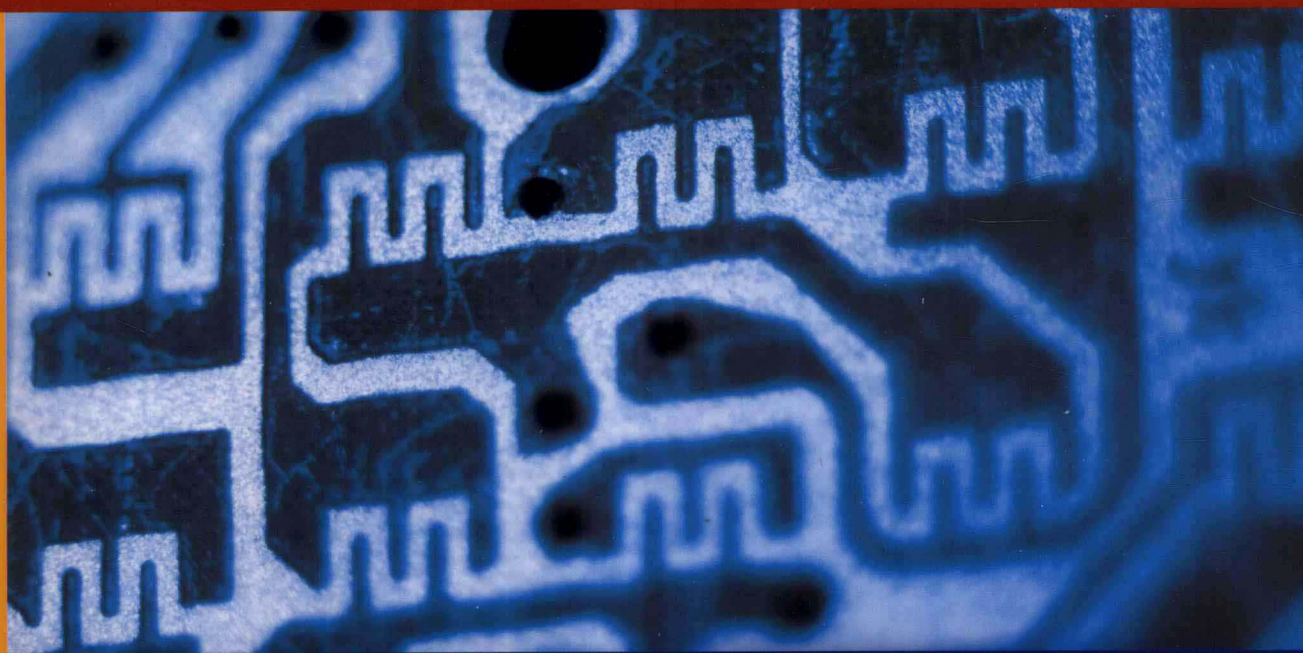


高等院校信息与通信工程系列教材

通信电子电路



余萍 李然 贾惠彬 编著

清华大学出版社

高等院校信息与通信工程系列教材

通信电子电路

余萍 李然 贾惠彬 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的教改教材,以无线通信电路为主,系统地介绍了无线收发机的体系结构和性能指标以及相应的通信功能电路。全书共 7 章,主要内容有无线收发机系统方案、滤波器、选频放大器及集成中频放大器、低噪声放大器 LNA、混频器、振荡器、射频功率放大器及功率合成、模拟及数字调制解调电路、反馈控制电路、锁相频率合成、DDS 频率合成、通信系统实例等。

本书可作为高等学校通信工程、电子信息类等专业的本科生教材,也可供相关领域的工程技术人员参考。

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

通信电子电路/余萍,李然,贾惠彬编著. —北京:清华大学出版社,2010.10

(高等院校信息与通信工程系列教材)

ISBN 978-7-302-23294-0

I. ①通… II. ①余… ②李… ③贾… III. ①通信—电子电路—高等学校—教材
IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 150165 号

责任编辑:刘佩伟

责任校对:焦丽丽

责任印制:孟凡玉

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:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市深源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.75 插 页:1 字 数:527 千字

版 次:2010 年 10 月第 1 版 印 次:2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:035003-01

前 言

“通信电子电路”是普通高等学校本科生电子信息类专业的一门重要的专业基础课。本教材以教育部教学指导委员会制定的教学基本要求为依据,紧密围绕无线通信系统中的接收、发送系统,从信号传输与电路实现的角度,将各功能电路之间的关系有机地结合起来。本教材具有以下特点:

(1) 全书以无线通信系统为主线,系统介绍无线收发信机的电路组成。在分析单元功能电路时,强调物理概念的理解和功能的实现,避免复杂的数学公式推导,建立系统概念,立足工程应用。

(2) 重视单元电路的工程分析,在各种功能实用电路中,强调相应集成模块的典型应用,引入现代通信电子电路的最新技术。

(3) 全书在章节编排、内容取舍等方面充分考虑“通信电子电路”课程在通信系统中的地位和作用,最后列举了常见的无线通信系统电路实例。文字表达尽量做到通俗易懂,以解决初学者入门难的问题。

全书共分 7 章,参考学时数为 56~64 学时。

第 1 章——绪论,介绍通信系统概念。主要内容包括通信的发展简史、通信系统模型(模拟通信、数字通信、无线通信、移动通信网直放站及软件无线电)、无线电波的频段及传播方式。

第 2 章——无线收发机系统,从无线信号的接收与发射角度介绍系统的技术指标及组成方案。主要介绍超外差接收机原理、相应的干扰及抑制方法、噪声系数与接收灵敏度、发射机组成和主要指标及现代通信收发信机系统方案实例。

第 3 章——接收通道电路,介绍无线接收系统中从射频信号接收到解调之前的通信系统单元电路。主要内容包括选频滤波器、选频放大器、低噪声高频放大器 LNA、混频电路及正弦波振荡器等,包含单元电路和相应的集成芯片应用。

第 4 章——发射通道电路,介绍无线发射系统中的射频功率放大电路。主要内容包括 C 类谐振功率放大器的原理及动态特性、相应的馈电电路及匹配电路、C 类倍频电路、高效率功率放大器、射频功放实用电路、集成射频功放及功率合成技术。

第 5 章——调制与解调电路,介绍模拟系统和数字系统中的调制和解调电路。主要内容有振幅调制电路、调幅信号的解调电路、角度调制电路、调频波的解调电路、数字调制与解调电路及 DDS 数字调制电路等。

第 6 章——反馈控制电路与频率合成,主要介绍 AGC 和 AFC 电路、锁相环 PLL、锁相频率合成器、直接数字频率合成器等。

第 7 章——通信系统实例,主要介绍 SSB 短波通信系统、无绳电话系统、手机电路系

统、AM/FM 接收系统及无线调频收发芯片所组成的无线收发系统等。

本书由华北电力大学余萍主编,其中余萍编写了第 1、3、5、6 章,李然编写了第 2、4 章,贾惠彬编写了第 7 章,研究生刘磊、张晓芬和王颖参加了部分图表的整理工作,余萍负责全书的统稿。

在本书的编写过程中,作者参考了大量书刊杂志和有关资料,从书后所列的参考文献中借鉴了宝贵成果,在此对原作者深表谢意。另外,作者要感谢华北电力大学的领导和同事对本书出版给予的大力帮助和支持,还要感谢清华大学出版社对本书出版给予的支持和帮助,感谢刘佩伟编辑对本书出版所付出的努力。

通信技术发展迅猛,通信电子电路涉及范围广、新知识多,由于作者的水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

于 保定 华北电力大学

2010 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 通信的发展简史	1
1.2 通信系统模型	2
1.2.1 模拟通信系统	4
1.2.2 数字通信系统	4
1.2.3 无线收发系统	5
1.2.4 移动通信网直放站系统	6
1.2.5 软件无线电通信系统	7
1.3 无线电波的频段划分和传播方式	8
1.3.1 无线电波的频段划分	8
1.3.2 无线电波的传播方式	10
1.4 本课程的主要内容及特点	12
思考题与习题	13
第 2 章 无线收发机系统	15
2.1 无线接收机系统	15
2.1.1 单次变频超外差接收机	15
2.1.2 混频器的干扰	16
2.1.3 双重变频超外差接收机	19
2.2 噪声系数和接收灵敏度	20
2.2.1 射频通信系统的噪声	20
2.2.2 噪声系数与噪声温度	24
2.2.3 多级系统的噪声系数	26
2.2.4 接收机的灵敏度	27
2.2.5 减小噪声系数的方法	29
2.3 无线发射机系统	30
2.3.1 无线发射机的基本组成	30
2.3.2 发射机的主要技术指标	30
2.3.3 集成发射机系统	32
2.4 现代无线通信机系统	34

