



独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得电子科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

签名: 管金栋 日期: 2010年6月3日

论文使用授权

本学位论文作者完全了解电子科技大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权电子科技大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后应遵守此规定)

签名: 管金栋 导师签名: 王洪勇

日期: 2010年6月3日



摘要

随着数字电视技术的发展,全国范围内数字电视用户数量增长迅猛,为逐步开播高清数字电视频道后发展用户提供了广阔市场。而且,当前高清数字电视用户在数字电视用户中所占比例不高,所以发展高清电视用户市场潜力巨大。高清数字电视是数字电视发展的方向,当前高清数字电视发展面临最大的问题就是高清节目素材的匮乏。

异步串行接口 ASI 广泛应用于 DVB 广播电视系统进行广播电视设备间数据传输。ASI 接口是 TS 流的标准传输接口,具有数据传输速率高和可靠性好特点,适用于高速点到点数据传输,特别是数据量大的视频数据传输。TS 数据流是数字电视领域普遍使用的码流格式,该数据流可以是压缩后的音视频数据,也可以是其他相关数据。把 ASI 设备输出的 TS 流数据收录到计算机,通过计算机强大多媒体编辑能力对收录 TS 流进行编辑处理保存,可以很好解决当前高清素材匮乏的问题。

针对当前计算机一般不配置 ASI 接口,计算机无法直接从 ASI 接口设备收录 TS 流数据。基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统就是为这个问题立项和进行研究的。该高清收录系统为广电网络公司增加高清素材或者进行高清素材交流学习设计的。

收录系统采用 ASI 接口专用接收芯片从 ASI 接口的广电设备接收多节目复合 TS 流,选用 USB 接口总线与计算机进行数据传输。利用 USB 接口总线可实现最高可达 127 个 USB 接口总线设备在总线上同时工作特点可以实现收录系统的多通道收录。通过软件对多节目复合 TS 流进行信息解析,以及把多节目复合 TS 流解复用为单节目 TS 流在计算机保存。同时,设计开发配套的节目素材收录控制服务端,以及具有简洁美观界面的节目收录系统客户端。

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统实现了收录高清素材的功能,性能良好,运行稳定,已经在多家广电网络公司得到推广和应用。整个系统的设计思想可以运用到高清卫星收录系统研究中,而且软件部分可进行很好地移植,大大降低其他相关收录系统的开发难度。该收录系统在后续升级考虑实现网络化结构,也可考虑采用 FPGA IP 核技术来实现 ASI 接口接收功能,可以进一步有效降低系统成本。

关键字: 高清, ASI 接口, TS 流, USB 接口, 解复用

1
2
3

4
5
6

ABSTRACT

With the development of digital television technology, the number of digital television subscribers increase rapidly nationwide .It provides a broad development of the market for gradually beginning to broadcast high-definition digital TV. Moreover, the proportion of the current high-definition digital TV users in digital TV users is not high, so the development of high-definition television market has great potential. HDTV is the direction of digital television development, and currently the crucial problem of high-definition digital TV is lack of high-definition material.

This stage, the asynchronous serial interface DVB ASI is widely used in radio and television broadcasting system for data transmission devices. ASI interface is a standard TS stream transmission interface, with high data transmission rate and excellent reliability features for high-speed point to point data transmission, particularly in the data volume of video data transmission. TS data stream is commonly used in digital television stream standard. The data stream can be compressed audio and video data, and can also be other relevant data. Transferring stream data from device with ASI interface to computers and editing TS stream data as files through a powerful multimedia computer the ability, it can very well solve the current issue of lack of HD material.

Nowadays, because computers are generally not configured with current ASI interfaces, the computer can not directly receive TS stream data from devices with ASI interface. The system of recording HD TS stream based on ASI interface is built up and researched for the issue.The HD recording system has been designed for the majority of broadcasting network companise to increase high-definition program material, or to exchange and study material each other.

The system receive multi-program TS stream using special receiver chip interface of ASI interface from the radio and television equipment with ASI , and communicates with computers through USB interface bus for data transmission. USB interface bus can be used to achieve up to 127 USB interface bus devices on the bus at the same time.The working characteristics of USB interface bus can be used to realize the multi-channel

ABSTRACT

recording system easily. The software programs is designed to analyze information of TS stream,to demultiplex the multi-program TS stream and store the TS stream data of a single program TS stream in the computer. Meanwhile, server of the recording system has developed and the client of it with simple and beautiful application interface has been completed.

The system of recording HD TS stream has achieved its functions, has good performance and stable operation. It has been applied and promoted in a number of radio and television broadcasting networks companies. Design of the system can be used to high-definition satellite recording system, but also the software part can be transplanted conveniently, significantly reduced the development difficulty of other related systems. The follow-up upgrade of the system is to achieve network structure and choose FPGA IP cores technology to complete ASI interface receiver function. It can further reduce the system cost.

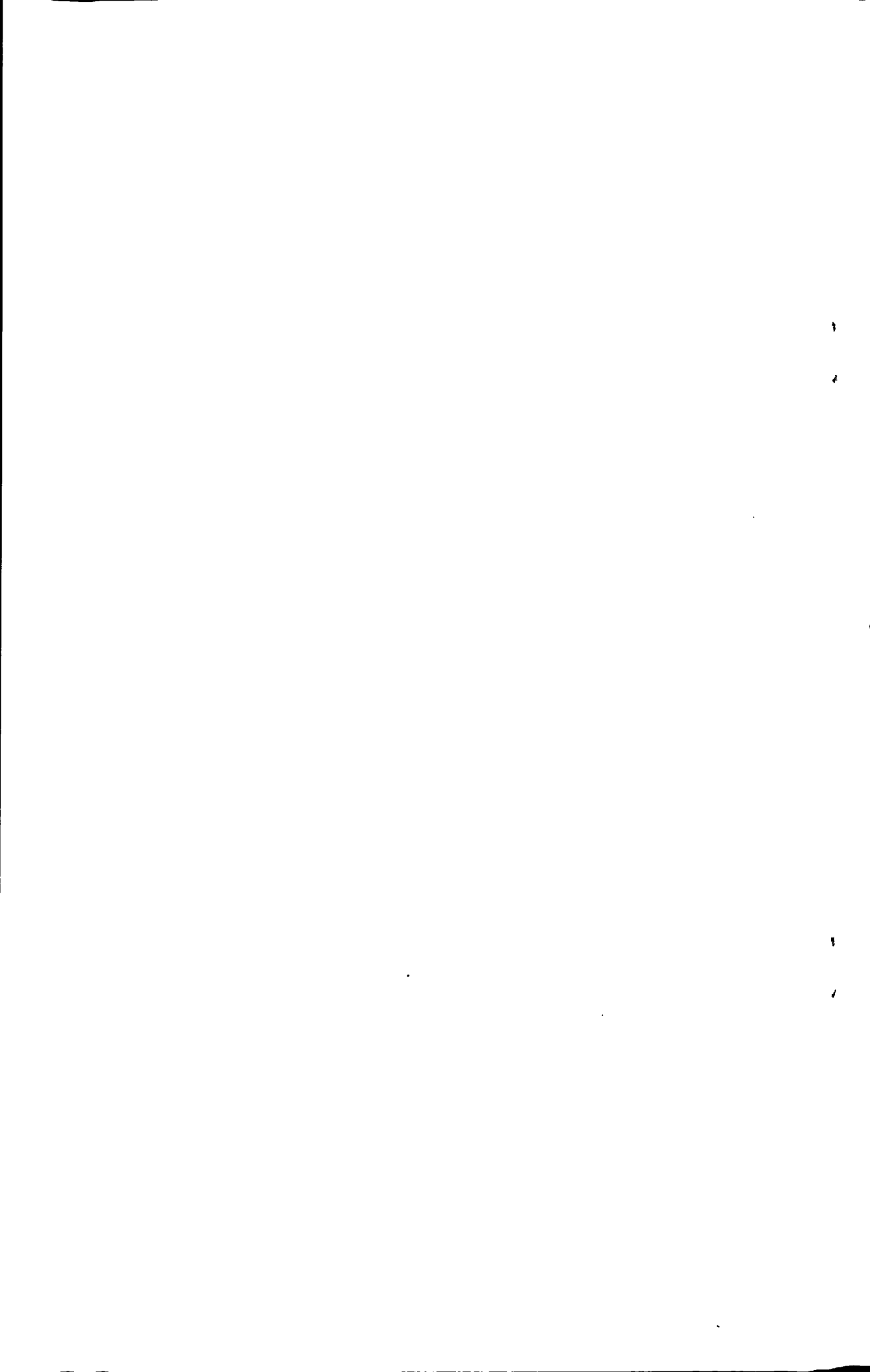
Key words: high-definition , ASI interface,TS stream,USB interface, demultiplex

目 录

第一章 引言.....	1
1.1 高清数字电视的国内外发展态势.....	1
1.1.1 高清数字电视国际发展态势.....	1
1.1.2 我国高清数字电视发展态势.....	2
1.2 课题研究意义.....	4
1.2.1 高清数字电视发展面临问题.....	4
1.2.2 课题研究意义.....	4
1.3 课题研究内容.....	5
1.4 论文安排.....	6
1.5 本章小结.....	6
第二章 系统整体结构概述.....	7
2.1 系统整体结构.....	7
2.2 硬件系统.....	8
2.3 TS 流解复用底层程序设计.....	9
2.4 应用软件系统.....	10
2.5 本章小结.....	11
第三章 接口总线介绍.....	12
3.1 ASI 总线.....	12
3.2 计算机接口总线的选择.....	13
3.2.1 TS 流的定义.....	13
3.2.2 计算机接口总线选择.....	15
3.2.3 USB 接口总线.....	17
3.3 本章小结.....	22
第四章 硬件系统.....	23
4.1 ASI 接口.....	23
4.1.1 CY7B933 芯片工作原理.....	23
4.1.2 电路设计.....	24
4.2 USB 接口.....	26

4.2.1	CY7C68013A 功能特点.....	26
4.2.2	USB 启动方式与列举.....	28
4.2.3	端点缓存.....	28
4.2.4	接口方式.....	29
4.2.5	电路设计.....	31
4.3	工作电源.....	32
4.4	固件程序设计.....	32
4.4.1	概述.....	32
4.4.2	描述符表.....	32
4.4.3	程序设计.....	33
4.5	驱动程序设计.....	35
4.6	本章小结.....	36
第五章	TS 流解复用底层程序设计.....	37
5.1	TS 流系统层协议结构.....	37
5.1.1	TS 流系统层结构.....	37
5.1.2	TS 包语法结构.....	38
5.2	PSI/SI 信息常用表.....	40
5.2.1	PSI/SI 信息概述.....	40
5.2.2	节目关联表 PAT.....	41
5.2.3	节目映射表 PMT.....	43
5.2.4	业务描述表 SDT.....	46
5.3	TS 流解复用程序设计.....	49
5.3.1	重要数据结构.....	49
5.3.2	算法与流程图.....	51
5.4	本章小结.....	54
第六章	应用软件系统.....	55
6.1	动态库的设计.....	55
6.1.1	需求分析.....	55
6.1.2	设计与实现.....	55
6.2	数据库的设计.....	60
6.2.1	需求分析.....	60
6.2.2	设计与实现.....	60

6.3 服务端的设计	62
6.3.1 需求分析	62
6.3.2 设计与实现	62
6.4 客户端的设计	67
6.4.1 需求分析	67
6.4.2 设计与实现	68
6.5 本章小结	71
第七章 系统调试与测试	72
7.1 系统调试	72
7.2 系统测试	75
7.3 本章小结	77
第八章 总结	78
致 谢	79
参考文献	80
个人简历及研究成果	81
附录：收录系统硬件实物图	82



第一章 引言

1.1 高清数字电视的国内外发展态势

1.1.1 高清数字电视国际发展态势

当前,世界范围许多国家,尤其是发达国家的高清数字电视市场迅速发展,高清数字电视技术及其应用更加成熟,发展高清数字电视是大势所趋,是电视行业发展的方向^[1]。

一 全球高清数字电视用户迅速增长

根据In-Stat市场调研公司调查数据,到2008年10月,全球高清数字电视用户数达到4237万。Informa Telecoms & Media市场研究公司依据调查数据预测,到2011年,全球高清数字电视用户数量规模可以突破1.25亿户。

二 全球高清数字电视市场收入迅速增长

根据SNL Kagan美国市场调查研究机构的最新调查报告,在世界范围内高清数字电视占有率前10的高清数字电视市场(日本、美国、英国、加拿大、澳大利亚、巴西、德国、法国、意大利和墨西哥)的用户业务收入额已达到10亿美元,到2016年,用户业务收入将达到120亿美元的规模。

三 发达国家高清数字电视高度普及

1) 美国

高清数字电视节目制作高清化程度比较高,较快的发展步伐。依据美国广播业者协会(NAB)的报告,到2007年底为止,根据美国消费电子协会统计数据获悉美国高清数字电视用户数已经达到1600万户,有32%以上的家庭都使用高清数字电视机,全国90%以上的电视台开始制作高清数字节目,达55%以上播出的电视节目为真正高清电视节目,个别在电视播出黄金时段,高清数字节目的播出占有所有播出电视节目的比例达85%。根据统计数据,至2007年底,开播高清数字电视频道达到80个,至2008年底高清数字电视频道达到100个左右。

2001年开始发展高清数字电视,2007年DirectTV和Dish Network开始大力发展推广卫星高清数字电视。2009年已关闭模拟电视,全国范围内全面进入数字

高清时代。

2) 日本

高清数字电视起步较早，高清数字电视用户普及率高，主要应用于新闻报道和体育节目转播等，高清数字电视用户数已超过1000万。根据调查数据显示，日本家庭高清数字平板电视普及率达到45%。高清数字电视节目服务主要由NHK等几家大型传媒机构提供，NHK计划于2010年实现100%高清数字电视节目播出，开播高清数字电视节目频道达到24个。日本已于2006年完成高清数字电视全国覆盖，根据高清数字电视发展规划，2011年将关闭模拟电视。

3) 欧洲

高清数字电视发展起步早，但是发展相对较缓慢，高清数字电视节目以体育赛事为主，以国际重大体育赛事为主要推广的高清数字节目。调查统计数据显示，目前，25%左右的欧洲家庭购买了高清数字电视机，拥有高清电视机的家庭已经达到1000余万户。

1.1.2 我国高清数字电视发展态势

一 高清数字电视发展政策支持

国家针对大力发展高清数字电视的正常扫除了发展障碍，坚定了发展高清数字电视的决心和信心，为高清数字电视的发展奠定了基础和指明了方向。根据广电总局在《“十一五”时期广播影视科技发展规划》中内容，“推进高清晰度电视和立体声节目制作播出2008年实现北京奥运会的高清晰度电视转播，2010年全国达到10个以上高清晰度电视频道的节目制作能力。”。广电总局提出，要按照国家标准的要求，大力推进高清数字电视的制作，省级以上电视台和有条件的城市电视台推进高清数字电视发展，大力推广高清晰度电视节目制作，为开办数字高清晰度电视频道准备，为不同终端用户提供不同服务。关于高清数字电视发展的国家一系政策表明了国家大力发展高清数字电视的决心，是发展高清数字电视行业的绝佳机会^[2]。

二 高清数字电视终端发展情况

高清数字电视终端下游市场发展极为迅速，用户普遍接受了终端设备价格，为大力发展高清数字电视在终端市场方面扫清了障碍，为作为上游的电视台发展丰富多彩的高清节目提供机会。

在2008年奥运会因素催生下，技术升级、高清信号落地、上游面板生产线调

整、渠道大力普及等一系列因素的作用下，全国范围内高清电视进一步提高其普及程度。

1) 高清数字电视机

高清数字电视机价格下降较快，目前，32英寸高清数字电视机价格在6千元左右，42~46英寸产品销售价格为1万元左右，而且，目前价格在不断地下降调整，不久的将来消费者将更加能承受其价格。据《中国平板电视行业市场发展研究报告》和苏宁销售数据分析和估算显示，高清数字电视机保有量保持快速增长。全球性的平板显示与电视产业市场研究与咨询公司isplaySearch的调查数据显示，国内目前高清数字电视机出货比重大约为23%，到2011年，数字将达到70%。

2) 高清数字电视机顶盒

目前，高清数字电视机顶盒价格在1400元左右，而且购买松下、索尼等品牌的高清电视机还可以免费获得。根据预测，今后几年，国内高清数字电视接收芯片年销量可达到3000万片以上。随着高清数字电视用户数增加，高清数字机顶盒将有明显价格下降。因此，机顶盒价格必然不会是高清数字电视发展的障碍。

3) 其他高清终端层出不穷

下一代家用播放机Blu-ray和下一代EVD都瞄准了高清晰度数字电视的市场。目前，蓝光驱成为新一代计算机标准配置，微软操作系统Vista也具备播放家庭高清多媒体的功能。随着3G网络的发展，将来笔记本电脑和智能手机也将加入高清数字电视的终端行列。这些新的高清数字电视终端，为高清数字电视发展注入更多力量。

三 高清数字电视用户数增长迅猛

目前，全国范围内数字电视用户数量迅猛增长，这为逐步开播高清数字电视频道打下了坚实用户基础，特别是当前高清数字电视用户数目在数字电视用户数目中所占比例不高，因此，未来发展高清电视用户市场潜力是巨大的。

数字电视发展的更高阶段就是高清数字电视，随着数字电视普及率提高到一定程度后，就可以实现从标清电视节目到高清电视节目的转化。当前，我国数字电视整体转换有力迅速推进，国内数字电视用户数量迅速增长。依据第十七届CCBN展主题报告会上的数据获悉，数字电视用户已经达到4766万户。另外，根据易观国际预测报告获悉，预计2010年我国数字电视用户数字可达到7000万。

国内高清数字电视发展历程看出，2007年以前国内高清数字电视是处于市场的一个培育期，在2008年北京奥运会高清转播的推动下，国内高清数字电视进入快速发展时期。国金证券研究所统计数据显示，2007年国内高清数字电视用户数

量在100万左右,预计到2010年底我国高清数字电视用户数量有望突破350万户,高清数字电视用户在数字电视用户中所占比例也仅为5%。

1.2 课题研究意义

1.2.1 高清数字电视发展面临的问题

在高清数字电视发展历程中,高清数字电视节目内容单一匮乏是各国在发展高清数字电视初期普遍遇到的问题。因为,与数字电视节目相比较,高清数字电视节目的摄制、采集和制作播出的设备价格昂贵,需要数字高清电视相关产业的大量资金投入。CMP咨询公司的统计数据显示,2007年数字高清电视产业中,高清终端设备市场规模占整个产业的比例达93.9%,而高清数字电视节目内容制作和网络传输市场仅占1.2%。从这个统计数据,可以看出整个高清产业链的瓶颈在于高清节目频道资源严重匮乏^[3]。

在政策的推导促进下,高清数字电视节目频道数量正在增加。目前,广电总局批准央视一套和北京卫视、上海东方卫视、江苏卫视、湖南卫视、黑龙江卫视、深圳卫视、广东卫视和浙江卫视等频道进行高标清同播。这样,全国高清数字电视频道已达到13个,随着政策推进执行,进行高标清同播的地方卫视将逐渐增多。

目前,我国高清数字电视同样面临发达国家发展高清数字电视初始阶段的问题。高清数字电视节目源太少,节目本身缺乏新意和创意,不能吸引消费者的注意力,促使用户消费。目前,虽然开通高清频道较多,单并没有足够多高清电视节目源保证高清频道全时段播出高清电视节目,而且在现有的播出高清电视节目时段高清电视节目重复播出率高^[4]。

1.2.2 课题研究意义

高清数字电视是未来数字电视发展的必然趋势,我国政府开始大力支持高清数字电视的技术研究和用户推广。2006年3月31日,我国政府相关机构正式制定了高清数字电视认证标准,对高清数字电视性能和参数作出明确规定,为高清数字电视发展扫除障碍。

目前,我国高清数字电视发展的技术研究、用户需求和政策环境等条件都已经基本具备并逐步成熟。特别是在2008年北京奥运会的推动作用下,我国高清数字电视已经进入高速发展阶段。现阶段,高清数字电视节目内容单一,节目源匮

乏是我国在发展高清数字电视初期面临的一个关键问题。建立一套数字化、智能化的高清数字电视节目收录系统，是各级电视台获取节目素材、进行节目交流的重要手段和方式。通过 ASI 接口对高清电视节目进行自动收录，建立以数字化硬盘存贮为基础的高清数字电视节目自动收录系统，并与节目制作、播出、管理网络相配置，构建统一标准数据格式的全数字化录、编、播网络为当今电视台与广电网路公司发展的方向。

目前，广播电视领域的数字视频设备配置有 ASI 接口，输出 MPEG 2 TS 码流，通常情况下 ASI 接收卡只是支持单通道码流接收，当要进行 MPEG 2 TS 码流收录时需要多块 ASI 码流接收卡和计算机设备，成本高，效率低，操作不便。基于 ASI 接口高清 TS 流收录课题选用 USB 接口与计算机进行通信，很好解决当前 ASI 接收卡遇到的问题。

高清数字电视节目信号为标准的 MPEG-2 TS 码流，通过该收录系统可以直接将复合 MPEG-2 TS 码流解析为单节目 TS 流，然后以标准的 MPEG-2 文件保存到 MPEG-2 网络系统的集中存储器中，高清数字电视信号在接收和进行存储时，不对 MPEG-2 数据重新压缩解压缩过程，更不对数字压缩数据转换成模拟视频信号，再进行数字化压缩的重复过程，确保收录到的高清数字电视节目信号是高质量视频信号。同时，系统勿须配置视频编解码、压缩解压缩的设备，大大降低收录系统的成本，提高工作效率和信号质量^[6]。

1.3 课题研究内容

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录课题项目主要包括以下四个方面研究内容：

- 1) 理解 ASI 接口总线标准，选择性价比高的 ASI 接口接收芯片，设计出 ASI 接收模块；
- 2) 学习研究高清数字电视节目 TS 流标准和特性，选择合适计算机接口总线实现 ASI 接收模块与计算机接口的连接；
- 3) 根据高清数字电视节目收录系统性能要求，选择合理方案，设计并实现硬件系统，包括电路设计、固件程序设计和驱动程序设计；
- 4) 学习研究 TS 流软件解复用，设计出底层 TS 流解复用程序和操作简便的应用软件系统，包括动态库设计、数据库、应用软件服务端和客户端的而设计。

1.4 论文安排

论文包括基于 ASI 接口的高清 TS 流收录课题项目的研究、设计和实现，主要包括以下章节：

第一章 介绍当前国际国内高清数字电视发展态势以及面临的问题，阐述本课题项目的研究意义和研究内容；

第二章 系统总体结构介绍，包括对硬件系统、TS 流解复用底层程序以及应用软件系统的概述；

第三章 介绍 ASI 接口总线，TS 流的结构定义和特性，选择合适计算机接口总线实现 ASI 接口设备与计算机之间的 TS 流传输；

第四章 介绍硬件系统的设计和实现方案，主要包括整体系统结构、ASI 接口、USB 接口、固件程序设计和对应驱动程序设计；

第五章 介绍 TS 流 PSI/SI 信息常用表，TS 流信息解析和软件解复用程序设计和实现；

第六章 概述应用软件系统的设计和实现，主要包括动态库设计、数据库、应用软件服务端和客户端的设计；

第七章 简要概述整个系统的调试和测试；

第八章 项目总结，项目发展方向概述。

1.5 本章小结

本章介绍了当前高清数字电视国内外的的发展状态和态势，特别阐述了高清数字电视在发展初始阶段面临节目源匮乏的问题，提出了基于 ASI 接口的高清 TS 流收录项目的研究意义和研究内容，简单概述了论文的整体安排和组织结构。

第二章 系统整体结构概述

2.1 系统整体结构

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统主要完成从广电设备 ASI 接口输出的多节目复合 TS 流数据接收，通过底层解复用程序对多节目复合 TS 流数据进行解复用，然后根据收录任务把单节目 TS 流数据保存到计算机中^[6]。

收录系统整体结构如图 2-1 所示。收录系统包括硬件系统和软件系统。硬件系统包括从 ASI 设备接收 TS 流数据的 ASI 接口接收和与收录服务器进行通信的 USB 接口，完成把 TS 流传输数据从 ASI 设备传输到计算机。

