



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102684656 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201210069156. 6

(22) 申请日 2012. 03. 08

(30) 优先权数据

2011-051502 2011. 03. 09 JP

(73) 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 K·H·胡塞恩 山本彰 和田文雄

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51) Int. Cl.

H03K 17/08(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6717785 B2, 2004. 04. 06, 说明书第 5 栏第 29 行至说明书第 8 栏第 31 行、附图 1.

US 6717785 B2, 2004. 04. 06, 说明书第 5 栏第 29 行至说明书第 8 栏第 31 行、附图 1.

US 6891707 B2, 2005. 05. 10, 说明书第 6 栏第 34 行至说明书第 6 栏第 53 行、附图 4.

JP 特开平 10-108477 A, 1998. 04. 24, 说明

书第 14-17 段、附图 3.

CN 101199239 A, 2008. 06. 11, 说明书第 9 页第 2 段, 第 12 页第 3 段至第 5 段、附图 2, 5.

CN 101102075 A, 2008. 01. 09, 全文.

审查员 万洋

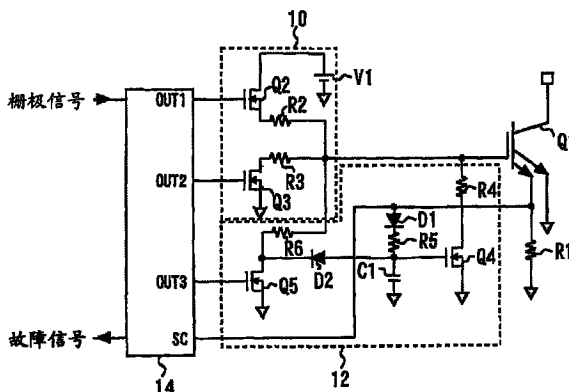
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

栅极电路

(57) 摘要

本发明提供能迅速抑制功率元件的过电流并减小 di/dt 而断开功率元件的栅极电路。本发明的栅极电路, 具有过电流抑制单元, 使其在发生功率元件的过电流时同时使电阻元件分担功率元件的一部分栅极电压。而且, 还具有断开动作延迟单元, 以在抑制功率元件的过电流后, 利用电阻值高的电阻元件来稳稳地断开功率元件。



1. 一种栅极电路,其特征在于,包括:  
栅极电阻元件,其一端与功率元件的栅极连接;  
导通用开关元件,在电源与所述栅极电阻元件的另一端之间连接;  
第一电阻元件,其一端与所述栅极连接;  
第一开关元件,其一端与所述第一电阻元件的另一端连接,另一端与接地连接;  
第二电阻元件,其一端与所述栅极连接,且电阻值高于所述第一电阻元件;  
第二开关元件,其一端与所述第二电阻元件的另一端连接,另一端与接地连接;  
过电流抑制单元,当所述功率元件的电流值达到既定值时同时使所述第一开关元件导通;以及

断开动作延迟单元,在通过所述过电流抑制单元导通所述第一开关元件后,使所述导通用开关元件和所述第一开关元件断开,且使所述第二开关元件导通,从而断开所述功率元件。

2. 根据权利要求 1 所述的栅极电路,其特征在于,所述过电流抑制单元具备以在所述功率元件的电流值达到所述既定值时利用充电电压同时使所述第一开关元件导通的方式构成的电容器。

3. 一种栅极电路,其特征在于,包括:  
并联电阻,其在电源和功率元件的栅极之间,由第一栅极电阻元件及电阻值高于所述第一栅极电阻元件的第二栅极电阻元件形成;  
第一导通用开关元件,经由所述第一栅极电阻元件切换对所述栅极有无电压施加;  
第二导通用开关元件,经由所述第二栅极电阻元件切换对所述栅极有无电压施加;  
电阻元件,其一端与所述栅极连接;  
开关元件,其一端与所述电阻元件的另一端连接,另一端与接地连接;  
使所述第一导通用开关元件和所述第二导通用开关元件导通而使所述功率元件导通的单元;

在使所述功率元件导通后的恒定状态下使所述第一导通用开关元件断开并持续导通所述第二导通用开关元件的单元;

过电流抑制单元,当所述功率元件的电流值达到既定值时同时使所述开关元件导通;以及

断开动作延迟单元,在利用所述过电流抑制单元来导通所述开关元件后,使所述第二导通用开关元件断开,且使所述开关元件的导通状态继续,以断开所述功率元件。

4. 根据权利要求 3 所述的栅极电路,其特征在于,所述过电流抑制单元具备以在所述功率元件的电流值达到所述既定值时利用充电电压来同时使所述开关元件导通的方式构成的电容器。

5. 根据权利要求 2 或 4 所述的栅极电路,其特征在于,所述电容器利用所述功率元件的发射极读出电流或来自与所述功率元件的外部连接的电流传感器的电流来充电。

6. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的栅极电路,其特征在于,所述断开动作延迟单元由在所述功率元件的电流值达到所述既定值后开始内部处理的控制器集成电路形成。

7. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的栅极电路,其特征在于,所述断开动作延迟单元由分立部件形成。

8. 根据权利要求 3 或 4 所述的栅极电路,其特征在于,  
所述断开动作延迟单元由控制器集成电路形成,  
所述栅极电路具备高速断开单元,该高速断开单元利用从所述控制器集成电路输出的  
继续所述开关元件的导通状态的信号来断开所述第二导通用开关元件。

## 栅极电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及与功率元件的栅极 (gate) 连接的栅极电路。

### 背景技术

[0002] 在专利文献 1 中公开了与功率元件的栅极连接的栅极电路。该栅极电路具有在功率元件中有过电流流过时使电阻元件同时分担功率元件的一部分栅极电压的功能。通过该功能降低实际施加到功率元件的栅极的电压,能抑制功率元件的过电流。

[0003] 专利文献 1:日本特开 2002-353795 号公报

[0004] 专利文献 2:日本特开平 08-321756 号公报

[0005] 专利文献 3:日本特开 2007-312504 号公报

[0006] 专利文献 4:日本特开 2005-51960 号公报

[0007] 专利文献 5:日本特开 2007-259533 号公报

[0008] 专利文献 6:日本特开 2009-95166 号公报

[0009] 专利文献 7:日本特开 2006-222593 号公报

[0010] 要迅速抑制功率元件的过电流时,希望减小所述电阻元件的电阻值。在抑制过电流后将功率元件断开。然而,在专利文献 1 中公开的栅极电路中,使用电阻值低的电阻元件而将功率元件断开,因此功率元件的电流减少率 ( $di/dt$ ) 变大,有发生浪涌电压的情形。

### 发明内容

[0011] 本发明为了解决上述那样的课题而构思,其目的在于提供能够迅速抑制功率元件的过电流并减小  $di/dt$  而将功率元件断开的栅极电路。

[0012] 本申请的发明所涉及的栅极电路,其特征在于,包括:栅极电阻元件,其一端与功率元件的栅极连接;导通用开关元件,其连接在电源与该栅极电阻元件的另一端之间;第一电阻元件,其一端与该栅极连接;第一开关元件,其一端与该第一电阻元件的另一端连接,另一端与接地连接;第二电阻元件,其一端与该栅极连接,且电阻值高于该第一电阻元件;第二开关元件,其一端与该第二电阻元件的另一端连接,且另一端与接地连接;过电流抑制单元,当该功率元件的电流值达到既定值时同时将该第一开关元件导通;以及断开动作延迟单元,在通过该过电流抑制单元导通该第一开关元件后,使该导通用开关元件和该第一开关元件断开,且使该第二开关元件导通,从而断开该功率元件。

[0013] 本申请的另一发明所涉及的栅极电路,其特征在于,包括:并联电阻,在电源与功率元件的栅极之间,由第一栅极电阻元件及电阻值高于该第一栅极电阻元件的第二栅极电阻元件形成;第一导通用开关元件,经由该第一栅极电阻元件切换有无对该栅极的电压施加;第二导通用开关元件,经由该第二栅极电阻元件切换有无对该栅极的电压施加;电阻元件,其一端与该栅极连接;开关元件,其一端与该电阻元件的另一端连接,且另一端与接地连接;使该第一导通用开关元件和该第二开关元件导通而将该功率元件导通的单元;在使该功率元件导通后的恒定状态下使该第一导通用开关元件导通,使该第二导通用开关元

件导通并持续的单元；以及断开动作延迟单元，过电流抑制单元，当该功率元件的电流值达到既定值时同时将该开关元件断开，在通过该过电流抑制单元导通该开关元件后，断开该第二导通用开关元件，且使该开关元件维持导通状态而将该功率元件断开。

[0014] 依据本发明，与功率元件的过电流发生同时使电阻元件分担功率元件的一部分栅极电压，因此能够迅速抑制功率元件的过电流。此外，在抑制功率元件的过电流之后，利用电阻值较高的电阻元件将功率元件断开，因此能够减小断开时的  $di/dt$ 。

## 附图说明

[0015] 图 1 是本发明实施方式 1 的栅极电路的电路图。

[0016] 图 2 是示出本发明实施方式 1 的控制器集成电路的各端子的信号电平等的时序图。

[0017] 图 3 是以实线示出采用本发明实施方式 1 的栅极电路时的功率元件的集电极电流和发射极读出电流的图。

[0018] 图 4 是为了检测功率元件的过电流而具备变流器的栅极电路的电路图。

[0019] 图 5 是将双极性晶体管用作第一开关元件的栅极电路的电路图。

[0020] 图 6 是本发明实施方式 2 的栅极电路的电路图。

[0021] 图 7 是示出本发明实施方式 2 的栅极电路的变形例的电路图。

[0022] 图 8 是本发明实施方式 2 的栅极电路的变形例的时序图。

[0023] 图 9 是本发明实施方式 3 的栅极电路的电路图。

[0024] 图 10 是示出本发明实施方式 3 的控制器集成电路的各端子的信号电平等的时序图。

[0025] 图 11 是本发明实施方式 4 的栅极电路的电路图。

[0026] 图 12 是本发明实施方式 4 的栅极电路的时序图。

[0027] 图 13 是示出本发明实施方式 4 的栅极电路的变形例的电路图。

[0028] 图 14 是示出本发明实施方式 5 的栅极电路的电路图。

[0029] 图 15 是示出本发明实施方式 5 的栅极电路的变形例的电路图。

## 具体实施方式

[0030] 实施方式 1.

[0031] 图 1 是本发明实施方式 1 的栅极电路的电路图。栅极电路具备正常动作电路 10、保护电路 12、以及控制器集成电路 14。栅极电路用来控制功率元件 Q1 的栅极（以后，仅称栅极时是指功率元件 Q1 的栅极）的施加电压。此外，功率元件 Q1 具备发射极读出端子。然后，发射极读出端子上连接有电流检测用分流电阻 R1。以后，说明正常动作电路 10、保护电路 12、及控制器集成电路 14 的细节。

[0032] 正常动作电路 10 具备与栅极连接的栅极电阻元件 R2。栅极电阻元件 R2 上连接有导通用开关元件 Q2。导通用开关元件 Q2 连接在电源 V1 和栅极电阻元件 R2 之间。即，该导通用开关元件 Q2 经由栅极电阻元件 R2 切换有无对栅极的电压施加。为了减少功率元件 Q1 导通时的损耗，栅极电阻元件 R2 的电阻值被设定为充分低的值。

[0033] 正常动作电路 10 具备与栅极连接的栅极电阻元件 R3。栅极电阻元件 R3 上连接有

断开用开关元件 Q3。在使这些功率元件 Q1 断开时使用。

[0034] 保护电路 12 具备其一端与栅极连接的第一电阻元件 R4。第一电阻元件 R4 的电阻值与栅极电阻元件 R2 的电阻值相等。第一电阻元件 R4 的另一端上连接有第一开关元件 Q4 的一端。第一开关元件 Q4 的另一端与接地连接。此外,开关元件的一端是指开关元件的源极或漏极之一,另一端是指源极或漏极的另一个。

[0035] 保护电路 12 具备正极与功率元件 Q1 的发射极读出端子连接的二极管 D1。二极管 D1 的负极与电阻元件 R5 的一端连接。电阻元件 R5 的另一端与电容器 C1 的一端连接。电容器 C1 的一端还与第一开关元件 Q4 的栅极连接。电容器 C1 的另一端与接地连接。电容器 C1 构成为在功率元件 Q1 的电流值达到既定值时,同时利用充电电压来使第一开关元件 Q4 导通。即,电容器 C1 作为在功率元件 Q1 的电流值达到既定值时同时将第一开关元件 Q4 导通的过电流抑制单元起作用。

[0036] 保护电路 12 具备第二电阻元件 R6,该第二电阻元件 R6 的一端与栅极连接,且电阻值高于第一电阻元件 R4。第二电阻元件 R6 的另一端与第二开关元件 Q5 的一端连接。第二开关元件 Q5 的另一端与接地连接。而且,在第二开关元件 Q5 的一端上连接有二极管 D2 的负极。二极管 D2 的正极与电容器 C1 的一端连接,从而与第一开关元件 Q4 的栅极连接。二极管 D2 为了放掉蓄积在电容器 C1 的电荷而使用。

[0037] 控制器集成电路 14 具备输出用于控制导通用开关元件 Q2 的导通 / 断开的信号的第一端子 OUT1。此外,具备使断开用开关元件 Q3 及第二开关元件 Q5 个别导通 / 断开的第二端子 OUT2 及第三端子 OUT3。而且,具备检测功率元件 Q1 的发射极读出电流的 SC 端子。此外,控制器集成电路 14 的栅极信号 (Gate Signal) 是表示从外部供给的栅极驱动信号。此外,故障信号 (Fault Signal) 是表示过电流检测时到外部的错误信号。

[0038] 接着,对本发明实施方式 1 的栅极电路的动作进行说明。图 2 是示出本发明实施方式 1 的控制器集成电路 14 的各端子的信号电平等的时序图。首先参照图 2 中的时刻 T1 到 T2 的区间,说明栅极电路的正常动作。T1 是使功率元件 Q1 导通的时刻, T2 是使功率元件 Q1 断开的时刻。T1 中使功率元件 Q1 导通时,从控制器集成电路 14 的第一端子 OUT1 输送使导通用开关元件 Q2 导通的信号。因该信号而经由栅极电阻元件 R2 对栅极施加电压。另一方面,时刻 T2 中使功率元件 Q1 断开时,因来自第二端子 OUT2 的信号而使断开用开关元件 Q3 导通,将栅极电阻元件 R3 与栅极连接。

[0039] 接着,参照时刻 T3 到 T4 的区间,说明功率元件 Q1 的电流值达到既定值时的栅极电路的动作。在功率元件 Q1 处于导通状态下,桥臂短路等原因而功率元件 Q1 有时成为过电流。当功率元件 Q1 成为过电流时,功率元件 Q1 的发射极读出电流也增加,电容器 C1 被充电。然后,当功率元件 Q1 的电流值达到既定值时,电容器 C1 同时使第一开关元件 Q4 导通。这样,使第一电阻元件 R4 分担从电源 V1 施加给栅极的一部分电压,因此降低实际施加到栅极的电压。在此,第一电阻元件 R4 的电阻值与栅极电阻元件 R2 的电阻值相等,因此第一电阻元件 R4 将会分担一半正常动作时的栅极电压。

[0040] 在第一开关元件 Q4 导通之后,时刻 T4 时,通过 SC 端子检测过电流的控制器集成电路 14 起作用。具体而言,截断来自第一端子 OUT1 的信号而使导通用开关元件 Q2 断开,且利用来自第三端子 OUT3 的信号使第二开关元件 Q5 导通。在此,第一开关元件 Q4 的栅极经由二极管 D2 而与第二开关元件 Q5 的漏极连接,因此在第二开关元件 Q5 导通时第一开关

元件 Q4 断开。其结果,在时刻 T4 时,导通开关元件 Q2 和第一开关元件 Q4 断开,且第二开关元件 Q5 导通。即,一到时刻 T4,经由电阻值大于第一电阻元件 R4 的第二电阻元件 R6,功率元件 Q1 稳稳地断开。如此,控制器集成电路 14 作为使功率元件 Q1 因电阻值较大的第二电阻元件 R6 而稳稳地断开的断开动作延迟单元起作用。

[0041] 然而,时刻 T3 和时刻 T4 之间的时间典型为数微秒左右。该数微秒的时间是在时刻 T3 功率元件 Q1 的电流值达到既定值后开始控制器集成电路 14 的内部处理,直到控制器集成电路 14 响应的的时间。

[0042] 依据本发明实施方式 1 的栅极电路,当功率元件 Q1 的电流值达到既定值时同时使第一开关元件 Q4 导通而第一电阻元件 R4 分担一部分栅极电压,因此能够迅速抑制功率元件 Q1 的过电流。而且,抑制过电流后的功率元件 Q1 通过上述的断开动作延迟单元利用电阻值大于第一电阻元件 R4 的第二电阻元件 R6 稳稳地断开。第二的电阻元件 R6 仅在过电流发生后的功率元件 Q1 的断开动作中使用,能够作成独立高的电阻值。因而能够减小使功率元件 Q1 断开时的  $di/dt$  以抑制浪涌电压。

[0043] 图 3 是用实线表示使用本发明实施方式 1 的栅极电路时的功率元件 Q1 的集电极电流和发射极读出电流的图。功率元件 Q1 的电流值达到既定值是指检测到发射极读出电流 ( $I_{SENSE}$ ) 达到既定值,第一开关元件 Q4 导通。这样,功率元件的过电流就会迅速得到抑制。然后,功率元件 Q1 利用电阻值高的第二电阻元件 R6 而稳稳地断开。即能够软关闭。此外,图 3 中用虚线示出利用电阻值低于第二电阻元件 R6 的第一电阻元件 R4 来使功率元件 Q1 断开时的波形。

[0044] 在本发明的实施方式 1 中作为检测功率元件的过电流的手段,采用了发射极读出电流,但本发明并不限于此。例如,也可以采用与功率元件的外部连接的变流器等电流传感器。图 4 是为检测功率元件的过电流而具备变流器 16 的栅极电路的电路图。如此利用功率元件外部的电流传感器,就不需要功率元件的导通芯片电流传感器。此外,在图 4 中对于与图 1 的构成对应的构成要素,标注与图 1 的符号相同的符号。关于以后的电路图,对于已出现的构成要素标注相同的符号。

[0045] 在本发明的实施方式 1 中作为第一开关元件 Q4 使用了 MOS 晶体管,但本发明并不限于此。第一开关元件 Q4 也可为双极性晶体管。图 5 是采用双极性晶体管 18 作为第一开关元件的栅极电路的电路图。

[0046] 在本发明的实施方式 1 中使第一电阻元件 R4 的电阻值与栅极电阻元件 R2 的电阻值相等,但本发明并不限于此。只要第一电阻元件 R4 的电阻值为功率元件 Q1 的电流值达到既定值时能分别一部分栅极电压的程度充分低,就无特别限定。此外,当第一电阻元件 R4 分担一部分栅极电压时栅极上实际施加的电压为  $R4V1/(R4+R2)$ 。

[0047] 实施方式 2.

[0048] 图 6 是本发明实施方式 2 的栅极电路的电路图。下面,以与本发明实施方式 1 的栅极电路的不同点为中心进行说明。本发明实施方式 2 的栅极电路的“断开动作延迟单元”由分立部件形成。即,实施方式 1 的栅极电路的控制器集成电路被分立部件置换。

[0049] 本发明实施方式 2 的栅极电路具备差动放大器 20。差动放大器 20 对功率元件 Q1 的发射极读出部的电压与电源 V2 的差分进行放大。差动放大器 20 的输出被输入触发 (flip-flop) 电路 22。触发电路 22 的输出被输入“与 (AND)”门 24 的一端。“与”门 24 的

另一端的输入为栅极信号 (Gate Signal)。“与”门 24 的输出被利用于 Q2 的导通 / 断开控制。“与”门 24 的输出经由“非 (NOT)”门 26 输入到“与”门 28 的一端。“与”门 28 的另一端的输入则从触发电路 22 的输出获得。而且“与”门 28 的输出被利用于断开用开关元件 Q3 的导通 / 断开控制。利用“非”门的输出来控制第二开关元件 Q5。

[0050] 如此利用分立部件时的时序图,如图 2 的时序图所示。利用分立部件控制各开关元件时,能够避免因控制集成电路内部处理而产生的处理延迟,因此能够高速响应。即,能够缩短图 2 的时刻 T3 与时刻 T4 之间的时间。

[0051] 图 7 是示出本发明实施方式 2 的栅极电路的变形例的电路图。该栅极电路在触发电路 22 的输出与第二开关元件 Q5 的栅极连接这一点上,与本发明实施方式 2 的栅极电路不同。这时,以图 8 所示的时序图实施各开关元件的控制。图 8 是本发明实施方式 2 的栅极电路的变形例的时序图。第二开关元件 Q5 在过电流后使功率元件 Q1 断开时(图 8 的 T1)才开始导通。即便如该变形例那样构成栅极电路也能得到与本发明实施方式 2 的栅极电路相同的效果。

[0052] 本发明实施方式 2 的栅极电路至少能进行与实施方式 1 的栅极电路相同程度的变形。

[0053] 实施方式 3.

[0054] 图 9 是本发明实施方式 3 的栅极电路的电路图。该栅极电路在电源 V1 与功率元件 Q1 的栅极之间具有并联电阻。并联电阻是电阻值高于第一栅极电阻元件 R2 及第一栅极电阻元件 R2 的第二栅极电阻元件 R7。第一栅极电阻元件 R2 上连接有第一导通用开关元件 Q2。第一导通用开关元件 Q2 经由第一栅极电阻元件切换对栅极有无电压施加。另一方面,第二栅极电阻元件 R7 上连接有第二导通用开关元件 Q7。第二导通用开关元件 Q7 经由第二栅极电阻元件 R7 切换对栅极有无电压施加。

[0055] 电阻元件 R8 的一端与栅极连接。电阻元件 R8 的电阻值与第二栅极电阻元件 R7 的电阻值相等。电阻元件 R8 的另一端与开关元件 Q4 的一端连接。开关元件 Q4 的另一端与接地连接。在开关元件 Q4 的栅极上连接有电容器 C1 的一端、电阻元件 R9 及二极管 D3 的负极。二极管 D3 的正极与控制器集成电路 50 的第三端子 OUT3 连接。

[0056] 接着,说明本发明实施方式 3 的栅极电路的动作。图 10 是示出本发明实施方式 3 的控制器集成电路 50 的各端子的信号电平等的时序图。首先参照图 10 中的时刻 T1 至 T3 的区间,对栅极电路的正常动作进行说明。T1 是使功率元件 Q1 导通的时刻,T2 是功率元件 Q1 导通着的时刻,T3 是使功率元件 Q1 断开的时刻。T1 中使功率元件 Q1 导通时,从控制器集成电路 50 的第一端子 OUT1 及第四端子 OUT4,输送使第一导通用开关元件 Q2 及第二导通用开关元件 Q7 导通的信号。通过该信号,经由由第一栅极电阻元件 R2 及第二栅极电阻元件 R7 组成的并联电阻对栅极施加电压。如此,控制器集成电路 50 使第一导通用开关元件 Q2 及第二导通用开关元件 Q7 导通,以作为使功率元件 Q1 导通的单元起作用。

[0057] 若功率元件 Q1 的导通动作结束而到达时刻 T2,则控制器集成电路 50 停止第一端子 OUT1 的电压施加,使第一导通用开关元件 Q2 断开。即,在使功率元件导通后的恒定状态下,控制器集成电路 50 使第一导通用开关元件 Q2 断开,作为使第二导通用开关元件 Q7 持续导通的单元起作用。在该恒定状态下,仅通过第二栅极电阻元件 R7 向栅极施加电压。到时刻 T3 使功率元件 Q1 断开时,使断开用开关元件 Q3 导通,使栅极电阻元件 R3 与栅极连接。



[0058] 接着,参照时刻 T4 至 T5 的区间说明功率元件 Q1 的电流值到达既定值时的栅极电路的动作。在功率元件 Q1 的导通状态中,因桥臂短路等的原因而功率元件 Q1 成为过电流。当发生过电流时,电容器 C1 被充电。然后,当功率元件 Q1 的电流值达到既定值时,电容器 C1 同时使开关元件 Q4 导通。这样,电阻元件 R8 分担从电源 V1 施加到栅极的一部分电压,因此减少实际施加到栅极的电压。电阻元件 R8 的电阻值与第二栅极电阻元件 R7 的电阻值相等,因此电阻元件 R8 会分担一半正常动作时的电压。

[0059] 然而,在时刻 T4 至 T5 的区间中开关元件 Q4 导通,这是因为栅极电路具备“当功率元件的电流值到达既定值时同时使开关元件 Q4 导通的过电流抑制单元”即电容器 C1。在时刻 T4 至 T5 的区间中从第三端子 OUT3 不会输出使开关元件 Q4 导通的信号。

[0060] 在开关元件 Q4 导通后,到时刻 T5 时,通过 SC 端子检测到过电流的控制器集成电路 50,输出继续开关元件 Q4 的导通状态的信号,并且停止对第二导通用开关元件 Q7 的信号。由此,通过电阻元件 R8 能稳稳地断开功率元件 Q1。控制器集成电路 50 的该功能(单元)称为断开动作延迟单元。

[0061] 本发明实施方式 3 的栅极电路利用并联电阻(第一栅极电阻元件 R2 及第二栅极电阻元件 R7)来使功率元件 Q1 导通,因此能够减少导通损耗。再者,当功率元件 Q1 的电流值达到既定值时,同时使开关元件 Q4 导通,因此能够迅速抑制功率元件 Q1 的过电流。

[0062] 然而,第二栅极电阻元件 R7 的电阻值被设定为高于第一栅极电阻元件 R2 的电阻值。因此,也能提高其电阻值与第二栅极电阻元件 R7 的电阻值同等的电阻元件 R8 的电阻值。因而,在过电流抑制后,经由电阻值高的电阻元件 R8 稳稳地断开功率元件 Q1,因此能够减小功率元件 Q1 的  $di/dt$ 。

[0063] 本发明实施方式 3 的栅极电路至少能进行与本发明实施方式 1 的栅极电路相同程度的变形。例如,使开关元件 Q4 导通的过电流抑制单元也可以通过与功率元件 Q1 连接的电流传感器的电流来充电。此外,开关元件 Q4 也可由双极性晶体管形成。

[0064] 实施方式 4.

[0065] 图 11 是本发明实施方式 4 的栅极电路的电路图。使本发明实施方式 4 的功率元件 Q1 断开的断开动作延迟单元,由分立部件形成。即,实施方式 3 的栅极电路的控制器集成电路 50 由分立部件构成。关于不用控制器集成电路而用分立部件的情形,已在本发明的实施方式 2 中参照图 6 进行了说明。在此,以与图 6 的分立部件的不同点为中心进行说明。

[0066] 触发电路 22 的输出与二极管 D3 的正极连接。触发电路 22 为了在通过电阻元件 R9 放电蓄积在电容器 C1 中的电荷后也维持开关元件 Q4 的导通状态,供给导通信号。

[0067] 本发明实施方式 4 的栅极电路具有单触发脉冲电路 60。单触发脉冲电路 60 用于第一导通用开关元件 Q2 的导通/断开控制。图 12 是本发明实施方式 4 的栅极电路的时序图。该时序图与图 10 的时序图大致相同,但在功率元件 Q1 的过电流后使功率元件 Q1 断开时开始开关元件 Q4 成为导通这一点上与图 10 的时序图不同。

[0068] 图 13 是示出本发明实施方式 4 的栅极电路的变形例的电路图。图 13 的栅极电路,从图 11 的栅极电路除去二极管 D3,且设定电阻元件 R9 的电阻值较大而加长电容器 C1 的放电时间常数。因而,即便从触发电路 22 没有维持开关元件 Q4 的导通状态的信号,也能延长开关元件 Q4 的导通时间。

[0069] 此外,本发明实施方式 4 的栅极电路至少能进行与本发明实施方式 1 的栅极电路

相同程度的变形。

[0070] 实施方式 5.

[0071] 图 14 是示出本发明实施方式 5 的栅极电路的电路图。本发明实施方式 5 的栅极电路在本发明实施方式 4 的栅极电路上附加了开关元件 Q8。开关元件 Q8 的漏极连接在第四端子 OUT4 与第二导通用开关元件 Q7 的栅极之间。开关元件 Q8 的源极接地。开关元件 Q8 的栅极与二极管 D3 的负极连接,由第三端子 OUT3 的输出来控制。

[0072] 因控制器集成电路 50 的内部处理而出现这样的情形,即从第三端子 OUT3 输出继续开关元件 Q4 的导通状态的信号之后,截断来自第四端子 OUT4 的信号,使第二导通用开关元件 Q7 断开。即存在第四端子 OUT4 的响应迟于第三端子 OUT3 的响应的情形。这时,不能迅速断开第二导通用开关元件 Q7,并断开功率元件 Q1。

[0073] 然而,依据本发明实施方式 5 的栅极电路就能消除该问题。即,当功率元件 Q1 成为过电流时,第二导通用开关元件 Q7 也不等来自第四端子 OUT4 的信号截断,就响应来自第三端子 OUT3 的信号而断开。即,因来自第三端子 OUT3 的继续开关元件 Q4 的导通状态的信号而开关元件 Q8 成为导通状态,由此第二导通用开关元件 Q7 断开。如此,开关元件 Q8 作为因从控制器集成电路 50 输出的继续开关元件 Q4 的导通状态的信号而使第二导通用开关元件 Q7 断开的高速断开单元起作用。利用开关元件 Q8,能够迅速地断开第二导通用开关元件 Q7。

[0074] 图 15 是示出本发明实施方式 5 的栅极电路的变形例的电路图。图 15 的栅极电路从图 14 的栅极电路除去二极管 D3,且设定电阻元件 R9 的电阻值较大以加长电容器 C1 的放电时间常数。因而,即使从控制器集成电路 50 没有接受到继续开关元件 Q4 的导通状态的信号,也能延长开关元件 Q4 的导通时间。此外,至少能进行与本发明实施方式 1 的栅极电路相同程度的变形。

[0075] 标号说明

[0076] 10 正常动作电路;12 保护电路;14、50 断开动作延迟单元(控制器集成电路);R2 栅极电阻元件;Q2(第一)导通用开关元件;R4 第一电阻元件;Q4 第一开关元件;R6 第二电阻元件;Q5 第二开关元件;Q7 第二导通用开关元件;C1 过电流抑制单元(电容器);R8 电阻元件;Q8 高速断开单元。

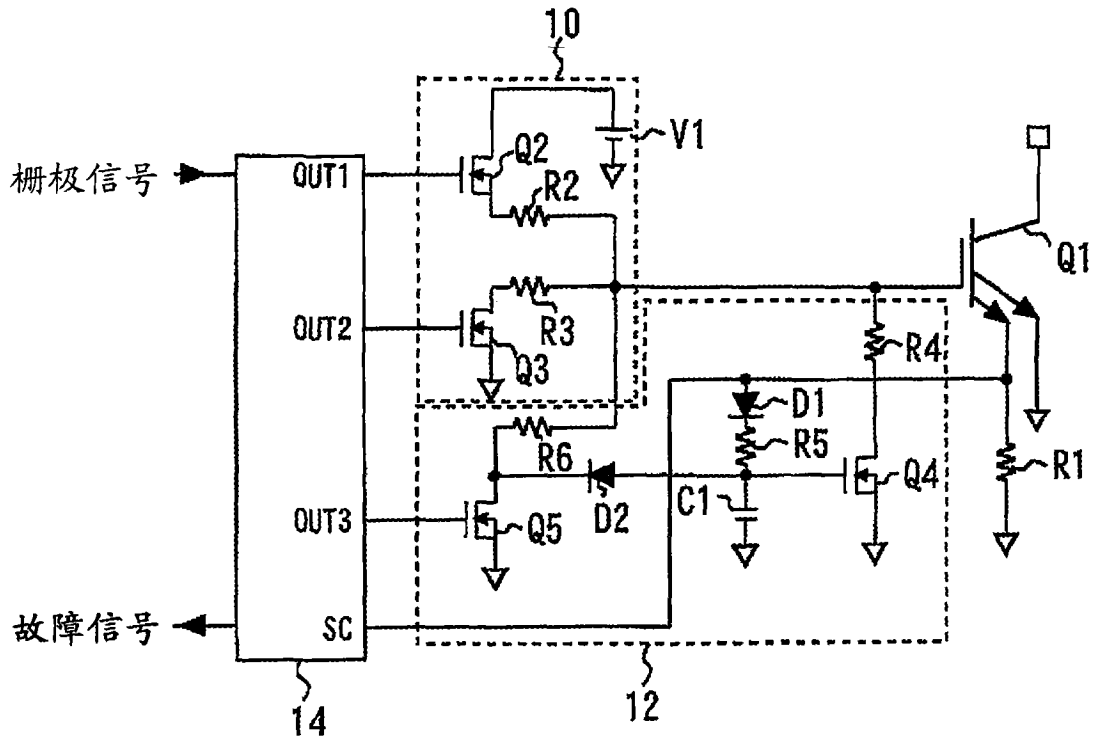


图 1

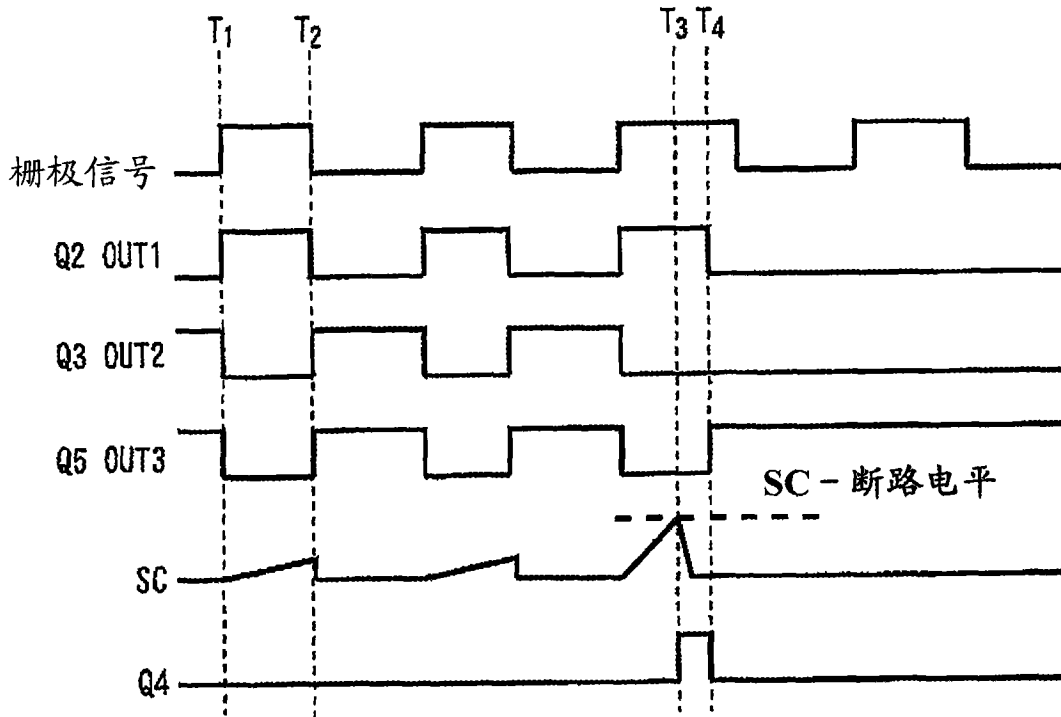


图 2

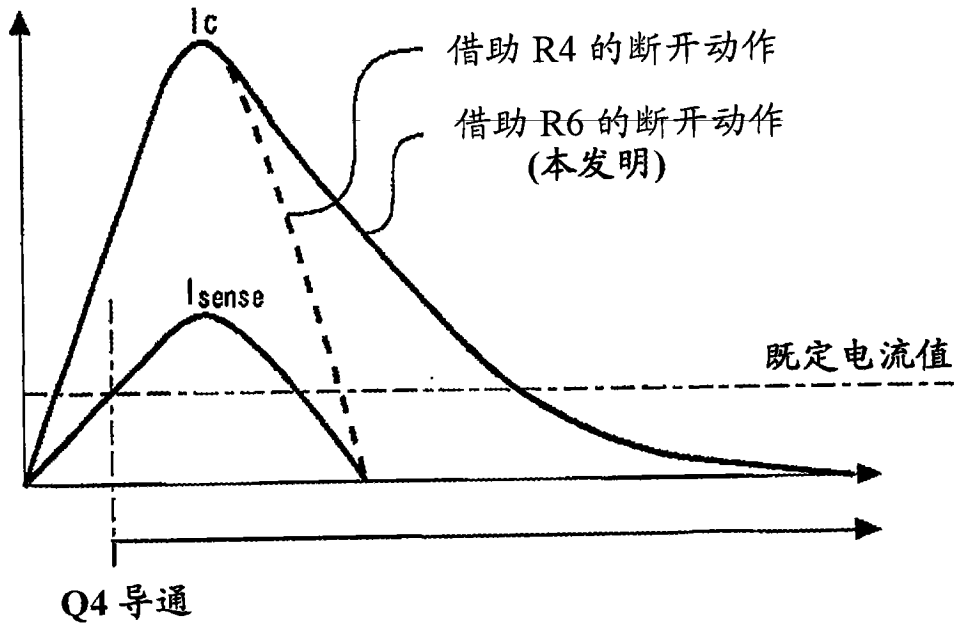


图 3

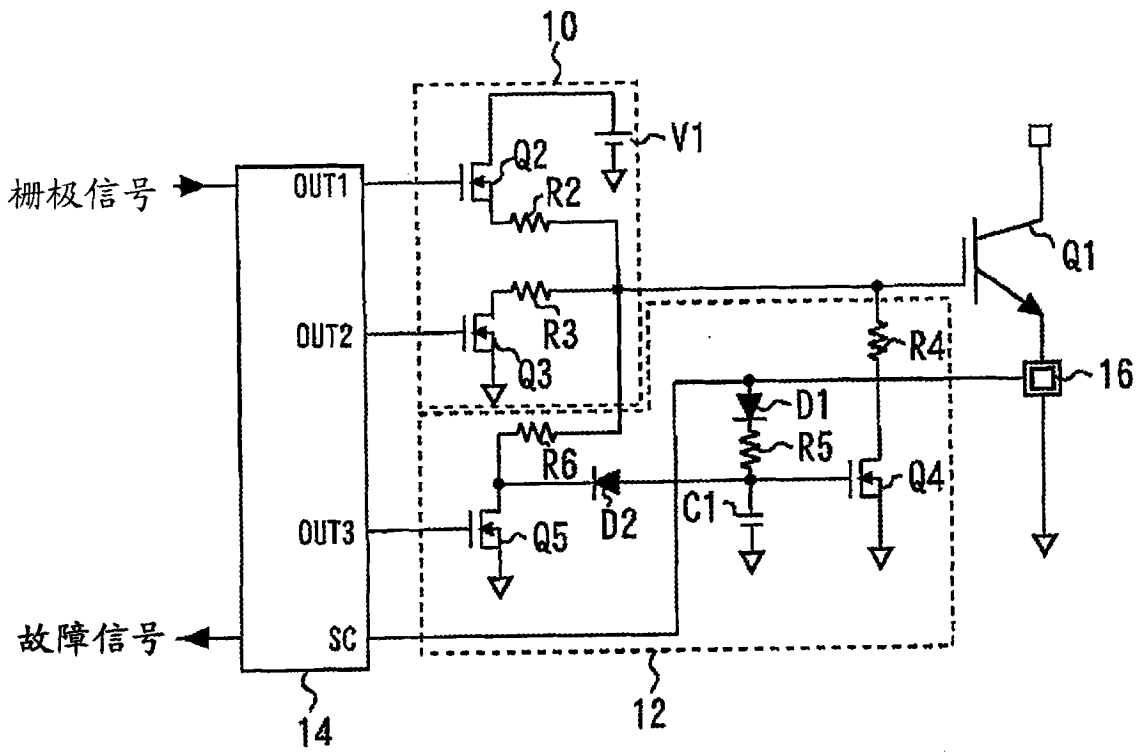


图 4

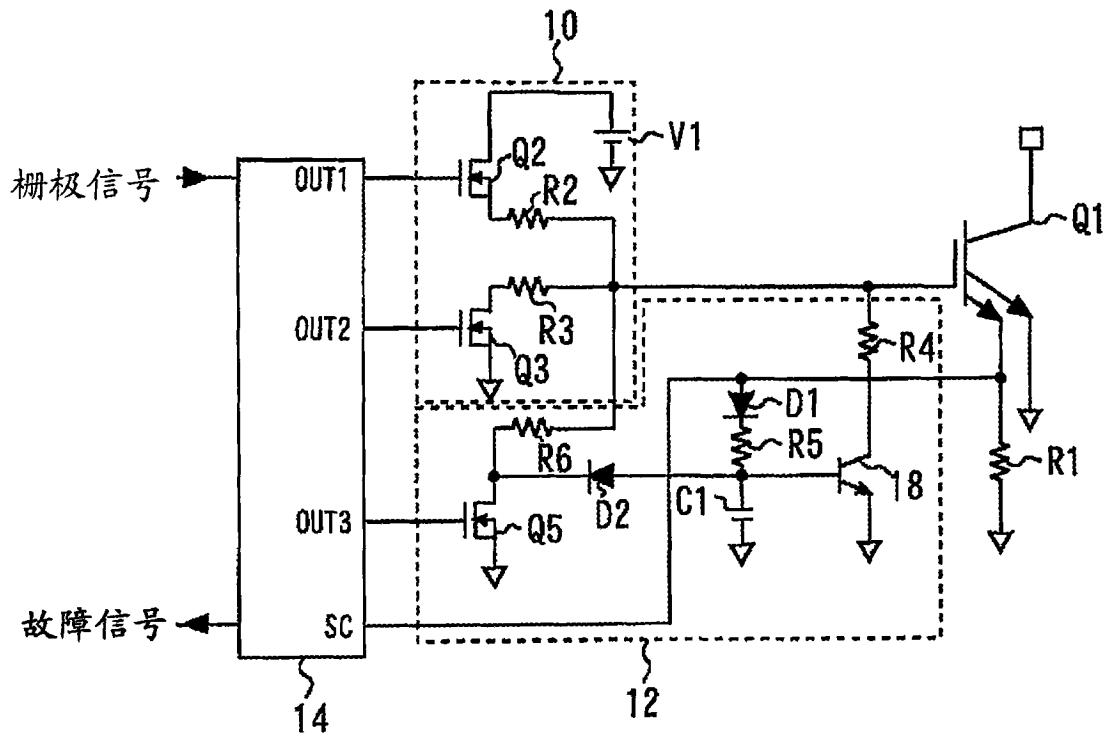


图 5

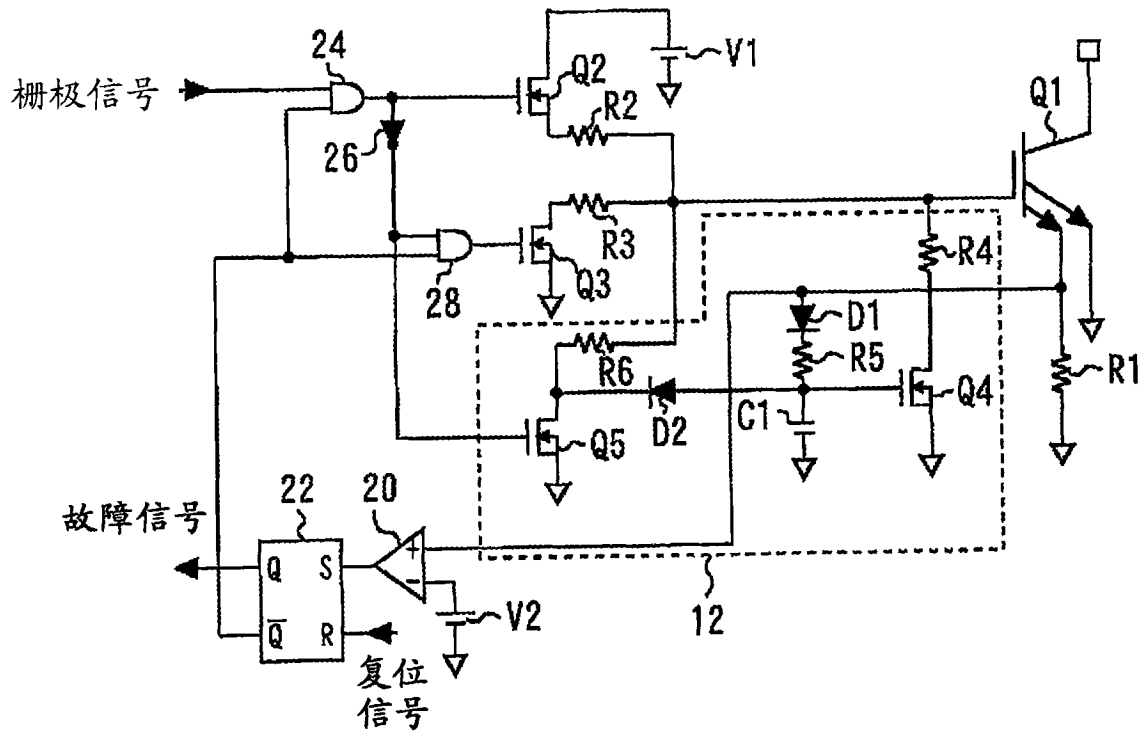


图 6

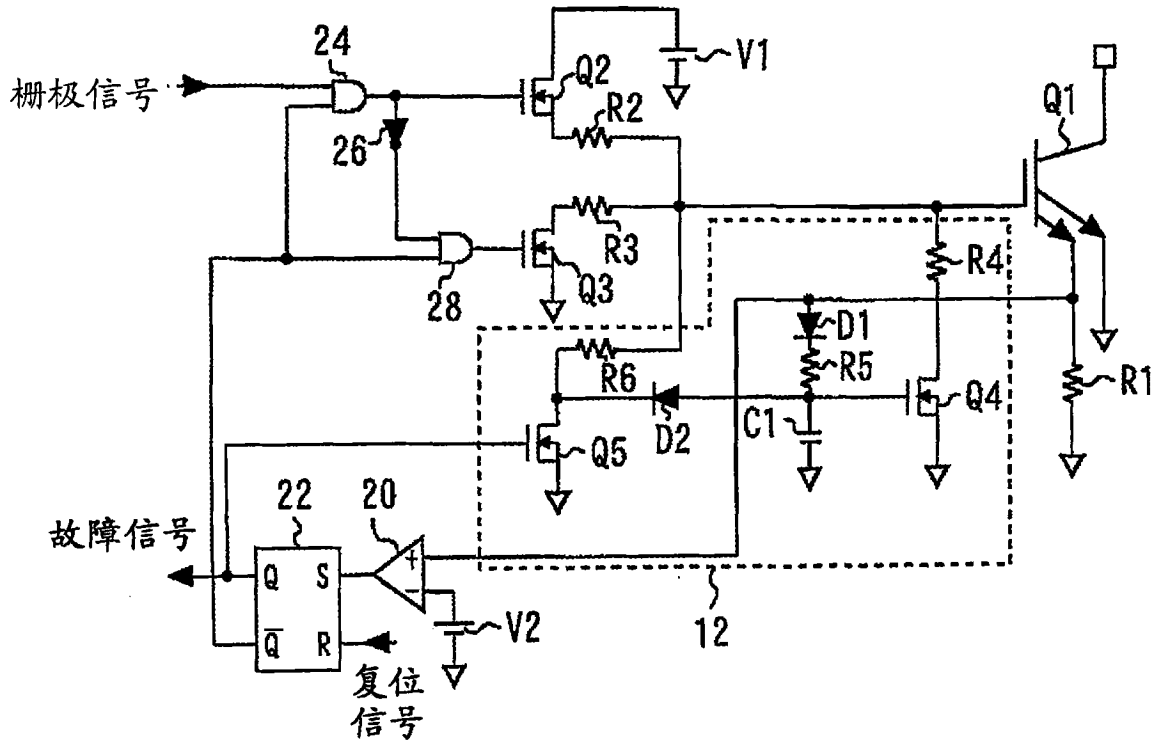


图 7

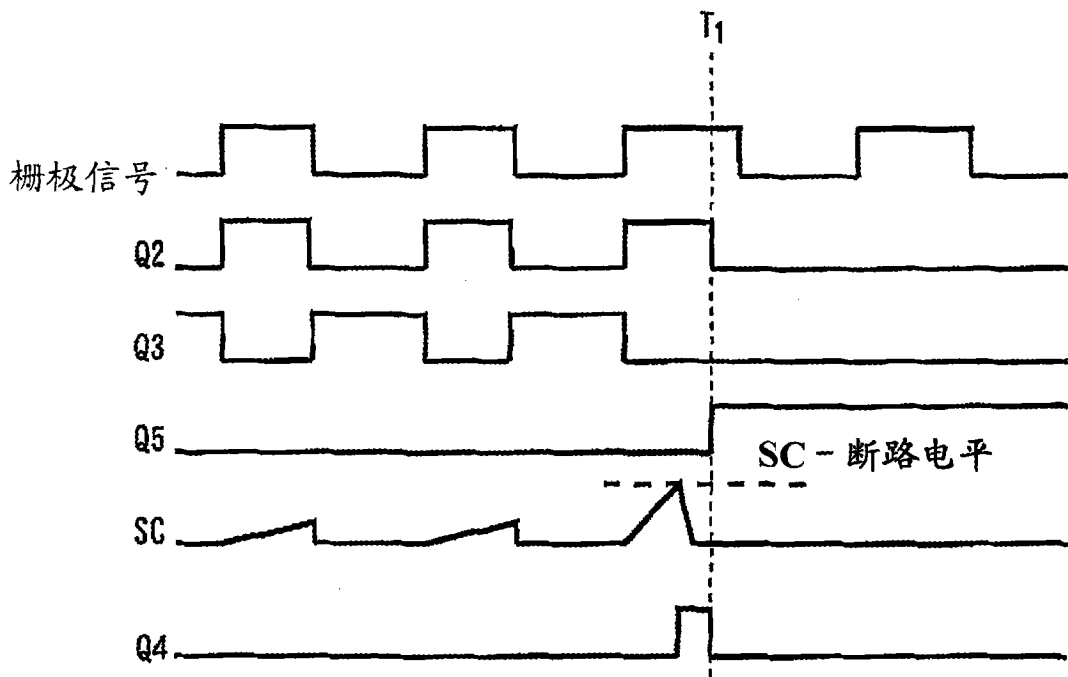


