

高等院校通信与信息工程类规划教材

# 现代交换技术

盛友招 编著



110010101001101010

001010011010100101010 110



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等院校通信与信息工程类规划教材

# 现代交换技术

盛友招 编著



机械工业出版社

全书共有绪论和第1~10章。首先简要回顾交换技术的百年历程,把数字程控交换作为重点描述的背景知识。

由于当今实现交换功能已有多种多样的途径,为此,对有关知识作一定的阐述,如基础内容、对不同交换方式的评述、综合业务数字网、移动网、计算机网以及因特网等。使本书内容体现出一定的时代特色。

对No. 7信令作了重点描述,不仅涉及No. 7信令用于传统电话网,还对用于宽带网、移动网以及智能网作了介绍。

有关信息安全以及在随机服务(或排队)系统中的时延与损失性能的描述,对于正处在信息全球化和对系统作性能评估而言均是必要的。

本书可作为通信与信息系统、计算机以及管理科学等多种学科的本科生教学用书,也可供相关专业的研究生和广大工程技术人员参考用书。本书结构新颖。深入浅出,有利于正处于技术变革年代的广大读者学习参阅。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代交换技术/盛友招编著. —北京:机械工业出版社, 2003. 3

高等院校通信与信息工程类规划教材

ISBN 7-111-11775-1

I. 现... II. 盛... III. 通信交换—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第015472号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 王玉鑫 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年5月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·18.75印张·460千字

定价:28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

## 编者的话

本书在有限的篇幅中尽可能反映当今在交换技术领域内的一些重要的技术更新，尽量吸取（部分）国内外相关文献和先进的教材编写经验，并作了一定的尝试。

全书共分为绪论和第1~10章。绪论中介绍了交换技术的产生、发展以及技术更新历程。第1章存储程序控制交换技术基础，简要介绍当今正在使用中的传统的电路交换原理。第2章为数字传输基础。第3章电路交换技术及其分析。第4章三种典型的交换方式与窄带综合业务数字网。第5章ATM宽带交换与宽带综合业务数字网。第6章No.7信令的发展与宽带网信令的形成。第7章No.7信令及其在现代交换中的应用。第8章信息安全的概念、算法及应用。第9章新的交换模式与因特网的技术更新。第10章排队论基础。

在每章的结尾均有简要小结和该章的练习题。为便于教学与专业内容理论联系实际，可酌情安排课程设计或参观、实习等环节。

由于信息技术的飞速发展，现在不仅通过传统电话网，还可通过因特网、计算机网、移动网以及综合业务数字网实现语音、数据、图像、视频的交流，因此，把“现代交换”的技术含义拓宽，以便适应通信（或信息）全球化发展的需要。

本书在编写过程中得到胡健栋教授的热心指导，同时感谢许义祯副教授的大力协助，在此表示衷心的感谢。

由于水平和时间有限，本书尚存在不足之处，敬请指教！

**盛友招**

# 目 录

## 编者的话

## 绪论 ..... 1

- 0.1 本书的主要内容 ..... 1
- 0.2 电话的发明、交换技术的演变及发展 ..... 2
- 0.3 SPC 数字交换网络 ..... 3

## 第 1 章 存储程序控制交换技术基础 ..... 5

- 1.1 时间接线器 (T) 和空间接线器 (S) ..... 5
- 1.2 数字接线器的集成化及交换网络的结构 ..... 11
- 1.3 SPC 数字交换工作原理 ..... 11
- 1.4 SPC 数字交换软件 ..... 14
- 1.5 呼叫处理过程 ..... 17
- 1.6 接入网技术 (概要) ..... 26
- 1.7 自动电话的编号计划 ..... 32
- 1.8 计费方式 ..... 32
- 1.9 我国五级电话网等级结构 ..... 33
- 本章小结 ..... 33
- 练习题 ..... 33

## 第 2 章 数字传输基础 ..... 35

- 2.1 信息的数字表示 ..... 35
- 2.2 数字传输的基本概念 ..... 39
- 2.3 检错与纠错 ..... 44
- 2.4 传输系统与电话网 ..... 51
- 本章小结 ..... 57
- 练习题 ..... 57

