



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410036893.1

[43] 公开日 2004年10月27日

[11] 公开号 CN 1540858A

[22] 申请日 2004.4.21

[21] 申请号 200410036893.1

[30] 优先权

[32] 2003.4.23 [33] JP [31] 2003-117877

[71] 申请人 罗姆股份有限公司

地址 日本京都府

[72] 发明人 稻垣亮介

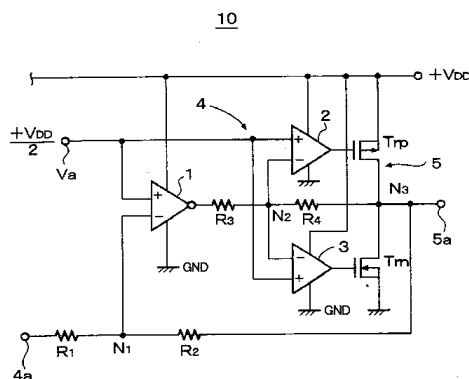
[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 朱进桂

权利要求书3页 说明书9页 附图4页

[54] 发明名称 音频信号放大器电路及具有该电路的电子设备的电子设备

[57] 摘要

本发明提供了一种音频信号放大器电路和一种具有该音频信号放大器电路的电子设备的电子设备。所述音频信号放大器，包括：相对于参考电势的电源电压或电源电压之间电压下操作的第一、第二以及第三差分放大器；具有第一和第二驱动补偿晶体管的输出级；与输入端子相连的第一电阻器；与第一差分放大器电路的输出相连的第二电阻器；以及与输出级电路的输出端子相连的第一和第二反馈电阻器。



1. 一种音频信号放大器电路，包括：
- 5 在相对于参考电位的电源电压或电源电压之间电压下操作的第一、第二以及第三差分放大器；
 具有第一和第二驱动补偿晶体管的输出级；
 与输入端子相连的第一电阻器；
 与第一差分放大器电路的输出相连的第二电阻器；以及
- 10 与输出级电路的输出端子相连的第一和第二反馈电阻器，
 其中第一差分放大器电路经过第一电阻器接收输入信号，并经过第二电阻器将输出信号输入到第二和第三差分放大器电路，第二差分放大器电路驱动第一和第二晶体管之一，第三差分晶体管驱动第一和第二晶体管中的另一个，并且将输出级电路的输出信号经过第一反馈
- 15 电阻器反馈到第一差分放大器电路的输入，以及将输出级电路的输出信号经过第二反馈电阻器反馈到第二和第三差分放大器电路的输入。
2. 根据权利要求 1 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路中的至少一个是同相操作的放大器电路，且参考电位是地电位。
- 20 3. 根据权利要求 2 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路的输入和输出信号的幅度参考电压的电平和输出级电路的输出信号的幅度参考电压的电平实质上为电源电压的 $1/2$ 。
4. 根据权利要求 3 所述的音频信号放大器电路，其特征在于当
- 25 其输入是超过 $1/2$ 电压的电压信号时，第二差分放大器电路驱动第一晶体管，而当其输入是小于 $1/2$ 电压的电压信号时，截止第一晶体管；当其输入是小于 $1/2$ 电压的电压信号时，第三差分放大器电路驱动第二晶体管，而当其输入是超过 $1/2$ 电压的电压信号时，截止第二晶体管。
- 30 5. 根据权利要求 4 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第

一、第二和第三差分放大器电路中的每一个均是同相操作的放大器电路，且输出级电路中的第一和第二晶体管是 C-MOSFET 晶体管。

6. 根据权利要求 5 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一晶体管是 P 沟道 MOSFET 晶体管，第二晶体管是 N 沟道 MOSFET 晶体管，当其输入是小于 1/2 电压的电压信号时，第二差分放大器电路驱动第一晶体管，而当其输入是超过 1/2 电压的电压信号时，截止第一晶体管；以及当其输入是超过 1/2 电压的电压信号时，第三差分放大器电路驱动第二晶体管，而当其输入是小于 1/2 电压的电压信号时，截止第二晶体管。

7. 根据权利要求 6 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路是实质上相同的电路。

8. 根据权利要求 7 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路中至少的一个是其中由 NPN 晶体管代替了 PNP 晶体管并且由 PNP 晶体管代替了 NPN 晶体管的电路。

