



基于 AT91RM9200 的模糊温度测控系统的设计与实现

李向明

(九江职业大学 江西, 九江 332499)

Design and implementation of fuzzy temperature measurement and control system based on AT91RM9200

Lixiangming

(Jiujiang Vocational University Jiangxi, Jiujiang 332499)

Abstract: in view of the unsatisfactory temperature control effect of the traditional PID controller in the actual industrial production process, in order to enhance the processing efficiency and temperature control effect of the temperature measurement and control system, this paper proposes a design scheme of fuzzy temperature measurement and control system based on AT91RM9200 under the premise of considering that the controlled object often has nonlinearity, time variability, complex parameter setting methods and large uncertainty in the industrial production process. At the same time, the simulation experiment of the designed system is carried out, and the simulation results show that the effect of the fuzzy temperature measurement and control system based on AT91RM9200 is quite good.

Keywords: AT91RM9200; Fuzziness; Temperature measurement and control system; Parameter setting mode

摘要: 鉴于传统 PID 控制器在实际工业生产流程里的温度控制成效不太理想, 为增强温度测控系统的处理效能与温度控制效果, 本文在考量工业生产中被控对象常常具备非线性、时变性, 参数整定方式繁杂且存在较大不确定性的前提下, 提出了基于 AT91RM9200 的模糊温度测控系统的设计方案。同时对所设计的系统开展仿真实验, 仿真结果显示基于 AT91RM9200 的模糊温度测控系统的效果颇为良好。

关键字: AT91RM9200; 模糊; 温度测控系统; 参数整定方式

收稿日期: 2025 年 10 月 9 日

中图分类号: TH811

通讯作者: * 李向明, 九江职业大学

在工业生产进程里, 温度作为影响产品质量、设备运行安全以及经济效益的关键参数, 需要在整个生产流程中对其进行严格测量与控制。然而, 工业生产进程中的被控对象常常具备非线性、时变性, 参数整定方式繁杂且存在较大不确定性, 不利于精准构建数字模型, 容易对常规 PID 控制器的性能、参数调节以及运行工况适应能力产生影

响, 进而在实际工业生产现场难以达成最理想的温度控制成效^[1]。有鉴于此, 在 PID 的基础上积极引入模糊控制理念与方法, 构建基于 AT91RM9200 主控制芯片的模糊 PID 温度控制系统, 有效采用模糊 PID 控制算法来提升温度控制效果, 以持续满足工业温度控制的高标准要求。

1 温度测控系统的硬件设计



在基于 AT91RM9200 的模糊温度测控系统中，系统的硬件设计具体如图 1 所示。其中，主控制芯片由 32 位 ARM9 嵌入式微处理器 AT91RM9200 组成，具体的运行原理为：①温度传感器借助温

度检测电路把系统采集的实时温度信号传输给 AT91RM9200；②运用控制算法算出控制信号，并通过 D/A 转换得到输出信号后传至控制执行机构，从而实现自动控温目标。

