

21世纪

高等学校通信类系列教材

# 高频电路原理与分析

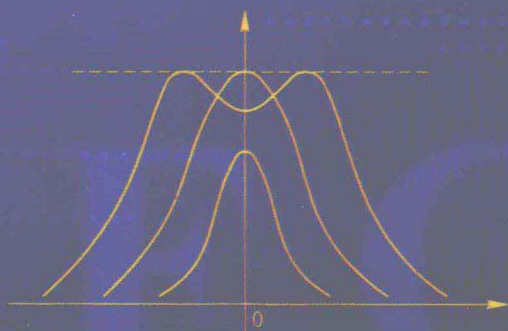
（第三版）

曾兴雯 刘乃安 陈健 编



H F C

HFC



西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

★ 21 世纪高等学校通信类系列教材

# 高频电路原理与分析

(第三版)

曾兴雯 刘乃安 陈 健 编

## 内 容 简 介

本书是《高频电路原理与分析(第二版)》的修订版。修订后全书共9章,内容包括绪论、高频电路基础、高频谐振放大器、正弦波振荡器、频谱的线性搬移电路、振幅调制、解调与混频、频率调制与解调、反馈控制电路和高频集成电路。

本书可作为通信工程、电子信息工程等专业的本科生教材,也可作为大专、电大、职大学生的教材和有关工程技术人员的参考书。

策 划 马乐惠

责任编辑 杨宗周

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http: //www. xduph. com E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印 刷 渭南市邮电印刷厂

版 次 1986年12月第1版 1994年4月第2版 2001年8月第3版 2001年8月第9次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 21.375

字 数 504千字

印 数 40 501~44 500册

定 价 22.00元

ISBN 7-5606-0229-0/TN·0069

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

## 第三版前言

本教材是在1994年杜武林、李纪澄、曾兴雯编写的《高频电路原理与分析(第二版)》基础上修订再版的。

从1999年开始,教育部调整了专业目录,各专业根据教育部调整专业目录的指导思想和各专业的培养目标,制订了教学计划和课程的教学大纲。本教材就是在这样的背景下形成的。修订时的指导思想仍然遵循第一、第二版教材“控制篇幅、精选内容、突出重点、便于教学”等编写原则。根据专业发展和需求,以及多年来的教学实践,继承和保留了原教材的优点和特点,充实了新的内容,力求反映本门课程的当前状况和发展趋势,以利于教学质量和教学水平的提高。新教材主要作了以下几点调整:

(1) 高频小信号谐振放大器和高频功率谐振放大器安排在同一章,便于比照,以利于教学。同时将高频功率放大器中繁杂的计算删去,重点分析其工作原理、特性和电路组成。

(2) 对第7章频率调制与解调内容进行了调整充实。

(3) 针对反馈控制技术在系统中的重要作用,对原书的第8章作了较大范围的调整,用“反馈控制电路”代替原来的“锁相环原理及其应用”,内容包括自动增益控制电路、自动频率控制电路、锁相环原理及其应用和频率合成器四部分。

(4) 随着科学技术的发展,高频集成电路成为系统中不可缺少的器件或部件。本书增加了高频集成电路的内容,旨在介绍高频电路的集成化、高频集成电路和高频电路的电子设计自动化(EDA),使学生在此方面有一个较好的基础。

(5) 由于篇幅所限,将第二版的“典型整机线路介绍”删去,学生可在后续课程中了解到有关的知识。

本教材是西安电子科技大学通信工程学院各专业的“高频电子线路”课程教材。

《高频电路原理与分析(第三版)》由曾兴雯主编,参加编写的还有刘乃安和陈健。刘乃安编写了第1、2、7、9章,陈健编写了第3、4章,曾兴雯编写了第5、6、8章。

衷心感谢我们的导师杜武林教授,本教材是在杜教授的指导下,也是在杜教授主编的原教材基础之上完成的。可以说没有原教材,就不可能有本教材的出版。

同时还要感谢本教材前两版的作者张厥盛教授、魏矜教授和李纪澄教授,对他们为本书所做的贡献表示敬意。

由于作者水平有限,教材中难免会有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001年3月

## 第二版前言

本书是在1986年杜武林、魏矜、张厥盛编写的《高频电路原理与分析》基础上修订再版的。在初版后的这几年时间里，电子技术有了很大进步，教学改革也有了发展，这些都要求本书修订后再版。

修订时的指导思想是在遵循原版教材“控制篇幅、精选内容、突出重点、便于教学”等编写原则的基础上，根据新的情况和教学经验，进一步精选分立元件电路的内容，充实集成电路的内容，力求反映电子技术的进步，有利于提高教学水平和加强理论联系实际。修订再版时，对以下几方面作了较大的改动。

(1) 全书的结构作了调整。根据长期的教学经验，将高频电路中的共同性基础内容，主要是高频线性电路集中在第二章讲述。其内容有高频电路中的有源器件和无源网络(振荡电路、高频变压器和传输线变压器、石英晶体谐振器、陶瓷滤波器和声表面波滤波器)，电子噪声等。修订后使这些共同的基础性内容有所加强。

(2) 考虑到振幅调制和解调、混频等，从频率变换原理上讲是共同的，而只是具体电路的实现和性能指标要求上有所不同。为此，将原书第五、六章内容作了调整。第五章讨论共同的频谱线性搬移的变换原理，第六章讨论有关电路。这样做，避免了原书的部分内容重复，同时也加强了非线性变换的概念。

(3) 考虑到集成电路的迅速发展，在高频功放、振荡、混频、各种调制和解调等高频非线性电路各章中，保留了研究集成电路和分立元件电路都必需的各种高频电路原理和分析的基础内容，较多地删去和精选了分立元件的实际电路，较多地增加了各部分集成电路的内容。

