

Dorian Brillet de Cande, Sabrina Ramalingam, Febin Abdul Hameed

摘要

本应用报告深入探讨了高功率密度降压转换器的热性能优化。该报告分享了 TPS62866 的几个设计方案，它是一款采用 Wafer Chip-Scale Package (WCSP) 的高频同步降压转换器。此外，该报告着重对可能的设计改进和产生的成本进行了权衡。在散热受限的应用中实现高功率密度设计时，本应用手册可用作热性能设计指南。

内容

1 引言.....	2
2 电源 PCB 设计中的散热孔.....	2
3 TPS62866 布局布线比较.....	2
4 仿真与热性能测量.....	4
5 可改善热性能的 PCB 布局.....	5
6 总结.....	6
7 参考文献.....	6

插图清单

图 2-1. 过孔的不同使用方式.....	2
图 3-1. E1 的 PCB 布局.....	3
图 3-2. E2 的 PCB 布局.....	3
图 3-3. E3 的 PCB 布局.....	3
图 4-1. E1 的仿真与测量值.....	4
图 4-2. E2 的仿真与测量值.....	4
图 4-3. E3 的仿真与测量值.....	4
图 4-4. 不同布局之间的效率对比.....	5
图 5-1. TPS62869EVM 布局.....	6

表格清单

表 4-1. PCB 布局比较表.....	5
-----------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

多年来，高电流设计通常优先选择带散热焊盘的 Quad-Flat No-leads (QFN) 封装。在技术的发展和趋势的影响下，降压转换器变得越来越小、越来越高效。因此，需要考虑优化型 PCB 设计，以通过 PCB 有效地散热，并实现低工作温度。

特别是对于散热受限的设计，通过印刷电路板 (PCB) 有效地减少集成电路 (IC) 发热已变得至关重要。PCB 是 IC 的实际载体和散热器，因此，应分析 PCB 对 IC 散热能力的影响。这需要优化 PCB 布局设计，以确保 IC 在宽温度范围内可靠运行，并且可以根据封装技术和相关引脚排列实现不同的布局。

本应用手册讨论了三种不同的 PCB 设计方法以及高功率密度封装的成本权衡，随后简要比较了仿真结果和测量结果。这项研究使用了 TI 采用 1.05mm x 1.78mm x 0.5mm WCSP/DSBGA 封装的新型 TPS62866 6A 降压转换器。封装尺寸等于采用此类封装中的裸片尺寸，以节省 PCB 空间，这使得这些封装的散热更具挑战性。

2 电源 PCB 设计中的散热孔

通常，电源 PCB 设计侧重于通过增加铜面积或在多层电路板中添加接地层来提高热性能。较厚的铜层和较宽的布线会导致低电阻和低寄生电感，这也有助于在相同尺寸的电路板面积内散热。

但是，通过 PCB 传播热量的有效方法之一是使用过孔。散热孔通常用于 PCB，将热量从表面贴装元件垂直散发到 PCB 内层。过孔是简单的机械钻孔，用于穿透 PCB，从而连接 PCB 中的多个层。

图 2-1 显示了 PCB 行业中通常使用的不同类型的过孔，它们在使用和成本方面也有所不同。

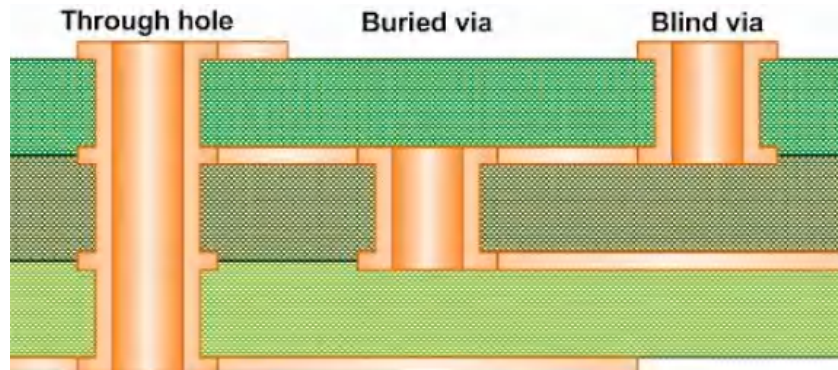


图 2-1. 过孔的不同使用方式

导通孔很常用，且制造成本很低。有称为埋孔的微孔：可以连接内层而不暴露在外部空气中，还有盲孔：可以连接内层并暴露在电路板的一侧。埋孔和盲孔都只提供 PCB 层之间的部分连接，并增加了设计的复杂性，从而产生更昂贵的 PCB 设计。

