

CATV 机顶盒设计的原理与实现

作者：郭 皓 王瑞胡 杨 君

1 引言

电视机顶盒 (Set Top Box,STB) 是模拟广播电视向数字广播电视过渡的最好解决方案。将数字机顶盒与普通的模拟电视结合起来, 就可以实现数字电视的功能。数字机顶盒可以把来自卫星、地面或有线的数字电视信号转换成模拟电视机能够接收的 PAL/NTSC 信号, 亦可支持视频点播、互联网浏览等功能。目前具有实用开发价值的机顶盒可分为数字卫星接收 (DVB-S) 机顶盒和数字有线电视 (DVB-C) 机顶盒两种。

有线电视 (CATV) 网络具有覆盖范围广, 频带资源丰富, 建设成本低的优点, 可以同时支持传统的模拟业务、新型的数字点播 (VOD) 和数据信息服务。我国目前还没有制定 CATV 数字电视广播标准, 而是采用欧洲的 DVB-C 标准。本文介绍了采用 DVB-C 标准的有线电视机顶盒系统的设计原理及其解决方案。

2 设计原理及关键技术

有线电视机顶盒应该具备的主要功能有: 接收数字广播信号 (包括 CATV 上的音频、视频和资料信号) 和视频点播。

数字数据流经过机顶盒各芯片完成解调、解复用、译码功能。其原理框图如图 1 所示。

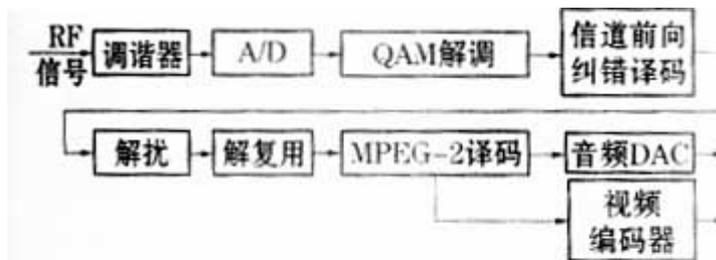


图 1 数字电视机顶盒原理框图

2.1 数据的调制与解调技术

目前国际上数字高清晰度电视传输系统中采用的调制技术主要有: 四相移相键控 (QPSK)、多电平正交幅度调制 (MQAM)、多电平残留边带调制 (MVSb) 和正交频分复用调制 (OFDM)。在有线电视中主要采用 MQAM 调制方式。QAM 调制是一种节省频带的数字调幅方法 (16QAM 的频谱利用率为 4(bit/s)/Hz, 64QAM 的频谱利用率为 6(bit/s)/Hz), 有较高的信噪比。QAM 调制方法在 2400bit/s 以上的中、高速调制中常被采用, 广泛应用于有线电视的下行传输及 HDTV 的地面广播传输中。

2.2 加解扰技术

加解扰技术用于对数字节目进行加密解密，其基本原理是采用加扰控制字加密传输的方法，用户端利用 IC 卡解密。在 MPEG 传输流中，与控制字传输相关的有两个数据流：授权控制信息（ECMs）和授权管理信息（EMMs），由业务密钥（SK）加密处理后的控制字在 ECMs 中传送，其中还包括节目来源、时间、内容分类和节目价格等节目信息。对控制字加密的业务密钥在授权管理中传送，且业务密钥在传送前要经过用户个人分配密钥（PDK）的加密处理，EMMs 中还包括地址和用户授权信息，如用户可以看的节目或时间段，用户付的收视费等。用户个人分配密钥（PDK）存放在用户的智能卡（Smart Card）中。在用户端，机顶盒根据 PMT 和 CAT 表中的 CA descriptor，获得 EMM 和 ECM 的 PID 值，然后，从 TS 流中过滤出 ECMs 和 EMMs，并通过 Smart Card 接口送给 Smart Card。Smart Card 首先读取用户个人分配密钥（PDK），用 PDK 对 EMM 解密，取出 SK，然后利用 SK 对 ECM 进行解密，取出 CW，并将 CW 通过 Smart Card 接口送给解扰引擎，解扰引擎利用 CW 就可以将扰的传输流进行解扰。加解扰技术分为同密和多密技术。

同密技术是将两家或两家以上的条件接收（CA）系统应用于同一网络平台之中，对有线电视台来说是实现技术的选择和一种竞争的环境。

多密技术要求机顶盒采用 CI 技术，实现同一机顶盒可接收不同 CA 系统加密节目。从用户角度来讲，不会因购买哪一家 CA 的机顶盒而受到限制，用户还有选择其 CA 服务的可能性。

