

# 适用于 PC 应用中 Alder Lake 和 Raptor Lake VCCIN\_AUX 电源轨的电源解决方案参考设计



## 说明

此电源参考设计支持 Intel® Alder Lake 和 Raptor Lake 平台中的 VCCIN\_AUX 电源轨。将 TPS51215A 控制器与运算放大器结合使用，可支持 VID 控制、负载线路 (LL) 和电流监测 (IMON) 等控制功能。此参考设计保留了测试工具插入器的位置，以帮助进行评估。

## 资源

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| <a href="#">TIDA-050057</a> | 设计文件夹 |
| <a href="#">TPS51215A</a>   | 产品文件夹 |
| <a href="#">TLV9051</a>     | 产品文件夹 |
| <a href="#">CSD87355Q5D</a> | 产品文件夹 |

## 特性

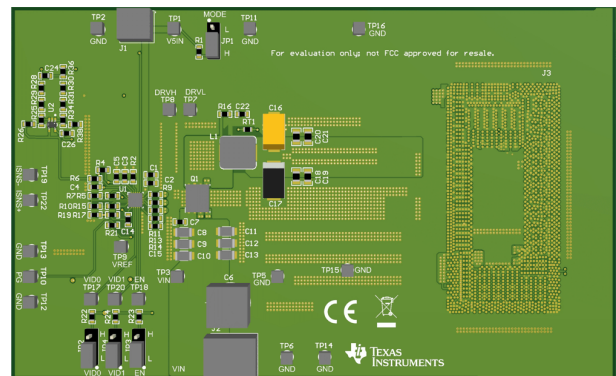
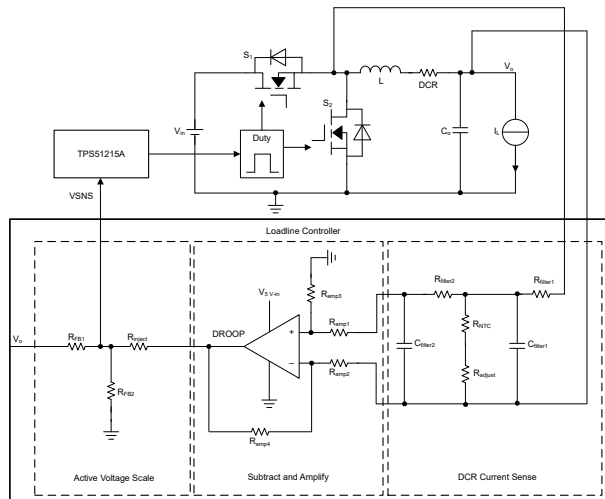
- 差分电压反馈
- 2 位 VID 支持 0.5V 至 2.0V 灵活输出电压和 0V VOUT
- 可编程软启动时间和输出电压转换时间
- 具有  $2\text{m}\Omega$  负载线路 (LL) 的增强型负载瞬态

## 应用

- [标准笔记本电脑](#)
- [台式计算机主板](#)
- [工业工厂自动化与控制](#)



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



## 1 系统说明

TIDA-050057 为 Intel® Alder Lake 和 Raptor Lake 平台中的 VCCIN\_AUX 电源轨提供电源解决方案设计。TPS51215A 是一款具有 VID 控制位的同步降压控制器。与运算放大器结合使用，可实现  $2\text{m}\Omega$  负载线路。参考设计中保留了测试工具插入器的位置，以帮助快速评估。

