

文章编号:1004-5694(2001)增-0059-03

FPGA 在激光一维位移测量系统中的应用研究

刘念东, 符欲梅, 朱永

(重庆大学 光电子信息工程系, 重庆 400044)

摘 要:针对目前结构健康监测中对一维位移测量系统的要求,讨论了利用 FPGA 器件实现一维激光位移测量系统硬件处理核心电路,并仿真器驱动、光束中心位置计算及计算机接口集成等一系列设计,实现了测量速度的提高和系统的微型化,从而满足了位移测量中现场动态测量需要。

关键词:现场可编程门阵列; 位移测量; 激光

中图分类号: TP241.5 **文献标识码:** A

Study on Application of FPGA in One-dimensional Laser Displacement Measurement System

LIU Nian-dong, FU Yu-mei, ZHU Yong

(College of Opt-electronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: According to the requirement of one-dimensional displacement measurement system in structure health monitoring presently, this paper discusses the realization of core hardware circuit in one-dimensional laser measurement system. In this system, FPGA chip is used to drive the sensor, compute the center location of the facula, and then the circuit of the interface with the computer was also finished with FPGA chip, through such design, the measurement system promotes its data acquisition speed and minimizes its volume, and satisfies the requirement for dynamic measurement in the field.

Key words: FPGA; displacement measurement; laser

0 引 言

随着市场经济的不断发展,民用基础设施的安全已成为人民关注的重点,民用基础设施,如桥梁、大坝等的结构健康监测也成为工程界研究的热点。位移测量是结构健康监测的一个重点。激光一维位移测量系统已较为广泛地用于位移测量中,并在使用过程中不断地改进和完善,但由于硬件技术的限制,系统的测量速度慢,不能对结构动态位移进行测

量。随着硬件 FPGA 器件出现,结构的动态位移测量已成为可能。

FPGA 现场可编程门阵列是在简单逻辑电路基础上发展起来的可编程逻辑器件,FPGA 芯片及其开发系统问世不久就受到了世界范围内电子设计工程人员的广泛关注和普遍欢迎。它以高密度、高速度、在线配置功能及设计时的灵活性,在通信领域有广泛地应用。我们考虑,若将 FPGA 器件应用到激光一维位移测量系统中,提高系统的速度,就能完成

· 作者简介:刘念东(1976-),女,四川彭州人,现在重庆大学光电工程学院攻读硕士研究生,研究方向:光电技术及系统,主要从事与桥梁健康监测有关的课题,现从事激光挠度/位移测量系统的研究。

动态测量的需要,并能够减小系统的体积,从而提高系统的整体性能,很好地完成现场测量任务。

1 激光一维位移测量系统的测量原理

首先我们简单地了解一下激光一维位移测量系统的工作原理,如图 1 所示。激光一维位移测量系统采用了光斑直接投射方法进行测量,整个系统由三部分组成:激光光源、光接收传感器、驱动及信号处理部分。工作时,光源固定在被测结构如桥跨上,光接收器件固定在被测结构的基座上,来自光源的光被直接投射到光接收传感器上,传感器上的光敏元感知光斑的光强,输出与光强大小相对应的传感信号,由硬件电路对输出信号进行处理,并最终得到光斑的位置。在得到了不同时刻光斑位置之后,通过一定的计算就可以求出结构的位移,从图 1 中可以看出,Δx 即为发生的位移。

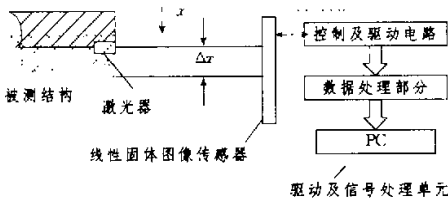


图1 激光一维位移测量系统原理图

系统中的光接收器件是由一组等间距的光敏元组成的线性固体图像传感器,在实际测量中由于激光光斑是投影到传感器的多个光敏元上,随着测量距离的增加,光斑的光强分布也发生了变化,成为多个离散的小光斑。一个扫描周期内,激光照射处输出为高电平,通过计数得各光斑产生的高电平所占光敏元的个数为 A_i,单个光斑末处的光敏元位置为 B_i,则相应的单个光斑中心位置为: P_{c,i} = B_i - A_i / 2, 一个扫描周期内,多个光斑重心位置为:

$$W = \sum_{i=1}^n P_{c,i} * A_i / \sum_{i=1}^n A_i$$

由式中可看出在硬件电路中需完成累加求和及乘法和除法运算。经数字电路处理后的信号可通过计算机 ISA 接口后由软件进行采集,从而完成最终测量工作。另外,传感器的工作还须有驱动信号。

