

全国高等教育自学考试指定教材辅导用书

高等教育自学考试同步辅导/同步训练

计算机通信工程专业(独立本科段)

数据通信原理

主 编 倪维桢

海军出版社

2002 年·北京

图书在版编目(CIP)数据

数据通信原理/倪维桢主编. —北京:海洋出版社,
2002.1
(高等教育自学考试同步辅导·同步训练)
全国高等教育自学考试指定教材辅导用书. 图书计算机
通信工程专业
ISBN 7-5027-5502-0

I. 数… II. 倪… III. 数据通信—高等教育—自
学考试—自学参考资料 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 001815 号

责任编辑 陈泽卿

特约编辑 田 芳

责任校对 王 清

责任印制 刘志恒

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京仰山印刷厂 新华书店发行所经销

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

开本:880×1230 1/32 印张:8.25

字数:231 千字 印数:1—10000 册

定价:13.50 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

说 明

本书是全国高等教育自学考试《数据通信原理》(计算机通信工程专业——独立本科段)的配套辅导用书。

编写依据:

1. 全国高等教育自学考试指导委员会颁布的《数据通信原理自学考试大纲》;

2. 全国高等教育自学考试指导委员会组编的指定教材《数据通信原理》(倪维桢主编,中国人民大学出版社出版)。

本书特点:

1. 本书在编写过程中,严格以考试大纲为依据,以指定教材为基础。充分体现“在考查课程主体知识的同时,注重考查能力尤其是应用能力”的新的命题指导思想。

2. 全书完全依照指定教材的结构,以章为单位。考生可在系统复习教材的基础上,边学习“考核知识点提示”,边试做同步练习题,并查阅相关参考答案;对于一时难以求解的题也可先阅读参考答案,并对照教材或“考核知识点提示”,以求把问题弄明白。

3. 两套模拟试题综合了考试大纲和教材对应试者的要求,可用于检验应试者的学习效果,以帮助考生全面掌握知识,有利于通过自学考试。

为了帮助考生加深应试前的复习印象,有少量的重点内容以不同的题型重复出现。

本书可供高等教育自学考试个人自学、社会助学和参加国家统

一考试使用,也适用于其他相同专业方面的学习。

编写高质量的全国高等教育自学考试辅导用书,是社会助学的
一个重要环节。毫无疑问,这是一项艰难而有意义的工作,需要社会
各方面的关怀与支持,使它在使用中不断提高和日臻完善。

敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 1 月

目 录

第一章 概述	(1)
考核知识点提示	(1)
同步练习	(3)
参考答案	(8)
第二章 随机信号的分析	(14)
考核知识点提示	(14)
同步练习	(16)
参考答案	(19)
第三章 数据信号的传输	(32)
考核知识点提示	(32)
同步练习	(44)
参考答案	(65)
第四章 差错控制	(111)
考核知识点提示	(111)
同步练习	(117)
参考答案	(126)
第五章 数据传输控制规程和接口	(153)
考核知识点提示	(153)
同步练习	(158)
参考答案	(163)
第六章 数据交换	(173)
考核知识点提示	(173)
同步练习	(176)
参考答案	(179)
第七章 分组交换	(185)
考核知识点提示	(185)

同步练习·····	(188)
参考答案·····	(195)
第八章 分组网的通信协议 ·····	(206)
考核知识点提示·····	(206)
同步练习·····	(209)
参考答案·····	(215)
第九章 数据网 ·····	(226)
考核知识点提示·····	(226)
同步练习·····	(228)
参考答案·····	(229)
模拟试题(一) ·····	(235)
参考答案·····	(242)
模拟试题(二) ·····	(247)
参考答案·····	(253)

第一章 概 述

考核知识点提示

数据通信中,数据的含意是预先约定的具有某种含意的任何一个数字或一个字母(符号)以及它们的组合表示。数据通信的定义是:依照通信协议,利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息。通俗而言,数据通信是计算机与通信相结合的一种通信方式和通信业务。

