

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580002985.0

[51] Int. Cl.

G05F 1/56 (2006.01)

G05F 1/10 (2006.01)

H02H 3/087 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 6 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100504709C

[22] 申请日 2005.1.19

[21] 申请号 200580002985.0

[30] 优先权

[32] 2004.1.22 [33] JP [31] 014988/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/000605 2005.1.19

[87] 国际公布 WO2005/071511 日 2005.8.4

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.21

[73] 专利权人 罗姆股份有限公司

地址 日本京都府

[72] 发明人 北条喜之

[56] 参考文献

US2003/0122530A1 2003.7.3

CN1269064A 2000.10.4

JP8-331757A 1996.12.13

JP5-76133A 1993.3.26

JP10-322185A 1998.12.4

US5159516A 1992.10.27

US5973551A 1999.10.26

审查员 李秀改

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 李贵亮

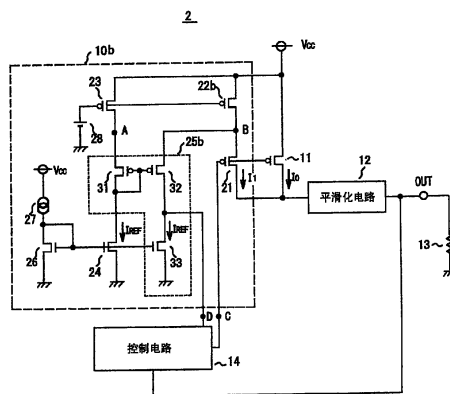
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

过电流检测电路以及具有该电路的调节器

[57] 摘要

本发明提供一种在所输入电源电压或温度发生了变动的情况下，能够抑制过电流检测水平的变动的过电流检测电路。该过电流检测电路(10b)具有：控制端以及输出端分别与输出晶体管(11)的控制端及输出端相连接的监控用晶体管(21)；控制端被输入检测用偏置电压(28)，输出端与监控用晶体管(21)的输入端相连接的输出电流检测用晶体管(22b)；生成基准电流 I_{REF} 的恒流源(24)；控制端被输入检测用偏置电压(28)，从输出端向恒流源(24)流通基准电流 I_{REF} 的参考用晶体管(23)；以及将输出电流检测用晶体管(22b)的输出端的电压，与参考用晶体管(23)的输出端的电压进行比较，输出检测信号的比较电路(25b)。



1. 一种过电流检测电路，在输入端被输入电源电压，控制端被输入控制电压，从输出端输出输出电流的输出晶体管中，流通有过电流时，将其检测出来，

所述过电流检测电路具有：

控制端以及输出端分别与输出晶体管的控制端及输出端相连接的监控用晶体管；

输入端被输入电源电压，控制端被输入检测用偏置电压，输出端与监控用晶体管的输入端相连接的输出电流检测用晶体管；

生成基准电流的恒流源；

输入端被输入电源电压，控制端被输入检测用偏置电压，从输出端向所述恒流源流入所述基准电流的参考用晶体管；以及

通过将输出电流检测用晶体管的输出端的电压，与参考用晶体管的输出端的电压进行比较，在输出晶体管中流通有过电流时，将其检测出来并输出过电流检测信号的由比较器构成的比较电路。

2. 如权利要求 1 所述的过电流检测电路，其特征在于，

所述输出晶体管、所述监控用晶体管、所述输出电流检测用晶体管以及所述参考用晶体管是 P 型 MOS 晶体管。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的过电流检测电路，其特征在于，

将由比较器构成的比较电路替换成具有如下结构的比较电路：介插在所述恒流源与参考用晶体管之间的二极管连接的第 1 比较用晶体管；生成所述恒流源所生成的基准电流的给定倍电流的第 2 恒流源；以及介插在第 2 恒流源与输出电流检测用晶体管之间，控制端与第 1 比较用晶体管的控制端相连接的第 2 比较用晶体管。

4. 一种调节器，具有权利要求 1~3 中任一项所述的过电流检测电路，其特征在于，

设有控制电路，其在电源电压与输出给定的 DC 电压的输出端子之间设置有输出晶体管，将输出端子的电压反馈输入，并对应当维持给定的

DC 电压的输出晶体管进行控制，同时，一旦被输入了过电流检测电路的过电流检测信号，便截止输出晶体管。

过电流检测电路以及具有该电路的调节器

技术领域

本发明涉及一种例如在将电源电压变换成给定的 DC 电压的调节器 (regulator) 中作为向负载输出电流的构成要素的输出晶体管中流通过电流的情况下, 检测出该过电流并进行保护的过电流检测电路以及具有该过电流检测电路的调节器。

背景技术

开关调节器以及串联调节器等调节器, 与输入电源电压以及负载相连接, 在输出给定的 DC 电压的端子间设有输出晶体管, 通过控制该输出晶体管来维持给定的 DC 电压。之后, 在负载短路的情况等异常时, 为了防止输出晶体管因过电流而破坏, 需要设置检测出过电流并进行保护的电路 (例如专利文献 1)。

