



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 高频电子线路(第2版) 学习指导与习题解答

---

胡宴如 周 珩 主编  
胡宴如 周 珩 耿苏燕 周正 编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 高频电子线路(第2版) 学习指导与习题解答

Gaopin Dianzi Xianlu  
Xuexi Zhidao yu Xiti Jieda

胡宴如 周 珩 主编  
胡宴如 周 珩 耿苏燕 周 正 编

## 内容提要

本书是胡宴如、耿苏燕主编的《高频电子线路》(第2版)配套学习指导书,是在原版学习指导书的基础上,结合教学改革经验,并参考教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的《电子线路(II)课程教学基本要求》修改而成。全书与主教材内容相对应,由绪论,高频小信号放大器,高频功率放大器,高频正弦波振荡器,振幅调制、解调与混频电路,角度调制与解调电路,反馈控制电路,高频电路的数字化与系统设计八章组成。各章均含有学习指导、内容提要与典型例题、习题解答、自我检测练习题四个方面内容,书后附录提供适量的参考试卷及答案,以及各章自我检测练习题答案。

本指导书对高频电子线路的主要内容进行了综合、归纳和总结,以帮助读者把握主教材的学习目标、各章重点及学习方法,通过典型例题的讨论和求解,以及习题、自我检测练习题的练习,可使读者加深对理论知识的理解 and 应用,促进解题能力的提高。

本书可作为本科电子信息类专业学生和自学读者学习辅导用,可与《高频电子线路》(第2版)一书配套使用,也可单独使用或作为教师教学的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路(第2版)学习指导与习题解答/胡宴如,周珩主编;胡宴如等编. -- 北京:高等教育出版社,2016.2

ISBN 978-7-04-044553-4

I. ①高… II. ①胡… ②周… III. ①高频-电子电路-高等学校-教学参考资料 IV. ①TN710.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第311902号

策划编辑 王楠      责任编辑 韩颖      封面设计 赵阳      版式设计 童丹  
插图绘制 杜晓丹      责任校对 陈旭颖      责任印制 耿轩

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	大厂益利印刷有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	787 mm × 1092 mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	14.75	版 次	2016年2月第1版
字 数	330千字	印 次	2016年2月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	22.70元
咨询电话	400-810-0598		

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 44553-00

# 前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套指导书，与胡宴如、耿苏燕主编的《高频电子线路》(第2版)配套，是在原版学习指导书的基础上，结合近年来教学经验，并参考教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会制定的《电子线路(II)课程教学基本要求》修改而成。它按主教材的体系，对高频电子线路主要内容进行综合、归纳和总结，可供本科电子信息类专业学生和自学读者学习辅导用，可与主教材配套使用，也可单独使用或作为教师教学的参考书。

“高频电子线路”是本科电子信息类专业重要的技术基础课，是一门理论性、工程性与实践性都很强的课程，它内容丰富，应用十分广泛，因此学好本课程是十分重要的。但由于高频电子线路课程的基本概念多、电路种类和形式多，而且器件非线性工作状态分析方法复杂，这些都给该课程的学习带来较大的困难。编写本书的目的是想帮助读者比较容易、更好地把握主教材各章的学习目标和重点内容，快速掌握该课程的学习方法与规律，辩证容易出错、容易误解的问题，熟悉常见题型，提高解题能力和知识应用能力，把握考点，提高学习效果。

本书内容与主教材内容相对应，由绪论，高频小信号放大器，高频功率放大器，高频正弦波振荡器，振幅调制、解调与混频电路，角度调制与解调电路，反馈控制电路，高频电路的数字化与系统设计八章组成。各章均含有学习指导、内容提要与典型例题、习题解答、自我检测练习题四个方面内容，书后附录A提供适量的参考试卷及答案，附录B提供各章自我检测练习题参考答案。各章学习指导中，明确指出该章学习应该达到的基本目标，并对学习方法给出具体的指导和建议；内容提要及典型例题，对该章的主要内容和基本概念进行综合、归纳和总结，抓住该章内容的主要知识点的主线，指明该章关键内容及重点内容，通过典型例题的分析和求解，加深对理论知识的理解，掌握分析问题和解决问题的思路和方法，促进知识的融会贯通和解题能力的提高；习题解答中对主教材各章全部习题提供解题过程和答案，供读者解题时参考；自我检测练习题供读者复习完该章后自查练习，检测对该章基本知识的掌握程度，并促使读者对这些基本内容能做到熟悉掌握。附录A提供了四套面向本科生期末考试参考试卷，可帮助读者检测对该课程的掌握程度，把握考点，提高应试能力，同时也可作为教师出题参考。

