



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103166583 B

(45)授权公告日 2017.09.12

(21)申请号 201210520360.5

(22)申请日 2012.12.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103166583 A

(43)申请公布日 2013.06.19

(30)优先权数据

2011-269866 2011.12.09 JP

(73)专利权人 株式会社巨晶片

地址 日本大阪

(72)发明人 池田卓史

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 刘光明 穆德骏

(51)Int.Cl.

H03F 3/45(2006.01)

H03K 19/0185(2006.01)

(56)对比文件

US 2002/0171465 A1, 2002.11.21,

US 2002/0011890 A1, 2002.01.31,

JP 特开2009-290704 A, 2009.12.10,

CN 101047361 A, 2007.10.03,

审查员 张红云

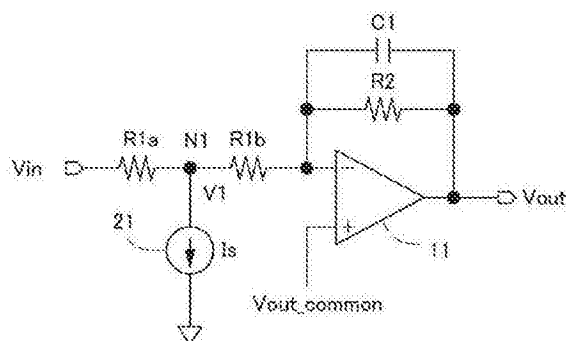
权利要求书4页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

线性放大器和电平移位方法

(57)摘要

本发明提供了一种线性放大器和电平移位方法。一种线性放大器,包括:信号输入端子,该信号输入端子接收具有第一共模电压的输入信号;电压放大器,该电压放大器具有接收第二共模电压的非反相输入端子;第一输入电阻和第二输入电阻,第一输入电阻和第二输入电阻从信号输入端子串联连接至电压放大器的反相输入端子;反馈电阻,该反馈电阻连接在电压放大器的反相输入端子和输出端子之间;以及恒流源。恒流源将恒定电流提供至第一输入电阻和第二输入电阻之间的中间节点,该恒定电流产生跨接第一输入电阻的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差。因此,直接由第二共模电压确定输出信号的共模电压。



1. 一种线性放大器,包括:

信号输入端子,所述信号输入端子接收具有第一共模电压的输入信号;

电压放大器,所述电压放大器具有反相输入端子、非反相输入端子以及输出端子,把第二共模电压提供至所述非反相输入端子,所述输出端子输出输出信号;

第一输入电阻和第二输入电阻,所述第一输入电阻和第二输入电阻串联连接在所述信号输入端子和所述电压放大器的所述反相输入端子之间;

反馈电阻,所述反馈电阻连接在所述电压放大器的所述反相输入端子和所述输出端子之间;以及

恒流源,所述恒流源把恒定电流提供至所述第一输入电阻和第二输入电阻之间的中间节点,所述恒定电流产生跨接所述信号输入端子与所述中间节点的电压降,所述电压降等于所述第一共模电压与第二共模电压之差。

2. 根据权利要求1所述的线性放大器,其中所述恒流源包括:

电流产生电阻,所述电流产生电阻连接在所述第一共模电压和第二共模电压之间以产生源电流;以及

电流镜电路,所述电流镜电路对所述源电流进行镜像以产生所述恒定电流。

3. 根据权利要求1所述的线性放大器,其中所述第一输入电阻是固定电阻,并且所述第二输入电阻是可变电阻。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的线性放大器,其中:

所述输入信号是差分输入信号,并且所述信号输入端子包括接收所述差分输入信号的正信号输入端子和负信号输入端子;

所述输出信号是差分输出信号,并且所述电压放大器的输出端子包括输出所述差分输出信号的非反相输出端子和反相输出端子;

所述第一输入电阻和第二输入电阻包括串联连接在所述正信号输入端子和所述电压放大器的所述非反相输入端子之间的第一正输入电阻和第二正输入电阻,以及串联连接在所述负信号输入端子和所述电压放大器的所述反相输入端子之间的第一负输入电阻和第二负输入电阻;

所述反馈电阻包括连接在所述电压放大器的所述反相输入端子和所述非反相输出端子之间的第一反馈电阻,以及连接在所述电压放大器的所述非反相输入端子和所述反相输出端子之间的第二反馈电阻;

所述恒流源把第一恒定电流提供至所述第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点,并且把第二恒定电流提供至所述第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点,所述第一恒定电流和第二恒定电流产生跨接所述正信号输入端子与所述第一中间节点以及跨接所述负信号输入端子与所述第二中间节点的等于所述差的电压降,

其中当正输入信号的电压等于所述第一共模电压时,所述第二共模电压在所述第一中间节点处产生,并且经由所述第二正输入电阻提供至所述电压放大器的非反相输入端子。

5. 根据权利要求4所述的线性放大器,其中所述电压放大器具有共模反馈电路,所述共模反馈电路把所述差分输出信号的共模电压控制为等于所述第二共模电压。

6. 一种线性放大器,包括:

正信号输入端子和负信号输入端子,所述正信号输入端子和负信号输入端子接收具有

第一共模电压的差分输入信号；

电压放大器,所述电压放大器具有非反相输入端子和反相输入端子、以及输出差分输出信号的非反相输出端子和反相输出端子,其中,把第二共模电压提供至所述电压放大器的非反相输入端子；

第一正输入电阻和第二正输入电阻,以及第一负输入电阻和第二负输入电阻,所述第一正输入电阻和第二正输入电阻串联连接在所述正信号输入端子和所述电压放大器的所述非反相输入端子之间,所述第一负输入电阻和第二负输入电阻串联连接在所述负信号输入端子和所述电压放大器的所述反相输入端子之间；

第一反馈电阻和第二反馈电阻,所述第一反馈电阻连接在所述电压放大器的所述反相输入端子和所述非反相输出端子之间,所述第二反馈电阻连接在所述电压放大器的所述非反相输入端子和所述反相输出端子之间；以及

恒流源,所述恒流源把第一恒定电流提供至所述第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点,并且把第二恒定电流提供至所述第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点,使得产生跨接所述正信号输入端子与所述第一中间节点和跨接所述负信号输入端子与所述第二中间节点的电压降,所述电压降等于所述第一共模电压与第二共模电压之差。

7. 根据权利要求6所述的线性放大器,其中所述电压放大器包括共模反馈电路,所述共模反馈电路把所述差分输出信号的共模电压控制为等于所述第二共模电压。

8. 根据权利要求6或7所述的线性放大器,其中所述恒流源包括：

电流产生电阻,所述电流产生电阻连接在所述第一共模电压和第二共模电压之间以产生源电流；以及

电流镜电路,所述电流镜电路对所述源电流进行镜像以产生所述第一恒定电流和第二恒定电流。

9. 一种电平移位的方法,包括：

在信号输入端子处接收具有等于第一共模电压的输入共模电压的输入信号；

把所述输入信号经由第一输入电阻和第二输入电阻输入至电压放大器的反相输入端子,所述第一输入电阻和第二输入电阻串联连接在所述信号输入端子和所述反相输入端子之间；

把第二共模电压提供至所述电压放大器的非反相输入端子；

从所述电压放大器的输出端子输出输出信号；

把所述输出信号经由反馈电阻反馈至所述电压放大器的所述反相输入端子；以及

提供恒定电流至所述第一输入电阻和第二输入电阻之间的中间节点,以产生跨接所述信号输入端子与所述中间节点的电压降,所述电压降等于所述第一共模电压与第二共模电压之差,使得在把所述输入共模电压移位至所述第二共模电压之后,把所述输入信号经由所述第二输入电阻输入至所述电压放大器的所述反相输入端子。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中提供所述恒定电流包括：

通过在所述第一共模电压和第二共模电压之间连接电流产生电阻来产生源电流；以及
对所述源电流进行镜像以产生所述恒定电流。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其中：

所述接收的步骤分别在正信号输入端子和负信号输入端子处接收包括正输入信号和负输入信号的差分输入信号；

所述输入的步骤把所述正输入信号经由第一正输入电阻和第二正输入电阻输入至所述电压放大器的所述非反相输入端子，以及把所述负输入信号经由第一负输入电阻和第二负输入电阻输入至所述电压放大器的所述反相输入端子，所述第一正输入电阻和第二正输入电阻串联连接在所述正信号输入端子和所述非反相输入端子之间，所述第一负输入电阻和第二负输入电阻串联连接在所述负信号输入端子和所述反相输入端子之间；

