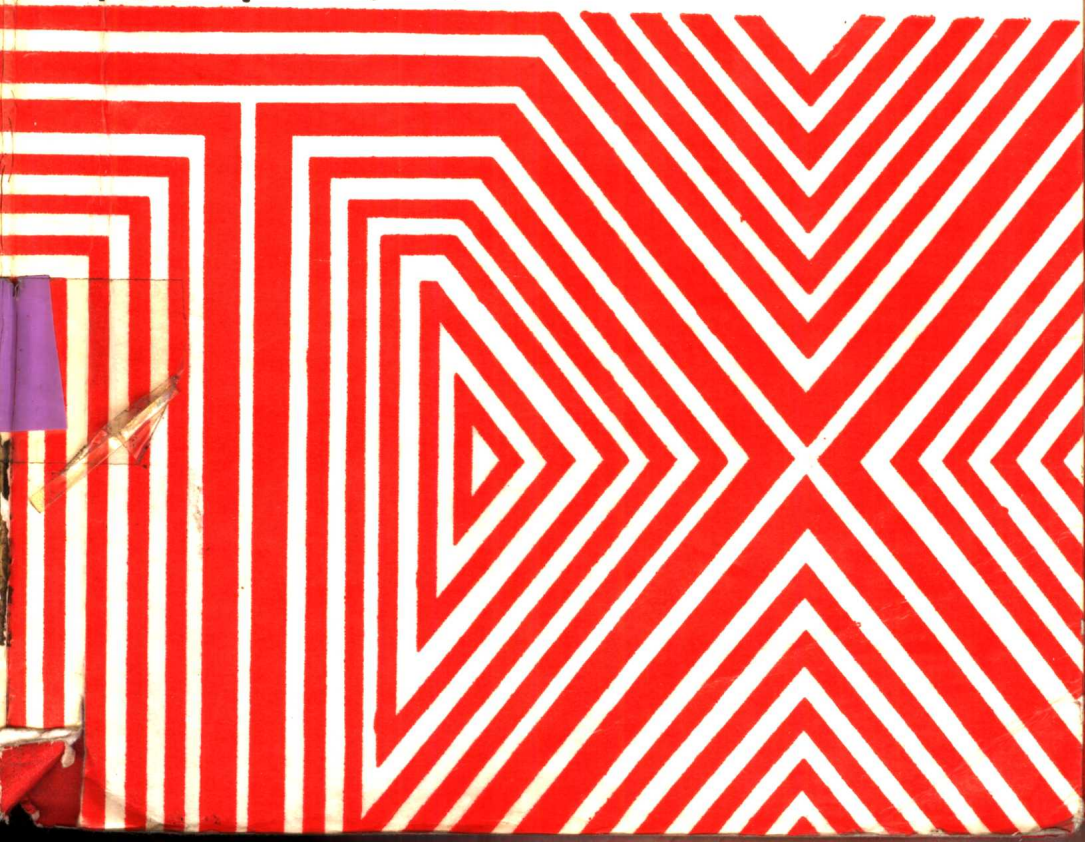


数据通信工程

通信工程丛书

汪润生 周师熊等 编著
中国通信学会主编

人民邮电出版社



通 信 工 程 丛 书

数 据 通 信 (3)

数 据 通 信 工 程

汪润生 周师熊 等编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社出版

内 容 提 要

本书是“通信工程丛书”之一。它从总体工程的角度,对数据通信所涉及的主要内容作了系统的介绍。其中,第一至八章介绍了数据传输的基本概念、传输信道、调制技术、差错控制,以及传输控制规程和传输方式等。第九至十三章介绍了数据通信网及数据处理系统的有关内容,包括远程数据处理方式、典型数据处理业务、网络结构、交换方式、通信协议、分组网的功能结构,以及网络的性能评价等。第十四章介绍了数据保密的基本内容,第十五章举出了一个数据通信系统的实例。

本书内容丰富,通俗易懂,有概念,有数据,有图表,对从事数据通信、计算机网络工作的工程技术人员具有实用价值,对相关专业的大专院校师生也是一本很好的参考书。

通 信 工 程 丛 书

数 据 通 信 (8)

