

Application Note

使用低噪声降压转换器 TPS6291X 为 CMOS 传感器供电



Yishan Chen, Hitesh Chandwani

摘要

本文提出了一种采用 TI TPS6291X 系列降压转换器为 CMOS 图像传感器供电的设计。通过使用 TPS6291X，系统无需再配置专用的线性低压降稳压器 (LDO)，同时仍能提供高电源抑制比 (PSRR) 和低输出电压纹波，以满足 CMOS AVDD 的电源要求，从而降低系统总功耗。本文讨论了 CMOS 传感器对 AVDD 的要求，并通过包括输出纹波和负载瞬态在内的实验结果证实了 TPS6291X 的功能。此外，还介绍了使用 TPS62912 实现与 LDO 相当性能的设计注意事项，并与传统设计进行了比较。

内容

1 简介.....2

2 CMOS AVDD 要求.....3

3 TPS62912 的性能与设计注意事项.....4

 3.1 稳态工作性能.....4

 3.2 使用长电缆时的输出电压纹波性能.....5

 3.3 实际电路板实现方案中的 TPS62912 与 LDO 性能比较.....7

4 设计注意事项.....9

 4.1 测量尖峰抑制.....9

 4.2 用于增强环路响应的前馈电容器.....9

5 结语.....9

6 参考.....9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

随着短视频平台的快速发展和对便捷访问视频录制产品的需求出现，市场上涌现出大量便携式手持产品。手持产品由电池、主板和相机模块组合而成。相机模块需要低电压纹波、高 PSRR 和低噪声的模拟电源，才能提供高质量的照片或视频图像。而电池则要求高效率的系统结构来支持器件的长时间使用。从这些角度来看，需要一种高效率、低噪声的系统结构来提升便携式手持产品的性能。

图 1-1 为传统的 CMOS 供电系统方框图。

为这三个电源轨供电时，传统架构采用一个降压转换器或旁路升压转换器作为初级电源，后接三个 LDO 作为二级电源。选择降压转换器还是旁路升压转换器，取决于电池电芯配置。LDO 能有效衰减来自降压或升压转换器的纹波与噪声，为 CMOS 传感器提供干净的电源输入。

