

文章编号:1009-3907(2008)02-0038-04

基于PID算法的锅炉温度控制系统的实现

于存江, 李克明

(长春大学 电子信息工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要:从软件方面讲述了用PID算法实现锅炉水温自动控制的原理。在控制过程中主要应用AT89C51、555定时器、LED显示器、8255、MAX232等芯片,对锅炉温度控制系统的系统结构进行了介绍,并对PID温度控制系统的工作原理和设计方法做了详细的阐述。

关键词:PID;单片机;温度采集;温度控制

中图分类号:TP273 **文献标识码:**A

0 引言

现代工业生产过程中,用于热处理的加热炉,需要消耗大量的电能,而且温度控制是纯滞后的一阶大惯性环节。现有企业多采用常规仪表加接触器的断续控制,随着科技进步和生产的发展,这类设备对温度的控制要求越来越高,除控温精度外,对温度上升速度及下降速度也提出了可控要求,显而易见常规控制难于满足这些工艺要求。随着微电子技术及电力电子技术的发展,采用功能强、体积小、价格低的智能化温度控制装置控制加热炉已成为现实^[1]。

采用单片机来对温度进行控制不仅具有控制方便、简单和灵活性等优点,而且可以大幅度提高被控温度的技术指标,从而能够大大提高产品的质量和数量,比过去单纯采用电子线路进行PID调节的控制效果要好的多。

微机控制系统的快速计算、灵活多样的逻辑判断和高效的信息加工能力使自动控制进入了更高一级的领域,提高了生产过程的自动化程度,减少了人工干预,并不断地完善和满足工农业生产和国防科技日益增长的需要。微机控制系统由于具有成本低、体积小、功耗小、可靠性高和使用灵活等特点,因而广泛的应用于工农业生产、交通运输、国防建设和空间技术等各个领域。其控制对象已从单一的工厂流程扩展到企业生产过程的管理和控制。随着微机和单片机的推广使用,实现信息自动化与过程控制相结合的分级分布式计算机控制,使计算机控制技术的水平发展到一个崭新的阶段^[2]。

现在,许多常规的控制仪表和调节器已经为计算机所取代。计算机不断地监视整个生产过程,对生产中的各个参数进行采样,迅速进行复杂的数据处理,打印和显示工艺过程的统计数字和参数,并发出各种控制命令。

温度控制是工业生产过程中经常遇到的过程控制,有些工艺过程对其温度的控制效果直接影响着产品的质量,因而设计一种较为理想的温度控制系统是非常有价值的。

1 锅炉温度控制系统结构

本系统主要由CPU AT89C51、温度检测电路、显示电路、键盘输入电路、温度控制电路、单片机和上位机通信电路等组成。

温度测量采用温度/频率转换电路,直接输送给单片机的数字量,不需要A/D转换器件,受工业现场影

收稿日期:2007-12-26

作者简介:于存江(1968-),男,吉林省长春市人,长春大学电子信息工程学院副教授,硕士,主要从事网络信息监测与管理方面的研究。

响比较小。使用可控硅控制加热回路的通断。没有噪音,通断方便快捷。

PID 控制算法作为软件核心,比例积分微分(PID)调节——比例积分调节会使调节过程增长,温度的波动幅值增大,为此再引入微分(D)调节。微分调节是指调节器的输出与偏差对时间的微分成比例,微分调节器在温度有变化“苗头”时就有调节信号输出,变化速度越快、输出信号越强,故能加快调节速度,降低温度波动幅度,比例调节、积分调节和微分调节的组合称为比例积分微分调节。控制精度比较高。

其系统结构图如图 1 所示:

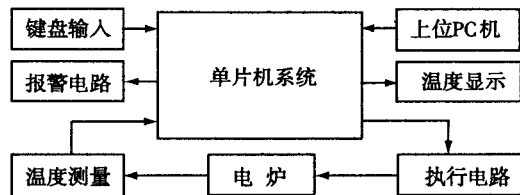


图 1 系统结构图

此系统的优点是:系统的结构较简单,控制精度高,人机界面直观方便,系统的应用十分灵活。

图 1 中系统各部分的功能概述:

(1) 51 核单片机是单片机中最基本的产品,它采用可靠的 CHMOS 工艺技术制造的高性能 8 位单片机,属于标准的 MCS-51 的 HCMOS 产品。它结合了 HMOS 的高速和高密度技术及 CHMOS 的低功耗特征,它继承和扩展了 MCS-48 单片机的体系结构和指令系统。

