

基于 ARM 的环境检测与控制综合实验系统设计

管凤旭, 杨庆国, 吕淑萍

(哈尔滨工程大学 自动化学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 为提高嵌入式控制系统课程教学质量和培养学生的实践能力、自主创新能力, 设计了一个新的综合性实验项目——基于 ARM (Advanced RISC Machines) 的环境检测与控制系统。系统由 ARM7 S3C44B0X、温度检测模块、湿度检测模块、光照强度检测模块、烟雾浓度检测模块、功率控制模块以及 LCD 显示模块等部分组成。介绍了硬件电路和软件设计过程, 并详细介绍了采用中断计数法、ADC (analog digital converter) 接口法和 I/O 接口法进行检测数据的采集方法。该项目在教学实验中取得了良好效果, 且制作简单, 成本低廉, 适合推广。

关键词: 环境监控系统; 综合实验系统; 检测技术; ARM

中图分类号: G434; TP273 文献标志码: A 文章编号: 1002-4956(2010)10-0106-04

Comprehensive experiment system design of environmental monitoring and control based on ARM

Guan Fengxu, Yang Qingguo, Lü Shuping

(College of Automation, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: In order to enhance the courses quality of embedded control system design, and to train students' practice ability and independently innovative ability, a new comprehensive experiment of environment detection and control system based on ARM is designed. The system is made of ARM7 S3C44B0X, temperature detection module, humidity detection module, light intensity detection module, smoke detection module, power control module, LCD module and so on. The designs of hardware and software are introduced. And the methods of data acquisition are introduced in detailed. The experiment project result is good in the student experiments. It is simple to make, low cost, and suitable for promotion.

Key words: environment detection and control system; comprehensive experiment system; detection and measurement technology; ARM

将温室环境中的多种参数作为检测和控制对象^[1-3], 是自动化相关专业学生需要学习和掌握的控制对象之一。为提高嵌入式控制系统设计课程教学质量, 培养学生的实践能力和自主创新能力^[4-5], 运用“实践教学一条线”的教学思想与模式, 本文采用 ARM7 (S3C44B0X) 实验平台^[6-8] 设计了一个环境检测与控制实验系统。考虑到该项目要用于学生实验中, 因此要尽可能做到制作简单、成本低廉、便于推广。

1 系统结构

环境检测与控制实验系统整体结构如图 1 所示。系统采用设备 Embest -EDUKIT-III, 其中包括: 主控芯片 ARM7 S3C44B0X、LCD 显示模块、串行通信模块、声光报警模块、PCI 接口卡, 以及各种其他辅助接口电路。自制控制板, 包括环境参数检测部分和功率控制部分。环境参数检测部分包括: 温度检测模块、湿度检测模块、光照强度检测模块和烟雾浓度检测模块。

2 硬件设计

2.1 温度检测电路

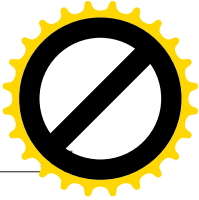
本模块采用的温度传感器是铂丝热电阻 PT100。PT100 在常温下稳定性和线性都比较好。PT100 和

收稿日期: 2009-11-16

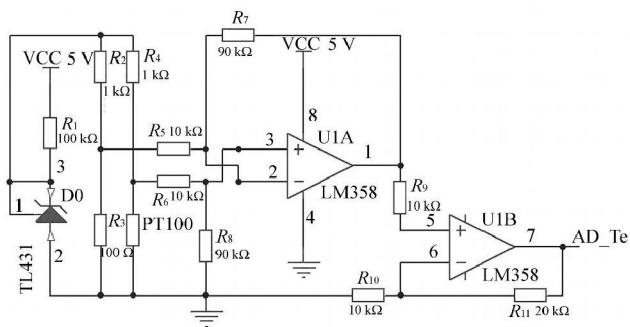
基金项目: 中国高技术研究发展计划项目 (2008AA01Z148); 黑龙江省新世纪高等教育教学改革工程项目 (5926)

