

关于电源芯片的 PSRR 测量

什么是 PSRR ?

在电子设备中，电源的稳定性很重要，电源对纹波噪声的抑制能力也同样重要。用来描述对电源纹波噪声的抑制能力，通常用电源抑制比 (Power Supply Rejection Ratio) 来表征，它是衡量电源供应的稳定性和对干扰的抑制能力的重要参数。是经常在电子放大器（特别是运算放大器）或稳压器等规格书出现的参数。

电源抑制比 (Power Supply Rejection Ratio) 简称 PSRR，它以电源输入纹波和输出纹波的对数比来计算，单位为分贝 (dB)，其计算公式为：

$$PSRR(dB) = 20lg \frac{V_{ripple(in)}}{V_{ripple(out)}}$$

其中 $V_{ripple(in)}$ 是输入端的纹波， $V_{ripple(out)}$ 是输出端的纹波。

* 绝大多数情况使用 $V_{ripple(in)}/V_{ripple(out)}$ 来计算，此时 PSRR 为正值；
如果使用 $V_{ripple(out)}/V_{ripple(in)}$ 来计算，此时 PSRR 为负值。

从上面的公式可以看出：

- 在相同的供电电路设计中，使用 PSRR 越大的器件，其电源输出受到电源的影响越小；
- 在相同的电源输入纹波条件下，设计的电源电路 PSRR 越大，电源输出端纹波就越小。

PSRR 应用领域及在实际电路测试应用中的重要性

PSRR 在电源管理芯片 (PMIC) 中应用广泛，覆盖包括电源稳压器、放大器等器件或电路的性能评估。

尤其在当今典型的系统为处理器 (如 GPUs, SoCs, FPGAs)、高速串行接口 (如 SerDes, PCIe, USB)、高速并行数据 (如 DDR, LPDDR, GDDR) 以及多路电源同时工作的需要稳定电源供应且对电源干扰抑制力较高的低压供电场景中，电源轨上的纹波噪声来自于电源的开关噪声和谐波、数字信号串扰、时钟耦合等诸多因素，由于系统对信号很敏感，如果电源对纹波噪声的抑制能力不够，会直接导致信号抖动、产生误码、影响系统稳定性并导致系统效率降低。

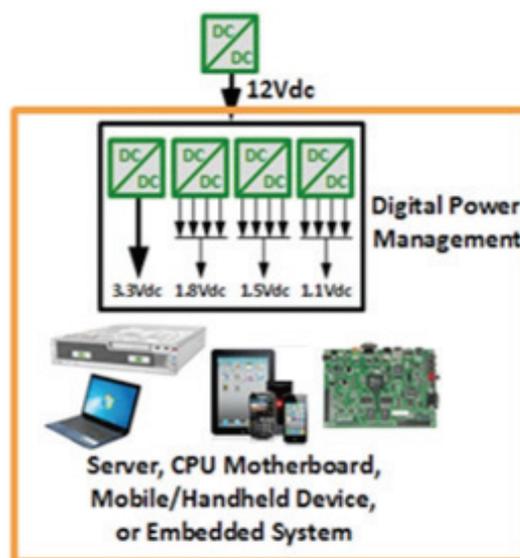


图 1、低电压应用场景

所有这一切使得预留给电源的纹波噪声裕量越来越小，从而要求高精度的电源纹波噪声抑制能力 (PSRR) 的测量。PSRR 的测试已广泛应用于精密工业、汽车电子、医疗设备等行业中。

精密工业 在电源稳压器尤其是在 LDO 电源电路设计与应用中，对其 PSRR 性能的测试有助于为精密低压差电源供应的电源稳定性提供评估参考。如下图 2 展示的是一款用于数码相机、手机摄像头、可穿戴设备等上的 LDO 芯片 datasheet 上列出的必要的 PSRR 项目指标：

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

Over operating temperature range ($T_J = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$), $V_{IN} = V_{OUT(TYP)} + 0.5\text{V}$ or 2.7V , whichever is greater; $I_{OUT} = 0.5\text{mA}$, $V_{EN1} = V_{EN2} = V_{IN}$, $C_{OUT} = 1.0\mu\text{F}$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_J = +25^{\circ}\text{C}$.

