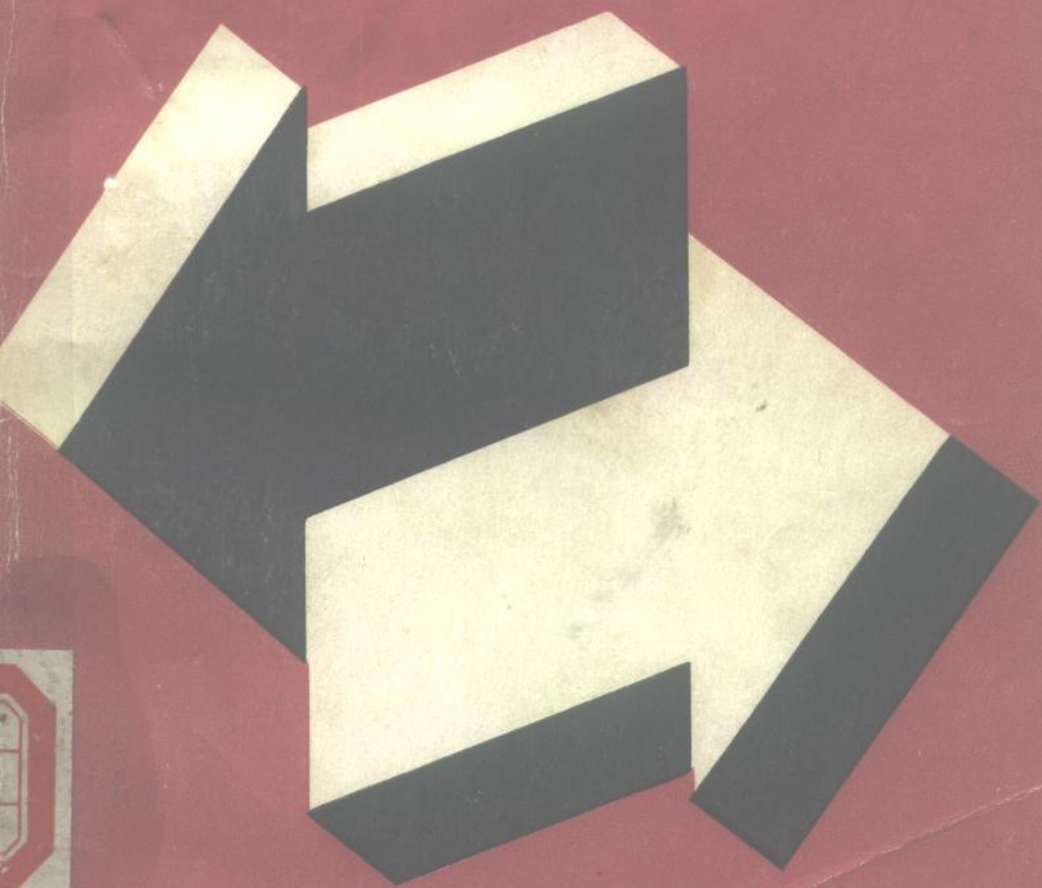


数字交换基础

[美] 约翰·麦克唐纳 等 著

刘重隆 杨为理 译



人民邮电出版社

73.4415
1428

数字交换基础

〔美〕约翰·麦克唐纳 等著

刘重隆 杨为理 译

人民邮电出版社

DT17/23
Fundamentals of Digital Switching

Edited by John C. McDonald

1983 Plenum Press, New York

内 容 提 要

本书主要介绍数字交换和数字网络的基本工作原理。全书共十章，前四章讲述电路交换基础、话务理论、交换系统的控制及其软件。这些内容不仅对数字交换适用，对模拟交换也适用。从第五章开始介绍数字交换的核心问题，如时分交换网络、分组交换、数字环境下的模拟用户终端和数字用户终端。本书还介绍了包括E10、AXE10和No.4ESS在内的十种当前投入使用的程控交换机，给出分析它们的方法。最后介绍包括IAN、IDN和ISDN的数字网络概念及其主要设计考虑。本书侧重概念讲解，通过现有设备实例及假想的举例来说明数字交换的复杂控制过程，是一本有关程控数字交换技术的实用读物。

