

文章编号:1001-5078(2007)09-0815-03

脉冲式激光主动遥感器光校实时检测系统研制

王 岚,舒 嵘,童 鹏

(中国科学院上海技术物理研究所,上海 200083)

摘 要:以 CMOS 图像传感器技术为核心,采用 USB 数据传输和可编程逻辑器件技术,针对脉冲式激光主动遥感器特点研制了光校检测系统。该系统可推广应用于脉冲式激光器的光束成像与研究。

关键词:激光主动遥感器;光校;CMOS 图像传感器;USB 数据传输

中图分类号:TN247 **文献标识码:**A

Study of the Technology of Inspecting the Optical Calibration on Pulse Laser Altimeter

WANG Lan, SHU Rong, TONG Peng

(China Academy of Science, Shanghai Institute of Technical Physics, Shanghai 200082, China)

Abstract: The technology of inspecting the optical calibration and its application on pulse laser altimeter are described, and the good effects show it can be extended to obtain pulse laser beam's image.

Key words: laser altimeter; optical calibration; CMOS image sensor; USB data transfer

1 引 言

最大测程是激光主动遥感器的重要的性能指标之一。当遥感器设计完成后,激光发射和激光回波接受的共轴精度成为影响最大测程的主要因素^[1],关系到系统测距的成败问题。结构和光学设计主要保证视场的初步重合,视场重合度的精密调整主要由实验室光学装校来保证。

目前光校通常采用大口径平行光管进行“激光打点”法,这种方法的主要缺点是:人工观察测量受主观因素限制,误差大;没有定量的描述发射和接收视场的重合度,从而也就无法定量地给出实际系统和理论计算设计系统的偏差值。

本文采用以 CMOS 图像传感器技术与 USB 数据传输技术为基础,针对脉冲式激光主动遥感器特点设计了利用平行光管对其进行光校的实时检测系统。实践证明,该系统使光校的工作更加直观与高效,并可提高校准的精度。

2 大口径平行光管光校法原理与装置

大口径平行光管法^[2]是目前被广泛使用的光轴平行度校准方法,其原理图如图 1 所示。以本文为例,取下激光主动遥感器接收光学系统焦平面处的探测器,放置一块带有小孔的遮光板,以一个光源(本文中采用 He-Ne 激光器)照亮此小孔,它所发出的光经过接收光学系统后为平行光。这束平行光与遥感器上的 Nd:YAG 脉冲激光器发出的光同时打入平行光管,在平行光管的焦平面上成像为两个圆形光斑,光斑的大小取决于两束光线的法三角,而光斑圆心的位置取决于两束光线的入射方向。若接收视场与发射视场的中心轴平行,则两个光斑圆心重合;否则两个光斑的圆心的距离 d 则为本光校实时检测系统的追踪参数,通过对 d 的测量评估光校的进程与效果^[3]。

作者简介:王 岚(1981-),女,硕士研究生,主要从事星载激光雷达光校系统的研究工作。E-mail:wl_sac@hotmail.com

收稿日期:2007-02-08

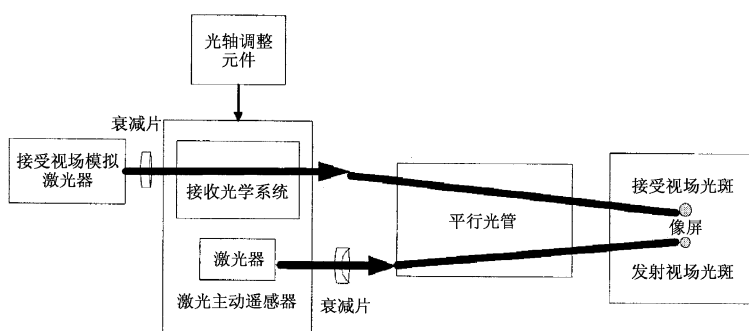


图1 大口径平行光管光校法原理图

3 系统的组成及工作原理分析

光校检测系统按照功能可分为图像传感器驱动电路、USB数据传输电路、时序产生电路、图像采集同步信号产生电路、计算机数据采集与监控软件如图2所示。图像传感器获得的图像数据在时序产生电路的控制下经由数据传输电路传输到计算机上,并由计算机内置软件完成图像数据的接收与处理。同时,用户可通过计算机控制图像传感器的诸如图像分辨率、白平衡、增益控制等参数,控制数据通过USB接口传到数据传输电路。由控制芯片中整合的51单片机解析用户需求,并通过I²C总线对图像传感器参数进行设置。

