

Analog Applications Journal

BRIEF

静态电流仅17 μ A的新型零漂移放大器

作者：Thomas Kugelstadt
资深应用工程师 · 工业系统部

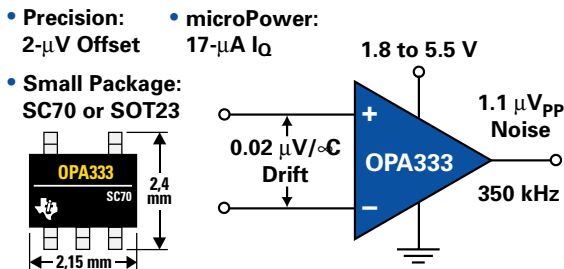


图 1. OPA333 性能特性

高级低功耗应用不仅要求极小的偏移与失调漂移，还要求极低的噪声。前端低噪声放大器配合信号调节电路与输入传感器构成了一个电池供电的通常为便携式或独立式的微型系统。由于要确保低功耗，因此必须消除1/f(闪烁)噪声并降低整体噪声，使之保持在基本的热噪声水平上，这主要由输入级允许的流耗决定。新型低功耗低噪声限幅自稳运算放大器OPA333能满足上述要求，其电源电压为1.8V，静态电流仅为17 μ A。该放大器提供较高的开环增益， $A_{OL} = 130$ dB，在相角裕度为60°时增益带宽(GBW)为350kHz。OPA333的偏移与漂移典型值分别为： $V_{OS} = 2\mu$ V 而 $dV_{OS}/dT = 20$ nV/ $^{\circ}$ C，在0.01至10Hz频带上的瞬时噪声为1.1 μ V $_{pp}$ 。

最新一期在线精彩内容

- $\Delta\Sigma$ 转换器中的转换时延
- 支持热调节、输入过压保护功能的
- 安全增强型线性锂离子电池充电器
- 四对高功率PoE应用中的电流平衡
- 支持基于TI DSP的高速USB OTG功能
- 静态电流仅17 μ A的新型零漂移放大器
- 数据手册建模工具有助于分析功率层与接地层的压降，
- 确保内核电压在容限之内
- 如欲下载该版本，敬请访问：www.ti.com/aa



此外，电压噪声的频谱密度限制在55nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。OPA333支持轨至轨输入与输出，而且具有SC70和SOT23两种封装版本，其工作温度范围设定在-40 $^{\circ}$ C到125 $^{\circ}$ C。

器件简介

OPA333包含一个与宽频带路径(g_{m4} 与 g_{m3})并行的高精度路径(g_{m1} 、 g_{m2} 与 g_{m3}) (见图2)。高精度路径确保了高开环增益，而宽频带路径则支持高增益带宽与高相位裕度。为了在极低工作电源电压下实现高增益，高精度路径采用三级嵌套式米勒补偿(NMC)级联放大器。通过仔细设计 g_m 级并适当选择米勒补偿电容，我们

