



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国高职高专
电子信息系列实用规划教材

高频电子线路

主 编 李福勤 杨建平



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材

高频电子线路

主 编 李福勤 杨建平

副主编 唐明良 屈芳升

参 编 刘桂敏 闵 茹

叶战波 杨其锋



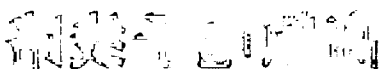
北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是面向 21 世纪高等职业教育的教材。全书共 9 章, 内容包括: 绪论、高频电路基础知识、高频小信号放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、幅度调制与解调电路、角度调制与解调电路、锁相环路与频率合成技术、高频电子电路应用。

本书在选材和论述方面注重基本概念和实际应用, 第 3 章~第 8 章每个章节都安排了实训项目, 有利于学生加深对高频电子线路知识的理解和提高学生的实践能力, 同时每个章节都安排了一定数量的习题。

本书可作为高职高专院校电子信息工程、通信工程等专业的教材, 也可供相关专业工程技术人员参考。



图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路/李福勤, 杨建平主编. —北京: 北京大学出版社, 2008. 1

(21 世纪全国高职高专电子信息系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-12386-7

I. 高… II. ①李…②杨… III. 高频—电子电路—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 083346 号

书 名: 高频电子线路

著作责任者: 李福勤 杨建平 主编

策划编辑: 徐 凡 赖 青

责任编辑: 徐 凡 李娉婷

标准书号: ISBN 978-7-301-12386-7/TM·0010

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 北京飞达印刷有限责任公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 270 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

随着电子、电信技术的飞速发展，高频电子线路的应用也越来越广泛，高频电子线路理论也不断地得到充实和发展。为了更好地适应新形势下我国高职高专教育发展的需要，我们编写了《高频电子线路》教材。该教材可供电子、通信类专业使用，也可供相应工程技术人员参考。

高频电子线路是一门理论性、实践性都很强的课程，其先修课程为电路基础、模拟电子线路等。结合高职高专教学的特点，在教材编写过程中，我们力求简单明了，尽量减少复杂烦琐的理论推导，在强调基本概念的基础上，以常用基本电路为对象进行基础理论分析和实际应用介绍，做到理论与实际相结合；同时，结合当前电子技术的发展，重点介绍了集成电路在具体电路中的应用。章后安排了实训项目，以便更好地帮助读者掌握对高频电子线路的性能分析，加深对高频电子线路的工作原理和电路调试方法的理解。

本书由李福勤、杨建平任主编。第1章由丽水职业技术学院叶战波编写，第2章和第4章由河南机电高等专科学校李福勤编写，第3章和第6章由兰州工业高等专科学校杨建平编写，第5章由辽宁信息职业技术学院刘桂敏编写，第7章由重庆正大软件职业技术学院唐明良编写，第8章由河南职业技术学院屈芳升编写，第9章由河南机电高等专科学校闵茹编写。全书的实训内容由河南机电高等专科学校杨其锋编写。

由于作者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2007年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 信息技术	1
1.2 通信系统	3
1.2.1 通信的含义	3
1.2.2 无线电的传播途径	3
1.2.3 无线通信系统的组成	6
1.3 小结	9
1.4 习题	9
第2章 高频电路基础知识	11
2.1 高频电路中的元器件	11
2.1.1 高频电路中的无源器件	11
2.1.2 高频电路中的有源器件	12
2.2 天线	12
2.2.1 天线的作用及分类	12
2.2.2 对称天线和单极天线	14
2.2.3 抛物面天线和微带天线	14
2.3 放大电路内部噪声的来源和特点	16
2.3.1 电阻的热噪声	16
2.3.2 晶体三极管的噪声	17
2.3.3 场效应管的噪声	18
2.4 噪声系数	18
2.4.1 噪声系数的定义	18
2.4.2 噪声系数的表示	18
2.5 小结	19
2.6 习题	19
第3章 高频小信号放大器	20
3.1 概述	20
3.2 高频小信号放大器的功能	20
3.2.1 高频小信号放大器的分类	20
3.2.2 高频小信号放大器的主要性能指标	21
3.3 分析小信号放大器的有关知识	22

