



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101997464 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 13

(21) 申请号 200910167367. 1

JP 特开 2008-306915 A, 2008. 12. 18, 全文.

(22) 申请日 2009. 08. 21

JP 特开 2003-164190 A, 2003. 06. 06, 全文.

(73) 专利权人 台达电子工业股份有限公司

审查员 樊春燕

地址 中国台湾桃园县

(72) 发明人 林建升 唐仲宏 马文川

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 史新宏

(51) Int. Cl.

H02P 6/16 (2006. 01)

## (56) 对比文件

CN 100426651 C, 2008. 10. 15, 说明书第 4 页  
倒数第 2 段—第 5 页第 4 段, 第 6 页第 2-4 段,  
及图 6、7.

CN 1801596 A, 2006. 07. 12, 全文.

CN 101291131 A, 2008. 10. 22, 全文.

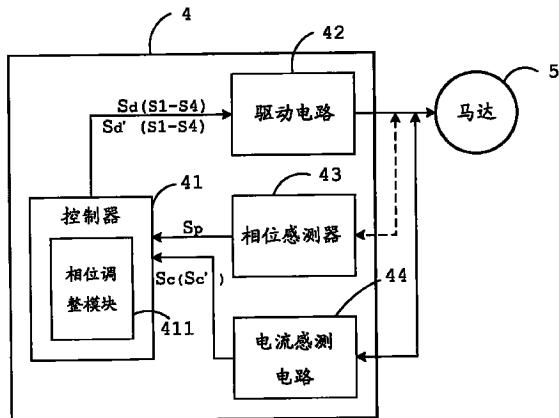
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

## (54) 发明名称

马达控制装置

## (57) 摘要

一种马达控制装置,包括一相位感测电路、一电流感测电路、一控制器及一驱动电路。驱动电路接收第一驱动信号,并依据第一驱动信号控制该马达的磁极的相位切换,以驱动该马达运转;相位感测电路感测马达运转时的磁极的相位切换以产生一切换相位信号输出至控制器;电流感测电路感测通过马达的电流,以产生一电流相位信号输出至控制器;控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号之间的相位差异以产生一第二驱动信号输出至驱动电路,该驱动电路依据第二驱动信号控制马达的磁极的相位切换,以驱动马达运转。



1. 一种马达控制装置,电性连接一马达,其包括:

一驱动电路,接收一第一驱动信号,并依据该第一驱动信号控制该马达的磁极的相位切换,以驱动该马达运转;

一相位感测器,用以感测该马达运转时的该磁极的相位切换以产生一切换相位信号;

一电流感测电路,用以感测通过该马达的一线圈的电流,以产生一电流相位信号;

一控制器,分别接收该切换相位信号及该电流相位信号,该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差,并依据该相位差调整该第一驱动信号以产生一第二驱动信号,并输出该第二驱动信号至该驱动电路,以驱动该马达运转,

其中该控制器包括一相位调整模块,该相位调整模块分别接收该切换相位信号及该电流相位信号,该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差,并依据该相位差调整该第一驱动信号的相位以产生一第二驱动信号,

其中该驱动电路为一全桥电路,包括第一开关元件、第二开关元件、第三开关元件及第四开关元件,该些开关元件电连接于该马达的该线圈与该控制器之间,

其中该电流感测电路包括一第一电阻及一第一比较器,该第一电阻的第一端电性连接该马达的该线圈,该第一电阻的第二端则电性连接该驱动电路的该第一开关元件及该第三开关元件,该第一比较器的第一输入端及第二输入端分别电性连接一第二电阻及一第三电阻后再分别电性连接该第一电阻的该第一端及该第二端,该第一比较器的输出端则电性连接该控制器。

2. 根据权利要求 1 所述的马达控制装置,其中该控制器分别输出该些第二驱动信号至该些开关元件,该些开关元件并依据该些第二驱动信号轮流开启或关闭,以驱动该马达的该磁极相位切换而运转。

3. 根据权利要求 1 所述的马达控制装置,其中该电流感测电路还包括一第二比较器,该第一比较器的输出端则电性连接该第二比较器的第一输入端,该第二比较器的第二输入端则电性连接一第四电阻的第一端及一第五电阻的第一端,该第四电阻的第二端接地,该第五电阻的第二端电性连接一电源后接地,该第二比较器的输出端则电性连接该控制器。

4. 一种马达控制装置,电性连接一马达,其包括:

一驱动电路,接收一第一驱动信号,并依据该第一驱动信号控制该马达的磁极的相位切换,以驱动该马达运转;

一相位感测器,用以感测该马达运转时的该磁极的相位切换以产生一切换相位信号;

一电流感测电路,用以感测通过该马达的一线圈的电流,以产生一电流相位信号;

一控制器,分别接收该切换相位信号及该电流相位信号,该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差,并依据该相位差调整该第一驱动信号以产生一第二驱动信号,并输出该第二驱动信号至该驱动电路,以驱动该马达运转,

其中该控制器包括一相位调整模块,该相位调整模块分别接收该切换相位信号及该电流相位信号,该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差,并依据该相位差调整该第一驱动信号的相位以产生一第二驱动信号,

其中该驱动电路为一全桥电路,包括第一开关元件、第二开关元件、第三开关元件及第四开关元件,该些开关元件电连接于该马达的该线圈与该控制器之间,

其中该电流感测电路包括一第六电阻、一第七电阻及一第一比较器,该第六电阻的第

一端及该第七电阻的第一端分别电性连接该第三开关元件的源极及该第四开关元件的源极,该第六电阻第二端及该第七电阻第二端接地;该第一比较器的第一输入端及第二输入端分别电性连接一第二电阻及一第三电阻后再分别电性连接该第六电阻的该第一端及该第七电阻的该第一端,该第一比较器的输出端则电性连接该控制器。

5. 根据权利要求 4 所述的马达控制装置,其中该电流感测电路包括一第二比较器,该第一比较器的输出端则电性连接该第二比较器的第一输入端,该第二比较器的第二输入端则电性连接一第四电阻的第一端及一第五电阻的第一端,该第四电阻的第二端接地,该第五电阻的第二端电性连接一电源后接地,该第二比较器的输出端则电性连接该控制器。

6. 根据权利要求 4 所述的马达控制装置,其中该控制器分别输出该些第二驱动信号至该些开关元件,该些开关元件并依据该些第二驱动信号轮流开启或关闭,以驱动该马达的该磁极相位切换而运转。

