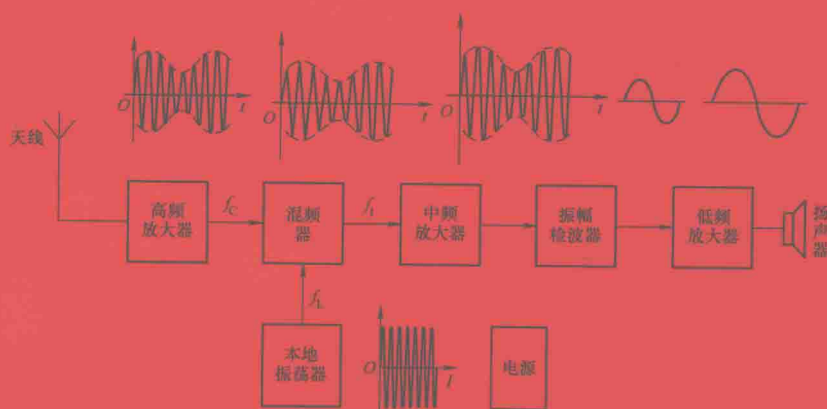




高频电子技术

主 编 杨 光 赵 锋
副主编 杨炳方 翟凤潇
井 群



框 架 设 计 创新课程体系，优化课程内容，编写形式新颖！

专业针对性 强化核心技能，适应工程需求，执行最新标准！

内 容 实 例 提供案例分析，重视实操训练，紧贴企业实际！

卓越系列·21世纪高职高专精品规划教材

高频电子技术

主 编 杨 光 赵 锋
副主编 杨炳方 翟凤潇
井 群

内 容 简 介

本书较为详细地介绍了高频电子技术的基本原理和分析方法,引入了一些较新的内容,注意理论联系实际。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。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。全书共分为七章,包括绪论,高频小信号放大器,高频功率放大器,正弦波振荡器,振幅调制、解调与混频电路,角度调制与解调电路,锁相环路与频率合成技术,各章均附有实训和习题,便于读者使用本书。

本书可供高职高专电子、通信类专业使用,也可供相应的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子技术/杨光,赵锋主编. —天津:天津大学出版社,2013.5

(卓越系列)

21 世纪高职高专精品规划教材

ISBN 978 - 7 - 5618 - 4694 - 0

I. ①高… II. ①杨… ②赵… III. ①高频—电子电路—高等教育—教材 IV. ①TN710.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 112269 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022 - 27403647

网 址 publish. tju. edu. cn

印 刷 河北省昌黎县思锐印刷有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 11.25

字 数 281 千

版 次 2013 年 6 月第 1 版

印 次 2013 年 6 月第 1 次

定 价 28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

随着电子、电信技术的飞速发展,高频电子线路也被越来越广泛地应用,高频电子线路理论也不断得到充实和发展。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《高频电子技术》一书。本教材可供电子、通信类专业学生使用,也可供相应的工程技术人员参考。

高频电子技术是一门理论性、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。各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。

全书共七章。第1章为绪论,简要介绍无线电通信系统的组成和工作原理以及波段的划分和传播方式;第2章为高频小信号放大器,主要介绍小信号谐振放大器的工作原理及集中选频放大器的组成;第3章为高频功率放大器,主要讨论丙类谐振功率放大器的工作原理、电路和传输变压器及宽带高频功率放大器的工作原理;第4章为正弦波振荡器,主要介绍LC振荡器和晶体振荡器;第5章为振幅调制、解调与混频电路,主要介绍频谱线性搬移电路的基本原理、实现电路模型以及常用的调幅、检波和混频电路;第6章为角度调制与解调电路,主要介绍频率调制、解调原理及实用调频和鉴频电路;第7章为锁相环路与频率合成技术,主要介绍锁相环路工作原理、应用和频率合成技术,自动增益控制电路和自动频率控制电路只作简单介绍。

另外,本书编写过程中还注意将理论讲授、课堂讨论、自学、作业等教学环节有机结合,以充分调动学生的学习积极性和主动性。所以,每章编有小结和习题,习题内容力求突出本课程的重点和基本要求,并注意到与工程应用相结合。

本书由杨光、赵锋担任主编,杨炳方、翟凤潇、井群担任副主编。其中第2、7章由焦作大学杨光编写,第1、4章由焦作大学赵锋编写,第3章由焦作大学杨炳方编写,第6章及附录由郑州轻工业学院翟凤潇编写,第5章及全书各章仿真实训由石河子大学井群编写。

