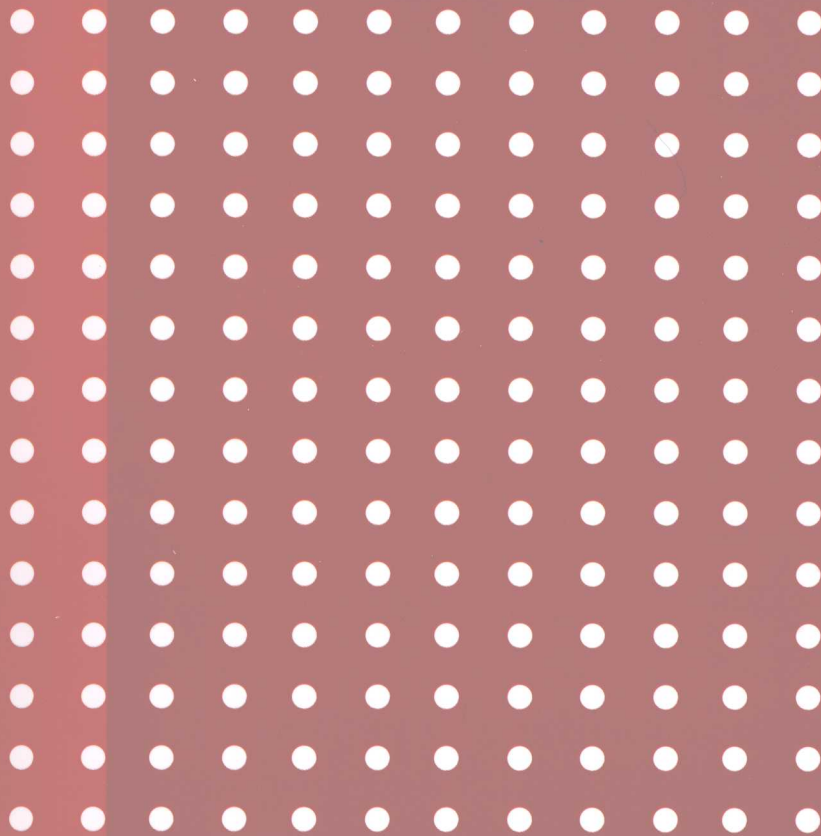


21世纪高等学校电子信息工程规划教材

可下载教学资料
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

通信电子线路

侯丽敏 编著



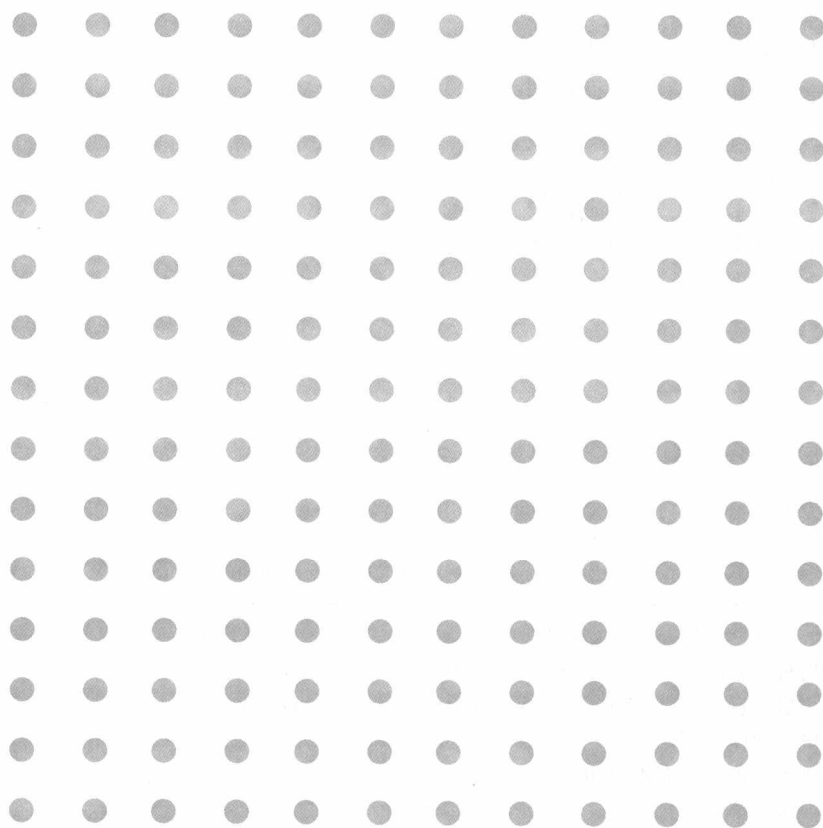
清华大学出版社



21世纪高等学校电子信息工程规划教材

通信电子线路

侯丽敏 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要讨论用于各种无线电技术设备和系统中的通信电子线路。内容包括绪论、小信号调谐放大器、射频功率放大器、正弦波振荡器、频率合成器、调制与解调及混频电路。每章中有典型例题分析,有助于学生对原理的理解和电路功能的分析;每章后还有配套的习题。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息工程等专业的教材和参考书,也可作为相应专业的工程技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

通信电子线路/侯丽敏编著. —北京:清华大学出版社,2008.12

(21世纪高等学校电子信息工程规划教材)

ISBN 978-7-302-18970-1

I. 通… II. 侯… III. 通信系统—电子电路—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第182845号

责任编辑:魏江江 顾冰

责任校对:李建庄

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5 字 数:446千字

版 次:2008年12月第1版 印 次:2008年12月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系
调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:016098-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使得电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合方法,使得产品性价比很高,如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新

能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程设计。

(5) 21世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,提高学生学习的兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

