



通信电子技术

陈 良 主编



增 值 回 报
电 子 教 案



21 世纪高职高专规划教材系列

通 信 电 子 技 术

陈 良 主编

范立红 朱 承 参编

张 玲 主审

机 械 工 业 出 版 社

本书是一本关于高频电子线路和通信系统模型、接收机、发射机组成原理的一体化教材。全书共分 7 个单元,主要内容有:通信系统的模型、高频放大器、振荡器、频率变换电路的原理与应用、锁相环与频率合成器应用、接收机与发射机结构、通信电子综合实训等。每一单元都配有应知应会要求、实训环节和测试题。

本书可作为高职高专通信、电子类专业的教材,也可供相应专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

通信电子技术/陈良主编. —北京:机械工业出版社,
2006.1

21 世纪高职高专规划教材系列

ISBN 7-111-17981-1

I. 通... II. 陈... III. 通信技术—高等学校:技
术学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 140488 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:胡毓坚 责任编辑:李馨馨 版式设计:张世琴

责任校对:陈延翔 封面设计:刘吉维 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·10.5 印张·254 千字

0 001—5 000 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线:(010)88379739

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专 通信类专业规划教材编委会

主 任 周祥瑜
副 主 任 伍湘彬 张中洲 杨元挺 张黎明
 安志鹏 俞 宁 董维佳 任德齐
委 员 (按姓氏笔画排序)
 丁龙刚 冯国莉 余 周 杜志勇 张红兵
 易 谷 周雪利 彭利标 陈立万 梁德厚
秘 书 长 胡毓坚
副 秘 书 长 陈 良

出版说明

为了贯彻国务院发[2002]16号文件《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,进一步落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》,实施科教兴国战略,大力推进高等职业教育改革与发展,我们组织力量,对实现高等职业教育培养目标和保证基本教学规格的文化基础课程、专业技术基础课程和重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写。

本套教材内容涵盖了高职高专院校计算机类、电子信息类、通信类、自动化类、市场营销类专业的专业基础课、专业课以及选修课。其中,通信类专业规划教材由“21世纪高职高专通信类专业规划教材编委会”组织编写。该套教材从实际应用的角度出发,结合工程实际需要,为高职高专通信类专业的学生提供了学习通信技术基础和现代通信技术的教科书。

通信类专业规划教材的指导思想及编写原则如下:

1. 课程整合,精简课程

在充分调研IT行业对通信专业学生能力结构具体要求的基础上,根据高职高专培养高新技术人才的定位,以社会实际需要为目标,加强基本知识、基础理论和基本技能的教学。同时,考虑理论对实践的指导性,以“必须够用”为原则,将通信类专业课程进行全面整合,精简课程,强调知识技能的直接应用。

2. 教材内容统一规划

规划教材从通信技术必须具备的基本知识和应掌握的基本技能出发,合理安排每一门课程的知识点、技能点。将从程控交换到基站建设、光纤通信、终端设备等专业技术,恰当衔接,避免不必要的课程重复。技术基础课突出“新”的教学法——一体化教学模块(单元);专业基础与专业技能课突出“新”的知识、“新”的技术,力求与行业需要相适应。

3. 结合行业资格证书

课程设置、教材编写与通信行业紧密结合。参照通信行业职业资格证书的要求,结合专业应用,用深入浅出的物理概念来替代那些难理解的理论推导。

4. 注重实训环节

注重理论与技能技术的有机结合,注重实训环节,将技能培训贯穿于整套教材。将电子基础理论与通信专业技术紧密结合,让学生在理论指导下进行技术实践,学好专业技术。

5. 编写模式合理先进

教材具体编写模式借鉴国外职教先进经验,技术基础课以能力模块(单元)来设计,每一模块(单元)设教学目标、正文、应知测试、应会测试等环节,强调案例分析,并加强实训实验环节的考核,体现以能力为本位,以学生为中心的职教理念。

通信类专业规划教材以技能培养为主,技能的设定由各主编结合企业要求组织讨论决定。技术基础课程的教材分单元展开,专业基础课程及专业技能课程的教材突出先进实用技术,强化技能训练和可操作性,同时注意设备、实训环境的大众化。

本套教材可作为各类高职高专院校的教材,也可作为各类培训班的教材。

机械工业出版社

前 言

本教材从通信系统整体概念出发,内容上既涵盖了传统高频电路课程的全部知识,又结合现代通信技术,详细分析了通信系统组成模型、锁相环与频率合成器的原理与应用、接收机与发射机的组成原理。并结合通信产品典型电路,分析了各部分电路的实际应用,概念清楚,使读者易于将单元电路与通信实际产品技术结合起来。

