

基于ARM和FPGA电脑横机选针器控制系统设计

顾涵,潘启勇,华强,卢怡

(常熟理工学院 江苏省纺织机械工程研究中心,江苏 常熟 215500)

摘要:电脑横机选针器精准实时的控制是实现稳定、可靠编织的关键,国产系统一般基于单核控制方式采用8段式选针器。文中针对传统方式提出一种基于ARM和FPGA双控核心的5段式选针器控制方案,ARM模块完成对花样文件的数据解析并发送给FPGA, FPGA接口控制采用VHDL编程实现,选针器数据缓存采用双缓冲结构,设计了能够实现实时控制的流水线执行结构。结果表明,优化后的方案兼容性好,升级方便,可以实现5段式稳定控制,有效提高了系统的整体性能,具有较高的应用价值。

关键词:电脑横机;选针器控制系统;ARM;FPGA;动态响应测试

中图分类号:TS 183.4² 文献标志码:A 文章编号:1000-4033(2021)11-0008-05

Design of Needle Selector Control System for Computerized Flat Knitting Machine Based on ARM and FPGA

Gu Han, Pan Qiyong, Hua Qiang, Lu Yi

(Jiangsu Textile Machinery Engineering Research Center, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500, China)

Abstract: Accurate and real-time control of needle selector for computerized flat knitting machine is the key to realize stable and reliable knitting. Generally, 8-segment needle selector is adopted in domestic system based on single core control mode. In view of the traditional way, 5-segment needle selector control scheme based on arm and FPGA is proposed. ARM completes the data analysis of pattern file and sends it to FPGA. FPGA control adopts VHDL programming, needle selector adopts double buffer structure, and completes the design of pipeline execution structure. The application results show that the optimized scheme has good compatibility, which effectively improves the overall performance of the system with high application value.

Key words: Computerized Flat Knitting Machine; Needle Selector Control System; ARM; FPGA; Dynamic Response Test

电脑横机选针器精准实时的控制是实现稳定、可靠编织的关键,国产控制系统一般采用DSP、MCU或者ARM作为控制核心^[1],大多采用8段式选针器^[2],例如浙江恒强公司研发的是采用ARM和

DSP双控核心^[3]的8段式选针器控制系统。而国外大多数采用5段式选针器,例如日本岛精公司生产的控制系统,与8段式选针器相比较,5段式选针器电磁铁的个数减少了近40%,有效地降低了运行功

耗和生产成本,同时在同等工作环境下减少了选针器控制系统的故障率。

本文针对传统的国产8段式选针器提出了一种基于ARM和FPGA双控核心的5段式选针器控

基金项目:国家自然科学基金青年基金资助项目(61604021);江苏省高校实验室研究会研究项目(GS2019YB01);江苏省高校大学生创新创业训练计划项目(201910333015Z);常熟理工院校企技术开发项目(KYH2019274)。

专利名称:用于电子多臂阅读机构的电磁铁(ZL 201520368793.2)。

获奖情况:第十五届(2019年)全国大学生嵌入式设计大赛华东赛区二等奖。

作者简介:顾涵(1985—),男,电子信息工程学院中心实验室主任,高级实验师。主要从事集成电路设计及纺织设备电气控制方面的研究。

制系统的设计方案。该方案的上位机控制基于WinCE7.0环境^[4]采用Visual Studio 2019 C++编程^[5],FPGA接口控制部分采用VHDL编程,兼容性较好,升级较方便,可以实现5段式的稳定控制,编织速度可以达到1.2 m/s,大大地提高了系统的整体性能,具有较高的应用价值。

1 总体方案设计

系统的总体框架设计如图1所示。系统方案采用基于ARM和FPGA的双控核心,结合电脑横机的传感器输入信号,通过上位机软件读入解析后的花型数据文件^[6],同时,向下位机发送选针器的控制数据,数据传输采用并行传输的方式,下位机将接收到的信息解析为针位信息并实现了对电磁阀的控制。