9. 根据权利要求 7 所述的音频信号放大器电路，其特征在于将相对于电源电压的 1/2 电压输入到第一、第二和第三差分放大器电路的 (+) 输入侧，并且在所述电路的 (-) 输入侧接收输入信号。

10. 根据权利要求 7 所述的音频信号放大器电路，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路中的每一个分别包括：一对差分晶体管；分别与所述差分晶体管相连的第一和第二负载电阻器；电流镜电路，用于取出从负载电阻器获得的电压信号，作为电流信号；以及第一和第二恒流源，分别设置电流镜电路中的输入侧晶体管和输出侧晶体管的操作电流。

11. 一种具有音频信号放大器电路的电子设备，所述音频信号放大器电路包括：

在相对于参考电位的电源电压或电源电压之间电压下操作的第一、第二以及第三差分放大器；

具有第一和第二驱动补偿晶体管的输出级；

与输入端子相连的第一电阻器；

与第一差分放大器电路的输出相连的第二电阻器；以及

与输出级电路的输出端子相连的第一和第二反馈电阻器，

其中第一差分放大器电路经过第一电阻器接收输入信号，并经过第二电阻器将输出信号输入到第二和第三差分放大器电路，第二差分放大器电路驱动第一和第二晶体管之一，第三差分晶体管驱动第一和第二晶体管中的另一个，并且将输出级电路的输出信号经过第一反馈电阻器反馈到第一差分放大器电路的输入，以及将输出级电路的输出信号经过第二反馈电阻器反馈到第二和第三差分放大器电路的输入。

12. 根据权利要求 11 所述的电子设备，其特征在于第一、第二和第三差分放大器电路中的至少一个是同相操作的放大器电路，输出级电路中的第一和第二晶体管是 C-MOSFET 晶体管，且参考电位是地电位。

13. 根据权利要求 12 所述的电子设备，其特征在于所述电子设备是电话。

14. 根据权利要求 13 所述的电子设备，其特征在于所述电子设备是便携类型的电话。

15. 根据权利要求 12 所述的电子设备，其特征在于所述电子设备是便携类型的电子设备。

音频信号放大器电路及具有该电路的电子设备

5

技术领域

本发明涉及一种音频信号放大器电路以及具有该电路的电子设备，更具体地，涉及一种音频信号放大器电路，用于诸如蜂窝电话、非移动电话以及便携式终端设备之类的便携类型电子设备和诸如个人计算机之类的电子设备的音频系统中，即使在相对较低的电压驱动下，所述音频信号放大器电路也能够减小信号失真，并且适于形成在具有宽动态范围的集成电路中。

背景技术

15 传统上，用于诸如蜂窝电话、非移动电话以及便携式终端设备之类的便携式类型电子设备和诸如个人计算机之类的电子设备的许多音频系统在相对低的电压下运行，例如，大约 DC 6V 的电源电压或低于该电压，这导致其动态范围变窄的问题。

20 作为执行适于如蜂窝电话和便携式终端设备等便携类型电子设备的推挽操作的低电压驱动放大器电路，从 JP-A-5-308228 或 JP-A-9-46146 中可以了解到一种在驱动级使用电流镜电路并且扩大了动态范围的电路。

25 在声音应用的音频系统中，使用了一种功率放大器，从 JP-A-11-103216 中可以了解到，通过在末级的 MOS 电路中使用 FET 晶体管，降低了所述功率放大器的失真率且拓宽了动态范围。此外，作为一种相同种类的运算放大器，一种其中由双极晶体管驱动在末级的 C-MOSFET 中的输出级的双 MOS 电路是众所周知的。

30 在用于诸如蜂窝电话、非移动电话以及便携式终端装置之类便携式类型电子设备和诸如个人计算机之类电子设备的音频系统中，期望提高声音质量以及增大其输出，并且非常希望更进一步的这种要求。

此外，还希望减小功率消耗。

当在末级使用双极晶体管时，如果没有抑制无功电流，则在没有信号期间会出现功率消耗增大的问题。前面所述的 JP- A- 9- 46146 中公开的技术解决了上述问题。但是，该技术的缺点在于驱动级的电路结构有些复杂。