本系统的特点在于针对脉冲式激光主动遥感器特点设计了图像采集同步信号产生电路。目前国内研制的激光遥感器上脉冲激光器的重复频率比较低(约为一秒数次),而脉宽却很窄(纳秒量级),因此若传感器曝光时间与激光器出光时间不同步,将无法正确地获得图像。图像采集同步信号产生电路,主要由PIN管和放大器组成,当检测到脉冲激光器出光时,电路产生同步信号,系统据此信号调整传感器的曝光时间,降低图像数据冗余率,更便于后端的数据处理与分析。

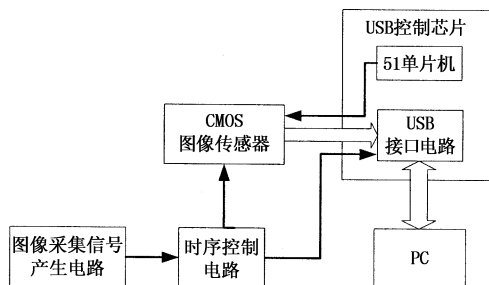


图2 光校检测系统框图

4 CMOS图像传感器

本文采用OV9121 CMOS黑白图像传感器^[4],它将感光阵列、驱动电路、信号处理电路、A/D转换电路等模块集成在一块芯片中,降低了开发难度与

工作量。它支持SXGA和VGA两种模式和SCCB(Serial Camera Control Bus)接口。可进行照相和摄像两种操作。带有目标黑级校准、可编程/自动曝光、增益控制及白平衡控制功能。可通过编程设定成像窗口和帧传输速率,坏像素、像素列纠正,内部/外部时钟同步。

OV9121集成了SCCB控制接口以访问片内寄存器。该芯片提供了57个片内寄存器,内部地址00H-38H,实现对图像传感器芯片各种工作状态参数的设置。SCCB接口可通过I²C总线访问。其引脚SIO_C和SIO_D分别与I²C总线的SCL和SDA信号连接,便可以像普通的I²C设备一样对其内部的寄存器进行读写。SCCB接口的写操作协议与I²C协议完全相同,但在进行读操作时,需要关闭I²C总线的重复开始功能。

OV9121内部集成了放大电路与10位的A/D转换,直接对外输出10位数字信号。在本系统中,OV9121工作在从模式,时序电路产生的时钟信号、行同步、场同步信号分别输入到OV9121的XCLK1, VSYNC和CHSYNC引脚上,并设定内部寄存器COMH[3]为1,即可获取图像信息^[5]。

本系统要考虑获取图像与脉冲激光器发光的同步,因此OV9121在系统中工作在单幅曝光模式下,而非摄像模式。在单幅曝光模式下,引脚FREQ为使能信号输入,EXPSTB为曝光开始信号输入。当FREQ有效时,传感器阵列预充电并停留在重启模式下等待EXPSTB信号的输入。当EXPSTB信号有效后,传感器开始曝光直到快门关闭。

5 图像采集同步信号产生电路

主要由PIN管和同相放大器组成,PIN管接收到脉冲激光器发出的光,将其转换成电信号,经过同相放大器后和电平转换芯片转换成LVTTTL标准电平,为时序产生电路提供图像采集同步信号。

探测器选用InGaAs PIN管,光谱相应范围900~1700nm,对可见到近红外波段的光有较好的响应率,响应时间0.3ns,暗电流0.7nA。这是一款自带光纤的探测器,可靠性高,使用灵活。

运算放大器采用TI公司OPA695电流反馈型高速全带宽放大器,可采用单5V方式供电,满足系统需求。

6 USB控制器

系统采用USB2.0控制器CY68013A将图像数

据传输到 PC^[6]。它集成了 USB2.0 收发器、SIE (Serial Interface Engine)、增强的 8051 微控制器和可编程的外围接口。这种独创性结构可使数据传输率达到 56Mbytes/s, 即 USB2.0 允许的最大带宽。CY68013A 提供了一个串行接口引擎(SIE), 负责完成大部分 USB2.0 协议的处理工作, 从而大大减轻了微控制器对 USB 协议处理的工作量, 并且提供了 4KB 的 FIFO 保证数据高速传输的需要。CY7C68013 内部集成了一个增强型的 51 内核, 其指令集与标准的 8051 兼容, 具有一个 I²C 接口引擎, 可通过 SCCB 接口访问 OV9121 的内部寄存器。

CY68013A 在系统中负责双向的数据传送。一方面图像数据通过 CY68013A 上传到 PC 上, 另一方面同时接收用户通过 PC 发送的传感器控制数据, 利用其内部的 C51 单片机解析 PC 传来的控制数据, 然后通过 I²C 接口对传感器内部相应的寄存器赋值。

