

引用格式:乔霖,李永红,岳凤英.基于ARINC 818机载航图单元视频辅助传输方案设计[J].电光与控制,2019,26(2):93-96. QIAO L, LI Y H, YUE F Y. Design of an airborne aeronautical chart assisting video transmission system based on ARINC 818[J]. Electronics Optics & Control, 2019, 26(2):93-96.

基于ARINC 818机载航图单元视频辅助传输方案设计

乔霖^a, 李永红^a, 岳凤英^b

(中北大学, a. 仪器与电子学院; b. 电气与控制工程学院, 太原 030051)

摘要: 结合新一代航空视频总线标准ADVB,设计开发了一种机载电子航图处理视频辅助传输系统。概述了ARINC 818标准系统,结合最新协议标准对系统设计原理进行描述,提出电子航图处理视频辅助传输系统详细设计方案。系统开发遵循模块化、层次化设计,通过可编程逻辑器件FPGA设计实现ARINC 818相关视频数据协议转换,通过光模块完成视频信号光电转换,最终实现了4.25 Gbit/s传输速率,1920×1080P@60 Hz,24 bit实时高清机载电子航图视频数据传输。系统设计已成功运用在某改进型飞机的综合数据管理设备,具有重要的实际应用价值。

关键词: ARINC 818; 电子航图; 航空视频; FPGA; 视频传输

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2019.02.020

Design of an Airborne Aeronautical Chart Assisting Video Transmission System Based on ARINC 818

QIAO Lin^a, LI Yong-hong^a, YUE Feng-ying^b

(North University of China, a. School of Instrument and Electronics;

b. School of Electrical and Control Engineering, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Based on the standard of the new-generation Avionics Digital Video Bus (ADVB), an airborne aeronautical chart assisting video transmission system was designed. In this paper, the ARINC 818 protocol is described in general. Then, the system design principle is presented according to the latest protocol standard. Finally, the detailed scheme for the auxiliary video transmission system of the electronic aeronautical chart is given. The system is designed with the modular and hierarchical design method. In this system, the protocol conversion of ARINC 818 is implemented by using FPGA, and the function of optical-electro, electro-optical conversion is realized through the optical module. The real-time HD avionics video data transmission is implemented with the video frame rate as 4.25 Gbit per second, and the resolution as 1920×1080P@60 Hz, 24 bit. The system design has been successfully applied to the integrated data management system onboard a certain type of modified aircraft, and has an important practical value.

Key words: ARINC 818; electronic aeronautical chart; airborne video; FPGA; video transmission

0 引言

随着航空电子技术的进步,为了满足高性能的航空数字视频传输要求,2007年1月,ARINC和航空电子委员会(AEEC)联合发布ARINC 818航空视频传输总线协议标准,又名航空数字视频总线ADVB(Avionics Digital Video Bus)^[1-3]。ARINC 818是为满足高带宽、低延迟、无压缩数字视频传输而设计开发的视频总

线接口和协议规范^[4-5]。2013年12月,ARINC委员会起草发布ARINC 818-2标准补充,补充新增了ARINC 818标准新特征^[6-7],标准化部分用户和行业项目的要点开发设计。目前,该协议标准已成功运用于波音787,空客A350和A400M,C130AMP和C-17,F-15以及F-18改进型等项目开发设计的新一代飞行器驾驶舱航电显示系统^[8-9]。ARINC 818协议作为新一代航空视频数字总线标准^[10],已广泛运用于世界范围内的各类民用和军用飞机的设计开发项目。

本文根据航空数字视频发展新要求,设计开发了一套基于ARINC 818标准的机载航图视频辅助处理单元。系统通过利用现场可编程逻辑器件(FPGA)设计

收稿日期:2018-02-26

修回日期:2018-03-18

基金项目:山西省自然科学基金(201701D121063)

