

以太网超声探伤数据处理电路设计

傅元, 姜俊宏, 丁振宇

(沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110870)

摘要: 随着超声探伤技术的发展, 探伤数据处理的高速化和网络化已成为一种趋势。介绍了一种超声探伤回波信号处理的方法, 采用 Altera 公司的 Cyclone IV 系列 FPGA 与以太网硬件协议栈芯片 W5300, 并结合高速数据压缩器, 设计了一种基于以太网的多通道高速数据处理电路。给出了数据压缩器的设计原理及网络数据传输模块的设计方法, 阐明了系统各模块的工作方式, 并给出测试结果, 实现了一种高速、高稳定性的数据处理电路。

关键词: 超声探伤; 数据压缩; FPGA; W5300; 以太网

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)06-0020-02

Design of Ethernet ultrasonic flaw detection data processing circuit

Fu Yuan, Jiang Junhong, Ding Zhenyu

(College of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: With the development of ultrasonic flaw detection technology, high-speed and networking of crack detection data processing has become a trend. It introduced a processing method for the echo signal of ultrasonic flaw detection. Used Altera cyclone IV series FPGA and Ethernet hardware protocol stack chip W5300, and combined with high-speed data compressor, the solution of multi-channel high-speed data processing based on Ethernet was designed. The design principle of data compressor and design method of network data transmission module were given, and the work style of each module was clarified. The test result was given. It has realized a high-speed and high stable data processing electric circuit.

Key words: ultrasonic flaw detection; data compression; FPGA; W5300; Ethernet

钢板表面伤的检测是超声波探伤领域的一个重要应用, 随着探伤技术的发展, 对于数据的实时性要求越来越高, 且由于以太网数据传输具有成本低、传输距离远的特点, 因此网络化数据传输也是一个重要的研究方向。

对钢板表面进行探伤时, 钢板上方的一排超声探头分别向钢板发射超声波并接收回波, 该回波信号经 A/D 转换后送入到数据处理模块进行处理。由于数据量非常大, 需对其进行数据压缩, 压缩后的数据再送入网口进行传输。本文首先利用 FPGA 设计数据压缩器电路, 再将压缩后的数据送入网络数据传输模块的输入端, 通过 FPGA 设计逻辑电路控制硬件协议栈芯片 W5300^[1] 实现高速数据传输, 最终达到实时探伤的目的。该方法实现较容易, 集成度高, 稳定性好, 可进行广泛应用。

1 系统构成

该系统由数据压缩器电路、网络数据传输模块、有限状态机和 W5300 网络通信电路组成。系统原理框图如图 1 所示。

22



图 1 数据处理系统原理框图

首先进行系统的初始化, 对数据压缩器的初始值和 W5300 的工作方式进行配置。再将经 A/D 变换后的探伤初始数据送入到数据压缩器中压缩, 以预设数量的数据为一组, 经过压缩后将数据送入 FIFO 电路中, 等待网络数据传输模块调用。当系统检测到 FIFO 中有数据时, 利用有限状态机控制网络数据传输模块和 W5300, 通过以太网发送压缩后的探伤数据至上位机, 进而实现高速数据传输。

2 系统原理分析

2.1 数据压缩器

超声探头一般工作在 2 MHz~5 MHz, 经 A/D 采样后

《微型机与应用》2014 年 第 33 卷 第 6 期

硬件纵横

Hardware Technique

的数据量会非常大,而上位机接口绘制曲线的刷新次数在 25 次/s 以上即可清晰显示波形图像^[2],因此需对采样的数据进行压缩,从而加快数据处理的速度,减少资源的占用。

数据压缩器的原理框图如图 2 所示。初始时,对较大数寄存器和较小数寄存器赋初值,分别为 00H 和 FFH。将当前采样来的数据分别放入较大数比较器和较小数比较器,并与寄存器中的数据进行比较,若该数据大于较大数或小于较小数,则将该数存入对应的寄存器中并替换原来的数据,否则寄存器中数据不变。与此同时,计数器对数据量进行计数,若计数值满足预先设定的数据量,则将计数器中的值送入到对应的 FIFO 中等待下一步处理。

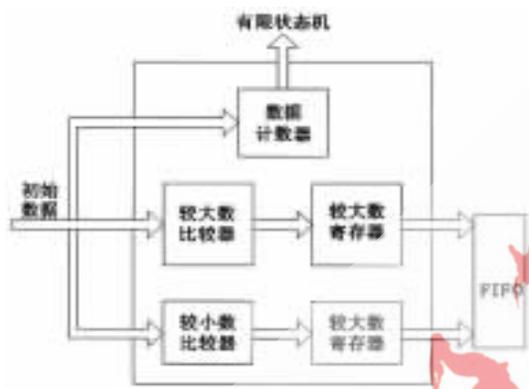


图 2 数据压缩器的原理框图

2.2 网络数据传输模块

该模块由 FIFO 数据读取电路、网络配置及时序电路、W5300 及有限状态机构成,负责压缩后数据的读取和控制 W5300 以直接地址模式^[3]向以太网发送数据。图 3 为以太网控制器的原理框图。



