

Design Guide: TIDA-050090

采用 TPS1689 和 TPS1685 电子保险丝，适用于 AI 数据中心的 54V 5kW 电源路径保护参考设计



说明

该参考设计展示了适用于 AI 驱动型数据中心的 54V、5kW 输入电源路径保护电路，其中使用了一个 TPS1689 和五个并联的 TPS1685 电子保险丝器件。这些集成的高电流电路保护器件利用少量外部元件提供多种保护，能够非常有效地抵御过载、短路和过多浪涌电流。TPS1689 电子保险丝中的集成 PMBus® 接口可实现实时监测、控制和配置。三个器件位于顶层，三个位于底层。

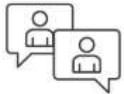
资源

[TIDA-050090](#)

设计文件夹

[TPS1685](#)、[TPS1689](#)、[TPS7A4001](#)

产品文件夹



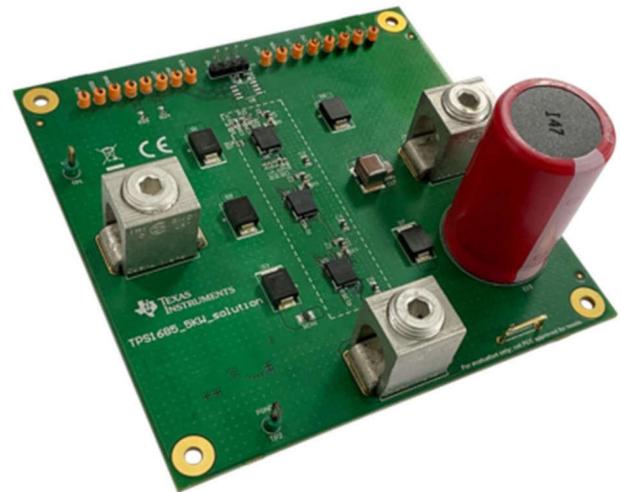
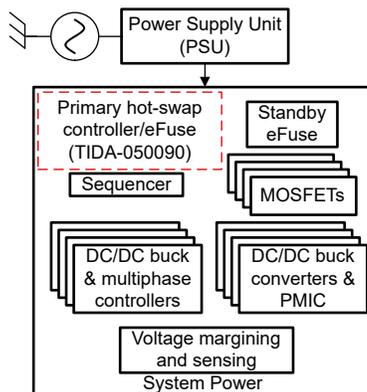
请咨询我司 TI E2E™ 支持专家

特性

- 能够在 55°C 的环境温度下承载 100A_{RMS} 的电流，而无需任何外部空气流量
- 启动下电上电和快速输出放电 (QOD) 的选项
- 通过 TPS1689 电子保险丝，使用 PMBus 实现控制、遥测和配置功能
- EEPROM 用于在故障后存储配置文件和黑盒数据
- 提供欠压、过压、过流、短路和过热保护

应用

- 具有 48V 输入的配电板
- Intel 服务器
- 高性能计算
- 网络接口卡 (NIC)
- AI 加速器模块或卡



1 系统说明

图 1-1 展示了 48V 或 54V 企业服务器主板中的典型配电架构。该图还指示了电源树中可以在服务器主板中使用的 TIDA-050090 参考设计的位置。

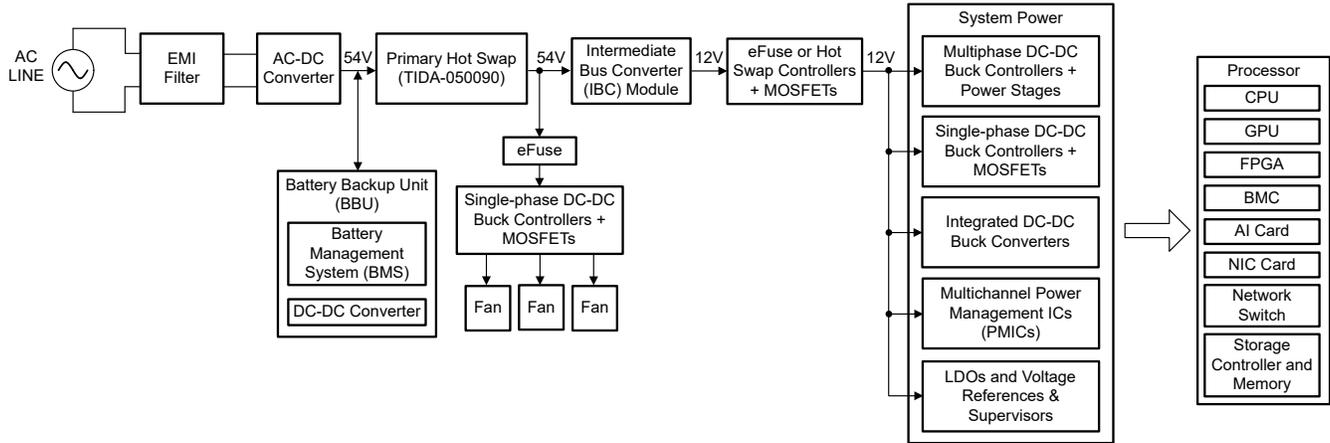


图 1-1. 系统方框图

1.1 主要系统规格

表 1-1 所示为此参考设计的设计参数。

表 1-1. 设计参数

参数	值
输入电压范围 (V_{IN})	40V 至 60V
最大 DC 负载电流 ($I_{OUT(max)}$)	100A
峰值电流	200A
最大输出电容 (C_{LOAD})	5mF
在 PG 置位之前所有负载是否都关闭？	是
最高环境温度	55°C
瞬态过载消隐计时器	1.5ms
是否需要承受输出端的“热短路”情况？	是
是否需要承受“加电至短路”情况？	是
是否可以热插拔电路板或对电路板执行电源循环？	是
系统是否需要负载电流监测？	是
故障响应	闭锁

2 系统概述

TIDA-050090 参考设计采用数据中心服务器中的 54V、5kW 输入电源路径保护系统，使用了六个并联排列的 TPS1685 电子保险丝器件，或一个 TPS1689 搭配五个并联的 TPS1685 电子保险丝器件。TPS1685 和 TPS1689 电子保险丝采用紧凑型封装集成的可并联设计，适用于高电流电路保护和电源管理。这些器件只需极少的外部元件即可提供多种保护模式。电子保险丝能够提供强大的保护，有效防止过载、短路和过多浪涌电流。该参考设计展示了当多个器件并联以支持更高的负载电流时，TPS1685 和 TPS1689 电子保险丝的性能。

