

一种基于单片微机的步进电机控制系统

毛玉蓉¹ 翁惠辉¹ 刘钢²

1. 江汉石油学院 2. 新疆独山子石化总厂基建公司

摘要:文章介绍了一个由 AT89c51 单片机控制步进电机的系统实例,包括系统硬件设计和软件设计。在硬件设计中强调了步进电机驱动电源,给出了控制电路原理图。并在软件设计中给出了主要的控制程序。

关键词:单片机 步进电机 驱动电源 定时器

TM3 A

A Stepping Motor Control System Based on Microcomputer

Mao Yurong Weng Huihui Liu Gang

Abstract: This paper introduces an example of stepping motor controlled by microcomputer, including hardware design and software design. The driving power of stepping motor is emphasized in the hardware design and the circuit chart is given. Then the primary control procedure is given in the software design.

Keywords: microcomputer stepping motor driving power timer

步进电机是将输入的电脉冲(数字控制信号)转换成角位移或直线位移的伺服电动机,它本身就是一个完成数字/模拟转换的执行元件。步进电机的定子上通常装有多相绕组,转子是带齿的铁心或永久磁铁。只要实现各相绕组按一定规律轮流通电,就可产生步进运动。在实用的系统中,用脉冲分配回路并经功率放大来向绕组供电。每当电机绕组接受一个电脉冲,转子就转过一个相应的步距角。转子的角位移的大小及转速分别与输入的电脉冲数及其频率成正比,并在时间上与输入脉冲同步,只要控制输入电脉冲的频率以及电机绕组通电相序即可获得所需的转角、转速及转向,很容易用微机实现数字控制。

由于步进电机具有步距值不受诸如电压和温度变化的影响、误差不长期积累以及控制性能好等优点,所以步进电机在仪器仪表、机器人、数控机床、纺织、轻工、石油、邮电、冶金和化工等行业得到了越来越广泛的应用。

1 系统硬件设计

该单片机控制步进电机系统由单片机、步进电机驱动电源(脉冲分配器和功率驱动)、步进电机等部分组成,其控制框图如图 1 所示。

在图 1 中由单片机给出脉冲信号,经脉冲分

配器产生步进电机工作方式所需的各相脉冲信号,功率驱动电路对脉冲分配回路输出的弱信号进行放大,产生电机所需的激励电流。



图 1 控制系统框图

本控制系统采用 MCS-51 系列单片机 AT89c51 作为处理器。89c51 内部有 4 K 的可编程 EPROM、128 字节的 RAM(其中有 16 个字节既可作一般的 RAM 单元使用,又可对 128 位进行位操作)、21 个特殊功能寄存器、2 个 16 位的定时器或计数器以及一个全双工串行口,对外有 4 个端口、32 条 I/O 线,它们都具有位寻址功能,使用极其方便。我们通过 89c51 的 P1.1 口输出信号控制步进电机。

系统所用的步进电机为 45BF005-1 型三相反应式步进电机,其工作电压为 +27 V,静态电流为 2.5 A,步距角为 1.5°。

本系统的驱动电源选用日本 Sanyo(三洋)电机公司生产的 PMM8713 作为此步进电机的脉冲分配器。它适用于控制三相和四相步进电机,有 3 种激励方式:1 相、2 相以及 1—2 相。输入方式可

选择单时钟(加方向信号)和双时钟(正转或反转时钟)方式,它具有正反转控制、初始化复位、原点监视、激励方式监视和输入脉冲监视等功能。使用的电源为 4~18 V,相输出驱动能力为 20 mA。PMM8713 的原理框图如图 2 所示。

