

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102571009 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201010591404. 4

(22) 申请日 2010. 12. 08

(71) 申请人 中国科学院电子学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 19 号

(72) 发明人 杨海钢 李凡阳

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

H03G 3/20(2006. 01)

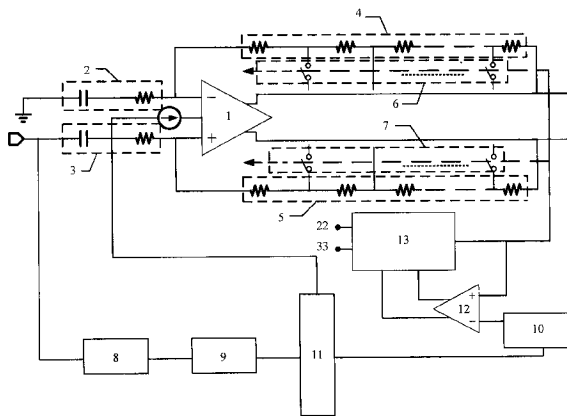
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路

(57) 摘要

本发明一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,涉及传感器技术,包括全差分运放单元、容阻器件、电阻阵列、控制开关、整流器、滤波器、控制器、数字参考表、数字比较器及加减计数器。全差分运放单元根据电阻阵列变化相应的放大麦克风输出端的电压信号,整流器将电压信号转为电流信号,并整流,滤波器对整流器输出电流滤波,对输入信号包络检测。数字控制器将滤波器输出电流和参考电流比较得数字参考表中的数字控制信号。数字比较器将加减计数器输出与数字控制信号比较,在音量不同等级时,对全差分运放单元放大倍数调整,保护听力缺陷者的听力;在音量正常时,全差分运放单元放大倍数将恢复原来数值,实现对不同音量的自动增益控制。



1. 一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,用于助听器;其特征在于,包括:全差分运放单元、容阻器件、电阻阵列、阵列控制开关、整流器、滤波器、数字参考表、数字控制器、数字比较器和加减计数器;

一全差分运放单元,用于对麦克风输出信号的放大;

全差分运放单元的两个输入端分别经两个容阻器件同麦克风输出端和地相连,用以构成对输入信号的高通滤波;

两个电阻阵列分别跨接于全差分运放单元的两输出端、两输入端之间,用以确定全差分运放对信号的增益值;

两电阻阵列控制开关分别并接于两个电阻阵列一侧,用以控制全差分运放单元的增益值;

一整流器用于对麦克风输出小信号进行整流;

整流器和一滤波器构成包络检测电路,用以对整流信号进行滤波得到检测麦克风输出信号的能量;

一数字控制器,对峰值检测电路的输出值和参考电平进行比较;

一数字参考表,用以查找对应的数字参考码;

一加减计数器,用以自动增益控制对信号的压缩与恢复;

一数字比较器,控制加减计数器进行加减操作,其将加减计数器的输出编码与参考编码进行比较以输出压缩与恢复的使能逻辑。

2. 如权利要求1所述的电流模前馈自动增益控制电路,其特征在于,具体电路如下:全差分运放单元的第一和第二输入端分别经第一和第二容阻器件同地和麦克风输出端相连,第一电阻阵列跨接于全差分运放单元的第一输入端和第二输出端,第二电阻阵列跨接于全差分运放单元的第二输入端和第一输出端;第一电阻阵列控制开关跨接于第一电阻阵列和全差分运放单元一输出端,第二电阻阵列控制开关跨接于第二电阻阵列和全差分运放单元另一输出端;

整流器输入端连接麦克风输出端,整流器顺序和低通滤波器、数字控制器、数字参考表、数字比较器一输入端电连接,数字控制器另一输出端与全差分运放单元电连接;

加减计数器输入端分别与两时钟、数字比较器两输出端电连接,加减计数器输出端分别和第一阵列控制开关、第二阵列控制开关、数字比较器的另一输入端电连接。

3. 如权利要求1所述的电流模前馈自动增益控制电路,其特征在于,所述全差分运放单元,根据放大倍数的不同调节偏置电流,使在音量较大的情况下对运放功耗进行减小;其中, M1, M2MOS管工作于亚阈值区,使有恒定的带宽。