图 4 中示出了以前的过电流检测电路以及具有该电路的调节器。该调节器 101 具有采用 P 型 MOS 晶体管的输出晶体管 11、将输出晶体管 11 的输出平滑化的平滑化电路 12、输出平滑化了的给定的 DC 电压的输出端子 OUT、将输出端子 OUT 的电压反馈输入并控制输出晶体管 11 的控制电路 14、以及检测出输出晶体管 11 的过电流并进行保护的过电流检测电路 110a。输出端子 OUT 与负载 13 相连接。

过电流检测电路 110a 具有: 源极与电源电压 V_{cc} 相连接, 栅极与输出晶体管 11 的栅极相连接的采用 P 型 MOS 晶体管的监控 (monitor) 用晶体管 121; 一端与监控用晶体管 121 的漏极相连接, 另一端接地的输出电流检测用电阻 122; 以及栅极与监控用晶体管 121 的漏极和输出电流检测用电阻 122 的接点相连接, 漏极与控制电路 14 相连接, 源极接地的采用 N 型 MOS 晶体管的过电流检测输出晶体管 123。这里, 将监控用晶体管 121 的大小设为输出晶体管 11 的 $1/N$ 。这样, 监控用晶体管 121 中所流

通的电流仅仅用于过电流检测，因此为了让功率损耗不大，N 采用值较大的自然数，使其电流值较小。

现在，如果输出晶体管 11 中流通输出电流 I_0 ，则监控用晶体管 121 中便流通约 I_0/N 的电流，相应的电压以接地电位为基准，产生在输出电流检测用电阻 122 中。这样，输出电流 I_0 变为过电流，如果该电压超过了过电流检测输出晶体管 123 的阈值 (V_{th})，过电流检测输出晶体管 123 便输出低电平。通过这样，控制电路 14 认为输出晶体管 11 的输出电流超过了过电流检测水平（判断流通过电流），截止输出晶体管 11。这里，过电流检测水平，可以通过监控用晶体管 121 的大小与输出电流检测用电阻 122 的电阻值来进行调整。

接下来，图 5 中示出了具有以前的另一过电流检测电路以及具有该电路的调节器。该调节器 102 除了过电流检测电路 110b 以外，均与上述调节器 101 的构成实质上相同，过电流检测电路 110b 也与上述过电流检测电路 110a 一样，具有监控用晶体管 121 与输出电流检测用电阻 122。另外，过电流检测电路 110b 具有过电流检测输出用比较器 125，代替过电流检测输出晶体管 123。该过电流检测输出用比较器 125，反相输入端子与监控用晶体管 121 和输出电流检测用电阻 122 的接点相连接，同相输入端子与过电流检测用基准电压 124 相连接，输出端子与控制电路 14 相连接。

其中也一样，如果输出晶体管 11 中流通输出电流 I_0 ，监控用晶体管 121 中便流通约 I_0/N 的电流，相应的电压以接地电位为基准，产生在输出电流检测用电阻 122 中。这样，输出电流 I_0 变为过电流，如果该电压超过了过电流检测用基准电压 124，过电流检测输出用比较器 125 便输出低电平。通过这样，控制电路 14 认为输出晶体管 11 的输出电流超过了过电流检测水平，截止输出晶体管 11。这里，过电流检测水平，可以通过监控用晶体管 121 的大小、输出电流检测用电阻 122 的电阻值以及过电流检测用基准电压 124 的值来进行调整。

专利文献 1：特开平 8-331757 号公报

这样，过电流检测电路 110a 以及 110b 能够检测出输出晶体管 11 中流通的过电流。但是，对过电流检测电路的过电流检测水平的进一步高精度化进行研究的本发明人注意到，在该过电流检测电路 110a 以及 110b 中，

输出电流检测用电阻 122 中所产生的电压，也即监控用晶体管 121 的漏极电压以接地电压为基准，输出晶体管 11 的漏极电压不以接地电位为基准。通过这样，监控用晶体管 121 的漏极电压与输出晶体管 11 的漏极电压不同，其结果可以预想监控用晶体管 121 的电流偏离了 I_0/N 的值。

因此，有人考虑预先计算出该偏差，变更输出电流检测用电阻 122 的电阻值，调整过电流检测水平，但在所输入的电源电压 V_{cc} 发生了变动的情况下，偏差的程度也会发生变化，因此该对策没有效果。

另外，本发明人还曾着眼于在温度发生了变动时，因监控用晶体管 121 以及输出用晶体管 11 与输出电流检测用电阻 122 的温度特性不同，对过电流检测水平的影响。另外，过电流检测电路 110a 中，过电流检测输出晶体管 123 的特性也发生变动，因此可以预想过电流检测水平会进一步变动。

发明内容

本发明鉴于以上问题，目的在于提供一种能够抑制在所输入的电源电压或温度发生了变动的情况下的过电流检测水平的变动的过电流检测电路，以及具有它的调节器。

为了解决上述问题，本发明的理想实施方式的相关过电流检测电路，在输入端被输入电源电压，控制端被输入控制电压，从输出端输出输出电流的输出晶体管中，流通有过电流时，将其检测出来，该过电流检测电路具有：控制端以及输出端分别与输出晶体管的控制端及输出端相连接的监控用晶体管；输入端被输入电源电压，控制端被输入检测用偏置电压，输出端与监控用晶体管的输入端相连接的输出电流检测用晶体管；生成基准电流的恒流源；输入端被输入电源电压，控制端被输入检测用偏置电压，从输出端向上述恒流源流通上述基准电流的参考用晶体管；以及通过将输出电流检测用晶体管的输出端的电压，与参考用晶体管的输出端的电压进行比较，在输出晶体管中流通有过电流时，将其检测出来并输出过电流检测信号的由比较器构成的比较电路。

