

基于 ARM 的室内温度控制系统的设计与实现^①

李莹¹ 赵双华² (1.郑州交通技师学院 交通信息系 河南 郑州 450016;

2.辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 针对我国北方冬季供暖系统的特点及存在的不足, 设计了基于嵌入式系统的 ARM-Linux 平台及模糊控制技术的室内智能温度控制系统。采用 DS18B20 及 ZigBee 无线组网技术完成了多点温度采集, 采用模糊控制技术实现了室内温度的精确控制, 并建立了 QT 用户界面, 优化了人机交互环境, 采用 GPRS 技术实现了系统的远程控制, 给用户带来很大方便。系统的实现将对减少热能浪费及提高人们生活质量起着重要作用。

关键词: 自适应模糊控制; ARM-Linux; ZigBee; QT

Design and Implementation of ARM-Based Indoor Temperature Control System

LI Ying¹, ZHAO Shuang-Hua²

(1.Department of Traffic Information, Zhengzhou College of Traffic Technicians, Zhengzhou 450016, China;

2.College of Electronic and Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: Due to the shortcomings of the winter heating system in North China, the paper designs an indoor intelligent temperature control system based on ARM-Linux platform of embedded systems and fuzzy control technology. The system uses DS18B20 and ZigBee wireless networking technology to complete the collection of multi-point temperature. The system also uses fuzzy control technology to achieve precise control of room temperature. The establishment of the QT user interface optimizes the environment of human-computer interaction. By using GPRS technology, the system's remote control, the system becomes a great convenience for the user. The implementation of the system will play an important role to reduce energy waste and improve people's quality of life.

Keywords: adaptive fuzzy control; ARM-Linux; ZigBee; QT

在大力提倡节能减排以及追求高质量生活的今天, 冬季供暖系统存在的不足日益显现出来。我国北方城市大部分采用集中供暖, 在整个供暖期内, 无论室内有人与无人, 系统全天连续供暖; 系统热能的输送是不变的, 不能根据室内外温度的变化以及个人对室温的不同要求做出相应的调整。这就造成了热能的严重浪费以及供暖不人性化等问题。本文设计实现了一种基于嵌入式系统 ARM-Linux 平台的室内智能温

度控制系统, 通过实时检测室内外温度的变化, 合理调节室内温度, 降低了热能消耗, 提高了人们的生活质量。

1 系统功能及总体结构

本系统硬件框图如图 1 所示, 主要由 ARM9 控制器, 温度检测模块, 触摸屏显示模块, ZigBee 无线收发模块, 暖气控制模块, GPRS 模块等组成。

^① 收稿时间:2010-01-02;收到修改稿时间:2010-01-31

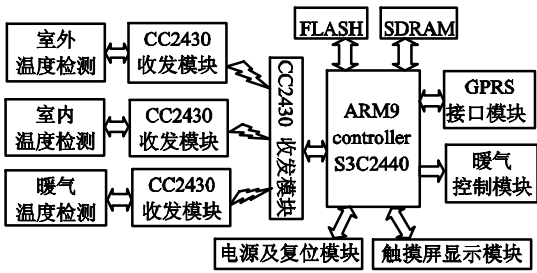


图 1 系统硬件框图

其中温度检测包括室外温度检测、室内温度检测和暖气温度检测。为了避免繁琐的布线，各温度检测点通过 Zigbee 技术与 ARM 控制器实现无线连接，组成一个星型无线网络。各检测点温度值通过 Zigbee 无线传输到 ARM 控制器，ARM 控制器根据接收到的各点温度值进行综合处理分析，输出相应的控制信号给暖气控制模块，从而实现室温的智能调节。信息显示与输入模块由 LCD 触摸屏实现，用来显示当前室内温度与输入的温度值，且可以设定低温、室温等不同工作模式。ARM 控制器通过 GPRS 与外部实现无线连接，用户通过手机可以随时对系统的工作模式进行远程控制。比如在回家的路上，用户可以通过手机切换系统工作模式，当回到家时，室温已回升至正常温度，给用户带来很大方便。

1.1 ARM 智能控制模块

ARM 智能控制模块由 ARM9 控制器、FLASH、SDRAM、电源及复位模块、LCD 触摸屏及相关外围电路组成。系统选用 SAMSUNG 的基于 ARM920T 内核的处理器 S3C2440 作为控制器^[1]。S3C2440 处理器功能强大、性价比高、功耗低，除具有一般嵌入式芯片所具有的总线、SDRAM 控制器以外，还具有丰富的扩展功能接口，便于构建外围电路。

