



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110348157 A

(43)申请公布日 2019.10.18

(21)申请号 201910648799.8

(22)申请日 2019.07.18

(71)申请人 北京智芯微电子科技有限公司  
 地址 100192 北京市海淀区西小口路66号  
 中关村东升科技园A区3号楼  
 申请人 国网信息通信产业集团有限公司  
 国家电网有限公司

(72)发明人 刘滢浩 李德建 于宝东 杨小坤  
 侯佳力 王小曼 唐晓柯 胡毅

(74)专利代理机构 北京中誉威圣知识产权代理  
 有限公司 11279  
 代理人 周际 张鹏

(51) Int. Cl.  
 G06F 17/50(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

动态比较器的噪声仿真方法及系统

## (57)摘要

本发明公开了一种动态比较器的噪声仿真方法及系统,该方法包括:将所述动态比较器的正输入端和负输入端之间连接失调电压源;将所述失调电压源的电压值设置为所述正输入端的电压与所述负输入端的电压差;对所述动态比较器进行多次仿真,统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值;根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率值求解出所述动态比较器的噪声能量值。该噪声仿真方法及系统能够对动态比较器的噪声进行仿真。



1. 一种动态比较器的噪声仿真方法,其特征在于,包括:

将所述动态比较器的正输入端和负输入端之间连接失调电压源;

将所述失调电压源的电压值设置为所述正输入端的电压与所述负输入端的电压差;

对所述动态比较器进行多次仿真,统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值;

根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率值求解出所述动态比较器的噪声能量值。

2. 如权利要求1所述的动态比较器的噪声仿真方法,其特征在于,根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率求解出所述动态比较器的噪声能量值包括:

采用  $P_{10'} = \int_{-\infty}^{-V_{os}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} dx$  来求解所述噪声能量值,其中  $\sigma^2$  为所述噪声能量值,  $P_{10'}$  为所述正输出端输出0的概率值,  $V_{os}$  为所述失调电压源的电压值;  $m$  为噪声均值,其中,  $m=0$ 。

3. 如权利要求1所述的动态比较器的噪声仿真方法,其特征在于,对所述动态比较器进行多次仿真,统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值包括:

当所述正输出端输出0的概率值大于20%时,将所述失调电压源的电压值进行增大,重新进行仿真统计,当所述正输出端输出0的概率值小于10%时,将所述失调电压源的电压进行缩小,重新进行仿真统计,直至统计的所述概率值在10%~20%之内。

4. 一种动态比较器的噪声仿真系统,其特征在于,包括:

动态比较器;

失调电压源,连接在所述动态比较器的正输入端和负输入端之间,其电压值被设置为所述正输入端的电压与所述负输入端的电压差;

仿真统计模块,与所述动态比较器相耦合,用于对所述动态比较器进行多次仿真并统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值;

噪声能量值求解模块,与所述仿真统计模块相耦合,用于根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率值求解出所述动态比较器的噪声能量值。

5. 如权利要求1所述的动态比较器的噪声仿真系统,其特征在于,噪声能量值求解模块根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率求解出所述动态比较器的噪声能量值包括:

采用  $P_{10'} = \int_{-\infty}^{-V_{os}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} dx$  来求解所述噪声能量值,其中  $\sigma^2$  为所述噪声能量值,  $P_{10'}$  为所述正输出端输出0的概率值,  $V_{os}$  为所述失调电压源的电压值;  $m$  为噪声均值,其中,  $m=0$ 。

6. 如权利要求1所述的动态比较器的噪声仿真系统,其特征在于,所述噪声仿真系统还包括:

电压值调整模块,与所述失调电压源以及所述仿真统计模块相耦合,用于当所述正输出端输出0的概率值大于20%时,将所述失调电压源的电压值进行增大,还用于当所述正输出端输出0的概率值小于10%时,将所述失调电压源的电压进行缩小。

## 动态比较器的噪声仿真方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明是关于模数转换器设计领域,特别是关于一种动态比较器的噪声仿真方法及系统。

### 背景技术

[0002] 在模数转换器设计中,比较器的噪声仿真更多地适用于静态比较器。在处于连续时间系统的静态比较器仿真中,在比较器两个输入端加入直流电压源器件,通过噪声和直流仿真,以比较器的最后一级放大输出作为最终的输出观测点,查看噪声带宽处输入噪声平方的积分曲线的值为等效输入噪声能量。然而在动态比较器的仿真中,动态比较器应用于离散的时间系统,动态比较器由于常常受到时钟信号控制的原因,在仿真中无法适用于静态比较器的仿真方法。