本书是勒基(R·W·Lucky)主编的通信理论应用丛书中的一本，主要内容曾在大学里实际讲授过。

本书可供从事电信工作的工程技术人员及有关高等院校师生阅读，并可供从事信息和计算机学科的工作人员参考。

数 字 交 换 基 础
〔美〕约翰·麦克唐纳 等著
刘重隆 杨为理 译
责任编辑：宗慕军

*

人民邮电出版社出版
北京东长安街27号
河南邮电印刷厂印刷
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 1987年10月 第一版
印张：14 24/32 页数：236 1987年10月 河南第1次印刷
字数：384 千字 印数：1—3 000册
统一书号：15045·总 3371-有5507
定价：3.30 元

译 者 的 话

程控数字交换技术是近年来发展极快的一门技术。这不仅是因为程控交换机功能强、体积小、可靠性高、便于维护，更重要的是可使传输与交换综合考虑，并能为各种业务（包括话音、数据、电文和图象）提供综合服务。但是，目前介绍这方面内容的图书还不多。

本书是美国贝尔实验室的勒基（R. W. Lucky）主编的通信理论应用丛书中的一本，主要介绍数字交换和数字网络的基本内容。书的作者曾在加州大学和马里兰大学讲授过本书的内容，因此在章节编排及内容的取舍上都有一些特点。本书是一本有关程控数字交换的入门书。

由于这门技术对我国来说还是一项新技术，很多名词的译法还没有规范，因此只能在目前通用的译法中挑选合适者用之。

本书的前言、第三、四、八、九、十章由刘重隆翻译，第一、二、五、六、七章由杨为理翻译（李阳光参加了第二章部分内容的翻译）。原书中的一些错误已在翻译中加以改正。

感谢冯重熙教授对本书翻译的指导。

限于译者水平，译文中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正

译 者

于清华大学无线电系

原 序

低成本数字集成电路的发展，使数字交换得以从概念成为经济的现实。目前，数字交换机已被广泛接受。并且，无论是设计还是应用新交换机都要考虑采用数字方式。数字技术开创了把数字传输和交换结合起来，在一个交换机上实现话音和数据综合服务的革新机会，并且可以在很大范围内设计出经济的交换系统。

严格地说，“数字交换”是指一个系统，该系统可在两个终端之间建立以数字形式表示的信息的消息通路。就普通应用来说，数字交换机通常包括完成交换功能的时分网络，它是由逻辑门和数字存储器组成的。

本书的目的是对数字交换原理给以入门性说明。这些原理可用于公用交换机和PABX（用户自动小交换机）。本书以应用、设计、维护以及希望搞懂数字交换技术的人员为对象。理解本书并不要求有电气工程师的水平。本书着重说明数字交换技术而避免采用详细的数学推演。而且，每章都给出了大量的参考文献，以便于读者深入研究许多有关问题。本书末尾给出了数字交换的词汇表，以便于查找。因为数字交换方式已在世界范围内获得发展，因此全书加注了国际标准。

、数字交换包含多种技术，一个人不可能全都熟悉。因此，本书由许多作者写成，他们都是各个数字交换领域的专家。本书尽量减少各章主要内容的重复，但并不妨碍读者了解许多作者的观点。

本书的材料来自数字交换课程，该课程在过去的四年里，曾在洛杉矶的加利福尼亚大学和马里兰大学讲授过。本书的作者都讲过这门课，并从学生那里得到关于材料的组织和讲解方面有价值的建议。

本书安排如下：第一章到第四章包括电路交换基础内容、话务理论、存储程序控制和软件。这些题目不仅对数字交换，而且对模

拟交换也同样适用。第五章和第六章讨论电路交换和分组交换的时分网络。第七章和第八章讨论数字交换机的模拟和数字信息接口。第九章介绍数字交换机的构成。最后一章——第十章讨论数字交换网。

本书的主要内容按其发展的顺序组成。第一章包括基本的电路交换，以后各章则逐步深入数字交换。但是每一章又各自独立，读者不必从第一章开始读到第十章。每一位作者在他的文章中都参考了其它各章，因此读者可以从有兴趣的章节开始进行阅读。核心的数字交换从第五章开始。

最后，我代表作者感谢许多公司的支持和帮助。他们的名字按字母顺序是：

Bell Laboratories, Inc.

Continental Telecom, Inc.

General Telephone and Electronics, Inc.

MBX, Inc.

TRW, Inc.

United Telecommunications, Inc.

University of California

Western Electric, Inc.