因此，设想通过在末级的 C-MOS 电路中使用 FET 晶体管来抑制无功电流，但是，当使用进行推挽操作的 CMOS 运算放大器时，其中在小于 DC 6V 的相对较低的电压驱动下，通过双极晶体管驱动 MOSFET，仍然不能解决不能充分地执行 MOSFET 的驱动以及动态范围减小这些问题。

此外，使用了进行推挽操作的 CMOS 运算放大器，不同地设置正相位侧和反相位侧的各个偏压。在这样设置之后，驱动末级，因此，波特图（频率对总增益的图）上的极点（拐点）数目增加，如果在低电压下驱动，则交叉失真增大，而如果输出增大，则很可能会产生振荡。

发明内容

本发明的目的的解决传统技术中的这些问题，且提供了一种音频信号放大器电路，即使在相对较低的电压驱动下时，所述音频信号放大器电路也能减小信号失真，并且适于形成在具有宽动态范围的集成电路中，或提供了一种具有该音频信号放大器电路的电子设备。

为了实现上述目的，构造了一种音频放大器电路或一种具有该音频信号放大器电路的电子设备，以提供：在相对于参考电压的电源电压或电源电压之间的电压下操作的第一、第二以及第三差分放大器；具有第一和第二驱动补偿晶体管（transistor driven complementarily）的输出级；与输入端子相连的第一电阻器；与第一差分放大器电路的输出相连的第二电阻器；以及与输出级电路的输出端子相连的第一和第二反馈电阻器，

其中第一差分放大器电路经过第一电阻器接收输入信号，并经过第二电阻器将输出信号输入到第二和第三差分放大器电路，第二差分

放大器电路驱动第一和第二晶体管之一，第三差分晶体管驱动第一和第二晶体管中的另一个，并且将输出级电路的输出信号经过第一反馈电阻器反馈到第一差分放大器电路的输入，以及将输出级电路的输出信号经过第二反馈电阻器反馈到第二和第三差分放大器电路的输入。

5 从上述可以清楚看到，在本发明的三个差分放大器中，第一、第二和第三差分放大器电路构成了用于补偿型驱动的最终输出级晶体管的驱动电路。

此外，在相对于参考电位（地电位）的电源电压或这些电压之间的电压下操作各个差分放大器电路。因此，能够以相对较低的电压产生输出级电路的驱动信号。此外，构造了双反馈电路，在该电路中，
10 将输出级电路的输出信号反馈到第一差分电路以及第二和第三差分放大器电路的输入。

在此示例中，特别地，当第一、第二和第三差分放大器电路的结构实质上相同时；由于能够减少波特图上极点的数目并且经过第一反馈电阻器和第二反馈电阻器将输出级电路的输出信号双路反馈到输入侧，因此即使输出有所增加，也能够减小如交叉失真等，并抑制电路振荡。此外，当将 C-MOSFET 晶体管用于输出级电路中的第一和第二晶体管时，能够减小无功电流。
15

结果，能够实现即使在相对较低的电压下进行驱动时，也能够减小信号失真，并且适于形成在具有宽动态范围的集成电路中的音频信号放大器电路，以及具有该音频信号放大器电路的电子设备。
20

附图说明

图 1 是实施例中的音频输出电路的基本框图，其中将本发明的音频信号放大器电路用于该实施例；
25

图 2 是用于说明图 1 中特定电路示例的电路图；

图 3 是用于说明图 1 中差分放大器电路的另一个特定示例的电路图；

图 4 是用于说明图 1 中差分放大器电路另一个特定示例的电路图；以及
30

图 5 是用于说明图 1 中差分放大器电路又一个特定示例的电路图。

具体实施方式

5 在图 1 中，10 是音频输出电路。音频输出电路 10 由以下部件构成：驱动级电路 4，包括差分放大器电路 1、2 和 3；由驱动级驱动的 C-MOSFET 的输出级电路 5；以及电阻器 R1、R2、R3 和 R4。此外，5a 是输出级电路 5 的输出端子，而 4a 是驱动级电路 4 的输入端子。

