

·光电系统·

基于DSP、FPGA与CAN总线的跟踪控制器设计

刘永民, 高磊

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: DSP和FPGA组成的伺服控制系统能够满足复杂的控制算法要求。通过对TI公司的DSP控制芯片和ALTERA公司的FPGA芯片的功能和特点分析,结合CAN总线与上位机通信,设计了一种基于DSP、FPGA与CAN总线的跟踪控制器。给出了该控制器的功能和硬件结构,以及软件流程设计。重点介绍了该控制器的硬件资源选择,工作原理,基本功能模块构成及算法实现。该控制器能够满足高速跟踪的伺服系统在实时性、精确度和稳定性上的高要求,具有良好的功能扩展能力。

关键词: 伺服控制; DSP; FPGA; CAN总线

中图分类号: TM921.5; TP336

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2012)04-0007-05

Design of Tracking Controller Based on DSP, FPGA and CAN Bus

LIU Yong-min, GAO Lei

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The servo control system based on DSP and FPGA can meet the requirements of complex controlling arithmetic. By analyzing the functions and features of DSP chip from ALTERA Co. and FPGA chip from FPGA Co. and integrating the communication between CAN bus and upper computer, a tracking controller is designed based on DSP, FPGA and CAN bus. And its function and hardware structure as well as software flow design are described. Its hardware source selection, operation principle, basic function module construction and algorithm realization modes are emphasized. The controller can meet the requirements of high-speed tracking servo system on the areas of real time, accuracy and stability and has good functional extendibility.

Key words: servo control; DSP; FPGA; CAN bus

随着高速数字电路的快速发展, DSP芯片集成度、运算速度、数据吞吐率等性能的不提高, DSP已被广泛应用于国民经济的各个领域。目前,随着自动控制、测量系统等技术的发展,安装可靠、灵活、轻型的控制设备已非常必要。采用嵌入式系统,尤其是基于DSP和FPGA的嵌入式模块,可以充分利用其自身优点进行小型化、低功耗和高可靠性的系统设计。总线化是工业控制系统的—个发展方向,它在可适用范围、可扩展性、可维护性以及抗故障能力等方面较集中式控制系统有明显的优越性^[1]。

在高速跟踪系统中,对伺服系统的实时性、精确度和稳定性都有很高的要求。系统运行中,有大量

的信息传递,并且需要对电机转速实行精确控制,从而对控制器的多路通信能力、快速运算能力和抗干扰能力都有较高的要求。所以这里设计了基于DSP、FPGA和CAN总线的跟踪控制器,综合阐述了该控制器的功能、硬件设计和软件流程。该控制器具有较强的运算能力和数据通信能力,是良好的数字控制实验平台。

1 硬件平台设计

TMS320F2812属于32 bit的定点DSP^[2],是一款专为电机控制所设计的芯片,其作为主要的电机控

制芯片有丰富的外设及快速的运算能力,能够满足高速跟踪控制系统的要求,并能运行较复杂的控制算法,取得较好的控制效果。

为了充分发挥TMS320F2812强大的控制功能,增加了FPGA芯片协调DSP处理数据信号,充分利用FPGA高度灵活的可配置性和逻辑时序控制能力^[3],使得电机的控制及多接口实时通信变得很方便。

基于DSP、FPGA和CAN总线的跟踪控制器主要

由电源电路、DSP与FPGA核心处理器、CAN总线接口电路、串行通信接口、A/D采样电路、功率转换电路及一些辅助电路组成。上位机通过CAN总线向控制器发送指令,并能及时获得工作状态等反馈信息。DSP与FPGA之间通过DSP的系统外部接口(XINTF)进行数据的读写。计算机调试接口采用了一路RS232。电路硬件结构图如图1所示。