数 据 通 信 工 程

汪润生 周师熊 等编

责任编辑:王若珏

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

开本: 850×1168 1/32

1990年 4 月 第 一 版

印张: 20 ¹⁶/₃₂ 页数: 328

1990年 4 月河北第1次印刷

字数: 545 千字 插页: 1

印数: 精1—1 000册
平1—4 000册

精装 ISBN7-115-04300-O/TN·373

平装 ISBN7-115-04144-X/TN·322

精装定价: 11.50 元

平装定价: 9.15 元

丛 书 前 言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识，提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力，了解通信技术的新知识和发展趋势，以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献，我会与人民邮电出版社协作，组织编写这套“通信工程丛书”，陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发，密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要，阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识，包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求，以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备，深浅适宜，条理清楚，对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材，不仅介绍有关的物理概念和基本原理，而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际；论证简明扼要，避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们，我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议，使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

数据通信是计算机和通信相结合而产生的一种新的通信方式，它是各类计算机网络赖以建立的基础。它的发展已有近 30 年的历史。早期的计算机网都是一些面向终端的网络，以一台或几台主机为中心，通过通信线路与多个远程终端相联，构成一个集中式网络。60 年代末，以美国有名的 *ARPA* 计算机网的诞生为起点，出现了计算机与计算机之间的通信和资源共享，开辟了计算机技术发展的一个新领域——网络化与分布处理技术。70 年代以来，计算机网络与分布处理技术获得了迅速发展，同时，它也进一步推动了数据通信这一新的通信业务与技术的发展。

数据通信具有许多不同于传统的电报、电话通信的特点。由于它主要是“人（通过终端）——机（计算机）”通信或“机——机”通信，因而产生了一系列新的要求。例如，很多通信控制过程都要求自动实现，在传输中发生差错时要求能自动地进行校正。另外，这种通信方式总是与信息处理相联系的，因此，随着信息处理内容与处理方式的不同，对通信的要求也会有很大的差别。例如，终端类型、传输代码、响应时间、传输速率、传输方式、系统结构、差错率等等方面都与系统的应用及信息处理方式有关。因此，在实现数据通信时，需要考虑的因素比较复杂。但是，必须指出，数据通信作为一种新的通信业务，它的发展不能脱离原有的通信网基础，在一般情况下均须利用原有的通信设施来作为数据传输的手段。从许多国家发展数据通信的过程来看，在出现公用数据网以前，主要是利用已有的电话交换网和用户电报网来开放公用的数据通信业务，或是向用户提供租用电路，由用户自行组织专用的数据通信网。在个别有条件的部门，如军事、铁道等部门，则利用自己

的通信设施来建立专用的数据通信网。70年代中期以来，由于数据通信业务的大量增长，在一些发展较快的国家内开始出现了面向公众的、专用于数据通信业务的公用数据网。但即使如此，公用数据网的建设也仍然离不开原来的通信网。

实现数据通信是构成计算机网的基础，但是计算机网的建立，除了必须具备通信功能外，尚涉及计算机与计算机，以及计算机与终端用户之间作业上的联系，例如位于一地的终端用户调用一个远端的应用程序、查询数据库，或者将一个作业录入到远端的计算机处理系统中，建立这些联系都要求双方协同工作。因此，一个计算机网的功能应包括两个主要方面：通信与信息处理，它们都反映在网络的体系结构中。一个计算机网络的体系结构是对网络所具有的全部功能的描述，这种描述通常采用分层方式，也就是将它们分为若干层次。至于层如何划分以及每层功能上的差别，都将导致网络体系结构的不同。当前，各主要计算机制造厂家生产的计算机系统产品中都有自己的网络体系结构。采用不同网络体系结构的计算机系统如不经中间转换是无法互连的，或者说彼此之间无法建立起可以互相访问的通路，这是在当前信息处理技术发展中所面临的一个巨大矛盾。为了解决这一矛盾，在80年代初，ISO提出了开放系统互连（*Open systems Interconnection*，简称OSI）的基本参考模型。所谓开放系统乃指符合OSI标准的系统，它们可以与任何其他地点的开放系统进行互连，这就是“开放”一词的含意。“互连”则包括交换信息和协同工作（合作完成一个共同的任务）双重含意。OSI概念的形成及其参考模型（目前已成为一项重要的国际标准）的建立引起了人们的高度重视，它已成为发展计算机网络体系结构的主要依据，其应用范围已不仅局限于计算机网络，而且正逐步扩大成为发展各种新型信息通信（*Telematic*）业务的参考模型。人们期待着通过OSI的实现，使未来的信息处理系统能同今天的电话网一样，在全世界范围内实现广泛的互连和资源共享。

公用数据网是一种面向各类数据用户的公用通信网，它可以看

成一个大型的中继开放系统。凡符合有关接口协议规定的任何用户终端系统,从技术上来说都可以与它相接。一个采用分组交换的公用数据网在功能结构上基本符合OSI基本参考模型中的低三层,即物理层、数据链路层与网络层的体系结构。分组交换公用数据网的出现是数据通信技术不断进步的结果,同时也是为了满足各类信息处理业务迅速增长的需要。

