



# 第三章 电路交换(1)

---

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

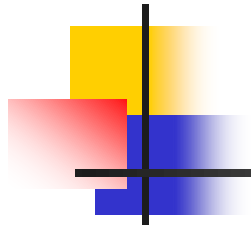
2023年3月13日



# 提要

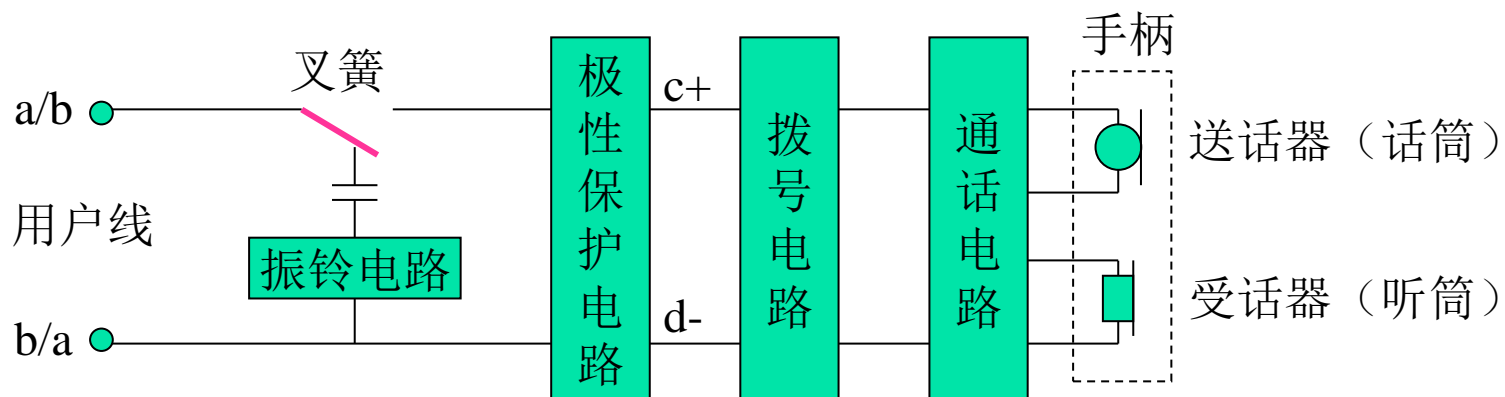
---

- 1. 电话机原理
- 2. 数字程控交换机的构成
  - 话路子系统（信息传送子系统）
  - 控制子系统



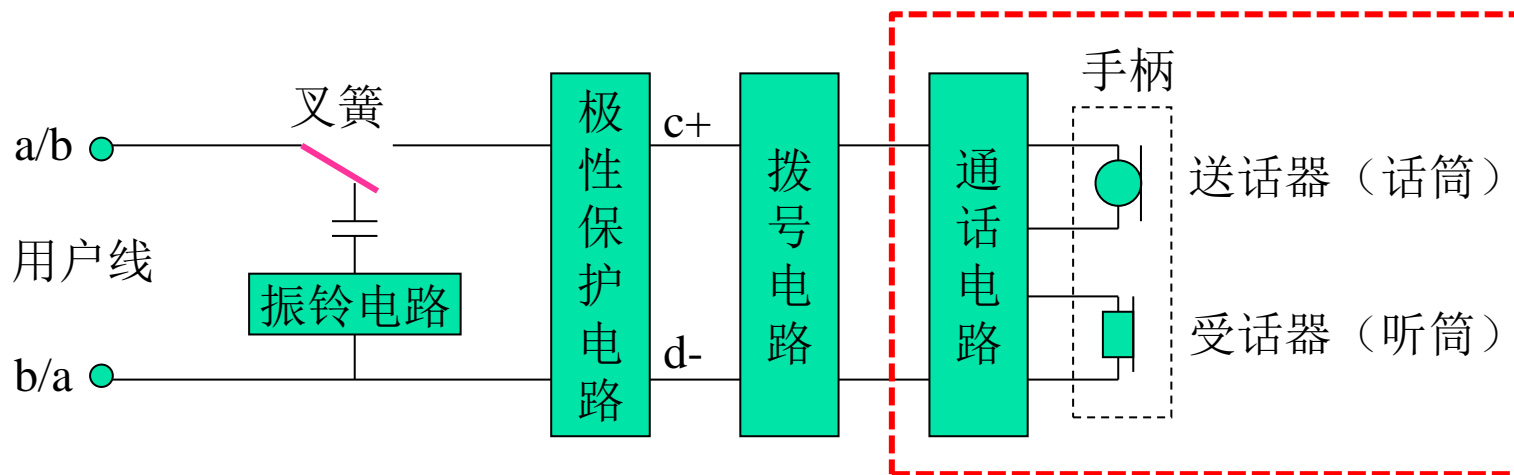
# 1.电话机原理

# 电话机的基本组成



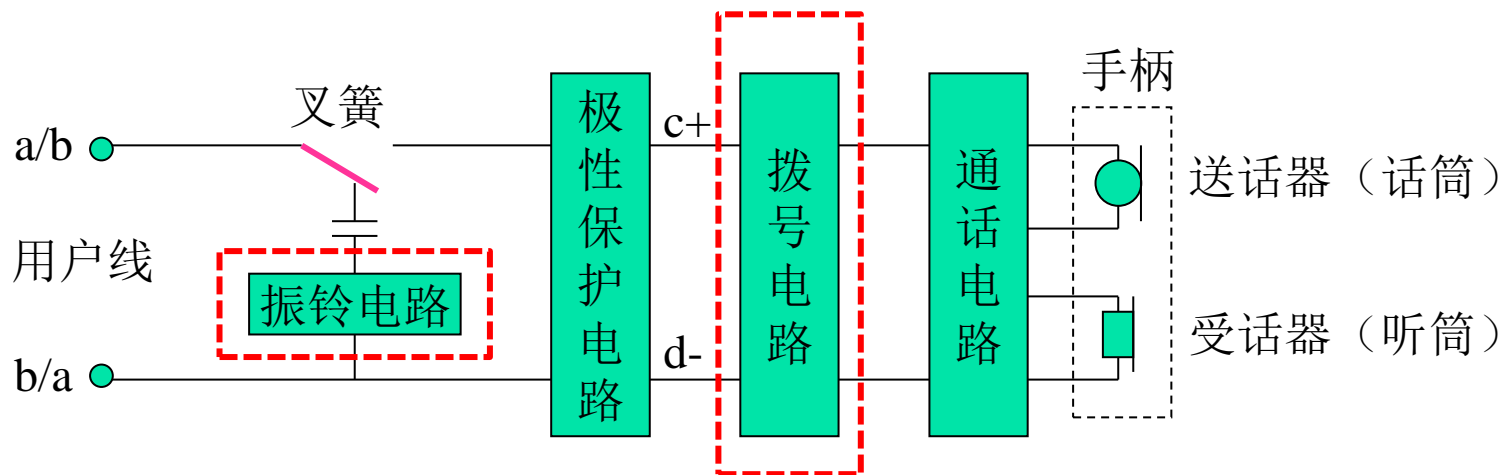
- 通话设备（送话、受话、2/4变换、消侧音）
- 信令设备（振铃、拨号）
- 转换设备（叉簧）

# 通话设备



- 送话器：将声波转化为话音电流
- 受话器：将话音电流转化为声波
- **2/4线变换电路**：实现手柄上的收发分离的信号与用户线上收发混合的信号间的转换
- 消侧音电路：消除回声

# 信令设备



## ■ 振铃电路

- 机械：用户线上送来的25Hz交流铃流进行振铃
- 电子：将25Hz交流变换为直流信号，驱动蜂鸣器

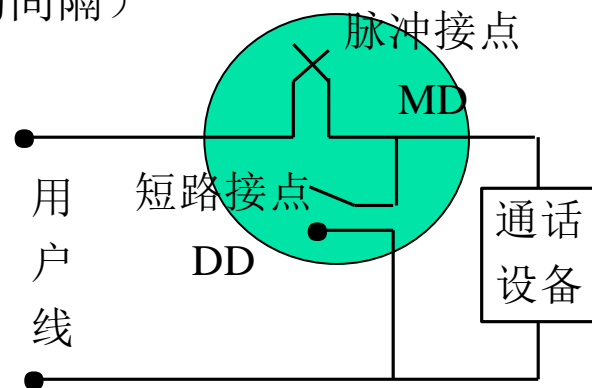
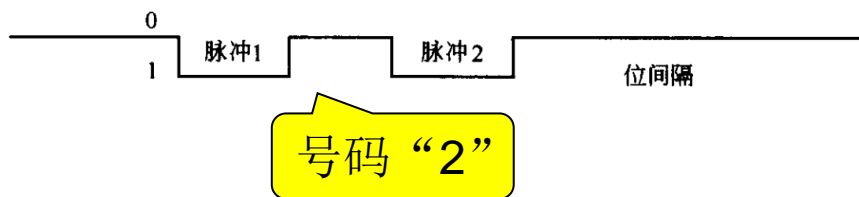
## ■ 拨号电路：发送通信地址（被叫号码）

- 脉冲式、音频式（DTMF）

# 拨号电路——脉冲式、音频式

## ■ 脉冲式

- 使用拨号盘或脉冲按键式号盘
- 直流脉冲表示十进制数字
- 原理
  - 号盘旋转复原时，MD接点断续用户环路，发出直流脉冲
  - 同时DD接点闭合，短路通话设备，防止脉冲电流进入受话器
- 拨号盘的指标要求
  - 脉冲速度8~14个/秒，断续比1.3:1 ~ 2.5:1
  - 位间隔 $\geq 350\text{ms}$ （两个号码脉冲之间的间隔）



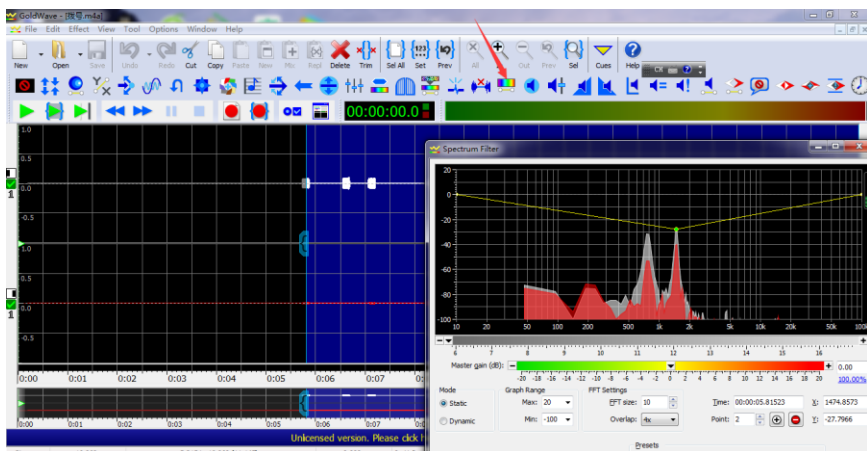
# 拨号电路——脉冲式、音频式

## ■ 音频式

- 每个号码用两个四中取一的不同音频组合表示，通过DTMF发号器发送



尝试利用GoldWave进行音频分析 



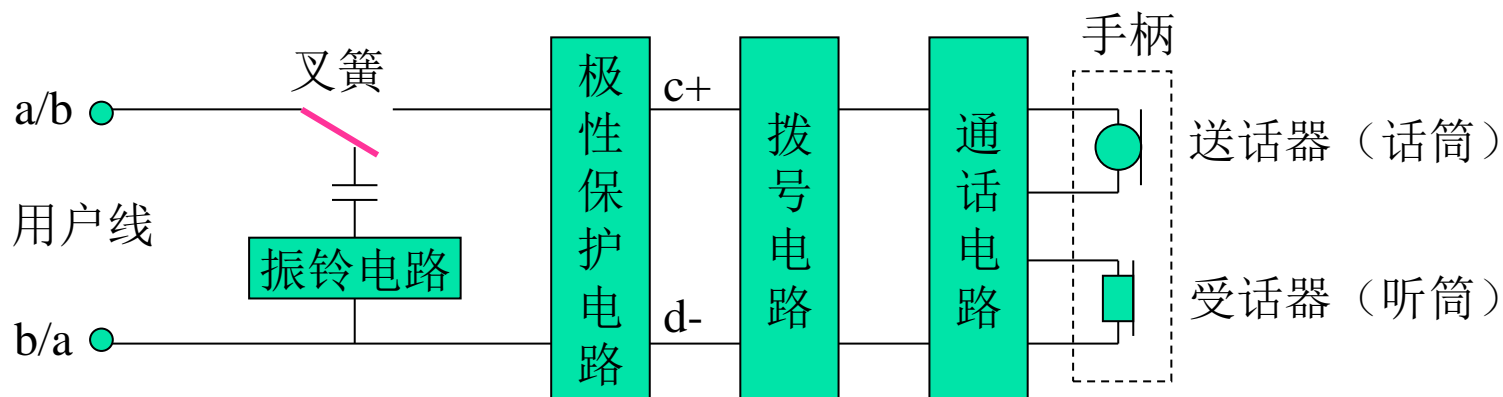
1209 Hz 1336 Hz 1477 Hz 1633 Hz

697 Hz  
770 Hz  
852 Hz  
941 Hz

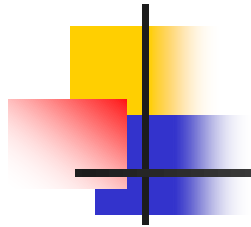
1	2	3	A
4	5	6	B
7	8	9	C
*	0	#	D



# 其他

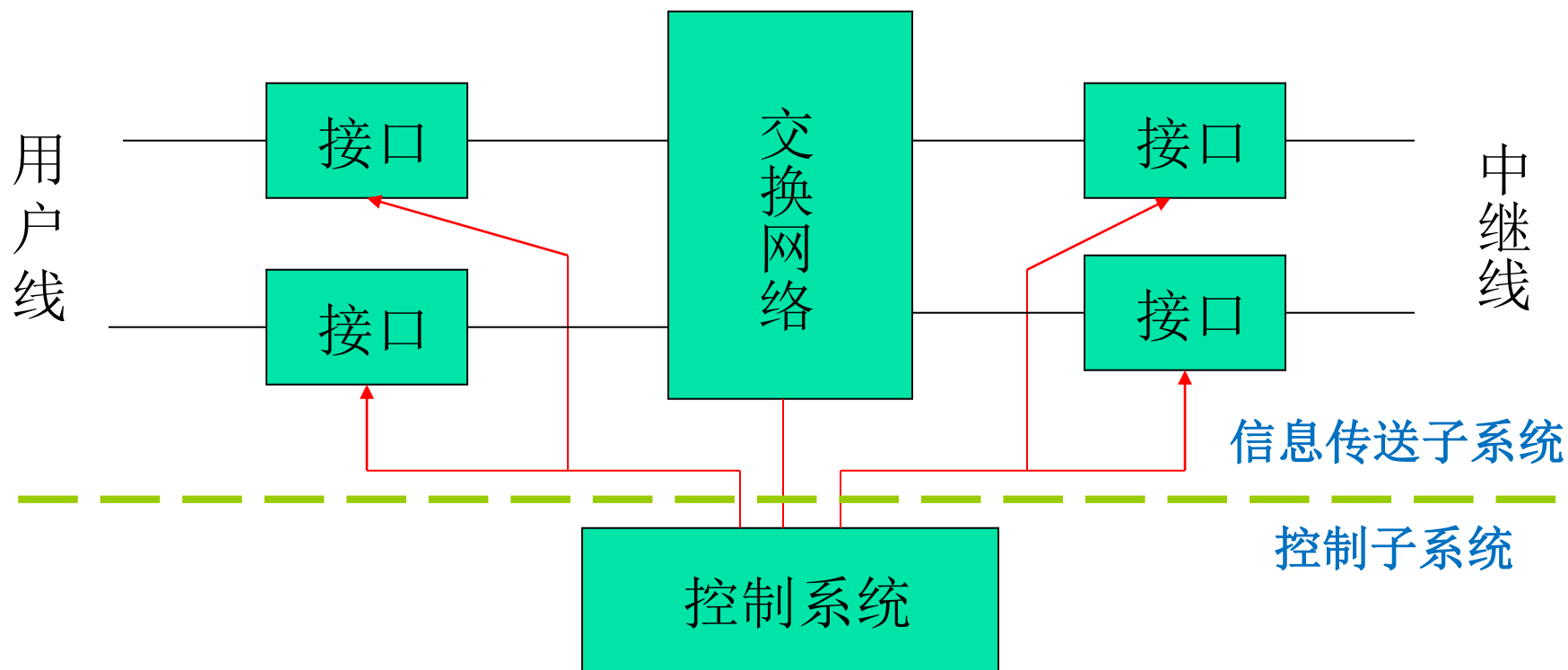


- 没有电源？
- 叉簧：不通话时，将外线与振铃电路接通，等待呼入；通话时，将外线与拨号电路、通话设备接通
- 极性保护：交换机向用户提供直流电，该电路保证无论外部a、b线极性如何，内部电路c、d的极性固定