图 8

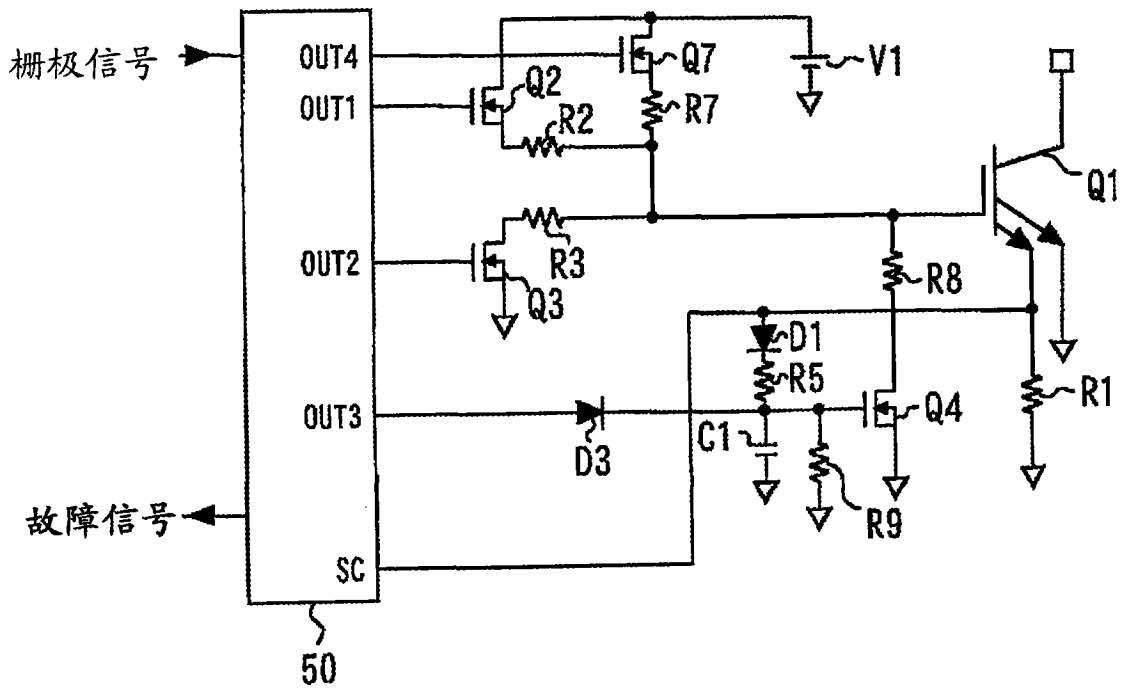


图 9

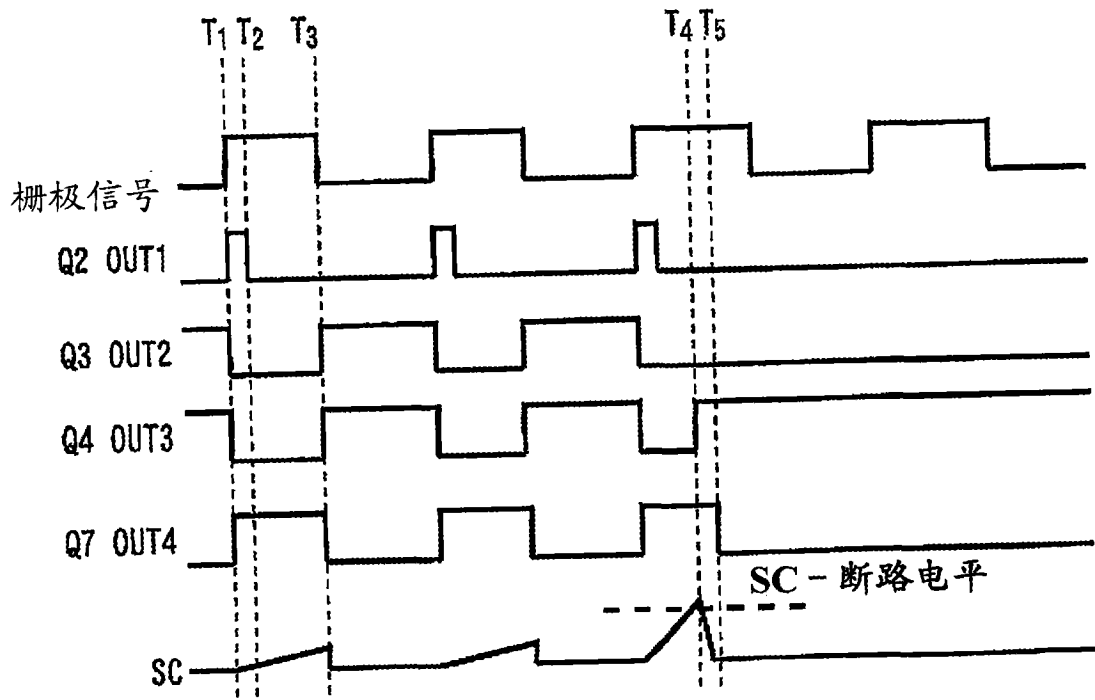


图 10

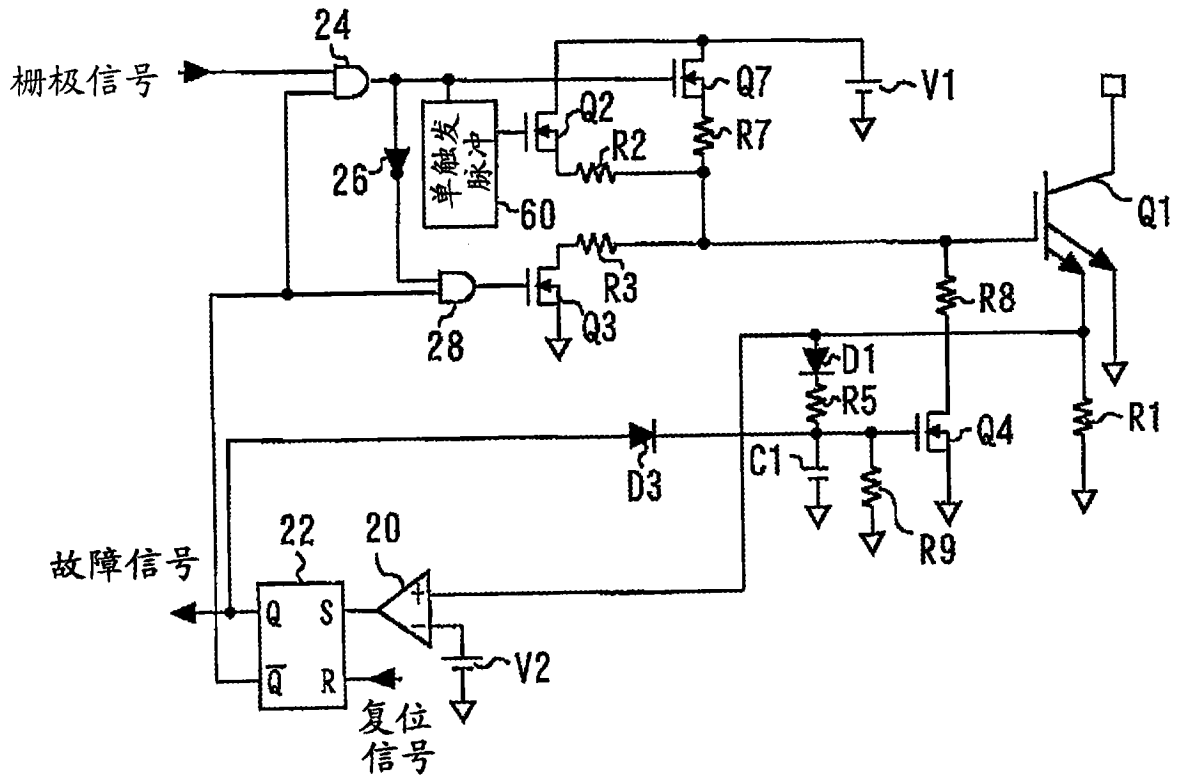


图 11

