

程控数字

交换原理

与应用

朱世华

西安交通大学出版社

TN916.428

444147

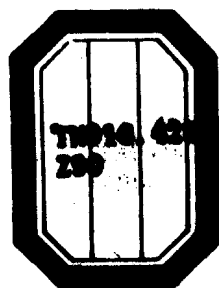
Z90

程控数字交换原理与应用

朱世华



00444147



西安交通大学出版社

5

内容简介

本书论述了程控数字交换的基本概念、工作原理和实现技术。全书分为八章。第一章阐述程控数字交换的定义、术语、分类等基本概念。第二章介绍数字交换网络设计的基础理论和具体实现方法。第三章介绍与交换有关的通信网知识,包括路由规划、编号制度、计费系统、传输系统、网同步等。第四章讨论通信网的信令系统。第五章讨论程控交换机中各类线路接口的原理和实现技术,以及一些实用的专用集成电路等。第六至第八章讨论交换机的存储程序控制,包括功能概述,软硬件结构,开发工具,呼叫处理,运行、管理与维护等。

本书的主要对象是工科院校电子类专业高年级本科生和研究生,也适合于从事通信领域研究和生产的工程技术人员自学或参考。

DV68/15

(陕)新登字 007 号

程控数字交换原理与应用

朱世华

责任编辑 白居易

*

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668316)

西北工业大学印刷厂印装

各地新华书店经销

*

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:16.125 字数:390 千字

1993 年 6 月第 1 版 1999 年 8 月第 6 次印刷

印数:18 001~21 000

ISBN 7-5605-0581-3/TN·35 定价:18.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

随着数字技术的发展和电子计算机的普遍应用,传统的电话交换机正在发展成为一种能交换话音、数据和图像等多种业务的通用性的通信网组网设备。传统的机械式模拟交换机正逐步地被先进的程控数字交换机所取代。交换机的作用也由单一的链路接续变为能集信息交换、信息处理和信息数据库为一体的大型复杂设备。由于程控交换机应用的广泛性及所采用技术的先进性,它已成为各类信息处理与传输专业的必备知识。

虽然实用的程控交换机出现至今已有 20 余年,但有关它的理论仍不够系统和完整,对交换系统中各部分研究的深浅程度也很不相同。从本质上讲,程控交换技术是通信与计算机结合的产物,因此在对程控交换系统各部分的研究中,沿用了这两种学科不甚相同的研究方法和知识体系。学习程控交换技术的另一个困难是,实际中实现交换系统的方案常有很大差别,缺乏统一模式,这给较详细、具体地掌握系统的内部结构带来一定的困难。在许多情况下,一个问题的解决方案不是唯一的,这也为本课程的习题编制带来很大的困难。

本书从通信网的概念出发,介绍了程控数字交换机在现代通信网中的外部工作环境,由此引出了交换机的内部基本组成,然后逐步对交换机的各个组成部分进行了较系统、深入的讨论。在讨论中,除给出基本原理外,还尽量采用了一些实际交换系统作为例子,为增强本书的工程参考价值,书中介绍了较多的专用集成电路原理与应用。书中还给出了一些实用的曲线和图表,供读者在实际工程中查用。各章的末尾附有一定数量的习题。这些习题的目的不在于使读者获得某种普遍的结论,而仅希望帮助读者理解和巩固正文中的内容。书中凡标有 * 号的习题是灵活性较大的问题,供读者深入学习、探讨时参考。交换类著作中常采用大量的英文缩写词,这为初学者阅读带来一定困难。本书末尾附有英文缩写词语表,供读者阅读正文时对照。

本书的主要对象是通信,无线电技术和计算机通信及其它电子类专业高年级本科生和硕士生,也可作为从事通信领域科研、生产的工程技术人员的参考书。读者应具备概率论,数字电路,微机原理和数字通信原理的知识。

本书在编写过程中获得了闻懋生教授和阎鸿森副教授的持续帮助和支持,由西安电子科技大学刘增基教授仔细审阅了全书。在编辑过程中,白居宪高级工程师提出了许多宝贵意见。作者谨此表示衷心的感谢。

由于作者的水平和学识所限,书中不妥和错误之处在所难免,殷切地希望广大读者及同行专家批评指正。

作者

1993 年 3 月

于西安交通大学

目 录

第一章 引 论

1.1 交换与通信网	(1)
1.1.1 点对点通信与通信网	(1)
1.1.2 交换式通信网	(2)
1.2 交换机的组成	(4)
1.2.1 交换网络	(4)
1.2.2 接口	(4)
1.2.3 控制系统	(6)
1.3 交换技术的发展与分类	(7)
1.3.1 模拟交换与数字交换	(7)
1.3.2 从人工交换到程控交换	(9)
1.3.3 电路交换与分组交换	(10)
习 题	(12)

