

文章编号: 1672-2892(2010)02-0227-04

基于 SOPC 的远程多通道数据采集系统设计

陆健锋^{1a}, 李晓峰^{1b}, 胡 玮^{1a}

(1 电子科技大学 a.物理电子学院; b.空天科学技术研究院, 四川 成都 610054)

摘要: 讨论一个低成本、便携式、远程多通道数据采集系统的设计, 分别介绍了系统结构、软硬件设计、Nios II 系统模块结构等。数据采集系统主要由信号采集模块、数据处理模块和数据传输模块构成。信号采集模块包含温度、湿度、气压、雨量、风向、风速 6 个气象数据采集模块、全球定位系统(GPS)模块和电荷耦合器件(CCD)模块; 数据处理模块中采用 ALTERA 公司的 EP3C25F324 现场可编程门阵列(FPGA)芯片, 具有片上可编程系统(SOPC)集成度高、灵活性强的特点; 数据传输模块采用通用无线分组业务(GPRS)和有线 RS232 两种方式传输数据。设计验证仿真表明, 完全满足预期要求。

关键词: 数据采集; 现场可编程门阵列; Nios II 处理器系统; 片上可编程系统

中图分类号: TN919.5; TP274.2

文献标识码: A

Design of the remote multi-channel data acquisition system based on SOPC

LU Jian-feng^{1a}, LI Xiao-feng^{1b}, HU Wei^{1a}

(1a.College of Physical Electronics; 1b.Institute of Astronautics Aeronautics, UESTC, Chengdu Sichuan 610054, China)

Abstract: This study discussed a low cost, portable, remote multi-channel data acquisition system design, and introduced the system structure, software and hardware design and Nios II system module structure, etc. The data acquisition system contained signal acquisition module, data processing module and data transmission module. The signal acquisition module contained a data acquisition module that measured six meteorological parameters—temperature, humidity, air pressure, rainfall, wind direction and wind velocity, a Global Position System(GPS) module and a Charge Coupled Device(CCD) module. FPGA(Field Programmable Gate Array) chip EP3C25F324 of ALTERA was adopted in the data processing module, characterized by high integration and flexibility of the System On Programmable Chip(SOPC). The data transmission module transmitted data by using two ways of General Packet Radio Service(GPRS) wireless and RS232 cable. Verifying simulation results completely met expected design requirements.

Key words: data acquisition; Field Programmable Gate Array; Nios II processor system; System On Programmable Chip

大气随机信道对激光传输性能的影响是制约空间光通信的重要因素之一^[1], 大气参数测量和激光大气传输效应测量是光波传输特性测量的两个主要方面。大气参数测量主要指对信道中的大气温度、湿度、气压、雨量、风向、风速 6 个气象要素值进行的测量。激光大气传输效应测量主要是指对激光大气传输过程中存在的到达角起伏、光斑闪烁、光斑漂移和光斑扩展现象的物理测量。CCD 图像信息的好坏对分析通信质量、大气参数影响等都起到相当大的作用, 且能用于观测采集点周围环境情况。

电子科技大学研发了一套用于大气参数测量和激光大气传输效应测量的仪器, 为了实现在特定测试区域设置长期无人值守的监测点, 数据采集系统配备了 GPS 定位、GPRS 远程传输功能。

本文基于 SOPC 技术在 FPGA 上实现远程多通道数据采集系统的各功能, 采用 ALTERA 公司的第二代 FPGA 嵌入式处理器 Nios II 与高性能、低成本的 Cyclone 芯片, 具有非常多的可配置的寄存器、极大的可扩展性以及功能^[2]。

1 系统总体结构

根据总体的设计要求,本文应处理的数据主要包括大气参数数据、GPS 定位数据、CCD 图像数据等。系统主要由信号采集模块、数据处理模块和数据传输模块等构成。整个系统的组成和 workflow 如图 1 所示。其中,采集模块以传感器为核心,依采集对象的不同,划分成气象采集、GPS、CCD 模块等等。数据处理模块是以 FPGA 为核心的主控模块,驱动系统运行,负责数据其它扩展模块提供数据总线接口和控制接口。数据传输模块采用 GPRS 无线方式及 RS232 串行两种通信方式将数据发回监控中心。

