

# 高功率密度 12V 输入电压、3.3V 输出电压、1A 降压转换器参考设计



## 说明

TIDA-050056 是一款 5V 至 17V 输入电压降压转换器的参考设计，适用于设计空间非常有限的应用。该参考设计采用 TPS629210-Q1 降压转换器，将输入电压降至 3.3V<sub>out</sub>，不仅可为负载提供高达 1A 的电流，而且效率高、静态电流低。该设计采用的电感器为 1.5  $\mu$ H 电感器，DCR 约为 138m $\Omega$ 。包含所有外部元件的整体解决方案尺寸为 20mm<sup>2</sup>。该设计提供了高效的直流/直流转换、小尺寸解决方案，并具有业内最低的工作静态电流 ( $I_Q$ )。同样的设计也适用于 TPS629210 器件，该器件与 TPS629210-Q1 引脚对引脚兼容。

## 资源

[TIDA-050056](#)

设计文件夹

[TPS629210-Q1](#)

产品文件夹

[TPS629210](#)

产品文件夹



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家

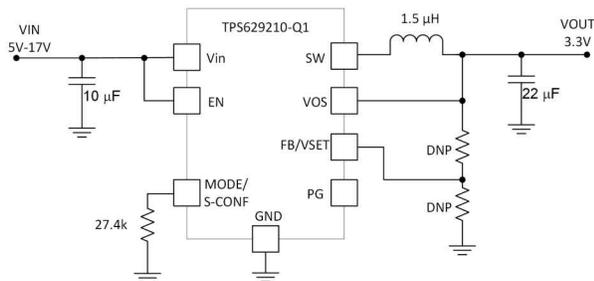
## 特性

- 20mm<sup>2</sup> 小尺寸解决方案
- 50mA/mm<sup>2</sup> 功率密度
- 5V 至 17V 输入电压
- 高达 1A 持续输出电流
- 低  $I_Q$  : 4  $\mu$ A (典型值)
- 在整个温度范围 (-40°C 至 150°C) 内，系统总体电压精度为 -1.5% 至 +1.1%
- 工作结温：-40°C 至 150°C
- DCS-Control™ 拓扑，具有 100% 占空比模式

## 应用

- ADAS 和信息娱乐系统
- 电信和无线基础设施
- 工厂自动化和控制
- 设计更智能的电器
- 楼宇自动化
- 电网基础设施
- 零售自动化和支付
- 无线基础设施

## 设计图像



## 1 系统说明

TIDA-050056 是通过采用 TPS629210-Q1 高效、低  $I_Q$  直流/直流降压转换器设计的。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、最佳热性能和最低静态电流。TPS629210-Q1 支持高开关频率，可在不影响效率的情况下选择小型元件。内部反馈 (VSET) 特性无需外部反馈电阻。系统尺寸小，引脚数量少，减少了外部元件的数量。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。该设计允许高效地使用电池电源并延长电池寿命。

表 1-1. 关键系统规格

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	5	12	17	V
输出电压	3.267	3.3	3.333	V
输出电流	0		1	A
开关频率		2.5		MHz
工作静态电流		4		$\mu$ A
结温	-40		150	$^{\circ}$ C
输出放电		启用		

## 2 系统概述

### 2.1 方框图

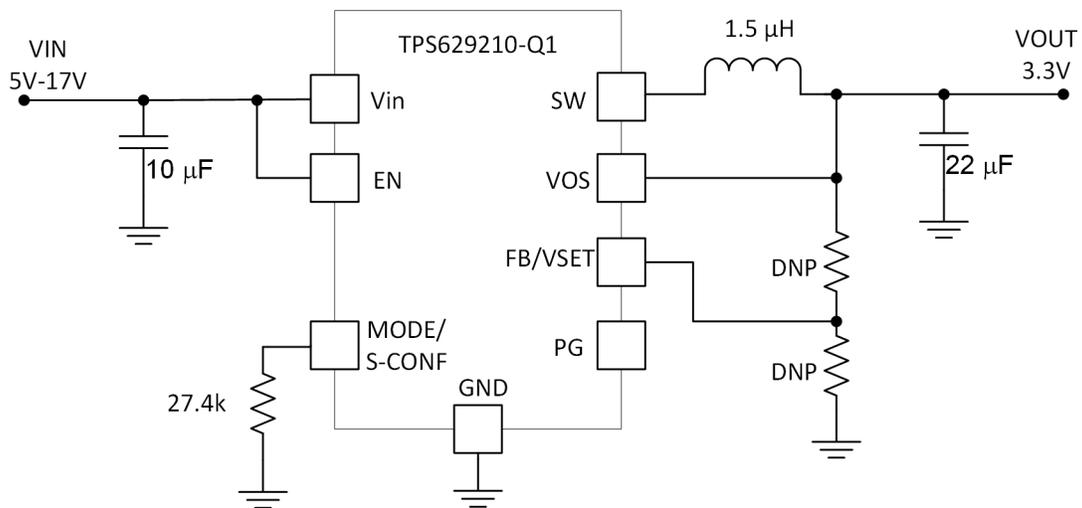


图 2-1. TIDA-050056 方框图

## 2.2 设计注意事项

通过在 MODE/S-CONF 引脚上连接 27.4k $\Omega$  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。目标输出电压由 FB/VSET 引脚和 GND 之间连接的外部电阻器编程。在本设计中，FB/VSET 引脚悬空，因此 VOUT 编程为 3.3V。
- **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，在整个输入电压和输出电压范围内提高效率。如果出现 VOUT 降低或/和 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 特性可在各种占空比下提高效率，特别是在 VOUT 值较低时，固定频率转换器的效率大幅下降。此外，该特性补偿了高 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，该器件就能在 PWM 模式下工作。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 TPS629210-Q1，输出放电特性才会有效。