2.1 方框图

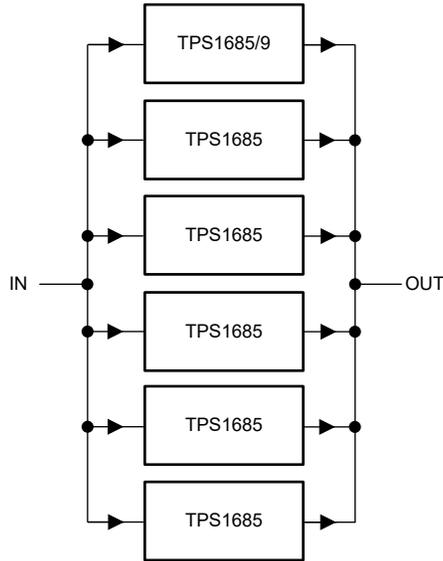


图 2-1. TIDA-050090 方框图

2.2 重点产品

2.2.1 TPS1685

TPS1685x 是一款集成式大电流电路保护和电源管理器件。该器件只需很少的外部元件即可提供多种保护模式，能够非常有效地抵御过载、短路和过多浪涌电流。浪涌电流有特别要求的应用可以通过单个外部电容器设定输出转换率。用户可根据系统需求设置输出电流限制级别。借助用户可调节的过流消隐计时器，系统可在电子保险丝不出现跳变的情况下支持负载电流的瞬态峰值。集成的快速、准确模拟负载电流监测器支持预测性维护和先进的动态平台电源管理（如 Intel® 平台系统电源 (PSYS) 和 PROCHOT#），以优化服务器和数据中心的性能。

可以并行连接多个 TPS1685x 器件，以增加高功率系统的总电流容量。所有器件在启动和稳态期间均主动同步运行状态并均流，避免部分器件过载导致并联链路提前关断或部分关断。此类器件的额定工作结温范围为 -40°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.2 TPS1689

TPS1689x 是采用小型封装的集成式高电流电路保护和电源管理器件。该器件只需很少的外部元件即可提供多种保护模式，能够非常有效地抵御过载、短路和过多浪涌电流。集成的 PMBus® 接口允许主机控制器实时监控、控制和配置系统。可以读回关键系统参数以进行远程遥测。各种保护和警告阈值和系数可通过 PMBus 进行配置或存储在非易失性配置存储器中。集成的快速、准确检测模拟负载电流监测器有助于实现预测性维护和先进的动态平台电源管理（如 Intel® PSYS 和 PROCHOT#），以优化服务器和数据中心的性能。黑盒故障记录功能有助于调试现场故障或返修品。为了支持更高的电流，TPS1689x 可与 TPS1685x 并联连接。此类器件的额定工作结温范围为 -40°C 至 +125°C。

2.2.3 TPS7A4001

TPS7A4001 器件是一款超高耐压线性稳压器，具有热增强型封装 (HVSSOP) 的优势，并可承受高达 100V 的连续直流或瞬态输入电压。

TPS7A4001 器件具有出色的稳定性，可与任何大于 4.7μF 的输出电容以及任何大于 1μF 的输入电容（过热及容差）搭配使用。因此，得益于小型化封装 (HVSSOP) 以及可使用小型输出电容的特性，此器件的实施可最大限度节省电路板空间。此外，TPS7A4001 器件还提供一个与标准 CMOS 逻辑兼容的使能引脚 (EN)，可启用低电流关断模式。

TPS7A4001 器件具有内部热关断和电流限制功能，可在故障情况下保护系统。HVSSOP 封装的工作温度范围为 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C 。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

- TIDA-050090 参考设计电路板
- 直流电源：N8951A，自动量程系统直流电源，80V，510A，15kW
- 直流电子负载：63210A-150-1000，大功率直流电子负载，150V，1000A，10kW
- 数字万用表
- Fluke® Ti480 PRO 红外热像仪
- MDO4000C 混合域示波器

图 3-1 和 图 3-2 展示了参考设计原理图。

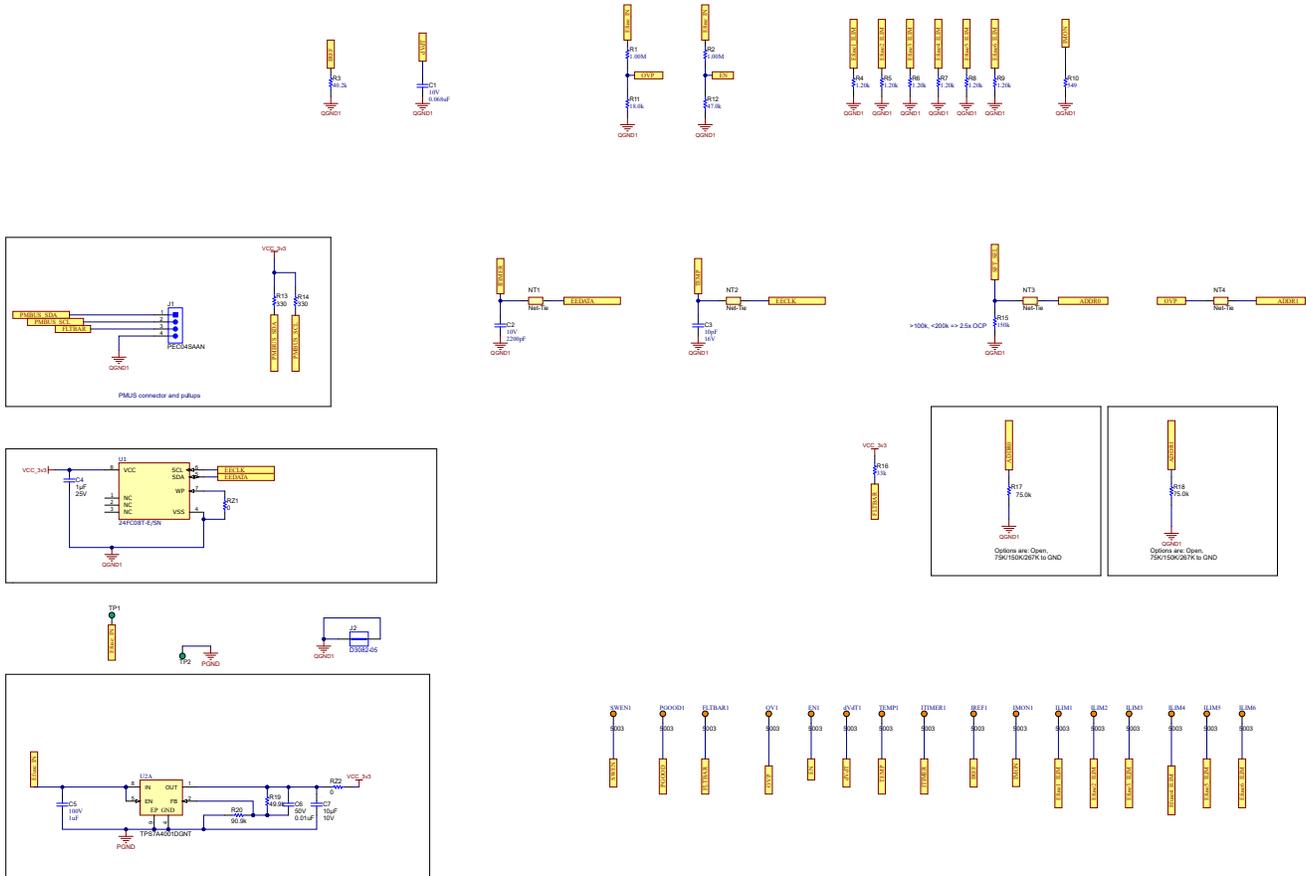


图 3-1. TIDA-050090 参考设计 (原理图 1)

