

基于 ARM Cortex-M3 的汽车摇窗电机综合性能测试系统

包佳东, 韩 强

(东华大学 机械工程学院, 上海 201620)

摘要:为了高效、便捷地对摇窗电机进行多项性能测试,设计了以STM32F103芯片作为数字信号控制器的总体摇窗电机测试系统框图、嵌入式测控板。通过该嵌入式测试系统的软、硬件设计,满足了摇窗电机的多项测试需求。试验表明,该系统运行稳定、可靠,测试精度在允许范围内,能够满足摇窗电机生产过程中测试应用。

关键词:测试系统;汽车摇窗电机;综合性能;STM32F103芯片;嵌入式

中图分类号:TP274;TP368.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1001-9944(2018)01-0093-04

Vehicle Window Lifter Motor Comprehensive Performance Testing System Based on ARM Cortex-M3

BAO Jia-dong, HAN Qiang

(College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to test the performance of the window lifter motor efficiently and conveniently, overall window lifter motor test system block diagram and embedded measurement and control board are designed as digital signal controller with STM32F103 chip. The software and hardware design of the embedded test system meets test requirements of the rolling window motor. The experiment shows that the system is stable and reliable, and the testing accuracy is within the allowable range. It can meet the test application in the production process of the window lifter motor.

Key words: testing system; vehicle window lifter motor; comprehensive performance; STM32F103 chip; embedded

随着我国经济的发展,人民生活水平的提高,我国机动车的数量也在逐年递增,并且汽车上较普遍地采用了电动摇窗系统,以实现摇窗玻璃的电动升降,提高汽车的舒适性、方便性和安全性。故此作为电动车窗升降器核心的摇窗电机,其市场需求量也越来越大。电动车窗升降器的好坏很大程度上取决于摇窗电机的性能,因此摇窗电机的性能测试必不可缺。

摇窗电机是一种涡轮蜗杆减速直流电机,需测试的性能繁多,其中有机特性、起动性能、齿间

隙、自锁性能、反向起动、转速同步性、耐久性等。为了实现高效、便捷的自动化测试,在此提出了一种摇窗电机性能测控方案。该测试系统能够满足摇窗电机多项性能测试,具有一定的工业应用价值。

1 系统组成及工作原理

1.1 主要技术指标

—摇窗机电流为 0~30 A, 精度误差为 $\pm 0.2\%$

FS(full scale, 满量程);

—摇窗电机供电电压为 0~30 V, 精度误差为

收稿日期:2017-08-17;修订日期:2017-11-16

作者简介:包佳东(1992—),男,在读硕士研究生,研究方向为机电一体化集成控制技术;韩强(1971—),博士,副教授,研究方向为机电一体化集成控制技术、机械电子、智能化检测与控制等。

$\pm 0.3\%FS$;

—旋转角度的精度误差为 $\pm 0.02\%FS$;

—摇窗电机转速为 $0\sim 200\text{ r/min}$;精度误差为 $\pm 0.25\%FS$;

—负载转矩为 $-20\sim 20\text{ N}\cdot\text{m}$,精度误差为 $\pm 0.2\%FS$ 。

1.2 系统组成

摇窗电机性能测试系统需要检测电机的多项性能,系统组成如图 1 所示,由 PC、恒温箱、嵌入式测控单元、摇窗电机电源、摇窗电机、各类传感器、负载、负载驱动器、正反转控制模块等组成。如实现多台摇窗电机的耐久测试,则需在 CAN 总线和 RS485 并联相同的设备过程。

