

文章编号: 0253-9721(2007)10-0103-05

基于 PSoC 和 FPGA 的手套机电气控制系统开发

汪木兰, 朱昊, 左健民

(南京工程学院 先进数控技术江苏省高校重点实验室, 江苏 南京 210013)

摘要 提出以可编程片上系统(PSoC)芯片(CY8C29666)和现场可编程门阵列(FPGA)芯片(EP2C5)为核心构建手套机电气控制系统,介绍了2种芯片的主要技术特点,结合手套机的功能需求,阐述了芯片的选用原则。通过分析全自动手套机电气系统的设计思路,给出控制系统的硬件原理框图和软件流程图。特别是利用PSoC和FPGA的内部资源配置功能和嵌入式系统设计的先进理念可简化外围硬件电路和软件控制程序,提高了整个系统可靠性和稳定性。

关键词 手套机; 可编程片上系统; 现场可编程门阵列; 电气控制系统; 嵌入式系统

中图分类号: TP273; TS1 文献标识码: A

Development of electrical control system for glove knitting machines based on PSoC and FPGA

WANG Mulan, ZHU Hao, ZUO Jianmin

(Jiangsu Key Laboratory of Advanced Numerical Control Technology, Nanjing Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210013, China)

Abstract An electrical control system for glove knitting machines is constructed based on the Programmable System on Chip (PSoC) (CY8C29666) and the Field Programmable Gate Array (FPGA) (EP2C5). The main technical characteristics of the two chips are introduced, and the principle of choosing chips is expatiated in combination with the functional demands of glove knitting machines. The design method of the electrical control system for the full automatic glove knitting machine is analyzed. The hardware frame and software flow chart are given. Especially, the advanced thoughts of the inner hardware re-configuration and the embedded system design are fully utilized, so that the peripherally hardware circuits and the control program are very simplified. The reliability and stability of the whole equipment are rapidly improved.

Key words glove knitting machine; PSoC; FPGA; electrical control system; embedded system

随着电子技术和计算机技术的发展,手套机也由机械手动型逐渐转变为电脑自动型,同时手套机功能也在不断增加。手套品种一般包括劳保手套、各种魔术型时装手套、半指手套、全指手套、防寒手套以及时尚流行手套等。目前欧美、日本、台湾等国家和地区均生产研发手套机,且技术比较成熟,如意大利的罗纳迪(Lonati)、日本的岛精(Shima Seiki)、德国的斯托尔(Stoll)和台湾的三基(SANCH)等^[1]。与国外公司相比,目前国内手套机生产企业的技术水平还相对落后,大多生产手套机的机械本体部分,而电气控制系统主要依赖进口。研制具有自主知识产权

的手套机核心控制系统一方面可大大减少手套机的生产成本,另一方面也可方便手套机设备的使用和维护。本文针对于上述状况设计出基于先进微处理器和嵌入式软件硬化芯片的全自动手套机电气控制系统。

1 手套机电气控制系统功能分析

手套机由机头、机身、控制系统、针筒、控制鼓、剪刀及辅助机构等部分组成。整个机器通过机械部分和电气部分的协同运作,共同完成手套的编织。

收稿日期: 2007-01-08

修回日期: 2007-06-15

基金项目: 江苏省高校高新技术产业发展项目(JHB05-28)

作者简介: 汪木兰(1967—),男,副教授,硕士。研究方向为数字化装备技术和智能控制等。E-mail: zdhxwml@njit.edu.cn。

其中,电气控制部分由机头位置检测输入电路、微动开关输入电路、键盘输入电路、控制信号处理系统、时序信号生成系统、动态图形模拟系统、电磁铁控制输出电路、电动机控制电路和多机通信电路等部分组成。一方面,系统以机头的左右移动为基准,通过时序生成电路发出控制信号驱动电磁铁协同工作;另一方面,根据微动开关输入的不同信号以及键盘输入的命令,由控制信号处理系统生成控制逻辑。此外,通过动态图形模拟系统实时显示机器当前的工作状态;通过多机通信电路与上位机或其他手套机进行通信,从而构成网络化制造系统。

