

配备集成电感器的 17V、3A 高功率密度降压转换器模块参考设计



说明

TIDA-050055 参考设计采用具有集成电感器的 TPSM82903 3V 至 17V 输入电压降压转换器，专门开发用于设计空间十分有限的应用。该参考设计将输入电压降至 1.2V VOUT，不仅可为负载提供高达 3A 的电流，而且具有高效率 and 低静态电流。包含所有外部元件的整体解决方案尺寸为 20mm²。该设计非常小巧，可实现高效的直流/直流转换和业内超低的工作静态电流 (I_Q)。

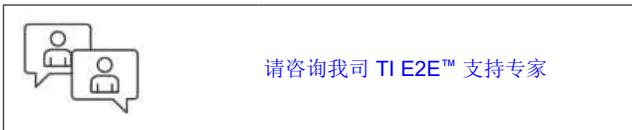
资源

[TIDA-050055](#)

设计文件夹

[TPSM82903](#)

产品文件夹

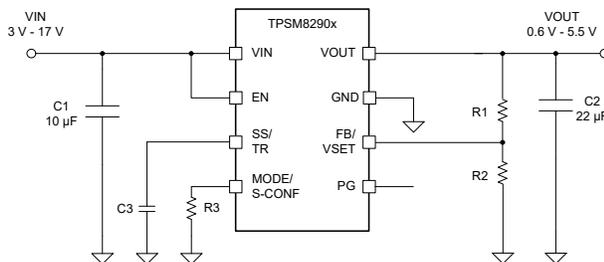


特性

- 20mm² 小尺寸解决方案
- 150mA/mm² 的功率密度
- 3V 至 17V 的输入电压
- 高达 3A 的持续输出电流
- 低 I_Q : 4uA (典型值)
- 集成电感器
- 在 -40°C 至 125°C 温度范围内的总系统电压精度为 ±1.0%
- 工作结温 : -40°C 至 125°C
- 带 100% 模式的 DCS-Control™ 拓扑。

应用

- [数据中心和企业级计算](#)
- [有线网络](#)
- [无线基础设施](#)
- [工厂自动化和控制](#)
- [测试和测量](#)



1 系统说明

TIDA-050055 设计采用具有集成电感器的 TPSM82903 高效、低 I_Q 直流/直流降压转换器。该设计经过优化，能够实现较小的总解决方案尺寸、较少的 BOM 数量、高效率、出色的热性能和尽可能低的静态电流。该设计非常适合空间有限的应用，比如智能锁、可穿戴设备等。高效率 and 低 I_Q 特性非常适合电池供电系统。该设计可实现高效的电池使用和更长的使用寿命。

表 1-1. 关键系统规格

参数	最小值	典型	最大值	单位
输入电压	3	12	17	V
输出电压	1.185	1.2	1.215	V
输出电流	0		3	A
开关频率		2.5		MHz
静态工作电流 (节能模式)		4		uA
结温	-40		125	C
输出电容器放电		启用		

