

教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会规划教材

通信原理与应用——系统案例部分

广播与多媒体通信

主 编 曹志刚

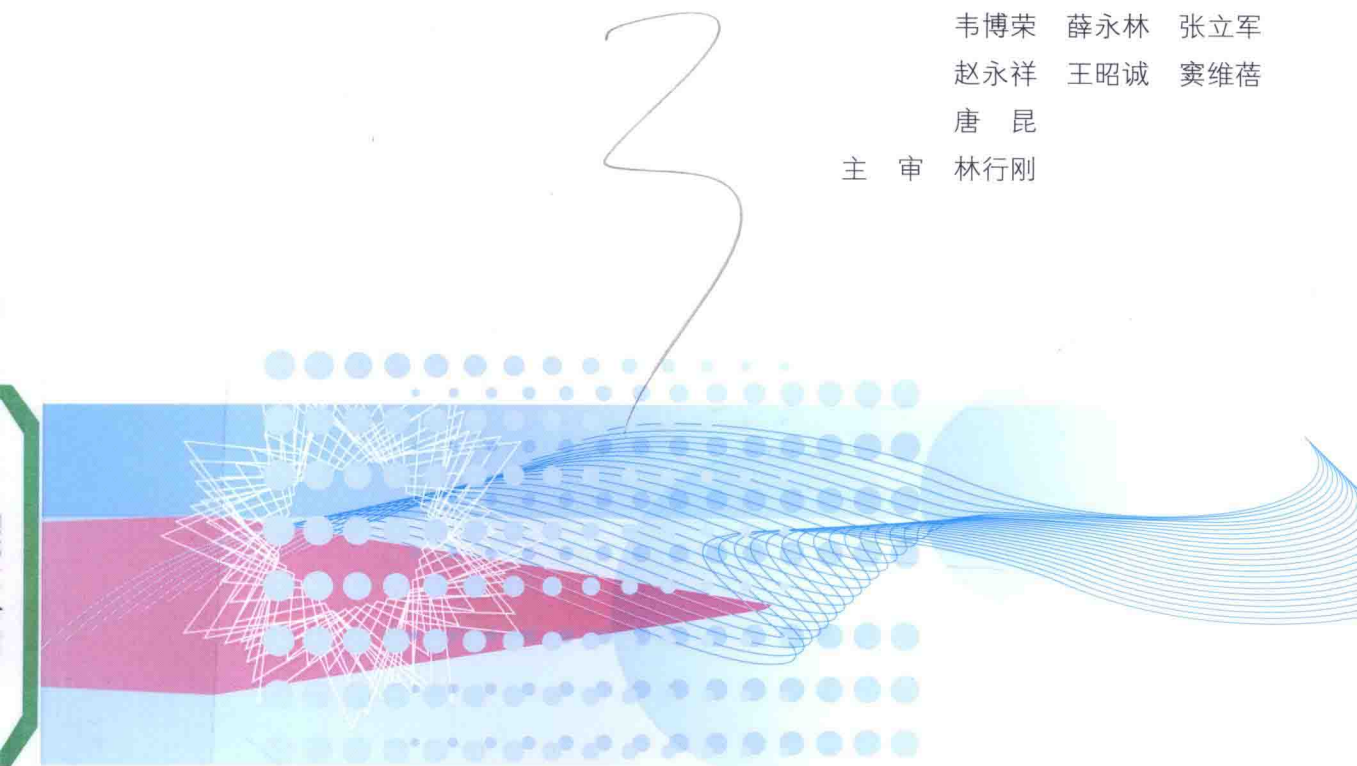
编 著 （按案例顺序）

韦博荣 薛永林 张立军

赵永祥 王昭诚 窦维蓓

唐 昆

主 审 林行刚



高等教育出版社

教育部高等学校电子

■ 指导分委员会规划教材

通信原理与应用——系统案例部分

广播与多媒体通信

主 编 曹志刚

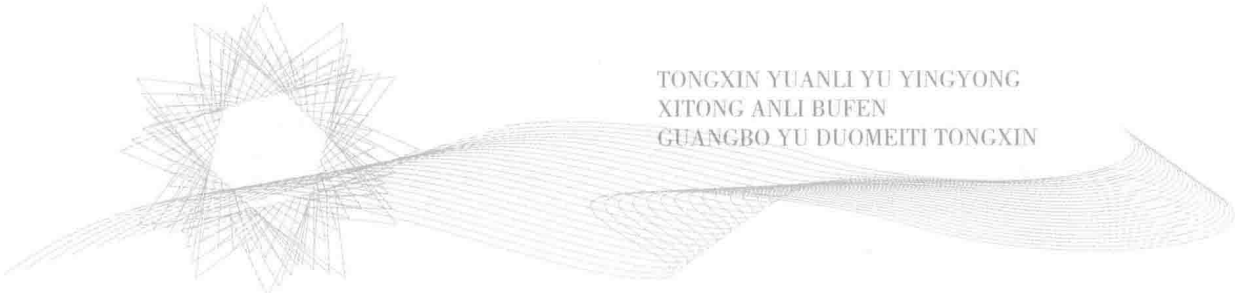
编 著 （按案例顺序）

韦博荣 薛永林 张立军

赵永祥 王昭诚 窦维蓓

唐 昆

主 审 林行刚



TONGXIN YUANLI YU YINGYONG
XITONG ANLI BUFEN
GUANGBO YU DUOMEITI TONGXIN

高等教育出版社·北京

内容简介

本书是《通信原理与应用——系统案例部分》的广播与多媒体通信分册。

《通信原理与应用》是在教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会领导下组织编写的系列教材,该教材分为基础理论部分和系统案例部分,将理论部分和系统案例部分作为一个整体编写,旨在理论联系实际,学以致用。

系统案例部分按应用类别分为7个分册:移动通信、光通信、卫星通信、宽带接入、短距离无线通信、广播与多媒体通信、其他无线通信。本书是其中的广播与多媒体通信分册,共收纳8个案例:调幅和调频广播、模拟电视广播、视频压缩编码、有线电视、视频会议技术、地面数字电视广播、数字音频压缩与数字音频广播、语音编码及应用。

