

μC/OS-II 与 ARM 在中央空调机组控制器中的应用

宋奇兵, 刘 春

(合肥工业大学 电气工程与自动化学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 介绍了以 LPC2210 为核心处理器, 以 μC/OS-II 为实时操作系统的中央空调机组控制器。给出了控制系统的总体硬件结构, 论述了实时操作系统 μC/OS-II 的移植以及基于此的软件设计。

关键词: 中央空调机组控制器; ARM; μC/OS-II; 实时操作系统

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)12-0078-04

Application of μC/OS-II and ARM in central air-conditioning unit controller

SONG Qi Bing, LIU Chun

(School of Electrical Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: This paper introduces a real-time controller of central air-conditioning unit controller based on LPC2210 and μC/OS-II, presents the hardware structures of control system, discusses the method of transplanting μC/OS-II and the software design which based on μC/OS-II. Experiment results show that the system is stable and reliable.

Key words: central air-conditioning unit; controller; ARM; μC/OS-II; real-time operating system

随着中央空调的普及应用, 如何对中央空调机组实施有效的控制, 是许多科研人员研究的重要课题。目前国内中央空调机组控制器硬件方面主要采用 8 位单片机为核心处理器, 这种方式由于资源有限, 导致人机交互不友好、机组的实时监控性能低、整机运转难以实现多机组网联控、节能效果差^[1]。采用 RISC 架构的 ARM 微处理器具有小体积、低功耗、低成本、高性能的特点, 指令执行速度快, 执行效率高, 且具有丰富的片内外围电路, 有利于简化系统设计, 提高系统可靠性。本控制系统选择了 Philips 公司 ARM7 处理器 LPC2210, 移植了实时操作系统 μC/OS-II, 系统运行稳定可靠。

1 空调系统简介及控制要求

中央空调由集中制冷/加热站和空调机组两大部分组成。前者提供系统所需要的冷热源, 后者通过调节冷冻水/热蒸汽的流量及空气风量来调节温度, 调节加湿阀来调节房间的湿度。机组的控制任务是自动调节空气温湿度、风速、送风量及空气的洁净度。系统中所需检测与控制的参量为: 自动检测新风、送风、回风及被控房间温、湿度及正压值, 表冷器/加热器的供、回水温度; 自动检测送、回风机及故障报警; 中低效过滤器压差状态及超差报警; 根据室外空气状态和室内正压值自动调节新

风、回风、排风阀开度; 根据被控参数及设定参数自动调节表冷器、加湿器的电动调节阀的开度^[2-3]。

2 现场控制器硬件结构

如图 1 所示, 整个系统可分为 ARM 处理器模块、电源模块、各总线接口模块、存储模块、人机交互模块、模拟量输入输出模块及数字量输入输出模块等。

主处理器选用 Philips 公司生产的 ARM7 芯片 LPC2210, 该芯片是基于支持实时仿真和跟踪的 ARM7TD-MI-S CPU 的微控制器, 最高工作频率可达 60 MHz, 内部带有 16 KB RAM, 多达 122 个通用 I/O 口(可承受 5 V 电压), 具有两个带 16 B 收发 FIFO 的 UART, 两个完全独立的同步串行接口 SPI 等丰富的外设。本系统中, 存储模块由扩展的 2 MB NOR Flash(SST39VF160)与 8 MB PSRAM(MT45W4MW16)构成, 分别使用 LPC2210 外部存储器接口的 Bank0 和 Bank1 地址空间; 人机交互模块包含键盘和 LCD 两部分, 显示和设置空调机组的运行参数及状态。控制器设有 8 个按键输入, 使用 I²C 接口的接盘与 LED 驱动芯片 ZLG7290 进行键盘扫描; 从 USB 接口用于控制器与调试计算机的通信; 控制平台设计了以 RTL8019AS 芯片为核心的以太网接口电路, 实现控制器与上位监控级计算机之间的通信; CAN 总线接口可用