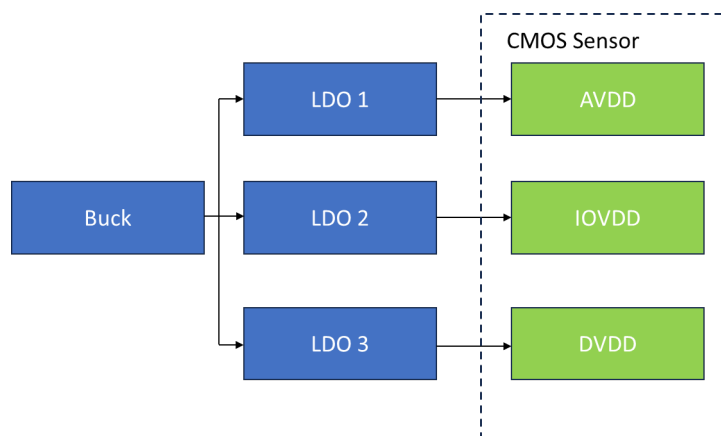


图 1-1. 传统 CMOS 传感器电源系统

这种架构被广泛采用并得到了充分验证。然而，在线性区工作的 LDO 会因输入输出之间的电压差而产生显著的功率耗散。

因此，将 LDO 替换为降压转换器可大幅降低功耗。图 1-2 展示了使用 TPS62912 替代 LDO 的方案。

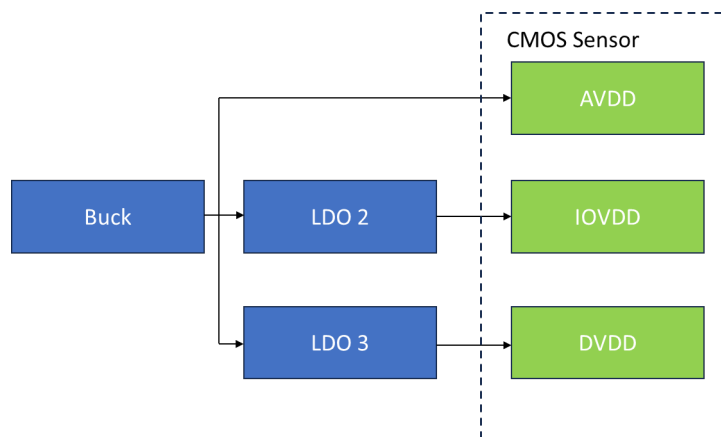


图 1-2. 使用 TPS6291X 替代 LDO

下一节将讨论 CMOS 传感器的电源要求，并对 TPS62912 的性能进行测试和验证。

2 CMOS AVDD 要求

CMOS 传感器通常需要三个电源：AVDD、DVDD 和 IOVDD。AVDD 为成像像素阵列、列模拟模块和列逻辑模块供电。DVDD 为图像处理模块供电，而 IOVDD 则为 CSI-2 接口和 I²C 接口等供电。AVDD 需要最干净的电源，以将动态范围和信噪比 (SNR) 维持在 CMOS 传感器制造商提供的规格范围内。

表 2-1 展示了两种常见的 CMOS 传感器电源要求。

表 2-1. CMOS 传感器电源要求

CMOS 传感器	AVDD (典型值)	DVDD (典型值)	IOVDD (典型值)
1	2.9V	1.1V	1.8V
2	2.8V	1.5V	1.8V

根据 CMOS 传感器制造商和产品设计公司发布的规格，AVDD 对电源的要求最为严苛。在相机图像和视频质量测试中，低噪声是一项关键的性能指标。当用黑色胶带遮住相机并拍摄照片时，理想的图像应当是全黑的。然而，由于行扫描过程中 AVDD 的波动，每一行的亮度不同，从而导致行亮度波动，在图像中表现为可见的条纹。

3 TPS62912 的性能与设计注意事项

基于上一节的讨论，需要一款低噪声、低纹波、高 PSRR 的降压转换器，以降低功耗并改善 CMOS 传感器图像质量。TPS62912/3 是一款低噪声、低纹波的降压转换器，集成了铁氧体磁珠滤波器补偿功能，支持二阶 LC 滤波器，可进一步降低输出电压噪声和纹波。

3.1 稳态工作性能

表 3-1 展示了测试期间的规格。评估使用 TPS62913 EVM 执行。

表 3-1. 测试规范

规格	测试条件	典型值	单位
输入电压	电力负载	3.6	V
输出电压	SMA 探针	2.8	V
输出电流	电力负载	200	mA
开关频率	JP2 至 VIN	2.2	Mhz