2 系统概述

2.1 方框图

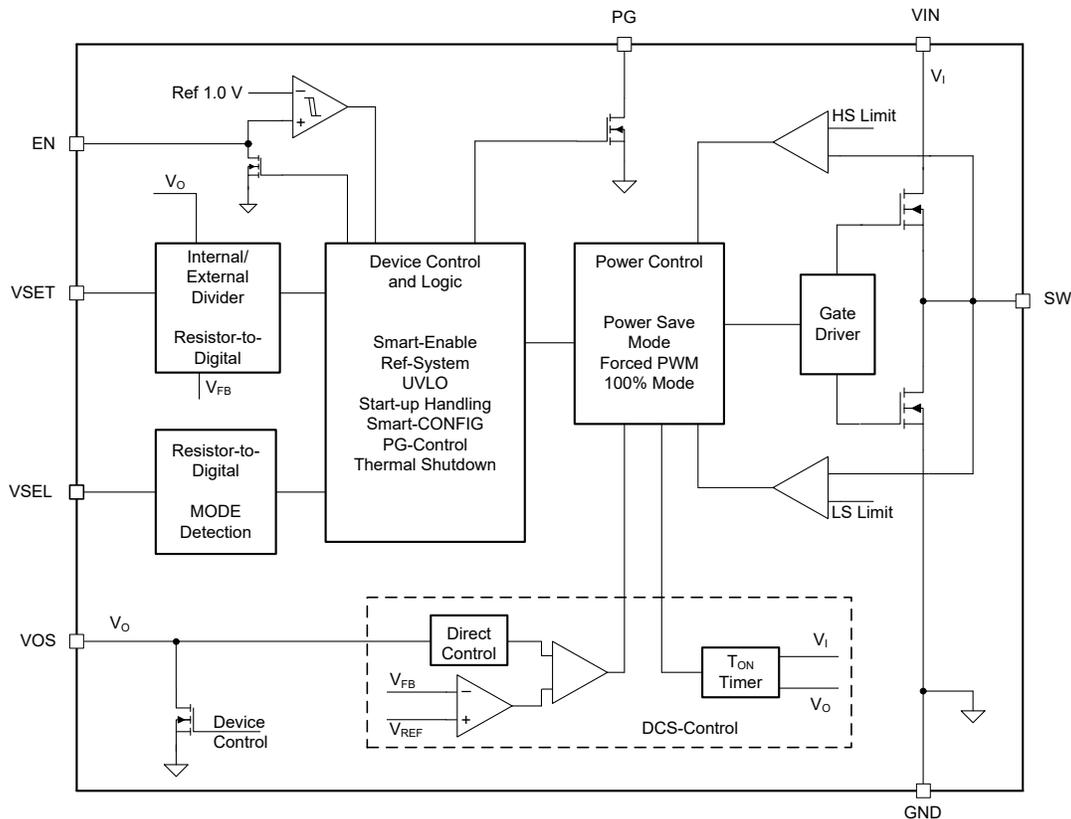


图 2-1. TIDA-050055 方框图

2.2 设计注意事项

通过在 MODE/S-CONF 引脚上连接 26.1k Ω 电阻，该器件被配置为：

- **VSET 运行**：VOUT 仅由内部电阻分压器经 VOS 引脚进行检测。目标 Vout 由 VSET 引脚和 GND 之间连接的外部电阻器编程。在本设计中，FB/VSET 连接到 GND，因此 VOUT 编程为 1.2V。
- **具有 AEE (自动效率增强) 功能的 2.5MHz 开关频率**：MODE/S-CONF 引脚配置为 AEE 模式，通过自动调整转换器的开关频率，TPSM82903 在整个输入电压和输出电压范围内提供高效率。如果出现 VOUT 降低或/VIN 升高的情况，效率就会降低。为在整个占空比 (VOUT/VIN 比) 范围内保持高效率，调整开关频率时需维持纹波电流。AEE 功能可在各种占空比下提高效率，尤其适用于固定频率转换器效率大幅下降情况下 VOUT 值较低时。此外，该功能可补偿高 VIN 到低 VOUT 转换的超小占空比，正是这类占空比限制了其他拓扑中的控制范围。
- **节能模式运行 (自动 PFM/PWM)**：MODE/S-CONF 引脚配置为节能模式 (自动 PFM/PWM)。只要输出电流高于电感器纹波电流的一半，该器件就会以 PWM 模式运行。为了在轻负载时保持高效率，该器件会从断续导通模式 (DCM) 边界处进入节能模式。如果输出电流小于电感器纹波电流的一半，就会发生这种情况。负载电流降低时，该器件无缝进入节能模式，这确保了轻负载运行时的高效率。只要电感器电流不连续，该器件就会一直处于节能模式。在节能模式，开关频率随负载电流线性降低，从而保持高效率。可在两个方向上无缝进入、退出节能模式。
- **启用输出放电功能**：启用输出放电功能是为了在禁用器件时确保输出电压按照既定斜率下降，也是为了在器件关闭时保持输出电压接近 0V。施加电源电压之后至少启用一次 TPSM82903，输出放电功能才会激活。
- **软启动**：SS/TR 引脚应保持悬空，以实现更快的启动时间。

2.3 重点产品

TPSM82903 是一款高效、小巧、灵活且易用的同步降压直流/直流转换器。该器件使用 VSET 功能，利用 DCS-Control 拓扑支持 $\pm 1.0\%$ 的高 VOUT 精度。3V 至 17V 的宽输入电压范围支持各种标称输入，例如 12V 电源轨、单节或多节锂离子电池、5V 或 3.3V 电源轨。

