



普通高等教育“十五”国家级规划教材配套参考书

高频电子线路 辅导书

曾兴雯 刘乃安 陈 健 宫锦文 编



高等教育出版社

内容简介

本书是为高等教育出版社出版的普通高等教育“十五”国家级规划教材《高频电子线路》编写的配套学习参考书。本书包括绪论、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、反馈控制电路等章节，并给出了三套模拟试题。每章均包括本章主要内容概括、重点与难点讲评、典型例题分析和自测题。

本书不仅可以作为通信工程、电子信息工程及其相关专业的本科生的学习辅导教材，也可以作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路辅导书/曾兴雯等编. —北京: 高等教育出版社, 2005.6

ISBN 7-04-016601-1

I. 高... II. 曾... III. 高频-电子线路-高等学校-教学参考资料 IV. TN710.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 029804 号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 李葛平 封面设计 于文燕 责任绘图 朱 静
版式设计 王艳红 责任校对 朱惠芳 责任印制 杨 明

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	中国农业出版社印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	版 次	2005 年 6 月第 1 版
印 张	15.75	印 次	2005 年 6 月第 1 次印刷
字 数	290 000	定 价	20.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16601-00

前 言

“高频电子线路”是通信工程、电子信息工程以及其他相关专业的一门重要的专业基础课程，有很强的理论性、实践性、工程性。随着科学技术的快速发展，“高频电子线路”从内容和形式上都发生了很大的变化，各专业对该门课程提出了更高的要求。在研究了对该课程的需求和当前的发展状况的基础上，作者根据多年的教学和科研实践经验，编写了由高等教育出版社出版的“十五”国家级规划教材《高频电子线路》。

“高频电子线路”介于专业基础课程和专业课程之间，起到承上启下的作用。“高频电子线路”课程具有基本概念多、理论性强、非线性的分析方法和基本电路形式复杂等特点，从而给本门课程的学习增添了不少的困难。为了更好地学习“高频电子线路”这门课程，针对本课程的特点、学习中可能遇到的困难和问题以及学生学习过程中普遍存在的问题，作者根据多年的教学实践经验，编写了这本辅导书，意在提纲挈领、抛砖引玉、答疑解惑，为更好地学习“高频电子线路”这门课程起到指导和帮助的作用。如能达到这一目的，作者将感到无限的欣慰。

本书为高等教育出版社出版的“十五”国家级规划教材《高频电子线路》（曾兴雯编）的学习指导书，与该教材的内容相对应，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、反馈控制电路等章节，并包括三套模拟试题。各章的内容包括本章的主要内容概括、重点与难点讲评、典型例题分析和自测题。通过这些内容的学习，读者可以抓住该章内容的主要知识点的主线，弄清本章的关键问题、重点和难点。通过典型例题的分析，读者可以对一些关键问题有一个清楚的认识，掌握分析问题和解决问题的思路和方法，并对课程内容进一步地融会贯通。通过自测题和模拟试题又可以检验学习的效果和对内容的理解程度。作者希望并相信，本书对学习“高频电子线路”课程的读者将起到较好的指导和帮助作用。

本书由曾兴雯主编，参加编写的有刘乃安、陈健、官锦文。刘乃安编写了第一、二、七章，陈健编写了第三、四章，曾兴雯编写了第五、六章，官锦文编写了第八章。曾兴雯对全书进行了统稿。

西安电子科技大学通信工程学院的裴昌幸教授在百忙中审阅了本书，提出

了很好的意见和建议，对此我们表示深深的谢意。对在编写过程中曾予以作者帮助和支持的西安电子科技大学通信工程学院同仁表示感谢。

由于作者水平有限，本书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

2004年11月 于西安电子科技大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第一章 绪论	1
第一节 主要内容	1
第二节 重点与难点	5
第三节 典型例题分析	7
第四节 自测题	8
第二章 高频电路基础	9
第一节 主要内容	9
第二节 重点与难点	19
第三节 典型例题分析	21
第四节 自测题	28
第三章 高频谐振放大器	31
第一节 主要内容	31
第二节 重点与难点	45
第三节 典型例题分析	47
第四节 自测题	55
第四章 正弦波振荡器	58
第一节 主要内容	58
第二节 重点与难点	66
第三节 典型例题分析	68
第四节 自测题	77
第五章 频谱的线性搬移电路	81
第一节 主要内容	81
第二节 重点与难点	91
第三节 典型例题分析	93
第四节 自测题	99
第六章 振幅调制、解调与混频	102
第一节 主要内容	102
第二节 重点与难点	118