本书由胡宴如、周珩主编，第1、6章由耿苏燕负责，第2、3章由周正负责，第5章由胡宴如负责，第4、7、8章及附录A、B由周珩负责。

由于作者水平所限，书中错漏之处，敬请读者批评指正。编者 email: heng02@163.com。

编者

2015年9月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	3.5 集成高频功率放大器及其 应用简介 .....	52
一、学习指导 .....	1	3.6 宽带高频功率放大器 .....	52
二、内容提要及典型例题 .....	2	三、习题解答 .....	56
1.1 通信系统的组成与分类 .....	2	四、自我检测练习题 .....	60
1.2 通信系统中的调制 .....	2	<b>第 4 章 高频正弦波振荡器</b> .....	62
1.3 无线电波段的划分和无线电波的 传播 .....	3	一、学习指导 .....	62
1.4 模拟通信系统与数字通信系统 .....	4	二、内容提要及典型例题 .....	63
1.5 本课程的主要内容及特点 .....	6	4.1 反馈振荡器的工作原理 .....	63
三、习题解答 .....	7	4.2 LC 正弦波振荡器 .....	68
四、自我检测练习题 .....	7	4.3 振荡器的频率和振幅稳定度 .....	75
<b>第 2 章 高频小信号放大器</b> .....	10	4.4 石英晶体振荡器 .....	77
一、学习指导 .....	10	4.5 集成振荡器与压控振荡器 .....	81
二、内容提要及典型例题 .....	11	4.6 负阻正弦波振荡器 .....	83
2.1 选频网络 .....	11	三、习题解答 .....	85
2.2 小信号谐振放大器 .....	21	四、自我检测练习题 .....	90
2.3 宽带放大器与集中选频放大器 .....	26	<b>第 5 章 振幅调制、解调与混频电路</b> .....	92
2.4 低噪声放大器 .....	26	一、学习指导 .....	92
三、习题解答 .....	29	二、内容提要及典型例题 .....	93
四、自我检测练习题 .....	35	5.1 振幅调制的基本原理 .....	93
<b>第 3 章 高频功率放大器</b> .....	37	5.2 相乘器电路 .....	103
一、学习指导 .....	37	5.3 振幅调制电路 .....	113
二、内容提要及典型例题 .....	38	5.4 振幅检波电路 .....	117
3.1 丙(C)类谐振功率放大器的 工作原理 .....	38	5.5 混频电路 .....	124
3.2 谐振功率放大器的特性分析 .....	43	三、习题解答 .....	130
3.3 谐振功率放大器电路 .....	46	四、自我检测练习题 .....	138
3.4 丁(D)类和戊(E)类功率放大器 .....	50	<b>第 6 章 角度调制与解调电路</b> .....	140
		一、学习指导 .....	140

二、内容提要及典型例题 .....	141	<b>第 8 章 高频电路的数字化与</b>	
6.1 调角信号的基本特性 .....	141	<b>系统设计</b> .....	194
6.2 调频电路 .....	152	一、学习指导 .....	194
6.3 鉴频电路 .....	164	二、内容提要及典型例题 .....	195
三、习题解答 .....	172	8.1 高频电路 EDA .....	195
四、自我检测练习题 .....	177	8.2 数字调制与解调 .....	197
<b>第 7 章 反馈控制电路</b> .....	180	8.3 数字通信集成电路及其应用实例 ...	199
一、学习指导 .....	180	8.4 高频电路系统设计 .....	199
二、内容提要及典型例题 .....	180	三、习题解答 .....	201
7.1 自动增益控制电路 .....	180	四、自我检测练习题 .....	202
7.2 自动频率控制电路 .....	182	<b>附录 A 参考试卷及答案</b> .....	203
7.3 锁相环(PLL) .....	183	A.1 参考试卷 .....	203
7.4 频率合成器 .....	186	A.2 参考试卷答案 .....	211
三、习题解答 .....	191	<b>附录 B 自我检测练习题答案</b> .....	220
四、自我检测练习题 .....	193	<b>参考文献</b> .....	226