作者简介:乔霖(1993—),男,山西临汾人,硕士生,研究方向为动态测试与智能仪器。

实现航图视频数据解析、编码、重组,通过光纤通道发送至机舱任务处理机,设计实现了4.25 Gbit/s传输速率,1920×1080P@60 Hz,24 bit实时高清机载电子航图组件视频数据传输功能。

1 ARINC 818 标准概述

ARINC 818 标准是基于 FC-AV 协议制定开发^[11-12]的,该协议参考光纤通道(FC)协议0~4层架构标准,简化 FC-AV 协议,采用点对点的单向数据传输方式,取消链路初始化^[13],不需要执行网络和节点注册,解决了网络传输延迟不确定性问题,传输速率不仅支持1×,2×,4×和8×等标准 FC 速率,还支持2.5 Gbit/s和3.1875 Gbit/s等非标准传输速率。为满足信息技术发展需求,ARINC 818-2修订支持更快的FC 6×,FC 12×,FC 16×,FC 24×和FC 32×链路速率,如表1所示。

表1 ARINC 818-2 链路传输速率表

Table 1 ARINC 818-2 transmission speed

序号	链路速率/ (Gbit·s ⁻¹)	备注	序号	链路速率/ (Gbit·s ⁻¹)	备注
1	1.062 5	FC 1×	8	5.0	
2	1.5		9	6.375	FC 6×
3	1.62		10	8.5	FC 8×
4	2.125	FC 2×	11	12.75	FC 12×
5	2.5		12	14.025	FC 16×
6	3.187 5	FC 3×	13	21.037 5	FC 24×
7	4.25	FC 4×	14	28.05	FC 32×

自2007年ARINC 818标准发布至今,该协议已成功运用于多型飞机项目设计,经历了民用和军用航空器的数万小时飞行验证。随着航空电子技术的发展,ARINC 818协议面临新的设计和应用要求,2013年,AEEC发布ARINC 818-2补充协议标准。ARINC 818标准设计新增部分内容如下:1)链路速度为FC 6×,FC 12×,FC 24×和FC 32×;2)视频压缩和视频加密;3)视频通道切换;4)场序彩色显示;5)信道绑定技术;6)纯数据链协议;7)3D立体显示、区域显示。

ARINC 818-2标准补充发布进一步提高航空电子数字视频总线ADVB的应用设计兼容扩展性和灵活性,可以满足新一代航空电子视频显示系统的设计发展要求。基于新一代航空电子视频标准ARINC 818的视频传输系统设计开发是未来航空电子视频系统的重要发展方向。

2 ARINC 818 协议结构

ARINC 818视频传输采用标准的AVDS容器结构,容器系统是ARINC 818总线中传输视频流的基本单元。AVDS容器由容器头和对象构成,容器头由22个FC传输字(32 bit)组成。容器传输支持简单模式和扩展模

式,简单模式中,容器支持4个对象。对象0由4个FC传输字组成,主要用于传输辅助信息数据,规定视频帧分辨率、颜色信息、扫描方式、像素排列方式等信息。对象1用于传输音频数据,在本系统中未使用。对象2和对象3用于封装视频数据信息,当视频扫描采用逐行扫描方式时,对象3不使用。根据FC网络容器传输定义,一个容器可用于传输一帧视频图像数据。

AVDS容器根据帧头控制协议(FHCP)定义映射到AVDS帧结构中,每个AVDS帧通过SOF和EOF两种类型定界符定义帧信息起始、结束,同时包含6个FC传输字的帧头定义,用于传输AVDS帧路由控制、类型、帧控制等信息,载荷用于封装AVDS容器信息,有效载荷长度为4~2112字节。AVDS帧和AVDS容器结构映射关系如图1所示。