4. 如权利要求1所述的电流模前馈自动增益控制电路,其特征在于,所述整流器和滤波器,在0.8V的极低电源电压下,对麦克风输出的100uV以上的微弱信号进行整流和滤波,且整流器与滤波器的传输信号为电流模信号;滤波器电路的 M8, M9MOS管工作于亚阈值区。

5. 如权利要求1所述的电流模前馈自动增益控制电路,其特征在于,所述数字控制器,在0.8V的极低电源电压下,对麦克风输出的100uV以上的微弱信号进行逻辑控制输出。

工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路

技术领域

[0001] 本发明涉及麦克风传感器技术领域,涉及高精度的适用于微声电系统 (MEMS) 麦克风传感器的读出电路芯片,是数字助听器麦克风读出电路芯片的自动增益控制电路。

背景技术

[0002] 随着微声电系统 (MEMS) 技术的不断进步,微声电助听器麦克风传感器应运而生,它具有体积小、功耗低、失真小和抗噪声能力强等优点,其所对应的读出电路成为工业界研究的热点。

[0003] 这种传感器通常可等效为一个较为理想的电压源:理想电压源串上一个很小的电阻。但麦克风微机电传感器输出的信号非常微弱,一般仅在 $\mu\text{V} \sim \text{mV}$ 量级之间,这对读出电路的设计提出了非常苛刻的要求。读出电路的噪声水平和精度决定了其所能检测的最小信号幅度,低噪声和高精度的读出电路设计成为了实现高精度的关键,尤其在数字麦克风极低的电源电压情况下。

[0004] 目前国际上麦克风读出电路的自动增益控制设计主要可分为模拟反馈控制运放前向开环增益,即模拟反馈控制运放偏置电流(参考:琼斯,马丁内斯:“一种 CMOS 助听器”,模拟集成电路和信号处理,21,163-172(1999);贝克:“一种针对仿真耳的低功耗单环和双环自动增益控制”,固态电路,SC-41(9),pp. 1983-1996,2006)和模拟反馈控制可控 MOS 管等效电阻的栅源电压(参考:霍曼:“一种低噪声 CMOS 自动增益控制技术”,固态电路,SC-27(7),pp. 974-981,1992;金淑永:“一种亚 1V 数字助听器的高效前端模拟电路”,固态电路,SC-41(4),pp. 876-882,2006.)和电流模反馈控制 MOS 管跨导(参考:格拉雷斯:“低压亚阈值指数放大与自动增益控制”,电路,器件与系统,Vol. 152, No. 1, Feb 2005)两种方案。而以上自动增益控制电路在模拟助听器领域获得广泛的应用。但前者缺点在于其线性度会受到工艺和电源电压的限制,特别在电源电压较低的情况下。模拟反馈的优点在于其信号具有较强的连续性。但模拟反馈的难点在于低电压的运放输出精度的实现。通常运放的放大倍数在模拟反馈的控制下已实现较理想的精度,而在集成电路中实现很高的精度是极其困难的,通常需要复杂的补偿电路或者非常大的功耗。电流模反馈方式的缺点在于运放本身没有负反馈结构,从而系统对信号处理的精度较低。而数字助听器又要求读出电路具有非常好的读出精度,这给读出电路的设计提出了挑战。

发明内容

[0005] 本发明的目的是公开一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,是电流模前馈的麦克风读出电路,以克服现有技术的不足,不但能够有效的实现自动增益控制的功能,更通过采用无源电阻阵列实现极低电压下的高精度读出。同时具备低电源电压工作下,随着音量的增加,功耗随之减小,达到功耗高效率利用的功能。本发明为数字助听器麦克风提供了一种高精度、低电压的自动增益控制读出电路。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术解决方案是:

[0007] 一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,用于助听器;其包括:全差分运放单元、容阻器件、电阻阵列、阵列控制开关、整流器、滤波器、数字参考表、数字控制器、数字比较器和加减计数器;

