

基于时间触发模式的木材干燥智能控制系统设计

侯晓鹏, 周玉成, 张星梅, 安源, 闫承琳

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 针对木材干燥过程多参数、多任务的特点, 开发一种基于时间触发模式的嵌入式木材干燥智能控制系统, 描述该系统的硬件结构组成, 以及在 AVR 单片机上的设计方法。该系统具有在线测量和调节木材干燥参数, 保证所有任务分工协作, 高效运行等功能, 避免因多个系统事件同时响应, 而使某些任务延时或者忽略等问题。

关键词: 时间触发; 木材干燥; 控制系统; 单片机

中图分类号: S781.71; TP27

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2011)02-0004-04

Development of an Intelligent Wood-Drying Control System Based on a Time-Triggered Mode

HOU Xiao-peng, ZHOU Yu-cheng, ZHANG Xing-mei, AN Yuan, YAN Chen-lin

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Lab of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: Embedding sensors inside wood has been more and more widely used in the wood drying process to improve the quality of wood drying and to reduce drying energy consumption. Based on wood drying characteristics, the authors designed an embedded intelligent control system for wood drying. This paper describes the hardware and software structures of the control system and how to integrate it on a microcontroller. The main function of this system includes the capability for on-line measuring and adjusting data by efficiently coordinating and executing all tasks.

Key words: time-triggered; wood drying; control system; microcontroller

木材干燥过程是一个变工况、多参数、难于控制的复杂热工过程。在实际生产中, 木材干燥自动控制系统一般为实时系统, 通常会面临同时应对多种外设、处理多个任务和多个并发事件的要求。虽然事件的发生次序和几率几乎不可预测, 但是控制系统必须在设定的时限内做出响应。

目前木材干燥控制系统仍以 8 位单片机为主要平台, 一般未配备嵌入式实时操作系统。而多任务的操作系统开发平台, 一方面本身具有大量的代码, 另

一方面往往与无线通信、互联网访问以及多媒体处理等功能联系在一起, 故对硬件资源的要求很高。因此, 设计一种可应用于 8 位单片机, 界面简洁、性能稳定、易于调试的多任务调度器, 十分重要。

在嵌入式系统中, 任务的管理和调度, 通常采用事件触发和时间触发两种方式来实现。事件触发方式以事件的发生为核心, 采用多级中断的方法来实现, 其发生的时间具有随机性, 且系统复杂, 开销亦大^[1]。时间触发调度器事先确定系统的各项任务及其执行周期和运行时间, 通过一个全局时钟驱动控制器, 执行多个任务的切换; 系统在同一时刻只处理一个事件, 不仅保证了系统的可靠性, 而且具有程序的可预见性。

收稿日期: 2010-04-20; 修改日期: 2011-01-23

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFINT2009K07)。

作者简介: 侯晓鹏(1981—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

针对上述问题,笔者设计了一种基于时间触发方式,可应用于 ATmega1280 单片机的木材干燥智能控制系统。该系统采用电阻法测定木材含水率,可实时采集干燥窑内的干湿球温度和湿度,并可根据用户的设定要求,对干燥窑内的风机、喷蒸阀、加热阀、湿度发生器和进排气换气阀进行控制,实现多任务调度和木材干燥过程的全自动控制。

1 控制系统的硬件设计

智能木材干燥控制系统的硬件结构如图 1 所示,主要由 4 大模块组成。

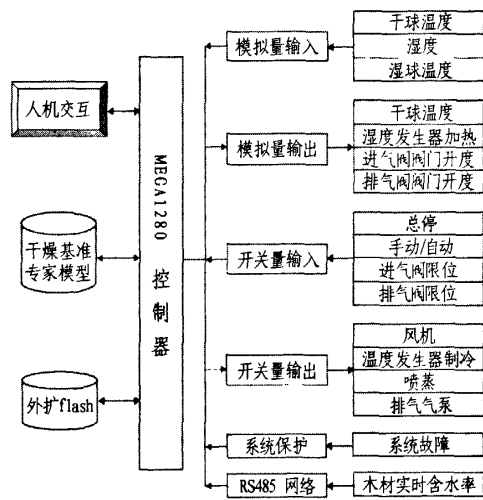


图 1 智能木材干燥控制系统硬件原理
Fig. 1 Hardware structure of the intelligent wood drying control system