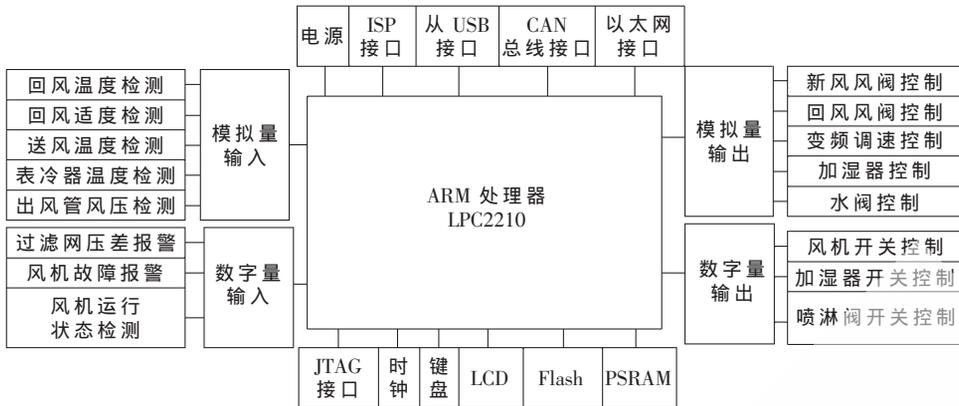


图1 基于LPC2210现场控制单元结构图

于现场设备的通信;ISP接口、JTAG口为程序下载调试接口;A/D模块采用LPC2210自带的8路10位ADC转换器,检测各路温度及湿度模拟量的输入,构成反馈控制。D/A模块的输出信号作为比例放大器的输入,控制各个调节阀的开度大小,实现风量和流量控制。数字量输入通道检测风机的运行状态及过滤网压差报警信号;数字量输出通道输出风机、加湿器的开关控制信号。控制器通过对整个空调系统新风、回风的温湿度、送风风机运行状态、初中效过滤段的压差等信号的采集,控制送风风机的变频调速、加湿器的加湿、新风及回风阀门的开度、冷热水阀的开度大小,以达到设定的空气状态^[4]。

3 现场控制单元的软件设计

3.1 软件层次与功能

控制器软件由3部分组成:实时操作系统、硬件驱动程序和运行在操作系统之上的应用程序^[5]。实时操作系统采用源码公开的 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$,基于其内核扩展的实时操作系统的整体结构如图2所示。



图2 控制软件分层结构

Bootloader的主要功能是初始化必要的硬件并启动操作系统。应用软件层实现中央空调的相关控制任务,包括初始化任务、故障处理任务、数据通信任务、数据采集任务、机组控制任务及显示任务。底层硬件设备控制驱动层初始化微控制器与外围部件管脚连接的配置,建

立处理器与外围功能电路之间的关联,与具体硬件电路相关。功能部件命令接口驱动实现处理器各个功能模块的运作机制,如串口、SPI、CAN等模块,该层函数由上两层调用。功能部件协议实现层提供各功能模块初始化函数、读写函数以及中断处理函数等。上层软件设计与操作系统密切相关,利用操作系统管理控制任务、实现任务间的数据交互通信和延时等。

3.2 移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$

LPC2210的ARM7TDMI-S内核用ARM ADS1.2作为编译器移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植涉及到与处理器及编译器相关的OS_CPU.H、OS_CPU_C.C和OS_CPU_A.S 3个文件。其包括以下内容:(1)设置OS_CPU.H头文件中与处理器和编译器相关的代码,如整数、浮点数、堆栈等数据类型定义,打开或者关闭中断函数设置,定义堆栈增长方向,任务切换的执行代码。(2)用C语言在OS_CPU_C.C文件中编写若干与操作系统相关函数,如任务堆栈初始化函数OSTaskStkInit(); $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在执行某些操作时调用的用户函数,如OSTaskCreateHook()、OSTaskDelHook()、OSTaskSwHook()、OSTaskStatHook()和OSTimeTickHook()等。(3)在OS_CPU.ASM文件中用汇编语言编写4个与处理器相关的函数:运行优先级最高的就绪任务OSStartHighRdy()、任务级的任务切换函数OSCtxSw()和中断级的任务切换函数OSIntCtxSw()和中断服务函数OSTickISR()^[5-6]。

