



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
电子与信息技术应用专业教学用书

有线电视技术

教育部机械职业教育教学指导委员会 组编
中国机械工业教育协会

杨清学 主编



GUIHUA JIAOCAI

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

gz



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
电子与信息技术应用专业教学用书

有线电视技术

教育部机械职业教育教学指导委员会 组编
中国机械工业教育协会

主 编 杨清学

副主编 程远东

参 编 朱 鸣 李成家

主 审 易培林



机械工业出版社

本书既强调有线数字电视的基础,又力求体现其新知识、新技术,特别是对数字电视信号接收和传输、有线电视综合业务等方面进行了阐述,注重实践性和学生技能的培养。本书可作为通信类、电子类专业教材,也可作为工程技术人员参考用书。

封面无防伪标均为盗版

前言

机电类高等职业技术教育教材建设

领导小组人员名单

顾问：郝广发

组长：杨黎明

成员：刘亚琴 李超群 惠新才 王世刚

姜立增 李向东 刘大康 鲍风雨

储克森 薛涛

电子与信息技术应用专业教材编审委员会

焦斌 储克森 黄家善 薛涛 赵辉

王成安 文国电 钱金法 章彬宏 于淑萍

杨海祥 石小法 曹克澄 曹振军 童建华

杨清学 易培林 孟凤果 于宁

前 言

随着社会的发展和人们生活水平的提高,越来越多的用户希望通过新的技术手段来收看更多高质量的电视节目,而有线电视正是符合这种要求的现代信息传输媒体之一,它具有频带宽、节目套数多、投资少、图像质量好、可扩展多种业务等优势。因此,世界各国都在快速发展有线电视,在我国有线电视也获得了极大发展和广泛应用,已经在城、乡普及。随着技术的进步,特别是数字有线电视系统和 CATV 交互数据业务的传送,有线电视网已成为中国信息高速公路的重要组成部分。

本教材从高职教育目标出发,主要强调新知识、新技术和实际应用能力培养,理论密切联系实际,内容深入浅出,简单明了,使学生易于理解。主要有以下特色:

1. 本教材打破了原有的学科体系,对传统内容进行了大幅删减,新增了大量数字电视接收、处理、传输新技术及网络综合数据业务平台相关内容,以提高实用性,力求体现有线电视技术现状并具一定前瞻性。

2. 突出数字电视和 CATV 交互数据业务的传送新技术,特别是计算机网络技术的应用。

3. 本教材非常重视实践技能的培养,努力使学生成为应用型专业技术人才,为此加入了大量的相关内容。通过实验和实训,使学生能够掌握电缆和光缆线路安装、维护,会使用常用的工具、仪表,并能够检测常用部件,动手连接和调试 CATV 系统,同时能对常见故障进行分析、判断和排除,特别是光缆线路的维护,使学生毕业后能成为直接在生产第一线工作的高素质劳动者和中高级专门技术人才。

本书由杨清学副教授主编并统稿。其中杨清学编写了第 1、2、3、7 章,程远东编写了第 4、5、6 章,李成家编写了第 8 章,朱鸣编写了第 9 章。易培林担任全书的审稿工作。编写此书的过程中得到了四川信息职业技术学院各级领导的大力支持,在此深表感谢。

本书可作为通信类、电子类专业教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 有线电视网络的基础知识 1