第二章 交换网络

2.1 话务理论基础	(13)
2.1.1 话务量	(13)
2.1.2 服务等级	(18)
2.2 网络结构	(26)
2.2.1 多级网络	(27)
2.2.2 信道图与最佳网络结构	(30)
2.2.3 集中与扩张	(33)
2.3 数字网络接续原理	(36)
2.3.1 时分复用 PCM	(36)
2.3.2 时间交换器	(38)
2.3.3 集成单片时间交换器	(43)
2.3.4 空间交换器	(45)
2.3.5 多级数字交换网络	(47)
习 题	(52)

第三章 电信网

3.1 路由规划	(56)
3.1.1 路由设计	(56)
3.1.2 路由选择	(60)

3.2 编号制度.....	(62)
3.3 计费系统.....	(65)
3.3.1 通信设备的投资与回收.....	(65)
3.3.2 计费方法.....	(67)
3.3.3 计算机自动计费.....	(69)
3.4 传输系统.....	(72)
3.4.1 2/4 线传输及损耗分配	(72)
3.4.2 中继传输系统与交换机接口.....	(74)
3.4.3 数字通信网的同步.....	(77)
习 题	(82)

第四章 信令系统

4.1 信令系统原理.....	(86)
4.1.1 信令定义.....	(86)
4.1.2 信令编码.....	(88)
4.1.3 信令传输.....	(89)
4.2 终端信令.....	(92)
4.2.1 普通电话信令.....	(92)
4.2.2 程控电话信令.....	(94)
4.2.3 数据终端信令.....	(96)
4.3 R2 信令与中国 No. 1 信令系统	(99)
4.3.1 监测信令	(100)
4.3.2 记发信令	(104)
4.4 No. 7 信令系统.....	(109)
4.4.1 系统结构概述	(109)
4.4.2 用户部分(UP)	(110)
4.4.3 消息传递部分(MTP)	(116)
4.4.4 信令传输	(123)
习 题.....	(125)

第五章 交换机接口

5.1 模拟用户接口	(129)
5.1.1 BORSCHT 功能.....	(129)
5.1.2 SLIC 专用集成电路	(134)
5.1.3 PCM 编解码器专用集成电路	(137)
5.2 模拟中继接口	(141)
5.3 数字用户接口	(145)
5.3.1 基本结构	(145)
5.3.2 异步数据接口	(148)

5.3.3 2B+D 接口	(150)
5.4 数字中继接口	(157)
习 题	(164)
 第六章 存储程序控制	
6.1 基本功能要求	(167)
6.1.1 用户业务功能	(167)
6.1.2 OAM 功能	(170)
6.1.3 PABX 功能	(172)
6.2 系统结构与特点	(173)
6.2.1 基本结构	(173)
6.2.2 并行处理与多机控制	(176)
6.2.3 实际系统举例	(183)
6.3 软件生成技术	(185)
6.3.1 软件分类及生成工具	(185)
6.3.2 SDL 语言	(188)
习 题	(192)
 第七章 呼叫处理	
7.1 呼叫信令的接收与发送	(196)
7.1.1 模拟监测信令的扫描与输入	(196)
7.1.2 MF 信号解码	(198)
7.1.3 会议电话信号合成	(200)
7.2 呼叫处理过程	(202)
7.2.1 呼叫阶段的划分	(202)
7.2.2 本局呼叫处理过程	(203)
7.2.3 R2 监测信令的处理	(206)
7.3 数据结构	(209)
7.3.1 线路接口数据	(209)
7.3.2 号码分析	(210)
7.3.3 路由及中继线选择	(212)
7.3.4 接续链路选择	(213)
习 题	(214)
 第八章 运行、管理与维护	
8.1 命令解释程序与人机语言	(217)
8.2 系统运行、管理及操作	(219)
8.2.1 线路管理	(219)
8.2.2 用户权限管理	(222)

8.2.3 话务量管理	(224)
8.2.4 运行方式	(226)
8.3 维护与诊断	(227)
8.3.1 故障检测	(227)
8.3.2 故障诊断	(229)
8.3.3 故障排除	(229)
习 题.....	(230)
附录 爱尔兰-B 公式计算程序	(232)
习题答案.....	(233)
参考文献.....	(236)
英文缩写词语表.....	(239)
索引.....	(241)

第一章 引 论

1.1 交换与通信网

1.1.1 点对点通信与通信网

通信的目的是实现信息的传递。在电信系统中,信息是以电信号的形式传输的。一个电信系统至少应由终端和传输媒介组成,如图 1-1 所示。终端将含有信息的信息,如话音、图像、计算机数据等转换成可被传输媒介接受的电信号形式,同时将来自传输媒介的电信号还原成原始消息;传输媒介则把电信号从一个地点传送到另一地点(例如,当传输媒介是一导线时),或从一个时刻传至另一时刻(例如,当传输媒介是一存储器时)。从通信网的观点看,这样一种仅涉及两个终端的单向或交互通信称为点对点通信。

当存在多个终端,且希望它们中的任何两个都可以进行点对点通信时,最直接的方法是把所有终端两两相连,如图 1-2 所示。这样一种连接方式称为全互连式。全互连方式存在下列一些缺点:

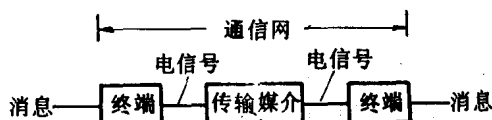


图 1-1 点对点电子通信系统

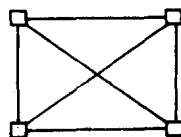


图 1-2 4个通信终端的全互连形式

- ①当存在 N 个终端时需要 $N(N-1)/2$ 条连线,即连线数量随终端数的平方增加。
- ②当这些终端分别位于相距很远的两地时,两地间需要大量的长途线路。
- ③每个终端都有 $N-1$ 根连线与其它终端相接,因而每个终端需要 $N-1$ 个线路接口。
- ④增加第 $N+1$ 个终端时,必须增设 N 条线路。

因此,在实际中,全互连式仅适合于终端数目较少,地理位置相对集中,且可靠性要求很高的场合。

解决上述问题的有效方法是采用如图 1-3 所示的通信网。每个终端通过一条专用线路与通信网的一个结点相连。通信网的作用是根据终端的要求,将一个终端发出的消息传送给与网络相连的任何其它一个或多个终端。通信网由必要的设备和传输媒介组成,这些设备和媒介统称为网络的资源。通常除网络接口外,通信网的资源由所有终端共享。依照通信网的组成形式及所配备的资源数量,通信网可能同时为所有的终端提供信道,也可能在任何时刻只允许一对终端进行点对点通信。

除了提供通信链路的能力外,通信网的另一个重要方面是它所能提供的业务。业务是指终端从通信网所感受到的服务,大体可分为话音、数据和图像。当一个通信网能提供多种业务(例如,能同时传输话音和数据)时,我们称该网络具有综合业务能力。

通信网的内部结构和组成形式很多,其中一种重要的形式是电话通信中普遍采用的交换式通信网。目前全世界电话网所连接的电话机数目已超过 6 亿门。电话通信约占所有信息通信的 90%。交换式电话网已成为迄今规模最大,发展最为成熟,遍及全世界的重要通信网络。

现行的电话网是根据话音通信的需要设计的,但由于它是那样的普及,以致一些数据、图像等非话业务,出于经济上的考虑,也常采用话音带信号形式(例如,利用调制解调器)通过电话网传输。随着数字通信、计算机和超大规模集成电路(VLSI)技术的发展,传统的电话网正在演变成为能同时传输各种高速、宽带数据和图像信号的数字通信网,即传统的电话网正向着综合业务数字网(ISDN——Integrated Services Digital Networks)的方向发展。

本书将讨论构成交换式通信网的重要的现代化设备——程控数字交换机,以及与之相关的通信网知识。有兴趣进一步了解通信网的读者可参阅书末列出的参考文献[1,2]。

1.1.2 交换式通信网

最简单的交换式通信网仅由一台交换机组成,如图 1-4 所示。每一台电话或通信终端通过一条专门的用户环线(或简称为用户线)与交换机中的相应接口连接。实际中的用户线常是一对绞合的塑胶线,线径在 0.4~0.7mm 之间。若干对绞线之外再包上多层抗拉、防水、屏蔽和防机械损伤的材料,形成所谓的双股电缆。

根据 IEEE 的定义,交换机应能在任意选定的两条用户线之间建立和(而后)释放一条通信链路。换句话说,任一台电话机均可请求交换机在本用户线和所需用户线之间建立一条通信链路,并能随时令交换机释放该链路。

交换式通信网的一个重要优点是较易于组成大型网络。例如,当终端数目很多,且分散在相距很远的几处时,可用交换机组成如图 1-5 所示的通信网。网中直接与电话机或终端连接的交换机称为本地交换机或市话交换机,相应的交换局称为端局或市话局;仅与各交换机连接的交换机称为汇接交换机。当距离很远时,汇接交换机也称为长途交换机。交换机之间的线路称为中继线。显然,汇接交换机仅涉及到网络内部的通信,而市话交换机既涉及到网内通信,又涉及到与网外终端的通信。因此,汇接交换机可看作是一种仅具有网内通信功能的市话交换机。

当网络进一步扩大时,可将若干台汇接交换机通过更高一级的汇接交换机连接起来。如此重复,最终形成一个树形的等级制网络。国际电报和电话咨询委员会(CCITT)所规定的国际电话网可多达七级。在这样一种网络中,两台市话交换机之间常存在一条以上的通路。例如在图 1-5 中,下面两台交换机之间的通信既可通过直连中继线进行,也可通过汇接交换机接续。如何选择路径称为通信网的路由问题。

图 1-5 中的用户交换机(PBX——Private Branch Exchange)常用于一个集团的内部。PBX 与市话交换机之间的中继线数目常远比 PBX 所连接的用户线数目少,因此当集团中的电话主要