(4) 为了加强理论联系实际，本书增加了典型整机线路介绍(第九章)，列举了两种典型通信机的整机框图和部分单元组成电路。这部分内容不在课堂上讲授，可作为参考材料，在学习第三~七章时，指导学生联系整机的实际电路进行分析，以提高实际识图和分析电路的能力。

修订后的本书仍是西安电子科技大学信息工程系各专业的“高频电子线路”课程教材。

本书作为本科班教材时，建议各章教学学时(第九章不安排专门的教学学时)为：

章次	1	2	3	4	5	6	7	8
学时数	2	12	10	12	6	10	14	8

共计74学时，并应配有约20学时的实验课。

《高频电路原理与分析》(第二版)仍由杜武林主编。杜武林、李纪澄、曾兴雯负责以下各章的修订和编写，各章的分工如下：杜武林(第一、二、九章)、李纪澄(第三、四、七章)、曾兴雯(第五、六章)；第八章仍是张厥盛同志编写的。

限于作者水平，本书中不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

1994年1月

# 第一版前言

本书是西北电讯工程学院信息工程系通信专业的“高频电子线路”课程的教材。在确定教材的内容和深度时，也考虑了无线电技术专业类的需要，因此本书也可作为有关专业的“高频电子线路”、“通信电子线路”、“非线性电路”等课程的教材。在舍去某些章节后，本书也可作为无线电技术专业的大专班、夜大学的教材。

本书主要研究各种无线电设备和系统中高频电路的原理、线路和分析方法。随着教学改革进行和科学技术的迅速发展，“高频电子线路”课程的地位和作用也在不断变化，要求内容不断更新。为此，在编写本教材时，力求达到控制教材篇幅、精选内容、突出重点、便于教学的目的。

在精选内容方面，根据1976年我们编写《无线电通信设备》教材的经验和长期教学实践的体会，本书以典型高频电路为主，着重阐述它们的基本工作原理和基本分析方法，达到掌握和巩固基本概念和提高自行研究分析类似电路的能力。对于一些不常用的电路、纯理论性的推导过程，以及一些具体设计步骤之类的内容作了较多的删减。为了在一个学期内以80学时实施完本课程，本书根据高频电路的内在联系，合并了有关章节，控制了教材的篇幅。根据振幅调制和频率调制两种基本调制方式，将调制和解调合并为两章；考虑到电子噪声和高频小信号放大器的有机联系，也合并为一章。作为本书主要内容的非线性电路分析方法，在振幅调制与解调一章中加以讨论。考虑到在现代无线电设备中，锁相环作为一个多功能部件用得越来越多，已经成为一个基本的高频单元电路，将锁相环原理及其应用单独成一章。由于振荡回路和传输线变压器在高频电路中用得很多，作为补充知识在第二章附录中介绍。在编写过程中，力求反映集成电路在高频电路中的应用，特别是在低电平电路中的应用。在研究各单元电路时，既考虑了以分立元件为主，也适当结合它们在集成电路中的应用。而对于集成模拟相乘器、集成调频解调器和集成锁相环等内容都作了较充分的介绍。对于一些技术较新、有发展前途的非基本电路，如传输线变压器、高效功放、功率合成、集中选频放大器等都作了必要的介绍。在着重讲述单元电路的同时，也尽可能地介绍一些有关整机知识。

“高频电子线路”是一门工程性和实践性很强的课程，教材仅为学好课程提供必要的基础，有许多理论知识和实际技能，如实际线路的组成、测量方法和仪器、实际动手能力等，还必须在实践中学习和提高。为此，在实施本课程时，应配有二十学时左右的实验课。

采用本书作本科班教材时，建议各章的学时数为：绪论2学时（复习有关振荡回路和介绍传输线变压器知识，可在绪论课结束后进行，约需4学时），高频功放10学时，振荡器12学时，噪声和小信号放大8学时，调幅和解调12学时，调频与解调14学时，锁相环10学时。

