

九章
丛书

高校经典教材同步辅导丛书

配套国防工业版·樊昌信、曹丽娜主编

教你用更多的自信面对未来！

一书两用
同步辅导+考研复习

通信原理

(第七版)

同步辅导及习题全解

主 编 王颖惠 牛丽英

习题超全解
名师一线经验大汇集，解题步骤超详细，方法技巧最实用

新版



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高校经典教材同步辅导丛书

通信原理（第七版）同步辅导 及习题全解

主 编 王颖惠 牛丽英



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是与国防工业出版社出版,樊昌信、曹丽娜编著的《通信原理》(第七版)一书配套的同步辅导及习题全解辅导书。

本书共有 13 章,分别介绍绪论、通知信号、随机过程、信道、模拟调制系统、数字基带传输系统、数字带通传输系统、新型数字带通调制技术、数字信号的最佳接收、信源编码、差错控制编码、正交编码与伪随机序列、同步原理。本书按教材内容安排全书结构,各章均包括考试要求、知识点归纳、经典题型与解题方法归纳、教材同步习题全解、经典考研真题解析五部分内容。全书针对各章节习题给出详细解答,思路清晰,逻辑性强,循序渐进地帮助读者分析并解决问题,内容详尽,简明易懂。

本书可作为高等院校学生学习《通信原理》(第七版)的辅导教材,也可作为考研人员复习备考的辅导教材,同时可作为教师备课命题的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理(第七版)同步辅导及习题全解 / 王颖惠,
牛丽英主编. -- 北京:中国水利水电出版社, 2015. 6
(高校经典教材同步辅导丛书)
ISBN 978-7-5170-3256-4

I. ①通… II. ①王… ②牛… III. ①通信原理—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第130907号

策划编辑:杨庆川 责任编辑:张玉玲 加工编辑:鲁林林 封面设计:李佳

书 名	高校经典教材同步辅导丛书 通信原理(第七版)同步辅导及习题全解
作 者	主 编 王颖惠 牛丽英
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net(万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话:(010) 68367658(发行部)、82562819(万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京正合鼎业印刷技术有限公司
规 格	170mm×227mm 16开本 13.5印张 350千字
版 次	2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	20.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

樊昌信、曹丽娜编著的《通信原理》(第七版)以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为这门课程的经典教材,被全国许多院校采用。为了帮助读者更好地学习这门课程,掌握更多的知识,我们根据多年的教学经验编写了这本与此教材配套的《通信原理(第七版)同步辅导及习题全解》。本书旨在使广大读者理解基本概念,掌握基本知识,学会基本解题方法与解题技巧,进而提高应试能力。

本书作为一种辅助性的教材,具有较强的针对性、启发性、指导性和补充性。考虑到“通信原理”这门课程的特点,我们在内容上作了以下安排:

- 1. 考试要求。**根据教学大纲要求,总结学习的重点以及需要掌握的知识点。
- 2. 知识点归纳。**对每章知识点做了简练概括,梳理了各知识点之间的脉络联系,突出各章主要定理及重要公式,使读者在各章学习过程中目标明确,有的放矢。
- 3. 经典题型与解题方法归纳。**该部分选取了一些有启发性或综合性较强的经典例题,对所给例题先进行分析,再给出详细解答,并在最后作出点评,意在抛砖引玉。
- 4. 教材同步习题全解。**教材中课后习题丰富、层次多样,许多基础性问题从多个角度帮助学生理解基本概念和基本理论,促其掌握基本解题方法。我们对教材的课后习题给了详细的解答。
- 5. 经典考研真题解析。**精选历年研究生入学考试中具有代表性的试题进行了详细的解答,以开拓广大同学的解题思路,使其能更好地掌握该课程的基本内容和解题方法。

