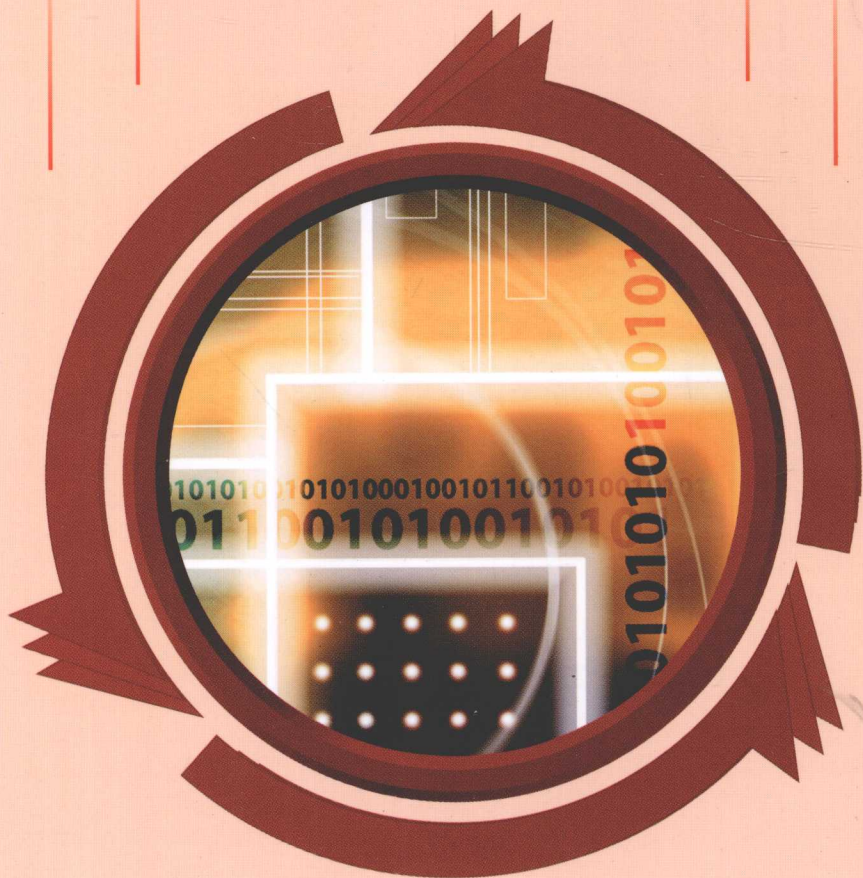


现代通信高技术丛书

现代通信技术

王丽娜 主编
周贤伟 王 兵 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

现代通信高技术丛书

现代通信技术

□ □ □ □

王丽娜 主编

周贤伟 王兵 编著

国防工业出版社
<http://www.ndip.cn>

内 容 简 介

本书首先对通信的基础知识进行了简要介绍,然后对现代通信领域涉及的主要技术做了比较全面、系统地讲述,其中涵盖了近年来涌现的新技术。

全书共分8章,内容包括通信基础知识、数字通信技术、电话网技术、数据通信技术、光纤通信技术、多媒体通信技术、无线通信技术和下一代网络技术。

本书内容丰富、简明易懂,可作为高等院校通信、电子信息类专业高年级学生的教材或教学参考书,也可供从事相关专业工作的科研和工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术 / 王丽娜主编;周贤伟,王兵编著. —北京:国防工业出版社,2009.8

(现代通信高技术丛书/周贤伟,邓忠礼,郑雪峰主编)

ISBN 978-7-118-06443-8

I. 现... II. ①王...②周...③王... III. 通信技术 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 115815 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23 1/4 字数 539 千字

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 43.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

《现代通信高技术丛书》编委会

名誉主任 周炯槃(院士)