配套出版的基础理论部分内容包括:绪论、随机过程基础、模拟调制、数字信号基带传输、数字调制、模拟信号数字化、差错控制编码、复用与多址技术、无线通信传输新技术。

本书可用作电子信息类专业及其他相关专业的本科生和研究生教材,也可供从事研究开发的工程技术人员参考和借鉴。教学中可以将系统案例与理论部分配合使用。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理与应用. 系统案例部分. 广播与多媒体通信 / 曹志刚主编; 韦博荣等编著. -- 北京: 高等教育出版社, 2015. 7

ISBN 978 - 7 - 04 - 042166 - 8

I. ①通… II. ①曹… ②韦… III. ①通信理论-高等学校-教材②电视广播系统-通信技术-案例-高等学校-教材③多媒体通信-通信技术-案例-高等学校-教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 040011 号

策划编辑 吴陈滨
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 王楠
责任校对 陈杨

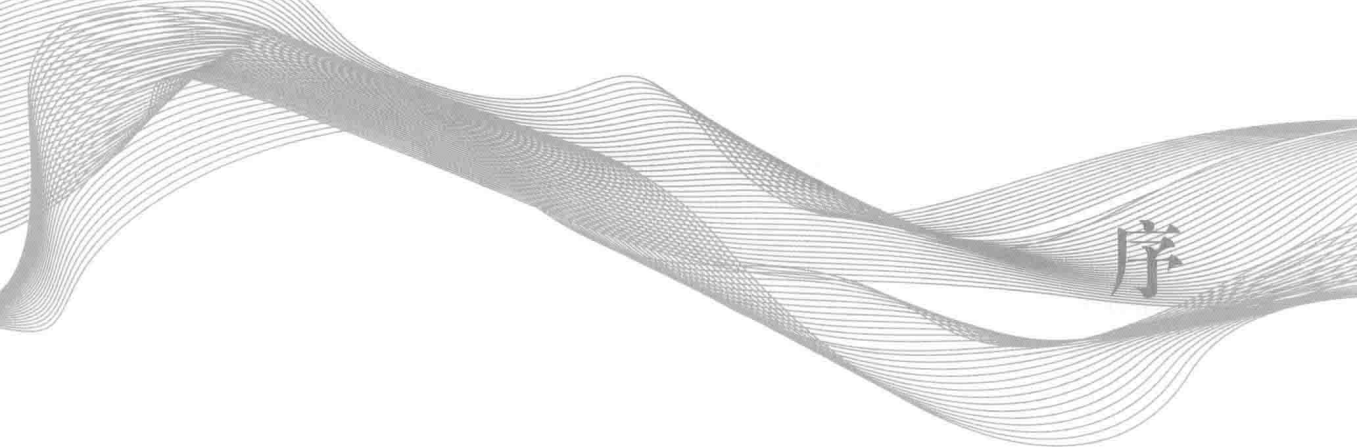
封面设计 王 雕
责任印制 毛斯璐

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 13.25
字 数 240千字
购书热线 010 - 58581118

咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
版 次 2015年7月第1版
印 次 2015年7月第1次印刷
定 价 22.90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 42166 - 00



序

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出:“高等教育承担着培养高级专门人才、发展科学技术文化、促进社会主义现代化建设的重大任务。提高质量是高等教育发展的核心任务,是建设高等教育强国的基本要求。”我国高等教育已经进入大众化教育阶段,成为工程教育大国,但还不是工程教育强国,还远不能满足当前经济建设和社会发展的需求。高等教育培养高素质工程技术人才是我国高等学校人才培养模式之一,并应置于重要的位置。高等教育培养出数量足够并且能够面向一线的优秀工程技术人员,这是中国高等学校,特别是高等工科院校不可推卸的历史责任,也是努力办好人民满意的教育、推动高等教育内涵式发展、深化教育领域综合改革和着力提高教育质量的具体实践。

国民经济与社会信息化和现代服务业的迅猛发展,对电子信息领域的人才培养提出了更高的要求,而电子信息类专业又是许多高等学校的传统专业、优势专业和主干专业,也是近年来发展最快、在校人数最多的专业类之一。

为了适应高等工程教育改革,满足社会对电子信息类专业工程技术人才的需要,教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会根据教育部卓越工程师教育培养计划要求,针对中国高等工程教育存在的工程性、创新性和多样性缺失等问题,在认真开展了学科专业发展战略的研究和《高等学校电子信息科学与工程类本科指导性专业规范(试行)》的制定基础上,2010年从以信息与通信工程学科为特色的十余所重点高等院校和知名企业遴选了有丰富的工程实践背景和教材编写经验的40余位教授和专家,组织开展编写一套体现理论基础教学与工程应用案例协同教学理念的电子信息类专业核心课程教材,并使其具有权威性、工程性、创新性和示范性。

第一批高等学校电子信息类专业核心课程涉及“通信原理与应用”“通信网络基础”和“数字信号处理”三门课程。从课程体系、教学大纲到三级目录,编写组在

广泛征求意见的基础上进行了深入的调查、分析和研究,并召开了十几次会议进行研讨。教材完稿后,又邀请相关课程领域的权威专家进行审稿。至此,第一批“高等学校电子信息类专业核心课程教材”将于2015年陆续问世。

第一批高等学校电子信息类专业核心课程教材的编写汇聚了全国相关课程优秀教育工作者和行业专家的丰硕教学和科研成果。教材内容注重体现理论基础性和工程应用性的协同。教材的理论基础严谨,概念清晰;教材的应用案例典型,特色鲜明。本系列教材有利于培养学生应用数理基础、科学与工程知识的能力,有利于培养学生根据需求设计部件、系统或过程的能力,有利于培养学生解决问题的能力,有利于激发学生提出问题的兴趣,有利于培养学生创新意识,增强学习主动性和积极性。

衷心感谢参与编写第一批高等学校电子信息类专业核心课程教材的学者和专家,正是他们高度的责任感和无私的奉献精神,使这套系列教材得以顺利出版。同时,也衷心希望这套教材能够在我国高等学校电子信息类专业课程教学中发挥积极的作用。

教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会(2001—2012年)

副主任委员

教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会(2001—2012年)

主任委员

北京交通大学 谈振辉

2014年12月

为贯彻落实走中国特色新型工业化道路、建设创新型国家、建设人力资源强国的战略部署,实施《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》,教育部提出了卓越工程师教育培养计划。其主要目标是:面向工业界、面向世界、面向未来,培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源优势,增强我国的核心竞争力和综合国力。