由于时间较仓促,编者水平有限,难免书中有疏漏之处,敬请各位同行和读者给予批评、指正。

编者
2015年8月

第一章 绪论	1
考试要求	1
知识点归纳	1
经典题型与解题方法归纳	6
教材同步习题全解	6
经典考研真题解析	9
第二章 确知信号	11
考试要求	11
知识点归纳	11
经典题型与解题方法归纳	16
教材同步习题全解	17
第三章 随机过程	22
考试要求	22
知识点归纳	22
经典题型与解题方法归纳	26
教材同步习题全解	27
经典考研真题解析	34
第四章 信道	37
考试要求	37

目录

contents

知识点归纳	37
经典题型与解题方法归纳	42
教材同步习题全解	42
经典考研真题解析	44
第五章 模拟调制系统	46
考试要求	46
知识点归纳	46
经典题型与解题方法归纳	53
教材同步习题全解	54
经典考研真题解析	63
第六章 数字基带传输系统	67
考试要求	67
知识点归纳	67
经典题型与解题方法归纳	77
教材同步习题全解	80
经典考研真题解析	92
第七章 数字带通传输系统	95
考试要求	95
知识点归纳	95
经典题型与解题方法归纳	103

教材同步习题全解	105
经典考研真题解析	114
第八章 新型数字带通调制技术	116
考试要求	116
知识点归纳	116
经典题型与解题方法归纳	118
教材同步习题全解	119
经典考研真题解析	122
第九章 数字信号的最佳接收	125
考试要求	125
知识点归纳	125
经典题型与解题方法归纳	130
教材同步习题全解	133
经典考研真题解析	138
第十章 信源编码	143
考试要求	143
知识点归纳	143
经典题型与解题方法归纳	152
教材同步习题全解	154
经典考研真题解析	161

目录

contents

第十一章 差错控制编码	164
考试要求	164
知识点归纳	164
经典题型与解题方法归纳	170
教材同步习题全解	172
经典考研真题解析	186
第十二章 正交编码与伪随机序列	190
考试要求	190
知识点归纳	190
经典题型与解题方法归纳	194
教材同步习题全解	194
经典考研真题解析	197
第十三章 同步原理	200
考试要求	200
知识点归纳	200
经典题型与解题方法归纳	202
教材同步习题全解	202
经典考研真题解析	204

第一章

绪论

考试要求

1. 了解通信的基本概念、模型、分类及通信方式
2. 掌握信息的定义及其度量方法
3. 掌握通信网的主要性能指标

知识点归纳

1. 通信的基本概念

通信:利用电、光信号传输消息中所包含的信息。

信息:是消息中包含的有效内容,即消息的内涵。

消息:是物质或精神状态的一种反映,例如语音、文字、音乐、数据、图片或活动图像等,信息的物理表现形式。主要分为连续消息和离散消息两大类。

信号:信息的传输载体。

通信的目的:传递消息中所包含的信息。

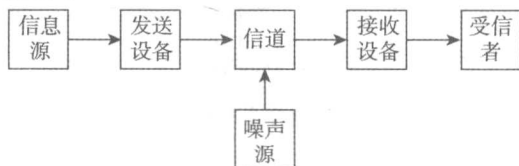
实现通信的方式和手段:

(1)非电的:如旌旗、消息树、烽火台等。

(2)电的:如电报、电话、广播、电视、遥控、遥测、因特网和计算机通信等。

2. 通信系统模型

通信系统模型如下图所示:



信息源(信源):把各种消息转换成原始电信号,如麦克风。信源可分为模拟信源和数字信源。

发送设备:产生适合于在信道中传输的信号。

信道:将来自发送设备的信号传送到接收端的物理媒质。可以分为有线信道和无线信道两大类。

接收设备:从受到减损的接收信号中正确恢复出原始电信号。

受信者(信宿):把原始电信号还原成相应的消息,如扬声器等。

噪声源:集中表示分布于通信系统中各处的噪声。

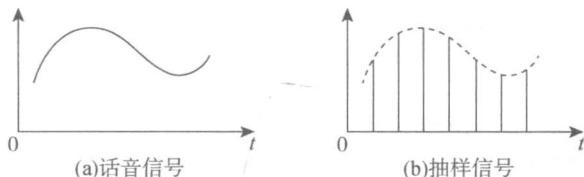
3. 通信系统分类与通信方式

(1) 通信系统的常见分类

按信道信号特征分类	模拟通信、数字通信
按传输媒质分类	有线通信、无线通信
按传输方式分类	基带传输、带通传输
按通信业务分类	电话通信、数据通信、图像通信、遥控通信等
按工作波段分类	长波通信、短波通信、微波通信、光通信等
按复用方式分类	频分复用、时分复用、码分复用等