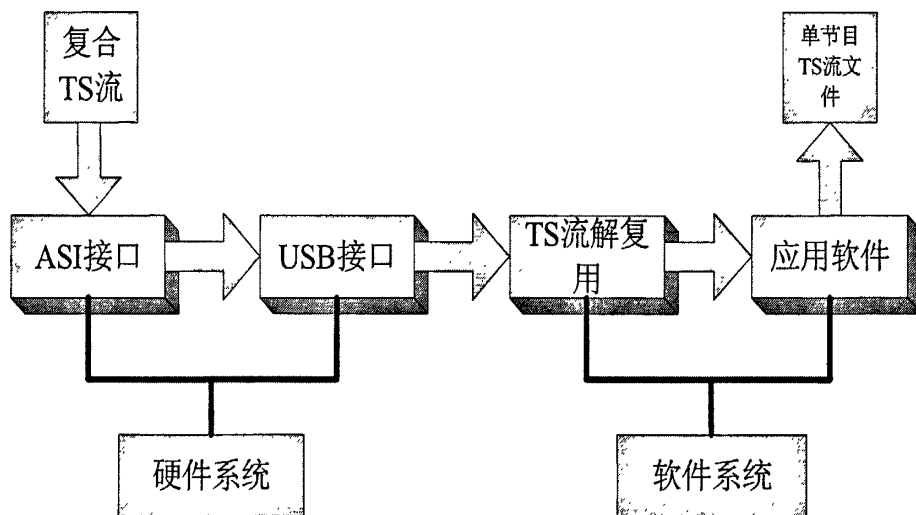


图 2-1 系统整体结构图

软件系统主要包括 TS 流解复用底层程序和应用软件系统。TS 流解复用通过软件程序来实现，属于在整个软件系统的底层程序，主要包括对多节目 TS 流数据的信息解析，根据复合 TS 流数据信息，根据收录需求对复合 TS 流进行软件解复用。应用软件系统主要实现从 USB 接口总线读取 TS 流数据和用户对收录系统的控制操作。软件系统大致可以分为三层结构模型，其结构框图如图 2-2 所示。

底层驱动层主要包括 USB 接口数据通信和数字电视 TS 复合流的信息解析和解复用；中间层控件即动态库函数完成应用层与底层连接，建立统一接口标准，可以保证应用层良好移植性，这为建立统一节目收录平台奠定基础；应用层实现收录工作站操作做相应设计，信息源检测、收录任务添加管理、节目素材管理、用

户权限管理，为客户提供简单完整操作界面。

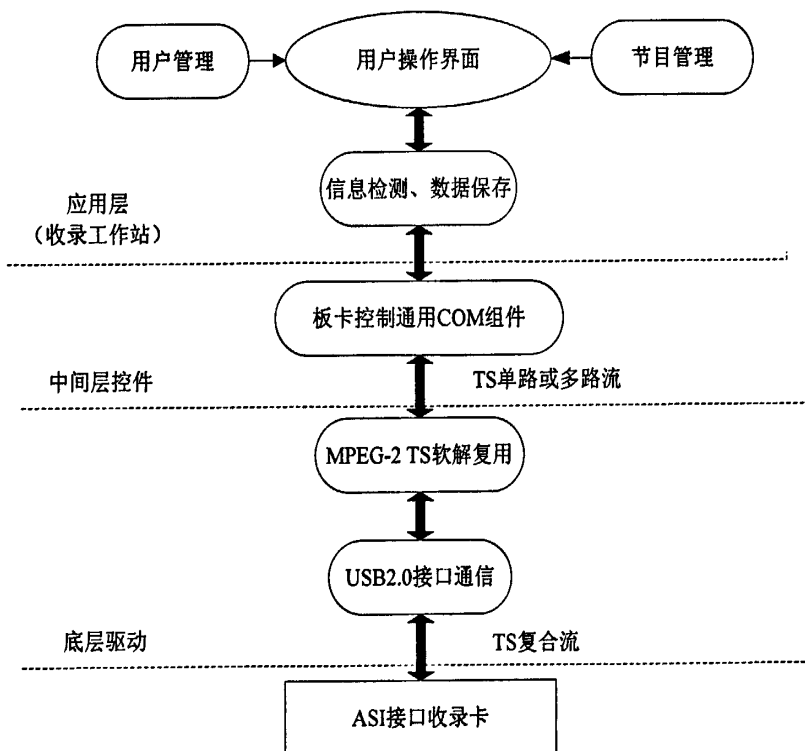


图 2-2 软件系统结构框图

2.2 硬件系统

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录项目，考虑到电视台和广电网路公司在现实应用中希望能够同时进行多节目收录，降低收录成本，提高收录效率。所以，基于 ASI 接口的高清 TS 流收录项目采用四通道的 TS 流收录设计，设计符合 ASI 异步串行接口标准协议，每个通道主要包含 ASI 异步串行接口接收芯片 CY7B933 和 Cypress 公司推出的 USB2.0 控制芯片 CY7C68013A。

四通道的基于 ASI 接口高清 TS 流收录系统，既可以接收数字卫星电视接收机、有线数字电视机顶盒输出的高清电视节目复合 TS 流，也可以接收于 DVB 复用器输出的多路复合高清电视节目复合 TS 流。当前，该课题项目主要针对数字卫星传输的高清电视节目的收录，为电视台和广电网路公司实现积累高清电视节目素材和素材交流学习。

ASI 串行接口芯片 CY7B933 接收来自 ASI 设备的数据，主要实现 ASI 比特对接收数据进行译码和串并转换，通过将 ASI 串行接口芯片 CY7B933 输出的比特流控

制信号与 USB2.0 接口芯片 CY7C68013A 的 FIFO 接口控制信号进行合适逻辑组合设计, 可以实现把芯片 CY7B933 复原 ASI 发送端获得的复合 TS 流完整正确地传输到收录系统的接收端主机上, 主机根据要求文件形式保存 TS 流数据。根据需要, 用户就可以采用其他广电设备或软件就对收录的高清电视节目文件进行数字视频处理和编辑。

每个 TS 流收录通道相对独立, 根据不同的实际应用需求, 可以接收来自不同 ASI 广电设备的 TS 流信号。现阶段, 该收录系统主要应用在对卫星传输的高清数字电视节目进行收录。从常见国内高清频道卫星播出参数可知, 一个通道有两路高清电视节目信号, 这样四个通道就可以同时收录八路高清电视节目信号, 可以很好满足现实工作中的需求, 体现了多通道收录的优点。基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统结构框图如图 2-3 所示。

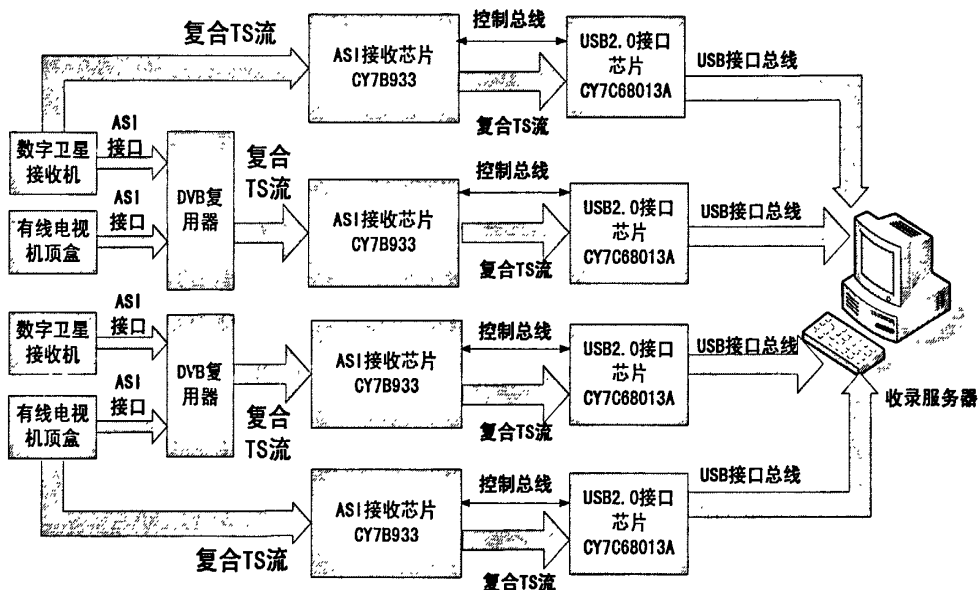


图 2-3 四通道基于 ASI 接口接收系统结构框图

2.3 TS 流解复用底层程序设计

TS 流解复用底层程序是软件系统的核心部分。根据课题对软件解复用的具体要求, 软件解复用中主要用到节目关联表 PAT、节目映射表 PMT 和 SDT 表。在一般情况下, 解复用对于 SDT 表是没有需求的, 但在课题中因涉及到操作应用软件必须有直观的节目名称, 便于用户根究需要选定需要收录的节目流, 所以, 在这里也对复合 TS 流的业务描述表 SDT 进行解析, 获得各路节目名称信息。

TS 流解复用主要包括对 TS 流信息的解析和对多节目复合 TS 流的解复用。TS 流信息解析是 TS 流解复用的基础，只有精确地把 TS 流解复用要用到的相关信息精确解析出来，后面对 TS 流软件解复用才能成功，才能准确顺利解析出各路节目数据。在这里，TS 流信息解析程序采用了常用来进行 TS 流解复用并能产生 DVB 数字电视系统 PSI 表格的简单的库 libdvbpsi.lib 的函数^[6]。

2.4 应用软件系统

应用软件系统要完成的功能主要包括：

- 1) 把 USB 接口缓冲器中数据传输到计算机的缓冲器中；
- 2) 调用 TS 流信息解析底层程序对当前传输的 TS 流数据信息的解析，保存解析信息；
- 3) 在进行数据传输的同时，调用 TS 流软件解复用程序对多节目的复合 TS 流数据进行解复用，解复用为多路单节目 TS 流；
- 4) 根据当前收录任务，保存对应单目 TS 流数据，文件保存形式为 TS 文件；
- 5) 面对用户操作主要有收录任务添加及管理，已收录节目文件管理以及简单的用户管理。

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录项目软件系统布局图如图 2-4 所示。软件系统主要分为三个部分：数据库、服务端和客户端。

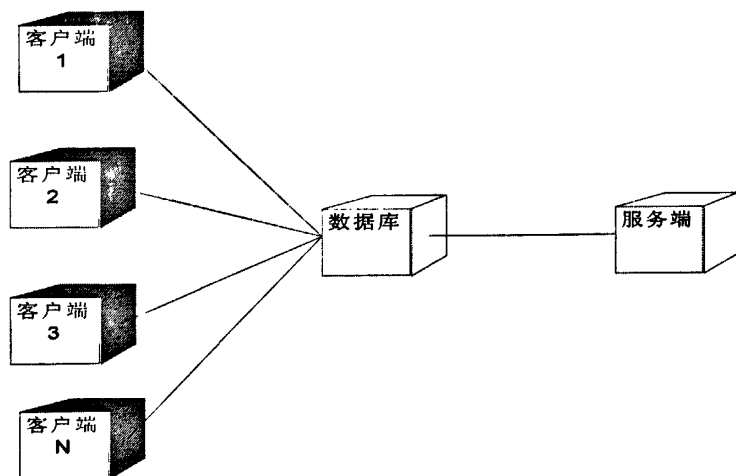


图 2-4 应用软件系统布局图

客户端主要给用户添加收录任务，收录任务以及收录文件管理；服务端连接收录硬件，主要对收录过程中数据传输、TS 流数据解析和解复用以及数据保

存等功能。数据库在客户端和服务端中起到一个信息传递的桥梁作用，服务端解析出当前 TS 流节目信息写入数据库；客户端从数据库中读出频道信息进行相应频道收录任务添加，然后把收录任务信息写入数据库；同时服务端从客户端中读到收录任务信息，启动对应收录操作。客户端是可以多个的，通过制定到确定的数据库，完成各自的收录任务添加。

主要从四个方面对软件系统进行简单介绍，包括属于底层驱动和中间层控件的动态库设计，数据库设计，服务端设计和客户端设计。

2.5 本章小结

本章主要对基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统的总体结构进行介绍，然后对系统中各部分进行简单介绍，包括硬件系统、TS 流解复用底层程序设计和应用软件系统三个部分。

第三章 接口总线介绍

3.1 ASI 总线

在这个阶段，数字广播电视系统音视频设备配置用于数据传输的接口中，异步串行接口 ASI 和同步并行接口 SPI 是两种最为常见的接口标准。

同步并行接口 SPI 需要 11 位有用的信号，其对每位信号进行差分，形成两个信号来提高传输过程的抗干扰性，在物理链接方面选用 DB25 进行信息传输。所以，物理连接线路纷繁而且复杂，必然导致该接口能实现的有效传输距离比较短，而且在使用过程中容易出现故障。与 SPI 接口相比较，异步串行接口 ASI 采用的是串行传输方式，通过一根同轴电缆线进行数据传输，设备间物理连接简便，可是很好提高有效数据传输距离^[7]。

ASI 标准作为一种具有不同数据速率的串行编码传输系统，传输速率保持恒定不变。与并行接口 SPI 进行比较，异步串行接口 ASI 使用简便，物理连接线路少，更加适宜于远距离传输等优点。目前，DVB 广播电视系统的设备中，ASI 接口得到广泛的配置和应用，常用的数字广播电视的前端设备都配置了该接口。异步串行接口 ASI 具有数据传输速率高、运行可靠、传输数据准确、支持热插拔等特点，已经非常广泛地应用于数字广播电视系统中，用来完成常用设备之间点到点的高速数据传输，在需要进行大量数据传输的视频设备间数据传输更突显其众多优点。例如常见的标准 ASI 发送卡，其标准 DVB 输出接口就是异步串行接口 ASI，实现把计算机内 MPEG-2 流数据通过 ASI 接口发送到各种配置有 ASI 接口的数字视频设备。

现阶段，DVB 广播电视系统中，最常见、使用最广泛的接口形式就是 ASI 接口。异步串行接口 ASI 与 SPI 接口、SSI 接口都是由欧洲电信标准化协会 (ETSI) 统一制订的。DVB 广播电视系统的 ASI 接口传输速率保持恒定，针对串行编码传输系统的不同数据速率，不同的设备传送数据流具有不同的数据速率。但是，ASI 接口要保持恒定传输速率，因此，接收时钟也要保持恒定不变。同时，传输系统需要采用 PLL 电路对原始时钟速率进行恢复。在 DVB 广播电视系统中，在传输设备之间进行传输的数据都是 MPEG-2 流格式数据（支持同轴电缆就、双绞线、单模光纤及多模光纤的接口），传输速率是恒定不变的 270 Mbit/s。异步串行接口 ASI

系统框图如图 3-1 所示。

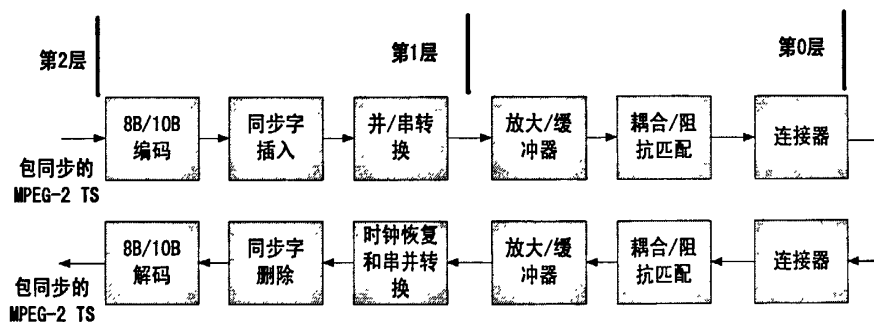


图 3-1 ASI 系统框图

数据传输开始，为实现电平的平衡，把传输数据流中已经包同步的 MPEG-2 传送数据包 8bit 码字转换为 10bit 码字；当在并/串转换时，如果要求输入一个新字，但数据源还没有准备好要传输的数据，此时应插入一个 K28.5 (0011111010 或者 1100000101) 的同步字，用以保持异步串行接口 ASI 的 270Mbps 固定传输速率。恒定的传输速率串行比特流要通过缓冲/驱动电路，还有耦合网络，最后传输到同轴电缆连接器。在数据传输过程中，有三种方式来插入同步码字 K28.5：第一种方式，传输码流的单个字节前后不能都为 K28.5；第二种方式是传输码流的单个字节前后必须都为同步字 K28.5；第三种方式，对前面两种方式的组合。

当传输流数据通过物理层同轴电缆传输到数据接收端时，首先通过连接器以及耦合网络，把传输数据流耦合到恢复时钟电路，接着进行数据串/并行传输方式的转换；ASI 接收系统开始搜寻同步字 K28.5，当搜索到同步字，标定好数据接收的边界，从而实现 ASI 系统对输出字节进行正确字节排列；然后对同步字节 K28.5 进行删除，在解码过程中删除不是有效数据的特殊字符并进行 10/8-bit 变换，得到包同步的 MPEG-2 TS 码流数据。

3.2 计算机接口总线的选择

3.2.1 TS 流的定义

数字电视系统中，视频、音频、文字、图片等经数字化处理都为数据，并且按照 MPEG-2 的标准打包，形成固定长度为 188 个字节的传送包，然后这些数据包进行复用，形成 TS (Transport Stream) 传输流。一般情况下，由多个节目及业务

数据复用成复合TS (TransportStream) 流对应一个8MHz带宽的频道。

1994年, MPEG组织推出MPEG-2压缩标准, 音视频服务与应用之间互操作得以实现, MPEG-2标准就是针对标清和高清数字电视的压缩方案, 以及系统层详细规定。TS流是根究MPEG-2(ISO/IEC 13818)标准协议定义的一种数据流。

MPEG-2 编码器对音频、视频以及其它相关数字信号进行数据压缩, 然后节目复用器来生成基本码流, 即通常称为 ES 流; 对 ES 流经过打包处理, 此时输出的就为包基本流, 即通常称为 PES; 最后对 PES 包进行层封装, 形成 PS 流或者 TS 流, 分别适用于不同的应用。PS 流将一个或多个具有相同时间基点的 PES 包复合形成一个流, 数据包长度较长而且是可变的, 适合应用于不易发生错误和干扰的环境。封装有 PES 包的数据传输包构成 TS 流, 其数据包长度为固定大小的 188 字节, 数据包有效负载的首个字节就为 PES 包第一个字节。TS 流可以把多个具有独立时间基点的节目复合为一个多节目复合数据流, 从而实现相同节目的 PES 包具有一样的时间基点, 特别适用于干扰环境的传输与存储, 当然, 更为重要和更有意义的是支持复用与解复用操作。复用就是将多个单节目 TS 流复合成为一个具有多节目的复合 TS 流; 解复用是相反操作, 即把一个多节目复合 TS 流分解为多个单节目 TS 流^[9]。

选用数据包为固定长度的包格式的 TS 传输流, 在进行多路传输数据流进行复用和解复用时具有更多许多灵活性和优越性:

1) 动态带宽分配

TS 流中音频、视频以及其它数据的数据包长度都为恒定大小 188 字节, 通过数据包标志 (PID) 可以简便地实现在音频、视频频以及其它数据信息间对规定信道的总频带进行实时动态分配, 而不要预先规定和设置。在广播付费节目中将解密密钥插入到当前 TS 码流中, 从而传送到广大用户, 就是利用了这个特性。

2) 可分级性

TS 流的数据包格式允许复合好的传送码流与其他视频、音频和相关数据的基本码流进行二次系统复合, 形成占用频带更宽高级传送码流。在数字电视节目的网络传输中, 这一特性显得极为重要, 可以实现在网络每一节点处进行复合或分离多路节目流。

3) 可扩展性

未来发展的种种新业务难以做出预测, 而对传送码流, 提供可以实现对新业务的“后向兼容”开放以及业务扩展就具有重大意义。这个问题对 TS 流来说很容易实现, 新业务的基本码流, 只需要在发送端对于新业务数据包赋予其新的包标

识标志 PID，即可将其加入原来的传送码流，不需要在硬件层面做任何的改动。

4) 抗干扰性

鉴于 TS 传输流数据包具有固定长度 188 字节，因此数据传输中可以实现以 TS 包为单位同步进行误码纠正和检测处理。这样，当数据传输过程中有误码时，解码器就可以从第一个有误码的 TS 数据包开始恢复数据。

5) 接收成本低廉

固定长度的 TS 数据包结构使得数据接收系统非常简单，接收系统只要识别出 TS 包中的 PID 即可，不需要获得更多的数据的其他方面信息。当传输流数据 TS 包同步以及比特级同步建立，数据传输系统就可工作正常，实现数据的稳定安全传输。

综合上述，TS 码流具有众多优越特点，以及具有很强抗干扰能力，目前大多数传输系统中的 MPEG-2 码流都采用 TS 码流格式。实际通信传输系统应用中，一路模拟电视信道可以实现多路数字电视节目的传送，首先对多路单节目 TS 流进行复用，然后进行各节目动态带宽分配。复用 TS 流经过信道编码可以进一步提高数字通信传输的可靠性和安全性。为了提高频谱的利用率，对传输数据信号进行调制，宽带基带数字信号转换成窄带的高频载波信号。在信号传输系统的接收端，接收系统进行相反操作，实现信号的复原和接收。

3.2.2 计算机接口总线选择

计算机进行 MPEG-2 TS 码流收录，首先必须选择一种合适的数据传输接口来进行视频设备和计算机之间进行数据传输。目前，计算机常见接口主要有几大类型，传输速率较低的 RS-232 串口总线，最常见的通用串行总线 (Universal Serial Bus)，视频设备中常见的 IEEE1394 接口以及 PCI 接口等。RS-232 接口简单，设备便宜，开发容易，但是其传输速率低，满足不了 TS 码流的传输要求；视频设备常见 IEEE-1394 接口速度高，但是设备花费高，控制功能有限，而且目前主板芯片组直接对 IEEE1394 提供支持的很少，推广应用范围小；PCI 总线传输速度很高，可以满足 TS 码流传输速率要求，但是其只能安装在机箱内，不支持热插拔，更为关键的是接口数量相当有限，不能满足 TS 流收录的多通道要求。常用计算机接口总线比较如表 3-1 所示。USB 接口总线作为计算机外设的接口得到广泛的应用和推广，在计算机接口占有重要地位。USB 具有对多种设备的广泛适用性，支持热插拔，即插即用，自动配置，易扩充，易于连接，高可靠性，低成本，低功耗等特点。

表 3-1 常用计算机接口总线比较

接口	传输方式	可连接设别的最大数目	最大速度	用途
USB	异步串行	127	480Mbps	鼠标、键盘、硬盘、调制解调器、音频
PCI	并行方式	5	133MB/S	网卡、声卡等
IEEE-1394	串行方式	64	400Mbps	影像设备
RS-232	异步串行	2	20Kbps	鼠标, 仿真器等
RS-485	异步串行	32(有些硬件可以到 256 个设备)	10Mbps	数据存取与控制系统
IEEE-488	并行	15	8Mbps	仪器

如今典型的 MPEG-2 高清数字电视节目复合 TS 流数据带宽在 30Mbps 左右, 如 CCTV-1 高清、北京卫视高清、湖南卫视高清、江苏卫视高清、东方卫视高清等高清频道通过卫星进行传输, 其播出参数如表 3-2 所示。

表 3-2 常见国内高清频道卫星播出参数

中星 6B		鑫诺 3 号			
4100	3769	4040	3880	3760	3800
垂直	水平	水平	水平	水平	水平
27500	13390	30600	13400	30600	30600
DVB-S	DVB-S	DVB-S	DVB-S	DVB-S	DVB-S
CCTV 高清综合 CCTV-1 高清 频道	东方卫视高 清	北京卫视高 清 黑龙江卫视 高清	湖南卫视高 清	广东卫视高 清 深圳卫视高 清	江苏卫视高 清 浙江卫视高 清
由中数传媒 负责加密传 输	由上海文广 负责平台加 密传输	由中数传媒 负责加密传 输	由中数传媒 负责加密传 输	由中数传媒 负责加密传 输	由上海文广 负责平台加 密传输
3/4	7/8	3/4	3/4	3/4	3/4

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录课题主要是要实现多路 TS 流信号的实时接收,

USB2.0 接口传输速率最高达 480Mbps 带宽足以满足 TS 流数据传输的要求,特别是 USB 接口易扩展特性满足多道收录要求,还有开发成本低等特点。所以,本课题采用 USB2.0 总线做为 TS 流数据接收的接口。

3.2.3 USB 接口总线

根据基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统项目的总体框架设计,选用 USB 总线作为计算机端的接口总线,首先要深入掌握 USB 接口总线的体系结构,充分理解 USB 接口总线的通信流方式和传输原理,为系统方案具体实现奠定理论基础。本节对 USB 系统进行了深入的研究。

3.2.3.1 USB 总线概述

USB (Universal Serial Bus) 接口总线由 Compaq、NEC、HP、Intel、Lucent、Philips 和 Microsoft 七家公司共同研制开发制定的计算机新一代标准接口总线。USB 总线为连接外围设备的总线,根据规范,最多可拓展至连接 127 个外围设备,为微型计算机系统扩充和配置众多外围设备提供极大方便。USB 接口总线经过长时间的发展,其规范有多个版本,最初协议版于 1994 年 11 月推出,在 1996 年 1 月,标准版本 USB1.1 推出,这个版本协议主要是为中低速外围设备提供双向的、低成本的总线接口,数据传输率最高可达 12MB/s。

随着微型计算机系统及其外设性能提升和功能增强,微型计算机系统与外围设备之间需要处理的数据量越来越大,USB1.1 版本的数据传输速率不能满足高速数据传输的要求。于是,USB 接口总线新的标准规范 USB2.0 于 2000 年 4 月推出,新增了高速传输模式。原预测曾速 20 倍的传输速率得到更好突破,在新版本中,高速传输模式的数据传输速率达到 480Mb/s,极好地满足了新的高级外设与微型计算机之间的高性能连接需求和大量数据传输。USB2.0 标准是 USB 接口总线升级,保留原有 USB 规范,提供了更高的带宽,与现有的外设实现完全兼容^[9]。