以实施卓越工程师教育培养计划为突破口,促进工程教育改革和创新,全面提高我国工程教育人才培养质量,努力建设具有世界先进水平、中国特色的社会主义现代高等工程教育体系,促进我国从工程教育大国走向工程教育强国。卓越工程师教育的核心是强化工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力,为此需要大力改革课程体系和教学内容。

本书正是基于以上目标,在教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会领导下组织编写的。由清华大学曹志刚教授担任主编、选题并统编定稿。

全书分两部分:基础理论部分和系统案例部分。将理论部分和系统案例部分作为一个整体编写,在国内外同类教材中是一次尝试,旨在理论联系实际,学以致用,拓宽学生的工程知识。

基础理论部分共9章,第1章绪论,第2章随机过程基础,第3章模拟调制,第4章数字信号基带传输,第5章数字调制,第6章模拟信号数字化,第7章差错控制编码,第8章复用与多址技术,第9章无线通信传输新技术。以章次为序,分别由清华大学曹志刚(第1、7章)、东南大学宋铁成(第2、9章)、北京邮电大学杨鸿文(第3、5章)、清华大学陈巍(第4章)、西安电子科技大学张辉(第6、8章)编写。北京交通大学张立军参与了第7章部分内容的修改。清华大学白铂编写了第1章的1.2节。

北京交通大学谈振辉教授对基础理论部分全文进行了审阅。

系统案例部分按移动通信、光通信、卫星通信、宽带接入、短距离无线通信、广播与多媒体通信、其他无线通信等不同应用类别分为7篇,共收纳48个通信系统典型案例。案例作者由从事该领域研究和教学的高校和国内知名设备厂商中遴选,以案例编号为序,作者分别是:北京邮电大学杨鸿文,清华大学李云洲,北京邮电大学张欣、彭木根,北京交通大学孙强,北京邮电大学陈雪,中央民族大学陈根祥,北京交通大学李唐军,解放军理工大学甘仲民、李志强、李广侠、张更新,清华大学郑友泉、詹亚锋,南京邮电大学王文鼎,东南大学胡静,北京信威公司许瑞锋、唐春莺、余西西,南京邮电大学余兆明,北京邮电大学郭文彬,清华大学宋健,南京邮电大学朱晓荣,东南大学夏玮玮、徐平平、张在琛,西安电子科技大学李长乐,中国传媒大学韦博荣,清华大学薛永林,北京交通大学张立军、赵永祥,清华大学王昭诚、窦维蓓、唐昆、李晔,解放军理工大学程云鹏、王呈贵,中兴通讯股份有限公司王田甜,清华大学粟欣,西安电子科技大学卢小峰,西北工业大学陈连平。其中个别作者编写了多个案例。通信系统案例部分内容丰富,但篇幅较大。为读者使用方便,将系统案例部分按两种方式出版,一种是系统案例部分合订本;另一种是将系统案例部分分成7个分册出版,每篇自成一册。7个分册依序分别由清华大学王京、陈明华,北京大学项海格,北京邮电大学吴伟陵,东南大学沈连丰,清华大学林行刚,北京交通大学谈振辉担任评审。

限于本人水平,且作者众多,书中错误疏漏、文风不一在所难免,敬请指正。主编邮箱为 czg-dee@tsinghua.edu.cn。

本教材可用作电子信息类专业及其他相关专业的本科生和研究生教材,也可供从事研究开发的工程技术人员参考和借鉴。

曹志刚
2014年9月于清华大学

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》，其行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进行严厉打击。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 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

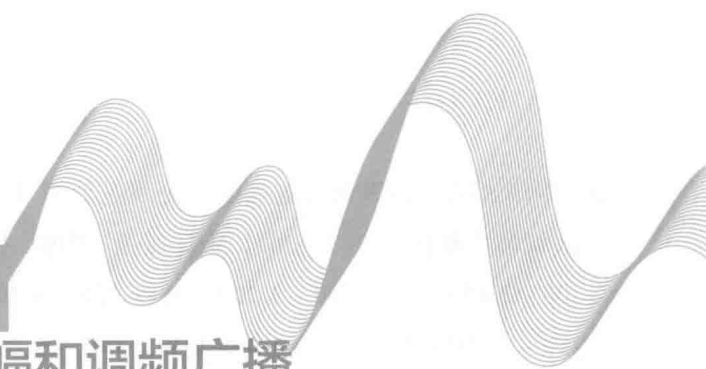
案例三十五 调幅和调频广播	1
35.1 中、短波双边带调幅广播	1
35.2 中波同步广播	4
35.3 短波单边带广播	5
35.4 调频广播	7
35.5 立体声调频广播	8
35.6 多路声调频广播	12
35.7 数据调频广播	14
35.8 调频同步广播	15
参考文献	15
案例三十六 模拟电视广播	17
36.1 模拟电视广播概述	17
36.2 黑白电视广播	19
36.3 彩色电视广播	22
36.4 电视信号传输	26
36.5 图文电视广播	29
36.6 双伴音/立体声电视广播	32
36.7 数字伴音电视广播	33
参考文献	36
案例三十七 视频压缩编码	38
37.1 数字视频信号	38
37.1.1 视频信号数字化	38
37.1.2 彩色亚采样	39
37.1.3 数字视频格式	40

