

# 机载光纤通道采集记录仪的设计及实现

邓 轲,田 泽,郭 亮,王 泉

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710068)

**摘 要:**作为下一代航电网络的主要标准之一,光纤通道(FC)被广泛应用于航电设备的互连、通讯等领域。专用的 FC 采集记录分析设备是研制机载 FC 设备所必需的仪器,是 FC 设备的可靠性和性能等的重要保障,也是维护和测试的有效工具。然而,目前专用 FC 采集记录设备的研发远远落后于机载 FC 设备的研制。针对这一现状,提出了一种集数据采集和记录于一体的多功能 FC 采集记录仪的设计方案。该记录仪采用模块化设计思想,并主要基于 FPGA 技术对软硬件进行合理划分,文中描述了其系统结构和软、硬件组成及设计思路。该记录仪具有便携、易操作等直观的特点,可以对 FC 网络数据长时间、高可靠的实时记录以及在地面高效卸载、回放分析,能够满足目前机载 FC 设备的使用要求,具有广阔的市场前景。

**关键词:**光纤通道;FPGA;采集;记录

**中图分类号:**TP301

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2015)04-0162-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.037

## Design and Implementation of FC Acquisition & Recorder

DENG Ke, TIAN Ze, GUO Liang, WANG Quan

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

**Abstract:**As one of the next generation avionics networking standard, fiber channel (FC) is widely used in the field of avionics inter-connect and communication. Special equipments for airborne FC collection, recording and analysis are necessary instrument which accelerate its development, safeguard reliability and performance. They are also effective tools of maintenance and test. However, the development of special FC equipment for acquisition and recording lags behind the development of airborne FC equipment. According to this status, a multi-functional FC acquisition & recorder was proposed in which the modular design concept is used and hardware & software is divided in reason based on FPGA. It describes its system architecture and hardware & software components and its design idea. This FC recorder is small in size and easy in use, and a long time and high reliable FC network data can be recorded in real-time and downloaded and analyzed for playback on the ground which can meet the requirement for the airborne FC equipment and has a broad market prospects.

**Key words:**FC;FPGA;acquisition;record

## 0 引 言

由美国国家标准协会(ANSI)T11 委员制定的光纤通道(Fiber Channel, FC)是一种高速传输数据、音频和视频信号的 ANSI 串行通信标准<sup>[1-2]</sup>。其整合了网络和通道各自的优点,保证了信号传输的高速率和高质量。随着 FC 技术发展和应用的日趋成熟及其高带宽、高可靠性等优点,FC 网络已成为下一代机载环境中的主要网络标准<sup>[3-4]</sup>。

因此,研制针对机载 FC 设备的测试、采集、仿真、

故障诊断、协议分析验证等配套产品的需求越来越迫切。在此背景下,文中介绍了一种机载光纤通道采集记录仪,简称 FC 记录仪。该记录仪用于在机载环境中构建 FC 网络的初期和测试阶段,由于 FC 网络的复杂性和高数据带宽的特征,该记录仪实现了在机载应用环境中对 FC 网络中传输的高带宽数据进行长时间、高可靠性的实时记录,同时又可在实验室环境中对记录的数据进行高效卸载、回放分析。这将对分析和研究 FC 网络的功能、性能,定位和排除网络中潜在的

收稿日期:2014-06-13

修回日期:2014-09-23

网络出版时间:2015-03-31

基金项目:国家“十二五”微电子预研基金项目(51308010601,51308010710);总装预研基金(9140A08010712HK6101)

作者简介:邓 轲(1987-),男,硕士,研究方向为 SoC 验证测试及嵌入式系统设计;田 泽,博士,研究员,中国航空工业集团首席技术专家,研究方向为 SoC 设计方法学、嵌入式系统设计、VLSI 设计。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150331.0941.001.html>

故障,加速 FC 网络的研制有积极的推动作用<sup>[5]</sup>。

该记录仪的同类产品在国外主要集中于民用领域,代表产品有 Qlogic 公司的 Qlogic 2500 Series 光纤通道适配卡,AIM 公司 APG-FC2/APG-FC4 系列产品,均采用其专用技术,采用 FPGA 或专用芯片实现。其协议不支持 FC-AE 标准,无法满足我国机载 FC 网络应用要求。军用领域 FC 采集及存储产品未见相关资料。而在国内尚无同类产品。

