

# 多路压电陶瓷驱动器电压实时监测系统设计

邓永停<sup>1,2</sup>, 李洪文<sup>1</sup>, 姚凯男<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 为了满足自适应光学系统中多路压电陶瓷高压驱动器输出电压实时监测、显示的需要, 提出了基于高速单片机 C8051F120 的电压测量、显示和通讯系统设计方案。利用 20 路电压测量模块实现电压采集, 通过 ModBus RTU 通讯协议对采集到的电压数据进行接收、处理和 LCD 液晶显示。详细介绍了液晶显示接口的硬件设计方案, 电压测量模块与单片机的通信以及软件设计方法, 通过实验验证了此液晶模块实时监测显示系统的良好效果。

**关键词:** LCD; 单片机; 压电陶瓷; 电压采集; ModBus 协议; 实时监测

中图分类号: TP368.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2011)12-0060-03

## Design of voltage real-time monitoring system for multi-channel piezoelectric ceramics actuators

DENG Yong-ting<sup>1,2</sup>, LI Hong-wen<sup>1</sup>, YAO Kai-nan<sup>1,2</sup>

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China; 2. Graduate College of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** In order to satisfy the need of monitoring and displaying the output voltage of multi-channel piezoelectric ceramics high-voltage actuators in the adaptive optics system, a voltage monitoring, displaying and communication system was designed based on high-speed MCU-C8051F120. The voltage data was acquired by 20-channel voltage measurement module, and the data was received, processed and displayed through ModBus RTU protocol. Then this paper presented the LCD interface hardware design, the communication between MCU and voltage measurement module and the software design. Finally, the result of experiments shows the good effects of the system design.

**Key words:** LCD; MCU; piezoelectric ceramics; voltage acquisition; ModBus protocol; real-time monitor

在自适应光学系统设计中,波前校正器作为光学系统的一个重要组成部分发展起来,它与波前传感器和波前控制部分相结合,使光学系统具有克服外界动态干扰的能力,这是传统光学技术难以做到的。在众多类型的波前校正器中,分立压电式连续镜面变形镜以其变形量大、表面变形没有间断点等优点而被广泛的采用<sup>[1]</sup>。变形镜的结构有基板、驱动器和薄镜面组成,在基板上固定若干个压电驱动器,驱动器前在固定一个薄的光学镜面,施加电压给驱动器,压电陶瓷即可产生正的或负的变形,从而推动薄反射镜表面产生变形,起到改变光学波前并校正波前误差的作用<sup>[2]</sup>。为了防止压电驱动器输出电压出现异常,导致系统出现故障,需要及时了解各路压电驱动器输出电压情况,并且工程中要求监测上千路压电驱动器的输出电压,所以设计压电驱动器输出电压监测显示系统成为一个亟需解决的课题。

本设计的主要工作是利用 20 路电压测量模块采集到压电陶瓷驱动器的输出电压,通过 ModBus RTU 通讯协议,经 RS485 接口将电压数据传送到高速单片机,并在 LCD 液晶屏

上实时显示各路压电驱动器的输出电压值,20 路电压监测系统框图如图 1 所示。

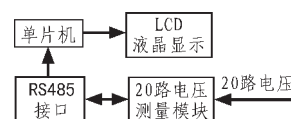


图 1 20 路电压监测系统框图

Fig. 1 Block diagram of 20-Channel voltage monitoring system

## 1 20 路电压测量模块介绍

### 1.1 20 路电压测量模块功能与特点

20 路电压测量模块是一智能型的数据采集模块,可以测量 20 路电压信号,输入信号为直流。其输出为 RS485,通讯协议符合 ModBus RTU 协议。此模块可以广泛应用于各种工业测控系统。其主要的功能特点如下:

采用最新电子技术,以高速信号处理器、微处理器为核心的数字式智能型数据采集模块;可测量 20 路 0~500 V 直流电压信号;并且量程可以根据需要选择;配有光电隔离的

