

Application Note

TPS55288 布局指南



Helen Chen, Bryce Xun

摘要

TPS55288 同步降压/升压转换器经优化，可将电池电压或适配器电压转换为电源轨。除了原理图设计和选择适当的外部元件之外，电路板布局对于降压/升压设计的成功也至关重要。本应用手册详细介绍了如何对 TPS55288 降压/升压转换器进行布线以实现稳定运行、良好散热和低 EMI 性能。

内容

1 简介.....	2
2 TPS55288 布局指南.....	2
3 总结.....	8
4 参考资料.....	8
5 修订历史记录.....	9

插图清单

图 2-1. 具有关键环路的降压/升压转换器原理图.....	2
图 2-2. 功率级元件的放置.....	3
图 2-3. 低侧 FET 驱动布线布置.....	4
图 2-4. 高侧 FET 驱动布线布置.....	5
图 2-5. 输出电流检测布线布置.....	5
图 2-6. AGND 连接.....	6
图 2-7. AGND-PGND 连接.....	6
图 2-8. 在 PGND 引脚上放置散热过孔.....	7
图 2-9. 在 VOUT 引脚上放置散热过孔.....	7

商标

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.
所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

TPS55288 降压/升压转换器广泛用于 USB Type-C® PD 应用，如工业 PC、车载充电器和扩展坞。根据不同的输入电压，输出功率范围可以从约 10W 到 100W。

精心规划的 PCB 布局对于任何直流/直流或交流/直流电源转换器的严谨系统设计至关重要。经过优化的布局可在相对较小的解决方案尺寸内实现更好的 EMI 性能、更好的热性能和良好的稳定性。因此，经过优化的布局意味着更高的可靠性、更低的成本和更快的产品上市速度。

本应用手册提供了 TPS55288 降压/升压转换器布局指南。在本应用手册的指导下，客户可以通过 4 层 PCB 轻松实现上述目标。主要内容包括关键开关环路的识别、功率级元件的放置、电源电路和信号电路布线、AGND 和 PGND 连接、电源和 GND 铜平面设计。

2 TPS55288 布局指南

2.1 识别关键开关环路

图 2-1 所示为具有功率级元件、集成式栅极驱动器和 VCC 偏置电源的 TPS55288 四开关降压/升压转换器。图 2-1 还通过颜色区分大电流布线、高 di/dt 关键环路和高 dv/dt 开关节点。