[0003] 现阶段,由于动态比较器具有速度快、功耗低等优点已广泛应用于诸多模数转换器的设计之中,寻找适用于动态比较器的仿真方法对模数转换器的设计具有重要帮助。

[0004] 公开于该背景技术部分的信息仅仅旨在增加对本发明的总体背景的理解,而不应当被视为承认或以任何形式暗示该信息构成已为本领域一般技术人员所公知的现有技术。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种动态比较器的噪声仿真方法及系统,其能够对动态比较器的噪声进行仿真。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了一种动态比较器的噪声仿真方法。该方法包括:将所述动态比较器的正输入端和负输入端之间连接失调电压源;将所述失调电压源的电压值设置为所述正输入端的电压与所述负输入端的电压差;对所述动态比较器进行多次仿真,统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值;根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率值求解出所述动态比较器的噪声能量值。

[0007] 在本发明的一实施方式中,根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率求解出所述动态比较器的噪声能量值包括:采用  $P_{0'} = \int_{-\infty}^{-V_{os}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} dx$  来求解所述噪声能量值,其中  $\sigma^2$  为所述噪声能量值,  $P_{0'}$  为所述正输出端输出0的概率值,  $V_{os}$  为所述失调电压源的电压值;  $m$  为噪声均值,其中,  $m=0$ 。

[0008] 在本发明的一实施方式中,对所述动态比较器进行多次仿真,统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值包括:当所述正输出端输出0的概率值大于20%时,将所述失调电压源的电压值进行增大,重新进行仿真统计,当所述正输出端输出0的概率值小于10%时,将所述失调电压源的电压值进行缩小,重新进行仿真统计,直至统计的所述概率值在10%~20%之内。

[0009] 本发明还提供了一种动态比较器的噪声仿真系统,其包括:动态比较器、失调电压

源、仿真统计模块。

[0010] 失调电压源连接在所述动态比较器的正输入端和负输入端之间,其电压值被设置为所述正输入端的电压与所述负输入端的电压差;仿真统计模块与所述动态比较器相耦合,用于对所述动态比较器进行多次仿真并统计所述动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到所述正输出端输出0的概率值;噪声能量值求解模块与所述仿真统计模块相耦合,用于根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率值求解出所述动态比较器的噪声能量值。

[0011] 在本发明的一实施方式中,噪声能量值求解模块根据高斯概率分布函数以及所述正输出端输出0的概率求解出所述动态比较器的噪声能量值包括:采用

$$P_{10'} = \int_{-\infty}^{-V_{OS}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} dx$$
来求解所述噪声能量值,其中 $\sigma^2$ 为所述噪声能量值, $P_{10'}$ 为所述正输出端输出0的概率值, $V_{OS}$ 为所述失调电压源的电压值; $m$ 为噪声均值,其中, $m=0$ 。

[0012] 在本发明的一实施方式中,所述噪声仿真系统还包括:电压值调整模块,电压值调整模块与所述失调电压源以及所述仿真统计模块相耦合,用于当所述正输出端输出0的概率值大于20%时,将所述失调电压源的电压值进行增大,还用于当所述正输出端输出0的概率值小于10%时,将所述失调电压源的电压进行缩小。

[0013] 与现有技术相比,根据本发明的动态比较器的噪声仿真方法及系统,利用噪声的物理特性,采用高斯概率分布函数实现了动态比较器的噪声仿真,适用于离散时间系统。

## 附图说明

[0014] 图1是根据本发明一实施方式的动态比较器的正负输入端连接在一起的噪声仿真结果;

[0015] 图2是根据本发明一实施方式的动态比较器的正负输入端之间接失调电压源的噪声仿真结果;

[0016] 图3是根据本发明一实施方式的动态比较器的噪声仿真方法;

[0017] 图4是根据本发明一实施方式的动态比较器的噪声仿真系统。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式进行详细描述,但应当理解本发明的保护范围并不受具体实施方式的限制。

[0019] 除非另有其它明确表示,否则在整个说明书和权利要求书中,术语“包括”或其变换如“包含”或“包括有”等等将被理解为包括所陈述的元件或组成部分,而并未排除其它元件或其它组成部分。

[0020] 发明人对现有技术进行了分析,发现现有的比较器的噪声仿真方法只针对于静态比较器,只适用于连续时间系统,对于离散时间系统缺少适用性,但是动态比较器已经广泛应用于模数转化器的设计之中,因此非常有必要对动态比较器研究出噪声仿真方法。

