

基于 SoPC 的多路音视频记录仪的设计与实现

许宏杰,田 泽,安博锋,王 泉

(中航工业西安航空计算技术研究所,陕西 西安 710068)

摘 要:飞机飞行过程中的视频记录对飞行训练评估、战时调查分析以及新型飞机的研制和试飞具有十分重要的意义。目前市场上的多路视频记录仪多采用 DSP 或核心编码电路加外围电路的方式实现,系统复杂度较高,灵活性差。文中针对现有实现方式的不足及多路音视频记录仪的系统需求,提出了一种基于 SoPC 的多路音视频记录仪的系统架构,重点阐述了该记录仪的系统组成、外围接口电路、SoPC 逻辑及 SoPC 软件的设计与实现。测试结果表明,该多路音视频记录仪功能、性能完全满足系统应用需求。

关键词:SoPC;H. 264/AVC;MPEG-2/4 AAC;传输流

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)04-0170-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.043

Design and Implementation of Multi-channel Digital AV Recorder Based on SoPC

XU Hong-jie, TIAN Ze, AN Bo-feng, WANG Quan

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

Abstract: The flying Audio and Video (AV) information recorded in real time is very important in evaluating flight quality and researching in wartime, which is available for the development of a new type of avion at the same time. Currently on the market multi-channel digital AV recorder uses DSP or CODEC circuit and peripheral circuit to implement, system complexity is higher, and the flexibility is poor. In view of the shortage of the existing implementation way and the system requirements, propose a system architecture of multi-channel digital AV recorder based on SoPC. Then expound the composition of the AV recorder system, the peripheral interface circuit, the design and implementation of SoPC logic and SoPC software. The test shows that the function and performance of multi-channel digital AV recorder completely meets the system requirements.

Key words: SoPC; H. 264/AVC; MPEG-2/4 AAC; transport stream

0 引言

机载视频数据是反映飞行状况的重要数据,在飞行员的日常训练和飞行中发挥着十分重要的作用。在飞行过程中实时记录的座舱内外视景、座舱各仪表的画面以及座舱语音内容等信息,对于平时飞行训练评估、战时调查分析以及新型飞机的研制和试飞具有十分重要的意义。

因此,机载视频记录器已成为飞行试验中最重要的机载测试设备之一^[1-2]。

机载多路音视频记录系统主要用于记录机头视景、座舱内显示及前视红外传感器等视频信息,以及座

舱内音频信息和飞行员耳机音频信息。传统的记录机载视频数据的方法是采用磁带机记录,但磁带机存在体积大、检索不便、图像清晰度低、成本高等缺点^[3]。随着数字视频技术的飞速发展,数字视频记录设备在航空领域得到了广泛的应用。

文中针对多路音视频记录仪的系统需求,提出了一种基于 SoPC 的多路视频记录仪的体系架构,该架构可以根据不同的系统需求进行定制,在此基础上重点阐述了该多路视频记录仪的系统组成、SoPC 逻辑及 SoPC 软件的设计与实现,最后给出了实现结果。

收稿日期:2013-07-10

修回日期:2013-10-16

网络出版时间:2014-01-28

基金项目:国家“十二五”微电子预研(51308010601);中国航空工业集团公司创新基金(2010BD63111)

作者简介:许宏杰(1981-),男,陕西宝鸡人,研究方向为集成电路设计;田 泽,博士,研究员,研究方向为 SoC 设计、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.20140128.1131.002.html>

1 多路音视频记录仪概述

机载多路音视频记录仪可支持 4 路视频、1 路音频的压缩记录,每路均可独立控制启停和调节参数,互不干扰。记录仪将采集飞行员在训练和作战过程中的音视频信号,并编码成符合 H. 264/AVC 标准的视频数据、MPEG-2/4 AAC 标准的音频数据,经码流复用后存储在 IDE 设备上。记录仪的主要技术指标如下:

- 1) 视频接口:实现 3 路差分 XGA 模拟视频信号和 1 路差分 PAL 视频信号输入,分辨率分别是 1 024×768 和 720×576;
- 2) 音频接口:实现 1 路音频信号输入;
- 3) 记录接口:实现 IDE 控制器,将压缩后的音视频数据以文件的形式保存到电子盘,支持 FAT32 文件系统;

