

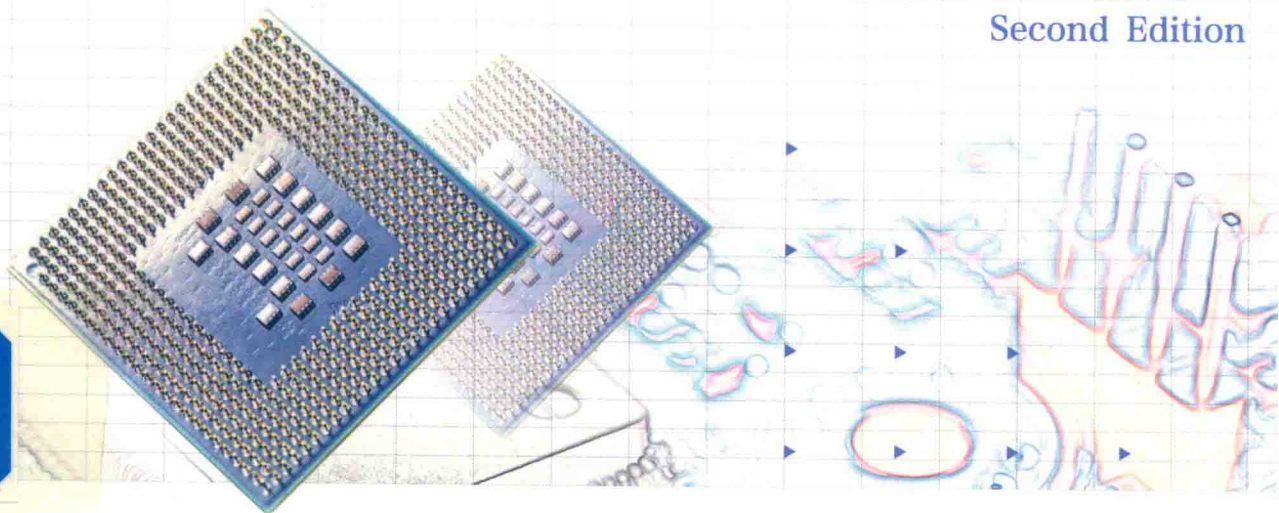


普通高等教育“十三五”规划教材·电子信息与电气工程类专业规划教材

通信电子电路原理 及仿真设计 (第2版)

叶建芳 仇润鹤 叶建威 / 编著

Principle and Simulation Design of
Communication Electronic Circuit
Second Edition



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



普通高等教育“十三五”规划教材·电子信息与电气工程类专业规划教材

通信电子电路原理 及仿真设计 (第2版)

叶建芳 / 仇润鹤 / 叶建威 / 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书注重选材,内容丰富,层次分明,难易适中,以“讲透基本原理,打好电路基础,面向集成电路”为宗旨,强调物理概念的描述,避免复杂的数学推导。在知识点的阐述上,本书有自己的个性特色,并在内容取舍、编排及文字表达等方面深入浅出、图文并茂,不仅易教,更便于自学。在清楚阐述基本概念、基本原理和基本分析方法的同时,本书也给出了非常实用的典型高频电子电路。全书共10章,主要介绍了无线电发射系统和接收系统的组成和工作原理,高频电子电路基础,高频小信号放大器,高频谐振功率放大器,正弦波振荡器,频率变换电路基础及基本部件,振幅调制、解调及混频电路,角度调制与解调电路,反馈控制电路,最后一章以集成芯片为核心,全面、系统地分析了无线电收发系统的各功能模块的基本工作原理,实现了整体内容从“树木到森林”的重要转变。另外,为了帮助读者更好地掌握所学知识,每章后面都有难度适中的思考题和习题,填空题、选择题旨在加强学生对基本概念的理解与掌握,而计算题有利于加深读者对本书内容的理解,提高解题能力。

本书可以作为通信工程、电子信息工程、信息工程等专业的本科生教材,也可以作为高职高专、电大、职大的教材,还可以供从事电子协调研制与开发的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

通信电子电路原理及仿真设计 / 叶建芳, 仇润鹤, 叶建威编著. —2版. —北京: 电子工业出版社, 2019.8
普通高等教育“十三五”规划教材. 电子信息与电气工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-36765-6