本书由杜武林、魏矜、张厥盛三人共同编写。第一至四章由杜武林执笔；第五至七章由魏矜执笔；第八章由张厥盛执笔。由杜武林负责全书的组织和定稿工作。李纪澄主审了

本书。高频教研组的全体同志参加了教材编写计划的讨论和传阅了初稿，并提出了许多宝贵意见。申洪勤、黄书川同志对部分修改稿提出了许多有益意见，在此一并表示谢意。

限于作者水平，本书定会有许多不妥甚至错误之处，恳请本书读者给我们以这方面的反馈信息。

编者

1986年1月

## 欢迎选购西安电子科技大学出版社各类图书

网页动画制作选锋——LiveMotion	22.00	<b>部级重点教材</b>	
新型常用小家电电修精要	22.00	高级操作系统(统编)	13.80
JavaScript网页开发技术(含盘)	35.00	数据库原理与应用(大专)(修订版)(统编)	15.00
XML网页开发技术(含盘)	34.00	微型计算机原理(统编)	24.50
新世纪网上行丛书1		并行处理技术(统编)	14.00
激情冲浪——新世纪网上任我游	17.00	模拟电子线路基础	16.00
ASP动态网站建站实例与技巧(含盘)		移动通信(修订版)(统编)	20.00
——ASP与Web数据库的语言	30.00	智能控制理论和方法	18.00
一步一步学上网	16.00	<b>国家级重点教材</b>	
Photoshop 6.0平面设计基础	18.00	计算机系统结构(第二版)(统编)	19.00
PC汇编语言程序设计(新世纪)	17.00	计算机系统结构(第三版)(统编)	22.00
操作系统实践教程(新世纪)	12.00	离散数学(大专)(第二版)(统编)	13.00
Linux下的WEB服务器技术	20.00	雷达对抗原理(统编)	15.00
大学生心理健康向导	18.00	新编高等数学自学指南(上)	11.00
现代办公自动化设备	20.00	新编高等数学自学指南(下)	14.00
21世纪中学电脑教程(Windows 98版)	19.00	高等数学试题解析	13.00
电子商务基础与应用(第三版)(含盘)	35.00	高频电子线路辅导	14.00
看图学用Windows ME(中文版)	24.00	微型计算机原理及应用辅导	17.00
信息系统分析与设计(高职)	14.00	高等数学辅导	35.00
信息网络理论基础(21世纪)	16.00	通信原理辅导	17.00
SQL Server 2000实用操作技巧	26.00	材料力学辅导	23.00
AutoCAD 2000三维绘图精解	36.00	Flash 4实用速成——精讲·范例·技巧	
LON网络程序设计	20.00	(含光盘)	26.00
实用科技英语语法精华	10.00	ASP 3.0网站编程与实例演练(含光盘)	35.00
英汉双解——大学生英语动词用法详解	20.00	Flash 5.0动画制作——方法与技巧(含光盘)	30.00
电子线路基础(21世纪)	19.00	Dreamweaver 3.0网页设计	18.00
二进前向人工神经网络——理论与应用	21.00	Web网页设计简明教程	18.00
3D Studio VIZ R3建筑装修效果图培训教程		网页设计与制作(中专)	13.00
(含光盘)	38.00	计算机网络(高职)	20.00
Windows NT实用教程	20.00	互联网实用技术与网页制作(高职)	14.00
AutoCAD实例教程	25.00	中文FortPage 2000快学通	20.00
VB常用算法大全(含光盘)	45.00	计算机网络(本科)	15.00
PHP & Web数据库(含光盘)	30.00	计算机网络——集成、管理与维护	26.00
PHP My SQL Apache超强组合(含光盘)	39.00	Internet/Intranet应用与网页制作实训教材	
PhotoShop 6.0从入门到精通(含光盘)	32.00	(高职)	15.00
CAXA电子图板实用绘图及二次开发	22.00	Internet基础与使用	14.00
模拟电子技术基础(21世纪)	22.00	Internet网典(含光盘)	16.00
数字信号处理(第二版)	21.00	最新开发平台Visual InterDev 6.0技术内幕	36.00
自适应信号处理(研究生系列)	16.00	Windows NT4.0环境下Intranet组建技术	22.00
电路基础学习指导(21世纪)	15.00	MODEM通信编程技术	20.00
现代电视接收技术	18.00	网络集成实例集粹	27.50
通信基础电源(第二版)(21世纪)	20.00	计算机网络	18.00
计算机软件技术基础教程(21世纪)	21.00	计算机网络——集成、管理与维护(中专)	22.00
计算机操作系统教程(新世纪)	18.00	计算机网络与办公自动化	15.00
数据结构——使用C++语言(新世纪)	22.00	Linux实用简明教程	25.00
VC++高级编程技巧与示例(含光盘)	40.00	中文版Windows 2000 Professional	
程序设计基础与C语言(本科)(新世纪)	22.00	培训教材 ★	23.00
微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00	中文版Windows 2000 Professional	
研究生英语词汇词组手册	16.00	(专业版)实用大全	35.00
高考英语听力高分强化训练	6.50	中文版Windows 2000 server	
科技英语写作教程(研究生系列)	17.00	(服务器版)实用大全	36.00



