

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02P 8/22 (2006.01)

H02P 8/12 (2006.01)

H02P 8/14 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710019082.4

[43] 公开日 2008年10月15日

[11] 公开号 CN 101286721A

[22] 申请日 2007.11.16

[21] 申请号 200710019082.4

[71] 申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

[72] 发明人 刘景林 王帅夫 韩英桃

[74] 专利代理机构 西北工业大学专利中心

代理人 王鲜凯

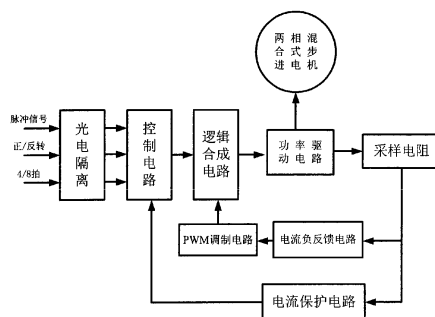
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

## [54] 发明名称

带电流负反馈的步进电机驱动系统

## [57] 摘要

本发明涉及一种带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：外部信号经过光电隔离电路输入至控制电路，控制电路根据检测到的信号产生四路输出信号 A、/A、B、/B；此四路信号会同 PWM 波调制电路产生的两路互补的单极性 PWM 波进入逻辑合成电路，由逻辑合成电路产生八路输出，送至功率驱动电路；功率驱动电路将控制信号输出步进电机；同时采样电阻上的反馈信号分别经过电流负反馈电路调节 PWM 波调制电路，以及经过电流保护电路调节控制电路。有益效果：在以往的步进电机驱动系统中增加了电流反馈环节，使其在一定频率范围内保持相电流稳定，使之有一个稳定的带负载能力，能更平稳的工作。



1. 一种带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：包括光电隔离电路、控制电路、PWM波调制电路、逻辑合成电路、电流保护电路、功率驱动电路、采样电阻和电流负反馈电路；外部信号经过光电隔离电路输入至控制电路，控制电路根据检测到的信号产生四路输出信号 A、/A、B、/B；此四路信号会同 PWM 波调制电路产生的两路互补的单极性 PWM 波进入逻辑合成电路，由逻辑合成电路产生八路输出，送至功率驱动电路；功率驱动电路将控制信号输出步进电机；同时采样电阻上的反馈信号分别经过电流负反馈电路调节 PWM 波调制电路，以及经过电流保护电路调节控制电路。
2. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的电流保护电路采用运算放大器 LM358 和电压比较器 LM393 集成芯片，首先将采样电阻上采样来的电压信号，经过放大器放大输入至送给电压比较器，电压比较器的输出信号至控制电路中单片机 AT89C2051 的 6 脚上；所述的电压比较器反向端与地之间接一稳压管 D， $R_2$  和  $R_3$  是运算放大器的偏置电阻， $R_1$  是运算放大器的反馈电阻， $R_4$  和  $R_4$  为电压比较器的偏置电阻。
3. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的电流负反馈电路采用运算放大器 LM358 以及集成脉宽调制器 SG3525 内部的差分放大器，首先将采样电阻上采样来的电压信号，经过放大器放大后输入至 PWM 波调制电路中 SG3525 的反相输入端 1 脚，使其与 PWM 波调制电路中 SG3525 的正相输入端 2 脚上的基准电压相比较进行电流负反馈； $R_6$ 、 $R_7$  和  $R_9$  为运算放大器的偏置电阻， $R_8$  是运算放大器的反馈电阻。
4. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的控制电路采用单片机 AT89C2051，逻辑合成电路采用 GAL20V8B；正/反转、4/8

拍和脉冲信号分别接入单片机的 2、3 和 7 脚，电流保护电路的过流信号接入 6 脚；单片机的 19、18、17 和 16 脚分别将四路输出信号 A、/A、B、/B 接入逻辑合成电路的 3、4、5 和 6 脚，由 PWM 波调制电路输出的两路 PWM 波接入 1 脚和 2 脚，15、16、17、18、19、20、21 和 22 脚将 8 路输出信号接至功率驱动电路。

5. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的 PWM 波调制电路采用集成脉宽调制器 SG3525，实现斩波电流信号的生成，工作时的斩波频率和死区大小由接于 5、6、7 引脚上的  $C_t$ 、 $R_t$  和  $R_d$  共同决定，等式为： $f=1/C_t(0.7R_t+3R_d)$ ；通过调节 2 脚即同相输入端上的电位计来调节 PWM 波的占空比。
6. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的功率驱动电路由八只高频 CMOS 功率场效应晶体管组成的两个 H 功率桥以及八只续流二极管。
7. 根据权利要求 1 所述的带电流负反馈的步进电机驱动系统，其特征在于：所述的外部信号是：正/反转、4/8 拍和脉冲信号。

## 带电流负反馈的步进电机驱动系统

### 技术领域

本发明涉及一种带电流负反馈的步进电机驱动系统，属于电工领域。作为驱动和控制步进电机的装置，可在宽电压范围内对步进进行驱动与控制。

### 背景技术

步进电机运行时，当频率升高导致相绕组中的感抗增大，从而增大了相绕组的阻抗值，频率升高代表速度也提高了，速度提高则致使反电势增大，这些因素综合起来导致了相电流的减小，这就导致带负载的能力下降。因此，需要增大 PWM 波的占空比，来保持相电流在一个稳定的值。

以往的步进电机控制器需要手动调节 PWM 波的占空比，这样就不能实时的调节相电流，致使带载能力会有波动。经过研究采用恒流斩波驱动系统进行驱动。恒流斩波驱动系统时总是让 H 桥中的某一个功率管工作在斩波状态，而另一个则总是工作在导通状态，而且在相电流低于或高于给定值时是在同一个环节进行处理。这样就存在上下功率管同时导通的现象，会将电机绕组烧毁。而且大部分恒流斩波驱动系统使用了硬件方式实现的环形分配器，在这种设计模式下，不同类型的步进电机或不同的工作方式就需要配置不同的环形分配器。如果更换了电机类型或是改变了工作模式，那么整个硬件电路就需要重新设计。其次还有很多恒流斩波驱动系统的逻辑门电路，这些都增加了电路的复杂性。

### 发明内容

#### 要解决的技术问题

为了避免现有技术的不足之处，本发明提出一种带电流负反馈的步进电机驱动系统，可以克服以往恒流斩波的缺陷，使之能有一段稳定的矩频特性，能实时的调节相

电流，对带载能力有所提高。

### 技术方案

本发明的技术特征在于：包括光电隔离电路、控制电路、PWM 波调制电路、逻辑合成电路、电流保护电路、功率驱动电路、采样电阻和电流负反馈电路；外部信号经过光电隔离电路输入至控制电路，控制电路根据检测到的信号产生四路输出信号 A、/A、B、/B；此四路信号会同 PWM 波调制电路产生的两路互补的单极性 PWM 波进入逻辑合成电路，由逻辑合成电路产生八路输出，送至功率驱动电路；功率驱动电路将控制信号输出步进电机；同时采样电阻上的反馈信号分别经过电流负反馈电路调节 PWM 波调制电路，以及经过电流保护电路调节控制电路。

所述的电流保护电路采用运算放大器 LM358 和电压比较器 LM393 集成芯片，首先将采样电阻上采样来的电压信号，经过放大器放大输入至送给电压比较器，电压比较器的输出信号至控制电路中单片机 AT89C2051 的 6 脚上；所述的电压比较器反向端与地之间接一稳压管 D， $R_2$  和  $R_3$  是运算放大器的偏置电阻， $R_1$  是运算放大器的反馈电阻， $R_4$  和  $R_4$  为电压比较器的偏置电阻。

所述的电流负反馈电路采用运算放大器 LM358 以及集成脉宽调制器 SG3525 内部的差分放大器，首先将采样电阻上采样来的电压信号，经过放大器放大后输入至 PWM 波调制电路中 SG3525 的反相输入端 1 脚，使其与 PWM 波调制电路中 SG3525 的正相输入端 2 脚上的基准电压相比较进行电流负反馈； $R_6$ 、 $R_7$  和  $R_9$  为运算放大器的偏置电阻， $R_8$  是运算放大器的反馈电阻。