10 分别按照相同的电路结构构造了差分放大器电路 1、2 和 3，分别接收来自电源线 +VDD（设其电源电压是 +VDD）的电源，并且在电源电压 +VDD 和地 GND 之间的电压下操作。差分放大器 1 是同相操作的放大器电路，其中将 (-) 输入侧（反相输入侧）用作输入端子，(-) 输入侧与电阻器 R1 和电阻器 R2 的串联电路的连接点 N1 相连，且 (+) 输入侧（同相输入侧）与预定偏置线 $V_a (= +VDD/2)$ 相连。电阻器
15 R1 和电阻器 R2 的串联电路是用于确定音频输出电路 10 的放大率的电阻器，且电阻器 R1 是电路的参考电阻器，其剩余的一端与输入端子 4a 相连。电阻器 R2 剩余的一端与输出端子 5a 侧相连并用作反馈电阻器，用于将输出信号反馈到输入侧。

20 此外，在差分放大器电路 1 的输出侧，添加了反相符号，这暗示相对于 (-) 输入侧的反相并放大的输出，取出对其的反相输出。结果，构成了如上所述的对于输入信号的同相操作的放大器。利用差分放大器电路，通常能够容易地得到相对于 (+) 输入侧和 (-) 输入侧的同相和反相（180 相位）输出。因此，即使将实质上相同的电路结构用于这些差分放大器电路，通过改变从差分放大器电路位置提取的输出，
25 仍然能够获得相对于 (+) 输入侧以及 (-) 输入侧同相或反相的输出。因此，从差分放大器电路结构的角度出发，差分放大器 1 存在或缺少反相符号没有明显的差别。

30 差分放大器 2 是反相操作的放大器电路，其中将 (-) 输入侧用作输入端子，(-) 输入侧与电阻器 R3 和电阻器 R4 的串联电路的连接点 N2 相连，且 (+) 输入侧与偏置线 V_a 相连。电阻器 R3 和电阻器

R4 的串联电路是用于确定音频输出电路 10 的放大率的电阻器，且电阻器 R3 是电路的参考电阻器，其剩余的一端与差分放大器 1 的输出相连。电阻器 R4 剩余的一端与输出端子 5a 侧相连并且用作反馈电阻器，用于将输出信号反馈到输入侧。

- 5 差分放大器 3 是反相操作的放大器电路，其中将 (-) 输入侧用作输入端子，(-) 输入侧与电阻器 R3 和电阻器 R4 的串联电路的连接点 N2 相连，且 (+) 输入侧与偏置线 Va 相连，构造了与差分放大器电路 2 相似的电路。

10 分别将差分放大器电路 2 和 3 的输出输出到 C-MOSFET 的输出级电路 5。输出级电路 5 由 P 沟道 MOSFET 晶体管 Trp 和 N 沟道 MOSFET 晶体管 Trn 构成。晶体管 Trp 的漏极与晶体管 Trn 的漏极相连，且其连接点 N3 与输出端子 5a 相连。晶体管 Trp 的源极与电源线 +VDD 相连，而晶体管 Trn 的源极与地 GND 相连。

15 在本实施例中，利用偏置线 Va 的电压，将用于差分放大器电路 1、2 和 3 的输入信号和输出信号的幅度参考电平实质上设为 +VDD/2。此外，由于存在反馈电阻 R4，将用于输出级电路 5 的输出信号的幅度参考电平实质上也为 +VDD/2。

20 因此，由差分放大器电路 2 的输入信号中超过 +VDD/2 的电压信号驱动晶体管 Trp，而当电压信号小于 +VDD/2 时，使其截止。另一方面，由差分放大器电路 3 的输入信号中小于 +VDD/2 的电压信号驱动晶体管 Trn，而当电压信号超过 +VDD/2 时，使其截止。因此，音频输出电路 10 的输出端子 5a 产生了推挽输出。

25 即，在音频输出电路 10 中，设置了三个相同的差分放大器电路单元，这些差分放大器电路在电源电压 +VDD 和地 GND 之间的电压下操作，并使用相对于电源电压的电压 +VDD/2 作为幅度参考来产生输出信号。在这些差分放大器电路的输入和参考侧的偏置电压也是 +VDD/2。因此，通过将差分放大器电路之一用作第一级的输入级或第一级驱动电路，驱动其它两个电路，并分别将其它两个差分放大器电路分配给用于 C-MOSFET 输出级电路 5 中的输出级晶体管的驱动电
30 路。