[0008] 一全差分运放单元,用于对麦克风输出信号的放大;

[0009] 全差分运放单元的两个输入端分别经两个容阻器件同麦克风输出端和地相连,用以构成对输入信号的高通滤波;

[0010] 两个电阻阵列分别跨接于全差分运放单元的两输出端、两输入端之间,用以确定全差分运放对信号的增益值;

[0011] 两电阻阵列控制开关分别并接于两个电阻阵列一侧,用以控制全差分运放单元的增益值;

[0012] 一整流器用于对麦克风输出小信号进行整流;

[0013] 整流器和一滤波器构成包络检测电路,用以对整流信号进行滤波得到检测麦克风输出信号的能量;

[0014] 一数字控制器,对峰值检测电路的输出值和参考电平进行比较;

[0015] 一数字参考表,用以查找对应的数字参考码;

[0016] 一加减计数器,用以自动增益控制对信号的压缩与恢复;

[0017] 一数字比较器,控制加减计数器进行加减操作,其将加减计数器的输出编码与参考编码进行比较以输出压缩与恢复的使能逻辑。

[0018] 所述的电流模前馈自动增益控制电路,其具体电路如下:全差分运放单元的第一和第二输入端分别经第一和第二容阻器件同地和麦克风输出端相连,第一电阻阵列跨接于全差分运放单元的第一输入端和第二输出端,第二电阻阵列跨接于全差分运放单元的第二输入端和第一输出端;第一电阻阵列控制开关跨接于第一电阻阵列和全差分运放单元一输出端,第二电阻阵列控制开关跨接于第二电阻阵列和全差分运放单元另一输出端;

[0019] 整流器输入端连接麦克风输出端,整流器顺序和低通滤波器、数字控制器、数字参考表、数字比较器一输入端电连接,数字控制器另一输出端与全差分运放单元电连接;

[0020] 加减计数器输入端分别与两时钟、数字比较器两输出端电连接,加减计数器输出端分别和第一阵列控制开关、第二阵列控制开关、数字比较器的另一输入端电连接。

[0021] 所述的电流模前馈自动增益控制电路,其所述全差分运放单元,根据放大倍数的不同调节偏置电流,使在音量较大的情况下对运放功耗进行减小;其中, M1, M2MOS 管工作于亚阈值区,使有恒定的带宽。

[0022] 所述的电流模前馈自动增益控制电路,其所述整流器和滤波器,在 0.8V 的极低电源电压下,对麦克风输出的 100uV 以上的微弱信号进行整流和滤波,且整流器与滤波器的传输信号为电流模信号;滤波器电路的 M8, M9MOS 管工作于亚阈值区。

[0023] 所述的电流模前馈自动增益控制电路,其所述数字控制器,在 0.8V 的极低电源电压下,对麦克风输出的 100uV 以上的微弱信号进行逻辑控制输出。

[0024] 本发明的一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,是可以用于数字助听器的电流模前馈的自动增益控制读出电路,其通过前馈的方式使麦克风输出信号的能量转换为数字控制信号,由数字控制电路控制电阻阵列从而对运放的增益进行控制,有效的解决了其连续性和精度的问题。本发明的电路适用于极低工作电源电压(如,0.8V 以

下),其有助于提供一种低电压,低功耗和高精度的使用于便携式数字助听器的读出电路,实现了自动控制增益数字前馈的方法和相应的在低电压下工作的电路。

附图说明

[0025] 图1为本发明的工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路图,其中,主要元件标号说明:

- | | | |
|--------|--------------|--------------|
| [0026] | 全差分运放单元 1 | 第一容阻器件 2 |
| [0027] | 第二容阻器件 3 | 第一电阻阵列 4 |
| [0028] | 第二电阻阵列 5 | 第一电阻阵列控制开关 6 |
| [0029] | 第二电阻阵列控制开关 7 | 整流器 8 |
| [0030] | 滤波器 9 | 数字参考表 10 |
| [0031] | 数字控制器 11 | 数字比较器 12 |
| [0032] | 加减计数器 13; | |

