

基于 AVR 无刷直流电动机控制器的设计*

刘启新, 宋荣刚

(南京工程学院自动化系, 南京 210013)

【摘要】 用 AVR 单片机作为无刷直流电动机的控制器, 通过改变控制字的发送顺序以及调节 PWM 波的占空比, 实现了电机的正反转和速度控制功能, 主要针对无刷直流电动机组成中的主电路、驱动电路、位置信号检测电路进行了介绍, 并给出了相应的硬件电路和软件设计流程图。

【关键词】 无刷直流电动机; AVR 单片机; PWM

中图分类号: TM33 文献标识码: A

Design of Brushless DC Motor Controller Based on AVR

LIU Qi-xin, SONG Rong-gang

(Automation Dep. Nanjing Institute of Technology, Nanjing 210013, China)

【Abstract】 In this paper, the AVR single chip is used as the controller of the brushless DC motor-driven system, and realizing the functions of bi-directional rotation and velocity modulation control through changing the control word transmission order and modulating the duty-ratio of PWM wave. The control circuit of brushless direct current motor mainly focuses on the design for the main circuit, driven circuit and the position signal detecting circuit, and gives the corresponding hardware circuit and the flow chart of software.

【Key words】 brushless direct current motor; AVR single chip; PWM

0 引言

无刷直流电动机既具备交流电动机的结构简单、运行可靠、维护方便, 又具备直流电动机的运行效率高、无励磁损耗、调速性能好等优点, 目前广泛应用于家用电器, 电动助力车, 航空航天等领域^[1]。而 AVR 单片机是由 ATMEL 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC (Reduced Instruction Set, CPU) 精简指令集高速 8 位单片机, 支持高级语言的在线编程^[2]。用 C 语言进行系统的开发, 具有汇编语言编程所不可比拟的优势:

(1) 可以大幅度加快开发速度, 特别是开发一些复杂的系统, 程序量越大, 用 C 语言就越有优势;

(2) 无需精通单片机指令集和具体的硬件也能够编写出符合硬件要求的程序;

(3) 可以实现软件的结构化编程, 它使得软件的逻辑结构变得清晰、有条理, 便于项目的分组开发, 进行分工合作^[3]。

本文本着电动机出力大、转矩脉动平稳的原则, 结合近年来在无刷直流电动机领域中的成果和经验, 设

计了一款基于 AVR 单片机的无刷直流电动机驱动系统, 对其中的转子位置检测电路、驱动电路、过流保护电路等内容进行了介绍, 并给出了相应的软件流程图。

1 总体设计方案

无刷直流电动机 (Brushless Direct Current Motor, BLDCM) 是一种典型的机电一体化产品, 它是由电动机本体、位置检测器、电子开关和控制器等组成。位置检测器检测转子磁极的位置信号, 控制器对转子位置信号进行逻辑处理并产生相应的开关信号, 开关信号以一定的顺序触发电子开关中的功率开关器件, 将电源的功率按一定的逻辑关系分配给电动机定子各相绕组, 使电动机产生持续不断的转矩^[4]。