## 第 3 章 电路交换技术及其分析 ..... 59

- 3.1 网络向用户提供的服务 ..... 59
- 3.2 网络功能与网络拓扑 ..... 61
- 3.3 传输媒体 ..... 63

## 3.4 电话网与蜂窝电话网概要 ..... 66

## 3.5 空分交换、时分交换以及 T-S-T 交换 ..... 68

## 3.6 数字交换网络的一般化结构 ..... 74

## 3.7 在电话网内业务量与过负荷控制 ..... 77

## 3.8 数字交换系统中的呼叫处理 ..... 82

## 本章小结 ..... 86

## 练习题 ..... 86

## 第 4 章 三种典型的交换方式与窄带综合业务数字网 (N-ISDN) ..... 88

## 4.1 三种典型的交换方式及其不同的应用 ..... 88

## 4.2 由传统电话网演变为窄带综合业务数字网 (N-ISDN) ..... 91

## 4.3 ISDN (窄带) 的结构 ..... 94

## 4.4 ISDN 用户到网络接口的参考配置 ..... 97

## 4.5 ISDN 所提供的业务 ..... 101

## 4.6 ISDN 协议 ..... 106

## 4.7 ISDN 的编号与寻址 ..... 117

## 4.8 ISDN 网络协议 ..... 119

## 4.9 网间互通 ..... 120

## 本章小结 ..... 120

## 练习题 ..... 121

## 第 5 章 ATM 宽带交换与宽带综合业务数字网 (B-ISDN) ..... 122

## 5.1 ATM 的基本原理 ..... 122

## 5.2 ATM 的交换原理 ..... 127

## 5.3 ATM 网络 ..... 136

## 5.4 B-ISDN 结构 ..... 155

## 本章小结 ..... 158

## 练习题 ..... 158

## 第 6 章 No. 7 信令的发展与宽带网信令的形成 ..... 160

## 6.1 概述 ..... 160

6.2 No.7 信令系统的结构 .....	162	本章小结 .....	237
6.3 在宽带信令网中的寻址、SAP、原语 以及 PDU .....	168	练习题 .....	237
6.4 宽带信令族以及用户层 .....	172	<b>第 9 章 新的交换模式与因特网的技 术更新</b> .....	239
6.5 SAAL、SSCOP 以及 SSCF .....	173	9.1 因特网电话与 IP 电话 .....	239
6.6 UNI 信令举例 .....	191	9.2 IP 电话网关 .....	241
本章小结 .....	194	9.3 IPv4 协议 .....	243
练习题 .....	194	9.4 IPv6 协议 .....	248
<b>第 7 章 No.7 信令及其在现代交换 中的应用</b> .....	196	9.5 IP 电话的标准化进程 .....	253
7.1 概述 .....	196	9.6 IP 电话与传统电话 .....	257
7.2 信令单元 .....	199	9.7 先进的网络结构 .....	259
7.3 消息传送部分 (MTP) 与 No.7 信令 协议 .....	203	本章小结 .....	270
7.4 SCCP 功能简述 .....	205	练习题 .....	270
7.5 TCAP 功能简述 .....	209	<b>第 10 章 排队论基础</b> .....	272
7.6 宽带 ISDN 用户部分 (BISUP) .....	210	10.1 时延与损失性能 .....	272
7.7 No.7 信令系统在智能网 (IN) 中的 应用 .....	215	10.2 基本的排队模型 .....	276
7.8 No.7 信令在蜂窝网络中的应用 .....	217	10.3 M/M/1——一个基本的多路复用器 模型 .....	278
本章小结 .....	218	10.4 M/G/1 模型 .....	282
练习题 .....	218	10.5 爱尔兰 B 公式 (M/M/c/c 系统及 其应用) .....	284
<b>第 8 章 信息安全的概念、算法及应 用</b> .....	220	10.6 对六种基本排队模型的分析 and 比较 .....	286
8.1 安全与保密算法 .....	220	10.7 以图 10-16b (即 M/M/m 系统) 为 例进行分析 .....	288
8.2 DES 密码技术的算法 .....	224	本章小结 .....	290
8.3 密码技术校验和与散列 .....	226	练习题 .....	291
8.4 安全协议 .....	227	<b>参考文献</b> .....	292
8.5 确保信息安全的问题与思考 .....	235		

# 绪 论

## 0.1 本书的主要内容

由于考虑到在当今“交换技术”这个领域中，技术更新的速度有日益加快的趋势，技术的更新换代很快，新技术的发展日新月异，因此，本书在有限的篇幅中尽可能反映重大的技术革新内容。为适应 21 世纪教育事业的发展需要，本教材编写中，在吸取（部分）国内外相关参考文献内容和先进经验方面，作了些初步尝试。全书共分为绪论和第 1~10 章。在绪论中，简要阐述电话的发明、交换技术的产生、演变以及发展。其中，对于存储程序控制（SPC）交换技术作为关注的重点，介绍本书的内容结构以及教学方法等。第 1 章存储程序控制交换技术基础：以 SPC 交换为主线，给初学者介绍电话交换的工作原理以及相关的基础知识。第 2 章数字传输基础：当今信息技术（IT）普遍向着数字化、宽带化、智能化、综合化以及全球化方向发展，而“数字化”是一个重要基础。第 3 章电路交换技术及其分析。在第 1 章的基础上深化一步，为对现代交换技术的全面理解提供背景和基础。第 4 章三种典型的交换方式及窄带——综合业务数字网（N-ISDN）：从传统的电话交换技术向电信网的业务综合化迈出了重要一步，因此，具有“里程碑”的意义。第 5 章 ATM 宽带交换与宽带——综合业务数字网（B-ISDN）：异步转移模式（ATM）在现代交换技术以及宽带综合业务数字网中的应用。这标志着现代信息网的发展进入了一个新的转折阶段，在 N-ISDN 的基础上又有了新的突破。本书对 ATM 交换及 B-ISDN 作了较为详细的阐述和讨论。第 6 章 No. 7 信令的发展与宽带网信令的形成：现代交换技术必然要涉及“ATM 交换”，而 ATM 交换必然又会涉及宽带网络，使现代电信网的数字化、综合化、宽带化有可能获得实现。与此同时，信令系统也是必不可少的，为此，本章专门阐述一个新颖的题目：关于宽带信令问题，文中介绍其原理、结构以及应用等。第 7 章 No. 7 信令及其在现代交换中的应用：No. 7 信令不仅在传统电话网中得到了普遍应用，同时还在智能网、移动网以及宽带网等诸多方面都获得了极为广泛的应用，为此，必须扩大视野关注 No. 7 信令在世界通信领域所扮演的独特的重要作用。第 8 章信息安全的概念、算法及应用：随着信息社会的到来，各行各业信息化进程的加快（包括：电子商务、电子货币、电子签名以及电子信函等），必须要确保信息安全，否则可能遭受的破坏或损失是不可估量的。第 9 章新的交换模式与因特网的技术更新：因特网电话与 IP 电话，IPv4 的下一代 IPv6，还有其他新型的交换方式以及先进的网络结构。第 10 章排队论基础：用有限篇幅介绍时延与损失性能、基本的排队模型、基本的多路复用器模型（M/M/1）、M/G/1 模型、爱尔兰 B 公式以及对六种基本模型的分析 and 比较（包括对 M/M/m 系统的分析）。以上是排队论基础方面的要点，对于掌握现代交换技术的性能分析是十分有益的。进一步深入学习，还可参阅有关书刊。

本书涉及的专业基础或专业内容包括：“数字通信基础”、“综合业务数字网”、“ATM 交换”、“ATM 宽带网络信令”、“No. 7 信令系统”、“信息安全”、“因特网”、“计算机网络”以及“排队论基础”等。其中：把“现代交换”的含义拓宽，不仅通过电话网可以实现传统的



电话交换,还可以通过因特网、计算机网、无线网以及综合业务数字网等实现语音、数据、视频或图像的交换(包括宽带交换)。因此,本课程也可作为上述有关专业基础或专业课的入门性课程,同时,若对本书的有关章节通过课程设计、毕业设计或者参与有关科研活动,将会获得较大的收益。

本书还考虑到交换技术与网络技术不可分割;交换技术与信令技术不可分割以及交换技术与传输技术密切相关,对此,在上述章节安排中,也已体现了这些内容之间的有机联系和相互配合。