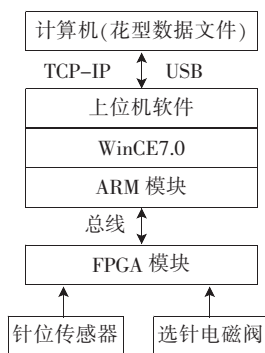


图1 系统总体框架

2 上位机软件设计

2.1 选针器布局

选针器的整体布局如图2所示。设计采用双系统控制方式,每个编织系统分为前后两个机头,每个机头都设有两组选针器,前机头负责一次选针,后机头负责二次选针,可以选择前机头单独工作或者前后机头同时工作。采用前后机头控制选针后可以大大地提高整机系统的工作效率,满足特殊花样的编织要求,实现多种花样的同步编织。

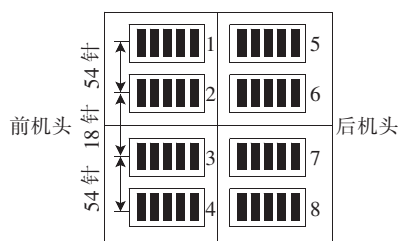


图2 选针器整体布局

2.2 控制算法

2.2.1 算法数据

算法数据包括花样地址、当前张和下一张花样代码、当前行和下一行花样数据、花样展开数据及摇床数据^[7]。花样地址包含前针床花样地址和后针床花样地址,前、后针床花样编织的数据可以通过花样地址访问来获取;系统中的一行数据对应一张,并且可以由多行数据对应同一张,因此编织的张数一般都小于行数,当前张和下一张花样代码及花样数据决定了针位的状态,如是否出针、出针时间、翻针状态等;当前行和下一行花样数据在花型文件中,判断其是否与花样代码一致来决定该针位是否选针,代码范围为0—7;花样展开数据由设定、休止、开始、结束4个针位组成,不同数据形成了针床上的不同排列,开始针位到结束针位通过针位逻辑映射的方式排列在设定针位和休止针位之间;摇床数据中包含摇床偏移时的针数,在翻针处理时需要综合考虑。

2.2.2 算法实现

系统控制算法的总体流程如图3所示,整个过程比较复杂,主要结合关键步骤来进行分析,流程从获取花样展开数据开始,依次完成花样代码数据、选针数据等相关数据的计算。在进行翻针处理时,需要分别完成对前翻针和后翻针的判断和分析,然后给出相应的操作。

控制算法中核心算法是选针

数据获取的实现。前机头和后机头在核心算法上逻辑实现比较类似,以前机头控制为例,分析1—4号选针器运行情况。机头运行过程中,本行转向下一行工作时,通过获取下一行的选针数据来完成对下一行编织的选针操作。具体算法为:分析和获取花样代码字节中的0—7位值以及花样数据,得到各个针位的选针数据,此时应处在针床的H位置和A位置;当到达号位末行时,清零下一行一系统的选针数据,选针数据的控制组合方式见表1。

2.3 选针数据

选针数据是选针器对应针床上的织针是否动作、如何动作的控制数据,除了与针位织针动作走向有关以外,与其初始位置也有一定的关系。选针数据以数据包的形式发送给FPGA,数据包定义采用联合体定义方式^[8],由22个子包构成,每个子包包含18组3字节数据,与其一起发送的还有电磁阀、机头三角以及导纱器数据。子包集合由一组ID号子包、一组数据校验子包以及控制数据组成,组数据对应针床上两针的选针数据。选针数据包在发送时采用16位数据发送方式,即两个8位数据加1个发送地址。

3 下位机系统设计

3.1 总体方案

日本岛精公司生产的电脑横机主要采用集中控制方式,该方式控制电磁铁的驱动电流由主控制器直接产生,传输响应速度快,实时性好,但其缺点是系统的安装较为复杂,电缆成本比较高。为了克服不足,可以采用分布式控制方式,在电脑横机机头的固定位置安装选针控制器和驱动电路,主控制器FPGA采用串行数据总线通信

