

文章编号: 1000-5692(2006)06-0673-05

# 基于 MSP 430 的木材干燥窑测控系统

曾松伟<sup>1,2</sup>, 刘敬彪<sup>1</sup>, 周巧娣<sup>1</sup>, 夏霞<sup>1</sup>

(1. 杭州电子科技大学 电子信息学院, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江林学院 信息工程学院, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 木材是一种复杂的含湿多孔黏弹性生物体, 木材中水分的含量随着树种、树龄和砍伐季节各异。为了保证木制品的品质和使用寿命, 必须采取适当的措施使木材中的含水率降至规定值。在木材干燥过程中, 干燥设备性能、干燥工艺、木材特性等诸多因素, 都对干燥后的木材品质有所影响。将高级单片机技术、自动控制技术应用于木材干燥设备的控制系统, 并提出了控制系统的软硬件设计, 其中硬件部分由传感器组、信号处理电路、MSP 430 F149 微控制器、隔离驱动及其他单片机外围电路组成, 给出了相关参数。软件部分由主程序, 温度、木材含水率数据采集子程序, 数据处理子程序, 查表子程序, 修正子程序, 键盘、显示子程序等部分组成, 给出了主流程图。图 4 表 1 参 17

**关键词:** 林业工程; 测控; 木材干燥; MSP 430; 平衡含水率

**中图分类号:** S781 **文献标识码:** A

木材干燥的自动化控制已成为不可逆转的潮流<sup>[1]</sup>。木材干燥是一个复杂的过程, 包括预处理、干燥和后处理等不同阶段。在干燥过程中, 主要是通过干燥时间和木材实时含水率来判断所处的阶段, 并依据相应的干燥基准控制干燥窑的温度、湿度和木材实时含水率, 通过含水率和所选定的基准确定设定值。将它们与实际值相比较获得相应的偏差, 然后采用相应的控制算法得到调节值, 控制蒸汽阀和喷蒸管的开度以及进、排气门的启闭。由于木材干燥控制系统的纯滞后、非线性和时变性, 难以建立精确的数学模型, 所以需要选择合适的控制方法, 使木材干燥控制系统达到满意的控制效果。目前, 国内外有不少关于木材干燥控制方面的研究, 如以最小化的木材含水率梯度来提高木材干燥品质, 除湿干燥中典型操作运行条件的优化, 基于多级控制结构和干燥模型的控制方式, 以达到最短干燥时间。在控制策略和方法上, 由于开始采用基于微机的木材干燥控制系统, 使各种复杂的控制算法得以实现, 主要有 PID 控制、基于遗传算法的 PID 控制、基于模型的自适应控制、基于神经网络的智能控制和模糊控制<sup>[2~14]</sup>等。文章提出了基于高级单片机 MSP 430 F149 的智能化木材干燥窑测控系统的硬件结构和软件设计, 并给出了部分硬件电路及其参数和主软件流程图。

## 1 硬件电路设计

智能化木材干燥窑数据采集系统的硬件原理如图 1 所示。

### 1.1 检测部分

由于木材干燥窑内各点的温湿度随位置的不同而分布不均匀, 所以为了提高测量精度, 该系统采用多点检测的方式, 如: 2 点温度、2 点平衡含水率和 4 点木材含水率等方式。

收稿日期: 2006-02-27; 修回日期: 2006-08-13

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(M303403)

作者简介: 曾松伟, 讲师, 从事电子信息系统集成研究与设计。E-mail: zsw@zjfc.edu.cn

## 1.2 温度检测

温度传感器采用美国国家半导体公司生产的电压输出型单片集成精密温度传感器 LM35CA (不采用 MSP 430 自带的), 其性能特点有: 测量范围宽 ( $-55 \sim 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 测量精度较高, 电压温度系数为  $10 \text{ mV} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$  且输出电压直接较准在摄氏温标上, 低功耗低输出阻抗且适合远距离测温等。检测电路比较简单, 只需适当地处理并经过 MSP 430 F149 单片机的模数(AD)转换就可得到所需测量范围内的较高精度的温度值。电路如图 1 所示。