## 1 FC 记录仪的系统设计

文中设计的 FC 记录仪能同时采集记录 4 路光纤通道数据(接收通道数可编程配置)、一路 IRIG-B 时

码数据。对接收到的 FC 帧进行完整性检测,并根据事先设定的过滤条件对接收到的 FC 帧进行筛选过滤,符合要求的 FC 帧将被逐帧附加上帧到达时刻的时间标记和 FC 帧内时间与 FC 帧到达时间之差值,处理后的数据经打包后存储在采集记录仪的固态存储模块中,待飞行结束后再由地面卸载设备还原进行事后数据处理;同时在接收到的光纤通道数据中选择用户关心的参数,附加时间标记后,生成 IENA 或 iNET-X 网络数据包,通过百兆以太网输出给遥测系统,进行实时监控。

光纤通道数据采集记录仪组成示意图如图 1 所示。

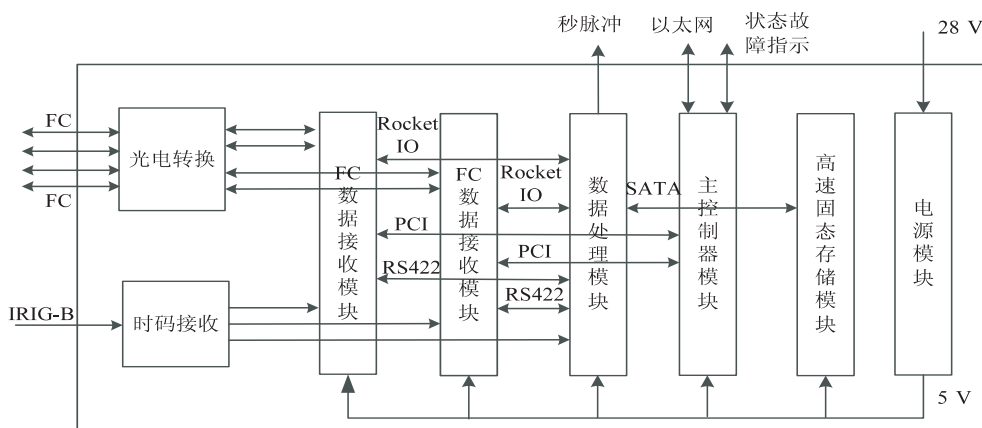


图 1 光纤通道数据采集记录仪系统框图

该记录仪主要由主控制器模块、光纤数据接收模块(包含时码接收模块)、数据处理模块、高速固态存储模块、电源模块、母板及配套软件等构成。其中,光纤数据接收模块主要完成 FC 数据采集、过滤及时码数据处理;数据处理模块完成数据格式转换和存储处理;主控制器模块主要完成挑数, IENA 格式打包及将打包数据通过以太网发送的功能;高速固态存储模块主要完成数据记录的存储功能;电源模块将 28 V 输入电源转换成系统各个模块所需的 5 V 直流供电;母板完成各个模块的互连。

在整个系统的设计中,采用了模块化的设计思想,并主要基于 FPGA 技术,对软硬件进行了合理的划分。

## 2 FC 记录仪硬件设计

### 2.1 电源模块设计

电源模块用于将飞机上+28 V 电源转换成数据采集记录仪所需的二次电源,具有输出过压和短路保护功能、耐输入过压浪涌功能、耐输入尖峰浪涌功能、掉电保持以及反接保护功能。

电源模块原理框图如图 2 所示,由输入滤波、防过压浪涌电路、输出滤波、辅助电源、+5 V 功率模块、欠压储能电路组成<sup>[6]</sup>。

### 2.2 光纤数据接收模块设计

光纤数据接收主要由两个相同的模块组成,每个模块完成两路 FC 数据的采集工作。光纤数据接收模块主要完成两路 FC 数据采集和过滤,并加入时码信息,每路 FC 数据采集过滤之后分为两路,其中一路数据通过 Rocket IO 接口送数据处理模块处理,一路数据通过 PCI 接口送入主控制器模块处理。

