



中国计算机软件专业技术水平考试指定用书

中国计算机软件专业技术资格和水平考试中心组织编写

计算机网络

胡道元 主编

(中级)



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



中国计算机软件专业技术水平考试指定用书

计 算 机 网 络

(中 级)

中国计算机软件专业技术资格和水平考试中心 组织编写

胡道元 主编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是中国计算机软件专业技术水平考试的指定用书。

全书包括数据通信、局域网与广域网、Internet 与 Intranet 三部分。在数据通信部分涉及数据传输、数据交换、数据通信物理层接口及协议、微机通信软硬件以及结构化布线系统等。局域网与广域网部分讲述局域网技术与系统、广域网技术与协议、通信协议与 OSI 参考模型以及 TCP/IP 协议体系结构、网络操作系统以及网络管理。Internet 与 Intranet 部分讲述 Internet 体系结构与 IP 协议、Intranet 组成、应用与建立、TCP/IP 在各系统平台上的连网及应用、环球信息网 WWW 与 FTP 服务及建立以及 Web 页面制作方法。

本书为参加中国计算机软件专业技术水平考试计算机网络中级水平考试的必读教材,也适用于从事计算机网络建设、管理和应用的中级工程技术人员和管理人员作为培训教材。

版权所有,翻印必究。

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。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络(中级)/胡道元主编. —北京:清华大学出版社,1999.5

中国计算机软件专业技术水平考试指定用书

ISBN 7-302-03446-X

I. 计… II. 胡… III. 计算机网络-教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 13085 号

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 北京市清华园胶印厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 **印张:** 15.25 **字数:** 362 千字

版 次: 1999 年 4 月第 1 版 1999 年 7 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-302-03446-X/TP·1874

印 数: 12001~48000

定 价: 25.00 元

序

科学技术的日新月异,信息化时代的来临,使计算机技术为基础的信息科学在经济和社会生活各个领域得到了极为广泛的应用,其发展水平成为衡量国家经济与科技实力的重要标志已是不争之事实。各国都把培养大量高水平计算机专业人才作为 21 世纪经济和科技发展的重要战略目标之一。一些经济发达国家通过开展对计算机专业人才的教育培训,尤其是开展不同层次、不同规模的计算机水平测试吸引、储备了大量计算机高级人才,为迎接日趋激烈的科技竞争奠定了坚实基础。这些国家的成功经验值得我们学习、借鉴。

中国计算机软件专业技术资格和水平考试自 1991 年开始实施至今已走过了 8 年的历程,共有近 40 万人参加考试,在国内外已产生较大影响。特别是 1999 年度中国计算机软件专业技术水平考试将由原来的一个专业扩展为程序设计、软件工程、数据库技术、计算机网络、多媒体技术 5 个专业,这无疑是中国计算机软件专业技术水平考试发展的一个质的飞跃,必将把中国计算机软件专业技术水平考试推向新的阶段。

我相信,新近编写出版的《中国计算机软件专业技术水平考试指定用书》能对广大应试者起到很好的指导作用。

我更加希望,在世纪之交,中国计算机软件专业技术水平考试能够抓住机遇,迎接竞争与挑战,为促进我国科教兴国战略的贯彻实施做出应有的贡献。

赵东亮

编者的话

计算机的发展史至今只有五十多年,但它已经经历了三个重要发展阶段。1945 年第一台计算机的诞生在人类科学发展史上是一个重要的里程碑;20 世纪 80 年代微型计算机的出现,开始了计算机普及使用的时代;第三个重要发展阶段便是网络——人们所称的网络亦就是计算机。网络深刻地反映了计算机在发展中极为重要的作用和影响。

21 世纪是信息社会的时代,技术、科学和社会的发展正在迎接这个时代的到来,当前信息网络的发展有三个动向:

- (1) 国家信息基础设施 NII 和全球信息基础设施 GII 的规划和建设;
- (2) 全世界最大的互联网 Internet 的规模和应用正在飞速地发展;
- (3) 商业化的网络服务已经成为一个很大的市场,并正在被大力开拓。

其中 Internet 的影响尤为显著,Internet 是未来 NII 和 GII 的雏型,它对信息技术的发展、信息市场的开拓以及信息社会的形成起着十分重要的作用。

在我国积极推进国民经济信息化的进程中,各行业都在规划、建设和推广应用计算机网络,迫切需要大批建网、管网、用网的人才。本书作为计算机网络水平考试中中级教程,是一本适用于中级工程技术人员和管理人员的网络实用教材,主要讲述数据通信、局域网与广域网、Internet 与 Intranet 的原理、技术与实现等。

