



## 二、交换网络

---



# 主要内容

---

## 1. 交换网络的构成

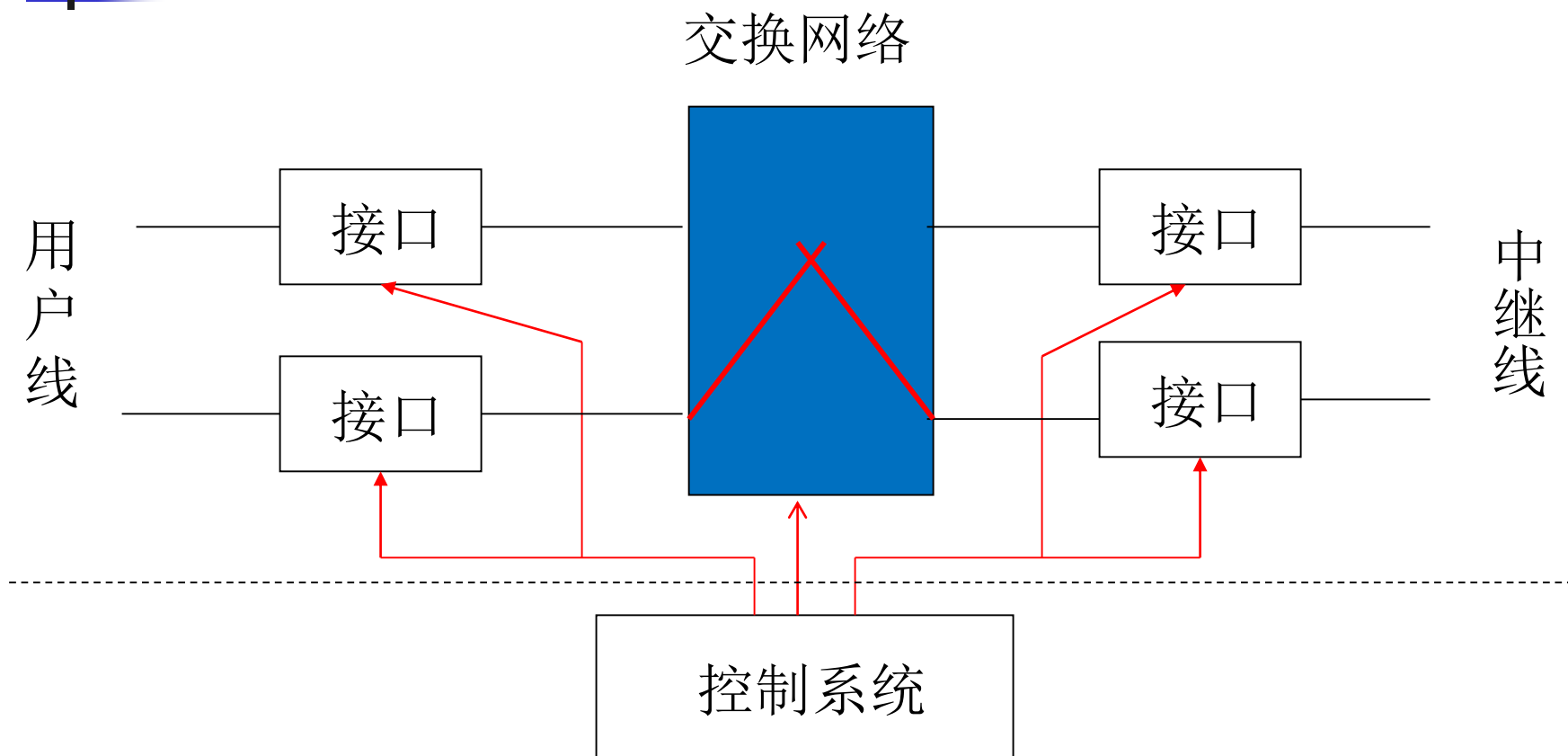
## 2. 交换单元

- 交换单元的基本概念
- 开关阵列与空间交换单元
- 共享存储器型的交换单元——时间交换单元

## 3. 交换网络

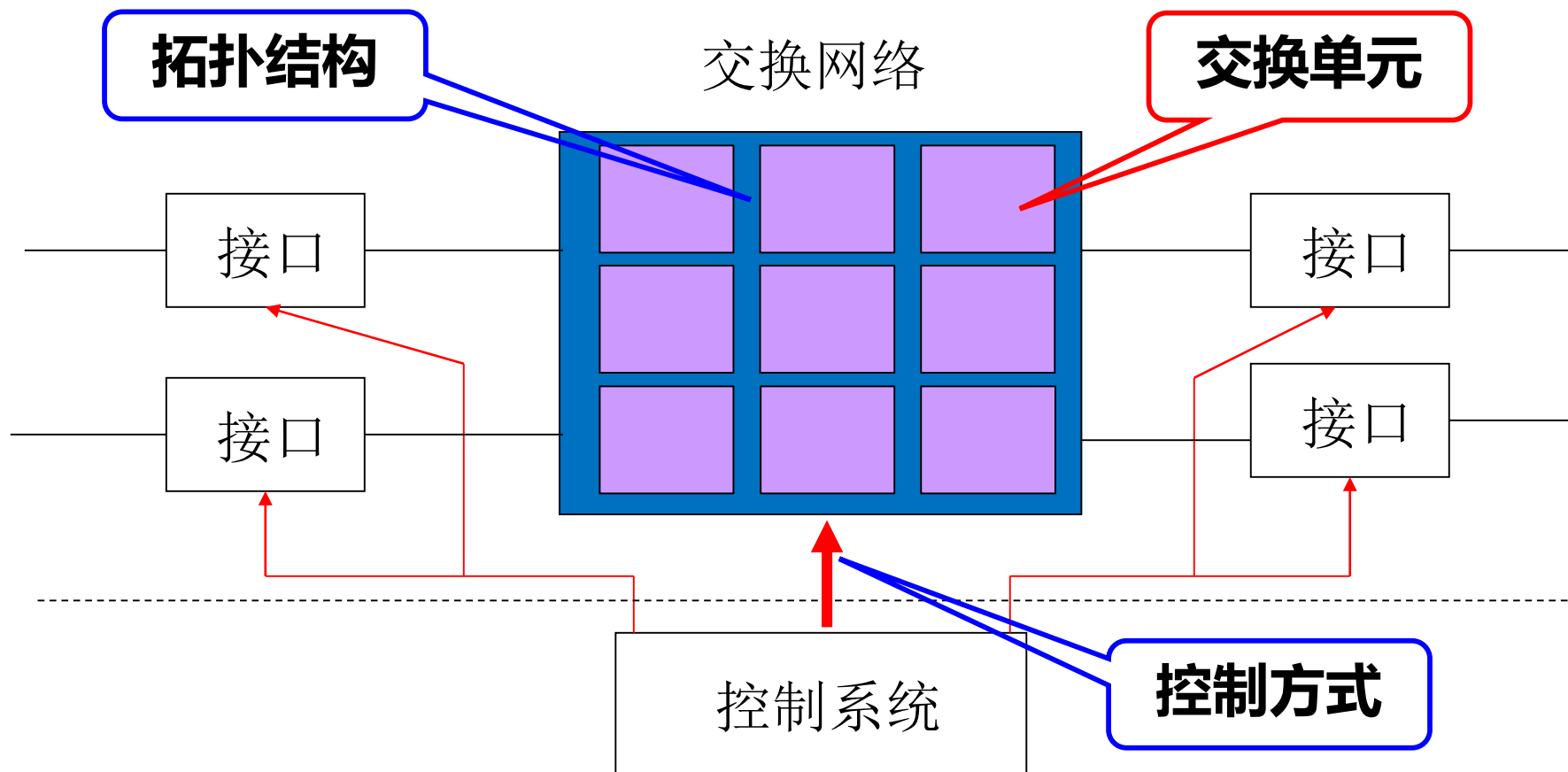
- CLOS网络
- TST网络
- BANYAN网络

# 1、交换网络的构成



**交换的基本功能是在任意的入线和出线之间建立连接**

# 1、交换网络的构成



**交换单元是构成交换网络的最基本的部件**



## 1、交换网络的构成

在交换系统中完成交换这一基本功能的部件就是**交换网络** (**交换结构**, **Switching Fabric**), 是交换系统的核心。

交换网络是由若干个**交换单元**按照一定的**拓扑结构**和**控制方式**构成的。

**交换单元**是构成交换网络的最基本的部件。

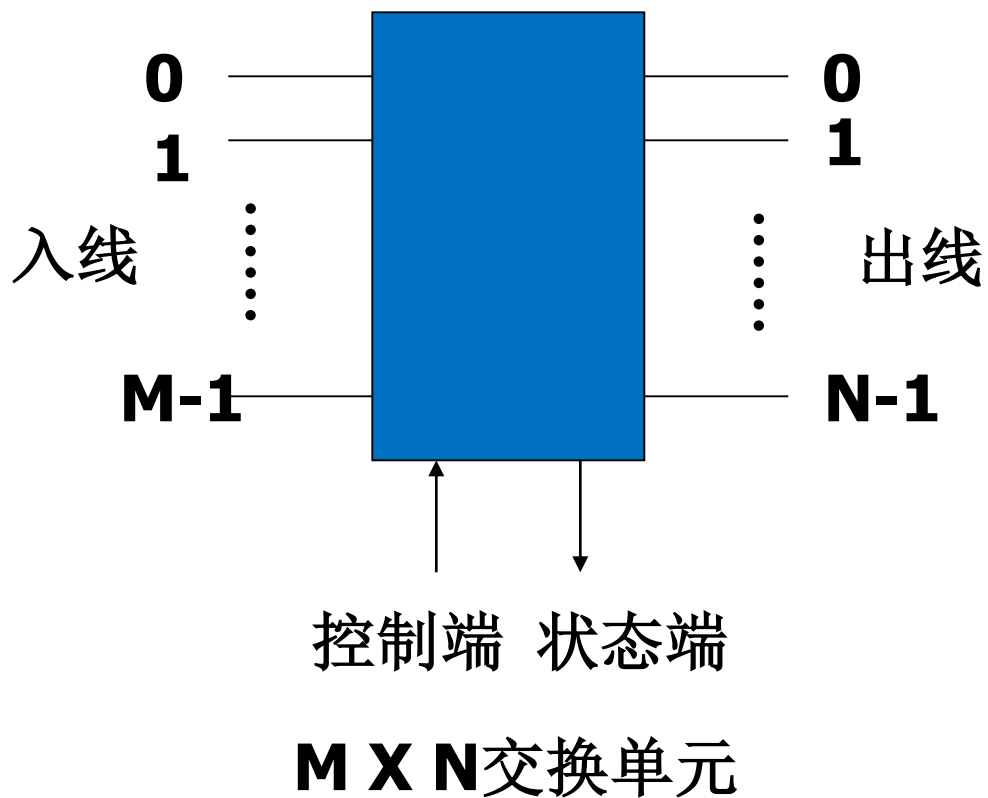


## 2、交换单元

---

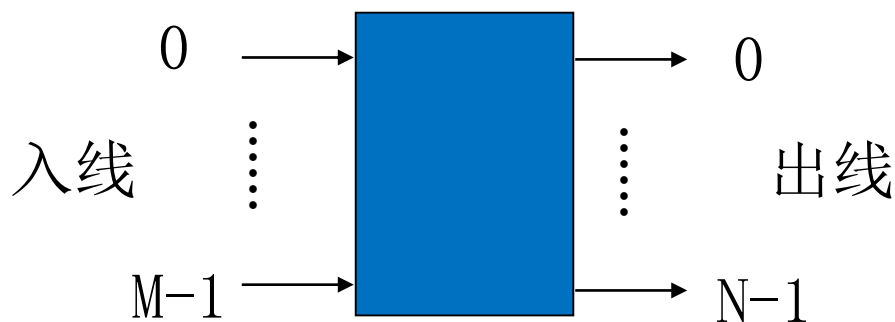
- 交换单元的基本概念
- 开关阵列与空间交换单元
- 共享存储器型的交换单元——时间交换单元
- 共享总线型的交换单元——数字交换单元