通信电子技术是一门理论性、工程性和实践性都很强的课程,需要一定的电路分析和低频电路知识作为基础。通过本课程的学习,读者可在掌握基本理论、基本电路的基础上,建立通信系统整体模型,并掌握典型接收机、发射机的工作原理,还可通过单元实训环节、综合实训(课程设计)环节的锻炼,提高分析问题、解决实际问题 and 动手操作能力。

本书由陈良主编。其中,第1、5、6单元由陈良编写,第2、3单元由范立红编写,第4、7单元由朱承编写。重庆大学张玲副教授对本书进行了认真的审阅,并提出了宝贵的意见和建议。本书在编写过程中,得到了重庆电子科技职业学院、重庆电子技师学院师生的大力支持,在此一并表示感谢。书中不足之处,恳请读者批评指正。作者联系方式:clhzx@263.net。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1单元 通信系统的模型 1

1.1 概述 1

1.1.1 通信发展简史 1

1.1.2 通信方式 5

1.2 通信系统的模型 6

1.3 信号与噪声 7

1.4 实训——信号特性测试 9

1.5 单元测试 9

第2单元 高频放大器 11

2.1 概述 11

2.2 小信号谐振放大器 11

2.2.1 晶体管Y参数等效电路 12

2.2.2 单级单调谐放大器 12

2.2.3 多级单调谐放大器 17

2.2.4 集中选频放大器 18

2.3 丙类功率放大器 22

2.3.1 丙类功率放大器的工作原理 22

2.3.2 丙类功率放大器的静态性能分析 23

2.3.3 丙类功率放大器的动态性能分析 26

2.3.4 谐振功率放大器的直流馈电电路 与匹配电路 29

2.4 实训 33

2.4.1 小信号谐振放大器 33

2.4.2 高频丙类功率放大器 35

2.5 单元测试 37

第3单元 正弦波振荡器 39

3.1 概述 39

3.1.1 反馈振荡器的振荡原理 40

3.1.2 振荡器的主要技术指标 43

3.2 LC正弦波振荡器 43

3.2.1 LC互感耦合振荡器 44

3.2.2 LC三端式振荡器的组成原则 44

3.2.3 电感反馈三端式振荡器 46

3.2.4 电容反馈三端式振荡器 47

3.2.5 改进型电容反馈三端式振荡器 48

3.2.6 几种三端式振荡器的比较 50

3.3 RC振荡器 50

3.4 晶体振荡器 52

3.4.1 石英谐振器 52

3.4.2 石英晶体振荡器 53

3.5 实训——LC振荡器和石英晶体 振荡器 56

3.6 单元测试 58

第4单元 频率变换电路的原理与 应用 61

4.1 混频电路 61

4.1.1 混频基本原理 61

4.1.2 混频电路结构 65

4.1.3 混频电路应用 67

4.1.4 倍频电路 68

4.2 调制的概念 69

4.2.1 调幅 69

4.2.2 调角 73

4.2.3 三种调制方式的比较 77

4.3 幅度调制与解调电路 78

4.3.1 调幅的方法和电路 78

4.3.2 解调的方法和电路 82

4.4 频率调制与解调电路 85

4.4.1 调频的方法和电路 86

4.4.2 解调的方法和电路 89

4.5 实训 94

4.5.1 基极调幅电路 94

4.5.2 大信号二极管检波电路	95	6.2.1 发射机的主要技术指标	123
4.5.3 混频电路	97	6.2.2 发射机结构	125
4.6 单元测试	99	6.2.3 射频功率放大器	125
第5单元 锁相环与频率合成器应用 ...	101	6.2.4 发射机的阻抗匹配网络	130
5.1 压控振荡器	101	6.2.5 发射机实际电路分析	132
5.1.1 压控振荡器原理	101	6.2.6 自动增益控制与自动频率控制...	133
5.1.2 压控振荡器实际应用	102	6.3 现代数字通信机	135
5.2 锁相环	102	6.3.1 数字接收机结构	136
5.2.1 锁相环基本原理	103	6.3.2 数字发射机结构	139
5.2.2 锁相环典型应用	104	6.3.3 典型通信机组成	140
5.3 频率合成器	106	6.3.4 通信设备的小型化和通信电路的 大规模集成	141
5.3.1 频率合成器的主要技术指标 ...	107	6.4 实训——观察通信机结构	143
5.3.2 频率合成的基本方法	108	6.5 单元测试	143
5.3.3 频率合成器应用举例	112	第7单元 通信电子技术综合实训	145
5.4 实训	115	7.1 通信电子技术课程设计的步骤...	145
5.4.1 压控振荡器	115	7.2 通信电子技术课程设计的方法...	148
5.4.2 锁相环鉴频器	115	7.3 通信电子技术综合实训练习 ...	156
5.5 单元测试	116	7.3.1 中频放大电路的设计与制作 ...	156
第6单元 接收机与发射机结构	117	7.3.2 高频压控振荡器的设计与 制作	156
6.1 接收机	117	7.3.3 无线电话筒的设计与制作	157
6.1.1 接收机电路结构	119	参考文献	158
6.1.2 超外差式接收机的实现	120		
6.1.3 接收机实际电路分析	122		
6.2 发射机	123		

