



新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材

· 应用电子技术专业

高频电子线路

林春方 主 编

刘陆平 副主编
彭俊珍

姜敏夫 主 审

710
8



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

高频电子线路

林春方 主 编

刘陆平 副主编
彭俊珍

姜敏夫 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

《高频电子线路》是应用电子技术专业的一门重要专业基础课程，全书系统地介绍了无线通信系统主要单元电路的组成与工作原理。主要内容包括：高频小信号放大器，高频功率放大器，正弦波振荡器，调幅、检波与混频，调角与解调，锁相环路以及数字信号的调制与解调。本书强调基本概念，注重实际应用，书末还附有高频电子线路 EWB 仿真实验以及收音机的装配调试实训等内容。

本书可作为高职高专院校电子信息专业、应用电子技术、通信技术及相近专业的教材或主要参考书，也可供相关专业工程技术人员参考使用。

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。

图书在版编目 (CIP) 数据

高频电子线路 / 林春方主编. —北京: 电子工业出版社, 2003.7

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

ISBN 7-5053-8724-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 058464 号

责任编辑: 张云怡

印 刷: 北京彩艺印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12 字数: 307 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 16.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077

出版说明

高等职业教育是我国高等教育的重要组成部分。其根本任务是培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型人才。近年来,高等职业教育发展迅猛,其宏观规模发生了历史性变化。为适应我国社会进步和经济发展的需要,高等职业教育的教学模式、教学方法需要不断改革,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整与定位,突出自身的特色。为此,在国家教育部、信息产业部有关司局的支持、指导和帮助下,电子工业出版社在全国范围内筹建成立“全国高职高专教育教材建设领导小组”,下设“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等专业的多个编委会。各专业编委会成员由电子信息战线辛勤耕耘、功绩卓著的专家、教授、高工和富有高职教学经验的一线优秀教师组成。

2002年10月,“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”等四个专业的编委会精心组织全国范围内的优秀一线教师编写了《新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材》60余种。这批教材的主要特点是:

1. 在编写方法上打破了以往教材过于注重“系统性”的倾向,摒弃了一些一般内容和烦琐的数学推导,采用阶跃式、有选择的编写模式,强调实践和实践属性,精炼理论,突出实用技能,内容体系更加合理;

2. 注重现实社会发展和就业需求,以培养职业岗位群的综合能力为目标,充实训练模块的内容,强化应用,有针对性地培养学生较强的职业技能;

3. 教材内容的设置有利于扩展学生的思维空间和学生的自主学习;着力于培养和提高学生的综合素质,使学生具有较强的创新能力,促进学生的个性发展;

4. 教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有超前性、先进性。

首批教材共有60余种,将于2003年8月陆续出版。所有参加教材编写的高职业院校都有一个共同的愿望:希望通过教材建设领导小组、编委会和全体作者的共同努力,使这批教材在编写指导思想、编写内容和编写方法上具有新意,突出高等职业教育的特点,满足高职学生学习和就业的需要。

高等职业教育改革与教材建设是一项长期的任务,不会一蹴而就,而是要经历一个发展过程。这批高职教材的问世,还有许多不尽人意之处。随着教育的不断深化,我国经济和科学技术的不断发展,高职教材的改革与开发将长期与之相伴而行。在教育部和信息产业部的指导和帮助下,我们将一如既往地依靠本行业的专家,与科研、教学第一线的教研人员紧密联系,加强合作,与时俱进,不断开拓,逐步完善各类专业课教材、专业基础课教材、实训指导书、电子教案、电子课件及配套教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社高职高专教育教材事业部的全体成员殷切地希望全国高职高专院校的教师们能够踊跃投稿,提出选题建议,并对已出版的教材从多方面提出修改建议。除以上四个专业外,我们还设立了“计算机技术”、“电子商务”、“物流管理”、“会计类”、“金融类”、“环保类”等专业的编委会。我们衷心欢迎更多的志士仁人加入到各个编委会中来。

电子工业出版社的全体员工将竭诚为教育服务,为高等职业教育战线的广大师生服务。

全国高职高专教育教材建设领导小组
电子工业出版社

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”