- 4) 实现 2 路 RS422 接口,用于与综显的通信,接收综显的控制命令;
- 5) 实现 1 路以太网接口,用于记录来自飞行显示器发来的飞行参数数据。

2 多路音视频记录仪系统架构设计

根据音视频记录仪的技术指标,选用 Xilinx FPGA 实现 4 路视频、1 路音频的压缩、复用及记录等功能。由于视频编码核需要允许 FW 软件对编码核进行控制,记录接口需要支持 FAT32 文件系统,因此,利用 FPGA 内嵌的 PPC440 处理器来实现上述操作,并且完成对音频编码核、串口控制器、以太网接口的控制。多路音视频记录仪的系统结构如图 1 所示。

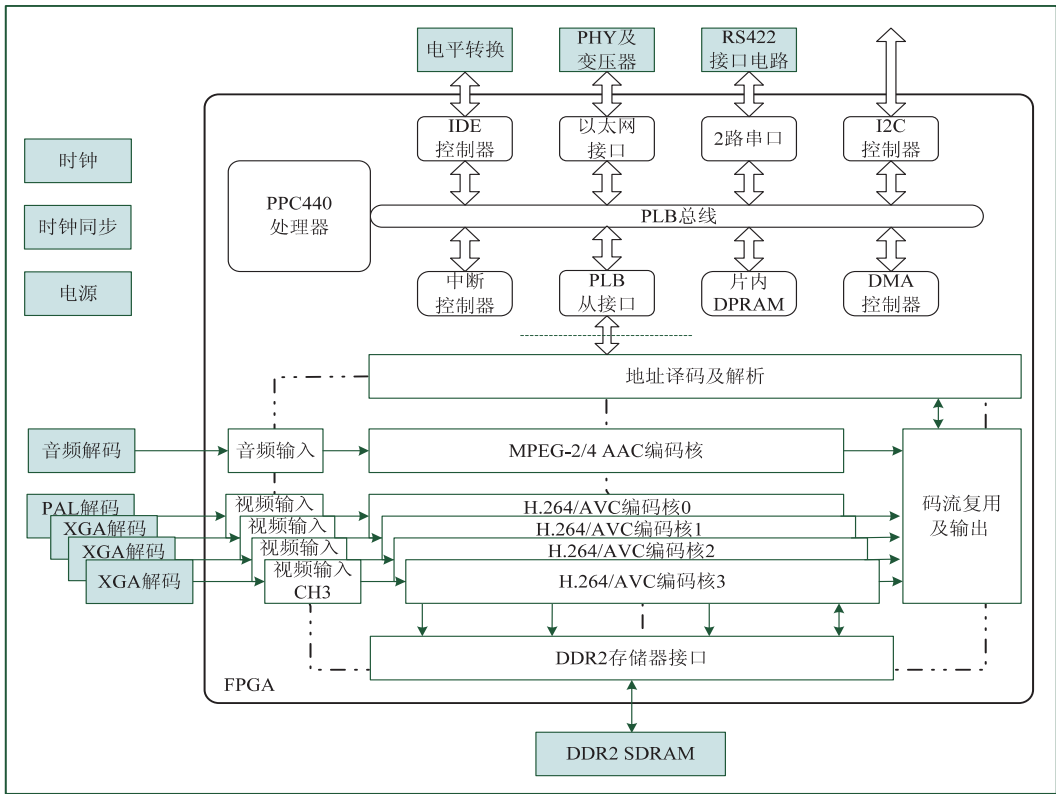


图 1 多路音视频记录仪的系统结构

多路音视频记录仪主要由 PAL/XGA 解码电路、音频解码电路、Xilinx Virtex5 FPGA 电路、DDR2 SDRAM 存储器、IDE 电平转换电路、以太网 PHY 及变压器电路、RS422 接口电路、时钟电路、时钟同步电路、电源转换电路组成。其中 PAL/XGA 解码电路将模拟视频信号转换为数字信号,供 FPGA 的视频输入接口采集;音频解码电路将模拟音频信号转换为数字信号,供 FPGA 的音频输入接口采集;FPGA 作为整个多路音视频记录仪的核心,完成音视频数据的编码、复用、记录等控制;DDR2 SDRAM 存储器作为视频编码的帧缓存和中间数据缓存使用;IDE 接口电平转换完成+5