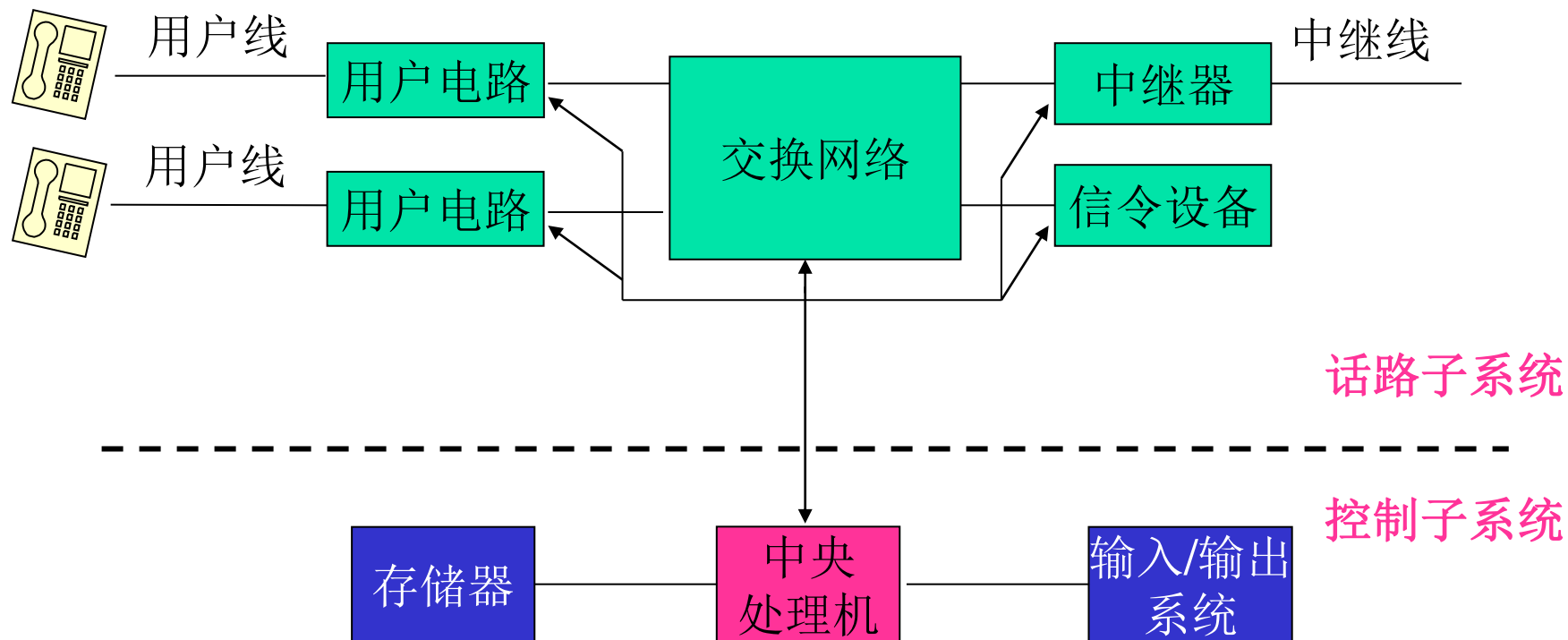
## 2. 数字程控交换机的构成

# 回顾：交换系统的基本结构

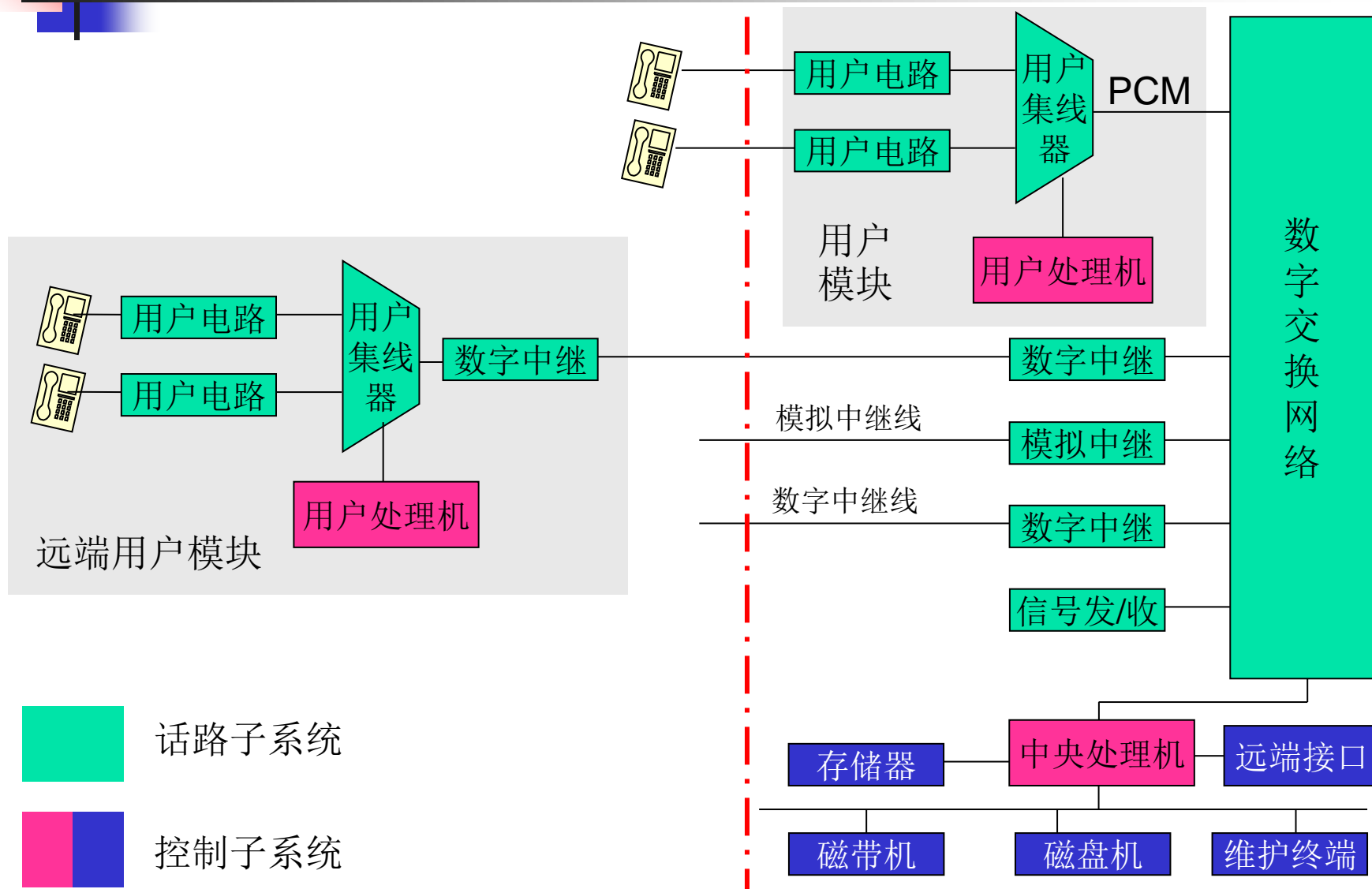


具体到电路交换系统？

# 程控交换机的组成

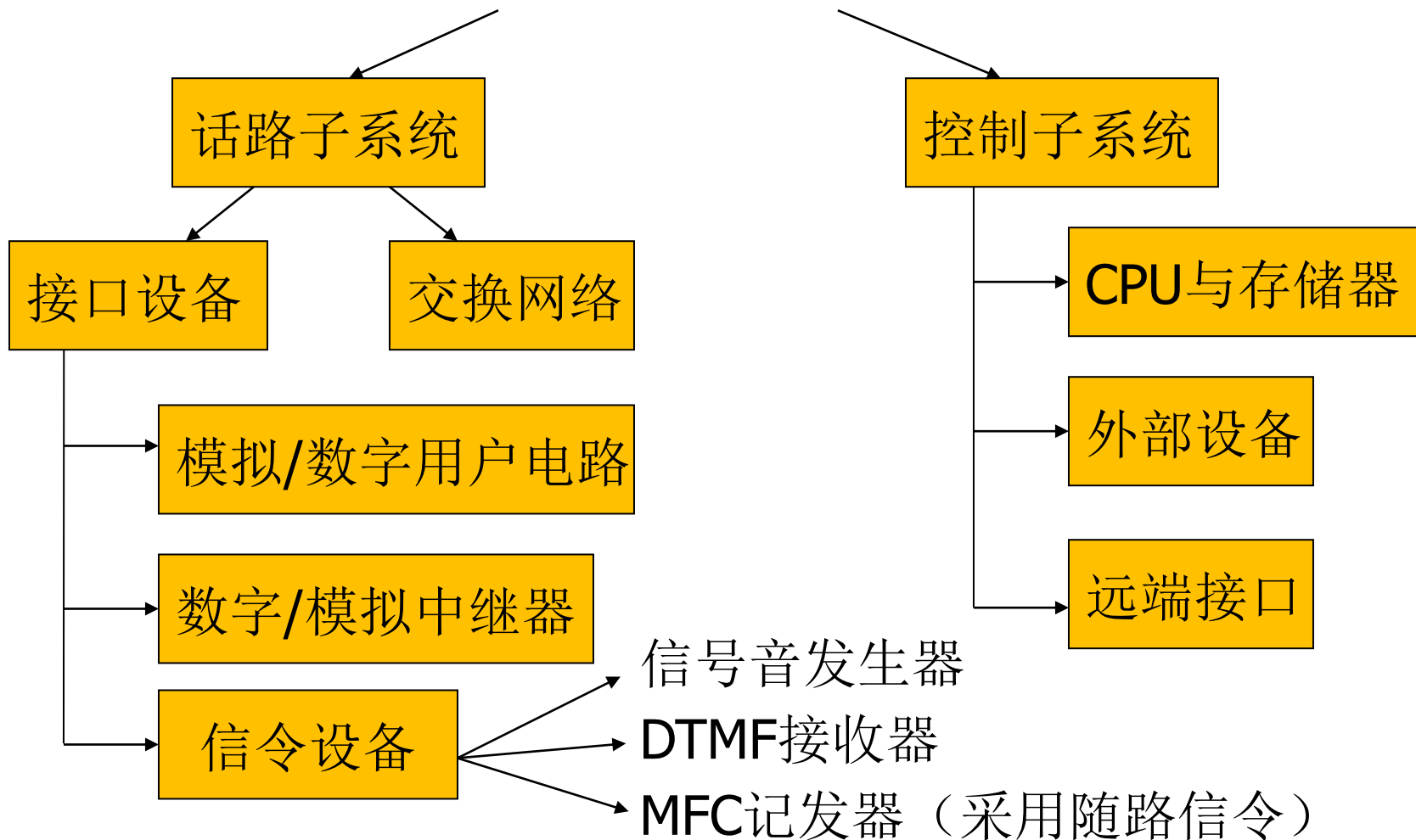


# 数字程控交换机的系统结构



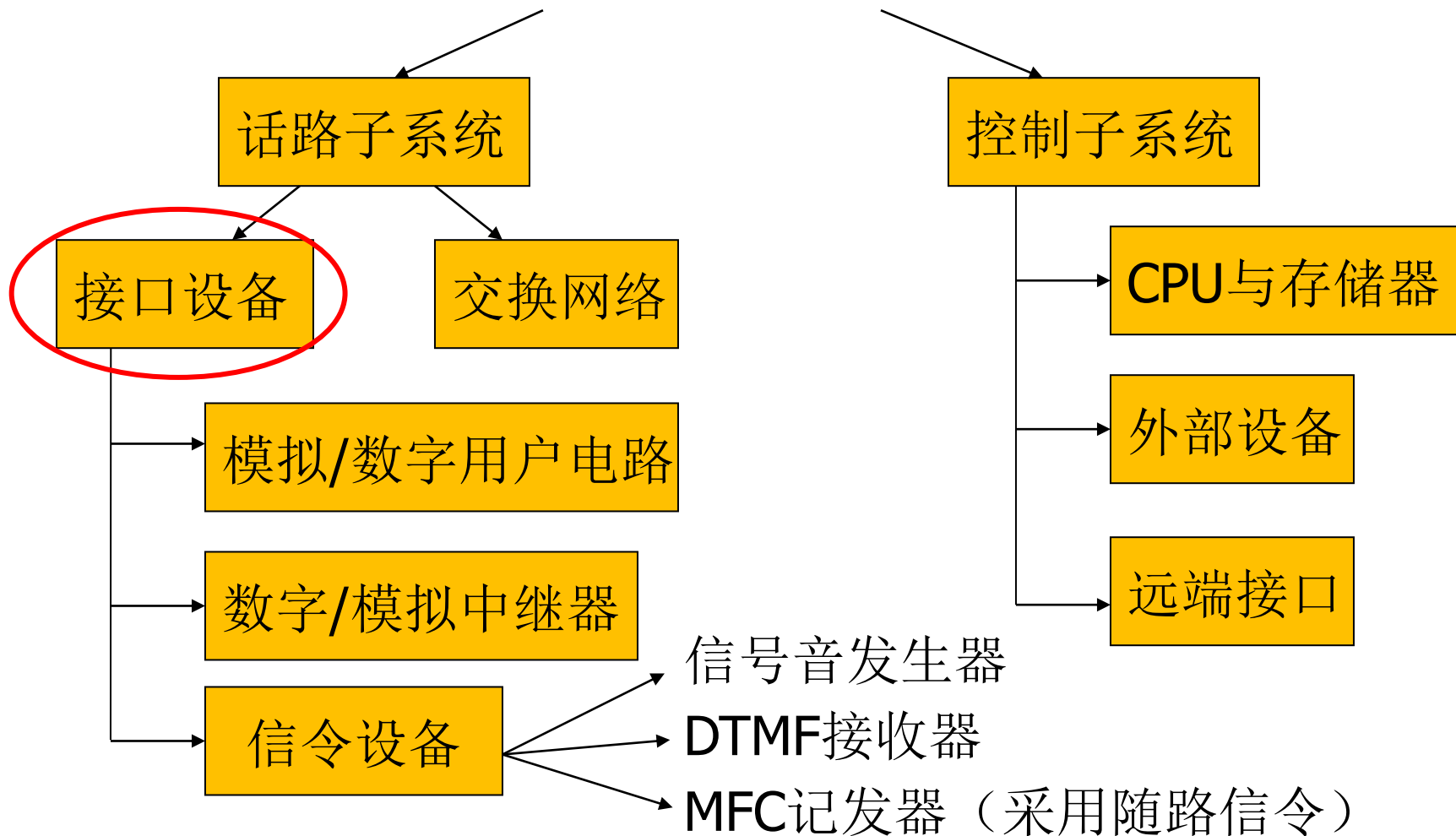
# 数字程控交换机的系统结构

## 数字程控电话交换系统

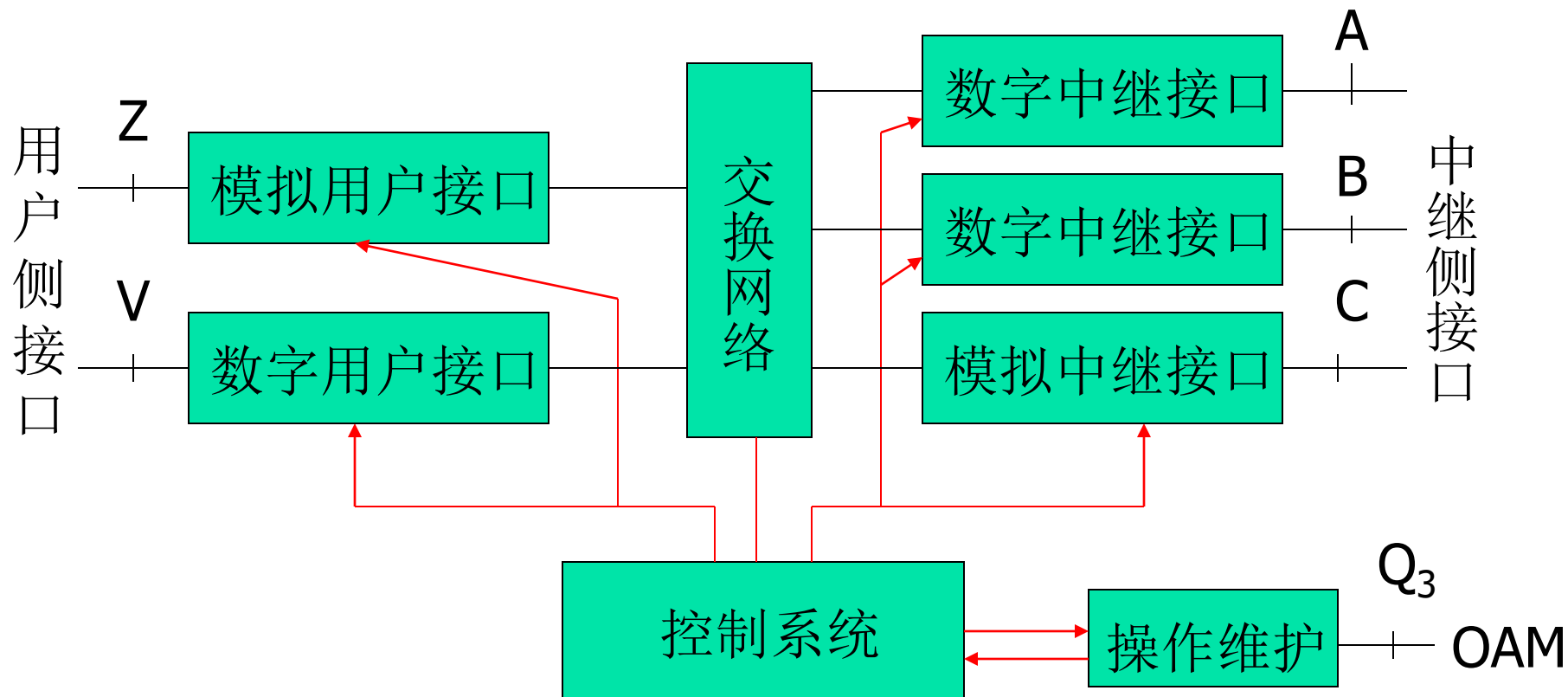


# 数字程控交换机的系统结构

## 数字程控电话交换系统

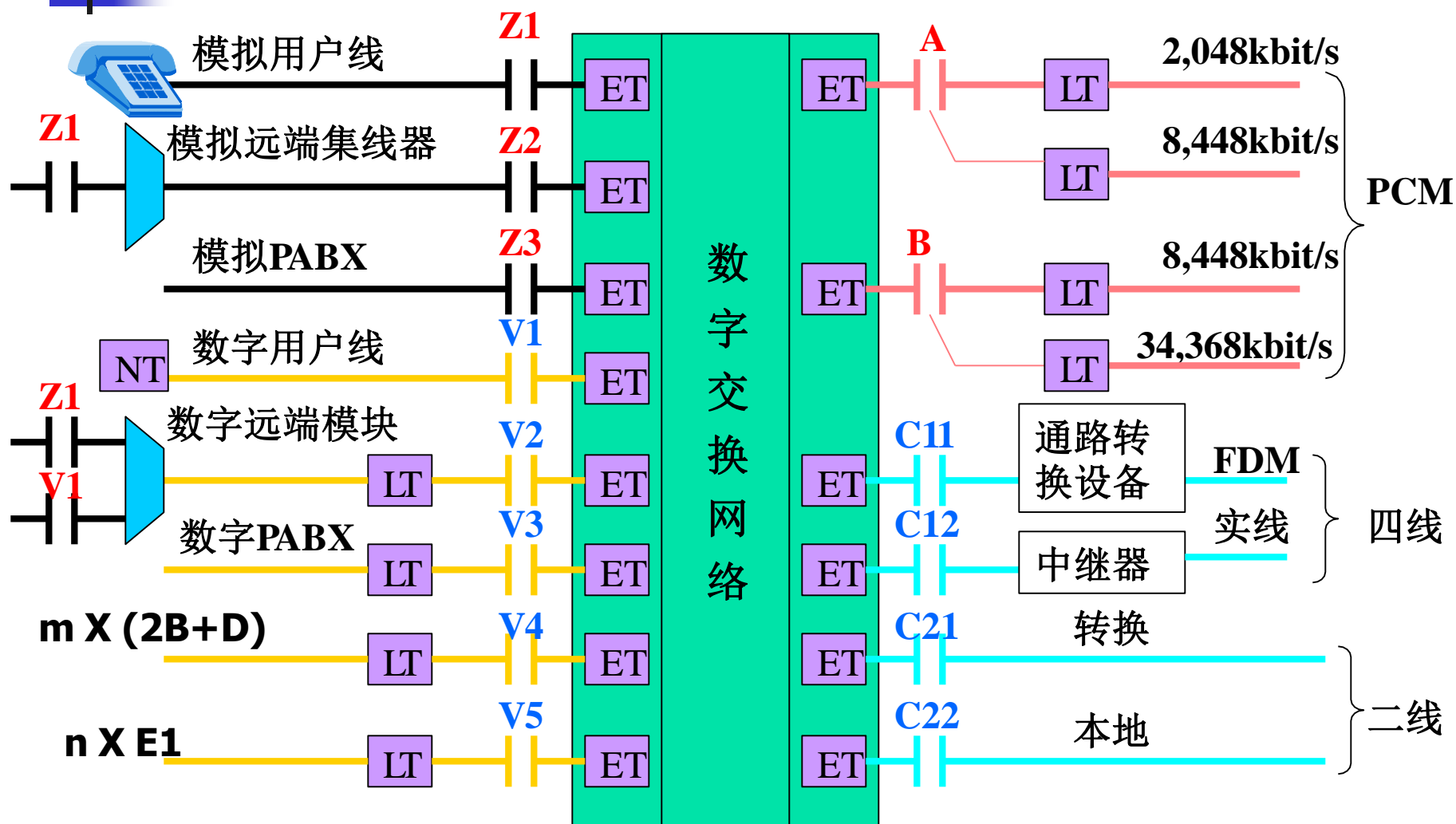


# 数字交换系统接口类型



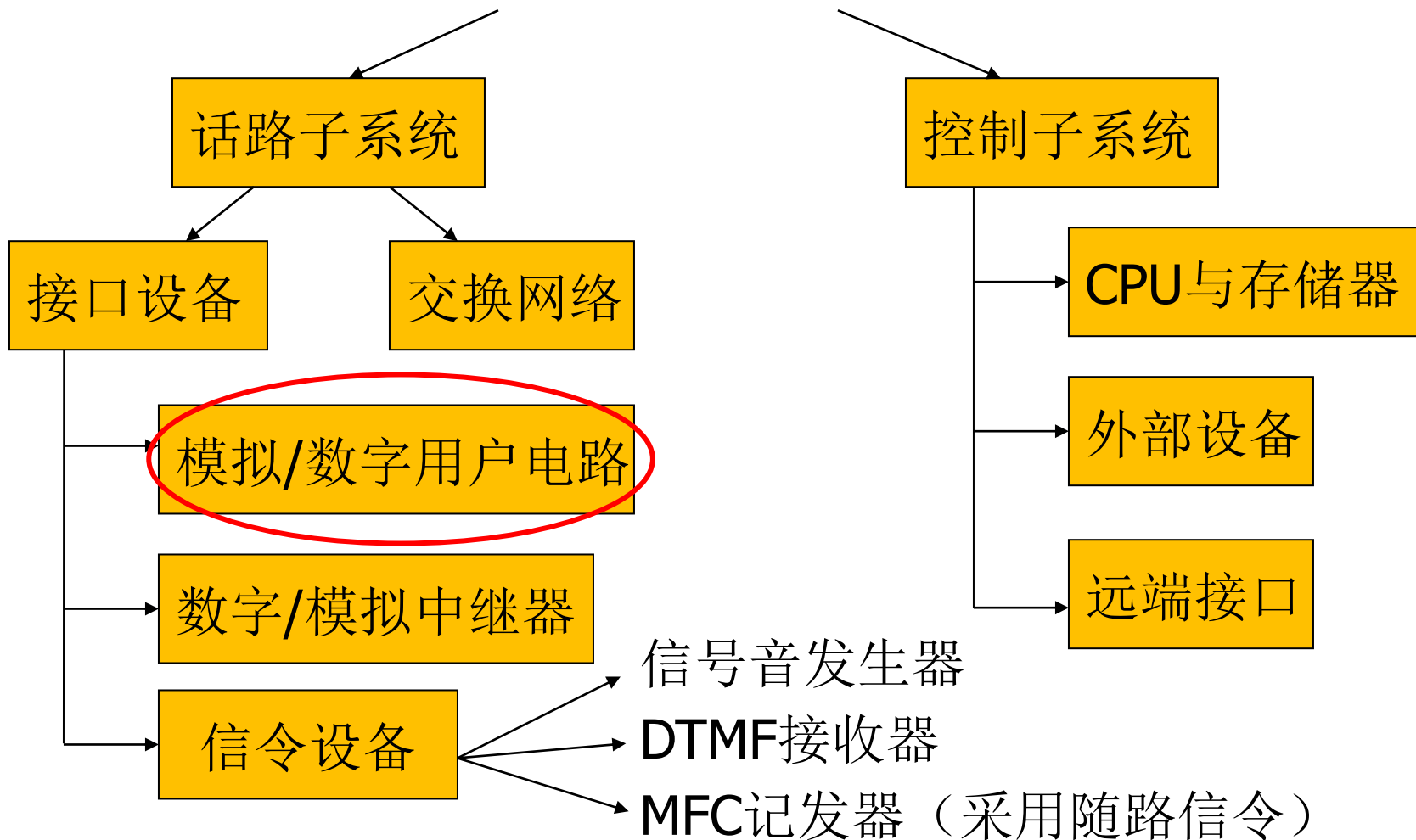


# 数字交换系统接口类型



# 数字程控交换机的系统结构

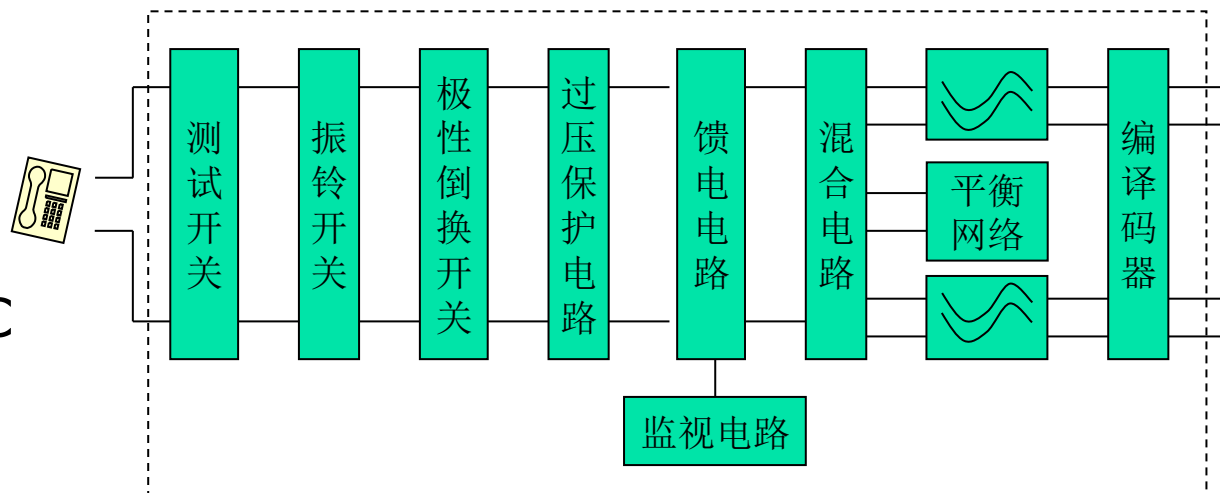
## 数字程控电话交换系统



# 模拟用户电路（SLC/SLIC）

- 每条用户线（每个电话）有一个用户电路
- 模拟用户电路功能 **BORSCHT**

- 馈电 B
- 过压保护 O