收稿日期:2011-03-29

稿件编号:201103168

基金项目:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所三期创新工程资助项目

作者简介:邓永停(1987—),男,山东临朐人,硕士研究生。研究方向:精密跟踪控制技术。

RS-485 通讯接口,ModBus RTU 通讯规约,可以与具有 ModBus 兼容协议的监控系统进行信息数据的有效传送。

20 路电压测量模块的技术指标如下:

测量精度能够达到 0.2 级,在利用模块进行组网时,地址范围是 0~255,并且波特率可选,默认值为 9 600 b/s。

工作条件:温度范围是-30~70℃,湿度范围是 10%~90%RH;存储条件:温度范围是-40~80℃,湿度范围是 10%~90%RH。

### 1.2 ModBus 通讯规约

在各种不同的系统通信中,Modbus 协议是一种在工业领域被广泛应用的、真正开放的、标准的网络通信协议,通过该协议控制器之间、控制器与其它设备之间都可以实现通信<sup>[3]</sup>。由于设计所用的 20 路电压测量模块采用 ModBus 通讯协议,作为主机的单片机也应该采用此协议,才能实现主机与从机的通信。在编程实现主机功能之前,需要理解协议的规约。

主机查询信息包括从设备地址、功能代码、所有要发送的数据、错误校验。从机回应信息包括确认要行动的域、任何要返回的数据、错误校验。

主机和从机的通信方式符合查询—回应的方式,主机发送的查询消息中的功能代码告诉从机要执行何种功能,数据段中包含了从机要执行功能的附加信息以及寄存器的起始地址和数量,错误校验为从机提供了一种验证消息内容是否正确的方法。从机产生回应是建立在读取指令未发生错误的前提下,在回应消息中的功能代码是查询消息的回应,数据段包含了从机收集的数据。如果中间过程发生错误,功能代码将被修改,并且数据段包含描述错误信息的代码,错误校验允许主机确认消息是否可用。

### 1.3 20 路电压测量模块组网

因为 20 路电压测量模块的输出为标准 RS485, 所以以 RS485 为接口的 20 路电压测量模块可以进行组网。通常 RS485 网络节点数最多为 32 个,通过中继器可以提高 RS485 接口的带负载能力,最多可达到驱动 256 个模块的能力,从而可以将多个 20 路电压测量模块组成网络,满足实时监测几百路甚至上千路电压的需要,最终达到监测显示多路压电驱动器输出电压的要求。

## 2 系统部分硬件设计

### 2.1 RS485 通信接口

由于 20 路电压测量模块支持 RS485 串行通信,为了实现单片机与电压测量模块的数据通信,必须设计 RS485 通信接口。主机可以通过 RS485 接口将查询信息传送给从机,同时从机可以将采集的实时电压数据回应给主机。采用 RS485 信号收发专用芯片 MAX485 实现信号的转换,在设计电路时要充分考虑 MAX485 芯片同相端、反相端的电平对应关系。由于从机回应数据帧的初始位—低电平使主机产生接受中断,所以只有 MAX485 芯片同相端 A 的初始电平大于反相端 B 的初始电平时,才能保证主控制器单片机打开接收中断时不会产生误中断,而造成接到错误的数数据帧,RS485 接口电

路原理图如图 2 所示。

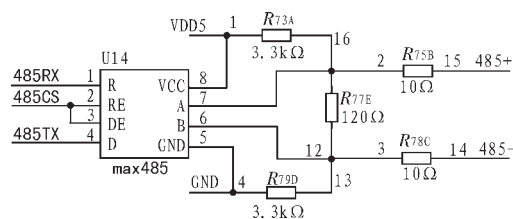


图 2 RS485 接口电路原理图

Fig. 2 Diagram of RS485 interface circuit

### 2.2 LCD 液晶显示模块

LCD 液晶显示模块—LM320160CCW 是 320×160 全图形点阵的液晶显示模块,该模块支持并口通信,内置升压电路,5 V 供电;模块显示屏由内置的主控芯片 S1D13700 控制,可靠性高,指令简单,易于操作;此外,液晶模块使用高亮度 LED 背光,实现极佳对比显示,蓝底白字或白底黑字,显示效果可选<sup>[4]</sup>。液晶模块的以上特点适合本设计选用的 C8051F120 主控制器,LCD 液晶显示范围也可以满足本设计信息显示的需要。对于内置控制芯片的液晶显示模块,在电路设计时,只需把液晶的控制电路信号分清就可以方便的使用<sup>[5]</sup>。由于 LM320160CCW 液晶模块中配备液晶控制单元,所以在接口电路设计不需加入更多控制芯片就可实现图形或字符的显示。

