

文章编号:1000-582X(2006)11-0089-03

# 基于 Nios II 的煤矿安全通信系统设计\*

张玲,董磊,何伟

(重庆大学通信工程学院,重庆 400030)

**摘要:**煤炭生产主要为地下作业,其环境恶劣,要求通信及时准确,又不能使用高频无线通信系统,因此急需一个专用通信系统,以保证其安全生产。为此,介绍了基于 Nios II 处理器和  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  嵌入式操作系统的煤矿安全通信系统的实现方法;具体说明了系统的基本原理、系统总体设计、硬件结构设计和用户自定义模块设计,以及通信主控制程序处理流程和实现方法。结果表明:采用 Nios II 处理器既保证了通信的可靠性、音质清晰,又简化了系统规模,使系统可以及时升级更新。

**关键词:** Nios II; FPGA; 嵌入式; 用户自定义模块。

**中图分类号:** TN47

**文献标识码:** A

由于煤炭生产主要在地下作业,存在工作环境恶劣,不安全因素多,人员、设备流动性大等诸多特殊的情况,因此它对通信系统的要求更严格,要求信息传输更及时、准确。煤矿的安全越来越受到各方的重视。煤矿井下通信手段必须越来越完善,特别是对井下应急通信系统要求越来越高。传统的电话、对讲机不能满足要求,在矿井下更不能使用高频无线通话系统,因此急切需要采用专用的通信系统。作者介绍采用 RS485 适应煤矿环境的有线通信系统,该系统在矿井恶劣条件下既可以语音通信,又可以进行文字通信。

目前的嵌入式处理器种类繁多。Altera 公司的 Nios II 处理器是用于可编程逻辑器件的可配置的软核处理器,与 Altera 的低成本的 Cyclone FPGA 组合,具有很高的性价比<sup>[1]</sup>。系统以 Cyclone FPGA 为硬件核心,并配以 CVSD 制式语音编码芯片、128 × 64 的 OLED 显示屏、3 × 5 的键阵列、送话器、受话器、蜂鸣器等外围器件构成。基于 Nios II 软核心的 FPGA 系统构成灵活,可裁减性强,可以根据实际情况及时修改设计。这样既减小了系统体积,简化了系统规模,又使系统可以及时更新、升级<sup>[2]</sup>。

## 1 总体设计和系统架构

系统以 Nios II 处理器为核心处理按键信息、语音

信息和传感器信息,处理后经 RS485 串口进行通信。其具有信息收集、短信息、语音通信和报警功能等。其中报警功能分为人工报警和自动报警功能。

系统在结构上分为 3 层:系统硬件平台,操作系统和系统主控制算法。系统硬件平台,是系统的物理基础,提供软件的运行平台和通信接口。框图如图 1。

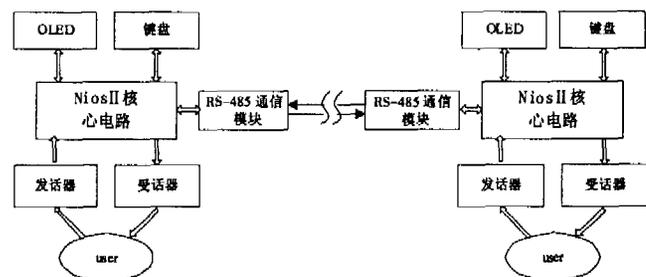


图 1 系统设计框图

系统的硬件平台为自制的手机板,包含有 Altera Cyclone1C12F3C7 芯片,8M 的 Flash 存储器,1M 的 SRAM,1 片 EPCS4 串行配置芯片,CVSD 语音编码芯片 FX619、电平驱动芯片 MAX3362,128 × 64 的 OLED 显示屏、3 × 5 的键阵列、送话器、受话器、蜂鸣器。操作系统采用  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 。 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  是一个基于抢占式的实时多任务内核,可固化、可剪裁、具有高稳定性和可靠性<sup>[3]</sup>。这一层提供任务调度以及接口驱动,同

\* 收稿日期:2006-06-05

作者简介:张玲(1964-),女,重庆北碚人,重庆大学副教授,硕士生导师,主要从事电子设计自动化、通信和图像信息处理的研究。

时,通过硬件中断来实现系统对外界的通信请求的实时响应.这种方式可以提高系统的运行效率.

系统的主控制算法是系统的核心,系统的正常通信、OLED的点阵显示都由其控制.采用C语言在Nios II的集成开发环境(IDE)中实现.

