



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101789733 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 19

(21) 申请号 201010001283. 3

TW 200830692 , 2008. 07. 16,

(22) 申请日 2010. 01. 21

JP 特开平 8-266086 A, 1996. 10. 11,

(30) 优先权数据

审查员 李莎

2009-012227 2009. 01. 22 JP

(73) 专利权人 三洋电机株式会社

地址 日本大阪府

专利权人 三洋半导体株式会社

(72) 发明人 野家城治 今井敏行 饭田尚宏

吉富哲也

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 王璐

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006-174648 A, 2006. 06. 29,

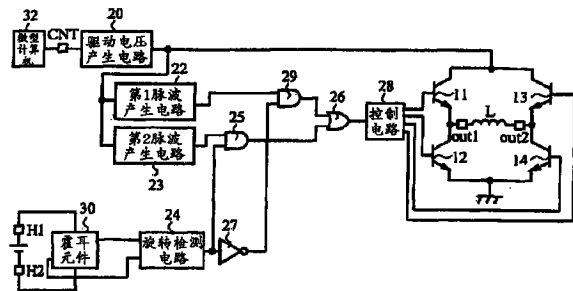
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

马达驱动电路

(57) 摘要

本发明提供一种马达驱动电路,具备:第1脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第1工作比随着依据马达的目标旋转速度的驱动电压上升而变高的第1脉波信号;第2脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第2工作比相异于所述第1工作比的第2脉波信号;及驱动控制电路,根据依据所述马达的旋转的旋转信号,在自所述马达停止的状态开始旋转时是以所述第2工作比将驱动电流供给至马达线圈,在所述马达开始旋转的预定期间后是以所述第1工作比将驱动电流供给至所述马达线圈。本发明能够以低速启动马达并且担保有软启动功能。



1. 一种马达驱动电路,其特征在于,具备:

第 1 脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第 1 工作比随着依据马达的目标旋转速度的驱动电压上升而变高的第 1 脉波信号;

第 2 脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第 2 工作比相异于所述第 1 工作比,且所述第 2 工作比无关于所述驱动电压的变化而为固定的第 2 脉波信号;及

驱动控制电路,根据依据所述马达的旋转的旋转信号,在自所述马达停止的状态开始旋转时是以所述第 2 工作比将驱动电流供给至马达线圈,在所述马达开始旋转的预定期间后是以所述第 1 工作比将驱动电流供给至所述马达线圈。

2. 根据权利要求 1 所述的马达驱动电路,其特征在于,所述第 2 脉波产生电路构成为包含有:

驱动电压产生电路,依据所述驱动电压产生固定的基准电压;

三角波产生电路,使用所述基准电压产生三角波;

电阻分压电路,产生将所述基准电压电阻分压后的分压电压;及

比较器,在一方的输入端子输入所述分压电压,在另一方的输入端子输入所述三角波,当所述三角波的值较大的期间输出一方的逻辑电平的所述第 2 脉波信号。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的马达驱动电路,其特征在于,所述第 2 工作比为较所述第 1 工作比还大。

## 马达驱动电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种马达驱动电路。

### 背景技术

[0002] 在个人计算机与家用电子机器等中,为了冷却发热零件而使用有风扇马达。在使用风扇马达来冷却发热零件的情形中,虽然提高马达的旋转速度可提升冷却性能,然而为了消耗电力的抑制及静音化,则必须依据发热量而适当调整马达旋转速度。

[0003] 就马达的旋转控制方式的一种而言,有 PAM(Pulse Amplitude Modulation;脉幅调制)控制方式。在 PAM 控制方式中,是使施加至马达线圈的驱动电压依据发热量而上升或下降,借此而能够调整马达旋转速度。

[0004] 此外,为了进一步增进消耗电力的抑制及静音化,除了驱动电压的控制之外,也有进行间歇驱动的情形。例如,在专利文献 1 中揭示有一种如下的控制方式,即,以使驱动电压依据马达的目标旋转速度而降低的方式进行控制,并且以使驱动电压施加至马达线圈的比率随着马达的目标旋转速度降低而降低的方式进行控制。在该控制方式中,与仅通过驱动电压的调整来进行控制的情形相比较,能够将马达的旋转速度控制得更低速旋转,从而能够实现消耗电力的抑制及静音化。

