

Analog Engineer's Circuit
适用于光学模块系统的激光器和调制器偏置电源电路



Data Converters

Mohana Chavan and Luis Brum

设计目标

设计具有成本效益、高效、小型、具有竞争力的电路来整合 AMC60704 电源轨，用于偏置 **电流输出数模转换器 (IDAC)** 和 **电压输出数模转换器 (VDAC)**。

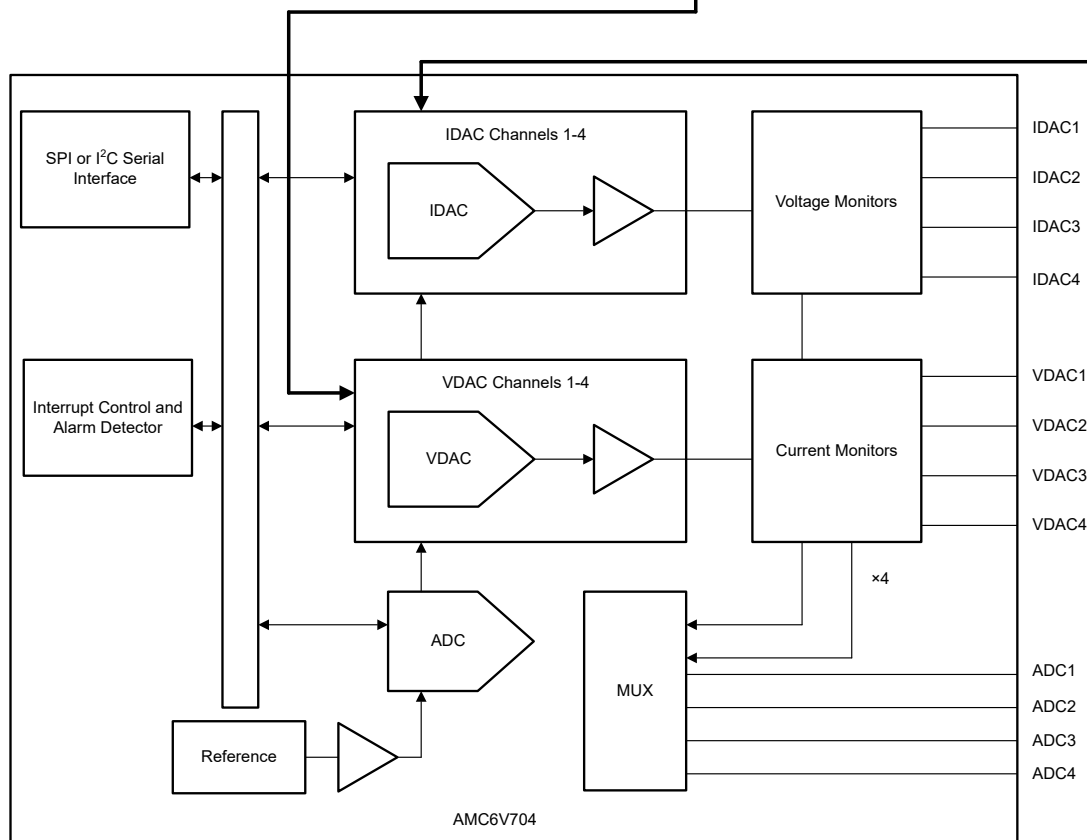
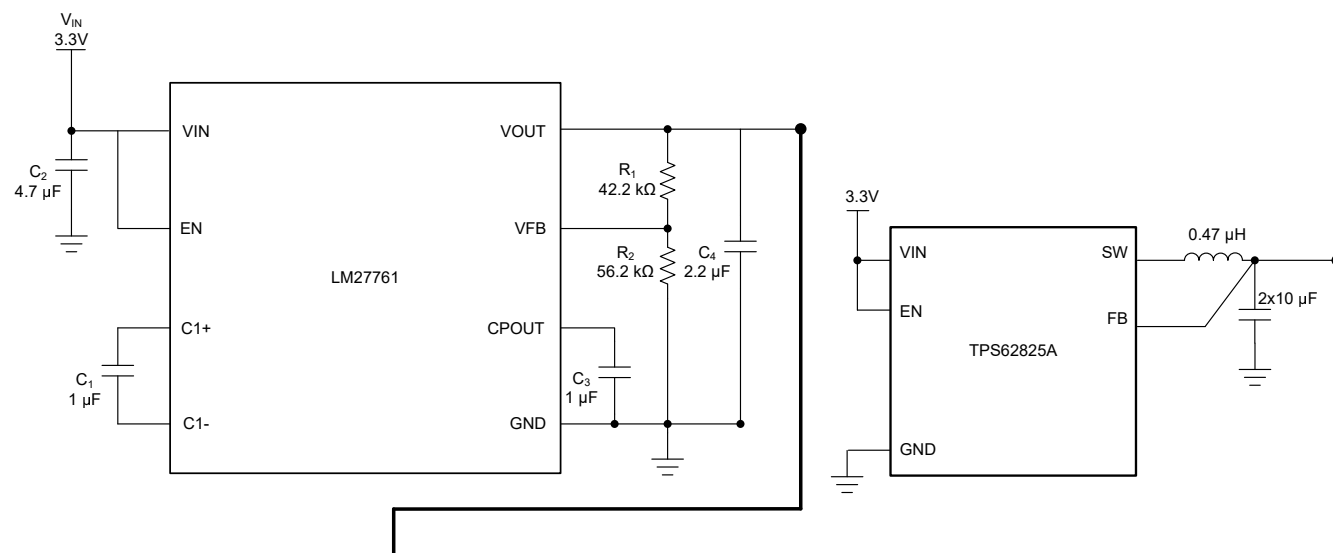
| 输入电源 | 工作范围 | | 推荐器件 |
|------|-------|-------|-----------|
| | 最小值 | 最大值 | |
| PVDD | 1.5V | 2.2V | TPS62825A |
| VSS | -5.5V | -2.5V | LM27761 |