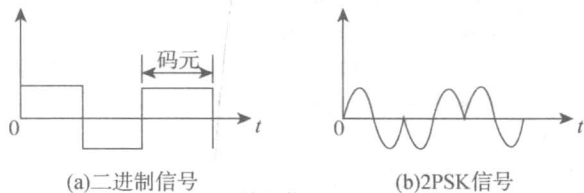
模拟信号和数字信号

模拟信号:代表消息的信号参量取值连续,例如麦克风输出电压:



模拟信号

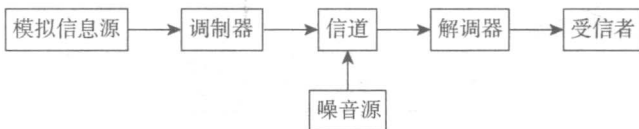
数字信号:代表消息的信号参量取值为有限个,例如电报信号、计算机输入输出信号:



数字信号

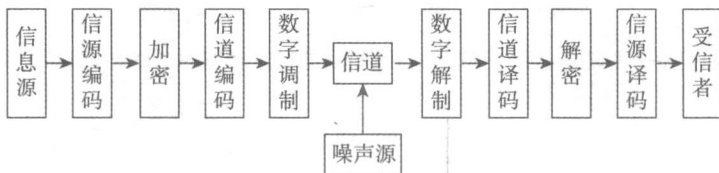
通常,按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,相应地把通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。

1) 模拟通信系统是利用模拟信号来传递信息的通信系统:



模拟通信系统模型

2) 数字通信系统是利用数字信号来传递信息的通信系统



数字通信系统模型

在数字通信系统中主要有信源编码与译码、信道编码与译码、数字调制与解调、同步及加密解密等。

信源编码与译码目的:信源编码有两个基本功能,一是提高信息传输的有效性,即通过某种数据压缩技术设法减小码元数目和降低码元速率。二是完成模/数转换,即当信息源给出的是模拟信号时,信源编码器将其转换成数字信号,以实现模拟信号的数字化传输。信源译码为信源编码的逆过程。

信道编码与译码目的:增强抗干扰能力。数字信号在信道传输时受到噪声等影响后将会出现差错,为减小差错,信道编码器对传输的信息码元按一定的规则加入保护成分(即监督元),组成“抗干扰编码”。

加密与解密目的:保证所传信息的安全。在需要保密通信的场合,为保证所传信息的安全,人为地将被传输数字序列扰乱,该处理过程称为加密。在接收端利用与发送端相同的密码复制品对受到的数字序列进行解密,恢复原来的信息,该过程称为解密。

数字调制与解调目的:数字调制就是把数字基带信号的频谱搬移到高频处,形成适合在信道中传输的带通信号。

同步目的:使收发两端的信号在时间上保持步调一致。同步是保证数字通信系统的有序、准确、可靠工作的前提条件。

数字通信的特点:

优点:①抗干扰能力强,且噪声不积累。

②传输差错可控。

③便于处理、变换、存储。

④便于将来自不同信源的信号综合到一起传输。

⑤易于集成,使通信设备微型化,重量轻。

⑥易于加密处理,且保密性好。

缺点:①需要较大的传输带宽。

②对同步要求高。

(2)通信方式的分类

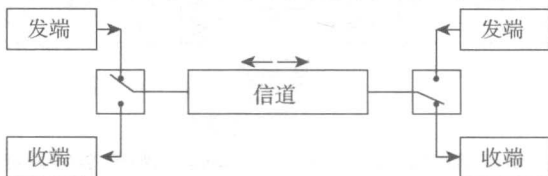
按传输方向与时间的关系	单工通信、半双工通信、全双工通信
按数字码元的传输时序	并行传输、串行传输
按系统结构	点到点通信、点到多点通信、多点之间通信

