

## 步进电机的单片机控制设计分析

王晨光<sup>1</sup> 孙运强<sup>1</sup> 许鸿鹰<sup>2</sup>

(1. 中北大学信息与通信工程学院 太原 030051; 2. 天津创世科技有限公司 天津 300000)

**摘要:** 步进电机是一种将脉冲信号转换为相应角位移的执行元件,在工业控制领域应用广泛。本文介绍了步进电机的控制原理,详细论述了采用单片机的控制方法,并以 35BY48L02 步进电机为例,分析设计了单片机的硬件接口电路及步进电机的软件控制方法。该设计具有通用性,对于不同步进电机,可以通过修改相应的电路及相关程序实现,提高了系统控制的灵活性。

**关键词:** 单片机;步进电机;控制

**中图分类号:** TM9 **文献标识码:** A

## Analyze and design of stepping motor control based on MCU

Wang Chenguang<sup>1</sup> Sun Yunqiang<sup>1</sup> Xu Hongying<sup>2</sup>

(1. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051;

2. Tianjin Chuangshi Limited Technology Company, Tianjin 300000)

**Abstract:** Stepping motor is an actuator that can convert the pulse signal to degree displacement, which is widely used in industry area. In the paper the control principle of stepping motor has been introduced. The control method has been discussed in detail, which MCU has been used to control the stepping motor. For example the 35BY48L02 stepping motor has also used. Hardware interface circuit of MCU and the software control method of the stepping motor have been designed. The design has great generality. For different stepping motors, the function has been realized by modify corresponding circuit and program. The practice shows that the system has great flexibility.

**Keywords:** MCU; stepping motor; control

### 0 引言

步进电机是一种将数字信息直接转换成相应角位移或线性位移的控制驱动装置,具有快速启停、精确步进及直接接收数字量等特点<sup>[1]</sup>,是自动控制系统中主要控制器件之一。随着计算机技术的发展,步进电机必将发挥它的优势,在工业控制领域取得更为广泛的应用。

步进电机系统由控制器、驱动器及步进电机构成,三者缺一不可<sup>[2]</sup>。目前的驱动器一般都为集成产品,价格昂贵,结构复杂,主要应用于各种工业场合。而对于学校教学实验研究及要求较低的步进电机控制的场合,使用专用驱动器来控制步进电机有一定的局限性,其价格也是必须考虑的重要因素。因此,本文针对这一情况,对单片机控制步进电机的方法进行了实验研究,结合实例对硬件接口进行了设计,并提出了软件设计方案。该方法灵活可

靠、成本低廉,也具有一定的工程实用价值,应用于实验教学、科研中效果良好。

### 1 步进电机的单片机控制原理

步进电机是数字控制电机,它将脉冲信号转变成角位移,即给一个脉冲信号,步进电机就转动一个角度,其最大特点是通过输入脉冲信号来进行控制,即电机的总转动角度由输入脉冲数决定,而电机的转速由脉冲信号频率决定,因此非常适合于单片机控制<sup>[1]</sup>。基于单片机的步进电动控制系统由单片机 I/O、驱动电路、步进电机、负载组成。

单片机的作用是产生驱动步进电机的脉冲信号,并送给驱动电路,驱动电路根据控制信号工作,实现步进电机的转速与方向控制。具体实现过程需编程实现,通过改变单片机输出控制信号的循环次序,来完成步进电机转动方

**作者简介:** 王晨光(1981-),男,硕士研究生,研究方向为通信技术及测试计量技术。

向的改变;通过改变单片机输出信号的频率,来完成步进电机速度的切换。

## 2 硬件设计方法分析

在设计研究过程中,本文选用了常州丰源微特电机公司生产的 35BY48L02 步进电机,该电机使用 +24 V 直流电源,步距角为  $7.5^\circ$ ,电机线圈由四相组成,即 A、B、C、D 四相,驱动方式为两相激励方式。电机外形图如图 1 所示<sup>[3]</sup>。

驱动电路由脉冲信号控制,调节脉冲信号的频率便可改变步进电机的转速。驱动器输出接步进电机。因其工作电压为 24 V,最大电流为 0.22 A<sup>[3]</sup>,因此用一块开路输出达林顿驱动器(VS2003)作为驱动。为了节省单片机I/O