编写的院校名单（排名不分先后）

- | | |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院 | 广州大学科技贸易技术学院 |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院 |
| 江西蓝天职业技术学院 | 江西工业工程职业技术学院 |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院 |
| 保定职业技术学院 | 广东轻工职业技术学院 |
| 安徽职业技术学院 | 西安理工大学 |
| 杭州中策职业学校 | 辽宁大学高职学院 |
| 黄石高等专科学校 | 天津职业大学 |
| 天津职业技术师范学院 | 天津大学机械电子学院 |
| 福建工程学院 | 九江职业技术学院 |
| 湖北汽车工业学院 | 包头职业技术学院 |
| 广州铁路职业技术学院 | 北京轻工职业技术学院 |
| 台州职业技术学院 | 黄冈职业技术学院 |
| 重庆工业高等专科学校 | 郑州工业高等专科学校 |
| 济宁职业技术学院 | 泉州黎明职业大学 |
| 四川工商职业技术学院 | 浙江财经学院信息学院 |
| 吉林交通职业技术学院 | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院 | 南京金陵科技学院 |
| 天津滨海职业技术学院 | 无锡职业技术学院 |
| 杭州职业技术学院 | 西安科技学院 |
| 重庆职业技术学院 | 西安电子科技大学 |
| 重庆工业职业技术学院 | 河北化工医药职业技术学院 |

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州工商职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

前 言

21 世纪是信息的时代。为了适应时代对高素质人才的需求,深化教育改革,大力发展高等职业教育已势在必行。在一系列的教育、教学改革中,教材改革又是发展高等职业教育的重要环节。本教材是根据 2002 年 11 月在杭州举行的“全国高等职业教育教材研讨会”的会议精神编写的。

高频电子线路是应用电子技术专业的一门重要的专业基础课,是一门工程性与实践性都很强的课程。根据高职高专教育的特点,本着“淡化理论、够用为度、培养技能、重在实用”的原则,在内容处理上,力求简明扼要,突出重点,主动适应社会的实际需要,突出应用性、针对性,加强实践能力的培养。以模拟通信系统的组成原理为引导,侧重介绍各单元电路的基本工作原理和基本分析方法,避免烦琐的理论推导,并适当介绍了新器件、新电路以及数字通信的一些基本知识。本书的主要内容包括:绪论,高频小信号放大器,高频功率放大器,正弦波振荡器,调幅、检波与混频,调角与解调,锁相环路以及数字信号的调制与解调。为了增强学生对高频各单元电路的工作原理和电路性能的理解,附录中增加了收音机的装配与调试工艺,以及利用易学的 EWB 仿真软件对高频各主要单元电路进行了实验仿真,体现了实践教学手段的先进性及其发展方向。

安徽电子信息职业技术学院林春方老师任本教材主编,负责全书的统稿工作,并编写了绪论、第 1,4,7 章以及附录的实验与实训部分;江西交通职业技术学院刘陆平老师编写了第 2,3 章;湖北省孝感市职业技术学院彭俊珍老师编写了第 5,6 章。全书由吉林工业职业技术学院姜敏夫老师主审。

由于编者水平有限,书中难免出现错误和疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者
2003 年 5 月



Contents

绪论	(1)
思考与练习	(5)
第 1 章 高频小信号放大器	(6)
1.1 宽带放大器的特点、技术指标和分析方法	(6)
1.1.1 宽带放大器的主要特点	(6)
1.1.2 宽带放大器的主要技术指标	(7)
1.1.3 宽带放大器的分析方法	(7)
1.2 扩展放大器通频带的方法	(9)
1.2.1 负反馈法	(9)
1.2.2 组合电路法	(9)
1.2.3 补偿法	(11)
1.3 小信号谐振放大器	(14)
1.3.1 小信号谐振放大器的分类和主要性能指标	(14)
1.3.2 单级单调谐放大器	(15)
1.3.3 多级单调谐放大器	(17)
1.3.4 双调谐放大器	(18)
1.3.5 调谐放大器的稳定性	(20)
1.4 集中选频放大器	(21)
1.4.1 集中选频放大器的组成	(21)
1.4.2 集中选频滤波器	(21)
1.4.3 集中选频放大器的应用	(24)
思考与练习 1	(26)
第 2 章 高频功率放大器	(28)
2.1 概述	(28)
2.2 谐振功率放大器	(29)
2.2.1 谐振功率放大器的基本工作原理	(29)
2.2.2 谐振功率放大器的性能分析	(32)
2.2.3 谐振功率放大器电路	(36)
2.3 丙类倍频器	(40)
2.4 宽带高频功率放大器	(41)
2.4.1 传输线变压器	(41)