2.3 复用与解复用技术

整个复用过程可以描述为 2 个不同层次的复用。

- 节目层复用：视频流、音频流和资料流通过复用器复用成一个节目的传送比特流。
- 系统层复用：多个节目的传送位流通过复用器复用成系统比特流。

通过这两级复用所生成的都是标准的 MPEG-2 的 TS 码流。

解复用单元由专用处理器构成，负责对 MPEG-2 的 TS 流和成包基本码流（PES）进行解析，恢复音视频解码器所需的码流，同时负责对传输错误进行标识。传送系统使用了 MPEG-2 定义的固定长度为 188 个字节的传输流分组方式，这些分组是通过分组头中的分组标识（PID）来识别视频、音频或数据信息。传输流中包含一个或多个节目，每个节目是由一个或多个复用在一起的基本码流构成的。在单路节目传送复用时，组成节目的传送码流的 PID 信息、码流中传输的应用（如音频、视频等）标示符以及这些码流之间的关系等，由节目映射表（PMT）来表示。包含 PMT 的码流的 PID 号由在节目系统复用时定义的 PID=0 的系统级控制码流所携带的节目关联表（PAT）来给出。PMT 和 PAT 都是属于包含节目及系统信息的节目特定信息（PSI）的一部分。解复用器利用 PID=0 的节目关联表（PAT）识别出携带所需节目映射表（PMT）的比特流的 PID，然后从节目映射表（PMT）中获得构成节目的基本码流的 PID 号，通过设置解复用器中的过滤器，来接收所需节目的传送码流。音视频基本码流在传送层中是以分组的基本流（PES）的形式传送的，对所选节目进行 PES 解包后的压缩音频、视频流数据交送音频和视频解码单元处理。

2.4 MPEG-2 视频编码

MPEG-2 视频编码系统由一个大家族构成，每一个系统之间都有兼容性和共同性，根据图像清晰度的不同，它分成四种信源格式或称“等级”（Level），从录像带（VCR）的低图像清晰度，到高清晰度电视。除

了根据图像清晰度定义的“等级”以外，DVB 视频标准还定义了“档次”(Profile)的概念，每一个不同的“档次”能够提供构成编码系统的压缩工具和压缩算法。

2.4.1 “档次”

目前在 MPEG-2 系统中存在 5 个“档次”，每一个“档次”都会比它的前一个“档次”更加复杂，更加完善，提供更多的工具，同时其相对应的设备的价格也更高。

“档次”的最初级叫做简单档次(Simple Profile)，随后是主档次(Main Profile)，它比简单档次增加了编码双向预测的功能，即：B-FRAMES。在使用同样的码流的情况下，它的质量会更好，但算法更加复杂，使用的芯片更多。主档次的解码芯片，可以兼容解码简单档次的编码，这种向下兼容性贯穿整个系列的“档次”。

在主档次之后，是信噪比可分级档次(SNR Scalable)及空间频谱可分级档次(Space Scalable Profile)，这两种“档次”可以调整信噪比与码流率关系，以及图像清晰度与码流率之间的关系，出于其编码的复杂性以及接收设备价格昂贵等原因，DVB 标准目前不支持这两种“档次”。最高级的“档次”是 HIGH PROFILE，它不仅兼容前面的低级“档次”，兼备所有的功能，而且可以进行多行同时编码。

2.4.2 “等级”

根据图像节目源的清晰度由低到高的不同，DVB MPEG 2 标准分成许多“等级”，最低的 LOW LEVEL 的清晰度是 IU-R-BT、601 建议的四分之一，即：352×288×25 帧/秒。MAIN LEVEL 是完全符合 IU-R-BT、601 建议的标准，即：720×576×25 帧/秒。HIGH-1440 LEVEL 采用了每行 1440 个采样的方法。HIGH LEVEL 采用了更高的每行 1920 个的采样方法。

目前，世界上最常用的 MPEG-2 标准是 MP@ ML，即：MAIN PROFILE@ MAIN LEVEL，它是第一代数字有线电视和数字卫星电视的基础，节目提供者可以提供 625 线质量的节目，图像的长宽比可以是 4:3 或 16:9。至于码流率，它是由节目提供者根据节目质量来选定的，图像质量越高，所需码流率就越高，反之则越低。

3 硬件实现

目前市面上出售的机顶盒多数只具有将数字信号转换为普通电视机能接收的模拟信号的单一功能。在个别城市的个别小区内开通了如视频点播(VOD)等服务。由于我国的大部分有线电视用户使用的网络仍然是单向网络，进行双向改造的投入比较大，近期内还无法完成，因此，可以考虑采用 Modem 通过电话线进行上行数据的回传。本文介绍了一个用 ST 公司的系列芯片来实现 CATV 机顶盒的方案，见图 2。

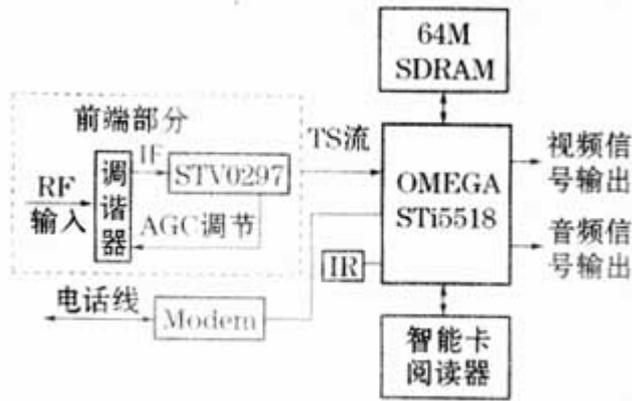


图2 CATV机顶盒解决方案

3.1 前端部分

前端部分的主要功能是将有线电视网络传送过来的高频信号经调谐器降为中频信号，经过滤波、放大后将信号送给QAM解调芯片，完成解调制工作。该方案采用MicroTune公司的MT2040 Silicon Tuner调谐器和ST公司的STV0297QAM解调芯片。

