



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112425074 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(21) 申请号 201980046371.4

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(22) 申请日 2019.03.11

代理人 邓毅 黄纶伟

(30) 优先权数据

2018-140092 2018.07.26 JP

(51) Int.CI.

H03K 17/08 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H02M 1/08 (2006.01)

2021.01.11

H02M 3/155 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H02M 7/48 (2007.01)

PCT/JP2019/009733 2019.03.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/021757 JA 2020.01.30

(71) 申请人 欧姆龙株式会社

地址 日本国京都府京都市

(72) 发明人 冈田亘 岩井聰 野坂纪元

西川武男 小林健二 白石圭司

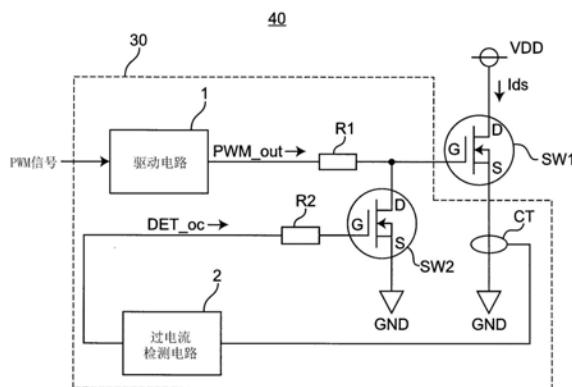
权利要求书1页 说明书14页 附图16页

(54) 发明名称

开关电路以及电力转换装置

(57) 摘要

驱动电路控制第1开关元件。第1电阻与驱动电路以及第1开关元件连接。第2开关元件与第1开关元件连接。过电流检测电路根据第1开关元件的过电流来控制第2开关元件。第2电阻与过电流检测电路以及第2开关元件连接。第1和第2电阻被设定为，使得与基于驱动电路的第1开关元件的关断时间相比，通过过电流检测电路使第2开关元件接通时的第1开关元件的关断时间较长。



1. 一种开关电路,其具有:

第1开关元件,其具有与第1电压源连接的第1端子、与第2电压源连接的第2端子、和第3端子;

驱动电路,其生成使所述第1开关元件接通/断开的第1控制信号;

第1电阻,其连接在所述驱动电路和所述第3端子之间;

第2开关元件,其具有与所述第3端子连接的第4端子、与所述第2电压源连接的第5端子、和第6端子;

过电流检测电路,其根据流过所述第1开关元件的电流是否超过预先决定的阈值,生成使所述第2开关元件接通/断开的第2控制信号;以及

第2电阻,其连接在所述过电流检测电路和所述第6端子之间,

所述第1电阻和所述第2电阻分别具有电阻值,该电阻值被设定为,使得与基于所述第1控制信号的所述第1开关元件的关断时间相比,通过所述第2控制信号使所述第2开关元件接通时的所述第1开关元件的关断时间较长。

2. 根据权利要求1所述的开关电路,其中,

该开关电路还具有连接在所述第2开关元件的所述第5端子和所述第6端子之间的电容器。

3. 根据权利要求1或2所述的开关电路,其中,

所述过电流检测电路在要使所述第2开关元件断开时,以如下方式生成所述第2控制信号:所述第2控制信号具有以所述第2电压源的电位为基准而与所述第1电压源的电位相反的极性。

4. 根据权利要求1~3中的任意一项所述的开关电路,其中,

所述第1电阻与所述驱动电路一体化。

5. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的开关电路,其中,

所述第2开关元件是NPN型晶体管或N沟道型MOSFET,

所述过电流检测电路在流过所述第1开关元件的电流超过所述阈值时,将所述第2控制信号设定为高电平,在流过所述第1开关元件的电流为所述阈值以下时,将所述第2控制信号设定为低电平。

6. 根据权利要求1~4中的任意一项所述的开关电路,其中,

所述第2开关元件是PNP型晶体管或P沟道型MOSFET,

所述过电流检测电路在流过所述第1开关元件的电流超过所述阈值时,将所述第2控制信号设定为低电平,在流过所述第1开关元件的电流为所述阈值以下时,将所述第2控制信号设定为高电平。

7. 一种电力转换装置,其中,该电力转换装置具有权利要求1~6中的任意一项所述的至少一个开关电路。

开关电路以及电力转换装置

技术领域

[0001] 本公开涉及包含开关元件及其控制电路的开关电路，并且还涉及具有这样的至少一个开关电路的电力转换装置。

背景技术

[0002] 以往，例如专利文献1和2所公开的那样，已知具有过电流保护功能的开关电源装置。

[0003] 专利文献1公开了电力转换装置所使用的电压驱动型半导体元件的栅极驱动电路。在该栅极驱动电路中，在信号绝缘器的信号输出端子、和与电压驱动型半导体元件的栅极端子连接并为了流过栅极电流而互补地动作的半导体元件的控制用端子之间，连接有第1和第2电阻的串联电路。在该第1电阻和第2电阻的连接点与电压驱动型半导体元件的发射极端子之间，连接有在该电压驱动型半导体元件成为过电流状态的情况下，以强制切断电压驱动型半导体元件为目的而接通的开关元件。并且，在第2电阻和半导体元件的控制用端子的连接点与电压驱动型半导体元件的发射极端子之间连接有电容器。

[0004] 专利文献2公开了具有过电流保护功能、并具备同步整流电路的单端正激型的开关电源装置。该开关电源装置在主变压器的初级侧具有主开关元件、电流检测电路、PWM控制电路、可变电阻元件以及可变控制电路。电流检测电路检测流过主开关元件的开关电流。PWM控制电路控制主开关元件的接通/断开，并且当接受电流检测电路的输出信号且开关电流的峰值达到第1基准值时，缩短主开关元件的接通时间。可变电阻元件连接在主开关元件的栅极和源极端子之间。可变控制电路接受电流检测电路的输出信号，按照每个开关周期比较开关电流的峰值和第2基准值，当开关电流达到第2基准值时，控制成使可变电阻元件的电阻值下降，且不提高主开关元件的栅源极端子间电压，由此抑制开关电流的峰值上升。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1：日本特开2007-104805号公报

[0008] 专利文献2：日本特许第5571594号公报

发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 在专利文献1的栅极驱动电路中，在信号绝缘器和电压驱动型半导体元件之间连接有用于过电流保护的多个部件。由于这多个部件，电路规模和成本增大。电路规模的增大导致电感的增大。另一方面，为了降低驱动噪声，要求包含SJMOS (Super Junction MOSFET：超级结MOSFET)、SiC以及GaN等的下一代高速功率半导体元件用的驱动电路为低电感。因此，为了降低成本，进而降低电感，要求用比现有技术小规模且简单的电路实现过电流保护。

[0011] 另外，在专利文献1的栅极驱动电路中，在用于过电流保护的开关元件和电压驱动

型半导体元件之间设置有互补地动作的半导体元件。通过插入这些半导体元件，在检测到电压驱动型半导体元件中的过电流时，从用于过电流保护的开关元件接通起到电压驱动型半导体元件截止为止产生延迟。因此，为了缩短从检测到过电流到进行保护的工作时间，也要求用比现有技术小规模且简单的电路实现过电流保护。

[0012] 另外，在专利文献1的栅极驱动电路中，在使电压驱动型半导体元件导通或者截止时，以取决于第2电阻和电容器的时间常数的时间对电容器进行充电或者放电，伴随该动作，电压驱动型半导体元件的动作因该充电或放电时间而延迟。该延迟不仅在检测到电压驱动型半导体元件中的过电流并进行保护时产生，而且在电压驱动型半导体元件的通常动作时也产生。由此，电压驱动型半导体元件的通常动作时的开关速度变慢，损耗增大。因此，要求不影响通常动作地实现过电流保护。

[0013] 另外，专利文献2的开关电源装置在检测到主开关元件中的过电流时，进行如下的两个阶段的过电流保护：通过可变控制电路和可变电阻元件来抑制开关电流的峰值上升，接着通过PWM控制电路来切断开关电流。由于伴随两个阶段的动作，所以从检测到过电流到进行保护为止产生延迟。因此，为了缩短从检测到过电流到进行保护的工作时间，要求通过比现有技术简单的电路和动作实现过电流保护。

[0014] 本公开的目的在于提供一种包含开关元件及其控制电路的开关电路，该开关电路是比现有技术小规模且简单的电路，并且动作比现有技术简单，能够不影响通常动作地实现过电流保护。另外，本公开的目的在于提供具有这样的至少一个开关电路的电力转换装置。

[0015] 用于解决课题的手段

[0016] 为了解决上述课题，本公开方面的开关电路和电力转换装置具有以下的结构。

[0017] 本公开一个方面的开关电路具有：第1开关元件，其具有与第1电压源连接的第1端子、与第2电压源连接的第2端子、和第3端子；驱动电路，其生成使所述第1开关元件接通/断开的第1控制信号；第1电阻，其连接在所述驱动电路和所述第3端子之间；第2开关元件，其具有与所述第3端子连接的第4端子、与所述第2电压源连接的第5端子、和第6端子；过电流检测电路，其根据流过所述第1开关元件的电流是否超过预先决定的阈值，生成使所述第2开关元件接通/断开的第2控制信号；以及第2电阻，其连接在所述过电流检测电路和所述第6端子之间，所述第1电阻和所述第2电阻分别具有电阻值，该电阻值被设定为，使得与基于所述第1控制信号的所述第1开关元件的关断时间相比，通过所述第2控制信号使所述第2开关元件接通时的所述第1开关元件的关断时间较长。

[0018] 这里，“第1开关元件”是被施加第1电压源的电压、使来自第1电压源的电流通过和切断的功率半导体元件。另外，“第2开关元件”在检测到第1开关元件中的过电流时使第1开关元件软关断。这里，“软关断”表示在断开开关元件时，使施加到开关元件的控制信号的信号电平缓慢变化。

[0019] 第2开关元件、过电流检测电路和第2电阻构成用于第1开关元件的过电流保护电路，检测第1开关元件中的过电流并进行保护。另外，驱动电路、第1电阻、第2开关元件、过电流检测电路和第2电阻构成用于第1开关元件的控制电路，使第1开关元件接通/断开，并且检测第1开关元件中的过电流来进行保护。

[0020] 根据本公开一个方面的开关电路，通过具有该结构，能够通过比现有技术小规模

且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0021] 本公开一个方面的开关电路可以还具有连接在所述第2开关元件的所述第5端子和所述第6端子之间的电容器。

[0022] 根据本公开一个方面的开关电路,通过具有电容器,能够使得不易产生由于镜像电流导致的第2开关元件的误动作。

[0023] 在本公开一个方面的开关电路中,也可以是,所述过电流检测电路在要使所述第2开关元件断开时,以如下方式生成所述第2控制信号:所述第2控制信号具有以所述第2电压源的电位为基准而与所述第1电压源的电位相反的极性。

[0024] 根据本公开一个方面的开关电路,通过以这种方式生成第2控制信号,能够使得不易产生由于镜像电流导致的第2开关元件的误动作。

[0025] 在本公开一个方面的开关电路中,所述第1电阻可以与所述驱动电路一体化。

[0026] 根据本公开一个方面的开关电路,通过具有该结构,能够使开关电路进一步小型化和简单化。

[0027] 在本公开一个方面的开关电路中,所述第2开关元件可以是NPN型晶体管或N沟道型MOSFET,可以是,所述过电流检测电路在流过所述第1开关元件的电流超过所述阈值时,将所述第2控制信号设定为高电平,在流过所述第1开关元件的电流为所述阈值以下时,将所述第2控制信号设定为低电平。

[0028] 在本公开一个方面的开关电路中,所述第2开关元件可以是PNP型晶体管或P沟道型MOSFET,可以是,所述过电流检测电路在流过所述第1开关元件的电流超过所述阈值时,将所述第2控制信号设定为低电平,在流过所述第1开关元件的电流为所述阈值以下时,将所述第2控制信号设定为高电平。

[0029] 根据本公开一个方面的开关电路,能够根据第2开关元件的规格适当地选择过电流检测电路,能够根据过电流检测电路的规格适当地选择第2开关元件。

[0030] 本公开一个方面的电力转换装置具有本公开一个方面的至少一个所述开关电路。

[0031] 根据本公开一个方面的电力转换装置,通过具有该结构,能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0032] 发明效果

[0033] 根据本公开,能够提供一种开关电路,其通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0034] 此外,根据本公开,能够提供具有这样的至少一个开关电路的电力转换装置。

附图说明

[0035] 图1是示意性地例示第1实施方式的开关电路40的结构的一例的电路图。

[0036] 图2是示意性地例示图1的开关电路40的通常动作时的动作的一例的波形图。

[0037] 图3是示意性地例示在图1的开关电路40中检测到过电流时的动作的一例的波形图。

[0038] 图4是示意性地例示比较例的开关电路的结构的一例的电路图。

[0039] 图5是示意性地例示第1实施方式的第1变形例的开关电路40A的结构的一例的电

路图。

- [0040] 图6是示意性地例示进行图5的开关电路40A的仿真时的结构的一例的电路图。
- [0041] 图7是示意性地例示图6的开关电路的动作的一例的波形图。
- [0042] 图8是示意性地例示第1实施方式的第2变形例的开关电路40B的结构的一例的电路图。
- [0043] 图9是示意性地例示第1实施方式的第3变形例的开关电路40C的结构一例的电路图。
- [0044] 图10是示意性地例示第1实施方式的第4变形例的开关电路40D的结构的一例的电路图。
- [0045] 图11是示意性地例示第1实施方式的第5变形例的开关电路40E的结构的一例的电路图。
- [0046] 图12是示意性地例示第1实施方式的第6变形例的开关电路40F的结构的一例的电路图。
- [0047] 图13是示意性地例示第1实施方式的第7变形例的开关电路40G的结构的一例的电路图。
- [0048] 图14是示意性地例示第2实施方式的电力系统的结构的一例的框图。
- [0049] 图15是示意性地例示图14的电力转换装置21的结构的一例的框图。
- [0050] 图16是示意性地例示图14的电力转换装置22的结构的一例的框图。
- [0051] 图17是示意性地例示图14的电力转换装置24的结构的一例的框图。