数据通信系统是通过数据电路将分布在远地的数据终端设备与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理的系统。它主要由中央计算机系统、数据终端设备(DTE)和数据电路三部分构成。

数据终端设备(DTE)由数据输入设备、数据输出设备和数据传输控制器组成;数据电路由传输信道(传输线路)和它两端的数据电路终接设备(DCE)组成。

数据链路是由控制装置(传输控制器和通信控制器)和数据电路所组成。控制装置是按照双方事先约定的规程进行控制的。

数据通信系统根据传输线路是否直接与中央计算机系统相连接可以分为脱机系统和联机系统;根据处理形式不同,可分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统。联机实时系统是指从终端输入的数据,在中央计算机上立即进行处理,并将处理结果直接送回终端设备的处理形式;而分时处理系统是将中央计算机的时间划分成很短的时间片,远程终端按时间片轮流使用中央计算机的处理形式。

数据传输速率有三种定义:调制速率、数据传信速率和数据传送速率。调制速率是每秒传输的信号码元个数,又称波特率、传码速率

(码速、码率)、信号速率和符号速率等;数据传信速率是每秒传输二进制码元的个数,又称比特率,单位为比特/秒(bit/s)。波特率与比特率是两个不同的概念,在数值上有一定联系,当数据信号为二元信号(二进制)时,二者在数值上相同。一般,当数据信号为 M 电平(M 进制)时,比特速率为波特速率的 $\log_2 M$ 倍。数据传送速率是单位时间内数据传输系统中相应设备之间传送的比特、字符或码组的平均数。数据传送速率,不仅与发送的比特率有关,而且与差错控制方式、通信规程以及信道差错率有关,即与传输的效率有关。因此,数据传送速率总是小于数据传信速率。

数据传输方式是指数据在信道上发送所采取的方式。如按数据代码传输的顺序可以分为并行传输和串行传输;如按数据传输的同步方式可以分为同步传输和异步传输;如按数据传输的流向和时间关系可以分为单工、半双工和全双工数据传输。

并行传输——是将数据以成组的方式在两条以上的并行信道上同时传输;串行传输——是把数据的码流(比特流)以串行方式在一条信道上传输。

在串行传输时,接收端如何从串行数据码流中正确地划分出发送的一个个字符所采用的措施称为字符同步。异步传输——是在每个字符的前后加上“起”信号和“止”信号,从而使接收端正确区分字符。同步传输——数据是以一帧为单位,以固定时钟节拍来发送数据信号,在一帧的开头和结束加上规定的起始序列和终止序列作为标志,从而使接收端正确识别一帧的始末,并正确区分字符。由于同步传输不像异步传输那样对每一个字符单独加上“起”、“止”信号作为识别字符的标志,只是在一串字符的前后加上标志序列。因此,它的传输效率较高。同步传输用于 2400bit/s 及其以上的数据传输中。

单工数据传输——是两数据站之间只能沿一个指定的方向进行数据传输;半双工数据传输——是两数据站之间可以在两个方向上进行数据传输,但两个方向的数据传输只能交替进行,不能同时进行;全双工数据传输是在两数据站之间,可以在两个方向上同时进行数据传输。注意,以上三种传输方式都有一个反向信道,以传输两数据站之间的联络信号,一般传输速率较低,不超过 75bit/s,而前者的

信道称为正向数据信道,一般传输速率较高。

差错率是衡量数据传输质量的重要指标,最常用的是误码率(或误比特率)。它的定义是

$$\text{误码率 (误比特率)} = \frac{\text{接收出现差错的码位(比特)数}}{\text{总发送的码位(比特)数}}$$

频带(率)利用率是用来衡量数据传输系统的频带传输效率的,它的定义是

$$\eta = \frac{N_{\text{Bd}}(\text{系统的调制速率})}{\text{系统的频带宽度}} \quad (\text{Bd/Hz})$$
$$\text{或} = \frac{R(\text{系统的传信速率})}{\text{系统的频带宽度}} \quad (\text{bit/s} \cdot \text{Hz})$$