第三节 典型例题分析	121
第四节 自测题	146
第七章 频率调制与解调	157
第一节 主要内容	157
第二节 重点与难点	168
第三节 典型例题分析	171
第四节 自测题	183
第八章 反馈控制电路	189
第一节 主要内容	189
第二节 重点与难点	206
第三节 典型例题分析	209
第四节 自测题	224
附件一 模拟考试题一	228
附件二 模拟考试题二	231
附件三 模拟考试题三	235
附件四 模拟考试题一答案	237
附件五 模拟考试题二答案	240
附件六 模拟考试题三答案	243

第一章 绪论

第一节 主要内容

“高频电子线路”是无线通信系统的重要基础之一，本章介绍与高频电路有关的无线通信设备与系统、无线电信号与调制以及高频电子线路的特点。

一、无线通信系统概述

1. 无线通信系统组成

(1) 电信与无线通信

通信的目的与任务是传递消息。消息的类型很多，传输消息的方法也很多，在现代通信系统中大多以电(或光)信号的形式出现，因此，通常称为电信。传输电信号的媒质(或介质)可以是有线的，也可以是无线的，而且以无线的形式最能体现高频电路的应用。

(2) 无线通信系统的组成

无线通信(或称无线电通信)的类型也很多，可以根据传输方法、频率范围、用途等来分类。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，但其电路的基本组成相差不大，主要由以下几部分电路组成，如图 1-1 所示。

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

在发射机中，还可根据需要进行倍频或上混(变)频。接收机一般都采用超外差(Super Heterodyne)的形式，也可以是其他类型的接收机结构，如数字中频(Digital IF)结构、直接变换(Direct Conversion)结构、软件无线电(Software Radio)结构等。

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)电路或自动电平控制(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)以及频率合成器(FS)。

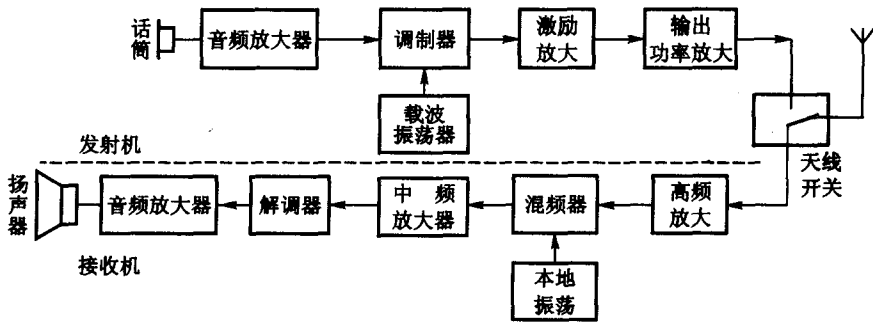


图 1-1 无线通信系统的基本组成

2. 无线通信系统的类型

按照无线通信系统中关键部分的特性不同，可以将其分为以下几种类型：

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。

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，指的是只能发射或只能接收的方式；半双工通信是一种既可以发射也可以接收，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。

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。

二、无线电信号与调制

通信中用到的无线电信号主要分三种：消息信号(基带)、高频载波信号和已调信号。前者通常属于低频信号，后两者通常属于高频信号。

1. 电磁波波谱与无线电频段划分

自然界中存在的电磁波的波谱很宽，从 0 Hz 到约 10^{30} Hz；而无线电波只是一种频率比较低(或波长比较长)的电磁波，它占据的频率范围也比较宽，大约在 30 Hz ~ 300 GHz 之间。