资源,笔者使用 74LS02(或非门)集成芯片进行时序的切换,通过 P0.2、P0.3、P0.6 来控制各线圈的接通与切断,电路如图 2 所示。

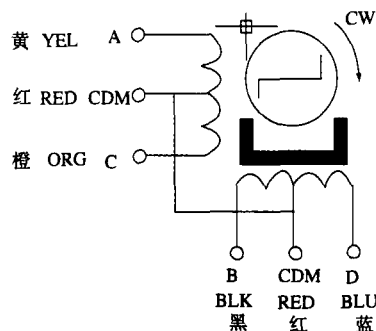


图 1 电机外形图

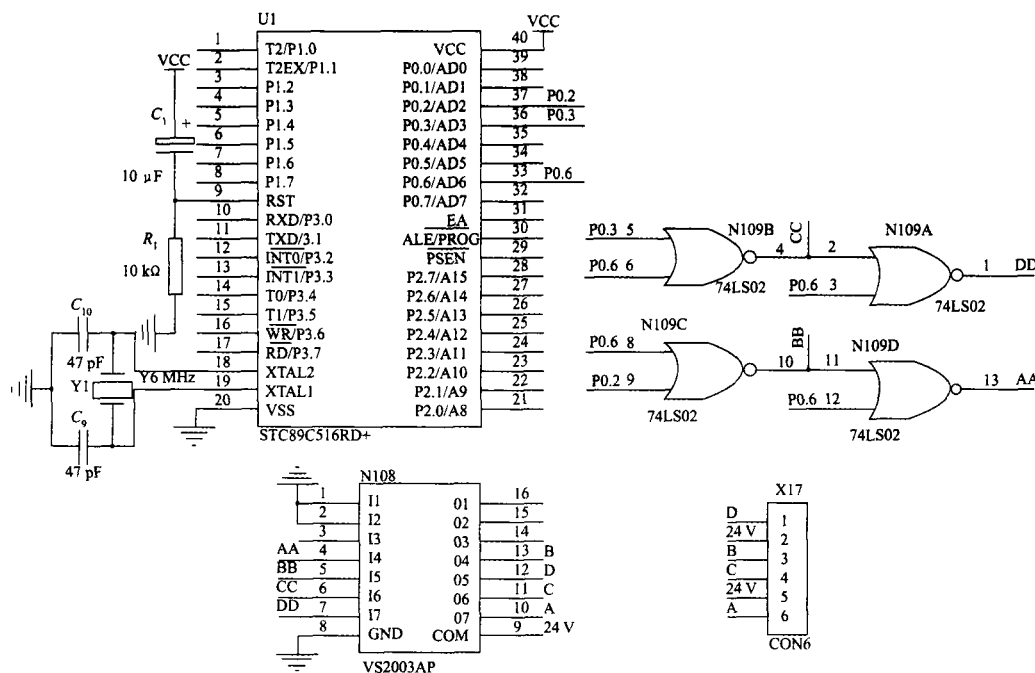


图 2 步进电机与单片机接口电路

该电路使用 STC89C516RD+ 进行控制,该单片机具有增强型 6 时钟/机器周期功能,提高了指令执行速度,同时具有超强抗干扰、低功耗、在线编程等特点,在工业控制领域有着广泛的应用<sup>[4]</sup>。X17 为电机输入端口,网络标号与电机实际引线相同。根据电路设计方案,电机驱动顺序见表 1。

表 1 步进电机运行控制表

P0.2	P0.3	P0.6	A	B	C	D
1	1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1

单片机复位时,P0.2、P0.3、P0.6 均为高电平,依次将 P0.2、P0.3、P0.6 按表进行切换,即可驱动步进电机运行,

在切换之前将前一个输出引脚变为高电平。如果要改变电机的转动速度只要改变两次接通之间的时间,而要改变电机的转动方向,只要改变各线圈接通的顺序。

## 3 软件设计方法分析

### 3.1 脉冲的形成

实现对步进电机的控制,单片机应能输出有一定周期的控制脉冲。先输出一个高电平,延时一段时间后,再输入一个低电平,然后再延时。改变延时时间的长短,即可改变脉冲的周期,脉冲的周期由步进电机的工作频率确定。

### 3.2 方向控制

在实际的控制系统中,有时需根据要求控制步进电机换向,步进电机的旋转方向和内部绕组的通电顺序及通电方式有密切关系。对于本次设计中所使用的四相双四拍

工作方式:正相旋转时,通电顺序为:BC→CA→AD→DB→BC;反相旋转:BC→DB→AD→CA→BC。

### 3.3 速度控制

步进电机的转动是机械运动,如果转速改变过大,会出现所谓“失步”现象。当从静止开始启动时,启动频率越高,启动转矩就越小,带负载能力下降,当转矩与负载相当时转速即为最高速运行频率。所以控制步进电机的运行速度,实际上是控制系统发出时钟脉冲的频率或换相的周期,即在升速过程中,使脉冲的输出频率逐渐增加;在减速过程中,使脉冲的输出频率逐渐减少。用软件控制步进电机转速的方法有以下3种:一是改变脉冲分配方式,利用步进电机四相八拍与四相四拍工作方式变换,改变步进脉