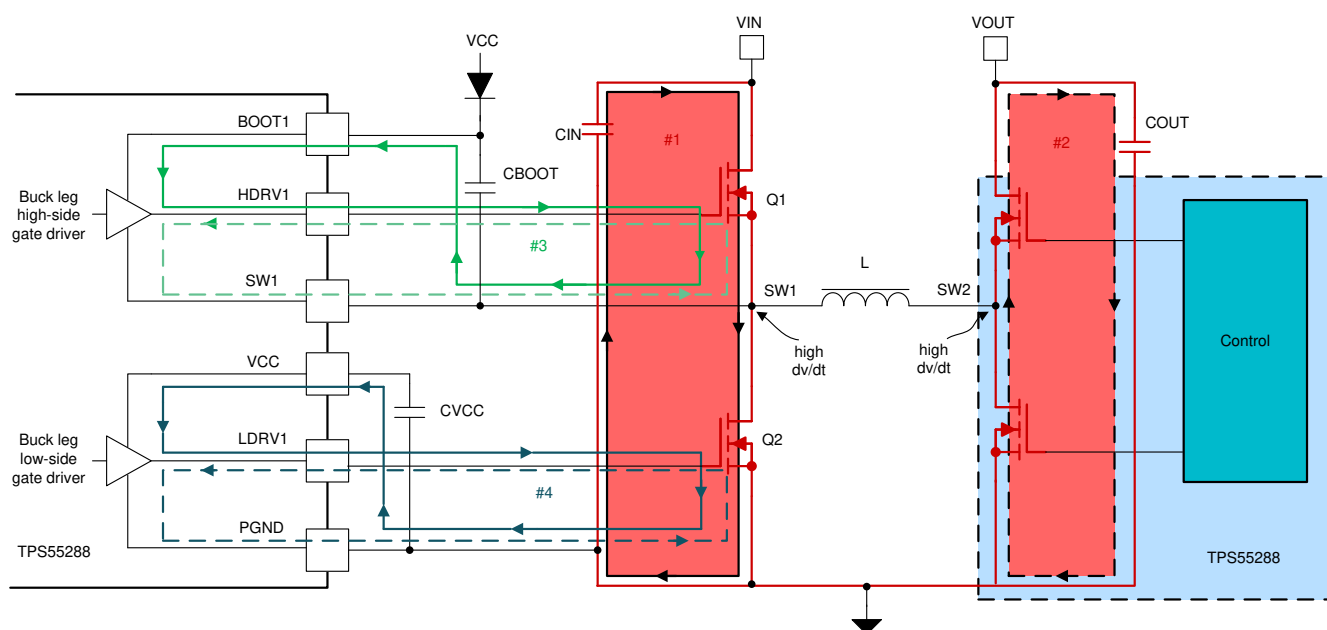


图 2-1. 具有关键环路的降压/升压转换器原理图

红色阴影部分的环路 1 和环路 2 是降压桥臂和升压桥臂的两个关键高频电源环路。在这两个环路中，长而细的布线会导致过量噪声、开关节点上的过冲和振铃以及寄生电感引起的地弹。在 MOSFET 开关事件期间，换向电流的压摆率可能超过 $3\text{-}5\text{A/ns}$ ，因此一个 2nH 的寄生电感会导致 6V 的电压尖峰。在这些关键环路中流动的脉冲矩形电流波形具有较高的谐波含量，因此较大的环路面积会导致从中散发出很大的辐射能量，从而引起电磁干扰问题。因此，最大限度地减小布线长度以及环路 1 和环路 2 的封闭面积至关重要。

流入主电感器的电流主要是直流，带有叠加的三角电流纹波。电感本质上限制了电流变化率。与主电感器串联的寄生电感有良好的。同时，开关节点 SW1 和 SW2 的面积应尽可能小。如果 SW1 和 SW2 覆铜区较大，高 dv/dt 噪声信号会通过电容耦合特性耦合到附近的其他布线，从而引起电磁干扰问题。

图 2-1 中的环路 3 和环路 4 是降压桥臂 MOSFET 的栅极环路。环路 3 表示由自举电容器供电的 MOSFET 的高侧栅极驱动器电路。环路 4 表示由 VCC 电容器供电的 MOSFET 的低侧栅极驱动器电路。导通路径和关断路径分别由实线和虚线表示。为了在导通和关断转换期间对 MOSFET 的栅极电容进行充电和放电，峰值高达 1A 左右的瞬时电流会在栅极环路中短暂流动。

将 VCC 去耦电容器放置在非常靠近 VCC 和 PGND 引脚的位置，将自举电容器放置在非常靠近 SW 和引导引脚的位置，可以减少栅极环路封闭区域。从器件到 MOSFET 的栅极驱动布线应尽可能短，将栅极驱动和返回布线并排布置可以尽可能减小栅极环路电感和栅极环路面积。

