

学校编码: 10384
学号: X200329012

分类号____密级____
UDC____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

数字电视机顶盒的实现和运用

THE APPLICATION OF DIGITAL SET TOP BOX

林小兵

指导教师姓名: 程恩教授, 陈宁伟高级工程师

专 业 名 称: 仪器仪表工程

论文提交日期: 2008 年 3 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 3 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 ()，在年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘要

广播电视正全面从模拟转向数字，普及速度非常快。数字电视接收机作为过度产品将进入千家万户。论文是本人近两年工作的总结，论文阐述了数字电视的发展过程和数字电视机顶盒的发展现状，对数字电视系统进行简单介绍的基础上，总结了数字电视的发展趋势，分析了现有系统中各种调制技术的区别。重点介绍本人设计基于 DVB 系统的数字电视接收机（STB）的硬件开发平台。

本论文针对 DVB 系统的数字电视接收机产品开发进行研究。研究和完成的主要工作：

1. 数字电视接收机的电路组成、工作原理以及相关的数字电视标准的研究；
2. 本方案的主芯片性能特点的研究，以及对本方案系统需要实现的功能的确定和系统设计的总体框图及各个模块的规划；
3. 介绍 DVB-C 和 DVB-T 两种信道的工作处理，以及本平台中实现信道解调的硬件工作流程和软件工作流程；
4. 介绍 MPEG 的主要标准和系统框图，重点阐述本平台的系统构成和工作原理以及 MPEG-2 解码信号流程，并介绍整个软件系统地实现方法。

最后是对本平台开发进行总结，并介绍产品化中需要考虑并解决的问题一些方法。

关键词：数字电视；调制技术；DVB

Abstract

As broadcast TV is transitting from analog to digital in a high spread speed, a transitional product, the digital television receiver will access thousands of households. This thesis is a summary for my late two-year work experience, which expatiates on the development process of digital TV and the development actuality of digital Set Top Box. Base on the easy instruction of digital TV system, the thesis summarizes the digital TV developing trend and analyzes the differences of various modulation techniques. Here focus in introducing my design the digital television receiver (STB) hardware development platform which bases on DVB system.

This thesis investigates the DVB system of digital TV product development. Following are the main investigation and finish items:

1. The investigation on the circuit, principle and related digital TV standard.
2. The investigation on the features of the main IC, confirm the functions of this solution, make the design layout of total block diagram and each module.
3. Introducing the processing in two channels DVB-C and DVB-T, and the channel modulation hardware and software working flow.
4. Introducing the main standard and system block diagram of MPEG, focus on expatiating on the system composing, working principle, MPEG-2 decoding signal flow and the implementation method of whole software system.

Finally, summarize the development platform and introduce the method to solve the issues which should be taken into account when mass production.

Keywords: digital TV; demodulator; DVB

目录

第一章 绪论.....	1
1.1、引言.....	1
1.2、数字电视概述.....	1
1.2.1、数字电视的定义.....	1
1.2.2、数字电视工作过程简述.....	1
1.2.3、数字电视接收机的优点与需求.....	2
1.2.4、数字电视的分类和相关标准.....	3
1.2.5、数字电视接收机的电路组成.....	7
1.3、数字电视机顶盒发展现状.....	7
1.4、硕士期间主要从事的研究工作.....	8
第二章 STi5518 的硬件平台结构	9
2.1、STi5518 的性能参数及结构.....	9
2.1.1、STi5518 的性能参数	9
2.1.2、STi5518 的结构.....	10
2.2、STi5518 方案硬件整机结构.....	11
2.3、电源系统.....	12
2.4、按键板系统.....	13
2.5、信道系统.....	13
2.6、信源系统.....	14
第三章 STi5518 平台的信道处理	15
3.1、DVB-C 信道	15
3.1.1、高频头.....	16
3.1.2、STV0297 的解调	17
3.2、DVB-T 信道	17

3.2.1、DVB-T 的调制系统	17
3.2.2、Sti5518 平台的 DVB-T 的解调	19
3.2.3、软件工作流程.....	21
第四章 STi5518 平台的信源处理	24
4.1、MPEG-2 压缩编码	24
4.2、STi5518 的信源处理	25
4.2.1、系统引导过程.....	25
4.2.2、系统的内存配置.....	26
4.2.3、MPEG-2 的解码原理	28
4.3、软件系统.....	29
4.3.1、软件系统配置.....	29
4.3.2、软件框架.....	31
4.3.3、OS20 实时操作系统	32
4.4、各软件应用模块的设计与实现.....	32
4.4.1、GUI 和状态机的设计	32
4.4.2、各主要数字电视功能模块的设计.....	33
第五章 结束语	36
5.1 本论文的工作总结.....	36
5.2 下一步可开展的工作.....	37
参考文献:	38
致 谢.....	39
附录 STB 平台原理图	40

