

21 CENTURY

全国高职高专一体化教学(信息与通信专业)通用教材

QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN

YITIHUA JIAOXUE XINXIYUTONGXINZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

高频电子线路

GAOPINDIANZIXIANLU

杨现德 李建华 主编



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

**21
CENTURY**

全国高职高专一体化教学(信息与通信专业)通用教材

QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN

YITIHUA JIAOXUE XINXIYU TONGXINZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

高频电子线路

GAOPINDIANZIXIANLU

杨现德 李建华 主编

● 山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高频电子线路/杨现德, 李建华主编. — 济南: 山东科学技术出版社, 2008

全国高职高专一体化教学(信息与通信专业)通用教材
ISBN 978 - 7 - 5331 - 4925 - 3

I. 高... II. ①杨... ②李... 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(2008)第 018080 号

全国高职高专一体化教学(信息与通信专业)通用教材

高频电子线路

主编 杨现德 李建华

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 82098071

印刷者: 山东中和新华印刷有限公司

地址: 济南经十东路 168 号

邮编: 250014 电话: (0531) 88560100

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 15.75

版次: 2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5331 - 4925 - 3

定价: 29.00 元

《高频电子线路》编者

主 编：杨现德 李建华

副主编：郑业萌 陈 岗 曾庆磊 房曙光

参编者：范友华 赵西舜 刘晓阳 付 晨

主 审：孟昭林

高频电子线路是通信与信息系统专业的一门工程性和实践性都很强的重要的专业基础。本书根据教育部高职高专培养目标，与高职高专的“一体化教学”相适应，立足于“一体化教学”并按照“一体化教学”的要求编写。

本书本着“理论够用为度，重在培养技能，重在应用”的原则，力求遵循理论与实践的紧密结合，突出应用性和针对性，加强实践能力的培养，注重培养学生的应用能力和解决现场实际问题的能力。在内容的叙述上，力求简明扼要，通俗易懂，突出重点，并注重实用。本书以模拟通信系统的组成原理为引导，逐步深入地介绍高频电子线路中各功能电路的功能、原理及其工程实现方法。各章节的内容既有各自的独力性，又有相互的联系性。每章都有本章要点、本章小结和适量习题，实训单独安排，从而激发学生的学习兴趣，充分调动学生学习的主动性和积极性。

本书共分为8章。第一章主要介绍高频电子线路课程的研究对象及无线电设备的组成与原理。第二章介绍了无线电接收设备的关键功能电路高频小信号放大器。第三章介绍了无线电发送设备的关键功能电路高频功率放大器。第四章介绍了无线电设备中必须用到的关键功能电路正弦波振荡器。第五、六章介绍了通信的核心，信号的线性变换振幅调制、解调及混频电路电路，信号的非线性变换角度调制与解调电路。第七章介绍了无线电设备中广泛应用的反馈控制电路，包括自动增益控制电路、自动频率控制电路和自动相位控制电路(锁相环路)，基于锁相环的应用，本章还介绍了频率合成器。第八章为综合实训，除对高频功能电路实验外，为加深学生对各功能电路的理解，还增加EDA的内容，利用EWB电路仿真分析软件和Pspice指导学生主要的高频电子线路进行性能分析和结论验证。同时，

为提高学生的综合技能,实训还介绍了典型的无线电接收机晶体管收音机的组装与调试。通过教学使学生掌握高频各功能电路在信息传输系统中的作用,增强对系统各部分的内在关系的认识,培养学生适应新器件、新技术不断更新的能力,从而开发学生的创新思维能力。

本书作为高职高专应用电子、通信技术等专业“高频电子线路”“通信线路”等课程“一体化教学”的专用教材,也可以在成人高校及各种培训机构中推广使用,同时也可以供电子工程技术人员参考。

本书由山东省农业管理干部学院杨现德、德州职业技术学院李建华任主编并统稿,山东省农业管理干部学院郑业萌、济南铁道职业技术学院曾庆磊、山东警察学院陈岗、临沂师范学院房曙光任副主编,参加编写人员有济南铁道职业技术学院范友华、山东省电视台赵西舜、济南职业学院刘晓阳和山东省农业管理干部学院付晨。

本书编写过程中承蒙哈尔滨工程大学孟昭林副教授提出了许多指导意见并仔细审阅全稿,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