37.1.4 数字电视基本参数和图像格式	41
37.2 数字视频压缩编码	43
37.2.1 帧内编码	44
37.2.2 帧间编码	50
37.3 数字视频编码标准	53
37.3.1 MPEG-2	54
37.3.2 H.264/AVC	62
37.3.3 AVS	66
37.3.4 MPEG-2、H.264/AVC、AVS 比较	70
37.3.5 视频编码技术和标准的发展历程	71
参考文献	73
案例三十八 有线电视	75
38.1 有线电视概述	75
38.1.1 有线电视的定义	75
38.1.2 我国有线电视的发展历程	76
38.1.3 有线电视的频谱划分	77
38.1.4 有线电视标准	78
38.1.5 有线电视展望	78
38.2 有线电视系统	79
38.2.1 有线电视节目传输流程	79
38.2.2 有线电视系统的组成	79
38.3 有线电视信源系统	80
38.4 有线电视总前端系统	81
38.4.1 编码与调制系统	82
38.4.2 存储播出系统	85
38.4.3 复用加扰系统	86
38.4.4 网络管理系统	86
38.4.5 用户管理系统	86
38.4.6 条件接收系统	86
38.4.7 混合器	87
38.4.8 光发射机	87

38.4.9 光放大器	88
38.5 有线电视光传输系统	88
38.5.1 传输网络拓扑	88
38.5.2 传输网的组成	90
38.5.3 光传输系统	91
38.6 有线电视电缆分配系统	93
38.6.1 电缆分配网的组成	93
38.6.2 电缆分配网实例	94
38.7 用户终端系统	94
38.7.1 用户终端系统的组成	95
38.7.2 数字机顶盒	95
参考文献	96
案例三十九 视频会议技术	97
39.1 视频会议技术概述	97
39.1.1 视频会议的发展历程	97
39.1.2 视频会议的分类和功能	98
39.1.3 视频会议的标准	99
39.2 H.320 协议	100
39.2.1 H.320 视频会议的网络结构	100
39.2.2 视频会议的建立过程	101
39.2.3 H.320 协议堆栈	101
39.2.4 H.221 帧结构	102
39.3 H.320 系统的实现	105
39.3.1 H.320 会议终端系统	105
39.3.2 MCU 系统	106
39.4 H.323 协议	111
39.5 互联网视频会议	113
39.5.1 网络结构	113
39.5.2 视频编码	114
39.5.3 研究动向	114
参考文献	115

案例四十 地面数字电视广播	117
40.1 地面数字电视广播概述	117
40.1.1 数字电视的历史背景	117
40.1.2 数字电视的全球发展现状	118
40.1.3 数字电视组织和国际标准	118
40.2 DTMB 标准	120
40.2.1 DTMB 标准概述	120
40.2.2 随机化	122
40.2.3 前向纠错编码	122
40.2.4 星座映射	123
40.2.5 交织	124
40.2.6 帧体数据处理 (OFDM 调制)	125
40.2.7 组帧及系统帧结构	126
40.2.8 基带后处理	127
40.2.9 正交上变频	129
40.3 香港地区实施案例	130
40.3.1 参数选择	130
40.3.2 单频网网络结构	130
40.3.3 干扰分析和网络增益	132
40.3.4 香港应用实例	132
参考文献	134
案例四十一 数字音频压缩与数字音频广播	136
41.1 数字化音频信号的码率压缩	136
41.1.1 音频压缩概述	137
41.1.2 音频信号码率压缩方法	141
41.1.3 MP3 音频压缩技术特点	147
41.1.4 杜比 AC-3 音频压缩特点	150
41.1.5 主要音频感知编码的技术特点对比	153
41.2 数字音频广播概述	154
41.3 Eureka-147 DAB 系统	156
41.3.1 DAB 发展历程	156