2.4.2 功率合成与分配电路	(44)
思考与练习 2	(48)
第 3 章 正弦波振荡器	(49)
3.1 反馈式振荡器的工作原理	(49)
3.1.1 组成与分类	(49)
3.1.2 平衡条件和起振条件	(50)
3.1.3 主要性能指标	(51)
3.2 LC 正弦波振荡器	(53)
3.2.1 变压器反馈式正弦波振荡器	(53)
3.2.2 三点式振荡器	(56)
3.2.3 改进型电容三点式振荡器	(58)
3.3 石英晶体振荡器	(60)
3.3.1 石英谐振器及其特性	(60)
3.3.2 石英晶体振荡器	(62)
3.4 RC 振荡器	(64)
3.4.1 RC 串并联选频网络	(64)
3.4.2 文氏电桥振荡器	(66)
3.4.3 RC 桥式振荡器的应用举例	(67)
思考题与练习 3	(68)
第 4 章 调幅、检波与混频	(72)
4.1 调幅波的基本性质	(72)
4.1.1 调幅波的数学表达式和波形	(72)
4.1.2 调幅波的频谱与带宽	(73)
4.1.3 调幅波的功率关系	(74)
4.1.4 双边带调制与单边带调制	(75)
4.2 调幅电路	(76)
4.2.1 高电平调幅	(77)
4.2.2 低电平调幅	(78)
4.3 检波器	(82)
4.3.1 大信号包络检波器	(82)
4.3.2 同步检波器	(85)
4.4 混频器	(87)
4.4.1 混频的基本原理	(88)
4.4.2 混频电路	(89)
4.4.3 混频干扰	(92)
4.5 自动增益控制 (AGC)	(94)
4.5.1 AGC 电路的作用与组成	(94)
4.5.2 AGC 电压的产生	(95)



4.5.3 实现 AGC 的方法	(97)
思考与练习 4	(99)
第 5 章 调角与解调	(101)
5.1 调角波的基本性质	(101)
5.1.1 调频波与调相波的数学表达式和波形	(101)
5.1.2 调角波的频谱与带宽	(104)
5.1.3 调频波与调相波的比较	(107)
5.2 调频电路	(108)
5.2.1 直接调频电路	(108)
5.2.2 间接调频电路	(111)
5.2.3 扩展最大频偏的方法	(113)
5.3 鉴频器	(114)
5.3.1 鉴频方法综述	(114)
5.3.2 斜率鉴频器	(115)
5.3.3 相位鉴频器	(119)
5.4 自动频率控制 (AFC)	(120)
5.4.1 AFC 的工作原理	(120)
5.4.2 AFC 的应用	(121)
思考与练习 5	(122)
第 6 章 锁相环路	(124)
6.1 锁相环路的基本工作原理	(124)
6.2 锁相环路的性能分析	(125)
6.2.1 锁相环路的相位模型与环路方程	(125)
6.2.2 捕捉过程与跟踪过程	(129)
6.2.3 锁相环路的基本特性	(131)
6.3 集成锁相环路及其应用	(131)
6.3.1 集成锁相环路	(131)
6.3.2 锁相环的应用	(133)
6.3.3 频率合成	(136)
思考与练习 6	(143)
第 7 章 数字信号的调制和解调	(144)
7.1 数字通信系统概述	(144)
7.2 基带数字信号	(146)
7.2.1 基带数字信号的波形	(146)
7.2.2 基带数字信号的一般表达式	(148)
7.2.3 基带数字信号的频域特点	(148)
7.3 幅度键控	(150)
7.3.1 幅度键控信号的产生	(151)



7.3.2 幅度键控信号的解调	(153)
7.4 频率键控	(154)
7.4.1 频率键控信号的产生	(154)
7.4.2 频率键控信号的解调	(156)
7.5 相位键控	(156)
7.5.1 相位键控信号的产生	(158)
7.5.2 相位键控信号的解调	(159)
思考与练习 7	(162)
附录 A 实验	(163)
附录 B 实训	(175)
参考文献	(182)