# 第 1 章 绪 论

## 一、学习指导

### 学习目标：

- (1) 了解通信系统的组成及工作原理。
- (2) 了解无线电波段的划分和无线电波的传播特点。
- (3) 了解本课程的主要内容、特点。

### 重点：

- (1) 通信系统的基本组成及工作原理。
- (2) 调制的概念、作用、基本形式。

### 提示：

(1) “高频电子线路”所讨论的基本单元电路，最典型的应用就是用于构成无线通信系统。读者在学习无线通信系统基本组成及工作原理时，应注意各单元电路在无线通信系统中的作用、位置以及前后级电路，进而注意理解各单元电路对输入输出信号的要求和对性能指标的要求，以便在后面讨论具体电路时，能容易理解其组成和工作原理。

(2) 由于无线电波段极宽，不同波段在信号的产生、放大、发送、传播和接收等方面都很不同；而且通信系统的类型很多，通信技术发展很快，因此读者需要对这些方面的内容有一个概略的了解，以便能较好地理解各电路的作用和应用，并采纳合适的学习方法。建议在知识架构上，采用自顶向下再综合提升的模式，按照系统→单元模块→具体电路→改进电路→集成芯片→应用实例→构成系统的思路来学习。虽然本课程所讨论的具体电路在应用频率方面有相当的局限性，但其对应模块的功能、概念及实现思路却在各种频率、各种类型的通信系统中均有用，因此读者在学习时应特别重视对模块的功能、概念及实现思路的理解。

(3) “高频电子线路”所讨论的电路，由于具有工作频率高、非线性、功能复杂、种类多、实践性强等特点，学习方法尤为重要，读者应对课程特点和学习方法的介绍加以留意。

## 二、内容提要及典型例题

### 1.1 通信系统的组成与分类

#### (一) 内容提要

用电信号(或光信号)传输信息的系统称为通信系统,它由信源、发送设备、信道、接收设备和信宿构成。

通信系统种类很多,主要的分类有:①按信道的不同分为有线通信系统和无线通信系统,利用空间电磁波传送信号的称为无线通信系统,利用线缆来传输信号的称为有线通信系统。②按基带信号的不同分为模拟通信系统和数字通信系统,基带信号为模拟信号的称为模拟通信系统,基带信号为数字信号的称为数字通信系统。③按信道传输的信号是否经过调制分为带通传输通信系统和基带传输通信系统,基带传输是将未经调制的信号直接传送,带通传输是将基带信号进行调制后传输,这是目前大多数通信系统所采用的模式。数字通信具有很强的抗干扰、抗噪声能力,同时数字通信便于利用计算机进行处理,使通信更加灵活,因此数字通信已成为通信系统的主流模式。不同的通信系统,其具体结构虽不同,但基本组成类似,差别主要在于采用了不同调制方式后所带来的不同。

#### (二) 典型例题

**【例 1.1.1】** 何谓通信系统?通信系统由哪些部分组成?各组成部分的作用是什么?

**解:** 用电信号(或光信号)传输信息的系统,称为通信系统。通信系统的基本组成如图 1.1 所示,它由信源、发送设备、信道、接收设备和信宿构成。

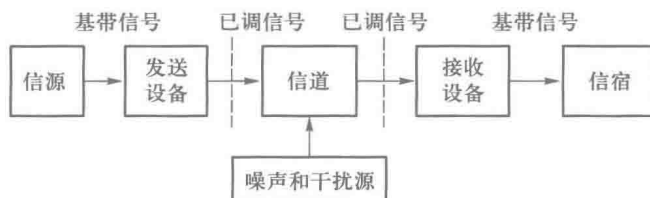


图 1.1 通信系统基本组成

信源将要传输的消息转换为基带电信号。发送设备将基带信号进行某种处理并以足够的功率送入信道,以实现信号有效的传输,其中最主要的处理为调制,发送设备的输出信号为已调信号。信道是信号传输的通道,又称传输媒介。接收设备将由信道传送过来的已调信号去除噪声与干扰后取出并进行解调处理,得到与发送端相对应的基带信号。信宿将基带信号复原成原来形式的信息。

