

· 电路与控制 ·

基于FPGA的多路光电信号采集存储系统设计

党浩准, 赵冬娥

(中北大学电子测试技术重点实验室, 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

摘要: 针对激光光幕法测试弹丸坐标时需要采集多路光电信号的问题, 提出了以FPGA为采集及控制芯片, 以FLASH为存储芯片的多路光电信号采集与存储系统的设计。通过将采集到的光电信号缓存在FPGA内建FIFO中, 然后对该信号进行处理并存储在FLASH中, 使用USB接口与上位机进行通信传输。仿真结果表明, 该系统可成功将64路光电信号采集并存储, 结构灵活、操作简单, 数据准确且存储量大。

关键词: 采集存储; FPGA; FLASH; 光电信号

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-01-0061-04

Design of Multi-Channel Photoelectric Signals Acquisition and Storage System Based on FPGA

DANG Hao-huai, ZHAO Dong-e

(Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement Ministry of Education, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In the view of the problem on the measurement of projectile coordinate based on laser screen that needs massive optical signals, the design of massive optical signals acquisition and storage system is proposed. FPGA is used as the chip of acquisition and control and FLASH is used as the chip of storage. The collected photoelectric signals are temporarily placed in the FPGA build-in FIFO, and then these signals are processed in the FPGA and stored in the FLASH, and USB interface is used to communicate with computer. The simulation results show that the system could collect and store 64 digital signals successfully, it has flexible structure, simple operation, accurate data and large storage.

Key words: collection and storage; FPGA; FLASH; photoelectric signals

使用光敏二极管阵列法测量弹丸坐标越来越受研究者重视, 而多路光电信号的采集是其中必不可少的环节^[1-3]。目前国内对于多路光电信号的采集方法很多, 文献[1]中使用与非门、锁存器及微处理器进行数字信号的处理, 这种处理方法对于多路的光电开关信号过于复杂。文献[2]使用单片机为核心芯片, 通过串联编码的方式进行数据处理, 这种方法在面临高速变化的信号时会显得无能为力。文献[3]解

决了多路光电开关信号带来的处理芯片I/O口不足的问题, 在信号处理速度上也有很大提高, 然而其在采集后将数据相或并放在CPLD自带的RAM中, 故其采集到的数据量小, 无法进行大数据量的存储。

针对以上这些问题, 设计了以FPGA为核心, 以FLASH为存储芯片的多路光电信号采集存储系统, 充分发挥了FPGA响应速度快、控制方便, FLASH存储量大的优点。

收稿日期: 2013-10-24

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(211027)

作者简介: 党浩准(1989-), 山东滕州人, 硕士研究生, 主要从事光电检测、信号处理方面的研究; 赵冬娥(1970-), 女, 博士, 主要从事光电检测技术研究。

1 系统设计

1.1 多路光电信号的产生

光敏二极管接收激光照射将光信号变为电流信号,通过前置电路将电流信号变为电压信号,再经过比较器将模拟信号转变为数字信号。当光敏二极管没有接收到激光照射时,即弹丸过靶遮挡住激光时,输出低电平信号,反之,则输出高电平信号。

大量的光敏二极管形成光敏二极管阵列,由以上所述变化,形成多路光电信号。

1.2 系统方案

系统测试弹丸速度及坐标的原理图如图1所示。

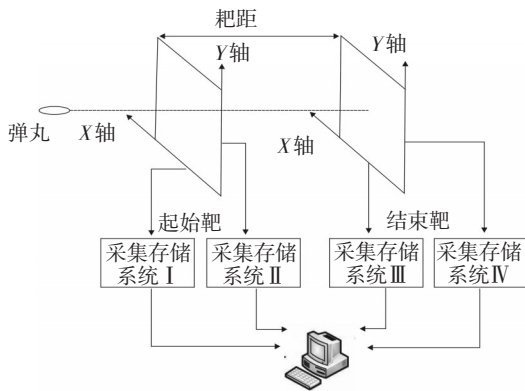


图1 弹丸坐标及速度测试原理图

如图1所示,当弹丸分别通过起始靶与结束靶时,光敏二极管阵列对弹丸进行响应,同时采集存储系统对弹丸的过靶坐标及时间进行采集与存储,之后将信号数据传输到计算机上进行显示。