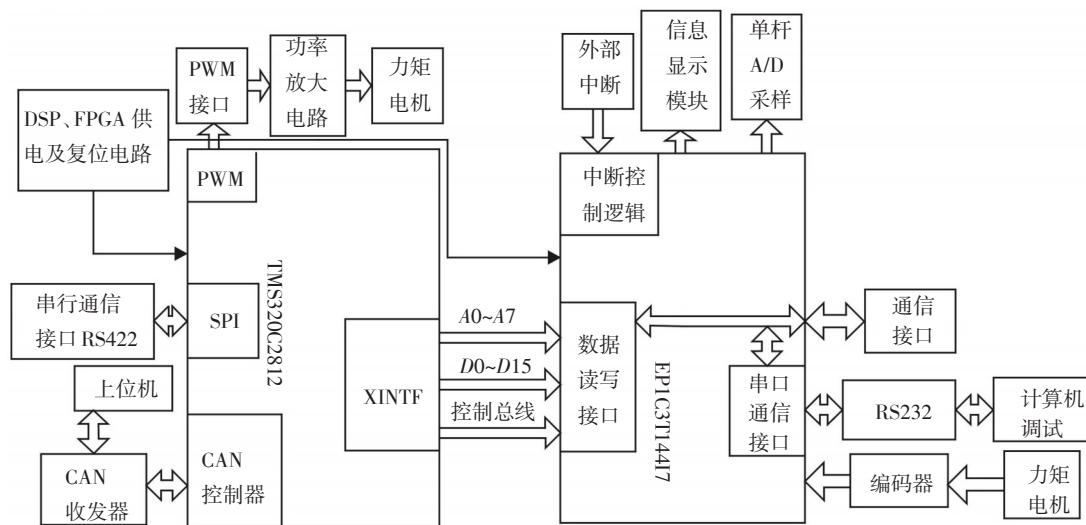


图1 控制器硬件结构图

1.1 CAN总线及其他通信接口

CAN总线具有低成本、易开发、实时性好以及抗噪声性能好等优点,传输速率最高为1 Mb/s,最大传输距离为10 km(5 kb/s)。CAN的每帧信息都有CRC校验及其他检错措施,保证了数据出错率低,同时降低了应用程序的复杂程度,从而使通信更加可靠。现在它逐步发展成为用于工业领域控制、通信的现场总线^[4]。为了使设备适用于各种环境,所以选用了抗干扰能力强的CAN总线作为与上位机的通信方式,TMS320F2812内部集成了一个eCAN模块,支持标准的CAN2.0B协议,只需增加相应的CAN收发器外围电路就可以轻松实现。DSP芯片的CAN总线控制器与CAN物理总线的接口选用PCA82C250驱动器芯片。为了增强抗干扰能力,保护CAN控制器,在TMS320F2812与PCA82C250之间加高速光隔。光隔离器采用6N137芯片,其速度为10 MHz。硬件电路如图2所示。其他通信接口包括RS232和RS422。

DSP作为主控芯片,通过各种通信接口与外设或FPGA联系。DSP外部数据通过CAN总线或其他

通信接口可以进入DSP内部进行处理,也可以先送到FPGA内部进行预处理,处理完后传给其他控制系统或DSP主控芯片进行后续处理。

1.2 DSP与FPGA模块

32位定点数字信号处理器TMS320F21812整合了DSP和微控制器的最佳性能,能够在一个周期内完成两个16×16位乘法累加运算,或32×32位的乘法运算,处理速度最高可达150 MIPS。它采用高性能静态CMOS技术,内核电压为1.8 V@135 MHz,1.9 V@150 MHz,I/O端口电压为3.3 V^[5,6]。其先进的内部和外设结构使得该处理器特别适合电机及其他运动控制应用,能够真正实现单片控制,为电机的伺服控制提供良好的控制功能^[7]。FPGA选型时综合考虑片上逻辑单元和用户I/O口数量,以及功能扩展的需要,选用了Altera公司Cyclone系列的EP1C3T144I7,它具有2 910个逻辑单元,104个用户I/O和1个锁相环,内核电压为1.5 V,具有低成本、低功耗的特点^[8]。由于FPGA具有高速并行处理能力,保证了系统的同步性^[1]。它

