

基于单片机的加工机温度控制系统设计

李元建¹ 杨清林²

(1, 济南职业学院教务处, 山东 济南 250103; 2, 济南职业学院电子系, 山东 济南 250103)

摘要:介绍了基于89C52单片机的加工机温度控制系统。由于控制系统的关键与难点在于温度控制的精度和速度,它直接反映了控制系统的性能。本文研究了加工机的温度特性,在分析了Bang-Bang控制与PID控制特点的基础上,提出增量型PID控制与Bang-Bang控制相结合的方法,以时间最优控制策略对注塑机料筒的温度进行控制。根据此控制策略设计的温度控制系统经验证,控制精度高、成本低、抗干扰性强。

关键词:温度控制;单片机;增量型PID控制;Bang-Bang控制;时间最优

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A

引言

温度控制是食品加工机械控制系统设计中的主要内容之一,其性能优劣直接影响食品加工质量。控制加工温度迅速、准确地达到设定值对于改进产品质量,提高生产效率有着十分重要的意义。

传统的温度控制系统中主要使用常规温控器作为控制设备,致使温控系统结构复杂、可靠性差、精度低、价格高。设计高性能温控系统是食品加工机设计中亟待解决的主要技术问题之一。

控制系统的关键与难点在于温度控制的精度和速度,它直接反映了控制系统的性能。本文给出一种基于89C52单片机,采用增量型PID控制与Bang-Bang控制相结合,温控精度可达±0.5℃,且具有较完善的报警提示、参数修改等功能。经现场使用验证,满足食品加工的要求,且结构简单、成本低、易于实现。

1. 系统硬件设计

温控系统的工作原理为:温度传感器的输出信号经调理电路处理后,在单片机的控制下,经A/D转换采入,与预设温度值比较得出温度偏差值,经PID算法处理得出控制量,控制输出PWM波的占空比,经输出电路控制加热筒加热。现将主要功能电路描述如下:

温度传感器采用Pt100温度变送器,测温范围0~400℃,输出电流4~20mADC, I/V转换电路由125Ω精密电阻构成。限幅滤波器由双向稳压管和RC无源滤波器构成,上限截止频率fk=100Hz。阻抗变换器采用电压串联负反馈的同相精密放大器,放大倍数为4。由LM331 V/F转换器构成高精度、高分辨率且结构简单的A/D转换器^[1]。

键盘电路采用4按键矩阵式键盘结构,设计了多功能复用键,主要用于设定温度值、报警上下限值、PID参数

值等。显示电路采用6位LED数码管构成静态显示,主要用于显示温度实测值、设定值、报警参数以及控制参数等。输出电路原理如图1所示:

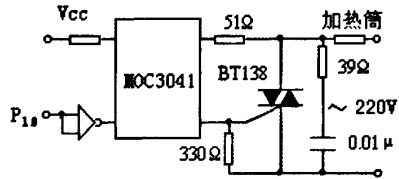


图1 双向可控硅输出电路图

单片机的P1.0输出与控制量相对应的PWM波,经MOC3041实现光电隔离和双向可控硅驱动,从而控制加热筒。

2. 加工机温度特性

研究加工机的温度特性,有助于建立一个合适、准确、实用的控制系统的数学模型。通过采用阶跃响应法对加工机三段进行加热测试,获得如图2所示的温度阶跃响应曲线,其中图(a)为第一段30%加热功率,另外两段输入为零时的三段加工机温度阶跃响应曲线;图(b)为第二段30%加热功率,另外两段输入为零时的三段加工机温度阶跃响应曲线;图(c)为第三段30%加热功率,另外两段输入为零时的三段加工机温度阶跃响应曲线;图(d)为第一段分别输入40%、30%加热功率的温升曲线。对阶跃响应进行模型降阶处理,加热系统可以表示为带纯滞后的一阶响应特性。其模型表达式为:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1} e^{-Ds} \quad (1)$$

式中:K为放大倍数;D为滞后;T为惯性时间常数。

作者简介:李元建(1981—),男,山东潍坊人,济南职业学院教务处助理实验师;