中文视窗98简明图解教程	22.60	全国计算机等级考试(二级—C语言)	
中文版Windows 98使用指南	26.50	模拟试题与解答	19.00
UNIX系统初级教程	23.00	全国计算机等级考试应试指导与强化练习	
操作系统教程(第二版)	16.00	(二级C语言) ★	21.00
计算机操作系统(第三版)(统编)	27.00	全国计算机等级考试(二级—Quick BASIC)	
计算机操作系统(高职)	14.00	模拟试题与解答	25.00
操作系统教程——UNIX实例分析		全国计算机等级考试应试指导与强化练习	
(第二版)(统编)	18.50	(二级QBASIC) ★	27.00
操作系统(修订版)(大专)(统编)	14.80	全国计算机等级考试应试指导与强化练习	
操作系统(中专)(第二版)(统编)	10.80	(二级FoxBase/FoxPro) ★	28.00
21世纪小学电脑课本(Windows 98版)	12.00	全国计算机等级考试(二级FoxBASE <sup>+</sup> )	
21世纪中学电脑教程	18.00	模拟试题与解答	18.00
21世纪电脑应用培训教程	24.00	全国计算机等级考试 模拟试题与解答	
学用电脑一册通——安装·配置·使用	32.00	(三级A类)	21.00
计算机最新实用技术教程	29.00	全国计算机等级考试模拟试题与解答	
计算机操作应用基础(中专)	14.50	(三级B类)	21.00
计算机操作与应用(中专)	18.00	全国计算机等级考试应试指导与强化练习	
FoxBASE+管理系统及其程序设计(中专)	20.00	(三级·A类) ★	31.00
微机操作实用教程(Windows 98版)	22.00	全国计算机等级考试应试指导与强化练习	
计算机文化基础(21世纪)	18.00	(三级·B类) ★	31.00
计算机应用基础	17.00	计算机等级考试培训教程(一级)(第二版)	17.00
计算机应用基础教程	21.00	中文版Office 2000(中小企业版)	
计算机应用基础教程(for windows)	18.00	完全技术手册	70.00
《计算机应用基础教程》上机与实习指导	10.00	中文版Power Point 2000完全技术手册	35.00
计算机应用基础(高职)	18.00	中文版Word 2000操作向导	25.00
计算机结构组成与外部设备(中专)	13.00	中文版Excel 2000操作向导	23.00
新编计算机应用培训教程 ★	21.00	WPS 2000实用培训教程	23.00
新编计算机基础短期培训教程 ★	17.00	Office 2000中文版快学通	40.00
新世纪微机操作培训教程 ★	25.00	WPS 2000图解速成	20.00
五笔字型一册通 ★	6.00	Power Builder 5.0/6.0从入门到精通	30.00
新版五笔字型编码手册 ★	6.00	PowerBuilder 技术教程(高职)	17.00
新版五笔字型速查手册(修订版)	6.80	中文Word 8.0快学通	20.60
看图学用金蝶财务软件for Windows	17.50	中文Excel 8.0快学通	19.80
全国计算机等级考试复习测试题	24.00	常用图形图像处理软件速查手册	30.00
全国计算机等级考试教程(一级Windows版)	21.00	计算机图形图像制作技术(中专)	15.00
全国计算机等级考试(二级)试题分析与应试指南		图形处理与3D动画制作(高职)	16.00
——基础部分和PASCAL语言程序设计	23.00	3D Studio MAX R3功能图解	38.00
全国计算机等级考试教程数据库语言		3DS MAX 3从入门到精通	28.00
FoxBASE+程序设计(二级)	17.50	3D Studio MAX新创意	
全国计算机等级考试(一级)(DOS环境)		——实例·技巧·策划	35.00
试题分析与应试指南(第二版)	25.00	3D Studio MAX 从入门到精通	33.00
全国计算机等级考试试题分析与应试指南——基础		3D Studio MAX动画场景制作实例	14.00
部分和FoxBASE语言程序设计(二级)	27.00	3D Studio VIZ R3 实例教程	25.00
全国计算机等级考试(FoxBASE <sup>+</sup> )——上机考试		3D Studio MAX R3 经典制作(含光盘)	48.00
试题分析与应试指南(二级)	20.00	3D Studio VIZ R2全面技术手册	60.00
全国计算机等级考试试题分析与应试指南		3DS 4.0实例精讲	17.00
——基础部分和C语言程序设计(二级)	25.00	3D Studio从入门到精通	24.50
全国计算机等级考试(一级DOS版)		中文版Corel DRAW 9从入门到精通	24.00
模拟试题与解答	19.00	中文CorelDRAW 8易学易用	28.60
全国计算机等级考试应试指导与强化练习		中英文CorelDRAW 8入门教程	17.50
(一级DOS) ★	22.00	Photoshop 6.0实例教程	30.00
全国计算机等级考试(一级Windows环境)		Photolmpact 5.0中文版实例教程	20.00
模拟试题与解答	17.00	SYBASE数据库实例教程(高职)	22.00
全国计算机等级考试应试指导与强化练习		Power Designer数据库建模技术	25.00
(一级Windows) ★	21.00	Visual FoxPro 6.0入门与实践	21.00

Visual FoxPro程序设计教程	14.00	单片机原理与应用(中专)	17.00
FoxPro for Windows程序设计	17.00	单片机原理及接口技术	15.00
FoxPro应用基础(中专)	22.00	单片机及其应用(中专)	18.00
Access 2000 实用操作与技巧	30.00	单片机原理及应用(51系列)(中专统编)	15.50
数据库原理及应用	21.00	《单片机原理及应用》学习指导(统编)	8.00
国际通用投稿软件 LaTeX 的使用及 论文投稿与检索	12.00	CPLD技术及其应用	25.00
Microsoft Project 98中文版使用指南	28.00	在系统可编程技术及其器件原理与应用	26.00
Microsoft Fortran Power Station V 4.0 入门	19.00	可编程控制器原理及应用	23.50
实用Visual C++编程大全	43.00	可编程逻辑器件原理、开发与应用(21世纪)	22.00
Visual C++编程技巧与示例(含光盘)	35.00	计算机控制原理及其应用	25.00
C程序设计(21世纪)	18.00	微机工业控制(统编)	12.00
《C程序设计》学习指导(21世纪)	14.00	多媒体软件设计技术	16.00
Visual Basic 基础教程(中专)	13.00	多媒体制作与应用(中专)(含光盘)	26.00
Visual Basic 6.0数据库开发指南	30.00	电子商务基础与应用(第二版)	26.00
学用Visual Basic 6.0编程	28.00	电子商务核心技术——安全电子交易协议 的理论与设计	36.00
QBASIC程序设计教程(中专)	18.00	电子商务典型案例评析	17.00
跟我学 Quick BASIC	10.50	数据结构(高职)	21.00
中文版Visual Basic 6.0实用编程	25.00	数据结构(C)	16.00
Visual Basic 程序设计(高职)	21.00	数据结构教程——面向对象实现方法	21.00
《Visual Basic 程序设计》习题解答(高职)	16.00	计算方法(大专)(修订版)(统编)	10.00
Delphi 面向对象程序设计及应用开发	21.00	编译方法(大专)(修订版)(统编)	17.00
Delphi 面向对象程序设计及应用	21.00	离散数学(修订版)(统编)	17.80
汇编语言程序设计教程(中专)	17.00	《离散数学》习题解答	16.00
汇编语言程序设计(高职)	17.00	软件系统开发技术(第二版)(统编)	12.30
《汇编语言程序设计》软盘(高职)	20.00	软件工程	20.00
汇编语言程序设计(修订版)(统编)	21.50	管理信息系统分析与设计(统编)	12.00
《汇编语言程序设计》教学辅导与上机 实验辅导(统编)	9.20	PCI局部总线开发者指南	8.50
MATLAB 5.X程序设计语言	26.00	人工智能技术导论	17.00
MATLAB及其在理工课程中的应用指南	15.00	OrCAD/Pspice 9实用教程(含光盘)	35.00
基于MATLAB的系统分析与设计		OrCAD Capture CIS 9 实用教程(含光盘)	35.00
——小波分析	27.00	Protel 99 从入门到精通	31.00
——信号处理	24.00	Protel 电路设计实用指南	
——控制系统	18.50	——基础·实例·技巧	26.00
——神经网络	17.50	AutoCAD 基础(中专)	12.00
——图像处理	16.00	Auto CAD 2000从入门到精通	27.00
——模糊系统	14.00	AutoCAD 2000上机操作——入门篇	28.00
现代通信系统分析与仿真		Auto CAD 2000 上机操作——提高篇	24.00
——MATLAB 通信工具箱	28.00	Auto CAD R14快易通	16.50
MATLAB程序设计语言	16.80	Auto CAD 高效机械绘图技术	29.00
PASCAL程序设计及其应用(第二版)	15.00	计算机绘图技术	12.00
微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00	工程制图与计算机绘图(含习题集)(统编)	36.00
微型计算机原理与应用(大专)	19.00	电子工程制图(高职)	17.00
微型计算机原理及应用(统编)	22.00	VHDL硬件描述语言与数字逻辑电路设计 (修订版)	20.80
微型计算机原理(中专)(统编)	18.50	电子电路CAD技术	20.00
微型计算机原理(第四版)	29.00	计算机基础电路(中专)	24.00
《微型计算机原理》学习指导书(统编)	6.50	高性能数字信号处理器与高速实时信号处理	28.00
微型计算机原理与组成(中专)(统编)	17.00	数据采集系统芯片 ADuC 812 原理与应用	17.00
微型计算机系统安装调试与维护维修(中专)	12.00	智能卡技术及应用	9.50
微型计算机系统安装调试与维护维修	15.00	计算机电子电路技术——电路与模拟电子部分	22.00
微机结构组成与外部设备	15.00	计算机电子电路技术——数字电子部分	12.80
微型计算机原理与组成	20.00	跨世纪的数字技术与数字产品	21.00
十六位微型计算机原理及接口技术	15.00	传感器原理及工程应用	13.00
单片微型计算机原理及应用(统编)	22.00	智能传感器系统	27.00

