

[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 200480015895.0

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100539403C

[22] 申请日 2004. 6. 7

[21] 申请号 200480015895.0

[30] 优先权

[32] 2003. 6. 9 [33] US [31] 60/477,143

[32] 2004. 5. 28 [33] US [31] 10/857,332

[86] 国际申请 PCT/US2004/017930 2004. 6. 7

[87] 国际公布 WO2004/112243 英 2004. 12. 23

[85] 进入国家阶段日期 2005. 12. 8

[73] 专利权人 密克罗奇普技术公司

地址 美国亚利桑那州

[72] 发明人 菲利普·德沃尔 马厄·卡耶尔
费比恩·沃彻

[56] 参考文献

US2003/0085763A1 2003. 5. 8

US2002/0003441A1 2002. 1. 10

US5625317A 1997. 4. 29

审查员 明 媚

[74] 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司

代理人 刘国伟 王允方

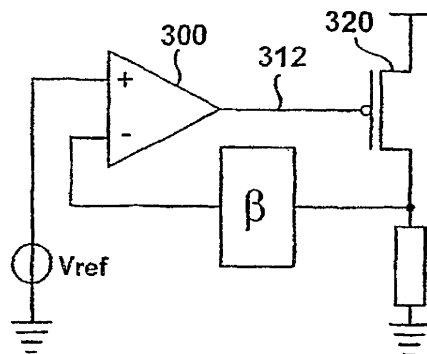
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

电子放大器

[57] 摘要

一种电子放大器电路，包含运算放大器电路，如与运算跨导放大器级连的两级运算放大器电路。该电子放大器电路具有高开环增益和高增益带宽，同时保持宽的操作参数范围上的稳定性。



1. 一种电子放大器，包含：

具有差分输入和一输出的第一运算跨导放大器；以及

具有差分输入和一输出的两级运算放大器，所述两级运算放大器包括：

具有差分输入和差分输出的第二运算跨导放大器；

具有差分输入和一输出的第三运算跨导放大器；

其中所述第二运算跨导放大器的所述差分输出连接到所述第三运算跨导放大器的所述差分输入；

由此所述第二运算跨导放大器的所述差分输入作为所述两级运算放大器的差分输入且所述第三运算跨导放大器的所述输出作为所述两级运算放大器的输出；

其中所述两级运算放大器的所述差分输入并行地与所述第一运算跨导放大器的所述差分输入连接，并且所述两级运算放大器的所述输出连接到所述第一运算跨导放大器以最小化所述第一运算跨导放大器中的偏移。

2. 根据权利要求 1 所述的电子放大器，进一步包含连接到所述第二运算跨导放大器的所述差分输出和所述第三运算跨导放大器的所述差分输入的补偿电容。

3. 根据权利要求 2 所述的电子放大器，其中所述补偿电容为包含所述第二和第三运算跨导放大器的所述两级运算放大器提供相位稳定性。

4. 一种电子放大器，其包括：

具有差分输入和一输出的运算跨导放大器；

具有差分输入和一输出的运算放大器，其中所述运算放大器的所述差分输入并行地与所述运算跨导放大器的所述差分输入连接，并且所述运算放大器的所述输出连接到所述运算跨导放大器以最小化运算跨导放大器中的偏移；