总 编 宋俊德

主 编 周贤伟 邓忠礼 郑雪峰

副主编 曾广平 景晓军 雷雪梅 王丽娜 杨裕亮 马伍新

王祖珮 班晓娟 刘蕴络 王昭顺 王建萍 黄旗明

李新宇 杨 军 覃伯平 薛 楠

编 委 (按姓氏笔画排序)

马伍新 王 丹 王 华 王 培 王 强 王庆梅

王丽娜 王建萍 王昭顺 王祖珮 王淑伟 韦 炜

尹立芳 邓忠礼 申吉红 付娅丽 白浩瀚 冯 震

冯晓莹 吕 越 朱 刚 刘 宁 刘 宾 刘 潇

刘志强 刘晓娟 刘蕴络 闫 波 关靖远 安 然

孙 硕 孙亚军 孙辰宇 孙晓辉 苏力萍 李 杰

李宏明 李新宇 杨 军 杨文星 杨裕亮 肖超恩

吴齐跃 宋俊德 张海波 张臻贤 陈建军 林 亮

周 蓉 周贤伟 郑如鹏 郑雪峰 孟 潭 赵鹏(男)

赵鹏(女) 赵会敏 胡周杰 施德军 姜 美 姚恒艳

班晓娟 黄旗明 崔 旭 韩 旭 韩丽楠 覃伯平

景晓军 曾广平 雷雪梅 薛 楠 霍秀丽 戴昕昱

丛书策划 王祖珮

序

当今世界已经进入了信息时代,信息成为一种重要的战略资源,信息科学成为最为活跃的学科领域之一,信息技术改变着人们的生活和工作方式,信息产业已经成为国民经济的主导产业,作为信息传输基础的通信技术则成为信息产业中发展最为迅速,进步最快的行业。目前,个人通信系统和超高速通信网络迅猛发展,推动了信息科学的进一步发展,并成为 21 世纪国际社会和全球经济的强大动力。

随着通信技术日新月异,学习通信专业知识不但需要扎实的专业基础,而且需要学习和了解更多的现代通信技术和理论,特别是数字通信、卫星通信以及传感器网络的现代通信技术方面的知识。从有线通信到无线通信,从固定设备间的通信到移动通信,从无线通信到无线因特网,到传感器网络技术。未来的通信将为人们提供全方位以及无缝的移动性接入,最终实现任何人在任何地方、任何时间进行任何方式的通信,使得通信技术适应社会的发展需要呈现经久不衰的势头。

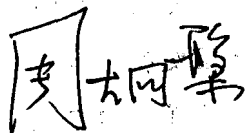
网络技术的飞速发展,通信技术在经济发展中的重要地位日趋重要,世界各国特别重视通信技术的理论研究和通信技术专业人才的培养,国外有关通信领域的文献资料和专著较多。就国内来讲,通信专业人才大量急需,为适应社会经济发展的需要,各高校和科研单位都在培养社会所需的通信专业人才。

为了增进通信及安全技术领域的学术交流,为了满足通信及信息安全专业领域的读者的需要,提供一套能系统、全面地介绍和讲解通信技术原理及新技术的系列丛书,北京科技大学等组织编写了这套《现代通信高技术丛书》。这套丛书内容涵盖了通信技术的主要专业领域,既可作为高等院校通信类、信息类、电子类、计算机类专业高年级本科生或研究生的教材,又可作为有关通信技术和科研人员的技术参考书。

我觉得这套丛书的特点是内容全面、技术新颖、理论联系实际,针对目前

我国通信技术发展情况与目前已有的相关出版物之间已有一定距离这一情况,本丛书立足于现在,通过对基本的技术进行分析,由浅入深,努力反映通信技术领域的新成果、新技术和进展,是国内目前较为全面、技术领先、适用面广的一套丛书。在我国大量培养通信专业人才的今天,这套丛书的出版是非常及时和十分有益的。