本书分数据通信、局域网与广域网、Internet 与 Intranet 三篇,共十六章。三篇的内容分别和考试大纲的三个模块大致相对应,但也有部分交叉。

第 1 章讲述数据传输原理与技术,涉及的内容有模拟和数字数据通信、数据调制和编码、传输代码、检错与纠错、多路复用以及异步串行数据通信等。

第 2 章讲述各种数据交换方式,包括线路交换、报文交换、分组交换以及信元交换。

第 3 章讲述数据通信物理层接口及协议,涉及物理层的各种特性以及常用的接口标准,包括 RS-232, V. 24, RS-449, V. 35 以及 X. 21 等。

第 4 章讲述微机通信软硬件,包括调制解调器、通信适配器、通信软件、终端仿真以及简单文件传输协议。

第 5 章讲述结构化布线系统的概念、组成和设计。

第 6 章讲述局域网技术和流行的局域网系统、局域网互连以及局域网文件服务器。

第 7 章讲述广域网工作原理与相应的网络通信协议,包括点到点通信、综合业务数字网 ISDN、分组交换网、帧中继网以及异步转移模式 ATM 网。

第 8 章讲述通信协议的基本概念、协议的特性和功能、开放系统互连参考模型 OSI 与基本构造技术以及 TCP/IP 协议体系结构与各层协议。

第 9 章讲述网络操作系统功能与组成以及流行的网络操作系统,包括 NetWare 系列、Windows NT, UNIX 以及对等式局域网操作系统。

第 10 章讲述网络管理,涉及的内容有局域网管理技术与工具、网络管理标准与协议、

• • •

简单网络管理协议 SNMP、流行的网络管理系统以及网络管理和维护。

第 11 章讲述 Internet 体系结构、Internet 地址和域名系统、网络互连与 IP 协议。

第 12 章讲述 Intranet 的定义、组成与特点、Intranet 的应用与建立。

第 13 章讲述 Windows NT 与 UNIX 平台的 TCP/IP 联网。

第 14 章讲述环球信息网 WWW 服务器与浏览器、环球信息网服务的建立与管理。

第 15 章讲述 FTP 服务与系统的概念、FTP 服务器的建立以及镜像系统的建立。

第 16 章讲述 Web 页面制作方法,包括多窗口应用和表单的应用。

本书由胡道元教授主编,参加本书编写工作的有朱亚清、王映雪、朱爽、黄云、徐刚。梁萍萍为本书原稿的打印、编排做了大量工作。

主编于清华园

1999 年 1 月

目 录

第一篇 数据通信

第 1 章 数据传输	1	2.4 信元交换	19
1.1 模拟数据通信和数字数据通信	1	第 3 章 数据通信物理层接口及	
1.2 数据调制与编码	3	协议	20
1.3 传输代码	5	3.1 物理层的特性	20
1.4 检错与纠错	7	3.2 RS232C 接口	21
1.4.1 检错法	7	3.3 其他标准接口	26
1.4.2 纠错法	8	第 4 章 微机通信软硬件	28
1.5 多路复用	9	4.1 调制解调器	28
1.6 串行数据通信	11	4.2 通信适配器	28
1.6.1 异步串行通信	11	4.3 通信软件	29
1.6.2 异步通信的速度匹配	13	4.4 终端仿真	31
第 2 章 数据交换	16	4.5 简单文件传输协议	32
2.1 线路交换	16	第 5 章 结构化布线系统	39
2.2 报文交换	17	5.1 布线系统设计	39
2.3 分组交换	18	5.2 布线系统组成	41

第二篇 局域网与广域网

第 6 章 局域网	47	6.5.3 多媒体	58
6.1 局域网定义和特性	47	6.6 局域网互连	60
6.2 以太网	48	6.6.1 局域网互连方式	60
6.2.1 载波监听多路访问 CSMA		6.6.2 中继器	60
(Carrier Sense Multiple		6.6.3 网桥	61
Access)	48	6.6.4 路由器互连方式	62
6.2.2 载波监听多路访问/冲突检测		6.6.5 互连方式的对比	62
(CSMA/CD)	49	6.7 文件服务器	63
6.2.3 退避算法	50	6.7.1 文件服务器接口	63
6.3 标记环(Token Ring)网	51	6.7.2 设计文件服务器的若干	
6.3.1 标记环操作原理	51	问题	64
6.3.2 优先级策略	52	第 7 章 广域网	69
6.4 FDDI 网	53	7.1 点到点通信	69
6.5 交换式局域网	55	7.1.1 SLIP 协议	69
6.5.1 交换技术	55	7.1.2 PPP 协议	70
6.5.2 全双工以太网	57	7.2 综合业务数字网	71