2.2 电源元件放置

图 2-2 介绍了功率 MOSFET、输入和输出陶瓷电容器、主电感器和 TPS55288 器件在顶层的放置方式。

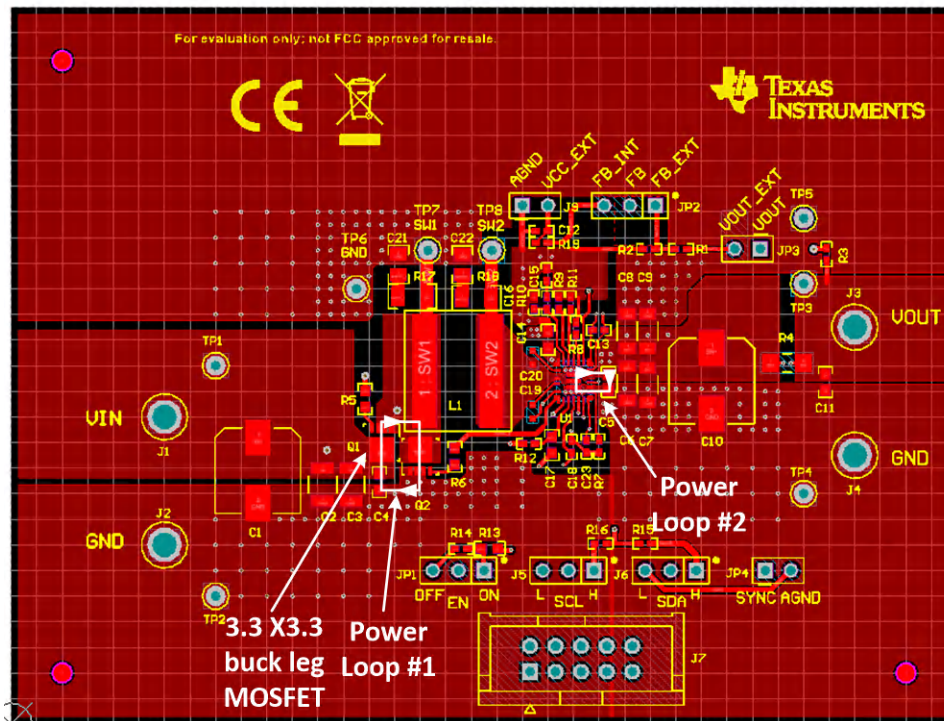


图 2-2. 功率级元件的放置

输入电容器靠近降压桥臂 MOSFET 放置。输出电容器靠近 TPS55288 的 VOUT 引脚和 PGND 引脚放置。可以通过妥善放置电源环路 1 和电源环路 2 打造一个较小的封闭区域。

主电感器 L1 位于降压桥臂 MOSFET 和 TPS55288 器件之间。SW 节点浇注有小铜平面，可减少与 SW 节点高 dv/dt 转换相关的电容耦合。大 SW 节点铜平面有助于散热，但会导致严重的辐射发射。

2.3 提供电路和信号电路布线

图 2-3 和图 2-4 显示了从 IC 到降压桥臂 MOSFET 的栅极驱动布线。驱动布线布置在第 1 层和第 3 层。开尔文 - 将栅极驱动返回布线直接连接到相应的 MOSFET 源可最大限度地减少共源电感。为了最大限度地减小栅极环路面积，栅极和源布线作为差分对并排布置。低侧 MOSFET 栅极驱动器的返回电流在 GND 平面上流回 IC 的 PGND 引脚。栅极驱动电阻应靠近每个 MOSFET 的栅极端子放置。