I. ①通… II. ①叶… ②仇… ③叶… III. ①通信系统—电子电路—高等学校—教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第106591号

策划编辑: 李敏

责任编辑: 李敏

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.75 字数: 597千字

版 次: 2012年6月第1版

2019年8月第2版

印 次: 2019年8月第1次印刷

定 价: 79.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254753 或 limin@phei.com.cn。

前 言

“通信电子电路”是一门理论性、工程性很强，且有待不断发展的课程。在集成化技术和计算机辅助设计的推动下，该课程无论在内容上，还是在体系上都需要不断更新。本书的内容将体现教育部高等院校电子信息类基础课程教学指导委员会制定的电子电路课程教学基本要求，遵循“加强基础，强调功能，优选内容，面向集成”的原则。在参考国内外同类有影响力教材的经验后，编著者在典型电路结构和工作原理的分析中，以理解概念、实现功能为主，加强基本理论方法的讨论，避免过多的数学推导。另外，编著者结合多年的教学、科研经验，在本书中注重反映现代通信技术的发展现状和趋势，做到起始于基本概念，落脚于实际应用。本书内容上重视工程性内容的引入，电路实例均来源于工程实践，遵循“分立为基础，集成为重点，分立为集成服务”的原则，依据“管为路用，以路为主”的方法，做到以点带面、举一反三。

本书的一个重要特色是将EDA技术与内容及实践环节有机地结合起来，融合现代化教学方法和先进的实践教学手段，培养学生运用计算机辅助分析和设计技术解决工程实际问题的能力。随着大规模集成电路的广泛应用，系统电路的复杂程度不断提高，借助于EDA技术对高频电子电路进行仿真分析、设计、电路制板和电磁兼容分析已势在必行，这将成为高频电子电路中非常重要的内容。

本书由叶建芳、仇润鹤、叶建威编著。其中，第1~5章由叶建威执笔，第6~8章由仇润鹤执笔，第9~10章由叶建芳执笔。解放军陆军工程大学张雄伟教授对全书的内容提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。第10章中无线电收发系统波形测试工作得到刘世地高级实验师的大力帮助；陈金山协助完成了部分电路仿真工作。在本书编写过程中，编著者从所列文献中吸取和借鉴了宝贵的经验与成果，谨向各位作者表示感谢。

承蒙电子工业出版社给予的支持和帮助，学术出版分社董亚峰副社长和李敏编辑为本书的出版付出了辛勤的努力，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏，恳请广大读者批评指正，联系邮箱：
leaf6411@dhu.edu.cn, qiurh@dhu.edu.cn。

编著者
2019年6月

书中符号说明

1. 基本物理量和单位

物理量的名称	物理量的符号	单位名称	单位符号
电压	V, u	伏(特)	V
电流	I, i	安(培)	A
功率	P	瓦(特)	W
电阻	R, r	欧(姆)	Ω
电导	G, g	西(门子)	S
电抗	X, x	欧(姆)	Ω
电纳	B, b	西(门子)	S
阻抗	Z, z	欧(姆)	Ω
导纳	Y, y	西(门子)	S
电感	L	亨(利)	H
电容	C	法(拉)	F
互感	M	亨(利)	H
频率	F, f	赫(兹)	Hz
角频率	ω, Ω	弧度/秒	rad/s
带宽	BW	赫(兹)	Hz
跨导	g_m	西(门子)	S

注：加括号中的字后表示相应物理量单位的全称，括号中的字可以省略，省略后得到该物理量单位的简称。

2. 电压、电流符号表示

小写字母和小写下标	交流电压(电流)瞬时值(如 u_{bc} 表示基射极之间的交流电压瞬时值)
大写字母和大写下标	直流电压(电流)值或交流电压(电流)的有效值(如 U_{BE} 表示基射极之间的直流电压值, U_O 表示输出交流电压的有效值)
小写字母和大写下标	含有直流电压(电流)的瞬时值(如 u_{BE} 表示基射极之间含有直流电压的瞬时值)
大写字母和大写双字母 重复下标	直流供电电压(如 V_{BB} 表示基极直流供电电压, V_{CC} 表示集电极直流供电电压)