## 2.1 交换单元的基本概念



## (1)交换单元的分类（按入出线的信息传送方向）

- 有向交换单元：当信息经过交换单元时只能从入线进、出线出，具有唯一确定的方向。

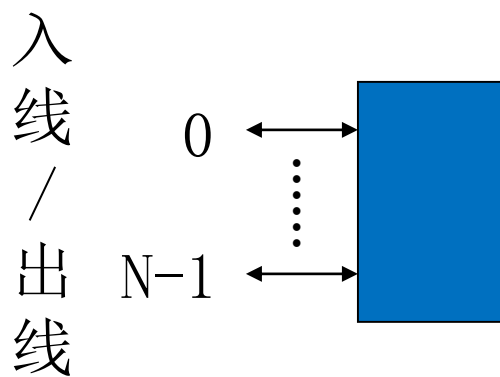


$M \times N$ 有向交换单元

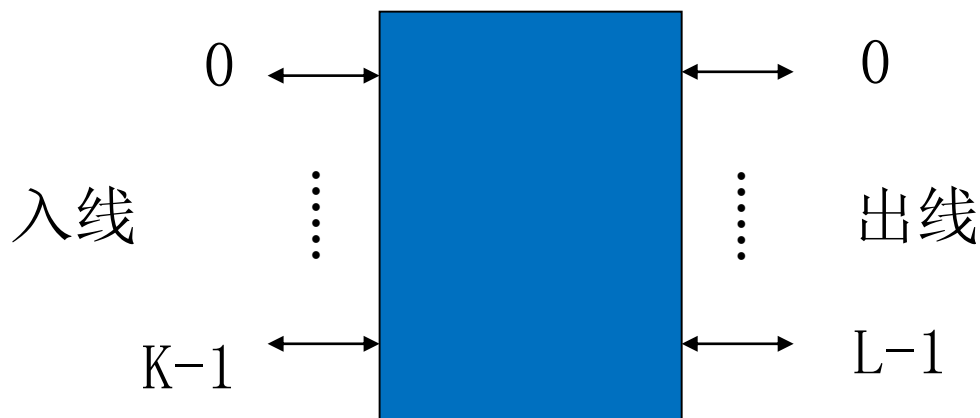


## (1) 交换单元的分类（按入出线的信息传送方向）

- 无向交换单元：交换单元的每条线即可入也可出。

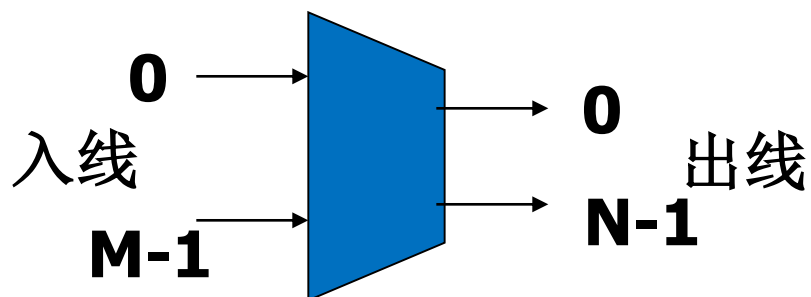


**N**无向交换单元

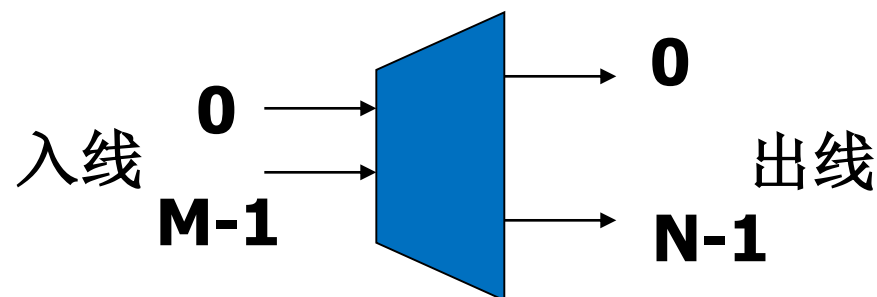


**K X L**无向交换单元 ( $N=K+L$ )

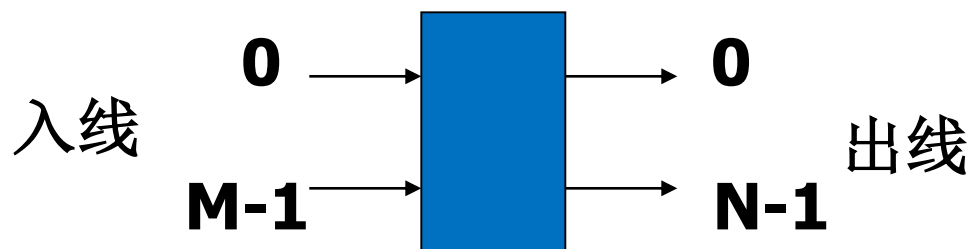
## (2) 交换单元的分类 (按入出线的数量关系)



集中型 ( $M > N$ )

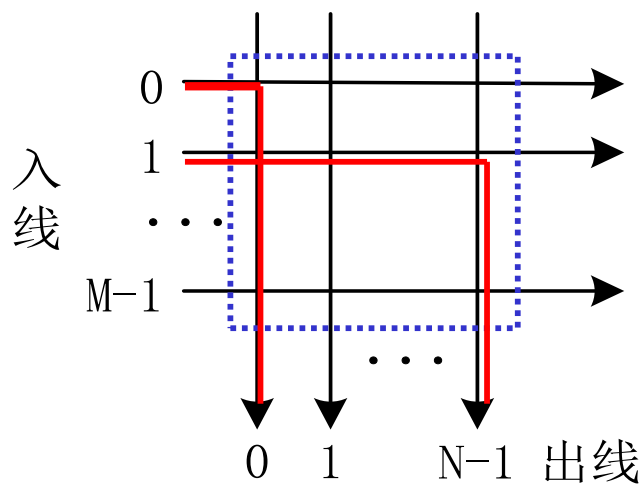


扩散型 ( $M < N$ )

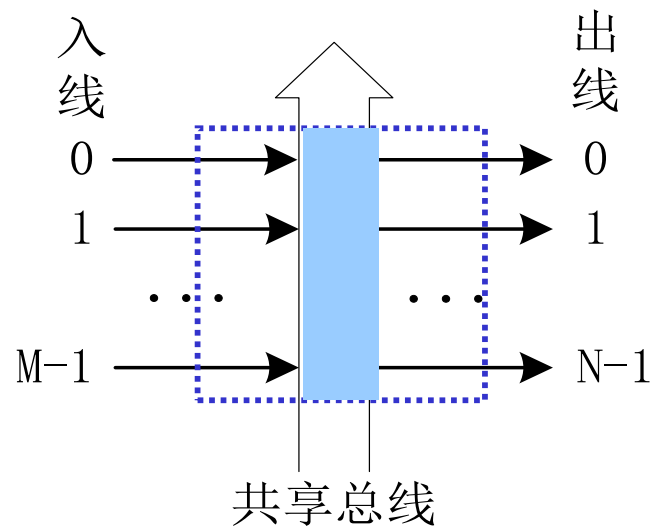


连接型 ( $M = N$ )

