



普通高等教育“十二五”规划教材



电子信息类精品教材

通信原理大学教程

*A College Course in
Communications Principle*

• 曹丽娜 张卫钢 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十二五”规划教材
电子信息类精品教材

通信原理大学教程

曹丽娜 张卫钢 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了现代通信原理知识。全书共 11 章, 内容包括: 通信与通信系统、确知信号、随机过程、信道与噪声、模拟调制、脉冲调制与模数转换、数字信号的基带传输、数字信号的带通传输、数字信号的最佳接收、差错控制编码和同步原理。

本书内容全面, 深浅得当; 例题、习题(附部分习题答案)丰富, 实用; 插图美观, 诠释准确; 文笔通俗易懂, 叙述简明扼要。

本书可作为高等学校电子信息类专业的教材, 也可作为有志青年的自学教材和有关工程技术人员的参考书。

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

通信原理大学教程 / 曹丽娜, 张卫钢编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.5

(电子信息类精品教材)

ISBN 978-7-121-11392-5

I. ①通… II. ①曹… ②张… III. ①通信原理—高等学校—教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 062028 号

责任编辑: 韩同平 特约编辑: 林宏峥

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司
装 订:

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: 21.25 字数: 565 千字

印 次: 2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 45.00 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, 联系电话: (010) 68279077; 邮购电话: (010) 88254888。

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。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

“通信原理”课程作为高等学校电子信息类专业的专业基础课或专业课，在培养计划中占有极其重要的地位。它不仅是各种通信技术的理论基础，同时还是“高等数学”、“数理统计”、“概率论”、“模拟电路与数字电路”、“信号与系统”等基础课内容的集中体现，是基础课与专业课的纽带与桥梁。由于课程内容涵盖面很广，对基础课的掌握程度要求较高，所以，其教授与学习相对于其他课程一直是比较困难的。

本着“易教易学”的原则，我们根据自己长期的教学经验和实践，参考部分大学的教学大纲，编著了这本例题丰富，概念清晰、通俗易懂的教材，以期为高等学校人才培养贡献绵薄之力。

本教材具有以下特色：

(1) 内容全面，深浅得当。作者集三十年的教学经验，在参考多所院校的教学大纲基础上，对教材内容进行精心梳理、选择与编排，以期达到精练、够用、易懂、易学之目的。

(2) 重点突出，画龙点睛。每章都有“主题词”、“内容作用”和“学习要求”等前导内容。“主题词”是对本章内容的高度概括；“内容作用”指出了本章知识在通信系统中或在通信任务实施的过程中所起到的主要作用。各章的“内容作用”串起来就是整个通信系统完成通信任务的过程；“学习要求”给出了本章具体的“教”、“学”纲要，便于读者把握知识结构和深浅程度。将各章的“学习要求”串起来就是本教材的教学大纲。

(3) 设问引思，循循善诱。设置了不少问题引句，用以启发学生分析与解决问题的思路或澄清一些模糊认识，比如 13 折线名称的由来等。

(4) 旁征博引，开拓思路。善用大家熟悉的生活示例（如“交通”系统）来诠释晦涩难懂的通信概念，不但使概念更容易理解，而且拓展了学习思路。

(5) 借用对比，触类旁通。采用“借用和对比”的写作手法，起到了章节之间的融会贯通，以及推导过程的简化。例如，借用第 7 章的双极性基带系统抗噪声性能的分析方法与结论，可以简便得到第 8 章的 2PSK 系统的抗噪声性能。

(6) 插图美观，诠释准确。配合文字内容，绘制了大量插图，做到图文并茂，相得益彰。

(7) 例题丰富，习题多样。本着学习为主，考试为辅的原则，本教材设计了大量的例题，不但起到强化重点，解惑疑点，加深理解的作用，同时，还对正文起到了补充与辅教作用。另外，精心编制与选用的习题不仅涵盖面广，题型多样，深浅得当，为读者巩固学习效果提供了训练环节，更与历届考研试题紧密相连，对读者考研具有重要的参考价值。

