

高等学校规划教材
应用型本科电子信息系列

安徽省高等学校“十二五”规划教材
安徽省高等学校电子教育学会推荐用书

总主编 吴先良



高频电子线路

GAOPIN DIANZI XIANLU

主编 鲁业频



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

高等学校规划教材

应用型本科电子信息系列

安徽省高等学校“
安徽省高等学校电子

总主编 吴先良



高频电子线路

GAOPIN DIANZI XIANLU

主 编	鲁业频	
副 主 编	常红霞	李 强
参编人员	陈兆龙	钟读贤
	万丽娟	李 娜
	袁 涛	



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路/鲁业频主编. —合肥: 安徽大学出版社, 2015. 5
高等学校规划教材. 应用型本科电子信息系列/吴先良总主编
ISBN 978-7-5664-0936-2

I. ①高… II. ①鲁… III. ①高频—电子电路—高等学校—教材 IV. ①TN710.2
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 113039 号

高频电子线路

鲁业频 主 编

出版发行: 北京师范大学出版集团
安徽大学出版社
(安徽省合肥市肥西路 3 号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

印 刷: 安徽省人民印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 184mm×260mm
印 张: 13
字 数: 322 千字
版 次: 2015 年 5 月第 1 版
印 次: 2015 年 5 月第 1 次印刷
定 价: 26.00 元

ISBN 978-7-5664-0936-2

策划编辑: 李 梅 张明举
责任编辑: 张明举
责任校对: 程中业

装帧设计: 李 军
美术编辑: 李 军
责任印制: 赵明炎

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 0551—65106311

外埠邮购电话: 0551—65107716

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 0551—65106311

编委会名单

主 任	吴先良	(合肥师范学院)
	(以姓氏笔画为序)	
委 员	王艳春	(蚌埠学院)
	卢 胜	(安徽新华学院)
	孙文斌	(安徽工业大学)
	李 季	(阜阳师范学院)
	吴 扬	(安徽农业大学)
	吴观茂	(安徽理工大学)
	汪贤才	(池州学院)
	张明玉	(宿州学院)
	张忠祥	(合肥师范学院)
	张晓东	(皖西学院)
	陈 帅	(淮南师范学院)
	陈 蕴	(安徽建工大学)
	陈明生	(合肥师范学院)
	林其斌	(滁州学院)
	姚成秀	(安徽化工学校)
	曹成茂	(安徽农业大学)
	鲁业频	(巢湖学院)
	谭 敏	(合肥学院)
	樊晓宇	(安徽科技学院)

编写说明

Introduction

当前我国高等教育正处于全面深化综合改革的关键时期,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》的颁发再一次激发了我国高等教育改革与发展的热情。地方本科院校转型发展,培养创新型人才,为我国本世纪中叶以前完成优良人力资源积累并实现跨越式发展,是国家对高等教育做出的战略调整。教育部有关文件和国家职业教育工作会议等明确提出地方应用型本科高校要培养产业转型升级和公共服务发展需要的一线高层次技术技能人才。

电子信息产业作为一种技术含量高、附加值高、污染少的新兴产业,正成为很多地方经济发展的主要引擎。安徽省战略性新兴产业“十二五”发展规划明确将电子信息产业列为八大支柱产业之首。围绕主导产业发展需要,建立紧密对接产业链的专业体系,提高电子信息类专业高复合型、创新型技术人才的培养质量,已成为地方本科院校的重要任务。

在分析产业一线需要的技术技能人才特点以及其知识、能力、素质结构的基础上,为适应新的人才培养目标,编写一套应用型电子信息类系列教材以改革课堂教学内容具有深远的意义。

自2013年起,依托安徽省高等学校电子教育学会,安徽大学出版社邀请了省内十多所应用型本科院校二十多位学术技术能力强、教学经验丰富的电子信息类专家、教授参与该系列教材的编写工作,成立了编写委员会,定期开展系列教材的编写研讨会,论证教材内容和框架,建立主编负责制,以确保系列教材的编写质量。