2 基于 PSoC 的硬件设计

控制信号处理电路的 CPU 采用美国 Cypress Semiconductor 公司的可编程片上系统 (PSoC, programmable system on chip)^[2-3]。PSoC 是基于通用 IP 模块,资源可配置的微控制器,由基本的处理器内核、存储器以及用户可选择配置的模拟模块和数字模块组成,其中模拟模块包括各种模数转换器、数模转换器、放大器、滤波器等,数字模块包括各种定时器、计数器、串行通信以及数字式脉宽调制 (PWM) 模块、电可擦除存储器 (EEPROM) 等。与传统单片机相比,使用 PSoC 可省去用户设计电路时所需外围器件,同时也给用户极大的自由度,用户可根据不同系统选择自己所需的模块。模块之间的连

接模块与引脚的连接以及引脚功能和状态均可由用户配置,所以,一片 PSoC 芯片应用在不同系统中可以具有完全不同的功能,也可以起到自主知识产权的保护作用。PSoC 芯片的多样性使其可以满足不同复杂程度的系统、不同设计的要求。

针织机电气控制系统具有输入/输出引脚多,控制软件程序量大的特点。本文设计的手套机控制系统其控制器需要 40 个以上的 I/O 引脚,约 30 kB 程序存储空间。根据这些特点和需求,选用了 CY8C29666 芯片。该芯片有 48 个引脚(可用 I/O 引脚 44 个),32 kB Flash 程序存储器,2 kB SRAM 存储器,可配置 12 个模拟模块和 16 个数字模块。

根据需求, CY8C29666 芯片配置了 1 个 EEPROM 模块,2 个串行通信模块和 1 个 8 位计数器模块。其中,EEPROM 模块是在 PSoC 的 Flash 存储器中,运用软件机制来模拟硬件 EEPROM 电路,系统中选取了 1 个 EEPROM 模块用于断电后保存用户设定的编织参数以及当前的工作状态。系统选用的 2 个串行通信模块中,一个用来与变频器通信,控制电动机的转速;另一个用来与上位机进行多机通信,构成网络体系。8 位计数器用来实现编织过程中的定时与计数功能。

当芯片内部配置完毕之后,需进行外围电路设计。由于系统主要控制功能均可由 PSoC 的处理器内核和片内配置的模块实现,所以片外电路比较简洁,相应的结构功能框图如图 1 所示。

