

基于多 CPU 的智能机房物联网系统

刘三军, 向丽萍, 徐 建, 李晓艳

(湖北民族学院 信息工程学院, 湖北 恩施 445000)

摘 要: 利用 Niche Stack TCP/IP 协议栈、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统、Zip File System、ZigBee 技术和多 CPU 技术, 设计了一种基于 SOPC 的智能机房物联网系统. 该系统在一块 FPGA 开发板上集成了 3 个 Nios II 的处理器, 分别用来实现 Web 服务器、监控和语音播报的功能, 不但能完成监测的功能, 还能够实时的传递视频、音频、图像等信息. Web 服务器有多套网络安全保护方案, 使得系统具有较高的安全性、稳定性和可靠性; 裁减、扩充、升级和维护都很方便.

关键词: SOPC; Niche Stack; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; ZigBee; 物联网

中图分类号: TP391.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)09-0183-03

Intelligent Engine Room IoT System Based on Multi-Processors

LIU San-jun, XIANG Li-ping, XU Jian, LI Xiao-yan

(School of Information Engineering, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China)

Abstract: An intelligent engine room IoT system is designed based on SOPC technology with the help of Niche Stack TCP/IP stack, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$, zip file system, ZigBee technology and multi-processor technology. In the system, three Nios II processors are integrated in a FPGA development board, which aim to create Web server, to monitor and to play audio, as well as to transmit the real-time data of video, audio and picture. There are several schemes to protect network security. It is proved that the system is stable, reliable, and flexible, and is convenient for upgrading and maintenance.

Key words: SOPC; Niche Stack; $\mu\text{C}/\text{OS-II}$; ZigBee; IoT

1 引言

随着 3C (Computer, Consumer Electronic, Communication) 技术^[1]、网络技术、嵌入式技术及 IoT (Internet of Things, 即物联网) 技术的不断发展及其在机房监控领域的不断深入应用, 未来的机房监控将向数字化、智能化、网络化的方向发展 (这里所说的“机房”包括三个层面的含义, 一是指普通的家居, 二是指一般的公共设施系统, 三是指电能配备系统).

文中介绍了利用 SOPC^[2] 中的多 CPU 技术构建智能机房物联网系统的方案, 通过使用多个 Nios II 的处理器, 将网络功能和监控功能分离开来, 使得

音频、视频、图像等信息的传递的质量和实时性得到提高; 采用高可靠、高安全、低延时、低成本、低功耗的 ZigBee 技术^[3] 实现 CPU 与传感器网络之间的通信, 使得系统效率、稳定性、可靠性和性价比都得到提高. 同时, 由于 SOPC 技术有高度的灵活性和可配置性, 这也使得系统功能的升级和维护非常方便.

2 系统硬件设计方案

考虑到系统需要进行实时监控、需要挂接较多的传感器和控制设备、需要灵活的添加和减少传感器以及需要实现 TCP/IP 协议, 因此使用 Altera 公司的大容量 FPGA—Cyclone II^[4] 通过 SOPC 技术构建多 CPU 系统来实现. 为了提高系统的通用性

收稿日期: 2011-01-16; **修回日期:** 2011-02-01

基金项目: 湖北省教育厅科学研究项目 (D20101903)

以及减轻单个处理器的负荷,增强系统实时处理的能力,特将服务器功能和监控功能分开,由不同的 CPU 来完成.另外添加第三个 CPU 实现语音播报的功能,其作用相当于声卡.系统在 FPGA 中的硬件配置如图 1 所示.

CPU1_CTL 用于监控,既可以直接挂接一些传感器,也可以通过一个主 ZigBee 模块以无线电传送

的方式控制若干个从 ZigBee 模块,每个从 ZigBee 模块都可以挂接相应的传感器. CPU2_Web 用于构建网络服务器,负责向客户端的 IE 浏览器发送实时监测数据,也可以从客户端浏览器获取命令. CPU1_CTL 与 CPU2_Web 之间的通信由互斥核 Mutex、片上 RAM1 和邮箱核 Mbox1 完成^[4-5].

