

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.06.012

一种梯形运行规律的步进电机 调速系统设计与实现

夏斯权¹, 郭仕豪²

(1. 上海理工大学 公共实验中心, 上海 200093; 2. 上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要:为了弥补步进电机在开环控制中转速变化时容易发生堵转或过冲等一系列不足,采用测速模块对步进电机转速进行实时检测形成闭环控制,同时加入阶梯运行规律速度控制方法。阶梯运行规律实现使用单片机定时器设制给定脉冲频率的时间间隔,升速时脉冲串逐步加密,减速时脉冲串逐步稀疏。算法方面采用经典控制理论增量式PID控制算法来优化步进电机的输出特性。通过大量实验数据证明,设计的闭环调速系统可以提高步进电机的平稳性,达到了测试研究目的。

关键词:步进电机调速;闭环控制;单片机;PID控制

中图分类号:TP273 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)06-0054-04

Design and Realization of Stepping Motor Speed Control System Based on Trapezoidal Running

XIA Siqun¹, GUO Shihao²

(1. Public Experiment Center, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to make up for shortcomings of blocking or overshoot of the speed change of stepper motor in open-loop control, the speed of the step motor was measured by the measuring module, and the closed-loop control was formed in the system. The speed control method of step motion law was added. The implementation of step motion law was to set given pulse frequency interval by using the microcomputer timer, and the pulse train was gradually encrypted when raising, and the pulse train was thinning when decelerating. The output characteristics of stepping motor were optimized by using the classical control theory incremental PID control algorithm. The results show that the design of the closed-loop speed regulating system can improve the stability of the step motor and achieve the test results.

Keywords: stepper motor speed control; closed-loop control; SCM (single-chip microcomputer); PID control

步进电机可以把电脉冲信号换成角位移或线位移的数字模拟转变的驱动电机。步进电机通常是指一个集成系统,该系统包含一个步进电机和一个驱动器,当集成系统中的驱动器接收了一个外部脉冲后就会驱动步进电机转过一个固定的步距角^[1-2]。步进电机不可以和其它类型的电动机一样不断转动而要通过一定量的步距角一步一步的在做增量式运动。因此可以通过改变给定的脉冲数量来控制步进电机转过的角度,从

而得到准确的定位;与此同时也能够经过改变脉冲频率去调控步进电机旋转的速度进一步达到调速的目标。

合理的步进电机升降速度控制方法对于发挥步进电机的工作性能,有着十分重要的意义^[3-4]。笔者选用梯形运行规律速度控制方法,实现该控制方法就是利用单片机核心定时器在不同阶段给定不同的脉冲量,同时通过测速反馈实时掌握给定脉冲数和输出脉冲数

收稿日期:2017-05-31;修回日期:2017-07-06

基金项目:上海理工大学2017年度校级“大学生创新创业训练计划”项目(XJ2017146)。

第一作者简介:夏斯权(1989),男,江苏盐城人,工学硕士,助理实验师,主要研究方向为嵌入式应用。E-mail:qd702277@163.com。

作比较。进一步采用增量式 PID 控制算法对步进电机的输出特性进行优化。

1 控制系统概述

步进电机闭环调速控制系统包括:控制单元、步进电机驱动模块和步进电机 3 大部分。另外,由于需要测量转速,还带有测速模块和显示模块^[5-7]。具体控制系统实物连接如图 1 所示。

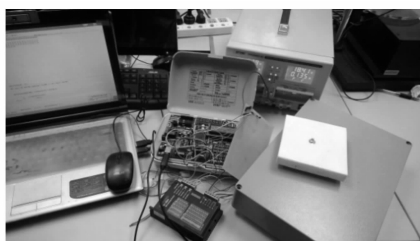


图 1 系统实物连接图

Figure 1 Physical connection diagram of system

1.1 测速模块设计

笔者使用光电传感器对步进电机角位移量进行测量,再通过检测电路传送给单片机计算测速值,最后将输出的转速值显示到液晶屏上。测速原理图如图 2 所示。

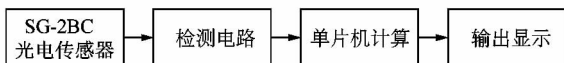


图 2 测速原理图

Figure 2 Schematic diagram of speed

1.2 阶梯规律速度控制方法实现

阶梯规律速度控制方法就是把步进电机的升降速曲线分散为一个个不连续的阶跃段。单片机的脉冲按阶梯型函数给定,步进电机转动的速度变换一次台阶,将稳定转动一个阶跃段的时间。通过反馈检测实际速度和设定速度是否相同,如果不相同,根据差量加减一定脉冲量^[8-10]。阶梯升降速控制规律如图 3 所示,图中横坐标为时间,纵坐标为频率。

