

基于 NIOS II 的焊枪摆动控制系统设计

崔 明,莫立东,张文明

(沈阳大学 机械工程学院,辽宁 沈阳 110044)

摘要:研制了一种基于 NIOS II 的焊枪摆动伺服控制系统,介绍了该系统的组成、结构及特点以及控制系统的硬件电路和软件流程。系统采用 NIOS II 软核处理器作为控制核心,根据控制器多路开关所设定的焊接摆动方式控制行走电机和焊枪摆动电机的运动,使两者有机结合以实现设定的焊接摆动方式。实验结果表明该系统能够实现设计要求,实时控制速度快,具有广泛的应用前景。

关键词:NIOS II 软核处理器;焊枪;摆动器;硬件电路

中图分类号:TG409 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2303(2009)12-0081-04

Control system design of welding torch's oscillating based on NIOS II

CUI Ming, MO Li-dong, ZHANG Wen-ming

(College of Mechanical Engineering, Shenyang University, Shenyang 110044, China)

Abstract: A servo system design of welding torch oscillating based on NIOS II soft-core processor is presented in this paper. And in this paper, the composition, the structure and the characteristics of the system are also detailed described; the hardware circuit and software processes of control system are given as well. NIOS II soft-core processor is used as the controller in this system to drive the moving motor and the welding torch oscillating motor according to the oscillating mode set by multi-switch of remoter controller. The moving motor and welding torch swinging motor are an organic whole which can realize the swing set mode. The results of experiments show that the system design requirements and real-time control can be achieved. This system has broad application foreground.

Key words: NIOS II soft-core processor; welding torch; oscillating; hardware circuit

0 前言

在焊接自动化领域中,无刷直流电机在控制系统中被广泛应用,特别在焊接机器人领域,为了满足不同坡口形式的焊缝,提高焊接质量,在自动焊接时多采用焊枪摆动的形式,并且要求摆动参数(摆速、摆幅、左右滞时)能够调整^[1]。目前,焊枪摆动机构常采用机械摆动和电控动两种形式。机械摆动通过调整直流电机的速度和凸轮的形状实现,工作可靠、成本低,但摆动参数修改困难且不直观,只适用于焊缝品种变化较少的场合。电控摆动主要由单片机和 DSP 实现,通过程序控制步进电机实现焊枪摆动,虽然单片机和 DSP 算法速度快,但是外围电路复杂,对系统的稳定性和可靠性有较大的影响,而且价格较贵,无法满足高速实时控制系统要求。因此,本研究从实际应用出发,研制了一种以 NIOS II 为控制核心的焊枪摆动器,克服了以上两种焊枪摆动机构的

缺陷。该摆动器可应用于大坡口对接或搭接的焊缝自动焊接,通过 NIOS II 实现无刷直流电机的 PID 算法,其外围电路简单,实时控制速度快,系统稳定可靠,而且成本合理^[2]。

1 系统构成及原理

焊枪摆动机构主要由一个摆动中心传感器、一个由两个直流无刷电机驱动的十字滑块机构以及焊枪夹持机构组成。系统采用 NIOS II 作为焊接摆动器的控制核心,根据控制器的多路开关所设定的焊接摆动方式控制行走电机和焊枪摆动电机的运动,使两者有机结合以实现设定的摆动焊接方式。直流无刷电机 A 是 x 轴的摆动电机,直流无刷电机 B 是行走电机。在实际焊接过程中,可以根据待焊工件确定出焊接工艺和焊接参数,以实现焊枪摆速、摆幅、左右滞时的任意调节。采用光电式摆心传感器作为焊枪摆动的位置基准,使每次摆动均从摆心处开始至摆心处结束,消除误差积累。

本系统驱动电路是由无刷电机专用的驱动芯

收稿日期:2009-06-24

作者简介:崔 明(1982—),女,辽宁鞍山人,硕士,主要从事焊接技术及自动化控制方面的研究工作。

片 Si9979 和 MOSFET 构成的驱动系统。Si9979 是一款带有完整高压驱动电路的单片无刷直流电机的控制器,内部有输入控制信号逻辑电路、功率放大电路、电源分离悬浮电路、斩波电路、电流反馈电路和硬件死区产生电路等^[3]。整个控制电路由 ALTERA 公司的 FPGA 实现,可以通过 FPGA 的串行接口与 PC 机通信,FPGA 只需提供 PWM 信号、方向(DIR)信号、刹车(BRK)信号就可对电机进行控制。在系统的设计过程中,电机的换向、转速和加速度以及电机输出力矩是控制系统设计必须考虑的因素,直流无刷电机的内部集成了三相线性霍尔传感器,Si9979 根据这些霍尔信号产生基本的电机换向逻辑,实现无刷电机的无接触换向。电机霍尔传感器的输出信号除了实现电机换向逻辑转换外,另外一个重要的功能是计算电机转子的位置和速度。由于霍尔传感器本身具有较高的分辨率,因此驱动器控制采用霍尔折算得到的速度作为速度反馈。