绪 论

21 世纪人类已进入信息时代，人们可用各种方式方便快捷地传递与接收信息。信息是一个抽象的概念。信息的具体形式有：语言、文字、符号、音乐、图形、图像和数据。各种类型的信息对人类社会生活产生极大的影响，如军事信息影响战争的胜负，甚至决定国家民族的存亡；经济信息影响交易的成败和公司的兴衰等。

通信的主要任务是传递信息，即将经过处理的信息从一个地方传递到另一个地方。传递信息既可以通过有线信道，也可以通过无线信道，即进行有线通信或无线通信。由于无线电波能方便快捷地在空间传播，所受限制较少，因此广泛应用于广播、电视、通信、雷达和导航等领域。而高频电子线路研究的对象主要是无线电发送与接收设备中有关电路的原理、组成与功能，因此下面仅以无线通信系统为例，简单介绍通信系统的基本工作原理及各高频单元电路的应用，以增加读者对高频电子线路的认识。

1 无线通信系统的基本工作原理

无线通信系统的组成框图如图 1 所示。它由发射设备、传输媒质和接收设备构成。其中，发送设备包括变换器、发射机和发射天线三部分；接收设备包括接收天线、接收机和变换器三部分；传输媒质为自由空间。

信息源发出需要传送的信息，如符号、文字、声音和图像等，由变换器将这些要传送的声音或图像信息转换成相应的电信号，然后由发射机把这些电信号转换成高频振荡信号，发射天线再将高频振荡信号转换成无线电波，向空间发射。无线电波经过自由空间到达接收端，接收天线将接收到的无线电波转换成高频振荡信号，接收机把高频振荡信号转换成原始电信号，再由变换器还原成原来传递的信息（声音或图像等）送给受信者，从而完成信息的传递过程。

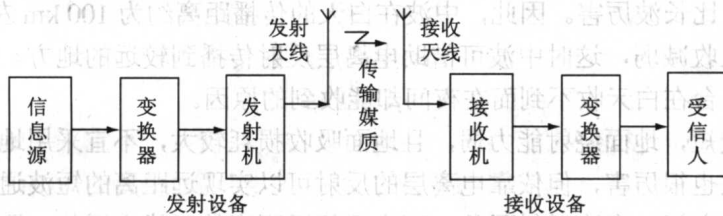


图 1 无线通信系统组成框图

无线电波是一种电磁波，其传播的速度与光速相同，约为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。无线电波的波长、频率和传播速度之间的关系可用下式表示

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (0-1)$$

式中， λ 是波长，单位为 m ； c 是传播速度，单位为 m/s ； f 是频率，单位为 Hz 。

无线电波与光波一样，也具有直射、绕射、反射及折射等现象。不同频率的无线电波，其传播的规律与应用范围也不同，因此通常把无线电波划分为若干波段或频段，如表 1 所示。

表 1 无线电波波段划分表

波段名称	波长范围	频段名称	频率范围	主要用途
长波 (LW)	$10^3 \sim 10^4$ m	低频 (LF)	30~300 kHz	长距离点与点间的通信、船舶通信
中波 (MW)	$10^2 \sim 10^3$ m	中频 (MF)	300~3 000 kHz	广播、船舶通信、飞行通信、船港电话
短波 (SW)	$10 \sim 10^2$ m	高频 (HF)	3~30 MHz	短波广播、军事通信
米波	1~10 m	甚高频 (VHF)	30~300 MHz	电视、调频广播、雷达、导航
分米波	1~10 dm	特高频 (UHF)	300~3 000 MHz	电视、雷达、移动通信
厘米波	1~10 cm	超高频 (SHF)	3~30 GHz	雷达、中继、卫星通信
毫米波	1~10 mm	极高频 (EHF)	30~300 GHz	射电天文、卫星通信、雷达

无线电波在空间的传播途径有三种：一是沿地面传播，叫地波，如图 2 (a) 所示；二是依靠电离层的反射传播，叫天波，如图 2 (b) 所示；三是在空间直线传播，叫直线波，如图 2 (c) 所示。