- 振铃控制 R
- 监视 S
- 编译码和滤波 C
- 混合电路 H
- 测试 T
- 其他

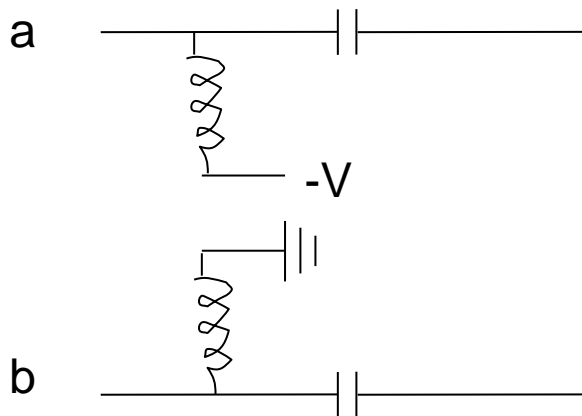


- 主叫号码显示（FSK）
- 极性倒换（反转）
- 计费脉冲发送（12KHz、16KHz）

# 模拟用户电路功能 BORSCHT

## ■ 馈电

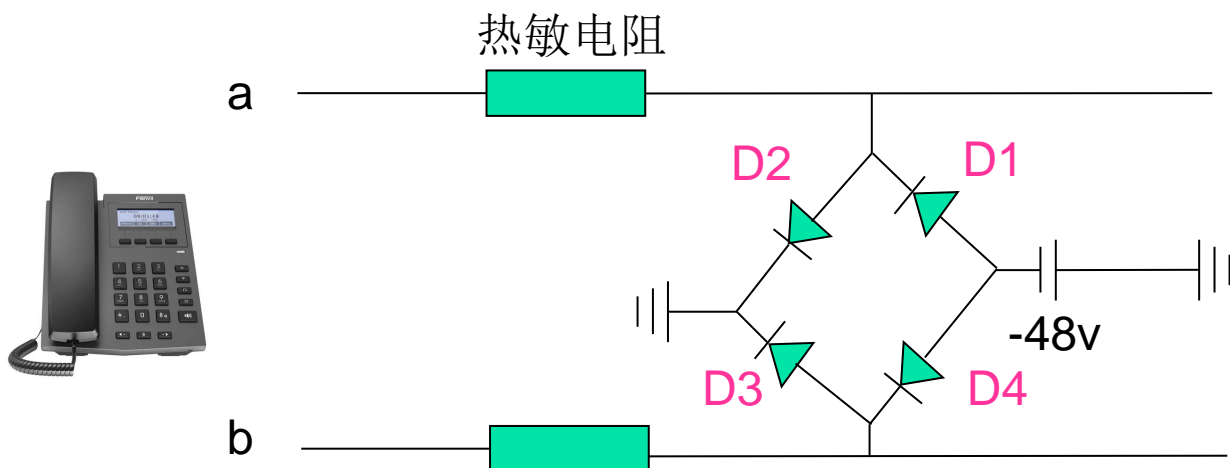
- 向用户提供直流馈电电流
- 馈电电压-48V



# 模拟用户电路功能 BORSCHT

## ■ 过压保护

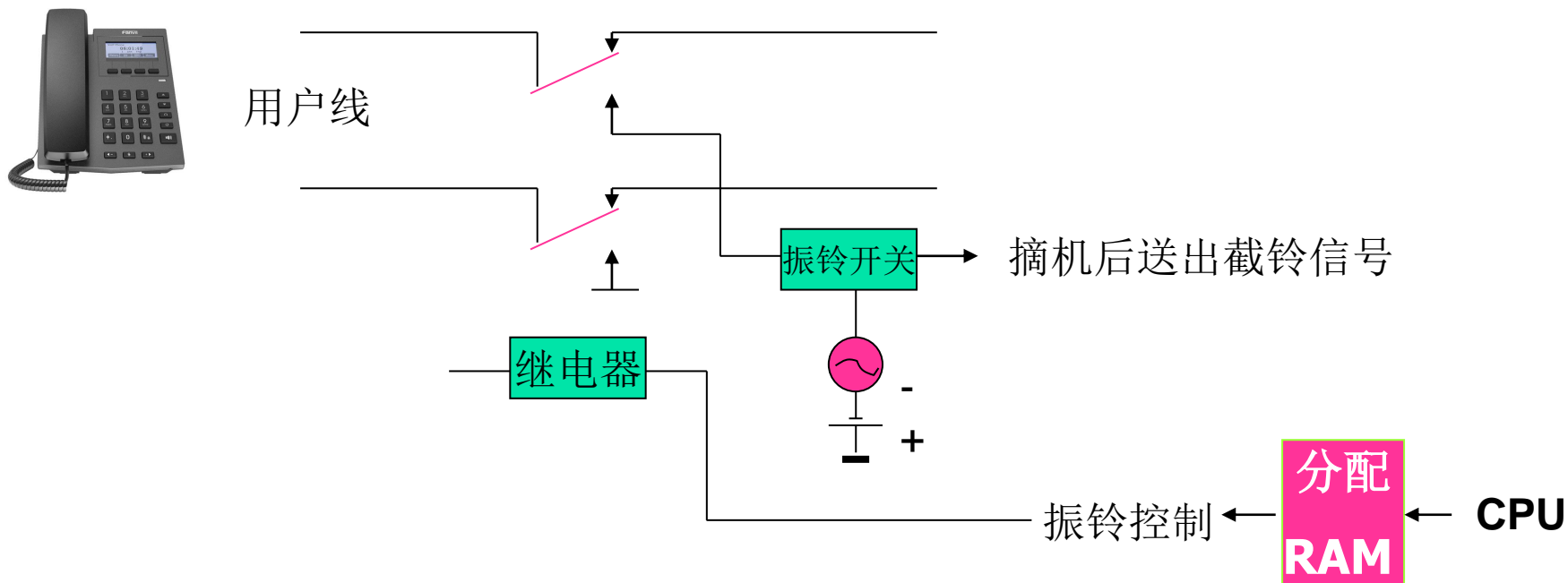
- 通过桥式箝位电路，限制ab线上的内线电压在0~-48V之间
- 保护交换机不被外部高压袭击



# 模拟用户电路功能 BORSCHT

## ■ 振铃控制

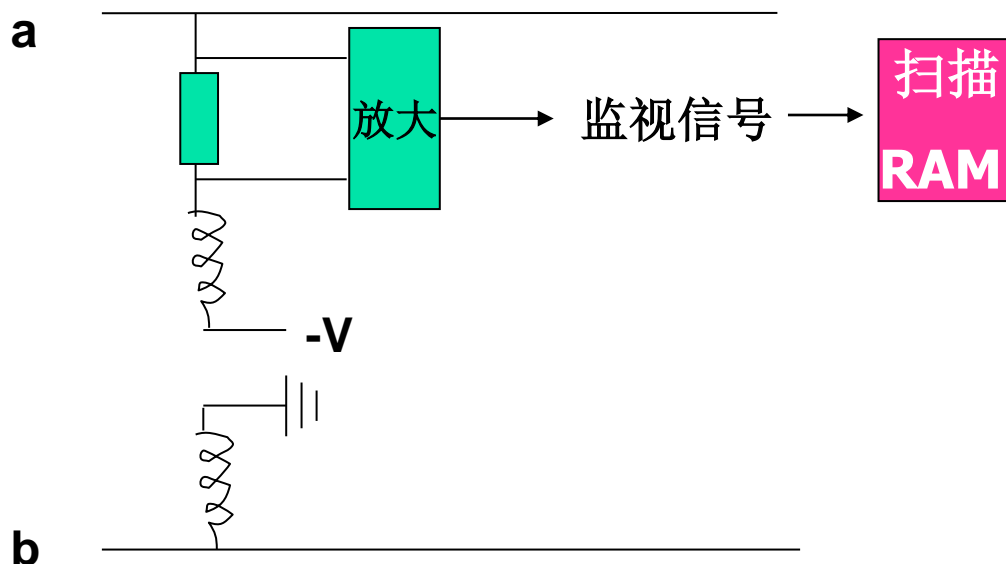
- 通过分配存储器中的命令控制信息，进行振铃动作
- 电压较高  $90\text{ V} \pm 15\text{ V}$ ,  $25\text{ Hz}$



# 模拟用户电路功能 BORSCHT

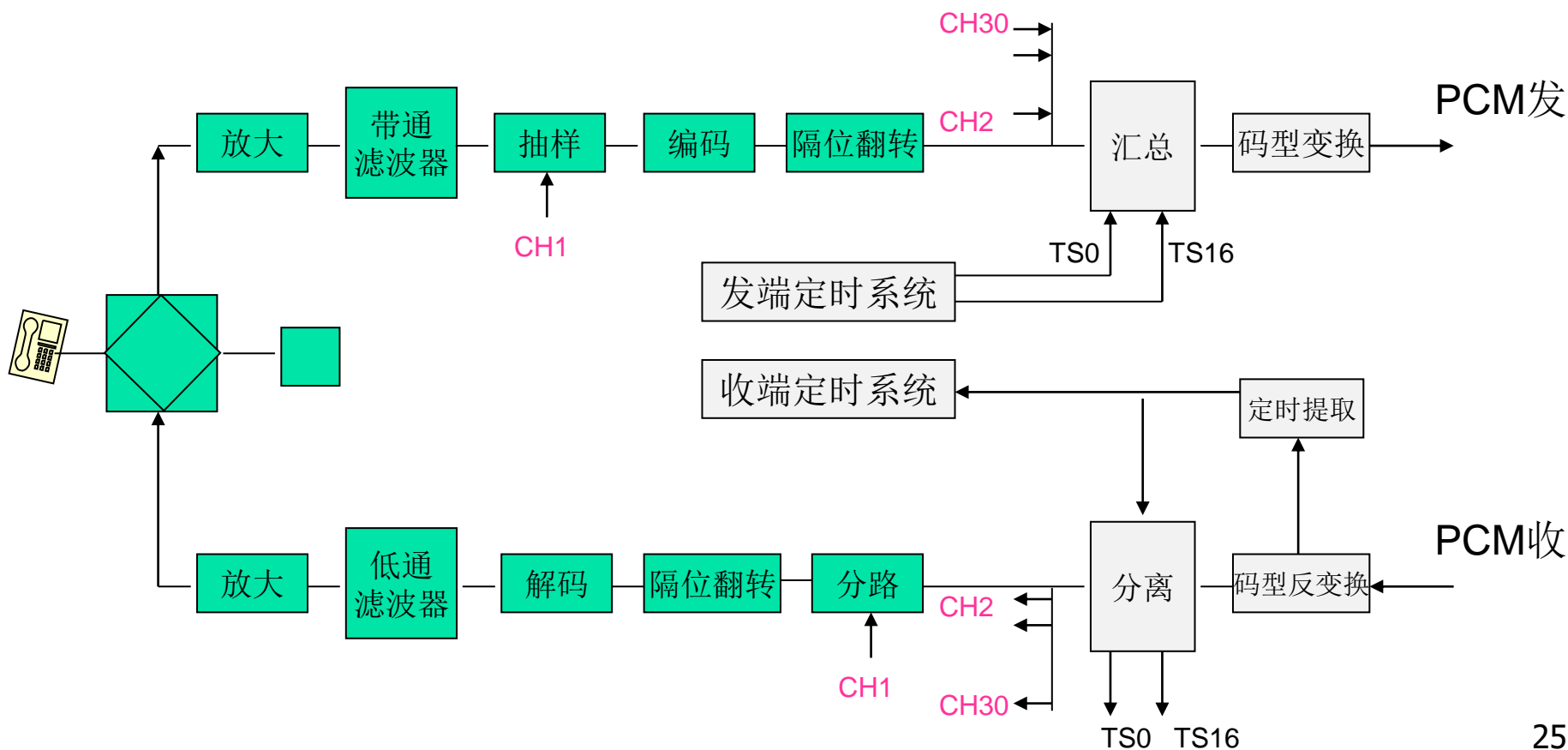
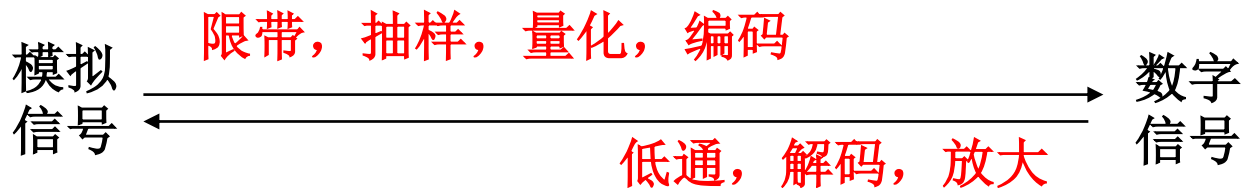
## ■ 监视