1.1 电视信号的基本知识 1

1.1.1 电磁波传播的基本知识 1

1.1.2 噪声、信噪比及噪声系数 6

1.2 有线电视网络的基本组成 8

1.2.1 有线电视网络的基本概念和 优点 8

1.2.2 有线电视网络的基本组成 9

1.3 有线电视网络的频率配置 12

1.3.1 有线电视传输频谱的划分 12

1.3.2 有线电视双向传输频率频段的 划分与传输内容 14

1.4 数字电视基础 15

1.4.1 数字电视的概念 15

1.4.2 数字电视的优点 16

1.4.3 数字电视的发展 16

1.4.4 电视信号的数字化 17

1.4.5 图像信号的编码方案与 参数确定 18

1.5 有线数字电视广播技术 21

1.5.1 有线数字电视的标准 22

1.5.2 数字电视信号的前端处理 22

1.5.3 数字电视信号在 HFC 宽带网中 的传输 24

1.5.4 DVB—C 数字电视节目的 接收 25

1.6 数字电视的传输与多媒体技术 25

1.6.1 计算机网络技术 26

1.6.2 有线电视网络宽带流媒体 技术 28

本章小结 34

练习题 35

第 2 章 电视信号的接收 36

2.1 卫星电视信号接收 36

2.1.1 卫星电视广播 36

2.1.2 卫星电视广播系统的组成 37

录

2.1.3 我国卫星电视广播节目 37

2.1.4 卫星电视接收天线 39

2.1.5 高频头 41

2.1.6 功率分配器 41

2.1.7 数字卫星电视接收机 42

2.1.8 卫星电视接收天线的安装 42

2.1.9 卫星电视接收系统的调试 43

2.1.10 卫星电视接收机常见故障 检修 44

2.1.11 卫星电视接收技术的发展 52

2.2 开路电视信号接收 54

2.2.1 开路电视接收天线 54

2.2.2 馈线 57

2.2.3 天线放大器 57

本章小结 58

练习题 58

第 3 章 有线电视网络前端系统 59

3.1 前端系统的发展状况 59

3.1.1 隔频前端 59

3.1.2 邻频前端 60

3.1.3 数字前端 61

3.1.4 智能前端 62

3.2 邻频前端设备及工作原理 63

3.2.1 电视调制器 63

3.2.2 频道处理器 65

3.2.3 电视解调器 65

3.2.4 多路混合器 66

3.2.5 导频信号发生器 67

3.3 有线数字电视前端实例 68

本章小结 72

练习题 73

第 4 章 有线电视网络传输系统 74

4.1 传统的同轴电缆传输系统 74

4.1.1 同轴电缆的结构与性能 参数 74

4.1.2 干线放大器 76

4.1.3 分配网络 78

4.2 光缆传输系统	84	技术	115
4.2.1 光纤	84	7.1 有线电视的加扰和解扰原理	115
4.2.2 光缆	85	7.1.1 付费电视	115
4.2.3 光无源器件	85	7.1.2 有线电视信号加扰和解扰 技术	115
4.2.4 光有源器件与设备	86	7.2 有线电视加解扰系统的应用	117
4.2.5 光缆传输系统的构成	89	本章小结	119
4.3 数字 MMDS 传输技术	90	练习题	119
4.3.1 AML 和 MMDS 系统的特点	91	第 8 章 有线电视综合业务网络	120
4.3.2 微波传输系统的主要设备	91	8.1 基本业务	120
4.3.3 数字 MMDS 的传输技术	92	8.1.1 数字电视	120
本章小结	93	8.1.2 数字视频	124
练习题	94	8.1.3 高清晰度电视	125
第 5 章 有线电视网络规划及系统设计	95	8.2 增值业务	126
5.1 网络总体规划及工程方案	95	8.2.1 图文电视	126
5.1.1 网络总体规划	95	8.2.2 会议电视	126
5.1.2 工程技术方案	96	8.2.3 视频点播	127
5.2 网络设计基本要求	97	8.2.4 可视电话	130
5.2.1 网络设计时涉及的参数	98	8.2.5 远程教育	130
5.2.2 网络设计必须考虑的安全 要求	99	8.2.6 远程医疗	131
5.3 网络设计步骤和方法	99	8.2.7 监控系统	131
5.3.1 设计步骤	99	8.2.8 因特网接入	132
5.3.2 设计方法	99	8.3 有线电视综合业务网络	132
本章小结	106	8.3.1 CATV 宽带综合服务网的 特点	132
练习题	106	8.3.2 CATV 宽带综合服务网的 一般组成	133
第 6 章 双向有线电视传输系统	107	8.3.3 网络传输协议(ATM 和 IP)	134
6.1 双向传输的基本概念	107	8.3.4 CATV 宽带综合网服务结构体系 及功能发展	135
6.1.1 双向有线电视系统	107	8.3.5 CATV 宽带综合网的发展方向 ——从“频分”到“时分”	136
6.1.2 双向有线电视系统组成	107	8.3.6 宽带媒体服务器	137
6.2 交互电视网	108	8.3.7 终端设备(IRD 和 Cable Modem)	139
6.2.1 交互电视网的概念	108	8.3.8 CATV 宽带综合服务网实例 (咸阳市广电网络公司)	142
6.2.2 交互电视系统组成	109	本章小结	145
6.2.3 交互电视系统功能	109	练习题	145
6.2.4 交互电视系统工作原理	109	第 9 章 有线电视网络的安装、调试 和验收	146
6.2.5 视频点播	110	9.1 有线电视系统常用器材与测量	146
6.3 HFC 双向电视传输系统	111		
6.3.1 信息高速公路简介	111		
6.3.2 HFC 网的双向宽带网络	113		
本章小结	114		
练习题	114		
第 7 章 有线电视的加扰和解扰			

仪器	146	9.3.3 分配系统的调试	162
9.1.1 常用器材	146	9.3.4 系统的统调	162
9.1.2 常用测量仪器	149	9.4 系统的测试验收	163
9.2 有线电视系统安装的基本方法	152	9.4.1 施工质量的检查	163
9.2.1 前端设备的安装	152	9.4.2 系统的主要电气性能参数	164
9.2.2 干线传输系统的安装	156	9.4.3 电气性能的客观评价和 测试	164
9.2.3 分配系统的安装	159	9.4.4 主观评价	165
9.2.4 传输分配系统的防雷与 接地	159	9.4.5 系统安全的验收	166
9.3 有线电视系统调试的基本方法	159	本章小结	166
9.3.1 前端系统的调试	160	练习题	166
9.3.2 干线传输部分的调试	161	参考文献	167

第 1 章 有线电视网络的基础知识

1.1 电视信号的基本知识

1.1.1 电磁波传播的基本知识

1. 电磁波的基本概念

广播、通信、电视以及所有无线电系统，都是利用电磁波来传递信息的。电视信号的传送是将全电视信号（视频信号）和伴音信号（音频信号）发送出去，需将它们分别调制到比视频信号及音频信号高得多的各自载波上，然后把调制后的高频电视信号放大并通过发射天线转换为电磁波辐射到空间。