在自由空间中，波长与频率存在以下关系

$$c = f\lambda \quad (1-1)$$

式中， c 为光速， f 和 λ 分别为无线电波的频率和波长。

注意：无线电波的频率是一种不可再生的重要资源。

对频率或波长进行分段分别称为频段或波段。表 1-1 所示为无线电波的

频(波)段的划分表。

表 1-1 无线电波的频(波)段划分表

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 ~ 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

注意: 表中关于频段、传播方式和用途的划分是相对而言的, 相邻频段之间无绝对的分界线。不同频段信号的产生、放大和接收的方法不同, 传播的能力和方式也不同, 因而它们的分析方法和应用范围也不同。

2. 无线电信号的特性

(1) 时间特性

时间特性指信号随时间变化快慢的特性, 通常用(电压或电流)时域波形或数学表达式来表示。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

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。谐波次数越高, 幅度越小, 影响就越小。频谱特性有幅频特性和相频特性两部分, 它们分别反映信号中各个频率分量的振幅和相位的分布情况。任何信号都会占据一定的带宽。带宽就是从频谱特性上看信号能量主要部分(一般为 90% 以上)所占据的频带。不同的信号, 其带宽不同。射频(“高频”的广义语, 指适合无线电发射传播的频率)频率越高, 可利用的频带宽度就越宽, 从而可以容纳的信号就越多。这是无线通信采用高频的原因之一。从频谱特性也可看出信号中各频率分量的功率分布情况。

(3) 传播特性

传播特性指的是无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等。不同频段的无线电信号，其传播特性不同。

传播方式主要有直射(视距)传播、绕射(地波)传播、折射和反射(天波)传播及散射传播等。决定传播方式和传播特点的关键因素是无线电信号的频率。

长波信号以地波绕射为主；中波和短波信号可以以地波和天波两种方式传播，不过，前者以地波为主，后者以天波(反射与折射)为主；超短波以上频段的信号大多以直射方式传播，也可以采用对流层散射的方式传播。

需要强调说明的是，无线电传播一般都要采用高频(射频)的另一个原因是高频适用于天线辐射和无线传播。只有当天线的尺寸大到可以与信号波长相比拟时，天线的辐射效率才会较高，这也是为什么要把低频的调制(基带)信号调制到较高的载频上的原因之一。

(4) 调制特性

要通过载波传送消息，就必须使载波信号的某一个或(几个)参数(振幅、频率或相位)随消息信号的变化而改变，这一过程就称为调制。

三种基本调制方式是振幅调制(调幅)、频率调制(调频)、相位调制(调相)，分别用 AM、FM、PM 表示。此外，还可以有组合调制方式。当用数字消息信号进行调制时，通常称为键控，三种基本的键控方式为振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK)。

一般情况下，高频载波为单一频率的正弦波，对应的调制为正弦调制。若载波为一脉冲信号，则称这种调制为脉冲调制。“高频电子线路”课程主要讨论的是模拟消息(调制)信号和正弦载波的模拟调制，但这些原理甚至电路完全可以推广到数字调制中去。

调制也可以实现信道复用，提高信道利用率。不同的调制信号和不同的调制方式，其调制特性也不同。

三、本课程的特点

1. 非线性

高频电子线路的核心内容和绝大部分电路都属于非线性电路，非线性电路在无线通信中主要用来实现频谱变换功能，如混频、倍频、调制和解调等。

所有包含非线性器件的电子线路都是非线性电路，但在不同的使用条件下，非线性器件表现出的非线性程度是不同的。比如，对于高频小信号放大器，由于输入的信号足够小，而且要求不失真放大；因此，其中的非线性器件可以用线性等效电路表示，也可用线性电路的分析方法进行分析。

