



全国高职高专教育“十一五”规划教材

数字音视频技术

■ 廖超平 主编
苏国新 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

数字音视频技术

廖超平 主 编

苏国新 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是全国高职高专教育“十一五”规划教材。

数字音视频技术是以数字音视频信号的压缩编解码技术和数字信号传输的信道编解码技术为核心的一门崭新技术。数字音视频技术广泛应用于各种数字音视频产品技术领域,是繁多的数字音视频产品的基本技术平台。

本书编写充分体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点的高职教材特色,在“浅、宽、高、新、用”上下工夫。

本书主要介绍数字图像信号、数字音频信号和数字视频信号的压缩编解码技术以及数字信号传输的信道编解码技术,再通过最常见的数字音视频产品的实例:数码相机、MP3播放机和数字电视机顶盒来说明数字音视频技术的应用,既有一般技术又有典型应用。

全书以培养学生分析数字音视频产品原理与电路的工程实践能力为宗旨,各部分选材和安排围绕培养学生分析数字音视频产品原理与电路的工程实践能力来展开,在书中最后还安排一个MP3整机电路分析与检测实训项目。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院电子信息工程专业、电子声像专业和应用电子技术专业及相关专业的教学用书,也适用于五年制高职、中职相关专业,并可作为社会从业人士的业务参考书及培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字音视频技术/廖超平主编. —北京:高等教育出版社,2009.11

ISBN 978-7-04-028178-1

I. 数… II. 廖… III. ①数字技术-应用-音频设备-高等学校. 技术学校-教材②数字技术-应用-视频信号-高等学校:技术学校-教材 IV. TN912.27 TN941.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第181480号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landrace.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landrace.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2009年11月第1版
印 张	11.25	印 次	2009年11月第1次印刷
字 数	270 000	定 价	15.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28178-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

策划编辑 孙 薇

责任编辑 王莉莉

封面设计 于 涛

责任绘图 尹 莉

版式设计 范晓红

责任校对 姜国萍

责任印制 毛斯璐

前 言

在信息化气息越来越浓的今天,数字化已经在电子信息领域成为现实,数字音视频产品的种类越来越多。先是 CD、VCD 和 DVD,后来又是 MP3 播放机、数码照相机、MP4 播放机、数码摄像机、数字电视机顶盒、数码相框等。介绍这些新产品的教材远远跟不上这些新产品的发展,如果对每一种产品都开一门课,学生学也学不完。所以,很有必要从这些产品所用到的关键技术中找出它们的共性来,建立一个理解各种数字音视频产品的基本技术平台,这就是数字音视频技术,而数字音视频技术的核心就是数字音视频信号的压缩编解码技术和数字信号传输的信道编解码技术。

本书主要介绍数字图像信号、数字音频信号和数字视频信号的压缩编解码技术以及数字信号传输的信道编解码技术,再通过最常见的数字音视频产品的实例:数码照相机、MP3 播放机和数字电视机顶盒来说明数字音视频技术的应用,既有一般技术又有典型应用。

数字音视频技术包含的技术繁多,并且许多技术深奥难懂,针对这一点,本书把重点放在基本概念和基本技术思路的阐述上,对于初学者不需要深入理解的细节没有进一步深究,使教材简明易懂。最后,还安排了一个实训项目。

本书分 10 章,具体章节及课时安排建议如下:

章 节	课 时
绪 论	1
第 1 章 数字音视频基本知识	3
第 2 章 数字音视频编码标准简介	3
第 3 章 数字图像压缩编码技术	4
第 4 章 数码照相机	4
第 5 章 MPEG 音频压缩编解码技术	5
第 6 章 MP3 播放机	4
第 7 章 MPEG 视频压缩编解码与系统复用技术	4
第 8 章 信道编码技术	4
第 9 章 数字电视技术	4
第 10 章 数字电视的接收与显示	4
实训项目	一 星 期

