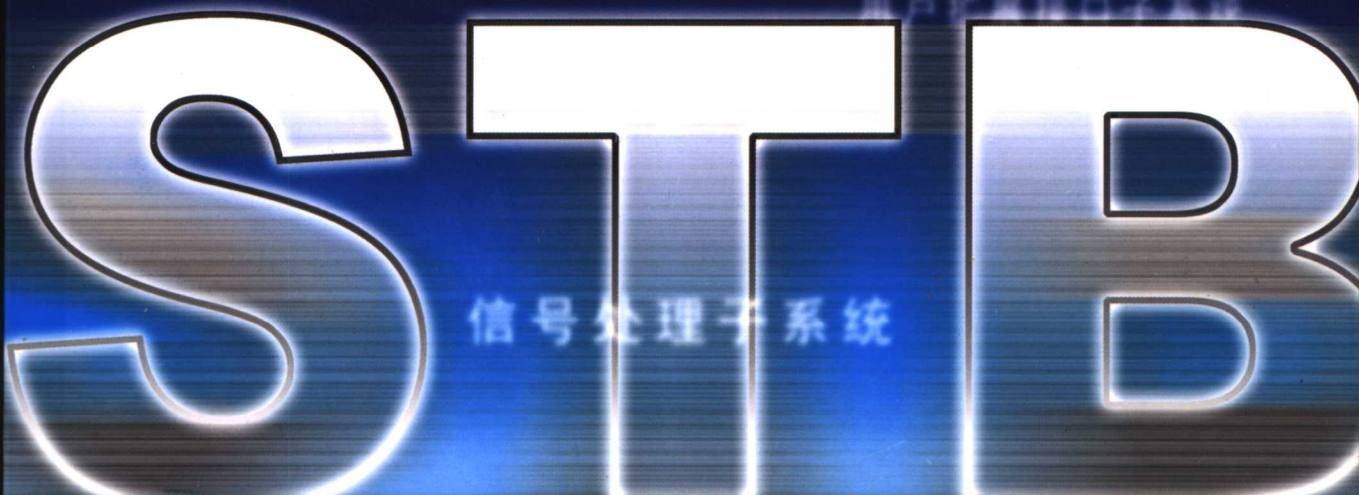


控制子系统

网络接口子系统

用户扩展接口子系统



信号处理子系统

数字机顶盒

原理、应用与维修

邓圻贵 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

数字机顶盒原理、应用与维修

邓圻贵 等编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字机顶盒原理、应用与维修 / 邓圻贵等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.1

ISBN 7-115-12877-4

I. 数... II. 邓... III. ① 数字电视—信号接收—设备—理论 ② 数字电视—信号接收—设备—维修 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 134424 号

内 容 提 要

本书从实用的角度出发, 深入浅出地阐述了数字电视的基本原理, 并结合实际机型分别介绍了数字卫星机顶盒、数字有线机顶盒、数字地面广播机顶盒和数据广播接收卡的整机电路及其工作原理。在介绍基本原理和整机电路分析时, 作者力求理论联系实际, 最大限度地满足不同层次读者对基础知识和实用技术的需求。本书还对各种典型故障进行了细致的分析, 并列出了部分检修实例, 供读者学习参考。

本书内容系统、全面, 通俗易懂, 既可作为专业技术人员和维修人员的参考资料, 又可作为初学者的入门读物。

数字机顶盒原理、应用与维修

- ◆ 编 著 邓圻贵 等
责任编辑 徐享华 杨 凌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129258
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.75
字数: 336 千字
印数: 1-4 500 册
- 2005 年 1 月第 1 版
2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12877-4/TN · 2386

定价: 23.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

当前,广播电视正处于模拟向数字技术体制过渡,单向广播向双向交互传输方式转变,基本业务向扩展和增值业务拓展的发展阶段。数字机顶盒正是这一发展阶段的产物。借助数字机顶盒,人们不仅可以用原有的模拟电视机收看数字电视节目,还可利用数字机顶盒的交互式功能获得电子节目指南(EPG)、视频点播(VOD)、电子邮件、网站广播等增值服务,从而大大增强了电视机的功能和应用范围。目前,卫星电视已基本实现了数字化,有线电视的数字化也在逐步推广,数字机顶盒正进入家庭,出现了十分广阔的应用前景。

随着数字机顶盒应用的日益普及,人们对数字机顶盒方面知识的了解也越来越迫切。有关技术人员和使用人员都希望对数字机顶盒的原理、使用和维修有一个比较全面的了解。《数字机顶盒原理、应用与维修》一书,就是为了满足广大读者的需要而编写的。本书以实用为宗旨,在介绍数字机顶盒时,选择了目前国内使用最多的一些机型进行剖析。在基本原理和整机电路分析中,力求理论联系实际,最大限度地满足不同层次读者对基础知识和实用技术的需求。为了帮助读者全面掌握数字机顶盒的实用维修技术,本书针对各种典型故障进行了细致的分析,提出了检修逻辑,同时还列举了部分检修实例,以帮助读者学习具体的检修方法。