[0005] 专利文献 1:日本特开 2006-174648 号公报。

### 发明内容

[0006] 在马达的旋转时,是通过依据磁极的位置与马达线圈的位置关系的吸引力与排斥力而产生齿槽效应转矩(cogging torque)。并且,在马达停止的情形中,马达线圈大多是位于齿槽效应转矩最小的处所。是故,要自马达停止的状态开始旋转是必须有超过齿槽效应转矩的最大强度的转矩。

[0007] 专利文献 1 所揭示的方式中,在马达的旋转速度被设定为低速的情形中,由于驱动电压为低电压的状态且驱动比也降低,因此驱动马达的转矩也变小。是以,在旋转的情形中,由于惯性的作用因此即使为小转矩仍能够持续使马达旋转,但在自马达停止的状态使马达以低速开始旋转的情形中,会有驱动马达的转矩无法超过齿槽效应转矩的最大强度,而无法以低速启动的情形。尤其是单相马达的情形,与三相的情形相比较,齿槽效应转矩的最大强度与最小强度的差多半很大,因而提高了以低速启动变得困难的可能。

[0008] 本发明乃鉴于上述课题而研创者,其目的在于能够使马达以低速启动。

[0009] 为了达成前述目的,本发明的马达驱动电路具备:第 1 脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第 1 工作比(duty ratio)随着依据马达的目标旋转速度的驱动电压上升而变高的第 1 脉波信号;第 2 脉波产生电路,产生一方的逻辑电平的第 2 工作比相异于所述第 1 工作比的第 2 脉波信号;及驱动控制电路,根据依据所述马达的旋转的旋转信号,在自所述马达停止的状态开始旋转时是以所述第 2 工作比将驱动电流供给至马达线圈,在所述马达开始旋转的预定期间后是以所述第 1 工作比将驱动电流供给至所述马达线圈。

[0010] 依据本发明,能够提供马达的低速启动(启动补偿)及软启动兼备的功能。

### 附图说明

[0011] 图 1 是显示属于本发明一实施形态的马达驱动电路的构成的图。

[0012] 图 2 是显示旋转检测电路的构成例的图。

[0013] 图 3 是显示旋转检测电路的动作的一例的图。

[0014] 图 4 是显示驱动电压与马达的旋转速度的关系的一例的图。

[0015] 图 5 是显示第 2 脉波产生电路的构成例的图。

[0016] 附图中符号的简单说明如下:

[0017] 10:马达驱动电路

[0018] 11 至 14:NPN 晶体管

[0019] 20:驱动电压产生电路

[0020] 22:第 1 脉波产生电路

[0021] 23:第 2 脉波产生电路

[0022] 24:旋转检测电路

[0023] 25:第 2AND 电路

[0024] 26:OR 电路

[0025] 27:NOT 电路

[0026] 28:控制电路

[0027] 29:第 1AND 电路

[0028] 30:霍尔元件

[0029] 32:微型计算机

[0030] 40:比较器

[0031] 42:边缘检测电路

[0032] 44:计数器

[0033] 46:检测信号输出电路

[0034] 51:定电压产生电路

[0035] 52:三角波产生电路

[0036] 53:比较器

[0037] C:电容器

[0038] R1、R2:电阻器

[0039] CNT、H1、H2、OUT1、OUT2:端子。

### 具体实施方式

[0040] 图 1 是显示属于本发明一实施形态的马达驱动电路的构成的图。该图中,马达驱动电路 10 是组入于个人计算机与家用电子机器等中的用以冷却发热零件(被冷却装置)的风扇马达,用于驱动使该冷却用风扇旋转的马达。

[0041] 本实施形态的马达驱动电路 10 构成为包含有:NPN 晶体管 11 至 14、驱动电压产生电路 20、第 1 脉波产生电路 22、第 2 脉波产生电路 23、旋转检测电路 24、第 1AND 电路 29、