前端结构如图3所示。MT2040 Silicon Tuner可以接收48MHz-860MHz的高频信号，并将其转换为用户所需的中频频带上。经过一个表面声波滤波器(SAW Filter)和MT1230中频放大器，将降频后的中频信号传送给STV0297进行QAM解调。

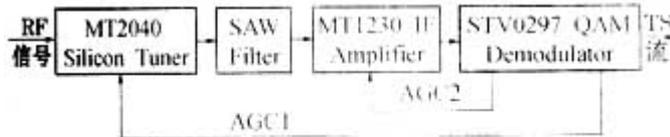


图3 前端结构框图

STV0297片内集成有一个高性能的A/D转换器，可以直接对输入的中频信号进行A/D采样。STV0297还为AGC提供两路PWM输出，一路提供给Tuner(AGC1)，另一路提供给IF Amplifier(AGC2)用于对输入信号进行AGC调节。A/D转换后得到的数字信号经过奈奎斯特滤波器的处理，以达到0.13-0.15的传输滚降系数。信号通过奈奎斯特滤波器后的能量损失是由片内的数字AGC模块来进行补偿的。此外，STV0297还要完成载波恢复、均衡、解交织和FEC解码等工作。载波恢复能消除残留的载波频率和相位的偏移。频道均衡能适当地消除各种回声和线性频道失真。为了减轻脉冲噪声，增加R-S FEC编码的纠错能力，在发送端R-S编码后数据进行了交织，因此，在接收端R-S解码前要进行解交织工作。STV0297中使用的是Forney型解交织器，其默认的解交织深度为12，单元深度为17。由于MPEG数据流头信息对于正确接收信号非常重要，STV0297采用Reed-Solomon纠错码来保证接收数字比特流的正确性。

3.2 后端部分

后端部分如图4所示。QAM解调器完成信道解码，从载波中分离出包含音、视频和其它数据信息的传输流(TS)。传输流中一般包含多个音、视频流和数据信息。解复用器用来区分不同的节目，提取相应的音频流、视频流和数据流。解复用模块中包含一个解扰引擎，可在传输流层和PES层对加扰的数据进行

解扰。其输出是已解扰的 PES。视频 PES 流送入视频解码模块，取出 MPEG 视频数据，并对 MPEG 视频数据进行解码，输出到 PAL/NTSC 编码器，编码成模拟信号经视频输出电路输出。音频 PES 流送入音频解码模块，取出 MPEG 音频数据，并对 MPEG 音频数据进行解码，输出 PCM 音频数据到 PCM 解码器，PCM 解码器输出立体声模拟音频信号，经音频输出电路输出。对于付费电视，条件接收（CA）模块对音、视频流进行解扰，并采用含有识别用户和进行记帐功能的智能卡，保证合法用户正常收看。

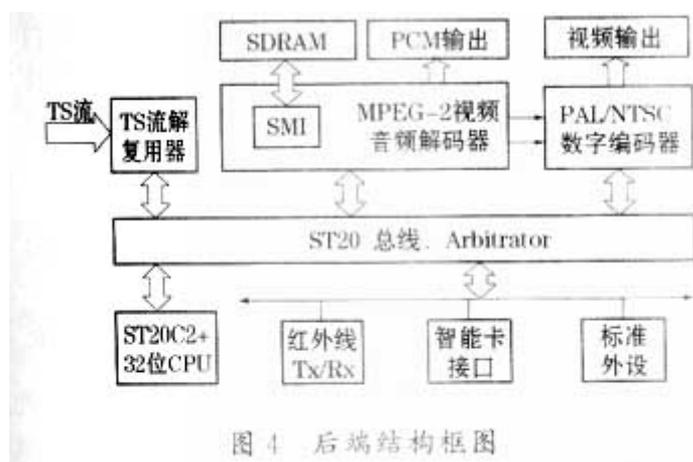


图 4 后端结构框图

STI5518 采用 OS20 实时嵌入式操作系统（RTOS）。其特点在于它不是非常的庞大，并可以根据用户需求进行裁剪（scalable，通过 C 语言中的条件编译来实现），但却要求可以在实时的环境中工作，并在较小的内存空间中运行。OS20 为 ST 公司开发的支持实时处理的操作系统，其 CPU 为 ST20C2+ 32 位处理器，支持多任务、内核管理、进程调度和任务优先级等实时特性。

4 结束语

电视数字化是今后发展的趋势，虽然在理论上已经很成熟了，但在具体的实现过程中由于受到诸如现有的有线电视网络为单向网络，不能进行上行数据的回传等问题的限制，需要根据具体情况进行设计方法上的改变。本文中提到的使用 Modem 进行上行数据回传的方法，可以利用现有的有线电视的传输网络，而不需要进行大规模的线路改造，是目前比较经济实用的一种方案。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>