

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

# 通信专业 实务

——互联网技术

■ 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室 组编

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

# 通信专业 实务

——互联网技术

■ 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室 组编

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

通信专业实务: 互联网技术 / 全国通信专业技术人员职业  
水平考试办公室组编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.6  
全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书  
ISBN 978-7-115-18578-5

I. 通… II. 全… III. 互连网络—工程技术人员—水平  
考试—自学参考资料 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 114292 号

## 内 容 提 要

本书内容紧扣《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》, 层次清晰、内容丰富、通俗易懂, 注重通信企业对通信专业技术人员中级职业水平的实际要求, 力求反映现代通信技术、业务的最新发展。全书分为 10 章, 主要内容包括数据通信基础、数据通信网络与协议、计算机网络与协议、局域网和城域网、互联网、网络操作系统、交换技术、数据库基础、网络安全、数据存储与安全技术等。

本书既可作为全国通信专业技术人员中级职业水平考试的教材, 也可作为职业大中专在校学生的学习辅导教材, 还可供通信行业专业技术人员自学参考。

全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

### 通信专业实务——互联网技术

- 
- ◆ 组 编 全国通信专业技术人员职业水平考试办公室  
责任编辑 滑 玉  
执行编辑 张 鑫
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
三河市海波印务有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 23.75 2008 年 6 月第 1 版  
字数: 577 千字 2008 年 6 月河北第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-18578-5/TN

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

## 顾问委员会

秘建虎 史晓光 焦桂芳 宋宝英 苏少林 王金龙  
许二宁 朱新煜 滕 伟 朱 峰

## 编审委员会

黄克新 张邦宁 沈志祥 周建兵 唐景山 贾丹华  
华仁方 朱祥华 殷益群 胡怡红 韩光伟 刘 荣  
李明清 施 扬 张曙光 李茂长 潘 焱 田 华  
汪仙山 姚 力 聂 晶 沈存峰 陈 涓 刘军杰  
陈 昕 邵志雷 周卫东 徐智勇 邹仕祥 王衍波  
罗国明 徐 民 唐 勇 夏南军 张雷霆 卢智军  
周 齐 赵长煦 张耀珍 刘静娴 王林林 雷 晶  
刘 政 杨纯洁 曹兆成 谷俊江 樊 玮 王向东  
郭继兵 丁 玮 堵雯曦 黎德琛 曹 旭 张丛生  
黄甫喜 张 冬 戚兆军 孙青华 童 蕾 王明明  
刘 键 张立科 李韵菊 顾 芳 程志民 刘志文  
张长新 张荣坤 张 宏 张礼佳 赵 宁 蒋 亮  
张 彬 石景华 刘晓梅 储冰凌

策划编辑 滑 玉

近年来，我国通信行业在党中央、国务院的正确领导下，在发展中改革，在改革中发展，取得了举世瞩目的发展业绩。综合通信能力显著提升，业务结构不断优化，行业创新与转型步伐加快，充分发挥了对经济社会发展的倍增效应。“十一五”期间通信业务总量年均增长 28.5%，5 年增长 2.5 倍；电话用户年均新增 1 亿户，5 年增长了一倍多，互联网上网人数翻了两番；固定、移动电话普及率分别提高 10.3 和 25.2 个百分点。基础电信企业非话业务收入比例达到 30.6%，新增非话业务收入占全部新增收入的比例达到 63%，增值电信企业达到 2.2 万家，电信网络和用户规模居世界第一。我国通信行业发展一年一大步，实现了跨越式发展。

在通信行业跨越式发展的带动下，人才需求日益迫切。为适应我国社会主义市场经济体制和国家通信现代化建设需要，提升通信专业技术人员整体素质，推进通信专业技术人员认证管理工作与国际接轨，人事部和信息产业部决定，在通信运营领域建立通信专业技术人员职业水平评价制度。这项制度的建立，改革了原有的通信专业技术职称评定办法，实行了“以考代评”、“统一证书”，有利于企业改进人才培养模式，有利于加快通信专业技术人员的知识更新速度，有利于通信专业人才相互交流、合理流动，有利于增强通信企业的国际竞争力。

为了保证全国通信专业技术人员职业水平考试工作顺利开展，规范培训和考试工作，确保通信工程师以考代评的质量，公平、公正、科学地对通信专业技术人员进行鉴定考试，信息产业部全国通信专业技术人员职业水平考试办公室组织了一批具有较高理论水平和丰富实践经验的专家编写了全国通信专业技术人员初级、中级职业水平考试的 8 本教材，按照考试大纲的要求，全面介绍相关知识和技术，帮助考生学习和备考。

我们相信，经过全社会的共同努力，全国通信专业技术人员职业水平考试将会更加规范、科学，进而对培养通信专业人才，加快专业队伍建设，推动国民经济和国家通信现代化作出更大贡献。