本书由廖超平任主编,苏国新任副主编。绪论、第1章、第3章、第5章、第6章、第8章和实训项目由廖超平编写,第2章、第7章、第9章和第10章由苏国新编写,第4章由苏国新和廖超平编写,厦门华侨电子企业有限公司黄宏生参与编写了第10章。全书由廖超平统稿。承蒙北京联合大学李小苓老师对全书进行了审阅,并提出了许多宝贵意见,特此致谢。

由于我们经验不足,时间有限,错误在所难免,请各位读者批评指正。

编者

2009年8月

目 录

绪论	1	第 5 章 MPEG 音频压缩编解码技术 ...	72
第 1 章 数字音视频基本知识	3	5.1 数字音频压缩编解码概述	72
1.1 音频基本知识	3	5.2 MP3 编解码原理	73
1.2 电视基本知识	7	本章小结	84
1.3 音视频信号数字化	16	本章习题	84
1.4 数字电视编码参数规范	20	第 6 章 MP3 播放机	85
本章小结	23	6.1 MP3 播放机概述	85
本章习题	24	6.2 STMP3410 MP3 播放机	89
第 2 章 数字音视频编码标准简介	25	本章小结	97
2.1 JPEG 标准和 JPEG 2000		本章习题	97
标准	25	第 7 章 MPEG 视频压缩编解码与	
2.2 MPEG 标准	27	系统复用技术	98
本章小结	38	7.1 视频压缩编解码技术	98
本章习题	38	7.2 系统复用技术	106
第 3 章 数字图像压缩编码技术	39	本章小结	108
3.1 数字图像压缩编码原理	39	本章习题	109
3.2 预测编码	41	第 8 章 信道编码技术	110
3.3 统计编码	42	8.1 信道编码概述	110
3.4 变换编码与子带编码	45	8.2 简单的线性分组码	114
3.5 静止图像压缩编码系统	48	8.3 循环码	118
本章小结	53	8.4 交织码与卷积码	124
本章习题	53	本章小结	129
第 4 章 数码照相机	54	本章习题	129
4.1 数码照相机的基本构成及		第 9 章 数字电视技术	130
工作原理	54	9.1 数字电视概述	130
4.2 数码照相机的重要组成系统		9.2 数字电视的广播系统	136
分析	59	本章小结	149
本章小结	70	本章习题	149
本章习题	71		

第 10 章 数字电视的接收与显示	150	实训项目一 ATJ2085 MP3 电路分析与	
10.1 数字电视机顶盒	150	检测	164
10.2 数字显示技术	157	实训项目二 数字电视机顶盒安装、	
本章小结	162	调试与检测	165
本章习题	162	参考文献	171
实训项目	164		

绪 论

一、中国数字音视频产业现状

音视频产业是我国信息产业的重要组成部分,这几年来,音视频产业在不断地开发数字产品,到了一个数字技术、数字音视频产业发展的关键时期,也是正在进行产品和产业结构调整的关键时期。无论是视频产品还是音频产品,都将从模拟向数字发展。

在消费性电子产品领域,作为数字音频压缩编码技术典型应用的 MP3 随身听,以其小巧的体积、精美的外观、强大的功能等竞争优势,不断取代传统 Walkman、CD、MD 等随身听的市场。MP3 随身听的市场容量多年来以成倍的速度增长。现在,MP3 随身听到处都是。从 MP3 的发展趋势来看,多媒体播放机和智能手机将越来越多地融合 MP3 功能,而 MP3、手机和 PDA 等终端之间的功能将会加速渗透,界限更加模糊。

作为数字图像压缩编码技术的典型应用的数码照相机,根据市场研究机构 IDC 的统计,2004 年全球数码照相机的产量为 7 400 万台,比起 2003 年的 5 172 万台,增长率接近 50%。如今,许多家庭都拥有自己的数码照相机。