CATALOG

CHAPTER I: PREFACE.....	1
1.1、FOREWORD	1
1.2、Summary of Digital TV	1
1.2.1、Definition of Digital TV	1
1.2.2、Process Brief Introduction of Digital TV.....	1
1.2.3、Advantage and Requirement of Digital TV	2
1.2.4、Assort and Relative Standard of Digital TV	3
1.2.5、Circuit Consisting of Digital TV.....	7
1.3、Development Status of Digital Setup Box	7
1.4、Main Work Durning my Master Study.....	8
CHAPTER II: Hareware Platform of Sti5518.....	9
2.1、Performance and Configuration of STi5518.....	9
2.1.1、Performance of Sti5518	9
2.1.2、Configuration of STi5518	10
2.2、Cbu hareware configuration of STi5518.....	11
2.3、Power System.....	12
2.4、Keyboard System	13
2.5、Demodulator System.....	13
2.6、Demultiplexer System.....	14
CHAPTER III: Channel Process in STi5518 Platform.....	15
3.1、DVB-C Channel.....	15
3.1.1、Tuner	16
3.1.2、STV0297 Demodulation	17
3.2、DVB-T Channel	17

3.2.1、 DVB-T Modulation System.....	17
3.2.2、 DVB-T Demodulation in Sti5518 Platform.....	19
3.2.3、 Software Working Process.....	21
CHAPTER IV: Source Process in STi5518 Platform.....	24
4.1、 MPEG-2 Code.....	24
4.2、 Demultiplexer in STi5518.....	25
4.2.1、 System Boot Process.....	25
4.2.2、 System Memory Configure.....	26
4.2.3、 MPEG-2 Demultiplexer.....	28
4.3、 Software System.....	29
4.3.1、 Software System Configure.....	29
4.3.2、 Software Frame.....	31
4.3.3、 OS20 Real Time Operation System.....	32
4.4、 Design and Implementation of each Software's module.....	32
4.4.1、 GUI and State Machine Design.....	32
4.4.2、 Implementation of each Digital TV Module.....	33
CHAPTER V: Concluding Remarks.....	36
5. 1 Summary.....	36
5. 2 Next Work.....	37
References:	38
Thanks.....	39
APPEDIX: STB Platform Circuit Diagram.....	40

第一章 绪论

1.1、引言

随着时代、科技的发展，人类社会已经进入信息化时代，正处于一个生机勃勃的发展过程，作为信息化时代的主要标志，“数字化技术”有着突飞猛进的发展。数字电视、高清晰度电视、交互电视、多媒体通信等一大批高新技术正在朝人们走来，也将逐步改变我们的日常生活、工作与学习方式。数字电视（DTV），是电视接收系统的发展潮流，数字电视的飞速发展永远超出我们的预想，部分发达国家的广播电视从模拟向数字的过渡已经全面展开，正在从部分数字化向全面数字化方向发展。我国在“十五”计划中的十大优先发展的信息技术产业就将数字电视技术的研究列入其中。我国的部分地区已经开始了从模拟向数字的过渡，我国的“数字电视”时代已经拉开帷幕。作为从模拟向数字转换时必备的电视接收机——数字电视接收机（STB）将进入普通老百姓的家庭，因此对于开发一款性能优异、质量稳定、适应性强，成本低廉的数字电视接收系统有着重要的意义。

1.2、数字电视概述

1.2.1、数字电视的定义

数字电视就是在电视系统中除了电视发送端的摄像头（CCD，光电变换器）输出信号和接收端（电视机）的显像管（阴极射线管，LCD 或 PDP）的输入信号是模拟信号外，其他各个环节上都是数字信号。或者这样说，将代表电视图像和声音的电信号用数字表示，每一个信号值对应一个数字（例如信号值高的用大的数值表示，信号值低的用小的数值表示），然后在传送电视信号（图像和声音信号）时只需传送一连串的脉冲信号就可以了，这样的电视就叫数字电视。