3. 功率

P_C	集电极耗散功率	P_D	直流电源功率
P_O	输出功率	P_{av}	平均功率

4. 其他符号

Q	品质因数	K_{Σ}	环路直流增益
K	矩形系数	m_a	调幅指数
η	效率	m_f	调频指数
ξ	广义失谐	m_p	调相指数
R_{Σ}	选频回路谐振电阻	K_f	调频灵敏度
P	接入系数	β	共发射极短路电流放大倍数
θ	电流导通角或相位	f_{α}	共基极短路电流放大倍数的截止频率
α	电流分解系数	f_{β}	共发射极短路电流放大倍数的截止频率
ζ	阻尼系数	f_T	特征频率 (当 β 降至 1 时的频率)

目 录

第1章 绪论	1
1.1 通信系统模型	1
1.1.1 通信系统的基本组成	1
1.1.2 无线电发射系统的组成及工作原理	3
1.1.3 无线电接收系统的组成及工作原理	4
1.1.4 无线电系统的通信方式	5
1.1.5 通信系统的主要性能指标	5
1.2 无线信道及无线电波的传播特性	7
1.3 本书的主要内容及特点	8
1.4 本章小结	9
思考题与习题	9
第2章 高频电子电路基础	11
2.1 高频电路中的元器件	11
2.1.1 高频电路中的无源元器件	11
2.1.2 高频电路中的有源元器件	13
2.2 简单谐振回路	14
2.2.1 串联谐振回路	14
2.2.2 并联谐振回路	19
2.3 耦合谐振回路	23
2.4 无源阻抗变换电路	26
2.4.1 串并联阻抗的等效转换	26
2.4.2 变压器阻抗变换	28
2.4.3 部分接入阻抗变换	29
2.5 本章小结	32
思考题与习题	32
第3章 高频小信号放大器	35
3.1 概述	35
3.2 高频小信号谐振放大器	37
3.2.1 晶体管高频小信号等效电路	37
3.2.2 单谐振回路谐振放大器	43
3.2.3 多级单谐振回路谐振放大器	48

3.2.4 参差调谐放大器	50
3.3 高频谐振放大器的稳定性	51
3.3.1 晶体管内部反馈的影响	51
3.3.2 解决的方法	52
3.4 高频集成放大器	53
3.5 本章小结	58
思考题与习题	59
第4章 高频功率放大器	61
4.1 概述	61
4.2 高频谐振功率放大器	64
4.2.1 高频谐振功率放大器的电路组成	64
4.2.2 晶体管特性曲线的折线分析	65
4.2.3 高频谐振功率放大器的工作原理	67
4.2.4 高频谐振功率放大器的效率和输出功率	72
4.2.5 谐振功率放大器的效率与工作状态	74
4.3 高频谐振功率放大器的特性分析	75
4.3.1 高频谐振功率放大器的动态特性	75
4.3.2 高频谐振功率放大器的负载特性	78
4.3.3 高频谐振功率放大器的调制特性	81
4.3.4 高频谐振功率放大器的放大特性	83
4.3.5 高频谐振功率放大器的调谐特性	84
4.4 高频谐振功率放大器的实用电路	85
4.4.1 直流馈电电路	85
4.4.2 匹配网络	88
4.4.3 高频谐振功率放大器设计举例	99
4.5 本章小结	102
思考题与习题	104
第5章 正弦波振荡器	107
5.1 概述	107
5.2 反馈型振荡器的工作原理	108
5.2.1 谐振回路的自由振荡	108
5.2.2 反馈型振荡器的基本组成及工作原理	110
5.2.3 反馈型振荡器的振荡条件	111
5.2.4 反馈型振荡器的基本分析方法	120
5.3 LC 正弦波振荡器	121
5.3.1 互感耦合式振荡器	121
5.3.2 三点式振荡器	124