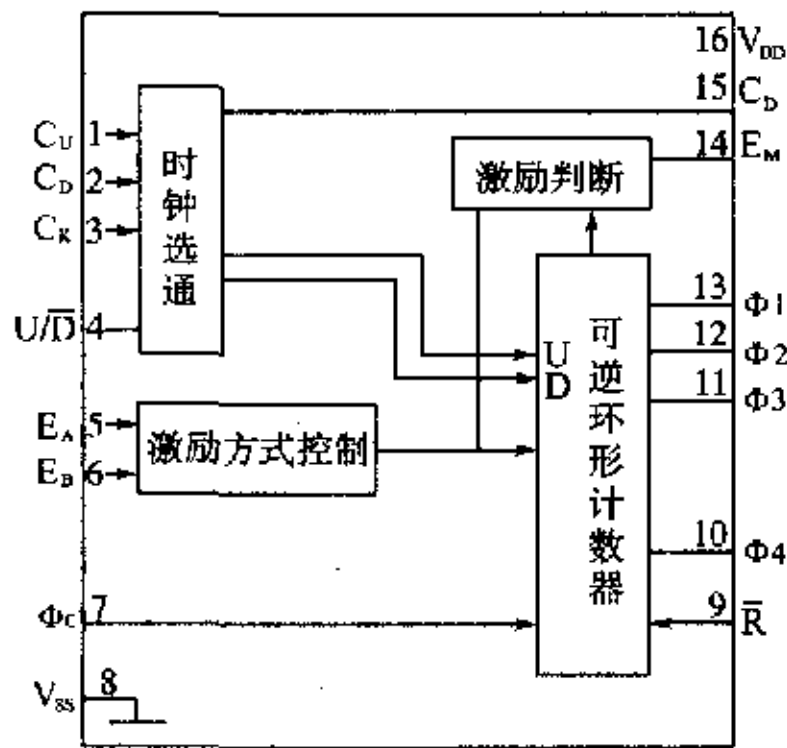


图 2 PMM8713 原理框图

此种集成电路内部由时钟选通、激励方式控制、可逆环形计数器等主要部分构成。所有输入端内部都设有施密特电路,具有很高的抗干扰能力。它采用 DIP16 封装,其引脚功能及激励方式选择和初始状态分别如表 1 和表 2 所示。

表 1 PMM8713 引脚功能说明

| 引脚号 | 符号 | 功能说明 |
|-----|-----------------|--|
| 1 | C _U | 输入脉冲,正转 CW 时钟 |
| 2 | C _D | 输入脉冲,反转 CCW 时钟 |
| 3 | C _K | 输入时钟(单时钟方式使用) |
| 4 | U/D | 方向转换,0—反转;1—正转 |
| 5 | E _A | 激励方式控制,当 E _A E _B 为 11 对应 1—2 相, 00 对应 2 相,01,10 对应 1 相 |
| 6 | E _B | |
| 7 | Φ _C | 3/4 相选择,0—3 相,1—4 相 |
| 8 | V _{SS} | 地 |
| 9 | R | 复位端,低电平有效 |
| 10 | Φ ₁ | Φ ₁ ,Φ ₂ ,Φ ₃ ,Φ ₄ ——4 相输出 |
| 11 | Φ ₂ | |
| 12 | Φ ₃ | |
| 13 | Φ ₄ | Φ ₂ ,Φ ₃ ,Φ ₄ ——3 相输出 |
| 14 | E _M | 激励监视:0—1 相,1—2 相,脉冲表示 1—2 相激励 |
| 15 | C _D | 输入脉冲监视,输出与时钟同步脉冲 |
| 16 | V _{DD} | 正电源 |

运行时,PMM8713 作单极性控制。三相步进电机:1—2 相激励 6 拍运行;1 相或 2 相激励 3 拍运行。四相步进电机:1—2 相激励 8 拍运行;1 相

或 2 相激励 4 拍运行。由于 PMM8713 输出驱动电流只有 20 mA,因此需要外接功率驱动放大电路。当用微处理器输出去控制大功率电器时,需要将弱电与强电隔离。这里用光电隔离器进行隔离。

表 2 PMM8713 激励方式选择和初始状态

| 激励方式 | 输入 | | | | 输出 | | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Φ _C | E _A | E _B | R | E _M | Φ ₁ | Φ ₂ | Φ ₃ | Φ ₄ |
| 3 相 | 1—2 相 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | 2 相 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | 1 相 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4 相 | 1—2 相 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 2 相 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | 1 相 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

我们选用光电隔离器的型号为 TLP521-4,功放晶体管的型号为 P41C(6 A、100 V、65 W、I_{ce}=3 A)。输出隔离电路的原理图如图 3 所示。