我代表编委会对丛书的作者和广大读者表示感谢!欢迎广大读者提出宝贵意见,以使丛书进一步修改完善。



2005年3月20日

前 言

通信技术发展迅速,新技术不断涌现,给社会经济和人们的生活带来了巨大变化。

现代通信技术作为信息化社会的支柱产业,对一个国家的政治、经济、军事、文化的发展和规划具有重要意义。为了适应信息时代发展的需要,有必要了解和掌握现代通信技术基础知识和发展动向。

本书是作者在从事“现代通信技术”课程教学的基础上,结合国内外现代通信技术的发展状况编写而成。编写力求简明扼要、深入浅出、通俗易懂,避免繁杂的理论推导。知识结构和内容体系遵循科学性、先进性、实用性和系统性兼顾的原则,使读者对现代通信技术的基本概念、基本原理、系统构成和技术发展趋势有较全面的理解和掌握。

全书共8章:第1章概括介绍通信基础知识,包括通信的基本概念、通信系统、通信网、通信业务、通信协议及通信领域的标准化组织,分析了现代通信技术的发展趋势;第2章主要介绍数字通信技术,包括模拟信号数字化、时分多路复用、数字复接技术和同步数字体系;第3章主要介绍电话网技术,包括电话网的构成、信令网、程控数字交换技术的工作原理、程控数字交换机的构成、呼叫处理的基本原理、窄带综合业务数字网技术以及智能网技术;第4章主要介绍数据通信技术,包括数据通信的基本概念和系统组成、数据信号的传输、差错控制技术、数据链路传输控制规程、数据通信的交换技术以及数据通信网技术;第5章主要介绍光纤通信技术,包括光纤通信的基本概念和系统组成、光纤传输的原理与特性、光放大技术、光复用技术、光滤波技术、光交换技术、相干光通信技术、光孤子通信技术、光传送网技术以及自动交换光网络技术;第6章主要介绍多媒体通信技术,包括多媒体通信技术的基本概念和特征、多媒体音频和图像信息处理技术、多媒体通信同步技术以及多媒体通信网络技术;第7章主要介绍无线通信技术,包括无线电波的传输特性、无线传输技术、移动通信技术、数字微波通信技术、卫星通信技术、短距离无线通信技术、自由空间光通信技术和认知无线电技术;第8章主要介绍下一代网络技术,包括软交换技术和IPv6技术等。

现代通信技术涉及面广、专业性强,本书在编写过程中参阅了国内外大量的专业书籍和文献,谨向各位著译者致敬并感谢。本书的编写还得到了北京科技大学和国防工业出版社的大力支持,在此也表示衷心感谢。

由于现代通信技术涵盖面广,发展日新月异,作者学识和编写水平有限,书中难免有纰漏和不妥之处,敬请读者不吝斧正。

编著者

2008年8月于北京

目 录

第 1 章 通信基础知识	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 通信信号	1
1.1.2 通信信道	1
1.1.3 通信方式	2
1.1.4 信息传输方式	3
1.2 通信系统	5
1.2.1 通信系统的基本模型	5
1.2.2 通信系统的分类	5
1.2.3 通信系统的主要性能指标	6
1.3 通信网	8
1.3.1 通信网的基本概念	8
1.3.2 通信网的构成要素	8
1.3.3 通信网的基本组网结构	10
1.3.4 通信网的类型	12
1.3.5 通信网的分层结构	12
1.3.6 通信网的质量要求	12
1.4 通信业务	13
1.4.1 模拟与数字视、音频业务	13
1.4.2 数据通信业务	13
1.4.3 多媒体通信业务	13
1.5 通信协议	14
1.5.1 协议的基本概念	14
1.5.2 协议的分层结构	15
1.5.3 开放系统互连参考模型	15
1.6 标准化组织	17
1.6.1 国际标准化组织	18
1.6.2 国际电信联盟	18
1.6.3 美国电气电子工程师学会	19
1.6.4 互联网工程任务组	19
1.6.5 美国联邦通信委员会	20
1.7 现代通信技术的发展趋势	20