作者简介: 管凤旭 (1973—), 男, 黑龙江省哈尔滨市人, 在职博士生, 副教授, 主要研究领域为生物模式识别、计算机应用技术。

E-mail: gxf0829@163.com



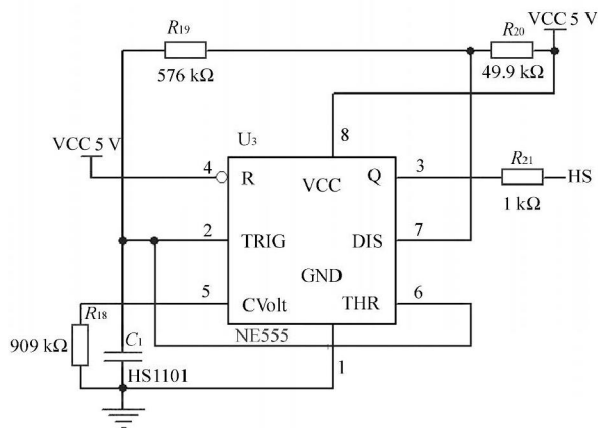
R_2 、 R_3 、 R_4 组成桥式电路。为了保证电桥输出电压信号的稳定性和满足实验平台的 ADC 接口的要求,电桥的输入电压通过 TL431 稳至 2.5 V。从电桥获取的差分信号经过 2 级运放放大后,传输给 ARM 实验台的 ADC 接口。温度检测电路如图 2 所示。



由于实验台主芯片带有 8 通道 10 位 ADC 接口, 因此温度检测电路的输出电压信号 AD_Te 可以直接连接到实验台提供的 ADC 接口(本设计采用 5 号 ADC 接口), 而且按要求输入电压不能超过 2.5 V。另外, 该电路的电源可以由 ARM 实验台的 PCI 接口卡提供。

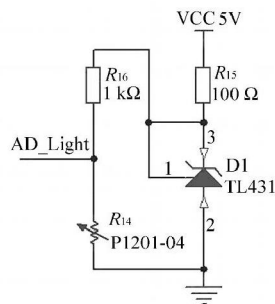
设计中采用电容式湿度传感器 HS1101。HS1101 在电路构成上等效于一个电容器件,其电容量随着所测空气湿度的增大而增大。将 HS1101 置于 NE555 振荡电路中,可将电容值的变化转为与之呈反比的脉冲频率信号,这样空气湿度、电容值和脉冲数三者之间形成反比关系;然后采用实验平台定时器计时,通过外部中断在单位时间内接收湿度脉冲信号,将脉冲数按照换算关系得到湿度值。湿度检测电路如图 3 所示。

本模块采用简单易行的光敏电阻作为光照强度检测传感器,光敏电阻是利用半导体光电效应制成的一种电阻。光敏电阻的阻值随入射光的强弱而改变,入射光增强,电阻则减小,入射光减弱,电阻则增大。光



敏电阻一般用于光的测量、控制和光电转换。

根据光敏电阻的工作原理,将光敏电阻和负载电阻串联在一个稳定电压下,光敏电阻的一端接地,测量其另一端对地的电压,光照强度越强,光敏电阻阻值越小,其分压就越小。其输出电压信号 AD_Light 连接到实验台提供的 ADC 接口(本设计采用 3 号 ADC 接口)。另外为确保 ADC 接口的输入电压不能超过 2.5 V,可通过 TL431 将电路稳至 2.5 V。光照强度检测电路如图 4 所示。



2.4 烟雾浓度检测电路

设计中采用的烟雾传感器 MQ-2 是一种半导体气敏传感器,其工作原理是当该传感器的二氧化锡半导体表面吸附被测气体和烟雾后,会改变半导体导电率。因此,可设计一种电路,将导电率的变化转换为与该气体浓度相对应的电压模拟信号。

MQ-2 烟雾传感器需要施加 2 个电压,回路电压和加热电压。其中回路电压为测定与传感器串联的负载电阻提供电压;加热电压为传感器提供特定的工作温度。这种传感器具有轻微的极性,回路电压需用直流电源。一般情况下,在满足传感器电性能要求的前提下,回路电压和加热电压可共用一个电源。烟雾检测电路如图 5 所示。