杨清林(1982—),男,山东济南人,济南职业学院电子系助教。

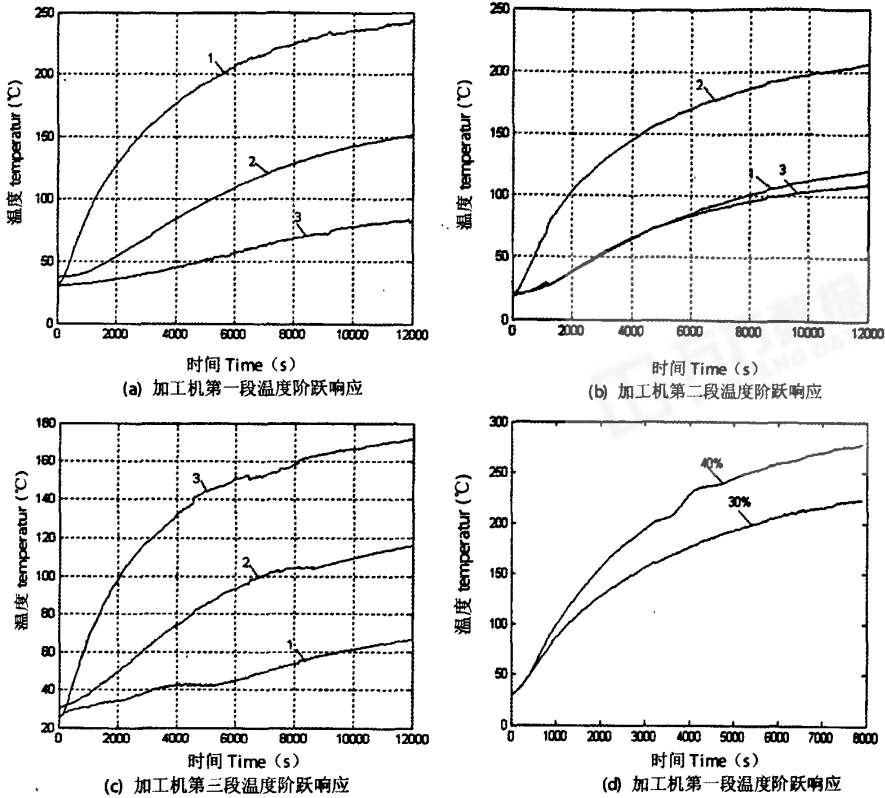


图2 加工机温度阶跃响应曲线

对所获得的曲线,忽略相邻段耦合经辨识得到各加热段机器的温度数学模型。表1为30%功率时辨识出的加工机温度数学模型参数。表2为加工机第一段输入40%和30%功率全功率时辨识出的加工机温度数学模型参数。

表1 加工机各段温度数学模型参数

加热段	K (°C/%P)	D (s)	T (s)
第一段	8	80	2830
第二段	6.7	100	2960
第三段	5.7	90	2400

表2 不同输入功率的温度数学模型参数

加热功率	K (°C/%P)	D (s)	T (s)
30%	8	80	2830
40%	7.4	72	2500

由图2、表1和表2可见,系统时间常数很大,且各段不一样;纯滞后约80s~100s;相邻段的耦合较强;同一段不同加热功率时的模型参数K、D、T都不同,加工机对不同的加热段和不同的加热功率表现出不同的非线性特性。因此,加工机温度特性是一个非线性、大惯性、纯滞后、相邻段耦合较强的多变量系统。

3、系统软件设计与控制策略

目前温度控制常采用完整PID控制或模糊变参数PID控制^[2]。完整PID控制的控制速度慢、精度较差;模

糊变参数PID控制,控制精度高、速度快,但软硬件开销大,成本高,不宜在低成本通用单片机上实现。本文研究了食品加工机加热器的温度特性,在分析了Bang-Bang控制与PID控制特点的基础上,提出了增量型PID控制与Bang-Bang控制相结合的方法,以时间最优控制策略对系统温度进行控制。本控制系统经验证,控制剪度高、成本低、抗干扰性强。

3.1 PID控制

当采用数字控制时,PID控制规律具有较好的控制性能,算法相对简单,内存需要量较小,适合单片机控制系统应用。PID控制的增量型表达式如式2所示。

$$\Delta u(k) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (2)$$

式中:k为采样序号(k=0,1,2...); $\Delta u(k)$ 为第k次采样的计算机输出增量;e(k)为第k次采样的输入误差;e(k-1)为第k-1次采样的输入误差;e(k-2)为第k-2次采样的输入误差;K_p为比例系数;K_i为积分系数;K_d为微分系数,从而可得到控制量:u(k) = u(k-1) + $\Delta u(k)$ 。