### (3) 交换单元的分类（按入出线之间是否共享单一通路）



(a) 空分交换单元（开关阵列）



(b) 时分交换单元

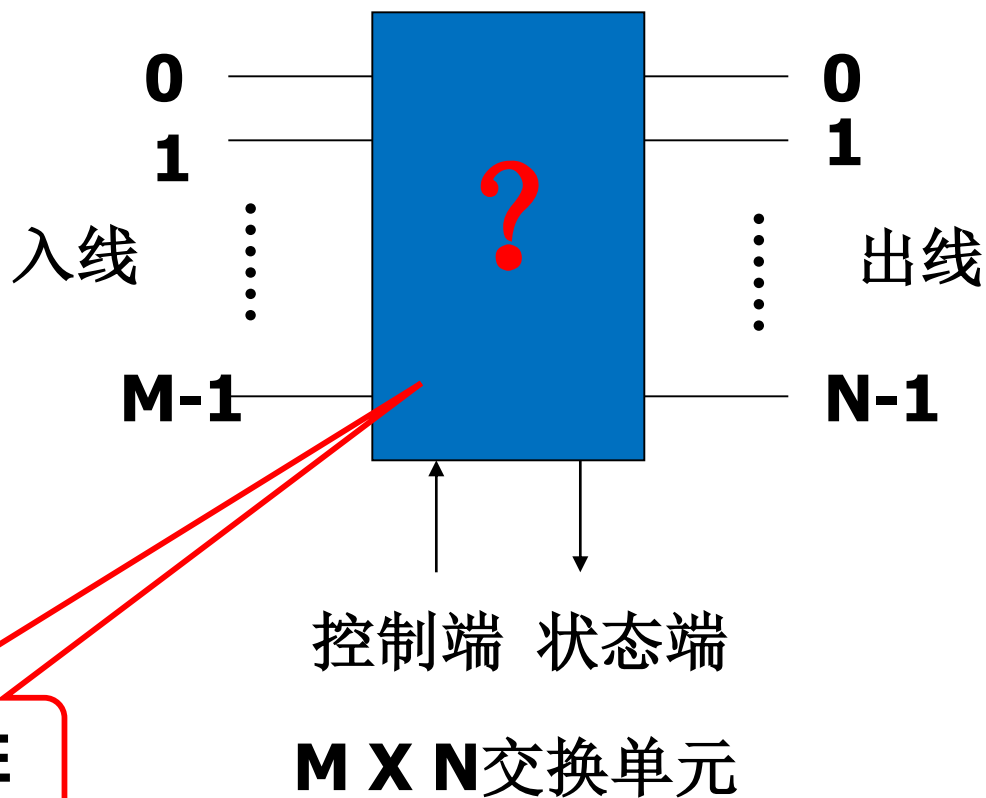


## (4)交换单元的分类（按交换单元所接收的信号）

---

- 数字交换单元
- 模拟交换单元

# 交换单元的基本特性





# 交换单元的连接特性（自学）

## 1、交换单元连接特性的描述方式：

- 集合描述方式
- 函数描述方式（排列、图形、二进制函数）

## 2、常见交换单元的连接方式：

- 直接连接
- 交叉连接
- 碟式连接
- 均匀洗牌连接
- 间隔交叉连接



# 交换单元的性能

---

## □ 容量:

交换单元所有入线可以同时送入的总的信息量

## □ 接口:

交换单元需要规定自己的信号接口标准，即信号形式、速率及信息流方向

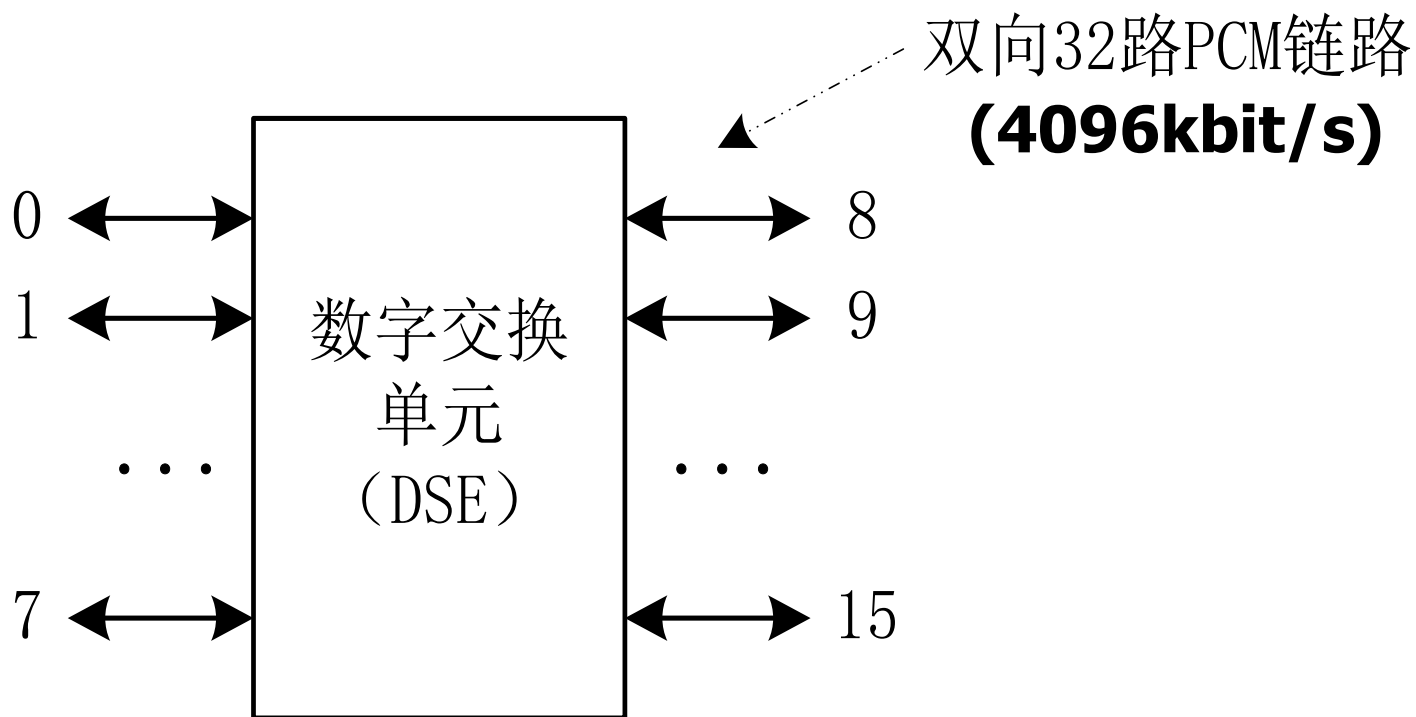
## □ 功能:

点到点、点到多点

## □ 质量:

完成交换动作的速度、任何情况下是否能完成指定连接、信息经过交换单元是否有损伤（时间、语义）

## 交换单元的性能：举例







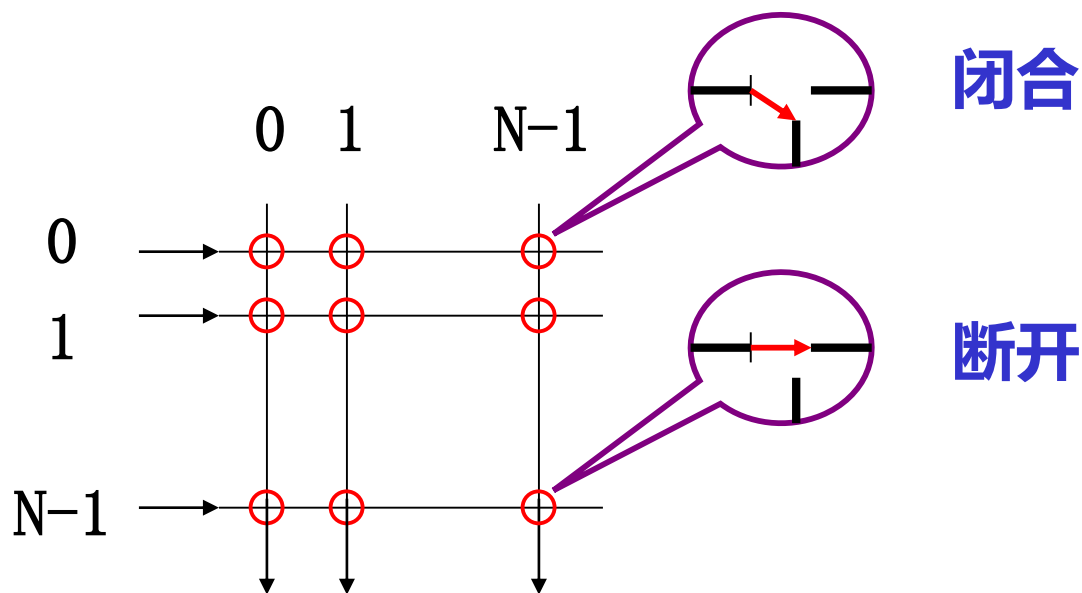
## 2.2 开关阵列与空间交换单元

---

- 开关阵列
- 空间交换单元（**S**接线器）

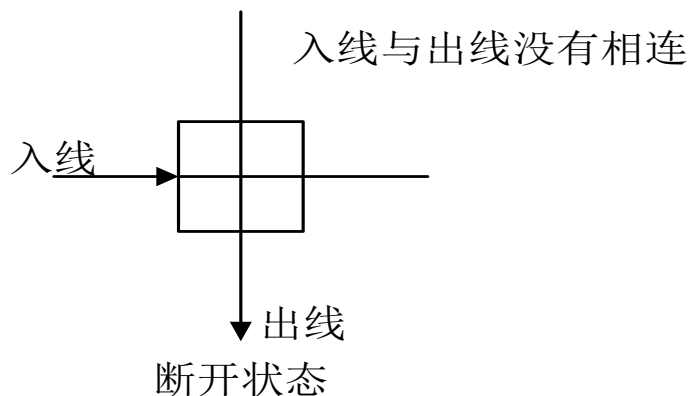
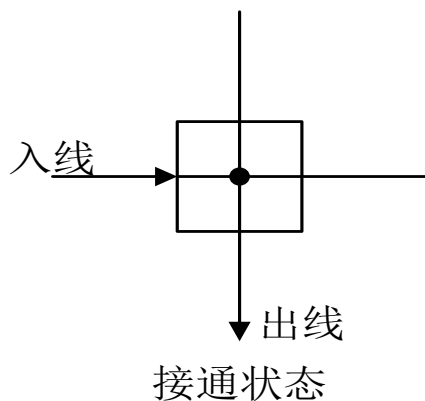
## (1) 开关阵列

在交换单元内部，要建立任意入线和任意出线之间的连接，就在每条入线和每条出线之间都各自接上一个开关，所有开关就构成了交换单元内部的**开关阵列**。

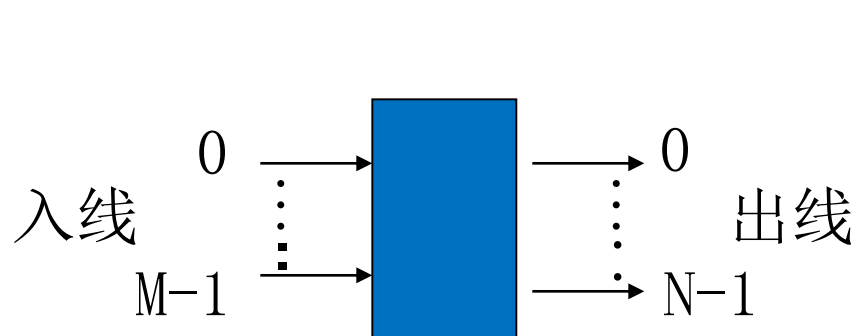


# 开关

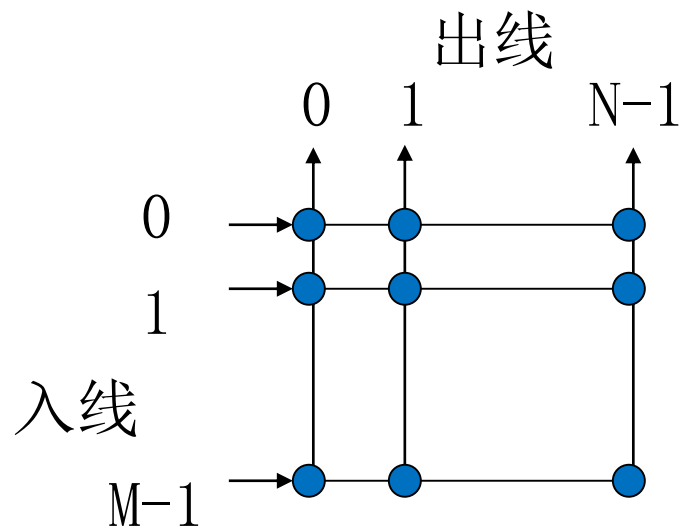
- 开关的位置：入、出线交叉点
- 开关的表示： $K_{ij}$  ( $i$ 为入线， $j$ 为出线)
- 开关的状态：通、断
- 开关的种类：单向、双向



