

基于 PCI EXPRESS 总线的视音频采集卡的设计

强 俊, 楚 宁, 周鸣争

(安徽工程科技学院 计算机科学与工程系, 安徽 芜湖 241000)

摘 要:在数字电视领域,对信号传输实时性、误码率及可靠性要求很高,并且随着 CPU 主频的发展,传统的 PCI 总线已渐渐不能满足带宽和传输精确性的要求,文中通过分析 MPEG-2 传输流的特点以及传统总线和 PCI EXPRESS 总线的性能,提出了一种在视音频采集卡中采用 PCI EXPRESS 总线技术的设计方案,该方案利用 FPGA 中已有的高速收发器模块及现有的 PCI EXPRESS IP 内核来设计和配置,可实现数字电视制播系统中信号传输实时性和可靠性的要求。

关键词:PCI EXPRESS 总线;PCI 总线;传输流;FPGA

中图分类号:TN949.197;TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)05-0079-04

Design of Video & Audio Collection Block Based on PCI EXPRESS Bus

QIANG Jun, CHU Ning, ZHOU Ming-zheng

(Dept. of Computer Sci. & Eng., Anhui University of Technology and Science, Wuhu 241000, China)

Abstract: In the field of digital-TV, the demand of signal transmission's real time, error-code rate and dependability is very high. And with the development of CPU, traditional PCI bus couldn't satisfy with bandwidth and transmission accuracy gradually. Analyses MPEG-2 TS's characteristic and the performance of traditional bus and PCI EXPRESS bus, and proposes a project which using PCI EXPRESS bus technology in video & audio collection block. This project designs and configures by using high transceiver module of FPGA and PCI EXPRESS IP core. It can realize signal transmission's real time and reliability in digital-TV's broadcasting system.

Key words: PCI EXPRESS bus; PCI bus; TS; FPGA

0 引 言

数字通信技术、数字信号存储技术、数字信号处理技术及计算机技术的发展,使得数字电视技术迅速成为近来学术研究和产业发展的热点。在数字电视领域,对信号传输实时性、误码率及可靠性要求很高。而传统的微机总线由于宽带的限制,已成为制约微机性能的瓶颈,也不能满足高速数据采集和处理的要求。文中通过分析数字电视统一压缩编码规范 MPEG-2 的传输流特性和相关传输技术,并对比传统 PCI 总线和 PCI EXPRESS 总线相关性能,提出在视频采集卡中采用 PCI EXPRESS 总线,来更好地适应 MPEG-2 传输流的特点,满足现在 PC 机硬件发展水平,以及带宽和数字电视制播系统实时性、可靠性的要求。

1 MPEG-2 系统层规范及传输流特性

1.1 系统层规范

MPEG-2 国际标准分为系统、视频和音频三部分,分别定义了视频、音频数据的压缩编码和解码算法。MPEG-2 规范中有一个专门的部分是关于传输问题的,就是系统层^[1],各层次关系如图 1 所示。

