[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H03F 3/45 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01821204.2

[45] 授权公告日 2007 年 2 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1300937C

[22] 申请日 2001.12.5 [21] 申请号 01821204.2
[30] 优先权
[32] 2000.12.22 [33] DE [31] 10064207.1
[86] 国际申请 PCT/EP2001/014288 2001.12.5
[87] 国际公布 WO2002/052720 德 2002.7.4
[85] 进入国家阶段日期 2003.6.23
[73] 专利权人 印芬龙科技股份有限公司
地址 德国慕尼黑
[72] 发明人 斯特凡·梅克宁 马库斯·申佩尔 拉尔夫·施莱德
[56] 参考文献
US5420539A 1995.5.30
审查员 董 杰

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 龚海军

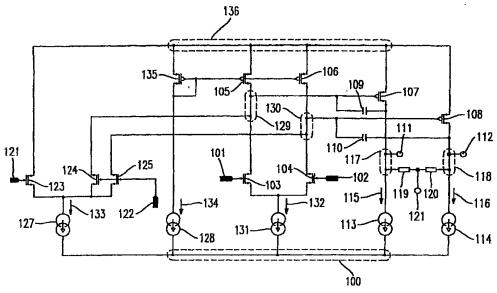
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

低噪声完全差分放大的电路布置

[57] 摘要

本发明涉及一种低噪声完全差分放大的电路。通过在第一反馈电阻(119)和第二反馈电阻(120)中形成的分压器，在差分放大电路的差分输出级中确定反馈信号(121)。 在第一输出电路节点(117)处提供第一输出信号(111)，在第二输出电路节点(118)处提供第二输出信号(112)。 各个第一和第二输出信号(111)或(112)形成完全输出信号，该输出信号相应于通过第一和第二输入信号(101)或(102)形成的输入信号。 负载电流(134)，输入电流(132)和参考电流(133)通过负载电流源(128)，输入电流源(128)和参考电流源(127)提供。 匹配晶体管(301)用于调节在负载电流源(128)，输入电流源(131)和参考电流源(127)之间的适配。 差分放大电路的反馈信号(121)与参考级中的参考电压(122)进行比较，并在电流反射镜装置中将负载电流(134)反射到差分输入级。



1.一种用于放大输入信号的电路布置，具有：

一差分输入级，该差分输入级包括第一输入晶体管（103）和第二输入晶体管（104）并用作差分输入信号（101, 102）的输入，差分输入级的输出形成第一和第二参考节点（129，130）；

一差分输出级，该差分输出级包括第一输出晶体管（107）和第二输出晶体管（108）并用作差分输出信号（111, 112）的输出；

一输入电流源（131），用于设置输入电流（132）；和一参考电流源（127），用于设置参考电流（133）；和

一参考级，用于将放大输入信号的电路布置的共模电压与参考电压（122）进行比较；其特征在于

提供一负载电流源（128），用于设置负载电流（134）；

提供一电流反射镜装置，该装置包括第一电流反射镜晶体管（105）和第二电流反射镜晶体管（106），并用来将负载电流（134）反射到差分输入级，将差分输入级的输出连接到第一和第二参考节点（129，130）上；和

参考级包括第一、第二和第三参考晶体管（123，124，125），其中，反馈信号（121）作为共模电压被馈送至第一参考晶体管（123）的第一端子；

参考电流源（127）与第一参考晶体管（123）的第二端子、第二参考晶体管（124）的第一端子和第三参考晶体管（125）的第一端子连接，第二参考晶体管（124）的第二端子和第三参考晶体管（125）的第二端子与参考电压（122）连接，第二晶体管（124）的输出与第一参考节点（129）连接，以及第三晶体管（125）的输出与第二参考节点（130）连接。

2.如权利要求 1 所述的电路布置，其特征在于提供一启动电路单元，该启动电路单元包括第一启动晶体管（201）和第二启动晶体管（202），并用于启动整个电路布置，将第一和第二启动晶体管分别并联连接到第一和第二输入晶体管（103，104）上。

3.如权利要求 1 和权利要求 2 之一所述的电路布置，其特征在于提供一共模控制，其中参考电流（133）是仅通过负载电流源（128）提供的负载电流（134）的一部分。

4.如权利要求 1 或 2 所述的电路布置，其特征在于第二和第三参考晶体管（124，125）具有小于第一和第二输入晶体管（103，104）的跨导。

5.如权利要求 1 或 2 所述的电路布置，其特征在于提供一匹配晶体管（301），在其栅极端子施加参考电压（122），并且其漏极－源极通路传送负载电流（134）。

6.如权利要求 1 或 2 所述的电路布置，其特征在于电流反射镜装置的输入上游形成为负载晶体管（135），该负载晶体管被连接为二极管负载。

低噪声完全差分放大的电路布置

本发明涉及一种差分放大的电路，尤其涉及一种低噪声完全差分放大的电路布置，这在美国专利 US-A-5420539 中公开。

Claessen U 等“ ErhÖhte Genauigkeit bei der simulation analoger CMOS-Schaltungen durch einverbessertes MOS-Kompaktmodell”〔“通过改进的 MOS 压缩模型在模拟 CMOS 电路的模拟技术中增加的精确度”〕Archiv fÜr Elektronik und Übertragungstechnik, S. Hirzel Verlag. Stuttgart，德国，1990 年 3 月 1 日（1990-03-01）第 44 卷第 2 期的第 139-147 页，XP000113073 ISSN 为 0001-1096 上披露了为将一偏流供给放大器的多个元件而重复反射偏流。