## 马达控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明是关于一种使马达的切换相位信号与电流相位信号的相位同步，藉以提高马达运转效率的马达控制装置。

### 背景技术

[0002] 已知马达是通过一定子与一转子相对设置，利用其磁力的吸引以及磁场的变化，使得转子相对于定子转动。其中，磁场的变化即是代表马达磁极的换相（commutation）动作。如图1所示，目前较常用的是利用电子式换相器来作马达2换相的动作。电子式换相器主要是利用霍尔感测器13(Hall sensor) 来感应马达2的磁极位置（或磁场变化）以判断转子的位置，驱动IC11并依据霍尔感测器13感测的切换相位信号(Sp)以输出一驱动信号(Sd)至驱动电路12以控制马达2的定子的线圈电流相互切换，而达到换相的目的。

[0003] 再者，利用霍尔感测器13来感应磁场变化是与马达2的转速以及霍尔感测器13的设置位置有关，故霍尔感测器13必须调整在最佳位置才能作精确的感测。如图2所示，传统无刷直流马达2为提升高转速下的马达2效率，皆会将霍尔感测器13的设置位置提前摆置（马达2的硅钢片的槽开口间，且较靠近其中一硅钢片）以提前换相，进而达成提升马达2在额定转速下高效率的功效，如图3A的电流波形Si(效率较好的电流波形较为平整)。

[0004] 然而当马达2转速改变时，霍尔感测器13并无法自动调整至适当的位置，因此，若将马达2转速控制在较低转速下，则马达2效率偏离最佳化，电流波形S i也不平整；如图3B及图3C所示，或者当负载变动（风扇处于背压下）或电压源变动时，即有可能使霍尔感测器13(Hall sensor) 感测的切换相位信号Sp的磁场相位为超前（leading）或落后（lagging），同样造成马达2效率偏离最佳效率点，且由电流波形Si可看出马达2的电流是呈现超前（前翘）或滞后（后翘），如此一来，驱动IC11恐会输出不适当的驱动信号Sd至驱动电路12，使马达2换相不顺畅及产生噪音，且当马达2是应用于风扇时，也将会造成风扇的散热效率下降。

### 发明内容

[0005] 有鉴于上述课题，本发明的目的为提供一种可以提高马达运转效率及降低马达运转噪音（震动）的马达控制装置及其方法。

[0006] 为达上述目的，本发明提供一种马达控制装置，电性连接一马达，其包括：一驱动电路，接收一第一驱动信号，并依据该第一驱动信号控制该马达的磁极的相位切换，以驱动该马达运转；一相位感测器，用以感测该马达运转时的该磁极的相位切换以产生一切换相位信号；一电流感测电路，用以感测通过该马达的一线圈的电流，以产生一电流相位信号；一控制器，分别接收该切换相位信号及该电流相位信号，该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差，并依据该相位差调整该第一驱动信号以产生一第二驱动信号，并输出该第二驱动信号至该驱动电路，以驱动该马达运转，其中该控制器包括一相位调整模块，该相位调整模块分别接收该切换相位信号及该电流相位信号，该控制器比较该

切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差，并依据该相位差调整该第一驱动信号的相位以产生一第二驱动信号，其中该驱动电路为一全桥电路，包括第一开关元件、第二开关元件、第三开关元件及第四开关元件，该些开关元件电连接于该马达的该线圈与该控制器之间，其中该电流感测电路包括一第一电阻及一第一比较器，该第一电阻的第一端电性连接该马达的该线圈，该第一电阻的第二端则电性连接该驱动电路的该第一开关元件及该第三开关元件，该第一比较器的第一输入端及第二输入端分别电性连接一第二电阻及一第三电阻后再分别电性连接该第一电阻的该第一端及该第二端，该第一比较器的输出端则电性连接该控制器。

[0007] 为达上述目的，本发明还提供一种马达控制装置，电性连接一马达，其包括：一驱动电路，接收一第一驱动信号，并依据该第一驱动信号控制该马达的磁极的相位切换，以驱动该马达运转；一相位感测器，用以感测该马达运转时的该磁极的相位切换以产生一切换相位信号；一电流感测电路，用以感测通过该马达的一线圈的电流，以产生一电流相位信号；一控制器，分别接收该切换相位信号及该电流相位信号，该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差，并依据该相位差调整该第一驱动信号以产生一第二驱动信号，并输出该第二驱动信号至该驱动电路，以驱动该马达运转，其中该控制器包括一相位调整模块，该相位调整模块分别接收该切换相位信号及该电流相位信号，该控制器比较该切换相位信号及该电流相位信号以取得一相位差，并依据该相位差调整该第一驱动信号的相位以产生一第二驱动信号，其中该驱动电路为一全桥电路，包括第一开关元件、第二开关元件、第三开关元件及第四开关元件，该些开关元件电连接于该马达的该线圈与该控制器之间，其中该电流感测电路包括一第六电阻、一第七电阻及一第一比较器，该第六电阻的第一端及该第七电阻的第一端分别电性连接该第三开关元件的源极及该第四开关元件的源极，该第六电阻第二端及该第七电阻第二端接地；该第一比较器的第一输入端及第二输入端分别电性连接一第二电阻及一第三电阻后再分别电性连接该第六电阻的该第一端及该第七电阻的该第一端，该第一比较器的输出端则电性连接该控制器。

[0008] 承上所述，本发明的马达控制方法利用控制器依据所感测马达的切换相位信号及电流相位信号之间的相位差异以调整原先的第一驱动信号，并输出调整后的第二驱动信号以驱动马达，使马达无论在不同的转速下运转，或是在电源端或负载有变动的状况下，将永续地且迅速地依据反馈的感测信号所取出的误差值给予马达的驱动信号作实时且适当的相位修正，使马达的切换相位信号的相位及电流相位信号的相位同步，藉此，使马达有较佳的运转效率及平整状态的电流波形。

## 附图说明

- [0009] 图 1 为已知马达控制装置的电路方块图。
- [0010] 图 2 为已知霍尔感测器设置于马达定子的设置位置示意图。
- [0011] 图 3A 至图 3C 为图 1 的马达控制装置反应马达在额定电压及转速、电压升高及电压降低时的各种信号的波形示意图。
- [0012] 图 4 为本发明马达控制装置的电路方块图。
- [0013] 图 5 为本发明马达控制装置第一实施例的电路示意图。
- [0014] 图 6A 为本发明电流感测电路（不包括第一电阻 R1）第一实施例的部分电路图。