[0021] 基于上述问题,发明人进行了一些研究,发明人发现噪声是由于大量的电子的随机运动造成的,每个电子具有相对独立的统计规律,其总的幅值服从高斯概率分布函数。即

$P_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}$ 。其中 $\sigma^2$ 为噪声能量,噪声均值 $m=0$ 。

[0022] 基于上述研究,发明人还进行了以下试验,首先将动态比较器的正负两端连接在一起,如图1所示,由于噪声电压服从正态分布,因此如果对比较器进行噪声仿真,比较器的理想输出结果如图1所示,比较器输出高电平和输出低电平的概率均为50%。

[0023] 然后将动态比较器的正负两端之间添加失调电压 $V_{OS}$ ,如图2所示,发现比较器输出1的次数将增多,输出0的概率将降低。虽然此时噪声依然是期望为0的正态分布,但是,只有噪声电压在 $-V_{OS}$ 以下时,比较器才能输出0。此时 $V_{OS}$ 是一个已知的数值,比较器输出0的概率 $P'_{0'}$ 可以统计得出,正态分布的高斯概率分布函数中只有一个未知数 $\sigma$ ,因此将可以计算得出 $\sigma$ ,从而求得噪声能量。

[0024] 基于上述研究,本发明提供了一种动态比较器的噪声仿真方法及系统,能够对动态比较器的噪声进行仿真,可以适用于离散时间系统。

[0025] 如图3所示,在一实施方式中,动态比较器的噪声仿真方法包括步骤S1~步骤S4。

[0026] 在步骤S1中,将动态比较器的正输入端和负输入端之间连接失调电压源。

[0027] 在步骤S2中,将失调电压源的电压值设置为正输入端的电压与负输入端的电压差。

[0028] 在步骤S3中,对动态比较器进行多次仿真,统计动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到正输出端输出0的概率值。在仿真中,仿真次数应该足够大从而体现噪声在样本空间内为正态分布,如500、1000等。

[0029] 在步骤S4中,根据高斯概率分布函数以及正输出端输出0的概率值求解出动态比较器的噪声能量值。

[0030] 具体地,根据高斯概率分布函数以及正输出端输出0的概率求解出动态比较器的噪声能量值包括:采用 $P'_{0'} = \int_{-\infty}^{-V_{OS}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} dx$ 来求解噪声能量值,其中 $\sigma^2$ 为噪声能量值, $P'_{0'}$ 为正输出端输出0的概率值, $V_{OS}$ 为失调电压源的电压值; $m$ 为噪声均值,其中, $m=0$ 。

[0031] 得出 $\sigma$ 从而可以计算其在模数转换器设计中对SNDR(信噪失真比)及ENOB(模数转换器的有效位数)的影响。例如,具有12个比较器的模数转换器的信噪失真比

$SNDR = 10 \log_{10} \frac{(\frac{V_{DD}}{2})^2 / 2}{((\frac{V_{DD}}{2^N})^2 / 12) + \sigma^2}$ 。其中, $N$ 为比较器的个数, $N=12$ ,为动态比较器的输

入电压, $(\frac{V_{DD}}{2})^2 / 2$ 为输入信号的功率, $(\frac{V_{DD}}{2^N})^2 / 12$ 为量化噪声, $\sigma^2$ 为比较器噪声。ENOB(有效位数) = (SNDR-1.76) / 6.02

[0032] 在一实施方式中,对动态比较器进行多次仿真,统计动态比较器的正输出端输出0的次数从而得到正输出端输出0的概率值包括:当正输出端输出0的概率值大于20%时,将失调电压源的电压值进行增大,重新进行仿真统计,当正输出端输出0的概率值小于10%时,将失调电压源的电压进行缩小,重新进行仿真统计,直至统计的概率值在10%~20%之内。通过将输出0的概率值设置在10%~20%之内,可以增加噪声仿真的准确度。

[0033] 基于同样的发明构思,本发明还提供了一种动态比较器的噪声仿真系统,如图4所示,在一实施方式中,该噪声仿真系统包括:动态比较器10、失调电压源11、仿真统计模块12、噪声能量值求解模块13。