## 2 系统概述

### 2.1 方框图

图 2-1 所示为 TPS51215A 具有负载线路和 IMON 功能的电源解决方案的基本方框图。

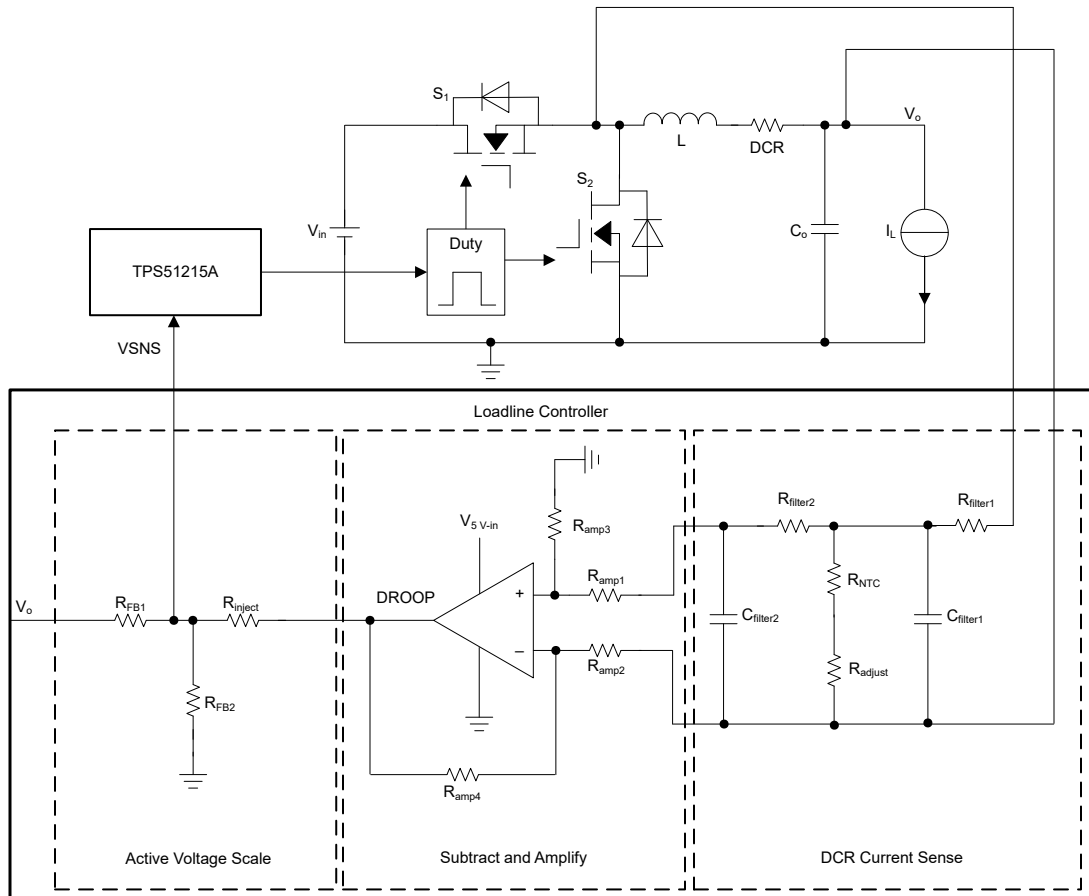


图 2-1. TPS51215A 具有负载线路功能的电源解决方案方框图

### 2.2 设计注意事项

负载线路控制器和 IMON 实现有三个功能块：

#### 2.2.1 DCR 电流检测

负载线路控制功能将随着输出电流的增加以线性方式降低输出电压，而 IMON 功能需要具有与输出电流成比例的电压输出。需要检测输出电流以实现这两项功能。在建议的方法中实现了电感器 DCR 电流检测。与使用检测电阻进行电流检测相比，此方法可以节省额外成本。两级 RC 滤波器用于滤除电感器电流纹波并获取直流输出电流信息。

#### 2.2.2 减小和放大

由于 VCCIN\_AUX 电源轨的电流等级较大，因此 TPS51215A 一直使用具有低 DCR 的电感器。因此检测到的 DCR 电压幅度很小，需要进行放大。同时，检测到的电压是以  $V_{out}$  为基准并悬空至地的信号。要获得用于有源电压调节的检测电流信号，需要将其转换为以地为基准的信号。这两个功能由运算放大器实现。

### 2.2.3 有源电压调节

有源电压调节用于根据检测到的电流信息创建输出电压负载线路。通过电阻网络将检测到的电流信号注入电压检测引脚，可以调节输出电压。

### 2.2.4 IMON 输出

IMVP 多相 VR 控制器需要 IMON 输出。IMVP 控制器有相关的输入引脚，它们应该与 VCCIN\_AUX 解决方案的 IMON 输出相连接。

目前 IMON 输出信号主要有以下两种类型，这取决于所使用的 IMVP VR 控制器：

- 第一类 IMON 输出是电感器 DCR 电流检测信号。对于此类 IMON，IMVP VR 控制器有两个差分 IMON 输入引脚。此参考设计中提出的解决方案与此类 IMVP VR 控制器兼容。图 2-1 中 C<sub>filter1</sub> 上的差分电压信号是 IMON 输出，可以直接与 VR 控制器连接。
- 第二类 IMON 输出是与电感器平均电流成比例并以地为基准的单端电压。此参考设计中提出的解决方案与此类 IMVP 控制器不兼容。