7.2.1	ISDN 系统结构	71	9.3.5	Windows NT 的网络结构	106
7.2.2	ISDN 协议参考模型	73	9.4	对等式局域网	108
7.3	分组交换网	75	9.4.1	对等式局域网操作系统	108
7.3.1	分组交换网原理	75	9.4.2	Windows for Workgroups	108
7.3.2	X.25 协议	76	9.4.3	Windows 95	109
7.4	帧中继网	77	9.5	UNIX 操作系统	109
7.4.1	帧中继网产生背景	77	9.5.1	UNIX 操作系统结构和功能	109
7.4.2	帧中继网与 X.25 网比较	78	9.5.2	网络文件系统 NFS	110
7.5	异步转移模式 ATM	79	第 10 章	网络管理	112
7.5.1	ATM 基本原理	79	10.1	局域网管理技术	112
7.5.2	ATM 交换和控制	81	10.1.1	传统局域网管理	112
第 8 章	通信协议	84	10.1.2	局域网管理工具	117
8.1	网络体系结构及协议	84	10.2	网络管理标准	118
8.2	开放系统互连参考模型 OSI	85	10.2.1	网络管理模型	118
8.2.1	开放系统互连模型简介	85	10.2.2	网络管理的五大功能	119
8.2.2	局域网与 OSI 模型相对应的层次功能	86	10.2.3	网络管理协议	120
8.2.3	OSI 模型基本构造技术	87	10.3	简单网络管理协议 (SNMP)	122
8.3	TCP/IP 协议集	89	10.3.1	SNMP 概述	122
8.3.1	TCP/IP 协议层模型	89	10.3.2	SNMP 管理控制框架与实现	123
8.3.2	IP 协议	91	10.3.3	SNMP 协议	125
8.3.3	传输层协议	92	10.4	网络管理系统	127
8.3.4	应用层协议	94	10.4.1	HP 的 OpenView	127
第 9 章	网络操作系统	96	10.4.2	IBM 的 NetView	127
9.1	网络操作系统的功能	96	10.4.3	SUN 的 SunNet Manager	128
9.1.1	什么是网络操作系统	96	10.4.4	Cabletron 的 SPECTRUM	128
9.1.2	NOS 的基本组成	97	10.5	网络管理和维护	128
9.2	NetWare 系列	99	10.5.1	网络的日常管理	128
9.2.1	NetWare 功能和组成	99	10.5.2	网络常见故障诊断和排除	129
9.2.2	NetWare 服务器及文件系统	101			
9.2.3	NetWare 工作站	101			
9.2.4	NetWare 工具	102			
9.3	Windows NT	102			
9.3.1	LAN Manager 系列	102			
9.3.2	Windows NT 工作站	104			
9.3.3	Windows NT 服务器	105			
9.3.4	Windows NT 的网络环境	105			