本书重点包括通信系统所涉及的各种高频或射频电子线路的功能、工作原理、性能特点和分析方法。在本书的编写过程中,作者总结了多年的教学实践经验,汲取了国内外同类教材的特色,并考虑到 21 世纪教育改革的需要,在原教学手稿、教案的基础上加以修改编著而成。

“通信电子线路”课程综合运用了信号处理与电路系统分析的理论知识,介绍通信系统中的发送设备和接收设备的原理及实现电路。因此,该课程难度较大,主要体现在以下几个方面:

- (1) 理论分析计算以非线性分析为主,因此内容较深且繁琐;
- (2) 利用工程设计的定性分析对具体电路的性能做定量计算;
- (3) 由于集成电路和数字技术的飞速发展,过去通信系统中的许多模拟电子线路现已由数字处理芯片取代;
- (4) 教学内容多,但课时有限。

因此,本教材的编写主要反映通信电子线路在当前时代发展中的主要应用点,体现 21 世纪高等教育的普及和科普教育的作用,兼顾本课程是入门课的特点。本书精选了教学内容,拓宽了知识面,增强了教材的通用性。

本教材的主要内容包括绪论、小信号调谐放大器、射频放大电路、正弦振荡电路、频率合成电路、模拟与数字调制解调及混频电路等。传统教材中对分立器件的分析过深过细,而现在这种电路应用较少,大部分已由集成电路芯片取代,尤其是体现在移动通信中的应用,通信的方式随着时代的发展也在变化,由原来的模拟调制转向数字调制,这对传统的教材是个挑战。但是,模拟调制的原理和基本概念仍是非常有用的,是数字调制分析的基础,需要精简教材,在本书的编写过程中注意减少过深的定量计算,突出基本概念和定性分析思想,培养工程估算能力。“通信电子线路”是一门非常实用的课程,为了深化认识,加强系统与工程的概念,增加了实用电路的分析实例;考虑到微电子技术的发展,内容选取侧重于集成电路中心处理环节的电路及外特性分析,若读者需要了解更详细的内部电路,可自行查阅手册。本书在内容上为了适应数字技术的发展,增加了数字调制解调的内容,与模拟调制解调对应,易于理解和扩展,为后期的“通信原理”等课程打好基础;还适当地增加软件无线电的概念,如在习题中练习各种调制方式时可通过算法和编程来实现;为了解决习题量大、难度大的问题,教材中增加了例题分析,典型例题详细分析贯穿在各个章节中;改变传统教学手段,充分利用现代化教学工具,制作了相应的教学多媒体软件,针对“通信电子线路”中有大

量的电子线路需要分析详解,设置了电路的动画演示,突出局部与整体的关系、参数的设置等,使其结果或性能可以动态演示。

本书由侯丽敏执笔编写,电子课件由研究生周振宇、缪焯等制作。感谢上海交通大学朱杰教授、上海大学叶家骏教授对本书的指导和建议。限于作者水平,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请广大读者不吝指正。

