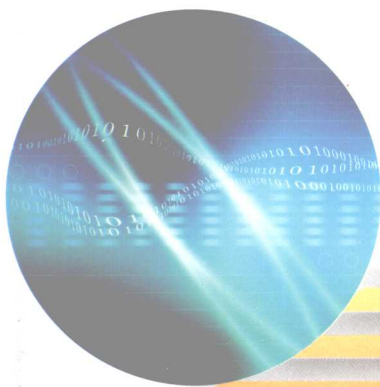
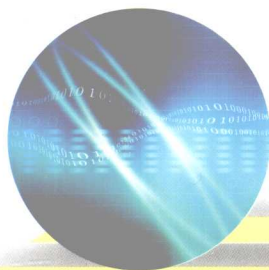


面向
21世纪

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

高频电子线路

主编 程民利



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

· 面向 21 世纪

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

高频电子线路

主编 程民利

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书涵盖了四部分内容：基础知识、发射机基本电路、接收机基本电路和系统控制电路。其中，基础知识介绍了通信系统的组成、选频电路与阻抗变换网络、非线性器件与噪声；发射机基本电路主要讨论了正弦振荡器电路、调制电路、高频功率放大器电路；接收机基本电路主要讨论了高频小信号放大器、混频器、解调电路；系统控制电路则分析了自动增益控制电路、自动频率控制电路、锁相环、频率合成器。

另外，本书还对正弦振荡器电路、调幅电路、高频功率放大器电路、高频小信号放大器电路、检波电路、鉴频电路等进行了仿真，以加深读者对理论知识的理解。在本书的第10章，提供了压控振荡器的设计与装调及单片调幅接收机的设计与装调两个实训项目，以提高读者的实践能力。

本书可作为高职高专院校通信工程、电子信息工程等专业的教材，也可供相关领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高频电子线路/程民利主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.6

面向21世纪高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2235-4

I. 高… II. 程… 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(2009)第050724号

策 划 马乐惠

责任编辑 南 景 马乐惠

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)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 10.875

字 数 252千字

印 数 1~4000册

定 价 16.00元

ISBN 978-7-5606-2235-4/TN·0503

XDUP 2527001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

面向 21 世纪高等职业技术教育
电子电工类专业“十一五”规划教材

编委会名单

主任委员：唐政平

副主任委员：周 雪 白乃平 王 璞 郭宗智 张慧玲

委 员：(按姓氏笔画排列)

马安良 方 彦 冯彦炜 毕恩兴

朱晓红 张凌云 肖志锋 吴生有

苏生荣 郭继文 程民利

前 言

本书以模拟通信系统中发送设备和接收设备为主线,主要讨论了发送设备和接收设备的基本功能电路,知识系统性强,各部分知识之间的关联密切。本书第1章主要讨论了选频电路的指标及阻抗变换电路;第2章分析了非线性器件的特点及器件的噪声,并讨论了减小器件噪声的措施;第3章分析了正弦波振荡器的工作原理;第4章分析讨论了调幅、调频信号的特点及调幅、调频电路的工作原理;第5章分析了高频功率放大器的工作原理;第6章分析了高频小信号放大器的工作原理;第7章讨论了混频电路和混频干扰;第8章分析了检波电路和鉴频电路的工作原理;第9章讨论了自动增益控制、自动频率控制、锁相环及频率合成器的工作原理;第10章提供了两个实训项目供读者选做。

与同类教材相比,本书具有如下特点:

(1) 打破常规思路,以发射机和接收机为单元分析与之相关的基本电路,将具体电路放在实际应用设备中讨论,使理论知识更加密切地联系实际应用,更有利于学生理解。

(2) 重视知识的实用性,删除以往教材中繁杂的理论分析,重点讲述基本单元电路中电路元件的作用和元件参数的选定。

(3) 大量引入电路仿真,使电路的工作原理浅显易懂。通过仿真可培养学生判断电路故障、分析电路故障、排除电路故障的能力,也可通过仿真加深学生对电路元件作用的理解。

(4) 大量列举集成电路的应用,如集成振荡器 E1648,用 AD534、MC1595、MC1596 构成的集成调幅电路,用 MC1596 构成的集成混频器,用 MC1596、BG314 构成的集成检波器电路,用 NE564 构成的集成调频电路、集成鉴频电路、倍频电路,用 MC45146 构成的频率合成器电路等。

(5) 电路力求选用实际通信设备中的电路,缩短理论与实际之间的距离。

(6) 每节都有思考与练习题,以加强本节的重点概念和重点知识的掌握与应用;每章都有综合性的练习题,对本章的重点知识进行综合性的应用训练,每章的练习题后附有参考答案。