# 有向交换单元开关阵列的实现



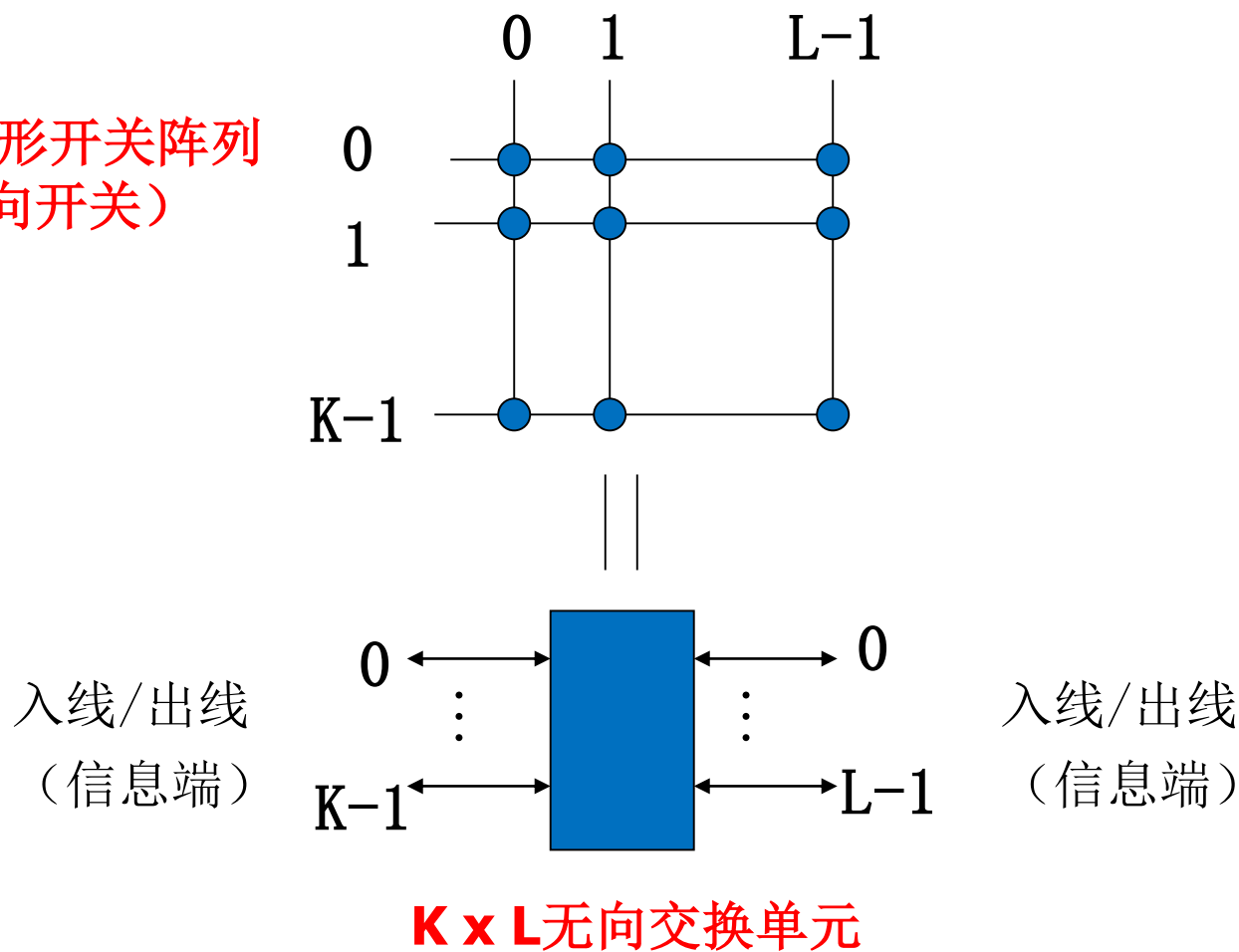
**$M \times N$ 有向交换单元**



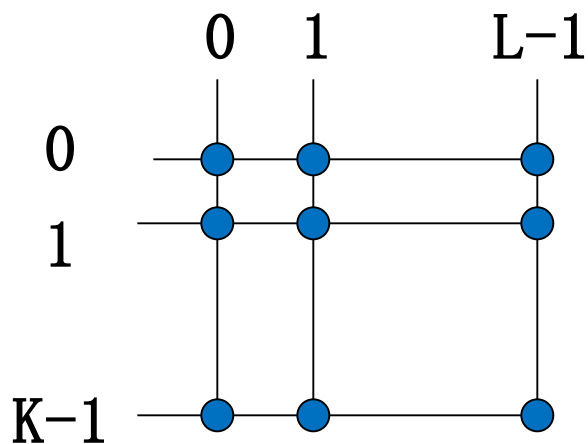
**$M \times N$ 有向矩形开关阵列**

# 无向交换单元开关阵列的实现

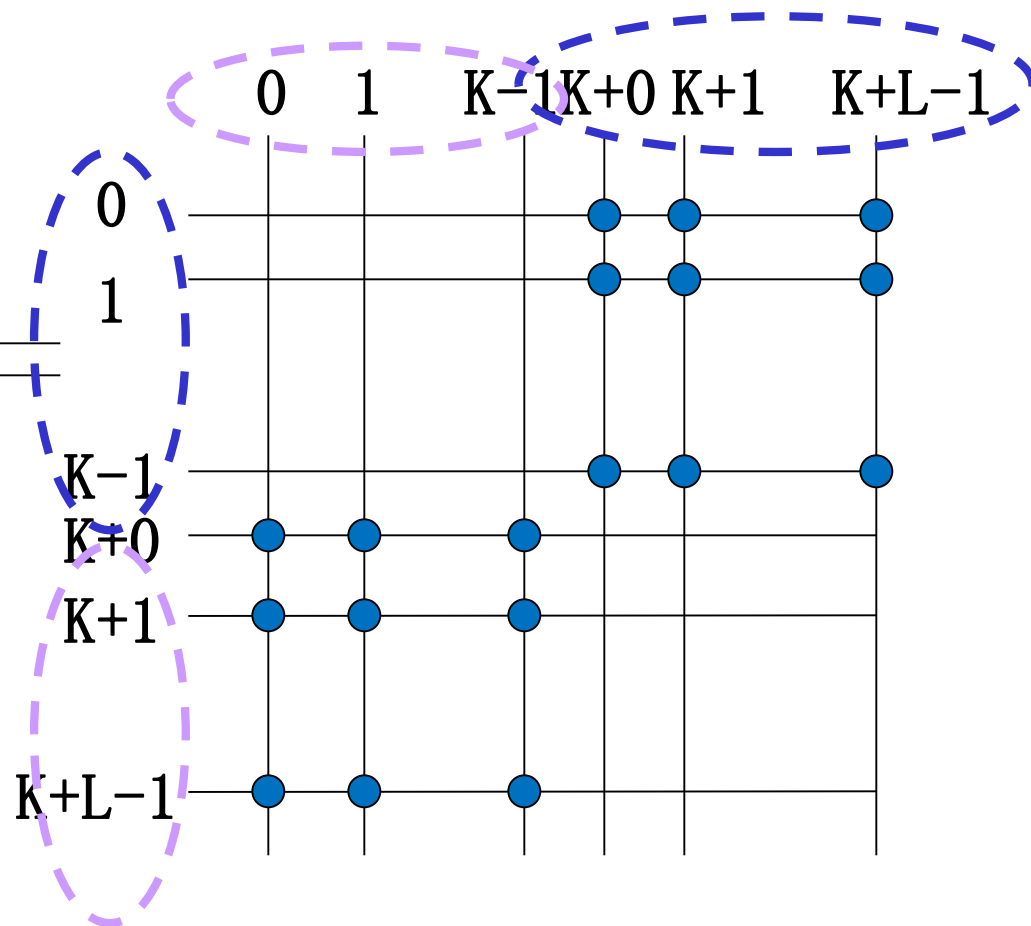
**K × L** 无向矩形开关阵列  
(采用双向开关)



