

邮电高等函授教材

数字通信原理

王钦笙 毛京丽 朱彤 编著
李文海 审



北京邮电大学出版社

38.0 808
125

数字通信原理

王钦笙 毛京丽 朱 彤 编著
李文海 审

北京邮电大学出版社

9610044

(京)新登字 162 号

350-076

数字通信原理

编 著:王钦笙 毛京丽 朱 彤
责任编辑: 周 明

*

3350

北京邮电大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京邮电大学出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 印张 14.625 插图 4 字数 378 千字

1995 年 6 月第一版 1995 年 6 月第一次印刷

印数:1-9000 册

20890

ISBN 7-5635-0206-8/TN·78 定价:14.00 元

2029/06
图书在版编目(CIP)数据

数字通信原理/王钦笙等编著. —北京:北京邮电大学出版社,1995.6

ISBN 7-5635-0206-8

I. 数… II. 王… III. 数字通信-基本知识 IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 05929 号

内 容 简 介

本书是在徐靖忠、王钦笙编写的“数字通信原理”的基础上补充和改写的。全书共分四章。第一章概述,介绍数字通信的特点及应用,数字通信的发展概述等。第二章数字终端技术,介绍脉冲编码调制通信的原理;单片 PCM 编解码器;DPCM 及 ADPCM 的原理,PCM 系统的测试等。第三章数字传输技术,介绍数字信号的传输、数字信号的再生、传输码型等。第四章数字复接技术,介绍数字信号的复接、新的同步数字系列等。

本书系邮电高函本、专科教科书,可供全国邮电高函电信工程专业学生选用,也可供从事数字通信方面工作的工程技术人员及有关院校通信专业的师生参考。

4400120

前 言

本书是根据邮电高等函授教学指导委员会审订批准的“数字通信”教学大纲编写的。本书系邮电高等函授本、专科教学用书,可供全国邮电高等函授电信工程专业选用,也可供从事数字通信方面工作的工程技术人员和有关院校通信专业的师生参考。

数字通信是一种以数字信号载荷和传递信息的一种通信方式。数字通信具有抗干扰性强,易于加密处理,便于实现大规模集成化,便于实现多种业务的综合等优点。当前通信体制向数字化方向发展已确定无疑,且世界较发达国家已将近完成或正在向数字化通信体制方向过渡。通信网向综合化、智能化、宽带化方向发展的基础就是数字化。

本书对数字通信系统所涉及的有关原理及技术进行了较系统、全面的讨论,其中包括数字终端技术、数字传输技术、数字复接技术以及相应的数字通信新技术发展等内容。

本书是在徐靖忠、王钦笙编写的“数字通信原理”的基础上补充和改写的。全书共分四章,第一、二章由王钦笙同志编写;第三章由毛京丽同志编写;第四章由朱彤同志编写。全书由王钦笙整理定稿。在本书的编写过程中得到李文海、倪维祯、徐靖忠教授的指导和帮助,在此表示感谢。

本书经邮电部邮电高等函授教学指导委员会讨论审批,推荐出版。

由于编者水平有限,书中不足之处欢迎读者批评指正。

编 者

1994. 5.

目 录

第一章 概 论

第一节	数字通信系统的概念	(1)
一	模拟信号和数字信号	(1)
二	数字通信系统的模型	(3)
第二节	数字通信的特点及数字通信网概念	(4)
一	数字通信的特点	(4)
二	数字通信网的概念	(6)
三	数字通信技术的发展概况	(7)
第三节	数字通信系统的主要性能指标	(10)
一	有效性指标	(10)
二	可靠性指标	(12)
小 结		(12)
复习题		(13)

第二章 数字终端技术

第一节	脉冲编码调制通信(PCM)	(16)
一	抽样	(16)
二	量化	(30)
三	编码和解码	(58)
小 结		(86)
复习题		(89)
第二节	单片集成 PCM 编解码器	(92)
一	单片开关电话路滤波器	(93)
二	单片 PCM 编解码器	(96)
三	2914 单片编解码器	(105)