MULU

第一章 绪论	(1)
第一节 通信系统	(1)
第二节 无线电发送设备的组成与原理	(3)
第三节 无线电接收设备的组成与原理	(5)
第四节 高频电子线路课程的研究对象	(7)
本章小结	(8)
习题	(8)
第二章 高频小信号放大器	(9)
第一节 概述	(9)
第二节 选频网络	(11)
第三节 晶体管高频小信号等效电路	(17)
第四节 晶体管谐振放大器	(19)
第五节 集中选频放大器	(29)
第六节 放大器的噪声	(31)
本章小结	(33)
习题	(34)
第三章 高频功率放大器	(36)
第一节 概述	(36)
第二节 谐振功率放大器	(38)
第三节 谐振功率放大器的分析方法	(40)
第四节 谐振功率放大器的工作状态分析	(43)
第五节 谐振功率放大电路	(49)
第六节 倍频器	(52)
第七节 宽频带高频功率放大器	(56)
第八节 天线	(62)
本章小结	(64)
习题	(66)

第四章 正弦波振荡器	(68)
第一节 概述	(68)
第二节 反馈型振荡器	(69)
第三节 反馈式 LC 正弦振荡器	(73)
第四节 晶体振荡器	(76)
本章小结	(79)
习题	(80)
第五章 振幅调制、解调及混频电路	(82)
第一节 概述	(82)
第二节 振幅调制原理	(84)
第三节 振幅调制电路	(89)
第四节 振幅解调原理	(93)
第五节 振幅解调电路	(95)
第六节 混频电路原理	(100)
第七节 混频电路	(102)
本章小结	(108)
习题	(108)
第六章 角度调制与解调电路	(111)
第一节 概述	(111)
第二节 角度调制的原理	(112)
第三节 调频电路概述	(118)
第四节 直接调频电路	(120)
第五节 调相电路	(124)
第六节 鉴相器	(126)
第七节 鉴频器	(130)
本章小结	(135)
习题	(136)
第七章 反馈控制电路	(138)
第一节 概述	(138)
第二节 自动增益控制	(140)
第三节 自动频率控制	(143)
第四节 自动相位控制电路(锁相环路)	(145)
第五节 频率合成器	(158)
本章小结	(164)

目 录

MULU

习题	(165)
第八章 综合实训	(167)
第一节 高频功能电路实验	(167)
第二节 高频功能电路 Pspice 仿真实验	(186)
第三节 高频功能电路 EWB 仿真实验	(206)
第四节 晶体管收音机的组装与调试	(213)
附录	(221)
附录一 PSpice 8.0 的使用说明	(221)
附录二 EWB 5.0 的使用说明	(231)
参考文献	(243)



第一章 绪 论

本章要点

- 掌握通信系统的组成框图。
- 掌握无线电发送设备的组成与原理框图。
- 掌握无线电接收设备的组成与原理框图。
- 了解高频电子线路课程研究的对象及课程特点。

第一节 通信系统

信息的传输在人类生活中是极为重要的。信息的获取、传输、变换、存贮、识别、处理、显示,都要依赖于电子学与信息系统来实现。传输信息的系统,统称为通信系统,它直接完成信息的传递任务。

传递信息既可以通过有线信道,也可以通过无线信道。信号的无线传输是无线电技术的主要应用,通信作为无线电技术的最早应用,其组成和工作过程,很典型地反映了无线电技术的基本问题。本节讨论的通信系统主要是无线通信系统。

一、通信系统的基本组成

通信系统的基本组成方框图如图 1.1 所示。它由输入变换器、发送设备、传输信道、接收设备和输出变换器五个基本部分组成。其中,输入变换器的功能是将输入信息变换为电信号。当输入信息为非电量(例如,声音、文字、图像等)时,输入变换器是必要的。当输入信息本身就是电信号(例如,计算机输出的二进制信号、传感器输出的电流或电压信号等)时,在能满足发送设备要求的条件下,可不用输入变换器,而直接将电信号送给发送设备。输入变换器输出的电信号应反映原输入的全部信息,通常称此信号为基带信号。输入变换器的输出作为通信系统的信号源。不过,这种信号的变换不是本书讨论的重点。传输信道是信号传输的通道,它可以是平行线、同轴电缆或光缆,也可以是传输无

线电波的自由空间或传送声波的水等,不同的信道有不同的传输特性。为了适应信道对要传输信号的要求,就必须将已获取的基带信号再做变换,这就是发送变换设备的功用。发送设备将基带信号经过调制等处理,并使其具有足够的发射功率,再送入信道,实现信号的有效传输。显然,接收变换设备的作用与输入变换设备相反,用来恢复原始基带信号,如声音、文字、图像等,为人们所接受。发送变换和接收变换有许多方式,其传送信息的效率和可靠性都不同,变换机理及实现的电子线路也不同,这些便是本书研究的重点。