系统每2秒计算一次控制量,P、I、D系数分别为:K_p=10, K_i=2, K_d=10,控制周期为2秒。由P1.0口线输出的PWM波的高电平时间Dk1应在每一个控制周期起始时刻更新,Dk1与控制量u(k)的关系如(2)(3)式所示。

$$D_u = \begin{cases} 0 & u(k) < 0 \\ T & u(k) > 200 \\ (u(k)/200)*T & 0 \leq u(k) \leq 70 \end{cases} \quad (2)$$

$$D_u = \begin{cases} 0 & u(k) \leq 0 \\ T1 & u(k) \leq 200 \\ (u(k)/200)*T & 0 \leq u(k) \leq 70 \end{cases} \quad (3)$$

T表示控制周期,本设计取 $T=2s$ 。输出控制量取在0-200之间, $u(k)/200$ 代表了在一个控制周期内,输出的PWM信号的占空比,当输出为0时,加热器关闭;当输出为200时,加热器全加热。在加工机加热过程中,短时间内系统存在较大的误差,造成积分累积,致使控制信号超过执行器件的有限控制信号范围,系统将产生较大的超调和长时间的波动。可以采用积分分离措施,即积分环节的取舍用一个系数 β 乘以积分环节来描述。根据加工机的实际情况,设定一个积分分离误差阈值 $\varepsilon > 0$ 。当 $|e(k)| > \varepsilon$ 时 $\beta=0$,去除积分作用,采用PD控制;当 $|e(k)| \leq \varepsilon$ 时 $\beta=1$,投入微分环节,采用PID控制。这样,既

保持了积分环节的效果,还减少了超调,可以保证系统的控制精度。

3.2 Bang-Bang控制

开关控制(Bang-Bang控制)是时域中的最佳控制器,其状态迁移的过渡时间最短,可以实现时间最优控制,但Bang-Bang控制很难保证足够高的控制精度。

3.3 加工机温度控制策略

注塑机的温度控制要求有较高的精度和速度,鉴于以上分析,控制策略宜采用Bang-Bang控制和线性控制(如PID控制)相结合的时间最优控制方式。即当偏差或偏差的变化量大于某设定值 ξ 时,采用Bang-Bang控制来提高控制系统的响应速度,使系统在短时间内克服很大的干扰;当误差小于或等于 ξ 时,采用PID控制来消除残差,提高控制精度。

4. 控制策略的软件的设计

料筒温度控制采用Bang-Bang控制和增量型PID控制相结合的时间最优控制策略,在KeilC uVision3下进行C语言开发设计,其控制算法软件流程图如图3所示。

