

基于分层体系的横机控制系统的设计

潘云磊, 史伟民*, 彭来湖

(浙江理工大学 现代纺织装备技术教育部工程研究中心, 浙江 杭州 310018)

摘要:为解决横机控制系统人机界面层、主控层以及底层控制层三者之间的数据传输等问题,将 CAN 总线通信技术和 FPGA 双口 RAM 通信技术应用到横机控制系统中。开展对基于分层体系的横机控制系统的结构进行分析,建立横机控制系统人机界面层、主控层以及底层控制层三者之间的关系,提出了人机界面层与主控制层采用 FPGA 双口 RAM 进行数据传输,主控制层与底层控制层之间采用 CAN 总线进行通信的方法。在实际测试中对 CAN 总线通信和 FPGA 双口 RAM 通信技术的快速性与准确性进行了评价,并进行了 CAN 总线通信和 FPGA 双口 RAM 通信技术的快速性与准确性测试试验。其结果验证了该设计方法的合理性和可行性。

关键词:横机控制系统;双口 RAM;控制器局域网总线;现场可编程门阵列

中图分类号:TH6;TH39;TP271

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)02-0202-04

Design of control system of flat knitting machine based on hierarchical structure

PAN Yun-lei, SHI Wei-min, PENG Lai-hu

(College of Machinery and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to solve the problems of data transmission among user interface layer, main control layer and bottom control layer, the CAN bus communication technology and field programmable gate array (FPGA) dual-port RAM communication technology applied to the knitting machine control system was investigated. After the analysis of hierarchical structure of knitting machine control system, the relationship among user interface layer, main control layer and the bottom control layer was established. A method was presented to transmit data, FPGA dual-port RAM is used between human interface layer and main control layer, CAN bus was used between main control layer and bottom control layer. The speed and accuracy of CAN bus communication and FPGA dual-port RAM communication were evaluated on the actual test, the speed and accuracy of CAN bus communication and FPGA dual-port RAM communication were tested. The experimental results show that the design method is reasonable and feasible.

Key words: control system of knitting machine; dual-port RAM; controll area network (CAN) bus; field programmable gate array (FPGA)

0 引言

电脑横机是针织行业的重要装备,其控制器的技术水平直接决定了针织产品的竞争力。电脑横机通过传动系统、送纱系统、编织系统、摇床系统、牵拉系统、密度调节系统之间的相互协调动作进行编织工作^[1]。由于传统的横机在整机维护和新增功能技术上的难度不断加大,本研究提出根据横机控制对象和功能将系统硬件结构进行模块划分,通过 CAN 总线技术实现对

各功能模块的控制管理。系统的扩展只依赖于新的设备驱动模块和一定量的应用程序模块,而无需对整个系统的软硬件框架重新构建。花型文件传输技术是电脑横机控制系统的关键技术之一,它直接影响着横机的工作性能。传输错误不仅会使编织的花型错乱,还可能引起机构的误操作从而导致机械结构损坏。双口 RAM 是在一个 SRAM 存储器上具有两套完全独立的数据线、地址线和读写控制线,它允许两个独立的系统同时对该存储器进行随机性的访问。因此它能够保证

收稿日期:2010-08-18

作者简介:潘云磊(1985-),男,浙江临安人,主要从事机电控制及自动化方面的研究。E-mail: panyunlei@126.com

通信联系人:史伟民,男,教授级高工,硕士生导师。E-mail: Swm@zstu.edu.cn

花型传输的快速性和准确性。本研究通过分析 CAN 总线和双口 RAM 的特性,提出基于 CAN 总线和双口 RAM 的电脑横机控制系统的设计方案,在完成海量数据传输的同时,保证数据通信的可靠性^[2]。