## 2 系统硬件设计及实现

### 2.1 Nios 嵌入式软核处理器简介

Nios II嵌入式处理器是Altera公司于2004年6月推出的第二代用于可编程逻辑器件的可配置的软核处理器,性能超过200 DMIPS. Nios II是基于哈佛结构的RISC通用嵌入式处理器软核,能与用户逻辑相结合,编程至Altera的FPGA中.处理器具有32位指令集,32位数据通道和可配置的指令以及数据缓冲.它特别为可编程逻辑进行了优化设计,也为可编程单芯片系统(SOPC)设计了一套综合解决方案. Nios II处理器系列包括3种内核:一种是高性能的内核(Nios II/f);一种是低成本内核(Nios II/e);一种是性能/成本折中的标准内核(Nios II/s),是前2种的平衡.该系统采用标准内核.

Nios II处理器支持256个具有固定或可变时钟周期操作的定制指令;允许Nios II设计人员利用扩展CPU指令集,通过提升那些对时间敏感的应用软件的运行速度,来提高系统性能<sup>[4]</sup>.

### 2.2 系统的硬件平台结构(如图2所示)

EPCS4为串行配置器件,它用来存储系统的配置数据,当系统上电或复位以后用来配置Cyclone器

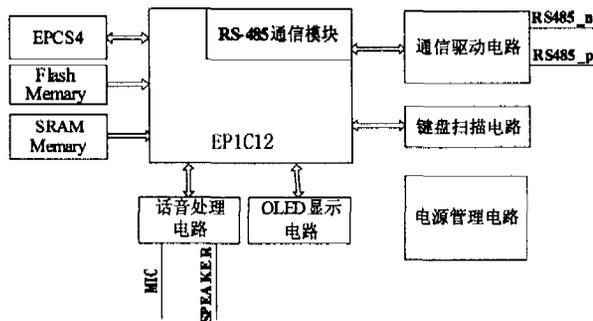


图2 系统硬件平台结构

件<sup>[5]</sup>. Flash存储器用来存储设计的软件程序及OLED显示器的汉字字库文件. SRAM为程序运行空间,程序运行时将其导入SRAM.

语音部分:语音处理电路采用传统的双工编码方式.来自手机话筒的语音信号是低电平小信号,它必须经过放大压扩处理后,才能进行后续处理.语音信号编码电路的作用是将语音信号转换成数字信号序

列,然后传给FPGA中的语音处理模块;解码电路的作用是将数字信号序列转换成语音信号.在控制过程中,位同步很关键.所以在设计时用了同步前导码.

显示部分:OLED显示器选为VGG12864,是128×64点阵的OLED单色、字符、图形显示模块.由于OLED的各端口的工作电平为+3.3V,所以不存在电平转换,OLED是被控制目标,FPGA是主控制方,控制信号是双向的.为了实现整屏显示,大量使用EP1C12中的M4K RAM blocks存储单元.

键盘扫描部分:50 ms扫描1次,去抖动时间为20 ms.按键电路设计采用传统的阵列式键盘结构,对按键的判断和去抖动均在FPGA内部用VHDL语言处理.

### 2.3 使用Nios II的用户自定义外设简化设计

使用Nios II的用户自定义外设,能够将按照个体需要而完成的外设当作是系统现成的IP核,在IDE集成环境中添加.

系统中最主要的用户自定义外设是RS485通信模块,由于需要比较长距离的有线传输,而Altera公司提供的UART不能满足需要,所以采用RS485串口通信.此模块用VHDL语言编写,利用23.04 MHz的晶振,采用互不控制同步方式,独立产生的384 kbit/s的数据时钟信号进行收发数据.它主要分为2个部分:发送部分和接收部分.发送部分采用从端口外设控制等待的写传输模式,使得目标外设能够根据需要等待周期的传输模式使用了waitrequest信号,它是一个从端口的输出信号<sup>[6]</sup>. Avalon总线模块在第1个总线周期提供address、writedata、byteenable\_n、write\_n、和chipselect信号,从端口若需要额外的时间来捕获数据,它必须在下一个时钟上升沿之前设置waitrequest有效.当waitrequest有效后,Avalon总线模块便暂停工作,使得address、writedata、byteenable\_n、write\_n、和chipselect信号保持稳定.在从端口设置waitrequest无效后,总线传输在下一个时钟上升沿结束.在发送数据前Nios II先通过一个PIO端口发送一个脉冲信号,通知发送部分准备接收数据.当发送部分接收到该信号后,响应嵌入在Nios II中的发送控制模块,接收数据后将其发送出去.接收部分采用从端口外设控制等待周期的读传输模式.数据首先通过差分解码后读入,然后采用状态机的方式检测帧头,检测到帧头后才开始接收数据,并对每位接收到的数据进行3判2处理,以抗干扰.一帧接收完毕后进行CRC校验,数据正确则以中断方式通知Nios II准备接收数据,然后通