TPSM82903 可在轻负载时自动进入省电模式，从而保持高效率。此外，为了在非常小的负载下提供高效率，该器件具有 4 μ A 的低典型静态电流。AEE 在 VIN、VOUT 和负载电流范围内提供高效率。该器件包含一个 MODE/Smart-CONF 输入，用来设置内部/外部分压器、开关频率、输出电压放电和自动省电模式或强制 PWM 操作。该器件采用小型 11 引脚 MicroSiP 封装 (尺寸为 3.00mm \times 2.80mm，间距为 1.60mm)，带有集成 1 μ H 电感器。

2.4 系统设计原理

2.4.1 采用 TPSM82903 降压转换器的电路设计

TPSM82903 经过优化，可在各种外部元件内工作。此外，TPSM82903 集成了 $1\ \mu\text{H}$ 电感器，减小了解决方案尺寸。输出电容的选择会影响电路的稳定性；输出电容的推荐值为 $22\ \mu\text{F}$ 。有关更多详细信息，请参阅 [TPSM82903](#) 数据表。

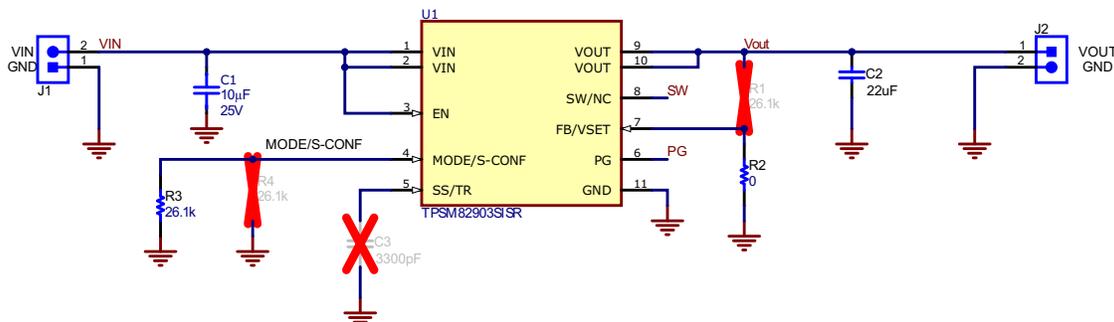


图 2-2. 采用 TPSM82903 降压转换器的电路设计

为取得理想的滤波效果，建议使用等效串联电阻 (ESR) 较低的小型多层陶瓷电容器 (MLCC)。本设计采用 TDK 的 $10\ \mu\text{F}/25\text{V}$ 多层陶瓷片式电容器 (C2012X7S1E106K125AC) 作为输入电容器，该电容器旨在承受高达 25V 的电压，完全能够满足我们希望在设计中涵盖的输入电压范围。

对于输出电容器，额定电压远小于输入电容器，仅需 6V 至 10V，选用了 Murata Manufacturing 生产的 $22\ \mu\text{F}/10\text{V}$ 多层陶瓷片式电容器 (GRM21BD71A226ME44K)。输入电容和输出电容分别为 X7S 和 X7T；这两个电容均涵盖了本设计所需的整个温度范围。

MODE/S-CONF 需要 E96 电阻器系列，该系列电阻器精度为 1%，温度系数大于或等于 $\pm 200\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。本设计采用 Vishay 公司生产的小型封装 CRCW040226K1FKED。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

为完成测试，本参考设计需要以下设备：

- 电源，能够提供至少 2A 负载和高达 20V 电压。
- 电流和电压万用表，用于在相关测试期间测量电流和电压。
- TIDA-050055 电路板，为印刷电路板 (PCB)，包含本设计中的所有器件。
- 电阻负载或电子负载，至少为 3A。
- 热成像摄像头，用于测量运行期间电路板的温升。
- 示波器，用于采集电压和电流。

