

步进电机程序控制*

杨新军

(山东英才职业技术学院 机械制造及自动化工程学院, 山东 济南, 250104)

摘要:步进电机具有控制简便、定位准确等特点。随着科学技术的发展,在许多领域将得到广泛的应用。鉴于传统的脉冲系统移植性不好,本文提出微机控制系统代替脉冲发生器和脉冲分配器,用软件的方法产生控制脉冲,通过软件编程可以任意设定步进电机的转速、旋转角度、转动次数和控制步进电机的运行状态。以简化控制电路,降低生产成本,提高系统的运行效率和灵活性。在此基础上提出了双三拍步进电机程序控制的硬件接口电路、程序流程图和汇编程序。

关键词:步进电机;单片机;硬件接口电路;汇编语言

步进电机是自动控制系统中常用的执行部件。步进电机的输入信号为脉冲电流,它能将输入的脉冲信号转换为阶跃型的角位移或直线位移,因而步进电机可看作是一个串行的数模转换器。由于步进电机能够直接接受数字信号,而不需数模转换,所以使用微机控制步进电机显得非常方便^[1]。

步进电机有以下优点:

- (1)通常不需要反馈就能对位置和速度进行控制;
- (2)位置误差不会积累;
- (3)与数组设备兼容,能够直接接收数字信号;
- (4)可以快速启停。

步进电机的品种规格很多,按照它们的结构和工作原理可以划分为磁阻式(也称反应式或变磁阻式)电机、混合式电机、永磁电机和特种电机等四种主要型式。

步进电机不需位移传感器就可精确定位,所以在精确定位系统中应用广泛。目前打字机、计算机外部设备、数控机床、传真机等设备中都使用了步进电机。随着电子计算机技术的发展,步进电机必将发挥它的控制方便、控制准确的特点,在工业控制等领域取得更为广泛的应用。

1. 步进电机的工作原理

以磁阻式步进电机为例,介绍一下步进电机的工作原理,图1.1是磁阻式步进电机工作原理的示意图。

它的定子上有六个极,转子有四个极。定子磁极上绕有三组绕组,每组绕组由相互串联的两个线圈构成。一组绕组叫做一相。因此,图1.1所示的电机为三相步进电机。直流电源通过开关I和II,驱动电流流过绕在定子上的绕组。

状态(1),开关I闭合,A相通电。由于A相绕组受到激磁,空气隙里出现如箭头所示的磁场。A相上的两个定子磁极和两个转子齿对准,转子处于平衡状态。若再闭合开关R激励B相,如状态(2)所示,B相的定子磁极以同样的方式产生磁场。在磁力线的张力作用下,产生逆时针方向的转矩。于是,转子沿逆时针方向转过一个固定的角度,到达状态(3)。图中,转过的角度为15°。如果现在打开开关I,去掉A相的激磁,转子将再转15°到达状态(4)。因此,转子的角位置可以用这种开关方式进行控制。若开关以某种时序转换,则转子就能以步进运动的方式连续旋转;若进一步使时序转换的速度可调,则平均速度也能用这种开关方式进行控制。

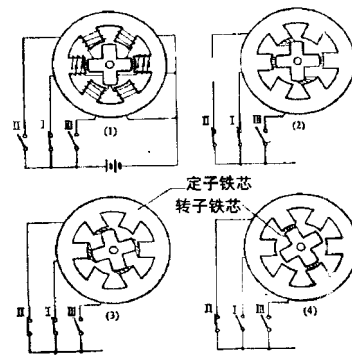


图 1.1 磁阻式步进电机的工作原理

实际上,驱动步进电机的开关是晶体管,开关信号由数字集成电路或微机产生。通过前面的介绍可以看到,步进电机是一种把开关激励的变化变换成精确的转子位置增量运动的执行机构^{[2][3]}。