设计说明

此电路设计创造了一种方法，允许一个 3.3V 主电源为多个 AMC60704 输入供电。重要的电源是 PVDD，其为电吸收调制激光器 (EML) 中偏置激光器的 IDAC 供电。另一个重要电源是 VSS，这是为负范围内的 VDAC 供电的输入，因为 VSS 用于偏置 EML 中的电吸收调制器 (EAM)。

通过将直流/直流转换器放置在 PVDD 和 VSS 电源轨上，设计人员可以提供 3.3V 电源，而转换器可以逐步降低输入电压并将其反转至 PVDD 和 VSS 范围内所需的值。推荐的 TPS6285A 和 LM27761 器件是小型、低成本且高效的直流/直流转换器，可对 PVDD 和 VSS 的输入电压进行逐步降低和反转。该设计可用于 400G 的光学模块应用。此外，可以创建 800G 设计，但 800G 设计需要额外的 AMC60704 和 LM27761 器件。

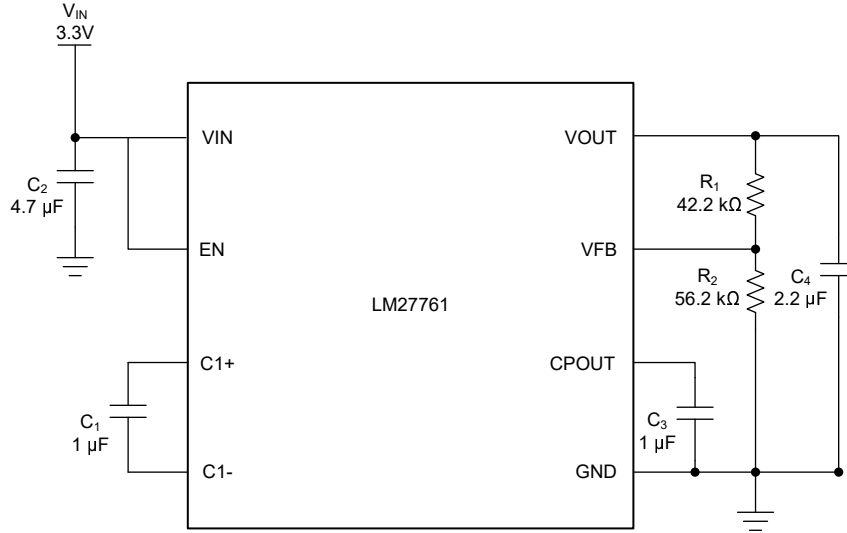
设计目标



应用方框图

设计说明

1. 该设计侧重于 EML 应用，从而 VCC 正电源轨接地。
2. 此设计可以在 400G 应用中使用。此外，可以创建 800G 设计，但 800G 设计需要额外的 AMC60704 和 LM27761。
3. 为了在 EML 应用中偏置 VDAC，VSS 电源轨的工作电压范围为 -2.5V 至 -5.5V。此电路设计使用 -3.3V 电源为 VDAC 供电。
4. AMC60704 有四个 VDAC 通道，每个通道都能产生 50mA 输出。在 400G 应用中，会使用所有 4 个通道。此电路设计使用全部四个 VDAC 通道。
5. LM27761 的最大输出电流为 250mA，可配置输出范围为 -1.5V 至 -5V，这让此器件非常适合 VSS 电源轨。下 [图](#) 展示了典型的 LM27761 原理图。