1 横机控制系统分层体系

横机控制系统分为3层,即人机交互层、主控制层以及底层控制层,方案如图1所示。

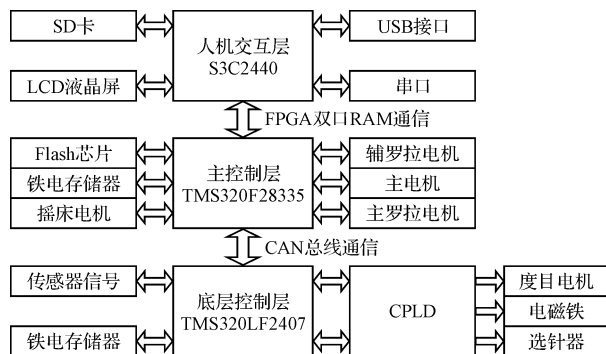


图1 横机控制系统整体结构图

1.1 人机交互层

根据横机监控层的功能需求,本研究采用“ARM 硬件平台 + 嵌入式操作系统 + 应用层软件”的系统架构来设计横机监控层。以 Samsung 公司的 S3C2440 芯片作为系统硬件的处理器,以 Windows CE 作为嵌入式操作系统,配备有液晶显示器与触摸屏,可以为用户提供一个友好且易操作的人机交互界面。Windows CE 是微软公司嵌入式、移动计算平台的基础,它是一个开放的、可升级的 32 位嵌入式操作系统,是基于 WIN32 API 重新开发、新型的信息设备的平台,具有模块化、结构化和基于 Win32 应用程序接口且与处理器无关等特点^[3]。Windows CE 的图形用户界面相当出色,它不仅继承了传统的 Windows 图形界面,并且在 Windows CE 平台上可以使用 Windows 95/98 上的编程工具(如 Visual Basic、Visual C++ 等)、使用同样的函数、使用同样的界面风格,使绝大多数的应用软件只需简单的修改和移植就可以在 Windows CE 平台上继续使用^[4]。人机界面功能模块主要包括 LCD 显示、键盘、USB 接口、SD 卡驱动、串行通信等,花型文件以及程序保存在 SD 卡。横机控制系统中,人机界面层负责对横机针织花型的设计与编译,形成机器数据之后,通过双口 RAM 传送给横机主控制层。由于双口 RAM 传输数据速度快,花型传输效率得到了很大的提高。同时它还接收并处理大量来自主控制层的实时数据,并将其中一些重要参数实时显示在运行界面上。

1.2 主控制层

主控制层采用 TI 公司的 32 位处理器 TMS320F28335;主控制层是需要设计实现的核心,该模块负责整个系统的协调与控制,主要完成以下功能:①接收监控层传送的花型文件、系统参数、工作参数等;②检测各类传感器信号,例如针零位信号,机头左右限位,摇床左右限位等;③监视编织状态,传送实时参数到人机交互层,并在 LCD 上显示;④通过双口 RAM 接收人机界面层的花型数据,并将花型存储在大容量的 Flash 存储器(64 MB),保证大型花型文件的快速准确地输入;⑤对机头的底层控制级发送 CAN 指令,通过 CAN 总线控制底层电气驱动,完成对电机、电磁铁、选针器等的控制;⑥控制移床电机(伺服电机)、卷步电机(两相步进电机)、机头主电机(伺服电机)移动等。本系统扩展了两片存储器,分别用来存储花型文件和工作参数。工作参数的存储采用存储空间达 64 KB,具有 IIC 接口的 EEPROM 芯片 24LC64^[5]。

1.3 底层控制层

底层控制层采用 TI 公司的 16 位处理器 TMS320LF2407,通过 ALTERA 公司的 CPLD 对系统进行 I/O 扩展。机头控制层通过接收主控制层的数据,控制各个元件动作。底层控制部分主要包括步进电机、电磁铁和选针器的控制。电机控制部分控制 10 个步进电机(包括 2 个沉降片控制步进电机和 8 个密度控制步进电机)、电磁铁控制部分控制着 40 个电磁铁,分为 16 个纱嘴电磁铁(2 组,每组 8 个)和 24 个三角电磁铁(4 组,每组 6 个)。选针器控制部分控制 8 把选针器。

2 人机交互层与主控制层的通信

人机交互层与主控制层之间通过 FPGA 中的双口 RAM 进行数据传输。双口 RAM 是常见的共享式多端口存储器,它的最大特点是存储数据共享,即一个存储器配备两套独立的地址、数据和控制线,允许两个独立的 CPU 或控制器同时异步地访问^[6]。

ALTERA EP3C10F256C8N 芯片具有异步、双端口、带寄存器输入、带寄存器输出的存储模块—M9K 模块^[7]。在 Quartus II 软件中进行简单的设置,就可以将 M9K 配置成双口 RAM,并且数据和地位的位宽可根据实际需要进行选择^[8]。

TMS320F28335 外部晶振频率为 30 MHz,5 倍频后系统时钟频率达到 150 MHz,FPGA 外部晶振源频率为 10 MHz,30 倍频后达到 300 MHz,S3C2440 外部晶