V 和+3.3 V 电平信号的转换。

3 多路音视频记录仪的设计与实现

3.1 外围接口的实现

PAL 解码电路采用 SAA7113H 实现,将模拟音频数据转换为数字信号;XGA 解码电路采用 DS26C32AMW/883、AD813AR-14 和 ADV7403BSTZ-110 实现,将差分模拟视频数据转换为数字信号;IDE 电平转换电路采用 SM164245 实现+5 V 和+3.3 V 电平信号的转换;以太网 PHY 及变压器电路采用 DP83848YB 和 HX1188 实现;RS422 接口电路采用

MAX3491ESD 实现、时钟同步电路采用 MKS2703s 实现。

3.2 视频缓存的实现

视频缓存采用 DDR2 SDRAM 存储器实现,设计中采用 4 片 MT47H128M16HG-3IT 拼接实现,数据宽度为 64 位,数据速率为 533 MHz。DDR2 SDRAM 存储器中存放 4 路视频的视频帧数据、参考帧数据、宏块信息、基本流数据等。设计中将 4 路视频的相关数据分别存放在 DDR2 SDRAM 的不同 Bank 中。

3.3 SoPC 逻辑的实现

FPGA 逻辑中采用了 Xilinx FPGA 中内嵌的 PPC440 处理器,使用 EDK12.4 开发工具完成 PPC440 处理器及周边模块/IP 的互连,除了 PPC440 处理器之外,PLB 总线上的设备还包括片内 DPRAM 存储器、DMA 控制器、中断控制器、PLB 从接口、IDE 控制器、以太网接口、2 路串口控制器、I2C 控制器等。完成各个模块的互连之后,通过 EDK12.4 对各个 PLB 设备的地址空间进行分配。由于 FPGA 逻辑规模非常巨大,Xilinx FPGA 中带有 PPC440 处理器且容量最大的 XC5VFX200T 无法满足要求,因此,设计中采用 Xilinx XC5VFX130T 和 XC5VLX330 两片 FPGA 来实现。逻辑从 PLB 从接口与地址译码及解析之间的虚线处划分开,这样既可以减少两片 FPGA 间的连线数量,又便于 FPGA 调试。

3.3.1 H.264/AVC 视频编码

H.264/AVC 是 ITU-T 的 VCEG 和 ISO/IEC 的 MPEG 的联合视频组 (Joint Video Team, JVT) 共同开发的一个新的数字视频编码标准,与以前的编码标准相比,其具有高压缩率、高图像质量、容错能力强、网络适应性强等特点,已成为当前最为流行的一种编码方式^[4-6]。

视频编码模块将输入的视频源 (PAL 或 XGA) 进行缓冲、编码、存储中间数据,并且将编好的码流输出,功能框图如图 2 所示。视频编码模块由视频输入接口、视频编码核、DDR2 存储器接口三部分组成。

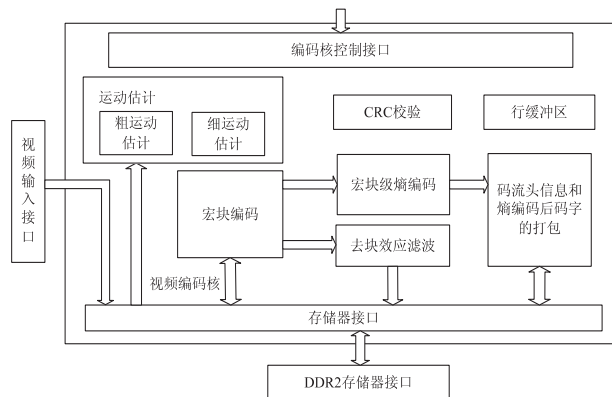


图 2 视频编码模块功能框图

视频输入接口用于接收外部输入的数字视频信号,对其进行视频格式检查,解析出视频帧数据,并将数据转换为 4:2:0 采样格式的 YCbCr 视频数据输出给视频编码核。该接口支持的分辨率为 720×576 (50i) 和 1 024×768 (60 Hz)。

视频编码核符合 H.264/AVC 标准 MainProfile,支持 intra4×4 预测和 intra16×16 预测模式,支持多帧参考和变块运动补偿,支持 1/4 像素精度亮度运动补偿和 1/8 像素精度色度运动补偿,支持 CAVLC 和 CABAC 熵编码,支持帧级 CBR/VBR 码流控制,支持环内去块效应滤波。

DDR2 存储器接口对视频编码核发起的多个数据读写操作请求按照指定的优先级进行仲裁,并且结合视频编码核数据读写类型及 DDR2 存储器的特性,对数据的读写操作进行数据 Cache 管理,以提高整个视频编码模块的性能。