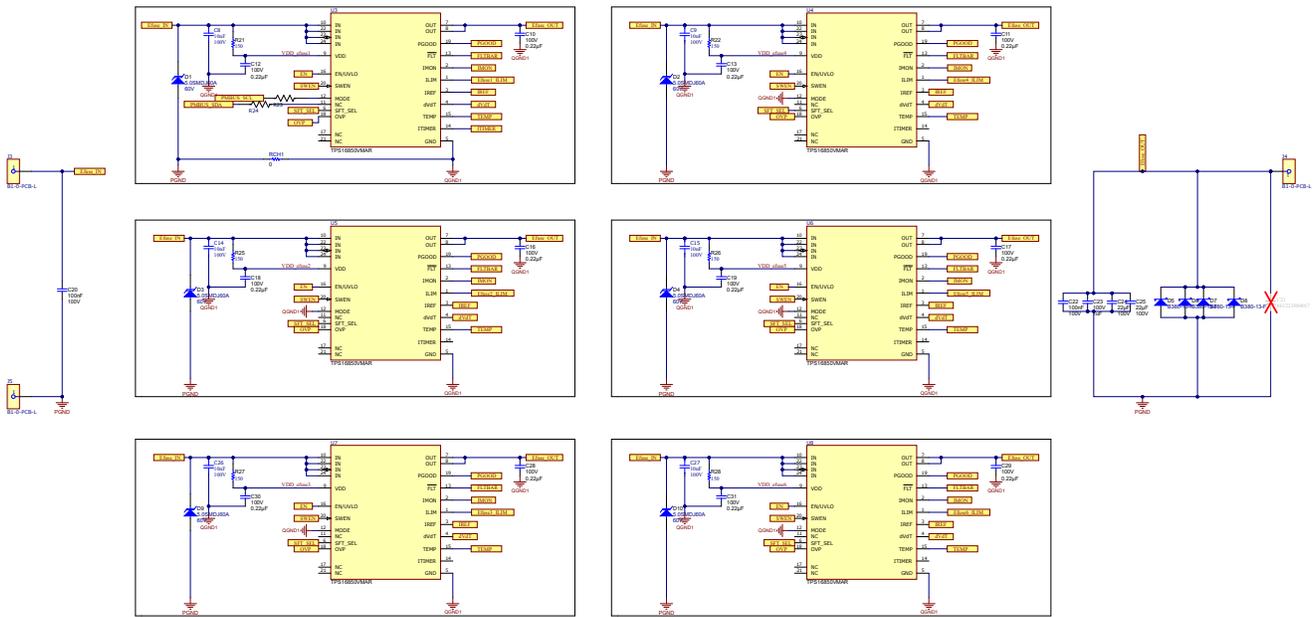


图 3-2. TIDA-050090 参考设计 (原理图 2)