频带利用率可以用来说明数据传输系统在技术上的先进程度。

信道容量是指信道在单位时间内所能传送的最大信息量,即信道的最大传信速率。根据香农定律,在信号平均功率受限的高斯白噪声信道的极限信息传输速率为

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (\text{bit/s})$$

其中, S/N 为平均信号噪声功率比, B 为信道带宽(Hz), C 为信道容量。

同步练习

一、填空题

1. 数据通信是一种把_____技术和_____技术结合起来的新型通信方式,它是信息社会不可缺少的一种高效的_____方式。
2. 数据通信中常用的二进制代码有_____、_____和_____等。
3. 比较典型的数据通信系统主要由_____、_____和_____三部分构成。
4. 数据电路由_____和_____组成。
5. 数据链路由_____和_____组成。
6. 数据通信系统是通过数据电路将分布在远地的数据终端设备(DTE)与计算机系统连接起来,实现数据_____、_____、_____。

和_____的系统。

7. 数据通信系统根据处理形式的不同,可以分为_____系统、_____系统和_____系统。

8. 数据传输速率通常使用三种定义,它们是_____、_____和_____。

9. 调制速率的定义是每秒传输信号_____的个数,又称_____速率、_____速率、_____速率,单位为_____,也称_____率。

10. 数据传信速率是每秒传输_____的个数,又称_____,单位为_____。

11. 数据传送速率的定义是单位时间内在数据传输系统中的相应设备之间传送的_____,_____或_____的平均数,它们的单位分别为_____,_____或_____。

12. 某数据通信系统每秒传送 N 个 M 进制的码元,其调制速率为_____,数据传信速率为_____。

13. 数据传输按数据代码传输的顺序可以分为_____和_____;按数据传输的同步方式可分为_____和_____;按数据传输的流向和时间关系可分为_____,_____和_____数据传输。

14. 数据传输中差错率一般采用_____,_____和_____来定义。

15. 信道容量是指_____,其单位为_____,即信道的最大传信速率。

16. 数据通信网是一个由分布在各地的_____,_____和_____所构。

17. 数据通信网按网路拓扑结构可以有四种基本形式:_____,_____,_____和_____。

18. 数据终端设备(DTE)由_____,_____和_____组成。

19. 单工数据传输是在两个数据站之间只能沿_____方向进行数据传输。半双工数据传输是在两个数据站之间可以在_____方向上进行数据传输,但_____进行。

20. 全双工数据传输在两个数据站之间,可以在_____方向上_____进行数据传输。

二、单项选择题

1. 数据通信中的数据是指预先约定的,具有某种含义的任何一个()
 - A. 数字
 - B. 符号(字母)
 - C. 计算数值
 - D. 数字或符号(字母)以及其组合
2. 一般来说,数据用户双方只有在它们之间建立()之后才能真正有效地进行数据通信。
 - A. 数据电路
 - B. 数据信道
 - C. 数据链路
 - D. 通信线路
3. 如果一个码元脉冲可以有 4 个状态(幅度值),则这一数据传输系统的比特速率是其调制速率乘以()
 - A. 1
 - B. 2
 - C. 3
 - D. 4
4. 异步传输()
 - A. 比同步传输快
 - B. 比同步传输效率低、但更简单
 - C. 是等时传输
 - D. 比同步传输效率高
5. 数据传信速率 R 与调制速率(码元传输速率) N_{Bd} 的关系为()
 - A. $R = N_{\text{Bd}}$
 - B. $R > N_{\text{Bd}}$
 - C. $R \geq N_{\text{Bd}}$
 - D. 以上都不对
6. 半双工数据传输是()
 - A. 双向同时传输
 - B. 双向不同时传输
 - C. 单向传输
 - D. A 和 B 都可以
7. 同步传输和异步传输的区别是()
 - A. 码元传输速率不同
 - B. 所需频带宽度不同
 - C. 异步传输时钟混合在数据中
 - D. 同步传输时钟从数据信号中提取
8. 设数字信道的带宽为 3000Hz,采用 8 进制传输,无噪声时该数字信道的通信容量为()
 - A. 3000bit/s
 - B. 6000bit/s
 - C. 12000bit/s
 - D. 18000bit/s