## 1.3 含水率检测

含水率检测包括木材含水率和平衡含水率检测。一般采用测量等效电阻的方法来间接测量含水率。由于含水率为  $5\% \sim 95\%$  时对应的等效电阻变换范围较宽(几百兆欧到几千欧), 故信号处理电路中的测量放大器采用高精度自稳零放大器 ICL 7650, 加上 1 片多路模拟开关 CD 4066 和单片机来构成可编程放大器, 从而实现含水率的分段测量。单片机得到该相关数据后, 再采用查表和计算的方法得到含水率值。但为了提高其测量精度, 可根据不同种类的木材, 通过实验方法测得不同的修正系数对前面得到的数值进行修正, 最后得到更精确的含水率值。

## 1.4 主控器

MSP 430 系列单片机是一种超低功耗的混合信号控制器。采用  $1.8 \sim 3.6 \text{ V}$  低电压供电, 高效 16 bit RISC CPU 可确保任务的快速执行, 缩短工作时间, 大多数指令可在 1 个时钟周期里完成。6  $\mu\text{s}$  的快速启动时间可延长待机时间并使启动更加迅速, 降低了电池的功耗。提供的多种存储器选择方式, 简化了各类应用中 MSP 430 的设计。静电放电(ESD)保护, 增强了抗干扰力。带 FLASH 的微控制器可以将功耗降低为原来的  $1/5$ 。这些, 既缩小了线路板空间又降低了系统成本。另外, 开发工具方便, 只要单片机本身具有的接口或片内 BOOT ROM 就可在一台机及一个结构小巧的 JTAG 控制器帮助下实现程序下载, 在线编程和调试。这些特性, 使该系列单片机近年来在工程设计中得到广泛运用。

该系统中采用先进的、超低功耗、有强大的处理能力、系统工作稳定、具有高性能模拟技术及丰富的片上外围模块的 MSP 430 F149 为核心控制芯片, MSP 430 F149 片内带有看门狗(WDT)模拟比较器, 8 通道 12 位 200 kbp A/D 转换器, 6 个 8 位并行端口(P1 和 P2 端口有中断能力), 大量捕获/比较寄存器, 可用于事件计数、时序发生、脉宽调制(PWM)等。系统由 MSP 430 F149 来分配温度、平衡含水率、木材含水率等几个参数的地址并实现自动巡测。如前所述, 由于温度传感器采用直接正比于摄氏温标的电压输出型传感器, 所以温度值只需简单的计算即可获得。而木材含水率则需根据不同的木材种类进行设置、计算、查表和修正等处理后得到。

## 1.5 键盘及显示部分

因为该系统只需少量的按钮, 所以简易键盘电路可以直接连接到 MSP 430 的 IO 口上。显示部分则采用 LM 12864 FBC 液晶模块, 其为  $128 \times 64$  点阵的液晶显示模块, 模块内自带 HD 61202U 液晶显示驱动控制器(2 个), 分别控制显示屏的左区和右区。每一个驱动模块带有  $64 \times 64$  显示存储器, 其中存储的数据直接作为显示内容的驱动信号; 8 位并行数据接口, 可与计算机直接相连接; 整个模块有 20 个外接引脚, 大致分数据引脚、控制引脚和电源引脚 3 种。详细引脚定义见表 1。显示的实现, 就是对显示存储器内容的显示。相应位为 1, 该点阵亮; 相应位为 0, 该点阵无显示。对存储器的读取, 是从头至尾的, 但在屏幕上显示的位置, 是可以设置的。通过对显示起始行的设定来规定显示的位置。该设计中 LCD 用来显示温度和含水率值, LM 12864 FBC 与 MSP 430 的连接电路如图 2 所示。