[0015] 图 6B 为本发明电流感测电路（不包括第六电阻 R6 及第七电阻）第二实施例的部分电路图。

[0016] 图 7 为本发明马达控制装置第二实施例的电路示意图。

[0017] 图 8 为本发明电流感测电路产生电流相位信号的波形示意图。

[0018] 图 9 为本发明马达控制装置进行相位超前修正后的各种信号的波形示意图。

[0019] 图 10 为本发明马达控制装置进行相位落后修正后的各种信号的波形示意图。

[0020] [ 主要元件标号说明 ]

|        |                   |                 |
|--------|-------------------|-----------------|
| [0021] | 1..... 马达控制装置     | 11..... 驱动 IC   |
| [0022] | 12..... 驱动电路      | 13..... 霍尔感测器   |
| [0023] | 2..... 马达         | 4..... 马达控制装置   |
| [0024] | 41..... 控制器       | 411... 相位调整模块   |
| [0025] | 42..... 驱动电路      | 43..... 相位感测电路  |
| [0026] | 44..... 电流感测电路    | 441... 第一比较器    |
| [0027] | 442... 第二比较器      | 5..... 马达       |
| [0028] | SW1-SW4..... 开关元件 | L..... 线圈       |
| [0029] | D..... 漏极         | S..... 源极       |
| [0030] | G..... 栅极         | R1-R7... 电阻     |
| [0031] | Vcc... 电源         | Sp..... 切换相位信号  |
| [0032] | Sc、Sc' ... 电流相位信号 | Sd..... 第一驱动信号  |
| [0033] | Sd' ... 第二驱动信号    | Si..... 电流波形    |
| [0034] | S1-S4..... 驱动信号   | Va、Vb..... 电压信号 |

### 具体实施方式

[0035] 以下将参照相关图式，说明依据本发明较佳实施例的马达控制装置及其方法。

[0036] 请参照图 4，本发明较佳实施例的马达控制装置 4 电性连接一马达 5，其包括一控制器 41、一驱动电路 42、一相位感测电路 43 及一电流感测电路 44，其中控制器 41 分别电性连接驱动电路 42、相位感测电路 43 及电流感测电路 44，驱动电路 42 电性连接马达 5，电流感测电路 44 分别电性连接马达 5 及驱动电路 42，而马达 4 可为一无刷直流马达。

[0037] 配合图 5 所示，驱动电路 42 例如是一全桥 (H 桥) 电路，其至少包括上桥的第一开关元件 (SW1)、第二开关元件 (SW2) 及下桥的第三开关元件 (SW3)、第四开关元件 (SW4)，该些开关元件 (SW1-SW4) 电连接于马达 5 的线圈 (L) 与控制器 41 之间，而该些开关元件 (SW1-SW4) 可以是一金属氧化物半导体场效应晶体管 (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET)，例如：第一开关元件 (SW1) 及第二开关元件 (SW2) 可以为 PMOS (代表此元件的通道为 P-type)，第三开关元件 (SW3) 及第四开关元件 (SW4) 可以为 NMOS (代表此元件的通道为 N-type)。而上述全桥电路的元件电性连接关系为：上桥的第一开关元件 (SW1) 的漏极 (D) 及第二开关元件 (SW2) 的漏极 (D) 分别电性连接于马达 5 的线圈 (L) 的两端，该第一开关元件 (SW1) 的源极 (S)、第二开关元件 (SW2) 的源极 (S) 分别电性连接于电源 (Vcc)，该第一开关元件 (SW1) 的栅极 (G)、第二开关元件 (SW2) 的栅极 (G) 分别电性连接于控制器 41；而下桥的第三开关元件 (SW3) 的漏极 (D)、第四开关元件

(SW4) 的漏极 (D) 分别电性连接于马达 5 的线圈 (L) 的两端及分别电性连接该上桥的第一开关元件 (SW1) 的漏极 (D) 与第二开关元件 (SW2) 的漏极 (D), 第三开关元件 (SW3) 的栅极 (G)、第四开关元件 (SW4) 的栅极 (G) 分别电性连接于控制器 41, 第三开关元件 (SW3) 的源极 (S)、第四开关元件 (SW4) 的源极 (S) 电性连接于接地端。

[0038] 相位感测电路 43 可以是霍尔感测元件 (Hall-effect) 或光耦合器等, 本实施例中以霍尔感测元件为例做说明, 其中霍尔感测元件设置于马达 5 的硅钢片的槽开口中间 (磁极与磁极之间), 用以感测马达 5 运转时的磁极的相位切换以产生切换相位信号 (Sp) 传送至控制器 41 的第一输入端。

[0039] 再配合图 5 及图 6A 所示, 该电流感测电路 44 用以感测通过马达 5 的线圈 (L) 的电流大小以产生一电流相位信号 (Sc) 输出至控制器 41 的第二输入端。其中电流感测电路 44 可以包括第一电阻 (R1)、第二电阻 (R2)、第三电阻 (R3) 及第一比较器 441, 第一电阻 (R1) 的第一端 (如图 5 所示的 b 端) 电性连接马达 5 的线圈 (L), 第一电阻 (R1) 的第二端 (如图 5 所示的 a 端) 则电性连接第一开关元件 (SW1) 的漏极 (D) 及第三开关元件 (SW3) 的漏极 (D)。第一比较器 441 的第一输入端及第二输入端分别电性连接第二电阻 (R2) 与第三电阻 (R3) 后再分别电性连接第一电阻 (R1) 的第一端及第二端, 第一比较器 441 的输出端则电性连接控制器 41 的第二输入端。

[0040] 如图 6B 所示, 若为了降低第一比较器 441 输出的电流相位信号 (Sc) 的噪声以取得较佳的电流相位信号 (Sc'), 即可在第一比较器 441 的输出端再连接一第二比较器 442 的第一输入端, 而第二比较器 442 的第二输入端则电性连接第四电阻 (R4) 的第一端及第五电阻 (R5) 的第一端, 而第四电阻 (R4) 的第二端接地, 第五电阻 (R5) 的第二端则电性连接电源 (Vcc) 后接地, 第二比较器 442 的输出端电性连接控制器 41 的第二输入端。于上述实施例中, 第二电阻 (R2) 及第三电阻 (R3) 的电阻值可以是很低, 例如是  $0.1\Omega$  (欧姆), 而第五电阻 (R6) 及第六电阻 (R7) 的电阻值可以为相同。

[0041] 再者, 电流感测电路 44 与驱动电路 42 之间的电路连接方式还可以如图 7 的实施例所示, 其虽然电路连接方式不同, 但同样能取得该电流相位信号 (Sc 或 Sc') ; 其中电流感测电路 44 包括第二电阻 (R2)、第三电阻 (R3)、第六电阻 (R6)、第七电阻 (R7) 及第一比较器 441, 该第六电阻 (R6) 的第一端 (图 7 中的 a 端) 及第七电阻 (R7) 的第一端 (图 7 中的 b 端) 分别电性连接第三开关元件 (SW3) 的源极 (S) 及第四开关元件 (SW4) 的源极 (S), 而第六电阻 (R6) 的第二端及第七电阻 (R7) 的第二端则接地; 第一比较器 441 的第一输入端及第二输入端分别电性连接第二电阻 (R2) 及第三电阻 (R3) 后再分别电性连接第六电阻 (R6) 的第一端及第七电阻 (R7) 的第一端, 而第一比较器 441 的输出端则同样电性连接控制器 41 的第二输入端。同样地, 若为了降低第一比较器 441 输出的信号的噪声, 即可在第一比较器 441 的输出端再连接一第二比较器 442, 其电性连接的方式如图 6B 所示, 不再赘述。

