

零漂移放大器：特性和优点

Errol Leon、Richard Barthel、Tamara Alani



简介

零漂移放大器采用独特的自校正技术，可提供超低输入失调电压 (V_{OS})，并且可随时间推移和温度变化 (dV_{OS}/dT) 实现接近于零的输入失调电压漂移，适合通用应用和精密应用。TI 的零漂移技术还具备其他优势，包括无 $1/f$ 噪声、低宽带噪声以及低失真，这就降低了开发复杂性和成本。有两种方法都可以实现这种技术：斩波或自动归零。此技术手册将说明标准连续时间放大器和零漂移放大器之间的差异。

零漂移放大器所适合的应用

零漂移放大器适合各类通用应用和精密应用，信号路径非常稳定。这些放大器具有出色的失调电压和漂移性能，特别适合用于信号路径的早期，此时高增益配置以及与微伏级信号的通信非常常见。利用此技术的常见应用包括精密应变仪和体重秤、电流并联测量以及热电偶传感器、热电堆传感器和桥式传感器接口。

轨至轨零漂移放大器

使用标准连续时间放大器与系统级自动校准机制，可优化系统性能。然而，这种附加自动校准功能需要复杂的硬件和软件支持，这样就延长了开发时间，增加了成本和布板空间。而更高效的替代解决方案则使用零漂移放大器，例如 OPA388。

传统的轨至轨输入 CMOS 架构具有两个差分对：一个 PMOS 晶体管对（蓝色）和一个 NMOS 晶体管对（红色）。支持轨至轨输入运行的零漂移放大器使用相同的互补 P 沟道（蓝色）和 N 沟道（红色）输入配置，如图 1 中所示。

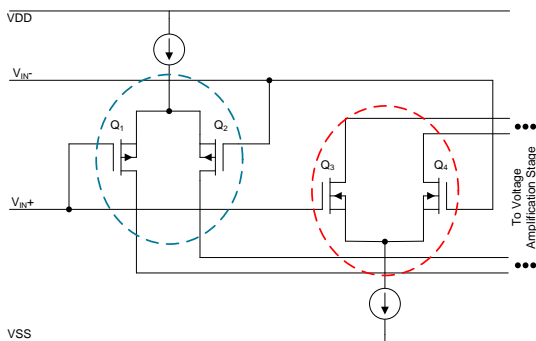


图 1. 简化的 PMOS / NMOS 差分对

此输入架构的结果说明存在一定程度的交叉失真（关于交叉失真的更多信息，请参阅零交叉失真放大器：特性和优点）。然而，放大器的失调电压可通过内部定期校准来校正，从而大幅降低失调电压转换和交叉失真的幅度。图 2 显示了标准 CMOS 轨至轨放大器和零漂移放大器之间失调电压的比较。

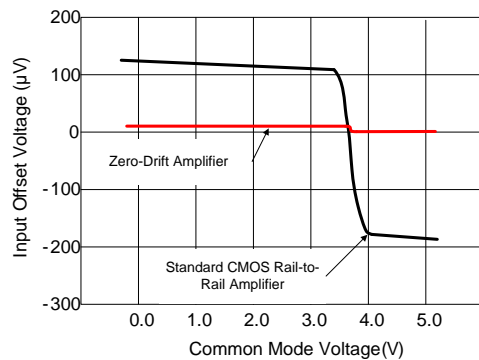


图 2. CMOS 和零漂移输入失调电压的比较

零漂移的工作原理

斩波零漂移放大器的内部结构具有与连续时间放大器同样多的级数，主要的差异是第一级的输入和输出设有一组开关，在每个校准周期对输入信号进行反转。图 3 显示了前半周期。在前半周期，将两组开关配置为将输入信号翻转两次，但失调电压翻转一次。这可使输入信号保持同相，但偏移误差极性相反。

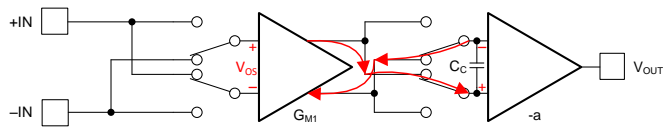


图 3. 内部结构的前半周期

图 4 显示了后半周期。在这里，将两组开关配置为原封不动地传输信号和偏移误差。输入信号从始至终保持同相，这一点非常高效。由于第一个时钟相位和第二个时钟相位的偏移误差极性相反，因此平均误差为零。