2.4.1 短波单边带收发通信机	34
2.4.2 移动通信收发系统	36
小结	37
思考题与习题	37
第3章 接收通道电路	40
3.1 概述	40
3.2 选频滤波器	40
3.2.1 LC单调谐回路	40
3.2.2 互感耦合及分压式部分接入电路	47
3.2.3 LC双调谐回路	50
3.2.4 集中选频滤波器	52
3.3 选频放大器	60
3.3.1 三极管选频放大器	60
3.3.2 集成选频放大器	68
3.4 低噪声高频放大器	72
3.5 混频电路	75
3.5.1 基本概念	75
3.5.2 混频器的基本参数	76
3.5.3 二极管混频电路	78
3.5.4 三极管混频电路	87
3.5.5 集成模拟乘法器混频电路	91
3.6 正弦波振荡器	97
3.6.1 反馈型振荡器工作原理	97
3.6.2 LC振荡器	101
3.6.3 振荡器的频率稳定度	107
3.6.4 晶体振荡器	110
3.6.5 集成振荡器	114
小结	116
思考题与习题	117
第4章 发射通道电路	121
4.1 概述	121
4.2 C类功率放大器	121
4.2.1 基本概念及电路构成	121
4.2.2 工作原理及性能指标	123
4.2.3 高频功率放大器的动态特性	127
4.3 直流馈电电路和匹配电路	136

4.3.1	直流馈电电路	136
4.3.2	匹配电路	139
4.4	C类射频功率放大器的倍频功能	143
4.5	高效率射频功率放大器	145
4.5.1	D类高频功率放大器	145
4.5.2	E类高频功率放大器	147
4.6	射频功率放大器的实用电路	148
4.6.1	35W 线性功率放大器	148
4.6.2	25W 高频功率放大电路	149
4.7	集成射频功放组件及其应用	149
4.8	功率合成技术	152
4.8.1	传输线变压器	152
4.8.2	功率合成与分配	158
小结		161
思考题与习题		162
第5章	调制与解调电路	167
5.1	基本概念	167
5.2	振幅调制电路	168
5.2.1	振幅调制信号的基本特性	168
5.2.2	振幅调制电路	181
5.3	调幅信号的解调电路	188
5.3.1	振幅解调的方法及概念	188
5.3.2	包络检波电路	190
5.3.3	同步检波电路	200
5.4	角度调制电路	203
5.4.1	角度调制信号的基本特性	203
5.4.2	直接调频电路	211
5.4.3	间接调频电路	222
5.4.4	扩展最大频偏的方法	225
5.5	调频波的解调电路	227
5.5.1	调频波解调的方法及概念	227
5.5.2	斜率鉴频器	229
5.5.3	相位鉴频器	233
5.5.4	移相乘积鉴频器	239
5.5.5	脉冲计数鉴频器	241
5.6	数字调制与解调电路	243
5.6.1	数字调制与解调的方法及概念	243

5.6.2 数字调制与解调电路	244
5.6.3 DDS 实现数字调制	249
小结	252
思考题与习题	253
第 6 章 反馈控制电路与频率合成	259
6.1 AGC 和 AFC	259
6.1.1 自动增益控制 AGC	259
6.1.2 自动频率控制 AFC	266
6.2 锁相环 PLL	267
6.2.1 锁相环的基本组成及环路方程	268
6.2.2 锁相环的锁定、捕捉与同步	270
6.2.3 锁相环的各部分电路	272
6.2.4 锁相环路的应用	279
6.2.5 锁相环的典型产品及应用	283
6.3 锁相频率合成器	287
6.3.1 频率合成的基本方法及技术指标	287
6.3.2 单环锁相频率合成器	291
6.3.3 小数分频频率合成器	300
6.3.4 多环锁相频率合成器	301
6.4 直接数字频率合成器(DDS)	302
小结	306
思考题与习题	306
第 7 章 通信系统实例	309
7.1 短波 SSB 通信电台	309
7.1.1 收发信通道电路	309
7.1.2 射频功率放大电路	311
7.1.3 频率合成器	312
7.2 无绳电话系统	312
7.2.1 接收、可编程锁相环及语音压缩扩展电路	313
7.2.2 发射电路	313
7.3 无线对讲机系统	314
7.3.1 发射电路部分	315
7.3.2 接收电路部分	315
7.4 移动通信系统	316
7.5 通信电路中的集成收发芯片	319
7.5.1 收发芯片	319