3.3 应用程序

在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 中,应用程序以任务形式存在,每个任务都是无限循环的,并处于以下五种状态之一:休眠态、就绪态、运行态、挂起态和被中断态^[7]。根据中央空调的控制要求,本系统由以下几个任务来实现。

(1)定义5个基本的信号量用于任务之间的同步:故障信号量、通信信号量、定时采集信号、机组控制信号量和显示信号量。

(2)初始化任务Task_init()具有最高运行优先级,优先级Prio=10,该任务完成处理器I/O接口的初始化,向量中断分配与设置,定时器初始化以及PC、串口等基本功能部件的初始化工作,为后继任务的运行做准备,只运行一次。

(3)故障处理任务Task_error()为次优先级任务,优先级Prio=11。当获得Data_err_sem信号后判断机组故障的类型,按照预先的设定进行实时故障处理,并给出报警、提示故障原因。

技术与方法 Technique and Method

(4)数据通信任务 Task_communication() 的优先级 Prio=12, 当有数据传送请求时便通过以太网与上位机进行通信, 完成命令及数据的传送。

(5)数据采集任务 Task_collect() 优先级 Prio= 13, 主要完成周期性地采集各路温度模拟量、湿度频率量和开关量信号的输入, 为机组控制任务提供运算数据。

(6)机组控制任务 Task_control() 是整个系统任务中的核心, 优先级 Prio=14。当获得采集任务释放的 Data_Control_sem 信号后, 便对采集过来的各路温湿度信号及开关量信号进行处理, 输出控制信号, 完成对各个调节阀的控制; 且当有故障发生时释放故障信号量 Data_err_sem。

ta_err_sem。

(7)显示任务 Task_display() 优先级最低, Prio= 15。当获得显示信号量 Data_Display_sem 时任务就绪, 刷新机组当前的设置参数及运行状态。

系统整体软件流程图如图 3 所示。系统初始化后便建立各个运行任务, 启动多任务调度机制, 在各个同步信号的协调下有序运行^[8]。

3.4 数据处理算法

在机组控制任务 Task_control() 中需要对采集过来的各路模拟量及数字量信号进行处理, 以得到合适的输出控制信号, 选取何种处理方法直接关系到控制器的控制