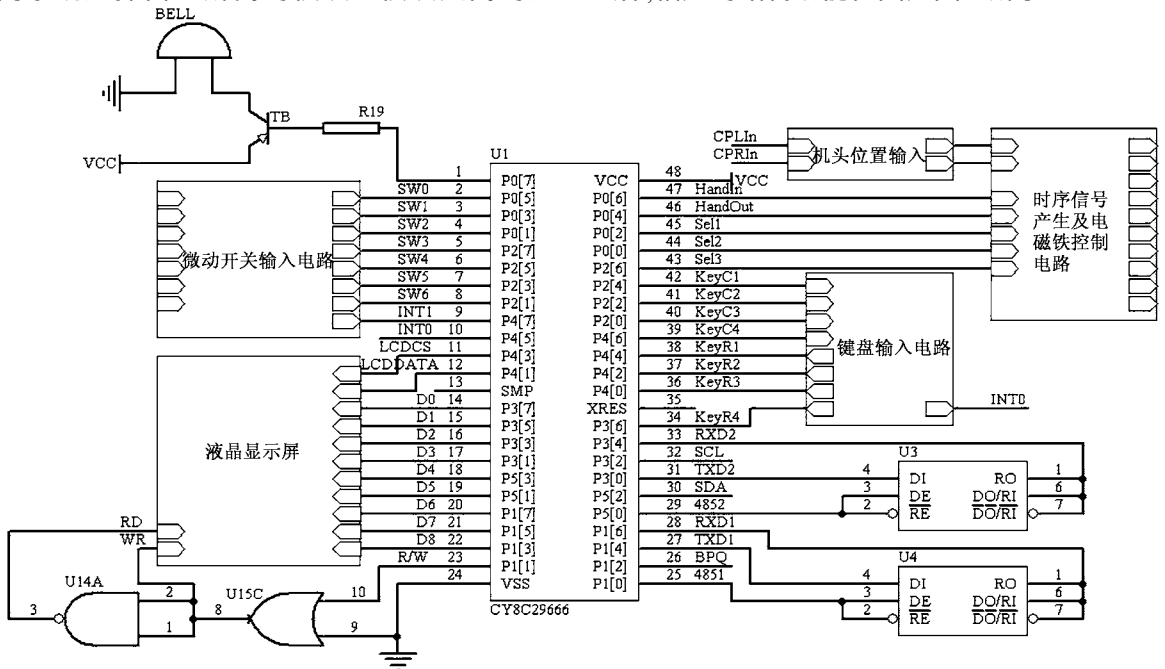


图 1 硬件电路结构框图
Fig.1 Hardware circuit frame

图1中机头位置信号CPL和CPR由传动链上的挡光板输入。手套机工作时,机头沿导轨作往复运动,机头往复运动1个周期,手套机的机械系统完成2行编织。当机头运行到导轨左右两端时,通过挡光板控制分别输出CPL和CPR信号。时序信号产生电路根据这个基准信号来控制输出电磁铁信号的时序。微动开关输入信号是除CPL和CPR以外的另一组开关量输入信号,具体包括断纱检测、手柄位置状态、离合器位置、手套落下脉冲、支点移动、针筒和控制鼓旋转位置等7个输入信号。它们的变化反映了手套编织过程中各个阶段的转换以及是否有异常情况发生,这些微动开关信号通过与门连接到PSoC的中断输入引脚。

机头位置输入电路和微动开关输入电路的主要作用是利用光电耦合器将外部输入信号与电路内部信号进行光电隔离,以减小外部干扰对电路系统的影响。键盘输入电路采用行列矩阵方式,电路结构为4行×4列(16按键),按键通过与门连接到PSoC的中断输入引脚。时序产生与电磁铁控制电路以FPGA(现场可编程门阵列,Field Programmable Gate Array)为核心,用于产生特定的时序信号来控制10路电磁铁动作(暂没有计入自动打结器用控制电磁铁)。与开关量输入电路相似,时序信号产生及电磁铁控制电路中也采用了光电耦合器将输出信号与电路内部信号进行隔离。

PSoC芯片中提供了RS-232C串行接口,但由于RS-232C串行通信接口具有传输距离较短、抗干扰能力不太强等缺点,所以本系统通过SN75176芯片(图1中U3和U4)将PSoC上的RS-232C通信转换成RS-485通信,用于控制变频器的工作频率和电动机转速。

在配置PSoC过程中,由于其大部分引脚功能都没有定义,所以芯片没有单片机、数字信号处理器(DSP,digital signal processor)等所具有的总线式引脚,例如读/写信号线、地址线 and 数据线等。由于本系统没有使用片外存储器,所以也不需要数据线、地址线和控制总线,用户可赋予引脚其它的功能,大大提高了芯片硬件资源的利用率。比较图1可知,若以单片机(如MCS-51系列80C32等)为核心,则实现手套机电气控制系统功能还需增加程序存储器、数据存储器、8255并口扩展电路、地址锁存器以及相关的门电路等^[4]。可见,与传统的单片机控制系统相比,以PSoC为核心构建控制系统可以简化电路结构,有效降低了产品成本。