本书每一章结束时,均有简要小结,综合或归纳这一章的重要的内容,同时,在每一章还有习题和思考题(练习题)。

本书的有关专业内容,在有条件时可酌情安排课程设计或实验。

## 0.2 电话的发明、交换技术的演变及发展

### 0.2.1 人工交换系统

人工交换系统分为磁石式人工交换和共电式人工交换。

### 0.2.2 自动交换系统

#### 1. 机电式

(1) 步进制(史端乔、西门子、47式)

(2) 全继电器制

(3) 机动制(旋转制、升降制)

(4) 纵横制

#### 2. 电子式(指控制设备必须电子化)

(1) 半电子 交换网络采用金属接点(如纵横接线器)。

(2) 准电子 多用簧簧、剩簧接线器,动作速度比纵横接线器快。

(3) 空分-全电子 交换网络采用电子接点(如意大利 DST<sub>1</sub>型)。

(4) 布控电子交换系统。

(5) 程控交换机 通常指由计算机存储程序控制的电子交换机(交换网络可采用时分方式)。

### 0.2.3 发展进程

1. 1878年第一部人工磁石式交换机问世(距1876年贝尔发明电话后只相隔两年左右)。

2. 1891年人工共电式交换机问世。

3. 1892年第一个自动电话局建成(是1891年史端乔发明的机电式步进制交换系统,也称史端乔交换机)。此后,相继出现西门制、旋转制以及升降制机电自动交换系统。

4. 1919年瑞典首先制成小型纵横制交换机。

5. 1926年第一部城市用纵横制交换机(4000门)在瑞典的桑特斯伐尔投入使用。

6. 1930年瑞典电信部门在农村推广使用纵横制。

7. 1938年美国 No. 1 纵横制在纽约开通,采用集中控制。

8. 1943年美国 No. 4 长途纵横制(4线制)投入运营。

9. 1948年美国 No. 5 市话、长途及汇接纵横制投入运营。



10. 1953 年法国潘特奈特系列纵横制投产。
11. 1954 年日本开始研制纵横制。
12. 1960 年我国在上海吴淞镇建立第一个纵横制电话局（试验局）。
13. 1960 年瑞典 ARF102（采用标准的纵横接线器）投入运营（采用分级控制方式）。
14. 1964 年瑞典 AKF10（采用编码纵横接线器）投入运营（采用分级控制方式）。
15. 1965 年美国 ESSNo. 1 开通运营程控交换机。
16. 1968 年，日本研制成  $C_1 \sim C_9$  纵横交换机。
17. 1969 年日本 DEX-2 程控交换机投入运营。
18. 1976 年美国 ESSNo. 4 大型数字长途程控交换机问世并投入使用。
19. 加拿大 1977 年开通  $DMS_1$  和  $DMS_{10}$  数字程控交换机。
20. 瑞典 1978 年第一部 AXE-10 数字市话程控交换机投入运营。
21. 1980 年英国开通第一个 X 系统数字程控长话局。

如上所述，20 世纪 30 年代以公共控制方式为标志的大型纵横制交换系统问世（属机电式自动电话）；20 世纪 60 年代以存储程序控制为标准的空分集中控制程控交换机首先问世；20 世纪 70 年代时分数字程控交换机开始问世。

由此可知，目前国内使用的数字程控交换系统大体上是在距今不到 30 年这段时间的产品。从贝尔发明电话至今（1876~2002 年）已有 130 余年历史，而数字程控交换系统的发展历史只有 30 余年。

### 0.3 SPC 数字交换网络

T、S 接线器及其数字交换网络。

表 0-1 关键技术的采用（举例）

关键技术	主要功能
SPC 的控制	存储程序控制方式的应用，简化了结构和硬件，并使系统性能优化（包括使电话网的智能化和智能网的发展）
数字交换网络	话路系统的设计采用时间（T）或空间（S）接线器，或形成 T-S-T 的数字交换网络，使系统性能优化，接线快，并使其可靠性大大提高
用户环路的逐步趋向数字化和数字用户电路的采用	数字化用户电路和用户环路的数字化是涉及千家万户的耗资巨大的工程，并使电话网向着更先进的方向发展起着关键性作用
数字传输系列（SDH）的逐步投入使用	SDH 的使用并纳入国际标准，有利于“交换—传输—终端”技术与世界范围标准化接口

下面对表 0-1 列举的部分例子做如下解释：

1. 数字交换网络（构成、原理以及应用）：表 0-2 列出了模拟交换网络与数字交换网络的比较。

在图 0-1 中把占用母线 1<sup>#</sup>、时隙 5（TS<sub>5</sub>）上的话音信号，经过数字交换网络交换以后到达母线 2、时隙 18（TS<sub>18</sub>），到另一个用户线。采用这样的方式，必须要有专门的交换网络，并且给每一个用户分配一个固定时隙。

表 0-2 模拟与数字交换网络

模拟交换网络	数字交换网络
(1) 用于模拟交换机; 交换模拟信号; 采用相应的模拟交换网络	(1) 用于数字交换机
(2) 交换网络中所采用的均是模拟接线器	(2) 采用数字交换网络后, 可从数字传输设备送来的数字信号直接进行交换, 省去 A→D 或 D→A 的变换
(3) 数字信号经 D→A 变换进入模拟交换网络; 反之, 自模拟交换网络送出模拟信号经 A→D 进入数字传输设备	(3) 注意: 空分交换网络 (或任何空分接线器) 只要交叉点接通了, 空分交换网络能传送模拟信号, 但也可传送数字信号
(4) 增加量化噪声, 使“交换”信息的质量或效果不佳	(4) 数字交换网络的基本功能见图 0-1

