

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101373956 B

(45) 授权公告日 2010.09.29

(21) 申请号 200810222364.9

(22) 申请日 2008.09.17

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市 100084-82 信箱

(72) 发明人 王自强 陈曦 张春 王志华

(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 3/45 (2006.01)

审查员 梁韬

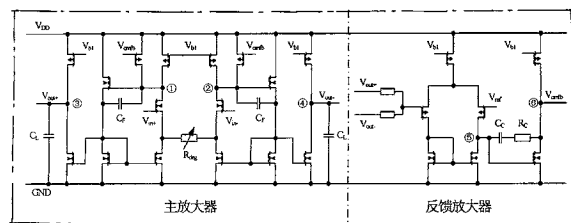
权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 1 页

(54) 发明名称

两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法

(57) 摘要

本发明公开了属于模拟集成电路设计领域的一种两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法。在两级放大器中使用一个共模反馈电路,以减少反馈电路的面积和功耗;两级放大器采用全差分输入输出结构;差分输出端用来对共模输出电平取样;其第一级放大电路存在可控偏置电路,共模反馈的控制信号通过该可控偏置电路同时控制放大器第一级和第二级共模输出电平,反馈放大器采用带有密勒补偿的两级运算放大器实现。该环路中的反馈放大器产生的左半平面零点和主放大器中的某个左半平面极点相消,从而构成了稳定的补偿环路。优点包括更少的反馈电路元件、更低的反馈电路功耗、更高的低频环路增益以及更好的补偿相位裕度。



1. 一种两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法,其特征在于,在两级放大器中使用一个共模反馈电路,该两级放大器的第一级输出端存在极点 P1,第二级输出端存在极点 P2,在共模反馈放大器中,采用带有密勒补偿的两级运算放大器结构,产生极点 P3,三个极点之间应满足  $f_{p3} < f_{p2} < f_{p1}$ ;密勒补偿电容串联电阻接在共模反馈放大器第一和第二输出级之间,共模反馈放大器产生的左半平面零点抵消两级放大器中的极点,使得共模反馈电路具有较大的相位裕度,共模输出电平的能力增强;

共模反馈放大器采用全差分输入输出结构;差分输出端用来对共模输出电平取样,共模反馈放大器的输入信号来源于两级放大器差分输出端提供的共模输出电平;共模反馈放大器的输出信号控制两级放大器中第一级的可控偏置电路,共模反馈的控制信号通过该可控偏置电路同时控制共模反馈放大器第一级和第二级共模输出电平,以减少反馈电路的面积和功耗。

## 两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于模拟集成电路设计领域,特别涉及一种两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法。

### 背景技术

[0002] 当前的集成放大器设计一般采用全差分结构,该结构能够抑制共模干扰及噪声。然而差分放大器的共模输出电平由于制造工艺、工作电压及温度等因素的影响会偏离设计值,因此需要共模反馈电路确定输出直流电平。在设计共模反馈电路时需要考虑环路的稳定性。

[0003] 对于两级放大器,第一级和第二级的输出节点分别对应一个主极点,这两个输出节点被称为“高阻”节点,其直流电平容易受到影响而偏离设计值,因此需要共模反馈电路同时稳定两级输出节点的直流电平。如图 1 的两级放大器,考虑到共模反馈电路的稳定性,每一级各自构成一个反馈电路。两个反馈电路增加了电路的面积和功耗。

[0004] 如果两级放大器只使用一个共模反馈电路,如图 2 所示,那么环路中存在多个极点,环路的低频增益和相位裕度之间存在矛盾。主放大器中存在 R1-C1 构成的极点 P1, R2-C2 构成的极点 P2,此外又增加了反馈放大器中 R3-C3 构成的极点 P3。如果提高共模反馈电路低频增益,则要求反馈放大器具有高增益,在一定功耗下,反馈放大器带宽较小,共模反馈电路的相位裕度更加减小;如果提高共模反馈电路的相位裕度,则要求反馈放大器具有大带宽,在一定功耗下,其增益降低,共模反馈电路低频增益也随之下降,环路稳定共模输出电平的能力变差。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种两级放大器的共模反馈电路频率补偿方法,其特征在于,在两级放大器中使用一个共模反馈电路,该两级放大器的第一级输出端存在极点 P1,第二级输出端存在极点 P2,在共模反馈放大器中,采用带有密勒补偿的两级运算放大器结构,产生极点 P3,三个极点之间应满足  $f_{p3} < f_{p2} < f_{p1}$ ;密勒补偿电容串联电阻接在共模反馈放大器第一和第二输出级之间,共模反馈放大器产生的左半平面零点抵消两级放大器中的极点,使得共模反馈电路具有较大的相位裕度,共模输出电平的能力增强;