9. 调制速率中的信号码元时长是指()

- A. 信号码元中的最短时长
- B. 信号码元中的最长时长
- C. 信号码元中的平均时长
- D. 信号码元中任意一个码元的时长

10. 每次传送一个字符代码(5~8bit 位组成),在发送每一个字符的前面均加上一个“起”信号,后面均加上一个“止”信号,字符可以连续发送,也可以单独发送,如果没有数据发送,发送方连续发送“止”信号。这种数据传输方式称为()

- A. 并行传输
- B. 成块传输
- C. 异步传输
- D. 同步传输

三、计算题

1. 设数据码元长度为 $833 \times 10^{-6}\text{s}$,如采用八电平传输,试求数据传信速率和调制速率。

2. 某数据电路的调制速率为 2400Bd。当码元的信号状态用以下代码数表示:(1)3 个数据代码;(2)4 个数据代码时,确定它们的传信速率。

3. 一个异步传输系统,每个字符由 5 个信息比特(每比特码元时长 20ms),一个“起”信号(时长 20ms)和一个“止”信号(时长 30ms)组成。试求信号码元的最短时长和调制速率。

4. 设带宽为 3000Hz 的模拟信道,只存在加性高斯白噪声,如信号噪声功率比为 30dB,试求这一信道的信道容量。

5. 设数字信道的带宽为 3100Hz,采用 16 进制传输,试计算无噪声时该数字信道的通信容量。

6. 一个数据传输系统,平均每传输 10^5bit ,能准确接收 99 995 个比特,试求该系统的误码率。

7. 以 2400bit/s 的传信速率发送一个文件数据,总共传输 80s。若接收端发现 2 个比特错误,试求该传输系统的误码率。

8. 将一段包含 240 个字符的数据信息用国际 5 号电码(ASCII 码)在(1)同步传输电路;(2)异步传输电路上传输。试求同步传输比异步传输的传输效率高出百分之多少? 假设两种传输中,每个字符

都加上 1 位奇偶校验码作为字符的校验码元来处理。异步传输时,并“起”信号和“止”信号均为 1bit;同步传输时,假定每帧含 240 个字符,假设帧同步信号用 2 个 SYN 字符,传输结束信号用 1 个 EOT 字符。

9. 数据终端使用国际 5 号电码,外加 1 位奇偶校验码,采用异步传输,其“止”信号为 1bit。试求每秒发送 60 字符时的传信速率(bit/s)。

10. 数据终端采用 ASCII 码和 1bit 奇偶校验位,以 9600bit/s 传送数据。在不计“起”,“止”信号或帧同步等字符下,试计算(1)每秒能发送多少字符;(2)如果每页文件平均有 500 个字,每个字平均含有 5 个字符和 1 个间隔,发送每页文件需要多少时间?

四、问答题

1. 数据通信中数据一词的含意是什么?
2. 数据通信的定义是什么?
3. 数据通信中为什么要使用传输代码? 常用的传输代码有哪些?
4. DTE 是指什么设备,它在数据通信中起什么作用?
5. DCE 是指什么设备,它在数据通信中的功能有哪些?
6. 什么是数据电路? 它的功能是什么?
7. 数据电路与数据链路的关系是什么?
8. 数据通信系统可以分为哪几类?
9. 什么是联机实时系统? 它在什么场合得到应用?
10. 什么是分时处理系统?
11. 说明数据的并行传输与串行传输的含意。
12. 试解释异步传输和同步传输的本质。
13. 为什么同步传输的传输效率高于异步传输的?
14. 数据传输方式是指什么而言,它是怎样来分类的,分为哪些类?
15. 单工、半双工和全双工数据传输的特点是什么?