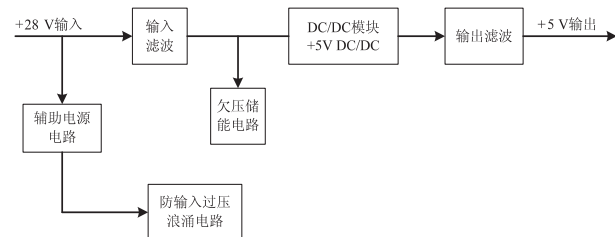


图 2 电源模块原理框图

模块主要电路包括电源变换电路、时钟电路、复位电路、存储器电路、时码输入电路,422 接口电路,调试串口<sup>[7-9]</sup>。

光纤数据接收模块硬件原理框图如图 3 所示。

### 2.3 数据处理模块设计

数据处理模块完成四路 FC 数据的接收和存储控制工作。模块主要电路包括电源变换电路、时钟电路、复位电路、Rocket IO 电路、SATA 接口电路、422 接口

电路。

在记录过程中异常断电或者瞬间掉电时,在电源 50 ms 的掉电保护时间内,将缓冲区的数据写入电子盘,并且将当前地址保存在 FLASH 中,在记录器恢复供电后,能够自动接着在上次记录结束处继续记录,无需人工干预。

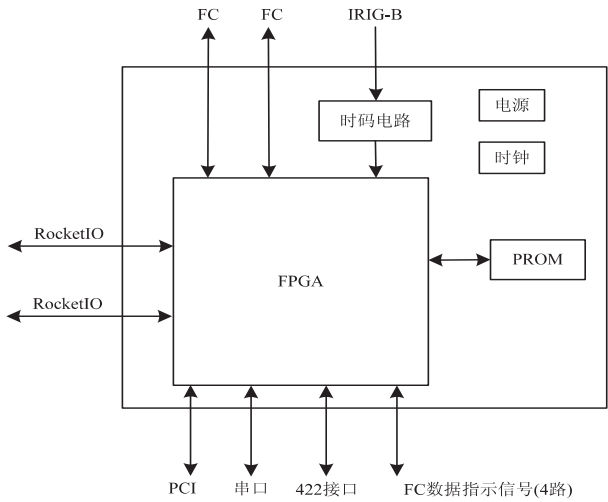


图 3 光纤数据接收模块原理框图

在采用定制的流式盘存储格式时,存盘数据格式符合 IRIG106-7 第十章要求具备数据索引功能,便于数据卸载时能够选取和转存有效的记录数据段。数据索引信息包含以下信息:每次记录开始位置、结束位置、记录开始时间(年、月、日、时、分、秒)、结束时间、飞机编号等。

数据处理模块和光纤数据接收模块之间的互联采用 Rocket IO 接口,该接口速率可达到 2.125 Gbps。每路 FC 接口使用一路 Rocket IO 接口。串口用于模块的调试,两路 422 接口用于和光纤数据接收模块通信。同时模块还接收电源模块产生的掉电指示信号并进行掉电处理。模块接收 IRIG-B 时码信号并输出秒脉冲信号供系统测试使用。该模块结构如图 4 所示<sup>[10-11]</sup>。

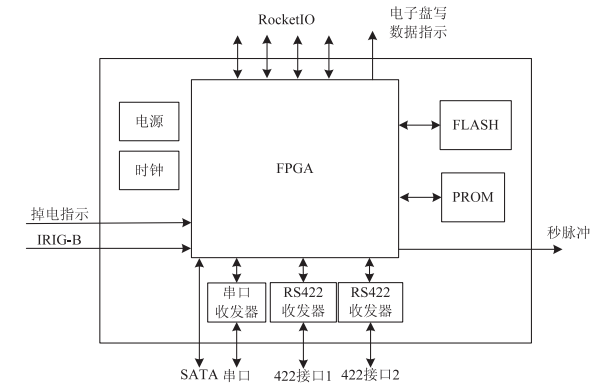


图 4 数据处理模块原理框图

识别字 4 Byte	通道号 1 Byte	保留 1 Byte	FC帧计数 2 Byte	数据长度 2 Byte	传输状态 2 Byte	系统时标 8 Byte	本地时标 8 Byte	日历时标 8 Byte	FC 帧 (36~2 148Byte)
---------------	---------------	--------------	-----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	---------------------

图 6 数据存储格式

2.4 主控制器模块设计

主控制器模块实现特征参数缓存打包和以太网发送,以及配置接口通讯等功能。主控制器模块与光纤数据接收模块之间接口为 PCI,光纤数据接收模块将收到的 FC 帧通过 PCI 接口送到主控制器模块的内存中,主控制器模块 CPU 从内存中读取数据并进行特征参数提取和数据打包处理,完成打包后由以太网发送出去。