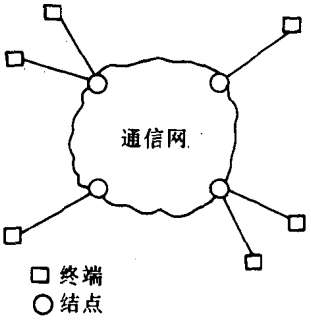


图 1-3 通信网的概念

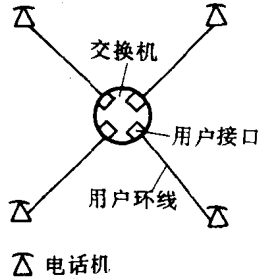


图 1-4 由一台交换机组成的通信网

用于内部通信时,采用 PBX 要比将所有话机都连至市话交换机更经济。当 PBX 具有自动交换能力时,又称为 PABX(Private Automatic Branch Exchange)。PBX 与普通市话交换机的主要差别在于,前者的中继线与后者的用户线相连。因此,PBX 的每条中继线对于市话交换机只相当于一个普通的电话机,仅话务量较大。由于公共电话网只负责接续到用户线,进一步从 PBX 到话机的接续常需由人工完成,或采用特殊的“直拨入”(DDI-Direct Dial In)设备。

通信网上两个终端间的每一次成功的通信都包括以下三个阶段:

1. 呼叫建立

由终端向交换机发出通信请求,并提供被叫站标志(电话号码),如果被叫站与主叫站不属于同一台本地交换机,则还应由主叫方交换机通过中继线向被叫方交换机或中转汇接机发送请求和电话号码信号,直至各交换机在相应的主、被叫用户线之间建立(接续)起一条贯通的通信链路。

2. 消息传输

主、被叫终端间通过用户线及交换机内部建立的链路和中继线进行通信。

3. 释放

任一方向本地交换机发出终止通信的命令,使链路涉及各交换机释放其内部链路和占用的中继线,供其它呼叫使用。

当然,如果因网络中无空闲路由或被叫站占线而造成呼叫失败时,将不存在后两个阶段。在不同的阶段,用户线或中继线中所传输的信号的性质是不同的。在呼叫建立和释放阶段,用户线和中继线中所传输的是指导网络接续或拆线的命令,而在消息传输阶段,所有线路中传输的都是主、被叫终端之间的通信信息。我们称呼叫建立和释放阶段传输的信号为信令,而消息传输阶段的信号为消息。终端和本地交换机之间的信令称为终端信令或用户-网络信令,交换机之间通过中继线传递的信令称为局间信令(因为中继线常连接着不同交换局中的交换机)或称为网络内部信令。图 1-6 是本局呼叫(即主、被叫终端连接着同一台交换机)的一个例子,它说明了一次通话过程的三个阶段,以及终端与交换机之间的信令交互关系。

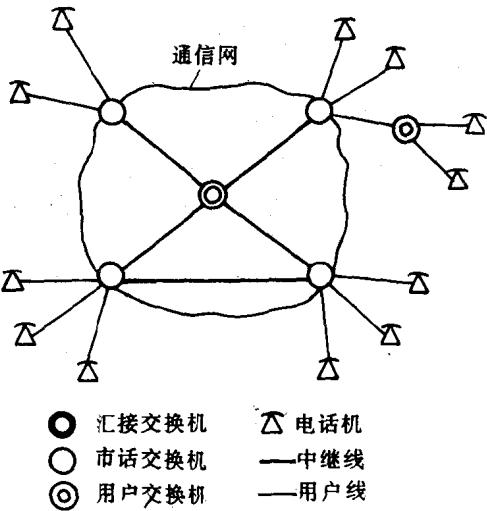


图 1-5 由多台交换机组成的通信网

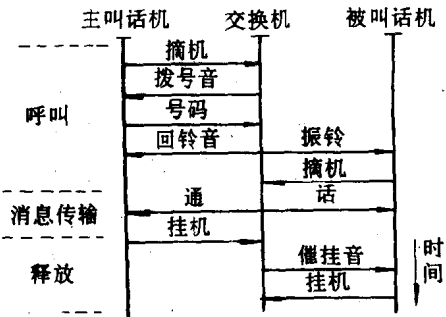


图 1-6 交换过程的三个阶段,以及相应的信令交互关系

1.2 交换机的组成

一台交换机通常由三个部分组成:交换网络、接口、控制系统。它们之间的关系如图 1-7 所示。接口的作用是将来自不同终端(如电话机、计算机等)或其它交换机的各种传输信号转换成统一的交换机内部工作信号,并按信号的性质分别将信令传送给控制系统,将消息传送给交换网络。交换网络的任务是实现各入、出线上信号的传递或接续。控制系统则负责处理信令,按信令的要求控制交换网络完成接续,通过接口发送必要的信令,协调整机工作以及管理整个通信网,等等。

1.2.1 交换网络

交换网络又称为接续网络,它可由一个或多个交换器组成^①。交换器的工作原理可用图 1-8 的例子说明。交换器左边称为入线,右边是出线。交换器的作用是根据需要使某一入线与某一出线连通。例如,当我们希望将 3 号用户线与 1' 号中继线连通时,只需将网络交点 x 接通。又如 1 号用户线欲与 2 号线用户通话时,只需将交点 y, z 短接,即可使二者通过绳路连通。通过交换器,用户入线除能与中继线相通或经过绳路互通外,还可与信令的收、发装置连接。例如,将 w 点短接可使 1 号入线与记发器连通,由记发器记录 1 号用户所拨出的电话号码。

