

丛书主编：卢光跃 / 丛书副主编：张利 杨武军

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（中级） 互联网技术专业考试辅导

程远征 杨雪芹 刘星宇 郭娟 编著



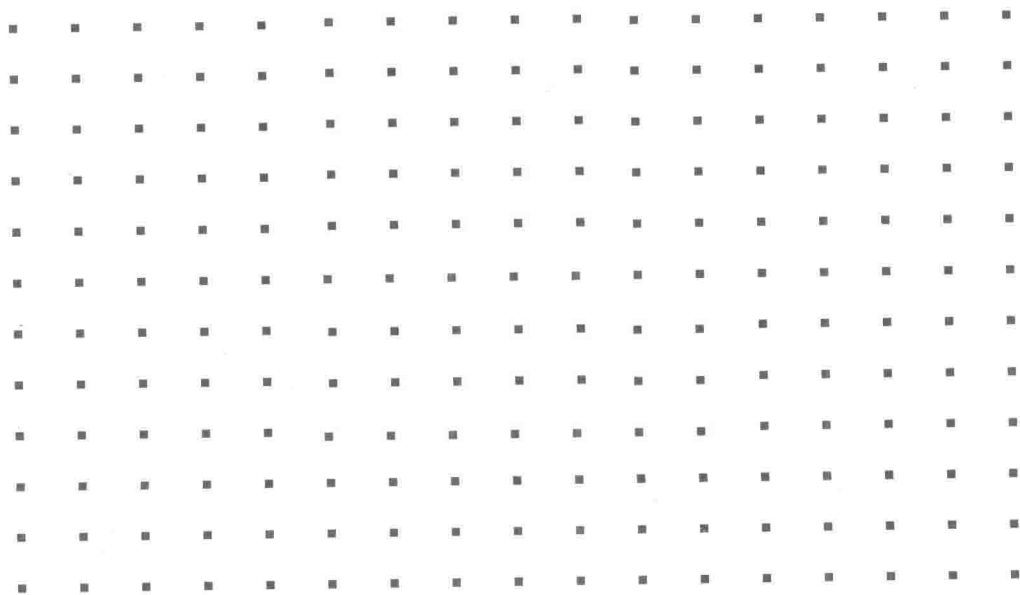
清华大学出版社

丛书主编：卢光跃 / 丛书副主编：张利 杨武军

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（中级） 互联网技术专业考试辅导

程远征 杨雪芹 刘星宇 郭娟 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是针对通信专业技术人员职业水平考试（通信专业实务互联网技术）的配套参考用书。内容涉及数据通信的基本概念、数据通信网络与协议、计算机网络与协议、局域网、城域网、广域网及各种网络所使用的交换技术、网络操作系统、网络安全、数据库基础、数据存储与安全等内容。通过阅读本书，并用各章练习题进行考前强化训练，可以帮助考生快速、全面地掌握通信专业技术人员职业水平考试大纲的要求，提高试题的解答能力。同时，本书也可以在一定程度上帮助考生解决生产过程中面临的相应问题。

本书可以作为通信专业技术人员职业水平考试（通信专业实务互联网技术）的参考书。

本书扉页为防伪页，封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

### 图书在版编目（CIP）数据

通信专业实务（中级）互联网技术专业考试辅导/程远征等编著. —北京：清华大学出版社，2014  
全国通信专业技术人员职业水平考试参考用书

ISBN 978-7-302-36988-2

I. ①通… II. ①程… III. ①通信技术-工程技术人员-水平考试-自学参考资料②互连网络-工程技术人员-水平考试-自学参考资料 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 139493 号

责任编辑：柴文强 薛 阳

封面设计：常雪影

责任校对：胡伟民

责任印制：李红英

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社 总 机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈：010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者：清华大学印刷厂

装 订 者：三河市溧源装订厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×230mm 印 张：30.75 防 伪 页：1 字 数：770 千字

版 次：2014 年 9 月第 1 版 印 次：2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数：1~4000