具体实施方式

[0052] 以下,根据附图对本公开一个方面的实施方式(以下,也表述为“本实施方式”)进行说明。在各附图中,相同的标号表示相同的结构要素。

[0053] [第1实施方式]

[0054] 参照图1~图13,说明第1实施方式的开关电路。

[0055] [第1实施方式的结构例]

[0056] 图1是示意性地例示第1实施方式的开关电路40的结构一例的电路图。图1的开关电路40具有开关元件SW1、驱动电路1、电阻R1、开关元件SW2、过电流检测电路2和电阻R2。开关元件SW2、过电流检测电路2和电阻R2构成用于开关元件SW1的过电流保护电路,检测开关元件SW1中的过电流并进行保护。此外,驱动电路1、电阻R1、开关元件SW2、过电流检测电路2和电阻R2构成用于开关元件SW1的控制电路30,使开关元件SW1接通/断开,并且检测开关元件SW1中的过电流来进行保护。

[0057] 开关元件SW1具有与电压源VDD连接的漏极端子D、与接地GND连接的源极端子S、和栅极端子G。开关元件SW1是被施加电压源VDD的电压、使来自电压源VDD的电流通过和切断的功率半导体元件。开关元件SW1是N沟道型MOSFET。电压源VDD的电位高于接地GND的电位。

[0058] 在本说明书中,将开关元件SW1也称为“第1开关元件”。另外,在本说明书中,将开关元件SW1的漏极端子D也称为“第1端子”,将其源极端子S也称为“第2端子”,将其栅极端子G也称为“第3端子”。并且,在本说明书中,将电压源VDD也称为“第1电压源”,将接地GND也称为“第2电压源”。电压源VDD和接地GND分别是“第1电压源”和“第2电压源”的一例。另外,作

为N沟道型MOSFET的开关元件SW1是“第1开关元件”的一例。

[0059] 驱动电路1生成控制信号PWM_out，该控制信号PWM_out以规定的占空比接通/断开开关元件SW1。例如，PWM信号从前级电路(未图示)输入到驱动电路1，驱动电路1基于PWM信号生成并输出控制信号PWM_out。在开关元件SW1如上述那样是N沟道型MOSFET的情况下，当开关元件SW1接通时，控制信号PWM_out成为高电平，当开关元件SW1断开时，控制信号PWM_out成为低电平。

[0060] 在本说明书中，将控制信号PWM_out也称为“第1控制信号”。

[0061] 电阻R1连接在驱动电路1和开关元件SW1的栅极端子G之间。

[0062] 在本说明书中，将电阻R1也称为“第1电阻”。

[0063] 开关元件SW2具有与开关元件SW1的栅极端子G连接的漏极端子D、与电位和开关元件SW1的源极端子S的电位相同的端子(在图1的例子中为接地GND)连接的源极端子S、和栅极端子G。当检测到开关元件SW1中的过电流时，开关元件SW2软关断开关元件SW1。开关元件SW2是N沟道型MOSFET。

[0064] 在本说明书中，将开关元件SW2也称为“第2开关元件”。并且，在本说明书中，将开关元件SW2的漏极端子D也称为“第4端子”，将其源极端子S也称为“第5端子”，将其栅极端子G也称为“第6端子”。作为N沟道型MOSFET的开关元件SW2是“第2开关元件”的一例。

[0065] 过电流检测电路2根据流过开关元件SW1的电流是否超过预先决定的阈值Ith，生成用于接通/断开开关元件SW2的控制信号DET_oc。为了检测流过开关元件SW1的过电流，图1的开关电路40还具有电流检测器CT。电流检测器CT例如是变流器。在开关元件SW2如上述那样是N沟道MOSFET的情况下，过电流检测电路2在流过开关元件SW1的电流超过阈值Ith时，将控制信号DET_oc设定为高电平，在流过开关元件SW1的电流为阈值Ith以下时，将控制信号DET_oc设定为低电平。

[0066] 在本说明书中，将控制信号DET_oc也称为“第2控制信号”。

[0067] 电阻R2连接在过电流检测电路2和开关元件SW2的栅极端子G之间。

[0068] 在本说明书中，将电阻R2也称为“第2电阻”。

[0069] 电阻R1和R2分别具有电阻值，该电阻值被设定为，使得与基于控制信号PWM_out的开关元件SW1的关断时间T1相比，通过控制信号DET_oc接通开关元件SW2时的开关元件SW1的关断时间T2较长。

[0070] [第1实施方式的动作例]

[0071] 图2是示意性地例示图1的开关电路40的通常动作时的动作的一例的波形图。图2的第一级表示流过开关元件SW1的电流Ids。Ith表示过电流的阈值。图2的第二级表示从过电流检测电路2输出的控制信号DET_oc。图2的第三级表示施加到开关元件SW2的栅源极电压Vgs2。Vth2表示开关元件SW2的栅极阈值电压。图2的第四级表示施加到开关元件SW1的栅源极电压Vgs1。Vth1表示开关元件SW1的栅极阈值电压。

[0072] 在图2的例子中，由于电流Ids总是在阈值Ith以下(即，在开关元件SW1中没有产生过电流)，所以控制信号DET_oc一直为低电平，因此开关元件SW2一直断开。在这种情况下，开关元件SW1根据从驱动电路1输出的控制信号PWM_out进行动作(这被称为“通常动作”)。当控制信号PWM_out从低电平转变为高电平时，开关元件SW1的栅源极电压Vgs1开始增大。然后，当栅源极电压Vgs1超过栅极阈值电压Vth1时(时刻t1)，开关元件SW1接通，开始流过

电流 I_{ds} 。当控制信号PWM_out从高电平转变为低电平时(时刻t2),栅源极电压Vgs1开始下降。在开关元件SW1中未产生过电流的情况下、即开关元件SW2断开的情况下,开关元件SW1具有由其电容(例如栅源极电容)和电阻R1决定的时间常数。栅源极电压Vgs1随着取决于开关元件SW1的时间常数的时间而逐渐下降。在栅源极电压Vgs1成为栅极阈值电压Vth1以下时(时刻t3),开关元件SW1断开,电流 I_{ds} 开始减少。这样,在开关元件SW1中未产生过电流的情况下、即开关元件SW2断开的情况下,开关元件SW1具有遍及时刻t2~t3的关断时间T1。

[0073] 图3是示意性地例示在图1的开关电路40中检测到过电流时的动作的一例的波形图。与图2的情况同样,当控制信号PWM_out从低电平转变为高电平时,开关元件SW1的栅源极电压Vgs1开始增大。然后,当栅源极电压Vgs1超过栅极阈值电压Vth1时(时刻t11),开关元件SW1接通,开始流过电流 I_{ds} 。在图3的例子中,在时间t12,电流 I_{ds} 变得大于阈值 I_{th} (即,在开关元件SW1中产生了过电流),与其对应地,控制信号DET_oc从低电平转变为高电平,开关元件SW2的栅源极电压Vgs2开始增大。当栅源极电压Vgs2达到栅极阈值电压Vth2时(时刻t13),开关元件SW2接通,开关元件SW1的栅源极电压Vgs1开始下降。在开关元件SW1中产生了过电流的情况下、即在开关元件SW2接通的情况下,开关元件SW1具有除了由开关元件SW1的电容和电阻R1以外、还由开关元件SW2的电容和电阻R2决定的时间常数。与图2的情况相同,栅源极电压Vgs1随着取决于开关元件SW1的时间常数的时间而逐渐下降。在栅源极电压Vgs1成为栅极阈值电压Vth1以下时(时刻t14),开关元件SW1断开,电流 I_{ds} 开始减少。这样,在开关元件SW1中产生了过电流的情况下、即在开关元件SW2接通的情况下,开关元件SW1具有遍及时刻t13~t14的关断时间T2。并且在这种情况下,不管控制信号PWM_out的状态如何(即,即使控制信号PWM_out一直为高电平),开关元件SW1都被开关元件SW2断开。

[0074] 如上所述,电阻R1和R2的电阻值被设定为使得关断时间T2长于关断时间T1。由此,在开关元件SW1中产生了过电流的情况下,开关元件SW1的栅源极电压Vgs1与通常动作时相比缓慢下降,开关元件SW1被软关断。通过将开关元件SW1软关断,能够使得在开关元件SW1中不易产生电压的浪涌。

[0075] 关断时间T1和T2能够通过分别调整电阻R1和R2的电阻值来单独设定。

[0076] 为了在通常动作时使开关元件SW1以期望的开关速度动作,电阻R1的电阻值可以被设定为较小的值。另一方面,为了在开关元件SW1中产生过电流时将开关元件SW1软关断,将电阻R2的电阻值设定为较大的值(例如,比电阻R1的电阻值大得多的值)。

[0077] 以往,已知经由互不相同的第1和第2电阻将开关元件的栅极端子分别连接到驱动电路和过电流保护电路的电路。例如,由Rohm株式会社提供用于这种电路的栅极驱动器BM6108FV-LBE2。栅极驱动器BM6108FV-LBE2构成为内置有驱动电路和过电流保护电路,将开关元件和电阻与外部连接。在这样的电路中,通过使用具有互不相同的电阻值的第1和第2电阻,使通常动作时的关断时间和检测到过电流时的关断时间互不相同,预期的是能够实现与本实施方式的开关电路同样的动作。但是,在这样的电路中,实际上,如以下说明的那样,不能实现与本实施方式的开关电路同样的动作。

[0078] 图4是示意性地例示比较例的开关电路的结构的一例的电路图。图4的开关电路具有连接在开关元件SW1的栅极端子G和开关元件SW2的漏极端子D之间的电阻R3来代替图1的开关电路40的电阻R2。

[0079] 当开关元件SW2接通时,开关元件SW1的栅源极电压Vgs1由下式表示。

[0080] $V_{gs1} = V_{dr} \times R3 / (R1+R3)$

[0081] 这里, V_{dr} 表示控制信号 PWM_{out} 的电压。

[0082] 为了将开关元件 $SW1$ 软关断, 需要 $R1 \ll R3$ 。因此, 棚源极电压 V_{gs1} 如下式所示, 几乎不从电压 V_{dr} 下降, 从而无法使开关元件 $SW1$ 断开。

[0083] $V_{dr} \times R3 / (R1+R3) \approx V_{dr} \times R3 / (R3) = V_{dr}$

[0084] 这样, 在图4的开关电路中, 开关元件 $SW1$ 的棚源极电压 V_{gs1} 不会比由电阻 $R1$ 和 $R3$ 的分压比决定的电压低, 因此即使接通开关元件 $SW2$, 也不能断开开关元件 $SW1$ 。因此, 在图4的开关电路中, 难以实现开关元件 $SW1$ 的软关断。

[0085] 另一方面, 在本实施方式的开关电路40中, 在使开关元件 $SW2$ 断开时, 开关元件 $SW1$ 的棚源极电压 V_{gs1} 降低到接地 GND 的电位。开关元件 $SW1$ 以取决于电阻 $R2$ 的电阻值的关断时间 $T2$ 被软关断。这样, 本实施方式的开关电路40与比较例的开关电路本质上不同。

[0086] [第1实施方式的效果]

[0087] 在本实施方式的开关电路40中, 在开关元件 $SW1$ 中产生了过电流的情况下, 不管控制信号 PWM_{out} 的状态如何, 都通过开关元件 $SW2$ 将开关元件 $SW1$ 强制地软关断。因此, 能够在不受控制信号 PWM_{out} 的状态制约的情况下安全地保护开关元件 $SW1$ 免受过电流影响。

[0088] 此外, 在本实施方式的开关电路40中, 开关元件 $SW2$ 的漏极端子D与开关元件 $SW1$ 的栅极端子G直接连接。由于在开关元件 $SW2$ 和 $SW1$ 之间不包含额外的电路元件, 因此能够使得从检测到过电流到进行保护为止的动作不易产生延迟。

[0089] 此外, 本实施方式的开关电路40通过开关元件 $SW2$ 直接断开开关元件 $SW1$, 因此过电流保护不包含多个阶段的动作。由此, 能够使得从检测到过电流到进行保护为止的动作不易产生延迟。

[0090] 另外, 本实施方式的开关电路40使用由开关元件 $SW2$ 、过电流检测电路2和电阻 $R2$ 构成的小规模且简单的过电流保护电路, 保护开关元件 $SW1$ 不受过电流的影响。由此, 能够实现小型且低成本的开关电路。

[0091] 此外, 本实施方式的开关电路40通过小规模且简单的电路实现过电流保护, 所以能够减小过电流保护电路以及开关电路40整体的电感。由此, 即使在驱动包含SJ-MOS、SiC和GaN等的下一代高速功率半导体元件的情况下, 也能够使得不易产生大的驱动噪声。

[0092] 另外, 在本实施方式的开关电路40中, 在开关元件 $SW2$ 断开时(即, 在开关元件 $SW1$ 中没有产生过电流时), 开关元件 $SW1$ 的通常动作不会受到过电流保护电路的影响, 不会产生由过电流保护电路引起的延迟。由此, 能够使得不易产生开关元件 $SW1$ 的通常动作时的开关速度下降和损耗。

[0093] 此外, 本实施方式的开关电路40能够通过在通用驱动电路1的外部附加过电流保护电路来构成。由此, 驱动电路1可以不具有用于过电流保护的特殊功能, 能够提高开关电路的设计上的自由度。

[0094] 这样, 本实施方式的开关电路40能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作, 在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0095] [第1实施方式的变形例]

[0096] 接着, 参照图5~图13说明第1实施方式的变形例。

[0097] [第1实施方式的第1变形例]