NOT 电路 27、第 2AND 电路 25、OR 电路 26 及控制电路 28。本实施形态中,马达驱动电路 10 为集成化电路,并且,在端子 OUT1、OUT2 间连接马达线圈 L,在端子 H1、H2 间连接霍耳元件 (Hall element) 30,该霍耳元件 30 输出依据马达的旋转位置的电压  $V_{h1}$  及电压  $V_{h2}$  (旋转信号),用以控制马达的信号经由端子 CNT 而从微型计算机 (microcomputer) 32 输入。另外,电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  为以彼此成为反相的正弦波状变化的电压。

[0042] NPN 晶体管 11 至 14 构成 H 型桥式电路,用以通过驱动电压  $V_m$  驱动马达线圈。例如,在 NPN 晶体管 11、14 导通 (On)、NPN 晶体管 12、13 关断 (Off) 的状态下,以电流流通于从端子 OUT1 往端子 OUT2 的方向的方式以驱动电压  $V_m$  驱动马达线圈 L。此外,例如,在 NPN 晶体管 12、13 导通 (On)、NPN 晶体管 11、14 关断 (Off) 的状态下,以电流流通于从端子 OUT2 往端子 OUT 1 的方向的方式以驱动电压  $V_m$  驱动马达线圈 L。另外,在将马达驱动电路 10 予以集成化的情形中,也可将 NPN 晶体管 11 至 14 设置在集成电路的外部。

[0043] 驱动电压产生电路 20 是依据输入自微型计算机 32 的表示目标旋转速度的信号来产生依据目标旋转速度的上升而升高的驱动电压  $V_m$ 。驱动电压产生电路 20 可由电源调整器 (regulator) 电路来构成,该电源调整器电路是通过依据来自微型计算机 32 的信号而降低例如 5.0V 的电源电压从而产生驱动电压  $V_m$ 。输出自驱动电压产生电路 20 的驱动电压  $V_m$  被用于驱动马达线圈 L。于是,随着驱动电压  $V_m$  上升,马达的旋转速度会变快,随着驱动电压  $V_m$  降低,马达的旋转速度会变慢。

[0044] 第 1 脉波产生电路 22 是产生 H 电平的工作比 (以下称为第 1 工作比) 随着驱动电压  $V_m$  上升而变高的第 1 脉波信号 PWM1。第 1 脉波信号 PWM 1 用于间歇驱动马达线圈 L。在根据第 1 脉波信号 PWM 1 来间歇驱动马达线圈 L 的情形中,马达线圈 L 是在第 1 脉波信号 PWM 1 为 H 电平期间受到驱动。另外,第 1 脉波产生电路 22 例如可使用日本特开 2006-174648 号公报所揭示的基准电压产生电路、三角波产生电路及比较电路来实现。

[0045] 第 2 脉波产生电路 23 是产生 H 电平的工作比 (以下称为第 2 工作比) 无关于驱动电压  $V_m$  的变化且为固定的第 2 脉波信号 PWM2。第 2 脉波信号 PWM2 也与第 1 脉波信号 PWM1 同样为用于间歇驱动马达线圈 L。在根据第 2 脉波信号 PWM2 来间歇驱动马达线圈 L 的情形中,马达线圈 L 是在第 1 脉波信号 PWM2 为 H 电平期间受到驱动。在此,在重视启动补偿功能的情形中,是构成为第 2 工作比较第 1 工作比还大。另外,以下是以第 2 工作比较第 1 工作比还大的情形为例来进行说明,但本发明并不限于此,例如也可构成为在电源电压  $V_m$  的值较大时等重视软启动 (softstart) 功能且使第 2 工作比较第 1 工作比还小。第 2 脉波产生电路 23 的详细内容于后说明。

[0046] 旋转检测电路 24 是根据输出自霍耳元件 30 的电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  检测马达是否旋转并输出检测信号 DET (旋转检测信号)。本实施形态中是设计为在马达停止的状态下,检测信号 DET 变为 H 电平,而当检测到马达的旋转时,检测信号 DET 则变为 L 电平。另外,本实施形态中虽是设计为根据输出自霍耳元件 30 的电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  而检测马达的旋转,但并不限来自霍耳元件 30 的输出,也可设计为利用成为依据马达旋转速度的频率的 F G (FrequencyGenerator ;频率产生器) 信号等、依据马达旋转速度而变化的信号来检测的旋转。