全书共分8章。第1章主要介绍广播电视的数字化进程,以及数字卫星接收系统、数字有线接收系统和数字地面广播接收系统,使读者在认识数字机顶盒之前,对数字电视系统有一个初步的了解。第2章主要讲述数字电视的基本原理,为读者学习数字机顶盒奠定理论基础。第3章简单扼要地介绍了CATV宽带综合服务网,使读者对数字电视的传输系统有一个大致的认识。第4章、第5章、第6章分别介绍了数字卫星接收机、数字有线接收机和数字地面广播接收机。在讲述这3种数字机顶盒时,分别以实际机型为例,对其整机组成和各部分电路的工作原理进行了详细的分析,使读者对数字机顶盒有一个全面、系统的了解。第7章讲述了IP数据广播接收卡及其在远程教育中的应用。第8章为维修指南和故障检修实例,为读者提供了分析故障、检修故障的方法。编者选用的故障检修实例,皆为较典型的故障现象,以便读者在遇到同类故障时,能够举一反三,触类旁通。

本书内容系统、全面,通俗易懂,既可作为专业技术人员和有一定基础的维修人员的参考资料,又可作为初学者的入门读物。

本书在编写过程中参阅了国内外有关数字电视方面的各种资料,并得到了许多同行专家的大力支持和帮助。许多公司和技术人员还为本书提供了宝贵的技术资料 and 维修实例。在此,作者向被引用资料的作者、提供技术资料的单位和技术人员表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误、疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2004年10月25日

目 录

第1章 概述	1
1.1 广播电视技术的发展过程	1
1.2 数字卫星广播电视系统	3
1.2.1 上行站系统	3
1.2.2 星载转发系统	5
1.2.3 数字卫星接收系统	6
1.3 数字有线接收系统	8
1.3.1 数字有线前端	8
1.3.2 QAM 调制器	10
1.3.3 数字有线接收机	11
1.4 数字地面电视广播系统	12
1.4.1 视、音频编码器	12
1.4.2 复用器	12
1.4.3 数字地面电视接收机	13
第2章 数字电视的基本原理	14
2.1 信源编码	14
2.1.1 图像信号的数字化	14
2.1.2 预测编码	14
2.1.3 变换编码	15
2.1.4 统计编码	17
2.1.5 静态图像压缩标准 JPEG	18
2.1.6 活动图像压缩标准 MPEG	18
2.1.7 视频编码	19
2.1.8 音频编码	21
2.2 信道编码	22
2.2.1 用伪随机序列进行扰码	22
2.2.2 误码校正	23
2.2.3 基带成形	30
2.2.4 四相相移键控 (QPSK) 和正交幅度调制 (QAM)	31
2.3 DVB 系统	33
2.3.1 DVB-S 系统	33
2.3.2 DVB-C 系统	34
2.3.3 DVB-T 系统	35
2.4 有条件接收系统 (CAS) 简介	36

2.4.1	加解扰处理技术	37
2.4.2	密钥数据的管理和传输	37
2.4.3	DVB 系统的加密方式	38
第 3 章	CATV 宽带综合服务网	40
3.1	CATV 宽带综合服务网的组成和特点	40
3.1.1	HFC 网简介	40
3.1.2	CATV 宽带综合服务网的组成	42
3.1.3	CATV 宽带综合服务网的特点	42
3.2	双向传输的实现方式	43
3.3	HFC 宽带交互技术	44
3.3.1	两种标准	44
3.3.2	基于 ATM 的 HFC 网络	45
3.3.3	基于 IP 的 HFC 网络	45
3.3.4	准交互式数据广播 (单向系统)	45
3.3.5	VOD 业务	46
3.3.6	宽带接入网中的关键设备	46
第 4 章	数字卫星接收机	50
4.1	数字卫星接收机的组成及各部分作用	50
4.1.1	调谐器 (Tuner) 和解调器	50
4.1.2	解复用器和解码器	58
4.1.3	控制电路	59
4.1.4	视频编码器	60
4.1.5	音频 D/A 转换器	64
4.1.6	电源	66
4.2	FUJITSU 方案家用型数字卫星接收机	67
4.2.1	组成及工作原理	68
4.2.2	一体化调谐解调器	69
4.2.3	主芯片 MB87L2250 的组成及各部分的作用	70
4.2.4	视频编码器 AV3169	79
4.2.5	音频 A/D 转换器和音频放大电路	81
4.2.6	电源	82
4.3	专业级工程型数字卫星综合解码器	83
4.3.1	专业级工程机的技术要求	83
4.3.2	专业级工程机的组成及工作原理	84
4.3.3	单片解复用器解码器 SC2005	85
4.3.4	公共接口 (CI) 及控制器	88
4.3.5	ASI 接口的组成及工作原理	92
4.3.6	音频平衡输出电路	94
第 5 章	数字有线接收机	96
5.1	EN 300 429 标准	96

5.1.1	电缆系统概述	96
5.1.2	MPEG-2 传输层	97
5.1.3	帧结构	97
5.1.4	信道编码	98
5.1.5	字节到符号变换	99
5.1.6	调制	100
5.1.7	数字机顶盒远程控制协议	102
5.2	FUJITSU 数字有线接收机	105
5.2.1	组成及方案工作原理	105
5.2.2	调谐器和解调器	106
5.2.3	系统控制电路	108
5.2.4	解复用器和解码器	110
5.2.5	视频编码器 ADV7171	112
5.2.6	音频 A/D 转换器和音频放大电路	117
5.2.7	操作显示面板	118
5.2.8	电源	119
5.3	清华同方数字有线接收机	121
5.3.1	一体化调谐解调器	122
5.3.2	主芯片 ST15518	125
5.3.3	系统控制电路	133
5.3.4	音频电路	136
5.3.5	电源	137
5.4	LSI 方案数字有线接收机	139
5.4.1	LSI 方案数字有线解码器的组成及工作原理	139
5.4.2	一体化 Tuner	140
5.4.3	单片解复用器和解码器 SC2005	141
5.4.4	系统控制电路	142
5.4.5	视频滤波网络	142
5.4.6	音频放大电路	142
5.4.7	智能卡读卡电路	143
5.4.8	操作显示面板	144
5.4.9	电源	145
第 6 章	数字地面广播接收机	147
6.1	DVB-T 标准	147
6.1.1	数字地面基带系统概述	147
6.1.2	接口	148
6.1.3	信道编码和调制	149
6.1.4	OFDM 帧结构	155
6.2	COFDM 传输方案	156
6.2.1	OFDM 基本原理	156