[0098] 图5是示意性地例示第1实施方式的第1变形例的开关电路40A的结构的一例的电路图。图5的开关电路40A具有控制电路30A来代替图1的控制电路30。控制电路30A除了图1的控制电路30的各结构要素之外,还具有连接在开关元件SW2的源极端子S和栅极端子G之间的电容器C1。

[0099] 开关元件SW2在其漏极端子D和栅极端子G之间具有镜像电容Cm。图1的开关电路40中,在通常动作时,存在镜像电流从驱动电路1经由开关元件SW2的镜像电容Cm流至电阻R2的可能性。由此,开关元件SW2的栅源极电压Vgs2增大,存在开关元件SW2误触发的问题。因此,在图5的开关电路40A中,为了防止由镜像电流引起的栅源极电压Vgs2的增大,追加了电容器C1。

[0100] 接着,参照图6和图7,说明具有电容器C1的效果。

[0101] 图6是示意性地例示进行图5的开关电路40A的仿真时的结构的一例的电路图。使用电压源V1作为PWM信号的信号源。使用电压源V2作为从过电流检测电路2输出的控制信号DET_oc的信号源。使用450V的电压源V3代替图5的电压源VDD。作为开关元件SW1,使用了由Rohm株式会社提供的作为MOSFET的SCT2080KE。作为开关元件SW2,使用了由Rohm株式会社提供的作为MOSFET的RSR025N03。电阻R1为 15Ω ,电阻R2为 930Ω 。电容器C1为500pF。作为负载,使用了SCT2080KE和50μH的电感器。

[0102] 图7是示意性地例示图6的开关电路的动作的一例的波形图。对图6的开关电路具有电容器C1的情况和不具有电容器C1的情况进行了仿真。图7的第1级表示流过开关元件SW1的电流Ids。图7的第2级表示施加到开关元件SW1的漏源极电压Vds1。图7的第3级表示施加到开关元件SW2的栅源极电压Vgs2。图7的第4级表示施加到开关元件SW1的栅源极电压Vgs1。根据图7的第3级,在开关电路不具有电容器C1的情况下,在3微妙的时间点,由于镜像电流而产生了超过2V的噪声。由此,开关元件SW2误触发的可能性变高。另一方面,可知在开关电路具有电容器C1的情况下,该噪声降低至约一半。

[0103] 根据图5的开关电路40A,通过具有电容器C1,能够使得不易产生由于镜像电流导致的开关元件SW2的误动作。

[0104] [第1实施方式的第2变形例]

[0105] 图8是示意性地例示第1实施方式的第2变形例的开关电路40B的结构的一例的电路图。图8的开关电路40B具有控制电路30B来代替图1的控制电路30。控制电路30B除了图1的控制电路30的各结构要素之外,还具有连接在过电流检测电路2和电阻R2之间的电平移位器3。电平移位器3对控制信号DET_oc的电位(或者至少控制信号DET_oc为低电平时的电位)进行移位,使得该电位具有以接地GND的电位为基准而与电压源VDD的电位相反的极性(即,负电位)。根据图8的开关电路40B,由于预先使开关元件SW2的栅源极电压Vgs2移位,所以即使经由开关元件SW2的镜像电容流过镜像电流,栅源极电压Vgs2也不易达到栅极阈值电压Vth2。由此,能够使得不易产生由于镜像电流导致的开关元件SW2的误动作。

[0106] 例如,假设控制信号DET_oc在处于高电平时为20V、且在处于低电平时为0V的情况。电平移位器3可以将控制信号DET_oc的电位移位例如-2V。

[0107] 电平移位器3可以与过电流检测电路2一体化。在这种情况下,当要使开关元件SW2断开时,过电流检测电路2以下方式生成控制信号DET_oc:该控制信号DET_oc具有以接地GND的电位为基准而与电压源VDD的电位相反的极性。

[0108] 为了使开关元件SW2不易产生误动作,开关电路也可以具有图5的电容器C1和图8的电平移位器3这两者。

[0109] [第1实施方式的第3变形例]

[0110] 图9是示意性地例示第1实施方式的第3变形例的开关电路40C的结构的一例的电路图。图9的开关电路40C具有控制电路30C来代替图1的控制电路30。控制电路30C具有驱动电路1C来代替图1的控制电路30的驱动电路1和电阻R1。驱动电路1C在其内部一体化有电阻R1。由此,能够使开关电路比图1等的情况更加小型化且简单化。

[0111] 在图1等的开关电路中,可以将电阻R1以外的其他至少一个结构要素一体化,也可以将所有的结构要素一体化。由此,能够使开关电路进一步小型化且简单化。

[0112] [第1实施方式的第4变形例]

[0113] 图10是示意性地例示第1实施方式的第4变形例的开关电路40D的结构一例的电路图。图10的开关电路40D具有控制电路30D来代替图1的控制电路30。控制电路30D具有PWM控制电路4来代替图1的电阻R2。PWM控制电路4生成PWM信号,并将生成的PWM信号施加到开关元件SW2的栅极端子G,该PWM信号具有根据从过电流检测电路2输出的控制信号DET_oc是高电平还是低电平而不同的占空比。通过调整PWM信号的占空比,能够调整对开关元件SW2的栅极电容的充电量。由此,能够调整开关元件SW2的接通时间。根据图10的开关电路40D,通过去除电阻R2,能够使电路小型化。

[0114] [第1实施方式的第5变形例]

[0115] 图11是示意性地例示第1实施方式的第5变形例的开关电路40E的结构的一例的电路图。图11的开关电路40E具有控制电路30E来代替图1的控制电路30。控制电路30E包含开关元件SW2E和过电流检测电路2E来代替图1的开关元件SW2和过电流检测电路2。

[0116] 开关元件SW2E包含与开关元件SW1的栅极端子G连接的源极端子S、与电位和开关元件SW1的源极端子S的电位相同的端子(在图11的例子中为接地GND)连接的漏极端子D、和栅极端子G。开关元件SW2E是P沟道型MOSFET。

[0117] 在本说明书中,将开关元件SW2E也称为“第2开关元件”。此外,在本说明书中,将开关元件SW2E的源极端子S也称为“第4端子”,将其漏极端子D也称为“第5端子”,将其栅极端子G也称为“第6端子”。作为P沟道MOSFET的开关元件SW2E是“第2开关元件”的一例。

[0118] 过电流检测电路2E生成对开关元件SW2E进行接通/断开的控制信号DET_oc。在开关元件SW2如上述那样是P沟道MOSFET的情况下,过电流检测电路2E在流过开关元件SW1的电流超过阈值Ith时,将控制信号DET_oc设定为低电平,在流过开关元件SW1的电流为阈值Ith以下时,将控制信号DET_oc设定为高电平。

[0119] 在其他方面,图11的开关电路40E与图1的开关电路40同样地构成,同样地动作。

[0120] 可以获得各种规格的开关元件(是N沟道型还是P沟道型),另外,可以获得各种规格的过电流检测电路(将在检测到过电流时输出的控制信号设定为高电平还是设定为低电平)。根据图1的其他开关电路,能够根据第2开关元件的规格适当地选择过电流检测电路。另外,根据图1的其他开关电路,能够根据过电流检测电路的规格适当地选择开关元件。

[0121] 即使在第2开关元件是P沟道型MOSFET的情况下,也与图1的其他开关电路的情况同样,能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0122] 为了根据第2开关元件的规格反转第2控制信号DET_oc的逻辑值,开关电路可以在过电流检测电路和第2开关元件之间还具有逻辑反相器。

[0123] [第1实施方式的第6变形例]

[0124] 图12是示意性地例示第1实施方式的第6变形例的开关电路40F的结构的一例的电路图。图12的开关电路40F包含开关元件SW1F、驱动电路1F、电阻R1、开关元件SW2F、过电流检测电路2F和电阻R2。开关元件SW2F、过电流检测电路2F和电阻R2构成用于开关元件SW1F的过电流保护电路,检测开关元件SW1F中的过电流并进行保护。此外,驱动电路1F、电阻R1、开关元件SW2F、过电流检测电路2F和电阻R2构成用于开关元件SW1F的控制电路30F,使开关元件SW1F接通/断开,并且检测开关元件SW1F中的过电流来进行保护。

[0125] 开关元件SW1F具有与电压源VCC连接的集电极端子C、与接地GND连接的发射极端子E、和基极端子B。开关元件SW1F是NPN型晶体管。电压源VCC的电位高于接地GND的电位。

[0126] 在本说明书中,将开关元件SW1F也称为“第1开关元件”。此外,在本说明书中,将开关元件SW1F的集电极端子C也称为“第1端子”,将其发射极端子E也称为“第2端子”,将其基极端子B也称为“第3端子”。并且,在本说明书中,将电压源VCC也称为“第1电压源”,将接地GND也称为“第2电压源”。电压源VCC也和接地GND分别是“第1电压源”和“第2电压源”的一例。此外,作为NPN型晶体管的开关元件SW1F是“第1开关元件”的一例。

[0127] 驱动电路1F生成控制信号PWM_out,该控制信号PWM_out以规定的占空比接通/断开开关元件SW1F。在开关元件SW1F如上述那样是NPN型晶体管的情况下,当开关元件SW1F接通时,控制信号PWM_out成为高电平,当开关元件SW1F断开时,控制信号PWM_out成为低电平。

[0128] 电阻R1连接在驱动电路1F和开关元件SW1F的基极端子B之间。

[0129] 开关元件SW2F具有:集电极端子C,其与开关元件SW1F的基极端子B连接;发射极端子E,其与电位和开关元件SW1F的发射极端子E的电位相同的端子(在图12的例子中为接地GND)连接;以及基极端子B。开关元件SW2F是NPN型晶体管。

[0130] 在本说明书中,将开关元件SW2F也称为“第2开关元件”。此外,在本说明书中,将开关元件SW2F的集电极端子C也称为“第4端子”,将其发射极端子E也称为“第5端子”,将其基极端子B也称为“第6端子”。作为NPN型晶体管的开关元件SW2F是“第2开关元件”的一例。

[0131] 过电流检测电路2F生成对开关元件SW2F进行接通/断开的控制信号DET_oc。在开关元件SW2F如上述那样是NPN型晶体管的情况下,过电流检测电路2F在流过开关元件SW1F的电流超过阈值Ith时,将控制信号DET_oc设定为高电平,在流过开关元件SW1F的电流为阈值Ith以下时,将控制信号DET_oc设定为低电平。

[0132] 电阻R2连接在过电流检测电路2F和开关元件SW2F的基极端子B之间。

[0133] 在其他方面,图12的开关电路40F与图1的开关电路40同样地构成,同样地动作。

[0134] 即使在第2开关元件是NPN型晶体管的情况下,也与作为N沟道型或P沟道型MOSFET的图1的其他开关电路的情况同样,能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0135] [第1实施方式的第7变形例]

[0136] 图13是示意性地例示第1实施方式的第7变形例的开关电路40G的结构的一例的电路图。图13的开关电路40G具有控制电路30G来代替图12的控制电路30F。控制电路30G具有

开关元件SW2G和过电流检测电路2G来代替图12的开关元件SW2F和过电流检测电路2F。

[0137] 开关元件SW2G具有：发射极端子E，其与开关元件SW1F的基极端子B连接；集电极端子C，其与电位和开关元件SW1F的发射极端子E的电位相同的端子（在图13的例子中为接地GND）连接；以及基极端子B。开关元件SW2G是PNP型晶体管。

[0138] 在本说明书中，将开关元件SW2G也称为“第2开关元件”。此外，在本说明书中，将开关元件SW2G的发射极端子E也称为“第4端子”，将其集电极端子C也称为“第5端子”，将其基极端子B也称为“第6端子”。作为PNP型晶体管的开关元件SW2G是“第2开关元件”的一例。

[0139] 过电流检测电路2G生成对开关元件SW2G进行接通/断开的控制信号DET_oc。在开关元件SW2如上述那样是PNP型晶体管的情况下，过电流检测电路2G在流过开关元件SW1F的电流超过阈值Ith时，将控制信号DET_oc设定为低电平，在流过开关元件SW1F的电流为阈值Ith以下时，将控制信号DET_oc设定为高电平。

[0140] 在其他方面，图13的开关电路40G与图11的开关电路40F同样地构成，同样地动作。

[0141] 即使在第2开关元件是PNP型晶体管的情况下，也与图1的其他开关电路的情况同样，能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作，在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0142] 也可以组合作为N沟道型MOSFET的第1开关电路、和作为NPN型或PNP型晶体管的第2开关电路。此外，也可以组合作为NPN型晶体管的第1开关电路、和作为N沟道型或P沟道型MOSFET的第2开关电路。

[0143] [第2实施方式]

[0144] 参照图14～图17，对第2实施方式的电力转换装置进行说明。

[0145] [第2实施方式的结构例]

[0146] 图14是示意性地例示第2实施方式的电力系统的结构的一例的框图。图14的电力系统具有发电装置11、蓄电装置12、电动汽车13、商用电力系统14以及电力转换装置21～24。

[0147] 发电装置11产生直流电力并送至电力转换装置21。发电装置11例如是太阳能电池，但不限于此。

[0148] 电力转换装置21将输入的规定电压的直流电力转换为更高电压的直流电力并输出。在图14的例子中，电力转换装置21将转换后的直流电力送至电力转换装置22～24。

[0149] 电力转换装置22和23将输入的规定电压的直流电转换为更低电压的直流电力并输出。在图14的例子中，电力转换装置22和23分别将转换后的直流电力送至蓄电装置12和电动汽车13。

[0150] 蓄电装置12蓄积输入的电力。电动汽车13将输入的电力蓄积在内部的蓄电池中。

[0151] 电力转换装置24将输入的直流电力转换为交流电力并输出。电力转换装置24将转换后的交流电力送至商用电力系统14。

[0152] 图15是示意性地例示图14的电力转换装置21的结构的一例的框图。电力转换装置21具有开关电路41、电感器L11和二极管D1。开关电路41具有开关元件SW11和控制电路31。开关元件SW11对应于图1等中的第1开关元件。控制电路31包含与图1等中的第1开关元件以外的结构要素对应的结构要素。在控制电路31中，第2开关元件的源极端子（或发射极端子）与开关元件SW11的源极端子S连接。控制电路31与图1等中的用于第1开关元件的控制电路