- 监视用户环路的通断状态，判定用户的摘挂机状态
- 用户话机（号盘）发出的拨号脉冲



# 模拟用户电路功能 BORSCHT

## ■ 编译码和滤波

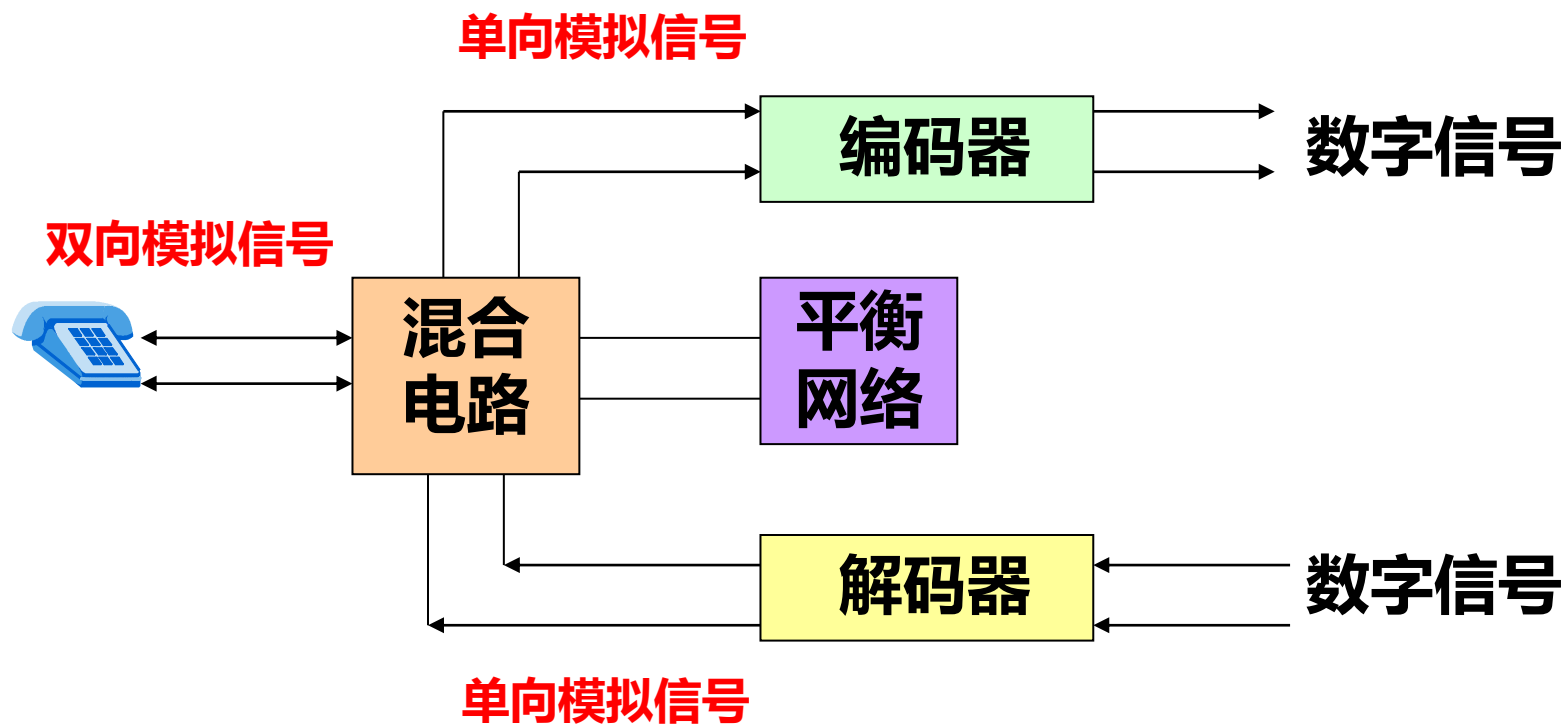




# 模拟用户电路功能 BORSCHT

- 混合电路

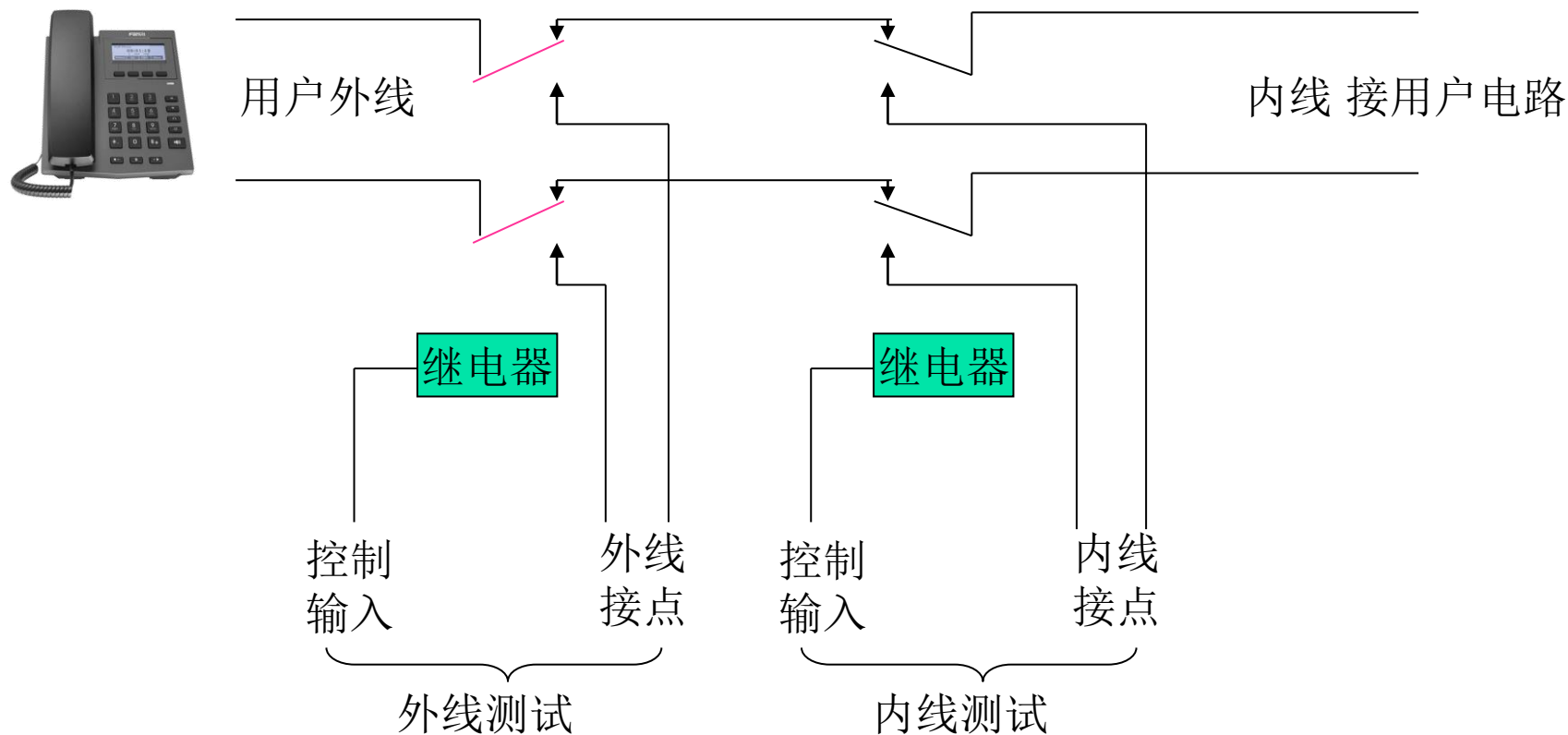
- 二线双向模拟信号 $\leftrightarrow$ 四线单向模拟信号



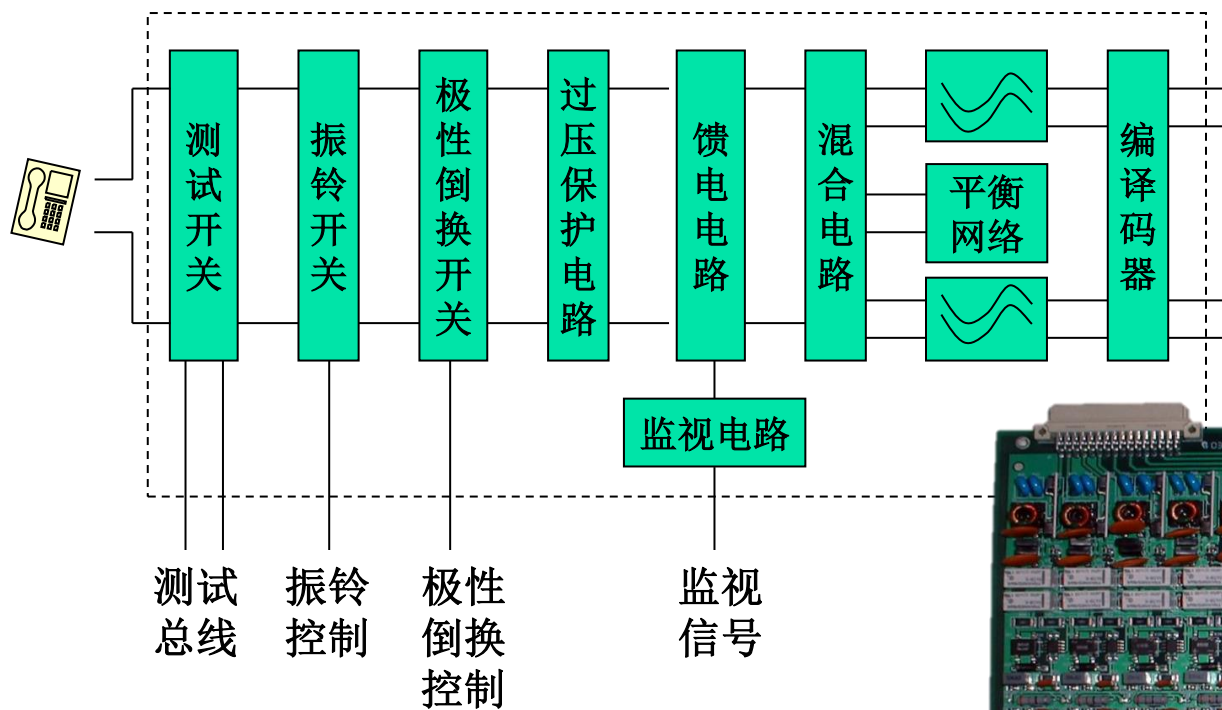
# 模拟用户电路功能 BORSCHT

## ■ 测试

- 提供测试开关（测试接入点）



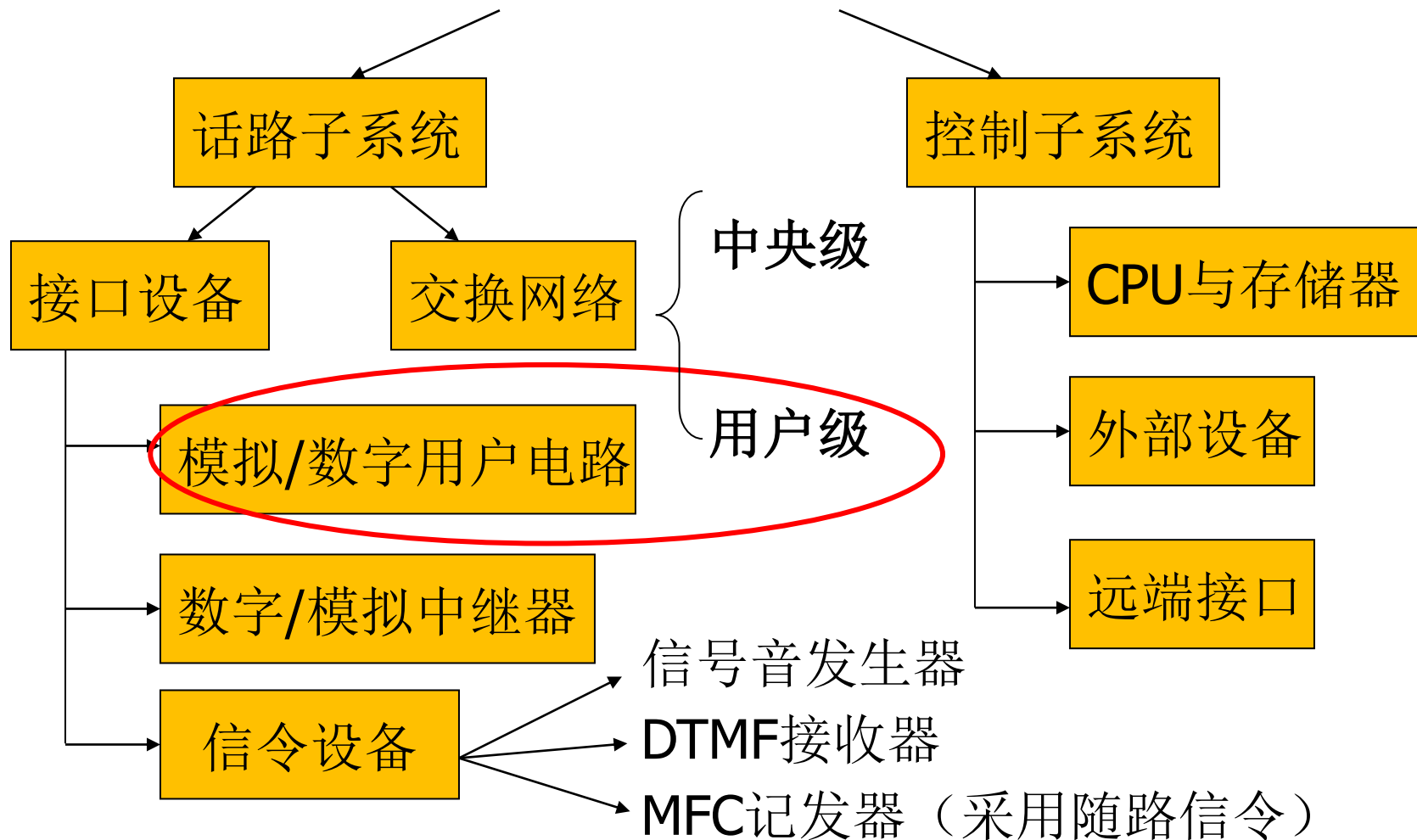
# 模拟用户电路板举例



用户电路板（含多个用户电路）

# 数字程控交换机的系统结构

## 数字程控电话交换系统





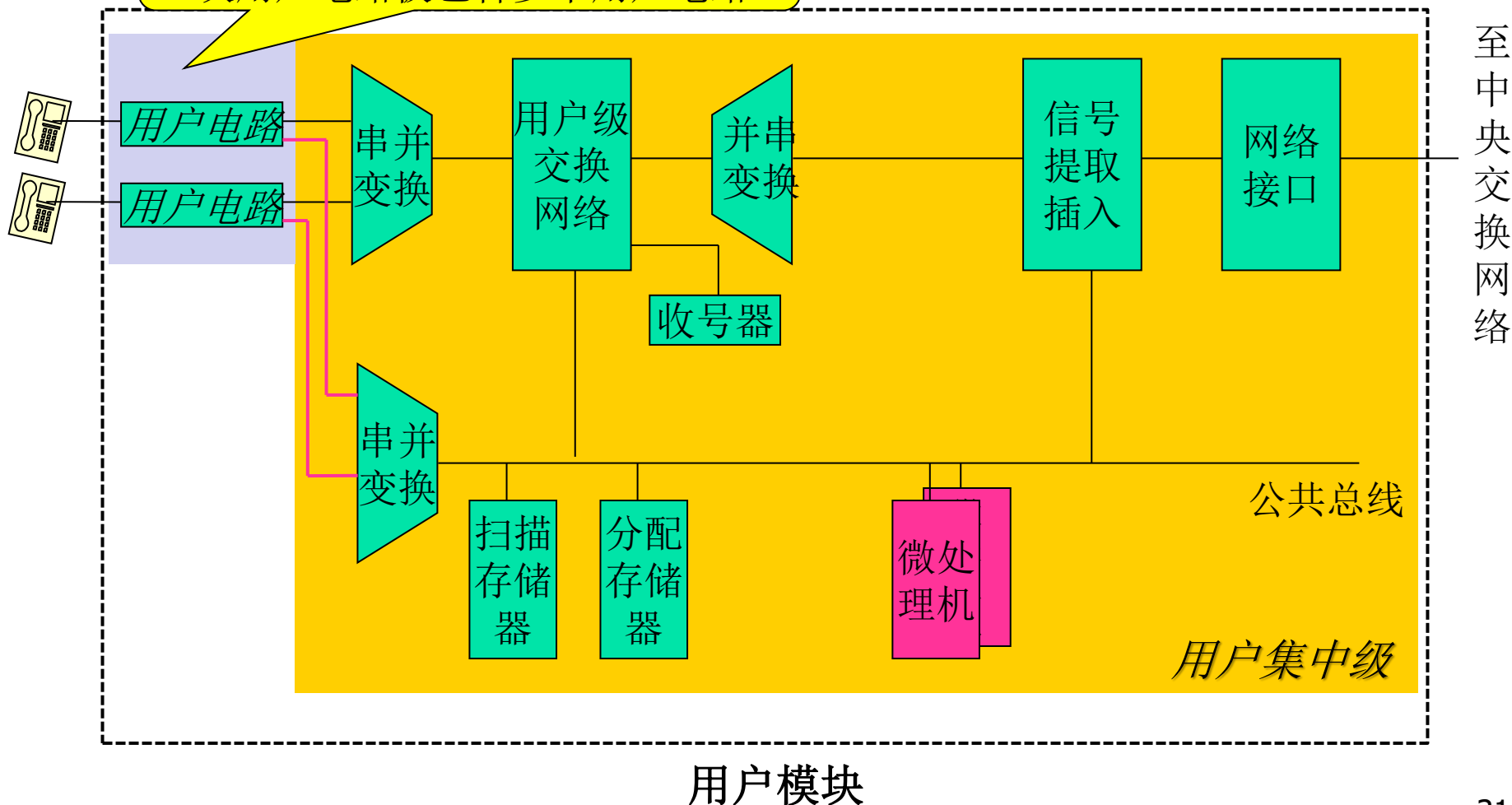
# 用户模块=用户电路+用户集中级

---

- 用户级交换网络
  - T接线器，集中话务，连接收号器
- 扫描存储器
  - 存储用户环路状态（摘机状态、挂机状态）的信息
- 分配存储器
  - 存储处理机送给用户电路的控制命令
- 微处理机
  - 控制用户级的交换，读写各个存储器
- 信号提取插入电路
  - 提取接收中央处理机发来的信息
  - 插入送给中央处理机的信息
- 用户电路