[0033] 图2为本发明中工作于极低电源电压的全差分运放电路图;

[0034] 图3为本发明中工作于极低电源电压的整流器电路图;

[0035] 图4为本发明中工作于极低电源电压的滤波器电路图;

[0036] 图5为本发明中工作于极低电源电压的数字控制器电路图。

具体实施方式

[0037] 本发明给出了一种工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,通过采用工作于低电源电压的电路模块,电流模前馈和数字电路控制的方式有效解决了现有技术存在的非线性问题。

[0038] 本发明是由容阻器件 2、3 对麦克风直流信号进行高通,滤除麦克风直流信号,由全差分运放电路 1 读出麦克风微弱信号;同时整流器 8 和滤波器 9 组成的包络检测电路检测麦克风微弱信号的能量,数字控制器 11 对能量进行处理得到数字控制信号,数字参考表 10 根据数字控制信号查到相对应的增益控制码,施加到数字比较器 12,得到使能信号,实现加减计数器 13 的加减计数功能,即实现了信号压缩与恢复的功能。加减计数分别和时钟 22 和 33 同步。而不同声音量级对应不同的增益控制码,最终运放增益由增益控制码通过电阻阵列 4、5 和电阻阵列控制开关 6、7 控制电阻阵列 4、5 实现。

[0039] 该电路由于采用电阻阵列的方式实现了低电源电压下高精度的麦克风信号读出,同时通过电流前馈,数字控制的方式实现了低电源电压下的自动增益控制。

[0040] 图1为本发明的工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路。自动增益控制电路分成以下几个部分,包括:全差分运放单元 1、容阻器件、电阻阵列、阵列控制开关、整流器 8、滤波器 9、数字参考表 10、数字控制器 11、数字比较器 12 加减计数器 13;

[0041] 全差分运放单元 1 第一和第二输入端分别经第一和第二容阻器件 2、3 同地和麦克风输出端相连,第一电阻阵列 4 跨接于全差分运放单元 1 第一输入端和第二输出端,第二电阻阵列 5 跨接于全差分运放单元 1 第二输入端和第一输出端,第一电阻阵列控制开关 6 跨接于第一电阻阵列 4 和全差分运放单元 1 输出端,第二电阻阵列控制开关 7 跨接于第二电阻阵列单元 5 和全差分运放单元 1 输出端。整流器 8 输入端连接麦克风输入端、输出端顺

序和低通滤波器 9、数字控制器 11、数字参考表 10、数字比较器 12 输入端电连接,数字控制器 11 另一输出端与全差分运放单元 1 电连接。加减计数器 13 输入端分别与两时钟 22、33、数字比较器 12 输出端电连接,加减计数器 13 输出端分别和第一阵列控制开关 6、第二阵列控制开关 7、数字比较器 12 的另一输入端电连接。

[0042] 参考图 2,在实际应用中,考虑较低的电源电压和较低的功耗下,全差分运放单元 1 的偏置电流设计为可编程偏置电流源 14,其由数字控制器 11 进行控制,且差分输入对 M1, M2MOS 管工作在亚阈值区 15,同时采用了级联的电路拓扑结构。此电路同时具备共模输出检测电路,共模输入检测电路和在音量较大的情况下对运放功耗进行减小的功能。为了防止由于共模输出电平瞬态输出过高造成输入共模电平超出运放的共模输入范围,图 2 中,由 M6, M7, M8, M12, M13MOS 管构成的输入共模检测电路将使得全差分运放的输入共模电平始终跟踪于输出共模电平。而输出共模电平由 M9, M10, M11, M14, M16MOS 管构成的输出共模反馈环路进行确定。当音量等级不同时,数字控制器对由 M3, M4, M5, M6, M11MOS 管构成的可编程偏置电流源进行减小或增大,从而达到具有高效率的全差分运放的目的,其增益带宽为:

$$[0043] \quad \omega_{AGC} = \beta_i \omega_{OTA} = \beta_i g_m / C_{comp}$$

[0044] 其中 β_i 为全差分反馈系数,由反馈回路决定, g_m, C_{comp} 为 M1, M2MOS 管的跨导和全差分运放补偿电容。由于 M1, M2MOS 管工作于亚阈值区,则可实现对跨导的线性控制实现不同增益下恒定增益带宽。