上述输出晶体管、上述监控用晶体管、上述输出电流检测用晶体管以及上述参考用晶体管，最好是 P 型 MOS 晶体管。

上述比较电路最好具有：介插在上述恒流源与参考用晶体管之间的二极管连接的第1比较用晶体管；生成上述恒流源所生成的基准电流的给定倍电流的第2恒流源；以及介插在第2恒流源与输出电流检测用晶体管之间，控制端与第1比较用晶体管的控制端相连接的第2比较用晶体管。

本发明的理想实施方式的相关调节器，是具有上述过电流检测电路的调节器，设有控制电路，其在电源电压与输出给定的DC电压的输出端子之间设置输出晶体管，将输出端子的电压反馈输入，并对应当维持给定的DC电压的输出晶体管进行控制，同时，一旦被输入了过电流检测电路的过电流检测信号，便截止输出晶体管。

发明效果

本发明的理想实施方式的相关过电流检测电路，将监控用晶体管与输出电流检测用晶体管的串联体与输出晶体管并联，并且将参考用晶体管与输出电流检测用晶体管并联，通过将输出电流检测用晶体管的输出与参考用晶体管的输出进行比较，检测出过电流，因此即使所输入电源电压或温度发生变化，该晶体管的特性相对来说也没有什么变动，因此能够抑制过电流检测水平的变动。另外，具有它的调节器，由于过电流检测水平稳定，因此能够提高可靠度。

附图说明

图1为本发明的实施方式的相关过电流检测电路以及具有它的调节器的电路图。

图2为如上的动作波形图。

图3为本发明的另一实施方式的相关过电流检测电路以及具有它的调节器的电路图。

图4为背景技术的过电流检测电路以及具有它的调节器的电路图。

图5为背景技术的另一过电流检测电路以及具有它的调节器的电路图。

图中：1、2—调节器，10a、10b—过电流检测电路，11—输出晶体管，13—负载，21—监控用晶体管，22a、22b—输出电流检测用晶体管，23—参考用晶体管，24—恒流源，25a、25b—比较电路，28—检测用偏置电压，

31—第1比较用晶体管, 32—第2比较用晶体管, 33—第2恒流源, V_{cc} —输入电源电压, OUT—调节器的输出端子。

具体实施方式

下面对照附图对本发明的最佳实施方式进行说明。图1为本发明的实施方式的过电流检测电路以及具有它的调节器的电路图。该调节器1在电源电压 V_{cc} 与输出端子 OUT 之间设有采用 P 型 MOS 晶体管的输出晶体管 11, 通过控制输出晶体管 11 来将输出端子 OUT 维持为给定的 DC 电压, 同时, 在输出晶体管 11 中流通过电流的情况下, 过电流检测电路 10a 将其检测出来并截止输出晶体管 11。更详细地说, 该调节器 1 具有: 输入端 (源极) 被输入电源电压 V_{cc} , 控制端 (栅极) 被输入控制电压, 从输出端 (漏极) 输出输出电流 I_o 的输出晶体管 11; 让输出晶体管 11 的输出端所产生的电压平滑化的平滑化电路 12; 输出平滑化了的给定的 DC 电压的输出端子 OUT; 反馈输入输出端子 OUT 的电压并从应当维持给定的 DC 电压的图 1 中的节点 C 控制输出晶体管 11, 同时如果从节点 D 被输入了过电流检测电路 10a 的过电流检测信号, 便将应当截止输出晶体管 11 的节点 C 的控制电压设为电源电压 V_{cc} 电平的控制电路 14; 以及在输出晶体管 11 中流通过电流的情况下将其检测出来, 将该过电流检测信号从节点 D 输出给控制电路 14 的过电流检测电路 10a。输出端子 OUT 与负载 13 相连接。

过电流检测电路 10a 具有: 控制端 (栅极) 以及输出端 (漏极) 分别与输出晶体管 11 的控制端 (栅极) 以及输出端 (漏极) 相连接的采用 P 型 MOS 晶体管的监控用晶体管 21; 输入端 (源极) 被输入电源电压 V_{cc} , 控制端 (栅极) 被输入检测用偏置 (bias) 电压 28, 输出端 (漏极) 与监控用晶体管 21 的输入端 (源极) 相连接的采用 P 型 MOS 晶体管的输出电流检测用晶体管 22a; 生成基准电流 I_{REF} (例如 $10\mu A$) 的采用 N 型 MOS 晶体管的恒流源 24; 输入端 (源极) 被输入电源电压 V_{cc} , 控制端 (栅极) 被输入检测用偏置电压 28, 并且从输出端 (漏极) 向恒流源 24 流通基准电流 I_{REF} 的采用 P 型 MOS 晶体管的参考用晶体管 23; 以及将输出电流检测用晶体管 22a 的输出端 (漏极) 的电压 (也即图 1 中的节点 B 的电压)