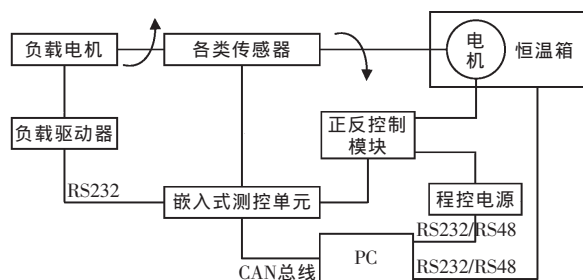


图 1 摇窗电机测试系统

Fig.1 Window lifter motor test system

测试过程中,需要检测电流、电压、角度、转速、转矩,图中各类传感器主要包括霍尔电流传感器、绝对式光电编码器、扭矩传感器、霍尔非接触式开关。

PC 通过 RS232 或者 RS485 实现对摇窗电机供电电源(单台用 RS232,多台用 RS485),用 RS485 对恒温箱温湿度进行读写。摇窗电机采用 AN50400SV1 型号电源,其输出电压为 $0\sim 35\text{ V}$,电流为 $0\sim 50\text{ A}$,具有最大 4 V 的引线压降补偿。因为正常摇窗电机在 12 V 供电下,堵转最大电流为 $20\sim 30\text{ A}$,线损电压非常严重,会明显影响摇窗电机的测试情况。

对比磁粉离合器在空载的测试中会产生过大的空载力矩,而且在摇窗电机齿间隙和自锁测试中,需要把负载切换成主动驱动电机来使用。为避免机械装置的拆卸,负载采用力矩电机,其具有低速运行特性稳定,反应速度快,线性度好等优点^[1]。

在测试过程中,需要对电机正反转进行测试。由于正反转切换频繁,为保证正反切换寿命,采用了 LSD-50P75FID2 型全隔离直流电机正反转控制模块,其使用寿命长,导通压降小,有短路和过载保

护功能,能很好保证测试需求。

2 硬件设计

2.1 嵌入式测控板总体设计

嵌入式测控板的主要功能是对各类传感器进行数据采集,对负载驱动器和正反转控制模块控制以及信息通讯。其设计思路如图 2 所示。

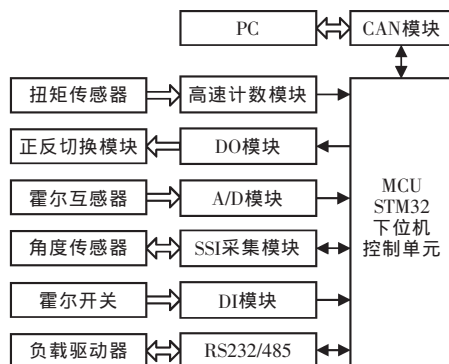


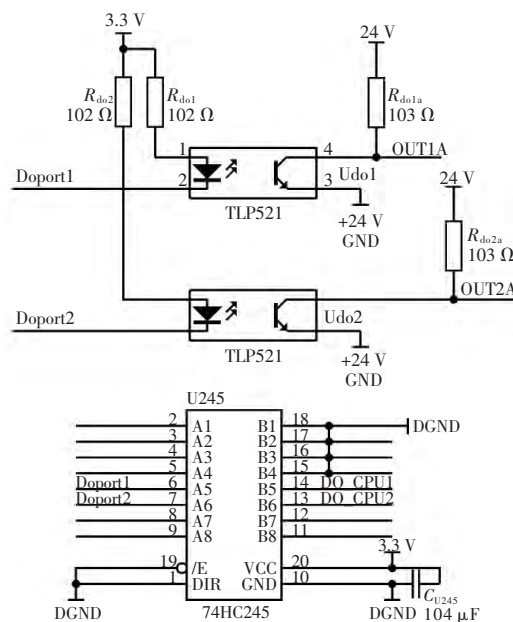
图 2 嵌入式结构控制框图

Fig.2 Embedded structure control block diagram

测控板以 STM32F103ZET6 作为主控芯片,分别由 A/D 模块、DI 模块、DO 模块、SSI 采集模块、RS232 和 CAN 通讯模块、高速计数模块组成。

