

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.07.018

# 多总线技术在剑杆织机控制中的应用\*

司 妞<sup>1</sup>, 唐立军<sup>1\*</sup>, 吴定祥<sup>2</sup>, 贺慧勇<sup>1</sup>, 李 涛<sup>1</sup>, 张 畅<sup>1</sup>

(1. 长沙理工大学 物理与电子科学学院, 湖南 长沙 410004;

2. 长沙亿旭机电科技有限公司, 湖南 长沙 410004)

**摘要:**为实现织机控制中通信数据的高速、准确传输,解决剑杆织机控制系统通信可靠性问题,将模块化设计、多 CPU 分布式集群控制方式及多总线通信技术应用到织机控制系统中,选用 STM32F207 作为主 CPU,选用 STM32F103 作为从 CPU,选用 FPGA 作为主 CPU 的协处理器,以提高织机的运行速率。开展了对织机控制系统内部模块及多织机之间的通信方案的分析,提出了织机模块内部采用 SPI 通信、模块之间采用全双工串行异步通信、电控柜与操作台之间采用 CAN 通信、多织机之间采用无线组网等方案。将该方案应用于某纺织厂剑杆织机控制系统,实现了剑杆织机控制系统的稳定、快速、可靠运行。研究表明,织机控制运用多总线通信方式,通信数据传输高速、准确,织机运行速度可达 700 r/min,入纬率达 1 300 m/min,能实现多织机的远程监控。

**关键词:**剑杆织机;分布式集群控制;ZigBee 无线组网

中图分类号:TH39;TP273

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)07-0903-05

## Application of the multiple fieldbus technology in the rapier loom control

SI Niu<sup>1</sup>, TANG Li-jun<sup>1</sup>, WU Ding-xiang<sup>2</sup>, HE Hui-yong<sup>1</sup>, LI Tao<sup>1</sup>, ZHANG Chang<sup>1</sup>

(1. School of Physics and Electronic Science, Changsha University of Science and

Technology, Changsha 410004, China; 2. Changsha Yi Xu Mechanical and

Electrical Technology Company, Changsha 410004, China)

**Abstract:** In order to realize the high speed and accurate transmission of the communication data in the loom control and to solve the problem of the communication reliability in the rapier loom control system, the modular design, the multi-CPU distributed clusters control mode and multiple fieldbus communication technologies was investigated in the loom control, using STM32F207 as main CPU, STM32F103 as the slave CPU, FPGA as the co-processor of the main CPU was to improve the speed of the loom. After the analysis of the communication scheme of the internal module and the multi-loom in the loom control system, a method was presented to the SPI communication in the module, the full duplex serial asynchronous communication in each modules, the CAN communication in Electric control cabinet and work station, and the wireless communication in the multi-loom control system. The scheme was used in the rapier loom control system of a textile factory to guarantee the stability, high speed and reliability service of the rapier loom control system. The experimental results show that the loom control system uses the multiple fieldbus communication mode, the communication data transmission has high-speed and is accuracy, the running speed of the loom can reach 700 r/min, the filling yarn rate is 1 300 m/min, and can realize the multi-loom remote management.

**Key words:** rapier loom; distributed cluster control; ZigBee wireless network

收稿日期:2014-01-13

基金项目:湖南省科技计划资助项目(2011GK3116)

作者简介:司 妞(1988-),女,河南新郑人,主要从事信号检测与处理方面的研究. E-mail:siniumcu@163.com

通信联系人:唐立军,男,教授,硕士生导师. E-mail:tanglj2000@263.net

# 0 引 言

随着微电子技术、传感技术和通信技术的发展,高新技术被不断地应用到织机控制系统中,使得控制系统的自动化、智能化程度越来越高<sup>[1]</sup>。目前,国外高档剑杆织机普遍采用多级高速 CPU 分散处理控制系统,并引入 CAN 现场总线技术<sup>[2-3]</sup>,织机运行速度可达 800 r/min,入纬率达到 1 500 m/min<sup>[4]</sup>;而国内剑杆织机通常采用单 CPU 或 PLC 控制系统,也有厂家采用多 CPU 控制,但织机控制系统中数据通信速率低,织机稳定性不高<sup>[5]</sup>。多织机控制管理有线监控系统存在着布线施工布局复杂、费用高和耗时长的问题。