6.1 图像数据传输

CY68013A 可配置 5 个端点, 其中端点 0 是控制端点, 不可更改。其他端点可配置成块传输、中断传输或者同步传输, 共有 8 个 512 字节的 Buffer 用于配置这些端点。

在本系统中配置端点 2 为输入端点, 采用块传输模式, 分配给端点 2 大小为 1024 字节的二级缓存(设置寄存器 EP2CFG 值为 EAH)。CY68013A 内部具有 4k 大小的 FIFO, 上行数据首先经过 FIFO, 再进入输入端点的缓存。将端点 2 的 FIFO 设置成 AUTOIN 模式, 打包大小为 512 字节(设置 EP2FIFOCFG 寄存器值为 OCH, EP2AUTOINLENH 值为 02H, EP2AUTOINLENL 值为 00H)。在这种模式下, 68013 自动判定缓存中的数据量, 当达到了 512 字节后将自动将其打包, 等待 PC 要求数据上行再传送数据, 这个过程不需要固件程序参与, 由硬件自动完成。

在向 PC 传输数据时, 只需在时序信号的控制下, 将图像数据送入 FIFO, 68013 就会根据用户所编辑的固件程序将数据打包置于输入端口, 等待 PC 对端口 2 数据的上传指令。

6.2 传感器控制数据传输

配制端点 4 为输出端点, 采用块传输模式, 分配给端口 4 大小为 512 字节的二级缓存(设置寄存器 EP4CFG 值为 EOH), FIFO 设置成 Manual - Out 模

式。在这种模式下, Buffer 满后会产生 USB 中断, C51 进入中断程序, 读取 buffer 中的控制数据, 并生成相应的寄存器地址与赋值, 通过 I²C 接口写入传感器。

C51 对 I²C 接口的控制通过读写 I2CTL、I2DAT 以及 I2CS 三个寄存器完成, 进而完成对 CMOS 图像传感器内部寄存器的读写操作。

7 系统时序逻辑

时序产生电路接收图像采集同步信号, 并据此控制传感器的曝光以及传感器图像数据读出时序, 数据传输时序, 将图像数据转移到数据传输电路的 FIFO 中, 之后由数据传输电路将图像数据上传到 PC。

时序产生电路的核心是 FPGA, 本系统采用 Cyclone 系列 EP1C240。本系统中脉冲激光器的重复频率为 1/s, 而其脉宽为 7ns, 为降低对器件的要求, 时序逻辑如下所述。

7.1 传感器曝光与数据读出时序

FPGA 接收到图像采集同步信号后(如图 3 所示), 启动计数器, 并拉高 FREX 信号, 为传感器阵列预充电, 之后拉高 EXPSTB 信号和 VSYNC 信号, 待计数器计数时间达到 1s(即激光器第二次出光)时

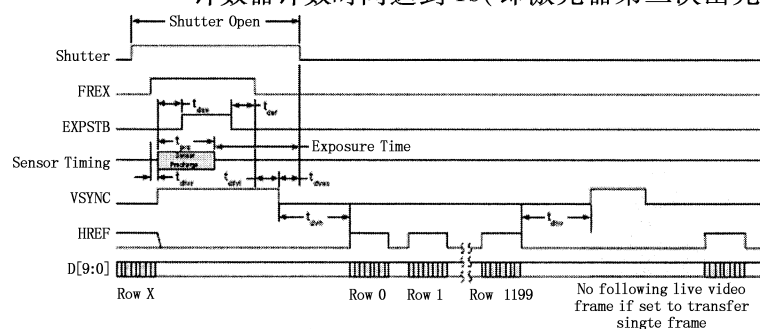


图 3 传感器曝光与读出时序

拉低 EXPSTB 信号, 传感器开始曝光直至激光器出光结束。拉低 FREX, 为下次传感器预充电做准备。拉低 VSYNC 开始输出图像数据。其中 VSYNC 为场同步输入信号, HREF 为行同步输入信号, 均由 FPGA 提供。HREF 置高后, MCLK 的每个上升沿, 传感器输出一个像素的 10 位数字信号, 直至一行数据输出完毕, HREF 置低。重复上述过程直至所有行输出完毕。重新置高 FREX, 对传感器阵列预充电, 等待脉冲激光器下一次出光。

7.2 图像数据传输时序

完成对输入端点 2FIFO 的写操作如图 4 所示。

(下转第 823 页)