[0045] 同时麦克风的输出信号由整流器对其进行整流,参考图 3。考虑此整流器工作在低电源电压状态,此整流器采用电流模电路级联形式,即采用阻容 C, R 使电压转换为电流,同时用两个级联反馈环路分别对转换的正向电流和负向电流进行整流。其管子都工作于饱和区,能承受最小的工作电压为:

$$[0046] \quad V_{DD-MIN} = 2V_{GS} - V_{TH}$$

[0047] 其中 V_{GS} 为 MOS 管栅源电压, V_{TH} 为 MOS 管阈值电压。

[0048] 图 3 中,对正向电流进行整流的反馈环路由 M1, M2, M3, M4MOS 管构成,其为电压-电流负反馈的跨阻运放结构,目的为降低跨阻运放的输入电阻,使得电流能够流入。该跨阻运放的输入阻抗可由下面公式确定:

$$[0049] \quad z_{in}(s) = \frac{g_{mg1} C_{comp} + 1}{g_{mg1} g_{md8} C_{comp} C_{in} s^2 + g_{md8} C_{comp} s + 1}$$

[0050] 公式中 g_{md} , g_{mg} 分别为管子的栅跨导,漏跨导, C_{comp} 为补偿电容。

[0051] 对负向电流进行整流的反馈环路由 M5, M6, M7, M8MOS 管构成,当电流为负向电流时,信号将通过正向电流反馈回路级联负向电流反馈回路对负向电流进行整流, C_{comp1} 为负向电流反馈回路的补偿电容。为使正向电流整流的响应时间与负向电流整流的响应时间相等, C_{comp} 与 C_{comp1} 的关系可由下面公式确定:

$$[0052] \quad C_{comp1} = \frac{I}{5I_{bias}} C_{comp}$$

[0053] 公式中 I_{bias} 和 I 分别是 M4, M5MOS 管的偏置电流。随后该整流信号被滤波器滤波得到输入电流的能量信号。此滤波器采用了电流-电压-电流的滤波方式对该整流电流信号进行滤波,参考图 4。M6, M7, M8, M9, M10MOS 管构成滤波器的核心电路,其类似于传统有

源运放滤波器电路,不同的是,该电路的 M8, M9MOS 管工作于亚阈值区. 为了精确镜像 M1 和 M2 的电流,在电路中加入缓冲器 1. 其输入和输出的关系为

$$[0054] \quad e^{\frac{V_{out}}{nU_T}} = \frac{I}{nU_T C} \int e^{\frac{V_{in}}{nU_T}} dt$$

[0055] 其中 I 为调节电容 C 充放电的参数。

[0056] 图 4 中, M1, M2MOS 管分别起到电流 - 电压和电压 - 电流转换的功能。M1, M2MOS 管工作于亚阈值区。结合上面的关系式,可得到整体滤波器的 -3dB 的截止频率表达式为

$$[0057] \quad f_0 = \frac{I}{2\pi U_T C}$$

[0058] 得到滤波电流的能量后,为了等到数字控制参考码,可与参考电平通过数字控制器比较得到。

[0059] 数字控制器参考图 5,其利用前级电流模的输出与参考电流 I1-8 的比较得到逻辑控制电平,然后由编码器 16 得到用于数字电路的控制码 17 和全差分运放偏置电流的调节的控制码 18。而参考电流由相同的整流器 8 和滤波器 9 得到。其目的是为了防止工艺角 (PVT) 对参考流的影响。同时为了防止数字控制器 11 在临界状态发生振荡,用 I₀ 作为数字控制器 11 的迟滞电流,以保证数字控制器 11 的稳定工作。

