

基于ARM的负压隔离病房远程监控系统的设计

沈克宇, 李超, 李志俊, 曾光, 杨剑

(武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430063)

摘要: 根据最新的隔离环境的气流组织研究成果, 利用基于分布式控制技术以及自适应模糊PID控制技术, 设计了一套气流控制和压力控制的病房远程监控系统。

关键词: 负压隔离病房; ARM; RS-485; 远程监控

中图分类号: TU831

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)06-0067-04

Design of Remote Monitoring System for Negative Pressure Isolation Ward Based on ARM

Shen Keyu, Li Chao, Li Zhijun, Zeng Guang, Yang Jian

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract According to the research of latest isolation environmental air current structure, a air current and air pressure controllable system for isolation ward remote monitoring system is realized, based on distributed control and Adaptive Fuzzy-PID technology.

Key words: Negative pressure isolation ward; ARM; RS-485; remote monitoring

0 引言

随着医学技术的进步及对疾病的深入研究, 人们对多种流行病、传染病的发病机理、传播途径有了进一步的认识。疾病传播的重要原因之一是室内空气质量问题, 这一问题与室内换气系统的设计有着重要关系。在医院病房或救护车内, 病人、医护人员和探访者感染疾病的主要原因之一就是疾病通过被污染的空气进行传播。肺结核、前几年暴发的“非典”以及近期流行的“禽流感”, 都是通过空气传播的。因此, 在卫生保健设施区域内实现良好的气流控制和压力控制是非常必要的, 这可以有效地防止高危传染病菌在卫生保健设施区域内的传播。

本文的设计根据最新的隔离环境的气流组织分析研究成果, 基于分布式控制技术以及自适应模糊PID控制技术, 由多个单片机节点采集隔离病房内的气压和温湿度, 通过RS-485总线上传给基于ARM9的总控制器, 总控制器根据设定的控制指标和自适应模糊PID算法计算得到控制量, 通过RS-485总线传输到风

机、空调等伺服设备的控制模, 实现对被控对象的控制, 形成一个闭环系统。同时, 本系统采用B/S模式实现对隔离病房的监控, 总控制器基于Linux操作系统, 并接入局域网, 它将单片机上传的采集数据存储到数据库内, 客户端在任意位置, 可通过浏览器登陆到总控制器内置的嵌入式Web服务器浏览每个隔离病房历史或当前的环境数据。整个控制系统在密闭隔离病房内实现了定向均匀的室内大气流场和合适稳定的温度和湿度, 使医护人员与高危传染病人之间实现了有效的软隔离, 有效防止了病毒的交叉感染; 并可方便医护人员在隔离病房外监控病房内的环境参数。

1 系统构成

本设计的系统结构如图1所示, 它由现场分散过程控制层、集中操作监控层和综合信息管理层3部分组成。

现场分散过程控制层, 包括多个微压差气压传感器、温度传感器、湿度传感器、直流电机控制器以及

收稿日期: 2007-05-31

作者简介: 沈克宇(1963-), 男, 湖北武汉人, 武汉理工大学实验师, 主要研究方向为嵌入式系统应用与过程控制。

空调控制器。传感器负责采集隔离病房内的环境数据,并对采集数据进行初步处理,为监控层提供规范的数据信息;伺服设备控制器,包括直流电机控制器以及空调控制器,负责接收总控制器输出的控制信息,实现对伺服设备的控制。