[0006] 共模反馈放大器采用全差分输入输出结构;差分输出端用来对共模输出电平取样,共模反馈放大器的输入信号来源于两级放大器差分输出端提供的共模输出电平;共模反馈放大器的输出信号控制两级放大器中第一级的可控偏置电路,共模反馈的控制信号通过该可控偏置电路同时控制共模反馈放大器第一级和第二级共模输出电平,以减少反馈电路的面积和功耗。

[0007] 本发明的有益效果,在两级放大器中使用一个共模反馈电路,反馈放大器产生的左半平面零点抵消主放大器中的极点,使得共模反馈电路具有较大的相位裕度,提高稳定性。

## 附图说明

[0008] 图 1 是两级放大器各级分别使用共模反馈电路的结构图

[0009] 图 2 是两级放大器使用一个共模反馈电路的结构图

[0010] 图 3 是带有本发明提出的共模反馈电路频率补偿方案的一个示例性电路

## 具体实施方式

[0011] 图 3 描述了一个带有共模反馈电路的两级放大器的示意性电路。左边是两级放大器结构,其中  $V_{in+}$  和  $V_{in-}$  是两级放大器的差分输入端,  $V_{out+}$  和  $V_{out-}$  是两级放大器的差分输出端。两级放大器的第一级采用跨导增强电路提高输入管的等效跨导,使用源极负反馈电阻降低输入管跨导的失真,节点①和②是第一级放大器输出。第二级放大器采用共源结构,节点③和④是第二级放大器输出。  $V_{cmfb}$  是共模反馈电路中反馈放大器的输出控制信号,该信号加在两级放大器的 MOS 管的栅极上,同时实现对节点① - ④的共模输出电平的控制。

[0012] 右边是共模反馈电路中的反馈放大器的  $V_{out+}$  和  $V_{out-}$  分别加在两个电阻的左端,实现反馈放大器对两级放大器共模输出电平的取样功能。反馈放大器采用两级运算放大器结构。第一级采用差分输入 - 单端输出结构,节点⑤是输出。第二级采用共源结构,节点⑥是输出。节点⑤和节点⑥之间接有串联的电容  $C_c$  和电阻  $R_c$ , 电容  $C_c$  实现反馈放大器的密勒补偿,使得节点⑤成为反馈放大器的主极点,而节点⑥对应的极点在补偿后移到高频,可以忽略。电阻  $R_c$  消除了密勒补偿带来的右半平面零点,适当选择  $R_c$  的值,又产生了一个左半平面的零点。

[0013] 在图 3 所示的带有共模反馈电路的两级放大器中,从节点③④开始,共模输出电平经过电阻取样后的信号,通过反馈放大器的两级放大,先后经过节点⑤和节点⑥,又返回控制主放大器,再通过主放大器的两级放大,先后经过节点①②和节点③④,到达主放大器的输出级。因此电路中的共模反馈电路历经③④、⑤、⑥、①②等各个节点。

[0014] 该共模反馈电路的低频增益等于反馈放大器的低频增益和主放大器中共模信号输出 - 输入通路增益的乘积。由于反馈放大器低频增益较高,因此整个共模反馈电路的低频增益也较高,环路稳定共模输出电平的能力较强。

[0015] 再对该共模反馈电路的稳定性进行分析。从分析环路上的零极点入手,由于两级放大器结构的对称性,节点①②对应一个主极点  $P_1$ , 节点③④对应一个主极点  $P_2$ , 节点⑤对应反馈放大器密勒补偿之后产生的极点  $P_3$ , 此外还有密勒补偿之后产生的左半平面零点  $Z_1$ , 其它的高频极点予以忽略。在本示例电路中,极点频率大小满足  $f_{p3} < f_{p2} < f_{p1}$ 。  $f_{p3}$  是整个共模环路的主极点,而通过适当设置使得左半平面的零点  $Z_1$  和  $P_2$  相消,从而提高环路的相位裕度,使其达到稳定。