# 无向交换单元开关阵列的实现

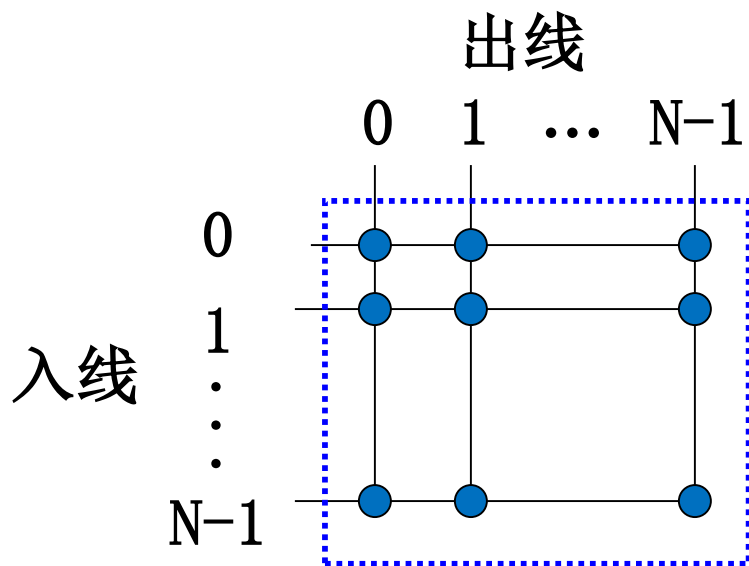


**$K \times L$  无向矩形开关阵列**  
(用双向开关)

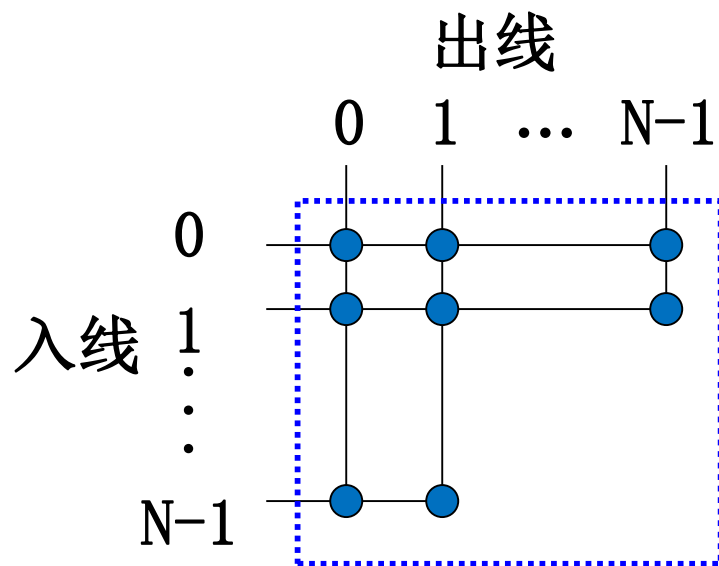


**$(K+L) \times (K+L)$  有向开关阵列**  
(用单向开关)

# 全连通交换单元和部分连通交换单元

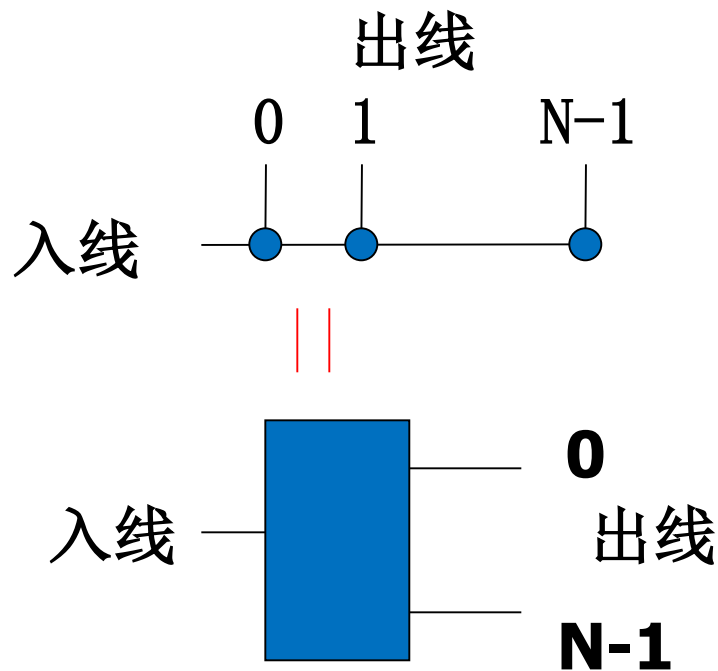
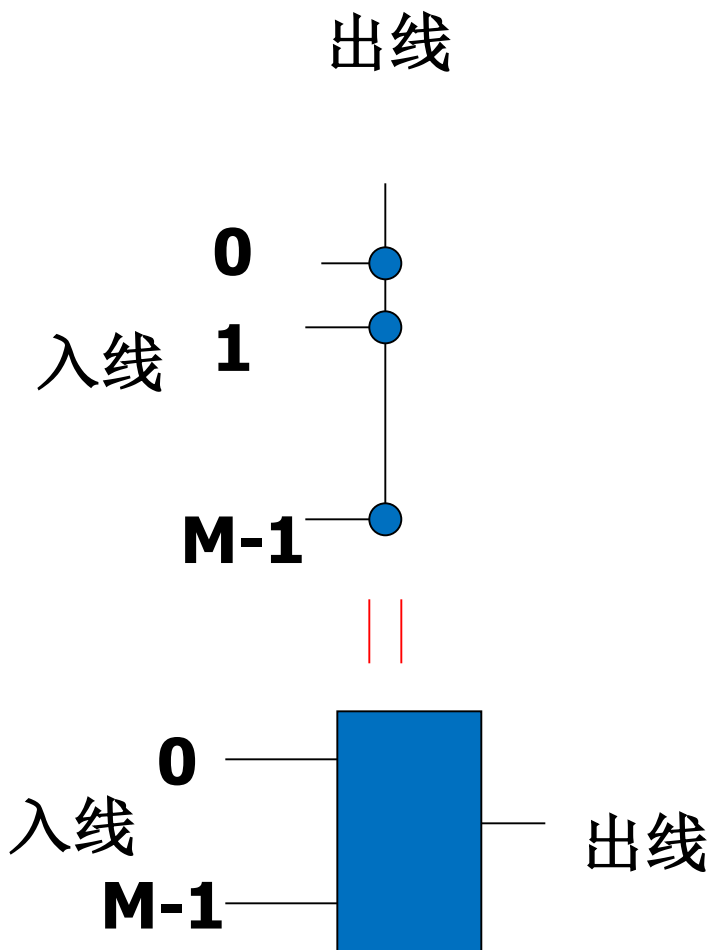


开关数= $N \times N$



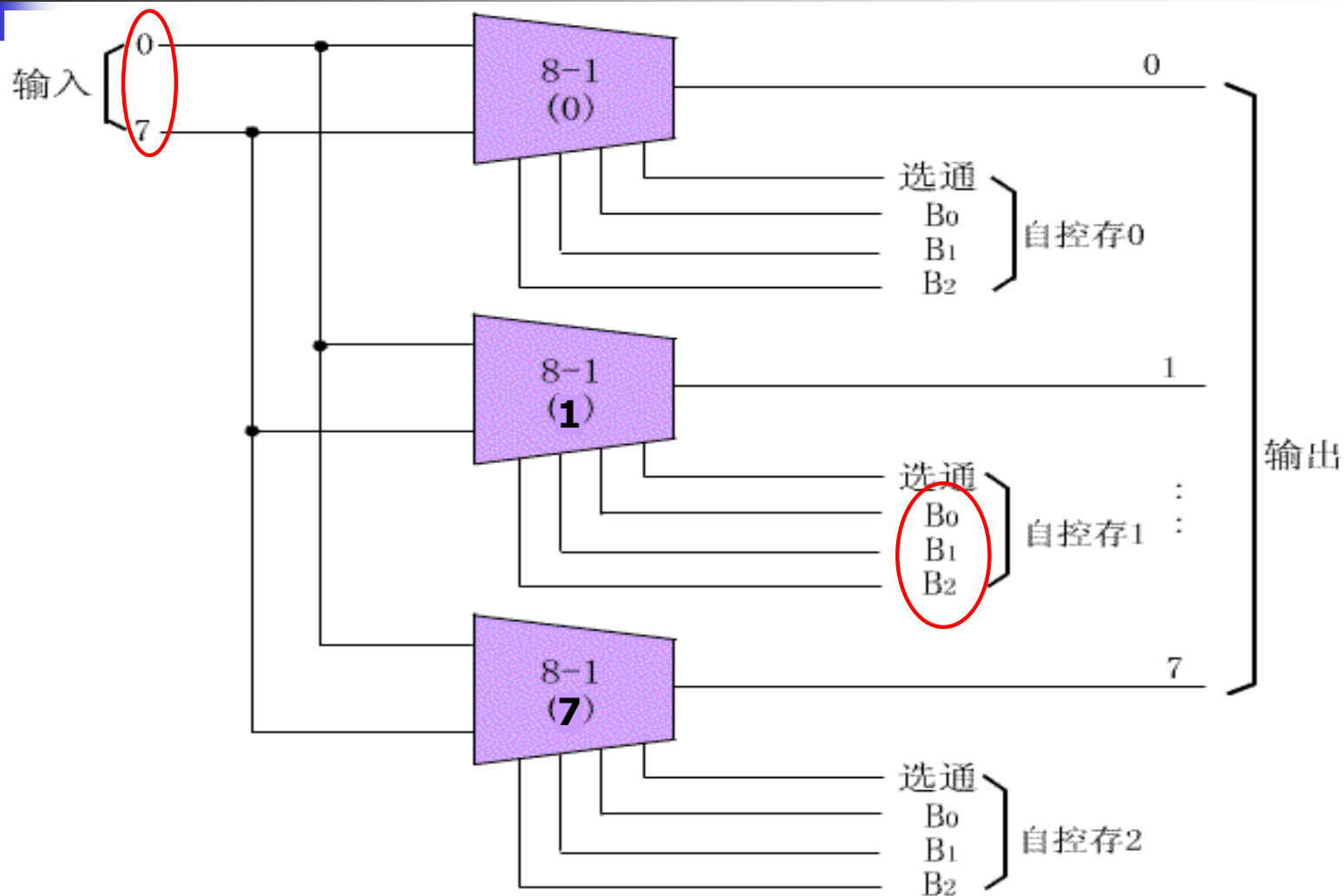
开关数= $4(N-1)$

# 多路选择器





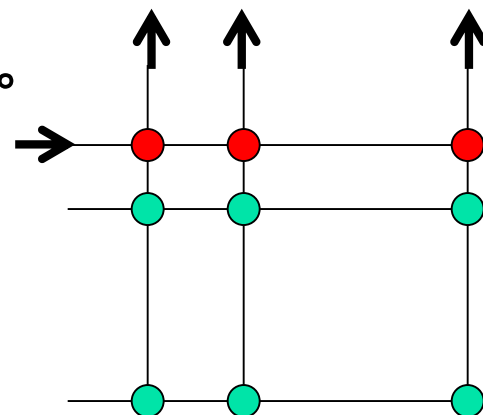
# 多路选择器实现的开关阵列



电子交叉接点矩阵的组成

# 开关阵列的特性

- ❑ 容易实现广播功能；
- ❑ 从入线到出线具有均匀的单位延迟时间；
- ❑ 控制信号简单；
- ❑ 开关阵列适合于构成较小的交换单元（开关数反映了实现的复杂度和成本的高低）；
- ❑ 交换单元的性能依赖于所使用的开关。