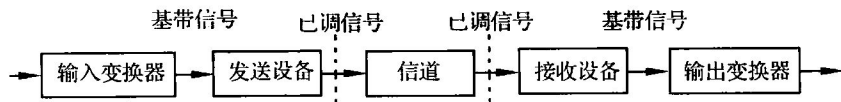


图 1.1 通信系统基本组成框图

二、通信系统的类型

通信系统的种类很多,按所用信道的不同可分为有线通信系统和无线通信系统。按通信业务(即所传输的信息种类)的不同可分为电话、电报、传真和数据通信系统等。广义地说,广播、电视、雷达及导航系统等,也都属于通信系统。当通信系统中传输的基带信号是模拟信号时,称为模拟通信系统;当通信系统中传输的基带信号是数字信号时,则称为数字通信系统。尽管它们的种类不同,但就系统的基本组成部分来说是相同的。

三、无线通信系统的频率

在无线模拟通信系统中,传输媒介是自由空间。根据电磁波的波长或频率范围,电磁波在自由空间的传播方式不同,且信号传输的有效性和可靠性也不同,由此使得通信系统的构成及其工作原理也有很大的不同。

无线通信系统使用的频率范围很宽阔,从几十千赫兹到几十兆赫兹。习惯上按电磁波的频率范围划分为若干个区段,称作频段,或波段。无线电波在空间传播的速度 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$,则高频信号的频率 f 与其波长 λ 的关系为 $\lambda = \frac{c}{f}$,式中, f 单位取 Hz, λ 单位用 m。高频信号范围主要是几百 kHz ~ 几百 MHz,这是相对于基带信号而言的。

表 1.1 粗略地给出目前使用频段的分配,供读者参考。但根据实际应用的需求和科学技术的不断发展,其用途会有发展与更新的。

表 1.1 不同频段的典型用途

频带	波长	名称*	典型用途
30 ~ 300Hz	$10^4 \sim 10^3 \text{ km}$	特低频	水下通信;电报
0.3 ~ 3kHz	$10^3 \sim 10^2 \text{ km}$	音频	数据终端;实线电话
3 ~ 30kHz	$10^2 \sim 10 \text{ km}$	甚低频	远距离导航;声呐;电报;电话;频率标准
30 ~ 300kHz	$10 \sim 1 \text{ km}$	低频(长波)	导航系统;航标信号;电报通信
0.3 ~ 3MHz	$10^3 \sim 10^2 \text{ m}$	中频(中波)	商用调幅广播;业余移动通信;海军无线电通信;测向;遇险和呼救
3 ~ 30MHz	$10^2 \sim 10 \text{ m}$	高频(短波)	国际定点通信;军用通信;商用调幅广播;飞机和船通信;岸与船通信

(续表)

频带	波长	名称	典型用途
30 ~ 300MHz	10 ~ 1m	甚高频(超短波)	电视广播;调频广播;车辆通信;航空通信;导航设备
0.3 ~ 3GHz	$10^2 \sim 10\text{cm}$	超高频(分米波)	电视广播;雷达;遥控遥测;导航;卫星通信;无线电测高;移动通信
3 ~ 30GHz	10 ~ 1cm	极高频(厘米波)	卫星通信;空间通信;微波接力;机载雷达;气象雷达;陆地机动车
30 ~ 300GHz	10 ~ 1mm	特高频(毫米波)	雷达着陆系统;射电天文;铁路设施;科学研究