与参考用晶体管 23 的输出端（漏极）的电压（也即图 1 中的节点 A 的电压）进行比较，在节点 D 输出检测信号的由比较器所构成的比较电路 25a。该比较电路 25a，更具体地是，在输出晶体管 11 中没有流通过电流时，输出高电平的检测信号，在流通过电流时将其检测出来并输出低电平的过电流检测信号。也即，过电流检测电路 10a，将监控用晶体管 21 与输出电流检测用晶体管 22a 的串联体与输出晶体管 11 并联设置，并且将参考用晶体管 23 与输出电流检测用晶体管 22a 并联设置，通过将输出电流检测用晶体管 22a 的输出与参考用晶体管 23 的输出相比较，来检测出过电流。另外，监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22a 以及参考用晶体管 23 的大小相等，并设为输出晶体管 11 的大小的 $1/N$ （例如 $1/50000$ ）。另外，过电流检测电路 10a 还具有 N 型 MOS 晶体管 26 以及恒流源 27，由它们决定恒流源 24 的电流值。

另外，同时输入给输出电流检测用晶体管 22a 以及参考用晶体管 23 的控制端的检测用偏置电压 28，最好与监控用晶体管 21 的控制端（栅极）的电压几乎一致。例如，在调节器 1 是开关调节器的情况下，检测用偏置电压 28 最好是接地电压电平。

接下来，根据图 2 的动作波形图对过电流检测电路 10a 的动作进行说明。该动作波形图示出了节点 A 与 B 的动作波形（曲线 A 与曲线 B），也即节点 A 与 B 的电压相对输出电流 I_0 的变化，以及比较电路 25a 的动作波形，也即检测信号输出（节点 D 的电压）的变化。由于监控用晶体管 21 与输出电流检测用晶体管 22a 的大小被设定为输出晶体管 11 的 $1/N$ ，因此如果输出晶体管 11 中流通输出电流 I_0 ，串联的（串联体）监控用晶体管 21 与输出电流检测用晶体管 22a 中所流通的电流 I_1 就变为约 $I_0/2N$ 。也即，如果设监控用晶体管 21 与输出电流检测用晶体管 22a 的等价电阻的值为 R ，则由于输出晶体管 11 的等价电阻的值为 R/N ，因此成立下式。

$$RI_1 + RI_1 = RI_0/N \quad \cdots (1)$$

因此，

$$I_1 = I_0/2N \quad \cdots (2)$$

这样，节点 B 中，为了在输出电流检测用晶体管 22a 中流通 $I_0/2N$ 的电流，而以电源电压 V_{cc} 为基准产生了必要的电压。节点 B 的电压，一旦

输出晶体管 11 的输出电流 I_0 增加便直线下降。另外，节点 A 中，为了在参考用晶体管 23 中流通基准电流 I_{REF} ，而以电源电压 V_{CC} 为基准产生必要的电压。因此，输出晶体管 11 的输出电流 I_0 增加，一旦监控用晶体管 21 以及输出电流检测用晶体管 22a 中所流通的电流 $I_0/2N$ 超过基准电流 I_{REF} 的值，也即节点 B 的电压下降到节点 A 的电压以下，作为比较电路 25a 的输出的节点 D 的检测信号就从高电平变化为低电平（过电流检测信号）。具体地说，如果将 N 设为 50000，将基准电流 I_{REF} 设为 $10\mu A$ ，则输出晶体管 11 的电流 I_0 便约为 1A（安培）以上，认为输出晶体管 11 的输出电流 I_0 超过了过电流检测水平 I_E （判断流通有过电流），将输出晶体管 11 截止。

这里，串联体的监控用晶体管 21 与输出电流检测用晶体管 22a，以及参考用晶体管 23 的各个输出端（漏极）的电压，与输出晶体管 11 一样，对应于所流通的电流的值，以电源电压 V_{CC} 为基准生成。因此，这些晶体管的输出端（漏极）的电压因其他元件的影响而变动，通过这样抑制了其中所流通的电流的比率偏离大小的比率。这样，即使在电源电压 V_{CC} 发生了变动的情况下，由于上述晶体管的输出端（漏极）的电压以电源电压 V_{CC} 为基准生成，因此不受其影响，几乎没有引起过电流检测水平 I_E 的变动。

另外，输出晶体管 11、监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22a 以及参考用晶体管 23，均为 P 型 MOS 晶体管，因此具有相同的温度特性。因此，监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22a、以及参考用晶体管 23 的特性，即使温度变动也与输出晶体管 11 同样进行变化，因此能够抑制因温度的变动所引起的过电流检测水平 I_E 的变动。

接下来，根据图 3 对本发明的另一实施方式的过电流检测电路以及具有它的调节器进行说明。该调节器 2 除了过电流检测电路 10b 以外，均与上述调节器 1 的构成实质上相同，因此以下对过电流检测电路 10b 进行说明。

过电流检测电路 10b 与过电流检测电路 10a 一样，具有监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22b、参考用晶体管 23、以及生成基准电流 I_{REF} 的恒流源 24。并且监控用晶体管 21 以及参考用晶体管 23 的大小设定地与