为实现织机高速、运行稳定的控制要求,本研究针对织机控制应用模块化设计思想,通过多 CPU 分布式集群控制方式,运用多总线通信技术,实现织机控制中通信数据的高速、准确地传输。多织机控制管理采用 ZigBee 无线组网方式,实现织机远程控制。

## 1 织机控制系统及通信方式

由于织机控制的复杂性,织机控制系统应用模块化设计及多 CPU 控制方式,以实现织机的多功能织造<sup>[6]</sup>。多 CPU 控制系统中,输入控制 CPU 负责织机处理按键动作、状态输入和多路储纬器报警灯等;主控 CPU 负责织机送经/卷取量的计算、编码器的解码、张力检测、纬纱灵敏度检测等;输出控制 CPU 负责织机主轴电机控制、灯光控制、选纬等;人机界面 CPU 主要负责织机显示控制、ZigBee 无线模块管理等。在多模块设计中,主控模块设为织机控制的主机,其余模块为从机,主从机以高速多总线方式协同动作。

织机控制系统组成如图 1 所示。

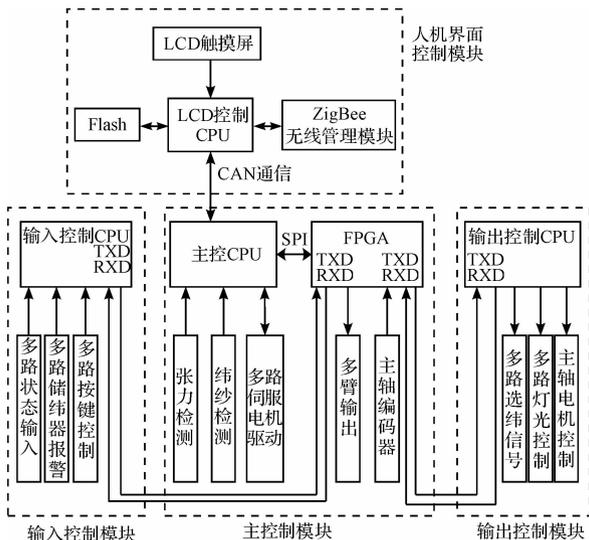


图 1 织机控制系统组成

由图 1 可知,织机控制系统各模块之间以多总线方式连接。其中,主控制模块内部 CPU 与 FPGA 之间采用 SPI 通信方式;输入/输出控制模块 CPU 与主控制模块 FPGA 之间采用串行通信方式;主控制模块与人机界面控制模块采用 CAN 总线通信方式。每台织机的人机界面控制中的 ZigBee 无线管理模块用于多织机远程监控中的 ZigBee 无线组网。在多 CPU 通信控制中,多总线通信方式的协同是实现织机各通信模块之间数据的高速、可靠传输的保证。在织机控制系统中,主 CPU 选用 STM32F207,该芯片工作频率可达 120 Mbps,处理数据能力强,内部功能强大,能有效地协助 FPGA 实现对织机复杂动作的  $\mu\text{s}$  级处理。根据织机输入/输出控制及人机界面控制的需要,此处的 CPU 选用 STM32F103,工作频率为 72 MHz,实时的数据处理能力能够满足织机的动作控制需要。

## 2 织机多总线通信的实现

织机控制系统采用模块的设计,各模块之间如何实现通信是研究重点。在多种通信方式中,SPI 通信方式工作于主从工作模式,可实现高速、全双工、同步的通信,适用于板级内部近距离数据传输;全双工异步通信方式适用于数据收发同时进行,且传输距离远于 SPI 通信方式,适用于板级之间的数据通信;CAN 通信方式适用于远距离传输,在工业现场环境中,数据传输的稳定性高。基于上述通信方式特点,在织机控制中,主控模块内部采用高速 SPI 通信方式,输入/输出模块与主控模块之间采用异步串行通信方式,织机主控与人机界面操作台之间采用 CAN 总线方式<sup>[7-8]</sup>。3 种通信方式相互协同,采用不同的通信速率,按照专用传输协议传输数据,将极大地提高织机的整体性能。