[0042] 控制器 41 可以为一微处理器 (CPU)、一微控制器 (MCU)、一可编程逻辑门阵列 (FPGA 或 CPLD) 等具有可编程化的集成电路 (IC) 元件、或应用特定集成电路元件 (ASIC), 而控制器 41 内建一相位调整模块 411, 该相位调整模块可以为一程序、逻辑门、循序电路或上述二者以上的组合。上述的控制器 41 分别电性连接驱动电路 42 的第一开关元件 (SW1) 的栅极 (G)、第二开关元件 (SW2) 的栅极 (G)、第三开关元件 (SW3) 的栅极 (G) 及第四开关元件 (SW4) 的栅极 (G), 以分别输出第一驱动信号 Sd (S1-S4) 至各该些开关元件 (SW1-SW4)。

[0043] 参阅图 4、图 5 及图 6A 所示,本发明马达控制装置 4 的控制方法如下:

[0044] 相位感测电路 43 感测马达 5 运转时的磁极的相位切换以产生切换相位信号 (Sp) 输入至控制器 41 的相位调整模块 411。

[0045] 配合图 8 所示,电流感测电路 44 因开关元件 (SW1-SW4) 轮流导通 (当 SW1 及 SW4- > ON, SW2 及 SW3- > OFF; 当 SW2 及 SW3- > ON, SW1 及 SW4- > OFF),使得自 a 端及 b 端输入第一比较器 441 的两个输入端的电压信号 Va 及 Vb 经第一比较器 441 处理后 (当 Va > Vb 时,输出一 Vcc 电压;当 Va < Vb 时,输出一零电压) 输出电流相位信号 (Sc) 至控制器 41 的相位调整模块 411;如图 6B 所示,于其它实施例中亦可以将电流相位信号 (Sc) 再输入一第二比较器 442 的第一输入端,经与自第二比较器 442 的第二输入端输入的 1/2Vcc 电源 (电源 (Vcc) 经第四电阻 (R4) 及第五电阻 (R5) 分压后) 比较后可以得到更稳定的电流相位信号 (Sc') 输出至相位调整模块 411。

[0046] 如图 9 及图 10 所示,控制器 41 内的相位调整模块 411 在分别自相位感测电路 43 及电流感测电路 44 接收切换相位信号 (Sp) 及电流相位信号 (Sc 或 Sc') 后会比较两信号 (Sp 及 Sc (或 Sc')),并取得两信号之间的相位差 (T),并且依据该相位差 (T) 以调整原先的第一驱动信号 (Sd) 的相位时间,以产生一经调整后的第二驱动信号 (Sd'),例如:参阅图 9 所示,当电流相位信号 (Sc 或 Sc') 落后切换相位信号 (Sp) 一相位时间 (T) 时,从其不平整 (后翘) 的电流波形 (Si) 显示出马达效率不佳,因此,将第一驱动信号 (Sd) 的相位提前一相位时间 (T),以形成新的第二驱动信号 (Sd')。

[0047] 又或者如图 10 所示,当电流相位信号 (Sc 或 Sc') 超前切换相位信号 (Sp) 一相位时间 (T) 时,从其不平整 (前翘) 的电流波形 (Si) 显示出马达 5 效率不佳,因此,将第一驱动信号 Sd 的相位延后一相位时间 (T),以产生新的第二驱动信号 (Sd')。

[0048] 再者,控制器 41 分别输出四组经调整后的第二驱动信号 (Sd') 至驱动电路 42 的四个开关元件 (SW1 — SW4),以控制四个开关元件 (SW1-SW4) 轮流导通及关闭,进而控制马达 5 磁极的相位切换,其中再次感测的切换相位信号 (Sp) 及电流相位信号 (Sc 或 Sc') 的相位会同步,即电流相位信号 (Sc 或 Sc') 的零交越点会对应到切换相位信号 (Sp) 的换相点,因此,从其平整的电流波形 (Si) 可以显示出马达 5 效率佳。

[0049] 综上所述,本发明通过控制器 41 内的相位调整模块 411 依据电流相位信号 (Sc) 与相位感测信号 (Sp) 的相位差异而将第一驱动信号 (Sd) 作落后或超前的修正,并产生调整后的第二驱动信号 (Sd') 来驱动马达,藉此,马达 5 无论在不同的转速下运转,或是在电源端或负载有变动的状况下,将永续地且迅速地依据反馈的感测信号 (Sp 及 Sc) 所取出的差值给予马达 5 驱动信号作实时且适当的相位修正,而可以使感测的切换相位信号 (Sp) 的相位及电流相位信号 (Sc) 的相位为一致,并且可以使马达 5 得到平整的电流波形 (Si),也可以维持较 (更) 佳的运转效率。

