

基于谐振式光学陀螺的 RS422 传输系统设计

赵锐,张成飞,孙颖,李鑫,刘俊,唐军

(中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室,山西 太原 030051)

摘要:为实现谐振式光学陀螺中现场可编程门阵列(FPGA)主控芯片与上位机之间的数据传输需求,便于实时调整陀螺的各项参数、优化陀螺的工作状态。该文采用全双工通信 RS422 串口与 USB 接口实现了基于 FPGA 的谐振式光学陀螺数字检测系统与 MATLAB 上位机的连接。在分析了陀螺的工作原理的基础上,重点开展了 RS422 串口在陀螺系统中的软硬件和上位机通信功能设计。实验结果表明,该数据传输系统工作稳定,灵活可靠,能较好地实现谐振式光学陀螺与 MATLAB 上位机间的数据传输。

关键词:RS422;谐振式光学陀螺;MATLAB;数据传输;硬件设计

中图分类号:TN248.4

文献标识码:A

DOI:10.11977/j.issn.1004-2474.2018.05.034

Design of RS422 Data Transmission System Based on the Resonant Optical Gyro

ZHAO Rui, ZHANG Chengfei, SUN Ying, LI Xin, LIU Jun, TANG Jun

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

Abstract: In order to realize the data transmission between the FPGA master control chip and the host computer in the resonant optical gyro, and be convenient for the real-time adjustment of various parameters of the gyro and optimize the working state of the gyro, the full-duplex communication RS422 serial port and USB interface are used to realize the connection between the digital detection system of the FPGA-based resonant optical gyroscope and MATLAB host computer. Based on the analysis of the working principle of the gyro, the software and hardware of the RS422 serial port in the gyro system and the communication function design of the host computer are emphasized. The experimental results show that the data transmission system is stable, flexible and reliable, and can realize the data transmission between the resonant optical gyroscope and the MATLAB host computer.

Key words: RS422; resonant optical gyro; MATLAB; data transmission; hardware design

0 引言

以光学谐振腔作为核心敏感单元谐振式光学陀螺是一种基于 Sagnac 效应的新型高精度角速度传感器,具有易于集成和系统小型化等优点,已成为各大科研机构的研究重点^[1-2]。光学谐振腔可采用很短的光纤或片上光波导集成的方法实现。目前,谐振式光学陀螺的研究还处于实验室探索阶段,其性能指标受温度、应力等环境因素的影响较大^[3],在测试时需要及时调整参数,使陀螺系统保持稳定状态。因此,一种可靠的串行数字信号传输方式对保持数据传输稳定性、优化陀螺系统的工作状态尤为关键。

本方案采用单片现场可编程门阵列(FPGA)作为谐振式光学陀螺系统的控制核心单元,采用全双工通信的 RS422 串口实现与 MATLAB 上位机的数据通信传输。RS422 作为一种标准通信协议,具有传输距离长,抗干扰能力强等优点,其可靠性已通

过大量实验证明^[4-5]。在陀螺系统中,采用两对长距离双绞线滑环(10 m)作为传输路径,将数据以差分方式发送到陀螺样机中,调整陀螺各项参数。为防止双绞线过长引起的噪声导致数据在传输过程中丢数失真等现象^[6],本文采用了一种延时消抖数据传输程序设计方案^[7],优化了系统性能,实现了传输系统的数据稳定传输。通过进一步优化改进,该方案可移植到其他使用 FPGA 作为控制单元的数据传输系统中,具有较好的通用性。

1 谐振式光学陀螺数据传输系统工作原理

图 1 为谐振式光学陀螺系统数据传输原理图。窄线宽激光器发出的激光通过分束器 C1 分成两束功率相等的光波,光波通过相位调制器(PM)进行相位调制后进入谐振腔(FRR),调制后的光进入光电探测器(PD)把光信号转换为电信号,锁相放大器对此电信号进行同步解调,两束光中的一路把解调

收稿日期:2018-03-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51635011,61571406,51727808);山西省“1331 工程”重点学科建设计划基金资助项目

作者简介:赵锐(1988-),男,内蒙古呼伦贝尔人,讲师,博士,主要从事 MEMS/MOMES 器件设计与光学传感的研究。

信号作为误差信号输入到 PI 控制器后反馈到激光器上^[8],并通过调节 PI 参数使激光器的输出频率锁定在这一路光的谐振频率上,另一路光的解调信号作为陀螺输出信号。在陀螺系统中,为了抑制光学噪声^[9]并实现频率锁定需要对系统的一些参数进行调节,如 PI 参数、调制信号幅值、解调相位等,同时还需要存储显示陀螺输出数据,可实现数据的接收与发送,因此,需要设计 RS422 全双工通信系统,实现 FPGA 与 MATLAB 上位机之间的数据传输。