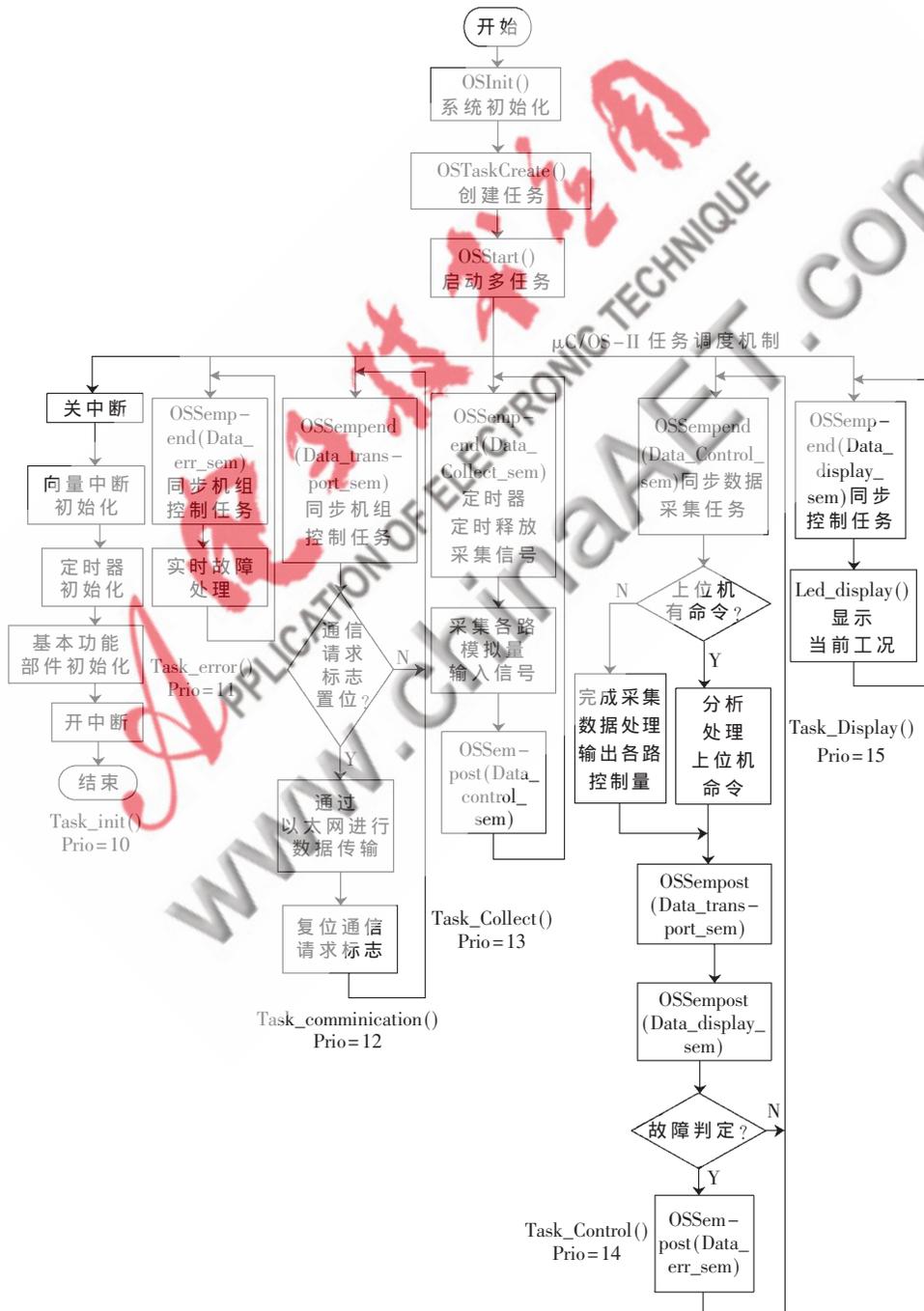


图 3 控制单元的启动和运行过程

技术与方法 Technique and Method

品质。针对中央空调对象大惯性、大滞后、非线性等特性,常规 PID 控制无论在参数整定还是在控制精度或控制过程都存在不足^[4,9]。本系统采用基于 T-S 模型的模糊神经网络^[10]参数自整定 PID 控制方法,利用神经网络训练后可以逼近任意非线性关系特性,并综合了 PID 控制与模糊控制各自的优势。图 4 为控制系统结构图^[9],模糊神经网络模块根据误差及其变换率实时地修改 PID 控制器的 3 个参数,使其处于最优状态。图 5 为基于 T-S 模型神经网络结构图^[11]。