该系列教材有别于学术型本科和高职高专院校的教材,在保障学科知识体系完整的同时,强调理论知识的“适用、够用”,更加注重能力培养,通过大量的实践案例,实现能力训练贯穿教学全过程。

该教材从策划之初就一直得到安徽省十多所应用型本科院校的大力支持和重视。每所院校都派出专家、教授参与系列教材的编写研讨会,并共享其应用型学科平台的相关资源,为教材编写提供了第一手素材。该系列教材的显著特点有:

1. 教材的使用对象定位准确

明确教材的使用对象为应用型本科院校电子信息类专业在校学生和一线产业技术人员,所以教材的框架设计主次分明,内容详略得当,文字通俗易懂,语言自然流畅,案例丰富

多彩,便于组织教学。

2. 教材的体系结构搭建合理

一是系列教材的体系结构科学。本系列教材共有 14 本,包括专业基础课和专业课,层次分明,结构合理,避免前后内容的重复。二是单本教材的内容结构合理。教材内容按照先易后难、循序渐进的原则,根据课程的内在联系,使教材各部分之间前后呼应,配合紧密,同时注重质量,突出特色,强调实用性,贯彻科学的思维方法,以利于培养学生的实践和创新能力。

3. 学生的实践能力训练充分

该系列教材通过简化理论描述、配套实训教材和每个章节的案例实景教学,做到基本知识到位而不深难,基本技能训练贯穿教学始终,遵循“理论—实践—理论”的原则,实现了“即学即用,用后反思,思后再学”的教学和学习过程。

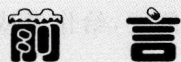
4. 教材的载体丰富多彩

随着信息技术的飞速发展,静态的文字教材将不再像过去那样在课堂中扮演不可替代的角色,取而代之的是符合现代学生特点的“富媒体教学”。本系列教材融入了音像、动画、网络 and 多媒体等不同教学载体,以立体呈现教学内容,提升教学效果。

本系列教材涉及内容全面系统,知识呈现丰富多样,能力训练贯穿全程,既可以作为电子信息类本科、专科学生的教学用书,亦可供从事相关工作的工程技术人员参考。

吴先良

2015 年 2 月 1 日



Foreword

高频电子线路是电子科学以及电气信息类专业的一门重要专业基础课程,本教材是为适应 21 世纪高频电子线路基础课程教学改革的需要而编写的。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、振幅调制解调及混频、角度调制与解调电路、数字调制与解调、反馈控制电路、高效新型高频功率放大器在中波机中的应用等,共 9 章内容。

本教材以“讲透基本原理,打好电路基础,面向实际应用”为宗旨,强调物理概念的分析描述,避免复杂的数学推导。在有限的教学时数上,针对若干知识点的阐述,本教材有自己的特色,并在内容取舍、编排以及文字表达等方面尽量做到简单明了、通俗易懂,不仅易教而且便于自学。另外为了帮助初学者更好地掌握所学知识,每章后都有难度适当的习题,通过这些习题的解答,有利于提高学生的分析解题能力。全书内容深入浅出,理论联系实际。

本教材由多年从事高频电子线路教学的教师及长期在一线的广播电台工程技术人员,结合自身教学与实践经验并参考大量国内较为优秀教材的基础上编写而成,其具有以下几个特点:

1. 内容上注重系统性,重视基本核心内容的传授与讲解,符合专业人才培养方案的知识结构要求,譬如 1 到 5 章及第 7 章。同时也强调与时俱进,反映高频电子科技发展的现状,譬如第 6 章。

2. 适应应用型本科高校的特点,与我国电子科学与电子信息产业发展相适应,增加与生产实践相关的实例(案例),有助学生理解,有利就业后应用能力的提升,譬如各章节相关内容及第 8 章。

3. 内容表述的结构符合认知规律,适应当前应用型本科的生源水平,符合应用型本科学校的培养方案,有利于教和学。

4. 体系完整,注重各个课程知识内容相互之间的衔接。强调理论课与实践课教材统一规划,便于学生从事电子设计等相关工作。

按照编写的顺序,参加本教材编写工作的人员有,安庆师范学院李强、巢湖学院鲁业频、常红霞、陈兆龙,合肥师范学院钟读贤、万丽娟,宿州学院李娜,安徽广播电视台袁涛高级工程师。其中,常红霞老师负责全书的统稿工作。

