基于SOPC的远程数据采集系统设计

丁晓贵,刘桂江
(安庆师范学院 计算机与信息学院,安徽 安庆 246011)

摘 要:在许多恶劣的环境下,测量者不能长期置身其中,使得数据采集和传送变得非常困难。为了解决这一问题,设计了一种基于SOPC的远程数据采集系统。以Nios II软核处理器和所需的外设IP核嵌入到FPGA中为硬件架构,以移植μC/OS-Ⅱ实时操作系统和TCP/IP协议为软件体系,实现了开放式可重构的软硬件体系结构。通过对温湿度采集,表明该系统能够满足高速采集数据的实时性和同步性要求,具有广泛的适用性和良好的应用前景。

关键词:可编程片上系统;IP核;通信;数据采集; TCP/IP协议
中图分类号:TN751 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-629X(2010)01-0229-03

Design of Remote Data Acquisition System Based on SOPC

DING Xiao-gui, LIU Gui-jiang
(Department of Computer and Information, Anqing Normal College, Anqing 246011, China)

Abstract: Data gathering and convection is difficult, because the measurer can't live in all kinds of execrable condition long. For resolving the problem, design a remote data gathering system based on SOPC. In this device, the Nios II soft CPU core and peripheral's IP core is embedded in FPGA, the μC/OS-II real-time operating system and TCP/IP protocol stack is replanted in it, a open system is achieved which hardware and software can be reconfigure. The system realizes temperature and humidity gathering, which indicates that it satisfies data gathering system in real-time and in-phase. This device has fine applicability and application prospect.

Key words: SOPC; IP nuclear; communication; data gathering; TCP/IP protocol

0 引 言

SOPC (System On a Programmable Chip)是Altera公司提出的一种高效灵活的设计方案,在数据采集领域中应用前景广泛。在许多高温、高压、强放射性等恶劣的环境下,由于测量者不能长期置身其中,使得数据采集变得非常困难。在Nios Ⅱ软核CPU上移植μC/OS-Ⅱ实时操作系统和TCP/IP协议栈,容易实现网络通信,为网络化数据采集提供了条件[1],同时能够很好地满足高速采集对实时性和同步性的要求。

1 数据采集系统的硬件体系

远程数据采集系统是利用SOPC技术实现数据采集任务,并与上位机交换数据。该系统的工作原理是:上位机通过以太网LAN91C111发送采集命令;FPGA[2]解析命令后,控制ADC芯片转换,存储数据;打包并发送数据给上位机。

收稿日期:2009-01-05;**修回日期**:2009-04-17
基金项目:安徽省自然科学基金重点项目(KJ2008A43ZC)
作者简介:丁晓贵(1971-),男,安徽安庆人,副教授,硕士,研究方向为嵌入式系统与智能控制。

远程数据采集系统硬件架构如图1所示。从图中可以看出,Nios Ⅱ软核CPU及各种所需的外设IP均通过SOPC Builder集成在一片FPGA中,构成该系统所需硬件的可重构部分。

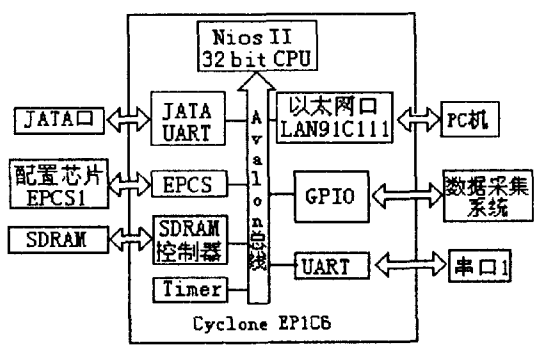

图1 系统硬件结构图

1.1 IP核设计

为了在低成本情况下完成预定功能,选择了Cyclone FPGA系列器件中的EP1C6。EP1C6无论是从逻辑资源还是存储器均能满足设计要求。在该系统中,设计和选用了如下主要的IP核。

(1) JTAG-UART:带Avalon接口的JTAG-UART内核提供Nios CPU系统到PC机的连接通路,

通过 JTAG－UART 在 PC 机上调试 Nios CPU 所需要的程序，并通过监控程序对整个系统的运行进行控制。

(2) UART：带 Avalon 接口[3]的通用异步接收器/发送器。UART 内核执行 RS－232 协议，它为 FPGA 上的嵌入式系统和外部设备提供了串行字符流的通信方式。

(3)GPIO：并行输入/输出内核。它提供 Avalon 从控制器端口到通用 I/O 口间的映射接口。该 IP 核是常规的外设控制接口。通过 GPIO，对内控制 SOPC 系统中的其他部分，对外充当并行 I/O 接口。该设计中 GPIO 控制模拟选择开关、数据放大器、高速模数转换器等数据采集模块，也用它来读取开关量，对 LED，LCD 等外设进行控制。