当把高频电流送入天线导体时，高频电流在导体的周围产生变化的磁场，而这个变化的磁场又会使电场变化，变化的电场又产生变化磁场，变化的电场和磁场便以馈电导体为中心，以周围的空气为媒介向远处传播，这种传播具有波动特性，所以称为电磁波。

电磁波在空间传播是有一定规律的，电场与磁场始终保持垂直，并沿着与二者都垂直的方向传播。电磁波在空间传播时，电场矢量和磁场矢量在空间具有一定的取向，我们把电场方向按一定规律变化的现象称为电磁波的极化（在垂直于传播方向的平面上，由电场矢量端点的轨迹呈线状、圆形或椭圆形，极化分为线极化、圆极化、椭圆极化）。在工程上，通常以大地作为参照标准平面，把电场方向与大地平面相平行的电磁波称为水平极化波，如图 1-1a) 所示；而电场方向与大地平面相垂直的电磁波称为垂直极化波，如图 1-1b) 所示。

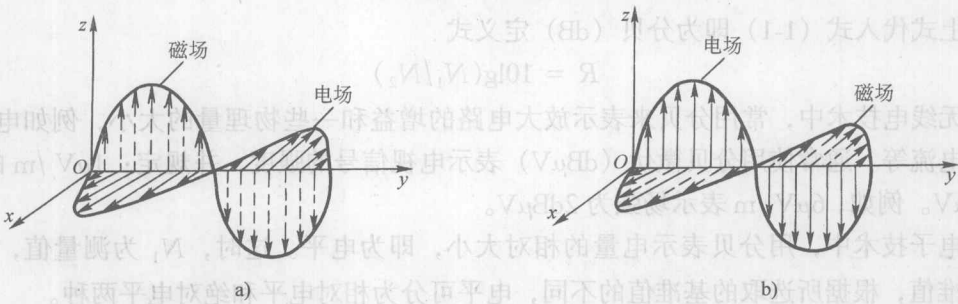


图 1-1 电磁波的传播及电磁波的极化
a) 水平极化波 b) 垂直极化波

2. 无线电波的传播及特点

电磁波频率范围很宽，按波长从长到短可分为：无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、 γ 射线等。电磁波的整个频率范围划分为许多波段，各波段的频率范围、对应的波长和波段名称见表 1-1 所示。在各波段中，用于电视广播的是超短波和微波中的分米波，即甚高频（VHF）和特高频（UHF）。可见，无线电波是电磁波中波长最长的部分。

无线电波的传播速度与光波一样即 300 000km/s，其速度 (v)、波长 (λ) 与频率 (f) 三者之间的关系为

$$\lambda = v/f$$

表 1-1 电磁波的波段划分

波段名称		波长范围/m	电波名称	频率范围
极长波		100 000 以上	极低频 (ELF)	3kHz 以下
超长波		10 000~100 000	甚低频 (VLF)	3~30kHz
长波		1 000~10 000	低频 (LF)	30~300kHz
中波		100~1 000	中频 (MF)	300~3 000kHz
短波		10~100	高频 (HF)	3~30MHz
超短波		1~10	甚高频 (VHF)	30~300MHz
微波	分米波	0.1~1	特高频 (UHF)	300~3 000MHz
	厘米波	0.01~0.1	超高频 (SHF)	3~30GHz
	毫米波	0.001~0.01	极高频 (EHF)	30~300GHz

3. 无线电波的场强及分贝表示

电视信号通过无线电波传播，发射天线将高频电流（或电压）转换为电磁波并向空间传播出去，接收天线则是将空间接收到的电磁波转换成在传输线中传输的高频电流（或电压）。在电视信号接收中，接收地点电场强度的大小称为场强，它的单位是 mV/m 或 $\mu\text{V}/\text{m}$ ，通常用分贝来表示。

分贝是由贝尔 (Bel) 导出的。贝尔是为了度量两个物理量 (N_1 和 N_2) 的比值而设定的计量单位，其定义式为

$$R = \lg(N_1/N_2) \tag{1-1}$$

式中 $\lg$ ——以 10 为底的常用对数。

1Bel 在实际测量中往往太大，因此常用其 1/10 作为测量单位，这就是 1 分贝（简称为 dB）即

$$1\text{Bel} = 10\text{dB}$$

把上式代入式 (1-1) 即为分贝 (dB) 定义式

$$R = 10\lg(N_1/N_2) \tag{1-2}$$

在无线电技术中，常用分贝来表示放大电路的增益和一些物理量的大小，例如电功率、电压、电流等。通常使用分贝微伏 ($\text{dB}\mu\text{V}$) 表示电视信号的强度，并规定：1 $\mu\text{V}/\text{m}$ 的场强为 0 $\text{dB}\mu\text{V}$ 。例如，6 $\mu\text{V}/\text{m}$ 表示场强为 2 $\text{dB}\mu\text{V}$ 。