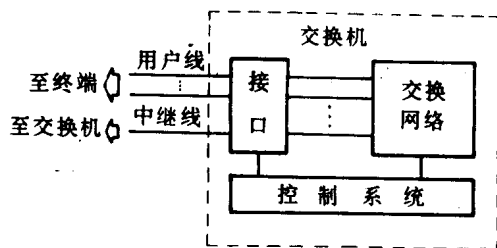


图 1-7 交换机的组成

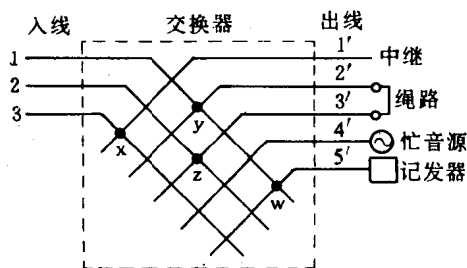


图 1-8 交换器的作用原理

因此,交换器可看作是一个有 M 条入线和 N 条出线的网络,它有 $M \times N$ 个交点,每个交点都可在控制系统的控制下连通或断开。

在实际中,尤其当出、入线数目很大时,出于实现技术和经济上的考虑,常需要用多个交换器组成一个交换网络。但无论交换网络如何组成,从外部看,它们的作用都是相同的,即可随意地选择使一条入线与一条出线连通。交换网络的结构和实现交点通断的技术都是交换机设计的重要内容。

1.2.2 接口

接口把来自用户线或中继线的各种不同的输入信令和消息转换成统一的机内信号,以便控制单元或交换网络进行处理或接续。早期电话交换机的接口仅有检测“摘机”信令的功能。用

^① 在本书中,我们用交换网络表示由若干个交换器组成的接续网络,而用交换式通信网表示由交换机组成的通信网络

户利用电话机自带的电池或手摇发电机产生直流电压,向交换机发出呼叫(摘机)信号,驱动用户接口电路中的声、光等信号装置。被叫电话号码则需由发话者口述,通知交换局内的话务员。

这种自供电方式使得话机体积较大,电压不统一,不便于维护。为此,人们改用由交换机统一馈电,这称为共电方式。随之而来的是至今仍在使用的转盘拨号话机。图 1-9(a)是说明这种话机工作原理的示意图。电话线跨接到交换机接口中供电电源的两端。当电话挂机时,话机内的电键 J1 断开,话机不消耗交换机电源。摘机后, J1 闭合,话机中的送话器与交换机电源接通,获得所需的工作电流。交换机可由此电流检测到摘机状态。此时电话号码改用拨号盘发送:用户顺时针拨动号盘后,号盘在弹簧的作用下匀速回转,使弹簧电键 J3 时通时断,形成如图 1-9(b)所示的脉冲“号码”信号。

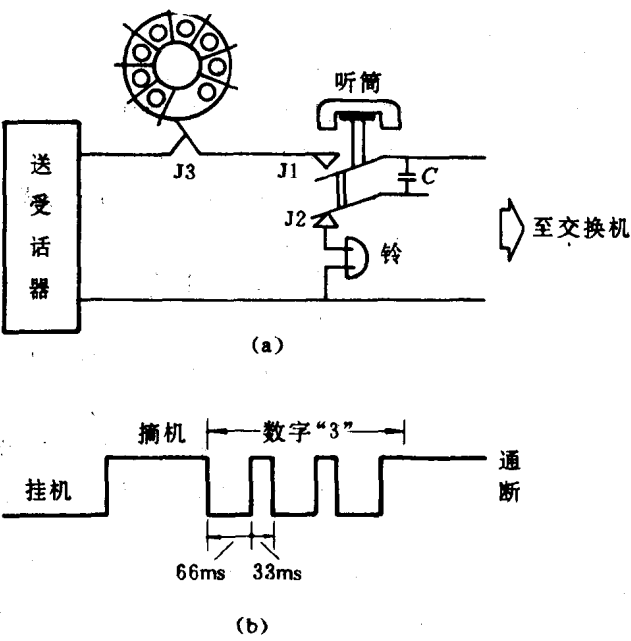


图 1-9 (a) 拨盘电话机原理示意图;
(b) 拨“3”时的脉冲波形信号

当电话挂机时,交换机发出的铃流通过电容 C 和电键 J2,使电铃发声。用户摘机后, J1 接通, J2 断开,铃声停止。

根据上述原理,与拨盘话机相对应的交换机接口至少应有下列一些功能:向话机馈电;检测摘机直流信号;接收话机拨出的号码,并将之传送给控制系统的记发器;完成用户线与交换网络之间的话音信号传递;向话机发送铃流等。图 1-10 给出了 CCITT 建议的程控数字交换机模拟电话接口的功能结构。除上述各功能外,图中还包括防止外部高压的过压保护电路和实现模数变换的编解码器等。各功能的作用及实现电路将在第五章中介绍。