* 收稿日期: 2005 - 10 - 21

作者简介:杨新军(1977—),女,硕士,山东英才职业技术学院机械制造及自动化工程学院教师。

2. 步进电机程序控制的设计

2.1 步进电机的传动方式

2.1.1 三相单三拍工作方式

在这种工作方式下, A、B、C三相轮流通电, 电流切换三次, 磁场旋转一周, 转子向前转过一个齿距角。因此这种通电方式叫做三相单三拍工作方式。这时步距角 θ_b (度) 为

$$\theta_b = \frac{360}{mz} \quad (9) \quad (2-1)$$

式中: m 定子相数; z 转子齿数

2.1.2 三相六拍工作方式

在这种工作方式下, 首先 A 相通电, 转子齿与 A 相定子齿对齐。第二拍, A 相继续通电, 同时接通 B 相, A、B 各自建立的磁场形成一个合成磁场, 这时转子齿既不对准 A 相也不对准 B 相, 而是对准 A、B 两极轴线的角等分线, 使转子齿相对于 A 相定子齿转过 $1/6$ 齿距, 即 1.5° ; 第三拍, A 相切断, 仅 B 相保持接通。这时, 由 B 相建立的磁场与单三拍时 B 相通电的情况一样。依次类推, 绕组以 A—AB—B—BC—C—CA—A 时序 (或反时序) 转换 6 次, 磁场旋转一周, 转子前进一个齿距, 每次切换均使转子转动 1.5° ; 故这种通电方式称为三相六拍工作方式。其步距角 θ_b 为:

$$\theta_b = \frac{360}{2mz} = \frac{180}{mz} \quad (9) \quad (2-2)$$

2.1.3 双三拍工作方式

这种工作方式每次都是有两相导通, 两相绕组处在相同电压之下, 以 AB BC CA AB (或反之) 方式通电, 故称为双三拍工作方式。以这种方式通电, 转子齿所处的位置相当于六拍控制方式中去掉单三拍后的三个位置。它的步距角计算公式与单三拍时的公式相同。

由上述分析可知, 要使磁阻式步进电机具有工作能力, 最起码的条件是定子极分度角不能被齿距角整除, 且应满足下列方程:

$$\frac{\text{极分度角}}{\text{齿距角}} = R + k \cdot \frac{1}{m}$$

进一步化简得齿数 z :

$$z = q(mR + k) \quad (2-3)$$

式中: m 相数; q 每相的极数; k $(m-1)$ 的正整数;

R 正整数, 为 $0, 1, 2, 3, \dots$

按选定的相数和不同的极数, 由上式就可推算出转子齿数。

因为三相双三拍步进电机不易失步, 控制精度比较高, 所以本文对三相双三拍步进电机进行控制, 定子有三对磁极, 运行时两相同时通电, 循环带动转子转动。

2.2 硬件接口电路

传统的步进电机控制系统采用硬件进行控制, 用一个脉冲发生器产生频率变化的脉冲信号, 再经一个脉冲分配器把方向控制信号和脉冲信号转换成有一定逻辑关系的环形脉冲; 经驱动电路放大后就可以来驱动步进电机了。在这种控

制中, 步进电机的脉冲由硬件电路产生, 如果系统发生变化或使用不同类型的步进电机, 需重新设计硬件电路, 系统的可移植性不好^{[4][15]}。

用微机控制系统代替脉冲发生器和脉冲分配器, 就可以根据系统需要通过软件编程的方法任意设定步进电机的转速、旋转角度、转动次数和控制步进电机的运行状态。这样可简化控制电路, 降低生产成本, 提高系统的运行效率和灵活性。图 2.1 为单片机控制步进电机接口原理图。