* 30kHz 以下也称超长波,30MHz 到 1000MHz 也称超短波,1000MHz 以上也称微波。

第二节 无线电发送设备的组成与原理

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)转换成无线电波传送到远方的接收点。

一、无线通信系统发送设备结构框图

图 1.2 所示是无线通信系统的发送设备结构框图。我们经常使用的广播通信系统,移动通信系统等通信系统,其组成结构也基本相同。

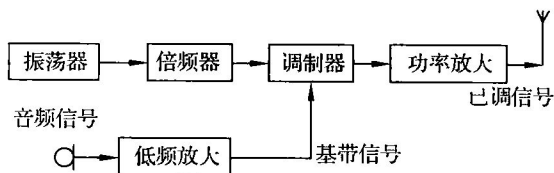


图 1.2 无线通信发送设备

二、无线通信系统发送设备的工作原理

为什么要用无线电波发送方式把信息(例如声音)传送出去呢?信息传输通常应满足两个基本要求,一是希望传送距离远,二是要能实现多路传输,且各路信号传输时,应互不干扰。依靠声音在空气中直接进行远距离传送,显然是不行的。其原因是声波在空气中传播的速度很慢(约 340m/s),而且衰减很快,不能实现远距离传送。再则,人耳能听到的声音的频率约在 20Hz 到 20kHz 的范围内,若将声音直接传送,多路声音就会混在一起,接收时就难于分辨,不能实现选择功能。为了把声音传送到远方,常用的方法是将声音变成电信号,再通过发送设备送出去。电信号是与声音同频率的交变电磁振荡信号,可以利用天线向空中辐射出去。电磁波在空气中的传播速度很快($3 \times 10^8 \text{m/s}$)。在天线高度足够的条件下是能够实现远距离传送的。但是,无线电波通过天线辐射,天线的长度必

须和电磁振荡的波长相近,才能有效地把电磁振荡波辐射出去。对于频率为 20Hz 到 20kHz 的声频来说,其波长是 $(15 \times 10^6 \sim 15 \times 10^3) \text{m}$ 。那么,这样大尺寸的天线,制造是很困难的。即使可以做出来,由于各个电台所发出的信号频率范围相同,接收者也无法选择所需的接收信号。解决的办法是,将发射的电磁波的频率提高,使传送的音频信号“加载”到高频振荡之中。这样,天线的尺寸可以减小。不同的电台可以采用不同的高频振荡频率,接收时很容易分辨开。通常,把需传送的信息“加载”到高频振荡中的过程称为调制。能实现这样功能变换的电路称为调制器。调制可以分为三类,即调幅、调频和调相。

图 1.2 中,振荡器产生等幅的高频正弦信号,经过倍频器后,即成为载波频率信号;然后,载波频率信号被基带信号调制,产生高频已调信号,最后再经功率放大器放大,获得足够的发射功率,作为射频信号发送到空间。载波频率在适合无线信道传播的频率范围。

三、无线通信系统发送设备的实例

图 1.3 是调幅广播发射机的方框图,它由三部分组成。①低频部分:由声电变换器(话筒)和低频放大器组成,实现声电变换,并对音频电信号进行放大,使其满足调制器的要求。②高频部分:由主振器、缓冲器、高频电压放大、振幅调制器和高频功率放大器组成,实现载波的产生,放大和振幅调制。③传输线和天线部分,它完成将已调波通过天线以电磁波形式辐射出去。