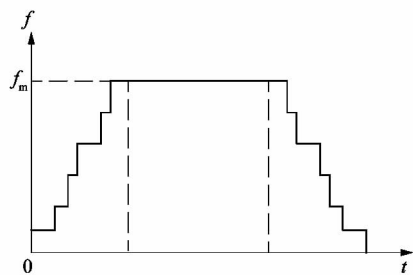


图 3 阶梯升降速控制规律

Figure 3 Speed control law of ladder

2 软件设计与实现

本系统的软件是采用单片机 C 语言编写的,使用阶梯规律升降速的控制方式,利用定时器中断决定脉冲频率来控制电动机的速度。为了便于编写程序,不需要计算每一次中断的时间值,利用阶梯曲线来逼近升降速的曲线。对于每一阶段的频率,软件系统可以通过加减按键微调来实现。为了能够平稳步进电机转速,在优化控制过程方面采用了增量式 PID 控制算法。具体软件设计包括: PWM 驱动程序、键盘扫描程序、增量式 PID 控制算法程序和速度检测程序。

2.1 PWM 驱动程序设计

图 4 是 PWM 驱动程序流程图,此部分是步进电机运转的信号源,由于单片机输出的信号不足以驱动步进电机转动,所以需要把单片机输出信号接到专业步进电机驱动器控制端上,驱使电机接收信号运转。驱动器的控制端有 3 个信号输入,分别是脉冲信号输入端 PUL、方向选择端 DIR、使能端 ENA。方向选择端 DIR 接高电平时,电机正转,否则反转。

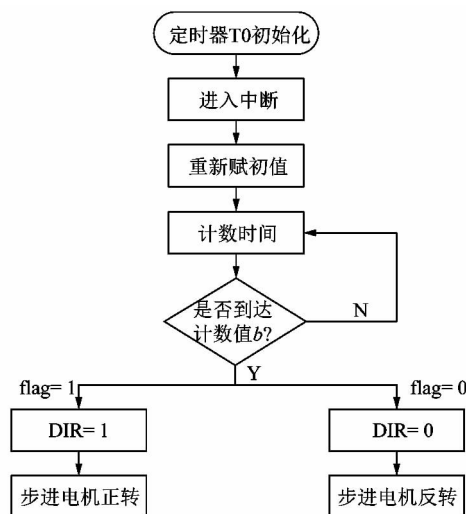


图 4 PWM 驱动程序流程图

Figure 4 Flow chart of PWM driver program

2.2 键盘扫描程序设计

键盘扫描的整个过程都是按照需求对步进电机输入脉冲频率的快慢进行调控。按加速键时,其对应的脉冲频率增大,定时器中断函数的设定值减少,从而微机输出的脉冲数的时间间隔就变短,步进电机的转速就相应变快。按减速键时,整个过程相反。键盘扫描的加减过程流程图如图 5 所示。