3.3.1 串并联谐振回路的特性	22
3.3.2 双口网络的Y参数	27
3.4 小信号谐振放大器	28
3.4.1 单级单调谐放大器	28
3.4.2 多级单调谐放大器	31
3.4.3 双调谐回路谐振放大器	33
3.4.4 集中选频放大器	34
3.4.5 谐振放大器的稳定性	39
3.5 小结	41
3.6 实训：高频小信号谐振放大器	42
仿真	42
3.7 习题	44
第4章 高频功率放大器	46
4.1 概述	46
4.1.1 高频功率放大器的功能	46
4.1.2 高频功率放大器的技术指标	46
4.1.3 高频功率放大器的分类	47
4.2 高频功率放大器	47
4.2.1 谐振功率放大器的基本原理	47
4.2.2 谐振功率放大器的工作状态分析	52
4.2.3 谐振功率放大器电路	56
4.2.4 非谐振功率放大器	63
宽频带功率合成	63
4.3 倍频器	68
4.3.1 丙类倍频器	68
4.3.2 参量倍频器	69
4.4 高频功率放大电路	71
印制电路板(PCB)设计	71
4.5 功放管的工作特性	73
4.6 小结	75
4.7 实训：高频谐振功率放大器的	76
仿真	76
4.8 习题	78

第 5 章 正弦波振荡器	80	6.8 习题	121
5.1 概述	80	第 7 章 角度调制与解调电路	123
5.2 反馈振荡器的工作原理	80	7.1 概述	123
5.2.1 起振条件和平衡条件	81	7.2 角度调制	123
5.2.2 稳定条件	81	7.2.1 调频信号的数学分析	123
5.2.3 正弦波振荡电路的基本组成	82	7.2.2 调相信号的数学分析	125
5.3 LC 正弦波振荡器	83	7.2.3 调角信号的频谱和 · 频谱宽度	127
5.3.1 三点式振荡电路	83	7.3 调频电路	129
5.3.2 改进型电容三点式 · 振荡电路	85	7.3.1 直接调频电路	130
5.4 石英晶体振荡器	86	7.3.2 间接调频电路	132
5.4.1 石英谐振器及其特性	86	7.4 调角波的解调	134
5.4.2 石英晶体振荡电路	87	7.4.1 相位检波电路	134
5.5 小结	88	7.4.2 频率检波电路	137
5.6 实训: 正弦波振荡器的仿真	89	7.5 自动频率控制	141
5.7 习题	90	7.5.1 AFC 电路的功能	141
第 6 章 幅度调制与解调电路	92	7.5.2 AFC 的应用	141
6.1 概述	92	7.6 小结	142
6.1.1 振幅调制电路	92	7.7 实训: 三管调频发射机的制作	143
6.1.2 振幅解调电路	92	7.8 习题	145
6.1.3 混频电路	93	第 8 章 锁相环路与频率合成技术	146
6.2 幅度调制电路	95	8.1 锁相环路	146
6.2.1 普通调幅分析	95	8.1.1 锁相环路的构成和 · 基本原理	146
6.2.2 双边带调幅分析	99	8.1.2 锁相环路的数学模型和 · 基本方程	148
6.2.3 单边带调幅分析及 · 实现模型	102	8.1.3 锁相环路的锁定、 · 捕捉和跟踪特性	152
6.3 幅度解调电路	104	8.1.4 集成锁相环路	152
6.3.1 二极管包络检波电路	104	8.2 锁相鉴频和锁相调频	154
6.3.2 同步检波电路	107	8.2.1 锁相鉴频电路	154
6.4 混频器	109	8.2.2 锁相调频电路	156
6.4.1 混频电路	110	8.3 频率合成技术	156
6.4.2 混频干扰	113	8.3.1 直接频率合成	158
6.5 自动增益控制	114	8.3.2 间接频率合成	158
6.5.1 AGC 电路的功能	115	8.3.3 直接数字式频率 · 合成器	161
6.5.2 AGC 电压产生与 · 实现 AGC 的方法	115	8.4 锁相环应用举例	162
6.6 小结	118	8.5 小结	164
6.7 实训: 幅度调制与解调电路 · 仿真	119	8.6 实训: 频率合成器的制作	164

8.7 习题	166	9.5 常用射频发射模块与接收模块	175
第9章 高频电子电路应用	167	9.5.1 常用射频发射模块应用举例	176
9.1 发射机电路工作原理	167	9.5.2 常用射频接收模块应用举例	177
9.2 接收机电路工作原理	169	参考文献	179
9.3 制作 49.67MHz 窄带调频发射器举例	172		
9.4 制作 49.67MHz 窄带调频接收器举例	173		

第 1 章 绪 论

1.1 信息技术

1. 信息

从哲学意义上来看,信息是自然界、人类社会、人类思维活动中普遍存在的一切物质和事务的属性。信息是具有价值性、实效性和经济性,可以减少或消除事务不确定性的消息、情报、资料、数据和知识。信息理论的创始人香农说:“信息是用以消除不确定性的东西”。