因此，各个差分放大器电路 1 到 3 能够产生电源电压+VDD 和地 GND 之间的电压的用于输出级电路 5 的驱动信号，另外，由于可以通过具有相同电路结构的差分放大器电路驱动输出级，因此能够拓宽其动态范围。此外，由于末级输出级由 C-MOSFET 构成，因此抑制了无功电流并减小了噪声，从而提高了声音质量。

图 2 是上述的一个特定电路。通过按照于差分放大器电路 1 相同的方式取得输出，按照与差分放大器电路 1 相同的电路结构构造了图 2 中的差分放大器电路。因此，与图 1 中的示例不同，在图 2 中所有的差分放大器电路都是同相操作的放大器。因此，音频输出电路 10 整体上作为反相放大器操作。

在本实施例中，由差分放大器电路 2 的输入信号中小于+VDD/2 的电压信号驱动晶体管 T_{rp} ，而当电压信号超过+VDD/2 时，使其截止。另一方面，由差分放大器电路 3 的输入信号中超过+VDD/2 的电压信号驱动晶体管 T_{rn} ，而当电压信号超过+VDD/2 时，使其截止。因此，音频输出电路 10 的输出端子 5a 产生了推挽输出。

附带地，差分放大器电路 2 和 3 使用+VDD/2 作为幅度参考，产生任意同相信号或反相信号，作为输出信号，而不考虑电路是反相操作放大器还是同相操作放大器，在这两种情况下，电路均是可操作的。取决于音频输出电路 10 整体上作为如图 2 的反相放大器操作还是作为如图 1 的同相放大器操作，可以选择差分放大器电路 2 和 3 的反相和同相操作，对于差分放大器电路 1 也是如此。

在差分放大器电路 1、2 和 3 中的每一个输入级均由 NPN 差分晶体管 Q1 和 Q2 构成，在差分晶体管 Q1 和 Q2 的下游具有 NPN 晶体管的恒流源。其输出级由 PNP 晶体管 Q4 和 Q5 构成的电流镜电路 6 构成。晶体管 Q4 是二极管连接的电流镜电路 6 中的输入侧晶体管，而晶体管 Q5 是电流镜电路 6 的输出侧晶体管。在差分晶体管 Q1 和 Q2 的上游侧设置了负载电阻器 R5 和 R6，且差分晶体管 Q1 和 Q2 各自的集电极经过这些负载电阻器 R5 和 R6 与电源线+VDD 相连。差分晶体管 Q1 和 Q2 的公共发射极经过晶体管 Q3 的集电极-发射极和电阻器 R7 与地 GND 相连。

晶体管 Q4 和 Q5 的发射极分别与负载电阻器 R5、R6 和差分晶体管 Q1、Q2 之间的连接点相连，并接收来自差分晶体管 Q1 和 Q2 的输出。晶体管 Q4 和 Q5 的集电极分别经过恒流源的 NPN 晶体管 Q6 和 Q7 的集电极-发射极以及电阻器 R8 和 R9 与地 GND 相连。

5 此外，构成了恒流源的晶体管 Q3、Q6 和 Q7 的基极分别与恒定电压的偏置线 V_s 相连。

10 电流镜电路 6 是其上游侧与差分晶体管 Q1 和 Q2 的负载电阻器 R5 和 R6 相连的电路，在下游侧设置了用于设置其操作电流的恒流源。出于此原因，电流镜电路 6 是不能执行输入信号的电流镜操作而是将输出电压转换为电流并输出同相电流的电路。用于电流镜电路的输出侧的晶体管 Q5 的输入侧经过负载电阻器 R5 的端子，接收与 (-) 输入侧的输入信号同相的电压输出信号。因此，在此示例中，电流镜电路 6 构成了与设置在差分放大器电路 1 的输出侧的反相符号相对应的电路。在本实施例中，包括差分晶体管 Q1 和 Q2 以及电流镜电路 6
15 的差分放大器电路与图 1 的差分放大器电路 1 相对应。

偏置线 V_s 是从恒压电路 8 和电流源 7 之间的连接点得到的恒压线。在电源线 +VDD 和地 GND 之间，串联设置电流源 7 和在其下游接收来自电流源 7 的电流的恒压电路 8。恒流电路 8 由二极管连接的晶体管和电阻器的串联电路构成。

