

基于 Matlab GUI 的直流电机 PID 调速系统的设计*

樊开阳, 林小兰

(南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031)

摘要: 基于 Matlab GUI(图形用户界面)设计了一种以单片机为控制核心的直流电机 PID 调速系统。利用 GUI 作为上位机对单片机采集的信息进行处理, 实现电机转速的波形显示、存储、PID 控制等功能。由于该系统的 PWM 信号由专门 PWM 芯片产生, 因此降低了单片机程序的复杂程度, 提高了系统的可靠性和控制精度。实验结果表明, 该系统运行稳定, 界面的人机交互性好, 操作简单方便。在对 PID 参数的选定中可提高对 PID 算法和电机性能的直观认识, 对自动控制、电机拖动等研究领域具有一定的现实意义。

关键词: Matlab 图形用户界面; 直流电机; 比例积分微分; 闭环控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)22-0062-04

Design of PID control system based on Matlab GUI for DC motor

Fan Kaiyang, Lin Xiaolan

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: Based on Matlab GUI (graphical user interface), a PID control system of DC motor with MCU as the core is designed. Using Matlab GUI as the upper computer to process the collected information, the system realizes the motor speed's waveform display, storage, PID control and other functions. Because of the PWM signal of the system is produced by special PWM chip, the complexity of the MCU program has been reduced, and the reliability and control accuracy of the system has been improved. The experimental results show that the system runs steadily, has fine interface of human-computer interaction, and operates simply. It can make users improve their intuitive understanding of PID algorithm and the performance of motor in selecting the PID parameters, has a certain practical significance in the field of automatic control, motor and so on.

Key words: Matlab GUI; DC motor; PID; closed loop control

相对于其他类型的电机, 直流电机具有很多优点, 包括速度的可控性, 启动、制动的稳定性, 以及调速的平滑性和经济性等^[1]。运用其中的一些优点可以实现频繁的无极快速启动、制动和反转, 能满足生产过程中自动化系统各种不同的特殊要求^[2]。其有很多不同的控制算法和手段, 模拟 PID 控制是最早发展起来的控制策略之一, 长期以来形成了典型的控制结构。模拟 PID 参数整定方便, 能够满足一般控制的要求, 但是在实际中, 现场的参数是易发生变化的(如温度、湿度等), 而模拟 PID 控制系统一旦给定参数, 则其在整个控制过程中是不能改变的, 故其难以使系统达到满意的控制效果^[3-4]。随着计算机技术与现代控制理论的发展, 数字 PID 技术逐渐

发展起来, 它不仅能够实现模拟 PID 所完成的控制任务, 而且具备控制算法灵活、可靠性高等优点, 应用面也越来越广。Matlab 具有强大的数值计算、可视化功能和系统建模仿真能力, 在高校和科研机构使用极为广泛^[5]。图形用户界面是目前计算机应用程序界面的主要形式。Matlab 为用户提供了功能强大的集成图形用户界面开发环境(GUI), 通过 GUI, 用户可方便、快捷地设计图形用户界面, 开发自己的应用程序。并且 GUI 平台界面友好、使用简单, 运用十分广泛, 能够方便地进行某种技术或方法的演示, 将 GUI 运用到控制系统中也为产品的演示与教学提供了新的途径^[6]。

1 系统总体设计

本设计中, 单片机系统作为下位机进行数据采集和控制执行, 而 Matlab GUI 作为上位机主要完成 PID 调

* 基金项目: 南京农业大学精品课程(2CH-051010); 南京农业大学创新性实验实践教学项目(2DW-051017)

技术与方法 Technique and Method

控、命令的发送、数据的存储、转速波形显示等工作。采用 51 单片机作为主控制器，通过控制 D/A 模块产生模拟电压来驱动 PWM 模块产生相应占空比 PWM 信号，从而实现了对直流电机转速的控制。单片机的外围器件还包括电机驱动模块、电平转换模块、LCD、键盘等。系统总体框图如图 1 所示。

