

片上可编程系统在地震数据采集中的应用

颜良¹, 罗兰兵¹, 陈儒军², 韦佳¹

(1. 英洛瓦(天津)物探装备有限责任公司中国研发部, 河北 涿州, 072750;

2. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙, 410083)

摘要: 通过灵活配置, 采用包括 NiosII CPU 软核、采集控制接口、通讯接口以及数据传输控制模块等一些外围接口, 配合 ADC 采集芯片, 组成了一个具有采集控制和传输功能的数据采集系统。通过测试和实验, 达到了预期的设计要求。缩短了开发周期, 提高了研发的工作效率。

关键词: SoPC; NiosII 软核; 数据采集; 采集站

中图分类号: TP332

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)24-0023-03

Application of SoPC in seismic data acquisition system

Yan Liang¹, Luo Lanbing¹, Chen Rujun², Wei Jia¹

(1. INOVA, Zhuozhou 072750, China;

2. School of Earth Science and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: With its flexible configuration which includes the NiosII CPU, acquisition and control interface, communications interface and data transmission control module and ADC chip, we achieve a data acquisition system including the acquisition and transmission function. By the tests and experiments, it achieves the desired design requirements. It shortens the development cycle, improves the efficiency, so it is a good design ideas and methods in the seismic data acquisition system.

Key words: SoPC; Nios II processor; data acquisition; DAU

目前在地震仪器中主要采用以 ARM 架构为核心的低功耗系统, 也有以 FPGA 为核心的系统。基于本文介绍的 SoPC 可编程片上系统, 是近几年才在这个领域应用。

基于 FPGA 形式的 SOPC 系统^[1], 虽然技术上没有 ARM 成熟, 但是发展迅速, 成功应用的案例很多。其包含了硬件逻辑和软件部分, 具有设计灵活的特点。其内部嵌入了 CPU 软核(或硬核), 集成度高、功耗低, 因此很多功能可以通过 C 程序等软件来实现, 而不必都采用硬件逻辑实现。因此在系统复杂情况下可大大节省资源, 一方面利于性能的提高, 另一方面由于是基于 FPGA, 其实现上比较灵活, 可根据需要反复修改, 提高了研发效率。本设计中的核心技术如数据传输以及采集控制等, 就得益于其不可替代的优点。

在本设计中, 采用了 Altera 公司 Cyclone II 2C35 芯片, 其为百万门的 FPGA, 应用于野外站体的主控芯片设计, 包括采集站(DAU)、电源站(PMU)以及交叉站(LMU)部分, 由于其主控系统部分的相似性, 这里只对采集站一种做介绍。

1 SoPC 在地震数据采集中的硬件设计方案

采集站总体结构图如图 1 所示。

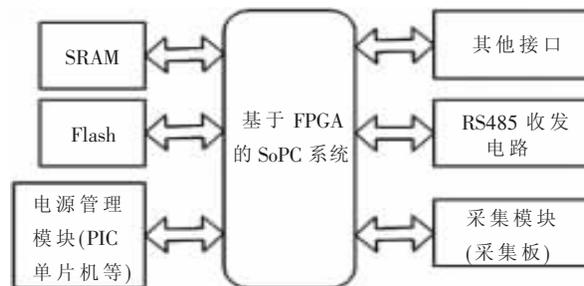


图 1 采集站结构图

上述采集站结构图中的基于 FPGA 的 SoPC 系统的设计的方案如图 2 所示。

由图 2 可知, 系统各部分通过 avlaon 总线与 CPU 以及各模块之间进行通信, avalon 为 Altera 公司自定义的总线规范^[2], 与其他总线规范如 wishbone、AMBA 一样具有通用性。正是基于此, 使得各种 IP 核可以重复利用和移植。

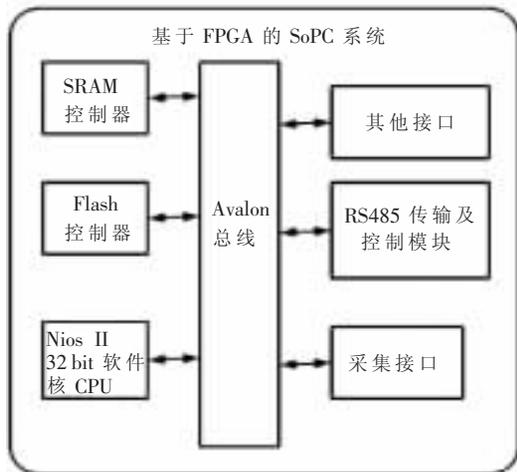


图2 采集站 SOPC 设计结构图

1.1 最小系统

CPU 选择其免费提供的软核 Nios II, 为 32 bit 标准型 (Altera 公司的软件也提供多 CPU 支持, 且类型可根据需要来定制, 这里采用的是单个 CPU 形式), 其性能相当于 ARM 构架的 CPU。