3 TPS62866 布局布线比较

针对热性能分析，设计和研究了三种不同版本的 PCB。在 E1 版本中，导通微孔或散热孔位于器件下方，靠近电传感器的 VOUT 网络。在器件和电感器的 SW 网络中，提供了盲孔。这显然是一种性能优化型解决方案。

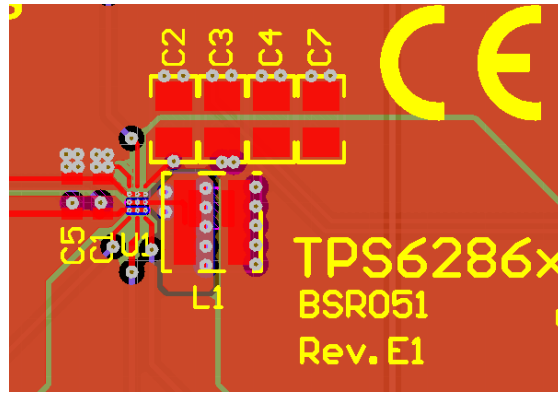


图 3-1. E1 的 PCB 布局

E2 版本是成本优化型解决方案，因此在器件和电感器下方未提供过孔。但电感器的 VOUT 网络附近的微孔没有变化。

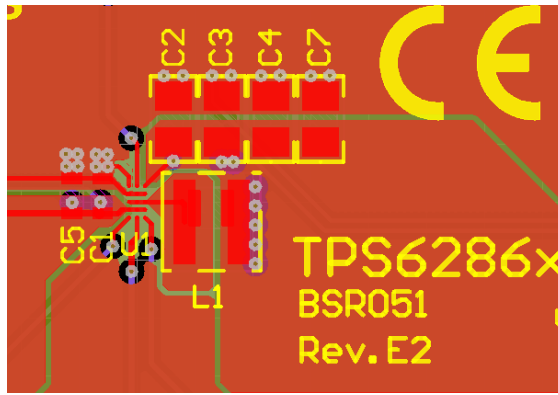


图 3-2. E2 的 PCB 布局

在 E3 版本中，通过在器件下方甚至在 SW 网络中提供导通微孔来实现成本和性能之间的权衡。器件或电感器下方不使用盲孔。电感器的 VOUT 网络附近的微孔没有变化。

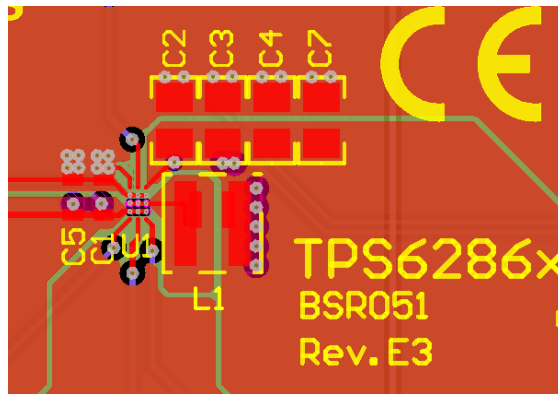


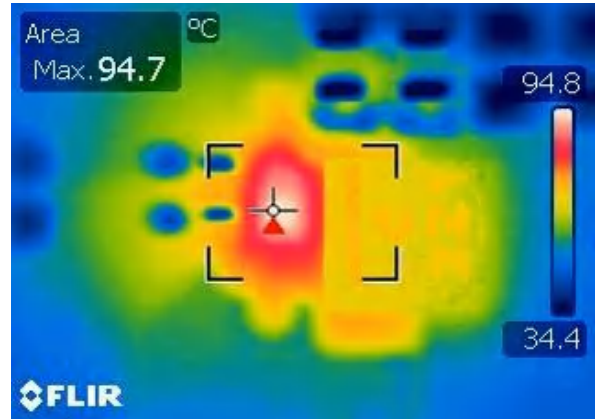
图 3-3. E3 的 PCB 布局

4 仿真与热性能测量

仿真工具允许客户在制造电路板之前评估他们的设计及设计的理想实施。因此，使用 Keysight 的电热工具对三个版本的 PCB 进行了仿真。所考虑的仿真设置适用于 6A 负载和环境温度 (通常为 25°C) 下的 Vin 3.3V 和 Vout 0.9V。然后使用 FLIR T335 热像仪在相同的测试条件下捕获 PCB 的热图像。结果如下所示。