6.2.2	COFDM 传输方案基本流程与特点	157
6.3	ST 方案数字地面广播接收机	159
6.3.1	一体化调谐解调器	160
6.3.2	主芯片 STi5518	166
6.3.3	系统控制电路	166
6.3.4	音频电路	166
6.3.5	电源	167
第 7 章	IP 数据广播接收卡	168
7.1	DVB 数据广播简介	168
7.1.1	DVB 数据广播的特点	168
7.1.2	DVB 数据广播标准	169
7.2	IP 数据广播接收卡	170
7.2.1	调谐器和解调器	171
7.2.2	控制和数据处理单元	171
7.2.3	以太网控制器	172
7.3	IP 数据广播接收卡在远程教育中的应用	173
7.3.1	硬件安装	174
7.3.2	驱动程序安装	174
7.3.3	控制程序安装	176
7.3.4	控制程序使用说明	176
第 8 章	典型故障分析及检修	180
8.1	开机后“电源”指示灯不亮, 电视屏幕无显示	180
8.1.1	故障分析及检修逻辑	180
8.1.2	故障检修实例	180
8.2	电视屏幕无图像	188
8.2.1	故障分析及检修逻辑	188
8.2.2	故障检修实例	189
8.3	电视屏幕显示“无卫星信号”或“无电视信号”	192
8.3.1	故障分析及检修逻辑	192
8.3.2	故障检修实例	194
8.4	图像出现停顿或马赛克现象	197
8.4.1	故障分析及检修逻辑	197
8.4.2	故障检修实例	197
8.5	键盘失控或遥控器不能操作	199
8.5.1	故障分析及检修逻辑	199
8.5.2	故障检修实例	200
8.6	频道显示正常, 有广播、电视伴音, 无图像	201
8.6.1	故障分析及检修逻辑	201
8.6.2	故障检修实例	201
8.7	电视屏幕上图像显示正常, 但无伴音和广播	203

8.7.1 故障分析及检修逻辑	203
8.7.2 故障检修实例	203
8.8 具有条件接收 (CA) 功能的数字卫星接收机能接收普通节目, 不能接收加密节目	205
8.8.1 故障分析及检修逻辑	205
8.8.2 故障检修实例	205
参考文献	208

第 1 章 概 述

1.1 广播电视技术的发展过程

自从英国 BBC 广播公司在 1929 年采用机械扫描方式的无声电视实验广播以来,广播电视经历了从机械扫描到电子扫描、无声电视到有声电视、黑白电视到彩色电视的模拟电视技术发展阶段。这期间,电子技术有了很大的发展。广播电视设备所用的电子元器件由早期的真空电子管发展到半导体晶体管,再由半导体分离元件到集成电路、大规模集成电路、超大规模集成电路。显像管从最早的球面管发展到直角平面管、自然平面管、超平面管,再到最新的纯平面管。电子技术的发展推动了广播电视技术的发展,电视机在屏幕不断增大、电路日趋简化的同时,其功能越来越强、成本日益降低,从而成为最为普及的家电产品之一。与此同时,具有独立前端、传输干线和分配系统的有线电视网络也迅速发展起来了。有线电视网络具有覆盖范围大、频带资源丰富、建设成本低的优点,从而使广播电视拥有了一个宽带、高质量的地面传输网络,具备了多频道专业节目的播出能力,并使广播电视适应了从基本业务向扩展业务、增值业务发展的综合信息服务的要求。随着广播电视技术的发展,业界形成了适用于全球不同地区的三种彩色电视标准制式(NTSC、PAL、SECAM)的广播电视技术体制和以多元化传输方式为基础的广播电视传输体制。

随着计算机技术和通信技术的迅猛发展,以及市场对广播电视系统综合信息服务的要求,广播电视技术也正经历着从模拟技术向数字技术转换的过程。广播电视的数字化既包括节目制作过程的数字化,还包括从播出到接收的传输系统的数字化。广播电视的数字化进程是从 20 世纪 70 年代开始的,最初是针对模拟彩色电视制式的主要缺陷,用数字电视开发改良电视即 EDTV 制式,其目的是解决现行制式中色、亮度相互串扰引起的水平分解力降低和隔行扫描造成的行间闪烁及爬行等问题。这是数字电视发展的第一阶段。在这个阶段中,仅对演播室摄像信道的信号处理数字化、电视制式转换的数字化及数字切换、数字特技等个别设备的数字化做了工作。自从 1982 年国际电联的无线电通信部门(ITU-R)制定 ITU-R BT.601-5“演播室数字编码参数”标准以来,开始了演播室的全面数字化,这就是数字电视发展的第二阶段。这个阶段制定了数字电视的一系列标准,有 ITU-R BT.656-3“符合 ITU-R BT.601 建议书(A 部分)4:4:2 格式的 525 行和 625 行数字分量电视信号的接口”标准、ITU-R BT.799-2“符合 ITU-R BT.601 建议书(A 部分)4:4:4 格式的 525 行和 625 行数字分量电视信号的接口”标准。ITU-R 并陆续发表了有关的系统测试、系统连接及其接口等方面的标准。这些标准的制定,为广播电视的全面数字化奠定了基础。