[0050] 以上所述仅为举例性,而非为限制性者。任何未脱离本发明的精神与范畴,而对其进行的等效修改或变更,均应包含于所附的权利要求范围内。

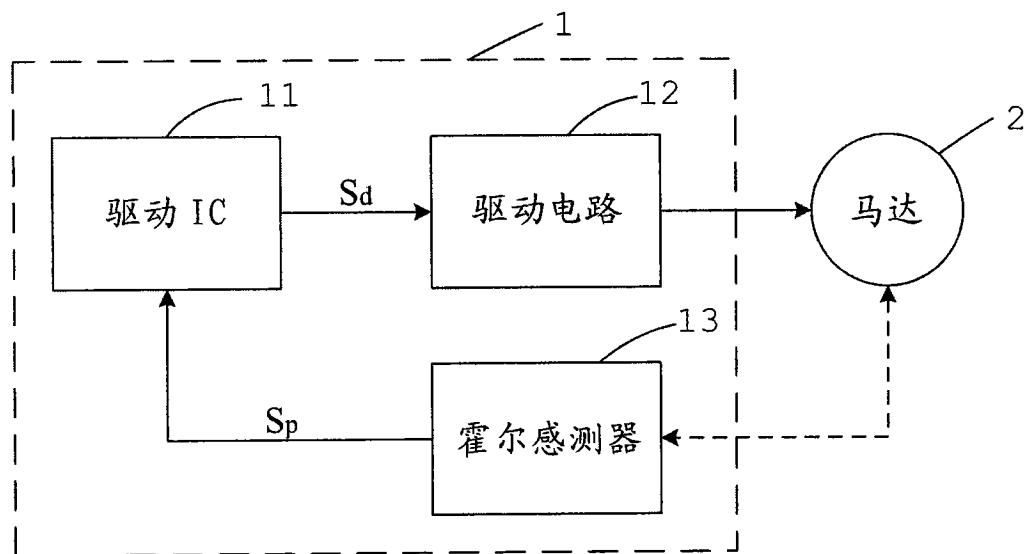


图 1

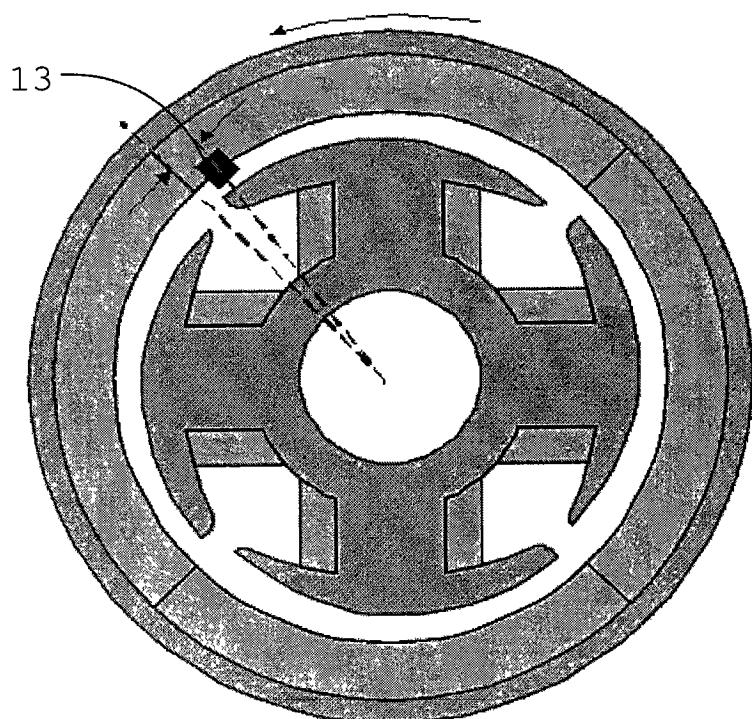


图 2

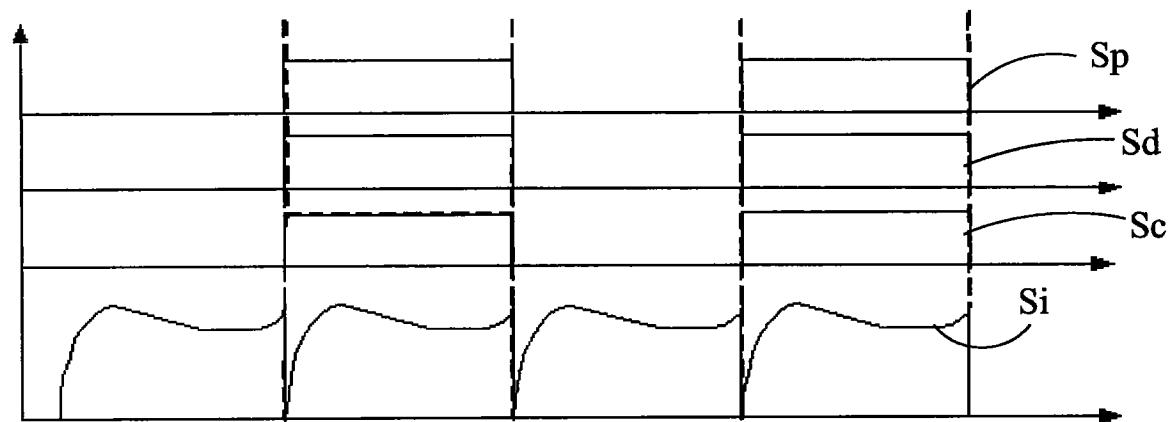