(8) 以史励志，开阔视野。每章都设置了一节通信史中的名人小传、实用的基础通信知识或通信新技术等“小资料”，以期使学生在了解通信发展史的同时，体会到投身科学技术研究与发明的酸甜苦辣，认识到那些科学巨匠、历史名人，不管是出身豪门还是家境贫寒，不管是受过良好教育还是自学成才，都有一些共同的特点，那就是勤于思考、勇于探索、善于发现、甘于寂寞、乐于奉献、坚忍不拔、吃苦耐劳、淡泊名利。能够使学生从前辈身上得到学习的动力和目标，以及从而科研能力的素养。

本教材建议的参考学时数为 60~80 学时，可作为高等学校通信工程、电子信息工程、网络工程、物联网工程、计算机科学与技术等专业的必修课或选修课教材，同时，也可作为相关领域工程技术人员的技术参考书。

本教材配有电子课件，可通过电子工业出版社的华信教育资源网 www.hxedu.com.cn 免费下载。

本书由西安电子科技大学曹丽娜教授和长安大学张卫钢教授共同编著。感谢李田甜、项刚、赵弘洋、陈英、邱瑞、朱秀丽、田梅兰为本书所做出的贡献；同时，对书中所引用参考文献的作译者表示衷心的感谢和崇高的敬意。

对于书中出现的错误与不足恳请广大读者斧正。

作者的联系方式：

ccllna@163.com

wgzhang@chd.edu.cn

编著者

目 录

绪论	(1)
0.1 通信的意义	(1)
0.2 课程内容与讨论的问题	(2)
0.3 通信技术发展史	(3)
0.4 课程学时分配表	(5)
0.5 学习/教学方法指导	(5)
第1章 通信与通信系统	(6)
1.1 通信的概念	(6)
1.2 通信系统	(7)
1.2.1 通信系统的组成	(7)
1.2.2 通信系统的分类	(8)
1.2.3 模拟通信系统	(9)
1.2.4 数字通信系统	(10)
1.3 通信方式	(11)
1.4 信息的度量	(12)
1.5 通信系统的性能评价	(15)
1.6 常用的通信手段	(19)
1.7 小资料——莫尔斯	(20)
思考题与习题	(21)
第2章 确知信号	(22)
2.1 信号的定义与分类	(22)
2.2 确知信号的分析	(27)
2.2.1 周期信号的频谱	(27)
2.2.2 非周期信号的频谱	(30)
2.2.3 信号的能量谱密度和功率谱密度	(34)
2.2.4 波形的互相关和自相关	(35)
2.2.5 相关函数与谱密度的关系	(36)
2.3 小资料——物联网	(37)
思考题与习题	(38)
第3章 随机过程	(39)
3.1 随机过程的概念	(39)
3.1.1 随机过程的分布函数	(40)
3.1.2 随机过程的数字特征	(41)
3.2 平稳随机过程	(42)

3.2.1	平稳随机过程的定义	(43)
3.2.2	各态历经性	(44)
3.2.3	平稳过程的自相关函数	(45)
3.2.4	平稳过程的功率谱密度	(45)
3.3	高斯随机过程	(46)
3.4	平稳随机过程通过线性系统	(49)
3.5	窄带随机过程	(50)
3.5.1	$\xi_c(t)$ 和 $\xi_s(t)$ 的统计特性	(51)
3.5.2	$a_\xi(t)$ 和 $\varphi_\xi(t)$ 的统计特性	(53)
3.6	正弦波加窄带高斯噪声	(54)
3.7	白噪声和带限噪声	(55)
3.8	小资料——贝尔	(57)
	思考题与习题	(58)
第4章	信道与噪声	(60)
4.1	信道	(60)
4.1.1	信道的概念及分类	(60)
4.1.2	传输介质	(61)
4.2	信道噪声	(65)
4.3	信道的数学模型	(67)
4.3.1	调制信道模型	(67)
4.3.2	编码信道模型	(68)
4.4	信道特性及其对信号传输的影响	(68)
4.4.1	恒参信道特性及其对信号传输的影响	(68)
4.4.2	随参信道特性及其对信号传输的影响	(71)
4.5	信道容量与香农公式	(73)
4.6	信道通频带	(75)
4.7	信道带宽与信道容量的关系	(77)
4.8	多路复用的基本概念	(79)
4.9	小资料——4G 通信	(80)
	思考题与习题	(81)
第5章	模拟调制	(83)
5.1	调制的概念	(83)
5.2	抑制载波的双边带调幅	(85)
5.3	常规双边带调幅	(86)
5.3.1	AM 信号的调制与解调	(86)
5.3.2	AM 的特点及应用	(87)
5.4	单边带调制	(89)
5.5	残留边带调制	(92)
5.6	线性调制系统的抗噪声性能	(93)
5.6.1	通用分析模型	(93)

