

## 基于 PID 算法的单闭环直流调速系统设计与实现\*

陈亚栋,李志峰,亢健,刘鑫

(太原科技大学 电子信息工程学院,山西 太原 030024)

**摘要:**介绍了基于 PID 单闭环直流调速系统的设计方法。系统选用 STC89C52 单片机为控制器,并在此基础上完成了硬件设计。利用脉宽调制技术,解决直流调速系统中调节时间长、抗干扰能力差等问题,实现了对直流电机速度的控制。实验结果表明,该系统具有良好的动静态性能,对负载的变化具有较强的鲁棒性。

**关键词:**脉宽调制;直流电动机;PID

中图分类号: TP302.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)18-0077-03

## Design and implementation of single closed loop DC motor control system based on PID algorithm

Chen Yadong, Li Zhifeng, Kang Jian, Liu Xin

(The Electric Information Engineering College, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** The design method of single closed loop DC motor speed control system based on the algorithm of PID is introduced in this paper. In order to solve the problem of long adjustment time and the poor anti-interference in the DC speed control system, MCU STC89C52 was selected as the controller; the hardware of the system has been designed ultimately. In this paper, the pulse width modulation(PWM) technique is used to realize the DC motor speed control. The experimental results show that, the control system has good dynamic and static performance, and has the strong robustness to load changes.

**Key words:** PWM; DC motor; PID

直流电机具有调速范围广、易于平滑调速、启动/制动和过载转矩大、易于控制、可靠性高等特点,因此被广泛应用于对调速性能要求较高的传动系统中<sup>[1]</sup>。但是开环控制抗干扰能力差,响应时间长。伴随着单片机技术的快速发展以及单片机自身具有体积小、抗干扰能力强、控制灵活、应用方便、价格低廉等诸多优点<sup>[2]</sup>,选用单片机作为控制器实现直流电机闭环调速是一种较为理想的选择。PID 控制具有原理简单、易于实现、鲁棒性强等特点,并且在工业控制中得到广泛的运用。本文选用单片机为控制器,采用传统 PID 控制规律实现对直流电机转速的控制。

## 1 PWM 控制技术

脉冲宽度调制技术简称 PWM(Pulse Width Modulation)技术,就是用脉冲宽度调制的方法,把恒定的直流电源电压调制成频率一定、宽度可变的脉冲电压序列,从而

改变平均输出电压的大小,以调节电机转速<sup>[3]</sup>。由其基本原理可知,一段时间内加在负载两端的 PWM 脉冲与相等时间内加在负载上冲量相等的直流电压等效,那么在时间  $T$  内脉冲宽度为  $t_0$ ,幅值为  $U$ ,其等效直流电压  $U_0$  为:

$$U_0 = \frac{nt_0 \times U}{nT} = \frac{t_0 \times U}{T} = \alpha \times U \quad (1)$$

其中  $\alpha$  为占空比,  $\alpha = \frac{t_0}{T}$ 。

由式(1)可知,要改变等效直流电压的大小,可以通过改变脉冲幅值  $U$  和占空比  $\alpha$  来实现,从而达到利用 PWM 控制技术实现对直流电机转速进行调节的目的<sup>[3]</sup>。由于 PWM 系统结构简单、调速范围广,所以应用越来越广泛。

## 2 系统硬件设计

## 2.1 系统方框图

根据设计需要,构建如图 1 所示调速系统。

系统的主电路主要由电源模块、控制器、驱动放大模块、测量反馈、实时显示模块构成。其中电源模块一方

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 81

\* 基金项目:山西省高等学校大学生创新创业训练项目(2012247, 2012248)

# 技术与方法

## Technique and Method

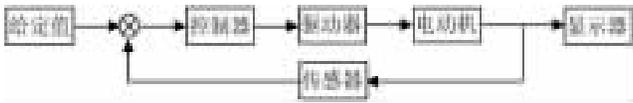


图1 系统方框图

面实现对控制器单片机系统提供直流电源,同时为驱动模块提供电源;测量反馈实现对直流电机的测速同时反馈给控制器作为输入信号;显示模块实现人机交互,更好地反映了直流电机的速度变化过程。系统原理图如图2所示。

### 2.2 直流电机

作为调速系统的被控对象,直流电机的选型很关键。本系统选用了 Mitsumi 公司的 m25n 型永磁直流电机。该电机额定电压 5 V~12 V,空载电流仅有 30 mA~55 mA,输出转矩最大为 35 mN/m,最高转速达 8 000 r/min,被广泛应用于航空模型、机器人、玩具等领域,作为实验研究很有代表性。

### 2.3 电源模块

稳定的工作电源是保证调速系统安全稳定运行的重要前提。本文选用 L7809 稳压芯片给直流电动机供电,用 L7805 稳压芯片给控制器和传感器供电。可将 12 V 直流电源转换为稳定的 5 V 和 9 V 直流电,负载可达 1.5 A。采用这种供电方式,单片机和传感器工作稳定,对电机运行无影响,能够满足系统要求。