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

2013年1月

目 录

第1章 绪 论

1.1 无线电通信系统概述	(1)
1.1.1 无线电通信发展简史	(1)
1.1.2 通信系统的组成	(2)
1.1.3 无线通信系统分类	(2)
1.2 无线电通信原理	(3)
1.2.1 发送设备的基本工作原理	(3)
1.2.2 接收设备的基本工作原理	(4)
1.3 波段的划分和传播方式	(5)
1.3.1 电磁波的划分	(5)
1.3.2 无线电波的基本传播方式	(6)
1.4 本课程特点	(6)

第2章 高频小信号放大器

2.1 概述	(8)
2.2 高频小信号放大器的分类与性能指标	(8)
2.2.1 高频小信号放大器的分类	(8)
2.2.2 高频小信号放大器的主要性能指标	(8)
2.3 分析小信号放大器的有关知识	(10)
2.3.1 串并联谐振回路的特性	(10)
2.3.2 晶体管高频等效电路双口网络的 Y 参数	(16)
2.4 小信号谐振放大器	(18)
2.4.1 单级单调谐放大器	(18)
2.4.2 多级单调谐放大器	(21)
2.4.3 双调谐回路谐振放大器	(22)
2.4.4 高频集成放大器	(23)
2.5 谐振放大器的稳定性	(24)
2.5.1 自激产生的原因	(24)
2.5.2 克服自激的方法	(25)
2.5.3 负反馈集成宽带放大器	(26)
2.5.4 高频小信号放大器实例	(27)
2.6 本章小结	(28)
2.7 实训:高频小信号谐振放大器仿真	(29)

第3章 高频功率放大器

3.1 概述	(33)
3.2 谐振功率放大器	(33)
3.2.1 谐振功率放大器的基本工作原理	(33)
3.2.2 谐振功率放大器的工作状态分析	(38)
3.2.3 直流馈电电路与匹配网络	(44)
3.3 宽带功率放大器与功率合成电路	(51)
3.3.1 传输线变压器	(51)
3.3.2 功率合成技术	(57)
3.4 倍频器	(60)
3.4.1 丙类倍频器	(60)
3.4.2 参量倍频器	(61)
3.5 本章小结	(63)
3.6 实训:高频谐振功率放大器的仿真	(64)

第4章 正弦波振荡器

4.1 概述	(69)
4.2 反馈振荡器	(69)
4.2.1 反馈振荡器的工作原理	(69)
4.2.2 平衡条件	(70)
4.2.3 起振条件	(71)
4.2.4 稳定条件	(72)
4.3 RC 正弦波振荡器	(73)
4.3.1 振荡电路分析步骤	(73)
4.3.2 RC 串并网络的频率特性	(74)
4.3.3 文氏桥正弦波振荡电路	(76)
4.4 LC 正弦波振荡器	(77)
4.4.1 LC 并联网络的选频特性	(77)
4.4.2 变压器反馈式 LC 正弦波振荡器	(78)
4.4.3 三点式振荡器的基本工作原理	(80)
4.4.4 电感三点式振荡器	(80)
4.4.5 电容三点式振荡器	(81)
4.4.6 改进型电容三点式振荡器	(83)
4.5 石英晶体振荡器	(83)
4.5.1 石英晶体的特性	(84)
4.5.2 典型应用电路	(85)
4.6 振荡器在常用家电中的应用	(86)
4.6.1 正弦波振荡器在电视机中的应用	(86)

4.6.2 正弦波振荡器在收音机中的应用	(87)
4.7 本章小结	(88)
4.8 实训:正弦波振荡器的仿真	(88)

第5章 振幅调制、解调与混频电路

5.1 概述	(93)
5.2 幅度调制电路	(93)
5.2.1 幅度调制电路概述	(93)
5.2.2 普通调幅方式	(94)
5.2.3 双边带调幅方式	(97)
5.2.4 单边带调幅方式	(98)
5.2.5 残留边带调幅方式	(100)
5.3 幅度解调电路	(101)
5.3.1 二极管包络检波电路	(101)
5.3.2 同步检波电路	(104)
5.4 混频电路	(106)
5.4.1 混频原理及特点	(106)
5.4.2 混频干扰	(107)
5.4.3 混频电路类型	(110)
5.5 本章小结	(113)
5.6 实训:幅度调制与解调电路的仿真	(114)