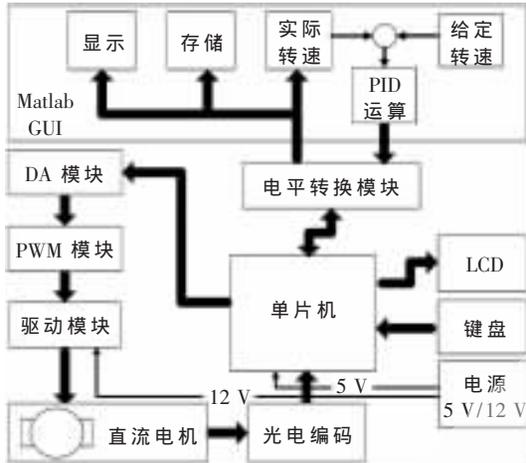


图 1 系统总体框图

该系统采用 STC89C52 单片机为控制核心，控制 DA 芯片 TLC7528 能够产生 0~5 V 的模拟电压。该模拟电压驱动 PWM 芯片 STC12C5608 产生高精度占空比可调的 PWM 信号。PWM 信号经过驱动芯片 BTS7960 的功率放大形成了对直流电机的驱动电压。依靠光电编码器完成对电机转速的获取，上位机接收单片机发送的转速信息，一方面根据 PID 参数，对电机的转速进行进一步的调整更正；另一方面，在 GUI 界面绘制出电机的转速波形。通过 GUI 界面，可以方便地改变 PID 参数，调整系统的动态特性，也可以将转速信息保存下来以备后续分析。该系统采用 12 V 的电压为驱动单独供电，保证了系统的驱动能力供给充足，提高了系统的稳定性和可靠性。键盘主要用来复位单片机系统和选择串口通信的波特率，LCD 则为波特率的选择和当前转速的显示提供良好的交互界面。

2 系统硬件模块介绍

2.1 DA 转换模块设计

DA 芯片采用双路、8 位数字/模拟转换器 TLC7528，8 位的分辨率可以为系统提供较高的转换精度。数模转换电路如图 2 所示。

图中，由单片机输出的 8 位数字量经由 DA_0 到

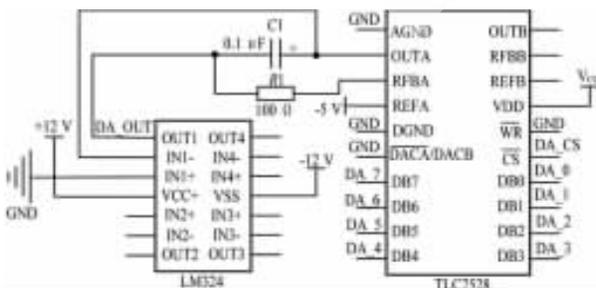


图 2 D/A 转换模块电路图

DA_7 输入芯片。DA_CS 为控制引脚，控制 TLC7528 进行转换或者保持模拟量输出。模拟电压经由 DA_OUT 输出，用于控制 PWM 模块产生 PWM 信号。

2.2 PWM 模块设计

为了提高 PWM 信号分辨率，保证系统控制精度，该系统采用单独的 PWM 模块输出 PWM 信号。STC12C5608 是增强型的 8051CPU，指令代码完全兼容传统 8051，但速度比传统 8051 快 8~12 倍。针对电机控制、强干扰场合，其内部集成了 4 路 PWM，8 路高速 10 位 A/D 转换，编程功能使其成为专用的 PWM 芯片，其高精度 A/D 转换功能用来处理 TLC7528 产生的模拟信号，从而实现用模拟电压来控制 PWM 信号占空比的功能。其构成电路如图 3 所示。