2 摆动系统的实现

2.1 焊接摆动器控制模块设计

在实际的焊接过程中,由于每个待焊工件的焊接参数不同,需要根据实际的情况来确定相应的焊接参数。其中,焊接速度、摆动幅度和左右滞时间也要根据现场的实际情况来确定,因此焊接摆动器的控制模块要有这些信号的输入。由于本系统采用的是无刷电机专用驱动芯片 Si9979 和 MOSFET 构成的驱动系统,所以只需要 FPGA 提供三个信号,即可精确的控制直流无刷电机。

在设计焊接摆动器控制模块时,采用 VHDL 硬件描述语言对其功能进行描述^[4],采用 PWM 脉冲宽度调制方法控制速度,即通过控制 PWM 的占空比来调节直流电机的速度。摆动的幅度则是靠调整电机 A 运行的时间来控制,运行时间越长,摆动的幅度也就越大,同样左右滞时间则是通过控制电机 A、B 的制动时间来实现的。摆动器的功能用 VHDL 硬件语言描述后,在 Quartus II 环境中生成相应的控制模块 BLDC-Controllor,生成的控制模块再与 NIOS II 一起在 SOPC builder 中生成系统,焊接摆动器控制模块如图 1 所示。

2.2 硬件系统设计

32 位的 NIOS II 嵌入式处理器不仅能实现 NIOS II 指令集,而且支持很多功能模块。NIOS II 体系结构是一种灵活的结构,更强调的是指令集,而

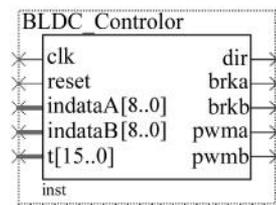


图 1 焊接摆动器控制模块

不是某种特定硬件的实现。只要支持在 NIOS II 处理器定义的指令集,都可以称其为 NIOS II 架构,所不同的是采用硬件实现可以针对特定目标进行优化^[5]。

焊接摆动器控制模块的核心部分是控制两个无刷直流电机,而无刷直流电机控制系统硬件主要包括 CYCLONE II 系列的 FPGA、NIOS II 软核 CPU、锁相环、CPU 与外部设备的接口、EPCS4(上电时对 FPGA 进行配置)以及无刷直流电机驱动器 Si9979 等。在本系统中使用 CYCLONE 芯片中定制的 NIOS II 处理器作为直流无刷电机控制系统的中央处理器。整个系统如图 2 如示。

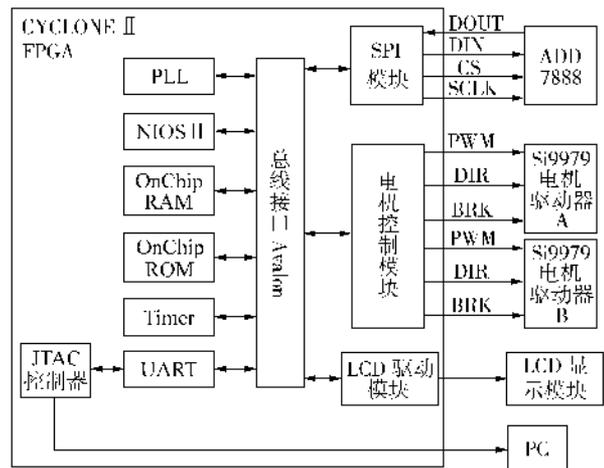


图 2 NIOS II 系统

FPGA 的 NIOS II 软核中的资源有:32 位 RISC 架构的 CPU,4 kB 的片上 ROM,256 B 的片上 RAM。电机控制模块实现对两个直流无刷电机的控制。UART 接口模块实现与上位机的串行通信,完成人机交互。片上的处理器和其他 IP 模块之间通过 Avalon 片上总线相连,规定了主部件和从部件之间进行连接的端口和通信的时序。

2.3 软件系统设计

NIOS II 处理器的软件设计方法是在 NIOS II 内存中放一段已编好的监控程序来控制 CPU 的运行,它可以读写芯片的存储单元,与外围设备进行通信。

在本系统中,NIOS II 程序的任务是在规定的

控制周期内,将控制信号、控制时间信号和无刷直流电机内部的霍尔信号等送至 32 位的中央处理器 CPU,CPU 对这些信号进行预处理后得到焊接摆动器双电机实时的速度和位置等状态参数,并通过 UART 模块得到上位机发出的控制任务和控制参数。再由 CPU 实现对摆动器无刷直流电机进行闭环控制算法,并将控制信号(PWM、方向 DIR、刹车 BRK)送入焊接摆动器控制模块,实现实时控制。控制周期由 NIOS II 处理器中的硬件定时器决定,目前为 200 ms。程序采用 C 语言编写,程序流程如图 3 所示^[3]。

3 系统仿真

由于 Altera 公司的 SOPC Builder 中没有提供电机控制模块 IP,所以在此将摆动电机和行走电机的控制用 VHDL 语言编写好后并存放在一个功能模块中,通过下载电缆下载到 FPGA 中进行仿真验证^[6]。FPGA 只需要向直流无刷电机的控制芯片