振频率为 12 MHz,倍频后系统时钟频率为 304 MHz。采用三态缓冲门控制读/写信号,防止总线读/写冲突。FPGA 读/写时序控制模块如下,当外部读/写控制信号连续保持 5 个低电平周期后时钟信号处于上升沿时,FPGA 开始读/写数据,当外部读/写控制信号为高电平时再将双口 RAM 置为无效,具体控制如下:

```
process(enw_in,enr_in,clk_in)
variable cnt: integer range 0 to 11; =5;
begin
    if ( enw_in or enr_in ) = 1' then
        if ( clk_in'évent and clk_in = 1' ) then
            if cnt=0 then
                if enw_in = 1' then
                    enw_out <= 1';
                end if;
                if enr_in = 1' then
                    enr_out <= 1';
                end if;
                cnt := 5;
            else cnt := cnt - 1; clk_out <= 0; enr_out <= 0;
            enw_out <= 0;
        end if;
    else cnt := 5; clk_out <= 0; enr_out <= 0; enw_out <= 0;
    end if;
    clk_out <= clk_in;
end process;
```

由于双口 RAM 传输数据速度快、准确性高,能够保证数据快速准确的传输。

3 主控制层与底层控制层的通信

主控制层与底层控制层通过 CAN 总线传输数据。CAN 总线属于现场总线的范畴,它是一种有效支持分布式控制或实时控制的串行通信网络。CAN 协议是建立在国际标准组织的开放系统互连模型基础上的,其模型结构有 3 层,包括物理层、数据链路层和顶层的应用层^[9]。CAN 通讯采用短帧传输。一个有效的 CAN 数据是由帧起始、仲裁域、控制域、数据域、校验域、应答域和帧停止组成的^[10]。CAN 通信模块原理图如图 2 所示。

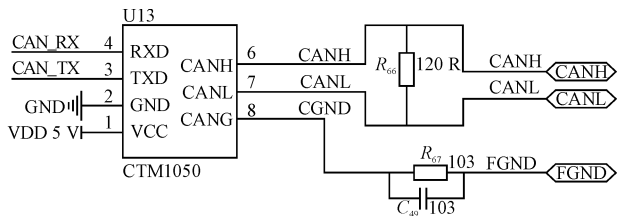


图 2 CAN 总线驱动模块原理图

3.1 各模块配置步骤

配置 ECAN 模块步骤如下:

- (1) 使能 CAN 模块的时钟。
- (2) 设置 CANTX 和 CANRX 作为 CAN 通信引脚。
- (3) 复位后,CCR(CANMC. 12) 和 CCE(CANES. 4) 位置 1,允许用户配置位时间配置寄存器(CANBTC);如果 CCE 位置 1(CANES. 4 = 1),进行下一步;否则将 CCR 位置 1(CANMC. 12 = 1),然后等待直到 CCE 置 1(CANES. 4 = 1)。
- (4) 使用适当的值对 CANBTC 进行配置,确认 TSEG1 和 TSEG2 不等于 0。如果两个值等于 0,则 CAN 模块不能退出初始化模式。
- (5) 清 CCR(CANMC. 12) = 0。
- (6) SCB(CANMC. 13) 位置 1,使用 ECAN 模式。
- (7) 初始化 MSGCTRLn 寄存器。
- (8) 检查 CCE 是否被清 0(CANES. 4 = 0),如果被清零,则表明 CAN 模块已经配置完成。

配置发送邮箱步骤如下:

- (1) 清除 CANTRS 寄存器中相应的位。
- (2) 清除邮箱使能寄存器(CANME)中相应的位,屏蔽邮箱。
- (3) 装载邮箱的消息标识符寄存器(MSGID)。清除 AME(MSGID. 30) 和 AAM(MSGID. 29) 位,IDE 置 1,使用扩展帧,禁止使用屏蔽位。(a) MSGID(1) = 0x80420100。(b) 写数据长度到消息控制区寄存器,DLC = 8。
- (4) 通过清除 CANMD 中相应的位设置邮箱的方向:清除 CANMD. 1 = 1。
- (5) 使能邮箱。
- (6) 写消息到邮箱的数据区。
- (7) 在发送请求寄存器中设置相应的标志位(CANTRS. 1 = 1) 已启动消息发送,CAN 模块处理 CAN 消息的发送。
- (8) 等待邮箱相应的发送响应标志位置位(TA. 1 = 1)。成功发送消息后,CAN 模块将该位置位。

配置接收邮箱步骤如下:

- (1) 清除邮箱使能寄存器(CANME)中相应的位,屏蔽邮箱:清除 ME. 16 = 0。
- (2) 写标志符到相应的 MSGID 寄存器,MSGID(16) = 0x80000000。
- (3) AME 置 1;接受屏蔽使能。
- (4) LAM(16) = 0x0000FFFF。
- (5) 通过设置邮箱方向寄存器中相应的标志位,将邮箱配置为接收邮箱:CANMD. 16 = 1。
- (6) 使能(CANOPC)相应的位,防止接收数据被覆盖,OPC. 16 = 1。
- (7) 使能邮箱(CANME)。