全国通信专业技术人员职业水平考试办公室

本书主要是为“全国通信专业技术人员职业水平考试”(简称职业水平考试)应试者编写,以信息产业部颁发的《全国通信专业技术人员职业水平考试大纲》(简称《考试大纲》)为依据,经过多次集体讨论和修改,最终定稿。

目前,互联网技术的发展仍然处于突飞猛进的时代,其最为突出的特点是:基础平台宽带化,网络水平智能化,应用技术多元化、个性化,为各种业务的开展提供了广阔的空间,内容涉及高速局域网、IP城域网、高速无线局域网、MPLS、IPv6、MPLS、三层交换机、网络与数据安全等。

本书基本上涵盖了需要掌握的与互联网技术相关的基本理论与应用知识。本书采用理论与应用技能相结合的思路,使读者在掌握互联网技术基本概念的基础上,能够比较系统地学习互联网技术应用的基本技能。本书内容包括数据通信基础、数据通信网络与协议、计算机网络与协议、局域网与城域网、互联网、网络操作系统、交换技术、数据库基础、网络安全、数据存储与安全等。本书在每一章后面均附有练习题,最后还附有各章练习题的参考答案,以期满足互联网技术科目考试的培训需要。

本书层次清晰、内容丰富、通俗易懂,注重现实通信企业对通信专业技术人员职业水平的要求,力求反映现代通信技术、业务的最新发展。

本书既可作为全国通信专业技术人员中级职业水平考试的教材,也可作为职业大中专在校学生的学习辅导教材,还可供通信行业专业技术人员自学参考。

参加职业水平考试使用本书时,应结合《考试大纲》的要求进行阅读,以便更有针对性。高等学校相关专业作为教材使用本书时,可结合学时安排,对各章节的内容进行取舍。

本书由黄克新、张邦宁主编,唐景山副主编。第1章、第2章由张曙光编写,第3章由陈涓编写,第4章由陈涓、张曙光编写,第5章、第6章由刘军杰编写,第7章由陈昕编写,第8章由邹仕祥编写,第9章由张曙光、王衍波编写,第10章由王衍波编写。

本书在编写过程中得到了信息产业部、江苏省通信管理局、中国人民解放军理工大学通信工程学院、中国电信股份有限公司江苏分公司、中国移动通信集团江苏有限公司、中国联通有限公司江苏分公司的大力支持和帮助,在此深表感谢。

由于编写时间仓促、作者水平有限,加之本书技术性和专业性较强,书中难免有疏漏与不足之处,恳请读者批评指正。

# 目 录

第 1 章 数据通信基础	1	2.3.3 帧中继业务应用	31
1.1 数据通信的基本概念	1	2.4 ATM 网络	33
1.1.1 数据通信系统	1	2.4.1 ATM 网络的基本概念	33
1.1.2 数据传输的速率、方式和质量	2	2.4.2 ATM 的分层结构	33
1.1.3 数据通信的特点	6	2.4.3 ATM 网络的一般通信过程	35
1.2 数据信号的传输	6	2.4.4 ATM 业务	36
1.2.1 数据传输的方式	6	2.4.5 ATM 网络接口和地址结构	37
1.2.2 传输介质	9	练习题	38
1.3 数据通信的交换方式	11	第 3 章 计算机网络与协议	41
1.3.1 电路交换方式	11	3.1 计算机网络的功能	41
1.3.2 报文交换方式	12	3.2 计算机网络的组成和分类	42
1.3.3 分组交换方式	13	3.2.1 计算机网络系统的组成	42
1.4 多路复用与多址通信	14	3.2.2 网络的分类	42
1.4.1 频分复用与多址	14	3.3 计算机网络的体系结构	43
1.4.2 时分复用与多址	14	3.3.1 网络体系结构的分层原理	44
1.4.3 码分多址复用	15	3.3.2 通信协议	45
1.4.4 波分复用	15	3.4 网络分层模型	45
1.5 数据通信的差错控制	16	3.4.1 OSI 参考模型	45
1.5.1 差错类型和差错控制方式	16	3.4.2 TCP/IP 参考模型	48
1.5.2 纠错编码	17	3.4.3 各层常用协议简介	50
练习题	18	练习题	52
第 2 章 数据通信网络与协议	20	第 4 章 局域网和城域网	54
2.1 分组交换网	20	4.1 基本原理	54
2.1.1 分组交换网的构成	20	4.1.1 局域网基本概念	54
2.1.2 分组交换网的特点	21	4.1.2 局域网的基本组成及特点	55
2.1.3 分组交换网提供的业务	21	4.1.3 拓扑结构	56
2.1.4 分组交换协议——X.25	22	4.2 局域网协议类型	58
2.2 数字数据网	23	4.2.1 LLC 子层	58
2.2.1 概述	23	4.2.2 MAC 子层	61
2.2.2 DDN 的结构与业务	24	4.2.3 物理层	62
2.2.3 DDN 的应用	27	4.3 以太网	62
2.3 帧中继	28	4.3.1 MAC 子层协议	62
2.3.1 概述	28	4.3.2 CSMA/CD	64
2.3.2 帧中继技术原理	29	4.3.3 物理层	66