7.5.2 单片调幅-调频接收机	322
小结	326
思考题与习题	326
附录 余弦脉冲分解系数表	327
参考文献	330

第 1 章

绪 论

1.1 通信的发展简史

在电磁学理论形成之前,人们都是用快马、烽火、旗语等传递信息。到 19 世纪,电磁学的理论与实践有了一定基础以后,人们开始寻求用电磁能量传递信息的方法。

最早的具有现代意义的通信是从有线电报开始的,1837 年,莫尔斯发明了电报,设计了莫尔斯电码,开创了通信的新纪元。1876 年,贝尔发明了电话,将语言信号变成电信号沿导线传送。早期的电报和电话都是沿导线传送信号的,这是以金属导线为传输媒质的简单的有线通信方式。

1873 年,J. C. 麦克斯韦(J. Clerk Maxwell)提出了电磁辐射理论,得出了电磁场方程,从理论上证明了电磁波的存在,为无线电通信奠定了理论基础。1887 年,H. 赫兹(H. Hertz)用实验技巧证实了电磁波是客观存在的,而且证明了电磁波在自由空间的传播速度与光速相同,并能产生反射、折射、驻波等与光波性质相同的现象。从此,许多的科学家都开始努力研究如何利用电磁波传输信息的问题,也就是无线电通信,其中著名的有英国的 O. J. 罗吉(O. J. Lodge)、法国的勃兰利(Branly)、俄国的 A. C. 波波夫(A. C. Попов)与意大利的 G. 马可尼(Guglielmo Marconi)等,其中贡献最大的是马可尼。

1895 年,马可尼首次在几百米的距离间用电磁波进行通信获得成功,开辟了无线电通信的广阔发展道路。1901 年,他又完成了横渡大西洋的通信,从此无线电通信进入了实用阶段。

但那时的发送设备用的是火花发射机、电弧发生器或高频发电机等,接收设备是粉末(金属屑)检波器,真正开始无线电电子学时代是在发明电子二极管以后。

1904 年,J. A. 弗莱明(J. A. Fleming)发明了电子二极管。1907 年,L. D. 福雷斯特(L. D. Forest)发明了电子三极管,可以组成具有放大、振荡、变频、调制、检波、波形变换等重要功能的电子线路,从而使通信设备有了飞速发展,出现了较高水平的有线通信和长波、中波及短波一类的较高水平的无线电通信。电子管的出现是电子技术发展史上第一个重要里程碑。

1948 年,肖克莱(Shockley)等人发明了晶体三极管,它在节约电能、缩小体积、减轻重量与使用延长寿命等方面远远胜过电子管,在许多应用中晶体管取代了电子管。半导体晶体管的出现成为电子技术发展史上第二个重要里程碑。

20 世纪 60 年代开始出现将“管”、“路”结合起来的集成电路,从中、大规模到超大规模集成电路不断涌现,已成为电子线路、特别是数字电路发展的主流,使人类进入信息化社会。集成电路的出现是电子技术发展史上第三个重要里程碑。

1955 年,皮尔斯(Perice)提出利用人造卫星实现全球通信的设想,1960 年美国利用 ATLAS 卫星首次实现了卫星广播,到 20 世纪 70 年代又出现了光纤通信和计算机通信,使通信更加快速、内容更加丰富。

目前,人们对通信技术的迫切需求也大大推动了通信学科的发展,通信设备更加小型化、寿命更长、可靠性更高,从而进一步推动了个人移动通信的发展。在通信体制上,半导体和集成电路的发展促进了数字通信的高速发展,计算机技术和微处理器的发展使通信突破了人与人之间进行通信的范畴,实现了人与机器、机器与机器之间的通信,现代通信正朝着更高的水平发展。

1.2 通信系统模型

通信的基本任务是解决两地之间信息的传递与交换,由于通信双方之间的距离客观存在,因此,必须在两地之间建立信息传递的通道,这种有形或无形的、用于传递信息的通道称为信道,能适合在信道中传输信息的载体称为信号,信号的传递与处理由通信系统完成。

图 1-2-1 是通信系统的模型。图中,发送端的信息源把各种不同形式的消息(如符号、文字、语音、音乐、数据、图片、活动画面等)转换成原始的电信号(称为基带信号);发送设备将该信号进行适当的处理(如放大、调制、数据压缩、抗干扰编码等),使其适合于在信道中传输;信道是传递电信号的媒质,图中的噪声源是信息中噪声和干扰的集中表示;接收端的接收设备是将信道送来的信号进行处理(如放大、解调、解压缩、译码等),恢复成原始的基带信号,受信者将基带信号恢复成不同形式的原始消息,这样就完成了消息的传递过程。

