



您的位置：首页 -> 模拟电路 -> 正文

低电压CMOS运算放大器输入级的研究

2007.04.02 来自：今日电子

近年来，电子产品不断向小型化和便携式方向发展，需要低电压、低功耗的集成电路，以延长电池的使用寿命。CMOS技术可以将包括数字电路和模拟电路的整个系统同时封装和制造在一个芯片上。因此，低电压、低功耗的要求，不仅是对数字集成电路，也同样针对于模拟集成电路。由于数字集成电路工作在开关状态，通过合理减小电路尺寸，不难满足其要求。但是，对于模拟集成电路，由于场效应管的阈值电压(V_{th})不随电源电压的降低而成比例地下降，如果采用低电压供电，将使输出范围大大减小，输出电流的信噪比(S/N)减小，共模抑制比(CMRR)降低等。本文主要讨论CMOS低电压运算放大器输入级所面临的问题和解决的方法。

轨至轨输出的差分输入放大电路

通常，集成运算放大器的差分输入级的阈值电压为1V，电源供给电压为3V，所以输入的共模电压范围就要小于2V，这么小的共模电压范围使得输出范围很小，限制了运算放大器的应用。这个问题对低电压模拟电路的影响更加突出。为了扩大运放的线性输出范围，很多研究者和模拟集成电路设计人员对此做了大量的研究，提出了一种全新的集成运算放大器的输入级电路，使输出范围为接近于正电压到负电压(Rail-to-Rail)。该电路将一对N沟道差分输入绝缘栅场效应管和一对P沟道差分输入绝缘栅场效应管并联做为集成运放的差动输入，图1为该输入级的电路示意图。从图中可以得到，当共模输入VCM接近于电源负电压时，只有P沟道场效应管导通；当共模输入VCM接近于正电源电压时，只有N沟道场效应管导通；而当共模输入VCM在正电源电压和负电源电压之间时，两对MOS场效应管同时导通。因此，只要VCM设置在正负电源电压之内，至少有一对MOS场效应管导通。所以输入电路的操作范围提高到接近于从正电源电压到负电源电压的整个范围。

但是，差分放大电路的电压放大倍数和输出阻抗取决于该电路的互导 gm_T 。可以看到，该电路的总互导是两对差分运放各自的互导之和，即

$$gm_T = gm_N + gm_P = 2KNIN + 2KPIP \quad (1)$$

其中，KN为NMOS差分输入的工艺参数、KP为PMOS差分输入的工艺参数。

由于 gm_T 在整个差分输入操作范围内不相同，所以不可能得到相同的输出电压和输出阻抗。式1给出了差分输入的互导与两对MOS管的电流之间的关系。其中，如果KN和KP为常数，则 gm_T 决定于IN和IP的平方根之和。如果能设计出两对MOS差分晶体管漏极电流的平方根之和为常数的恒流源电路，就可以得到恒定的输入差分电路的互导值，以实现稳定的电压放大倍

一周热点

1. 全球芯片巨头"鹬蚌相争" 中国制造渔翁得利
2. 主流PC对闪存磁盘说,我哪有能力高攀你?
3. 龙芯电脑计划六月份量产 价位千元左右
4. 商业周刊:全球芯片业正滑入十年来最大低谷
5. 半导体产业:谁拥有中国,谁就拥有世界
6. AMD在美打宣传战 称新型处理器性能超英特尔
7. 苹果推出8微处理器的电脑 最低售价3.2万
8. TI 推出业界最高动态范围124 dB 信噪比的216 kHz采样频率立体声ADC
9. 惠普携AMD推刀片PC 不排斥与英特尔合作
10. 视频MP3音/视频设计的新需求