5.6.2	线性调制-相干解调系统的性能	(94)
5.6.3	AM-包络检波系统的性能	(97)
5.7	角调制	(100)
5.7.1	角调制的概念	(100)
5.7.2	窄带调频	(102)
5.7.3	宽带调频	(103)
5.7.4	调频信号的产生	(106)
5.7.5	调频信号的解调	(107)
5.7.6	调频系统的抗噪声性能	(108)
5.8	模拟调制系统性能比较	(112)
5.9	频分复用	(113)
5.10	调制的功能与分类	(114)
5.11	小资料——收音机的工作原理	(115)
	思考题与习题	(116)
第6章	脉冲调制与模数转换	(119)
6.1	模拟脉冲调制	(119)
6.2	脉冲编码调制	(120)
6.2.1	PCM 基本概念	(120)
6.2.2	抽样	(121)
6.2.3	量化	(124)
6.2.4	PCM 编码	(130)
6.2.5	PCM 译码	(135)
6.2.6	PCM 系统的抗噪声性能	(136)
6.2.7	差分脉冲编码调制	(137)
6.3	简单增量调制	(138)
6.4	增量总和调制	(141)
6.5	抽样定理	(142)
6.5.1	低通抽样定理	(142)
6.5.2	带通抽样定理	(144)
6.6	PCM 和 ΔM 系统的比较	(146)
6.7	时分复用	(147)
6.7.1	时分复用原理	(147)
6.7.2	数字复接	(148)
6.7.3	PCM 基群帧结构	(150)
6.8	小资料——香农	(152)
	思考题与习题	(153)
第7章	数字信号的基带传输	(155)
7.1	基带传输概述	(155)
7.2	数字基带信号及其频谱	(156)
7.2.1	码型及码型变换	(156)

7.2.2	二元码	(157)
7.2.3	三元码	(159)
7.2.4	$nBmB$ 码和 $nBmT$ 码	(160)
7.2.5	多元码	(160)
7.2.6	基带信号的频谱特性	(161)
7.3	基带脉冲传输与码间串扰	(166)
7.3.1	基带传输系统的组成	(166)
7.3.2	基带传输的定量分析	(167)
7.4	无码间串扰的基带传输特性	(169)
7.4.1	消除码间串扰的基本思想	(169)
7.4.2	无码间串扰的条件	(169)
7.4.3	$H(\omega)$ 的设计	(171)
7.5	无码间串扰基带系统的抗噪声性能	(174)
7.6	眼图	(176)
7.7	均衡技术	(177)
7.7.1	时域均衡原理	(178)
7.7.2	均衡效果的衡量	(180)
7.7.3	均衡器的实现与调整	(183)
7.8	部分响应系统	(184)
7.8.1	第 I 类部分响应波形	(185)
7.8.2	部分响应的一般形式	(187)
7.9	小资料——按键电话机	(189)
	思考题与习题	(190)
第 8 章	数字信号的带通传输	(194)
8.1	二进制幅度键控	(194)
8.1.1	2ASK 调制原理	(194)
8.1.2	2ASK 频域特性	(195)
8.1.3	2ASK 解调原理	(196)
8.2	二进制频移键控	(196)
8.2.1	2FSK 调制原理	(196)
8.2.2	2FSK 频域特性	(197)
8.2.3	2FSK 解调原理	(198)
8.3	二进制相移键控	(198)
8.3.1	2PSK 调制原理	(198)
8.3.2	2PSK 频域特性	(199)
8.3.3	2PSK 解调原理	(199)
8.4	二进制差分相移键控	(200)
8.5	二进制数字调制系统的抗噪声性能	(202)
8.5.1	2ASK 系统的抗噪声性能	(202)
8.5.2	2FSK 系统的抗噪声性能	(206)