输出电压和电流根据 CMOS AVDD 的要求进行配置，输入电压设为 3.6V，以模拟单节电池供电。

图 3-1 展示了输出电压。需指出的是，必须使用 SMA 电缆检测输出电压，才能真实反映噪声和纹波水平。

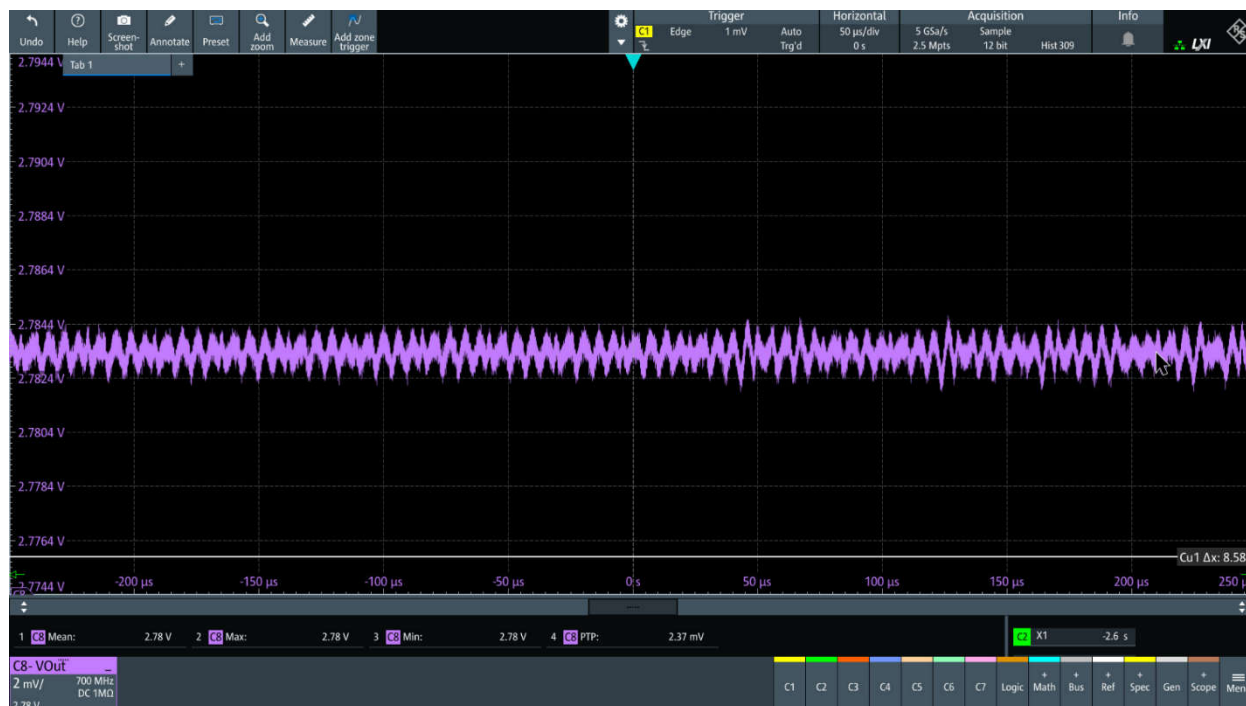


图 3-1. TPS62913 的输出电压

图 3-1 表明，峰间值电压约为 2.37mV。

3.2 使用长电缆时的输出电压纹波性能

在实际应用中，CMOS 模块电源位于主板上，并通过 FPC 连接器为 CMOS 传感器供电。这种配置会在负载与降压转换器 IC 之间引入较长的走线。为了进一步研究长走线的影响，测试设置中额外增加了一段 8cm 的走线。



图 3-2. 使用 8cm 长走线时的 TPS62913 输出电压

图 3-2 显示，尖峰增加到了 26.12mV，频率对应于开关频率。

需要指出的是，该尖峰并非来自降压转换器本身，而主要是一种测量伪影。长走线或 FPC 连接器会形成较大的供电回路，测量期间噪声会耦合到探头中。

为了减小尖峰，可使用带直流阻断器的 SMA 电缆并在示波器中采用交流耦合，以观察实际的纹波电压水平。或者，使用 SMA 电缆并在测试点附近放置去耦电容器，也可以抑制测量尖峰。