可将主导极点转变为极低频率，而将次要极点变为极高频率，从而扩大了稳定工作的范围。

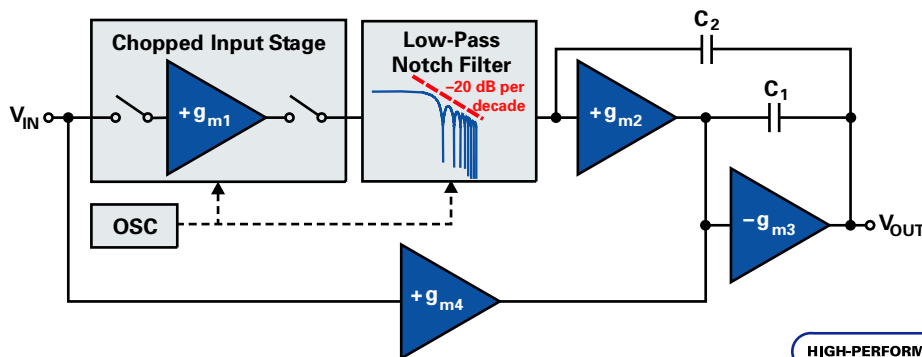


图 2. OPA333 简化结构图

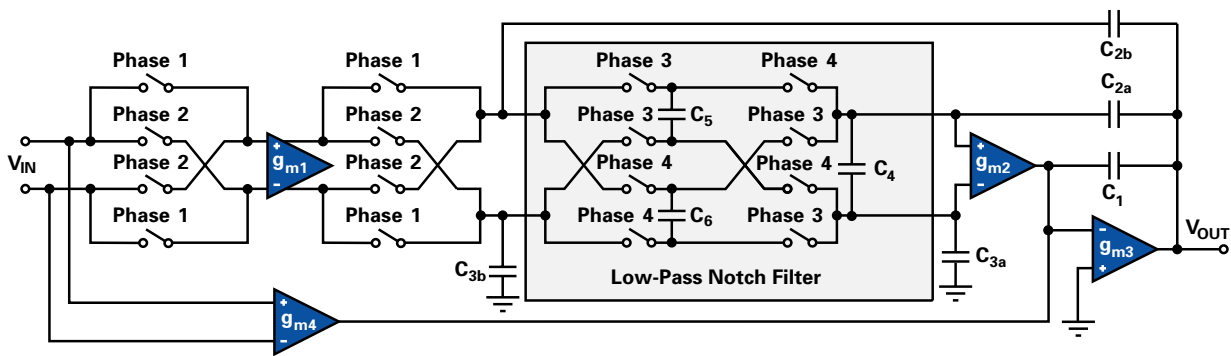


图 3a. OPA333 详尽结构图

偏移消除

从图2可以看出，除 g_{m1} 外，所有其它级的输入偏移电压都被前置放大级的开环增益严重抑制。因此， g_{m1} 的非表减偏移要求通过斩波或自动归零来进行主动消除。

自动归零放大器(AZA)可消除偏移与 $1/f$ 噪声，但是会提高基带的白噪声。与此相对比，限幅自稳放大器能将基带噪声降至初始白噪声大小，但会生成较大的输出纹波。由于输入级噪声与其静态电流(I_Q)成反比，因此AZA需要提高 I_Q 才能实现所需的低噪声。由于提高 I_Q 会与低功耗放大器的要求相抵触，因此较好的办法是采用限幅自稳放大器，并想办法来滤波输出纹波。

限幅级不会给基带来宽频带折叠组件(wideband folding component)，而限幅过程可调制偏移到此前没有噪声存在的较高频率范围，因此不会提高输出纹波。为了使输出纹波降低500乃至更多，OPA333在偏移消除路径中采用开关电容器(SC)与低通陷波滤波器，让陷波点与限幅频率及其谐波相交。

最终的放大器系统

图3a显示了限幅自稳放大器的实际实施情况，图3b显示了计时波形。在第一和第二阶段中，输入信号得到调制。在第三和第四阶段中，电容器 C_5 和 C_6 顺序工作。 C_5 用来自 g_{m1} 的电流充电，而 C_6 的电荷则转移给积分器 g_{m2} ，反之亦然。请注意，输入信号调制两次，一次由 g_{m1} 的输入开关调制，第二次则由输出开关调制。对应于 V_{IN} ，来自 g_{m1} 的电流极性或方向在第一和第二阶段中保持一致。但是，失调电压(或失调电流)仅由输出开关调制一次，其极性在从第一到第二阶段的过程中会发生变动。

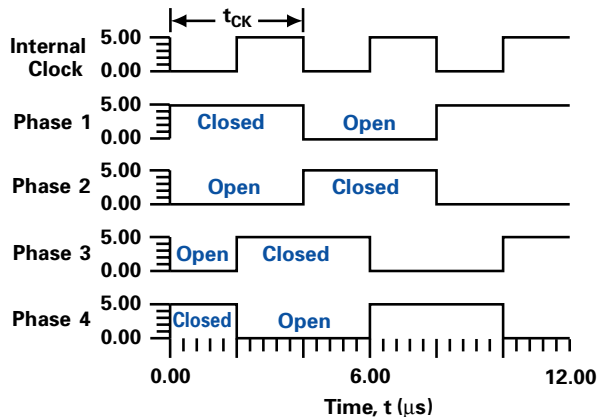


图 3b. OPA333 偏移消除时序

在第三阶段的前半部分(即时钟周期中的 $t_{CK}/2$)，第一阶段开关关闭，这样来自 g_{m1} 的信号(I_{SIG})与失调(I_{OS})电流组合($I_{SIG} + I_{OS}$)会给 C_5 充电。在第三阶段的后半部分，第二阶段开关关闭，而失调电流方向变化，这样 C_5 上的电荷就成为 $I_{SIG} - I_{OS}$ 。电容器的充电电荷计算公式如下： $Q = I_C \times t$ ，这里 $t = t_{CK}/2$ 、 $I_{C1} = I_{SIG} + I_{OS}$ 、而 $I_{C2} = I_{SIG} - I_{OS}$ 。因此，在第三阶段结束之后， C_5 的电荷计算公式如下： $Q_{C5} = (I_{SIG} + I_{OS}) \times t_{CK}/2 + (I_{SIG} - I_{OS}) \times t_{CK}/2 = I_{SIG} \times t_{CK}$ 。无偏移的电荷随后在第四阶段转移给下一级，而相同过程又适用于 C_6 。

总结

OPA333是一种出色的零漂移低功耗放大器。限幅自稳技术确保在极低电源电流上实现低基带噪声。集成低通滤波可去除输入偏移的限幅调制产生的输出纹波。由于放大器的噪声功率密度与其静态电流成反比，因此乘积($e_n^2 \times I_Q$)能反映出优质因数，表示在偏移消除过程后降低剩余基带噪声到理想水平还需要多少尾电流。增益带宽与静态电流之比 GBW/I_Q 则提供了更常见的数据，能反映出单位微安所实现的带宽值。就上述两种优质数值而言，OPA333相对于竞争器件而言都体现了出色的性能。

参考文献

1. OPA333 数据表 (SBOS351B)
2. amplifier.ti.com

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/optical network
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated