



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103268135 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201210466744. 3

JP 特开 2001-37207 A, 2001. 02. 09,

(22) 申请日 2012. 11. 19

审查员 陈婷

(30) 优先权数据

2012-032529 2012. 02. 17 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 鱼田紫织 井上贵公 玉木恒次

折田昭一

(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.

G05F 1/66(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2009/0066402 A1, 2009. 03. 12,

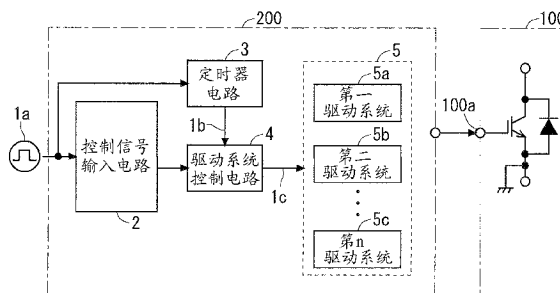
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

功率器件控制电路以及功率器件电路

(57) 摘要

本发明涉及功率器件控制电路和功率器件电路。功率器件控制电路(200)向功率器件(100)的栅极端子(100a)输入栅极驱动信号,具备:控制信号输入电路(2),接收用于控制功率器件(100)的功率器件控制信号(1a);驱动系统控制电路(4),连接于控制信号输入电路(2);驱动电路(5),具有多个驱动系统(5a、5b、5c),并且从驱动系统控制电路(4)接收驱动电路控制信号(1c)来驱动功率器件(100);以及定时器电路(3),在输入规定的信号、即功率器件控制信号(1a)之后的一定时间后,根据驱动电路控制信号(1c)切换多个驱动系统(5a、5b、5c),由此使驱动系统控制电路(4)的驱动能力变化。



1. 一种功率器件控制电路,向功率器件的栅极端子输入栅极驱动信号,其中,具备:
控制信号输入电路,接收用于控制所述功率器件的功率器件控制信号;
驱动系统控制电路,连接于所述控制信号输入电路;

驱动电路,从所述驱动系统控制电路接收驱动电路控制信号来驱动所述功率器件,所述驱动电路具有多个驱动系统;以及

多个定时器电路,在输入规定的信号之后的一定时间后,根据所述驱动电路控制信号切换所述驱动系统,由此使所述驱动系统控制电路的驱动所述功率器件的驱动能力变化,

在使所述功率器件导通时,通过利用所述多个定时器电路来阶段性地切换驱动系统,从而平滑地使所述驱动能力变化,

所述多个定时器电路中的一个与所述功率器件的镜像期间的开始同时地切换所述驱动系统。

2. 根据权利要求 1 所述的功率器件控制电路,其中,
所述规定的信号是所述功率器件控制信号。

3. 根据权利要求 1 所述的功率器件控制电路,其中,
所述规定的信号是所述驱动电路控制信号。

4. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
所述定时器电路是时间常数电路。

5. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
所述定时器电路是以数字信号进行工作的电路。

6. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
所述驱动系统输出恒定电压。

7. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
所述驱动系统输出恒定电流。

8. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
各所述驱动系统分别具备相同或者同种驱动元件。

9. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其中,
所述驱动系统的个数为 2。

10. 根据权利要求 1 ~ 3 的任一项所述的功率器件控制电路,其特征在于,
所述功率器件控制电路其整体内置于 1 个 IC、或者分散地内置于多个 IC。

11. 一种功率器件电路,其中,具备:

功率器件控制电路,向功率器件的栅极端子输入栅极驱动信号;以及
所述功率器件,与所述功率器件控制电路连接,

所述功率器件控制电路具备:

控制信号输入电路,接收用于控制所述功率器件的功率器件控制信号;
驱动系统控制电路,连接于所述控制信号输入电路;

驱动电路,从所述驱动系统控制电路接收驱动电路控制信号来驱动所述功率器件,所述驱动电路具有多个驱动系统;以及

多个定时器电路,在输入规定的信号之后的一定时间后,根据所述驱动电路控制信号切换所述驱动系统,由此使所述驱动系统控制电路的驱动所述功率器件的驱动能力变化,

在使所述功率器件导通时,通过利用所述多个定时器电路来阶段性地切换驱动系统,从而平滑地使所述驱动能力变化,

所述多个定时器电路中的一个与所述功率器件的镜像期间的开始同时地切换所述驱动系统。

12. 根据权利要求 11 所述的功率器件电路,其特征在于,
所述功率器件由以 SiC 或者 GaN 为材料的元件构成。

13. 根据权利要求 11 所述的功率器件电路,其特征在于,
所述功率器件具备二极管,
所述二极管以 SiC 或者 GaN 为材料。

14. 根据权利要求 11 所述的功率器件电路,其中,
所述功率器件是以 Si、SiC、GaN 的任一种为材料的 RC — IGBT。

功率器件控制电路以及功率器件电路

技术领域

[0001] 本发明涉及功率器件(power device)控制电路,特别涉及向功率器件的栅极端子输入栅极驱动信号的功率器件控制电路。

背景技术

[0002] 在驱动 IGBT 等功率器件的情况下,利用功率器件控制电路对功率器件的栅极信号进行控制,由此进行功率器件的开关。

[0003] 在使功率器件变为导通(turn on)时,产生从截止(off)状态向导通(on)状态的转变所需要的变为导通时间。该变为导通时间是在栅极—发射极间以及栅极—集电极间的电容积蓄电荷所需要的时间,伴随着上述电容的充电,栅极电压上升,到达阈值电压,由此功率器件变为导通状态。

[0004] 在栅极—发射极间电压上升时,存在栅极—发射极间电压为固定的期间。这是对栅极—集电极间电容进行充电的期间,被称为镜像(mirror)期间。在该镜像期间后,栅极—发射极间电压再次开始上升,到达阈值电压。

[0005] 当考虑由于开关损失造成的能量损耗(energy loss)时,优选变为导通时间尽可能短。为了缩短变为导通时间,需要缩短上述的镜像期间,通过加大施加到栅极的电流电压,从而能缩短镜像期间,使功率器件导通。

[0006] 可是,当在开关时加大施加到栅极的电流电压时,EMI (Electromagnetic Interference;电磁干扰)噪声变大,存在对周围的器件等造成不良影响的可能性。

[0007] 如以上那样,难以兼顾抑制开关损失和抑制 EMI 噪声,为了降低 EMI 噪声,牺牲开关损失来进行控制。

[0008] 为了解决该问题,已知以下技术:通过在开关时监视功率器件的栅极电压,并根据栅极—发射极间电压的变化率切换栅极电阻,从而谋求 EMI 噪声降低和开关损失降低的兼顾(参照专利文献 1)。根据专利文献 1,在镜像期间中,进行将栅极电阻切换成比变为导通开始时的电阻值低的电阻值的控制。通过这样做,从而在变为导通初期时向栅极输入小的电流,由此降低 EMI 等噪声,在到达产生噪声少的镜像期间之后切换成大的栅极电流,由此兼顾了开关时间的缩短和噪声的降低。

[0009] 再有,在本说明书中,以下将栅极—发射极间电压仅称为栅极电压。

[0010] 现有技术文献

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献 1:日本特开 2007-166655 号公报。

[0013] 发明要解决的课题

[0014] 在上述的专利文献 1 的技术中,因为需要用于监视栅极电压的电路、用于保护该电路免受浪涌电压等影响的电路,所以存在控制电路的规模变大,并且成本也上升的问题。

[0015] 此外,因为进行监视栅极电压并反馈到控制电路的控制,所以反馈需要一定的时间,存在不能应对高速开关的问题。

发明内容

[0016] 本发明是为了解决以上那样的问题而完成的,其目的在于,提供一种兼顾抑制开关损失和抑制 EMI 噪声并能进行高速开关的低成本的功率器件控制电路。

[0017] 用于解决课题的方案

[0018] 本发明的功率器件控制电路,向功率器件的栅极端子输入栅极驱动信号,其中,具备:控制信号输入电路,接收用于控制功率器件的功率器件控制信号;驱动系统控制电路,连接于控制信号输入电路;驱动电路,从驱动系统控制电路接收驱动电路控制信号来驱动所述功率器件,所述驱动电路具有多个驱动系统;以及定时器电路,在输入规定的信号之后的一定时间后,根据驱动电路控制信号切换驱动系统,由此使驱动系统控制电路的驱动功率器件的驱动能力变化。

[0019] 发明效果

[0020] 根据本发明的功率器件控制电路,通过在使功率器件变为导通时进行以下那样的控制,从而能在不牺牲开关损失的情况下抑制 EMI 噪声:在变为导通开始时,以低的驱动能力进行驱动,在到达镜像期间后,根据驱动电路控制信号切换驱动系统,由此以较高的驱动能力进行驱动。

[0021] 此外,因为利用定时器电路使驱动能力变化,所以不需要监视栅极电压,能实现比较小规模的电路结构。此外,因为不使用反馈控制,所以能应对高速开关。

附图说明

[0022] 图 1 是实施方式 1 的功率器件控制电路的框图。

[0023] 图 2 是实施方式 1 的功率器件控制电路的电路图。

[0024] 图 3 是表示实施方式 1 的功率器件控制电路的工作的图。

[0025] 图 4 是实施方式 2 的功率器件控制电路的框图。

[0026] 图 5 是表示实施方式 2 的功率器件控制电路的工作的图。

[0027] 图 6 是实施方式 3 的功率器件控制电路的框图。

[0028] 图 7 是实施方式 4 的功率器件控制电路的电路图。

具体实施方式

[0029] <实施方式 1>

[0030] <电路结构>

[0031] 在图 1 中示出本实施方式的功率器件控制电路的框图。在功率器件控制电路 200 连接有作为控制对象的功率器件 100 的栅极端子 100a。功率器件 100 例如是连接有续流二极管的 IGBT。

[0032] 接收来自外部的功率器件控制信号 1a 的控制信号输入电路 2 连接于驱动系统控制电路 4。此外,定时器电路 3 接收功率器件控制信号 1a,进行在栅极电压到达镜像电压之前的时间的量的计数,并将定时器信号 1b 输入至驱动系统控制电路 4。

[0033] 驱动电路 5 连接于驱动系统控制电路 4,从驱动系统控制电路 4 接受驱动电路控制信号 1c。将驱动电路 5 的输出输入至功率器件 100 的栅极端子 100a。

[0034] 驱动电路 5 具备多个驱动系统,即,第一驱动系统 5a、第二驱动系统 5b、…、第 n 驱动系统 5c。这些驱动系统根据驱动电路控制信号 1c 进行切换。

[0035] 在图 2 中示出本实施方式的功率器件控制电路 200 的电路例子。驱动系统控制电路 4 由接收控制信号输入电路 2 的输出进行驱动的纵向连接了 MOSFET4a、4b 的发射极跟随器推挽电路(emitter — follower push — pull circuit)和从定时器电路 3 接收定时器信号 1b 进行驱动的 MOSFET4c 构成。再有,MOSFET4a、4b、4c 也可以是其它种类的晶体管。

[0036] 驱动电路 5 由第一驱动系统 5a 和第二驱动系统 5b 构成,第一驱动系统 5a 连接于推挽电路的输出,即 MOSFET4a 的发射极以及 MOSFET4b 的集电极,第二驱动系统 5b 连接于 MOSFET4c 的发射极。此外,第一驱动系统 5a 和第二驱动系统 5b 分别具备电阻元件作为驱动元件。

[0037] 定时器电路 3 是由电阻元件和电容器构成的时间常数电路。通过调整时间常数电路的电阻值和电容器的电容,从而设定成定时器计数时间与在栅极电压到达镜像电压之前的时间相等。

[0038] < 工作 >

[0039] 在图 3 中示出本实施方式的功率器件控制电路 200 的工作顺序。首先,考虑没有定时器电路 3、仅以第一驱动系统 5a 驱动功率器件 100 的情况。在图 3 (c) 中用虚线示出在该情况下的栅极电压的变化。

[0040] 当向控制信号输入电路 2 输入功率器件控制信号 1a 时(图 3 (a)),控制信号输入电路 2 使驱动系统控制电路 4 所具备的 MOSFET4a 导通。于是,经由第一驱动系统 5a 向功率器件 100 的栅极端子 100a 供给偏置电压,对功率器件 100 的栅极—发射极间电容进行充电,由此栅极电压上升。之后,在较长的期间内栅极电压为固定。该期间是对功率器件 100 的栅极—集电极间电容进行充电的期间,被称为镜像期间。经过镜像期间,栅极电压再次上升,功率器件 100 变为导通状态。像这样,由于存在镜像期间导致开关延迟,成为开关损失。

[0041] 因此,在本实施方式中,使用定时器电路 3 切换第二驱动系统 5b 来进行驱动。首先,向控制信号输入电路 2 输入功率器件控制信号 1a(图 3(a)),与此同时也向定时器电路 3 输入功率器件控制信号 1a,定时器电路 3 即时间常数电路的电容器电压开始上升(图 3 (b))。接受了功率器件控制信号 1a 的控制信号输入电路 2 使驱动系统控制电路 4 所具备的 MOSFET4a 导通,使第一驱动系统 5a 有效。由此,以第一驱动系统 5a 的驱动能力向功率器件 100 的栅极端子 100a 施加电压,栅极电压开始上升(图 3 (c))。在栅极电压到达镜像电压的同时,在经过了定时器设定时间的定时器电路 3 即时间常数电路中,电容器的充电完成,MOSFET4c 变为导通,第二驱动系统 5b 变为有效。

[0042] 因此,在切换第二驱动系统 5b 后,利用第一驱动系统 5a 以及第二驱动系统 5b 向功率器件 100 的栅极—发射极间施加较大的电压,以高的驱动能力进行驱动。通过切换成高的驱动能力进行驱动,从而能快速地进行栅极—集电极间电容以及栅极—发射极间电容的充电,缩短镜像期间。

[0043] 此外,作为本实施方式的变形例,定时器电路 3 也可以是用微控制器(microcontroller)等的数字信号进行工作的电路。

[0044] < 效果 >

[0045] 本实施方式的功率器件控制电路 200,向功率器件 100 的栅极端子 100a 输入栅极

驱动信号,其中,具备:控制信号输入电路 2,接收用于控制功率器件 100 的功率器件控制信号 1a;驱动系统控制电路 4,连接于控制信号输入电路 2;驱动电路 5,从驱动系统控制电路 4 接收驱动电路控制信号 1c 来驱动功率器件 100,上述驱动电路 5 具有多个驱动系统,即第一~第 n 驱动系统 5a、5b、5c;以及定时器电路 3,在输入规定的信号、即功率器件控制信号 1a 之后的一定时间后,根据驱动电路控制信号 1c 切换驱动系统,由此使驱动系统控制电路 4 的对功率器件 100 进行驱动的驱动能力变化。

[0046] 因此,在变为导通开始时,利用第一驱动系统 5a 以低的驱动能力进行驱动,由此抑制 EMI 噪声的产生,在到达镜像期间后,根据驱动电路控制信号 1c 切换驱动系统,由此利用将第一驱动系统 5a 和第二驱动系统 5b 合并起来的高的驱动能力进行驱动,由此,能缩短镜像期间,并能抑制开关损失。此外,本实施方式的功率器件控制电路 200 由于不像专利文献 1 那样进行监视栅极电压的反馈控制,所以能应对高速开关。此外,由于不像专利文献 1 那样需要用于监视栅极电压的监视电路、用于保护其免受浪涌电压等影响的保护电路,所以能降低成本。进而,由于在栅极电压到达镜像电压之前的时间由功率器件控制电路 200 的特性决定,所以将该时间作为定时器电路 3 的定时器计数时间,由此能进行高精度的控制。

[0047] 此外,输入至本实施方式的功率器件控制电路 200 所具备的定时器电路 3 的规定的信号是功率器件控制信号 1a。因此,能将功率器件控制信号 1a 输入至功率器件控制电路 200 并且开始计数。

[0048] 此外,特征在于,本实施方式的功率器件控制电路 200 所具备的定时器电路 3 是时间常数电路。因此,能如图 2 那样以电阻元件和电容器构成,因此能以较少的电路元件形成,能减小电路规模。

[0049] 此外,特征在于,本实施方式的功率器件控制电路 200 所具备的各驱动系统输出恒定电压。因此,各驱动系统能仅用电阻元件驱动功率器件 100。因此,能减小电路规模,并且能降低成本。进而,因为能降低部件数,所以能降低产品的不合格率。

[0050] 此外,在本实施方式的功率器件控制电路 200 中,特征在于,各驱动系统分别具备相同或同种驱动元件。因此,使各驱动系统所具备的驱动元件相同或者为同种,由此通过把握 1 个驱动元件的特性,从而也能把握其它驱动元件的特性。此外,即使在驱动系统具备并联连接的驱动元件的情况下,也能把握其特性。此外,驱动元件的特性偏差也变得容易把握。

[0051] 此外,在本实施方式的功率器件控制电路 200 中,特征在于,驱动系统的个数为 2。因此,为了切换驱动系统来使驱动能力变化,驱动系统的个数最小为 2。因此,作为驱动电路 5 的结构,本实施方式的电路结构是最小的结构,因此能减小电路规模,并且能降低成本。进而,能利用部件数的降低来降低产品的不合格率。

[0052] 此外,作为本实施方式的功率器件控制电路 200 的变形例,也可以对定时器电路 3 采用以数字信号进行工作的电路。因此,通过对定时器电路 3 采用微控制器等的电路,从而能进行高精度的时间控制,此外,与时间常数电路相比,时间设定也变得容易。此外,即使在将功率器件控制电路 200 内置于 IC 的情况下,也能进行时间设定。

[0053] <实施方式 2>

[0054] 在图 4 中示出本实施方式的功率器件控制电路 200 的框图。虽然在实施方式 1 中

输入了功率器件控制信号 1a 作为对定时器电路 3 的输入信号,但是,在本实施方式中,不同之处在于,输入驱动电路控制信号 1c。因为其它电路结构与实施方式 1 相同,所以省略说明。

[0055] 图 4 的定时器电路 3 与实施方式 1 相同,是时间常数电路,并以在输入驱动电路控制信号 1c 之后到栅极电压到达镜像电压之前的时间为定时器计数时间的方式预先进行设定。

[0056] 在图 5 中示出本实施方式的功率器件控制电路 200 的工作顺序。虽然在实施方式 1 (图 3) 中,在将功率器件控制信号 1a 输入至控制信号输入电路 2 的同时,定时器电路 3 开始计数,但是在本实施方式中,在比这晚的定时,即在将驱动电路控制信号 1c 输入至驱动电路 5 的定时,定时器电路 3 开始计数。因为其它工作与图 3 相同,所以省略说明。

[0057] < 效果 >

[0058] 输入至本实施方式的功率器件控制电路 200 所具备的定时器电路 3 的规定的信号是驱动电路控制信号 1c。因此,当与实施方式 1 相比时,定时器电路 3 的定时器计数时间短,因此能减小构成时间常数电路的电容器的电容器电容,因此能实现电路的小型化、低成本化。此外,计数时间变短,由此计数时间的偏差变小,能进行高精度的控制。

[0059] < 实施方式 3 >

[0060] 在图 6 中示出本实施方式的功率器件控制电路 200 的框图。与实施方式 1 以及实施方式 2 不同,具备 2 个定时器电路。通过在第一定时器电路 6 和第二定时器电路 7 中错开地设定定时器计数时间,从而产生将定时器信号 1d、1e 输入至驱动系统控制电路 4 的时间差,利用该时间差,能阶段性地切换第一~第 n 驱动系统 5a、5b、5c。

[0061] 在本实施方式的功率器件控制电路 200 中,特征在于,具备多个定时器电路。因此,能多次切换驱动系统,与实施方式 1 以及实施方式 2 相比能平滑地使驱动能力变化,因此能进行更理想的栅极电压控制。

[0062] < 实施方式 4 >

[0063] 在图 7 中示出本实施方式的功率器件控制电路的电路图。虽然在实施方式 1 中,通过在驱动电路 5 的各驱动系统连接电阻元件,从而成为恒定电压输出,但是在本实施方式中,与实施方式 1 的不同之处在于,第一驱动系统 5a 以及第二驱动系统 5b 输出恒定电流。

[0064] 在图 7 中,在第一驱动系统 5a 以及第二驱动系统 5b 未连接驱动元件,仅为连接线,直接输出 MOSFET4a、4c 的输出电流,成为恒定电流输出,但是也可以例如在各驱动系统还连接 MOSFET 等晶体管,进行电流放大,成为恒定电流输出。

[0065] 与实施方式 1 同样地,在变为导通初期,仅以第一驱动系统 5a 的驱动能力、即 MOSFET4a 的输出电流进行驱动。在一定时间后,即,在栅极电压到达镜像电压的同时,利用定时器电路 3 使 MOSFET4c 变为导通,第二驱动系统 5b 变为有效。以后,以利用将第一驱动系统 5a 和第二驱动系统 5b 合并起来的输出电流进行驱动的方式使驱动能力变化。因此,以与实施方式 1 的图 3 同样的工作顺序进行变为导通。

[0066] < 效果 >

[0067] 在本实施方式的功率器件控制电路 200 中,特征在于,第一驱动系统 5a 以及第二驱动系统 5b 输出恒定电流。因此,利用恒定电流驱动进行功率器件 100 的变为导通,因此对功率器件 100 的栅极-发射极电容以及栅极-集电极电容以恒定电流进行充电。因此,

栅极电压相对于时间呈线性变化,因此栅极电压的控制变得容易。

[0068] <实施方式 5>

[0069] 本实施方式的功率器件控制电路是在实施方式 1~4 的任一个中进行了说明的功率器件控制电路 200,其整体内置于 1 个 IC、或者分散地内置于多个 IC。

[0070] 本实施方式的功率器件控制电路的特征在于,其整体内置于 1 个 IC、或者分散地内置于多个 IC。因此,通过进行 IC 化,从而电路规模变小,能实现小型化。此外,通过将电路 IC 化来减少部件数,从而能降低不合格率,此外,还能降低制造成本。

[0071] <实施方式 6>

[0072] 本实施方式的功率器件电路以在实施方式 1~4 的任一个中进行了说明的功率器件控制电路 200 和利用其进行驱动的功率器件 100 构成。作为功率器件电路,例如考虑 IPM (Intelligent Power Module:智能功率模块)。功率器件 100 例如像实施方式 1 中所叙述的那样,以 IGBT 和续流二极管构成。

[0073] 此外,作为本实施方式的功率器件电路的变形例,功率器件 100 也可以是以 Si、SiC、GaN 的任一种为材料的 RC-IGBT (也称为反向导通 IGBT)。

[0074] 本实施方式的功率器件电路具备实施方式 1~4 的任一个所记载的功率器件控制电路 200 和与功率器件控制电路 200 连接的功率器件 100。因此,通过将功率器件控制电路 200 和功率器件 100 配置在同一电路中,例如,做成 IPM,从而能利用元件间的布线缩短来降低噪声,此外,还能减少部件数。

[0075] 此外,特征在于,本实施方式的功率器件 100 以 SiC 或者 GaN 为材料。因此,由于 SiC 以及 GaN 与 Si 相比耐电压性高,所以能实现功率器件 100 的小型化,因此能将功率器件电路小型化。此外,由于与 Si 相比,能实现在更高温下的工作、更高速的工作,所以例如在功率器件电路为 IPM 的情况下,能简化 IPM 自身或者配设 IPM 的装置的散热构造。

[0076] 此外,特征在于,本实施方式的功率器件 100 具备二极管,该二极管以 SiC 或者 GaN 为材料。因此,由于 SiC 以及 GaN 与 Si 相比耐电压性高,所以能将二极管小型化,能将功率器件电路小型化。

[0077] 此外,作为本实施方式的功率器件电路的变形例,功率器件 100 是以 Si、SiC、GaN 的任一种为材料的 RC-IGBT。因此,与在另外的芯片中使用二极管和功率器件的情况相比,电路规模变小,此外,电路的装配也变得容易。

[0078] 再有,本发明在其发明范围内,能自由地组合各实施方式、或者能适当地对各实施方式进行变形、省略。

[0079] 附图标记的说明:

[0080] 1a 功率器件控制信号、1b 定时器信号、1c 驱动电路控制信号、1d 第一定时器信号、1e 第二定时器信号、2 控制信号输入电路、3 定时器电路、4 驱动系统控制电路、5 驱动电路、5a 第一驱动系统、5b 第二驱动系统、5c 第 n 驱动系统、6 第一定时器电路、7 第二定时器电路、100 功率器件、100a 栅极端子、200 功率器件控制电路。

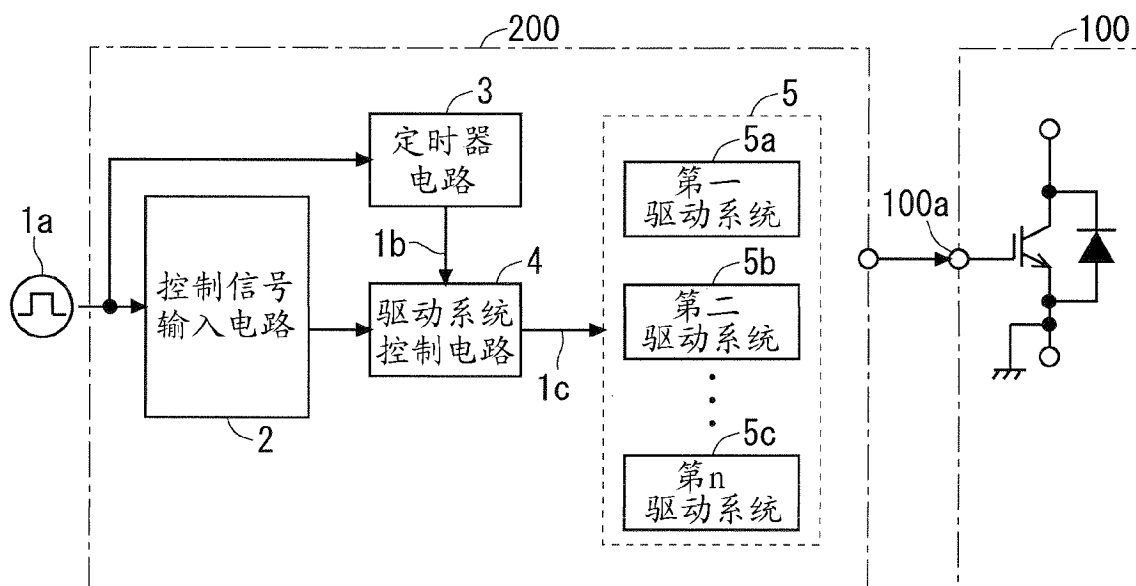


图 1

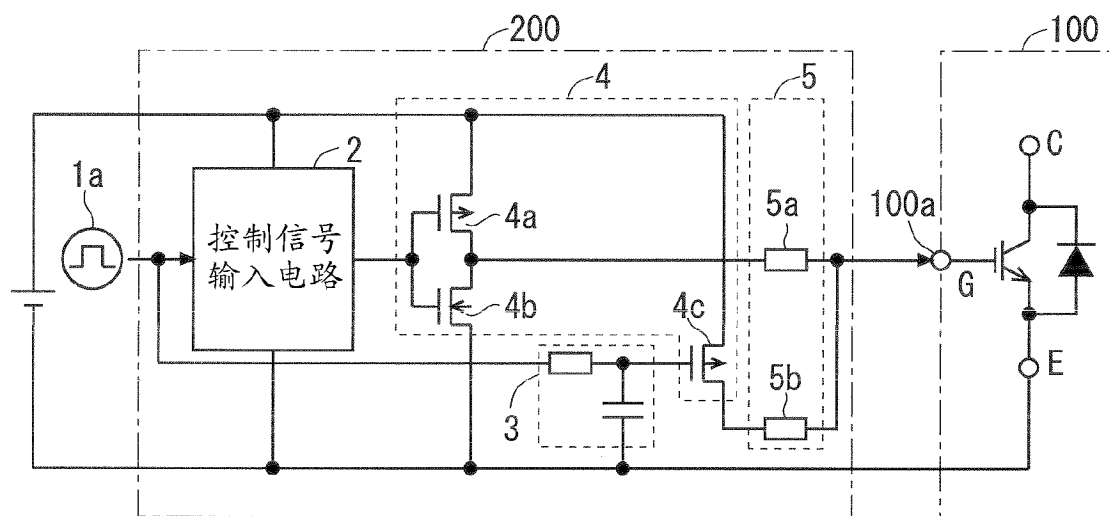


图 2

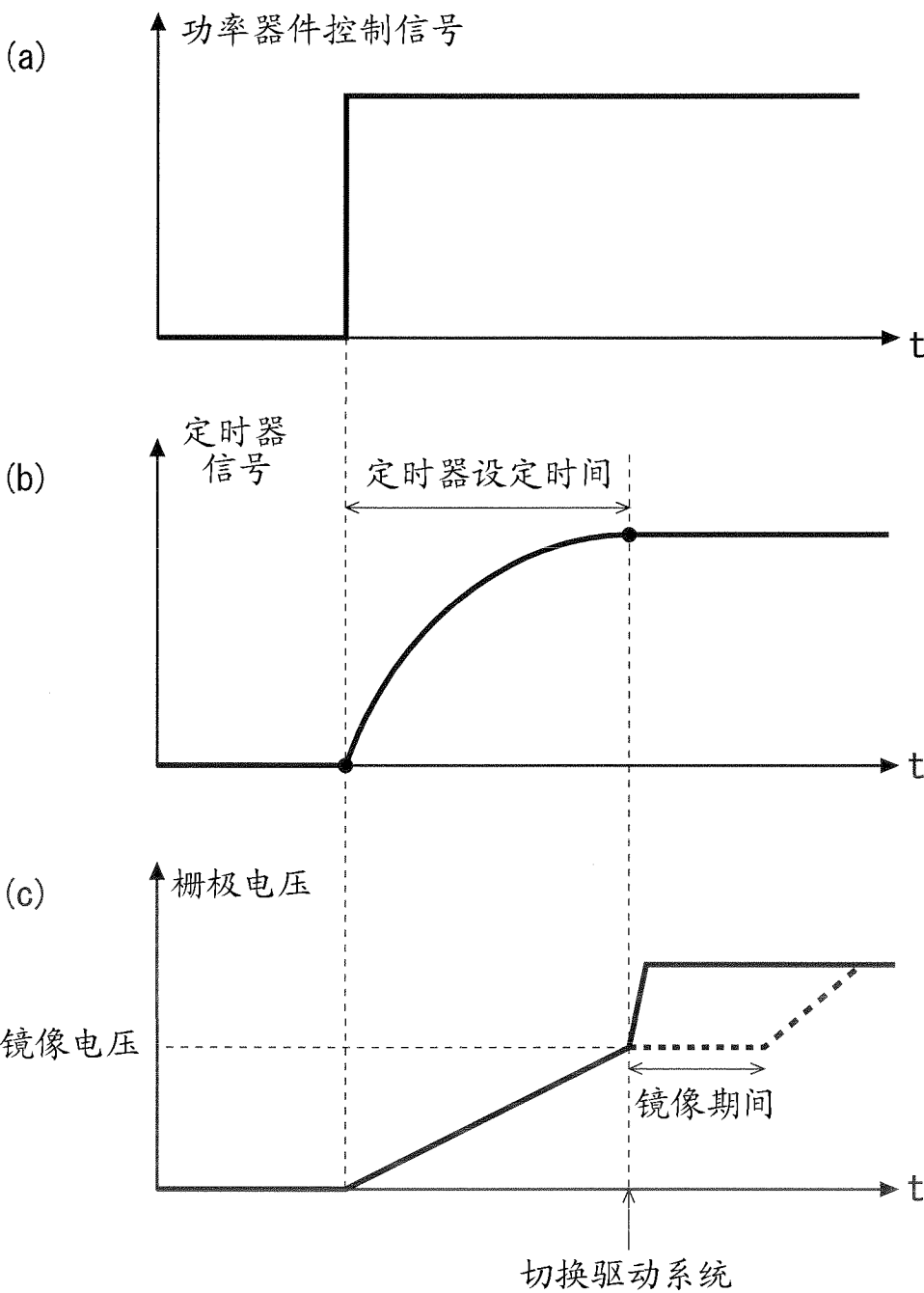


图 3

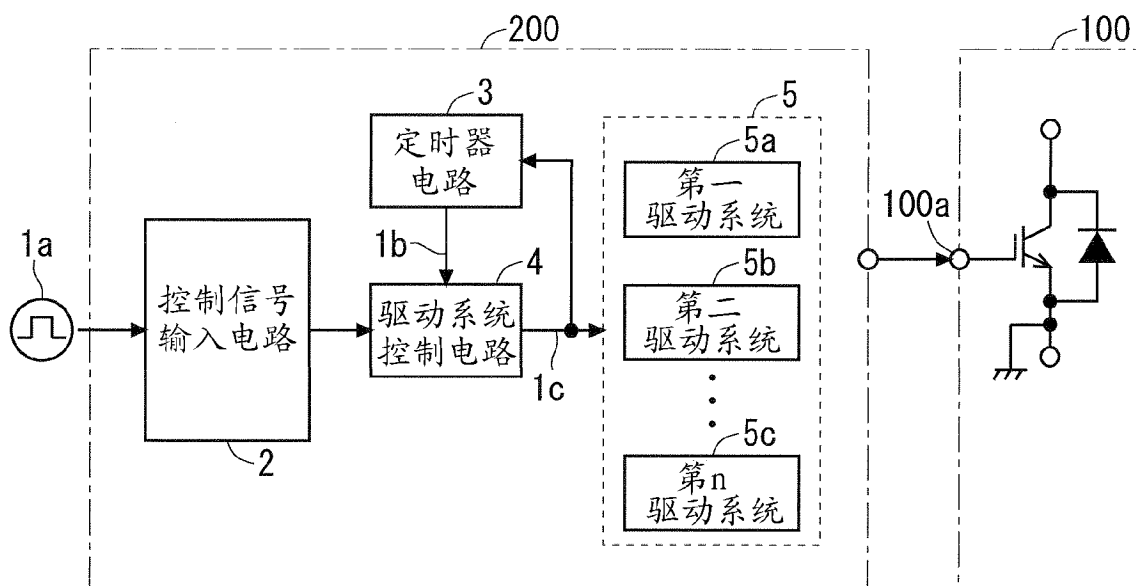


图 4

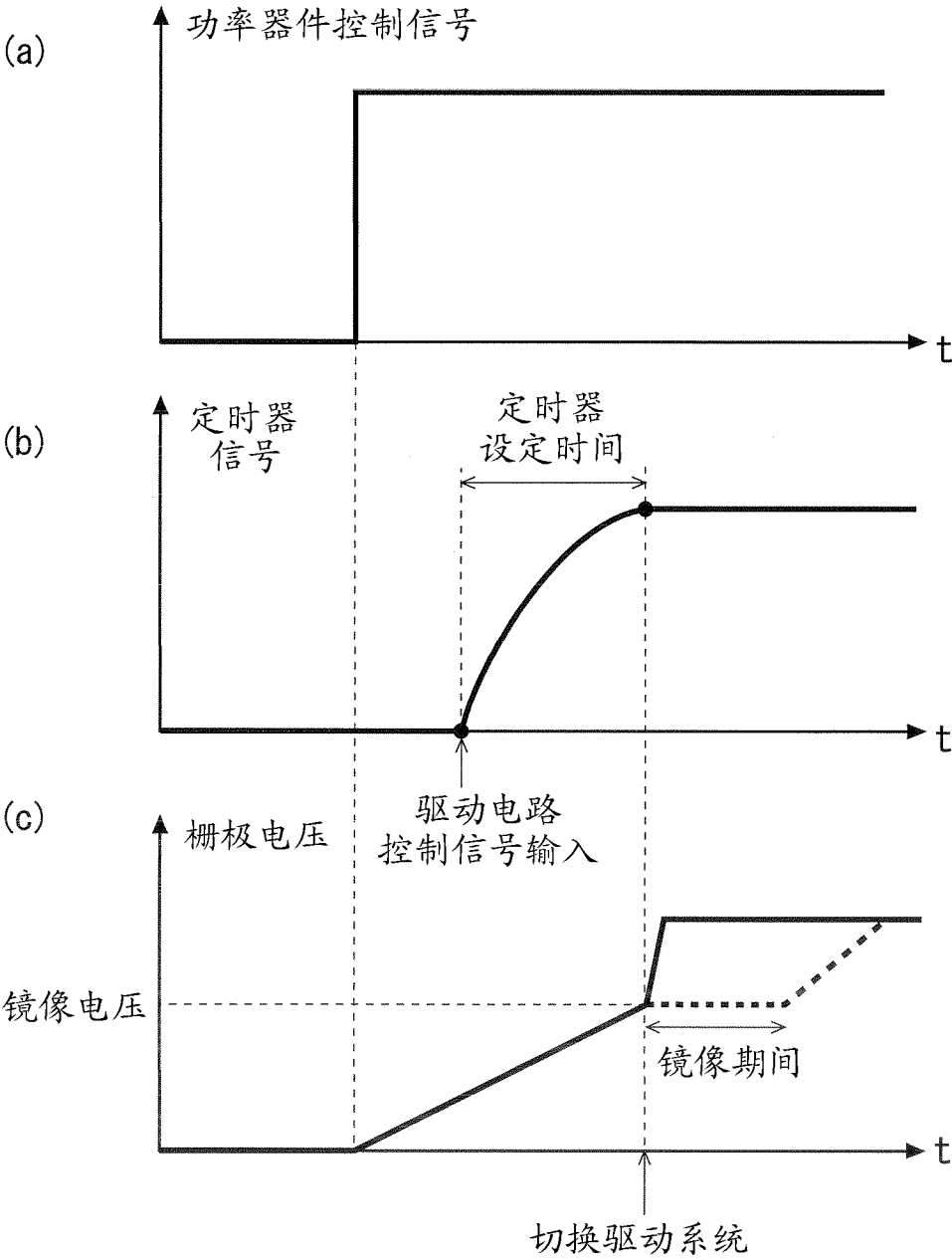


图 5

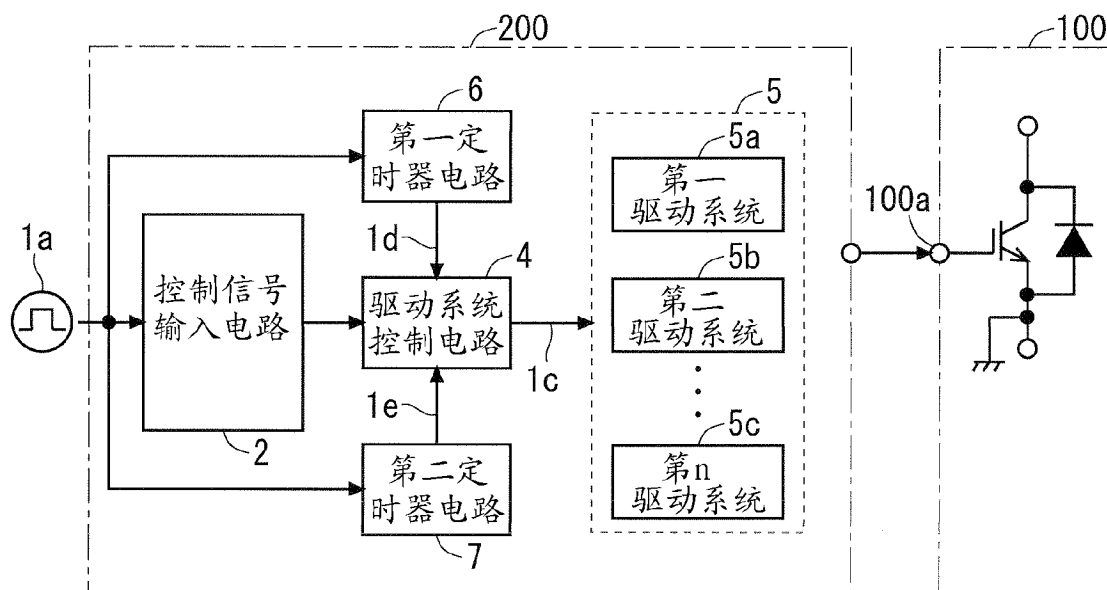


图 6

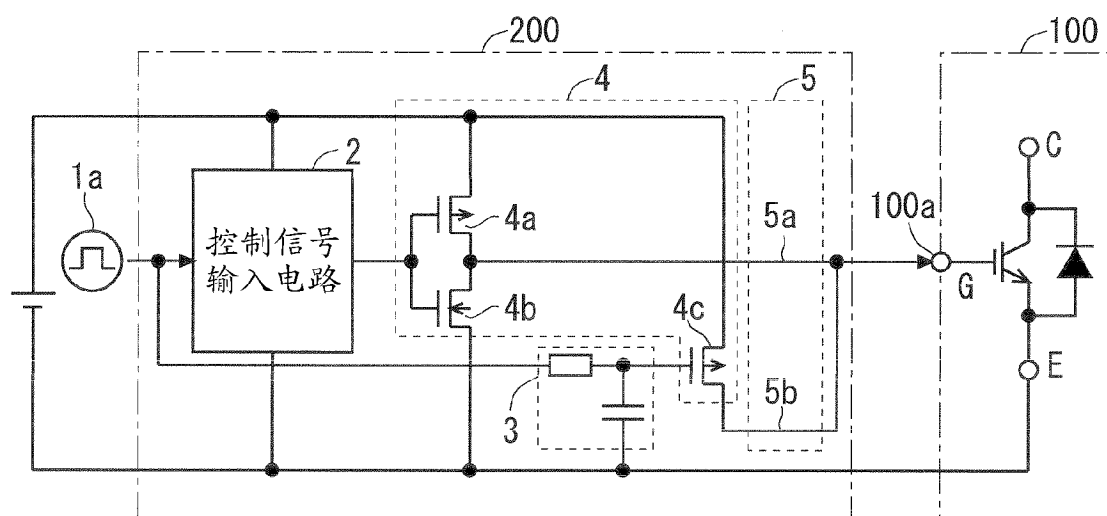


图 7