(7) 练习题中包含了大量的识图练习,以强化读者的读图能力。

(8) 为了训练读者的实践能力,编写了两个实训项目,读者可根据自己的爱好选做。

本书由程民利担任主编,并负责全书的修改和统稿。第1章、第4章、第5章及第3、6、7、8章的部分内容由程民利执笔;第2章、第6章、第8章由靳丽君执笔;第3章、第7章由闵卫锋执笔;第9章、第10章由齐文庆执笔。本书在编写过程中得到了西安电子科技大学出版社的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

编 者
2009年2月

目 录

第 0 章 绪论	1
第 1 章 选频电路与阻抗变换	6
1.1 选频电路	6
1.1.1 选频电路的性能指标	6
1.1.2 LC 选频电路	8
1.1.3 集中选频滤波器	10
1.2 阻抗变换电路	12
1.2.1 变压器阻抗变换电路	12
1.2.2 部分接入阻抗变换电路	12
1.3 习题	14
第 2 章 非线性器件及噪声	17
2.1 非线性器件	17
2.1.1 线性与非线性器件	17
2.1.2 非线性器件的基本特点	17
2.2 器件噪声	19
2.2.1 电阻的噪声	19
2.2.2 晶体三极管的噪声	19
2.2.3 降低噪声的方法	20
2.3 习题	21
第 3 章 正弦波振荡器	23
3.1 反馈式振荡器的基本工作原理	23
3.1.1 反馈式振荡器的组成	23
3.1.2 反馈式振荡器的起振条件与平衡条件	24
3.1.3 反馈式振荡器的稳定条件	25
3.2 LC 正弦振荡器	27
3.2.1 三点式正弦振荡器的组成原则	27
3.2.2 电容三点式振荡器	28
3.2.3 电感三点式振荡器	29
3.2.4 改进型振荡器	30
3.3 振荡器的频率稳定度	32
3.3.1 频率稳定度的概念	32
3.3.2 频率稳定度的表示方法	32
3.4 石英晶体振荡器	33
3.4.1 石英晶体的特性	33
3.4.2 石英晶体振荡器的类型	34
3.4.3 泛音晶体振荡器	36
3.5 集成电路振荡器	36
3.5.1 集成振荡器 E1648	36
3.5.2 F733 组成的高频正弦波振荡器	37
3.6 正弦波振荡器的仿真	38
3.7 习题	40
第 4 章 调制电路	45
4.1 调制的概念	45
4.1.1 调幅信号分析	45
4.1.2 调角信号分析	49
4.2 调幅电路	52
4.2.1 调幅原理	52
4.2.2 低电平调幅	53
4.2.3 高电平调幅	57
4.3 调频电路	58
4.3.1 调频原理	58
4.3.2 变容二极管直接调频电路	58
4.4 调幅电路仿真	63
4.4.1 高电平调幅电路仿真	63
4.4.2 低电平调幅电路仿真	65
4.5 习题	66
第 5 章 高频功率放大器	71
5.1 概述	71
5.2 高频功率放大器	72
5.2.1 电路组成与工作原理	72
5.2.2 高频功率放大器动态特性分析	74
5.3 实用高频功率放大器电路	78
5.3.1 直流馈电电路	78
5.3.2 匹配网络	79
5.3.3 高频功率放大器应用电路	80
5.4 电路仿真	82
5.4.1 高频功率放大器电路仿真	82

5.4.2 倍频器仿真	84	8.3 调频信号的解调	125
5.5 习题	85	8.3.1 概述	126
第 6 章 高频小信号放大器	87	8.3.2 斜率鉴频器	127
6.1 高频小信号谐振放大器	87	8.3.3 相位鉴频器	130
6.1.1 谐振回路放大器的性能指标	87	8.4 鉴频器仿真	133
6.1.2 单谐振回路放大器	90	8.5 习题	134
6.1.3 多级单谐振放大器	94	第 9 章 反馈控制电路	137
6.2 集中选频放大器	96	9.1 自动增益控制电路(AGC)	138
6.3 小信号谐振放大器的仿真	96	9.1.1 自动增益控制电路的工作原理	138
6.4 习题	98	9.1.2 自动增益控制电路的应用	138
第 7 章 混频器	100	9.2 自动频率控制电路(AFC)	140
7.1 三极管混频器	101	9.2.1 自动频率控制电路的工作原理	141
7.2 二极管混频器	103	9.2.2 自动频率控制电路的应用	141
7.3 乘法器混频电路	105	9.3 锁相环(PLL)	144
7.4 混频干扰	106	9.3.1 锁相环的基本工作原理	144
7.5 电路仿真	108	9.3.2 锁相环的应用	145
7.6 习题	110	9.4 频率合成器	150
第 8 章 解调电路	111	9.4.1 频率合成器的技术指标	151
8.1 调幅信号的解调电路——检波电路	111	9.4.2 锁相环频率合成器	151
8.1.1 概述	111	9.5 习题	158
8.1.2 二极管峰值包络检波器	112	第 10 章 综合实训	160
8.1.3 同步检波器	117	10.1 压控振荡器的设计与装调	160
8.1.4 集成检波器	119	10.2 单片调幅收音机的设计与装调	162
8.2 检波器仿真	120	参考文献	166