本章小结.....	22
习题.....	22
第2章 数字通信技术	24
2.1 模拟信号数字化	24
2.1.1 数字通信的概念和特点	24
2.1.2 脉冲编码调制技术	25
2.2 时分多路复用	27
2.2.1 时分多路复用的基本概念	27
2.2.2 时分多路复用的同步技术	27
2.2.3 PCM30/32 路系统	31
2.3 数字复接技术	33
2.3.1 数字复接的概念	33
2.3.2 数字复接的实现	34
2.3.3 数字复接的同步	35
2.3.4 同步复接和异步复接	36
2.4 同步数字体系(SDH)	44
2.4.1 SDH 产生的技术背景	44
2.4.2 SDH 的概念和特点	45
2.4.3 SDH 的网络节点接口、速率和帧结构	47
2.4.4 SDH 的基本复用映射结构	49
本章小结.....	52
习题.....	53
第3章 电话网技术	54
3.1 电话网概述	54
3.1.1 电话网的组成和结构	54
3.1.2 电话网的路由选择	58
3.1.3 信令网	61
3.2 程控数字交换技术	72
3.2.1 程控数字交换的基本原理	72
3.2.2 程控数字交换机的构成	77
3.2.3 呼叫处理的基本原理	87
3.3 窄带综合业务数字网技术	90
3.3.1 ISDN 的基本概念	90
3.3.2 ISDN 的网络功能体系结构	91
3.3.3 ISDN 的用户-网络接口	92
3.4 智能网技术	95
3.4.1 智能网的概念和特点	95
3.4.2 智能网的结构	96

3.4.3 智能网的概念模型	97
本章小结	100
习题	101
第4章 数据通信技术	102
4.1 数据通信概述	102
4.1.1 数据和数据通信	102
4.1.2 数据通信系统的组成	103
4.1.3 数据通信的 OSI 体系结构	104
4.2 数据信号传输	104
4.2.1 数据信号及传输信道	104
4.2.2 数据信号传输的基本方法	109
4.3 差错控制技术	110
4.3.1 差错控制的基本概念	110
4.3.2 差错控制的基本原理	110
4.3.3 差错控制编码的纠检错能力	111
4.3.4 差错控制方式	112
4.3.5 常用的差错控制码	113
4.4 数据链路传输控制规程	116
4.4.1 数据链路及数据链路层的主要功能	116
4.4.2 数据链路控制规程的主要功能	116
4.4.3 数据链路控制规程的种类	117
4.5 数据通信的交换技术	136
4.5.1 数据交换的必要性	136
4.5.2 数据交换方式	136
4.5.3 电路交换	137
4.5.4 报文交换	138
4.5.5 分组交换	139
4.5.6 帧方式	142
4.6 数据通信网技术	143
4.6.1 数据通信网的构成	143
4.6.2 数据通信网分类	143
4.6.3 分组交换网技术	144
4.6.4 帧中继技术	150
4.6.5 数字数据网技术	154
4.6.6 以太网技术	158
4.6.7 ATM 技术	159
本章小结	167
习题	167

第5章 光纤通信技术	169
5.1 光纤通信概述.....	169
5.1.1 光纤通信的概念和特点	169
5.1.2 光纤通信的工作波长	170
5.1.3 光纤通信系统的组成	170
5.2 光纤传输原理与特性.....	171
5.2.1 光纤结构	171
5.2.2 光纤的分类	172
5.2.3 光纤的导光原理	173
5.2.4 光纤的传输特性	177
5.3 光纤传输设备.....	180
5.3.1 光发射机	180
5.3.2 光接收机	183
5.3.3 光中继器	185
5.4 光放大技术.....	186
5.4.1 半导体光放大器	186
5.4.2 光纤放大器	186
5.5 光复用技术.....	189
5.5.1 光波分复用技术	189
5.5.2 光时分复用技术	191
5.6 光交换技术.....	192
5.7 相干光通信技术.....	194
5.7.1 相干光通信的基本原理	194
5.7.2 相干光通信系统	196
5.8 光传送网技术.....	197
5.8.1 光传送网的引入	197
5.8.2 光传送网的结构	197
5.8.3 光传送网的节点技术	198
5.9 自动交换光网络技术.....	200
5.9.1 自动交换光网络的体系结构	200
5.9.2 自动交换光网络的连接	201
5.9.3 自动交换光网络的关键技术	202
5.9.4 自动交换光网络技术优势	203
本章小结	204
习题	204
第6章 多媒体通信技术	205
6.1 多媒体通信概述.....	205
6.1.1 基本概念	205