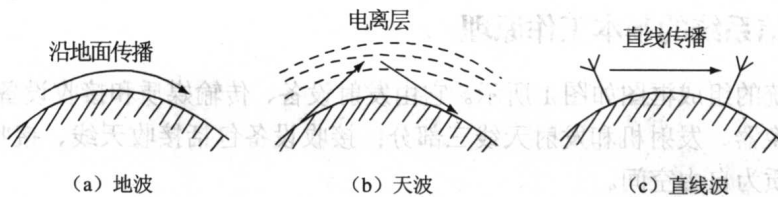


图 2 无线电波的传播方式

长波的波长较长，遇障碍物绕射能力强，且地面的吸收损耗较少，因此长波的通信主要以地波方式传播。

波长介于长波与短波之间的中波，由于电离层对其吸收较强，尤其是在白天吸收更为严重，因而，中波在白天基本上不能依靠电离层的反射，而只是依靠地波方式进行传播，但是，地面对中波的吸收比长波厉害。因此，中波在白天的传播距离约为 100 km 左右；而在晚上，电离层对中波的吸收减弱，这时中波可借助电离层反射传播到较远的地方。这就是为什么某些远距离的广播电台在白天收不到而在夜间却能收到的原因。

短波的波长较短，地面绕射能力弱，且地面吸收损耗较大，不宜采用地面传播。虽然电离层对短波的吸收也很厉害，但依靠电离层的反射可以实现远距离的短波通信。尤其是利用电离层与地球表面之间的多次反射现象，可实现超远距离的无线电通信，因此短波的广播和通信主要以天波方式传播。

波长比短波更短的无线电波称为超短波（如米波、分米波等）。超短波的波长很短，往往小于地面障碍物（如山、高大建筑物等），不能绕过，且地面吸收损耗很大，所以不能以地波方式传播。同时超短波也能穿透电离层，即电离层很难反射它，所以也不能以天波方式传播。因此超短波只能在空间以直线波方式传播。由于地球的表面是球面的，为了增大传播距离，发射天线往往要提高架设的高度。



2 发射设备的基本原理和组成

在无线通信的发射部分,待传送的信息(声音、图像等)由变换器转换成相应的电信号。一般来说,这些电信号的频率较低或频带较宽,例如,音频信号(包括语言、音乐)的频率约为20Hz~20kHz,图像信号的频率约为0~6MHz。若把上述信号直接以电磁波形式从天线辐射出去,则存在下述两个问题:

(1)无法制造合适尺寸的天线。由电磁场理论可知,只有当天线的尺寸可与被辐射信号的波长相比拟时(波长 λ 的 $1/10\sim 1$),信号才能被天线有效地辐射出去。对于频率 f 为20Hz~20kHz的音频信号,由式(0-1)可得,相应的波长 λ 为15~15 000 km。若采用 $\lambda/4$ 天线,则天线的长度应在3.75km以上。显然,这么长天线的制造与安装实际上是做不到的。

(2)无法选择所要接收的信号。即使上述信号能发射出去,由于多家电台的发射信号的频率大致相同,它们在空间混在一起,因此接收机无法区分,接收者也就无法选择所要接收的信号。

由此可见,要实现无线通信,首先必须让各电台发射频率不同的高频振荡信号,再把要传送的信号“装载”到这些频率不同的高频振荡信号上,经天线发射出去。这样既缩短了天线尺寸,又避免了相互干扰。

把待传送的信号“装载”到高频振荡信号上的过程称为调制。所谓“装载”,是指由携有信息的电信号去控制高频振荡信号的某一参数,使该参数按照电信号的规律变化。通常将携有信息的电信号称为调制信号;未经调制的高频振荡信号好比“载运工具”,称为载波信号;经过调制后的高频振荡信号称为已调波信号。当传输的调制信号为模拟信号时,称为模拟通信系统,当传输的调制信号是数字信号时,称为数字通信系统,虽然调制信号不同,但通信系统的原理和组成是相同的。

高频载波通常是一个正弦波振荡信号,有振幅、频率和相位三个参数可以改变,因此,用调制信号对载波进行调制就有调幅、调频和调相三种方式。

(1)调幅(Amplitude Modulation, AM)。载波的频率和相位不变,载波的振幅按调制信号的变化规律而变化。调幅获得的已调波称为调幅波。

(2)调频(Frequency Modulation, FM)。载波的振幅不变,载波的瞬时频率按调制信号的变化规律而变化。调频获得的已调波称为调频波。

(3)调相(Phase Modulation, PM)。载波的振幅不变,载波的瞬时相位按调制信号的变化规律而变化。调相获得的已调波称为调相波。调频和调相统称为调角。