USB 接口总线支持各种微型计算机与外围设备之间的连接和数据传输,可实现数字多媒体系统的集成。目前,USB 接口总线微计算机的各种外围设备上得到广泛应用,常见应用包括扫描仪、数码摄像机、数码相机、显示器、音频系统、输入设备等等。总之,USB 接口总线简化了外围设备接口与主机之间的连接通信,利用一条传输缆线来连接各种不同类型的外围接口设备,很好地解决了主机后面一大堆不同规范缆线乱绕的使用困境。USB 接口总线最突出特点就是可以在不重新启动计算机的情况之下安装硬件设备,实现热插拔,真正即插即用。而且,USB

接口总线在设计可是实现最高可达 127 个 USB 接口总线设备在总线上同时工作运行。

3.2.3.2 USB 系统组成

USB 接口总系统主要包括以下四个部分：USB 的主机、USB 的设备、USB 的集线器 HUB 和 USB 的互连。

1) USB 的集线器 Hub

集线器 Hub 是 USB 接口总线即插即用结构的关键部件。集线器 Hub 就是配线连接器，其连接点就是端口，每个集线器 Hub 可以实现把单个连接点转换成多个连接点的功能，而且，这种结构可以支持多个集线器 Hub 的连接。集线器 Hub 有且只有一个端口为上游端口，其余端口都为下游端口，集线器 Hub 通过上游端口连到主机，其余下游端口允许再连接一个集线器 Hub，或者直接连接能设备。USB2.0 集线器 Hub 主要有三部分组成，控制器、中继器和事务转换器。

2) USB 设备

USB 接口总线设备就是能够通过 USB 接口总线来实现发送或接收数据或控制信息的独立的微型计算机系统的外围设备。USB 设备通过一根插到 Hub 端口上的电缆来实现与主机的数据通信。使用前，由主机配置 USB 设备，包括分配 USB 带宽，选择 USB 设备指定的配置选项等操作。

3) USB 主机

连接微型计算机系统的 USB 接口称作 USB 主机，又叫主机控制器。在任何 USB 系统中都有且只有一个 USB 主机，其由硬件、固件和软件来综合实现。主机系统整合根集线器，提供更多的连接点。

4) USB 互连

USB 互连就是指 USB 主机与 USB 设备或集线器 HUB 之间的连接和数据通信方式，包括总线拓扑结构、内层关系、数据流模型和 USB 调度表四个部分。USB 设备和 USB 主机通过 USB 总线来连接。USB 系统的物理连接是有层次的星型结构，形成一个层叠的星形拓扑结构，集线器 Hub 星型的中心，每根线段表示 USB 主机与一个集线器 Hub 或功能设备之间的连接，或者是从集线器到集线器或其他功能部件之间一个点到另一个点的连接。USB 接口总线拓扑结构如图 3-2 所示。

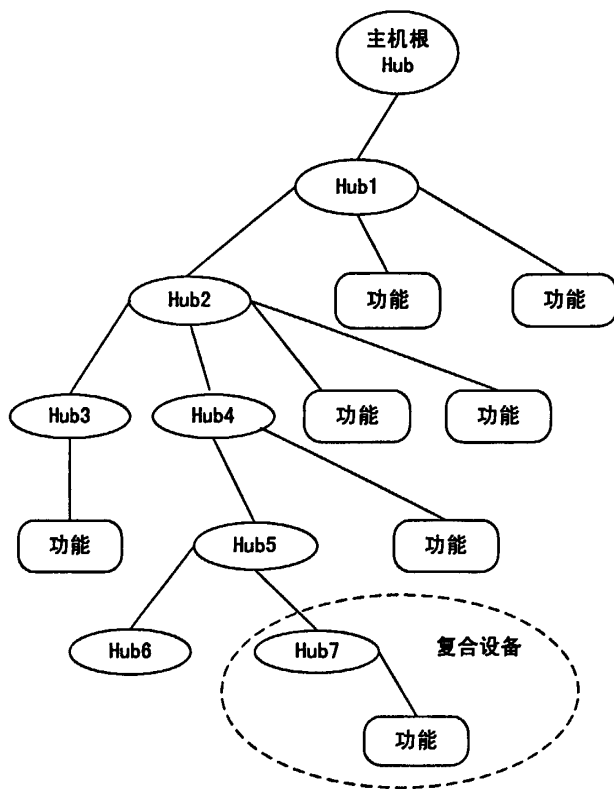


图 3-2 USB 接口总线拓扑结构

3.2.3.3 USB 物理接口

USB 接口总线的电缆共有 4 根导线：一对标准尺寸的双绞信号线，一对标准尺寸的电源线，如图 3-3 所示。兼容于 USB1.1 的低速电缆不需要屏蔽，USB2.0 的低速电缆则需要与全速电缆相同的内层屏蔽。全速和高速使用相同的电缆，在全速和高速的电缆中，信号线要求有 90Ω 的差分特性电阻，低速电缆的差分特性阻抗没有定义。

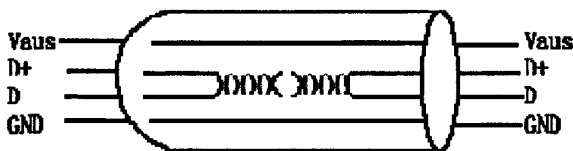


图 3-3 USB 物理接口

导线 D+和导线 D-是一对差分信号线，时钟随同差分数据一起进行编码和传送，采用具有位填充的 NRZI（不归零翻转）编码方式进行时钟编码方案，包前面的同步字段使得接收器实现同步它们的位恢复时钟。Vbus 和 GND 用来给设备提供电源，Vbus 电压值一般为+5V。USB 总线接口设备都有一个上游连接器，而且上游连接器

和下游连接器在机械上就实现不可互换,因此,消除集线器 Hub 的非法环路连接的操作可能性。

USB 接口总线支持的数据传输率有三种,它们分别是信令位传输率为 1.5Mb/S 的低速传输,信令位传输率为 12Mb/S 的全速传输和信令位传输率为 480Mb/S 的高速传输。USB2.0 标准支持 USB 主控制器与集线器 Hub 采用高速传输方式进行全速和低速数据的传输,而集线器 Hub 与 USB 设备之间采用全速或低速传输方式进行数据传输,这个规定可以实现 USB 全速设备和低速设备对 USB 高速设备可用带宽的影响降到最小。

3.2.3.4 USB 传输方式

在 USB 主机与 USB 设备之间,控制和数据信号的数据交换有两种通道,即单向通道和双向通道。主机软件和 USB 设备的端口之间进行 USB 数据传输,通道就是主机软件和 USB 设备端口间的联系。通道间数据传输具有独立性,一个 USB 设备拥有多个通道。如,一个 USB 设备只有一个端口,可以建立一个为其他 USB 设备端口进行数据发送的通道,当然也可以建立一个从其他 USB 设备进行数据接收通道。USB 接口总线数据传输方式主要包括:控制数据传输、批量传输、中断传输和同步传输。

1) 控制数据传输

在 USB 设备初次启动使用时,要对 USB 设备进行设置,此时 USB 系统应用软件就通过控制传输方式来传送控制数据,设备驱动程序选用特定方式对控制数据进行传输,控制数据传输是完整的。控制传输方式通过消息管道传送数据,因此使用控制传输方式的数据必须遵守 USB 接口总线协议定义的数据结构形式。

2) 批量传输

批量传输方式使用于需要大量数据传输的环境,大量数据组成传输的批量数据。例如,具有 USB 接口的扫描仪和打印机,进行传输的批量数据是连续的。一般情况下,通过硬件进行错误检测,保证数据传输的可靠性,而且在硬件上实现数据的多次传输。根据其它的总线动作,可以相应地改变大量数据占用的带宽。

3) 中断传输

USB 总线接口的中断传输方式适用于需要传输的数据量小的使用环境,而且也限制了其传输数据延迟时间的范围。此类传输数据在 USB 设备需要时发送,并且其在 USB 总线上的传输速率不慢于 USB 设备制定的传输速率。中断传输方式的传输数据由事件通告、特征、以及坐标号组成,其大小为一个或几个字节。中断数

据传输方式，没有精确指定其数据传输速率，但是规定了 USB 对交互数据提供最低反应时间的界限。

4) 同步传输

USB 接口总线的同步传输方式适用于对数据传输实时性要求高，对数据安全性和完整性较低的环境。其传输数据的建立、传送以及使用是连续的，而且是实时的。稳定的数据传输速率发送数据，接收的数据信息也是实时的，而且接收端与发送端保持一致时间分配。数据传输速率以外，传输延迟对同步传输数据影响极大，同步通道带宽确定必须满足相关功能部件的取样特性。必然存在的的信号延迟与端口的可用缓冲区数具有密切的关系。

常见的语音传输是典型的同步传输例子。在数据传输速率不能保持的情况下，缓冲区空间大小和损坏程度决定数据是否丢失。即使传输数据在 USB 硬件层上保持合适速率进行传输，由于软件导致的传输延迟也会对语音实时系统的应用的损害。在以实时传输方式进行数据传输过程中，必然会发生潜在瞬时数据丢失，即硬件机制引入不能避免错误在传输过程中发生。实际应用中，USB 接口总线数据出错率很低，可以忽略不计。

3.2.3.5 USB 的特点

随着计算机接口总线的发展，如今，若将外围设备连接的计算机系统上，USB 接口是优先的选择。不管是对使用外围设备的用户，还是对开发 USB 设备的软硬件设计开发人员，USB 的特性都能让双方满意。USB 接口总线的特点概述包括以下五个方面。

1) 使用简便

计算机 USB 接口总线可以同时连接多个不同的 USB 接口设备，支持热插拔，即插即用；而且，计算机软件系统即 USB 驱动程序以及应用软件程序可以自动启动，寻找到对应的 USB 设备，用户不需要进行干预和设置。更为重要的是，USB 接口设备不涉及 IRQ 冲突等问题，使用自己单独保留的中断，不抢占计算机有限的中断资源，这为用户省去硬件配置过程的麻烦。

2) 传输速率高

在数据传输速率方面，USB 接口总线支持三种信道速率：低速传输 1.5Mb/s、全速传输 12Mb/s 和高速传输 480Mb/s。具备 USB 接口总线的计算机都支持低速和全速数据传输方式，如今，计算机的标准配置都支持 USB2.0，可以实现高速数据传输方式。通常，USB 传输速率都是指信号或信道支持的位传输速率，除传输的

数据之外，信道需要传输状态、控制与错误检测信号，所以 USB 设备的实际数据传输速率要比理想数据传输速率低。在实际应用中，对于单一的传输最大速率，通常情况是：高速传输模式下为 53 Mb/s，全速传输模式下为 1.2Mb/s 和低速传输模式下的 800 b/s 的数据传输速率。

3) 连接灵活

USB 接口总线支持多个不同设备的串行连接，一个 USB 主控制器理论上可以连接 127 个 USB 设备。既可以使用串行连接，也可以使用 USB 集线器把多个设备连接在一起，然后再与计算机的 USB 接口进行连接。采用 USB 接口总线方式，所有外围设备都可以在机箱外进行连接，不需要打开机箱；并且允许外围设备热插拔，在这个过程中不需要关闭主机电源。更为简便的是，USB 可以智能识别 USB 外围设备的接入或卸载。

4) 支持多媒体

USB 接口总线可以实现电话两路数据的支持，可以支持同步与异步数据传输方式，达到电话与计算机的集成，从而可以实现语音邮件以及其它特性共享。另外，USB 音频信息于计算机外生成，减小电子噪音干扰，提高声音质量，实现音频系统的高保真度。

5) 独立供电

以前常见串口或者并口总线设备需要单独供电系统，但 USB 接口总线提供内置电源，可以为 USB 设备提供+5V 的工作电压电源，所以 USB 设备不需要独立供电系统。因此，新的 USB 设备不需要专门的交流电源来进行供电，大大降低了这些外围设备的成本和复杂度，提高了性价比。

3.3 本章小结

本章首先对 ASI 串行接口总线的特性和应用范围进行了概述。然后对 TS 流的定义和结构进行了简单阐述；根据 TS 流特点，对计算机系统的外围设备接口总线的性能和特点进行详细比较，根据 TS 流的特性选择了 USB 接口总线作为 TS 流的接口总线来实现与计算机的数据传输；最后，对 USB 接口总线进行简单的介绍，包括 USB 接口总线的概述、组成、物理接口、传输方式和特点等等。

第四章 硬件系统

硬件系统主要包括：ASI 接口、USB 接口以及 USB 接口的固件程序和驱动程序。ASI 接口部分实现从广电设备的 ASI 接口接收 TS 流数据，USB 接口实现把 TS 流数据传输至计算机中保存。

4.1 ASI 接口

4.1.1 CY7B933 芯片工作原理

CY7B933芯片是Cypress公司的用于点对点之间高速串行数据传输的数据接收芯片，相对应的高速串行数据传输的发送芯片有CY7B923。高速串行数据传输的数据接收芯片CY7B933的内部电路主要于两对PECL - TTL电平转换器、PECL 串行输入接口、时钟同步器、成帧器、移位器、译码寄存器、译码器、输出寄存器和测试逻辑等部分组成。内部结构图如图4-1所示^[10]。

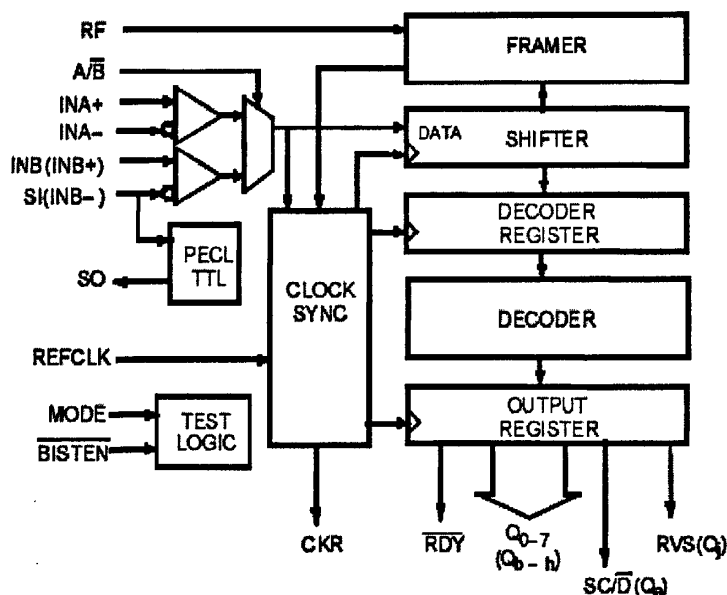


图 4-1 CY7B933 内部结构图

高速串行数据传输的数据发送芯片CY7B923对应，数据接收芯片CY7B933 有三种数据传输速率的器件：低速系列为CY7B933 - 155JI和CY7B933 - 155JC，数据传输速率为150~160Mbps；标准系列为CY7B933 - JI、CY7B933 - JC、CY7B933 -

MB和CY7B933 - SC四种型号, 数据传输速率为160~330Mbps; 高速系列有CY7B933 - 400J I和CY7B933 - 400JC, 数据传输速率为160 ~ 400Mbps。高速串行数据传输的数据接收芯片CY7B933引脚为28脚, 有SOIC/PLCC/ LCC等三种封装形式, 工作电压为+5V电源, 功率大约是650mW。

高速串行数据传输的数据接收芯片 CY7B933 接收来自差分串行输入端的串行位流, 内置集成锁相环 (PLL) 同步时钟产生器用来恢复用于数据重构所需的位同步时钟。成帧器获得串行位流的字节边界后就产生帧同步时钟, 然后移位器完成输入位流数据的串/并数据转换, 接下来数据送到译码器进行译码操作, 并且检测数据传输中是否存在传送中产生错误。最后, 经过译码后的字节数据在帧同步时钟控制下传输到输出寄存器, 然后从并行输出引脚输出^[11]。

高速串行数据传输的数据接收芯片 CYB933 芯片在接收经过均衡后 ASI 码流数据时, 内部时钟锁相环锁定 ASI 码流时钟, 检测特殊同步字 K28.5, 然后进行传输数据的串/并形式转换。检测到特殊同步字 K28.5, ASI 流数据的字节对齐是 ASI 解码前提条件, 高速串行数据传输的数据接收芯片 CYB933 有一套检测 ASI 码流中字节同步的方法和标准。为提高字节同步检测的可靠性, 考虑传输误码或其他原因有造成假 K28.5 的可能, 因此, 高速串行数据传输的数据接收芯片 CYB933 采用特殊同步字 K28.5 两次检测的方法, 即当连续检测到两个特殊同步字 K28.5 时, 才确认检测到字节同步, 然后进行正常单字节解码。

ASI 码流数据字节同步后, 因为特殊同步字 K28.5 是在高速串行数据传输的数据发送端插入的同步字节, 所以不能作为有效传输数据输出。因此, 在应用中, 必须利用高速串行数据传输的数据接收芯片 CYB933 输出引脚进行组合逻辑删除这些特殊同步字节。其实高速串行数据传输的数据接收芯片 CYB933 检测到有效数据时, 其就会输出一位当前数据有效的指示, 选用这个有效信号作为 FIFO 有效写信号, 这样 FIFO 中接收的数据就是删除特殊同步字 K28.5 后的有效传输数据^[12]。

4.1.2 电路设计

ASI 接口电路主要有高速串行数据传输的数据接收芯片 CY7B933 信号输入电路和与 USB 接口连接的系统接口电路。

一 信号输入电路

信号输入电路主要实现输入阻抗匹配功能, 选用网络变压器 PE65508。网络变压器 PE65508 为一种磁性组件, 在高速串行数据传输发送端与接收端之间进行信

号传输、波形修复、阻抗匹配、信号杂波抑制和高电压隔离。网路变压器 PE65508 输入端为传输从高速串行数据传输发送端过来的流数据的同轴电缆 BNC 接头，经过阻抗匹配电路，输出端输出传输流差分信号到高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 的差分信号输入引脚 INA-与 INA+。信号输入电路如图 4-2 所示图。

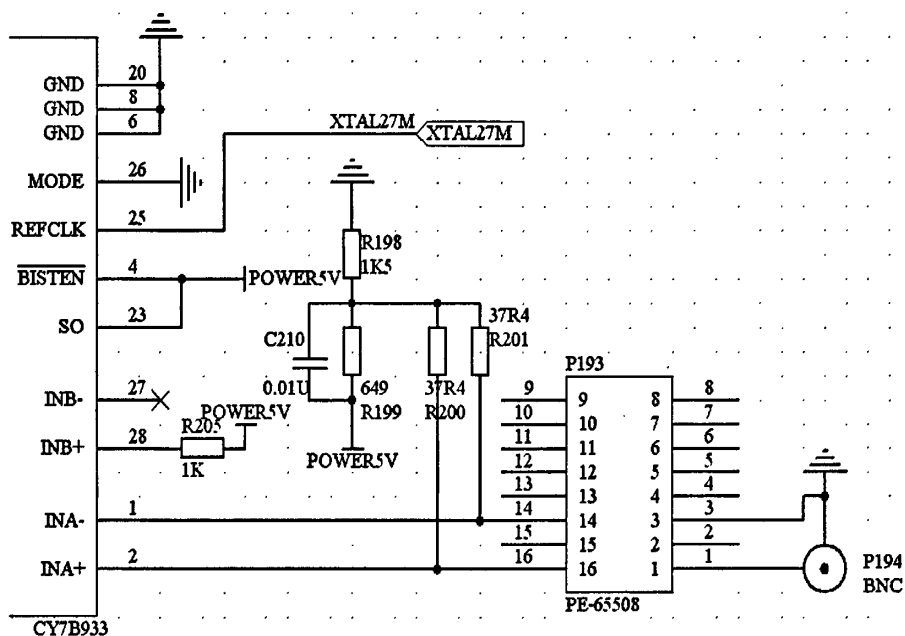


图 4-2 信号输入电路

二 系统接口电路

高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 与 USB 系统接口电路如图 4-3 所示。D[7..0]为进行数据传输的八位数据总线，考虑流数据在传输过程中的可靠性与稳定性，USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 选用同步 SLAVE FIFO 数据传输模式。SLAVE FIFO 数据传输模式在进行数据传输时必须采用外围电路提供同步时钟，而高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 引脚 CKR 恰好输出一个频率为 27Mhz 的时钟信号，恰好这个时钟信号可以作为 USB2.0 控制芯片的同步时钟信号。

高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 的引脚/RDY 为低电平时，表明接收到传输数据并且已经准备好发送；引脚 SC/\bar{D} 为高电平时，表明当前接收到的数据总线上的字节为特殊同步字符 K28.5，若引脚 SC/\bar{D} 为低电平时，表明当前接收的数据为有效数据。在进行数据传输时，接收的数据都应该是有效数据才是正确数据传输，要正确接收传输数据接收端需要判别数据总线上的数据是特殊字符 K28.5 还是需要接收的有效传输数据。特殊同步字节 K28.5 字符的值为 05H，若要在数据接收时去掉该特殊字符，可将/RDY 信号与 SC/\bar{D} 信号进行逻辑组合来产生写

FIFO 的控制信号,实现特殊同步字节 K28.5 字符码 05H 在数据传输过程的接收端直接抛弃,不写入 FIFO 中,从而数据接收端 FIFO 中都是接收的用户需要的有效数据信息。

电路选用 /RDY 和 SC/\bar{D} 两引脚信号进行逻辑组合,通过一个或非门 (DM74S02),输出的信号作为 USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 的 FIFO 写输入引脚 SLWR 的控制信号,当 /RDY 和 SC/\bar{D} 两个引脚输出信号都为低电平时,或非门输出有效的写信号给 CY7C68013A,进行 FIFO 的数据写操作。通过或非门输出的控制信号,就可以实现写入 FIFO 数据都为有效传输数据,把完整正确的 MPEG-2 TS 流数据包传输到主机。

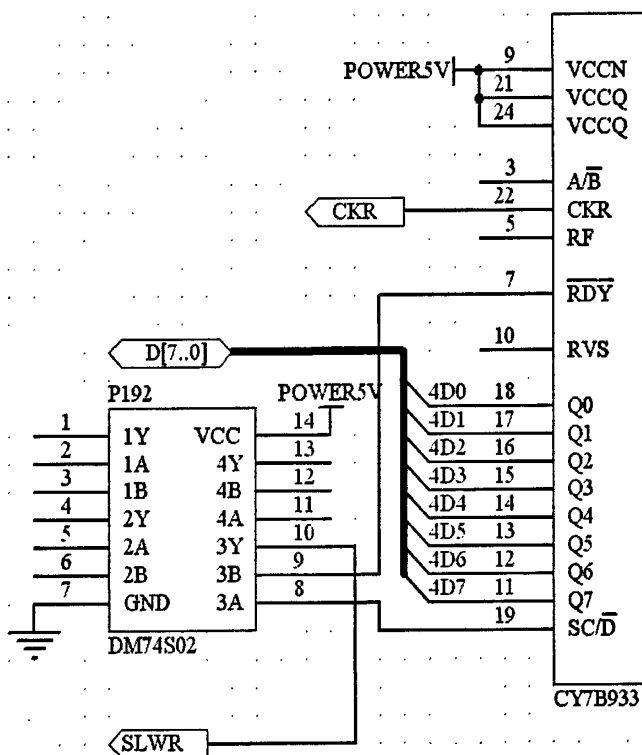


图 4-3 CY7B933 与系统接口电路

4.2 USB 接口

4.2.1 CY7C68013A 功能特点

如今,众多半导体公司都有推出 USB2.0 接口总线控制芯片,通常情况下,一般按照如下四个标准选择适合自己的,高性价比的芯片。选择 USB 控制四个标准

为：a)熟悉的芯片硬件体系结构和固件程序开发编程语言，和详尽开发文档资料；b)便捷的与 USB 芯片配套的开发工具包，便于固件程序的下载和调试的开发系统环境；c)为 USB 接口开发提供芯片固件程序编写范例代码，以及可以减小 USB 接口开发难度的典型 USB 设备驱动程序和应用程序等；d)考虑 USB 控制器芯片性能，包括数据传输速率、功耗、工作电源、存储器容量、封装类型等技术参数指标，以及控制芯片的价格和供货渠道^[13]。

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录课题选用 Cypress 公司推出的 USB2.0 控制芯片 CY7C68013A，该控制芯片带智能内核 USB 接口器件，内部集成有 USB2.0 通信控制引擎和增强型的 8051 内核，具有全速度、全序列、软配置等特点。从结构层面分析，USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 主要包括 8051 处理器、串行接口引擎 (SIE)、USB 收发器、16KB 的 RAM、4KB 的 FIFO 存储器和通用可编程接口 (GPIF)。芯片 CY7C68013A 内部结构框图如图 4-4 所示。该控制芯片具有独特架构，包括智能串行接口引擎 (SIE)，该引擎可以执行所有 USB 的基本功能，把 8051 微处理器解放出来实现其他专用功能，可以保证数据传输过程中持续的高性能数据传输速率。Cypress 公司推出 EZ-USB FX2LP 系列 USB2.0 控制芯片完全符号 USB2.0 标准协议，而且向下兼容 USB1.1，是一个高度集成的具有 USB 接口的微处理器系统解决方案。实际工程应用中，该控制芯片可以降低成本，简化系统电路，提高系统稳定性^[14]。