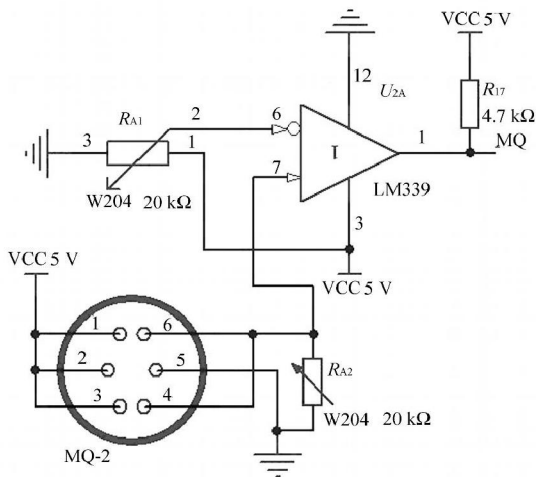
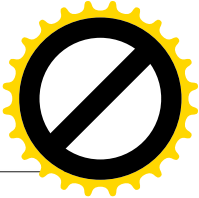
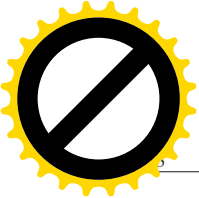


图5 烟雾检测模块电路图

为增强传感器 MQ-2 的性能, 需要选择恰当的负载电阻 R_{A2} 的值, 设计中选 R_{A2} 为 $200\text{ k}\Omega$ 的滑动变阻器。输出的烟雾浓度电压信号, 经比较器 LM 339 得到电平信号, 即烟雾浓度电压信号高于某一阈值电压时, 则输出高电平, 反之为低电平。

将原有实验台 LED D1204 所用的 I/O 端口 C 的第 8 口改造一下, 并引出一根接口线作为 I/O 输入口, 检测烟雾浓度电平信号。

2.5 功率输出电路

系统需要对环境现场的功率设备(空调机、排风机和照明等)进行自动控制, 来调整室内温度、湿度, 以及节省照明用电等。设计采用光电耦合器驱动双向可控硅, 从而驱动交流 220 V 的功率设备。功率输出电路如图 6 所示。

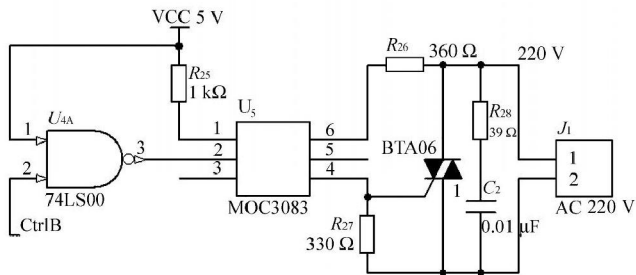


图6 功率驱动电路图

光电耦合器 MOC3083 具有过零检测功能, 可用直流低电压、小电流控制高电压、大电流的设备; 触发电路简单可靠, 且抗干扰能力强。当控制信号 CtrlB 为高电平时, MOC3083 输出端导通, 双向可控硅 BTA06 的触发端收到触发信号并导通, 将负载电源接通, 功率设备开始工作。

2.6 电平转换电路

由于 ARM 实验平台的输入和输出信号为 $0\text{ V} \sim 3.3\text{ V}$, 而自制控制板输入和输出信号为 $0\text{ V} \sim 5\text{ V}$, 为

保护实验台接口安全和确保控制信号的驱动能力, 需要将 ARM 实验台输出的 3.3 V 转换为 5 V 电平后再供自制控制板使用, 将自制控制板的 5 V 输出信号转换为 3.3 V 后再供实验平台使用。

因此设计中采用 2 片逻辑电平转换芯片 74LVX4245。一片用于 3.3 V 转换为 5 V (如图 7 所示), 将实验平台 PCI 接口的 B26 引脚引出的功率驱动信号 CtrlB- 3.3 V , 经电平转换接到图 6 的控制信号 CtrlB 上。另一片用于 5 V 转换为 3.3 V (如图 8 所示), 分别将湿度和烟雾浓度检测信号 HS 和 MQ, 经电平转换接到到实验平台的 PCI 接口的 B46 引脚 (BUT_INT2)上和 I/O 接口 PC8 上。