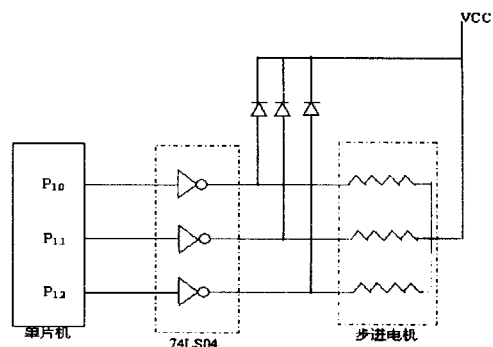


图 2.1 单片机控制步进电机接口电路原理图

2.3 脉冲的形成

实现对步进电机的控制, 微机应能输出有一定周期的控制脉冲。

步骤是: 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^{[6][17]}。

用软件形成环形脉冲的程序流程图如图 2.2 所示。

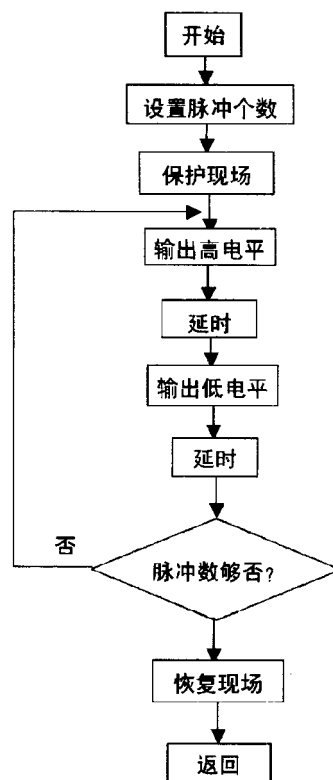


图 2.2 软件法形成脉冲序列的程序流程

程序如下：

```

PULSE: MOV     R3 , # NUM
          PUSH  A
          PUSH  PSW
LOOP: SETB    P1. 0
          ACALL DELAY1
          CLR   P1. 0
          ACALL DELAY2
          DJNZ  R3, LOOP
          POP   PSW
          POP   A
          RET
    
```

2.4 旋转方向控制

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^[8-10]。

对于三相双三拍工作方式：

正相旋转：AB BC CA AB

反相旋转：AB CA BC AB

三相双三拍控制模型如表 2.1 所示。

(1) 正转控制模型：

步序	通电方式	控制模块	
		二进制	十六进制
1	AB	00000011	03H
2	BC	00000110	06H
3	CA	00000101	05H

(2) 反转控制模型

步序	通电方式	控制模块	
		二进制	十六进制
1	AB	00000011	03H
2	CA	00000101	05H
3	BC	00000110	06H

表 2.1 三相双三拍步进电机控制模型

2.5 转速控制

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。脉冲信号的频率可以用软件延时和硬件中断两种方法来确定。

采用软件延时,一般是根据所需的时间常数来设计一个子程序,该程序包含一定的指令,设计者要对这些指令的执行时间进行严密的计算或者精确的测试,以便确定延时时间是否符合要求。每当延时子程序结束后,可以执行下面的操作,也可用输出指令输出一个信号作为定时输出。采用软件定时,CPU一直被占用,因此CPU利用率低。

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,因而在不改动硬件的情况下,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^[11-13]。

2.6 控制程序设计

控制程序的设计方法是: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序列;判断要求的脉冲信号是否输出完毕^[14]。

三相双三拍控制模型完成的步进电机控制程序设计如下:

三相双三拍控制程序流程图如图 2.3 和图 2.4 所示。正转控制模型 03H、06H、05H 存放在以 RM 为起始地址的内存单元中,反转控制模型 03H、05H、06H 存放在以 LM 为起始地址的内存单元中。