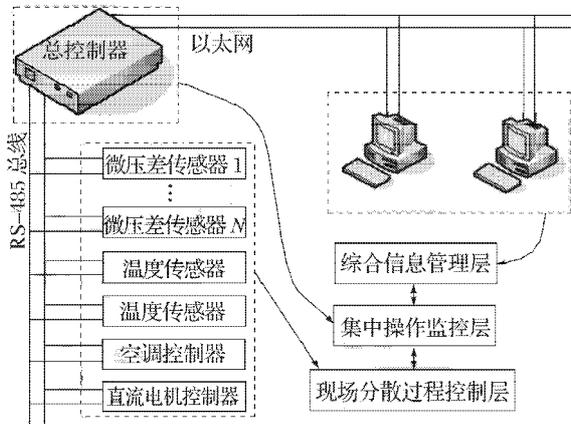


图1 系统结构图

Fig. 1 System construction drawing

集中操作监控层的总控制器采用 ARM9 内核的

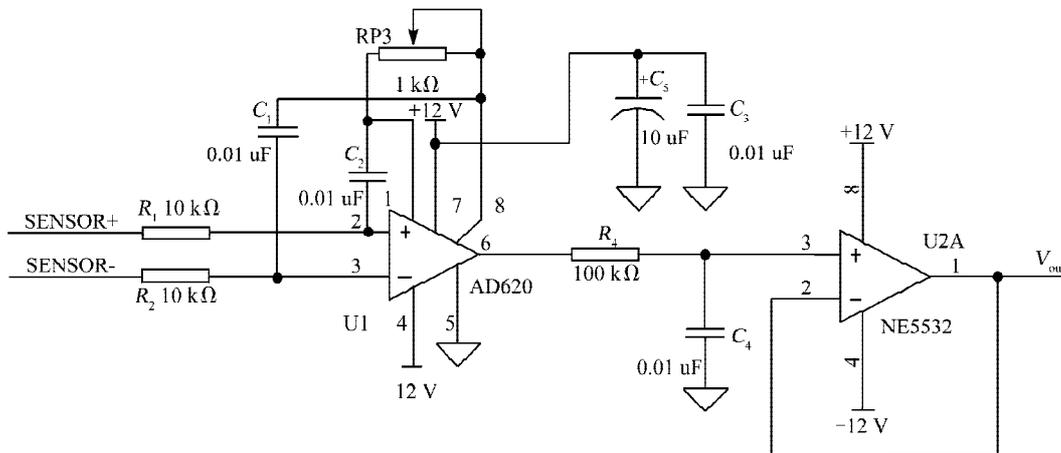


图2 微压差传感器的信号调理电路图

Fig. 2 Air pressure sensor signal processing circuit

温度传感器采用 DALLAS 公司的 DS18B20 数字式温度传感器,与传统的热敏电阻不同的是,它可以直接将被测温度转化成串行信号,供处理器处理,通过简单的编程实现 9~12 位的温度读数。通过单片机一定的时序即可实现温度数据的读取^[1]。

湿度传感器采用 Honeywell 公司的 HIH-3610 相对湿度传感器,它具有极好的线性输出、稳定性好、低漂移、抗化学腐蚀性能、低功耗等特点,精度可以达到 2%,快速反应时间仅为 15 s。

2.2 直流电机控制模块

为了实现负压隔离病房内的特定流场,风机的调速尤为重要。本设计中的风机采用了无位置传感器的无刷电机。无位置传感器无刷直流电机具有结构简单、在空载或轻载起动的场合有较多的应

用,如风机、陀螺马达等。无位置传感器无刷直流电机是采用电势换相工作方式,以绕组电势反映转子位置。目前已有许多专用芯片,对空载起动情况的应用已相当成熟。本设计采用 ML4428 无传感器平滑起动无刷直流电机脉宽调制控制。该驱动芯片电路起动可靠,负载能力强,并可带一定负载起动。在该控制系统中,不需采用霍尔传感器就可实现启动和调速的功能,并能确保启动时电机不会反转,而且还可缩短启动时间。

基于 ML4288 的额定电压的永磁无刷直流电机无传感器控制电路如图 3 所示。图中,功率开关上桥臂采用 3 个 p 沟道 FET,下桥臂采用 3 个 n 沟道 FET,ML4288 用 12 V 电源供电,电路设置了正反转控制,运行与制动控制。电路的外围元件较少,控制方便。

2 系统硬件设计

2.1 传感器模块

系统设计中的微压差传感器,采用 Honeywell 公司生产的 DCXL01D SURSENSE 超低压压力传感器,它具有超低压检测,精度达 1 英寸水柱,内有 ASIC,补偿温度为 0~50 ℃,线性和磁滞的组合误差小于 ±0.25% 满量程。由于传感器输出电压满量程仅为 11 mV,故必须经过仪表放大器进行条理放大,如图 2 所示。经仪表放大器 AD620 放大条理后经单片机 AD 采样。

