

直流电动机测速装置的设计

——基于 2017 年全国大学生电子设计竞赛项目

宋玉锋^{1,2}, 束 慧¹

(1. 南通职业大学 电子信息工程学院, 江苏 南通 226007; 2. 江苏现代电力科技股份有限公司, 江苏 南通 226007)

摘 要: 以 STC15W4K48S4 单片机为核心, 设计了一种直流电动机测速装置, 给出了两种测速方式: 其一, 通过对直流电动机运转时产生的电枢电压上的脉冲信号进行信号调理, 实现对电机转速在线测量; 其二, 采用自制传感器检测电动机壳外电磁信号的方式, 实现对直流电动机转速的非接触式测量。系统由电源模块、电磁感应模块、单片机控制模块、有刷电机驱动模块、显示模块等组成, 通过调试, 该系统实现了赛题的设计要求, 且精度高, 稳定性好。

关键词: 直流电动机; 在线测速; 电磁感应; 耦合; 传感器; 单片机

中图分类号: TM33

文献标志码: A

文章编号: 1008-5327(2017)03-0067-05

Design of DC Motor Speed Measuring Device

——Based on the 2017 National Undergraduate Electronic Design Contest

SONG Yu-feng^{1,2}, SHU Hui¹

(1. School of Electronic Engineering & Information Technology, Nantong Vocational University, Nantong 226007, China; 2. Jiangsu Modern Electric Capacitor Co., LTD, Nantong 226007, China)

Abstract: The paper designs a DC motor speed measuring device based on STC15W4K48S4 SCM. It provides two kinds of speed measuring methods. Firstly, by modulating the pulse signal of the armature voltage during the operation of the DC motor, the on-line measurement of the motor speed is realized. Secondly, a self made sensor is used to detect the electromagnetic signals outside the motor shell, so as to realize the non-contact measurement of the DC motor speed. The device consists of power module, electromagnetic induction module, SCM control module, brush motor control module, display module, etc. A series of Experiments have proved that the device can realize DC motor speed measuring with high accuracy and good stability.

Key words: DC motors; online speed detecting; electromagnetic induction; coupling; sensors; SCM

0 引 言

一般情况下, 在电机转轴上安装磁钢并通过霍尔感应, 可实现对电机的转速测试。但在很多情况下, 转轴不便于安装传感器, 如何实现电机的转速测量, 值得探究。本文基于 2017 年全国大学生

电子设计大赛赛题要求, 针对两种情况进行电机转速的测试方法设计:

一是以电动机电枢供电回路串接采样电阻的方式实现对小型直流有刷电动机的转速测量; 二是以自制传感器检测电动机壳外电磁信号的方式实现对小型直流有刷电动机的非接触式转速测量。

收稿日期: 2017-09-20

作者简介: 宋玉锋(1973—), 男, 江苏南通人, 高级工程师, 南通职业大学电子专业指导委员会委员, 外聘教师, 江苏现代电力科技股份有限公司总工程师, 主要研究方向为电力、电子控制技术。

1 技术方案的分析比较

1.1 单片机的选择

方案一:采用 TI 公司 MSP430F149 单片机进行控制。MSP430F149 单片机是美国德州仪器(TI)的一种 16 位超低功耗、具有精简指令集(RISC)的混合信号处理器,能在 25 MHz 晶体的驱动下,实现 40 ns 的指令周期。功能强大, I/O 口资源丰富,但编程麻烦。

方案二:采用 STC 系列单片机做主控芯片,该芯片运用广泛,价格便宜,可靠性高,编程方便, I/O 口资源丰富,抗干扰性强,特别适合简单控制系统的应用。

鉴于上述分析,本设计采用方案二。

1.2 自制传感器方案选择

方案一:采用霍尔传感器加外接放大整形电路实现传感,但由于感应磁场比较弱,很难得到明显的感应信号。

方案二:采用自制耦合线圈外接放大整形电路实现传感,由于线圈对磁感应比较灵敏,采用示波器测量有明显的脉冲信号。通过对该信号进行滤波、整形等调理,可以得出比较稳定的方波。综上分析,选择自制耦合线圈外接放大整形电路实现传感。

