

## Application Note

## 分析蝶形布局和移除输入电容器的影响



Calan Elaya

## 摘要

本应用手册深入探讨了高效同步降压转换器 TPS54KB2x 的独特对称蝶形布局。实验数据展示了设计的复杂性和所作出的权衡，为在工业和企业应用中使用该器件提供了见解。本报告介绍了该布局如何更大限度地减少寄生效应以及移除 IC 封装一侧的输入电容器所产生的影响。

## 内容

1 引言.....	2
2 蝶形布局分析.....	2
2.1 效率.....	3
2.2 热性能.....	3
3 对称布局.....	4
4 非对称布局.....	5
5 测试数据.....	6
6 总结.....	8
7 参考文献.....	8

## 插图清单

图 2-1. 蝶形外形.....	2
图 2-2. TPS54KB20 与 TPS54JB20 效率比较.....	3
图 2-3. TPS54KB20 热特性 ( 800kHz、20A 负载 ) .....	3
图 2-4. TPS54JB20 热特性 ( 800kHz、20A 负载 ) .....	3
图 3-1. 对称原理图.....	4
图 3-2. 建议的顶层对称布局.....	4
图 3-3. 建议的底层对称布局.....	4
图 4-1. 建议的非对称原理图.....	5
图 4-2. 建议的顶层非对称 EVM 布局.....	5
图 4-3. 建议的底层非对称 EVM 布局.....	5
图 5-1. 对称布局 SW 节点和 VIN-SW.....	6
图 5-2. 非对称布局 SW 节点和 VIN-SW.....	6
图 5-3. 效率 ( Vin = 12V , 800kHz FCCM ) .....	7

## 表格清单

表 6-1. 配置汇总表.....	8
-------------------	---

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

本报告旨在介绍 TPS54KB20 的独特蝶形布局，以及从 IC 一侧移除输入电容器来实现非对称配置对该器件产生的影响。该特定降压转换器属于 TPS54KB2x 器件系列，使用自适应导通时间 D-CAP4 控制模式，并支持高达 25A 的输出电流。与前代器件相比，TPS54KB2x 的蝶形布局展示出更高的效率和增强的器件性能。考虑到用户可能会希望减少输入电容器来实现进一步的设计灵活性，该器件系列允许使用单个 VIN 轨，并允许移除 IC 封装一侧的多个输入电容器。本应用手册提供了相应数据来说明减少输入电容器会如何进一步影响运行期间的效率和 SW 节点振铃，还提供了基准数据来展示替代输入电容器配置的 SW 节点振铃和效率测试结果。本报告分析了在器件一侧非对称地移除输入电容器时，TPS54KB20 SW 节点振铃权衡，以便减小面积并降低成本。本报告中的数据是指 TPS54KB20 U2 设计 EVM。

## 2 蝶形布局分析

蝶形布局是 TPS54KB2x 的独特特性，使其与前代器件和竞争器件区别开来。TPS54KB2x 在 IC 封装中具有两个并行的 VIN 端口，以及类似并行的两个 PGND 平面，布局形状类似蝶形，因此得名。此种布局方法可以最大限度地减少寄生效应和噪声，因此具有诸多优势。并行的 VIN 和 GND 平面在减少过多的不必要电阻和电感方面发挥着重要作用。此外，这种高功率密度布局可进一步提高性能，包括小幅提高效率、减少开关节点振铃以及优化热/电气规格。在布局面积方面，与前代器件相比，TPS54KB2x 蝶形布局能够压缩布局上的元件放置，从而减小设计尺寸。

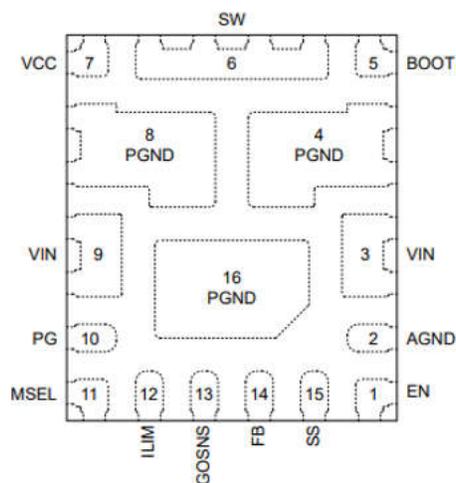


图 2-1. 蝶形外形

图 2-1 显示了独特对称布局的引脚排列形式。如前所述，该布局包括两个并行的 VIN 轨和两个并行的 PGND 平面，在封装两侧对称分布，有助于减少寄生效应。此外，蝶形布局中输入电容器的排列方式可消除磁场，从而减小环路电感。