3.3.2 MPEG-2/4 AAC 音频编码

MPEG-2/4 AAC 是一种感知音频编码算法,通过去除音频信号的客观和主观冗余达到压缩音频信号的目的,采样后的脉冲编码调制序列 (Pulse Code Modulation, PCM) 经压缩后形成音频数据传输流 (Audio Data Transport Stream, ADTS),压缩比可达 11:1^[7-10]。

音频编码模块按照 MPEG-2/4 AAC 编码标准将 I²S 接口输入的 PCM 音频数据编码成 ADTS 码流输出,功能框图如图 3 所示。音频编码模块由音频输入接口和音频编码核两部分组成。

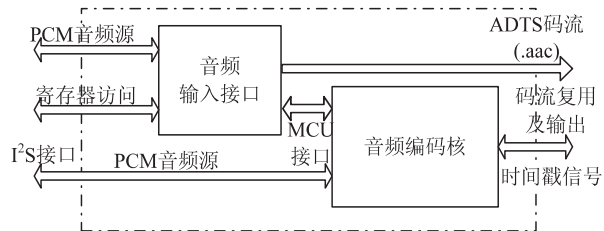


图 3 音频编码模块功能框图

音频输入接口是音频编码核同外部进行信息和数据交互的控制接口,完成音频编码模块外部接口时序到 MCU 接口时序的转换。主要包括:完成 PPC440 处理器对音频编码核寄存器的访问,通过主机接口写入音频数据,并接收音频编码核输出的 ADTS 码流等功能。

音频编码核为购买的商用 IP 软核,符合 ISO 13818-7 和 14496-3 AAC 标准,支持 32 kHz、44.1 kHz、48 kHz 采样频率,16-bit 采样位宽的单、双声道 PCM 输入,码流输出速率可配置为 32~128 kbps。可通过 MCU 接口或 I²S 总线接口输入音频源,将输入的 PCM 音频数据编码成 ADTS 码流输出,具有多声道、多采样率、高压缩比、高音质等特点。

3.3.3 码流复用及输出

MPEG-2 系统层标准可以将一个或者多个音频、视频和其他的基本数据流合并成单个或者多个数据流以适应存储和传送,并在码流中插入各种时间标记和系统控制等信息,最终形成两种数据流——传输流 (Transport Stream, TS) 和程序流 (Program Stream, PS)^[11-13]。

码流复用及输出模块的功能按照 ISO 13818-1 标准,通过寄存器设置,控制各个模块,完成音视频基本流 (Elementary Stream, ES) 的打包和复用,生成符合标准的 TS 流数据,然后放入指定的 TS 流缓冲区。

如图 4 所示,打包器 (ES2PES) 完成音视频数据从 ES 流到 PES 流的转换,音频 PES 包通常不超过 64 字节,视频一帧为一个 PES 包,PES 包由包起始码、PES 包头和净荷组成;节目特殊信息流 (Program Specific Information, PSI) 模块产生符合 ISO 13818-1 标准要求的节目特殊信息,包括节目关联表 (Program Association Table, PAT)、节目映射表 (Program Map Table, PMT) 和节目时钟参考 (Program Clock Reference, PCR) 等数据包。

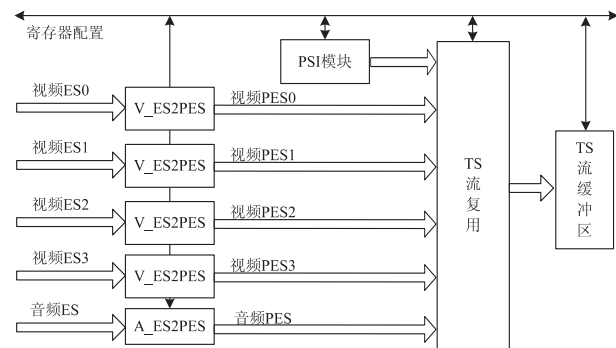


图4 码流复用及输出结构图

3.3.4 IDE 记录接口

IDE 记录接口符合 ATA/ATAPI-5 协议^[14],实现了 PIO 模式寄存器传输、PIO 模式数据传输和 UDMA 模式数据传输,UDMA 模式最高传输速度为 66 Mbps,用于完成对码流数据的高速存储;实现了 16 位循环冗余校验,保证数据在高速传输中的可靠性和完整性;支持了 16 位数据的大小端传输,以兼容各种平台下的文件系统数据一致性;通过参数配置可将数据通过 DCR 总线或 PLB 总线写到外部的 IDE 设备。