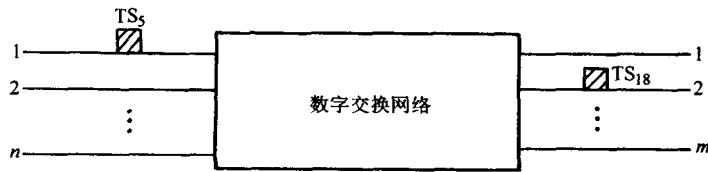


图 0-1 经数字交换网络进行时隙交换

2. 时隙交换示意图 (如图 0-2 所示)。

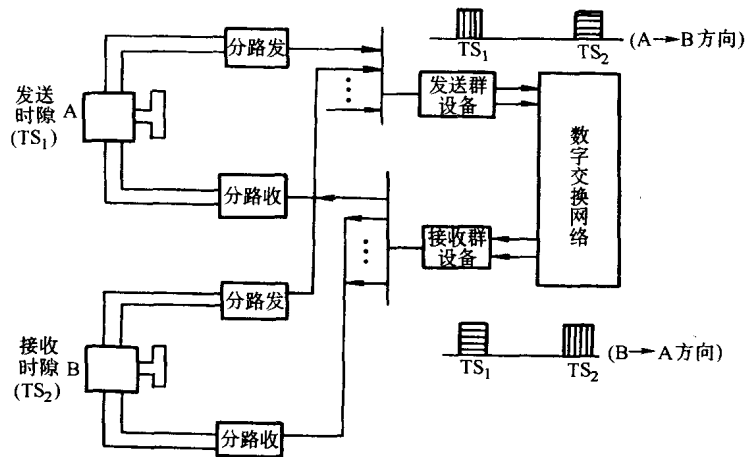


图 0-2 时隙交换示意图

以 4 线传输的 PCM 为例:

设 A 发送时隙为  $TS_1$ , B 端接收时隙为  $TS_2$ ; 但在相反方向 B 端发出时隙为  $TS_2$ , 而 A 端接收时隙 (经交换网络) 为  $TS_1$ 。

数字交换网络由数字接线器组成, 有两种类型的数字接线器, 即第 1 种——时间接线器 (T): 负责实现时隙交换; 第 2 种——空间接线器 (S): 负责实现母线交换。

# 第 1 章 存储程序控制交换技术基础

## 1.1 时间接线器 (T) 和空间接线器 (S)

### 1. 时间接线器 (T)

T 接线器的结构如图 1-1 所示, 图 1-1a 为输出控制方式的 T 接线器, 图 1-1b 为输入控制方式的 T 接线器。这两种方式均由话音存储器与控制存储器两部分组成。

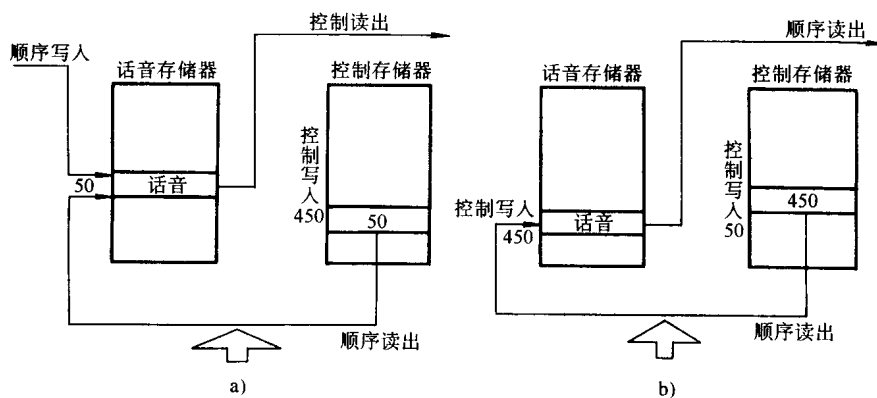


图 1-1 时间接线器构成示意图

a) 输出控制方式 b) 输入控制方式

(1) 图 1-1a 输出控制方式 设输入话音信号在时隙 (TS) 50 上, 要经过 T 接线器以后交换到 TS450 上去, 然后再输出到下一级。CPU 根据这一个要求, 通过软件在控制存储器的 450 号单元写入 50。由于这个写入是由 CPU 控制的, 写入控制存储器的时间是随机的, 或者说是按照 CPU 的需要而定的, 所以称为“控制写入”, 也称为“随机写入”。

控制存储器内容的读出是由定时脉冲控制的, 按照时隙号读出相对应的单元内容。如 0<sup>#</sup>时隙 (TS<sub>0</sub>), 读出 0 号单元内容; 1<sup>#</sup>时隙 (TS<sub>1</sub>) 读出 1 号单元内容等等, 这种工作方式叫做“顺序读出”。

话音存储器的工作方式正与控制存储器的工作方式相反, 即“顺序写入, 控制读出”。亦即, 由定时脉冲控制, 按顺序把不同的话音信号写入相应的单元中去, 写入的单元号和时隙号一一对应。而读出时则要根据控制存储器的控制信息 (读出数据) 而进行, 也称为“顺序写入, 随机读出”。我们将向话音存储器输入话音信号不受 CPU 控制, 而输出话音信号 (读出时) 受 CPU 控制的控制存储器的控制, 称为“输出控制”方式。

如图 1-1a 所示话音的输入时隙号为 50, 在定时脉冲控制下, 在 TS<sub>450</sub> 这一时间, 从控制存储器的地址 450 中读出内容为 50, 把它作为话音存储器读出地址, 立即读出货音存储器的 50 号单元 (即原来在 50 号时隙写入的话音信号内容)。因此, 在话音信号 50 号单元读出时已经是 TS<sub>450</sub> 了, 即已把话音信号从 TS<sub>50</sub> 交换到 TS<sub>450</sub>, 实现了时隙交换。

(2) 图 1-1b 的 T 接线器 按“输入控制”方式工作的, 即话音存储器的写入是要受控制

存储器的控制，而其读出则受定时脉冲的控制按顺序读出。

控制存储器的工作方式仍然为“控制写入、顺序读出”，即由 CPU 控制写入，在定时脉冲控制下按顺序读出。应注意：CPU 写入到控制存储器的内容不同。在所述的例子中，CPU 要在控制存储器的 50 单元写入内容“450”（见图 1-1b），然后，控制存储器按顺序读出，在  $TS_{50}$  时读出内容“450”。作为话音存储器写入地址，把输入端  $TS_{50}$  中的话音内容，写入到 450 号单元中去。话音存储器按顺序读出，在  $TS_{450}$  读出 450 号单元内容，即  $TS_{50}$  的输入内容，这样完成了  $TS_{50}$  与  $TS_{450}$  的时隙交换。