作 者

2008年11月

目 录

绪论	1
思考题	6
第 1 章 小信号调谐放大器	7
1.1 性能指标	7
1.2 LC 并联谐振回路	9
1.2.1 串、并联转换	9
1.2.2 并联谐振回路的性能分析	9
1.3 部分接入与接入系数	12
1.3.1 信号源内阻及负载对谐振回路的影响	12
1.3.2 接入系数	12
1.4 单级单回路调谐放大器	16
1.4.1 晶体管高频等效电路	16
1.4.2 晶体管单回路调谐放大器	17
1.5 晶体管双回路调谐放大器	22
1.5.1 单级双回路调谐放大器	22
1.5.2 双调谐放大器的性能指标	23
1.6 多级调谐放大器	24
1.6.1 多级单调谐放大器	24
1.6.2 多级双调谐放大器	25
1.6.3 参差调谐放大器	26
1.7 谐振放大器的稳定性	26
1.7.1 C_{bc} 对放大器稳定性的影响	26
1.7.2 减小内部反馈的措施	28
1.8 集成小信号谐振放大器	29
1.8.1 集中选频滤波器	29
1.8.2 射频(RF)放大器	30
1.8.3 集成中频(IF)放大器	35
习题 1	36
第 2 章 射频功率放大器	39
2.1 射频调谐功率放大器的原理	39

2.1.1	射频调谐功率放大器的技术指标	39
2.1.2	丙类谐振功率放大器的工作原理	40
2.1.3	折线分析法	41
2.1.4	输出功率和效率	43
2.1.5	丙类谐振功率放大器的工作状态	44
2.2	谐振功率放大器电路组成	48
2.2.1	直流馈电电路	48
2.2.2	匹配网络	50
2.2.3	谐振功率放大器电路	52
2.3	丁类和戊类谐振功率放大器	54
2.3.1	电压开关型丁(D)类功率放大器	54
2.3.2	戊(E)类高频功率放大器	56
2.4	功率合成技术	57
2.4.1	传输线变压器	58
2.4.2	功率分配与合成	60
2.4.3	功率合成电路	62
2.5	射频功率放大器集成电路	62
2.5.1	CDMA/AMPS 功率放大器	62
2.5.2	GSM850/GSM900/DCS/PCS 功率放大器	65
	习题 2	67
第 3 章 正弦波振荡器		71
3.1	反馈振荡器的工作原理	71
3.1.1	平衡条件	72
3.1.2	起振条件	72
3.1.3	稳定条件	73
3.2	LC 正弦波振荡器	74
3.2.1	互感耦合振荡器	75
3.2.2	LC 三点式振荡器	76
3.2.3	三种 LC 振荡器的比较	81
3.3	振荡器的频率稳定度	83
3.3.1	影响频率稳定的因素	83
3.3.2	改善频率稳定的措施	84
3.4	晶体振荡器	87
3.4.1	石英谐振器的电特性	87
3.4.2	并联型晶体振荡器	89
3.4.3	串联型晶体振荡器	90
3.4.4	泛音晶体振荡器	90
3.5	集成振荡器	93

3.5.1	E1684 集成电路	93
3.5.2	HA7210 晶体振荡器	94
习题 3	95
第 4 章	频率合成器	100
4.1	直接频率合成	100
4.1.1	频率合成器的主要技术指标	100
4.1.2	直接频率合成法	101
4.2	锁相环	102
4.2.1	鉴相器	102
4.2.2	低通滤波器	106
4.2.3	压控振荡器	107
4.2.4	锁相环的线性化分析	108
4.3	锁相频率合成器	112
4.3.1	整数分频频率合成器	112
4.3.2	小数分频频率合成器	119
4.4	直接数字频率合成器	125
4.4.1	DDS 原理	125
4.4.2	DDS 集成电路——AD9834 芯片	128
4.4.3	DDS 的应用电路	137
习题 4	139
第 5 章	振幅调制与解调	142
5.1	模拟调幅信号的基本特征	142
5.1.1	标准振幅调制(AM)	142
5.1.2	抑制载波的双边带调制(DSB)	145
5.1.3	抑制载波的单边带调制(SSB)	146
5.2	模拟乘法器	149
5.2.1	单差分乘法器电路	149
5.2.2	双差分对乘法器(Gilbert 乘法器)	153
5.2.3	MC1496 集成电路乘法器	155
5.3	调制器	160
5.3.1	平衡调制器	160
5.3.2	双平衡调制器	161
5.3.3	单边带发射系统	166
5.4	高电平调幅电路	167
5.5	包络检波	168
5.5.1	均值包络检波	169
5.5.2	二极管峰值包络检波	172