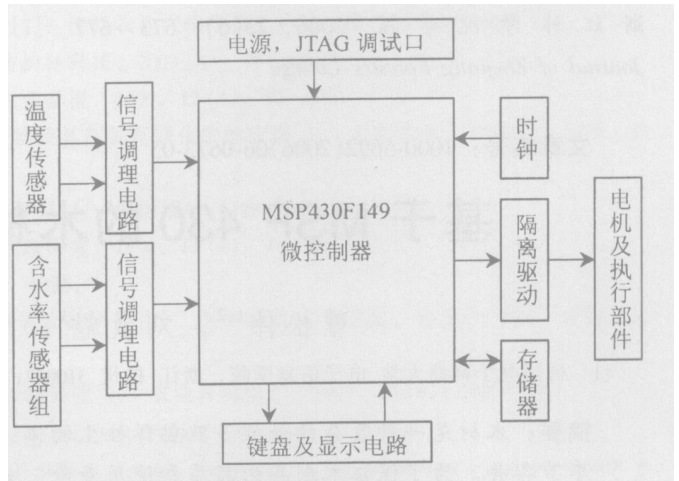


图 1 木材干燥窑测控系统的硬件框图

Figure 1 Hardware graph of wood drying kiln system

表 1 LM 12864 FBC 引脚图

Table 1 Pin Description of LM 12864 FBC

序号	符号	状态	功能
1	CSA	H/L	片选 A
2	CSB	H/L	片选 B
3	GND	OV	电源地
4	Vcc	+5V	逻辑电源正
5	VO	—	液晶显示驱动电源(负)
6	D/I	H/L	H: 数据, L: 指令代码
7	R/W	H/L	读/写选择信号
8	E	H/L	使能信号
9~16	DB0~DB7	三态	数据总线(低到高)
17	A	4.2V	背光灯电源正
18	K	0V	背光灯电源负

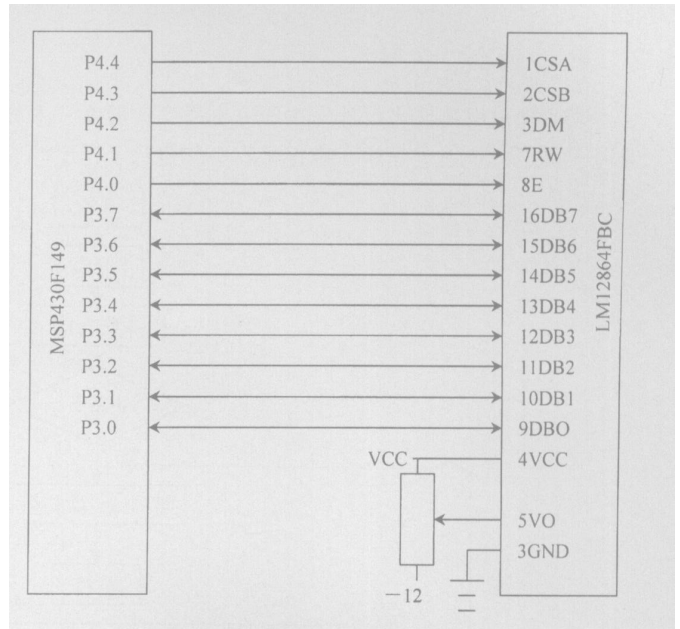


图 2 显示电路

Figure 2 Display circuit

图 2 中 MSP 430 F149 的 P4 口用于连接液晶的控制端，但只用了低 5 位。P4.4 和 P4.3 控制 CSB 和 CSA 片选信号线，P4.2 控制 D/I 寄存器选择信号线，P4.1 控制 R/W 读写信号线，P4.0 控制 E 使能信号线。CPU 通过对 P4 口的操作，实现了对液晶模块的状态寄存器的操作。以 CPU 的 P3 口作为数据端口，与液晶模块的 8 位数据线相连。

### 1.6 隔离、驱动及控制电路

该系统中的电机控制电路采用 SSR 固态继电器来控制，它是一种全电子电路组合的元件，依靠半导体器件和电子元件的电磁和光特性来完成其隔离和继电器切换功能。固态继电器与传统的电磁继电器相比，没有机械，不含运动零部件的继电器，但具有与电磁继电器本质上相同的功能。具有零电压导通，零电流关断，与逻辑电路兼容(TTL, DTL, HTL)，切换速度快、无噪音、耐腐蚀、抗干扰，寿命长、体积小，能以微小的控制信号直接驱动大电流负载等优点，但存在通态压降(需要散热措施)、有输出漏电流、交直流不能通用、触点组数少和成本高等缺点。

实际工作过程中，当温度到达设定值时，MSP 430 单片机发出命令，其 P2.6 输出高电平，使固态继电器工作，接通加热器电源。电路中 F1 为快速熔断器，R8 和 C4 为吸收电路，起保护作用，R9 为压敏电阻，型号为 HEL-25D431。设电动机的额定功率为 1 200 W，则其额定电流为 5.44 A，故选用固态继电器为松下公司生产的 AQR 20A2-2V4，其额定电流为 10 A，可 TTL 驱动。部分电路如图 3 所示。