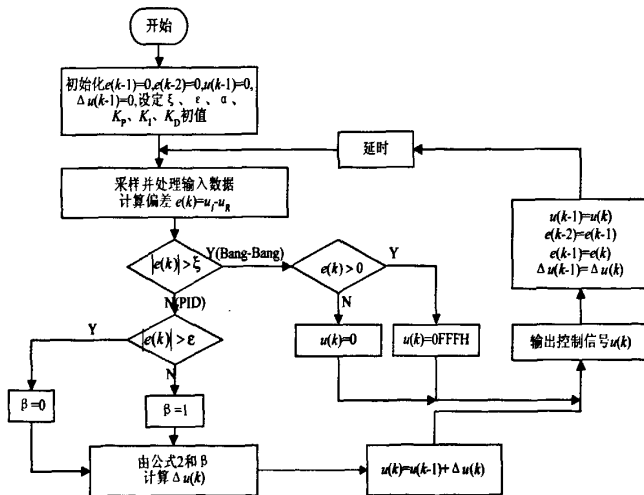


图3 控制策略流程图

总之,当偏差 $|e(k)|$ 比较大时,系统采用了增量型PID控制策略。在加工机控制系统中,考虑到加热控制的速度,

当误差达到一定值时,为了加快调节速度,同时采用了Bang-Bang控制策略。

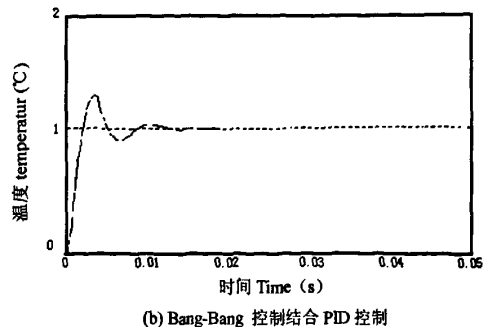
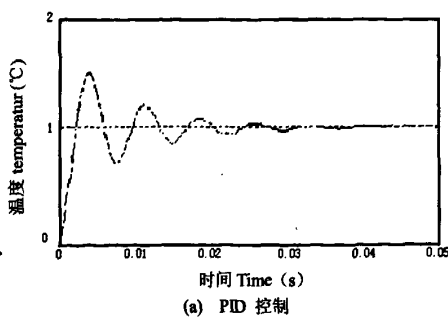


图4 控制器的阶跃响应

(下转第57页)

四、实施模块化课程体系存在的主要问题及对策

实施模块化学课程体系主要存在以下两个问题:

1、师资方面

目前我系大部分教师都是从普通高校毕业直接到校任教的,而且到校后就上台给学生上课,缺乏生产实践的锻炼,受传统普通高等教育的影响,强调理论的系统性,教师习惯于“粉笔+黑板”的理论教授,而我们要实施的模块化教学要求教师实施项目式教学,即利用将工程项目及商业案例引入课堂,为学生营造一个模拟的实战环境,这就要求教师少讲理论,多讲操作,强调实训为主要教学手段,注重对学生动手能力的训练,教师不仅要向学生传授专业知识,而且还要讲授具体的项目经验。教师要根据自己的专长,选择相应的模块方向进行深入学习和实践锻炼,而且要结合实际商业项目积累项目经验,学院要优先配置计算机专业的师资,每年选送教师进行主攻方向的培训,最重要的是要对双师型教师的项目教学及指导折算相应课时计酬,从而保障教师的工作积极性。

2、实践教学方面

针对实践教学体系不完备,实训方式不能满足人才培养需要的问题,我们采取了“搭建公司化办学平台,实岗育人”的措施,具体做法如下:

我们在上饶市江信电脑城选址,并成立上饶市职院信息技术服务有限公司,对外进行计算机技术的服务(计算机组装与维修、办公自动化服务、网站建设与维护、软件服务、计算机网络工程服务等),对内建设成为信息工程系学生的一个实训平台。

公司完全按照现代企业制度进行运作。对于进入公司实习的学生,完全按照企业员工的管理模式进行管理锻炼,使其淡化“实习观念”,强化“工作观念”,让学生承受与普通公司员工相同的工作压力,通过实际工作岗位的培养锻炼,使学生的自身能力获得实质的提高。

五、结束语

模块化课程体系建设是在总结我系近三年教学改革经验的基础上提出的改革思路,该课程体系在实施过程中还会遇到各种问题和困难,但只要认真总结经验,动员更多人的热情参与,充分调动各方面的积极性,这项改革措施一定会达到预期的效果,为高职课程体系建设探索出一条新的道路。

参考文献

- [1]杜文静.计算机专业设置、课程体系及教学方法研究[J].辽宁高职学报,2003,(6):65-67.
- [2]龚小勇.就业导向的模块化动态课程体系[J].职教论坛,2005,(10):13-16.
- [3]万世明.高职院校计算机应用技术专业课程体系设置的思考与探索[J].武汉工交职业技术学院学报,2005,(3):66-68.
- [4]曾文艺,张颜,宋雯彦.浅谈高职院校计算机应用专业的课程设置[J].产业与科技论坛,2006,(9):120-121.
- [5]陈明忠.简论高职高专计算机应用专业的课程设置[J].职业教育研究,2007,(5):82-83.
- [6]郑扬波.高职计算机及应用专业课程设置[J].职业技术教育,2007,(6):25-26.
- [7]熊发涯.以岗位需求为导向计算机应用技术专业课程体系[J].中国职业技术教育,2007,(8):34-35.

