

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.021

## 嵌入式技术在花样缝纫机控制系统中的应用

杨奕昕, 张玉辉, 赵毅忠

(中国兵器工业第五八研究所 数控产品事业部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对花样缝纫机的智能化控制问题, 综合应用 ARM、DSP、FPGA 等嵌入式技术, 开发花样缝纫机智能化控制系统。该智能化控制系统由嵌入式 ARM 主板、基于 DSP+FPGA 的运动控制卡、带触摸功能液晶屏、主轴伺服驱动单元、进给轴驱动单元、输入/输出信号接口、系统电源等组成, 可实现对花样缝纫机的高速、高精度运动控制。应用结果证明, 该控制系统具有开放性好、控制精度高、速度快、功能丰富、操作方便、运行稳定、成本低、通用性好等优点, 各项指标完全满足设计要求, 市场前景非常广阔。

**关键词:** ARM; DSP; FPGA; 花样缝纫机控制系统

**中图分类号:** TP273+.5 **文献标识码:** B

## Application of Embedded Technology in Pattern Sewing Machine Control System

Yang Yixin, Zhang Yuhui, Zhao Yizhong

(Dept. of CNC Engineering, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Pattern sewing machine for intelligent control, integrated application ARM, DSP, FPGA, such as embedded technology, development of intelligent control system for pattern sewing machine. The intelligent control system consists of embedded ARM board, DSP + FPGA based motion control card, LCD screen with touch function, spindle servo drive unit, the feed axes drive unit, input / output signal interface, the system power supply etc., can be realized on the pattern sewing machine of high-speed, high precision motion control. Application results show that the control system is open well, control accuracy, high speed, feature rich, operation convenient, running is stable and low cost, versatility well etc., the indicators meets the design requirements, which will have the better market prospect.

**Keywords:** ARM; DSP; FPGA; pattern sewing machine control system

### 0 引言

近年来, 嵌入式技术在各行各业的应用非常广泛。将嵌入式技术应用于特种工业缝纫机的自动化、智能化控制, 对提高该类设备的整体技术水平和产品附加值, 具有非常重要的意义。故应用嵌入式计算机技术和自动化控制技术来解决花样机的智能化控制问题: 1) 控制系统的软硬件平台应具有良好的通用性、灵活性和扩展性; 2) 对花样机的运动控制应实现高速、高精度、高可靠性; 3) 控制软件符合花样机缝制工艺; 4) 能提供花样机工作所需的 I/O 接口; 5) 人机界面友好, 操作简单、方便等。

### 1 系统总体设计

#### 1.1 工作原理

如图 1, 主轴电机带动机针上下运动, 主轴电机转一圈, 机针上下一次, 实现刺布缝纫; X 轴、Y 轴电机带动送料框左右、前后移动, 进行定位; 通过主轴电机编码器的反馈信号确定允许送料区间, 在允许送料区间 X 轴、Y 轴电机才能运动, 以此实现刺布与送料的同步。

花样机控制系统工作过程: 对花样图形进行打版(包括直线、圆弧、多边形、曲线等), 并根据缝纫针距、缝纫速度、缝制工艺等将打版线条进行分割和计算, 自动生成缝纫数据。运动控制卡将缝纫数据转换成具体的控制指令(包括脉冲、方向、I/O 等), 控制花样机主轴、X 轴、Y 轴电机运转, 以及 I/O 辅助控制。

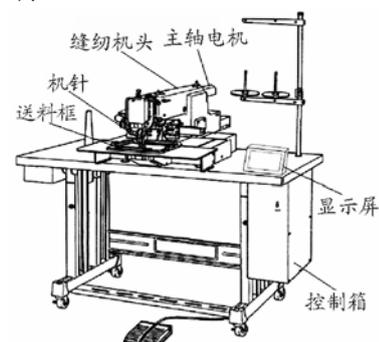


图 1 花样缝纫机

#### 1.2 系统总体结构

系统主要模块包括: 嵌入式 ARM 主板、智能运动控制卡、带触摸功能液晶屏、主轴驱动单元/电机、进给轴驱动单元/电机、输入/输出信号单元、

收稿日期: 2010-07-15; 修回日期: 2010-09-20

基金项目: 科技部科技型中小企业技术创新基金资助(07C26215101882)

作者简介: 杨奕昕(1974-), 男, 四川人, 高级工程师, 从事计算机数字控制技术研究。

系统电源等。系统总体结构如图 2。

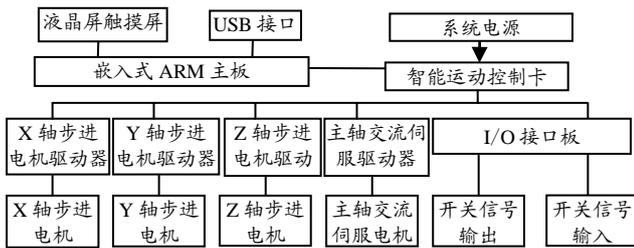


图 2 系统总体结构

## 2 系统硬件设计

花样缝纫机智能化控制系统硬件平台采用主从式双 CPU 结构，上位机为嵌入式 ARM 主板，下位机是 DSP 运动控制卡，上下位机通过 RS232 通信方式交换数据和信息。该结构模式中，上下位机相对独立，能充分发挥各自的特点与优势，使整个系统具有接口丰富、数据处理速度快、存储容量大、通用性好、开放性强、功能扩展方便、易于实现控制等优点。