其中所述运算跨导放大器包含：

第一晶体管，具有第一栅极、第一源极和第一漏极；

第二晶体管，具有第二栅极、第二源极和第二漏极；

第三晶体管，具有第三栅极、第三源极和第三漏极；第四晶体管，具有第四栅极、第四源极和第四漏极；以及

第一电流源；

其中：

所述第一电流源连接在共用电压源以及所述第三和第四源极之间，

所述第三和第四源极连接到一起，

所述第四漏极连接到所述第一漏极以及所述第一和第二栅极，

所述第二漏极连接到所述第三漏极，并且所述第二和第三漏极适合作为所述电子放大器的输出，

所述第一和第二源极连接到电压源，

所述第三栅极适合作为所述电子放电器的第一差分输入，

所述第四栅极适合作为所述电子放大器的第二差分输入，以及

其中所述运算放大器的所述输出连接到所述运算跨导放大器的所述第一漏极以及所述第一和第二栅极以最小化所述运算跨导放大器中的偏移。

5. 根据权利要求 4 所述的电子放大器，进一步包含所述第一和第二栅极以及所述电压源之间的寄生电容。
6. 根据权利要求 4 所述的电子放大器，进一步包含连接到所述第一和第四漏极以及所述第一和第二栅极的电流限制控制输入。
7. 根据权利要求 4 所述的电子放大器，进一步包含连接到所述第一和第四漏极以及所述第一和第二栅极的温度保护控制输入。
8. 根据权利要求 4 所述的电子放大器，其中所述第一和第二晶体管是 P 沟道场效应晶体管，而所述第三和第四晶体管是 N 沟道场效应晶体管。
9. 根据权利要求 4 所述的电子放大器，其中所述第一电流源从包含恒流源、与绝对温度成正比电流源和反与绝对温度成正比电流源的组中选择。

电子放大器

技术领域

本发明一般涉及运算放大器电路，尤其涉及高增益和高带宽运算放大器电路。

背景技术

电子调整器环路，例如电压等，经常在反馈环路中使用由运算放大器控制的功率输出器件(参见图 1)。为获得准确的输出值，环路中要求高增益和宽带宽。高增益改善输出线路例如电压调整率，而宽带宽改善对突然的负载变化的响应时间。但是，高增益和宽带宽运算放大器电路引起稳定性问题。获得具有好的调整率的稳定的高增益调整器的现有方法一直是使用增益升高(gain boosting)运算放大器电路和/或嵌套的运算放大器电路。增益升高运算放大器电路的稳定性依赖于外部负载特性。因为嵌套的运算放大器电路具有有限的带宽，所以它们是稳定的，因此产生差的负载调整率。

如锂离子的可再充电的高技术电池在电子设备中越来越多的使用已经提高了如下期望：较低成本和较高性能电压调整器，以及控制环路中需要高增益和高带宽误差放大器的电池充电电路。电压变换器在它们的控制环路中也要求高性能电压调整器。

因此，需要的是电子放大器电路，它使线路和负载调整能够同时改善。最好，该电子放大器将获得好的稳定性，同时保持高增益(减小的环路误差)和宽带宽(对负载变化的快速响应)。

发明内容

通过提供一种具有高开环增益和高增益带宽同时在工作参数范围中保持稳定的电子放大器电路，本发明克服了现有技术的上述问题以及其它缺点和不足。本发明的电子放大器电路可以有效地用在电池充电器、DC 到 DC 转换器、低电压降输出(low drop out, LDO)电压调整器等中。本发明的电子放大器电路允许高度稳定和精确调整的输出电压。

本发明的电子放大器电路包含与运算放大器(OA)耦合的运算跨导放大器(OTA)，从而产生宽带宽、高增益放大器电路，该电路可以用在具有宽带宽和高增益的闭环电压调整器中，并且在所有工作条件稳定。OA 可以是，例如，两个 OTA 的级连(两级 OTA)、三级放大器等。OA 具有高增益但是带宽有限。OTA 具有大(宽)的带宽但是增益有限。因此，OTA 提供高带宽同时 OA 提供高开环增益。

图 2 说明 OTA 100 和 OA 200, 它们耦合到一起以获得高带宽和高开环增益。OTA 100 具有高带宽并且在主信号路径中。但是, OTA 100 具有低增益, 因此它可以感应闭环配置中显著的静态误差。OA 200 可以用于监视作为输入节点 114 和 116 之间的差分电压的函数的高带宽 OTA 100 的偏移。可以以这样的方式连接 OA 200, 使得 OTA 100 的偏移在闭环配置中基本被消除。低频静态误差被认为是 OA 200 的偏移, 因此被消除或减小到很低水平。

本发明的技术优势是快速变化的负载特性以及宽的负载变化范围上好的稳定性。另一个技术优势是对改善的工作特性减小了功耗。另一个技术优势是增大的增益带宽。

从下面各实施例的说明, 本发明的特征和优势将是明显的, 各实施例为了公开的目的给出并且与附图相结合。

附图说明

通过参考结合附图的下面的说明, 可以得到本公开及其优势的更完整的理解, 附图中:

图 1 说明电子电压调整器的现有技术方块图, 该电压调整器在反馈环路中包含由运算放大器控制的输出功率器件;