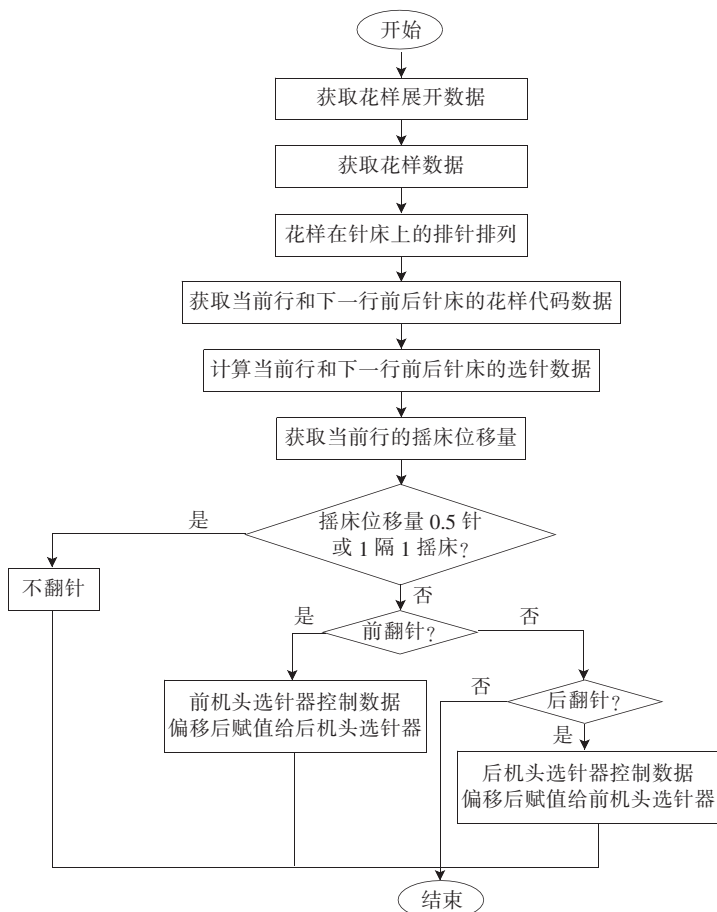


图3 算法流程图

表1 选针数据控制组合方式

机头运动方向	选针器功能	数据计算方法
向右	1号下一行一次选针	下一行1系统H位置和A位置数据或运算
	2号本行二次选针	本行2系统A位置数据
	3号本行一次选针	本行2系统H位置和A位置数据或运算
	4号本行二次选针	本行2系统A位置数据
向左	1号本行二次选针	本行1系统A位置数据
	2号本行一次选针	本行2系统H位置和A位置数据或运算
	3号本行二次选针	本行2系统A位置数据
	4号下一行一次选针	下一行1系统H位置和A位置数据或运算

方式,将选针控制数据发送给选针控制器,选针控制器结合当前的编织位置发出指令以便来控制选针电磁铁执行相应的动作。采用串行通信方式,电缆的使用成本较低,降低了总设计成本,但同时也对编织过程的实时性提出了更高的要求,需要在控制系统上进行优化设计。

在传统分布式控制方式的基

础上,提出一种基于FPGA的优化控制方案,下位机系统框架如图4所示,位置传感器采集的信号传送给机头位置检测模块,经信号处理后传送给选针控制模块。选针控制数据由上位机接口读入选针控制模块,选针控制模块由时钟生成器驱动,整机在降低系统设计成本的同时能够满足系统响应的实时性要求。