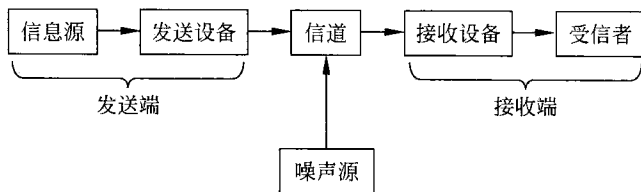


图 1-2-1 通信系统模型

图 1-2-1 所示的通信系统模型概括地反映了通信系统的共性,能够完成从一地到另一地的信息传递。双向的通信系统可以实现信号在两个终端之间的互连,被称为通信链路,如图 1-2-2 所示。

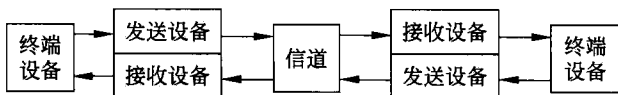


图 1-2-2 通信链路

为了使信号能够更有效、更可靠地在传输系统中进行传递,必须对信号进行处理。信号的处理可以是最简单的滤波、整形等,也可能是复杂的数据压缩、抗干扰编码、调制等,通信系统的性能与其信号的处理能力有非常密切的关系。

多用户通信系统互连的通信体系称为通信网。通信网以转接交换设备为核心,由通信链路将多个用户终端连接起来,在管理机制(包含各种通信与网络协议)的控制下,实现网上各个用户之间的相互通信。

综上所述,通信系统(或通信网络)应包括通信链路、信号处理设备、交换设备和管理机构等四大部分组成,其主要任务就是传输、处理和转接交换信号。

信号是信息的表现形式,它可以是声音、图像、文字、电压、电流和光等。对信号的描述通常可以在时域或频域中进行,用示波器可以观察到信号的强度随时间变化的情况,即信号的时域波形;而用频谱分析仪可以观察到信号的强度随频率的变化情况,即信号的频谱图。所以在信号传输过程中,要明确以下有关信号的概念。

(1) 模拟信号。时间和状态上连续的信号,从数学上理解,模拟信号的值对时间的导数总是存在的。自然界存在的信号大多是模拟信号,常见的模拟信号有话音信号、图像信号以及来自于各种传感器的检测信号等。

(2) 数字信号。具有离散且有限的状态,是另一种形式的信号。常见的数字信号多为二进制信号,其二个状态分别用“1”和“0”表示。

模拟信号与数字信号可以通过“模/数”或“数/模”转换器互相转换。相对而言,模拟信号比较适合于传输,数字信号则比较适合于处理。因此,当数字信号需要在模拟信道中传输时,数字基带信号必须进行正弦调制,将基带信号转换成频带信号,以适应模拟信道的传输特性,比如计算机数据要通过模拟电话线传输时,必须使用调制解调器,以实现数字信号的模拟传输。

(3) 基带信号。指含有低频成分或直流成分的信号,通常的原始信号都是基带信号。基带信号所占据的频带宽度相对于它的中心频率而言很宽,不适合长距离传输,更不能进行无线电发送。话音信号是一种典型的基带信号,它由声音经传声器(又称话筒,麦克风)转换而成,其频率在几十赫兹至十几千赫兹范围内,计算机数据也是一种基带信号。

(4) 频带信号。基带信号经过各种正弦调制可以转换成频带信号。现有的模拟信号调制方式主要有幅度调制、频率调制和相位调制;若基带信号是数字信号,则有数字键控方式的调制,如振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)、相移键控(PSK)以及差分相移键控(DPSK)等,其他还有很多窄带调制方式,如MSK、16QAM等。频带信号的中心频率相对较高,而带宽较窄,因此适合在信道中传输。

一般来说,发送终端的输出信号与接收终端的输入信号是相同,两个终端的设备也是对应的。例如,发端如果是传声器,则收端就是扬声器或耳机;发端是摄像机,则收端是显示器;发端是计算机,则收端往往也是计算机或其他智能接收设备。通信电子电路的讨论就是围绕通信系统中的信号传输处理单元电路展开的。

通信系统若按信道形式划分,可以分为有线通信和无线通信两大类。有线通信是以双绞线、同轴电缆、光缆等有线信道为传输媒介,市内电话、有线电视和海底电缆通信等都属于有线通信系统;无线通信则以无线空间为传输媒介,如无线电广播、无线电电视、卫星