4.4 其他类型的局域网	68	5.4.5 IPv6	127
4.4.1 令牌环	68	5.4.6 从 IPv4 到 IPv6 的演进策略	130
4.4.2 令牌总线	69	5.5 Internet 路由协议	132
4.4.3 FDDI	71	5.5.1 路由信息协议	132
4.5 高速以太网	72	5.5.2 开放最短路径优先	136
4.5.1 快速以太网	72	5.5.3 路由协议 BGP	144
4.5.2 吉比特以太网	73	5.6 虚拟专用网	145
4.5.3 10Gbit/s 以太网	74	5.6.1 MPLS VPN 的实现	146
4.5.4 交换式以太网	75	5.6.2 基于 IPSec 的 VPN 实现	150
4.6 无线局域网	75	5.6.3 IPSec VPN 与 MPLS VPN 的比较	152
4.6.1 使用无线局域网络的场合	76	5.7 Internet 应用举例	154
4.6.2 无线局域网络的构成方式	76	5.7.1 远程登录	154
4.6.3 采用的主要协议标准		5.7.2 文件传输协议	155
IEEE 802.11	77	5.7.3 简单邮件传送协议	157
4.6.4 无线局域网的安全	78	5.7.4 WWW (万维网)	158
4.6.5 特点与发展前景	79	练习题	160
4.7 城域网	80	<b>第 6 章 网络操作系统</b>	163
4.7.1 城域网基本概念	80	6.1 网络操作系统的功能	163
4.7.2 宽带 IP 城域网及其应用	82	6.1.1 网络操作系统简介	163
练习题	90	6.1.2 网络操作系统功能和特性	163
<b>第 5 章 互联网</b>	93	6.1.3 网络操作系统的功能结构	165
5.1 网络互连设备	93	6.1.4 网络操作系统的逻辑构成	166
5.1.1 中继器	93	6.1.5 网络操作系统与 OSI/RM	168
5.1.2 网桥	94	6.2 Windows NT/2000/XP	168
5.1.3 路由器	95	6.2.1 Windows NT/2000/XP 简介	168
5.1.4 网关	96	6.2.2 Windows NT/2000/XP 网络基本概念	173
5.2 局域网的互连	96	6.3 UNIX 操作系统	189
5.2.1 网桥协议的体系结构	96	6.3.1 UNIX 简介	190
5.2.2 生成树网桥	99	6.3.2 UNIX 的功能	190
5.2.3 源路由网桥	102	6.3.3 UNIX 的结构	191
5.3 广域网互连	104	6.3.4 UNIX Shell	192
5.3.1 OSI 网络层内部结构	104	6.3.5 UNIX Shell 常用命令	192
5.3.2 无连接的网际互连	105	6.3.6 全屏编辑程序	195
5.3.3 面向连接的网际互连	108	6.3.7 网络文件系统	199
5.4 Internet 协议和组网技术	109	6.4 Linux 操作系统	200
5.4.1 IP 地址	110	6.4.1 Linux 的特点	200
5.4.2 TCP/IP	115		
5.4.3 ICMP	120		
5.4.4 域名和地址解析	123		