信息不同于知识。知识是认识主体所表述的信息,是序化的信息,而并非所有的信息都是知识。

信息不同于消息。消息只是信息的外壳,信息则是消息的内核。消息是通过一定的语言、文字、图形和符号等形式表现出来的客观存在的事实。但是,并不是说所有的图形和符号都是信息。事实上,只有经过使用者选择、加工并对实体运动产生影响的数据、图形、色彩和符号等,才能称为信息。

信息不同于数据。数据是记录信息的一种形式,是记录客观事实的符号。数据并不只是数字,所有用来描述客观事实的语言、文字、图画和模型都是数据。同样的,信息也可以用文字或图像来表述。信息是人们对数据的解释,或者说是数据的内在含义。根据这个定义,那些能表达某种含义的信号、密码、情报、消息都可概括为信息。信息是经过加工后的数据,它会对接收者的行为和决策产生影响,它对决策者增加知识具有现实的或潜在的价值。信息是经过加工以后的数据的概念。

数据与信息的转换过程,如图 1.1 所示。数据和信息的概念是相对的,对于第一次加工所产生的信息,可能成为第二次加工的数据。同样,第二次加工得到的信息可能成为第三次加工的数据。

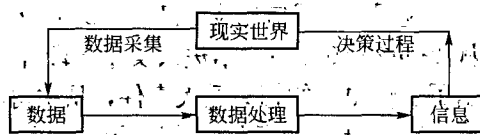


图 1.1 数据与信息转换过程

2. 信息技术

1) 信息包括的内容

信源:即信息的发布者,也就是传者。

信宿:即接受并利用信息的人,也就是受者。

媒介:原意指中间物,可用以记录和保存信息并随后由其重现信息的载体,媒介与信息密不可分,离开了媒介,信息就不复存在,更谈不上信息的交流和传播。

信道:指信息传递的途径、渠道。信道的性质、特点将决定对媒介的选择,比如,在谈话中,传者如果是以声波为交流信道的,那么,声波信道的特性便决定了所选取的交流媒介只能是具有“发声”功能的物体、材料和技术手段。同样,如果是频道为信息传递

渠道的,其媒介选择只能是电子类的载体。

反馈:指受者对传者发出信息的反应,在传播过程中,这是一种信息的回流。传者可以根据反馈信息检验传播的效果,并据此调整、充实、改进下一步的行动。

2) 信息科学

以信息论和控制论为理论基础,与电子学、计算机科学和自动化技术等相结合,包含信息论、控制论、仿生学、人工智能、计算机和系统工程等方面的内容。简而言之,信息科学是一门以信息为对象,以研究信息本质及其运动规律为内容,以信息科学方法论为方法,以扩展人类信息功能为目的的科学。

3) 信息技术

应用信息科学原理和方法同信息发生关系的技术。具体地说,是指有关信息的产生、识别、提取、变换、存储、传递、处理、检索、检测、分析、决策、控制和利用的技术。信息技术可能是机械的,也可能是激光的;可能是电子的,也可能是生物的。只要它确实可以增强、扩展或延伸人的某种信息功能,就是信息技术。信息技术虽然各式各样,但主要以传感技术、通信技术和计算机技术为主。传感技术的任务是延长人的感觉器官收集信息的功能;通信技术的任务是延长人的神经系统传递信息的功能;计算机技术则是延长人的思维器官处理信息和决策的功能。

4) 信息化社会

在国民经济和生活的各个领域越来越广泛、越来越普遍地使用信息技术和信息方法来开发和利用各种各样的信息资源,并以此为手段来进一步开发和利用物质资源和能量资源,从而不断地把社会的精神文明和物质文明推向历史的新水平,推动社会的进步,即信息化社会时代。信息科学与技术电子技术特别是通信、计算机领域对社会已经产生深刻的影响。

3. 信息技术在电子通信领域的特点及应用

电子通信的特点是快速、准确、保密性强,因而得到了飞速发展和广泛的应用。信息技术的发展依赖于电子通信技术的发展,实现社会信息化的关键是各种计算机和电子通信的发展和应用,电子信息技术已经广泛地应用于国民经济、国防建设乃至家庭生活的各个方面。从19世纪40年代通信进入实用阶段开始,近几十年来通信技术得到了飞速发展。下面展示了通信史中的相关重大事件,从中可清楚地看到电子通信的发展过程及应用情况。

1834年,高斯与韦伯制造出电磁式电报机;

1837年,库克与惠斯登制造成电报机;

1838年,莫尔斯发明有线电报;

1842年,实现莫尔斯电报通信;

1864年,麦克斯韦提出电磁辐射方程;

1876年,贝尔发明电话;

1896年,马可尼发明无线电报;

1906年,发明真空管;