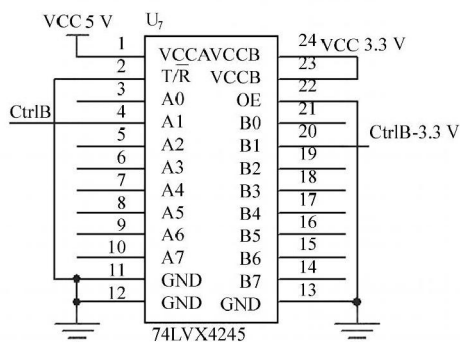


图7 3.3 V 转 5 V 电平电路图

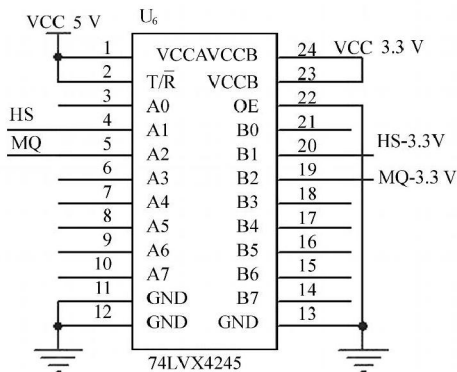
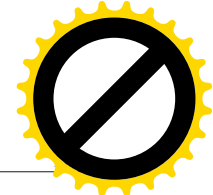
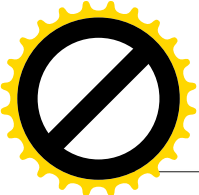


图8 5 V 转 3.3 V 电平电路图

3 软件设计

环境参数检测与控制程序采用 C 语言编写, 为非移植操作系统程序。为便于程序的设计与后续维护, 程序全部采用模块化结构设计, 由一个主函数和若干子函数组成。主函数首先调用各种初始化函数, 包括 I/O 口、串口、LCD、定时器、中断、IIC 等, 然后对 LCD 进行初始化显示, 接着进入检测与控制循环程序。检测与控制程序主要包括: 检测数据采集、驱动控制及 LCD 显示等。



3.1 检测数据采集

为学习和掌握 ARM 的多种数据采集功能,设计中的检测数据采集分为中断计数采集、ADC 接口采集和 I/O 接口采集。

(1) ADC 接口采集。温度和光照强度检测信号均通过 ADC 接口采集,其设置程序如下:

```
INT32T adc_Temperature(void)
{ delay(100);
  rADCCON = 0x0f; //3 号 ADC 接口(0000 1111);
  //0x17=AIN5(0001 0111) 5 号 ADC 接口
  while( !(rADCCON & 0x40) ); //等待转换结束
  uart_printf("Light Ain3= %d", rADCDA);
  return (rADCDA);
}
```

(2) 中断计数采集。在单位时间内,由外部中断接收湿度检测模块产生的脉冲次数,经过换算就可以确定湿度值。其中主要包括中断与外部中断初始化函数、外部中断服务函数、定时器初始化与其相应的中断服务函数。

中断与外部中断初始化函数、外部中断服务函数程序设置如下:

```
void INT_INIT(void) //中断初始化函数
{ rINTMOD=0x0; //全部设为 IRQ 模式中断
  rINTCON=0x5; //非矢量中断,IRQ 允许,FIQ 禁止
  rEXTINTPND=0xf; //清除所有中断
  rPCONG=0xffff; //端口 G 配置为外部中断功能 0~7
  rPUPG=0x0; //端口 G 接内部上拉电阻
  rEXTINT = 0x22222222; //下降沿触发中断
  rINTMSK = rINTMSK | BIT_EINT4567; //禁止中断
  pISR_EINT4567=(int)INT_4567; //装中断函数
  rI_ISPC|= BIT_EINT4567; //清 BIT_EINT4567 中断位
  rINTMSK= ~(BIT_GLOBAL | BIT_EINT4567);
  开中断
}
void INT_4567(void) //外部中断服务处理程序
{ i_count++; //中断次数自动计数
  rEXTINTPND = 0xf; //清除 EXTINTPND 寄存器
  rI_ISPC|= BIT_EINT4567; //清 BIT_EINT4567 中断位
}
```