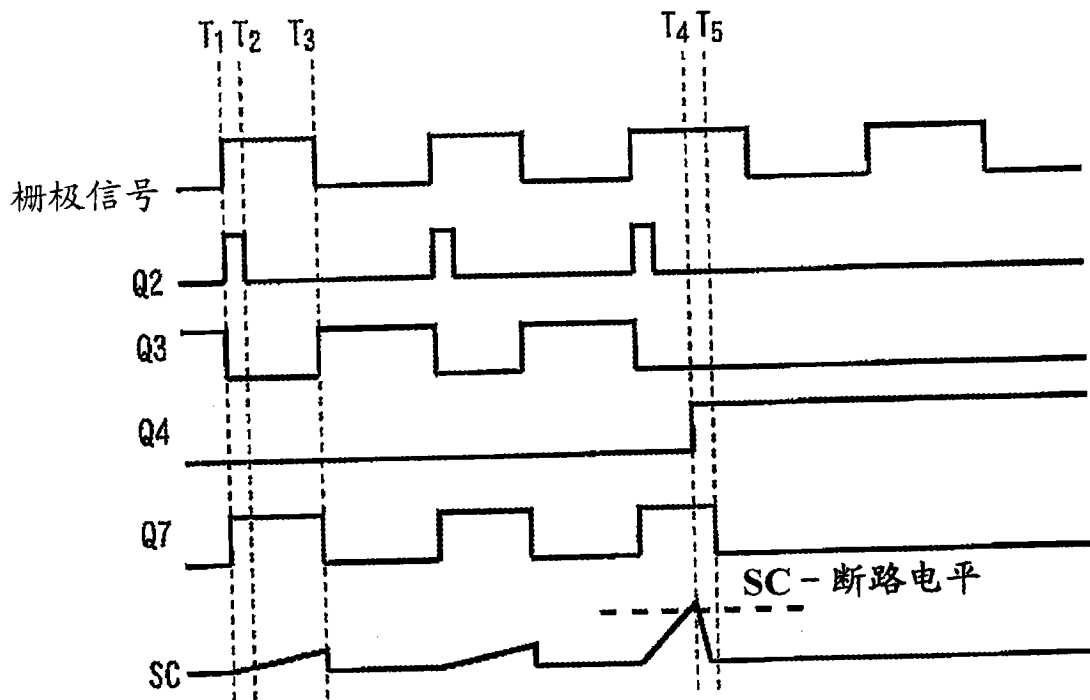


图 12



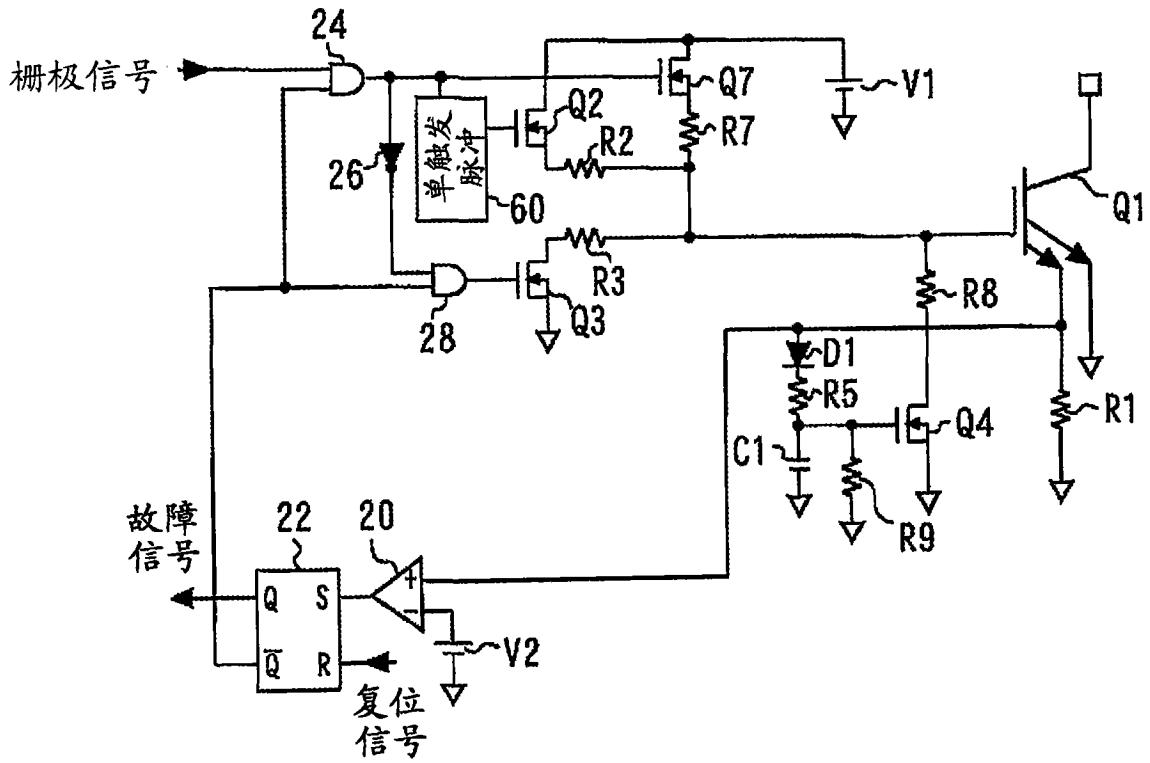


图 13

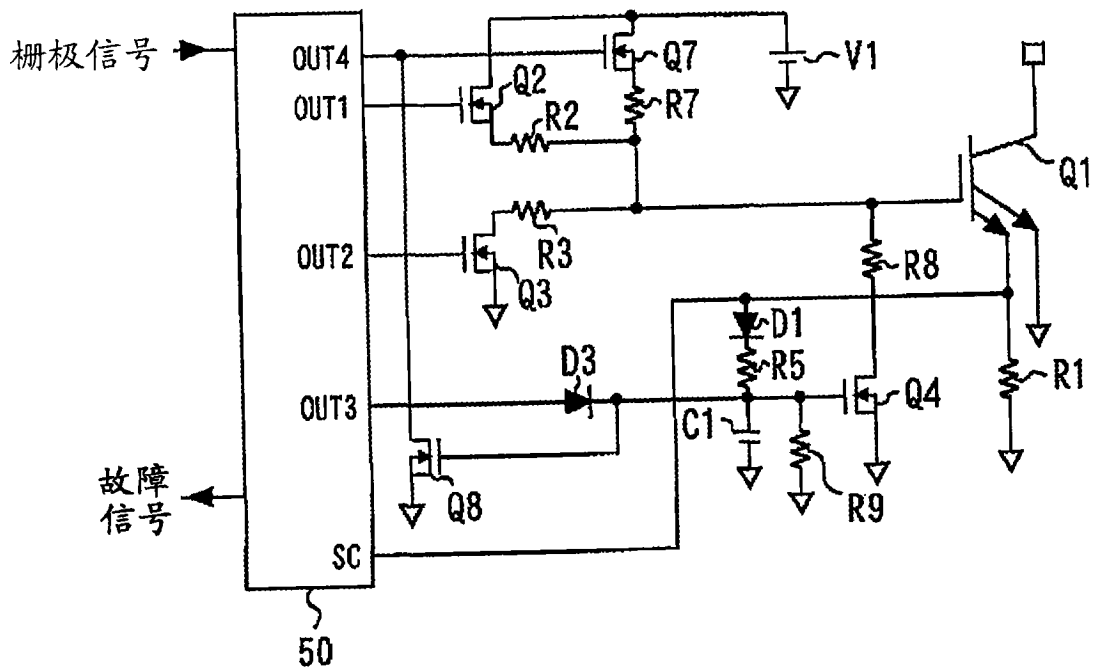


图 14

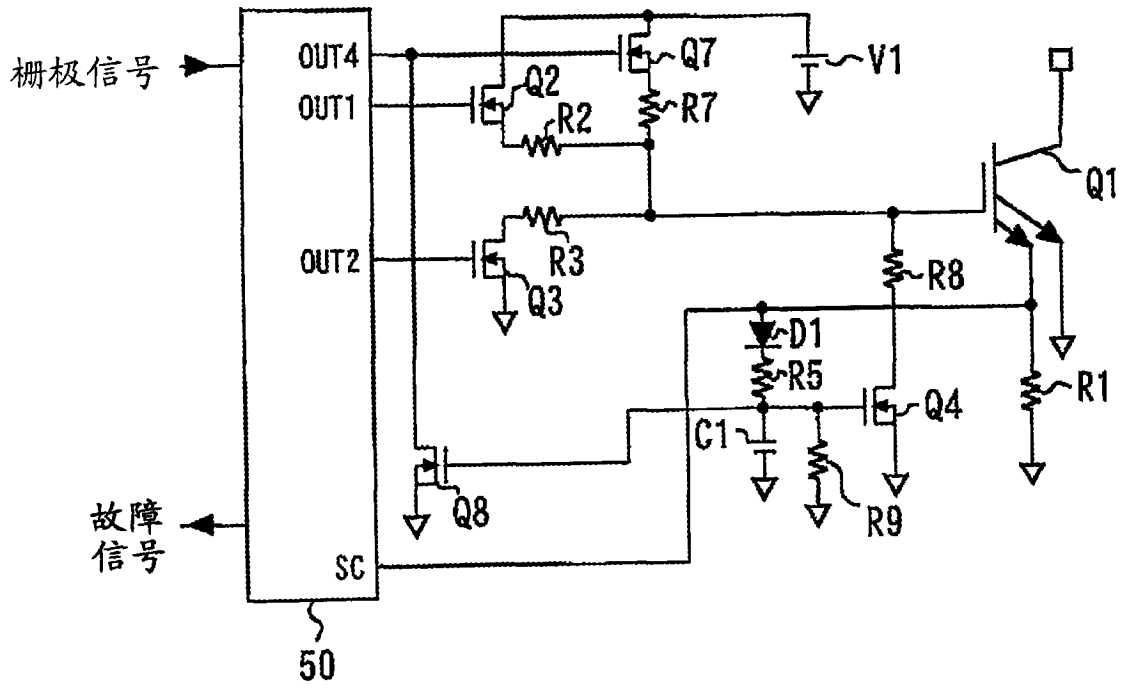


图 15