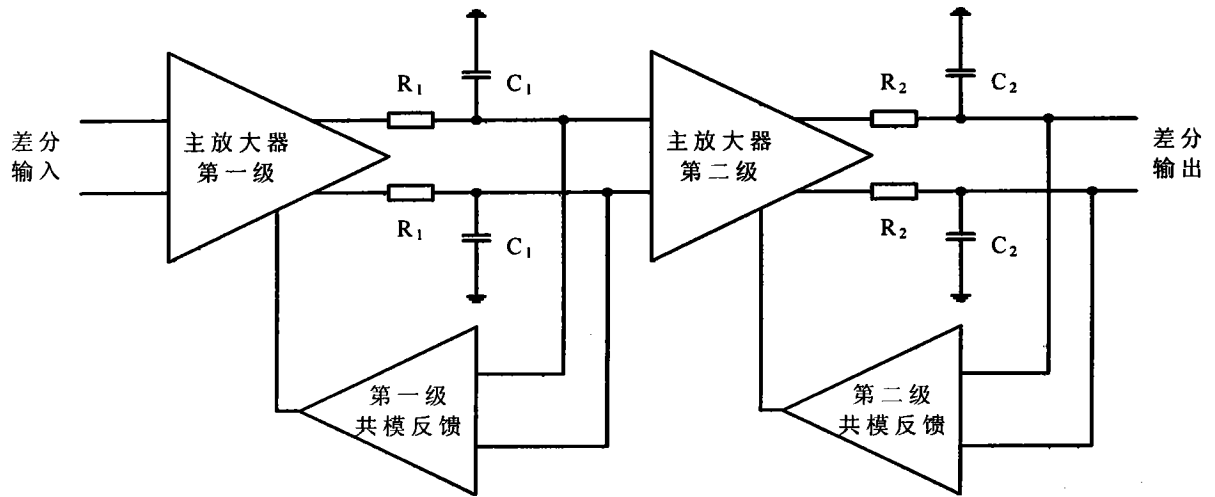


图 1

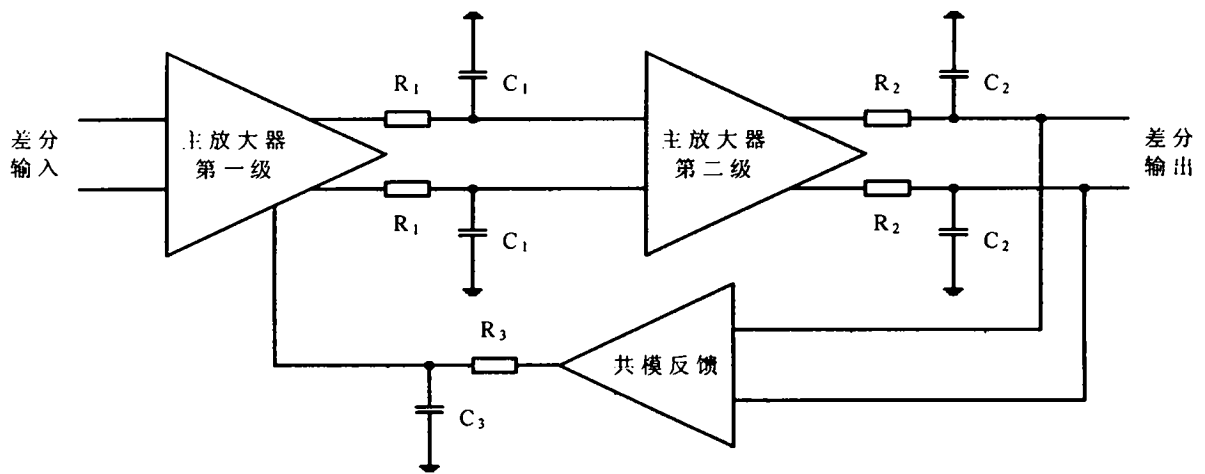


图 2

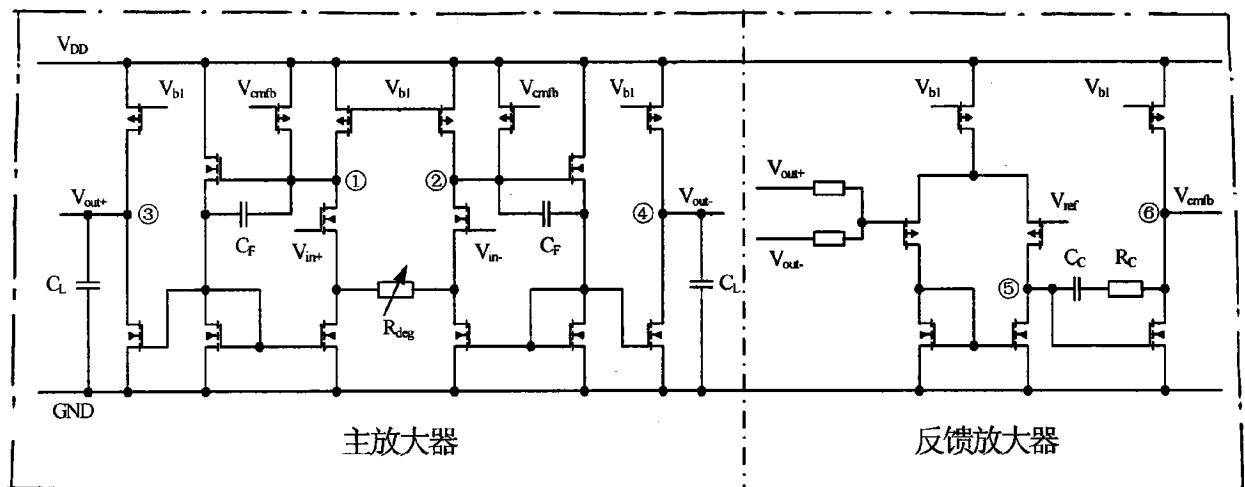


图 3