第 1 单元 通信系统的模型

应知应会要求：

- 了解通信的发展历程。
- 了解我国通信业现状与发展趋势。
- 理解单工、半双工及全双工三种通信方式。
- 了解各种民用通信占用的频段。
- 掌握通信系统的组成模型。
- 掌握信号的特性，会正确使用仪器测试信号的两个特性。
- 了解通信中的噪声。

1.1 概述

1.1.1 通信发展简史

通信，用当今流行的话来说，就是信息的交流与传递。在人类的生产、生活、学习中都离不开通信。当今社会已经进入信息社会，对信息传递的手段，即通信技术提出了更高的要求。广大科技工作者的长期艰苦努力和辛勤创造，使通信技术达到了如今的先进水平，通信理论、通信电路、通信器件都有了高度发展。

现代通信一般是通过电信号来完成的。通信中所传递的消息，可以是符号、文字、语音、音乐、数据、图片、活动画面等多种形式。因而，根据所传递消息的不同，在目前通信业务上可分为电报、电话、传真、数据传输、可视电话等。如果从广义的角度来看，广播、电视、雷达、导航、遥控、遥测等都可列入通信的范畴。

信号实际上就是消息的转载者。显然，与古老的烽火、旗语等通信相比，用电信号来传递消息具有传播速度快、准确可靠的优势，而且几乎不受时间，地点，距离等方面的限制，因而现代通信获得了飞速的发展和广泛的应用。

1. 电报的发明

人类通信史上的革命性变化，是从把电作为信息载体后发生的。

美国画家莫尔斯在 1835 年发明了第一台电报机，并在 1843 年修建成了从华盛顿到巴尔的摩的电报线路，全长 64.4km。电报的发明，拉开了电信时代的序幕，开创了人类利用电传递信息的历史。从此，信息传递的速度大大加快了，“嘀一嗒”一响，电报便可以载着人们所要传送的信息绕地球走上 7 圈半，这种速度是以往任何一种通信工具望尘莫及的。

2. 电话的发明

电报传送的是符号，发送一份电报，首先要将报文译成电码，再用发报机发送出去；在

收报一方，要经过相反的过程，即将收到的电码译成报文，然后，送到收报人的手里。这不仅手续麻烦，而且也不能及时进行双向信息交流。因此，人们开始探索一种能直接传送人类声音的通信方式，这就是“电话”。

亚历山大·贝尔在为聋哑人设计助听器的过程中，发现电流导通和停止的瞬间，螺旋线圈发出了噪声，这使贝尔突发奇想——“用电流的强弱来模拟声音大小的变化，从而用电流传送声音”。经过多年的艰辛研究，1875年6月，贝尔发明了电话，并于第二年建立了贝尔电话公司，这是美国电报电话公司(AT&T)的前身。

电话传入我国，是在1881年，英籍电气技师皮晓浦在上海十六铺沿街架起一对露天电话，这是中国的第一部电话。1882年2月，丹麦大北电报公司在上海建立了我国第一个电话局。

3. 电磁波的发现

电报和电话的相继发明，使人类获得了远距离传送信息的重要手段。但是，电信号都是通过金属线传送的，线路架设到的地方，信息才能传到，这就大大限制了信息的传播范围。

1820年，丹麦物理学家奥斯特发现“电磁感应”现象。科学家麦克斯韦进一步用数学公式表达了法拉第等人的研究成果，并把电磁感应理论推广到了空间。1887年，亨利希·鲁道夫·赫兹证实了电磁波的存在，得出了电磁能量可以越过空间进行传播的结论。

赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦理论的正确性，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元，标志着从“有线电通信”向“无线电通信”的转折，也是整个移动通信的发源点。应该说，从这时开始，人类开始进入了无线通信的新领域。为了纪念这位杰出的科学家，把电磁波频率的单位命名为“赫兹”(Hz)。

4. 无线电报的发明

1896年，俄国电灯推广工作者波波夫成功地用无线电进行了莫尔斯电码的传送，距离为250m。年轻的无线电爱好者马可尼改进了无线电传送和接收设备，并于1898年在英国举行的一次游艇赛中成功实现了无线电通信的第一次实际应用。