## 2.3 主要特性

TPS629210-Q1 是一款高效、小巧、灵活且易用的同步直流/直流降压转换器。2.5MHz 或 1.0MHz 的可选开关频率支持使用小型电感器，并提供快速瞬态响应。该器件使用 VSET 特性在整个温度范围 (-40°C 至 150°C) 内支持 -1.5% 至 +1.1% 的高输出电压精度。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以及 5V 或 3.3V 电源轨。

TPS629210-Q1 提供 MODE/S-CONF 输入以设置内部/外部反馈、开关频率、输出电压放电和自动 PFM/PWM 或强制 PWM 运行。为了在轻负载时维持高效率，应选择自动 PFM/PWM。此外，为了在负载非常低时实现高效率，该器件的典型低静态电流为 4 $\mu$ A。如果启用 AEE 模式，该器件在 VIN、VOUT 和负载电流之间自动提高效率。该器件采用小型 8 引脚 SOT583 封装。

## 2.4 系统设计原理

TPS629210-Q1 经过优化，可在各种外部元件内工作。LC 输出滤波器的电感和电容形成双极点，决定着转换器的转角频率，必须同时考虑。有关更多详细信息，请参阅 [TPS629210-Q1](#) 数据表。

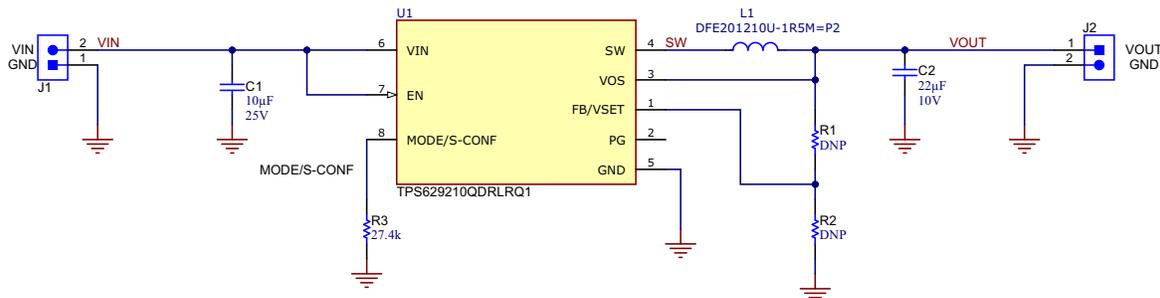


图 2-2. 采用 TPS629210-Q1 降压转换器的电路设计

TIDA-050056 采用标称  $1.5\ \mu\text{H}$  电感器设计以支持  $3.3\text{V}$  输出电压。该设计采用村田公司 ( Murata ) 屏蔽绕线电感器 (DFE201210U-1R5=P2)，其饱和电流为  $2.5\text{A}$ ，最大 DCR 为  $138\text{m}\Omega$ 。鉴于该设计的  $V_{\text{OUT}}$  为  $3.3\text{V}$ ，就尺寸和纹波而言， $1.5\ \mu\text{H}$  电感非常合适。电感值越大，实现的电感纹波电流越低，但可能会对效率和瞬态响应产生负面影响。 $1.5\ \mu\text{H}$  的小电感值将导致较大的电感纹波电流，从而在低输出电流或无输出电流的强制 PWM 模式下产生较大的负电感电流。

为了获得最佳滤波效果，建议使用等效串联电阻 (ESR) 较低的小型多层陶瓷电容器 (MLCC)。本设计采用村田公司 ( Murata ) 的  $10\ \mu\text{F}/25\text{V}$  多层陶瓷片式电容器 (GRM188R61E106MA73L) 作为输入电容器，旨在承受高达  $25\text{V}$  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  $6\text{V}$  至  $10\text{V}$ ，选用了村田公司 ( Murata ) 生产的  $22\ \mu\text{F}/10\text{V}$  多层陶瓷片式电容器 (GRM188R61A226ME15D)。

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 0402 小型封装 (CRCW040227K4FKED)。

### 3 硬件要求、测试设置和测试结果

#### 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 1A 电流和高达 20V 电压。
- 电流和电压万用表，用于测量相关测试期间的电流和电压。
- TIDA-050056 电路板，为印刷电路板 (PCB)，包含本设计中的所有元件。
- 电阻负载和电子负载，至少具有 1A 能力。
- 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波形。