5.6	同步检波	180
5.6.1	乘积型检波电路	180
5.6.2	叠加型同步检波	181
5.6.3	集成电路检波器	182
5.7	正交调幅与解调	182
5.8	数字调制与移幅键控	183
5.8.1	数字调制	183
5.8.2	移幅键控(ASK)	185
5.8.3	M 进制调制和 MASK	187
5.8.4	正交幅度调制(QAM)	188
习题 5	193
第 6 章	角度调制与解调	199
6.1	角度调制信号的基本特性	199
6.1.1	调频波(FM)	199
6.1.2	调相波(PM)	200
6.1.3	调频和调相的区别与关联	202
6.1.4	调角波的频谱与带宽	203
6.1.5	调角波与调幅波的抗干扰性	207
6.2	FM 调制器	208
6.2.1	性能指标	208
6.2.2	直接调频电路	209
6.2.3	间接调频电路	221
6.3	限幅器	225
6.4	FM 鉴频器	226
6.4.1	性能指标	226
6.4.2	斜率鉴频器	228
6.4.3	相位鉴频器	233
6.4.4	乘积型相位鉴频器	239
6.4.5	MC3361 构成的 FM 解调电路	241
6.5	数字调频与调相	242
6.5.1	二进制移频键控(FSK)调制与解调	242
6.5.2	二进制移相键控(PSK)调制与解调	244
习题 6	249
第 7 章	混频	254
7.1	超外差接收机原理	254
7.1.1	直接接收	254
7.1.2	超外差接收	255

7.1.3 混频器性能要求	256
7.2 乘积型混频电路	256
7.2.1 混频电路的构成	256
7.2.2 集成电路实现混频	257
7.3 晶体三极管混频电路	259
7.3.1 时变参量分析法	259
7.3.2 晶体管混频电路	263
7.4 场效应管混频器	264
7.5 二极管混频电路	266
7.6 混频干扰	268
7.6.1 外来干扰与本振的组合干扰	269
7.6.2 有用信号与本振信号的组合干扰	270
7.6.3 交叉调制干扰	271
7.6.4 互调干扰	272
7.7 集成电路 MC3361 构成的 FM 接收系统	273
习题 7	276
参考文献	279

绪 论

1. 通信系统的组成

一切能完成信息传输任务的系统称为通信系统。本书所讨论的通信限于利用电磁系统传递信号的特定范围,而以电信号表征信息的载体,这种系统称为电通信系统。一个完整的通信系统的组成如图 0-1 所示。

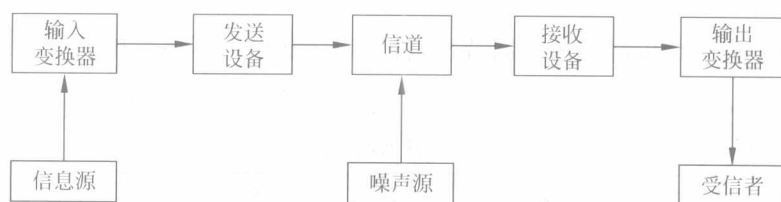


图 0-1 通信系统方框图

通信系统方框图所示的信息源是指要传送的原始有用信息,如语音、音频、文字、数据、图像等。输入变换器是将这些原始信息转换为电信号,即非电量-电量的变换器。这些电信号主要能量集中在低频区,具有“低通型”频谱结构,也称为调制信号(在模拟调制中)或基带信号(在数字调制中)。输出变换器完成的任务与输入变换器正好相反,实现电量-非电量的转换,从而还原发送的初始有用信息。

通信中的一个基本概念就是调制,是指用携带有用信息的调制信号去控制高频载波信号。发送设备正是完成这一功能的。天线和电磁波的研究表明,如果天线的长度 L 可以和电信号的波长 λ 相比拟($L \approx \frac{1}{4}\lambda$),那么把电信号加到天线上,就可以电磁波的形式传输到很远的地方。然而调制信号的频率较低,直接发射的话,天线的长度需要在千米数量级上。例如,语音信号的频率范围是 $300 \sim 3000\text{Hz}$,其波长为