在系统初始化及地面联试情况下,通过以太网接口将配置文件送到主控制器模块中,由主控制器模块完成系统配置,并采用离散量来实现故障和状态指示灯功能。主控制器模块硬件原理框图如图 5 所示<sup>[12]</sup>。

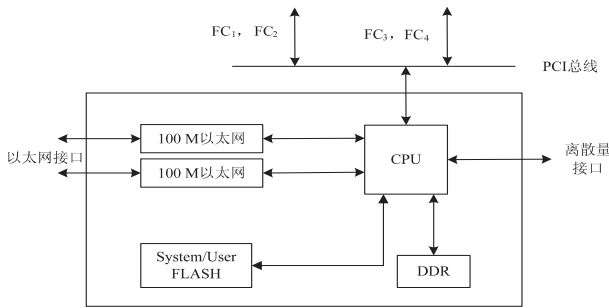


图 5 主控制器模块原理框图

2.5 高速固态存储模块设计

该模块使用 1 个电子盘存储四路 FC 数据。电子盘对外接口为 SATA 接口,电子盘通过 SATA 接口连接到数据处理模块。

存储模块中文件数据具体的数据格式如图 6 所示。其中,FC 帧计数为表示收到 FC 帧的数目,取值范围为 0 ~ 0xFFFF,循环计数。通道号指 FC 光纤通道号,取值为 0 ~ 3。识别字用来识别 FC 帧,可按照用户要求写入特定值。系统时标指系统 RTC 时间,有效值为 42 位,单位 100 ns,包含时、分、秒、毫秒、微秒、百纳秒信息。本地时标为数据接收模块收到 FC 帧的 IRIG-B 时间,有效数据位为 42 位,单位 100 ns,包含时、分、秒、毫秒、微秒、百纳秒信息。飞机日历时间以 ELS 格式数据帧为载体,同步周期为 50 ms。

3 FC 记录仪软件设计

机载光纤通道数据采集记录器配套软件由机载软件、固态存储模块卸载软件、数据处理分析软件等组成。

机载软件基于 Tornado 工具开发,采用 VxWorks 5.5 嵌入式操作系统,包括以下支撑软件:地面调试状态下的宿主机驻留软件、引导程序、操作系统板级支持

包、驱动程序以及系统自检软件。

固态存储模块卸载软件运行在卸载装置的工控机上,为用户提供固态存储模块的文件读写功能,将记录的数据下载到本地计算机或通过以太网 TCP/IP 协议转存到网络存储器上<sup>[13]</sup>。

该配套软件的具体设计另文描述,不是文中重点,因此不再赘述。

4 结束语

鉴于对机载 FC 设备的采集记录测试等配套设备的迫切需求,文中提出了一种 FC 记录仪的设计方案,并详述了系统架构以及实现。该记录仪将 FC 协议处理、高速数据采集、海量数据记录等复杂功能高度融为一体,采用全硬件电路方式将多路高速数据记录和采集功能进行分立和隔离处理,最大程度地提高了系统带宽,增强了系统的灵活性,填补了国内空白。

参考文献:

[1] ANSI. Fiber Channel Framing and Signaling-2 (FC-FS-2) Rev0.01[S]. USA:ANSI,2003.

[2] ANSI. Fiber Channel Physical and Signaling Interface (FC-PH) X3[S]. USA:ANSI,1994.

[3] ANSI. Fiber Channel Avionics Environment-Anonymous Sub-

(上接第 161 页)

点的杰卡德相似算法作为推荐模型的物品相似度量算法。并且针对图书的相似评价数据,修正了杰卡德相似算法,以提高推荐的准确度。最后通过一实例说明了该方法的有效性。文中的后续研究工作包括预测物品评分,神经网络计算模型,信息熵在推荐系统中的应用等,希望在不久的将来可以进一步扩展以上结论。

参考文献:

[1] Ricci F,Rokach L,Shapira B,et al. Recommender systems handbook[M]. [s.l.]:Springer,2010.

[2] Hill W,Stead L,Rosenstein M,et al. Recommending and evaluating choices in a virtual community of use [C]//Proc of CHI. [s.l.]:[s.n.],1995:194-201.