1) 系统信号检测、存储与精确控制模块

对木材干燥系统的干球温度、湿度、湿球温度进行实时采集,并根据采集数据计算木材的平衡含水率,实时显示;比较计算采集的数据与设定值之间的差异,并根据结果控制相应部件执行动作,实现系统参数的精确控制;存储采集数据,方便用户对干燥过程进行分析与总结。

2) 系统运行状态的实时监视与控制模块

包括总停、手动、自动、进排气阀的限位开关等开关量信号。通过实时监测开关量信号,判断系统的运行状态,调控交流接触器和继电器等执行相关动作,保证系统按照设定的干燥程序自动运行。

3) 人机交互接口模块

将液晶触摸屏作为系统参数设定的入口,通过串行通信的方式,与 ATmega1280 单片机进行实时数

据交换,实现干燥模式、干燥基准、系统控制方式的选择,干燥工艺的设定,实时数据和历史曲线的显示。

4) 木材含水率的实时采集模块

通过 485 总线与木材含水率采集模块相连接,实时读取干燥窑内木材的含水率。在木材含水率测量的电路设计中,采用分段增益的方法测定全量程含水率。选择 6 个含水率测量点,除去最大值和最小值,取剩余 4 点的平均值,作为木材平均含水率。

根据对微控制器的功能分析,兼顾电路设计的复杂性及成本,系统采用 Atmel 公司 AVR 系列的 ATmega1280 和 ATmega16 单片机,作为智能控制器和木材含水率实时采集模块的微处理芯片。

2 控制系统的软件设计

2.1 时间触发系统调度模式的选择

时间触发式调度器主要有抢占式和合作式两种。

1) 抢占式调度器

有多个活动任务,通过执行“上下文切换”及“关键段保护”来实现任务切换。因为在某一特定时刻,有一个或者几个任务处于活动状态,通常任务的执行顺序不可预测,可靠性较低。

2) 合作式调度器

在某一特定时刻,以周期性或单次的方式调度任务。由于不需要进行“上下文切换”和对计算结果的存储与检索,仅用少量代码即能实现任务的管理与调度,可有效减少系统开销;并且其行为具有可预测性,为项目后期系统调试和系统维护带来方便。

时间触发合作式调度器,通常通过一个硬件定时器来实现调度器各任务切换,所有的任务由时间触发,意味着在调度器运行的过程中,除了定时器中断外,系统不会再有其他的中断。硬件定时器被设置为定时产生一个周期中断信号,中断信号的频率被称为“时间片”,具体数值根据系统要求而设置。

时间触发合作式调度器的主要功能是,唤醒已确定执行时间的任务,其任务调度机制如图 2 所示。

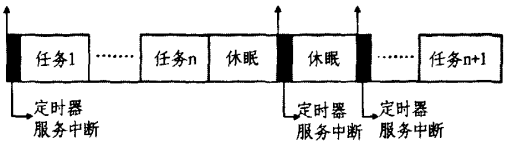


图 2 时间触发合作式调度器工作原理
Fig. 2 Works diagram of time-triggered co-operative scheduler

在工作期间,调度器检查任务链表,根据任务的周期判断是否有任务需要执行。如果有,该任务运行标志位置位,然后在主函数中查询任务链表中的任务运行标志位,如果置位则立即执行^[2]。完成链表检查后,为了节能,CPU 立刻进入休眠状态,直到下一个时钟节拍到来。

由于合作式调度器能够保证在同一时刻,系统中仅一项任务被触发,而且,在任何时刻,系统中均有任务在执行,充分提高了系统的使用效率。因此,智能木材干燥系统选择合作式调度器。