所述输出的步骤从所述电压放大器的非反相输出端子和反相输出端子分别输出包括正输出信号和负输出信号的差分输出信号；

所述反馈的步骤把所述正输出信号经由第一反馈电阻反馈至所述电压放大器的所述反相输入端子，以及把所述负输出信号经由第二反馈电阻反馈至所述电压放大器的非反相输入端子；

所述提供恒定电流的步骤把第一恒定电流提供至所述第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点，以及把第二恒定电流提供至所述第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点；以及

所述电压降的产生步骤产生了跨接所述正信号输入端子与所述第一中间节点和跨接所述负信号输入端子与所述第二中间节点的等于所述差的电压降，使得在把所述输入共模电压移位至所述第二共模电压之后，通过把所述正输入信号经由所述第二正输入电阻输入至所述非反相输入端子来执行把所述第二共模电压提供至所述电压放大器的所述非反相输入端子。

12. 根据权利要求11所述的方法，其中所述电压放大器包括共模反馈电路，所述共模反馈电路把所述差分输出信号的共模电压控制为等于所述第二共模电压。

13. 一种电平移位的方法，包括：

在正信号输入端子和负信号输入端子处分别接收包括正输入信号和负输入信号的差分输入信号，所述差分输入信号具有等于第一共模电压的输入共模电压；

把所述正输入信号经由第一正输入电阻和第二正输入电阻输入至所述电压放大器的非反相输入端子，以及把所述负输入信号经由第一负输入电阻和第二负输入电阻输入至所述电压放大器的反相输入端子，所述第一正输入电阻和第二正输入电阻串联连接在所述正信号输入端子和所述非反相输入端子之间，所述第一负输入电阻和第二负输入电阻串联连接在所述负信号输入端子和所述反相输入端子之间；

把第二共模电压提供至所述电压放大器的非反相输入端子；

从所述电压放大器的非反相输出端子和反相输出端子分别输出包括正输出信号和负输出信号的差分输出信号；

把所述正输出信号经由第一反馈电阻反馈至所述电压放大器的所述反相输入端子，以及把所述负输出信号经由第二反馈电阻反馈至所述电压放大器的所述非反相输入端子；

把第一恒定电流提供至所述第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点，以及把第二恒定电流提供至所述第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点；以及

产生跨接所述正信号输入端子与所述第一中间节点和跨接所述负信号输入端子与所

述第二中间节点的电压降,所述电压降等于所述第一共模电压与第二共模电压之差,使得在把所述输入共模电压移位至所述第二共模电压之后,把所述正输入信号和负输入信号分别经由所述第二正输入电阻和第二负输入电阻输入至所述电压放大器的所述非反相输入端子和反相输入端子。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中提供所述第一恒定电流和第二恒定电流包括:

通过在所述第一共模电压和所述第二共模电压之间连接电流产生电阻来产生源电流;
以及

对所述源电流进行镜像以产生所述第一恒定电流和第二恒定电流。

15. 根据权利要求13或14所述的方法,其中所述电压放大器包括共模反馈电路,所述共模反馈电路把所述差分输出信号的共模电压控制为等于所述第二共模电压。

线性放大器和电平移位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及具有小电路面积和低电力消耗的具有电平移位功能的线性放大器。线性放大器还具有可变增益和低通滤波器功能。

背景技术

[0002] 诸如图8中所示的电路是已知的，该电路在保持模拟信号的线性的同时执行电平移位。例如参见日本专利公开JP 2001-244760。在图6中所示的电平移位电路中，输入电压信号 V_{in} 是以第一电源电压 V_{DD1} 操作的前级电路的输出信号。包括电压放大器或运算放大器11的后级电路以与 V_{DD1} 不同的第二电源电压 V_{DD2} 操作。

[0003] 输入信号 V_{in} 经由输入电阻 $R1$ 输入至电压放大器11的反相输入端子。此外，基准电压 V_{ref} 输入至非反相输入端子，并且输出信号 V_{out} 经由反馈电阻 $R2$ 反馈至电压放大器的反相输入端子。结果，假设电压放大器11的增益足够大，则反相输入端子处的电压成为等于基准电压 V_{ref} 。因此，由以下等式定义的电流 I_b 流过输入电阻 $R1$ 。

$$[0004] \quad I_b = (V_{in} - V_{ref}) / R1$$

[0005] 电流 I_b 还流过反馈电阻 $R2$ ，并且输出信号电压 V_{out} 的电压被定义如下。

$$[0006] \quad V_{out} = V_{ref} - R2 \cdot I_b$$

$$[0007] \quad = V_{ref} - [R2 \cdot (V_{in} - V_{ref}) / R1]$$

[0008] 结果，可通过输入信号 V_{in} 和基准电压 V_{ref} 的共模电压控制输出信号 V_{out} 的平均电压或共模电压。也就是，实现了信号的电平移位或电平降低。

[0009] 例如，考虑以下情况：从具有3.3V电源电压的第一范围中的信号至具有1.2V电源电压的第二范围中的信号的电平移位，基准电压 $V_{ref}=1.0V$ ，输入共模电压 $V_{in_common}=1.5V$ ，并且电阻 $R1=R2=500\Omega$ 。

[0010] 在这种情况下，流过电阻 $R1$ 和 $R2$ 的平均电流或DC电流是1mA，并且输出共模电压 V_{out_common} 成为0.5V。也就是，执行了-1.0V的电平移位。假设电压放大器的增益足够大，则电路的增益 A_v 被定义如下。

$$[0011] \quad A_v = R2 / R1 = 1$$

[0012] 因此，输入信号 V_{in} 的幅值维持为输出信号 V_{out} 。

[0013] 通过想象从支点起分别具有 $R1$ 和 $R2$ 长度的臂的跷跷板的移动将容易理解图6中所示的线性放大器的操作。参见图7。当输入电阻 $R1$ 端部处的输入信号 V_{in} 在较高共模电压周围移动时，反馈电阻 $R2$ 端部处的输出信号 V_{out} 在较低共模电压 V_{out_common} 周围移动。

[0014] 还可以从具有较低共模电压的输入信号产生具有较高共模电压的输出信号。在这种情况下，DC电流经由电阻 $R1$ 和 $R2$ 流向输入信号侧 V_{in} 。

[0015] 图9示出日本专利公开JP-2002-344258中公开的另一种已知的电平移位电路。图9中所示电路除了与构成图6中所示的电路相同的电路部件之外还包括连接在电压放大器11的反相输入端子和接地之间的恒流源23。恒流源23引起电流 I_c 。

[0016] 当没有连接恒流源23时，图9中所示电路的操作与图6中所示电路的操作相同。另

一方面,当连接恒流源23时并且如果 $V_{in_common}=V_{ref}$,电流 I_c 流入反馈电阻R2。在这种情况下,如下确定输出共模电压 V_{out_common} 。

[0017] $V_{out_common}=V_{ref}+I_c \cdot R_2$

[0018] 因此,图9中所示的电平移位电路执行电平移位或电平升高,以通过使用基准电压 V_{ref} 从输入信号 V_{in} 产生输出信号 V_{out} 。

发明内容

[0019] 要解决的问题

[0020] 然而,在图6中所示的电平移位电路中,需要产生适用于输入共模电压 V_{in_common} 和输出共模电压 V_{out_common} 的基准电压 V_{ref} 。此外,输入电阻R1和基准电压 V_{ref} 确定附加电流 I_b ,需要附加电流 I_b 来驱动电压放大器11。因此,变得有必要当输入电阻R1和基准电压 V_{ref} 中的一个改变时修改电压放大器11的结构。

[0021] 此外,在图6中所示的电平移位电路中,难以提高电平移位量,这是因为基准电压被用作支点。例如,考虑从具有2.5V的共模电压的3.3V电源电压范围中的输入信号至1.2V电源电压范围中的输出信号的电平移位的情况。如果电压放大器11置于1.2V电源电压范围中,则基准电压 V_{ref} 不能成为高于1.2V。结果,输出信号的共模电压 V_{out_common} 等于或小于-0.1V,这就不能通过常规方式实现。

[0022] 因此有必要构造具有置于3.3V电源电压范围中的电压放大器的电平移位电路。例如当基准电压 V_{ref} 被设置成1.5V时,输出共模电压 V_{out_common} 成为0.5V。