2 硬件设计

根据设计要求,采用拓扑结构如图 1 所示。

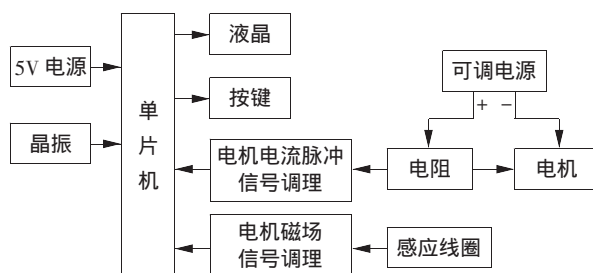


图 1 拓扑结构

本系统由包括单片机、液晶、按键、晶振组成的单片机系统,采样电阻,电机电流脉冲信号调理电路,电机磁场信号调理电路及电源等组成。

2.1 单片机系统设计

该直流电动机测速装置以单片机 STC15W4K48S4 为核心,外接键盘和 12864 液晶进行人机交互和参数显示,如图 2 所示,为了提高测量精度,特选用外部晶振做系统时钟^[1]。

2.2 电机电流脉冲信号调理电路

根据大赛题的基本要求,要以电动机电枢供电回路串接采样电阻的方式实现对小型直流有刷电动机的转速测量。为此,本文采用 $0.1\ \Omega$ 电阻进行电流采样,通过对采样电阻的电压脉冲进行信号调理得到方波,再输入到单片机的定时器/计数器口进行处理。