图 2 说明根据示范性实施例的高增益、宽带宽运算放大器的示意方块图;

图 3 说明运算跨导放大器(OTA)的示范性实施例的示意图;

图 4 说明两级低带宽运算放大器的示范性实施例的示意方块图;

图 5 说明两级运算放大器的示范性实施例的示意图; 以及

图 6 说明根据示范性实施例的高增益、宽带宽运算放大器的示意图。

虽然本发明易受各种修改和可供选择的形式的影 响, 但其特定的示范性实施例已经通过附图中的例子显示, 并且在这里详细说明。但是, 应该理解的是: 这里特定实施例的说明不打算限制本发明为公开的特定形式, 而是相反, 本发明要覆盖所有落在由权利要求定义的本发明的精神和范围内的修改、等效和替代。

具体实施方式

现在参考附图从原理上说明本发明的示范性实施例的细节。附图中相同的元件将由相同的号码表示, 并且类似的元件将由带有不同小写字母下标的相同的号码表示。

参考图 2, 说明的是根据示范性实施例的高增益、宽带宽运算放大器的示意方块图, 并且由号码 300 概括表示。高增益、宽带宽运算放大器 300 包含耦合到一起的运算跨导放大器(OTA)100 和两级运算放大器 200(放大器 200 也可以是三级放大器等), 如下更

完整地说明的(见图 3、4、5 和 6)。放大器 300 在宽的范围以及负载阻抗 320 的性质上是稳定的, 并且最好在从大约 1 皮法到大约 10 纳法的负载电容上, 最好具有至少 70 度的相位容限。

参考图 3, 说明的是可以用于图 2 中说明的 OTA 100 的运算跨导放大器(OTA)的示范性实施例的示意图。OTA 100 具有由输入 114 和 116 之间的差分输入电压控制的电流输出 112。输出电流与差分输入 114 和 116 之间的电压差和 OTA 100 的跨导(g_m)成比例。

输入 114 和 116 分别耦合到晶体管 106 和 108 的栅极, 并且适合接收差分电压输入。晶体管 102 是晶体管 104 的电流镜像。晶体管 108 的漏极连接到由晶体管 102 和 104 构成的电流镜像的输入 118。晶体管 104 和 106 的漏极构成电流输出 112。电流源 130 连接在晶体管 106 和 108 以及公共点或地 110 之间。晶体管 102 和 104 也连接到正电源电压 VDD 120。OTA 100 的特征在于具有有限增益但宽(大)带宽。电流源 130 也可以是恒流源。

参考图 4, 说明的是可以用于图 2 中说明的两级运算放大器 200 的两级运算放大器的示范性实施例的示意方块图。两级运算放大器 200 包含级连的 OTA 201 和 OTA 202, 以及补偿电容器 203。补偿电容器 203 在高增益和低增益都提供相位稳定性。两级运算放大器 200 的特征可以是具有高增益但有限带宽。在本发明的范围内并且期望的是: 两级运算放大器 200 也可以包含三级放大器等(未显示)。

参考图 5, 说明的是可以用于图 4 中显示的两级运算放大器 200 的两级运算放大器的示范性实施例的示意图。为改善 $1/f$ 噪声性能, P 型差分输入对可以用于第一 OTA 201(晶体管 216、218、212 和 214), 同时 OTA 202(晶体管 222、224、226 和 228)可以类似于图 3 中显示的 OTA 100。

第一 OTA 201 的输入 114a 和 116a 分别耦合到晶体管 216 和 218 的栅极, 并且适合接收差分电压输入。电流源 230 连接在晶体管 216 和 218 以及正电源电压 VDD 120 之间。晶体管 212 是晶体管 214 的电流镜像。晶体管 218 的漏极连接到由晶体管 212 和 214 构成的电流镜像的输入 213。晶体管 214 和 216 的漏极构成第一 OTA 201 的电流输出 211。晶体管 212 和 214 也连接到公共点或地 110a。

节点 211 和 213 分别耦合到晶体管 226 和 228 的栅极, 并且适合接收差分电压输入。电流源 240 连接在晶体管 226 和 228 以及公共点或地 110a 之间。晶体管 222 是晶体管 224 的电流镜像。晶体管 228 的漏极连接到由晶体管 222 和 224 构成的电流镜像的输入 221。晶体管 224 和 226 的漏极构成第二 OTA 202 的电流输出 118a。晶体管 222 和 224 也连接到正电源电压 VDD 120。补偿电容 203 连接在节点 211 和 213 之间。晶体管 204