[0023] 然而,这样的方案具有一些缺点。例如,在3.3V电源电压范围中的电压放大器会增大电力消耗。此外,当所需输出共模电压 V_{out_common} 变得太低时,在3.3V电源电压范围中的电压放大器的输出级不能操作。因此,可能需要在3.3V和1.2V电源电压范围两者中的两级电平移位电路。

[0024] 如果仔细选择了电阻R1和R2的比值,则两级电平移位可能变得不必要。然而,在这种情况下,信号的幅度会降低,因为由 R_2/R_1 的比值来限定线性放大器的总增益。

[0025] 基准电压 V_{ref} 可根据输入共模电压 V_{in_common} 和输出共模电压 V_{out_common} 产生。例如,如图8中所示,由用电压放大器12和13构成的相应电压跟随器缓冲的输入共模电压 V_{in_common} 和输出共模电压 V_{out_common} 之差通过电阻R21和R22进行分压。这里,电阻R21和R22之间的比值可被设置为 $R_{21}:R_{22}=R_1:R_2$ 。

[0026] 此外,图6和9中所示的电平移位电路不能直接确定输出共模电压 V_{out_common} 。在图6中所示的电路中,输入信号的共模电压 V_{in_common} 、基准电压 V_{ref} 、输入电阻R1以及反馈电阻R2的组合确定输出共模电压 V_{out_common} 。在图9中所示的电路中,输入信号的共模电压 V_{in_common} 、恒流源23的电流 I_c 以及反馈电阻R2的组合确定输出共模电压 V_{out_common} 。

[0027] 也就是说,在这些电路中,输出共模电压 V_{out_common} 都不能由单一的参数确定。此外,当图9中所示的电平移位电路构造在半导体集成电路中时,反馈电阻R2不可避免地具有大的变化。结果,输出共模电压 V_{out_common} 也具有大的变化。换言之,不能精确地确定输出共模电压。

[0028] 该发明的一个示例性目的是提供一种线性放大器电路,该线性放大器电路能够实

现解决上述问题的电平移位电路。

[0029] 解决问题的手段

[0030] 本公开的方面提供了一种线性放大器,该线性放大器包括:信号输入端子,该信号输入端子接收具有第一共模电压的输入信号;电压放大器,该电压放大器具有反相输入端子、非反相输入端子以及输出端子,所述输出端子输出输出信号。该线性放大器还包括:第一输入电阻和第二输入电阻,该第一输入电阻和第二输入电阻从信号输入端子串联连接至电压放大器的反相输入端子;以及反馈电阻,该反馈电阻连接在电压放大器的反相输入端子和输出端子之间。电压放大器的非反相输入端子被提供有第二共模电压。该线性放大器进一步包括恒流源,该恒流源将恒定电流提供至第一输入电阻和第二输入电阻之间的中间节点。恒定电流产生跨接信号输入端子与中间节点的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差。

[0031] 在一个实施例中,恒流源可包括:电流产生电阻,该电流产生电阻连接在第一共模电压和第二共模电压之间以产生源电流;以及电流镜电路,该电流镜电路对源电流进行镜像以产生恒定电流。

[0032] 在一个示例中,第一输入电阻可以是固定电阻并且第二输入电阻可以是可变电阻。

[0033] 在一个实施例中,输入信号可以是差分输入信号,并且信号输入端子包括接收差分输入信号的正信号输入端子和负信号输入端子,输出信号可以是差分输出信号,并且电压放大器的输出端子包括输出差分输出信号的非反相输出端子和反相输出端子。第一输入电阻和第二输入电阻可包括:第一正输入电阻和第二正输入电阻以及第一负输入电阻和第二负输入电阻,所述第一正输入电阻和第二正输入电阻从正信号输入端子串联连接至电压放大器的非反相输入端子,所述第一负输入电阻和第二负输入电阻从负信号输入端子串联连接至电压放大器的反相输入端子。反馈电阻可包括:第一反馈电阻,该第一反馈电阻连接在电压放大器的反相输入端子和非反相输出端子之间;以及第二反馈电阻,该第二反馈电阻连接在电压放大器的非反相输入端子和反相输出端子之间。恒流源可将第一恒定电流提供至第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点,并且将第二恒定电流提供至第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点,并且第一恒定电流和第二恒定电流产生跨接正信号输入端子与第一中间节点以及跨接负信号输入端子与第二中间节点的电压降,所述电压降等于所述差。此外,第二共模电压可在第一中间节点处产生,并且当正输入信号的电压等于第一共模电压时,经由第二正输入电阻提供至电压放大器的非反相输入端子。

[0034] 本公开的方面提供了一种线性放大器,该线性放大器包括:正信号输入端子和负信号输入端子,该正信号输入端子和负信号输入端子接收具有第一共模电压的差分输入信号;以及电压放大器,该电压放大器具有非反相输入端子、反相输入端子以及输出差分输出信号的非反相输出端子和反相输出端子。该线性放大器还包括:第一正输入电阻和第二正输入电阻以及第一负输入电阻和第二负输入电阻,第一正输入电阻和第二正输入电阻从正信号输入端子串联连接至电压放大器的非反相输入端子,第一负输入电阻和第二负输入电阻从负信号输入端子串联连接至电压放大器的反相输入端子;以及第一反馈电阻和第二反馈电阻,第一反馈电阻连接在电压放大器的反相输入端子和非反相输出端子之间,第二反

馈电阻连接在电压放大器的非反相输入端子和反相输出端子之间。该线性放大器进一步包括恒流源,该恒流源将第一恒定电流提供至第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点,以及将第二恒定电流提供至第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点,使得产生跨接正信号输入端子与第一中间节点和跨接负输入端子与第二中间节点的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差。

[0035] 在一个实施例中,电压放大器可包括共模反馈电路,该共模反馈电路控制差分输出信号的共模电压等于第二共模电压。

[0036] 本公开的方面提供了一种电平移位的方法,该方法包括在信号输入端子接收具有等于第一共模电压的输入共模电压的输入信号。该方法还包括将输入信号经由第一输入电阻和第二输入电阻输入至电压放大器的反相输入端子,第一输入电阻和第二输入电阻从信号输入端子串联连接至反相输入端子;将第二共模电压提供至电压放大器的非反相输入端子;以及从电压放大器的输出端子输出输出信号。该方法进一步包括将输出信号经由反馈电阻反馈至电压放大器的反相输入端子;以及将恒定电流提供至第一输入电阻和第二输入电阻之间的中间节点,以产生跨接信号输入端子与中间节点的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差,使得在将输入共模电压移位至第二共模电压之后,将输入信号经由第二输入电阻输入至电压放大器的反相输入端子。

[0037] 在一个实施例中,所述接收可在正信号输入端子和负信号输入端子处分别接收包括正输入信号和负输入信号的差分输入信号。所述输入可将正输入信号经由第一正输入电阻和第二正输入电阻输入至电压放大器的非反相输入端子,以及将负输入信号经由第一负输入电阻和第二负输入电阻输入至电压放大器的反相输入端子,第一正输入电阻和第二正输入电阻从正信号输入端子串联连接至非反相输入端子,第一负输入电阻和第二负输入电阻从负信号输入端子串联连接至反相输入端子。所述输出可从电压放大器的非反相输出端子和反相输出端子分别输出包括正输出信号和负输出信号的差分输出信号。所述反馈可将正输出信号经由第一反馈电阻反馈至电压放大器的反相输入端子,以及将负输出信号经由第二反馈电阻反馈至电压放大器的非反相输入端子。恒定电流的提供可将第一恒定电流提供至第一正输入电阻和第二正输入电阻之间的第一中间节点,以及将第二恒定电流提供至第一负输入电阻和第二负输入电阻之间的第二中间节点。此外,所述产生可产生跨接正信号输入端子与第一中间节点以及跨接负输入端子与第二中间节点的电压降,所述电压降等于所述差,使得在输入共模电压移位至第二共模电压之后,通过经由第二正输入电阻将正输入信号输入至非反相输入端子来执行将第二共模电压提供至电压放大器的非反相输入端子。