[0060] 数字比较器提供加减计数器加减的使能信号。而加减计数器提供控制运放电阻阵列的控制编码信号。当音量由低等级变成高等级时,自动增益控制电路对信号进行压缩时,计数器为减计数操作,减到指定的参考编码时,数字电路将通过数字比较器输出使能信号使得计数器停止减计数;当音量由高等级变成高等级时,自动增益控制电路将对信号进行恢复或者保持到初始值。具体实施可以通过数字比较器输出使能信号使得计数器停止加计数完成。

[0061] 从以上描述可知,本发明的工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路将麦克风的输出端与自动增益控制闭环运放输入端相连,同时将麦克风输出端与整流器的输入端相连。由全差分运放将麦克风的输出电压按电阻阵列的比率实现对其的放大。同时为了得到不同音量级别对应的不同的数字控制信号,需将麦克风输出信号进行量化处理,首先由整流器对麦克风输出电压信号进行整流,其整流输出信号由滤波器对其进行滤波得到的输入信号能量。能量信号由数字控制器和参考电平进行比较处理,得到数字控制信号,由数字控制信号在数字参考表上找出对应音量级别的数字参考编码。当音量为正常音量级别时,计数器不工作,信号正常放大;在从低音量级别往高音量级别过渡时,计数器为减计数,计数器由上一个编码状态减计数到现在这个参考编码状态,则全差分运放的放大倍数由大变,实现对信号的压缩。在从高音量级别往低音量级别过渡时,计数器为加计数,计数器由上一个编码状态加计数到现在这个参考编码状态,则全差分运放的放大倍数由小变大,实现对信号的恢复放大。当计数器输出编码与数字参考编码相同时,停止计数器的加计数和减计数。自动增益控制的增益值由数字参考表里的数字参考编码来确定,实现音量在不同等级对应不同的数字参考编码;这就实现了麦克风读出电路根据音量的级别实现自动增益控制的功能。

[0062] 以上是对本发明的工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制电路,使麦克风工作于极低电源电压电流模前馈自动增益控制的实施方式的描述,对本领域的技术人员来

说,已经获得该电路的某些优点是显而易见的。也应当理解,在本发明的范围和精神内可以进行各种变更、修改及替换实施例。本发明的保护范围完全由权利要求书所划定的保护范围为界限。