小 结	(109)
复习题	(109)
第三节 自适应差值脉码调制 ADPCM	(110)
一 差值脉码调制 DPCM 的原理	(110)
二 最佳预测	(116)
三 自适应差值脉冲编码调制 (ADPCM)	(117)
四 数字电路倍增设备 (DCME)	(120)
小 结	(123)
复习题	(124)
第四节 时分多路复用通信	(124)
一 时分多路复用通信概念	(125)
二 帧结构	(126)
三 定时系统	(129)
四 帧同步系统	(144)
五 PCM 30/32 制式系统的构成	(167)
六 PCM 系统用于局间中继的信令接口	(172)
小 结	(187)
复习题	(190)
第五节 PCM 一次群 (PCM30/32 系统) 主要技术指标 及测试方法	(191)
一 PCM 30/32 复用设备一般性能	(191)
二 音频转接点输入、输出相对电平及阻抗	(192)
三 测试方法	(193)
附: 符号说明	(205)
小 结	(207)
复习题	(207)
第六节 数模接续	(207)
一 对 PCM/TDM $\longleftrightarrow$ SSB/FDM 相互转换方式的考虑	(208)

二	TDM $\longleftrightarrow$ FDM 复用变换的基本概念	(209)
三	复用转换设备(TMUX)	(215)
小 结	.....	(220)
复习题	.....	(221)

第三章 数字传输技术

第一节	数字信号传输的基本理论	(223)
一	数字信号波形与频谱	(223)
二	基带传输系统的构成	(227)
三	数字信号传输的基本准则(无码间干扰的条件)	(230)
小 结	.....	(239)
复习题	.....	(240)
第二节	基带传输的线路码型	(241)
一	传输信道对基带传输码型的要求	(241)
二	常见的传输码型	(242)
三	传输码型变换的误码增殖	(253)
四	传输码型特性的分析比较	(254)
小 结	.....	(255)
复习题	.....	(256)
第三节	数字信号的再生中继传输	(257)
一	PCM 信号基带传输信道	(257)
二	PCM 再生中继传输系统	(260)
三	再生中继器	(263)
四	集成化再生中继器	(286)
小 结	.....	(288)
复习题	.....	(288)
第四节	再生中继传输性能的分析	(289)
一	信道噪声及干扰	(289)

二	误码率及误码率的累积	(291)
三	误码信噪比	(297)
四	相位抖动的传输特性	(307)
五	中继段长度的确定	(310)
	小 结	(317)
	复习题	(318)
第五节	PCM 中继传输系统的测量	(319)
一	误码率的测量	(319)
二	误码率指标	(320)
三	PCM 中继系统故障位置的测定	(322)
第六节	数字光纤传输系统简介	(324)
一	数字光纤通信系统	(324)
二	数字光纤中继距离的计算	(327)
	小 结	(339)
	复习题	(340)

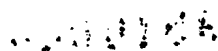
第四章 数字复接技术

第一节	数字信号的复接	(342)
一	PCM 复用和数字复接	(342)
二	数字复接的码字排列	(343)
三	高次群的码字成份	(345)
四	准同步数字复接体系(PDH)	(346)
五	数字复接的方法	(347)
	小 结	(350)
	复习题	(350)
第二节	复接同步原理	(351)
一	固定的速率变换	(351)
二	正/0/负码速调整	(353)
三	正码速调整、负码速调整	(355)

四	码速的恢复	(358)
小	结	(359)
复	习题	(360)
第三节	同步复接	(361)
一	码速变换电路	(361)
二	同步复接二次群帧结构	(364)
三	同步复接系统的组成	(365)
小	结	(367)
复	习题	(367)
第四节	异步复接	(367)
一	码速调整电路	(368)
二	码速调整过程分析	(372)
三	异步复接二次群帧结构	(380)
四	异步复接系统的组成	(382)
五	复接抖动	(384)
小	结	(391)
复	习题	(392)
第五节	PCM 零次群和 PCM 高次群	(392)
一	PCM 零次群	(392)
二	PCM 子群	(396)
三	PCM 高次群	(399)
四	高次群的接口码型	(403)
小	结	(404)
复	习题	(404)
第六节	集成复接分接器	(405)
一	数字复接器	(405)
二	数字分接器	(405)
小	结	(407)
复	习题	(408)

