第21卷第3期
2006年9月

安徽工程科技学院学报
Journal of Anhui University of Technology and Science

Vol. 21. No. 3
Sep. ,2006

文章编号:1672－2477(2006)03－0059－04

基于单片机的步进电机控制系统的设计

郭　威,崔　群

(安徽工程科技学院 电气工程系,安徽 芜湖　241000)

摘要:介绍了一种基于单片机的步进电机控制系统,该系统采用AT89S52单片机通过8155的14位减法计数器控制步进电机运转,可以在10～4 000 r/min范围内得到精确的转速,并且解决了步进电机升降速过程中的失步和堵转问题.

关　键　词:单片机;步进电机;精确转速;升降速

中图分类号:TP273　　**文献标识码**:A

引　言

步进电机是一种用电脉冲进行控制,将电脉冲信号转换成相应角位移的电机,其机械位移和转速分别与输入电机绕组的脉冲个数和脉冲频率成正比,每一个脉冲信号可使步进电机旋转一个固定的角度.脉冲的数量决定了旋转的总角度,脉冲的频率决定了电机运转的速度.

本文介绍的步进电机驱动控制电路,采用AT89S52单片机对步进电机进行控制,通过8155的14位减法计数器产生控制步进电机运行的脉冲信号,大大减少了对单片机CPU资源的占用,同时通过选择不同的8155TIMER IN端的输入频率,精确的控制步进电机的运转速度,提高了系统的可靠性.

1　电路组成和工作原理

本系统主要由AT89S52单片机、8155接口电路、基准频率发生器、分频电路、环形分配器、驱动电路、LED显示、键盘等部分构成.可通过键盘预置所需的转速,89S52单片机通过判断预置的转速选择不同的频率给8155的TIMER IN端,通过计算给8155的14位计数器装一个计数值,8155的TIMER OUT端输出相应频率的连续方波,该脉冲经过环形分配器,再经过驱动电路,直接驱动步进电机达到设定转速.电路结构框图见图1.

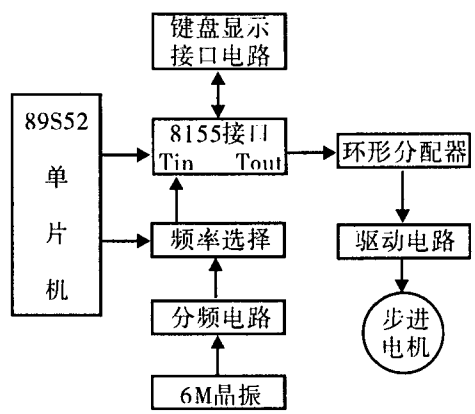

图1　电路结构框图

1.1　连续方波产生模块

8155有一个14位的减法计数器,有两个8位寄存器构成,以其中的低14位组成计数器,剩下的两个高位(M_2,M_1)用于设定计数器输出的信号形式.计数工作时,从芯片外部引入计数脉冲,设定$M_2M_1 = 01$,输出连续方波,这个连续方波的频率f,仅与输入脉冲频率f_1,以及计数长度L有关,其关系为:$f = f_1/L$.

采用这种产生所需方波的方式,单片机只在需要的时刻给计数器装入一个计数长度,不仅很方便的控制步进电机,而且基本上不占用89S52CPU的资源.

1.2　分频和频率选择模块

为使步进电机达到精确转速,8155TIMER IN端需要输入不同的频率.本方案通过对6M的晶振源进

收稿日期:2006－04－25

作者简介:郭　威(1982—)男,山东济南人,硕士研究生.

行分频得到所需的频率，采用 74LS90 和 74LS92 组成的分频电路对 6 M 的晶振源进行分频，得到 6 M、500 K、100 K 3 个不同的频率. 单片机通过判断步进电机转速的大小决定由哪一个频率输入到 8155TIMER IN 端. 如图 2 所示当 P1.0、P1.1、P1.2 为 100 时，8155TIMER IN 端输入频率为 500 kHz，同理当 P1.0、P1.1、P1.2 为 010 时，8155TIMER IN 端输入频率为 6 MHz，当 P1.0、P1.1、P1.2 为 001 时，8155TIMER IN 端输入频率为 100 kHz.