同样,使开关元件SW11接通/断开,并且检测开关元件SW11中的过电流来进行保护。

[0153] 图16是示意性地例示图14的电力转换装置22的结构的一例的框图。电力转换装置22具有开关电路42和电感器L12。开关电路42具有开关元件SW12和SW13、以及控制电路32。开关元件SW12和SW13分别对应于图1等中的第1开关元件。控制电路32对于开关元件SW12和SW13的每一个,包含与图1等中的第1开关元件以外的结构要素对应的结构要素。在控制电路32中,用于开关元件SW12的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW12的源极端子S连接。此外,在控制电路32中,用于开关元件SW13的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW13的锯端子S连接。控制电路32与图1等中的用于第1开关元件的控制电路同样,使开关元件SW12接通/断开,并且检测开关元件SW12中的过电流来进行保护,还使开关元件SW13接通/断开,并且检测开关元件SW13中的过电流来进行保护。

[0154] 图14的电力转换装置23也与图16的电力转换装置22同样地构成。

[0155] 图17是示意性地例示图14的电力转换装置24的结构的一例的框图。电力转换装置24具有开关电路43、电感器L13和L14、以及电容器C11。开关电路43具有开关元件SW14~SW17和控制电路33。开关元件SW14~SW17分别对应于图1等中的第1开关元件。控制电路33对于开关元件SW14~SW17的每一个,包含与图1等中的第1开关元件以外的结构要素对应的结构要素。在控制电路33中,用于开关元件SW14的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW14的源极端子S连接。此外,在控制电路33中,用于开关元件SW15的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW15的源极端子S连接。另外,在控制电路33中,用于开关元件SW16的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW16的源极端子S连接。此外,在控制电路33中,用于开关元件SW17的第2开关元件的源极端子(或发射极端子)与开关元件SW17的源极端子S连接。控制电路33与图1等中的用于第1开关元件的控制电路同样,使开关元件SW14接通/断开,并且检测开关元件SW14中的过电流来进行保护,使开关元件SW15接通/断开,并且检测开关元件SW15中的过电流来进行保护,使开关元件SW16接通/断开,并且检测开关元件SW16中的过电流来进行保护,使开关元件SW17接通/断开,并且检测开关元件SW17中的过电流来进行保护。

[0156] 电力转换装置24还可以具有变压器,以改变转换后的交流电力的电压。

[0157] 根据图14的电力转换装置21~24,通过具有控制电路31~33,能够通过比现有技术小规模且简单的电路以及比现有技术简单的动作,在不影响通常动作的情况下实现过电流保护。

[0158] 在图15~图17中,将开关元件SW11~SW17表示为N沟道型MOSFET,但开关元件SW11~SW17也可以是NPN型晶体管。

[0159] [其他变形例]

[0160] 以上,对本公开的实施方式详细地进行了说明,但到目前为止的说明在所有方面只不过是本公开的例示。当然可以在不脱离本公开范围的情况下进行各种改良和变形。例如,能够进行以下那样的变更。另外,在以下内容中,关于与上述实施方式相同的结构要素使用相同的标号,对于与上述实施方式相同的方面适当省略说明。

[0161] 上述的各实施方式以及各变形例可以任意组合。

[0162] 本说明书中说明的实施方式在所有方面都只不过是本公开的例示。当然可以在不脱离本公开范围的情况下进行各种改良和变形。即,在实施本公开时,也可以适当采用与实

施方式对应的具体的结构。

[0163] [总结]

[0164] 本公开各个方面的开关电路和电力转换装置可以如下表现。

[0165] 本公开第1方面的开关电路(40、40A～40G、41～43)具有：第1开关元件(SW1、SW1F)，其具有与第1电压源(VDD、VCC)连接的第1端子、与第2电压源(GND)连接的第2端子、和第3端子；驱动电路(1、1C、1F)，其生成使所述第1开关元件(SW1、SW1F)接通/断开的第1控制信号；第1电阻(R1)，其连接在所述驱动电路(1、1C、1F)和所述第3端子之间；第2开关元件(SW2、SW2E～SW2G)，其具有与所述第3端子连接的第4端子、与所述第2电压源(GND)连接的第5端子、和第6端子；过电流检测电路(2、2E～2G)，其根据流过所述第1开关元件(SW1、SW1F)的电流是否超过预先决定的阈值，生成使所述第2开关元件(SW2、SW2E～SW2G)接通/断开的第2控制信号；以及第2电阻(R2)，其连接在所述过电流检测电路(2、2E～2G)和所述第6端子之间，所述第1电阻和所述第2电阻(R1、R2)分别具有电阻值，该电阻值被设定为，使得与基于所述第1控制信号的所述第1开关元件(SW1、SW1F)的关断时间相比，通过所述第2控制信号使所述第2开关元件(SW2、SW2E～SW2G)接通时的所述第1开关元件(SW1、SW1F)的关断时间较长。

[0166] 本公开第2方面的开关电路(40A)在第1方面的开关电路中，还具有连接在所述第2开关元件(SW2)的所述第5端子和所述第6端子之间的电容器(C1)。

[0167] 本公开第3方面的开关电路(40B)在第1或第2方面的开关电路中，所述过电流检测电路(2、3)在要使所述第2开关元件(SW2)断开时，以如下方式生成所述第2控制信号：所述第2控制信号具有以所述第2电压源(GND)的电位为基准而与所述第1电压源(VDD)的电位相反的极性。

[0168] 本公开第4方面的开关电路(40C)在第1～第3中的一个方面的开关电路中，所述第1电阻(R1)与所述驱动电路(1C)一体化。

[0169] 本公开第5方面的开关电路(40、40F)在第1～第4中的一个方面的开关电路中，所述第2开关元件(SW2、SW2F)是NPN型晶体管或N沟道型MOSFET，所述过电流检测电路(2、2F)在流过所述第1开关元件(SW1、SW1F)的电流超过所述阈值时，将所述第2控制信号设定为高电平，在流过所述第1开关元件(SW1、SW1F)的电流为所述阈值以下时，将所述第2控制信号设定为低电平。

[0170] 本公开第6方面的开关电路(40E、40G)在第1～第4中的一个方面的开关电路中，所述第2开关元件(SW2E、SW2G)是PNP型晶体管或P沟道型MOSFET，所述过电流检测电路(2E、2G)在流过所述第1开关元件(SW1F)的电流超过所述阈值时，将所述第2控制信号设定为低电平，在流过所述第1开关元件(SW1F)的电流为所述阈值以下时，将所述第2控制信号设定为高电平。

[0171] 本公开第7方面的电力转换装置具有第1～第6中的一个方面的开关电路(40、40A～40G、41～43)。

[0172] 产业上的可利用性

[0173] 本公开各方面的开关电路例如能够应用于电力转换装置中的开关元件的过电流保护。

[0174] 本公开各方面的开关电路不限于应用于电力转换装置，能够应用于需要过电流保

护的任意装置。

- [0175] 标号说明
- [0176] 1、1C、1F:驱动电路;
- [0177] 2、2E~2G:过电流检测电路;
- [0178] 3:电平移位器;
- [0179] 4:PWM控制电路;
- [0180] 11:发电装置;
- [0181] 12:蓄电装置;
- [0182] 13:电动汽车;
- [0183] 14:商用电力系统;
- [0184] 21~24:电力转换装置;
- [0185] 30、30A~30G、31~33:控制电路;
- [0186] 40、40A~40G、41~43:开关电路;
- [0187] CT:电流检测器;
- [0188] C1、C11:电容器;
- [0189] D11:二极管;
- [0190] L11~L14:电感器;
- [0191] R1、R2:电阻;
- [0192] SW1、SW1F、SW2、SW2E~SW2G、SW11~SW17:开关元件。