图 3-3 展示了在负载与 TPS62913 EVM 之间同样保持 8cm 接线长度的情况下，使用 100nF 或 470nF 电容器的效果。

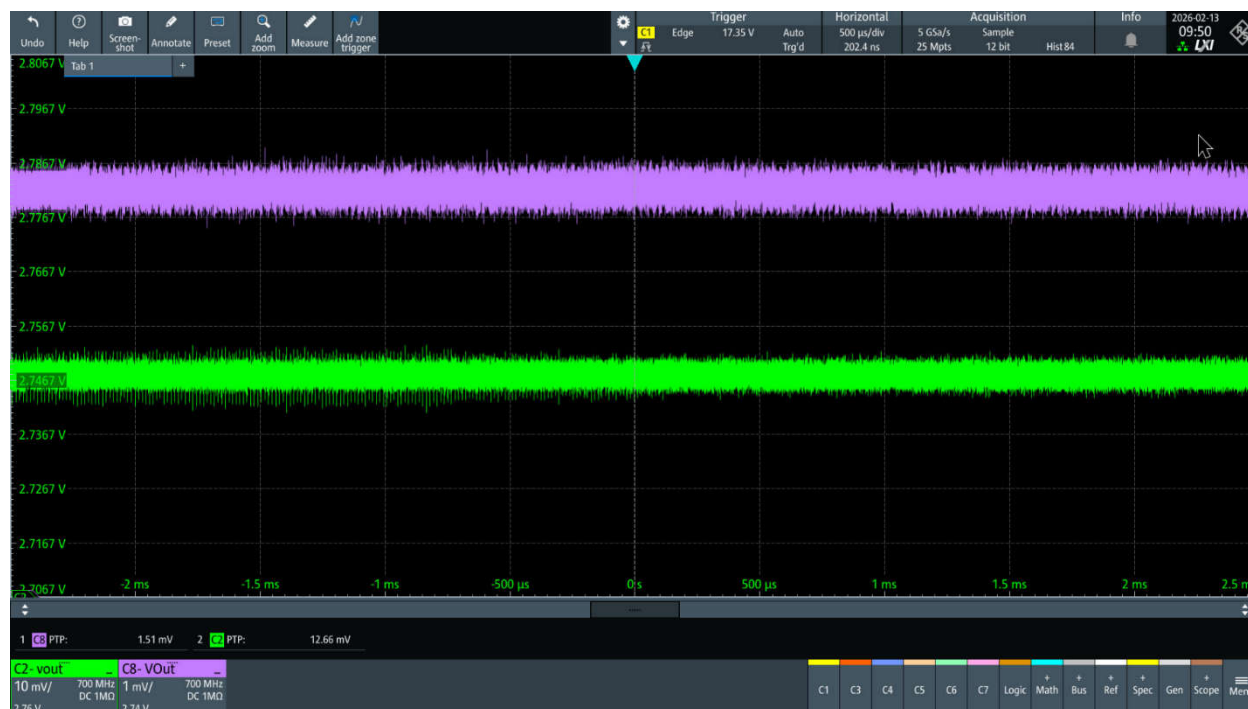


图 3-3. 使用 8cm 长走线和 100nF 电容器时的 TPS62913 输出电压

紫色迹线表示在 TPS62913 EVM 测试点测得的电压，绿色迹线则显示了负载侧的测量结果。如图所示，负载侧测得的峰间值电压纹波从 27mV 降至 12.6mV，大约降低了 53%。