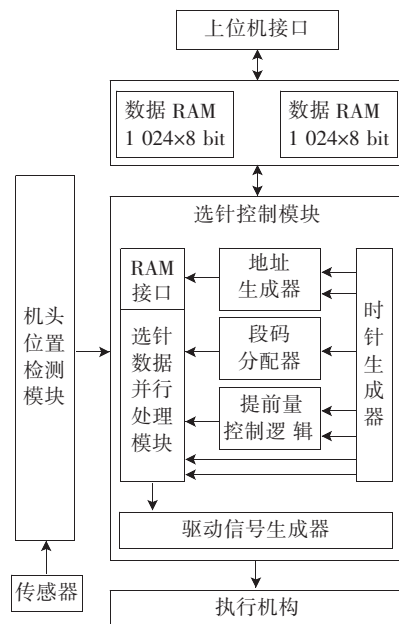


图4 下位机系统框架

3.2 数据接口

上位机和机头控制器之间采用串行总线方式进行通信,缓冲区数据采用Ping-Pong结构^[9]双缓冲区方式存储选针器控制数据,这样可以提高数据的吞吐率,降低等待时间,提高工作效率。FPGA在工作中可以自动切换缓冲区,便于在机头转向时为下一行的选针数据更新做准备,可以稳定实现当前行和下一行数据之间的转换,数据接口和缓冲区结构图如图5所示。

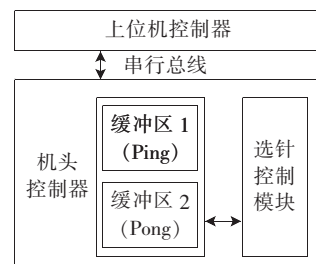


图5 数据接口和缓冲区结构图

数据缓冲区双端口RAM由Xilinx-ISE软件采用SDP-RAM方法^[10],基于内置IP核生成器生成。FPGA采用XC3S400A芯片,该芯片内置Block-RAM资源^[11],最高访问速度可达250MHz,可以自行

配置存储容量,能够满足系统设计需要。上位机控制器和选针控制模块在访问数据RAM对应地址时采用不同的端口,这样可以实现数据传输的同步进行。实际应用以针床编织有效距离652针为例,机头控制采用8组选针电磁铁构成双系统结构,每个选针数据缓冲区容量设置为8kB,由此可以满足单行编织的数据存储要求。

3.3 执行结构

系统由时钟生成器生成流水线节拍,采用流水线结构控制各动作的执行,执行结构如图6所示。整个编织过程由7个动作^[12]构成,分别为生成选针数据读取地址、读取选针数据、计算分配指针、分配选针数据、计算选针提前量、选针数据缓冲、生成选针信号。机头位置发生改变时产生起始动作信号,系统开始进行选针控制^[13];生成选针数据读取地址,采集位置传感器产生的机头位置信号计算出选针数据的地址;读取选针数据,读取数据存储区中的选针数据;计算分配地址,计算出选针器多段选针方式中具体由哪一段电磁体来完成相应的选针操作;分配选针数据,分配选针数据至指定控制模块;计算选针提前量,计算出选针动作的提前数据操作量;选针数据缓冲,为了保证选针提前量的动态平衡,每路动作端口分配8位移位寄存器缓存选针数据;生成选针信号,选针信号由选针提前量和选针缓存数据共同产生。

设计优化后的系统可以实现对部分选针控制动作的并行处理。流水线执行结构如图6所示,外部输入针同步时钟脉冲,对应单个针同步时钟脉冲会产生7个节拍脉冲,选针信号在7个节拍脉冲后生成,延迟时间为 $0.1\mu\text{s}\times 7=0.7\mu\text{s}$ ^[14]。

以传统的中高端电脑横机为例,机号一般最多为16针/35.6mm^[15],针间距可达 $35.6/16=2.225\text{mm}$,如果处在机头最大速度运行状态,取 V_{max} 为2.5m/s,则可以算出针同步时钟脉冲周期最小值为 $T_{\text{min}}=2.225\text{mm}/(2.5\text{m/s})=890.0\mu\text{s}$,可见该时间远大于 $0.7\mu\text{s}$,可以满足系统设计对延时的要求,能够稳定实现实时控制。