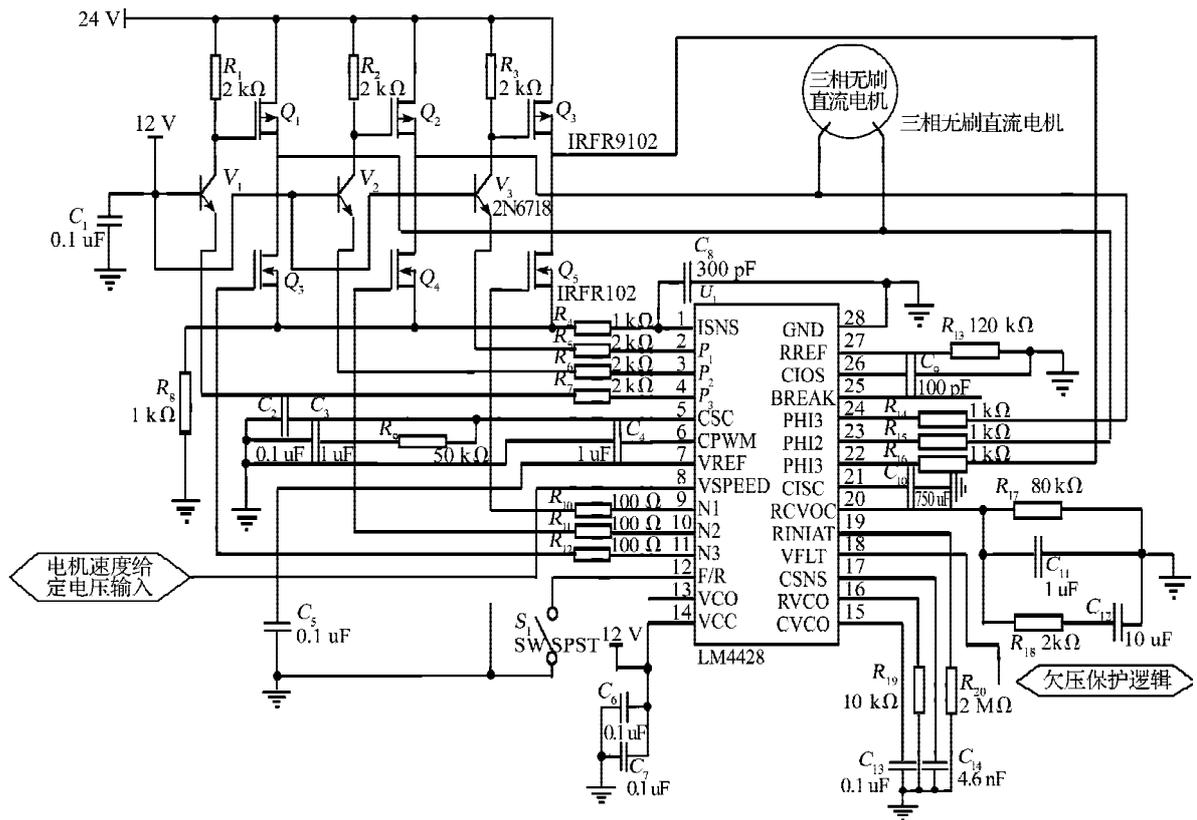


图3 ML4288 无刷直流电机控制电路

Fig.3 Circuit of controlling brushless D.C. motor base on ML4288

2.3 RS-485 通信接口电路

对于负压隔离病房分布式控制系统来说, 总控制器与现场传感器数据采集模块和伺服设备控制模块相距较远, 并且数据传输通道环境比较恶劣, 经常有风机、空调等大功率的设备启停或切断。要保证传感器模块和伺服设备控制模块与总控制器之间进行高速、及时、准确的数据传输, 显然, RS232 接口不能满足系统的要求。在负压隔离病房内需要多个节点, 以实现环境场的测控, 相对 RS-232 标准来说, RS-422 总线标准虽然延长了传输距离, 大大增强了抗共模干扰能力, 但是电路上只允许有一个发送器, 且一个发送器不能驱动多个负载设备, 这一缺点不能满足大多数分布式系统对多节点的要求。显然, 分布式控制系统中采用 RS-422 总线也不适合。

