由于未提供适当的偏置电压，器件可能会停止正确调节。如果 $V_{IN}$ 是可接受的辅助电源，则器件可能会继续正常运行。如果 $V_{BIAS}$ 高于 7V，IN 引脚会过载并发生损坏。
2	EN	否	是	器件导通。
3	IN	不适用	不适用	不适用
4	IN	不适用	不适用	
5	CLM	否	是	正常运行 - 器件配置为砖墙电流限制模式。如果 CLM 之前在发生 $V_{IN}$ 短路时直接连接到 GND，则可能会导致短路，进而可能会导致损坏。如果 CLM 通过 10k $\Omega$ 下拉到 GND，则预计不会造成损坏。
6	GND	是	否	接地不当可能会损坏各种内部电路。
7	PG	是	是	如果 PG 被置位并且直接短接至 $V_{IN}$ ，则将有过多的电流流经此引脚，从而造成损坏。
8	REF	是	否	电流流入 REF，这会损坏器件并停止适当的调节。
9	SS_SET	是	否	电流流入 SS_SET，这会损坏器件并停止适当的调节。
10	STAB	是	否	通道元件关断。但是，STAB 上的电流过大可能会造成损坏。
11	OUT	是	是	由于控制环路检测到输出过高并关断通道元件，器件停止调节。但是，这会导致不正确的内部误差放大器偏置，从而可能导致意外的电压应力，而这会随着时间的推移而造成损坏。
12	OUT	是	是	
13	OUTS	是	是	由于控制环路检测到输出过高并关断通道元件，器件停止调节。但是，这会导致不正确的内部误差放大器偏置，从而可能导致意外的电压应力，而这会随着时间的推移而造成损坏。
14	FB_PG	是	否	如果 $V_{IN} > 6V$ ，这将超过建议的运行条件，导致不正确的内部偏置，从而导致功能故障。如果 $V_{IN} < 6V$ ，则器件无法进入软启动模式，并且 PG 始终置位；否则会继续正常运行。如果没有软启动，则可能会导致在启动期间达到电流限制。

**表 3. 引脚对 V<sub>OUT</sub> 短路**

引脚名称	引脚编号	损坏	功能正常	对潜在故障影响的说明
1	BIAS	是	否	由于 V <sub>BIAS</sub> 到 V <sub>OUT</sub> 没有足够的余量，器件会停止调节或降低输出电压。如果 V <sub>BIAS</sub> 高于 7V，则会导致误差放大器内出现不正确的过压，从而造成损坏。
2	EN	否	是	只要 V <sub>OUT</sub> 高于 V <sub>EN(rising)</sub> 阈值，器件就会保持开启并继续调节，否则器件会关断。
3	IN	是	是	当 V <sub>OUT</sub> 上升至 V <sub>IN</sub> 且控制环路检测到输出过高并关断通道元件时，器件会停止调节。但是，这会导致不正确的内部误差放大器偏置，从而可能导致意外的电压应力，而这会随着时间的推移而造成损坏。
4	IN	是	是	
5	CLM	是	否	由于电流限制模式会随输出电压的变化而变化，因此无法很好地控制电流限制模式。这可能会导致输入缓冲器击穿而产生过大的 V <sub>IN</sub> 电流。
6	GND	是	否	导致 V <sub>OUT</sub> 上的电流限制。器件无法长时间保持恒定电流限制。此外，如果 GND 引脚不再是系统接地，接地不当可能会损坏各种内部电路。
7	PG	是	是	如果 PG 被置位并且直接短接至 V <sub>OUT</sub> ，则将有过多的电流流经此引脚。
8	REF	是	否	电流流入或流出 REF，这会损坏器件并停止适当的调节。
9	SS_SET	是	否	由于 V <sub>SS_SET</sub> 的标称值等于 V <sub>OUT</sub> ，因此只要 SS_SET 能够继续拉出其电流，就不会立即造成损坏；但是，可能会发生复杂的交互，导致输出电压过高或尝试通过 OUT 引脚灌入电流，从而造成损坏。
10	STAB	否	否	启用时，通道元件大部分会关断。禁用时，强制 STAB 为 0V 将导致更高的 V <sub>BIAS</sub> 电流，甚至可能会损坏器件。
11	OUT	不适用	不适用	不适用
12	OUT	不适用	不适用	
13	OUTS	否	是	正常运行。
14	FB_PG	否	是	当 V <sub>OUT</sub> 上升至高于 V <sub>FB_PG(rising)</sub> 阈值时，PG 会被置位，并且快速启动电流会关闭（从而导致启动时间延长）。