从 20 世纪 90 年代开始陆续发表的数字地面电视传输标准,对数字电视的发送到接收整个传输链路的数字化,作了详细的描述和规定。这标志着数字电视的发展已进入第三阶段,这也是技术难度最大、系统涉及面最广的发展阶段。在这个阶段中,日本、美国和

欧洲各国都提出了各自的开发计划。日本早在 1970 年就提出了高清晰度电视的开发计划，于 20 世纪 80 年代通过卫星广播与现行 NTSC 制式不兼容的多重亚取样编码（MUSE）制式高清晰度电视 HDTV，而在地面广播则采用与 NTSC 制式兼容的改良电视 EDTV，并于 1994 年试播。但 MUSE 的传输方式基本上是模拟传输。直到 1997 年 9 月由广播业和电子设备制造厂商组成的“数字广播专家组（DIBEG）”才成立，于同年 11 月提出了“综合业务数字广播—地面（即 ISDB-T）”系统标准草案。美国刚开始推行频分复用的高级兼容电视（ACTV），后来又提出了全数字高清晰度电视的方案，并于 1987 年成立高级电视业务顾问委员会（ACATS），策划美国高级电视的开发计划。1993 年又成立了大联盟，对已在开发的 4 个数字电视系统进行比较分析，制定统一的美国标准。1996 年 12 月 24 日，美国联邦通信委员会（FCC）通过 ATSC 数字电视标准作为美国国家标准，于 1998 年底在 23 个大城市的 46 家电视台开始进行数字电视广播。与此同时，欧洲开始采用时分制的 MAC 制式，后来又采用 HD-MAC 制式的过渡方案发展 HDTV。1990 年由联邦德国建议，成立了有 150 多个组织参加的开发组织，共同开发全数字电视系统。1993 年组织了有 200 多个组织参加的数字视频广播系统（DVB）项目，该项目包括了卫星、有线电视、无线电视等多种传输方式的普通数字电视和高清晰度电视广播。DVB 系统的信源编码统一使用了 MPEG-2 视频和音频编码，在信道编码中规定了统一的 MPEG-2 传输码流复用，使用了统一的里德—索罗门前向纠错（FEC）系统，使用了统一的加扰系统但可用不同的加密方式，仅对不同的传输媒体选用了不同的调制方式和信道编码方法。因而，DVB 标准有利于各系统间的互连互通，也有利于提高系统设备的通用性，使各系统均能灵活地传送 MPEG-2 视频、音频及数据业务。我国从 1958 年 7 月 1 日开始黑白电视广播，1973 年开始彩色电视广播。虽然起步较晚，但发展很快。尤其是进入 20 世纪 90 年代后，彩色电视机的普及十分迅速，目前的电视机家庭已达约 3.2 亿户。从 1997 年元旦开始，我国也在卫星数字电视广播系统中采用了 DVB-S 标准。1998 年 9 月 8 日我国第一代高清晰度电视功能样机在中央电视台试用成功，接着又研制成功了第二代高清晰度电视样机，并于 1999 年 10 月 1 日在 HDTV 试播中转播了我国 50 周年庆典盛况。

广播电视的数字化依赖于码率压缩技术的突破。自从 1952 年柯特勒（Cutler）发明差值脉冲编码调制（DPCM）以来，许多专家在编码压缩方面进行了大量的研究，先后提出了预测编码、变换编码、统计编码、混合编码、行程编码等多种编码方案，使编码技术日臻成熟。为了实现图像压缩编码的标准化，国际标准化组织（ISO）和国际电联电信部门（ITU-T）联合组织了专家组，即静态图像专家小组（JPEG）和活动图像专家小组（MPEG）。经过专家组的不断努力，于 1991 年通过了静态图像压缩标准 ISO/IEC 19018（JPEG 标准）。1993 年初通过了活动图像压缩标准 ISO/IEC 11172 建议书（MPEG-1 标准），它的图像分辨率为 ITU-R 601 所推荐标准分辨率的 1/4，其中 NTSC 制为 352×240，PAL 制为 352×288。1993 年 12 月又通过了 ISO/IEC 13818 建议书（MPEG-2 标准），它既适用于标准分辨率，即 720×576（PAL）和 720×480（NTSC），又适用于高清晰度数字电视（HDTV），即宽屏幕（16：9）为 1920×1152，窄屏幕（4：3）为 1440×1152。数字化编码压缩技术的突破性进展，为广播电视的数字化奠定了基础。

广播电视的数字化离不开微电子技术和信息技术的迅速发展。从 20 世纪 80 年代开始，随着微计算机的迅速普及，微电子技术取得了突飞猛进的发展，使得高速 A/D 和 D/A 转换、高速数字信号处理、大容量数据存储及变时的数据压缩等方面的电子元器件的性能不断提高，