《高频电子线路》可作为高等学校工科电子信息科学与电气信息类学生的电子技术基础课教材,也可作为广大电子电路工作者的参考用书。

本教材的出版,是所有编写者的共同努力,也凝聚着安徽大学出版社张明举老师的辛勤汗水。真诚欢迎使用本教材的读者,在使用过程中,对教材可能存在的问题,给作者或出版社提出宝贵的斧正意见,以便再版时更加完善,在此表示衷心感谢。鉴于本人也是从事高频电子线路教学多年的一线教师,对该课程怀有赤诚的感情,在认真阅读本教材的电子稿后,感觉该书对目前应用型本科院校的教学和实践,具有较好的适应性和可操作性,在教材内容组织上有许多可取之处。

鲁业频

2015年3月1日



Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 通信与通信系统	1
1.2 无线电波段的划分和无线电波的传播	3
1.3 非线性电子线路的基本概念	4
1.4 本课程的主要内容及特点	7
习题 1	8
第 2 章 高频小信号放大器	9
2.1 LC 谐振回路	9
2.2 阻抗变换电路	15
2.3 小信号谐振放大器	19
2.4 电子噪声	31
习题 2	41
第 3 章 高频功率放大器	43
3.1 概述	43
3.2 高频谐振功率放大器的工作原理	44
3.3 高频谐振功率放大器的特性分析	49
3.4 谐振功率放大器的电路组成	53
3.5 丁类和戊类功率放大器	59
3.6 集成高频功率放大器及其应用	61
3.7 宽带高频功率放大器	62
4.8 高频谐振功率放大器的仿真	69
习题 3	71
第 4 章 正弦波振荡器	74
4.1 反馈型 LC 振荡原理	74
4.2 LC 振荡电路	78
4.3 振荡器的频率稳定度	82
4.4 晶体振荡电路	84

4.5 集成压控振荡器简介	88
习题 4	91
第 5 章 振幅调制解调及混频	94
5.1 相乘器电路	94
5.2 振幅调制	100
5.3 振幅解调	109
5.4 混频电路	116
习题 5	122
第 6 章 角度调制与解调电路	126
6.1 调角信号的基本特性	126
6.2 调频电路	135
6.3 鉴频电路	145
6.4 调频收发机电路介绍	154
习题 6	164
第 7 章 数字调制与解调	168
7.1 概述	168
7.2 振幅键控	170
7.3 移频键控	171
7.4 移相键控	173
7.5 正交调幅与解调	180
7.6 其他形式的数字调制	181
习题 7	182
第 8 章 反馈控制电路	183
8.1 概述	183
8.2 自动增益控制(AGC)电路	184
8.3 自动频率控制(AFC)电路	187
8.4 自动相位控制电路(锁相环路)	189
习题 8	192
第 9 章 高效新型高频功率放大器在中波机中的应用	193
9.1 多阶梯式高频功率放大器电路	194
参考文献	198

第1章

Chapter 1

绪 论

高频电子线路广泛应用于通信系统和各种设备中。无线电通信、广播、雷达、导航等都是利用高频无线电波来传递信息。尽管它们在传递信息形式、工作方式及设备体制等方面有很大不同,但设备中产生和接收、检测高频信号的基本电路大致相同。本章重点是让学生掌握发射机和接收机的组成以及各组成部分的作用,以便让学生清楚高频电子线路究竟包括哪些电路,它们都有什么功用,高频电子线路有什么特点等知识,为本书的学习奠定基础。