5.3.3	集成电路振荡器	139
5.4	振荡器的频率稳定度	141
5.4.1	频率准确度和频率稳定度	141
5.4.2	造成频率不稳定的因素	143
5.4.3	振荡器的稳频措施	143
5.5	晶体振荡器	145
5.5.1	石英晶体谐振器	146
5.5.2	晶体振荡器电路	150
5.5.3	使用石英晶体谐振器时应注意的事项	157
5.6	压控振荡器	159
5.6.1	变容管压控振荡器的工作原理	159
5.6.2	压控振荡器电路应注意的问题	162
5.6.3	压控振荡器的主要性能指标	162
5.6.4	晶体压控振荡器	163
5.7	振荡器中的几个常见问题	164
5.7.1	寄生振荡	164
5.7.2	间歇振荡	165
5.7.3	频率拖曳	166
5.8	本章小结	167
	思考题与习题	168
第6章	频率变换电路的分析方法	174
6.1	非线性元器件的特性描述	174
6.1.1	非线性元器件的基本特性	174
6.1.2	非线性电路的工程分析法	177
6.2	模拟相乘器基本功能及其基本单元电路	182
6.2.1	模拟相乘器的基本功能	182
6.2.2	模拟相乘器的基本单元电路	182
6.3	集成模拟相乘器及其典型应用	185
6.3.1	MC1496/1596 集成模拟相乘器及其应用	185
6.3.2	MC1495/1595 集成模拟相乘器及其应用	187
6.4	本章小结	190
	思考题与习题	190
第7章	振幅调制、解调及混频电路	191
7.1	概述	191
7.2	振幅调制	191
7.2.1	调幅波的数学表达式、波形及频谱	191
7.2.2	调幅波的功率关系	194

7.2.3	抑制载波的双边带调幅 (DSB)	195
7.2.4	抑制载波的单边带调幅 (SSB)	195
7.2.5	调幅电路	197
7.3	调幅信号解调电路	199
7.3.1	调幅信号的解调原理及电路模型	199
7.3.2	二极管峰值包络检波电路	200
7.3.3	同步检波电路	205
7.4	混频器	208
7.4.1	混频器原理	208
7.4.2	混频器主要性能指标	210
7.4.3	实用混频电路	211
7.4.4	混频干扰和非线性失真	215
7.5	本章小结	217
	思考题与习题	219
第8章	角度调制与解调电路	223
8.1	角度调制信号的基本特性	223
8.1.1	瞬时角频率与瞬时相位	223
8.1.2	调频波的数学表达式及波形	224
8.1.3	调相波的数学表达式及波形	225
8.1.4	调角波的频谱及带宽	227
8.1.5	调角波与调幅波的抗干扰性比较	230
8.2	调频信号的产生	231
8.2.1	直接调频电路	231
8.2.2	间接调频电路	231
8.2.3	调频电路的主要性能指标	232
8.3	调频电路	232
8.3.1	变容二极管直接调频电路	232
8.3.2	晶体振荡器直接调频电路	236
8.3.3	间接调频电路	237
8.4	扩大最大频偏的方法	238
8.5	调频波解调电路——鉴频器	239
8.5.1	鉴频器的性能指标	239
8.5.2	斜率鉴频器	240
8.5.3	相位鉴频器	243
8.5.4	乘积型相位鉴频器	247
8.6	本章小结	249
	思考题与习题	250

第9章 通信系统中的反馈控制电路	253
9.1 概述	253
9.2 自动增益控制电路	254
9.2.1 AGC 电路的组成、工作原理和性能分析	255
9.2.2 增益控制电路	259
9.3 自动频率控制电路	261
9.3.1 AFC 电路的组成和基本特性	261
9.3.2 AFC 电路的应用	262
9.4 自动相位控制电路	264
9.4.1 锁相环的基本工作原理	264
9.4.2 锁相环的工作状态	271
9.4.3 锁相环捕获过程的定性分析	273
9.4.4 锁相环的跟踪性能——锁相环路的线性分析	283
9.4.5 锁相环的噪声性能	324
9.4.6 集成锁相环电路的设计和应用	336
9.5 本章小结	365
思考题与习题	367
第10章 无线电接收与发射系统	372
10.1 FM 发射机的主要性能指标	372
10.2 FM 接收机的主要性能指标	373
10.3 无线电发射机	374
10.4 无线电接收机	379
10.5 本章小结	383
思考题与习题	383
参考文献	384