从而适应了广播电视的数字化系统要求。微电子技术的迅猛发展以及数字化编码压缩技术的成熟和标准化,大大加快了广播电视的数字化进程。近年来,数字压缩卫星传播方式已成为卫星传输的主流,自从中央电视台于1996年1月1日开始正式播出经过数字化编码压缩的CCTV加密电视节目以来,各省、市纷纷播出数字节目。到目前为止,采用MPEG-2编码标准的数字节目已占了上星的广播电视节目的绝大多数。同时,有线电视网络的数字化建设也进入了实质性阶段,部分城市已建起了数字前端并开通了数字电视节目。有的城市还建起了数字地面电视广播系统。数字卫星接收机、数字有线接收机正在迅速进入家庭,数字机顶盒的应用进入了蓬勃发展时期。

1.2 数字卫星广播电视系统

卫星广播电视系统主要由上行发射站、星载设备和地面接收系统组成。上行发射站用于将节目制作中心送来的信号发送给卫星,并对卫星进行遥控、遥测、发出指令;星载设备包括收发星载天线、星载转发器、控制设备和电源等;地面接收系统包括接收天线、集体接收设备、个体接收机、不同功率容量的无线电转播台和电缆电视系统等。

1.2.1 上行站系统

上行站系统有两种传输方式,即SCPC(单载波)方式和MCPC(多载波)方式。SCPC方式的每个载波只传输一套广播电视信号,其优点是各套节目可在不同地点上星;MCPC方式的每个载波可同时传输多套广播电视信号,其优点是一个转发器只有一个载波,不存在多载波的谐波干扰,频带和功率的利用率较高,其缺点是多套节目要在同一地点上星,只有通过地面传输设备将不同节目传送到地面站复用后才能送到上星设备。

SCPC方式上行站系统如图1-1所示。在该系统中,视频、音频和数据一起送到节目复用器,在节目复用器中混合成一个符合MPEG-2标准的节目码流。MCPC方式上行站系统如图1-2所示。各节目源首先在各自己的编码器和节目复用器中分别进行编码压缩和复用,形成节目码流后再送到传输复用器,各个节目码流在传输复用器中混合成一个传输码流。节目复用器或传输复用器输出的传输包送到卫星信道适配部分。这部分实现3个功能:复用适配和能量扩散、前向纠错编码(FEC)和基带成形、四相移相键控(QPSK)调制。QPSK调制器输出的70MHz中频调制信号经上变频器变成14GHz(Ku波段)的射频信号,再经过高频功率放大器放大后,由发射天线发送到星载转发器。SCPC系统采用1:1备份方式,通过同轴射频倒换开关倒换,除传送一套电视节目(包括图像和伴音)外,还可传送3套数字广播节目。

1. MPEG-2 编码器

MPEG-2编码器包括视频编码器、音频编码器和数据编码器。其中视频编码器把输入的模拟视频信号按4:2:2格式经A/D转换变成270Mbit/s的数字信号,再经编码压缩成码率为5Mbit/s的数字信号;音频编码器把输入的模拟音频信号进行A/D转换、编码压缩成为2×256kbit/s的数字信号;数据编码器对19.2kbit/s的服务数据和业务数据(包括图文电视)进行编码。

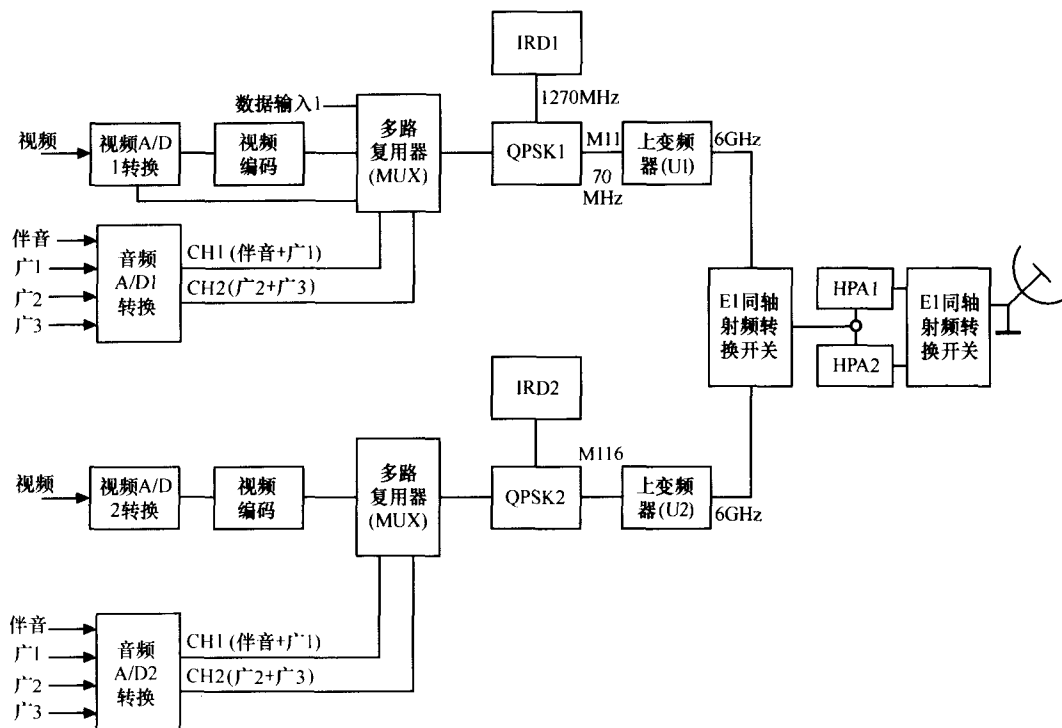


图 1-1 SCPC 方式上行站系统

2. 复用器

复用器分节目复用器和传输复用器两种，前者用于 SCPC 系统，后者用于 MCPC 系统。节目复用器把视频、音频和数据编码器输出的数据混合成一个符合 MPEG-2 标准的节目码流，并以固定数据包格式输出。传输复用器用来把多个节目码流混合成一个打包的传输码流（传输包）。

