

# 基于 LVDS 的固态存储器与地面综合测试台通信系统设计

张迺卫, 张会新, 杨慧

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

**摘要:** 针对遥测系统远程数据传输过程中出现的由于干扰引起的误操作以及数据紊乱问题, 提出了一种基于 LVDS 的具有高可靠性的通信系统解决方案; 系统以 FPGA 为控制核心, 采用 LVDS 高速数据传输技术, 实现飞行器遥测数据存储系统与地面设备的通信; 为保证数据链路及命令控制链路的准确性和可靠性, 设计了一套完整的通信协议; 经大量试验表明, 该通信系统性能稳定、数据及命令传输可靠, 现已应用于某航天遥测数据通信系统。

**关键词:** 通信系统; LVDS; FPGA

## Communication System Between Data Memory and Integrated Test Platform Design Based on LVDS

Zhang Jiawei, Zhang Huixin, Yang Hui

(State Key Laboratory for Electronic Measurement Technology; Ministerial Key Laboratory of Instrumentation Science & Dynamic Measurement, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** For the problems of data disorder and misoperation caused by interference during the telemetry system remote data transmission, a kind of LVDS communication system with high reliability has been put forward. To achieve the communication between telemetry data storage system and aircraft ground equipment, it takes FPGA as the control core and use LVDS high-speed data transmission technology in the system. In order to ensure the accuracy and reliability of the data link and command control link, a set of complete communication protocol has been designed. Experiments show that, the communication system performance is stable and reliable in the terms of data and command transmission. the system has been applied to a remote data communication system.

**Keywords:** communication system; LVDS; FPGA

## 0 引言

在航空航天领域, 遥测系统存储设备作为飞行器飞行过程中保存参数的唯一设备, 对飞行器的研制和定型提供了可靠的数据支持。在野外测试过程中, 当存储设备与地面综合测试台置于强电磁干扰环境时, 会引起飞行器遥测系统固态存储设备远程数据传输接口产生误操作以及数据存储紊乱的问题<sup>[1]</sup>。美国国家半导体公司推出的 LVDS 传输技术采用低电压摆幅和电缆双绞线传输, 具有传输速度快、抗干扰能力强、传输性能稳定等优点, 适用于高速远程数据的传输<sup>[2]</sup>。本文针对相关课题的任务要求, 以 LVDS 高速数据传输技术为基础, 提出了一种可以工作在高速、高冲击、强干扰环境下的通信系统解决方案, 保证了数据链路及命令控制链路的准确性。

## 1 总体方案设计

根据设计要求, 本系统由地面工控机、地面综合测试台和遥测系统固态存储设备三部分组成, 如图 1 所示。地面综合测试台配合固态存储设备完成闭环自检、数据回读和数据分析的工作, 两者之间通过 LVDS 高速串行接口进行通信<sup>[3]</sup>。地面

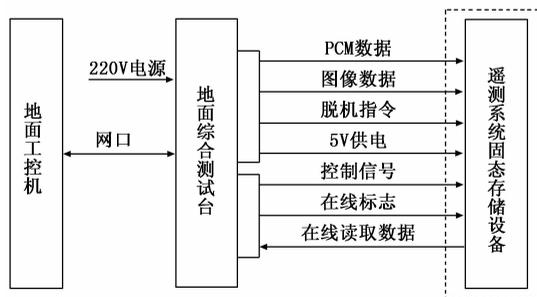


图 1 系统总体框图

综合测试台为固态存储设备提供 5 V 的直流电源并作为模拟飞行器信号源, 对固态存储设备发送 PCM 数字量、图像信号以及控制信号, 固态存储设备在接收两路数据的同时判读启动记录命令, 在测试结束后将固态存储设备中遥测数据通过地面综合测试台的网络接口上传给地面工控机, 由上位机软件将回读数据混合编码格式拆分判读, 并显示结果。