#### 3.2 测试设置

图 3-1 显示了 TIDA-050056 的测试设置。

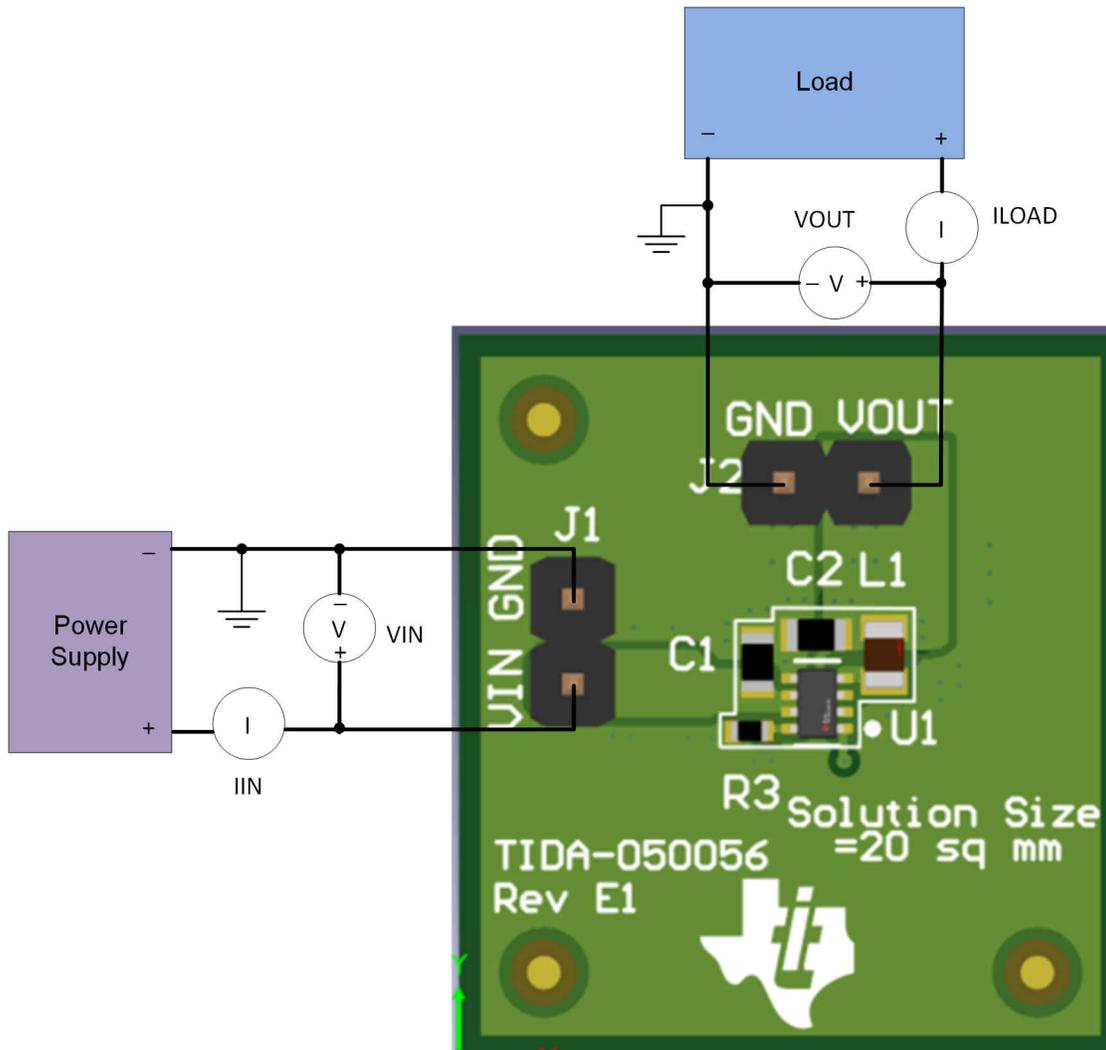


图 3-1. 测试设置

### 3.3 测试结果

本节展示 TIDA-050056 的测试结果。

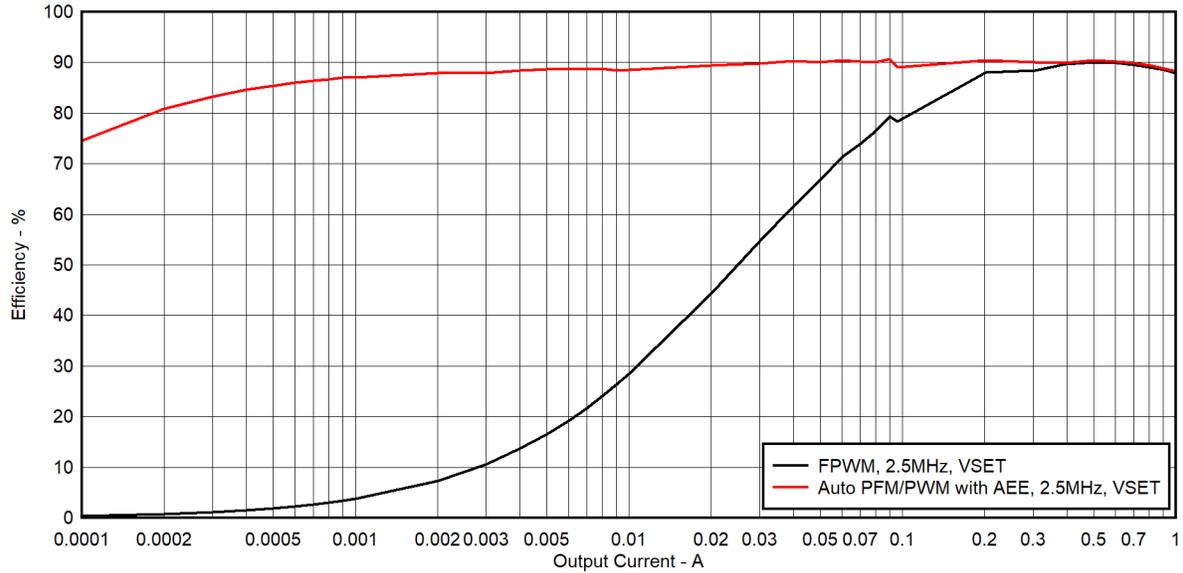


图 3-2. 效率 (  $V_{IN} = 12V$  ,  $V_{OUT} = 3.3V$  ,  $F_{SW} = 2.5MHz$  , VSET )