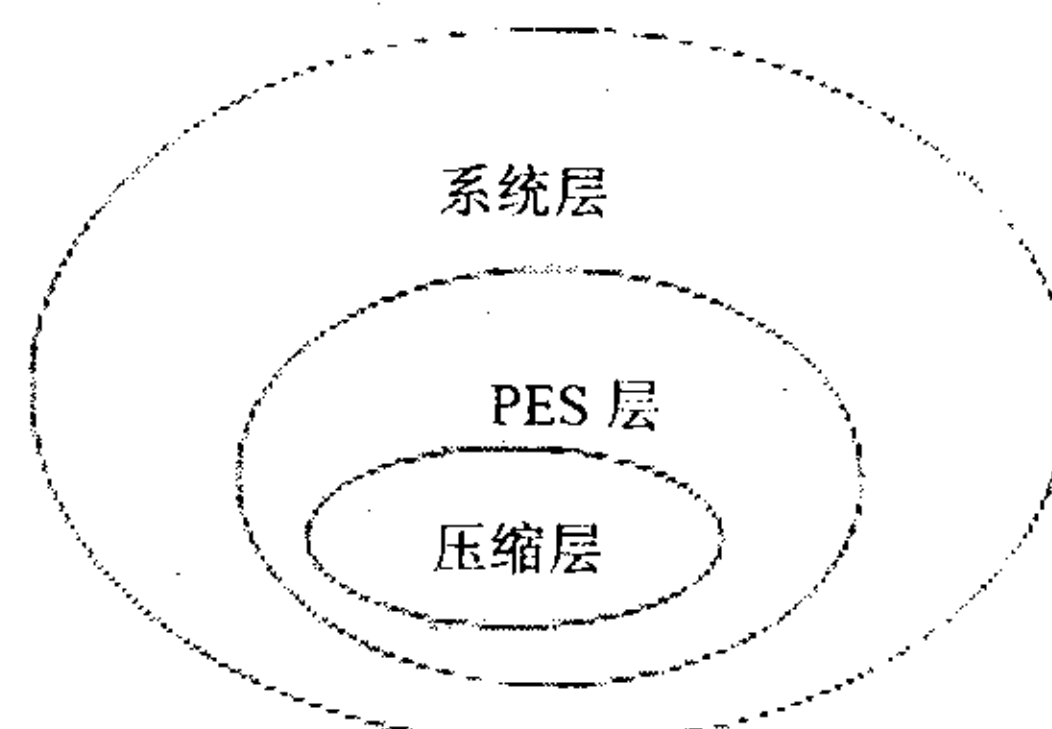


图 1 MPEG 规范的层次结构

系统层的工作主要是将一个或多个音、视频流或其他的基本数据流复用成单个或多个数据流,来满足存储和传输的要求。MPEG-2 定义了两种传输规范:节目流和传输流。

节目流主要针对错误相对较少的环境,适用于交互式多媒体这样一些涉及软件处理的应用,每个节目

收稿日期:2006-07-18

基金项目:安徽省教育厅产业化贴息项(2004cy16)

作者简介:强 俊(1981-),女,安徽芜湖人,硕士研究生,研究方向为数字图像处理与模式识别、数字视频技术;周鸣争,硕士生导师,教授,研究方向为数字图像处理与模式识别、网络安全。

流仅包含一道节目,其包的大小可变。

传输流主要针对容易发生错误的环境,适用于非可靠信道的传输,如卫星信道、微波信道和 CATV 信道等,这些传输环境中噪音和错误是不可避免的。传输流可以将多道节目复合成一个单独的流,允许多节目的复接,还允许同一节目包含多个视频和音频流,同时可以附加一些非相关信息。