通信、移动通信等均属于无线通信系统。

有线通信系统由于线路敷设等原因,前期投资较大,只有在用户达到一定数量时其成本才可以降下来,但有线通信具有较高的可靠性,因此适合于近距离固定点之间的通信。无线通信具有灵活、不受地理环境限制、通信区域广等特点,适合于卫星通信、移动体上的通信及不易敷设线路的环境中的通信等,无线通信容易受到外界干扰,保密性差。在一个大型的通信网络中,有线通信系统和无线通信系统往往并存,互为补充。

通信系统若按所传输信号的形式划分,可以分为模拟通信系统和数字通信系统。

1.2.1 模拟通信系统

无论是有线通信还是无线通信,只要在信道中传输的是模拟信号,就称为模拟通信系统。

模拟通信系统的模型如图 1-2-3 所示,发终端将要传送的话音、音乐、图像等连续变化的模拟信号转换成连续变化的原始基带信号,这种原始基带信号具有频率较低的频谱分量,不能直接在信道中传输,必须把基带信号变换成频率较高、适合在信道中传输的电信号,这种变换过程通常称之为调制,实现调制功能的电路称之为调制器。调制后的信号称为已调信号,已调信号是携带信息且适合在信道中传输的电信号。在接收端,必须将信道送来的已调信号再恢复成原始基带信号,这是一种信号的反变换,称之为解调,实现解调功能的电路称之为解调器。解调输出的基带信号由模拟终端恢复成连续变化的模拟信号(话音、音乐和图像等)。

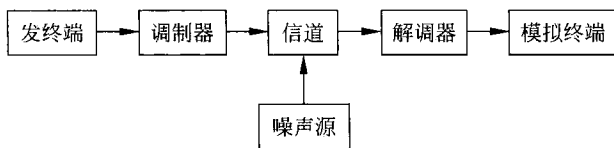


图 1-2-3 模拟通信系统模型

1.2.2 数字通信系统

数字通信系统传输数字信号,如电报、传真、计算机数据等,因此发送端必须把连续变化的模拟基带信号变换成离散的数字基带脉冲信号,完成这种采样变换功能的电路称之为 A/D 变换器,即 ADC。为了提高数字信号传输中的抗干扰能力及保密性能,一般要对 ADC 输出的数字基带信号进行加密和编码处理,然后送入数字调制器中进行调制,成为带有数字信息的已调信号,并可以在信道中传输。接收端收到数字已调信号后,经解调、译码、解密处理后恢复出原始数字信号,然后再由 D/A 转换器,即 DAC 转换成连续的原始模拟信号。数字通信系统模型如图 1-2-4 所示。

实际上,模拟信号是经过数字编码后在数字系统中传输,而数字信号经过调制后也可以在模拟系统中传输。目前,数字通信系统的发展速度已全面超过了模拟系统,与模拟通信相比,数字通信更能适应现代社会对通信技术的要求,其原因是:

(1) 数字信号可以再生,因而可以消除噪声的积累,使其抗干扰能力强,尤其适合远距离中继通信。

- (2) 数字传输可以实现差错控制,从而有效改善通信质量。
- (3) 便于与计算机接口,实现计算机数字信息处理。
- (4) 数字信号易于加密,保密性强。
- (5) 数字通信可以传输多种信息,如话音、音乐、数据和图像等,便于实现多媒体功能。

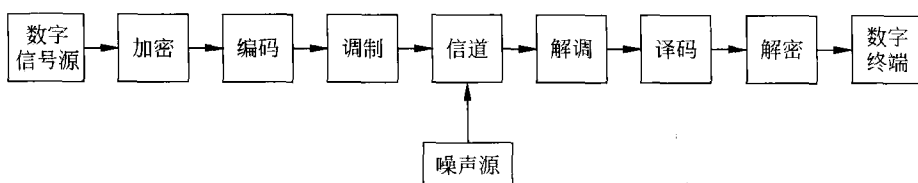


图 1-2-4 数字通信系统模型

目前,民用移动通信和国防军用通信都已普遍采用数字通信方法。但数字通信要比模拟通信占据更宽的系统带宽,如一路电话通常只占据 4kHz 的系统带宽,而一路数字电话可能要占据 10kHz 以上的系统带宽。因此,如何通过数字压缩编码和窄带调制来提高数字系统的频带利用率是数字通信系统中的关键问题。

1.2.3 无线收发系统

各种不同类型的通信系统,其系统组成和设备的复杂程度也有很大不同,但是组成设备的基本电路及其原理都是相同或相似的,图 1-2-5 为无线收发系统的基本组成框图,虚线上方是发射机部分,虚线下方是接收机部分。