图 3-3 至 图 3-5 展示了参考设计电路板图。

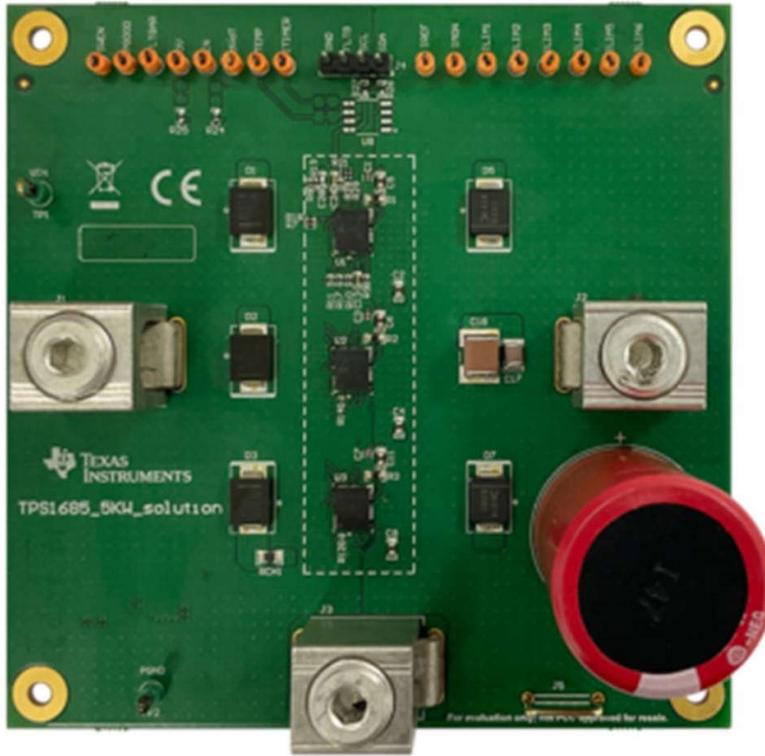


图 3-3. TIDA-050090 参考设计：顶视图

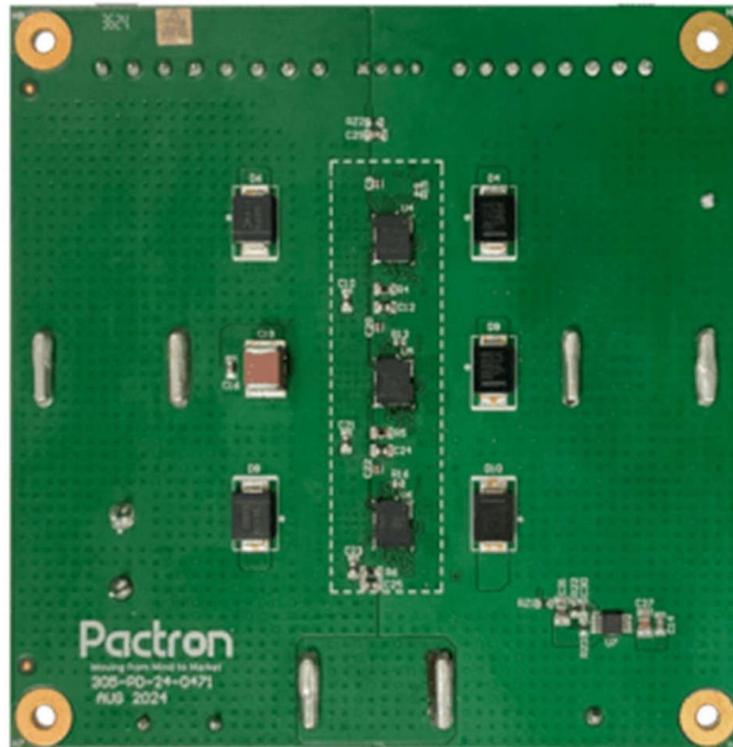


图 3-4. TIDA-050090 参考设计：底视图



图 3-5. TIDA-050090 参考设计：角度视图

3.2 测试设置

图 3-6 展示了测试设置方框图。

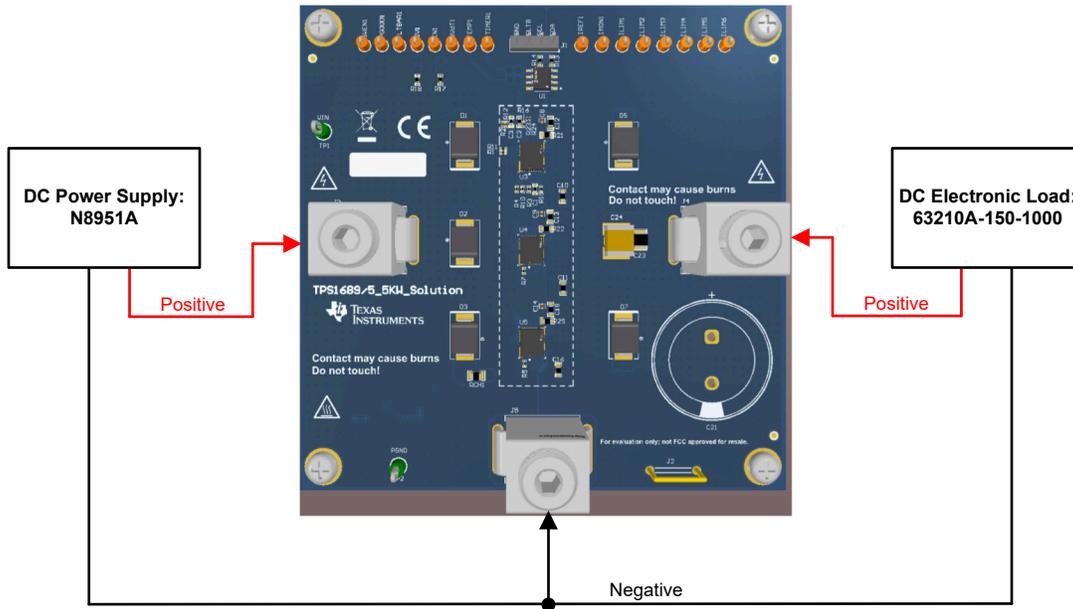
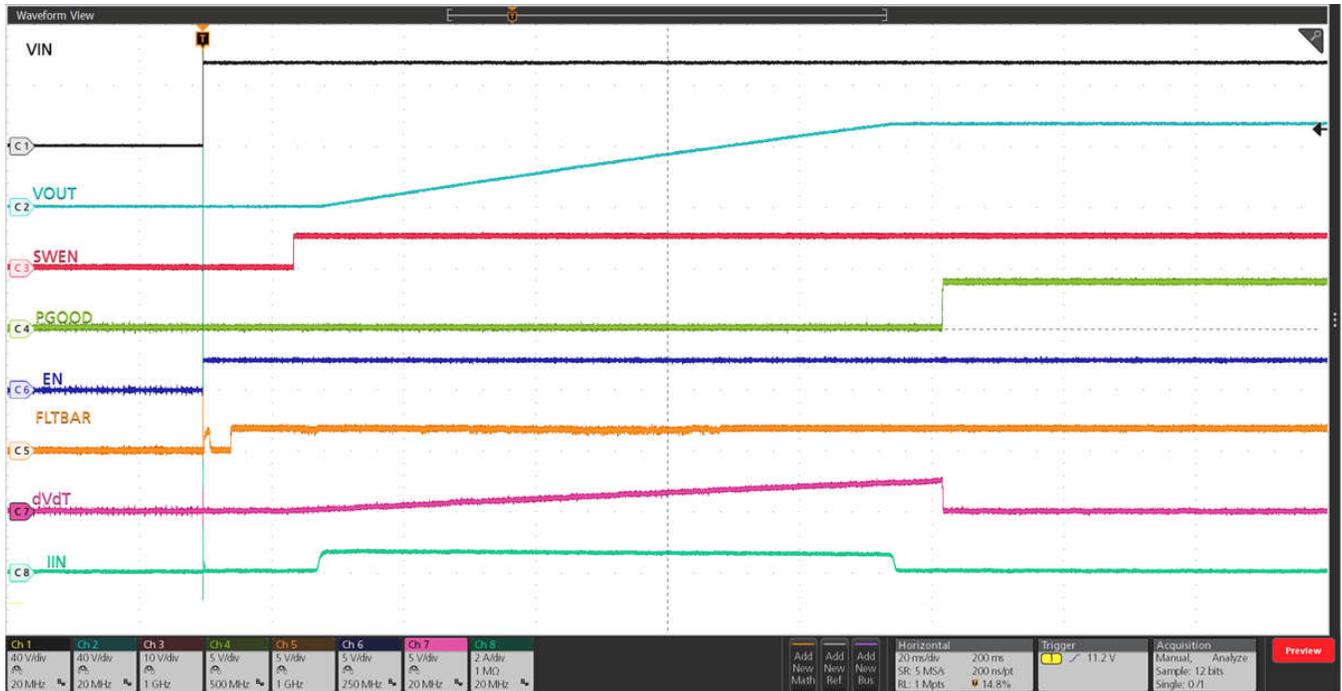