6.1.2	多媒体通信技术的特征	206
6.1.3	多媒体通信体系结构	206
6.2	多媒体信息处理技术	207
6.2.1	音频信息处理技术	207
6.2.2	图像信息处理技术	210
6.3	多媒体通信同步技术	222
6.3.1	多媒体同步的概念和类型	222
6.3.2	多媒体同步参考模型	224
6.3.3	多媒体同步控制机制	227
6.4	多媒体通信网络技术	231
6.4.1	多媒体通信对通信网的要求	231
6.4.2	现有网络对多媒体通信的支撑	233
6.4.3	基于 IP 的宽带多媒体通信网络	235
	本章小结	247
	习题	248
第 7 章	无线通信技术	249
7.1	无线通信概述	249
7.1.1	无线电波的传播特性	249
7.1.2	无线传输技术	255
7.2	移动通信技术	267
7.2.1	移动通信的基本概念和特点	267
7.2.2	移动通信系统的组成	268
7.2.3	移动通信组网技术和组网原则	270
7.2.4	移动通信的功率控制和切换技术	274
7.2.5	GSM 数字移动通信系统	275
7.2.6	第 3 代移动通信技术	282
7.3	数字微波通信技术	287
7.3.1	数字微波通信的基本概念	287
7.3.2	数字微波通信线路	287
7.3.3	数字微波通信的关键技术	291
7.4	卫星通信技术	292
7.4.1	卫星通信的基本概念和特点	292
7.4.2	卫星通信使用的频率	293
7.4.3	卫星通信系统的组成	294
7.4.4	宽带卫星 IP 通信技术	299
7.5	短距离无线通信技术	307
7.5.1	红外数据通信技术	307
7.5.2	蓝牙技术	309

7.5.3 家庭射频技术	314
7.5.4 Zigbee 技术	317
7.5.5 超宽带技术	321
7.6 自由空间光通信技术	329
7.6.1 自由空间光通信概述	329
7.6.2 自由空间光通信技术特点及应用	329
7.6.3 自由空间光通信的关键技术	330
7.7 认知无线电技术	332
7.7.1 认知无线电的概念和研究模型	332
7.7.2 认知无线电的关键技术	335
本章小结	337
习题	337
第8章 下一代网络技术	339
8.1 下一代网络概述	339
8.1.1 下一代网络的含义	339
8.1.2 下一代网络的特点	339
8.1.3 下一代网络提供的新业务	340
8.1.4 基于软交换的下一代网络体系结构	341
8.1.5 下一代网络的主要技术	342
8.2 软交换技术	343
8.2.1 软交换的定义	343
8.2.2 软交换技术的基本要素	343
8.2.3 软交换技术的参考模型及实现	344
8.2.4 软交换的功能	346
8.2.5 软交换的对外接口	348
8.2.6 软交换的主要协议	349
8.3 IPv6 技术	352
8.3.1 IPv4 存在的问题及 IPv6 的特点	352
8.3.2 IPv6 数据报格式	353
8.3.3 IPv6 的地址	355
8.3.4 IPv4 向 IPv6 过渡	357
本章小结	361
习题	361
参考文献	362