五、画图题

1. 画出数据通信系统的基本构成框图。

2. 用国际 5 号电码画出字母“e”的异步传输的信号波形图。“起”、“止”信号分别占 1 和 2bit,代码“1”为高电平方波,“0”为低电平波,加 1 位奇偶校验位使“1”的个数为偶数。

3. 画出单工、半双工和全双工数据通信方式的示意图。(用箭头表明数据传输可能的流向,并指明正向数据信道和反向(联络)信道)

参考答案

一、填空题

1. 计算机 通信 通信
2. 国际5号码(IA5) EBCDIC码 国际电报2号码(ITA2)
3. 中央计算机系统 数据终端设备(DTE) 数据电路
4. 数据电路终接设备(DCE) 传输信道
5. 数据电路 控制装置(传输控制器和通信控制器)
6. 传输 交换 存储 处理
7. 联机实时 远程批量 分时处理
8. 调制速率 数据传信速率 数据传送速率
9. 码元 传码(码速、码率) 信号 符号 波特(Bd) 波特
10. 二进制码元 比特率 比特/秒
11. 比特 字符 码组 比特/秒 字符/秒 码组/秒
12. N 波特 $N \log_2 M$ 比特/秒
13. 并行传输 串行传输 同步传输 异步传输 单工
半双工 全双工
14. 误码(比特)率 误字符率 误码组率
15. 信道在单位时间内所能传送的最大信息量 比特/秒
16. 数据终端 数据交换设备 通信线路
17. 星形网 树形网 网格形网 环形网
18. 数据输入设备 数据输出设备 传输控制器
19. 一个指定 两个 不能同时
20. 两个 同时

二、选择题

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|
| 1.D | 2.C | 3.B | 4.B | 5.C |
| 6.B | 7.D | 8.D | 9.A | 10.C |

三、计算题

1. 解: 码元长度 $T = 833 \times 10^{-6} \text{s}$, 由式(1-4-1)* 得调制速率为

$$N_{\text{Bd}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{833 \times 10^{-6}} = 1200 \text{Bd}$$

现采用 8 电平传输, 则 $M = 8$, 由式(1-4-2)得数据传信速率为

$$\begin{aligned} R &= N_{\text{Bd}} \log_2 M = 1200 \log_2 8 = 1200 \times 3 \\ &= 3600 \text{ bit/s} \end{aligned}$$

2. 解: (1) 此时, 每码元可代表 000, 001, 010, 等 8 种可能的比特组合, 即 $M = 8$, 因此数据传信速率为

$$(\log_2 8) \times 2400 = 7200 \text{ bit/s}$$

(2) 同理, 每码元可代表 0000, 0001 等 16 种可能的比特组合, 即 $M = 16$, 于是数据传信速率为

$$(\log_2 16) \times 2400 = 9600 \text{ bit/s}$$

3. 解: 在异步传输中, 最短信号码元时长为 20ms。因此, 其调制速率为 $\frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{Bd}$ 。

4. 解: 已知信道带宽 $B = 3000 \text{Hz}$, 信号噪声功率比 $(\frac{S}{N})_{\text{dB}} = 30 \text{dB}$ 。由于

$$\left(\frac{S}{N} \right)_{\text{dB}} = 10 \log \frac{S}{N}$$

因此, $\frac{S}{N} = 1000$, 由式(1-7-1)得

$$\begin{aligned} C &= B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \\ &= 3000 \log_2 (1 + 1000) = 3000 \times 9.967 \\ &\approx 29.9 \text{ Kbit/s} \end{aligned}$$

5. 解: 由式(1-7-3)得该数字信道的通信容量为

$$\begin{aligned} C &= 2B \log_2 M = 2 \times 3100 \times \log_2 16 \\ &= 6200 \times 4 = 24.8 \text{ Kbit/s} \end{aligned}$$