### 1.2 通信系统中的调制

#### (一) 内容提要

用待传输的基带信号去改变高频载波信号某一参数的过程称为调制。用模拟基带信号对高



频余弦载波进行的调制称为模拟调制,有三种基本形式:用基带信号去改变高频载波信号的振幅,称为调幅(AM);用基带信号去改变高频载波信号的频率和相位,称为调频(FM)和调相(PM)。基带信号称为调制信号,未经调制的高频信号称为载波信号,经过调制后的高频信号称为已调信号。用数字基带信号对高频余弦载波进行的调制称为数字调制,通常称为键控,有振幅键控(ASK)、频率键控(FSK)和相位键控(PSK)三种基本形式。在这些基本调制形式的基础上,实用中还有许多改进型调制。从频域角度看,调制是将基带信号的频谱以某种形式搬到载波频率的两侧,所以已调信号通常是以载波频率为中心的具有一定频带宽度的高频信号,处理已调信号的电路必须是一个带通电路。

调制的目的主要是为了实现信息的有效传输和信道复用。

## (二) 典型例题

**【例 1.2.1】** 通信系统为什么要采用调制技术?

**解:** 调制就是用待传输的基带信号去改变高频载波信号某一参数的过程。理论和实践都证明,只有高频(射频)信号适于天线辐射和无线传播,基带信号一般频率很低,只有将它调制到较高的频率信号上,才能实现信号的远距离传输。其次,采用调制可以进行频分多路通信,实现信道的复用,提高信道利用率。

**【例 1.2.2】** 试列举一些常用通信系统的调制方式。

**解:** 例如,中波广播(典型频率 530~1 700 kHz)和短波广播(典型频率 5.9~26.1 MHz)采用的是普通调幅 AM 方式;调频立体声广播(典型频率 88~108 MHz)采用的是 FM 方式;GSM 手机采用的是 GMSK(高斯最小频移键控);常用数据传输集成芯片 nRF905(发射和接收为一体)和 nRF24L01 等采用的是 GFSK(高斯频移键控)。

## 1.3 无线电波段的划分和无线电波的传播

### (一) 内容提要

为了便于分析和应用,习惯上将无线电的频率范围划分为若干区域,称为频段,也称为波段。常用波段的波长范围及频率范围如下:

	波长范围	频率范围	
长波:	10~1 km	30~300 kHz	} 主要沿地面传播
中波:	1 000~100 m	0.3~3 MHz	
短波:	100~10 m	3~30 MHz	主要依靠电离层传播
超短波:	10~1 m	30~300 MHz	主要沿空间直线传播
微波:	0.1mm~1m	300 MHz~3 THz	主要沿空间直线传播

本书所指的“高频”是广义的,是指频率范围非常宽的射频。只要电路尺寸比工作波长小得多,仍可用集中参数来实现,都可认为属于“高频”范围。

无线电波传播方式大体可分为三种:沿地面传播、沿空间直线传播和依靠电离层传播。

电波沿地面绕射传播(称地波)比较稳定,传播距离比较远,但随频率升高,地面对电波

能量的吸收越大，所以只有长波和中波适用于沿地面传播。

电波依靠电离层传播(称天波)，是利用电离层的折射和反射进行传播的，利用电离层的反射，可实现信号的远距离传播。但因电离层状态随时间而变化，所以电波的传播不稳定。

电波沿空间直线传播时，由于地球表面是弯曲的，这种传播的距离只能限制在视线范围内，所以直线传播的距离是有限的。但可以通过架高天线、中继或卫星等方式来扩大传播的距离。

长波信号以沿地面传播为主，中波和短波以沿地面传播和依靠电离层两种方式传播。不过，中波以沿地面传播方式为主，短波以依靠电离层的折射和反射传播为主。超短波及以上频段信号大多以直线方式传播，也可以采用对流层散射的方式传播。

## (二) 典型例题

**【例 1.3.1】** 已知频率为 3 MHz、100 MHz、100 GHz，试分别求出它的波长并指出其所在的波段名称。

提示：本题旨在加深了解无线电波的波长与频率之间的关系，并了解常用波段的频率范围。

$$\text{解：} \lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^6} \text{ m} = 100 \text{ m, 为短波；}$$

$$\lambda_2 = \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^6} \text{ m} = 3 \text{ m, 为超短波；}$$

$$\lambda_3 = \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^9} \text{ m} = 3 \text{ mm, 为毫米波。}$$

## 1.4 模拟通信系统与数字通信系统

### (一) 内容提要

直接传输模拟信号的通信系统称为模拟通信系统，图 1.1 中当基带信号为模拟信号时即为模拟通信系统的组成框图，典型的模拟通信系统主要有无线调幅广播和调频广播，它们的基本结构类似，主要差别就是调制与解调电路不一样。以调幅广播为例，其发射机和接收机的基本组成框图如图 1.2 和图 1.3 所示。