### 2.3 LCD 与控制器接口电路设计

在接口电路设计中,由于 LM320160CCW 液晶显示模块为 5 V 供电,而单片机为 3.3 V 供电,所以不能简单的彼此连接在一起,需要做电平处理。本次设计中选用 74LS245 作为总线驱动器<sup>[6]</sup>,并在单片机引脚加入 5 V 上拉电阻,这样即可保证信号的驱动能力,接口电路原理图如图 3 所示,其中 P3 和 P7 为单片机的 I/O 端口, $R_{V1}$  为可调电阻,用于调节液晶模块背光对比度。

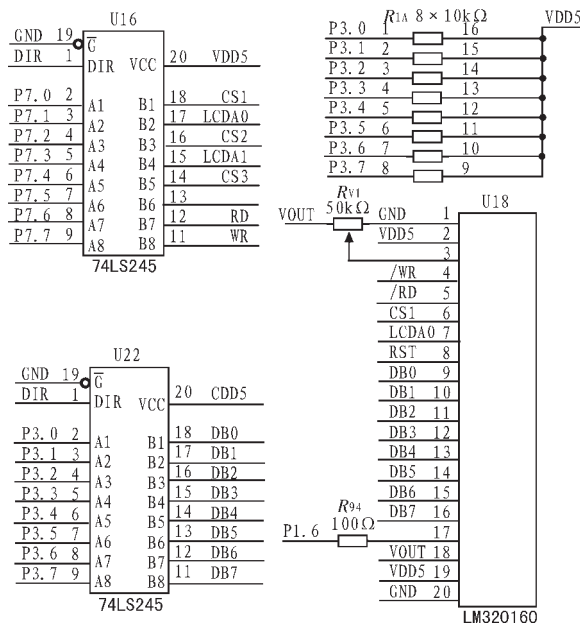


图 3 LCD 接口电路原理图

Fig. 3 Diagram of LCD interface circuit

### 3 系统软件设计

系统上电复位后,液晶模块需要系统初始化、写入指令代码、写入数据3个步骤才能正常工作。在指令、数据写入的过程中要注意时序问题,如果时序过短,会导致指令、数据无法正确写入液晶模块,而造成信息无法显示或出现花屏现象。由于主控制器单片机采用C语言编程,因此,单片机程序和液晶模块显示程序都具有很强的移植性、可操作性。

#### 3.1 液晶模块指令、数据的写入

液晶模块在正常工作之前,首先进行模块初始化,写入系统设置命令将使液晶模块退出电源模式,并且启动模块内部时钟,经过一定的延时将初始化液晶模块的内部状态。然后设置液晶模块的显示模式,包括打开显示、设置游标、设置图形模式等。所有指令的写入都可以通过公用的指令函数实现。写指令程序如下:

```
void SdCmd (uchar Command)
{
    _WR = 1; // 初始化写控制信号
    _RD = 1;
    A0 = 1; // 写入指令允许
    LCDBUS = Command; // 指令码
    _CS = 0; // 使能数据写入
    _WR = 0; // 由1到0,写数据时序
    _nop(); // 确保时序正确
    _WR = 1; // 由1到0,写数据时序
    _CS = 1; // 禁止数据写入
}

```

LCD320160CCW 写显示数据程序包括清屏、图形界面、符号和汉字等数据信息,数据的写入是建立在指令正确写入的基础上。因为该LCD模块为图形点阵式,所以可以将显示信息转换为相应的点阵数组,在需要显示信息时只需调用点阵数组即可,写数据程序如下:

```
void SdData(uchar DData)
{
    _WR = 1; // 初始化写控制信号
    _RD = 1;
    A0 = 0; // 写入数据允许
    LCDBUS = DData; // 数据码
    _CS = 0; // 使能数据写入
    _WR = 0; // 由1到0,写数据时序
    _nop(); // 确保时序正确
    _WR = 1; // 由1到0,写数据时序
    _CS = 1; // 禁止数据写入
}