因此, 无刷直流控制器的设计, 关键是根据位置信号确定电子开关的通断顺序和通断时间。采用 AVR 单片机组成的无刷直流电动机如图 1 所示。

2 控制器主要硬件电路的设计

2.1 控制器主电路的设计

控制器主电路如图 2 所示。主电路的电子开关管

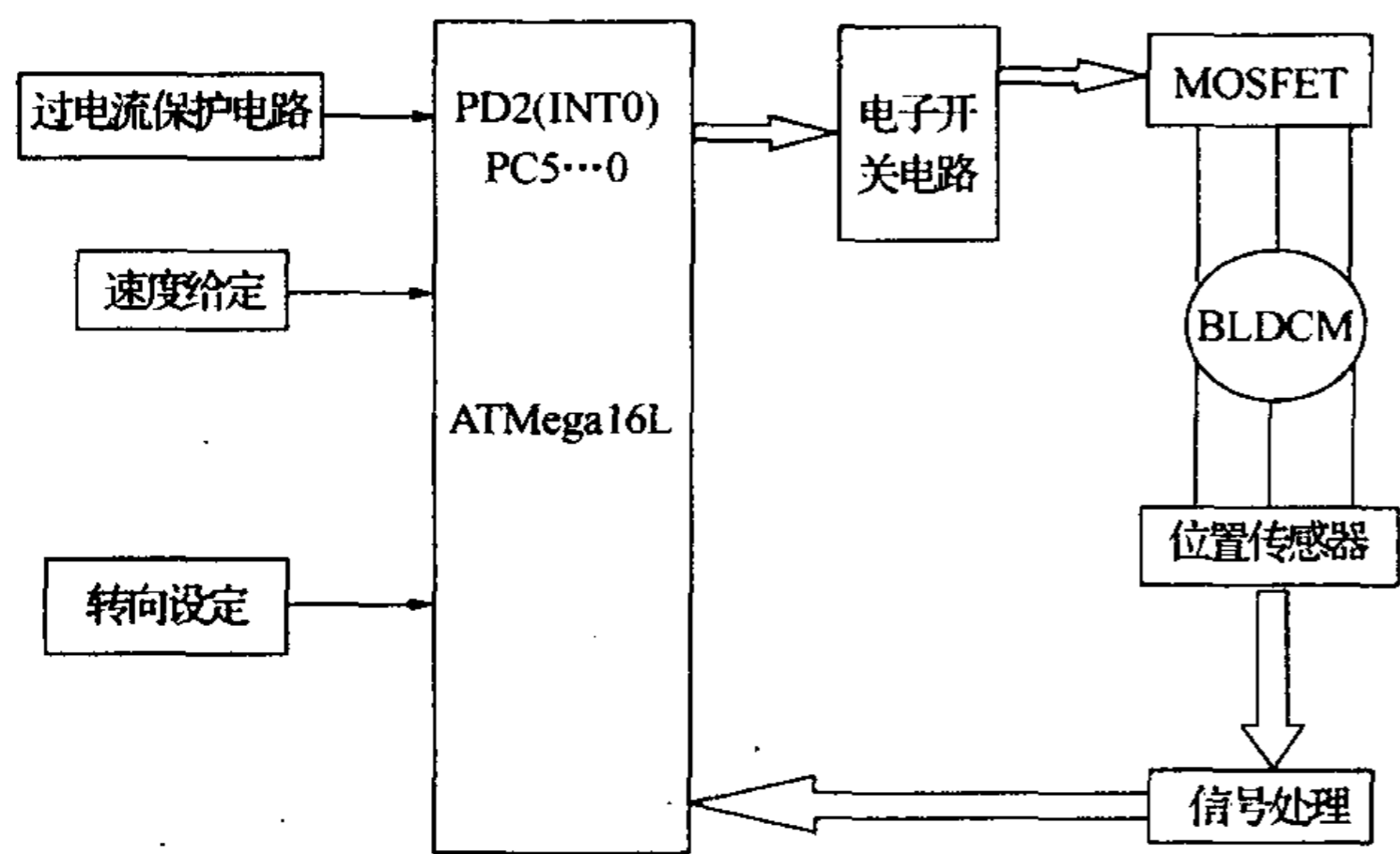


图1 单片机控制无刷直流电动机原理图

采用二二导通的控制方式。二二导通方式是指在任一瞬间使两个开关管同时导通,这种工作方式称作两相导通星形三相六状态方式,电动机的瞬时电磁转矩可由电枢绕组的电磁功率求得

$$T_{em} = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\Omega} \quad (1)$$