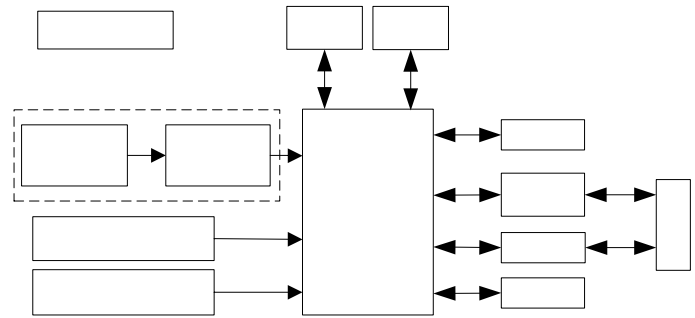


Fig.1 General configuration of the system
图 1 系统总体结构框图

2 系统设计

2.1 信号采集模块设计

这部分需特别强调的有气象六要素采集与 GPS 数据采集。其中气象六要素的采集,为了达到小型化、便携的目的,本设计采用了温度、湿度、气压、风向、风速和降水一体化设计方案^[3]。其串口数据界面包括 SDI-12,RS232,RS485,本文中采用 RS232 输出数据至 FPGA,无需外围电路。

GPS 模块数据接收硬件原理图如图 2 所示。

GPIO14 管脚驱动 LED 用于判断 GPS 模块的工作状

态,当模块初始化并在准备接收数据时,LED 灯一直亮,当 GPS 模块处于跟踪模式时,LED 灯闪烁。TXA 主要传送数据,并且经常用于输出导航和测量数据给用户以便编写软件^[4]。RXA 用于接收数据和命令,在本系统中该脚作为预备脚。

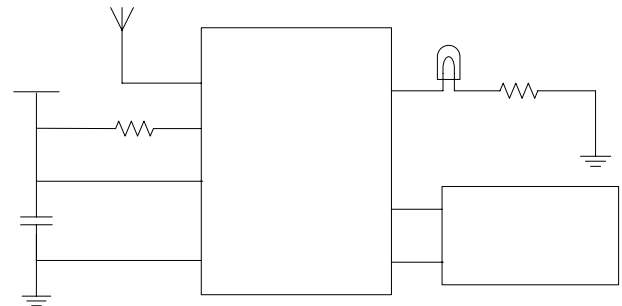


Fig.2 Hardware diagram of GPS module
图 2 GPS 模块硬件原理图

2.2 数据处理模块设计

通过 FPGA 串口收到采集数据后按指定数据包格式将本系统所需信息提取并保存在 32 M flash 中。一部分将提取的数据进行显示,并用软件实现键盘控制对显示的数据进行用户自定义设置;另一部分则将提取的数据按系统指定的发送要求进行打包发送,可选择通过 MC55 或 RS232 将数据发送至终端。

本数据采集系统的 FPGA 采用 ALTERA 公司的 Cyclone III 系列可编程逻辑器件 EP3C25F324,由于这类器件用户可用的 I/O 端口多,片内的逻辑单元的数量大,器件内部带有乘法器等特点,因此,1) Cyclone III 系列器件对外围设备的控制可通过独立的 I/O 端口来进行,这可以减少端口的复用;2) 其内嵌乘法器能用于完成高速乘法操作,使得这种器件的数字处理能力得到加强;这些优点极大地提高了系统的采集速度^[5]。

2.3 数据传输模块

GPRS 模块在本系统中主要用来无线传输数据,与监控中心进行通信,其比特率为 9 600 bit/s。通信模块用来传送网络协议格式化的数据包,所以必须通过 FPGA 把采集的数据打包以后发送给通信模块,继而传送到网络上,让监控中心获取数据,进行监控。对于通信模块,一般是让 FPGA 通过它的通信端口使用一定的操作命令来传送数据。MC55 模块有功能完备的系统接口,提供了标准的 RS232 串行接口,可以通过串口使用 AT 命令完成对模块的操作。MC55 模块内置了 TCP/IP 协议栈,由 AT 指令控制并使应用程序很容易地接入网络。这一方案的优点在于它不需要应用程序厂商执行自己的 TCP/IP 和 PPP 栈,这样最小化了将网络连接集成入一个新的或已存在的应用程序所需的成本和时间。

如图 3 所示,FPGA 的 I/O 口与 MC55 的 IGT 相连,用于启动 MC55 模块。启动模块时,模块的引脚 IGT 上必须有一个下拉脉冲且最少需要延时 100 ms,模块才能正常启动。启动后,模块引脚 VDD 电压从 0 V 升到 2.9 V。可以依据引脚 VDD 的电压判断 MC55 模块是否已经正常启动,这里在 VDD 脚上接上 LED 便于观察。

电路中由 FPGA 的 I/O 口提供 IGT 上的启动脉冲。需要特别注意的是 MC55 模块启动后需要等待 900 ms 才能正常使用串口。FPGA 的 TXD/RXD 与 MC55 的 TXD/RXD 相连,进行数据的输入输出。MC55 的 RING0 引脚用于通知呼叫入,因此接 FPGA 的中断线,作为数据传输的中断信号。在串口通信时除使用 TX,RX 外,至少需要使用 CTS 和 RTS 硬件握手,以提高通信的可靠性。MC55 的串口 0 可支持自适应多速率,但如果用户使用高速率串口通信,建议将串口 0 设为固定通信速率,以提高通信的可靠性^[6]。

