

Technical Article

为每一款设计实现精密放大器性能



Jacob Fattakhov, marketing manager, high-voltage amplifiers

在消费类产品与工厂系统中，电气化与自动化程度的提高，大幅增加了对更多模拟传感功能的需求：温度、压力，尤其是电压检测。随着检测精度要求日趋严格，硬件工程师需要越来越精密、低偏移的精密放大器（图 1），以支撑更广泛的成本敏感型应用。

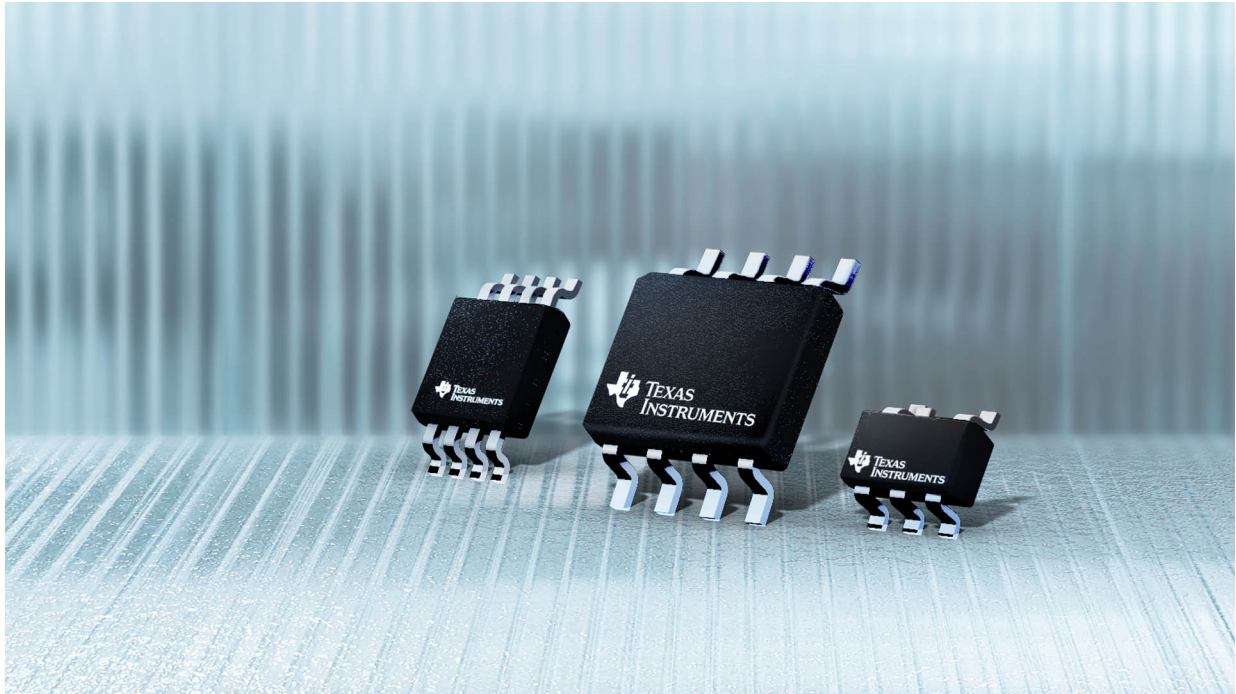


图 1. 成本优化型低偏移精密放大器。

理解信号链误差

全球各行各业持续采用更高的工作电压来提升能效和热管理性能。一个 48V 数据中心机架和一辆由 400V 电池驱动的电动拖拉机，面临着同一个根本性的工程挑战：如何将高压信号分压至 $\leq 5V$ ，再交由微控制器 (MCU) 处理。这一调理过程会经过精密放大器和转换器（即模拟信号链），沿途每个环节都会引入误差。一旦信号被衰减到较低的电压水平，即使是信号链前端引入的微小偏移，也会随着信号通过下游增益级而倍增，累积的误差可能会危及系统的安全性或性能。

设计阶段会出现两类误差。初始偏移误差代表了沿信号路径上每个元件和增益级所贡献的累积偏移，而漂移则反映了该误差在温度波动和元件老化过程中的不断变化。这两者从高压信号进入信号链的那一刻起就加剧了精度问题。尽早解决这两类误差，可以避免在生产测试期间进行校准所带来的额外成本和复杂性。