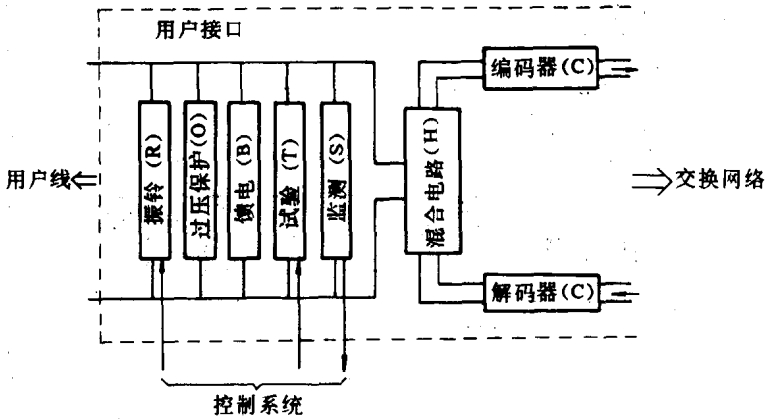


图 1-10 CCITT 建议的程控数字交换机模拟电话接口的功能

上述接口的功能设计显然是与话机的特性直接相关的。当终端或中继传输系统的性质不同时,交换机中相应的接口也必不同。可以说,交换机接有多少种终端和中继系统,便有多少种接口。各种接口应具有的主要功能及其实现技术将在第五章中讨论。

1.2.3 控制系统

交换机是整个通信网的枢纽,因而它的控制系统除担负着话路接续的控制外,还必须兼顾整个通信网的管理和控制。交换机控制系统的功能可分为两大类:呼叫处理;运行、管理和维护(OAM——Operation, Administration and Maintenance)。

呼叫处理是交换机控制系统的基本功能,它主要按照信令的指示控制交换网络完成接续和拆线,一般包括以下几个方面

①接收终端或其它交换机发出的信令。例如,及时检测到话机经接口系统发来的摘机信号;接收话机发出的电话号码等。

②指导呼叫过程进行。例如,通过接口向话机发出拨号音,提示用户拨号;或发出催挂音,促请用户挂机等。

③根据接收到的信令,完成线路的接续和拆除。例如根据收到的电话号码,在交换网络中选择一条空闲的绳路,然后向交换网络发出闭合相应交点的命令。收到挂机信号时,则应释放相应的绳路和交换链路。

在OAM功能中,运行是指在具体安装一台交换机时,对它的配置和组态的控制。在现代交换机中,尤其在综合业务通信网中,交换机必须为不同类型的终端或中继线配备不同的接口。操作员应能通过“运行”功能使控制系统事先了解交换机安装的各接口的类型和参数。此外,它还应知道各接口线所对应的地址(电话号码等),整个交换机安装了多少个终端和中继线接口,等等。

管理主要指对通信网中话务流量的控制。管理功能负责为每一次呼叫选择一条最合理的路由。在通常情况下,这应当是一条最短、最直接,因而也是最经济的路由。当常规路由出现拥

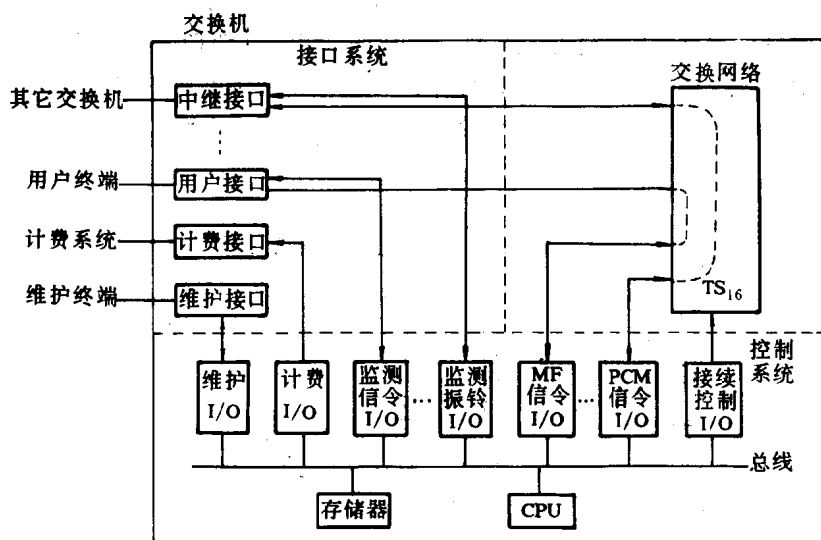


图 1-11 程控交换机控制系统结构

塞时,它应能选择出其它较空闲的替代路由。此外,管理系统还担负着日常的话务量统计、通话时间记录及计费等工作。

维护包括对交换机各部分故障的检测(发现故障)、诊断(定位故障)和修复(排除故障)。

在早期的交换机中,几乎所有的控制功能都是由人工完成的,所能提供的功能种类及水平较低,例如接续速度慢,诊断、维护费工、费时等。但随着数字技术和计算机的发展,现代的程控交换机控制系统已能在无人干预(或很少干预)的情况下自动完成上述所有功能。