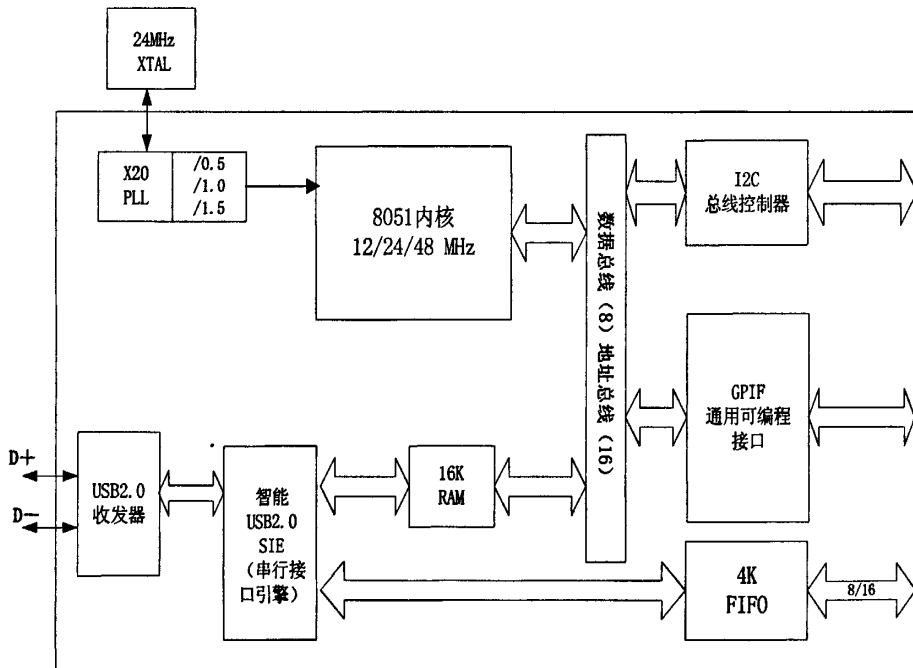


图 4-4 芯片 CY7C68013A 内部结构框图

4.2.2 USB 启动方式与列举

USB 控制芯片 CY7C68013A 芯片脱离复位状态后, 可以以多种方法自主创立 USB 设备, 根据连接在 I²C 总线上的外部 E²PROM 中内容, USB 控制芯片决定如何执行设备枚举程序。枚举程序中包括两种方式: 第一种方式, C0 加载模式, I²C 总线上 E²PROM 中第一个字节为 0xC0, 控制芯片 CY7C68013A 用从 E²PROM 中读取到 VID/PID/DID 的信息来替换缺省 USB 设备的 VID/PID/DID 值, 16 字节大小的 E²PROM 就可以实现这个功能; 第二种方式, C2 加载模式, 此时 I²C 总线上 E²PROM 中第一个字节 0xC2, 固件程序将从 E²PROM 自动下载到 USB 的 RAM 中, USB 设备的 VID/PID/DID 信息包含在固件程序中。如果 USB 控制芯片在启动过程中并没有检查到 E²PROM, USB 控制芯片 EZ-USB FX2LP 系列就会根据内部存储的描述符来进行列举。

考虑基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统的运行环境就是必须有计算机, 再根据开发过程中 USB 控制芯片固件程序更新的便利性, 选用上述的第一种加载模式。USB 设备与计算机连接后, 控制芯片 CY7C68013A 首先自动以“无固件”USB 设备进行设备枚举, 此时自枚举设备是缺省 USB 设备, 根据 E²PROM 中得到的 VID/PID/DID 信息, 通过 USB 电缆下载固件程序代码和描述符表。然后, 控制芯片 CY7C68013A 再次对设备进行枚举, 即重枚举, 主要根据第一次枚举下载的代码信息和描述符来对设备进行重新定义, 枚举出对应的用户 USB 设备^[15]。

4.2.3 端点缓存

USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 所属的 EZ-FX2LP 系列定义了 7 个端点缓存, 被分为“小”和“大”两组。端点缓存 EP0 和端点缓存 EP1 都属于小端点缓存, 其空间大小都只有 64 字节, 端点缓存 EP0 是系统默认的控制传输端点缓存, 其可以为 IN 端点缓存也可以为 OUT 端点缓存, 但是 EP0 端点缓存只能被微处理器来访问, 不能实现直接与外部逻辑连接的功能。端点缓存 EP2、EP4、EP6 和 EP8 都属于大端点缓存, 此类端点缓存无需固件程序参与, 就可以实现与片外器件进行高速数据传输功能, 当然, 在系统需要情况下, 微处理器也可以访问大端点缓存。

端点缓存 EP0 没有专门的配置寄存器, 因为是被固定配置的, 配置状态为有效、IN/OUT、控制类型、缓存空间 64 字节、单缓冲。端点缓存 EP2、EP4、EP6 和 EP8 端点都有对应的专门配置寄存器。通过对应的端点配置寄存器的设置, 大端点缓存配置非常灵活, 可以实现处理高带宽的 USB2.0 传输, 端点方向, 端点类型,

端点缓冲区大小，缓冲深度都能灵活配置来适应传输带宽需要。数据端点缓冲区可以通过配置寄存器实现多重缓冲存储结构。多重缓冲存储结构就是 USB 正在读取或写入数据包时，外部设备接口就可以对其他数据包，即同一个端点内的其他缓冲存储器中的数据包同时进行读写操作。多重缓冲存储结构可以使得系统性能达到最佳，在数据传输过程中外部设备接口与 USB 不需要相互等待，有效地提高了数据传输效率，可以改善数据传输带宽，很好地对带宽抖动进行平滑处理。

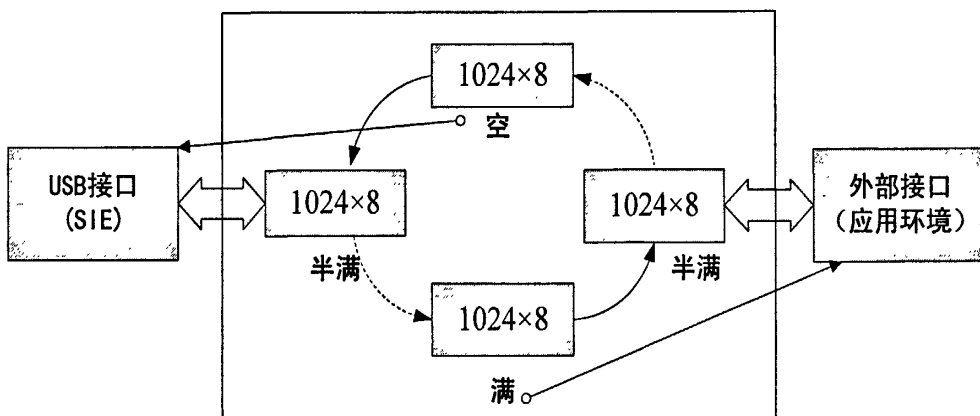


图 4-5 CY7C68013A 内部 FIFO 配置结构图

根据 TS 流收录系统性能要求，通过端点寄存器 EP2CFG 进行配置来控制端点缓存 EP2 的缓冲深度，USB 接口数据传输方式设置为批量传输，输出传输方向为 OUT，将 EP2 端点缓冲的存储结构设置为大小为 1024 字节的四重缓冲存储结构。内部 FIFO 配置结构如图 4-5 所示。四重缓冲存储结构中，只要端点缓冲存储中有 FIFO 未满，USB 端就继续发送数据到缓冲去；当正在写入数据的 FIFO 为“满”时，EZ-FX2LP 将自动把该 FIFO 转换到外部接口端，排队等待外部端口来读取数据；同时把 USB 接口端点缓冲中为“空”的 FIFO 转换到 USB 接口继续接收数据。外部接口端与 USB 接口端工作原理一样，只要有 FIFO 不为空，继续读取该 FIFO 的数据；当当前读操作 FIFO 传输完成即为“空”时，EZ-FX2LP 自动把该 FIFO 转换到 USB 接口端，排队等候 USB 接口对其进行下一步数据写入操作；同时把外部接口队列中数据为“满”的 FIFO 转移到外部接口，供外部接口继续进行读取数据。

4.2.4 接口方式

虽然基于 FX2LP 的设备可以使用 FX2LP 的微处理器直接处理 USB 的数据，但是更多都是选择更加简单的管道连接方法。在具有外部数据处理逻辑的设备中，USB 数据在主机和外部逻辑设备中进行传输，传输过程不需要微处理器的参与，直

接经过内部端点缓冲的 FIFO 来进行数据传输。对于外部逻辑器件，这些端点缓冲的 FIFO 特别提供普通的时序信号、握手信号、读写信号和输出允许信号等。

USB2.0 控制芯片的 EZ-FX2LP 系列具有两种接口方式，可编程接口 GPIF 和 Slave FIFO 方式。可编程接口 GPIF 方式为主机方式，实现软件编程读写控制波形，可以对任何 8/16 bit 接口的控制器、存储器和总线进行数据的主动读写操作。Slave FIFO 方式为从机接口方式，FIFO 可以工作在 16 位模式或 8 位模式，外部控制器可如一般 FIFO 一样对 EZ-FX2LP 的多层缓冲 FIFO 存储结构进行读写操作。Slave FIFO 模式接口引脚如图 4-6 所示。控制芯片 EZ-FX2LP 中，Slave FIFO 工作方式可设置为同步工作方式或异步工作方式，工作时钟可选择内部产生或外部输入，其它的控制信号也可根据外部提供信号条件，灵活设置为高电平有效或者低电平有效。

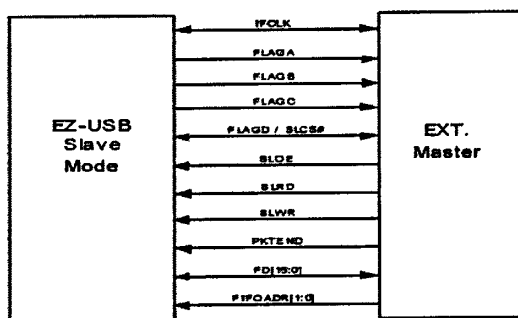


图 4-6 Slave FIFO 模式接口引脚

基于 ASI 接口高清 TS 流收录系统根据 ASI 接口总线收录芯片 CY7B933 所能提供的信号输出，选择数据传输的接口方式为 Slave FIFO 模式，采用 8 位模式下同步工作方式。Slave FIFO 模式工作在同步工作方式时，FIFO 读写操作命令要在时钟信号 IFCLK 上升沿下配合 SLWR 引脚信号来触发执行操作。当 SLWR 信号被激活时，总线上的数据在每个时钟 IFCLK 上升沿来时写入 FIFO。当 Slave FIFO 模式工作在异步工作方式时，FIFO 的读写命令直接由 SLRD 和 SLWR 信号触发。异步和同步工作方式时序图如图 4-7 所示。

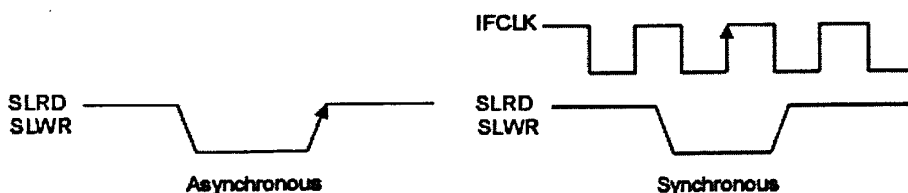


图 4-7 异步与同步时序图

4.2.5 电路设计

USB 控制芯片 CY7C68013A 与异步高速传输接口接收芯片 CY7B933 连接电路如图 4-3 示。D[7..0]为进行数据传输的八位数据总线，高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 引脚 CKR 输出的频率为 27Mhz 的时钟信号作为 Slave FIFO 同步工作方式的时钟信号。高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 的引脚/RDY 信号与引脚 $\overline{SC/D}$ 信号的或非输出作为 USB 控制芯片 SLWR 的触发信号^[16]。

当然，控制芯片 CY7C68013A 要正常运行工作，需要根据工作方式对相关引脚进行配置，还必须有基本外围电路，包括时钟产生电路和完成固件程序自动加载到系统程序存储空间的 E²PROM 电路。

一 时钟电路

USB 控制芯片必须有的时钟产生电路如图 4-8 所示。选择频率大小为 24MHZ 的晶振，11 脚与 12 脚连接芯片内部振荡器，通过芯片内部锁相环作用，然后进行分频、倍频处理，最后可以获得芯片所需要的不同频率的时钟信号。

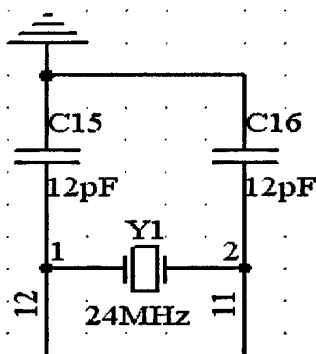


图 4-8 时钟产生电路

二 E²PROM 电路

控制芯片 CY7C68013A 芯片跳离重置状态后，根据 I²C 总线上外部 E²PROM 中第一个字节来执行设备枚举程序。I²C 总线与 E²PROM 连接电路如图 4-9 所示。

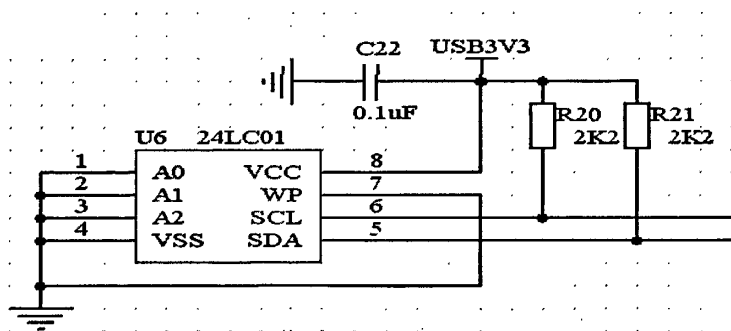


图 4-9 I2C 总线与 E²PROM 连接电路

4.3 工作电源

高清 TS 流收录系统一般都配备有专门计算机进行 TS 流收录, 而且这个收录系统的电路板尺寸比较小, 考虑节约成本和简化电路设计, 在工作电源的选择上考虑通过 PCI 总线接口来提供工作电压。根据 PCI 接口总线协议, PCI 总线接口上有电压值分别为+5V 和+3.3V 两组电源, 而且 PCI 总线+5V 电源的最大输出电流达到 5A, 电压值为+3.3V 电源最大输出电流达到 7.6A。高清 TS 流收录系统电路中, USB 控制芯片 CY7B68013A 的消耗电流典型值为 100mA, 异步串行高速传输接收芯片 CY7B933 的典型功耗值是 650mW, 因此 PCI 总线的两组电源完全满足四通道 ASI 收录系统的供电需求。采用这种方式, 通过 PCI 接口, 收录系统硬件电路安装在计算机内部, 不占用空间, 而且能保持系统运行工作稳定。

4.4 固件程序设计

4.4.1 概述

选用 Cypress 公司的 USB2.0 控制芯片 EZ-USB FX2LP 系列进行系统开发, 利用 EZ-USB FX2LP 固件程序框架可以简化和加速开发基于 EZ-USB FX2LP 芯片的外围设备。而且, EZ-USB FX2LP 的函数库提供系列函数, 可以进一步加速 USB 接口外设固件程序的开发, 降低用户开发难度, 大大提高用户的开发效率。

USB 接口系统固件程序设计基于 EZ-USB FX2LP 独创性结构, 主要分为固件主程序设计和自定义程序设计。固件程序功能为响应主机控制请求命令, 实现主机获得设备信息特点, 从而准确有效配置设备, 实现主机与设备正常通信, 完成正常的数据传输功能。Cypress 公司提供的固件程序框架用 Keil C51 C 编写编译, 其中使用了许多 Keil C 对标准 C 的扩展。使用其他编译器难以保证编译的程序没有问题, 因此编译该库最好使用 Keil C。

4.4.2 描述符表

在枚举过程中, 主机通过获取描述符来对某一 USB 的性能和需求就行熟悉。通过描述符表, 设备可以返回如下信息: 装载的何种设备驱动程序、拥有端点数量、端点不同的配置以及有关设备的文本字符信息。

Cypress 公司提供的开发包中 dscr.a51 文件中包含有设备描述符表。描述符

表一般包括标准设备描述符、类描述符和用户指定描述符。串行接口引擎 (SIE) 和框架提供的描述符分析器, 都对描述符表中各描述符出现顺序有一定的顺序要求。各描述符一般按照如下顺序在描述符表中出现:

Device Descriptor	; 设备描述符
Configuration 1 Descriptor	; 配置 1 描述符
Interface 1 Descriptor	; 接口 1 描述符
Endpoint 1 Descriptor	; 端点 1 描述符
Endpoint 2 Descriptor	; 端点 2 描述符
...	
Interface 2 Descriptor	; 接口 2 描述符
Endpoint 1 Descriptor	; 端点 1 描述符
...	
...	
Configuration 2 Descriptor	; 配置 2 描述符
...	
String Descriptor 1	; 字符串描述符 1
String Descriptor 2	; 字符串描述符 2
...	
Class Descriptor 1	; 类组描述符 1
Class Descriptor 2	; 类组描述符 2
...	
Null Descriptor	; Null 描述符

各个描述符的内容由 USB 规范或给定的设备类型规范定义。在本设计中, 参考开发包提供的文件 `dscr.a51`, 修改设备描述符中 VID 与 PID 值, 就可以满足需求。

4.4.3 程序设计

USB 控制芯片 EZ-USBFX2LP 系列的开发包提供了固件程序开发的框架, 利用 EZ-USBFX2LP 固件框架可以简化和加速 EZ-USBFX2LP 芯片外围设备的开发。固件框架主要包括初始化、处理标准 USB 设备请求以及 USB 挂起时的电源管理, 而且提供 8051 程序代码, 用户只需要简单地提供 USB 描述符表, 根据功能需求更改寄存

器设置和编写外围设备的功能代码，就可以开发出功能完善的 USB 外围设备。

固件程序主要完成功能有：初始化状态变量，包括部分特殊功能寄存器值的初始设置，设置描述符指针，设备重枚举，判断主机操作请求类型，USB 总线挂起唤醒等功能。

系统上电复位，EZ-USBFX2LP 检测到连接在 I²C 总线上的 E²PROM，并且首字节为 0XC0，EZ-USBFX2LP 自动复制 E²PROM 中 VID、PID 与 DID 值到内部存储器。然后，EZ-USBFX2LP 将这些字节信息提供给主机，作为 Get_Descriptor 设备请求的响应，这六个字节替换缺省 USB 设备的 VID、PID 与 DID 的值。这样就可以把符合设备的驱动程序下载到操作系统中。固件程序流程图见图 4-10 所示。

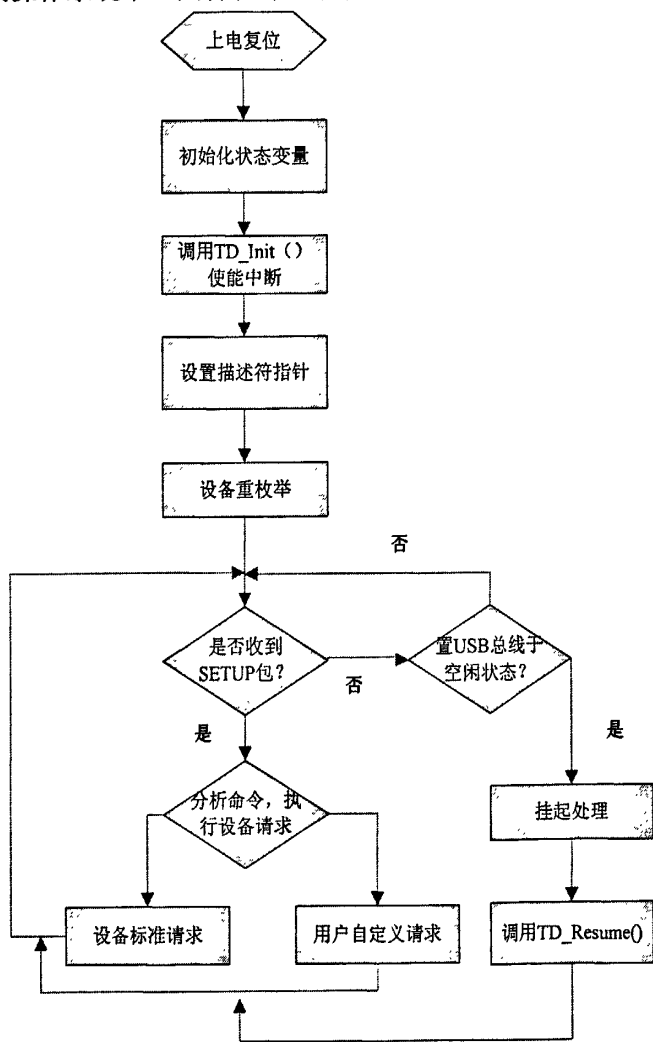


图 4-10 固件程序流程图

固件程序首先初始化内部状态变量，然后调用用户初始化函数 TD_Init()，并使能中断。然后，系统每隔 1s 进行一次设备重枚举，直到端点 0 接受到 SETUP 命令包。当检测到 SETUP 命令包，框架开始交互的任务调度。判断系统请求是标准设备请求，还是用户自定义请求，调用对应函数执行操作。如果没有收到 SETUP 命令包，判断 USB 内核是否收到 USB 挂起信号。如果收到，调用函数 TD_Suspend()，函数成功返回后，再检测是否发生 USB 唤醒事情。如果未检测到唤醒信号，处理器进入挂起方式；如果检测到唤醒事件，调用函数 TD_Resume()，程序继续运行。

4.5 驱动程序设计

用户使用计算机接触的都是应用程序，应用程序可以应用于各种形形色色的操作系统中，可应用于存取文件、操作数据以及用户通过 Windows GUI 进行交互操作。但是，用户应用程序不允许直接对硬件进行操作，用户应用程序对硬件操作，必须通过中间媒介才能进行，这个所谓的中间媒介就是设备驱动程序。USB 设备驱动程序就是一个用于基于 USB 的计算机外围设备接口的通用设备驱动程序，提供应用程序与公共 USB 设备请求和数据传输的接口。

系统采用 Cypress 半导体公司 CY7C68013A 芯片，公司提供的开发工具介绍了利用已给出通用设备驱动程序 CyUSB.sys 文件和 CyUSB.INF 文件进行 USB 设备驱动程序开发的方法。该驱动程序兼容 WDM 驱动模式，符合 Windows 硬件质量实验室 WHQL 标准，能够与任何符合 USB2.0 规格的设备兼容，支持 Windows 即插即用和电源管理的 S4 级，支持 USB 接口远程唤醒，支持 USB 接口的控制、中断、批量和同步传输端点，支持多种 USB 设备同时连接。该驱动程序，结合 CyAPI.lib 库为应用程序提供高级程序。

USB 接口驱动程序采用为所有 USB 设备的共用协议，排除遇到某类特定 USB 设备专用命令。对开发包提供的驱动程序的信息文件 CyUSB.INF 根据需求进行设计，选用 Windows 设备管理程序方式，所有 USB 设备都可与驱动程序 CyUSB.sys 相匹配。

驱动程序面向通用型用途，不需要进行重新编译就可实现需求设计，修改驱动程序的信息文件 CyUSB.INF 使其通告一个全局唯一标识符 GUID，实现该驱动程序多个副本在一台计算机上适度地共存运行。

另外，配置信息文件 CyUSB.INF 实现驱动程序能够执行预先记录的一系列控

制端点传送, 可以允许根据相连的设备的 Product ID (产品 ID) 和 Vendor ID (售主 ID) 对驱动程序的动特性进行特别需求设计, 开发出对应设备驱动程序。根据 Cypress 提供的开发帮助文档, 拷贝 CyUSB.sys 和 CyUSB.INF 文件, 对其分别重命名为 srd.sys 和 srd.inf 文件。

对 CyUSB.inf 文件进行信息修改如下:

(1) 固件程序文本文件位置

```
SRD.EXECSCRIPT="\systemroot\system32\SRD\SRD.spt"
```

(2) 设备标识:

```
%VID_0301&PID_0041.DeviceDesc%=CyUsb, USB\VID_0301&PID_0041
```

(3) 设备描述:

```
VID_0301&PID_0041.DeviceDesc="DTV Stream Receiving Device"
```

(4) 全局标识:

```
CyUsb.GUID="{AE18AA60-7F6A-11d4-97DD-00010229B959}"
```

4.6 本章小结

本章首先对基于 ASI 高清 TS 流收录项目的硬件系统整体结构和信号流程进行了分析阐述, 然后把硬件系统分为 ASI 接口和 USB 接口进行介绍。ASI 接口部分包括 ASI 接口总线接收芯片 CY7B933 详细介绍和相关的电路设计; USB 接口对 USB2.0 控制芯片 CY68013A 进行详细阐述, 主要是其启动方式和枚举、端点缓存设置、传输接口方式选择以及相关电路设计进行深入分析。最后, 对 USB 控制芯片涉及的固件程序设计和驱动程序设计进行阐述分析。