1918年,调幅无线电广播、超外差接收机问世;

1925年,开始采用三路明线载波电话、多路通信;

1936年,调频无线电广播开播;

1937年,发明脉冲编码调制原理;

1938年,电视广播开播;

1940~1945年,“第二次世界大战”刺激了雷达和微波通信系统的发展;

1948年,发明晶体管,香农提出了信息论;

1950年,时分多路通信应用于电话;

1956年,敷设越洋电缆;

1957年,发射第一颗人造卫星;

1958年,发射第一颗通信卫星;

1960年,发明激光技术;

1961年,发明集成电路;

1962年,发射第一颗同步通信卫星,脉冲编码调制进入实用阶段;

1960~1970年,彩色电视问世、阿波罗宇宙飞船登月、数字传输的理论和技術得到迅速发展,出现高速数字电子计算机;

1970~1980年,大规模集成电路、商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信系统、微处理机等迅速发展;

1980年以后,超大规模集成电路、长波长光纤通信系统广泛应用,互联网崛起;

1990年以后,卫星通信、移动通信、光纤通信等进一步发展,DTV(清晰度电视)、HDTV(高清晰度电视)不断成熟,GPS(全球定位系统)广泛应用。

1.2 通信系统

1.2.1 通信的含义

人类在生活、生产等社会活动中总是伴随着消息(或信息)的传递,这种传递消息(或信息)的过程称为通信(Communication)。在远古时代,人类就用消息树、旌旗、烽火台、驿站等进行简单的消息(或信息)传递,这是远古时代的通信。在人类开始认识和使用电能的同时,便开始利用电信号进行消息的传递。1837年,莫尔斯发明电报机,并设计了莫尔斯电码;1876年,贝尔发明电话机。这样,利用电磁波不仅可以传输文字,还可以传输语音,由此大大加快了通信的发展进程。1895年,马可尼发明无线电设备,从而开创了无线电通信发展的道路。如今无线电通信已把人类带入了信息化时代。无线电通信顾名思义就是借用“电”而不用“线”的通信方式,是利用“电磁场”把信息在空间传递的通信方式。这种通信方式具有迅速、准确、可靠的特点,几乎不受时间、地点、距离的限制。随着电子技术的飞速发展,无线通信技术也进入了一个崭新的时代。它已从早期的电报、广播、电视等发展到无线电导航、移动通信、卫星广播、近代防空雷达、遥测、遥感、太空探测等各个技术领域。

1.2.2 无线电的传播途径

1. 无线电波的传播方式

无线电波在空间的传播是十分复杂的,按传播的途径大致可分为以下四种(见图1.2)。

地波：沿地表面传播的无线电波。

天波：由电离层反射传播的无线电波，也称电离层反射波。

直接波：从发射天线出发直接(即不经过反射、绕射等)到达接收天线的无线电波。

地面反射波：从发射天线出发，经地面反射到达接收天线的无线电波。

总之，如果发射无线电波的导体结构(即天线)适合于将电磁场暴露在空间，而且送到天线的电流频率足够高，那么天线的高频能量就会“飞”离天线，以交变电磁场的形式向空间传播。

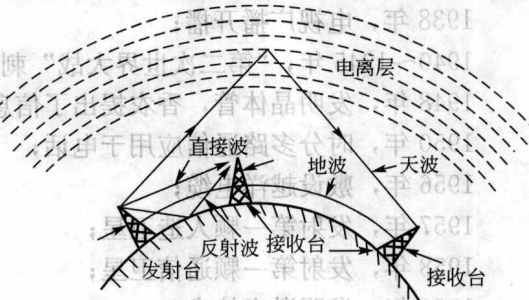


图 1.2 无线电波的传播方式

2. 无线电波的波段划分及各波段传播特性

尽管无线电波是电磁波的一部分，但由于频率范围很宽，不同频段的无线电波特性也不完全一样。通信通常分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等，这样就有必要对电波按照频率或波长进行分类。表 1-1 是我国在 1982 年 9 月颁布的无线电频段和波段及使用说明。

