

doi: 10.7690/bgzdh.2015.10.009

基于工业以太的木工机械雕刻机数控系统开发思路

王体泮, 张 健, 熊 金

(中国兵器工业第五八研究所数控技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了满足木工机械雕刻行业对数控系统在工艺、集成性、成本、集成性、可维修性等方面的综合要求, 提出基于工业以太网结构的木工机械雕刻机数控系统的开发思路。阐述了基于以太网接口的木工机械雕刻机数控系统的体系构架, 并成功应用于实际产品设计开发中。研究结果表明: 新体系构架下的控制系统能极好地满足主机厂的配套要求, 提供更为灵活的配置选择, 兼顾成本和工艺控制要求, 具有很高的性价比。

关键词: 工业以太; 木工雕刻; 数控系统

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

Research of CNC System for Wood Carving Based on Industrial Ethernet

Wang Tipan, Zhang Jian, Xiong Jin

(Department of CNC Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: puts forward a new idea which is used to research the wood carving system based on industrial Ethernet in order to satisfy the need of craftwork and integration and cost and service in wood carving industry for CNC system. The article describes the structure a of CNC system for wood carving based on industry Ethernet, and the method is used to research in practical production successfully. The result of research indicates that the CNC system based on new structure satisfies the need of factory and provides flexible configuration choice and meets requirements of cost control and craftwork control with high cost performance.

Keywords: industrial Ethernet; wood carving; CNC system

0 引言

由于木工家具行业的快速发展, 传统的手工制作逐渐被数控装置所代替, 并成为行业内的高端应用。传统的通用型数控系统在价格、集成性和可维修性方面已经不能很好地满足行业需求, 而基于新的构架且符合木工雕刻行业特点的专用数控系统就是顺应市场需求发展方向的产品。笔者提出了基于工业以太网^[1]结构的木工机械雕刻机数控系统的开发思路, 充分利用通用 PC 机资源和以太网高速可靠的数据传递特点, 并兼顾成本和工艺控制要求, 使系统具有很高的性价比。

1 数控系统构架

图 1 描述的基于工业以太的数控系统的体系构架简洁明了, 易于安装、便于维修, 为主机厂的集成提供了极大方便。尤其是 HMI 部分与轴控卡间的以太网连接, 为物理集成安装提供了很大的自由度。

1.1 构架说明

1) 上位机与下位机间通过 Ethernet 网络接口可用长线连接, 并利用 TCP/IP 协议, 且可完成高速高效通信。

2) 设计简单的“直通”式应用层协议, 使轴控卡上的 ARM 只是“翻译”上位机传来的数据包, 实现板载资源的访问, 所有的工艺控制均由上位机控制软件完成, 这为调试和后期系统程序升级带来了方便。

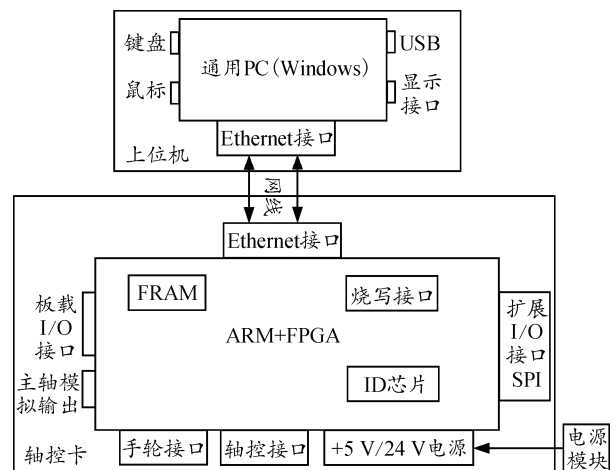


图 1 数控系统构架

3) 轴控卡提供本地 I/O 和远程 I/O, 可以级连多块 SPI 接口的 I/O 接口卡。

4) 轴控卡板载 FRAM 和序列号芯片, 为掉电信息的保存以及知识产权的保护提供了硬件支持。

收稿日期: 2015-05-13; 修回日期: 2015-06-29

作者简介: 王体泮(1972—), 男, 四川人, 本科, 研高, 从事数控技术研究。

5) 上位机硬件配置要求。上位机可用台式或笔记本电脑, 只要满足以下基本要求, 则可运行系统控制软件:

- ① CPU: 商用台式 PC 或笔记本电脑;
- ② 内存: 1 Gb 或更大;
- ③ 主频: 1 GHz 或更高;
- ④ 显示器: VGA;
- ⑤ USB 接口: 2 个;
- ⑥ 以太网接口: 1 个;
- ⑦ 操作系统: Windows XP 或 Win7。

1.2 构架特点

1) 轴控卡采用以太网接口与上位机连接, 操作方便, 与插卡式轴控卡相比, 省去了开箱操作和为板卡编写复杂底层驱动程序。

2) 对上位机的配置要求低, 选用灵活。

3) 网线连接给上位机和轴控卡在物理空间的分布上提供了更高的自由度, 轴控卡可以安装在机床上随意方便的位置, 上位机可以任意移动放置。

4) 应用层通信协议简单, 其“直通”式的通信模式使下位机程序基本上不用麻烦的烧写升级, 仅更新上位机的控制程序即可; 在系统功能调试时, 下位机程序设计者根本不用参与, 避免了传统数控系统调试时, 上、下位机程序设计者之间麻烦的现场协调。

1.3 轴控卡设计

采用 ARM+FPGA 结构形式的轴控卡是本数控系统的核心组件, 主要实现以下逻辑控制功能:

- 1) 提供 Ethernet 接口, 通信速率为 100 Mb/s, 用于与上位机的数据交换。
- 2) 芯片 ID 识别, 验证码保护。
- 3) 提供 FPGA 逻辑烧写接口, 方便控制逻辑的更新。
- 4) 提供运动控制功能, 主要有:
 - ① 单轴运动、多轴插补控制功能;
 - ② 轴配置、设置功能;
 - ③ 轴状态读取功能;
 - ④ 掉电保护功能(提供 256 字节的掉电信息保存容量);
 - ⑤ 龙门轴单电机、双电机驱动配置功能;
 - ⑥ 主轴控制功能;
 - ⑦ 手轮信号(脉冲+方向)采集功能;
 - ⑧ 提供最多 6 轴的运动控制, 轴控信号(每个轴包括如下信号: 脉冲、方向、使能、报警、A 脉

冲、B 脉冲和 Z 脉冲)。

5) 2 路 SPI 接口并能实现级联, SPI 接口通信速率不低 8 Mb/s, 用于连接扩展 I/O 板, 包括屏幕面板、NC 面板和扩展 I/O 板等。

6) 模拟量输出 1 路(0~+10VDC)。

7) 提供板载的 12 路光隔输入(24 V/8 mA)。

8) 提供板载的 6 路光隔输出(24 V/80 mA)。

9) 提供电源+5 V/+24 V 输入接口。

10) ARM 芯片完成 TCP/IP 协议及应用协议解释, 以实现 FPGA 的访问。

11) 指示灯: 电源灯(+5 V, +24 V)和调试状态灯(2 个)。

12) 电源接口: +5 V, +24 V。

13) 为微直线高速加工提供逻辑支持。

2 主要功能

2.1 文件管理功能

- 1) 支持多种格式文件的读入和编辑功能;
- 2) 新建加工程序;
- 3) 自动记忆最近的加工文件和编辑的文件;
- 4) 文件的保存、另存、关闭等功能。

2.2 参数设置功能

- 1) 用户参数;
- 2) 工艺参数;
- 3) 系统参数;
- 4) 厂商参数;
- 5) 参数密码保护功能;
- 6) 参数导出、导入功能。

2.3 手动操作功能

- 1) Jog 功能(连续或可选可设增量运动);
- 2) 机床回零;
- 3) 主轴启停、在线调速;
- 4) 冷却启停及润滑控制;
- 5) MDI 功能;
- 6) 手轮控制功能。