式中: e_a 、 e_b 、 e_c 为A、B、C三相绕组的反电动势; i_a 、 i_b 、 i_c 为A、B、C三相绕组的电流; Ω 为转子的机械角速度。

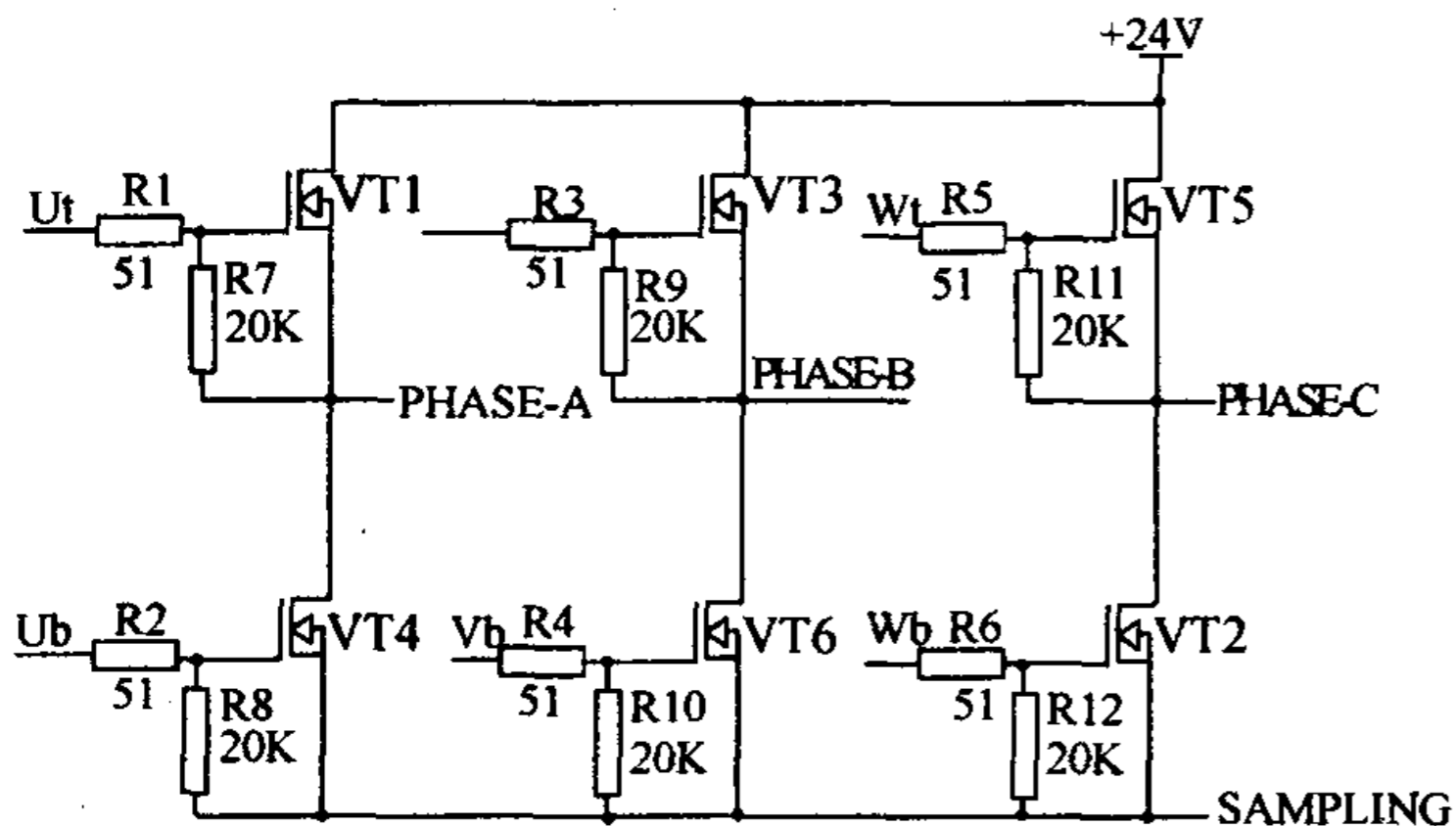


图2 控制器主电路图

由式(1)可见,电磁转矩取决于反电动势的大小。在一定的转速下,如果电流一定,反电动势越大,转矩越大。图3给出了无刷直流电动机三相绕组的反电动势波形及其二二导通方式下的开关管导通规律。为了使电动机获得最大转矩,在二二导通方式下,开关管的导通顺序应为: VT_1 、 $VT_2 \rightarrow VT_2$ 、 $VT_3 \rightarrow VT_3$ 、 $VT_4 \rightarrow VT_4$ 、 $VT_5 \rightarrow VT_5$ 、 $VT_6 \rightarrow VT_6$ 、 VT_1 。在这种工作方式下,每个周期共有六种导通状态,每隔 60° 电角度工作状态改变一次,每个开关管导通 120° 电角度。

由此可见,如果忽略换相过程的影响,当梯形波反电动势的平顶宽度大于等于 120° 电角度时,电动机的转矩脉动为0。同时,如果假定电流为平顶波,电动机工作在两相导通星形三相六状态方式时,总的电磁转矩是每相电磁转矩的两倍。因此其二二导通的控制方