还要感谢学生们，是他们激励我们写出本书，他们帮助我们更完整地理解这门技术性很强的学科。

杰克 麦克唐纳
(Jack McDonald)

目 录

第一章 电路交换基础	(1)
1. 引言.....	(1)
2. 电路交换网络.....	(2)
2.1 传输与交换的关系.....	(2)
2.2 组网方式.....	(10)
2.3 信号方式.....	(13)
2.4 信号网络.....	(17)
3. 电路交换系统.....	(22)
3.1 交换系统的设计.....	(22)
3.2 交换系统的功能.....	(26)
3.3 交换网络.....	(26)
4. 数字交换简介.....	(35)
4.1 什么是数字交换?	(35)
4.2 数字交换的要求.....	(36)
4.3 基本构成.....	(38)
5. 小结.....	(40)
思考题.....	(40)
参考文献.....	(41)
第二章 话务需求的随机特性	(44)
1. 引言.....	(44)
2. 话务需求的特点.....	(44)
2.1 话务需求的基本单元.....	(44)
2.2 呼叫的发生.....	(46)
2.3 服务时间.....	(51)
3. 几种重要的概率分布函数.....	(58)

3.1 二项式分布	(58)
3.2 负指数分布	(59)
3.3 普阿松分布	(60)
4. 数字交换系统	(63)
4.1 第五级交换系统的构成	(63)
4.2 话务方面的考虑	(64)
4.2.1 用户级	(64)
4.2.2 交换矩阵	(66)
4.2.3 处理机	(67)
4.2.4 远地单元	(68)
4.2.5 服务电路	(69)
5. 话务工程	(70)
6. 小结	(72)
思考题	(73)
参考文献	(74)
第三章 交换系统的控制	(75)
1. 引言	(75)
2. 交换中心网络控制	(76)
2.1 逐级控制和公共控制	(76)
2.2 网络控制的接入	(79)
3. 呼叫信息处理	(80)
3.1 话务分割和功能分割	(82)
3.2 控制器接入方式	(85)
3.3 分散控制	(88)
3.4 调度	(92)
3.5 存储程序控制和软件的有关问题	(94)
3.6 冗余度	(99)
4. 操作的支援	(104)
5. 小结	(105)

思考题.....	(106)
参考文献.....	(107)
第四章 交换机软件	(110)
1. 引言.....	(110)
2. 交换机软件的历史回顾.....	(110)
2.1 早期存储程序控制通信的发展.....	(110)
2.2 早期用于商业电子电信的软件设计.....	(111)
3. 中心局设计准则.....	(112)
3.1 电话公司的准则.....	(113)
3.1.1 费用.....	(113)
3.1.2 可靠性和性能.....	(114)
3.2 用户准则.....	(114)
3.3 系统费用的考虑.....	(115)
3.3.1 处理机的速度.....	(115)
3.3.2 存储器的使用.....	(116)
3.3.3 程序设计.....	(117)
4. 电子交换机基本软件.....	(118)
4.1 通用程序.....	(118)
4.1.1 呼叫处理功能模块.....	(119)
4.1.2 系统维护.....	(125)
4.1.3 管理功能.....	(126)
4.2 局数据库.....	(126)
4.2.1 局数据库的内容.....	(126)
4.2.2 局数据库构成.....	(127)
4.3 现代交换机软件设计.....	(128)
4.3.1 构成结构.....	(129)
4.3.2 程序的调度.....	(130)
4.3.3 早期软件设计的局限性.....	(131)
5. 交换机软件的新模型.....	(133)

5.1	模型结构要求	(133)
5.1.1	软件工程概念	(134)
5.1.2	分散式处理的考虑	(137)
5.2	理想软件结构模型	(137)
5.2.1	结构综述	(138)
5.2.2	操作系统	(141)
5.2.3	模型的优点	(142)
6.	小结	(143)
	思考题	(144)
	参考文献	(145)
第五章	时分网络	(146)
1.	引言	(146)
2.	抽样与调制	(146)
3.	时分交换的概念	(148)
4.	无损模拟时分交换	(151)
5.	有损模拟时分交换	(154)
6.	数字编码与复用	(156)
7.	时分交换	(159)
7.1	时隙交换	(159)
7.2	时间复用空分交换	(162)
7.3	网络的功能	(168)
7.4	网络结构	(172)
7.4.1	T网络	(173)
7.4.2	S网络	(173)
7.4.3	T—S网络	(174)
7.4.4	S—T网络	(175)
7.4.5	T—S—T网络	(175)
7.4.6	S—T—S网络	(177)
7.4.7	更复杂的网络	(177)