## 2 通信接口硬件设计

### 2.1 LVDS 接口总体设计

本设计为了简化设计流程, 便于系统调试, 采用专用的 LVDS 接口芯片进行设计。其中地面综合测试台需要和遥测系统固态存储设备进行远距离通信, 但是高速信号数据在远程传输时会衰减, 故采用将 LVDS 芯片与驱动芯片相配合的方式

收稿日期: 2014-07-17; 修回日期: 2014-10-17。

基金项目: 国家自然科学基金(51075374)。

作者简介: 张迺卫(1989-), 男, 在读研究生, 主要从事测试计量技术及仪器方向的研究。

来确保数据进行长线传输时的可靠性<sup>[4]</sup>。在发送端选用串化器芯片 DS92LV1203 与电缆驱动器芯片 CLC001 结合的方式实现发送端输出信号的最优电压摆幅, 接收端选用电缆均衡器芯片 CLC014 与解串器芯片 DS92LV1224 结合的方式对远程传输后的信号进行调理, 通过增益补偿长线传输中信号的损耗<sup>[5]</sup>。此 LVDS 接口通信连接示意图如图 2 所示。

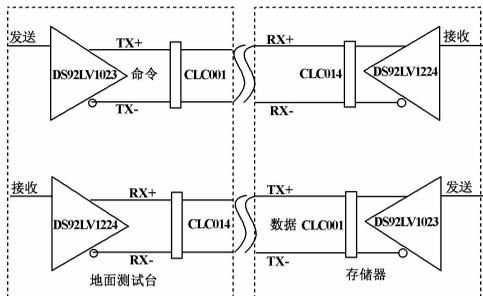


图 2 LVDS 接口通信连接示意图

### 2.2 数据存储端接口设计

固态存储设备接收地面综合测试台发送的控制命令, 控制命令包括: 记录命令、监测命令、回读命令以及擦除命令。测试台发送的控制信号先通过 CLC014 进行信号调理, 然后通过 DS92LV1224 解串器将串行信号转化为并行数据。转换后的并行数据位为 10 位, 其中高两位为使能位, 低 8 位为命令数据。LVDS 接口一直不断的接收和发送数据, 只有使能位为 10 的并行数据才是有效的命令, 在使能位为其他情况时数据位无效命令。存储设备收到记录命令时, FPGA 将接收到的图像数据和 PCM 数字量混合编帧后写入 FLASH 存储模块; 存储设备收到监测命令时, FPGA 接收到的 PCM 数据上传给工控机; 存储设备收到回读命令时, FPGA 将 FLASH 存储模块中的数据读出并写入 FIFO, 当 FIFO 半满时, 数据被 FPGA 采集出并以串行数据发送给地面测试台; 存储设备收到擦除命令时, FPGA 对 FLASH 存储模块进行清零, 完成后所有存储空间数据都为 FF。数据存储端接口示意图如图 3 所示。

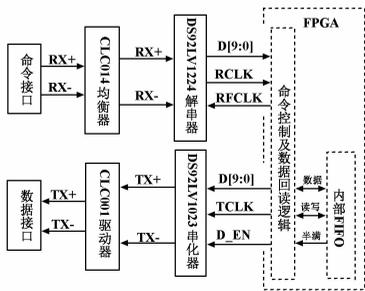


图 3 数据存储端 LVDS 接口示意图

## 3 通信协议设计

### 3.1 控制命令链路设计

控制命令链路的设计直接影响系统的稳定传输, 保证固态存储设备可靠的响应上位机传输的命令。LVDS 接口上电后就一直不断的进行数据的同步, 若固态存储设备与地面测试台之间的电缆在通电之前没有连接, 则会出现存储设备命令接收端依然同步接收数据的现象, 这时接收到的命令可能是各种不稳定的数据, 使得存储设备误以为接收到命令而进行操作, 造成