8.5.3	2PSK 和 2DPSK 系统的抗噪声性能	(210)
8.6	二进制数字调制系统的性能比较	(213)
8.7	多进制数字调制	(215)
8.7.1	多进制幅度键控	(215)
8.7.2	多进制频移键控	(216)
8.7.3	多进制相移键控	(217)
8.7.4	多进制数字调制系统的误码率	(219)
8.8	几种现代调制技术简介	(221)
8.8.1	正交振幅调制	(221)
8.8.2	最小频移键控	(223)
8.8.3	正交频分复用	(227)
8.9	小资料——马可尼	(228)
	思考题与习题	(228)
第 9 章	数字信号的最佳接收	(231)
9.1	匹配滤波器	(231)
9.1.1	匹配滤波器的传输特性	(231)
9.1.2	冲激响应及 t_0 时刻的选择	(233)
9.1.3	匹配滤波器的输出信号	(233)
9.2	似然比准则	(236)
9.3	确知信号的最佳接收机	(238)
9.3.1	二进制确知信号的最佳接收机结构	(238)
9.3.2	二进制确知信号最佳接收机的误码率	(240)
9.4	随相信号的最佳接收	(244)
9.4.1	二进制随相信号最佳接收机结构	(245)
9.4.2	二进制随相信号最佳接收机的误码率	(248)
9.5	最佳接收机与实际接收机的性能比较	(249)
9.6	最佳基带传输系统	(250)
9.6.1	最佳基带传输系统设计	(250)
9.6.2	最佳基带传输系统的误码率	(251)
9.7	小资料——电视机工作原理	(253)
	思考题与习题	(254)
第 10 章	差错控制编码	(257)
10.1	差错控制编码的基本概念	(257)
10.1.1	差错类型	(257)
10.1.2	差错控制方式	(258)
10.1.3	差错控制编码分类	(260)
10.1.4	检错和纠错原理	(261)
10.1.5	汉明距离与检纠错能力	(261)
10.1.6	编码效率	(263)
10.2	几种常用的检错码	(263)

10.3 线性分组码	(266)
10.3.1 线性分组码概念	(266)
10.3.2 汉明码编译码原理	(267)
10.3.3 线性分组码的编码	(268)
10.3.4 线性分组码的译码	(270)
10.4 循环码	(272)
10.4.1 循环码的码多项式	(273)
10.4.2 循环码的生成多项式和生成矩阵	(274)
10.4.3 循环码的编码和译码	(275)
10.4.4 CRC 码	(278)
10.4.5 BCH 码	(279)
10.4.6 RS 码	(280)
10.5 卷积码	(280)
10.6 小资料——雷达的发明	(283)
思考题与习题	(284)
第 11 章 同步原理	(286)
11.1 同步的概念与分类	(286)
11.2 载波同步	(287)
11.2.1 插入导频法	(288)
11.2.2 直接法	(290)
11.2.3 载波相位误差对解调性能的影响	(293)
11.3 位同步	(295)
11.3.1 插入导频法	(295)
11.3.2 直接法	(297)
11.3.3 位同步误差对系统性能的影响	(299)
11.4 群同步	(301)
11.4.1 起止式同步法	(302)
11.4.2 连贯式插入法	(302)
11.4.3 间隔式插入法	(304)
11.4.4 群同步系统的性能	(304)
11.4.5 群同步的保护	(306)
11.5 网同步	(307)
11.5.1 全网同步系统	(307)
11.5.2 准同步系统	(308)
11.6 小资料——云计算	(310)
思考题与习题	(311)
附录 A 常用数学公式	(313)
附录 B 误差函数值表	(314)
附录 C 贝塞尔函数值表	(317)
附录 D 英文缩略词中英文对照表	(318)
附录 E 习题参考答案	(322)
参考文献	(330)