第五章 TS 流解复用底层程序设计

5.1 TS 流系统层协议结构

在 MPEG 组织推出的 MPEG-2 标准中,输出到信道两种不同类型的码流,一种为节目码流,即 PS (Program Stream);另一种为传输流,即 TS (Transport Stream)。MPEG-2 标准中 TS 流为根据 ITU-T Rec H220、ISO/IEC DIS 13818-2 以及 ISO/IEC 13818-3 标准协议定义的数据流,保障在有可能发生严重错误或干扰环境下进行一路或多路节目编码数据传输的安全性。TS 流的速率可以是变化的,也可以是固定的,其大小由节目参考时钟 PCR 字段的位置和数值决定,通常每个节目都有自己的 PCR 字段。在这里只对与项目课题相关的协议结构进行阐述^[17]。

5.1.1 TS 流系统层结构

直接从编码器出来的数据流就是 ES 流,包括编码过的音频数据流,视频数据流,以及其他编码数据流。ES 流经过 PES 打包器打包之后,转换成 PES 包。由于 ES 流只包含一路信源的编码数据流,所以每路 PES 流也只包含相对应信源的数据流。PES 流最后根据需要打包成 PS 或 TS 包进行存储或传输。

对 PS 流而言,每个 PES 包头含有播出时间标记 PTS(Presentation Time Stamp)和解码时间标记 DTS (Decoding Time Stamp),流识别码,用于区别不同性质的 ES。然后通过 PS 复用器将 PES 包复用成 PS 包。实际上是将 PES 包分解为更细小的 PS 包。在解码的时候,解复用器将 PS 分解成一个个 PES 包,拆包器然后将 PES 包拆成视频和音频的 ES,最后输入至各自解码器进行解码。为了保证各个 ES 在解码时视音频的同步,除了 PTS 和 DTS 的配合工作外,还有一个重要的参数是 SCR(system clock reference)。在编码的时候,PTS, DTS 和 SCR 都是由 STC(system time clock)生成的,在解码时,STC 会再生,并通过锁相环路(PLL—phase lock loop),对本地 SCR 相位和输入的时 SCR 相位的锁相进行比较,判断解码过程是否同步,若此时不同步,可以利用这个瞬时 SCR 调整 27MHz 的本地时钟频率。最后,

PTS, DTS 和 SCR 一起配合, 解决视音频同步播放的问题。TS 流、 PES 流和 ES 流三者之间的关系如图 5-1 所示^[18]。

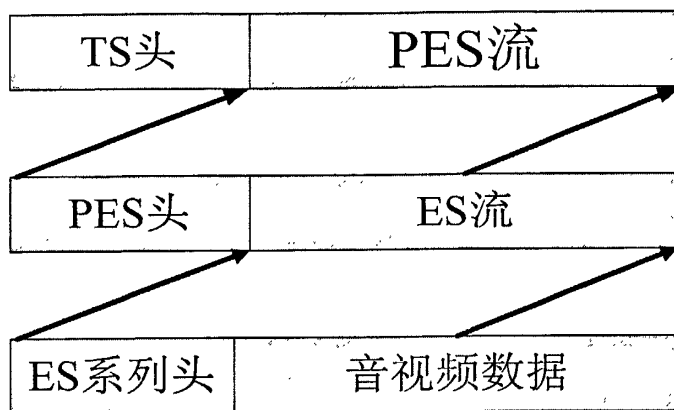


图 5-1 TS 流、 PES 流和 ES 流关系

5.1.2 TS 包语法结构

188B 长度的 TS 包头和包数据 2 部分组成, 包头长度 4bytes, 自适应区和有效数据净荷共占 184bytes, 整个 TS 包长度相当于 4 个 ATM 包长。TS 传输流中的 TS

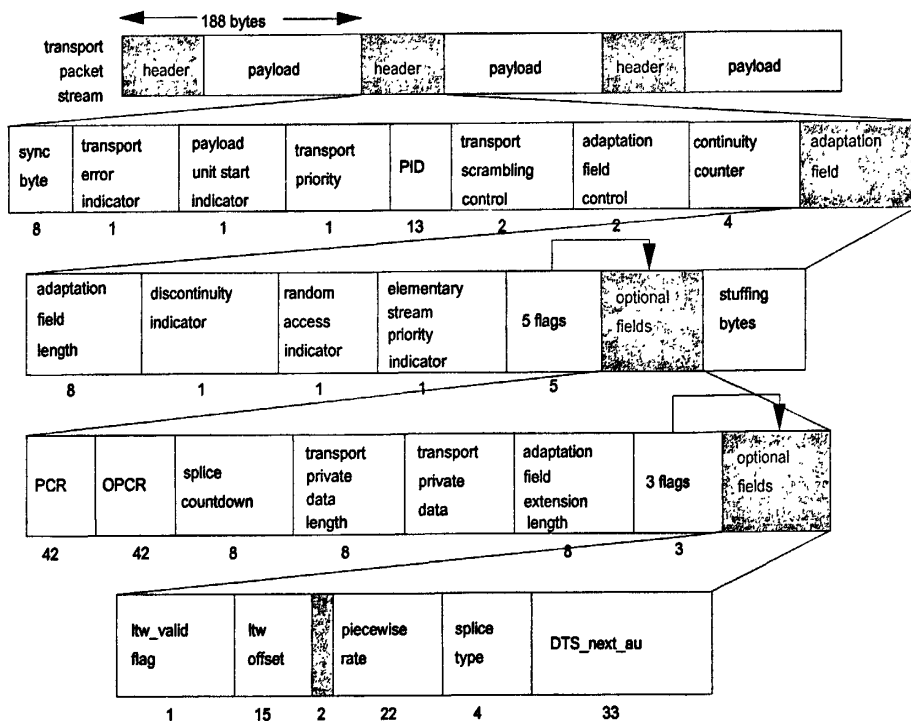


图 5-2 TS 流的结构

包的净荷所传送的数据信息有四种类型: 音频、视频 PES 包以及其他相关辅

助数据；对多路节目的复用信息进行描述的节目关联表（PAT），对单路节目信息进行描述的节目映射表（PMT），描述条件访问的表 CAT；各种业务信息（SI）表，包括强制性的网路信息表（NIT），业务描述表（SDT）、节目段信息表（EIT）与时间和日期表（TDT），还包括可选的业务组表（BAT）、运行状态表（RST）和时间便宜表（TOT）等；DVB 数字电视的数据广播信息，主要包括异步数据报、数据管道、多协议封装、同步、被同步数据流、循环数据、循环对象等。

1 MPEG-2 TS 包头

TS 包的包头由如图 5-2 所示。TS 包的包头主要包括同步字节、传输误码指示符、传输优先、有效载荷单元起始指示符、包识别（PID-Packet Identification）、自适应区控制、传输加扰控制以及连续计数器 8 个部分。

同步字节位串的自动相关特性可以对传输数据流中的包限制进行检测，从而实现包同步。传输误码指示符，即在出现不能消除误码时，可以采用误码校正解码器表示 1bit 误码，但是不可以进行校正。描述数据包是否存在起始信息就是有效载荷单元起始指示符。传输优先即 TS 包分配的优先权。PID 即 TS 包的标识，是由用户确定，解码器根据 PID 可以区分来自不同 ES 流的 TS 包，然后重新建立原来的 ES 流。TS 包 PID 分配表如表 5-1 所示。指示数据包内容是否加扰的为传输加扰控制，但是对于包头和自适应区不可以进行加扰。2bit 来标识自适应区控制，分别为：01 表示无自适应区但有有用信息；10 表示有自适应区但无有用信息；11 表示既有自适应区，也有有用信息；00 暂时没有定义。可以对 PID 包传送顺序进行计数的就是连续计数器，根据计数器读数，USB 接口的接收端可以判断是否发送包丢失以及包传送顺序错误的情况。综上所述，TS 包的包头对 TS 包具有同步、检错、识别以及进行加密的功能。

表 5-1 PID 分配表

PID 值	PID 值使用描述
0x0000	节目关联表（PAT）
0x0001	条件访问表（CAT）
0x0002	传送流描述
0x0003-0x000F	保留
0x0003-0x1FFE	自由分配
0x1FFFF	空包

2 MPEG-2 TS 包自适应区

MPEG-2 TS 包自适应区主要包括自适应区长、标志指示符、与插入标志有关的信息以及填充数据四部分。标志指示符部分主要包括间断指示符、ES 优化指示符、随机存取指示符、接点标志、PCR 标志、传输专用数据标志、自适应区扩展标志和原始 PCR 标志八个部分。标志部分最重要的标识符就是 PCR 字段，为编解码器的 27MHz 时钟提供同步信息，实现同步。实现同步过程是，通过 PLL，比较解码时本地用 PCR 相位和输入的瞬时 PCR 相位锁相，判断解码过程是否已经同步，如果当前过程不同步，利用瞬时 PCR 调整时钟频率。

由于数字图像采用各样的复杂压缩编码算法，所以图像的数据都各不相同，所以不可能直接从压缩编码图像数据始端部分获得时钟信息。因此，选择某些，TS 包的自适应区来进行定时信息的传送。被选中的具有定时信息的 TS 包的自适应区，可以用于测定包信息的控制位以及控制信息。自适应区并不需要随着每个 TS 包进行发送，如何发送由选中的 TS 包传输专用的时标参数来决定。

5.2 PSI/SI 信息常用表

5.2.1 PSI/SI 信息概述

根据 TS 包语法结构定义，在 TS 中，每个 TS 包都通过一个适当的 PID 来加标签，以便表示 TS 包中的净荷属于哪个原始流。解码过程中要确定哪个原始流属于某个节目，就必须通过 TS 中包含的附加信息，明确获得的节目与该节目原始流的 PID 之间的关系，这个附加信息就是节目专用信息 PSI。

PSI 信息对不同视频、音频流成为节目的信息进行控制与管理编组，同节目音频视频集合使用一个共用时间基准。MPEG-2 协议规定系统层 PSI 信息主要包括节目关联表 PAT、节目映射表 PMT 以及条件访问表 CAT。

在 TS 流中，如果只有 MPEG-2 的 PSI 信息，接收解码器不能实现自动接收某一确定业务，而且提供相应节目信息。为实现这个目标，DVB 标准提供额外的 SI 信息，对 PSI 信息的进行补充和完整。SI 信息主要是接收解码的设置信息，例如节目种类、节目时间和节目来源等相关信息。SI 信息主要包括四个基本表。其详细介绍如下：网络信息表 NIT，实现节目集中，包括调谐接收必须的转发器、符号率、频率、调制方式等参数信息，保证接收解码自动调谐接收的功能。业务描述表 SDT，提供传送流中每个节目或业务有关的其他节目的名称和参数。节目信息表 EIT，提供各类节目的时间安排及预定播放时间信息。时间及日期表 TDT，提供节目开始的

时间和节目结束的时间信息。

下面只对课题涉及到的节目关联表 (PAT)、节目映射表 (PMT) 和业务描述表 (SDT) 进行详细阐述。

5.2.2 节目关联表 PAT

节目关联表 PAT 对 TS 流中的所有节目信息进行定义, PAT 表的 PID 值规定为 0x0000, 为 PSI 信息的根节点, 对 TS 流进行节目信息查找是都必须从 PAT 表开始。PAT 表示意图如图 5-3 所示。PAT 表对传送码流中所有节目对应的 PMT 表的 PID 的信息都列出。当进行 TS 流信息解析时, 可以根据 PAT 表中各个节目的 PID 值找到对应的 PMT 包。TS 流中的任何一个节目在 PAT 中都有一个对应的具体节目号码以及 PID 值的条目, 根据协议规定节目号码为零用于网络信息表 NIT, ISO 标准把网络信息表 NIT 定义为私有数据。

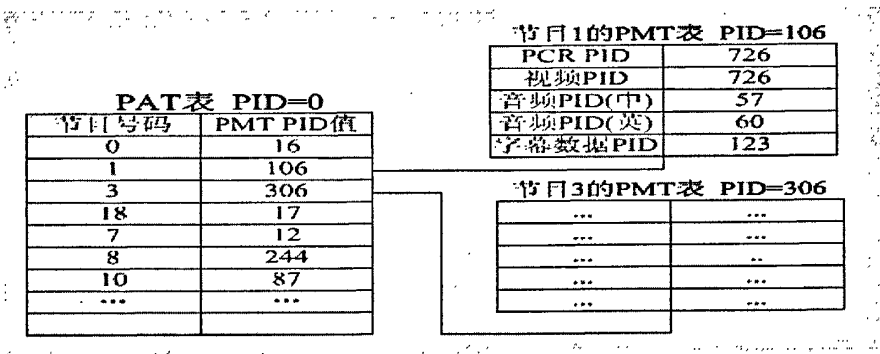


图 5-3 PAT 表示意图

节目关联表 PAT 结构图如图 5-4 所示。PAT 表的整体字头长度大小为 8 个字节, 主要由表格标识符、段语法指示、段长度、传送流标识、版本号、当前下次指示、段号以及最后段号等组成。节目关联表 PAT 的可变字长的节目单编号包括若干个 16bit 节目号以及对应的 13bit 的 PMT 表 PID 值。PAT 表结构描述如表 5-2 所示。

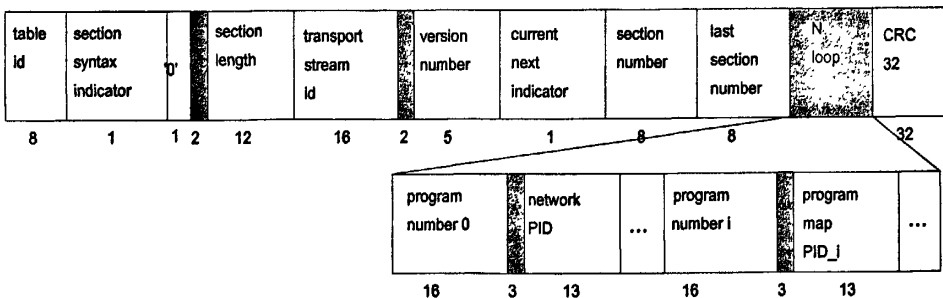


图 5-4 PAT 表结构图

PAT 表语法结构描述如下：

表 5-2 PAT 语法结构描述

Syntax	No. of bits
program_association_section() {	
table_id	8
section_syntax_indicator	1
'0'	1
reserved	2
section_length	12
transport_stream_id	16
reserved	2
version_number	5
current_next_indicator	1
section_number	8
last_section_number	8
for (i=0; i<N;i++) {	
program_number	16
reserved	3
if(program_number == '0') {	
network_PID	13
}	
else {	
program_map_PID	13
}	
}	
CRC_32	32
}	

● table_id: 大小为 8 个 bit, 表征 TS 的 PSI 分段内容为节目关联分段、条件访问分段或者是 TS 节目映射分段等。PAT 表, 其值置为 0x0。

- `section_syntax_indicator`: 大小为 1 个 bit, 置为 0x1。
- `section_length`: 长度大小为 12bit, 表示分段字节数, 从分段长度字段开始, 包括 CRC, 其值大小不超过 1021。
- `transport_stream_id`: 大小长度为 16bit, 表征与其它复用流区别, 其值由用户自行进行定义。
- `version_number`: 大小长度为 5bit, 表示所有 PAT 版本号。PAT 变化时, 版本号加 1, 这个值达到 31 时, 循环返回到 0。
- `current_next_indicator`: 大小为 1bit, 为 1 时表示当前传送的 PAT 有效可以使用; 为 0 时表示传送的表无效不能使用, 等下一个表变为有效。
- `section_number`: 大小为 8bit, 表征该分段数目。PAT 表第一个分段值为 0x00, 然后 PAT 表中接下去每一个分段将加 1。
- `last_section_number`: 大小为 8bit, 表示最后一个分段号, 是整个 PAT 中分段数目最大的分段号。
- `program_number`: 大小为 16bit, 表示节目对于哪一个 `program_map_PID` 可以使用。如果为 0x0000, 表示对应 PID 为网络 PID, 其他取值由用户自行定义。
- `network_id`: 大小为 13bit, 表示含有 NIT 表的 TS 包 PID 值, 用户自行定义该值。
- `program_map_PID`: 大小为 13bit, 表示 TS 包的 PID 值。该 TS 包包含对应于 `program_number` 指向的节目的 `program_map_section`, 由节目号制定。一个节目号对应一个 `program_map_PID` 定义, 用户自行定义该字段值。
- `CRC_32`: 大小为 32bit, 是用于进行数据正确性校验的循环冗余校验码。

5.2.3 节目映射表 PMT

节目映射表 PMT 提供节目号码与组成节目的原始码流之间的映射, 是一个 TS 中所有节目定义的集合。此表在 TS 中传送, 其 PID 值由 PAT 选择。PMT 提供了单路节目复用有关控制信息, 完整描述一路节目由哪些 PES 组成, 以及它们的 PID 值。

节目映射表 PMT 的整体字头长度为 12 字节, 包括表格表示符、节目号、表格区段长度、当前下次指示器、版本号、用于提供本节目收发同步参考的 PCR 值所在的 PES 包的 PID 值、节目信息长度、节目描述信息、组成该节目的 PES 的描述信息。PMT 表的单节目描述, 其字长可变, 主要包括基本比特流 PID、基本比特流

类型、扩展信息长度、扩展可变长基本流等描述符。PMT 结构示意图如图 5-5 所示。

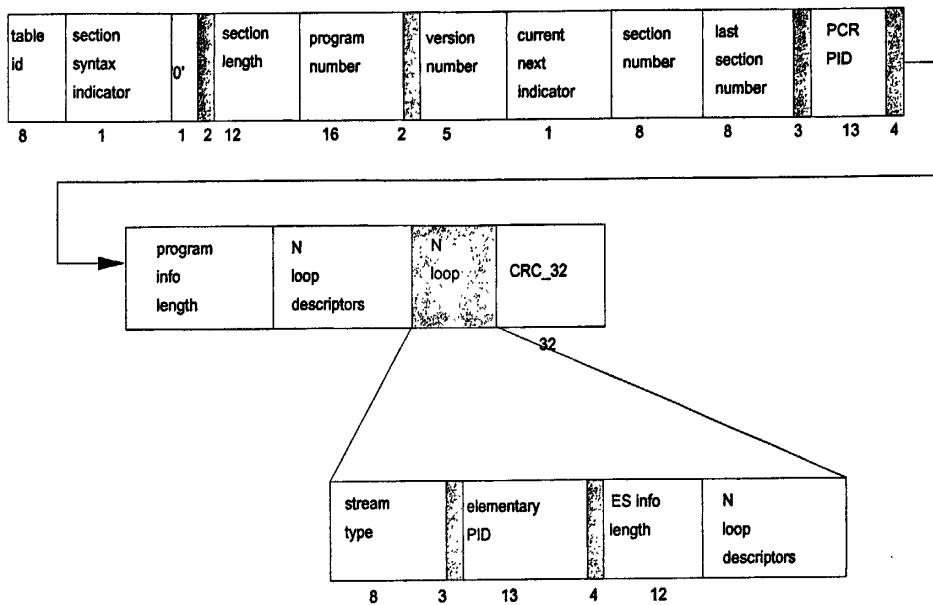


图 5-5 PMT 结构示意图

PAT 语法结构描述如表 5-3 所示。PAT 表语法结构描述如下：

- table_id: 大小为 8bit, PMT 中值为 0x02。
- section_syntax_indicator: 大小为 1 个 bit, 置为 0x1。
- section_length: 长度大小为 12bit, 前两位为 0, 表示分段的字节数, 包括 section_length 字段和 CRC 字段。
- program_number: 大小长度为 2B 字段, 作为一个标签, 该字段指出该节目对应的 program_map_PID, 其值由用户进行定义。
- version_number: 大小长度为 5bit, 表示所有 PMT 版本号, PMT 变化时, 版本号以 32 为模加行加 1。
- current_next_indicator: 大小为 1b 的指示位, 置为 1 时表示传送的 PMT 当前可以使用; 置 0 时表示当前传送的该表不能使用, 下一个表变为有效。
- section_number: 大小为 1B, 该字段总是置值为 0x00。
- last_section_number: 大小为 1B, 该字段总是置值为 0x00。
- PCR_PID: 大小为 13bit, PCR TS 包的 PID 值, 含有 PCR 字段, PCR 值与由节目号指定的节目对应; 对于私有数据流的节目, 该值定义与 PCR 无关, 值为 0x1FFF。

●program_info_length:大小为 12bit, 前两位为 0, 指出其后对节目信息进行描述的字节数数量。

●stream_type:大小为 1B 的字段, 该字段制定特定的 PID 的节目元素包类型, 即定义了 TS 包中 PES 流类型。流类型定义见表 5-4 所示。

表 5-3 PMT 语法结构描述

Syntax	No. of bits
TS_program_map_section() {	
table_id	8
section_syntax_indicator	1
'0'	1
reserved	2
section_length	12
program_number	16
reserved	2
version_number	5
current_next_indicator	1
section_number	8
last_section_number	8
reserved	3
PCR_PID	13
reserved	4
program_info_length	12
for (i=0; i<N; i++) {	
descriptor()	
}	
for (i=0; i<N1; i++) {	
stream_type	8
reserved	3
elementary_PID	13
reserved	4
ES_info_length	12
for (i=0; i<N2; i++) {	
descriptor()	
}	
}	
CRC_32	32
}	

表 5-4 流类型描述

Stream_type	描 述
0x00	保留
0x01	MPEG-1 视频
0x02	MPEG-2 视频
0x03	MPEG-1 音频
0x04	MPEG-2 音频
0x05	Private_sections
0x06	包含私有数据的 PES 包
0x07-0x7F
0x80-0xFF	用户私有

● elementary_PID: 大小为 13b 长度的字段, 该字段指示 TS 包的 PID 值。

● ES_info_length: 大小为 12bit, 前两位为 0 值, 指示随后对相关节目元素描述的字节数。

● CRC_32: 大小为 32bit, 用来对数据正确性进行校验的循环冗余校验码。

5.2.4 业务描述表 SDT

SDT 表中的子表, 描述一个特定的传输流中的业务信息。该业务为现行传输流的一部分, 或者是其他传输流的一部分, 根据 table_id 来判断区分上述两种情况。

业务描述段 (service_description_section) 构成业务描述表 SDT。构成 SDT 表的段, 其 TS 包的 PID 值都为 0x0011。业务描述表 SDT 的语法结构描述如表 5-5 所示。规定现行 TS 的 SDT 表的任何段 table_id 值都为 0x42, 而且有相同的 table_id_extension 和一致的 original_network_id。指向不是现行 TS 而是其它 TS 的 SDT 表的任何段 table_id 值都取值为 0x46。

SDT 业务描述表语法结构描述如下:

● table_id: 表表示符。

● section_syntax_indicator: 大小为 1b 字段, 应置为 1。

● section_length: 大小为 12bit, 前两位为 0, 标示下一个字节开始的本段字节数量, 而且包含 CRC。根据规定, section_length 值不超过 1021, 整个段最大长度为 1024 字节。

表 5-5 SDT 语法结构描述

语 法	位数
service_description_section() {	
table_id	8
section_syntax_indicator	1
reserved_future_use	1
reserved	2
section_length	12
transport_stream_id	16
reserved	2
version_number	5
current_next_indicator	1
section_number	8
last_section_number	8
original_network_id	16
reserved_future_use	8
for(i=0;i<N;i++) {	
service_id	16
reserved_future_use	6
EIT_schedule_flag	1
EIT_present_following_flag	1
running_status	3
free_CA_mode	1
descriptors_loop_length	12
for(j=0;j<N;j++) {	
descriptor()	
}	
}	
CRC_32	32
}	

- transport_stream_id: 大小为 16bit, 标示 SDT 表描述的 TS 标识, 该标示可用于区别传输系统中其他复用流。
- version_number: 大小为 5bit, 是标识子表版本号。在子表包含信息发生变化时, version_number 进行加 1; 该值递增至 31 时, 直接复位为 0。
- current_next_indicator: 大小为 1bit 的指示符。其值为“1”时, 标示当前子表正被使用。其值为“0”时, 标示所传子表当前没有使用, 是下一个被使用的子表。
- section_number: 大小为 bit, 标示段号。所有子表的第一个段 section_number 值都为 0x00。当增加一个具有相同 transport_stream_id、table_id、和 original_network_id 的段时, section_number 值就加 1。
- last_section_number: 大小为 8bit, 指示所属子表最后一个段, 也就是段号最大的段的段号。
- transport_stream_id: 大小为 16bit, 用于标示区别同一个传输系统中的不同复用码流。
- original_network_id: 大小为 16bit, 比偶按时原始传输系统 network_id 值。
- service_id: 大小为 16bit, 标示 TS 流中不同业务的信息, 其取值大小与 PAT 表中 program_map_section 中 program_number 取值相同。
- EIT_schedule_flag: 大小为 1bit, 其值为 1, 标示当前 TS 中存在业务 EIT 时间表信息; 其值为 0, 标示当前 TS 中不存在业务的 EIT 时间表信息。
- EIT_present_following_flag: 大小为 1bit, 值为 1 时, 标示当前 TS 包存有业务的 EIT 当前后续信息; 中置 0 时, 表示当前 TS 不包含业务的 EIT 当前后续信息。
- running_status: 大小为 3bit, 是当前业务状态的标识符。业务状态定义与标识符对应如表 5-6 所示。对于 NVOD 业务, running_status 的值为“0”。