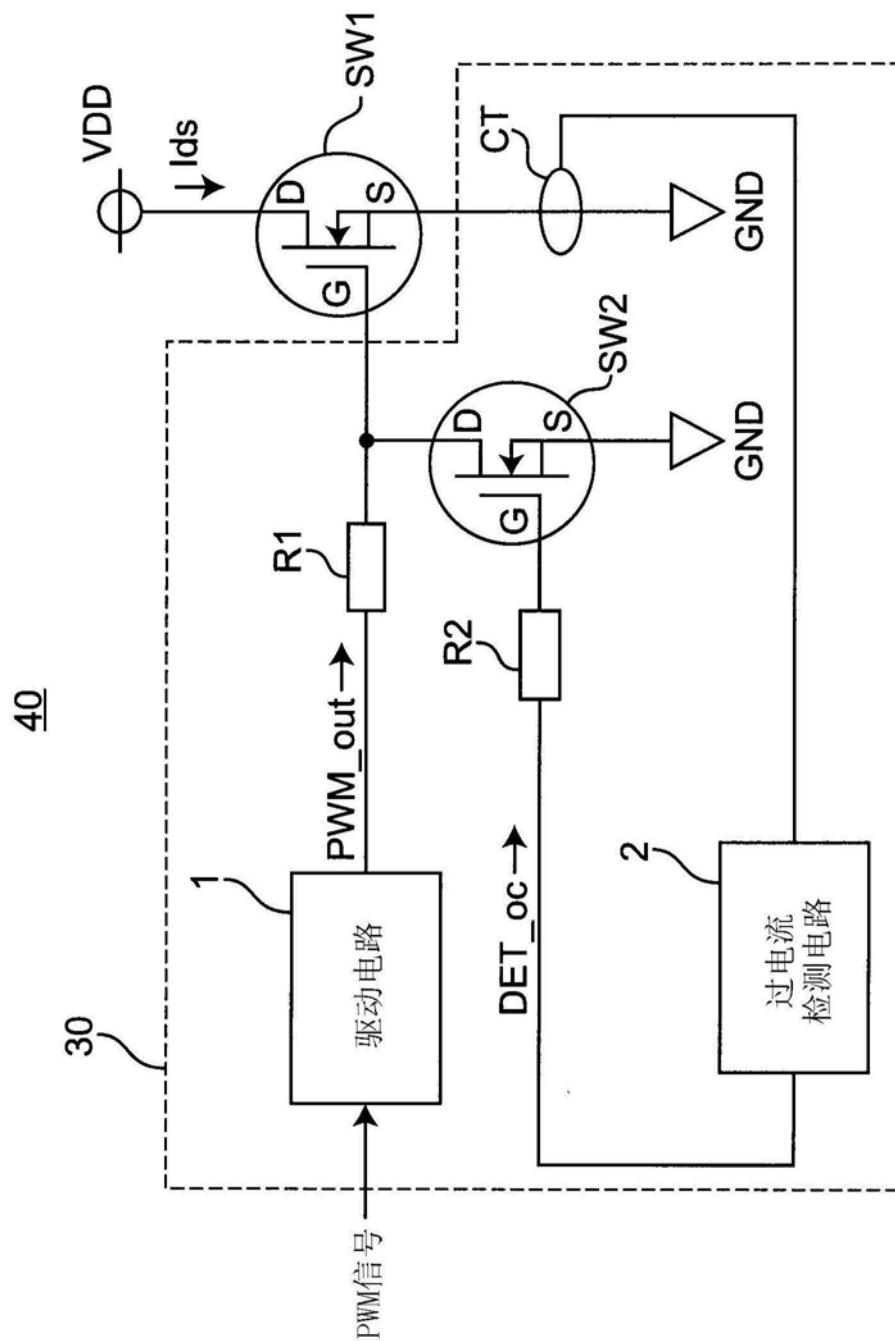


图1

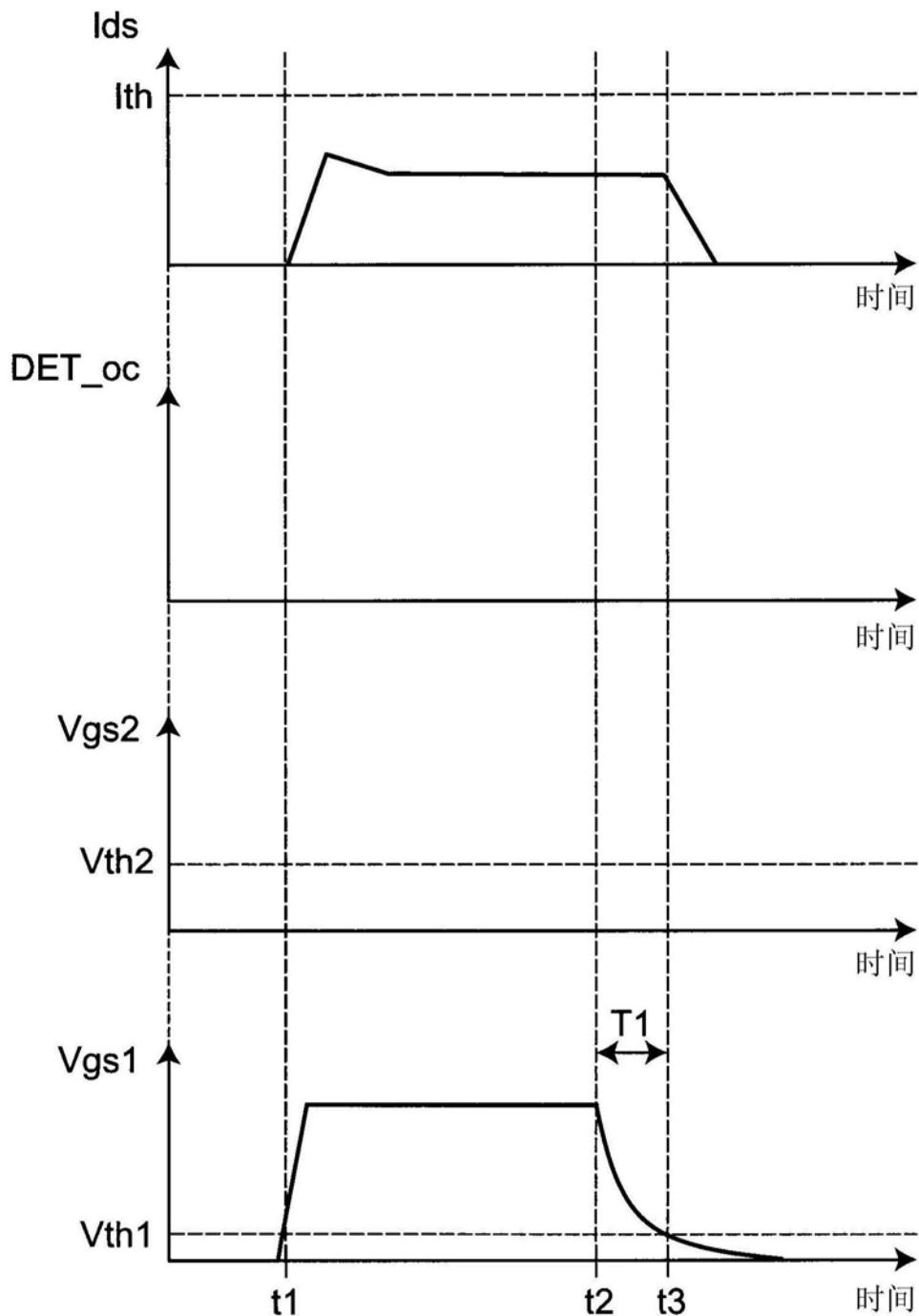


图2

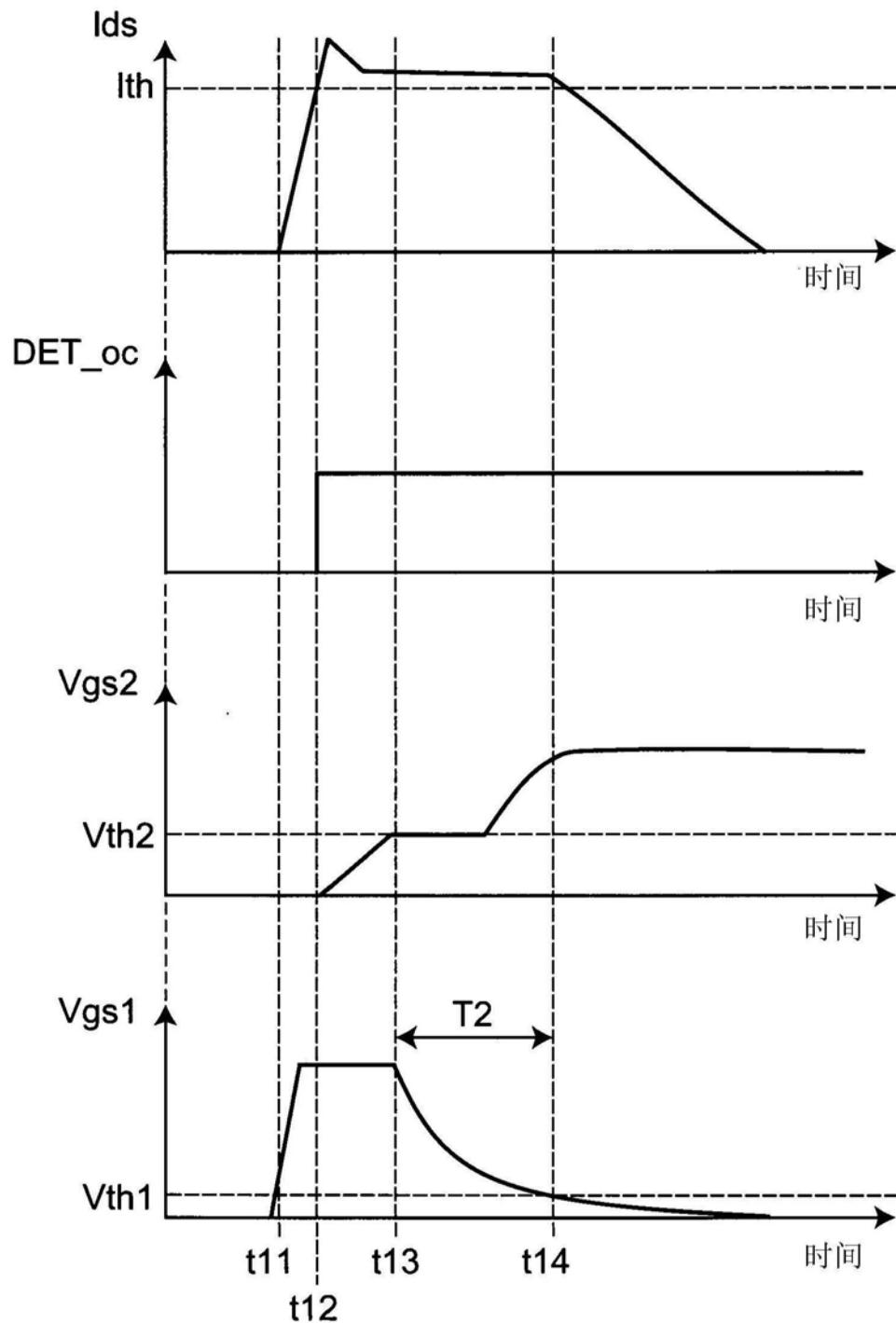


图3

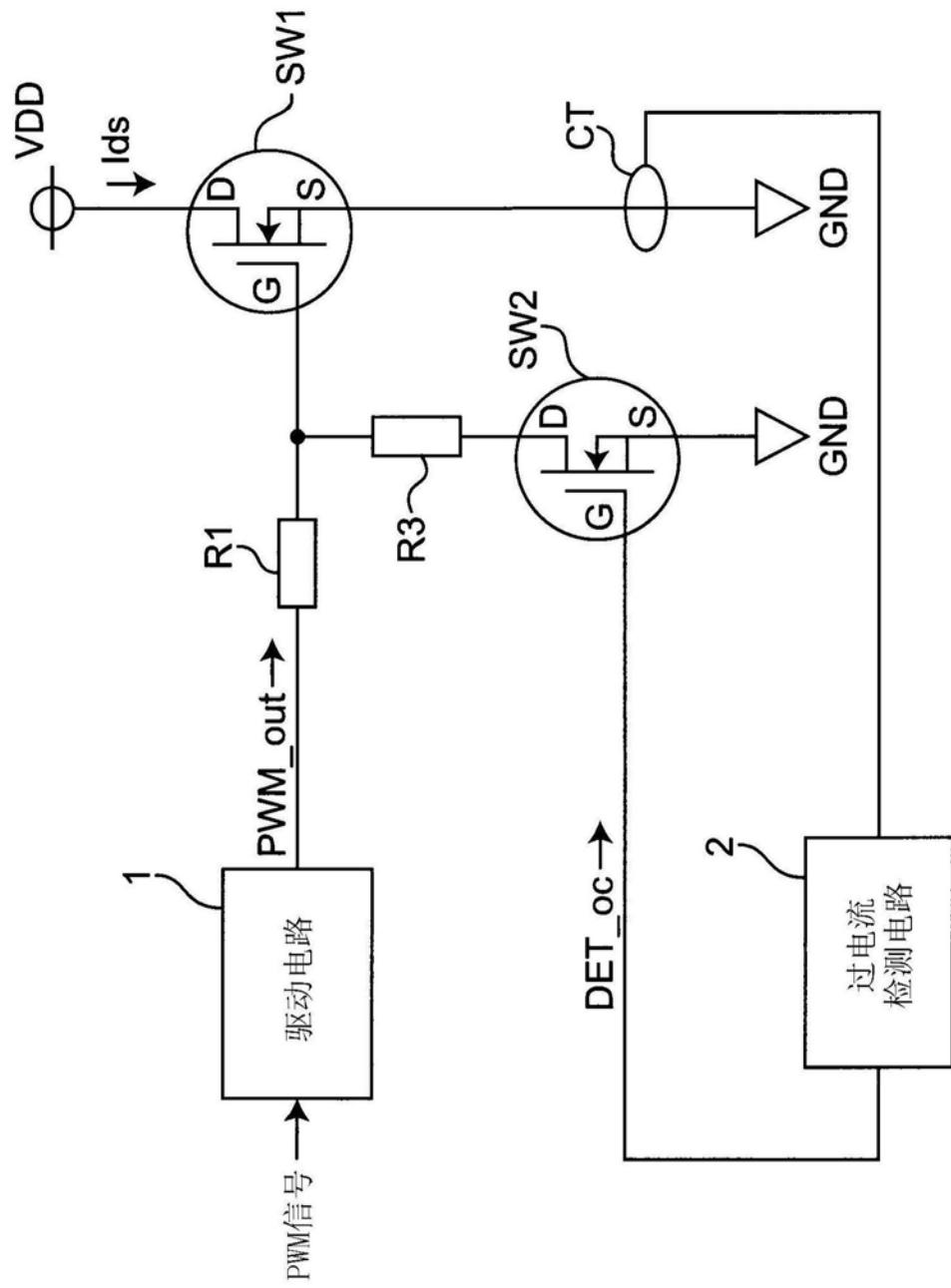


图4