LCD 触摸屏采用 TFT 型 LCD 模块 TD035STEB1，该模块采用 LTPS TFT 作为开关器件，集成了四线电阻式触摸屏和背光电路，从而简化了外围电路。系统在触摸屏的基础上建立了基于 QT/Embedded 的图形用户界面 (GUI)，用来实现信息的显示与控制输入，优化了人机交互环境，给用户带来很大方便。

1.2 温度检测传输模块

温度检测传输模块由温度检测模块和 Zigbee 无线传输模块组成。温度检测模块采用数字化温度传感

器 DS18B20。其测量范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ，在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 范围内，精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，完全满足本设计的要求。ZigBee 是一种新兴的短距离、低功耗、低成本的双向无线通信技术，非常适合于组建小型无线网络^[2]。ZigBee 模块采用支持 IEEE802.15.4 协议，技术成熟的 CC2430 芯片，其高性能的处理能力和丰富的接口资源给硬件设计工作带来了极大的方便。

在温度检测模块中，室内温度检测将多个温度传感器分别放置在室内的不同房间，以检测室内多个位置的温度；室外温度检测将传感器放置在室外，检测室外的温度。暖气温度检测的传感器放置在暖气水管外壁，检测水管中热水的温度。室内、室外以及暖气温度信息通过 Zigbee 无线传输给 ARM 控制器，ARM 控制器经过综合处理分析，再给暖气控制模块最佳的控制量，以实现室内温度的智能控制。

1.3 暖气控制模块

暖气控制模块采用数字流量阀作为执行部件。数字流量阀是一种控制液体流量的阀门，可控制的流量分辨率高，响应速度快；驱动信号是二进制信号，可以与 ARM 控制器直接相连。ARM 控制器根据收到的各监测点温度值以及输入的控制信息，输出相应的二进制信号来控制数字流量阀，从而调节暖气热水的流量，实现室内温度的智能调节。

1.4 GPRS 模块

GPRS 即通用分组无线服务技术，是一种以 GSM 为基础的数据传输技术^[3]。用户永远在线且按流量、时间计费，通信成本低等优点，使 GPRS 技术成为家庭智能控制系统中无线数据传输的最佳选择。GPRS 模块主要功能是通过 GPRS 网络实现 ARM 控制器与户主手机之间的数据交换。经过性能与成本的综合考虑，系统选用西门子公司的 MC55 GPRS 模块。

2 自适应模糊控制器设计

因为室内温度系统是一个大纯滞后系统，无法建立精确的数学模型，所以本系统采用模糊控制技术对室内温度进行控制，以提高室内温度的控制精度。对于室内温度系统来说，随着室外温度及暖气温度的变化，原来完善的模糊控制规则可能会不适合变化后的新环境，从而导致控制效果不佳。因此，本设计采用了自适应模糊控制系统，以适应不断变化的环境。自适应模糊控制系统结构如图 2 所示。

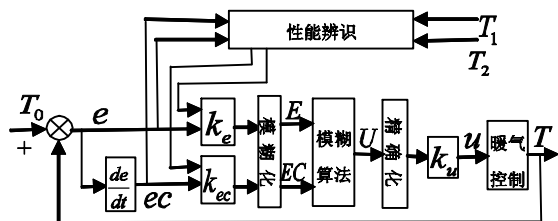


图 2 自适应模糊控制系统

自适应模糊控制系统可以连续和自动地测量被控对象的动态特性并把它们与理想模型的动态特性相比较，再用两者之差去改变比例因子、模糊控制规则等可调参数，以使系统具有优化的性能^[4]。本系统采用动态改变相关比例因子的方式来实现模糊控制系统的自我调整。如图 2 所示，为了降低模糊控制器的复杂度，减小计算量，系统采用二输入单输出模型。系统设定温度值 T_0 与当前室内温度值 T 的偏差 e 和偏差率 ec 为输入变量，控制量 u 为输出变量。室外温度值 T_1 与暖气温度值 T_2 为系统参考量。 $e = T_0 - T$, $ec = de/dt$ 。 k_e 和 k_{ec} 分别为温度偏差和偏差变化率比例因子， k_u 为控制量比例因子。系统根据 e 、 ec 的变化并参考 T_1 、 T_2 的值进行综合分析，性能辨识，然后动态的调整比例因子 k_e 与 k_{ec} ，从而实现模糊控制系统的自我调整，以适应不断变化的环境。