图 3-6. TIDA-050090 测试设置

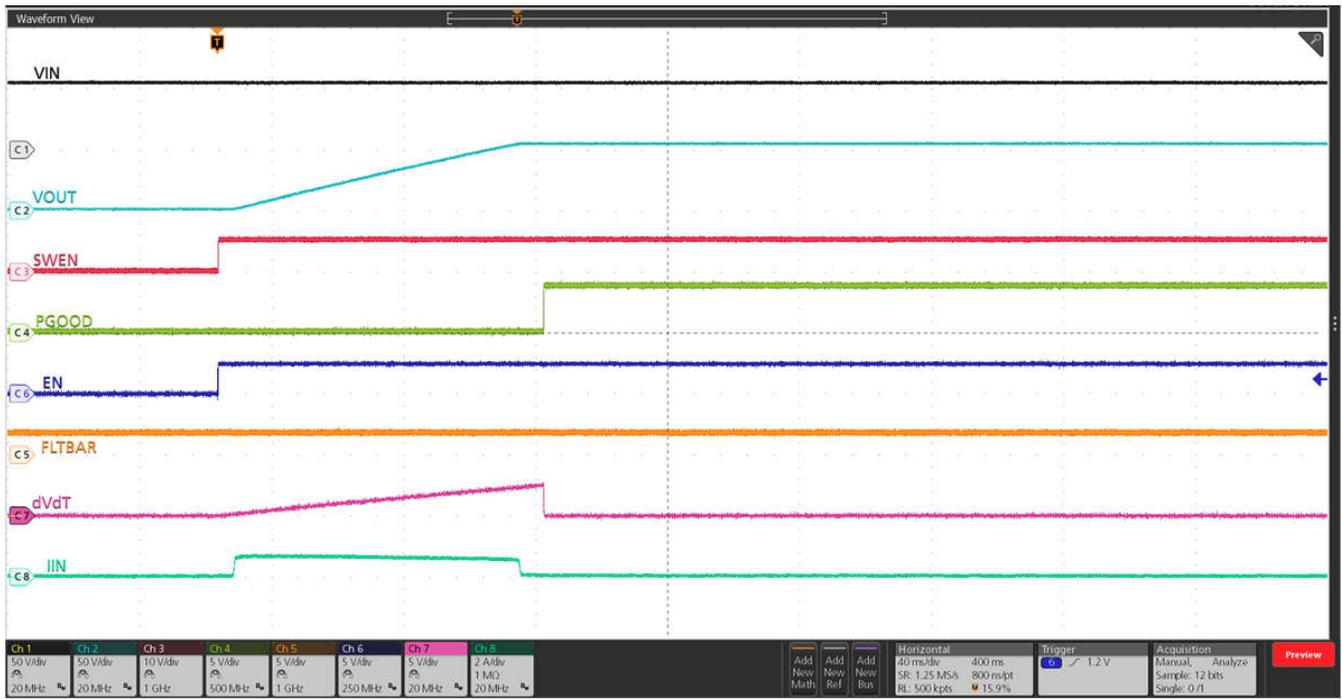
3.3 测试结果

图 3-7 至 图 3-16 显示 TIDA-050090 参考设计中的各种测试结果。



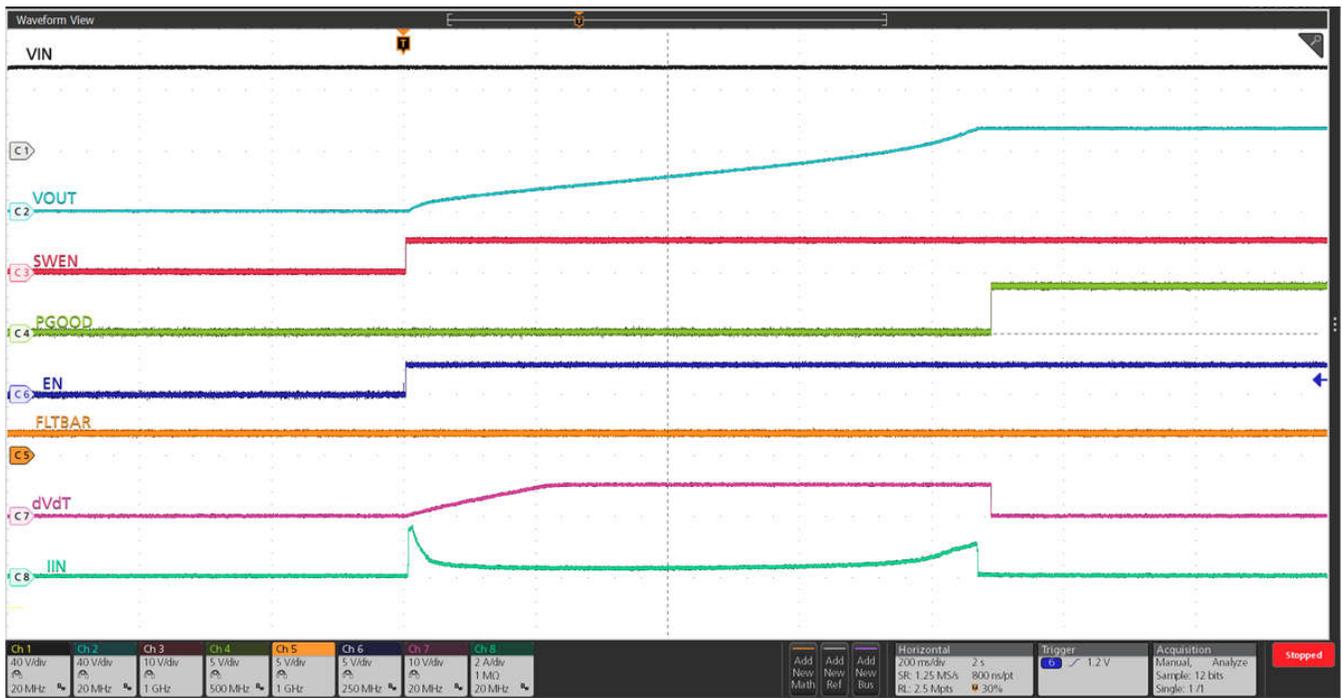
V_{IN} 从 0V 增大至 54V, $C_{OUT} = 1\text{mF}$, 且 $C_{DvDT} = 68\text{nF}$

图 3-7. 并联六个器件时的热插拔曲线



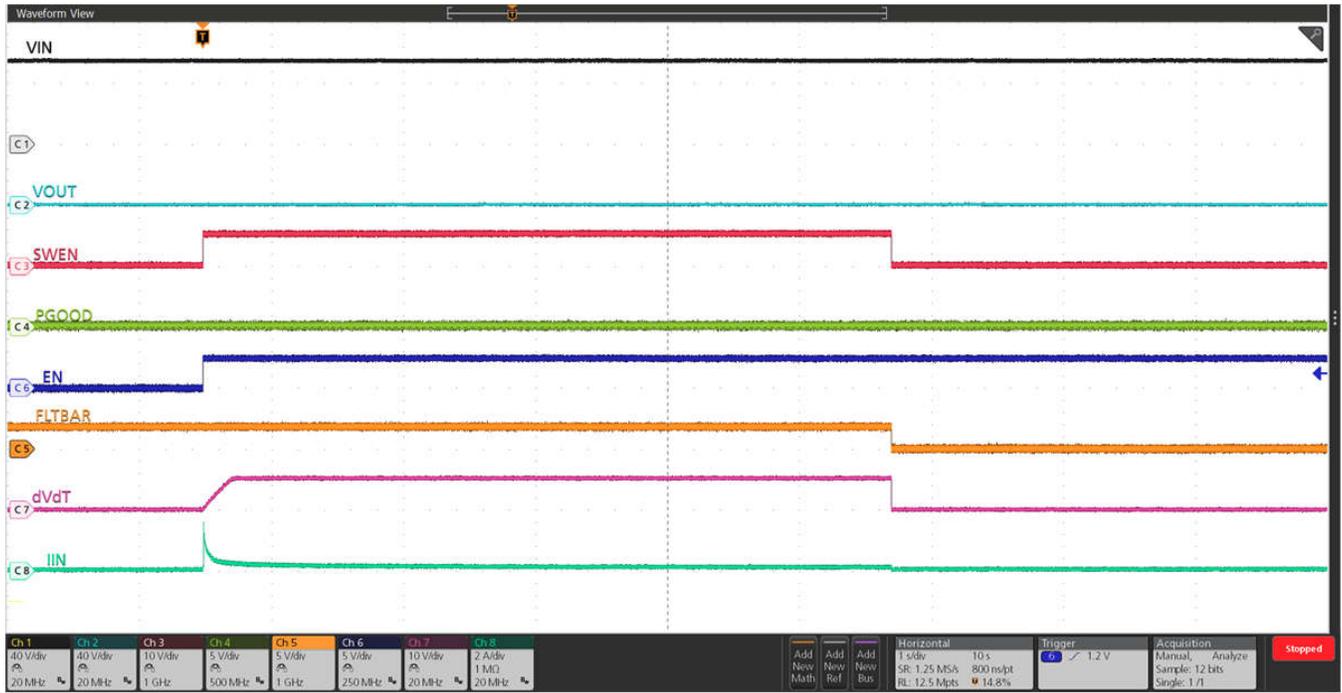
$V_{IN} = 54V$, EN 从 0V 增大至 3V , $C_{OUT} = 1mF$, $C_{DVDT} = 68nF$