过电流检测电路 10a 一样，但输出电流检测用晶体管 22b 的大小，被设为监控用晶体管 21 以及参考用晶体管 23 的两倍。

另外，过电流检测电路 10b 将前一个实施方式中的比较器所构成的比较电路 25a，替换成具有其他电路结构的比较电路 25b。比较电路 25b 具有：介插在恒流源 24 与参考用晶体管 23 之间的二极管连接（输出端（漏极）与控制端（栅极）相连接）的采用 P 型 MOS 晶体管的第 1 比较用晶体管 31；通过让恒流源（N 型 MOS 晶体管）24 与栅极电压共通来生成恒流源 24 所生成的基准电流 I_{REF} 的给定倍（这里为 1 倍）的电流的第 2 恒流源 33；以及介插在第 2 恒流源 33 与输出电流检测用晶体管 22b 之间，控制端（栅极）与第 1 比较用晶体管 31 的控制端（栅极）相连接的采用 P 型 MOS 晶体管的第 2 比较用晶体管 32。因此，如果第 2 比较用晶体管 32 的输入端（源极）的电位下降地比第 1 比较用晶体管 31 的输入端（源极）低，第 2 比较用晶体管 32 中便不流通电流（截止）。

接下来，对过电流检测电路 10b 的动作进行说明。如果设监控用晶体管 21 与参考用晶体管 23 的等价电阻的值为 R ，则输出电流检测用晶体管 22b 的等价电阻的值为 $R/2$ ，输出晶体管 11 的等价电阻的值为 R/N 。输出电流检测用晶体管 22b 中所流通的电流，分路为监控用晶体管 21 中所流通的电流 I_1 与第 2 恒流源 33 中所流通的电流 I_{REF} 。因此，节点 B 中，为了在输出电流检测用晶体管 22b 中流通电流 $I_{REF} + I_1$ ，而以电源电压 V_{CC} 为基准生成必要的电压 $R(I_{REF} + I_1)/2$ 。于是：

$$R(I_{REF} + I_1)/2 + RI_1 = RI_0/N \quad \cdots (3)$$

成立，为满足上式而在监控用晶体管 21 中流通电流 I_1 。

另外，节点 A 中，为了让参考用晶体管 23 中流通基准电流 I_{REF} ，而以电源电压 V_{CC} 为基准生成了必要的电压 RI_{REF} 。如果节点 B 的电压与节点 A 的电压相等，则

$$R(I_{REF} + I_1)/2 = RI_{REF} \quad \cdots (4)$$

成立。求解便得到：

$$I_1 = I_{REF} \quad \cdots (5)$$

将式 (5) 代入式 (3) 便得到：

$$I_1 = I_{REF} = I_0/2N \quad \cdots (6)$$

这样，如果监控用晶体管 21 中所流通的电流 I_1 超过了电流 I_{REF} ，则由于节点 B 的电压下降到节点 A 的以下，因此第 2 比较用晶体管 32 截止，比较电路 25b 的输出，也即节点 D 的检测信号从高电平变为低电平（过电流检测信号）。具体地说，如果设 N 为 50000，基准电流 I_{REF} 为 $10\mu A$ ，则输出晶体管 11 的输出电流 I_0 为 1A 以上，节点 D 的检测信号变为低电平。

这样，过电流检测电路 10b 与过电流检测电路 10a 一样，在输出晶体管 11 中流通有过电流的情况下，将其检测出来并将过电流检测信号从节点 D 输出给控制电路 14。另外，由于该过电流检测电路 10b 的比较电路 25b 不使用像过电流检测电路 10a 的比较电路 25a 那样的比较器，因此能够削减构成电路的元件数，减少占有面积与消耗功率。

另外，过电流检测电路 10a 或 10b 中，也可以为了调整过电流检测水平 I_E 而变更基准电流 I_{REF} 。另外，过电流检测电路 10b 中，还能够通过将第 2 恒流源（N 型 MOS 晶体管）33 的大小相对恒流源（N 型 MOS 晶体管）24 进行变更从而变更所流通的电流值的给定倍率，对过电流检测水平 I_E 进行调整。例如，如果设第 2 恒流源（N 型 MOS 晶体管）33 的大小为 $1/2$ ，则因为：

$$I_{REF} = 2I_0/5N \quad \dots (7)$$

使得节点 B 的电压与节点 A 的电压相等。因此，如果设 N 为 50000，基准电流 I_{REF} 为 $10\mu A$ ，则过电流检测水平 I_E 变为 1.25A。

另外，还能够通过将参考用晶体管 23 相对监控用晶体管 21 以及输出电流检测用晶体管 22a（22b）的尺寸比进行变更，来调整过电流检测水平 I_E 。例如，过电流检测电路 10a 中，如果让参考用晶体管 23 的尺寸为监控用晶体管 21 以及输出电流检测用晶体管 22a 的 $1/2$ ，则在上述条件下（N 为 50000，基准电流 I_{REF} 为 $10\mu A$ ），过电流检测水平 I_E 变为 2A。另外，过电流检测电路 10b 中，如果让参考用晶体管 23 的尺寸为监控用晶体管 21 的 $1/2$ ，则因为：

$$I_{REF} = I_0/5N \quad \dots (8)$$

使得节点 B 的电压与节点 A 的电压相等。因此，在上述条件下（N 为 50000，基准电流 I_{REF} 为 $10\mu A$ ），过电流检测水平 I_E 变为 2.5A。