### 2.1 主控模块内部通信方式

在主控模块中,需要处理织物送经卷取量的计算、编码器的解码、张力检测等信号,大量的数据同时处理会造成主控 CPU 负荷过重,运行速度降低。为提高主控 CPU 的运行速率,本研究选用具有高速数据处理功能的 FPGA 控制器作为主 CPU 的协处理器,承担 CPU 的部分工作,降低 CPU 的工作负荷,实现 I/O 口的扩展及对编码器的解码。为实现 CPU 与 FPGA 之间的高速数据传输,二者之间采用 SPI 高速通信方式。在 SPI 主从工作方式中,以 CPU 为主控制器,FPGA 为从控制器。在进行 SPI 数据传输时,数据通信速率设为 10 Mbps,即传输一个字节时间不足  $1 \mu\text{s}$ 。本研究首先对主控 CPU 与 FPGA 之间通信数据传输参数进行资

源分配。

SPI 传输的参数如表 1 所示。主控模块内部进行 SPI 数据传输时,在主控 CPU 的时钟脉冲 CLK 控制下,主控 CPU 与 FPGA 控制器之间按照表 1 中已分配好的参数地址,以字节为单位依次传输数据,直至所有数据传输完毕。其中,主控模块内部需传输的参数有 40 Bytes ~ 50 Bytes,传输所有字节仅需几十微秒,SPI 总线上传输的数据输入、输出同时进行。CPU 每隔 100  $\mu\text{s}$  ~ 200  $\mu\text{s}$  发送一次时钟脉冲信号,查询是否有新的数据到来,这样 CPU 有足够的时间来处理织机的相应动作执行,而不会造成 CPU 因忙不过来而造成误动作。

表 1 主控 CPU 与 FPGA 参数传输资源表

字节地址	MISO 传输参数	字节地址	MOSI 传输参数
0	机械按键低 8 位	0	灯光指示 4 位
1	机械按键高 8 位	1	主轴电机控制字 8 位
2	主轴电机编码器低 8 位	2	主轴电机状态字 8 位
3	主轴电机编码器高 4 位	3	多臂输出 0 ~ 7
4	储纬器报警低 8 位	4	多臂输出 8 ~ 15
5	储纬器报警高 8 位	5	多臂输出 16 ~ 19
...	...	...	...

## 2.2 主控模块与输入/输出控制模块通信方式

由于织机的输入/输出信号较多,一个 CPU 不能完成对输入/输出信号的采集,部分输入/输出信号由输入/输出控制模块控制,部分由主控模块控制。此时各模块之间的通信是织机控制的关键。主 CPU 与其余控制 CPU 之间直接采用串口通信将占据大量的 I/O 资源,增加主 CPU 的负担,因此本研究采用由协处理器 FPGA 实现与其余控制板 CPU 的采用传输速率为 1 Mbps 串口通信方式,主 CPU 与 FPGA 之间采用传输速率为 10 Mbps 的 SPI 通信方式,主 CPU 与 FPGA 之间的高速数据传输及 FPGA 与各控制 CPU 之间的低速传输数据,能够极大提高主 CPU 的数据处理能力。主控模块中 FPGA 与输入/输出控制模块中 CPU 之间的数据传输采用全双工串行异步通信方式。在进行全双工异步通信时,输入控制模块与主控模块采用串口 1 通信,输出控制模块与主控模块采用串口 3 通信,异步串口通信波特率设置为 921.6 Kbps,传输一个字节所需时间不足 10  $\mu\text{s}$ 。在进行全双工串行异步通信时,须遵循一定的通信协议,具体协议如下:

(1)发送数据时:起始字节 0x09,有  $N$  个字节数据,采用 BCC 校验方式。数据传送格式为 0x09; DAT0, DAT1...DATN; BCC。其中 BCC 检验码为: BCC = 0x09^DAT0^DAT1^...^DATN;其中,发送方负责做 BCC