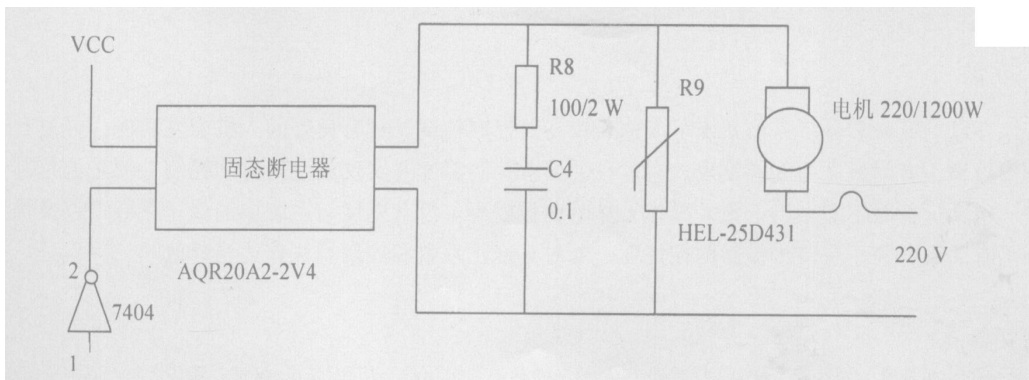


图 3 电机控制电路

Figure 3 Control circuit of motor

## 2 软件设计

该系统采用模块化设计, 主要由主程序, 温度、木材含水率、平衡含水率数据采集子程序, 数据处理子程序, 查表子程序, 修正子程序和显示子程序等部分组成<sup>[15-17]</sup>。主程序流程图如图4。