S3C44B0X 有 6 个 16 位定时器,其中定时器 0~4 具有 PWM 功能,定时器 5 具有内部定时作用,但是没有输出引脚。因此采用定时器 5 用于单位时间计时。

```
void Timer5_INIT(void) //定时器初始化函数
{ rI_ISPC=BIT_TIMER5; //清中断标志位
  rTCFG0 = 0x0c70000; //配置定时器 5 的预分频器
  rTCFG1 = 0x0100000; //配置定时器 5 的分割值
  rTCNTB5 = 50000; //定时器 5 时间常数
  pISR_TIMER5=(unsigned)INT_Timer5; //装定时器 5 函数
  rTCON=0x2000000;
  rTCON=0x5000000; //设置定时器控制寄存器
  rINTMSK &= ~(BIT_GLOBAL | BIT_
```

```
TIMER5); //开定时器 5 中断
```

```
}
void INT_Timer5(void) //定时器 5 中断服务处理函数
{ rI_ISPC=BIT_TIMER5; //清中断标志位
  S_Humidity=i_count; //湿度脉冲次数
  i_count=0; //湿度中断次数清零
}
```

(3) I/O 接口采集。烟雾浓度信号通过 I/O 口输入,检测程序段如下:

```
if((rPDATC & 0x100)==0x100) //高电平
{ ... } //烟雾浓度过高,处理过程
else //低电平
{ ... } //烟雾浓度正常,处理过程
```

3.2 驱动控制

当检测到温度、湿度、光照强度、烟雾浓度等信号出现异常时,需要控制相应设备启动或关闭,完成环境参数的自动调节功能。由于驱动信号需要通过 PCI 接口卡向外部控制板发出信号,因此需要定义扩展输出的寄存器地址,部分代码如下:

```
#define rPCICtrl ( *(volatile unsigned *)0x04000000 )
//定义扩展输出寄存器地址
void Ctrl() //功率控制处理函数
{ ...
  if(adc_Temperature()< 23) //如果温度值低于设定值
  { rPCICtrl=0x00100000; //B26 为高电平,启动加热装置
  }
  else
  { rPCICtrl=0x00200000; //B26 为低电平,停止加热装置
  }
  ...
}
```

3.3 LCD 显示

系统通过液晶屏显示实时的温度、湿度、光照强度和烟雾浓度数据情况,实验效果如图 9 所示。

4 结论

本文将环境参数作为研究与控制对象,设计用于嵌入式控制系统课程的一个环境检测与控制综合实验项目。该实验项目包括环境参数检测、液晶屏显示、功率设备驱动与声光报警等功能。该项目已经在一届本科生中,由部分学生选做完成,取得良好效果。学生在熟悉和掌握 ARM 基本原理与硬件接口的基础上,在万用板上搭建电路,而且在调试过程中完善和改进其原有设计功能,激发了学生的创新积极性和提高实践动手能力。由于考虑到是在学生实验中使用,该方案制作简单,成本低廉,适合推广。

(下转第 112 页)

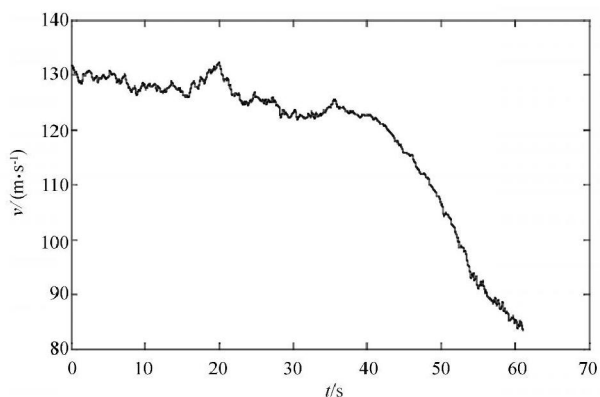
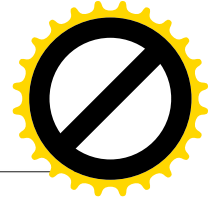
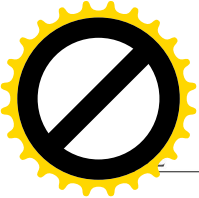


