

计算机通信与网络原理



计算机通信 与网络原理

丁正铨 许祖谦 编著

393
ZQ/1

TP313
D22/1

计算机通信与网络原理

丁正铨 许祖谦 编著



四川大学出版社

1992年·成都

0022767

(川)新登字014号

内 容 提 要

本书含三个方面的基本内容：(一)点-点直接通信的原理与技术，包括DTE-DCE之间的物理接口，链路的流量控制、错误控制，链路控制协议以及多路复用技术等。(二)计算机广域网络，主要包括分组交换网中的数据报与虚电路，流量控制，路径选择，计算机网络的体系结构与协议。(三)计算机局部网络，包括局部网的类型、结构，介质存取控制技术，由PABX构成的局部网络，局网协议，性能分析，网间互连等。

本书内容广泛，叙述简明，适于高等院校计算机、信息系统、通信等有关专业作为计算机网络课程的教材；也可供从事计算机网络与通信，计算机应用的科技人员参阅。

JS260/33
01

计算机通信与网络原理

丁正铨 许祖谦 编著

责任编辑：张仕成 封面设计：李 玫

四川大学出版社出版发行(成都四川大学内)
四川省新华书店经销 四川省郫县犀浦印刷厂印刷

787×1092毫米 1/16 印张：9.50 字数：200千
1990年3月第1版 1992年3月第2次印刷
印数：2001—4000册

ISBN 7-5614-0280-5/TP·7 定价：3.20元

前 言

随着计算机技术的不断发展，各种信息系统的相继建立，计算机通信与网络技术的应用越来越普遍。各高等院校的计算机、无线电、信息系统及通信工程等有关专业普遍开设计算机通信网络或计算机网络课程。为适应这种形势的需要，在过去几届授课讲义的基础上，广泛参阅了国内外有关的教材及专著编写了这本《计算机通信与网络原理》，作为有关专业的计算机网络课程教材。

本书从点-点之间直接通信所涉及的信号、编码、物理接口等内容出发，先介绍链路的流量控制、错误控制以及典型的链路控制协议，然后引入分组交换的概念，结合 ARPANET 实例，介绍计算机网络技术中的基本问题，例如数据报与虚电路、路径选择与流量控制等。在此基础上阐明计算机网络的体系结构与协议，包括目前较流行的 X·25 协议。

本书比较系统地介绍了各种类型的局部网络，包括局部地区网、高速局部网、由 PABX 所构成的局部网等。着重介绍了局部网络的介质存取控制原理与技术，较简要地讨论了局部网络的性能分析与网络互连等问题。

由于计算机通信与网络牵涉的知识面广，作者水平有限，书中定有不少错误和挂一漏十之处，敬请读者指正。

作 者

1989年5月

目 录

第一章 概 述

第一节 计算机网络的发展	(1)
(一) 计算机网络的含义	(1)
(二) 发展过程	(1)
第二节 通信与网络	(3)
(一) 通信的基本模型	(3)
(二) 数据通信网	(4)

第二章 数据传输基础

第一节 数据传输系统模型	(6)
(一) 点-点传输模型	(6)
(二) 多点传输模型	(6)
第二节 周期信号分析	(7)
(一) 周期信号的波形	(7)
(二) 周期信号的频域表示	(7)
第三节 非周期信号的付里叶变换	(10)
第四节 带宽与强度	(11)
(一) 带宽的概念	(11)
(二) 信号强度的度量与衰减	(12)
第五节 传输过程中的噪声	(13)
第六节 模拟数据与数字数据的传输	(14)
第七节 数据编码	(14)
(一) 数字数据—数字信号	(15)
(二) 数字数据—模拟信号	(17)
(三) 模拟数据—数字信号	(18)
(四) 模拟数据—模拟信号	(20)

第三章 数字数据通信技术

第一节 点-点通信方式	(24)
(一) 点-点通信方式	(24)
(二) 通信线路结构	(24)
(三) 异步与同步通信	(25)
(四) DTE和DCE	(26)