第6章 角度调制与解调电路

6.1 概述	(119)
6.2 角度调制	(119)
6.2.1 调频信号的数学分析	(119)
6.2.2 调相信号的数学分析	(120)
6.2.3 调频信号与调相信号的关系	(122)
6.2.4 调角信号的频谱和带宽	(123)
6.3 调频电路	(125)
6.3.1 直接调频电路	(125)
6.3.2 间接调频电路	(129)
6.3.3 扩展最大频偏的方法	(130)
6.4 调角波的解调	(131)
6.4.1 鉴频的特性与方法	(131)
6.4.2 斜率检波电路	(132)
6.4.3 相位检波电路	(135)
6.4.4 脉冲计数式鉴频器	(140)
6.5 自动频率控制	(141)

6.5.1	工作原理	(141)
6.5.2	应用举例	(141)
6.6	本章小结	(142)
6.7	实训:三管调频发射机的制作	(143)

第7章 锁相环路与频率合成技术

7.1	概述	(147)
7.2	锁相环路	(148)
7.2.1	锁相环路的构成和基本原理	(148)
7.2.2	锁相环路的数学模型和基本方程	(149)
7.2.3	锁相环路的锁定、捕捉和跟踪特性	(154)
7.3	集成锁相环路	(156)
7.3.1	数字集成锁相环 CD4046	(156)
7.3.2	双频锁相环 LMX2370	(157)
7.4	频率合成技术	(158)
7.4.1	频率合成器的主要技术指标	(158)
7.4.2	频率合成器的类型	(158)
7.4.3	集成频率合成器	(161)
7.5	锁相环应用举例	(162)
7.5.1	锁相调制与解调	(162)
7.5.2	频率变换电路	(164)
7.6	本章小结	(166)
7.7	实训:频率合成器的制作	(166)
参考文献		(169)

第1章 绪 论

人们在生活和生产等活动中需要将语言、文字、图像及数据等含有信息的信息,从一个地方传送到另一个地方,称之为通信。利用电信号实现信息传送过程的系统称为通信系统。高频电子线路是在高频段范围内实现特定电功能的电路。高频电路是通信系统,特别是无线通信系统的基础,是无线通信设备的重要组成部分。本书主要结合无线电通信这一方式讨论高频电路的线路组成和工作原理。

1.1 无线电通信系统概述

1.1.1 无线电通信发展简史

信息传输是人类社会生活的重要内容。从古代的烽火到近代的旗语,都是人们寻求快速远距离通信的手段。直到19世纪电磁学的理论与实践有了坚实的基础之后,人们开始用电磁能量来传送信息。

1837年,摩尔斯(Morse)发明电报,创造了摩尔斯电码,开始了通信的新纪元。

1864年,麦克斯韦(Maxwell)总结了前人的科学成果,提出电磁波学说。

1876年,贝尔(Bell)发明了电话,能够直接将语言信号变为电能沿导线传送。

1887年,德国科学家赫兹(Hertz)用一个振荡偶子产生了电磁波,在历史上第一次直接验证了电磁波的存在。

1895年,意大利科学家马可尼(Marconi)在赫兹实验的基础上,实现了远距离无线电信号的传送,这个距离在当时不过一百码,但一年后他就实现了船只与海岸的通信。

1901年,马可尼首次完成横渡大西洋的无线通信。

1904年,英国科学家弗莱明(Fleming)获得了一项专利,在专利说明书中描述了一个高频交变电流整流用的两极真空管,标志着人类进入无线电电子学时代。

1907年,美国科学家弗雷斯特(Forrest)发明了真空三极管,用它组成了具有放大、振荡、变频、调制、检波和波形变换等重要功能的电子线路,为现代千变万化的电子线路提供了“心脏”器件。因此,它是电子技术发展史上第一个重要里程碑。

1912年,英国科学家埃克斯(Eccles)提出了无线电波通过电离层传播的理论,这一理论使得一群业余爱好者在1921年实现了短波试验性广播;同年,美国的费森登(Fessenden)和阿姆斯特朗(Armstrong)改进了接收机的工作方式,发明了外差式接收系统,这种形式仍是目前许多无线电接收机的主要工作方式。

1938年,美国科学家香农(Shannon)指出,利用布尔(Boole)代数能对复杂的开关电路进行分析,电子科学中一个崭新的分支逐渐形成并发展起来。这就是电子计算机最初的理论。

