

基于STC单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计

赵书红

江阴职业技术学院, 江苏 江阴

Email: 21530966@qq.com

收稿日期: 2020年12月28日; 录用日期: 2021年2月2日; 发布日期: 2021年2月10日

摘要

伴随着半导体技术的不断发展和数字控制的普遍化, 小型直流电机变频调速控制的应用范围已经从高性能的领域拓宽到通用驱动和专用驱动的场合。为实现拓展直流电机应用, 本文提出并实现基于STC单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计。在完成Proteus仿真的基础上, 本文完成变频调速控制系统的硬件制作及软件编程以完成系统控制性能的测试。系统硬件主要由主控制器、电机驱动、按键、液晶显示及电机测速等部分组成, 其中主控制器为STC单片机、电机驱动为L298, 液晶显示LCD1602、电机测速为霍尔传感器。实验数据分析结果显示: 控制系统输出PWM值与电机转速测量值间 R^2 为 $0.993 \approx 1$ 即两组数据的线性度很好, 即通过调整PWM值可实现直流电机的线性调速; 正态性检验分析结果显示实物测量所得数据符合正太分布的要求, 没有明显的差异性, PWM值配对转速p值大于0.05, 说明这两组数据没有显著的相关性, 即PWM值对电机转速的控制性良好。本系统在实现电机简单操作、低成本控制方面具有一定的应用价值。

关键词

小型直流电机, 51单片机, Proteus仿真, 霍尔传感器, 变频调速

Design of Small DC Motor Variable Frequency Speed Controller System Based on STC MCU

Shuhong Zhao

Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin Jiangsu
Email: 21530966@qq.com

Received: Dec. 28th, 2020; accepted: Feb. 2nd, 2021; published: Feb. 10th, 2021

文章引用: 赵书红. 基于 STC 单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计[J]. 建模与仿真, 2021, 10(1): 107-113.
DOI: 10.12677/mos.2021.101011

Abstract

With the continuous development of semiconductor technology and the popularization of digital control, the application range of small direct current (DC) motor variable frequency speed control has been broadened from the field of high performance to the occasion of general drive and special drive. In order to expand the application of DC motor, this paper proposes and realizes the design of small DC motor variable frequency speed controller system based on STC MCU. On the basis of Proteus simulation, this paper completes the hardware and software programming of the variable frequency speed control system to complete the system control performance test. The hardware of the system is mainly composed of main controller, motor driver, key, LCD display and motor speed measurement. The main controller is STC single chip microcomputer, motor driver is L298, LCD display is LCD1602 and motor speed measurement is Hall sensor. The experimental data analysis results show that the R^2 between the PWM value of the control system and the measured value of the motor speed is $0.993 \approx 1$. The results show that the linearity of the two groups of data is very good, that is, the linear speed regulation of DC motor can be realized by adjusting the PWM value; the analysis results of normality test show that the measured data meet the requirements of Zhengtai distribution, and there is no obvious difference. The paired speed p value of PWM value is greater than 0.05, which indicates that the two groups of data have no significant correlation, that is, the PWM value has good control over the motor speed. This system has a certain application value in realizing simple operation and low cost control of motor.

Keywords

Small DC Motor, STC Micro Controller, Proteus Simulation, Hall Sensor, Variable Frequency Speed Regulation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

直流电机因其：1) 调速范围非常广，比较容易平滑调速；2) 响应十分快，启动、制动和过载转矩都很大；3) 控制方便，十分可靠；调速性能非常好、起动容易、能够载重起动等优点，在节能环保领域具有广泛的应用前景[1] [2] [3] [4]。直流电机节能体现方式如下：1) 直流电机的节能改造技术是将传统的直流无刷电机改变为步进伺服电机；2) 不同的机械设备厂家，都正在寻求更加高效率并且可以节能的办法，以前的改造方式大都虽然能一定程度上节能，但是会有其他的弊端，直流电机的节能改造为工控自动化行业的厂家转型带来了新的动力[5] [6] [7]。为实现节能控制，现在直流电机调速控制系统中，绝大多数采用晶闸管相控整流供电，其存在系统体积较大，且模拟电路系统中电阻、电感、电容等模拟电路元件容易受外界环境温度、湿度等因素影响，抗干扰能力差等弊端[8]。近些年来，随着单片机、数字信号处理器(DSP)等微处理器技术的不断提高，制造成本的不断下降，电动机调速控制器装置采用以微处理器为核心的数字控制系统，是电气传动发展的主要方向之一[9]。为拓展直流电机应用降低控制成本，本文提出基于 STC 单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计。在完成 Proteus 仿真的基础上，本文完成变频调速控制系统的硬件制作及软件编程以完成系统控制性能的测试。测试结果显示：本系统测量所得数据符合正太分布，无明显的差异性，可实现直流电机的变频调速控制，在实现电机简单操作、低成本控制方面具有一定的应用价值。