利用数字信号来传递信息的系统称为数字通信系统，其基本组成如图 1.4 所示。这种系统与模拟通信系统的差别，除了采用数字调制与解调外，还增加了信源编码与译码、信道编码与译码、加密与解密电路。

在发射端，信源编码的主要作用是通过压缩编码技术提高信息传输的有效性；另外，当信源给出的是模拟信号时，完成模数转换，将原始电信号转换为数字信号。加密在实现保密通信的场合才需要，是人为地将被传输的数字序列扰乱，即加上密码。信道编码的作用是进行差错控制。为减小差错，信道编码器对传输的信息码元按一定规则加入监督码元，组成抗干扰编码。信道编码电路输出的信号就是数字基带信号，经数字调制并经高频功率放大后送入信道。

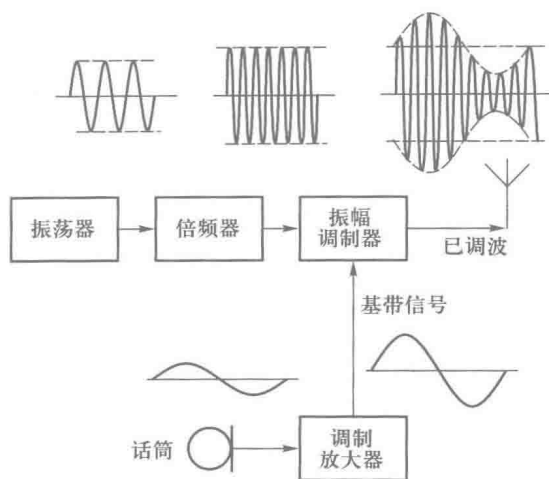


图 1.2 无线电调幅广播发射机的基本组成框图

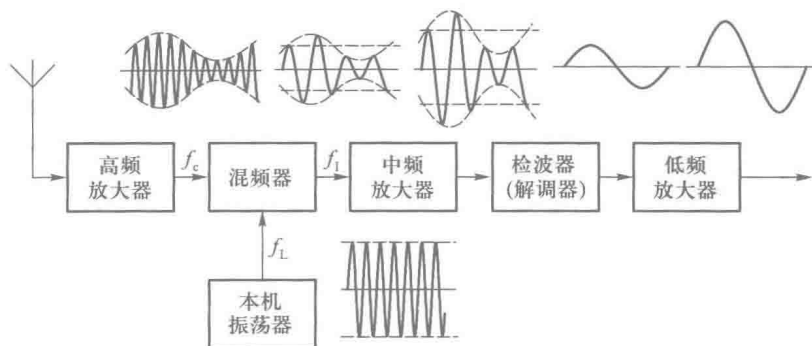


图 1.3 超外差式调幅接收机的基本组成框图

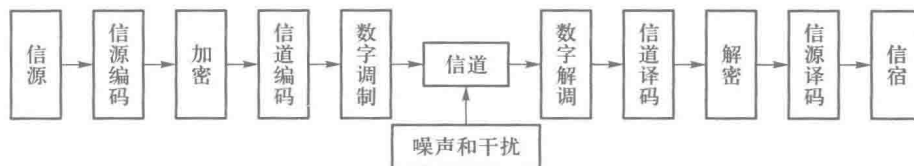


图 1.4 数字通信系统基本组成

接收端选择性取出已调信号，经数字解调电路还原出数字基带信号，再经译码和解密电路还原出原始电信号，再由信宿复原成原来形式的信息。接收端的处理是发射端相应处理的逆过程。

## (二) 典型例题

【例 1.4.1】 无线调幅广播发射机的基本结构是怎样的？其工作原理是怎样的？

解：其基本组成框图如图 1.2 所示。振荡器用来产生高频信号，经倍频器将高频信号频率整数倍升高到所需的载波信号频率，在倍频器后通常还设置高频功率放大器用以放大载波信号，使

之有足够的功率推动末级调制器。调制放大器通常由低频电压和功率放大器组成，用来放大话筒所产生的微弱话音信号，然后送入调制器。振幅调制器将低频调制信号调制到高频载波信号上，得到高频已调信号，并进行功率放大以获得足够大的功率输送到天线，然后辐射到空间。