图 3 中, X1 接采样电阻两端,采样电阻可以通过 20 个 $2\ \Omega$ 精密电阻进行并联得到 $0.1\ \Omega$,以

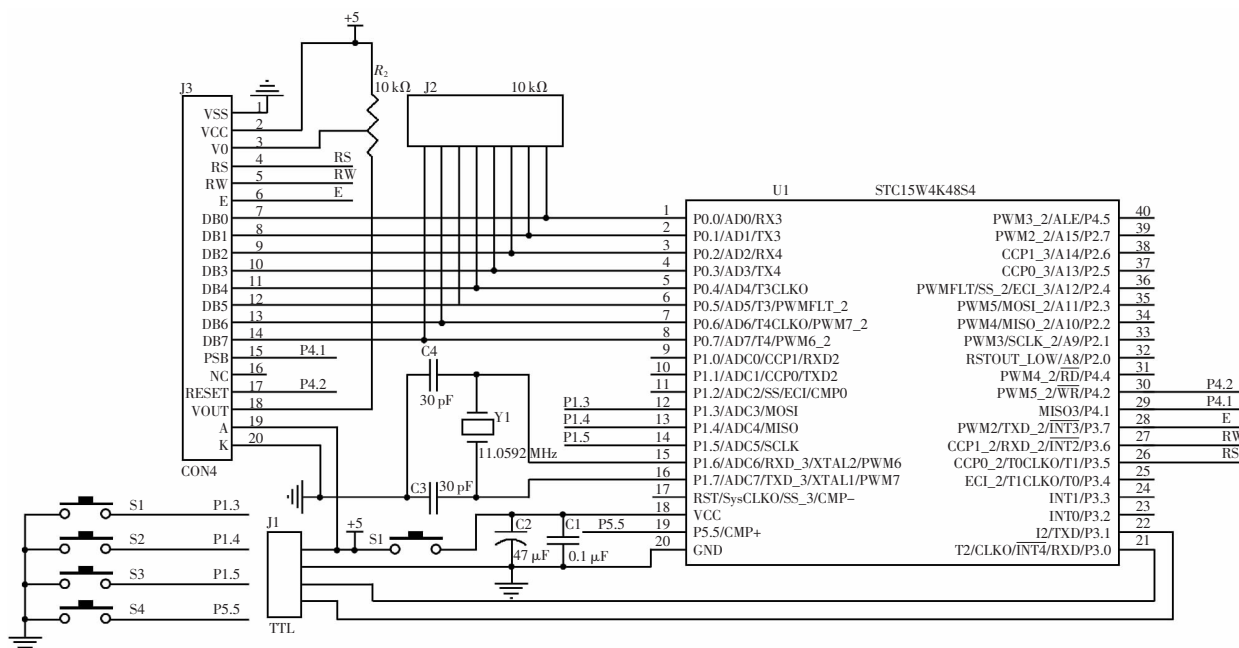


图 2 单片机系统

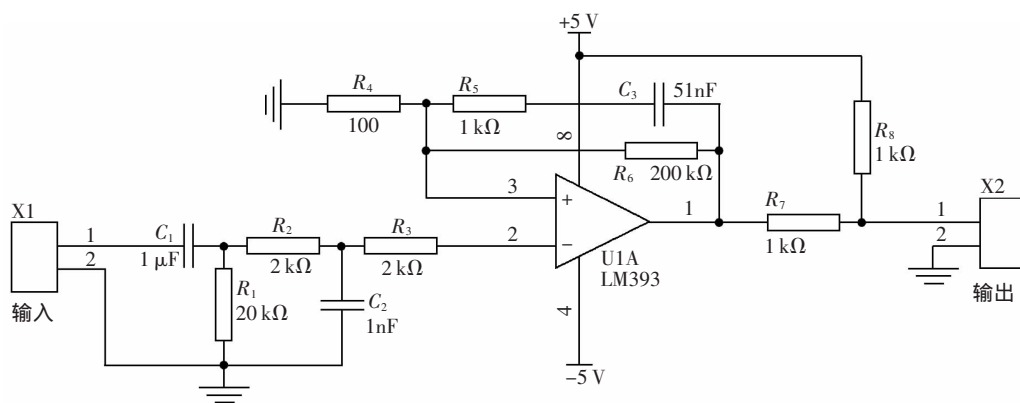


图3 电流信号接口电路

提高功率。在信号调理电路中 C_1 和 R_1 组成的微分电路，隔直通交； R_2 和 C_2 组成滤波电路，滤除高频分量。 R_6 和 R_4 组成电压回差；输出电压通过 C_3 、 R_5 在 R_4 上形成微分波形，形成对输入噪声时间上的阻隔。关键点的波形如图4、5、6所示。