定 价：59.00 元

# 序 言

当今世界，通信领域的发展日新月异，各种通信新技术、新产品、新服务大量涌现。在国家“十一五”发展规划纲要和“十二五”发展规划纲要中明确提出要大力发展通信产业；2010年10月发布的《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，提出加快建设宽带、泛在、融合、安全的信息网络基础设施；在2012年7月颁布的《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，首次明确提出实施“宽带中国”工程，在2013年8月国务院颁布的《“宽带中国”战略及实施方案》，将宽带网络提升为新时期我国经济社会发展的战略性公共基础设施；在2013年8月出台的《国务院关于促进信息消费扩大内需的若干意见》，力求在扩大居民消费需求方面，给信息产业带来新的增长点。面对激烈的国际竞争，建设一支适应国际化、水平一流的人才队伍成为了我国信息与通信行业（ICT）成败的关键。

为此，由国家人力资源和社会保障部、工业和信息化部领导组织了国家级通信专业技术人员职业水平考试（以下简称通信考试），其目的是科学、公正地对全国通信专业技术人员进行职业资格、专业技术资格认定和专业技术水平测试。根据原人事部、信息产业部文件（国人部发[2006]10号），通信专业技术人员职业水平评价，纳入全国专业技术人员职业资格证书制度统一规划，分初级、中级和高级三个级别层次。初级、中级职业水平采用考试的方式评价；高级职业水平实行考试与评审相结合的方式评价。

该项考试既是职业资格考试，又是职称资格考试，近几年每年参加该项考试的人员稳定在4~5万人左右。参加通信专业技术人员初级、中级职业水平考试，并取得相应级别职业水平证书的人员，表明其已具备相应专业技术岗位工作的水平和能力。用人单位可根据《工程技术人员职务试行条例》有关规定和相应专业岗位工作需要，从获得相应级别、类别职业水平证书的人员中择优聘任。取得初级水平证书，可聘任技术员或助理工程师职务；取得中级水平证书，可聘任工程师职务。通信专业技术人员初级、中级职业水平考试在全国实施后，各地区、各部门不再进行通信工程相应专业和级别任职资格的评审工作。

然而，目前，图书市场上有关通信考试的教材很少，真正从考试的角度，用简单、通俗易懂的语言讲述通信考试内容的书籍还是寥寥无几，很难满足市场的需要。为此清华大学出版社与西安邮电大学合作，邀请了一批教学与工程实践经验丰富的老师，参与本套丛书的编写，丛书合计8本，包含初级职业水平考试用书2本（《通信专业综合能力》和《通信专业实务》）和中级职业水平考试6本（《通信专业综合能力》和《通信专业实务》，其中《通信专业实务》分为交换技术、传输与接入、终端与业务、互联网技术、设备环境5个专业方向。该丛书旨在兼顾通信知识的系统性及通信技术最新发展的前提下，为读者提供一套通俗易懂、涵盖通信考试基本知识点和考试内容的考试用书。

本书力图用通俗易懂的语言，给读者提供一种全新的阅读体验，将艰深复杂的通信知识进行通俗的解读，并围绕考试大纲和历届考题的形式，设计了针对性的仿真考题，并进行讲解，读者一方面能够对当代通信的基本原理和关键技术有一个全面的了解，另一方面对通信考试内容进行有针对性的复习备考。本书读者对象主要是通信行业从业人员。

历经一年多的撰写，在丛书即将出版之际，非常感谢清华大学出版社的柴文强老师、丛书编写团队教师一起筹划丛书、精炼内容所付出的辛苦；感谢编写团队的各位老师、在繁重教学科研任务下，保质保量完成本丛书所付出的辛勤与智慧；感谢柴文强老师及各位编辑们的对书稿撰写的指导及编辑工作。但由于时间仓促及作者学识有限，书中内容难免会有欠妥之处，恳请读者批评指正。

编著者

# 前 言

应清华大学出版社的约稿，西安邮电大学积极组织协调相关人员进行编撰。为帮助通信从业人员在短期内正确理解和熟练掌握全国通信专业技术人员职业水平考试——通信专业实务（中级）互联网技术专业考试大纲要求和知识点的内容，在全面掌握与互联网技术相关的基本理论与应用知识的基础上，提高解题能力和应试水平，本书编写团队结合多年教学与培训经验，精心编写了本书，通过对习题的解答分析，帮助考生提高分析、解决问题的综合能力。