6.4.2 Linux 多道处理 .....	201	交换机 .....	244
6.4.3 Linux 存储器模型 .....	201	7.7.6 Quidway S2400 接入交换机 .....	245
6.4.4 Linux 内核 .....	202	练习题 .....	246
6.4.5 Linux 文件和目录结构 .....	202	<b>第 8 章 数据库基础</b> .....	249
6.4.6 Linux 文件服务 .....	202	8.1 数据库系统概述 .....	249
6.4.7 Linux Internet 服务 .....	203	8.1.1 基本概念及特点 .....	249
6.4.8 Linux 进程 .....	203	8.1.2 数据模型 .....	251
6.4.9 Linux 命令实例 .....	203	8.1.3 数据库系统结构 .....	254
6.4.10 与其他网络操作系统的互连 .....	205	8.2 关系数据库 .....	256
练习题 .....	206	8.2.1 关系模型概述 .....	257
<b>第 7 章 交换技术</b> .....	209	8.2.2 关系数据结构及形式化定义 .....	258
7.1 交换机的数据转发 .....	209	8.2.3 关系的完整性 .....	260
7.2 VLAN 和 VTP 技术 .....	210	8.3 关系数据库标准语言 SQL .....	262
7.2.1 VLAN 技术 .....	210	8.3.1 SQL 概述 .....	262
7.2.2 VTP 技术 .....	213	8.3.2 数据定义 .....	264
7.3 生成树协议 .....	214	8.3.3 查询 .....	265
7.4 VLAN、VTP、生成树配置 .....	216	8.3.4 数据更新 .....	269
7.4.1 Catalyst 系列设备配置方法 .....	216	8.3.5 视图 .....	270
7.4.2 HW 设备配置方法 .....	221	8.3.6 数据控制 .....	271
7.5 网络故障监控 .....	232	练习题 .....	272
7.5.1 Catalyst 系列设备常用监控维护命令 .....	232	<b>第 9 章 网络安全</b> .....	274
7.5.2 HW 设备常用监控维护命令 .....	235	9.1 网络安全概述 .....	274
7.6 多层交换技术 .....	237	9.1.1 网络的安全威胁与安全网络的实现 .....	275
7.6.1 三层交换技术 .....	237	9.1.2 网络安全体系结构与模型 .....	275
7.6.2 四层交换技术 .....	237	9.1.3 TCP/IP 的网络安全体系结构与模型 .....	277
7.6.3 七层交换技术 .....	238	9.2 访问控制技术 .....	278
7.7 交换机简介 .....	239	9.2.1 访问控制模型 .....	279
7.7.1 Cisco Catalyst 6500 核心交换机 .....	239	9.2.2 访问控制策略制定的原则 .....	280
7.7.2 Cisco Catalyst 4500 核心交换机 .....	241	9.2.3 访问控制的实现 .....	281
7.7.3 Cisco Catalyst 2960 核心交换机 .....	242	9.3 加密与认证技术 .....	281
7.7.4 Quidway S8500 核心路由交换机 .....	243	9.3.1 对称密码算法 .....	282
7.7.5 Quidway S6500 多业务路由交换机 .....	243	9.3.2 公钥密码算法 .....	282
		9.3.3 密钥管理 .....	283
		9.3.4 数据加密技术 .....	283
		9.3.5 数字签名与认证技术 .....	285
		9.4 网络防火墙技术 .....	287
		9.4.1 网络防火墙基本概念 .....	287

9.4.2 网络防火墙的类型·····	288	10.4 数据恢复·····	318
9.5 计算机病毒与黑客防范·····	289	10.4.1 数据恢复概述·····	318
9.5.1 计算机病毒检测与防范技术·····	289	10.4.2 文件系统·····	319
9.5.2 网络黑客攻防技术·····	292	10.4.3 数据备份与恢复软件·····	330
9.6 入侵检测技术·····	293	10.5 数据存储·····	336
9.6.1 入侵检测系统类型·····	293	10.5.1 DAS 数据存储方式·····	336
9.6.2 入侵检测技术分析·····	295	10.5.2 NAS 数据存储方式·····	337
9.6.3 Windows 2000 Server 的入侵 检测配置·····	296	10.5.3 SAN 存储方式·····	338
练习题·····	300	10.5.4 DAS、NAS 和 SAN 存储 方案的比较·····	340
<b>第 10 章 数据存储与安全技术·····</b>	<b>303</b>	练习题·····	342
10.1 硬盘·····	303	<b>练习题参考答案·····</b>	<b>344</b>
10.1.1 硬盘接口类型·····	303	第 1 章 数据通信基础·····	344
10.1.2 常见硬盘接口类型及标准·····	303	第 2 章 数据通信网络与协议·····	345
10.1.3 磁盘数据存储格式·····	306	第 3 章 计算机网络与协议·····	347
10.2 独立冗余硬盘阵列·····	310	第 4 章 局域网和城域网·····	348
10.2.1 RAID 磁盘阵列简述·····	310	第 5 章 互联网·····	353
10.2.2 RAID 级别·····	311	第 6 章 网络操作系统·····	357
10.2.3 RAID 磁盘阵列技术·····	312	第 7 章 交换技术·····	362
10.3 光纤通道·····	313	第 8 章 数据库基础·····	363
10.3.1 光纤通道概述·····	313	第 9 章 网络安全·····	364
10.3.2 光纤通道基本结构·····	314	第 10 章 数据存储与安全技术·····	366
10.3.3 光纤通道协议·····	315	<b>参考文献·····</b>	<b>368</b>

数据通信是 20 世纪 50 年代计算机技术和通信技术的发展与相互渗透而兴起的一种新的通信方式，它是计算机和通信相结合的产物，实现了计算机与计算机之间、计算机与终端之间的信息传递。由于不同业务需求的变化及通信技术的发展，使得数据通信经过了不同的发展历程。目前社会正向全面信息化方向大步迈进，社会各部门、企业都已经把数据通信作为参与市场竞争的重要手段。计算机进入家庭及其连网应用的进程加快，为数据通信的发展开辟了广阔的前景。本章主要介绍数据通信的基本概念、数据信号的传输、数据通信交换方式、多路复用与多址通信、数据通信的差错控制等内容。

## 1.1 数据通信的基本概念

### 1.1.1 数据通信系统

数据通信是在两点或多点之间传送数据信息的过程。因此，数据通信就是按照通信协议，利用传输技术在功能单元之间传送数据信息，从而实现计算机与计算机之间、计算机与其他数据终端之间、其他数据终端之间的信息交互而产生的一种通信技术。