在中国，电报的最早应用是在1920年7月，中华邮政开办了邮传电报业务。

由于无线电通信不需要昂贵的地面通信线路和海底电缆，因而很快便受到人们的重视。

5. 无线电通信的发明

1906年12月圣诞节前夕，美国物理学家费森登主持和组织了人类历史上第一次无线电广播。这套广播设备包括特殊的高频交流无线电发射机和能调制电波振幅的系统，从这时开始，电波就能载着声音开始展翅飞翔了。与此同时，无线电通信逐渐被用于战争，在第一次和第二次世界大战中，它都发挥了很大的威力。

广播很快成为一种重要的信息媒体而受到各国的重视。后来，无线电广播从“调幅”制发展到了“调频”制，到20世纪60年代，又出现了更有现场感的调频立体声广播。

无线电频段有着十分丰富的资源。在第二次世界大战中，出现了一种把微波作为信息载体的微波通信。这种方式由于通信容量大，至今仍作为远距离通信的主要手段而受到重视。在通信卫星和广播卫星启用之前，它还担负着远距离传送电视节目的任务。

6. 寻呼机的诞生

无线电寻呼机又叫做BP机，专门用来接收由无线电寻呼系统发来的信息，可以是寻人

信息，也可以是有关天气预报、股市行情等一类短消息。

早期的寻呼机形状如单向收音机，有砖头那么大。20 世纪 80 年代早期出现了数字寻呼机，我国从 1983 年开始研究发展寻呼系统，1984 年 5 月 1 日，广州用 150MHz 频段开通了我国第一个数字寻呼系统。1991 年 11 月 15 日，上海首先用 150MHz 频段开通了汉显寻呼系统。数字寻呼和汉显寻呼在我国 20 世纪 90 年代曾十分盛行，但目前由于手机、小灵通的普及，寻呼用户正在逐渐下降，乃至面临淘汰的局势。

7. 蜂窝式移动电话的诞生

电话这一通信工具使人类充分享受到了现代信息社会的方便和快捷，随着无线电报和无线广播的发明，人们更希望能有一种可随身携带，不需要线路的电话。

肩负着人类的希望，通信领域的科学家进行了不懈的努力。由于两次世界大战的需要，早期的移动通信的雏形已开发了出来，如步话机、对讲机等。步话机在 1941 年美陆军就开始装备了，当时的使用频段是短波波段，设备是电子管的。从 20 世纪 50 年代开始使用 150MHz 频段，后来发展为 400MHz 频段，随着 20 世纪 60 年代晶体管的出现，专用无线电系统已在公安、消防、出租汽车等行业中广泛应用。

随着对电磁波研究的深入、大规模集成电路的问世，移动电话首先被制造出来了。在规划网络方面，科学家首先想到蜂巢的结构，在建筑学上，蜂巢是经济高效的结构方式，移动网络是否可以采取同样的方式，在相邻的小区使用不同的频率，在相距较远的小区采用相同的频率。这样既有效地避免了频率冲突，又可让同一频率多次使用，节省了频率资源。这一理论巧妙地解决了有限高频频率与众多高密度用户需求量的矛盾和跨越服务覆盖区信道自动转换的问题。

20 世纪 70 年代初，贝尔实验室提出了蜂窝系统覆盖小区的概念和相关理论。蜂窝系统即得到迅速的发展，很快进入了实用阶段，真正做到随时随地都可以同世界上任何地方进行通信。从理论上讲，蜂窝移动电话系统可容纳无限多的用户。第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统，主要特征是用模拟方式传输模拟信号，美国、英国和日本都开发了各自的系统。

1985 年英国提出 TACS 系统并投入商业运营，1987 年我国引进该系统，在全国各大地区开通，并实现了漫游。模拟手机曾红火一时，它的问世揭开了移动通信进入家庭的序幕，是移动电话普及到千家万户的基础。由于模拟网的通信容量小、通话业务少，我国模拟手机逐渐被淘汰出局，到 2001 年 6 月，模拟手机在全国范围内基本停用。

8. GSM 手机的出现

随着模拟式蜂窝电话的迅速发展，其缺点也开始逐渐显现，特别是在人口密集的大城市，由于模拟式蜂窝电话采用的频分多址技术造成频率资源严重不足。进入 20 世纪 80 年代后期，大规模集成电路、微型计算机、微处理器和数字信号处理技术的大量应用，为开发数字移动通信系统提供了技术保障。

1982 年，欧洲成立了 GSM(移动通信特别组)，任务是制定泛欧移动通信漫游的标准。20 世纪 90 年代，GSM 数字蜂窝移动通信系统在欧洲研制成功并投入商用。随着 GSM 的迅猛发展，GSM 成为全球移动通信系统的代名词。