冲的频率,从而改变转速。如启动时用四相八拍方式,约1秒后改为四相四拍方式,步距角增大1倍速度加快,这种调速方法控制简单,但效率较低。二是软件延时,通过均匀改变输出控制字的时间间隔来改变步进电机频率,由于延时不受限制,故步进电机调速范围较宽。三是定时器延时,可编程的硬件定时器直接对系统时钟脉冲或某一固定频率的时钟脉冲进行计数,计数值则由编程决定。当计数到预定的脉冲数时,产生中断信号,得到所需的延时时间或定时间隔。由于计数的初始值由编程决定,因而在不改硬件的情况下,只通过程序变化即可满足不同的定时和计数要求,因此使用很方便。

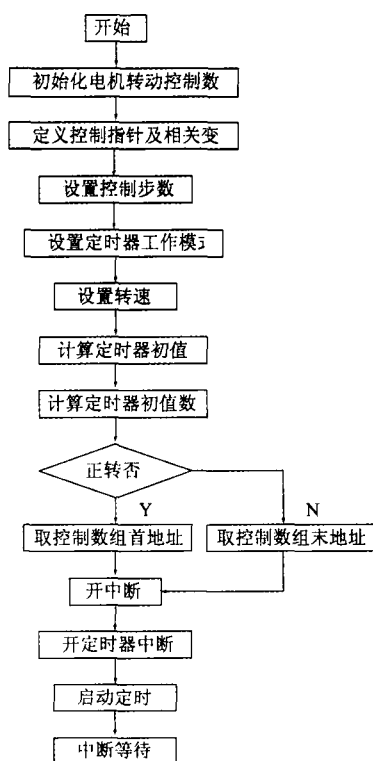


图3 主程序流程图

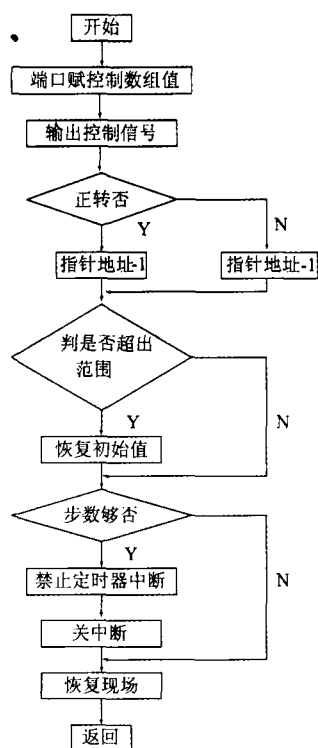


图4 中断服务子程序流程图

### 3.4 控制程序设计<sup>[5,8]</sup>

通过标志位 FLAG 来判断电机的旋转方向,然后输出相应的控制脉冲个数;判断要求的脉冲信号是否输出完毕。

首先根据步进电机运行控制表来建立控制数组,该数组中存放电机转动时单片机端口的状态值。以上述接口电路为例,数组中应存放 0xBF, 0xBB, 0xB3, 0xB7, 0xBF。电机正转时,数组正序调用;反转时,数组反序调用。为了实现这一功能,可以定义一个指针变量指向数组地址,单片机就根据指针变量指向的内容在定时中断到来时进行控制输出。具体主程序流程及中断服务子程序流程分别如图3和图4所示。

## 4 结束语

本文论述的由单片机控制步进电机的方法,解决了传统步进控制器线路复杂的问题,通过编程可以在一定范围内自由设定步进电机的转速、往返转动的角度以及转动次数等,增加了控制的灵活性。同时,运用中断方式,使系统在运行时可随时改变步进电机的运行方式,做到实时控制。目前,该设计已应用到笔者开发的有纸记录仪的走纸控制中,实现了走纸机构的精确步进。本设计具有通用性,对于不同步进电机,可以通过修改相应的电路及相关程序即可实现。

(下转第60页)