表 1-1 T 接线器的输出与输入控制差异

比较内容	输出控制	输入控制
话音存储器	顺序写入，控制读出 (1)把输入的语音信息写入 50 号单元 (2)经交换网络把原来的“50”变为“450”，从而实现 $TS_{50}$ 与 $TS_{450}$ 的时隙交换	控制写入，顺序读出 (1)控制写入 450 号单元(内容为语音) (2)实现 $TS_{50}$ 与 $TS_{450}$ 时隙交换
控制存储器	控制写入，顺序读出 (1)控制写入 450 号单元，其内容为“50” (2) $TS_{50}$ 与 $TS_{450}$ 交换	控制写入，顺序读出 (1)控制写入 50 号单元，其内容为“450” (2)实现 $TS_{50}$ 与 $TS_{450}$ 交换

把图 1-1 的例子，再用表 1-1 表达，使之对于 T 接线器的不同控制方式（均采用话音存储器与控制存储器）有明确的理解，即怎样才能实现时隙交换。图 1-1 只是一个简单的示意描述，还要通过 T 与 S 接线器的协同工作，以及经过交换网络以后实现时隙与总线交换。

2. 空间接线器（简称为“S”）

图 1-2 为 S 接线器的示意图。图中 S 接线器的交叉点是由电子接点矩阵组成的，共有  $n$  个

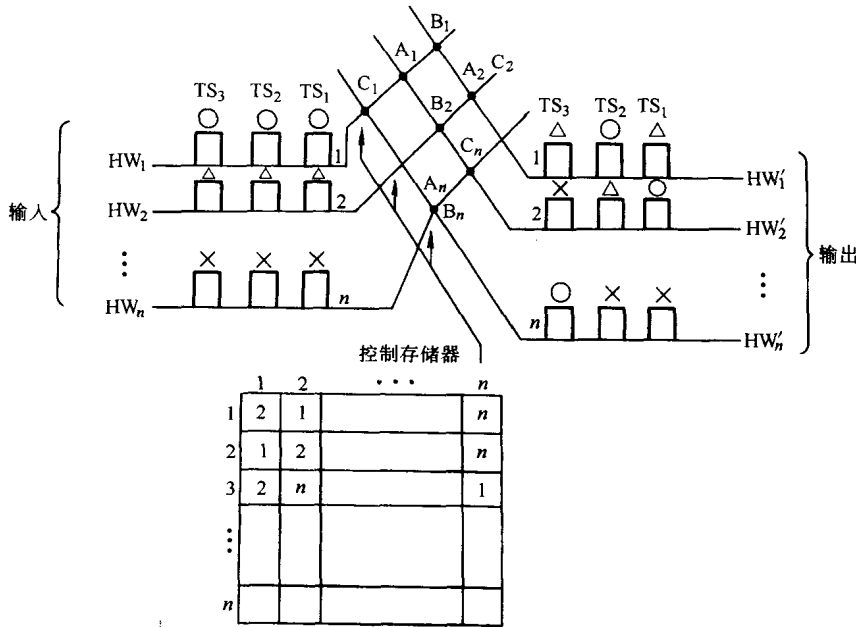


图 1-2 S 接线器结构示意图

入端和  $n$  个出端，形成  $n \times n$  矩阵，由  $n$  个控制存储器控制。每一个控制存储器控制同号输出端的所有交叉点，这就称为“输出控制”。控制存储器按“控制写入”“顺序读出”的方式工作的。矩阵的每条 HW 上有  $n$  个时隙（为简略起见，图中只画出了  $TS_1 \sim TS_3$ ），接线器的交叉点控制过程如下：

1) CPU 根据路由选择结果，在控制存储器上写入了图示的内容。

2) 控制存储器按顺序读出，在  $TS_1$  读出各个控制存储器的 1 号单元内容，即 1 号控制存储器的 1 号单元内容为“2”，表示 2 号入端和 1 号出端接通；2 号控制存储器的 1 号单元内容为“1”，表示 1 号入端和 2 号出端接通；…… $n$  号控制存储器的 1 号单元内容为“ $n$ ”，表示  $n$  号入端和  $n$  号出端接通。在控制存储器控制下，上述交叉点在  $TS_1$  时间接通了，因而， $HW_1$  的  $TS_1$  中话音信号通过交叉点送至  $HW'_2$  的  $TS_1$ ； $HW_2$  的  $TS_1$  中话音信号通过交叉点送到  $HW'_1$  的  $TS_1$ ；…… $HW_n$  的  $TS_1$  中的话音信号通过交叉点送到  $HW'_n$  的  $TS_1$ 。

3) 在  $TS_2$  时，就按控制存储器 2 号单元读出内容控制交叉点的接通。

由以上可知，S 接线器的每一个交叉点只接通一个时隙时间，下一个时隙要由其他交叉点接通。为此，可以认为 S 接线器是按“时分”方式工作的。

### 3. T 接线器的组成和工作原理

其一，话音存储器（如图 1-3 所示）。图中表示出输出控制方式，即话音存储器的写入由定时脉冲控制，按顺序写入；其读出是在控制存储器（读出数据  $B_0 \sim B_7$ ）控制下进行的。

定时脉冲的宽度正好是一位码的时间（488ns），而且按  $A_0 \sim A_7$  顺序不断轮换。这样，在  $A_0 \sim A_7$  控制下，可以按顺序提供话音存储器的写入地址。

当控制存储器无输出时，即  $B_0 \sim B_7$  全为“零”时，“读出控制”信号为“零”，“写入控制”信号为 1，使写入地址  $A_0 \sim A_7$  的门被“打开”，

向 RAM 送进写入地址。同时，“读出控制”信号又提供读写线  $R/\overline{W}=0$ ，即 RAM 处于写入状态，于是话音存储器可把  $DI_0 \sim DI_7$  的内容写入到相应单元中去。

一般控制存储器在 CP 的前半周期不送数据，而在后半周期送数据（这一点在控制存储器部分再介绍）。因此，当 CP 后半周期时， $B_0 \sim B_7 \neq 0$ ，而使“读出控制”信号为“1”，“写入控制”信号为“0”，同时  $R/\overline{W}=1$ ，使 RAM 处于读出状态，这时读出地址由  $B_0 \sim B_7$  提供，而  $A_0 \sim A_7$  信号却被关闭了。读出数据可由话音存储器的输出端  $DO_0 \sim DO_7$  得到。