数据通信和数字通信有概念上的区别，数据通信是一种通信方式，而数字通信则是一种通信技术体制。电信系统中，电信号的传输与交换可以采用模拟技术体制，也可以采用数字技术体制。对于数据通信，既可以采用模拟通信技术体制，也可以采用数字通信技术体制，即在信源和信宿中，数据是以数字形式存在的，但在传输期间，数据可以是数字形式也可以是模拟形式。

一个数据通信系统可以是简单的两台通过公共电信网络连接的个人计算机，也可以是一台或多台大型计算机和上百台（甚至上千台）远程终端、个人计算机及工作站组成的复杂系统。目前，数据通信系统实际上用来互连各种类型的数字数据设备，其应用范围很广阔。图 1-1 所示为一个数据通信系统简化方框图。其中，包括一个数字信息源（主站）、一个传输介质（设备）和一个目的地（辅站）。主站（或主机）位置经常是一台带有自己的一套本地终端及外围设备的大型计算机。为简单起见，图中只有一个辅站（或远程站）。辅站是该系统的用户。有多少辅站及它们如何与主站互连在很大程度上取决于系统及其应用。传输介质（信道）有很多种类型，包括自由空间无线电传输（地面和卫星微波）、金属电缆设备（数字和模拟系统）及光纤（光波传播）。

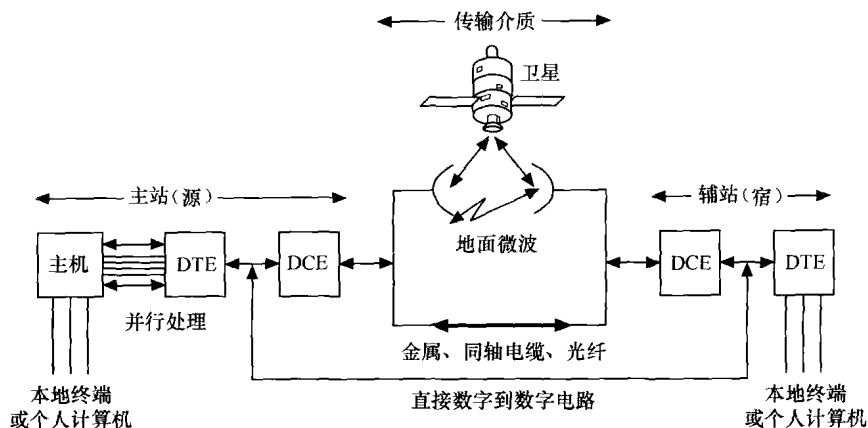


图 1-1 数据通信系统简化方框图

数据终端设备（DTE）是一个通用术语，它描述站上用于将来自计算机和终端的数字信号转换为一种更适于传输形式的接口设备。数据通信设备（DCE）也是一个通用术语，如果传输信道是模拟信道，DCE 的作用就是把 DTE 送来的数据信号转换为模拟信号再送往信道，或者把信道送来的模拟信号转换成数据信号再送到 DTE。如果信道是数字的，DCE 的作用就是实现信号码型与电平的转换，信道特性的均衡，收发时钟的形成与供给以及线路接续控制等。

### 1.1.2 数据传输的速率、方式和质量

#### 1. 数据传输速率

数据传输速率是衡量数据通信系统传输能力的主要指标，通常使用以下 3 种不同的定义。

##### (1) 码元速率

码元速率的定义是每秒传输的码元数，又称波特率，单位为波特（Bd）。如信号码元持续时间为  $T(s)$ ，则码元速率  $N_{Bd}=1/T(s)$ 。

##### (2) 数据传信速率

数据传信速率的定义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）。

比特是英文（binary digit）的缩写，在信息论中作为信息量的度量单位。码元携带的信息量由码元取的离散值个数决定。若码元取两个离散值（如 0 和 1），则一个码元携带 1bit（比特）信息。若码元可取 4 种离散值（如 0、1、2、3），则一个码元携带 2bit 信息。总之，一个码元携带的信息量  $n$ （bit）与码元的种类数即离散值个数  $N$  有如下关系：

$$n=\log_2 N$$

数据传信速率（bit/s）和码元速率（Bd）之间存在的关系可用如下公式表示：

$$R_b=R_B \log_2 M$$

式中， $R_b$  表示数据传信速率， $R_B$  表示码元速率， $M$  为进制数。

如果码元速率为 600Bd，在二进制时，数据传信速率为 600bit/s；在四进制时，数据传信速率则为 1 200bit/s。对于二进制，由于  $\log_2 M=1$ ，在数值上波特率和比特率是相等的，但其意义是不同的。

##### (3) 数据传送速率

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实际传送的比特、

字符或码组平均数，单位分别为比特/秒、字符/秒或码组/秒。

数据传信速率与数据传送速率不同。数据传信速率是传输数据的速率；而数据传送速率是相应设备之间实际能达到的平均数据转移速率，它不仅与发送的比特率有关，而且与通信规程、差错控制方式以及信道差错率有关，即与传输的效率有关。数据传送速率总是小于数据传信速率。