41.3.2	DAB 系统的技术特点	157
41.3.3	DAB 信源编码	158
41.3.4	DAB 信道编码调制特点	158
41.3.5	DAB 系统的传输框架特点	159
41.3.6	DAB 系统的数据结构特点	161
41.3.7	DAB 接收机	162
41.4	DRM	163
41.4.1	DRM 发展历程	163
41.4.2	DRM 系统的信源编码方案	164
41.4.3	DRM 系统传输框架	165
41.4.4	DRM 传输模式	166
41.4.5	DRM 信道编码调制方案	168
参考文献		169
案例四十二 语音编码及应用		170
42.1	语音编码概述	170
42.1.1	语音编码的应用	170
42.1.2	语音编码的分类	172
42.1.3	语音编码的评价	174
42.1.4	语音编码的硬件与系统	177
42.1.5	语音编码标准与发展趋势	178
42.2	移动通信语音编码	179
42.2.1	RPE-LTP	179
42.2.2	AMR(3G)	183
42.2.3	AMR-WB 与 AMR-WB+	185
42.3	低速率语音编码算法	186
42.3.1	MELP(北约军用语音编码)	186
42.3.2	MBE(IMBE、AMBE)(国外数字对讲机语音编码)	188
42.3.3	SELP、ASELP(国内数字对讲机语音编码)	190
参考文献		193
系统案例部分总目录		194



案例三十五

调幅和调频广播

调幅 (Amplitude Modulation, AM) 广播和调频 (Frequency Modulation, FM) 广播是传统的广播技术,利用模拟的音频信号控制射频 (Radio Frequency, RF) 载波的幅度或频率。调幅广播工作于中、短波频段,其特点是传播距离远、覆盖区域广、发射功率大;调频广播工作于甚高频 (Very High Frequency, VHF) 频段,其特点是视距传输,与调幅广播相比覆盖区域和发射功率都较小,但音频信号传输质量较好,发射天线架设在高塔或山顶上,可采用频分复用方式播出附加节目或数据。本案例主要介绍了调幅和调频广播的工作频段、发送技术、单边带调幅广播、立体声广播和各种调频多工系统,包括播出附加节目的多声道广播和广播数据系统 (Radio Data System, RDS)。

35.1 中、短波双边带调幅广播

通常所说的调幅广播是指双边带调幅广播,它传送音频信号对射频载波调幅所得信号的全部频谱,射频信号带宽是音频调制信号最高频率的两倍。射频信号频谱中所包含的载波分量本身是不含信息的,在 100% 调制时,边带频谱分量与载波分量的功率比也只有 1/2,边带频谱分量的功率占信号平均功率的 1/3,可见双边带调幅广播的频谱利用率和能效都较低。由于双边带调幅射频信号的包络与音频调制信号相同,可采用包络检波进行解调,接收机结构简单。

中波调幅广播使用的频段为 526.5 ~ 1 606.5 kHz。根据我国信息产业部 2001 年发布施行

的《中华人民共和国无线电频率划分规定》，具体为 526.5 ~ 535.0 kHz 和 535.5 ~ 1 606.5 kHz。短波调幅广播使用 2.3 ~ 26.1 MHz 频段，根据《中华人民共和国无线电频率划分规定》，具体为 2 300 ~ 2 495 kHz、3 200 ~ 3 230 kHz、3 230 ~ 3 400 kHz、3 900 ~ 3 950 kHz、3 950 ~ 4 000 kHz、4 750 ~ 4 850 kHz、4 850 ~ 4 995 kHz、5 005 ~ 5 060 kHz、5 900 ~ 5 950 kHz、5 950 ~ 6 200 kHz、7 100 ~ 7 300 kHz、7 300 ~ 7 350 kHz、9 400 ~ 9 500 kHz、9 500 ~ 9 900 kHz、11 600 ~ 11 650 kHz、11 650 ~ 12 050 kHz、12 050 ~ 12 100 kHz、13 570 ~ 13 600 kHz、13 600 ~ 13 800 kHz、13 800 ~ 13 870 kHz、15 100 ~ 15 600 kHz、15 600 ~ 15 800 kHz、17 480 ~ 17 550 kHz、17 550 ~ 17 900 kHz、18 900 ~ 19 020 kHz、21 450 ~ 21 850 kHz、25 670 ~ 26 100 kHz 等 27 个频段。