由于4个坐标靶采集存储系统相同,下面对其其中采集存储系统I进行分析。其内部系统组成如图2所示。

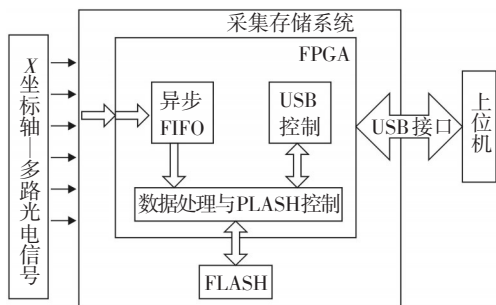


图2 采集存储系统内部组成图

如图2所示,多路光电信号被FPGA采集后在异步FIFO进行缓存,之后经过数据处理后存储进入FLASH中,在存储完毕需要读取时,通过上位机对FPGA进行控制,使FLASH中的数据经USB接口传输到上位机并显示。

2 异步FIFO的设计

由于系统的数据存储速度需不小于系统的采集速度,因此,需对系统的采集与存储设置不同的时钟以满足系统的需要。在多时钟域的系统,如何解决不同时钟域之中的数据同步问题显得至关重要。

异步FIFO(first in first out)是解决该问题一个简单有效的方案。异步FIFO是由FPGA内部RAM编程实现,是一种采用环形存储结构的先进先出存储器,对外它是一种没有地址控制的特殊缓存,只要为其提供读写使能信号便能使其工作,异步FIFO的结构如图3所示。

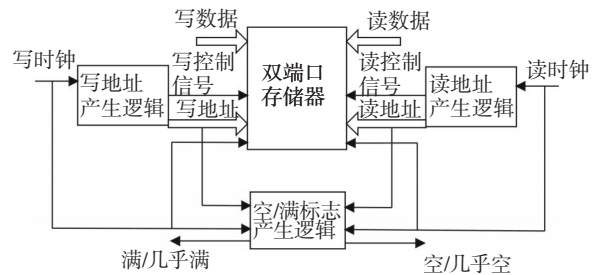


图3 异步FIFO结构框图

由图3可以看出,异步FIFO有两个不同的时钟域——写时钟与读时钟,两者共用一个双端口RAM。在写时钟域,由写地址产生逻辑产生写控制信号与写地址,在读时钟域与其相同,在空/满标志产生逻辑中,由读/写地址相互比较产生空/满标志。

3 数据处理与FLASH控制器的设计

3.1 数据处理部分设计

若需采集的光电信号有N路,将该N路信号进行以下处理:在每组数据前加上16位计数标志位与16位计数时间位,使其能够判断弹丸通过哪一路的光敏管以及通过的时间。之后将这N+32位的数据分拆成8 bit使其能够存储进入FLASH中。在需要从FLASH中读取时,通过FPGA对FLASH进行控制,使数据从FLASH进入FPGA并通过USB芯片传输至上位机。

上位机处理数据是依据数据标志位来判断是哪一维的过靶坐标信号,这样便可判断出弹丸的过靶坐标,依据时间计数位来计算弹丸的过靶时间,这样便可求出弹丸的过靶速度,通过以上数据,可求出弹丸的弹道及偏移角度。

3.2 FLASH控制器设计

存储芯片采用三星公司1Gb容量的K9F1G08型用于数据的存储,该芯片有自己的指令集,且有严格的时序要求对其进行读、写、擦除操作。

由于该FLASH存在随机分布的坏块,且长期使用还会增加坏块,因此需要建立坏块映射表,将检测到的坏块地址存放在坏块映射表中,以便当写或读的时候不对该坏块进行操作。

在系统中,若对FLASH进行写操作,需满足当异步FIFO中的空标志位empty=0且系统为采集状态comerase=1,则系统开始对FLASH进行块擦除操作。若擦除成功,则对该块进行写操作,将异步FIFO中的数据写入FLASH中,该块写满后,对下一块进行同样操作。若擦除失败,则将该块所对应地址写入坏块映射表中,同时跳过该块,对下一块进行擦除。

若对FLASH进行读操作,需使用上位机对FPGA发送读操作指令,同时USB芯片FT245RL中的TXE管脚为低(即可往其中写入数据),系统先对将要读的FLASH块进行坏块检测,若不是,则进行读取,若是,则跳过该块,进行下一块的检测与读取。