式具有使电机出力大,转矩脉动平稳的优点^[5]。

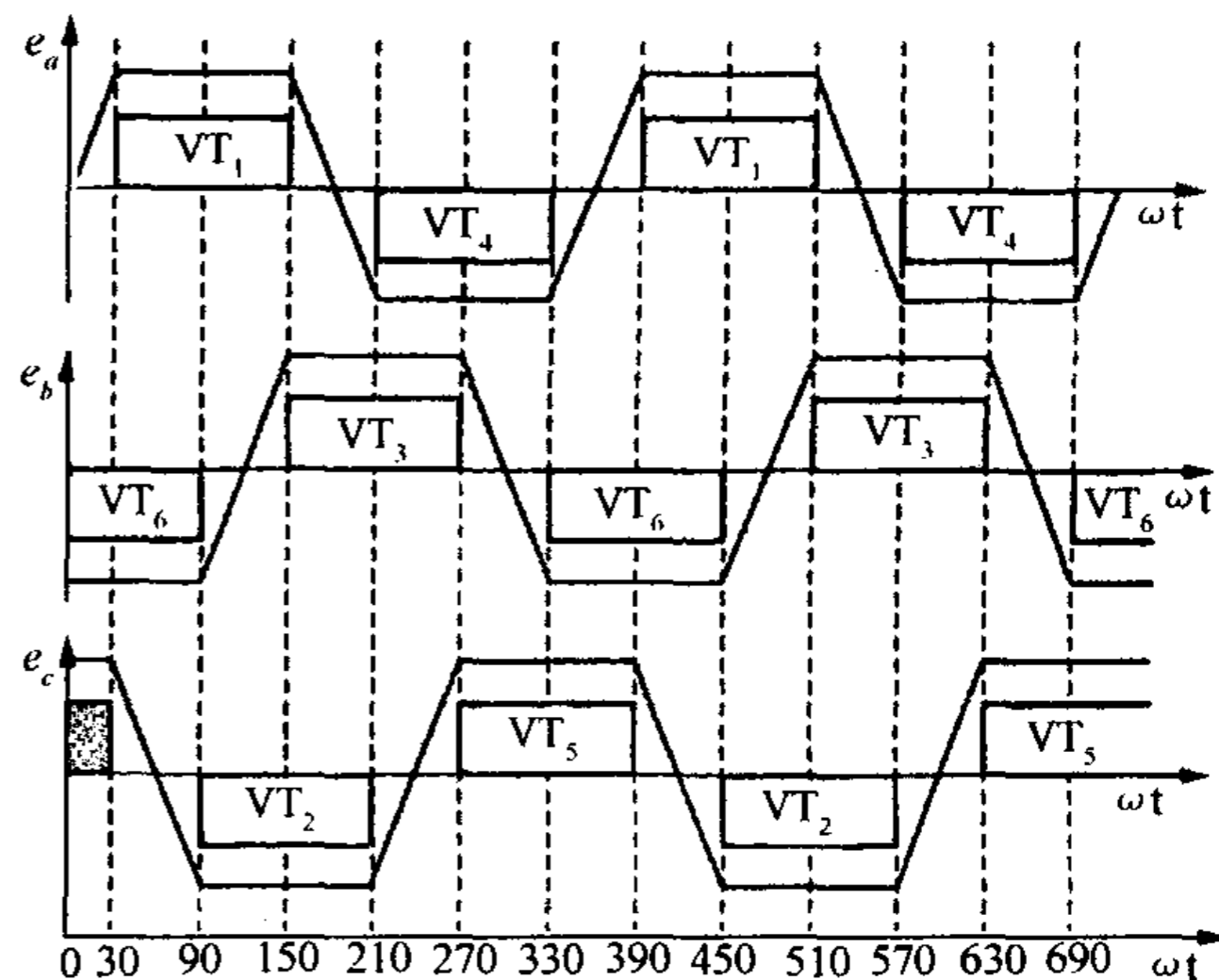


图3 三相绕组的反电动势波形及其二二导通方式下的导通规律

为了驱动六个N沟道MOSFET,设计了专门的驱动电路,驱动电路如图4所示。电路中采用IR2103驱动同一桥臂上的两个电子开关管,避免了产生同一桥臂上两个电子开关管直通的危害。

