

Design Guide: TIDA-050053

8-V 至 16-V 输入、1.2-A、-12-V 反相电源参考设计



说明

该逆变电源参考设计在 8V 至 16V 的输入电压以及高达 1.2A 的电流下支持 -12V 的输出电压。许多应用（例如光学模块偏置、线路驱动器、运算放大器和其他低功耗应用）都需要这种负电压。使用 TPS62933 电源转换器可以实现非常简单的负电压逆变器（逆变降压/升压）设计，以便在 1.2A 的电流下创建 -12V 的负输出电压。

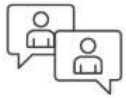
资源

[TIDA-050053](#)

设计文件夹

[TPS62933](#)

产品文件夹



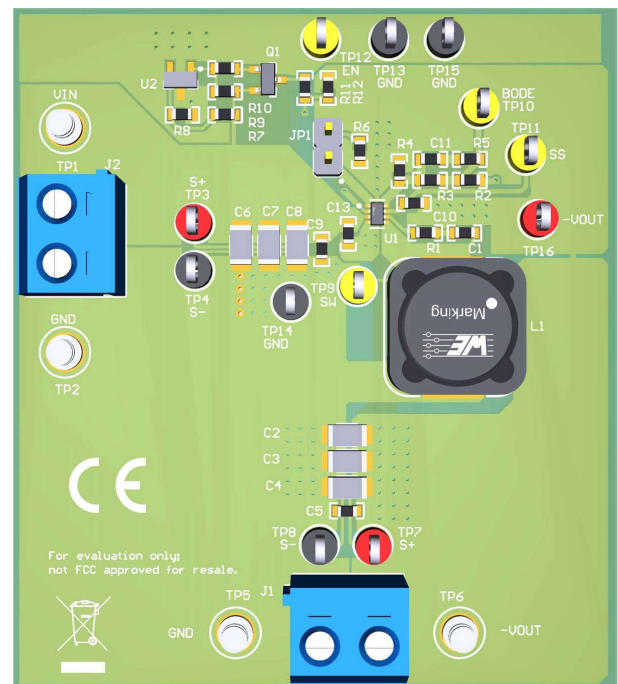
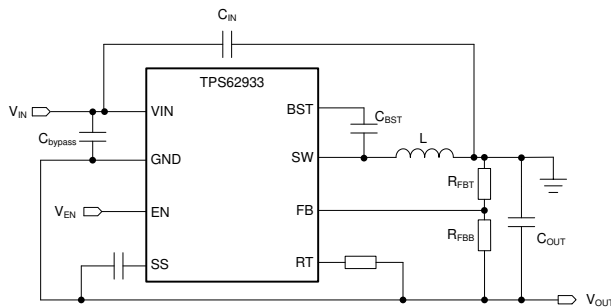
咨询我们的 TI E2E™ 支持专家

特性

- 简单的逆变电源设计
- 8 V 至 16 V 的宽输入电压范围
- 高达 1.2A 的持续输出电流
- 低噪声（小于 1% 输出纹波）
- 峰值电流模式，具有内部补偿
- 工作结温：-40°C 至 150°C

应用

- 光学模块
- 宏远程无线电单元 (RRU)
- 基带单元 (BBU)
- 移动智能电视



1 系统说明

TIDA-050053 实现了一种非常简单的反相降压/升压设计，通过使用 TPS62933 高效低 I_Q 同步降压转换器，可以将输出电压相对于地反相或为负。本设计展示了逆变电源，可通过 8V 至 16V 的输入电压在高达 1.2A 的电流下生成 -12V 电压轨。内部环路补偿经过优化，无需使用外部补偿元件。运算放大器、光学模块偏置或线路驱动器和其他应用的低电流负电源轨需要负电压。

表 1-1. 主要系统规格

设计参数	示例值
输入电压范围	标称值为 12V，范围为 8V 至 16V
输出电压范围	-12V
瞬态响应，50% 负载阶跃	$\Delta V_O = \pm 5\%$
输出纹波电压	1%
输出电流额定值	1.2A