3.2 测试设置

图 3-1 显示了测试 TIDA-050055 所用的装置。

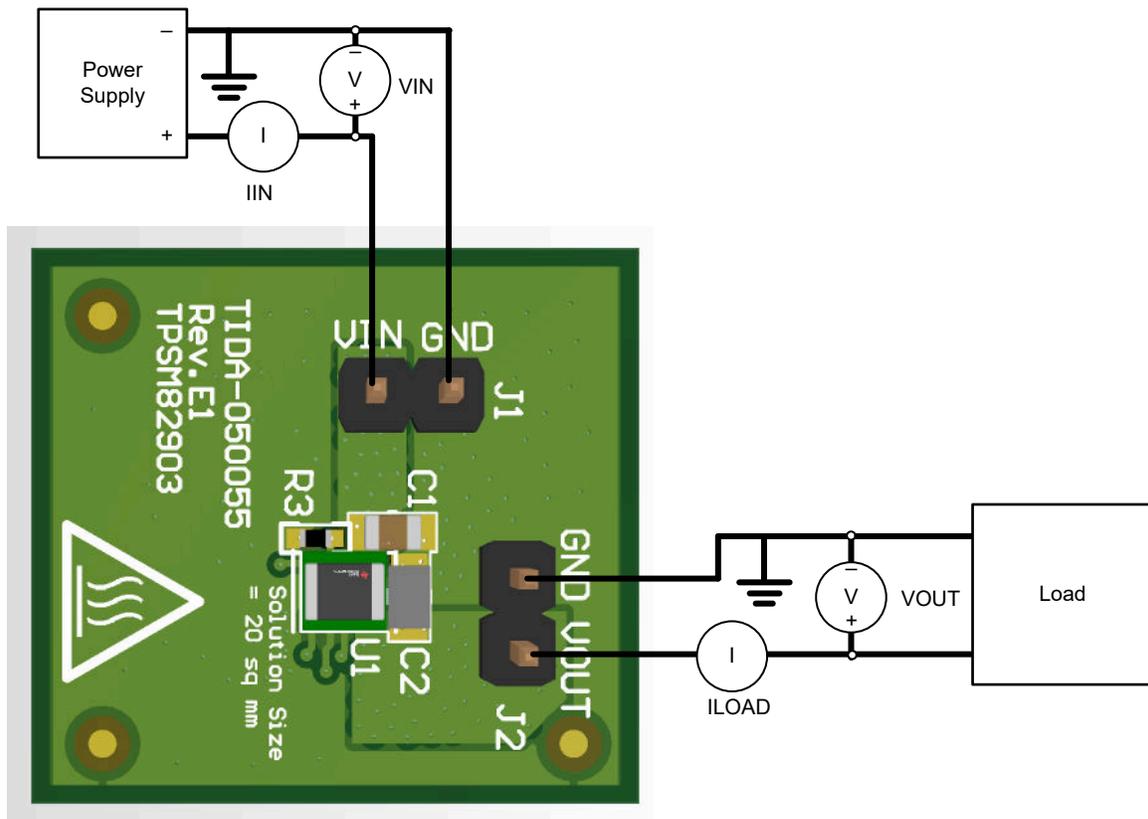


图 3-1. 测试设置

3.3 测试结果

3.3.1 启动

图 3-2 显示了启动行为。由于没有软启动电容器，它默认为预编程的启动时间。

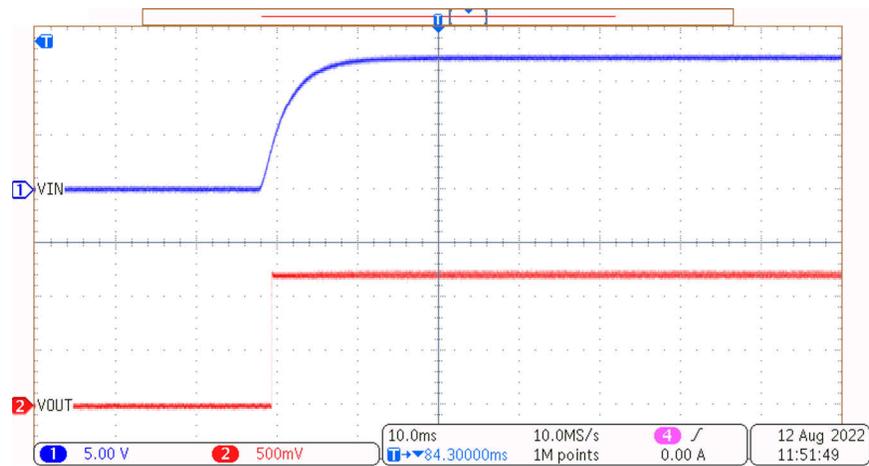


图 3-2. 启动行为

3.3.2 关断

图 3-3 显示了关断行为。



图 3-3. 关断波形

3.3.3 负载瞬态

图 3-4 显示了 12V 输入下 0.5A 至 3A 的瞬态响应。