节 2.1 和 节 2.2 简要展示了 TPS54KB20 与其前代器件 TPS54JB20 相比的效率和散热优势。

## 2.1 效率

图 2-2 展示了 TPS54KB20 及其前代器件 TPS54JB20 的效率数据比较。测量是在相同条件下进行的，并使用内部 VCC 进行了测试。

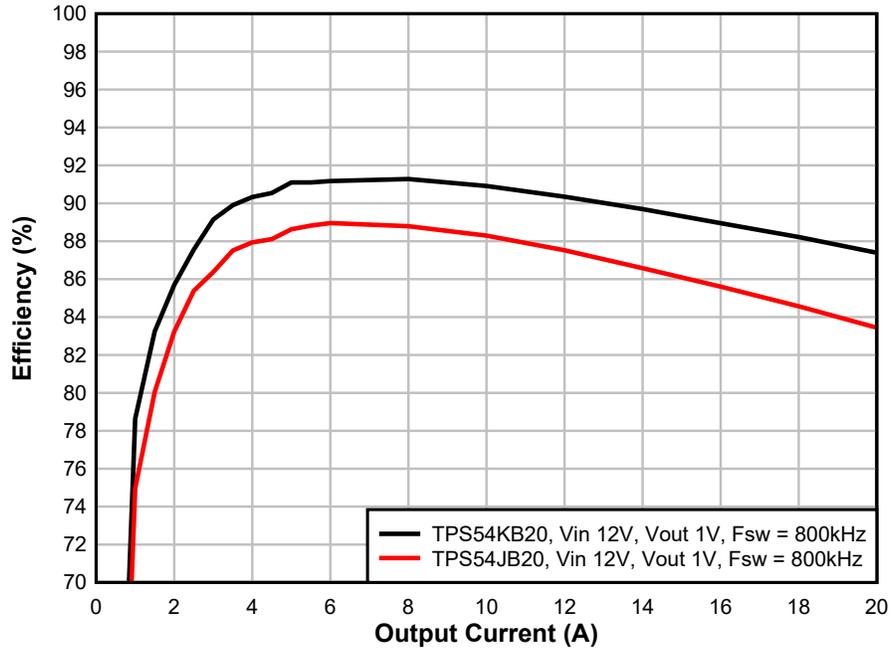


图 2-2. TPS54KB20 与 TPS54JB20 效率比较

## 2.2 热性能

图 2-3 和 图 2-4 显示了 TPS54KB20 和 TPS54JB20 的热性能比较。测量是在相同条件下进行的：12V 输入、1V 输出和内部 VCC。

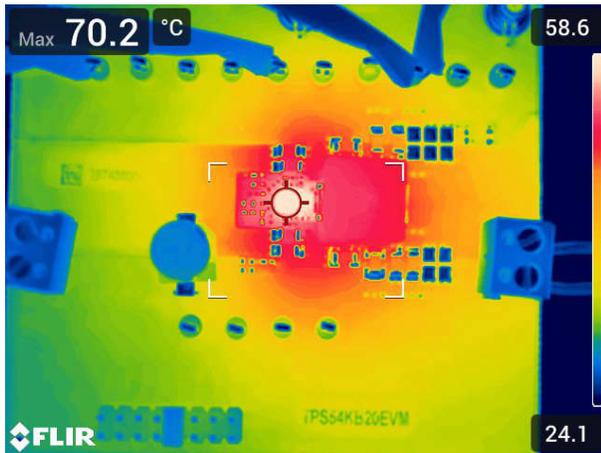


图 2-3. TPS54KB20 热特性 (800kHz、20A 负载)