2 系统概述

2.1 方框图

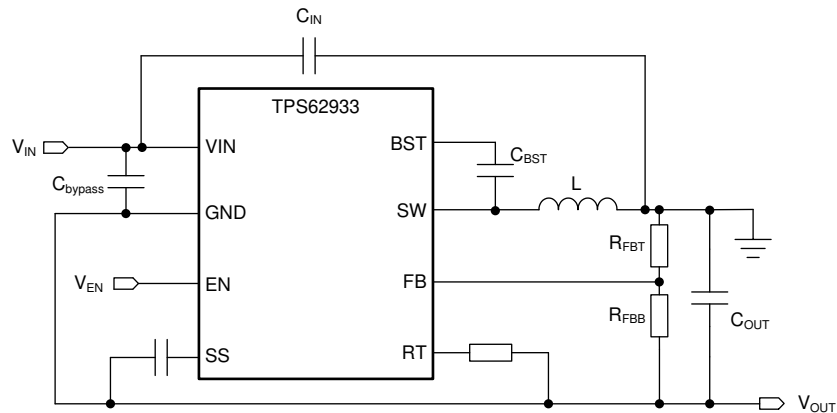


图 2-1. TIDA-050053 方框图

2.2 设计注意事项

降压转换器配置为反相降压/升压转换器时的主要差异详细信息如下：

- 可应用于反相降压/升压转换器 IC 的输入电压小于可应用于同一降压转换器 IC 的输入电压。这是因为 IC 的接地引脚连接到（负）输出电压。因此，器件两端的输入电压是 V_{IN} 到 V_{OUT} ，而非 V_{IN} 到地。因此，TPS62933 器件的输入电压范围为 3.8V 至 $30V - V_{OUT}$ ，其中 V_{OUT} 为正值。
- 输出电压范围与配置为降压转换器时相同，但为负。因此，反相降压/升压拓扑的输出电压设置在 -0.8V 和 -22V 之间。输出电压的设置方法与降压配置中相同，即将两个电阻器连接到 FB 引脚。
- 在降压配置中，平均电感电流等于平均输出电流，因为电感总是在控制 MOSFET 的导通和关断期间为负载提供电流。而在反相降压/升压配置中，负载仅由输出电容器提供电流，并且在控制 MOSFET 导通期间与电感器完全断开。在关断期间，电感器连接到输出电容和负载。因此，器件可在降压/升压应用中保持的输出电流低于在降压应用中保持的输出电流。输出电流随电感值、输入电压和输出电压而变化。
- 如果 EN 引脚上的电压达到其阈值且输入电压高于 UVLO 阈值，TPS62933 器件就会启用。如果 EN 引脚上的电压低于阈值，或输入电压低于 UVLO 阈值，该器件就会停止工作。然而，当配置为降压/升压应用时，TPS62933 器件的 GND 引脚连接到负输出电压而非零电压（系统接地），这可能会导致难以启用或禁用该器件。因此，需要电平转换电路来解决问题。

2.3 主要产品

TPS62933 是一款易于使用的高效同步降压转换器，具有 3.8V 至 30V 的宽输入电压范围，并支持高达 3A 的持续输出电流和 0.8V 至 22V 的输出电压。

该器件采用固定频率 **峰值电流控制** 模式，可实现快速瞬态响应以及出色的线路和负载调节。该器件具有经过优化的内部环路补偿功能，因此在宽输出电压和工作频率范围内无需外部补偿元件。**脉冲频率调制 (PFM)** 模式可在很大程度上提高轻负载效率。**超低静态电流 (ULQ)** 特性则非常有益于在低功耗运行时延长电池寿命。开关频率可以通过配置 RT 引脚在 200kHz 至 2.2MHz 之间进行设置，从而让用户优化系统效率、滤波尺寸和带宽。软启动时间可以通过在 SS 引脚处的外部电容来调节，这样可以在驱动大电容性负载时尽可能减小浪涌电流。该器件还具有展频频谱功能，有助于降低 EMI 噪声，

并提供包括 OTP、OVP、UVLO、逐周期过流限制以及断续模式 UVP 在内的全面保护。该器件采用 0.5mm 引脚间距的小型 SOT583 (1.6mm × 2.1mm) 封装，并且具有经过优化的引脚排列，可简化 PCB 布局并提供良好的 EMI 性能。

2.4 系统设计原理

2.4.1 采用 TPS62933 的逆变电源设计

反相降压/升压拓扑与降压拓扑相似。在图 2-2 所示的降压配置中，正极连接 (V_{OUT}) 连接到电感器，返回连接连接到集成电路 (IC) 地 (GND)。然而，在图 2-1 所示的反相降压/升压配置中，IC GND 用作负输出电压引脚。降压配置中的正输出用作 GND。这种反相拓扑允许输出电压反相并且始终低于 GND。