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^2 \sim 3 \times 10^3 \text{ Hz}} = 10^6 \sim 10^5 \text{ m}$$

式中 c 为光速。要想制作长度可与其比拟的天线进行发射是不可能的;再者直接发射调制信号也会导致信道混叠。为了解决这两方面的问题,可采取下列措施。

(1) 产生高频或射频信号:由振荡电路输出一个高频信号,这个高频的频率可保证天线的长度大大下降到实际能发射的长度。这个高频信号称为载波,用来作为传输信息的运载工具。对不同的信源产生不同频率的高频信号,以免信源在传输过程中混淆。

(2) 调制高频信号:用高频信号运载低频的调制信号。以模拟调制为例,假设载波信号为余弦波

$$u_c = U_{cm} \cos(\omega_c t + \varphi)$$

式中 U_{cm} 为振幅, ω_c 为角频率, φ 为相位。待传输的低频信号可以控制载波的振幅 U_{cm} 、角频率 ω_c 或相位 φ , 由此可以得到调幅(AM)、调频(FM)或调相(PM)三种不同的调制方式。

接收设备要完成的主要任务是解调, 解调是调制的逆过程, 将有用的低频信号从高频载波中还原出来。

信道指传输信号的媒体, 可分为有线信道和无线信道两大类。有线信道包括架空明线、双绞线、电缆、光纤电缆等; 无线信道可以是地球表面的大气层、水及宇宙空间等。

噪声源是通信系统中各种噪声的集中表示, 并非意味着噪声只是作用于信道。

本书主要结合无线电通信方式讨论发送设备和接收设备中的高频电路的线路组成、工作原理及工程设计计算等内容。

2. 通信的频段

人们根据不同频率电磁波的不同特性, 将可用于通信的频率范围划分为若干频段(见表 0-1)。

表 0-1 通信的频段表

频率范围	波长	名称	符号	传输媒介	用途
0.3~3kHz	$10^3 \sim 10^2$ km	音频	AF	架空明线	电话数据终端
3~30kHz	$10^2 \sim 10$ km	甚低频	VLF	架空明线、对称电缆、地球表层(长波)	导航、频标
30~300kHz	10~1km	低频	LF	对称电缆、架空明线、地球表层(长波)	电力通信、导航
0.3~3MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频	MF	同轴电缆 地球表层(中波)	调幅广播、业务通信、移动通信
3~30MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频	HF	同轴电缆 电离层(短波)	短波广播、军事通信、国际通信
30~300MHz	10~1m	甚高频	VHF	同轴电缆 空间直线传播	电视、调频广播、移动通信(模拟)
0.3~3GHz	$10^2 \sim 10$ cm	超高频	UHF	波导 空间直线传播	电视、雷达、移动通信
3~30GHz	10~1cm	特高频	SHF	波导 空间直线传播	微波通信、卫星通信、雷达
30~300GHz	10~1mm	极高频	EHF	波导 空间直线传播	微波通信、雷达、射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \sim 0.03 \mu\text{m}$	紫外、可见光、红外		光缆	光纤通信

3. 模拟通信系统与数字通信系统

通信系统方框图给出了通信系统的基本组成结构, 模拟通信系统指的是发送的有用信号为模拟信号, 将这一模拟信号搬移到载波上, 即模拟调制方式。因此, 也常常称有用的模拟信号为调制信号。模拟通信系统基本结构如图 0-2 所示。

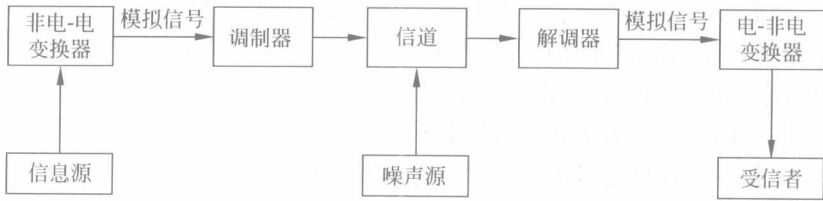


图 0-2 模拟通信系统基本结构方框图

图 0-3 所示为数字通信系统组成方框图。与模拟通信方式相比,其不同的是发送的有用信号转换为数字信号后,再对其进行调制、发射;载波信号不变,仍用连续的高频信号。因此,在发送端,在调制器之前,增加了 A/D 变换器和编码器;在接收端,在解调器之后,增加了解码器和 D/A 变换器。