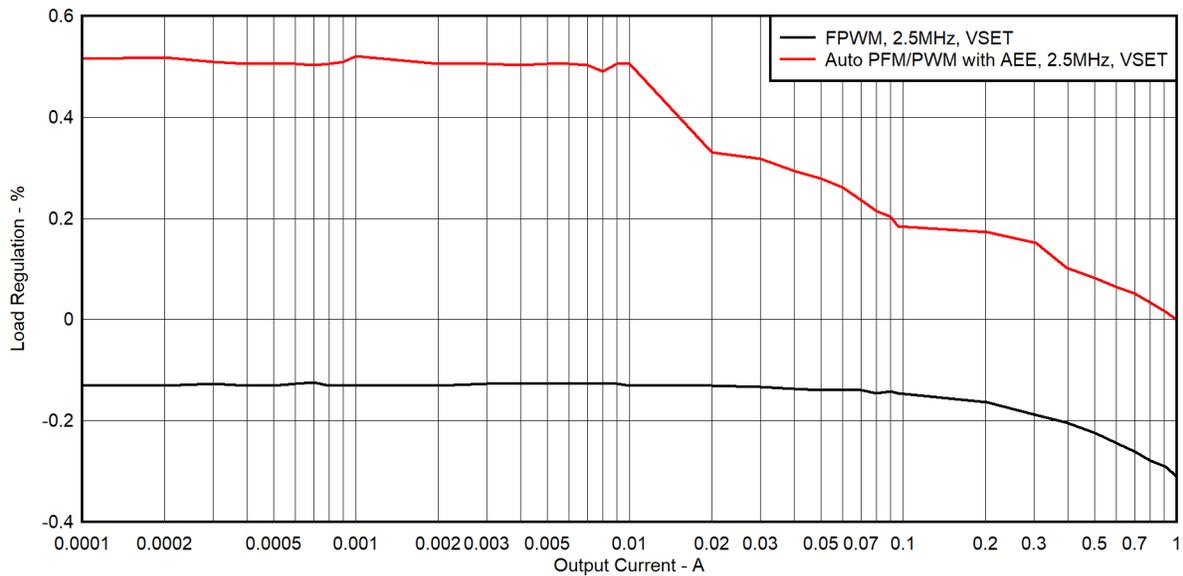


图 3-3. 负载调节 (  $V_{IN} = 12V$  ,  $V_{OUT} = 3.3V$  ,  $F_{SW} = 2.5MHz$  , VSET )

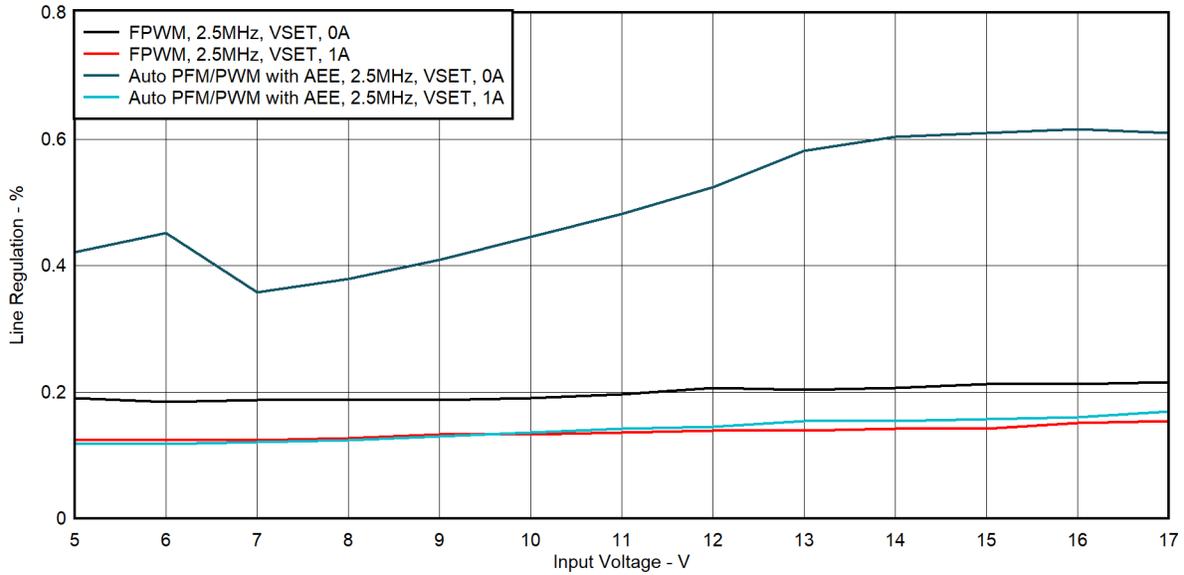


图 3-4. 线路调节 ( $V_{IN} = 5-17V$ ,  $I_{OUT} = 0A$  和  $1A$ ,  $F_{SW} = 2.5MHz$ , VSET)