1942年,开始研制电子数字积分计算机(Electronic Numerical Integrator and Computer,

ENIAC)。一般说来它才是真正的电子计算机。这台计算机直到 1946 年完成,主要是为美国陆军阿贝尔丁检验基地计算弹道而设计的,共用了 18 000 支真空管。

1948 年,第一支晶体管在贝尔电话实验室(Bell Telephone Laboratories)诞生,促成了电子技术小型化的发展,推动了固体物理和电子学的研究。晶体管出现后,无线电技术及电子学本身发生了巨大变化,并得到了长足的发展,这是电子技术发展史上第二个重要里程碑。

20 世纪 60 年代,中、大规模乃至超大规模集成电路的不断涌现,是电子技术发展史上第三个重要里程碑。

1959 年,美国科学家基尔比(Kilby)造出了世界上第一块集成电路。

1967 年,研制成大规模集成电路(Large Scale Integrated Circuit, LSI)。

1978 年,研制成超大规模集成电路(Very Large Scale Integrated Circuit, VLSI),从此电子技术进入了微电子技术时代。

无线电技术诞生后,对人类的生活和生产产生了非常深刻的影响。20 世纪初,首先解决了无线电报通信问题。接着又解决了用无线电波传送语言和音乐的问题,从而开展了无线电话通信和无线电广播。以后传输图像的问题也解决了,出现了无线电传真和电视。20 世纪 30 年代中期到第二次世界大战期间,为了防空的需要,无线电定位技术迅速发展和雷达的出现,带动了其他科学的兴起,如无线电天文学、无线电气象学等。20 世纪 50 年代以来,宇航技术的发展又促进了无线电技术向更高的阶段发展。

无线电技术的发展是从利用电磁波传输信息的无线电通信扩展到计算机科学、宇航技术、自动控制以及其他各学科领域的。

1.1.2 通信系统的组成

根据电信号传输媒质的不同,通信系统可以分为有线通信系统和无线通信系统。有线通信是指通过电线、电缆线、光缆线等有线媒质来传递信息。无线通信是指电信号利用电磁波的传播来完成信息的传输,如无线广播、移动通信、卫星通信均属无线通信。

任何通信系统都可以用图 1-1 来表示。



图 1-1 通信系统组成框图

- 1) 输入换能器:将传输的非电量信息(如声音、图像等)变换为电信号。
- 2) 发送设备:将电信号变换为适应于信道传输特性的信号并发送。
- 3) 信道:传输信息的通道,又称传输媒介。
- 4) 接收设备:与发送设备相反,接收并将接收到的信号恢复成与发送设备输入信号一致的信号。
- 5) 输出换能器:将电信号转变成原来传送的信号。