20 从上面可以看到，由于按照实质上相同的电路结构构造了差分放大器电路 1 到 3，因此其幅频特性几乎相同，此外，由于分别由 C-MOSFET 构成其末级，因此减少了波特图上的极点数目。

结果，即使在较低的电压驱动下，也提高了如交叉失真等，并且抑制了电路振荡。

25 图 3 是图 1 中差分放大器电路的另一个特定示例。图 3 中的差分放大器电路 3a 是差分放大器电路，其中由 PNP 晶体管 Q1 到 Q3、Q6 和 Q7 分别代替了图 2 中差分放大器电路 3 的 NPN 晶体管 Q1 到 Q3、Q6 和 Q7，并且由 NPN 晶体管 Q4 和 Q5 分别代替了 PNP 晶体管 Q4 和 Q5。可以将这种修改后的电路用于取代图 2 中的差分放大器电路 3。
30 此外，可以用上述电路代替所有的其它差分放大器电路 1 和 2。

尽管从电流源 7 和恒压电路 8 之间的连接点得到偏置线 V_s , 这些电路的位置与图 2 中的相反。即, 由电阻器和二极管连接的晶体管的串联电路构成的恒压电路 8 与电源线+VDD 相连, 且电流源在其下游接收来自恒压源 8 的电流, 并将其汇入地 GND。

5 图 4 是图 1 中差分放大器电路另一个特定示例, 可以由图 4 的差分放大器电路取代图 1 中的电路。

图 4 中的差分放大器电路通过设置在其下游的电流镜电路 9, 接收图 2 中差分放大器电路的电流镜电路 6 的输出, 并产生反相的电流。然后, 通过设置在电流镜电路 9 的上游的电流镜连接的晶体管 Q11 来
10 产生输出。

电流镜电路 9 由 NPN 晶体管 Q8 和 Q9 构成, 并且在其上游配备有晶体管 Q11。该晶体管用作电流镜的输出侧晶体管, 并且在差分晶体管 Q1 和 Q2 侧, 设置了输入侧晶体管。输入侧晶体管是插入在晶体管 Q1 的集电极和电阻器 R5 之间的晶体管 Q10。因此, 经过输出侧晶
15 体管 Q10, 通过晶体管 Q10 和 Q11, 将来自差分晶体管 Q1 的输出输出到输出端子 OUT。

图 5 示出了差分放大器电路, 其中由 PNP 晶体管 Q1 到 Q3、Q8 和 Q9 分别代替了图 4 中差分放大器电路的 NPN 晶体管 Q1 到 Q3、Q8 和 Q9, 并且由 NPN 晶体管 Q4、Q5、Q10 和 Q11 分别代替了图 4
20 中的 PNP 晶体管 Q4、Q5、Q10 和 Q11。按照与图 3 类似的方式, 可以用图 2 中的差分放大器电路 3 或差分放大器电路 1 和 2 代替上述差分放大器电路。其中的偏置线与图 3 中的示例相同。

如上所述, 在本实施例中, 举例说明了其中通过双极晶体管驱动 C-MOSFET 的输出级的双-CMOS 电路, 但是在本实施例中, 如果输出级是由补偿驱动型晶体管构成的输出电路, 则不必将晶体管局限于
25 MOSFET 晶体管。但是, 在这种修改的示例中, 无功电流可能会略有增加。