我国在 TACS 模拟网运行成功的基础上，进一步确定了数字系统采用 GSM 制。1993 年在浙江嘉兴开始建立 GSM 试验网。接着，全国各地相继引入 GSM 系统，移动用户量剧

增,移动通信系统从“本地通”向“全球通”过渡。

1998年2月我国自主开发的第一部手机在广州问世,现在已经有几十个品牌的国产手机。

目前的大多数手机是GSM制式的,我国GSM用户近3亿,是全球最大的移动通信网。

中国联通于2001年底开通CDMA网络——“联通新时空”,它采用了与GSM不同的码分多址等核心技术。一般将我国现有的GSM、CDMA两种数字移动通信称为第二代移动通信。

9. 全球“铱”星系统

目前的手机只能在服务区范围内进行通话,有没有能在地球任何一个地方都能收发信号的手机呢?要实现这一点,最好的办法是采用地球低轨道卫星通信系统,第一个开发出来的卫星电话系统就是著名的“铱”星系统。1957年10月4日,世界上第一颗人造卫星升空,正式拉开了卫星通信的序幕。1990年,摩托罗拉(Motorola)公司推出,全球个人通信新概念——“铱”星系统。1998年11月,“铱”星公司的全球卫星通信系统全面建成并正式投入商业运营。不过,随着时间的推移,“铱”星公司在项目论证上存在的严重问题就逐渐暴露出来,并最终走向了失败。

虽然走向大众的“铱”星系统失败了,但卫星移动通信系统仍存在广阔的市场。因为,目前陆地蜂窝移动通信系统只能覆盖地球2%的面积,而且受用户和通信量制约,在一些地广人稀的区域长期运营蜂窝网得不偿失,加之海事卫星系统几十年来的成功运营,均表明卫星移动通信市场前景广阔,目前卫星通信系统仍在发展之中。

10. 新一代手机的诞生

在网络化的今天,手机仅仅作作为通话的工具是远远不够的,新一代的手机,可以单独地胜任某些原来必须要在电脑上才能完成的工作,如上网、记事、日程管理,也可以和其他设备(如电脑、打印机等)配合工作。

现在,标志新一代手机的典型技术就是蓝牙、WAP和GPRS。蓝牙作为一种短程无线通信标准,它能使网络中的数据和语音设备互连互通,实现廉价的无线网络梦想。它将取代目前多种电缆连接方案,通过统一的短程无线链路,在各信息设备之间可以实现方便快捷、灵活安全、低成本低功耗的语音和数据通信。它推动和扩大了无线通信的应用范围,使网络中的各种数据和语音设备互连互通,从而实现了快速灵活的数据和语音通信。现在面世的蓝牙产品有蓝牙耳机、蓝牙便携式硬盘等。

WAP其实只是一个全球性的开放协议,WAP协议并不依赖于某种具体的网络,所以它不仅能够运行于现有的GSM网络中,还能在未来的CDMA、W-CDMA等多种网络下运行。

GPRS(General Packet Radio Service)是通用分组无线业务的简称,能提供比现有GSM网9.6kbit/s更高的数据率。GPRS采用与GSM相同的频段、频带宽度、突发结构、无线调制标准、跳频规则,以及相同的TDMA帧结构。

目前第三代移动通信正在步入市场,整个行业正在消化吸收第三代移动通信技术。由中国提出的TD-SCDMA通信技术标准,已被国际电信联盟接纳为第三代移动通信标准之一。我国正在加紧研究、完善TD-SCDMA第三代移动通信标准,并推进其应用。

回顾通信历史,可以看出,通信的发展与研究人员孜孜不倦的探索、通信理论的发现、

通信电路的实现密不可分，与电路器件、制造工艺息息相关。通信主要的发展都在近几十年，而且发展的速度越来越快。通信系统的模型、接收机与发射机结构、通信电路原理是本书的重点内容。

1.1.2 通信方式

1. 通信方式

通常，如果通信仅在点与点之间进行，按消息传送的方向与时间，通信的方式可分为单工通信、半双工通信及全双工通信三种，如图 1-1 所示。

所谓单工通信，即是指消息只能单方面进行传输的工作方式，例如广播、遥控等。

所谓半双工通信方式，即是指通信双方都能收发消息，但不能同时进行收和发的工作方式。例如，使用同一载频工作的普通无线电收发报话机，就是按照这种通信方式工作的。

所谓全双工通信，即是指通信双方可同时进行双向传输消息的工作方式。例如，普通电话就是最简单的全双工通信方式。

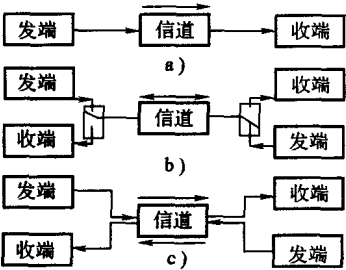


图 1-1 通信方式

a) 单工通信 b) 半双工通信
c) 全双工通信

2. 通信的频段

信道是信号的传输媒质。根据电信号传递的媒质不同，通信可分为有线通信和无线通信两大类。所谓有线通信，是指电信号通过导线、电缆线、光缆线等有线媒质传递，例如：电话系统、有线电视、光纤通信等均属有线通信。所谓无线通信，是指电信号利用空间电磁波的传播来作为媒质传递，例如：无线电广播、无线电电视、移动通信、卫星通信等均属无线通信。