[3] 崔春生,李光,吴祈宗. 基于 Vague 集的电子商务推荐系统研究[J]. 计算机工程与应用,2011,47(10):237-239.

[4] 许海玲,吴潇,李晓东,等. 互联网推荐系统比较研究[J]. 软件学报,2009,20(2):350-362.

[5] Bobadilla J,Ortega F, Hernando A. A collaborative filtering similarity measure based on singularities[J]. Information Processing and Management,2012,48:204-217.

scriberMessaging (FC-AE-ASM), Rev1. 2[S]. USA:ANSI, 2006.

[4] 田泽,韩炜,蔡叶芳,等. 基于 FC 接口的 SoC 软硬件协同设计验证平台构建与实现[C]//第十三届计算机工程与工艺会议论文集. 西安:西北工业大学出版社,2009.

[5] 李攀,田泽,蔡叶芳,等. 基于 FPGA 的双通道 FC 数据采集卡设计[J]. 计算机技术与发展,2013,23(7):179-182.

[6] 黎小玉,田泽,王泉,等. 基于 SoC\_FC 芯片的电源管理系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2010,20(8):247-249.

[7] 王红春. 基于 FC 的航电数字视频传输技术研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(5):250-252.

[8] 刘鑫,陆文娟. 光纤通道在航空电子环境的应用及关键技术研究[J]. 光通信技术,2006,30(6):55-58.

[9] 廖寅龙,田泽. FC 网络通信中 PCIe 的接口的设计与实现[J]. 航空计算技术,2010,40(4):127-130.

[10] 张志,翟正军,李想. 航空电子光纤通道协议分析与接口卡设计[J]. 测控技术,2010,29(2):99-101.

[11] 卢光军. 一种高速采集记录设备的实现[J]. 计算机应用与软件,2009,26(9):175-176.

[12] 黄浩益,黄栋杉,徐晓飞. 光纤通道技术在航电系统中的应用[J]. 航空电子技术,2005,36(3):9-14.

[13] 曹阳,李文峰,陈震宇,等. 航空发动机试验数据采集分析系统设计与实现[J]. 航空发动机,2010,36(6):36-38.

[6] Greg L,Brent S,York J. Amazon. com recommendations:item-to-item collaborative filtering[J]. IEEE Internet Computing,2003,7(1):76-80.

[7] 邓爱林,朱扬勇,施伯乐. 基于项目评分预测的协同过滤推荐算法[J]. 软件学报,2003,14(9):1621-1628.

[8] 张光卫,李德毅,李鹏,等. 基于云模型的协同过滤推荐算法[J]. 软件学报,2007,18(10):2403-2411.

[9] Jaccard P. The distribution of the flora in the alpine zone[J]. New Phytologist,1912,11(2):37-50.

[10] Tan Pangning, Steinbach M, Kumar V. Introduction to data mining[M]. [s.l.]:Addison Wesley,2005.

[11] Anand D,Bharadwaj K K. Utilizing various sparsity measures for enhancing accuracy of collaborative recommender systems based on local and global similarities[J]. Expert Systems with Applications,2011,38(5):5101-5109.

[12] 李聪,梁昌勇,杨善林. 电子商务协同过滤稀疏性研究:一个分类视角[J]. 管理工程学报,2011,25(1):94-101.

[13] 项亮. 推荐系统实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2012.

[14] 张春生,李艳,图雅. 基于属性拓展的数据挖掘预处理技术研究[J]. 计算机技术与发展,2014,24(3):79-81.

[15] 孙青云,王俊峰,赵宗渠,等. 一种基于模拟登录的微博数据采集方案[J]. 计算机技术与发展,2014,24(3):6-10.

# 机载光纤通道采集记录仪的设计及实现

作者：[邓轲](#)，[田泽](#)，[郭亮](#)，[王泉](#)，[DENG Ke](#)，[TIAN Ze](#)，[GUO Liang](#)，[WANG Quan](#)  
作者单位：[中国航空计算技术研究所, 陕西 西安, 710068](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2015(4)

引用本文格式：[邓轲](#). [田泽](#). [郭亮](#). [王泉](#). [DENG Ke](#). [TIAN Ze](#). [GUO Liang](#). [WANG Quan](#) [机载光纤通道采集记录仪的设计及实现](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(4)