校验和,每发送一帧信息,接收方对接收到的信息进行 BCC 校验。

(2)接收数据时:数据接收完毕,要有应答信号,确保数据传输正确。

①接收正常,回答:0x92;接收数据正确,刷新存入对应的寄存器数组单元;

②接收数据 BCC 校验错误,回答:0x60,舍弃数据;

③接收数据长度错误,回答:0x61,舍弃数据。

接收发送方的数据,将数据存入对应的寄存器,每接收一帧数据,接收方都要对数据进行 BCC 校验,并发出相应的应答信号,直至接收完所有的数据。

全双工异步串行传输到的参数如表 2 所示。输入板与主控板通信参数占用 15 Bytes,传输时间少于 150  $\mu\text{s}$ ;输出板与主控板通信参数占用 10 Bytes,传输时间少于 100  $\mu\text{s}$ 。采用  $\mu\text{s}$  级数据通信,将极大提高传输速率。其中,输入板数据参数以 921.6 Kbps 速率传输给主控 FPGA, FPGA 以 10 Mbps 的速率通过 SPI 高速方式传输给主控 CPU,主控 CPU 每 200  $\mu\text{s}$  发送一次时钟脉冲,查询相应的输入信号,并以 SPI 高速方式将数据传给 FPGA,由 FPGA 将控制信息以 921.6 Kbps 速率发送给输出控制板。这种板级之间低速率传输、系统内部高速传输的方式,有效地减轻主控 CPU 负荷,提高了整机运行的可靠性。

表 2 主控与输入/输出板传输部分参数

字节地址	输入板传输参数	字节地址	输出板传输参数
0	机械按键低 8 位	0	灯光指示 4 位
1	机械按键高 8 位	1	主轴电机控制字低 8 位
2	状态检测输入 0 ~ 7	2	主轴电机控制字高 8 位
3	状态检测输入 8 ~ 15	3	选纬信号低 8 位
4	状态检测输入 16 ~ 19	4	选纬信号高 8 位
5	选纬报警输入 0 ~ 7	...	...
6	选纬报警输入 8 ~ 15	...	...
...	...	...	...

## 2.3 主控模块与人机界面控制模块通信方式

在纺织企业生产车间内,织机工作现场环境恶劣且织机电控箱与人机界面操作台距离远,故选用 CAN 总线通信方式<sup>[9]</sup>。CAN 现场总线是一种有效支持分布式控制和实时性控制的串行通信网络,具有通信速率高、实时性好、纠错能力强、传输可靠性高等特点,CAN 总线的通信距离最远可达 10 km(位速率为 5 Kbps),通信速率最快可达 1 Mbps(此时最长通信距离为 40 m)<sup>[10-12]</sup>,满足织机参数传输的需要。CAN 总线底层协议采用 iCAN 协议,其中主站设备传输报文给从

站设备,从站设备接收报文进行处理,并向主站设备发送响应报文。在 iCAN 协议中,使用 29 位标识符扩展帧格式报文,波特率为 1 MHz。其中,帧标识符含义如表 3 所示。

表 3 iCAN 报文中帧标识符含义

ID28-ID23	ID22-ID17	ID16
源节点编码号 ID:0-63	目标节点编号 ID:0-63	ACK 相应
ID15-ID8	ID7-ID0	帧标
功能码 ID:0-255	Source ID:包编码	识符

按照 iCAN 协议传输,在人机界面操作台上,用户能够实时观察到织机运行班次、班组工作产量、织机运行状态等,且可以进行花型花色工艺修改、对织机进行现场调试。主控与人机界面通信参数资源分配如表 4 所示。

表 4 主控 CPU 与人机界面通信参数

字节地址	传输参数
0	当前时间
1	织机当前状态
2,3	织机当前状态时间
4	电机当前状态
5,6	电机当前状态时间
7	花型文件名称
8,9	当前段位号
10	当前色号
11	纬密
12	目标张力
13	当前张力
...	...