对非线性器件的描述通常需要用多个参数，如直流跨导、时变跨导和平均跨导等，而且大都与控制变量有关。器件的非线性会使信号产生变频压缩、交

调和互调等非线性失真,它们将影响收/发信机的性能。在分析非线性器件对输入信号的响应时,不能采用线性电路中行之有效的叠加原理,而必须求解非线性方程(包括代数方程和微分方程)。对非线性电路进行严格的数学分析不仅非常困难,而且没有十分的必要。在实际应用中,一般都采用计算机辅助设计(CAD)的方法进行辅助分析。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,以使用简单的分析方法(如折线近似法、线性时变电路分析法、开关函数分析法等)获得具有实际意义的结果,而不必过分追求其严格性。这也是学习本课程的困难所在。

2. 基本概念、基本原理、基本分析方法和基本电路

高频电子线路中涉及的概念很多,能够实现的功能和单元电路很多,实现每一种功能的电路形式更是千差万别,分析的方法也不尽相同。因此,在学习时,要抓住各种电路之间的共性,洞悉各种功能之间的内在联系,掌握以上“四个基本”。

3. 工程实践性与系统性

本课程的一个最大特点就是工程实践性,要牢固树立这个观念,高度重视实验环节,坚持理论联系实际,在实践中积累丰富的经验。同时,注意高频电路的特殊性,如耦合、屏蔽与滤波等。高频电子线路的内容包括单元电路和系统的设计。在对单元电路进行分析、设计时要有系统观,要从整个系统的角度来考虑要求和指标,各单元电路之间的关联性可通过系统来实现。这也是在学习时要牢记的。

此外,要熟练掌握先进的高频电子线路工具,可以采用EDA软件进行设计、仿真分析和电路板制作,甚至可以做电磁兼容的分析和实际环境下的仿真。

第二节 重点与难点

一、本章的重点

本章的重点内容是无线通信系统的组成与工作原理、无线电波的频段划分、“高频”的含义和无线电波的传播特性。

1. 无线通信系统的组成与工作原理

典型的无线通信系统由发射机和接收机组成,其工作原理如图1-1所示。从图中可以看出高频电子线路的主要研究内容。

2. 无线电波的频段划分

表1-1详细列出了无线电波的频段划分情况,包括频段名称、频率(波

长)范围、主要传播方式和用途,需要重点掌握。

“高频”是一个相对的概念,表 1-1 中的“高频”指的是短波频段,其频率范围为 3~30 MHz,这只是“高频”的狭义解释。而广义的“高频”指的是射频(Radio Frequency, RF),其频率范围非常宽。只要电路尺寸比工作波长小得多,仍可用集中参数来分析实现,都可认为属于“高频”范围。就目前的技术水平来讲,“高频”的上限频率可达微波频段(如 3 GHz)。

3. 无线电波的传播特性

决定传播方式和传播特点的关键因素是无线电信号的频率。传播方式主要有直射(视距)传播、绕射(地波)传播、折射和反射(天波)传播及散射传播等。每种传播方式适用的频段、传播距离、传播衰减及稳定性等都是不同的。

二、本章的难点

本章的难点不多,主要是不同接收机的结构及其特点、高频与射频的分析方法。

① 对于传统的超外差结构,中频比信号载频低得多,因此,在中频上实现对有用信号的选择要比在载频上选择时系统对滤波器 Q 值的要求低得多,容易实现稳定的高增益放大,同时也便于解调或 A/D 转换。超外差结构的最大缺点就是组合干扰频率点多,特别是对于镜像频率干扰的抑制颇为麻烦,因此,出现了多种镜频抑制接收结构。数字中频结构就是将混频后的中频信号正交数字化,然后进行数字解调。数字中频接收的最大优点是可以共享 RF/IF 模块。由于解调和同步均采用数字化处理,所以,电路设计灵活方便,也便于产品的集成化和小型化。但是,在宽带通信中,系统需要选用高速的 A/D 转换器、宽带采样-保持电路以及速度足够快的数字处理芯片。直接转换结构就是让本地振荡频率等于载频,使中频为零(因此也称为零中频(Zero IF)结构),也就不存在镜像频率,从而也就避免了镜频干扰的抑制问题。另外,直接转换结构中的射频部分只包含高频放大器和混频器,因此其增益低,易满足线性动态范围的要求;由于下变频得到低频基带信号,因此,只需用低通滤波器来选择信道即可,省去了价格昂贵的中频滤波器,也便于电路的集成。但是,直接转换结构也存在着本振泄漏、直流偏移、两支路不易平衡和不易匹配等缺点。

