

利用零漂移放大器实现高精度系统设计

Muna Acosta 产品营销工程师

Vicky Wong 应用工程师

Analog Devices Inc.

什么是零漂移放大器？

顾名思义，零漂移放大器是指失调电压漂移接近于0的放大器。它连续自动校正任何直流误差，实现超低水平的失调电压、时间漂移和温度漂移。零漂移放大器的常见特性包括：超低失调电压和漂移、高开环增益、高电源抑制、高共模抑制以及零1/f噪声。

零漂移放大器有哪些常见应用？

零漂移放大器常用于使用低幅度信号、频率低于100Hz、要求高闭环增益的精密应用。此类应用包括：精密电子秤、称重传感器、桥式/热电偶传感器前端、医疗仪器和精密计量设备。

为什么零漂移放大器常用于低频传感器信号调理系统？

传感器产生的输出电压通常很低，需要通过具有高增益、低噪声和精密直流性能的信号调理电路进行调理。然而，失调电压、漂移和1/f噪声会引起误差，尤其会影响直流或低频、低电平电压测量。这些直流不精确性被电路增益级放大后，会导致输出电压偏移。因此，必须最大程度地降低失调电压和漂移，消除1/f噪声，利用零

漂移放大器可以实现最佳的信号调理。

零漂移设计技术有哪些？

零漂移放大器可以采用不同的技术来设计：自稳零、斩波或二者之组合。每种技术都有其优缺点，适合不同的应用。自稳零使用采样保持技术，由于噪声折回基带，其带内电压噪声较大。斩波使用信号调制和解调技术，基带噪声较低，但在斩波频率及其谐波处会产生噪声能量谱。为了降低低频噪声和斩波频率处的噪声能量，可以综合使用这两种技术。

哪种设计技术更适合我的应用？

这取决于您的具体应用。斩波放大器更适合直流或低频应用，自稳零放大器则更适合宽带应用。综合运用自稳零和斩波技术的零漂移放大器适用于宽带宽和低噪声应用。然而，最新推出的零漂移放大器ADA4528-1采用创新斩波技术，实现了更高的斩波频率(200KHz)、更低的失调电压、漂移和噪声。这些特性使它能够在传统斩波放大器无法使用的宽带应用。

业界最新的零漂移放大器设计技术是什么？

零漂移放大器设计技术已经取得了多项突破。最近，ADI公司为一种新型斩波技术申请了专利，它利用一个称为自动校正反馈(ACFB)的本地反馈环路来消除失

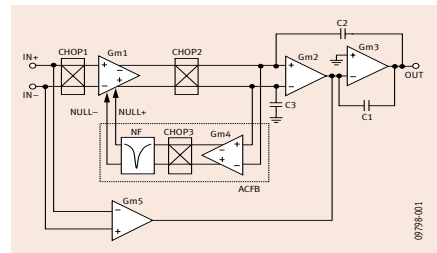


图1：放大器功能框图

调电压。该反馈环路有助于实现更低的失调电压和漂移，从而防止在整个输出中出现电压纹波。其简化框图如图1所示。它由一条带自动校正反馈(ACFB)功能的高直流增益路径和一条高频前馈路径并联而成。输入基带信号最初由输入斩波开关网络CHOP1调制。然后，输出斩波开关网络CHOP2解调输入信号，并将跨导放大器Gm1的初始失调和1/f噪声调制到斩波频率。在ACFB环路中，初始失调和1/f噪声由斩波网络CHOP3解调到直流量，经过陷波滤波器滤波后馈入Gm1的调零输入端。Gm1进而消除初始失调和1/f噪声。这样，ACFB环路有选择性地抑制不需要的失调电压和1/f噪声，同时又不会干扰所需的输入基带信号。高频前馈路径的作用是放大接近或高于斩波频率的任何高频输入信号，它还能旁路ACFB环路造成的相移。

零漂移放大器的电压噪声密度特性与非零漂移放大器有何不同？

1/f噪声又称闪烁噪声，是半导体器件的固

有特性，随着频率降低而提高。因此，它是直流或低频时的主要噪声。放大器的1/f转折频率是指闪烁噪声与宽带噪声相等时的频率。图2显示了一个非零漂移放大器的电压噪声密度示例，其1/f转折频率为800Hz。对于直流或低频应用，1/f噪声是主要的噪声源，如果被电路噪声增益放大，它会产生显著的输出电压噪声。另一方面，零漂移放大器对该电压噪声进行整形，以便消除1/f噪声。由于1/f噪声表现为缓慢变化的失调量，因此能被斩波技术有效消除。当噪声频率接近DC时，校正变得更加有效，噪声随着频率降低而指数式提高的倾向得以消除。因此，比起标准型低噪声放大器，零漂移放大器的0.1Hz至