程控交换机的控制系统如同一般的计算机系统,包括中央处理器(CPU),存储器(MEM)和输入/输出(I/O)接口三个部分。但它接口的种类和数量都远大于一般的计算机系统。图 1-11 给出了一个典型的程控交换机控制系统的框图。交换机操作人员通过维护终端进行 OAM 操作,例如调用某单元电路的故障诊断程序,修改说明各接口类型,状态的数据(称为局数据)等。CPU 则根据各用户线或中继线接口输入的信令及系统中的局数据完成接续控制,输入各种控制命令等。有关控制系统的进一步内容将在第六章中讨论。

1.3 交换技术的发展与分类

自 1878 年第一台交换机出现以来,交换机已经历了许多代。交换机的发展通常是由于交换器交点技术或控制技术的发展和而引起的。大多数交换机的名称反映了它所采用的某种新技术。本节将从接续技术、控制方法和交换方式三个方面对交换机进行分类,同时简要地回顾一下各种交换机的发展过程、特点及所采用的主要技术。

1.3.1 模拟交换与数字交换

模拟交换和数字交换是就交换器所接续的信号而言的,即模拟交换器所接续的是模拟信号,而数字交换器接续的是数字信号。

数字交换是数字技术,尤其是数字传输技术发展的产物。早期的电话网是完全模拟的,即电话机产生的是模拟信号,用户线和中继线所传输的是模拟信号,交换机接续的也是模拟信号,如图 1-12(a)所示。随着数字技术的发展和成熟,中继系统首先采用了数字传输。数字传输有许多优点,再生误码少,传输距离远,音质音量佳,易于(时分)复用,易于加密等。数字传输首先被引入到中继传输中的原因是,中继传输的距离一般较远,话务传输量大,传输质量要求高,因而它最能充分地利用数字传输的优点。引入数字中继传输后,电话系统变为如图 1-12(b)所示。此时,在市话交换机与中继线之间和汇接交换机与中继线之间,都必须有适当的模数(A/D)与数模(D/A)转换。

在图 1-12(b)中,由于模拟汇接交换机的存在,造成了二次模数,数模转换,使得音质、音量下降,成本提高。为此,人们首先解决了汇接交换机的数字化问题,如图 1-12(c)所示。数字交换除能免除多次调制,解调外,还具有便于数字计算机控制、接续速度快、可靠性高、便于模块化设计、配置灵活、易于扩充等许多优点。因此,人们很快又设计出了数字式的市话交换机,见图 1-12(d)。

整个通信系统数字化的最后环节是完成用户环线传输的数字化,实现综合数字通信网(IDN——Integrated Digital Network)。由于数字技术在终端中的普遍应用,IDN 的建立将大大便利各类终端的入网。在图 1-12(e)中,市话交换机通过数字环线连接了数字电话、计算机终端、

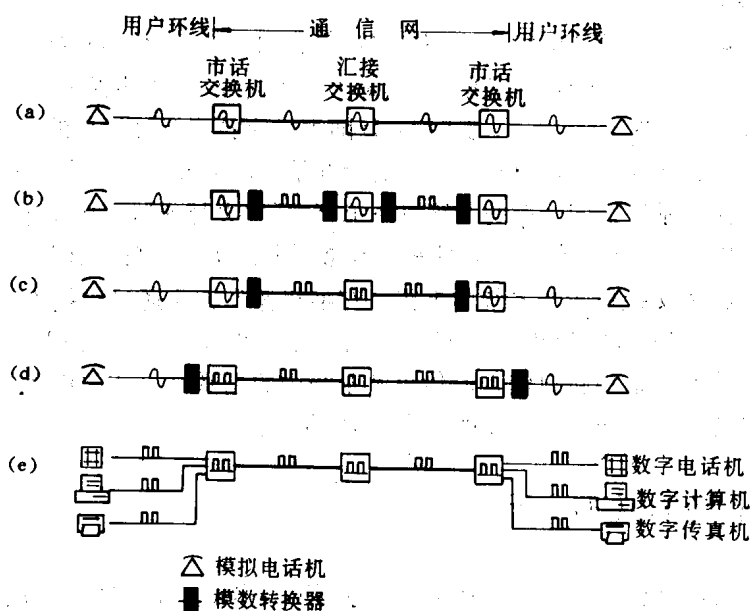


图 1-12 电话网的数字化过程

(a)综合模拟网;(b)中继传输的数字化;(c)汇接交换机的数字化;
(d)市话交换机的数字化;(e)用户环线的数字化和 ISDN

图像终端等各种不同的终端,这正是当前通信网发展的最高目标——ISDN。有关 ISDN 终端接口的具体规定或标准可参阅文献[3]。

数字交换与模拟交换的接续方法有较大的不同。前面已经提到,交换器的作用是将指定输入线的信号传递到指定的输出线。最直接的方法是以机械的方式使交点连通。最早的磁石交换器通过人工插拔插塞来完成交点的通断。此后先后出现了各种便于自动控制的交换器,其中较典型的有步进式,全继电器式和纵横式等。这些名称仅反映了交换器的控制方式和动作原理的特点,它们的效果都是相同的,即实现交点的机械闭合和断开。读者可从大量的文献⁽⁴⁻⁷⁾中找到有关这些交换器的说明。