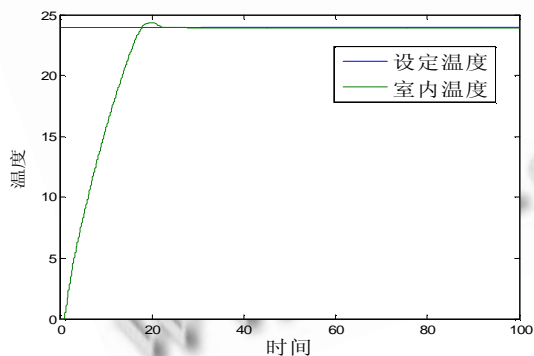


图 3 自适应模糊控制系统仿真波形图

根据专家知识和实际测试，选择合适的论域、隶属度函数及相关比例因子，建立合理的模糊控制规则，在 Matlab7.1 中的 Simulink 下建立系统仿真模型^[5]。系统设定温度为 24°C ，输出波形如图 3 所示，超调量不超过 0.5°C ，在室内暖气大纯滞后环境下，控制品质已相当优良。实际测试表明，系统具有很好的控制效果及很强的鲁棒性。

3 系统软件设计

系统软件部分的设计主要是基于 ARM-Linux，与其他嵌入式操作系统相比，Linux 操作系统具有完整的 TCP/IP 协议，良好的稳定性和实时性，很好的满足了智能控制系统对系统可靠性的要求^[6]；此外，Linux 易于移植裁减、内核小、效率高、源代码开放并有众多的开发者，为系统的开发提供了良好的技术支持。

系统开发首先建立交叉编译环境，然后引导 bootloader，移植操作系统，装载文件系统，开发图形界面，最后编写应用程序。本系统采用 Linux2.6 内核，其具有强大的进程、中断、内存和设备管理功能，支持各种文件系统。系统采用了基于 QT/E 的图形用户界面^[7]，Q/E 延续了 Qt 在桌面系统的所有功能，丰富的 API 接口和基于组件的编程模型使得嵌入式 Linux 系统中的应用程序开发更加便捷。

系统程序流程如图 4 所示，系统应用程序主要由一系列用来实现相应功能的子程序组成，主要包括温度检测程序、ZigBee 无线通信程序、模糊控制程序、GPRS 无线通信程序等。

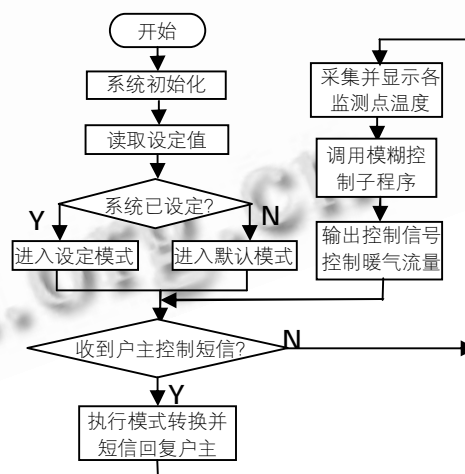


图 4 系统程序流程

4 结束语

本文介绍了一种基于 ARM 的室内智能温度控制系统，给出了详细的系统架构方案，从软、硬件两方面阐述了设计思路和实现方法。系统采用 ZigBee 技术组建小型无线网络，实现了多点温度采集，避免了

(下转第 251 页)

繁琐的布线；采用模糊控制技术，提高了室内温度的控制精度；建立了 QT 用户界面，优化了人机交互环境；采用 GPRS 技术实现了系统的远程控制。本系统弥补了我国北方冬季供暖系统存在的不足，随着我国计量取暖的逐步实施，具有很好的实际运用价值。

参考文献

- 1 韦东山.嵌入式 Linux 应用开发完全手册.北京:人民邮电出版社,2008.87-124.
- 2 孙利民,李建中等.无线传感器网络.北京:清华大学出版社,2005.109-125.
- 3 吕捷.GPRS 技术.北京:北京邮电大学出版社,2001.117-139.
- 4 韩俊峰,李玉惠等.模糊控制技术.重庆:重庆大学出版社,2003.29-56.
- 5 张国良,邓方林.模糊控制及其 Matlab 应用.西安:西安交通大学出版社,2005.43-61.
- 6 周立功,陈明计等.ARM 嵌入式 linux 系统构建与驱动开发范例.北京:北京航空航天大学出版社,2006.67-89.
- 7 倪继利. QT 及 Linux 操作系统窗口设计.北京:北京工业出版社,2006.156-187.