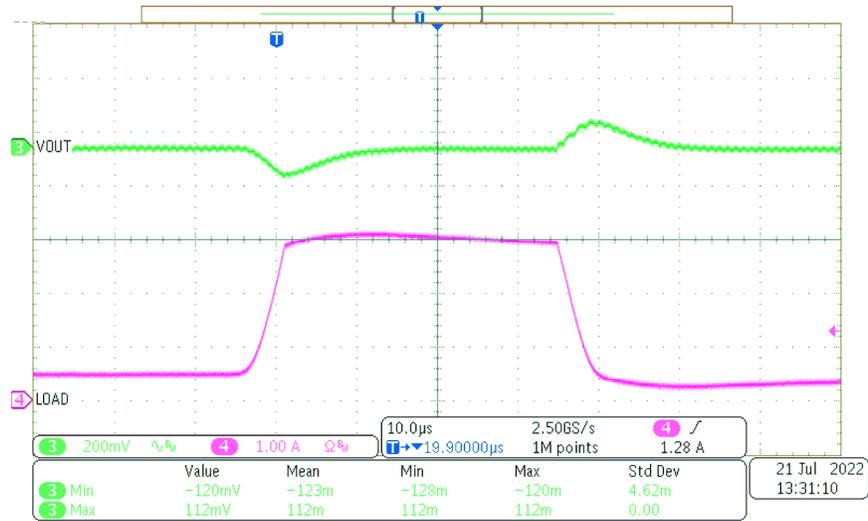


图 3-4. 输入电压为 12V 时的负载瞬态 500mA 至 3A

图 3-5 显示了 12V 输入下 0.5A 至 2A 的瞬态响应。

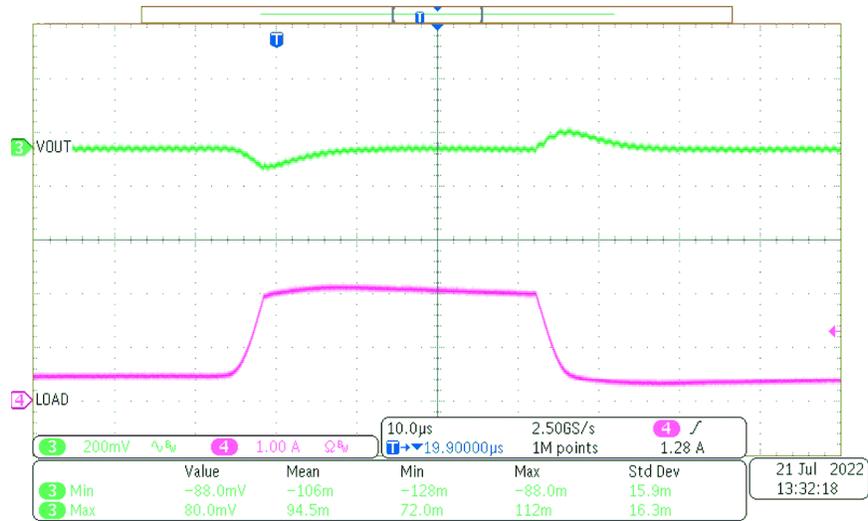


图 3-5. 输入电压为 12V 时的负载瞬态 500mA 至 2A

图 3-6 显示了 12V 输入下 0.5A 至 1A 的瞬态响应。

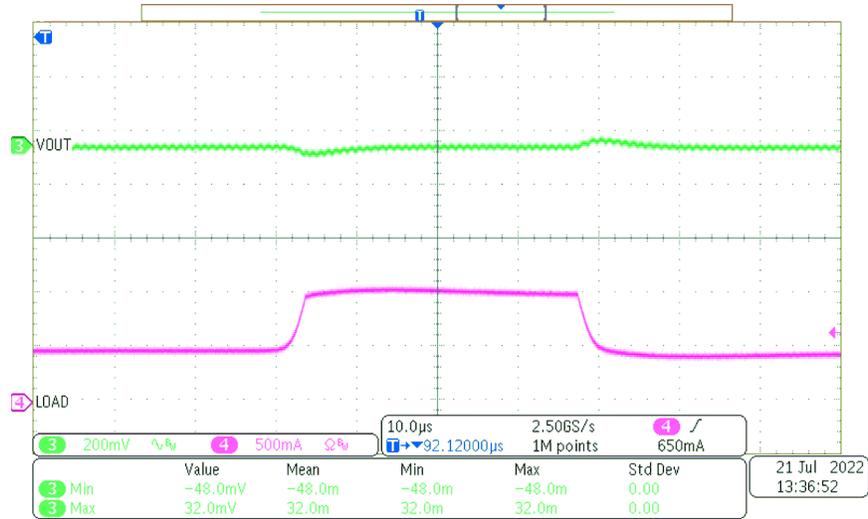


图 3-6. 输入电压为 12V 时的负载瞬态 500mA 至 1A

