

基于 K60+FPGA 的小型移动机器人硬件设计

程昊 任慰

(华中科技大学控制科学和工程系 湖北武汉 430074)

摘要:本文介绍了一种基于K60N512处理器和FPGA的嵌入式移动机器人平台,并具体分析了各个模块在硬件上的设计和实现。机器人平台采用模块化的分层结构设计,充分发挥了ARM与FPGA各自的特点,并提供有丰富的外设和接口,具有良好的通用性和可扩展性,为本文以后的工作提供了良好的基础硬件平台。

关键词:移动机器人 嵌入式 模块化

中图分类号:TP2

文献标识码:A

文章编号:1007-9416(2013)12-0167-02

Abstract:This paper designed a kind of embedded mobile robot platform,based on K60N512 Microcontroller and FPGA,and detailed described the design and implementation of all the hardware module.This robot platform designed by a modular and hierarchical method ,obtained the strong points of both ARM and FPGA and provided diverse connectors and peripherals.With favorable universality and expansibility,the robot platform provided fundamental hardware platform for the later work.

Key Words:mobile robot embedded system modulation

1 引言

随着机器人性能的不断完善,移动机器人的应用范围不断扩展,在工业、农业、生活等各个方面发挥着巨大的作用。轮式移动机器人作为移动机器人最重要的实现方式之一,也被称为无人驾驶车辆,是指可以自动识别跑道路径并进行自动驾驶的车辆,是当前机器人领域的研究热点之一^[1-3]。

移动机器人是一个集环境感知、动态决策与规划、行为控制与执行等多种功能集于一体的综合系统^[4]。现有的移动机器人研究在硬件架构和软件开发上已趋于成熟,但仍然存在一些问题,常见的有硬件扩展性差、系统实时性差、软件可移植性差等。基于机器视觉定位的智能移动机器人,通过获取环境的视觉图像信息进行导航,但数据处理量较大,系统实时性较差。而FPGA的优点在于高速并行运算,适合处理如图像数据的密集数据流。

针对上面提出的问题,本文依据模块化^[5]、层次化的设计原则,设计了一个基于ARM+FPGA的嵌入式移动机器人平台,利用ARM处理上层控制流,FPGA处理密集数据流,利用片外存储总线实现ARM和FPGA之间的通信^[6]。同时,平台设计有丰富的外设接口,能外接不同的传感器,实现多种功能并保证平台的可扩展性,保证平台兼具开放式结构、模块化、实时性高、易扩展、可靠性高等优点。

2 总体设计方案

嵌入式移动机器人平台的硬件总体可分为四个层次:承载平台、传感与驱动层、实时控制层、高性能处理层。如图1所示,承载平台提供机械结构部分的支持,为机器人的各个模块提供安装空间和支撑平面。传感与驱动层由驱动机器人运动的动力系统(驱动器组)和

各种通用传感器组成。实时控制层的核心是一块集成多种通用外设的嵌入式处理器,集成丰富的传感器接口,并提供通信系统以满足模块之间和外部通信的需求。高性能处理层主要完成实时性要求不高的数据处理任务,如地图建模等。该层通常为通用计算机、智能手机、平板电脑等移动终端。根据模块化的设计原则,各层之间以实时控制层为核心通过标准接口相互连接,构成一个完整的灵活性和可扩展性较高的移动机器人平台。

3 系统结构

3.1 承载平台

常用的移动机器人的承载平台分为轮式移动机器人和足式移动机器人。本文采用轮式行走机构做为机器人的承载平台,为机器人的各个模块提供安装空间和支撑平面。根据研究内容和成本考虑,选择使用实验室现存的成品轮式移动平台,如图2所示。该平台为四轮独立驱动结构,净重4.2kg,配置有四台齿轮减速电机,带12线编码器,最大行驶速度可达0.8m/s。

3.2 传感与驱动层



图2 承载平台图

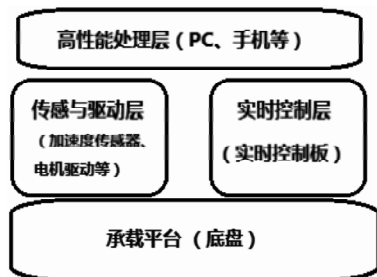


图1 总体结构图

作者简介:程昊(男,1988-)、任慰(男,1985-):华中科技大学自动化所硕士研究生,研究方向:嵌入式系统。

传感与驱动层包含了各式各样的传感器和动力模块的驱动电路,直接通过标准的接口与实时控制层相连。这些传感器和驱动器各自拥有不同的接口、时序特性,如果全部挂载到ARM上,必然会占用大量资源。因此,本文在控制层引入FPGA辅助控制这些传感器和驱动器,利用其在硬件上的灵活性和并行处理的特点,达到I/O扩展和硬件加速的效果。

3.2.1 驱动层

移动机器人需要迅速且平稳地完成前进、转向等动作,因此平台的驱动器组应该设计有足够多的驱动资源和接口,同时应针对平台底盘设计驱动电路。分析可知,机器人平台对驱动器的需求包括:直流电机、舵机、继电器等。现代控制中常用PWM技术来控制驱动器,考虑到通用性,驱动器接口主要选择PWM、GPIO型。为了减少驱动环节的能量损耗,需要提升驱动电压和电流,本文采用逻辑保护+驱动信号放大电路+H桥功率驱动电路的方案。

3.2.2 传感器

考虑到移动机器人平台的后续研究,包括自助巡线、图像处理等方向,平台对传感器的需求包括:图像、光电、加速度、陀螺仪、超声波、温度等传感器。移动机器人平台的接口资源有限,应尽量选择统一的接口电平和接口规范,本文主要将IIC和SPI作为传感器的主要接口方式。常用的传感器接口,主要包括IIC、SPI、RS232、RS485、PWM等。