[0038] 本公开的方面进一步提供了一种电平移位的方法,该方法包括:在正信号输入端子和负信号输入端子处接收包括正输入信号和负输入信号的差分输入信号,该差分输入信号分别具有等于第一共模电压的输入共模电压;以及将正输入信号经由第一正输入电阻和第二正输入电阻输入至电压放大器的非反相输入端子,并且将负输入信号经由第一负输入电阻和第二负输入电阻输入至电压放大器的反相输入端子,第一正输入电阻和第二正输入电阻从正信号输入端子串联连接至非反相输入端子,第一负输入电阻和第二负输入电阻从负信号输入端子串联连接至反相输入端子。该方法还包括从电压放大器的非反相输出端子和反相输出端子分别输出包括正输出信号和负输出信号的差分输出信号,以及将正输出信

号经由第一反馈电阻反馈至电压放大器的反相输入端子,以及将负输出信号经由第二反馈电阻反馈至电压放大器的非反相输入端子。该方法进一步包括将第一恒定电流提供至第一正电阻和第二正电阻之间的第一中间节点以及将第二恒定电流提供至第一负电阻和第二负电阻之间的第二中间节点,以及产生跨接正信号输入端子与第一中间节点以及跨接负信号输入端子与第二中间节点的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差,使得在输入共模电压移位至第二共模电压之后,正输入信号和负输入信号分别经由第二正输入电阻和第二负输入电阻输入至电压放大器的非反相输入端子和反相输入端子。

[0039] 发明效果

[0040] 在根据本公开的示例性线性放大器中,提供恒流源以将恒定电流提供至第一输入电阻和第二输入电阻之间的节点。恒定电流产生跨接第一输入电阻的电压降,所述电压降等于第一共模电压与第二共模电压之差。因此,电平移位可在第一输入电阻中实现,并且使得能够进行大的电平移位量,所述电平移位可以是电平移位或电平下降。

[0041] 而且,在示例性线性放大器中,可通过对流入连接在第一共模电压和第二共模电压之间的电流产生电阻中的电流进行镜像而产生恒定电流。由此,即使第一输入电阻的值变化,也能精确地确定电平移位量。

附图说明

[0042] 图1是示出根据本公开的示例性线性放大器的基本结构的电路图。

[0043] 图2是第一示例性线性放大器的电路图。

[0044] 图3A是第二示例性线性放大器的电路图。

[0045] 图3B是在图3A中所示的示例性线性放大器中可以使用的示例性恒流源的电路图。

[0046] 图3C是示出在图3A中所示的示例性线性放大器中可以使用的示例性可变电阻的结构的电路图。

[0047] 图4是第三示例性线性放大器的电路图。

[0048] 图5是第四示例性线性放大器的电路图。

[0049] 图6是常规线性放大器的电路图。

[0050] 图7示出图6中所示的常规线性放大器的操作的图像。

[0051] 图8是将基准电压 V_{ref} 提供至图6中所示的线性放大器的示例性基准电压产生电路的电路图。

[0052] 图9是另一常规线性放大器的电路图。

[0053] 附图标记

[0054] 11,12,13,11A:电压放大器

[0055] 21,21A,22,23:恒流源

[0056] 31:具有恒定电流负载的源接地放大器

具体实施方式

[0057] 将参考附图中所示的优选实施例来解释根据该公开的示例性线性放大器和示例性电平移位的方法。

[0058] <基本结构>

[0059] 图1示出根据该公开的一个示例性线性放大器的基本结构。

[0060] 这里,输入电阻R1连接在接收输入信号Vin的示例性线性放大器的信号输入端子和电压放大器11的反相输入端子之间,并分成输入电阻R1a和R1b。引起电流Is或提供电流Is的恒流源21连接至所分成的输入电阻R1a和R1b之间的节点。彼此并联连接的反馈电阻R2和反馈电容C1连接在电压放大器11的反相输入端子和输出端子之间。电压放大器11的输出端子充当示例性线性放大器的输出端子,以输出输出信号Vout。此外,为了控制输出信号Vout的共模电压,将电压Vout_common提供至电压放大器11的非反相输入端子。

[0061] 在图1中所示的示例性线性放大器中,因为电阻R1a和电流Is使输入信号Vin的电平移位,所以DC电流仅流过电阻R1a。因此,电阻R1b和R2的值不会影响电平移位量。结果,可以通过改变电阻R1b和R2的值实现可变增益放大器,同时实现固定量的电平移位。

[0062] 另一方面,在诸如图6中所示的常规线性放大器中,电阻R1和R2的值影响增益和电平移位量两者。因此,不可能实现具有固定量的电平移位的可变增益放大器。

[0063] 在图1中所示的示例性线性放大器中,如下确定电平移位量Voffset或输入信号Vin和输出信号Vout的共模电压之差。

[0064] $V_{offset} = I_s \cdot R_{1a}$

[0065] 示例性线性放大器的AC增益Av或输出信号Vout和输入信号Vin的幅度比由如下等式确定。

[0066] $A_v = R_2 / (R_{1a} + R_{1b})$

[0067] 此外,可通过将反馈电容C1与反馈电阻R2并联连接而将示例性线性放大器构造为低通滤波器。低通滤波器的截止频率通过如下等式确定。

[0068] $f_p = 1 / (2\pi \cdot R_2 \cdot C_1)$

[0069] 在图1中所示的示例性线性放大器中,通过适当地设置电流Is,如下控制电阻R1a和R1b之间的中间节点N1处的平均电压V1。

[0070] $V_1 = V_{out_common}$

[0071] 也就是说,在电阻R1b的共模电压移位至Vout_common之后,输入信号Vin通过电阻R1b输入至电压放大器11。此外,因为电压Vout_common被提供至非反相输入端子,并且输出信号Vout经由反馈电阻R2被反馈至反相输入端子,所以电压放大器11的反相输入端子处的电压固定为电压Vout_common。结果,可消除流入电阻R1b和R2的DC电流,即,没有DC电流流入电阻R1b和R2。因此,输出信号Vout的共模电压变成等于电压Vout_common。

[0072] <第一示例性实施例>

[0073] 图2示出根据该公开的第一示例性线性放大器。该示例性线性放大器包括电流源21,电流源21基于电阻Ra、输入共模电压Vin_common以及输出共模电压Vout_common产生图1中所示的电流Is。

[0074] 恒流源21包括两个电压放大器12和13、两个NMOS晶体管MN1和MN2以及电阻Ra。电压放大器12的非反相输入端子接收输入共模电压Vin_common,并且其反相输入端子连接至其输出端子,该输出端子构成节点N2。电压放大器13的反相输入端子接收输出共模电压Vout_common,其输出端子连接至晶体管MN1的栅极端子,并且其非反相输入端子连接至晶体管MN1的漏极端子,该漏极端子构成节点N3。输入共模电压Vin_common和输出共模电压Vout_common可通过对基准电压进行分压而产生,可使用带隙基准器件产生基准电压。

[0075] 电阻 R_a 连接在节点 N_2 和 N_3 之间,并且电流 I_a 流过电阻 R_a 并进一步流过与电阻 R_a 串联连接的晶体管 MN_1 。晶体管 MN_1 和 MN_2 构成电流镜,并且电流 I_a 由晶体管 MN_2 进行镜像。由此,电流 I_s 流过晶体管 MN_2 ,晶体管 MN_2 的漏极连接至节点 N_1 的。这里,晶体管 MN_1 和 MN_2 的尺寸以及电阻 R_{1a} 和 R_a 的值被设置为 $MN_1:MN_2=R_{1a}:R_a$ 。也就是,晶体管 MN_1 和 MN_2 的尺寸比等于电阻 R_{1a} 和 R_a 的值的比。

[0076] 电压放大器12操作为电压跟随器,该电压跟随器将输入共模电压 V_{in_common} 输出至节点 N_2 。因此,节点 N_2 处的电压 V_2 被设置如下。

[0077] $V_2 = V_{in_common}$

[0078] 类似地,电压放大器13和晶体管 MN_1 操作为电压跟随器,该电压跟随器将输出共模电压 V_{out_common} 输出至节点 N_3 。因此,节点 N_3 处的电压 V_3 被设置如下:

[0079] $V_3 = V_{out_common}$

[0080] 因此,流过电阻 R_a 和晶体管 MN_1 的电流 I_a 由以下等式确定。

[0081] $I_a = (V_2 - V_3) / R_a = (V_{in_common} - V_{out_common}) / R_a$

[0082] 当晶体管 MN_1 和 MN_2 的尺寸比是 $MN_1:MN_2=1:n$ 时,流过晶体管 MN_2 的电流 I_s 由以下等式确定。

[0083] $I_s = n \cdot (V_{in_common} - V_{out_common}) / R_a$

[0084] 因为电压放大器11将其构成节点 N_4 的反相输入端子处的电压 V_4 控制为 V_{out_common} ,所以当节点 V_1 处的平均电压或DC电压 V_1 被设置如下时,没有DC电流流过电阻 R_2 。

