



经典教材辅导用书
电子与信息类丛书

通信原理 辅导与习题解答

樊昌信·《通信原理》(第五版)
曹志刚·《现代通信原理》
南利平·《通信原理简明教程》

王福昌 编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

经典教材辅导用书·电子与信息类丛书

通信原理

辅导与习题解答

樊昌信·《通信原理》(第五版)

曹志刚·《现代通信原理》

南利平·《通信原理简明教程》

王福昌 编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

通信原理辅导与习题解答/王福昌 编
武汉:华中科技大学出版社,2006年3月
ISBN 7-5609-3675-X

I. 通…

II. 王…

III. 通信原理-高等学校-教学参考资料

IV. TN911

通信原理辅导与习题解答

王福昌 编

责任编辑:周芬娜

封面设计:潘 群

责任校对:朱 霞

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:850×1168 1/32

印张:12.125

字数:289 000

版次:2006年3月第1版

印次:2006年9月第2次印刷

定价:18.50元

ISBN 7-5609-3675-X/TN·98

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书是根据高等院校通信原理课程的教学基本要求及硕士研究生入学考试的基本要求而编写的。在全书前11章中,对信号分析、信道、模拟调制系统、数字基带传输系统、正弦载波数字调制系统、模拟信号的数字传输、数字信号的最佳接收、差错控制编码、正交编码与伪随机序列,以及同步原理等,进行了简明扼要和系统的总结。前11章中的每章都包括了3部分,即学习要点、典型例题和自测自评。第12章是本科通信原理课程期末考试试题和硕士研究生入学考试通信原理试题,以及这些试题的解答。书中例题和自测试题主要是从樊昌信等编著的《通信原理》(第五版)、曹志刚等编著的《现代通信原理》以及南利平编著的《通信原理简明教程》中选取的,有的题目是编者自编的。本书的编写注意了突出基本理论、基本概念、基本方法和重要结论,同时注重了通信系统的整体知识以及解题的思路和技巧。

本书可作为高等学校本科学生的辅导教材和报考电子、信息、通信等学科专业和其它相关专业硕士研究生考生的复习参考用书,还可以作为申请信息与通信工程硕士学位同等学力人员的复习参考用书。

前 言

通信原理属于电子信息类各专业的专业基础课,是通信工程、电子信息工程专业学生的必修课,也是电子科学与技术、计算机、自动控制以及光电子等各专业学生的必修课或选修课,还是相关专业硕士研究生入学考试科目之一。

现代通信包括传输、复用、交换及网络等四大技术,通信原理主要涉及传输和复用技术。

通信原理是一门理论性和实践性都很强的课程。学生不但应该掌握通信系统的基本原理和基本分析方法,还应该深刻理解通信系统重要的概念并牢记重要的结论。学习这门课时,首先要注意所用的数学工具及分析方法,然后尽可能地将分析结论与实际的物理概念联系在一起,再做一定数量的习题和实验以加深对理论、方法和结论的理解。本门课程的本科生期终考试试题及硕士研究生入学考试试题,其重点是考查学生对通信系统基本概念和重要结论的理解和掌握程度,以及运用基本理论和方法分析通信系统具体问题的能力。上述各点,也是编写本书的指导思想。

本书包含了樊昌信等编著的《通信原理》(第五版)前11章的主要内容,典型例题、自测试题选自樊昌信等编著的《通信原理》(第五版)、曹志刚等编著的《现代通信原理》及南利平编著的《通信原理简明教程》。另外,编者多年的教学经验和科研成果在本书中也有所体现。

本书的第2章(信号分析)是数学基础,一般不属于本门课程的教学内容;第9章(差错控制编码)及第10章(正交编码与伪随机序列),由于学时限制,一般被安排到其它课程中。考虑到内容的完

整性,仍将上述3章编入本书。

本书的特点是:突出通信系统概念、突出物理概念、突出重要结论、题目内容广泛、难度适中。

潘晓明、李津、黄佳庆等三位老师参加了例题及自测题的解答工作和校对工作。

编者感谢潘晓明老师、李津老师、黄佳庆老师,感谢华中科技大学出版社的周芬娜老师及其他工作人员,没有他们的大力支持和辛勤工作,本书将难以如期与读者见面。

本书可能有不妥或错误之处,敬请读者赐教,编者将不胜感激!