完全差分放大器用在多个领域，这些领域涉及在较宽的操作频率范围上的差分信号的放大。特别地－但不是专有地－这些完全差分放大器用于将非常小的输入信号放大为尽可能没有噪声的输出信号。完全差分放大器通常需要在放大器输出中设置共模电压的共模控制。上述共模控制必须满足下面一个或两个必要条件：

（a）必须确保整个电路布置有足够增益带宽；和

（b）整个电路布置的任何噪声必须不超过预定的限度。

在这种情况下，特别地，应当注意的是在（b）中指定的边界条件包括 1/f 噪声。因为低的 1/f 噪声大大影响用于放大信号的电路元件的需要，所以上述这两个必要条件（(a)（b)）相互冲突。换句话说，对具有非常大的门控面积的场效应晶体管的一般要求是，依次限制共模控制环的带宽。另一方面，如果使用具有较小的门控面积的晶体管，那么将增加放大器的 1/f 噪声。

如果增益带宽变得太小，诸如放大器性能的非线性和输入信号的失真之类的影响则非常显著。

根据现有技术，给定用于输入信号的差分放大的模拟电路布置。David Johns, Ken Martin 的“模拟集成电路设计”在 290-291 页公开了一种包括

共模控的电路布置，在放大器输出的共模电压减去用于偏移的 DC 电压电平，这在反馈节点 V_A 处形成。

然后将该电压利用额外放大器与参考电压 V_{ref} 比较。尽管该方法能进行，但它有相当大的限制。这些限制在于存在这样的事实，即跨越源输出晶体管的压降限制了可处理的差分信号。当使用低供给电压时，这些限制具有特别不利的影响。另外，在共模控制环中的更多的节点有使整个电路布置更难补偿的影响。

在共模控制电路的设计中，重要考虑的是它们必须被补偿。否则，电路可能变得不稳定。

利用具有精确输出平衡的操作放大器的完全差分放大的进一步的电路布置在固态电路的 IEEE 杂志（1988）第 23 卷第 6 期第 1410－1414 页中公开。具有平衡输出的操作放大器是公知的具有差分输出的放大器的特殊情况。具有差分输出的放大器通常包括提及的共模控制电路。然而，在这种情况下，特定电路设计的输出不平衡。

用于高阻抗电流模式应用的共模控制的进一步的电路布置在 IEEE 学报中的电路与系统II:“模拟与数字处理（2000）”的第 47 卷第 4 期第 363-359 页的由 Lah, L.; Choma, J. , Jr.和 Draper, J.撰写的题目为“高阻抗电流模式应用的连续时间共模反馈电路（CMFB）”中公开。在这种情况下，共模控制可稳定共模信号。

根据已有技术的电路布置的主要缺点是为了将极点引入共模控制环而出现的稳定问题。根据已有技术的电路布置，原则上极点的出现是不可避免的。在根据已有技术的电路拓朴的情况下，只有在通过相应的电路测量将增益带宽朝向低频率偏移时，共模控制的稳定性才被稳定，因而在常规的电路布置出现的极点变为主极点。

在根据已有技术的电路布置中，因为差分放大器晶体管较大，极点通常在低频率处，因此差分放大器电路布置必须受到高度的频率补偿，其反过来将导致带宽的进一步衰减。由于低带宽，此结果为当频率增加时，增益减少，由此使得输入信号的失真被放大。

因此，具有差分放大器的常规电路布置的进一步的缺点是仅能获得较小的增益带宽。

附图 5 示出了根据已有技术将差分输入信号差分放大为相应的差分

输出信号的电路布置图。

如附图 5 所示，共模电压通过在电路布置的差分输出级的两个输出之间的分压器来确定。将共模参考电压与参考级中的参考电压进行比较，该参考级与两个参考晶体管和两个参考负载一起形成。在这种情况下，将参考晶体管形成为第一参考差分晶体管和第二参考差分晶体管。

在通过 1/f 噪声限定的差分放大器中，这种共模控制仅在当共模控制具有低 DC 电压增益或非常低的情况下使用。用于这种共模控制的晶体管具有较大的面积，这意味着它们具有大的门控面积，结果降低了 1/f 噪声。因此形成的电流反射镜对于将一附加极点引入共模控制环产生影响，这将导致电路出现问题，即在共模控制中出现的稳定问题。

因此，本发明的主要目的是提供一种用于差分放大器的共模控制，该差分放大器具有较大的增益带宽。

根据本发明的第一方面，一种用于放大输入信号的电路布置，具有：

一差分输入级，该差分输入级包括第一输入晶体管（103）和第二输入晶体管（104）并用作差分输入信号（101, 102）的输入，差分输入级的输出形成第一和第二参考节点（129，130）；