第三篇 Internet 与 Intranet

第 11 章 Internet	131	13.1.1 TCP/IP 实现方式.....	161
11.1 Internet 体系结构	131	13.1.2 网络配置基本参数 ...	162
11.1.1 Internet 体系结构 框架	131	13.2 Windows NT 平台的 TCP/IP 联网	162
11.1.2 TCP/IP 协议概述.....	132	13.2.1 Windows NT 网络 配置	163
11.1.3 TCP/IP 协议组.....	132	13.2.2 配置 TCP/IP 协议 ...	166
11.2 Internet 地址和域名系统	135	13.2.3 TCP/IP 网络服务.....	169
11.2.1 Internet 地址结构.....	135	13.3 Linux 网络的安装与配置	175
11.2.2 Internet 地址映射.....	136	13.3.1 安装时进行网络配置	176
11.2.3 域名系统	137	13.3.2 手工进行网络硬件 配置	176
11.3 网络互连原理	138	13.3.3 手工 TCP/IP 网络 配置	177
11.3.1 网络互连的要求	138	13.3.4 编译内核	182
11.3.2 互连网络结构	139	13.3.5 高级 TCP/IP 应用 配置	185
11.4 无连接网络互连	141	第 14 章 环球信息网 WWW	191
11.4.1 无连接互连网络的 操作	141	14.1 Web 浏览器和服务	191
11.4.2 无连接互连网络的 设计	142	14.1.1 浏览器	191
11.5 互连网络协议	144	14.1.2 Web 服务器	193
11.5.1 IP 服务	144	14.2 环球信息网服务建立	194
11.5.2 IP 协议	145	14.2.1 安装预编译好的 服务器软件	194
11.6 Internet 控制报文协议 ICMP	147	14.2.2 编译 Web 服务程序	195
第 12 章 Intranet	148	14.2.3 配置 Web 系统服务	196
12.1 Intranet 定义和要素	148	14.2.4 Web 服务安装启动	199
12.1.1 Intranet 的定义.....	148	14.2.5 WWW 服务发布	200
12.1.2 Intranet 的组成.....	149	14.3 WWW 服务管理	200
12.2 创建 Intranet 的必要性	150	14.3.1 构造 URL 通用资源 访问地址	200
12.2.1 现代企业经营的需求	150	14.3.2 设计编写主页	201
12.2.2 Intranet 的优点.....	151	14.3.3 扩充 WWW 服务功能	203
12.3 Intranet 的应用	153		
12.4 Intranet 的建立	155		
12.4.1 Intranet 建立的两种 模式	155		
12.4.2 建立 Intranet	157		
第 13 章 Windows NT 及 UNIX 平台 的 TCP/IP 联网	161		
13.1 TCP/IP 实现基本原理	161		

第 15 章 FTP 服务的配置和管理	205		
15.1 FTP 服务与系统	205		
15.1.1 FTP 服务	205		
15.1.2 FTP 系统概念	205		
15.2 建立 FTP 服务器	207		
15.3 建立镜像系统(mirror sites) ...	209		
15.4 FTP 系统管理	209		
第 16 章 Web 页面制作	216		
16.1 多窗口应用	216		
16.1.1 什么叫多窗口	216		
16.1.2 分割窗口	217		
16.1.3 窗口修饰	219		
		16.1.4 将文件内容放入	
		相应的窗口	221
		16.1.5 建立一个多窗口	
		网页	224
	16.2	表单的应用	225
	16.2.1	什么是表单	226
	16.2.2	制作表单使用的	
		标记	227
	16.2.3	文本框的制作	227
	16.2.4	按钮的制作	230
	16.2.5	下拉菜单的制作	233

第一篇 数据通信

第1章 数据传输

本章讲述数据传输的一般工作原理,包括模拟和数字数据传输、传输代码、检错与纠错、数据调制与编码、多路复用以及异步传输等。

首先介绍几个术语:

1. 数据:定义为有意义的实体。数据涉及到事物的形式,而信息涉及的是这些数据的内容和解释。
2. 信号和信号发送:信号是数据的电磁或电子编码;信号发送是指沿传输介质传播信号的动作。
3. 传输:指传播和处理信号的数据通信。

1.1 模拟数据通信和数字数据通信

模拟数据和数字数据的概念是非常简单的。模拟数据在某个区间产生连续的值。例如,声音和视频就是强度连续改变的图形。大多数用传感器收集的数据,例如温度和压力,都是连续值。数字数据产生离散的值,例如文本信息和整数。

在通信系统中,利用电信号把数据从一个点传到另一个点。模拟信号是一种连续变化的电磁波,这种电磁波可以按照不同频率在各种介质上传输;数字信号是一系列的电压脉冲,用恒定的正电压来表示二进制1,用恒定的负电压来表示二进制0。

数字信号发送的最基本优点是比一般模拟信号发送便宜,而且很少受噪音干扰的影响。其最主要的缺点是数字信号比模拟信号易衰减。

模拟数据和数字数据都可以用模拟信号和数字信号来表示,因而也可以用这种形式传播,图1.1中给出了这种情况。一般来说,模拟数据是时间的函数,并且占有一定的频谱范围,这种数据可以直接用占有相同频谱范围的电磁波信号来表示。最好的例子是声音数据。作为声波,声音数据的频率范围在20Hz~20kHz之间,然而,大多数语音能量的范围要窄得多。声音信号的标准频谱是300Hz~3400Hz,对于清楚地传播声音来说,这个频谱是完全足够的,电话设备恰恰是这样做的。为了使所有的声音以300Hz~3400Hz输入,需要产生有相同频率幅度的电磁信号。可以通过相反的过程把电磁能转换为原来的声音。