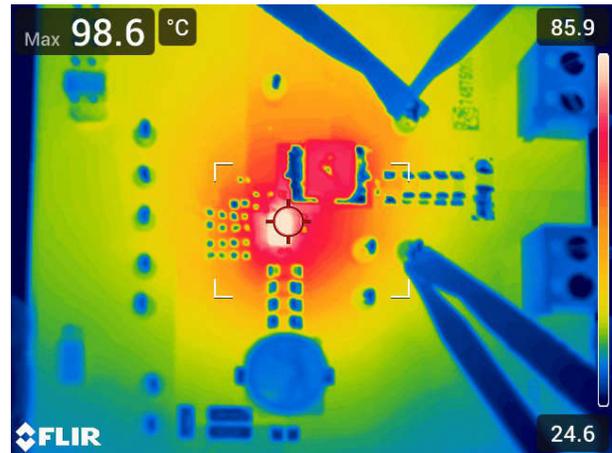


图 2-4. TPS54JB20 热特性 (800kHz、20A 负载)

### 3 对称布局

对称蝶形布局在封装每一侧具有相等数量的输入电容器，旨在尽量减少 SW 节点上的振铃。默认情况下，TPS54KB20 EVM 包含建议的 BOM 布局，在输入端的每一侧保持相等数量的电容器。这些相对称的元件可确保当器件在额定工作条件下主动开关时，减少 SW 节点和 VIN-SW 振铃。事实证明，在测试默认对称 EVM 时，低侧和高侧 MOSFET 在 SW 节点和 VIN-SW 上显示的振铃更少。

图 3-1 显示了建议的 TPS54KB20 对称原理图。鉴于采用对称 EVM，电容器 C21、C23、C37 和 C39 已提前移除。提供的数据是在使用对称 TPS54KB20 EVM 和图 3-1 中所示的电容器条件下测得的。