音响技术(统编)	11.80	锁相技术(新版)(统编)	14.80
数字信号处理(统编)	15.00	纠错码——原理与方法	35.00
模拟电子技术	16.00	LON网络控制技术与应用	22.00
数字电子技术	14.90	自动控制原理(大专)	13.00
数字电子技术(高职)	17.00	控制电机(第三版)	18.00
数字电路基础(中专)	17.00	有线电视——实用技术与新技术	21.00
数字系统设计基础(21世纪)	19.00	国内外大屏幕彩色电视机检修捷径	30.00
数字电子技术基础	14.00	典型彩电开关稳压电源维修500例	19.00
数字电子技术基础	18.00	彩电遥控系统、画中画、有线电视加装与 维修指南	22.50
电路基础(修订版)(21世纪)	21.00	电视技术(高职)	25.00
电路基础(中专)	12.00	电视原理与现代电视系统(统编)	16.80
电路分析基础(第二版)	18.00	电视机原理与技术(统编)	17.50
《电路分析基础》实验与题解(第二版)	17.00	电视接收技术(大专)(统编)	11.80
应用电路分析(高职)	14.00	电视原理与接收机(中专)(统编)	15.00
模拟电子技术(高职)	18.00	电视原理与接收技术	12.80
网络、信号与系统	16.00	电冰箱和冷柜的原理、选用与维修	14.00
低频电子线路(中专)	18.00	家用制冷设备常见故障排除一点通	11.00
高频电路	14.00	空调器及其微电脑控制器的原理 与维修(第二版)	33.00
高频电路原理与分析(第二版)	17.80	空调器微电脑电路检修与图册	45.00
高频电子线路(中专)	16.00	激光影碟机(VCD·超级VCD·DVD) 与家庭影院	13.00
高频电子线路(中专)(第三版)(统编)	17.50	流行VCD影碟机故障诊断技术与维修实例	23.50
高频电子线路(大专)(统编)	13.00	CD·VCD·DVD——原理、选购与维修	26.00
电工基础(中专)(统编)	15.50	现代音响与调音技术	19.00
电子线路基础	17.50	新编《高等数学》学习辅导(上)	12.00
电子测量技术基础	17.30	新编《高等数学》学习辅导(下)	14.00
电子电路故障诊断技术	13.00	有趣的智能训练——趣味数学108例	5.00
A/D、D/A转换器接口技术实用线路	23.50	应用数学基础(上)(高职)	15.00
高性能模数与数模转换器件	33.00	应用数学基础(下)(高职)	13.00
开关稳压电源——原理、设计与实用电路	25.00	《线性代数》学习指导与例题分析	11.00
新型集成电路使用指南与典型应用	43.50	概率论与数理统计	10.00
集成电路速查大全	24.00	《概率论与数理统计》学习指导	13.00
办公自动化设备的使用和维护	23.00	随机过程	13.00
按键式脉冲/双音频电话机原理与维修	29.00	马尔可夫决策过程引论	28.00
电脑组装与维护(高职)	16.00	自补图理论及其应用	25.00
雷达原理(统编)	16.80	现代酒店营销指南	12.00
微波技术基础(统编)	19.00	人机工程学	20.00
电磁场有限元方法(统编)	26.80	工业企业经济活动分析(中专) 第二版(统编)	15.00
现代通信百事通	9.00	工业企业管理(中专)(修订版)(统编)	11.00
CDMA数字蜂窝网	12.00	现代科技信息检索	12.50
数字通信原理与技术	17.00		
多媒体通信技术	16.00		
通信系统原理	22.00		
卫星通信(新版)(统编)	12.00		
扩频通信(统编)	9.80		