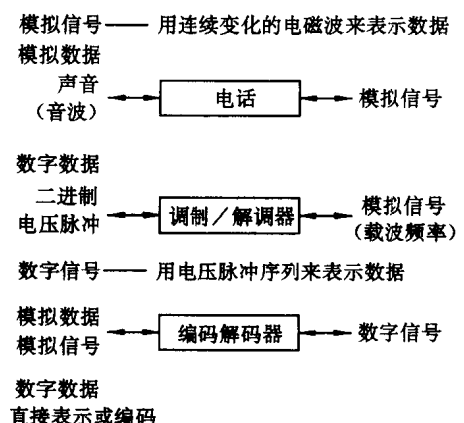


图 1.1 模拟和数字数据的模拟和数字信号

利用调制解调器 MODEM(调制器/解调器),数字数据也可以用模拟信号来表示。调制解调器通过一个载波频率把一串二进制(双值)电压脉冲转换为模拟信号,所产生的信号占有以此种载波频率为中心的某一频谱,并且能在适合于此种载波的介质上传播。大多数通用的调制解调器都用音频频谱来表示数字数据,因此能使那些数据在普通的音频电话线上传播。在线路的另一端,调制解调器把信号解调为原来的数据。下面将讨论各种调制技术。

与调制解调器完成的操作相类似,模拟数据也可以用数字信号来表示,对于声音数据来说,完成这种功能的是编码解码器 CODEC。实质上,编码解码器接收一个直接表示声音数据的模拟信号,然后用二进制位流近似地表示这个信号,而在线路的另一端,二进制位流被重新构造为模拟数据。

数字数据也可以直接用两种电平来表示,即用二进制形式表示。然而,为了改变其传播特性,常常对二进制数据进行编码,这一点将在下面说明。

模拟信号和数字信号都可以在合适的传输介质上进行传输,但模拟信号和数字信号之间最终还是有差别的。模拟传输是一种不考虑内容的传输模拟信号的方法;信号可以表示模拟数据(例如声音)或表示数字数据(例如通过调制解调器发送的数据)。无论是哪种情况,在传输一定的距离之后,模拟信号都将衰减。为了实现长距离传输,模拟传输系统都包括放大器,用放大器来使信号中的能量增加。遗憾的是,放大器也使噪音分量增加。如果通过串联放大器来实现长距离传输,那么信号就会越来越畸形。对于模拟数据(例如声音)可以允许许多位的变形,而且仍然易于理解。但是,对于数字数据来说,串联的放大器将会产生错误。

与此相反,数字传输与信号的内容有关,衰减会危及数据的完整性,数字信号只能在有限的距离内传输。为了获得更大的传输距离,可以使用中继器。中继器接收数字信号,把数字信号恢复为 1 的模式和 0 的模式,然后重新传输这种新的信号,这样就克服了衰减。

对于远程通信,数字信号发送不像模拟信号发送那样用途广泛和实用,例如数字信号发送不可能用卫星系统和微波系统。然而,无论在价格方面还是在传输质量方面,数字传

输都比模拟传输优越,因此,远程通信系统正在把声音数据和数字数据逐步转变为数字传输。

1.2 数据调制与编码

除了模拟数据的模拟信号发送外,需要某种形式的数据表示或者编码。

1. 数字数据,模拟信号

模拟信号发送的基础就是一种称之为载波信号的连续的频率恒定的信号。通过调制以下三种载波特性之一来对数字数据进行编码:振幅、频率、相位,或者这些特性的某种组合。图 1.2 给出了对数字数据的模拟信号进行调制的三种基本形式:幅移键控法 ASK (Amplitude-shift Keying)、频移键控法 FSK (Frequency-shift Keying)和相移键控法 PSK (Phase-shift Keying)。

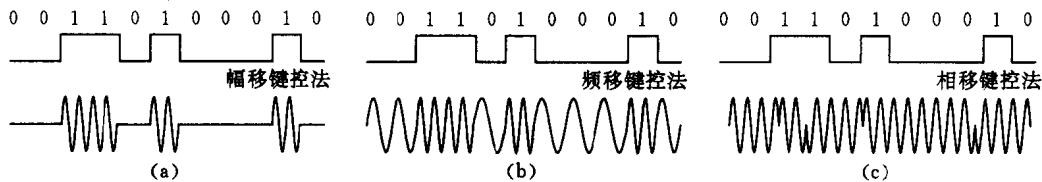


图 1.2 数字数据的模拟信号调制

在幅移键控法 ASK 方式下,用载波频率的两个不同的振幅来表示两个二进制值。在有些情况下,一个振幅为零,即用振幅恒定载波的存在来表示一个二进制数字,而另一个二进制数字用载波的不存在表示。ASK 方式容易受增益变化的影响,因此是一种效率相当低的调制技术,在音频线路上,通常只能达到 1200bps。