图 4-1. E1 的仿真与测量值



在 E1 版本中，仿真和测量得出器件的最高温度分别为 97°C 和 94.7°C。

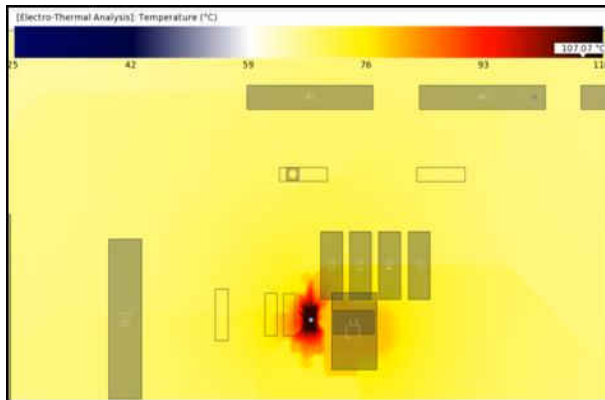
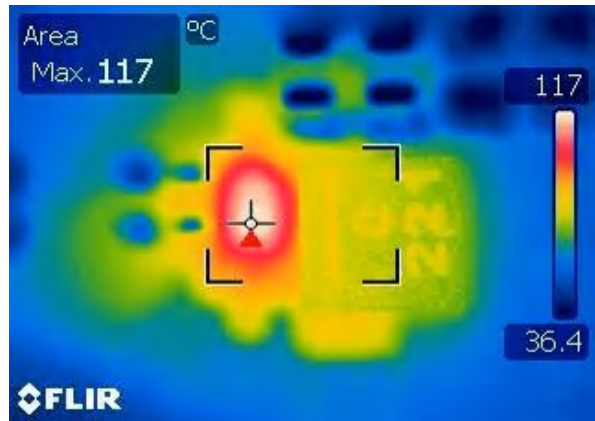


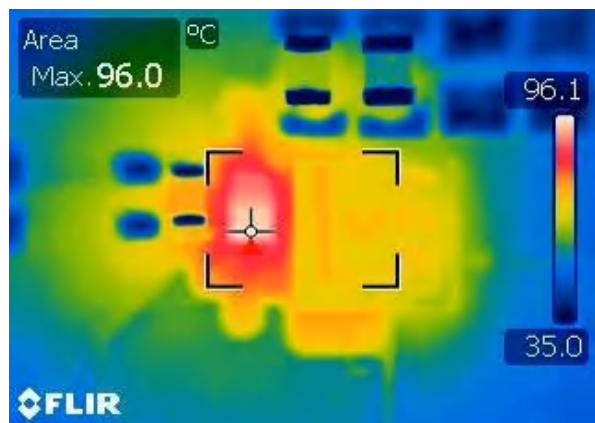
图 4-2. E2 的仿真与测量值



在 E2 版本中，仿真和测量得出器件的最高温度分别为 107°C 和 117°C。



图 4-3. E3 的仿真与测量值



在 E3 版本中，仿真和测量得出器件的最高温度分别为 97.7°C 和 96°C。

很明显，仿真结果与测量结果并不完全相似，这完全取决于仿真模型的假设和实时测量的不准确性。然而，从仿真和测量来看，PCB 的最热点在器件上。可以看出，E1 版本的温度最低，E2 版本的温度最高。E1 和 E3 版本的器件温度非常相近。

除了降低器件的热阻外，优化散热布局也可以提高效率。通过提供低电阻路径，使用散热孔可以将开关平面更好地连接到设计的内层，并因此增加开关节点上的覆铜区。高频下从输入电压到地的快速摆幅使开关节点成为关键的热连接。