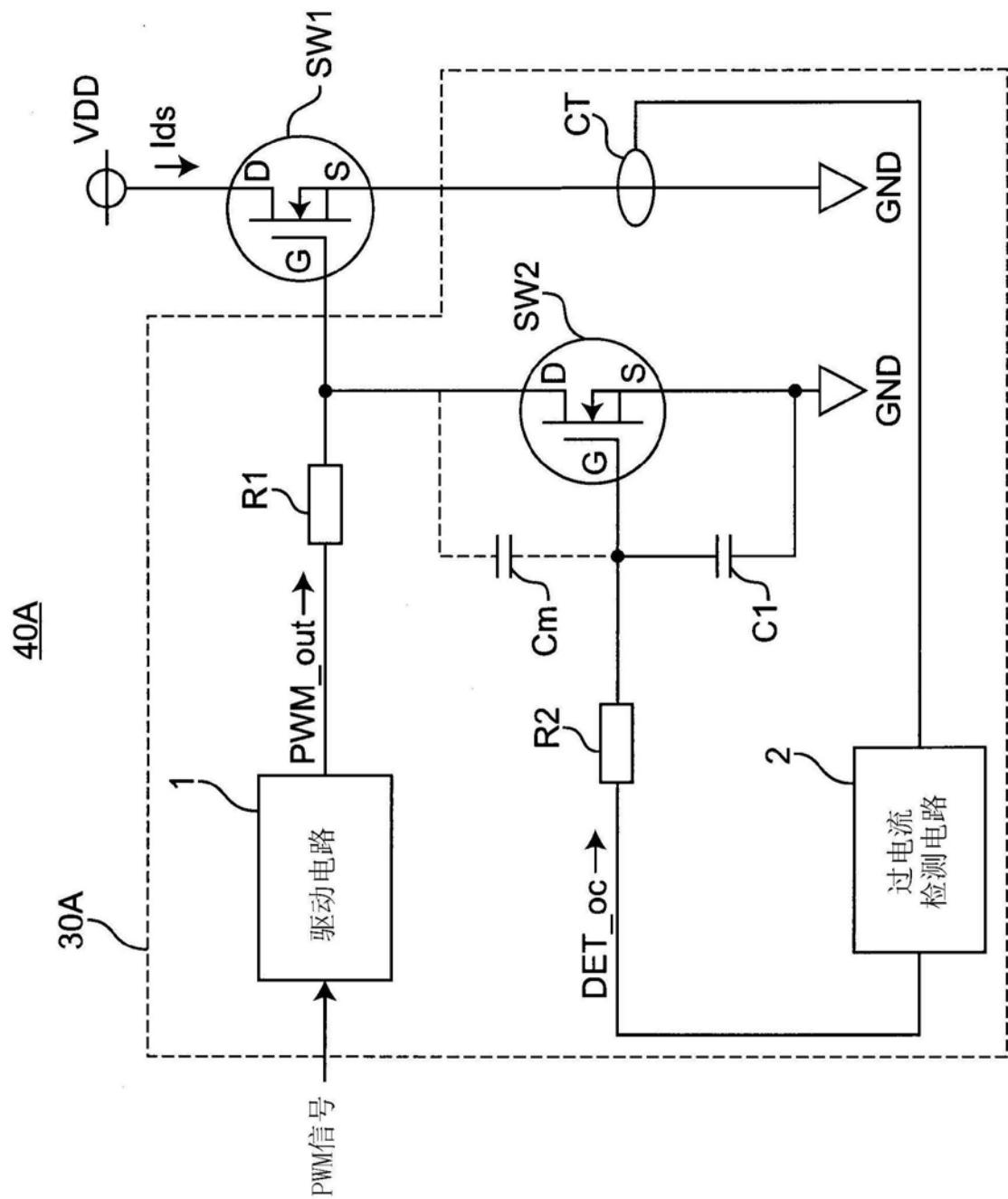


图5

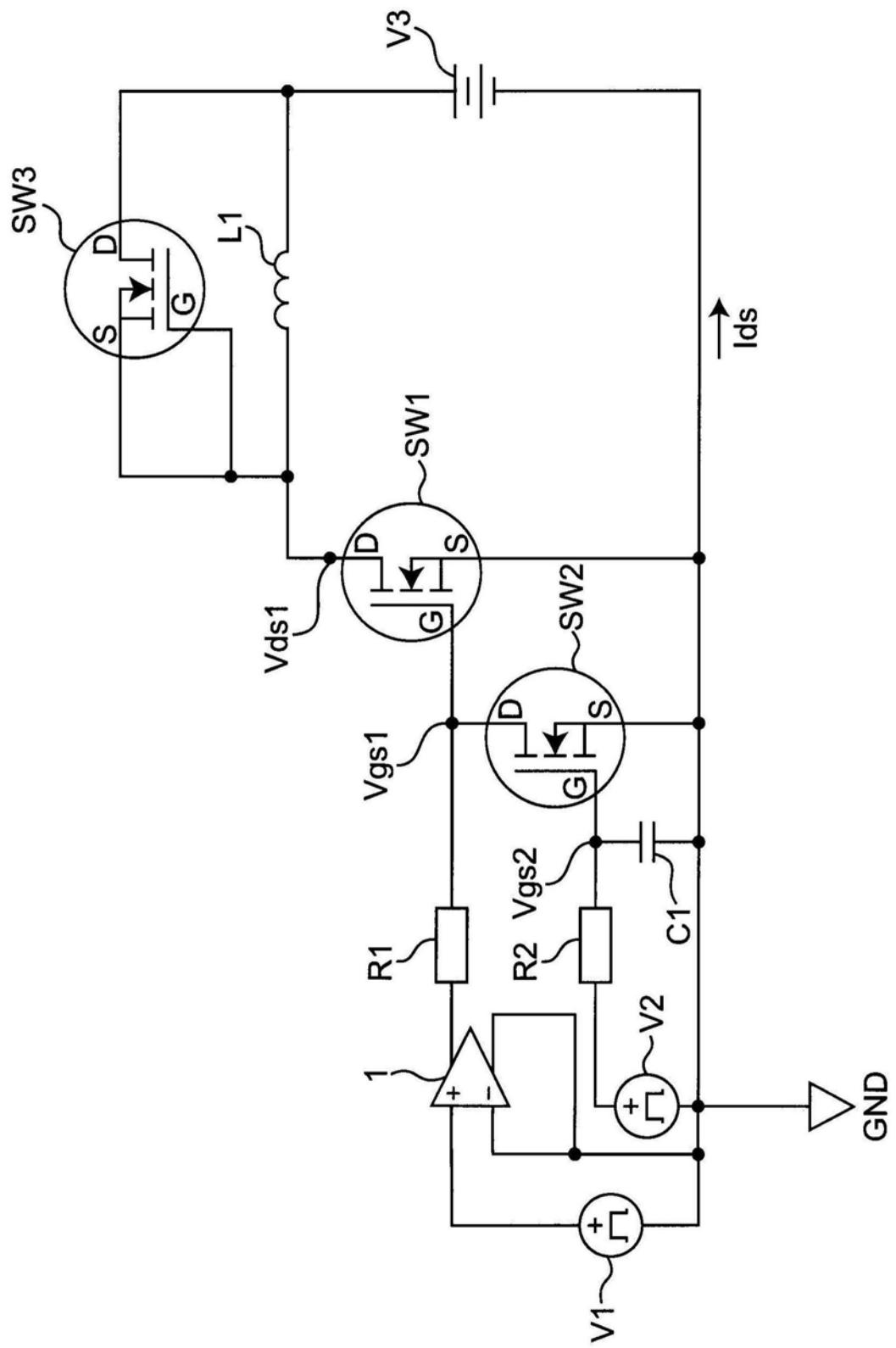


图6

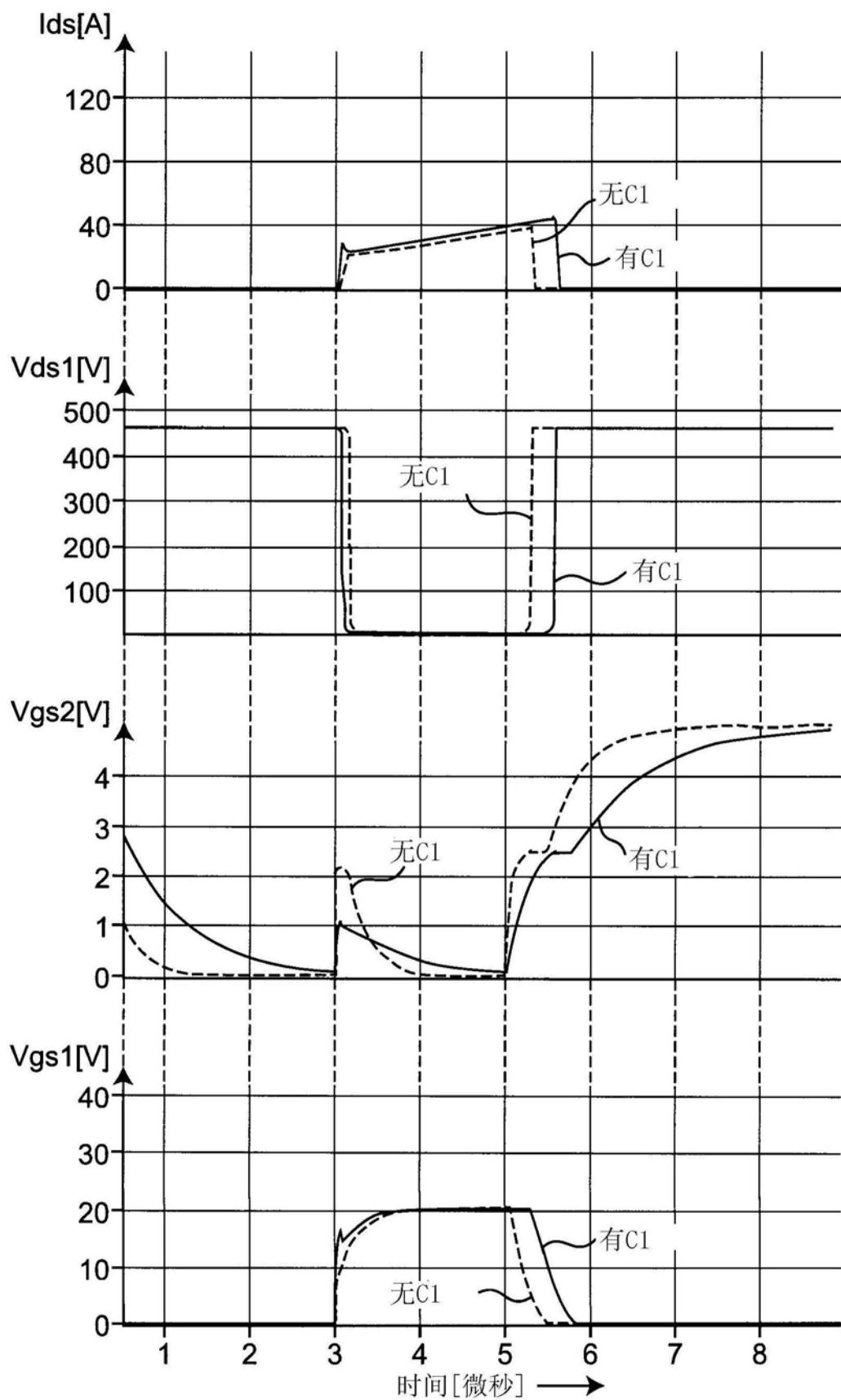


图7

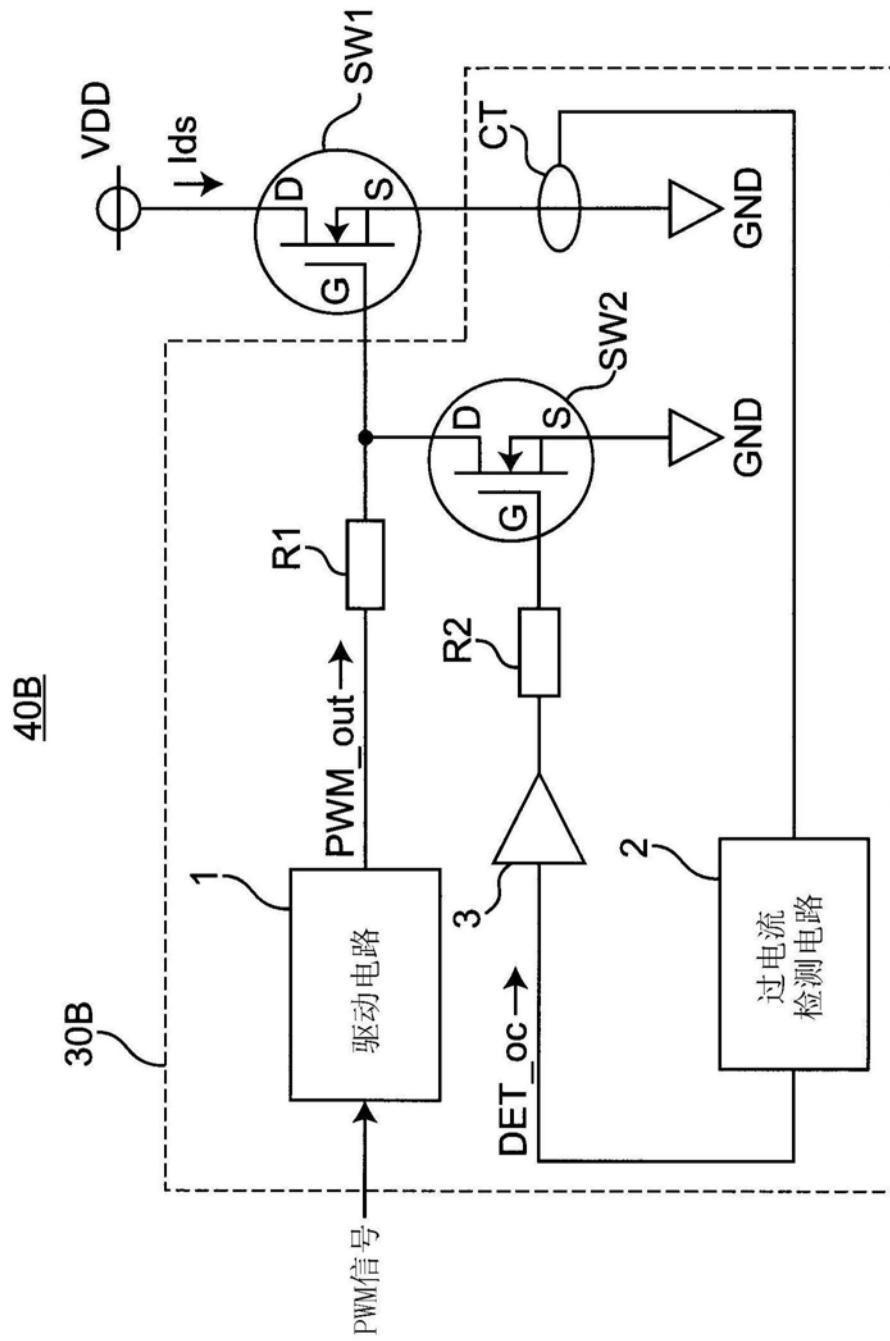


图8

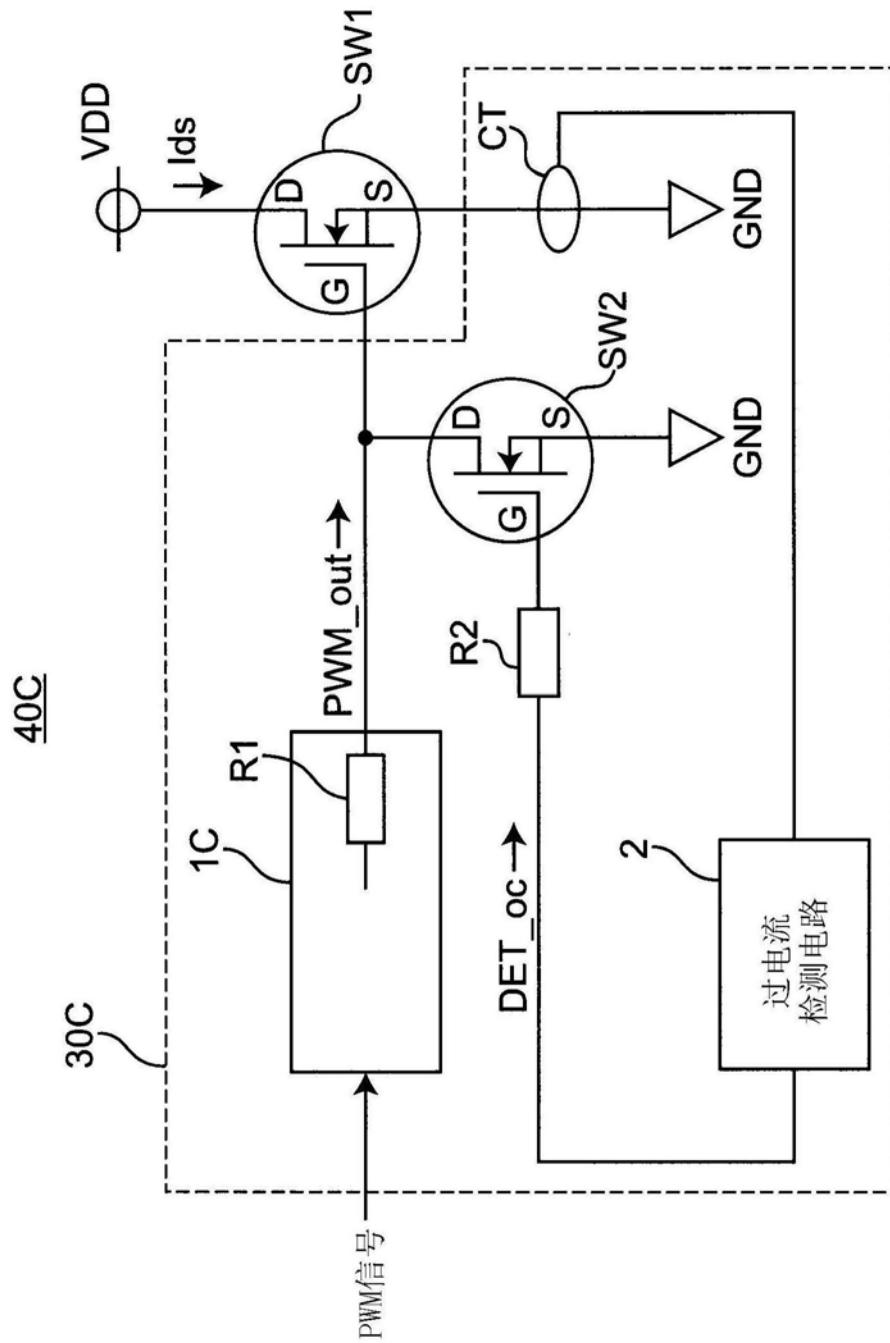