另外，本发明并不仅限于上述实施方式，还能够在权利要求所述的事项的范围内，进行各种设计变更。例如，上述实施方式中，所说明的是调节器的输出晶体管 11 为 P 型 MOS 晶体管，过电流检测电路的监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22a (22b) 以及参考用晶体管 23 均为 P 型 MOS 晶体管，但输出晶体管 11 还可以采用 N 型 MOS 晶体管、PNP 型双极性晶体管或 NPN 型双极性晶体管，这种情况下，当然监控用晶体管 21、输出电流检测用晶体管 22a (22b) 以及参考用晶体管 23 可以对应上述类型构成过电流检测电路。

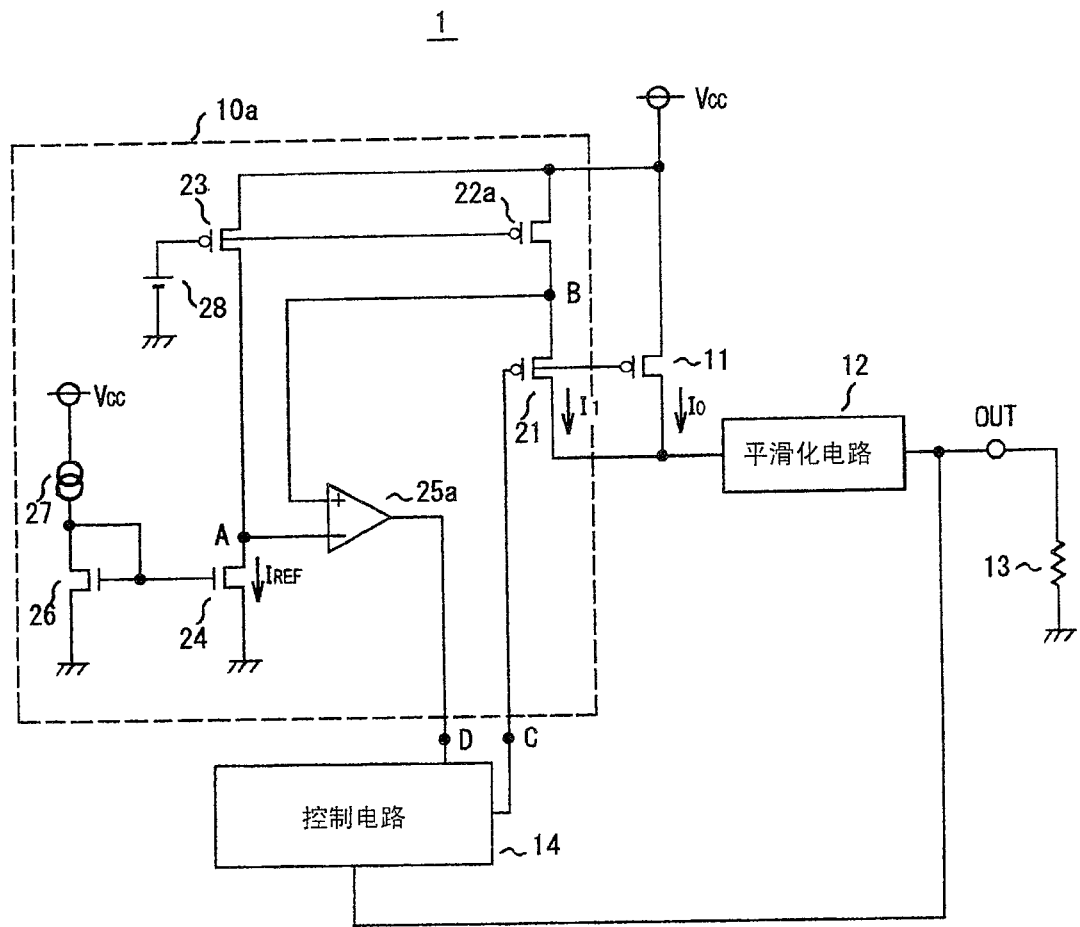


图 1