第七节	新的同步数字体系(SDH)概述	(408)
一	同步数字体系(SDH)的基本概念	(409)
二	SDH 的主要特点	(410)
小 结	.....	(413)
复习题	.....	(413)
第八节	SDH 的速率系列和帧结构	(414)
一	网络节点接口	(414)
二	同步数字体系的速率	(414)
三	帧结构	(415)
四	同步复用结构	(417)
小 结	.....	(423)
复习题	.....	(423)
第九节	开销和指针	(423)
一	开销	(424)
二	指针	(427)
小 结	.....	(432)
复习题	.....	(432)
第十节	同步复用和映射方法	(433)
一	复用方法	(433)
二	映射方法	(436)
小 结	.....	(444)
复习题	.....	(445)
第十一节	数字交叉连接(DXC)	(445)
一	DXC 的概念	(445)
二	SDXC 设备概述	(447)
三	DXC 的应用	(452)
小 结	.....	(453)
复习题	.....	(453)

参考文献



第一章 概 论

本章从数字通信系统模型的构成、数字传输方式、数字通信的特点、数字通信网概念、数字通信系统的主要指标以及数字通信技术的发展概况作比较全面的概括介绍,并提出一些最基本的概念。

学习要点:

- (1) 数字通信系统模型的构成条件与两种传输方式;
- (2) 数字信号和模拟信号,数字通信的特点;
- (3) 数字通信网的概念;
- (4) 数字通信系统的主要指标;
- (5) 数字通信技术的发展概况。

第一节 数字通信系统的基本概念

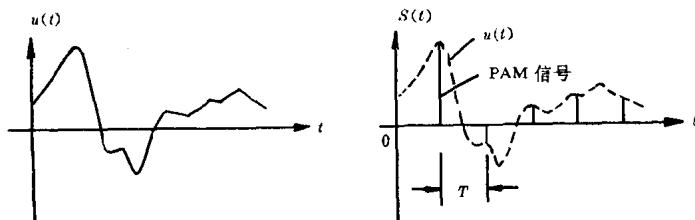
通信的目的是传递或交换信息。根据在信道(传输信号的通道)上传输信号的波形,可分为两类通信方式:模拟通信和数字通信。传送模拟信号的通信称模拟通信,传送数字信号的通信则称数字通信。

一、模拟信号和数字信号

信号波形的特征可用二个物理量(时间、幅度)来表示。

1. 模拟信号

图 1-1(a)所示的信号是模拟信号。可见模拟信号波形模拟着信息的变化而变化,其特点是幅度连续。连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值。从图 1-1(a)波形中又可看出此信号波形在时间上也是连续的,我们将时间上连续的信号叫连续信号。图 1-1(b)是图 1-1(a)的抽样信号,即对图 1-1(a)的信号波形每隔



(a) 连续信号

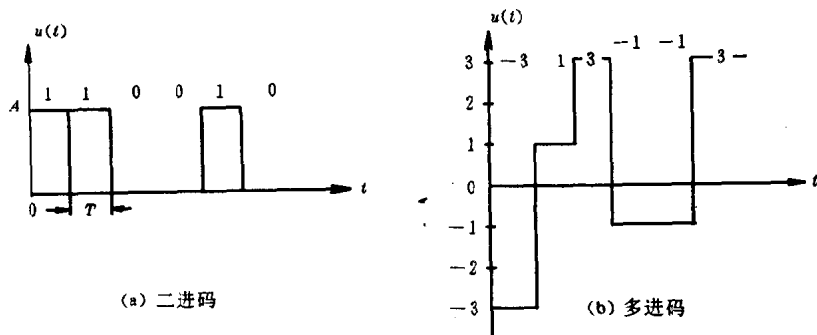
(b) 抽样信号

图 1-1 模拟信号

T 时间抽样一次, 因此其波形在时间上是离散的, 但幅度取值仍是模拟信号, 因此仍然是连续变化的性质。所以图 1-1(b) 仍然是模拟信号, 由于此波形在时间上是离散的, 故它又是离散信号。电话、传真、电视信号都是模拟信号。