绪 论

0.1 通信的意义

当今社会是一个信息化社会。人类正面临着前所未有的因巨大信息量而带来的压力和挑战。而以信息传递为己任的通信技术，更是以令人难以想象的速度迅猛发展，并渗入到人们生活和工作的各个角落。

各种通信技术以及计算机网络的广泛应用全面地改变了人类的精神与物质生活，为经济发展提供了无限的商机，为科学研究和生产实践提供了广阔的舞台，并将对科学技术的全面发展和人类社会的共同进步产生巨大的推动作用，这主要表现在以下几个方面：

(1) 传统技术的升级换代。基于调制原理的模拟无线电广播和电视技术将逐步进入全数字化时代，并形成数字广播电视网，不但可以提高通信质量，增加节目数量，还可以实现交互通信。另外，数字广播电视网、计算机网络和电信网的融合，将极大地提高各种信息的交互和使用便捷性，使信息技术和通信技术上升到一个新的台阶。

(2) 传统服务业务的扩展。固定电话与移动电话互连互通，极大地方便了人们的信息与感情交流。数据通信技术的发展，不但使我们享受传统话音通信服务的高质量，同时提供了更多的服务项目，比如短信息、视频通话、上网、GPS 定位与导航、手机电视等。

(3) 电子交流。人与人之间的信息与情感交流方式由于生活和工作节奏的加快，将从传统的面对面对话、登门拜访、信函通信向电子交流方式发展，比如，普通电话、可视电话、E-mail 等。网上聊天、网上交友将成为年轻人的新时尚。基于 Internet 的信息交流和共享，为科学研究和产品开发等提供了极大的便利。

(4) 电子商务。电子商务是指可以通过网络进行的所有人类经济活动的总和。有了电子商务，人们不用再为进货和销售东奔西跑，不用再为生意合同频频会面，不用再为付款催账而成为银行的常客。人们足不出户即可在分秒之间完成这些昔日耗费大量人力和物力的商务活动。尤其是在对外贸易活动中，电子商务扮演着极为重要的角色。同样，对于喜欢上街购物而又没有时间的妇女来说，到网上浏览各种网络商店，随心所欲地选购自己喜爱的商品，然后坐等送货上门，再通过网络付款，不仅满足了生活所需，而且免去了腿脚之劳，将成为一种购物时尚。由电子定单、电子合同、电子货币、电子支票、网络银行、网络商店等基本要素构成的电子商务被认为是现代化的一个标志，是人们经济活动方式上的一次飞跃。

(5) 电视会议。传统的聚众开会将成为历史，不同地区甚至不同国家的人们将利用网络的多媒体功能，召开身临现场般的电视会议，不仅节省了大量的差旅费，而且更迅速、更方便。

(6) 远程教育。远程教育不仅将为那些远离学校和难以入校的人们带来福音，极大地拓宽了受教育面，同时也改变了传统的课堂教育模式，配合视频点播功能可使受教育者随时随



地自由选择学校和课程并进行学习。

(7) 远程医疗。到医院看病治疗一直是人们比较头疼的问题,尤其是缺医少药的偏远地区。有了远程医疗,人们在家中通过网络不仅可寻医问药,还能遍邀世界各地的名医专家会诊治病,从而大大提高了人类健康水平和预防与治疗各种疾病的水平。