## 实际的开关阵列

继电器：其构成的交换单元是无向的，可交换模拟和数字信息，干扰和噪声大、动作慢（ms级）、体积大（cm级）。

模拟电子开关：一般利用半导体材料制成。

如：MC142100、MC145100（4 x 4开关阵列）

只能单向传送，且衰耗和时延较大。

数字电子开关：由简单的逻辑门构成，用于数字信号的交换，开关动作极快且无信号损失。



# 主要内容

---

## 1. 交换网络的构成

## 2. 交换单元

- 交换单元的基本概念
- 开关阵列与**空间交换单元**
- 共享存储器型的交换单元——时间交换单元

## 3. 交换网络

- *CLOS*网络
- *TST*网络
- *BANYAN*网络



## 2、空间交换单元

空间交换单元也称为**空间接线器**（Space Switch），简称为**S单元**或**S接线器**。

构成



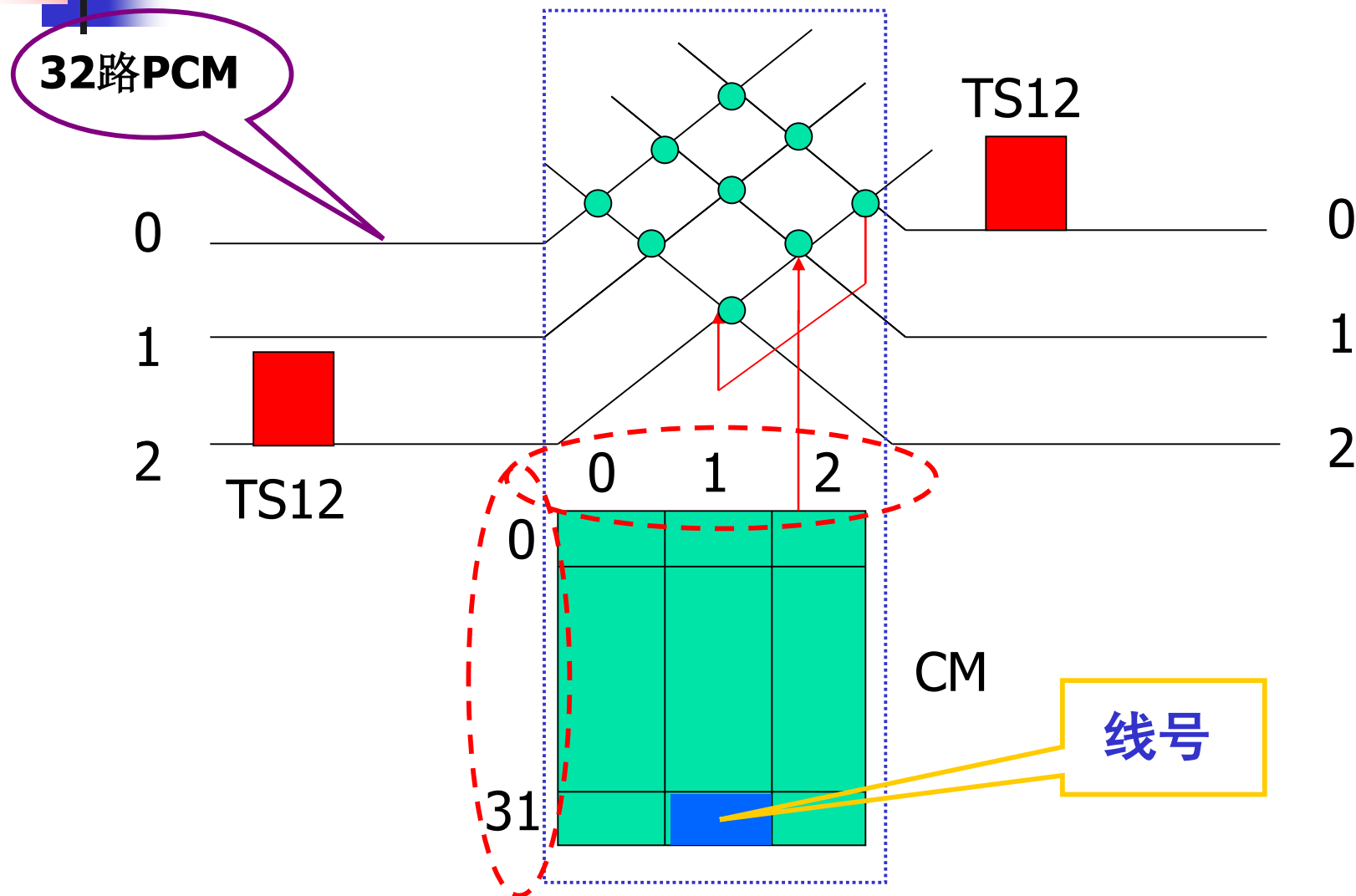
- 1、交叉点矩阵（开关阵列）
- 2、控制存储器

功能



输入输出线之间的空间交换

# 空间交换单元的构成





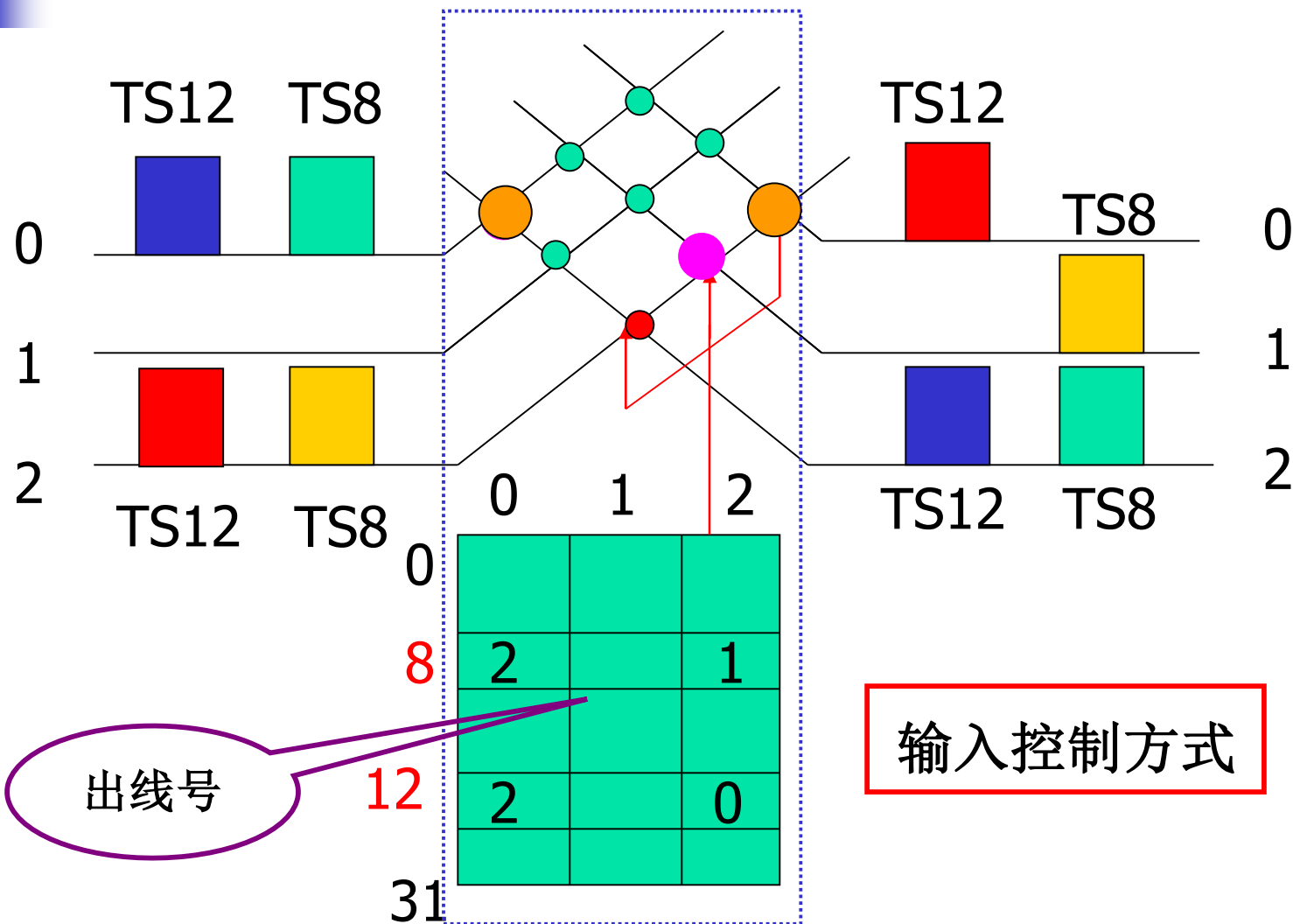
## 空间交换单元结构特点

S接线器的构成：**交叉点矩阵**（开关阵列）

**控制存储器**（CM-Control Memory）

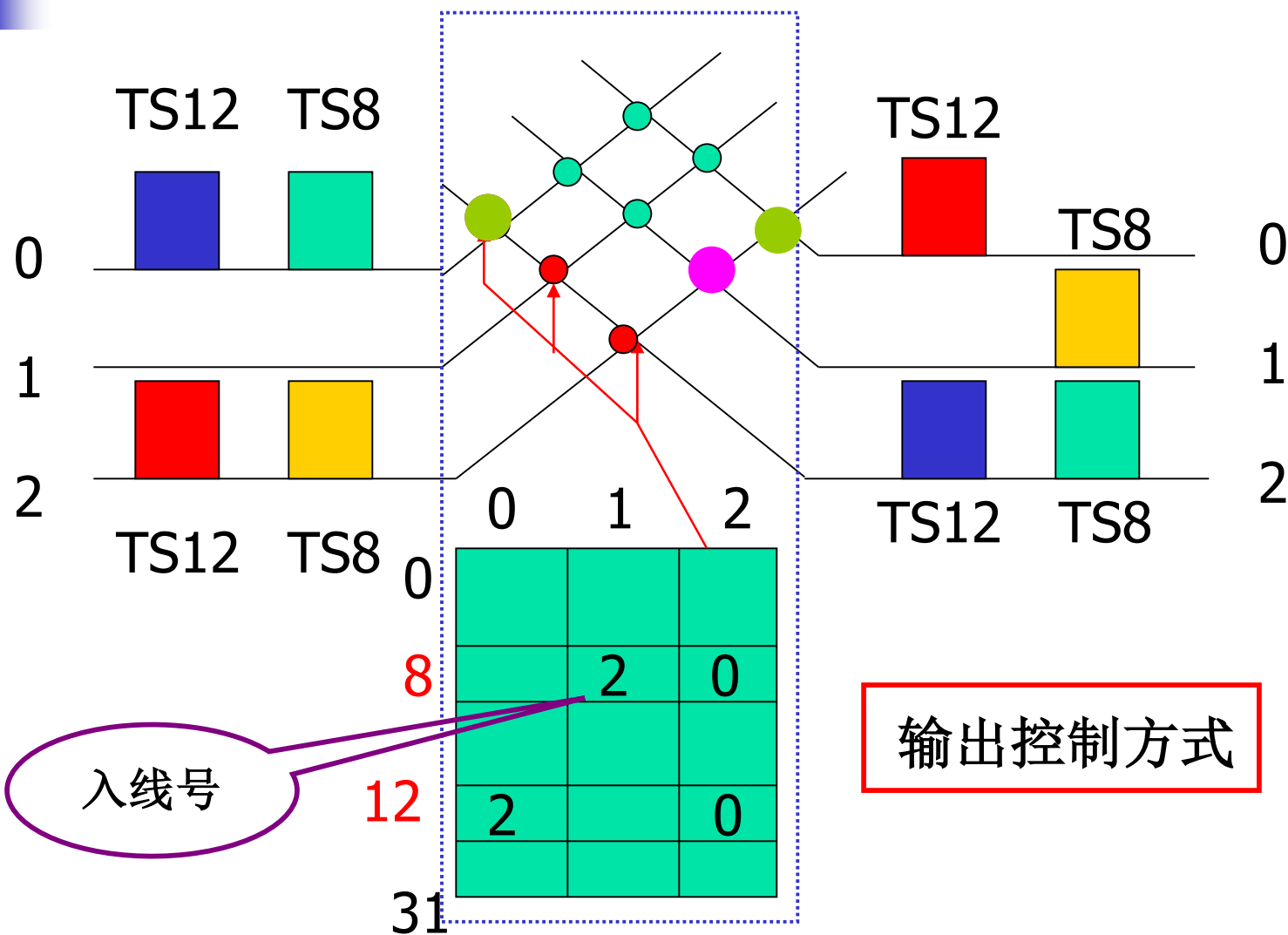
- S接线器所含CM数量等于**入（出）线数**；
- 每个CM所含有的存储单元个数等于**入（出）线上的复用时间隙数**；
- 每个存储单元为m位bit，且满足 **$N \leq 2^m$** ，其中N为接线器的**入（出）线数**。

# 空间交换单元的控制方式





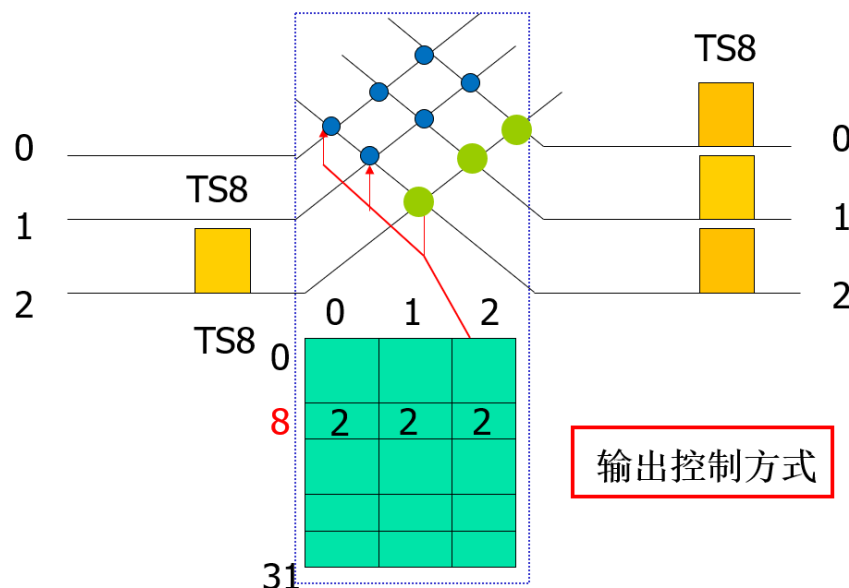
# 空间交换单元的控制方式



## 空间交换单元的基本特点

- 只完成空间交换，不进行时隙交换；
- 空间接线器按时分方式工作；
- 输入控制方式易于实现多播。

?