第1章 绪论

通信的任务是传递信息，信息可以是语言、音乐、文字、符号、图像或数据。古代人们曾用烽火、信鸽或信使报告敌情，用军旗来指挥战斗，用战鼓和号角传达军令。这些方法都依赖于人的视觉和听觉，而人的视觉和听觉范围都非常有限，很难实现远距离信息传递。我国古代神话创作中的千里眼、顺风耳都反映了人们渴望实现远距离快速传递信息的愿望。

1837年，莫尔斯（Morse）发明了电报，开创了通信的新纪元；1864年麦克斯韦（Maxwell）发表了著名论文《电磁场的动力理论》，该论文在总结前人工作的基础上，得出了电磁场方程，从理论上预言了电磁波的存在；1876年贝尔（Bell）发明了有线电话，能直接将语音信号变为电信号沿导线传输；1887年，德国物理学家赫兹（Hertz）用实验证实了电磁波的客观存在，验证了麦克斯韦理论的正确性。自此以后，许多科学家都致力于研究如何利用电磁波传输信息的问题，即无线电通信。著名的科学家包括英国的罗吉（Lodge）、法国的勃兰利（Branly）、俄国的波波夫、意大利的马可尼（Marconi）等。其中，马可尼的贡献最为重要，1895年他首次在几百米距离上实现了电磁波通信，1901年又完成了横跨大西洋的无线电通信。从此无线电通信进入实用阶段，无线电技术也就蓬勃发展起来了。

1.1 通信系统模型

1.1.1 通信系统的基本组成

任何一个通信系统，都从一个被称为信息源的时空点向另一个被称为受信者的目的点传送信息。通信系统是指实现这一通信过程的全部技术设备和信道的总和。通信系统种类很多，它们的具体设备和业务功能各不相同，但一个完整的通信系统应包括信息源、输入变换器、发送设备（发射机）、信道、接收设备（接收机）、输出变换器和受信者，通信系统的基本组成如图1-1所示。

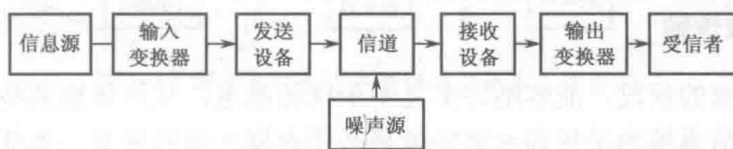


图 1-1 通信系统的基本组成

信息源: 信息来源, 具有各种不同的形式, 如音乐、语言、文字、图像等, 一般是非电量信号。

输入变换器 (话筒、拾音器、摄像机等): 将信息源输入的待传输的信息转换成相应的电信号, 这种包含消息的电信号称为基带信号。例如, 利用话筒可以把语音转换成与之相应变化的电信号, 利用摄像机可把图像信号转换成与之相应变化的电信号。

发射机: 主要任务是调制和放大, 将基带信号变换为适合信道传输的高频电信号 (调制), 高频电信号经过放大后获得足够的功率送入信道, 完成信号的有效传输。变换后的高频电信号称为已调信号或频带信号 (Passband Signal)。

信道: 带有信息高频电信号的传输通道, 也就是传输媒介。信道可分为有限信道和无线信道两大类。有限信道可以是架空明线、电缆、波导、光纤等, 无线信道是自由空间。

接收机: 其功能是从信道接收到的信号中恢复出与发射机输入信号一致的基带信号。因信号经信道传输后, 难免有噪声干扰的加入, 在接收机中必须滤除这些干扰, 确保通信质量。

输出变换器: 将接收机输出的电信号还原成原始信息, 如声音、图像等。例如, 通过耳机或扬声器把代表语音变化的电信号还原为语音, 通过显像管把图像信号还原成图像信息重现在荧光屏上。

噪声源: 信道中的噪声及分散在通信系统中所有噪声的集中表示。

通信系统通常要完成两种重要的变换。在发送端, 将要传输的非电量信号转换成电信号, 该电信号一般由零频附件的直流分量和低频信号组成, 称为基带信号 (Baseband Signal), 其特点是频率低、相对带宽较大。例如, 语音信号带宽为 $300\sim 3400\text{Hz}$, 波长为几百千米, 天线尺寸与信号波长相比拟难以实现, 所以不适合无线传输, 也不适合发射。为了实现有效发射和传输就必须对信号进行调制。