[0047] NOT 电路 27 是将输出自旋转检测电路 24 的检测信号 DET 予以反相并输出。本实施形态中,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,由于检测信号 DET 为 H 电平,因此 NOT 电路 27 的输出成为 L 电平。另一方面,一旦检测到马达的旋转从而检测信

号 DET 变为 L 电平,则 NOT 电路 27 的输出变为 H 电平。

[0048] 第 1AND 电路 29 是将输出自第 1 脉波产生电路 22 的第 1 脉波信号 PWM1 与来自 NOT 电路 27 的输出的逻辑积输出。本实施形态中,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,由于 NOT 电路的输出为 L 电平,因此在该期间,第 1AND 电路 29 的输出是不管第 1 脉波信号 PWM1 且维持为 L 电平。另一方面,一旦检测到马达的旋转从而 NOT 电路的输出变为 H 电平,则在第 1 脉波信号 PWM1 为 H 电平的期间,第 1AND 电路 29 的输出也变为 H 电平。

[0049] 第 2AND 电路 25 是将输出自第 2 脉波产生电路 23 的第 2 脉波信号 PWM2 与输出自旋转检测电路 24 的检测信号 DET 的逻辑积输出。本实施形态中,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,由于检测信号 DET 为 H 电平,因此在第 2 脉波信号 PWM2 为 H 电平的期间,第 2AND 电路 25 的输出也变为 H 电平。另一方面,一旦检测到马达的旋转从而检测信号 DET 变为 L 电平,则在该期间,第 2AND 电路 25 的输出是不管第 2 脉波信号 PWM2 且维持为 L 电平。

[0050] 即,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,第 1AND 电路 29 的输出是维持为 L 电平,并且第 2AND 电路 25 的输出是依据输出自第 2 脉波产生电路 23 的第 2 脉波信号 PWM2 而变化。另一方面,一旦检测到马达的旋转,第 2AND 电路 25 的输出则维持为 L 电平,并且第 1AND 电路 29 的输出是依据输出自第 1 脉波产生电路 22 的第 1 脉波信号 PWM1 而变化。

[0051] OR 电路 26 是将第 1AND 电路 29 的输出与第 2AND 电路 25 的输出的逻辑和作为驱动信号 DRV 予以输出。本实施形态中,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,驱动信号 DRV 是成为依据输出自第 2 脉波产生电路 23 的第 2 脉波信号 PWM2。另一方面,一旦检测到马达的旋转,驱动信号 DRV 则成为依据输出自第 1 脉波产生电路 22 的第 1 脉波信号 PWM1 而变化。

[0052] 控制电路 28 是依据马达的旋转位置使 NPN 晶体管 11、14 及 NPN 晶体管 12、13 互补性地导通关断。此外,控制电路 28 是以使马达线圈 L 在驱动信号 DRV 为 H 电平的期间受驱动电压  $V_m$  驱动的方式适当地导通关断 NPN 晶体管 11 至 14。于是,在自马达停止的状态至马达的旋转被检测出为止的期间,对马达线圈 L 进行依据第 2 脉波信号 PWM2 的第 2 工作比的间歇驱动。另一方面,一旦检测到马达的旋转,则对马达线圈 L 进行依据第 1 脉波信号 PWM1 的第 1 工作比的间歇驱动。

[0053] 图 2 是显示旋转检测电路 24 的构成例的图。旋转检测电路 24 构成为包含有:比较器 (comparator) 40、边缘 (edge) 检测电路 42、计数器 44、及检测信号输出电路 46。比较器 40 是输出电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  的比较结果。本实施形态中是设计为在电压  $V_{h1}$  较电压  $V_{h2}$  高时,比较器 40 的输出变为 H 电平,而在电压  $V_{h1}$  较电压  $V_{h2}$  低时,比较器 40 的输出则变为 L 电平。边缘检测电路 42 是检测输出自比较器 40 的信号的边缘,即从 L 电平往 H 电平的变化及从 H 电平往 L 电平的变化,并依据边缘的检测来输出脉波。计数器 44 是计数输出自边缘检测电路 42 的脉波的数目。检测信号输出电路 46 是当计数器的计数值达到既定值 (例如“4”) 时使检测信号 DET 变化为 L 电平。另外,在马达停止的状态下,计数器 44 的计数值被复位 (reset) 为 0,并且检测信号 DET 被复位为 H 电平。