可以用于箝位电压摆动。

参考图 5，说明的是根据本发明的示范性实施例的高增益、宽带宽运算放大器的示意方块图。阻抗 420 与晶体管 302 的跨导以及 $j\omega C_p$ 的和的倒数成比例，其中 C_p 是如图 5 中的电容 322 说明的寄生电容。放大器 300 在负载阻抗 320 的性质和宽范围上稳定，并且最好在从大约 1 皮法到大约 10 纳法的负载电容上，最好具有至少 70 度的相位容限。

参考图 6，说明的是根据图 3、4 和 5 中显示的电路的组合的、高增益、宽带宽运算放大器的示范性实施例的示意图。放大器 300 可以包含图 3 中显示的 OTA 100 结合图 4 和 5 中显示的两级运算放大器 200(放大器 200 也可以是三级放大器等)。放大器 300 的输出 112 耦合到负载阻抗 320，例如输出功率器件。输入 114 和 116 适合接收差分电压输入信号。输入 114 和 116 分别耦合到晶体管 106 和 108 的栅极，并且适合接收差分电压输入。晶体管 102 是晶体管 104 的电流镜像。晶体管 104 和 106 的连接点构成电流输出 112。电流源 130 连接在晶体管 106 和 108 以及公共点或地 110 之间。晶体管 102 和 104 也连接到正电源电压 V_{DD} 120。放大器 200 的输出 118a 耦合到晶体管 302 和 304 的栅极，而放大器 200 的输入 114a 和 116a 分别耦合到输入 114 和 116。阻抗 420(图 2)与晶体管 102 的跨导以及 $j\omega C_p$ 的和的倒数成比例，其中 C_p 是如电容 322 说明的寄生电容。或者，图 5 中说明的放大器 200 可以差分地耦合到节点 118 和 112。但是，图 5 中说明的放大器 200 的各连接可以降低对放大器 200 输出的动态范围的要求。此外，它允许使用节点 118 作为额外的输入，该输入可以用于执行用这里公开的示范性实施例实现的电压调整器的电流限制和/或温度保护。

本发明的放大器 300 可以在集成电路(未显示)上制造。集成电路也可以包含其它模拟和/或数字电路，包括但不限于数字处理器。数字处理器可以是微处理器、微控制器、可编程逻辑阵列(PLA)、应用专用集成电路(ASIC)等。在本发明的范围内并且期望的是：在电压和电流调整应用、电池充电器、电源管理、低电压降输出功率调整器、DC 到 DC 转换器等中可以有利地使用放大器 300。

在本发明的范围内并且期望的是：电流源(例如，130、230 和 240)可以是恒流源、PTAT 电流源、反 PTAT 电流源等。

因此，本发明很适合实现各目的并得到提到的各目的和优点以及其中固有的其它目的和优点。虽然本发明已经被描述、说明，并且由参考本发明的示范性实施例定义，但这样的参考不意味着对本发明的限制，并且不要推断出这样的限制。本发明在形式和功能上能够相当大的修改、变换和等效，如将对从这个公开获益的相关领域的普通技术人员所发生的。描述和说明的本发明的实施例只是示范性的，并不穷尽本发明的范围。因

此，本发明旨在只由权利要求的精神和范围限制，从而在所有方面给出对各等效的完整认识。

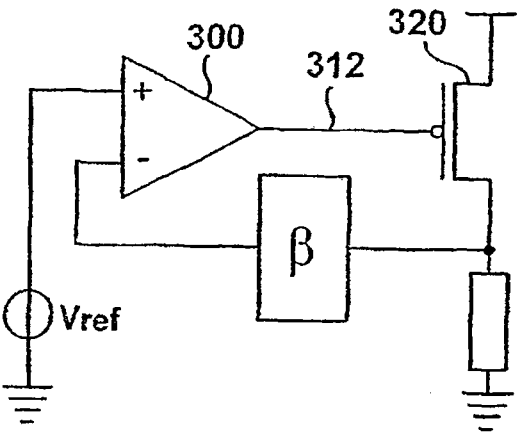


图 1 (现有技术)