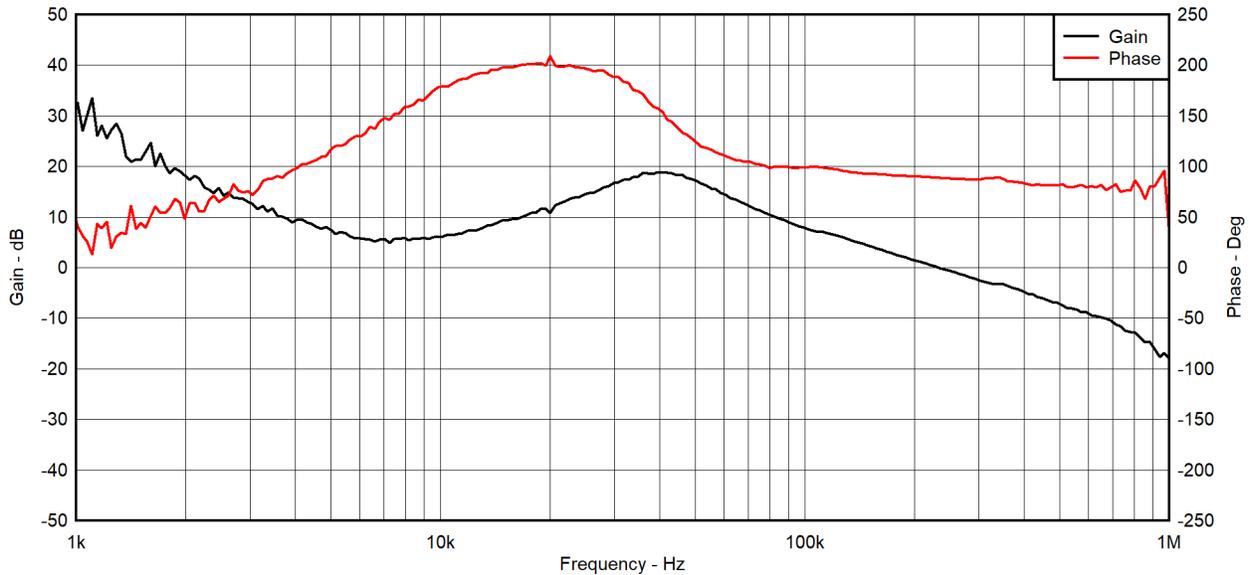


图 3-5. 环路响应 (具有 AEE 的自动 PFM/PWM, VSET,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ )

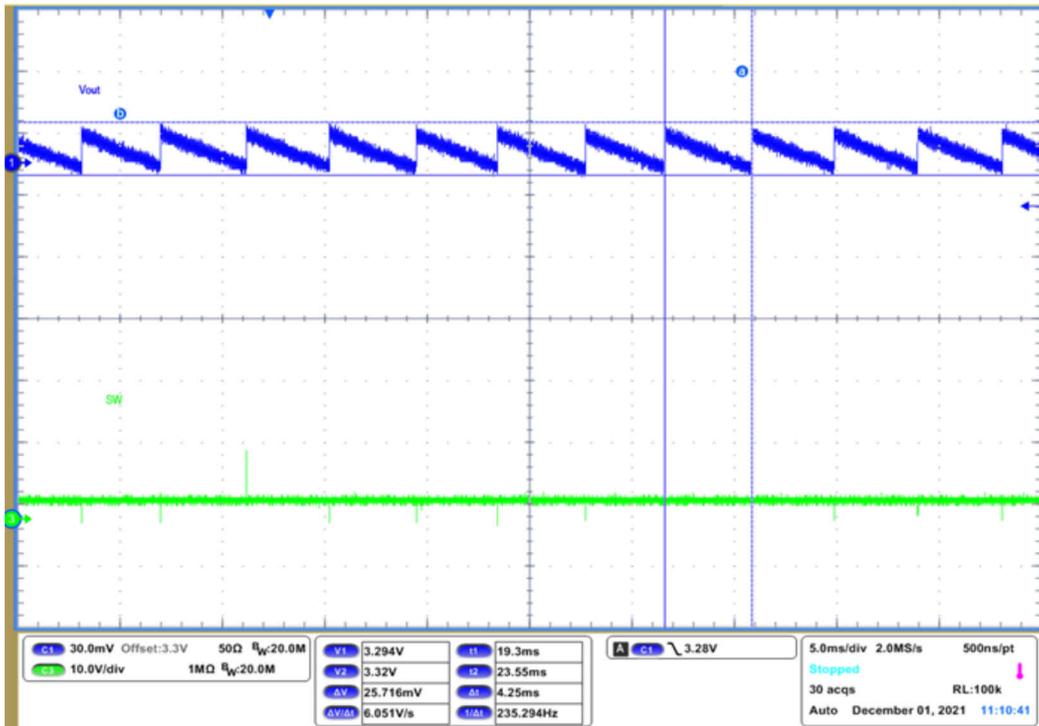


图 3-6. 输出电压纹波 ( 自动 PFM/PWM ,  $V_{IN} = 12V$  ,  $V_{OUT} = 3.3V$  ,  $I_{OUT} = 0A$  )

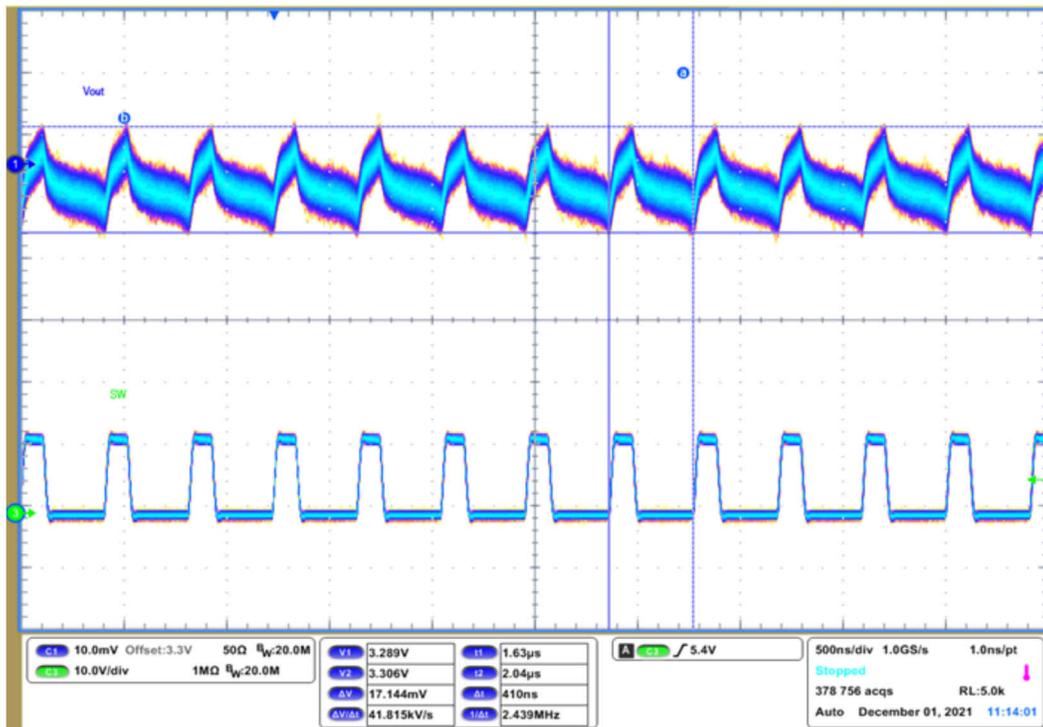


图 3-7. 输出电压纹波 ( 自动 PFM/PWM ,  $V_{IN} = 12V$  ,  $V_{OUT} = 3.3V$  ,  $I_{OUT} = 1A$  )