1.1.3 无线通信系统分类

无线通信系统的组成框图如图 1-2 所示。按照无线通信系统中关键部分的不同特性,无线通信系统有以下一些类型。

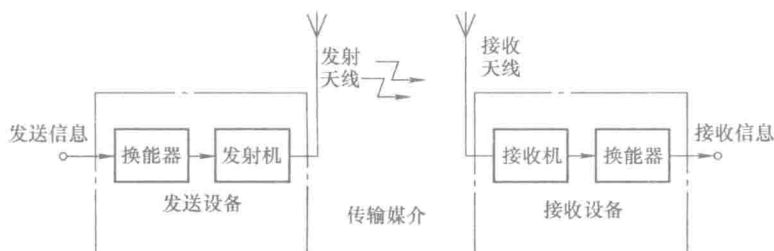


图 1-2 无线通信系统组成框图

1) 按照工作频段或传输手段分类,有中波通信、短波通信、超短波通信、微波通信和卫星通信等。

2) 按照通信方式分类,主要有(全)双工、半双工和单工方式。

3) 按照调制方式分类,有调幅、调频、调相以及混合调制等。

各种不同类型的通信系统,其系统组成和设备的复杂程度都有很大不同。但是组成设备的基本电路及其原理都是相同的,且遵从同样的规律。

1.2 无线电通信原理

以无线电通信调幅广播发射机、接收机为例来说明无线电工作原理与工作过程。

1.2.1 发送设备的基本工作原理

调幅式无线电广播发射机组成框图如图 1-3 所示。它由高频部分、低频部分和电源三大部分组成。由于电源对发射机的工作原理没有影响,故图中略去了这一部分。

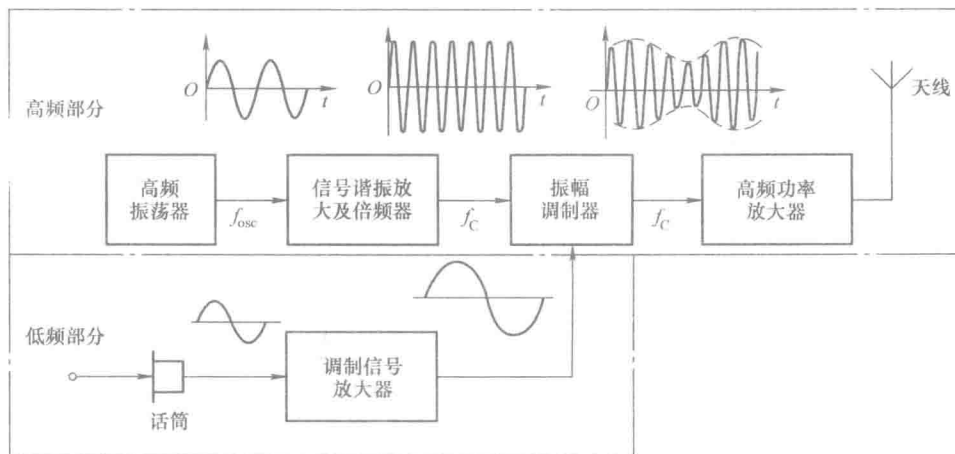


图 1-3 调幅式无线电广播发射机原理图

1. 低频部分

1) 话筒:作用是将声音变换为电信号,即音频信号,这种信号具有低通型频谱结构,故称为基带信号。

2) 调制信号放大器:也称为音频放大器或低频放大器。调制信号即基带信号,从话筒得到的电信号通常强度很小,只有几毫伏到零点几伏,不能满足调制器对调制信号的要求,需要经过调制放大器放大,以达到所需电平。

2. 高频部分

1) 高频振荡器:作用是产生高频的振荡信号,即载波信号。

2) 信号谐振放大及倍频器:振荡器产生的振荡信号往往还不能直接用做载波,要使振荡器的频率稳定度高,振荡器的频率就不能太高,所以需要使用倍频器把载波频率提高到所需的数值,然后再对载波信号放大,以得到频率较高、振幅较大的高频载波信号。

3) 振幅调制器:用调制信号对载波进行振幅调制。

4) 高频功率放大器:对经过调幅后的已调信号进行功率放大,保证输出信号有足够大的功率馈送到天线,由天线进行发射。输出信号的功率大小决定了信号传输距离的远近。

声音经过话筒转换为电信号,即产生基带信号,基带信号为低频信号,大多不适宜直接在信道中传输,必须先经过“调制”,然后再通过天线向空间以电磁波的形式将信息辐射出去。

所谓调制,就是在发送端将基带信号变换成适合信道传输的频带信号。它是利用基带信号去控制载波的幅度(或频率或相位),使载波的幅度(或频率或相位)随基带信号而变化,这里基带信号称为“调制信号”,调制后形成的信号称为“已调信号”。调制使载波振幅变换的称为“调幅”,使载波频率变换的称为“调频”,使载波相位变换的称为“调相”。在通信系统中,载波相当于“运载工具”,起装载和运输信号的作用,而调制信号才是真正需要传送的对象。