原理图设计如图 2-2 所示。

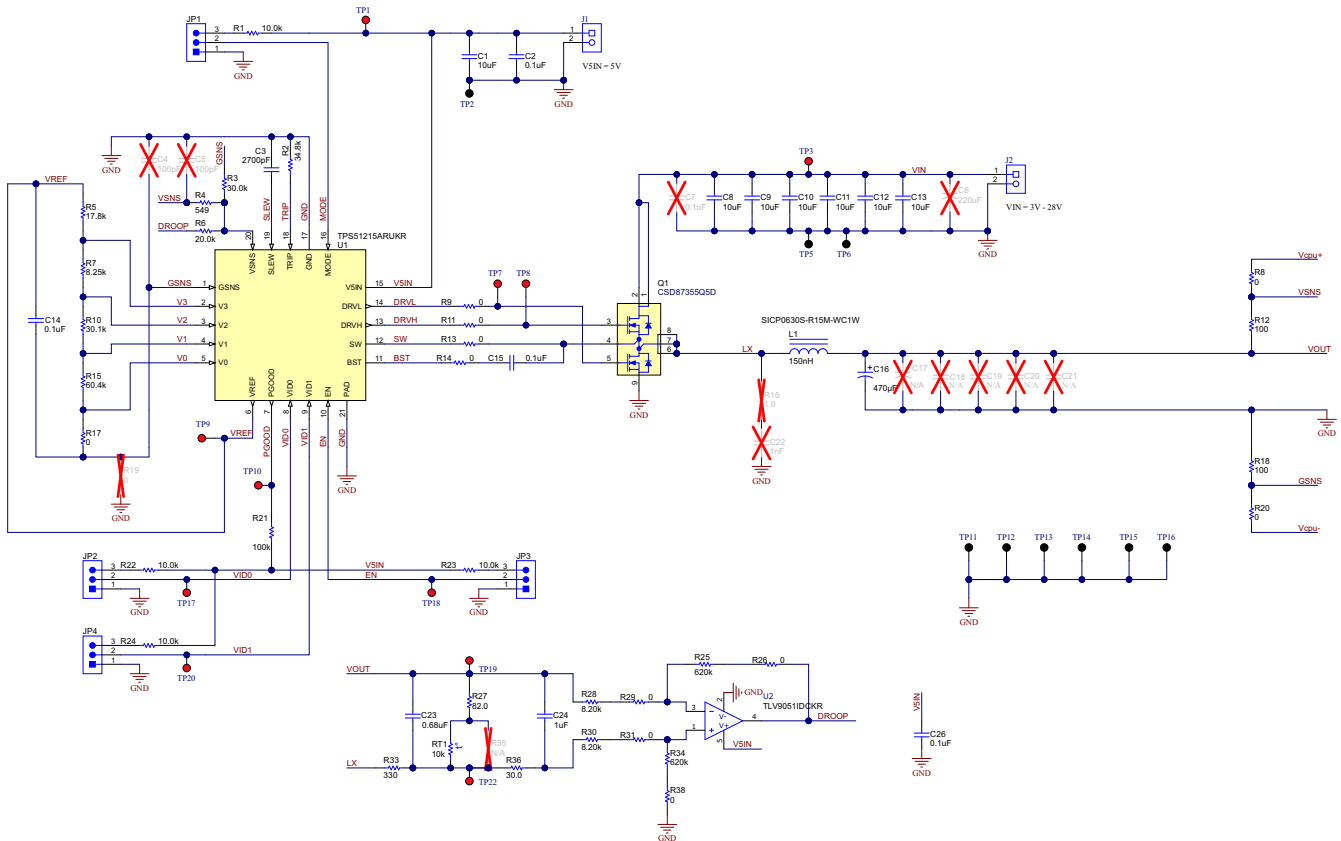


图 2-2. TPS51215A 具有负载线路功能的电源解决方案原理图

图 2-2 是此参考设计原理图的主要页面，其中仅包含与稳压器相关的电路。此处未显示测试工具插入器的符号和放置在负载侧（插入器侧）的输出电容器。

此参考设计的完整原理图位于 [TIDA-050057](#) 中。

节 2.4 中介绍了实现原理。

## 2.3 重点产品

TPS51215A 是一款单相 D-CAP2™ 同步降压控制器，具有 2 位 VID 输入，支持 0V 电压和其他三个独立的外部可编程输出电压电平，其中需要电压电平、阶跃设置和电压变化转换速率完全可在外部编程。