8.	No.4ESS 交换系统	(178)
9.	小结	(183)
	思考题	(184)
	参考文献	(187)
第六章	电路交换与分组交换的比较	(188)
1.	引言	(188)
2.	现在和未来的通信网络	(190)
3.	话音与数据业务特性	(194)
4.	电路交换、信息交换和分组交换	(195)
4.1	电路交换网络	(195)
4.2	信息交换网络	(198)
4.3	分组交换网络	(200)
4.4	电路交换、信息交换和分组交换的比较	(206)
5.	实现话音与数据综合网络的方法	(210)
5.1	电路交换	(210)
5.2	分组交换	(214)
5.3	混合交换	(217)
5.4	几种综合交换方式的比较	(220)
6.	综合分组交换与电路交换方式的举例	(221)
7.	新的发展和新的业务	(228)
8.	小结	(231)
	思考题	(232)
	参考文献	(233)
第七章	模拟终端	(236)
1.	引言	(236)
2.	用户线与中继线的终端	(237)
3.	模拟终端的要求	(240)
3.1	电话机设备	(240)
3.2	模拟中继线终端	(245)

3.3 传输要求	(247)
3.4 过压保护	(251)
3.5 用户环路(用户线)的设计	(252)
3.6 测试	(254)
3.7 BORSHT	(255)
4. 话音的数字表示	(256)
4.1 话音的数字化技术	(256)
4.2 脉冲编码调制	(258)
4.3 其它数字化技术	(266)
5. 用户电路	(271)
5.1 BORSHT 所处的位置	(272)
5.2 用户电路技术	(275)
5.2.1 用户线接口电路 (SLIC)	(275)
5.2.2 回声控制	(280)
5.2.3 滤波器和编译码器	(281)
5.2.4 过压保护	(283)
5.3 冗余技术	(283)
6. 小结	(284)
思考题	(285)
参考文献	(289)
第八章 数字终端和数字信号的处理	(290)
1. 引言	(290)
2. 数字交换与传输设备的接口装置	(290)
2.1 数字终端的要求	(293)
2.2 典型的数字终端	(297)
2.3 数字终端设计的进一步考虑	(298)
2.3.1 帧同步恢复	(298)
2.3.2 弹性存储器和同步	(301)
2.3.3 比特抽取的影响	(304)

3. 数字用户环传输.....	(305)
4. 数字交换方式中的数字信号处理.....	(308)
4.1 自动维护技术.....	(308)
4.2 非均匀量化环境的信号处理.....	(309)
4.3 例 1: 数字衰减.....	(311)
4.4 例 2: 服务音的产生与检测.....	(312)
4.4.1 服务音的产生.....	(312)
4.4.2 DTMF 检测.....	(314)
5. 小结.....	(321)
思考题.....	(321)
参考文献.....	(323)
第九章 数字交换系统的构成	(325)
1. 引言.....	(325)
2. 数字交换机的操作.....	(325)
2.1 模拟终端.....	(327)
2.2 数字终端.....	(328)
2.3 复用.....	(331)
2.4 交换中心网络.....	(333)
2.5 控制.....	(334)
2.6 远地单元.....	(339)
2.7 线对增容系统.....	(340)
3. 数字交换机的合成.....	(340)
3.1 要求.....	(341)
3.2 系统容量.....	(341)
3.3 实现模拟终端的几种方法.....	(343)
3.4 交换中心网络的各种构成方法.....	(345)
3.5 系统的可用性.....	(353)
3.6 系统的可维护性.....	(357)
4. 系统结构举例.....	(359)

4.1 分析方法	(359)
4.2 E10	(361)
4.3 No.4 ESS	(363)
4.4 ITS 4/5	(364)
4.5 NEAX 61	(366)
4.6 AXE 10	(367)
4.7 DMS100	(369)
4.8 EWSD	(370)
4.9 System 12 (系统 12)	(372)
4.10 System X (X 系统)	(374)
4.11 GTD—5 EAX	(376)
5. 小结和发展趋势	(377)
思考题	(381)
参考文献	(384)
第十章 数字网络	(386)
1. 引言	(386)
2. 数字网络进展	(386)
2.1 综合模拟网	(387)
2.2 综合数字网	(388)
2.3 综合业务数字网	(389)
3. 数字网的设计	(391)
3.1 服务要求	(391)
3.1.1 话音传输要求	(393)
3.1.2 数据传输要求	(397)
3.2 传输和交换的综合	(399)
3.2.1 数字中继传输	(400)
3.2.2 数字长途交换方式	(402)
3.2.3 数字线对扩容	(403)
3.3 综合业务	(405)