[0085] $V_1 = V_{out_common}$

[0086] 在这种情况下,全部电流 I_s 流过输入电阻 R_{1a} 。因此,考虑到关系 $R_{1a}:R_1=MN_1:Mn_2=1:n$,如下确定输入信号 V_{in} 的平均电压。

[0087] $V_{in} = V_{out_common} + I_s \cdot R_{1a}$

[0088] $= V_{out_common} + (n \cdot (V_{in_common} - V_{out_common}) / R_a) \cdot (R_a / n)$

[0089] $= V_{in_common}$

[0090] 也就是说,图2中所示的示例性线性放大器实现了从具有输入共模电压 V_{in_common} 的输入信号 V_{in} 至具有输出共模电压 V_{out_common} 的输出信号 V_{out} 的电平移。

[0091] 具体而言,示例性线性放大器通过将引起电流 I_s 的恒流源21连接至所分成的输入电阻 R_{1a} 和 R_{1b} 之间的节点 N_1 实现了电平移或电平降低。当适当地实现电平移时,不需要电压放大器11提供多余的电流。

[0092] 当示例性线性放大器构造在半导体集成电路中时,输入电阻 R_{1s} 的值会变化很大。即使当输入电阻 R_{1a} 的值变化时,图2中所示的示例性线性放大器中采用的恒流源也使得能够使电平移量 $V_{offset} = I_s \cdot R_{1a}$ 保持恒定。

[0093] 集成在相同半导体集成电路中的电阻 R_{1a} 和 R_a 的值,即使在它们由于制造条件、操作温度等等的影响而偏离其设计值的情况下也会类似地变化。因此,它们之间的比值保持恒定。结果,通过如图2中所示设置 $MN_1:MN_2=R_{1a}:R_a$,可维持以下关系。

[0094] $V_{offset} = I_s \cdot R_{1a} = V_{in_common} - V_{out_common}$

[0095] 因此,可精确地确定电平移量和输出信号的共模电压。

[0096] 假设电压放大器11的电压增益足够大并且晶体管 MN_2 的阻抗足够大于电阻 R_{1a} , R_{1b} 和 R_2 的阻抗。那么,示例性线性放大器的总增益 A_v 可如下近似表达。

[0097] $A_v = R_2 / (R_{1a} + R_{1b})$

[0098] 因为示例性线性放大器的电平移位量仅由恒流源21的电流 I_s 和输入电阻 R_{1a} 确定,所以可任意改变电阻 R_{1b} 和 R_2 的值。因此,可在实现必要的电平移位量的同时根据需要设置示例性线性放大器的电压增益。

[0099] 此外,通过将电容 C_1 与电阻 R_2 并联连接,示例性线性放大器还可操作为有源低通滤波器,该有源低通滤波器的截止频率通过如下等式确定。

[0100] $f_p = 1 / (2\pi \cdot R_2 \cdot C_1)$

[0101] 如上所解释的,示例性线性放大器可实现电平移位、线性放大或线性衰减的功能、以及在单级中移除高频分量的功能。数目较少的放大级减小了信号的劣化。此外,可降低电力消耗和电路面积。只要提供了所需稳定性和增益,电压放大器11、12和13的各种结构都是可接受的。

[0102] <第二示例性实施例>

[0103] 将解释示例性线性放大器的实际结构。可任意设置包括电平移位量、晶体管的尺寸比、增益 A_v 、截止频率 f_p 在内的各种参数。然而,在本示例性实施例中,采取以下参数。

[0104] 从3.3V电源电压范围中的信号至1.2V电源电压范围的信号的电平移位

[0105] $V_{in_common} = 1.55V$

[0106] $V_{out_common} = 636mV$,即电平移位量=914mV

[0107] $A_v = -2dB$ 至 $3dB$,步进值为 $1dB$

[0108] $f_p = 40MHz$

[0109] 为了可应用于实际应用,示例性线性放大器被构造为差分线性放大器。尽管省略了电压放大器的详细结构,但是假设电压放大器中的每一个都具有足够的带宽、增益和相位容限。

[0110] 图3A示出实现所需功能的示例性线性放大器的结构。作为电压放大器,采用了差分输入和差分输出电压放大器11A。差分输入和差分输出电压放大器11A具有共模反馈电路,并且将输出信号 V_{out} 的DC电平或共模电压控制为等于 V_{out_common} 。作为具有共模反馈电路的差分输入和输出电压放大器,可以使用诸如日本专利公布JP 2005-323287和美国专利No. 7528659和7750737中描述的放大器。

[0111] 例如,共模反馈电路包括误差放大器,该误差放大器将正输出信号 V_{outp} 和负输出信号 V_{outn} 的电压的平均电压与共模电压 V_{out_common} 进行比较。可使用电阻分压器来检测平均电压。根据该比较的结果,误差放大器可调整差分输入和差分输出电压放大器11A的输入级的尾电流和负载电阻之一,使得平均电压变成等于输出共模电压 V_{out_common} 。

[0112] 输入电阻 R_{1ap} 和 R_{1bp} 串联连接在接收正输入信号 V_{inp} 的正信号输入端子和差分放大器11A的非反相输入端子处的节点 N_{4p} 之间。输入电阻 R_{1an} 和 R_{1bn} 串联连接在接收负输入信号 V_{inn} 的负信号输入端子和差分放大器11A的反相输入端子处的节点 N_{4n} 之间。电阻 R_{1ap} 和 R_{1an} 的值例如是 500Ω 。彼此并联连接的反馈电阻 R_{2p} 和反馈电容 C_{1p} 连接在差分放大器11A的非反相输入端子处的节点 N_{4p} 和反相输出端子之间。彼此并联连接的反馈电阻 R_{2n} 和反馈电容 C_{1n} 连接在差分放大器11A的反相输入端子处的节点 N_{4n} 和非反相输出端子之间。

[0113] 恒流源21A分别从输入电阻 R_{1ap} 和 R_{1bp} 之间的节点 N_{1p} 引起电流 I_{sp} ,以及从输入

电阻R1an和R1bn之间的节点N1n引起电流Isn。

[0114] 如图3C中所示,输入电阻R1bn被构造为可变电阻。具体而言,6个电阻R11至R16通过相应的开关SW1至SW6连接,其中电阻值为 $R11=385\ \Omega$, $R12=490\ \Omega$, $R13=615\ \Omega$, $R14=750\ \Omega$, $R15=900\ \Omega$ 以及 $R16=1075\ \Omega$ 。增益控制信号控制开关SW1至SW6以改变输入电阻R1bn的阻值。输入电阻R1bp也可采用相同结构。

[0115] 如图3B中所示,恒流源21A可用电压放大器12和13、电阻Ra和Rm、NMOS晶体管MN11至MN19以及PMOS晶体管MP11至MP15构造。电压放大器12和13被置于3.3V电源电压范围内。电阻Ra和Rm的值可分别是 $12.5k\ \Omega$ 和 $3k\ \Omega$ 。NMOS晶体管的尺寸比可以被设置如下。

[0116] MN11:MN12:MN13:MN14:MN15:MN16:MN17:MN18:MN19

[0117] =2:2:2:2:2:50:50:50:50

[0118] PMOS晶体管的尺寸比可被设置如下。

[0119] MP11:MP12:MP13:MP14:MP15=8:8:2:8:8

[0120] 与图2中所示的恒流源21相同,电压放大器12在其非反相输入端子处接收输入共模电压Vin_common并操作为电压跟随器,以将节点N2处的电压V2设置为等于输入共模电压Vin_common。电压放大器13在其反相输入端子处接收输出共模电压Vout_common并操作为电压跟随器,以将节点N3处的电压V3设置为等于输出共模电压Vout_common。电流Ia流过连接在节点N2和N3之间的电阻Ra。