2 硬件电路设计

2.1 系统硬件功能

由测量原理分析,我们构造出如图 2 所示的硬件电路框图。

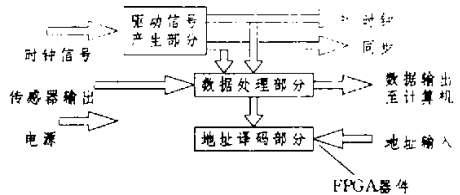


图2 硬件电路原理框图

从图 2 中可知,FPGA 器件完成的主要任务包括来自传感器的信号处理、传感器驱动信号的产生及与计算机的接口。在设计时,采用了 Altera 公司的 Max+Plus II 作为开发平台,并充分利用了它所提供的参数化元件库进行了模块化的设计,使设计变得简单。下面就对这部分工作进行详细的讨论。

2.2 传感器驱动信号的产生

线性固体图像传感器的驱动信号主要有时钟信号 clk 和同步信号 si,其工作时序如图 3 所示。传感器工作时由外部提供同步信号 si 和时钟信号

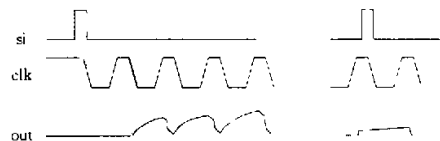


图3 线性固体图像传感器工作时序图

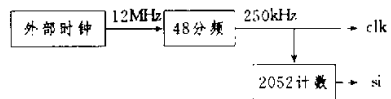


图4 传感器驱动信号产生框图

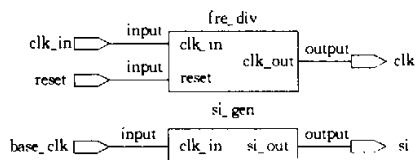


图5 传感器驱动信号产生模块图

clk, si 提供工作的起始脉冲,在时钟信号的下降沿输出传感信号,当激光光斑照射到光敏元上时,输出积分电平较高。工作时 clk 的典型值为 250 kHz, si

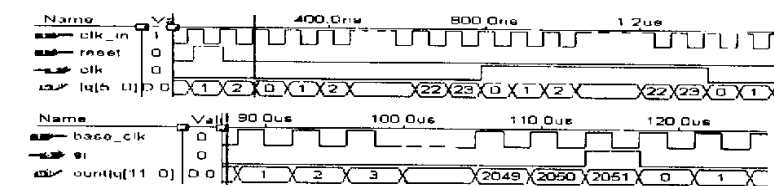


图 6 clk 和 si 仿真结果

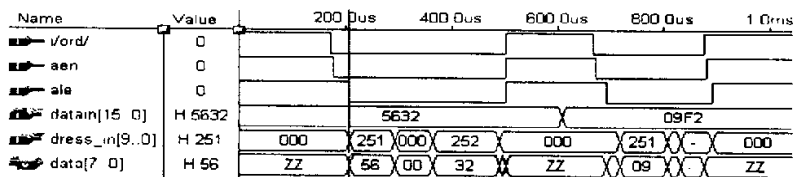


图 9 地址译码仿真结果

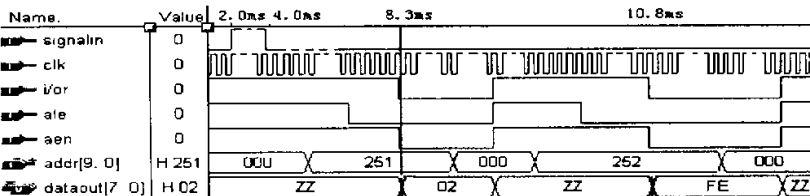


图 10 系统仿真结果

信号根据光敏元个数由 clk 产生。

采用对晶振输出进行分频及计数的方法可同时获得 clk 和 si 信号。图 4 是驱动信号产生框图,图 5 是功能模块图:分频模块 fre_div 和同步信号产生模块 si_gen。仿真结果如图 6 所示。通过这部分的设计,我们完成了传感器的驱动。

2.3 数据处理的实现

由分析可知,要求得光斑的重心位置,只要求得各个离散小光斑的中心位置,再进行累加、乘法及除法运算即可。因此在电路上,除了单个光斑中心位置求取模块 dataget 外还包括了累加模块 addline、乘法模块 multiline、除法模块 divopera 及相应的控制模块 control。图 7 是各个模块框图。各控制信号都是由输入的同步信号和传感信号输入来产生。