图 3A

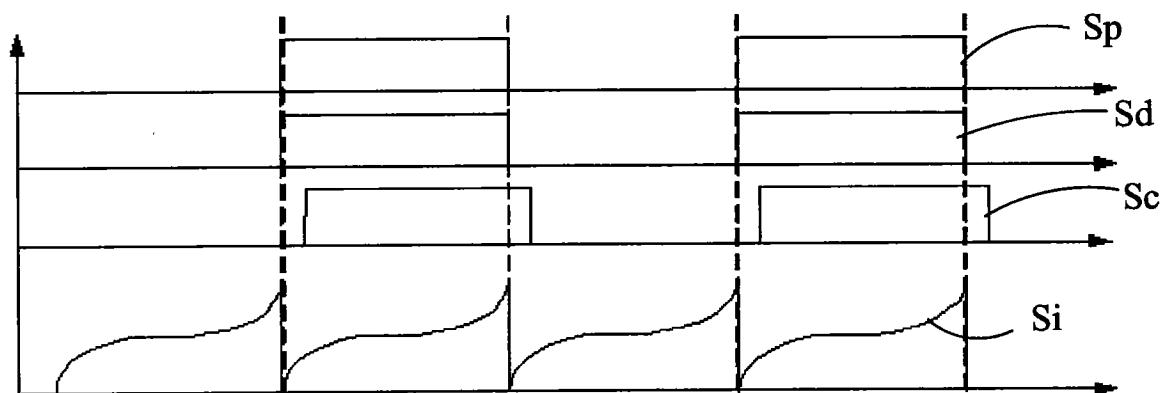


图 3B

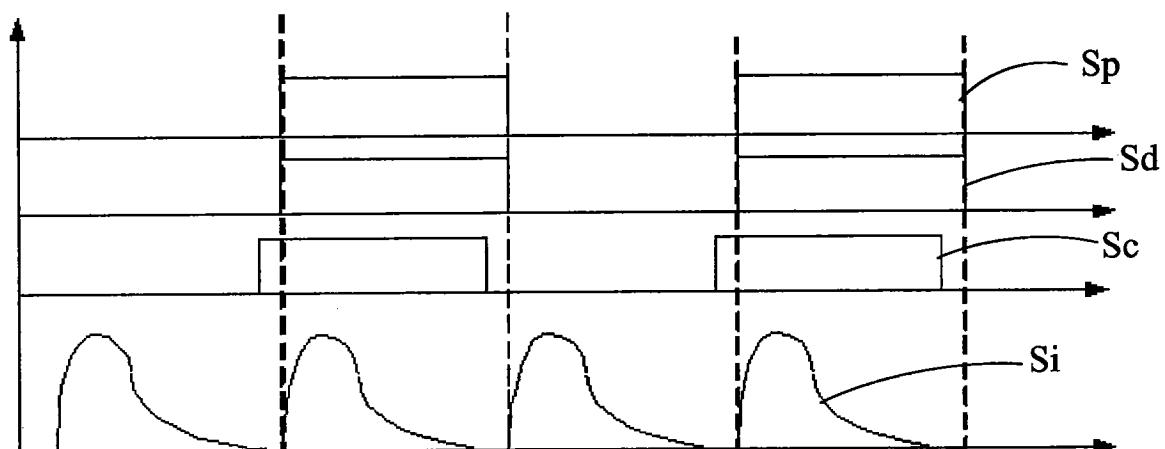
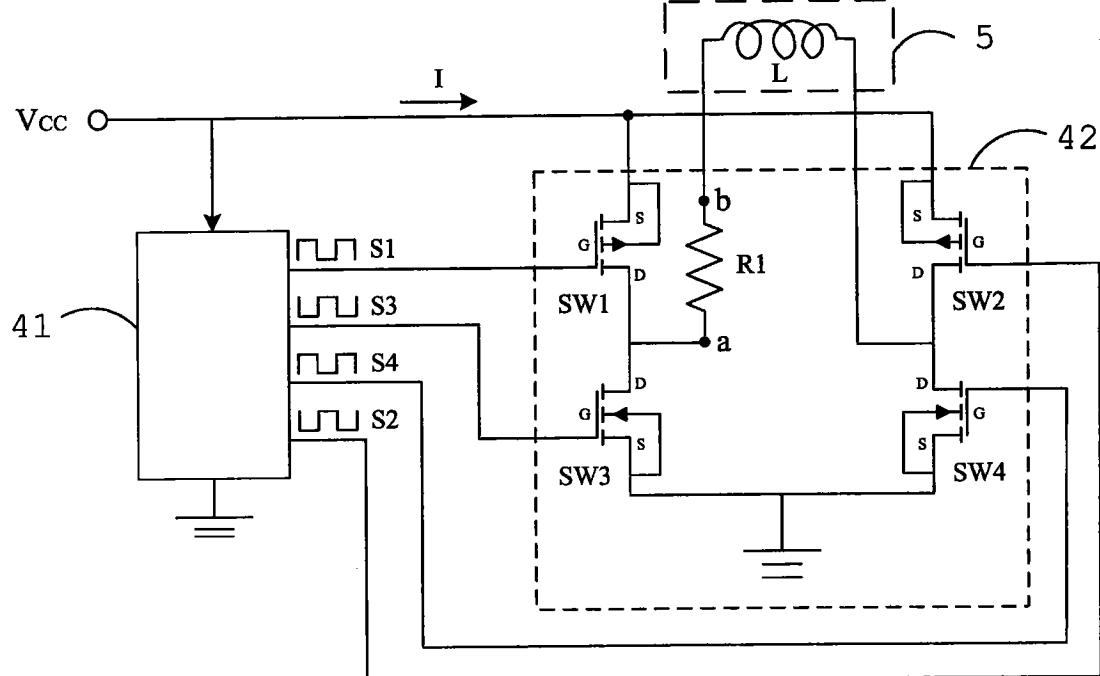
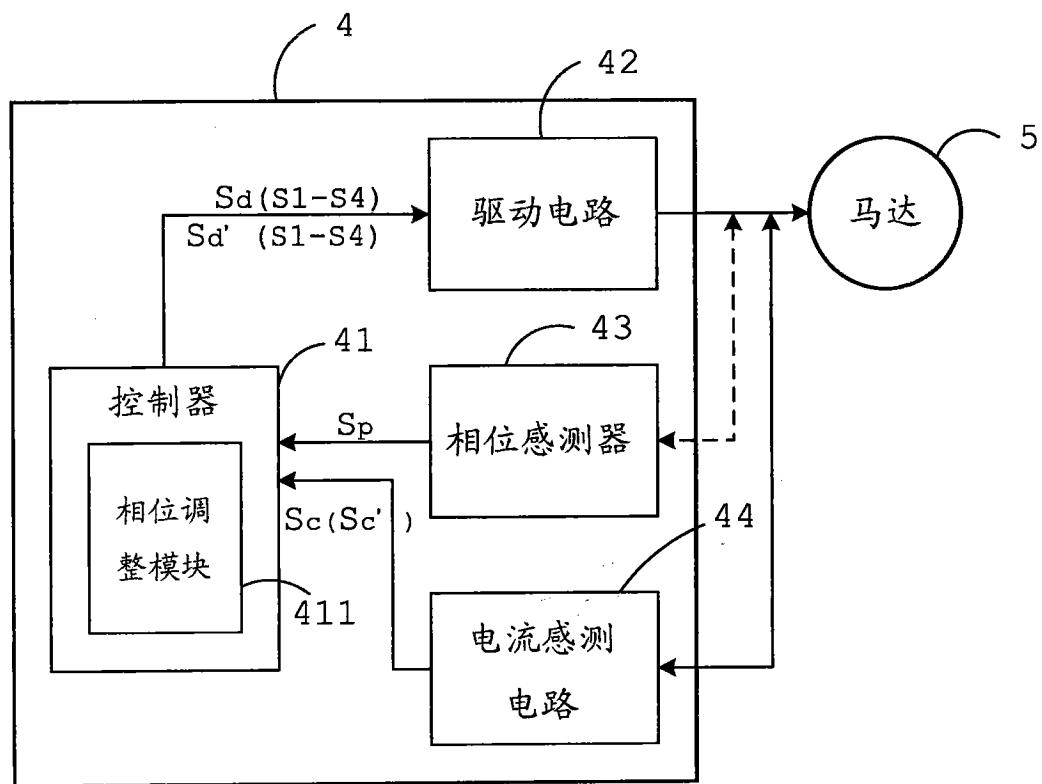