本书依据《全国通信专业技术人员中级职业水平考试大纲》，以《通信专业实务——互联网技术》一书为主要参考教材，结合当今互联网发展的现状，设置章节，全书共 10 章，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。其中本书第 1 章、第 3 章、第 5 章由程远征编写，第 2 章、第 9 章、第 10 章由杨雪芹编写，第 4 章、第 7 章由郭娟编写，第 6 章、第 8 章由刘星宇编写。

本书每章节的编排共分为基础知识、考试要求、考试要点、习题集精粹及答案、练习题 5 个模块。其中基础知识模块对考试大纲所要求的知识点进行详细讲解，并对常考知识点进行深度剖析。考试要求和考试要点帮助考生在考前快速回忆考试内容及要求，明确本章节的学习重点和难点。习题精粹及答案是针对各章节经典习题进行总结分析，以帮助开阔考生的解题思路，强化考试要点。练习题模块则以大量习题的形式涵盖以往考生在解题过程中普遍存在的问题及常犯的错误，注重对所学知识的应用提升，帮助考生将所学知识融会贯通，切实提高考生的解题能力。

建议考生在使用本书时，不要就题论题，应通过基础知识的复习回顾，对题目进行比较和思考，掌握该题型设置和解答的规律和技巧，从而迅速提高知识水平和应试能力，达到举一反三的效果。希望本书能给考生的复习备考带来更大的帮助。

由于互联网技术涉及面广，知识内容更新迅速，加之编者水平有限，书中难免有缺陷和不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 4 月于西安

# 目 录

<b>第 1 章 数据通信基础</b> ..... 1	3.2 考试要求.....75
1.1 基础知识..... 1	3.3 考试要点.....75
1.1.1 数据通信的基本概念.....1	3.4 习题集精粹及答案.....75
1.1.2 数据信号的传输..... 7	3.5 本章练习.....78
1.1.3 数据通信的交换方式.....12	3.6 计算机网络与协议答案.....79
1.1.4 多路复用与多址通信.....15	<b>第 4 章 局域网和城域网</b> ..... 82
1.1.5 数据通信的差错控制.....18	4.1 基础知识.....82
1.2 考试要求.....20	4.1.1 局域网基本概念.....82
1.3 考试要点.....20	4.1.2 以太网.....86
1.4 习题集精粹及答案.....21	4.1.3 高速以太网.....93
1.5 本章练习.....30	4.1.4 其他类型的局域网.....97
1.6 数据通信基础答案.....32	4.1.5 无线局域网.....98
<b>第 2 章 数据通信网络与协议</b> .....35	4.1.6 城域网.....102
2.1 基础知识.....35	4.2 考试要求.....108
2.1.1 分组交换数据网.....35	4.3 考试要点.....108
2.1.2 DDN.....40	4.4 习题精选及解答.....109
2.1.3 帧中继.....44	4.5 练习题.....117
2.1.4 ATM.....48	4.6 局域网和城域网答案.....130
2.2 考试要求.....51	<b>第 5 章 互联网</b> .....138
2.3 考试要点.....51	5.1 基础知识.....138
2.4 习题集精粹及答案.....52	5.1.1 网络互联设备.....138
2.5 本章练习.....57	5.1.2 局域网的互联.....142
2.6 数据通信网络及协议答案.....59	5.1.3 广域网互联.....151
<b>第 3 章 计算机网络与协议</b> .....62	5.1.4 Internet 协议和组网技术.....158
3.1 基础知识.....62	5.1.5 Internet 路由协议.....179
3.1.1 计算机网络的功能.....62	5.1.6 虚拟专用网.....196
3.1.2 计算机网络的组成和分类.....62	5.1.7 Internet 应用举例.....205
3.1.3 计算机网络的体系结构.....64	5.2 考试要求.....212
3.1.4 网络分层模型.....66	5.3 考试要点.....212