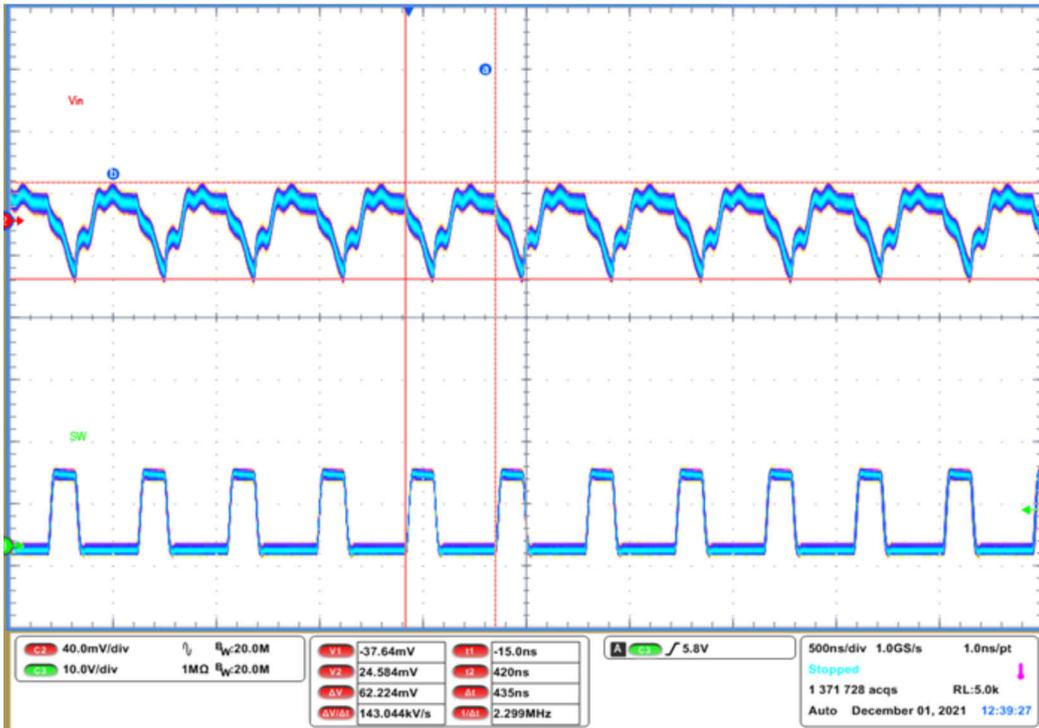


图 3-8. 输入电压纹波 (自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ )

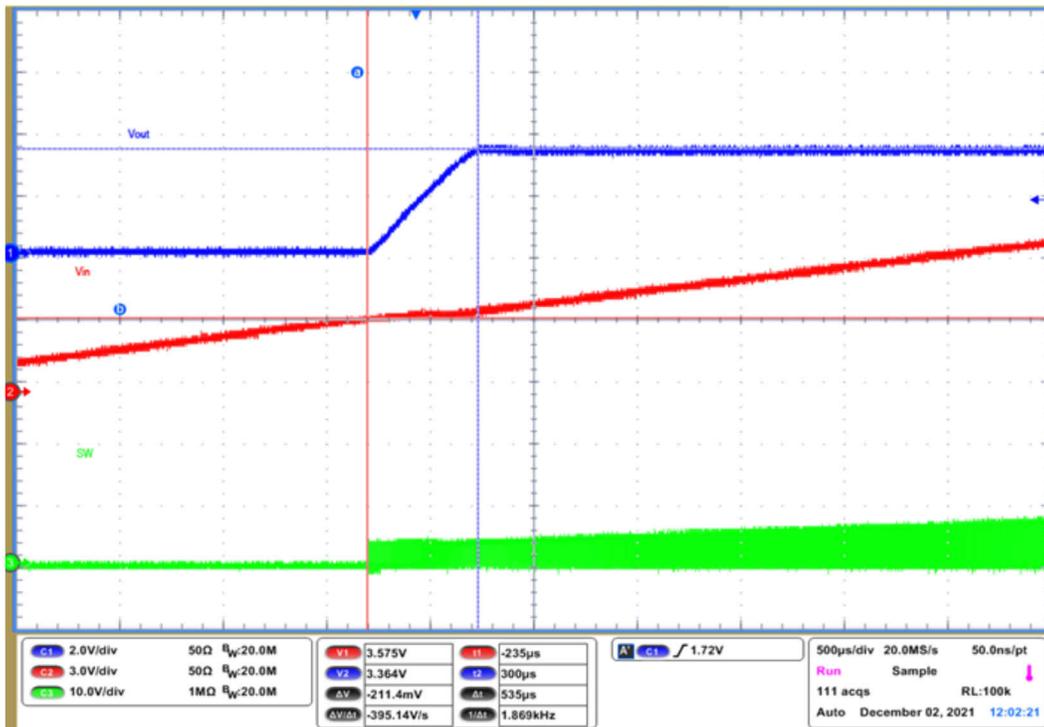


图 3-9. 启动 (具有 AEE 的自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ )

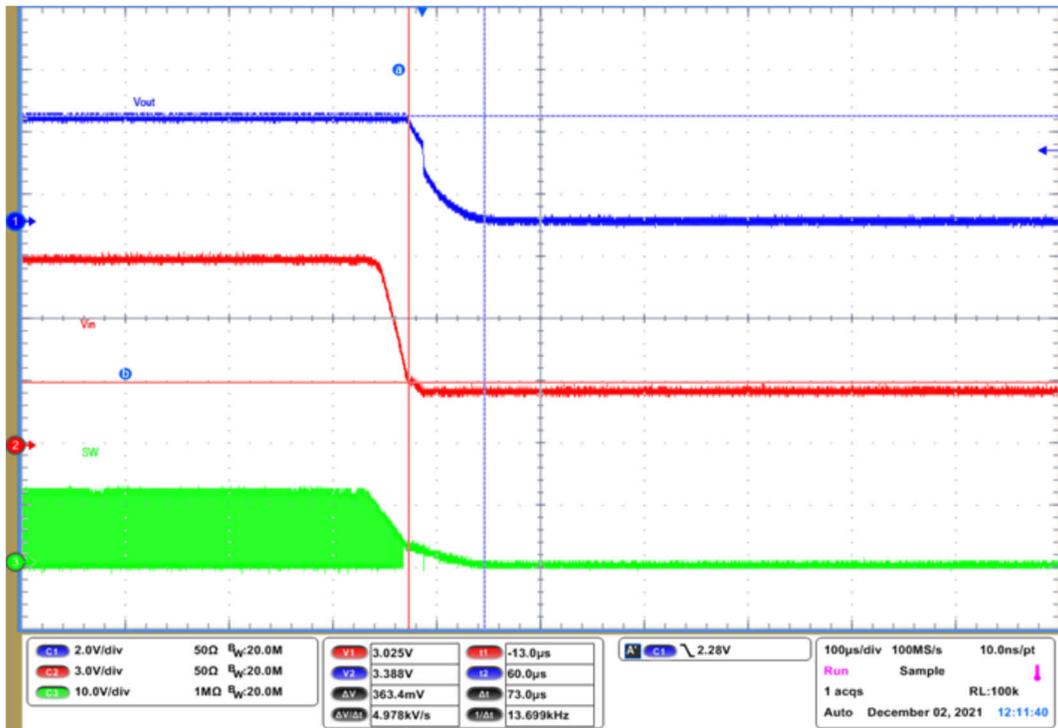


图 3-10. 关闭 (具有 AEE 的自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ )

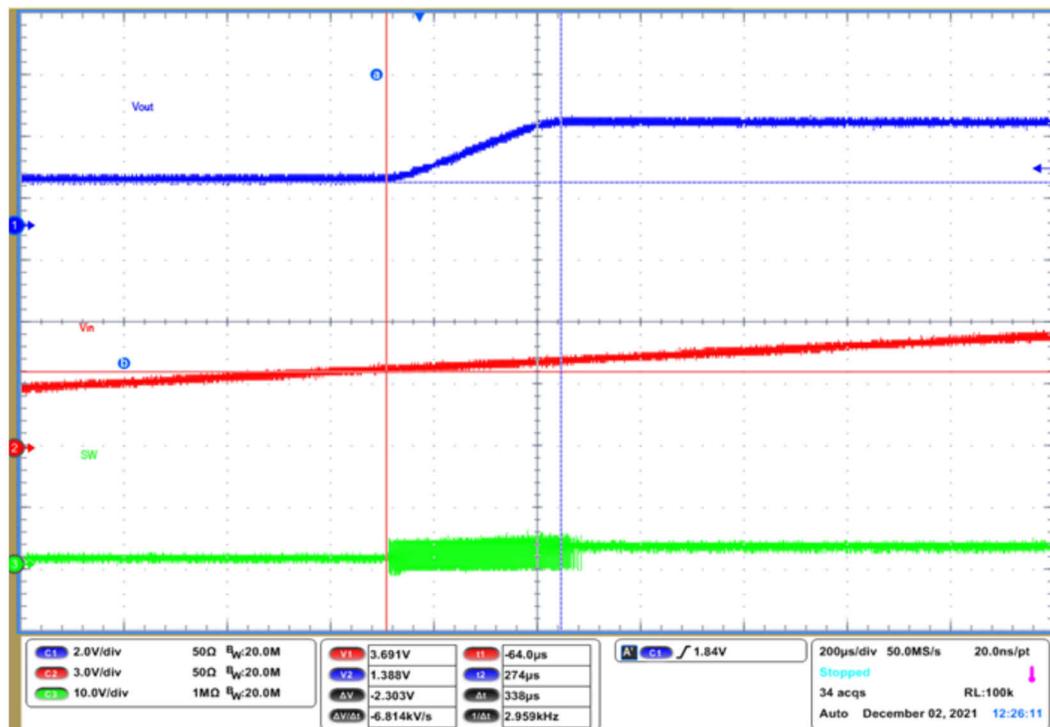


图 3-11. 预偏置启动 (自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 0A$ )