# 主要内容

---

## 1. 交换网络的构成

## 2. 交换单元

- 交换单元的基本概念
- 开关阵列与空间交换单元
- **共享存储器型的交换单元——时间交换单元**

## 3. 交换网络

- *CLOS*网络
- *TST*网络
- *BANYAN*网络

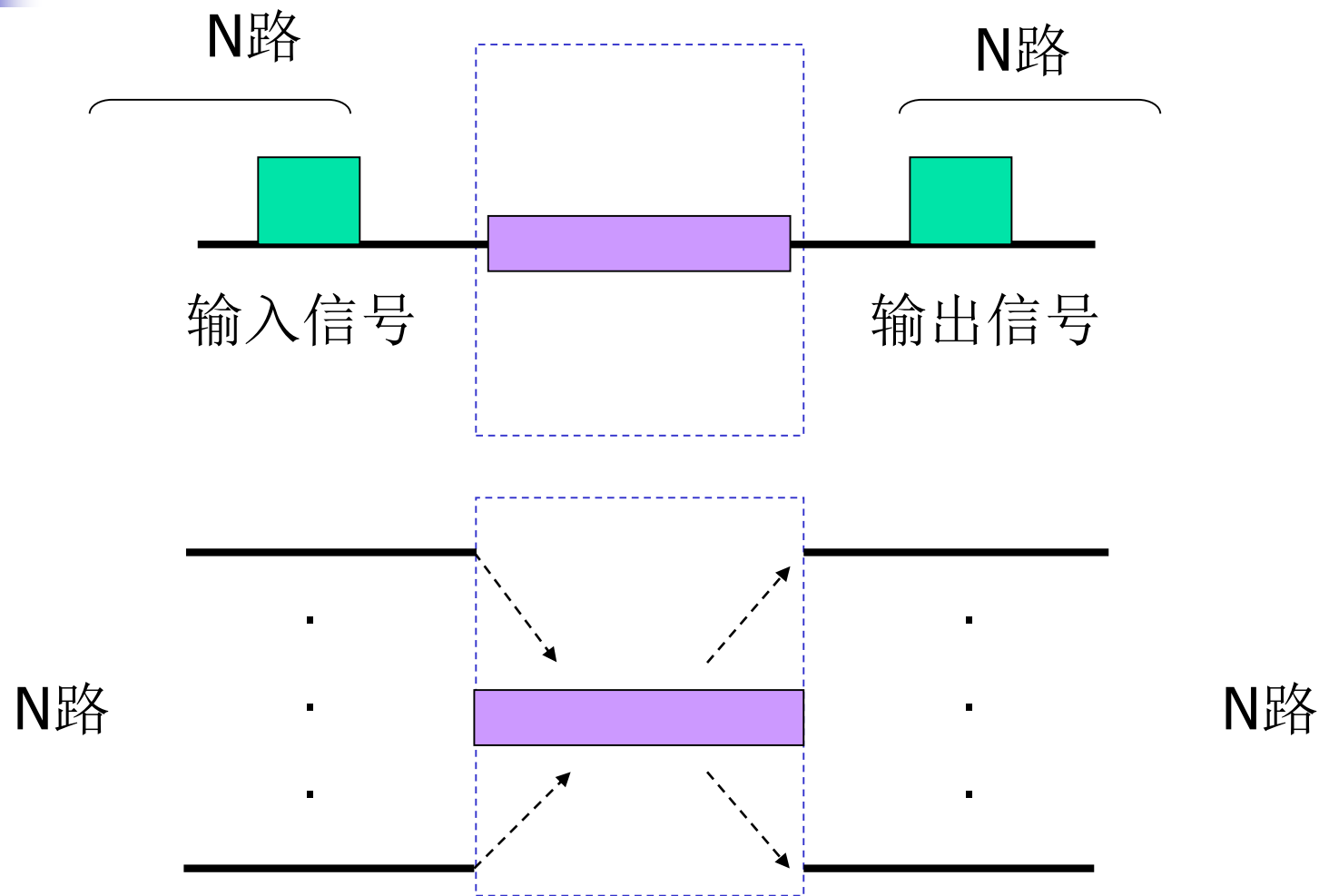


## 2.3、时分交换单元

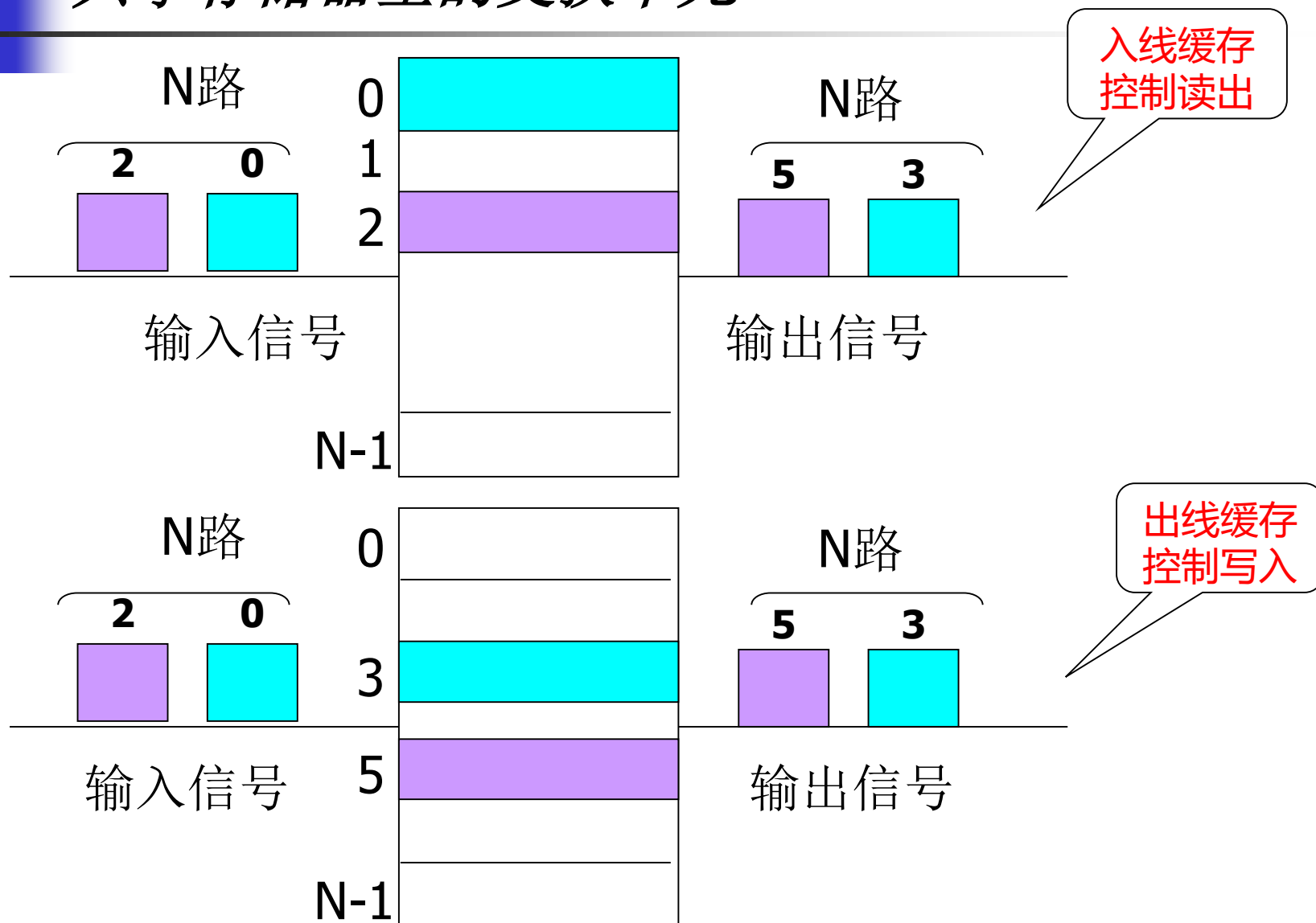
---

- 共享存储器型交换单元
- 共享总线型交换单元

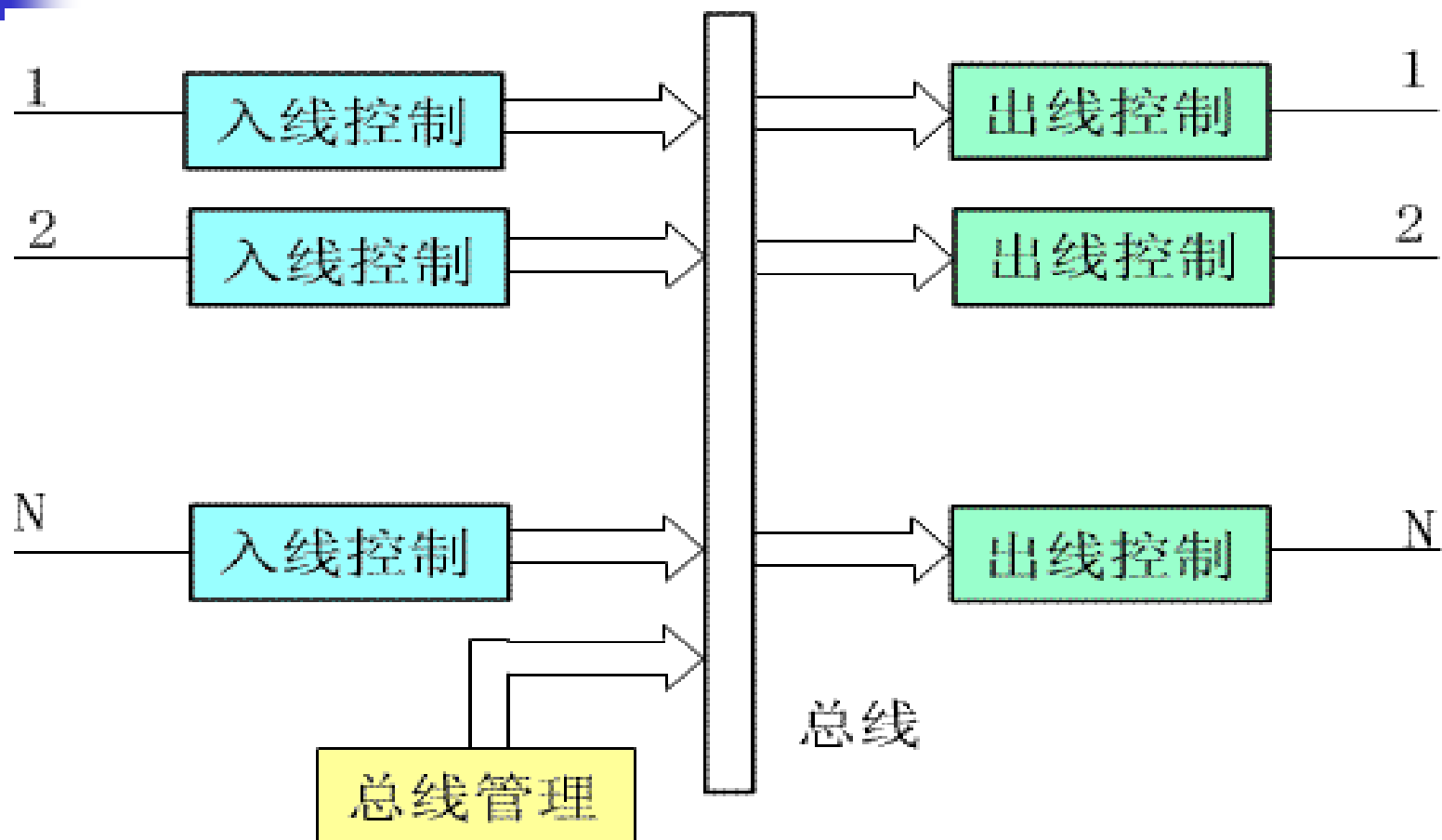
# 时分交换单元的一般构成



# 共享存储器型的交换单元



## 共享总线型交换单元



总线型交换单元一般结构



# 共享总线型交换单元

## 入线控制部件的功能：

接收入线信号，进行相应的格式变换，放在缓冲存储器中，并在分配给该部件的时隙上把收到的信息送到总线上。

## 出线控制部件的功能：

检测总线上的信号，并把属于自己的信息读入一个缓冲存储器中，进行格式变换，由出线送出，形成出线信号。





# 1、共享存储器型交换单元——时间接线器

时间接线器（**T**接线器）：共享存储器型**SE**

输入线（入复用线）：同步时分复用线

输出线（出复用线）：同步时分复用线

功能：完成一条同步时分复用线上各个**时隙之间的语音信息的交换**

应用：数字电话交换系统



## 时间接线器的基本结构

T接线器： **话音存储器(SM:Speech Memory)**