2.2 DO/DI 模块

DO 模块用于控制正反转控制模块的信号通断,实现对摇窗电机正反转的隔离控制;DI 模块用来接受固定位置的霍尔行程开关信号。其模块电路如图 3 所示。



(a) DO 模块

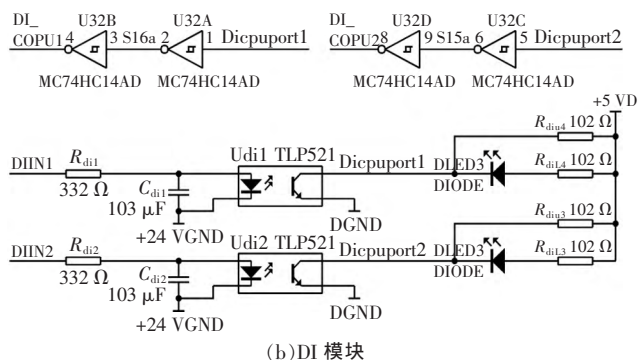


图 3 DO/DI 模块电路

Fig.3 DO/DI module circuit

因 MCU 的 I/O 端口的驱动能力不够,一般需要光耦合器来实现电气隔离和功率放大^[2]。其中,为了保护主控芯片,在 DO 模块与 MCU 接入 74HC245 芯片,不仅添加了缓冲器,又可增强 MCU 引脚的驱动能力。DI 模块与 MCU 用 2 个 74HC14 施密特触发器连接,其不仅作为电平转换单元,亦能起到防抖滤波的作用。

2.3 电流/电压检测

为了保证 A/D 转换的精度,模拟信号在送至 A/D 转换之前,需要进行适当的信号调理,其中采用运算放大器,以提高电路的输入阻抗能力。电流信号采集采用 TBC25D 的霍尔电流传感器,该元件具有线性好,精准度高,不损耗被测电路能量,频带宽,可以测直流、交流脉冲电流等一系列优点^[3],其电路如图 4 所示。

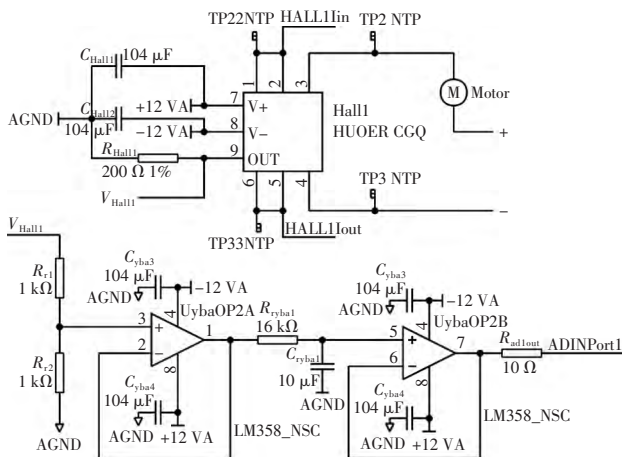


图 4 电流采集及信号调理

Fig.4 Current acquisition and signal conditioning circuit

为保证的检测电路的高分辨,A/D 转化电路选用通道同步采样芯片 MAX125 作为 A/D 转换芯片。MAX125 是 2×4 通道 14 位同步采样转换芯片,每个

通道转换时间仅为 3 μs,可实现 2×4 通道同时采样。单通道工作时采样速率可达 250 kS/s(千次采样每秒),双通道工作时采样速率可达 142 kS/s,三通道工作时同步采样速率可达 100 kS/s,四通道工作时同步采样速率可达 76 kS/s^[4-5]。

2.4 高速计数模块

扭矩检测由型号为 JN338-20AE 的智能数字式转矩转速传感器。该扭矩检测的原理是采用应变电测原理,当应变轴受扭力影响产生微小变形后,粘贴在应变轴上的应变片阻值发生相应变化,将具有相同应变特性的应变片组成测量电桥,应变电阻的变化即可转变为电压信号的变化^[6]。