在 12Vin 下施加了正弦负载。图 3-7 显示了从轻负载期间的省电模式 (PSM) 到重负载时的脉宽调制 (PWM) 模式的转换。

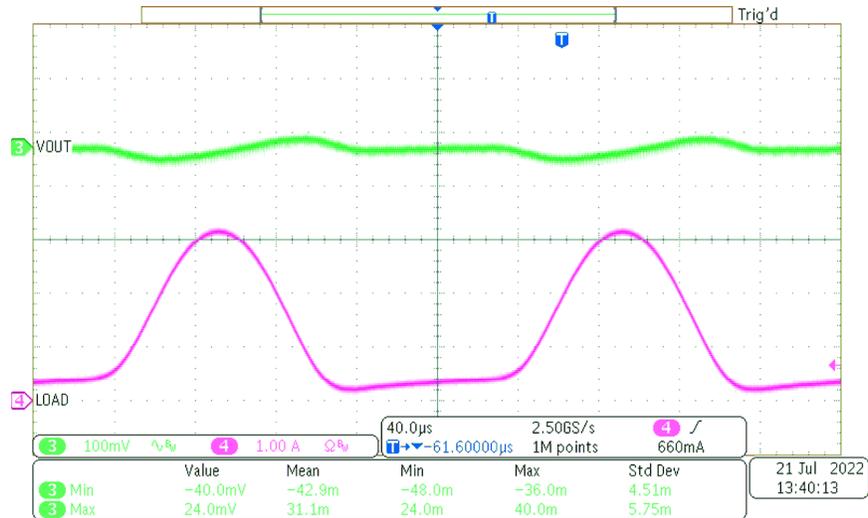


图 3-7. 12Vin 下的 PSM 到 PWM 转换

3.3.4 输出纹波

图 3-8 显示了 3A 时的输出电压纹波

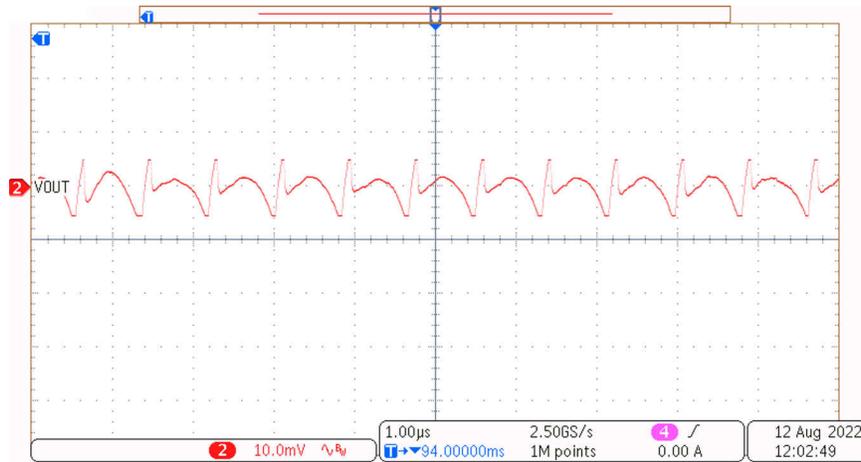


图 3-8. 3A 时的 Vout 纹波

3.3.5 效率

图 3-9 显示了 12V 输入时的效率数据。

