

Experimental System of Driving Stepping Motor Based on PIC16F877A Microcomputer

Tongqiang LI, Liang XIAO

The information and electronic engineer college of Zhejiang GongShang University, Hangzhou, China

E-mail: tqli6907@163.com; stephen8778@sina.com

Abstract: This article introduces the control system design of driving stepping motor based on PIC16F877A microcomputer, which includes the hardware organization and software design. It gives a method of controlling the stepping motor's direction, step, and speed by PIC software programming. Its circuit is original and succinct and has high controlling precision.

Keywords: PIC; MCU; stepping motor; control system

基于 PIC16F877A 单片机的步进电机控制系统

李同强, 肖亮

浙江工商大学信息与电子工程学院, 杭州, 中国 310018

E-mail: tqli6907@163.com; stephen8778@sina.com

摘要: 本文介绍了基于 PIC 单片机的步进电机驱动控制系统的设计过程, 给出了步进电机控制系统的硬件组成和软件设计。说明了利用 PIC 软件编程来控制步进电机方向、步数和速度的方法。该系统控制电路新颖, 简洁, 可以获得较高的控制精度。

关键词: PIC; 单片机; 步进电机; 控制系统

1 引言

步进电机又称为脉冲电动机或阶跃电动机, 它是将数字电脉冲直接转换为位移角度的机电设备。一般情况下, 步进电机转动的总角度与输入的脉冲个数成正比。和一般的电动机相比, 步进电机具有以下特点①电动机的输入信号为数字量, 采用微处理器作为控制器能很好兼容; ②位移与输入脉冲个数相对应, 步距误差不会长时间积累; ③在开环或半闭环的控制状态下, 仍具有良好的定位精度; ④易于启动、停止、正反转变化和变速响应好; ⑤无电刷, 可靠性高; ⑥停止时具有自锁功能。步进电机作为执行元件, 是机电一体化中的关键产品, 广泛应用于各种自动化控制系统中。

步进电机在实际应用中存在着驱动电路效率低、低频振荡、高频出力不足、频率特性差等问题^[1]。对于扭矩在 $4N \cdot m$ 以下的反应式步进电机, 大多采用单一电压驱动, 电动机的步距角大。对于 $4N \cdot m$ 以上的步进电机, 国内使用较多的是恒流斩波^[2]和高压自动切换方式驱动, 低速用低压, 高速用高压。在国外步进电机早已发

展为高性能的混合式结构。

2 步进电机的工作原理及控制方法

2.1 步进电机的工作原理

步进电机实际上是一个数字/角度转换器, 也是一个串行的数模转换器。当步进电机接受到一个脉冲信号时, 它就按设定的方向转动固定的角度, 它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量, 从而达到准确定位的目的; 同时可通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度, 从而达到调速的目的。

电机的定子上有 6 个等分的磁极, A, A', B, B', C, C', 相邻两个磁极间的夹角为 60° 。相对的两个磁极组成一相, 称为三相步进电机(A-A', B-B', C-C')。当某一绕组有电流通过时, 该绕组相应的两个磁极立即形成 N 极和 S 极, 每个磁极上各有 5 个均匀分布的矩形小齿。

电机的转子上没有绕组, 而是由 40 个矩形的小齿均匀分布在圆周上, 相邻两个齿之间的夹角 9° 。当

某相绕组通电时，对应的磁极就产生磁场，并与转子形成磁路。如果这时定子的小齿与转子的小齿没有对齐，则在磁场的作用下，转子转动一定的角度，使转子齿和定子齿对齐。由此可见，错齿是促使步进电机旋转的根本原因。

三相反应式步进电机的定子放置有三个互成120°的绕组线圈，分别称为A相、B相和C相。当三相都无电流时，电机转子处于自由状态；当给某一相绕组通电时，电机转子产生保持力矩；当轮流给三相绕组通电时，转子即开始转动。绕组的通电节拍有三种方式：单三拍、双三拍和三相六拍。本电源采用三相六拍，正转时通电顺序为：A → AB → B → BC → C → CA → A …；反转时为：A → AC → C → CB → B → BA → A …。不管正转还是反转，供电顺序经6个状态之后进行循环，从上一个状态转入下一个状态，电机将转过半个步距角。步距角的大小由步进电机的型号所决定，绕组通电状态的转换受外部输入到驱动电源的脉冲与方向信号所控制。