[0054] 针对马达驱动电路 10 中自马达停止的状态开始旋转时的动作的一例进行说明。

图 3 是显示旋转检测电路 24 的动作的一例的图。在马达停止的情形中,输出自霍尔元件 30 的电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  没有变化,输出自比较器 40 的信号 CMP 也没有变化。本实施形态中是设计为在马达停止的状态中,输出自比较器 40 的信号 CMP 是变为 H 电平。

[0055] 当表示马达的目标旋转速度的信号从微型计算机 32 输入时,驱动电压产生电路 20 产生依据目标旋转速度的驱动电压  $V_m$ 。接着,第 1 脉波产生电路 22 产生第 1 工作比依据驱动电压  $V_m$  的变化而变化的第 1 脉波信号 PWM1。另一方面,第 2 脉波产生电路 23 产生无关于驱动电压  $V_m$  的变化且第 2 工作比为固定的第 2 脉波信号 PWM2。在马达停止的情形中,计数器 44 的计数值被复位为 0,并且输出自检测信号输出电路 46 的检测信号 DET 被复位为 H 电平。是故,输出自 OR 电路 26 的驱动信号 DRV 依据第 2 工作比,从而控制电路 28 将依据第 2 工作比的马达线圈 L 的间歇驱动予以开始。一旦马达通过依据第 2 工作比的间歇驱动而开始旋转时,输出自霍尔元件 30 的电压  $V_{h1}$ 、 $V_{h2}$  便依据马达的旋转而变化,输出自比较器 40 的信号 CMP 也变化。接着,由于信号 CMP 的变化,从边缘检测电路 42 输出信号 EDG,使计数器 44 的计数值持续增加。当计数器 44 的计数器达到既定值(例如“4”)时,便判定为马达已开始旋转,从而输出自检测信号输出电路 46 的检测信号 DET 变化为 L 电平。一旦检测信号 DET 变为 L 电平,输出自 OR 电路 26 的驱动信号 DRV 便依据第 1 工作比而变化,其中第 1 工作比是相应于驱动电压  $V_m$  的变化),从而马达线圈 L 依据第 1 工作比被间歇驱动。即,在马达驱动电路 10 中,至马达开始旋转为止是成为无关于驱动电压  $V_m$  的变化且依据固定的第 2 工作比的间歇驱动,在马达开始旋转后则成为依据第 1 工作比的间歇驱动,其中第 1 工作比是相应于驱动电压  $V_m$  的变化。

[0056] 图 4 是显示驱动电压  $V_m$  与马达旋转速度的关系的一例的图。如图 4 所示,随着驱动电压  $V_m$  上升,旋转速度变快,随着驱动电压  $V_m$  降低,旋转速度变慢。此外,由于脉波信号 PWM 的 H 电平的工作比随着驱动电压  $V_m$  上升而变高,因此在驱动电压  $V_m$  的变动范围同样时,与全力驱动相较,间歇驱动能够将旋转速度控制得更加低速。另外,若将驱动电压  $V_m$  为最大电平 ( $V_{max}$ ) 时的脉波信号的 H 电平的工作比设定为 100%,则间歇驱动的最高旋转速度成为与全力驱动相同,能够维持冷却性能。

[0057] 在马达旋转的状态下,通过使驱动电压  $V_m$  及第 1 脉波信号 PWM1 的第 1 工作比持续降低,便能够使马达的旋转速度持续变慢。并且,当驱动电压  $V_m$  降至最低电平 ( $V_{min}$ ) 时,马达的旋转速度成为最低速度  $S_{min}$ 。另一方面,在欲使马达自马达停止的状态以旋转速度  $S_{min}$  旋转时,即使以驱动电压  $V_m$  作为  $V_{min}$  而将依据第 1 脉波信号 PWM1 的第 1 工作比的间歇驱动予以开始,仍会有无法获得超过齿槽效应转矩的启动转矩的情形。即使是此种情形,本实施形态的马达驱动电路 10 在欲自马达停止的状态使马达以旋转速度  $S_{min}$  旋转时,由于至马达开始旋转为止是无关于驱动电压  $V_m$  的变化而成为依据一定的第 2 工作比的间歇驱动,因此能够获得超过齿槽效应转矩的启动转矩,而能够使马达的旋转开始。并且,在马达开始旋转后由于惯性的作用不需要如同启动时程度的转矩,因此在马达驱动电路 10 中从依据第 2 工作比的间歇驱动切换至依据第 1 工作比的间歇驱动,而能够将旋转速度控制在  $S_{min}$ 。

