

基于模糊PID控制的温控系统设计

闫孝姮,李文江,李 琨

(辽宁工程技术大学 电气工程系,辽宁 阜新 123000)

摘要: 渗碳炉是一个非线性、时变和分布参数的系统,用精确的数学模型表示其特性较为困难,将带有自整定功能的模糊控制算法引入传统的渗碳炉温度控制系统,从而构成了智能模糊控制系统。针对带有自整定功能的模糊控制比例积分微分(PID)算法的计算参数多,一般低速 CPU 不能实时处理的情况,采用 S3C44BOX CPU 芯片解决。详细介绍了系统的硬件组成及结构,系统软件设计采用面向对象程序,给出了主控制模块的设计流程。实验证明,在自适应模糊 PID 算法的控制下该系统的稳态精度可达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。

关键词: 模糊 PID 控制; ARM 控制器; S3C44BOX CPU

中图分类号: TP 273

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2006)11-0091-03

渗碳过程工件质量主要取决于温度的控制,当今市场中成型的产品均为以单片机为控制器的温控器,而一般单片机的速度较慢,更重要的是其ROM 和 RAM 空间较小,不能运行较大程序,因为基于多任务的操作系统需要的任务堆栈很多,需要的 RAM 空间很大,故其在发展上受到很大限制^[1]。再考虑到开发环境上,DSP 需要开发用的仿真器,其价格较昂贵,故也排除了 DSP。ARM 系列的 ARM7TDMI 核嵌入式处理器现在应用较多,其价格比较低,性价比较好,同时还拥有免费的开发工具 ARM SDT,配以简单的 JTAG 仿真器,就可运行嵌入式开发,因此本设计选用 Samsung 公司的 S3C44BOX 芯片作为主控制器。

1 温度控制系统模糊控制算法

智能控制算法广泛应用于各种温度控制器的设计中,经过对神经网络控制和模糊控制的研究后本设计最终选定采用模糊自整定比例积分微分(PID)控制算法。大量理论研究和实践也充分证明了用模

糊自整定 PID 控制渗碳炉温度是很好的解决方法。它不仅能发挥模糊控制的鲁棒性好、动态响应好、上升时间快和超调小的特点,又具有 PID 控制器的动态跟踪品质和稳态精度^[2]。因此,在温度控制器设计中,采用 PID 参数模糊自整定复合控制,实现 PID 参数的在线自调整功能,可以进一步完善 PID 控制的自适应性能,在实际应用中也取得了较好的效果。

2 Samsung S3C44BOX 芯片简介

S3C44BOX 是 Samsung 公司为手持设备和一般类型应用提供高性价比和高性能微控制器解决方案的 16/32 位 RISC 处理器。它采用了 ARMTTDMI 内核、0.25 μm 的 CMOS 标准宏单元和存储编译器。它的低功耗、精简和出色的全静态设计特别适用于对成本和功耗敏感的应用。同时 S3C44BOX 还采用了一种新的总线结构,即 SAMBA II (Samsung ARM CPU 嵌入式微处理器总线结构)^[3]。