主控模块与人机界面控制模块之间通信参数占用 40 Bytes ~ 50 Bytes,以 1 Mbps 速率传输,仅需几十微秒就可以读取一次数据,传输速率高,有效地保证了电控柜与人机界面之间的通信。

### 3 多织机无线组网

传统纺织车间多台织机管理系统一般采用有线传输方式,有线监控系统存在着布线施工布局复杂、费用高和耗时长等不利因素;而基于 ZigBee 的无线组网技术就克服了这些缺点,在工业现场环境中可以保证数据通信可靠,因此多织机管理控制系统采用 ZigBee 无线组网技术。ZigBee 是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术<sup>[13]</sup>。在工业现场,ZigBee 可实现自由组网,而且数据收发速率可达 1 Mbps。ZigBee 无线组网模块由 3 部分构成:监控中心 PC 机、ZigBee 无线网络管理协调器、多织机无线管理模块。

多织机无线组网框图如图 2 所示。

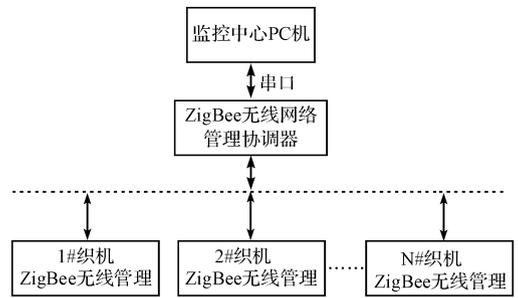


图 2 多织机无线组网系统框图

由图 2 可知,监控中心 PC 机负责观察多台织机的运行状态,织物产量和班组效率等,采用串行通信的方式与 ZigBee 无线网络管理协调器进行通信;底层织机无线管理模块通过 ZigBee 无线组网方式与 ZigBee 管理协调器通信,采用基于 ZigBee 无线组网技术对多台织机进行实时动态监控,其中需监测织机的参数如表 5 所示。

表 5 织机监控部分参数

字节地址	传输参数
0	织机运行状态
1	班次
2,3	当前班次时间
4,5	已织造匹长
6,7	当前班次产量
8	织造效率
9,10	停车次数
11	织机名称
...	...

表 5 中是部分监控参数,还包括织机动作的远程调试、花型花色工艺的远程编辑等。具体的 ZigBee 无线组网通信织机数据传输系统的流程如图 3 所示。监控中心 PC 机上需观察织机的运行状态、织物产量统计、班组效率等信息,基于 ZigBee 无线传输可靠稳定,有效地实现了织机的远程监控。

### 4 织机控制系统的通信测试

为验证新型剑杆织机多总线通信系统的性能,本研究在某纺织厂进行测试。在布匹织造过程中,织机运行稳定,实现布匹平稳织造。用户在人机操作台上能够实时监控到电机转速、织机运行状态、班组效率及织物产量统计等信息,还可以进行织机在线调试、修改织物的花型花色工艺等。本研究在织机操作台上观察织机的运行状态,说明了各种通信方式在织机控制系统中发挥了自身优势,它们通过相互协调使得织机运行稳定。其中板级系统内部采用 10 Mbps 的 SPI 通

信,需传输 40 Bytes ~ 50 Bytes,传输时间仅需几十微秒;板级之间采用 921.6 Kbps 的全双工异步通信,输入板与主控板传输数据时间少于 150  $\mu$ s,输出板与主控板传输数据时间少于 100  $\mu$ s;电控箱与操作台之间采用 1 Mbps 的 CAN 通信,需实时传输的参数有 40 Bytes ~ 50 Bytes,传输时间仅需几十微秒。织机的整体运转速度达 700 r/min,入纬率达 1 300 m/min,基本上达到国外高档剑杆织机水平。监控中心可以通过 ZigBee 的多织机无线组网通信观察织机的运行状态、织机产量及班组工作情况等,实现织机的远程监控。