MP4 播放机进入国内也有几年了,其超强的功能、贴近需求的应用得到了消费者的强烈追捧。广阔的市场空间吸引了众多高手角逐,ARCHOS、索尼、东芝、三星、艾利和、创新、日立、夏普、富士通、三洋等纷纷进入 MP4 市场,2004 年 5 月,软件巨头微软联合英特尔发布基于 MP4 理念的 PMC 标准。同时,国内的清华紫光、小天鹅、长虹等公司在市场上已经有所行动。2004 年,MP4 在国内从零开始,发展到 3 亿的市场规模,至今,MP4 在国内已拥有广阔的市场。

数字电视是指从电视节目采集、录制、播出到发射、接收全部采用数字编码技术的新一代电视,是在数字技术基础上把电视节目转换为数字信息(0、1),以码流形式进行传播的电视形态,综合了数字压缩、多路复用、纠错掩码、调制解调等多种先进技术。

2006 年,全国数字电视产业从初期导入阶段过渡到全面启动和快速发展阶段,全国各地区相继开展数字电视整体转换工作。到 2007 年,全国已有 80% 以上的省级电台、电视台开展了台内数字化、网络化的规划和改造工作。2008 年,有线数字电视继续向前推进,地面数字电视正式实施,奥运会采用地面高清信号免费向全世界转播,卫星直播开始进入产业培育期。截至 2008 年 9 月底,中国有线数字电视用户达到 4 470 万户。有线数字电视用户渗透率达到 41.56%。

中国 DVD 播放机市场经过十多年的风雨历程,现已进入成熟期。2003—2006 年,中国 DVD 播放机的销量一直保持小幅度增长,虽说 2007 年出现首次下滑,但市场总量仍然很大。近年来,车载 DVD 的出现,又成为 DVD 行业的一个新的增长点。

至于其他数字音视频产品的情况,这里就不再介绍了。

总之,数字音视频产品出现越来越多,市场越来越大。因此,在中国信息产业“十一五”规划

和十七大的发展纲要中已将发展数字音视频产业确定为重点工作之一。行业政策的不断落实与新技术的创新,使得中国音视频产业不断发展壮大,据预测,数字音视频产业将在 2010 年成为国民经济第一大产业。因此,高职高专电子信息工程专业开设数字音视频技术课程具有重要意义。

二、数字音视频技术的主要内容和学习方法

因为数字音视频产品的种类越来越多,难以逐个进行介绍和学习。本课程着重介绍应用于各种数字音视频产品的数字音视频技术的核心技术:数字音视频信号的压缩编解码技术和数字信号传输的信道编解码技术,以此作为理解各种数字音视频产品的一个基本技术平台,再挑选最常见的 3 种数字音视频产品:数码照相机、MP3 播放机和数字电视机顶盒,作为理解数字音视频技术应用的例子。

首先,在第 1、第 2 章,对数字音视频基本知识和数字音视频编码标准进行简要的介绍,作为全书的准备;然后,在第 3、第 4 章,介绍数字图像压缩编码技术和它的典型应用:数码照相机;在第 5、第 6 章则介绍数字音频压缩编解码技术和它的典型应用:MP3 播放机;在后 4 章中,先介绍 MPEG 视频压缩编解码与系统复用技术和信道编码技术,再介绍它们的典型应用:数字电视与数字电视机顶盒。

因为数字音视频包含的技术繁多,并且许多技术深奥难懂,故在学习本课程时,要特别注意学习方法。首先,学习本课程要把重点放在理解基本概念和基本技术思路上,有一些细节对于初学者来说不必深究,这对于毕业后,主要从事各种数字音视频产品制造、维修、销售的高职高专学生来说已经足够了。另外,不能机械地对待本课程,教材有什么,就看什么。教材所提供的只是理解各种数字音视频产品原理的一个基本的技术平台。学生要在教材所介绍的知识基础上,学会主动围绕某种数字音视频产品或产品的某种型号,通过查找相关知识,来分析这种产品或产品型号的原理和电路。这种能力,在数字音视频产品的种类、型号层出不穷的当今是必不可少的,也应该是高职高专高年级学生所应具备的。