表 1-1 无线电频段和波段及使用说明

频段名称	频率范围	波段名称	波长范围	传输媒介	用途
甚低频 (VLF)	3~30kHz	甚长波	$10^4 \sim 10^8 \text{ m}$	有线线对、长波无线电	音频、电话、数据终端长距离导航、时标、水下通信、声呐
低频 (LF)	30~300kHz	长波	$10^3 \sim 10^4 \text{ m}$	有线线对、长波无线电	导航、时标、电力线通信、越洋通信、水下通信、地下岩层通信
中频 (MF)	300~3000kHz	中波	$10^2 \sim 10^3 \text{ m}$	同轴电缆、短波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电、海事通信、测向、遇险求救、海岸警卫
高频 (HF)	3~30MHz	短波	$10 \sim 10^2 \text{ m}$	同轴电缆、短波无线电	移动电话、短波广播、军事通信、业余无线电、气象、石油、地质、航海、救灾、移动通信
甚高频 (VHF)	30~300MHz	米波	$1 \sim 10 \text{ m}$	同轴电缆、米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆通信、导航、雷达、警用通信、飞机通信
特高频 (UHF)	300~3000MHz	分米波	$1 \sim 10 \text{ dm}$	波导、分米波无线电	微波接力、卫星空间通信、雷达、电视、无线电探空仪、导航、GPS、无线电高度计
超高频 (SHF)	3~30GHz	厘米波	$1 \sim 10 \text{ cm}$	波导、厘米波无线电	公用陆地移动通信、无线电测高
极高频 (EHF)	30~300GHz	毫米波	$1 \sim 10 \text{ mm}$	波导、毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学、卫星通信、移动通信、铁路业务
至高频	300~3000GHz	丝米波	$1 \sim 10 \text{ 丝米}$	光纤、激光空间传播	光通信

3. 各波段电波传播特性

1) 电离层的概况

在地球表面 70~300km 的高空，存在着一个天然的“反射层”。这里空气稀薄，气体分子或原子被太阳辐射的紫外线和 X 射线电离，形成自由电子和离子。它们像云层一样笼罩着大地，这就是电离层。电离层还可以分成几层，图 1.3 所示的就是电离的分层情况。

自下而上称为 D 层、E 层、F 层。F 层在白天又可分为 F1、F2 两层。在夜间，D 层消失，E 层的密度也降低，而 F1 和 F2 层合并成 F 层。F2 层电子密度最大，F1 层、E 层、D 层依次减小。长波段无线电波到达 D 层就被反射回来；中波段到达 E 层就会被反射回来；而短波无线电波可以穿过 D 层、E 层，然后由 F 层反射回来。

2) 中波、短波的传播

(1) 中波的传播：中波波段是国内广播用的主要波段。在白天，由于电离层 D 层的强烈吸收作用，中波经过 D 层时损耗很大，不可能由电离层反射传播而主要靠地波传播。到了晚上，D 层消失，中波可以经由 E 层反射传播到比较远的地方去。所以晚上可以收听到远处外地的中波广播电台，而白天只能收到本地或邻近省市的广播电台。

(2) 短波的传播：短波的波长较短，碰到 F 层就会被反射回来。当它通过 E 层时会有些损耗，波长越长损耗越大，尤其在白天，E 层密度大，对短波的低频段有很强烈的吸收，只有短波的中、高频段的电波才能穿过 D 层、E 层，被 F 层反射回来，所以两地之间如果用短波进行通信，白天要用较高的频率，晚上要用较低的频率才行。不但电离层能够反射短波段无线电波，地球表面同样也能够反射。这样，由电离层反射回地球的电波，会再一次被地面反射到电离层。经过这样交替反射，使短波无线电波可以传播到很远的地方，有时竟能绕地球几周。地球与电离层反射短波的情况，如图 1.4 所示。

但是在有些地区，地波由于传播过程中逐渐被损耗而到达不了，天波通过电离层反射却又落在更远的地方，在这个地区天波和地波都收不到，这个地区称为“静区”或“寂静区”，如图 1.5 所示。