2.2 时间触发式合作式调度器的结构

时间触发合作式调度器的主要组成如下^[3]。

1) 调度器数据结构

调度器数据结构是其核心组成,是一种用户自定义的数据类型,集中了每个任务所需要的信息。对于基于时间触发式的合作式调度器,使用如下的数据结构,可以满足多数嵌入式系统的需要。

```
typedef struct
{ void (* pTask)(void); //任务运行函数
  uint16 Delay; //任务延时时标
  uint16 Period; //任务连续运行时间间隔
  uint8 RunMe; //当任务需要运行时该标志位置 1.
} sTaskH;
```

这种数据结构方式对处理器的要求很低,即使是使用 32 位处理器,每个任务的存储器开销仅有十几个字节。

2) 调度器初始化函数

该函数执行各种重要操作,如贮备调度器队列以及准备错误代码变量,但其最主要的用途是设置定时器,产生驱动定时器的定时时标(时间片),决定调度器中断服务程序的调用频率。

本系统选用 ATmega1280 的 16 位定时器 1,来产生定时时标。

3) 向调度器增加任务的函数

该函数将需要运行的系统任务函数添加到系统任务队列中,保证任务在需要时被调用。调度器数据结构中的所有数据成员,作为添加任务函数的形参,每项任务的信息通过这些形参传递。

4) 从调度器删除任务的函数

系统中有些任务只需在特定的时刻运行一次,在任务运行完成后,即需要调用“删除任务”函数,将该任务从任务队列中删除。

5) 调度器中断服务程序 (Interrupt Service Routines, ISR)

ISR 是调度器的“刷新函数”,由定时器的溢出中断激活。当刷新函数确定某个任务需要运行时,则该任务的 RunMe 标志置 1,被调度程序执行。

6) 调度器系统任务调度函数

在刷新函数中直接运行系统任务函数,当某一个任务函数运行时间过长时,会导致系统时标中断被禁止,所有的系统定时均会受到严重影响,不能正常调度执行某些任务。

将刷新函数的调度函数分开,虽然有时会发生任务“抖动”,但是可保证这些任务最终被执行^[3]。因此,在长任务的情况下,将刷新函数和调度函数分离,可确保调度器的可靠性达到最高。

7) 调度器系统任务函数说明

系统运行任务如表 1 所示。

表 1 系统运行任务

Tab. 1 System operation tasks during wood drying process

序号	任务名称	任务描述	周期/s	执行时间/ms
Task 1	temp_ctrl	干燥窑温度控制	5	5
Task 2	humi_ctrl	干燥窑湿度控制	5	5
Task 3	fan_turn	风机正转、反转	600	200
Task 4	mc_acquisition	木材含水率采集	120	30
Task 5	led_refresh	刷新触摸屏,实时数据显示	1	5
Task 6	read_limit_signal	读取进、排气阀限位开关信号	0.01	<1
Task 7	data_storage	实时数据存储	30	20

根据合作式调度器的原理与各项任务的周期,设置定时器每 10 ms 产生一个定时器中断信号,因为有多任务的执行时间超过 10 ms,Task 6 无法按照规定的频率执行。因此,采用直接将 Task6 包含进定时器中断服务子程序的方法,使所有任务的周期及执行时间,均满足系统任务可调度的要求。

2.3 控制系统软件程序流程

控制系统的软件流程如图 3 所示。

3 控制系统的特点及应用效果

该基于时间触发模式的木材干燥智能控制系统,已在实际生产中投入使用。使用结果表明:系统具有友好的人机交互界面,直观性强,用户能方便地进行干燥基准和控制方式的选择,以及干燥过程工艺参数的设定;在系统的运行过程中,各任务分配合理,未出