3.3 实时控制层

实时控制层是整个机器人平台的核心,一方面对传感与驱动层的数据进行处理,并完成同上层的通信,实现对机器人的实时控制;另一方面,硬件设计为集成微控制器和一些通用外设的开发板,软件为实时操作系统。

实时控制层的设计方案如图3所示。在架构上控制层采用ARM+FPGA的混合架构,ARM选型为飞思卡尔公司Kinetis系列的K60N512微控制器,FPGA选型为Xilinx公司的Spartan-6系列的XC6SLX16芯片。

3.3.1 ARM系统

主控制器选用32位的高性能的控制,通过比较TI、NXP、Freescale等厂商的ARM7处理器,最终选择Freescale公司Kinetis系列的K60N512微控制器。

K60N512采用Cortex-M4内核,拥有丰富的外设接口,是Kinetis系列中集成度最高的芯片。其特性简介如下:主频高达100MHz,512KFlash和128KSRAM;32路DMA供外设和存储器使用;IEEE1588以太网接口,支持MII和RMII通讯;USB2.0,支持OTG;33路单路和4路差分的16位AD转换,2路12位的DA转换;SD控

制器,支持IIC,UART,IIS,CAN,SPI;8路PWM控制,4路Timer/Counter,100路GPIO引脚。

ARM最小系统主要包括电源处理,晶振,复位,JTAG等模块,这里就不给出结构图了。

3.3.2 FPGA系统

FPGA作为ARM微控制器的辅助单元,主要完成IO扩展和密集数据处理的功能。本文选择使用Xilinx公司的产品,主要考虑到低成本、低功耗以及电源管理等方面因素,将FPGA选型为Spartan-6系列的XC6SLX16芯片。其特性简介如下:最高达1080Mbit/s的差分数据库传输速率;逻辑单元为14579;最大DRAM为136Kbit,最大BlockRAM为576;最大用户I/O为232;支持DDR,DDR2,DDR4,LPDDR。

Spartan-6系列FPGA常用的配置方式有JTAG、主串、从串、Flash配置、外设接口配置。本文设计有JTAG和从串配置两种方式。

3.3.3 通信系统

内部通信系统,主要是FPGA与ARM之间通过串行/并行接口通信。一路串行通道是从串方式传输对FPGA的配置文件;一路串行通道用来传输从FPGA到ARM的数据,主要用来传输大量的密集型数据;一路并行通道,通过片外存储总线实现,采用异步时序,理论通信速率可达18Mbit/s。

外部通信系统,主要是面向调试测试、数据传输,考虑到实际硬件条件,选择JTAG、UART、USB、LAN作为主要通讯方式。JTAG接口选择10引脚设计,用于在线调试;UART采用RS-232标准,用于PC对控制层的调试;USB采用OTG接口设计;ARM针对LAN模块的引脚复用,可根据需要选择WIFI模块或以太网模块。

3.3.4 存储系统

系统的存储部分主要包括NandFlash、NORFlash、SRAM、SD-Card。小型移动机器人需要完成巡线、导航、路径规划等任务,可通过外扩RAM、ROM提高性能。对于RAM,可选择SRAM和SDRAM,这里选择速度更快的静态存储器SRAM;对于ROM,可选择NandFlash、NORFlash,NORFlash用来存储代码,NandFlash和SD卡用来存储数据。

4 结语

本文依据模块化的设计原则,介绍了一种基于ARM+FPGA的嵌入式移动机器人平台的硬件实现,对承载平台、传感与驱动层、实时控制层做了详细的介绍。设计特点是利用FPGA硬件上的灵活性和高速并行处理数据的能力,提升整个系统的性能,实现硬件加速的效果。该平台具有硬件体积小、可移植性强、扩展性高、低功耗、高性能等优点,而且设计有丰富灵活的传感器接口,可以外接不同的传感器来实现对应的功能,为机器人和嵌入式技术的研究提供良好的平台。

参考文献

- [1]欧青立,何克忠.室外只能移动机器人的发展及其关键技术研究.机器人,2000,22(6):519-526.
- [2]李磊,叶涛,谭民.移动机器人技术研究现状与未来.机器人,2002,11(5):475-480.
- [3]蔡自兴.机器人学[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4]徐国华,谭民.移动机器人的发展现状及其趋势[J].机器人技术与应用,2007,3:7-14.
- [5]方正,杨华,胡益民等.嵌入式智能机器人平台研究.机器人,2006.
- [6]任慰.开放式实时嵌入式软件平台 TOPPERS 研究与应用[D](博士学位论文).华中科技大学,2013.

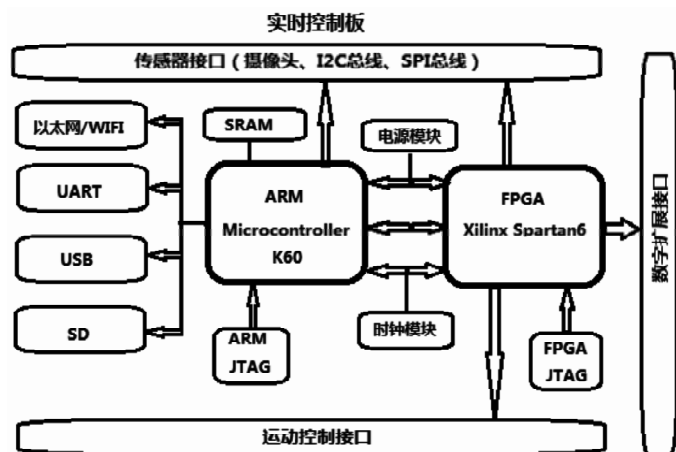


图3 实时控制层硬件图