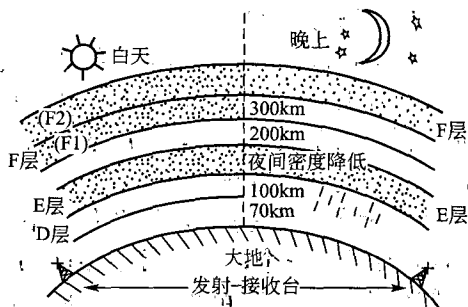


图 1.3 电离的分层情况

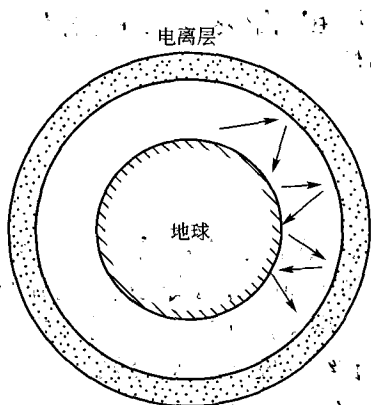


图 1.4 地球与电离层反射短波的情况

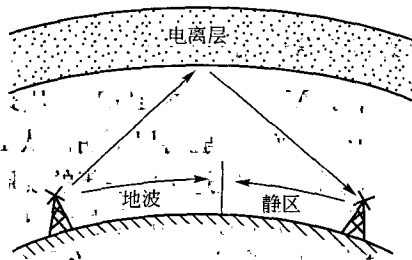


图 1.5 “静区”示意图

3) 超短波的传播

超短波波段的无线电波入射到电离层时, 会直接穿过电离层不能返回地面。因此, 只能依靠地波在“视距”内传播, 即在看得见的范围内沿直线传播。电视广播和微波通信就是这样。由于频率高了, 所以地波的损耗也增大了。要想把超短波传到很远的地点, 必须设置一系列“中继站”或“接力站”, 把信号一站一站地传过去。这样的中继站一般每隔 50km 要设置一个, 而且常用很高的铁塔或山头使得传播的距离可以远些, 如图 1.6 所示。电视台的发射天线一般高达 100m 以上。



图 1.6 微波中继站

在超短波的传播上, 有时会出现一种令人奇怪的现象——电波会传播到几百千米、甚至几千千米以外, 这种异常传播的原因大致有以下几个方面。

(1) 分散 E 层的反射: 在夏季的白天, 电离层中的 E 层下部, 常常会产生分散 E 层, 叫 Es 层。Es 层可以反射超短波, 如图 1.7 所示。

(2) 散射: 对流层中的不均匀体可能对超短波产生散射作用, 如图 1.8 所示, 其中一部分返回地面。

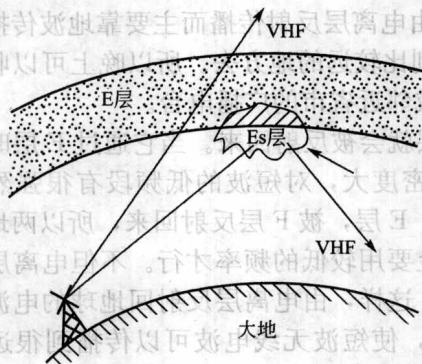


图 1.7 分散 E 层的反射



图 1.8 散射

(3) 其他原因: 山岭的反射、衍射、大气波导传播等。

4) 微波的传播

微波的传播与光的传播相似。它可以领先地波在“视距”内传播, 常用来作地面对空中物体、空中物体之间通信、卫星通信、宇宙飞船的通信等。

1.2.3 无线通信系统的组成

1. 无线通信概况

麦克斯韦(Maxwell)在 1861 年从理论上预言了电磁波的存在, 通过 1888 年赫兹(Hertzh)的火花放电实验得以证明。从 1896 年马可尼(Marconi)的无线通信实验开始, 出现了无线通信技术, 经过 100 多年的发展逐步涉及陆地、海洋、航空、航天等固定和移动无线通信领域。现在的无线通信技术已相当成熟, 并还在继续发展。从无线通信发展全过程来看, 无线通信的发展大致经历了三个重要阶段: ①20 世纪 20~30 年代的短波通信; ②50~70 年代的微波接力通信(含卫星通信); ③80 年代到现在的蜂窝移动通信。从无线

通信方式的发展来看,由节点通信发展到干线传输方式,以至将交换、无线传输和用户终端综合在一起组成的系统以“网”的概念来进行传输的通信方式,而承载的电信业务;则是由电话语音的传输发展到数据的传输,以至图像的传输。

2. 无线通信系统的基本组成模式

通信中要进行消息的传递,必须有发送者和接收者,发送者和接收者可以是人也可以是各种通信终端设备。换句话说,通信可以在人与人之间,也可以在人与机器或机器与机器之间进行。一般通信系统必须要有三大部分:一是发送端,二是接收端,三是传输媒介,如图 1.9 所示。



图 1.9 通信系统的一般模型

信息源(简称信源)是信号的发源地。信源一般有模拟信源和离散信源之分。模拟信源输出的信号在时间和幅度上都是连续的,如语音、图像以及模拟传感器输出的信号等。离散信源的输出是离散的或可数的,如符号、文字以及脉冲序列等。离散信源又称为数字信源。模拟信源可以转换为数字信源,它是通过把模拟信号进行抽样、量化、编码而变为数字信号的。一般把信源输出的信号称为基带信号。

发送端由信源和发送设备组成。发送设备是发送端的重要部分,它的功能是将信源和传输媒介连接起来,将信源输出的信号变为适合于信道传输的信号形式。变换的方式很多,采用什么样的变换方式则要根据信号类型、传输媒介和质量要求等决定。有时则可以将电信号直接送于媒介传送,有时要进行频谱搬移。在需要搬移时,调制则是最常用的一种频谱搬移方式。