TPS51215A 在需要遥感的应用中支持所有 POS/SPCAP 和/或所有陶瓷 MLCC 输出电容器选项。借助外部可编程积分电容器可实现紧密 DC 负载调节。TPS51215A 提供整套保护功能，其中包括 OVP、OCL、5V UVLO 和热关断。它支持高达 28V 的转换电压，以及 0.5V 至 2V 的可调输出电压。

## 2.4 系统设计原理

### 2.4.1 DCR 电流检测

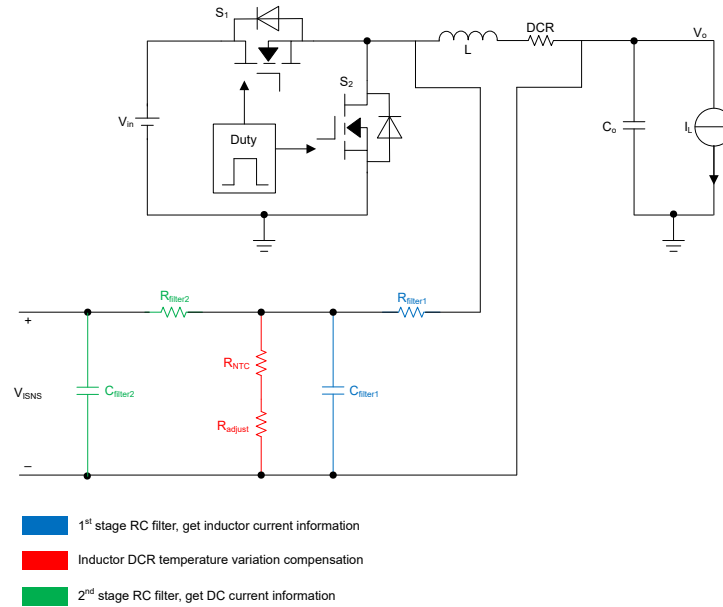


图 2-3. DCR 电流检测模块

借助 DCR 电流检测模块，可得出与电感器直流电流 ( $V_{ISNS}$ ) 成比例的电压，如图 2-3 所示。第一级滤波器 (具有  $R_{filter1}$  和  $C_{filter1}$ ) 用于从 SW 脉冲电压获取电感器电流信息。第二级滤波器用于从检测到的电感器电流中获取直流值，并滤除纹波。 $R_{NTC}$  是负温度系数电阻器，用于补偿 DCR 随温度的变化幅度。 $R_{adjust}$  用于匹配  $R_{NTC}$  与 DCR 的温度系数，旨在使  $V_{ISNS}$  不随温度变化而变化。

我们为什么需要第二级 RC 滤波器来提取直流电流信息？

- 反馈需要低频和中频电感器电流信息，以反映输出电流直流值和动态变化。
- 由于需要滤除电感器电流纹波，因此需要限制高频响应。
- 两级滤波器可在高频下提供 -40dB/dec 增益斜率。图 2-4 显示了两级滤波器如何在高频下产生较低的增益，同时在中频范围内保持较大的增益。