图 3-8. 六个器件并联时通过使能引脚上电 (条件 1)



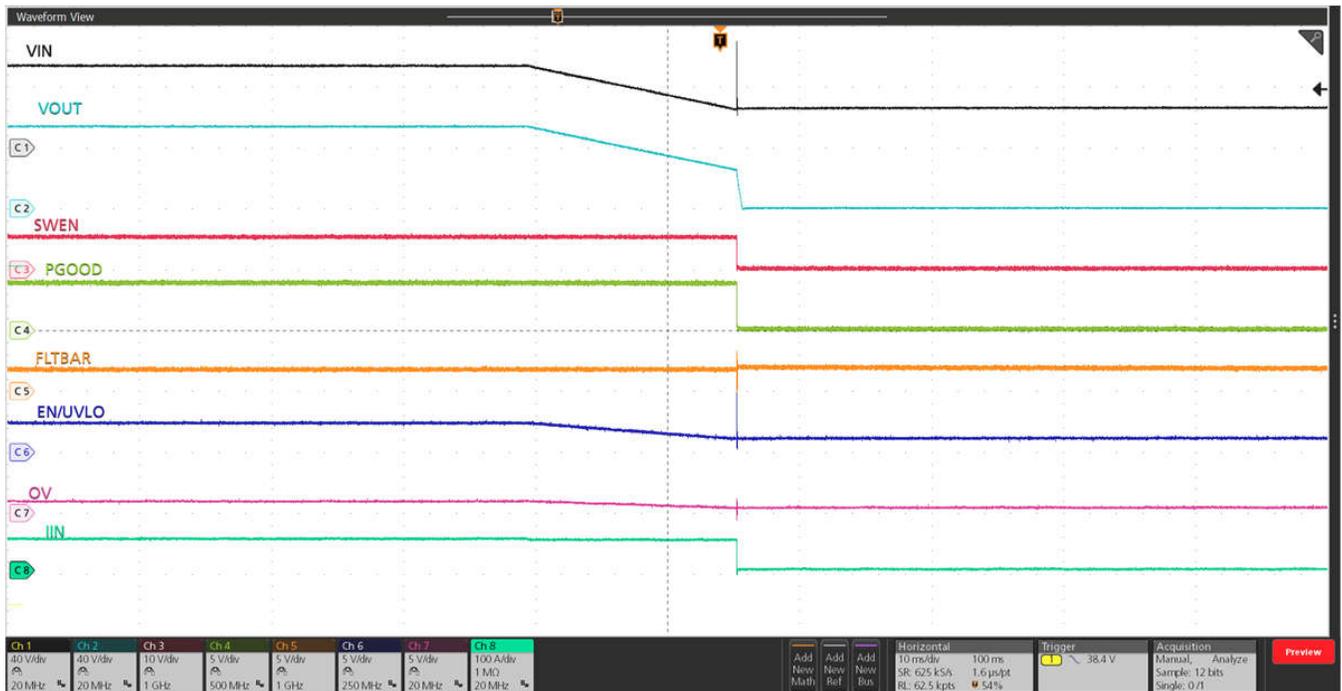
$V_{IN} = 54V$, EN 从 0V 增大至 3V , $C_{OUT} = 6mF$, $C_{DVDT} = 68nF$

图 3-9. 六个器件并联时通过使能引脚上电 (条件 2)



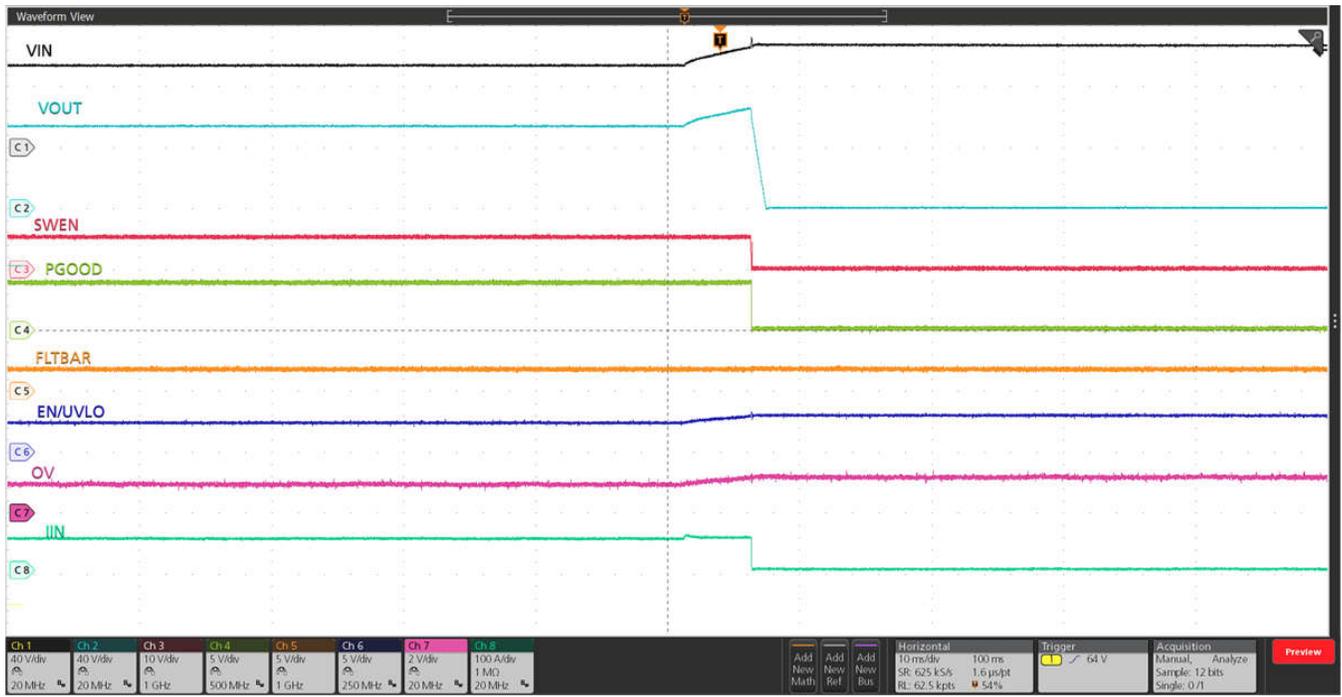
$V_{IN} = 54V$, OUT 短接至 GND , EN 从 0V 增大至 3V , $C_{OUT} = 6mF$, $C_{DVT} = 68nF$