接收端由接收设备和收信者(也称信宿)组成。接收设备的功能是将收到的信号变换成与发送端信源发出的消息完全一样的或基本一样的原始消息。显然接收设备应该是发送设备的反变换。收信者是信息的终点。一般情况下收信者需要的消息应和发信者发出的消息类型一样。对于收信者和发信者来说,不管中间经过什么样的变换和传输,都不应该将二者所传递的消息改变。收到和发出的消息的相同程度越高,通信系统性能越好。

3. 无线电发射机的基本组成

在无线电广播和通信中,声音、图像以及其他需要传送的信息都是“运载”在高频电振荡上,通过天线发送出去的。这里,用来产生高频电振荡,把所要传送的信号“运载”在高频电振荡上,并使高频电振荡具有足够大功率的无线电设备称为发射机。一部无线电波发射机,大体上由振荡、调制、放大三个基本部分组成,如图 1.10 所示。

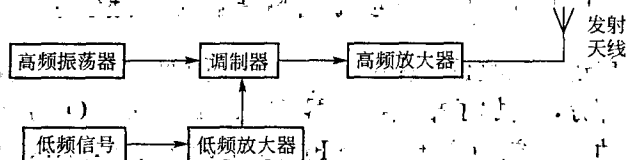


图 1.10 发射机的基本组成框图

图 1.11 是一个间接调频发射机组成框图。该电路的调制信号 V_s 经 RC 积分网络后, 加到调相电路中, 对石英晶体振荡器 (简称晶振) 产生的高稳定的载频 V_c 进行调相, 再经过倍频、功率放大后, 送到发射天线上变为电磁波发送出去。

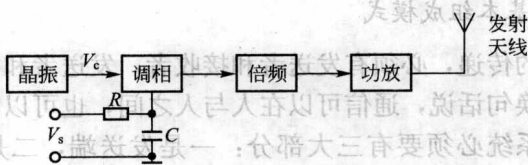


图 1.11 间接调频发射机组成框图

4. 无线电接收机的基本组成

各种无线电发射机向空中辐射的电磁波都会在接收天线上感应出信号电动势。无线电接收机的任务就是从这许许多多的电台中把所需的信号选择出来, 进行放大并变换成为低频信号 (要接收电台的低频调制信号), 以推动受话器、扬声器或其他终端设备。无线电接收机种类很多, 通常一般根据对信号的调制方式分为调幅和调频接收机; 根据对高频信号的处理方式, 分为直接放大式接收机和超外差式接收机。

1) 调幅接收机

直接放大式就是把接收到的高频信号直接进行放大, 再送到检波器进行检波。这种接收机电路简单、成本低, 但性能差, 目前采用较少, 在简单的收音机和某些接收距离较近、要求不严格的简易接收机中, 还有一定的应用。图 1.12 是直接放大式接收机的组成框图。

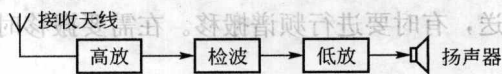


图 1.12 直接放大式接收机组成框图

近代接收机大多采用超外差式。它是把接收到的高频信号放大后经过“混频器”转换成固定频率的中频信号, 由中频放大器进行放大, 再送到检波器去检波。这种接收机电路比较复杂, 却具有良好的接收性能。图 1.13 是超外差双边带调幅小信号接收机的组成框图。

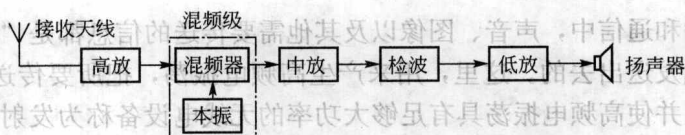


图 1.13 超外差双边带调幅小信号接收机组成框图

还有一种超外差单边带接收机, 在中频放大以前同双边带调幅接收机基本上是一样的, 主要差异在解调部分, 增加了拍频振荡器 (Beat-Frequency Oscillation, BFO), 还增加了乘积检波器和自动频率控制 (Automatic Frequency Control, AFC) 电路, 再加以自动增益控制 (Automatic Gain Control, AGC) 电路, 以保证不失真地稳定地还原单边带信号