(2) 温度检测电路部份使用 555 定时器和热敏电阻组成多谐振荡器,频率的大小跟随温度值的改变而改变,直接将温度信息转换成频率信号,用单片机测出频率的大小,从而间接的测出温度值。

(3) 实时的给定温度等显示部分选用了 6 只 LED 数码管,前三位显示实际温度,后三位显示设定温度,使用 74LS244 三态锁存/线驱动器作为数码管的驱动电路,采用动态扫描显示的方式进行温度显示。

(4) 键盘输入部分使用 4 × 4 键盘,主要设 0 ~ 9 的数字设定键,还有几个功能键,如停止加热、开始加热、复位等,在实际应用中可方便地进行操作^[3]。

(5) 温度控制执行部份用一条 I/O 线与可控硅的控制端相连接,并通过程序输出导通脉冲的宽度和导通时间。采用光耦元件 TLP521 在控制部分进行光电隔离,此外采用变压器隔离实现弱强电的电源隔离。

2 锅炉温度控制系统 PID 算法的实现

2.1 主程序流程图

实现锅炉温度控制系统单片机主程序主要完成加热控制系统各部件的初始化和自检、实际测量与控制中各个功能模块的协调以及传输的异步性和实时性要求。

系统在上电复位后,先对温度寄存器、加热控制时间寄存器赋默认值,并进行清除超温、低温标志,设置定时器、串口工作方式及中断系统的工作方式等初始化工作。

由于 AT80C51 单片机没有停机指令,可以利用主程序设置死循环反复运行各个任务。把有实时的子程序(显示扫描、按键扫描、加热控制和 PC 机通信)放在最内层循环中,计算其运行一次占用的 CPU 时间,然后根据温度检测定时的间隔时间,计算出该循环的循环次数。本系统中每运行一次有实时要求的子程序(显示扫描、按键扫描、加热控制和 PC 机通信)约占用 5ms 的时间,运行测温子程序的时间间隔为 0.5s,那么循环次数应约为 100 次^[4]。图 2 为主程序流程图。

2.2 温度采集子程序

温度检测函数的功能是把 INTO 口所接的测温电路所测的频率检测出来,

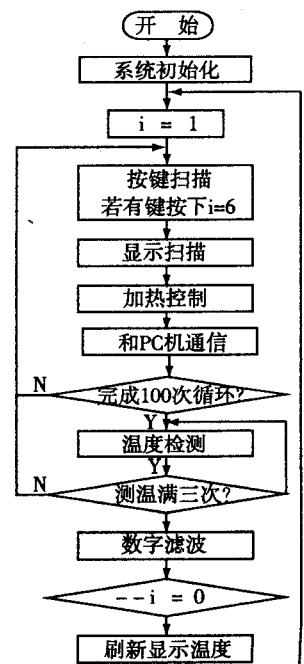


图 2 主程序流程图

并转换为相应的温度值,传送给主函数。基本原理是将温度/频率转换电路测得的频率与事先建立好的温度/频率表进行比较,查找出与该频率相应的温度值,把温度传给主函数。本程序分为测量频率函数、查表测温函数^[5]。

测量频率函数 本函数的功能是把外中断 INT0 所接的测温电路所产生的频率测量出来,为查表测温函数提供实际频率参数。

单片机使用外中断 INT0 各计时器 T0 检测输入频率的大小,为了减少测量系统的误差相对值和随机误差对测量精度的影响,程序中取 100 个方波为周期作为测量结果,使用静态变量 px0count 进行外中断的读数,在测量开始时,我们给 px0count 赋值 2 是为了让频率测量有准确的起点。