3. 复用适配和能量扩散单元

复用适配器把每 8 个传输包合为 1 个超帧，然后由能量扩散单元对传输包中的数据（同步字节除外）进行扰码，即随机化处理。

4. 前向纠错单元

前向纠错由 3 层组成，分别是外码编码器、卷积交织器和内码编码器。外码编码器采用 R-S 编码，它是在 188Byte 的传输包后按一定规律加上 16 个校验字节，形成 R-S (204, 188, T=8) 误码保护数据包。卷积交织器把输出数据的顺序按一定规律打乱。内码编码器采用收缩卷积编码。前向纠错编码的目的是提高传输的可靠性。

5. 基带成形电路

由于前向纠错编码单元输出的是随机的数字信号，这种信号要占用很宽的带宽，无法在卫星信道中传输，因此必须对它进行成形滤波，使其与卫星信道相匹配，基带成形电路采用快速傅里叶变换对输出信号进行平方根升余弦滚降滤波，滚降系数为 $\alpha = 0.35$ 。

6. QPSK 调制器

QPSK 调制器的工作原理是，由一个载波发生器产生的载波经过移相电路生成两路正交载波，然后分别由 I 路和 Q 路的数据流进行 BPSK 调制，两路 BPSK 调制器的输出再线性相加就获得 QPSK 信号。

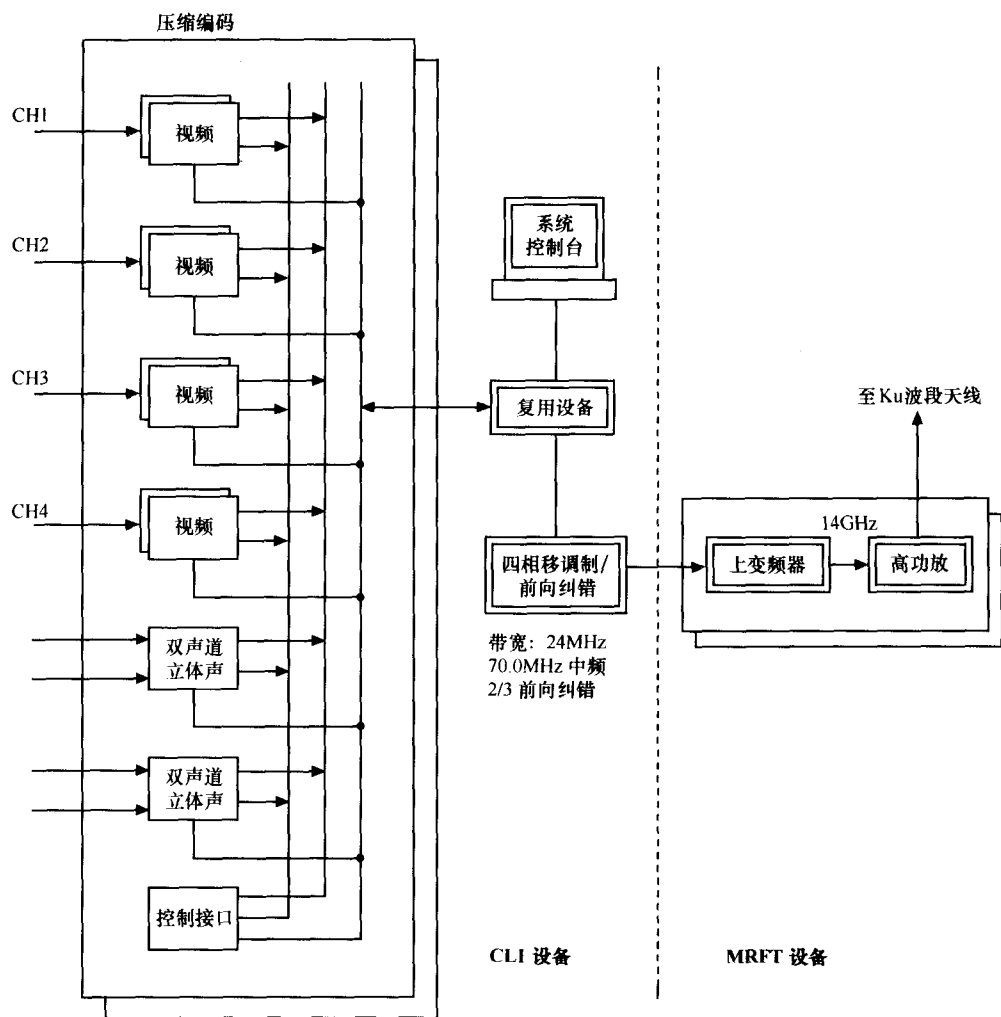


图 1-2 MCPC 方式上行站系统

1.2.2 星载转发系统

星载转发系统由星载收发天线、星载转发器和电源组成，总的要求是体积小、重量轻、效率高。

1. 星载收发天线

大多用点波束或多波束，较少用全球波束或宽波束天线。为了减小重量和体积，一般收发共用一副天线。为了有效地利用星上功率和避免电波外溢造成对相邻地区的干扰，可将发射天线的方向图设计成与服务区的地理形状大致相同，即所谓成形波束。此外，还要求天线可靠、便于组装、便于在空间展开、在空间环境变化的情况下保持性能不变。