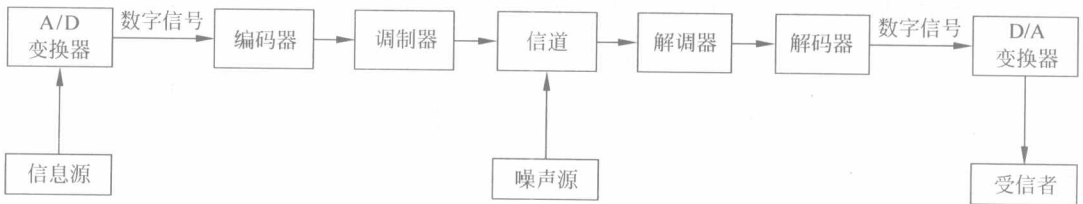
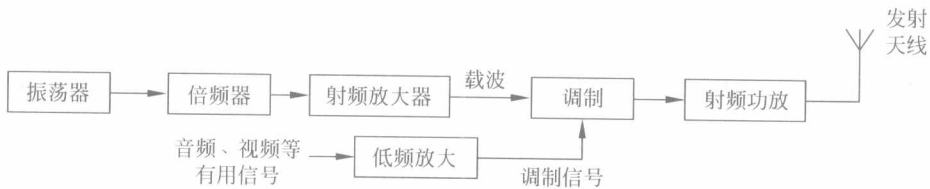


图 0-3 数字通信系统组成方框图

数字通信方式中,有用的模拟信号转换为数字信号,称为基带信号,用此数字信号调制载波,即改变载波的振幅、频率和相位。与模拟调制方式定义类似,对应的数字调制方式分别为移幅键控(ASK)、移频键控(FSK)和移相键控(PSK)。

4. 无线发射和接收

图 0-4 给出了无线电通信系统中发送设备和接收设备的方框图。由图可见,通信系统



(a) 发射系统方框图



(b) 超外差式接收系统方框图

图 0-4 无线电通信系统中发送设备和接收设备方框图

所涉及的基本功能电路包括小信号放大电路、功率放大电路、正弦波振荡电路、调制电路、解调电路、倍频电路及混频电路等；超外差式接收系统是最常用的接收系统，其中混频电路起频率变换作用，它将接收到的各发射台的不同载频的已调波信号和本地振荡器的信号共同作用，变换为同一载频（也称为中频）的已调波信号输出，然后送入中频放大器进行放大。中频放大器由于工作频率较低而且固定，其性能可以做得很好，从而达到满意的接收效果。这种接收方式称为超外差式接收方式。

5. 通信系统中的分贝

分贝是通信系统中一个重要的基准参考指标，用作音频系统、噪声分析、卫星通信系统、微波系统、天线功率增益、光通信系统中等其他通信系统的增益计算。它是描述两个电信号在功率或强度方面的相对差别的单位，表示为两个参数的比率的常用对数的 10 倍，用 dB 表示。

设系统输入信号的功率为 P_1 ，输出信号的功率为 P_2 ，则

$$1\text{dB} = 10\lg \frac{P_2}{P_1} \quad (0-1)$$

考虑到功率的表达式为 $P=U^2/R$ ， U 为电压， R 为负载阻抗，则式(0-1)变为

$$1\text{dB} = 10\lg \frac{U_2^2/R_2}{U_1^2/R_1}$$

若 $R_1=R_2$ ，则有

$$1\text{dB} = 10\lg \frac{U_2^2}{U_1^2} = 20\lg \frac{U_2}{U_1} \quad (0-2)$$

由于分贝单位表示输出与输入信号之间功率(或电压)的相对增益，在实际测量时，考虑到不同数量级的情况，对应不同的表示。以输入信号的功率 $P_1=1\text{mW}$ 为基准参考值，那么用 dBm 表示；若负载阻抗 $R=50\Omega$ ，用 dBm(50)表示。由此推得 50Ω 系统的基准参考电压值为