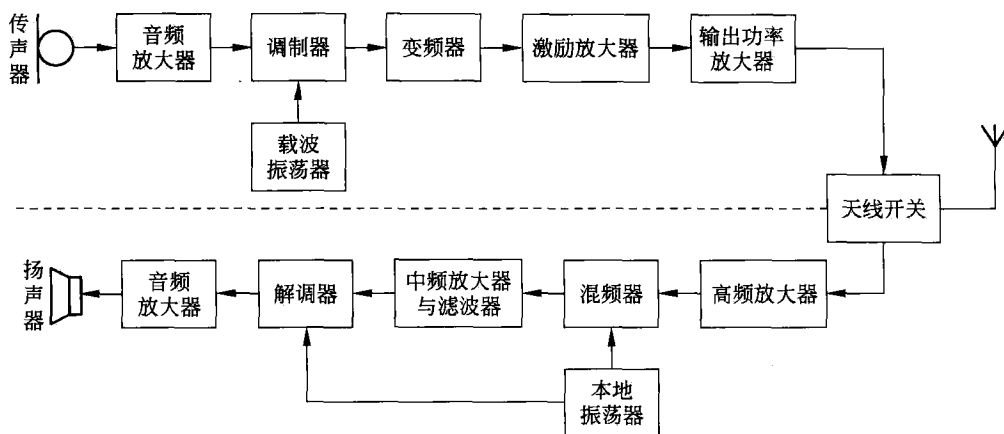


图 1-2-5 无线收发系统组成框图

发射机主要完成基带信号处理、调制、变频、功率放大等功能,最终使信号通过天线以高频电磁波的形式进入到无线空间。基带信号处理电路包括来自传声器(或各种音频设备)的音频信号的各种前端处理,如音频放大、音频滤波和可能需要的语音压缩和预加重(用于 FM 发射机中)等;调制器用于将已处理的音频信号调制到高频载波上,可以是基带

调制、中频调制、射频直接调制等,不同的调制方式采用不同的调制器。射频直接调制就是调制和变频在一个电路里完成(通常在射频上),实现简单,但发射后的强信号会泄漏或反射回来影响载波振荡或载波的稳定。目前中频调制用的较多,其特点是数字基带信号调制在中频上,然后再通过变频和射频功率放大达到发射的频率和功率要求,这样可以得到较好的调制特性和设备兼容性。

发射机的主要指标有基带信号频谱宽度、发射机工作频率、发射机输出功率、发射机工作效率、发射机信号频谱纯度和频率稳定度、杂散、谐波要求、发射机频带宽度、信号动态范围、发射机线性度要求。现代无线通信对发射机的要求侧重于高频谱纯度及线性度。

无线接收机是用于接收无线电信号的通信设备,由于来自于空间的电磁波已经很微弱,且夹杂着大量的干扰与噪声,因此无线电接收机必须能够有选择地放大空中微弱电磁信号,并恢复有用信息,而且要尽可能提高输出基带信号的信噪比,以保证信息的质量。接收机的结构主要有超外差式(super heterodyne)、镜频抑制式、直接变换式(direct conversion)或零中频(zero IF)式、数字中频(digital IF)式等几种,其中超外差式接收机的接收性能最好,在通信中被大量采用。

从天线接收到的信号经低噪声高频放大,然后送入混频器得到中频信号,中频信号经中频滤波放大后由解调器恢复出基带信号。在超外差接收机中,本地振荡频率往往高于天线接收的射频频率,混频后得到两者的和频或差频作为中频频率,且中频频率是固定的,当接收射频信号频率改变时,只要相应改变本地振荡信号频率即可。

各种无线电接收机除了各种频率、解调器以及中频带宽等方面有所不同外,其基本的组成大同小异。

1.2.4 移动通信网直放站系统

直放站又称转发器或中继器,它实际上是一种双向信号放大器,是解决移动通信基站覆盖存在的信号盲区的一种方式。

直放站与基站收发信机不同,它没有基带处理电路,不解调无线射频信号,仅仅是双向中继和放大射频信号。因此,利用直放站主要是扩大无线覆盖范围和补充信号盲区的覆盖,它不能增加系统容量,但可以将容量资源均衡地分散或集中到需要覆盖的区域。通过架设直放站不但能改善覆盖效果,同时也可大大减少基站的投资成本。如图 1-2-6 所示为 GSM 网直放站基本组成框图。