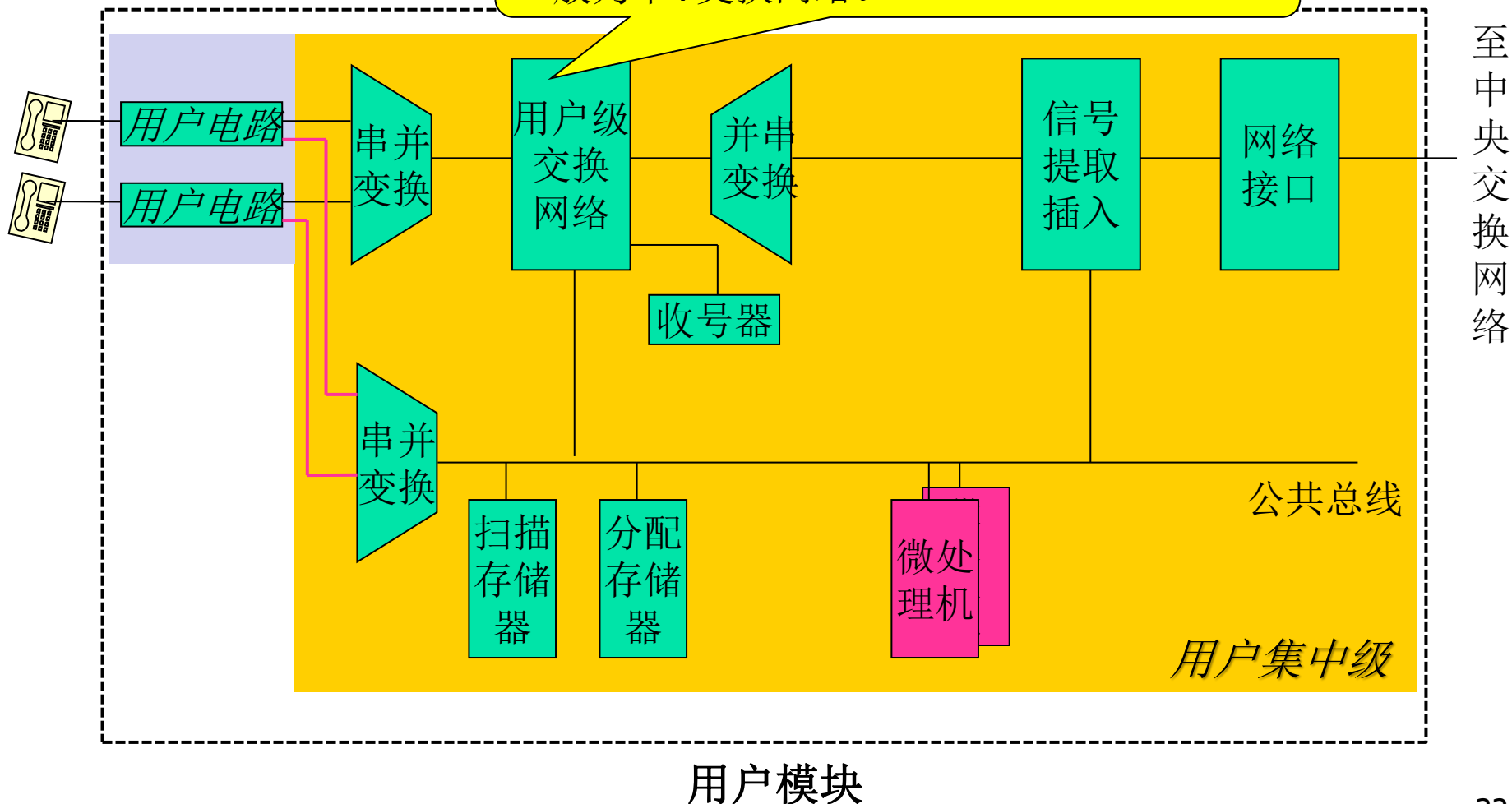
# 用户模块=用户电路+用户集中级

每个电话用户对应一个用户电路；  
一块用户电路板包含多个用户电路



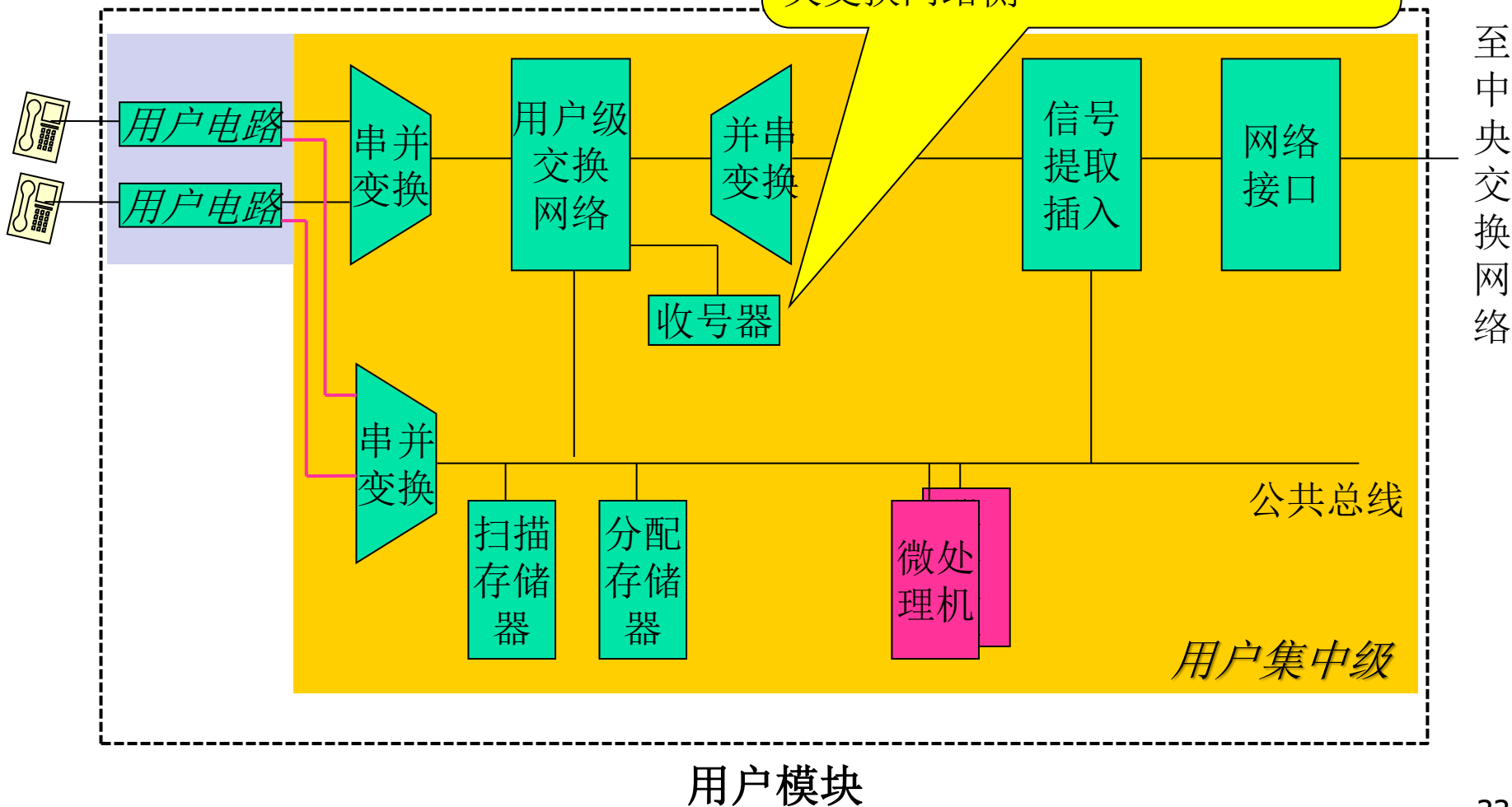
# 用户模块=用户电路+用户集中级

完成**话务集中**功能，集中比一般为2:1到8:1。  
一般为单T交换网络。



# 用户模块=用户电路+用户集中级

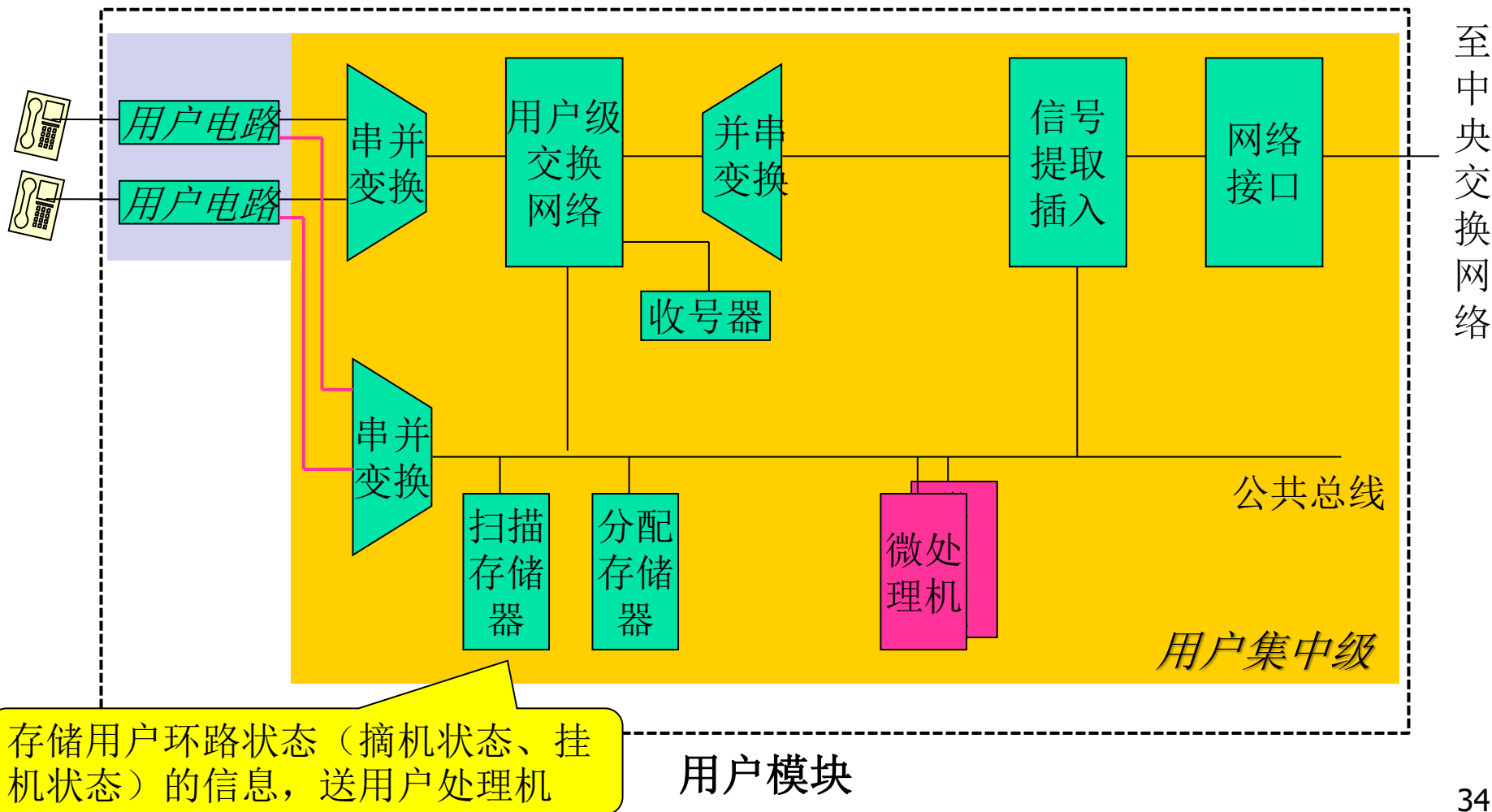
接收用户的DTMF号码，各种交换机设计不同，收号器也可能位于中央交换网络侧



至中央交换网络

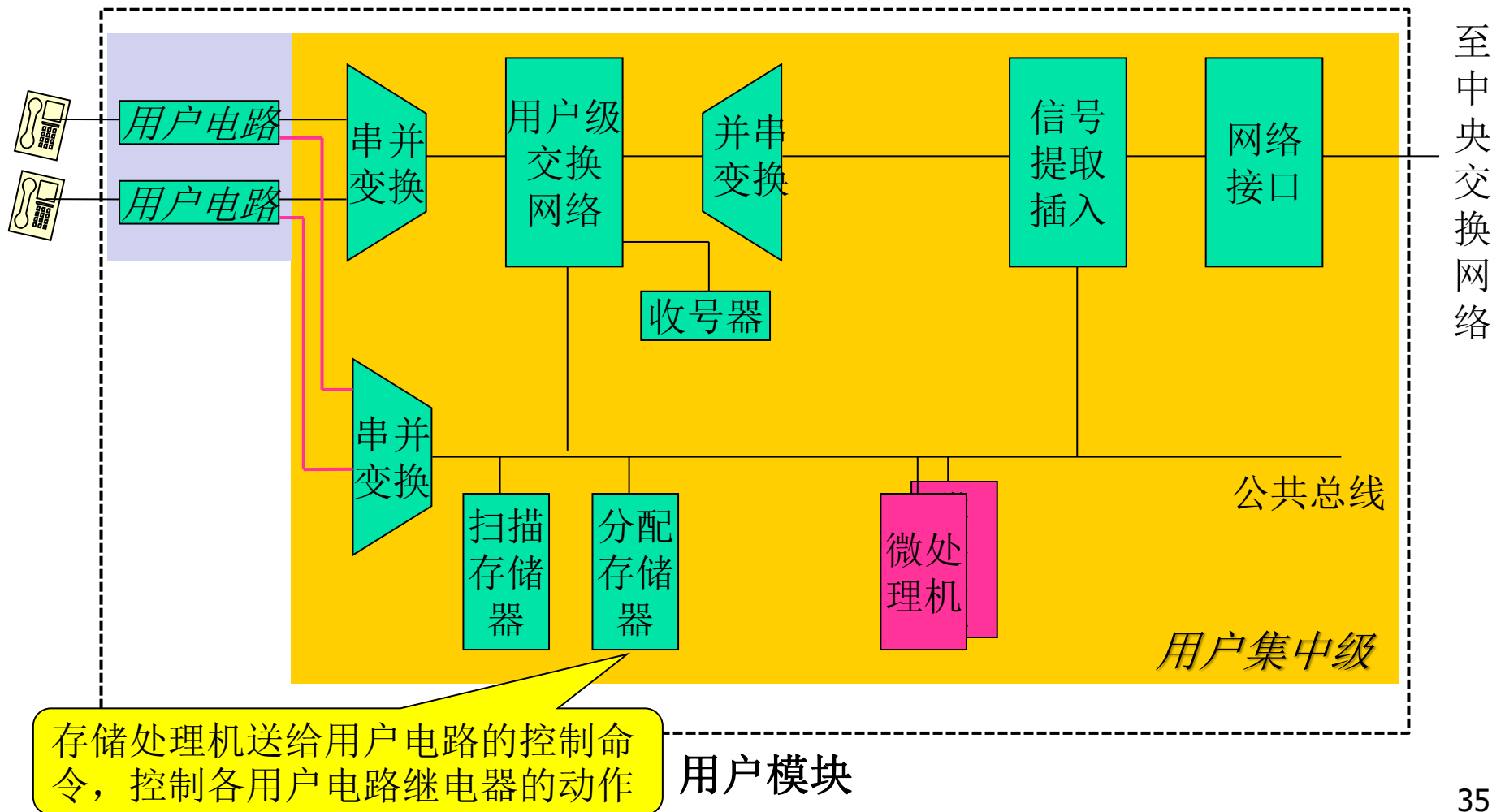


# 用户模块=用户电路+用户集中级



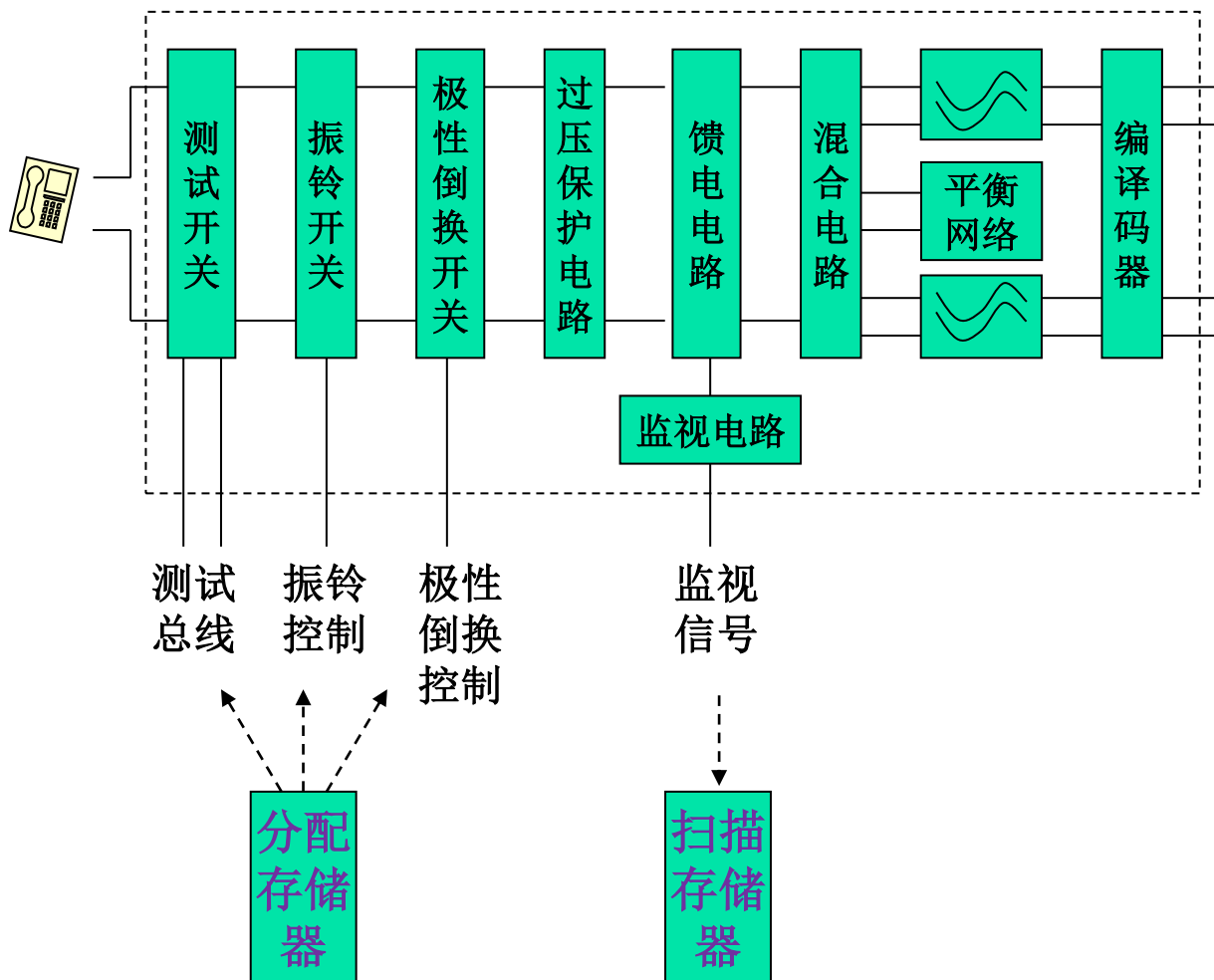
至中央交换网络