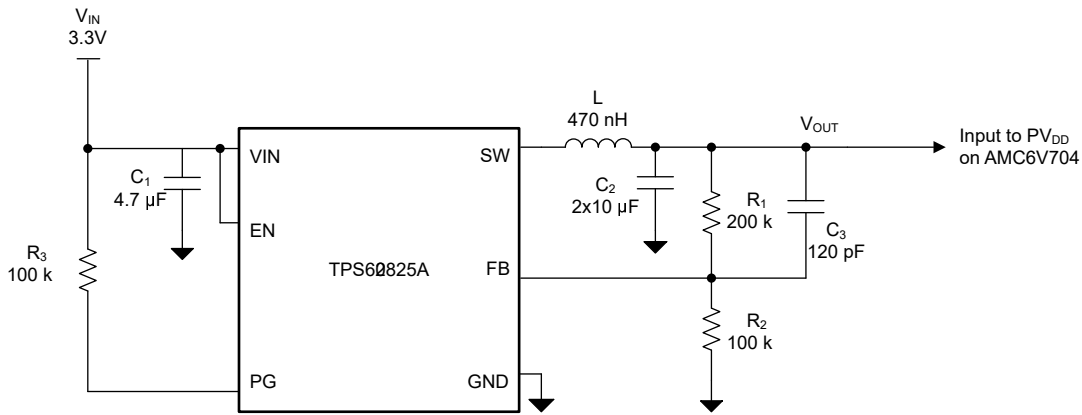


LM27761

6. 可从外部配置 LM27761 的输出电压。R₁ 和 R₂ 的值确定了输出电压设置。使用 [方程式](#) 计算输出电压。R₂ 的值不得小于 50kΩ。

$$V_{OUT} = -1.22V \times \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

- 此设计在 -2.85V VSS 下运行，因此 R₁ = 30.1kΩ 且 R₂ = 39kΩ，以便为电流源留出足够的余量。
7. 可以使用不同的输出电容值来降低电荷泵纹波、缩小设计尺寸或降低设计成本。在典型应用中，建议使用 4.7µF 低 ESR 陶瓷电荷泵输出电容器 (C₃)。
 8. 增加输入电容会使输入电压纹波成比例降低。输入电压、输出电流和飞跨电容也会在一定程度上影响输入纹波电平。建议在输入端使用 4.7µF 低 ESR 陶瓷电容器。
 9. 飞跨电容器可影响输出电流能力和纹波幅度。在典型的大电流应用中，建议将 0.47µF 或 1µF 10V 低 ESR 陶瓷电容器用于飞跨电容器。
 10. LDO 输出电容器 (C₄) 值和 ESR 会影响稳定性、输出纹波、输出噪声、PSRR 和瞬态响应。LM27761 只需使用 2.2µF 陶瓷输出电容器即可实现稳定运行。
 11. 为了在 EML 应用中偏置 IDAC，PVDD 电源轨的工作电压范围为 1.5V 至 2.2V。此电路设计使用 1.8V 电源为 IDAC 供电。
 12. AMC6V704 有四个 IDAC 通道，每个通道都有一个 200mA 满量程输出。IDAC 的最大输出电流为 800mA。
 13. 本设计选用 TPS62825A 的原因在于该器件的最大输出电流为 2A，且可调输出电压范围为 0.6V 至 4V。这些转换器保持连续的导通模式运行，并在整个负载范围内保持极低的输出电压纹波。下 [图](#) 展示了典型的 TPS62825A 原理图。

**TPS62825A 原理图**

14. 使用以下公式设置 TPS62825A 上的输出电压。

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right)$$

其中

- V_{FB} 为 0.6V

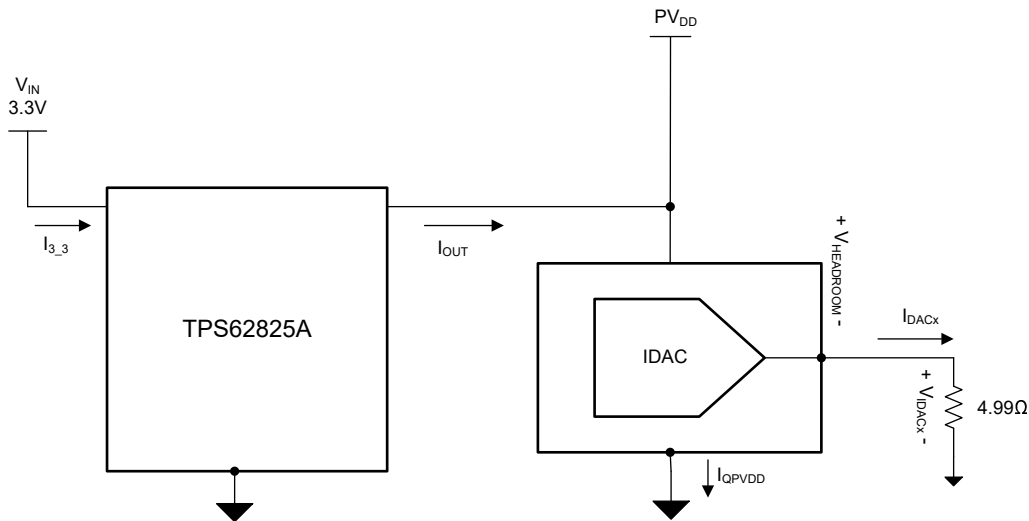
15. R_2 必须高于 100kΩ，以便在轻负载下实现高效率，同时提供可接受的噪声灵敏度。以下公式显示了如何针对给定的 R_2 值计算前馈电容器 C_3 的值。对于建议的 100kΩ R_2 值，使用了 120pF 前馈电容器。