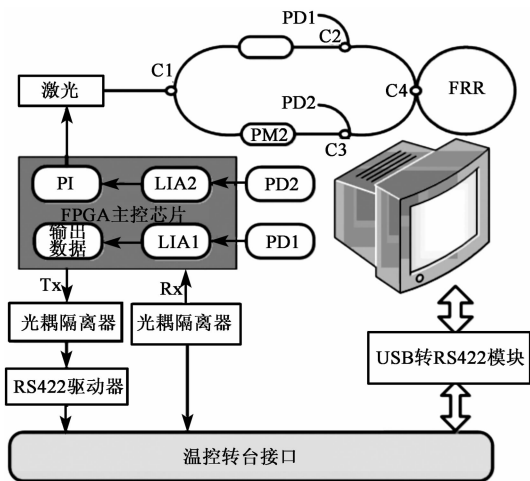


图 1 谐振式光学陀螺系统数据传输原理图

在测试系统中,由于存在远距离数据传输需求,使用较长的双绞线进行数据传输时会引入噪声,对收发数据造成干扰,影响陀螺的正常工作。为有效解决这一问题,本文设计了带有延迟消抖功能的 RS422 通信系统。图 1 中陀螺内部通信模块之间采用光耦电气隔离,RS422 硬件接口电路通过温控转台自带的滑环接口与双绞线进行连接。MATLAB 上位机需通过 USB 接口实现陀螺数据的发送与接收,因此本系统使用了 USB 转 RS422 通信模块,以完成信号转换通信。

2 RS422 传输系统设计

2.1 传输系统电路设计

使用以 XILINX 公司的 FPGA 芯片 XC4VLX60 为控制逻辑单元,选用 HCPL0631 与 MAX490ESA 芯片进行 RS422 接口电路设计,如图 2 所示,Rx、Tx 为 FPGA 串行输入、输出引脚,用于实现数据的接收与发送。MAX490ESA 为电平转换器,实现 FPGA 的输出电平转化为 RS422 接口标准电平。422T+、422T- 为 RS422 差分输出引脚,422R+、422R- 为 RS422 差分输入引脚。

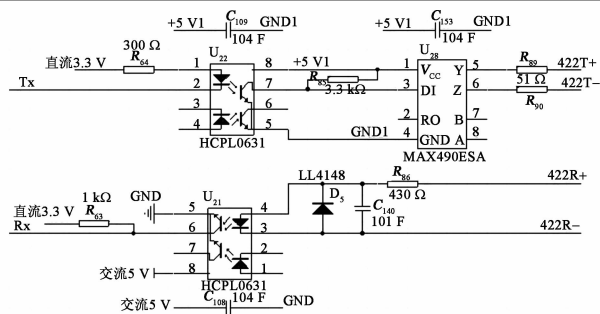


图 2 RS422 接口原理图

HCPL0631 为高速光耦隔离器,通过光电转化作用减小电信号的干扰。为使光耦隔离器能稳定地输出数字信号,两光耦隔离器分别连接上拉电阻 R_{63} 、 R_{64} ,两电阻所对应的数据输入、输出端具有对立性,并在写信号端口加入开关二极管 LL4148,起到防止接反的作用。

2.2 MATLAB 上位机设计

谐振式光学陀螺测试时需具备数据存储和算法设计处理等功能,因此,选择 MATLAB GUI 设计陀螺系统上位机^[10]。图 3 为上位机界面设置。在编写上位机时,在串口通信设置中定义串口,设置波特率、终止位和数据位实现 FPGA 与上位机的连接。为保证陀螺正常工作,需调整陀螺一系列参数(如调制幅值、解调相位、PI 系数等)。由于参数种类多,上位机在发送每种参数的指令前自动为指令添加通道标志位,FPGA 内部程序通过识别通道标志位实现对应参数的接收。在数据读出指令窗口中输入上位机发送指令“ABCD”后,陀螺向上位机发送数据并显示。另外,上位机还具有对陀螺数据的处理功能,如实现标度因数计算、零偏稳定性计算等。

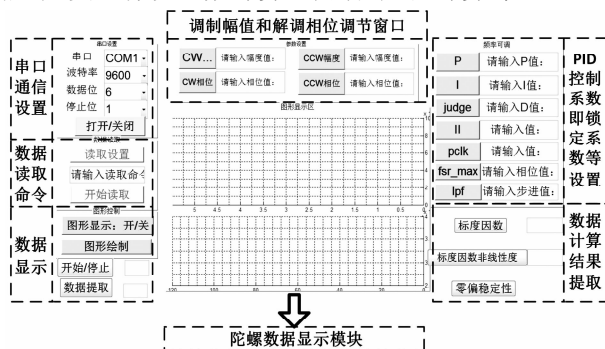


图 3 上位机界面设置

2.3 传输系统程序设计

图 4 为 RS422 通信时序图。上位机发送数据时,对数据进行打包传输,每一包数据包包含一个低电平作为起始位,8 位数据位和一个高电平作为停止位,共 10 位。无数据传输时,信号线始终保持低电

平;数据传输时,发送一个波特率的高电平完成“握手”协议,再按顺序发送一包数据,数据发送完成后数据线再次被拉低,等待下一包数据的发送。

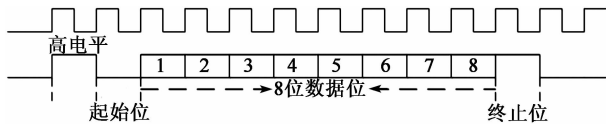


图4 RS422 时序图

基于该时序图对数据传输系统进行编程测试,在测试过程中发现,陀螺转动测试时转台所使用的双绞线滑环引入高频噪声,造成传输数据产生误码,导致下位机接收数据时出现了丢数、失真等现象,为解决此问题,在保证数据传输波特率不变的情况下,通过采用延时消抖的数据接收方式接收数据。