第0章 绪论

内容提要:

- 通信系统的组成
- 典型无线电发送设备的组成
- 典型无线电接收设备的组成
- 电磁波频段划分

1901年,英国科学家马可尼在英属牙买加的康沃尔建成170英尺(1英尺=0.3048米)高的无线电波发射塔,在加拿大的纽芬兰用几只风筝将接收天线升到400英尺的高空,实现了无线电波横跨大西洋的壮举,为人类打开了无线电通信的大门,给人类的生产和生活带来了深刻的影响。高频电子技术源于无线电通信技术,它已被广泛地应用于经济、军事及日常生活的各个领域,人们每天通过看电视了解世界,通过手机联络朋友、完成自己的工作,这一切都建立在高频电子技术的基础之上。

高频电子线路广泛应用于通信设备和各种电子设备中,在高频段完成一定的电路功能。本书讨论的高频电路包括正弦波振荡器、调制电路、解调电路、混频电路、高频功率放大器、小信号放大器及反馈控制电路。

高频电路是通信设备的基础,而通信设备又是应用在通信系统中的,因此要掌握高频电路的工作原理,必须先理解通信系统的工作原理。

1. 通信系统的组成

信息在发送者和接收者之间传送称为通信,实现信息传送的系统称为通信系统。通信系统的组成如图0-1所示。

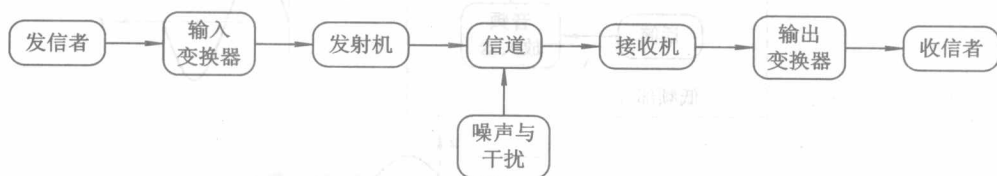


图 0-1 通信系统的组成

发信者也称信息源,是要传送的原始信息,可以是语言、图像、文字等。

输入变换器的功能是将信息源提供的信息转换成电信号,该电信号被称为基带信号。日常生活中我们经常会用到转换器,比如话筒可以将声音信号转换成电信号,摄像头可以将光信号转换成电信号等。