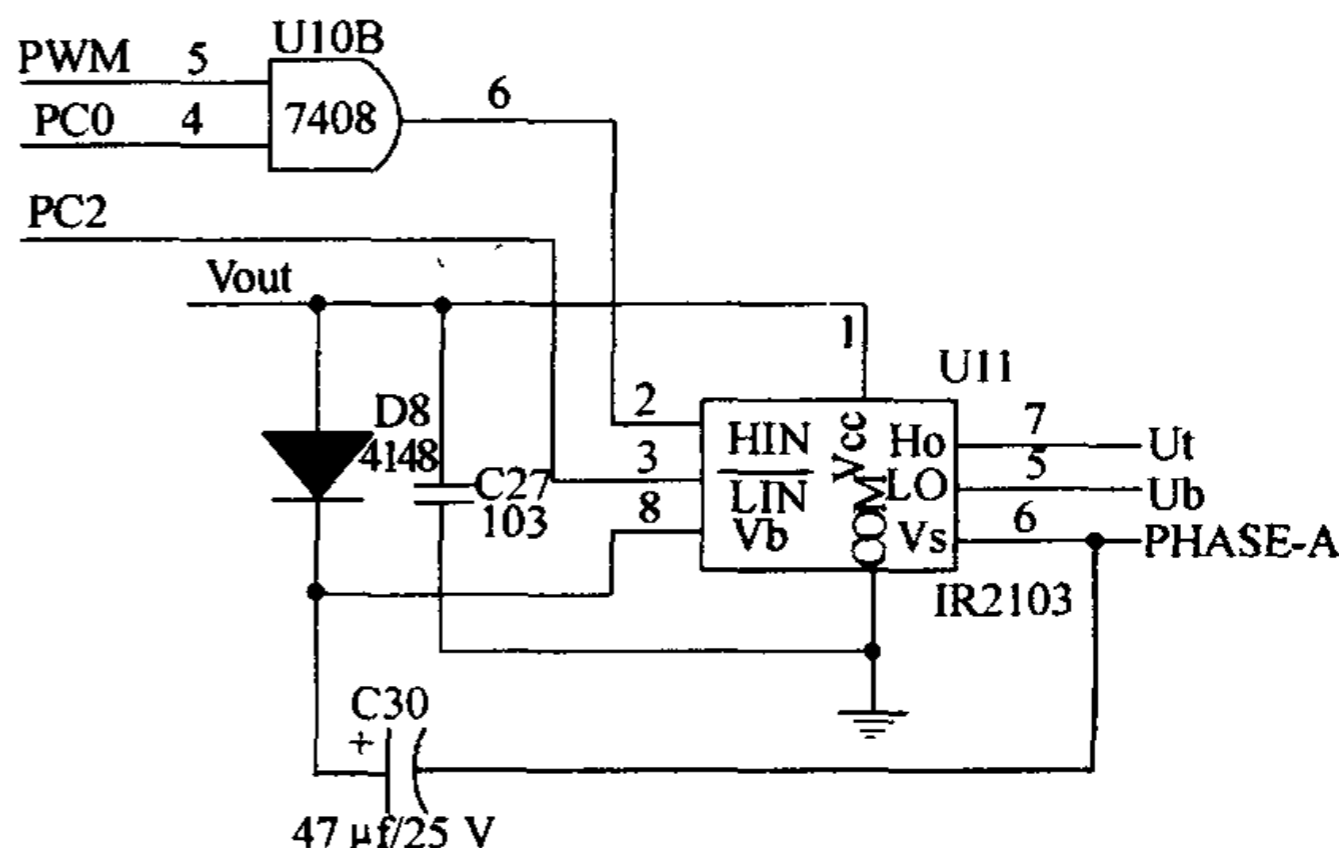


图4 三相桥式主电路驱动电路的原理图

2.2 控制器过流检测电路的设计

为了防止电动机起动、过流、过载或异常运行时,大电流对控制电路、功率逆变器和电动机本体造成损害,设计了过电流检测电路。通过在主电路上串联一个采样电阻,将采样电阻两端电压与设定的电压进行比较来确定主电路电流是否过流,过流信号送至单片机的中断引脚,执行过流保护子程序。图5为过流检测电路,电动机正常工作情况下,比较器LM358输出为低电平,三极管的基极没有电压不会导通,Short Current为高电平(电动机正常工作时的状态)。如电动机负载突然增大,通过电动机绕组的电流增大,那么SAMPLING的值就增大,如果它增大到一定值(大于其本身的1.8倍),则比较器LM358输出为高电平,三极管导通,则Short Current为低电平,触发单片机中断。