第二节 RS-232C.....	(26)
(一) RS-232C 的电气特性.....	(26)
(二) RS-232C 的引脚定义.....	(27)
(三) 接收与发送的联络方式.....	(27)
(四) 零调制器 (NULL MODEM)	(28)
第三节 RS-449/RS-422A/RS-423A	(29)
第四节 传输中的错误检测技术	(31)
(一) 错误检测方法.....	(31)
(二) CRC校检 (Cyclic Redundancy Checks)	(31)
第五节 数据链路控制	(35)
(一) 流量控制.....	(35)
(二) 差错控制.....	(37)
第六节 链路控制规程	(39)
(一) 面向字符的控制规程 (BISYNC)	(39)
(二) 面向比特的控制规程 (HDLC)	(41)
第七节 链路复用	(47)
(一) 频分多路复用.....	(47)
(二) 时分多路复用.....	(48)
(三) 统计时分多路复用.....	(50)
(四) 集中器的原理.....	(51)

第四章 计算机广域网络

第一节 通信网中的交换技术	(53)
(一) 节点与站.....	(53)
(二) 三类交换技术.....	(54)
(三) 三种交换技术的比较.....	(58)
第二节 报文分组交换网	(58)
(一) 包交换网中信息传输的基本过程.....	(59)
(二) 主机如何利用网络进行通信.....	(63)
第三节 ARPANET 网的通信结构.....	(66)
第四节 流量控制	(67)
(一) IPM—IMP 流量控制	(67)
(二) 源IMP与目标IMP之间的流量控制	(68)
(三) 源主机与目标主机之间的流量控制.....	(68)
第五节 路径选择	(69)
(一) 固定路由算法.....	(69)
(二) 求解最短路径方法.....	(70)
(三) 具有适应能力的分布式路由算法.....	(74)
第六节 计算机网络的体系结构	(75)
(一) 协议 (Protocols) 与网络体系结构.....	(75)

(二) 国际标准化组织 (ISO) 的七层参考模型	(77)
(三) 分组交换网存取协议 X.25	(78)

第五章 计算机局域网

第一节 局域网的特点	(84)
(一) 局域网与多处理器系统 (Multiprocessor System) 以及远程网的比较	(84)
(二) 局域网的应用	(85)
第二节 局域网的拓扑结构与传输介质	(87)
(一) 局域网的基本拓扑结构	(87)
(二) 传输介质	(89)
(三) 局域网的类型、传输介质与拓扑结构的关系	(90)
第三节 LAN中常用的介质存取控制技术	(90)
(一) 总线结构中介质争用的方法—CSMA/CD	(90)
(二) 环结构中的令牌控制方法 (Token Ring)	(93)
(三) 环结构中的Slotted方法 (也称Slotted Ring或剑桥环Combridge Ring)	(94)
(四) 总线结构中的令牌传送 (Token Passing或Token Bus) 介质控制方法	(95)
第四节 基带和宽带局域网	(96)
(一) 两类数据传输技术	(96)
(二) 宽带系统的结构	(97)
(三) 宽带系统的服务	(98)
(四) 单道宽带 HSLN 中的介质存取协议	(99)
第五节 由PABX构成的局域网	(100)
(一) PABX的发展	(100)
(二) 数字转接的基本概念	(101)
(三) 数字PABX (或CBX) 的结构	(107)
(四) PABX (CBX) 与LAN的比较	(108)
第六节 LAN协议	(108)
(一) OSI七层参考模式与LAN协议	(108)
(二) LAN协议的IEEE-802标准	(109)
(三) IEEE-802逻辑链路控制层	(111)
(四) IEEE-802介质存取控制层 (Medium Access Control Layer)	(113)
第七节 局域网接口	(117)
(一) 概述	(117)
(二) 网络接口单元 (NIU)	(117)
(三) 关于终端接入网络的问题	(120)
(四) 把设备接入电路交换网	(121)
第八节 局域网性能分析	(121)
(一) 引言	(121)
(二) 网络的传播延时 T_p 与数据率 C 对性能的影响	(123)
(三) 网络规模分析	(123)

(四) 网络延迟时间的粗略分析.....	(124)
(五) 令牌环 (Token Ring) 与 CSMA/CD 的介质利用率分析.....	(125)
(六) 关于竞争 (介质控制) 协议的进一步探讨.....	(130)

第六章 计算机局部网络之间的互连

第一节 局部网之间的互连	(135)
(一) 网络互连设备.....	(135)
(二) 不同类型局部网之间的连接.....	(136)
(三) 局部网互连的典型方式.....	(137)
第二节 网络互连的结构考虑	(138)
(一) IP (Internet Protocol) 网间互连协议.....	(139)
(二) X.75	(141)
主要参考书目	(143)