由于调幅应用较早而且使用广泛,因此,下面以调幅广播发射机为例简明扼要地说明发射设备各部分的作用,调幅广播发射机的组成方框图如图3所示。

高频振荡器用来产生频率稳定的高频振荡信号,现多采用石英晶体振荡器。高频放大器用来放大振荡器产生的高频振荡信号,它通常是由多级谐振放大器组成的。由于石英晶体产生的振荡频率不能太高,所以这时还应通过倍频器,使高频振荡的频率倍增到所需的载波频率上,最后输出的是幅度足够大的载波。

低频放大器又称为调制信号放大器,用来放大话筒变换来的电信号,最后输出足够强的调制信号。通常,低频放大器是由几级小信号低频电压放大器和低频功率放大器组成的。

高频功放及调幅器将载波信号的功率放大到足够大,同时用调制信号对载波进行调幅,得到功率足够大的调幅波信号,最后由天线以电磁波形式辐射出去。

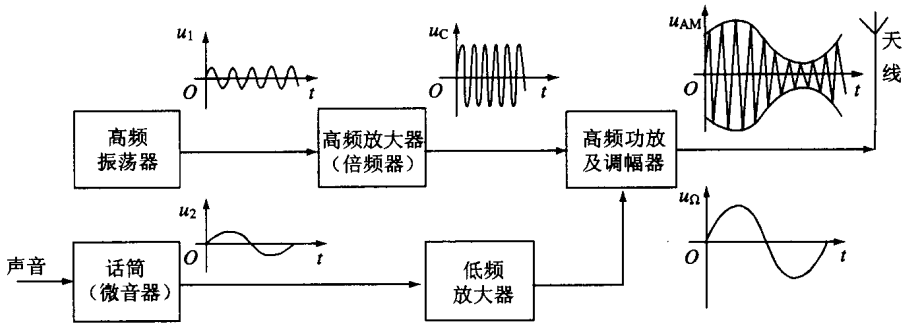


图3 调幅式无线电广播发射机方框图

3 接收设备的基本原理和组成

无线通信接收设备的工作过程与发射设备相反，它的任务是把空间传来的电磁波接收下来，选出所需的已调波信号，并把它还原为原来的调制信号，以推动输出变换器，获得所需的信息。从高频已调波中“取出”调制信号的过程称为解调。由于已调波的调制方式有三种，因此解调也有三种方式，即检波（调幅波的解调）、鉴频（调频波的解调）和鉴相（调相波的解调）。

目前，无论是无线电广播接收机（收音机），还是电视接收机（简称电视机）、通信接收机、雷达接收机等都毫无例外地采用“超外差”接收机的形式。以上各类接收机的组成与工作原理大同小异，所以，下面以超外差收音机为例，对其工作原理做简略分析。超外差调幅收音机的组成方框图如图4所示。

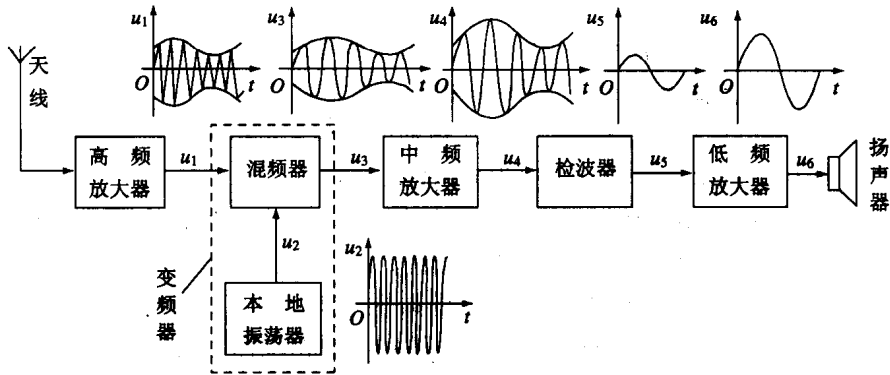


图4 超外差调幅收音机方框图

接收天线接收从空间传来的电磁波并感生出微小的高频信号，高频放大器从中选择出所需的信号并进行放大，得到高频调幅波信号 $u_1(t)$ ，高频放大器通常由一级或多级具有选频特性的小信号谐振放大器组成。本地振荡器（又称本机振荡器）产生高频等幅振荡信号 $u_2(t)$ ，它比 $u_1(t)$ 的载频高一个中间频率，简称中频。调幅波信号 $u_1(t)$ 和本振信号 $u_2(t)$ 同时送至混频器进行混频，混频后输出电压 $u_3(t)$ 。 $u_3(t)$ 与 $u_1(t)$ 相比，其包络线的形状不变，即仍携有原来调制信号的信息，但载波频率则转换为 $u_2(t)$ 的频率与 $u_1(t)$ 的载频之差，即转换为中频，因此 $u_3(t)$ 为中频调幅波信号。 $u_3(t)$ 经中频放大器放大为 $u_4(t)$ ，再送到检波器。检波器从中频调幅信