编 者

2006年2月于武昌

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 学习要点	(1)
1.1.1 通信的定义与分类方式	(1)
1.1.2 模拟通信的基本概念	(2)
1.1.3 数字通信的基本概念	(3)
1.1.4 信息及其度量	(5)
1.1.5 通信系统的主要性能指标	(5)
1.2 典型例题	(7)
1.3 自测自评	(10)
1.3.1 自测试题	(10)
1.3.2 自测试题解答	(11)
第2章 确知信号与随机信号分析	(14)
2.1 学习要点	(14)
2.1.1 确知信号分析	(14)
2.1.2 随机变量分析	(19)
2.1.3 随机过程分析	(20)
2.2 典型例题	(29)
2.3 自测自评	(38)
2.3.1 自测试题	(38)
2.3.2 自测试题解答	(40)
第3章 信道	(45)
3.1 学习要点	(45)
3.1.1 信道的定义与分类	(45)

3.1.2	信道数学模型	(46)
3.1.3	恒参信道特性及其对信号传输的影响	(47)
3.1.4	随参信道特性及其对信号传输的影响	(48)
3.1.5	信道的加性噪声	(50)
3.1.6	信道容量	(51)
3.2	典型例题	(52)
3.3	自测自评	(57)
3.3.1	自测试题	(57)
3.3.2	自测试题解答	(58)
第4章	模拟调制系统	(60)
4.1	学习要点	(60)
4.1.1	基本概念	(60)
4.1.2	幅度调制原理	(61)
4.1.3	角度调制原理	(68)
4.1.4	模拟调制系统的抗噪性能	(72)
4.1.5	频分复用(FDM)、复合调制与多级调制	(75)
4.2	典型例题	(75)
4.3	自测自评	(89)
4.3.1	自测试题	(89)
4.3.2	自测试题解答	(92)
第5章	数字基带传输系统	(101)
5.1	学习要点	(101)
5.1.1	常用的数字基带信号码型	(101)
5.1.2	数字基带信号的功率谱密度	(104)
5.1.3	数字基带传输系统无码间串扰条件	(106)
5.1.4	常见的无码间串扰基带系统	(110)
5.1.5	基带传输系统的抗噪声性能	(113)
5.1.6	眼图	(115)

5.1.7 时域均衡	(116)
5.2 典型例题	(118)
5.3 自测自评	(133)
5.3.1 自测试题	(133)
5.3.2 自测试题解答	(137)
第6章 正弦载波数字调制系统	(147)
6.1 学习要点	(147)
6.1.1 二进制调制原理	(147)
6.1.2 四进制移相键控(4PSK)及四进制差分 移相键控(4DPSK)调制原理	(155)
6.1.3 M 进制正交振幅调制(MQAM)原理	(159)
6.1.4 最小移频键控(MSK)及高斯最小 移频键控(GMSK)调制基本概念	(161)
6.1.5 无码间串扰数字调制系统	(162)
6.1.6 数字调制系统的抗噪性能	(165)
6.2 典型例题	(167)
6.3 自测自评	(183)
6.3.1 自测试题	(183)
6.3.2 自测试题解答	(185)
第7章 模拟信号的数字传输	(196)
7.1 学习要点	(196)
7.1.1 引言	(196)
7.1.2 脉冲编码调制(PCM)基本原理	(196)
7.1.3 均匀量化与线性PCM	(202)
7.1.4 非均匀量化与对数PCM	(204)
7.1.5 A 律PCM	(206)
7.1.6 差分脉码调制(DPCM)	(208)
7.1.7 增量调制(ΔM)	(210)

7.1.8	PCM 系统与 ΔM 系统的性能比较	(212)
7.1.9	时分复用(TDM)	(214)
7.2	典型例题	(217)
7.3	自测自评	(227)
7.3.1	自测试题	(227)
7.3.2	自测试题解答	(230)
第8章	数字信号的最佳接收	(234)
8.1	学习要点	(234)
8.1.1	最佳接收准则	(234)
8.1.2	确知信号的最佳相干接收	(235)
8.1.3	确知信号的匹配滤波器接收	(238)
8.1.4	随相信号的最佳接收	(239)
8.1.5	最佳基带传输系统	(241)
8.2	典型例题	(243)
8.3	自测自评	(249)
8.3.1	自测试题	(249)
8.3.2	自测试题解答	(250)
第9章	差错控制编码	(256)
9.1	学习要点	(256)
9.1.1	引言	(256)
9.1.2	差错控制编码基本概念	(257)
9.1.3	线性分组码	(258)
9.1.4	循环码	(261)
9.1.5	交织码	(263)
9.1.6	卷积码	(264)
9.2	典型例题	(267)
9.3	自测自评	(271)
9.3.1	自测试题	(271)