随后，使用 470nF 电容器重复执行了该测试。如图 3-4 所示，负载侧测得的峰间值电压纹波从 27mV 降至 6.49mV，大约降低了 70%。

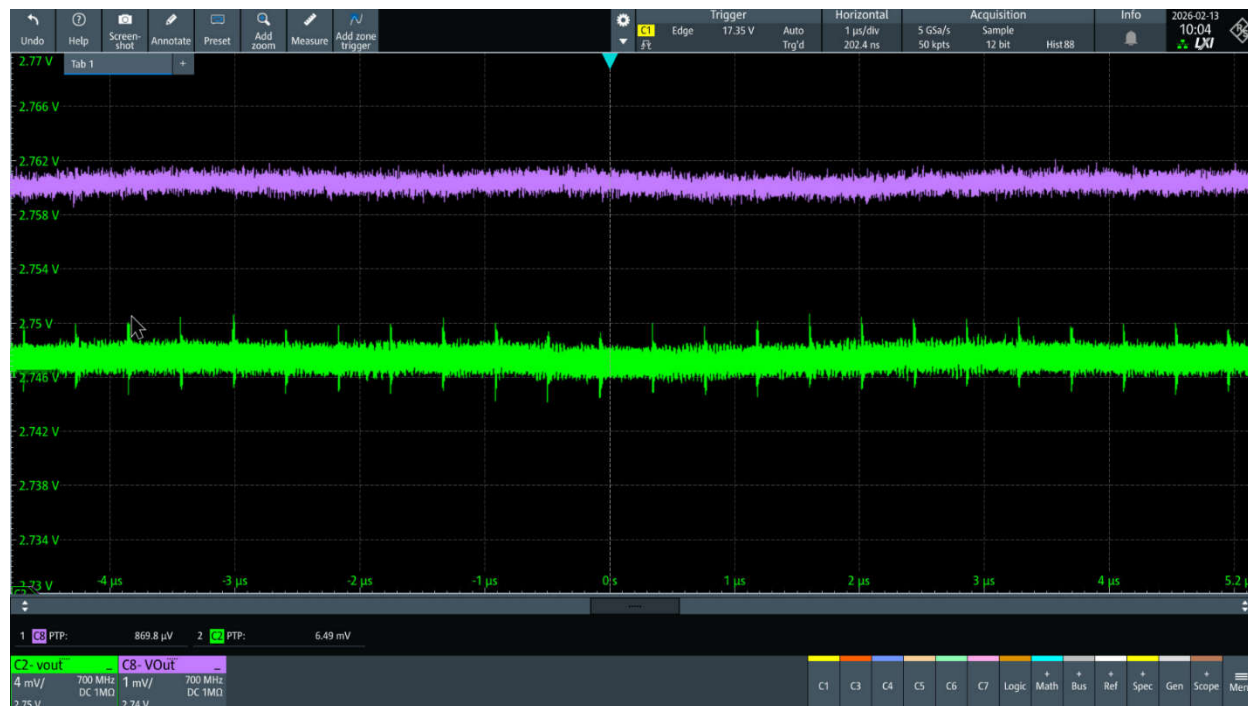


图 3-4. 使用 8cm 长走线和 470nF 电容器时的 TPS62913 输出电压

3.3 实际电路板实现方案中的 TPS62912 与 LDO 性能比较

解决测量尖峰问题后，即可对 TPS62912 与 LDO 的性能进行比较。

图 3-5 和图 3-6 展示了在 8K、30fps 录像配置下，CMOS 模块中降压转换器与 LDO 的电压纹波差异。