另外,为了区分测频的开始和结束,还使用了测频开始标志位 T0tst 和测频完成标志位 Testok。图 3 为频率测频函数程序流程图。

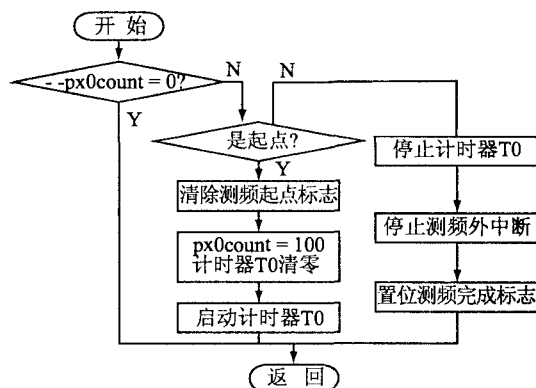


图3 测频函数流程图

2.3 PID 控制算法的实现

对温度的控制算法,采用技术成熟的 PID 算法,对于时间常数比较大的系统来说,其近似于连续变化,因此用数字 PID 完全可以得到比较好的控制效果。

简单的比例调节器能够反应很快,但不能完全消除静差,控制不精确,为了消除比例调节器中残存的静差,在比例调节器的基础上加入积分调节器,积分器的输出值大小取决于对误差的累积结果,在误差不变的情况下,积分器还在输出直到误差为零,因此加入积分调节器相当于能自动调节控制常量,消除静差,使系统趋于稳定。积分器虽然能消除静差,但使系统响应速度变慢。进一步改进调节器的方法是通过检测信号的变化率来预报误差,并对误差的变化作出响应,于是在 PI 调节器的基础上再加上微分调节器,组成比例、积分、微分 (PID) 调节器,微分调节器的加入将有助于减小超调,克服振荡,使系统趋于稳定,同时加快了系统的稳定速度,缩短调整时间,从而改善了系统的动态性能,其控制规律为:

$$u = K_p \cdot \left(e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right) + u_0, \quad (1)$$

单片机是一种采样控制,它只能根据采样时刻的误差值计算控制变量,不能直接计算公式中的积分项和微分项,采用数值计算法逼近后,PID 的调节规律可以通过数值公式

$$u = K_p \left[e_i + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^i e_j + \frac{T_d}{T} (e_i - e_{i-1}) \right] + u_0, \quad (2)$$

计算,如果采样取得足够小,这种逼近可相当准确,被控过程与连续过程十分接近。我们变换上式(2)得:

$$u = u_{i-1} + u_i = u_{i-1} + K_p \cdot [\Delta e_i + I \cdot e_i + D \cdot \Delta^2 e_i], \quad (3)$$

把 $\Delta e_i = e_i - e_{i-1}$, $\Delta^2 e_i = \Delta e_i - \Delta e_{i-1}$ 带入上式得:

$$u = u_{i-1} + K_p \cdot [(e_i - e_{i-1}) + I \cdot e_i + D \cdot (e_i - 2e_{i-1} + e_{i-2})], \quad (4)$$

式中 $e_i = W - Y_i$, W 为设定值, Y_i 为第 i 次实际输出值, K_p 为比例系数,积分系数 $I = T/T_i$,微分系数 $D = T_d/T$, T 为采样周期,以(4)式来编程比较方便。

用 PID 控制算法实现锅炉温度控制是这样一个反馈过程:比较实际炉温和设定炉温得到偏差,通过对偏差的处理获得控制信号,再去调节炉子的加热功率,从而实现对炉温的控制,由于电阻炉一般都是下一阶段对象和带纯滞后的一阶对象,所以式中 K_p 、 K_d 和 K_i 的选择取决于电阻炉的响应特性和实际经验。

本程序先将用户设定温度和锅炉实际温度 T 比较,计算出偏差 e_i ,然后分两种情况进行计算控制变量:

(1) e_i 大于等于设定的偏差 e 时,由于积分控制器使系统响应速度变慢,不采用积分控制器调节,直接使用 PD 调节,获得比较快的动态响应,计算 Pd 和 Pp ,最终得到控制量获得比较快的动态响应。

(2) e_i 小于设定的设定的偏差 e 时,正常的分别计算 Pi 、 Pd 和 Pp ,然后根据算法公式计算出控制变量。

流程图如图4所示。

2.4 可控硅触发控制

要实现温度的控制,只有算法程序是不够的,必须要对温度控制的执行器件进行控制,这样PID算法的控制规律才能得到实现。通过控制可控硅触发信号时间,则可以控制加热时间,就实现了温度的控制。

在市电过零的时候,由PID算法算出的控制参数(u),查找根据经验设定的加热时间表格,给定时器T1赋值,以确定可控硅的导通时间,然后打开定时器T1,当T1中断时给可控硅输出触发信号,延时保证触发信号的脉冲宽度,然后关闭可控硅输出触发信号。完成一个周期的加热控制。

PID算法函数 void PID(void)

根据误差的大小算出晶闸管开通时间

```

----- */
void PID()
{
uchar Ctrltab[20] = {8,15,20,40,50,60,70,80,100,120,140,160,180,
200};
//控制时间参数表
kp = 200;
kd = 3;
ki = 10; //初始化PID参数
tempv = controlnum;
temppv = T; //读入实际、设定温度
e2 = temsv - temppv; //计算误差
e0 = e1;
e1 = e2;
u0 = u; //误差及输出量的转赋
P = e2 - e1; //计算P值
D = kd * (e2 - 2e1 + e0) //计算D值
if (e2 >= 50) I = kp * e2; //判断采用PD还是PID控制
else I = 0;
u = kp(P + I + D) + u0;
controltime = ctrltab[u]; //查表赋控制时间
}