(责任编辑:王振平)

(上接第77页)

5. 动态仿真和实验结果

当设定加热温度作为阶跃信号输入时,对两种控制策略在MATLAB中进行仿真,获得如图4(a)(b)所示的控制器的动态响应曲线。从图中可以看到,Bang-Bang控制结合PID控制策略具有更快的响应速度。

6. 结束语

采用89C52单片机实现的食物加工机温度控制系统,用不太复杂的控制策略达到了对温度精确控制的目的,算法有较好的强壮性,该控制方法在控制精度和速度上优于完整的PID控制,而成本低于模糊变参数PID控制。根据文中控制策略设计的加工机温度控制系统,经

过实验室调试以及现场应用验证,控制精度高、速度快、成本低,运行稳定。

参考文献

- [1]李华.MCS-51系列单片机实用接口技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1993.
- [2]陈林等.微机模糊控制与监控系统[J].武汉科技大学学报,2000,(6).
- [3]方崇智,肖德云.过程辨识[J].北京:清华大学出版社.1988.

(责任编辑:王振平)

基于单片机的加工机温度控制系统设计

作者: [李元建](#), [杨清林](#)
 作者单位: [李元建\(济南职业学院教务处, 山东, 济南, 250103\)](#), [杨清林\(济南职业学院电子系, 山东, 济南, 250103\)](#)
 刊名: [济南职业学院学报](#)
 英文刊名: [JOURNAL OF JINAN VOCATIONAL COLLEGE](#)
 年, 卷(期): 2008, (4)
 引用次数: 0次

参考文献(3条)

1. [李华](#) [MCS-51系列单片机实用接口技术](#) 1993
2. [陈林](#) [微机模糊控制与监控系统](#) 2000(6)
3. [方崇智](#), [肖德云](#) [过程辨识](#) 1988