数据处理程序的功能可以通过 LabVIEW 提供的 Table 控件进行直观的分页显示。处理完成后,用户可以存储处理好的信号。程序退出时若用户未存储信号,则提示用户进行存储。存储格式为文本文件和电子表格格式。信号处理的前面板包括手动输入需要处理的通道号(在原始信号页面下),手动设置需要保存的处理结果。在相关分析分析的页面下可以手动选择设置需要进行自相关或者互相关的通道。

#### 4 实验验证

实验中,产生一个 0.2~10Hz 的窄带白噪声,模拟实际乡村路面的道路谱,并将该信号经过控制柜施加到振动台上,使固定其上的车轮与其根据信号的变化作升降运动,同时在车轮的轮轴上安装 4 个加速度传感器,并采集其返回的信号。图 3 为采集的信号,横轴为采集的数据点数。对其中一路道路谱加窗后的时域波形见图 4,可以看出采集的信号经过滤波后,趋势项得到了很好的消除。

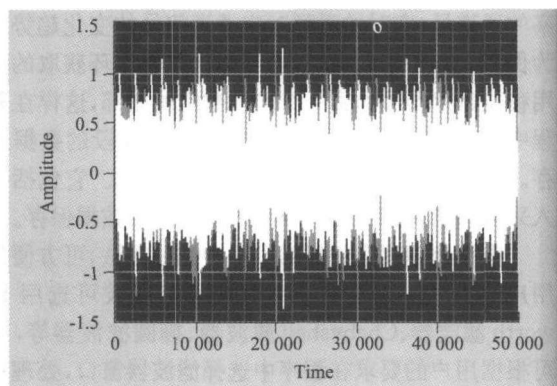


图 3 采集的信号

#### 5 结束语

本文使用了 LabVIEW 软件开发了基于虚拟仪器的道路模拟信号采集与处理系统,初步完成了实验室中道路模拟信

号的采集与处理。但是道路模拟实验的复杂性,很多随机噪声的干扰本文未充分考虑,这有待于后续工作进行研究。

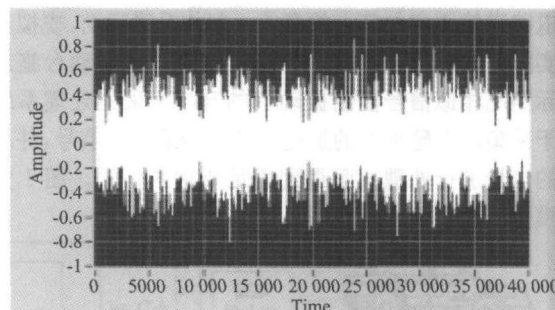


图 4 加窗后的信号

#### 参考文献

- [1] 杜永昌,管迪华. 汽车道路模拟试验台计算机测控系统的开发[J]. 清华大学学报(自然科学版),2002,42(4):523-526.
- [2] 陶泽光,李润方等. 车辆系统振动的理论模态分析[J]. 振动与冲击,2001,20(2):74-77.
- [3] 侯国屏等. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 清华大学出版社,2005.
- [4] LabVIEW User Manual[M]. USA: National Instruments Corporation 2003.
- [5] 任茂松,辛莹. 道路模拟试验方法浅析[M]. 重型汽车,2003(1).
- [6] 程佩青等编著. 数字信号处理教程[M]. 清华大学出版社,2001.
- [7] 吴国新,许宝杰,朱春梅. 基于 LabVIEW 的虚拟振动测试系统[J]. 北京机械工业学院学报,2000,15(4):39-43.
- [8] 白化同,郭继中等译. 模态分析理论与试验[M]. 北京理工大学出版社,2001.

(上接第 41 页)

#### 参考文献

- [1] 孟武胜,李亮. 基于 AT89C52 单片机的步进电机控制系统设计[M]. 测控技术,2006,11:45-47.
- [2] 刘宝廷,程树康等. 步进电机及其驱动控制系统[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1997:48-56.
- [3] 常州市丰源微特电机有限公司电机资料. <http://www.fy-motor.com>.
- [4] 宏晶科技 STC89C51 芯片技术资料. <http://www.MU-memory.com>.
- [5] 马忠梅,籍顺心等. 单片机的 c 语言应用程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003:64-86.
- [6] 求是科技编著. 单片机典型模块设计实例导航[M]. 北京:人民邮电出版社,2004:140-221.
- [7] 王萍,詹彤,唐国臣. 基于 ARM 单片机的水情采集器设计[J]. 电子测量与仪器学刊报,2006,20(3):98-101.
- [8] 覃战冰,邓斌. 基于单片机仿真器的单片机应用电路板故障测试系统的研究[J]. 国外电子测量技术,2006,25(11):16-19.