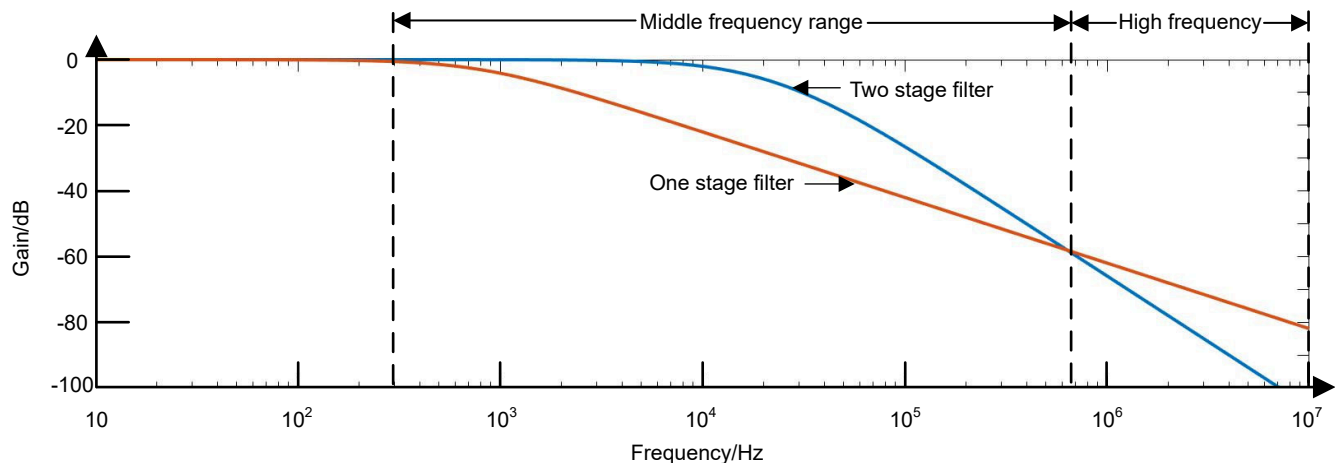


图 2-4. 使用一级 RC 滤波器和两级 RC 滤波器时的频率响应比较

## 2.4.2 减小和放大

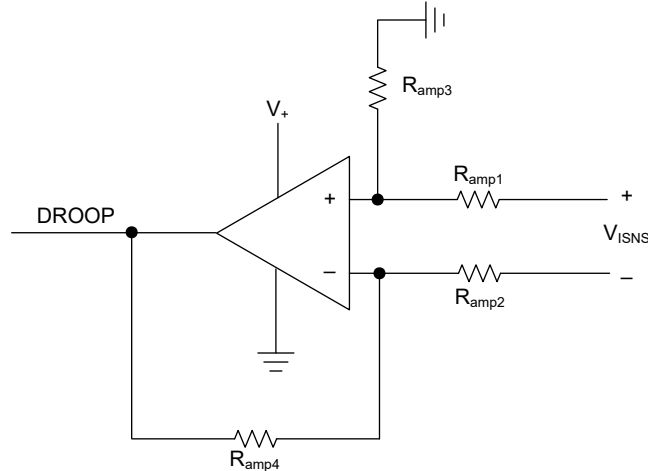


图 2-5. 减法运算放大器

运算放大器 (如图 2-5 所示) 用于将差分  $V_{ISNS}$  转换为单端压降信号。电阻网络也设置为放大电压幅度。通常, 我们只需设置  $R_{AMP1}=R_{AMP2}$ ,  $R_{AMP3}=R_{AMP4}$ 。放大率等于  $R_{AMP3}/R_{AMP1}$ 。

## 2.4.3 有源电压调节

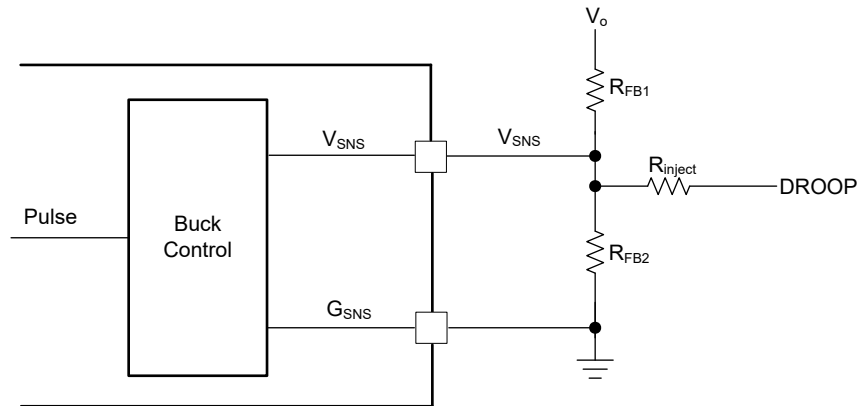


图 2-6. 用于电压调节的电阻网络

图 2-6 所示为用于实现输出电压负载线路的电压调节模块。

根据叠加原理:

$$V_{SNS} = V_O \times \frac{R_{FB2} \parallel R_{INJECT}}{R_{FB1} + R_{FB2} \parallel R_{INJECT}} + DROOP \times \frac{R_{FB1} \parallel R_{FB2}}{R_{INJECT} + R_{FB1} \parallel R_{FB2}} \quad (1)$$

由于  $V_{SNS}=V_{ref}$ , 且  $V_{ref}$  的直流值稳压恒定, 因此当负载电流变大时, 压降将增大,  $V_O$  将减小。

压降与输出电流成比例, 因此  $V_O$  减小值与输出电流 (对应于所需的负载线路) 也成比例。

## 2.4.4 IMON 输出

如节 2.2.4 中所述, 此参考设计中的 IMON 输出信号是电感器 DCR 电流检测信号。原理图图 2-2 中的一对差分 IMON 输出线 ISNS+ (TP22) 和 ISNS- (TP19) 需要与 IMVP 多相 VR 控制器的相应引脚连接。