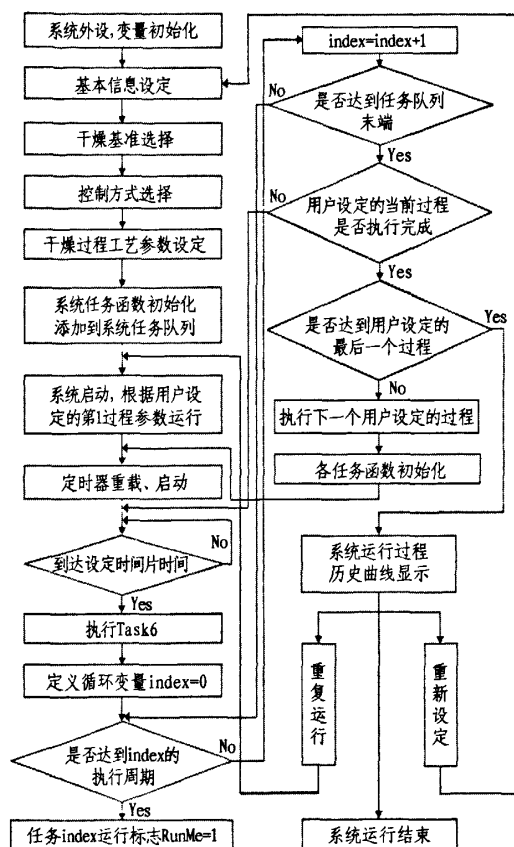


图3 控制系统软件流程

Fig. 3 Control system flowchart

现干扰和抖动的现象,实现了木材干燥过程的全自动控制。系统的温度控制范围为 $0\sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,湿度控制范围为 $10\%\sim 90\%$,控制精度为 $\pm 2.5\%$;木材电阻采集已达到 $5\text{ G}\Omega$,含水率的采集范围为 $6\%\sim 90\%$,精度为 $\pm 1\%$,完全可以满足生产要求。

(上接第3页)

2) 根据本试验结果显示浸胶量对纤维化竹单板层积材的影响,建议:在实际生产中,可通过控制纤维化竹单板的浸胶量,制备出具有不同物理力学性能的纤维化竹单板层积材,满足不同用途的需求。

参考文献:

- [1] 于文吉. 我国高性能竹基纤维复合材料的研发进展[J]. 木材工业, 2011, 25(1): 6-8, 29.
- [2] 姜志宏, 马力. 竹蔑浸胶量和主要影响因素的关系(1)[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(3): 270-275.

相对常规基于事件触发的嵌入式系统,该基于时间触发模式的嵌入式控制系统还具有以下特点:

1) 成本低,设计简单。

时间触发嵌入式操作系统是一种内核小的操作系统,一次只为一个任务分配存储器,每个任务的开销仅几个字节,通常由C语言实现,简单、安全、可靠,可以满足实时、可预测性等工程要求,避免了因引入嵌入式实时操作系统,导致系统硬件成本的大幅上升和软件设计的复杂化等问题,适合应用在低成本的8位单片机上。

2) 稳定性强。

由于事件触发系统中,各任务在运行时会产生冲突,从而会产生延迟和抖动现象;而基于时间触发的系统,在某一特定时刻仅执行一项任务,可避免延迟和抖动现象。

3) 可靠性高。

在事件触发系统中,各任务的可靠性取决于相对的优先级,优先级高则可靠性高;当事件率达到 $60\%\sim 70\%$ 时,低优先级的任务调度将得不到保证,从而导致整个系统的可靠性差,甚至于系统崩溃。而在时间触发系统中,各节点的事件都是预先安排好的,每个节点均在自己的时间序列内完成相应的任务,整个系统是可靠的。

参考文献:

- [1] 李奇, 樊晓平. 一种时间触发的多任务调度器的设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2008(5): 17-19.
- [2] 黄瑞龙, 廖晓文. 基于时间触发模式的电子控制系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2007(7): 17-18.
- [3] Michael J Pont. 时间触发嵌入式系统设计模式[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

(责任编辑 向琴)

- [3] 姜志宏, 许益柳, 祝迎春, 等. 浸胶量与竹材层压板物理力学性能的关系[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(4): 350-354.
- [4] 张齐生. 中国竹材工业化利用[M]. 北京: 北京林业出版社, 1995: 36.
- [5] 程亮, 王喜明, 余养伦. 浸胶工艺对绿竹重组竹材性能的影响[J]. 木材工业, 2009, 23(3): 16-19.
- [6] 华毓坤. 人造板工艺学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 186-187.
- [7] 王耀先. 复合材料结构设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 55-56.

(责任编辑 向琴)