1.1 通信与通信系统

1.1.1 通信系统的组成

将信息从发送者传到接收者的过程称为“通信”。实现传送过程的系统称为“通信系统”。通信系统的组成框图,如图 1-1 所示。

信息源是指需要传送的原始信息,如语言、音乐、图像、文字等,一般是非电物理量。输入换能器主要任务是将发信者提供的非电量消息变换为电信号,它能反映待发的全部信息,故称为“基带信号”。当输入消息本身就是电信号时(如计算机输出的二进制信号),输入换能器可省略而直接进入发送设备。

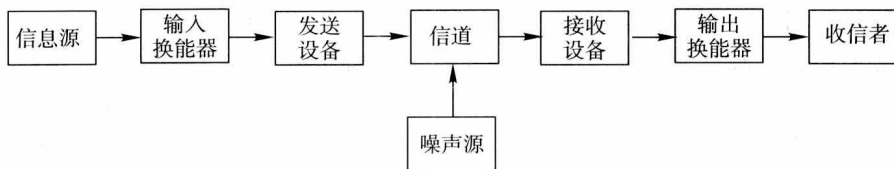


图 1-1 通信系统的组成框图

发送设备主要有两大任务:一是调制,二是放大。所谓“调制”,就是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信号的某一参数,让该参数随基带信号的大小而变化的处理过程。所谓“放大”,是指对调制信号和已调信号的电压和功率放大、滤波等处理过程,以保证把足够大功率的已调信号送入信道。

信道是信号传输的通道,又称“传输媒介”。通信系统中应用信道大体可分为有线信道(如架空明线、同轴电缆、光缆等)和无线信道(如海水、地球表面、自由空间等)。不同的信道有不同的传输特性,相同媒介对不同频率的信号传输特性也是不同的。

接收设备的任务是将信道传送过来的已调信号进行处理,以恢复出与发送端相一致的基带信号,这种从已调波中恢复基带信号的处理过程,称为“解调”。显然解调是调制的反过程。

输出换能器的作用是将接收设备输出的基带信号变换成原来形式的消息,如声音、景物

等,供收信者使用。

通信系统可从不同的角度进行分类。按传输的信息的物理特征,可以分为电话、电报、传真通信系统,广播电视通信系统,数据通信系统等;按信道传输的信号传送类型,可以分为模拟和数字通信系统;而按传输媒介(信道)的物理特征,可以分为有线通信系统和无线通信系统。在无线模拟通信系统中,信道是指自由空间。

1.1.2 无线通信系统的发送设备

无线电发送是以自由空间为传输信道,把需要传送的信息(声音、文字或图像等)转换成无线电传送到远方的接收者。

由天线理论可知,要将无线电信号有效地发射出去,发射天线的尺寸必须和电信号的波长相当。由原始非电量信息经转换的原始电信号一般是低频信号,波长很长。例如音频信号频率范围为 $0.02 \sim 20\text{kHz}$,对应波长范围为 $15 \sim 15000\text{km}$,要制造出相应尺寸的天线是不现实的。即使这样尺寸的天线制造出来,由于各个发射台均为同一频段的低频信号,在信道中会互相重叠、干扰,接收设备也无法选择所要接收的信号。因此,为了有效地进行传输,必须采用几百千赫以上的高频振荡信号作为载体,将携带信息的低频电信号“装载”在高频振荡信号上(这一过程称为“调制”),然后经天线发送出去。到了接收端后,再把低频电信号从高频振荡信号上“卸载”下来(这一过程称为“解调”)。采用调制方式以后,由于传送的是高频振荡信号,所需天线尺寸便可大大减小。同时,不同的通信系统可以采用不同频率的高频振荡信号作为载波,这样在频谱上就可以互相区分开。

图 1-2 所示为调幅发射机组成框图。框图中高频振荡器产生等幅的高频正弦信号,经倍频器后,成为载波信号(简称“载波”);不同信道内传输的载波频率(简称“载频”)具有不同的频率范围。