1.2 传输流特性

传输流具有固定的包长,188 字节,帧结构如图 2 所示。

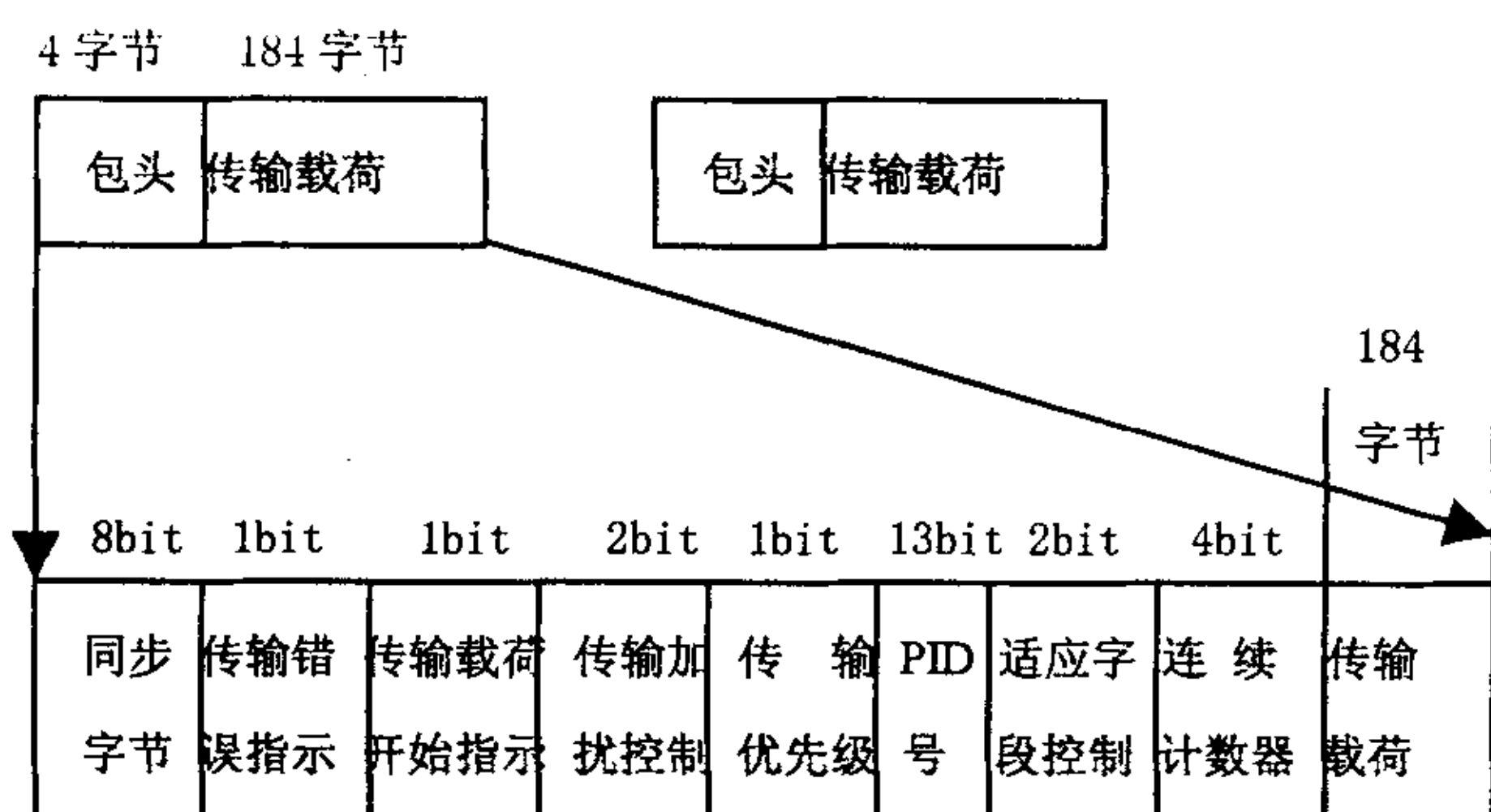


图 2 MPEG-2 传输流帧格式

MPEG-2 的两种码流都是在 PES 分组上构建的,视频或音频数据经编码器编码后得到基本码流(element bit stream),再经过一个打包器打包(即数据分组),被打成一个包,称之为 PES,即打包的基本码流,其包结构长度可变,之后再进入传输或节目复用器。PES 的数据长度最大可到 216 字节,但一般是一个存取单元的长度。一个存取单元相当于一幅视频图像,也可以是一个音频帧。在 PES 的头部包含有许多信息,可用来识别这个 PES 是视频还是音频,或是数据,也可以知道包有多长等。MPEG-2 传输流的突出特点就是,其固定长度只有 188 字节,即 4 个字节的包头加上适应字段和有效载荷。传输流的包头首先是一个同步字节,后有一个 13bit 的 PID,还有一系列的相关标志比特,用来标志对传输载荷的处理。传输流的形成过程如图 3 所示。

