



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102158181 A

(43) 申请公布日 2011.08.17

(21) 申请号 201110061266.3

H03F 3/45 (2006.01)

(22) 申请日 2011.03.15

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区北京市
100084 - 82 信箱

(72) 发明人 方华军 赵晓 梁仁荣 王敬
许军

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理
有限公司 11246

代理人 史双元

(51) Int. Cl.

H03F 1/42 (2006.01)

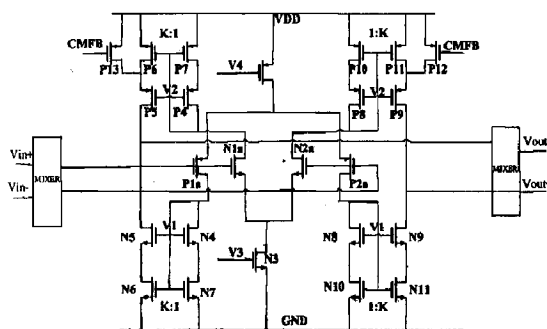
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 2 页

(54) 发明名称

基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器

(57) 摘要

本发明公开了属于模拟集成电路设计领域的一种基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器。包括两个混频器、分流输入级、放大回收电流的中间级和轨到轨输出级；其中一个混频器置于放大器输入级之前，另一个混频器置于放大器输出级之后，实现对输入信号的升频和降频功能；分流输入级将输入电压信号转换成电流信号，并形成正反双向的小信号电流；放大回收电流的中间级由四个低压电流镜组成，实现对回收电流的放大；轨到轨输出级实现信号的轨到轨输出；本发明具有在不明显增加功耗的情况下提高近三倍带宽的能力；降低低频 $1/f$ 噪声；增加低频增益；同时还可以在保持同样的带宽、噪声等性能下降低一半以上功耗，进一步提高该电路的性能。



1. 一种基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,其特征在于,所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器包括两个混频器、分流输入级、放大回收电流的中间级和轨到轨输出级;其中两个混频器中一个置于放大器输入级之前,另一个置于放大器输出级之后,实现对输入信号的升频和降频功能;分流输入级由 PMOS 管 P1a、P2a 以及 NMOS 管 N1b、N2b 组成;所述放大回收电流的中间级包括由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜,由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜,由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜以及由 P8、P10、P11 组成的第四电流镜;所述轨到轨输出级是由 NMOS 管 N5、N9 以及 PMOS 管 P5、P9 组成;

所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的正负输入信号先通过一个混频器进行混频,把信号调制到载波频带范围内,然后正向输入信号通过输入管 P1a 将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜被放大 K 倍,然后通过 N5 流向负向输出端;同时,正向输入信号通过输入管 N1b 将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜被放大 K 倍,然后通过 P5 也流向负向输出端;负向输入信号通过输入管 P2a 将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜被放大 K 倍,然后通过 N9 流向正向输出端;同时,负向输入信号通过输入管 N2b 将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜被放大 K 倍,然后通过 P9 也流向正向输出端,最后正负输出信号再次经过一个混频器,将信号调制到基带附近。其中的各个 MOS 管采用常规 MOS 晶体管,或采用高迁移率的应变硅 MOS 管,以进一步提高该电路的性能。

2. 根据权利要求 1 所述基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,其特征在于,所述输入级的 PMOS 管和 NMOS 管应该保持其跨导一致,则 PMOS 管的尺寸是 NMOS 管的尺寸的两倍。

3. 根据权利要求 1 所述基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,其特征在于,所述由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜与输入级的 P1a 管漏极连接,由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜与输入级的 P2a 管漏极连接,由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜与输入级的 N1b 管漏极连接,由 PMOS 管 P8、P10、P11 组成的第四电流镜与输入级的 N2b 管漏极连接。