# 用户模块=用户电路+用户集中级

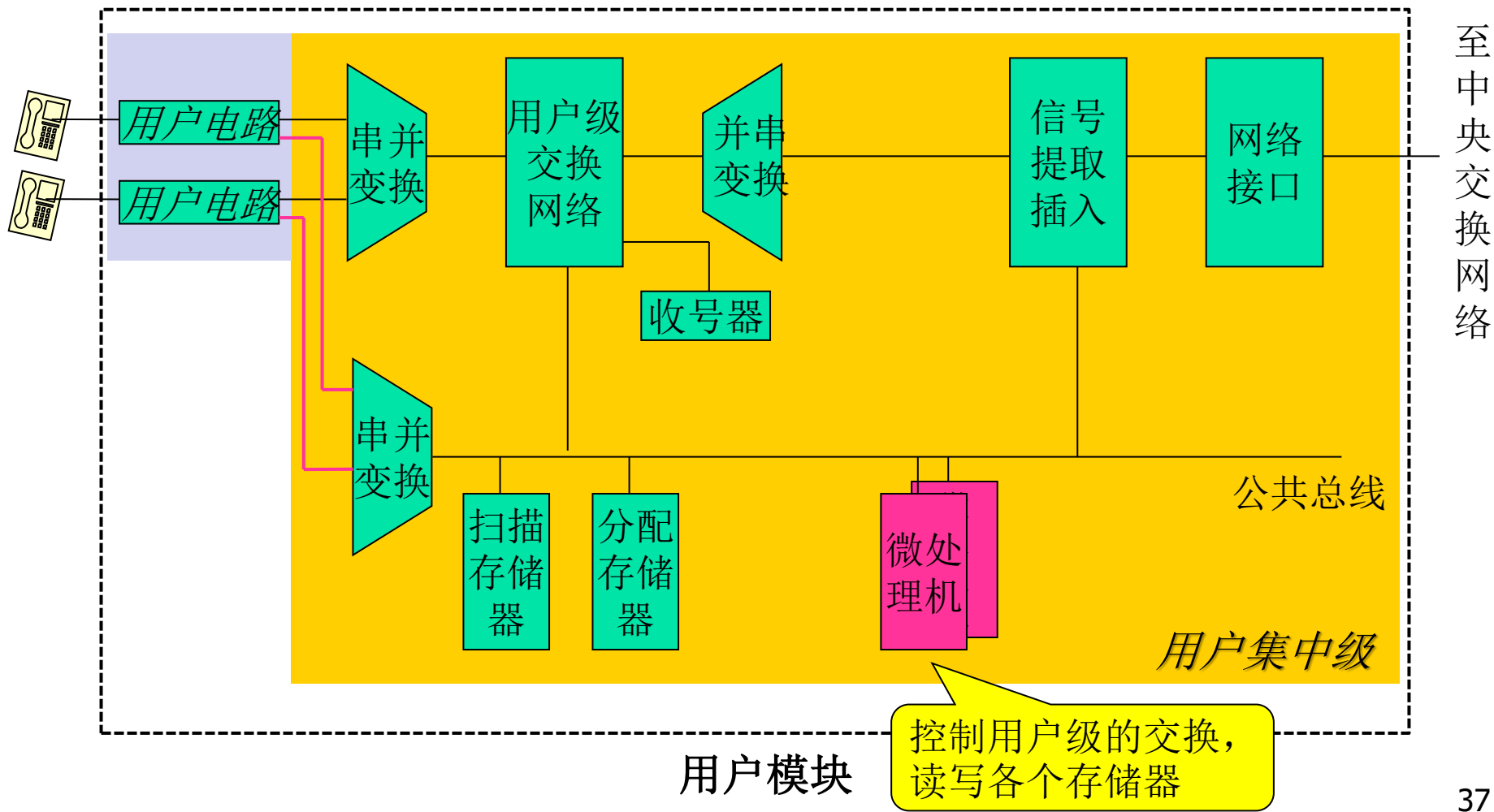


至中央交换网络

# 用户模块=用户电路+用户集中级



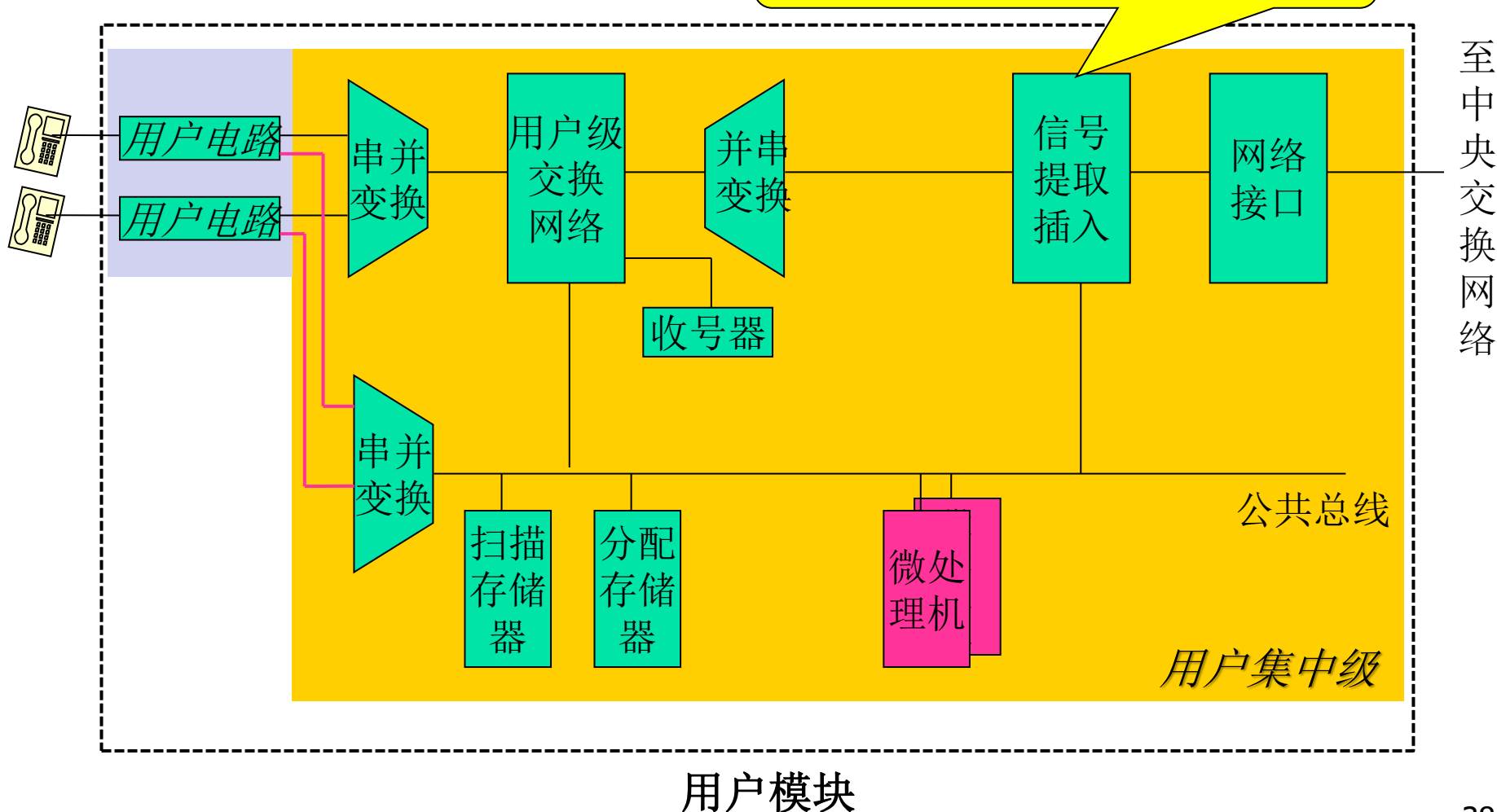
# 用户模块=用户电路+用户集中级



至中央交换网络

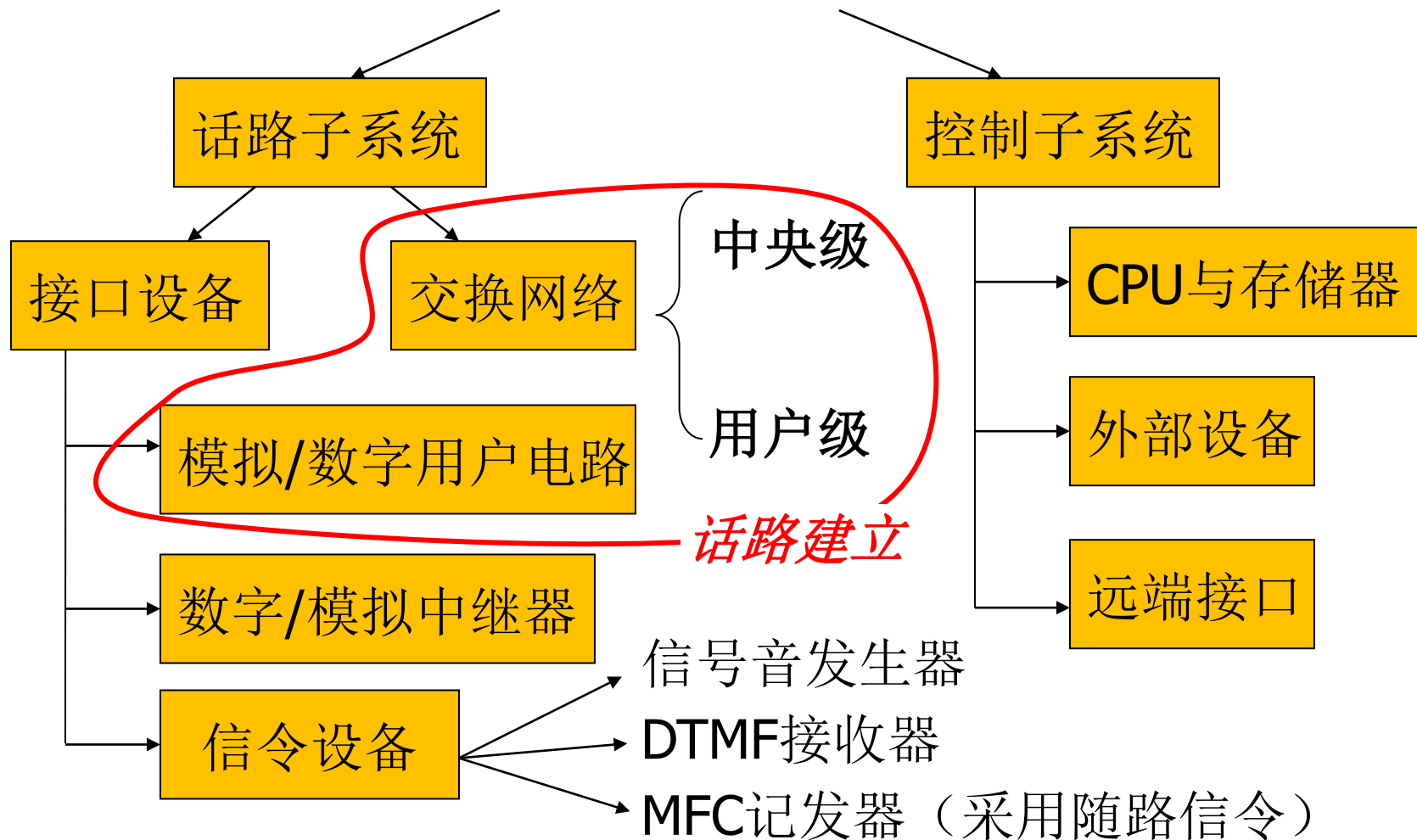
# 用户模块=用户电路+用户集中级

提取接收中央处理机发来的信息；  
插入送给中央处理机的信息



# 数字程控交换机的系统结构

## 数字程控电话交换系统



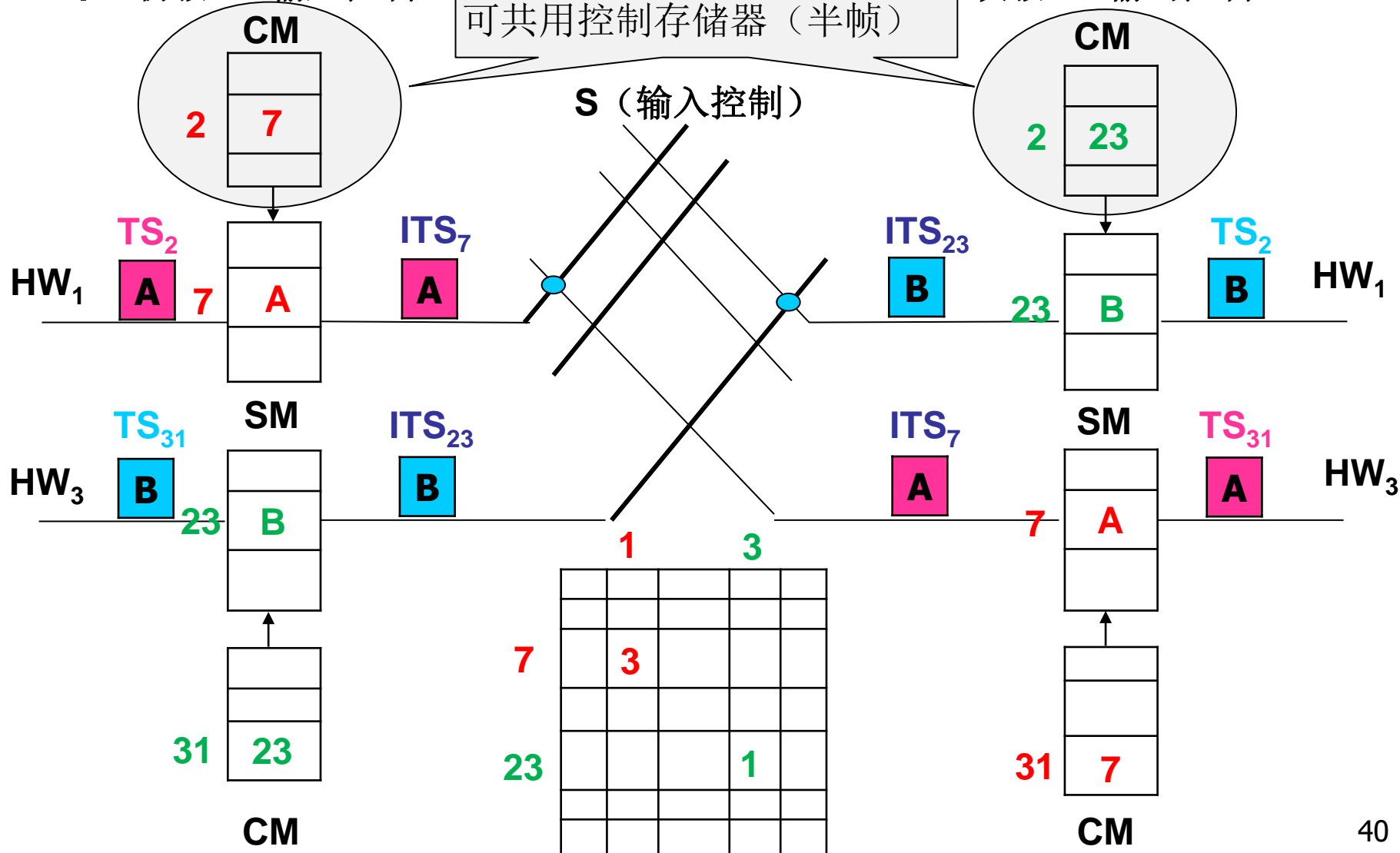
# 回顾：TST网络

$HW_1 TS_2 \rightarrow HW_3 TS_{31}$ :  $ITS_7$   
 $HW_3 TS_{31} \rightarrow HW_1 TS_2$ :  $ITS_{(7+32/2)}$

初级T（输入控制）

同一序号入线出线的T可共用控制存储器（半帧）

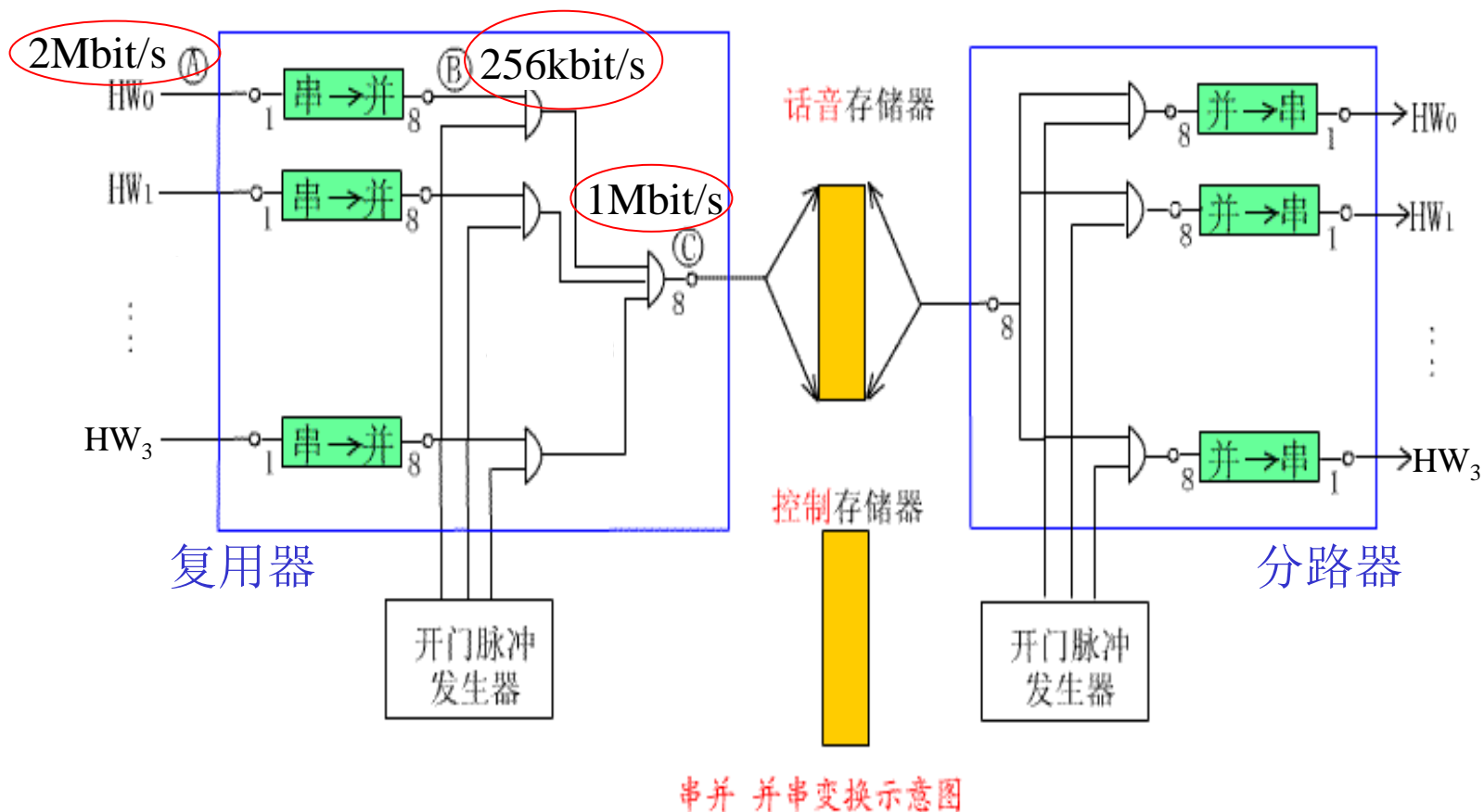
次级T（输出控制）



# 回顾：复用器/分路器

- 内部时隙ITS号与外部时隙TS号的换算

- $\text{HW}_i \text{ TS}_a \text{ 的ITS号 } x = \text{TS号 } a * \text{HW线总数 } m + \text{HW号 } i$

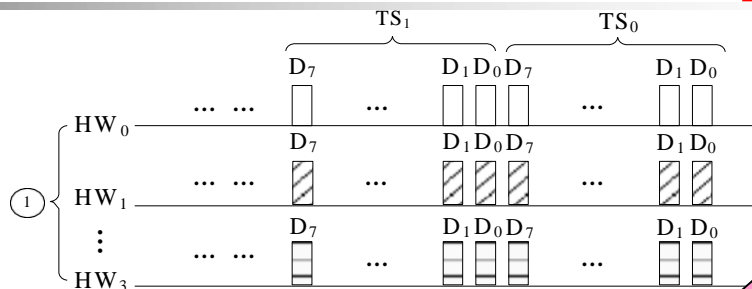
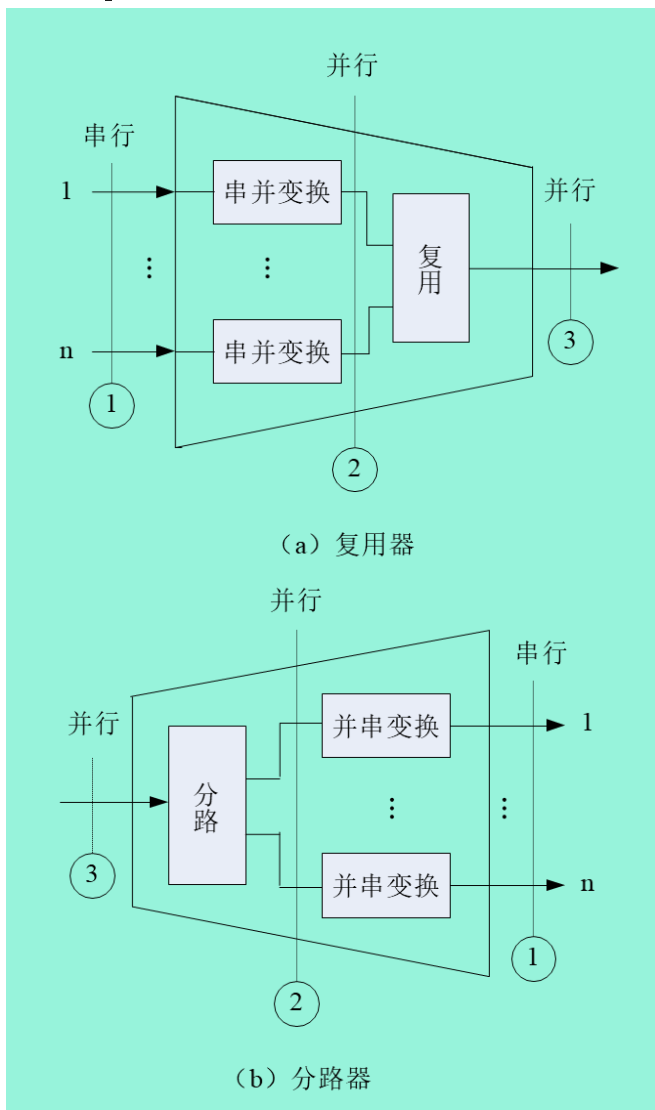




# 回顾：复用器/分路器

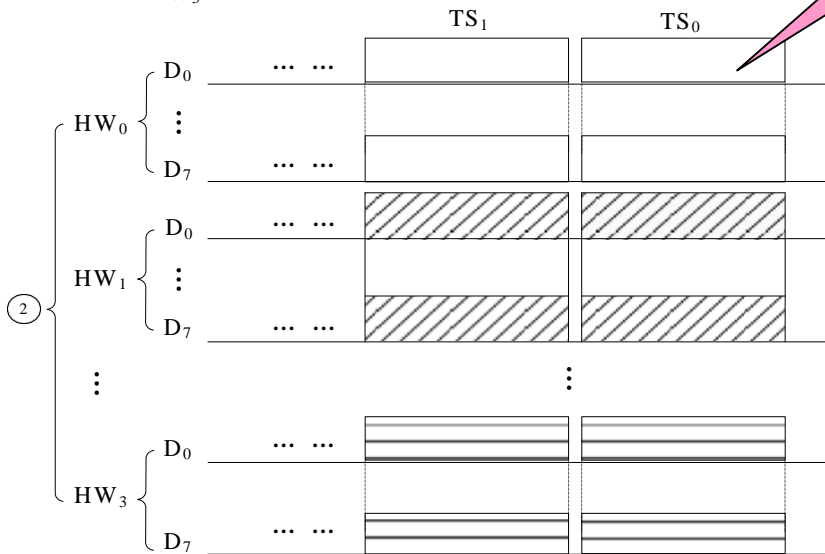
时隙  $3.9\mu s$   
比特  $488ns$

2048kbit/s



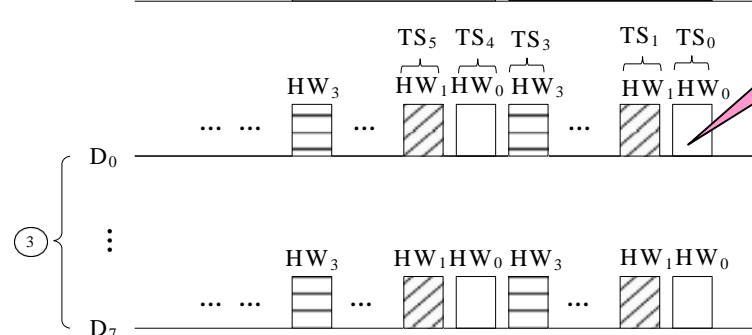
时隙  $3.9\mu s$   
比特  $3.9\mu s$

256kbit/s



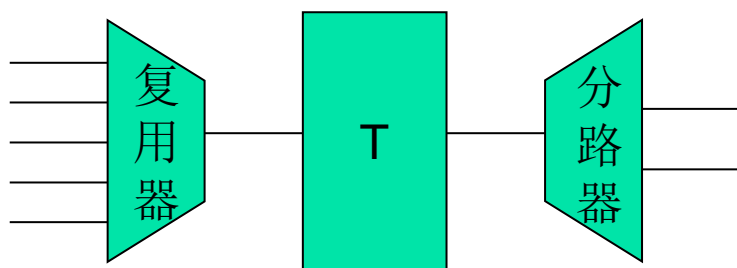
时隙  $975ns$   
比特  $975ns$

1024kbit/s

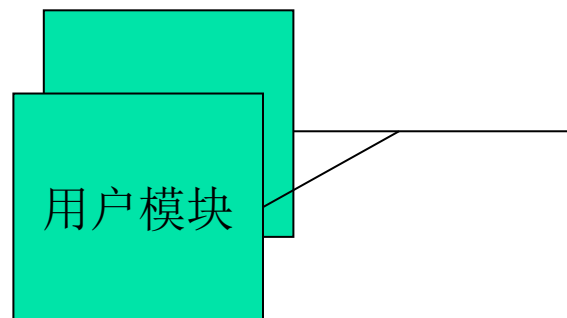


# 话务集中的两种方式

- 用户的话务量很低，若将每个用户电路直接连接到中央交换网络，导致网络成本高、利用率低
- **话务集中**可将一群用户线经集中器后，利用较少的PCM连接到中央交换网络



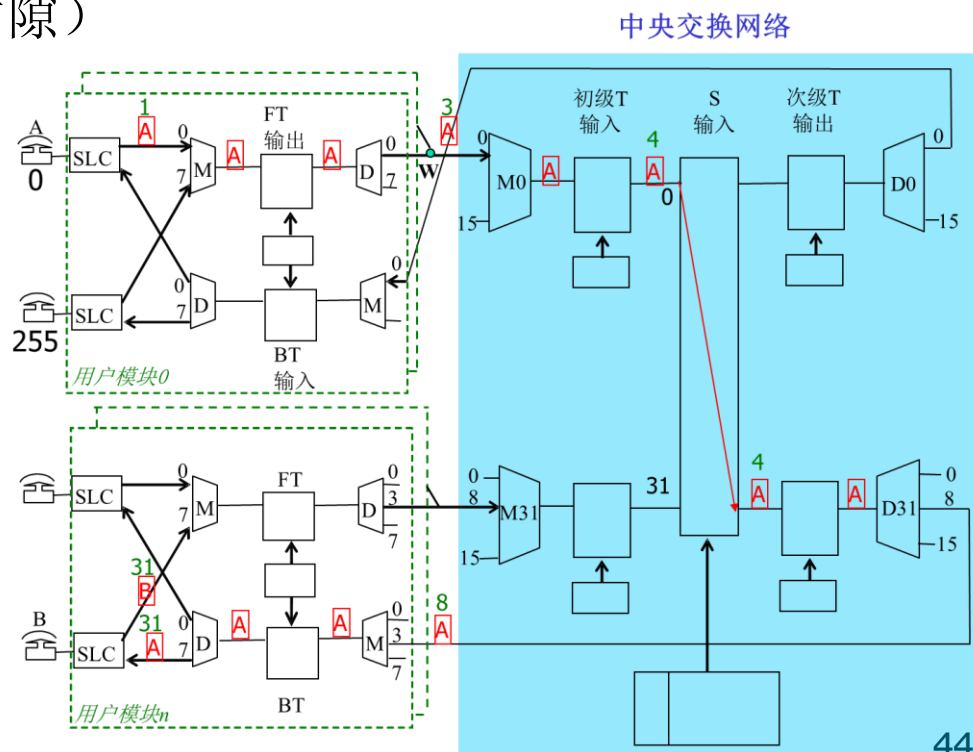
用户集线器方式



复接方式

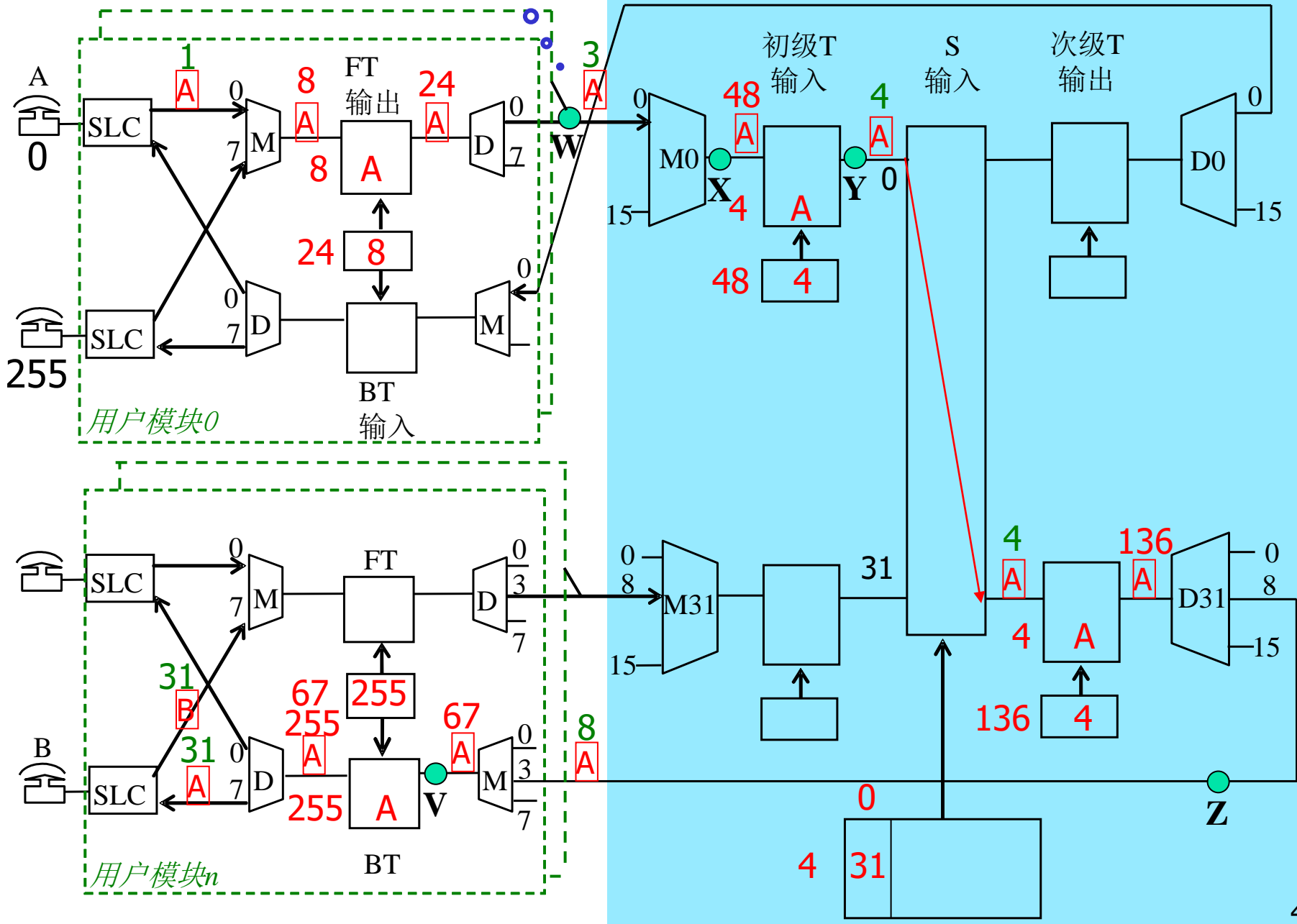
# 话路建立（示例1）

- 每个用户模块连接256个用户，内部提供8条HW，32TS/HW（即256\*256）的交换。所有模块（包括用户模块/中继模块/信号音源）连接到TST的中央交换网络，支持16K\*16K的交换（每个T支持512\*512交换）。每两个用户模块采用复接方式接入TST（W为复接点），实现话务集中。用户A接至模块0的HW0TS1，用户B接至模块n的HW7TS31（双向都使用该时隙）
- 系统为用户A选择模块0到中央交换网络的空闲时隙HW0TS3（双向），模块0的HW0固定连接到M0/D0的HW0；为用户B选择模块n到中央交换网络的空闲时隙HW3TS8（双向），模块n的HW3固定连接到M31/D31的HW8
- A→B连接使用TST内部时隙ITS4；B→A连接使用反相法