第 1 章 通信基础知识

1.1 基本概念

1.1.1 通信信号

声音、文字、图像都是表示信息的一种形式。对于通信系统而言,信源发出的信息要经过适当地变换和处理使之变成适合在信道上传输的信号才可以传输,因此,从通信的角度讲,信号是信息传输的载体。信号应该具有某种可以感知的物理参量,如电压、电流,以及光波的强度和频率等。信号通常被分为模拟信号和数字信号 2 大类。

1) 模拟信号

信号波形模拟信息的变化而变化,这样的信号就称为模拟信号,如图 1-1 所示。模拟信号的特点是幅度连续(连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值)。图 1-1(a)所示的信号是模拟信号,其信号波形在时间上也是连续的,故又称为连续的模拟信号。若按照一定的时间间隔 T 对图 1-1(a)所示的模拟信号进行抽样,由此得到的信号如图 1-1(b)所示,该信号波形在时间上是离散的,故又称为离散的模拟信号。由于该信号的幅度仍然是连续的,因此它仍然是模拟信号。目前,电话、传真、电视信号都是模拟信号。

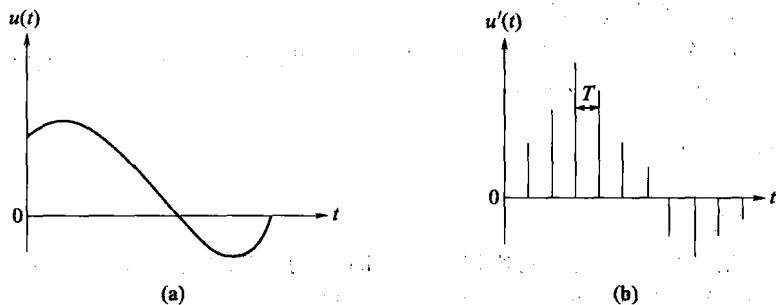


图 1-1 模拟信号

(a) 连续的模拟信号; (b) 离散的模拟信号。

2) 数字信号

数字信号指的是幅度离散的信号,即信号幅值被限制在有限个数值之内,不是连续的而是离散的,如图 1-2 所示。图 1-2(a)是二进制码,每个码元只取 2 个幅值(0, A),图 1-2(b)是四进制码,每个码元取(3, 1, -1, -3)中的 1 个。

1.1.2 通信信道

信道是信号在通信系统中传输的通道,是信号从发射端传输到接收端所经过的传输

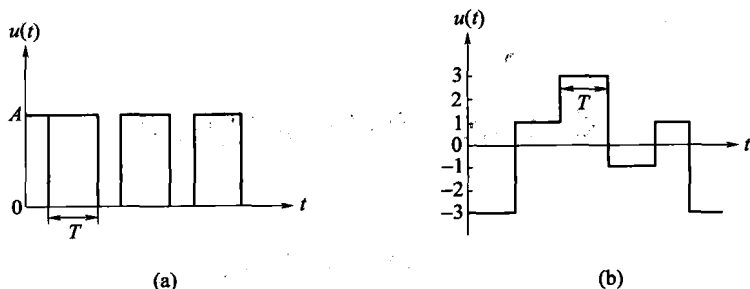


图 1-2 数字信号

(a) 二进制码; (b) 四进制码。

媒介。按照不同的分类方法,可以将信道分为不同的种类。

1) 按传输媒介划分

(1) 有线信道:利用导体来传输信号。常用的有线信道有架空明线、双绞线、同轴电缆、光缆等。

(2) 无线信道:利用电磁波的传播来传输信号。根据电磁波的传输特点,无线信道又可以分为长波信道、中波信道、短波信道、超短波信道、微波接力信道、卫星中继信道、短波电离层反射信道、微波对流层散射信道等。