3 基于FPGA时序信号产生电路设计

手套机电气控制系统的主要工作是通过控制多路电磁铁实现对手套机各机械装置的操纵。控制器以机头的左右动作为时间基准,对应每1个电磁铁生成1个时序信号,通过电平控制电磁铁的开合。关于时序信号的生成,常见的思路是利用软件编程实现,但是针织机工作时,要求电磁铁的开合必须严格遵守规定时序,任何一个电磁铁误动作都会引起整个产品的报废,甚至损坏机器,所以,系统对于控制电磁铁时序信号的准确性和可靠性具有很高的要求。传统的软件往往导致控制程序复杂化,造成时序安排紧张,并且软件本身的设计缺陷、运行环境的变化,参数设置的正确与否都可能引起输出波形变化。通过前面分析可知,手套机中电磁铁动作时序波形都是根据CPL和CPR基准脉冲信号按预定的规律变化。为此,决定将电磁铁波形由传统的软件实现改为FPGA硬化实现,这种嵌入式设计理念不但可提高波形响应的精度和速度,而且大大增强了系统的可靠性^[5]。FPGA是专用集成电路(ASIC,application specific integrated circuits)中集成度较高的一种。用户可以用文本输入或图形输入方法对芯片内部的门电路和逻辑单元进行配置,从而将FPGA芯片设计成在特定系统中使用的具有特定功能的专用集成电路,因此,FPGA被认为是提高系统集成度、可靠性和技术保密性的最佳选择之一。

选择美国Altera公司Cyclone II系列中的EP2C5芯片。它提供4608个逻辑单元(LE),89个可用I/O引脚以及26个M4K RAM块^[6]。利用高速硬件描述语言(VHDL,very high velocity hardware description language)对芯片内部硬件资源编程,基于Altera公司开发环境Quartus II定义芯片管脚。EP2C5芯片与外围电路接口如图2所示。

图2中CPL和CPR信号来自手套机上挡光片

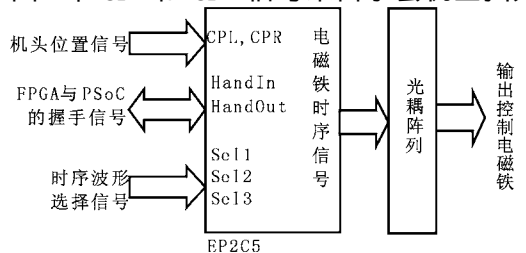


图2 FPGA芯片与PSoC接口框图

Fig.2 Interface of FPGA and PSoC

发出的信号, HandIn 和 HandOut 是 FPGA 与 PSoC 之间的握手信号。当需要 FPGA 工作时, PSoC 将 HandIn 置高;当需要其停止工作时,将 HandIn 清低。FPGA 工作时将 HandOut 置高,当工作完毕后将 HandOut 清低,供 PSoC 查询。

在编织手套时将手套划分为小指尖、小指筒、无名指尖、无名指筒、中指尖、中指筒、食指尖、食指筒、四指掌、大拇指尖、大拇指筒、五指掌、手腕、热熔纱共 14 个部分。其中编织 5 个手指的指尖部分、手腕部分和热熔纱部分所需的时序波形各不相同,而编织 5 个手指的指筒部分以及四指筒和五指筒时,由于这些部分均为直筒形状,所以电磁铁动作时序波形相同,不同之处仅在于编织行数不同,可以通过握手信号控制。由于编织一只完整的手套共需要 8 组时序波形,因此 PSoC 在控制编织过程中使用 3 个输出信号 Sel1、Sel2 和 Sel3,对 8 组电磁铁波形进行选择。FPGA 输出的波形信号共有 10 路,每一路经过光电耦合器隔离和驱动后连接至电磁铁,控制其按规定的时序动作。

当系统上电工作后,置握手信号 HandIn 为高电平时,FPGA 根据时序波形选择信号确定当前正在编织的部位,然后以 CPL 和 CPR 为基准,输出 10 个相应的时序波形。8 组时序波形的确定可用 VHDL 语言编程设置,有关利用 Quartus II 进行仿真而得到相应时序波形的过程将另行介绍。

4 手套机电气控制系统软件设计

手套机电气控制系统软件由主程序和 2 个中断服务程序组成,其中的主程序流程如图 3 所示。图中主程序主要完成握手信号与时序波形选择信号的产生、系统状态检测、编织参数设置、通过变频器控制电动机转速等功能。在手套的编织过程中,主程序还需控制液晶显示屏动态模拟显示手套的编织过程^[7]。显示屏左边为手套的轮廓图,在手套编织过程中,该图形相应地描绘当前手套的编织状态。随着编织过程的进行,手套图形能够实时更新。屏幕右边为菜单和文本区,显示手套编织过程中的实时数据及当前可执行的操作。