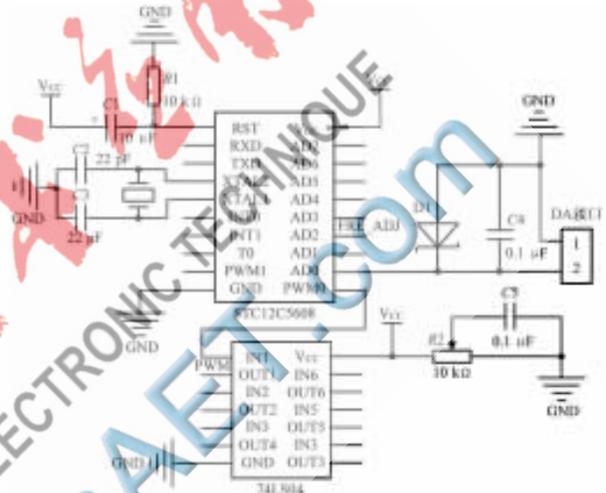


图 3 PWM 信号产生电路图

图 3 中，STC12C5608 芯片从 AD0 引脚接收 TLC7528 产生的模拟电压，芯片根据其内部对应的程序在 P0M0 引脚输出相应占空比的 PWM 信号。

2.3 驱动模块设计

直流电机的驱动芯片采用 BTS7960，它是应用于电机驱动的大电流半桥高集成芯片，通态电阻典型值为 16 mΩ，驱动电流可达 43 A，能够为系统提供充足的驱动能力。由于 BTS7960 的芯片内部只有一个半桥，故该模块采用 2 片对电机进行驱动。电路如图 4 所示。

图 4 中，IN1 与 IN2 是 PWM 信号输入端，ERO1 和

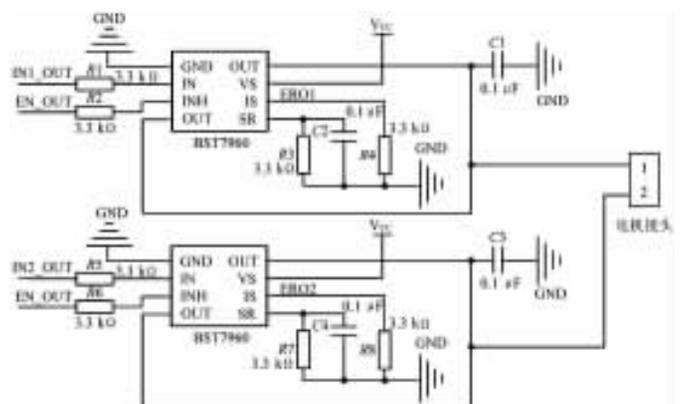


图 4 驱动模块电路图

技术与方法 Technique and Method

ERO2 是电流检测输出引脚。PWM 信号经过功率放大后在 J2 两端输出,为直流电机提供驱动电压。

3 GUI 程序设计

图形用户界面是指包括文本框、标签、按钮、单选按钮、复选框、图片、菜单、对话框等组件的人机交互界面。在该界面中,通过单击、双击、拖动鼠标和简单的文字输入就可以轻松地操作计算机,完成所有任务。它既能嵌入已有的仿真程序,又能把仿真后的图形化结果以人机交互的动态方式直观呈现,使用者不需要知道代码的具体内容,只要了解操作步骤即可很方便地操作界面。对于熟悉 Matlab 而不想编写大量 VC 代码的科研人员来讲,Matlab GUI 无疑是一个最佳选择^[7]。

图 5 所示为该系统的 GUI 界面,大概包含以下几个区域:端口设置区、DA 转换区、目的转速设置区、开闭环控制区、转速波形区以及理论驱动电压波形区。端口设置区主要完成对端口的设置,如端口号的选择、波特率的选择以及 Matlab 串口中断类型选择等(本实验中,端口号是 COM3,波特率是 19 200,中断类型默认设置为接收到特定字符 'Z' 后触发)。DA 转换区可直接控制 D/A 模块输出模拟电压,从而改变 PWM 占空比控制转速,以供调试和测试之用。目的转速设置区对期望转速进行设置,开闭环控制区则可以根据当前的控制策略选择开环控制或者闭环控制,在闭环控制时,可以设置不同的 PID 参数改变系统的响应特性。转速波形区主要完成对实测转速波形的显示,能够直观地观察到电机转速的响应波形。理论驱动电压波形区用来显示理论驱动电压的波形,通过该波形可以基本了解驱动电压的变化趋势,以便与转速波形形成对比。