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 款到后五天内我社将挂号发书, 加收15%的包装邮寄费。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮编: 710071

电 话: (029) 8227828、8202945

传 真: (029) 8213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: [xdupfb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfb@pub.xaonline.com)

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	3.4.2 输出匹配网络	76
1.1 无线通信系统概述	1	3.4.3 高频功放的实际线路举例	78
1.1.1 无线通信系统的组成	1	3.5 高频功放、功率合成与射频模块	
1.1.2 无线通信系统的类型	2	放大器	79
1.2 信号、频谱与调制	3	3.5.1 D类高频功率放大器	79
1.3 本课程的特点	7	3.5.2 功率合成器	83
参考文献	8	3.5.3 射频模块放大器	85
思考题与习题	8	附表 余弦脉冲分解系数表	88
<b>第 2 章 高频电路基础</b> .....	9	参考文献	91
2.1 高频电路中的元件、器件和组件	9	思考题与习题	91
2.1.1 高频电路中的元器件	9	<b>第 4 章 正弦波振荡器</b> .....	95
2.1.2 高频电路中的组件	12	4.1 反馈振荡器的原理	95
2.2 电子噪声	37	4.1.1 反馈振荡器的原理分析	95
2.2.1 概述	37	4.1.2 平衡条件	96
2.2.2 电子噪声的来源与特性	38	4.1.3 起振条件	97
2.2.3 噪声系数和噪声温度	44	4.1.4 稳定条件	98
2.2.4 噪声系数的计算	46	4.1.5 振荡线路举例——互感耦合	
2.2.5 噪声系数的测量	50	振荡器	99
参考文献	52	4.2 LC 振荡器	100
思考题与习题	52	4.2.1 振荡器的组成原则	100
<b>第 3 章 高频谐振放大器</b> .....	54	4.2.2 电容反馈振荡器	101
3.1 高频小信号放大器	54	4.2.3 电感反馈振荡器	103
3.1.1 高频小信号谐振放大器的工作		4.2.4 两种改进型电容反馈振荡器	105
原理	55	4.2.5 场效应管振荡器	107
3.1.2 放大器性能分析	55	4.2.6 压控振荡器	107
3.1.3 高频谐振放大器的稳定性	57	4.2.7 E1648 单片集成振荡器	108
3.1.4 多级谐振放大器	59	4.3 频率稳定度	109
3.1.5 高频集成放大器	60	4.3.1 频率稳定度的意义和表征	109
3.2 高频功率放大器的原理和特性	63	4.3.2 振荡器的稳频原理	119
3.2.1 工作原理	63	4.3.3 提高频率稳定度的措施	111
3.2.2 高频谐振功率放大器的工作		4.4 LC 振荡器的设计考虑	112
状态	67	4.5 石英晶体振荡器	113
3.2.3 高频功放的外部特性	69	4.5.1 石英晶体振荡器频率稳定度	113
3.3 高频功率放大器的高频效应	72	4.5.2 晶体振荡器电路	113
3.4 高频功率放大器的实际线路	74	4.5.3 高稳定晶体振荡器	117
3.4.1 直流馈电线路	74	4.6 振荡器中的几种现象	118

4.6.1 间歇振荡 .....	118	<b>第7章 频率调制与解调</b> .....	221
4.6.2 频率拖曳现象 .....	119	7.1 调频信号分析 .....	221
4.6.3 振荡器的频率占据现象 .....	121	7.1.1 调频信号的参数与波形 .....	221
4.6.4 寄生振荡 .....	123	7.1.2 调频波的频谱 .....	223
参考文献 .....	125	7.1.3 调频波的信号带宽 .....	225
思考题与习题 .....	125	7.1.4 调频波的功率 .....	226
<b>第5章 频谱的线性搬移电路</b> .....	129	7.1.5 调频波与调相波的比较 .....	227
5.1 非线性电路的分析方法 .....	129	7.2 调频器与调频方法 .....	229
5.1.1 非线性函数的级数展开分析法 .....	130	7.2.1 调频器 .....	229
5.1.2 线性时变电路分析法 .....	132	7.2.2 调频方法 .....	230
5.2 二极管电路 .....	134	7.3 调频电路 .....	232
5.2.1 单二极管电路 .....	134	7.3.1 直接调频电路 .....	232
5.2.2 二极管平衡电路 .....	137	7.3.2 间接调频电路 .....	240
5.2.3 二极管环形电路 .....	140	7.4 鉴频器与鉴频方法 .....	242
5.3 差分对电路 .....	144	7.4.1 鉴频器 .....	242
5.3.1 单差分对电路 .....	144	7.4.2 鉴频方法 .....	243
5.3.2 双差分对电路 .....	148	7.5 鉴频电路 .....	249
5.4 其它频谱线性搬移电路 .....	150	7.5.1 叠加型相位鉴频电路 .....	249
5.4.1 晶体三极管频谱线性搬移电路 .....	150	7.5.2 比例鉴频器 .....	254
5.4.2 场效应管频谱线性搬移电路 .....	152	7.5.3 正交鉴频器 .....	257
参考文献 .....	154	7.5.4 其它鉴频电路 .....	259
思考题与习题 .....	154	7.5.5 限幅电路 .....	261
<b>第6章 振幅调制、解调及混频</b> .....	156	7.6 调频收发信机及特殊电路 .....	262
6.1 振幅调制 .....	156	7.6.1 调频发射机 .....	262
6.1.1 振幅调制信号分析 .....	156	7.6.2 调频接收机 .....	262
6.1.2 振幅调制电路 .....	164	7.6.3 特殊电路 .....	263
6.2 调幅信号的解调 .....	177	7.7 调频多重广播 .....	265
6.2.1 调幅解调的方法 .....	177	7.7.1 调频立体声广播 .....	265
6.2.2 二极管峰值包络检波器 .....	178	7.7.2 电视伴音的多重广播 .....	267
6.2.3 同步检波 .....	189	附表 贝塞尔函数的数值表 .....	268
6.3 混频 .....	191	参考文献 .....	270
6.3.1 混频的概述 .....	191	思考题与习题 .....	270
6.3.2 混频电路 .....	196	<b>第8章 反馈控制电路</b> .....	275
6.4 混频器的干扰 .....	204	8.1 自动增益控制电路 .....	276
6.4.1 信号与本振的自身组合干扰 .....	204	8.1.1 工作原理 .....	276
6.4.2 外来干扰与本振的组合干扰 .....	206	8.1.2 自动增益控制电路 .....	277
6.4.3 交叉调制干扰(交调干扰) .....	208	8.1.3 AGC 的性能指标 .....	279
6.4.4 互调干扰 .....	209	8.2 自动频率控制电路 .....	279
6.4.5 包络失真和阻塞干扰 .....	210	8.2.1 工作原理 .....	279
6.4.6 倒易混频 .....	211	8.2.2 主要性能指标 .....	280
参考文献 .....	212	8.2.3 应用 .....	281
思考题与习题 .....	212	8.3 锁相环的基本原理 .....	281
		8.3.1 工作原理 .....	282