② 对于不同频段的信号采用不同的分析与实现方法。米波以上(含米波,即 $\lambda \geq 1$ m)的信号通常用集总(中)参数的方法和“路”的概念来分析实现,而米波以下($\lambda < 1$ m)的信号一般采用分布参数的方法和“场”的概念来分析实现。对应地,上述“高频”信号可用电路来实现,称为“高频电路”;频率很高的微波信号要用“场”来研究与实现。

第三节 典型例题分析

例 1-1 在无线通信中为什么要采用高频载波调制传输？

题意分析：对于这一问题的解答需要从两方面考虑：一是在无线通信中，如果不采用高频载波调制传输会出现什么问题；二是高频载波有何特点。结合此两方面，就可以较为容易地得出答案。

解：在无线通信中采用高频载波调制传输的主要原因有两个：

① 由于待传输信息的频率基本上都属于低频范围，因此，如果将此低频信号直接发射出去，则需要的发射和接收天线的尺寸太大，辐射效率太低，不易实现。我们知道，如果要想实现天线有效辐射，需要天线的尺寸 l 与信号的波长 λ 可以比拟，天线的尺寸为波长的十分之一以上，即 $l \geq \lambda/10$ 。对于频率为 1 kHz 的信号，需要的天线长度为 30 km，这样长的天线几乎是无法实现的。若将信号调制到 10 MHz 的载波频率上，则所需天线的长度仅为 3 m，这样的天线尺寸小，实现起来也比较容易。

② 如果传输多个信息而不进行调制，那么，它们在空中就会相互干扰，接收端无法将这些信息选择区分开来。若将不同的信息调制到频率不同但能区分开的高频载波上，就可以实现多路复用，提高频带的利用率。实际上，采用特殊的措施，如正交频分复用(OFDM)等技术，还可以进一步提高频带利用率。

此外，更高的频段可用的频带更宽，可以传输更多的信息或容纳更多的用户，频带利用率也更高。

例 1-2 在无线通信电路中，“调制”和“混频”都可以实现将一个信号从低频变换到高频，这两个概念有什么区别？

题意分析：需要从这两个概念的本质作用和电路特性两方面去考虑。

解：调制的本质是用调制信号(输入的低频信号)控制高频载波的一个或几个参数(幅度、频率、相位)，使高频载波或输出已调信号的参数按照调制信号的规律变化，相当于把调制信号装到高频载波上。调制电路实质上是实现频谱非线性变换的非线性电路。

混频的本质是频率的加、减法运算，是把输入信号(可以是高频或低频、未调或已调信号)的频谱搬移到某一个频率处。混频的输出称为中频(实际上仍是高频)信号。混频电路属于准线性电路，可以按照线性电路来考虑和分析、设计。

需要注意的是，在某些情况下，实现调制和混频功能的关键都是一个乘法器，但是它们在本质上是有所区别的。

第四节 自 测 题

- 1-1 画出无线通信收/发信机的原理框图，并说出各部分的功能。
- 1-2 无线通信为什么要用高频信号？
- 1-3 无线通信为什么要进行调制？如何进行调制？
- 1-4 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？

第二章

高频电路基础

第一节 主要内容

高频电路的基础主要是指高频电路中所用的基本元件、器件、组件或基本电路、基本现象、基本概念等。本章的主要内容是高频电路中的元器件、基本电路和电子噪声，有关非线性和系统的问题将分别在非线性电路的有关章节和整机电路中予以讨论。