(8) 网上娱乐。你想打桥牌吗?你想找人纹秤对奕吗?网络时代的很多娱乐活动将不再需要人们共聚一室,你可通过网络与世界各地的爱好者同享此乐。

(9) 视频点播。现在虽然电视节目有很多,但人们仍觉得可看(自己喜欢)的节目太少。视频点播将结束人们的这种烦恼,人们在家中可随意到自己热衷的电视台点播自己喜欢的各类电视节目。

(10) 信息战。以通信技术为主要手段的新型作战方式,比如信息战、电子对抗、激光制导等正逐步取代传统的士兵对抗作战方式。未来战争将在很大程度上依赖于先进的科学技术,交战双方不再是拼兵力,而是拼通信技术、拼干扰和抗干扰技术、拼反应速度、拼制导武器的打击精度。

凡此种种,不胜枚举。

通过上述实例我们可以看到,通信技术在我们的生产和生活中扮演着极其重要的角色,各种通信业务已经成为人们生活中不可或缺的组成部分,有关通信方面的知识和技能已经成为广大民众生活和工作之必需。

0.2 课程内容与讨论的问题

“通信原理”课程的主要内容树见图 0-1。概括起来,模拟通信和数字通信是其讨论的两大热点。因此,该课程所研究讨论的基本问题也是围绕着这两个主题展开。

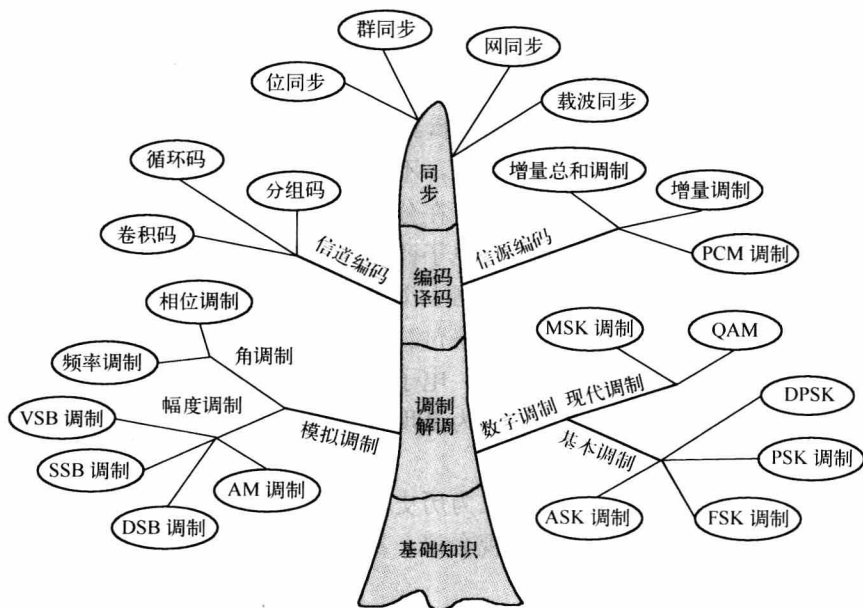


图 0-1 通信原理课程主要内容树



现代通信技术所涉及的主要问题概括地说就是如何把大量信息快速、准确、广泛、方便、经济、安全、长距离地从信源通过传输介质传送到信宿。基于这样一个宏观认识,通信原理课程具体研究讨论如下问题:

1. 在模拟通信领域

(1) 基带信号特性。通过各种换能器或传感器(话筒、摄像头等)得到的携带事物模拟信息(语音或影像等)的原始信号就是模拟基带信号。基带信号的特性主要由其频谱来反映。研究其特性实际上就是讨论其频谱。

(2) 调制与解调原理。基带信号不适合无线传输和长距离传输,因此,需要通过某种手段才能解决问题。而调制与解调就是解决该问题的一剂良药。

(3) 信道与噪声特性及其对信号的影响。通信最根本的任务是在信宿可靠地再现出信源所发出的信号,而信号在信道的传输过程中会受到信道与噪声的影响,并体现在信噪比这个技术指标上。