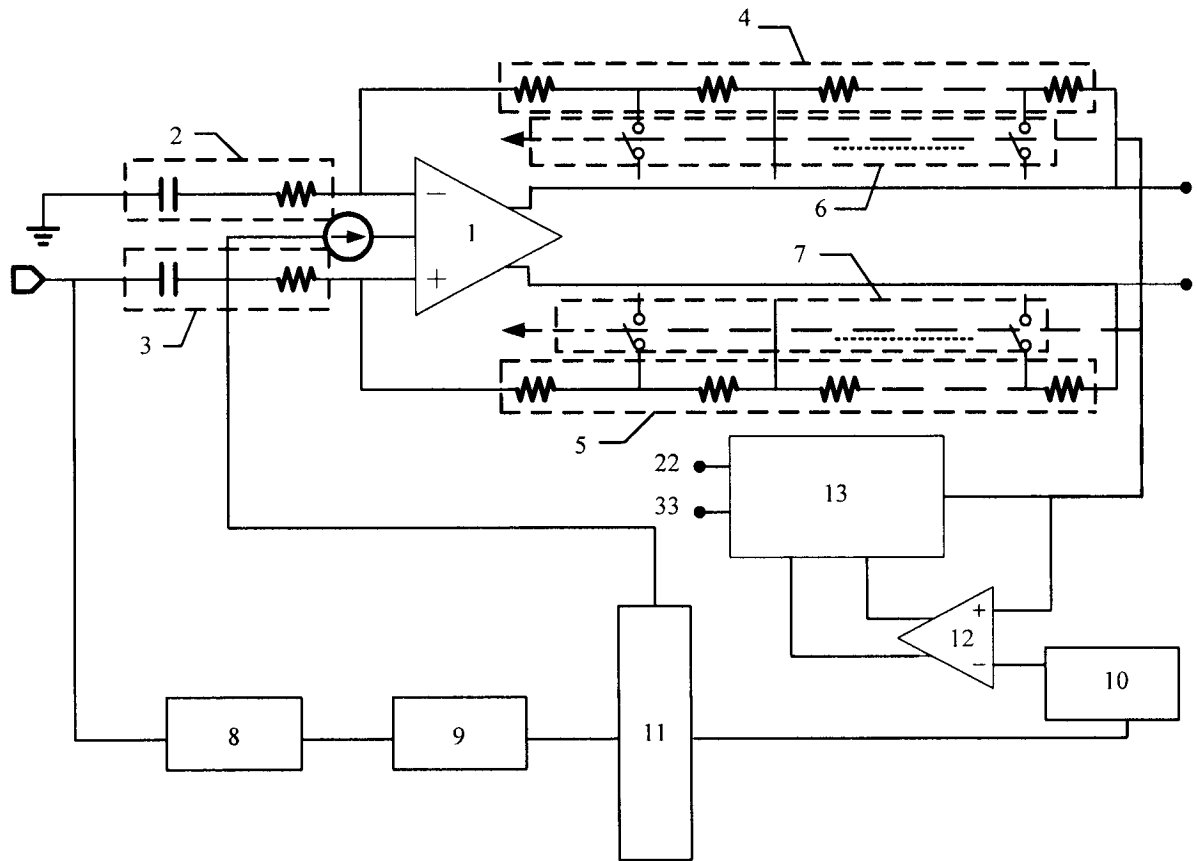


图 1

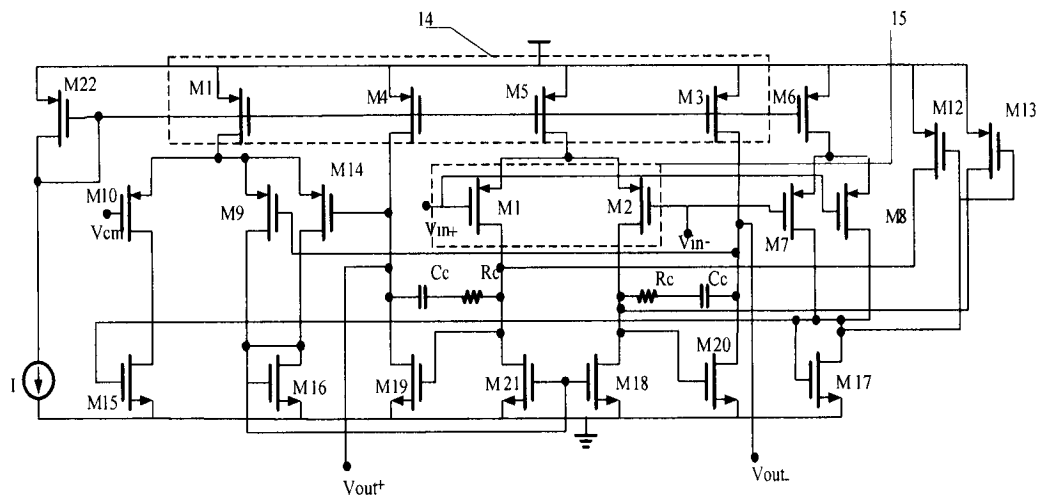


图 2

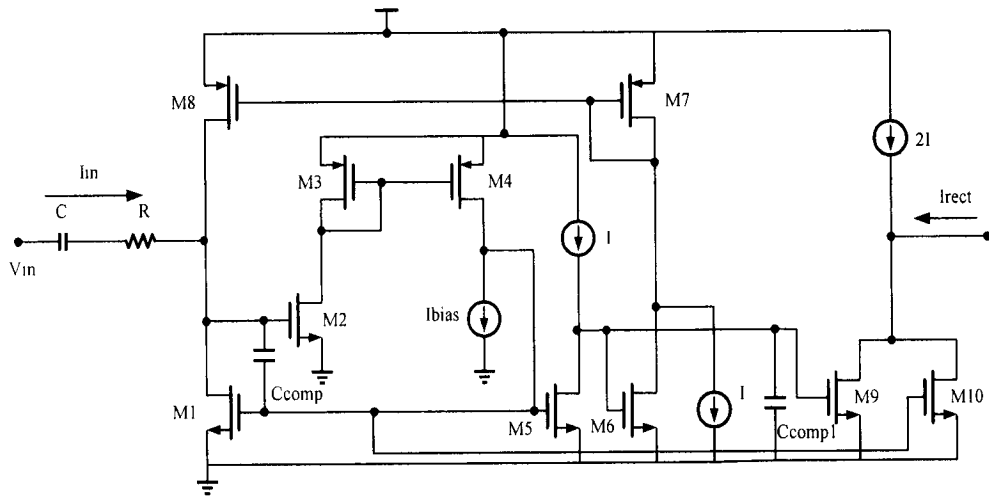