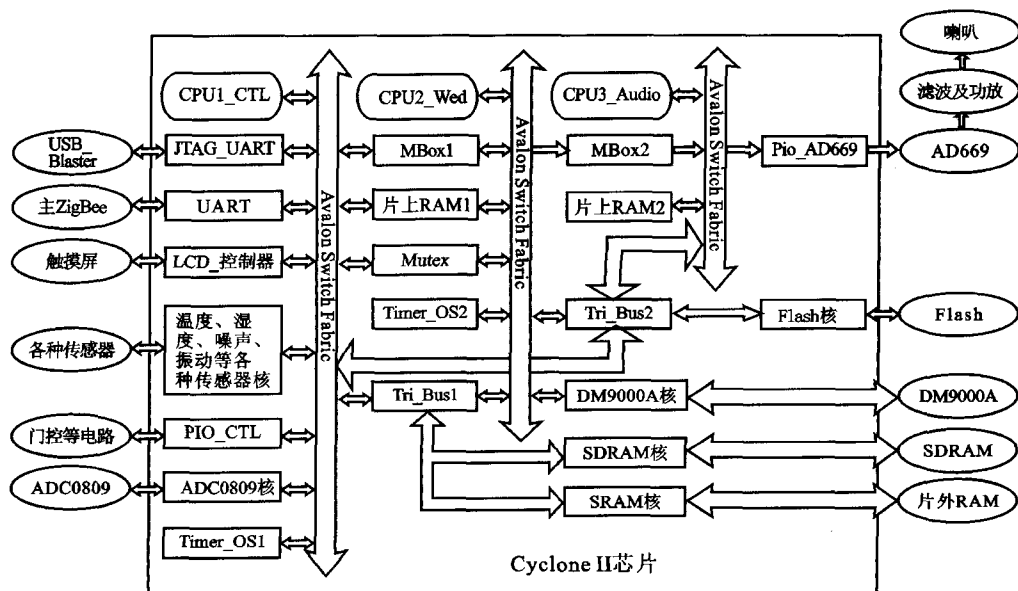


图 1 三 CPU 系统在 FPGA 中的硬件配置

CPU2_Web 还通过邮箱内核 Mbox2 向 CPU3_Audio 发送音频编号, CPU3_Audio 会根据音频编号,从 Flash 中取出音频数据,传送给 A/D 转换器 AD669,再经过滤波、功放及喇叭电路将声音播放出来.这比购买声卡实现同样功能大大节约了成本.

3 系统软件设计方案

3.1 CPU1 的软件设计

CPU1_CTL 通过嵌入实时操作系统 $\mu C/OS-II$ 来实现程序设计. CPU1_CTL 的程序主要由一个 ZigBee 的中断服务程序和 5 个进程组成,分别是: ISR_Zigbee、T1_AnaZigISR、T2_SensorTestPass、T3_LCDTouch、T4_AnaWebIns 和 T5_InsToZig.

当主 ZigBee 接收到从 ZigBee 的数据,就会以中断的方式向 CPU1_CTL 发送消息,中断服务程序 ISR_Zigbee 把接收到的消息逐个字节的写入到一个数组.进程 T1_AnaZigISR 分析数组中的数据,再将信息传送给进程 T3_LCDTouch.进程 T2_SensorTestPass 用于检测直接与 FPGA 相连的传感器,把检测到的数据传送给 T3_LCDTouch.

T3_LCDTouch 为触摸屏显示控制进程,一方面

可以显示传感器数据以及进程 T4_AnaWebIns 从 CPU2_Web 获得的命令,另一方面也可以通过触摸的方式向进程 T5_InsToZig 发送控制命令.进程 T4_AnaWebIns 可以分析 CPU2_Web 发过来的控制信息,并将这些信息发送给 T3_LCDTouch 以及 T5_InsToZig.进程 T5_InsToZig 将各种控制信息分别传送给相应的传感器以及主 ZigBee,主 ZigBee 以包的形式将数据传送给各个从 ZigBee. CPU1_CTL 的中断服务程序和 5 个进程之间的关系如图 2 所示.