目前的分布式控制系统广泛采用 RS-485 总线标准。RS-485 收发器采用平衡发送和差分接收来实现通信, 在其发送端, 驱动器将 TTL 电平信号转换成差分信号输出; 在接收端, 接收器将差分信号还原成 TTL 信号, 因此 RS-485 总线具有抑制共模干扰的能力, 加上接收器具有高的灵敏度, 能检测低至 200 mV 的电压, 故传输信号能在千米以外得到恢复。另外, RS-485 总线支持 32 个节点。由以上分析可见, RS-485 总线完全满足本监控系统的需求^[2]。RS-485 接口电路如图 4 所示。当不发送数据时, TTL 电平的 TXD 信号为

高电平, 经 Q 反向为低电平, RS-485 芯片允许接收。

当发送数据时: 1) 当 TXD 为低电平时, 经 Q 反向后, DE/-RE 为高电平, 发送允许, 此时由于 DI 接地, 所以 485 芯片的输出端 A、B 产生表示低电平的差分信号。2) 当 TXD 为高电平时, 经 Q 反向后, RE 为低电平, 485 芯片的 A、B 端处于高阻态, 此时靠电阻 R₄ 的下拉和 R₆ 的上拉作用, 使总线上产生正的差分信号, 从而将 TXD 的高电平信号送出。图中 R₅ 为负载平衡电阻, 以消除信号反射的不良影响。使用该电路时, 只要程序能保证不同时进行接收和发送的操作, 程序不必用指令控制 DE/-RE 进行接收和发送 (由硬件本身完成)。采用该电路, 安装方便, 所需外围器件少, 满足系统要求。

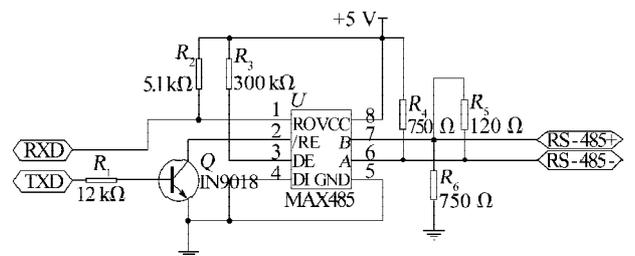


图4 RS-485 接口电路图

Fig. 4 RS-485 bus interface circuit

RS-485 硬件电路已经比较成熟, 设计中的问题主要集中在网络通信协议和服务软件的设计上。网络通信协议是保证通信畅通的关键, 在一定程度上也影响

着网络的可靠性。

2.4 总控制器

本设计中的总控制器采用广州友善之臂公司设计生产的 SBC2410V6 嵌入式开发平台,它基于三星公司的 S3C2410X ARM 处理器,采用 6 层板设计。S3C2410X 使用 ARM920T 核,内部带有全性能的 MMU(内存处理单元),它适用于设计移动手持设备类产品,具有高性能、低功耗、接口丰富和体积小等优良特性, SBC2410V6 正是基于此芯片本身的这些特点而设计的。在软件上,选用韩国 MIZI 公司公布的开放源代码的 arm-Linux 免费嵌入式操作系统,基于该平台及其开发工具包,可以方便地实现对 USB 动态图象的捕捉,并实现 Web 服务器(支持 CGI)、TCP/IP 协议、嵌入式 SQL 数据库(ARM-SQL)、Ftp 及其服务器、Telnet 及其服务器等的应用。

3 系统软件设计

3.1 控制算法的实现

在本系统中,实现隔离病房内的均匀流场是关键,所以风机的控制质量至关重要。在本控制系统中,为了提高系统的动态特性和静态误差,采用模糊参数自适应 PID 控制算法,用模糊自适应 PID 控制算法实现对风机的控制,从而使速度响应具有超调小、响应速度快、适应性强及受对象参数变化影响小等性能。