号 $u_4(t)$ 中取出反映传送信息的调制信号 $u_5(t)$ ，再经低频放大器放大为 $u_6(t)$ ，送到扬声器中转变为声音信号。

超外差式接收机的核心是混频器，其作用是将接收到的不同载波频率转变为固定的中频，这就要求本振频率始终比外来信号频率超出一个差频，这也是超外差式接收机名称的由来。由于中频是固定的，因此中放的选择性和增益都可以较高，从而使整机的灵敏度和选择性较好。混频器和本地振荡器如果共用一个电子器件，则它们将合并为一个电路，称为变频器。



本章小结

本章介绍了无线电广播发射与接收的基本原理和工作过程，传输的信息是声音。对于其他形式的信息，无线电波的发射与接收的基本原理和工作过程也是相同的。本书后面各章将分别介绍设备中的高频小信号放大器、高频功率放大器、正弦波振荡器、混频器、调幅和检波、调频和鉴频等内容。



思考与练习

1. 无线通信系统由哪几部分组成，各部分起什么作用？
2. 无线通信中为什么要进行调制与解调？它们的作用是什么？
3. 画出超外差式调幅收音机的原理示意框图，简要叙述其工作原理。
4. 如接收的广播信号频率为 936kHz，中频为 465kHz，问接收机的本机振荡频率是多少？

第 1 章 高频小信号放大器



内容提要

- 宽带放大器的特点、技术指标和分析方法;
- 扩展放大器通频带的方法;
- 小信号谐振放大器的基本工作原理及其主要性能分析;
- 集中选频放大器的基本组成及其工作原理。

放大高频小信号(中心频率在几百千赫到几百兆赫)的放大器称为高频小信号放大器。根据高频信号占有频宽的不同,放大器分为宽带放大器和窄带放大器两类。其中窄带放大器又可分为两类:一类是以谐振回路为负载的谐振放大器;另一类是以滤波器为负载的集中选频放大器。

1.1 宽带放大器的特点、技术指标和分析方法

随着电子技术的发展及其应用的日益广泛,被处理信号的频带越来越宽。例如,在电视接收机中,由于图像信号占有的频率范围为 $0\sim 6\text{MHz}$ 。为了不失真地进行放大,要求放大器的工作频率至少为 $50\text{Hz}\sim 5\text{MHz}$,最好是 $0\sim 6\text{MHz}$ 。再如,在 300MHz 的宽带示波器中, Y 轴放大器需要具有 $0\sim 300\text{MHz}$ 的通频带。放大这类信号的宽带放大器称为视频放大器。

在雷达和通信系统中,也需要传输和放大宽频带信号。例如,同时传输一路电视和几百路电话信号的微波多路通信设备,放大器的通频带约需 20MHz 。若设备的中频选为 70MHz ,则相对通频带达 30% 左右,这就需要宽频带的中频放大器。而雷达系统中信号的频带可达几千兆赫。要放大这样的信号,就更需要采用宽带放大器。

1.1.1 宽带放大器的主要特点

虽然宽带放大器的下限频率低,但由于其上限频率很高,因此三极管必须采用特征频率 f_T 很高的高频管,分析电路时也必须考虑三极管的高频特性。

宽带放大器,从技术上讲,比一般低频放大器要求高。这不仅因为它的频带宽,而且还由于它所放大的信号,最终接受的感觉器官往往是眼睛,而不是耳朵。前者比后者敏感得多。所以,在低频放大器中未考虑的一些问题,例如相位失真等,在宽带放大器中就必须予以考虑。

不同用途的宽带放大器,其电路形式有所不同,大体上可分为两种情况。放大从零频到高频信号的宽带放大器,一般采用直接耦合的直流放大器;放大从低频到高频信号的宽带放大器,