图 3C



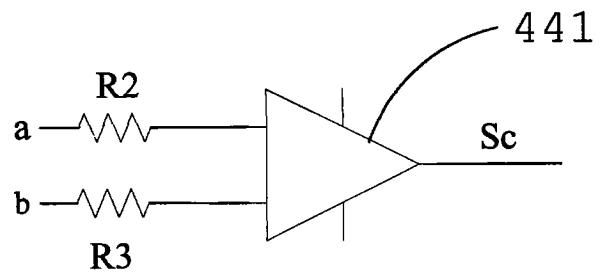


图 6A

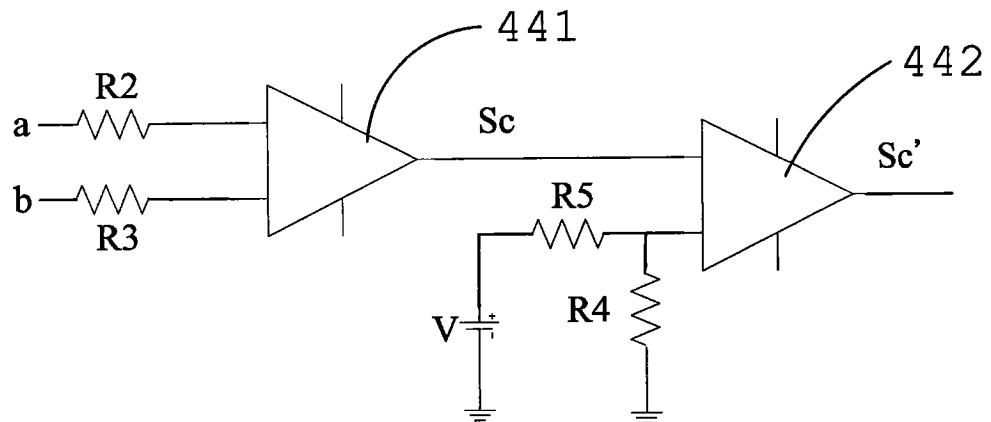


图 6B

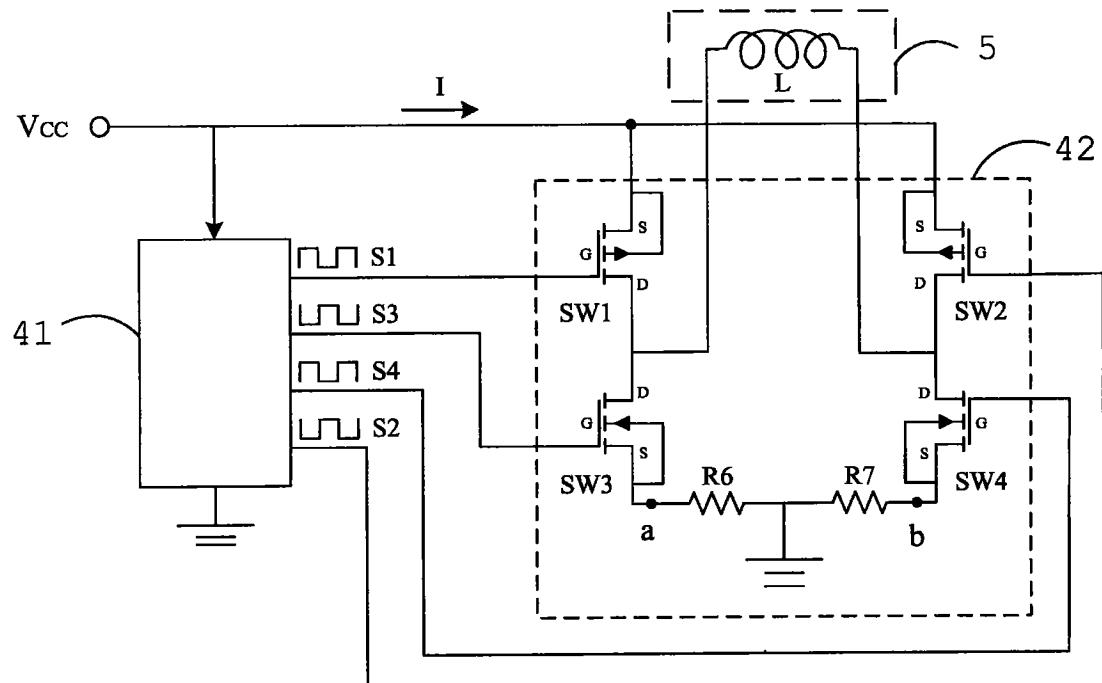