所述的控制电路采用单片机 AT89C2051，逻辑合成电路采用 GAL20V8B；正/反转、4/8 拍和脉冲信号分别接入单片机的 2、3 和 7 脚，电流保护电路的过流信号接入 6 脚；单片机的 19、18、17 和 16 脚分别将四路输出信号 A、/A、B、/B 接入逻辑合

成电路的 3、4、5 和 6 脚，由 PWM 波调制电路输出的两路 PWM 波接入 1 脚和 2 脚，15、16、17、18、19、20、21 和 22 脚将 8 路输出信号接至功率驱动电路。

所述的 PWM 波调制电路采用集成脉宽调制器 SG3525，实现斩波电流信号的生成，工作时的斩波频率和死区大小由接于 5、6、7 引脚上的  $C_t$ 、 $R_t$  和  $R_d$  共同决定，等式为： $f=1/C_t(0.7R_t+3R_d)$ ；通过调节 2 脚即同相输入端上的电位计来调节 PWM 波的占空比。

所述的功率驱动电路由八只高频 CMOS 功率场效应晶体管组成的两个 H 功率桥以及八只二极管作为续流作用。

所述的外部信号是：正/反转、4/8 拍和脉冲信号。

### 有益效果

本发明提出了一种带电流负反馈的步进电机驱动系统，在以往的步进电机驱动系统中增加了电流反馈环节，可以在频率上升导致相电流下降时通过提高 PWM 波的占空比来增加相电流，使其在一定频率范围内保持相电流稳定，使之有一个稳定的带负载能力，能更平稳的工作。比以往的驱动系统改动幅度不大但是达到了改善矩频特性，提升带载能力的要求。

### 附图说明

图 1：是本发明的系统原理框图

图 2：实施例单片机控制与逻辑合成电路图

图 3：实施例 PWM 波调制电路图

图 4：实施例功率驱动电路图

图 5：实施例过流保护电路图

图 6：实施例电流负反馈电路图

图 7：带电流反馈时的电流值和不带电流反馈且不手动调节时频率和相电流的曲线图（运行在半步状态）

横坐标为频率（取值同上表），纵坐标为相电流值，蓝色曲线为不带电流反馈且不手动调节时的频率与相电流关系曲线，红色曲线为带电流反馈时的频率与相电流关系曲线。

### 具体实施方式

现结合附图对本发明作进一步描述：

本实施例中控制电路主要由单片机 AT89C2051 构成，同时为了防止程序跑飞，有效监测电路，在控制电路里使用了看门狗电路。控制电路接受外部正/反转、脉冲信号、4/8 拍切换和过流保护信号经过光电隔离后分别输入至单片机的 P3.0、P3.3、P3.1、P3.2 口，经过处理输出 A、/A、B、/B 4 路信号。其中 A 和 /A 代表 A 相绕组正端和负端功率桥控制信号，B 和 /B 代表 B 相绕组正端和负端功率桥控制信号。PWM 波调制电路采用集成脉宽调制器 SG3525 实现斩波电流信号的生成，工作时的斩波频率和死区大小由接于 5、6、7 引脚上的  $C_t$ 、 $R_t$  和  $R_d$  共同决定，等式为： $f=1/C_t(0.7R_t+3R_d)$ 。通过调节 2 脚（同相输入端）上的电位计来调节 PWM 波的占空比，从而输出两路互补的单极性 PWM 信号。逻辑合成电路主要由 GAL20V8B 组成，它将 PWM 波调制电路输出的两路互补的 PWM 信号与控制电路产生的控制信号综合处理，产生 8 路 H 桥控制信号。由逻辑合成电路产生的八路信号经由反相器输入至功率驱动电路的四片 IR2110 驱动芯片，由这四片 IR2110 驱动芯片驱动由 8 只高频 CMOS 功率场效应晶体管组成的两个 H 功率桥。在 H 功率桥上安放一个采样电阻，经过采样电阻将电流信号转换成电压信号输入至过流保护电路。过流保护电路采用运算放大器 LM358 和电压比较器 LM393 集成芯片来实现。过流保护电路的具体工作过程是：采样电阻将流经绕组中的电流转