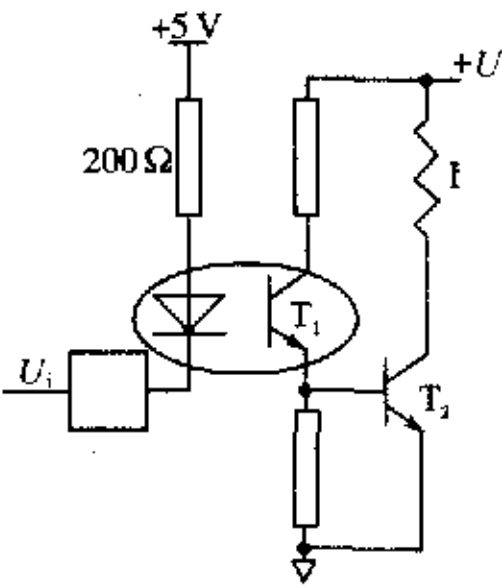


图 3 隔离电路原理图

U_i来自脉冲分配器的一个输出端子,U_i经驱动门以后接到发光二极管的阴极,+5 V 电源需要接限流电阻,此电阻一般取值为 200 Ω、1/4 W。当 U_i为低电平时,经同相驱动门驱动后依然是低电平,二极管导通,从而使光敏晶体管 T₁ 导通,步进电机的一相绕组得电运转。当 U_i为高电平时,二极管会因为阳极和阴极都为高电平而截止,光敏晶体管 T₁ 就会截止,从而使步进电机的一相绕组失电而停转。

需要强调指出的是,光电耦合的输入和输出部分必须分别采用独立的电源,如果两端共用一个电源,则光电耦合的隔离作用就将失去意义。

PMM8713 作脉冲分配器驱动步进电机的电路图如图 4 所示。这里只加上单脉冲,用来控制步进电机朝一个方向运行。由 PMM8713 产生的脉冲经 74LS06 反向驱动放大后,再经 TLP521-4

光电隔离器隔离,最后驱动步进电机的绕组。 I_1 , I_2 , I_3 是三相步进电机的绕组, T_1 , T_2 , T_3 是晶体管功率放大器。改变来自 P1.1 脚的脉冲信号的频率就可以控制 PMM8713 的输出脉冲频率,从而改变步进电机的运行速度。