2. 系统总体设计方案及仿真

2.1. 总体设计

基于 STC 单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计主要包括主控制器、电机驱动、按键、液晶显示及电机测速等模块，其总体设计框图如图 1 所示。其中，主控制器主要完成电机测速数据的采集，判断后通过直流电机驱动实现直流电机调速控制；按键模块接收用户控制信号，对电机进行正转、反转、加速、减速以及停止状态的控制。

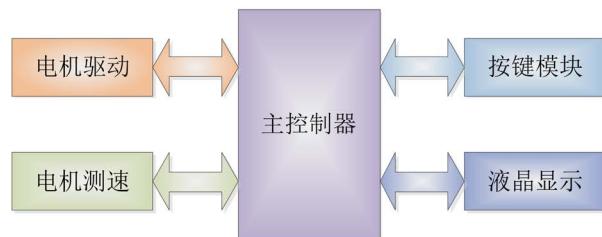


Figure 1. Overall design block diagram

图 1. 总体设计框图

2.2. 系统仿真

为验证系统总体方案的合理性，本文采用 Proteus 软件[10]对系统进行仿真分析，如图 2 所示。Proteus 软件仿真结果显示本文所设计总体方案可实现直流电机的变频调速控制。

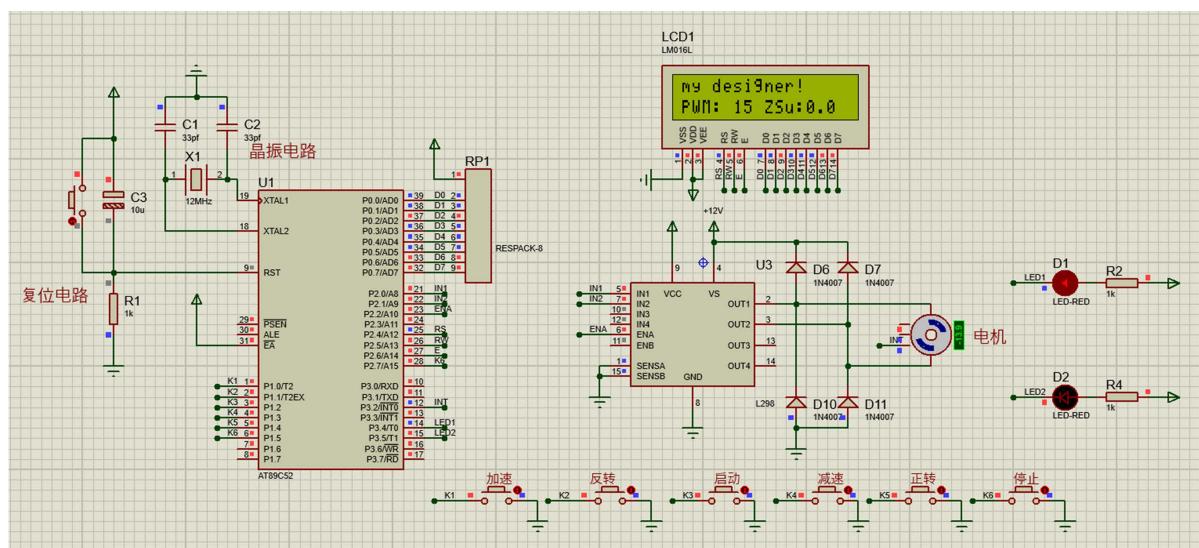


Figure 2. Proteus Software system simulation diagram

图 2. Proteus 软件系统仿真图

3. 硬件构建及软件编程

3.1. 硬件构建