调制过程: 使高频载波信号的某一参数 (幅度、频率、相位) 随着要传输的低频电信号变化, 即实现包含消息的低频信号对高频信号的加载。

调制过程的目的如下。

1. 天线有效发射

无线电通信中的“发射”是指把高频电流转换成电磁波的形式在空间传播。只有当馈送到天线上的信号波长与天线尺寸可以相比拟时, 天线才能有效发射。代表消息的基带信号通常都是低频信号, 其波长远远大于天线尺寸, 因此将基带信号电流送到天线上, 是不能有效地变换成辐射到远方的无线电波的。例如, 频率为 50Hz 的信号, 波长为 6000km , 要有效发射, 天线尺寸要几百千米, 这样的天线几乎无法实现。

2. 实现有效传输

高频具有宽阔的频段, 能容纳许多互不干扰的频道, 从而传输某些宽频带信号。我们知道, 任何通信系统为了传递一定的信息必须占据一定的带宽。也就是说, 代表消息的电信号通常都具有复杂的波形, 它含有许多频率分量, 因而占有一定的频率范围。单纯的正弦波不携带任何信息。要听懂对方的语音需要传递信号的频率为 $300\sim 3400\text{Hz}$;

要传送一个语音信号至少要 3kHz 的频带。普通电话就是这样设计的, 因为电话的声音只能听懂, 不悦耳, 也不逼真。为了相当逼真地传送语音和音乐信号, 要占据 6~15kHz 的带宽。在调频广播中, 其信号频率规定为 50Hz~15kHz, 这是广播所要求的频率。电视中的图像信号, 波形较复杂。它会有宽广的频率范围, 图像信号占据的带宽为 0~6MHz。一路彩色图像信号加上伴音信号要占据 8MHz 带宽; 而一条通信线路一般只能有不超过 10% 的相对带宽 ($\frac{\Delta f}{f_0}$), 其中 f_0 为载波频率。 f_0 越高, 则 Δf 越大, 所能容纳的互不干扰的信息就越多, 传输的信息容量就越大。这就是无线电通信要通过调制之后才能进行发射传输的原因。

3. 实现信道的复用, 提高信道利用率

音频信号的频带几乎分布在同一范围, 都集中在 20Hz~20kHz。如果直接把反映原始信息的电信号通过天线以辐射电磁波的形式传送, 则无法保证同时传送多路信息而又不相互干扰, 并且不利于接收端正确区分两路以上的信息, 因此必须要把传送的信息分开。本书即将介绍的 AM、FM 中, 就是通过调制实现频带分离的。这种分离信号的方法称为频分多址 (FDMA), 即不同信号被分配到不同频率的信道里, 采用带通滤波器滤除邻近信道的干扰。另外, 还有一种方法称为时分多址 (TDMA), 即两个或两个以上的信号共享相同的频带, 但在不同的时间段使用。人耳在接收时, 可以将不同的时间段结合起来, 感觉上就像信号是连续的一样。扩展频谱技术称为码分多址 (CDMA), 即多个用户连续使用一个较宽的频带, 然而在每个用户发送和接收数据时, 使用接收的方式进行编码, 以便能够和其他所有用户区分开来。