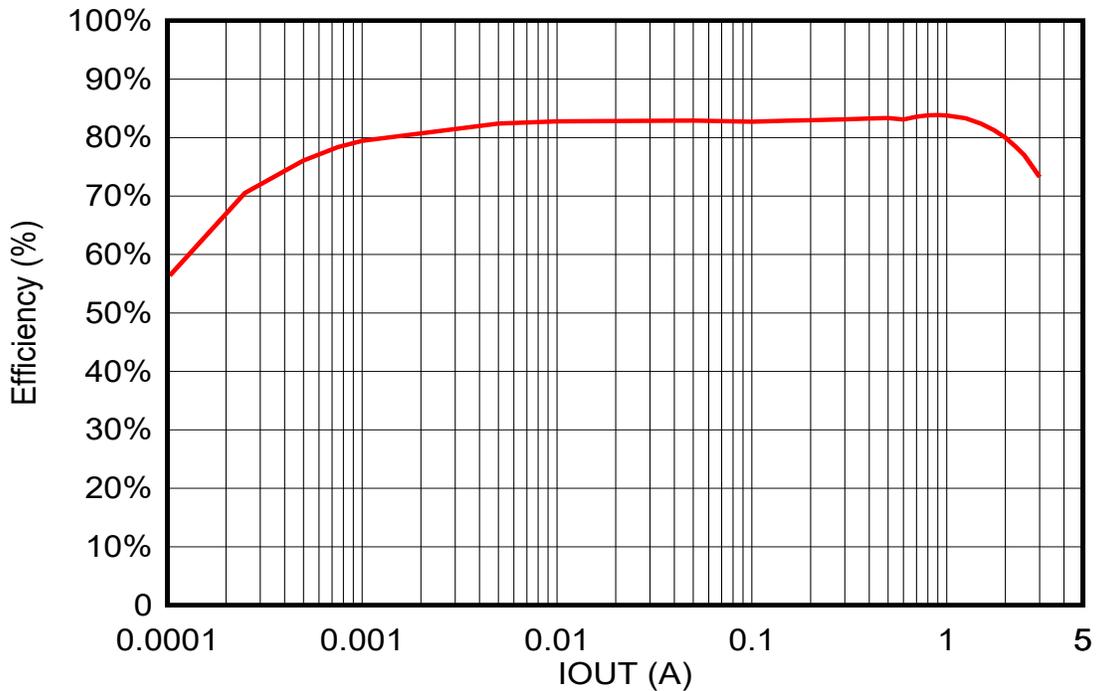


图 3-9. 12V 输入电压、1.2V 输出电压、高达 3A 负载时的效率数据

3.3.6 热性能

在 2.5A 和 2A 负载下测量的热性能。TPSM82903 专为 125°C 的最高结温而设计。这些图像是在约为 27°C 的室温下捕获的。在没有气流、热像仪水平放置在距离摄像机 5 英寸的位置进行测量。峰值温度通常发生在电感器和转换器所在的电路板中心。

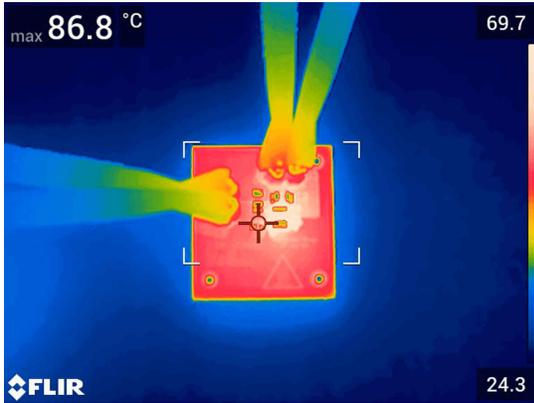


图 3-10. 室温下的热感图像 (输入电压为 12V、输出电压为 1.2V、负载电流为 2.5A)