$$C_3 = \frac{12\mu}{R_2}$$

16. 考虑到直流偏置降额电容，TPS62825A 的最小有效输出电容 C_2 为 10µF。

17. 必须存在 3µF 的最小有效输入电容 C_1 ，但较大的值会降低输入电流纹波。TPS62825A 使用了 4.7µF 输入电容器。

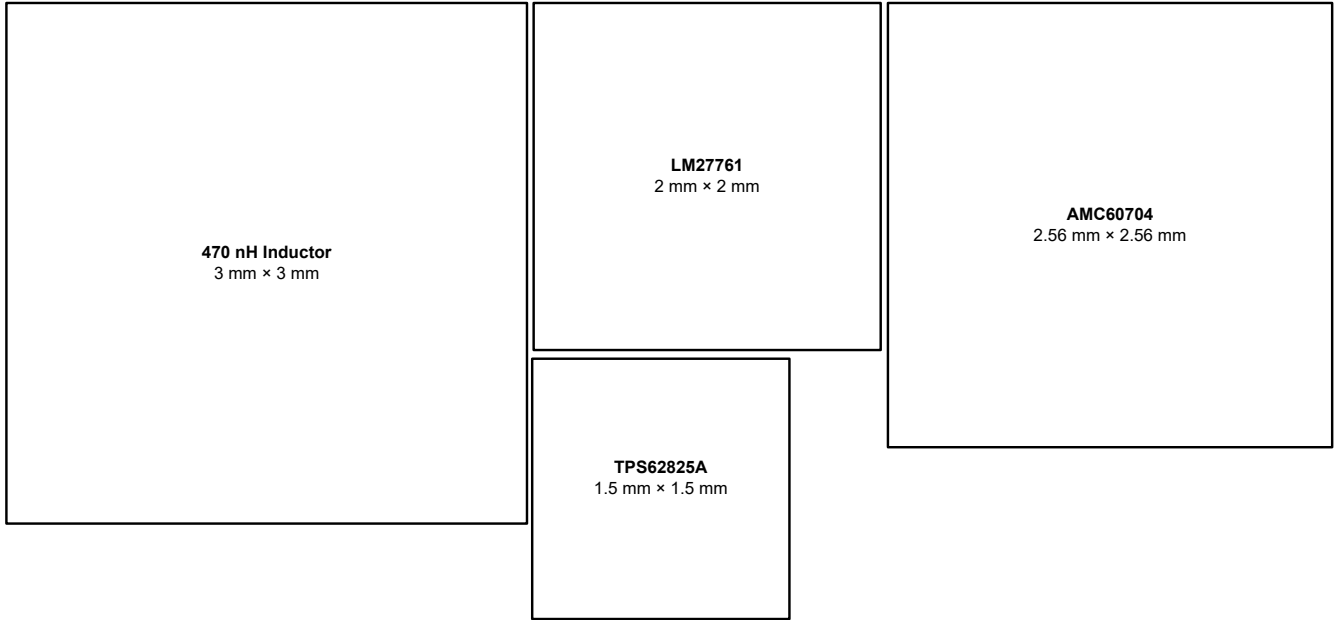
18. 将 TPS62825A 添加到系统中后，IDAC 的功率耗散现在是 TPS62825A 输出电压和电流输出、PVDD 电源电压、电流输出和 IDAC 引脚电压的函数。使用此公式计算功率耗散。 $V_{HEADROOM}$ 电压计算为 PVDD 和 V_{IDACx} 之间的差值。

**PVDD 功率耗散**

19. $P_{TPS62825A} = 3.3V \times I_{3_3} - [P_{VDD} \times I_{OUT} + P_{VDD} \times I_{QPVD} + \sum I_{DAC0} - 3\{V_{HEADROOM} \times I_{DACx}\}]$
- 通过将 PVDD 电源和 V_{IDAC} 之间的电压差 V_{HEADROOM} 最小化，可以降低功率耗散。最小 PVDD 为 1.5V。
 - 可使用以下公式计算输出负载。

$$LOAD = \frac{V_{IDAC}}{I_{DAC}}$$

20. [封装尺寸比较](#) 显示了此设计中使用的产品。之前讨论了如何选择关键无源元件。有关详尽信息，请参阅产品数据表。由于光学模块内的高通道密度，此设计的关键要求是采用小封装尺寸。[下图](#) 显示了封装尺寸的比较。