换为电压量  $U_i$  送入运算放大器，运算放大器将输入信号进行放大并输出，输出电压为  $U_o = (1+R_1/R_2) \times U_i$ ，再将已放大的信号  $U_o$  送给电压比较器。电压比较器反向端与地之间接一稳压管(+5V)， $U_o$  与该 5V 电压相比较，若  $U_o > 5V$ ，电压比较器的输出为高，发生过流；若  $U_o < 5V$ ，则电压比较器输出为低电平，工作正常。此保护信号送入控制电路中的单片机的过流保护信号脚 (P3.2)。电流负反馈电路将采样电阻上采样来的电压值经过运算放大器放大然后输入到 SG3525 的 1 脚上，通过其内部的一个差分放大器与 2 脚上的值进行比较，从而产生 PWM 波。当 1、2 脚上的电压差别越大输出的 PWM 波占空比就越大，使相电流上升，从而就达到了是相电流保持恒定的目的。

根据本发明方案研制的本实施例的步进电机驱动系统在一定频率范围内表现的矩频特性较平，带载能力稳定，较手动调节时能有所提高。

根据下表带负载实验的数据和图 7，更可以看出本发明的显著效果：

带电流反馈自动调节和不带电流反馈手动调节时电流和带负载的对比

整步 $I=0.6A$	频率(Hz)	50	100	150	200	300	400	500			带电流 负反馈
	输出转矩 (g/cm)	1625	1625	1625	1625	1625	1375	750			
	电流 (A)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.52	0.43			
	频率(Hz)	50	100	150	200	300	400	500			不带电 流负反 馈
	输出转矩 (g/cm)	1500	1250	1500	1625	1125	875	750			
	电流 (A)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4			
半步 $I=0.6A$	频率(Hz)	50	100	150	200	300	400	500	600	700	带电流 负反馈
	输出转矩 (g/cm)	1750	1875	1625	1750	1875	1875	1750	1625	1625	
	电流 (A)	0.6	0.6	0.62	0.65	0.63	0.6	0.59	0.6	0.6	不带电 流负反 馈
	频率(Hz)	50	100	150	200	300	400	500	600	700	
	输出转矩 (g/cm)	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1625	1500	
	电流 (A)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	

由数据可以看出，带载能力有所增强，而且是实时调节相电流，与传统的恒流斩



---

波相比较，把过流保护环节和电流负反馈环节分开实现，使其独立工作，一旦发生过流时，直接给单片机发出保护信号，单片机则将四路输出全变低，这样能确切保证电机安全。本系统采用软件环形分配器，当更换了电机类型或是改变了工作模式时，仅需更换不同的程序即可适应各种步进电机的脉冲分配需求，无需大范围更改硬件电路，因而具有极大的灵活性。在电流负反馈环节我们采用的是利用集成脉宽调制器（SG3525）内部的差分放大器，这样外围电路就相对简单。