9.3.2 自测试题解答	(272)
第10章 正交编码与伪随机序列	(277)
10.1 学习要点	(277)
10.1.1 正交编码基本概念	(277)
10.1.2 m 序列	(279)
10.1.3 伪随机序列的应用	(281)
10.2 典型例题	(284)
10.3 自测自评	(288)
10.3.1 自测试题	(288)
10.3.2 自测试题解答	(289)
第11章 同步原理	(293)
11.1 学习要点	(293)
11.1.1 引言	(293)
11.1.2 载波同步	(295)
11.1.3 位同步	(298)
11.1.4 帧同步(群同步)	(303)
11.2 典型例题	(306)
11.3 自测自评	(310)
11.3.1 自测试题	(310)
11.3.2 自测试题解答	(312)
第12章 试题及解答	(314)
12.1 本科通信原理课程期末考试试题	(314)
试题(1)	(314)
试题(1)解答	(316)
试题(2)	(318)
试题(2)解答	(321)
试题(3)	(325)
试题(3)解答	(328)

试题(4)	(332)
试题(4)解答	(335)
12.2 硕士研究生入学考试通信原理试题	(340)
试题(1)	(340)
试题(1)解答	(342)
试题(2)	(345)
试题(2)解答	(347)
试题(3)	(353)
试题(3)解答	(356)
试题(4)	(363)
试题(4)解答	(366)
附录一 常用三角公式	(371)
附录二 Q 函数表、 Q 函数曲线和误差函数表	(372)
参考文献	(376)

第 1 章 绪 论

1.1 学习要点

1.1.1 通信的定义与分类方式

1. 通信的定义

通信就是传输信息,以语言、图像、数据为媒体,通过电(或光)信号将信息由一方传输到另一方。

2. 模拟通信系统与数字通信系统

信道中传输模拟信号的通信系统为模拟通信系统,信道中传输数字信号的通信系统为数字通信系统。

3. 模拟信号与数字信号

(1) 模拟信号

模拟基带信号(一般指未调制过的信号)的瞬时值的状态数是无限的,如低频正弦信号、语音信号、图像信号等。

在模拟已调信号(载波一般为正弦信号)的三个参数(振幅 A 、频率 F 、相位 P)中至少有一个参数的状态数是无限的,如 AM、FM、PM 信号等。

(2) 数字信号

数字基带信号的瞬时值的状态数是有限的,如计算机和电报机的输出信号等。

在数字已调信号*的参数 A 、 F 、 P 中至少有一个参数的状态数

* 有时也称载波为正弦波的数字已调信号为连续信号,因为它们的瞬时值在某一范围内连续变化。

是有限的。

图 1-1 为二进制数字信号。

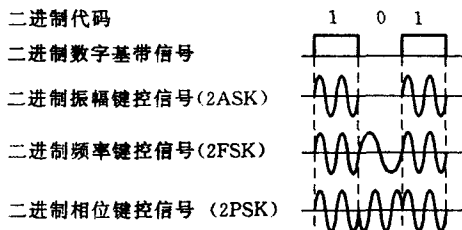


图 1-1 二进制数字信号

4. 通信系统分类方式

根据信道中传输的信号种类可将通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。还可以根据其它特点来分类,如消息的物理特征、工作频率、传输媒介、信号复用方式、信号传输方向等。

1.1.2 模拟通信的基本概念

1. 点对点单路通信系统

图 1-2 为点对点单路通信系统模型,图中有关单元的功能如下。

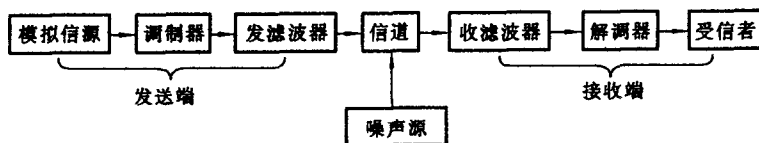


图 1-2 模拟通信系统模型

(1) 调制器与解调器

调制器将模拟基带信号转换成适合于信道传输的信号,对已

调信号可以进行频分复用处理。解调是调制的逆过程。

(2) 发滤波器

滤除调制器输出中的无用信号。

(3) 收滤波器

滤除带外噪声,提高解调器输入信噪比。

发滤波器及收滤波器的带宽不能小于已调信号带宽。

在模拟通信系统中也可以不用调制解调器,此种模拟基带通信系统比较简单,本书不予讨论。

点对点单路通信系统需要解决的主要问题,是如何快速高质量地将信息由一方传输到另一方。

2. 点对点多路通信系统

点对点多路通信系统除解决信息传输技术外,还必须解决信息复用技术,即在发端将多路信号复接在一起、在收端将已复接在一起的多路信号进行分接处理。在模拟通信中只能用频分复用(FDM)技术。