由于  $B_0 \sim B_7$  是在 CP 的后半周期送来的，因此，很自然把“写入”和“读出”分开，互不干扰。

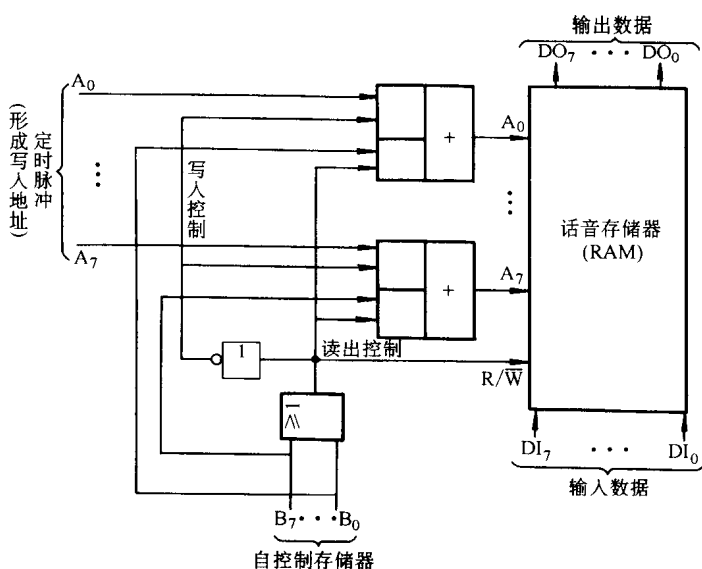


图 1-3 T 接线器话音存储器的组成

以上是“输出控制”方式（指话音存储器），如果，要变为“输入控制”方式工作，只要稍作改动即可。其二，控制存储器（如图 1-4 所示）。控制存储器通过锁存器从 CPU 输入数据和地址。其中，通过数据总线送来写入数据  $BW_0 \sim BW_7$ ，通过地址总线送来写入地址  $AW_0 \sim AW_7$ （这里设 8 条 HW，即控制存储器为  $2^8 = 256$  个单元，因此，地址只用 8 位）。

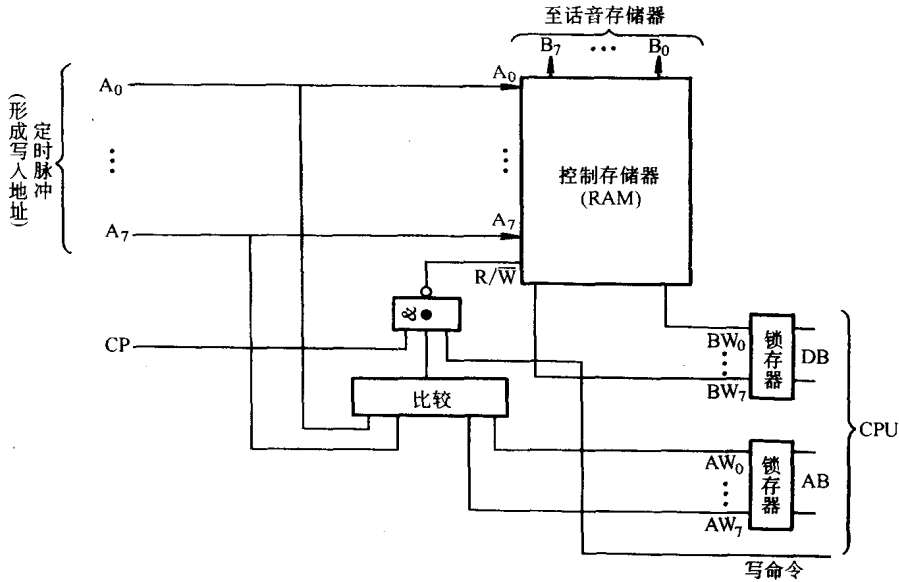


图 1-4 T 接线器控制存储器的组成

CPU 选定路由以后，便通过总线向控制存储器送来数据和地址，同时发来“写命令”。当定时脉冲  $A_0 \sim A_7$  送来的信号组合后和  $AW_0 \sim AW_7$  相符合时， $R/\bar{W} = 0$ ，即可把数据写入到相应地址。图 1-4 中的 CP 信号是控制在 CP 的前半周期写入。

在 CP 的后半周期， $R/\bar{W} = 1$ ，控制存储器处于读出状态，于是就可以按照定时脉冲  $A_0 \sim A_7$  所指定地址，逐个单元地读出内容。读出信息通过  $B_0 \sim B_7$  线送到话音存储器。

注意：图 1-4 未明确是输入控制方式还是输出控制方式，因从硬件上来看，两者无区别，区别的是 CPU 送来的地址和数据。因此，图中电路对两种方式均适用。

#### 4. S 接线器的组成和工作原理

由交叉点与控制存储器两部分组成（如图 1-5 所示）。

(1)  $8 \times 8$  交叉点矩阵 S 接线器是按“时分”工作的，即每隔  $3.9 \mu s$ （一个时隙时间）改变一次接续（注：对于机—电制交换机采用电磁控制的机械接点不能达到这个速度），为此，必须采用“电子接点”。

电子交叉接点由电子选择器组成。 $8 \times 8$  矩阵可以采用 8 片“8 选 1”的选择器芯片，其结构如图 1-5 所示。

若交换网络为 8 位并行码，就需要有 8 套这种电路。如 8 片 8—1 选择器各负责一个输出端，共有 8 个输出端，而每片的 8 个输入端按输入端号互相复接，形成 8 个输入端。

控制存储器通过  $B_0 \sim B_2$  送来选择数据，决定是哪一个输入端要和输出端接通，同时又送来“选通”信号，以便决定选哪一片，即确定哪一个是输出端。