1.2.2、数字电视工作过程简述

数字电视的发送端，首先利用摄像头将实际场景光信号转换成模拟的电信号，然后经过 A/D 转换电路将其转换成数字信号，再进行频带压缩编码。接下来，再加入纠错编码的数字信息及其他辅助信息，并对高频正弦波信号进行数字调

制。数字调制后的高频信号通过变频，达到预定的电视发射频率，并经过高功率放大器放大后由发射天线向空中发射。数字电视的发送系统如图 1-1 所示。

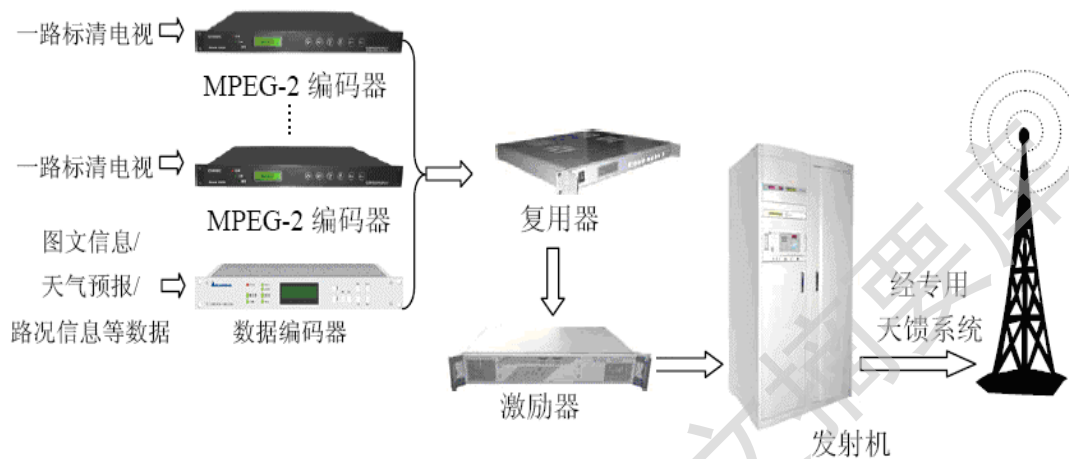


图 1-1 数字电视的发送系统

数字电视接收机接收到微弱的电视信号后进行放大、变频和滤波处理。然后经数字解调器恢复为数字基带信号后再进行误码校正及压缩编码的解码，从而获得最原始的二进制图像信号。然后经过 D/A 转换电路将其变换为模拟的电视信号，并将该信号加到显像管上进行显示电视图像。

由此看来，在从电视台开始播出的就是数字信号，然后经各种传媒（如卫星、有线电视、地面广播等）传送到观众的电视机。电视机接收到数字电视信号后再显示出图像和伴音。这个整个由发到收的过程中所传送和处理的都是数字电视信号而不是模拟信号，这才是真正的数字电视。

1.2.3、数字电视接收机的优点与需求

数字电视对电视信号进行数字化处理原因，从技术和经济的角度分析主要有以下优点。

- (1) 图像清晰度可接近于发射端信源部分的清晰度。其原因之一在于其信噪比与连续处理的次数无关。由于杂波主要叠加在传送信号上，因此采用二进制的数字信号，可以通过整形以及检纠错技术很容易把这些杂波的影响消除。模拟信号在传送过程中噪声会逐步累积，而数字信号在传送过程中不会产生新的噪声，即信噪比基本保持不变。所以模

拟信号要求信噪比 $S/N \geq 40\text{dB}$ ，而数字信号的信噪比只需 $S/N \geq 20\text{dB}$ 。原因之二在于数字系统非线性失真的影响很容易消除，而在模拟系统中非线性失真却会造成图像畸变。

- (2) 伴音质量高，音频范围宽。由于采用信息压缩技术，频道利用率很高，允许传送高质量、带宽在 $20\text{Hz} \sim 20\text{KHz}$ 之间的高质量音频信号，双路立体声/又伴音信号等。
- (3) 频道利用率高。在原有的 8MHz 带宽的一个频道的范围内，可传输多达 8 套标准清晰度电视节目以及有关业务数据或加载通信信道。
- (4) 数字电视与模拟电视可实现信道兼容。在同一频道上可同时传送模拟电视节目和数字电视节目，而相互不产生有影响的干扰。
- (5) 很容易实现加密/解密和加扰/解扰，以便扩展各类收费的广播电视服务和其他专用服务。
- (6) 便于与通信设备及计算机融合，从而成为国家信息高速传输网的一种终端。
- (7) 采用纠错编码技术提高电视机的抗噪声、抗干扰能力
- (8) 数字电路成本低，无需调整和调谐，而且不易老化，所以生产成本较低，维修起来也容易。