数据传输速率的3个定义，在实际应用上既有联系又有侧重。在介绍信道特性，特别是传输频带宽度时，通常使用码元速率；在介绍传输数据速率时，采用数据传信率；在介绍系统的实际数据传送能力时，使用数据传送速率。

## 2. 数据传输的方式

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

### (1) 串行与并行数据传输

二进制信息既可以串行传输，也可以并行传输；并行传输主要应用于近距离的计算机与其外设如打印机、调制解调器等之间的数据传输；而串行传输主要应用于远距离的数据终端设备主要是计算机之间的数据传输，如图1-2所示。使用并行传输，数据传输可以完成得更快，但是并行传输需要在源和目的地之间有更多的线路。

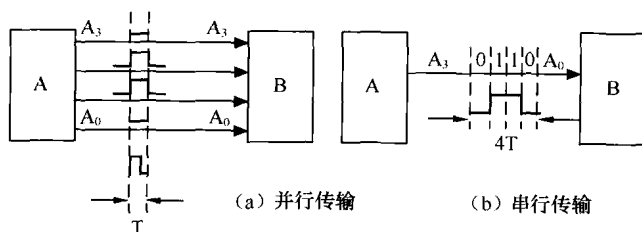


图1-2 串行和并行数据传输

### (2) 同步与异步数据传输

实现数字通信的必要条件是，保持收发双方的时钟一致。实际上收发双方往往相距很远，且收端的时钟通常是独立产生的，难以保证与发端时钟完全相同。为了在这种条件下满足通信对时钟的最低要求，提出的第一个简便方法就是异步通信。

异步通信时，对每一个数据编码加上一些固定的特殊码，如起始位、奇偶校验位和停止位等，组成一个数据帧，如图1-3所示。

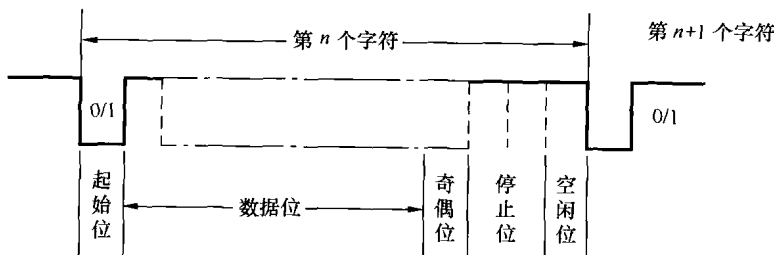


图1-3 起始式异步通信数据的帧格式

线路上没有数码传输时称为空闲态，线路保持为高电平。在数据正式开始传送前，先发送一个起始位，它占用一个码元的时间，且规定为低电平。紧接着传送 5~8 个数据位，最先传送的是数据编码的最低位 (LSB)。在一次确定的传输中，每个异步数据中包括的有效数据长度应是相同的。数据位结束后，可以再传送一位奇偶校验位，对全部数据位进行奇校验或偶校验。实际上，是否需要加上这一位，采用奇校验还是偶校验，可以由用户根据情况选择。最后必须加上停止位 (规定为高电平)，作为这个数据帧的结束标志。停止位的宽度可以是 1 位或 2 位。当前一字符所组成的数据帧全部发送完毕后，下一字符尚未准备好时，线路将回到空闲状态，延续前一个帧中停止位的高电平，直到出现下一个起始位为止。

通常，在异步数据的接收端，都采用一个独立产生的频率为数据速率 16 倍以上的时钟，利用这个时钟速率检测线路上的状态。检测到起始位后，开始接收数据位，接收到规定的数据位后，接收器还要对接收数据跟校验位进行校验。如果校验无误，表示这个数据帧基本上已经正确接收。然后将数据移入缓冲寄存器，等待处理机读取。为了提高对数据帧接收的正确性，接收器还必须对停止位检测。只有在检测到高电平后，才可以说把这一帧正确地接收完了。否则，就认为这一帧的接收发生了帧错误。

异步通信在收发数据时所用的时钟是独立的，最多只是标称值相同而已，这也是采用“异步”这个名称的原因。由于异步通信对时钟的要求不高，对其他设备的要求也较低，这种方式得到了广泛的应用，特别在一些经济条件受限制的情况下更受欢迎。异步通信中对每一个数据位的同步，是依靠确定起始位和接收端时钟的频率准确性和稳定性来保证的。对数据字的同步，有赖于预知数据字的位数，以及可以在起始位和停止位之间检测特殊位的功能。

异步通信的最大优点是设备简单，易于实现。但是，它的效率很低。例如，一个数据帧由 10 个码元组成，其中只有 8 位数据，不代表信号意思的码元就占了 20%，使线路利用率降低。同步通信就是为了解决这个问题而提出的。