在电子技术中，用分贝表示电量的相对大小，即为电平。这时， N_1 为测量值， N_2 为参考基准值，根据所选取的基准值的不同，电平可分为相对电平和绝对电平两种。

(1) 相对电平 相对电平定义为功率（或电压、电流）与同单位的某一基准值之比的常用对数，常用的是相对功率电平和相对电压电平，其表达式为

$$G_p = 10\lg(P/P_0) \tag{1-3}$$

$$G_u = 20\lg(U/U_0) \tag{1-4}$$

式中 G_p ——相对功率电平 (dB)；

G_u ——相对电压电平 (dB)；

P ——测量点的功率；

P_0 ——进行比较的基准功率;
 U ——测量点的电压;
 U_0 ——进行比较的基准电压。

相对电平用来表示两个同类物理量的比值。注意,这里只是表示一个比值,而不表示一个有确定数值的物理量。由上述定义可以得出:

- 1) 当 $P > P_0$, 则 $G_p > 0$, 记为 +dB, 表示测量值大于基准值。
- 2) 当 $P < P_0$, 则 $G_p < 0$, 记为 -dB, 表示测量值小于基准值, 不能误解为测量值为负。
- 3) 当 $P = P_0$, 则 $G_p = 0$, 记为 0dB, 表示测量值等于基准值, 不能误解为测量值也为零。

在有线电视中,相对电平常用来表示一些器件的电气性能参数,例如放大器输出功率和输入功率之比,叫做放大器的功率增益,若相对电平是正的,则表示放大器有增益;又例如一段长度的电缆输出端电压和输入端电压之比,叫做电缆的衰减常数,相对电平是负的,则表示电缆有损耗。

(2) 绝对电平

1) 绝对功率电平。在公式 (1-3) 中,当基准功率值 P_0 选定 1mW 来计算某测量点的电平时,则所得电平称为绝对功率电平。由于此时基准值为确定数值,因此绝对功率电平也表示一个具有确定数值的物理量,为了区别于相对电平,同时也标明基准值的单位,要在 dB 的后面加上 mW,记为 dBmW,同理,若 P_0 选定 1W,则记为 dBW。

因此,当 $P = 1\text{mW}$ 时,该点绝对功率电平为 0dBmW,即 $0\text{dBmW} = 1\text{mW}$;

同理, $10\text{dBmW} = 10\text{mW}$; $20\text{dBmW} = 100\text{mW}$ 。

2) 相对电压电平。在公式 (1-4) 中,当基准电压值 U_0 选定 $1\mu\text{V}$ 时,所得电平即为绝对电压电平,记为 dB μV 。

同样, $0\text{dB}\mu\text{V} = 1\mu\text{V}$; $20\text{dB}\mu\text{V} = 10\mu\text{V}$; $40\text{dB}\mu\text{V} = 100\mu\text{V}$ 。

由于 $1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$, 所以 $0\text{dBmV} = 60\text{dB}\mu\text{V} = 1000\mu\text{V}$ 。

在我国习惯选用 1mW 和 $1\mu\text{V}$ 为基准值。

在有线电视系统中,利用相对电平和绝对电平可以很方便地计算一些电平值,例如放大器的增益为 20dB,输入电平为 70dB μV ,则输出电平 $(70 + 20)\text{dB}\mu\text{V} = 90\text{dB}\mu\text{V}$ 。

4. 电视信号的发送

电视技术就是传送和接收图像的技术,在发送端,根据光电转换原理将图像(光信号)经过摄像机转变为电信号(视频信号),再经过放大耦合到图像发射机。图像信号及伴音信号在发射机中分别调制到各自的载波上,从而形成图像高频信号和伴音高频信号,然后用同一天线发送出去。在接收端,由电视接收天线接收,经电视机还原出电视图像。

(1) 射频信号 传播电视信号的无线电波通称为射频信号。将视频信号用射频传给用户电视接收机时,首先要将电视信号调制在射频上,这个射频信号称为图像载波。图像信号和伴音信号在电视台是同时发射的,电视接收机也是同时接收的,为了防止两种信号间的相互影响,通常采用不同的调制方式。图像信号采用调幅方式,而伴音信号采用调频方式。

(2) 调制信号 图像信号的调幅是指高频载波的幅度随着所要传送图像信号幅度的变化而变化,此图像信号叫调制信号。图 1-2 所示为单一频率调制的调幅波及其频谱。

图 1-2a 为调制信号, 图 1-2b 是载波信号, 图 1-2c 为已调幅波, 它的振幅受调制信号的控制, 其变化周期与调制信号的周期相同, 振幅变化程度也与调制信号成正比。图 1-2d 为调幅波频谱, 具有单一频率 (f_1) 的正弦信号对载频 (f_c) 进行调幅时所得已调幅波便含有三个频率成分, 它们是载频 f_c 、上边频 ($f_c + f_1$) 和下边频 ($f_c - f_1$)。