(4) SDRAM：该 IP 核是外部存储器 SDRAM 的控制接口，通过它完成 SDRAM 的时序控制，用来对采集过来的数据进行存储。软件设计中 SDRAM 的时序控制对用户是完全透明的。

(5)EPCS：带 Avalon 接口的 EPCS 设备控制器内核[4]。该 IP 核允许 Nios Ⅱ 系统访问 EPCS 串行配置芯片，该芯片主要用于存储程序代码或一些非易失性数据。

1.2 数据采集模块

数据采集模块由多路输入模拟量、模拟选择开关 ADG526A、数据放大器 AD522、高速模数转换器 AD976 四大部分组成。多路输入模拟量 (0～5V) 先经过模拟选择开关 ADG526A，然后经过数据放大器 AD522 放大、滤波后进入模数转换器 AD976 采样输入端。系统中 ADG526A 的通道选择，直接由 EP1C6 的 GPIO 端口控制。AD976 的模数启动转换引脚使用 FPGA 的一个 I/O 端口 A/DStart，读取 AD976 数模转换结果的高、低字节控制引脚 SelByte 及 AD976 的 8 位数据输出端口，分别由 FPGA 单独的 I/O 口控制。

数字因为从信号 A/D 采集到传输过程中，往往混有一定的高频噪声干扰信号。因此必须使用数字滤波器先对采样信号进行滤波，待滤除无用的信号频率分量后，存储并送上位机。

1.3 传输接口模块

该系统有三种数据传输方式：串口、USB 接口和以太网接口[5]。串口、USB 接口通过 UART 接 Avalon 总线。以太网接口芯片选用了 SMSC 公司推出的 LAN91C111 芯片，该芯片内部集成了以太网介质访问(MAC)及物理层收发器(PHY)，支持 10/100M 全双工传输模式、自动协商等功能。LAN91C111 芯片通过 FPGA 内的适配器模块连接到 EP1C6 内部的 Avalon 总线上，从而实现系统接入 Internet。

2 数据采集系统的软件架构

软件系统体系结构主要包括嵌入式操作系统的移植、网络协议栈的实现、应用级代码编写等部分，如图 2 所示。

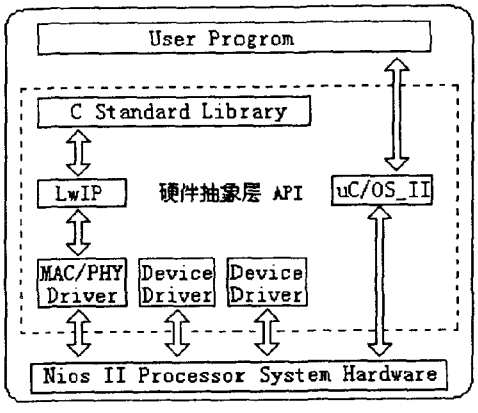

图 2 系统软件结构图

2.1 操作系统和协议的嵌入

考虑到使用互联网进行远程数据传输的复杂性，在设计中使用嵌入式操作系统和 TCP/IP 协议栈是必然选择。μC/OS－Ⅱ是一种可移植、可固化、占先式多任务实时操作系统内核[6]。其规模较小、实时性和可靠性较高，Nios Ⅱ 集成开发环境(IDE)对 μC/OS－Ⅱ具有良好的支持，故 μC/OS－Ⅱ是嵌入式操作系统的首选。它通过为每个任务分配单独的任务堆栈来保存任务工作环境，提供任务管理和调度服务。

轻量级网络协议(Lightweight IP，LWIP)是 TCP/IP 协议栈[7]的一个实现。LWIP 是一种专门针对嵌入式系统应用而设计的网络通信协议，由于 LWIP 实现的关键在于削减代码大小和内存消耗，因此可以完成传统的 TCP/IP 协议的大部分功能，通常只需要大约 40k 的 ROM 和几十 k 的 RAM 即可运行，在网络协议栈初始化后，使用标准套接字 API 创建新任务访问网络协议栈。

2.2 通信服务器

该任务通过 sys_thread_new()函数创建，作为服务器监听约定的端口，等待远程主机的连接，提取远程主机的命令，通过消息队列将所获得的命令发送到测控任务。LWIP 提供了标准的 Berkeley 套接字编程界面，这个界面提供了三种类型。这里使用了流式套接字，这是一个面向连接、可靠的数据传输服务，数据无差错、无重复地发送，按发送顺序接收。通常服务器接收到并发服务请求后，要激活一个新进程来处理这个客户请求。