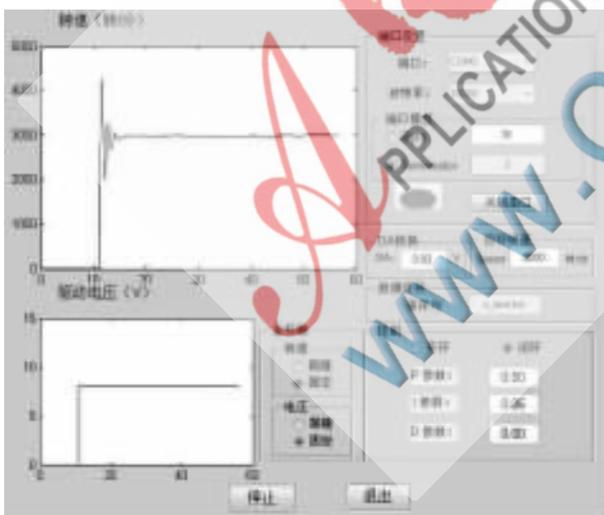


图 5 直流电机 PID 控制系统界面

3.1 Matlab 串口设置流程

(1)用 serial 函数创建一个串口对象

```
obj = serial('port')
```

```
obj=serial('port',PropertyName,PropertyValue,...)
```

(2)用 fopen 函数打开串口对象

```
fileID = fopen(filename)
```

fopen()函数括号中为串口对象,如果无法打开,返回-1。

(3)用 fread 函数读取串口数据

```
A=fread(fileID)
```

fread 函数括号中为串口对象,返回读取到的数据。

(4)用 fclose 函数、free 函数、delete 函数和 clear 函数清除串口对象并释放内存空间。如:

```
fclose(s); %关闭串口对象 s
free(s); %释放 s 占用的内存空间
delete(s); %删除串口对象 s
clear(s); %删除工作空间变量,释放内存
```

3.2 串口中断设置

3.2.1 选择中断模式

(1)串口缓存区达到指定字节数时触发中断,如:

```
s.BytesAvailableFcnMode='byte'; %中断类型
s.BytesAvailableFcnCount=31; %指定中断字节数
s.BytesAvailableFcn=@(serial_interrupt,handles); %指定中断函数为 serial_interrupt
```

(2)接收到特定字符时触发中断,如:

```
s.BytesAvailableFcnMode='terminator'; %中断类型
s.Terminator='Z'; %当接收到字符'Z'时触发中断
s.BytesAvailableFcn=@(serial_interrupt,handles); %指定中断函数为 serial_interrupt
```

3.2.2 在.m 文件中添加中断函数

```
function serial_interrupt(hObject,event,handles) %定义中断函数
```

3.3 波形绘制与串口数据存储

3.3.1 波形绘制(电机转速波形)

转速的波形绘制主要在串口中断函数中完成,部分代码如下:

```
s_data=fread(s); %串口数据读取
display_length=600; %定义要绘制的点数
time=linspace(0,60,display_length); %定义时间坐标
count=count+1; %计数变量加 1 用以绘制下一个点
speed=(s_data(27)-48)*1000+(s_data(28)-48)*100+
(s_data(29)-48)*10+(s_data(30)-48);
%提取串口中的电机转速数据并转换成整形
rotspeed=[rotspeed,speed]; %保存数据用于绘图
plot(handles.axes_speed,time(1:count),rotspeed(1:count)); %绘图
set(handles.axes_speed,'XLim',[time(1),time(end)]);
if count==600 %画满 600 点后重新开始画图
count=0;
rotspeed=speed;
end
```