$$U_1 = \sqrt{PR} = \sqrt{0.001 \times 50} = 0.2236(\text{V})$$

以基准参考电压 $U_1=0.2236\text{V}$ 的 50Ω 系统，由式(0-2)得输出电压增益的分贝值为

$$1\text{dBm}(50) = 20\lg \frac{U_2}{0.2236} \quad (0-3)$$

若负载阻抗 $R=75\Omega$ ，用 dBm(75)表示。与上面分析类似，推得 75Ω 系统的基准参考电压值为

$$U_1 = \sqrt{PR} = \sqrt{0.001 \times 75} = 0.274(\text{V})$$

以基准参考电压 $U_1=0.274\text{V}$ 的 75Ω 系统，由式(0-2)得输出电压增益的分贝为

$$1\text{dBm}(75) = 20\lg \frac{U_2}{0.274} \quad (0-4)$$

若负载阻抗 $R=600\Omega$ ，用 dBm(600)表示。与上面分析类似，推得 600Ω 系统的基准参考电压值为

$$U_1 = \sqrt{PR} = \sqrt{0.001 \times 600} = 0.775(\text{V})$$

以基准参考电压 $U_1=0.775\text{V}$ 的 600Ω 系统，由式(0-2)得输出电压增益的分贝为

$$1\text{dBm}(600) = 20\lg \frac{U_2}{0.775} \quad (0-5)$$

1dBm(50)使用的场合较多，常用 dBm 表示。

例如,要求一微波系统的电压增益为+8dBm,对于600Ω的系统来说,由式(0-5)得出输出电压应为 $U_2=1.947\text{V}$;对于75Ω的系统来说,由式(0-4)得出输出电压应为 $U_2=0.688\text{V}$;对于50Ω的系统来说,由式(0-3)得到输出电压应为 $U_2=0.5617\text{V}$ 。

dBW用于表示基准参考功率 $P_1=1\text{W}$ 时的输出功率增益的单位,式(0-1)中的 $P_1=1\text{W}$ 代入即为

$$1\text{dBW} = 10\lg \frac{P_2}{1\text{W}} \quad (0-6)$$

例如,一激光二极管输出+10dBm,将其转换为输出功率,有

$$10\text{dBm} = 10\lg \frac{P_2}{0.001}$$

$$\lg^{-1}(1) = \frac{P_2}{0.001} \Rightarrow 10 = \frac{P_2}{0.001}$$

则 $P_2=0.01\text{W}$,若将其转换为dBW,有

$$10\lg \frac{0.01\text{W}}{1\text{W}} = -20\text{dBW}$$

将以上介绍的几种dB单位之间转换的常用值列表(见表0-2)。

表0-2 常用dBm值转换表

dBm	电压(600Ω时)	电压(75Ω时)	电压(50Ω时)	输出功率(W)	dBW值
38	61.560V	21.765V	17.761V	6.3	8
30	24.508V	8.665V	7.701V	1.0	0
20	7.750V	2.740V	2.236V	1.00×10^{-1}	-10
15	4.358V	1.541V	1.257V	3.16×10^{-2}	-15
10	2.451V	0.866V	0.7071V	1.00×10^{-2}	-20
8	1.947V	0.688V	0.5617V	6.31×10^{-3}	-22
6	1.546V	0.547V	0.4461V	3.98×10^{-3}	-24
2	0.976V	0.345V	0.2815V	1.58×10^{-3}	-28
1	0.870V	0.307V	0.2509V	1.26×10^{-3}	-29
0	0.775V	0.274V	0.2236V	1.00×10^{-3}	-30
-1	0.691V	0.244V	0.1993V	7.94×10^{-4}	-31
-2	0.616V	0.218V	0.1776V	6.31×10^{-4}	-32
-6	0.388V	0.137V	0.1121V	2.51×10^{-4}	-36
-10	0.245V	86.65mV	70.7mV	1.00×10^{-4}	-40
-15	0.138V	48.72mV	39.8mV	3.16×10^{-5}	-45
-20	77.5mV	27.40mV	22.4mV	1.00×10^{-5}	-50
-35	13.78mV	4.874mV	3.98mV	3.16×10^{-7}	-65
-50	2.45mV	0.8665mV	0.707mV	1.00×10^{-8}	-80

6. 本课程的内容及特点

本书的内容主要包括以下三个方面。

- (1) 信号的放大: 小信号谐振放大器和大信号谐振功率放大器(第1、2章)。
- (2) 信号的产生: 正弦波振荡器、频率合成器(第3、4章)。