1.1.2 无线电发射系统的组成及工作原理

无线电广播调幅发射系统应用极其广泛, 现以图 1-2 所示调幅发射机为例说明无线电发射系统的主要组成及基本工作原理。

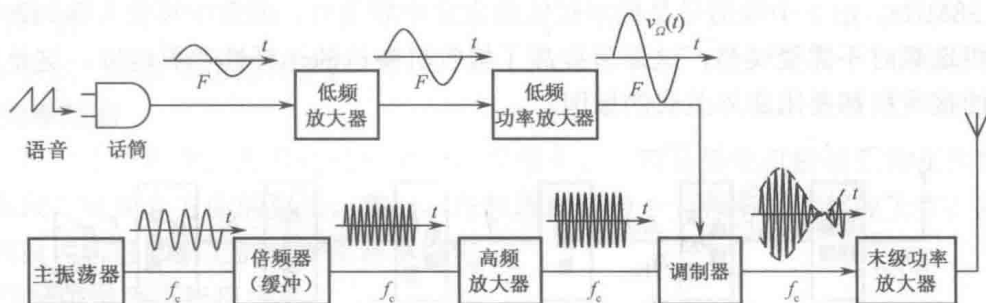


图 1-2 调幅发射机的主要组成及基本工作原理

发射机的主要功能是调制、上变频、功率放大和滤波。原始信号 (语音、图像、数据等) 经过变换器转换为电信号, 用该低频基带信号对高频载波进行调制, 将已调波信号经过功率放大器放大后通过天线发射出去。发射机通常由高频、低频、电源和天线 4

部分组成。

高频部分如下。

主振荡器 (Master Oscillator): 由石英晶体振荡器产生频率稳定的高频振荡。

缓冲级 (Buffer): 实质上是一种吸收功率小、工作稳定的放大级, 其作用是减弱后级对主振荡器的影响。

倍频器 (Frequency Double): 将主振荡器的频率提高到需要的频率。

高频放大器 (Amplifier): 放大高频信号, 以推动末级功率放大器的电平。

调制器 (Modulator): 完成低频信号对高频载波信号的加载。

末级功率放大器 (Power Amplifier): 将输出功率提高到所需的发射功率。

低频部分用于实现声电变换, 并将音频信号逐级放大到调制所需功率, 对高频载波信号进行调制。低频部分包括声电变换器 (话筒)、低频放大器、低频功率放大器。

直流电源: 给各部分电路提供直流电能。

天线: 把高频已调制信号变换为空间电磁波辐射出去。

1.1.3 无线电接收系统的组成及工作原理

无线电信号的接收过程与发射过程相反, 其根本任务就是准确恢复信息。为了提高灵敏度, 目前无线电接收机都采用超外差式, 系统框架如图 1-3 所示, 主要包括选频回路、高频放大器、变频器、本振、中频放大器、检波器、低频功放器和扬声器。接收过程如下: 接收天线收到微弱高频调幅信号, 经选频回路选频后, 通过高频放大器放大, 送到变频器与本振所产生的等幅高频信号进行混频, 混频后得到的中频信号的包络形状与天线感应输入的高频信号的包络形状完全相同, 经中频放大器放大后送到检波器, 检出原调制的低频信号, 经低频功放器去推动扬声器。超外差式无线电接收机 (Super Heterodyne Receiver) 的主要特点是把天线感应进来的不同已调波信号的载波频率 f_c , 通过混频转换为固定中频频率 f_i (Intermediate Frequency) 的已调信号, 通常中频频率要比接收信号频率低得多。我国广播收音机的中频频率为 465kHz, 电视接收机的图像中频频率为 38MHz。由于中频信号是频率较低的固定中频信号, 因而中频放大器的谐振回路在接收机选频时不需要调整, 这显著提高了接收机整机的选择性和灵敏度。这是无线电设备中的接收机都要用超外差式的原因。

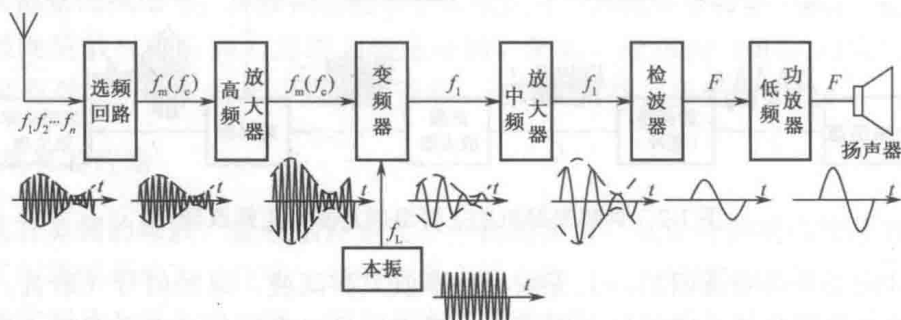


图 1-3 典型超外差式无线电接收机系统框架

1.1.4 无线电系统的通信方式

如果通信只在点与点之间进行,那么按消息的传送方向与时间,通信方式可分为单工通信、半双工通信、全双工通信3种。

单工通信是指消息只能单方向进行传输的工作方式,如图1-4(a)所示。广播、遥控就采用单工通信方式。

半双工通信是指通信双方都能收发信息,但收和发不能同时进行的工作方式,如图1-4(b)所示。使用同一载频工作的对讲机就是按这种通信方式工作的,当一方占用载频发送信息时,另一方只能接收信息。