发射机的功能是将基带信号变换成频带信号,并送入信道。

信道是传送信号的通道,可分为有线信道和无线信道两大类,信道将发送端和接收端连通。

有线信道利用各种导线传输信号,如电缆、双绞线、光纤等,而无线信道则利用空间、水等介质传输信号。

信道为有线信道的通信系统称为有线通信系统,如电话通信系统;信道为无线信道的通信系统称为无线通信系统,如移动通信系统、卫星通信系统等。

接收机的功能是将信道传过来的频带信号转换成基带信号。

输出变换器用于将接收机输出的基带信号变换成原始信号(如声音、图像等)。常用的输出变换器有扬声器、耳机、显示器等。

收信者也称信宿,是信息的最终接收者。

2. 无线电发射机的组成

发射机在处理信号的过程中因采用了不同的调制方式,故电路组成也不尽相同。这里以典型调幅发射机的组成为例,介绍发射机的组成。

调幅发射机的组成如图 0-2 所示。

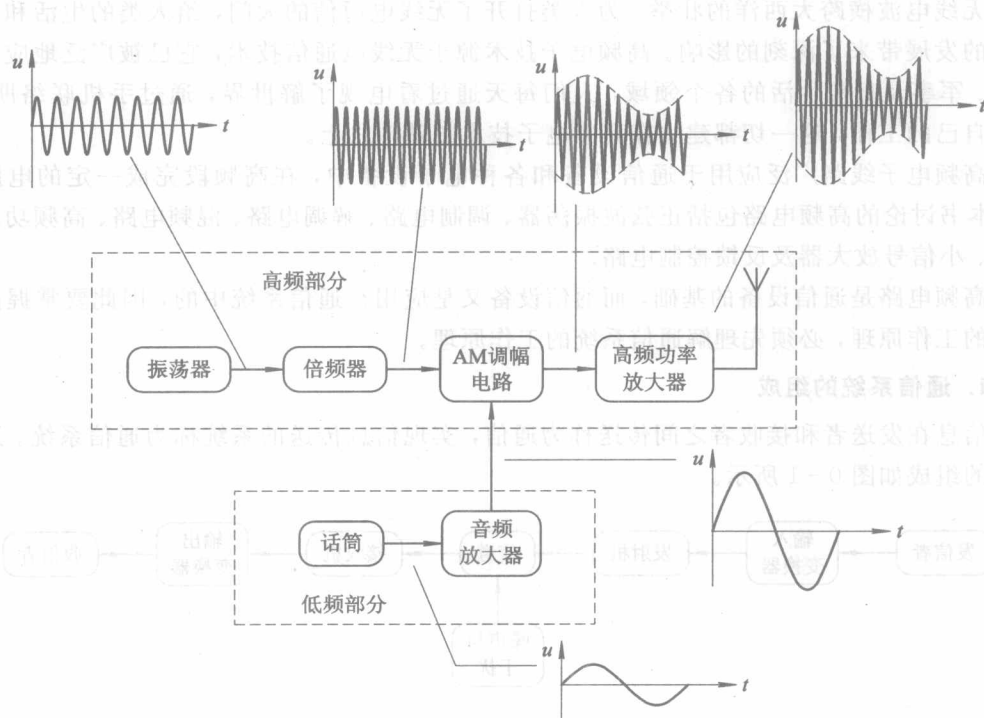


图 0-2 调幅发射机的组成

发射机的工作原理是:一方面话筒将声音信号转换成电信号,经音频放大器放大后送至调幅电路;另一方面振荡器产生高频正弦信号,经倍频器将振荡器输出的正弦信号的频率成倍提高,产生载波信号,送至 AM 调幅电路,AM 调幅电路将音频信号携带在载波的幅度上(调幅),得到高频已调信号,高频功率放大器对高频已调信号进行功率放大,并输送到天线上,经天线有效地辐射到天空中。

3. 接收机的组成

典型调幅接收机的组成如图 0-3 所示。

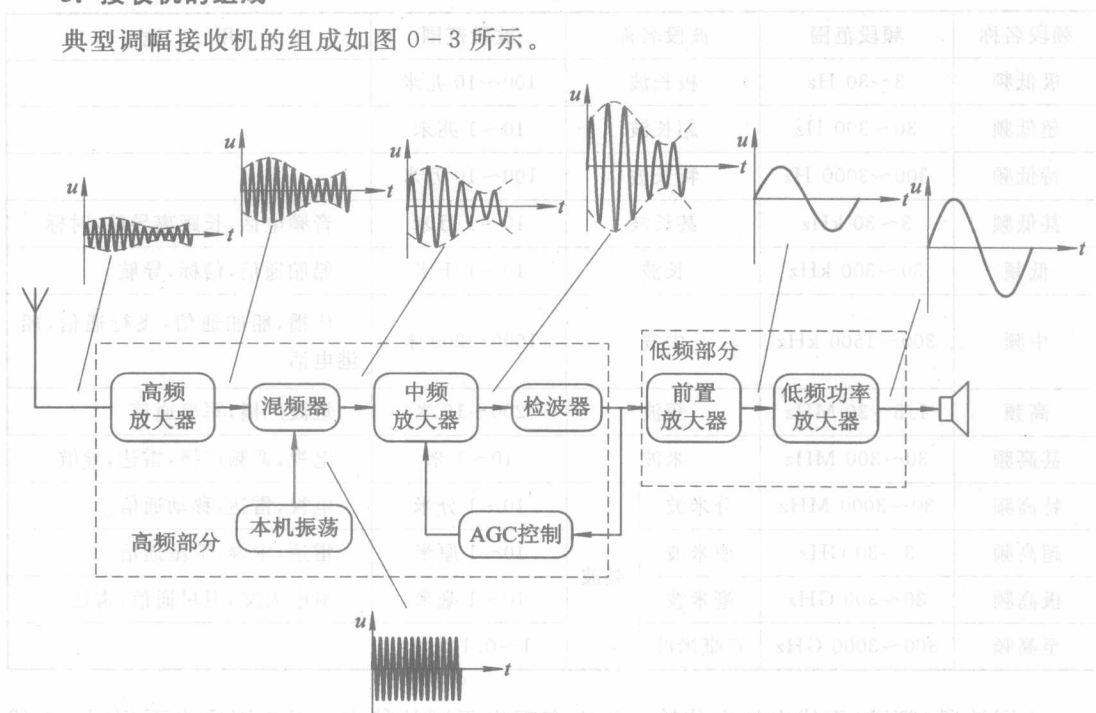


图 0-3 典型调幅接收机的组成

接收机的工作原理是：天线从天空中接收到信号后送入高频放大器，经选频放大后送入混频器，混频器将本机振荡信号和高频放大器送来的信号求频率差，将高频信号变成中频信号，经中频放大器放大，选频后送入检波器，检波器对其输入信号进行解调(检波)，最后将解调结果送入低频电路部分。AGC 控制电路通过控制中频放大器的增益使接收机输出稳定。