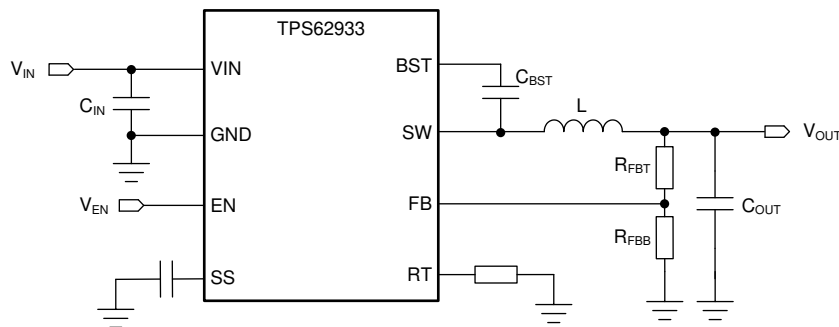


图 2-2. 降压转换器应用

反相降压/升压拓扑中的电路运行方式与降压拓扑中的电路运行方式不同。在控制 MOSFET 导通期间，电感器用 电流充电，而输出电容器提供负载电流。在此期间，电感器不向负载提供电流。在控制 MOSFET 的关断时间和同步 MOSFET 的导通时间内，电感器为负载和输出电容器提供电流。

图 2-3 展示了采用 TPS62933 的逆变电源设计。

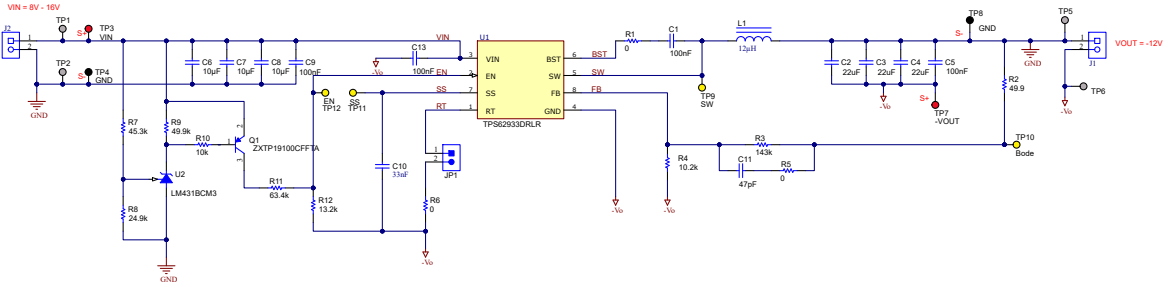


图 2-3. 采用 TPS62933 的逆变电源

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：

- 一个能提供至少 2A 负载和高达 20V 电压的电源。
- 电流和电压万用表，用于在相关测试期间测量电流和电压。
- 示波器，用于采集电压和电流。
- TIDA-050053 电路板是包含本设计中所有器件的印刷电路板 (PCB)。
- 至少为 2A 的电阻负载或电子负载。
- 热成像摄像头，用于测量运行期间电路板的温升。