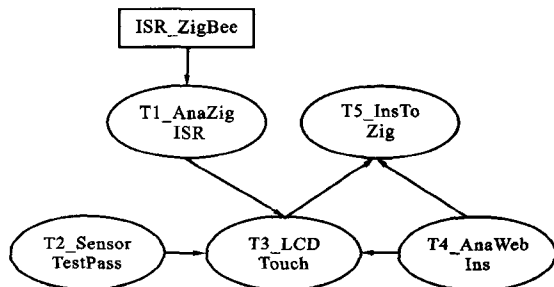


图 2 CPU1_CTL 中各进程之间信息流动关系

3.2 Web 服务器设计方案

Altera 提供的集成开发环境 IDE^[6]在 $\mu C/OS-II$ 操作系统的基础上集成了完备的网络协议栈:

Niche Stack TCP/IP 协议栈^[7]. Niche Stack TCP/IP 协议栈是小规模的 TCP/IP 协议栈的轻量级代码,其主要目的是减小资源的利用,还能提供对 TCP/IP 协议栈的全部功能的支持,因此本系统就采用基于 μ C/OS-II 以及 Niche Stack TCP/IP 的协议栈设计网络服务器. 使用 NicheStack TCP/IP 协议栈编写网络服务器的思路跟普通 PC 中的底层的网络编程的思路是一致的. Altera 公司为了方便用户对 NicheStack TCP/IP 协议栈的使用,提供了 Simple Socket Server 和 Web server 这两个应用实例;用户可以通过修改这两个实例来构建自己的网络服务器. 关于怎样使用 NicheStack TCP/IP 协议栈编写网络服务器请参考文献^[7].

3.3 CPU2 和 CPU3 的软件设计方案

CPU2_Web 中基于 μ C/OS-II 和 NicheStack TCP/IP 的 Web 服务器除了服务器进程 T3_WebServer 之外,还有另外 2 个超循环结构的进程: T1_FetchInfo 和 T2_CreateHTML. 进程 T1_FetchInfo 负责收集 CPU1_CTL 通过 Mbox 核和 Mutex 核传过来的数据;进程 T2_CreateHTML 利用这些数据构造 HTML 文件;组装好的 HTML 文件被 T3_WebServer 进程用来构建 Web 服务器,数组中的数据不断在更新,Web 服务器也会随之改变.

CPU3_Audio 不使用操作系统,工作在单线程的超循环模式下. 在这种模式下通过一个死循环调用 altera_avalon_mailbox_pend() 函数^[4-5]来监听 CPU2_Web 是否传递了音频编码;如果有,则马上从 Flash 中取出存好的音频数据进行播放,如果没有,则 altera_avalon_mailbox_pend() 函数不返回,继续监听.

3.4 网络安全措施

系统设有 3 种网络安全措施. 其一是用户必须输入正确的用户名和密码之后才能登陆;其二是如发现网络异常可用一个按键来关闭服务器进程,而其他的进程可以在脱机状态下照常运行,这时通过触摸屏对系统的控制仍然有效,待网络安全故障排出后,再次按下该键,则可以重新启动网络进程;其三是系统可以自动记录登陆者的 IP 地址,这能给网络安全的追踪带来极大的方便.

文中设计的网页由三个页面组成:登录页面用来验证用户身份,控制页面用于控制,状态页面用于显示传感器的状态和数据,这 3 个页面可以通过超链接进行切换. 登录页面的效果如图 3 所示.



图3 登录页面

4 结束语

利用 NicheStack TCP/IP 协议栈构建的 Web 服务器能够安全可靠的运行,传感器的参数能够实时在网页上更新,在远程登录客户机上能够通过普通的 IE 浏览器实现对机房的远程监测. 随着对 NicheStack TCP/IP 协议栈了解的深入,甚至能实现播放背景音乐、超链接、滚动字幕、滚动条以及播放 Flash 动画等内容,几乎所有的 Internet 上能够实现的服务器功能,都可以采用 NicheStack TCP/IP 协议栈实现.

参考文献:

- [1] 叶兴贵, 廖希仁. 基于 ZigBee 的智能家居物联网系统[J]. 现代建筑电气, 2010, 1(9): 25-27.
- [2] 廖红华, 于军, 陈建军, 等. 基于 SOPC 和 DDS 技术的介电电泳芯片控制系统设计[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(8): 148-150.
- [3] 李周群, 戴宇杰, 张小兴, 等. 一种用于 Zigbee 接收机的低功耗 Gm-C 复数滤波器[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(5): 40-43.
- [4] 周立功. SOPC 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [5] Altera Corporation. Nios II hardware development tutorial[R]. Version 9.1, 2009.
- [6] Altera Corporation. NiosII software developer's handbook: altera-provided development tools[R]. 2009.
- [7] Altera Corporation. Ethernet and the niche stack TCP/IP stack - nios II edition[R]. 2009.

作者简介:

刘三军 男, (1980-), 硕士, 讲师. 研究方向为嵌入式、SOPC 技术方面.