图 7

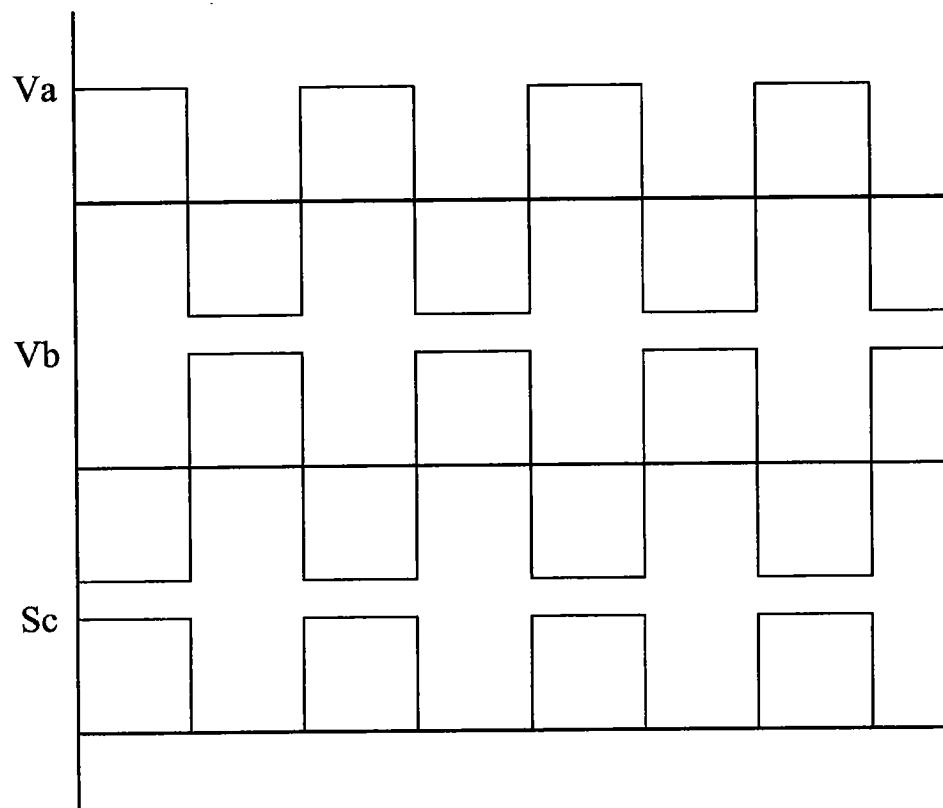


图 8

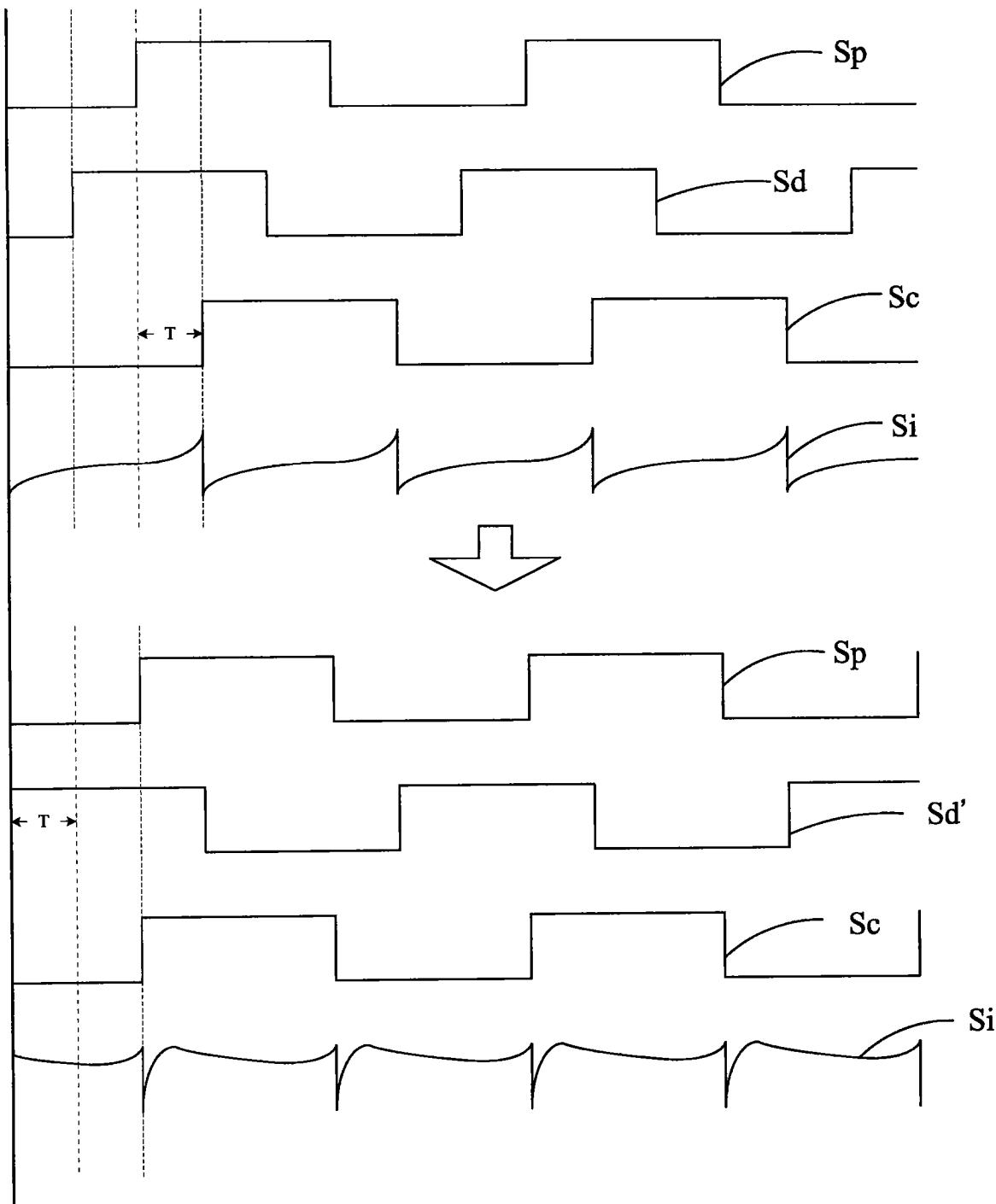


图 9

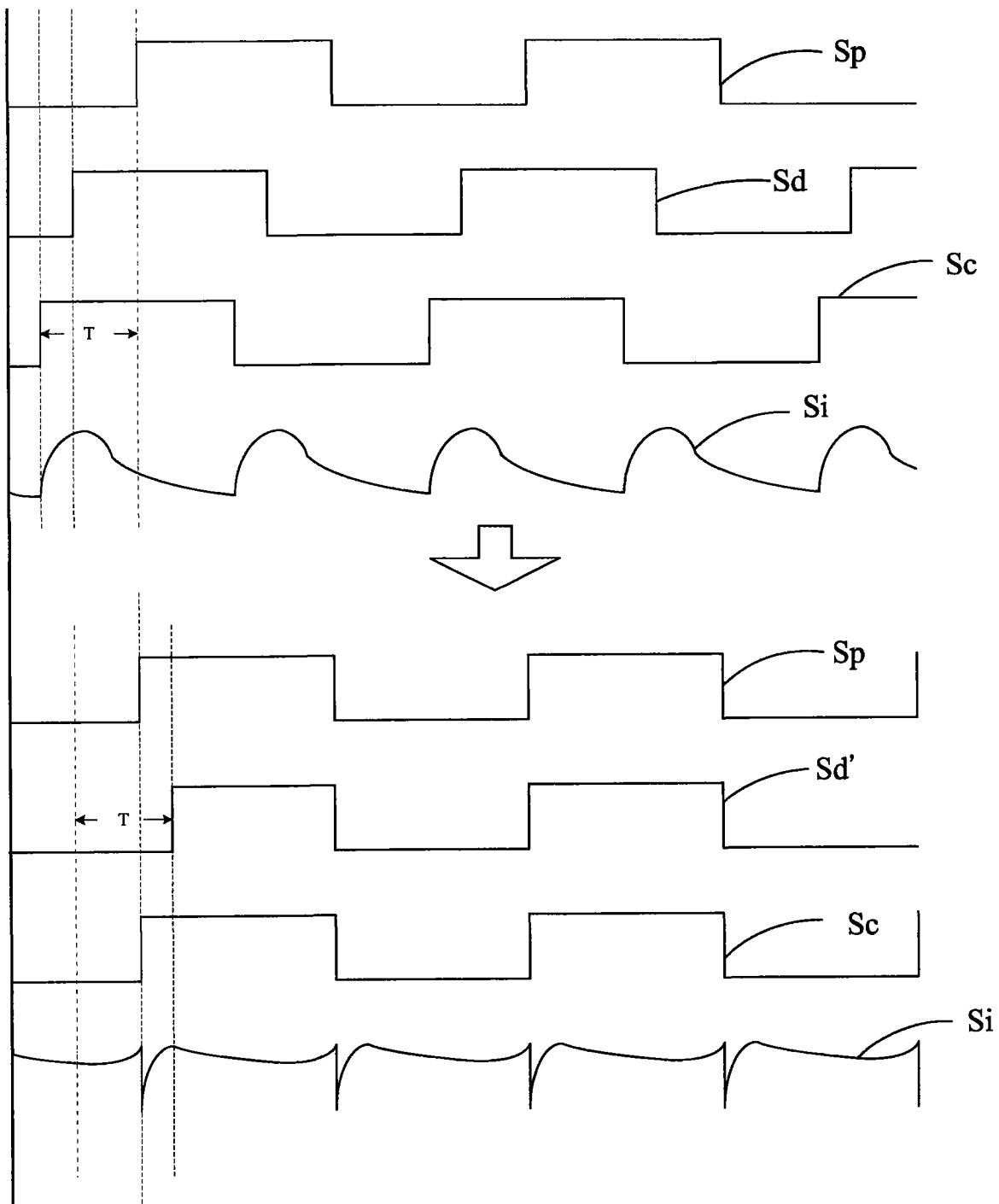


图 10