3.4 传输损耗和电平设计	(406)
3.4.1 数字码电平	(410)
3.4.2 数字损耗设计举例	(411)
3.5 同步	(416)
3.5.1 数字传输和数字交换的同步	(416)
3.5.2 数字交换机之间的同步	(418)
3.6 信号方式	(421)
3.7 维护	(423)
4. 小结	(424)
思考题	(425)
参考文献	(428)
词汇表	(429)
英汉名词对照索引	(439)

第一章 电路交换基础

1. 引言

多用户电信系统主要由三部分构成：用户（或终端）设备、传输媒介与中继器、集中或分散式的交换机（包括对它们信号的功能要求）。

有几种交换方式，常用的是电路交换（Circuit switching）、分组交换（Packet switching）和存储转发交换（Store and forward switching）。所有交换系统在设计与应用上的很多考虑是相同的。本章介绍各种交换方式，但重点是电路交换。本书第六章还要详细讨论电路交换，并与分组交换进行比较。

本章重点讨论几种最常用、最重要的交换方式的基本原理、定义、工作环境以及必要的操作方面的问题。电路交换的含义是在两个或多个终端（在电话中通常称为“分机”）之间建立单向或双向信息通路（如电话和用户电报）。这种交换方式是即时通信，即整个交换过程不会在收、发之间引入可变的、能觉察的时延。公用电话网是电路交换的典型应用，它的投资比例大致是：交换设备占25%，外线电缆与有关设备占29%，用户设备占20%，传输终端设备占15%，房屋、土地与其它项目占11%。这些比例数字反映了多年来公用电信事业的发展情况，显然交换设备所占比重增长较慢，在本章的后面将会谈到造成这种状况的原因。

本章将主要内容分成三节，其中第2节重点介绍电路交换的组网问题，包括传输设备与交换机的连接、网络结点间的信号方式

注：本章作者 A.E. Joel, Jr. 在美国新泽西州贝尔电话实验室任职。

等。第 8 节主要讨论设计电路交换系统时需要考虑的因素、应提供的功能，以及它在网络中的工作环境与内部结构对设计参数的影响等。由于电路交换的主要任务是进行线路的接续，因而有必要在本节介绍网络的设计原则和其它内部系统的连接。第 4 节介绍有关数字交换的定义。

2. 电路交换网络

2.1 传输与交换的关系

自电话问世以来，人们便认识到为了经济必须对传输设备与交换系统加以综合考虑。早期阶段，利用线对（如用户线）作为传输设备把各个关系密切的用户（即本局用户）连接起来。图1.1 是 没

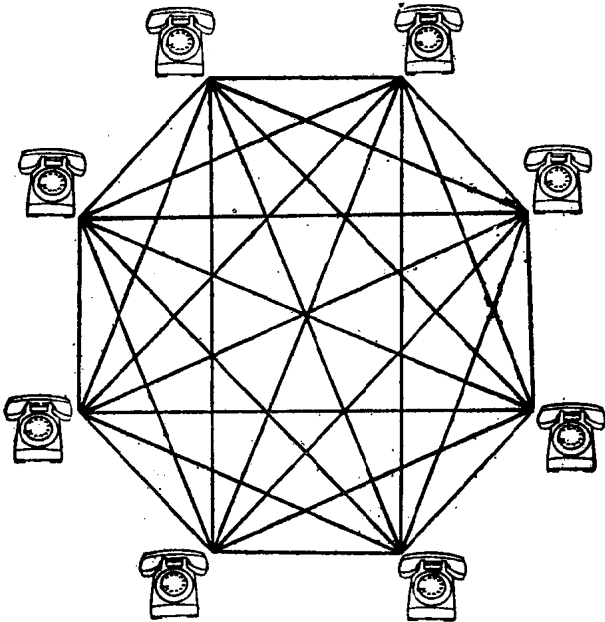


图 1.1 交换的必要性（引自 IEEE PrOceedings, 1977 年 9 月）