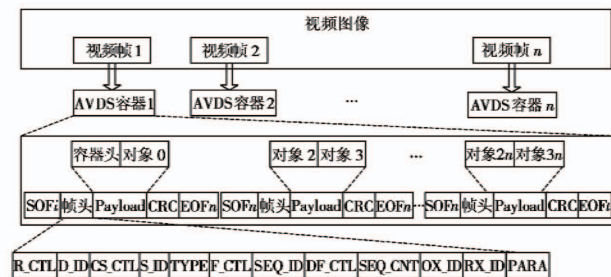


图1 AVDS帧和AVDS容器结构映射图

Fig. 1 The mapping of AVDS frame and AVDS container

本文视频图像设置为按行扫描工作方式,根据AVDS载荷最大有效2212字节长度对视频图像进行分段和重组。要求任务显示台设计显示分辨率为1920×1080、刷新率为60 Hz、像素数据为24 bit的RGB格式视频图像,AVDS视频帧采用8 bit/10 bit编码方式,考虑1.05倍的FC协议开销,传输链路速率约为3.74 Gbit/s。FC 3×无法满足数据带宽要求,设计采用4.25 Gbit/s标准FC 4×速率传输。视频图像按参数定义换算可得每行像素数据量为15 360 Byte,一行数据需要封装在10个AVDS帧,每帧载荷1536 Byte视频数据,每一个视频帧需要10 800个AVDS帧传输。

3 系统设计方案

根据ARINC 818标准要求,设计实现机载航图显示单元视频数据传输。机载航图视频首先通过航图处理模块输出24 bit,RGB格式电子航图视频像素数据。然后,数据流通过并行数据传输至FPGA内部的AVDS格式转换模块完成视频数据帧分段、重组、打包。再通过FPGA内部高速串行收发器实现8 bit/10 bit编码,编码后数据以串行数据输出方式传输至光模块。FPGA配置光模块完成航图视频流数据光电转换。最后,经由光纤通道传输至任务处理机显示终端,系统总体结构如图

2 所示。根据设计参数要求,系统详细设计方案如下。

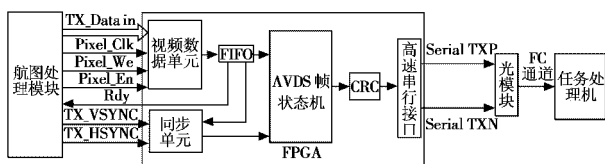


图2 系统总体结构框图

Fig.2 The structure diagram of system design

3.1 硬件电路设计

系统采用美国 Xilinx 公司设计开发的 Kintex_7 系列 XC7K160T 作为 ARINC 818 转换控制 FPGA 核心处理芯片。该芯片包含 162 240 个逻辑单元,最大分布 ROM 为 2188 Kibit,内嵌 25 × 18 bit 乘法器和 48 bit 累加器的 DSP Slices,最大 I/O 口达 400 个,支持最高 1866 Mibit/s 的 DDR3 接口配置,高速串行收发器最高可支持 12.5 Gibit/s 的数据传输速率,串行带宽达 800 Gibit/s。该系列芯片性能优异、扩展丰富、可靠性高,可以满足本系统 4.25 Gibit/s 视频数据流传输设计要求。

系统缓存模块采用 DDR3 SDRAM 设计实现,选用美国镁光公司开发生产的 MT41J256M16,差分双向数据缓存工作模式,支持最大 2 Gibit 设计缓存空间,完全满足视频数据传输需求。缓存模块设计主要功能是用于系统运行内存和缓存高速航图视频流数据,匹配系统数据处理速度等。

系统使用美国恒忆公司设计生产的 FLASH 存储模块 N25Q128 芯片,通过 SPI 串行总线接口配置芯片读/写,最高支持 108 MHz 时钟频率,128 MiB 数据存储空间。本文 FLASH 存储模块主要用于存储系统程序,完成系统 FPGA 程序加载功能。系统设计预留 1 路 RS-422 串行通信端口,主要用于视频帧自检信息输出和系统 AVDS 控制参数调整设置通道。