2 个中断服务程序分别为键盘中断服务程序和微动开关中断服务程序。键盘中断程序实现在编织过程中对系统相关操作以及参数的改变等。微动开关中断程序的作用是,当有非正常情况发生时,系统可以诊断出故障的种类,并在 LCD 上显示当前的状

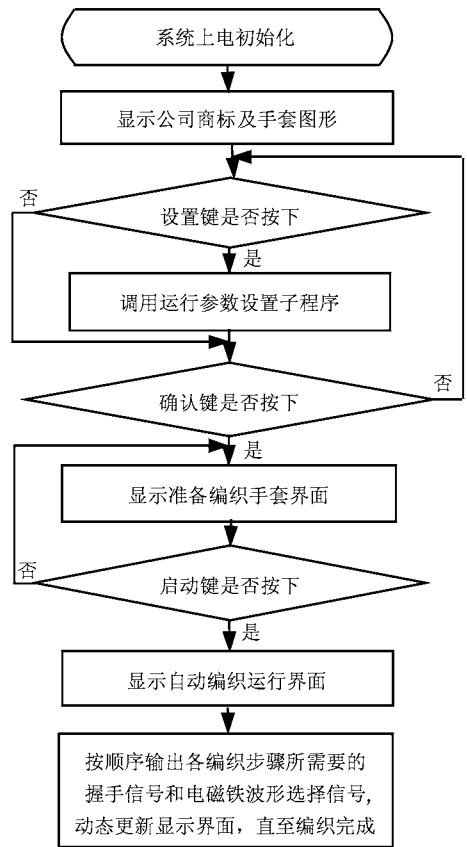


图 3 主程序流程图

Fig. 3 Flow chart of main program

态以及用户可以继续进行的操作等。

5 结 语

本文研发的系统采用 PSoC 和 FPGA 相结合的方式,一方面通过 PSoC 芯片的可配置功能提高了系统的集成度,简化了硬件电路;另一方面利用 FPGA 的硬化抗干扰性能提高了系统的可靠性。此外,PSoC 芯片和 FPGA 芯片引脚由用户自定义的特点也大大加强了系统的保密性,可以有效地保护自主知识产权。本文提出使用 PSoC 和 FPGA 设计整个针织机电气控制系统,结合图形模拟显示和汉化菜单操作模式,申请了国家专利技术,值得推广应用。当然,在设计过程中如何进一步提高编织速度和效率,如何加强系统的综合诊断功能和联网功能,特别是如何利用电气控制系统的灵活性来部分地取代传统的针筒和控制鼓功能,降低整机的制造成本,提高系统的性价比等,仍有待进行深入探讨。

FZXB

参考文献:

[1] 詹建潮,王庆九,陈宗农,等. 面向网络的全自动手套

- 机控制系统研制[J]. 纺织学报, 2004, 25(4): 110 - 112.
- [2] 何永义, 郭帅, 王文斌, 等. PSoC 片上系统原理与应用[M]. 上海: 上海大学出版社, 2003.
- [3] 戴国骏, 张翔, 曾虹. PSoC 体系结构与编程[M]. 北京: 科学技术出版社, 2005.
- [4] 朱昊, 汪木兰, 左健民. 电脑全自动手套机控制系统设计[J]. 机电产品开发与创新, 2006, 19(5): 130 - 131, 143.
- [5] 汪木兰, 朱昊, 左健民. 针织机电控制系统抗干扰设计[J]. 纺织学报, 2007, 28(4): 111 - 115.
- [6] 任爱锋, 初秀琴, 常存, 等. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [7] 朱昊, 汪木兰, 左健民. 基于 MGLS240128T 的手套机动态图形模拟系统设计[J]. 针织工业, 2006(10): 11 - 13.