在频移键控法 FSK 方式下,用载波频率附近的两个不同频率来表示两个二进制值。这种方案比起 ASK 方式来,不容易受干扰的影响,在音频线路上,通常可达 1200bps。这种方式一般也用于高频(3Mbps~30Mbps)的无线电传输,甚至也能用于较高频率使用同轴电缆的局部网络。

图 1.3 表示在音频线路上使用频移键控法 FSK 进行全双工操作的例子,全双工指的是可以同时两个方向传输数据。为了实现这个目的,一个带宽用于发送,而另一个带宽用于接收。在一个方向(发送或接收)上,调制解调器可以通过 300Hz~1700Hz 频率范围内的信号。用来表示 1 和 0 的两个频率以 1170Hz 为中心,两边各有 100Hz 的移位。与此类似,对于另一个方向(接收或发送)来说,调制解调器可以通过频率为 1700Hz~3000Hz 的信号,并且使用 2125Hz 为中心频率。在每对频率周围的阴影区指出了每个信号的实际带宽。值得注意的是,几乎不存在什么重叠,因此也几乎没有什么干扰。

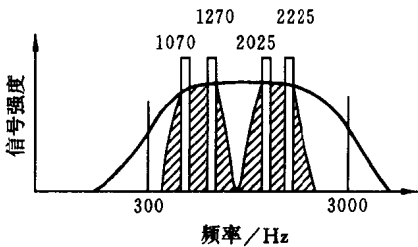


图 1.3 频移键控法 FSK 传输

在相移键控法 PSK 方式下,利用载波信号的相位移动来表示数据。图 1.2(c) 是一个两相系统的例子,在这个系统中,0 表示为发送与以前所发送信号串同相的信号,1 表示为发送与以前发送信号串反相的信号串。相移键控法 PSK 也可以使用多于两相的位移。四相系统能把每个信号串编码为两位。PSK 技术有较强的抗干扰能力,而且比 FSK 方式更有效;在音频线路上,传输速率可达 9600bps。

上述所讨论的各种技术也可以组合起来使用。常见的组合是相移键控法 PSK 和幅移键控法 ASK,组合后在两个振幅上均可以分别出现部分相移或整体相移。

2. 数字数据,数字信号

对于传输数字信号来说,最普遍而且最容易的办法是用两个电压电平来表示两个二进制数字。例如,无电压(也就是无电流)常用来表示 0,而恒定的正电压用来表示 1,使用负电压(高)表示 1 也是很普遍的,后一种技术表示于图 1.4(a)中,称为不归零制 NRZ (Non-return to zero)。

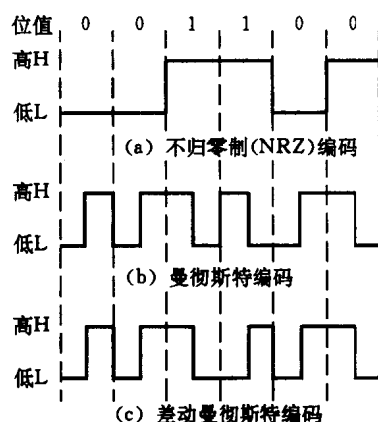


图 1.4 数字信号的编码

不归零制 NRZ 传输也有若干缺点,它难以决定一位的结束和另一位开始,需要有某种方法来使发送器和接收器进行定时或同步。如果传输中 1 或 0 占优势的话,那么在每位时间内将有累积的直流分量。这样,使用变压器,并在数据通信设备和所处环境之间提供良好的绝缘的交流耦合是不可能的。此外,直流分量可使连接点产生电腐蚀或其它损坏。