1)单工、半双工和全双工通信

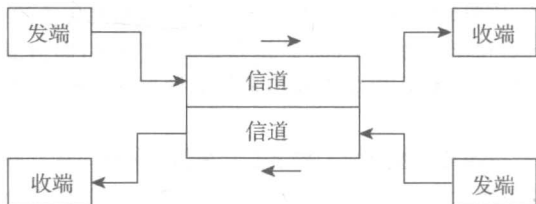
单工:指单方向传输信息的工作方式。



半双工:指通信双方都能够收发消息,但不能同时进行收和发的工作方式

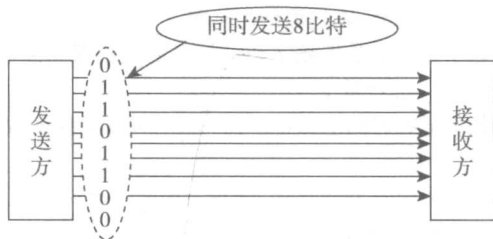


全双工:指通信双方可同时收发信息的工作方式。

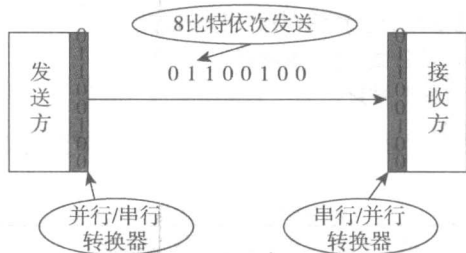


2) 并行传输和串行传输

并行传输:将代表信息的数字信号码元序列以成组的方式在两条或两条以上的并行信道上同时传输。其优点为节省传输时间,速度快,不需要字符同步措施;缺点是需要 n 条通信线路,成本高。



串行传输:将数字信号码元序列以串行方式一个码元接一个码元地在一条信道上传输。其优点为只需一条通信信道,节省线路铺设费用;缺点是速度慢,需要外加码组或字符同步措施。



4. 信息及其度量

对接收者来说,只有消息中不确定的内容才能被称为信息,这种描述不确定性的程度可以用概率来表示。因此消息中所含的信息量与消息发生的概率密切相关。消息出现的概率越小,所包含的信息量就越大。

消息 x 中所含信息量 I 与消息出现概率 $P(x)$ 的关系如下:

$$I(x) = I|P(x)|$$

$P(x)=1, I=0; P(x)=0, I=\infty$ 。

若干互相独立事件构成的消息,所含信息量等于各独立事件信息量之和,即:

$$I(x_1, x_2, \dots, x_n) = I(x_1) + I(x_2) + \dots + I(x_n)$$

信息量 I 的定义:

$$I(x) = \log_a \frac{1}{P(x)} = -\log_a P(x)$$

其中,若 $a=2$,信息量的单位称为比特(bit),可简记为 b ;若 $a=e$,信息量的单位称为奈特(nat);若 $a=10$,信息量的单位称为哈特莱(Hartley)。

通常广泛使用的单位为比特,这时有:

$$I = \log_2 \frac{1}{P(x)} = -\log_2 P(x)$$

由上述可知, $P(x)$ 和 I 之间应该有如下关系:

I 是 $P(x)$ 的函数: $I = I[P(x)]$ 。

$P(x) \uparrow, I \downarrow; P(x) \downarrow, I \uparrow$ 。

$P(x)=1$ 时, $I=0$; $P(x)=0$ 时, $I=\infty$ 。

$I[P(x_1)P(x_2)\dots] = I[P(x_1)] + I[P(x_2)] + \dots$

离散消息的度量:熵 $H(x)$ ——连续消息的平均信息量。

$$H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i) \text{ (bit/符号)}$$

5. 通信系统主要性能指标

通信系统的主要性能指标:有效性和可靠性。

有效性:指传输一定信息量时所占用的信道资源(频带宽度和时间间隔),或者说是传输的“速度”问题。

可靠性:指接收信息的准确程度,也就是传输的“质量”问题。

(1) 数字通信系统

有效性:系统传输消息的效率/通信资源(频率、时间)的充分利用,在给定的信道内能够容纳多大的信息量,或允许传输多高的信息率。有效性指标:频带利用率。定义为单位带宽内的传输速率,即:

$$\eta = \frac{R_B}{B} \text{ (Baud/Hz)} \text{ 或 } \eta_p = \frac{R_b}{B} \text{ (b/(s} \cdot \text{Hz))}$$

可靠性:信息传输的准确程度,传送消息的准确还原。可靠性的指标为:差错概率,包括误码率和误信率等。

误码率:错误接收的码元个数在传输码元总数中所占的比例,即:

$$P_e = \frac{\text{错误接收的码元数}}{\text{传输的总码元数}} = \frac{N_e}{N}$$

根据信息论观点,通信系统的有效性和可靠性常常是一对矛盾。也就是说有效性很高的通信系统往往带来可靠性不足的缺点;或者是保证了很高的可靠性,但导致有效性的降低。可靠性是矛盾的主要方面,即发送消息在接收端的准确还原。

(2) 模拟通信系统

有效性:用所传信号的有效传输带宽来表征。

可靠性:均方误差。

经典题型与解题方法归纳

■ 题型 1 信息熵的计算

题型分析:考查信源熵、信息量等公式的掌握。

例题 1 设一信息源的输出由 128 个不同的符号组成,其中 16 个出现的概率为 $1/32$,其余 112 个出现概率为 $1/224$ 。信息源每秒发出 1000 个符号,且每个符号彼此独立。试计算该信息源的平均信息速率。

解题过程 该信息源的平均信息量为

$$\begin{aligned} H(x) &= \sum_{i=1}^M P(x_i) \log_2 P(x_i) = -\frac{16}{32} \log_2 \frac{1}{32} - \frac{112}{224} \log_2 \frac{1}{224} \\ &= 6.405(\text{bit/符号}) \end{aligned}$$

另由题意可知,码元速率 $R_B = 1000\text{B}$,所以该信息源的平均信息速率为 R_b 为

$$R_b = R_B \times H(x) = 6405(\text{bit/s})$$



温馨提示:首先计算信息源的熵,然后根据传码率计算平均信息量。

■ 题型 2 传码率与传信率的计算

题型分析:考查传码率与传信率之间的关系求解。

例题 2 如果二进制独立等概信号,码元宽度为 0.5ms ,求传码率 R_B 与传信率 R_b 。

解题过程 传码率 $R_B = 1/T = 2000\text{B}$

二进制中,不同码元等概出现时,每个码元的平均信息量为

$$H(x) = \log_2 0.5 = 1(\text{bit/符号})$$

因此,传信率为 $R_b = R_B \times H(x) = 2000(\text{bit/s})$

教材同步习题全解

注:原题目见教材 P15~P16。

1-1 **知识点窍** 考查信息及其度量公式。

逻辑推理 直接利用公式 $I = \log_2 1/P(x) = -\log_2 P(x)$ 求解,分别代入 $P(e)$ 和 $P(x)$ 即可。

解题过程 e 的信息量为

$$I_e = \log_2 \frac{1}{P(e)} = -\log_2 P(e) = -\log_2 0.105 = 3.25(\text{bit})$$

x 的信息量为

$$I_x = \log_2 \frac{1}{P(x)} = -\log_2 P(x) = -\log_2 0.002 = 8.97(\text{bit})$$

概率越小,
信息量越大

1-2 **知识点窍** 考查平均信息量的求解。

逻辑推理 直接利用公式 $H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i)$ 来求解, 将四个符号的概率代入求解即可。

解题过程 各符号的概率之和等于 1, 故第四个符号的概率为 $1/2$, 该符号集的平均信息量为

$$H = -\frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - 2 \times \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{2} = 1.75(\text{b/符号})$$