第一章 概 述

第一节 计算机网络的发展

(一) 计算机网络的含义

计算机网络是指具有独立功能的计算机、终端及其它设备，用通信线路联接起来，按一定的方式进行通信并实现资源共享的系统，如图 1-1 所示。

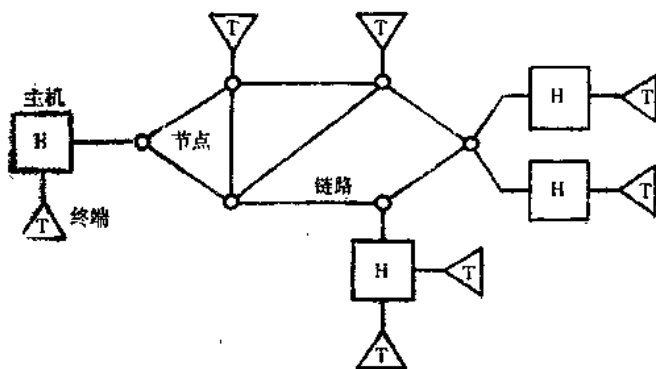


图1-1 计算机网络示意图

(二) 发展过程

计算机网络的发展经历了由简单到复杂，由低级到高级的发展过程。最初为了解决远程数据收集、远程计算和处理，发展了远程联机的系统，如图 1-2 所示。

一个远程终端利用专用线路和主机连接起来作为主机的一个用户。这种方式的缺点在于一个远程终端独占一条线路，线路利用率很低，于是出现了许多终端共用一条线路的结构；如图 1-3 所示。

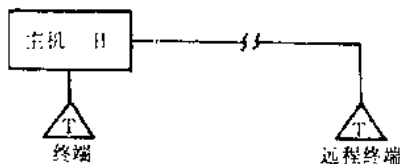


图1-2 远程终端示意图

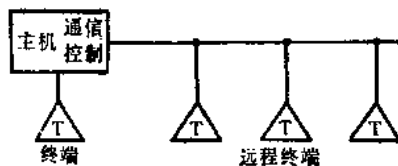


图1-3 共用一条传输线路的远程终端

显然，任何时刻只可能一个终端利用传输线与主机通信，不同的终端必然要分时地使用传输线。为了有选择地连接某个终端，以及当多个终端同时要求使用主机时解决它们之间的争用问题，这就需要相应的硬件和软件，最初这项工作是由主机负担。为了减少主机在通信控制方面的负担，提高主机的处理效率，出现了具有集中器和前端处理机

的系统，如图1-4所示，往往把这种系统称为面向终端的网络。FNP（前端处理机）本身是一个小型计算机，负担通信处理的任务；在终端较集中的地方设置集中器，先用低速线路把数据汇集到集中器，再用高速线路把汇集以后的信息送入主机中，集中器通常也是一个小型计算机。

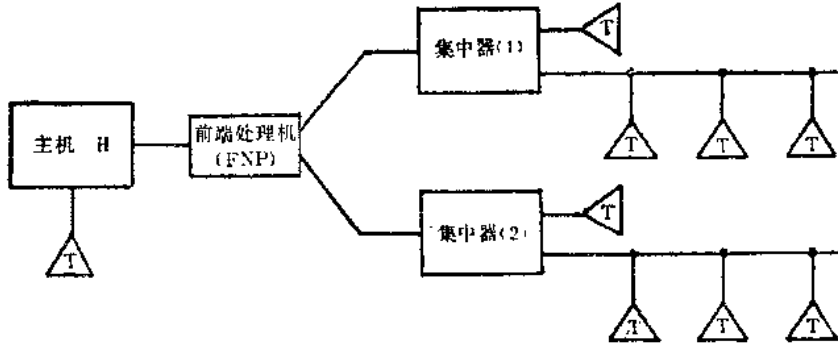


图1-4 面向终端的计算机网络

随着计算机应用范围的增大，新的要求不断出现，例如一个计算机系统用户希望能使用另一个计算机系统的资源，或希望和另一个计算机一起共同完成某项任务，这就出现了计算机-计算机网络，如图1-5所示。