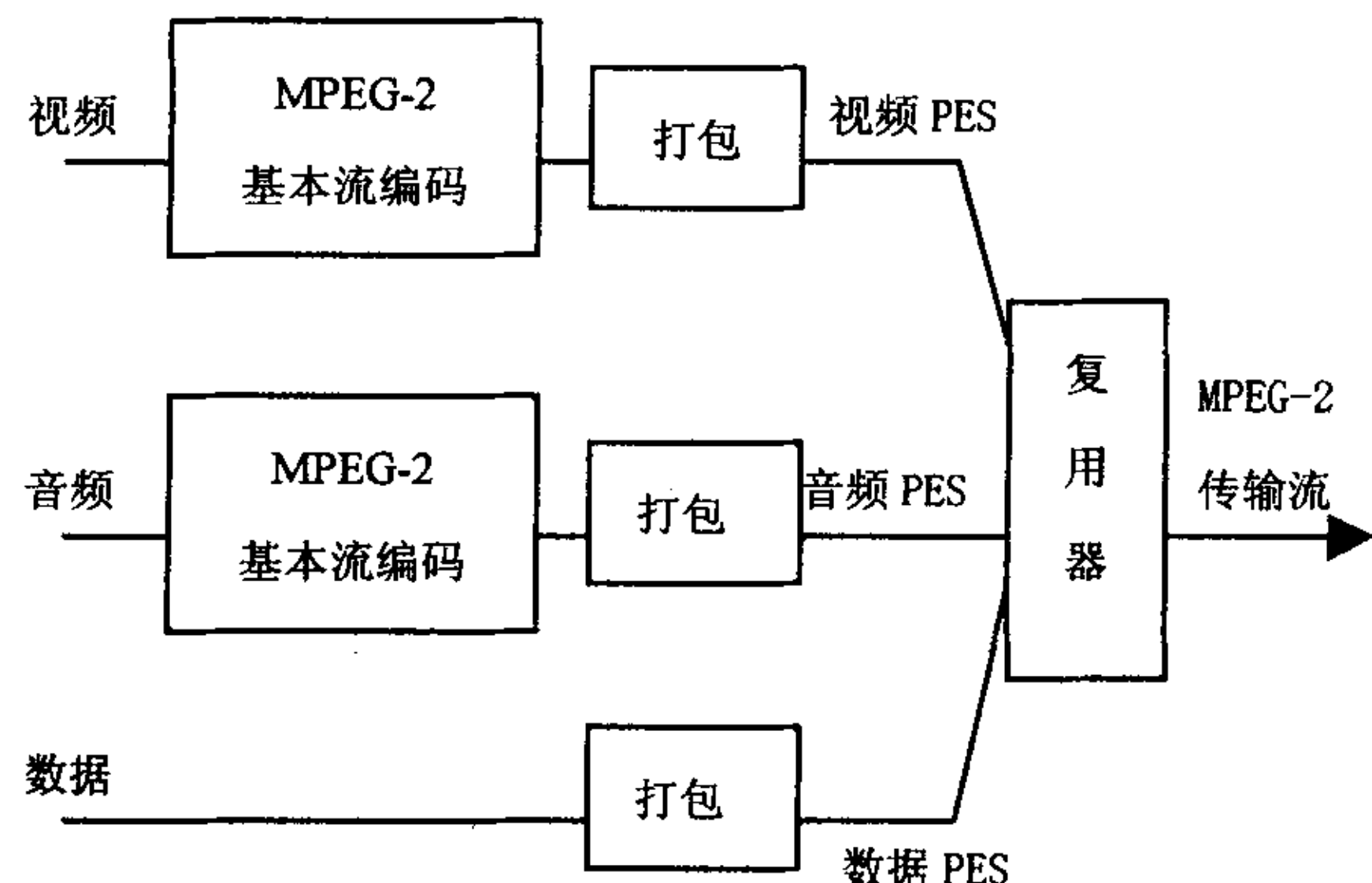


图 3 传输流系统框图

传输流^[2,3]的速率可以是变化的或固定不变。在任何情况下组成的原始流可以变化或固定。传输流速率由节目参考时钟(PCR)字段的位置和数值决定,通常每个程序都有自己的 PCR 字段。传输流可以有很多方法产生有效的数据流:从原始的编码数据流,从节目流,从其他本身包含一个或多个节目的传输流都可以构成含有一个或多个节目的传输流。

MPEG-2 传输流采用的是一个“包流”技术。类似于以太网和 SONET/SDH,音频和视频数字化后,打成含有包头、包尾的包串,传输系统再根据包头、包尾确定包的性质和流向。这种复用称为统计复用,它可以动态改变流的标号(PID),可以动态改变任何特定流的传输速率,仅通过选择 PID 号便可以实现对任何单个流的接入。对它的限制也就是整个组合流的速率必须与相应的物理信道带宽相一致。

但是 MPEG-2 传输流作为一种复用方式并不能保证传递数据的可靠性,其传输流的传输依赖于底层的服务,传输包的识别、包头的指示、误码检验都是通过底层来提供的。一般要求信道误码率低于 10^{-10} 。

2 传统基于 PCI 架构的 I/O 卡的缺陷

(1)PCI 的速率问题。

并行 PCI 总线的数据传输率只有 133Mb/s,根本不能满足现在复杂多媒体数据实时传输的需求,另外它不能随着主频的提高或者电压的降低而灵活调整传输速率。基于 PCI 架构(PCI,PCI-X)的 I/O 卡很快将不能满足需求。通过表 1,可以看到 PCI EXPRESS 和其他 PCI 总线的比较。