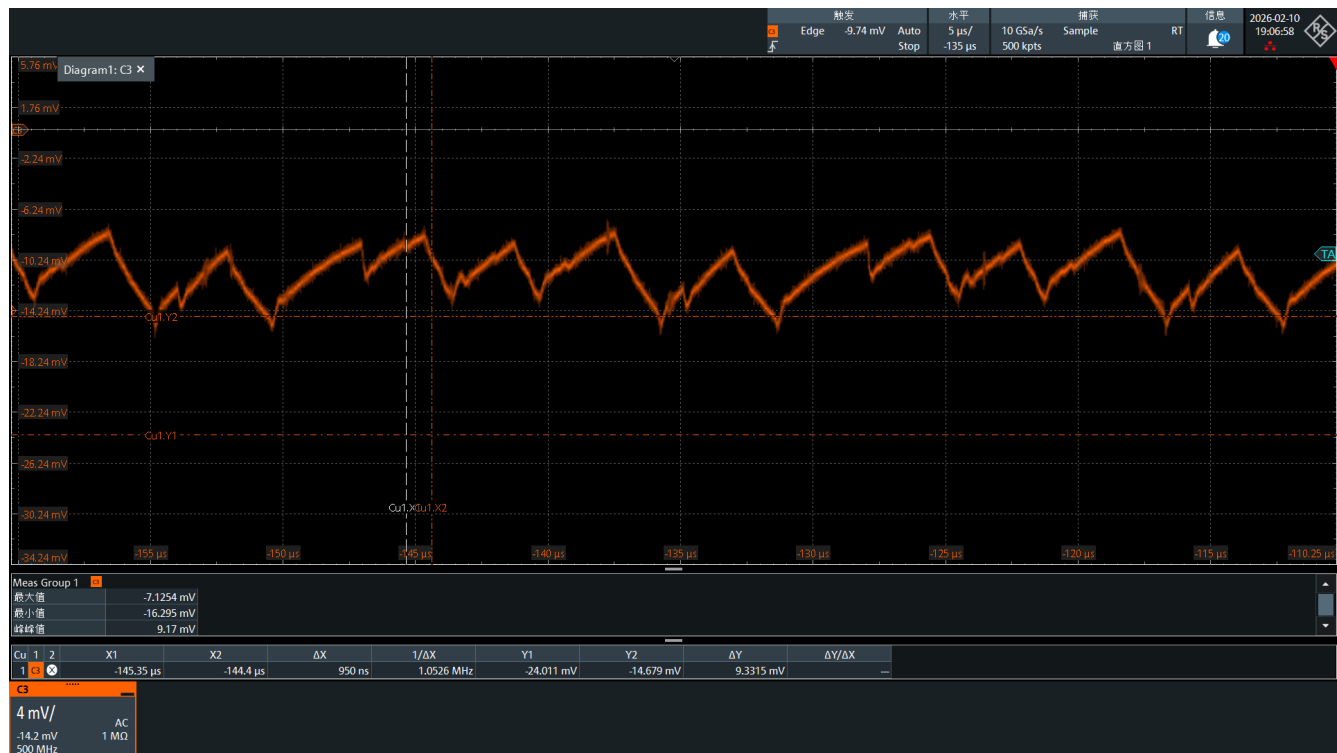


图 3-5. 8k/30fps 录像配置下的 LDO 输出电压

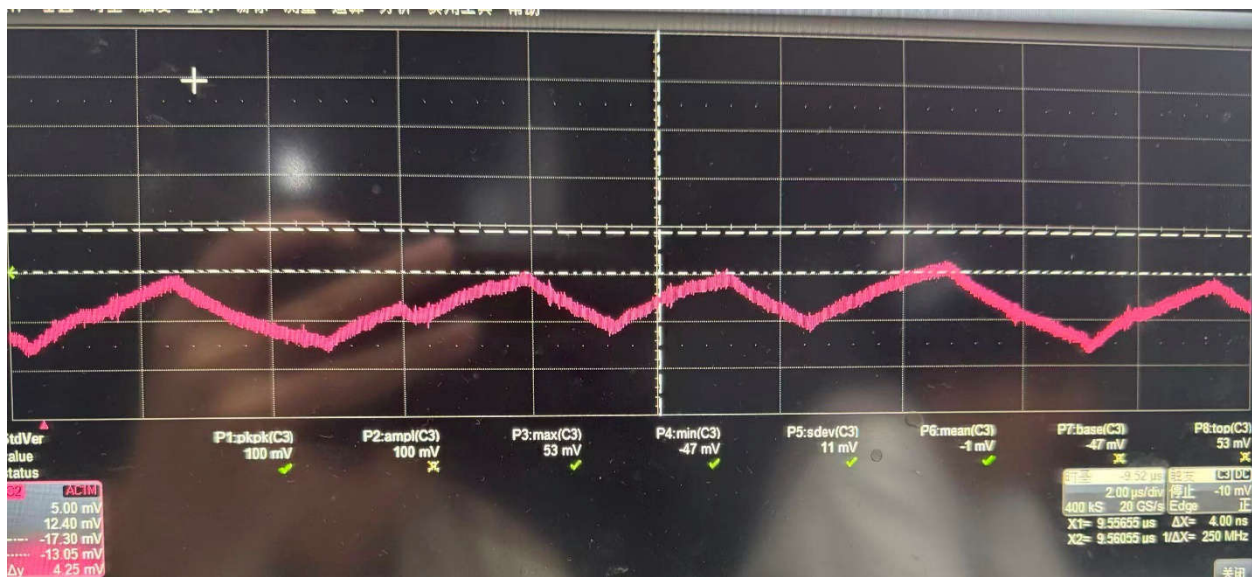


图 3-6. 8k/30fps 录像配置下的降压转换器输出电压

比较图 3-5 和图 3-6 可知，两者的平均电压纹波和峰间值电压较为接近。平均电压约为 -11.5mV，峰间值电压约为 9mV。

基于这些结果，我们进行了图像质量测试，以评估降压转换器和 LDO 的实际性能。图像质量评估采用黑帧测试，即在完全黑暗的环境中拍摄图像以评估噪声性能，如第 2 节所述。