2) 按信道传输信号的形式划分

(1) 模拟信道:传送模拟信号的信道。

(2) 数字信道:传送数字信号的信道。

3) 按信道特性划分

(1) 恒参信道:信道的特性不随时间变化。常见的恒参信道有有线信道、微波接力信道、卫星中继信道、微波散射信道等。

(2) 变参信道:信道的特性随时间变化,有时也称为时变信道。常见的变参信道有短波电离层反射信道、微波对流层散射信道等。

1.1.3 通信方式

1) 单工通信

单工通信是指信息只能单向传送或某一时间内只能使用发信机或收信机。对讲机、有线电视、从计算机主机输出数据到显示器或打印机采用的都是单工通信方式。单工通信的工作原理如图 1-3(a)所示。

2) 半双工通信

半双工通信是指可以双向传送信息,但 2 个方向只能轮流分时发送,不能同时传送,或只有其中一方可同时使用收信机和发信机。集群通信和计算机与终端之间的通信采用的都是双工通信方式。双工通信的工作原理如图 1-3(b)所示。

3) 全双工通信

全双工通信是指可以同时传送信息,通信双方的收信机和发信机均可同时工作。电话系统、计算机网络等大多数通信系统采用的都是全双工通信方式。全双工通信的工作原理如图 1-3(c)所示。

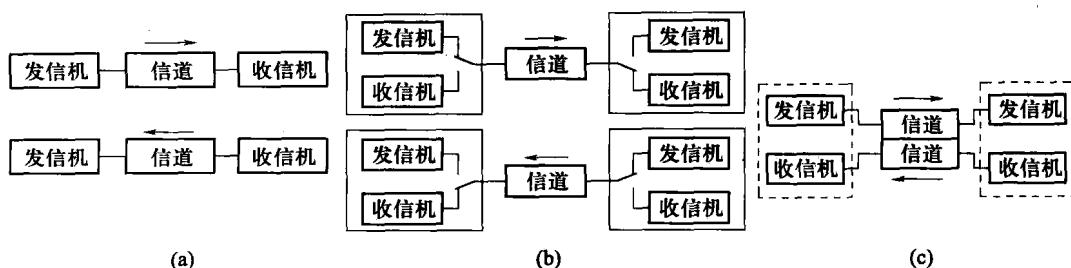


图 1-3 通信方式

(a) 单工通信；(b) 半双工通信；(c) 全双工通信。

1.1.4 信息传输方式

1.1.4.1 并行传输与串行传输

1) 并行传输

并行传输指的是数据以成组的方式在多条并行信道上同时进行传输。常用的是将构成 1 个字符的几位二进制码分别在几个并行信道上进行传输,例如,采用 8 位二进制码的字符可以用 8 个信道并行传输,如图 1-4 所示。并行传输的特点:终端装置与线路之间不需要对传输数据做时序变换,能简化终端装置的结构;需要多条信道的传输设备,因此成本较高;1 次传送 1 个字符,因此,收、发双方不存在字符的同步问题,不需要另加“起”、“止”信号或其他同步信号来实现收、发双方的字符同步,这是并行传输的一个主要优点。但是,并行传输必须有并行信道,这往往带来了设备上或实施条件上的限制,因此,实际应用受到限制。

2) 串行传输

串行传输指的是组成字符的若干位二进制码排列成数据流以串行的方式在 1 条信道上传输,如图 1-5 所示。一个字符的 8 位二进制码,由高位到低位顺序排列,再接下一个字符的 8 位二进制码,这样串接起来形成串行数据流传输。串行传输只需要 1 条传输信道,易于实现,是目前主要采用的一种传输方式。但是串行传输存在一个收、发双方如何保持码组或字符同步的问题,这个问题不解决,接收方就不能从接收到的数据流中正确地区分出一个一个字符来,传输也将失去意义,因此,这个问题是串行传输必须解决的。如