存储设备工作紊乱。为了防止这种现象的出现, 在存储设备上加入一个检测电路, 以确认地面综合测试台与存储设备通信电缆连接是否连接。系统上电后检测通信电缆是否连接, 即检测是否为在线状态, 若电缆连接正常, 系统为在线状态, 则存储设备会收到一个固定的高电平, LVDS 接口开始同步接收命令数据, 当连续收到 10 次同样的操作命令后, 存储设备响应该命令; 当通信电缆没有连接时, 存储设备检测到低电平, 这时存储器会等待 5 s 的电缆连接时间, 若 5 s 时间内存储设备依然没有检测到电缆连接, 这时认为系统处于不在线状态, 命令接收模块会自动发出数据记录命令, 并且将记录命令锁死不变直至掉电。这样当系统处于不在线时, 存储设备的工作模式将不受外部接口命令的影响, 即使 LVDS 接口受到外界强干扰的影响, 存储器不会出现误操作的问题。图 4 为命令链路传输流程图。

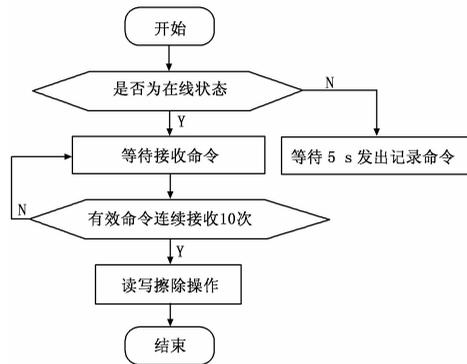


图 4 控制命令链路传输流程图

### 3.2 数据回传链路设计

系统在数据回传链路中采用通信应答机制以保证存储设备中的数据能够可靠地传输至工控机。虽然通信应答机制会影响数据回传的速率, 但是由于通信应答消耗的时间相比于一次批量传输的消耗的时间很小, 而且系统对于回读时间没有严格的限制, 这种保证回读数据稳定传输的方法具有实用价值。当系统处于数据回读模式时, 存储设备检测到连续 10 次数据发送命令后, 将缓存 FIFO 中的数据读出 16K 字节送入综合测试台。为了保证数据的稳定传输, FIFO 处于循环写入和读出状态。数据写入时, 判断缓存 FIFO 的满信号, 若到达几乎满的状态, 存储器数据不再写入, 等待发送模块将数据读出传出; 在数据发送端, 判断缓存 FIFO 空信号, 如果达到快空的状态, 暂停数据发送, 等待存储器读出端将数据读出写入缓存。这样对于存储设备端整个数据上传链路中发送命令的接收、存储器中数据的读出以及缓存中数据的发送都得到了协议控制, 有效地防止了数据上传时的数据丢失。数据回传链路流程图如图 5 所示。

## 4 系统测试结果

测试时将测试台与存储器通过地面电缆连接, 上位机通过测试台发送信号源和控制命令, 存储器对数据进行存储和读取, 测试台将回读数据上传上位机, 最后上位机对回传数据进行解码和分析, 并给出测试报告。上位机软件主要包括系统复位、设备擦除、监测记录、远程读数以及数据分析等功能。