[0034] 失调电压源11连接在动态比较器10的正输入端和负输入端之间,其电压值被设置为正输入端的电压与负输入端的电压差。

[0035] 仿真统计模块12与动态比较器10相耦合,用于对动态比较器10进行多次仿真并统计动态比较器10的正输出端输出0的次数从而得到正输出端输出0的概率值。

[0036] 噪声能量值求解模块13与仿真统计模块12相耦合,用于根据高斯概率分布函数以及正输出端输出0的概率值求解出动态比较器10的噪声能量值。

[0037] 具体地,噪声能量值求解模块13根据高斯概率分布函数以及正输出端输出0的概率求解出动态比较器10的噪声能量值包括:采用  $P_{'0'} = \int_{-\infty}^{-V_{OS}} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\} dx$  来求解噪声能量值,其中 $\sigma^2$ 为噪声能量值, $P_{'0'}$ 为正输出端输出0的概率值, $V_{OS}$ 为失调电压源11的电压值; $m$ 为噪声均值,其中, $m=0$ 。

[0038] 优选地,噪声仿真系统还包括电压值调整模块14。电压值调整模块14与失调电压源11和仿真统计模块12均相耦合,用于当正输出端输出0的概率值大于20%时,将失调电压源11的电压值进行增大,还用于当正输出端输出0的概率值小于10%时,将失调电压源11的电压进行缩小。通过将输出0的概率值设置在10%~20%之内,可以增加噪声仿真的准确度。

[0039] 综上所述,本发明利用噪声是由于大量的电子的随机运动造成的,每个电子具有相对独立的统计规律,其总的幅值服从高斯概率分布函数的特点,从而实现了离散时间系统的动态比较器的噪声仿真。

[0040] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0041] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0042] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0043] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或

其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0044] 前述对本发明的具体示例性实施方案的描述是为了说明和例证的目的。这些描述并非想将本发明限定为所公开的精确形式,并且很显然,根据上述教导,可以进行很多改变和变化。对示例性实施例进行选择 and 描述的目的在于解释本发明的特定原理及其实际应用,从而使得本领域的技术人员能够实现并利用本发明的各种不同的示例性实施方案以及各种不同的选择和改变。本发明的范围意在由权利要求书及其等同形式所限定。