调制器把调制信号“装载”到载波上,产生高频已调信号(也称“已调波”)。

功率放大器将高频已调信号放大,获得足够的发射功率,作为射频信号发送到空间。

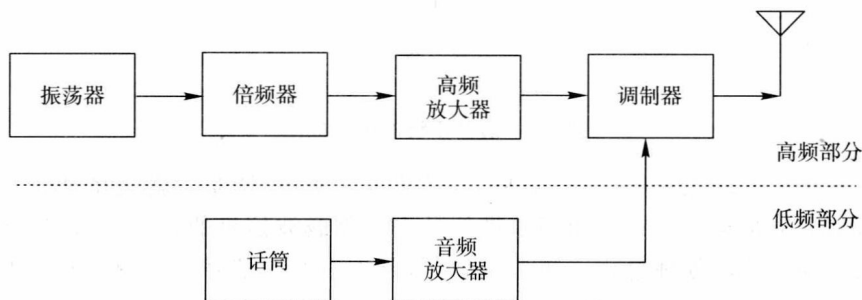


图 1-2 调幅发射机组成框图

1.1.3 无线通信系统的接收设备

高频放大器靠调谐电路对天线接收的微弱信号进行选择 and 放大;高频放大器的输出是载频为 f_s 的已调信号。本地振荡器用来产生 $f_L = f_s + f_i$ 的高频振荡信号。混频器将接收的已调信号与本地振荡信号混频,产生频率为 f_i 的中频信号。中频放大器是中心频率为 f_i 的固定带通放大器,可以进一步滤除无用信号。解调器将得到的中频调制信号变换为原基

带信号,再经低频或视频放大器放大后从扬声器或显像器输出。

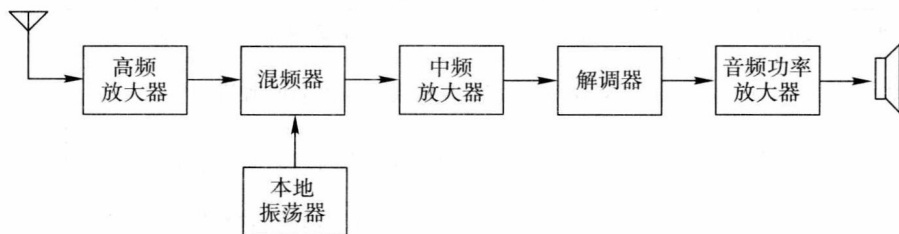


图 1-3 超外差调幅接收机组成框图

1.2 无线电波段的划分和无线电波的传播

无线电波的传播方式大体可分为 3 种:沿地面传播、沿空间直线传播和依靠电离层传播。

1.5MHz 以下的电磁波主要沿地表传播,称为“地波”,如图 1-4 所示。这种电波沿地面传播比较稳定,传输距离也比较远,故可用于导航和播送标准的时间信号。

30MHz 以上的电磁波主要沿空间直线传播,称为“空间波”,如图 1-5 所示。这种方式的传播距离是有限的,主要用于中继通信、调频和电视广播以及雷达、导航系统中。

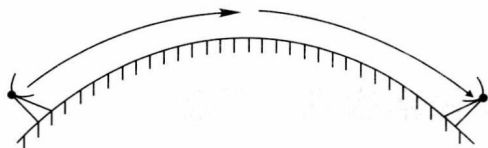


图 1-4 地面波

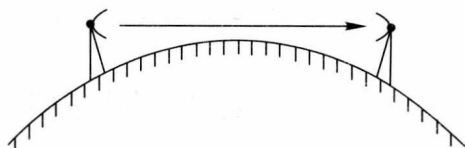


图 1-5 空间波

1.5~30MHz 的电磁波,主要靠天空中电离层的折射和反射传播,称为“天波”,如图 1-6 所示。这种方式的短波通信常用于远距离无线电广播、电话通信及中距离小型移动电台等。