第1章 数字音视频基本知识

要 求

理解数字音视频基本知识,为后面的学习打下良好基础

知 识 点

- 音频基本知识
- 电视基本知识
- 音视频信号数字化
- 数字电视编码参数规范

重点和难点

- 音频系统的分类
- 黑白全电视信号
- 彩色电视信号
- 数字电视编码参数规范

在数字音视频产品大量普及的今天,数字音视频技术已成为日益重要的一门技术。本章介绍音频基本知识、电视基本知识、音视频信号数字化和数字电视编码参数规范等数字音视频技术的基本知识,为后面的学习打下良好基础。

1.1 音频基本知识

一、声音的基本知识

1. 声波的物理特性

声音是由物体机械振动或气流扰动引起弹性媒质发生波动产生的。一个物体发生振动,物体附近的空气密度及压力发生变化,而该处的变化又进一步引起相邻点的空气密度和压力发生变化,这样由近及远,空气密度和压力的变化向其周围空间推进,就形成了声波。当声波传到人的耳朵,就会使人产生声音听觉。声波的物理特性可用下面几个物理量来描述。

(1) 声波的频率

声波在空气中传播时,空气中各点的密度和压力发生变化。空气某一点的密度和压力每秒变化的次数,即每秒内该点的空气压力由最大变化到最大,或由最小变化到最小的次数称为声波的频率,常用符号 f 表示,单位是赫[兹](Hz)。

(2) 声波的周期

一个声波完成一次振动(例如空气密度由最大变化到最大,或由最小变化到最小)所需要的时间称为周期,用符号 T 表示,单位通常为秒(s)。周期与频率互为倒数关系。

(3) 声波的幅度

形成声波的空气质点振动时,离开平衡位置的最大位移,称为声波的幅度,用符号 A 表示,单位通常为米(m)。

(4) 声波的强弱或大小

通常用声压、声功率和声强来表示。

声压:由声波引起的交变压强称为声压,单位是帕[斯卡](Pa)。1帕为每平方米面积上1牛顿的压力,即 $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。

较响亮的讲话声的声压约为0.1Pa,雷声的声压约在10Pa以上,微风吹动树叶的声响可小到几千分之一帕到几万分之一帕。使大多数人产生听觉现象的最低声压为 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$,称之为基准声压或参考声压。

声功率:作机械振动的声源在单位时间内向外辐射的总声能称为声功率,单位是瓦[特](W)。

声强:穿过垂直于声波传播方向上单位面积内的声功率称为声强,用符号 I 表示,单位是 (W/m^2) 。基准声强或参考声强为 $10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ 。

在讨论声音的大小时,除了用声压和声强表示,也可以用其对数表示,即声压级和声强级。

声压级:设某点的声压为 P ,则该点的声压级为: $20\lg \frac{P}{P_r}$ dB(SPL)。其中, $P_r = 2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 为参考声压,是一般具有正常听力的年轻人刚刚能够觉察到1000 Hz的声音存在时的声音大小。

声强级:设某点的声强为 I ,则该点的声强级为: $10\lg \frac{I}{I_r}$ dB。其中, $I_r = 10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$ 为参考声强。

例如,若某点的噪声为80 dB,则意味着该点的声强为 $10^{-4}\text{W}/\text{m}^2$ 。

2. 声音主观感觉三要素

(1) 响度

人耳对声音强弱的主观感觉称为响度。响度和声波振动的幅度有关。一般说来,声波振动幅度越大则响度也越大。当我们用较大的力量敲鼓时,鼓膜振动的幅度大,发出的声音响;轻轻敲鼓时,鼓膜振动的幅度小,发出的声音弱。