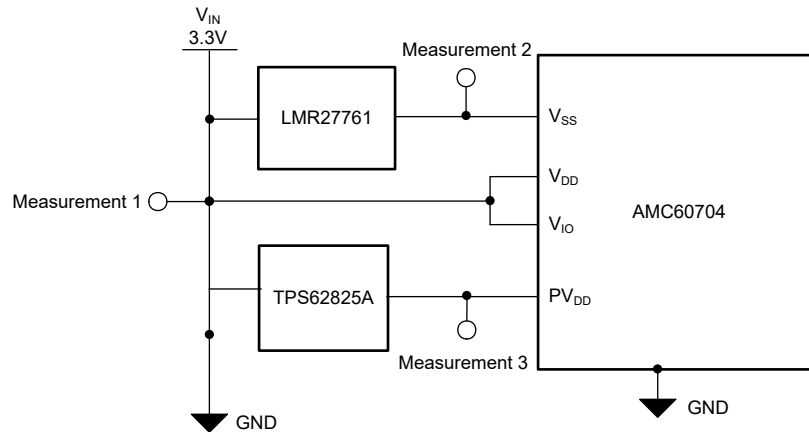
封装尺寸比较

21. 为了在该市场中展开竞争，此设计针对集成器件创建了一种低成本解决方案。

设计测量

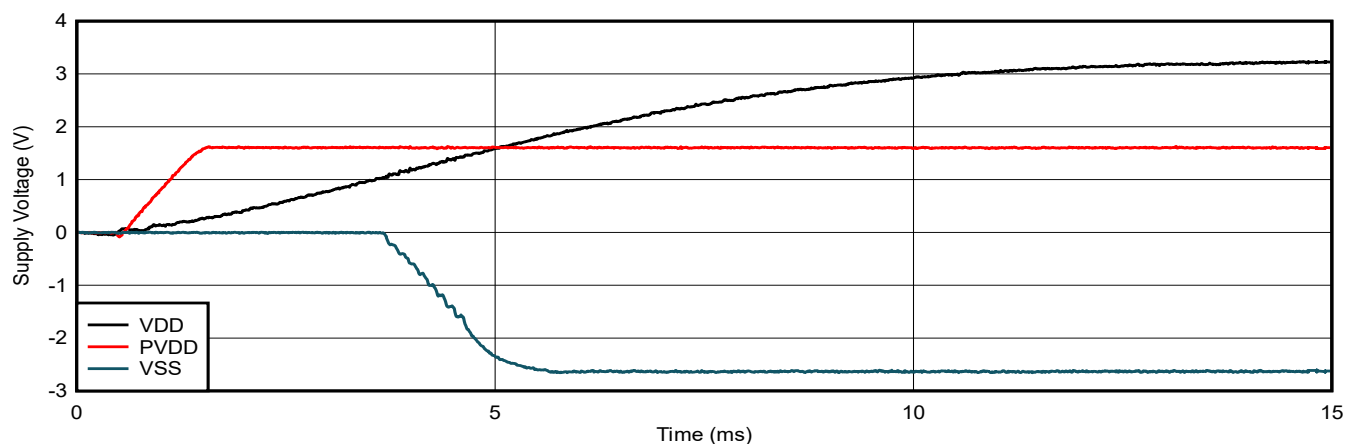
测试 1：电源斜升响应

[电源斜升响应](#) 显示了电源斜升响应测试设置和测试点。



电源斜升响应

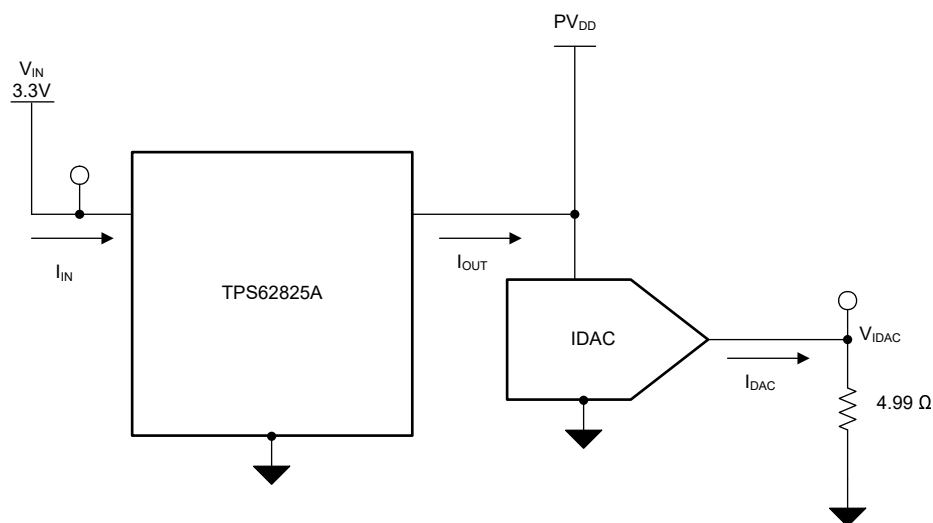
电源斜升响应 图显示了系统中的电源发生上电触发后所需的响应时间。Tektronix TBS 2000B 示波器用于探测每个电源输入，以测量此测试的斜升。