5.4	习题集精粹及答案	213	8.1.5	关系模型	358
5.5	本章练习	246	8.1.6	SQL	365
5.6	互联网答案	254	8.2	考试要求	376
<b>第6章</b>	<b>网络操作系统</b>	<b>257</b>	8.3	考试要点	376
6.1	基础知识	257	8.4	习题集精粹及答案	377
6.1.1	网络操作系统简介	257	8.5	本章练习	387
6.1.2	Windows NT/2000/XP	261	8.6	数据库基础答案	401
6.1.3	UNIX 操作系统	273	<b>第9章</b>	<b>网络安全</b>	<b>408</b>
6.1.4	Linux 操作系统	281	9.1	基础知识	408
6.2	考试要求	294	9.1.1	网络安全概述	408
6.3	考试要点	294	9.1.2	访问控制技术	410
6.4	习题集精粹及答案	295	9.1.3	加密及认证技术	413
6.5	练习题	299	9.1.4	网络防火墙技术	417
6.6	网络操作系统答案	308	9.1.5	计算机病毒及黑客防范	424
<b>第7章</b>	<b>交换技术</b>	<b>312</b>	9.1.6	入侵检测系统	429
7.1	基础知识	312	9.2	考试要求	431
7.1.1	交换机的数据转发	312	9.3	考试要点	431
7.1.2	虚拟局域网	315	9.4	习题集精粹及答案	432
7.1.3	生成树原理	319	9.5	本章练习	447
7.1.4	VLAN、VTP 配置	322	9.6	网络安全答案	452
7.1.5	多层交换技术	323	<b>第10章</b>	<b>数据存储与安全技术</b>	<b>455</b>
7.1.6	交换机简介	323	10.1	基础知识	455
7.2	考试要求	324	10.1.1	硬盘	455
7.3	考试要点	324	10.1.2	独立冗余硬盘阵列	461
7.4	习题集精粹及答案	325	10.1.3	光纤通道	465
7.5	本章习题	329	10.1.4	数据恢复	467
7.6	交换技术答案	343	10.1.5	数据存储	472
<b>第8章</b>	<b>数据库基础</b>	<b>348</b>	10.2	考试要求	475
8.1	基础知识	348	10.3	考试要点	475
8.1.1	数据库基本简介	348	10.4	习题集精粹及答案	475
8.1.2	数据库系统结构	351	10.5	本章练习	480
8.1.3	数据模型	353	10.6	数据存储及安全答案	482
8.1.4	实体关系模型	355	<b>参考文献</b>		<b>483</b>



# 第 1 章 数据通信基础

## 1.1 基础知识

### 1.1.1 数据通信的基本概念

#### 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被用来互连各种类型的数字数据设备，其应用范围很广阔，如图 1.1 所示。

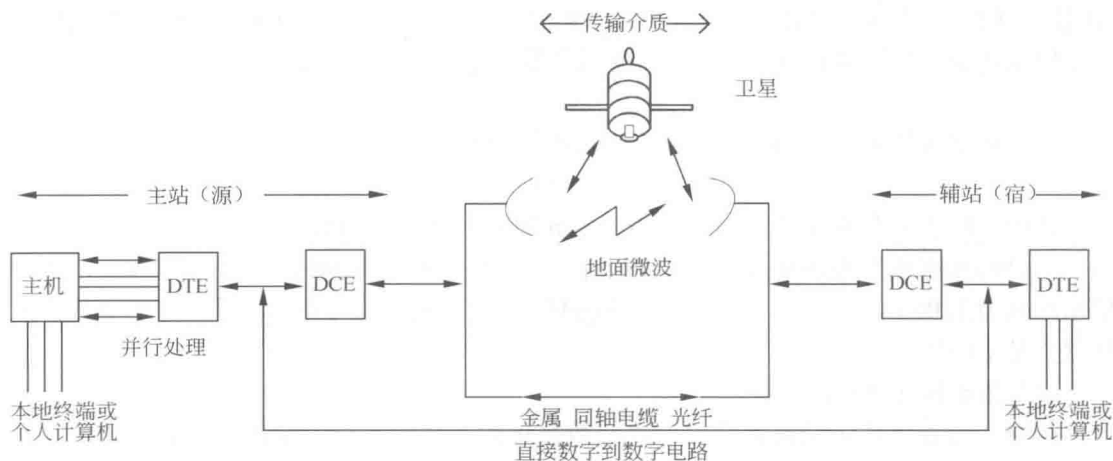


图 1.1 数据通信系统简化方框图

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）。

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。

## 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，通常使用以下三种不同的定义。

#### (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（Baud）。如信号码元持续时间为 $T$ （s），则码元速率 $N_{\text{(Baud)}}=1/T$ （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（b/s）。