表 1 PCI EXPRESS 和以往 PCI 总线性能比较

总线名称	工作频率	峰值带宽	备注
PCI	33MHz	133MB/s	PCI 1.0
	66MHz	533MB/s	PCI 2.0
PCI-X1.0	133MHz	1.06GB/s	向下兼容 PCI
PCI-X1.0	1066MHz	3.6GB/s	向下兼容 PCI
PCI-EXPRESS	2.5GHz	16GB/s	X32 配置聚合带宽

从表中可以看出,PCI EXPRESS 总线性能已经大大超越了其他 PCI 总线。

(2)PCI 总线在视音频应用上的缺陷。

现在,软件应用越来越依靠硬件平台,特别是 I/O 子系统,各种不同视音频数据流在 PC 机上的应用已非常普遍,但是目前带宽仍然是制约其应用的主要因素。传统 PCI 总线的单点故障问题严重,任何一个单个 I/O 连接点的错误都可能严重影响数据的传输,这在视音频数据的传输上绝对是个急需解决的问题。

3 PCI EXPRESS 体系结构及技术特性

PCI EXPRESS^[4~6]是一种新型串行 Point-to-Point I/O 体系。它用高速串行接口替代了传统的并行接口;用点对点的交换式通讯替代了基于总线的通讯;用基于包的传输协议替代了基于总线的传输协议。

3.1 PCI 的分层体系结构

PCI EXPRESS 总线采用了类似于 TCP/IP 协议的分层结构和数据帧逐层传递模式,这样的好处就是可以更有效地利用串行数据传输的优势。PCI EXPRESS 协议定义了三层结构,从上到下依次为物理层、数据链路层、传输层。结构及相互关系图如图 4 所示。