2.2 步进电机的控制方法

反应式步进电机可以按特定的指令进行角度控制，速度控制以及进行方向控制等。典型的单片机控制步进电机系统原理图如图1所示。

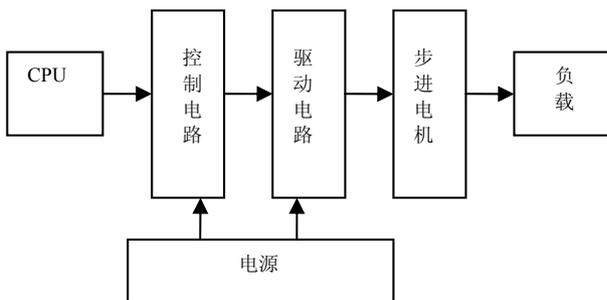


Figure 1. The system's schematic diagram of controlling stepping motor based on MCU

图 1. 单片机控制步进电机的系统原理图

单片机的主要作用就是把并行二进制码转换成串行脉冲序列，并实现方向控制。每当步进电机脉冲输入线上得到一个脉冲，它便沿着转向控制信号的方向走一步。只要负载是在步进电机的允许范围内，那么，每个脉冲将使电机转动一个固定的步距角度，根据步距角度的大小以及实际走的步数，只要知道最初位置，便可知道步进电机的最终位置。

在步进电机控制软件中，当向步进电机的相应数字线送高电平（表示接通），开始步进。但由于步进

电机的“步进”是需要一定时间的，所以在送一个高脉冲以后，再接着送一个低脉冲（即产生一些延时），以使步进电机达到指定的位置。因此，控制电机的脉冲序列实际上是一个方波序列。脉冲序列周期与步进电机的步距（亦即工作频率）有关。但这种方波的占空比（即通电时间与周期之比）是很小的。由此可见，用单片机控制步进电机实际上是产生一系列脉冲波。

用软件实现脉冲波的方法是先输出一高电平，然后利用软件延时一段时间，而后输出低电平，再延时。延时时间的长短由步进电机的工作频率决定。

如果给定步进电机一个控制脉冲，它就走一步，再发一个控制脉冲，它就会再转一步。两个脉冲的时间间隔越短，步进电机就转得越快。因此脉冲的频率决定了步进电机的转速。调整单片机发出的脉冲频率，就可以对步进电机进行调速。

调整单片机输出的步进脉冲频率的方法：

A、软件延时方法

改变延时的时间长度就可以改变输出脉冲的频率，时间越短，频率越高。

B、定时器中断方法

在中断服务子程序中进行脉冲输出操作，调整定时器的定时常数就可以实现调速。

用单片机对步进电机进行速度控制，实际上就是控制每次换相得时间间隔。升速时脉冲频率逐渐升高，降速时则相反。

3 系统硬件设计

本文采用 55BF004 型 3 相步进电机，其参数如表 1 所示。

Table 1. The 3-phase stepping motor's parameters of 55BF004
表 1. 55BF004 型 3 相步进电机参数

步进电机参数			
步距角	3° / 1.5°	最大空载启动频率	2200HZ
额定电压	27V	线圈电感	0.008H
每相静态电流	3A	线圈电阻	0.540M
最高保持转矩	0.49N.M	分配方式	三相六拍

单片机是性能极佳的控制处理器，它与步进电机传统控制部件相比，无论从功能、灵活性、可靠性等方面来说都要好。在单片机控制步进电机工作时，接口部件必须有下列功能。

- (1) 电压隔离功能。
- (2) 信息传递功能。
- (3) 产生工作所需的控制信息。
- (4) 产生所需的不同频率。

电压隔离接口专用于隔离低压部分的单片机和高压部分的步进电机驱动电路，以保证它们的正常工作。

电压隔离接口现在基本上是采用光电隔离器。单片机输出信号可以驱动光电耦合器件的发光二极管，发光二极管的光照到光电耦合器件内部的光敏管上，转换成电信号，再去驱除步进电机的功率放大电路。

单片机的时钟电路的晶振是 4MHZ，复位电路采用常见的人工复位电路。电机 A、B、C 三相绕组分别接于 PIC16F877A 单片机的 RD0、RD1 和 RD2，其电路原理图如图 2 所示^[3]。