**【例 1.4.2】** 无线调幅广播接收机的基本结构是怎样的？其工作原理是怎样的？

**解：**无线调幅广播接收机目前广泛采用超外差接收方式，其结构特点是具有混频器，基本组成框图如图 1.3 所示。高频放大器将天线接收到的高频调幅信号进行选频放大，取出欲接收的有用台信号加以放大，而将无用台信号和其他干扰与噪声信号加以抑制，得到载频为  $f_c$  的调幅信号，混频器将该调幅信号与本机振荡器产生的频率为  $f_L$  的高频等幅信号进行混频，输出载频较低为  $f_1$  的中频已调信号，通常取  $f_1 = f_L - f_c$ ，我国规定  $f_1$  为 465 kHz。中频放大器应具有足够好的选择性和电压放大能力，用于有效滤除无用信号并将有用的载频为  $f_1$  的调幅信号放大到足够大，然后经检波器解调恢复出原基带信号，经低频电压和功率放大后输出，驱动扬声器等播放广播信息。

**【例 1.4.3】** 超外差式接收机中混频器有什么作用？

**解：**混频器是超外差式接收机中的关键部件，它的作用是将接收机接收到的不同载频已调信号变为频率较低且固定的中频已调信号。例如，广播接收机中把接收到的调幅信号载频均变为 465 kHz 中频，将调频信号载频均变为 10.7 MHz 中频。由于中频是固定的，且频率降低了，因此，中频选频放大器可以做到增益高、选择性好且工作稳定，从而使接收机的灵敏度、选择性和稳定性得到极大的改善。

## 1.5 本课程的主要内容及特点

### （一）内容提要

本课程的主要任务是研究通信系统中共用的基本单元电路的组成、工作原理、特点及常用电路，其内容包括高频小信号放大器、高频功率放大器、高频正弦波振荡器、调制与解调电路、混频电路以及反馈控制电路等。上述除高频小信号放大器外，均属于非线性电子线路。

本课程有如下特点：

#### （1）分析方法上的复杂性

对高频且非线性的电路进行分析是困难和复杂的，在工程上往往根据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，以使用简单的分析方法获得具有参考价值的结果，因此在学习中应注意器件数学模型的建立及工作条件的合理近似而不必过分追求其严格性，必要时采用 EDA 软件对电路进行具体的分析和仿真。

#### （2）电路种类与形式的多样性与复杂性

① 电路种类与形式很多，不仅要掌握各种典型单元电路的组成、工作原理和分析方法，而且应研究和比较它们之间的异同与关系，做到以点带面、举一反三、融会贯通。② 对集成电路和系统级应用能力的要求很高。学习时要以理解概念、实现功能为主要目标，强调功能模块的作用、实现思路、主要指标、性能改进和主流集成芯片的选用，理解如何搭建系统、各功

能模块之间如何连接与匹配等。③ 高频电路的特殊性。需要考虑一些低频电路中不存在的特殊问题，例如分布参数、器件电容效应和信号的反射等。

### (3) 实践性

因工作频率高、电路的复杂性以及非线性过程，在理论分析时常忽略一些实际问题进行近似分析，因此，许多实际问题需要通过实验进行修正和加深理解。高频非线性电路的调试技术也比低频线性电路复杂得多。

## (二) 典型例题

**【例 1.5.1】** 何为线性电路？何为非线性电路？非线性电路有何特点？

**解：**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，电路中只要有一个元器件处于非线性工作状态，则称为非线性电路。

非线性电路具有以下基本特点：① 能够产生新的频率分量，具有频率变换作用。② 不具有叠加性和均匀性，不适用叠加定理。③ 其输出响应与器件工作点及输入信号的大小有关。

## 三、习题解答

1.1 画出超外差式调幅接收机的组成框图以及各组成部分的输出电压波形。

**【解】** 如图 1.3 所示。

1.2 已知频率为 3 kHz、1 MHz 和 1 GHz，试分别求它们的波长并指出其所在的波段名称。

**【解】**  $\lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^3} \text{ m} = 10^5 \text{ m} = 100 \text{ km}$ ，为甚长波；

$$\lambda_2 = \frac{3 \times 10^8}{10^6} \text{ m} = 300 \text{ m}$$
，为中波；

$$\lambda_3 = \frac{3 \times 10^8}{10^9} \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$
，为分米波。