1.2.2 接收设备的基本工作原理

接收设备的工作过程是发送设备工作过程的逆过程,它的基本任务是将接收天线上感应的已调信号接收下来,并还原成原来的信号。

现代接收设备多采用超外差接收机的形式,如图 1-4 所示。

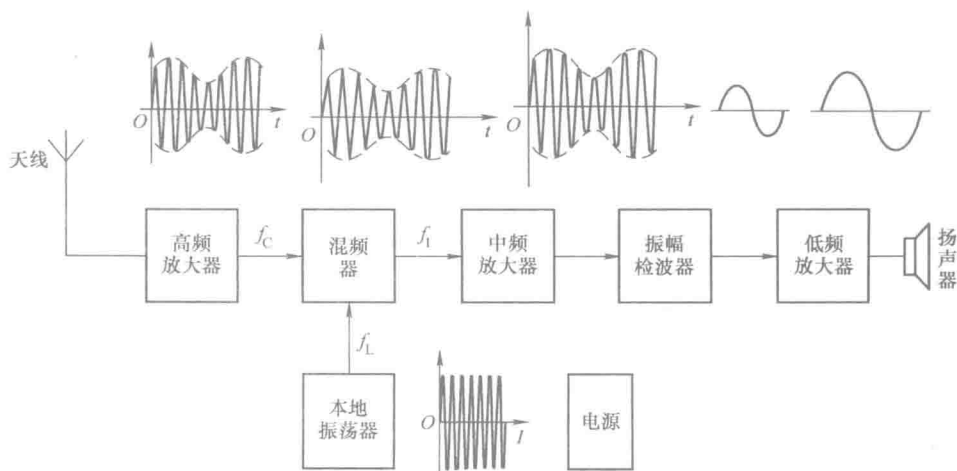


图 1-4 超外差式接收机原理图

超外差式接收机由高频放大器、本地振荡器、混频器、中频放大器、振幅检波器、低频放大器及扬声器等组成。

接收天线完成从空间接收信号,由高频放大器将谐振频率对准某一载频,从而在接收到的众多信号中选择其中一个电台信号,并适当放大;此时得到的信号为已调信号,还需要经过“解调”才能得到音频信号输出到终端设备扬声器上;本地振荡器为混频器提供高频等幅的正弦波信号,即本振信号;混频器将高频的调幅波与高频本振信号的等幅波进行混频,使之变成中频的调幅信号输出;中频放大器将中频信号进行放大,为检波器提供峰-峰值为1 V的调幅波信号;振幅检波器再将中频信号变换成音频信号,这种从调幅波中还原出原来的信号就是解调,它与发送设备中的调幅电路功能刚好相反;低频放大器音频放大器,将检波器输出的音频信号进行放大,使之有足够大的功率以推动扬声器发声。

以上简要地介绍了无线电发送设备和接收设备的组成框图,分析了发送和接收的原理及过程。虽然是基于模拟信号中的语音信号进行分析的,但它具有代表意义。

1.3 波段的划分和传播方式

1.3.1 电磁波的划分

图1-5所示为电磁波波谱,电磁波可分为无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、宇宙射线。从图中可以看出无线电波的频段在整个电磁波中的位置。

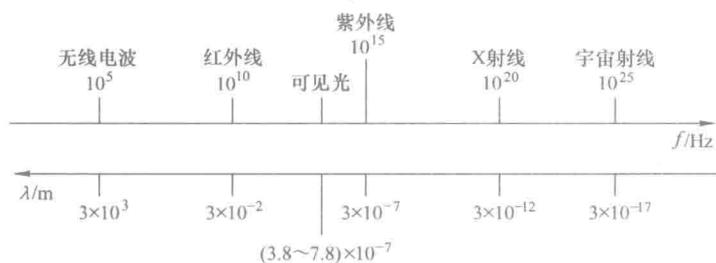


图1-5 电磁波波谱

表1-1为无线电波的频段划分,按波长不同可划分为长波(LW)、中波(MW)、短波

表1-1 无线电波的频段划分及其用途

波段名称		波长范围	频率范围	频段名称	主要传播方式和用途
长波(LW)		$10^3 \sim 10^4$ m	30 ~ 300 kHz	低频(LF)	地波;远距离通信
中波(MW)		$10^2 \sim 10^3$ m	300 kHz ~ 3 MHz	中频(MF)	地波、天波;广播、通信、导航
短波(SW)		10 ~ 100 m	3 ~ 30 MHz	高频(HF)	天波、地波;广播、通信
超短波(VSW)		1 ~ 10 m	30 ~ 300 MHz	甚高频(VHF)	直线传播、对流层散射;通信、电视广播、调频广播、雷达
微波	分米波(USW)	10 ~ 100 cm	300 MHz ~ 3 GHz	特高频(UHF)	直线传播、散射传播;通信、中继与卫星通信、雷达、电视广播
	厘米波(SSW)	1 ~ 10 cm	3 ~ 30 GHz	超高频(SHF)	直线传播;中继和卫星通信、雷达
	毫米波(ESW)	1 ~ 10 mm	30 ~ 300 GHz	极高频(EHF)	直线传播;微波通信、雷达

(SW)、超短波(VSW)和微波等;按频率不同可划分为低频(LF)、中频(MF)、高频(HF)、甚高频(VHF)等。高频电子线路课程涉及的频段为中频(MF)、高频(HF)、甚高频(VHF)。