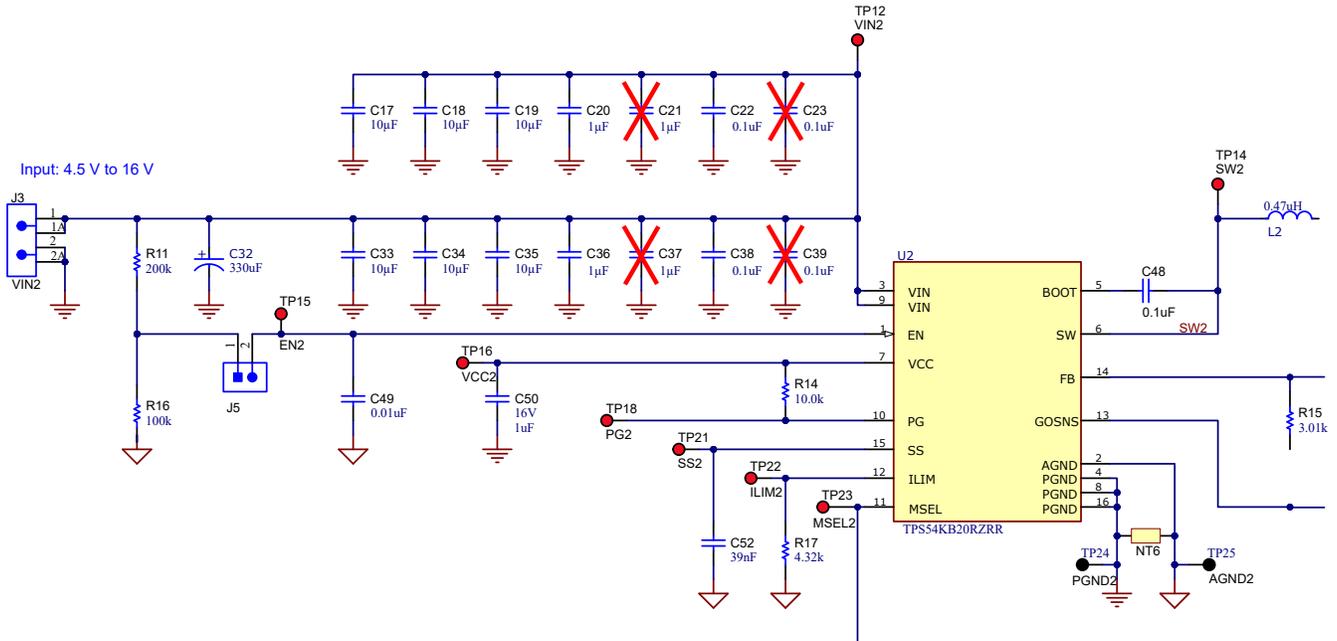


图 3-1. 对称原理图

图 3-2 和图 3-3 展示了具有建议数量输入电容器的 EVM 对称电路板布局布线。

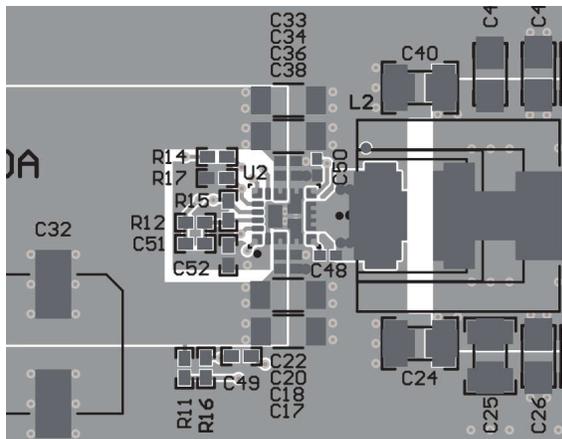


图 3-2. 建议的顶层对称布局

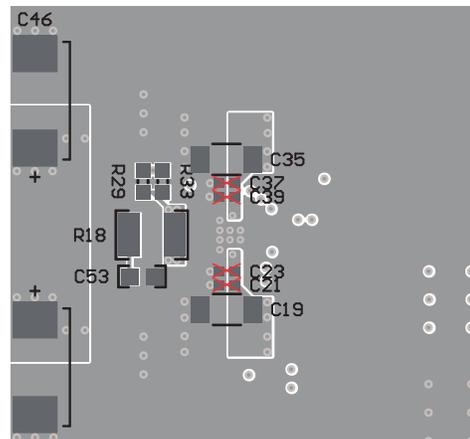


图 3-3. 建议的底层对称布局

## 4 非对称布局

通过完全移除位于蝶形引脚排列一侧的输入电容器，可为需要具有成本效益的单侧输入路径的用户提供灵活性。一些特定系统设计可能只需要通过封装的单侧（包含大部分电容器）提供一个 VIN 入口点，而不需要在封装的每侧均配有电容器的双侧 VIN。尽管移除一侧的多个输入电容器可提高设计灵活性，但在 SW 节点振铃方面也需要作出权衡。通常，当使用单个 VIN 轨并且从封装的一侧移除多个输入电容器时，会出现更大的 SW 节点振铃。通过移除建议数量的电容器，可以在降低 SW 节点噪声和降低设计成本的需求之间达到平衡。如果用户选择继续使用此布局方法，建议的元件配置包括在 IC 一侧放置 4 个 10  $\mu\text{F}$  电容器、1 个 1  $\mu\text{F}$  电容器和 1 个 0.1  $\mu\text{F}$  电容器，同时在 IC 的另一侧保留单个 0.1  $\mu\text{F}$  电容器。请参阅图 4-1，从引脚 9 中移除电容器 C36、C35、C34 和 C33，同时向引脚 3 添加电容器 C100，即可成功完成非对称配置。电容器 C21、C23、C37 和 C39 在设计中提前移除。这是一种非对称设计，其中大多数输入电容器都位于单个引脚上。请务必将高频旁路电容器 C38 保留在引脚 9 上，因为该电容器可防止 SW 上的过量噪声并抑制电压尖峰。提供的数据在 TPS54KB20 非对称 EVM 条件下，使用图 4-1 中所示的电容器以及一个 VIN 轨测得。不建议在 RAMP1 设置中进行非对称配置。如果用户自行决定移除 TPS54KB2x 蝶形布局一侧的电容器，并使用单个非对称 VIN 引脚，建议的原理图和布局如图 4-1、图 4-2 和图 4-3 所示。