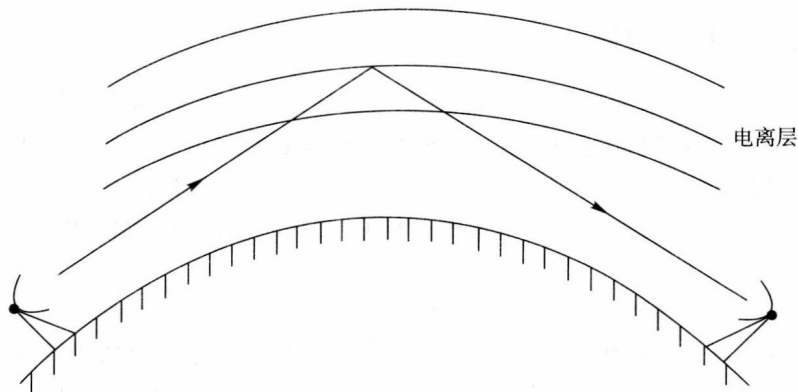


图 1-6 天波

表 1-1 无线电波的划分

波段名称	波长范围	频率范围	主要用途	频段名称
超长波	10~100 km	3~30 kHz	高功率、长距离点与点间的通信。	甚低频 (VLF)
长波	1~10 km	30~300 kHz	长距离点与点间的通信,船舶导航用。	低频 (LF)
中波	0.1~1 km	0.3~3 MHz	广播、船舶通信、飞行通信、警察用无线电、 港电话。	中频 (MF)
短波	10~100 m	3~30 MHz	中距离及远距离的各种通信与广播。	高频 (HF)
超短波 (米波)	1~10 m	30~300 MHz	短距离通信、电视、调频、雷达、导航。	甚高频 (VHF)
分米波	1~10 dm	0.3~3 GHz	短距离通信、电视、雷达。	超高频 (UHF)
厘米波	1~10 cm	3~30 GHz	短距离通信、雷达、卫星通信。	特高频 (SHF)
毫米波	1~10 mm	30~300 GHz	雷达、射电天文学。	极高频 (EHF)
光波	1 mm 以下	300GHz 以上	光通信	超极高频

1.3 非线性电子线路的基本概念

通信的基本任务就是实现信息的传输,而要完成这一任务必须依靠各种非线性电子线路对输入信号进行处理,以便产生特定波形与频谱的输出信号。在学习本书内容以前,应该对非线性元器件的基本特点有初步了解。

1.3.1 线性与非线性电路

所谓“线性元件”,其主要特点是元件参数与通过元件的电流或加于其上的电压无关。例如,通常大量应用的电阻、电容和空心电感线圈等都是线性元件。非线性元件则不同,它的参数与通过它的电流或加于其上的电压有关。例如通过二极管的电流大小不同,二极管的电阻值便不同;晶体管的放大系数与工作点有关;带磁心的电感线圈的电感量随通过线圈的电流而变化。

全部由线性或处于线性工作状态的元器件组成的电路称为“线性电路”。例如已经学过的低频小信号放大器及下章将要学习的高频小信号放大器中应用的晶体管,在适应选择工作点且信号很小的情况下,其非线性特性不占主导地位,可近似地看成线性元件。所以小信号放大器属于线性电路。电路中只要含有一个元器件是非线性的或处于非线性工作状态,则称为“非线性电路”。例如以下各章将要讨论的功率放大器、振荡器、混频器和各种调制解调器等都是非线性电路。

1.3.2 非线性电路的基本特点

本节以非线性电阻为例讨论非线性元器件的特点:工作特性的非线性、具有频率变换能力、不满足叠加原理。这些特点也适用于其他非线性元件。

一、工作特性的非线性

通常在电子线路中大量使用的电阻元件属于线性元件,通过元件的电流与元件两端的电压成正比,即

$$R = \frac{u}{i} \quad (1-1)$$

电阻元件的工作特性或伏安特性曲线是通过坐标原点的一条直线,如图 1-7。该直线的斜率的倒数就是电阻值

$$R = \frac{1}{\tan \alpha} \quad (1-2)$$

与线性电阻不同,非线性电阻的伏安特性曲线不是直线。例如,半导体二极管是一个非线性电阻元件,加在其上的电压与通过其中的电流不成正比关系。它的伏安特性曲线如图 1-8 所示,其正向工作特性按指数规律变化,反向工作特性与横轴非常接近。