3.1.1. 主控制器

为降低系统成本，本系统主控制器选用 STC 单片机 STC89C52，其电气原理图如图 3 所示。

3.1.2. 电机驱动

电机驱动选用 L298N 芯片，其可以通过常用的 TTL 信号作为输入信号，7 脚为驱动电源输入，也就是电机电源的输入端，电气原理图如图 4 所示。

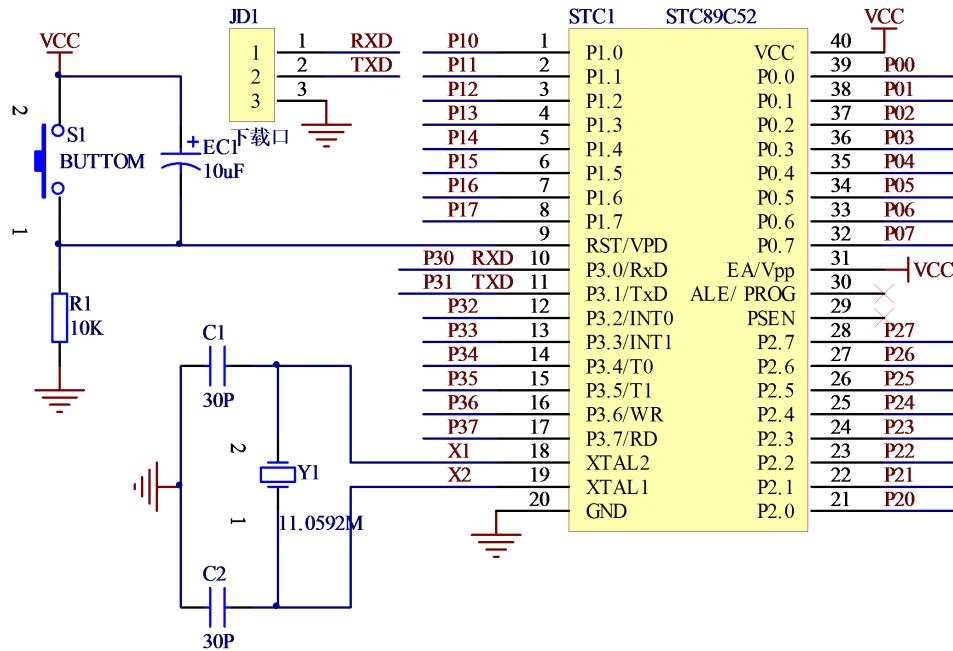


Figure 3. Electrical schematic diagram of main controller

图 3. 主控制器电气原理图

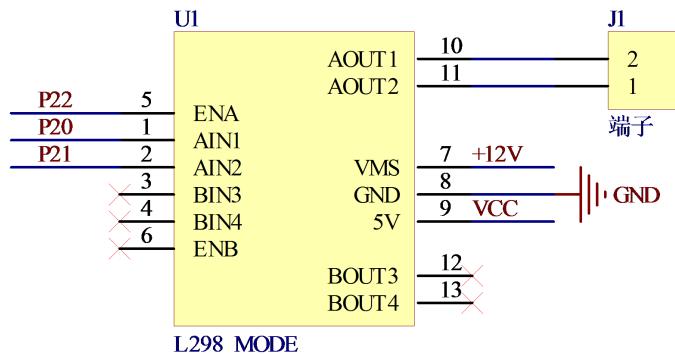


Figure 4. Motor drive circuit

图 4. 电动机驱动电路

3.1.3. 按键

本系统按键模块主要用于实现电机进行正转、反转、加速、减速以及停止状态的控制，其中按键 S1 是电机转动开始按键，接单片机的 P1.0；按键 S2 是电机转动停止按键，接单片机的 P1.1；按键 S3 是电机正转控制按键，接单片机的 P1.2；电机反转按键是 S4，接单片机的 P1.3；按键 S5 是电机转动加速按键，接单片机的 P1.4；按键 S6 是电机转动减速按键，接单片机的 P1.5。