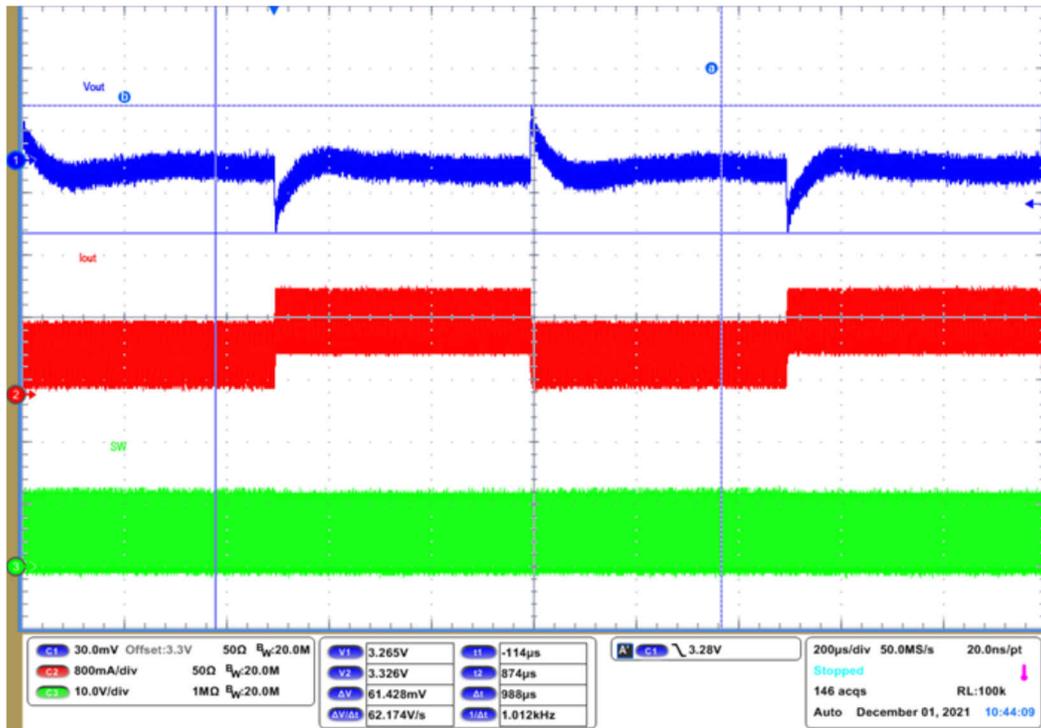


图 3-12. 负载瞬态 (自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 0.5-1A$ , 压摆率 =  $1A/\mu s$ )

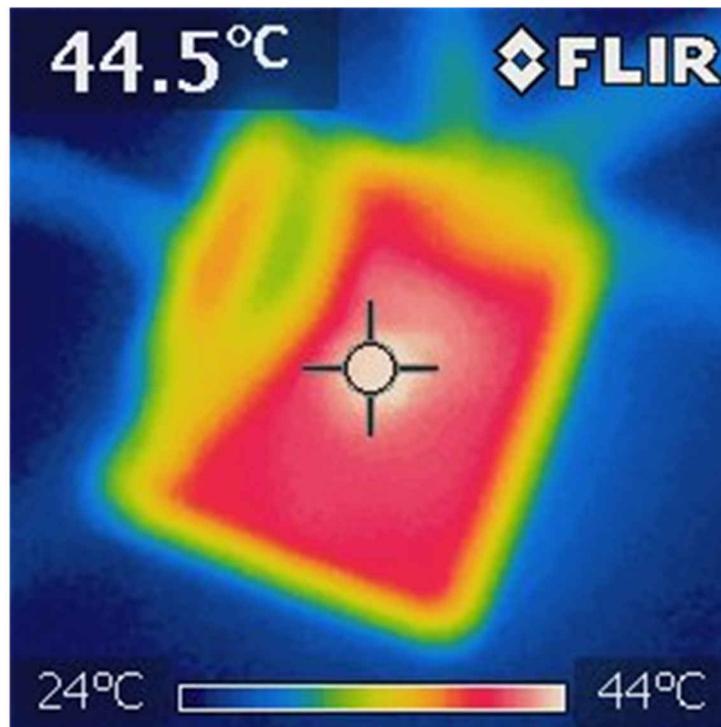


图 3-13. 热像图 (自动 PFM/PWM,  $V_{IN} = 12V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ )

## 4 设计和文档支持

### 4.1 设计文件

#### 4.1.1 原理图

如需下载原理图，请参阅 [TIDA-050056](#) 的设计文件。

#### 4.1.2 BOM

如需下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050056](#) 中的设计文件。

#### 4.1.3 PCB 布局建议

##### 4.1.3.1 布局图

如需下载层图，请参阅 [TIDA-050056](#) 的设计文件。

#### 4.1.4 Altium 项目

如需下载 Altium Designer 项目文件，请参阅 [TIDA-050056](#) 中的设计文件。

#### 4.1.5 Gerber 文件

如需下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-50056](#) 中的设计文件。

#### 4.1.6 装配图

如需下载装配图，请参阅 [TIDA-050056](#) 中的设计文件。

### 4.2 文档支持

- 德州仪器 (TI)，[TPS629210-Q1](#) 采用 [SOT583](#) 封装的 [3V 至 17V 1A 低 I<sub>Q</sub> 转换器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[TPS629210](#) 采用 [SOT583](#) 封装的 [3V 至 17V 1A 低 I<sub>Q</sub> 降压转换器](#) 数据表。

### 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.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 5 作者简介

**Matthew Murdock** 是德州仪器 (TI) 的系统工程师，十多年来，一直负责根据营销策略和商业机会定来确定新产品和技术平台。

**Nancy Zhang** 是德州仪器 (TI) 的应用工程师，十多年来，一直负责 Intel 服务器平台、中压低流降压转换器和模块支持。

**Matthew Murdock** 和 **Nancy Zhang** 还为客户提供应用支持和系统设计服务，旨在帮助客户熟悉自己产品的整体生态系统以及如何最好地使用中压降压转换器。

## 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