FPGA 芯片使用 60 MHz 时钟进行 521 次分频得到 115 200 bit 的波特率,实现 FPGA 与上位机的波特率匹配。由于 115 200 bit 波特率对应每 8 μ s 传输一个数据,因此,选用 2 μ s 的延时时间进行数据位消抖,既保证不会影响下一个数据的接收,又可确保信号的正确性。FPGA 接收数据程序流程图如图 5(a) 所示。上位机发送数据经 RS422 传输到陀螺 FPGA 芯片后,对数据进行 2 μ s 延时后判断起始位,若为低电平,则接收 8 位数据放入寄存器,连续接收 3 组数据构成 24 位,这 24 位数据中的第 23~16 位为数据通道标志位,第 15~0 位为有效数据。然后重复此前程序等待下一组数据。FPGA 发送数据程序流程图如图 5(b) 所示。接收到发送指令后,设定起始位与终止位,采用 115 200 bit 波特率对应的延时时间发送每个数据,将 16 位数据按照先高 8 位后低 8 位顺序发送,数据传送完毕后进行下一组数据的发送。

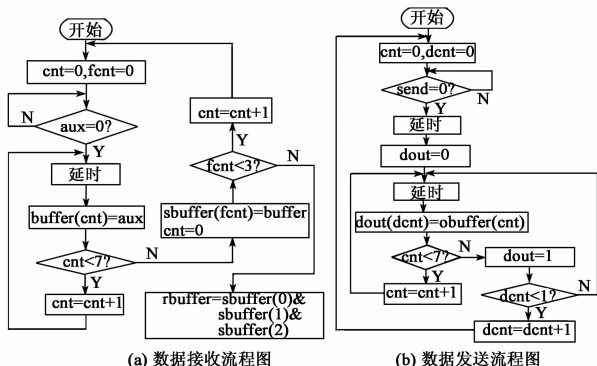


图5 FPGA 接收与发送数据流程图

3 实验结果与分析

为验证上位机与陀螺系统能否通过 RS422 实

现数据的可靠传输,本文进行如下测试:在陀螺系统上电后,进行上位机的串口设置选择,打开上位机,在逆时针光路(CCW)幅度通道写入数字量 15 000,点击按钮发送此数据到 FPGA 中,使用 chipscope 抓取接收的数据,观察两数据是否一致,实验结果如图 6 所示。Chipscope 中十六进制的 3A98 为十进制的 15 000,则数据传输成功。通过发送自累加数据验证输出数据是否连续,通过测试发现没有丢数、失真等现象。为显示并存储陀螺数据,通过发送陀螺输出数据命令“ABCD”,验证上位机能否接收到陀螺数据。结果如图 7 所示。结果表明,上位机能够显示陀螺输出端数据,并将该数据存储到 .dat 文件中,以实现后续进行数据处理、计算,增加了系统数据处理的便携性。

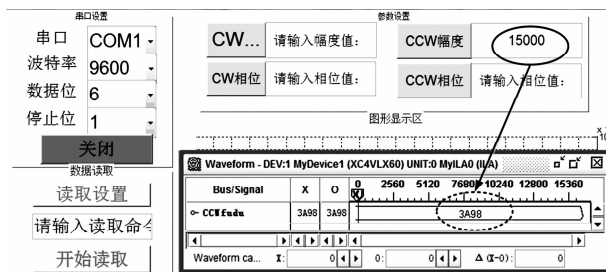


图6 数据发送对比图

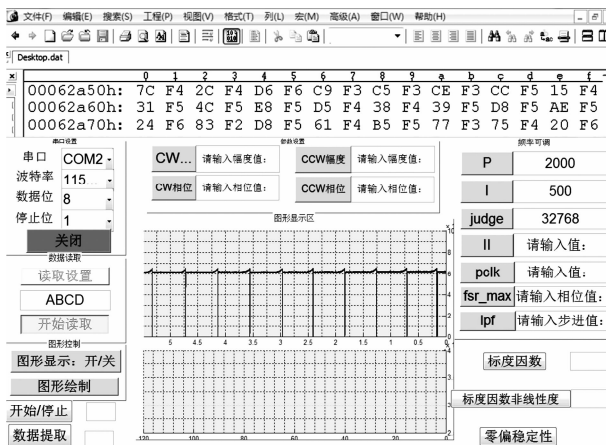


图7 陀螺输出数据实时显示效果图

4 结束语

本文设计的基于谐振式光学陀螺的 RS422 数据传输系统,其在陀螺系统的调试过程中,能较好实现数据的发送与接收,且反应灵敏,不存在丢数、失真等现象,完善了陀螺系统的通用接口化设计,并可移植到其他 FPGA 的系统中使用,扩展了该数据传输系统的应用范围。

(下转第 806 页)