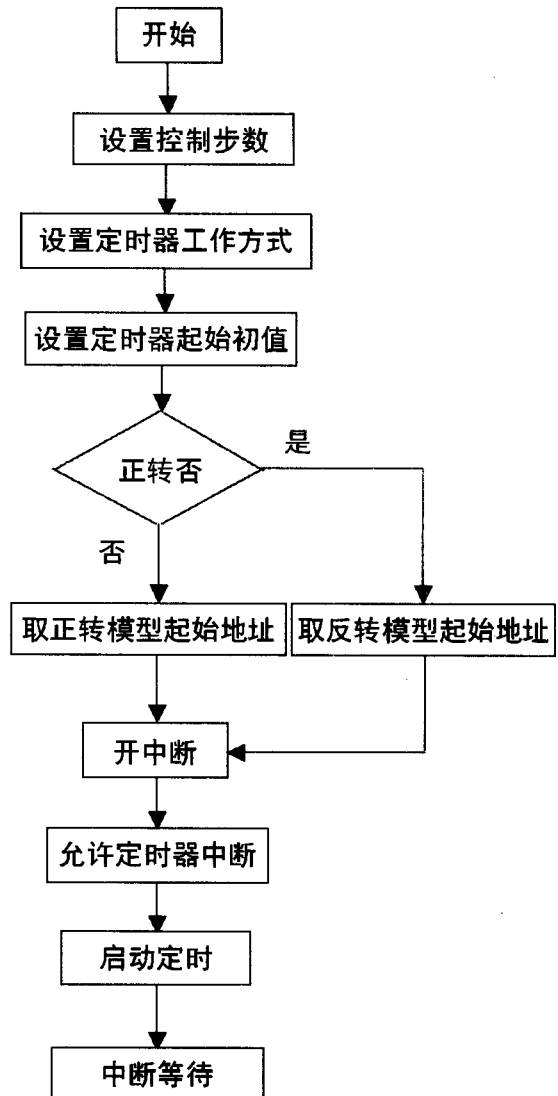


图 2.3 主程序流程图

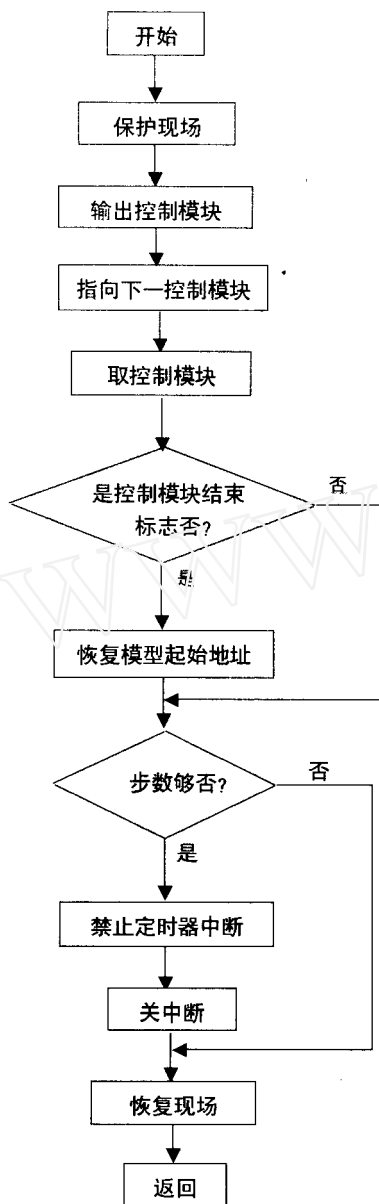


图 2.4 定时器中断服务程序流程图

主程序如下:

```

CON: MOV    R3, #N
      MOV    TMOD, #10H
      MOV    TL1, #LOW
      MOV    TH1, #HIGH
      JNB   FLAG, LEFT
      MOV    R0, RM
      AJMP  TME - S
LEFT: MOV    R0, LM
TME:  SETB  EA
      SETB  ET1
      SETB  TR1
WA II: SJMP WA II
  
```

中断服务程序如下:

```

NTIO: PUSH   A
      PUSH   PSW
      MOV    A, @R0
      MOV    P1, A
      NC     R0
      MOV    A, #00H
      XRL   A, @R0
      JNZ   NEXT
      MOV    A, R0
      CLR   C
      SUBB  A, #03H
      MOV    R0, A
NEXT: DJNZ  R3, RETU
      CLR   ETI
      CLR   EA
RETU: POP    PSW
      POP    A
      RETI
  
```

3. 总结与展望

步进电机是机电一体化产品中的关键组件之一,是一种性能良好的数字化执行元件。随着计算机应用技术、电子技术和自动控制技术在国民经济各个领域中的普及与深入,步进电机的需要量越来越大。有资料说明,世界上步进电机的年产量以 10% 以上的速度增长。国内对步进电机的需求同样也与日俱增。实际工作中,很多工程技术人员和技术工人都希望比较全面地了解步进电机及其控制技术。

本文对步进电机的控制方法进行了详细的论述,包括硬件接口的设计、软件方案的设计和汇编控制程序的编写。此种方法高效、方便、成本低廉,在实际应用中有着很高的利用价值。

参考文献:

- [1] 王鸿钰. 步进电机控制技术入门 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.
- [2] 郑伟. 步进电机的计算机控制 [J]. 韶关大学学报, 1994 (4).
- [3] 李君凯. 步进电机控制系统 [J]. 自动化与仪器仪表, 2003 (1).
- [4] 宁爱华. 步进电机的微机控制方法与高速特性分析 [J]. 西南民族大学学报 (自然科学版), 2003 (8).
- [5] 黄文平. 浅谈步进电机的驱动 [J]. 机床电器, 2004 (5).
- [6] 王彦增. 步进电机速度控制的软件设计方法 [J]. 机械与电子, 1994 (2).
- [7] 霍迎辉, 陈宇翔. 步进电机的微机和单片机控制 [J]. 电机电器技术, 2003 (3).
- [8] 刘清. 一种控制步进电机转速的方法 [J]. 微特电机, 2004 (1).
- [9] 徐晓波. 应用 8098 单片机实现对步进电机的控制 [J]. 电子与自动化, 2000 (4).