### 2.1 ARM 主板

ARM 主板以 Samsung 公司的 32 位 RISC 嵌入式处理器 S3C2440A 为核心，主频为 400 MHz，外部扩展了存储器及设备接口。ARM 主板主要负责 640×480 分辨率、256K Color TFT LCD 液晶屏显示，4 线电阻式触摸屏操作，USB 外部数据接口，通过 RS232 通信与运动控制板之间进行实时数据传送，以及提供 WINCE 操作系统运行平台等。ARM 主板的硬件框图如图 3。

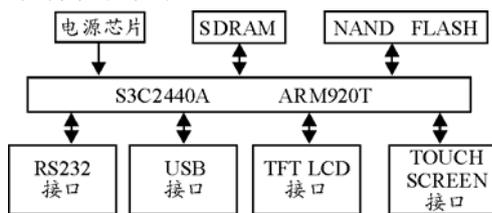


图 3 ARM 主板硬件框图

### 2.2 智能运动控制卡

高性能运动控制卡以 TI 公司的 16 位 DSP 芯片 TMS320LF2407A，以及 ACTEL 公司的 A3P400 FPGA 芯片为核心，DSP 芯片作为控制处理器，基于 FPGA 芯片，应用 ASIC 设计技术研发了用于花样缝纫机控制专用大规模集成电路，构成了智能运动控制单元（1 个主轴、3 个进给轴的运动控制）、I/O 处理单元（20 个 I/O，其中有 5 个大功率驱动输出，用于电磁铁控制）等功能模块；FRAM 能实时动态存储系统的运行状态信息；通过 RS232 通信

与 ARM 主板交换数据信息。其硬件框图如图 4。

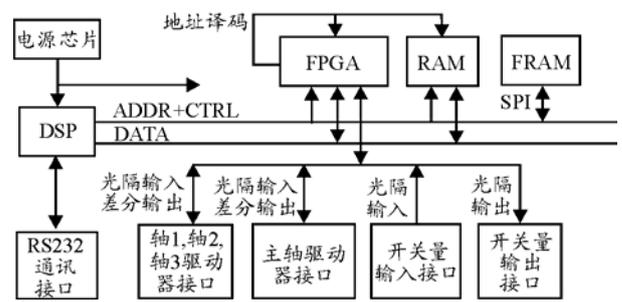


图 4 运动控制卡硬件框图

### 2.3 主轴驱动

花样缝纫机的主轴要求具有很高的转速（2 500~3 000 rpm）来满足高速缝纫，同时又要求具有较大的瞬间过载能力，保证机针的穿透力量，能轻易将厚料打穿，选用交流伺服电机完全能满足上述要求。与传统工业缝纫机采用的离合器电机相比，交流伺服电机的体积和重量都比较小，可用直连方式连接缝纫机主轴，提高了电机的执行效率，减小了整机噪音，便于安装和调试。

### 2.4 进给轴驱动

花样缝纫机常用的缝纫针距范围是 2.5~5 mm，当高速缝纫时要求 X 轴、Y 轴进给电机具有快速的响应能力，跟随性能好，用步进电机作为花样机的进给电机非常适合，能很好的保证缝纫针距均匀，线迹美观。对于大型幅面的花样机（如 600×250 mm），由于进给轴机械负载比较重，缝纫针距也较大，使用交流伺服电机作为驱动，可保证恒定的力矩和进给轴平稳运动。

### 2.5 系统可靠性

为保证系统运行的可靠性和提高抗干扰能力，电机驱动器的脉冲、方向控制信号差分输出，其它 I/O 控制信号经光隔离输入/输出。开关信号光隔离输出，经功率管驱动放大后控制电磁铁、电磁阀等电子器件，实现压板压下/抬起、压脚压下/抬起、自动剪线、拨线、松线等辅助控制功能。启动、压板、暂停、断线检测、零位信号等输入开关信号也通过光电隔离进入系统。