S3C44BOX 除了具有 ARM 7 系列处理器的优点,还具有丰富的片上资源,其内部组成如图 1 所示。

收稿日期:2006-01-17;修回日期:2006-03-08

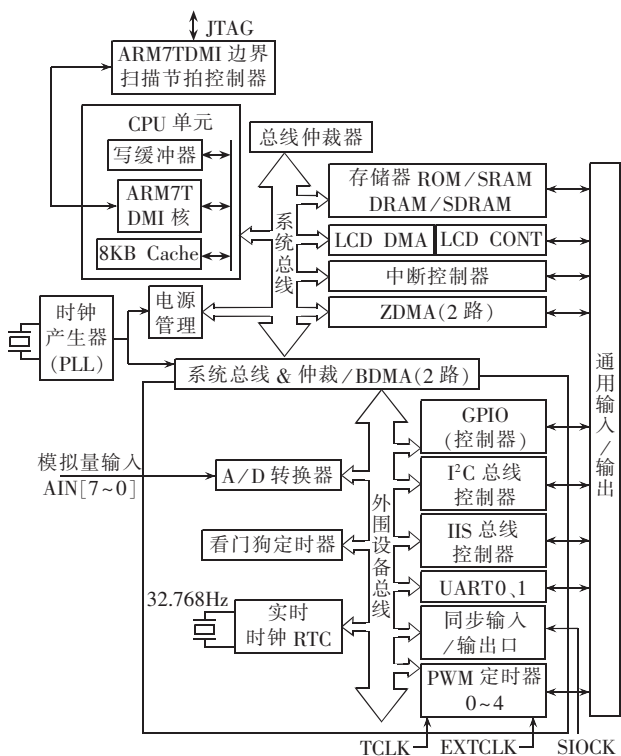


图 1 S3C44BOX 内部结构图

Fig.1 The inner structure of S3C44BOX

3 温度控制系统硬件设计

温度控制系统硬件主要由模块组件组成^[4]。系统硬件的总结构图如图 2 所示。

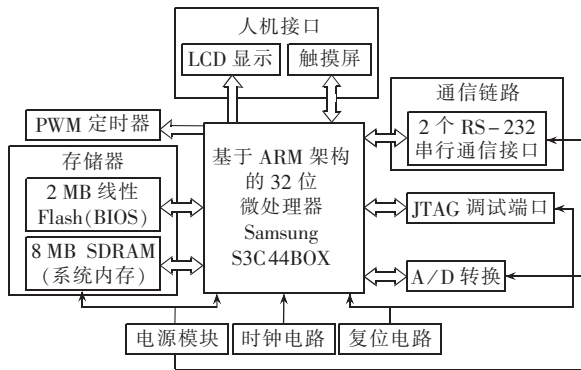


图 2 温度控制器硬件系统结构图

Fig.2 The hardware architecture of temperature control system

电源模块为 S3C 44BOX 及其他需要供电的外围电路供电^[5]。复位电路可完成系统上电复位和在系统工作时按键复位。时钟电路为系统提供工作时钟。温度传感器输出的模拟信号(经抗混滤波器组,滤去信号中的高频成分),并使后续的 A/D 采样满足采样定理。预处理的信号经 A/D 转换后,变为数字信号。

中央处理单元采用 32 位的 ARM 架构微处理器 S3C44BOX,整个温度控制系统是围绕其进行设计的^[6]。

S3C 44BOX 作为处理器,其外部扩展存储器包含 SDRAM 和 Flash 2 部分^[7],SDRAM 存储器作为系

统运行时的主要区域,系统及数据、堆栈均位于 SDRAM 存储器中,SDRAM 的扩充弥补了微处理器内部 RAM 容量小的缺陷,可大幅提高程序运行速度,并为软件升级预留空间^①。Flash 存储器可存放已调试好的应用程序或其他在系统掉电后需要保存的数据等^②。PWM 定时器发送给三相晶闸管适当的脉冲信号,进而使晶闸管的门极触发,以达到控制渗碳炉温度的目的^{③[8]}。

人机接口由液晶显示屏、触摸屏组成,可为操作人员提供良好的操作环境。本设计选择 Casio CMD 520TT00-C1 型 LCD(5.1 吋,320×240 像素,电源电压 3.3 V),可直接和 S3C 44BOX 相连。触摸屏选为 ALPS LFUBK 909 STN(四线电阻式触摸屏,320×240 像素,5.2 吋)。通信链路为一路 RS-232 串行通信接口。通信口是 S3C 44BOX 自身的 DART 接口,具有高速、接口方便的特点,主要功能是用于测试系统和计算机的通信。JTAG 接口可对芯片内部所有部件访问,通过该接口可对系统调试、编程等^[9]。

4 系统软件设计

本系统软件设计采用面向对象的模块化程序设计方法。设计程序由主控、数据采集、数据处理、滤波、数据显示、控制算法及一些通用定点、浮点数运算子程序等模块组成。下面简要介绍主控模块。主控模块程序主要由 S3C 44BOX 的初始化、定时器的初始化以及一个循环控制结构组成^[10]。

程序开始执行时,首先设置堆栈指针,建立一个软件堆栈区;由于 S3C44BOX 的 I/O 口多为复用模式,因此需要对 I/O 口控制寄存器进行设置,选择工作方式;程序还需设置内置看门狗,以保障软件可靠运行。CPU 的高速输出器 HSO 用于按程序设定的时间产生中断,这就是软件定时器。系统采用软件定时器中断,以定时器 1 作为时间基准,对 HSO 寄存器进行设置;同时对外围芯片及触摸屏显示器进行初始化。其程序流程框图见图 3。

系统中利用一个软件定时器产生定时中断,它

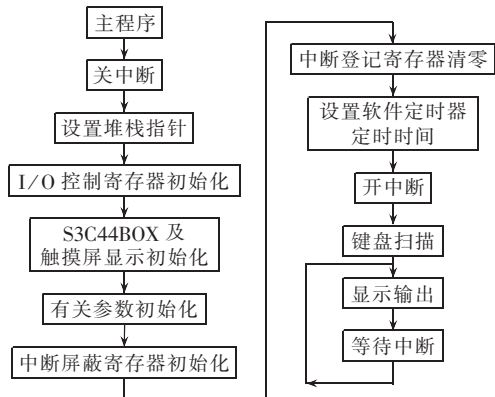


图 3 温控系统软件主程序流程图

Fig.3 The main flowchart of system software

① Hynix 公司. SDRAM 芯片 hy57v 641620HG 应用手册.

② SST 公司. Flash 芯片 SST39VF160 应用手册.