图9

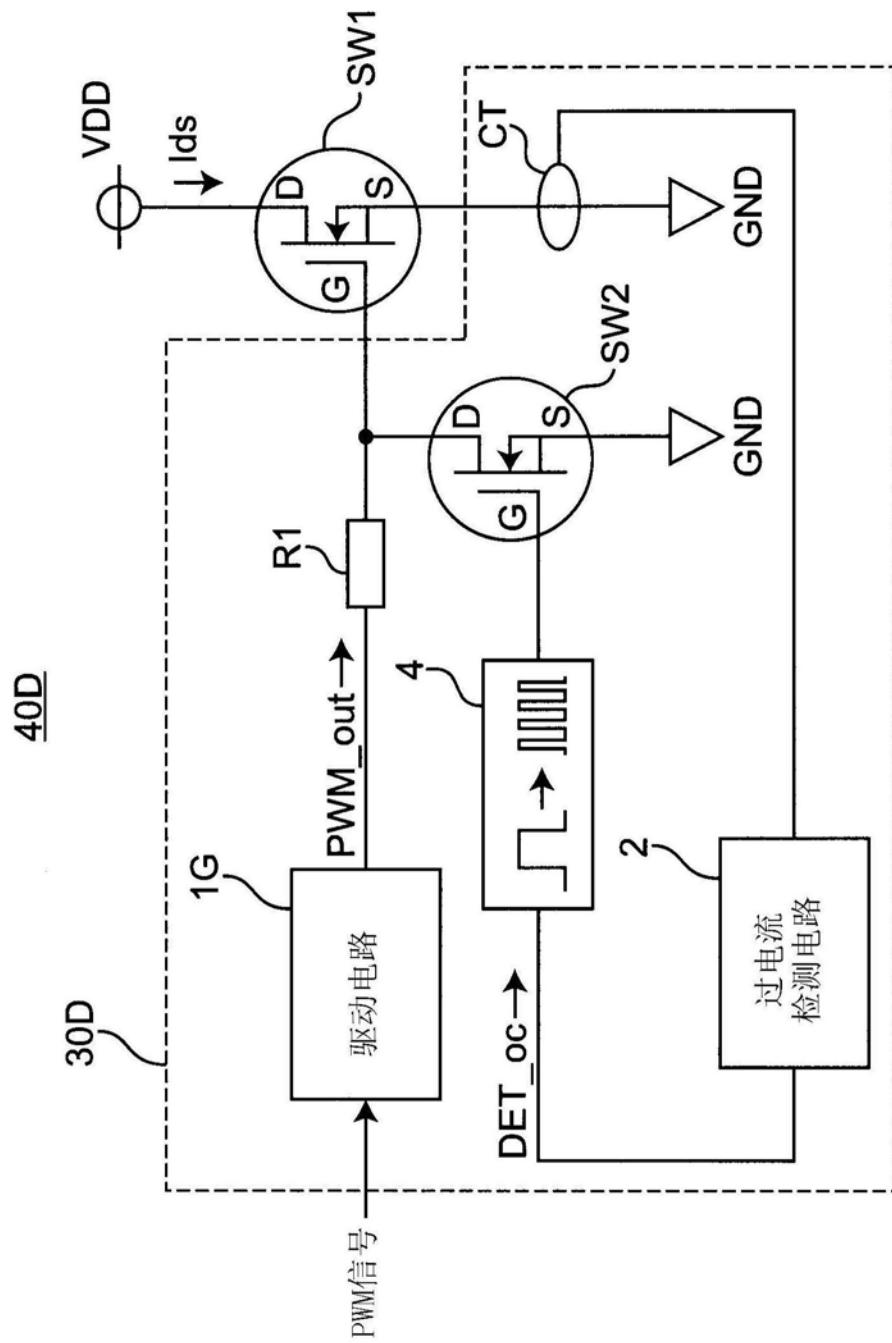


图10

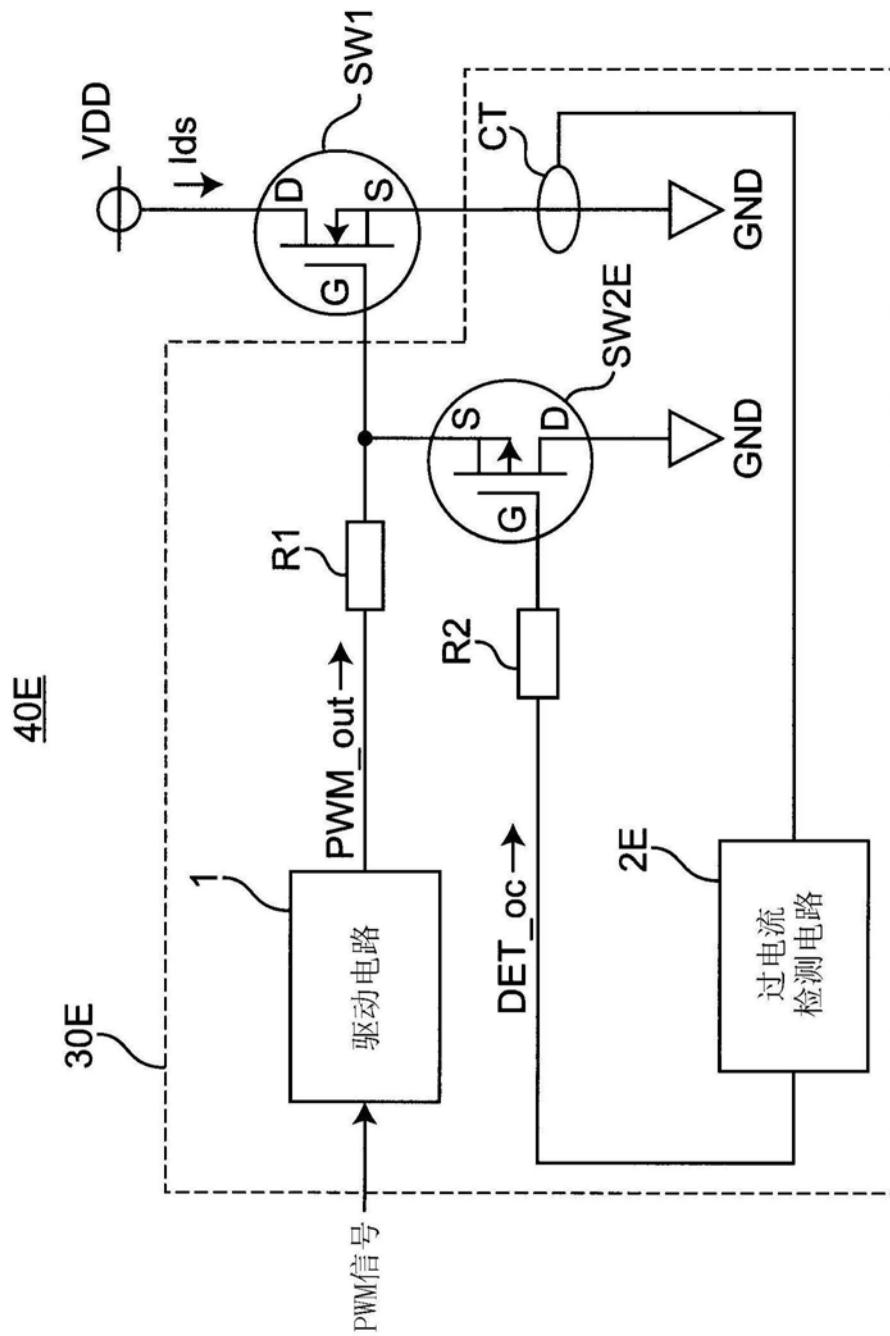


图11

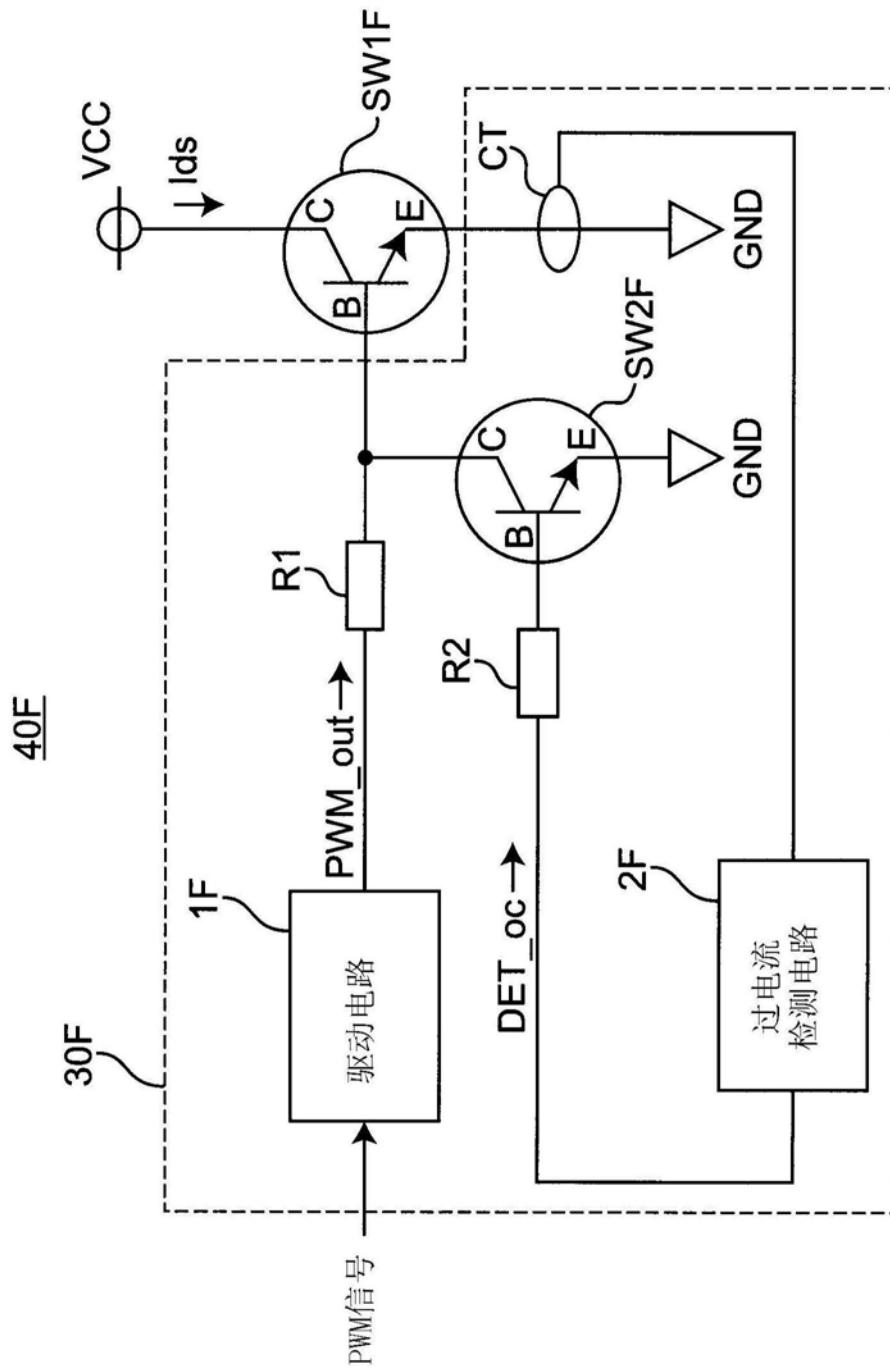


图12

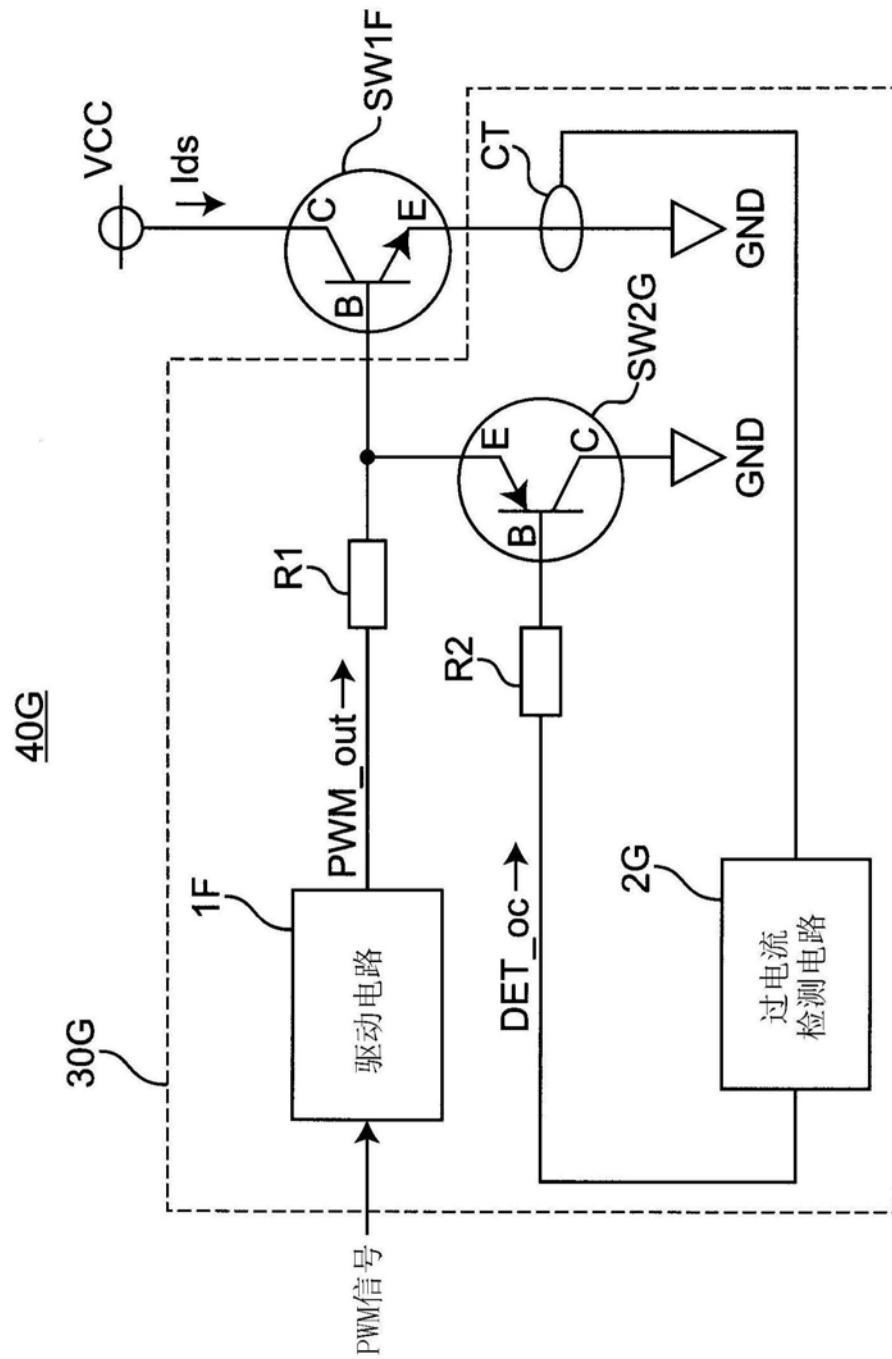