4. 无线电波的传输特点

无线电发射机和接收机是靠无线电波连通的，而无线电波就在天空中传播。在日常工作和生活中，有数不清的无线通信设备在同时工作，其中很多无线通信设备同时向天空发射信号，又有很多无线通信设备同时从天空中接收信号，但它们并没有相互干扰，而是井然有序地工作，这是为什么呢？这是因为不同的无线通信系统工作在不同的无线电波段，故能互不影响地同时工作，就如同我们将马路划分成多个车道，只要沿着自己的车道跑，就能保证多辆车同时在马路上并行行驶而不会发生撞车。

无线电波的波段划分见表 0-1。常用的全波段收音机，其中波波段频率为 525~1605 kHz，其短波波段频率为 2.2~26 MHz，其调频波段频率为 87.5~108 MHz。而电视接收机的工作频段为 48.5~870 MHz。GSM 手机的工作频率为 900 MHz。无线局域网采用 2.4 GHz 频段。

表 0-1 无线电波的波段划分

频段名称	频段范围	波段名称	波段范围	用途	
极低频	3~30 Hz	极长波	100~10 兆米		
超低频	30~300 Hz	超长波	10~1 兆米		
特低频	300~3000 Hz	特长波	100~10 万米		
甚低频	3~30 kHz	甚长波	10~1 万米	音频电话, 长距离导航, 时标	
低频	30~300 kHz	长波	10~1 千米	船舶通信, 信标, 导航	
中频	300~1500 kHz	中波	1000~200 米	广播, 船舶通信, 飞行通信, 船港电话	
高频	1.5~30 MHz	短波	200~10 米	短波广播, 军事通信	
甚高频	30~300 MHz	米波	10~1 米	电视, 调频广播, 雷达, 导航	
特高频	30~3000 MHz	分米波	微波	10~1 分米	电视, 雷达, 移动通信
超高频	3~30 GHz	厘米波		10~1 厘米	雷达, 中继, 卫星通信
极高频	30~300 GHz	毫米波		10~1 毫米	射电天文, 卫星通信, 雷达
至高频	300~3000 GHz	亚毫米波		1~0.1 毫米	

不同波段(频段)无线电波在传输过程中表现出不同的特点, 因此用途也不相同。无线电波的传播方式主要有三种形式, 如图 0-4 所示。

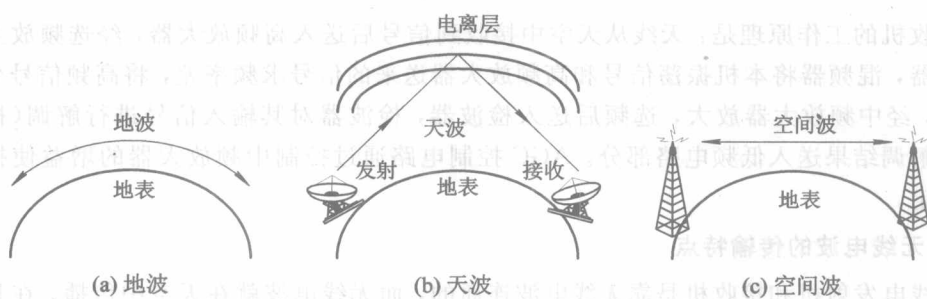


图 0-4 无线电波的传播方式

1) 地波

地波是沿着地面传播的无线电波。由于地面导电不理想, 因此地波在传播时有能量损耗, 损耗的大小与传播距离及频率有关, 传播的距离越远, 损耗越大; 无线电波频率越高, 波长越短, 绕射能力越差, 因此损耗越大。所以, 只有中、长波适合以地波的方式传播。

由于地面的导电特性稳定, 因此中、长波的传播比较稳定, 在实际应用中多用于导航和传送标准时间信号。

2) 天波

天波主要依靠电离层的折射、反射实现远距离传播。频率为 1.5~30 MHz 范围的信号(即短波信号)沿地面传播时绕射能力差, 且地面吸收损耗大, 适合以天波的方式传播, 实现远距离的无线电通信。因为该频段通信成本低, 所以该频段的广播、通信电台众多, 频

段最为拥挤。但因电离层的状态是变化的，故天波传播的稳定性较差。

3) 空间波

空间波沿着空间直线传播。由于地球表面是弯曲的，因此空间波的传播距离限于视线范围内，传播距离有限，一般通过高架天线、中继等方式增大传播距离。频率在 30 MHz 以上的无线电波主要以空间波的方式传播。

需要说明的是，波段的划分是粗略的，各波段之间没有严格的分界线，因此波段之间的传输特性也无明显差异。

思考与练习

1. 通信系统由几部分组成？各部分的作用是什么？
2. 典型的调幅发射机由几部分组成？各部分的作用是什么？
3. 典型的调幅接收机由几部分组成？各部分的作用是什么？
4. 什么是地波？什么是天波？什么是空间波？
5. 什么是有线通信系统？什么是无线通信系统？广播收音机系统是无线通信系统还是有线通信系统？
6. 你用的手机是发射机还是接收机？收音机、电视机是发射机还是接收机？