一差分输出级，该差分输出级包括第一输出晶体管（107）和第二输出晶体管（108）并用作差分输出信号（111, 112）的输出；

一输入电流源（131），用于设置输入电流（132）；和一参考电流源（127），用于设置参考电流（133）；和

一参考级，用于将放大输入信号的电路布置的共模电压与参考电压（122）进行比较；其特征在于

提供一负载电流源（128），用于设置负载电流（134）；

提供一电流反射镜装置，该装置包括第一电流反射镜晶体管（105）和第二电流反射镜晶体管（106），并用来将负载电流（134）反射到差分输入级，将差分输入级的输出连接到第一和第二参考节点（129，130）上；和

参考级包括第一、第二和第三参考晶体管（123，124，125），其中，反馈信号（121）作为共模电压被馈送至第一参考晶体管（123）的第一端子；

参考电流源（127）分别与第一参考晶体管（123）的第二端子、第

二参考晶体管（124）的第一端子和第三参考晶体管（125）的第一端子连接，第二参考晶体管（124）的第二端子和第三参考晶体管（125）的第二端子与参考电压（122）连接，第二晶体管（124）的输出与第一参考节点（129）连接，以及第三晶体管（125）的输出与第二参考节点（130）连接。

本发明进一步的目的是限制 1/f 噪声。

本发明的另一个目的是防止由于过分小的增益带宽产生的输入信号的扭曲。

根据本发明的装置具有的主要优点是，为低噪声、完全差分放大器提供一种共模控制，在没有增加 1/f 噪声的情况下维持较大的带宽。

本发明进一步的优点在于提供一种不产生额外极点的共模控制。

本发明另外一个优点在于提供一种仅控制分电流的共模控制。

本发明还有一个优点在于提供能一种能启动和设置合适操作点的启动电路单元。

本发明的核心是用于具有低 1/f 噪声和仅控制分电流的共模控制的完全差分放大的电路布置。

依据本发明的一个优选情况，提供一种匹配晶体管，它可确保在所使用的电流源之间达到匹配。

依据本发明进一步的优选情况，为了使整个电路布置启动，提供一包括第一启动晶体管和第二晶体管的启动电路单元。

依据本发明另一个的优选情况，对于共模控制，通过在施加第一输出信号的第一输出电路节点和施加第二输出信号的第二输出电路节点之间设置的分压器，将共模电压确定为反馈信号。

依据本发明另一个的优选情况，在第一和第二输出晶体管的漏极端子之间的输出级处分接共模电压。

依据本发明另一个的优选情况，提供一种共模控制，其中仅使通过负载电流源提供的负载电流的一部分的参考电流用于控制。

依据本发明另一个的优选情况，在差分输入级中提供分别与第一和第二输入晶体管并联连接的第一和第二启动晶体管。

依据本发明另一个的优选情况，提供第二和第三参考晶体管，其跨导小于第一和第二输入晶体管的跨导。

依据本发明另一个的优选情况，提供一种避免额外极点的共模控制。依据本发明另一个的优选情况，提供一种匹配晶体管，在其栅极端子施加一参考电压，并且其漏极－源极通路传送负载电流。

依据本发明另一个的优选情况，通过一电阻器形成第一参考晶体管的第一参考负载。

依据本发明另一个的优选情况，通过二极管负载形成第一参考晶体管的第一参考负载。

依据本发明另一个的优选情况，匹配晶体管的负载形成为负载晶体管，该负载晶体管被连接为二极管负载。

本发明的示例性实施例在附图中图解并在下面进行详细说明。

在附图中：

附图 1 示出了根据本发明对由第一输入信号 101 和第二输入信号 102 组成的整个输入信号进行放大、并形成由第一输出信号 111 和第二输出信号 112 组成的输出信号的电路布置;

附图 2 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，如图 1 所示的电路布置通过包括第一启动晶体管 201 和第二启动晶体管 202 的启动电路单元扩展;

附图 3 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，除了另外提供一匹配晶体管 301 之外，在附图 3 中示出的电路布置与附图 2 中示出的电路布置相当;

附图 4 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，除在附图 3 的参考级中另外提供第一参考负载 401 之外，在附图 4 中示出的电路布置与附图 3 中示出的电路布置相当;

附图 5 示出了根据现有技术将差分输入信号差分放大为相应的输出信号的电路布置。

在附图中，同一参考符号表示同一或者功能相同的部件。

附图 1 示出了根据本发明对由第一输入信号 101 和第二输入信号 102 组成的整个输入信号进行放大并形成由第一输出信号 111 和第二输出信号 112 组成的输出信号的电路布置。

在附图 1 所示的电路布置中，将第一输入信号 101 输送到第一输入

晶体管 103 的栅极端子，而将第二输入信号 102 输送到第二输入晶体管 104 的栅极端子。两个晶体管 103 和 104 的源端子互连并连接到输入电流源 131 的第一端，将输入电流源的第二端连接到接地电路节点 100 上，输入电流源 131 驱动输入电流 132。

将第一晶体管 103 的漏极端子连接到第一参考电路节点 129 上，并将第二晶体管 104 的漏极端子连接到第二参考电路节点 130 上。进一步，将第一输出晶体管 107 的栅极端子连接到第一参考电路节点 129 上，并将第二输出晶体管 108 的栅极端子连接到第二参考电路节点 130 上。利用两个参考电路节点 129 和 130 可实现共模控制，因为第二参考晶体管 124 的漏极端子与第一参考电路节点 129 连接，且第三参考晶体管 125 的漏极端子与第二参考电路节点 130 连接。同样第一电流反射镜晶体管 105 的漏极端子与第一参考电路节点 129 连接，且第二电流反射镜晶体管 106 的漏极端子与第二参考电路节点 130 连接。