## 3 系统软件设计

### 3.1 软件模块结构

系统软件分为上位机（ARM 主板）和下位机（运动控制卡）2 部分。上位机软件基于 WINCE 实时操作系统，能为用户提供友好、生动的图形界面，

（下转第 78 页）

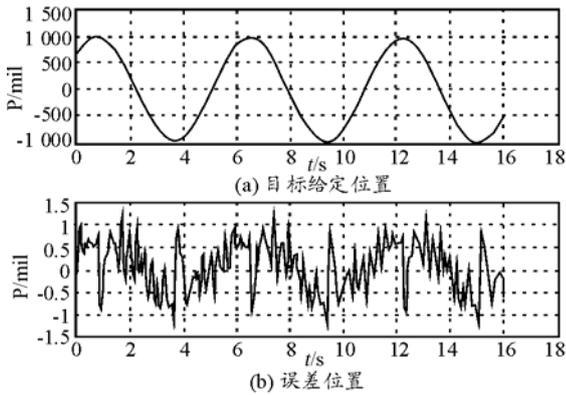


图 6 正弦输入响应误差曲线

### 3 结束语

试验结果表明，在经典 PID 算法无法满足系统指标要求的情况下，改进的控制算法很好地满足了系统的技术指标要求，系统响应速度较高，控制精度较好。由于采用了时间最优控制方法，该算法对惯量大、要求快速反应、和较小稳态误差的伺服系统有效。但是该算法在小惯量或者对反应时间要求不高而只要求高稳定精度的伺服系统中，相比其他算法并无明显优势。该算法在实际应用时需要整定的控制参数相对于传统的 PID 算法要多，整定控制参数耗时较长。另外该算法的控制参数大都依赖于控制对象的特性，故控制系统的鲁棒性较传统的 PID 算法差。鉴于上述情况，下一步将对控制参数快速整定、如何提高控制算法的鲁棒性等方面的问题进行进一步的研究。

### 参考文献：

[1] 张勇涛. PID 算式及算法改进的有关问题探讨[J]. 唐山工程技术学院学报, 1992(1): 45-49.  
 [2] CALAMAL P.H. Projected gradient methods for linearly constrained problems[J]. Math Programming, 1987, 39: 93-116.  
 [3] 徐承忠. 高精度数字伺服系统[M]. 武汉: 华东工学院, 1991.  
 [4] 耿艳峰. 精密数字伺服系统控制算法与控制精度的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学硕士论文, 1994.  
 [5] 李红卫. 高精度数字随动系统设计[J]. 电光系统, 2008, 1(2): 21-23.  
 [6] 胡佑德. 伺服系统原理与设计[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1995.

\*\*\*\*\*

(上接第 74 页)

使用户操作傻瓜化，也能方便地进行缝纫花样文件的编制、管理、外部数据交换，以及系统参数的设置。下位机软件基于 DSP 强大的数字处理能力，对主轴和 3 个进给轴进行实时运动控制，同时完成花样机所需的 I/O 辅助控制。上下位机通过 RS232 通

信方式交换数据和信息；主机传向从机的信息有：控制指令、用户参数、系统参数、缝纫数据等；从机传向主机的信息有：坐标数据、状态信息、开关信号、报警信号等。整个软件的模块主要分为 9 个部分：系统总体调度模块、核心算法模块、示教编程模块、缝制数据修改与维护模块、运动控制模块、用户界面管理模块、缝制数据组合与维护模块、参数设置与管理模块、系统诊断与故障报告模块。

### 3.2 系统软件流程（如图 5）

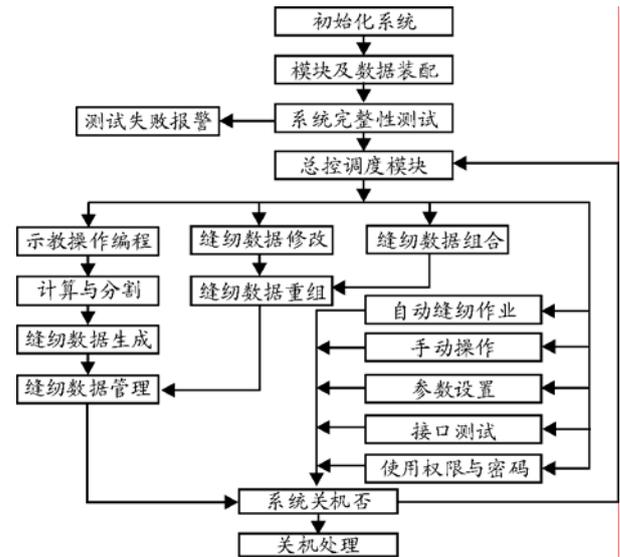


图 5 系统软件流程

### 4 结语

该控制系统具有开放性好、控制精度高、速度快、功能丰富、操作方便、运行稳定、成本低等优点，各项指标完全满足设计要求，其产品已在国内骨干工业缝纫机生产企业推广应用，市场前景非常广阔。同时，该研究成果为特种工业缝纫机的智能化控制提供了一个通用的开发平台，只需对软硬件进行简单的裁剪与定制，就能迅速开发出其他新型号的产品。

### 参考文献：

[1] 王黎明. ARM9 嵌入式系统开发与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.  
 [2] 刘向东. DSP 技术原理与应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.  
 [3] 刘明章. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.  
 [4] S3C2440A 32-BIT CMOS MICROCONTROLLER USER'S MANUAL. PDF.  
 [5] TMS320LF2407A DATABOOK. PDF.  
 [6] A3P400 DATABOOK. PDF.