此外, 在本实施例中, 由双极晶体管构成三个差分放大器电路的驱动级, 然而, 当然可以由 MOSFET 晶体管的差分放大器电路构成同
30 样的驱动级。

此外，在本实施例中，使用了电源电压的正电压，但是，也可以将负电源电压应用于本发明。

10

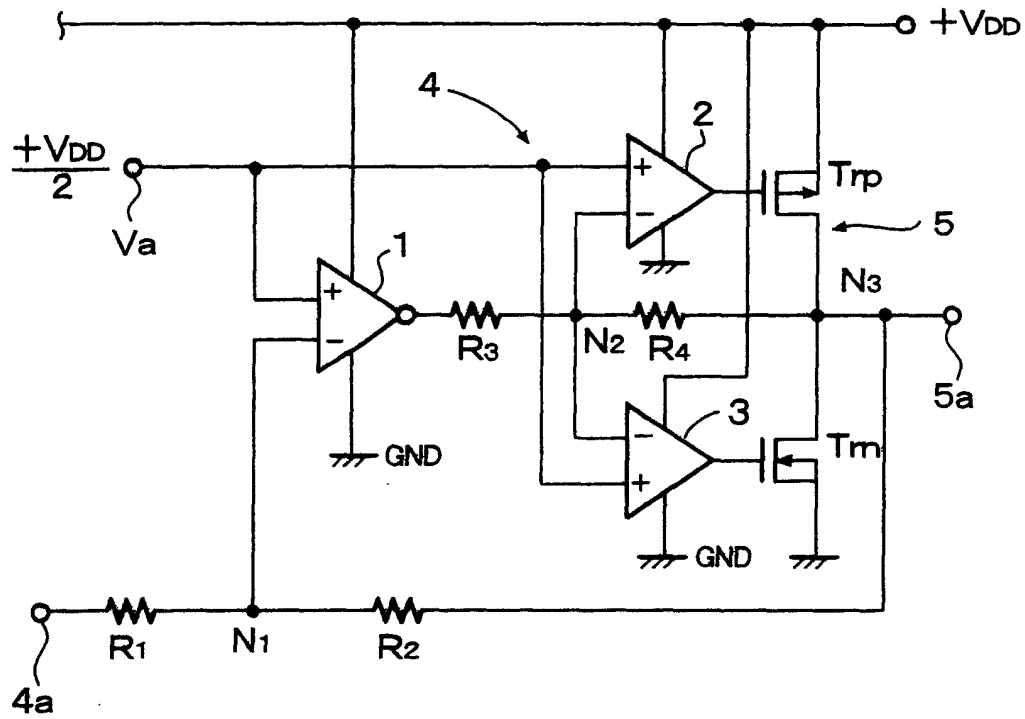