图 4 飞行速度随时间变化的仿真结果图

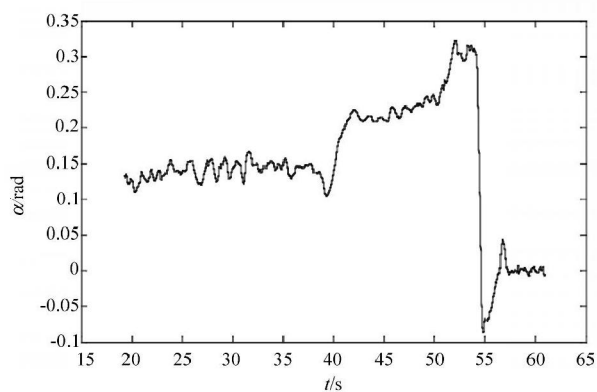


图 5 迎角随时间变化的仿真结果图

6 结束语

通过对某型飞机建立航迹/姿态仿真模块,将 Simulink 与 Flightgear 软件对接,以及通过三维实时仿真再现了飞机在各时刻的姿态及飞机航迹的运动变



图 6 飞行仿真三维实时显示图

化情况,并将各飞行参数的变化以曲线的形式描绘出来,实现了对飞机飞行性能的可视化仿真。

参考文献(References):

- [1] 刘泽坤, 昂海松, 罗东明. 基于 DirectX 的无人机实时飞行仿真系统开发 [J]. 系统仿真学报, 2006, 18(4): 918-920.
- [2] 钟登华, 段文泉, 张伟波, 等. 可视化动态仿真技术及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 8(8): 114-120.
- [3] 贾荣珍, 王行仁. 飞行仿真系统的建模与验证 [J]. 飞行力学, 1996, 14 (1): 80-84.
- [4] 李绍安, 李维嘉. 某型潜艇三维动态仿真的实现 [J]. 计算机仿真, 2004, 22 (3): 33-35.
- [5] 张镭, 江洪洲. 基于 Matlab 的飞行仿真 [J]. 计算机仿真, 2006, 23 (6): 57-58.
- [6] 赵建卫. 基于模型的飞行仿真系统设计 [J]. 飞机设计, 2001, 18 (6): 31-33.
- [7] 方振平, 陈万春, 张曙光. 航空飞行器飞行动力学 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [8] 方振平. 飞机飞行动力学 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.

(上接第 109 页)

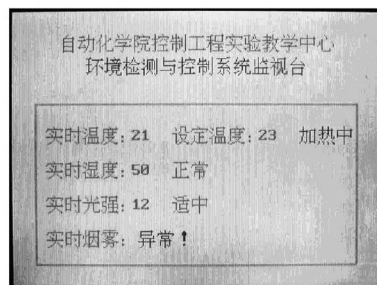


图 9 LCD 显示效果图

参考文献(References):

- [1] 王毅, 白泽生. 现代温室环境多参数测控系统设计 [J]. 微计算机信息, 2008, 24(20): 140-141, 172.

- [2] 匡迎春, 沈岳, 姚帮松, 等. 简易型温室温湿度控制器设计 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(4): 452-456.
- [3] 李宏俊, 黄鑫, 卢开砚. 以单片机为核心的温室智能控制系统 [J]. 电子元器件应用, 2007, 9(5): 20-23.
- [4] 王光明. 仪器与检测系统综合设计课程的教学改革探索 [J]. 实验技术与管理, 2007, 24(7): 112-115.
- [5] 朱红, 周竞学, 张红光, 等. 构建适合创新人才培养的实践教学环境 [J]. 实验技术与管理, 2006, 23(9): 19-22.
- [6] 深圳市英蓓特公司. ARM7 基础实验教程 [M]. 深圳: 英蓓特公司, 2004.
- [7] 管凤旭, 张爱筠. 嵌入式系统开发实验技术 [M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 2008.
- [8] 刘天时, 强新建, 王瑞, 等. ARM7 嵌入式开发基础实验 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [9] 张晓伟, 刘盼盼. ARM 嵌入式系统设计原理与开发实例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [10] 张瑜, 王益涵. ARM 嵌入式程序设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.