图 3

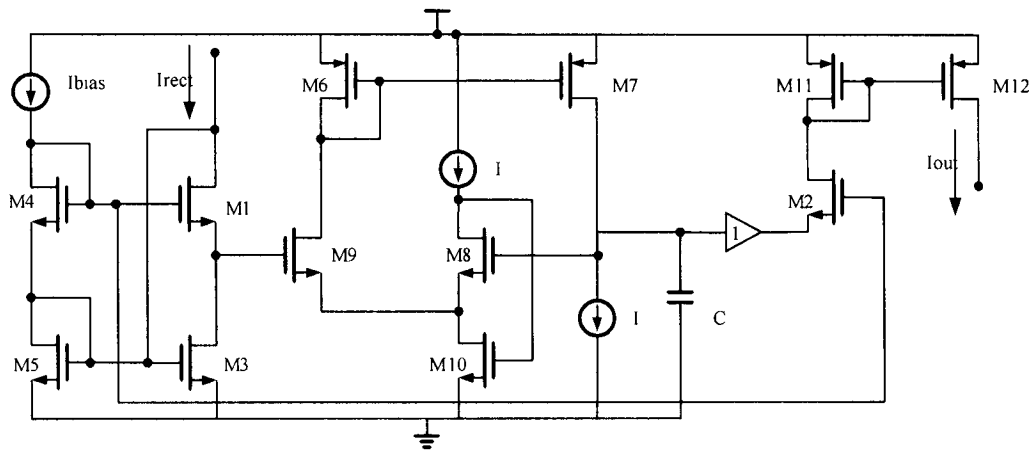


图 4

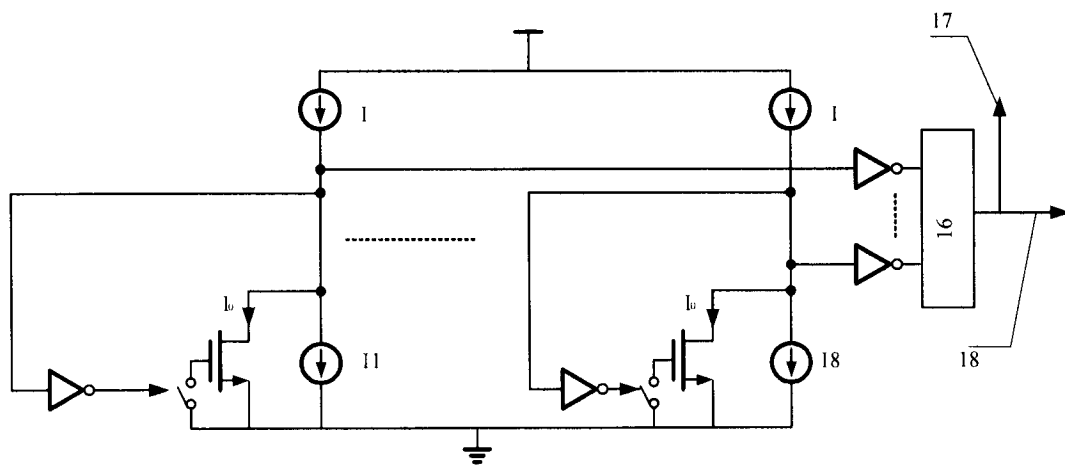


图 5