## 四、自我检测练习题

### (一) 填空题

1. 通信系统由信源、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和信宿组成。
2. 利用空间电磁波传送信号的称为\_\_\_\_\_通信系统，利用线缆来传输信号的称为\_\_\_\_\_通信系统。基带信号为模拟信号的称为\_\_\_\_\_通信系统，基带信号为数字信号的称为\_\_\_\_\_通信系统。
3. 用待传输的基带信号去改变高频载波信号某一参数的过程称为\_\_\_\_\_。基带信号称为\_\_\_\_\_信号，未经调制的高频信号称为\_\_\_\_\_，经过调制后的高频信号称为\_\_\_\_\_。
4. 通信系统采用调制的目的主要有两个：\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
5. 超外差式接收机的结构特点是具有\_\_\_\_\_器。

### (二) 单选题

1. 图 1.5 所示电路中，调幅波的图号为( )。

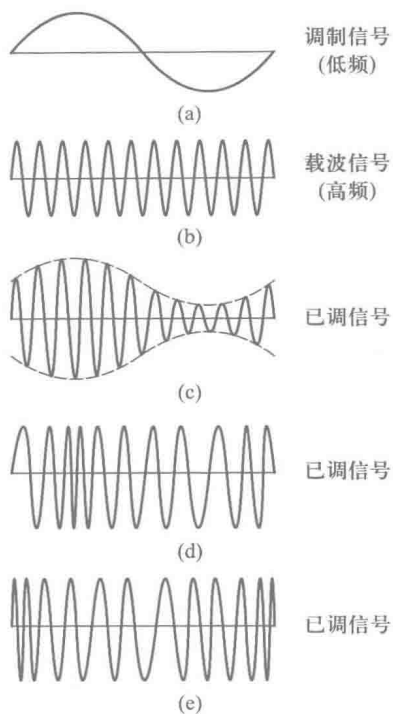


图 1.5 自测题 1.2.1 图

2. 图 1.6 所示电路中(a)为数字基带信号, 试指出 FSK 信号的图号为( )。

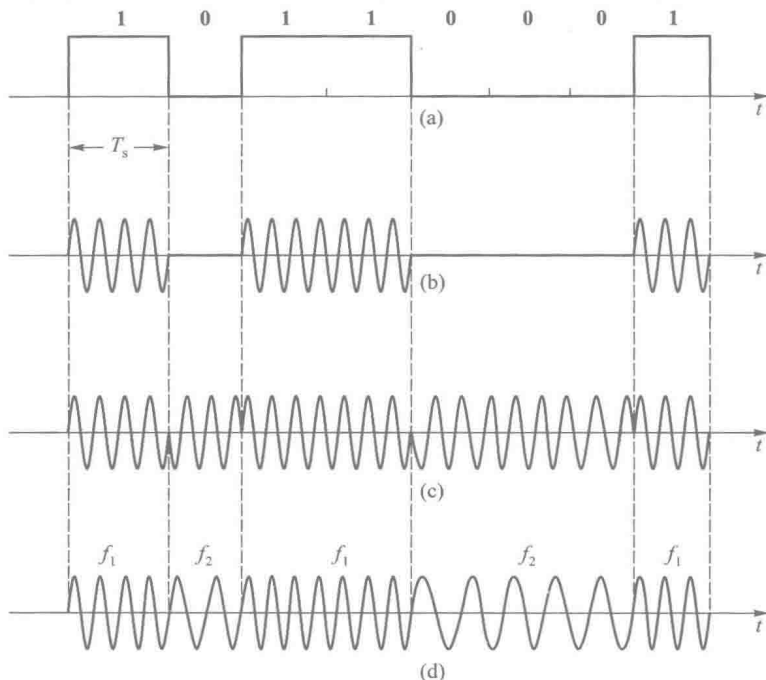


图 1.6 自测题 1.2.2 图

(三) 判断题

1. 光纤通信属于无线通信。( )
2. 移动通信属于无线通信。( )
3. 模拟调制有 ASK、FSK 和 PSK 三种基本形式。( )
4. GMSK 属于数字调制。( )
5. 已调信号通常是以调制信号频率为中心的具有一定频带宽度的信号，处理已调信号的电路必须是一个带通电路。( )
6. 无线电波传播方式大体可分为三种：沿地面传播(称为地波)、沿空间直线传播、依靠电离层传播(称为天波)。( )