如果在直流电压 V_0 之上再叠加一个微小的交变电压,其峰—峰振幅为 Δu ,则它在直流电流 I_0 之上引起一个交变电流,其峰—峰振幅为 Δi 。当 Δu 取得足够小时,我们把下列极限称为“动态电阻”,以 r 表示,即

$$r = \lim_{\Delta u \rightarrow 0} \frac{\Delta u}{\Delta i} = \frac{du}{di} = \frac{1}{\tan \beta} \quad (1-3)$$

外加直流电压 V_0 所确定的点 Q ,称为“静态工作点”。因此,无论是静态电阻,还是动态电阻,都与所选的工作点有关。

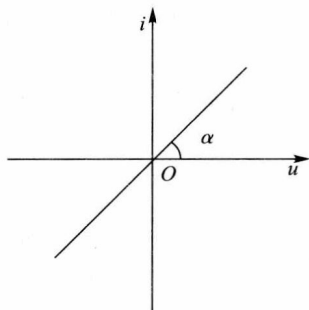


图 1-7 线性电阻的伏安特性曲线

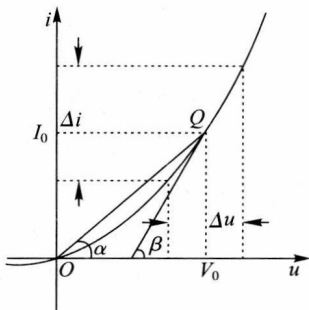


图 1-8 半导体二极管的伏安特性曲线

二、具有频率变换能力

如果在一个线性电阻元件上加某一频率的正弦电压,那么在电阻中就会产生同一频率的正弦电流。反之,给线性电阻通入某一频率的正弦电流,则在电阻两端就会得到同一频率的正弦电压。此时,线性电阻上的电压和电流具有相同的波形和频率,如图 1-9 所示。

对于非线性电阻来说,情况大不相同。例如对于如图 1-10 所示的半导体二极管的伏安特性曲线。当某一频率的正弦电压

$$u = U_m \sin \omega t \quad (1-4)$$

作用于该二极管时,可用作图法求出通过二极管的电流波形。显然,它已不是正弦波形。所以非线性元件上的电压和电流的波形是不同的。如果将二极管电流用傅里叶级数展开,可以发现,它的频谱中除包含电压的频率成分 ω 外,还产生了 ω 的各次谐波及直流成分。也就是说,半导体二极管具有频率变换的能力。

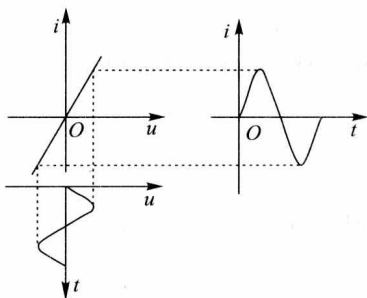


图 1-9 线性电阻上的电压与电流

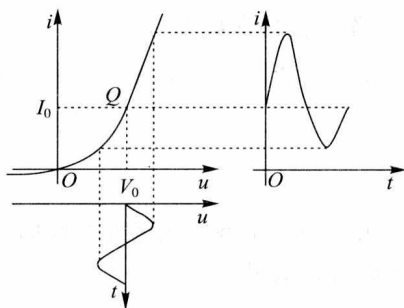


图 1-10 正弦电压作用于二极管产生非正弦电流

比如设非线性电阻的伏安特性曲线为

$$i = ku^2 \quad (1-5)$$

式中, k 为常数。

当该元件上加有两个正弦电压 $u_1 = U_{1m} \sin \omega_1 t$ 和 $u_2 = U_{2m} \sin \omega_2 t$ 时,可求出通过元件的电流为

$$\begin{aligned} i &= kU_{1m}^2 \sin^2 \omega_1 t + kU_{2m}^2 \sin^2 \omega_2 t + 2kU_{1m}U_{2m} \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t \\ &= \frac{k}{2}(U_{1m}^2 + U_{2m}^2) - kU_{1m}U_{2m} \cos(\omega_1 + \omega_2)t + kU_{1m}U_{2m} \cos(\omega_1 - \omega_2)t \\ &\quad - \frac{k}{2}U_{1m}^2 \cos 2\omega_1 t - \frac{k}{2}U_{2m}^2 \cos 2\omega_2 t \end{aligned} \quad (1-6)$$