Flash 接口采用 QuartusII 软件提供的控制接口, Flash 为 16 MB。对于 SRAM 接口, 由于软件没有提供相应的 IP code, 所以需要定制接口, 后面会有相应的讨论, 其大小为 4 MB。

1.2 采集接口

为了控制和处理采集来的数据, 需要采集接口完成采集芯片和 CPU 之间的通信, 采集接口在数据流中的位置如图 3 所示。



图3 采集接口的系统位置

地震数据采集时要进行参数设置, 如采样率、增益、滤波系数、采集长度等, 都需要由主机系统下发到采集站, 然后由采集站的 CPU 通过采集接口对采集芯片进行设置, 以完成采集前的施工参数设置。

1.3 RS485 传输及控制部分

数据传输部分为野外站体系统设计中的核心部分, 其主要任务为完成地震数据的完整性传输, 采用点对点方式, 图 4 为其 2 个传输节点间的连接图。

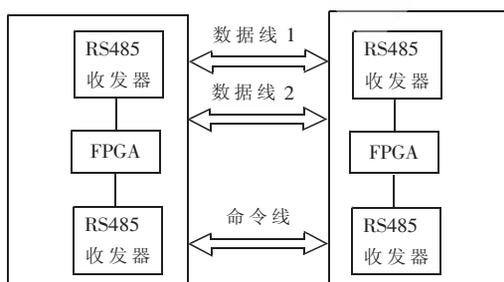


图4 两节点传输结构图

根据需要, 在 FPGA 中设计了物理层的数据时钟恢复模块, 用于信道平衡的编码, 以及 RS 纠错检错模块, 通过这些技术, 以及通道的预加重和均衡电路, 可以让采集的数据以极低的误码率传输到主机处理系统。本设计通过这些技术上的处理, 使传输距离为 220 m, 单通道可以传输 20 MHz 的速度, 而实测误码率优于 10^{-9} 指标。

1.4 串口模块

串口模块用于与电源管理芯片之间的通信, 以使下行命令可以让 CPU 控制电源部分电路便于执行; 另外一个用处为方便调试测试用, 在研发阶段有很大的用处。

1.5 其他接口

这里主要指的是自定制的接口模块, 由于软件提供的 IP 核的有限性, 需要自定制一些接口, 以满足设计要求, 如 SRAM 接口、PC 接口及与外部数据流交互的接口等。这些接口需要做两方面的工作: 一方面是需要自己用硬件描述语言以产生硬件逻辑模块部分, 此部分模块的接口信号一端为与 Avalon 总线规范一致的信号, 另一端为与外部交互的信号, 中间根据需要可以设置必要的寄存器以及控制信号, 以便用于底层驱动的编写。

Avalon 交互式总线是由 Altera 开发的一种专用的内部连线技术, Avalon 交互式总线由 SoPC Builder 自动生成, 是一种理想的用于系统处理器和外设之间的内联总线, 其定义的内联策略使得任何一个 Avalon 总线上的主外设都可以与任何一个从外设沟通。Avalon 接口定义 Avalon 外设与 Avalon 交互结构之间的连接, 是一个灵活的接口, 可以只使用系统所需的几个信号进行数据传输^[3]。

Avalon 总线为用户提供了非常友好的接口, 使系统搭建过程中的一些细节问题得到屏蔽, 大大减轻系统搭建的工作量。此外, Avalon 总线的“从外设仲裁”机制, 消除了带宽瓶颈, 实现了超大系统吞吐量。

另一方面的工作就是为此接口编写底层驱动函数, 以便让上层应用软件调用, 与一般 CPU 的底层驱动编码原理一致。

2 地震采集系统的软件设计

本设计为基于 NiosII 的 SoPC, 在其嵌入的 32 位 CPU 内可运行站体的控制软件, 包括命令接收处理、对采集数据的控制, 以及对上传和转发的数据的控制等。