3.3.2 串口数据存储

本程序默认把数据存储到 s_text.txt 中。部分代码如下:

```
fid=fopen(get(handles.edit_save,'String'),'at'); %以添加文本方式打开文件
```

技术与方法 Technique and Method

```
s_text=fread(s); %读串口数据
fprintf(fid,'%s\n',s_text); %向文件写入数据并换行
```

3.4 闭环控制算法

PID 控制是在经典控制理论中技术最成熟、研究最广泛和应用最多的一种控制方式。图 6 所示为整理后的闭环相应曲线,其中 P 参数为 0.5, I 参数为 0.05, D 参数为 0, 目的转速为 3 000 r/min。

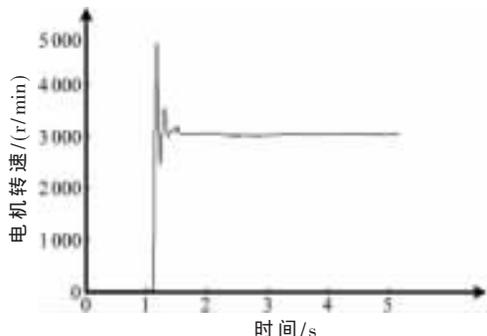


图 6 系统闭环控制效果图

部分程序如下:

```
current_speed=data.param; %得到当前的转速
spect_speed=data.target; %得到目标转速
error=spect_speed-current_speed; %求得误差信号
sum=sum+error; %误差信号累加
P=str2double(get(handles.edit_p,'String')); %从 GUI 界面得到 P 参数
I=str2double(get(handles.edit_i,'String')); %从 GUI 界面得到 I 参数
D=str2double(get(handles.edit_d,'String')); %从 GUI 界面得到 D 参数
result=P*error+I*sum+D*(error-error_1); %驱动信号
```

基于 Matlab GUI 开发了一种具有友好用户界面的

PID 直流电机调速系统。通过该界面,用户能够直观地观察到电机转速变化的波形,并且可以对 PID 参数进行实时调整以观察电机的动态响应特性。同时 GUI 的数据保存功能能够保存串口发送过来的所有数据以备后续的分析研究。由于该系统的 PWM 信号由专门 PWM 芯片产生,降低了单片机程序的复杂度,提高了系统的可靠性和控制精度。该系统运行稳定,操作简单方便,在自动控制、电机拖动等众多领域具有一定的应用价值。

参考文献

- [1] 虞朝永.基于单片机的直流电机 PWM 调速系统设计与开发[J].煤炭技术,2011,30(6):62-63.
- [2] 王晓峰,郝潇.基于单片机实现视域下直流电机 PWM 控制策略的探讨[J].煤炭技术,2012,31(7):232-233.
- [3] 王葳,张永科,刘鹏鹏,等.无刷直流电机模糊 PID 控制系统研究与仿真[J].计算机仿真,2012,29(4):196-199,254.
- [4] 王毅,王平,苏伟达,等.基于数字 PID 控制的直流电机控制系统的设计[J].福建师范大学学报,2010,26(4):59-62.
- [5] 杜世民,杨润萍.基于 MATLAB GUI 的“信号与系统”教学仿真平台开发[J].实验技术与管理,2012,29(3):87-90.
- [6] 金波.基于 Matlab 的“信号与系统”实验演示系统[J].实验技术与管理,2010,27(12):104-107.
- [7] 钟可君,张海林.基于 Matlab GUI 设计的光学实验仿真[J].实验室研究与探索,2010,29(10):52-52,80.

(收稿日期:2013-07-23)

作者简介:

樊开阳,男,1993 年生,本科,主要研究方向:电子信息科学与技术。

林小兰,女,1990 年生,硕士,主要研究方向:农业工程自动化。