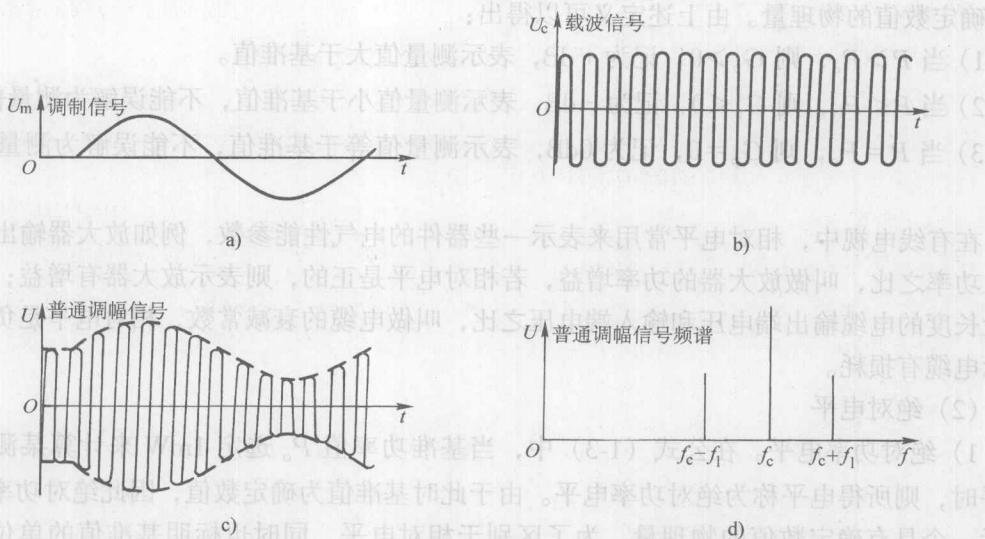


图 1-2 单一频率调制的调幅波及其频谱

a) 调制信号 b) 载波信号 c) 已调幅波 d) 调幅波频谱

当调制信号为图像信号时, 图像信号频率为 $0 \sim 6\text{MHz}$, 则调幅波的频谱如图 1-3 所示。由该图可知, 图像信号调制的调幅波有两个边带, 即上边带和下边带, 每边带为 6MHz , 其中, 靠近 f_c 的频率反映图像的低频成分, 远离 f_c 的频率反映图像信号的高频成分。

视频图像信号的调幅方式有正极性和负极性之分, 我国采用负极性视频图像信号进行调制, 即负极性调制方式, 经负极性调制后的图像信号如图 1-4 所示。

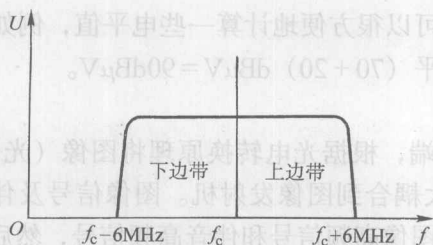


图 1-3 调幅波的频谱

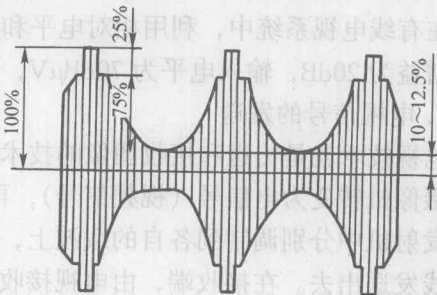


图 1-4 负极性调制

采用负极性调制具有以下优点:

1) 干扰信号对图像影响较小。外来干扰信号通常以脉冲形式叠加在调幅波上, 这样在电视屏幕上表现为黑点, 而黑点不易被人察觉。

2) 易于实现自动增益控制。由于负极性调制同步头电平最高, 且采用黑电平固定措施,

故易于实现自动增益控制。

3) 节省发射功率。随着图像亮度增大, 发射机输出功率就减小, 通常一幅图像亮的部分总比暗的部分面积大, 因而, 在负极性调制时, 调幅信号的平均功率要比峰值功率小很多。

(3) 伴音信号 伴音信号的调频是将欲传送的伴音信号作为调制信号去调制载波的频率, 使载波的瞬时频率随伴音信号的幅度变化而变化。

伴音信号之所以采用调频方式发送, 是由于调频方式音质好, 抗干扰能力强。因为调频波是等幅波, 外来干扰使接收到的信号振幅变化时, 在接收机的伴音通道中可以用限幅器将信号幅度限定为等幅, 从而消除或减少干扰的影响。

图 1-5 所示为单一频率调制的调频波及其频谱。从图 1-5a 可以看出, 调制信号为正半周时, 已调频波的频偏 Δf 为正; 调制信号为负半周时频偏 Δf 为负。信号幅度越大则频偏 Δf 数值也越大。显然, 为了提高广播质量, 并获得显著的抗干扰效果, 希望频偏 Δf 越大越好。在实际调频系统中, 当频偏 $\Delta f = \pm 25\text{kHz}$ 时, 其伴音信号质量已大大优于调幅方式。