图13

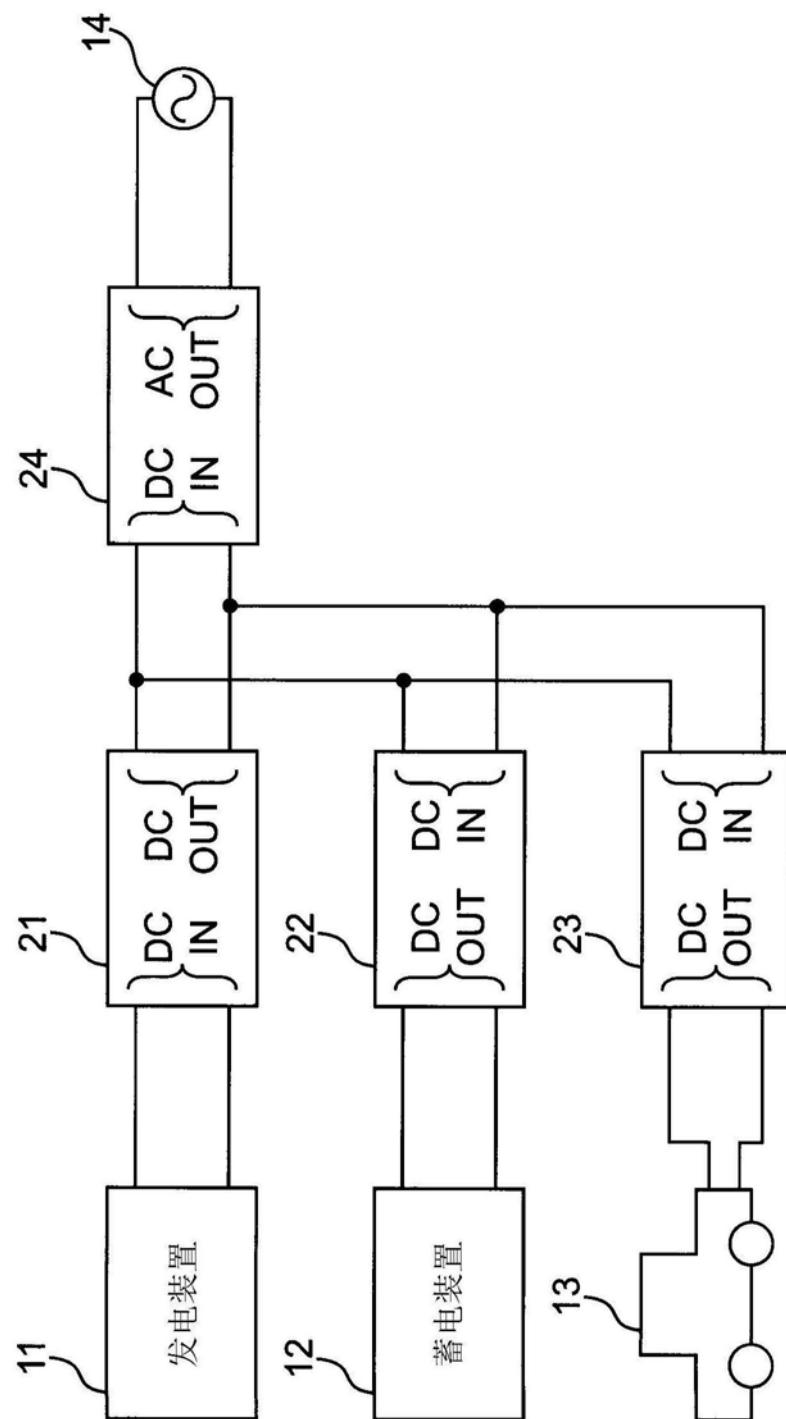


图14

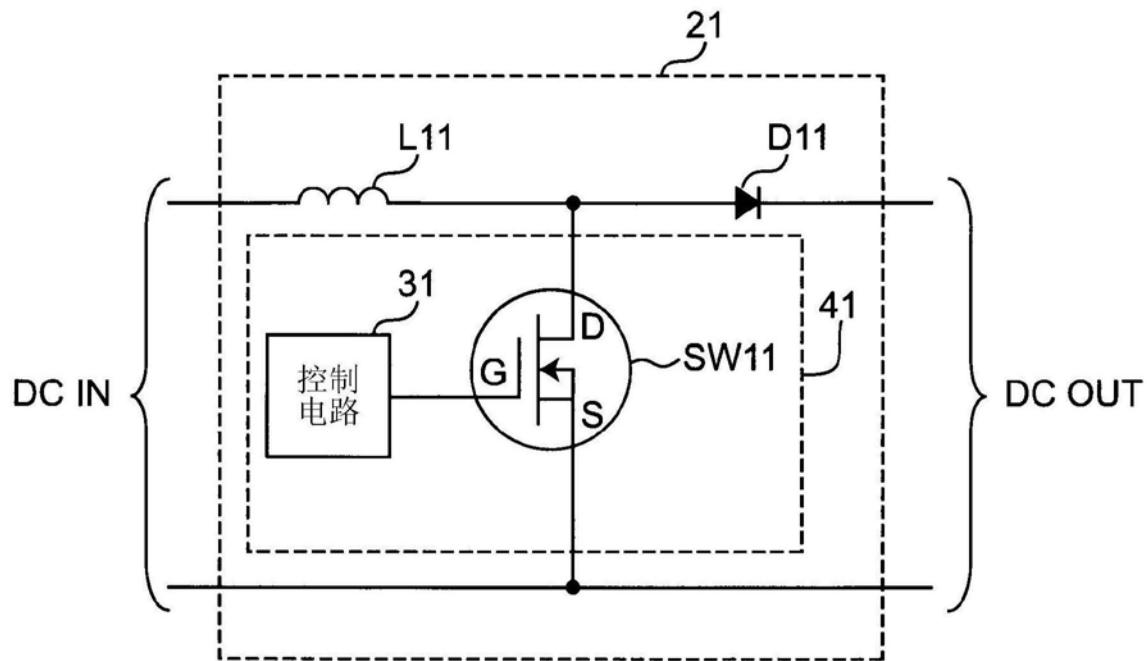


图15

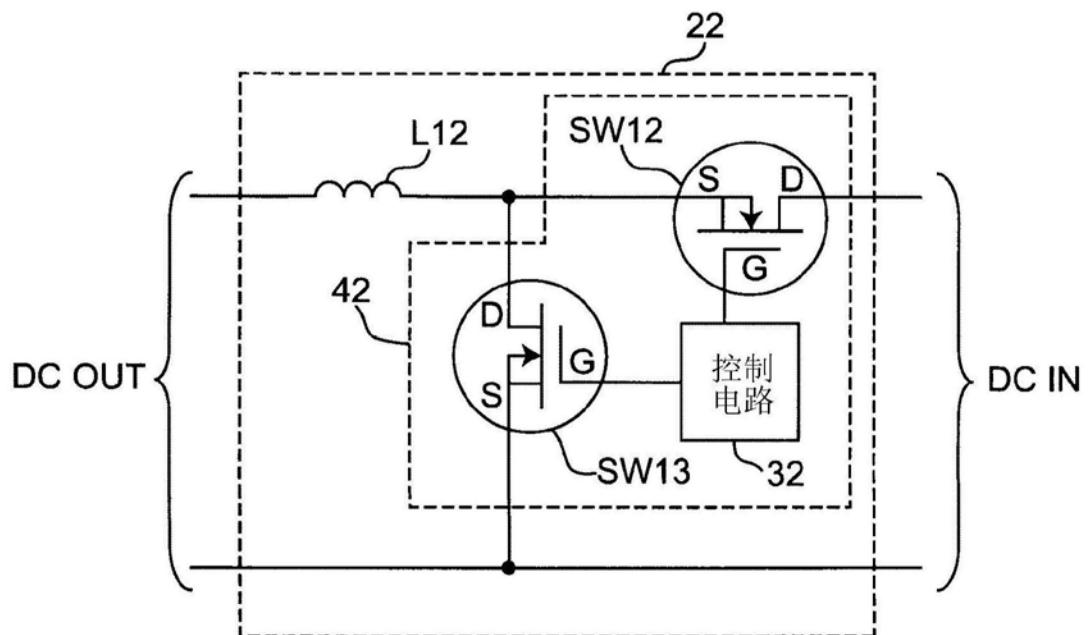


图16

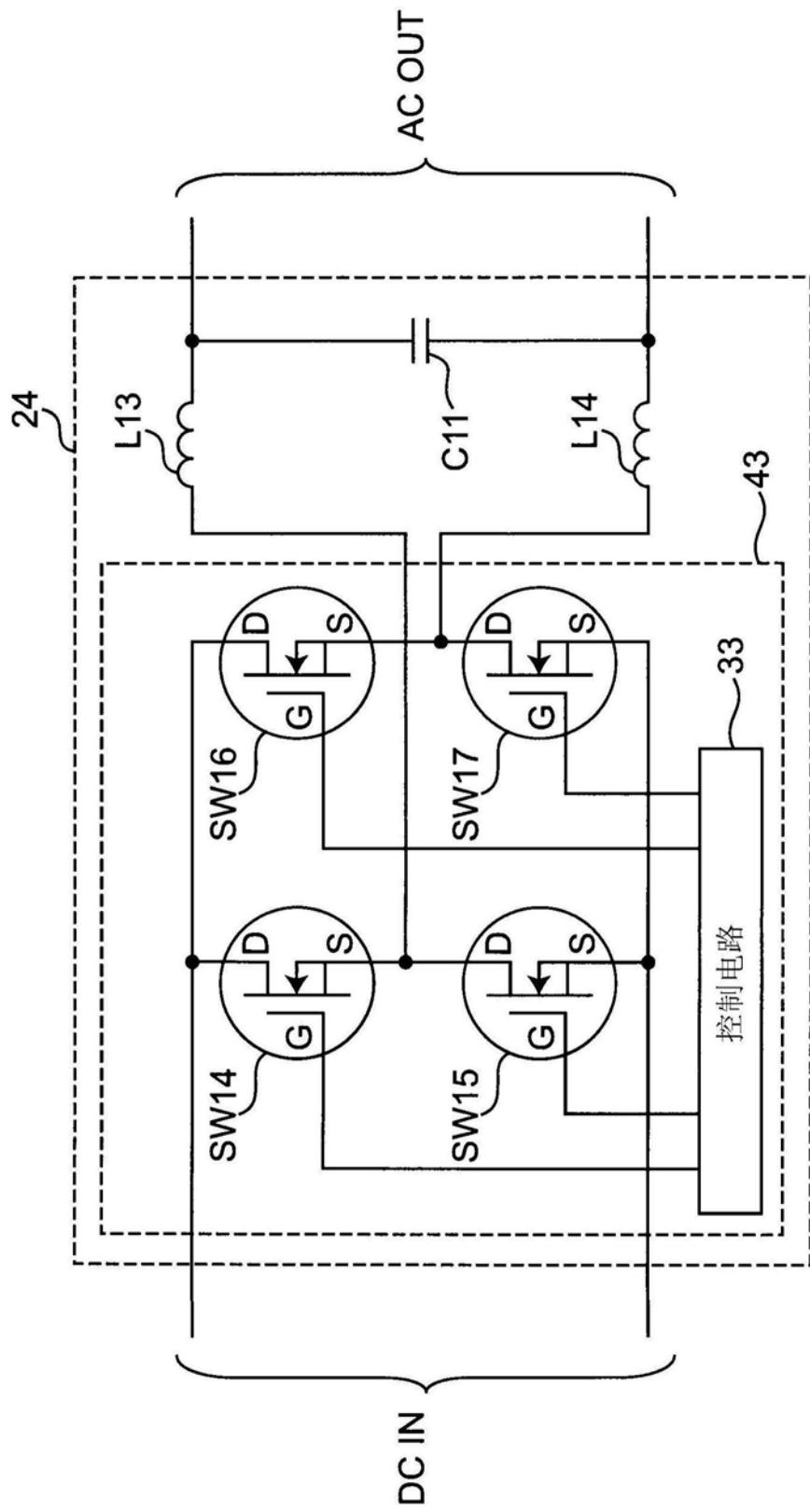


图17