克服上述缺点的另一个编码方案是曼彻斯特编码(见图 1.4(b)),这种编码通常用于局部网络传输。在曼彻斯特编码方式中,每一位的中间有一个跳变。位中间的跳变既作为时钟,又作为数据;从高到低的跳变表示 1,从低到高的跳变表示 0。有时,人们也使用称之为差动曼彻斯特码的修改格式(见图 1.4(c)),在这种情况下,位中间的跳变仅提供时钟定时,用每位周期开始时有无跳变来表示 0(1)的编码。在上述两种情况下,由于时钟和数据包含于信号数据流中,所以这种编码被人们称为自同步编码。

3. 模拟数据,数字信号

利用数字信号来对模拟数据进行编码的最常见的例子是脉冲代码调制 PCM(Pulse Code Modulation),它常用于对声音信号进行编码。脉冲代码调制是以采样定理为基础

的,采样定理指出:

(1) 如果在规则的时间间隔内,以高于两倍最高有效信号频率的速率对信号 $f(t)$ 进行采样的话,那么,这些采样值包含了原始信号的全部信息。利用低通滤波器可以从这些采样中重新构造出函数 $f(t)$ 。

(2) 如果声音数据限于 4000Hz 以下的频率,那么每秒钟 8000 次的采样可以满足完整地表示声音信号的特征。然而,值得注意的是,这只是模拟采样,为了转换成数字采样,必须给每一个模拟采样值指定一个二进制代码。图 1.5 表示这样一个例子,每个采样值都被近似地量化为 16 个不同级中的一个,这样,每个采样值都能用 4 位二进制数来表示。当然,现在精确地恢复成原始信号是不可能的了。如果使用七位二进制表示采样的话,就允许有 128 个量化级,那么所恢复的声音信号的质量就比得上模拟传输所达到的质量。这就意味着,仅仅是声音信号就需要有:

每秒钟 8000 次采样 $\times$ 每个采样 7 位 = 56000bps 的数据传输率

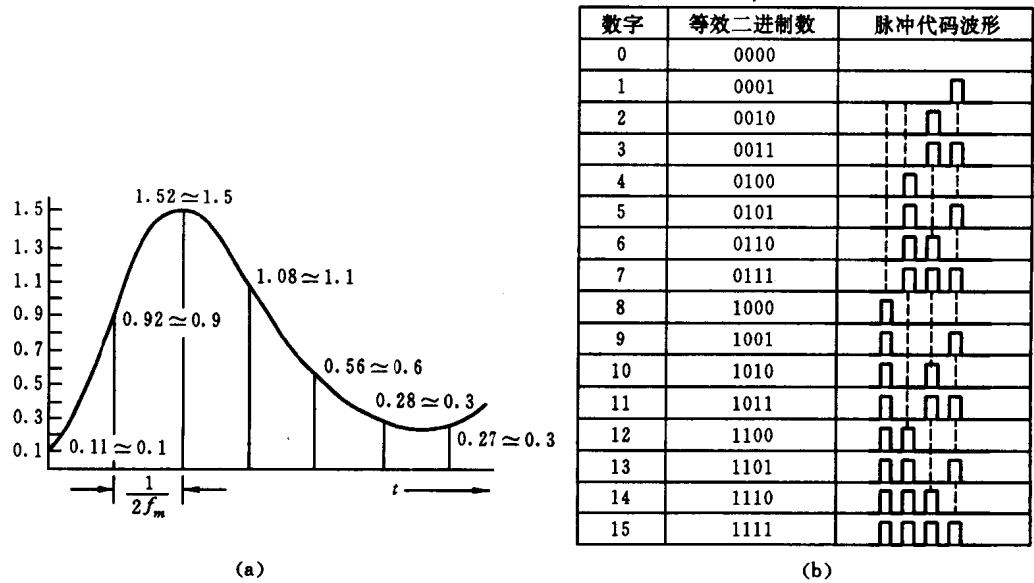


图 1.5 脉冲代码调制

一般来说,人们使用称之为非线性编码(nonlinear encoding)的技术来改进脉冲代码调制 PCM 方案。实际上,这种技术的意义是 128 个量化级不等分。等分的意义是不管信号的幅度大小,每个采样的绝对误差是同样的,因此,低幅值的地方相对容易变形。如果在低幅值处使用较多的量化步,而在较高幅值处使用较少的量化步,就可使整个信号的变形显著减小。

1.3 传输代码

数据通信采用的最小信息单位是一个二进制数,即位。单独一个位不包含足以表明某种意义的信息内容,因而把若干位组成字符应用代码集或传输代码。

传输代码是一组公用字符,包括英文字母、数字、各种可打印符号和各种控制字符。常见的传输代码有下列几种:莫尔斯(Morse)码,博多(Baudot)码,EBCDIC码(扩展二进制编码的十进制交换码),ASCII码(美国信息交换标准码)。