通信系统由发射机、信道和接收机组成。发射机将基带信号转换为高频信号，通过信道传输，接收机将高频信号还原为基带信号。

典型的调幅发射机由振荡器、调制器、功率放大器和天线组成。振荡器产生高频载波，调制器将基带信号加载到载波上，功率放大器放大调制后的信号，最后由天线辐射出去。

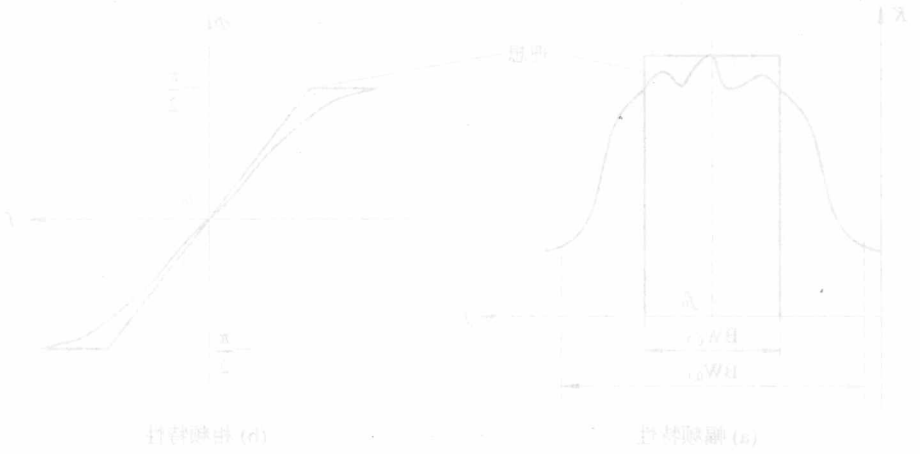


图 1.1.1 调制信号和已调信号

第 1 章 选频电路与阻抗变换

内容提要:

- 选频电路的组成
- 选频电路的作用
- 阻抗变换电路的组成
- 阻抗变换电路的作用

天空中存在着各种各样的无线电波和干扰噪声(如闪电、热辐射等),在通信中接收机只能从众多的无线电波和干扰噪声中选出所需的有用信号,同时将其它无线通信设备发射的无线电波及干扰噪声滤除掉,才能可靠地通信。而选频电路恰恰具有选出有用信号、滤除干扰的功能,因此它是接收机必不可缺的电路之一。

1.1 选频电路

选频电路的作用是从众多的无线电信号中选出有用信号,并滤除或抑制干扰。常用的选频电路有 LC 选频电路和集中选频滤波器。

1.1.1 选频电路的性能指标

选频电路性能的好坏,可用一系列的指标来衡量,理想选频电路和典型实际选频电路的电压传输特性如图 1-1 所示。图 1-1(a)为选频电路的幅频特性,图 1-1(b)为选频电路的相频特性。关于幅频特性和相频特性的概念在模拟电子技术课程中已经讲述过,这里不再重复。

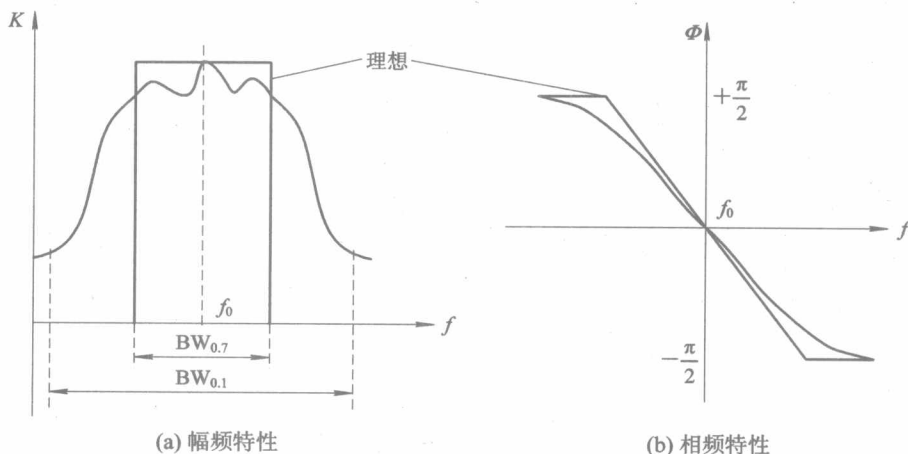


图 1-1 选频电路的电压传输特性

1. 中心频率(f_0)

在中心频率处,选频电路的电压传输系数最大(幅频特性出现最大值),且相移为零。如果选频电路为LC并联选频电路,则中心频率为LC电路的固有谐振频率。

2. 通频带 $BW_{0.7}$

幅频特性下降到最大值(f_0 所对应的值)的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 时所对应的频率范围,称选频电路的通频带。通频带也可定义为幅频特性下降3 dB($20 \lg \frac{1}{\sqrt{2}}$)时所对应的频率范围,因此通频带又称3 dB带宽。选频电路的通频带应足够宽,以保证有用信号顺利通过,但也不能过宽,过宽虽有利于有用信号通过,但干扰也会顺利通过,使电路滤除干扰的能力变差。不同信号对选频电路通频带的要求不同,因此选频电路通频带的大小应视具体要求而定。