通信系统使用的频率范围很宽，有线通信和无线通信在实现多路通信时，目前基本上都是采取不同频率的载频——频道来实现的。根据不同频率的电磁波传播规律的特点，人们把整个频率范围划分为多个通信频段，如表 1-1 所示。

表 1-1 通信的频段

30~300Hz	ELF	极低频	$10^4 \sim 10^3 \text{km}$	海底通信、电报
0.3~3kHz	AF	音频	$10^3 \sim 10^2 \text{km}$	数据终端、电话
3~30kHz	ALF	甚低频	$10^2 \sim 10 \text{km}$	导航、载波电报和电话、频率标准
30~300kHz	LF	低频	$10 \sim 1 \text{km}$	导航、电力通信
0.3~3MHz	MF	中频	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	广播业务通信、移动通信
3~30MHz	HF	高频	$10^2 \sim 10 \text{m}$	广播、军事通信、国际通信
30~300MHz	VHF	甚高频	$10 \sim 1 \text{m}$	电视、调频广播、移动通信(模拟)
0.3~3GHz	UHF	超高频	$10^3 \sim 10^2 \text{mm}$	电视、雷达、移动通信
3~30GHz	SHF	特高频	$10^2 \sim 10 \text{mm}$	卫星通信、微波通信
30~300GHz	EHF	极高频	$10 \sim 1 \text{mm}$	射电天文、科学研究

根据不同通信技术的要求,选用合适的通信频段。通常,民用广播占用 MF 和 HF 两个频段,而且均采用调幅(AM)制。调频广播由于调频(FM)制占据带宽较宽,所以使用 VHF 频段。电视占用 VHF 和 UHF 两个频段,VHF 有 12 个频道,UHF 有 100 多个频道。远距离无线通信(包括国际通信)采用 HF 频段,即所谓的短波通信,但它的通信质量一直是技术难题,目前已改用卫星通信。卫星通信占用 SHF 频段。移动通信早先采用调幅制,占用 MF 频段。随着移动通信技术的发展,现代已改用调频制,占用 VHF 和 UHF 频段。现代的移动通信已同有线通信连网,因此所要求传播的无线距离不远。海洋通信由于是利用电磁波在水中传播的有利条件,故它用的频率最低,占用 ELF 频段。尽管频率低,但仍然可以远距离传输。

早期的有线直流电报频率很低,也占用 ELF 频段。目前使用的有线电话直接在电话线上传输音频基带信号,即原始电信号,因此,它必然是占用 AF 音频频段。另外,数据传输业务通常也使用 AF 音频段来传输 300~9600bit/s 的数据信号。随着数据通信业务需求量的日益增长,目前已采用频分多路复用和时分脉冲编码多路复用技术,其载波频率范围已从 ALF 频段扩展到 VHF 频段,甚至还有占用 UHF 频段的。电力通信利用电力高压输电线实现有线通信,目前占用 LF 频段。

甚低频(ALF)信号的频率稳定度高,适宜作导航或频率标准用。军用通信通常采用单边带调制(SSB),因此占用短波段 HF 频段。现代用于军事方面的通信已采用扩频和跳频技术,因此使用频段也开始扩展到 VHF 和 UHF 频段。雷达要求方向性好,占用 UFH 频段,在这个频段内的波长尺寸适合做方向性很强的雷达天线。光通信所占用的频段已超出 EHF 频段了,表中没有列出。

本节思考题

比较单工、半双工、全双工三种通信方式的特点,各举一实例说明。

1.2 通信系统的模型

首先了解通信系统的构成,可以帮助大家掌握通信的基本原理以及电路组成。实际上,无论是有线通信,还是无线通信,其目的都是把发送端的信息传送到另一地——接收端。通信系统的模型可以用图 1-2 所示来表示。

图中,发送端信息源的作用是把各种消息变换成原始的电信号,为了能使这些原始电信号适合在信道中传输,发送端的发送设备再将原始电信号变换成适合在信道中传输的电信号,然后将电信号送入信道。