机械交换器的最大优点是交点的断通阻抗比很大,且能实现双向传输。它们的缺点是体积大、速度慢、寿命短、噪音高、可靠性较差。为此,人们设计出了电子交换器。在这类交换器中,交点的通断是通过一个有源固体器件(如晶体管、晶闸管等)的导通和截止来实现的。电子交点的速度虽然远比机械交点快,但它的断通阻抗比常不如机械交点,因而必须注意防止因交点截止阻抗不够高而引起串话。电子交点的其它缺点是,它通常只允许单向传输,且最大电流或电压受到固体有源器件的限制。

就功能而言,上述各种交点闭合式交换器既可以接续模拟信号,也可以接续数字信号。但实际中的数字交换器常不采用交点闭合方式,而是仿效计算机总线技术,首先将输入的数字信号存储在一个固定的缓存器中,然后在控制系统的控制下读出,经总线送到指定的输出端。数字交换器不存在串话问题,且由于使用了 VLSI 存储器,成本较低。此外,这种交换方式特别适合于数字计算机控制。数字交换器一般仅允许单向传输。

1.3.2 从人工交换到程控交换

在老式的磁石交换机中,整个控制过程都是由人工完成的。以呼叫处理为例,用户首先用手摇发电机发出呼叫信号,使相应的用户接口电路上的指示灯亮。话务员发现后,将自己的话路与呼叫者话路接通,问明被叫者姓名后(注意,不是电话号码),选定一条空闲绳路,然后将铃流发生器与被叫话路接通。被叫方摘机,指示灯亮后,话务员折断铃流,接通绳路,使发、受话双方通话。通话结束后,用户挂机,接口指示灯灭,话务员拆除绳路,完成一次通话过程。

人工交换机的操作劳动强度大,接线速度慢,人工费用高,交换机不易扩大,不利于保密。在1889年,史端桥(A. B. Strowger)发明了第一台无需话务员接线的步进式自动交换机,并在三年后投入了使用。此后,随着技术的发展,交换机的自动控制方式先后主要经历了机电制、布控制和程控制三代。

机电制控制系统的接续过程是依靠对步进(侍服)电机等的控制来完成的。在布控系统中,存在许多由继电器或电子器件构成的控制单元电路,接续中所需的逻辑功能是通过适当设计这些控制单元之间的布线来完成的。机电制和布控制交换机中的控制系统所采用的器件和电路都较简单,因而它们的功能通常仅限于基本的呼叫接续处理,是人工交换机中话务员操作的自动化。机电制和布控制系统已有大量文献^[4,6,8]介绍。

程控交换机的全称是“存储程序控制”(SPC——Stored Program Control)交换机。它是现代数字计算机、大规模集成电路和数字传输技术的综合产物。在SPC交换机中,控制系统依靠事先存储在存储器中的程序和数据引导微处理机对各种信令进行适当的处理,对交换网络和接口实行必要的控制。由于微处理机功能的不断增强和集成电路成本的不断下降,人们已有可能用合理的造价生产出功能十分齐全的交换机。

SPC技术的引入使交换机的控制功能发生了根本的变化。它除能明显改善呼叫处理的速度、质量和效率外,还为网络运行、管理和故障诊断的全面自动化提供了可能。

采用SPC的最大优越性在于,它能仅通过改动或增加软件即达到改变交换机组态和工作性能的目的。例如,交换机操作员可通过修改软件关闭某个用户线端口;开启某个终端的数据通信权力;改变某台话机的电话号码;甚至改变交换网络的容量,等等。SPC对话务处理能力的改善主要表现在以下三个方面:

①提高用户的呼叫能力,简化呼叫过程,缩短呼叫时间。例如,许多程控交换机都提供了“回振铃”功能。当某用户A呼叫另一用户B,而发现B占线时,A可向交换机发送“回振铃”命令(例如按一下叉簧后,拨“121”),然后挂机。一旦B空闲,交换机会立即向A发出振铃,A摘机后,B立刻进入振铃状态。回振铃功能大大减少了用户试拨的次数,提高了呼叫成功率,减轻了交换机的话务处理负荷。

②提高用户的应答能力。例如,“转移呼叫”功能允许一个用户在离家去办公室之前,向交换机发出“将来话转接到办公室”的命令(例如,摘机听到拨号音后,拨“129”,再拨办公室电话号码,然后挂机)。此后,交换机会自动将所有来家的电话转接到办公室的话机上去,使之振铃,接话。

③提高通话能力。例如,两方用户在通话期间,可接入第三方或更多方用户,进行电话会议。

现代程控交换机的功能常多达数十种。这些功能虽为用户带来极大的方便,但却对控制系统的设计提出了严重的挑战。交换机的设计重点已从早期的以交换器设计为主转移到了当前