在图 1-5 中所指的“输出”控制方式，要使每一个控制存储器控制一片“8—1”芯片，或

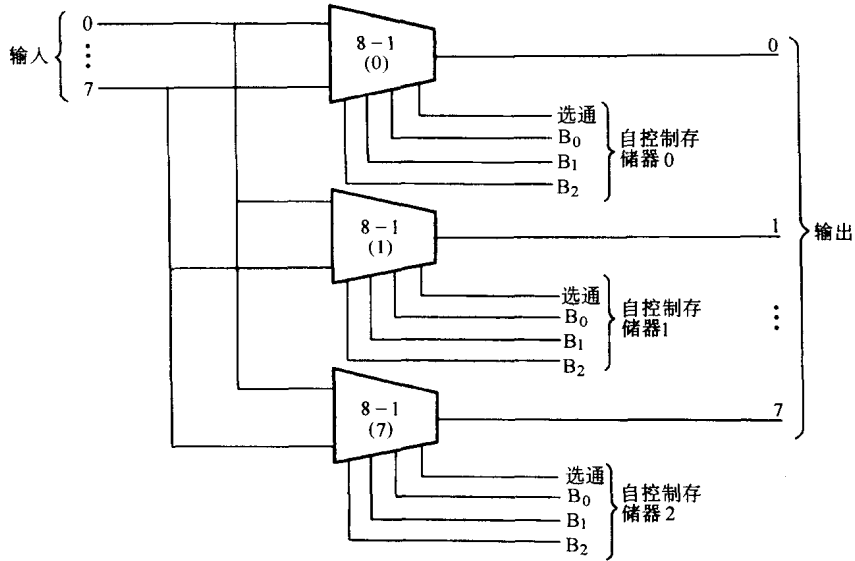


图 1-5 电子交叉点矩阵的组成

若要控制一个输出端的所有 8 个交叉点。

请读者考虑应怎样设计成“输入控制”方式的矩阵？

(2) 控制存储器 (如图 1-6 所示) 图 1-6 S 接线器的控制存储器与图 1-4 T 接线器控制存储器的组成相似,只是在图 1-6 中由于只控制 8 个输入端,因此数据线只有  $B_0 \sim B_2$  3 条,还有一条是“选通线”。使得控制存储器的字长为 4 位,其他与 T 接线器的控制存储器一样,故此不再重复。

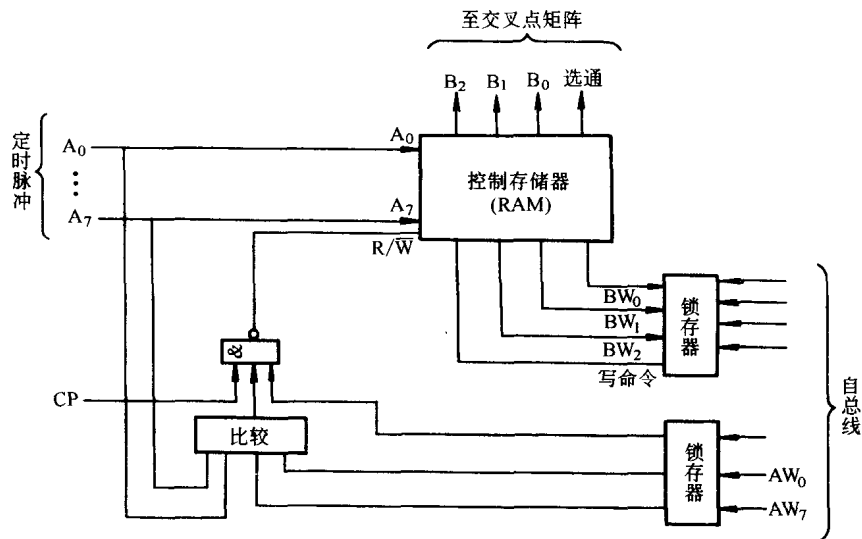


图 1-6 S 接线器的控制存储器

5. T-S-T 交换网络 (如图 1-7 所示)

对于大型程控交换机,只靠 T 接线器或 S 接线器往往不能实现交换网络的功能,通常要进行组合。如作为一个例子,图 1-7 所示为 T-S-T 三级组合而成的交换网络,图中假设有 3 条



母线，每条母线有 32 个时隙，因此，A, B 两级语音存储器各有 32 个单元。各级的功能见表 1-2。

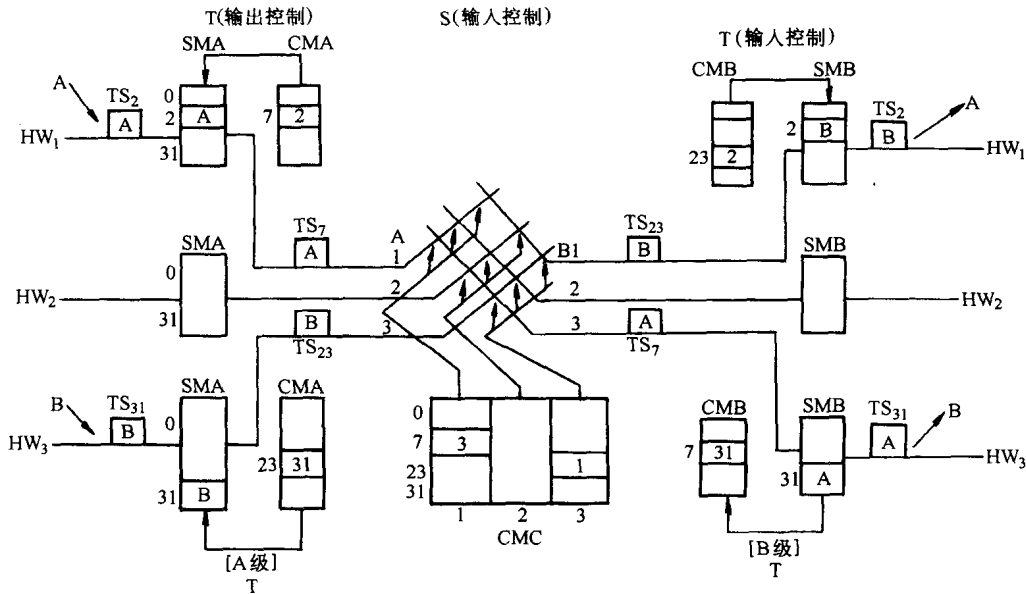


图 1-7 T-S-T 交换网络

表 1-2 T-S-T 交换网络的各级分工

名称	功能
A 级 T 接线器	负责输入母线的时隙交换 (输出控制)
B 级 T 接线器	负责输出母线的时隙交换 (输入控制)
S 接线器	负责母线之间的“空间”交换 (输入控制)