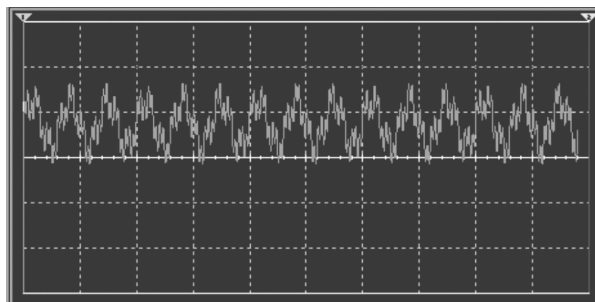


图4 电阻采样的输入波形

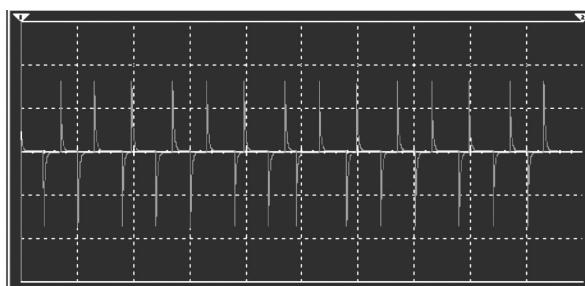


图5 LM393 3脚波形

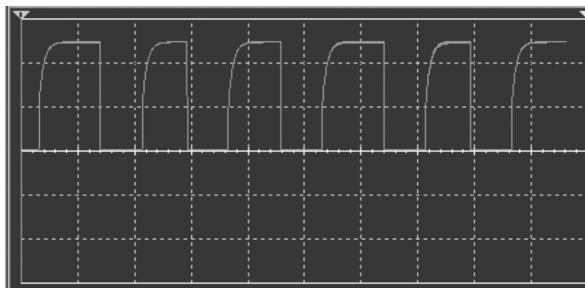


图6 输出波形

2.3 电机磁场信号感应及调理电路设计

根据大赛题发挥部分的要求，以自制传感器检测电动机壳外电磁信号的方式实现对小型直流有刷电动机的转速测量，设计了如图7所示的磁

场信号感应及调理电路，精确地实现对电机转速的非接触式测量^[2]。

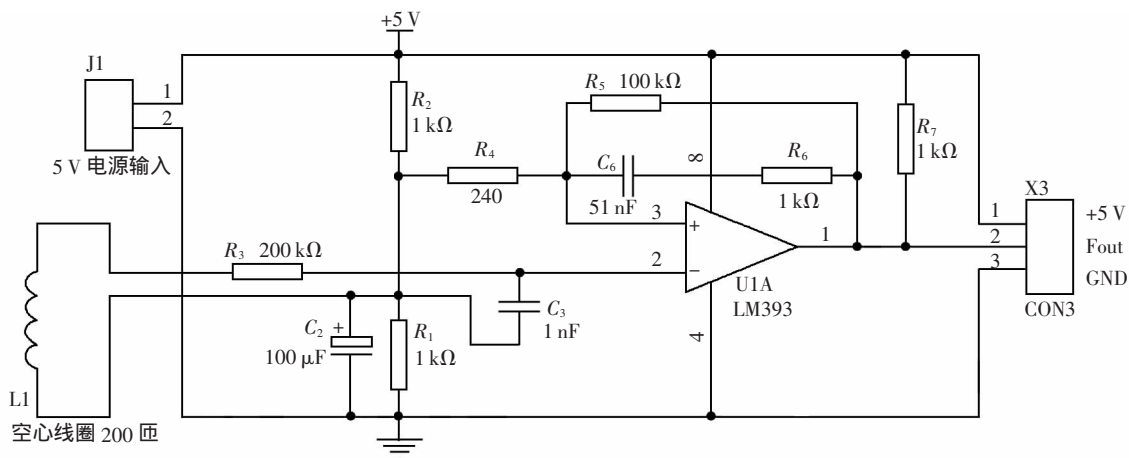


图7 电磁场信号感应及调理电路

图 7 中,自绕空心线圈为 200 匝,经过 R_1 、 R_2 分压抬高工作点,即抬高耦合波形的基准,保证耦合波形在 2.5 V 上下,便于电路采用单电源工作。耦合信号经过 R_3 送 U_1 (LM393 比较器) 的 2 脚(输入-端),然后通过 R_4 、 R_5 、 R_6 、 C_6 组成的网络和 R_1 、 R_2 分压信号进行比较,实现时间和幅度的回差,从而滤掉杂波,得到稳定的脉冲信号 F_{out} 。该脉冲信号与有刷电机的转速成正比,将该脉冲信号 F_{out} 与单片机的定时计数口连接,通过单片机中断采集到脉冲信号频率,可计算出测量速度。

本电路中,测试的自绕空心线圈的感应波形如图 8 所示,输出波形如图 9 所示。

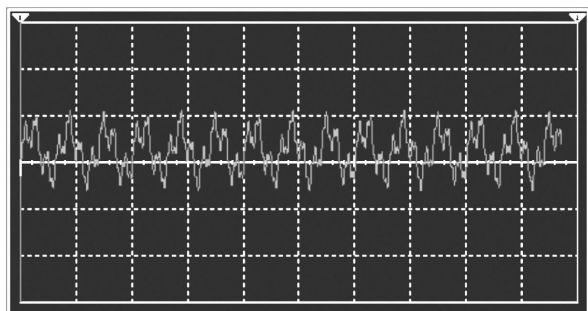


图 8 线圈感应波形

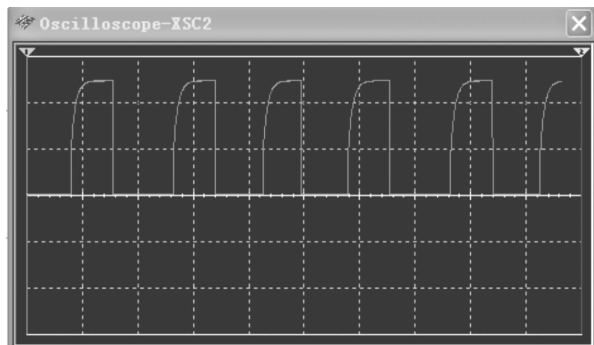


图 9 脉冲信号输出

3 系统软件设计

系统主程序流程如图 10 所示。首先,对单片机系统进行定时器初始化。然后,通过按键进行测试模式选择后,采用 MT 法进行测频处理^[3],并计算转速后进行显示。其中,MT 法测频流程如图 11 所示。