1.2.4、数字电视的分类和相关标准

数字电视是一个总的名称，凡是将电视信号以数字化的方式进行传送的都称为数字电视。数字电视有多种具体类型。

如果按清晰度进行划分，则可分为标准清晰度电视（SDTV）和高清晰度电视（HDTV）两类。

按信道部分的标准来分，根据传输媒介的不同分为卫星、有线、地面三种。其中卫星的标准有欧洲 DVB 提出的 DVB-S、DVB-S2；有线主要有 DVB-C、OpenCable；当前地面数字电视的国际标准主要有三种，分别是：美国的标准是 ATSC (Advanced Television System Committee 先进电视制式委员会，以 8VSB 为核心技术)；日本的标准是 ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting 综合业务数字广播，以 BST-OFDM 为核心技术)；欧洲的标准是 DVB (Digital Video Broadcasting 数字视频广播，以 OFDM 为核心技术)。目前中国根据自己的国情，

也发布了拥有自主知识产权的地面数字电视标准 ADBT。

美国 ATSC 标准，以高清晰度电视为基础，采用单载波残留边带 8VSB 调制方式，6M 带宽内实现 19.39Mbps 传输速率。较好支持固定接收，信号峰值比较小，接收信号灵敏度高。

日本 ISDB 标准，日本综合业务数字广播数字电视标准和系统，主要特点是既传输数字电视节目，又传送其他的数字综合业务。该标准视频编码、音频编码、系统复用遵循 MPEG-2 标准，系统要求具有柔韧性、扩展性和共通性等。ISDB-T 是日本地面传输标准，采用频带分段正交频分复用 (BST-OFDM)，在采用 OFDM 的基础上，把 6M 带宽划分为 13 段，每段 423KHz，来解决窄带和宽带业务的同时接收问题，针对不同的分段，可分层设定不同段的纠错和调制方式，以适应不同播出业务对传输环境的要求，因此日本的地面移动和便携应用直接采用 ISDB-T。

欧洲 DVB 标准，是欧洲广播联盟组织的一个数字视频广播项目，其设计原则是使系统能灵活传输 MPEG-2 视频、音频和其他数据流，并要求兼容 MPEG-2 标准，使用同一的业务信息，采用统一的条件接收接口，统一的 RS 向前纠错，同时可以进行数据广播等，形成通用的数字电视标准和系统。

欧洲 DVB 组织发布新的卫星标准 DVB-S2，提高了传输效率。其技术特点采用了纠错能力更强 LDPC 码和 BCH 码串联，调制方式为速率更高的 8PSK, 16APSK 和 32APSK。对比目前广泛使用的 QPSK, 3/4FEC 的 DVB-S 系统，DVB-S2 采用 8PSK, 2/3FEC 的技术体系，可以达到相同的接收效果，而信息传输率可以从原来的 55.3Mbps 提高到 86.4Mbps。下一代将采用 DVB-S2。

面向移动和便携的 DVB-H 标准，其终端具有功耗更低，移动接收和抗干扰能力更强的特点，适用于移动电话，手持计算机等电池供电便携设备。DVB-H 在 DVB-T 的基础上，更关注终端功耗，提高移动性和接收可靠性。为此采用了时间片和多协议封装向前纠错 (MPE-FEC) 等优化 DVB-T 的关键技术。时间片技术把传输数据切割 1~2Mbit 的数据包，构成不连续的时间片，以突发方式向便携设备发送信息，使接收设备可以在时间片的静寂间隔内关闭接收机有关部件。时间片控制功能可以在视频流状态下最多节省 90% 的功率。而 MPE-FEC 可改善移动接收性能和脉冲噪声能力。

中国 DMB-T 标准，目前我国也在制定自己的数字电视标准，他们分别由清华

大学提出的 DTMB（它是一种“时域同步正交频分复用 TDS-OFDM”的多载波技术）和上海交大提出的单载波技术的 ADTB-T。在 2006 年 8 月 18 日我国的国家标准委批准清华大学的 DMB-T 标准和上海交大的 ADTB-T 标准的融合标准作为国家标准，并在 2007 年 08 月 01 日已正式实施。