(4) 噪声下的系统性能。各类噪声的出现是客观现实,有的存在于通信系统内部,有的由外部环境产生。没有不受噪声影响的通信系统。因此,需要研究在相同外部环境下不同通信系统的传输特性,以及一个通信系统如何实现最佳性能等问题。具体地说,主要是指系统带宽和信噪比问题。

显然,对于模拟通信而言,最主要的问题就是如何实现“调制/解调”和提高“信噪比”。

2. 在数字通信领域

(1) 模数、数模转换。早期的数字通信主要完成语音或影像这类模拟消息(信号)的传输。其系统的第一个任务就是在发信端要把模拟信号转换为数字信号,同时,在接收端要进行反变换——数模转换。显然,如何高效、准确、方便、经济地完成该任务就是数字通信首先需要解决的问题。

(2) 编码与译码原理。如 1.2.4 节所述,数字通信系统有两个编译码模块,即信源编译码和信道编译码模块。这两个功能主要是为了提高通信的可靠性,即降低差错率。同时,还可以通过编码对信息加密,从而提高信息传输的安全性。

(3) 同步。在数字通信系统中,信宿要想准确地接收或恢复信源所发出的数字信号,就必须按信源所发送的节拍接收信号才行,这就是“同步”。

(4) 调制与解调原理。同模拟通信一样,数字通信也需要调制传输,因此,调制与解调也是其讨论的主要问题之一。

综上所述,通信原理课程所研讨的主要问题是:调制/解调,编码/译码,同步。

0.3 通信技术发展史

自 19 世纪初电通信技术问世以来,短短的一百多年时间里,通信技术的发展可谓日新月异。“千里眼”、“顺风耳”等古人的梦想不但得以实现,而且还出现了许多人们过去想都不曾想过的新技术。回顾通信技术的发展史有利于我们更好地了解与掌握这门科学知识。下面我们给出通信技术发展历史简表(见表 0-1)。



表 0-1 通信技术发展历史简表

年 份	事 件
1837	莫尔斯发明有线电报，开创了电信的新时代，也是数字通信的开始
1864	麦克斯韦预言了电磁波的存在，建立了电磁场理论
1876	贝尔发明有线电话，也是模拟通信的先驱
1887	赫兹验证了麦克斯韦的理论，实验证明了电磁波的存在
1900	马可尼首次发射横跨大西洋的无线电信号
1905	费森登通过无线电波传送语音与音乐
1906	福雷斯特发明真空三极管放大器
1918	阿姆斯特朗发明超外差接收机、调幅无线电广播问世
1920	卡森将抽样定理用于通信系统
1931	电传打字机服务开始
1933	阿姆斯特朗发明调频技术
1936	英国广播电视台（BBC）开播
1937	里夫斯（Alec-Reeves）提出脉冲编码调制（PCM）
1945	美国研制出第 1 台电子数字计算机
1947	贝尔实验室的布莱顿、巴丁和少克莱发明晶体管
1948	香农发表信息论
1953	第一条横渡大西洋的电话电缆成功铺设
1996—1970	梅曼发明激光器；美国开始立体声调频广播（1961）；发明集成电路；美国发射第一颗通信卫星（1962 年），卫星通信步入实用阶段；实验性的 PCM 系统；实验性的光通信；登月实况电视转播（1968 年）
1970—1980	商用通信卫星投入使用；第一块单片微处理器问世；演示蜂窝电话系统；个人计算机出现；大规模集成电路时代到来；光纤通信系统投入商用；开发出压缩磁盘
1980—1990	移动、蜂窝电话系统；多功能数字显示器；可编程数字处理器；芯片加密；压缩光盘；单片数字编译码器；IBM PC 机出现；传真机广泛使用；以太网发展；卫星全球定位系统（GPS）完成部署（1989）
1990—2000	GSM 移动通信系统投入商用（1991）；综合业务数字网（ISDN）发展；Internet 和 www 普及；直接序列扩频系统；高清晰广播电视（HDTV）；数字寻呼；掌上电脑；数字蜂窝
2000 年至今	进入基于微处理器的数字信号处理、数字示波器、高速个人计算机、扩频通信系统、数字通信卫星系统；数字电视（DTV）及个人通信系统（PCS）时代