2.3 增量式 PID 控制算法程序设计

增量式 PID 属于数字控制器,算式中不需要累加,确定控制量仅仅需要近 3 次的采样值,经过加权处理

获得较好的控制结果。算法流程如图6所示。

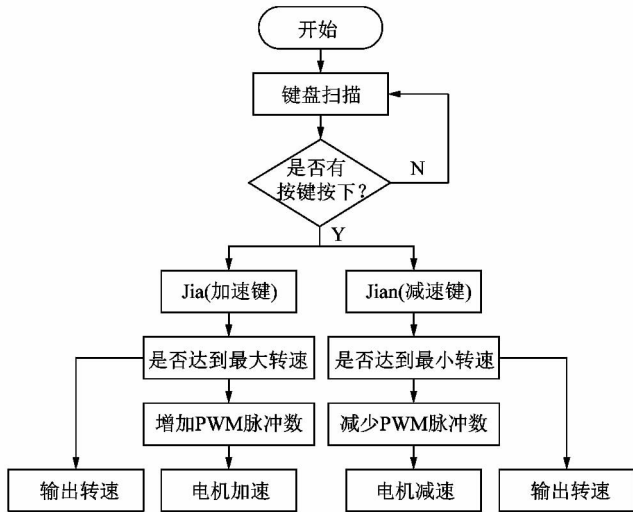


图5 键盘扫描程序流程图

Figure 5 Flow chart of keyboard scanning program

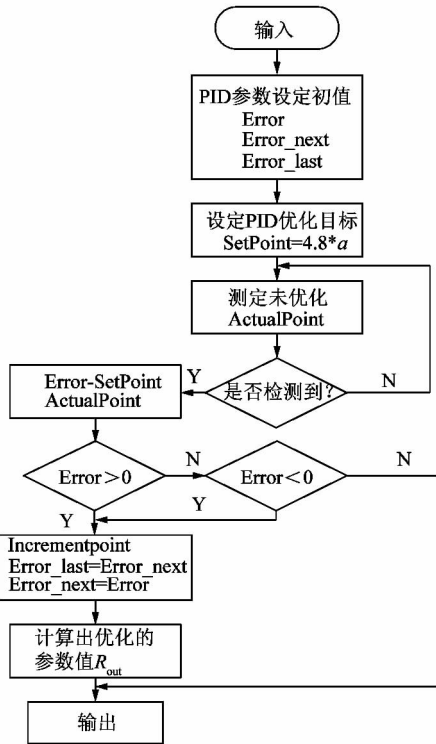


图6 增量式PID控制算法流程图

Figure 6 Flow chart of incremental PID control algorithm

2.4 速度检测程序设计

在步进电机控制系统的测速环节中,使用SG-2BC反射式光电传感器作为检测元件,检测回路的输出端接到单片机的I/O数据接口上,在此设定每6s通过单片机定时器T1采集脉冲数量一次,然后再计算出步

进电机的转速。测速程序流程图如图7所示。

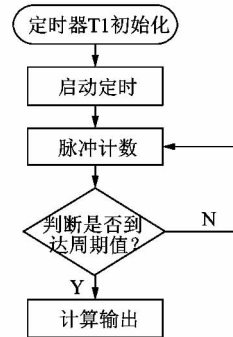


图7 速度检测程序流程图

Figure 7 Flow chart of speed detection program

3 系统性能测试结果分析

在搭建好的步进电机闭环调速控制系统中,先通过单片机给定预设脉冲数再通过放大电路去控制步进电机运行,通过测速模块对步进电机的输出转速进行检测,比较给定的转速与测回的转速是否一致。图8与图9分别为系统优化前后所检测到的脉冲数量。

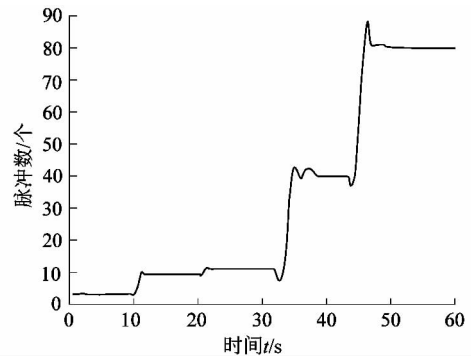


图8 优化前的输出特性曲线

Figure 8 Output characteristic curve before optimization

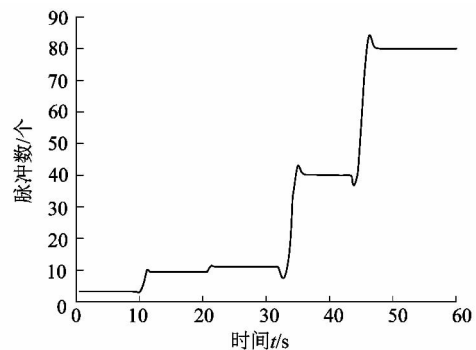


图9 优化后的输出特性曲线

Figure 9 Output characteristic curve after optimization

(下转第61页)