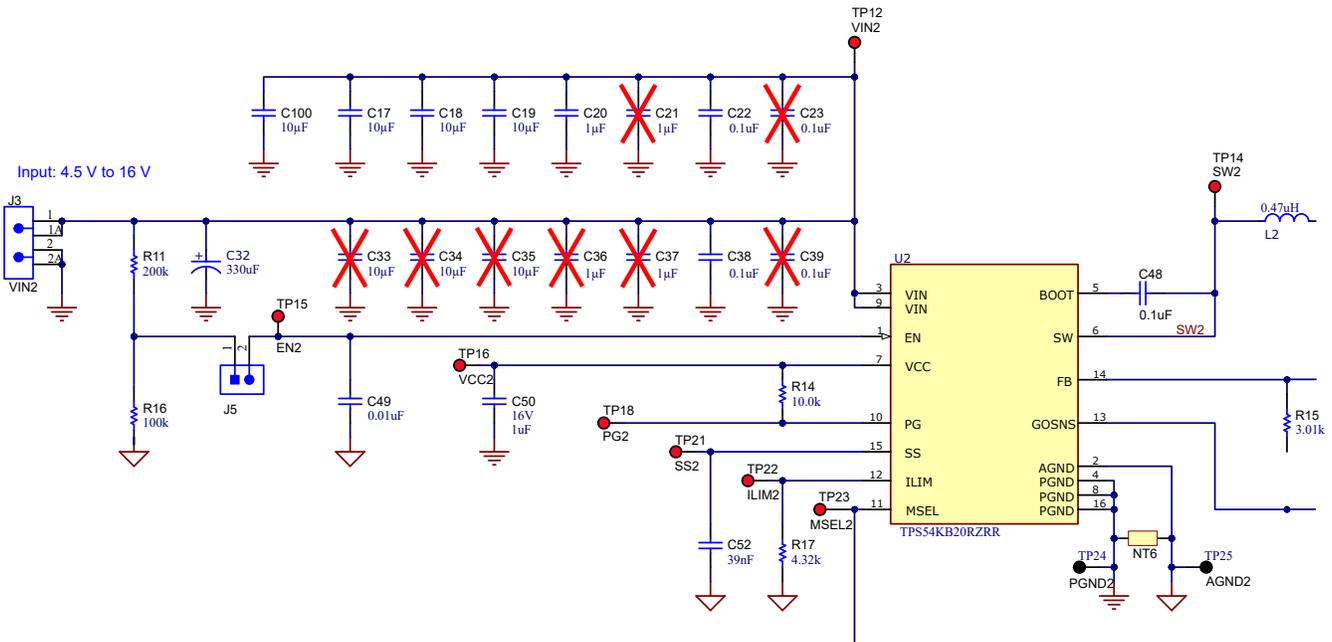


图 4-1. 建议的非对称原理图

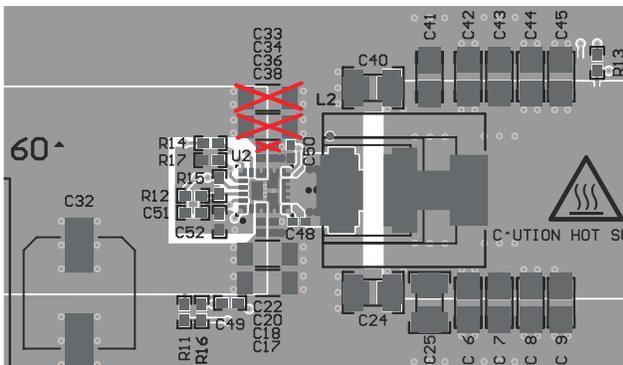


图 4-2. 建议的顶层非对称 EVM 布局

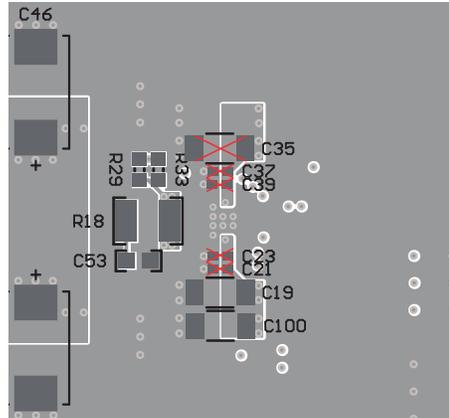


图 4-3. 建议的底层非对称 EVM 布局

如果用户打算基于 TPS54KB20 非对称蝶形布局来设计系统，可参考非对称布局指南。图 4-2 和图 4-3 是用于实现非对称配置的 PCB 布局图，其中以红色标识标出了建议移除的电容器。

## 5 测试数据

以下实验数据展示了两种布局之间的波形比较，其中显示了 SW 节点和 VIN-SW 信号。这些数据在 12V 输入电压、3.3V 输出电压、25A 负载和内部 VCC 条件下测得。