同步通信的基本特点是，使接收端的时钟严格与发送端保持一致，从而使接收时钟与接收数据位之间不存在误差积累的问题，确保正确地将每一个数据位区分开并接收下来。这样就省去了每个数据字传送时添加的附加位。也就是说，同步通信时把全部要发送的有效数据位紧密排列成数据流，在接收端再把这些数据分成数据字。

为了区分数据流中的各个数据字，同步通信对数据格式作了一定的规定，就形成了各种不同的协议。同步通信时一个数据帧中包含以下几部分：帧的开头必须规定同步码，这是一组区别于一般信息编码的一种特殊二进制编码，通常，选择在数据码中极少出现的码型，以避免可能造成的混乱；同步码后面紧跟着数据码，每个数据字之间紧密排列不留空隙。原则上讲，数据码的长度不作严格的限定，但在实用系统中，考虑到传输可靠性及网络工作环境，有时对一帧的长度还是作了一些限制的；数据帧的最后部分是校验码，它对本帧的数据进行校验，以确认接收到数据的正确性。现在大部分校验码都采用 CRC 方法产生。

为了使同步通信的接收端能够连续准确地接收很长的数据串，接收时钟必须与数据速率始终保持一致。失去这个条件，“同步”就被破坏，无法正确通信。如何在电路设计上做到这一点呢？当收发双方距离很近时，当然可以考虑把发送时钟与数据码一起传送到接收端。但是在大部分情况下，收和发是相距相当远的，这种方法显得很实际。目前，通常采用从接收数码的脉冲串中提取时钟，用作接收端时钟的方法。同时，要在接收端正确地从数据流中把各数据字区分出来，其关键在于正确识别同步码。

一般说来, 同步通信较异步通信可以获得较高的数据速率, 这种速度上的差异是由于两种通信方式的信号形式不同造成的。异步通信时, 由于空闲态长度的不确定, 使它不会是时钟周期的整数倍, 而同步方式时所有的码元都是等宽的。这种信号形式的差异使同步方式可以采用高效率的调制, 实现高速通信。

### (3) 单工、双工和全双工数据传输

根据实际需要数据通信采用单工、半双工和全双工数据传输, 如图 1-4 所示。通信一般总是双向的, 有来有往, 这里单工、双工等, 指的是数据传输的方向。

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。如图 1-4 (a) 所示, 数据由 A 站传到 B 站, 而 B 站至 A 站只传送联络信号, 前者称为正向信道, 后者称为反向信道。一般, 正向信道传输速率较高, 反向信道传输速率较低。远程数据收集系统, 如气象数据的收集, 采用单工传输, 因为在这种数据收集系统中, 大量数据只需要从一端传送到另一端, 而另外需要的少量联络信号(也是一种数据)通过反向信道传输。

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, 但不能同时收发。问询、检索、科学计算等数据通信系统多用半双工数据传输。

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传输。如计算机之间的高速数据通信系统。

通常四线线路实现全双工数据传输, 二线线路实现单工或半双工数据传输。在采用频率复用、时分复用或回波抵消技术时, 二线线路也可实现全双工数据传输。

## 3. 数据传输的质量

### (1) 差错率

由于数据信号在传输过程中不可避免地会受到外界的噪声干扰, 信道的不理想也会带来信号的畸变, 因此当噪声干扰和信号畸变达到一定程度时就可能导致接收的差错。衡量数据传输质量的最终指标是差错率。

差错率有多种定义, 在数据传输中, 一般采用误码(比特)率、误字符率、误码组率, 它们分别定义如下。

误码(比特)率=接收出现差错的比特数/总的发送比特数

误字符率=接收出现差错的字符数/总的发送字符数

误码组率=接收出现差错的码组数/总的发送码组数

差错率是一个统计平均值, 因此在测量或统计时, 总的比特(字符、码组)数应达到一定的数量, 否则得出的结果将失去意义。

### (2) 频带利用率 $\eta$

数据信号的传输需要一定的频带。数据传输系统占用的频带越宽, 传输数据信息的能力越大。因此, 在比较不同数据传输系统的效率时, 只考虑它们的数据传信速率是不充分的。

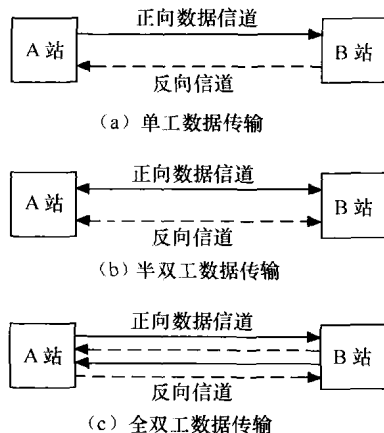


图 1-4 数据通信方式

即使两个数据传输系统的传信速率相同，但它们的通信效率也可能不同，这还要看传输相同信息所占的频带宽度。因此真正衡量数据传输系统的信息传输效率应是单位频带内的码元速率，即每赫兹的波特数：