4. 根据权利要求 1 所述基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,其特征在于,正负输入信号先通过一个混频器进行混频再送到放大器的输入端,最后放大器的正负输出信号再次经过另一个混频器进行降频再送到输出端。

基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器

技术领域

[0001] 本发明属于模拟集成电路设计领域,特别涉及一种基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器。

背景技术:

[0002] 20 世纪年代以来,随着亚微米、超深亚微米技术的发展和系统芯片技术的日益成熟,采用电池供电的便携式电子产品获得了迅猛发展和快速普及。由于电池技术的发展远远跟不上与电子系统的发展,从心脏起搏器到助听器、移动电话和各种各样产品都对电子产品的供电电压提出了严格的限制。另一方面,随着器件尺寸不断的缩小,工艺的击穿电压也在降低,亦对电源电压提出了严格的限制。电子器件性能要求越来越高,开发周期越来越短,对开发与生产成本的制约也日趋严格,使低压模拟集成电路受到了极大的关注。

[0003] 运算放大器是模拟电路中最重要电路单元,广泛应用于模拟电路和混合信号处理电路中,如开关电容,模数、数模转换器等。但是由于晶体管的阈值电压并不随着特征尺寸的减小而线性减小,所以在低电源电压环境下,运算放大器的各项性能指标会大大减小。为了提高运放的性能,增大电路处理信号的带宽范围,就必须对传统的折叠共源共栅运放进行改进设计,这就促成了各种新型的低功耗宽带放大器的产生与发展。同时在低压环境下,运算放大器低频噪声的影响会增大。为了提高运放的噪声性能,增大信号的信噪比,就必须对运放的结构进行改进设计,这就促成了斩波稳定放大器的产生与发展。

[0004] 近几年来,低功耗宽带斩波稳定运算放大器已大量涌现,各大公司也纷纷推出自己相应的产品。其应用十分广泛,可用在 DVD 播放器、声卡、手机、系统、传感器等各种电路当中。传统的折叠共源共栅斩波稳定放大器主要具有以下几个特点:(1) 低频 $1/f$ 噪声被很好的抑制。(2) 具有较高的低频增益和较宽的带宽。(3) 输出电压可以达到电源电压正负两级。

[0005] 传统的斩波稳定折叠共源共栅放大器的电路结构如图 1 所示。输入信号先经过一个混频器,然后进入放大器的输入级,输入级由两个 PMOS 管 P1、P2 组成,其将正反两个方向的电流同时折叠流经 N3、N4 到正负输出端,最后放大器的输出端再次经过一个混频器到输出端。其中, NMOS 管 N1、N2 都起到电流源的作用。但是,传统的斩波稳定折叠共源共栅放大器存在以下不足:

[0006] 1. 相比于其他类型的放大器,其静态功耗高。

[0007] 2. 电流源 N1、N2 只是充当电流源,未被利用传输小信号电流,是一种“浪费”。

[0008] 3. 在功耗要求严格的情况下,难以达到高带宽的性能。

发明内容

[0009] 本发明的目的是为克服已有技术的不足之处,提出一种基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,其特征在于,所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器包括两个混频器、分流输入级、放大回收电流的中间级和轨到轨输出级;其中两个混频器中一个

置于放大器输入级之前,另一个置于放大器输出级之后,实现对输入信号的升频和降频功能;分流输入级由 PMOS 管 P1a、P2a 以及 NMOS 管 N1b、N2b 组成;所述放大回收电流的中间级包括由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜,由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜,由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜以及由 P8、P10、P11 组成的第四电流镜;所述轨到轨输出级是由 NMOS 管 N5、N9 以及 PMOS 管 P5、P9 组成;