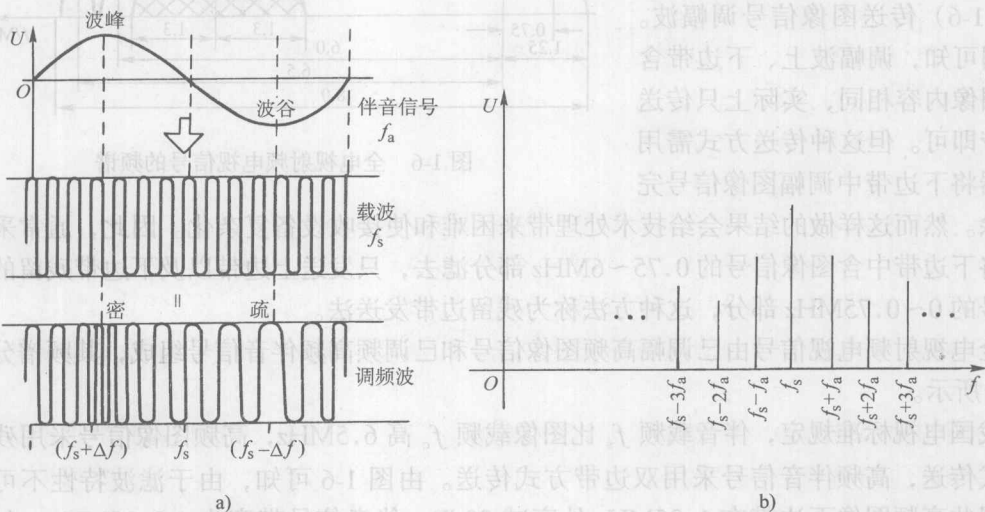


图 1-5 调频波波形及频谱

a) 调频波波形 b) 频谱分布

同调幅波一样, 调频波的内容也可以用频谱表示。但调频波中所包含的频谱要比调幅波复杂得多, 有 f_s 、 $f_s \pm f_a$ 、 $f_s \pm 2f_a$ 、 $f_s \pm 3f_a$, $\dots$, 理论上有无穷多对边频, 如图 1-5b 所示。所以传送相同信号的调频波的频带比调幅波的要宽得多。

为了不失真地传送伴音调频波, 所需要的频带宽度在理论上应是无限宽, 但实际上的伴音调频波, 随着边频次数的增高, 它的幅度很快减少。所以整个伴音调频波的能量大部分集中在载波附近的几对边频中, 其他更高次边频幅度几乎可忽略不计。在一般情况下, 当某高次边频谱线的幅度小于未经调制时载波幅度的 1% 时, 就可以认为已经到达了频带的边界了, 所以伴音信号调频波的有效带宽 BW 可近似表示为

$$BW = 2(\Delta f + f_{am})$$

式中 f_{am} ——伴音信号的最高频率;

Δf ——调频波的最大频偏。

我国电视标准规定：调频波的最大频偏 $\Delta f = 50\text{kHz}$ ，伴音信号的最高频率 $f_{\text{am}} = 15\text{kHz}$ 则已调频波的带宽 $BW = 2 \times (50 + 15)\text{kHz} = 130\text{kHz}$ 。

由上所述可知，调频伴音信号的频带宽度比调幅图像的频带宽度要小很多，因此伴音信号可采用双边带传送。我国实际电视系统中规定：伴音信号调频波的有效带宽为 250kHz ，每一频道在伴音载频两侧各留有 0.25kHz 范围的带宽容纳边频，因此采用调频方式传送的伴音信号频带宽，音质好。

5. 全电视射频电视信号的频谱

图像信号的调幅波频谱为双边带，频带宽度为 12MHz ，若直接传递，会给发送设备和技术造成很大困难，且占用频段过宽，在有限频率范围内，必会减少频道数，因此不采用这种方式传送。目前普遍采用残留边带方式（见图 1-6）传送图像信号调幅波。从该图可知，调幅波上、下边带含有的图像内容相同，实际上只传送半边带即可。但这种传送方式需用滤波器将下边带中调幅图像信号完全滤除。然而这样做的结果会给技术处理带来困难和使接收设备复杂化。因此，通常采用滤波器将下边带中含图像信号的 $0.75 \sim 6\text{MHz}$ 部分滤去，只发送上边带以及下边带残留的含图像信号的 $0 \sim 0.75\text{MHz}$ 部分，这种方法称为残留边带发送法。

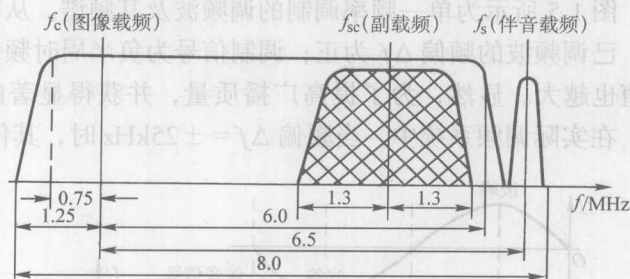


图 1-6 全电视射频电视信号的频谱

全电视射频电视信号由已调幅高频图像信号和已调频高频伴音信号组成，其频谱分布如图 1-6 所示。

我国电视标准规定，伴音载频 f_s 比图像载频 f_c 高 6.5MHz ，高频图像信号采用残留边带方式传送，高频伴音信号采用双边带方式传送。由图 1-6 可知，由于滤波特性不可能太陡，因此高频图像下边带在 1.25MHz 处衰减 20dB ；伴音信号带宽为 $\pm 0.25\text{MHz}$ ，由于 f_s 比 f_c 高 6.5MHz ，而图像信号带宽为 6MHz ，因此伴音信号在图像信号频带之外，从而有效地防止了相互干扰。从图中还可知，每个频道所占带宽为 8MHz ($1.25\text{MHz} + 6.5\text{MHz} + 0.25\text{MHz} = 8\text{MHz}$)。