2. 数字信号

图 1-2 是数字信号的波形, 其特点是: 幅值被限制在有限个数值之内, 它不是连续的, 而是离散的。图 1-2(a) 是二进码, 每一个



(a) 二进码

(b) 多进码

图 1-2 数字信号

码元(由一个脉冲构成)只取两个幅值(0, A); 图 1-2(b) 是四电平码, 其每个码元只取四个(3, 1, -1, -3)幅值中的一个。这种幅度是离散的信号称为数字信号。电报符号、数字数据等属于数字信

号。

从上述分析可知:数字信号与模拟信号的区别是根据幅度取值上是否离散而定的。模拟信号与数字信号有明显区别,但两者之间,在一定条件下是可以互相转换的。

二、数字通信系统的模型

数字通信系统模型如图 1-3 所示。图中信源是把原始消息变成原始电信号。常见的信源有产生模拟信号的电话机、话筒、摄像机和输出数字信号的电子计算机,各种数字终端设备等。

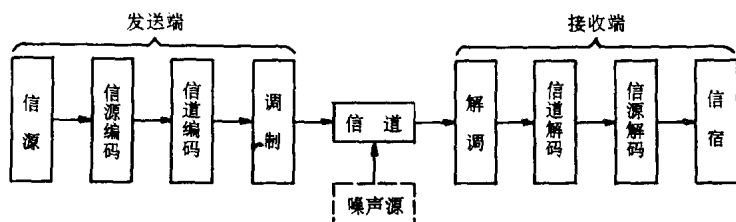


图 1-3 数字通信系统模型

信源编码的功能把模拟信号变换成数字信号,即完成模数变换的任务。如果信源已经是数字信号,可省去信源编码部分。

传输过程中由于信道中存在噪声干扰,使得传输的数字信号产生差错——误码。为了在接收端能自动进行检错或纠正差错,在信源编码后的信息码元中,按一定的规律,附加一些监督码元,形成新的数字信号。接收端可按数字信号的规律性来检查接收信号是否有差错或纠正错码。这种自动检错或纠错功能是由信道编码来完成的。

信道是指传输信号的通道。根据传输媒介可分为有线信道(明线、电缆、光缆信道)与无线信道(短波电离层传播、微波视距传播、卫星中继信道)。其中除明线或电缆可以直接传输数字基带信号外,其他各种信道媒介都工作在较高的频段上,因此需将数字基带信号经过调制,将基带数字信号的频带搬移到适合于信道传输的

频带上。将数字基带信号直接送到信道传输的方式称为基带传输；将数字基带信号经过调制后送到信道的传输方式称为频带传输。本书重点介绍数字基带传输。频带传输请参考光纤通信、数字微波通信的内容。

接收端的解调、信道解码、信源解码等几个方框的功能与发送端几个对应的方框正好相反，是一一对应的反变换关系。这里不再赘述。信源解码后的电信号，由受信者接收，通常称之为信宿。信宿可以是人，也可以是各种终端设备。

对于具体的数字通信系统，其方框图并非都与图 1-3 方框图完全一样，例如：

(a) 若信源是数字信息时，则信源编码或信源解码可去掉，这样就构成数据通信系统。

(b) 若通信距离不太远，且通信容量不太大时，信道一般采用市话电缆，即采用基带传输方式，这样就不需要调制和解调部分。

(c) 传送话音信息时，即使有少量误码，也不影响通信质量，一般不加信道编、解码。

(d) 在对保密性能要求比较高的通信系统中，可在信源编码与信道编码之间加入加密器；同时在接收端加入解密器。

第二节 数字通信的特点及数字通信网概念

一、数字通信的特点

1. 抗干扰能力强，无噪声积累

在模拟通信中，为了提高信噪比，需要及时对传输信号进行放大（增音），但与此同时，串扰进来的噪声也被放大，如图 1-4(a)所示。由于模拟信号的幅值是连续的，难以把传输信号与干扰噪声分开。随着传输距离的增加，噪声累积越来越大，将使传输质量严重恶化。