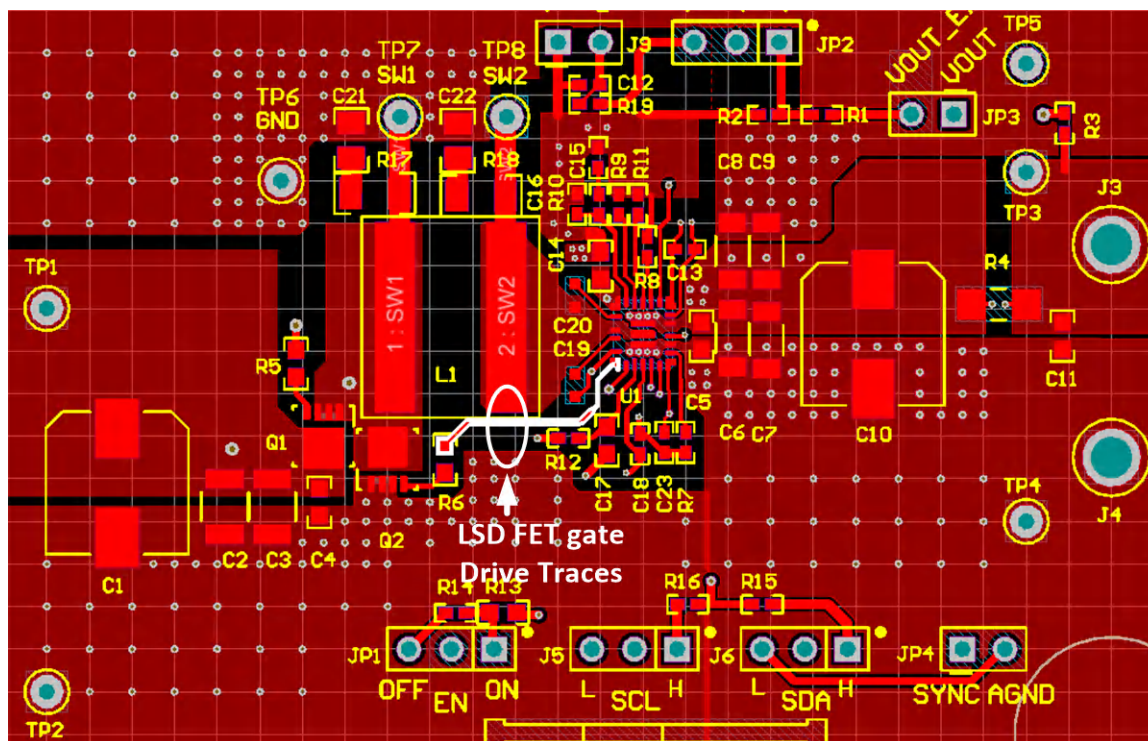


图 2-3. 低侧 FET 驱动布线布置

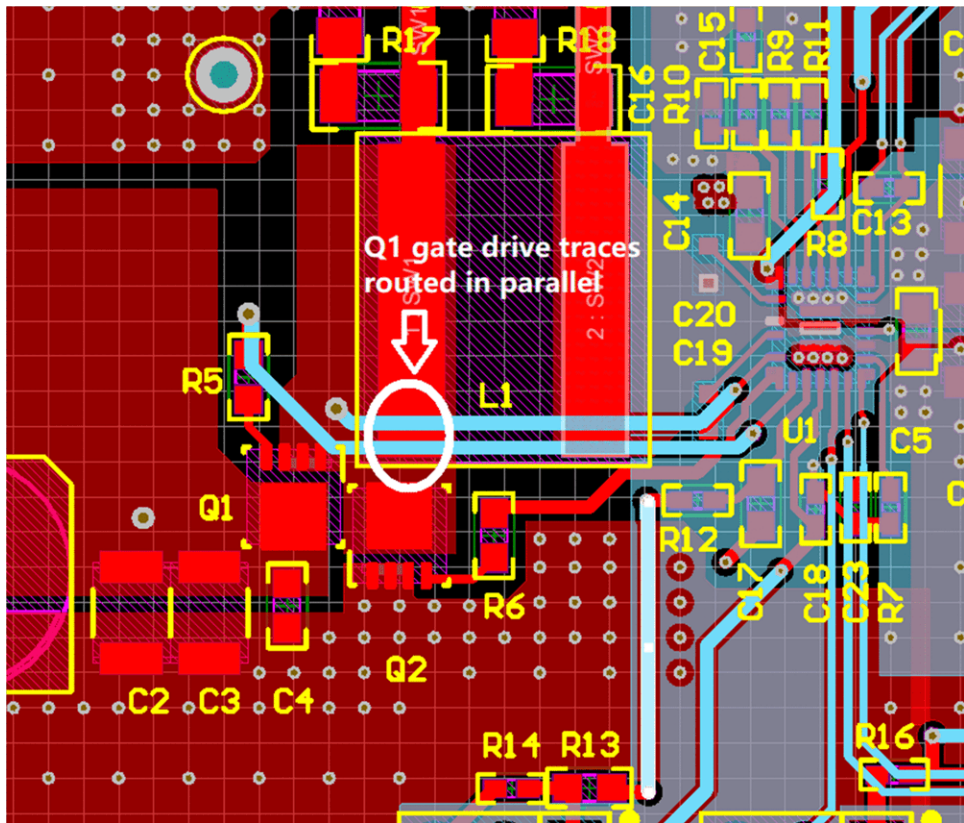


图 2-4. 高侧 FET 驱动布线布置

图 2-5 显示了输出电流检测的布线。布线作为紧密耦合的差分对从分流电阻器路由到 IC，这可以提高抗噪性和精度。将电流检测滤波电容器靠近 IC 放置。

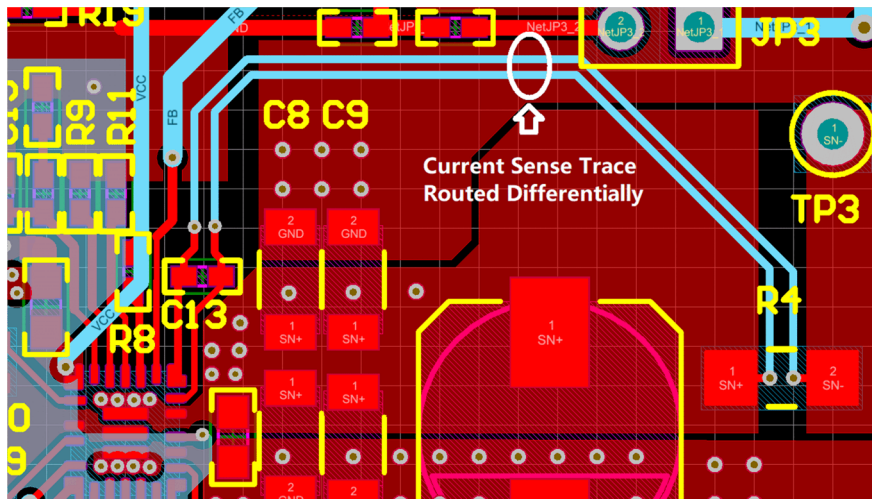


图 2-5. 输出电流检测布线布置

图 2-6 展示了信号引脚的 AGND 连接。反馈网络、补偿网络、FSW 设置、ILIM 设置和其他信号引脚的 GND 网络均通过内层上的过孔与 AGND 覆铜平面连接。图 2-7 显示了 AGND 和 PGND 连接。TPS55288 的 AGND 引脚 9 和 PGND 引脚 10 单独连接，而 AGND 网络和 PGND 网络在靠近 VCC 电容器 GND 处通过网带单点连接在一起。VCC 电容应尽可能靠近 IC 放置。VCC 电容的 GND 网应通过过孔直接与内层的 GND 平面相连，使 VCC 供电电流能够以低阻抗返回 IC 的 PGND。