1.1.2 噪声、信噪比及噪声系数

噪声是一切干扰和破坏有用信号的无用信号的泛指。在有线电视系统中，它不仅会影响图像的清晰度，在屏幕上出现“雪花”或杂乱的干扰条纹，严重时甚至会淹没信号。因此对于整个系统来说，噪声是一个重要的指标。

噪声产生的来源有系统内部的，也有系统外部的。系统内部噪声主要是由于各种元器件导电特性而产生的随机噪声，包括电阻的热噪声、晶体管的散弹噪声以及低频噪声等。外部的噪声也称为干扰，主要有：天电干扰、其他电台发射的电磁波、工业干扰以及天线热噪声等。天电干扰是指由于大气层内各种自然现象（例如雷雨放电）引起的干扰；工业干扰是指由于各种电气设备产生的电火花而引起的干扰；天线热噪声是由于天线周围介质的热运动产

生的电磁波辐射,由天线接收进来而形成的噪声,在具有接收天线的系统中,它是一项主要的噪声源,通常无论有线电视系统性能的好坏,在接收天线输出端至少要有 $2.4\text{dB}\mu\text{V}$ 大小的噪声,从而限制了信号的最低接收电平。

1. 信噪比

由于噪声总是和信号相对立而存在的,因此只说噪声是没有意义的,必须同时衡量噪声和有用信号的大小。信噪比就是这样一个重要的参数,其定义为视频信号功率与噪声功率的比值

$$\text{信噪比} = S/N$$

式中 S ——视频信号功率;

N ——噪声功率。

用分贝 (dB) 表示为

$$\text{信噪比} = 10\lg(S/N) \quad (1-5)$$

或

$$\text{信噪比} = S - N \quad (1-6)$$

若想在接收端看到满意的图像,信噪比必须达到规定的要求,否则即使提高信号电平也不能保证节目的质量。电视图像质量的主观评价以及与信噪比的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 图像质量主观评价标准

图像等级	信噪比/dB	主观评价	干扰杂波造成的影响
5	45.5	优	觉察不到杂波和干扰
4	36.6	良	可觉察到但不讨厌
3	29.9	中	有点讨厌
2	25.4	差	讨厌
1	23.1	劣	无法收看

2. 载噪比

在有线电视系统中,大部分传输信号都是高频载波信号(射频信号),因此常使用载噪比这一概念,其定义为信号载波功率和噪声功率之比,也用分贝 (dB) 表示,其公式为

$$\text{载噪比} = 10\lg(C/N) \quad (1-7)$$

式中 C ——信号载波功率;

N ——噪声功率。

载噪比与信噪比的关系为

$$C/N(\text{dB}) = S/N \text{ dB} + 6.4\text{dB} \quad (1-8)$$

即载噪比电平比信噪比电平高 6.4dB 。在接收机中,检波级以前用载噪比表示,检波级以后可用信噪比表示。

3. 噪声系数

我们知道,在放大器的输入端输入一个信号时,信号源的噪声必然和信号同时进入放大器,输入信号和输入噪声在放大器中得到了同样的放大。若放大器是理想无噪声的,则输出端信噪比和输入端信噪比是相同的。但是,放大器是有源器件,本身也是一个噪声源,在放大信号和噪声的同时,还会产生新的噪声叠加在原来的噪声上,因此,输出端信噪比必然比输入端信噪比低。为了衡量放大器的噪声指标,采用了噪声系数 (N_F) 这样一个参数,其定义为四端网络的输入端信噪比与其输出端信噪比的比值,用公式表示为

$$N_F = (P_{SI}/P_{NI})/(P_{SO}/P_{NO}) \quad (1-9)$$

式中 P_{SI} ——四端网络输入端的信号功率;

P_{NI} ——四端网络输入端的噪声功率;

P_{SO} ——四端网络输出端的信号功率;

P_{NO} ——四端网络输出端的噪声功率。

用分贝 (dB) 表示为

$$N_F(\text{dB}) = 10\lg(N_F) \quad (1-10)$$

在这里,为了使噪声系数有一个确切的定义,输入噪声功率一般规定为信号源的基础热噪声功率。在此定义下,噪声系数完全是一个代表电路内部噪声特性的指标,而与外界噪声和输入信号的大小无关。