一、高频电路中的元器件

高频电路中使用的元器件与低频电路中使用的元器件基本相同，但要注意它们的高频特性。

1. 高频电路中的元件

高频电路中的元件主要有电阻器、电容器和电感器，它们都属于无源的线性元件。

- 电阻 电阻的高频特性主要是指电抗特性(分布电容和引线电感)，它与制作电阻的材料、电阻的封装形式和尺寸的大小有密切关系。

- 电容 在高频电路中，常常使用片状电容和表面贴装电容。电容的高频特性主要是指损耗(常用损耗角 δ 或品质因数 Q 来表示)和自身谐振频率 SRF (Self Resonant Frequency)两个参数。

- 电感 电感(线圈)在高频电路中主要用作谐振元件、滤波元件和阻隔元件(称为射频扼流圈 RFC)，它一般由导线绕制而成，有多种结构。电感的高频特性也主要是指损耗(常用品质因数 Q 来表示)和自身谐振频率 SRF 两个参数。

电感线圈配合磁芯可构成高频变压器和传输线变压器。

2. 高频电路中的器件

高频电路中的器件主要有二极管、晶体管和集成电路，用于完成信号的放大、混频和非线性变换等功能。

- 二极管 二极管在高频电路中主要用于检波、调制、解调及混频等非线

性变换电路中，一般工作在低电平。二极管主要有点触式二极管和表面势垒二极管(又称肖特基二极管)两类，两者都利用了多数载流子的导电机理，具有小的极间电容、高的工作频率。常用的点触式二极管(如 2AP 系列)的工作频率可到一二百兆赫，而表面势垒二极管的工作频率可高达微波范围。

变容二极管的主要特点是其结电容随所加的反偏电压的改变而变化，表现在三个方面：结电容较大、结电容变化范围较宽和工作于反偏状态，其他特性仍表现为普通二极管的特性。变容二极管多用于调谐、振荡、混频和倍频等电路中。

PIN 二极管是在 PN 结中间增加了一层本征(I)半导体而得到的二极管，因此具有较强的正向电荷储存能力。PIN 二极管的主要特性是其高频等效电阻受正向直流电流的控制，一般用于开关、限幅、衰减和移相等电路中。

- 三极管 高频电路中的三极管主要是双极型晶体管和场效应管。双极型晶体管可分为高频小功率管和高频大功率管两类。场效应管也可分为小信号场效应管和功率场效应管两类，小信号场效应管又可以是单栅或双栅两种结构。

高频小信号(功率)晶体管或 FET 主要用于小信号的放大、振荡、调制/解调及混频等电路中，主要要求是高增益和低噪声。功率管主要用于功率放大电路，除了要求增益外，还要求有大的输出功率。

高频三极管有多种等效电路和多个参数，如混 π 等效电路与参数、Y 参数等效电路与参数、S 等效电路与参数，它们分别在不同场合下使用，相互之间可以转换。

- 集成电路(IC) 用于高频电路的集成电路(IC)分为通用型 IC 和专用 IC (ASIC)两类，通用型 IC 主要有宽带集成放大器和模拟乘法器，ASIC 主要有集成的锁相环(PLL)、FM 信号解调器、单片接收机等。另外，还有一些功率放大的组件或模块。

二、高频电路中的基本电路

高频电路中的无源组件主要有高频振荡回路、高频变压器、谐振器与滤波器，它们实现信号传输、频率选择及阻抗变换等功能。

1. 谐振(振荡)回路

谐振回路是高频电路中应用最广的无源网络，也是构成高频放大器和振荡器的主要部件；它在电路中完成阻抗变换、信号选择等任务，并可用作负载。

(1) 简单振荡回路

只有一个回路的振荡电路称为简单振荡回路或单谐振回路；有串联谐振回路和并联谐振回路两类。串联谐振回路适用于电源内阻为低内阻(如恒压源)的情况或低阻抗的电路(如微波电路)。当频率不是非常高时，并联谐振回路应用最广。串联谐振回路和并联谐振回路的电路和特性如图 2-1 所示，表 2-1 则