光电通信模块设计采用美国镁信半导体公司设计的高集成度光收发 IC 芯片 MAX3956,该芯片具有高集成度、低功耗、高性能优势。芯片支持 2 线或 3 线从机数字诊断检测,通过 MCU 配置实现数字信号传输实时监测;内置数字诊断(DCM)机制,数据链路传输速率可达 11.3 Gibit/s;提供 2 个限服放大器通道,支持速率为 4.25 Gibit/s 和 11.3 Gibit/s 的信号优化。

3.2 软件方案设计

界面控制文件(ICD)是 AVDS 帧封装和传输的控制性文件,用于确定 AVDS 帧头信息、容器头和对象 0 辅助控制信息。FPGA 根据 ICD 文件完成视频帧到 AVDS 帧映射重组,传输符合 ARINC 818 协议的视频数据流。

根据系统视频格式要求部分系统参数设置如下,对象 0 辅助视频参数数据可以确定为 Object0_Word0 = 1E004380H,定义设置视频分辨率像素大小为 1920 × 1080,基于视频帧的数据方式传输;Object0_Word1 = 10057770H,设置视频像素类型为 RGB、高度缩放比例为 1:1、从左往右和从上往下的视频像素扫描方式及颜色分量占比控制等。AVDS 容器头信息设置 AVDS 帧传输速率和视频速率一致,Word4 = 09010000H, Object0 Class = 5000。根据链路速率换算可得链路时钟为 106.25 MHz,每 32 bit AVDS 字传输需要时间约为 9.412 ns。

FPAG 作为 AVDS 视频格式转换的系统控制核心,主要根据 AVDS 帧封装定义设计逻辑处理程序。由定义可将 AVDS 帧封装划分为容器头 + 对象 0 辅助信息和对象 2 视频数据两大封装类型。两者传递数据信息、大小不同。本文设计第一类封装传递 AVDS 控制文件信息,大小为 128 Byte;第二类封装控制传输视频数据信息,根据计算封装大小为 1568 Byte,其中 SOF, CRC 和 EOF 各占 4 Byte。程序设计数据发送流程如图 3 所示。

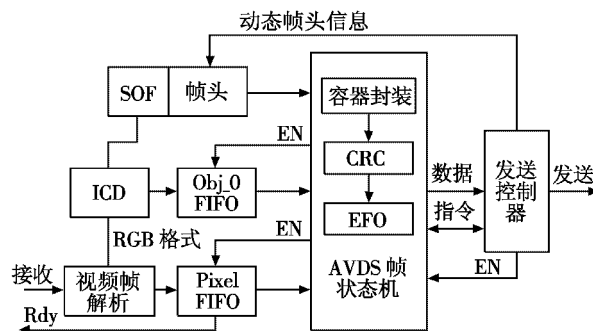


图3 数据发送流程图

Fig.3 Flow chart of data sending

4 系统测试

测试系统包括航图测试板卡、任务显示处理机、电源系统、视频分配转换盒、测试线缆等。实验测试使用光纤连接测试板卡和视频转换分配盒,将航图视频转换通过 HDMI 标准接口输出,再使用测试线缆连接至任务显示处理机,运行航图应用处理软件,加载航图视频数据,配置相关模块参数信息。系统参数配置完成后,开始加载电子航图导航信息,通过 FPGA 开发逻辑完成视频数据 ARINC 818 协议转换。任务处理机实时显示效果图和系统测试环境及板卡实物如图 4 所示。测试结果表明,系统工作正常,视频显示转换效果达到预期目标。



图4 系统测试图

Fig. 4 The test system

5 结束语

本文通过开发设计了一种基于 ARINC 818 的机载航图视频传输系统,实现了机载电子航图视频数据 ARINC 818 协议标准封装转换,完成了分辨率为 $1920 \times 1080\text{P}@60\text{ Hz}$, 24 bit , 4.25 Gibit/s 链路速率实时高清机载航图视频数据传输功能。系统设计已成功运用在某改进型飞机机载综合数据管理设备。