1.3.2 无线电波的基本传播方式

无线电波在无线信道中的传播方式可分为地面波传播、空间波传播和天波传播三种。

图 1-6(a)所示为地面波(300 kHz 以下的电磁波)传播,它是指电磁波沿地球表面的传播,也称为绕射或表面波传播。由于地球表面并非传播电磁波的理想导体,因而有能量的损耗,并且波长越长,传播损耗越小,主要用于长距离通信、导航和广播。

图 1-6(b)所示为空间波(30 MHz 以上的电磁波)传播,它是指电磁波由发射天线直接辐射至接收天线,也称为直射传播。直射传播的电磁波只能在视距范围内,发射天线和接收天线架设越高,其传播距离就越远(在发射机发射功率足够大、接收机灵敏度足够高的条件下)。电磁波在空间传播时会被大气吸收,因而有部分能量损耗,损耗与电磁波的波长等因素有关。

图 1-6(c)所示为天波(经过距地面 100 ~ 500 km 的电离层反射传送到接收点的电磁波)传播。电离层反射的特点是频率越高,吸收能量越小;但频率过高,电磁波会穿透电离层,故频率只限于中短波段(300 kHz ~ 30 MHz)。

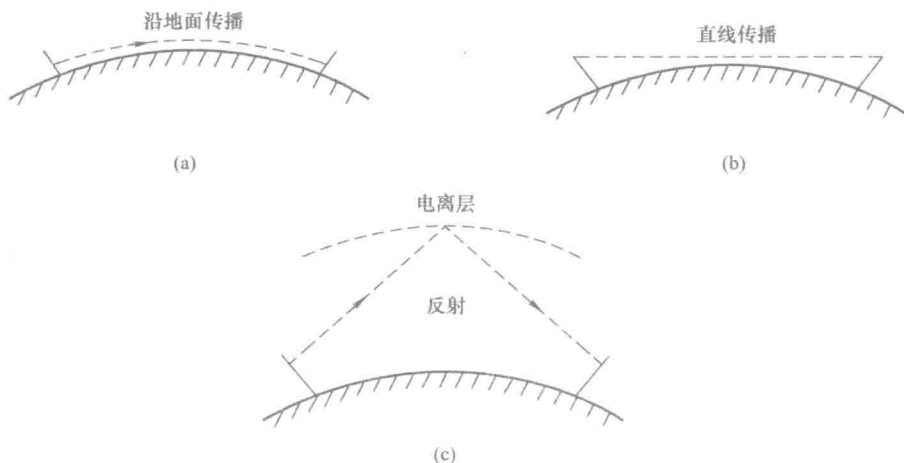


图 1-6 无线电波的三种传播方式
(a)地面波传播;(b)空间波传播;(c)天波传播

从以上三种传播方式及特点可以看出,为了有效地传输信号,不同波段的信号采用不同的传播方式。

1.4 本课程特点

高频电子技术是无线电技术、广播、电视、通信等专业领域的一门专业基础课,一般以电工电子、信号系统等课程为基础,也为后续专业课的教学奠定基础。

本书以无线通信为框架,突出高职高专教学特色,重点讲述有关的高频单元电路,弄懂基

本电路的工作原理,了解电路元件的功能及电路的应用,增加更多的应用实例,加强实用性。

习 题

- 1-1 画出无线电通信发射机和接收机的原理框图,并说出各部分的功用。
- 1-2 无线电通信为什么要进行调制? 如何进行调制?
- 1-3 无线电信号的频段或波段是如何划分的? 各个频段的传播特性和应用情况如何?
- 1-4 无线电传播的三种方式及其特点是什么?

第2章 高频小信号放大器

2.1 概述

高频小信号放大器的功用,就是从众多微弱的电信号中,选出有用信号并加以放大,而对其他无用信号、干扰和噪声进行抑制,以提高信号的质量和抗干扰能力。这里所指的小信号主要是强调这种信号的放大器工作在它的线性范围。高频小信号放大器既可以用在通信系统的接收机中,也可以用于发射机等设备中。它是中心频率在几百千赫到几百兆赫,频谱宽度在几千赫到几十兆赫,振幅在微伏至毫伏量级范围内的放大器。高频小信号放大器主要技术要求是增益要高、通频带宽度合适、频率选择性要好、工作稳定可靠。此外,还要求放大器内部噪声要小。