3.4 SoPC 软件的实现

多路音视频记录仪的软件包括底层驱动软件、视频编码核 FW、FAT32 文件系统三部分。三部分软件均采用 Xilinx Software Development Kit 环境开发,软件驻留在 FPGA 的 PROM 中,运行在 FPGA 内嵌的 PPC440 处理器之上。系统上电后,软件自动加载运行。

3.4.1 底层驱动软件

底层驱动软件主要用于对系统中 DMA 控制器、中断控制器、PLB 从接口、IDE 控制器、以太网接口、2 路串口控制器、I2C 控制器等设备的初始化配置以及数据收发服务。

3.4.2 视频编码核 FW

视频编码核 FW 主要用于实现存储器地址空间分配、编码核基本参数配置、编码核流程控制、编码核参考帧管理,以及编码核码率控制等功能。

3.4.3 FAT32 文件系统

FAT32 文件系统主要实现磁盘分区、逻辑盘加载/卸载、格式化、初始化;文件或目录的创建、打开、删除、重命名,目录信息的读取,文件读写及关闭,文件或目录的属性、时间表修改;改变当前的驱动器号,改变驱动器的当前目录,获取当前目录;按指定格式将数据写到指定的文件中;获取文件系统中空闲簇的个数等功能。

4 结束语

文中介绍了一种基于 SoPC 的多路音视频记录仪的硬件架构,可以有效解决多路音视频压缩的问题。FPGA 中集成了丰富的硬件资源,如以太网接口、IDE 控制器,可大大简化系统级硬件设计的复杂度。通过使用 FPGA 内嵌的 PPC440 处理器进行 FAT32 文件系统管理,可以有效地减轻系统主机的负担。经过测试表明,该多路音视频记录仪功能、性能可完全满足系统应用需求,具有较好的应用价值。

参考文献:

- [1] 朱攀蓉,姜红梅,翟正军. 机载多路数字音视频记录系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计,2006,27(3):393-395.
- [2] 李宏,吴衡. 机载 LVDS 数字视频信号采集记录技术研究[J]. 电光与控制,2011,18(5):72-75.
- [3] 危自福,肖卫华,毕笃彦. 小型机载数字视频记录系统的设计与实现[J]. 电子工程师,2006,32(9):43-45.
- [4] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准-H. 264/AVC[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [5] 陈佳,田泽,黎小玉,等. H. 264/AVC 视频编码核基于 FPGA 验证的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2013,23(7):10-13.
- [6] ITU-TSERIES H: Audiovisual and multimedia systems infrastructure of audiovisual services - Coding of moving video advanced video coding for generic audiovisual services[S]. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union, 2005.
- [7] 王婷,田泽,许宏杰,等. MPEG-2/4 AAC 音频编码模

(下转第 177 页)

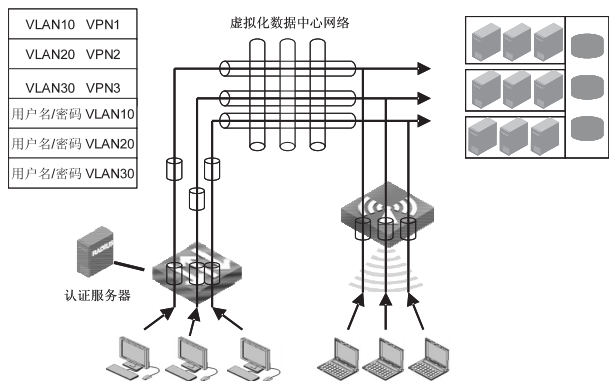


图4 基于访问控制的网络虚拟化架构

端到端虚拟化中,各层次网络的作用是:

①隔离各种用户,使用 EAD 策略隔离各种接入用户,并结合虚拟局域网 VLAN 及虚拟个人网 VPN 技术,为用户分配合理的访问权限及认证授权方式,屏蔽硬件终端的异同,完成统一接入。

②使用 MPLS VPN 和 Multi-VRF 技术,可以确保合法的用户访问具有合理访问权力的资源,并且可以隔离某些业务之间的数据交换。

③通过集中的策略管理方式及正确的安全分离方法,保证虚拟化数据中心的服务器为合法用户提供权限之内的服务,从而隔离对存储资源的访问。

对于数据中心的建设问题,网络虚拟化技术为其展示了新的标准,架构了新的模型,因此这种新型、灵活的结构,更适合各种数据中心的网络基础设施使用,并为高校构建可持续、高可靠、高可用的网络提供了参照,对网络资源的使用达到更优的使用目的。