(8) 在邮箱接收中断中判断(CANRMP)是否置1,如果(CANRMP)置1,清除 CANRMP,并且读取 MSGID、CANMDH、CANMDL。

3.2 实验结果与分析

本实验选用周立功 CAN 调试器,调试器类型选择 USBCAN1,发送格式为正常发送,帧类型选择扩展帧,帧格式设置为数据帧,帧 ID 为 00420100,设备操作菜单下的打开设备中的定时器设置如图 3 所示;另一个节点为 DSP TMS320F28335 上的 CAN 通信模块。只有 TMS320F28335 中的 CAN 功能模块设置正确,CAN 调试器才能成功发送数据。CAN 调试器设置以及发送的数据如图 4 所示。



图3 CAN 调试器定时器设置



图4 CAN 调试器发送数据

图中数据均正确发送,而且波特率为 1 Mbps,因此能够充分保证横机指令执行的准确性和快速性。

4 结束语

笔者研究的是基于 FPGA 双口 RAM 和 CAN 总线通信的新型电脑横机控制系统。双口 RAM 是一种并行通信,传输速度快。CAN 总线的传输速度可以达到 1 Mbps,测试表明数据传输的准确性高。该横机控制系统具有处理速度快、运行稳定且实时性好等特点。与传统的控制系统相比,系统处理速度更快、扩展方便、开放性好、易维护、智能化、操作简便,稳定性高,具有一定推广价值。

参考文献 (References):

[1] 胡红. 新型横机构造与编织[M]. 北京:中国纺织出版社,2000:34-51.

[2] 曾宗云,李永波,胡旭东. 基于 CAN 总线的电脑横机控制系统研究[D]. 杭州:浙江理工大学机械与自动控制学院,2007.

[3] BOLING D. Programming Microsoft Windows CE with Cdrom[M]. USA: Microsoft Press Redmond,2001.

[4] SESHADRI P, GARRETT P. SQLServer for Windows CE-a Database Engine for Mobile and Embedded Platforms[C]// ICDE 2000. San Diego: [s. n.],2000:642-644.

[5] FANG A, GUO J, LUO L. Remote Electric Power Network Monitoring System Based on GPRS[C]//CASE 2009. Nan-chang: [s. n.],2009:229-231.

[6] 钟清华,钟国新. 视音频延时器用大容量 FIFO 的设计[J]. 中国有线电视,2004(13):46-49.

[7] 杨姣,郝国法,方康玲. 基于 cyclone EP1C6 的 LED 大屏设计方案[J]. 微计算机信息,2006(4Z):59-61.

[8] 胡彬,陈涛. TMS320C6713DSPEMIF 接口与 FPGA 双口 RAM 接口设计[J]. 电子质量,2008(10):32-35.

[9] LAWRENZ W. CAN system engineering: from theory to practical applications[M]. Springer Verlag,1997.

[10] SHAW M, GARLAN D. Software architecture:perspectives on an emerging discipline[M]. Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ,1996. [编辑:李辉]

(上接第 179 页)

[2] 孙莉. 新型液压桩锤锤头主体结构[J]. 长春大学学报,2005,15(4):8-9.

[3] 何清华,张海涛,陈欠根,等. 液压振动桩锤系统动力学分析和主要参数的设计[J]. 凿岩机械气动工具,2004(1):31-34.

[4] 沈景凤,查德根,刘钊. 桩锤撞击过程中冲击应力及夯锤工作行程的分析与计算[J]. 建设机械技术与管理,2001(12):19-21.

[5] THANDAVAMOORTHY T S. Piling in fine and medium sand-a case study of ground and pile vibration[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering,2004,24(4):295-304.

[6] CHEHAB A G, NAGGAR M C E. Design of efficient base isolation for hammers and presses[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering,2003,23(2):127-141.

[7] BENAMAR. Dynamic pile response using two pile-driving

techniques[J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering,2000,20(6):243-247.

[8] 刘树道,童伟,迟永滨,等. 新型液压打桩锤的系统仿真研究[J]. 中国工程机械学报,2003,1(1):80-83.

[9] 王秀丽,白良. 基础工程[M]. 2版. 重庆:重庆大学出版社,2005:348-352.

[10] 李惠彬. 振动理论与工程应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2006:50-65.

[11] 师汉民. 机械振动系统—分析·测试·建模·对策[M]. 2版. 武汉:华中科技大学出版社,2004:111-123. [编辑:柴福莉]