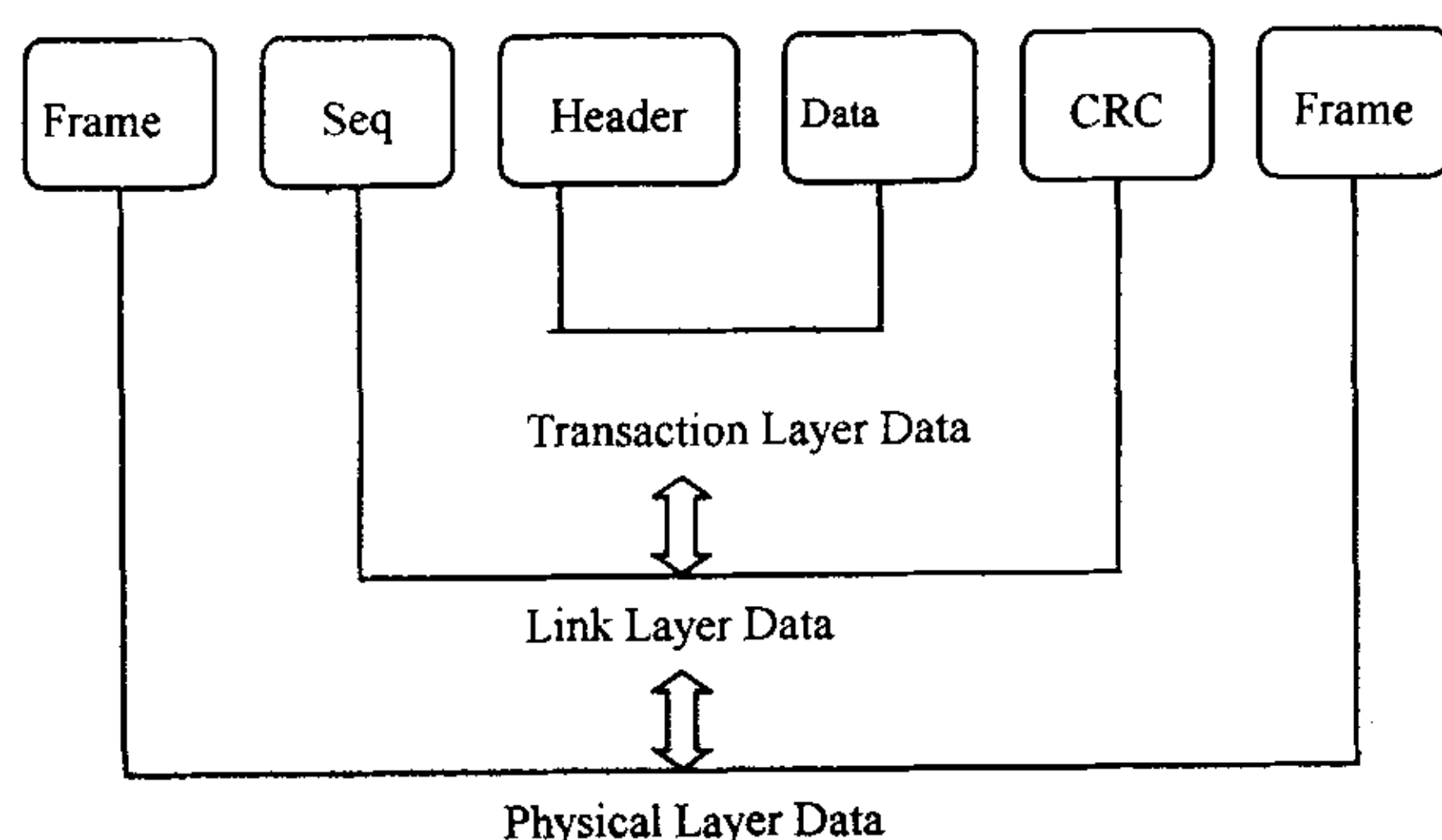


图 4 PCI EXPRESS 层次结构及关系图

(1) 物理层。

物理层分为逻辑物理层和电气物理层。逻辑物理层在发送方向上负责从数据链路层接受包,进行处理发送上链路;在接受方向上负责将从链路收到的包经过处理转发到数据链路层。电气物理层是连接到链路的模拟接口,包含每个通道的差分收发器。物理层通过嵌入采用 8B/10B 编码机制的数据时钟,可以获取很高的数据传输速率,其单根信号线可以达到 2.5Gb/s 的数据传输率。通过增加信号线对,可以线性地扩展 PCI EXPRESS 的带宽。

(2) 数据链路层。

数据链路层的首要功能就是确保 PCI EXPRESS 链路上数据包的可靠传输,负责链路的管理和数据完整性的管理,包括错误检测和错误纠正。即数据的完整性和数据包的有序性,通过添加 CRC 校验序列可以确保数据的准确性。这也是将 PCI EXPRESS 应用到视音频采集卡的重要因素,可以提高数据传输的可靠性。

(3) 传输层。

传输层接收来自软件层的读写请求,并为到链路层的数据传输创建请求包。同时传输层也接收来自数据链路层的响应包,并通过软件层的请求予以匹配。所有的包都有唯一的标志来匹配相应的请求和响应。

3.2 主要的技术特性

(1) 高速串行接口。

不需要在板上布大量的并行数据线,串行技术抗扰性强,可以避免并行技术带来的串扰问题。

(2) 基于包的传输协议。

针对视音频流的传输来说,可以大大提高数据传输的完整性和完善的错误恢复机制。

4 基于 PCI EXPRESS 的视音频采集卡的可行性分析

由前面分析的 MPEG-2 规范和传输流的结构特点及传输要求,采用 PCI EXPRESS 总线代替传统的 PCI 总线,现将可行性分析如下。

(1) 带宽分析。

PCI EXPRESS 的带宽已经达到 16Gb/s,完全可以满足数据传输要求,并且和现在 CPU 主频的发展速度相匹配。

(2) 数据传输的精确性。

视音频数据传输对精确性要求很高,MPEG-2 的传输流是以包串的形式传输,相关信息都从包中提取,如果在传输过程中出现丢包的现象,就会出现丢帧,直接导致图像不连续,影像失真的问题。PCI EXPRESS 总线采用分层结构,数据链路层可以确保数据包的可靠的有序的传输,并且填加的 CRC 校验可确保数据的准确性。

(3) 成本分析。

PCI EXPRESS 方案的提出就是基于它的低成本设计,虽然 PCI 总线占领市场已经很久,成本已经降低,但 PCI EXPRESS 总线的开销并不高于 PCI 总线,从性价比来说,是绝对占优势的。

(4) 兼容性分析。

PCI EXPRESS 和传统 PCI 在软件上兼容,针对 PCI EXPRESS 所设计的设备驱动同样兼容现有的 PCI。

5 设计方案

我们的设计把物理层、数据链路层及传输层均在 FPGA 逻辑中实现。设计图如图 5 所示。

由于整个协议都用 FPGA 来实现,则由高速收发器模块来支持 PCI EXPRESS 协议的物理层特性。整个物理层将结合专用高速收发器模块 XIO1100 PCI EXPRESS x1 与 Cyclone II FPGA 逻辑来实现,而数据链路层及传输层则将完全以 Cyclone II FPGA 逻辑来实现。我们根据视频采集卡的设计要求设计各个层的