中波双边带调幅广播的频道间隔为 9kHz，故调幅广播只能传送低于 4.5kHz 的音频信号。实际应用中，在本广播覆盖区和相邻广播覆盖区不使用邻频道，国家标准《中波广播网覆盖技术》规定发射带宽为 9 ~ 20 kHz，只是对于频段边缘的两个频道（标称载频为 531 kHz 和 1 602 kHz）规定发射带宽为 9 kHz。短波调幅广播规定频道间隔为 10 kHz，用于对不同地区广播覆盖的发射载频间隔也可取 5 kHz。短波调幅广播的发射带宽为 9 kHz。调幅广播的功率是指无调制情况下的载波功率，调幅度（也称调幅指数）100% 时的峰值功率为其 4 倍。

调幅广播接收机解调音频信号的信噪比不仅与接收点场强有关，而且与调幅度的平方值成正比。音频节目调制载波时的平均调幅度定义如下：在一定时间内，当节目信号调制载波所产生的平均边带功率与一单音信号（正弦信号）调制此载波所产生的边带功率相等时，该单音调制的调幅度即为此时间内节目调制的平均调幅度。由于节目信号电平动态范围较大，语音节目为 30 ~ 40 dB，音乐节目为 70 ~ 80 dB（录音后的广播节目信号电平动态范围一般只能达到 50 ~ 60 dB），节目信号峰值对应的调幅度最大为 100%，过调制将引起节目信号的非线性失真（谐波失真），此外由于节目录制电平的不一致性，节目信号电平随节目而不同，造成平均调幅度不足或过调制，人工调整节目信号增益时为保证不产生谐波失真，往往使节目峰值对应的调幅度远达不到 100%。因此节目调制时的平均调幅度较低，实测结果，如不对节目信号进行处理，我国新闻节目广播平均调幅度为 18%，一般音乐节目广播为 25%。

为解决上述问题，使用限制放大器或音频处理器对节目信号处理后，再送到发射机。限制放大器分为压缩式和削波式。压缩式限制放大器应用自动增益控制原理，对小的输入信号有固定增益，输入超过规定电平时增益随信号电平增高而降低，从而压缩了输出信号的动态范围，并减小了不同节目间峰值电平的差别。削波式限制放大器对输入信号进行放大和削波（限幅），以限制输出信号的峰值电平。音频处理器综合应用压缩、削波等技术，并采用诸如分频段压缩等措施

将它们所引起的信号失真减小或消除。应用音频处理技术后调幅广播的平均调幅度可达 70%。《中、短调幅广播质量开路监测技术规程》规定:语言节目在 1 min 时间内应有 ≥ 6 s 的时间调幅度 $\geq 70\%$;音乐节目在 1 min 时间内应有 ≥ 6 s 的时间调幅度 $\geq 30\%$ 。

图 35-1-1 以脉宽调制(Pulse Duration Modulation, PDM)发射机为例,示出中、短波调幅广播发射机的系统构成。发射机由射频系统、音频系统、控制系统、电源系统和冷却系统组成。射频系统激励器产生精确稳定的载频,经射频前级功率放大器放大送到射频末级功率放大器(包含大功率电子管、调谐槽路、输出电路谐波滤波器和超高频滤波器,功放采用丙类或丁类方式,以提高效率)。音频系统中调宽脉冲发生器实现音频信号对脉冲的宽度调制。它产生周期性脉冲,其宽度与音频调制信号电压有线性关系,图 35-1-2 示出音频信号为正弦信号 $\sin(\omega t)$ 时的调宽脉冲波形。调宽脉冲经脉冲放大器、调制级和低通滤波器形成足够功率的音频信号,送到射频系统末级进行幅度调制。