结果如下所示：

表 3-2. LDO 与 TPS62912 的行噪声比比较

器件	行噪声比
LDO	0.08
TPS62912	0.1

TPS62912 的输入和输出电容器与 EVM 板上的电容器相同。结果表明，TPS62912 的行噪声性能不如 LDO。

如前文所述，LDO 与降压转换器的平均纹波和峰间值电压相当。进一步分析后，我们确定环路响应是关键的性能差异因素。LDO 的环路响应速度快于 TPS62912。

基于这一发现，我们添加了 100pF 的前馈电容器，以评估 TPS62912 输出电压的性能变化。



图 3-7. 带与不带前馈电容器时的降压转换器输出电压

左侧显示的是不带 100pF 电容器的电路板，右侧显示了带有 100pF 电容器的电路板。

图 3-7 显示，在反馈环路中加入了 100pF 电容器后，虽然峰间值电压保持不变，但带 100pF 电容器的响应时间从不带电容器时的 90 μ s 缩短至 60 μ s。更重要的是，添加电容器后大幅降低了尖峰幅度，产生的波形也更加平滑。

根据这些发现，我们在电路板上添加了 100pF 电容器，并连接到 CMOS 传感器进行了行噪声复测。表 3-3 展示了带 100pF 前馈电容器的结果。

表 3-3. 带 100pF 前馈电容器时 LDO 与 TPS62912 的行噪声比比较

器件	行噪声比
LDO	0.0760
TPS62912	0.0764

根据结果，前馈电容器可大幅提升 TPS62912 的噪声性能，使其接近 LDO 水平。

4 设计注意事项

为了使 TPS62912 单降压转换器设计能够实现与 LDO 相当的性能，下面总结了相关设计注意事项。

4.1 测量尖峰抑制

为了消除测量引起的尖峰，使用带直流阻断器的 SMA 电缆并采用交流耦合，能最准确地呈现输出电压。在没有直流阻断器的情况下，使用 SMA 电缆并在测试点附近放置去耦电容器，也能达到类似的效果。

4.2 用于增强环路响应的前馈电容器

CMOS 传感器带来的负载具有快速且多次的负载瞬变。由于 LC 滤波器和铁氧体磁珠形成了双极，TPS62912 的环路响应速度相比 LDO 较慢。这种较慢的响应可能导致在下一次负载瞬变发生之前趋稳时间不足，从而引起行噪声问题。该设计通过添加前馈电容器来提高交越频率，从而改善环路响应速度。

5 结语

TPS6291X 系列利用二阶 LC 滤波器和集成环路补偿，显著提升了电压纹波和噪声性能。相较于传统的降压加 LDO 架构，TPS6291X 可单独作为降压转换器使用，同时提供满足负载要求的低噪声和低输出电压纹波特性。与基于 LDO 的设计相比，该方案在功耗方面具有巨大优势。

在实际测试过程中，测量伪影和环路响应限制可能会导致 TPS62912 的性能表现不及 LDO。必须谨慎评估这些因素，并通过合理的设计实践加以解决。

6 参考

- 德州仪器 (TI)，[具有集成式铁氧体磁珠滤波器补偿的 TPS6291x 3V 至 17V、2A/3A 低噪声和低纹波降压转换器数据表](#)。
- 德州仪器 (TI)，[TPS6291x 降压转换器评估模块用户指南](#)
- 德州仪器 (TI)，[使用前馈电容器改善 TPS621 系列和 TPS821 系列的稳定性和带宽应用报告](#)。
- 德州仪器 (TI)，[使用前馈电容器和低压降稳压器的优缺点应用报告](#)。

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月