3. 通信网

通信网涉及传输、复用、交换、网络四大技术。通信原理这门课只介绍传输和复用技术。

1.1.3 数字通信的基本概念

图1-3为点对点单路数字通信系统模型,有关单元的功能如下。

(1) 信源

可以是模拟信源,也可以是数字信源(又称离散信源)。

(2) 信源编码器

当信源是模拟信源时,信源编码器将模拟信源输出的模拟信号变为数字信号(A/D),再将数字信号进行压缩处理。当信源是数字信源时,信源编码器将信源输出的数字信号进行压缩处理。信源

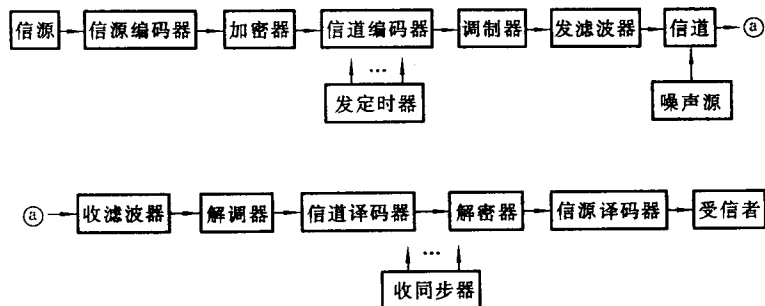


图 1-3 数字通信系统模型

译码是信源编码的逆过程。

(3) 加密与解密

实现保密通信。在模拟通信系统中也可以进行加密与解密,但比较麻烦,现在已较少研究。

(4) 信道编码

提高数字通信系统的抗干扰能力。

(5) 调制与解调

作用同模拟通信中的调制与解调。

(6) 发滤波器

数字信号的频率范围在理论上是无限的,发滤波器将数字信号的频率范围限制在某一允许范围内,以减少占用的信道频带。

(7) 收滤波器

滤除带外噪声且与发滤波器、信道一起保证收端的信号无码间串扰。

(8) 发定时器

为调制器提供载波信号,为信源编码器、加密器、信道编码器等单元提供各种时钟信号。

(9) 收同步器

从收信号中提取各种同步信号,如载波同步信号、位同步信号、帧同步信号等。这些同步信号使收发信机步调一致地工作,以正确地传输信息。

在实际通信系统中,可以根据具体情况省略掉图 1-3 中的某些单元。若无调制解调器则为数字基带系统。

与模拟通信类似,在多路数字通信系统中除采用上述数字传输技术外还需采用复用技术,在通信网中还需采用交换技术及网络技术。目前在数字通信系统中常用的复用技术是 FDM 和 TDM (时分复用)。

1.1.4 信息及其度量

1. 离散消息的信息量

某离散消息 x 发生的概率为 $P(x)$,则它所携带的信息量为

$$I = -\log_a P(x) \quad (1-1)$$

当 $a=e$ 时,信息量的单位为奈特(nit);当 $a=2$ 时,信息量的单位为比特(bit)。目前广泛使用的单位为 bit。

2. 离散信源的平均信息量

设信源输出 M 个统计独立的符号 $x_1, x_2, \dots, x_M$,它们出现的概率分别为 $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_M)$,则每个符号所含信息量的统计平均值即离散信源的平均信息量为

$$H(X) = -\sum_{i=1}^M P(x_i) \log_2 P(x_i) \quad (\text{bit/符号}) \quad (1-2)$$

信源的平均信息量又被称为信源熵。可以证明,最大信源熵发生在信源的每个符号等概独立出现时,最大信源熵为

$$H_{\max}(X) = \log_2 M \quad (\text{bit/符号}) \quad (1-3)$$

1.1.5 通信系统的主要性能指标

通信的目的是快速、准确地传输信息。快速可以用有效性来描