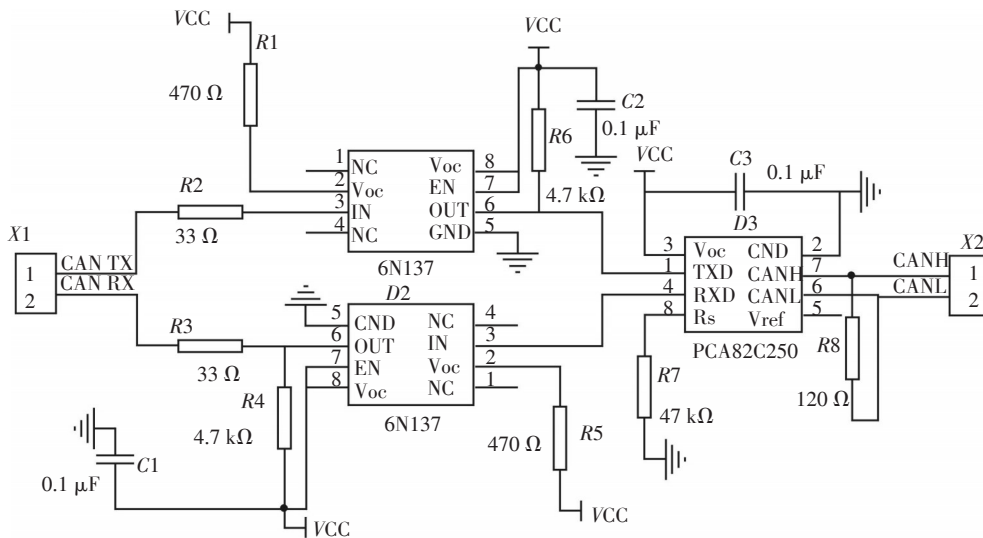


图2 CAN总线接口硬件原理图

的I/O口支持3.3 V LVTTTL电平,与DSP管脚电平兼容,因此不用进行电平转换,可直接连接,使用方便。DSP与FPGA之间实时准确的数据传递是系统成功的一个关键因素。这里选用DSP上的系统外部接口(XINTF)与FPGA连接,在FPGA内部配置一个与DSP读写时序相对应的数据读写接口。

1.3 力矩电机控制电路

力矩电机作为主要的控制对象在该系统中直接采用TMS320F2812的PWM接口进行控制。TMS320F2812共有16路PWM输出接口供电机使用,通过控制PWM波的占空比来改变加在电机两端的电压,从而改变电机的转速。DSP发出的PWM波不能直接驱动电机运行,须经过IGBT进行功率转换。该系统采用了IR公司的IR2210作为功率芯片。它把驱动芯片和IGBT集成在一起,只要输入TTL信号就可以实现功率驱动,而且具有完整的隔离及过流过压保护功能。

1.4 信息显示电路

信息显示电路主要完成外来信号状态显示,如电机转速、角度等信息以及控制系统的故障信息显示。这对于系统的调试及自检都比较方便。显示模块VGS12864E由行驱动器、列驱动器和OLED(有机发光二极管显示器)显示屏组成。其主要控制电路通过FPGA强大的逻辑控制功能实现,数据由DSP主控芯片或其他外设通信接口传送给FPGA后,再由

FPGA根据要求送到OLED中显示。

1.5 功能扩展模块

由于FPGA拥有较多的I/O资源,因此便于扩展功能。如图1所示,FPGA可以协助DSP完成数据采集功能。这样由DSP和FPGA组成的系统可以同时采集多路信号,其中DSP芯片集成的12 bit A/D转换电路主要采集精度不太高的信号,采样后直接送入DSP内部进行处理。对于高精度的信号采样则通过FPGA外扩采样电路完成,并在FPGA内部进行信号的前期处理,处理后的信号可以通过XINTF传送给DSP使用,也可以直接送到信息显示模块上显示,以方便调试。在FPGA上通过一路RSS232通信接口连接计算机对系统进行调试。FPGA增加了故障提示电路,能把系统内发生的故障转换成相关量送给外部设备判断处理。同时FPGA增加了外部中断接口,可以让多个外设信号接入FPGA,然后再分时送给DSP进行处理,这样能充分利用系统资源,实现多路信号实时处理。增加外部中断也是因为整个控制系统需要同步工作才能产生有效的数据,所以需要等待外同步脉冲信号,这里以外部中断的形式接收。

2 软件设计

2.1 FPGA的硬件编程设计

FPGA作为一种硬件可编程芯片,主要采用原理

图加硬件编程语言 VHDL 来完成。最顶层采用原理图连接方式将底层功能模块连接起来,底层采用硬件编程语言构建功能模块电路。

由于 VHDL 编程语言严密,格式规范,所以系统设计中,采用 VHDL 进行 FPGA 的编程。底层模块按功能主要分为以下几个模块:地址译码模块、中断管理模块、I/O 管理模块、信息显示模块、A/D 采样模块、通信模块。FPGA 内部组成如图 3 所示。