当前,随着计算机技术和通信技术的发展,计算机网络与数据通信技术也在迅速发展。无论是数据传输技术、网络技术、分布处理与分布数据库技术、新型信息业务、OSI以及标准化等方面都取得了许多引人注目的进展。所有这些技术的进展都表明,数据通信与计算机网络技术在80年代的今天已发展成为一门综合性的先进的科学技术。

本书作为通信工程丛书之一,试图从工程角度出发,对数据通信所涉及的主要内容加以系统介绍。书中第一至八章主要叙述数据传输方面的内容,包括数据传输所涉及的基本概念、数据传输信道、基带传输及频带传输、调制解调器、复用器、差错控制、数据链路控制规程、数字数据传输方式等。数据传输是实现数据通信的基础,数据传输的质量直接关系到数据通信系统和数据网的性能。因此对于从事数据通信专业的工程技术人员来说,必须对数据传输的基础理论和工程实用知识有较好的了解,因此,在内容选取上尽量做到两者兼顾。书中第九至十三章主要叙述数据通信网及数据处理系统的有关内容,其中包括远程数据处理方式与典型的数据处理业务,网络结构,数据交换方式,OSI基本参考模型及通信协议,分组交换网的功能结构、硬件、软件构成及性能评价等方面的内容。这些内容对于了解数据通信网,尤其是分组交换数据网的构成以及有关的协议来说,都是十分重要的。本书第十四章介绍了数据保密的基本内容,第十五章举出一个数据通信系统的构成实例。

本书的编写力求能符合我国当前的实际情况和客观需要,尽可能突出工程实用性,力求对从事数据通信、计算机网络及其相近专业

工作的工程技术人员能有实用参考价值。但是，由于目前数据通信在我国的发展水平还比较低，尤其是在工程实用方面的经验尚不多，因此要达到上述目的，对参加编写的人员来说是一项比较困难的任务。希望广大读者对本书内容和编写方法能提出宝贵的批评和意见。

本书的第一、二、八章由汪润生编写，第三章由乐光新编写，第四章由王新允编写，第五章由邱安定编写，第六章由陈锦章编写，第七章由薛春培编写，第九、十、十二、十三章由周师熊编写，第十一、十五章由吴孝峰编写，第十四章由张泽忠编写。全书由汪润生及周师熊负责组织 and 定稿。

一九八七年

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 数据传输与数据通信	(1)
1.2 传输代码	(2)
1.3 数据传输速率	(10)
1.4 数据传输方式	(14)
1.5 传输信道与数据电路	(17)
1.6 数据传输质量	(20)
1.7 数据通信系统	(23)
小结	(25)
第二章 数据传输信道	(26)
2.1 电信网概述	(26)
2.2 传输媒体	(34)
2.3 多路复用	(43)
2.4 话路传输特性及其对数据传输的影响	(51)
小结	(67)
第三章 基带传输	(69)
3.1 数据信号的基本形式	(69)
3.2 基带传输波形的形成	(71)
3.3 部分响应形成系统	(81)
3.4 基带传输的最佳化和系统性能	(88)
3.5 基带传输中的时间域均衡	(98)
3.6 数据序列的扰乱和解扰	(110)
3.7 基带传输系统	(116)
小结	(120)

第四章 频带传输及调制解调器	(122)
4.1 调制解调器的作用及构成方式	(122)
4.2 1200b/s以下的调制解调器(V.21, V.23建议) ...	(134)
4.3 600/1200b/s和2400b/s调制解调器(V.22, V.26 建议)	(138)
4.4 4800b/s调制解调器(V.27建议)	(149)
4.5 9600b/s调制解调器(V.29建议)	(151)
4.6 宽带调制解调器(V.36, V.37建议)	(155)
4.7 声耦合器(V.15建议)	(160)
4.8 自动呼叫应答器(V.25建议)	(162)
4.9 V.32和V.33建议的调制解调器.....	(164)
4.10 调制解调器与数据终端设备的接口标准	(184)
4.11 调制解调器的性能与测量	(203)
小结	(210)
第五章 复用器	(215)
5.1 基本概念	(215)
5.2 频分复用器(FDM)	(216)
5.3 时分复用器(TDM)	(218)
5.4 CCITT对于时分复用器的有关建议	(224)
5.5 统计时分复用器(STDM)	(234)
5.6 复用技术的比较	(239)
小结	(241)
第六章 差错控制	(243)
6.1 引言	(243)
6.2 纠错码的原理及纠错能力	(245)
6.3 循环码	(248)
6.4 卷积码	(261)
6.5 数据信道的差错统计特性	(264)
6.6 我国公用电话交换网初步的差错统计特性及信道	