信源部分的国际标准目前主要是 MPEG（活动图像专家组）提出的 MPEG-2 等视音频标准，以及最新的 ITU H.264/MPEG-4 AVC、和我国自己制定的 AVS 视频编码标准。

无论是我国的 AVS 视频还 MPEG 标准都是采用混合编码框架（见图 1-2），包括变换、量化、熵编码、帧内预测、帧间预测、环路滤波等技术模块。这些都是当前主流的技术路线。

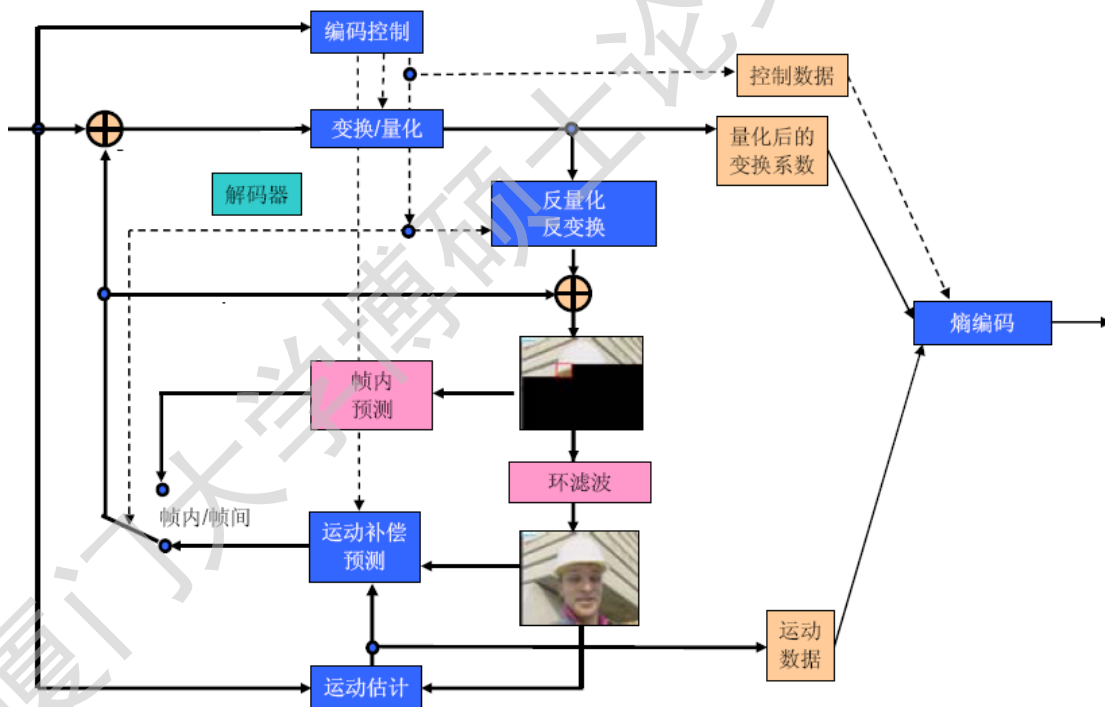


图 1-2 视频编码框架

这里由于篇幅限制，不对各种视频编码进行详细的介绍，只对这 3 种视频编码进行技术差异比对，如表 1-1：MPEG-2、ITU H.264/MPEG-4 AVC 以及 AVS 的技术对比表所示。在本平台中采用的是 MPEG-2 标准。