3 控制器软件的设计

系统软件主要完成系统的控制功能,其主程序主要完成 AVR 单片机的初始化、系统的自检、报警、信号处理等功能,其程序流程图见图 6 所示。

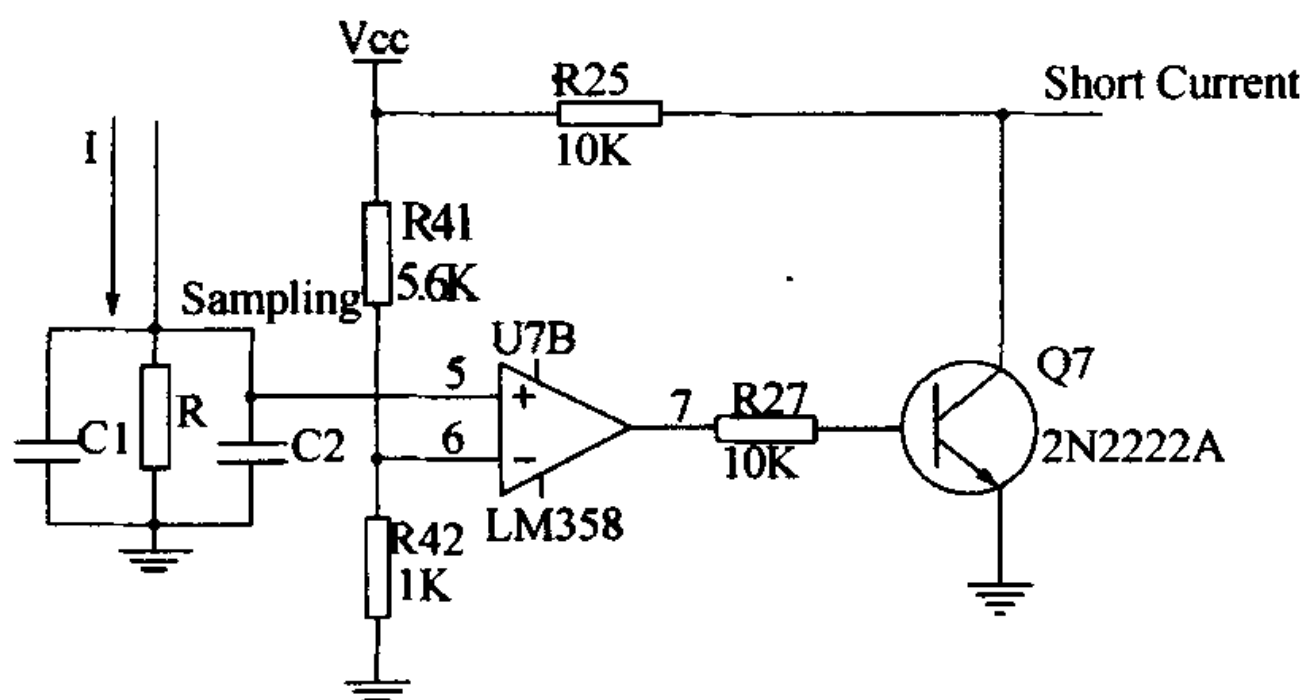


图 5 控制系统过流检测电路原理图

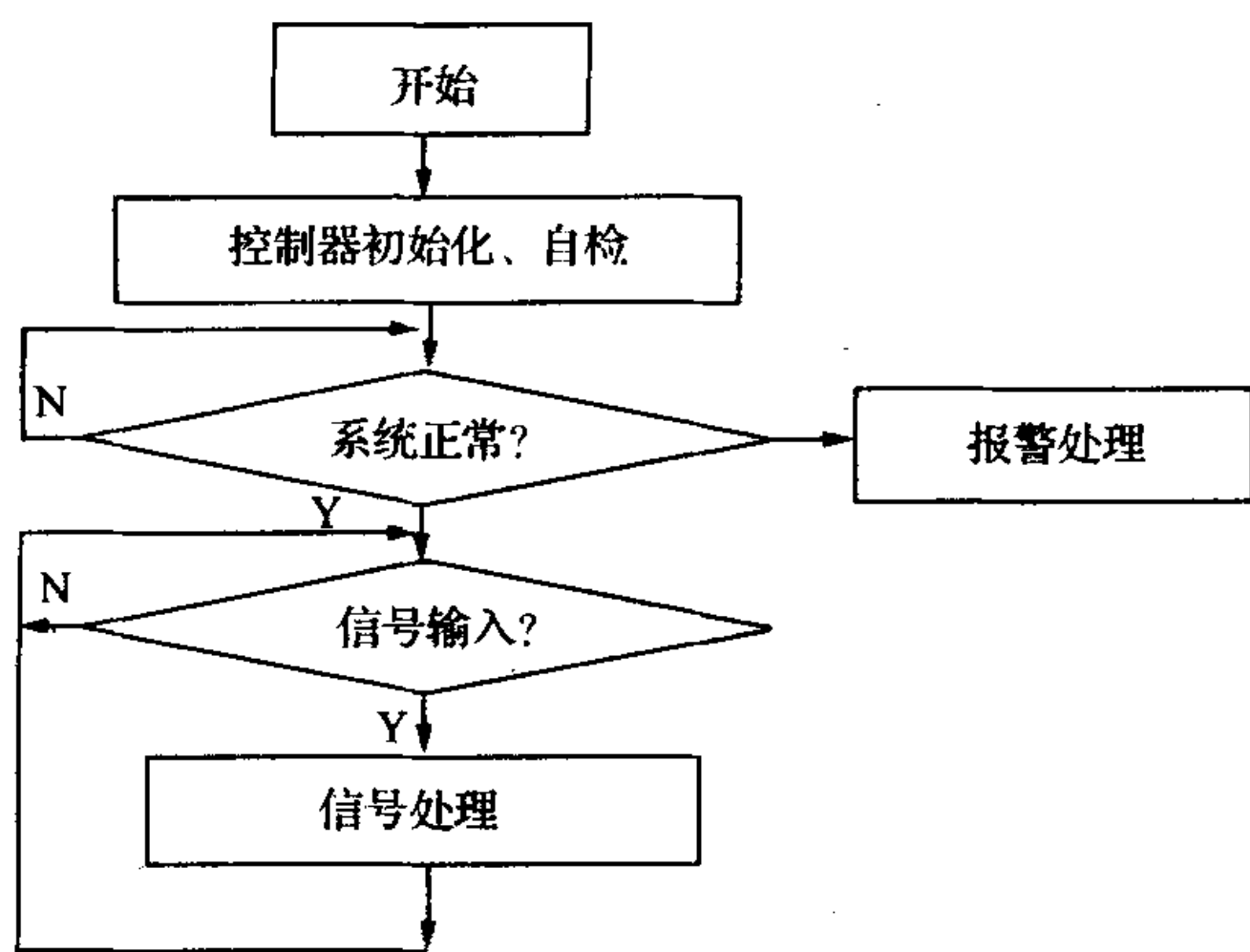


图 6 系统主程序流程图

无刷直流电动机的正常运转靠控制器发送正确的控制字,控制字是根据位置信号确定的,三相位置信号的控制字决定六个开关管的导通状态。

表 1 列出了电动机顺时针旋转时,各相绕组通电顺序和位置信号控制逻辑关系。位置信号检测子程序流程图如图 7 所示。

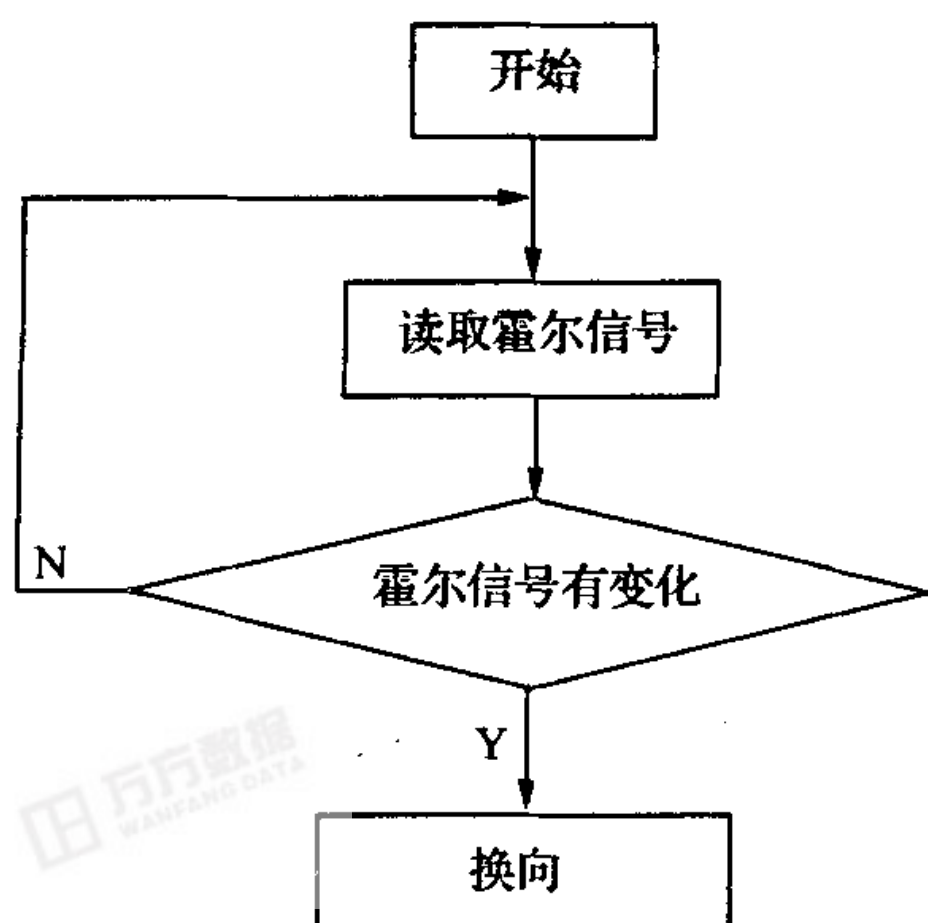


图 7 位置检测程序流程图

表 1 顺时针旋转时绕组通电顺序和位置信号控制逻辑