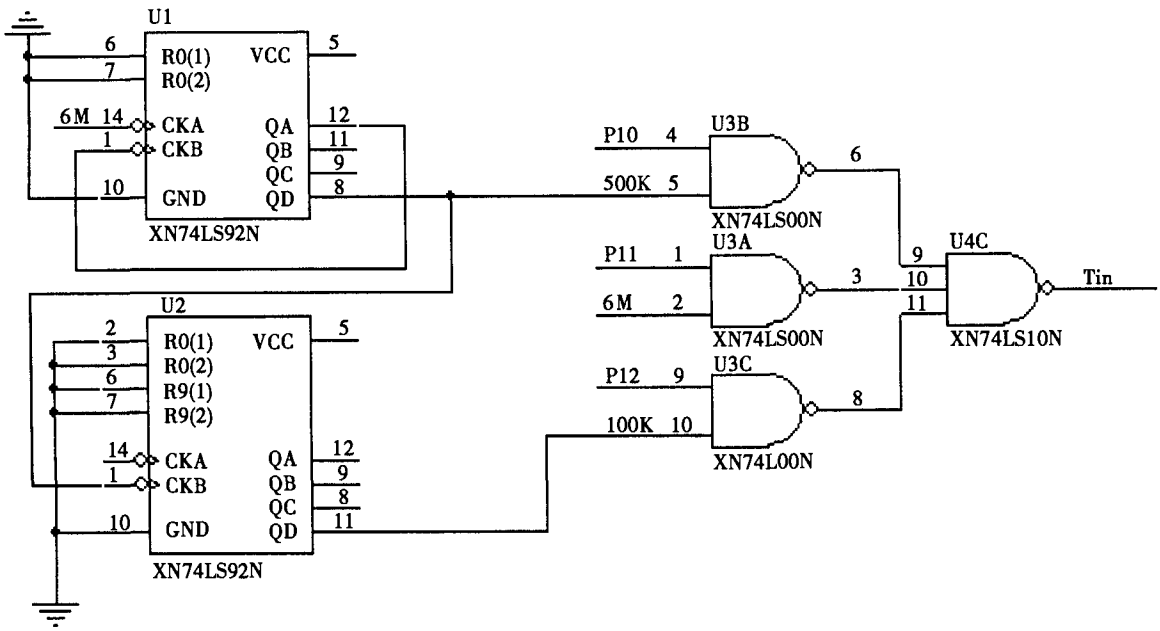

图 2 分频和频率选择电路

2 精确转速的实现

步进电机是一种将电脉冲信号转换成相应角位移的电机，当步进电机某组绕组通电时，相应的 2 个磁极就分别形成 N－S 极，产生磁场，并与转子形成磁路. 如果这时定子的小齿与转子没有对齐，则在磁场的作用下转子将转动一定的角度，使转子齿与定子齿对齐，从而使步进电机向前“走”一步. 通过单片机按顺序给绕组施加有序的脉冲电流，就可以控制电机的转动，从而实现数字到角度的转换. 转动的角度大小与施加的脉冲数成正比，转动的速度与脉冲频率成正比.

这里我们选用三相六拍步进电机，环配电路选用 CH250，8155 输出的连续方波频率 f 与步距角为 1.5 度的三相六拍步进电机转速 n 的关系为：$n = (1/4)f$.

本方案要实现控制 75BF004 型高转速步进电机在转速输出范围 10～4 000 r/min 内达到精确转速，则相应的 8155 的 TIMER OUT 端输出连续方波频率范围为 40～16 000 Hz. 设我们需要的控制频率为 f，8155TIMER IN 端的输入频率为 f_1，则 8155 的 14 位减法计数器的值 L 为：$L = f_1/f$.