3.4 驱动信号

在执行结构中选针信号用电平高低来表示,逻辑1和0分别表示选针电磁铁动作和不动作。系统采用双段控制方式来驱动选针电磁铁工作,驱动控制信号如图7所示,采用PWM信号来控制,这样可以有效地控制选针电磁铁的发热量,减少能量损耗。驱动信号可以分为动作和保持两个阶段,动作阶

段PWM占空比为75%,电磁铁动作处于加速阶段^[16],需要提供高驱动电压;保持阶段PWM占空比为25%,电磁铁动作处于稳定阶段,低电压驱动即可满足要求,也有利于在完成规定动作的同时节约功耗。

4 性能测试

采用基于高速数据采集卡PCI-1711的电磁阀参数测试系统^[17],该系统由江苏省纺织机械工程研究中心自主研发,具有参数测试、同步显示、数据存储等功能。对选针器控制系统优化前后选针电磁铁从收到指令到选针片完成摆动所经过的时间,即动态响应时间进行测试,测试结果如图8所示,图8a、图8b分别表示激磁线圈获得正、反向指令后选针片摆动的动态响应情况。为了提高测试的准确性,

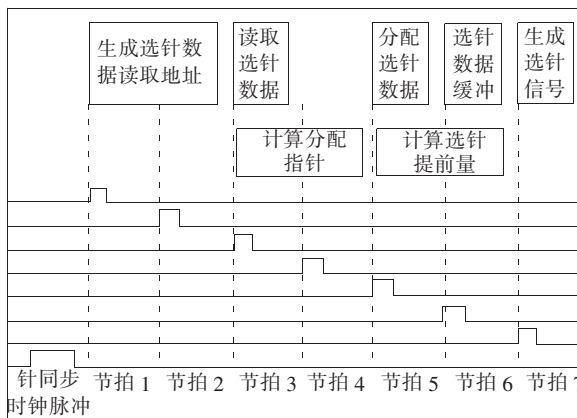


图6 流水线执行结构

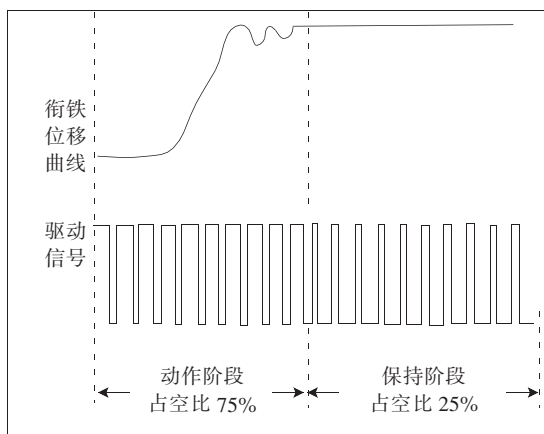


图7 驱动控制信号

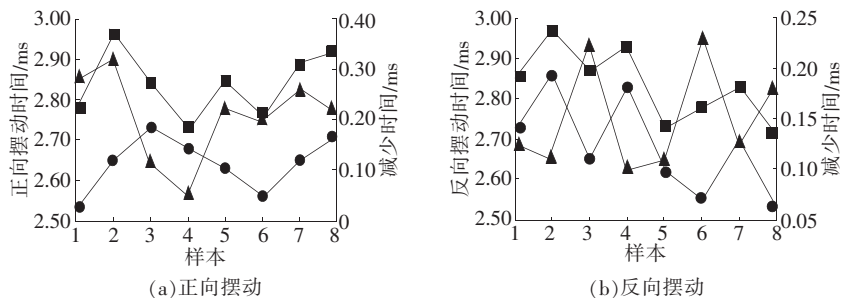
采集正向和反向摆动时间分8次进行,并对采集值取平均,由测试结果可以看出,选针片正向摆动时间比优化前平均减少0.199 ms,反向摆动时间比优化前平均减少0.151 ms,系统优化后的编织速度可达1.2 m/s。目前基于该系统开发的电脑横机已批量进入国外市场,运行稳定可靠,取得了较好的经济效益。