```

3 结论

以自整定PID控制算法为基础,以AT89C51单片机为核心的电炉温度控制系统,能够进行较复杂的数据处理和复杂控制功能的智能控制器,既可与微机配合构成控制系统,又可作为一个独立的单片机控制系统,具有较高的灵活性和可靠性。单片机根据输入的各种命令,进行智能算法得到控制值,输出脉冲触发信号,通过过零触发电路驱动双向可控硅,从而加热电炉。

本文提出的基于自整定PID控制算法的控制系统具有真正的智能化和灵活性,有自动检测、数据实时采集、处理及控制结果显示等功能,对提高电炉温度的控制精度具有较好的意义。

参考文献:

[1] 刘华东. 单片机原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005:230-255.

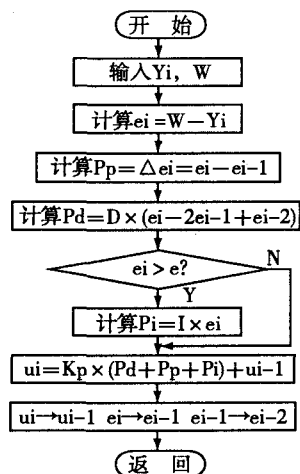


图4 PID温度控制算法流程图

在本项目的实践过程中也遇到了一些棘手的问题,经过开发人员的不懈努力,都一一给予了解决。比如,如果在网页上的一个编辑框内输入的文字中包含汉字,那么在它传送的 JSP 中用参数形式所获得的这段文字就常常会出现乱码。这是因为 Tomcat 对中文的支持不太好。我们专门写了一个 java 类——JSPInput 解决以上问题。

4 结 语

随着 Internet 的日益普及,基于 web 的辅助教学网站正在世界范围内蓬勃开展。这种教学方式极大地拓宽了教学空间,并启发了教学思路、教学模式和教学方法的合理变革。构建《操作系统》教学网站正是顺乎以上形势。《操作系统》教学网站以其知识的海量、形式多样、时空广泛、应用交互等优点受到广大师生好评。本文仅从建站的实践出发,对基于 web 的教学网站的功能和技术实现进行了初步探讨。

参考文献:

- [1] 张际平. 教育技术应用发展的热点和趋势[J]. 电化教育研究,1999,5(5):3-7.
- [2] 孙钟秀. 操作系统教程[M]. 北京:高等教育出版社,2003:1-11.
- [3] Jose Annunziato, 等著. JSP 速成教程[M]. 闻道工作室,译. 北京:机械工业出版社,2002:3-20.
- [4] 向学哲. JSP 程序设计教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2005:1-10.
- [5] 陈欣, 缪天鹏. 基于 JSP 动态网站的建设[J]. 计算机与数字工程,2004,32(4):94-96.
- [6] 周彩兰, 孙琳, 李素芬. 基于 JSP 的网络数据库连接技术[J]. 计算机技术与发展,2006,16(4):209-214.

责任编辑:钟 声

Design and implementation of interactive teaching website of *Operating System*

SUN Wei¹, FENG Ping²

(1. Administration Office, Changchun University, Changchun 130022, China;

2. Computer Science and Technology Institute, Changchun University, Changchun 130022, China)

Abstract: With computer network and information technology development, the long-distance teaching using the network is carried on and becomes more and more popular. This paper describes the design and implementation of a web-based multimedia integration teaching website of *Operating System*. We have realized an interactive educational model between teachers and students by using this website.

Keywords: operating system; teaching website; Web

(上接第 41 页)

- [2] 徐煜明. 单片机原理及应用教程[M]. 北京:电子工业出版社,2003:329-348.
- [3] 胡大可. 基于单片机 80C51 的嵌入式开发指南[M]. 北京:电子工业出版社,2003:195-240.
- [4] 汪德彪. MCS-51 单片机原理及接口技术[M]. 北京:电子工业出版社,2003:175-216.
- [5] 肖金球. 单片机原理与接口技术[M]. 北京:清华大学出版社,2003:179-220.

责任编辑:钟 声

Realization of furnace temperature control based on PID

YU Cun-jiang, LI Ke-ming

(Electronic Information Engineering College, Changchun University, Changchun 130022, China)

Abstract: This paper explains the principle to realize the automatic control of furnace based on PID. AT89C51, 555timer, LED displayer, 8255, MAX232, etc. chips are used in the system. This paper explains the system architecture of the furnace temperature system and in detail explains the principle of the temperature control system based on PID, and gives its design method.

Keywords: PID; MCU; temperature collection; temperature control