因为 14 位减法计数器的值为整数，所以上式计算的过程中省略了余数 $a(0 \leqslant a < 1)$，所以 L 应等于 $[f_1/f]$，以 L 为除数计算实际控制频率 f_s，即 $f_s = \dfrac{f_1}{L} = \dfrac{f_1}{(f_1/f)}$. 结果 f_s 与 f 会出现误差. 相对误差为

$$\Delta f/f = \frac{f_s - f}{f} = \frac{f_1/(f_1/f)}{f} - 1 = \frac{f_1/(f_1/f - a)}{f} - 1 \quad (0 \leqslant a < 1),$$

即

$$\Delta f/f = \frac{f_1}{f_1 - af} - 1 = \frac{af}{f_1 - af} \quad (0 \leqslant a < 1).$$

为实现高精度步进电机转速，根据电机的调速范围，将输入 8155TIMER IN 端的频率分为三种情况：

(1) 当步进电机调速范围要输入脉冲频率 40 Hz $\leqslant f \leqslant$ 100 Hz 时，选择 8155TIMER IN 端输入频率 f_1 为 100 kHz. 这样，当 f = 100 Hz，a = 1 时，$(\Delta f/f)_{max} = 0.001$，因为 $a < 1$，最大相对误差 < 0.1 %，

所以当输入脉冲频率 40 Hz ≤ f ≤ 100 Hz,8155TIMER IN 端输入频率为 100 kHz 时,相对误差 < 0.1 %.

(2) 当步进电机调速范围要输入脉冲频率 100Hz < f ≤ 500 Hz 时,选择 8155TIMER IN 端输入频率 f_1 为 500 kHz. 这样,当 f = 500 Hz,a = 1 时,$(\triangle f/f)_{max}$ = 0.001,因为 a < 1,最大相对误差 < 0.1 %,所以当输入脉冲频率 100 Hz < f ≤ 500 Hz,8155TIMER IN 端输入频率为 500 kHz 时,相对误差 < 0.1 %.

(3) 当步进电机调速范围要输入脉冲频率 500 Hz < f ≤ 6 000 Hz 时,选择 8155TIMER IN 端输入频率 f_1 为 6 MHz. 这样,当 f = 6 000 Hz,a = 1 时,$(\triangle f/f)_{max}$ = 0.001,因为 a < 1,最大相对误差 < 0.1 %,所以当输入脉冲频率 500 Hz < f ≤ 6 000 Hz, 8155TIMER IN 端输入频率为 6 MHz 时,相对误差 < 0.1 %.

当输入脉冲频率 6 000 Hz < f ≤ 16 000 Hz,f = 16 000 Hz,a = 1 时,$(\Delta f/f)(\max)$ = 0.002 6,因为 a < 1,最大相对误差 < 0.26 %,所以当输入脉冲频率 6 000 Hz < f ≤ 16 000 Hz,8155TIMER IN 端输入频率为 6 MHz 时,相对误差 < 0.26%.

3　升降速的控制

3.1　基本原理

从概念上讲,步进电动机的角位移与驱动脉冲的个数成正比,在不失步的情况下,每个脉冲使步进电动机旋转一个固定步距角,连续运行无累积误差. 在实际运行过程步进电动机存在失步和堵转的可能. 在起动或加速时若控制频率变化太快,电机的响应速度跟不上控制速度,产生失步或堵转;在停止或减速时由于同样原因也会产生失步或堵转. 为防止失步和堵转,提高最高工作效率,要对步进电动机进行升降速控制. 因此在步进电机变速运行中,正确的选择控制频率是十分重要的.

基于目前市场上有成品环形分配器,因此不必考虑步进电机的时序问题,可以简单地认为步进电机的转速仅与控制频率有关,改变了控制频率就改变了步进电机的转速. 所以从静止加速到最高运行频率和从最高运行频率到停止是控制的关键,通常采用匀加速和匀减速控制.