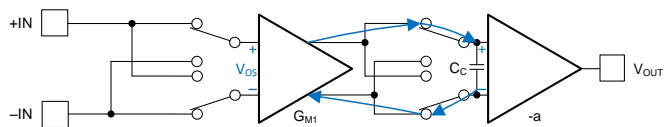


图 4. 内部结构的后半周期

同步陷波滤波器用于相同的开关频率下，以衰减任何残留误差。此原理在放大器整个输入、输出运行过程和环境下仍然有效。实际上，TI 的零漂移技术可提供超高的性能和出色的精度，而这一切都归功于采用了这种自校正机制。

表 1 显示了连续时间放大器和零漂移放大器的 V_{OS} 和 dV_{OS}/dT 的比较。请注意，零漂移放大器上的 V_{OS} 和 dV_{OS}/dT 小三个数量级。

表 1. 输入失调电压和漂移的比较

器件		V_{OS} (μV)	dV_{OS}/dT ($\mu V/^{\circ}C$)
OPA388 (零漂移)	典型值	0.25	0.005
	最大值	5	0.05
OPA2325 (连续时间)	典型值	40	2
	最大值	150	7.5

自动归零需要不同的拓扑，但功能相似。自动归零技术在输出端的失真较小。斩波可以降低宽带噪声。

零漂移放大器的噪声

通常，零漂移放大器具有最低的 $1/f$ 噪声 (0.1Hz – 10Hz)。 $1/f$ 噪声（也称为闪烁噪声或粉色噪声）是低频时的主要噪声源，在精密直流应用中非常不利。零漂移技术利用定期自校正机制有效地消除了慢变失调误差（例如温漂和低频噪声）。

图 5 显示了零漂移放大器（红色）和连续时间放大器（黑色）的 $1/f$ 噪声和宽带电压噪声的频谱密度。请注意，零漂移曲线没有 $1/f$ 电压噪声。

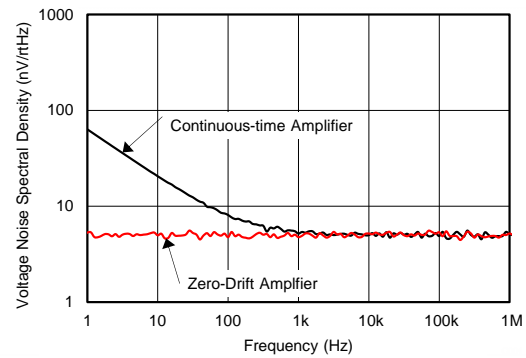


图 5. 电压噪声比较

重申一下，为什么选择零漂移呢？

零漂移放大器提供超低输入失调电压，可随温度变化和时间推移实现接近于零的输入失调电压漂移，并且没有 $1/f$ 电压噪声，这些设计因素对于通用应用和精密应用至关重要。

其他资源

下面的表 2 突出显示了一些 TI 零漂移放大器。如需完整列表，请查看我们的参数搜索工具结果，网址为：ti.com/opamps。

表 2. TI 的零漂移放大器

器件	优化参数
OPA388 2.5V < V_S < 5.5V	零交叉失调电压（最大值）：5 μV ，温漂（最大值）：0.05 $\mu V/^{\circ}C$ ，GBW：10MHz，噪声：7nV/ \sqrt{Hz} ，RRIO
OPA2333P 1.8V < V_S < 5.5V	2mm x 2mm SON 封装，失调电压（最大值）：10 μV ，温漂（最大值）：0.05 $\mu V/^{\circ}C$ ， $I_{Q(max)}$ ：25 $\mu A/Ch$ ，RRIO
OPA333 1.8V < V_S < 5.5V	失调电压（最大值）：10 μV ，温漂（最大值）：0.05 $\mu V/^{\circ}C$ ， $I_{Q(max)}$ ：25 $\mu A/Ch$ ，RRIO
OPA188 4V < V_S < 36V	失调电压（最大值）：25 μV ，温漂（最大值）：0.085 $\mu V/^{\circ}C$ ，GBW：2MHz，噪声：8.8nV/ \sqrt{Hz} ，RRIO
OPA317 1.8V < V_S < 5.5V	失调电压（最大值）：20 μV ，温漂（最大值）：0.05 $\mu V/^{\circ}C$ ， $I_{Q(max)}$ ：35 $\mu A/Ch$ ，RRIO
OPA189 4.5V < V_S < 36V	失调电压（最大值）：3 μV ，温漂（最大值）：0.02 $\mu V/^{\circ}C$ ，GBW：14MHz，噪声：5.2nV/ \sqrt{Hz} ，RRIO

表 3. 相关文档

SBOA181	零交叉放大器：特性和优点
---------	--------------

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（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，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(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、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司