1-3 **知识点窍** 考查平均信息量、熵、信息速率的求解。

逻辑推理 码元速率仅与码元的持续时间有关, 在等概率时所得的信息速率为最大, 因为等概率时有最大熵。

解题过程 (1) 已知每个二进制码元宽度为 5ms , 又知一个字母由 2 个二进制码元组成, 属于四进制符号, 故一个字母的持续时间 $T_B = 2 \times 5\text{ms}$ 。因此, 传送字母的符号速率为

$$R_B = \frac{1}{T_B} = \frac{1}{2 \times 5 \times 10^{-3}} = 100(\text{Baud})$$

等概率时的平均信息速率为

$$R_b = R_B \log_2 M = R_B \log_2 4 = 200(\text{b/s})$$

(2) 平均信息量为

$$H = \frac{1}{5} \log_2 5 + \frac{1}{4} \log_2 4 + \frac{1}{4} \log_2 4 + \frac{3}{10} \log_2 \frac{10}{3} = 1.985(\text{b/符号})$$

非等概率时的平均信息速率为

$$R_b = R_B \cdot H = 100 \times 1.985 = 198.5(\text{b/s})$$

1-4 **知识点窍** 考查平均信息量及信息速率的求解。

解题过程 (1) 每键的平均信息量为

$$\begin{aligned} H &= -\sum_{i=1}^{10} P(x_i) \log_2 P(x_i) = -0.3 \log_2 0.3 - 2 \times 0.14 \log_2 0.14 - 7 \times 0.06 \log_2 0.06 \\ &= -3.32 \times (0.3 \lg 0.3 + 2 \times 0.14 \lg 0.14 + 7 \times 0.06 \lg 0.06) \approx 3.02(\text{b/键}) \end{aligned}$$

(2) 信息速率为

$$R_b = R_B \cdot H = 2 \times 3.02 = 6.04(\text{b/s})$$

1-5 **知识点窍** 考查平均信息量及信息速率的求解。

解题过程 每个符号的平均信息量为

$$H = 16 \times \frac{1}{32} \log_2 32 + 112 \times \frac{1}{224} \log_2 224 = 6.405(\text{b/符号})$$

已知符号速率 $R_B = 100 \text{ Baud}$, 所以平均信息速率为

$$R_b = R_B \cdot H = 1000 \times 6.404 = 6.405 \times 10^3(\text{b/s})$$

1-6 **知识点窍** 考查熵和信息速率的求解。

逻辑推理 码元速率仅与码元宽度有关, 与进制数及各个符号出现的概率无关; 当码元速率一定时, 可以通过增加进制数 M , 提高信息速率。

解题过程 (1) 已知码元宽度 $T_B = 0.4 \text{ ms}$, 则码元速率 $R_B = 1/T_B = 2500 \text{ Baud}$ 。二进制时, 信息速率等于码元速率, 即

$$R_b = R_B = 2500 (\text{b/s})$$

(2) 若码元间隔(码元宽度)不变, 则码元速率也不变, 仍为 2500 Baud , 故十六进制时, 信息速率为

$$R_b = \log_2 16 = 2500 \times 4 = 10000 (\text{b/s})$$

1-7 知识点窍 考查信息熵、信息速率的求解。

逻辑推理 信息熵建立了信息速率与码元速率的关系。当码元速率不变时, 熵越大, 信息速率就越大, 在一定时间内传送的信息量也就越多。

解题过程 (1) 平均信息量(熵)为

$$\begin{aligned} H(x) &= - \sum_{i=1}^M P(x_i) \log_2 P(x_i) \\ &= - \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} - \frac{5}{16} \log_2 \frac{5}{16} = 2.23 (\text{b/符号}) \end{aligned}$$

(2) 平均信息速率为

$$R_b = R_B \cdot H = 1000 \times 2.23 = 2.23 \times 10^3 (\text{b/s})$$

所以, 1h 传送的平均信息量为

$$I = R_b \cdot t = 2.23 \times 10^3 \times 3600 = 8.028 \times 10^6 (\text{bit})$$