5 结束语

本文基于 ARM 和 FPGA 提出一种双控核心的电脑横机选针控制系统设计方法,ARM 模块具有强大的数据处理性能,FPGA 控制具有较好的实时性控制优势,两者结合能够很好地满足系统功能实现时对稳定性、实时性的要求。该方法上位机控制基于 WinCE7.0 环境采用 Visual Studio 2019 C++ 编程,FPGA 接口控制部分采用 VHDL 编程,兼容性好,升级方便,编织速度可达 1.2 m/s,性能优于日本岛精公司生产的 SIG 系列电脑横机。但在上位机软件界面设计上,面板控制功能相对单一,设计界面的整体水平还有待提高,这也是未来该系统不断完善和研究的方向。

参考文献

[1]陈景波,卢达,王玲玲.全自动电脑横机上位机软件的设计[J].纺织学报,2011,32(2):131-135.
 [2]朱斌,何勇,费胜巍.电脑横机 CAD 系统简易成形算法实现[J].针织工业,2016(12):73-75.
 [3]卢怡,徐刚,居伟骏,等.电脑提花圆机用电磁式选针电磁铁的研究[J].针织工业,2017(3):15-19.
 [4]凌杰,陆禹淳,顾俊,等.Python 算法教程[M].北京:人民邮电出版社,2017.
 [5]未印.提花圆纬机实时控制系统设计[D].杭州:浙江理工大学,2013.
 [6]霍铖宇,华强,卢达,等.基于虚拟仪



■.优化前;●.优化后;▲.减少时间。

图 8 动态响应测试曲线

器的针织机械用高速电磁阀测试系统[J].纺织学报,2011,32(10):145-151.
 [7]居伟骏,霍铖宇,徐刚,等.电磁铁工作状态对电子多臂摆臂动态性能的影响[J].纺织学报,2012,33(12):80-84.
 [8]韦帅,林志鹏,陈红军.定形机集中控制管理系统的设计与实现[J].针织工业,2020(2):45-49.
 [9]王新泉,乔建成,丁慧.采用电脑横机开发全成形针织提花鞋面[J].针织工业,2020(1):17-19.
 [10]顾涵.EDA 技术实践教程[M].西安:西安电子科技大学出版社,2017.
 [11]李辰.FPGA 应用开发入门与典型实例[M].北京:人民邮电出版社,2010.
 [12]杜军.基于 STC89C52 的有梭织布

机控制器的设计[J].硬件纵横,2014,33(7):26-27.
 [13]华强,陈景波,卢达.电脑横机选针器控制系统的方案设计与实现[J].针织工业,2015(2):25-28.
 [14]荣玫,刘树棠,朱茂林,等.基于运算放大器和模拟集成电路的电路设计[M].西安:西安交通大学出版社,2017.
 [15]雷宝玉.针织圆纬机的技术发展回顾[J].针织工业,2013(12):8-11.
 [16]许志红.电器理论基础[M].北京:机械工业出版社,2019.
 [17]顾涵,卢达.电脑提花圆纬机用选针电磁铁参数分析及优化[J].针织工业,2020(8):5-9.

收稿日期 2021年3月10日

信息直通车

欢迎访问《针织工业》网上平台

请登录: www.knittingpub.com

《针织工业》网上平台为广大作者及读者搭建了与我刊更紧密沟通的桥梁,为您提供更多服务:

- 注册作者,运用远程投稿系统,更快捷地处理您的来稿,使您时时了解自己稿件的情况;
- 注册读者,在线阅读期刊内容,学习行业相关知识,掌握前沿技术资料;
- 点击登录网上平台,及时了解行业新闻和企业动态。