差错数学模型	(265)
6.7 各种ARQ型式	(268)
6.8 最佳码长	(276)
小结	(279)
第七章 数据链路传输控制规程	(282)
7.1 数据链路及传输控制概念	(282)
7.2 基本型传输控制规程	(287)
7.3 高级数据链路控制 (HDLC) 规程	(301)
小结	(321)
第八章 数字数据传输方式	(323)
8.1 数字数据传输方式的特点和意义	(323)
8.2 数字数据传输系统的构成	(324)
8.3 复用方式	(329)
8.4 网同步方式	(335)
8.5 用户接入方式	(340)
8.6 数字数据交换网的构成	(344)
小结	(345)
第九章 远程数据处理	(347)
9.1 引言	(347)
9.2 数据采集	(349)
9.3 批量处理	(350)
9.4 分时处理	(352)
9.5 查询数据库	(354)
9.6 事务处理	(355)
小结	(359)
第十章 网络结构	(361)
10.1 引言	(361)
10.2 面向终端网	(361)
10.3 计算机网与数据通信网	(376)

10.4	局部区域网	(359)
10.5	网络配置的优化	(400)
	小结	(405)
第十一章	数据交换方式	(407)
11.1	在现有公用网上进行数据传输	(407)
11.2	电路交换	(412)
11.3	报文交换	(422)
11.4	分组交换	(424)
11.5	交换方式的比较和选择	(438)
	小结	(450)
第十二章	网络的通信协议	(452)
12.1	引言	(452)
12.2	协议的概念和层次结构	(453)
12.3	ISO开放系统互连参考模型	(456)
12.4	CCITT X.25建议	(460)
12.5	分组装/拆(PAD)协议	(491)
12.6	分组交换网的互连协议	(507)
12.7	局域网标准	(513)
12.8	通信协议的适配	(527)
12.9	通信协议的测试	(529)
	小结	(531)
第十三章	分组交换数据网	(533)
13.1	公用数据网与专用数据网	(533)
13.2	分组交换网的特性	(534)
13.3	分组交换网的功能结构	(550)
13.4	分组交换机硬件	(560)
13.5	分组交换机软件	(571)
13.6	计算机通信网的性能评价	(575)
	小结	(584)

第十四章 数据保密	(586)
14.1 数据保密及确证的必要性	(586)
14.2 数据加密标准	(588)
14.3 个人标识	(613)
14.4 单向功能及其应用	(617)
14.5 信息和用户确证	(619)
14.6 公开密钥体制及其在确证中的应用	(621)
14.7 开放网络的确证	(626)
小结	(629)
第十五章 数据通信的应用	(632)

第一章 概 论

1.1 数据传输与数据通信

为了传递数据信息,首先需要将二进制数据用一定的信号形式来代表,例如可以采用不同极性的电压,电流或脉冲来代表,如图1-1所示。将这样的数据信号加到数据传输信道上进行传输,到达接收地点后再正确地恢复出原始发送的数据信息,这就实现了数据传输的任务。这里,数据传输信道可看成是一个通道,数据信号通过它从一地传递到另一地。关于通道如何构成的问题,将在下一章中进行介绍。

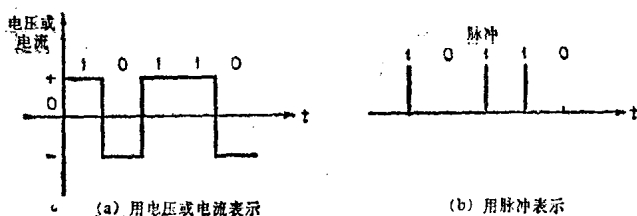


图 1-1 二进制数据信号的表示

需要指出的是实际上存在的任何数据信道都不可能对数据信号实现完全无失真的传输。数据信号经过信道传输后都将带来一定程度的失真(或称畸变),同时还可能引入外来的噪声干扰。当失真和干扰达到一定程度时就有可能使最终得到的数据信息出现差错。为了对差错进行控制,同时也为了使整个数据通信过程能按一定的规则有顺序地进行,通信双方必须建立一定的协议或约定,并且具有执行协议的功能,这样方可实现有意义的数据通信,从这个含义上说,数据通信的内容比起单纯的数据传输又进了一层。可以这样