[0121] NMOS晶体管MN12至MN19以及PMOS晶体管MP11至MP15构成电流镜电路,该电流镜电路处于1.2V电源电压范围内。电流镜电路采用级联恒流源,以便增加阻抗。在图3B中所示的恒流源21A中,从共模电压Vin_common和Vout_common产生电流Ia,由置于3.3V电源电压范围内的电压跟随器缓冲共模电压Vin_common和Vout_common。并且电流Ia由置于1.2V电源电压范围内的电流镜电路进行镜像。由此,产生电流Isp和Isn。

[0122] 可通过调整镜像比来调整分别从节点N1p和N1n引起的电流Isp和Isn。也就是,电流Isp和Isn可被调整为分别与电阻Ra与电阻R1ap和R1an之间的比成反比。这样的调整使跨接电阻Ra、R1ap和R1an的通过电流I流过电阻R所产生的电压下降量彼此相等并等于电平移位量。

[0123] 结果,当输入信号Vin的差分电压是0并且正输入信号Vinp和负输入信号Vinn的差分电压等于输入信号的共模电压Vin_common时,在节点N1p和N1n处产生等于输出信号的共模电压Vout_common=636mV的电压。换言之,在正信号输入端子和负信号输入端子处接收到的差分输入信号的共模电压移位至输出信号的输出共模电压Vout_common,并分别经由输入电阻R1bp和R1bn输入至差分放大器的非反相和反相输入端子。

[0124] 此外,差分放大器11A中的共模反馈电路将其输出端子处的共模电压调整为等于636mV。因此,节点N1p和N1n以及示例性线性放大器中的后续级处的信号的共模电压被设置成636mV。因此,差分放大器11A以1.2V的电源电压稳定操作。

[0125] 需要输出差分输入信号Vin的前级提供从节点N1p和N1n引起的电流Isp和Isn。替代地,提供分别与Isp和Isn相对应的电流的恒流源可连接至接收差分信号Vinp和Vinn的信号输入端子。在这种情况下,无需修改前级。

[0126] 可通过将输入电阻R1bp和R1bn实现为可变电阻而使电平移位电路的增益可变。图3C示出利用开关的可变电阻的示例性结构。也可采用各种其他结构的可变电阻。虽然图3A

示出仅输入电阻 $R1_{bp}$ 和 $R1_{bn}$ 是可变的示例,但是还可以使输入电阻 $R1_{ap}$ 和 $R1_{an}$ 以及反馈电阻 $R2_p$ 和 $R2_n$ 中的一个或两者为可变的。然而,输入电阻 $R1_{ap}$ 和 $R1_{an}$ 的改变会改变电平移位量。反馈电阻 $R2_p$ 和 $R2_n$ 的改变会改变截止频率。

[0127] 图3C中所示的结构使得能够将输入电阻的总值,即 $R1_{ap}+R1_{bp}$ 或 $R1_{an}+R1_{bn}$ 改变为 $885\ \Omega$ 、 $990\ \Omega$ 、 $1115\ \Omega$ 、 $1250\ \Omega$ 、 $1400\ \Omega$ 和 $1575\ \Omega$ 。由此,线性放大器的总增益 A_v 可以以1dB的步进值改变为3dB、2dB、1dB、0dB、-1dB和-2dB。

[0128] 此外,通过将电容 $C1_p$ 和 $C1_n$ 与反馈电阻 $R2_p$ 和 $R2_n$ 分别并联连接,示例性线性放大器可进一步用作低通滤波器。该滤波器的截止频率例如可设置成40MHz。也就是说,示例性线性放大器的增益在40MHz处下降-3dB。可通过选择电容 $C1_p$ 和 $C1_n$ 的值来设置截止频率,使得电容和反馈电阻 $R2_p$ 和 $R2_n$ 产生与截止频率相对于的时间常数。

[0129] <第三示例性实施例>

[0130] 以上解释的示例性线性放大器执行从3.3V电源电压范围内的信号至1.2V电源电压范围内的信号的电平移位。也就是说,该示例性线性放大器降低信号电平。然而,如图4中所示,也可以提高信号电平。

[0131] 图4中所示的第三示例性线性放大器具有与图1中所示的线性放大器基本上相同的结构。类似于图2中所示的示例性恒流源21,在图4中所示的示例性线性放大器中使用的恒流源22可从共模电压 V_{in_common} 和 V_{out_common} 产生电流 I_s 。然而,与图2中所示的恒流源21相反,恒流源22将电流 I_s 提供至节点N1,使得电流 I_s 朝向信号输入端子流过输入电阻 $R1_a$ 。

[0132] <第四示例性实施例>

[0133] 上述示例性线性放大器中的每一个都需要用于电平移位的电流 I_s 。例如,当前级具有作为负载的恒流源时,可从恒流源提供电流。由此,可降低电力消耗和电路面积。

[0134] 图5示出从恒定电流负载提供电流 I_s 的第四示例性线性放大器。前级31是用PMOS晶体管MP21构成的源接地放大器。前级31进一步包括NMOS晶体管MN21和电阻 $R1_a$ 的组合。NMOS晶体管MN21构成获取电流 I_s 的恒流源并用作源接地放大器的负载。

[0135] 电阻 $R1_a$ 用作电平移位电路的输入电阻 $R1_a$ 。也就是,具有共模电压 V_{in_common} 的源接地放大器的漏极端子处的信号 V_{in} 的电平被移位了 $I_s \cdot R1_a$ 的量以具有共模电压 V_{out_common} 。然后,移位的信号经过电阻 $R1_b$ 输入至电压放大器11的反相输入端子。

[0136] 虽然已经参考本公开的作为示例提出的特定实施例描述了本公开的发明,但是显然很多替代、修改和变型对本领域技术人员将是显而易见的。因此,在此阐述的本发明的实施例意在是说明性而非限制性的。在不脱离本发明的范围的情况下,可做出改变。