表 4-1 显示了不同布局实现的相关效率曲线。

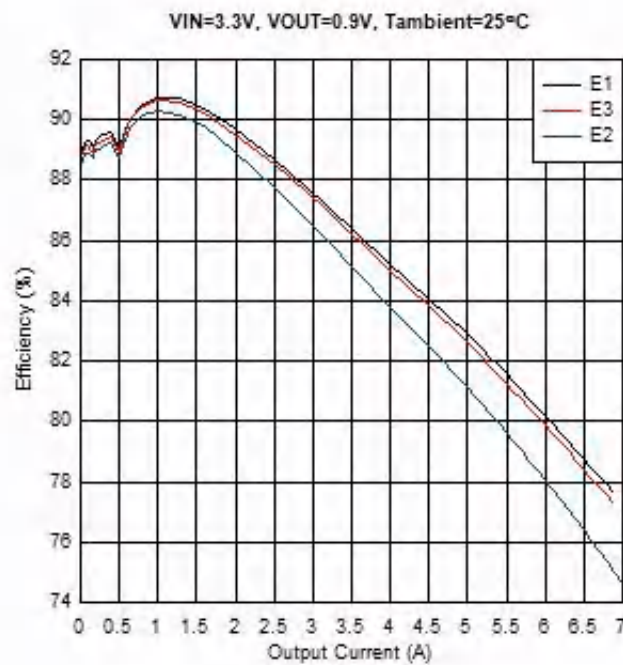


图 4-4. 不同布局之间的效率对比

效率曲线比较反映了通过增加开关节点的覆铜区可以获得更好的效率结果。因此，一定要考虑交换节点的宽连接。

表 4-1. PCB 布局比较表

VIN=3.3V/VOUT=0.9V	E1	E2	E3
战略	经过性能优化	经成本优化	性能与成本
6A 下的最高温度	94.7°C	117°C	96°C
峰值效率	90.75%	90.29%	90.66%

5 可改善热性能的 PCB 布局

在 E1 版本中，同时使用盲孔和穿孔散热孔，可在封装和 PCB 之间实现更好的热交换。与其他版本相比，E1 中的器件温度要低得多。因此，它可以被视为性能优化型解决方案。相反，盲孔难以制造，这增加了 PCB 的整体成本。在 E2 版本中，没有使用散热孔，热量没有从板上有效散发，并且器件温度非常高。但总体成本远低于其他版本，因此它是一种成本优化型解决方案。

在 E3 版本中，器件温度低于 E2 版本，几乎与 E1 版本相近。这意味着，使用导通微孔可以有效散热并实现相同的热性能。盲孔可能是有益的，但在这种情况下，没有必要。通过避免不必要的盲孔，我们可以节省成本，同时获得高度优化的设计。因此，它在性能和成本上都得到了优化。

添加散热孔有助于降低整体器件温度并改善效率结果。同样明显的是，在添加了适当数量的过孔后，使用更多的散热孔未必会将器件温度额外减少同样的幅度。

但是，直接在开关节点上使用过孔会通过 PCB 传播快速开关信号并产生高开关噪声，这在噪声敏感型应用中可能会干扰电路板上的其他信号。对于对噪声更为敏感的应用，TPS62869EVM 布局展示了如何在不使用开关节点处的微孔和散热孔的情况下实现良好的散热效果。

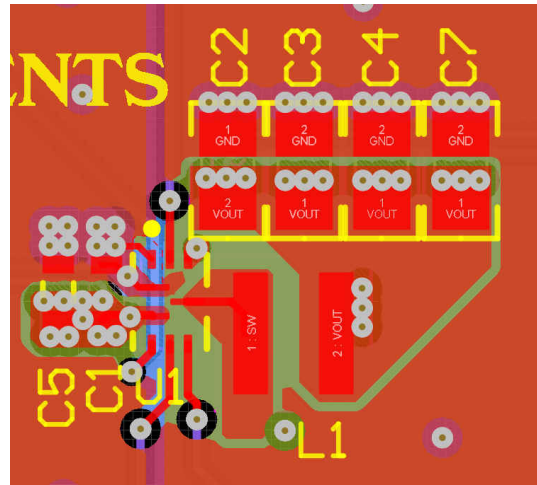


图 5-1. TPS62869EVM 布局

6 总结

布局对于优化高功率密度降压转换器的热性能至关重要。散热过孔在垂直散热中发挥着重要作用，必须将其放置在发热元件/器件的正下方或非常靠近发热元件/器件的位置。此外，阵列中并行过孔的有效热阻远低于单个过孔的有效热阻。因此，可以使用多个密集分布的过孔，实现更好的散热性能。

如果 PCB 上的元件密度不是太高，则导通微孔足以对 PCB 进行散热。盲孔通常用于元件密度过高的 HDI PCB，并且通常在内部 PCB 层中的多条布线不可切割时使用。因此，通过使用简单的导通微孔，可以实现性能和成本得到优化的解决方案。

7 参考文献

- 德州仪器 (TI)，[采用 1.05mm × 1.78mm WCSP 封装且具有 I2C 接口的 5.5V、6A 同步降压转换器](#)
- 德州仪器 (TI)，[采用 1.5mm × 2.5mm QFN 封装且具有 I2C 接口的 5.5V、6A 同步降压转换器](#)
- 德州仪器 (TI)，[改善 MicroSiP™ 电源模块的热性能](#)，模拟应用期刊

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司