[0058] 如此,尽管本实施形态的马达驱动电路 10 方式是种将速度变化范围相比于以往的 PAM 控制更扩大的控制方式,却仍是具备启动补偿功能。不过若仅从启动补偿功能的观点来看,是可以故意不设置第 2 脉波产生电路 23 而构成为自马达停止的状态至马达开始旋

转为止是以全转矩进行驱动。然而,若在开始已停止的马达时马上就以全转矩进行驱动,则会于马达线圈 L 急速流通电流,有可能会超过马达驱动电路的额定值。关于此点,本实施形态的马达驱动电路 10 通过具备第 2 脉波产生电路 23 而能够控制第 2 工作比,因此能够在保持启动补偿功能的范围内进行软启动控制。

[0059] 图 5 显示第 2 脉波产生电路 23 的一例。第 2 脉波产生电路 23 是由定电压产生电路 51、三角波产生电路 52、电阻器 R1、R2、及比较器 53 所构成。定电压产生电路 51 是依据驱动电压产生电路所产生的  $V_m$  而产生固定的基准电压 VREG。另外,也可从电源电压  $V_m$  以外的电源来产生基准电压 VREG。三角波产生电路 52 是通过交替进行电容器 C 的充电与放电而产生三角波。另外,由于是使用基准电压 VREG 来产生三角波,因此该三角波不依存于电源电压  $V_m$  的大小且是成为固定的电压振幅。比较器 53 是在非反相输入端子输入基准电压 VREG 经电阻器 R1、R2 电阻分压后的分压电压 VR,而在反相输入端子则输入有三角波。比较器 53 是将分压电压 VR 与三角波进行比较,输出在三角波的值较大的期间成为 H 电平而在分压电压 VR 较大的期间成为 L 电平的第 2 脉波信号 PWM2。在如此的构成中,例如,若以使分压电压 VR 变大的方式调整电阻器 R1、R2 的电阻分压比,则软启动功能的效果提高,若以使分压电压 VR 变小的方式调整电阻器 R1、R2 的电阻分压比,则启动补偿功能的效果提高。如此,通过适当调整电阻分割比即实现启动补偿功能及软启动功能兼备的马达驱动电路 10。此外,由于基准电压 VREG 及三角波无关于电源电压  $V_m$  且为固定,因此第 2 脉波信号 PWM2 的第 2 工作比无关于电源电压  $V_m$  且成为固定。

[0060] 以上针对本实施形态的马达驱动电路进行了说明。在自马达停止的状态开始旋转时是根据第 2 工作比来间歇驱动马达,在马达开始旋转后则是根据无关于电源电压  $V_m$  且为固定的第 2 工作比来间歇驱动马达。是故,与 PWM 信号仅在第 1 脉波控制信号 PWM 1 的 H 电平的期间进行驱动的情形相比较,实现启动补偿功能及软启动功能并能以更低速启动马达。

[0061] 并且,通过使用如上述的马达驱动电路 10,在电子机器中发热零件的发热量小时,能够将风扇的旋转速度设定成充分低的旋转速,从而能够抑制电力消耗量。

[0062] 另外,上述实施形态是用来使本发明容易理解,并非用来限定解释本发明。本发明可在不脱离其主旨的情形下进行变更及改良,并且本发明也包含其等效物。例如,在本实施形态中虽然是将马达驱动电路 10 设计为单相的风扇马达的驱动用,但作为驱动对象的马达并不限于风扇马达,相数也不限于单相。



