

Application Brief

隔离式放大器与调制器系统级噪声比较



Jiri Panacek

简介

用于电压和电流检测的隔离式放大器和调制器，是具备电气隔离功能电路中的关键组件。隔离式放大器和调制器能够在电气上隔离电路的两个部分，但同时允许模拟信息的传输。

放大器和调制器器件都采用 Σ - Δ 调制器将模拟输入信号数字化。然后，生成的数字信息会通过电容隔离栅传输到器件的另一侧。在接收端，放大器会将数字信号重新还原为模拟电压。在典型系统中，这个模拟电压随后会通过连续逼近型寄存器 (SAR) 模数转换器 (ADC) 转换回数字信号，而 SAR ADC 往往集成在微控制器 (MCU) 内。

放大器可提供差动输出、单端固定增益输出以及单端比例式输出等多种形式：

- **差动输出 (AMC0330D)** 是一种首选方案，适用于隔离式放大器与 ADC 之间物理距离较长或需要经过连接器的系统。传递给控制器的信息是两个互补输出之间的电压差，而不是相对于公共接地的绝对值。因此，这种输出能够有效抑制可能进入 ADC 与隔离式放大器之间电路的共模噪声。缺点是，许多 ADC 无法直接与差动信号配合工作。在这种情况下，会在靠近 ADC 的位置进行差动到单端的转换。差分放大器会将信号转换给 ADC，但同时会引入额外的测量误差，并增加系统的复杂性。
- **固定增益单端输出 (AMC0330S)** 可以直接与 ADC 接口连接，而不需要差分放大器。这种方式更容易实现，但无法抑制共模噪声。因此，这种类型的输出是首选设计，适用于 ADC 与隔离式放大器之间距离相对较短 (<10cm) 的情况，或能够接受由共模噪声带来的性能下降的情况。
- **比例式单端输出 (AMC0330R)** 是单端输出的一种版本，其增益会根据施加到 REFIN 引脚上的电压自动调整。关于带有比例式输出的单端放大器在系统层面的优势的详细讨论，请参考 [比例式输出隔离式放大器的系统优势应用笔记](#)。

调制器器件会将数字信息直接传递给 MCU，然后由 MCU 内的数字低通滤波器进行处理。

本应用简报从噪声角度展示了不同电压检测器件在系统中的表现。

测量结果来自于使用 TMS320F28P650 MCU 与集成式 16 位单端 SAR ADC 的测试配置。采样频率为 312.5kHz。差动输出放大器 AMC0330D 连接到基于 OPA365 的差分放大器以匹配 ADC 输入电压范围。ADC 使用外部 3V 电压基准 REF5030。调制器配置使用 32 的过采样率 (OSR) 和 10MHz 时钟。在这种情况下，新数据的可用速率与 ADC 的数据速率相同。

系统的噪声水平非常低。遗憾的是，任意波形发生器 (AWG) 或源测量单元 (SMU) 的噪声水平更高，从而影响测试。因此，测量仅在输入电压 $V_{IN}=0V$ 的条件下进行，并通过在输入端并接 50Ω 终端来保证。每次测试运行使用 8192 个样本来生成柱状图。

性能最佳的器件是调制器。这是因为它只进行一次模数转换。由于噪声水平低，调制器是高分辨率测量的首选器件，例如高性能伺服驱动器中的同相电流检测。

采用隔离式放大器的系统通常会执行两次模数转换，每次都会降低信号保真度。第一次转换发生在隔离式放大器中。第二次转换发生在 MCU 中。差动输出器件与单端比例式输出器件的性能大致相同。如上所述，当隔离式放大器与 ADC 之间的物理距离较远时，更推荐使用差动输出器件。

在系统层面，单端比例式输出器件的性能略优于单端固定增益输出器件。这与其在系统层面抑制低频噪声的能力有关，如 [比例式输出隔离式放大器的系统优势](#) 应用手册中所示。请参见 [图 11](#) 进行比较研究。