3.2 测试设置

图 3-1 展示了测试 TIDA-050053 所用的设置。

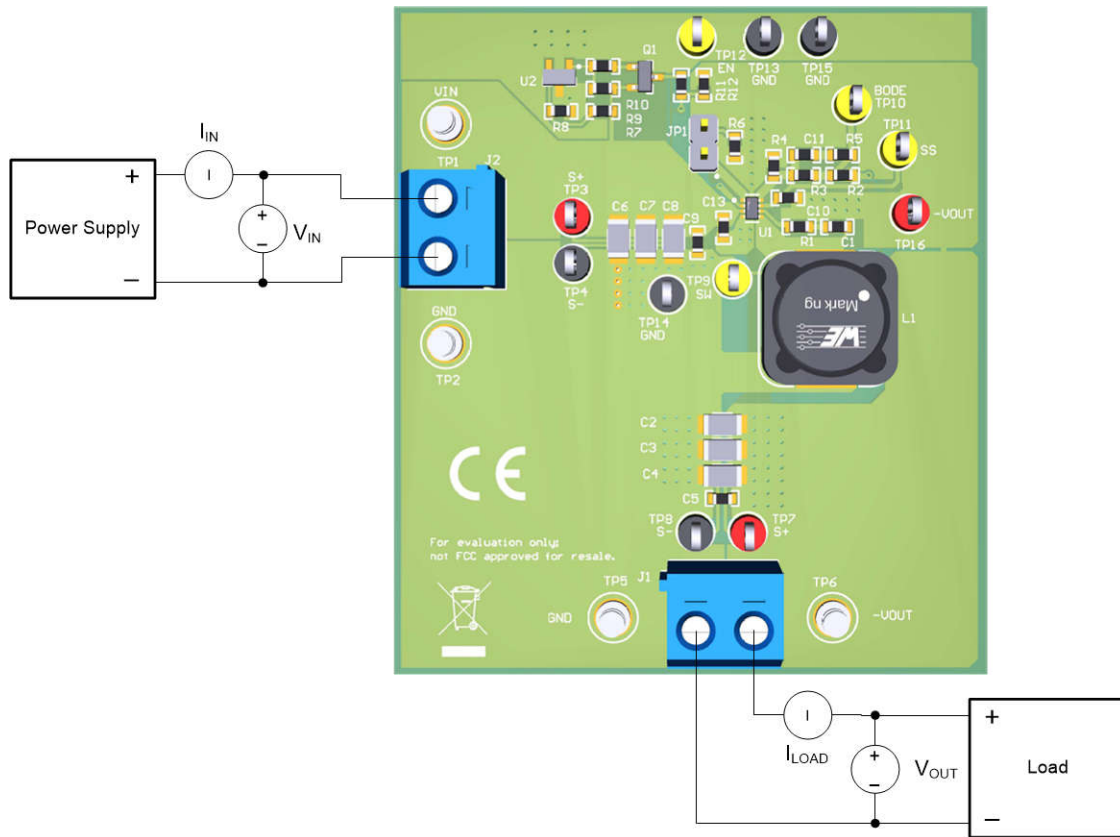


图 3-1. 测试设置

3.3 测试结果

3.3.1 启动

图 3-2 展示了启动行为。

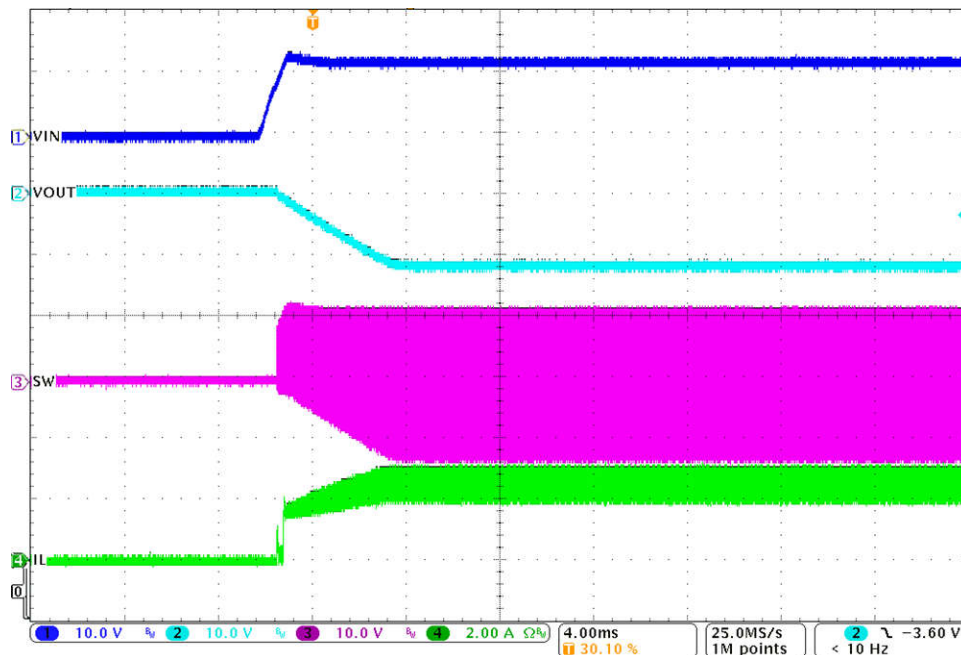


图 3-2. 启动行为

3.3.2 负载瞬态

图 3-3 展示了 12V 输入下 0.4A 至 1.2A 的瞬态响应。

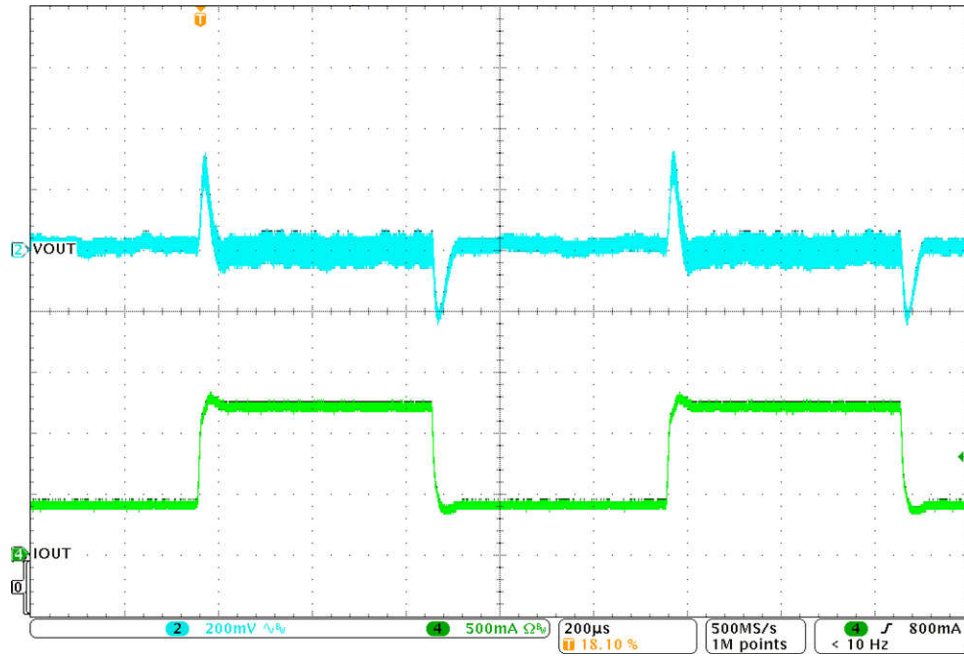


图 3-3. 12V_{IN} 时的负载瞬态 0.4A 至 1.2A

图 3-4 展示了 12V 输入下 0.8A 至 1.2A 的瞬态响应。

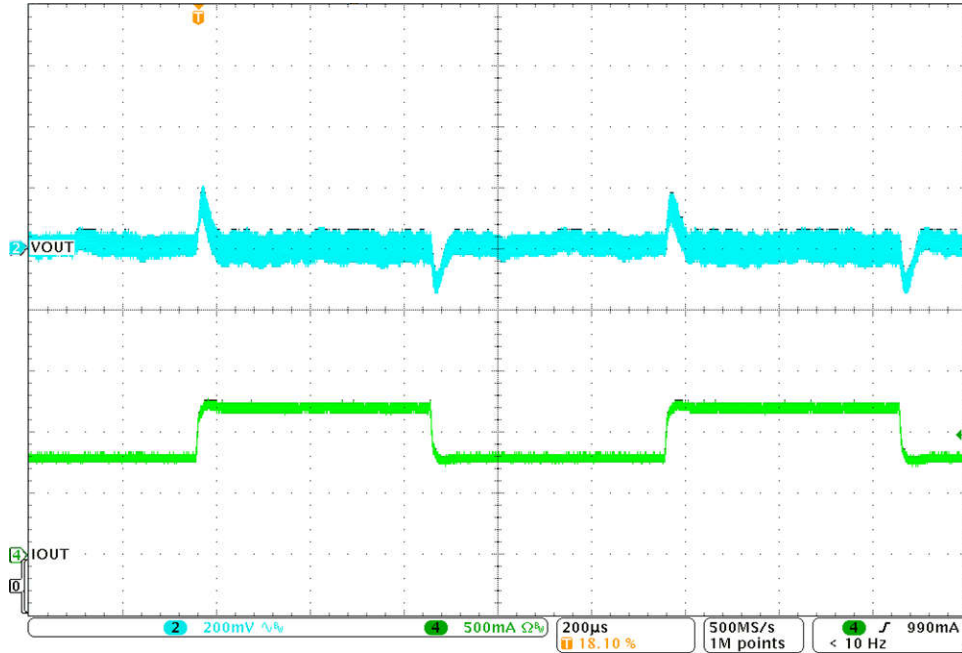


图 3-4. 12V_{IN} 时的负载瞬态 0.8A 至 1.2A

3.3.3 输出纹波

图 3-5 展示了 1.2A 时的输出电压纹波。

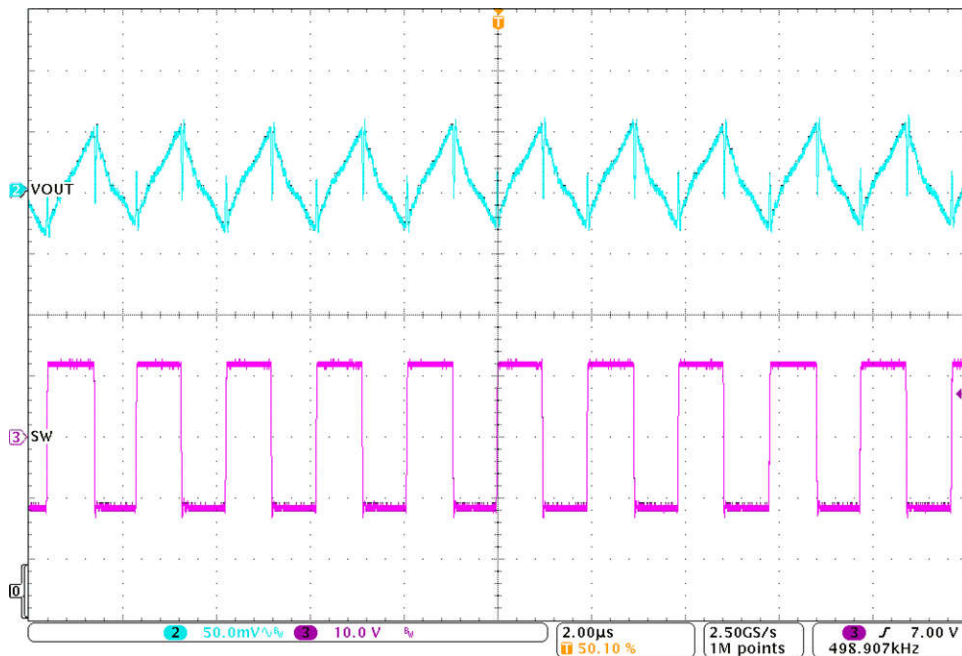


图 3-5. 1.2A 时的 V_{OUT} 纹波

3.3.4 热性能

图 3-6 展示了 1.2A 负载下的热性能。图像是在大约 27°C 的室温下拍摄的。