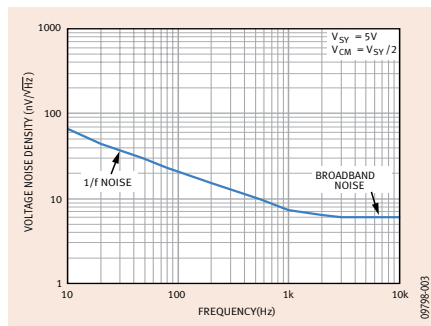


图2: 非零漂移放大器: 电压噪声密度与频率的关系

10Hz电压噪声通常低的多，因为标准型低噪声放大器的0.1Hz至10Hz电压噪声易受1/f噪声的影响。图3显示了一个无1/f电压噪声的零漂移放大器的电压噪声密度。

关于低噪声零漂移放大器的更多信息:

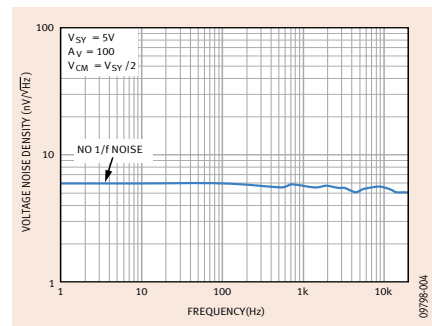


图3: 零漂移放大器: 电压噪声密度与频率的关系

AN-1114: “低噪声零漂移放大器实现 $5.6 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的电压噪声密度”

www.analog.com/zh/AN-1114

AN-940: “最佳噪声性能: 低噪声放大器选择指南”

www.analog.com/zh/AN-940

广告

ADI公司推出业界极低噪声的零漂移放大器——ADA4528-1

零漂移运算放大器ADA4528针对要求精度不随时间和温度而变化、且无需系统校准的仪器仪表和医疗应用而设计。突破性设计实现了99nVp-p的超低积分电压噪声(0.1Hz至10Hz)。与最接近的竞争放大器相比，ADA4528的电压噪声低26%，功耗低40%。这不仅能提高系统信噪比(SNR)，还可降低噪底，支持模数转换器(ADC)在150kHz带宽范围内实现24位分辨率，同时改善系统精度。

ADA4528-1如何消除失调和漂移?

ADA4528-1采用已获专利的创新斩波技术来抑制放大器中失调相关的纹波。与在交流域对纹波进行滤波的其它斩波技术不同，这种技术在直流域

消除放大器的初始失调。ADA4528-1利用一个称为自动校正反馈(ACFB)的本地反馈环路来消除失调，从而防止整体输出中出现电压纹波。

与前一代产品相比，ADA4528-1有何优势?

一直以来，斩波放大器的基带噪声相当大，斩波频率较低，致使它只能用

在DC和频率低于100Hz的应用。对于要求斩波放大器具有更大可用带宽的应用，业界极低噪声的零漂移放大器ADA4528-1是理想之选。创新的斩波技术使其斩波频率提高到200kHz，同时实现了 $5.6 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的超低电压噪声密度。这一设计突破使得ADA4528-1能够用在传统斩波放大器无法使用的宽带应用。

ADI公司最新零漂移放大器

产品型号	V_{S_Y} (V)	V_{OS} 最大值 (μV)	TCV _{OS} 最大值 (μV/°C)	GBP (MHz)	I_{S_Y}/Amp 最大值 (mA)	e_n @1 kHz (nV/√Hz)	CMRR 最小值 (dB)	PSRR 最小值 (dB)	I_p 最大值 (pA)	轨到轨输入	轨到轨输出
ADA4528-1 单通道	2.2 - 5.5	2.5	0.015	4	1.7	5.6	135	130	400	是	是
ADA4528-2 双通道											
AD8628 单通道	2.7 - 5	5	0.02	2	1	22	110	115	100	是	是
AD8629 双通道											
AD8630 四通道											
AD8638 单通道	5 - 16	9	0.06	1.35	1.3	60	118	127	40	否	是
AD8639 双通道											
AD8538 单通道	2.7 - 5.5	13	0.1	0.43	0.18	50	110	105	25	是	是
AD8539 双通道											
ADA4051-1 单通道	1.8 - 5.5	15	0.1	0.115	0.018	95	105	110	50	是	是
ADA4051-2 双通道											

预发布

更多信息请访问: www.analog.com/zh/zerodrift, www.analog.com/zh/ADA4528