$$\eta = \text{系统的码元速率} / \text{系统的频带宽度}$$

当然，衡量数据传输系统有效性的指标也可以是单位频带内的传信速率，即每赫兹每秒的比特数（bit/s · Hz）。

### 1.1.3 数据通信的特点

数据通信是计算机与计算机、终端与计算机之间的通信。可以这么认为：数据通信=数据处理+数据传输。

由于数据通信是计算机之间的通信，属于非话业务，与实时电话通信相比有如下特点。

- 数据通信传输和处理离散的数字信号。
- 数据通信的速率很高，且通信量突发性强。
- 数据传输的可靠性要求高。
- 必须事先制定通信双方必须遵守的、功能齐备的通信协议。
- 数据通信的信息传输效率很高。
- 数据通信每次呼叫的平均持续时间短。

数据通信是一个以满足数据传送为基本出发点，不断向其他领域延伸的通信技术，数据通信网的历史很短，但发展更迅速，现在已形成具有多种接入方式，采用多种骨干技术、多种传输介质的数据通信网。

## 1.2 数据信号的传输

### 1.2.1 数据传输的方式

在通信系统中，要把数字数据或模拟数据从一个地方传到另一个地方需借助于一定的物理信号，如电磁波和光，而物理信号可以是连续的模拟信号，也可以是离散的数字信号。

要传送的数据可通过编码形成两种信号（模拟信号和数字信号）中的一种，从而产生 4 种数据传输形式，即模拟信号传输模拟信号、模拟信号传输数字信号、数字信号传输模拟信号、数字信号传输数字信号。

#### 1. 基带传输

由计算机或终端产生的未经调制的数字信号所占用的频率范围叫做基本频带，简称基带。这种数字信号就称基带信号。传送数据时，以原封不动的形式，把基带信号送入传输线路，称为基带传输。

使用基带传输时，首先要解决信号的编码问题，即如何将数字数据用物理信号（如电信号）的波形来表示，用来表示数字数据的电信号的波形可以有多种形式。数字信号是离散的不连续的电压或电流的脉冲序列，每个脉冲代表一个信号单元，或称为码元。对于二进制的数字信号来说，用两种码元分别表示二进制数字符号“1”和“0”，每个二进制符号与一个码



元相对应。表示二进制数字信息的码元的形式不同，便产生出不同的编码方案。下面主要介绍单极性不归零码、双极性不归零码、单极性归零码、双极性归零码、曼彻斯特码和差分曼彻斯特码等。

#### (1) 单极性不归零码

图 1-5 所示为单极性不归零码，在每一码元时间间隔内，有电流发出表示二进制的 1，无电流发出则表示二进制的 0。每一个码元时间的中心是采样时间，判决门限为半幅度电平，即 0.5。若接收信号的值在 0.5 与 1.0 之间，就判为 1；若在 0 与 0.5 之间就判为 0。每秒钟发送的二进制码元数称为码速，其单位为波特 (Baud)。在二进制情况下，1 波特与信息传输速率 1bit/s 相当，即码元速率等于信息速率。

#### (2) 双极性不归零码

图 1-6 所示为双极性不归零码，在每一码元时间间隔内，发正电流表示二进制的 1，发负电流则表示二进制的 0。正的幅值和负的幅值相等，所以称为双极性不归零码。这种情况的判决门限定为零电平。接收信号的值如在零电平以上，判为 1；如在零电平以下判为 0。



图 1-5 单极性不归零码



图 1-6 双极性不归零码

以上两种编码信号是在一个码元全部时间内发出或不发出电流，或在全部码元时间内发出正电流或负电流，属于全宽码，即每一位码占用全部的码元宽度，即不归零。如重复发送“1”，就要连续发送正电流，如重复发送“0”，就要连续不送电流或连续发送负电流。

#### (3) 单极性归零码

图 1-7 所示为单极性归零码，在每一码元时间间隔内，当发“1”时，发出正电流，但是发电流的时间短于一个码元的时间，即发一个窄脉冲；当发“0”时，仍然完全不发送电流。这样发“1”时有一部分时间不发电流，幅度降为零电平，故称为归零码。

#### (4) 双极性归零码

图 1-8 所示为双极性归零码，在每一码元时间间隔内，当发“1”时，发出正的窄脉冲；当发“0”时，发出负的窄脉冲。



图 1-7 单极性归零码

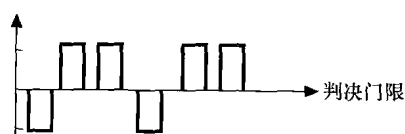


图 1-8 双极性归零码

双极性归零码的另一种形式称为交替双极性归零码 (AMI)。在发送过程中，发“1”窄脉冲的极性总是交替的，即如果发前一个“1”用正脉冲，则发后一个“1”用负脉冲；而发“0”时不发脉冲。

#### (5) 曼彻斯特码

曼彻斯特码 (Manchester Code) 是一种双相码。在图 1-9 中用高电平到低电平的转换边