对FLASH的控制流程如图4所示。

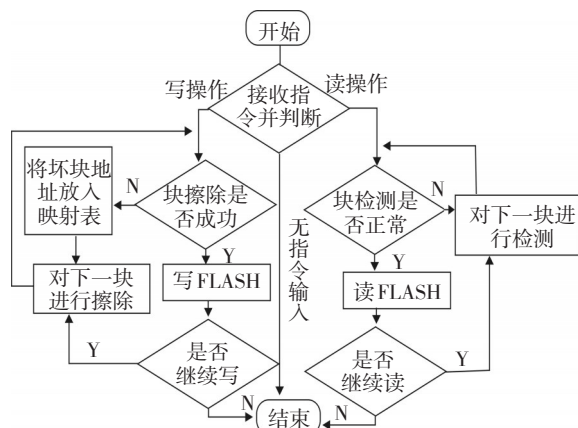


图4 FLASH控制流程图

4 仿真测试

在对弹丸参数的实际测试中,需对四维的光电

信号进行采集,此时需4片FPGA同时工作。现假设只对1维64路光电信号进行采集,采样频率不小于2MHz,采样深度要达到2Kpts,则此处FIFO的容量需达到2K×64的大小,因此需要考虑所需FPGA内部RAM的空间大小。选用XILINX公司X3CS500E-PQ208作为核心芯片,其内部有360K的RAM和158个用户可用管脚,满足对64路信号的采集存储需求。

K9F1G08型FLASH芯片有1024个块,每个块有64页,每页有(2K+64)B的空间,组成64K行×(2K+64)列的存储阵列,共能存储1056Mbits的数据,对于弹丸过靶信号的数据存储完全能够满足其需求。

FT245RL型USB芯片传输速率可达1M/s,其内部含有256byte的接收缓存及128byte的输出缓存,能够满足系统对数据的传输需求。

模块设计方法为:采用VHDL进行编程,在ISE中对设计文件自动完成逻辑编译、逻辑化简、综合及优化、逻辑布局布线、逻辑仿真,最后对FPGA芯片进行编程。为了验证程序的正确性,在Modelsim 6.5se中进行仿真,其仿真结果如图5~图7所示。

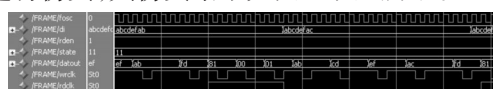


图5 数据处理部分仿真图

在图5中,从FIFO读出的数据“ABCDEFAC”,输出数据datout是FD、81、00、01、AB、CD、EF、AC,其中FD、81为计数标志位,00、01为时间标志位。

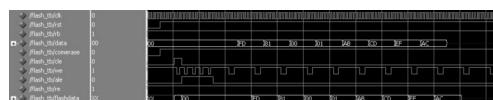


图6 FLASH写操作仿真图

如图6所示,data为将要写入FLASH中的数据,flashdata为对FLASH数据管脚的操作,由图6可以看出,data的数据“FD810001ABCDEFAC”成功地写入了flashdata中。

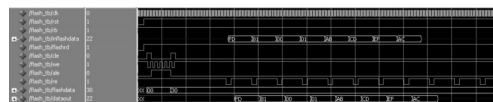


图7 FLASH读操作仿真图

如图7所示,inflashdata为将从FLASH中读出的数据,dataout为对FPGA输出数据管脚的操作,由图7中可看出,inflashdata的数据“FD810001ABCDEFAC”成功读出并由dataout管脚输出。

5 结 论

提出了以FPGA为采集及控制芯片,以FLASH为存储芯片构成的多路光电信号采集与存储系统。该系统采用内建的异步FIFO作为数据缓冲器,对数据进行处理并对FLASH进行读写操作,使多路数据能够存储进入FLASH并从中读取。仿真结果表明,该方法能够有效采集及存储多路光电信号。具有操作简单,可靠性高的特点,该方法已成功运用于弹丸坐标测试系统。若是使用多个FPGA同时对更多的光电信号进行采集,则可实现大靶面的弹丸坐标测试,将会具有更加广泛的应用前景。

参考文献

[1] 姜三平,郝晓剑,单新云.基于激光光幕和光电二极管阵列的立靶坐标测量[J].弹道学报,2011,23(3):89-92.