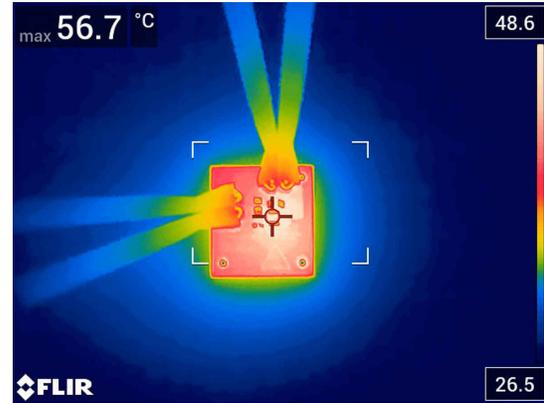


图 3-11. 室温下的热感图像 (输入电压为 12V、输出电压为 1.2V、负载电流为 2A)

3.3.7 输出电压与输出电流间的关系

图 3-12 显示了室温下不同 VIN 和 IOUT 上的输出电压。

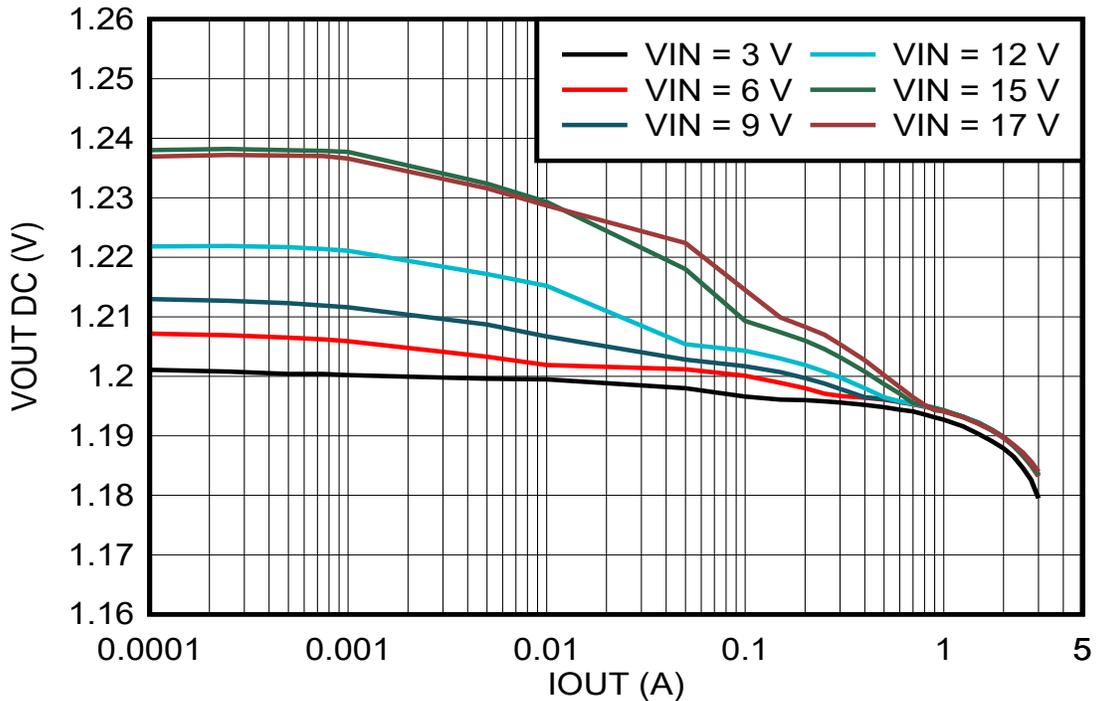


图 3-12. 室温下的输出电压与输出电流间的关系

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-050055](#) 中的设计文件。

4.1.2 材料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050055](#) 的设计文件。

4.1.3 PCB 布局建议

4.1.3.1 布局图

要下载各层图，请参阅 [TIDA-050055](#) 中的设计文件。

4.1.4 Altium 工程

要下载 Altium Designer® 工程文件，请参阅 [TIDA-050055](#) 的设计文件。

4.1.5 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-050055](#) 中的设计文件。

4.1.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-050055](#) 的设计文件。

4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[具有集成电感器的 3V 至 17V、高效率 and 低 IQ 降压转换器模块](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[TPSM82903 和 TPS82130 之间的详细比较](#) 应用手册。
3. 德州仪器 (TI)，[TPSM8290x 降压转换器评估模块](#) 用户指南。

4.3 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、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可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》](#)。

4.4 商标

TI E2E™ and DCS-Control™ are trademarks of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

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