[0010] 所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的正负输入信号先通过一个混频器进行混频,把信号调制到载波频带范围内,然后正向输入信号通过输入管 P1a 将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜被放大 K 倍,然后通过 N5 流向负向输出端;同时,正向输入信号通过输入管 N1b 将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜被放大 K 倍,然后通过 P5 也流向负向输出端;负向输入信号通过输入管 P2a 将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜被放大 K 倍,然后通过 N9 流向正向输出端;同时,负向输入信号通过输入管 N2b 将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜被放大 K 倍,然后通过 P9 也流向正向输出端,最后正负输出信号再次经过一个混频器,将信号调制到基带附近。其中的各个 MOS 管采用常规 MOS 晶体管,或采用高迁移率的应变硅 MOS 管,以进一步提高该电路的性能。

[0011] 所述输入级的 PMOS 管和 NMOS 管应该保持其跨导一致,则 PMOS 管的尺寸是 NMOS 管的尺寸的两倍。

[0012] 所述由 NMOS 管 N4、N6、N7 组成的第一电流镜与输入级的 P1a 管漏极连接,由 NMOS 管 N8、N10、N11 组成的第二电流镜与输入级的 P2a 管漏极连接,由 PMOS 管 P4、P6、P7 组成的第三电流镜与输入级的 N1b 管漏极连接,由 PMOS 管 P8、P10、P11 组成的第四电流镜与输入级的 N2b 管漏极连接。

[0013] 本发明的这种新型的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器与传统设计方案相比具有以下几个明显的优点:具有在不明显增加功耗的情况下提高近三倍带宽的能力;降低低频 $1/f$ 噪声;增加低频增益;同时还可以在保持同样的带宽、噪声等性能下降低一半以上功耗等诸多优点。

附图说明

[0014] 图 1 为传统折叠共源共栅斩波稳定放大器的电路结构图。

[0015] 图 2 为本发明的新型低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的电路结构图。

[0016] 图 3 为本发明的新型低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器与传统放大器的频响仿真对比图。

具体实施方式

[0017] 本发明提供的基于 MOS 器件的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器,一种具体实施方式采用 CMOS 工艺实现。在图 2 中,所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器包括两个混频器、分流输入级、放大回收电流的中间级和轨到轨输出级;其中两个混频器中一个置于放大器输入级之前,另一个置于放大器输出级之后,实现对输入信号的升频和降频功能;分流输入级由 PMOS 管 P1a、P2a 以及 NMOS 管 N1b、N2b 组成;其中为了保持 PMOS 管与 NMOS 管

跨导一致,PMOS管的尺寸是NMOS管的尺寸的两倍。所述放大回收电流的中间级包括由NMOS管N4、N6、N7组成的第一电流镜,由NMOS管N8、N10、N11组成的第二电流镜,由PMOS管P4、P6、P7组成的第三电流镜以及由P8、P10、P11组成的第四电流镜;所述轨到轨输出级是由NMOS管N5、N9以及PMOS管P5、P9组成。该低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的各MOS管具有如下链接结构:

[0018] 正负输入信号与第一个混频器相连接,第一个混频器的正向输出与P1a和N1a的栅极相连,第一个混频器的负向输出与P2a和N2a的栅极相连,P1a的漏极与N6、N7的栅极相连,N1a的漏极与P6、P7的栅极相连,N2a的漏极与P10、P11的栅极相连,P2a的漏极与N10、N11的栅极相连,P5的漏极与N5的漏极相连,然后与第二个混频的正向输入相连,N9的漏极与P9的漏极相连,然后与第二个混频器的负向输入相连;P12和P13的栅极一起与共模反馈放大电路CMFB相连。

[0019] 所述低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的工作原理是正负输入信号先通过一个混频器进行混频再送到放大器的输入端,最后放大器的正负输出信号再次经过另一个混频器进行降频再送到输出端。