数和高输出阻抗值。

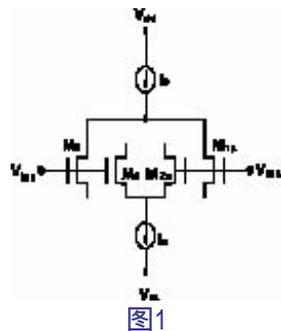


图1

互导为恒定值的差分输入电路

因为MOS场效应管的互导与漏极电流的平方根成正比，如假设N沟道场效应管和P沟道场效应管在其工艺参数上很合适，则 $K_N = K_P = K$ ，所以式1可写为：

$$g_m T = 2k (I_{N+} + I_P) (2)$$

只要NMOS的差分电路电流 I_N 和PMOS的差分电路电流 I_P 的平方根之和为常数，则这个差分电路就实现了恒定互导 $g_m T$ 的宽输出范围、高输出阻抗、高稳定度的运算放大器的差分电路。

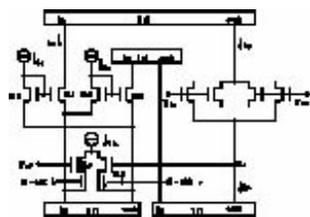
图2是为实现互导为常数所配置的直流偏置电路的运算放大器的差分输入放大器，从图中可以得到：

$$I_{SN} + I_{SP} = I_{O+} + I_{O-} (3)$$

$$I_{SN} + I_{SP} = 4 I_o (4)$$

$$(-1 \quad 1)$$

所以，供给差分输入的恒流源 I_{SP} 和 I_{SN} 决定式3。这两个电流值由差分电路 M_5 和 M_6 和镜像电流源 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 控制。比例因子 决定于 M_5/M_6 的输入电压，即运算放大器的共模电压。



该电路的主要缺点是，如果假设 $K_N = K_P$ ，则电子和空穴迁移率的比例必须要满足一定的要求且为常数。只有这个条件成立，才能使NMOS晶体管和PMOS晶体管的 $(W/L)_N/(W/L)_P$ 与迁移率 μ_n 和 μ_p 配合来满足 $K_N = K_P$ 的假设条件。然而这个条件在集成电路生产过程中是不可能达到。第一，在不同的PMOS和NMOS工艺产生的电子、空穴的迁移率 μ_n/μ_p 大不相同；第二，即使在相同的MOS工艺中，迁移率也有30%的误差。因此，需要设计不同的偏置电路，使差分输入的互导为常数，而不依赖于 K_N 等于 K_P 这个条件。

互导为常数的差分输入电路

利用负反馈，对图2中电路进行改进的集成运放输入电路如图3所示。在这个电路中， K_N 不等于 K_P ，P沟道差分输入直流偏置电流 I_p 是动态的，由P沟道场效应管 M_p 提供。由 M_b 、 M_p 和差

分输入构成的镜像电流源由N沟道场效应管Mb控制，因为Mb的栅极电压是固定电压Vb，当Vin1和Vin2上升时，M3和M3a的源极电流增大，Mb的源极电流和漏极电流下降，这样Ip也随之下降。

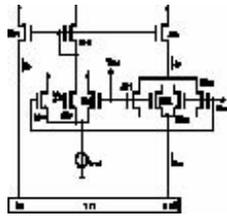


图3

结论

本文所提供的差分输入的方法虽解决了低电压CMOS运算放大器输入级的互导为常数的问题，但是该方法还存在共模抑制比问题，还需要进一步的研究和解决。

参考文献

- 1 Fan You , Shreif Emhabi and Edgar Sanchez-Sinencio , “ Multistage Amplifier Topologies with Nested Gm-C Compensation ” . IEEE J Solid-State Circuits , Vol 32 , No.12 , pp.2000-2011, December 1997
- 2 E. Seevinck and R.J. Wiegink “ Generalized Trans-linear Circuit Principle ” IEEE J Solid-State Circuits, Vol.28, No.6, pp661-666, December 1993

 打印文章

[关于我们](#) - [广告合作](#) - [联系方式](#) - [给我们建议](#) - [器件索引](#)

北京集成电路设计园 量子银座506室 电话:(010)82350740
电子工程世界 版权所有 京ICP证 060456

Copyright © 2005-2007 EEWorld.com.cn, Inc. All rights reserved