**表 4. 引脚开路**

引脚名称	引脚编号	损坏	功能正常	对潜在故障影响的说明
BIAS	1	否	否	由于没有 $V_{BIAS}$ 电压，器件会停止调节。
EN	2	否	否	器件可能会不时振荡。
IN	3	有	是	如果只有一个引脚悬空，则电流将流经另一个引脚，导致那个引脚上的电流过大，最终造成损坏。
IN	4	是	是	
CLM	5	是	否	电流限制模式控制不当。此外，CLM 输入缓冲器上的未定义电压将导致额外的 $V_{IN}$ 击穿电流流动，从而可能会损坏器件。
GND	6	是	否	不正确的偏置预计会导致具有大电流尖峰的振荡。
PG	7	否	否	PG 会在下拉时工作，但由于它是漏极开路，因此它不能变为高电平，并且将处于未知状态。
REF	8	否	否	不会产生基准电流，因此在尝试调节时，器件将输出 0V。
SS_SET	9	是	否	器件将试图强制通过该引脚输出 100 $\mu$ A 的电流，从而导致其达到高电压。这可能会导致不正确的内部误差放大器偏置，从而导致过压故障。
STAB	10	否	是	控制环路响应会有所不同，相位裕度可能会更差，但器件仍会正常工作。
OUT	11	是	是	如果只有一个引脚悬空，则电流将流经另一个引脚，导致那个引脚上的电流过大，最终造成损坏。
OUT	12	是	是	
OUTS	13	是	否	器件将不知道如何调节电压，并且可能会发生振荡，甚至可能会损坏器件。
FB_PG	14	是	否	器件快速启动电流将振荡，甚至可能会损坏器件。

表 5. 引脚对邻近引脚短路

引脚名称	引脚编号	短接引脚编号	短接引脚名称	损坏	功能正常	注释
BIAS	1	2	EN	是	是	根据辅助电源电压，器件将导通或关断。如果偏置电压超过 7V，则 EN 引脚过载。
EN	2	3	IN	否	是	根据输入电源电压，器件将导通或关断。
IN	3	4	IN	否	是	正常运行
IN	4	5	CLM	否	是	正常运行 - 器件配置为砖墙电流限制模式。如果 CLM 之前在发生 $V_{IN}$ 短路时直接连接到 GND，则可能会导致短路，进而可能会导致损坏。如果 CLM 通过 10k $\Omega$ 下拉到 GND，则预计不会造成损坏。
CLM	5	6	GND	否	是	正常运行 - 器件配置为关断电流限制模式。如果 CLM 在发生对地短路之前时直接连接到 $V_{IN}$ ，则可能会导致短路，从而可能导致损坏。由于原理图中显示了一个 10k $\Omega$ 上拉至 $V_{IN}$ ，因此不会发生损坏。
GND	6	7	PG	否	是	由于 PG 为开漏引脚，并且没有内部上拉电压，因此 PG 保持为 0V。
REF	8	9	SS_SET	是	否	由于无法处理大输出电容， $V_{REF}$ 电压将不稳定，并且 SS_SET 将始终为 1.2V。此控制环路不稳定可能会导致损坏。
SS_SET	9	10	STAB	是	否	STAB 电压将在由 SS_SET 引脚电流源充电时上升。这会导致通道元件缓慢关断。但是，SS_SET 和 OUT 电压将不稳定，因为 STAB 元件受 SS_SET 的 RC 影响。这可能会导致内部误差放大器内出现不正确的过压，从而造成损坏。
STAB	10	11	OUT	否	否	启用时，通道元件会部分关断。禁用时，强制 STAB 为 0V 将导致更高的 $V_{BIAS}$ 电流，甚至可能会损坏器件。
OUT	11	12	OUT	否	是	正常工作。
OUT	12	13	OUTS	否	是	正常工作。
OUTS	13	14	FB_PG	否	是	由于 OUTS 连接到 OUT，当 $V_{OUT}$ 上升到高于 $V_{FB\_PG(rising)}$ 阈值时，PG 会被置位，并且快速启动电流关闭（从而导致启动时间延长）。

## 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