将第一电流反射镜晶体管 105 的栅极端子连接到第二电流反射镜晶体管 106 的栅极端子和负载晶体管 135 的栅极端子上，将负载晶体管 135 的栅极端子和漏极端子互连，这样是为了形成一个二极管负载。此外，将负载晶体管 135 的漏极端子（和栅极端子）连接到负载电流源 128 的第一端，而将负载电流源 128 的第二端连接到接地电路节点 100 上。以这样的方式驱动来自负载电流源 128 的负载电流 134。将负载晶体管 135、第一电流反射镜晶体管 105、第二电流反射镜晶体管 106、第一输出晶体管 107 和第二输出晶体管 108 的各个源极端子连接到提供电压的供给电路节点 136 上。将第二和第三参考晶体管 124 和 125 的栅极端子互连并连接到参考电压 122 上。其漏极端子连接到供给电路节点 136 上的第一参考晶体管 123、第二和第三参考晶体管 124 和 125 的源极端子互连并连接到参考电流源 127 的第一端上，将参考电流源的第二端连接到接地电路节点 100 上，由此来驱动参考电流 133。以这种方式，实际上包括第一、第二和第三参考晶体管 123，124 和 125 以及参考电流源 127 的参考级的设置使得反馈信号 121（反馈信号的产生将在下面说明）与参考电压 122 进行比较并控制该电压值成为可能。在差分放大器电路布置的输出电路中，借助从第一反馈电阻 119 和第二反馈电阻 120 中形成的分压器可获得反馈信号 121。在这种情况下，将第一反馈电阻 119 的第一

端连接到第一输出电路节点 117 上，并将第二反馈电阻 120 的第一端连接到第二输出电路节点 118 上。将第一反馈电阻 119 的第二端连接到第二反馈电阻 120 的第二端，在两个反馈电阻之间的连接点处分接反馈信号 121 是可能的。

在第一输出电路节点 117 处提供第一输出信号 111，并在第二输出电路节点 118 处提供第二输出信号 112。各自的第一和第二输出信号 111 和 112 形成整个输出信号，该整个输出信号分别与第一和第二输入信号 101 和 102 组成的输入信号对应。将第一输出晶体管 107 的漏极端子连接到第一输出电路节点 117 上，将该节点又连接到第一输出电流源 113 的第一端，将第一输出电流源 113 的第二端连接到接地电路节点 100 上。将第二输出晶体管 108 的漏极端子连接到第二输出电路节点 118 上，将该节点又连接到第二输出电流源 114 的第一端，将第二输出电流源 114 的第二端连接到接地电路节点 100 上。以这种方式驱动来自第一输出电流源 113 的第一输出电流 115 和来自第二输出电流源 114 的第二输出电流 116。

将第一补偿电容 109 连接在第一输出晶体管 107 的栅极端子和漏极端子之间，并将第二补偿电容 110 连接在第二输出晶体管 108 的栅极端子和漏极端子之间。

附图 2 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，如图 1 所示的电路布置通过包括第一启动晶体管 201 和第二启动晶体管 202 的启动电路单元扩展。

两个附加晶体管，第一启动晶体管 201 和第二启动晶体管 202，示出在如附图 2 所示的电路布置中，将第一启动晶体管 201 和第一输入晶体管 103 的漏极端子互连并将第一启动晶体管 201 和第一输入晶体管 103 的源极端子互连，同时将第二启动晶体管 202 和第二输入晶体管 104 的漏极端子互连并将第二启动晶体管 202 和第二输入晶体管 104 的源极端子互连。将两个启动晶体管 201 和 202 的两个栅极端子互连并连接到参考分电压 203 上。

包括两个启动晶体管 201 和 202 的启动电路单元用于将整个电路布置运行（起动）到理想的操作点，与图 1 所示出的电路布置比较，这两

个启动晶体管 201 和 202 是另外增加的，因为除了该期望操作点外，整个电路布置还具有不期望的稳定操作点。如果第一和第二输入信号 101 和 102 在过分低的电势处，则第一输入晶体管 103 和第二输入晶体管 104 处于关闭状态。结果，第一和第二参考电路节点 129 和 130 出现高电势，而第一和第二输出电路节点出现低电势。

然后共模控制试图将第一和第二参考电路节点 129 和 130 拉到较低的电势，因为共模控制仅与分电流一起工作，所以它不能将第一和第二参考电路节点 129 和 130 拉到较低的电势。

通过与第一输入晶体管 103 平行连接的第一启动晶体管 201 和与第二输入晶体管 104 平行连接的第二启动晶体管 202 所获得的是将第一和第二参考电路节点 129 和 130 拉到较低电势，因为将指定量值小于参考电压 122 的参考分电压 203 施加到第一和第二启动晶体管 201 和 202 的两个连接的栅极端子上。