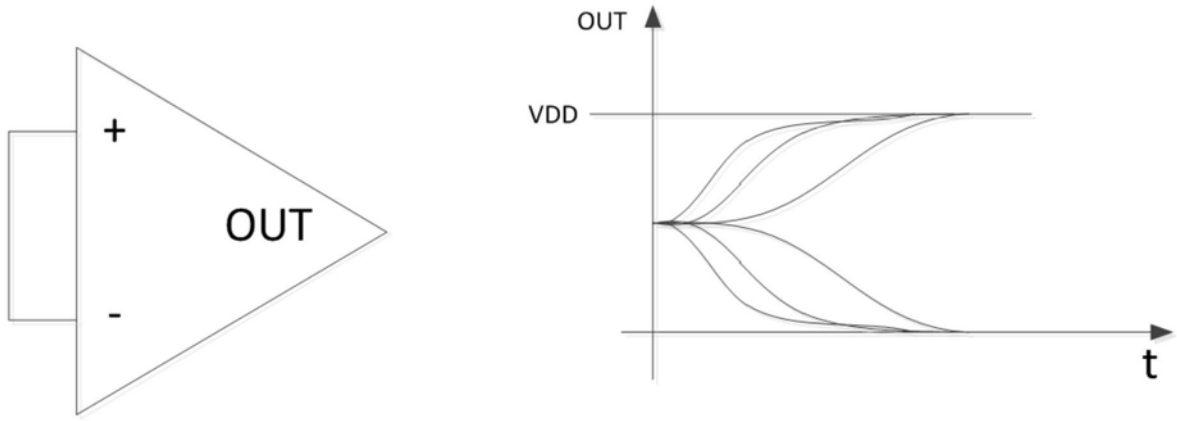


图1

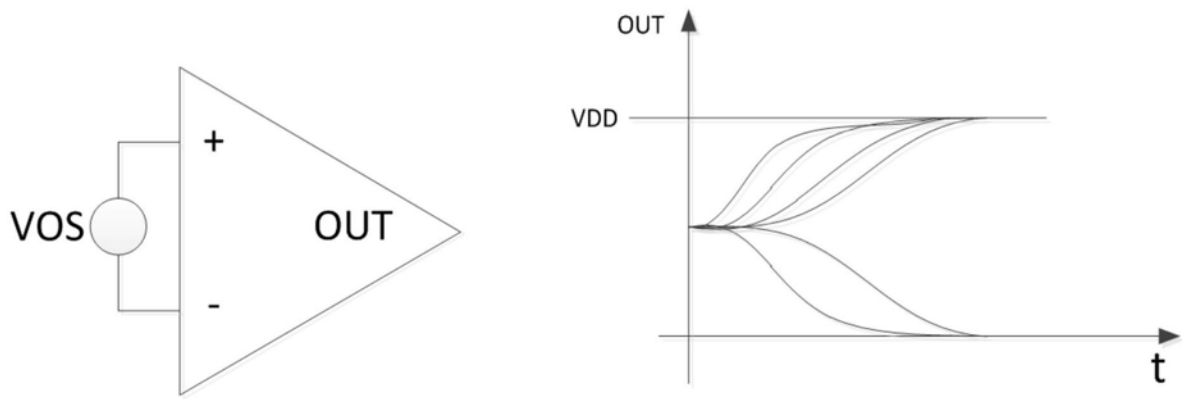


图2



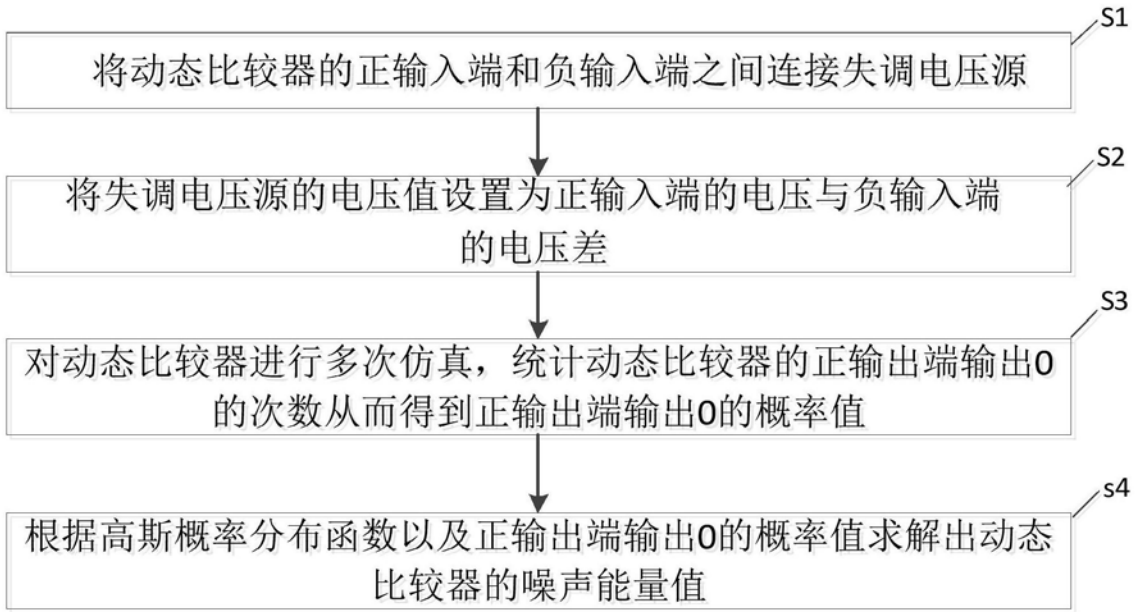


图3

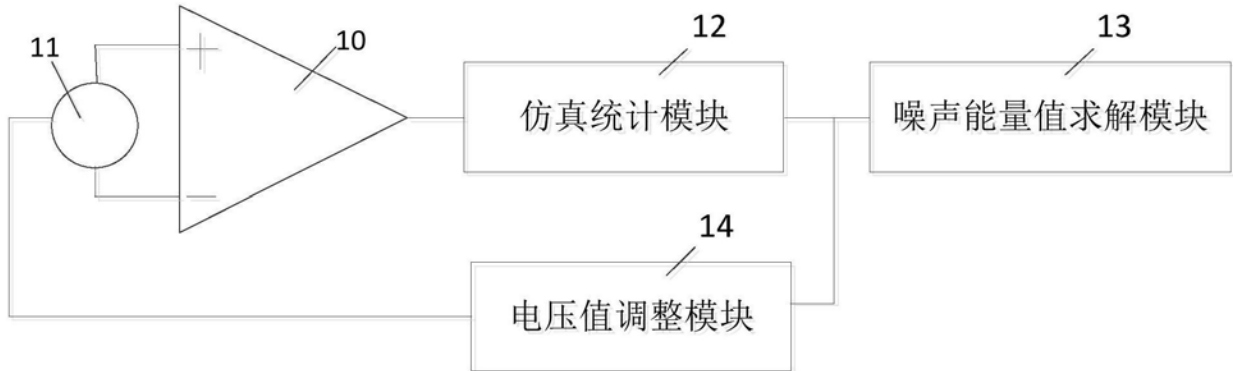


图4