图 3 网络数据传输模块的原理框图

FIFO 数据读取电路首先检测 FIFO 当前状态,若其中有数据,则进行读取,并将该数据送入 FPGA 内部配置的寄存器中等待发送。

网络配置及时序电路负责对 W5300 进行初始化设置和读、写时序的设计。该芯片内部集成 10/100 Mb/s 以太网控制器、MAC 和 TCP/IP 协议栈,支持 8 个独立端口同时连接,通信速率最高可达 80 Mb/s^[4]。本系统中,需拉高 BIT16EN 引脚设置 W5300 工作在 16 位数据总线模式,将 TEST_MODE[3:0]和 OP_MODE[2:0]接地,使用内部 PHY,并配置为全功能自动握手方式^[5]。为提高数据传输的速度,配置相应寄存器使 W5300 以 DMA 方式

工作在 UDP 模式下。读、写部分通过 Verilog 语言编写相应代码,搭建纯硬件数据处理电路,等待状态机调用。

有限状态机负责对芯片的复位、初始化和数据的读写进行控制,采用两段式构成。由于 W5300 需单独复位后方能正常工作^[6],系统上电后由 FPGA 自动发送复位脉冲至 W5300。复位完毕后进行初始化,初始化完毕后判断当前 FIFO 状态,待 FIFO 中存在数据时执行读操作和写操作,再将数据发送到上位机,完成网络数据传输的过程。之后返回初始化后的状态,等待下一个数据。有限状态机的状态转移图如图 4 所示。



图 4 有限状态机的状态转移图

3 实验结果与分析

通过多次试验得出,该系统能够快速、稳定地完成数据压缩和网络通信功能。实验中,数据压缩器以每 256 个数据为一组,从中选取最大值和最小值送入 FIFO,使用 Verilog 语言在 FPGA 上很好地实现了该功能,经多次测试无亚稳态和竞争冒险现象出现,能够可靠地进行数据压缩,保证结果的准确性。

在连续大量发送数据的过程中,系统的网络通信速率能够稳定在 75 Mb/s 左右,达到了预期的效果,能够作为网络传输模块应用在超声探伤和其他需要高速网络数据传输的应用场合。图 5 为网络通信速率的测试结果。

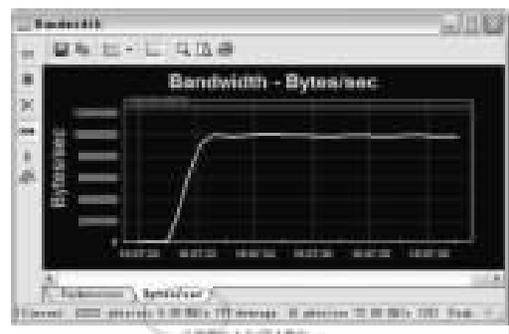


图 5 网络通信速率测试数据

利用 FPGA 和 W5300 搭建纯硬件网络通信电路,能够将大量数据通过以太网进行高速传输,方便对生产过程进行远程控制和实时监测。结合数据压缩器,能够在数据量较大时,依据实际需要选取一定数量的、具有代

表性的数据进行发送,提高了数据传输的效率,并节约资源。该方案开发周期短,成本低廉,易于维护,有着较高的稳定性和可靠性,且配置较为灵活,实用价值较高,可用于数据量较大的高速超声探伤领域中。

参考文献

- [1] 宋飞,冯旭哲.基于硬件协议栈芯片的高速以太网接口设计[J].工业仪表与自动化装置,2012(4):57-59.
- [2] 傅元,王晶森,钱晓.数字化超声探伤仪数据压缩器设计[J].沈阳工业大学学报,2003,8(25):310-312.
- [3] 章文娟,王中宇,周维虎,等.基于DSP的激光跟踪仪数据通信及处理模块设计[J].微型机与应用,2011,30(17):

54-56.

- [4] 白佳俊,孟祥勇,张德平,等.基于W5300和FPGA的实时数据采集系统设计[J].电子技术应用,2013,39(4):19-21.
- [5] 乔立岩,梁宇,赵浩然,等.基于W5300的以太网接口设计[J].电子测量技术,2012,7(35):129-132.
- [6] WIZnet. W5300 datasheet[Z].2010.

(收稿日期:2013-11-27)

作者简介:

傅元,男,1956年生,副教授,主要研究方向:过程检测及控制技术。