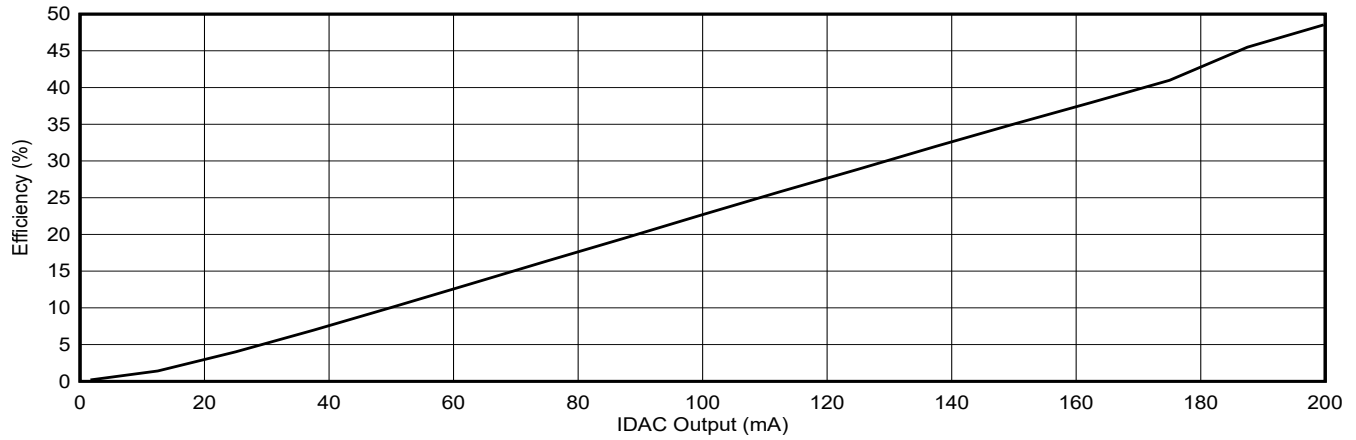
电源斜升响应

测试 2：系统功率效率与 IDAC 之间的关系

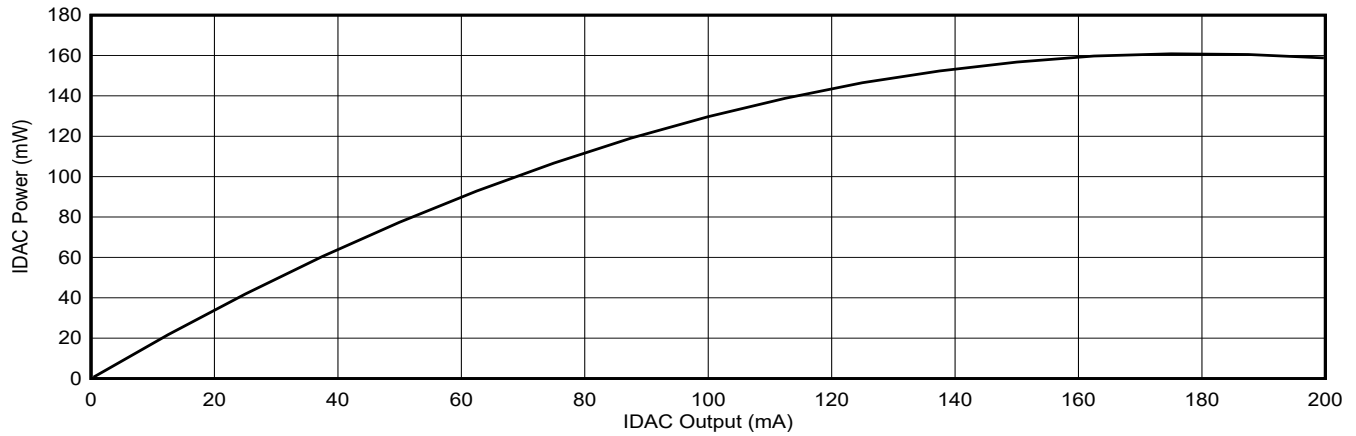
此效率测试将 TPS62825A 输入电源的功率耗散对照 4.99Ω 负载下 IDAC 的功率耗散进行衡量。随着 IDAC 代码的变化，IDAC 的输出以及输入功率也会发生变化。[IDAC 测试设置](#) 显示了此测试的设置。