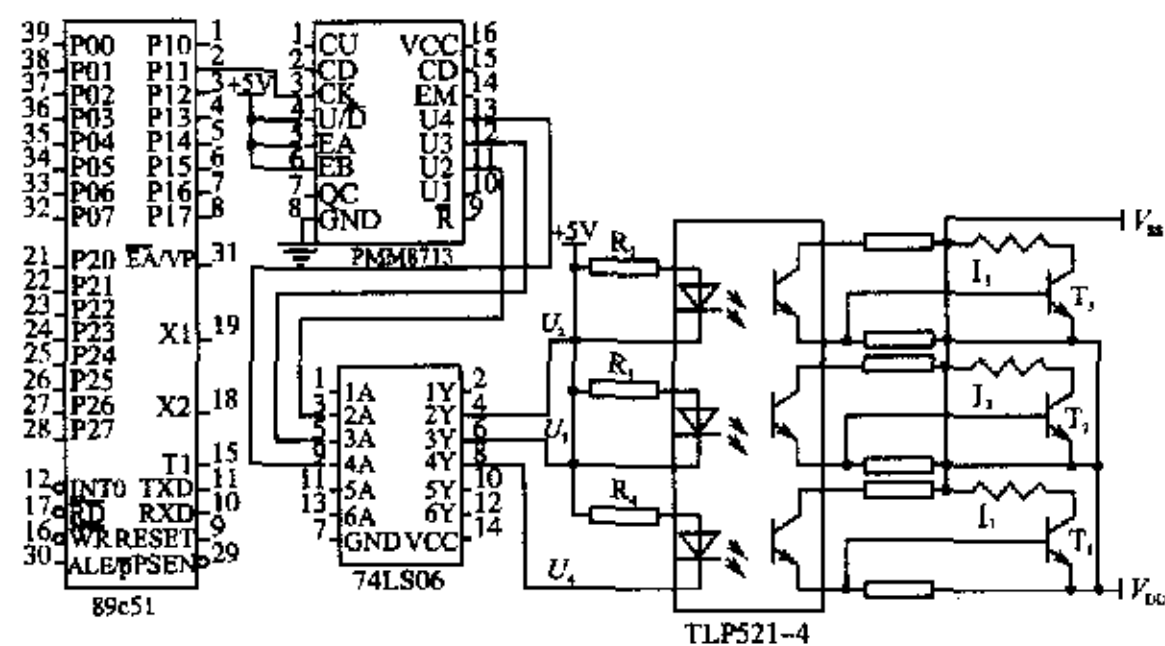


图 4 步进电机驱动电路图

2 系统软件设计

在步进电机控制系统中单片机的主要作用是产生脉冲序列,它是通过 89c51 的 P1.1 口发送的。

系统软件编制采用定时器定时中断产生周期性脉冲序列,不使用软件延时,不占用 CPU。CPU 在非中断时间内可以处理其他事件,唯有到了中断时间驱动步进电机转动一步。在此,定时器 T_0 的工作方式为方式 2,定时周期为 $16 \mu s$,即每秒产生 62500 次中断。

步进电机工作方式:三相 6 拍,通电顺序为: $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CA \rightarrow A$,如果按上述通电顺序,步进电机正向转动;反之,如果通电顺序相反,则步进电机反向转动。步进电机正转的励磁逻辑见表 3。

表 3 步进电机正转励磁表

| C 相 | B 相 | A 相 | 工作状态 | 代码 | 电机拍数 |
|-----|-----|-----|------|-----|------|
| 0 | 0 | 1 | A | 01H | 0 |
| 0 | 1 | 1 | AB | 03H | 1 |
| 0 | 1 | 0 | B | 02H | 2 |
| 1 | 1 | 0 | BC | 06H | 3 |
| 1 | 0 | 0 | C | 04H | 4 |
| 1 | 0 | 1 | CA | 05H | 5 |

表中的代码为 01H、03H、02H、06H、04H、05H,也称为励磁表。在编制程序时,先将代码按顺序存放在存储器中,由计算机通过接口依次送出相应控制代码,以便控制步进电机运转。

在确定步进电机的转动方向之后,只需要改变给定脉冲的频率就可改变步进电机的转速。

考虑到要使步进电机平稳运行,采用定时器定时地输出控制脉冲,同时将定时器的中断优先级设定为最高级别,以保证不论微处理器在执行哪段程序,定时时间一到就可以无条件地执行脉冲输出子程序。脉冲输出子程序写在定时器 T_0 定时事件中,设 T_0 中断入口地址标号为 TOFLOW,则脉冲输出子程序如下。

```

TOFLOW: CLR EA           ;关中断
        JNB 00H, FLOW0    ;没运行跳出,否则下转
        CLR P1.1          ;输出高电平
        DJNZ 0AH, FLOW0    ;高电平持续时间没完跳出
        DJNZ 0BH, FLOW0    ;高电平持续时间没完跳出
        MOV 0AH, 0CH       ;高电平时间初值写回原计数器
        MOV 0BH, 0DH       ;高电平时间初值写回原计数器
        SETB P1.1          ;高电平结束则输出低电平
FLOW0:  SETB EA           ;开中断
        REEI              ;中断返回
        NOP                ;指令冗余
        NOP                ;指令冗余
        LJMP 0000H         ;若出错则重新开始运行程序
    
```

上面程序中 00H 位寻址单元为 1 时,表明要求步进电机运行,为 0 时步进电机处于脱机状态。0DH,0CH 2 个字节构成一个 16 位的计数器,存放脉冲频率初值,0BH,0AH 作减计数器,改变 0DH,0CH 的初值,可得到不同频率的脉冲信号。

3 结束语

步进电机在工业过程控制及仪表中应用十分广泛,因此各种步进电机控制系统相继问世,它们均有各自的优点及局限性。我们研制的基于 AT89c51 单片机的步进电机控制系统,具有线路简洁、性能良好、成本低、可靠性高等特点,在精密平流泵控制设计应用中取得了良好效果,步进电机的启动、停车、反转以及其他任何方式的改变,都在少数脉冲内完成,在一定频率范围内运行时,运行平稳,不丢步。

参考文献

- 1 陈隆昌等. 控制电机(第三版). 西安电子科技大学出版社, 2000
- 2 谭建成. 电机控制专用集成电路. 机械工业出版社, 1997
- 3 徐爱均. 智能测量控制仪表原理与设计. 北京航空航天大学出版社, 1995

收稿日期:2002-09-20

修改稿日期:2003-04-21