对于数字通信，由于数字信号的幅值为有限的离散值（通常取

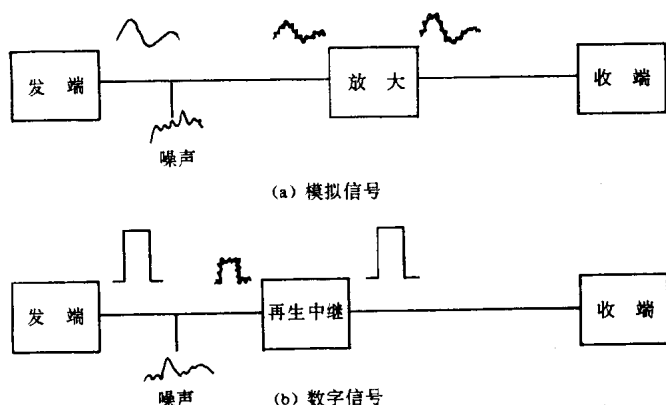


图 1-4 两类通信方式抗干扰性能比较

二个幅值),在传输过程中受到噪声干扰,当信噪比还没有恶化到一定程度时,即在适当的距离,采用再生的方法,再生成已消除噪声干扰的原发送信号,如图 1-4(b)所示。由于无噪声积累,可实现长距离、高质量的传输。

2. 便于加密处理

信息传输的安全性和保密性越来越显得重要。数字通信的加密处理比模拟通信容易得多。以话音信号为例,经过数字变换后的信号可用简单的数字逻辑运算进行加密、解密处理。见图 1-5。

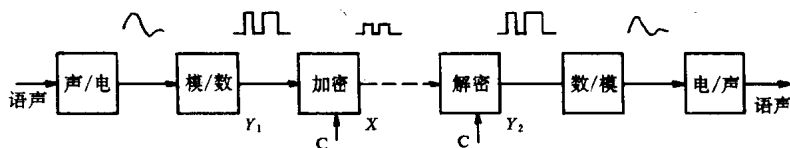


图 1-5 加密数字电话方框图

3. 采用时分复用实现多路通信

时分复用是利用各种信号在信道上占有不同的时间间隙,同一条信道上传输,并且互不干扰。

4. 设备便于集成化、微型化

数字通信采用时分多路复用,不需要昂贵的、体积较大的滤波器。由于设备中大部分电路都是数字电路,可以用大规模和超大规模集成电路实现。这样功耗也较低。

5. 便于构成综合数字网和综合业务数字网

采用数字传输方式,可以通过程控数字交换设备进行数字交换以实现传输和交换的综合,另外电话业务和各种非话业务都可以实现数字化构成综合业务数字网。

6. 占用信道频带宽

一路数字电话的频带为 64kHz,而一路模拟电话所占频带仅为 4kHz,前者是后者的 16 倍。然而随着微波、卫星、光缆信道的大量利用(其信道频带非常宽),以及频带压缩编码器的实现和大量使用,数字通信占用频带宽的矛盾正逐步缩小。

二、数字通信网的概念

通信网的三个基本要素是:终端、传输系统和交换系统。终端、传输和交换系统都是以模拟方式实现的通信网称模拟通信网。如果终端发送的是数字信号,传输和交换的也都是数字信号,由这样的通信系统所构成的通信网叫作数字通信网。

1. 综合数字网 IDN

存储程序控制与数字技术结合而出现的数字交换,为通信网的数字化提供了重要的技术基础。特别是微处理机的广泛应用,使数字交换从集中控制进入分散控制,从而增加了数字网的灵活性。数字交换和数字传输的结合形成了综合数字网。综合数字网的定义是:数字传输与数字交换的综合,在两个或多个规定点之间提供数字连接,以实现彼此间通信的一组数字节点与数字链路。其中数字节点是指数字交换发生的点;数字链路是指在两个数字分配架之间,对具有特定速率的数字信号进行数字传输的全部手段。IDN 是指网路的构成方式,与可传送的业务无关。IDN 实现了从本地交换节点至本地交换节点间的数字连接,但并不涉及用户接续到