2. 星载转发器

星载转发器实际上是一部高灵敏度、宽频带的大功率空间中继站。星载转发器接收各地球站传送来的电视信号，先进行宽带低噪放大，后经下变频器变频，再经过增益控制和强功率微波放大等系列处理，然后由卫星天线向地面指定区域辐射。转发器的性能是决定卫星广播质量的关键，应以最低的附加噪声和失真转发广播电视信号。星载转发器的输出功率与转

发方式有关，用作通信和以集体接收为主的星载转发器的输出功率均在 100W 以下；用作直播卫星上的转发器的输出功率通常在 100~300W 之间。

星载转发器的工作方式有直接变频放大型和二次变频型。前者由上行频率直接转变为下行频率，该电路均工作在微波波段，故称为高转发方式。这种方式的电路简单、交扰调制小、元件少、系统较可靠。后者先进行下变频，中频放大，再进行上变频，信号的放大主要在中频段完成，因此称为中转发方式。这种方式易实现高增益放大和 AGC 控制，能有效地利用卫星功率，当同时放大多个载波时易产生交扰调制。星载转发器的组成框图如图 1-3 所示。

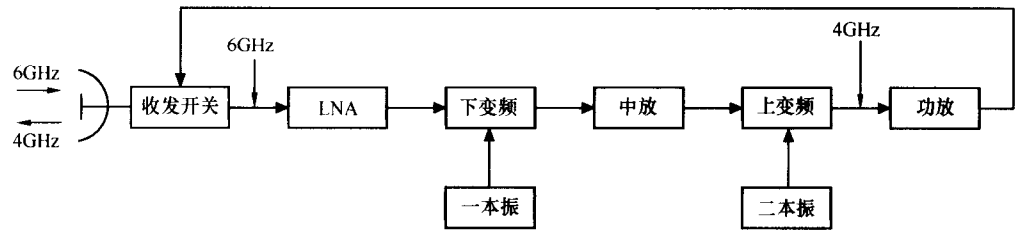


图 1-3 星载转发器组成示意图

星载转发器由上行频率转变为下行频率时，要求主载波频率高度稳定，尤其是采用数字压缩技术进行信息传输，对频率稳定度的要求更高，既要求频率稳定，也要求振幅稳定。因此本振信号均由晶振控制，然后通过多次倍频得到。

3. 星载电源

星载电源大多采用硅太阳能电池。它的理论效率达 25%，实际为 10%~15%。由于电池的向阳面和背阳面温差达 200℃，并不断受到各种辐射和微粒的轰击，约使用 7 年之后，其输出功率减少 30%。因此，太阳能电池的寿命是决定星载转发器寿命的重要因素之一。

1.2.3 数字卫星接收系统

数字卫星接收系统包括室外部分和接收机两大部分。室外部分主要有天线、馈源和高频头等部件。接收机主要由调谐器、解调器、解复用器、解码器、视频编码器、音频 D/A 转换器和控制电路等部件组成。其组成框图如图 1-4 所示。

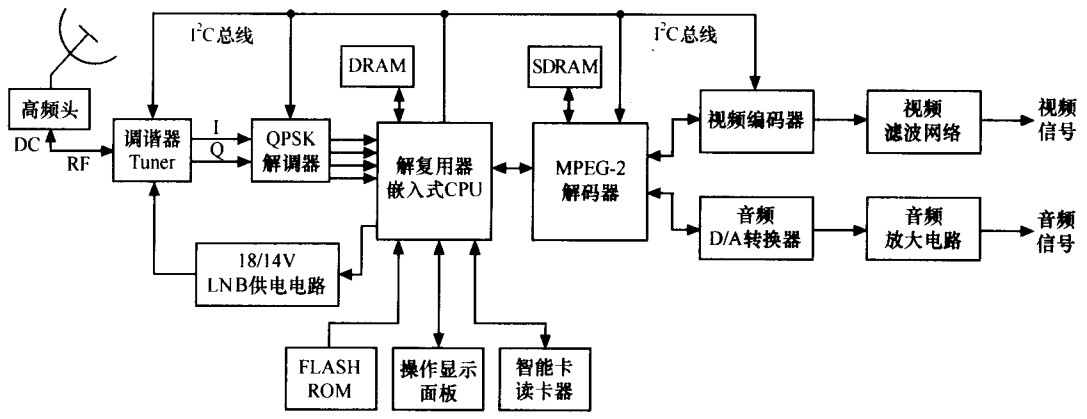


图 1-4 数字卫星接收系统框图

1. 室外部分

(1) 天线

卫星接收系统一般采用抛物面天线,用来接收各广播电视台发射到空中的卫星信号。抛物面天线由初级辐射器和旋转抛物面组成,初级辐射器的方向图很宽,但大部分能量照射到抛物面,抛物面把截获的电磁波反射出去形成窄波束。

抛物面天线按馈电方式不同分为一次反射型抛物面天线(前馈天线)和二次反射型抛物面天线(后馈天线或卡塞格伦天线)。抛物面天线按馈源位置不同又分为前馈式和偏馈式两种。前者的馈源位于抛物面射束通过的位置,因而阻挡了一部分电波能量;后者的抛物面仅仅是旋转抛物面的一个散区,馈源仍处于抛物面焦点,但与反射面错开一定间距,不影响反射面接收电波,有利于提高天线的效率。小型卫星天线常采用这一方案。