另外,人们对响度的感觉还和声波的频率有关,同样强度的声波,如果其频率不同,人耳感觉到的响度也不同。

(2) 音调

人耳对声音高低的感受称为音调。音调主要与声波的频率有关。声波的频率高,则音调

也高。

分别敲击一个小鼓和一个大鼓时,会感觉它们所发出的声音不同。小鼓被敲击后振动频率高,发出的声音比较清脆,即音调较高;而大鼓被敲击后振动频率较低,发出的声音比较低沉,即音调较低。

(3) 音色

两个不同的人或两把不同的乐器发出的具有同样响度、同样音调的两个声音听起来往往有所不同。音色与声波的振动波形有关,或者说与声音的频谱结构有关,是人耳对各种频率、各种强度的声波的综合反应。

音叉可产生一个单一频率的声波,其波形为正弦波。但实际上人们在自然界中听到的绝大部分声音都具有非常复杂的波形,这些波形由基波和多种谐波构成。谐波的多少和强弱构成了不同的音色。各种发声物体在发出同一音调声音时,其基波成分相同。但由于谐波的多少不同,并且各次谐波的幅度各异,因而产生了不同的音色。

例如,当我们听二胡和小提琴等乐器同奏一首曲子时,虽然它们的音调相同,但我们却能把不同乐器的声音区别开来。这是因为,各种乐器的发音材料和结构不同,它们发出同一个音调的声音时,虽然基波相同,但谐波构成不同,因此产生的波形不同,从而造成音色不同。

3. 人耳的听觉特性

人耳是声音的接收器官。人耳分为外耳、中耳与内耳3部分,每部分都有自己的特性和功能。

声波由外耳道进来时,会使鼓膜产生相应的振动。这一振动再由中耳里的听小骨传到内耳,使耳蜗中的淋巴液振动,它刺激听觉神经并传递给大脑,于是,我们就产生了听觉。

人耳能够感知的声音频率范围为:20 Hz ~ 20 kHz。20 Hz ~ 20 kHz 范围内的声音为可听声,低于20 Hz 的声音称为次声,高于20 kHz 的声音称为超声。

已有的研究和实验表明,人耳基底膜对外来声音信号有频率选择和调谐作用,可把人耳能够感知的声音频率范围20 Hz ~ 20 kHz 分为许多具有不同中心频率的所谓临界频带,在不同的临界频带内的声音信号会引起人耳基底膜上不同位置的振动。人耳是以临界频带为单位对声音进行处理的,在同一临界频带内,耳朵的听觉感知特性是类似的,心理声学呈现相同的特性。输入声音信号在同一个临界频带内,即使加入更大的噪声,人耳也不能觉察出与原来信号间的差别。通常认为,20 Hz ~ 16 kHz 范围内有24个子临界频带。

二、音频系统的分类

1. 单声道音频系统

只由一只传声器拾音(或由几只传声器拾音后混合在一起),经一个传输通路传输后,由一只扬声器或由一组扬声器重放出来。这样的音频系统称为单声道音频系统,其中的音频信号称为单声道音频信号。

单声道音频系统只能重现声音的强度和音调,但无法再现声音的方位和空间感觉,聆听起来声音好像是从一个点上发出的,因此称为“点声源”。单声道音频系统重放的声音跟我们平时所听到的自然声音相差太远,因为我们平常所听到的声音是由四面八方的不同声源传到我们耳朵里来的,是立体声,具有空间感。如果要再现声音的空间感,使听者能够识别现场中各个音源的

实际方位,达到身临其境的感觉,必须使用特殊的拾音方式,并同时使用并列的多个音频记录、传输和再现通道(声道),这就是下面讲到的立体声音频系统。

2. 立体声音频系统

由两个或两个以上的传声器、传输通路和扬声器(或耳机)组成,经过适当安排,能使听者产生声源在空间分布的感觉的音频系统称为立体声系统,其中的音频信号称为立体声音频信号。