当通信电缆连接后, 系统处于在线状态, 存储器会收到一

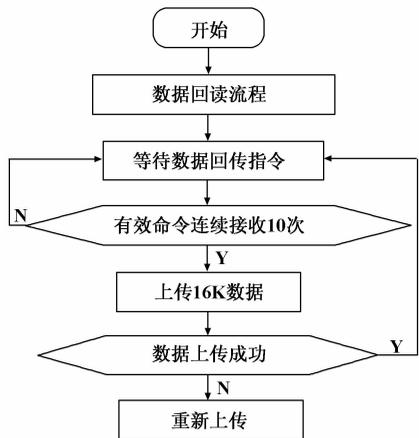


图 5 数据回传链路传输流程图

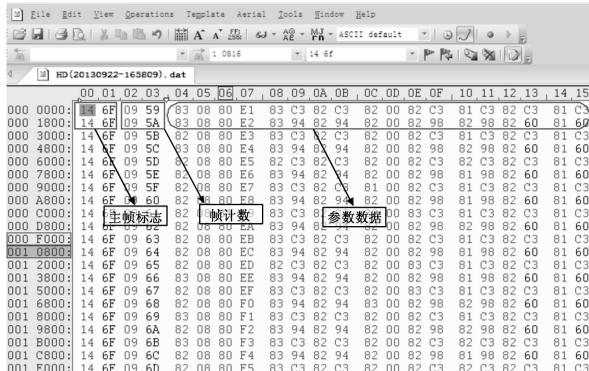


图 7 原始数据图

个固定的高电平，这时存储器 LVDS 才开始同步接收控制命令，如图 6 所示。

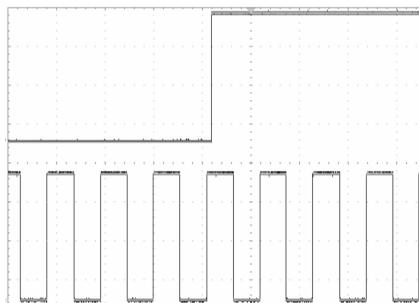


图 6 在线信号与命令数据传输波形图

上位机软件通过网络接口接收到的原始数据如图 7 所示，主要包括帧计数、帧标志以及原始参数数据。其中 146 F 为帧标志，146 F 后两个字节为帧计数，帧计数连续递增，数据格式为每一副帧大小为 96 Byte，主帧大小为 6 144 Byte，上位机利用帧标志、帧计数以及副帧大小初步判读数据的正确性，并在分析报告中给出分析结果。

(上接第 1447 页)



图 8 水质污染程度评价结果图

通过以上的实验结果表明，检测数据与实际数据基本吻合，准确率达到 98% 以上，通信成功率为 100%，其效率优于传统常规的人工检测方法，取得了较为满意的结果。

### 5 结语

本系统是基于 ZigBee 无线通信技术设计的远程智能水域污染程度监测系统，通过在相关水域关键位置部署无线水质检

### 5 结论

本文提出了一种基于 LVDS 的具有高可靠性的通信系统解决方案，详细分析了系统通信协议的可靠性，对控制命令链路和数据回传链路进行设计，解决了遥测系统远程数据传输过程中出现的由于干扰引起的误操作以及数据紊乱问题。经大量的测试表明，本通信系统性能稳定、数据及命令传输可靠，现已应用于某航天遥测数据通信系统。

#### 参考文献：

- [1] 张文栋. 存储测试系统的设计理论及其应用 [M]. 北京：高等教育出版社，2002.
- [2] 王立恒. 遥测设备通用测试台中长线传输模块的设计与实现 [D]. 太原：中北大学，2009.
- [3] 储成群. 基于 LVDS 接口的高速数据记录器的设计 [D]. 太原：中北大学，2009.
- [4] 马志刚，朱思敏，刘文怡. 基于 LVDS 的高速图像数据存储系统设计 [J]. 数据采集与处理，2013，28 (3)：382-385.
- [5] 彭多琳. LVDS 在长距离信号传输中的应用 [J]. 兵工自动化，2006，25 (7)：60-61.

测终端，并在一定范围内设置水质监测基站对所有传感数据进行收集，然后通过宽带互联网将数据传送给远程监控中心的服务器，工作人员可远程实时监控相关水域的污染程度。系统实现了实时监控、历史数据的存储与查询等功能，其易用性与可扩展性都大大提高，且大范围水域监控网络建设成本较低，具有极大的推广价值。

#### 参考文献：

- [1] 冶 国，肖德琴，周运华，等. 基于无线传感器网络的水质监测系统 [J]. 计算机工程与设计，2008，29 (17)：456-459.
- [2] 王 骥，许国保，沈玉利. 基于无线传感器网络的海水重金属监测系统 [J]. 计算机测量与控制，2009，17 (4)：643-645.
- [3] 陈斯平. 基于嵌入式系统的协议栈的研究与设计 [D]. 武汉：武汉理工大学，2006.
- [4] 樊 勇. 基于 TCP/IP 协议的嵌入式网络接入技术的研究与应用 [D]. 包头：包头钢铁学院，2003.