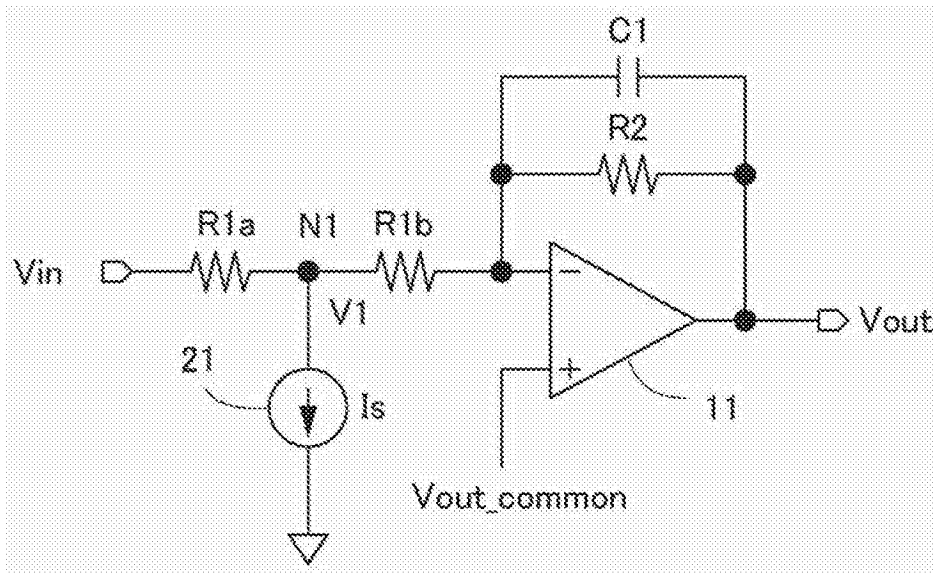


图1

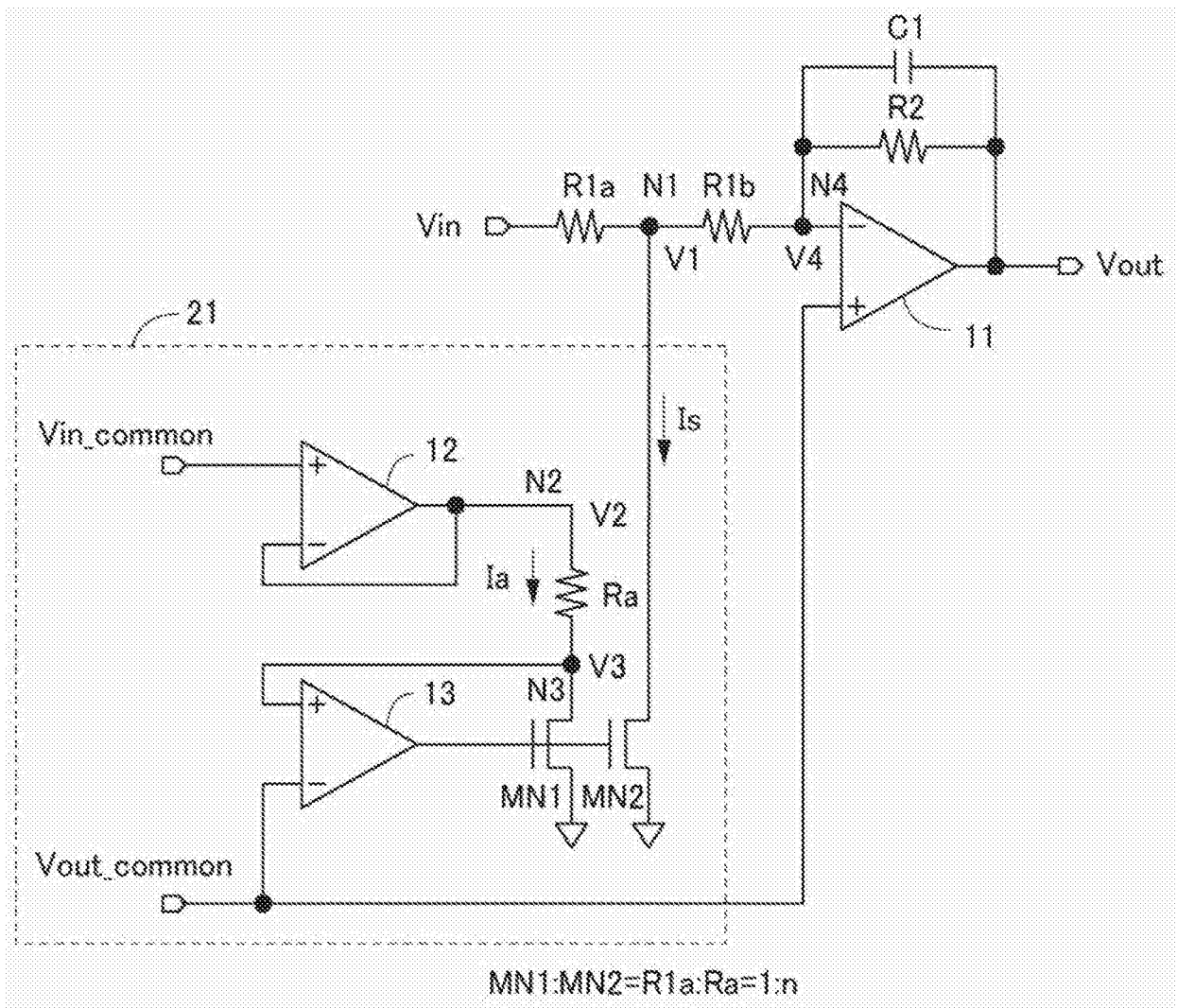


图2

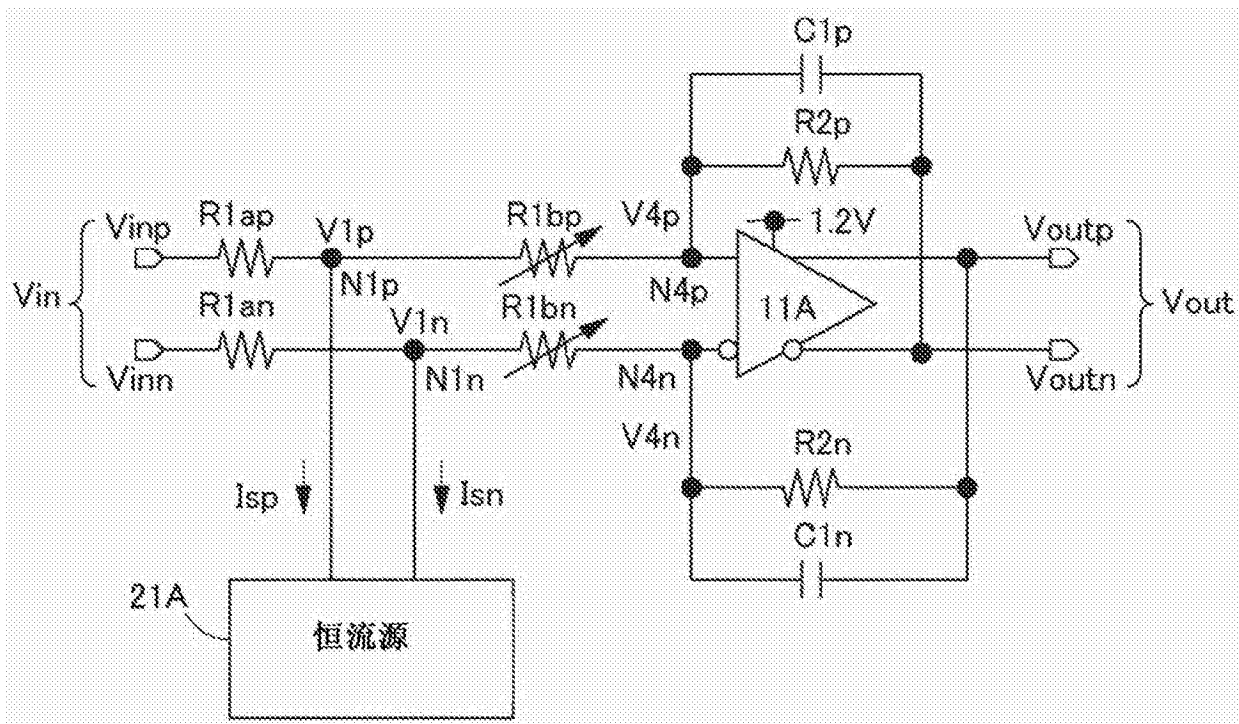


图3A

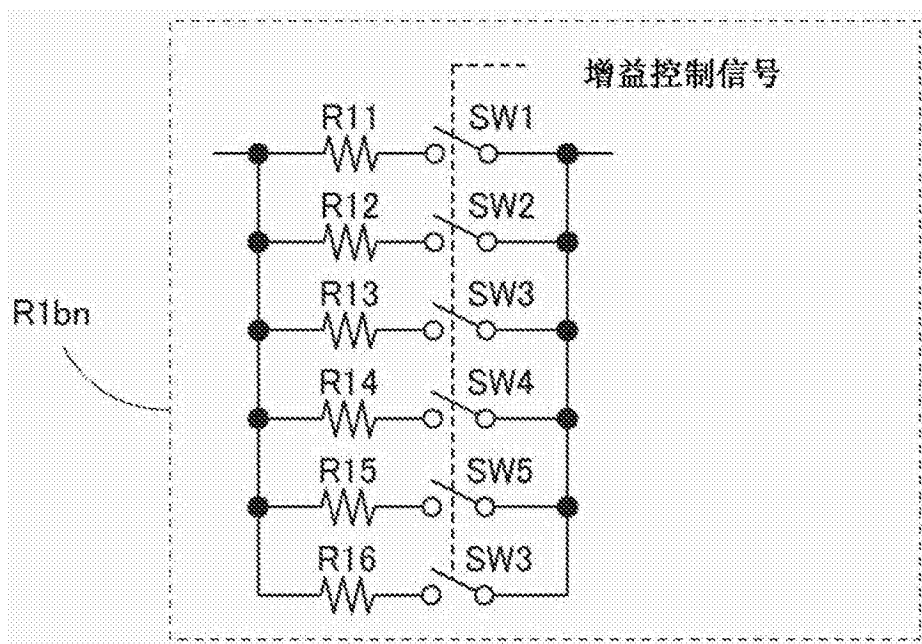


图3C

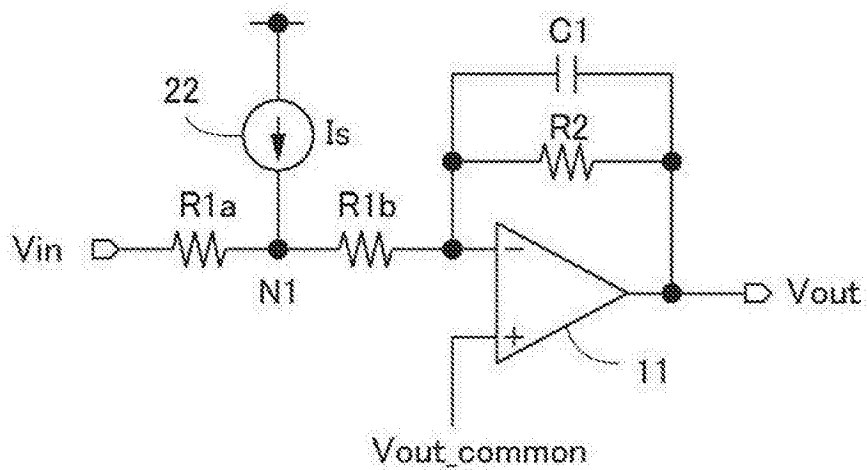


图4