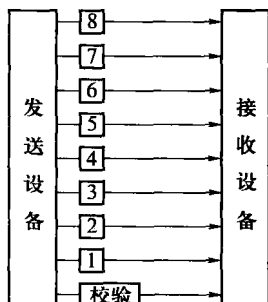


图 1-4 并行传输示意图

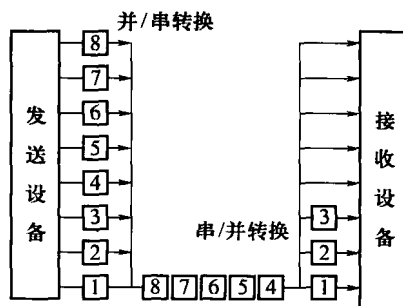


图 1-5 串行传输示意图

何解决码组或字符的同步问题,目前有2种不同的解决办法,即异步传输方式和同步传输方式。串行传输的特点:所需线路少,线路利用率高;发送端和接收端要分别进行并/串转换和串/并转换;收、发之间必须采取某种同步方式。

1.1.4.2 异步传输与同步传输

1) 异步传输

异步传输方式一般以字符为单位,不论所采用的字符代码长度为多少位,在发送每个字符代码时,前面均加上1个“起”信号,其长度规定为1个码元,极性为“0”,即空号的极性;字符代码后面均加上1个“止”信号,其长度为1个、1.5个或2个码元,极性皆为“1”,即与信号极性相同,加上“起”、“止”信号的作用就是为了能区分串行传输的“字符”,也就是实现串行传输收、发双方码组或字符的同步。异步传输方式的优点是同步实现简单,收、发双方的时钟信号不需要严格同步;缺点是对每个字符都需加入“起”、“止”码元,使传输效率降低,故适用于1200b/s以下的低速数据传输。异步传输方式如图1-6所示。

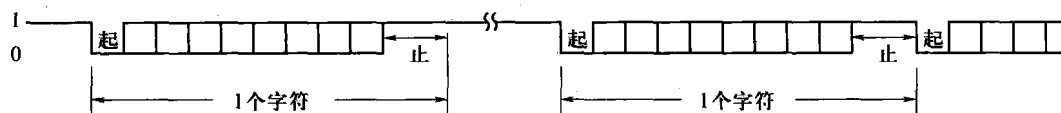


图 1-6 异步传输示意图

2) 同步传输

同步传输是以固定的时钟节拍来发送数据信号的,因此,在1个串行数据流中,各信号码元之间的相对位置是固定的(即同步)。接收端为了从收到的数据流中正确地分出一个个信号码元,首先必须建立准确的时钟信号,这是同步传输较之异步传输复杂的一点。在同步传输中,数据的发送一般以组(或称帧)为单位,1组数据包多字符或多比特,在组或帧的开始和结束需加上预先规定的起始序列和结束序列作为标志。起始序列和结束序列的形式根据所采用的传输控制规程而定,有2种同步方式,即字符同步和帧同步,如图1-7所示。

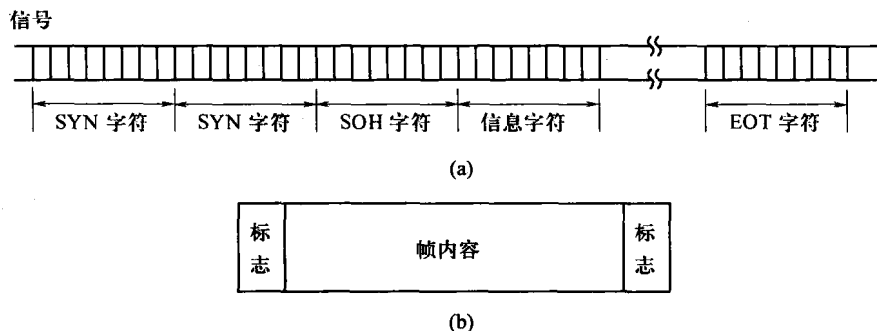


图 1-7 同步传输示意图

(a) 字符同步; (b) 帧同步。