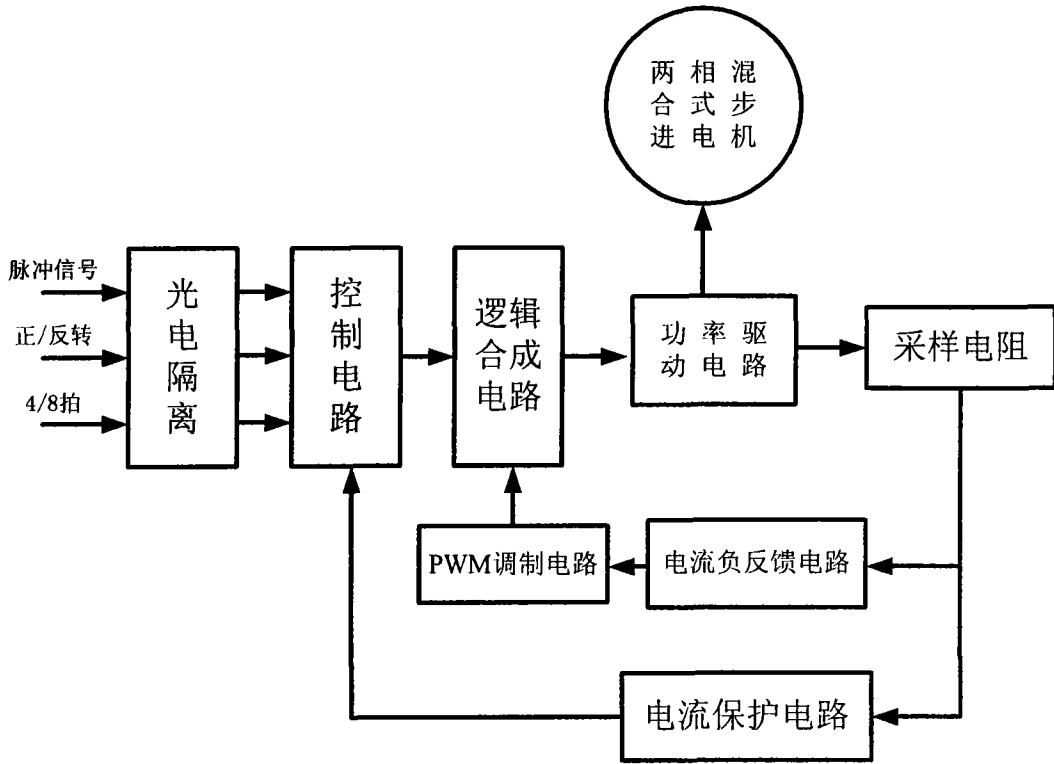


图 1

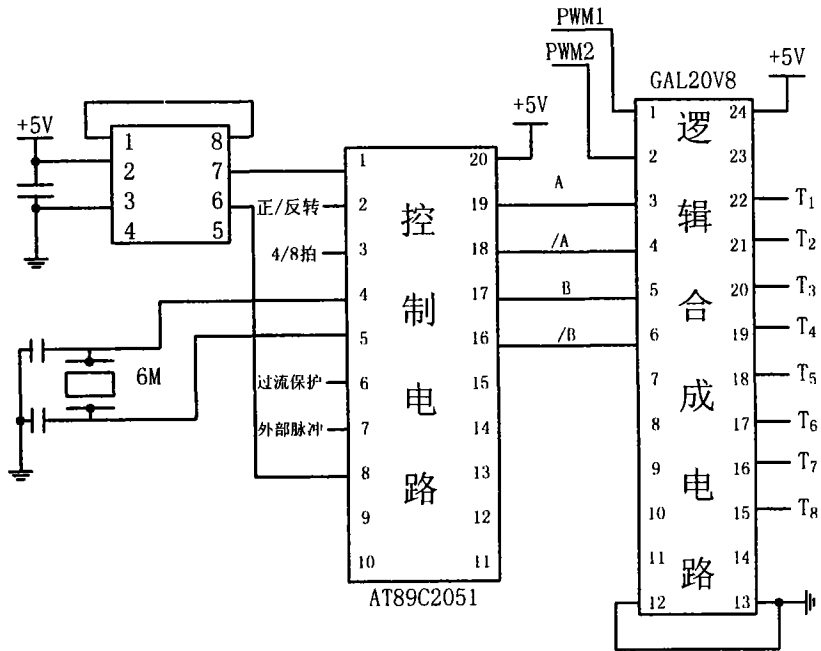


图 2