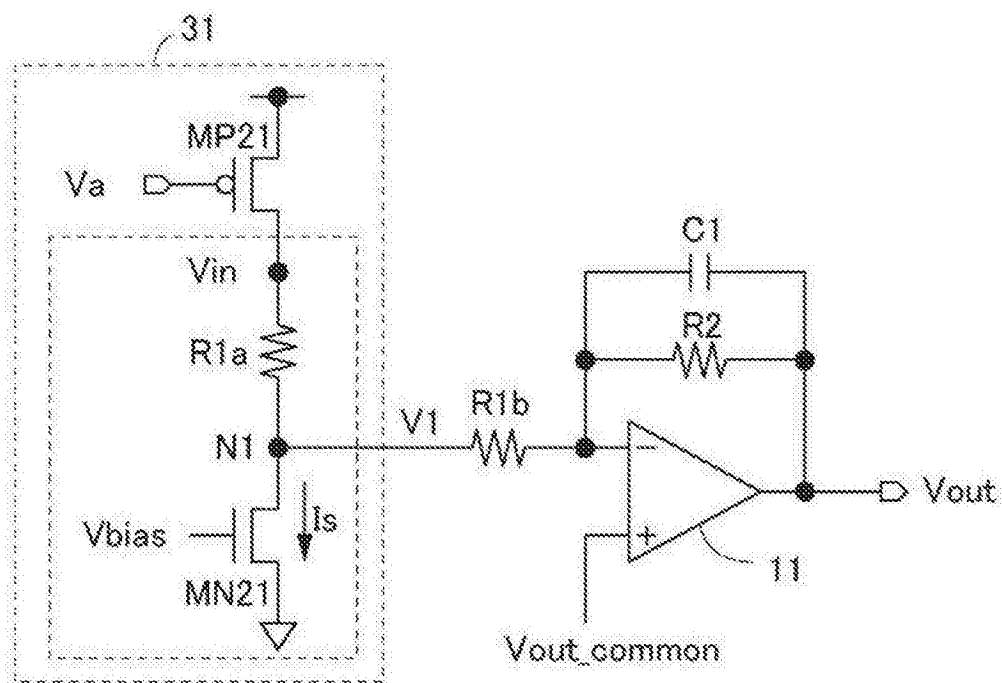


图5

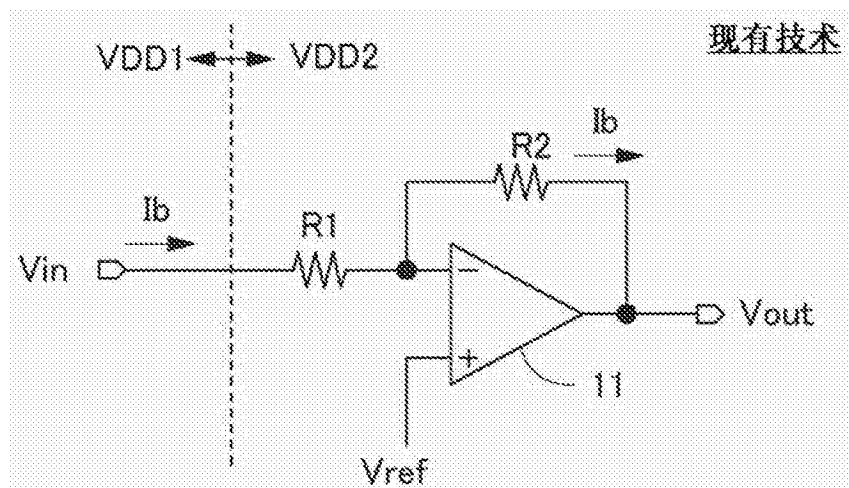


图6

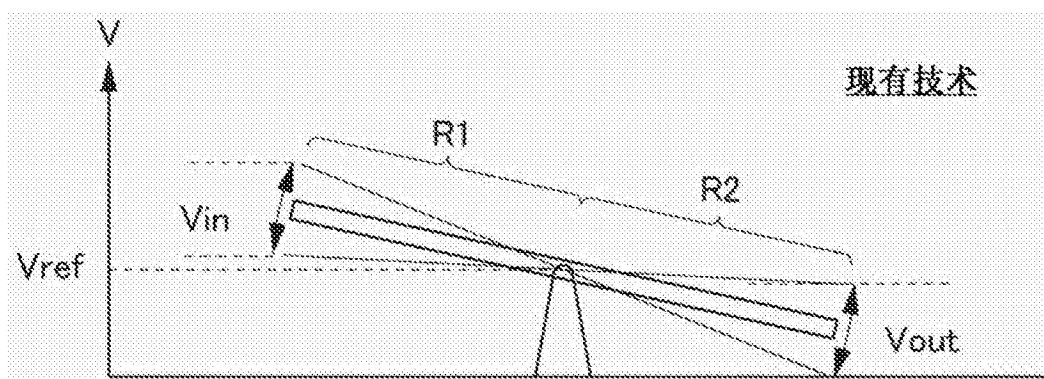


图7

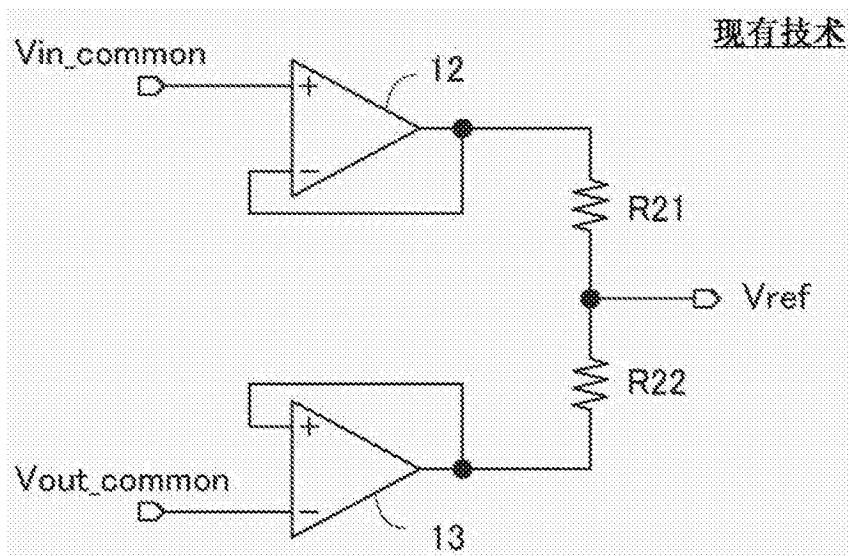
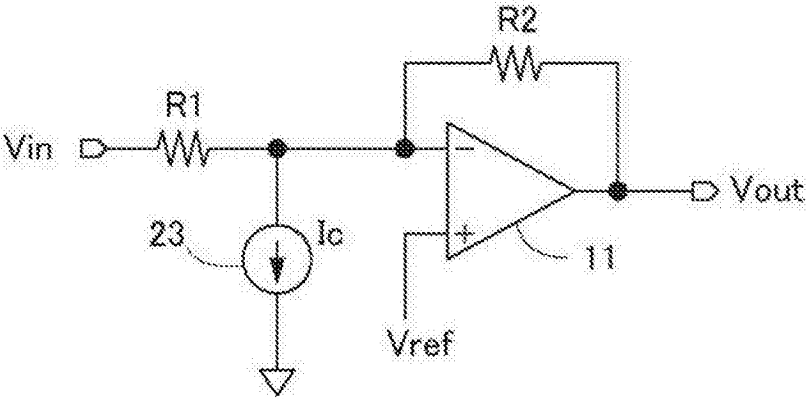


图8



现有技术

图9