由于实际电路内部必然有噪声,输出端信噪比总小于输入端信噪比,因此 $N_F > 1$,且 N_F 值越大,表示内部噪声越大。

1.2 有线电视网络的基本组成

1.2.1 有线电视网络的基本概念和优点

有线电视网络是用光缆、电缆、微波(或这些媒介的组合)传输、分配和处理声音、图像、数据信号,将电视、通信和计算机融为一体的网络。随着城市的发展,高层建筑和各类电磁干扰源日益增多,电视屏幕上的各种干扰也日趋严重。为了改善接收质量,有线电视系统首先在城市中发展起来。随着科技的发展,利用光纤传输技术、微波技术、卫星通信技术等传输方式,使电视信号的传输距离更远,网络的规模更大,终端的用户数量更多。此外系统前端不仅能高质量地转播当地的开路电视节目,还可以利用各种影像设备自办节目和转发卫星电视节目,并能双向传输和交换信息。

我国的有线电视经过了 20 多年的发展,全国有线电视网络线路总长度现在超过了 300 万公里,光纤干线达到 26 万公里,近 2 000 个县开通有线电视,其中 600 多个县已实现了光纤到乡、到村,由光缆、电缆组成的 HFC 网成为发展的主流。目前,有线电视用户总数已超过 9 000 万,有线电视用户数已位居世界第一。利用有线电视网络资源,通过 HFC 双向改造,使用 PC/Cable Modem 或 TV/STB 组合实现真正的宽带接入,向普通百姓提供视频、话音、数据“三合一”的多媒体信息服务已经成为现实。基于 HFC 结构、利用 Cable Modem 实现宽带接入不仅提供了对 Internet 的高速数据接入服务,还能提供交互式数字电视服务以及 IPphone 话音服务,这样,开通交互有线电视网、高速 Internet 接入、视频点播(VOD)等,实现了多功能服务。

有线电视网络的特点是:

(1) 传送的节目容量大 有线电视系统采用先进的邻频传输技术,可以传送卫星电视节目、电视台的自办节目、微波电视节目等多种电视信号,利用数字电视传输技术使节目套数大大增加。我国电视的模拟制式为 PAL D/K,频道带宽是 8MHz。CATV 采用数字调制方式为 64QAM,1 个 8MHz 模拟频道可以传 8~10 套数字电视节目。200MHz 带宽内可以传

200~250套节目。国外有的推荐用550~750MHz频段,国内某些有线电视台已由模拟频道占用,也可使用250~450MHz的增补频段。这样在CATV系统中就可以开展VOD(视频点播)、HDTV(高清晰度电视)及其他多媒体信息业务。

(2) 图像的质量好 有线电视系统提高了信噪比,保证了信号源的高水平,采用了电缆或光缆等有线媒质来传送信号,从而不受地形和高层建筑的影响,避免了空间电波的干扰,使电视图像更加清晰,还能消除重影现象。有线数字电视的传输使图像质量更进一步提高,数字化以后的电视信号传输,噪声没有积累,各用户的信号质量一样,提高了传输质量。中央电视台和省市电视台都有了数字卫星电视节目,采用MPEG—2视频编码标准,利用这些数字信号源,将数字电视传输到用户,图像尺寸(取样数×扫描行)704(720)×576(480),可将显示清晰度提到480线,主观评价约4.3分。与模拟的3分左右相比,图像等级提高1级。还可以传送高清晰度电视节目。

(3) 能提供多功能业务 随着CATV的数字化,以往用模拟方式无法提供的电视业务都将可能,可以实现数字业务、交互式电视业务等新型服务方式,如提供电话、计算机浏览等业务,也可提供电视购物、电子银行、远程教育、VOD等新式有条件接收的交互式业务。用户从单纯的收视者变为积极的参与者。从而使有线电视的用途更加广泛,如数据传输、付费电视、节目点播、安全监视、电视购物、电子付款、保安和医疗等等。有线数字电视多业务系统,使用数字传输技术(如DVB—C),完成有线电视网络从模拟到数字的升级改造,不仅保留了模拟有线电视网的基本属性和业务,还拓宽了数字化业务和应用的范围,使数字有线电视网络前景更加广阔。

随着社会的进步和发展,有线电视网络是中国“信息高速公路”的重要组成部分,而且有线电视网、电信网和计算机数据网的“三网合一”是信息社会的发展方向。

1.2.2 有线电视网络的基本组成

1. 传统的有线电视系统

传统的有线电视系统由前端、干线传输系统和用户分配网络组成,如图1-7所示。前端用天线接收卫星电视信号、当地电视台和电视差转台发射的电视信号(其工作频道都是标准电视频道,即VHF、UHF电视信号,也称开路电视信号)、微波电视信号,然后与自办节目信号一起进行处理,转换为射频电视信号并达到规定的载噪比和输出电平要求,然后再把全部信号混合成一路送到干线传输系统。



图 1-7 有线电视系统的结构框图

射频前端是接收、处理和混合多个信号源的设备,由卫星电视接收机、功率分配器、频率转换器、解调器、信号处理器、天线放大器、调制器、混合器等组成。

干线传输系统的作用是把前端输出的射频电视信号传输给用户分配系统。使用同轴电缆传输信号,用干线放大器来补偿信号的损耗,传输距离短;使用光缆传输信号则损耗非常小,传输距离远。

用户分配网络将用户放大器的输出电平分配给楼幢和用户,由放大器、分支器、分配器、同轴电缆线和用户盒组成,是有线电视传输系统的最后部分,一般都是同轴电缆传输。