### 2.4 控制器设计

控制器是系统的核心,系统需要一个定时器、一个计数器来计算转速,两个 8 位 I/O 口用以转速显示。因此选用 STC89C52 单片机为核心控制器,它具有 4 KB EEPROM 存储器、512 B RAM、2 个 16 位定时器/计数器、工作频率 12 MHz、32 个 I/O 口,资源足够满足系统设计需要。

### 2.5 驱动模块硬件设计

由于控制器的驱动能力仅有几毫安,不能直接控制电机,因此需要驱动电路来驱动直流电机。SGS 公司生产的 L298 芯片是一种高电压、大电流双 H 桥功率集成放大电路,最大驱动电流可以达到 2.5 A,可用来驱动继电器、线圈、直流电机和步进电机等感性负载,因此选用 L298 能满足系统需求。

### 2.6 传感器

要构成转速反馈环就要借助速度传感器,因此选用了霍尔效应传感器。霍尔传感器利用霍尔效应,在电机的轴上安装一个磁性圆盘,传感器表面接近磁场时便产生一个开关信号,再将这个信号送入控制器进行测速用来计算转速。这是一种数字测速方法,原理简单,性能可靠,省去了模拟测量中的 A/D 转换,节省了控制器资源。

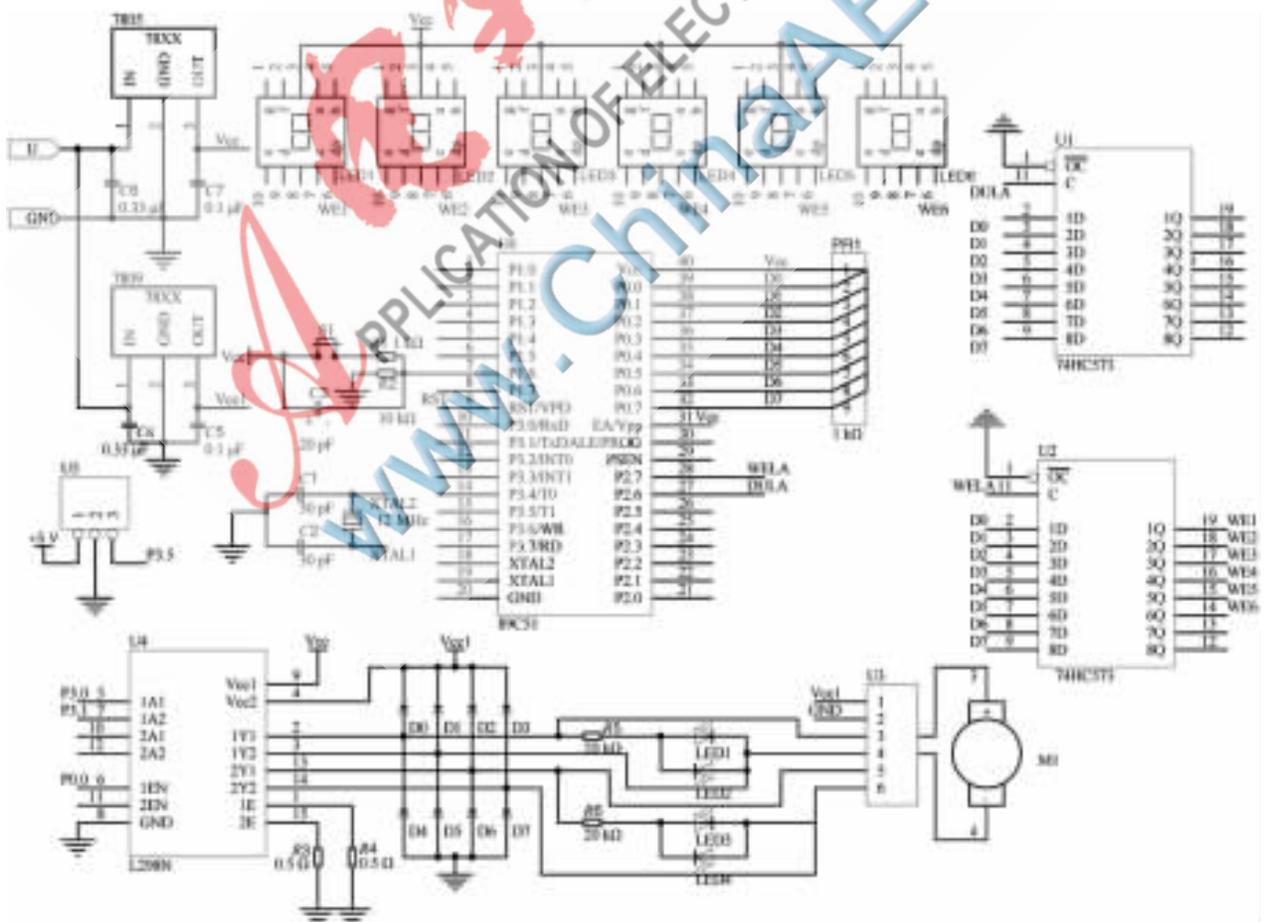


图2 系统原理图

# 技术与方法

## Technique and Method

### 3 系统软件设计

#### 3.1 PID 控制算法

在数字控制系统中,应用数字 PID 控制算式。PID 数字表达式为:

$$u(n)=K_p \left\{ e(n)+\frac{T}{T_i} \sum_{i=0}^n e(n)+\frac{T_D}{T} [e(n)-e(n-1)] \right\}+u_0 \quad (2)$$