认为,数据传输是实现数据通信的基础,但是单纯的数据传输达不到有效地进行数据通信的目的,这在后面讲到数据链路和控制规程,以及数据通信网的构成和功能时将会看得更加清楚。

1.2 传输代码

由数据终端设备或计算机发出的数据信息一般都是字母(大、小写)、数字和符号的组合。为了传递这些信息,首先需将每一个字母、数字或符号用二进制码的组合,即二进制代码来表示。目前常用的二进制代码有国际5号码(IA5)、EBCDIC码和国际电报2号码(ITA2)等。

1.2.1 国际5号码(IA5)

这是一种7单位代码,它以7位二进码来表示一个字母、数字或符号。这种码最早是在1963年由美国的标准化协会提出的,称为美国信息交换用标准代码(American Standard Code for Information Interchange简称ASCII码),后来又为国际标准化组织(ISO)及国际电报电话咨询委员会(CCITT)采纳和发展成为一种国际通用的信息交换用标准代码,即CCITT T.50建议(原V.3建议)中推荐的国际5号码,它表示在表1-1中。

表1-1中第1.2两列的字符均作为控制字符使用,它只产生控制功能,不被显示或打印。其中:

(1)NUL表示“空白”,其代码为全“0”,它没有任何指定的含义,也不产生控制功能,如在传输中字符与字符之间需插入“空白”字符时,可用它来表示。

(2)FE₀至FE₆是页面的格式化控制字符。

(3)TC₁至TC₁₀是传输控制字符,这些字符的使用方式将在第七章中加以叙述。

(4)DC₁至DC₄是控制外围设备的控制字符。

表 1-1

国际 5 号 码

					b_7	0	0	0	0	1	1	1	1
					b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
					b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1	列 行		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	TC_7 (DLE)	SP	0	@	P			p
0	0	0	1	1	TC_1 (SOH)	DC ₁	1	1	A	Q	a		q
0	0	1	0	2	TC_2 (STX)	DC ₂	"	2	B	R	b		r
0	0	1	1	3	TC_3 (ETX)	DC ₃	#	3	C	S	c		s
0	1	0	0	4	TC_4 (EOT)	DC ₄	␣	4	D	T	d		t
0	1	0	1	5	TC_5 (ENQ)	TC_8 (NAK)	%	5	E	U	e		u
0	1	1	0	6	TC_6 (ACK)	TC_9 (SYN)	&	6	F	V	f		v
0	1	1	1	7	BEL	TC_{10} (ETB)	.	7	G	W	g		w
1	0	0	0	8	FE_0 (BS)	CAN	(	8	H	X	h		x
1	0	0	1	9	FE_1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i		y
1	0	1	0	10	FE_2 (LF)	SUB	*	,	J	Z	j		z
1	0	1	1	11	FE_3 (VT)	ESC	+	,	K	[	k		{
1	1	0	0	12	FE_4 (FF)	IS_4 (FS)	,	<	L	\	l		
1	1	0	1	13	FE_5 (CR)	IS_5 (GS)	-	=	M	]	m		}

续表

1	1	1	0	14	SO	IS ₂ (RS)	.	>	N	^	n	-
1	1	1	1	15	SI	IS ₁ (US)	/	?	O	-	o	DEL

注:

SOH	(Start of Heading)	标题开始
STX	(Start of Text)	正文开始
ETX	(End of Text)	正文结束
EOT	(End of Transmission)	传输结束
ENQ	(Enquiry)	询问
ACK	(Acknowledge)	确认
DLE	(Data Link Escape)	数据链转义
NAK	(Negative Acknowledge)	否认
SYN	(Synchronous Idle)	同步空闲
ETB	(End of Transmission Block)	组传输结束
BS	(Backspace)	退格
HT	(Horizontal Tabulation)	横向制表
LF	(Line Feed)	换行
VT	(Vertical Tabulation)	纵向制表
FF	(Form Feed)	换页
CR	(Carriage Return)	回车
DC ₁	(Device control ₁)	设备控制 1
DC ₂	(Device control ₂)	设备控制 2
DC ₃	(Device control ₃)	设备控制 3
DC ₄	(Device control ₄)	设备控制 4
US	(Unit Separator)	单元分隔
RS	(Record Separator)	记录分隔
GS	(Group Separator)	组分隔
FS	(File Separator)	文卷分隔
NUL	(Null)	空白
BEL	(Bell)	告警
SO	(Shift-out)	移出
SI	(Shift-in)	移入
CAN	(Cancel)	作废
EM	(End of Medium)	媒体结束
SUB	(Substitution)	取代
ESC	(Escape)	转义
DEL	(Delete)	抹掉
SP	(Space)	间隔