上式说明,电流中不仅出现了输入电压频率的二次谐波,而且还出现了由 ω_1 和 ω_2 组成的和频、差频及直流成分。

一般来说,非线性元件的输出信号比输入信号有更为丰富的频率成分。许多重要的无线电技术,正是利用非线性元件的这种频率变换能力才得以实现的。

三、不满足叠加原理

叠加原理是分析线性电路的重要基础。但是,对于非线性电路来说,叠加原理就不再适用了。例如上面所看到的例子,如果根据叠加原理,电流应该是两个正弦电压分别单独作用时所产生的电流之和,即

$$i = ku_1^2 + ku_2^2 = kU_{1m}^2 \sin^2 \omega_1 t + kU_{2m}^2 \sin^2 \omega_2 t \quad (1-7)$$

与式(1-6)比较一下,显然是不相同的。

非线性电路可采用图解法来进行分析,但在实际电路中,常采用工程近似解析法。工程近似解析法的精度虽比较差,但它有助于了解电路工作的物理过程,并能对电路性能作出粗略的估算。所谓“工程近似解析法”,就是根据工程实际情况,对器件的数学模型和电路工作条件进行合理的近似,列出电路方程,从而解得电路中的电流和电压,获得具有实用意义的结果。

工程近似解析法的关键是如何写出比较好的反映非线性元器件特性的数学表达式。由

于不同的非线性元器件特性各不相同,即使同一个非线性元器件,由于其工作状态不同,它们的近似数学表达式也不同。非线性电子线路中,常采用幂级数分析法、折线分析法和开关函数分析法等,这些将在后面各章中分别加以讨论。

1.4 本课程的主要内容及特点

通过本章的学习,我们已对无线通信有了一个粗浅的了解。概括说来,高频电子线路主要研究通信系统中共用的基本单元电路,其内容包括小信号(高频或中频)放大电路、高频功率放大电路、正弦波振荡电路、调制和解调电路、混频电路等。在学习本课程时应注意以下几点:

1. 高频电子线路分析方法的复杂性

高频电子线路大部分电路都属于非线性电路,对其进行精确求解十分困难。一般都采用计算机辅助设计的方法进行近似分析,在工程上也往往根据实际情况对器件的数学模型和电路的工作条件进行合理的近似等效,以便用简单的分析方法获得具有实际意义的结果,而不必过分追求其严格性,因为工程上需要通过调试来达到最终结果。因此在学习过程中,对每一章中介绍的功能单元电路,要掌握该单元电路的基本电路组成、工作原理、基本性能参数计算,掌握好基础知识以方便对复杂电路进行分析。

2. 高频电子线路种类和电路形式的多样性

高频电子线路能够实现的功能和单元电路很多,实现每一功能的电路形式也是多样的,这就给学习带来了较大的难度。不过这些电路都是用非线性器件来实现的,都是在为数不多的电路基础上发展起来的。因此,在学习时要抓住各种电路之间的共性,分析各种功能之间的内在联系,而不仅局限于掌握一个个具体的电路及其工作原理,做到以点带面、举一反三。

3. 高频电子线路具有很强的实践性

由于非线性电子线路工作频率一般都比较高的,以及电路一般比较复杂,其理论分析与实际电路参数之间有偏差,需要进行一定的归纳和抽象,因此非线性电子线路还有许多实际问题及理论概念,需要通过实践环节进行学习和加深理解。另外,非线性电子线路的调试技术要比线性电路线路复杂得多,因此加强实践训练是十分重要的。当前,由于高频电子线路新技术、新器件不断出现,加强集成功能电路的了解及 EAD 技术的掌握也是提高实践能力的一个重要内容,所以本课程学习时,必须重视实践环节,坚持理论联系实际,在实践中积累丰富的经验。