3.1.4. 显示

本系统显示模块选择 LCD1602 液晶显示屏，其电气原理图如图 5 所示。

3.1.5. 电机测速

本系统电机测速选用霍尔传感器，其电气原理图如图 6 所示。

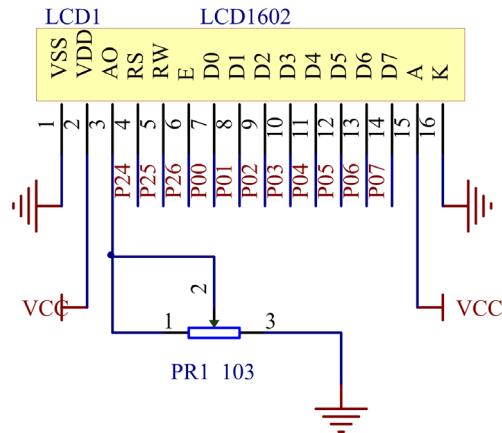


Figure 5. Electrical schematic diagram of display module
图 5. 显示模块电气原理图

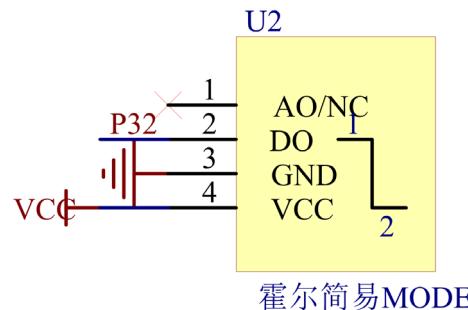


Figure 6. Schematic diagram of motor speed measurement
图 6. 电机测速原理图

3.2. 软件编程

本系统软件编程按照测速、速度设定控制等内容完成软件编程，其软件设计流程图如图 7 所示。

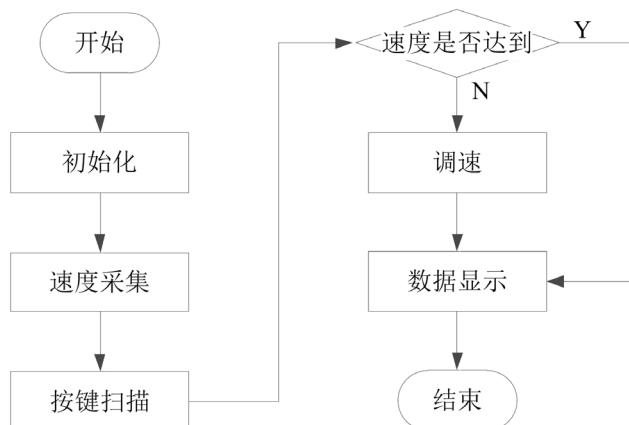


Figure 7. Flow chart of system software design
图 7. 系统软件设计流程图

4. 实物制作及数据分析

4.1. 实物制作

在上述系统硬件构建的基础上, 本系统实物如图 8 所示。



Figure 8. System physical picture
图 8. 系统实物图

4.2. 数据分析

将系统实物通电后, 通过调整 PWM 值来改变速度。将采集到的数据进行数据分析, 得到分析结果, 如表 1~3 所示。其中, n 为样本数量; t 为 student t 检验[11] (Student's t test), 主要用于样本含量较小(例如 $n < 30$), 总体标准差 σ 未知的正态分布; p 为相关性分析, 当 p 值大于 0.05 时, 则说明这两组数据没有显著的相关性; R^2 代表数据的线性度, 其数值越接近 1, 表明线性度越好。

表 1 线性回归分析结果显示 R^2 为 $0.993 \approx 1$ 即两组数据的线性度很好, 即通过调整 PWM 值可实现直流电机的线性调速; 表 2 经 Kolmogorov-Smirnov 检验[12]及 Shapiro-Wilk 检验[13]后正态性检验分析结果显示实物测量所得数据符合正太分布的要求, 没有明显的差异性; 表 3 配对 t 检验分析结果显示 PWM 值配对转速 p 值大于 0.05 时, 说明两组数据没有显著的相关性, 即 PWM 值对电机转速的控制性良好。综上所述: 本文所设计基于 STC 单片机的小型直流电机变频调速控制器系统设计可实现直流电机的高线性度、符合正太数据分布的简易操作、低成本控制, 具有一定的应用价值。

Table 1. Results of linear regression analysis ($n = 10$)