表 1-1: MPEG-2、ITU H. 264/MPEG-4 AVC 以及 AVS 的技术对比

视频编码标准	MPEG-2 视频	H. 264/MPEG-4 AVC 视频	AVS 视频
帧内预测	只在频域内进行 DC 系数差分预测	基于 4×4 块, 9 种亮度预测模式, 4 种色度预测模式	基于 8×8 块, 5 种亮度预测模式, 4 种色度预测模式
多参考帧预测	只有 1 帧	最多 16 帧	最多 2 帧
块大小运动补偿	16×16 、 16×8 (场编码)	16×16 、 16×8 、 8×16 、 8×8 、 8×4 、 4×8 、 4×4	16×16 、 16×8 、 8×16 、 8×8
B 帧宏块直接编码模式	无	独立的空域或时域预测模式, 若后向参考帧中用于导出运动矢量的块为帧内编码时, 只是视其运动矢量为 0, 依然用于预测	时域空域相结合, 当时域内后向参考帧中用于导出运动矢量的块为帧内编码时, 使用空域相邻块的运动矢量进行预测
B 帧宏块双向预测模式	编码前后两个运动矢量	编码前后两个运动矢量	称为对称预测模式, 只编码一个前向运动矢量, 后向运动矢量由前向导出
$1/4$ 像素运动补偿	仅在半个像素位置进行双线性插值	$1/2$ 像素位置采用 6 拍滤波, $1/4$ 像素位置线性插值	$1/2$ 像素位置采用 4 拍滤波, $1/4$ 像素位置 4 拍滤波、线性插值
变换与量化	8×8 浮点 DCT 变换, 除法量化	4×4 整数变换, 编解码端都需要归一化, 量化和变换归一化相结合, 通过乘法、移位实现	8×8 整数变换, 编解码端都需要归一化, 量化和变换归一化相结合, 通过乘法、移位实现
熵编码	单一 VLC 表, 适应性差	CAVLC: 与周围块相关性强, 实现复杂; CABAC: 计算较简单	上下文自适应, 2D-VLC, 编码块系数过程中进行多码表切换
环路滤波	无	基于 4×4 块边缘进行, 滤波强度分类繁多, 计算复杂	基于 8×8 块边缘进行, 简单的滤波强度分类, 滤波较少的像素, 计算复杂度低
容错编码	简单的条带划分	数据分割, 复杂的 FMO/ASO 等宏块、条带组织机制, 强制 Intra 块刷新编码、约束性帧内预测等	简单的条带划分机制, 足以满足广播应用中的错误隐藏、恢复需求

1.2.5、数字电视接收机的电路组成

数字电视接收机的电路组成简图（以 DVB 标准为例）如图 1-3 所示。

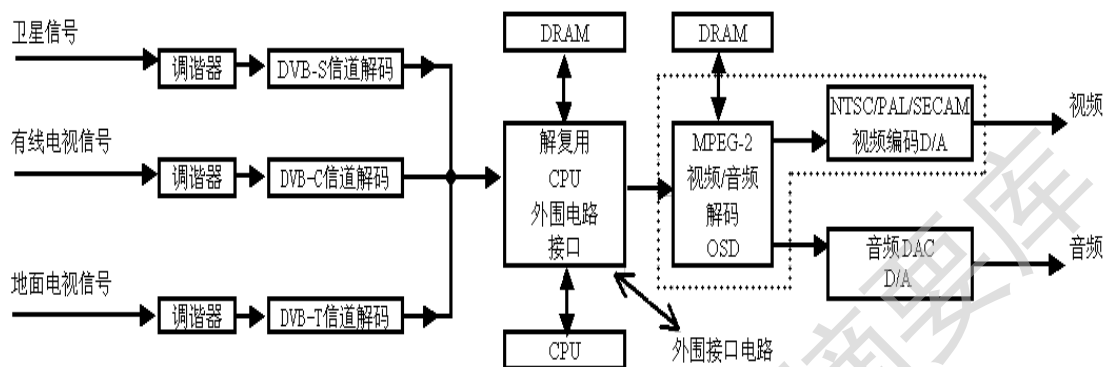


图 1-3 数字电视接收机的组成简图

数字电视接收机在信源解码方面完全相同，主要区别是在信道解码上有较大的差异。因此仅需要更换前端而保留统一的后端，这样三种接收机即可合而为一。这样在开发方面有着较大的灵活性。

从信道部分来的信号经传送层解复用再还原成 MPEG-2 格式的视频、音频信号，然后通过视频编码电路使其能输出符合模拟制式（PAL/NTSC/SECAM）的视频信号，或直接经 D/A 转换器和相应的放大电路输出基色模拟信号并将其加到显像管上。同样，若伴音数字信号采用数字 AC-3 编码方式，则还需经 AC-3 解码和 D/A 转换后再传送到音频终端。而相关多媒体通讯数据通过 CPU 处理后再叠加到视频图像上显示出来。

1.3、数字电视机顶盒发展现状

机顶盒是信息家电的一大类产品，根据功能的强弱，可以分为：

- 1) 基本型数字机顶盒，机顶盒的 CPU 能力较弱，Flash 和 RAM 容量较少，能够接收、解扰和解压缩数字电视信号。满足免费数字电视业务和付费电视的基本功能。
- 2) 增强型机顶盒，机顶盒具有较强的 CPU，Flash 和 RAM 的容量较大，在基本型的基础上，还能满足按次付费业务、数据广播业务、广播

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库