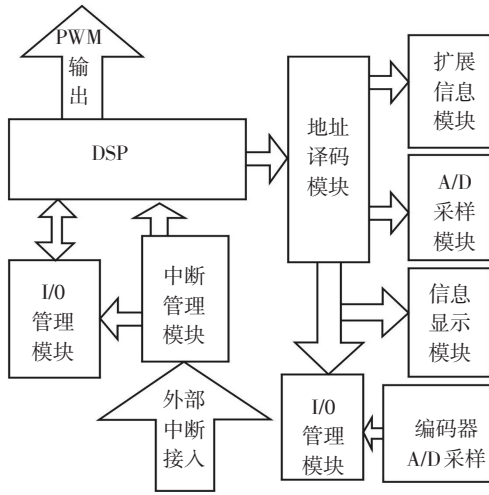


图3 FPGA 内部软件组成图

地址译码的主要功能是将 DSP 输入的外部地址信号进行译码后送给 FPGA 的 I/O 管理模块,管理 FPGA 的编码器信号接收和 A/D 信号采集。在该系统中把 DSP 的 XINFF Zone 0 区分配给 FPGA 使用。DSP 分配给 FPGA 的地址空间,通过译码电路处理模块进行再分配和再扩充后分配给 FPGA 的其他外设使用。这样 DSP 可以间接控制 FPGA 的信息显示模块、外部中断等资源。I/O 管理模块主要负责各种数字量输入输出以及特定信号的状态设置。I/O 模块连接 FPGA 的主要外设,以接收外设的信息并给外设输出一定的控制命令。中断管理模块功能是扩展 DSP 的外设中断源,接收各种外设中断并进行中断排序,对多个中断输入进行优先级控制和编码。这样可以使系统拥有多路信号的实时信号处理能力,并分担 DSP 的调度管理任务,使 DSP 能利用更多的资源去进行复杂的位置、插值、数据滤波等算法处理。

2.2 DSP 伺服控制算法实现

为了提高控制系统的运行精度,在硬件平台基

础上构建了双闭环反馈回路^[9,10]。双闭环反馈回路主要包括速度反馈和位置反馈回路。伺服控制算法通过速度反馈和位置反馈来实现,速度反馈算法和位置反馈算法通过中断方式完成^[11]。这样可以提高 DSP 实时处理能力。位置反馈信息主要通过光电编码器完成。光电编码器获取位置后通过通信接口直接送给 FPGA 进行预处理,然后再通过 XINTF 送入 DSP 内部运算。速度信息由采样电路进行离散化后送入 DSP 内部运算。控制系统原理如图 4 所示。

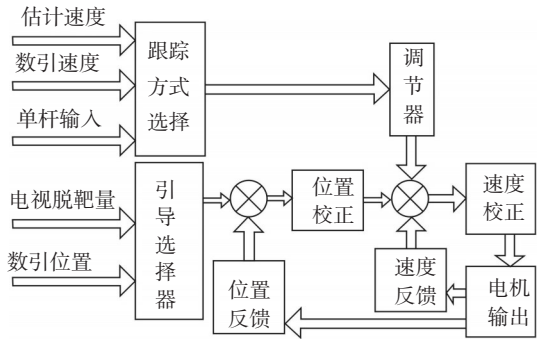


图4 电机伺服控制系统组成图

伺服控制原理是把脱靶量或数引位置与系统的实际位置进行相减得到误差量,把误差量送给位置校正环节进行放大,然后把位置信号输出与经过调节器后的速度前馈补信号相加作为速度校正环节的输入信号,再通过速度校正环节处理。系统根据速度回路的输出信号对 PWM 进行脉宽调制。最后把 DSP 输出的 PWM 送入功率转换电路进行处理后送入电机执行。这样电机向误差量变小的方向运动,直至达到控制精度为止。TMS320F2812 属于定点运算芯片,在编程进行伺服控制时需要浮点运算的算法,此时,要进行一定的处理^[2,12]。TI 公司提供了用于定点 DSP 仿真实现浮点运算的算法库文件 IQmath.h^[13],调用该文件可以很好地将伺服运算程序移到 TMS320F2812 中运行,并保证了一定的精度。算法中的常用中间变量尽量分配到 0 等待的 SRAM 存储空间上运行,这样可以提高程序读写数据的速度,提高算法的运行效率。