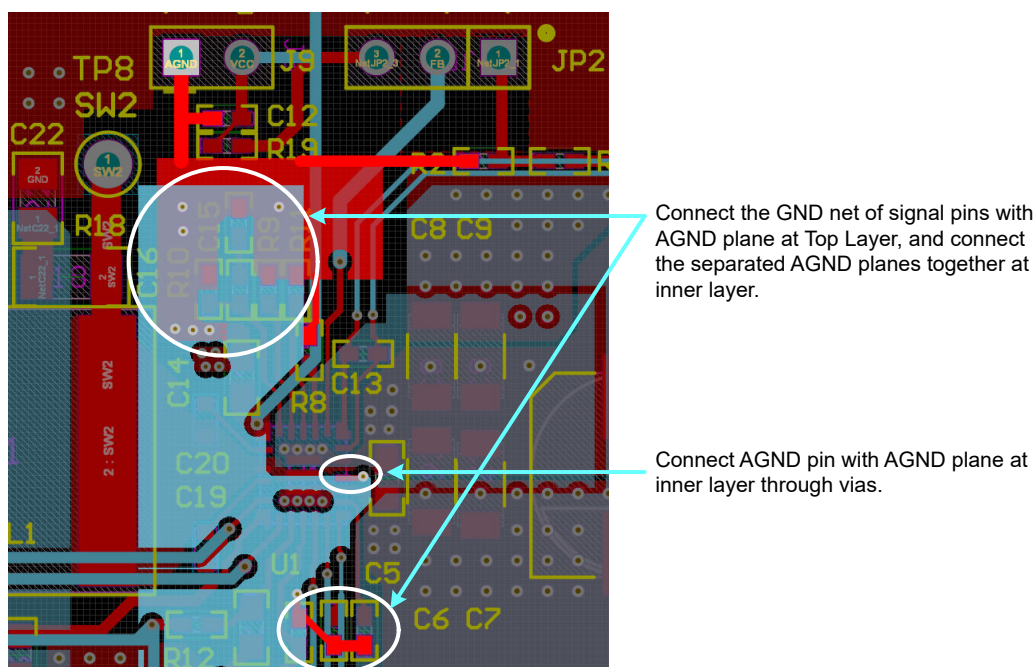


图 2-6. AGND 连接

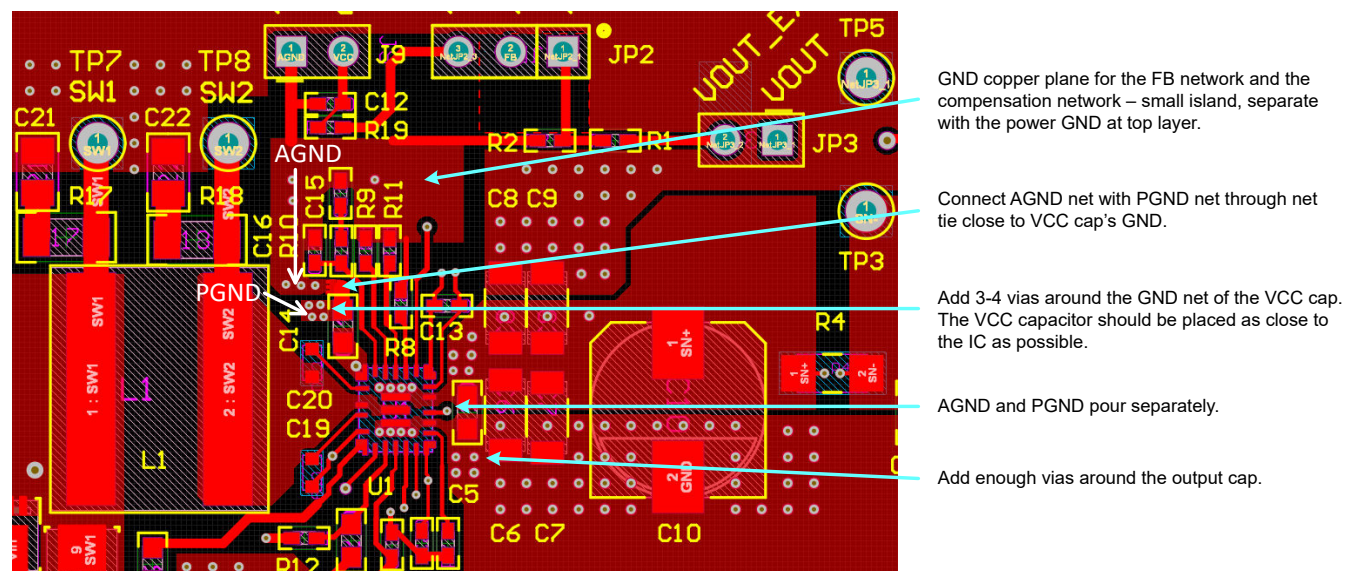


图 2-7. AGND-PGND 连接

2.4 电源和 GND 层设计

在特别注意元件布局、关键布线和环路布线的同时，内层 GND 铜平面布线也很重要。将整层 GND 覆铜平面置于开关环路下方即可为电路建立无源屏蔽。根据楞次定律，屏蔽层中的电流会产生一个磁场来抵消原有开关回路磁场。结果是磁通量减少，EMI 性能得以提高。将整层 GND 覆铜平面置于高频开关环路下方可提供卓越性能。

对于大功率集成升压或降压/升压转换器，热性能对于电路设计的成功至关重要。热性能决定了系统可靠性。TI 建议在 TPS55288 下方使用散热过孔，将 PGND 引脚和 VOUT 引脚分别连接到 PGND 平面和大 VOUT 区域。图 2-8 和图 2-9 显示了具有出色热性能的合理布局示例。两个整层 GND 放在第 2 层和第 4 层上。大 VOUT 区域放在第 3 层和第 4 层上。