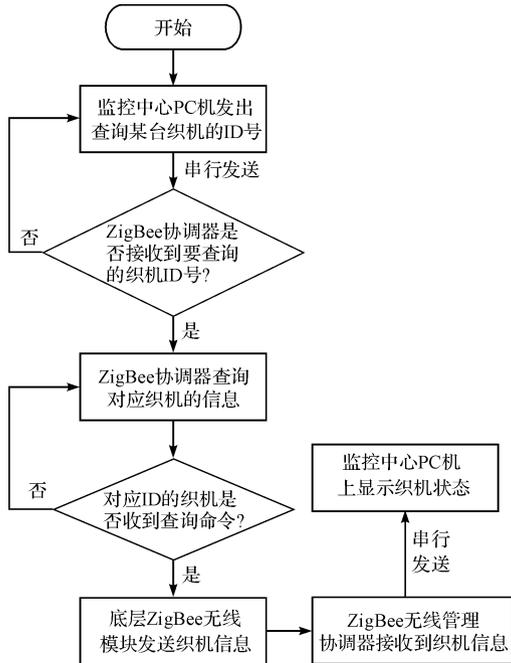


图3 织机 ZigBee 无线网络织机状态查询

## 5 结束语

本研究针对织机控制多总线技术的应用,有效地提高了织机的运行性能及系统的可靠性。多种通信方式在时序上的相互协同,极大地提高了系统的通信效率。多 CPU 分布式集群控制方式,提高了织机控制系统的运行速度和织机的入纬率,使织机的整体运转速度达 700 r/min,入纬率达 1 300 m/min,确保织机高速、稳定运行。

## 参考文献(References):

- [1] 史伟民,张立朝. 剑杆织机电控系统研究[J]. 机电工程,2003,20(5):85-86.
- [2] 吴小艳. 基于 GPRS 的剑杆织机群实时集中监控系统[D]. 武汉:北武汉纺织大学机械工程与自动化学院,2013.
- [3] 陈元甫,洪海沧. 剑杆织机原理与使用[M]. 2版. 北京:中国纺织出版社,2005.
- [4] 秦贞俊. 世界剑杆织机的发展[J]. 国外纺织技术,2002(2):4-5.
- [5] 王颖,汝吉东,孙振东. 基于 CSCW 嵌入式高速织机控制系统设计[J]. 测控技术,2013,32(11):84-87,93.
- [6] 陈赵颖,史为民,王藩. 多 CPU 分布式控制的新型喷气织机电控系统[J]. 机电工程,2009,26(7):57-60.
- [7] HUANG Li-li, LIU He-jin, CHANG An-tao, et al. The Design of Huamn-Machine Interaction System for Rapier Based on Linux. [C]// Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering. Guangzhou:[s. n.],2013:2000-2004.
- [8] WANG Chun-Hong, WU Chun-Ying. Study on Loom's Monitor System based on DSP and CAN Bus. [C]// Proceedings of the 2th International Conference on Computer Engineering and Technology. Chengdu:[s. n.],2010:591-594.
- [9] 王藩,吴保平. 基于 ARM 和 CPLD 的喷气织机控制系统设计[J]. 纺织导报,2013(7):80-83.
- [10] 刘卫东,常安涛,刘和进,等. 基于 AT9261 和 CAN 总线的高档织机控制蒸上汽机系统设计[J]. 轻工机械,2013,31(5):41-44.
- [11] 韩成浩,高晓红. CAN 总线技术及其应用[J]. 机电工程,2010,32(2):146-149.
- [12] 郑昕斌. 基于 CAN 总线的汽车自动空调控制器开发[J]. 机械技术,2012(1):122-125.
- [13] 冼土明,徐杜,蒋永平,等. 基于 ZigBee-GPRS 技术的无线传感器网络[J]. 软件,2011(1):57-60.

[编辑:程浩]

### 本文引用格式:

司姐,唐立军,吴定祥,等. 多总线技术在剑杆织机控制中的应用[J]. 机电工程,2014,31(7):903-907.

SI Niu, TANG Li-jun, WU Ding-xiang, et al. Application of the multiple fieldbus technology in the rapier loom control[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(7):903-907.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>