(3) 等概时的信源熵 $H_{\max} = \log_2 M = \log_2 5 = 3.3219 \text{ b/符号}$, 此时平均信息速率最大。

由频带利用率公式可知 1h 传送的信息量

$$I = R_{b_{\max}} \cdot t = (R_B \cdot H_{\max}) \cdot t = 1000 \times 3.3219 \times 3600 = 1.196 \times 10^7 (\text{bit})$$

1-8 知识点窍 考查码元速率、误码率的求解。

逻辑推理 码元速率: $R_b = R_B / \log_2 M$

误码率: $P_e = \text{错误码元数} / \text{传输总码元数}$

首先通过公式计算出码元速率, 然后可以计算出总的码元数, 进而计算出误码率 P_e 。

解题过程 码元速率为

$$R_b = \frac{R_B}{\log_2 M} = \frac{2400}{\log_2 4} = 1200 (\text{Baud})$$

0.5h(1800s)内传送的码元个数

$$N = R_b \cdot t = 1200 \times 1800 = 2.16 \times 10^6 (\text{个})$$

错误码元数 $N_e = 216$ 个, 因此误码率 R_e 为

$$P_e = \frac{N_e}{N} = \frac{216}{2.16 \times 10^6} = 10^{-4}$$

经典考研真题解析

一 选择填空

- 1 某信源符号由 4 个不同的独立符号组成,信源最大熵为_____ bit/符号。
A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

答案解析 B

- 2 信息量的单位是_____,它代表一个只有_____种可能且独立_____出现的信息所包含的信息量。

答案解析 bit 2 等概

- 二 已知一离散信源由符号“0”和“1”组成,且统计独立。假定信息传输速率为每秒 1000 符号,且“0”出现的概率为 $3/8$ ，“1”出现的概率为 $5/8$ 。在二进制对称信道中, $P(1/1)=P(0/0)=0.99$,试求:
(1)该信道的信息传输速率 R ?
(2)该信道可实现的最大信息传输速率 R_{\max} ?

答案解析 (1) $P(Y=0)=P(X=0)P(0|0)+P(X=1)P(0|1)=0.3775, P(Y=1)=0.6225$
 $\therefore H(Y)=H(0.3775, 0.6225)=0.954$
 $\therefore I(X;Y)=H(Y)-H(Y|X)=H(Y)-H(0.99, 0.01)=0.873$
 $\therefore R=R_s \times I(X;Y)=873(\text{b/s})$
 (2) $I(X;Y)=H(Y)-H(Y|X)=H(Y)-0.081$
 $\therefore I(X;Y)_{\max}=H(Y)_{\max}-0.081=1-0.081=0.919$
 $\therefore R_{\max}=R_s \times I(X;Y)_{\max}=919(\text{b/s})$

- 三 有两个离散信源 X 和 Y ,其联合分布为 $P(X=Y=0)=P(X=0, Y=1)=P(X=Y=1)=1/3$,试求:
(1) $H(X)$ 和 $H(Y)$;
(2) $H(X, Y)$;
(3) $H(X|Y)$ 和 $H(Y|X)$ 。

答案解析 (1) $P(X=0)=\frac{2}{3}, P(X=1)=\frac{1}{3}$
 $\therefore H(X)=\frac{1}{3} \log_2 3 + \frac{2}{3} \log_2 \frac{3}{2} = \log_2 3 - \frac{2}{3} = 1.585 - 0.667 = 0.918$
 同理: $P(Y=0)=\frac{1}{3}, P(Y=1)=\frac{2}{3} \therefore H(Y)=\frac{1}{3} \log_2 3 + \frac{2}{3} \log_2 \frac{3}{2} = 0.918$
 (2) $H(X, Y)=3 \times \frac{1}{3} \log_2 3 = 1.585$
 (3) $H(X|Y)=H(X, Y)-H(Y)=0.667, H(Y|X)=H(X, Y)-H(X)=0.667$