表 5-6 业务状态定义

标识符值	具体含义
0	没有定义
1	不再运行
2	几秒后再开始 (例如录像)
3	暂停运行
4	正在运行
5 至 7	保留使用

- free_CA_mode: 大小为 1bit。值为 0 时, 标示业务所有组件未被加扰; 值为 1 时, 标示 CA 系统控制一路或多路码流的接收。
- descriptors_loop_length: 大小为 12bit, 标示下一字节开始的描述符长度大小。
- CRC_32: 大小为 32bit。该值包含 CRC 值, 处理完整个段后, CRC 解码器的寄存器输出零。

5.3 TS 流解复用程序设计

根据课题对软件解复用的具体要求, 软件解复用中主要用到节目关联表 PAT、节目映射表 PMT 和 SDT 表。在一般情况下, 解复用对于 SDT 表是没有需求的, 但在课题中因涉及到操作应用软件必须有直观的节目名称, 便于用户根究需要选定需要收录的节目流, 所以, 在这里也对复合 TS 流的业务描述表 SDT 进行解析, 获得各路节目名称信息。

TS 流信息解析是 TS 流解复用的基础, 只有精确地把 TS 流解复用要用到的相关信息精确解析出来, 后面的解复用才能成功, 才能准确顺利解析出各路节目数据。在这里, TS 流信息解析程序采用了常用来进行 TS 流解复用并能产生 dvb PSI 表格的简单的库 libdvbpsi.lib 的函数^[16]。

5.3.1 重要数据结构

数据结构是程序设计的基础, TS 流信息解析程序中用到三个极为重要的数据结构: 接收对象数据结构、设备数据结构和节目服务信息数据结构。接收对象就是对应于每一路节目的收录操作相关信息描述, 设备信息结构是对每一通道相关信息描述, 节目服务信息是对节目流节目内容结构方面的描述信息。

1) 接收对象数据结构

```
typedef struct _PER_RECEIVE
{
    HANDLE hReceive;           //接收句柄, 即 DeviceID+ServiceID+Target
    DWORD startime;           //开始时间
    RECEIVE_STATUS receiveStatus; //当前接收状态
    STREAM_TYPE streamType;    //输出流类型
    LPVOID lpThis;            //用于保存传递上层 this 指针
}
```

```

INT64 processTsRate;           //当前流速率
BOOL processMark;              //处理头尾标志
BOOL processHeader;           //处理文件头标志
BOOL processTail;             //处理文件尾标志
LPBYTE processData;           //处理文件头尾的 buffer
INT processDataLength;         //处理文件头尾的 buffer 中数据长度
INT processTotalLength;        //处理文件头尾的 buffer 总长度
USHORT pmtPid;                 //该接收对应的 PMT 表的 PID
dvbpsi_pmt_t *lpPmtTable;     //该接收对应的 pmt 表
dvbpsi_eit_t *lpEitTable;     //该接收对应的 eit 表
dvbpsi_ts_t *lpPatTs;         //该接收对应产生的 pat 表的 ts 包
BYTE pushData[PUSH_BUF_LEN]; //推送数据 buffer 指针
LONG pushDataLength;          //推送数据长度
struct _PER_RECEIVE *lpNext;  //指向下一个接收
} PER_RECEIVE, *LPPER_RECEIVE;}

2) 设备信息数据结构
typedef struct _PER_DEVICE
{
    HANDLE hDevice;           //设备句柄, 即 DeviceID
    CCyUSBDevice *USBDevice;  //对应的 USB 实例设备
    CCyControlEndPoint *lpControlEndPoint; //对应的控制端点
    CCyUSBEndPoint *lpInEndPoint; //对应的输入端点
    CWinThread *XferThread;   //线程句柄
    BOOL bThreadRunning;      //线程是否运行标识
    BOOL bStreamInfo;         //接收该设备对应的流信息
    BOOL bReceiving;          //接收该设备对应的流数据
    HANDLE hEventStreamInfo;  //获取 StreamInfo 结束事件
    dvbpsi_sdt_t *lpSdtTable; //保存设备对应的 sdt 表
    dvbpsi_pat_t *lpPatTable; //保存设备对应的 pat 表
    BYTE paddingData[TS_PACKET_SIZE]; //用于 BUFFER 交界处的非完整 TS 包
    LONG paddingDataLength;    //表明 Data 中的数据量
    BOOL bHaveSYN;            //是否同步
}

```

```

    BOOL  blsError;                //当前数据包是否有错标志
    LPBYTE lpStreamData;           //用于获取 StreamInfo 的数据
    LONG  actualDataLength;        //StreamInfo 实际数据长度
    LONG  setDataLength;           //设置的 StreamInfo 数据长度
    LPPER_STREAM lpStream;         //用于保存返回给上层的 stream 信息
    LPPER_RECEIVE lpFirstReceive; //第一个接收
    struct _PER_DEVICE *lpNext;    //下一个设备
} PER_DEVICE, *LPPER_DEVICE;

```

3) 服务信息(从 SDT 表或者 PAT 表得到) 数据结构

```

typedef struct _PER_SERVICE
{
    USHORT serviceID;              //服务编号
    USHORT serviceNameLen;         //服务名称的长度
    LPSTR lpServiceName;          //服务名称, 也就是节目名称
    USHORT videoNum;              //服务视频流数量
    USHORT audioNum;              //服务音频流数量
    LPPER_EVENT lpFirstEvent;     //指向服务的第一个事件
    struct _PER_SERVICE *lpNext;  //指向下一个服务
} PER_SERVICE, *LPPER_SERVICE;

```

5.3.2 算法与流程图

一 TS 流信息解析

TS 流信息解析主要是对当前复合流信息进行解析提取, 根据 TS 流解复用要求, 把相关信息保存在对应的复合流或节目信息结构中, 为解复用过程提供所需信息。TS 流信息解析流程图如图 5-6 所示。

首先, 要从当前设备中正确获取当前需要解析的 TS 流数据, 为后面数据解析提供足够数据量; 删除当前设备的原来 PSI/SI 信息, 主要包括节目关联表 PAT、节目映射表 PMT 和业务描述表 SDT 的信息; 对当前 TS 流解析出 PAT 表, 保存到当前设备数据结构中; 对当前 TS 流解析出 SDT 表, 保存到当前设备数据结构中; 对当前设备结构进行是否存在节目进行判断, 如果节目存在, 对节目进行创建节目对应接收结构、产生当前节目 PAT 表、产生当前节目 PAT 表的 TS 包、获取当

前节目的 PMT 表信息和 EIT 表信息；直到当前设备中所有节目信息都解析完毕，TS 流信息解析完成。

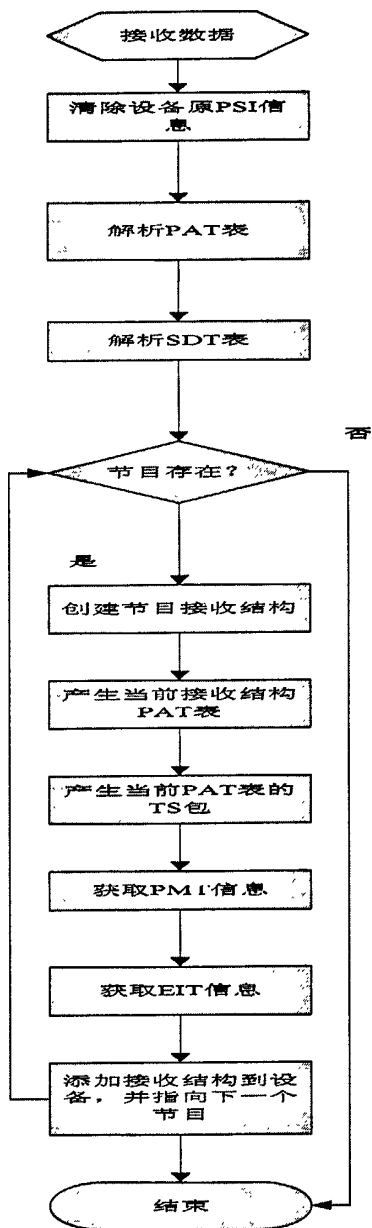


图 5-6 TS 流解析信息流程图

二 TS 流解复用

TS 流解复用就是要把多节目的复合 TS 流解复用为单节目的 TS 流。流程图如图 5-7 所示。根据项目的需要，第一路接收即接收 0 直接接收多节目复合 TS 流，为素材分析时收录素材准备的。

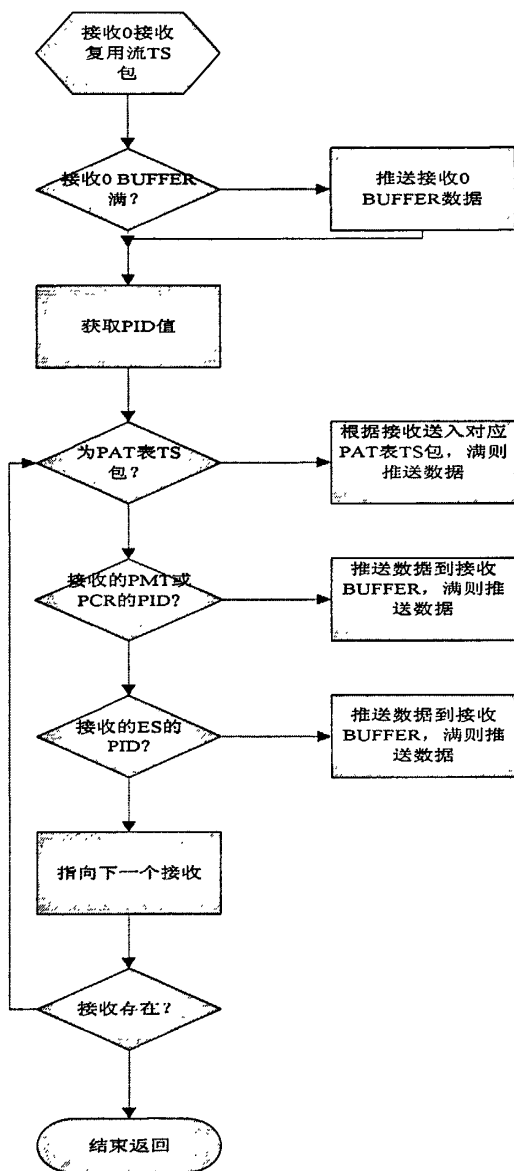


图 5-7 TS 流解复用流程图

TS 流解复用首先是接收复合 TS 流数据，然后对每个 TS 包进行分类，按照节目流要求推送到对应接收的缓冲器中。主要算法如下：

- 1) 根据 TS 包结构和语法定义，获取当前 TS 包的 PID 值；
- 2) 判断当前 TS 包是否为 PAT 表的 TS 包，如果是则根据当前接收选择在信息解析时产生的 PAT 表的 TS 包推入缓冲器中，如果不是对 TS 包进行其它判断，同时对当前缓冲器是否满进行判断，满了要进行数据推送；
- 3) 判断当前 TS 包是否为当前接收的 PMT 或者 PCR 包，是推入当前接收缓冲器中，如果不是进行下面判断，同时，判断当前缓冲器是否满，满则要推送

数据；

4) 根据当前 TS 包 PID 值判断是否是当前接收的 ES 数据，是推入当前接收缓冲器，如果不是则进行下面判断，同时判断当前缓冲器是否满，满则推送数据；

5) 对当前接收的判断过程结束后，指向设备的下一个接收，重复进行上述步骤的 2)、3)、4)，直到所有接收都判断完毕，则进行下一个 TS 包的解复用。

5.4 本章小结

本章首先对 TS 流系统层协议进行简要介绍，同时对 TS 包的语法结构进行了详细阐述；然后对 PSI/SI 信息的节目关联表 PAT、节目映射表 PMT 和业务描述表 SDT 的语法结构进行详细描述；最后对 TS 流数据的信息解析和 TS 流解复用的程序设计进行介绍，包括重要数据结构、程序设计算法和程序流程图。

第六章 应用软件系统

硬件系统只为基于 ASI 接口的高清 TS 流项目提供了一个硬件层面环境, TS 流数据可以从 ASI 接口设备传输到 USB 接口的缓存器中, 若要把 TS 流数据从 USB 接口的缓存器中传输到计算机进行还得有相应软件系统来完成软件层面的功能。

6.1 动态库的设计

6.1.1 需求分析

动态连接库是 Windows 模式下程序组织的一种重要方式, 使用动态链接库可以极大地保护用户在不同开发工具、不同时期所做的工作, 提高编程效率, 提高动态连接库中函数在不同软件中的应用效率。

动态连接库的设计主要是为收录系统软件服务端提供所需函数, 采用这种方式提供函数, 还可以把这个动态库在开发其他软件, 如卫星收录和播出服务器中进行调用, 大大提高编程的效率。动态库主要提供两方面的函数是: 与硬件进行信息交流操作的相关系统函数和完成数据传输的数据接收相关函数。

6.1.2 设计与实现

6.1.2.1 设计思想

为提高用户的开发效率, Cypress公司在提供USB2.0控制芯片的同时, 作为开发配套资料为用户提供面向对象类库CyAPI.lib, 提供的类库是与CyUSB.sys驱动程序相连的编程接口。公司提供开发类库有两个版本, 分别是适用于Microsoft Visual C++ 6.0/7.0版本和适用于 Borland C++ Builder 6.0版本。

Cypress公司提供开发包中的静态库CyAPI.lib主要类有: 设备驱动设计基类 (CCyUSBDevice)、USB设备接口类 (CCyUSBInterface)、设备驱动配置类 (CCyUSBConfig)、终端控制相关类 (CCyBulkEndPoint/ CCyIsocEndPoint / CCyControlEndPoint/ CCyUSBEndPoint / CCyInterruptEndPoint) 等。该类库的UML静态图如图6-1所示。

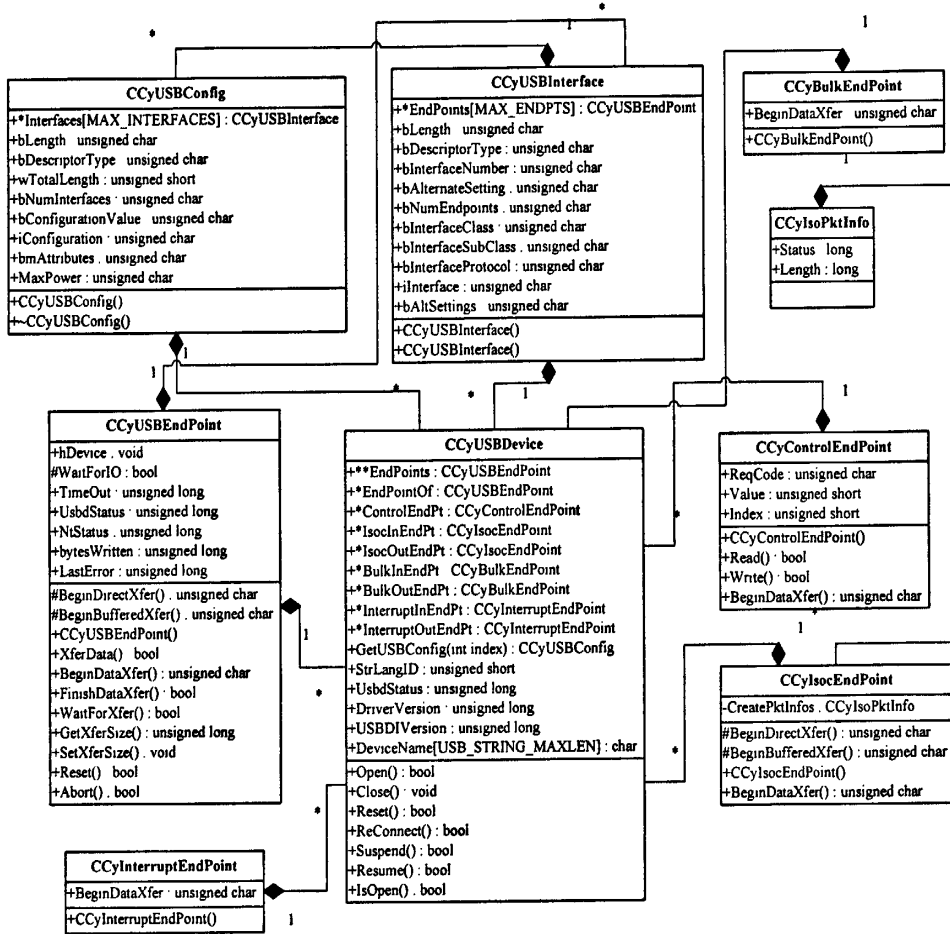


图 6-1 CyAPI.lib 接口静态图

在动态库开发采用的 Microsoft Visual C++ 6.0 的 CyAPI.lib 版本，还有常用于 PSI 信息解析的函数库 Libdvbpsi 库开发出动态库 srd.dll，为收录系统的客户端的开发提供必要的函数。根据收录应用软件开发需要设计的 srd.dll 动态库，可以实现设备驱动和多节目 TS 复合流解复用的功能，而且作为 SDK 包向上层提供便捷的相应接口。

动态库函数接口设计，满足上层服务端应用程序调用，向下实现对硬件设备的操作与控制。如此设计思路，如果底层设备不同时，只要更改设备接口的实现代码，可以顺利采用相同应用收录软件对节目进行收录管理操作。同时，库函数也可以应用于其它类型收录的应用软件开发中^[20]。

这种软件设计思路适用于企业产品开发，可以有效缩短应用程序软件的开发周期，同时降低项目开发风险，保证应用系统软件的质量以及可维护性。对于应用程序，透明地与其他应用程序进行交互，与下层设备提供的接口没有关联，具

有很好可靠性和重用性，而且可以在保持原有的功能基础上比较方便地进行扩展开发。

6.1.2.2 主要函数介绍

1) 接口函数

说明：数据接收回调函数

参数：hReceive-----Receive 句柄

lpData-----数据指针

dataLength---数据长度

isError-----标识当前接收数据中是否包含错误

lpThis-----应用软件传递下来的指针

```
typedef int (WINAPI *lpDataProcess) (HANDLE hReceive,
                                     LPBYTE lpData,
                                     ULONG  dataLength,
                                     BOOL   isError,
                                     LPVOID lpThis);
```

2) 系统函数

●系统初始化函数

功能：系统初始化，在所有的 DEVICE 操作之前调用一次。

参数：gDataProc---数据接收回调函数

返回：TRUE 为正确，FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Sys_Init(lpDataProcess lpDataProc,
                    LPTSTR lpCurrentDirectory);
```

●获取设备数量函数

功能：获得设备数量

参数：deviceCnt---返回的设备数量

返回：TRUE 为正确，FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Sys_GetDeviceCnt(INT &deviceCnt);
```

●系统反初始化函数

功能：系统反初始化，在所有的 DEVICE 操作之后调用一次。

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Sys_DeInit();
```

● 设备初始化函数

功能: 设备初始化(准备接收数据)

参数: deviceID---设备编号

hDevice ---返回的设备句柄

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Sys_InitDevice(INT deviceID, HANDLE &hDevice);
```

● 设备反初始化

功能: 设备反初始化

输入: hDevice-----设备句柄

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI (HANDLE hDevice);
```

● 获取设备流信息函数

功能: 获得某个复用流的节目信息, 一般情况只包括节目编号, 即 Service id

如果复用节目流中有 SDT 表和 EIT 表, 还可包括更多的信息

参数: hDevice-----设备句柄

lpStream-----返回的节目信息内容, NULL 为无节目信息

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Sys_GetStreamInfo(HANDLE hDevice,
                                LPPER_STREAM lpStream);
```

3) 数据接收函数

● 接收准备函数

功能: 准备相应的接收数据结构

参数: hDevice-----设备句柄

serviceID-----指定需要接收的 Service 编号

streamType-----输出的数据类型(PS 或者 TS)

processMark-----是否处理收录文件的头尾

pThis-----应用传入的指针

hReceive-----返回的接收句柄

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Rec_Prepare(HANDLE hDevice,
                        SHORT serviceID,
                        STREAM_TYPE streamType,
                        BOOL processMark,
                        LPVOID lpThis,
                        HANDLE &hReceive);
```

●接收开始函数

功能: 接收开始

参数: hReceive-----接收句柄

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Rec_Start(HANDLE hReceive);
```

●接收结束函数

功能: 结束接收

参数: hReceive-----接收句柄

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Rec_Stop(HANDLE hReceive);
```

●获取接收状态函数

功能: 获得当前接收状态

参数: hReceive-----接收句柄

receiveStatus--返回的状态值

返回: TRUE 为正确, FALSE 为错误