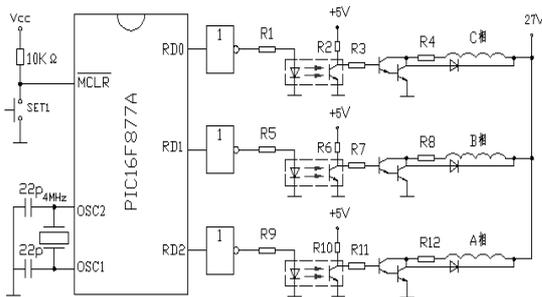


Figure 2. The interface circuit between the MCU and the stepping motor

图 2. 步进电机与 PIC16F877A 单片机接口电路

电机正转：A→AB→B→BC→C→CA→A；

电机反转：A→AC→C→CB→B→BA→A。

4 系统软件设计

步进电机程序设计的主要任务如下：

- (1) 设置步长时间。
- (2) 按相序确定控制字。
- (3) 按顺序输入控制字即传送控制脉冲序列。
- (4) 控制步数。单片机控制步进电机三相六拍工作软件设计流程如图 3 所示。

5 结束语

本文提出了基于 PIC 单片机软件环分对步进电机进行控制，与 MCS-51 单片机设计的步进电机控制系统相比，具有硬件电路简单，功耗低，体积小，代码执行率高等特点。实践证明，该步进电机控制系统工作可靠，控制灵活。对不同型号的步进电机进行控制时，不需要改变硬件电路，只需要通过修改软件就能实现多种控制功能，具有较强的通用性和广泛的应用前景。

致 谢

在这次论文的编写过程中，肖亮同学给予了我许

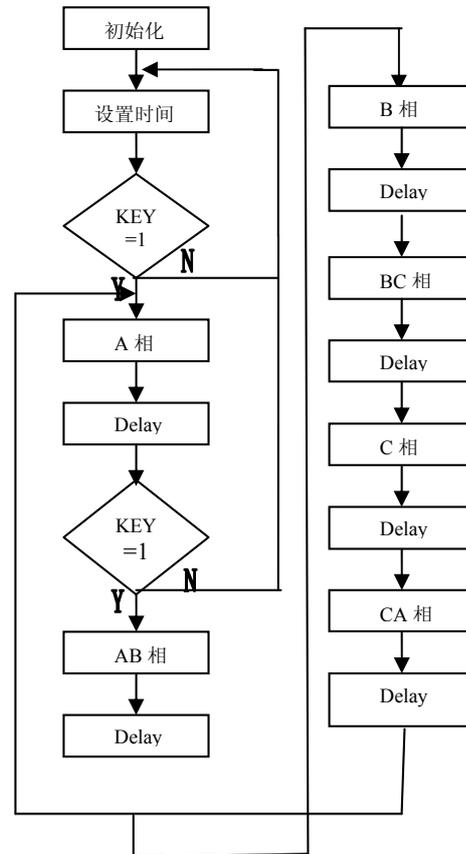


Figure 3. The flow chart of controlling stepping motor

图 3. 控制步进电机流程图

多无私的帮助，帮助解决了不少难点，使得系统能够及时开发完成，在这里，我向这些帮助过我的人表示衷心的感谢。

References (参考文献)

- [1] Chen Peimin, High Performance Driving of Stepping Motor[J]. Journal of Huaqiao University.1988,(4).
陈培民, 步进电机的高性能驱动[J]. 华侨大学学报. 1998, (4)
- [2] Wang Yulin, The Changing Subdivision Driver of Stepping Motor[J]. Micro Motor.2005,(4).
王玉琳, 步进电动机可变细分驱动器[J]. 微特电机. 2005, (4)
- [3] Chen Guoxian, PIC Microcontroller Principle and Interface Technology[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
陈国先, PIC 单片机原理及接口技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [4] Yang Zhengxin, The Subdivision and Intelligent Controlling[J]. Micro Motor.1990,(1)
杨正新, 步进电机步距细分及其智能化控制[J]. 微电机. 1990, (1)
- [5] Liu Duren, The Software and Hardware Implementation—Based on PIC16F87X Series.[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005.
刘笃仁, PIC 软硬件实现—基于 PIC16F87X 系列.[M].北京: 电子工业出版社, 2005.