2.2 高频小信号放大器的分类与性能指标

2.2.1 高频小信号放大器的分类

高频小信号放大器的类型很多,按使用的元器件分,包括晶体管放大器、场效应管放大器和集成电路放大器;按通频带分,包括窄带放大器和宽带放大器;按电路形式分,包括单级放大器和多级放大器;按负载性质分,包括谐振放大器和非谐振放大器,其中以谐振回路为负载的谐振放大器又可分为调谐放大器(通称高频放大器)和频带放大器(通称中频放大器),前者的谐振回路需对外来的不同信号频率进行调谐,后者的谐振回路谐振频率固定不变。本章主要介绍单级单调谐窄带放大器。

为了突出选频效果,有时采取集中选频放大器。集中选频放大器是把放大和选频两种功能分开处理,放大作用由多级非谐振宽频带放大器承担,目前一般都采用集中宽频带放大器,其线路简单、性能可靠、调整方便。

小信号条件下工作的高频放大器,由于信号电压、电流幅度都很小,放大器件运行在甲类工作状态,放大电路可看做有源线性电路,因而可采用小信号等效电路来进行分析。由于高频小信号放大器的负载具有谐振特性,故采用导纳 Y 参数电路进行分析比较方便。

2.2.2 高频小信号放大器的主要性能指标

高频小信号放大器的主要性能指标有谐振增益、通频带、选择性、工作稳定性和噪声系数等。

1. 谐振电压增益与功率增益

谐振电压增益是指放大器在谐振频率上的电压增益 A_{u0} ,其值为放大器的输出电压与输入电压之比,即 $A_{u0} = \frac{u_o}{u_i}$,可用分贝(dB)数表示。

而功率增益等于放大器输出给负载的功率与输入功率之比,即 $A_P = \frac{P_o}{P_i}$,它用来说明放大器对有用信号的放大能力,一般希望每级的增益越大越好。

2. 通频带

通频带指放大器的电压增益比谐振增益下降 3 dB(即 A_u 下降到 A_{u0} 的 $1/\sqrt{2}$)时,所对应的频率范围,用 $BW_{0.7}$ 表示,如图 2-1 所示。为了不失真地放大有用信号, $BW_{0.7}$ 应大于有用信号的频谱宽度。

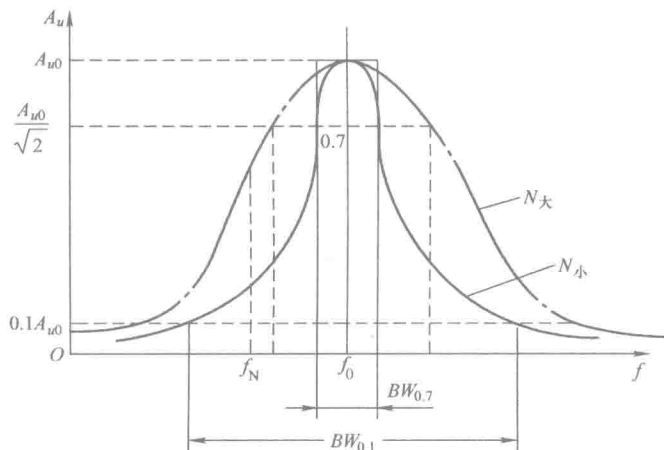


图 2-1 高频小信号放大器的典型幅频特性曲线

3. 选择性

选择性指放大器从含有各种不同频率信号总和中,选出有用信号、排除干扰信号的能力,其中一种衡量指标为抑制比。抑制比选择性定义为通频带以外某一特定频率上的增益 $A_u(f_N)$ 与谐振增益 $A_{u0}(f_0)$ 之比,用 N 表示,即

$$N = \frac{A_u(f_N)}{A_{u0}(f_0)} \quad (2-1)$$

显然, N 越小,选择性就越好。

实际上,通频带与选择性是相互制约的。一般情况下,通频带越宽,对特定频率干扰的选择性就越差,图 2-1 中点画线所示幅频特性曲线的通频带比实线所示通频带宽,且 $f = f_N$ 对应的 N 比较大。

4. 工作稳定性

放大器的稳定性是指放大器的直流偏置、晶体管参数、电路元件参数等由于各种原因发生变化时,放大器主要性能的稳定程度。一般要求晶体管放大器的工作要稳定。

5. 噪声系数

噪声系数是用来表征放大器的噪声性能好坏的一个物理量。

由于 LC 谐振回路为高频小信号放大器的组成部分,其特性将直接影响放大器性能的好坏,同时 LC 谐振回路在以后各章,如谐振功率放大器、调制、变频等电路中,也都起着重要的作用。因此,下一节将对谐振回路的基本特性进行分析。