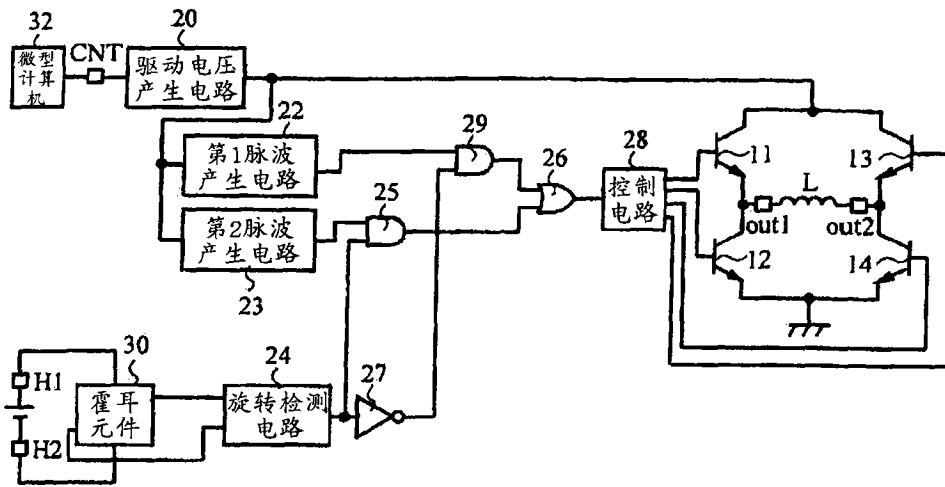


图 1

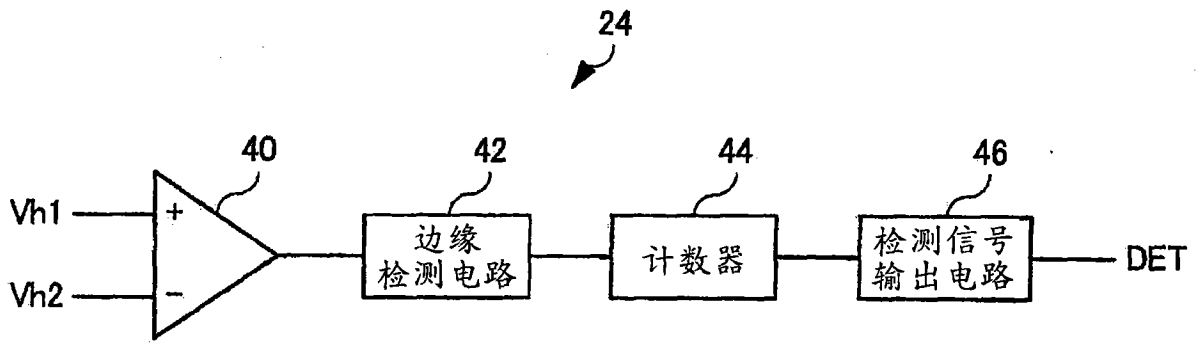


图 2

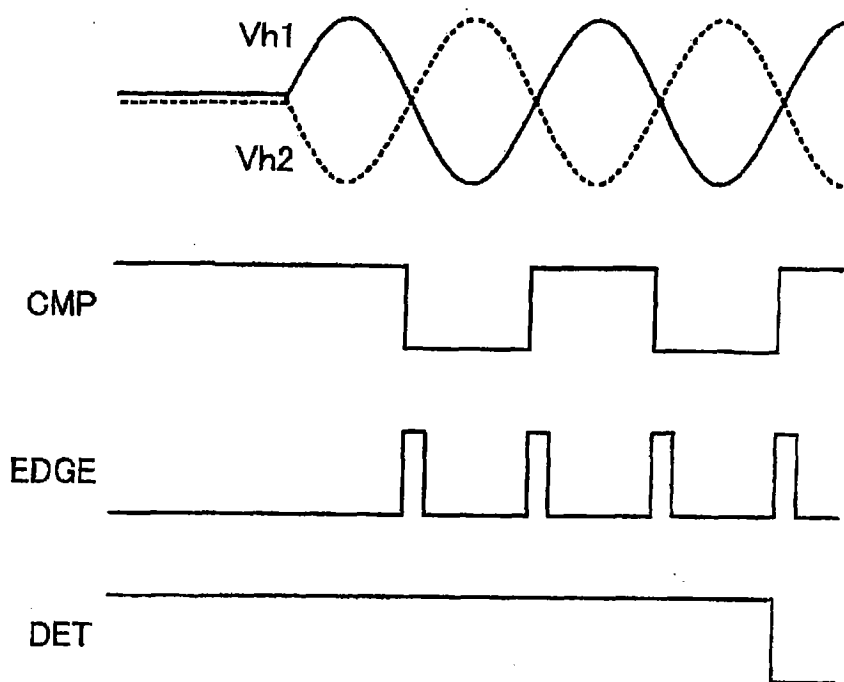