比特是英文（Binary Digit）的缩写，在信息论中作为信息量的量度单位。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1b（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2b信息。总之，一个码元携带的信息量 $n$ （b）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 b/s 和码元速率（Baud）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600Baud，在二进制时，数据传信速率为600b/s；在四进制时，数据传信速率则为1200b/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的。

数据传输速率的三个定义，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，计算机之间的数据传输使用并行传输，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，如图 1.2 所示。

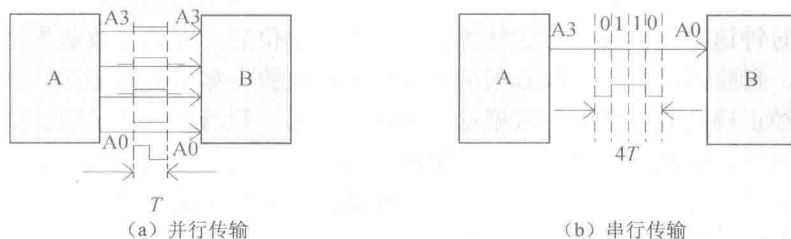


图 1.2 串行和并行数据传输

### (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。

线路上没有数码传输时称为空闲态，线路保持高电平。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，可以由用户根据实际情况选择。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。

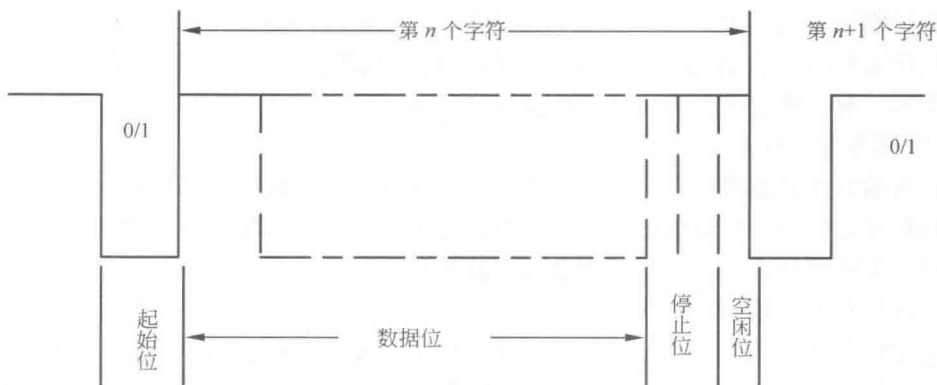


图 1.3 异步通信数据帧格式

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的校验位进行校验。如果校验无误，就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进行检测。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，在接收端再把这此数据分成数据字。

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，对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，以确认接收到的数据的正确性。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。但是大部分情况下，收端和发端是相距相当远的，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。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，如图 1.4 所示。

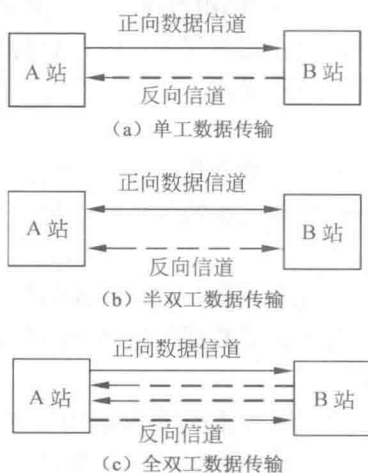


图 1.4 数据通信方式

单工数据传输是指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。一般来说，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，采用单工数据传输，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）则通过反向信道传输。

半双工数据传输是指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采用半双工数据传输。

全双工数据传输是指在两数据站之间，可以在两个方向上同时传输，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、时分复用或回波抵销技术时，二线线路也可以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就越大。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。

即使两个数据传输系统的传信速率相同，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的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（ $\text{b}/(\text{s} \cdot \text{Hz})$ ）。

### 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，属于非话音业务，与实时电话通信相比有以下特点：

- 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。现在已经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。

### 1.1.2 数据信号的传输

#### 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）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。

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和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