(下转 36 页)

析,反复比较,积极思考,找出英汉两种语言的本质特征,辨别语言差异,寻找实现正面迁移的主体关联内容,促进英语知识的学习与掌握。引导学生将新知识纳入语言系统之中,弄清它的正确归属点,避免已有汉语知识对英语新知识的干扰。吕叔湘先生在《中国人学英语》一书中指出“我相信,对于中国学生最有用的帮助是让他认识英语和汉语的差别,在每一个具体问题——词形、词义、语法范畴,句子结构上,都尽可能用汉语的情况来跟英语作比较,让他通过这种比较得到更深刻的领会。”这可以说是语言学家的经验之谈。

参考文献:

- [1] 张述祖. 基础心理学 [M]. 东北大学出版社, 1995.
- [2] 陆国强. 现代英语联想与搭配 [M]. 上海译文出版社, 1985.
- [3] 胡春洞. 英语教学法 [M]. 人民教育出版社, 1990.
- [4] 肖君石. 英汉、汉英翻译初探 [M]. 商务印书馆, 1983.
- [5] 王蔷. 英语教学法 [M]. 首都师范大学出版社, 2002.
- [6] 张文新. 高等教育心理学 [M]. 山东人民出版社, 2004.
- [7] Klein, W. Second Language acquisition. Cambridge University Press, 1986.
- [8] Ellis, R. The Study of Second Language Acquisition. Oxford University Press, 1992.

Realizing the Importance of English - Sino Comparative Teaching from the Theory of Study Transfer

Liu Jinghui

(School of Foreign Languages, Shandong Yingcai Vocational Technology College, Jinan, Shandong, 250104)

Abstract: According to the learning transfer theory of cognitive psychology in the English teaching activity, Chinese teaching promotes English learning. When we teach English, we must appropriately compare English with Chinese. Positive transfer helps learners function effectively in the situation for which they have no previously acquired information. It enables learners to solve problems they have never seen before. When learning from one situation interferes with learning in another situation, this is referred to as negative transfer. Negative transfer is usually detrimental to learning. A major goal of education is to facilitate positive transfer and to minimize negative transfer.

Keywords: comparison teaching; positive transfer; negative transfer; different culture; English teaching

(上接 55页)

- [10] 曹航. 用微机直接控制的步进驱动系统 [J]. 低压电器, 1998 (8).
- [11] 许永华, 李刚, 陈科, 李逸东. 8098单片机对步进电机的升降速控制 [J]. 机械与电子, 1995 (6).
- [12] 王玉琳. 一种新型步进电机驱动器 [J]. 机电一体化,

2004 (4).

- [13] 彭树生. 用 PC机控制步进电机的两种方法 [J]. 电子技术, 1995 (12).
- [14] 郑学坚. 微型计算机控制技术 [J]. 清华大学出版社, 1999 (3).

The Programmable Control of Stepping Motor

Yang Xinjun

(School of Mechanical Engineering and Automation, Shandong Yingcai Vocational Technology College, Jinan, Shandong, 250104)

Abstract: Stepping motor has the advantages of easy control and exact placement. It has widely used in varied fields. Whereas the transplant of the traditional pulse is poor, this thesis proposed that the computer - controlled system should be used instead of pulse producer and pulse divisor. The velocity, rotate angle, rotate times and running condition of the stepping motor can be set at will through software program. In this way, the control circuit can be simplified, the product cost brought down and the running efficiency and feasibility increased as well. On this basis the hardware interface circuit, the program flow chart and the assembly program of double three bat stepping are proposed.

Keywords: stepping motor; single chip; hardware interface circuit; assembly language