大而增大。在相同激光能量输入的情况下,厚飞片的速度比薄飞片小。对于实验数据和理论数据的差异,是因为受到各方面因素影响造成的,比如:飞片烧蚀层厚度的精确测定,光斑尺寸的精确测定以及测速的精度等因素。另外,理论模型未考虑光源的形式,而把其认为是“平顶”分布,这与实际光强在飞片表面的分布情况是不相同的。这也是造成实验数据与理论数据的误差在某一局部较大的原因。

4 总结

本文利用冲量定理建立了约束模式下激光驱动飞片动量的计算模型,理论与实际符合较好,并且对误差的原因进行了分析,认为实验数据的测量精度和理论模型是否完善是导致误差的两个最大直接原因。同时,受实验条件的限制,实验的数据量还很有限,对该模型的普适性还有待于今后进一步验证。由于该模型未考虑光束的形状、光强的分布情况以

及激光的脉宽变化对耦合的影响,因此对该模型的优化和改进将是下一步工作的重点。

参考文献:

- [1] Paisley D L. Laser-driven miniature flyer plates for shock initiation of secondary explosives[R]. DE89-016587.
- [2] 陆建,倪晓武,贺安之. 激光与材料相互作用物理学[M]. 北京:机械工业出版社,1996:144-147.
- [3] 周建忠,杨继昌,周明,等. 约束层刚性对激光诱导冲击波影响的研究[J]. 中国激光,2002,29(11):1041-1044.
- [4] 王声波,范勇,吴鸿兴,等. 约束结构下激光冲击波特性实验研究[J]. 强激光与粒子束,2004,16(8):981-984.
- [5] 谷卓伟,孙承伟,刘仓理,等. 小型激光器驱动飞片技术的平均速度测量研究[J]. 强激光与粒子束,2001,13(3):309-312.

(上接第 817 页)

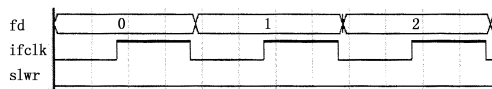


图4 完成对输入端点2FIFO的写操作

通过 FPGA 使传感器数据线 D[9:0] 与 CY68013 内部 FIFO 数据线 FD[9:0] 直通。采用连续写的方式,即传送每幅图像的过程中,写信号 slwr 保持低电平有效,如图 4 所示。将时钟信号(24M)输入 CY7C68013 的 ifclk 引脚,在每个 ifclk 的上升沿,一个像素的亮度值被送入 FIFO,CY68013A 的硬件自动将数据转入端点 Buffer 中。ifclk 与传感器的 Mclk 采用同样的时钟源(24M),在 Mclk 的每个下降沿,传感器数据线更新下一像素的亮度数据,在 Mclk 上升沿,即 ifclk 上升沿,数据线上的数据已经建立,被写入 FIFO。

8 系统软件

系统软件开发主要包括固件程序开发和高级应用程序开发。

Cypress 公司为 CY68013 提供了一个开发框架,可以在 KEIL C51 环境下开发,缩短了程序开发周期。固件程序主要完成 USB 数据传输事务。对传感器上传至 PC 的图像数据透明传输,进入中断处理 PC 输出的传感器控制数据包,解析控制数据生成相应寄存器值通过 I²C 接口写入传感器。

PC 上的高级应用程序实现图像显示与数据分

析,评估光校进程与结果,接收用户设定的传感器参数。对 USB 设备的操作可直接调用 Cypress 公司提供的 API 函数。

9 结论

本文针对脉冲式激光主动遥感器的特点,研制了光校实时检测系统。图像采集同步信号的产生与运用,使系统图像数据采集的有效率提高,有利于提高系统后端数据处理的速度。可适应不同频率的激光器,并对遥感器没有依赖。系统可根据激光器实际的出光频率采集图像,并实时完成图像数据分析,检测光校效果,其量化的结果可以用于定量分析系统的性能和可靠性。本系统除了适合脉冲激光遥感器光校检测使用以外,稍加改进就可以用于激光器光束质量评估。

参考文献:

- [1] 苏美开. 光轴偏差对激光测距机测距能力的影响[J]. 激光杂志,2001,22(3):39-40.
- [2] 凌军. 几种光轴平行性测试方法的比较与探讨[J]. 应用光学,2003,24(1):43-45.
- [3] 陈育伟. 主动光学系统的计算机辅助光校方法研究[J]. 激光与红外,2006,36(1):54-57.
- [4] 李春明. CMOS 图像传感器芯片 OV9620/OV9120 及其应用[J]. 电视技术,2003,(12):66-67.
- [5] 宋勇. 基于 CMOS 图像传感器的成像系统设计[J]. 光学技术,2002,28(3):253-254.
- [6] 李虹. CCD 信号采集系统的 USB 接口设计[J]. 现代电子技术,2004,(18):17-19.