最简单的立体声音频系统是“双声道”立体声音频系统,如图1-1所示。

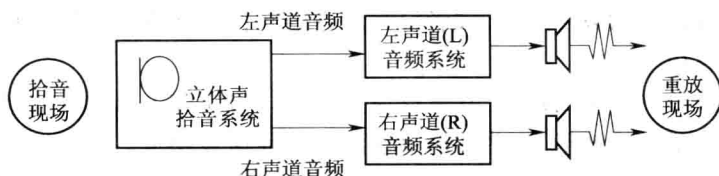


图 1-1 “双声道”立体声音频系统

人有双耳,对声源具有定位能力,能够判断声源的方向和空间分布,即空间印象感觉。这就是通常所说的双耳效应。

人耳之所以能够辨别声源的方向,主要因为声音到达左右耳存在时间差(或相位差)和声级差(或强度差)。

人耳之所以能够辨别声源的远近,即对声音有纵深感,在室内主要是由于直达声与连续反射声的声能之比不同的缘故。除此之外,人们的视觉以及经验等心理因素也可以帮助人们辨别声音分布状态。

如果将现场的声音用立体声音频系统进行录音与重放,则收听者可利用一组扬声器感受到现场的立体声效果;但是如果将现场声音通过单声道音频系统录音与重放,则收听者就无法感受到现场的立体声效果。

3. 环绕立体声音频系统

如要再现二维或三维的立体声场,必须使用更多声道的系统,如 DVD 的声音重放使用了 5.1 声道立体声音频系统。其中的音频信号称为环绕立体声音频信号。

图 1-2 所示是环绕立体声音频系统的布局示意图。从图中可以看到:位于聆听者前方左右两边各有一个音箱(前左、前右),这两个音箱为主音箱,与双声道立体声音频系统的 L、R 音箱相同。此外还有,后左、后右两个音箱悬挂于聆听者后上方,4 个音箱形成围绕聆听者四周的

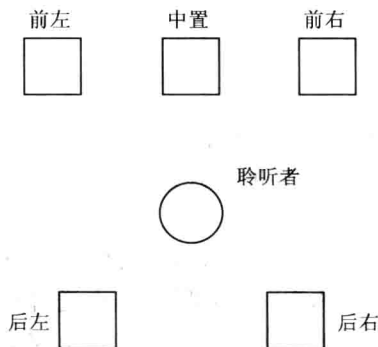


图 1-2 环绕立体声音频系统

间声场,也就是所谓的“空间3D”立体声。中置音箱的主要作用是提供背景声,一些更高级的系统配置,还有一只专门播放300 Hz超低音的音箱(俗称“低音炮”)。该系统至少需要5个音箱,外加一个低音炮,因此也称为5.1声道立体声音频系统。

1.2 电视基本知识

电视是20世纪人类最伟大的发明之一。它是用无线电电子学的方法,实时地远距离传送活动或静止图像的一门技术。它把世界各地发生的现象带到人们的家中供人们去听、看,极大地拓展了信息传播的速度、方式和影响范围。

一、三基色原理及混合方法

1. 可见光与彩色三要素

彩色视觉是人眼的一种明视觉。彩色光的基本参数有明亮度、色调和饱和度。

明亮度是光作用于人眼时引起的明亮程度的感觉。一般来说,彩色光能量大则显得亮,反之则暗。

色调反映颜色的类别,如红色、绿色、蓝色等。彩色物体的色调取决于该物体在光照明下所反射的光的光谱成分。例如,某物体在日光下呈现绿色是因为它反射的光中绿色成分占有优势,而其他成分被吸收掉了。对于透射光,其色调则由透射光的波长分布或光谱所决定。

饱和度是指彩色光所呈现颜色的深浅或纯洁程度。对于同一色调的彩色光,其饱和度越高,颜色就越深,或越纯;而饱和度越小,颜色就越浅,或纯度越低。高饱和度的彩色光可因掺入白光而降低纯度或变浅,变成低饱和度的色光,因而饱和度是色光纯度的反映。100%饱和度的色光就代表完全没有混入白光的纯色光。