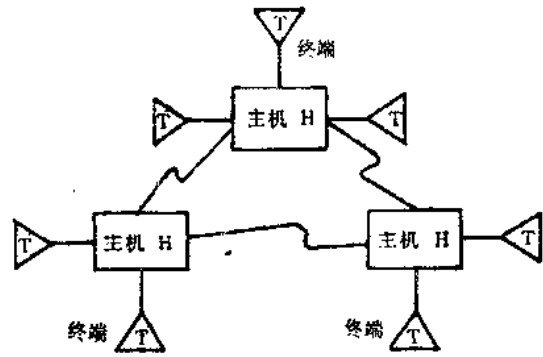


图1-5 计算机-计算机网络示意图

随着网络结构的不断完善，从逻辑上把数据处理功能和数据通信功能分开，这就构成了具有二级结构的网络，如图1-6所示。

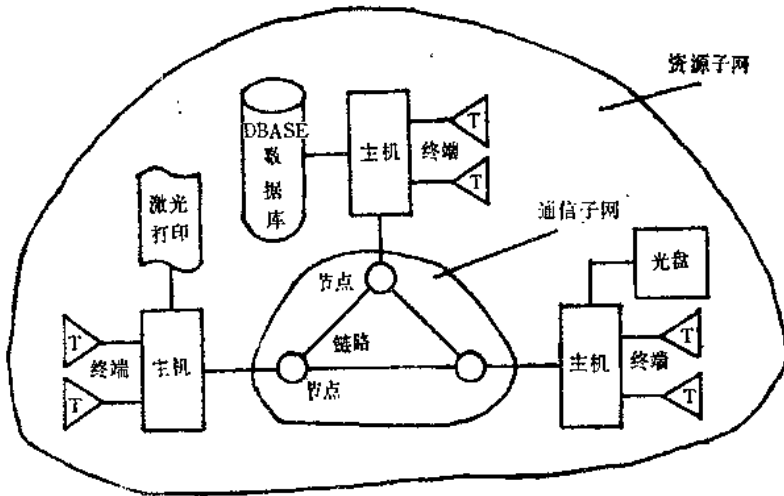


图1-6 二级结构网络模型

通常把实现通信功能的部分称为通信子网，把实现数据处理功能的部分称为资源子网。美国国防部高级研究计划局于1969年开建的ARPA网络就是二级网络的一个例子。到现在已有几百台不同型号的计算机联于网内。随着ARPA网的健全与发展，计算机网的优越性得到了证实，很多国家都建立了较大规模的公用的计算机分组交换网，例如美国的TELENET，TYMNET；加拿大的DATAPAC；法国的TRANSPAC等。由于远程计算机网络必须使用长距离的数据通信网络，因此它只有依靠一个国家或地区才能投资兴建。

1975年美国XEROX公司的PALOALTO研究中心推出了世界上第一个总线型的ETHERNET网络，使计算机网络技术出现了一个新的分支——计算机局部网络。由于微型计算机技术的迅猛发展，微机局部网络已普遍用于各类中小型信息系统，办公室自动化系统，生产过程的自动化控制系统。国内外较流行的局部网络产品已有几十种，例如OMNINET，ETHERNET，ARCNET，PLAN，WANG-NET，PCNET等。各种局部网络之间的互连以及局部网与广域网之间的互连技术也得到了巨大的发展。