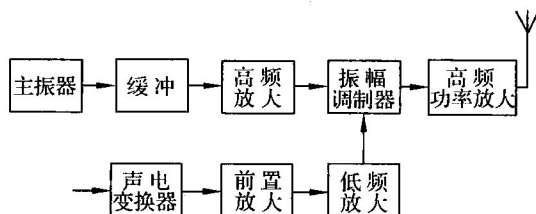


图 1.3 调幅广播发射机方框图

主振器产生的高频振荡信号经缓冲、放大后,作为高频载波电压送给振幅调制器。设其表示式为

$$u_i(t) = U_{im} \cos(\omega_c t + \varphi)$$

其中, $u_i(t)$ 是调制器输入高频载波信号的瞬时值, U_{im} 是它的振幅, ω_c 是角频率, φ 为初始相位。

送给调制器的另一信号是由声音经话筒转变成电信号,并经低频电压放大的低频电信号。设其表示式为

$$u_{\Omega}(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t$$

其中, $u_{\Omega}(t)$ 为送给调制器的调制信号的瞬时值, $U_{\Omega m}$ 是振幅, Ω 是角频率。

$u_i(t)$ 和 $u_{\Omega}(t)$ 送到调制器进行振幅调制,调制器输出的调幅波为

$$u_i(t) = U_{cm} (1 + m_a \cos \Omega t) \cos(\omega_c t + \varphi)$$

它通过高频功率放大、传输线经天线以电磁波形式辐射出去。

第三节 无线电接收设备的组成与原理

无线电接收过程正好和发送过程相反,它的基本任务是将通过天空传来的电磁波接收下来,并从中取出需要接收的信息信号。

一、无线通信系统接收设备结构框图

图 1.4 所示为无线通信系统接收设备的结构框图。

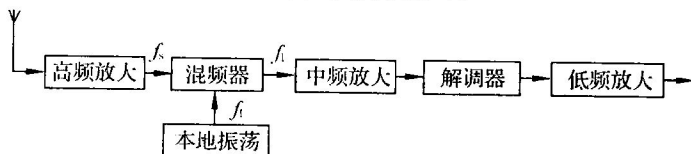


图 1.4 无线通信接收设备

二、无线通信系统接收设备的工作原理

图 1.4 中接收设备的第一级是高频放大器。由于由发送设备发出的信号经过长距离的传播,受到很大的衰减,能量受到很大的损失,同时还受到传输过程中来自各方面的干扰和噪声。当到达接收设备时,信号是很微弱的,因而需要经过放大器的放大,并且,高频放大器的窄带特性同时滤除一部分带外的噪声和干扰。高频放大器的输出是载频为 f_c 的已调信号,经过混频器,与本地振荡器提供的频率为 f_i 的信号混频,产生频率为 f_i 的中频信号。中频信号经中频放大器放大,送到解调器,恢复原基带信号,再经低频放大器放大后输出。

三、无线通信系统接收设备的举例

图 1.5 是一个最简单的接收机的方框图。它由接收天线、选频电路、检波器和输出变换器(耳机)四部分组成。接收天线接收从空中来的电磁波。在同一时间,接收天线不仅接收到所需接收的无线电信号,而且

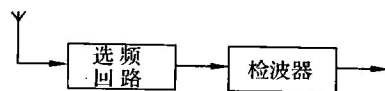


图 1.5 最简单的接收机的方框图

也接收到若干个不同载频的无线电信号与一些干扰信号。为了选择出所需的无线电信号,在接收机的接收天线之后要有一个选频电路,其作用是将所要接收的无线电信号取出来,并把不需要的信号滤掉,以免产生干扰。利用一个并联 LC 回路的谐振特性就能够实现选频。通过选频电路选频,将选出所需要的高频调幅波,例如 $u_i(t) = U_{cm}(1 + m_a \cos \Omega t) \cos(\omega_c t)$, 送给检波器。检波器的任务是从已调波信号中取出原调制信号,即音频 Ω 成分。音频信号送给耳机将电信号转换成声音。这样就完成了全部接收过程。

这种最简单的接收机叫做直接检波式接收机。其特点是线路简单。因为从天线得到的高频无线电信号非常微弱,一般只有几十微伏至几毫伏,直接送给检波器检波,检波器的电压传输系数很小,检波后输出的音频信号更弱,只能采用耳机完成电声变换。为了提

高检波器的电压传输系数,通常希望送给检波器的高频信号电压达到1V左右。这就需要在选频电路与检波器之间增加高频放大器,将通过选频电路的高频信号进行放大。增加高频放大器后,送给检波器的高频信号幅度增大,检波器的电压传输系数增大。但是检波器输出的音频信号通常只有几百毫伏,要推动功率大一点的扬声器是不行的。因而,在检波器之后要进行音频电压放大和功率放大,然后去推动扬声器。这种带有高频放大器的接收机叫做直接放大式接收机。其方框图如图1.6所示。

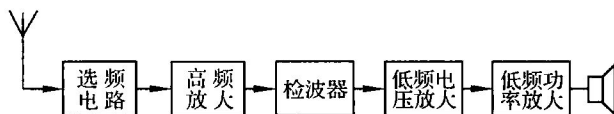


图 1.6 直接放大式接收机方框图

直接放大式接收机的特点是灵敏度较高,输出功率也较大,特别适用于固定频率的接收。但是,在用于多个电台接收时,其调谐比较复杂。再则,高频小信号放大器的整个接收频带内,频率高端的放大倍数比低端要低。因此,对不同的电台其接收效果也就不同。为了克服这样的缺点,现在的接收机几乎都采用超外差式线路。图1.7所示是超外差式接收机的方框图。

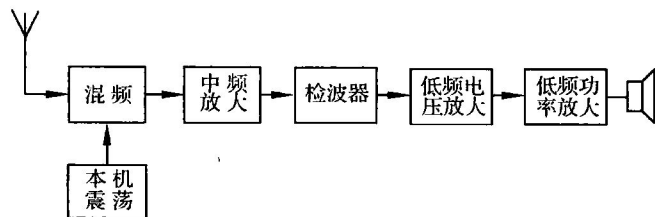


图 1.7 超外差式接收机方框图

超外差接收机的主要特点是,把被接收的已调波信号的载波角频率 ω_c 。先变为频率较低的(或较高的),且是固定不变的中间频率叫 ω_i (称为中频),而其振幅的变化规律保持不变,即仍由 Ω 决定。然后利用中频放大器加以放大送至检波器进行检波,解调出与调制信号 $u_n(t)$ 线性关系的输出电压。随后通过低频电压放大、功率放大,由扬声器还原为原来的声音。因为中频放大器的中心频率是固定不变的,而且接收机的主要放大倍数由中频放大器承担。所以,整机增益在接收频率范围内,高端和低端的差别就会很小。对于调谐来说,仅对混频器的选频输入回路和本机振荡器进行同步调谐,这是容易实现的。