图 3

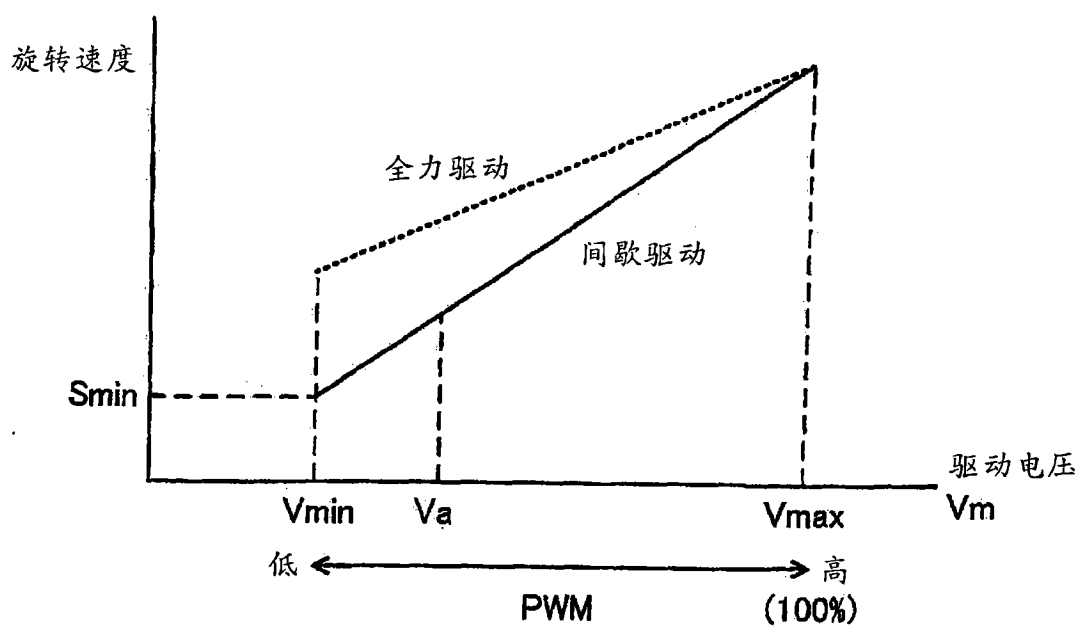


图 4

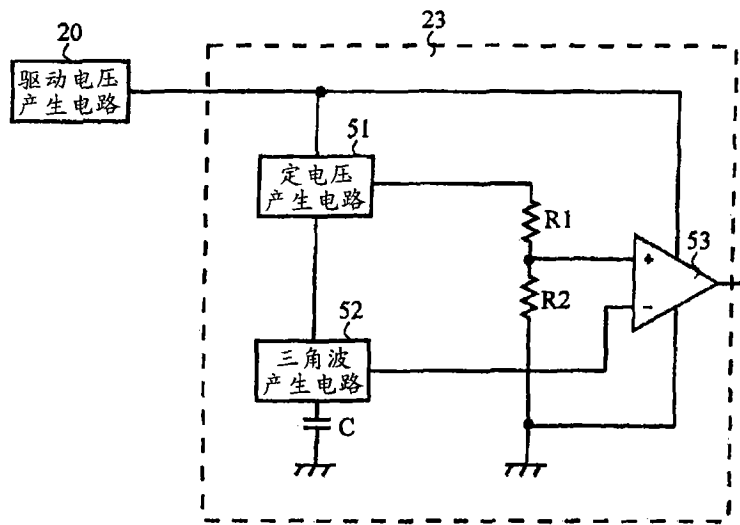


图 5