第二节 通信与网络

(一) 通信的基本模型

计算机网络依赖于数据通信，一个简化的计算机通信模型如图1-7所示。

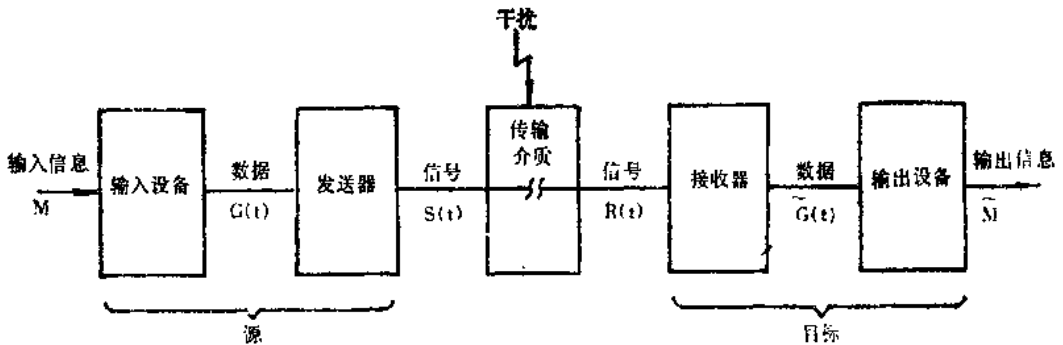


图1-7 计算机通信的简化模型

通信的目的是双方交换信息，例如发送端的一个用户，希望告诉接收端的用户“会议定于5月5日上午9时举行”，这是一个关于会议日期的信息。信息 M 从键盘输入，以一系列字符构成的字符串存贮在计算机的内存中，计算机通过信息接口（远程通信时包括调制解调器）和传输介质（电缆、光纤、大气、海水等）相连，信息由通信接口转换成适合于在介质上传输的信号 $S(t)$ ，在介质上传输。 $S(t)$ 在传输过程中总会受到各种干扰，因此被接收的信号 $R(t)$ 和 $S(t)$ 并不完全一样， $R(t)$ 在目标系统中被转换成字符串或二进制串位 $\tilde{G}(t)$ ，然后显示或打印出来，接收端获得输出信息 \tilde{M} 。

在日常的电话通信中，发送和接收者都是人，输入信息和输出信息是语音，发送者说的话被送话器转换成电流或电压波形 $G(t)$ ，一般基带电话在介质上传输的就是语音波形，这时 $G(t)$ 和 $S(t)$ 本质上是一样的。由于干扰的缘故， $R(t)$ 和 $S(t)$ 并不完全一样，这样就产生了失真。

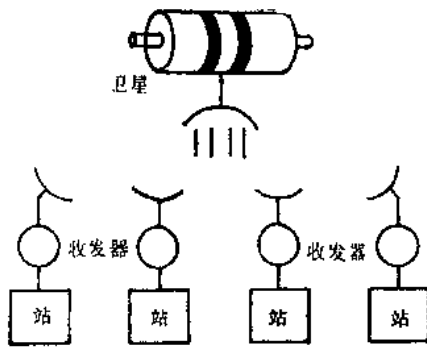


图 1—10(b) 卫星网络



图 1—10(c) 总线型局部网络

一个大的且实用的网络系统往往由各种类型的网络综合而构成。

本课程的内容包括数据通信的基础知识，计算机通信网的结构，计算机网络协议，局部网络，网络互连与设计等。

第二章 数据传输基础

第一节 数据传输系统模型

(一) 点-点传输模型

一个简化的数据传输系统模型如图 2-1 所示。编译码及波形变换部分的作用是把数据转换成适合于在介质上传输的信号形式。传输介质通常使用双绞电话线，同轴电缆、光纤，这类介质有时称为硬质线；信号也可以沿着空气（例如声波、激光、无线电波等）、海水传播，这类介质称为软质线。介质对被传播的信号总有一定的衰减作用，因此当传输距离较远时应在介质中间插入放大器（对模拟信号）或重复器（对数字信号）。当介质是远距离电话线时，波形变换部分还要起调制解调器的作用。