附图 3 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，除了将负载晶体管 135 的漏极端子（和栅极端子）连接到匹配晶体管 301 的漏极端子上外，附图 3 所示出的电路布置基本上与附图 2 所示出的电路布置相当。将匹配晶体管 301 的源极连接到负载电流源 128 的第一端上，并将匹配晶体管 301 的栅极端子连接到参考电压 122 上。以这种方式，来自负载电流源 128 的负载电流 134 与输入电流源（131）的输入电流（132）和参考电流源（127）的参考电流（133）匹配。

附图 4 示出了一个根据本发明的电路布置的示例性实施例，除了将从电阻器或从二极管负载中形成的第一参考负载 401 连接在第一参考晶体管 123 和供给电路节点 136 的漏极端子之间外，附图 4 所示出的电路布置基本上与附图 3 所示出电路布置相当。

尽管上面已经利用优选的示例性实施例叙述了本发明，但本发明不仅限于此，而是可用多种方式对其进行修改。

参考符号列表

在附图中，同一参考符号表示同一或功能相同的部件。

100 接地电路节点

101 第一输入信号

102 第二输入信号

103 第一输入晶体管

104 第二输入晶体管

105 第一电流反射镜晶体管

106 第二电流反射镜晶体管

107 第一输出晶体管

108 第二输出晶体管

109 第一补偿电容

110 第二补偿电容

111 第一输出信号

112 第二输出信号

113 第一输出电流源

114 第二输出电流源

115 第一输出电流

116 第二输出电流

117 第一输出电路节点

118 第二输出电路节点

119 第一反馈电阻

120 第二反馈电阻

121 反馈信号

122 参考电压

123 第一参考晶体管

124 第二参考晶体管

125 第三参考晶体管

127 参考电流源

128 负载电流源

129 第一参考电路节点

130 第二参考电路节点

131 输入电流源

132 输入电流

133 参考电流

134 负载电流

135 负载晶体管

136 供给电路节点

201 第一启动晶体管

202 第二启动晶体管

203 参考分电压

301 匹配晶体管

401 第一参考负载

501 第一参考负载

502 第二参考负载

503 第一参考差分晶体管

504 第二参考差分晶体管

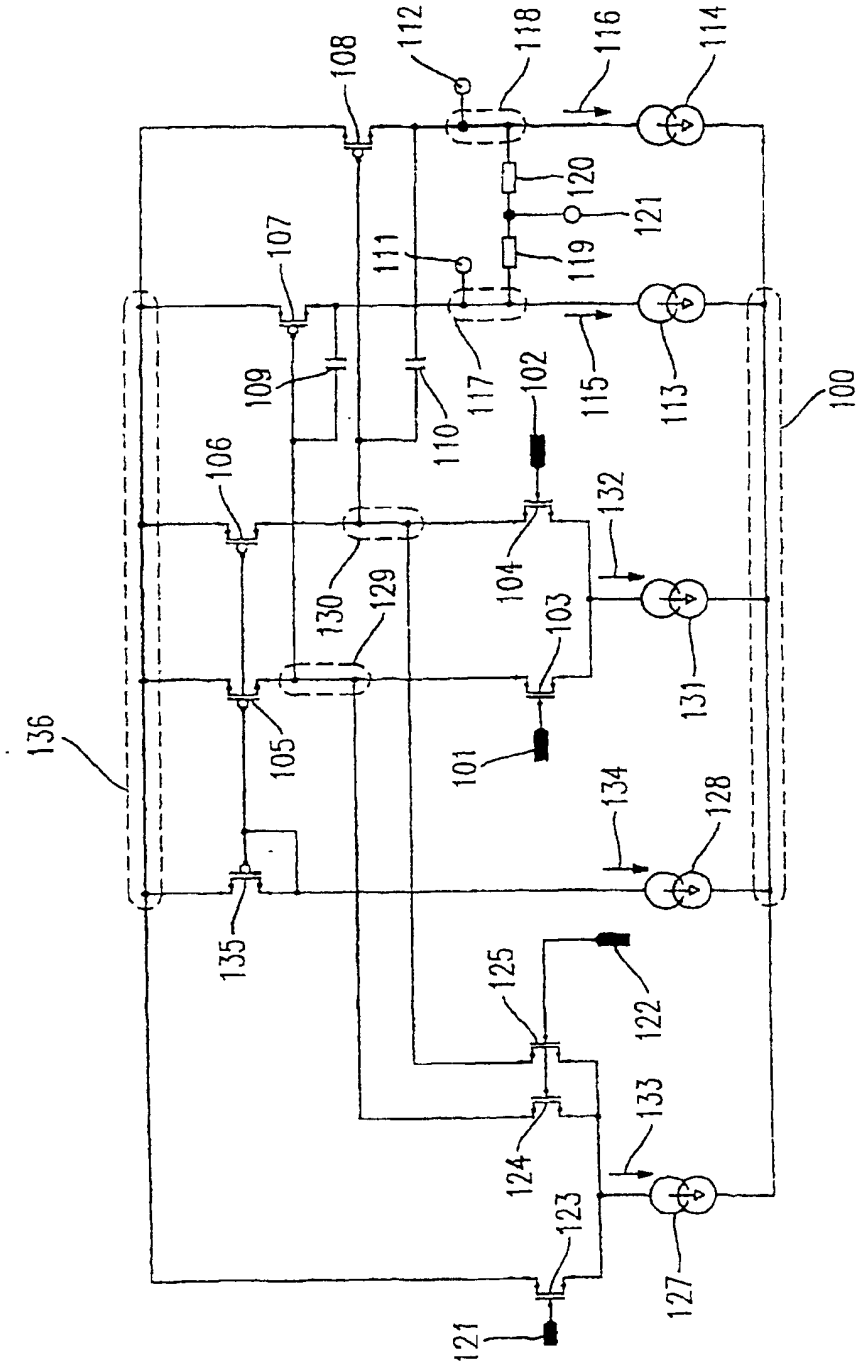

108
112
118
116
114
120
121
107
111
119
109
117
102
115
113
100
110
106
132
104
130
129
103
131
136
105
101
134
128
135
125
122
133
124
123
127
121