系统采用前台/后台系统形式, 无操作系统, 单线程^[4]。它以及及时的方式处理异步事件的 ISR 组成的前台; 而使用所有剩余的 CPU 周期来执行时间上不太关键的动作的一个无限循环, 即后台。图 5 为其主程序流程图。

其中命令采用中断触发方式。即每个命令到来时会给 CPU 一个中断, CPU 能及时地响应, 然后进行命令解析和执行。空闲时进入一个无限循环状态。

3 测试结果

系统进行以下两方面的测试^[5]:

(1) 数据传输的稳定性和可靠性, 包括数据通道和

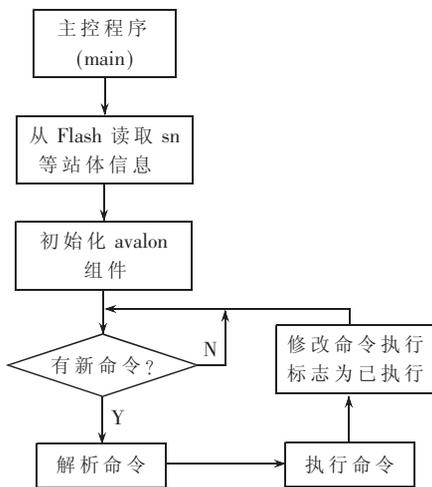


图 5 主控软件流程图

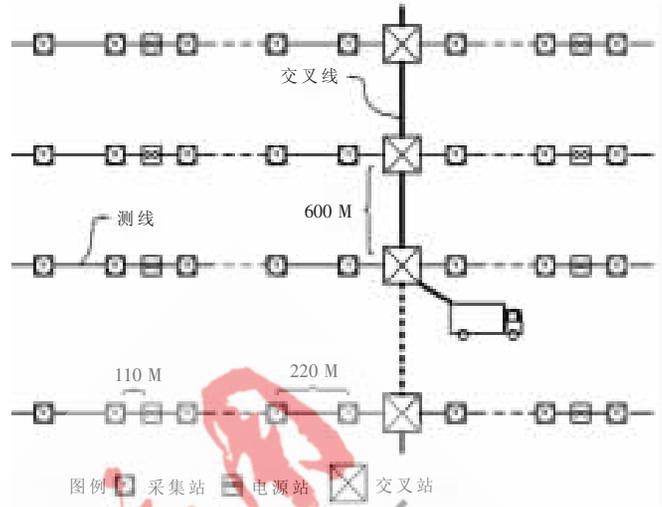


图 6 ES109 新型地震仪器野外试验排列布局

命令通道；

(2) 站体主控软件对每项命令功能的响应以及完成情况。

测试结果表明,各项指标达到了预期要求。

以上为室内环境测试,此外还要进行野外实际工作试验。一般来说,地震数据采集时,不论是何种仪器,如 sercel 408、系统 4 等地震仪器,在野外工作时一般布置为三维或二维的排列。对此,在系统集成后,以此对新型地震仪器进行了野外大道数试验,其三维实验布局如图 6 所示。

试验地为中石油东方地球物理公司华北经理部管辖区内的雄县,选择的地震队为 2311 队,共布置了两种测试排列,即三维和二维排列(三维实际测试时布置了 5 条测线),震源分别选择了炸药和可控震源两种。一共顺利采集了 1400 多炮;同时与国外的 ARIES 仪器进行现场采集,以便试验后对采集回来的数据进行效果对比。

后经处理中心和采集技术支持两部门的分析和处理,一致认为新型地震仪器与 ARIES 仪器对测区采集的

数据基本一致,对处理后的测区剖面图表现一致,甚至在某些细节方面表现更好,而在其他方面则各有自己的特点。

参考文献

- [1] 潘松,黄继业. SoPC 技术实用教材[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] Altera Corporation. Nios II Software Developer's Handbook, 2011.
- [3] 彭澄廉. 挑战 SoC——基于 Nios 的 SoPC 设计与实现[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 李当英. Nios II 嵌入式软核 SoPC 设计原理及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [5] 易碧金,姜耕. 地震数据采集站原理与测试[M]. 北京:电子工业出版社,2010.

(收稿日期:2011-09-20)

作者简介:

颜良,男,1979 年出生,硕士,主要研究方向:物探仪器的研发。