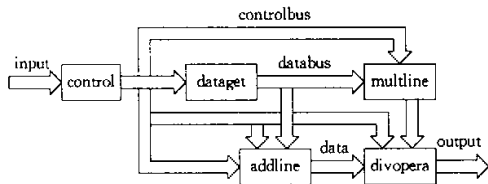


图 7 光斑重心位置提取硬件框图

在这部分电路的设计中,主要采用了 lpm_divide, lpm_mult, lpm_sub, add 等参数化函数模块,

实现了设计的简化化和设计过程的简洁。设计过程中进行了逐级仿真,仿真结果完全满足设计要求,能够准确得到光斑的重心位置。通过这部分的设计,实现了信号的快速处理,提高了系统的测量速度。

2.4 地址译码部分的设计

为了将采集数据进行显示和存储,我们利用了计算机接口技术。在设计计算机接口的过程中,使用了计算机 ISA 总线,读取外部数据时,地址译码必不可少。因此,在 FPGA 芯片中还进行了地址译码部分的设计,其框图如图 8 所示。图 9 是地址仿真的结果,从图 9 中可以看出,仿真结果正确。

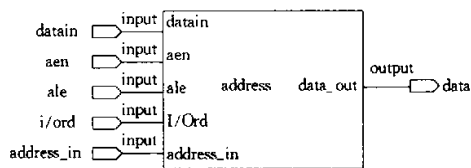


图 8 地址译码模块

2.5 系统级仿真

完成了上述模块的设计,在设计的顶层文件中将各个部分的工作组合在一起进行编译仿真,并选择 Altera 的 EPF6016TC144-3 芯片完成所有的硬件功能,系统仿真的结果如图 10 所示。(下转 80 页)

元,实现各楼幢汇集来电缆的最终管理。

4 小区结构化布线系统工程的展望

随着计算机通信技术的不断发展,先进型智能小区结构化布线技术也随之不断向前发展,主要体现在以下几个方面。

(1) 铜缆布线

现在广泛使用的五类、超五类布线系统正受到六类、七类布线系统的挑战,一旦 TIA 和 ISO 推出六类布线标准,能提供 200 MHz 传输频率的六类布线系统将成为市场的主流。

(2) 光缆布线

现在短距离(550 m)光纤传输应用中,50/125 μm 规格的多模光纤正成为市场的新宠,因为在 1000 Base-SX 短波标准使用的是 VCSEL 新型激光发射器,这种光纤支持的传输距离较远(达 550 m),并比使用 62.5/125 μm 规格多模光纤更廉价。

(3) 电缆管理

现在推出了自动布线的解决方案,该技术使用一种高性能电子跳线架,与控制计算机一起构成自动化管理的布线系统。它安装在布线箱内,由一台个人计算机控制操作。所有用户和系统的资料均储存在计算机中。布线结束后,如再作移动、增加和修改,只需用鼠标点击即可。当重新配置网络的物理设施时自动布线系统提供了极大的灵活性,可对不断变化的要求做出快速反应,显著地降低管理成本。

由此可以看出,建设小区先进型布线系统,必须从实际需求出发,把握“统一规划,合理前瞻”的建设思想,既要使用成熟的技术与产品,又要顾及升级性。

参 考 文 献

- [1] David Xiang, 面向家庭的综合布线市场与 AMP 智能家居布线产品[C]. 广州智能建筑展览会暨广州智能建筑发展论坛, 2001.
- [2] 刘宝林等. 智能建筑技术资料集[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

(上接 61 页)

为了验证算法的有效性,采用了单一光斑输入进行模拟,最后得到的模拟结果的重心位置应为光斑的中心位置,对仿真结果的分析证明了这一点,从而表明了硬件电路设计的正确性。在实验室我们还进行了系统实验,实验结果表明,利用该系统进行测量,可以达到 100 Hz 的数据采集速度,完全满足结构位移动态测量的要求,且系统的体积减小,更加方便现场测量。

3 结束语

本文利用 FPGA 实现激光一维位移测量系统中硬件电路的关键部分,既能够完成一定的算法功能,

达到较高的数据处理速度,实现动态测量,又极大地减小了系统的体积,同时系统还具有很高的可靠性。

参 考 文 献

- [1] Altera 公司. MAX+PLUS II Getting Started [S].
- [2] 侯伯亨,顾新. VHDL 硬件描述语言与数字逻辑电路设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999.
- [3] 张昆藏. IBM PC/XT 微型计算机接口技术[M]. 北京:清华大学出版社,1991.