0.4 课程学时分配表

章 次	内 容	时 数
第 1 章	绪论	4
第 2 章	确知信号	自学 (不占学时)
第 3 章	随机过程	4~6
第 4 章	信道与噪声	4~6
第 5 章	模拟调制系统	4~8
第 6 章	脉冲调制与模数转换	8~10
第 7 章	数字信号基带传输	8~10
第 8 章	数字信号调制传输	8~10
第 9 章	数字信号最佳接收	8~10
第 10 章	差错控制编码	6~8
第 11 章	同步原理	2~4
	复习总结	

0.5 学习/教学方法指导

- 明确每章的学习目的
- 理顺每章的内容主线
- 制定每章的学习/教学策略
- 注重分析问题的思路
- 注重探讨概念的内涵
- 注重例题的示范效果
- 学会多视角分析问题
- 概念——理解透彻、细微
- 例题/习题——思路、方法、技巧、结论

第1章 通信与通信系统

主题词：通信，通信系统，信息量，性能指标。

内容作用：建立通信与通信系统的基本概念。

学习要求：了解通信的定义、通信系统的组成、分类和通信方式等基本概念；掌握信息的度量方法，以及通信系统性能的评价指标。

1.1 通信的概念

信息作为一种资源，只有通过传播、交流与共享，才能为人们所用并产生价值。“通信”作为信息传输的手段或方法，已经成为人类生活和社会生产实践的一个重要组成部分。

谈到通信(communication)，相信每个人都不会陌生。古代的烽火报警，就是把敌人入侵的消息通过点燃的烟火传达给远方的人们；抗日战争时期，儿童团员把“消息树”放倒，告诉村里的人们“鬼子来了”；航海中的灯语和旗语通过灯的闪烁和旗子的挥动建立起港船之间或船船之间的无声对话；传统的信函以文字形式把游子的思乡之情浓缩于尺素之中，再利用邮政系统送达家人；在各种建设工地上，工人们经常使用对讲机相互联络，协调工作；在影视作品中经常看到军人或警察利用无线电台进行作战指挥；还有电报、电传、电话、寻呼、移动电话、有线广播、无线广播、有线电视、无线电视等当代最为普及的通信手段都是现实生活中我们所熟悉的通信实例。

在上述实例中我们不难发现，无论是远古狼烟滚滚的烽火还是今天四通八达的电话，无论是饱含情谊的书信还是绚丽多彩的电视画面，尽管通信的方法或手段各种各样，传递的内容千差万别，但都有一个共性，那就是进行信息的传递。

信息(information)是一切事物运动状态或存在方式的不确定性描述，是人们欲知或欲表达的事物运动规律，通常以消息的形式(例如语言、文字、符号、音乐、数据、图片或活动图像等能够被人感知的形式)表现出来。

消息(message)是信息的外在表现形式。信息是消息的内涵。

显然，消息类似于容器，信息好比容器中的物品。一条消息可以包含丰富的信息，也可以不包含信息。一种信息可以由多种消息形式表示，例如天气信息可以在报纸上以文字形式出现，也可以在广播或电视上以语音或图像形式发布。

在通信技术中，若不加说明，“信息”与“消息”在大多数场合不用严格区分，在含义上可以认为两者等同。

消息可以分成两大类：连续(模拟)消息和离散(数字)消息。连续消息指消息的状态是连续变化或不可数的，如连续变化的语音、图像等；离散消息则指消息的状态是可数的或离散的，如符号、数据等。

在电通信过程中，消息必须先转变成电信号(如电压、电流等)才能通过通信线路进行传输。

基于上述内容，我们可以给“通信”一个基本的定义：