### 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 7A 负载和高达 24V 电压的电源。
- 一个能提供 5V 电压的电源。
- 电流和电压万用表，用于测量相关测试期间的电流和电压。
- 示波器，用于采集电压和电流。
- 包含本设计中所有器件的 TIDA-050057 印刷电路板 (PCB)。
- 至少为 32A 的电阻负载或电子负载。

#### 3.2 测试设置

图 3-1 显示了测试 TIDA-050057 所用的装置。测试工具是指 Intel® VR 测试工具。启动过程如下所示。

1. 根据所需的 VID 输出电压跳接 JP2 和 JP4，或将外部驱动信号连接到 TP17 和 TP20。
2. 向 J1 和 J2 施加适当的直流电压。先对 J2 施加外部电源，然后对 J1 施加另一个 5V 电源。
3. 将 JP3 驱动到高电平以启用器件或将外部驱动信号连接到 TP18。
4. 查看输出。

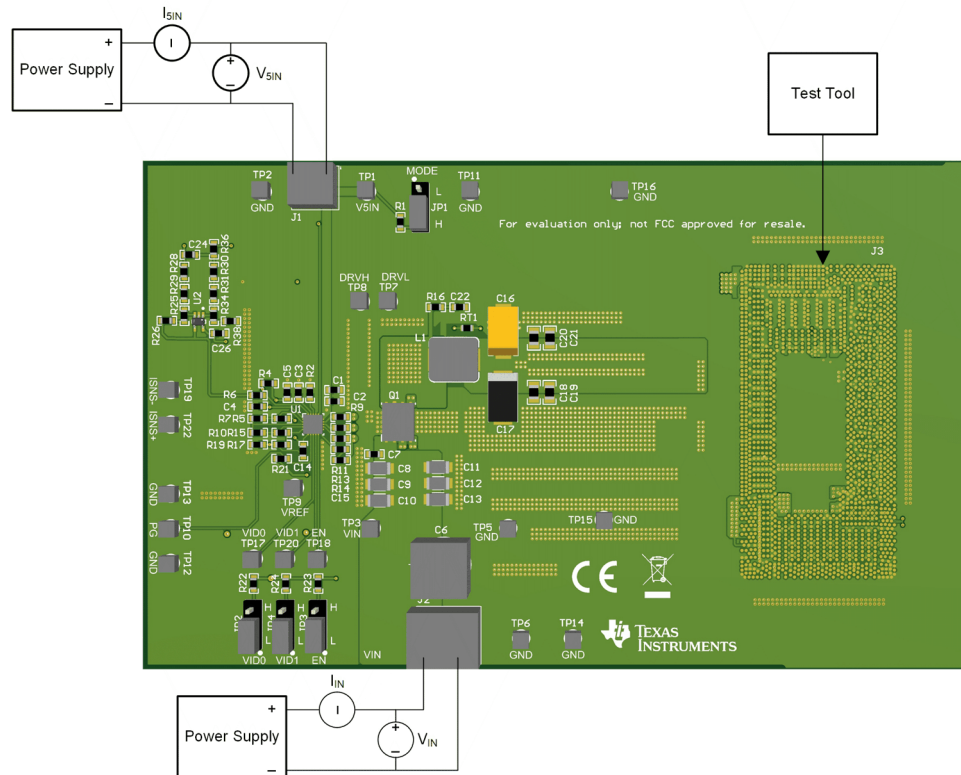


图 3-1. 测试设置

### 3.3 测试结果

#### 3.3.1 启动

图 3-2 显示了启动行为。

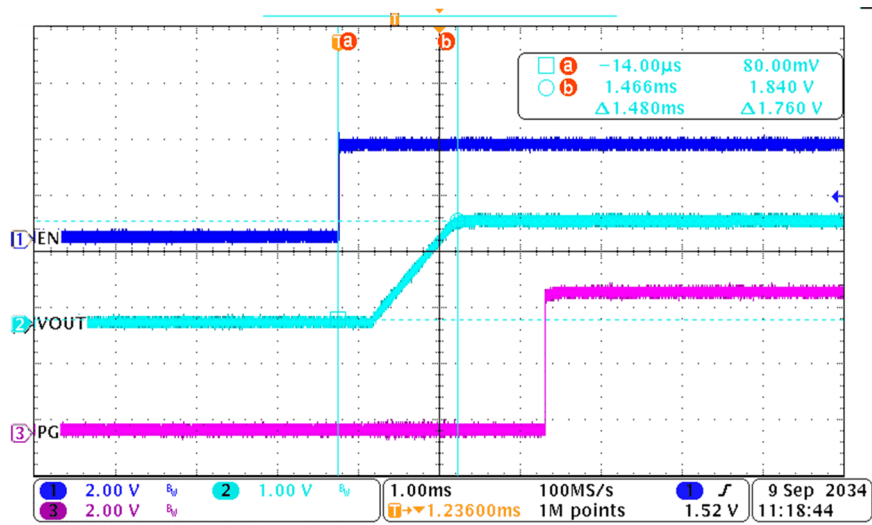


图 3-2. 启动行为

#### 3.3.2 VID 变化

图 3-3 显示了 VID 变化行为。VID 从 00 变为 11，Vout 从 0V 变为 1.8V

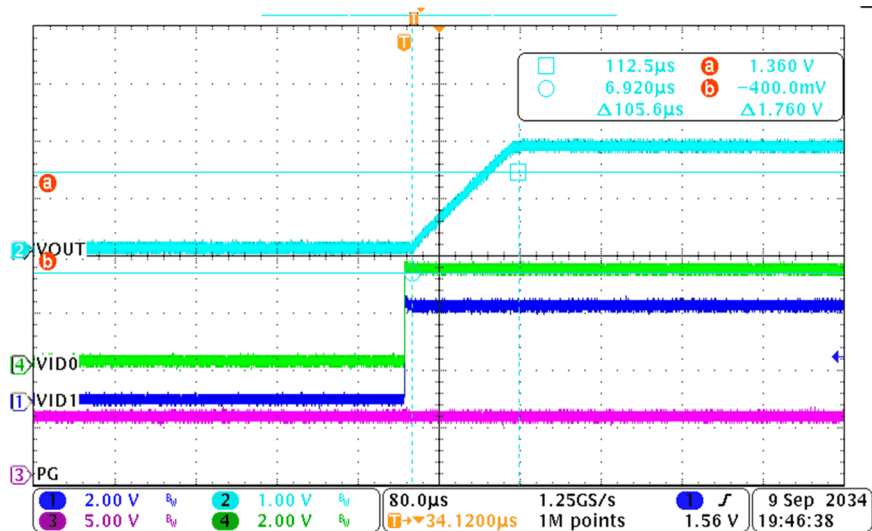


图 3-3. VID 变化行为