3. 选择性

选择性是指放大器选出有用信号、滤除干扰的能力。通频带外幅频特性衰减越快,电路的选择性越好。通常用矩形系数描述选择性的好坏。矩形系数定义为电压传输系数下降至最大值的0.1倍时所对应的频率范围 $BW_{0.1}$ 与通频带之比值,即

$$K_{0.1} = \frac{BW_{0.1}}{BW_{0.7}} \quad (1-1)$$

理想选频电路的幅频特性为矩形,其矩形系数为1,而实际选频电路的矩形系数大于1。矩形系数越接近1,电路的选择性越好。

4. 插入损耗

插入损耗定义为选频电路插入前负载获得的功率与插入后负载获得的功率之比,用 L 表示,即

$$L = \frac{P_{\text{插前}}}{P_{\text{插后}}} \quad (1-2)$$

由式(1-2)可见,理想情况下 $L=1$,实际电路的插入损耗大于1。 L 越大,插入损耗越大。对于实际的选频电路,要求其插入损耗越小越好。

5. 带内波动

带内波动指选频电路通频带内幅频特性的波动。在通频带内,幅频特性越平坦(波动越小),引起的频率失真越小。频率失真指电路对不同频率的信号传输能力不同而引起的信号失真。

6. 输入、输出阻抗

选频电路的性能指标是在输入、输出端均匹配条件下的性能,在应用时必须知道其输入、输出阻抗,使其处于匹配状态,才能得到最佳的滤波效果。

7. 相频特性

相频特性越接近线性越好,相频特性线性不好会产生相位失真。对于传输图像信号和数字信号的电路,要求其相频特性好。

1.1.2 LC 选频电路

LC 选频电路是高频电路中最基本、应用最广泛的选频电路。在电路基础课程中已建立了关于 LC 电路的基本概念，并详细分析了 LC 串并联电路的特点，这里从选频的角度再次讨论 LC 电路。

1. 并联 LC 选频电路的组成

并联 LC 选频电路如图 1-2 所示。其固有谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，选频电路两端的电压为

$$\dot{U} = \frac{(R + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C} \dot{I}_s}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \quad (1-3)$$

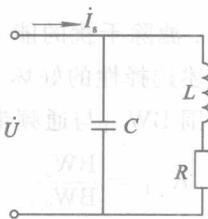


图 1-2 并联 LC 选频电路

在实际应用中，总是满足 $R \ll \omega L$ ，故上式可简化为

$$\dot{U} \approx \frac{\frac{L}{C} \dot{I}_s}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \quad (1-4)$$

因电路的品质因数 $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$ ，所以式(1-4)可表示为

$$\dot{U} \approx \frac{\frac{L}{RC} \dot{I}_s}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} \quad (1-5)$$

$\omega = \omega_0$ 时，LC 选频电路谐振，谐振电压为

$$\dot{U}(\omega_0) = \frac{L}{RC} \dot{I}_s \quad (1-6)$$

谐振阻抗为

$$R_p = \frac{\dot{U}(\omega_0)}{\dot{I}_s} = \frac{L}{RC} = \sqrt{\frac{L}{C}} Q \quad (1-7)$$

将式(1-6)代入式(1-5)得

$$\frac{\dot{U}}{\dot{U}(\omega_0)} = \frac{1}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)} \approx \frac{1}{1 + jQ \frac{2\Delta\omega}{\omega_0}} \quad (1-8)$$

式中, $\Delta\omega = \omega - \omega_0$ 。

将式(1-8)取模值, 得并联 LC 选频电路的归一化幅频特性为

$$\frac{U}{U(\omega_0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(Q \frac{2\Delta\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (1-9)$$