IP。高速收发器块运行速率达到 PCI EXPRESS 协议所需的 2.5Gb/s, 拥有能从数据中可靠地提取时钟的专用时钟数据恢复(CDR)电路, CDR 需要采用 8B/10B 编码方案以帮助时钟恢复。

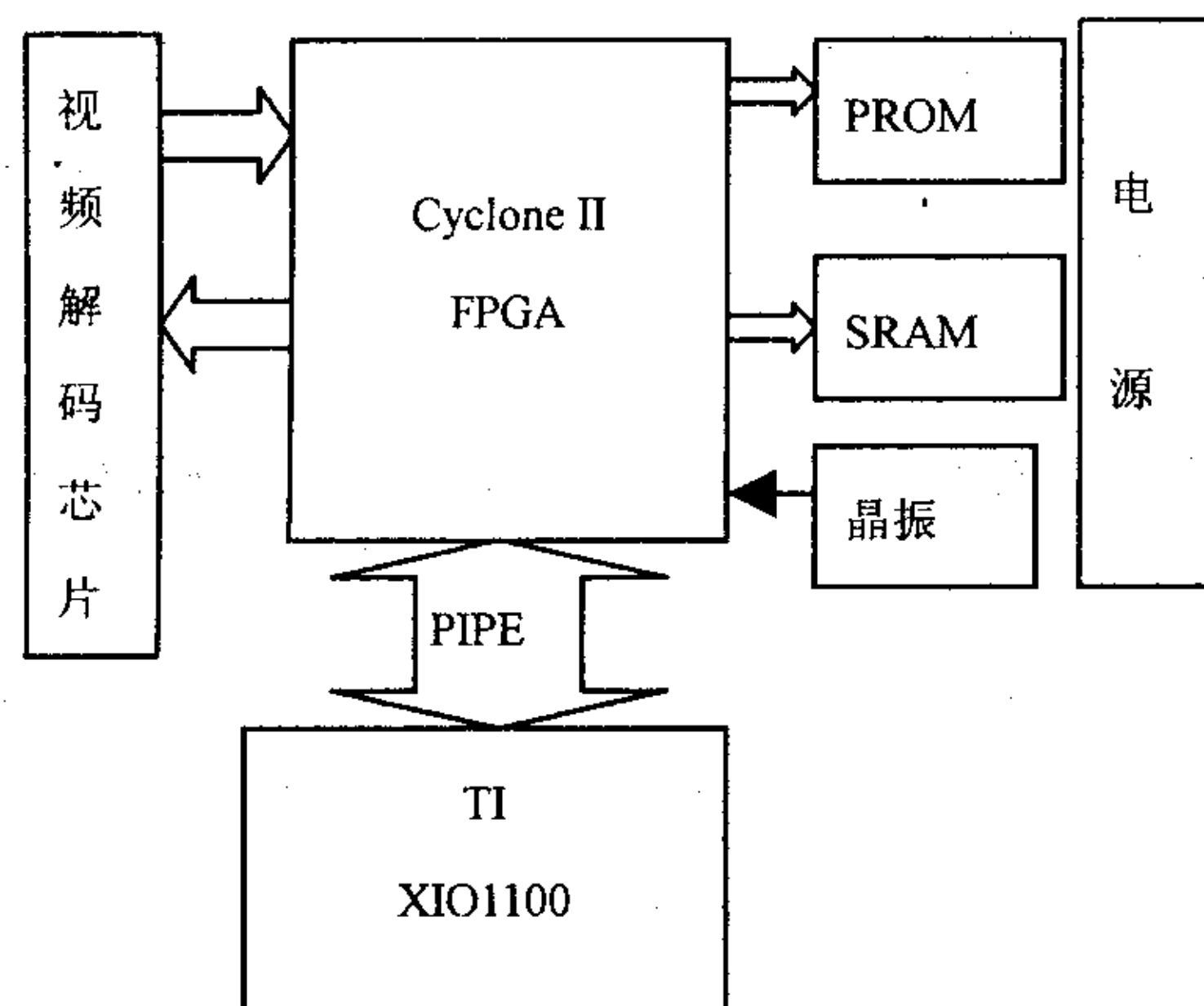


图 5 硬件设计框图

FPGA 与 TS 接口连接的 2 个数据总线接口 TS IN 和 TS OUT 都是标准的 DVB-SPI(EN 50083-9) 接口。TS IN 接收外部的 TS 码流, 送入码流过滤逻辑系统做进一步处理。TS OUT 接口将从 TS IN 收到的码流环出, 这样在进行码流分析的同时就不会对传输码流造成任何影响。DVB-SPI 接口是 LVDS 电平信号, 可在 FPGA 上直接接入。如果采用 DVB-ASI 接口, 也可以通过 Altera 提供的 IP 核来实现串/并和并/串转换。所以, 原则上除去传输变压器和保护电路无需其他接口逻辑芯片。DVB 标准的输入接口有 ASI 和 SPI 两种, 两者的定义和标准不尽相同, 针对输入接口的不同需要对输入信号进行调整和统一。要从 ASI 接口的信息中提取 TS 码流同步信号, 调整信号脉冲的占空比使 ASI 的输出接口信号和 SPI 的相类似。另外, ASI 接口输出有平滑和突发 2 种数据模式。为了满足突发模式的工作需要, 将 FPGA 片内的 RAM BLOCK 定义成 FIFO 进行高速缓存, 使接口满足不同速率的突发输入, 最高可以满足 27MHz 并行突发方式(ASI 接口 216MHz)的输入要求。

MPEG-2 标准规定了各压缩级别 TS 码流的速率, 经过 TS 码流复用后实际应用中传输的串行码流速率可以超过 200MHz。

6 小 结

在数字电视的视音频传输中, 对实时性、可靠性和误码率要求都很高, 传统的并行总线 PCI 已经逐渐不能满足现在实际应用的需求。文中通过分析比较, 提出了较新的设计方案, 采用串行总线 PCI EXPRESS 既提高了带宽, 又由于其采用分层结构, 数据链路层可以确保数据包的可靠的有序的传输, 并且添加的 CRC 校验可确保数据的准确性。PCI EXPRESS 总线代替 PCI 总线将很好地改善传统 PCI 总线带来的问题, 可以提供更好的视音频传输效果, 在数字电视领域将会具有非常重要的应用前景。

由于 PCI EXPRESS 总线采用了类似于 TCP/IP 协议的分层结构和数据帧逐层传递模式。这样的好处就是可以更有效地利用串行数据传输的优势, 同时也带来一个问题, 其串行传输所采用的 8B/10B 编码需要每个字符占据 10bit(植入时钟信号技术。时钟信号被直接植入数据流中, 而不是作为独立信号存在), 也就是比通常多出 20%。也就有可能存在视音频信号由于没有统一的 PCR, 而产生视音频不同步, 或是不能有效控制传输速率的问题, 这些问题还有待进一步研究讨论。