全双工通信是指通信双方可同时、双向传输消息的工作方式,如图1-4(c)所示。普通电话就采用最简单的全双工通信方式。



图 1-4 通信方式

1.1.5 通信系统的主要性能指标

通信系统的性能指标是衡量、比较和评价一个通信系统的标准,是针对整个通信系统综合提出的。

发射机的主要技术指标如下。

1. 频率范围

发射机的工作频率是指发射机的射频载波频率,一般是接收机能够正常工作的频率范围或频段,有两个方面的要求。其一,在频段内任何一个频率点上都能工作;其二,在整个频段内所有频率上的电性能基本稳定。

2. 频率的准确度与稳定度

发射机的频率准确度与稳定度是相对于射频载波而言的,基本上由载波基准频率振荡器决定。

频率准确度是指实际工作频率对于标称工作频率的准确程度。频率稳定度是指在各种外界因素的影响下发射机频率的稳定程度。一般调幅发射机、单边带发射机的频率稳定度量级分别为 $10^{-5} \sim 10^{-4}$ 、 $10^{-7} \sim 10^{-6}$ 。

3. 载波的频率捷变

载波的频率捷变是多频道发射机的一个重要指标,是指载波频率快速改变的能力。通常利用频率合成器来设置和改变发射频率。

4. 频谱纯度

发射机除产生载波信号及需要的边带信号外,还会产生一些寄生信号。所有的放大器都可能产生谐波失真,如C类功率放大器就会产生大量的谐波成分,必须设计电路对寄生谐波进行滤除,以免影响正常通信。

5. 输出功率

发射机的输出功率是指发射机传送到天线馈线上的功率。因为发射机采用不同的调制方式,故发射输出功率的测量方法是不同的。例如,普通调幅波(AM)系统的发射功率是根据载波功率来确定的,而在抑制载波的调幅系统中采用峰值包络功率(PEP)来确定发射功率。FM系统发射的额定功率为输出信号的总功率。

接收机的主要性能指标包括频率范围、频率稳定度、频率准确度、灵敏度、选择性、工作稳定性等。

1. 频率范围

接收机通常是分波段工作的,即具有一定的工作频率范围。对于接收机的频率范围有以下两点要求:

- (1) 接收机能准确调谐到给定频率范围内的任何一个频率点;
- (2) 在给定频率范围内的任何一个频率点上,接收机的主要性能指标均符合要求。

2. 频率稳定度与频率准确度

接收机的频率稳定度是指其本振频率的稳定度。频率准确度用于描述接收机实际工作频率与度盘刻度的一致性程度。

3. 灵敏度

灵敏度是指当接收机输出功率和输出信噪比一定时,接收机接收微弱信号的能力,即天线上所需的最小感应电动势。灵敏度越高,接收微弱信号的能力就越强。

需要指出的是,接收机应具有选择信号而抑制干扰的能力。提高接收机增益虽然有利于提高灵敏度,但接收机的噪声也被同时放大。当接收信号很微弱时,噪声就可能淹没有用信号。

4. 选择性

选择性是指接收机从与有用信号相近的各种频率干扰信号中鉴别出有用信号的能力。通常接收机的选择性由谐振回路及滤波器实现,谐振曲线是描述选择性最基本、最常用的表示方法。谐振曲线可以很好地说明对邻近干扰的抑制情况。谐振曲线过于尖锐往往会使通频带减小而造成信号失真,故不能离开通频带来讨论选择性,必须同时兼顾。

5. 工作稳定性

接收机的工作稳定性包括两个方面:一是在任何情况下,接收机不应产生寄生振荡;二是在工作过程中,接收机质量指标的变动不应超出许可范围。