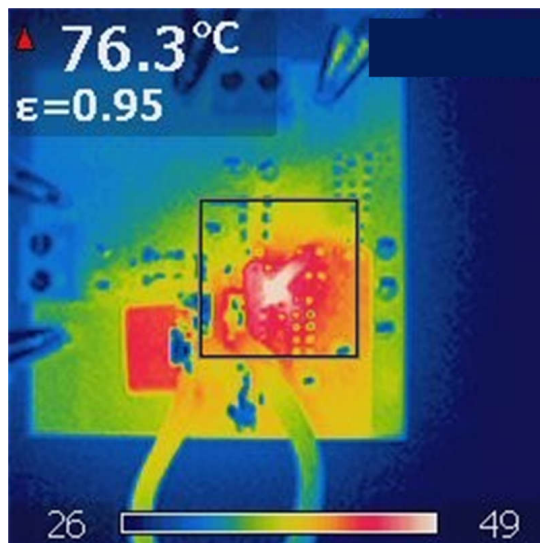


图 3-6. 室温下的热感图像 ($12V_{IN}$ 、输出电压为 $-12V$ 、负载电流为 $1.2A$)

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-050053](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050053](#) 的设计文件。

4.1.3 PCB 布局建议

要下载板层图，请参阅 [TIDA-050053](#) 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-050053](#) 中的设计文件。

4.1.5 光绘文件

要下载光绘文件，请参阅 [TIDA-050053](#) 的设计文件。

4.1.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-050053](#) 中的设计文件。

4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [TPS62933 采用 SOT583 封装的 3.8V 至 30V 3A 同步降压转换器](#) 数据表
2. 德州仪器 (TI), [使用具有内部补偿的 TPS54202 降压转换器创建逆变电源](#) 应用手册

4.3 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](#)。

4.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

LUCIA GAO 是德州仪器 (TI) 的一名应用工程师，负责提供应用支持并解决客户的技术难题。Lucia 还协助了解客户需求并创建卓越的解决方案。

ZHAO MA 担任德州仪器 (TI) 的系统和应用工程师已有 5 年时间，负责根据我们的营销策略和业务机会定义新产品。Zhao 还提供技术支持，帮助客户了解如何更好地利用中压降压转换器。

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (November 2021) to Revision A (April 2024)	Page
• 将图 2-3 中的 R3 值从 53.5k 更改为 143k.....	3

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