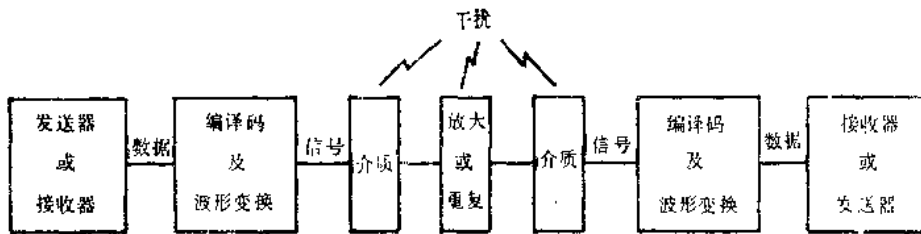


图 2-1 点-点传输模型

(二) 多点传输模型

当多于两个设备共用同一个传输介质时，称为多点传输，其模型如图 2-2 所示。

数据传输成功与否基本上取决于两个主要因素：（1）被传输的信号质量；（2）介质或信道的特性。下面就信号和信道的特征作简单的分析。

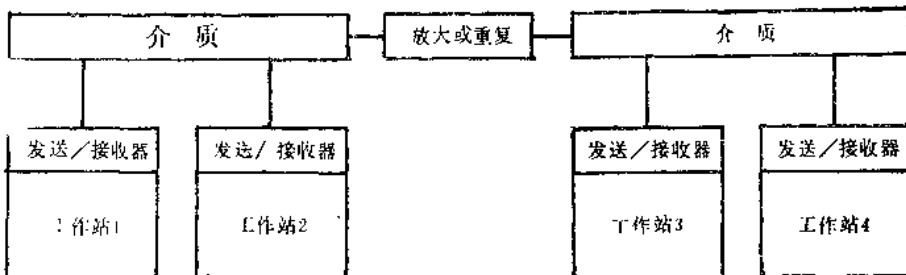


图 2-2 多点传输模型

第二节 周期信号分析

(一) 周期信号的波形

若信号 $S(t)$ 满足

$$S(t+mT) = S(t) \quad (-\infty < t < \infty)$$

则称信号 $S(t)$ 是周期性的, 式中 T 称为重复周期, m 为任一整数。二种典型的周期信号: 正弦波和方波的波形如图 2-3 所示。

一般正弦信号 $S(t)$ 表示为:

$$\begin{aligned} S(t) &= A \sin \phi(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0) \\ &= A \sin(2\pi f t + \varphi_0) \quad (2-1) \end{aligned}$$

其中 A 称为正弦波的振幅, $\phi(t)$ 称为正弦波的相位。相位反映当前波形处于什么位置。

例如当 $\phi(t) = \frac{\pi}{2}$ 时, 当前波形处于正向最大

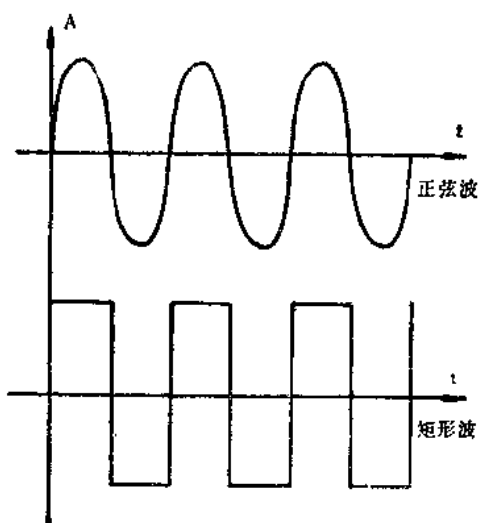


图 2-3 正弦波和方波

值的位置, 当相位等于 $\frac{3}{2}\pi$ 时, 波形处于反向最大值。正弦波的相位是时间 t 的线性函数, 相位变化 2π , 波形变化一个周期。相邻二个波形之间的时间间隔称为周期, 常用 T 表示。周期的倒数 $1/T$, 表示单位时间内正弦波经历的波形个数, 称为频率 f , $\omega = 2\pi f$ 称为角频率, 表示单位时间内正弦波所扫过的相位。当 $t = 0$ 时, 正弦波的相位称为初相, 上式中用 φ_0 表示。振幅、频率和初相是表示正弦波的两个参数, 它们唯一地确定了一个正弦波形。

(二) 周期信号的频域表示

1. 任意的周期性波形可以用正(余)弦波迭加形成。一个幅度为 $\frac{\pi}{4}$ 的矩形波系列, 粗略地看起来, 可认为它是由幅度为 1 的一次谐波, 幅度为 $1/3$ 的三次谐波, 幅度为 $1/5$ 的五次谐波近似组成。在图 2-4 中示出了由一次谐波和三次谐波合成的矩形波。

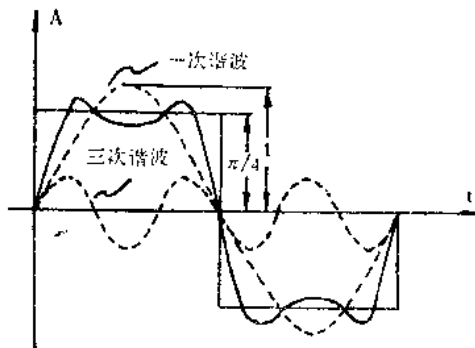


图 2-4 矩形波合成示意图

在数学上利用付里叶级数，可以把任意一个周期性信号表示为

$$X(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos m\omega t + b_m \sin m\omega t) \quad (2-2)$$

其中
$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} X(t) dt \quad (2-3)$$

$$a_m = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} X(t) \cos m\omega t dt \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (2-4)$$

$$b_m = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} X(t) \sin m\omega t dt \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (2-5)$$