2. 三基色原理及其混合

(1) 三基色原理

应该注意,虽然不同波长的色光会引起不同的彩色感觉,但相同的彩色感觉却可来自不同的光谱成分组合。例如,适当比例的红光和绿光混合后,可产生与单色黄光相同的彩色视觉效果。事实上,自然界中所有彩色都可以由3种基本彩色混合而成,这就是三基色原理。

基于以上事实,科学家们提出了一种假设,认为视网膜上的视锥细胞有3种类型,即红视锥细胞、绿视锥细胞和蓝视锥细胞。黄光既能激励红视锥细胞,又能激励绿视锥细胞。由此可推论,当红光和绿光同时到达视网膜时,这两种视锥细胞同时受到激励,所造成的视觉效果与单色黄光没有区别。

三基色是这样的3种颜色,它们相互独立,其中任一色均不能由其他二色混合产生。它们又是完备的,即所有其他颜色都可以由三基色按不同的比例组合而得到。

有两种基色系统,一种是加色系统,其三基色是红、绿、蓝;另一种是减色系统,其三基色是黄、青、紫(或品红)。

不同比例的三基色光相加得到的彩色称为相加混色,其规律为

$$\text{红} + \text{绿} = \text{黄}$$

$$\text{红} + \text{蓝} = \text{紫}$$

蓝 + 绿 = 青

红 + 蓝 + 绿 = 白

彩色还可通过混合各种比例的绘画颜料或染料来配出,这就是相减混色。因为颜料能吸收入射光光谱中的某些成分,未吸收的部分被反射,从而形成了该颜料特有的彩色。当不同比例的颜料混合在一起的时候,它们吸收光谱的成分也随之改变,从而得到不同的彩色。其规律为

黄 = 白 - 蓝

紫 = 白 - 绿

青 = 白 - 红

黄 + 紫 = 白 - 蓝 - 绿 = 红

黄 + 青 = 白 - 蓝 - 红 = 绿

紫 + 青 = 白 - 绿 - 红 = 蓝

黄 + 紫 + 青 = 白 - 蓝 - 绿 - 红 = 黑

相减混色主要用于美术、印刷、纺织等,我们讨论的电视图像系统用的是相加混色,注意不要将二者混淆。根据人眼上述的彩色视觉特征,就可以选择3种基色,将它们按不同的比例组合而引起各种不同的彩色视觉。这就是三基色原理的主要内容。

(2) 三基色混合

① 三基色光。可采用各种不同的三色组,但为标准化起见,国际照明委员会(CIE)进行了统一规定。选水银光谱中波长为700 nm的红光为红基色光;波长为546.1 nm的绿光为绿基色光;波长为435.8 nm的蓝光为蓝基色光。实验发现,人眼的视觉响应取决于红、绿、蓝三分量的代数之和,即它们的比例决定了彩色视觉,而其亮度在数量上等于三基色的总和。这个规律称为Grassman定律。

② 配色方程。在加色系统中,白光(W)可由红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色相加而得,它们的光通量比例为

$$\Phi_R : \Phi_G : \Phi_B = 1 : 4.5907 : 0.0601$$

若取光通量为1光瓦的红基色光,要得到白光,就需要加入4.5907光瓦的绿光和0.0601光瓦的蓝光,所得白光的光通量为

$$\Phi_w = (1 + 4.5907 + 0.0601) \text{光瓦} = 5.6508 \text{光瓦}$$

若规定:1个单位[R]=1光瓦(红基色光)、1个单位[G]=4.5907光瓦(绿基色光)和1个单位[B]=0.0601光瓦(蓝基色光),那么,对于任意给出的彩色光C,其配色方程可写成

$$C = r_1[R] + g_1[G] + b_1[B] \quad (1-1)$$

该色的光通量为 $\Phi_c = (r_1 + 4.5907g_1 + 0.0601b_1) \text{光瓦}$
 $= 680(r_1 + 4.5907g_1 + 0.0601b_1) \text{流明}$