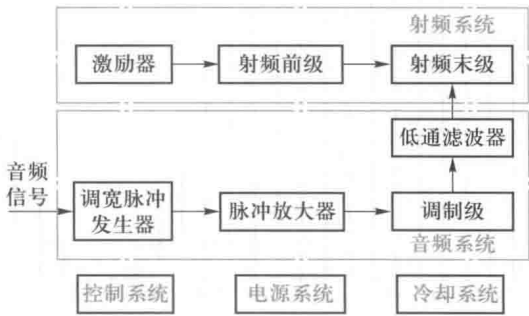


图 35-1-1 脉宽调制发射机的系统构成

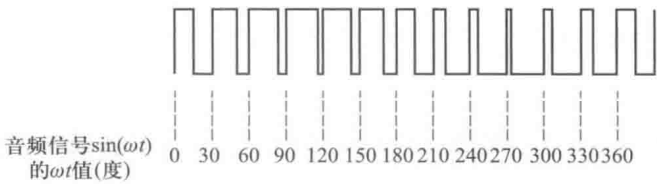


图 35-1-2 调宽脉冲波形

音频系统的任务是给出功率足够且不失真的音频信号,其主要技术问题是工作效率。为提高音频系统的效率,先后开发出乙类阳极调幅发射机(调制级采用乙类放大器推挽电路)、脉宽调制(PDM)发射机(音频系统各放大器工作于开关状态,效率比乙类推挽电路高)和脉冲阶梯调制(Pulse Step Modulation, PSM)发射机。脉冲阶梯调制发射机音频系统采用数字处理和模拟处

理相结合的方式产生功率足够的音频信号,它由串联的多个(例如 48 个)开关电源和控制器构成。输入音频信号在控制器中通过 A/D 转换器转换为数字信号,再经逻辑控制电路控制开关电源的开通,使开通的开关电源数量正比于音频信号的大小。形成的阶梯信号经低通滤波后去射频末级进行幅度调制。由于阶梯信号中所含的音频信号成分比调宽脉冲中所含的多,该方式的效率更高。图 35-1-3 为正弦音频信号 $\sin(\omega t)$ 情况下阶梯信号示意图。

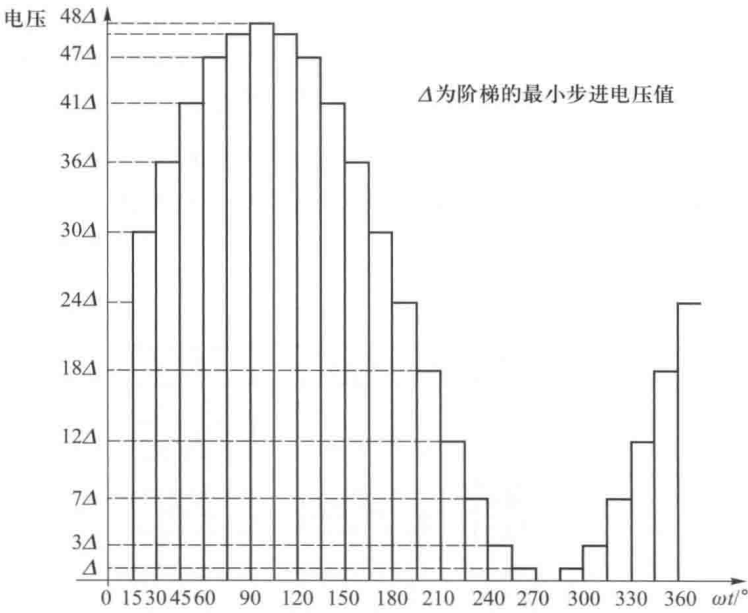


图 35-1-3 阶梯信号示意图

35.2 中波同步广播

我国从上世纪 60 年代后期开始推广应用中波同步广播。中波同步广播是指位于不同地点的多个发射台采用相同的载波频率在同一时间里播出相同的节目内容,构成一个单频网,实现对规定区域的广播覆盖。同步广播的优点是节省频率资源。

同步广播要求网中各发射机的载波频率严格保持一致。设两台发射机的载波频率之差为 Δf ,因为它们的载波用相同的音频信号调幅,发送的射频信号具有相同的频谱,只是对应频率分量的频率偏差 Δf ,考虑一个射频信号中频率为 f_1 的频率分量,另一射频信号中相应频率分量的频率为 $f_2 = f_1 + \Delta f$,设这两个频率分量幅度分别为 A 和 $B(A \geq B)$,这两个频率分量叠加所得信号