图 1-2 通信系统的模型

信道就是传递电信号的媒质,对有线通信来说,是指传输导线、电缆线、光纤电缆等,对无线通信来说,是指空间传播电磁波。图中接收端的接收设备用来将信道送来的电信号变换成原始电信号,送给收信者。

收信者的作用是将原始电信号变换成消息,这样就完成了消息的传递过程。图中噪声源是信道中的噪声和分散在发送、接收系统中的噪声的集中表示。

图 1-2 概括地反映了通信系统的共性，可以基本代表电话系统、移动通信系统等各种通信网的基本模型。

通信系统的核心组成部分是发送设备和接收设备，虽然不同通信系统的发送设备和接收设备的电路组成不完全相同，但基本结构相似。为了建立整体概念，从而更好地帮助大家掌握通信电路，先介绍一下发射机(发送设备)、接收机(接收设备)结构，如图 1-3 所示。

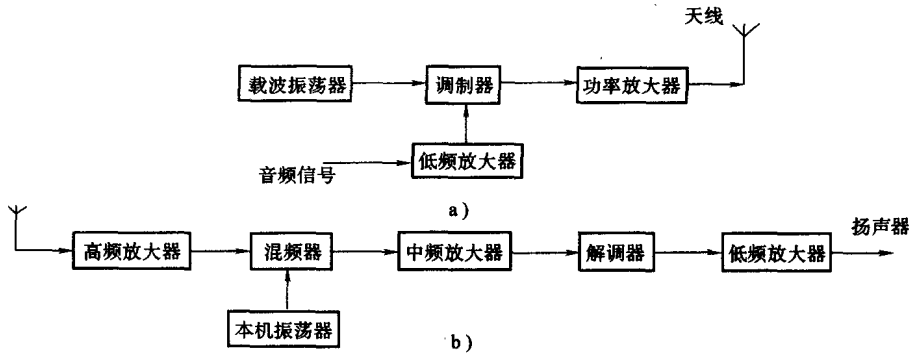


图 1-3 发射机、接收机结构框图

a) 发射机结构框图 b) 接收机结构框图

低频放大器在模拟电路(低频部分)已经学习过。高频放大器、中频放大器将在第 2 单元讲述，振荡器是第 3 单元的内容，调制/解调器、混频器属于频率变换电路(第 4 单元)，接收机与发射机结构将在第 6 单元中详细讲述。

本节思考题

通信系统模型包含哪些单元电路？

1.3 信号与噪声

通信的目的就是从一方向另一方传送消息，给对方以信息。但是，消息的传送一般都不是直接的，而必须借助于一定形式的信号才能便于远距离快速传输和进行各种处理。因此，信号是消息的表现形式，现代通信常用电信号、光信号等实现信息的传输。例如，广播与电话常使用送话器将声音变成电信号，然后以有线或无线的方式传输。实际信号一般是模拟信号，模拟信号可以通过模数转换(ADC)变换为数字信号。

1. 信号的特性

信号具有两个方面的特性——时间特性和频率特性。这两个特性是分析所有信号、解决各种电子设备技术问题的基础和关键。

信号是时间 t 的函数，它具有一定的波形，因而表现出一定的时间特性，如出现时间的先后、持续时间的长短、重复周期的大小以及随时间变化的快慢等，这可以用示波器观测得到，如图 1-4a 所示。

任意非正弦信号总可以分解为许多不同频率的正弦分量，即具有一定的频率成份，因而表现出一定的频率特性，如各频率分量的相对大小，主要频率分量占有的范围等。可以由频谱分析仪测试频率特性，如图 1-4b、1-4c 所示。

不同信号的时间特性和频率特性不同，同一信号的时间特性和频率特性之间有着密切的关系，不同的时间特性将导致不同的频率特性。

在很多资料中把音频信号称为模拟信号。人的声音作用于送话器，送话器把这个大小变化的声音信号转换为音频电信号，声音的强度通常用分贝数来表示。

就一个语音波形来说，其幅度的大小表示声音的强弱，而频率的高低则代表了音调的高低。在通信中，利用音频信号的这一特点，对其进行人工改造和重新组织。声音的频率越高，给人的感觉就越加尖细，声音的音调就越高。一个声音的频率如果是另一个的2倍，那么在音乐中就正好相差一个8度，它们组成的和声听起来非常悦耳。

声音需要介质来传播，常见的介质是空气，但空气并不是声音的最佳导体，声音是一种纵波，它的能量导致介质中的分子相互碰撞产生振动，从而实现声音的传播。因此，对于声波来说，介质的密度越大，分子之间的距离就越小，发生相互碰撞的可能性就越大，声音的传播效果

就越好。所以，固体是声音的最佳导体，其次是液体，最后才是空气。在空气中，声音的传播速度是340m/s，在水中是1438m/s，而在钢铁中可以达到5200m/s。一些动物的听觉要比人类更加灵敏，狗的耳朵能够听到50~45000Hz的声音，猫能够听到50~85000Hz的声音，大象能听到低达5Hz的声音。