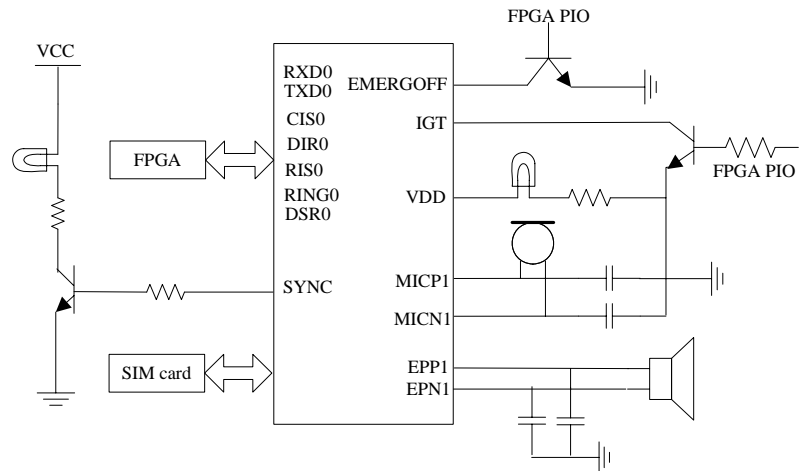


Fig.3 Hardware diagram of GPRS
图 3 GPRS 模块硬件原理

EMERG OFF 用于紧急关机。须使用

Open Drain(漏极开路)或 Open Collector(集电极开路)电路驱动。保持低电平大于 3.2 s 可紧急关机。电源 VBATT+, 要求 3.3 V~4.8 V, 通话时瞬态峰值电流 2 A 以上。电源对模块的工作非常重要, 如果不能严格按照要求, 则可能造成模块的非正常关机^[7]。由于模块是一个独立运行的计算机小系统, 所以在正常情况下必须使用 AT 指令“AT^SMSO”来关闭模块, 同时必须监测模块 VDD 引脚, 确认模块关机后才能切断电源。如果系统会经常断电, 则一定要有备用电池, 以保证模块的正常关机流程。

2.4 Nios II 系统模块结构

Nios II 系统模块: 包含 Nios II 处理器、Avalon 总线、并行输入/输出(PIO)、异步收发器(UART)、定时器(Timer)、片上 RAM,flash,LCD。控制程序由运行在 Nios II CPU 上的软件完成, 负责对信号的采集, Nios II 处理器作为实现控制的中央处理器, 其特点之一就是采用了 Avalon 总线。Avalon 总线是一种协议较为简单的片内总线体系结构, 用来将处理器和周边设备集成到 SOPC。Avalon 总线协议规定了主、从部件的端口连接方式和通信时序。按系统硬件规划, SOPC Builder 中的硬件配置如图 4 所示。

2.5 系统软件设计

Nios II 处理器的软件设计方法是在软核内存放一段自己编写的 C/C++ 语言控制程序, 控制系统运行, 它可以读写芯片的存储单元, 与外围的设备进行通信。在本系统中, Nios II 程序的任务是: 在规定的周期内, FPGA 通过 UART 接收信号采集模块所采集到的数据, 按照其固定输出格式在 FPGA 内通过软件将其解包, 并将解出来的数据按功能要求进行相应的处理, 包括存储、显示、整合几路数据打包发送等。显示时按系统指标要求每隔固定时间显示一次。

Use	Conne...	Module Name	Description	Clock	Base	End	IRQ
✓		cpu	Nios II Processor				
		instruction_master	Avalon Master	clk			
		data_master	Avalon Master				IRQ 0
		flag_debug_module	Avalon Slave			0x020037ff	IRQ 31
✓		tristate_bridge	Avalon-MM Tristate Bridge	clk			
✓		uart	UART (RS-232 Serial Port)	clk	0x02004000	0x0200401f	
✓		jtag_uart	JTAG UART	clk	0x02004040	0x02004047	
✓		epcs_controller	EPCS Serial Flash Controller	clk	0x02003200	0x02003fff	
✓		onchip_mem	On-Chip Memory (RAM or ROM)	clk	0x02001000	0x02001fff	
✓		sdram	SDRAM Controller	clk	0x01000000	0x01ffffff	
✓		lcd	Character LCD	clk	0x02004020	0x0200402f	
✓		sysid	System ID Peripheral	clk	0x02004048	0x0200404f	
✓		pio	PIO (Parallel IO)	clk	0x02004030	0x0200403f	
✓		dma	DMA Controller	clk	0x00000000	0x0000001f	
✓		timer	Interval Timer	clk	0x00000020	0x0000003f	

