[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 19/165 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480014748.1

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100422751C

[22] 申请日 2004.5.14
[21] 申请号 200480014748.1
[30] 优先权
[32] 2003.5.29 [33] GB [31] 0312237.1
[86] 国际申请 PCT/IB2004/001726 2004.5.14
[87] 国际公布 WO2004/106951 英 2004.12.9
[85] 进入国家阶段日期 2005.11.28
[73] 专利权人 NXP 股份有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬
[72] 发明人 B·P·凯利
[56] 参考文献
US2002/024376A1 2002.2.28
EP1046919A 2000.10.25
审查员 时 鹏

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司
代理人 王波波

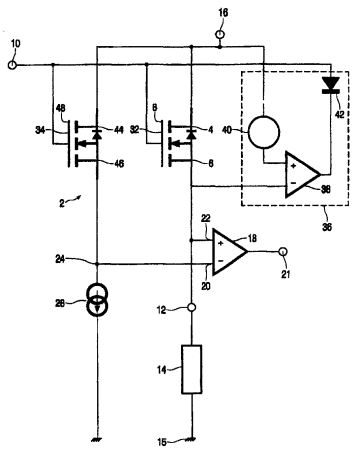
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 发明名称

欠电流感应设备和方法

[57] 摘要

一种导通状态低电流检测器采用一个具有主单元(32)和感应单元(34)的晶体管。当负载电流降到低于在主单元中产生目标电压的水平时，反馈电路(36)用于将主单元(32)两端的电压保持在一个基本恒定目标值。所述目标电压值足够高从而可确保低电流检测比较器(18)的电压是容易测量的。



1. 一种功率半导体设备，包括:

输出晶体管（2），具有主单元（32）和感应单元（34);

控制输入（10），连接到所述主单元（32）和感应单元（34）以及主单元控制的输出（4，6）和感应单元控制的输出（44，46);

输出终端（12），连接到用于连接一负载（14）的所述主单元控制的输出之一;

反馈电路（36），用于测量所述输出晶体管的主单元控制的输出两端的电压，并且如果所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压的幅度降到低于预定值，控制作为受控电压的所述控制输入（10）上的电压来增加所述主单元控制的输出两端的电压;

参考电流源（28），通过所述感应单元控制的输出馈送一参考电流；以及

第一比较器（18），用于比较所述主单元控制的输出（4，6）和所述感应单元控制的输出（44，46）两端的电压并且当所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压幅度降到低于所述感应单元控制的输出（44，46）两端的电压幅度时输出低电流信号。

2. 根据权利要求 1 的功率半导体设备，其中所述反馈电路（36）包括电压参考（40），并且所述功率半导体设备还包括跨主单元控制的输出（4，6）连接的第二比较器（38），所述第二比较器用于比较所述主单元控制的输出两端的电压和所述电压参考（40），所述第二比较器（38）的输出通过二极管（42）与所述控制输入（10）相连接，当所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压降到低于所述预定值时，所述二极管（42）被定向来传递电流从而在增加所述主单元（32）的导通电阻的方向上改变所述受控电压。

3. 根据权利要求 1 的功率半导体设备，其中所述主单元（32）和感应单元（34）是 FET 主单元和 FET 感应单元，分别具有各自的漏极和源极，其中所述 FET 主单元的漏极（4）和源极（6）是主单元控制的输出，并且所述 FET 感应单元的漏极（44）和源极（46）是感应单元控制的输出，并且所述 FET 主单元和感应单元的栅极（8、48）共同连接到所述控制输入（10）并且所述 FET 主单元和感应单

元的源极（6，46）和漏极（4，44）形成所述 FET 主单元和感应单元的输出。

4. 根据权利要求 3 的功率半导体设备，以高压侧设备的形式，其中：

所述 FET 主单元的漏极（4）和所述 FET 感应单元的漏极（44）共同连接到电池终端（16）；

所述 FET 主单元的源极（6）连接到所述输出终端（12）；并且

所述 FET 感应单元的源极（46）连接到所述参考电流源（28），所述参考电流源是一参考电流吸收器。

5. 一种包括根据权利要求 1 至 4 中任一项的半导体设备的半导体电路还包括一个连接到所述输出终端（12）的负载（14）。

6. 一种操作半导体设备的方法，所述设备包括输出晶体管（2）和控制输入（10），所述输出晶体管具有主单元（32）和感应单元（34），所述控制输入（10）连接到所述主单元和感应单元以及主单元控制的输出（4，6）和感应单元控制的输出（44，46），