**控制存储器(CM:Control memory)**

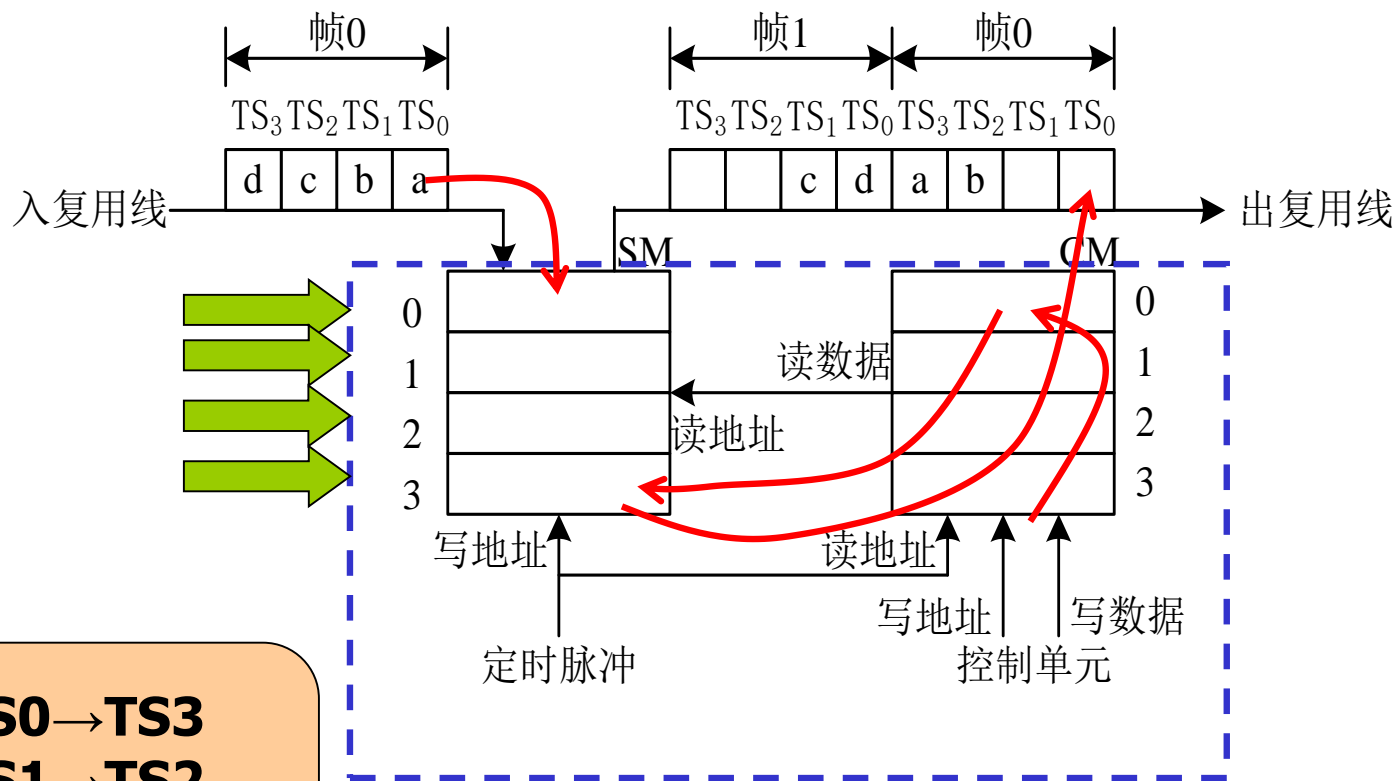
**SM:** 暂存话音的数字编码信息，每个单元至少8比特，**SM**所含**单元数**等于输入复用线上每帧的**时隙数**。

**CM:** 单元数等于**SM**的单元数，设**CM**每个单元为**c bit**，**SM**的单元数为**n**，则有 $2^c = n$ ，**n**也就是复用线上的时隙数。

# 输出控制方式

前半周期写入，后半周期读出 (SM)

前半周期写入，后半周期读出 (CM)



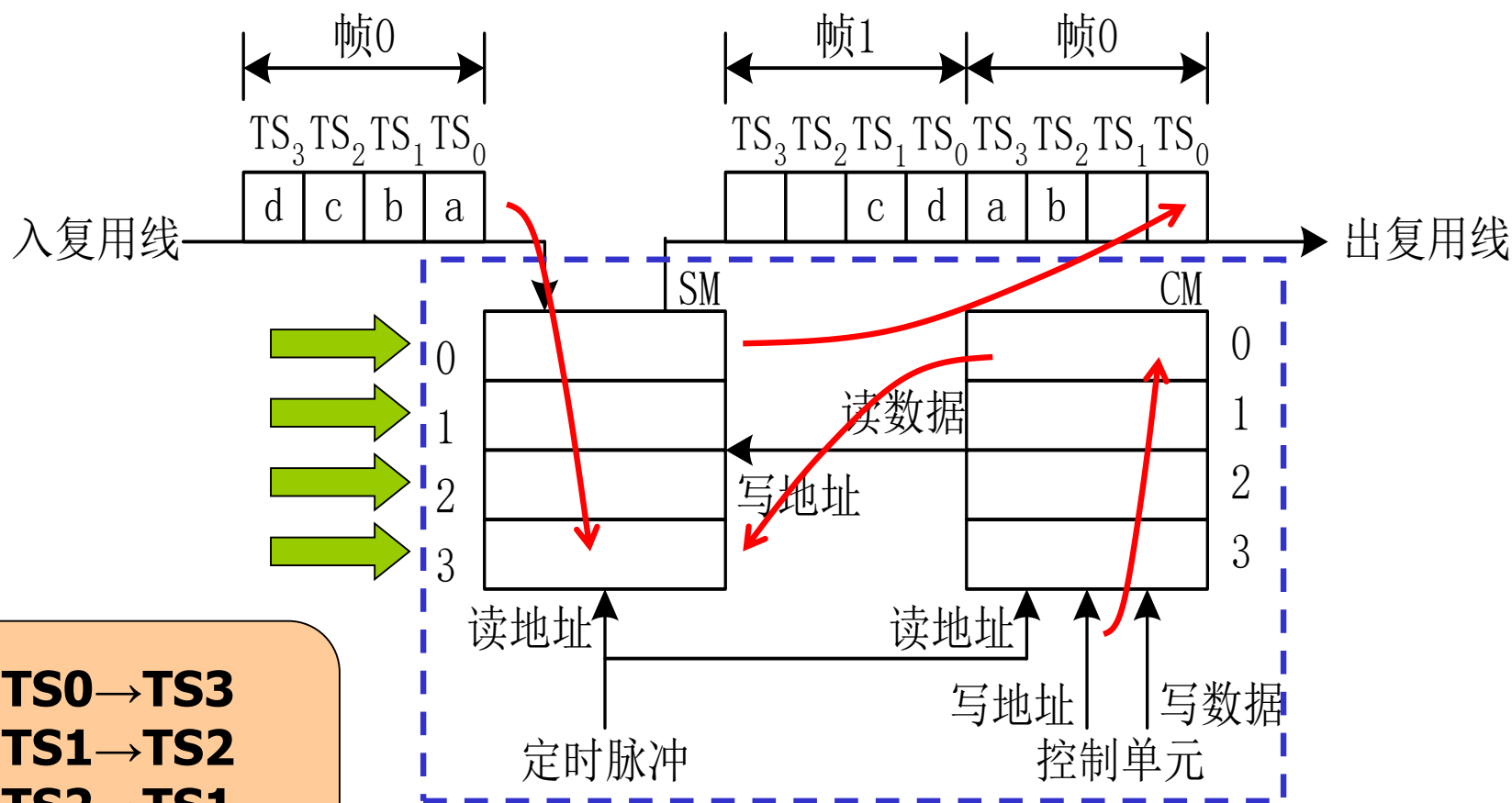
**TS0→TS3**  
**TS1→TS2**  
**TS2→TS1**  
**TS3→TS0**

顺序写入、控制读出

# 输入控制方式

前半周期读出，后半周期写入 (SM)

前半周期写入，后半周期读出 (CM)



**TS0→TS3**  
**TS1→TS2**  
**TS2→TS1**  
**TS3→TS0**

控制写入、顺序读出



## 时间接线器应注意的特性:

- T接线器的控制存储器——交换控制表;
- 话音存储器和控制存储器的访问速度应满足一个时隙内各完成一次读写操作;
- T接线器交换信息存在着时延, 时延最好的情况是入复用线上第 $i$ 个时隙的信息要交换到出复用线第 $i$ 个时隙, 时延最坏的情况是入复用线上第 $i$ 个时隙的信息要交换到出复用线上第 $i-1$ 个时隙。