假设：3 条输入母线，就需要有 3 个 A 级 T 接线器；3 条输出母线，需要有 3 个 B 级 T 接线器；而负责母线交换的 S 接线器矩阵就是 3×3，所以，也有 3 个控制存储器。

注意：在图 1-7 中，A 级和 B 级 T 接线器的控制方式是不同的，如 A 级 T 接线器为输出控制 (或输入控制)；而 B 级 T 接线器为输入控制 (或输出控制)。要求两级控制方式不同，但 A 级或 B 级采用哪一种控制方式均可。

S 接线器采用什么控制方式也是两者均可，图 1-7 采用输入控制，即每一个控制存储器控制 1 条输入 HW 的所有交叉点。假设在 A、B 之间要进行路由接续，其中“ A ”语音占用 HW<sub>1</sub> 和 TS<sub>2</sub>；B 语音占用 HW<sub>3</sub> 和 TS<sub>31</sub>。

1) A→B 方向路由的接续。CPU 在存储器中找到一条空闲路由，即交换网络中的一个空闲内部时隙，假设此空闲内部时隙为 TS<sub>7</sub>，这时，CPU 就向 HW<sub>1</sub> 的 CMA 的 7 号单元送“2”；向 HW<sub>3</sub> 的 CMB 的 7 号单元送“31”；1 号 CMC 的 7 号单元送“3”。

SMA 按“顺序写入”，在 TS<sub>2</sub> 时把 A 的语音信号写入到 HW<sub>1</sub> 的 SMA 2 号单元中去。在 TS<sub>7</sub> 时，顺序读出 CMA 的 7 号单元中的内容“2”作为 SMA 的读出地址，这样，就把原来在 TS<sub>2</sub> 的 A 语音信号转换到了 TS<sub>7</sub>。1 号 CMC 读出时，控制 1 号输入线和 3 号输出线在 TS<sub>7</sub> 时接通，这样，可以把 A 语音信号送到 B 级 T 接线器。

3 号线上的 SMB 在 CMB 控制下，把 TS<sub>7</sub> 的 A 语音信号写入到 31 号单元中去，在 SMB

顺序读出时，TS<sub>31</sub>读出 A 话音信号并送给 B。

交换网络必须建立双向通路，即除了上述 A→B 方向之外，还要建立 B→A 方向的路由。B→A 方向的路由选择通常采用“反相法”，即两个方向相差半帧。本例中一帧为 32 个时隙，半帧为 16 个时隙，A→B 方向选定 TS<sub>7</sub>，则 B→A 方向就选定了 16+7=23 即 TS<sub>23</sub>，这样，使 CPU 可以一次选择两个方向的路由，避免 CPU 的二次路由选择，从而减轻了 CPU 的负担。

2) B→A 方向的话音传输同 A→B 方向相似，只是内部时隙改为 TS<sub>23</sub>了。在话终拆线时，CPU 只要把控制存储器相应单元清除即可。

### 1.2 数字接线器的集成化及交换网络的结构

随着技术进步的推进，采用集成芯片构成数字交换网络是一种改进措施之一。芯片容量早期为 128 时隙×128 时隙、256 时隙×256 时隙，现发展到 16k×16k 或 32k×32k，或更大。

S 接线器提高集成度有一定难度。为此，当前主要用 T 接线器集成芯片组成数字交换网络。

图 1-8 为大容量 256×256 数字接线器芯片的结构原理。在输入端由串→并变换电路把串行信号变成并行信号，再进入话音存储器进行交换；在输出端也由并→串变换电路把其复原成串行码，然后输出。话音存储器也由控制存储器控制，图 1-8 中的 2 选 1 电路用于选择输出端是话音存储器内容或是控制存储器内容，话音存储器和控制存储器所需的定时信号由时基电路产生（后者由时钟信号产生，并受同步信号控制）。

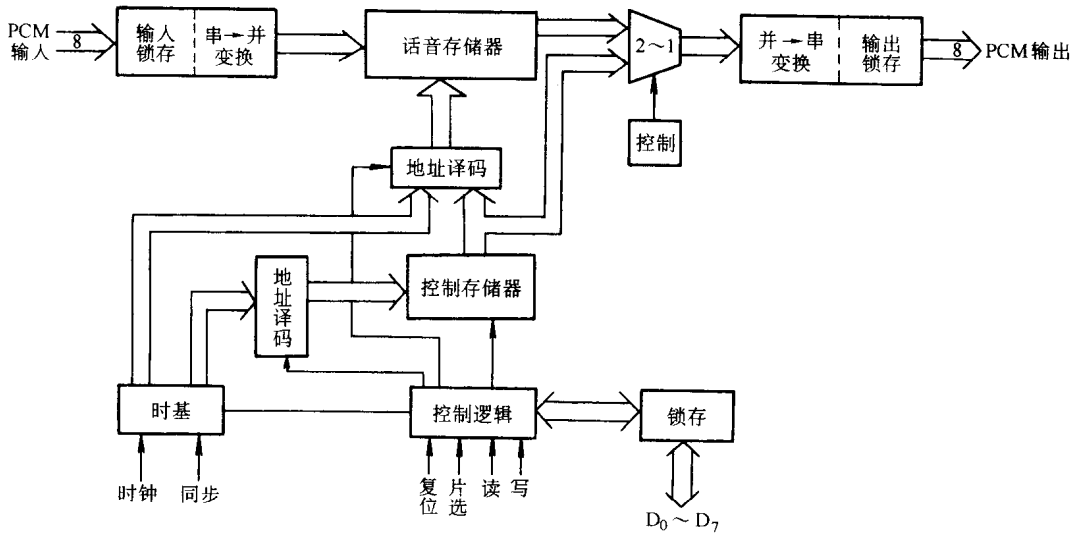


图 1-8 256×256 数字接线器芯片结构的原理

CPU 通过数据线 D<sub>0</sub>~D<sub>7</sub> 来控制芯片工作。它可以通过各种指令使得芯片 8 条 PCM 线的每个“交叉点”接通或释放。256×256 的交换网络芯片的交换速率为 2Mbit/s。

### 1.3 SPC 数字交换工作原理

自 20 世纪 70 年代以来，存储程序控制（SPC）数字交换系统的制式繁多，本节用实例概