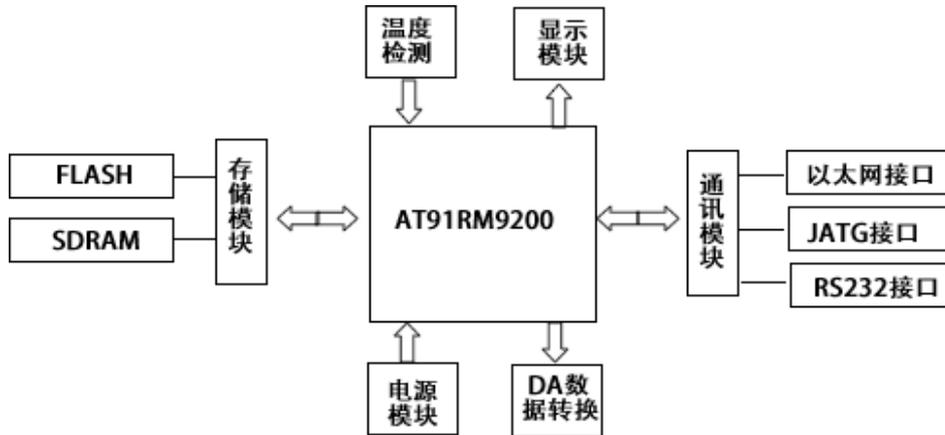


图 1 系统硬件设计框图

1.1 温度测控电路设计

在温度测控系统里，温度检测电路主要承担检测被控对象温度的任务，同时把检测到的温度数据传送给 AT91RM9200 处理器。为了让温度检测部分的结构更为简单，提升温度检测的转换精度与可靠性，本系统的温度检测电路设计要用到 MAX6675 (K 型热电偶温度数字转换芯片)，让 AT91RM9200 的 MISO、SPCK 和 NPCSO 端口与 MAX6675 的 SO、SCK、CS 端口有效连接^[2]。温度检测电路的具体设计图如图 2 所示，其主要遵循的设计原理为：以 AT91RM9200 为基础，在低电平 NPCSO 及 SPCK 口产生时钟脉冲时，脉冲信号会逐步下降，通过 SO 输出一个数据。当 16 个脉冲信号全部实现 D15 高电位、D0 低电位、D14~D3 相应数据转换共 12

位的完整数据输出后，就能获得相应数据，包括：0℃对应的温度值、1023.75℃对应的稳定值、0.25℃的分辨率，且最大值、最小值分别是 4095 和 0。

1.2 存储模块设计

本系统里存储模块的设计主要由三部分组成，包含：NOR Flash 存储启动代码（用于存放系统启动程序与内核）；SDRAM（Linux 内核和用户程序，即操作系统与应用程序的运行空间）；NAND Flash（存储大量数据和应用程序）。其中，依托 32 位数据的 AT91RM9200，以及有机并联 HY57V281620，从而充分达成了本系统 32MB 嵌入式的 SDRAM 存储系统，能满足各类较为复杂的运行算法要求。为保证数据不丢失，需要职员定时刷新 SDRAM 这个存储单元。

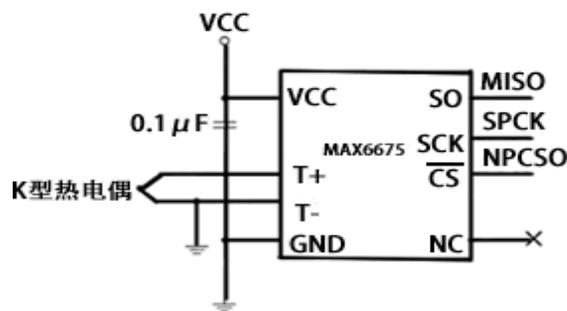


图 2 温度检测电路图

1.3 通讯接口设计

串行口电路、JTAG 电路、以太网接口电路是组成通讯接口的三大要素，以此实现数据下载、系统调试、通信和数据交换。在本系统的通讯接口设计中，主要运用 A91RM9200 的 UART 单元自带的两个独立的异步串行口，DM9161 的以太网物理层接口，以及标准的 JTAG20 针接口，进而完善和升级系统的通讯接口。

1.4 显示模块设计

基于 AT91RM9200 嵌入式系统的图像数据显示主要由 LCD、CRT、TV 来达成，在此前提下本系统的显示模块设计采用 SID13506LCD 控制器来优化。同时，在时钟的显示上采用锁相环芯片 ICS1523（同步信号的视频时钟）来实现 SID13506 的时钟显示功能。

2 温度测控系统的软件设计

2.1 嵌入式 linux 的设备驱动程序

系统中用于处理和操作硬件控制器的软件主要是内核部分里的设备驱动程序，是本系统软件的重要部分，系统内核和硬件设备操作的直接接口也是驱动程序^[3]。本系统要实现嵌入式 linux 的设备驱动程序的设计，具体流程为：①深入了解

设备的工作原理，主动查看原理图；②完成设备号的定义操作；③在驱动程序中对函数进行初始化，以实现注册、卸载；④对所需完成的文件操作进行 file_operations 结构的定义和设计；⑤完成如 read、write 等需求文件操作的调用；⑥在内核处使用 request_irq 来注册，并对所需的设备驱动进行中断服务；⑦在内核中编译驱动程序 / 使用 insmod 命令实现模块的加载操作。