(2) 馈源

馈源实际上是一个方向图较宽的小型天线,可单独作为天线使用,在卡塞格伦天线中,将初级辐射器和副反射器统称为组合馈源系统。馈源又称为辐射器或照射器,由馈源头(波纹喇叭)、极化器和过渡波导(圆矩转换器)组成,主要用来向天线提供有效照射。波纹喇叭主要是激发高次模,改善口径场的分布,以适应抛物面振幅和相位分布的需要。极化器用于转换极化波方式,使之能最有效地接收卫星来的信号。圆矩转换器用来将圆波导过渡到矩形波导,以便固定极化方向,便于与高频头相连。通常对馈源有如下要求:

- ① 馈源要放在焦点位置,其方向性图符合抛物面场强分布的需要;
- ② 馈源及其安装支架应尽可能减少对口径面的阻挡,以免使增益下降而旁瓣加大;
- ③ 馈源所辐射的能量应全部通过抛物面再向空间辐射,避免向空间直接辐射;
- ④ 要保证实际工作所需的频带;
- ⑤ 馈源辐射经抛物面反射后的电场极化方向应保持原有的设计要求。

(3) 高频头

高频头由低噪声微波放大器(LNA)、镜像频率抑制的带通滤波器、下变频器和前置中放组成,用来将天线接收的卫星信号进行低噪声放大和一次变频,将其转换成频率为950~2150MHz的RF信号。高频头是卫星接收系统的关键部件之一,它直接决定接收机的灵敏度。目前的高频头常与馈源组成一体化结构,从而减少了中间连接,降低了插入损耗,有利于提高整机的信噪比。这种高频头全部采用微带结构,大大缩小了一体化高频头的体积和重量。

卫星接收系统常用的高频头有C波段和Ku波段两种。C波段高频头的频率范围为3.7~4.2GHz,Ku波段高频头有几种类型,其频率范围分别为10.7~11.8GHz、11.7~12.2GHz、11.7~12.75GHz等。

2. 数字卫星接收机

(1) 调谐器

调谐器用来接收由室外高频头输入的卫星信号(RF信号),并对该信号进行放大、滤波和二次变频,将其转换成第二中频信号。

(2) 解调器

解调器包含A/D转换器、QPSK解调器、Viterbi解码器和前向纠错单元,A/D转换器用来将调谐器输出的I、Q信号转换成两路字长6bit的数字信号,在QPSK解调器解调经过QPSK方式调制的信号,再经过Viterbi解码、去交织和解扰后,输出标准的188Bytes传输码流。

(3) 解复用器

由于传输码流是一种包含了多种成分的复用码流,对于多载波(MCPC)而言,传输码流中包含了若干套节目,每个节目又包含了音频、视频和传输数据;对于单载波(SCPC)而言,传输码流中包含了音频、视频和传输数据等部分。目前的MPEG-2解码器只能解码单个音频或视频信号。因此,解码前必须对传输码流解复用,将其分解成只包含音频或视频的基本码流。解复用过程实际上是一个分析处理过程,即从传输码流中提取一系列相关参数,解复用器通过对这些参数进行分析,得到所选择节目的PID值,从而将单个节目及音、视频码流分解开来。

(4) MPEG 解码器

MPEG 解码器包括音频解码器和视频解码器。其中视频解码器通过检测视频码流中的包头,提取控制信息,并按照MPEG-2编码格式对视频图像数据进行解码运算、反量化和反DCT变换等解压缩处理,将其还原成编码压缩前的原始图像数据,然后输出符合ITU-R 601建议格式的视频数据。音频解码器的解码过程与此相似,解码后输出PCM立体声数据。

(5) 控制电路

主CPU、程序存储器(EPROM或FLASH)、数据存储器(DRAM, SDRAM)、总线驱动器和各种接口电路组成的控制电路是机器的控制中心。控制电路主要的作用是控制和协调各部分电路的工作,按照设计的程序完成机器的各种功能,以及通过操作面板接口和IR遥控器接口与使用者进行人机对话。

(6) 视频编码器

视频编码器的作用是将由视频解码器输入的视频数据进行D/A转换,按照ITU-R 601建议的要求,将视频信号变换成符合NTSC或PAL制式的模拟电视信号,并以CVBS复合视频信号或S视频信号输出。

(7) 音频 D/A 转换器

音频D/A转换器的作用是将由音视解码器输出的PCM音频数据转换成具有左、右声道的模拟立体声音频信号。

1.3 数字有线接收系统

数字有线接收系统包括数字有线前端(DVB-C前端)、CATV分配网和数字有线接收机。在DVB-C前端中,所有节目源都是数字式即MPEG-2编码压缩的,在DVB-C前端中经过QAM调制后送到CATV分配网。

1.3.1 数字有线前端

数字有线前端由4个主要部分组成:输入部分(节目源),处理、复用部分,输出调制器部分和管理系统。其组成框图如图1-5所示。

1. 输入部分

输入部分包括带TS码流输出接口的数字卫星接收机和数字开路信号接收机、数字通信干线适配器、MPEG-2编码器等。

输入部分接收来自各个节目源的数字节目,这些节目源包括卫星电视广播、数字通信干线、开路数字电视广播以及经过MPEG-2编码压缩的本地节目。这些节目都以TS传输码流的形式输入,经标准的ASI接口到切换矩阵,通过切换矩阵进行相应的输入选通。