图 3-10. 六个器件并联时加电至输出短路响应



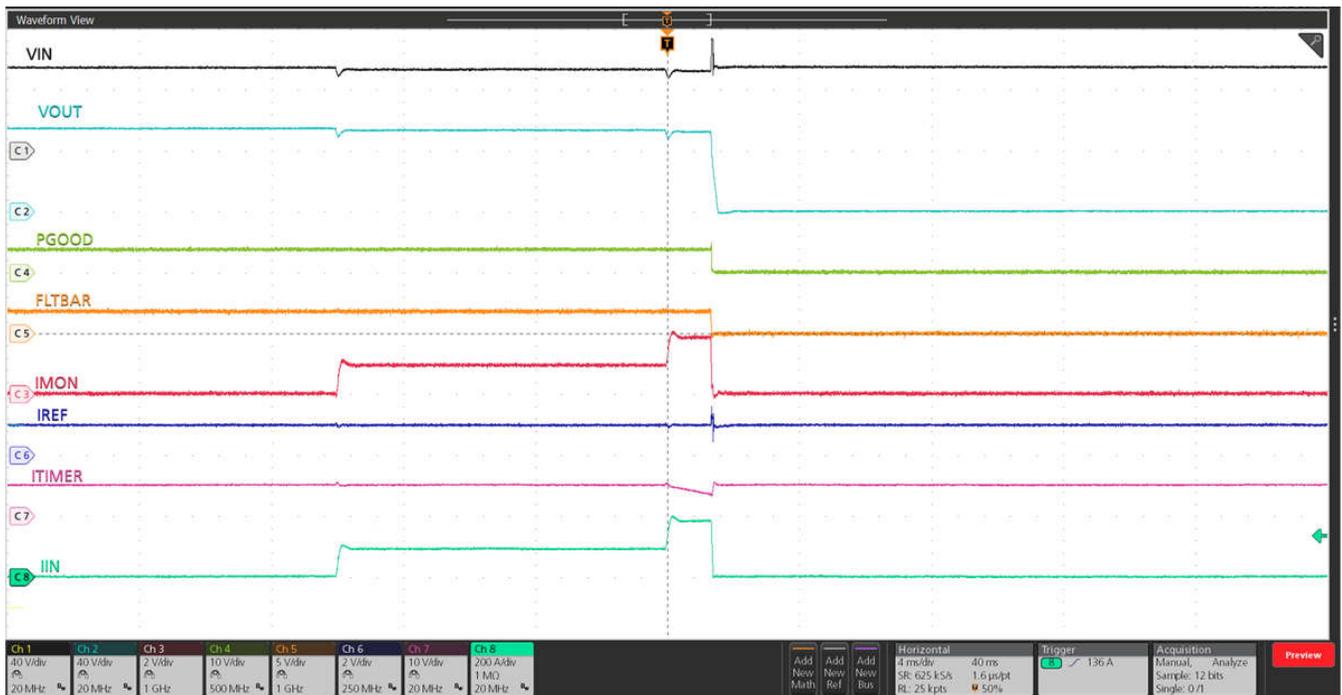
V_{IN} 从 54V 降压至 25V , UVLO 阈值 = 30V , $I_{LOAD} = 60A$

图 3-11. 六个器件并联时的欠压锁定响应



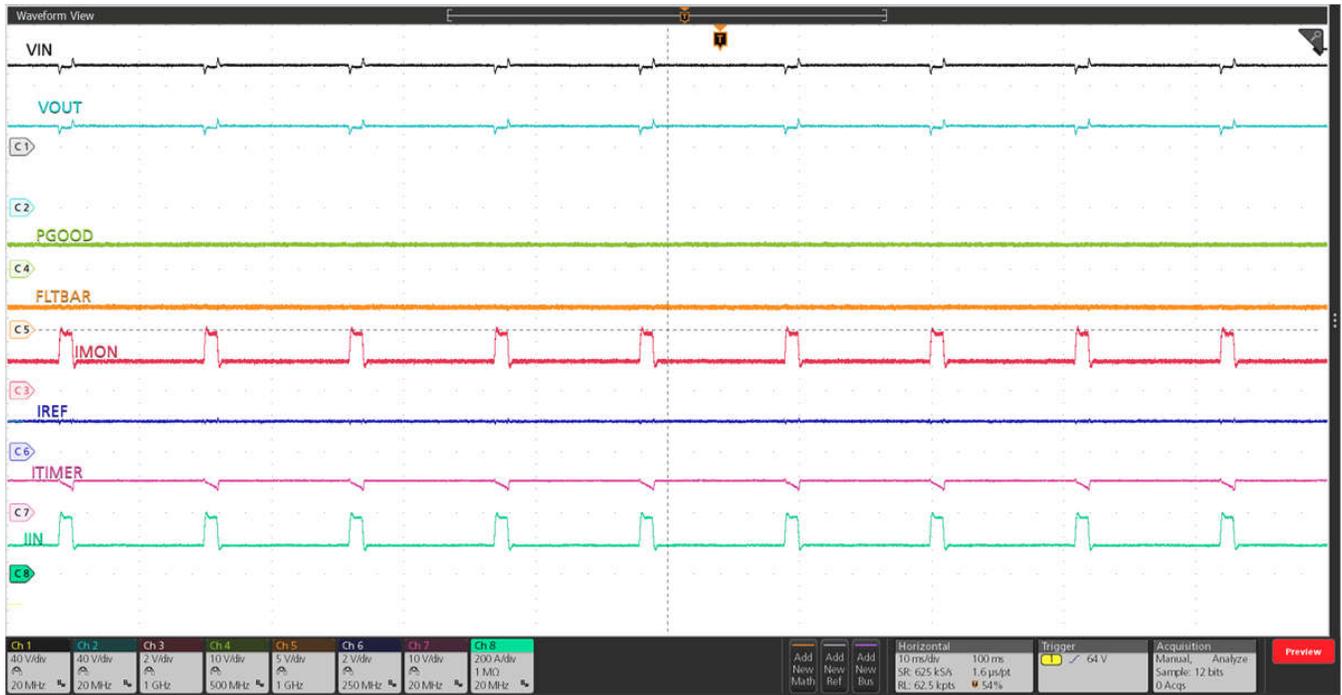
V_{IN} 从 54V 增大至 65V, UVLO 阈值 = 60V, $I_{LOAD} = 60A$