所述方法包括：

共同驱动所述主单元和感应单元（32，34）；

根据所述主单元控制的输出之一驱动负载；

通过所述感应单元控制的输出（44，46）馈送一参考电流；

测量所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压，并且如果所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压幅度降到低于一预定值时，控制作为受控电压的所述控制输入（10）上的电压来增加所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压；以及

比较所述主单元控制的输出（4，6）和所述感应单元控制的输出（44，46）两端的电压并且当所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压幅度降到低于所述感应单元控制的输出（44，46）两端的电压幅度时输出低电流信号。

7. 根据权利要求 6 的方法，其中测量所述主单元控制的输出两端的电压的步骤是通过以下执行的：

利用比较器（38）比较所述主单元控制的输出（4，6）两端的电压和参考电压（40）；并且

根据所述比较器的输出通过二极管（42）驱动所述控制输入

（10），当所述主单元控制的输出两端的电压降到低于所述预定值时，所述二极管被定向用于传递电流从而在增加所述主单元的导通电阻的方向上改变所述受控电压。

欠电流感应设备和方法

技术领域

本发明涉及一种尤其是在半导体开关中用于检测欠电流（undercurrent）的电路设备。

背景技术

通常在集成保护高压侧（high side）开关中实现一种导通状态低电流检测器。所述导通状态低电流检测器通常测量输出级两端的电压降并将其与内部参考相比较。假如所述电压降太小，则指示不足的负载电流，所述检测器输出一个信号来指示上述情况。

为了能自动应用，许多商业高压侧开关采用与 CMOS 控制电路封装在一起的 n 通道输出级，所述 CMOS 控制电路可以在单独基板上或者以自绝缘方式集成在普通基板上。

在这种电路中实现导通状态低电流检测器的典型比较器采用 NMOS 第一级，因此这种电路具有比常规 CMOS 比较器低的偏移电压。所述比较器可以将所述电压与内部参考进行比较，所述内部参考具有被设计用于匹配所述用于小恒定负载电流的输出级两端电压降的温度系数的预定温度系数。

这种电路的示意图如图 1 所示。

具有漏极 4、源极 6 还栅极 8 的 FET2 连接到输入终端 10。所述 FET2 的导通电阻被标识为 R_{DSON}。输出终端 2 通过一负载 14 连接到地 15。所述漏极 4 与一电池（正）电压输入终端 16 相连接。

比较器 18 具有连接到输出终端 12 的正输入 22 和连接到比较节点 24 的负输入 20。所述比较器的输出是在低电流输出终端 21 上。所述比较节点 24 与电压参考 26 相连接，所述电压参考的另一终端与电池终端 16 相连接。所述比较节点 24 也通过参考电流吸收器 28 与

地 15 相连接。

在使用中，当通过所述负载的电流 I 降到低于一预定值，FET2 两端的电压 V 的幅度（由 $V=I.R_{DSON}$ 给出）降到低于所述参考电压。这将导致所述比较器输出一正值，指示所述电流低于所述预定值。

此电路存在一个显著的问题，尤其是在使用具有低导通电阻 R_{DSON} 的 FET 时。所述问题就是在低负载电流情况下所述输出级两端的电压降可能非常小。这对于自动应用是一个特殊问题，自动应用采用具有非常低 R_{DSON} 值的部分来使所述热吸收器需求最小化而被引入“冷运行”策略，尽管相同的问题可能出现在其他应用中。

例如，当所述输出电流降太低时需要指示低电流，（例如）100mA 的电流是确保低电流指示不被触发的最小电流。采用低于 100 mOhms 的典型电阻，在所述比较器中的参考电压 V_{REF} 将需要被设置在低于 5mV 从而用于可靠检测。

不幸的是，在常规电源开关中的比较器不容易精确到足以检测具有大约为 20mV 的偏移电压的电压。

存在多种方法来解决此问题。

一个选择就是简单地降低所述导通状态低电流检测器的特性。所述特性可被完全降低，或者被替换为一断开状态开路检测器。

此种选择通常令人不满意，因为当接通电源时诸如电灯和加热器的负载不能开路。在此种情况下，一旦发生上述情况，导通状态低电流检测器就报告错误。因此，提供导通状态低电流检测器提供了显著安全的益处。而且，即使当它标称处于断开状态，断开状态开路检测器需要小电流流经所述负载。