### 3.3.3 负载瞬态

图 3-4 显示了瞬态响应。输出电流范围为 9.6A 至 32A，上升或下降时间为 250ns。输出电压范围为 1.69V 至 1.85V

在波形中，总输出电流是通道 1 和通道 4 的总测量电流。

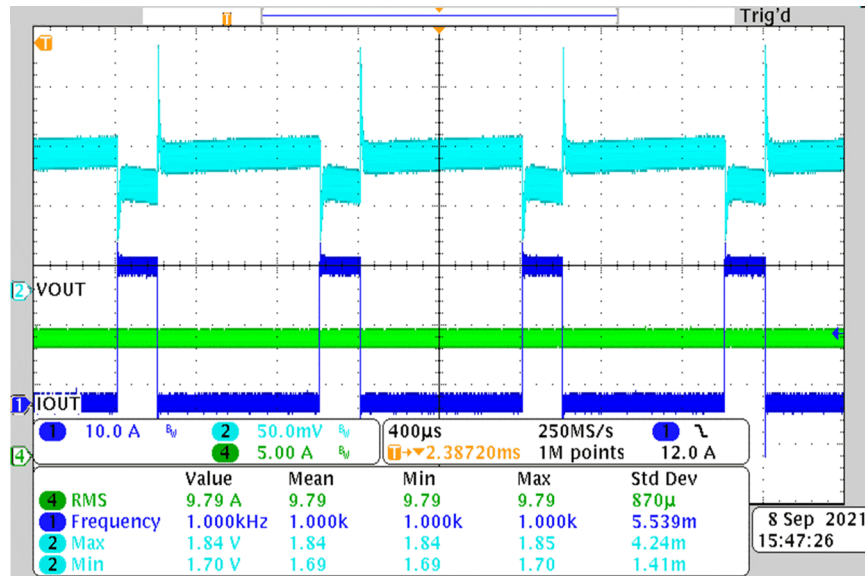


图 3-4. 负载瞬态行为

### 3.3.4 负载线路测试

图 3-5 显示了负载线路测试结果。

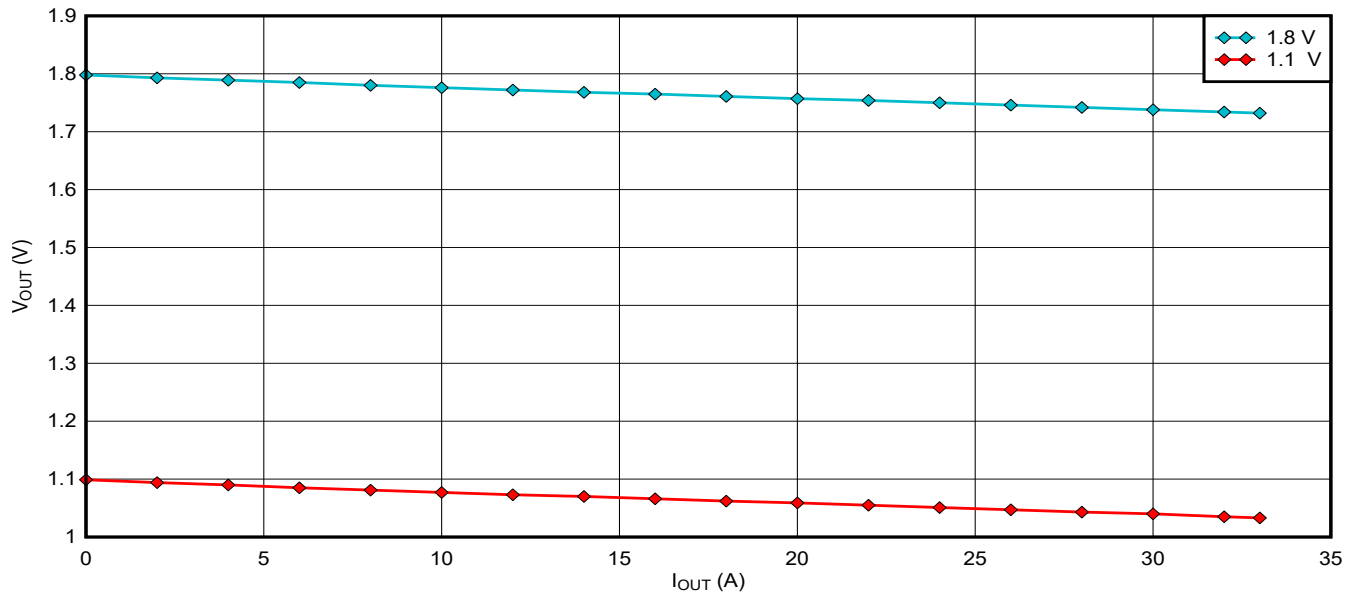


图 3-5. 负载线路测试结果



## 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-050057](#) 中的设计文件。

#### 4.1.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050057](#) 中的设计文件。

#### 4.1.3 PCB 布局建议

要下载板层图，请参阅 [TIDA-050057](#) 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-050057](#) 中的设计文件。

#### 4.1.5 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-050057](#) 中的设计文件。

#### 4.1.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-050057](#) 中的设计文件。

### 4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[TPS51215A 具有 2 位 VID 控制和低功耗模式的单相 D-CAP2™ 控制器](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[TLV9051/TLV9052/TLV9054 5MHz、15V/μs 高压摆率 RRIO 运算放大器](#) 数据表。
3. 德州仪器 (TI)，[CSD87355Q5D 同步降压 NexFET™ 电源块](#) 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 D-CAP2™ are trademarks of Texas Instruments.

Intel® is a registered trademark of Intel.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 5 关于作者

**Andrew Xiong** 是德州仪器 (TI) 的系统和应用工程师，负责根据商机定义新产品，并提供应用支持以帮助客户解决技术难题。

**Yuchang Zhang** 于 2016 年加入德州仪器 (TI)，任资深应用工程师一职，目前在直流/直流降压开关稳压器组担任系统和应用工程师，专门负责个人电子产品市场中的客户支持。

**Xueliang Zhang** 是德州仪器 (TI) 的一名应用工程师，目前在应用支持团队工作，帮助客户解决技术难题。

## 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