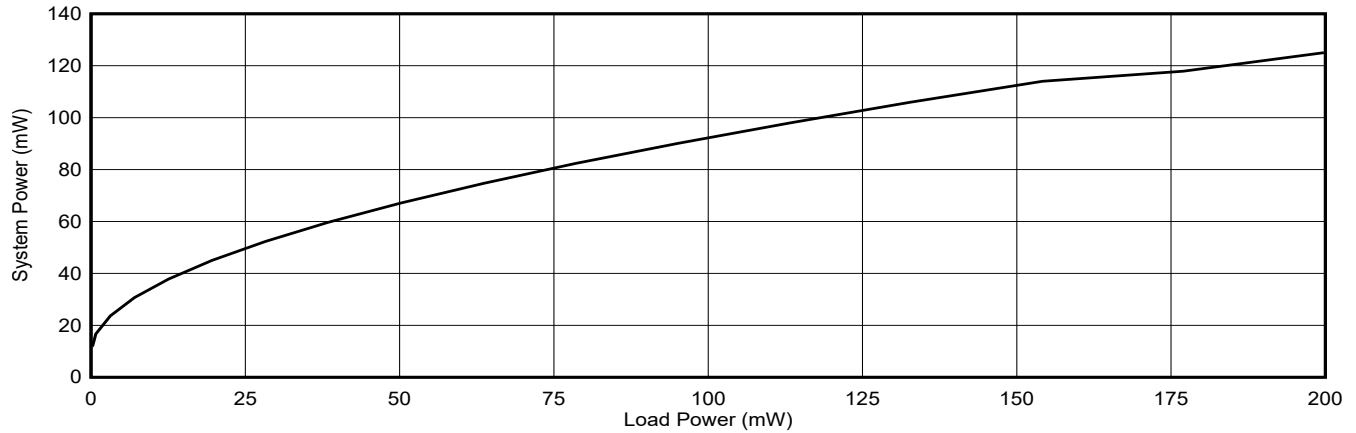
IDAC 测试设置



IDAC 效率与 IDAC 输出之间的关系



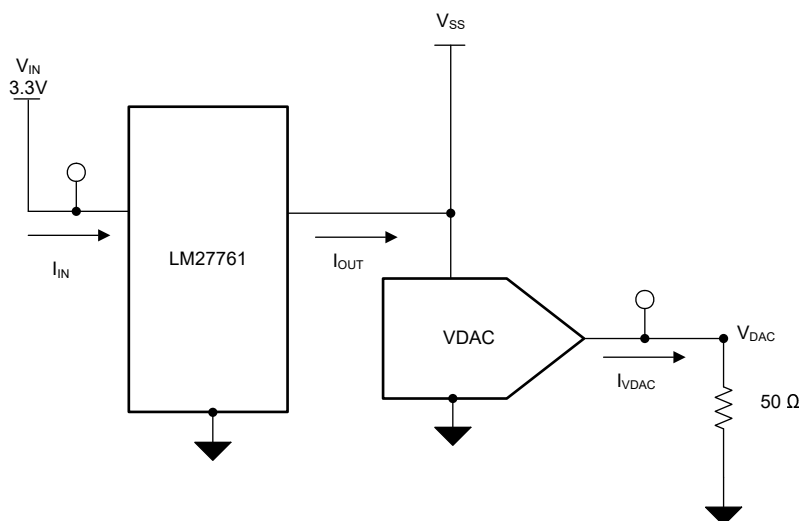
IDAC 功率与 IDAC 输出之间的关系



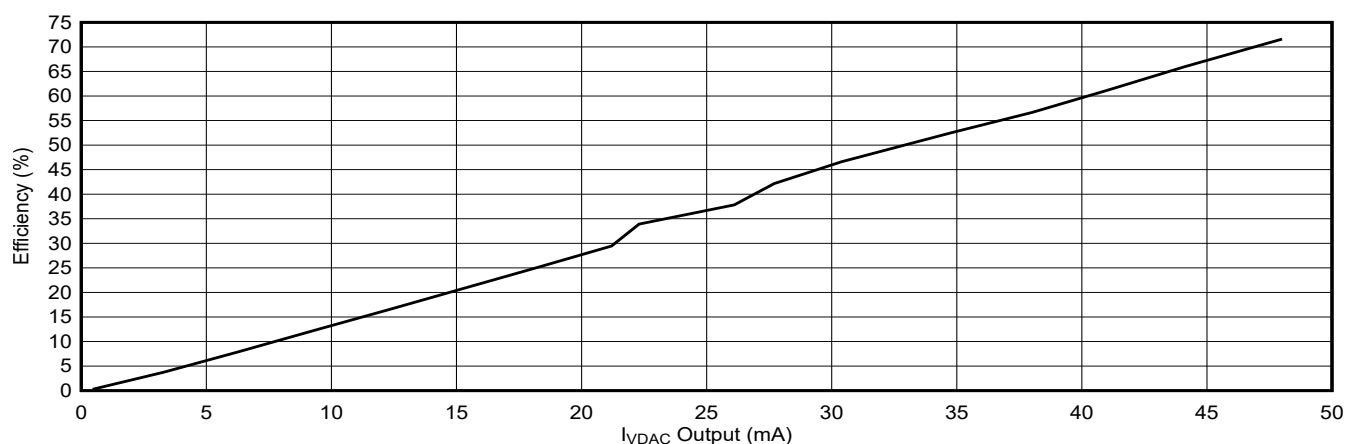
IDAC 系统功率与 IDAC 输出之间的关系

测试 3：系统功率效率与 VDAC 之间的关系

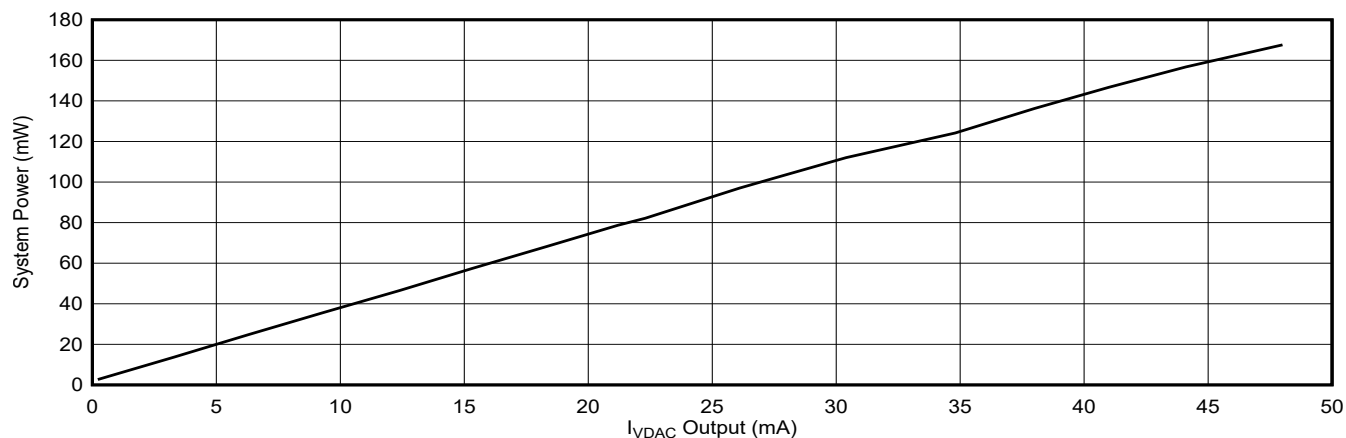
该测试显示了 LM27761 输入功率和 VDAC 输出的功率耗散。下 [图](#) 显示了设置和测试点。在电流测量配置中使用 DMM，测量 LM27761 的输入电流，由此可计算系统功率。通过更改 VDAC 代码，VDAC 的输出以及系统电流都会发生变化。通过在输出端放置一个负载电阻器，可以计算流经负载的电流。在 -2.5V 的满量程电压输出下，最大输出电流为 50mA，最大电阻负载为 50Ω。



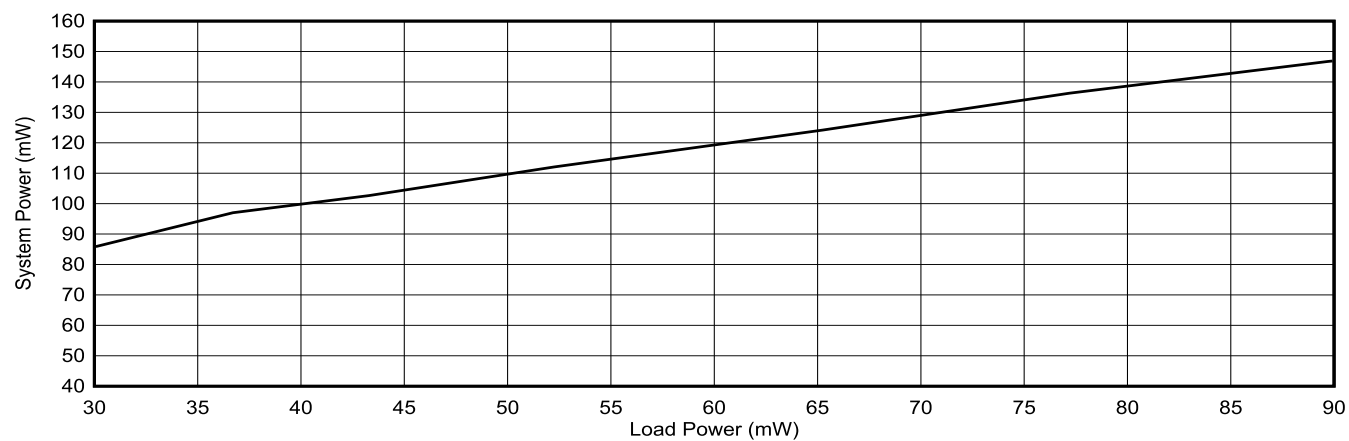
VDAC 测试设置



VDAC 效率与 VDAC 电流驱动输出间的关系



VDAC 系统功率与 VDAC 电流驱动输出间的关系



VDAC 系统功率与负载功率之间的关系

设计中采用的器件

| 器件 | 主要特性 | 链接 | 其他可能的器件 |
|-----------|--|---------------------------|---------------------------|
| AMC6V704 | 具有四个 200mA 电流 DAC、四个电压输出 DAC 以及多通道 ADC 的光学控制器 | AMC6V704 | AMC60704 |
| TPS62825A | 采用 1.5mm × 1.5mm VSON-HR 封装并具有强制 PWM 的 2.4V 至 5.5V 输入、2A 降压转换器 | TPS62825A | TPSM82822 |
| LM27761 | 带集成 LDO 的低噪声稳压逆变器，可实现 2.7V 至 5.5V 范围的输入电压 | LM27761 | LM27762 |

其他资源

- 德州仪器 (TI), [TPS6282xAEVM-126 评估模块用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [LM27761EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [利用低噪声电荷泵轻松产生负电压技术文章](#)
- 德州仪器 (TI), [AMC6V704 评估模块用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [AMC6V704 具有电流和电压输出 DAC 和多通道 ADC 的 4 通道光学监测器和控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [AMC6V704EVM 评估板工具页面](#)

如需 TI 工程师提供直接支持，请登陆 [TI E2E™ 社区](#)。

商标

E2E™ is a trademark of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司