由于扭矩传感器的扭矩信号是周期性幅值为 ±5 V 方波,测得的扭矩与方波频率存在正比关系,其中随着扭矩正向增大,其脉冲频率会变大,而扭矩反向增大,脉冲频率会变小。由于脉冲频率的范围在 (5~15) kHz。在图 5 所示电路中,通过 6N137 高速光耦再经 2 个 74HC14 施密特触发器反相器对信号处理,然后传到 MCU。

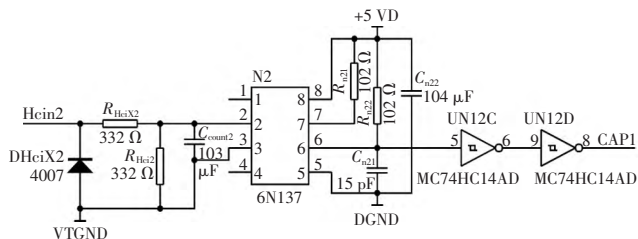


图 5 高速计数电路

Fig.5 High speed counter circuit

2.5 SSI 模块

角度传感器采用 AFS60A 型 18 位绝对式编码器。MCU 通过 SSI208P 并行接口模块与编码器,实现 SSI 高速通讯,如图 6 所示。其中,SSI208P 接口转换模块将同步串行接口数据转换并行数据,其内部集成 SSI 同步时钟发生器、脉冲计数器、数据串并

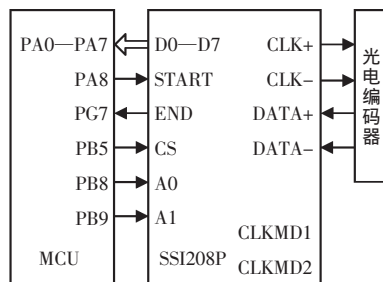


图 6 SSI208P 硬件连接

Fig.6 SSI208P hardware connection

转换、接口控制逻辑、输出控制以及收发驱动器(TTL-RS422 电平转换)等功能单元,通过该模块将至多 32 位数据转化为 4 个 8 位并行数据^[7]。

该模块 D0—D7 作为数据总线;START,END,CS,A0,A1 作为控制总线,其中以 A0,A1 的电平变化来选择高低的 4 组 8 位数据。

通过 CLKMD1 和 CLKMD2 外接电平进行通信速率配置,00 为 250 kHz,01 为 500 kHz,10 为 1 MHz,11 为 2 MHz。

2.6 通讯模块

嵌入式测控板带有 2 个通讯模块,一个是 RS232 模块,另一个是 CAN 模块。其中,RS232 模块主要用于对负载电机驱动器的通讯控制,CAN 模块用于与 PC 进行通讯。其电路如图 7 所示。

由于在实际测试中,有些电机测试项目需要稳定的实时性,在保证 CAN 高速通信速率上,需要在 CAN 模块需要并联 120 Ω 的终端电阻来作为阻抗匹配,以减少回波反射^[8]。