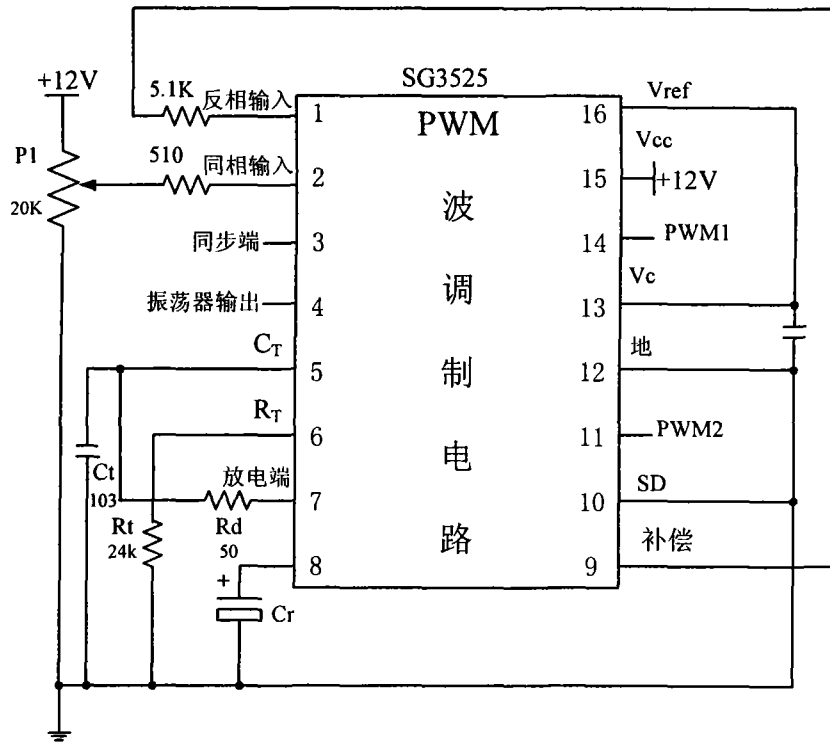


图 3

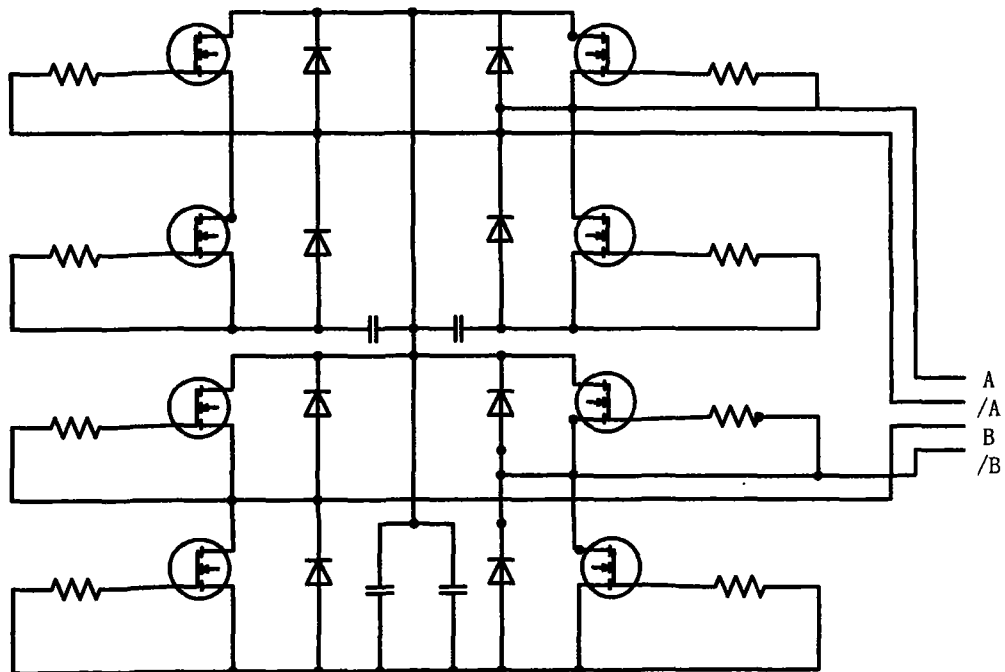


图 4

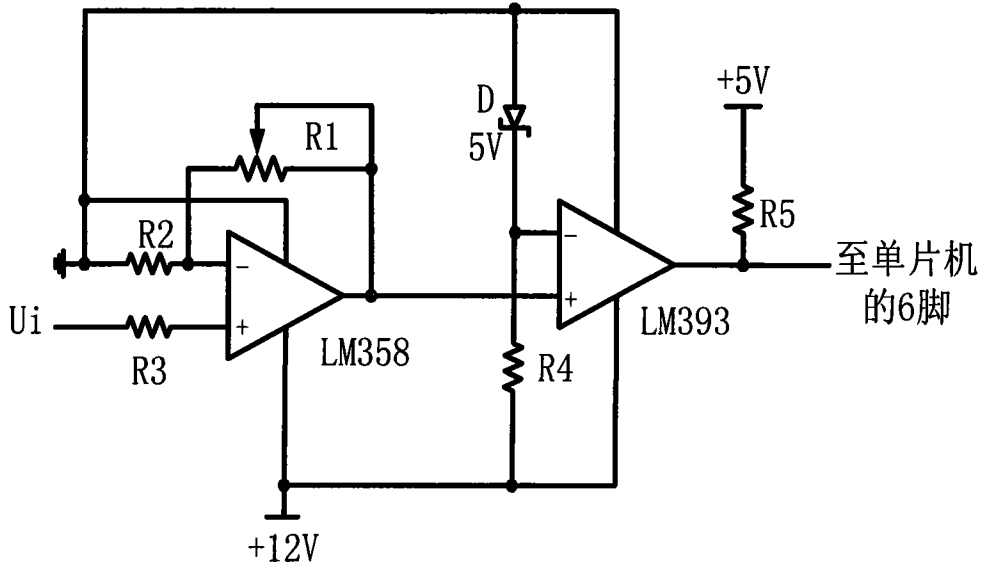