3 远程数据采集系统的实现

为了方便用户编程，Nios Ⅱ IDE 提供了设备驱动

程序,即硬件抽象层(HAL)系统库[8]。HAL 应用程序接口(API)与 ANSI C 标准库综合在一起,可以使用类似 C 语言的库函数来访问硬件设备或文件,如 printf()、fopen()等,而无须关心底层硬件实现细节。

3.1 系统初始化

系统初始化是指系统上电复位后到运行 main()函数前,初始化硬件,构建应用程序运行环境的过程。如图 3 所示,Nios Ⅱ的 HAL 程序库为用户提供了这段代码,代码的入口标号是"_reset"。

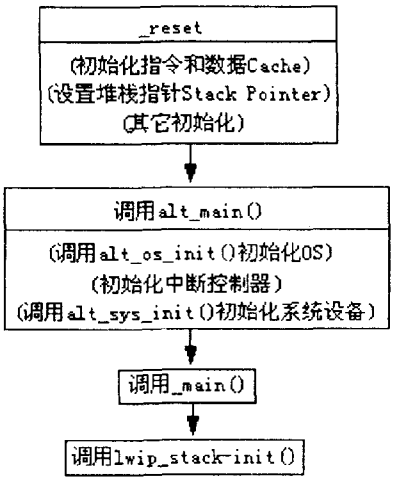

图 3　软件启动流程图

程序先对 CPU 进行初始化,其功能包括初始化指令和数据 Cache,设置堆栈指针(Stack Pointer)等,然后调用"alt_main()"函数。

alt_main()函数对 CPU 及外设初始化,其功能包括调用 alt_os_int()函数初始化 OS,默认情况下完成对 μC/OS－Ⅱ初始化,调用 alt_sys_int()函数初始化系统设备及软件模块等,然后调用"main()"函数。

3.2 主函数 main()

主函数"main()"负责进行网络监听,响应终端的 TCP 连接请求。若同时要求能与多个终端建立 TCP 连接和传输数据,需要为每个终端的网络数据处理都开辟一个新的线程[9],主函数的流程如图 4 所示。

服务器为每个客户端都开一个线程专门与之进行 socket 通信。Socket 数据处理线程主要包括三个方面工作:从套接字上接收数据包;解析并存储数据包;打包并发送数据包。

3.3 远程数据采集实验

为验证设计方案,选用瑞士 SENSIRION 公司生产的传感器 SHT75,采集温湿度数据,该一体化数字式传感器将敏感元件、信号放大器、模数转换器、数字接口电路集成在同一芯片上,使用 GPIO 核可以方便地和 Avalon 总线连接[10]。实验结果表明,该设计切实可行。

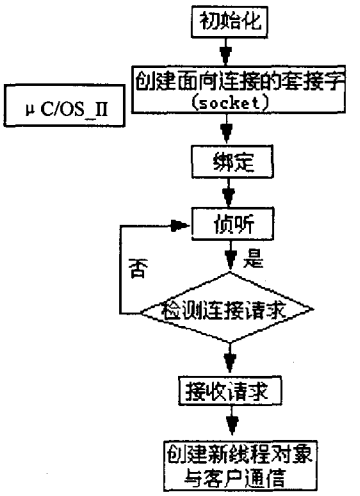

图 4　主函数 main()流程图

4 结束语

该设计是基于 SOPC 和嵌入式系统技术,实现了远程数据采集的要求。该设计可应用于各种恶劣环境,稍加改进,也可适用于网络信息家电、家庭安全等方面。随着芯片技术和总线技术的发展,嵌入式远程数据采集系统在工业中的应用一定会更加广泛。

参考文献:

[1] Altera Corporation. Cyclone Device Handbook(All Sections)[M].[s.l.]:Altera,2005.

[2] 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.

[3] Altera Corporation. Avalon Interface Specification[M].[s.l.]:Altera,2005.

[4] 杨　浩,林争辉,鞠　海,等.基于嵌入式处理器软核的 DVB_S 基带处理系统[J].计算机工程,2005(5):203－205.

[5] 王冬华,吴壮志.边海防视频监控系统的设计与实现[J].计算机技术与发展,2008,18(5):208－211.

[6] Labrosse J J.嵌入式实时操作系统 μC/OS－Ⅱ[M].邵贝贝译.北京:北京航空航天大学出版社,2003.

[7] 吴　婷,方　方,曾治杰.基于互联网的温湿度远程监控系统[J].核电子学与探测技术,2005(3):234－236.

[8] Altera Corporation. Accelerating Nios II Systems with the C2H Compiler Tutorial[M]. Version 6.0.[s.l.]: Altera, 2006.

[9] 康　军,戴冠中,何鹏举,等.基于 SOPC 的分布式测控网络智能节点设计[J].计算机应用研究,2007(4):282－285.

[10] 王建校,危建国.SOPC 设计基础与实践[M].西安:西安电子科技大学出版社,2006.