- [2] 杨子宁.光电自动报靶系统的设计与实现[J].科学技术与工程,2007,7(1):102-104.
- [3] 徐健,赵冬娥,邓均,等.复杂可编程器件和单片机在坐标测试中的应用[J].探测与控制学报,2010,(3):61-64.
- [4] 朱璞,董华.基于红外发光二极管和光敏元件阵列的光电靶[J].探测与控制学报,2009,31(5):64-68.
- [5] 肖凯嘉,赵冬娥,张斌.基于异步时钟的多片门阵列并行采集模块[J].探测与控制学报,2013,35(2):55-58.
- [6] 冯萍,李秀华.基于FPGA的高速高精度数据采集系统的研究[J].中国科技信息,2008,(21):105-106.
- [7] 周承仙.连发发射弹丸速度及弹着点坐标测量系统的研究[D].太原:中北大学,2008.
- [8] 邓均,周汉昌,赵冬娥,等.大面积平行光幕弹着点测试系统[J].光电工程,2010,37(3):18-23.
- [9] 倪晋平,崔长青,田会,等.四光幕交汇立靶测试系统及纸靶校准方法[J].西安工业学院学报,2004,4:319-323.
- [10] 林勇,胡家升.激光光束的整形技术[J].激光杂志,2009,29(6):1-3.

(上接第51页)

实际采集的轨道板图像的处理,证明该检测技术能够准确提取和标记缺陷区域。在实验的1 000幅图像中,人工检出裂纹图像6幅,自动识别裂纹图像6幅,准确率达到100%,裂纹检测结果如图6。测试用计算机CPU 3.00 GHz,内存2.00 GB,运行速度平均0.045 s每幅图像,能够满足实时检测的需求。

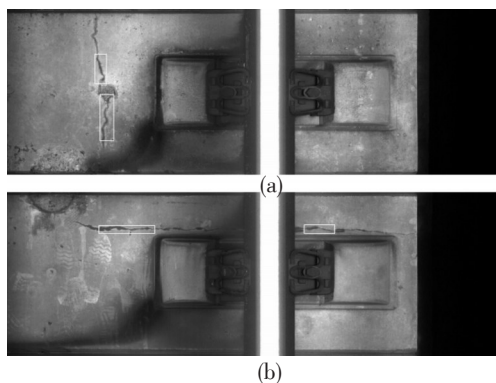


图6 裂纹检测结果

参考文献

[1] Magel E, Sroba P, Sawley K, et al. Control of rolling contact fatigue of rails[J]. Center for Surface Transportation Technology, National Research Council Canada, 2005.

[2] 汤友福,朱挺.线阵列CCD摄像技术在铁路检测领域的应用[J].铁路计算机应用,2004,13(5):23-25.

- [3] 朱挺,汤友福.线阵列CCD摄像技术在铁路电力接触线高速检测方面的应用[J].上海铁道科技,2004,3:19-21.
- [4] 朱挺.机器视觉理论用于铁路接触网检测系统的研究[J].上海铁道科技,2008,1:18-20.
- [5] 王宏,朱德生,唐威.一种基于灰度投影的带钢表面缺陷检测算法[J].东北大学学报(自然科学版),2008,3.
- [6] Gonzalez, R C, Woods R E. Digital Image Processing, Reading MA, USA: Addison Wesley, 1993.
- [7] Deutschl E, Gasser C, Niel A, et al. Defect detection on rail surfaces by a vision based system[C]//Intelligent Vehicles Symposium, 2004 IEEE. IEEE, 2004: 507-511.
- [8] Mandriota C, Nitti M, Ancona N, et al. Filter-based feature selection for rail defect detection [J]. Machine Vision and Applications, 2004, 15(4): 179-185.
- [9] Dare P, Hanley H, Fraser C, et al. An operational application of automatic feature extraction: the measurement of cracks in concrete structures [J]. The Photogrammetric Record, 2002, 17(99): 453-464.
- [10] Yamaguchi T, Hashimoto S. Fast crack detection method for large-size concrete surface images using percolation-based image processing [J]. Machine Vision and Applications, 2010, 21(5): 797-809.
- [11] Yamaguchi T, Hashimoto S. Improved percolation-based method for crack detection in concrete surface images[C]// Pattern Recognition, 2008. ICPR 2008. 19th International Conference on IEEE, 2008: 1-4.