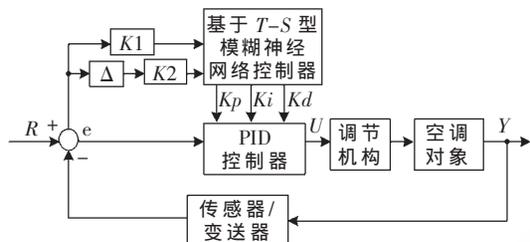


图 4 控制系统结构图

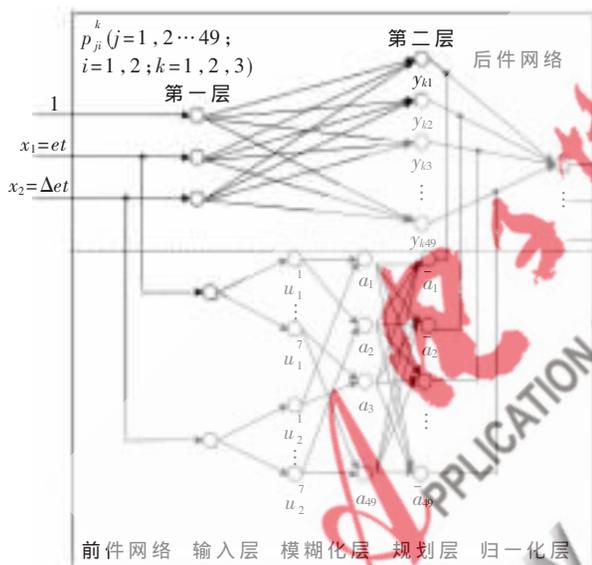


图 5 网络结构

以温控为例,网络的输入信号 x_1 、 x_2 分别是温差及温差变化率 et 、 Δet ,模糊论域分别定为 $[-20, 20]$ 、 $[-10, 10]$,模糊子集均为:NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、ZE(零)、PS(正小)、PM(正中)、PB(正大),模糊规则 49 条,隶属度函数为高斯函数。前件网络输入层直接将 et 、 Δet 送入到模糊化层计算其属于各语言变量值模糊集合的隶属

度函数,规则层采用求积法计算出每条规则的适用度^[10]。后件网络由 3 个结构相同的并列子网络组成,输出 PID 控制器的 3 个控制参数 k_p 、 k_i 、 k_d 。系统采集常规 PID 控制器工作时 et 、 Δet 输入数据及控制参数为训练样本,利用误差反传算法训练网络参数:连接权 p_{ji}^k 、隶属度函数中心值 c_{ij} 及宽度 σ_{ij} 。试验记录表明训练后的控制器的动态特性与静态特性均优于传统 PID 及单纯模糊控制方法。

本中央空调现场控制器采用 32 位高性能 ARM 处理器,满足了控制系统对实时监控能力和组网通信能力的要求,简化了系统设计。嵌入式操作系统 $\mu C/OS-II$ 的移植保证了系统的实时性,多任务运行特性使所开发的控制软件运行稳定、可靠。

参考文献

- [1] 余明杨,朱峰.基于 ARM7 的中央空调网络集中控制器的研究[J].计算机系统应用,2007(7):117-119.
- [2] 李子文.基于现场总线技术的中央空调控制器设计[D].上海:上海大学,2005:10-13.
- [3] 霍小平.中央空调自控系统设计[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [4] 邱黎辉.中央空调控制器的研制与开发[D].上海:上海交通大学,2003.
- [5] 周立功.ARM 嵌入式系统基础教程[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005:416-417.
- [6] 王芳,陈榕,张琳,等.基于 $\mu C/OS-II$ 嵌入式系统构件的研究与设计[J].微计算机信息,2007,23(3):65-67.
- [7] 吴永忠,程文娟,郑淑丽,等.嵌入式实时操作系统 $\mu C/OS-II$ 教程[M].西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [8] 钱华明,牛付震,夏全喜.嵌入式温盐深测量仪的设计[J].电子测量与仪器学报,2009,23(增):399-403.
- [9] 石舒健,王江江,王慧,等.神经网络 PID 控制器在高精度空调系统中的应用[J].仪器仪表用户,2004(6).
- [10] 孙增圻.智能控制理论与技术[M].北京:清华大学出版社,2006:177-181.

(收稿日期:2010-02-16)

作者简介:

宋奇兵,男,1985 年生,硕士研究生,主要研究方向:检测技术与自动化装置。

刘春,女,1966 年生,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向:检测技术与自动化装置、生物医学工程。