```
extern "C" __declspec(dllexport)
```

```
BOOL WINAPI Rec_GetStatus(HANDLE hReceive,
                          RECEIVE_STATUS &receiveStatus);
```

6.2 数据库的设计

6.2.1 需求分析

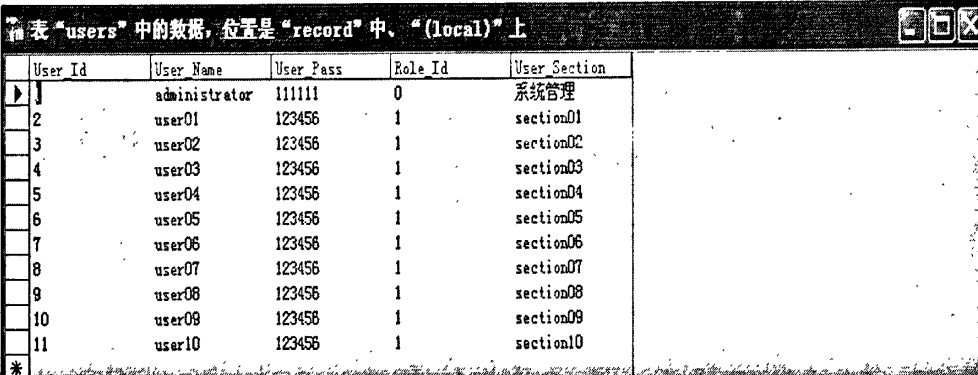
根据收录系统应用软件的整体设计,在收录系统应用软件服务端与客户端之间需要建立一个数据库来保存信息,实现两者之间的信息交换。应用程序通过 Windows 系统的数据源 ODBC 来访问数据库,对数据库进行相关写入,读出和删除的操作。

数据库要建立不同表对不同信息进行存储和管理,包括用户信息表、频道信息表、节目单信息表和收录任务信息表。

6.2.2 设计与实现

一 用户信息表

由于客户端是多端的设计,为了实现简单的权限管理,所以设计了用户信息表。用户信息表 USERS 包含用户信息有用户名称、用户密码、用户权限和用户所属部门。具体表信息如图 6-2 所示。



User Id	User Name	User Pass	Role Id	User Section
1	administrator	111111	0	系统管理
2	user01	123456	1	section01
3	user02	123456	1	section02
4	user03	123456	1	section03
5	user04	123456	1	section04
6	user05	123456	1	section05
7	user06	123456	1	section06
8	user07	123456	1	section07
9	user08	123456	1	section08
10	user09	123456	1	section09
11	user10	123456	1	section10

图 6-2 用户信息表

二 频道信息表

频道信息表就是在系统解析到当前频道信息后用于记录频道信息的列表。频道信息表主要包括对应频道的频道编号,频道对应的设备号,频道对应于 SDT 表中的 service_id 值和 service_name,频道名称就是 SDT 表中的服务名称 service_name,该频道收录文件存储盘符和该盘的剩余空间大小。具体表信息如图 6-3 所示。

channel_id	device_id	service_id	service_name	channel_name	save disk symbol	save disk free
8570	0	800	CCTV1-HD	CCTV1-HD	E	37873950720
8571	0	801	CCTV-HD	CCTV-HD	E	37873950720

图 6-3 频道信息表

三 节目单信息表

节目单是设计于对应频道的节目列表, 用户利用导入节目单, 然后从节目单中添加收录任务简便高效, 而且不容易添加无用收录任务。节目单信息表包括节目名称, 节目开始和结束时间, 和该表对应的节目频道编号信息。具体节目单信息表信息如图 6-4 所示。

program_id	program_name	begin_time	end_time	channel_id
2527	Dialogue	2008-7-30 19:30	2008-7-30 20:00	2137
2528	AsiaToday	2008-7-30 20:00	2008-7-30 20:30	2137
2529	CultureExpress	2008-7-30 20:30	2008-7-30 21:00	2137
2530	BizChina	2008-7-30 21:00	2008-7-30 21:30	2137
2531	WorldInsight	2008-7-30 21:30	2008-7-30 22:00	2137
2532	ChinaThisWeek	2008-7-30 22:00	2008-7-30 22:30	2137
2533	CenterStage	2008-7-30 22:30	2008-7-30 23:00	2137
2534	CCTVNews	2008-7-30 23:00	2008-7-30 23:15	2137
2535	中国新闻	2010-2-28 4:00:1	2010-2-28 5:00:1	8068
2536	收视指南	2010-2-28 5:00:1	2010-2-28 5:02:1	8068
2537	收视指南	2010-2-28 5:02:1	2010-2-28 5:05:1	8068

图 6-4 节目单信息表

四 收录任务信息表

收录任务信息表就是记录各个频道的收录任务列表, 服务端就是根据服务表的信息来完成启动收录, 结束收录等一系列操作的。收录任务信息表主要包括收录节目编号, 收录节目名称, 收录节目的开始和结束时间, 节目对应频道编号, 节目收录保存的文件名称, 服务端对应计算机名称和添加该收录任务的用户名称。收录任务信息表信息如图 6-5 所示。

program_id	program_name	begin_time	end_time	channel_id	save_file_name	special_w	host_name	user_name
1055	CCTV OPERA	2009-9-10	2009-9-10	18057	E:\jchguan\CCTV O. 1		jchguan	admin
1056	BELJING自定	2009-9-10	2009-9-10	18059	E:\jchguan\BEIJIN 1		jchguan	admin
1057	CCTV-HD自定	2010-1-28	2010-1-28	18078	F:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1059	CCTV-HD自定	2010-1-28	2010-1-28	18078	F:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1067	CCTV-HD自定	2010-2-22	2010-2-22	18142	E:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1068	CCTV-HD自定	2010-2-22	2010-2-22	18142	E:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1069	CCTV-HD自定	2010-2-22	2010-2-22	18142	E:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1090	CCTV-1自定	2010-2-25	2010-2-25	18263	E:\JCHGUAN\CCTV-1 1		JCHGUAN	administrator
1091	CCTV-HD自定	2010-2-25	2010-2-25	18531	E:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1092	CCTV-HD自定	2010-2-25	2010-2-25	18531	E:\JCHGUAN\CCTV-H 1		JCHGUAN	administrator
1093	CCTV-1自定	2010-2-25	2010-2-25	18540	E:\JCHGUAN\CCTV-1 1		JCHGUAN	administrator

图 6-5 收录任务信息表

6.3 服务端的设计

6.3.1 需求分析

整个收录应用软件系统采用单服务端，多客服端的模式，有利于多用户同时使用一个 TS 流收录系统。服务端是直接和硬件连接，需要完成对硬件部分的控制，以及与硬件之间的 TS 流数据传输。服务端的正常高效工作，直接影响收录的 TS 流数据的完整性和安全性。

收录系统服务端性能需求主要包括以下四个方面：

1) 多任务收录

面对多通道多任务 TS 流收录，服务端必须能满足多个通道与计算机之间的连接和数据传输，每个通道，即每个设备的多路节目源数据的收录，而且必须实现同一路节目源多个收录任务同时收录。

2) 收录数据完整性

节目源数据的收录是为了对素材的积累以及学习交流作用。对于收录下来的节目数据，必须保证其完整性。如收录的节目源数据要是存在丢失现象，将会大大影响节目源的质量，就不能作为合格的素材进行保存，更不能作为学习交流的素材来使用。

3) 运行稳定性

收录系统服务端，它必须长时间处于运行状态，必须是全天候地处于工作状态，这样对于其运行稳定性提出了更高要求。只有保证其运行稳定性，才能瞒着素材收录的全天候工作状态，才能满足任何时间段的素材收录任务要求，收录在不同时间点的素材。

4) 高效性

因为涉及到多任务同时收录，对于服务端的运行效率都提出了更高要求。运行高效才能满足多任务的操作，实现同时多任务的素材收录，提高 TS 流收录系统的工作效率。

6.3.2 设计与实现

收录系统应用软件客户端主要包括三个部分：系统启动、信息源检测和线程函数。线程函数保证实现多任务地、高效地进行节目源数据收录，包括两个线程函

数，一个是控制线程函数，一个是保存数据线程函数。

一 系统启动

系统启动函数是在服务端运行开始要运行的初始化函数，其流程图如图 6-6 所示。

连接数据库是通过读取 ODBC DSN 名称来进行数据库连接，然后对原来的频道信息进行删除。因为只有删除原来的频道信息，才不会对于接下来节目源检测保存的频道信息有冲突，保证频道信息表里的频道信息是切实有效的。系统初始化主要包括各个初始化各个设备结构，获取系统在运行过程中写日志的文件名称，获取数据处理线程函数指针。设备初始化要完成生成新的设备数据结构，打开设备并对设备端点赋值，最后把设备添加到全局设备链中。

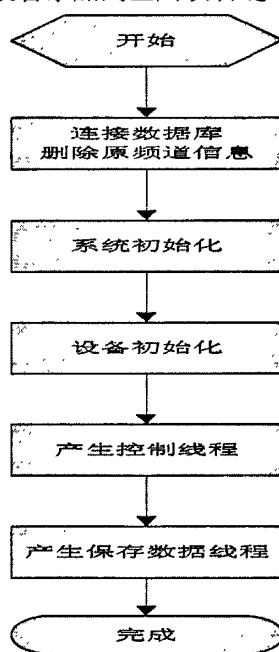


图 6-6 系统启动流程图

产生控制线程就是运行控制线程函数，实现对节目源数据收录任务的实时不间断控制，根据收录任务的开始和结束时间，以及收录任务状态，完成对收录任务的开始、结束和状态改变的控制，同时把收入任务的相关信息写入收录任务信息表中，对收录任务信息进行实时更新。产生保存数据线程函数，即运行保存数据函数，对当前收录任务的节目数据写入到对应节目文件中。

二 节目源检测

节目源检测是对每一通道的多节目复合 TS 流的信息检测，对该设备创建对应数据结构，把从复合流中检测解析到的节目信息显示于界面，获取对应频道的其

它相关信息，最后把对应该通道的相关信息写入频道信息表。节目源检测的流程图如图 6-7 所示。

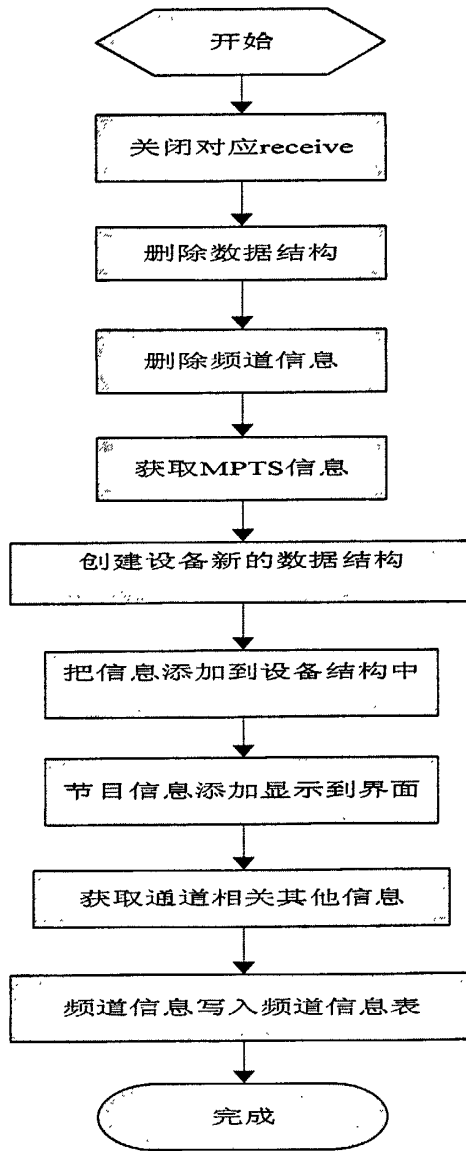


图 6-7 节目源检测流程图

客户端启动后，执行系统启动的一系列操作，此时界面就有当前的设备列表。此时，就可以选定不同设备，对当前设备源的节目信息进行检测和解析。当然，节目源信息检测也可以在当前通道正工作的状态。

节目源检测开始要对当前通道的收录任务进行关闭操作，然后删除设备对应的系列数据结构，最后在数据库的频道信息表中对对应的频道信息进行删除操作；然后获取当前通道的 MPTS 信息数据，创建新的设备相关数据结构，把这些当前

节目获取的节目信息数据添加到该设备数据结构中；把解析出的当前节目信息的服务名称显示于界面，便于用户了解；获取该频道对应的其他信息，如收录文件保存盘符、该盘符可用空间大小；最后把通道相关信息全写入频道信息列表就完成了节目源信息检测的整个操作。

三 线程函数

为了实现多设备多频道多任务的收录，服务端的程序设计中应用到两个重要的线程函数。一个是控制线程函数 `ControlThread` 和数据保存线程函数 `SaveDataThread`。

1) 控制线程函数 `ControlThread`

控制线程函数要对当前的收录任务进行不断查询，根据收录任务的参数判断当前任务是进行开始收录，结束收录操作，同时更改收录任务的状态。线程函数是从启动开始一直运行，只有当结束线程是，该函数才停止运行。控制线程函数流程图如 6-8 所示。

线程函数是在不间断运行的，运行开始，连接数据库，读取收录任务信息表的数据，获悉当期收录任务的状态信息。该线程函数主要有两部分功能，一部分是启动要收录的任务，另一部分功能是处理要结束收录的任务。

查找数据库中收录任务信息表，查找满足当前状态为未收录，而且收录开始时间大于当前时间的收录任务，这些满足这两个条件的收录任务就是线程函数当前要启动收录的的收录任务。从满足条件的第一条收录任务开始，查找当前该条任务对应的接收结构，即对应的频道，把收录接收添加到该频道接收任务链表中，判断该频道之前是否有收录任务，有则直接处理下一条收录任务；若没有，则必须启动当前频道的收录，并且把该频道接收假如正在接收频道的数据链表中，再处理下一条收录任务。如此循环，至所有需要启动收录的任务都完成启动收录过程。对上述处理过的收录任务，把其未收录的状态改为正在收录。

另一个处理在收录信息表中需要结束收录过程的收录任务，对需要结束的收录任务进行一系列处理。同样的一个过程，从收录信息表中查找出收录状态为正在收录，收录结束时间小于当前系统时间的收录任务，满足这两个条件的就是要就行收录结束处理的收录任务。从满足条件的第一收录任务开始，查找该收录任务对应的接收结构，即对应的节目频道，把当前收录任务从对应接收中删除，并关闭对应的收录文件。然后，判断当前接收是否还有其他收录任务，若有则直接处理下一满足要结束收录的任务；若没有则要停止当前接收的收录，并把接收从正在接收数据链中删除。如此重复操作，至所有满足要进行收录结束处理的条

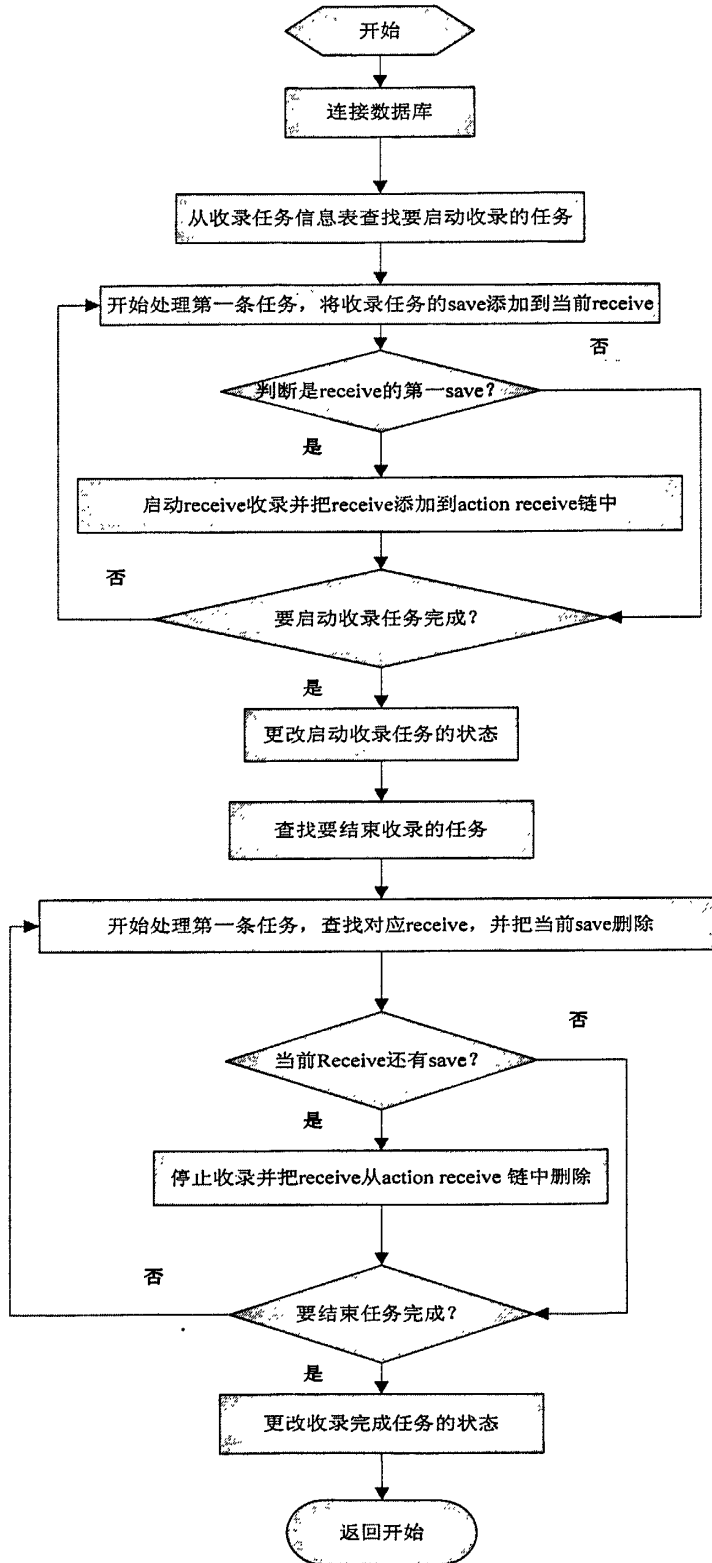


图 6-8 控制线程函数流程图

目处理完。最后，对于进行了收录结束处理的收录条目更改其状态，更改为收录完成状态。

所有程序执行完毕之后，返回到开始重新执行，实时地对收录任务进行启动收录，结束收录和收录状态更改的操作。

2) 数据保存线程函数 SaveDataThread

数据保存线程函数完成对收录到计算机的节目源数据进行保存。采用对于每一个接收即节目频道都是通过一个缓冲队列来进行数据缓冲，然后写入对应节目文件。

数据保存线程函数执行对性是正在接收链表中的接收，这个链表在控制线程函数进行了相关操作，只有有正在收录任务的接收才在这个链表中。从这个链表第一接收开始，对该接收的存在的收录任务文件都进行数据写入对应文件操作，直到该接收所有接收任务文件都进行了文件写操作；然后，处理链表中的下一个接收。所有接收都处理完毕一遍后，程序重新回到第一个接收开始运行，一直运行，知道该线程结束。

6.4 客户端的设计

6.4.1 需求分析

收录系统应用软件采用的是多客户端的模式，客户端用户在安装客户端时只要把数据指向服务端对应的数据库，就能实现数据库的共享，客户端与服务端之间信息的交换。服务端面对的用户都是比较专业，或者是在单位属于专门负责该系统运行维护的工作人员，而客户端面对的是一般工作人员。因此，在设计客户端时，更加要考虑用户对象的需求和操作。

性能需求方面主要满足下面三个方面：

1) 安全性

因为客户端是多个用户可以同时运行的，因此对于各自的应用相互之间存在干扰影响的安全性。因此，客户端设计了简单的用户权限管理，权限分为管理员级和一般用户级，权限设置就是为了保证用户之间删除其他人的收录任务或收录文件，而管理员的更高权限是为了对收录系统能进行维护和管理。

2) 操作便捷性

客户端面对的大多数都是一般使用人员，他们对该系统并没有深入了解，也不会进行系统培训。所以，客户端的操作方面需要特别关注其便捷性，给用户提供一个简洁明了的操作界面，用户要进行的操作也是简单直观。这样，用户在操作过程中才能降低错误操作，提供工作效率，同时也很好维护系统的稳定运行。

3) 防止误操作

面对一般人员的应用软件，防止误操作也是至关重要的。多客户端的应用软件系统，如果有一个用户的误操作就可能使得系统运行不正常，从而影响其他用户。所以，在设计中要特别关注防止用户误操作的设计，使得整个系统能平稳高效地运行。

6.4.2 设计与实现

客户端的设计根据上述的需求分析，采用模块化设计，对客户端软件要完成的功能通过不同模块来实现。主要功能模块包括：用户权限管理、自定义收录、节目单收录和节目文件操作四个模块。

一 用户权限管理设计与实现

多客户端的应用软件，也就是多个用户同时对收录系统进行收录任务添加和收录任务删除等操作。在多个用户同时使用软件时保证相互之间不要影响，以及保证软件系统的平稳安全运行，采用用户权限管理就一种比较好的有效方式。

系统默认分配了一个管理员用户和十个一般用户，用户在第一次使用时可以修改密码，把默认密码修改为自己便于记忆的密码。用户权限分为两个权限级别，一个是管理员权限，更低权限就是一般用户权限。管理员权限享有最高权限，可以对收录系统进行管理和维护，因此管理员可以对所有的收录任务进行删除操作，保证系统平稳运行。一般用户权限享有比管理员更低权限，只能对自己添加的收录任务进行删除管理操作，对于其他用户的收录任务只能进行文件下载操作，而不得进行删除。

用户从登录客户端后，系统将会获取其权限值，而且在用户的添加的每一个收录任务，在收录任务信息表中都会加入用户信息。这样，在用户进行删除收录任务操作时，就会把当前用户的用户信息与该收录任务的用户信息进行比较，如果用户不同，而且当前用户权限为一般用户权限，则不能对当前任务进行删除。这样的设置，可以很好保证各自用户的收录任务不被误删除，从而降低用户之间的影响。客户端登录界面如图 6-9 所示。

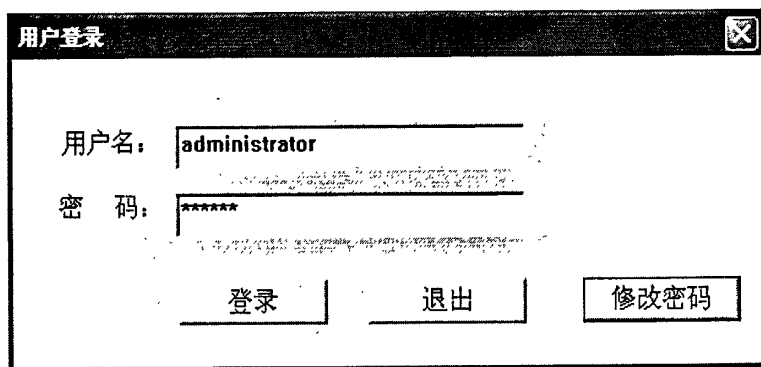


图 6-9 客户端登录界面

二 自定义收录

自定义收录相对于节目单收录是更加灵活和更加个性化的收录方式，更加适合于非常态收录任务和收录素材的分析。选定对应频道，然后选择自定义收录操作，弹出自定义收录的对话框，在对话框中完成自定义收录的相关操作。

在自定义收录中，用户必须输入开始收录时间和结束时间。为了保证收录任务能够有效启动，系统在设置开始收录时间进行了限制，收录开始时间必须大于当前系统时间至少一分钟，这样能大大提供这个收录任务成功执行，如果收录开始时间不满足要求则会要求用户更改收录开始时间。

节目名称是自定义收录的节目文件名的一部分，用户可以根据自行的需要更改节目名称，然后收录到节目源文件就是输入的节目名称加上收录起始时间和终止时间。如：“CCTV-HD 自定义收录(13 点 51-13 点 52)”、“美丽中国(13 点 51-13 点 52)”。如果需要对这个时间段节目进行长期收录，在自定义收录中也能在长期收录中进行更改。自定义收录对话框如图 6-10 所示。

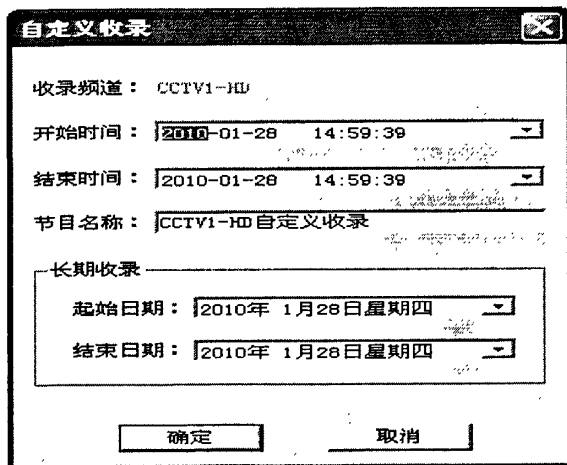


图 6-10 自定义收录对话框

三 节目单收录

考虑到许多电视台的节目播出表节目安排基本不变,因此很容易获得各个电视台节目播出表,因此编排满足要求的节目单文件,然后通过导入节目单来进行节目源收录任务添加更加简便,而且对于收录节目以及对应时间段一目了然。节目单文件操作是一种更加快捷简便的添加收录任务方式。管理员把各个电视台节目单文件编排好,各个用户在收录时只要导入对应节目单就可以简洁快速进行收录任务的添加。节目单收录对话框如图 6-11 所示。

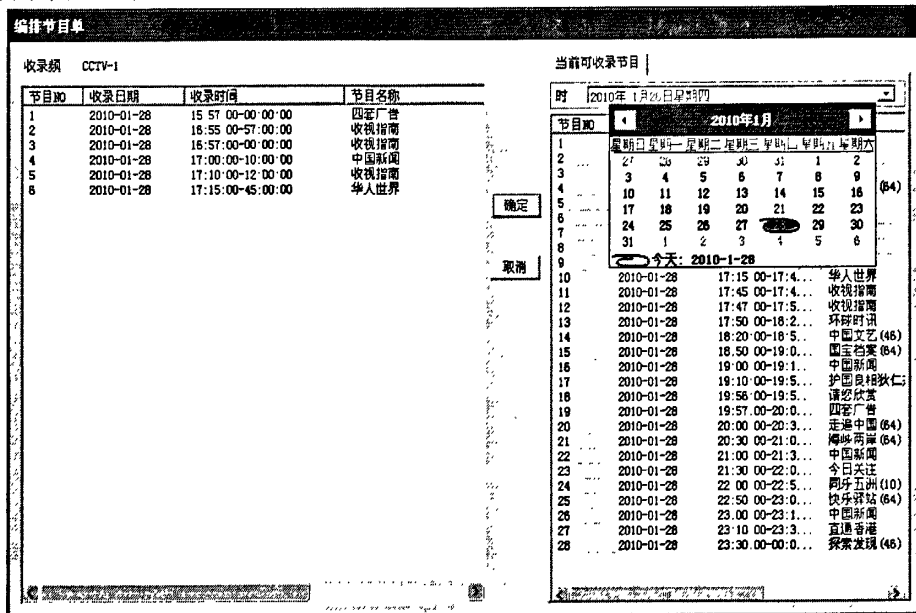


图 6-11 节目单收录对话框

导入对应频道节目单后,选定要收录的日期,在对话框右边就会列出该天的节目播出表,用户只要双击对应条目,就会把该节目作为要收录的节目添加到左边,完成当天收录任务添加后可以继续其它日期的收录任务添加。

四 节目文件操作

节目文件管理包括节目文件删除和节目文件下载。节目文件操作是为了给用户提供一个便捷的节目下载和删除的操作。正如权限管理已提及一样,一般用户只能对自己收录的文件进行删除操作,但可以下载所有节目文件;而管理员可以删除和下载所有用户节目文件,对节目文件进行管理和维护。节目文件操作界面如图 6-12 所示。

节目文件下载就是用户在客户端下载需要的收录素材,用户在下载素材文件时可以进行存放地址选择,然后就能把节目文件复制到制定存储位置。节目文件删除操作主要是在用户在备份完节目文件后,就把收录文件夹里的节目文件,以

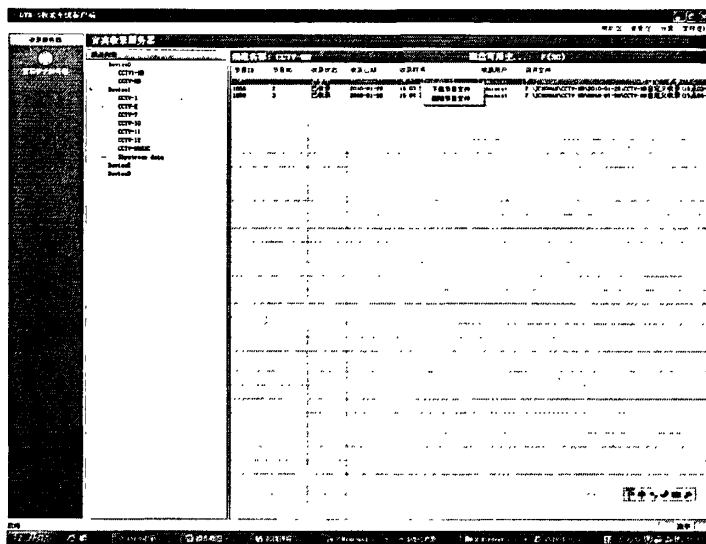


图 6-12 节目文件操作界面

免浪费存储空间；同时在数据库的收录任务信息表中把该条收录任务删除，减小该表信息量，可以提高系统的运行效率。

6.5 本章小结

本章主要对应用软件系统进行了详尽阐述，包括整体需求分析和设计，然后把整体设计分为动态库设计、数据库设计、应用软件服务端和客户端四个主要部分进行详细介绍。动态库的设计主要介绍设计思路和方法，以及对动态库的重要函数进行简单介绍；数据库设计对所有表都进行简单介绍；服务端设计从需求分析入手，对服务端的控制线程函数进行详细分析；客户端主要涉及的是用户与计算机的人机对话，从四个模块进行介绍，分别是用户管理、自定义收录、节目单收录和节目文件操作。

第七章 系统调试与测试

7.1 系统调试

系统调试是个复杂的长期的过程，伴随着整个项目开发过程，系统调试决定项目的下一步工作。根据收录系统的结构以及其开发过程，下面只对几个关键调试过程进行简单简介。

一 测试信号源调试

要完成收录系统的调试，首先要保证用于调试的信号源是满足条件的复合 TS 流数据，这样才能保证收录系统接收到正确复合 TS 码流。鉴于实验室具备常用于项目开发的有线电视信号源生成及测试系统。有线电视信号源生成测试系统如图 7-1 所示。

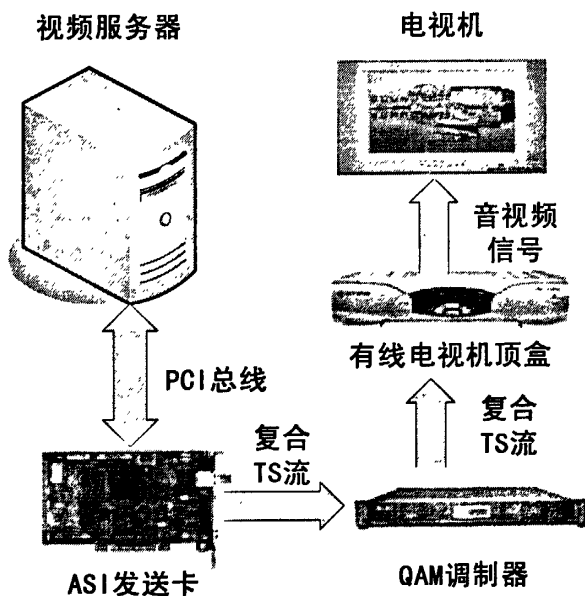


图 7-1 有线电视信号源生成及测试系统

该系统采用实验室视频服务器，把带有 PCI 接口的 ASI 数据发送卡安装到视频服务器中，ASI 数据发送卡可以发送 MPEG-2 TS 流，通过 ASI 接口把计算机的传输流数据发送到数据发送给 QAM 调制器，然后把 QAM 调制器设置频率以及符号率，QAM 输出信号接到有线电视顶盒，通过电视机上观看整个系统是否工作

正常。

如果电视机接收到有线电视信号源并正确播放，这就足以证明安装于视频服务器的 ASI 数据发送卡工作正常，可以正确输出 MPEG-2 TS 流，这就保证了后面基于 ASI 接口 TS 流收录系统调试的信号源的准确性。

二 电路调试

电路调试是整个收录系统的基础，也是系统调试首先面对的部分。主要分为以下几个步骤：

(1) 电路焊接完毕，在接入工作电压进行调试之前，细心检查整个电路板，看是否存在虚焊和错焊的问题。特别是由于电路采用 PCI 接口来获取工作电压，因此 PCI 插槽引脚的印制质量决定电源获取是否正常，如果插入不正确或者印制质量不好也会导致计算机无法启动等问题。在调试中就碰到过计算机无法启动，后来发现是 PCI 接口引脚间间隙太小，容易在出入 PCI 插槽后发生引脚错位或短路问题，后来通过手动加宽 PCI 接口引脚之间间隙才能正常启动。

(2) 详细检查电路板，并反复进行计算机拔插都没有问题后，就可以接入工作电源，测试各个单元电路是否能正常工作。鉴于通过 PCI 插槽供电方式不利于电路各个引脚测试，因此在调试过程中通过外接的电源来进行系统供电。

(3) 根据电路原理图，测试各个芯片供电电源以及各芯片的各引起的电压或接地引脚是否正常。

三 ASI 接收芯片调试

首先详细检查高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 所有接工作电压和接地引脚是否正常，然后用示波器测试引脚 REFCLK 输出信号，如果示波器测试得该信号是频率为 27Mhz 的时钟信号，则高速串行数据传输接收芯片 CY7B933 工作正常。

四 USB 接口调试

在完成上述调试后，就要对 USB 接口进行调试。同上述步骤一样，首先根据电路原理图，对 USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 的各个接工作电压引脚和接地引脚进行测试，保证控制芯片的工作电压和引脚设置正常。通过示波器测试晶振，如果有时钟信号，证明晶振已起震，控制芯片已正常工作。

然后，除去外接电源，把 ASI 接收器插入计算机 PCI 插槽，通过 PCI 接口来提供工作电压，同时把 USB 接口接入计算机。如果计算机不能识别该设备，提示无法读取 EEPROM 信息，则检查 EEPROM 是否接触良好。

如果计算机连接 USB 接口正常，则按照计算机提示，安装 USB 接口的驱动程序，然后通过 Windows 设备管理器查看是否有“DTV Stream Receiving Device”这

一设备，有则表示 USB 与计算机连接成功。如果连接不成功，检查安装的驱动程序是否正确。

使用 Cypress 公司提供开发辅助工具软件 EZ_USB Control Panel, 启动该软件，通过软件界面上输入 USB 控制命令信息测试 USB 接口总线是否能正常工作。软件工作界面如图 7-2 所示。

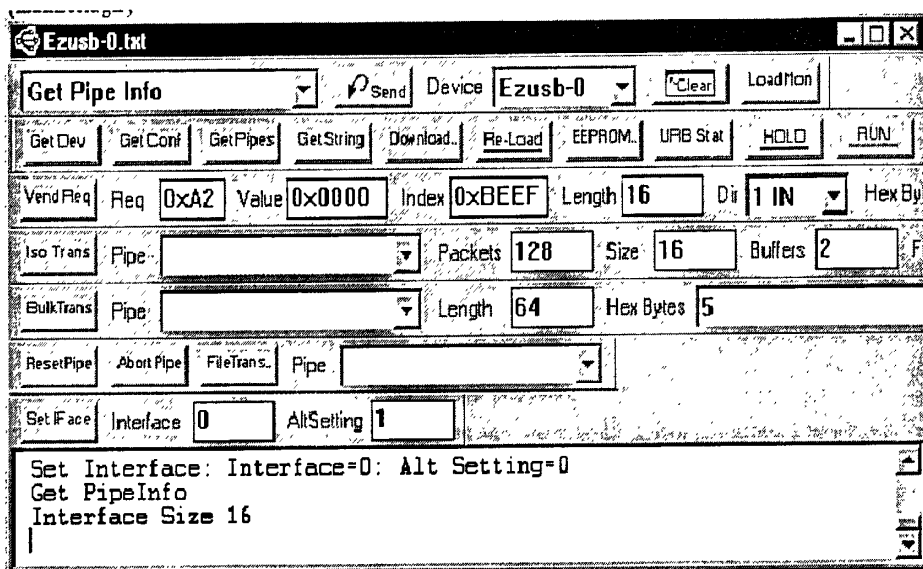


图 7-2 Control Panel 界面

五 系统联机调试

上述调试步骤完成而且成功以后，就要把 ASI 接口收录卡与 ASI 收录系统应用软件进行联机调试。首先启动收录系统应用软件服务端，看能否检测到设备，在这个过程中如果出现不能检测到设备，则重新启动计算机一般能解决问题；如果提示设备初始化错误，则要返回检查 ASI 接收卡与计算机 USB 接口的连接电缆是否满足 USB2.0 协议要求。

服务端能够识别当前接入计算机的 ASI 接口收录卡后，则对设备进行信息源检测操作。若信息源检测成功，则在服务端会显示当前通道的节目名称列表；如果节目信息源检测失败，提示无法读取 MPTS 信息，此时，一般情况下是由于 USB 控制芯片的一些控制配置引脚接触不良引起的。这时就要返回检查 USB 控制芯片其他引脚接触是否良好，重先加固引脚，一般能解决这类问题。

能够读取节目信息以后，则要调试的就是客户端添加收录任务，看服务端能否准确地执行收录任务，收录下对应节目 TS 流数据，并以 TS 文件保存在指定的存储空间下。

六 TS 流文件分析

这是系统调试的最后步骤，分析收录下来的 TS 流文件的数据是否满足 TS 流文件格式，用 UltraEdit 软件以 16 进制打开该收录下来的节目文件。如果分析数据满足 TS 流格式，则证明整个收录系统工作正常，可以进行 TS 流节目数据收录。节目流分析结果如图 7-3 所示。节目流分析结果中有 TS 包的同步字头 0x47，而且是每 188 字节出现，满足 TS 流包语法结构，证明当前收录的节目流数据是 TS 流数据。