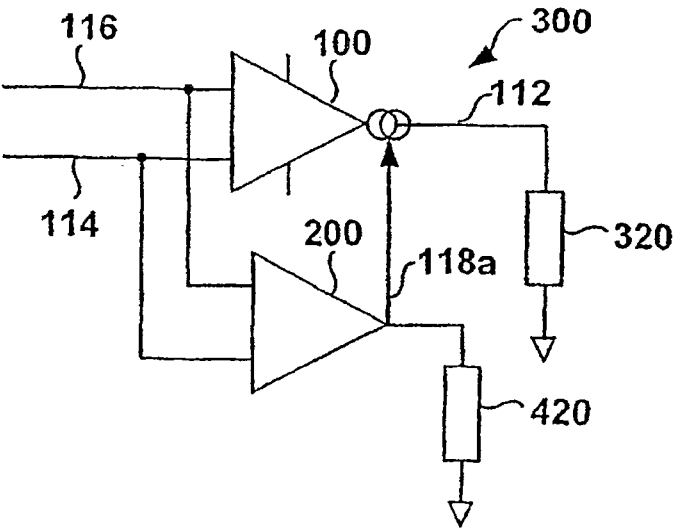


图 2

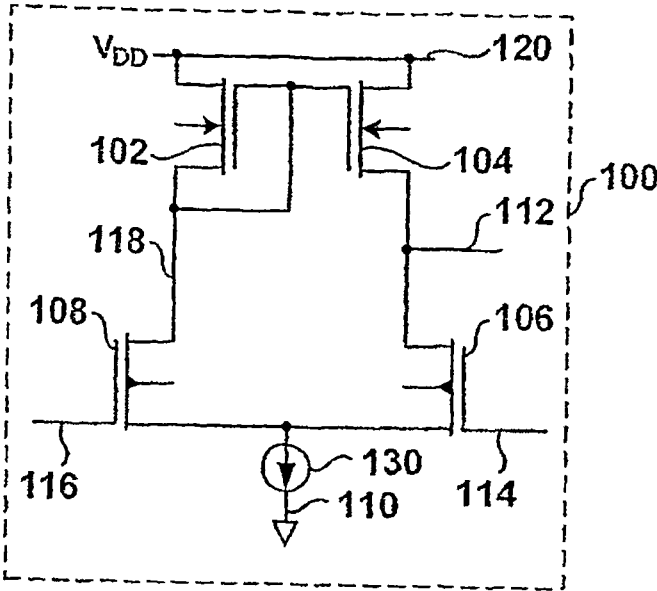


图 3

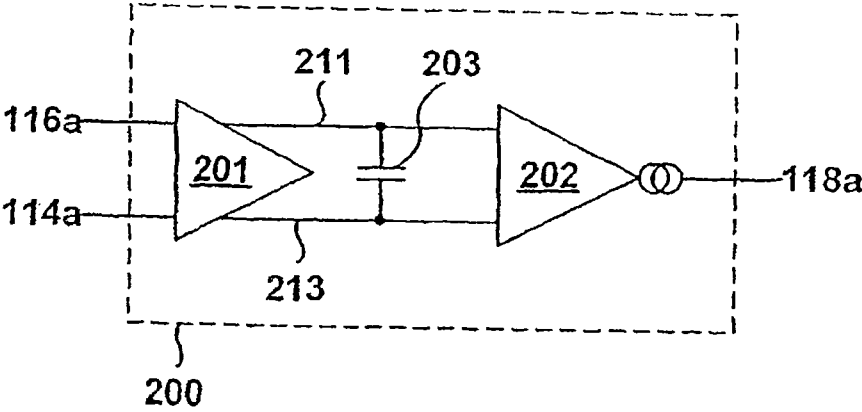