8.3.2	基本环路方程 .....	283	9.1.1	高频集成电路的类型 .....	316
8.3.3	锁相环工作过程的定性分析 .....	287	9.1.2	高频电路的集成化技术 .....	317
8.3.4	锁相环路的线性分析 .....	289	9.1.3	高频集成电路的发展趋势 .....	319
8.3.5	锁相环路的应用 .....	295	9.2	高频集成电路 .....	321
8.4	频率合成器 .....	298	9.2.1	高频单元集成电路 .....	321
8.4.1	频率合成器及其技术指标 .....	298	9.2.2	高频组合集成电路 .....	322
8.4.2	频率合成器的类型 .....	299	9.2.3	高频系统集成电路 .....	324
8.4.3	锁相频率合成器 .....	304	9.3	高频电路 EDA .....	326
8.4.4	集成锁相环频率合成器 .....	307	9.3.1	EDA 技术及其发展 .....	326
参考文献	.....	312	9.3.2	EDA 技术的特征与 EDA 方法 .....	326
思考题与习题	.....	313	9.3.3	EDA 工具 .....	327
<b>第 9 章 高频电路的集成化与 EDA</b>	.....	316	9.3.4	高频电路 EDA .....	329
9.1	高频电路的集成化 .....	316	参考文献	.....	332

# 第1章 绪 论

本书主要讨论用于各种电子系统和电子设备中的高频电子线路。通信系统，特别是无线通信系统，已广泛应用于国民经济、国防建设和人们日常生活的各个领域。通信的目的与任务是传递消息。无线通信系统的一个重要特点就是利用高频(无线电)信号来传递消息。

通信中传递的消息的类型很多，传输消息的方法也很多。现代通信大多以电(或光)信号的形式出现，因此，通常被称作电信。传输电信号的媒质(或介质)可以是有线的，也可以是无线的，而无线的形式最能体现高频电路的应用。尽管各种无线通信系统在所传递消息的形式、工作方式及设备体制组成等方面有很大差异，但设备中产生、接收和检测高频信号的基本电路大都是相同的。本书将主要结合无线通信来讨论高频电路的线路组成、工作原理和分析、设计、仿真方法。这不仅有利于明确学习基本电路的目的和加强对有关设备及系统的概念，而且对于其它通信系统也有典型意义。

## 1.1 无线通信系统概述

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。

### 1.1.1 无线通信系统的组成

无线通信(或称无线电通信)的类型很多，可以根据传输方法、频率范围、用途等分类。不同的无线通信系统，其设备组成和复杂度虽然有较大差异，但它们的基本组成不变，图1-1是无线通信系统基本组成的方框图。

图中虚线以上部分为发送设备(发信机)，虚线以下部分为接收设备(收信机)，天线及天线开关为收发共用设备。信道为自由空间。话筒和扬声器属于通信的终端设备，分别为信源和信宿。上下两个音频放大器分别是为放大话筒输出信号和推动扬声器工作而设置的，属低频部件，本书不讨论。上面的音频放大器输出的信号控制高频载波振荡器的某个(些)参数，从而实现调制；下面的解调器就是针对上面发射端的调制而进行的检波(调制的逆过程)。已调制信号的频率若不够高，可根据需要进行倍频或上混(变)频；若幅度不够，可根据需要进行若干级(通常有预放、激励和输出三级)放大，经天线辐射出去。接收机一般都采用超外差的形式，在通过高频选频放大(初步的选择放大并抑制其它无用信号)后进行下混(变)频，取出中频后再进行中频放大(主选择放大，具有较大的放大增益和较