第二选择是采用更精确的比较器。实现所述选择的一种方法是在所述晶片测试阶段采用模拟或数字微调整。然而，这种测试时间上产生了额外的工作并且正如所理解的微调不能补偿电源电压变化、温度或寿命影响。

另一个提高比较器精确度的方法可以是采用整流技术，但是这具有显著的缺点：整体设计变得庞大且复杂。

发明内容

本发明人已经意识到尽管对于具有重负载的冷运行来说电压降小比方说小于 100mV 是必需的，但是较不关键的是对于更轻的负载电压降就更小。因此，本发明人提出通过相应地增加 R_{DSON}，采用反馈环路来调整所述栅极电压从而防止电压降降到低于甚至具有小电流的固定值。由于所述输出电压被保持，不可能简单地测量所述输出电压从而检测低电流。取而代之的是，本发明者提出比较主单元和感应单元两端的电压。

本发明者因此提出了一种根据本发明一个方面的半导体设备，具有：

输出晶体管，具有主单元和感应单元；

控制输入，共同连接到所述主单元和感应单元以及主单元和感应单元控制的输出；

输出终端，连接到用于连接一负载的所述主单元控制的输出之一；

反馈电路，如果所述受控输出两端的电压幅度降到低于预定值，用于测量所述输出晶体管的主单元控制的输出两端的电压并且控制所述控制输入上的电压来增加所述主单元控制的输出两端的电压；

参考电流源，通过所述感应单元控制的输出馈送一参考电流；

以及比较器，用于比较所述主单元输出和所述感应单元输出两端的电压并且当所述主单元输出两端的电压幅度降到低于所述感应单元输出两端的电压幅度时，输出低电流信号。

此电路的优点是在低负载电流时，所述主单元和感应单元两端的电压可比没有所述反馈电路时大许多倍。因此，所述比较任务可利用一简单比较器简单且精确地执行。

因此，本发明者避开了比较器精确性的问题。

有可能利用本发明来提供所需的非常低的电流阈值。例如，根据本发明用于标称 10A 负载的 10 mOhm R_{DSON} 设备很容易具有一些 mA 的低电流检测阈值，比所述标称电流 10A 低 1000 多倍，并且提供与传统断开状态检测器类似的性能。

本发明尤其适用于 FET：在此情况下，所述主单元和感应单元是 FET 主单元和感应单元并且所述 FETs 的栅极共同连接到所述控制输入。所述 FETs 的源极和漏极形成所述输出终端。

所述反馈电路可包括电压参考和跨所述主单元输出连接的比较器，用于比较所述主单元输出两端的电压和所述电压参考，所述比较器的输出通过一个二极管连接到所述控制输入，所述二极管被导向用于传递电流并且因此当所述主单元输出两端的电压降到低于所述预定值时增加所述主单元的导通电阻。

在另一方面，本发明涉及一种半导体电路，包括上述半导体设备以及连接到所述主单元的输出终端的负载。

在另一方面，本发明涉及一种操作半导体设备的方法，所述设备包括输出晶体管和控制输入，所述输出晶体管具有主单元和感应单元，所述控制输入连接到所述主单元和感应单元以及主单元和感应单元控制的输出，所述方法包括：

共同驱动所述主单元和所述感应单元；

根据所述主单元控制的输出之一驱动负载；

通过所述感应单元控制的输出馈送一参考电流；

如果所述受控输出两端的电压幅度降到低于一预定值时测量所述主单元控制的输出两端的电压并且控制所述控制输入上的电压来增加所述主单元控制的输出两端的电压；并且

比较所述主单元输出和所述感应单元输出两端的电压并且当所述主单元输出两端的电压幅度降到低于所述感应单元输出两端的电压幅度时输出一低电流信号。

附图说明

为了更好地理解本发明，参考附图将描述一个实施例，其中：

图 1 示出根据相关技术的一种导通状态低电流检测器；以及

图 2 示出根据本发明的一种导通状态低电流检测器。

在两个图中，类似的或者相同的元件采用相同的附图标记。

具体实施方式

如图 2 所示，半导体设备包括一个 NMOS FET2，其具有组成主部分的 n_M 的主单元 32 以及组成感应部分的 n_s 感应单元 34。所述主单元 32 和感应单元 34 的漏极 4、44 共同连接到电池终端 16，所述主单元 32 和感应单元 34 的栅极 8、48 共同连接到控制输入 10。所述 FET 的大多数区域是由主单元组成并且提供较少数目的感应单元。用于制造这种 FET 2 的制造技术在现有技术中是已知的。