将高频信号的载波频率 ω_c 降低为中频 ω_i 的任务是由变频器来实现的。变频器是由混频器和本机振荡器组成。有关变频器的变频原理将在变频电路一章中讨论。在此仅简述变频的工作过程。当许多高频信号通过天线进入混频器的输入回路时,由于输入回路调谐于 ω_c ,并具有选频作用,则只有角频率为 ω_c 及其附近的频率成分通过输入回路进入混频器。另外,本机振荡器产生的角频率为 ω_L 的等幅振荡信号也送入混频器与输入信号的各个频率分量进行混频,并由混频器的输出选频回路选出 $\omega_i = \omega_L - \omega_c$ 的中频信号及上下边频分量。输入为调幅波时,输出信号的振幅变化规律与输入信号振幅变化规律相同。值得注意的是,本机振荡的振荡角频率 ω_L 的调节与混频器输入回路的调谐是同步

进行的,必须保持二者的角频率之差为 ω_1 。

超外差接收机由于有固定频率的中频放大器,它不仅可以实现较高的放大倍数,而且选择性也很容易得到满足。可以同时兼顾高灵敏度与高选择性,这是非常重要的。

第四节 高频电子线路课程的研究对象

上面介绍了无线电广播发送与接收的基本原理与工作过程。虽然介绍的是传送语言的特殊例子,但对传输其他形式的信号来说,其基本工作原理是相同的。

一、高频电子线路课程的研究对象

本课程的研究对象是通信系统中的发送设备和接收设备的各种高频功能电路的功能、原理和基本组成。发送设备和接收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、振幅调制电路、检波器、角度调制电路、调角信号的解调电路和变频电路等是高频电子线路课程所要讲授的内容,而这些内容又是组成发送设备和接收设备不可缺少的重要组成部分。

二、本课程的非线性电子线路分析

本课程讲授的各功能电路,大多属于非线性电子线路。非线性电子线路的分析方法与线性电子线路的分析方法是不相同的。因而,在学习本课程的各功能电路时,要根据不同电路的功能和特点,掌握各个功能电路的实现方法和基本原理。要根据输入信号的大小和器件的工作状态的不同选用不同的近似分析法,系统地了解非线性电子线路的分析方法。高频电子线路的理论与实践必须紧密联系,要学会用理论去指导实验和分析实验现象,从而得出合理的结论。这对从事科学研究和电子系统开发会有很大帮助。

三、关于功能电路的功能

本课程讨论的工作频率范围是几百千赫至几百兆赫。值得注意的是,在科学技术的快速发展,新电路和新器件日新月异,通信集成电路不断更新的今天,学习本课程时应特别注意对电路功能和基本原理的理解。加上实践环节的训练,培养运用集成电路去设计与开发新的电子系统的能力。因为对高频功能电路来说,可以用不同的器件组成。虽然使用器件不同,但是每个高频功能电路的功能和基本原理是不会变的。通信集成电路通常是由多个功能电路组成,掌握了各个功能电路的功能,对运用集成电路就会很容易。



本章小结

1. 通信系统由输入变换器、发送设备、传输通道、接收设备和输出变换器组成。其中的核心设备是无线电发送和接收设备。

2. 无线电发送设备的主要高频功能电路有振荡器、调制器、高频功率放大器；无线电接收设备的主要高频功能电路有选频网络、高频小信号放大器、混频器、解调器等。

3. 高频电子线路就是研究通信系统中的发送设备和接收设备的各种高频功能电路的功能、原理和基本组成。

习 题

- 1.1 试画出通信系统的组成框图。
- 1.2 试画出无线通信发送设备的结构框图。
- 1.3 试画出无线通信接收设备的结构框图。
- 1.4 为什么在无线电通信中要使用“载波”发射,其作用是什么?
- 1.5 在无线电通信中为什么要采用“调制”与“解调”,各自的作用是什么?
- 1.6 理解“功能”电路的功能的含意,说明掌握功能电路的功能在开发电子系统中有什么好处。