## 第 2 章 高频小信号放大器

### 一、学习指导

#### 学习目标:

(1) 掌握  $LC$  并联谐振回路的基本特性和参数, 理解阻抗变换电路的工作原理, 了解集中选频滤波器的性能特点。

(2) 掌握小信号谐振放大器的电路、工作原理、分析方法及性能特点, 了解调谐放大器的稳定性及提高稳定性的措施。

(3) 了解宽带放大器和集中选频放大器的组成及性能特点。

(4) 了解放大器中噪声的来源, 理解噪声系数的定义、等效噪声温度和减小放大器噪声系数的措施。

#### 重点:

(1)  $LC$  并联谐振回路的基本参数及选频特性。

(2) 单调谐放大器的工作原理、分析方法及性能指标。

(3) 放大器的噪声系数及减小噪声系数的措施。

#### 提示:

(1) 谐振回路因具有选频滤波、阻抗变换、移相及频幅变换等功能, 在高频电路中应用十分广泛, 因此对谐振回路的基本参数与特性要熟练地掌握。虽然这一部分内容公式较多, 但都是基本运算, 学习中应充分理解谐振回路的基本特性, 然后多练习, 就可逐步掌握其基本参数的计算。

(2) 高频小信号选频放大器广泛用于通信和其他电子设备中, 用来从众多的微弱输入信号中选出有用频率信号进行放大, 它的工作频率一般从几百千赫到几百兆赫。根据高频小信号放大器的作用, 就不难理解它由选频和放大两部分组成, 用  $LC$  谐振回路作为负载的称为小信号谐振放大器或称为小信号调谐放大器, 用集中选频滤波器和宽带放大器组成的称为集中选频放大器。

小信号条件工作的高频放大器运用在甲类状态, 故可用小信号高频等效电路进行分析, 对于通频带较窄的谐振放大器采用  $Y$  参数等效电路分析比较方便,  $Y$  参数为导纳参数。由于高频小信号等效电路中含有电抗元件, 分析计算较为复杂。学习中首先要理解晶体管  $Y$  参数等效



电路的特点，再根据阻抗变换电路的阻抗变换原理，对等效电路进行变换简化，然后应用谐振回路基本关系，即可得放大器的主要性能指标。

认识常用的小信号选频放大电路，结合电路分析、实验和仿真，熟悉其工作原理、主要性能指标，并学会电路调整测试的基本方法。

(3) 噪声将会影响到放大器对微弱信号的放大能力，尤其在小信号高频放大器中，噪声的影响是不能忽视的。学习中应首先明白噪声的来源，然后通过噪声、等效噪声温度的分析、计算，知道减小放大器噪声系数的措施，了解低噪声放大器的设计方法。

## 二、内容提要及典型例题

### 2.1 选频网络

#### (一) 内容提要

##### 1. LC 谐振回路

谐振回路由电感线圈和电容器组成。并联谐振回路如图 2.1(a) 所示，图中， $r$  代表线圈  $L$  的等效损耗电阻，通常  $r$  很小，满足  $r \ll \omega L$ ；由于电容器的损耗很小，图中略去其损耗电阻。

电感的等效损耗也可用并联于  $L$  上的大电阻  $R_p$  来表示，如图 2.1(b) 所示，图中  $R_p = \frac{(\omega_0 L)^2}{r}$ 。

##### (1) 并联谐振回路的基本参数

谐振频率 
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ 或 } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.1)$$

特性阻抗 
$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad (2.2)$$

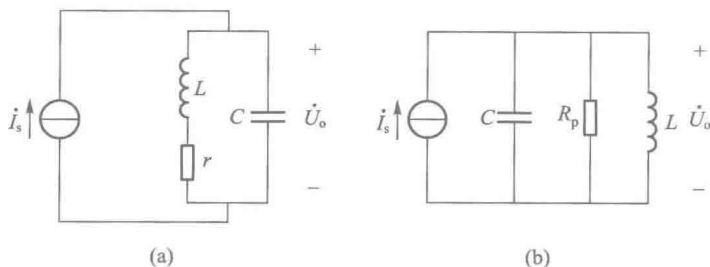


图 2.1 LC 并联谐振回路

品质因数 
$$Q = \frac{\sqrt{L/C}}{r} = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1/\omega_0 C}{r} \quad (2.3)$$

谐振电阻  $R_p$  及谐振电导  $G_p$