```

#### 3.2 控制器主程序设计

图4为单片机主程序流程图,在系统及LCD初始化完成后,主机计算查询信息的错误校验CRC码,并且将其附加在发送信息的末端,低字节在前,高字节在后;查询信息通过定时器2实现定时发送,由于设定的UART波特率为9600 b/s,查询信息的字节数为8个,从机正确回应信息的字节数为35

个,那么一次发送、接受过程字节总数为43个,需要的时间为 $T=43 \times 8 \times 1 \text{ s} / 9600 \times 1000 = 35.8 \text{ ms}$ ,所以确定定时器2的定时时间为50 ms。一次定时时间间隔内除发送、接收的时间外,其余时间用于LCD液晶显示,由于压电驱动器电压变化速率相对与定时器定时频率比较大,因此可以认为监控、显示具有较好的实时性,并且在程序中按照这样的顺序安排任务调度能够满足实际工程中实时性的要求。

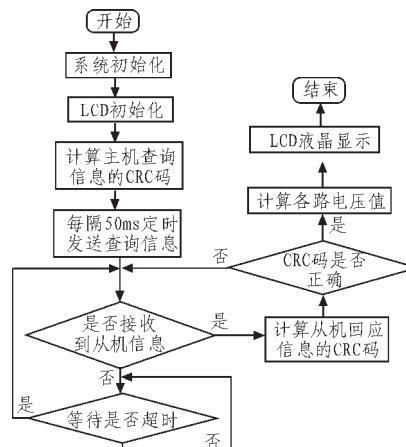


图4 单片机主程序流程图  
Fig. 4 Flow chart of main program

### 4 结论

本文中通过对20路电压测量模块以及ModBus协议进行介绍,在此基础上搭建基于高速单片机C8051F120的硬件连接,通过编写控制器程序实现了单片机与电压测量模块的数据通信和电压的LCD液晶实时显示。实践结果表明,该设计硬件结构简单,运行稳定可靠,开发周期短,满足实时监测显示自适应光学系统中各路压电驱动器输出电压值的需要,具体实物如图5所示。

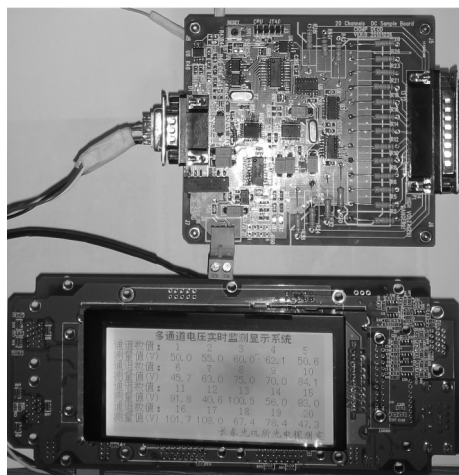


图5 电压监测、实时显示系统实物图  
Fig. 5 Voltage monitoring and displaying system model

#### 参考文献:

[1] 韩平静. 变形反射镜镜面强度的分析研究[D]. 成都: 中国科

(下转第65页)

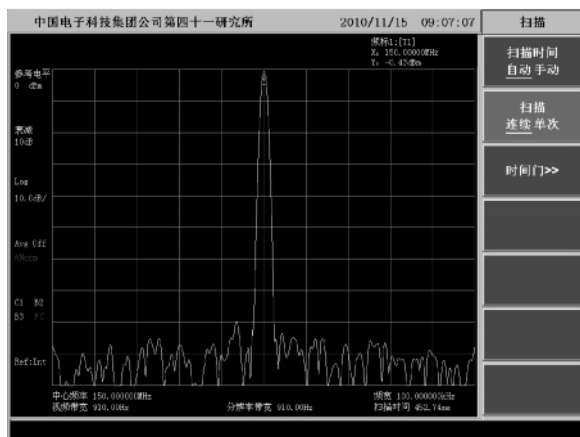


图4 窄带杂散,150 MHz 输出  
Fig.4 Narrow-band SFDR,150 MHz  $f_{out}$

## 5 结束语

随着数字电子技术的发展,直接数字频率合成得到了日益广泛的应用,DDS 作为频率合成技术倍受青睐,但是也存在一些问题。随着数字技术的发展,相信 DDS 会有更为出色的表现。

参考文献:

[1] 白居宪.直接数字频率合成技术[M].西安:西安交通大学,

2007.