相频特性为

$$\phi = -\arctan Q \frac{2\Delta\omega}{\omega_0} \quad (1-10)$$

由式(1-9)和式(1-10)可分别画出并联 LC 选频电路的幅频特性及相频特性如图 1-3 所示, 图中 $Q_1 > Q_2$ 。

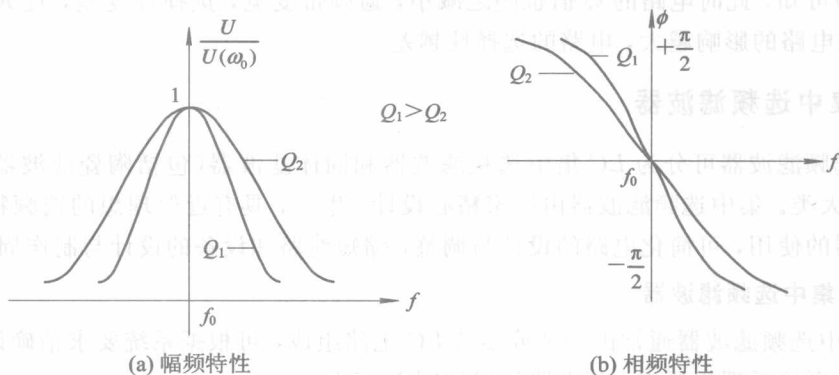


图 1-3 并联 LC 选频电路的传输特性

2. 并联 LC 选频电路主要指标的计算

(1) 中心频率。并联 LC 选频电路的中心频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

(2) 通频带。依据通频带的定义, 令式(1-9)等于 $\frac{1}{\sqrt{2}}$, 得

$$BW_{0.7} = \frac{f_0}{Q} \quad (1-11)$$

由式(1-11)可见, 在谐振频率一定的条件下, Q 值越大, 通频带越窄。而且, 由式(1-7)可知, 在电感、电容值确定时, 谐振阻抗越大, Q 值越大, 通频带越窄。

(3) 选择性。依据选择性的定义, 令式(1-9)等于 0.1 可计算得

$$K_{0.1} = \sqrt{99} \approx 9.95$$

并联 LC 选频电路的矩形系数远大于 1, 因此其选择性差。

需要指出, 由图 1-3(a)可见, LC 并联选频电路的 Q 值越大, 曲线越尖锐, 通频带越窄, 选择性越好, 可知通频带与选择性是一对相互矛盾的指标。

3. 信号源内阻及负载对 LC 选频电路的影响

图 1-4 中, 给 LC 选频电路接上了输入信号和负载电阻, 信号源内阻和负载电阻的接入会影响选频电路的性能吗? 答案是会的。

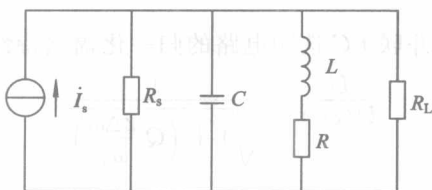


图 1-4 实际选频电路

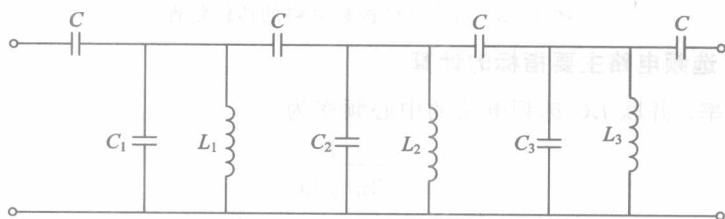
图 1-4 与图 1-2 的区别在于, 图 1-4 所示电路中接入了信号源内阻 R_s 和负载电阻 R_L , 这两个电阻的接入使电路的谐振阻抗变成了 $R_p \parallel R_s \parallel R_L$, 即总的谐振阻抗减小了。由式(1-7)可知, 此时电路的 Q 值也随之减小, 通频带变宽, 选择性变差, 且 R_s 和 R_L 越小, 对选频电路的影响越大, 电路的选择性越差。

1.1.3 集中选频滤波器

集中选频滤波器可分为 LC 集中选频滤波器和固体滤波器(包括陶瓷滤波器和声表面滤波器)两大类。集中选频滤波器由厂家精心设计、生产, 具有近似理想的选频特性。集中选频滤波器的使用, 可简化电路的设计与调整, 缩短线路和设备的设计与制作周期。

1. LC 集中选频滤波器

LC 集中选频滤波器通常由一节或多节 LC 电路组成, 可根据系统要求精确设计, 因此其选频特性更接近理想要求。其电路组成如图 1-5 所示。

图 1-5 LC 集中选频滤波器

2. 陶瓷滤波器

某些陶瓷材料经极化后, 如果在其两面加上高频交流电压, 便会产生机械形变, 进而产生机械振动, 机械振动又会在其两个面上产生交变电场, 这种现象称为压电效应。当陶瓷片外加高频交流信号的频率等于陶瓷片的机械振动频率时, 陶瓷片产生谐振, 此时, 陶瓷片的机械振动最强, 两个面上产生的电荷量最大, 外电路电流最大。陶瓷片具有谐振特性, 因此具有选频滤波作用。

两端陶瓷滤波器的电路符号及等效电路如图 1-6 所示。它相当于一个 LC 并联电路, 由于工作频率稳定, 选择性好, 具有合适的带宽, 常被用做固定的中频滤波器。

三端陶瓷滤波器的电路符号及等效电路如图 1-7 所示。其中, 1、3 两端为输入端, 2、3 两端为输出端。三端陶瓷滤波器相当于一个双调谐回路, 可用做中频变压器, 目前广泛应用于集成接收机中。