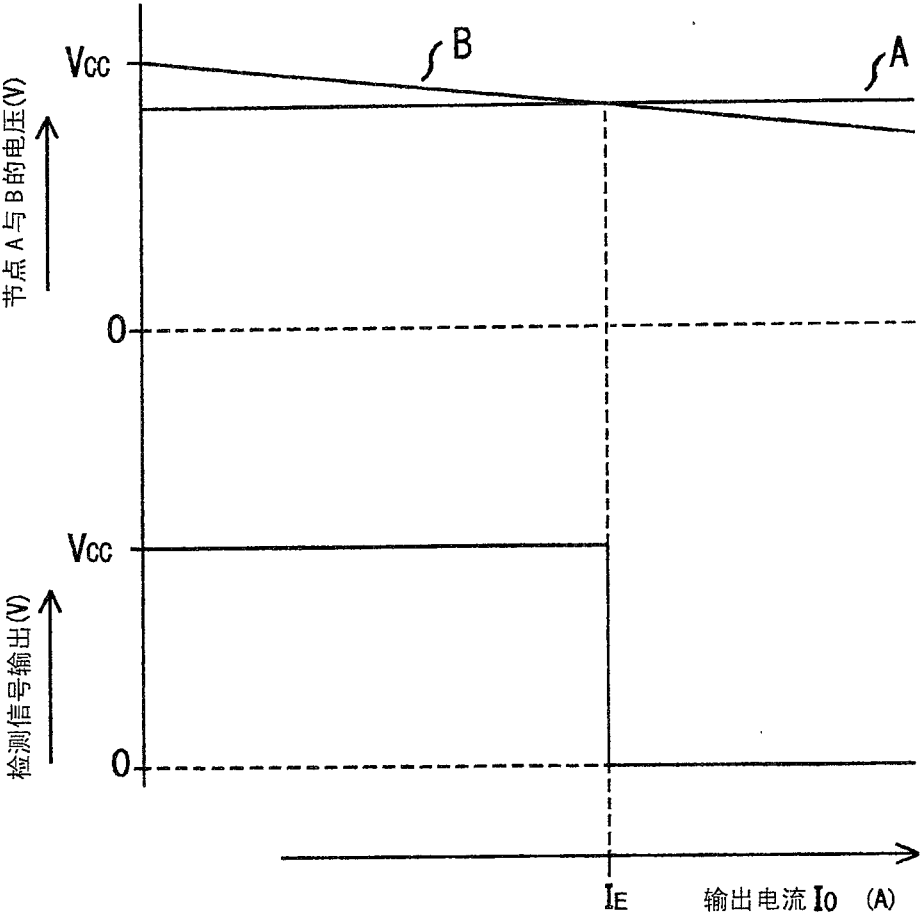


图 2

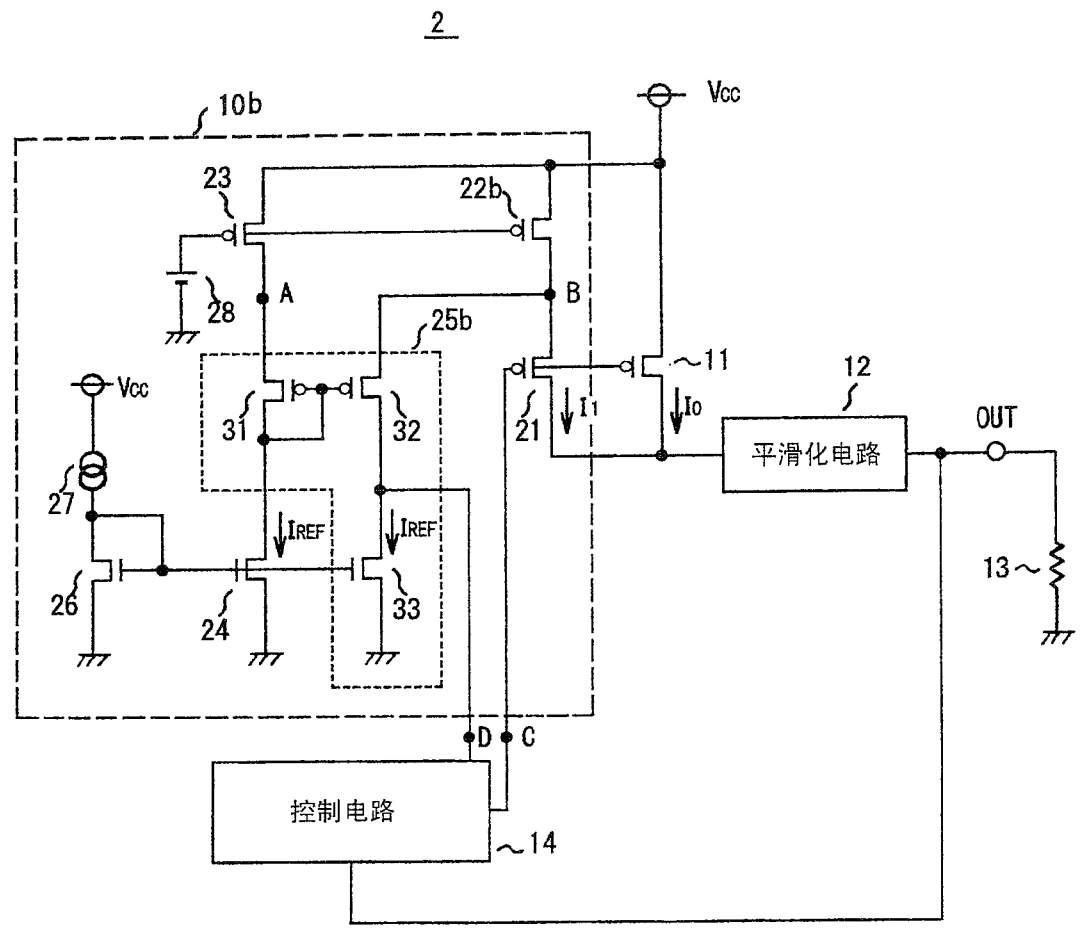


图 3

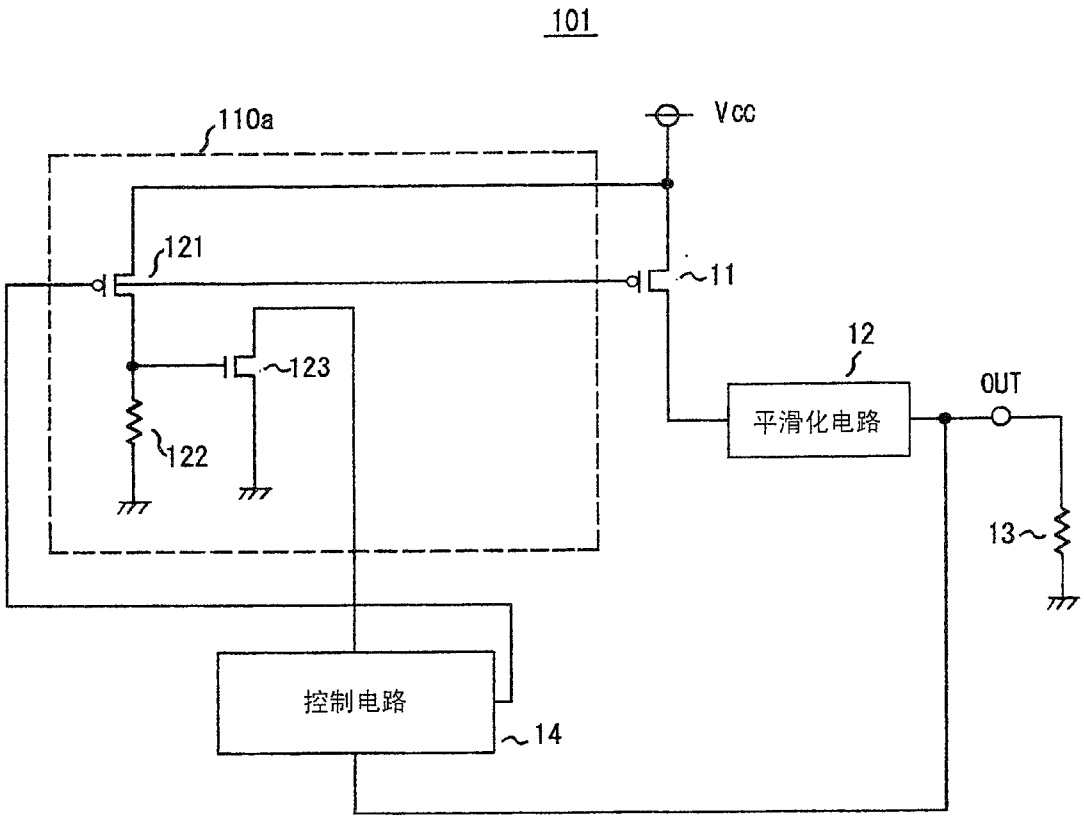


图 4

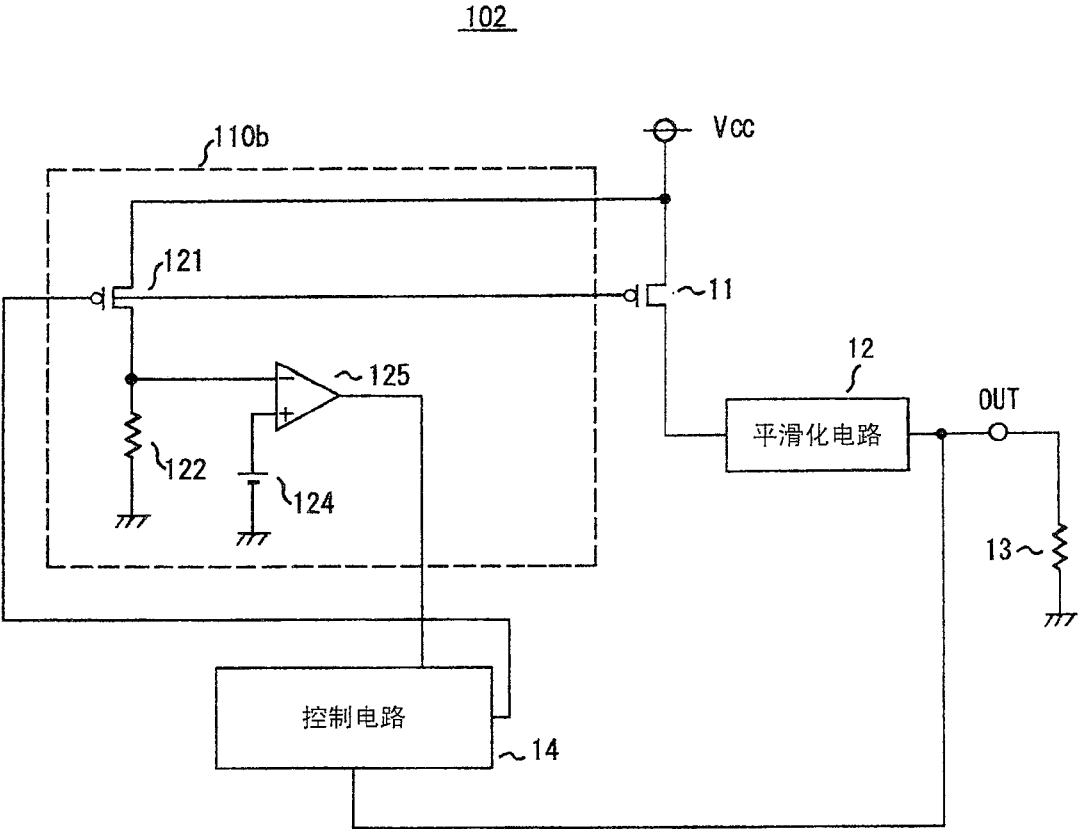


图 5