二、电视扫描与同步

在电视系统中,将组成一帧图像的像素,按顺序转换成电信号的过程(或逆过程)称为扫描。

从左至右的扫描称为行扫描,从上至下的扫描称为场扫描。在广播电视系统中,通常只采用匀速单向直线扫描方式。直线扫描分为逐行扫描和隔行扫描两种方式。逐行扫描是一行紧跟一行的扫描。隔行扫描是将一帧画面分成两场扫描,一场扫奇数行,称为奇数场;另一场扫偶数行,称为偶数场。目前的广播电视中都采用隔行扫描方式。同步是指电视收发两端图像对应的像素必须在同一时刻被扫描。同步包括收、发两端行、场扫描的同步。只有行、场扫描同频同相,收发才能同步;否则,就会失步,接收端根本无法正确重现原景物的图像。在实际的电视系统中,收发两端相对应的像素并非在同一时刻扫描,接收端总有一些延时,只要所有像素延时时间相等,图像还是同步的,不会产生失真。在电视中为了保证扫描的同步,通常在发送端有一同步机产生行、场同步信号,它们同时控制行、场扫描,使两者保持同频同相。此外,同步机还产生行、场消隐信号,将行、场扫描回扫线消掉。

三、黑白全电视信号

黑白全电视信号由图像信号、复合消隐信号、复合同步信号、槽脉冲和均衡脉冲等叠加而成,通常也称其为视频信号。

1. 图像信号

图像信号是由摄像机将明暗不同的图像经过电子扫描和光电转换而得的电信号,有正极性和负极性图像信号两种。图 1-3(a)所示是一个行正程的由白→灰→黑而变化的正极性灰度条图像信号;图 1-3(b)所示是一个行正程的由白→灰→黑而变化的负极性灰度条图像信号。

对于正极性图像信号,以正极性全电视的同步信号底电平作为 0%;则黑色电平的相对幅度为 10%~12.5%;白色电平相对幅度为 75%;图像信号电平介于黑色电平与白色电平之间。

对于负极性图像信号,以负极性全电视的同步信号顶电平作为 100%;则黑色电平的相对幅度为 75%;白色电平相对幅度为 10%~12.5%;图像信号电平介于白色电平与黑色电平之间。

一般来说,图像信号是随机的,图 1-3(c)给出了一行随机的负极性图像信号的波形。

2. 复合消隐信号

在扫描逆程时间内,不传送图像信号,但扫描逆程产生的回扫线对显示的图像起干扰作用。为此,在行、场扫描的逆程期间,必须加入电平值与黑色电平一样,甚至比黑色电平“更黑”一些的复合消隐信号,使电子束截止。复合消隐信号包括行消隐信号和场消隐信号。其周期分别与行、场扫描周期相同,宽度与扫描逆程大致相同,即行消隐信号周期为 $64\ \mu\text{s}$ (1 H),脉冲宽度为 $12\ \mu\text{s}$ (0.18 H);场消隐信号周期为 20 ms,脉冲宽度为 1.6 ms (25 H)。消隐电平的相对幅度为 75%。

3. 复合同步信号

为了保证接收端的扫描与发送端的扫描频率和相位完全一致,还须在消隐期间内提供行同步信号和场同步信号,这两个信号合称为复合同步信号,如图 1-4 所示。每扫完一行时要传送一个行同步信号,每一场结束时要传送一个场同步信号,供接收机进行同步扫描。

为了使同步信号既不影响消隐,又能与消隐信号加以区分,将同步脉冲叠加在消隐信号之上,使同步脉冲电平高于消隐脉冲电平。行同步脉冲宽度为 $4.7\ \mu\text{s}$ (0.073 H),周期为 $64\ \mu\text{s}$;场同步脉冲宽度为 $160\ \mu\text{s}$ (2.5 H),周期为 20 ms。