3.2　实现方法

单片机采用定时器中断方式来控制步进电机的升降速,则升降速控制实际上是靠在定时中断服务程序中不断改变 8155 的 14 位减法计数器值来实现的. 考虑到单片机资源(字长)和编程的方便,不一定每步都计算 8155 计数器重装值,可以采用阶梯曲线来逼近加减速曲线. 采用离散法将加减速曲线离散化,离散化以后速度是分档上升的,而且每升一档都要在该档(台阶)保持一段时间,保持这个速度稳定运行后才再升一级,这就克服了步进电机转子的转动惯量所引起的速度滞后,只有当实际运行速度达到了以后才能急速加速,实际上这也是局部速度误差的自动纠正.

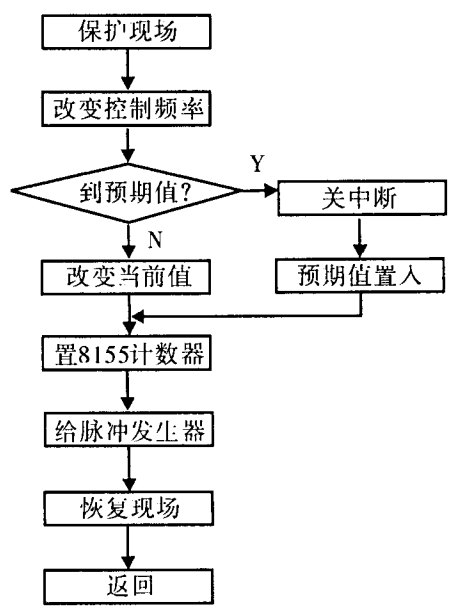

图 3　中断服务流程图

假定步进电机要在时间 t 内从 f_0 上升到 f_m,加速度为 a,则 $t = (f_m - f_0)/a$. 将加速段均匀的离散为 n 段,则相邻两次速度变化的时间间隔为

$$t_0 = t/n,$$

式中 n 为阶梯加速的分档数,每一档的频率为 $f_k = f_0 + a\Delta t_0$　$(k = 1,2,3,\cdots,n)$.

设定单片机定时器 T_0 为定时中断方式,则中断时间为 t_0,当步进电机需要变速时启动定时中断,在中断服务程序中将自动改变一次频率将 f_k 变为 $f_{(k+1)}$,根据不同型号的步进电机只要控制频率小于步进电机响应频率的变化,步进电机的转速就跟随控制频率的变化,并将这个频率与预期值 f_m 比较,如果没有达到

f_m，则保存当前值，并经计算把相应的数值送到 8155 的 14 位减法计数器. 如果达到则关中断，同时将当前值改写为预期值 f_m，并经计算把相应的数值送到 8155 的 14 位减法计数器. 以上是对加速过程的处理方法，减速过程与之相同. 中断服务流程图如图 3 所示.

4 结束语

本文介绍的基于单片机的步进电机控制系统，通过设置不同的频率输入到 8155TIMER IN 端，可以得到精确的设定转速，并通过软件的方法解决了步进电机升降速过程中的失步和堵转问题. 具有电路新颖，转速准确等优点，我们已将此方案成功地应用于汽车车速表的检验过程，效果良好.

参考文献：

[1] 李忠科，赵静. 通用步进电机升降速控制器设计[J]. 微特电机，2006(1)：34 - 41.
[2] 崔群. 一种保证步进电机在变速运行中不失步的控制方法[J]. 机电工程，2000(4)：61 - 63.
[3] 刘清. 一种控制步进电机转速的方法[J]. 微特电机，2004(1)：47.
[4] 王玉琳，王强. 步进电机速度调节方法[J]. 电机与控制应用，2006(1)：53 - 56.

Design of stepping motor control system based on single chip microprocessor

GUO Wei, CUI Qun
(The Dept. of Elec. Engn., Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

Abstract: This paper specifies the control system of the stepping motor based on single chip microprocessor. This design adopts AT89S52 single chip microprocessor control stepping motor through 14-bit backward counter of 8155. It can obtain the precise rotation within the range: 10～4 000 r/min. And it solves the fall-out and rotor lockup in the course of speed-rising and speed-falling.

Key words: single chip microprocessor ; stepping motor; precise rotation; speed-rising and speed-falling