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [毛有武](#), [吴树森](#), [罗吉荣](#), [熊国珍](#) [单片机在中频热推弯管机温度控制上的应用 -热加工工艺](#)2003(2)
 介绍了中频热推弯管机温度控制的原理, 设计出以8031单片机为核心温度控制的硬件、软件, 应用表明:系统抗干扰能力强, 温度控制效果好, 能够用于现场生产控制。
2. 学位论文 [张莉](#) [工业烘干箱温度控制的仿真研究及其单片机实现](#) 2006
 本课题主要研究的内容是广东韶钢钢铁集团有限公司设备检修中心的烘干箱温度控制系统, 本文针对烘干箱这一典型的电加热控制对象, 根据其温度上升快、调节时间短的控制要求, 利用模糊自整定PID控制精度高、适应性强的特点, 寻找到一种对大部分大功率加热设备都适用的有效控制方法与策略, 并将该控制方案基于单片机实现。 本文对温度控制系统的特性进行研究, 了解到温度控制系统具有大滞后、参数时变、非线性以及难以建立精确的数学模型等特点以及控制过程中存在种类繁多干扰, 某些因素使控制系统性能不佳, 影响了系统的稳定性, 导致系统的超调量变大, 调节时间大大加长, 甚至出现振荡、发散, 系统的动态品质很差, 仅采用常规PID控制对于复杂的温度控制系统较难达到优良的控制效果, 也不易满足精确的性能指标。因此控制领域内出现了在经典控制理论和现代控制理论的基础上发展起来的智能控制理论。模糊控制作为智能控制领域的一个分支, 其本质是非线性控制和自适应控制, 对于纯滞后的参数时变或模型不太精确的复杂控制系统, 具有较强的鲁棒性。 针对电机检修的工艺特点, 对烘干箱控制要求是调节时间短, 超调量为零, 且稳态误差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 内, 本文分别研究了PID控制、模糊控制和模糊自整定PID控制策略, 并用MATLAB软件对各种控制方案的控制性能和抗干扰能力分别进行了仿真研究, 通过仿真表明模糊自整定PID控制具有模糊控制的灵活性和适应性, 又具有PID控制的高精度性, 对一阶惯性滞后模型适应性较强, 具有很好的鲁棒性和控制效果, 将其用于大部分大功率加热设备, 能达到零超调、调节时间快且稳态误差也非常小的理想效果。 本文将模糊自整定PID控制方法在单片机温度控制系统中实现, 并介绍了以单片机为核心的控制系统的硬件与软件设计。并对所研制的烘干箱箱取了一组实验数据, 实验结果与仿真研究基本吻合, 证明了用模糊自整定PID实现温度控制的效果比较理想。
3. 期刊论文 [储海兵](#), [谭功全](#), [曹亢](#), [任善荣](#), [CHU Hai-bing](#), [TAN Gong-quan](#), [CAO Kang](#), [REN Shan-rong](#) [单片机温度控制实验系统 -仪表技术](#)2007(12)
 介绍以单片机AT89C51为核心的温度控制实验系统, 它使用一线制数字温度传感器DS18B20采集温度, 经过PID算法计算出PWM波控制固态继电器调节热阻丝发热功率, 最终控制被控对象温度, 另外, 该系统还扩展了人机接口和串口通信, 整个系统不但成本低廉, 而且使用和扩展方便, 为广泛深入应用提供了借鉴。
4. 期刊论文 [余真珠](#), [张春堂](#), [YU Zhen-zhu](#), [ZHANG Chun-tang](#) [基于P87LPC764单片机的低成本温度控制仪表设计 -自动化技术与应用](#)2006, 25(10)
 温度是与人类的生活和生产密切相关的物理量, 从日常生活到工业生产各个领域都离不开温度的测量和控制, 本文以Philips公司的P87LPC764系列单片机为核心, 设计了一款温度控制仪表, 其控制性能大为改善, 并且相对国外同类产品其成本大大降低。
5. 学位论文 [董辉](#) [8098单片机温度控制仪](#) 2000
 该设计是以国际流行的16位高性能单片机8098为核心, 应用PID控制规律, 实现了毛 条染色中对染缸温度的控制, 该文介绍了该系统的硬件结构及工作原理, 说明了条染温度控制的工艺特点及控制算法, 并给出程序流程图及部分程序清单。
6. 期刊论文 [张菁](#), [ZHANG Jing](#) [单片机温度控制系统方案的研究 -上海交通大学学报](#)2007, 41(1)
 目前的老式加热炉大多采用动圈式调节炉温控制, 但较低的控制精度限制了其应用范围, 针对该问题不足提出基于单片机的炉温控制方案, 建立了系统数学模型, 并推导出其状态空间方程, 给出了通过调节参数达到目标温度的控制方案, 通过仿真为实验提供了参考的调节参数, 实验表明, 该方案可以取得满意的准确度。
7. 期刊论文 [莫文承](#), [张洪涛](#), [李兵兵](#) [基于P89LV51RD2单片机的温度控制处理系统的设计与实现 -电子元件应用](#) 2008, 10(2)
 介绍了一种基于温度传感器DS1820、单片机P89LV51RD2和SD卡来对温度进行采集、显示和存储的控制处理设计方案与实现方法, 重点介绍了P89LV51RD2的新特性及其SPI工作模式, 给出了P89LV51RD2的管脚连接配置以及SD卡的数据传输过程, 最后简要说明了系统程序的设计流程。
8. 期刊论文 [徐静](#), [曹树坤](#), [XU Jing](#), [CAO Shu-kun](#) [基于单片机的连续烧结炉的多点温度控制 -工业加热](#)2007, 36(3)
 介绍了一种以单片机AT89C52为核心的多点温度控制系统的设计方案; 采用美国TI公司的逐次逼近型A/D转换器TLC2543进行串行数据采集与转换; 同时介绍了系统的软硬件结构, 采用软硬件滤波方法, 抗干扰性强; 节省资源, 可靠实用。
9. 期刊论文 [周铭](#), [王媚芳](#) [单片机在电热油炉温度控制中的应用 -江苏电器](#)2004(6)
 介绍了单片机为核心元件组成的电热油炉温度控制系统, 依据各种工况运行时的状态参数, 自动判断工作状态, 执行相应操作, 实现测温、显示等功能, 给出了系统硬件电路设计, 编制了相应软件, 阐述了提高系统运行可靠性的几种方法。

10. 期刊论文 [沈静桥 基于单片机控制的燃气热水器温度控制设计 - 硅谷2009\(17\)](#)

燃气热水器的安全性和易用性一直是设计者追求的目标:人类也为此做很多尝试,用单片机作控制系统是一种有益的探索.用成熟的MC6805R2作为主控芯片,结合传感器实施温度控制、保护控制实现低成本、高可靠的目的.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jnjyxyxb200804029.aspx

下载时间: 2010年1月6日