每个主单元 32 的导通电阻基本上与所述感应单元 34 相同。由于存在比并联连接的感应单元多得多的并联连接的主单元，所以所述主部分的导通电阻将比所述感应部分的导通电阻低得多。由于所述主单元和感应单元基本上相同，假如被共同驱动，所述主部分和感应部分的导通电阻通过如下的比例关系并联:

$R_{DSON,\ SENSE}=R_{DSON,\ MAIN}\cdot(n_M/n_s)$。

其中 $R_{DSON,\ SENSE}$ 是所述感应部分 34 的导通电阻，并且 $R_{DSON,\ MAIN}$ 是所述主部分 32 的导通电阻。

所述主单元的源极 6 连接到一个输出终端 12。

所述感应单元的源极 46 连接到比较节点 24，并且此节点依次通过参考电流吸收器 28 连接到地终端 15。

比较器 18 将其正输入连接到输出终端，其负输入连接到所述比较节点并且其输出连接到一低电流输出终端 21 从而提供低电流指示。

提供一个反馈电路 36，具有其输出通过二极管 42 连接到控制输入 10 的反馈运算放大器（op-amp）38。所述反馈运算放大器 38 具有相对低的增益。所述 op-amp 38 的负差分输入连接到所述输出终端 12，并且所述正差分输入连接到一电压参考 40，所述电压参考从所述电池终端 16 上的电池电压产生 V_{ARB} 的电压差。

在使用中，负载 14 连接到所述输出终端 12 和地 15 之间。电压 $V_{BATTERY}$ 的电池连接到电池终端 16。

在所述 FET2 接通的正常操作中，电流 I_L 流经所述负载 14 并且一预定参考电流 I_{REF} 流经参考电流吸收器 28。这些电流分别在所述

主单元 32 和所述感应单元两端产生电压。所述参考电流 I_{REF} 被选择从而使得所述感应单元两端的电压降比所述主单元 34 两端的电压降小得多。所述比较器输出一电压低信号从而指示电流正在流动。

假如所述负载的电流减少，则由 $V_{BL}=R_{DSON,\ MAIN}\cdot I_L$ 给出的所述主单元 32 两端的电压减少直到其幅度小于由电压参考 40 给定的电压。因此，输出终端 12 的电压增加。所述反馈电路 36 现在开始起作用。当输出终端 12 上的电压增加时，其使得所述 op-amp 38 输出趋于减小控制输入 10 上的电压的负信号。这使得 NMOS 主单元 32 的栅极 8 变得更负，趋于断开所述 MOSFET 并且因此增加 $R_{DSON,\ MAIN}$。

值得注意的是，二极管 42 正确定向以确保所述反馈电路只在更低电流水平上起作用。在更高电流水平，op-amp 38 的正输出未通过二极管 42 并且反馈电路 36 不影响所述栅极驱动并且因此所述反馈电路不会不利地影响电路性能。在图 2 中的高压侧 NMOS 设备中，所述二极管被定向为其阴极（负端）朝向所述 op-amp 38。

因此，只要低电流流经负载 14，所述反馈电路使所述主单元 32 两端的电压在基本上等于 V_{ARB} 的目标值上保持恒定。

与施加给所述主单元 32 的栅极电压相同的栅极电压被施加给所述感应单元 34 并且因此所述感应部分的 $R_{DSON,\ SENSE}$ 与所述主部分的 $R_{DSON,\ MAIN}$ 成比例地增加。

只有当所述负载的电流降到低于预定阈值，该预定阈值由 I_{REF} 以及主单元和感应单元数量的比给出，感应单元 34 两端的所述电压降将大于主单元 32 两端的电压降（大约为 V_{ARB}）。在此状态，比较器终端 24 上的电压降到低于输出终端 12 上的电压（大约恒定在值 $V_{BATTERY}-V_{ARB}$）。所述预定阈值由以下给出：

$$I_{THRESHOLD}=I_{REF}\left(R_{DSON,\ SENSE}/R_{DSON,\ MAIN}\right)=I_{REF}\left(n_M/n_S\right)$$