式中， T 为 $X(t)$ 的周期， $\omega = 2\pi f$ 称为 $X(t)$ 的基波角频率， f 称为基波频率， m 称为谐波次数， $m\omega$ 为谐波角频率， $a_0/2$ 为波形的直流分量。若令

$$a_m \cos m\omega t + b_m \sin m\omega t = F_m \cos(m\omega t - \psi_m) \quad (2-6)$$

其中

$$F_m = \sqrt{a_m^2 + b_m^2} \quad (2-6a)$$

$$\psi_m = \operatorname{tg}^{-1} \frac{b_m}{a_m} \quad (2-6b)$$

则 $X(t)$ 可以表示成余弦形式：

$$X(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} F_m \cos(m\omega t - \psi_m) \quad (2-7)$$

上式表明，任一周期信号都可以用振幅、频率和初相位不同的简谐信号组成。 F_m 称为 $X(t)$ 的第 m 次谐波振幅， ψ_m 为第 m 次谐波的初相。

【例 2-1】把图 2-5 所示矩形波展成付里叶级数。

解 由式 (2-3) 和式 (2-4) 得

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} X(t) dt = 0$$

$$a_m = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} X(t) \cos m\omega t dt$$

$$= \frac{2}{T} \left[\int_{-\frac{T}{2}}^0 (-1) \cos m\omega t dt + \int_0^{+\frac{T}{2}} \cos m\omega t dt \right] = 0$$

由式 (2-5) 得

$$b_m = \frac{2}{T} \left[\int_{-\frac{T}{2}}^0 (-1) \sin m\omega t dt + \int_0^{+\frac{T}{2}} \sin m\omega t dt \right]$$

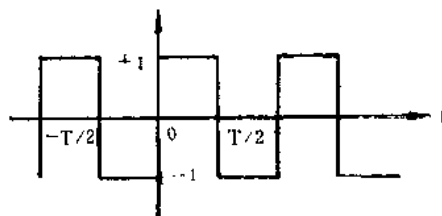


图 2-5

$$= \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin m\omega t dt = \begin{cases} 0, & m=2, 4, 6, \dots \\ \frac{4}{m\pi}, & m=1, 3, 5, \dots \end{cases}$$

将此式代入式(2-2)得

$$\begin{aligned} X(t) &= \frac{4}{\pi} \left[\sin\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + \dots + \frac{1}{2k+1}\sin(2k+1)\omega t \right] \\ &= \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin(2k+1)\omega t}{2k+1} \end{aligned}$$

此结果已粗略示于图 2-4 中。

2. 周期信号的频谱

组成周期信号的各次谐波, 其振幅大小随频率变化的关系称为周期信号的频谱, 它是离散谱。在许多实际分析和理论概念的发展中, 常引用指数形式的付里叶变换更为方便, 这时有

$$X(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} C_m e^{im\omega t} \quad (2-8)$$

式中
$$C_m = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} X t e^{-im\omega t} dt = \frac{a_m - jb_m}{2} \quad (2-9)$$

式中
$$a_m = 2\operatorname{Re}[C_m] \quad (2-10a)$$

$$b_m = -2\operatorname{Im}[C_m] \quad (2-10b)$$

a_m, b_m 亦可由式(2-4), 式(2-5)分别求出。

在一般情况下, C_m 是一个复数, 可以写成

$$C_m = |C_m| e^{i\phi_m}$$

式中
$$|C_m| = \frac{1}{2} \sqrt{a_m^2 + b_m^2} \quad (2-11a)$$

$$\phi_m = \operatorname{tg}^{-1} \frac{b_m}{a_m} \quad (2-11b)$$

C_m 称为周期信号 $X(t)$ 的复数频谱, $|C_m|$ 称为 $X(t)$ 的振幅谱, ϕ_m 称为 $X(t)$ 的相位谱。任一周期信号总可以用其振幅谱和相位谱唯一地表示出来。

【例 2-2】 求图 2-6 周期性脉冲序列的复数频谱。

解 由式(2-9)得:

$$\begin{aligned} C_m &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} X(t) e^{-im\omega t} dt \\ &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} A e^{-im\omega t} dt \end{aligned}$$

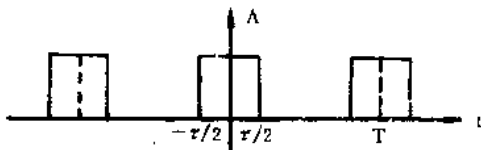


图 2-6