图 1

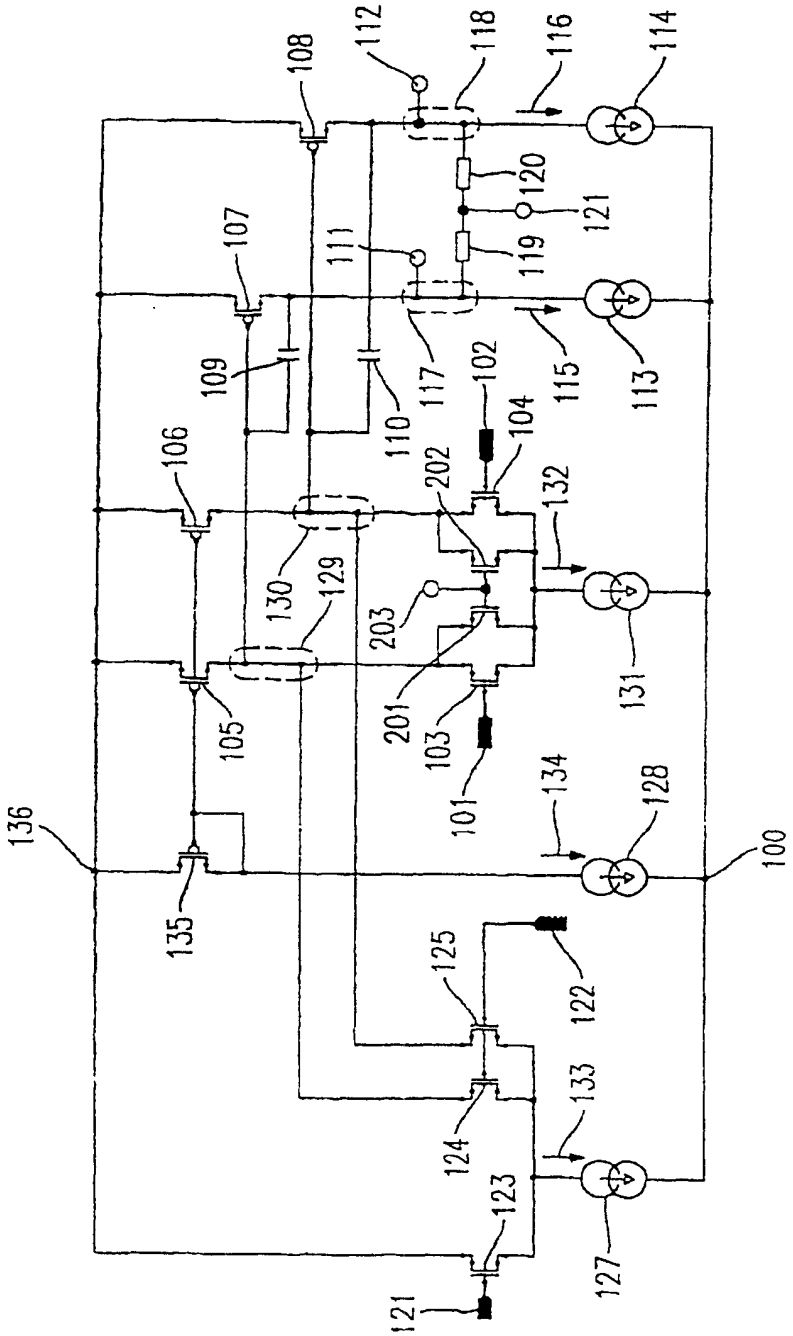

108
112
118
116
114
120
121
119
107
111
109
117
102
115
113
110
104
106
202
132
130
129
203
131
105
201
103
101
134
128
136
100
135
125
122
133
124
123
127
121