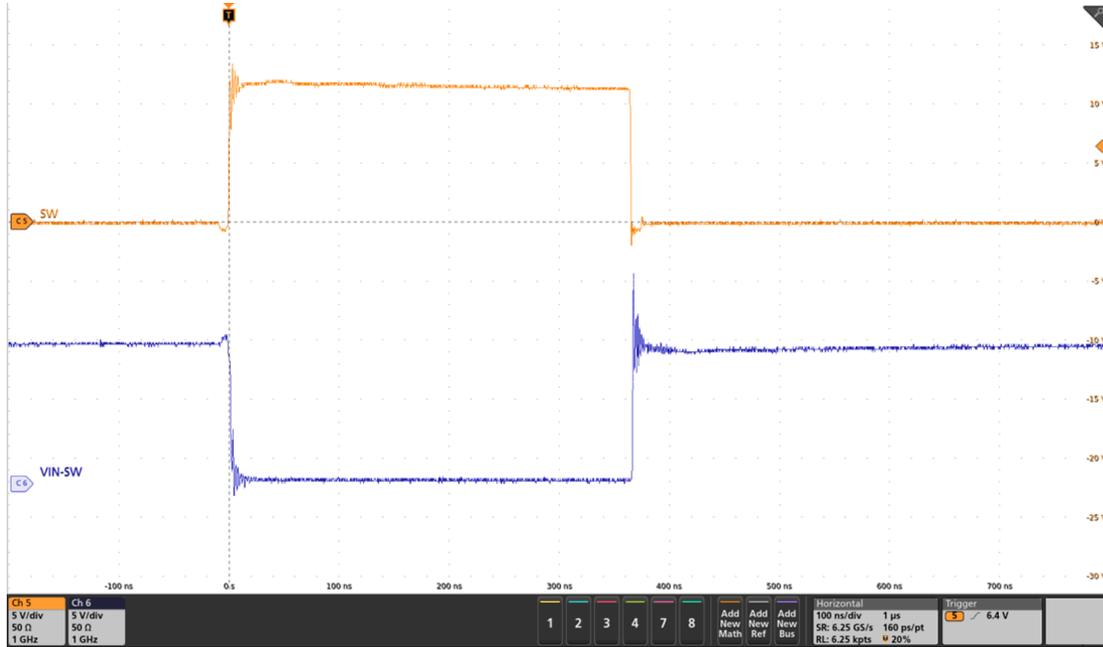


图 5-1. 对称布局 SW 节点和 VIN-SW

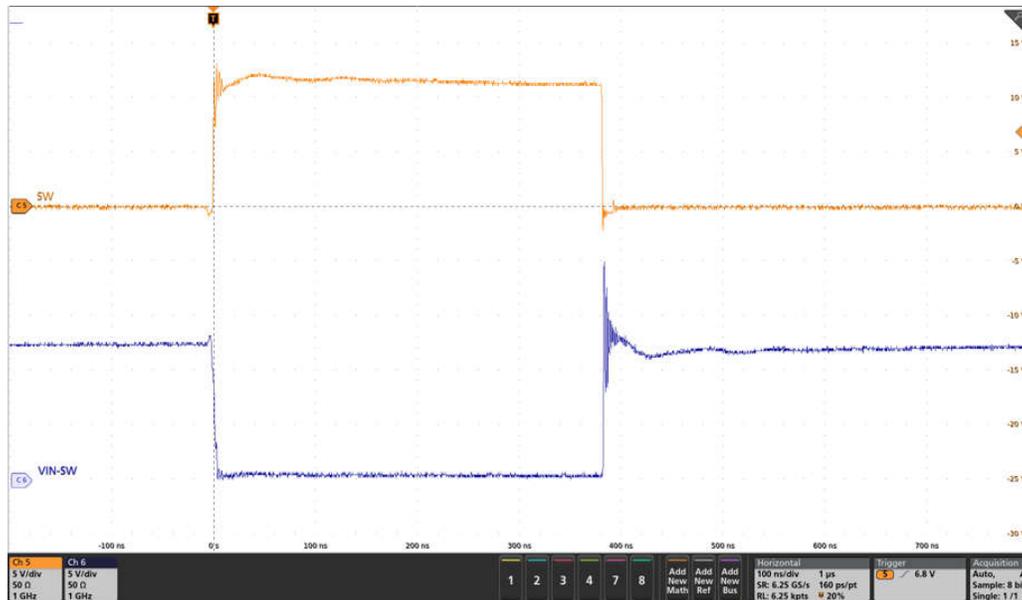


图 5-2. 非对称布局 SW 节点和 VIN-SW

将对称基准数据图 5-1 和非对称基准数据图 5-2 进行比较，以便反映在相同参数下测试时 SW 节点振铃的差异。

图 5-3 比较了对称和非对称布局的效率数据。

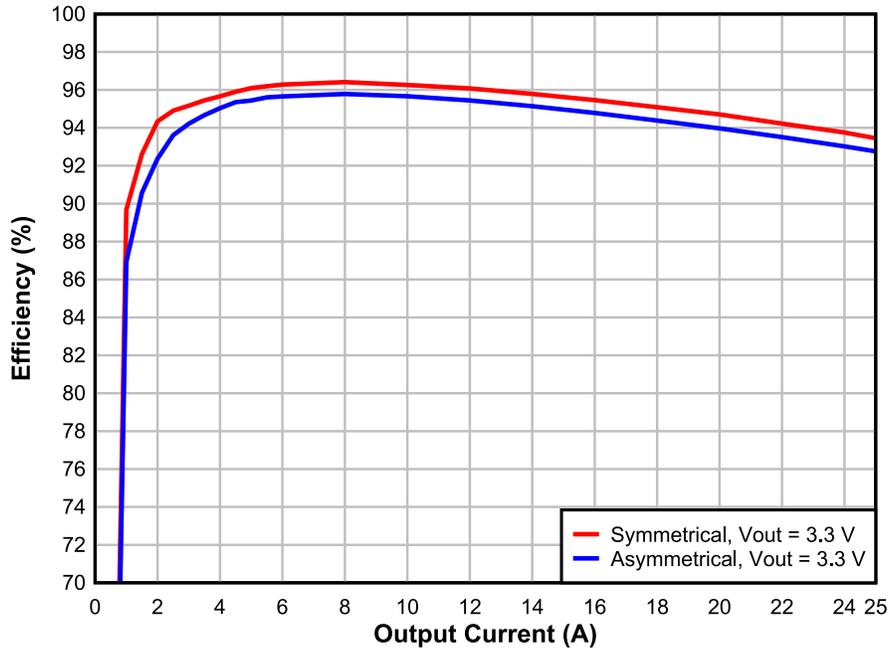


图 5-3. 效率 ( Vin = 12V , 800kHz FCCM )

## 6 总结

本应用报告为希望使用对称输入电压轨或非对称输入电压轨（移除多个输入电容器）的用户提供了建议的布局方法。本报告还提供了支持每种设计的基准数据，以便轻松比较这两种布局方法。与非对称设计相比，对称蝶形布局可确保实现超小的 SW 节点振铃和超高的效率。尽管建议采用对称布局，本文档为用户提供了在必须使用单个输入轨和减少电容器的情况下的替代方案。用户通过选择这种替代方案可灵活进行设计。TPS54KB2x 利用独特的蝶形布局，能够保持 SW 节点稳定，同时允许用户选择从封装的一侧移除建议数量的电容器。

表 6-1 汇总了建议的对称和非对称输入电容器配置。该表列出了每种配置方法的 VIN 轨和输入电容器数量。

**表 6-1. 配置汇总表**

布局方法	VIN 轨数量	CIN 引脚 3	CIN 引脚 9
对称	2	3x10 $\mu$ F、1x1 $\mu$ f、1x0.1 $\mu$ F	3x10 $\mu$ F、1x1 $\mu$ f、1x0.1 $\mu$ F
非对称	1	4x10 $\mu$ F、1x1 $\mu$ f、1x0.1 $\mu$ F	0x10 $\mu$ F、0x1 $\mu$ f、1x0.1 $\mu$ F

## 7 参考文献

- 德州仪器 (TI), [TPS54KB20 产品文件夹](#)。
- 德州仪器 (TI), [TPS54KB2x 具有遥感功能的 4V 至 16V 输入、25A、D-CAP4 同步降压转换器 数据表](#)。
- 德州仪器 (TI), [创新的电源 EMI 抑制技术可缩短设计时间和提高成本效益 营销白皮书](#)。

## 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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司