```

00000520h: 34 61 86 E3 47 01 08 13 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 ;
00000530h: 18 6E 34 68 D1 86 18 00 00 01 03 2B F1 8D 1A 34 ;
00000540h: 6F 95 6F DB 9B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 ;
00000550h: D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 ;
00000560h: 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D ;
00000570h: 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 ;
00000580h: 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 ;
00000590h: A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 ;
000005a0h: 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A ;
000005b0h: 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 ;
000005c0h: D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 ;
000005d0h: 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D ;
000005e0h: 47 01 08 14 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 ;
000005f0h: 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 ;
00000600h: 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 ;
00000610h: B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 ;
00000620h: E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 18 ;
00000630h: 00 00 01 04 2B F1 8D 1A 34 6F 95 6F DB 9B 8D 1A ;
00000640h: 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 ;
00000650h: D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 ;
00000660h: 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D ;
00000670h: 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 86 1B 8D 1A 34 ;
00000680h: 61 86 E3 46 8D 18 61 B8 D1 A3 46 18 6E 34 68 D1 ;
00000690h: 86 1B 8D 1A 34 61 86 E3 46 8D 18 61 47 01 08 15 ;

```

图 7-3 节目流文件分析结果

7.2 系统测试

系统测试是保证系统质量，发现系统存在问题，在系统开发中不断完善的重要过程。测试平台最大限度接近应用环境的最复杂情况，在实验室采用四路 ASI 发送卡对 ASI 接口收录系统的四个接收通道进行测试。测试平台整体结构如图 7-4 所示。视频服务器安装四个单路 ASI 发送卡，都是输出多路节目复合 TS 流数据，ASI 接口收录系统接收信号，通过 USB 总线传输到接收计算机端，计算机同时对接收的多节目复合 TS 流进行软件解复用，按照收录任务要求一单节目 TS 流文件

保存。

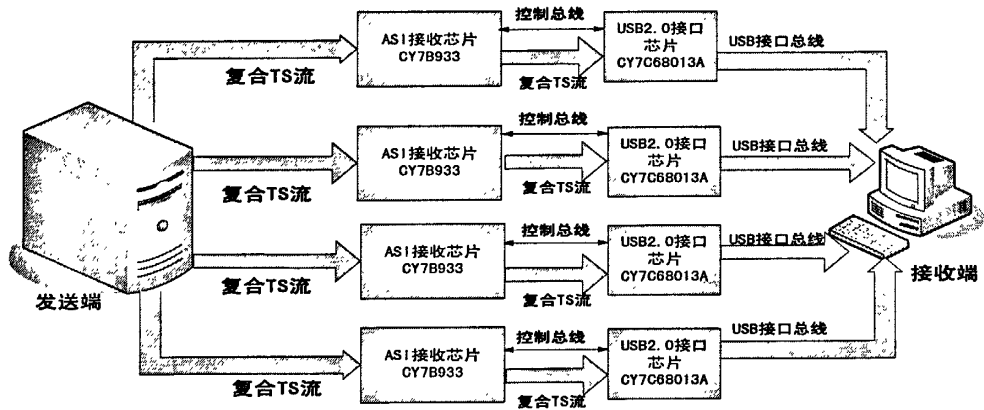


图 7-4 测试平台结构示意图

一 引脚信号测试

引脚信号测试主要时测试 CY7B933 芯片与 USB2.0 控制芯片 CY7C68013A 之间的控制信号。通过示波器对几路信号的测试，观察信号波形确认可以正常工作，输出预期的波形。CY7B933 与 CY7C68013A 控制信号信号时序图如图 7-4 所示。

通过数字示波器进行这些关键控制信号的测量，测试获得的波形分析，完全符合如图 7-5 所示的时序图。从而，确定 ASI 接收芯片 CY7B933 工作稳定可靠，给 USB2.0 控制 CY7C68013A 提供正确逻辑信号，实现了 USB 接口的 Slave FIFO 模式同步工作方式。

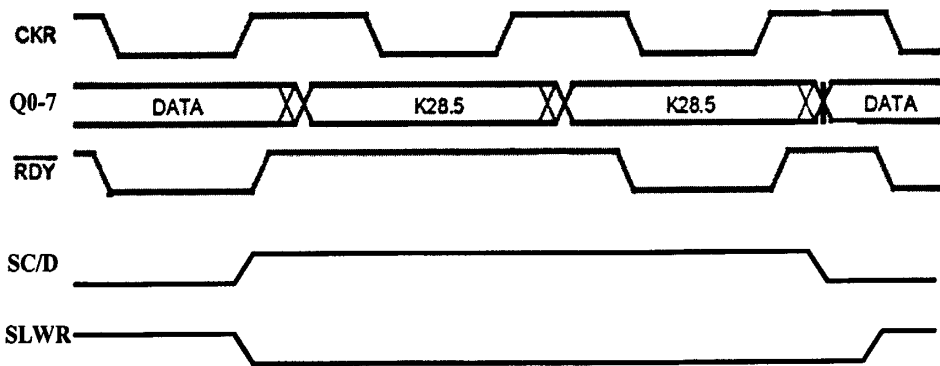


图 7-5 CY7B933 与 CY7C68013A 控制信号信号时序图

二 收录文件测试

采用暴风影音、KMPlayer 等播放工具播放收录下来的节目文件，无论收录文件大小，画面清晰，音视频同步，满足收录素材的要求。说明收录的节目素材文件质量高，整个系统保证了运行良好，保证了收录下来的素材文件的质量。

三 系统多任务收录测试

收录系统要实现多任务收录，所以必须经受多任务收录的测试。在测试中仿真应用中的最复杂情况，对四通道的节目复合 TS 流的所有节目进行收录。因为高清信号每通道只有两路信号，所以同时八个任务进行收录，可以测试计算机 USB 接口数据传输性能以及计算机写文件能力。在这最复杂收录任务情况下，收录三小时，测试各路节目文件，节目文件播放画面清晰连贯，可以推断在收录过程中没有发送数据包丢失的情况。

四 系统长时间收录测试

考虑在信号收录过程中要面对一个节目长时间收录问题，在测试中对两通道进行收录，每通道收录一个收录任务，连续收录 12 小时，收录后单个文件达 36G 大小左右。对收录文件进行播放测试，效果良好，说明收录系统满足长时间收录需求。

五 多用户使用系统测试

考虑到收录系统的多客户端设置，所以要进行多用户使用系统测试。在实验室的其他六同学装上客户端，然后通过各个客户端进行任务添加和删除操作，经过测试，多用户使用系统不会造成系统的运行不稳定，可以完成各个客户端添加的收录任务。

7.3 本章小结

本章主要对系统的调试和测试进行简单介绍。系统调试主要是按照项目的推进过程进行调试，包括测试信号源调试，电路调试，ASI 接收芯片调试，USB 接口控制芯片调试，系统联机调试和 TS 流文件分析。系统测试是根据收录系统结构和应用要求进行关键性的测试，主要包括引脚信号测试、收录文件测试、系统多任务收录测试、系统长时间收录测试和多用户使用系统测试。

第八章 总结

随着数字电视技术的发展,全国范围内数字电视用户数量增长迅猛,为逐步开播高清数字电视频道后发展用户提供了广阔市场,而且当前高清数字电视用户在数字电视用户中所占比例不高,所以,发展高清电视用户市场潜力巨大。高清数字电视是数字电视发展的方向,在全面进入高清数字电视时代前,其还有很多问题需要解决。而当前高清数字电视发展面临最大的问题就高清素材的匮乏,这样导致大大降低高清数字电视对用户的吸引力。

基于ASI接口的高清TS流收录系统就是为各广大广电网络公司提供一个增加高清素材或者高清素材交流学习设计的。该系统包括完成硬件系统部分和软件系统部分。硬件系统采用ASI接收芯片从广电设备ASI接口接收多节目复合TS流,然后通过USB2.0接口传输到计算机。软件系统主要包括实现对多节目复合TS流进行信息解析、软件解复用、节目素材收录控制的服务端,和为用户提供一个简洁地进行收录操作的客户端。

基于ASI接口的高清TS流收录系统实现了收录高清素材的功能,性能良好,运行稳定,已经在多家广电网络公司得到推广和应用。整个系统的设计思想可以很容易实现高清卫星收录系统的收录,而且软件部分可以进行很好地移植,大大降低其他收录系统的开发难度。该收录系统在后续升级考虑实现全网络化地结构,客户端可以对素材进行下载到本地和提供服务端写文件的效率,也可以考虑采用FPGA IP核技术来实现CY7B933功能,可以有效降低系统成本。

致 谢

基于 ASI 接口的高清 TS 流收录系统课题的研究、设计和实现，以及论文撰写是在导师唐继勇副教授严格要求和悉心指导下完成的。唐老师具有敏捷的学术思维、深厚的理论功底、深邃的学术思想、丰富的实践经验、严谨的治学态度以及勤勉的工作精神，这一切的一切深深地影响了我，使我在两年多的硕士学习阶段中受益非浅，为我以后的继续求学或工作都奠定了良好的基础。感谢唐老师两年来学业上的严格要求和耐心指导，生活上的细致关心和支持！再次表示衷心地感谢！

感谢教研室杨峰老师！杨老师在整个课题的研究、设计和实现都进行了细致指导和无私帮组，杨老师的实干精神和对研究课题的刻苦专研深深感动了我，也正有杨老师在课题上的帮组才使得课题能够顺利及时完成。

感谢教研室白新跃老师、何建老师、郭奕老师在学习上的指导和生活上的帮组，正有他们的帮组，在研究生学习阶段课题研究进行更加顺利！对于科研中的问题都无私地赐教，他们科学地研究方法和乐观的生活态度是我学习的榜样。

感谢众多同学在学习上的讨论帮组，生活上的关心支持！感谢课题组所有同学，我们共同探讨问题、一起进步，对课题研究具有重大帮组和推动，让我感受到了团队的力量和同窗的深情友谊。

最后，感谢我的父母家人及朋友！对于我辞职回到学校进行研究生学习的大力支持和无私地奉献，正是她们的关爱才使得我顺利完成研究生阶段的学习任务。特别感谢我的爱人，思想上理解支持，生活上无微不至地关怀，是她使得我研究生学习阶段中能克服众多障碍，顺利完成学习任务和课题研究！

再次衷心感谢所有关心我支持我的人！感谢你们！

参考文献

- [1] 方向忠. 高清数字电视发展的相关问题探讨, 视听界. 广播电视技术, 2004(4), 19-24
- [2] 龙耀文. 高清数字电视技术及其应用, 中国有线电视, 2006(09/10), 888-890
- [3] 邓丽, 刘洪义. 基于数字广播电视的 TS 流研究分析, 电脑知识与技术, 2009(3), 712-713
- [4] 杨峰, 白新跃, 唐继勇. 多路全数字卫星节目收录系统的设计与实现, 电视技术, 2006(9), 69-70
- [5] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); A Guideline for the use of DVB Specifications and Standardr,"TR 101
- [6] ETSI EN 301 192-v1.2.1. Digital Video Broadcasting. DVB Specification for Data Broadcasting,2004,4
- [7] ETSI EN 300486.Digital Video Broadcasting (DVB); Specificationfor Service Information (SI) in DVB systems,2009.4
- [8] Ren-Hung Hwang , Jang-Jiin Wu. Scheduling Policies for an VOD System over CATV Networks. IEEE Trans Broadcast,1997,8(2):438-442
- [9] 钱峰.EZ-USB FX2 单片机原理、编程及应用.北京航空航天大学出版社, 2006, 33-60
- [10] HOTLink Transmitter/Receiver-CY7B923,CY7B933,Cypress Semiconductor Corporation.
- [11] 刘永志, 王芙蓉, 黄本雄. 使用CY7B933_400实现DVB_ASI接收系统的解码, 电信科学, 2001(4), 69-71
- [12] 徐勤建, 刘望锁, 姚直象. 高速串行数据通信接收芯片CY7B933的原理及应用, 国外电子元器件, 2002(1), 32-34
- [13] Cyclone Device Handbook. Altera Corporation, Vol.1:1-402
- [14] EZ-USB Technical Reference Manual, Cypress Semiconductor Corporation.
- [15] 扈啸, 张玘, 张连超. USB2.0 控制器 CY7C68013 特点与应用, 单片机与嵌入式系统应用, 2002, (10), 48-54
- [16] 林愿, 吴淑泉, 洗志妙. USB2.0 控制器 CY7C68013 的接口设计实现. 国外电子元器件, 2004(12), 13-16
- [17] 方涛. 数字电视业务信息及其编码. 国防工业出版社, 2003, 15-81
- [18] 王峰, 夏良正. MPEG_2 系统多路 TS 流软件复用及实现, 南京理工大学学报, 2002(12 增刊), 86-90
- [19] 沈智鹏, 刘剑, 王金忠等. DVB 系统中 TS 流的软件复用关键技术与实现, 电视技术, 2008(4), 8-10
- [20] 侯俊杰. 深入浅出 MFC. 华中科技大学出版社, 2001, 401-446

个人简历及研究成果

个人简历:

管金称,男,汉族,1980年11月21日出生于江西省于都县。1999.9~2003.7就读于成都理工大学核技术与自动化工程学院,专业为测控技术与仪器,获工学学士学位。2003.7~2007.7,在东华理工大学核工程学院测控技术与仪器教研室担任专业教师。2007.9~至今,就读于电子科技大学自动化工程学院,专业为模式识别与智能系统,攻读硕士学位,主要研究方向多媒体技术领域嵌入式开发研究。

研究成果:

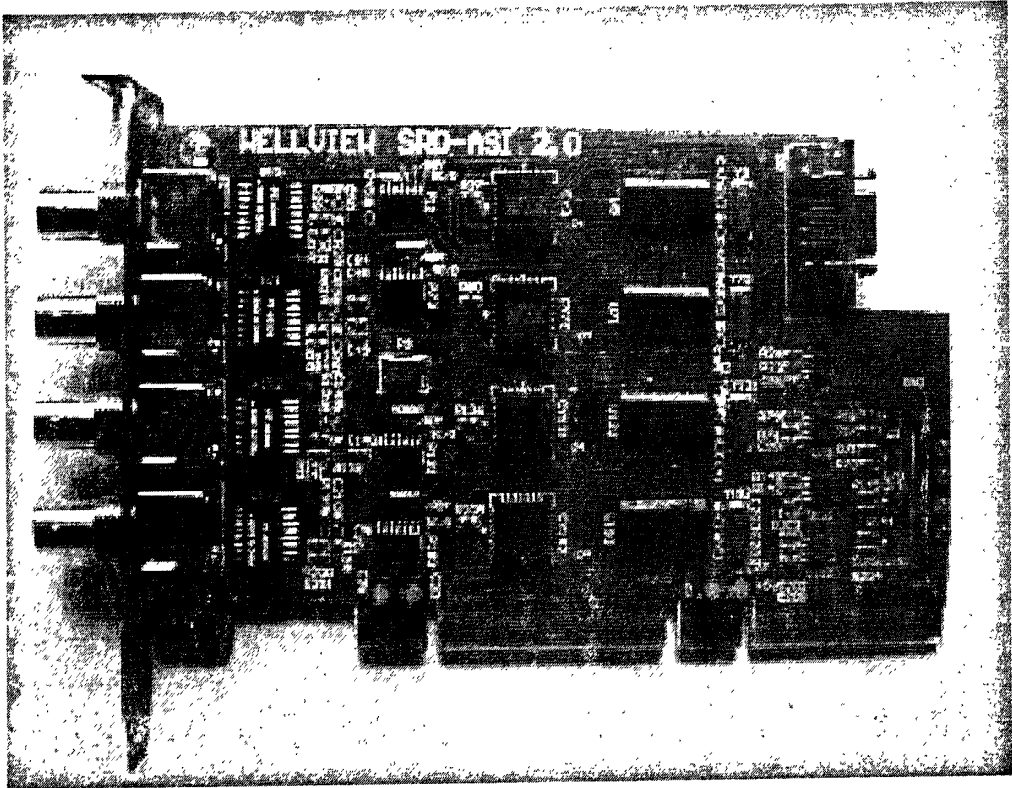
东华理工大学工作期间,担任测控技术与仪器教研室专业教师,申请并顺利完成一项东华理工大学校长基金——基于USB接口的CT实验仪数据采集系统的设计;硕士期间,主要从事嵌入式系统软硬件研究开发工作,完成DVB-S卫星收录系统和基于ASI接口的高清TS流收录系统的研究、设计和开发。

发表文章:

基于USB2.0的DVB-S数字电视TS流接收卡设计,管金称 唐继勇 杨峰 张清丰,2009.06(33),《电视技术》

基于FPGA IP核的双通道ASI发送系统的设计,管金称 唐继勇 杨峰,2009.10(30),《自动化仪表》

附录：收录系统硬件实物图



高清 TS 流收录系统硬件