利用此关系，所述参考电流 I_{REF} 可被选择以给出想要的低电流阈值 $T_{HRESHOLD}$。

当负载电流降到低于所述阈值时，比较器给出指示低电流状态的逻辑高输出。

所述电路的优点是在所述低电流的条件下，所述主单元和所述

感应单元两端的电压被反馈电路 36 保持在高电平。因此，输出比较器 18 需要比较的电压可以比图 1 的相关技术中的电压高得多。

这又意味着所述电流检测器可具有一个低电流检测阈值，所述阈值相对于标称电流可设置得远远低于本发明者所知晓的任何先前的低电流检测器。

本发明的设备尤其适用于采用自绝缘 CMOS 技术的单片电路 FET，但是当然可应用得更广泛。它并不局限于所示类型的高压侧设备，并且也应用于具有功率设备的多芯片设备和在单个基片上实现的控制设备。

在阅读本发明所公开的内容之后，其它变化和修改对于本领域普通技术人员来说是显而易见的。这种变化和修改可包括现有技术中已知的等价的和其他特征，并且可用于替代或增加此处已经描述的特征。

尽管在本申请中的权利要求已经阐明了特征的特殊组合，应理解的是本发明的公开范围也包括此处显性或者隐性或者普遍所公开的任何新颖特征或者特征的任何新颖组合，无论它是否涉及与任何权利要求当前所要求保护的相同发明以及无论它是否减少任何或者所有与本发明相同的技术问题。