[2] 黄智伟.锁相环与频率合成器电路设计[M].西安:西安电子科技大学出版社,2008.

[3] Analog Device Inc. AD9858 Datasheet [EB/OL].[2002].http://www.inilog.com.

[4] 王小利,董晓舟.利用FPGA设计与实现直接数字频率合成器[J].信息技术,2007(8):73-75.

WANG Xiao-li,DONG Xiao-zhou.Design of DDFS based on FPGA and its implementation[J]. Information Technology, 2007(8):73-75.

[5] 郝政宇,刘书明.基于Nois  $\Pi$ 和DDS的雷达信号源的设计[J].电子设计工程,2007(8):34-38.

HAO Zheng-yu, LIU Shu-ming. Design of radar signal source based on Nios and DDS[J]. Electronic Design Engineering, 2007(8):34-38.

[6] 邹澎,张海东,马娜,等.基于AD9858既能单频又能扫频的信号源设计[J].微计算机信息,2008,24(28):208-210,229.

ZOU Peng,ZHANG Hai-dong,MA Na,et al.Design of signal source which can output signal-frequency and sweep-frequency based on AD9858 [J]. Control & Automation, 2008,24(28): 208-210,229.

(上接第 62 页)

学院光电技术研究所,2006.

[2] 方迪.基于微变形反射镜自适应光学系统原理与实验研究[D].武汉:华中科技大学,2005.

[3] 蒲靖荣,杜开勋,朱占青,等.基于网络和Modbus协议的远程监控系统[J].自动化仪表,2009,30(7):52-57.

PU Jing-rong,DU Kai-xun,ZHU Zhan-qing,et al. Remote monitoring and control system based on network and modbus protocol [J].Process Atuatation Instrumentation,2009,30(7):

52-57.

[4] 深圳拓普微科技开发有限公司.LM320160CCW-Manual-Rev0.1.doc[R].深圳:深圳拓普微科技开发有限公司,2008.

[5] 李维颢,郭强.液晶显示应用技术[M].北京:电子工业出版社,2000.

[6] 马忠梅,籍顺心,张凯,等.单片机的C语言应用程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007:290-291.

## FCI 推出高性能、高密度光学收发器

Microchip Technology Inc.宣布,推出其增强型中档内核 8 位 PIC<sup>®</sup> 单片机(MCU)系列的最新产品——外设丰富、低引脚数的 PIC12F(LF)1840 和 PIC16F(LF)1847。全新器件分别配备 7 KB 和 14 KB 片上闪存,高达 1 K 的 RAM,是 8 和 18 引脚封装产品中存储容量最高的 PIC<sup>®</sup> MCU。“LF”型号采用超低功耗(XLP)技术,工作电流小于 40  $\mu$ A/MHz,休眠电流低至 20 nA。凭借丰富的外设和功能——包括 mTouch<sup>®</sup>容性触摸传感和多种通信外设,这些通用 MCU 非常适合于家电(如咖啡壶、搅拌机和洗碗机)、消费类(如电池充电器、吸尘器、打印机和遥控器),以及汽车市场(如 LED 照明、无钥门禁和车身电子)等各种应用。

Microchip 的超低功耗技术一直是省电式 MCU 的行业标准,有助于提高各种应用的整体能效。PIC12F(LF)1840 和 PIC16F(LF)1847 MCU 高度集成,具有独立时基的多个 PWM、1 个支持 LIN 的 EUSART 以及多达 2 个 I<sup>2</sup>C<sup>™</sup>/SPI 接口。片上 32 级电压参考可以作为一个简单的数模转换器,而数据信号调制器使得设计人员能够利用各种输入创建自定义位模式。

咨询编号:2011121005