4 系统测试分析

4.1 系统测试性能指标

通过对高精度非接触式转速仪和本测速装置

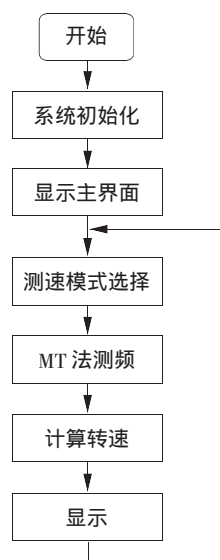


图 10 主程序流程

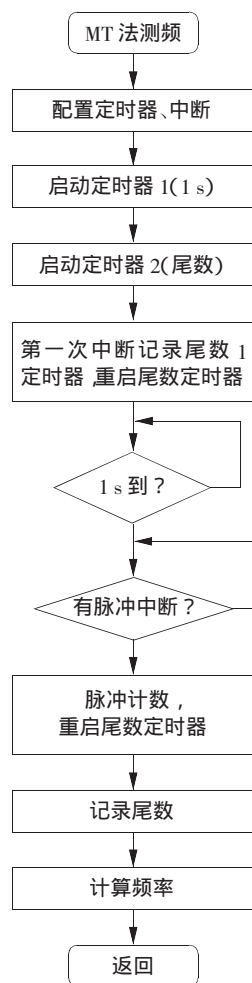


图 11 MT 法测频流程

进行对比,得到转速测试结果如表 1 所示,其中测量误差均在 0.3 % 以下。

表 1 转速性能测试结果 r/min

序号	高精度非接触式 转速仪	本装置			最大 误差 / %
1	600	601	600	599	0.16
2	700	700	701	702	0.28
3	830	831	829	830	0.12
4	945	946	947	945	0.21
5	3 000	3 002	3 001	3 003	0.10
6	5 000	5 002	5 003	5 001	0.06
7	6 000	6 001	6 002	6 003	0.05

4.2 成效分析

在基本要求的设计中，串接电阻的大小会直接影响电机的转速。为便于测量，采用 $1\ \Omega$ 电阻，经测试发现对电机转速的影响很大。为此，将取样电阻变为 $0.1\ \Omega$ ，再将电阻两端的电压放大 55 倍后，达到测试要求。

在发挥要求的设计中，信号调理的电容、电阻选择很重要。开始调试时，图 7 中未加 C_6 滤波电

容，所测得的波形有毛刺出现，经调整后测试成功。

比赛中，电机选择很关键，为便于速度显示稳定，要选择转速平稳的电机。实际应用表明，本装置具有较高的精度，能按电机的实际转速进行测量。

调试结果表明，本装置完全满足大赛设计要求，装置可不改变有刷电机的外形及结构，通过磁感应的方式实现转速测量，为电机速度的测量提供了一种新方法，具有一定的市场前景。

参考文献：

[1] 束慧. 单片机应用与实践教程[M]. 北京：人民邮电出版社，2014：64-110.
[2] 曾令琴. 电路分析基础[M]. 北京：人民邮电出版社，2004：109-120.
[3] 袁鹏程, 张伟峰. 改进的 M/T 法在电机测速中的应用[J]. 轻工机械, 2012, 30(1): 59-62.

责任编辑 谭 华

(上接第 66 页)

4 结束语

综合考虑折叠桌稳固度、便于加工等因素计算其设计参数，并在此基础上按照决策变量、目标函数、限制条件、模块构建了数学模型。在有新设计要求时，无须重新建立模型，只需在已有模型基础上适当增加约束条件、修改目标函数，即可求解新条件下的规划方案，体现了其可拓展性。但建模时未考虑桌腿数量对稳固度的影响、腿宽度对加工难易度的影响及钢筋位置变化对桌子张开难易度的影响，还有待进一步改进。

参考文献：

[1] 全国大学生数学建模竞赛组委会. 2014 高教社杯全国大学生数学建模竞赛(CUMCM)题目 B 题[EB/OL]. [2014-09-12] [http : //www.mcm.edu.cn/](http://www.mcm.edu.cn/).
[2] 郑贤中. Matlab 图像处理宝典[M]. 北京：电子工业出版社，2011.
[3] 宋兆基. Matlab 在科学计算中的应用 6.5[M]. 北京：清华大学出版社，2005.
[4] 韩中庚. 数学建模方法及其应用[M]. 北京：高等教育出版社，2009.
[5] 姜起源. 数学模型[M]. 2 版. 北京：高等教育出版社，1993.
[6] 司守奎, 孙玺菁. 数学建模算法与应用[M]. 北京：国防工业出版社，2013.

责任编辑 王晓丹