参考文献

- [1] ALEXANDER J, KELLER T. Using ARINC 818 avionics digital video bus (ADVB) for military displays[C]//The International Society for Optical Engineering, 2007. doi: 10.1117/12.720041.
- [2] Airlines Electronic Engineering Executive Committee. ARINC Specification 818-1 Avionics Digital Video Bus (ADVB) high data rate[S]. [S. l.]: ARINC, 2007.
- [3] KELLER T. ARINC 818 Avionics digital video bus[DB/OL]. [2018-01-21]. <http://greatriverstech.com/pdfs/what-is-arinc-818.pdf>, 2007.
- [4] GRUNWALD P. Analog video to ARINC 818[C]//Proceedings of the SPIE, 2015. doi:10.1117/12.2086442.
- [5] KELLER T, GRUNWALD P. ARINC 818 adds capabilities for high-speed sensors and systems[C]//Proceedings of the SPIE, 2014. doi:10.1117/12.2050972.
- [6] GRUNWALD, P. What's new in ARINC 818 supplement 2[C]//IEEE/AIAA 32nd Digital Avionics Systems Conference, 2013. doi:10.1109/DASC.2013.6712534.
- [7] 朱志强. ARINC818 协议特性分析[J]. 电子技术, 2013, 40(6):30-32.
- [8] KELLER T, ALEXANDER J. Extending ARINC 818: the development of an ARINC 818 switch architecture[C]//Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2010. doi: 10.1109/DASC.2010.5655321.
- [9] ZIMMERMAN M. High bandwidth, real-time video transport with ARINC 818[C]//Proceedings of the SPIE, 2017. doi:10.1117/12.2262794.
- [10] GRUNWALD P. ARINC 818 specification revisions enable new avionics architectures[C]//The International Society for Optical Engineering, 2014. doi:10.1117/12.2050965.
- [11] 李宁宁,何宇. 基于 ARINC818 机载音视频的测试方案设计[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(4):34-35, 50.
- [12] 冯晓旺,蓝海文. ARINC 818 在航空电子视频系统中的应用[J]. 航空制造技术, 2011(13):84-86.
- [13] 贾瑞. ARINC 818 视频传输系统研究与实现[D]. 成都:电子科技大学, 2012.
- [1] 王建刚. 网络中心战系统及其发展[J]. 电光与控制, 2010, 17(5):1-5.
- [2] 任文明,舒振杰. 飞机/悬挂物电气接口标准研究[J]. 航空标准化与质量, 2013(2):18-21.
- [3] 马洪湖,李铭,姜立新. 通用武器控制技术在飞机综合航电系统设计中的实现[C]//第七届中国航空学会青年科技论坛文集. 中山:中国航空学会, 2016:551-555.
- [4] 叶又东,卜亚军,王鑫,等. 机载武器系统集成技术与实现分析[J]. 航空兵器, 2015(4):63-68.
- [5] KEITH A R. Aircraft systems integration of air-launched weapons[M]. Hoboken: Wiley, 2013.
- [6] 杨开平,崔小航,段荣. 新一代机载悬挂物管理系统需求分析[J]. 航空制造技术, 2016, 59(14):65-68.
- [7] 郑磊刚,聂光成,许凌权,等. 支持 PnPW 集成的开放式 SMS 软件模型与结构设计[J]. 弹箭与制导学报, 2011, 31(2):207-210.
- [8] 沈培顺,蒋俊辉,史兆明,等. 即插即用武器综合技术在悬挂物管理系统设计中的实现[J]. 电光与控制, 2013, 20(5):77-80.
- [9] 赵志彬,史兆明,郭文利,等. 面向通用武器插件的悬挂物管理软件架构研究[J]. 航空电子技术, 2017, 48(3):37-40.

(上接第 83 页)

参考文献