图 5

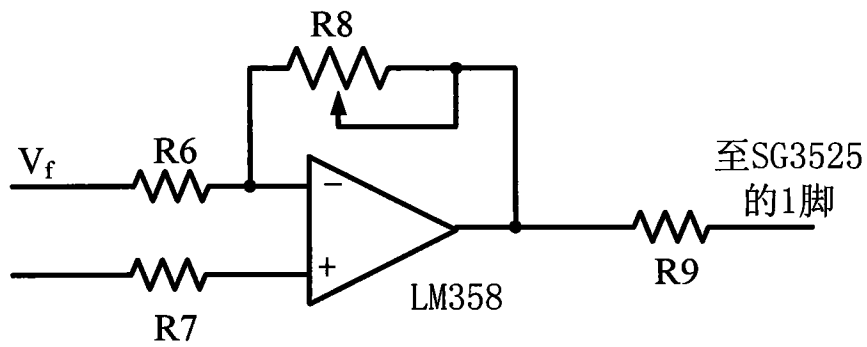


图 6

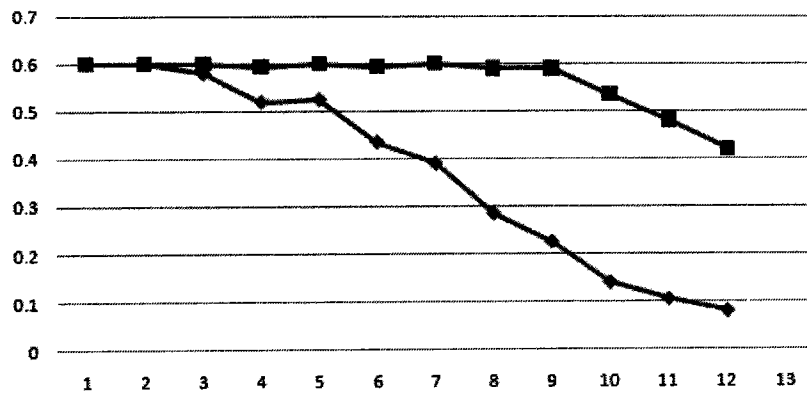


图 7