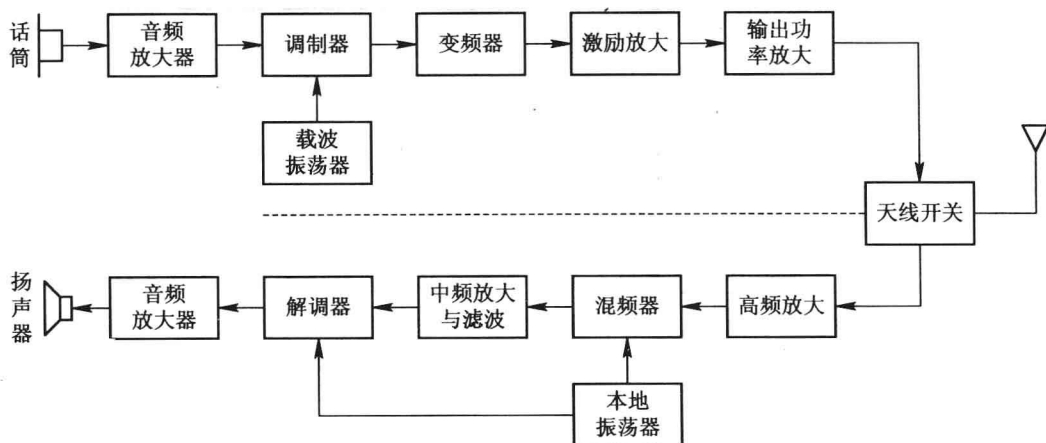


图 1-1 无线通信系统的基本组成

强的滤波能力)和其它处理,然后进行解调。超外差接收机的主要特点就是由频率固定的中频放大器来完成对接收信号的选择和放大。当信号频率改变时,只要相应地改变本地振荡信号频率即可。

由上面的例子可以总结出无线通信系统的基本组成,从中也可看出高频电路的基本内容应该包括:

- (1) 高频振荡器(信号源、载波信号或本地振荡信号);
- (2) 放大器(高频小信号放大器及高频功率放大器);
- (3) 混频或变频(高频信号变换或处理);
- (4) 调制与解调(高频信号变换或处理)。

在无线通信系统中通常需要某些反馈控制电路,这些反馈控制电路主要是自动增益控制(AGC)或自动电平控制(ALC)电路,自动频率控制(AFC)电路和自动相位控制(APC)电路(也称锁相环 PLL)。此外,还要考虑高频电路中所用的元件、器件和组件,以及信道或接收机中的干扰与噪声问题。需要说明的是,虽然许多通信设备可以用集成电路(IC)来实现,但是上述的单元电路通常都是由有源的和无源的元器件构成的,既有线性电路,也有非线性电路。这些基本单元电路的组成、原理及有关技术问题,就是本书的研究对象。

应当指出,实际的通信设备比上面所举例子要复杂得多。比如发射机的振荡器和接收机的本地振荡器就可以用更复杂的组件——频率合成器(FS)来代替,它可以产生大量所需频率的信号。

### 1.1.2 无线通信系统的类型

无线通信系统的类型,可以根据不同的方法来划分。按照无线通信系统中关键部分的不同特性,有以下一些类型:

(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。所谓工作频率,主要指发射与接收的射频(RF)频率。射频实际上就是“高频”的广义语,它是指适合无线电发射和传播的频率。无线通信的一个发展方向就是开辟更高的频段。



(2) 按照通信方式来分类,主要有(全)双工、半双工和单工方式。所谓单工通信,指的是只能发或只能收的方式;半双工通信是一种既可以发也可以收但不能同时收发的通信方式;而双工通信是一种可以同时收发的通信方式。图 1-1 的例子是半双工方式,将天线开关换成双工器就成了双工方式。

(3) 按照调制方式的不同来划分,有调幅、调频、调相以及混合调制等。

(4) 按照传送的消息的类型分类,有模拟通信和数字通信,也可以分为话音通信、图像通信、数据通信和多媒体通信等。

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,遵从同样的规律。本书将以模拟通信为重点来研究这些基本电路,认识其规律。这些电路和规律完全可以推广应用到其它类型的通信系统。

## 1.2 信号、频谱与调制

在高频电路中,我们要处理的无线电信号主要有三种:基带(消息)信号、高频载波信号和已调信号。所谓基带信号,就是没有进行调制之前的原始信号,也称调制信号。高频载波信号主要指用于调制的高频振荡(载波)信号和用于解调的本地振荡信号(或称恢复载波),一般为单一频率的正弦(或余弦)信号或脉冲信号。而已调信号就是调制信号对载波信号进行调制以后的信号。前者通常为低频信号,后两者通常属于高频的范畴。

无线电信号有多方面的特性,主要有时间(域)特性、频率特性、频谱特性、调制特性、传播特性等。

### 1. 时间特性

一个无线电信号,可以将它表示为电压或电流的时间函数,通常用时域波形或数学表达式来描述。对于较简单的信号(如正弦波、周期性方波等),用这种方法表示很方便。

无线电信号的时间特性就是信号随时间变化快慢的特性。信号的时间特性要求传输该信号的电路的时间特性(如时间常数)与之相适应。

### 2. 频谱特性

对于较复杂的信号(如话音信号、图像信号等),用频谱分析法表示较为方便。这是因为任何形式的信号都可以分解为许多不同频率、不同幅度的正弦信号之和,如图 1-2 所

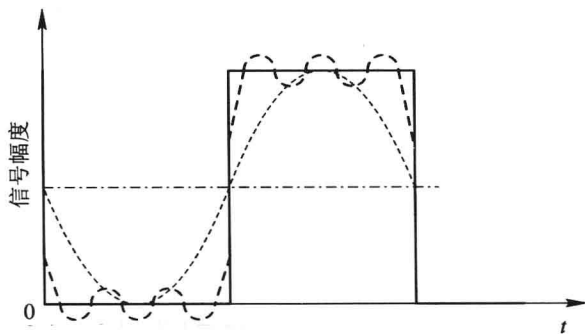


图 1-2 信号分解