图 1

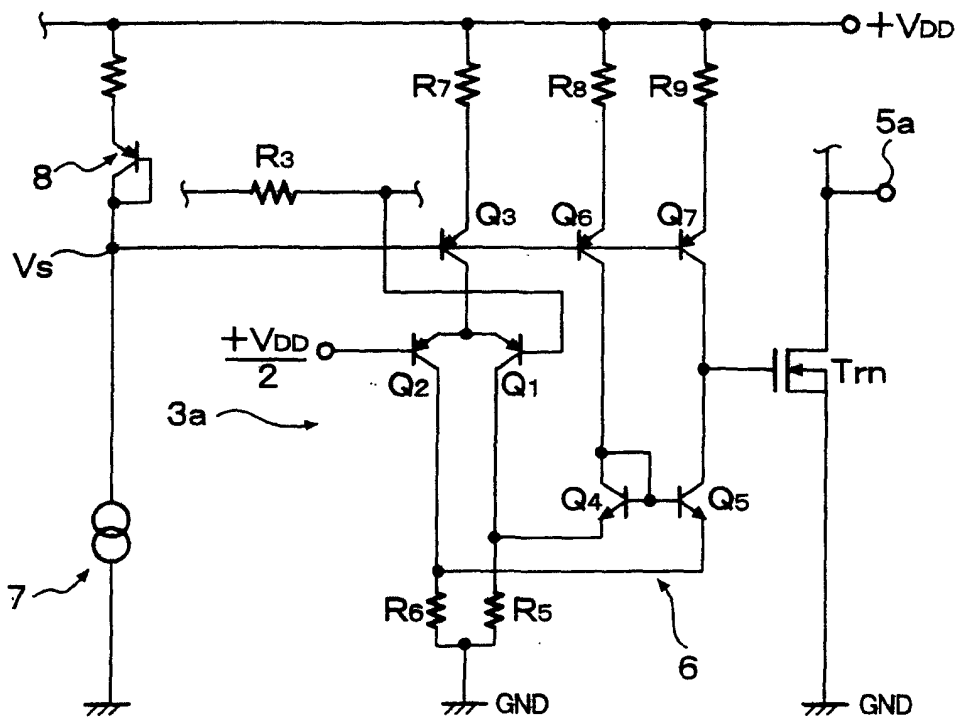


图 3

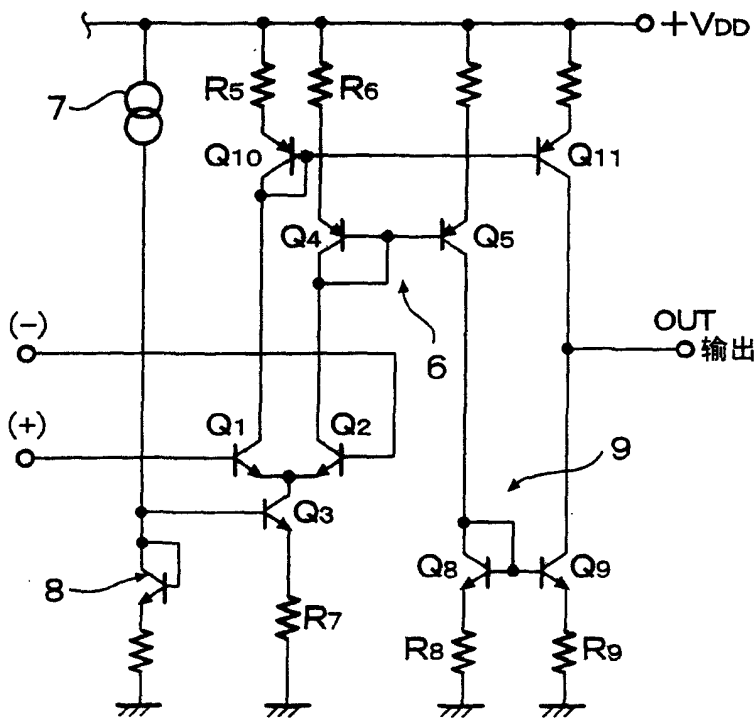


图 4

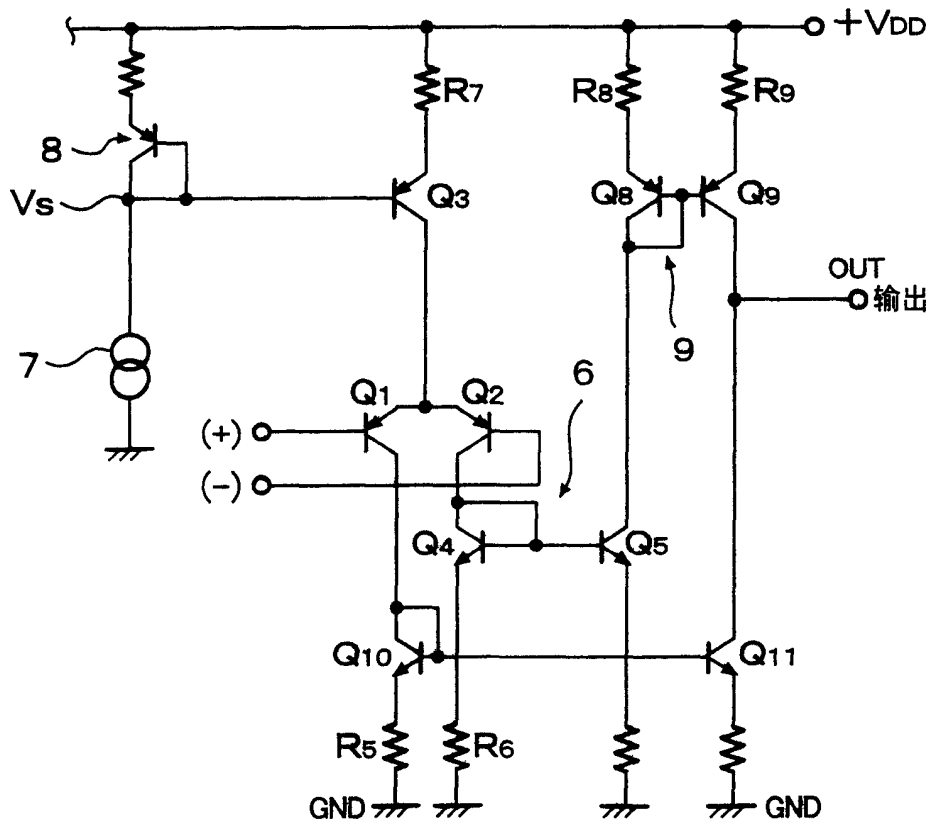


图 5