6. 解: 每 10^5bit 中误码数为 $10^5 - 99995 = 5 \text{bit}$, 所以, 误码率为

* 本书公式标号均为原教材的, 以便查阅。

$$5/10^5 = 5 \times 10^{-5}。$$

7. 解:在已知 1 分 20 秒中总共传输的比特数为 $80 \times 2400 = 192\ 000\text{bit}$ 。根据式(1-6-1),误码率为

$$2/192000 = 10.42 \times 10^{-6}$$

8. 解:(1)每个字符用 $7+1=8\text{bit}$,2 个帧同步 SYN 字符和一个传输结束字符需要 $3 \times 8 = 24\text{bit}$ 。这样,同步传输时总共传输的比特数为

$$240 \times 8 + 3 \times 8 = 1944\text{bit}$$

(2)异步传输时,每个字符需要 $8+1+1=10\text{bit}$ 。因此,异步传输时总共传输的比特数为

$$240 \times 10 = 2400\text{bit}$$

于是,同步传输比异步传输的传输效率高出的百分数为

$$\frac{(2400-1944)}{1944} \times 100\% \approx 23.46\%$$

或用传输效率计算亦可,即

$$(\eta_s - \eta_N) / \eta_N \times 100\% = \left(\frac{1920/1944}{1920/2400} - 1 \right) \times 100\% \approx 23.46\%$$

9. 解:“起”信号为 1bit,则每字符为 $7+1+1+1=10\text{bit}$ 。传信速率等于 $60 \times 10 = 600\text{bit/s}$ 。

10. 解:(1)每字符 8bit,所以,发送字符速率为

$$\frac{9600}{8} = 1200 \text{ 字符/s}$$

(2)如间隔所用比特数与字符相同,那么,每页文件包含 $6 \times 500 = 3000$ 字符,则发送一页文件平均需要 $\frac{3000}{1200} = 2.5\text{s}$ 。

四、问答题

1. 答:数据是预先约定的、具有某种含意的任何一个数字或一个字母(符号)以及它们的组合。

2. 答:数据通信的定义是依照通信协议,利用数据传输技术在两个功能单元之间传递信息。

3. 答:采用传输代码后就可用少量电压(电流)波形来表示众多的数据字符,从而实现数据传输。常用的传输代码有国际 5 号码、

EBCDIC码和国际电报 2 号码。

4. 答:DTE 是数据终端设备。它将信息变为以数字代码表示的数据,并把这些数据传送到远端的计算机系统,同时,可以接收远端计算机系统的处理结果(数据),并将它变为人们能理解的信息。

5. 答:DCE 是数据电路终接设备。发方的 DCE 有两项功能:(1)是将来自 DTE 的数据信号进行变换,使之消除原数据信号中的直流分量,使信号功率谱与信道相适应;(2)是当传输信道为模拟信道时,使来自 DTE 的基带数据信号调制载频信号,实现频带搬移。收方的 DCE 则施行与发方相反的功能。

6. 答:数据电路由传输信道和两端的数据电路终接设备(DCE)组成。它的功能是为数据通信提供数字传输信道。

7. 答:数据链路是由数据电路加上收方和发方的控制装置(通信控制器和传输控制器)所组成。数据电路是数据链路中的一个数字传输部分。

8. 答:根据传输线路是否直接与中央计算系统相连接,数据通信系统可分为脱机系统和联机系统;根据处理形式不同,数据通信系统可以分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统。

9. 答:联机实时系统是指从终端输入的数据,在中央计算机上立即进行处理,并将处理结果直接送回终端设备的处理形式。它适用于要求能够迅速地处理随机发生的大量数据的场合,如询问处理系统。

10. 答:分时处理系统是将中央计算机的时间划分成很短的时间片,远程终端按时间片轮流使用中央计算机的处理形式。

11. 答:数据并行传输是把数据以成组的方式在两条以上的并行信道上同时传输;而串行传输是将数据的码流(比特流)以串行方式在一条信道上传输。

12. 答:在串行传输中,接收端必须正确划分数据码流中一个个字符。异步传输是在每个字符的前后加上“起”信号和“止”信号,从而使接收端正确区分字符。同步传输中,数据是以一帧为单位,以固定时钟节拍来发送数据信号,在一帧的开头和结束加上规定的起始序列和终止序列作为标志,从而使接收端正确识别一帧的始末,并正确区分字符。