2.2 D/A 数据转换程序设计

数据包的读取方式分为两种：在 Socket 共享内存中读取；在 D/A 共享内存中读取。而选择哪种数据包读取方式又取决于设计 D/A 数据转换程序时的模式选择，手动模式还是自动模式的选用影响着数据包的读取方式。如图 3 所示，是 D/A 程序流程图。

2.3 模糊 PID 控制运算程序设计

如图 4 所示，为模糊 PID 控制运算程序的流程设计图。其设计原理为：在对检测到的温度数据进行处理时，采用模糊 PID 控制算法来达成，以完成模糊控制器的设计，同时将模糊控制表存入 AT91RM9200 位处理芯片中，所需的对应控制量通过查询模糊控制表获得。

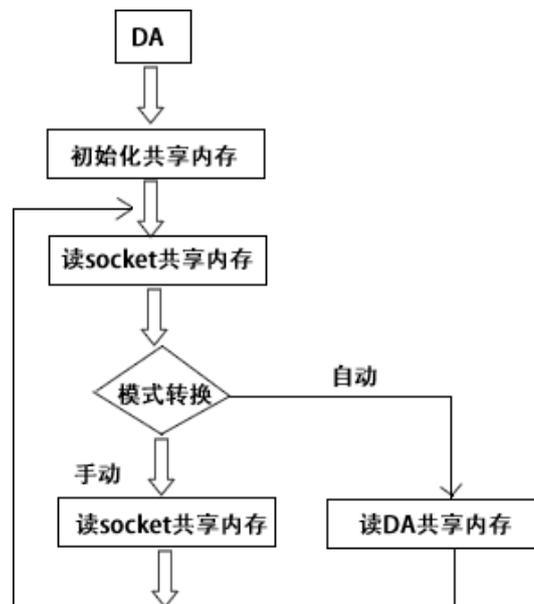


图 3 D/A 程序流程图

3 系统仿真与分析

基于 AT91RM9200 的模糊温度测控系统具有

通用性特点，因此可通过构建仿真实验模型来测试本系统的性能。这里，实验仿真的对象是电厂锅



炉蒸汽温度，在实际检测中获取了 3 组数据，分别是 (-15~+15) °C 范围的气温偏差、(-2~+2) °C / S 范围的气温偏差变化率、(0 - 10) mA 范围的控制