表 1. 线性回归分析结果($n = 10$)

	非标准系数		标准化系数		t	p	R^2
	B	标准误差	Beta				
常数	-0.248	0.123			-2.017	0.078	
PWM 值	0.068	0.002	0.997		34.043	0	0.993

Table 2. Analysis results of normality test

表 2. 正态性检验分析结果

名称	样本量	平均值	标准差	偏度	峰度	Kolmogorov-Smirnov 检验		Shapiro-Wilk 检验	
						统计量 D 值	p	统计量 W 值	p
PWM 值	10	54	31.78	-0.12	-1.102	0.093	0.999	0.972	0.905
转速	10	3.4	2.154	0.015	-0.856	0.095	0.998	0.983	0.977

Table 3. Analysis results of paired *t* test
表 3. 配对 *t* 检验分析结果

名称	配对(平均值 \pm 标准差)		差值(配对 1-配对 2)	<i>t</i>	<i>p</i>
	配对 1	配对 2			
PWM 值配对转速	54.00 \pm 31.78	3.40 \pm 2.15	50.6	5.4	0.473

5. 总结

为拓展直流电机应用降低控制成本, 本文基于 STC 单片机完成小型直流电机变频调速控制器系统设计。在完成 Proteus 仿真验证的基础上, 本文完成变频调速控制系统的硬件制作及软件编程。系统硬件主要由主控制器、电机驱动、按键、液晶显示及电机测速等部分组成, 其中主控制器为 STC 单片机、电机驱动为 L298, 液晶显示 LCD1602、电机测速为霍尔传感器。在完成上述系统硬件构建的基础上对系统实物进行测试, 测试数据分析结果显示: PWM 值与电机转速的 R^2 为 $0.993 \approx 1$ 即两组数据的线性度很好, 通过调整 PWM 值可实现直流电机的线性调速; 正态性检验分析结果显示实物测量所得数据符合正太分布的要求, 没有明显的差异性, PWM 值配对转速 *p* 值大于 0.05 说明这两组数据没有显著的相关性, 即 PWM 值对电机转速的控制性良好。综上所述, 本文所提系统具有成本较低、操作方便、线性度高、控制数据符合正太分布且性能良好等特点, 在低成本电机控制方面具有一定的应用前景。

参考文献

- [1] 刘擎文, 胡永美. 永磁直流电动机的正则化参数辨识[J]. 微特电机, 2020, 48(12): 14-18.
- [2] 郭志坚, 张岳贤. 基于 Matlab 永磁无刷直流电动机调速系统的仿真研究[J]. 山西电子技术, 2020(5): 80-84.
- [3] 乔永凤, 王凯, 周晓莉, 冯志永. 基于 BAS-PID 的直流电动机调速[J]. 机械工程与自动化, 2020(5): 167-168.
- [4] 李歌航. 基于电流匹配反电势的无刷直流电机节能策略[J]. 机电信息, 2019(15): 26-27.
- [5] 卓士墙. 船舶电动机的节能技术探讨[J]. 科技创新与应用, 2017(11): 149.
- [6] 德东电机. 启动高效节能电机项目[J]. 纺织服装周刊, 2014(20): 92-93.
- [7] 李栋. 浅析机采井节能技术与效果[J]. 化学工程与装备, 2019(3): 165-167.
- [8] 张欢, 周欣. 新型永磁同步电机无速度传感器控制策略[J]. 电气传动, 2020, 50(10): 96-101.
- [9] 李键. 永磁同步电机模型预测电流控制的预测误差分析及抑制研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2019.
- [10] 杨丰亮. 脉冲信号占空比测量电路的设计与 Proteus 仿真[J]. 闽南师范大学学报(自然科学版), 2020, 33(4): 30-37.
- [11] 李龙. 配对样本 *t* 检验在实验室分析质量控制中的应用[J]. 上海计量测试, 2020, 47(5): 32-34+37.
- [12] 徐九南, 姜毅. 齿轮损伤诊断的非参数统计检验方法[J]. 失效分析与预防, 2020, 15(4): 207-211+231.
- [13] 邱华龙. 绿僵菌胁迫下红火蚁的防御行为及机制探讨[D]: [博士学位论文]. 广州: 华南农业大学, 2016.