3 结束语

纵观教育信息化发展的趋势,数据中心的建设必将是高校信息化发展过程中的关键一步,在高校信息技术战略规划中占据举足轻重的地位。其建设目标是整合集成各种信息资源、存储资源、网络资源,为校园内的各种服务提供安全、高速的保障。搭建一个对校

内各类信息统一管理的平台,动态、实时地监控校内各项指标,为学校信息化管理提供策略依据,为校内各级领导、教师、学生及管理服务人员的数据信息需求提供来源,未来以服务为导向的校园虚拟化数据中心必将为学校服务的主体对象学生、老师带来更大的便利。

参考文献:

- [1] Cook G, Horn J V. How dirty is your data?: A look at the energy choices that power cloud computing[R]. [s. l.]:[s. n.], 2011.
- [2] Qureshi A. Power-demand routing in massive geo-distributed systems[D]. Massachusetts:Massachusetts Institute of Technology,2010.
- [3] Gao P X, Curtis A P, Wong B, et al. It's not easy being green [C]//Proc of the ACM SIGCOMM 2012. Helsinki, Finland; [s. n.], 2012; 211-222.
- [4] 江 雍,陈培毅. 高校数据中心的建设研究[J]. 网络安全技术与应用, 2011(11):57-60.
- [5] 王 宇,刘小锋,王兴伟. 虚拟化技术在高校信息化建设中的应用[J]. 计算机科学与探索, 2010, 4(4):353-358.
- [6] 杭州华三通信技术有限公司. 新一代网络建设理论与实践[M]. 北京:电子工业出版社, 2011.
- [7] 张炎苓. 基于虚拟技术的数据中心建设研究[D]. 天津:天津大学, 2010.
- [8] 徐笑宇,黄 磊. 虚拟化技术在高校信息化建设中的探讨[J]. 西南民族大学学报:自然科学版, 2008, 34(4):818-822.
- [9] 宋 雨,易 璐,王凤霞. 基于云存储的重复数据删除架构的研究与设计[J]. 计算机系统应用, 2013, 22(1):208-211.
- [10] 刘晓茜,杨寿保,郭良敏,等. 雪花结构:一种新型数据中心网络结构[J]. 计算机学报, 2011, 34(1):76-86.
- [11] 邓 维,刘方明,金 海. 云计算数据中心的新能源应用:研究现状与趋势[J]. 计算机学报, 2013, 36(3):582-598.
- [12] 叶可江,吴朝晖,姜晓红,等. 虚拟化云计算平台的能耗管理[J]. 计算机学报, 2012, 35(6):1262-1285.

(上接第 173 页)

- 块的验证[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(7): 57-59.
- [8] 张树华, 窦维蓓, 杨华中. MPEG-2/4 AAC 音频编码器的低复杂度优化[J]. 电声技术, 2010(4): 71-74.
- [9] ISO/IEC 14496-3: Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 3: Audio second edition[S]. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union, 2001.
- [10] ISO/IEC 13818-7: Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 7: Advanced audio coding[S]. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union, 2006.
- [11] 安博锋, 田泽, 许宏杰. 传输流复用器的设计与实现[J]. 电子技术论坛论文集(A辑). 长沙: 国防科技大学出版社, 2011: 369-372.
- [12] 高晓娜, 李华. MPEG-2 传输流复用器的设计[J]. 电子测量技术, 2007, 30(3): 120-122.
- [13] ISO/IEC 13818-1: Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems third edition[S]. Geneva, Switzerland: International Telecommunication Union, 2007.
- [14] Information technology - AT attachment with packet interface-5(ATA/ATAPI-5)[S]. New York, USA: American National Standards Institute, 2000.

基于SoPC的多路音视频记录仪的设计与实现

作者：[许宏杰](#)，[田泽](#)，[安博锋](#)，[王泉](#)，[XU Hong-jie](#)，[TIAN Ze](#)，[AN Bo-feng](#)，[WANG Quan](#)

作者单位：[中航工业西安航空计算技术研究所, 陕西 西安, 710068](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

ISTIC

年，卷(期)：2014(4)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201404043.aspx