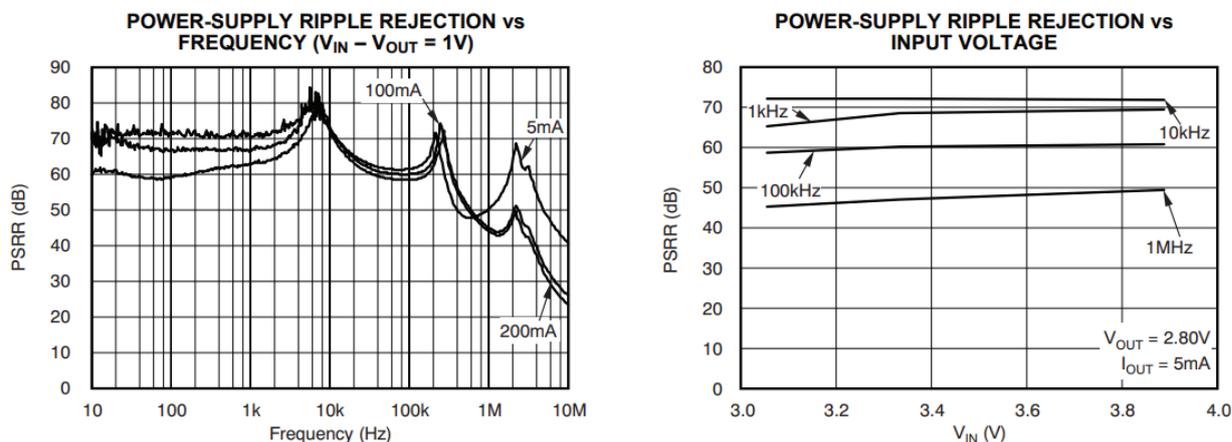


图 2、LDO 芯片 PSRR 项目，图片来自网络

汽车电子 在汽车电子系统中，车规级电源器件 / 系统的 PSRR 测量可以更大限度地帮助评估电子器件 / 设备在车规级供电要求的稳定及安全工作特性。



图 3、车载电源系统

医疗设备 在医疗设备中，PSRR 的测量可以帮助评估电源噪声对医疗设备精度和稳定性的影响，以最大程度减少电源噪声造成的干扰，确保医疗设备的可靠和安全以实现精确的读数和诊断。



图 4、医疗设备供电系统

需要关注的是在人工智能（AI）技术快速发展的今天，与之相关的电路 / 器件呈现极低的电压供电趋势，测试其电源管理芯片的 PSRR 可直接评估电源对纹波噪声的抑制能力，用于减少系统能量损耗，提高系统性能和效率，并且有助于延长芯片的寿命。

如下图 5 为一款用于人工智能（AI）的存储器 LPDDR，其工作电压已低至 0.5V:

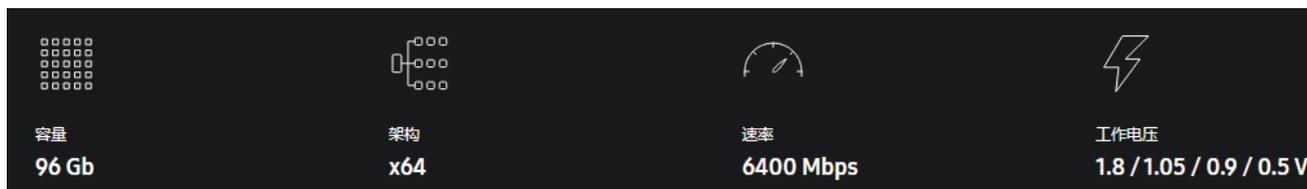
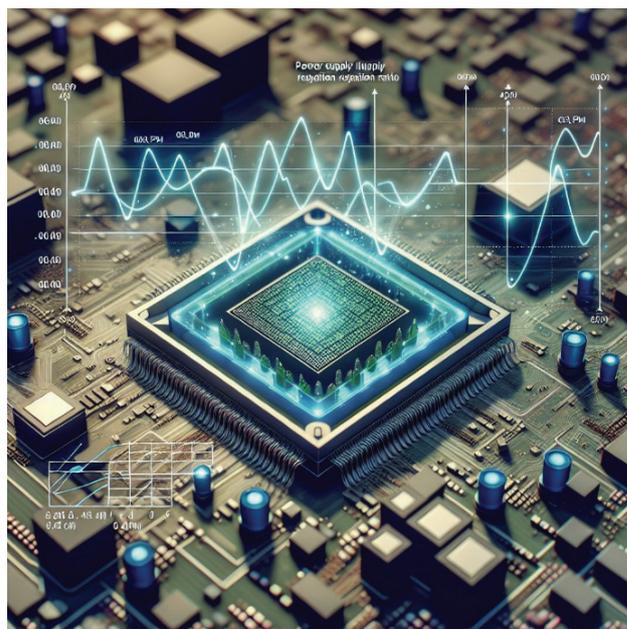


图 5、LPDDR 工作电压，图片来自网络

鉴于其低电压的电源需求及高吞吐量的特性，如果要保障其持续运行在高算力的 AI 应用场景下，高稳定且对纹波噪声高抑制能力的电源供应是必要的保障，如果电源纹波噪声抑制能力不够，又会有什么影响呢？