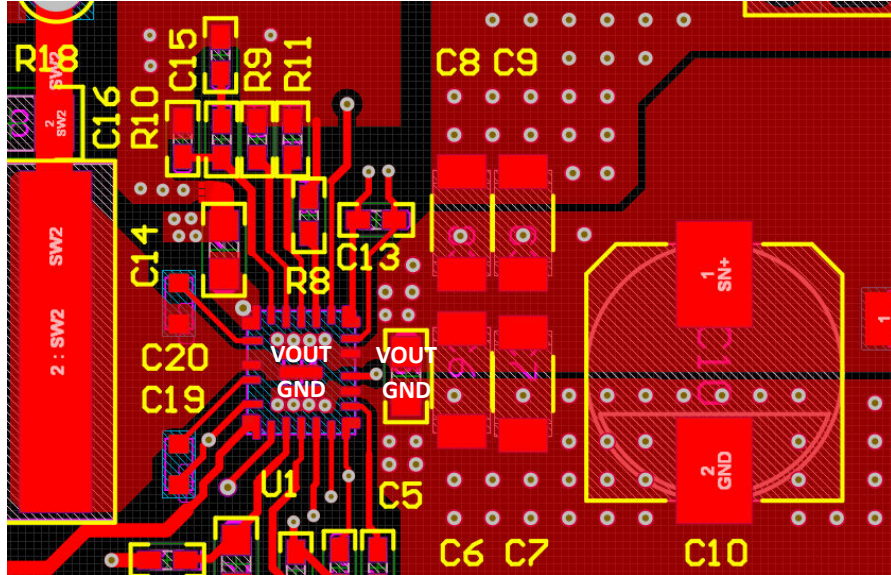


图 2-8. 在 PGND 引脚上放置散热过孔

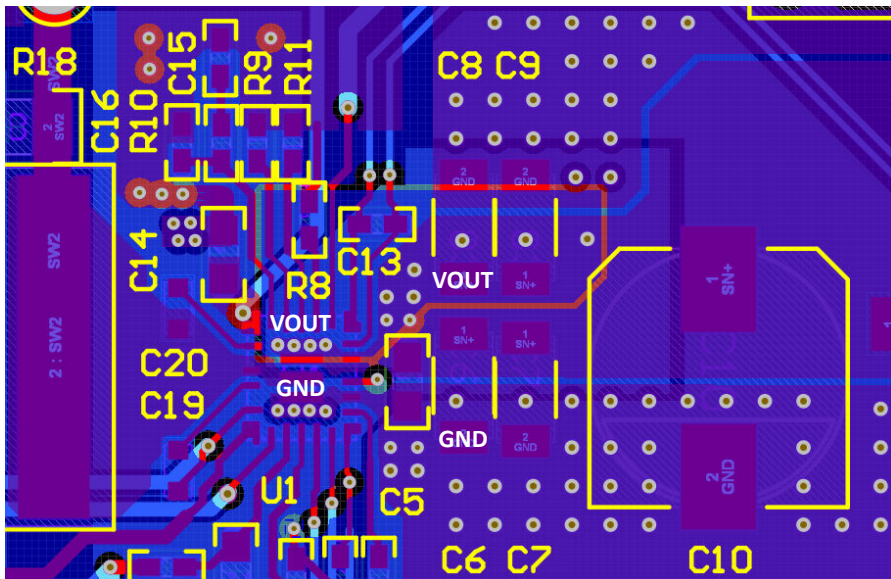


图 2-9. 在 VOUT 引脚上放置散热过孔

3 总结

本应用手册介绍了如何使用 4 层印刷电路板对 TPS55288 降压/升压转换器进行布线。首先介绍如何识别关键开关环路。通过正确放置功率元件、确保关键环路较小、将整层 GND 覆铜平面放置在开关环路下方并仔细布置敏感布线，您可以实现成功的降压/升压转换器设计。

4 参考资料

- 德州仪器 (TI), [TPS55288 具有 I²C 接口的 36V、16A 降压/升压转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [降低 TPS61088 升压转换器中的辐射 EMI](#) 应用手册。
- [了解 PCB 布局对基于高频氮化镓的负载点转换器中的电路性能的影响](#)

5 修订历史记录

Changes from Revision B (December 2020) to Revision C (August 2026)	Page
---	------

• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 添加了“AGND 连接”图片.....	4
• 更新了“AGND-PGND 连接”图片.....	4
• 更新了“在 PGND 引脚上放置散热过孔”图片.....	7
• 更新了“在 VOUT 引脚上放置散热过孔”图片.....	7

Changes from Revision A (August 2020) to Revision B (December 2020)	Page
---	------

• 更新了“AGND-PGND 连接”图片.....	4
• 更新了“在 PGND 引脚上放置散热过孔”图片.....	7
• 更新了“在 VOUT 引脚上放置散热过孔”图片.....	7

Changes from Revision * (June 2020) to Revision A (August 2020)	Page
---	------

• 更新了“高侧 FET 驱动布线布置”图片.....	4
• 更新了“输出电流检测布线布置”图片.....	4
• 更新了“AGND-PGND 连接”图片.....	4
• 更新了“在 VOUT 引脚上放置散热过孔”图片.....	7

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