2. 噪声与干扰

信号传输过程中会受到无用信号——干扰和噪声的影响，它们使通信质量下降。根据噪声和干扰的性质不同，通常可将它分为两类：加性噪声(干扰)和乘性噪声(干扰)。

加性噪声是一种独立于信号而存在的噪声，它与信号是相叠加的，故在其作用下，不会产生新的频率分量，而且信号所含频率分量的振幅、相位关系不会发生改变。但加性噪声的存在将使通信系统输出端的信噪比下降，严重时甚至使信号淹没于噪声中而无法得到有用信号。

信道中的加性噪声主要来自三个方面：

1) 人为噪声：它来自无关的信号源。如：外台信号、开关接触不良、工业电火花及荧光灯干扰等。

2) 自然噪声：它来自自然界中存在的各种电磁波。如闪电及其他天体辐射形成的宇宙噪声等。

3) 内部噪声：它来自通信设备本身。如：电阻中自由电子的热运动、有源器件中电子或载流子的起伏变化等。

加性噪声可以分为两大类：一类是可以设法消除的。如：开关接触不良、电源的自激振

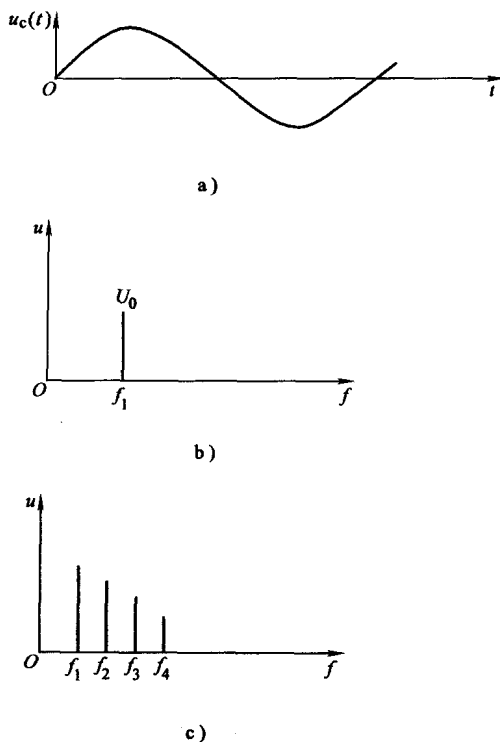


图 1-4 信号特性

a) 单音频信号时间特性 b) 单音频信号频谱特性
c) 多音频信号频谱特性

荡,或设备内部产生的谐波干扰等。另一类则是无法避免的,而且无法预测其准确波形,这类噪声为随机噪声。如:外台信号、工业电火花、开关通断时产生的火花、电阻类导体中电子的热运动及天体辐射引起的宇宙噪声等。

乘性噪声是由于通信系统的非理想传输特性而引起的,通常随信号的消失而消失,它的存在将引起信号的各种畸变,产生新的频率成分。

无论是乘性噪声还是加性噪声,它们往往和信号混杂在一起,因此完全消除是不可能的。只能根据噪声的性质,采取相应措施,设法减弱或避免干扰的影响。因此,对通信系统而言,抗干扰性能是一个很重要的指标。

本节思考题

怎样消除乘性噪声、加性噪声对通信质量的影响?

1.4 实训——信号特性测试

1. 实训目的

进一步理解信号的时间特性和频率特性,掌握其测试方法。

2. 实训器材

- 1) 函数信号发生器一台。
- 2) 示波器一台。
- 3) 频谱分析仪一台。

3. 实训内容

- 1) 用信号发生器输出一个 100kHz、2V(峰值)的正弦波。
- 2) 调整示波器 T/DIV、V/DIV 等开关旋钮,测试出该信号的时间特性,画出测试图形,标明主要参数。
- 3) 正确调整频谱分析仪,测试出该信号的频率特性,画出测试图形,标明主要参数。
- 4) 用信号发生器输出一个 100kHz、4V 的方波,分别用示波器、频谱分析仪测试其时间特性和频率特性。并分析测试结果,说明正弦波、方波的区别。
- 5) 完成实训报告。

4. 注意事项

- 1) 养成良好的实训操作习惯,严格遵守实训章程。
- 2) 仔细阅读信号发生器、示波器、频谱分析仪的使用说明书,正确使用仪器。

5. 实训报告要求

- 1) 画出仪器连接图。
- 2) 整理实训步骤,画出特性曲线图,分析测试数据。

1.5 单元测试

1. 填空

- (1) 通信的目的是_____ , 现代通信一