③ 杭州立宇电子有限公司. S3C44BOX 芯片中文数据手册,2005.

决定了模糊控制算法的采样速率,图 4 是软件定时器中断服务程序的流程图,该程序是控制系统的核心软件。

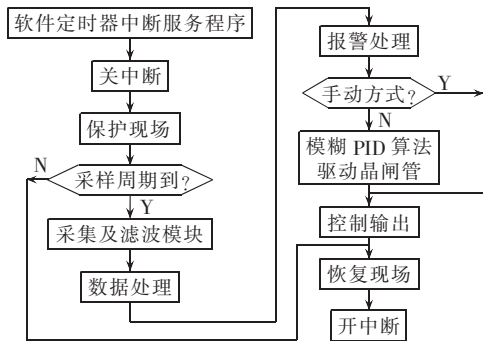


图 4 中断服务程序流程图

Fig.4 The flowchart of interrupt service program

在该程序中,要完成 AD 采样、滤波、数据处理、越限报警等任务,同时确定操作方式(手动或自动),根据要求调用相应的控制算法,通过算法获得所要求的控制电压驱动三相晶闸管,最后返回主程序^[11]。各功能由相应的功能模块完成。

5 结论

本文通过对渗碳工艺、智能控制算法及相关温度控制器的深入研究,设计出了一整套的温度控制系统,包括其系统软硬件组成结构。通过本次温控系统设计,使温度控制精度得到很大提高。实验证明,系统在自适应模糊 PID 算法的控制下运用 ARM 控制器系统的稳态精度达到 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。

参考文献:

- [1] 吕颖,陈阳. 微机控制系统在井式渗碳炉上的应用[J]. 应用能源技术,2001(1):36-40.

LÜ Ying, CHEN Yang. The application of microcomputer control system to the phreatic model carburizing furnace[J]. Applied Energy Technology, 2001(1):36-40.

- [2] 陶永华. 新型PID控制及其应用[M]. 2版. 北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 马忠梅,马广云,徐英慧,等. ARM 嵌入式处理器结构与应用基础[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] 金凯鹏,单海校. PID 控制器在常压填料塔温控系统中的应用[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2000,20(1):74-76.
- JIN Kai-peng, SHAN Hai-xiao. Application of PID control to temperature control system of material filling tower[J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Nature Science, 2000, 20(1):74-76.
- [5] 贾小涛,陈章龙. 嵌入式处理器 Strong ARM 的开发研究[J]. 计算机工程,2002,28(8):240-242.
- JIA Xiao-tao, CHEN Zhang-long. The research and development of embedded microprocessor Strong ARM[J]. Computer Engineering, 2002, 28(8):240-242.
- [6] 王田苗. 嵌入式系统设计与实例开发:基于 ARM 微处理器与 C/OS-II 实时操作系统[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [7] 桑楠. 嵌入式系统原理及应用开发技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [8] 刘景艳,王玉中. 双向晶闸管在渗碳炉控制系统中的应用[J]. 工业加热,2004(2):45-46.
- LIU Jing-yan, WANG Yu-zhong. The application of bipolar thyristor to the carburizing furnace control system[J]. Industrial Heating, 2004(2):45-46.
- [9] 黄俊,王兆安. 电力电子变流技术[M]. 3版. 北京:机械工业出版社,2000.
- [10] FURBER S. ARM system-on-chip architecture[M]. 2版. 田泽,于敦山,盛世敏,译. 北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [11] 谭浩强. C 程序设计[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,1999.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:



闫孝姮

闫孝姮(1984-),女,辽宁鞍山人,硕士研究生,研究方向为控制理论与智能检测(E-mail: xiaohengyan@163.com);

李文江(1951-),男,辽宁阜新人,教授,主要从事智能仪器仪表的开发与应用及电器自动化的科研与教学工作;

李 琨(1983-),男,山东泰安人,硕士研究生,研究方向为控制理论与智能检测。

Design of temperature control system based on fuzzy PID control

YAN Xiao-heng, LI Wen-jiang, LI Kun

(Department of Electrical Engineering, Liaoning Technology University, Fuxin 123000, China)

Abstract: Carburizer is a nonlinear system with time variation and distributed parameters and it is difficult to describe its characteristics by precise mathematic model. Fuzzy control arithmetic with self-tuning function is introduced into the carburizer temperature control system to form an intelligent fuzzy control system. Since there are many calculated parameters in the fuzzy control PID (Proportional-Integral-Derivative) arithmetic with self-tuning function, Samsung S3C 44BOX CPU is selected for real time data processing instead of normal low speed CPU. The structure of the system hardware is presented and the flowchart of the main control program is offered. The system software design applies object-oriented programming. The experiment shows that the static precision is within $\pm 1^\circ\text{C}$.

Key words: fuzzy PID control; ARM controller; S3C44BOX CPU