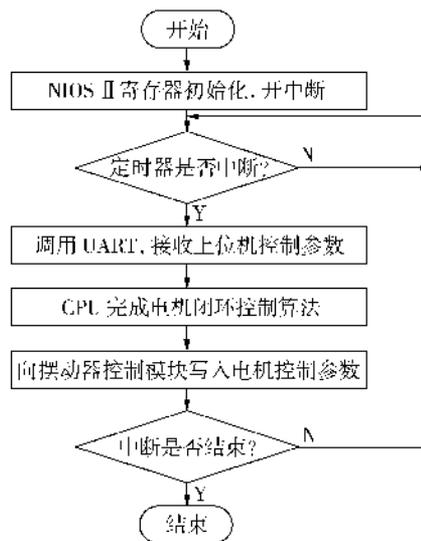


图 3 软件设计流程

Si9979 提供 PWM 信号、方向(DIR)、刹车(BRK)信号,焊枪控制系统的仿真波形如图 4、图 5 所示。

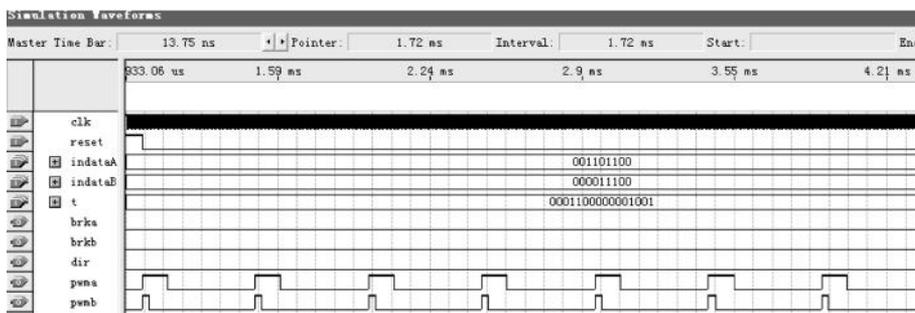


图 4 仿真波形

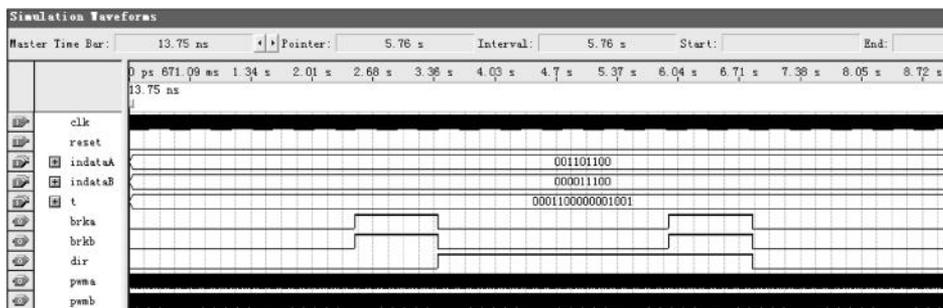


图 5 仿真波形

其中,CLK 为晶振频率;Reset 为系统模块用来初始化电机模块的复位信号;IndataA、IndataB 分别控制摆动电机 A 和行走电机 B 的 PWM 信号的占空比,控制电机行走的快慢;时间 t 用来控制两个电机行走时间和制动时间,t[15:8]控制行走时间,t[7:0]控制制动时间。该设计可得到 2 kHz 的固定脉冲周期、占空比可调的 PWM 信号,由控制台设定可控时间的刹车及方向信号。

4 结论

在此以直流无刷电机为设计对象,提出了一种基于 NIOS II 软核处理器的焊枪摆动器系统的设计方案。基于 NIOS II 软核处理器进行嵌入式系统设计的突出优点是:系统功能可以根据需求定制,硬件设计快速灵活,可扩展性强,缩短了硬件开发周期,提高了设计的可靠性,满足了焊枪实时控制的要求。通过系统仿真可以看出,电机伺服系统输出

波形稳定、规整,电机驱动平稳,并且焊枪摆动参数可任意调节,扩大了焊枪摆动器的应用范围,试验表明该系统具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 曹丽婷,田景文,张大航.基于 TMS320C2407 DSP 的焊枪摆动器的硬件设计[J].微计算机信息,2006,22(5):165-167.
- [2] 余景华,杨冠鲁,郭亨群.基于 FPGA 的无刷直流电机控制系统设计[J].微计算机信息,2008(24):1-2.
- [3] 魏 然,金明河,刘伊威,等.基于 NIOS 软核处理器的直流无刷电机控制系统设计[J].电器传动,2005,35(8):19-21.
- [4] 王道宪,贺名臣,刘 伟.VHDL 电路设计技术[M].北京:国防工业出版社,2004.
- [5] 李兰英.NIOS II 嵌入式软核 SOPC 设计原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [6] 吴继华,王 诚.Altera FPGA/CPLD 设计[M].北京:人民邮电出版社,2005.