将最高精度的放大器置于设计前端，能够限制因放大而导致的误差倍增，从而减少输出端的总误差预算，并降低对下游校正或生产校准的需求。图 2 展示了一个电路，其中使用电阻分压器衰减 48V 信号，然后通过精密放大器进行调理，供模数转换器和由 5V 电源轨供电的 MCU 解读。

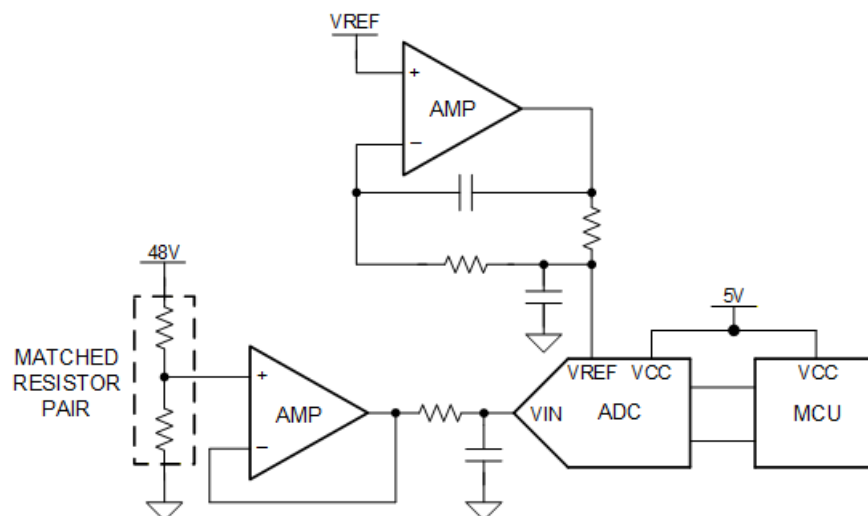


图 2. 数据中心机架中使用的 48V 信号衰减电路。

零漂移与 e-Trim™ 架构

TI 的精密放大器采用两种校正架构来应对上述挑战，这两种架构分别适用于不同的成本敏感型应用需求。TI 设计这两种架构的目的，是为了在数据中心、工业系统和电动汽车所需的各种工作电压和温度条件下保持精度。这两种架构还致力于满足信号链中最重要的规格要求：低初始偏移电压以及低偏移电压温漂，这直接意味着更低的误差和更高的系统精度。

零漂移放大器在工作期间持续采用主动校正技术，以最大限度地减小偏移和漂移，适用于工业过程控制、精密称重和医疗仪器等对直流精度要求严格的应用。

TI 的 e-Trim™ 放大器则在制造过程中采用专有的微调工艺，以生产出具有低偏移电压和低偏置电流的器件，且在工作期间无需运行主动校正电路。这一组合使其非常适合同时关注直流和交流信号完整性的应用，包括传感器接口、音频测量和多级信号调理。

规模化的精密 CMOS 制造

TI 数十年来一直在开发零漂移和 e-Trim 技术，已针对工业、汽车和医疗应用提供了数十亿颗精密放大器。我们的放大器产品系列在此基础上更进一步，将增强型精密互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺与我们的 300mm 晶圆制造设施相结合，助力降低成本、缩小封装尺寸，同时实现产品可靠性和供应保障。

结语

精密模拟性能早已实现，阻碍其广泛部署的一直都是成本。随着这一阻碍逐渐减弱，设计人员可以自由地在设计需要之处应用精密技术，而不仅限于预算允许的范围。随着工业、汽车和基础设施应用的工作电压不断攀升，精度要求也日趋严格，精密放大器为工程师提供了大规模满足这些需求的基础。

其他资源

- 使用 TI 的通用自制放大器电路板开始设计。
- 阅读 TI 技术手册“偏移校正方法：激光修整、e-Trim™ 和斩波器。”
- 查看精密放大器参数表，查找适合您的产品。

商标

e-Trim™ 是德州仪器 (TI) 的商标。

所有商标均为其各自所有者所有。

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