图 2

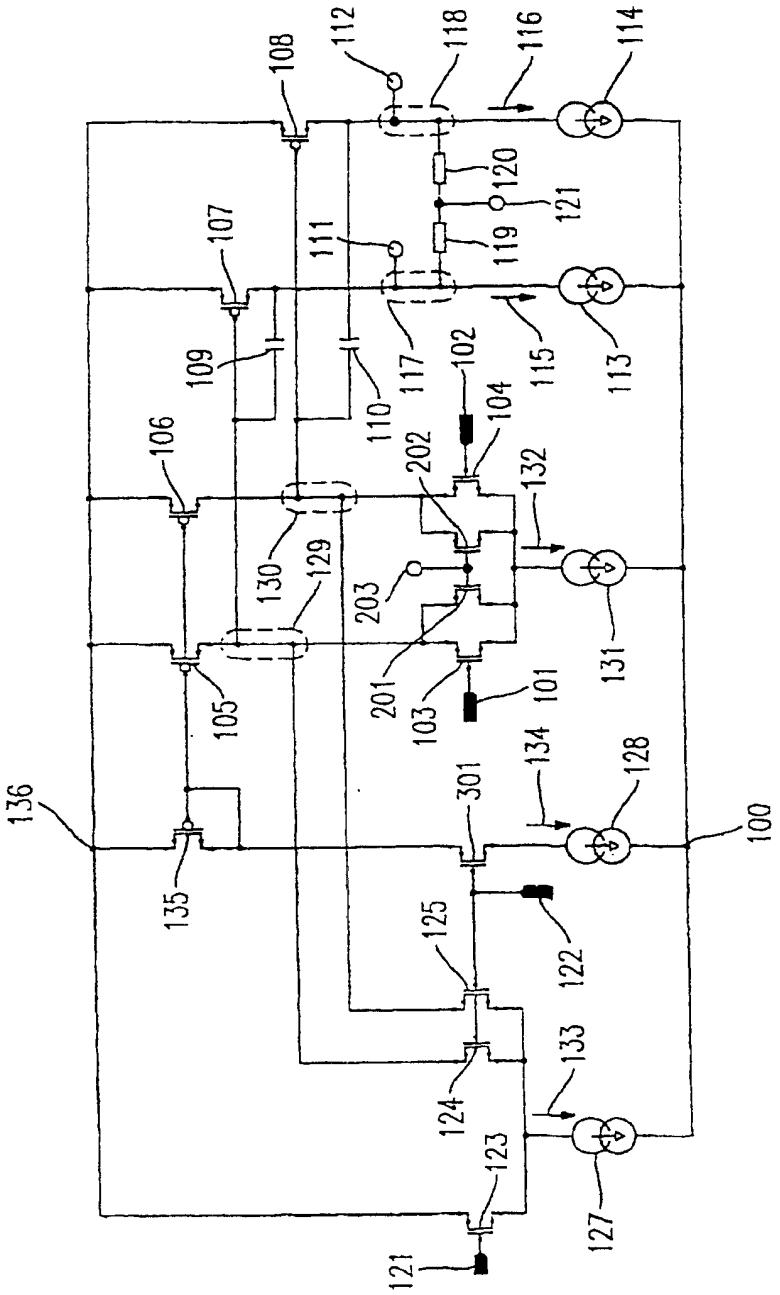

108
112
118
116
114
120
121
107
111
119
109
102
117
115
113
110
104
106
202
132
130
129
203
131
105
201
103
101
134
128
136
301
100
135
125
122
133
124
123
127
121