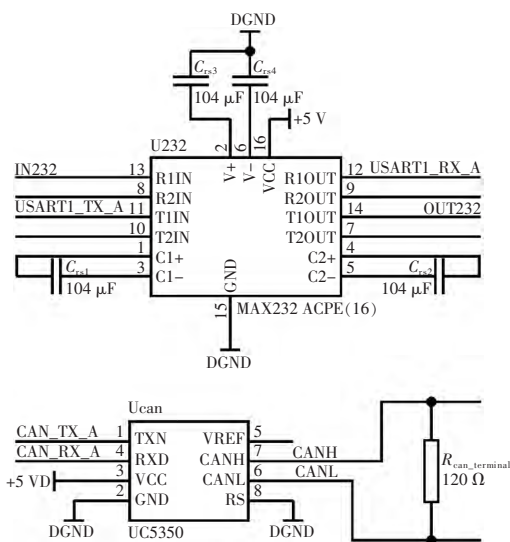


图 7 RS232&CAN 电路

Fig.7 RS232&CAN circuit

3 软件设计

该测试系统采用模块化设计,由主程序、定时程序、AD 采集子程序、输入捕获中断程序、SSI 子程序、通讯子程序等组成。

程序设计在 Keil uVision 集成开发环境进行标准 C 语言开发。主程序包括对系统时钟配置、各个模块的初始化。主程序的主要内容是对于霍尔开关的信号采集,用来标记当引脚电平的下沿,其他

模块程序都写在中断服务程序中。该测试板的控制流程受 PC 的指令进行操作如图 8 所示。MCU 根据接受 CAN 通讯数据进行判断,执行应用层协议中的功能操作,并进行消息反馈。

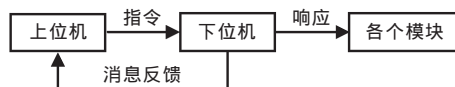


图 8 测试板程序控制实现

Fig.8 Test board program control implementation

通过该程序框架进行编写,易于在 PC 上进行二次开发,摇窗电机多项性能测试项目可以根据实际的需求进行程序流程控制。

4 试验结果

基于该测控板开发的上位机测试,由于摇窗电机其性能测试繁多,受篇幅所限,仅以机械特性和起动性能测试为例,性能显示界面如图 9,10 所示。

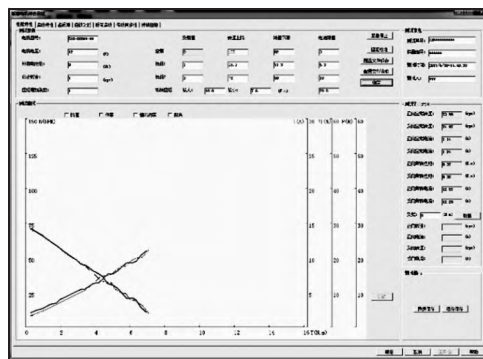


图 9 摇窗电机机械特性显示界面

Fig.9 Mechanical characteristic display interface of window lifter motor

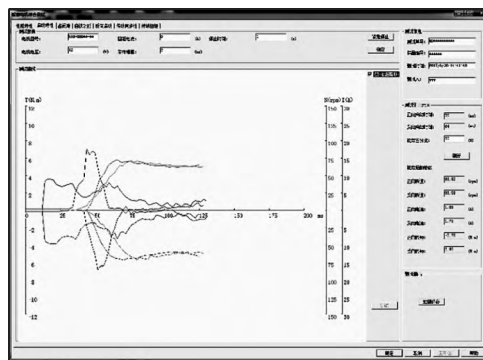


图 10 摇窗电机起动性能显示界面

Fig.10 Starting performance display interface of window lifter motor

(下转第 101 页)

输出流,为需发送的数据创建数据格式,然后发送到后台蓝牙模块中。当用户退出蓝牙监测界面时,断开 socket 连接。

4.2 客户端蓝牙通信的实现

Android 进行蓝牙开发,必须在 Android Manifest.xml 文件中加入以下权限^[4]:

```
<uses-permission android:name = "android.permission.BLUE-
TOOTH"/>
<uses-permission android:name = "android.permission.BLUE-
TOOTH_AD_MIN"/>
```

根据设计,在系统设置中进行蓝牙的搜索配对。配对成功后,客户端会建立 Socket 连接,通过 getInputStream 或 getOutputStream 获取输入输出流,从而进行数据传输。建立连接关键程序如下:

```
UUID MY_UUID = UUID.fromString ("00001101-0000-1000-
8000-00 805F9B34FB");
BA=BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();//获取蓝牙适配器
BluetoothDevice device = BA.getRemoteDevice(address);
btSocket = device.createRfcommSocketToServiceRecord (MY_U-
UID);
btSocket.connect();
```