模糊自适应 PID 控制器是模糊控制器与传统 PID 控制器的结合,它的设计思想是先找出 PID 3 个参数与偏差 e 和偏差变化率 e_c 之间的模糊关系,在运行中不断检测 e 和 e_c ,再根据模糊控制原理对 PID 3 个参数 K_p, K_i, K_d 进行在线整定,传统 PID 控制器在获得新的 K_p, K_i, K_d 后,对控制对象输出控制量。自适应模糊 PID 控制结构图如图 5 所示。

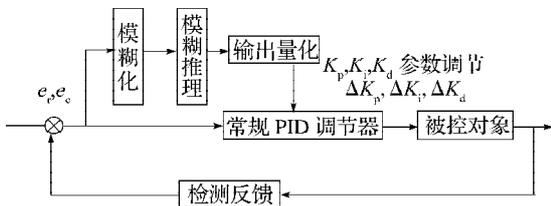


图 5 自适应模糊 PID 控制系统结构图

Fig.5 Adaptive Fuzzy-PID system construction drawing

自适应模糊 PID 控制结构系统控制流程^[3]如图 6。

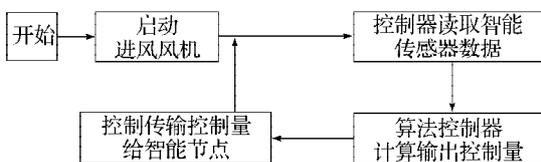


图 6 系统控制流程图

Fig.6 System control flow chart

3.2 总控制器中 Web 服务器的实现

为满足远程在线监控系统的要求,在 SBC2410V6 总控制器中,将传感器模块采集的数据写入数据库,客户端可使用浏览器通过 Web 服务器管理和维护系统。为了能够通过 Web 来维护和管理远程在线监控检测系统,必须选择一个前端的 Web 服务器,不但要求它支持动态 Web 技术,也要求能够在嵌入式系统中稳定地工作。本设计中选用 Boa 作为嵌入式服务器^[4]。

由于 Boa 已经特别为嵌入式系统作了优化和简化,因此,Boa 的使用和配置都非常简单,配置过程为:制定 Web 服务器的根目录路径,在 Boa 源码 src/define.h 文件中修改宏定义: #define SERVER ROOT "/home/httpd"; 然后设置 HTML 文件存放的根目录 DocumentRoot,默认值为/home/httpd; 设置目录的索引文件 DirectoryIndex,默认为 index.html; 最后设置 CGI 程序所在目录位置 ScriptAlias,默认为 home/httpd/cgi-bin。确定了这些基本设置后,配置就可以满足系统的要求^[5]。

配置后编译到内核就可使用了,最后编写响应客户端请求的 html 文件和动态交互的 CGI 程序。在 CGI 程序里,通过客户端提出的请求命令查询数据库,格式化数据后输出到客户端。在客户端,医护人员可通过网络在任意位置远程监控隔离病房的内环境数据。

4 结束语

本系统中,采用典型的三层分布式控制系统结构,通过 RS - 485 总线,传感器将隔离病房内的环境数据发送到总控制器,总控制器根据控制指标,采用自适应模糊 PID 算法计算出控制量,并发送到伺服设备控制器,实现对控制对象的控制,同时,总控制器采用基于 Linux 操作系统实现了远程在线监控,其使用方便可靠。本系统的改进之处为可在总控制器上实现图像采集,并经总控制器压缩之后,通过 Web 服务器提供给医护人员,方便医护人员在隔离病房之外对病房进行监控。

参考文献:

- [1] 何为民. 计算机组成与嵌入式系统[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [2] 锐极电子科技有限公司. ARM & Linux 嵌入式系统开发详解[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [3] 王士同. 人工智能教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [4] 张生滨, 吴智勇. 高可靠性 RS-485 总线及应用[J]. 信息技术, 2001(04): 34-35.
- [5] 梁新荣. 压力传感器及其应用[EB/OL]. [2000-02-12]. 中国电子网·国外电子元器件.