图 3

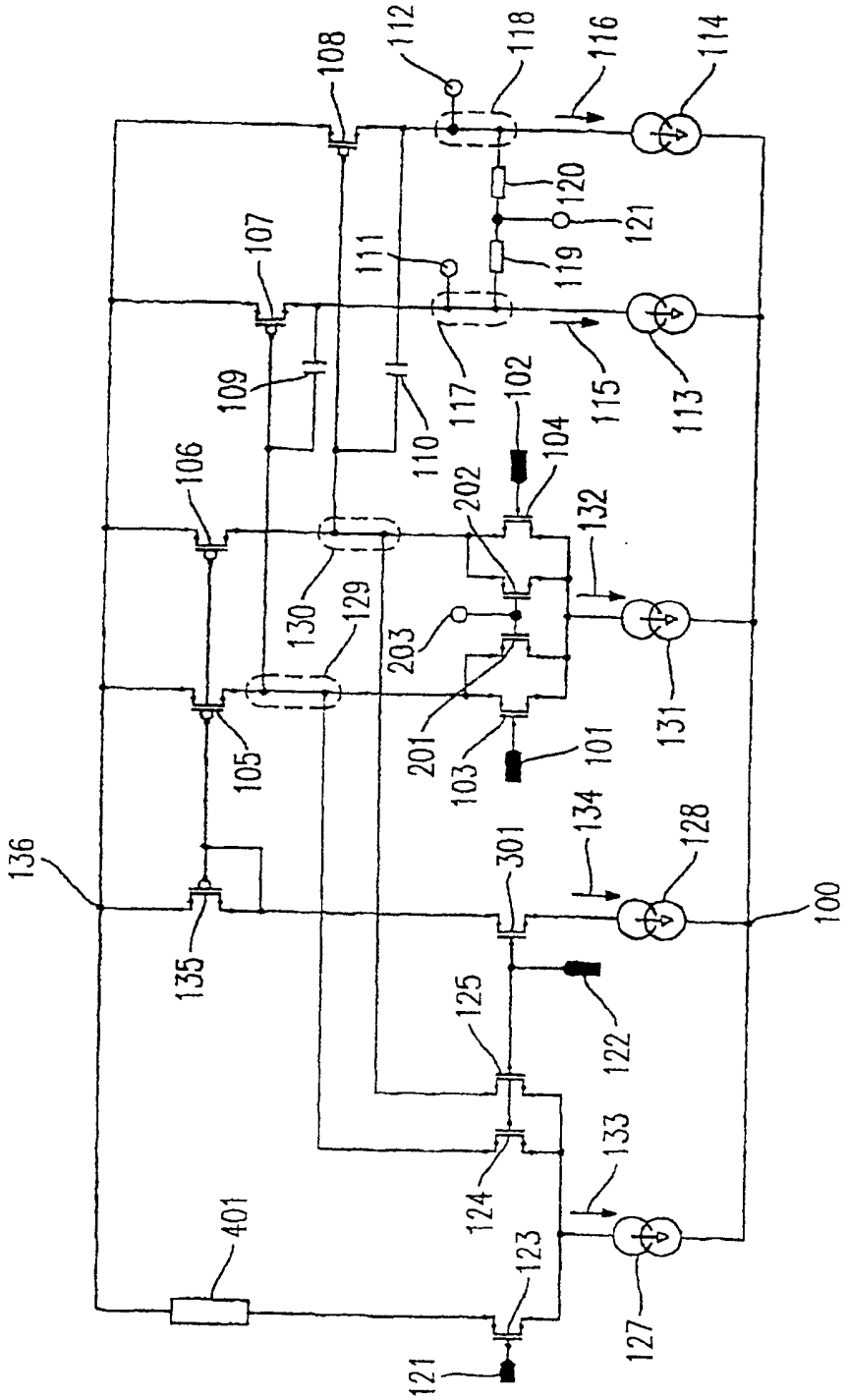

108
112
118
116
114
120
121
119
107
111
109
117
102
115
113
110
104
106
202
132
130
129
203
131
201
103
101
105
136
134
301
128
100
135
125
122
133
124
401
123
127
121

图 4

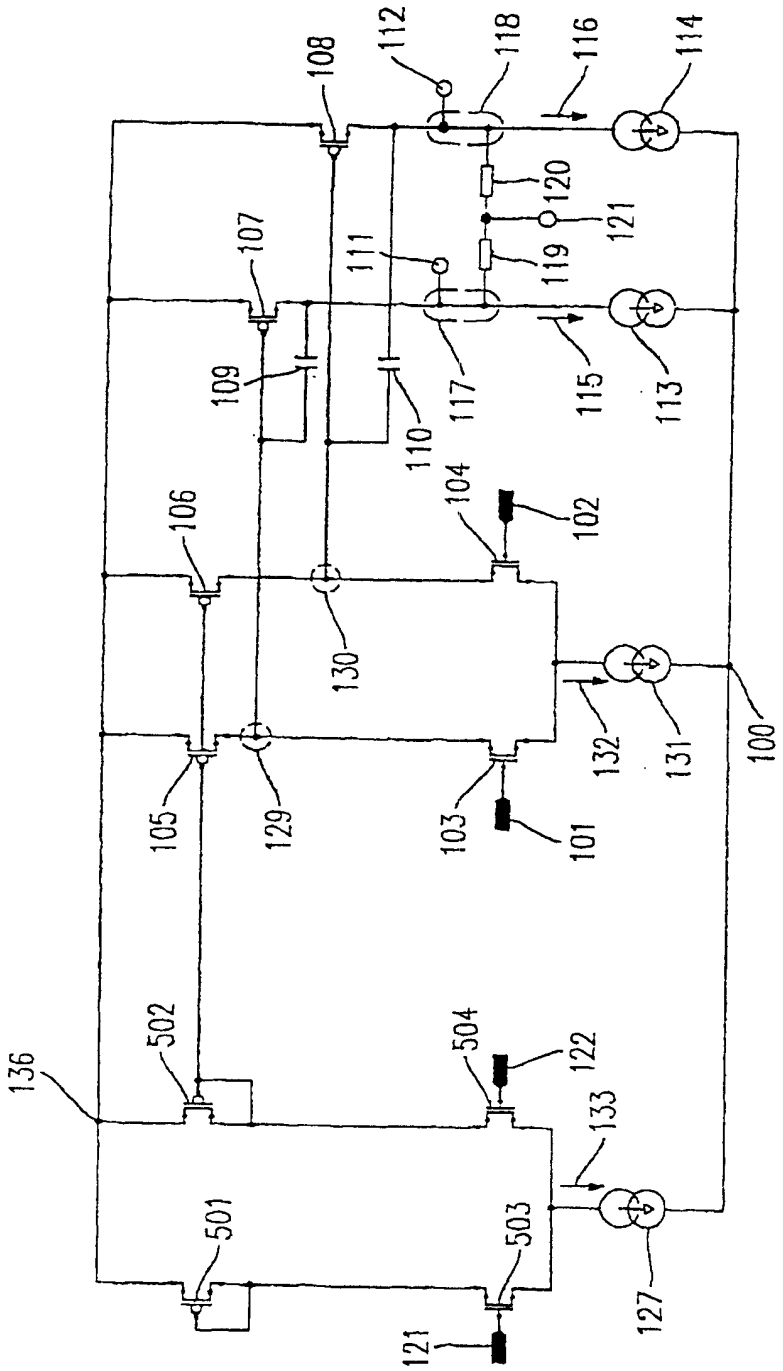

108
112
118
116
114
120
121
107
111
119
109
117
115
113
110
104
102
106
130
132
131
100
105
129
103
101
502
504
122
136
133
501
503
127
121

图 5