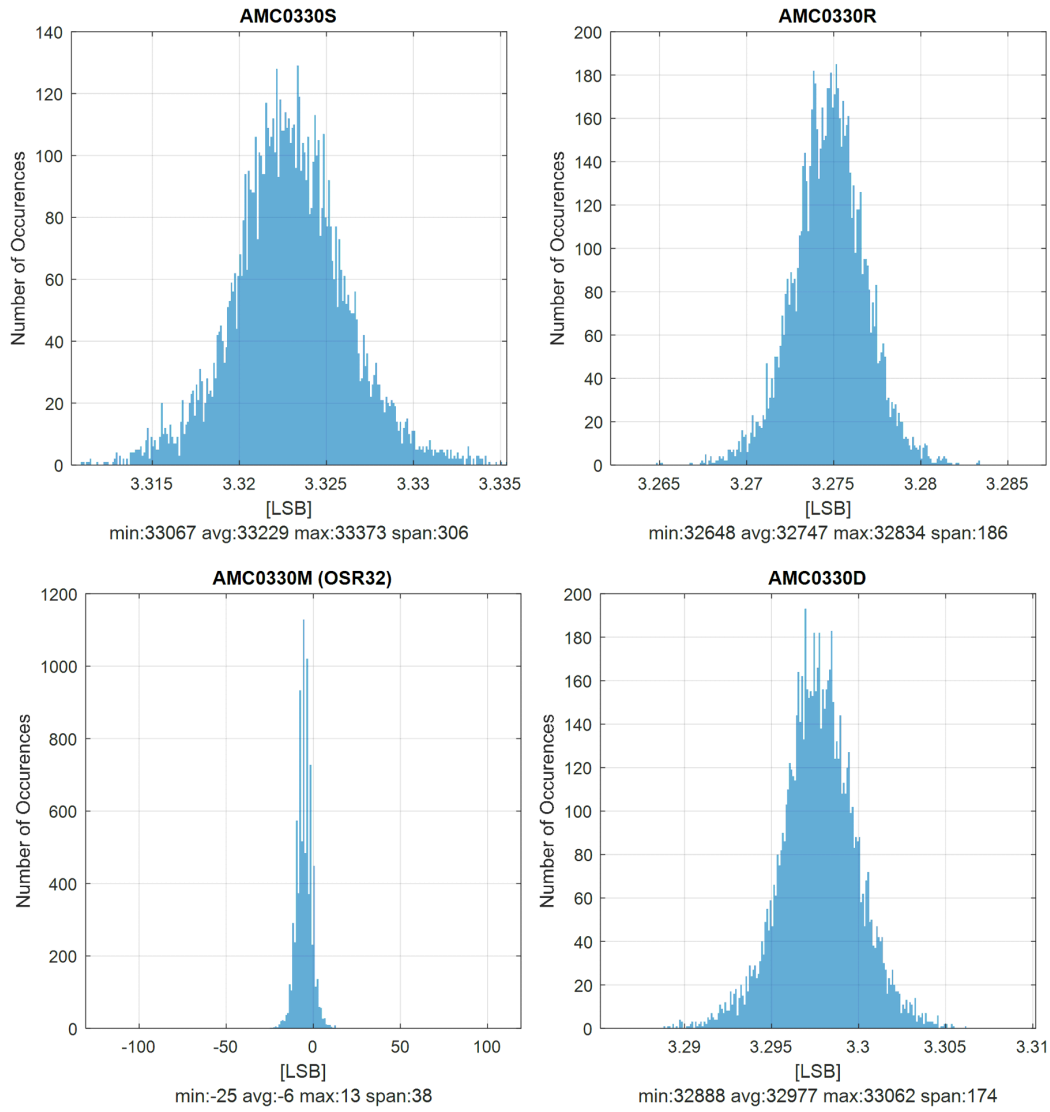


图 1. 隔离器件输出代码柱状图比较 ($V_{IN}=0V$)

商标

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、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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月