图中,由直放站施主天线收到的基站信号进入设备后,经双工器分离,而后进入下行支路,首先经过低噪声放大器(LNA),再进行频段选频,功率放大,再经过双工器滤波,最后由重发天线(又称覆盖天线、服务天线或用户天线)发射至用户手机。同样,手机发射的上行信号,经服务天线接收后,由双工分离器分离送至低噪声放大器放大、选频和功率放大,再经双工滤波,最后由施主天线转发回基站。

直放站的上、下行选频模块用于选择所需信号的频段,可有效抑制不需要的其他信号。直放站的上、下行功放模块用于对上、下行支路射频级的功率放大。此外,无论直放站载波数有多少,上、下行支路中均设置一个低噪声放大器,用以降低直放站的噪声系数,其增益与主机上、下行衰减值对应。

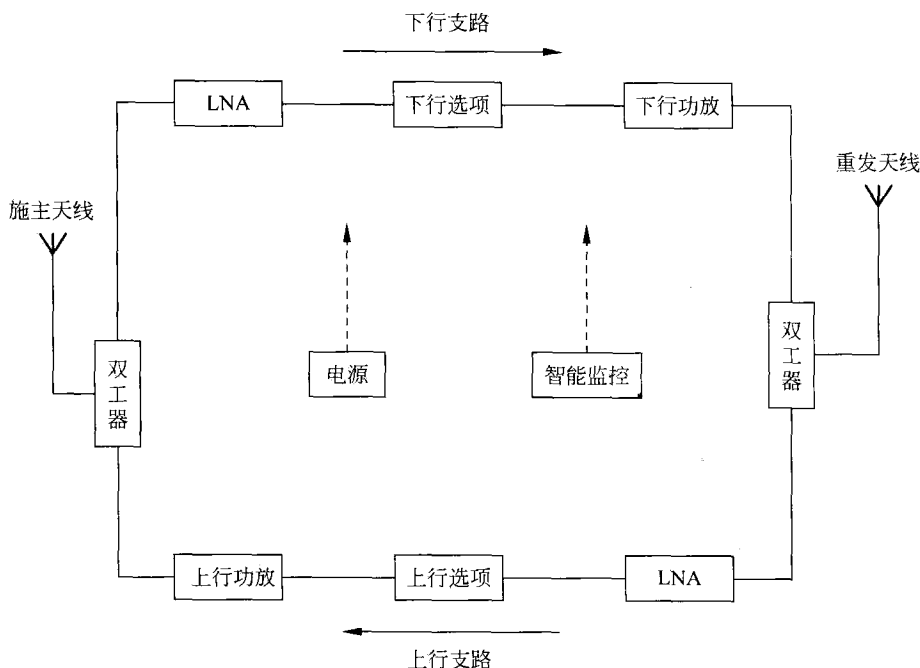


图 1-2-6 GSM 网直放站组成框图

1.2.5 软件无线电通信系统

所谓软件无线电,也称软件可定义的无线电(Software Defined Radio, SDR),就是采用数字信号处理技术,在可编程控制的通用硬件平台上,利用软件来定义实现无线电台的各部分功能(包括前端接收、中频处理以及信号的基带处理等)。即整个无线电台从高频、中频、基带直到控制协议部分全部由软件编程来完成。

软件无线电的核心思想是在尽可能靠近天线的地方使用宽带的“数字/模拟”转换器,尽早地完成信号的数字化,从而使得无线电台的功能尽可能地用软件来定义和实现,使得多频段、多模式、多信道、多速率、多协议等的多功能通信成为可能。总之,软件无线电是一种基于数字信号处理(DSP)芯片,以软件为核心的崭新的无线通信体系结构,如图 1-2-7 所示。由图可知,软件无线电系统的结构是由信道处理模块、控制管理模块和软件工具模块等三部分组成。其中,信道处理模块实际上是一个无线收发信机,包括射频(RF)、中频(IF)、基带处理、信源编解码和 A/D 转换、D/A 转换等部分,而 A/D 转换、D/A 转换应尽可能地靠近天线端,理想的 A/D 转换、D/A 转换要求直接与天线相连接。

软件无线电技术是软件化、计算密集型的操作形式。它与数字和模拟信号之间的转换、计算速度、运算量、存储量、数据处理方式等问题息息相关,这些技术决定着软件无线电技术的发展程度和进展速度。宽带/多频段天线、A/D/A 转换器件、DSP(数字信号处理器)技术及实时操作系统是软件无线电的关键技术。