莫尔斯码是第一个电编码系统,用于电报,它由点和划组成表示的字母数字字符,是由 Samuel/Morse 提出的编码方案。博多码是早期数据传输用的一种代码方案,是一种 5 位传输代码,由于 5 位只能表示 32 个字符,所以在电文中必须插入特殊的移位字符来改变字母或数字的解释。EBCDIC 码是 IBM 公司提出的字符代码方案,它是一种 8 位码,可有 256 种组合,图 1.6 表示 EBCDIC 代码分配。由于 EBCDIC 码可使代码组合的数量增加一倍,因而可把位组合模式分配给其他代码集所不能实现的功能,例如,在银行业务应用中可把键盘上的一个键用做账号。ASCII 码是美国信息交换标准码,是由 AT&T 公司提出的字符代码方案。ASCII 是一种 7 位代码,可有 128 种组合。在实际应用中,由于增加了一个奇偶校验位,ASCII 字符代码也符合 8 位字节结构。图 1.7 表示美国信息交换标准码。

BITS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
	2	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
8	7	6	5													
0	0	0	0		NUL	SOH	STX	ETX	PF	HT	LC	DEL		SMM	VT	FF
0	0	0	1		DEL	DC1	DC2	DC3	RES	NL	BS	IL	CAN	EM	CC	
0	0	1	0		DS	SOS	FS		BYP	LF	EDB	PPE		SM		END
0	1	0	1													DC4
0	1	0	0		SP									Ø	•	<
0	1	0	1		&									!	\$	,
0	1	1	0		—	/									.	z
0	1	1	1												:	#
1	0	0	0		a	b	c	d	e	f	g	h	i			
1	0	0	1		j	k	l	m	n	o	p	q	r			
1	0	1	0			s	t	u	v	w	x	y	z			
1	0	1	1													
1	1	0	0			A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	1	0	1			J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	1	1	0				S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	1	1	1		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

PF—PUNCH OFF

HT—HORIZONTAL TAB

LC—LOWER CASE

DEL—DELETE

SP—SPACE

UC—UPPER CASE

RES—RESTORE

NL—NEW LINE

BS—BACKSPACE

IL—IDLE

PN—PUNCH ON

EOT—END OF TRANSMISSION

BYP—BYPASS

LF—LIFE FEED

EOB—END OF BLOCK

PRE—PREFIX(ESC)

RS—READER STOP

SM—START MESSAGE

OTHERS—SAME AS ASC

图 1.6 扩展的二进制编码的十进制交换码

BITS				7	0	0	0	0	1	1	1	1
				6	0	0	1	1	0	0	1	1
				5	0	1	0	1	0	1	0	1
4	3	2	1									
0	0	0	0		NUL	DLE	SP	0	e	p	/	p
0	0	0	1		SOH	DC1	1	1	A	Q	e	q
0	0	1	0		STX	DC2	•	2	B	R	b	r
0	1	0	1		ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0		EOT	DC4	\$	4	F	T	d	t
0	1	0	1		ENQ	NAK	z	5	E	U	e	u
0	1	1	0		ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1		BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0		BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1		HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0		LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1		VT	ESC	+	:	K	[	k	{
1	1	0	0		FF	FS	'	<	L	\	i	:
1	1	0	1		CR	GS	—	=	m	]	m	}
1	1	1	0		SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1		SI	US	?	?	O	—	o	DEL

图 1.7 美国信息交换标准码

1.4 检错与纠错

数据传输中出现差错有多种原因,一般可分成降低传输质量的内部因素和外部因素,内部因素有噪音脉冲、脉动噪音、衰减、延迟失真等;外部因素有电磁干扰,太阳噪音、工业噪音等。为了确保无差错地传输,必须具有检错与纠错的功能。

检错法是指在传输中仅仅发送足以使接收端能检测出差错的附加位。如果接收端检测到一个差错,就请求重发这一信息。纠错法是指在发送每一组信息时发送足够的附加位,使接收端能以很高的概率检测并纠正大多数差错,由于发送大量的附加位,将会降低传输的效率。

1.4.1 检错法

最简单的检错法为奇偶校验。它是在一个二进制字上加一位,以便检测差错。在偶校验时,要在每一个字符上增加一个附加位,使该字符中“1”的总数为偶数。在奇校验时,要