5 结语

基于 Android 的超市冷链设备数据监测系统,不仅能移动、便携地实现各项数据的采集监测,减少监测人员的工作量,还能方便地对分散的超市冷链系统进行集中化管理,且能够及时预警,大大提

(上接第 96 页)

机械特性是指摇窗电机在固定电压下,随着外部负载扭矩增加下的转速和电流关系。起动性能是指上电瞬间的电机电流、转速需要到达稳定转动需要的时间。测试情况如图所示,可见该摇窗电机综合性能测试测试系统设计可行,并能满足摇窗电机生产过程中测试需求。

5 结语

所设计的摇窗电机性能测试系统,程序模块化,易在此基础上开发多变的测试流程,便于进行二次开发。通过 PC 与下位机的控制策略,能很好的保证摇窗电机的测试过程,提高了摇窗电机各类测试的效率。在实际运用中,能到达“一平台,多应用”的设计目标。应用软件采用模块化程序设计,降低了开发难度,由于一定意义上的通用性、可维护、模块化等特点。实

高系统的安全性。相较于传统现场监测模式,移动互联网平台下的数据监测管理系统,将使数据监测变得更加便捷高效,同时利用无线蓝牙通信技术进行现场数据监测会使维护人员更方便、有效地进行设备的调试。

该系统客户端远程监测通过无线互联网络,访问系统 Web 服务器以获取后台数据信息,所采用的 C/S 结构在较大程度上透明化数据的储存管理功能,同时又降低了客户端运行负荷,减少对于本机资源的占用。短距离现场调试通过蓝牙和现场蓝牙模块进行数据通信,可以获取当下实时的数据,减少了远程监测由于时间差造成的数据误差,极大地方便了维护人员的调试工作。系统运行稳定可靠,且不需高昂的建设和维护成本,非常适用于企业管理人员对于超市冷链设备数据的监测和管理。

参考文献:

- [1] 孙丽娟.基于 Android 的物联网数据采集监测系统开发[D].南京:南京理工大学,2016.
- [2] 刘胜前,陈立定.基于 Android 平台的车辆导航系统设计与实现[J].自动化与仪表,2012,27(4):1-4.
- [3] 于啸天.基于 Android+Java EE 的设备监测和台站设备信息管理系统[D].石家庄:河北师范大学,2014.
- [4] 侯新琦,李佳.基于 Android 蓝牙通讯的研究[J].电子世界,2012,34(11):84-85.
- [5] 宋恒力.基于 Android 平台与 Web 服务器的课程管理信息系统[J].电子技术,2014,43(12):59-63.

际应用表明系统具有可靠性好、稳定性能好的特点。

参考文献:

- [1] 黄科.力矩电机动力学性能测试研究[D].长沙:国防科学技术大学,2010.
- [2] 于微波,刘俊平,姜长泓.计算机测控技术与系统[M].北京:机械工业出版社,2016.
- [3] 黄汉华,沈凉平,李宣成.基于霍尔效应的直流电流检测试验研究[J].信息通信,2016,30(3):58-59.
- [4] 陈实,熊吉,李网生.基于 DSP 和 CPLD 的脉冲氙灯电流实时采集系统的研制[J].信息化研究,2009,35(8):22-24.
- [5] 张新荣.ADC 器件 MAX125 的功能及应用[J].陕西理工学院学报:自科版,2003,19(3):36-38.
- [6] 孟臣,李敏.JN338 智能数字式转矩转速传感器及其应用[J].电子设计工程,2003,11(11):56-58.
- [7] 靳红涛,赵勇进,张晓曦.一种工控机高速采集 SSI 接口数据的方法[J].电子器件与应用,2012,14(10):47-49.
- [8] 李会,王宣怀,王磊.基于 CAN 的数据无损代码更新方法设计与应用[J].电子器件与应用,2016,42(1):40-43.