参考文献:

- [1] International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission. ISO/IEC 13818-1. Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems[S]. 1995.
- [2] 杜江洪, 徐重阳, 丁 晖. MPEG-2 传输流特性及其分析[J]. 电信科学, 2000(2): 14-17.
- [3] 钟玉琢. 运动图像及其伴音通用编码国际标准——MPEG-2[M]. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- [4] Holzhammer G. Creating a Third Generation I/O Bus[R]. USA: Technology and Research Lab, Intel Corporation, 2002.
- [5] 许 军, 李玉山, 贺占庄, 等. PCI-Express 总线技术研究[J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(5): 141-143.
- [6] 徐君明, 裴先登, 王海卫, 等. 高性能计算机 I/O 技术 PCI Express 分析[J]. 计算机工程, 2004(12): 6-7.

(上接第 78 页)

- [4] ITU-T Recommendation H.263. Video Coding for Low Bit Rate Communication[S]. 1995.
- [5] ISO/IEC International Standard 14496-2. Information Technology Coding of audio - visual objects - Part2: Visual[S]. 1999.
- [6] ITU-T Recommendation H.264, Advanced video coding for

generic audiovisual services[S]. 2003.

- [7] AVS 工作组. GB/T20090.2-2006. 信息技术 先进音视频编码 第二部分 视频[S]. 2006.
- [8] 国家数字音视频编解码技术标准工作组. 视频编码标准 AVS 技术介绍[J]. 电子产品世界, 2005(10): 58-62.