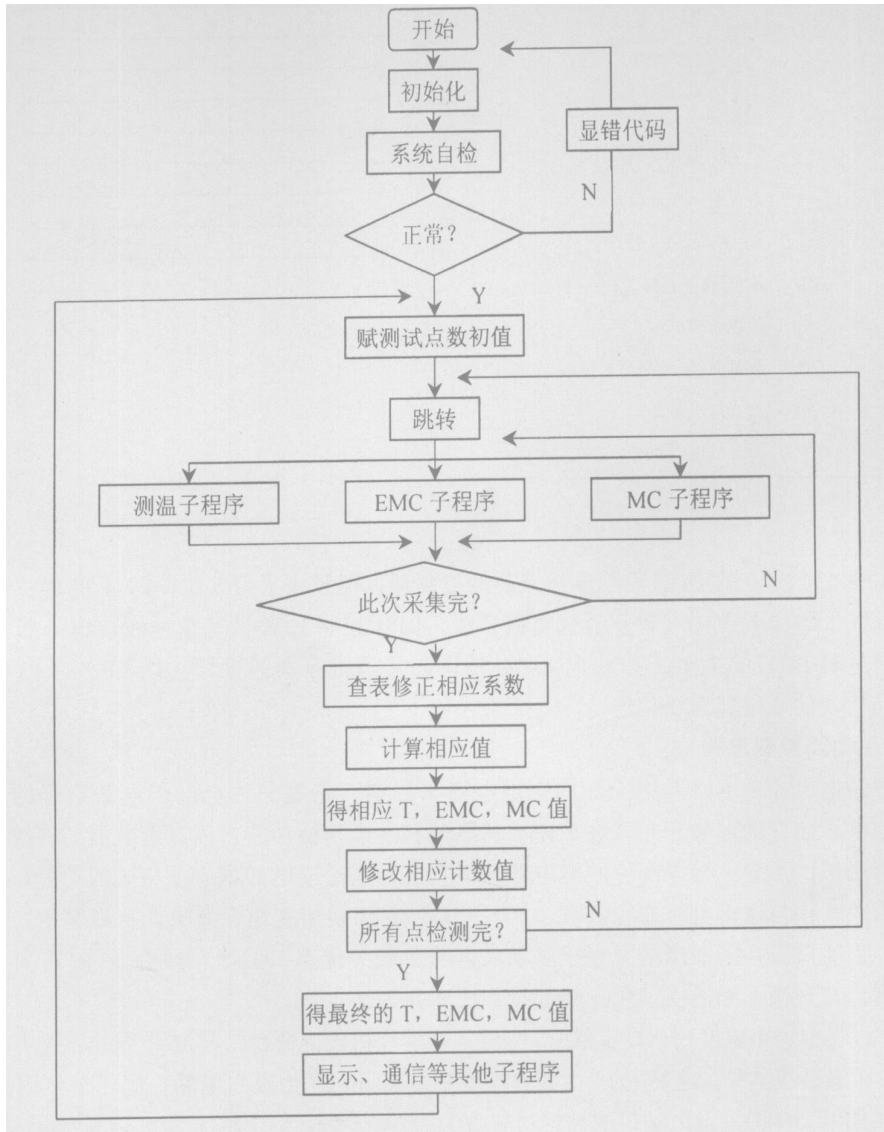


图4 软件流程图

Figure 4 Software flow chart

## 3 结论

综合以上设计和分析, 该系统可以达到较高的控制精度, 具有良好的人机交互功能, 并设有超温和断偶报警, 有问题立即就能发现。通过自动调节控制温度并实现温度的自动控制, 使炉温控制在设定值。正常运行时不需人工干预, 操作人员劳动强度小。但其精度与系统中的修正系数误差及优化控制算法有关系, 为了进一步提高测控精度, 要对其修正系数和控制算法作适当修改。

### 参考文献:

- [1] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP 430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] 邵千钧, 徐群芳, 王伟龙. 木材干燥过程控制策略与方法的研究 [J]. 浙江林学院学报, 2003, 20 (3): 307-310.
- [3] 潘永康. 中国现代干燥技术发展概况 [J]. 通用机械, 2005 (8): 42-43.

- [ 4 ] TARASIEWICZ S, DING F, KUDRA T, *et al.* Fast and slow generation of a multi level control for the wood drying process [ J ]. *Drying Technol*, 2000, **18** (8): 1 709—1 735.
- [ 5 ] 邵千钧, 刘志坤, 张文标. 木材干燥柔性控制系统[ J ]. 东北林业大学学报, 2001, **29** (6): 42—45.
- [ 6 ] 蒋宗良. 木材干燥过程的计算机监控与仿真[ D ]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2001.
- [ 7 ] 邱增处, 于瑛, 李增超, 等. 木材干燥微机控制现状及发展[ J ]. 西北林学院学报, 2001, **16** (2): 93—96.
- [ 8 ] WANG X G, LIU W, GU L Z, *et al.* Development of an intelligent control system for wood drying processes [ C ] // BRUNO S. 2001 IEEE/Asme International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Proceedings. Como: IEEE/ASME, 2001: 371—376.
- [ 9 ] 刘亚秋. 木材干燥窑神经网络控制与仿真[ D ]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2001.
- [ 10 ] 左建华. 干燥窑温度模糊控制策略[ J ]. 木材加工机械, 1999 (3): 15—17.
- [ 11 ] 李纪平. 小型 PLC 网络在木材干燥窑控制系统中的应用[ J ]. 木材工业, 2003, **17** (1): 23—26.
- [ 12 ] 张璧光. 我国木材干燥技术现状与国内外发展趋势[ J ]. 北京林业大学学报, 2002, **24** (5): 262—266.
- [ 13 ] 王磊. 利用计算机实现木材干燥工艺的自动化[ J ]. 信息技术, 2005 (6): 109—110.
- [ 14 ] 赵寿岳. 木材干燥的自动控制[ J ]. 林业科技开发, 1997, **11** (4): 26—27.
- [ 15 ] 甘英俊, 周宏平. 木材干燥窑智能化控制系统的设计[ J ]. 林业科技开发, 2003, **17** (6): 43—45.
- [ 16 ] 王幸之. 单片机应用系统抗干扰技术[ M ]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [ 17 ] 邓建中. 计算方法[ M ]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.

## Hardware and software development for a wood drying kiln system

ZENG Song-wei<sup>1,2</sup>, LIU Jin-biao<sup>1</sup>, ZHOU Qiao-di<sup>1</sup>, XIA Xia<sup>1</sup>

(1. School of Electronic Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China; 2. School of Information Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** Lumber is complex, porous, moist, and viscoelastic. Moisture content in lumber varies with tree-species, tree-age, and felling season. It must be reduced to an acceptable level to guarantee the quality and service life of wood products. During lumber drying, many factors, such as temperature in the drying kiln, real-time moisture content, and circulation rate of hot air in the drying kiln, influence the final wood-product quality. So drying wood efficiently and effectively are important factors. This study used the latest theoretical achievements related to wood drying, and to propose software and hardware program designs. The hardware system was composed of a transducer unit, a signal processing unit, an MSP 430 F149 micro-controller, isolation actuation, and other periphery circuits, while the software system programs included a main program, data (temperature, equal moisture content, and moisture content of lumber) capture program, etc. [Ch, 4 fig. 1 tab. 17 ref.]

**Key words:** forest engineering; acquisition control; wood drying; MSP 430; equal moisture content