过 Avalon 总线上传数据; 不正确则只通知 Nios II 数据不正确, 然后丢弃数据。

为了保证通信的可靠性, 对传输的数据采用了循环冗余并行校验法, 打破了传统的串行校验, 使 216 bit 的数据在 1 个脉冲时间内完成 CRC 编码, 这些工作都由用户自定义的外设处理, 大大减少了处理时间。

### 3 系统软件的设计与实现

系统软件设计是在 Nios II 的  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  操作系统下进行 C 语言编程的。软件包括菜单控制、按键响应、字库调用、信息处理、数据组帧、解帧等。系统主要完成的功能有: 通话、发送消息、游戏、紧急报警。Nios II 对本地产生的按键信息及对端发送过来的数据按照自定义的协议进行处理, 然后将处理后的数据下传。软件流程如图 3 所示。

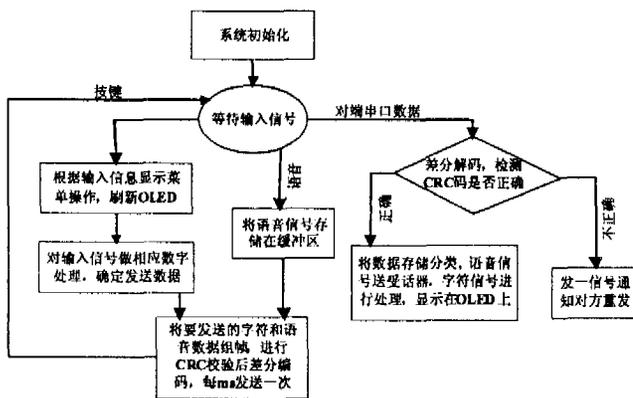


图 3 软件流程图

### 4 结 论

设计采用 RS485 的通信方式, 在无接力的情况下通信距离可以达到 1 km, 并且采用了 16 bit CRC 校验, 保证了通信的及时可靠性, 音质清晰。该系统解决了井下通信难的问题, 既做到了通信的及时准确, 又解决了高频无线通信可能带来的安全隐患问题。采用 Nios II 处理器体现了嵌入式系统全新的设计理念和 SOPC 设计方法的灵活性。该系统可以根据实际情况及时修改设计。这样既减小了系统体积, 简化了系统规模, 又使系统可以及时更新、升级。

#### 参考文献:

- [1] 任爱锋, 初秀琴, 常存, 等. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计 [M]. 西安: 西安电子工业大学出版社, 2004.
- [2] FRANK VAHID. 嵌入式系统设计 [M]. 骆丽译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
- [3] JEAN J. LABROSSE. 嵌入式实时操作系统  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  (第 2 版) [M]. 邵贝贝译. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [4] ALTERA CORP. Nios II Custom Instruction User Guide [EB/OL]. www.altera.com, 2004-10-20.
- [5] ALTERA CORP. The Nios II Processor Reference Handbook [EB/OL]. www.altera.com, 2004-11-09.
- [6] 周博, 邱卫东, 陈燕, 等. 挑战 SOC - 基于 NIOS 的 SOPC 设计与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

## Communication System Design for Coal Mine Security Based on Nios II

ZHANG Ling, DONG Lei, HE Wei

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Coal production is mostly underground and in ban condition, so correspondence oblige in season nicety, again out of commission high frequency wireless communication system, thus it exacts an appropriative communication system to ansure the work's safety. The authors mostly introduce the implement method of a communication system for coal mine security based on the Nios II processor and the  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  embedded operation system; and specifically delineat the systemic rationale, the overall design, the hardware structure design and the user defined logic interface, and master program's implementation method. The result indicates that the usage of the Nios II processor ensures the communication reliability and makes the system simple and easy to be upgraded in time.

**Key words:** Nios II; FPGA; embedded operation system; user defined logic interface