工作状态	I	II	III	IV	V	VI
H_A	1	0	0	0	1	1
H_B	1	1	1	0	0	0
H_C	0	0	1	1	1	0
导通相	A→B	A→C	B→C	B→A	C→A	C→B
导通管子	VT_1, T_6	VT_1, VT_2	VT_3, VT_2	VT_3, VT_4	VT_5, VT_4	VT_5, VT_6

速度调节是无刷直流电动机控制器中不可缺少的一部分,本文设计的速度控制子程序流程图如图 8 所示。

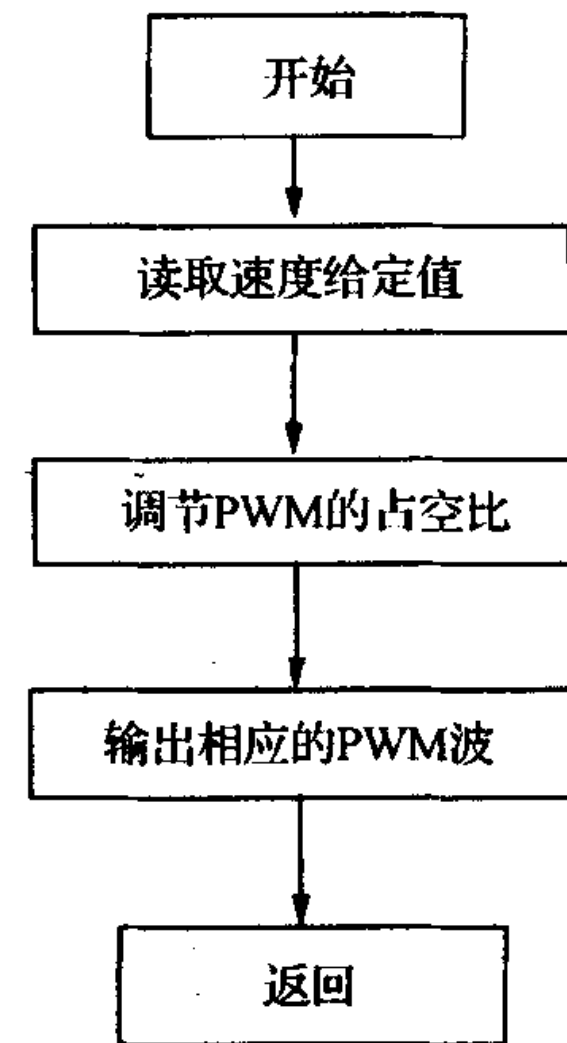


图 8 速度调节子程序流程图

4 结 语

文中采用 AVR 构成的无刷直流电动机控制器,充分利用了 AVR 单片机的优点,大大节省了硬件资源,具有高灵敏度、高可靠性的优点,只要对控制器的软件稍加改造,就可以实现无刷直流电动机在不同场合的应用。

参 考 文 献

- [1] 丁志刚. 无刷直流电动机的研究和发展进展[J]. 微机电, 2003, 33(1): 29-30.
- [2] 丁化成, 耿德根, 李君凯. AVR 单片机应用设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [3] 沈文, 詹卫前. Eagle lee. AVR 单片机 C 语言开发入门指导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] 张琛. 直流无刷电动机原理及应用(第 2 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [5] 郑吉, 李学普. 无刷直流电动机控制技术综述[J]. 微机电, 2002, (3): 11-13.

刘启新 女, 1957 年生, 副教授。研究方向为电机与拖动及伺服控制系统。

宋荣刚 男, 1982 年生, 助理工程师。研究方向为计算机控制系统等。