图 4

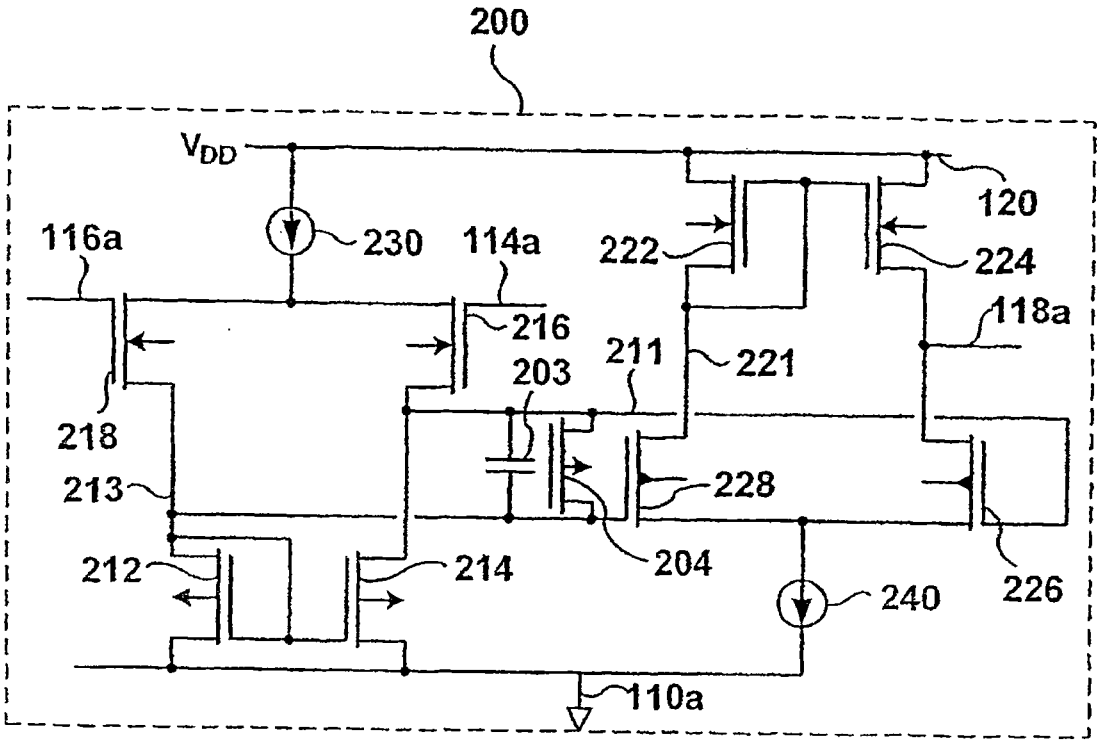


图 5

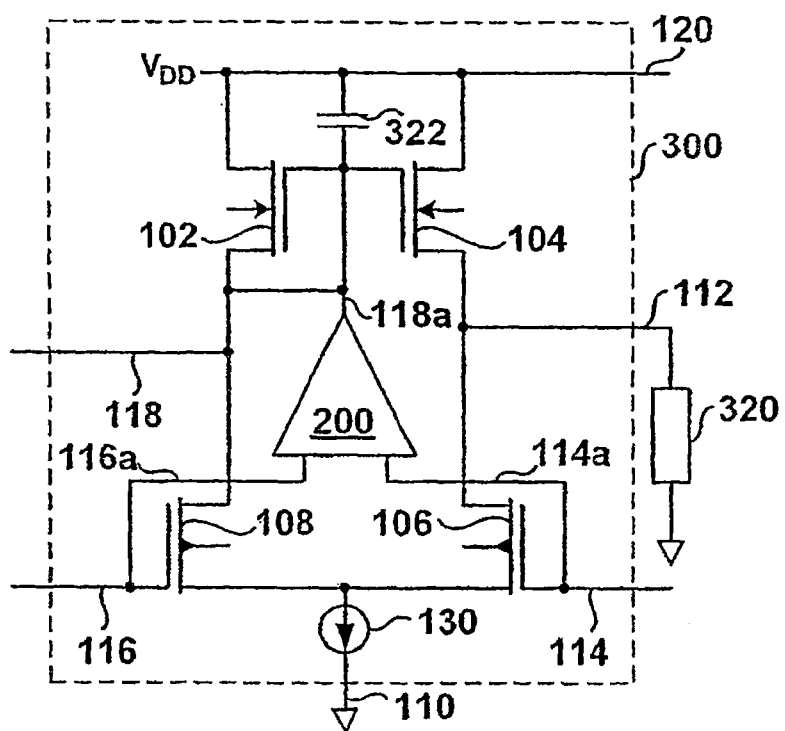


图 6