[0020] 如图2所示,正负输入信号先通过一个混频器进行混频,把信号调制到载波频带范围内,然后正向输入信号通过输入管P1a将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由NMOS管N4、N6、N7组成的第一电流镜被放大K倍,然后通过N5流向负向输出端;同时,正向输入信号通过输入管N1b将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由PMOS管P4、P6、P7组成的第三电流镜被放大K倍,然后通过P5也流向负向输出端;负向输入信号通过输入管P2a将电压信号转换成向上的电流信号,该信号电流通过由NMOS管N8、N10、N11组成的第二电流镜被放大K倍,然后通过N9流向正向输出端;同时,负向输入信号通过输入管N2b将电压信号转换成向下的电流信号,该信号电流通过由NMOS管N8、N10、N11组成的第二电流镜被放大K倍,然后通过P9也流向正向输出端,然后通过P5也流向负向输出端,最后经过混频器降频到输出端。由此可得,输入等效跨导被放大了2K倍。本发明中,K的值被取为3,因此放大器的带宽被放大到原来的三倍。最后正负输出信号再次经过一个混频器,将信号调制到基带附近。其中的各个MOS管采用常规MOS晶体管,或采用高迁移率的应变硅MOS管,以进一步提高该电路的性能。

[0021] 所述由NMOS管N4、N6、N7组成的第一电流镜与输入级的P1a管漏极连接,由NMOS管N8、N10、N11组成的第二电流镜与输入级的P2a管漏极连接,由PMOS管P4、P6、P7组成的第三电流镜与输入级的N1b管漏极连接,由PMOS管P8、P10、P11组成的第四电流镜与输入级的N2b管漏极连接。

[0022] 图3为本发明的新型的低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器与传统折叠共源共栅斩波稳定放大器的频响仿真结果对比图。从图中可以看出,(在K值取为3时)本发明的新型低功耗带宽倍增斩波稳定运算放大器的带宽相比于传统折叠共源共栅斩波稳定放大器提高三倍。同时,低频增益仍然略有提高。由于低频1/f噪声被调制到了高频,所以在低频处,噪声得到了很好的抑制。

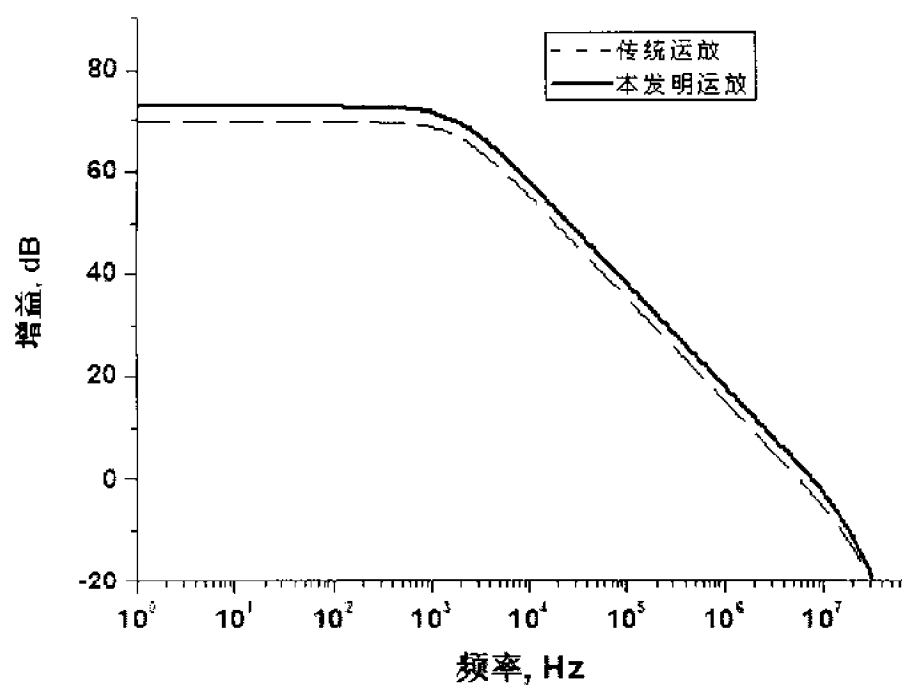


图 3