因此，在本申请或者其派生的任何另外申请的实质审查过程中，本申请人提醒新的权利要求可阐明这样特征以及/或者这样特征的组合。

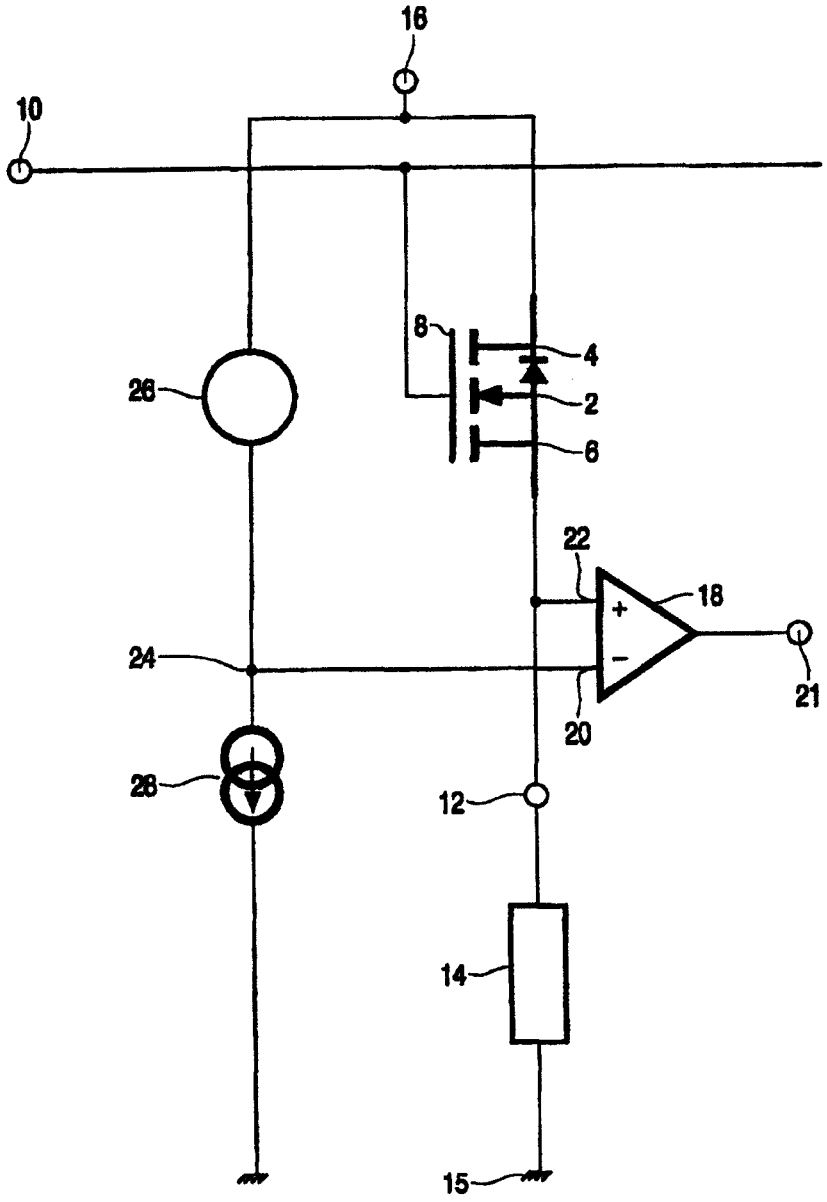


图 1

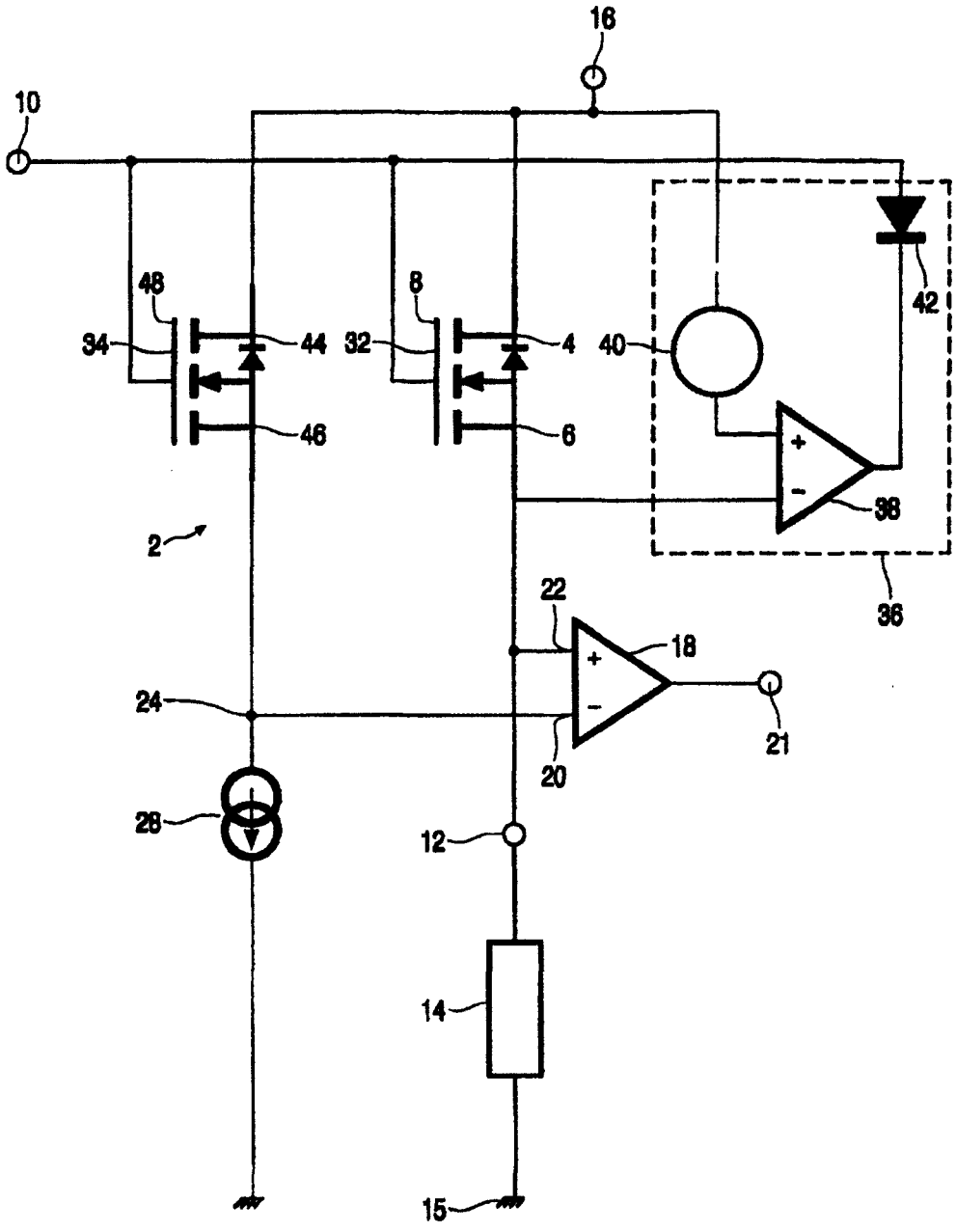


图 2