式(2)又称为位置型 PID 算式,其计算出的输出量与执行机构(阀门)的位置相对应。

根据式(2)可以列出第  $n-1$  次采样的输出表达式,再将式(2)和第  $n-1$  次采样的输出表达式相减,即得数字 PID 增量型控制算式为:

$$u(n)=K_p[e(n)-e(n-1)]+K_I e(n)+K_D[e(n)-2e(n-1)+e(n-2)]+u_0 \quad (3)$$

由式(3)可看出,相比于位置型 PID 控制算式,增量式不需要累加偏差  $e(i)$ ,节省了存储单元,便于编写程序。

#### 3.2 PID 参数整定

对于使用 PID 控制的系统,一般来说,要求系统能迅速和准确地跟踪给定值的变化,超调量小,在不同干扰下系统输出应能保持在给定值,操作变量不宜过大,在系统和环境参数发生变化时控制应保持稳定,因此 PID 参数整定对控制效果的优劣就显得至关重要。临界比例度法<sup>[4]</sup>在工程中比较常用,具体步骤是:

(1)置 PID 控制器积分时间  $T_i$  到最大,微分时间  $T_D$  为零,比例带  $\delta(\delta=1/K_p)$  置较大,使控制系统投入运行。

(2)待系统稳定运行后,逐渐减小比例带直到系统出现等幅震荡,即所谓临界震荡过程。记录下此时的比例带  $\delta_c$ (临界比例带)并计算两个波峰的时间  $T_c$ (临界震荡周期)。

(3)根据  $\delta_c$  和  $T_c$ ,由计算公式: $\delta=1.67\delta_c$ ,  $T_i=0.5T_c$ ,  $T_D=0.125T_c$  计算各参数。

(4)再根据控制效果做适当调整。

根据以上步骤本文最终选取控制参数为  $\delta=1.25$ ,  $T_i=32$  s,  $T_D=18$  s。

#### 3.3 主程序软件流程图

主程序软件流程图如图 3 所示。

#### 3.4 控制器输出波形

控制器产生的 PWM 输出波形如图 4 所示。霍尔传感器实时输出波形如图 5 所示,由波形可看出转速是很稳定的,经计算其转速为 2 604 r/min,测量转速 2 640 r/min 与其差别不大,是可以接受的。

本设计以单片机为控制器,基于 PID 控制算法,利用 PWM 技术完成了直流电机调速控制系统设计。该系统结构简单,实验表明,系统性能可靠,能克服较大的扰动,且具有良好的动、静态性能和较强的鲁棒性,设计方案切实可行。

#### 参考文献

[1] 李发海,王岩.电机与拖动基础[M].北京:清华大学出版

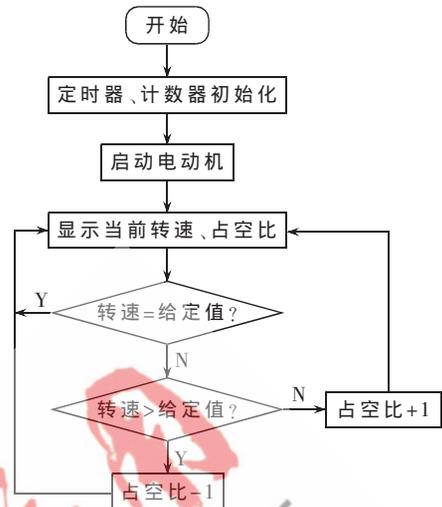


图 3 主程序流程图



图 4 控制器输出波形

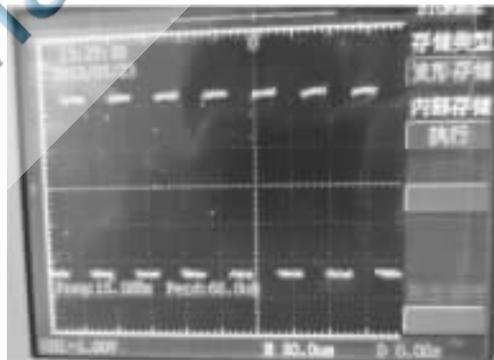


图 5 霍尔传感器输出波形

社, 2005.

- [2] 张毅刚,彭喜媛.MCS-51 单片机应用设计[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2007.
- [3] 贾玉英,王臣.基于单片机控制的 PWM 直流调速系统[J].包头钢铁学院学报,2005,24(4):48-51.
- [4] 李国勇.过程控制系统[M].北京:电子工业出版社,2009.
- (收稿日期:2013-05-29)

#### 作者简介:

陈亚栋,男,1989年生,学士,主要研究方向:自动化。

李志峰,男,1989年生,学士,主要研究方向:自动化。

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com) 83