输出。在不改变串级控制系统基本架构的情况下，完成模糊自适应 PID 气温控制系统的设计，使其与传统 PID 控制进行具体的仿真对比。

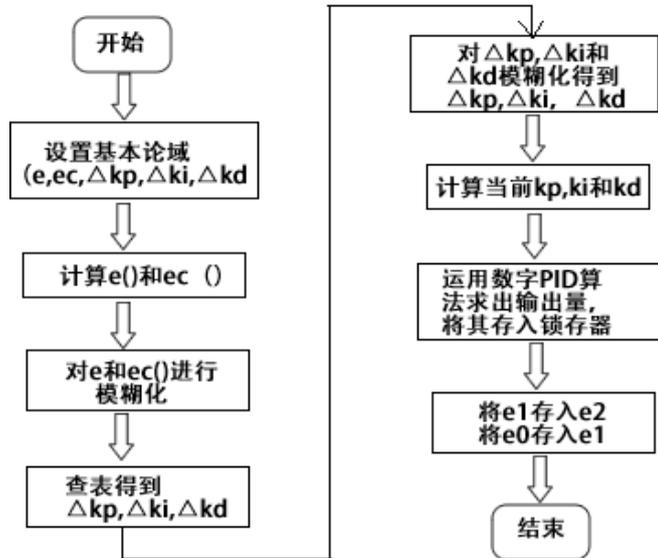


图 4 模糊 PID 控制流程图

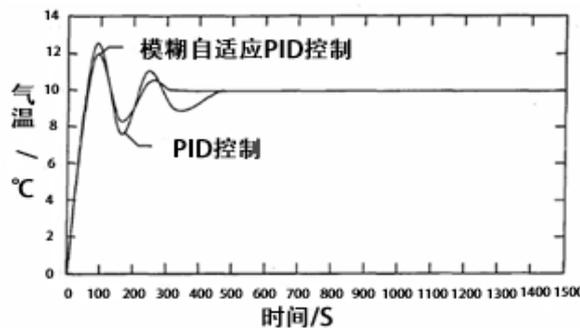


图 5 气温给定值阶跃变化时的气温输出响应曲线

其中，调节对象、副调节器、导前区的传递函数、减温器出口蒸汽温度、过热器出口蒸汽温度的测量单位分别用 $W_{o1}(s)$ 、 $W_{a1}(s)$ 、 $W_{o2}(s)$ 、 $W_{H1}(s)$ 、 $W_{H2}(s)$ 来表示。假设 $W_{a1}(s) = 20$ ， $W_{o1}(s) = 5 / (1 + 10s)^2$ ，且定值信号增加到 1mA 阶跃变化，如图 5 所示，这是模糊自适应 PID 和传统 PID 控制系统的响应曲线^[4]。

在实际运行过程中负荷处于变化状态且会造成各参数的相应变化，于是为明确比较模糊自适应 PID 控制和 PID 控制在参数变化下的响应情况，以系统仿真前的各模型参数为原参数，我们可以将 k （静态增益）、 τ （时间常数）进行变化。从

中可以发现，当系统仿真到 100s 时，将 $\tau = 20$ 改变为 $\tau = 17$ ，此时 $k = 1$ 不变；在稳定系统后，仿真到 900s 时，将 $k = 1$ 改变为 $k = 1.2$ ，此时 $\tau = 17$ 不变。如图 6 所示，这是系统仿真到 1500s 时模糊自适应 PID 控制和传统 PID 控制的响应曲线情况图。

总结仿真结果可知，模糊自适应 PID 控制优于传统 PID 控制的主要表现为小超调量、短调节时间和振荡周期、系统平稳快（在控制对象参数改变时）、系统具备高静态和动态特性。此外，模糊自适应 PID 控制在维持原有简便性和灵活性的前提下，进一步达成了模糊控制的鲁棒性，进而

有效提升了系统控制效果^[5]。

4 总结

综上所述,本文在原本PID的基础上,积极采用模糊PID控制手段与算法、AT91RM9200主控芯片来设计模糊温度测控系统。在完成模糊温

度测控的硬件与软件设计之后,通过构建仿真模型开展了常规PID控制和模糊PID控制的仿真对比。最终的仿真结果显示,基于模糊PID控制手段与算法、AT91RM9200所设计的模糊温度测控系统具备良好的处理能力和控制效果。

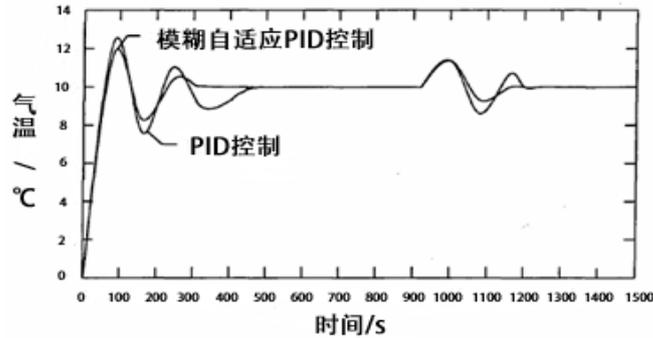


图6 参数变化时气温输出响应曲线

参考文献:

[1] 席作鹏, 闫学文. 基于 AT91RM9200 的模拟量输入驱动程序设计 [J]. 工业控制计算机, 2013, 26(3).

[2] MA Xiao, LIU Jianing, SONG Hongjin. Design and Implementation of SMS Monitoring System Based on AT91RM9200 [J]. Electronic Science and Technology, 2013, 26(1): 27-29, 33.

[3] LUO Zhi-wei, ZHANG Yan-zhen. Research on Remote Temperature Measure and Control System Based on Single Chip

Microcomputer System [J]. Journal of Xiamen University of Technology, 2009, 17(2): 25-29.

[4] Fan Benzhen, Li Zhongshen. Design of multi-channel temperature measuring and controlling system based on ARM [J]. Electronic Test, 2008(10): 28-32.

[5] 张素文, 项希. 基于 ARM 的温度采集与显示系统的设计 [J]. 自动化技术与应用, 2007, 26(6): 123-124, 79.

作者简介: 李向明 (1993 -), 男, 汉族, 江西九江人, 硕士, 九江职业大学讲师, 研究方向: 自动化技术。