中所包含的信息。图 1.14 是超外差单边带调幅波接收机解调组成框图。

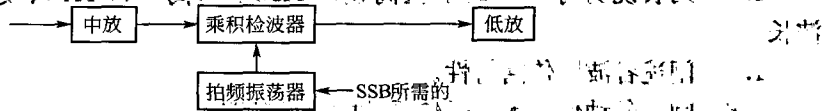


图 1.14 超外差单边带调幅波接收机解调组成框图

2) 调频接收机

图 1.15 是超外差调频收音机组成框图及其相应的波形。

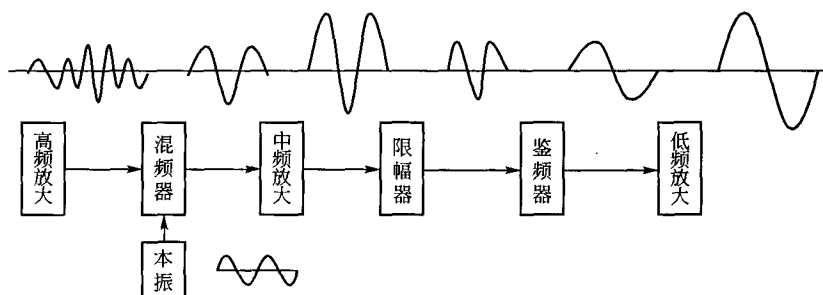


图 1.15 超外差调频收音机组成框图及其相应波形

图中除了包含有本机振荡器，混频器，中频放大器外，它与调幅收音机的差别在于多了一个限幅器，并且鉴频器代替了线性检波器。在一些功能完善的调频接收机中还加有噪声抑制电路和自动频率控制电路等。其中鉴频器是关键部分，其他几部分电路在要求不严的条件下也可省掉。另外，因为调频信号是用超短波传播的，所以高频放大和本机振荡的频率都很高。又因为调频信号的频率变化很大，一般最大可达 $150 \sim 200 \text{ kHz}$ ，所以中频信号比调幅收音机的高得多，一般都采用 $5 \sim 11 \text{ MHz}$ ，我国现在一般电视接收机伴音中频就是 6.5 MHz ，调频广播接收机中频为 10.7 MHz ，调频收音机收到调频波后，经过混频和中频放大，送到限幅器和鉴频器。鉴频器输出的音频信号加到低频放大器放大，推动扬声器发出声音。

1.3 小 结

本章主要介绍了信息、通信的含义，阐述信息与知识、消息、数据的区别；什么是信息技术和信息化；在当今无线电通信已把人类带入了信息化时代的环境下，重点述说了无线电的传播途径；各波段电波传播特性；无线通信系统的组成。

1.4 习 题

- 1.1 解释信息、信息技术、通信、信息化社会的含义。
- 1.2 信息与知识、消息、数据有什么区别？

1.3 画图说明无线电波的传播方式。

1.4 列表说明高频(HF)、甚高频(VHF)、特高频(UHF)、超高频(SHF)的频段和波长。

1.5 阐述各波段传播特性。

1.6 阐述各种信号无线通信系统的组成模型。

1.7 简述无线电发射机的基本组成,画出框图结构。

1.8 简述无线电接收机的种类,画出组成结构图。

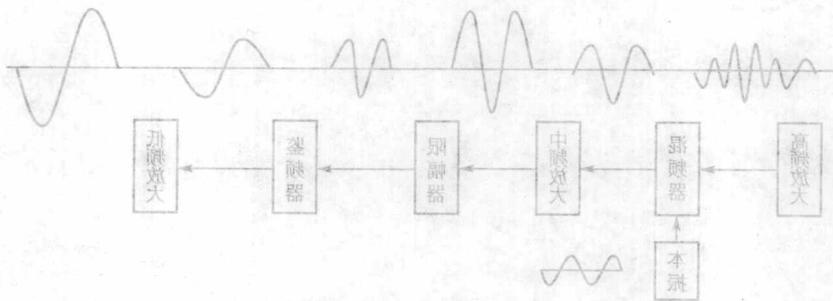


图 1.1.1 无线电接收机组成框图

无线电接收机的主要任务是接收无线电波,并将其转换成电信号,以便进行进一步的处理。接收机的主要组成部分包括:天线、匹配网络、带通滤波器、混频器、本机振荡器、检波器、音频放大器和扬声器。接收机的工作过程是:天线接收无线电波,通过匹配网络传输到带通滤波器,滤波器选出所需的频率成分,然后进入混频器,与本机振荡器产生的信号进行混频,产生中频信号。中频信号经过检波器检波,提取出音频信号,最后经音频放大器放大,由扬声器发出声音。

1.3 小结

本章主要介绍了无线电波的传播特性、高频、甚高频、特高频、超高频的频段和波长、各波段的传播特性、各种信号无线通信系统的组成模型、无线电发射机的基本组成和框图结构、无线电接收机的种类和组成结构图。

1.4 习题

1.1 画图说明无线电波的传播方式。
1.2 列表说明高频(HF)、甚高频(VHF)、特高频(UHF)、超高频(SHF)的频段和波长。