- 1. 对芯片数据与算法的影响：**电源微小的纹波噪声可能导致芯片数据失真或芯片算法错误，影响芯片算法的可靠性和准确性；
- 2. 对功耗管理和能效优化的影响：**芯片系统通常需要大量的计算资源，功耗管理和能效优化成为关键问题。纹波噪声抑制力差直接影响电源的优化，降低系统的能效；
- 3. 对射频信号处理稳定性的影响：**在处理射频信号以实现通信或感知功能的应用中，电源纹波噪声直接影响通信质量并可能导致感知错误。



泰克 PSRR 测试解决方案

那么 PSRR 该如何测量呢？使用示波器对 DUT 电源输入端与输出端纹波做直接测试并绘制所需要的 PSRR 曲线即可。推荐使用泰克 Mainstream 系列低本底噪声及高分辨率的示波器系统做准确测试，连接如下图示：

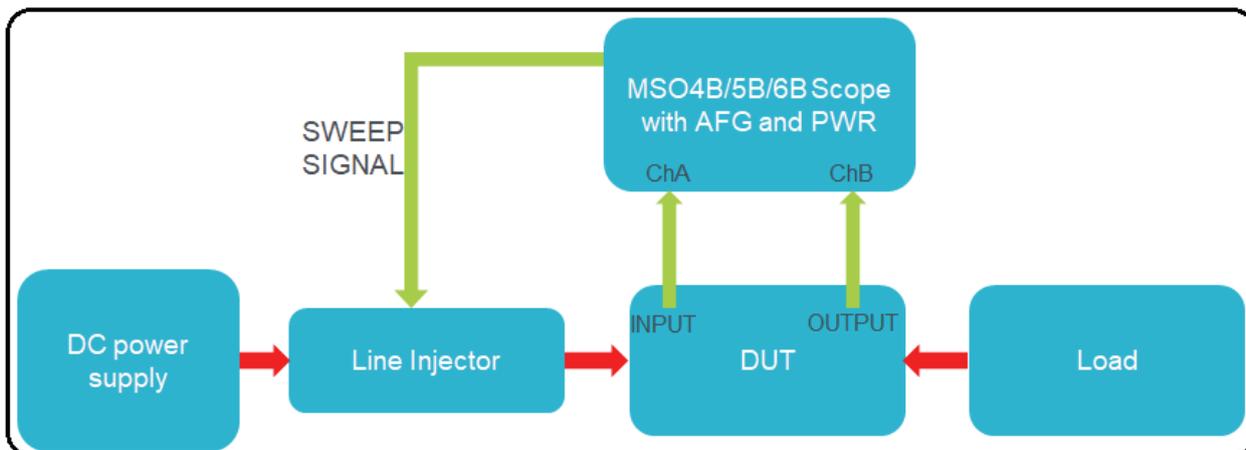


图 7、PSRR 测试连接示意图

- 通过示波器的 AFG 注入特定扫频信号至线性注入器后引入到 DUT；
- 通过示波器系统分别测试 DUT 电源输入端输出端纹波；
- 通过示波器 PSRR 功能实现 PSRR 值的计算、数据记录及曲线绘制。

Industry-Leading Noise Performance

UP TO 20% NOISE IMPROVEMENTS

- TEK061 front-end ASIC for 50Ω, high bandwidth signal path
- >75% reduction in noise from 5 Series MSO at 1mV/div
- **Measurement confidence on the smallest of signals**

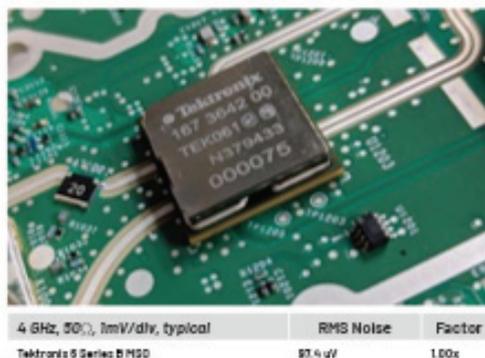


图 8、泰克 Mainstream 系列示波器业界领先的低噪声性能

电源轨探头：TPR1000 • TPR4000



精度

1mV

系统噪声

<300 μ V_{p-p}(20 MHz 带宽极限) 使用 6 系列 MSO 示波器。

1.3 mV_{p-p}(在示波器全部带宽下)

图 9、电源轨探头



图 10、LDO 芯片的 PSRR 实测测试结果

如果你的电源管理相关的 PSRR 指标老是测不准，或者是电源管理芯片 (PMIC) 相关新产品不能按时出具具备 PSRR 指标的 datasheet，影响新产品推出进度，有没有可能是因为 PSRR 的测试方案不够力？

预约泰克开放实验室，体验泰克低噪声高分辨率的示波器的 PSRR 测量方案！