图 3-12. 并联六个器件时的过压锁定响应



$V_{IN} = 54V$, $t_{TIMER} = 1.5ms$, $R_{IMON} = 549\Omega$, $V_{IREF} = 1V$, I_{LOAD} 从 90A 斜升至 180A 并持续 5ms

图 3-13. 六个器件并联时的过流性能



$V_{IN} = 54V$, $t_{TIMER} = 1.5ms$, $R_{IMON} = 549\Omega$, $V_{IREF} = 1V$, I_{LOAD} 从 90A 斜升至 180A 并持续 1.2ms , 随后保持 90A 并持续 10ms

图 3-14. 六个器件并联时的瞬态过载性能

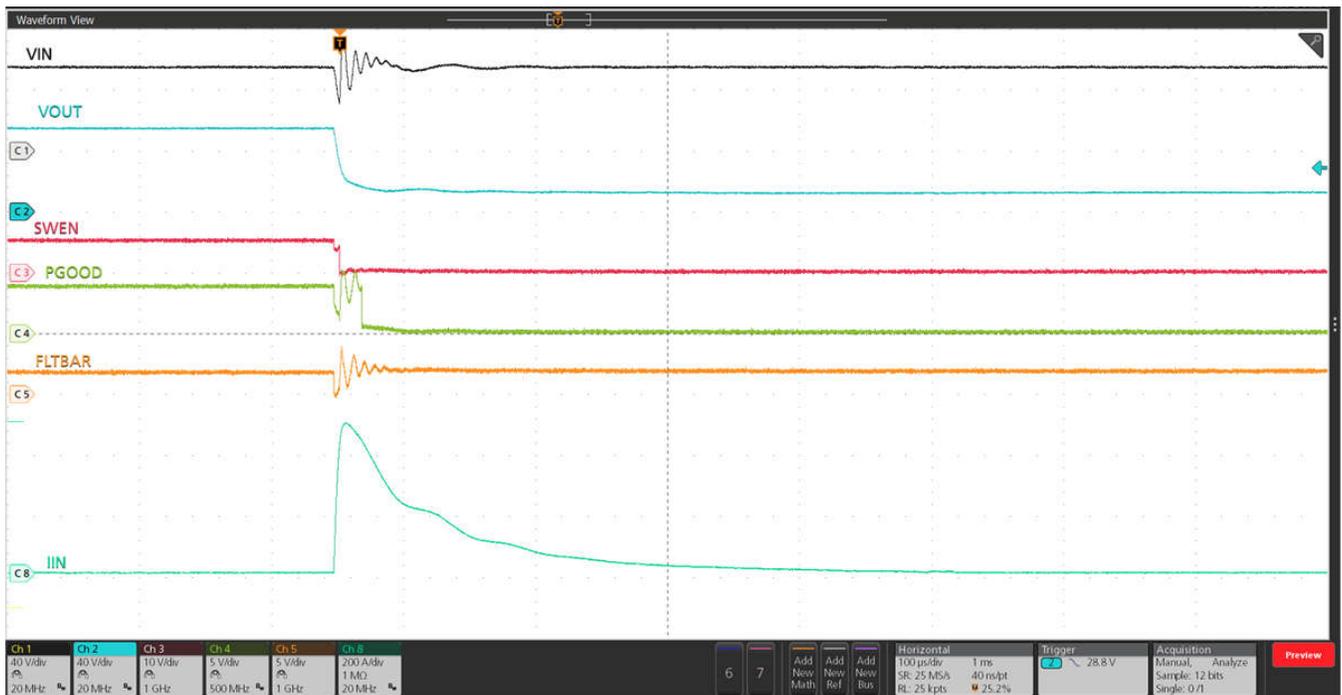
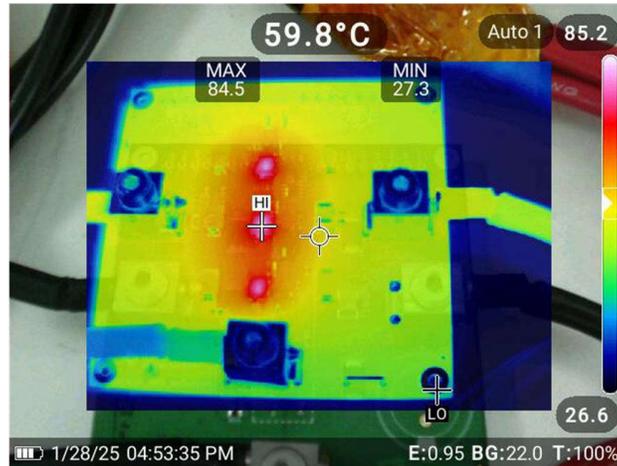


图 3-15. 六个器件并联时的输出热短路响应

图 3-16 展示 TIDA-050090 参考设计在给定条件下的热性能。



$V_{IN} = 54V$, $I_{OUT} = 100A$, 无外部气流

图 3-16. 六个器件并联时的热性能

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-050090](#) 中的设计文件。

4.1.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050090](#) 中的设计文件。

4.1.3 Altium 工程

要下载 Altium 工程文件，请参阅 [TIDA-050090](#) 中的设计文件。

4.1.4 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-050090](#) 的设计文件。

4.2 工具

[设计计算器](#)

TPS1689 设计计算器

[设计计算器](#)

TPS1685 设计计算器

[TVS-RECOMMENDATION-CALC](#)

TVS 二极管推荐工具

[PSPICE-FOR-TI](#)

适用于 TI 设计和仿真工具的 PSpice®

4.3 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[TPS1685x 具有准确、快速电流监测器的 9V 至 80V、3.5mΩ、20A 可堆叠集成热插拔器件 \(电子保险丝\) 数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[TPS16890 具有 PMBus® 数字遥测的 9V - 80V、3.65mΩ、20A 可堆叠集成热插拔器件 \(电子保险丝\) 数据表](#)
3. 德州仪器 (TI)，[TPS7A4001 100V 输入电压、50mA 超高电压线性稳压器数据表](#)

4.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的[使用条款](#)。

4.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

PMBus® is a registered trademark of System Management Interface Forum, Inc.

Intel® is a registered trademark of Intel Corporation.

Fluke® is a registered trademark of Fluke Corporation.

PSpice® is a registered trademark of Cadence Design Systems, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月