1b/s 相当，即码元速率等于信息速率，如图 1.5 所示。

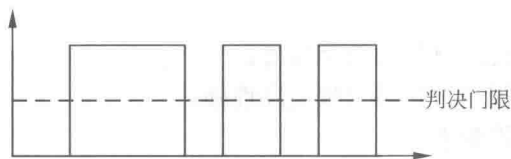


图 1.5 单极性不归零码

#### (2) 双极性不归零码。

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，就判为 1；如在零电平以下就判为 0；如图 1.6 所示。

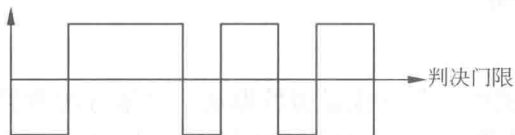


图 1.6 双极性不归零码

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”，就要连续不发送电流或连续发送负电流。

#### (3) 单极性归零码。

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”时就有一部分时间不发电流，幅度降为零电平，故称为归零码，如图 1.7 所示。

#### (4) 双极性归零码。

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，如图 1.8 所示。

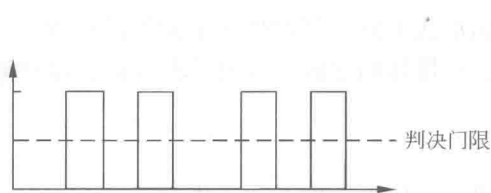


图 1.7 单极性归零码

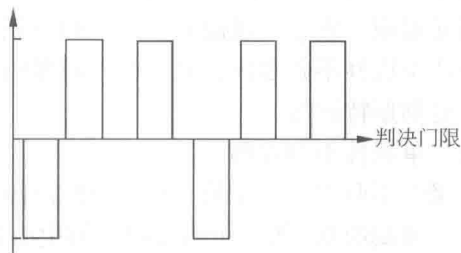


图 1.8 双极性归零码



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。用高电平到低电平的转换边表示“0”, 而用低电平到高电平的转换边表示“1”, 位中间的电平转换边既表示了数据代码, 也作为定时信号使用。曼彻斯特编码用在以太网中, 如图 1.9 所示。

#### (6) 差分曼彻斯特码。

差分曼彻斯特编码也是一种双相码。和曼彻斯特编码不同的是, 这种编码的码元中间的电平转换边只作为定时信号, 而不表示数据, 数据的表示在于每一位的开始处是否有电平转换。有电平转换表示“0”, 无电平转换表示“1”, 差分曼彻斯特编码用在令牌环网中, 如图 1.10 所示。

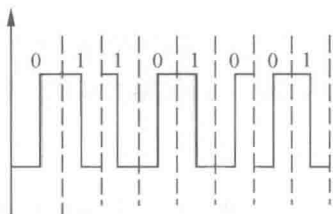


图 1.9 曼彻斯特码

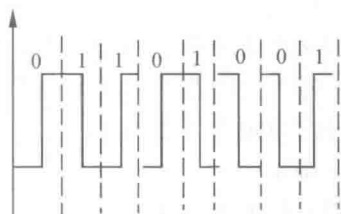


图 1.10 差分曼彻斯特码

以上各种编码各有优缺点。第一, 脉冲宽度越大, 发送信号的能量就越大, 这对于提高接收端的信噪比有利。第二, 脉冲时间宽度与传输频带宽度成反比关系, 归零码的脉冲比全宽码的窄, 因此它们在信道上占用的频带就较宽, 归零码在频谱中包含了码元的速率, 也就是说, 发送频谱中包含码元的定时信息。第三, 双极性码与单极性码相比, 直流分量和低频分量减少了, 如果数据序列“1”和“0”的位数相等, 那么双极性码就没有直流分量, 交替双极性码也没有直流分量, 这一点对于传输是有利的。第四, 曼彻斯特码和差分曼彻斯特码在每一个码元中均有跃变, 没有直流分量, 利用这些跃变可自动计时, 因而便于同步。

在数据通信中, 选择什么样的数据编码要根据传输的速度, 信道的带宽, 线路的质量以及实现的价格等因素综合考虑。

#### 2) 频带传输

信号每秒钟变化的次数叫频率, 单位为赫兹 (Hz)。信号的频率有高有低, 从低频到高频的范围叫频带, 不同的信号有不同的频带。

频带传输是指把数字设备上发出的数字信号调制成模拟信号后再发送、传输, 到达接收端时再把模拟信号解调成原来的数字信号来进行传输。