2.4 自动控制功能

- 1) 自动加工;
- 2) 断点继续;
- 3) 单段执行;
- 4) 选段加工;
- 5) 轨迹动态显示;
- 6) 模拟加工;

- 7) 三维仿真;
- 8) 暂停功能;
- 9) 刀具半径、长度补偿功能;
- 10) 高级加工功能;
- 11) 微直线高速加工;
- 12) 符合 ISO 标准的 G、M、S、T 指令识别。

2.5 诊断维护功能

- 1) 输入信号测试;
- 2) 输出信号测试;
- 3) 电机 Jog;
- 4) 轴控卡状态;
- 5) 版本信息。

2.6 提示功能

- 1) 系统概况;
- 2) 报警文本。

2.7 其他功能

- 1) 背隙补偿;
- 2) 硬限位、软限位保护;
- 3) 急停功能;
- 4) 多窗口折叠;
- 5) 系统 ID 保护;
- 6) 报警提示;
- 7) 掉电保护;
- 8) 组网功能;
- 9) 快速对刀。

3 技术指标

- 1) 最多可控轴数: 6 轴;
- 2) 最多联动轴数: 4 轴或 6 轴;
- 3) 联动方式: 线性联动;
- 4) 系统分辨率: $0.001 \text{ mm}/0.001^\circ$;
- 5) 输出最高频率: 2 MHz;
- 6) 字长位数: 32 位;
- 7) 加工程序格式: ISO 格式的 G 代码、PLT、HPL、ENG 等;
- 8) 加工程序导入: USB 接口、CF 卡、Ethernet;
- 9) HMI: Windows 窗口操作风格;
- 10) PLC: 内嵌 PLC;
- 11) 加工程序最大行数: 小于 100 万行;
- 12) 主轴转速: $0 \sim 24\,000 \text{ r/min}$;
- 13) 最大空移速度: $30\,000 \text{ mm/min}$ (参数控制);
- 14) 最大加工速度: $24\,000 \text{ mm/min}$ (参数控制)。

4 系统软件设计

该数控系统软件设计的工作量很大且有相当的难度, 不仅包含一些较为复杂的算法, 而且程序功能模块多, 需要多人同步开发、调试。为此, 设计一个较为完善的软件构架, 在有限资源约束条件下, 可保证各功能模块本身具有低耦合高内聚的特点, 便于组合、交换信息和扩展。

控制软件需要完成人机 HMI、参数设置、程序管理、加工数据导入、编辑、加载及数据预处理(刀具半径补偿、长度补偿、微直线处理)、轨迹控制、速度控制、运动安全及报警等, 响应用户的鼠标操作或键盘操作, 显示系统的各种状态(包括运动轨迹)。各大模块均要在统一的 HMI 调度下, 无缝融合, 协同完成各个控制功能。

在软件设计时, 需要充分考虑雕刻机行业约定, 从界面风格、操作习惯, 包括控件布局及名称、快捷键功能和功能术语等方面。

4.1 开发环境

1) 上位机控制软件运行于 Windows XP 或 Win7 环境下, 采用标准的 Windows 窗口操作, 支持全键盘和鼠标输入, 其开发环境为 Visual Studio 2008, 并采用 MFC 进行编程^[2]。

2) 下位机控制软件运行于基于无操作系统的 ARM 平台下, 采用 Keil5 为开发环境, C 语言编程, 最终烧写在 FLASH 中。

4.2 软件模块

软件构架采用基于软件工程的设计思想和模块化的结构。

1) 基础模块为 HMI 模块、算法模块和运动控制模块。其中算法模块、运动控制模块以 DLL 库的方式提供, 并提供对外接口函数, 供 HMI 模块调用。

2) 模块间的信息交换主要采用指针参数、少量的全局变量的方式, 并采用临界区保护的方式实现各模块间的数据同步^[3-5]。

5 核心算法设计

5.1 微直线高速加工算法

在满足产品的加工精度和机床各驱动轴最大加速度的约束下, 通过算法处理加工程序中小直线拐角的平滑过渡, 以尽可能地提高加工速度, 并保证被加工表面的质量和轮廓轨迹形状。