2.3 软件流程

系统上电后自动初始化各端口和相关变量,同时检测电机轴所停的位置和其他状态。如果各部分状态正常,则等待接收上位机开始指令,接收到开始

指令后进入准备状态。因为整个跟踪系统需要同步工作才能产生有效的数据,所以需要等待外同步脉冲信号,在这里以外部中断的形式接收。然后一步步完成控制算法,当收到结束指令时完成所有工作。基本软件流程图如图5所示。

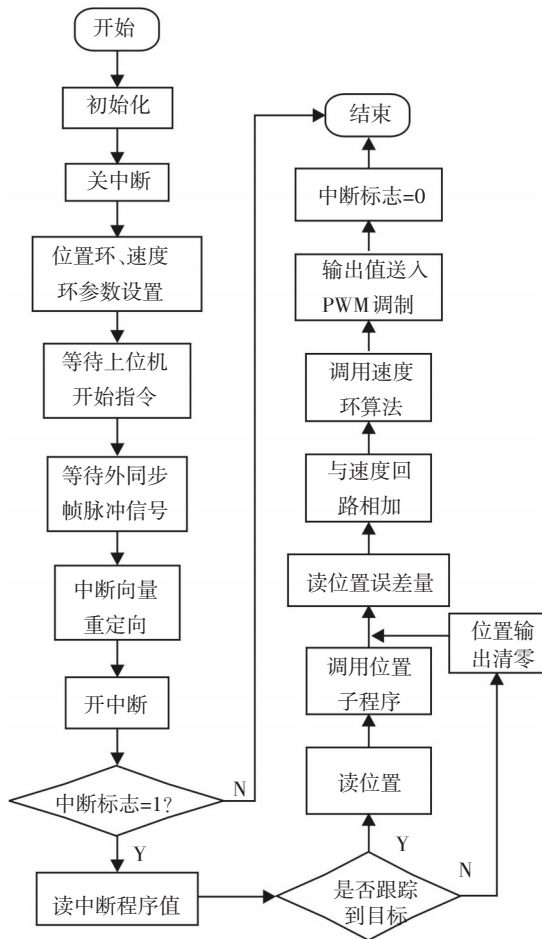


图5 控制器程序流程图

3 结束语

给出了一种基于DSP、FPGA和CAN总线的跟踪

控制器的硬件结构和软件流程。为了提高跟踪精度,对控制器有较高要求,并采用复杂的控制算法来实现精度要求,基于DSP、FPGA和CAN总线组成的跟踪控制器是一个效率很高的系统,有较大的发展潜力。使用CAN总线的方式传输上位机指令,安全可靠,易于扩展,使计算机可以远距离操控,在工程应用中有重要意义。

参考文献

- [1] 代根学,刘军,刘朝晖,等.基于DSP与CAN总线的跟踪伺服控制器设计[J].测控技术及仪器仪表,2010.
- [2] 孙丽明.TMS320F2812原理及其C语言程序开发[M].北京:清华大学出版社,2008.
- [3] 李金洪,杨小军,等.基于DSP和FPGA的经纬仪控制系统设计[J].嵌入式技术,2010.
- [4] 孙剑.基于DSP_CAN总线的数字伺服控制系统设计[D].西安:西北工业大学,2008.
- [5] 徐科军,张瀚,陈智渊.TMS320X281x原理与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [6] Texas Instruments. TMS320F2812 Digital Signal Processors Data Manual[S],2004.
- [7] 苏奎峰,吕强,耿庆锋,等.TMS320F2812原理与开发[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [8] 王诚,吴继华,范丽珍,等.Altera FPGA/CPLD设计(基础篇)[M].北京:人民邮电出版社,2005.
- [9] 卢京潮.自动控制原理[M].西安:西北工业大学出版社,2004.
- [10] 舒小芳,吴卓昆,冯海青,等.光电跟踪系统频率特性测试与数据分析[J].光电技术应用,2010,25(2):5-7.
- [11] 李兴红,张淑梅,续志军,等.基于TMS320F2812的跟踪伺服系统[J].微计算机信息,2007(23):147-149.
- [12] 李佳武,张景森.定点DSP芯片TMS320F2812实现快速算法应用[J].国外电子元器件,2005(3):27-30.
- [13] IQmath Library Module user's Guide C28x Foundation Software(Rev.D).Texas Instruments,2001.

变更声明

《光电技术应用》期刊投稿电子信箱变更为nlce@vip.163.com,原投稿电子信箱已停止使用,特此声明。