Fig.4 Module structure under Nios II system
图 4 Nios II 系统下模块结构

FPGA 对气象数据采集、GPS、CCD 模块的控制首先从初始化开始, 对其串口进行设置; 然后是 FPGA 对气象数据采集、GPS、CCD 模块的串行数据接收、整理和向 FPGA 中写入数据, 以供上层决策使用。

3 仿真与结果

当系统收到的数据经 FPGA 处理后, 经 GPRS 发送到移动基站, 通过其将数据放到公共网, 终端可利用 TCP/UDP Socket 工具接收数据。系统实现数据采集、处理、传输及终端接收功能, 接收结果如图 5。

实际接收得到的 GPS 数据:

\$GPRMC,022952.118<1>,A<2>,3040.6622<3>,N<4>,10406.0785<5>,E<6>,0.00<7>,,100609<8>,,,A*76
其主要含义解释如下:

- 1) 当前位置的格林尼治时间,即世界时间,与北京时间差 8 h 时,格式为 hhmmss.ms;
- 2) 状态, A 为有效位置, V 为非有效接收警告,即当前天线视野上方的卫星个数少于 3 颗;
- 3) 纬度,格式为 ddmm.mmmm;
- 4) 标明南北半球, N 为北半球, S 为南半球;
- 5) 经度,格式为 dddmm.mmmm;
- 6) 标明东西半球, E 为东半球, W 为西半球;
- 7) 地面上的速度,范围为 0.0 到 999.9;
- 8) 日期,格式为 ddmmyy。

利用 ModelSim 软件的波形仿真功能对采集到的经处理器处理后的输出数据进行仿真。给该模块提供 50 MHz 系统时钟 clk,并发出复位脉冲 reset。仿真将输入的气象、GPS 等数据中所需要的信息进行合并后输出一串行数据。仿真结果符合预期效果。调试、运行表明,系统达到设计要求,性能稳定。



Fig.5 Use terminal software to receive data
图 5 终端软件接收到数据

4 结论

SOPC 集成了硬核或软核 CPU、DSP、锁相环(PLL)、存储器、I/O 接口及可编程逻辑,可以灵活高效地解决系统级芯片(SOC)方案,而且设计周期短,设计成本低。它本身集采样控制、处理、缓存、传输控制、通信于一个芯片内,编程配置灵活,开发周期短,系统简单,具有高集成度、体积小、低功耗、I/O 端口多、在系统编程等优点^[8]。基于软核 Nios II 的 SOPC 设计的数据采集系统可以作为数据采集前端,应用于其它对多路数据采集的实时性和同步性要求较高的监测系统中。

本文的整体任务是设计一个应用在空间光通信中多通道数据采集处理系统,该模块具备在实现空间光通信下完成 GPS 定位、实现对涉及大气参数等多通道数据进行高精度处理的功能。

参考文献:

- [1] 李晓峰. 星地激光通信链路原理与技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2007.
- [2] 林鹏,姚耐军,郝庭柱. 基于 SOPC 数据采集系统的研究[J]. 天津理工大学学报, 2006,22(3):39-41.
- [3] Vaisala. Vaisala Weather Transmitter WXT520 User's Guide[R/OL]. Finland:Vaisala oyj, 2008[2009-06-22]. http://www.vaisala.com/files/WXT520_User_Guide_in_English.pdf.
- [4] HOLUX Technology Corporation. HOLUX GR-89 GPS Engine Board User's Guide[R]. Version A. HOLUX Technology Inc., 2006.
- [5] 陈松柏,周进. 基于 DSP+FPGA 的多目标实时检测系统设计[J]. 信息与电子工程, 2007,5(1):22-25.
- [6] Siemens Corporation AG. MC55/56 Hardware Interface Description[R/OL]. Siemens Corporation, 2006[2009-06-22]. http://www.wlt.net.cn/index0/mc55/pdf/mc55_56_hd_v0303b.pdf.
- [7] Liang Y C, Chang C H. GPRS UserView System[J]. TL Technical Journal, 2006,36(6):627-654.
- [8] 王锐,雷金奎. 基于软核 Nios II 的 SOPC 数据采集系统的设计[J]. 计算机测量与控制, 2008,16(8):22-25.

作者简介:



陆健锋(1985-),男,浙江省金华市人,在读硕士研究生,研究方向为光通信、多通道数据采集处理,email:lujianfeng229@163.com.

李晓峰(1965-),男,四川省巴中市人,博士,教授,研究方向为空间光通信。

胡玮(1951-),男,湖北省礼山市人,工程师,研究方向为光通信、机械设计等。