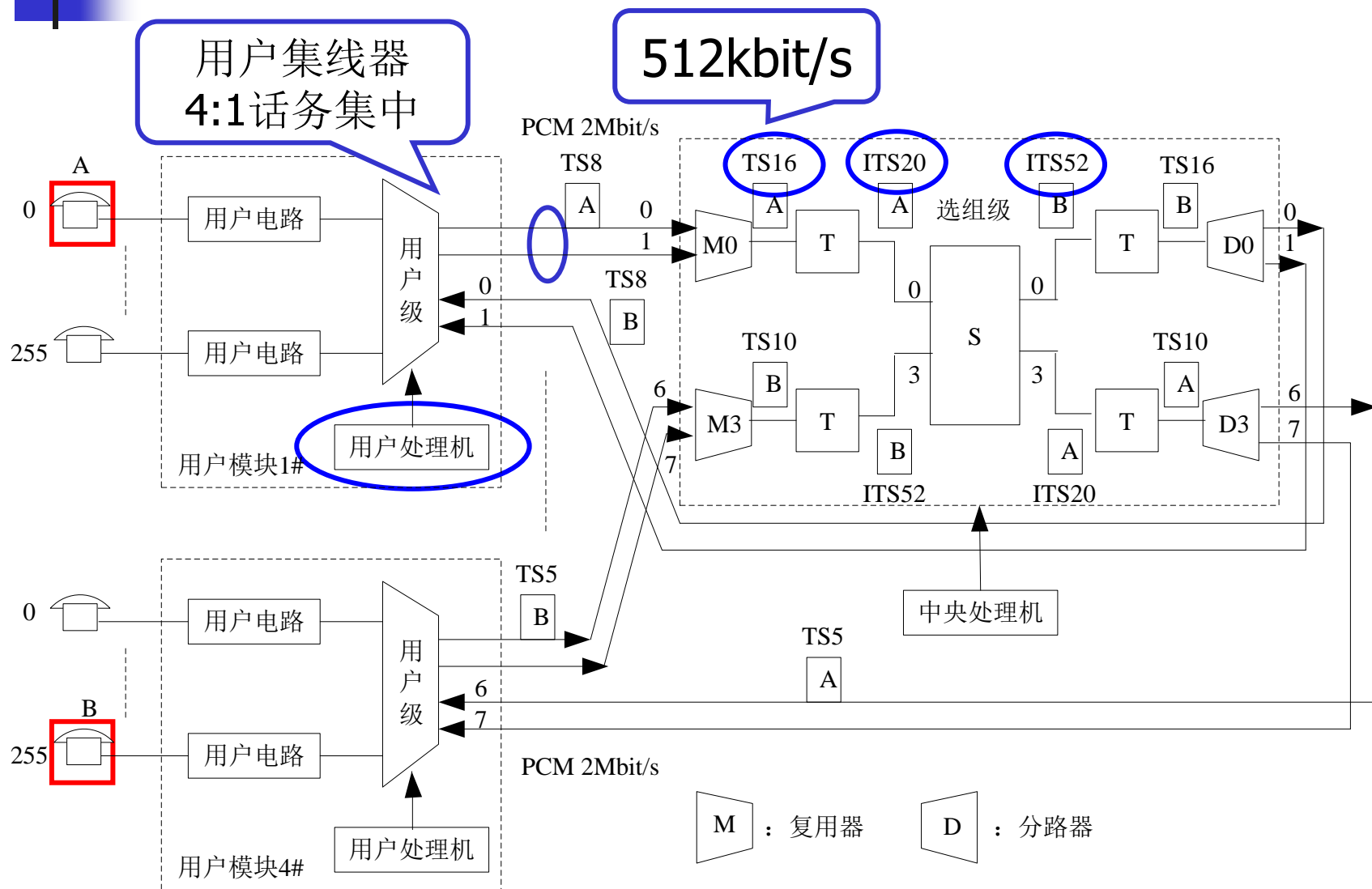


# 复接，2:1话务集中

## 中央交换网络



# 话路建立（示例2，自学）

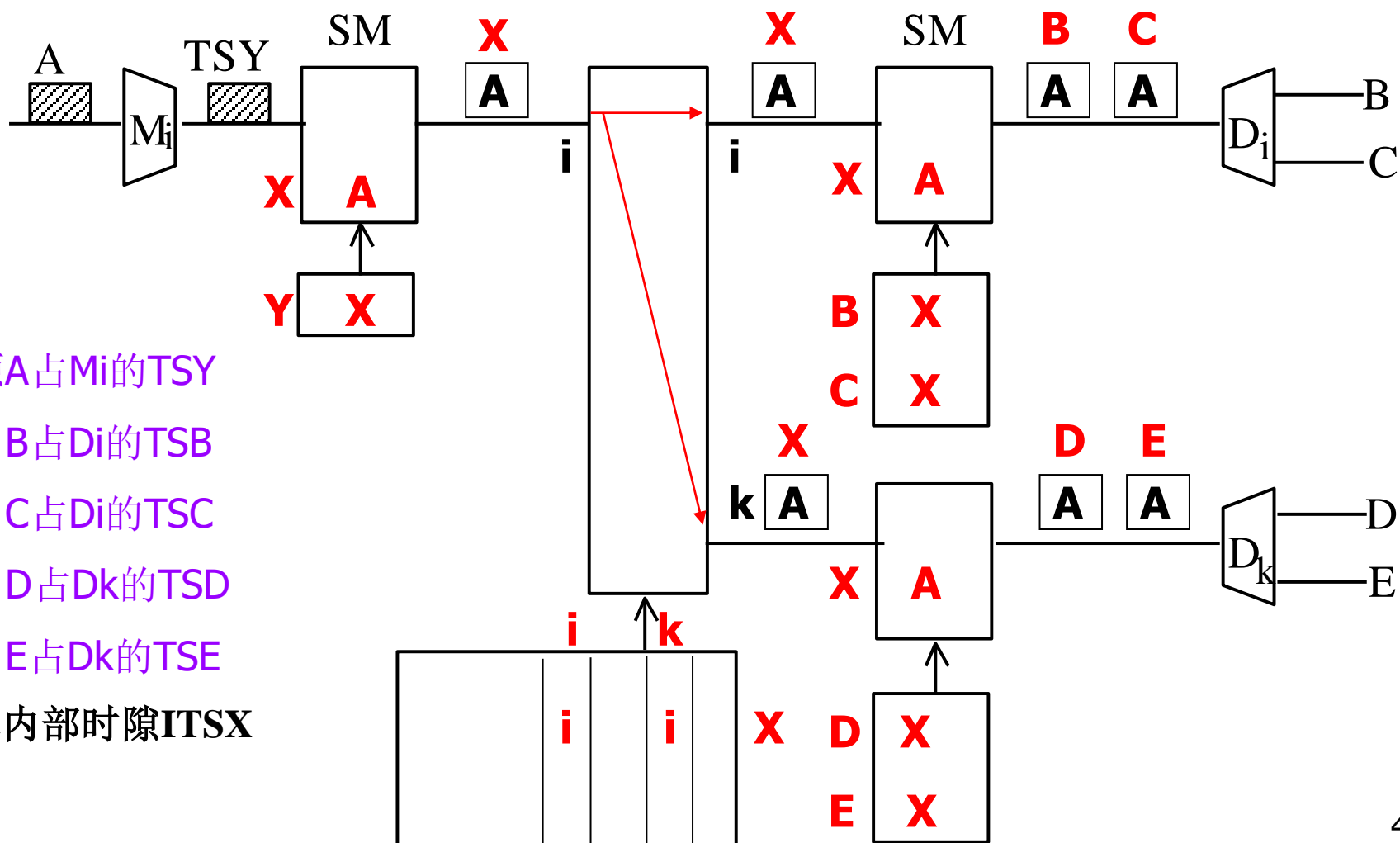


# 点到多点（广播）的实现

初级 T(输入控制)

S(输出控制)

次级 T(输出控制)



音源A占Mi的TSY

用户B占Di的TSB

用户C占Di的TSC

用户D占Dk的TSD

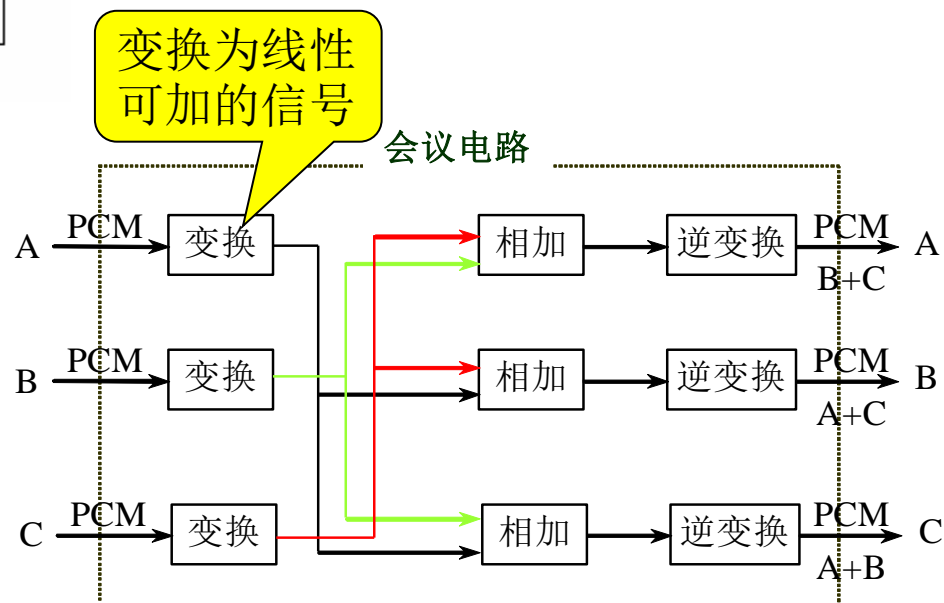
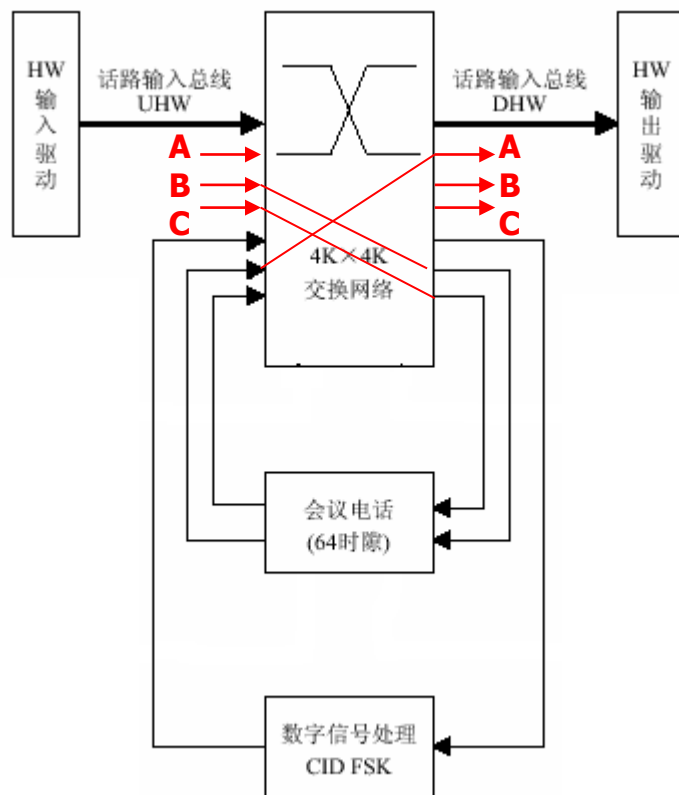
用户E占Dk的TSE

选择内部时隙ITSX

# 多点到点（会议电话）的实现

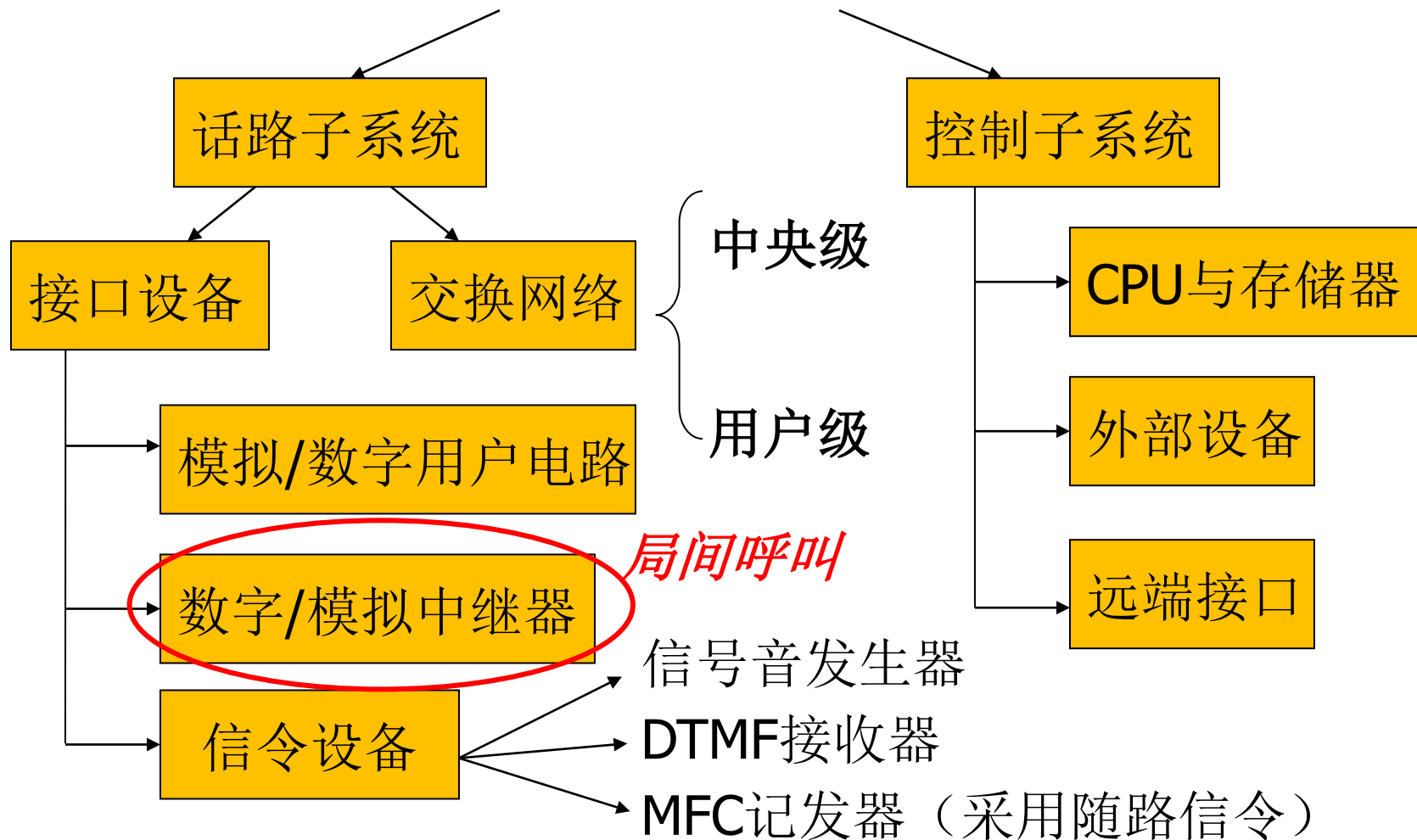
出线冲突？

A如何得到B和C的语音信号？



# 数字程控交换机的系统结构

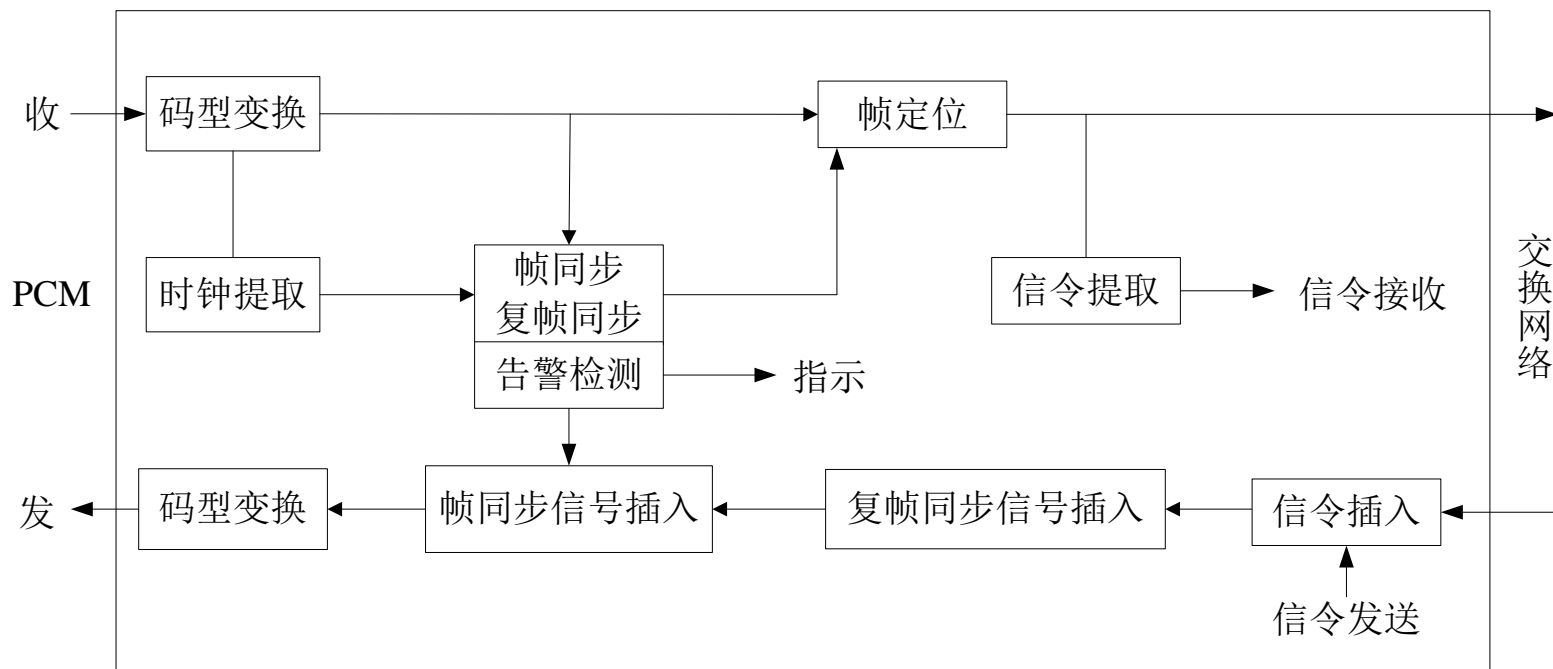
## 数字程控电话交换系统





# 数字中继电路

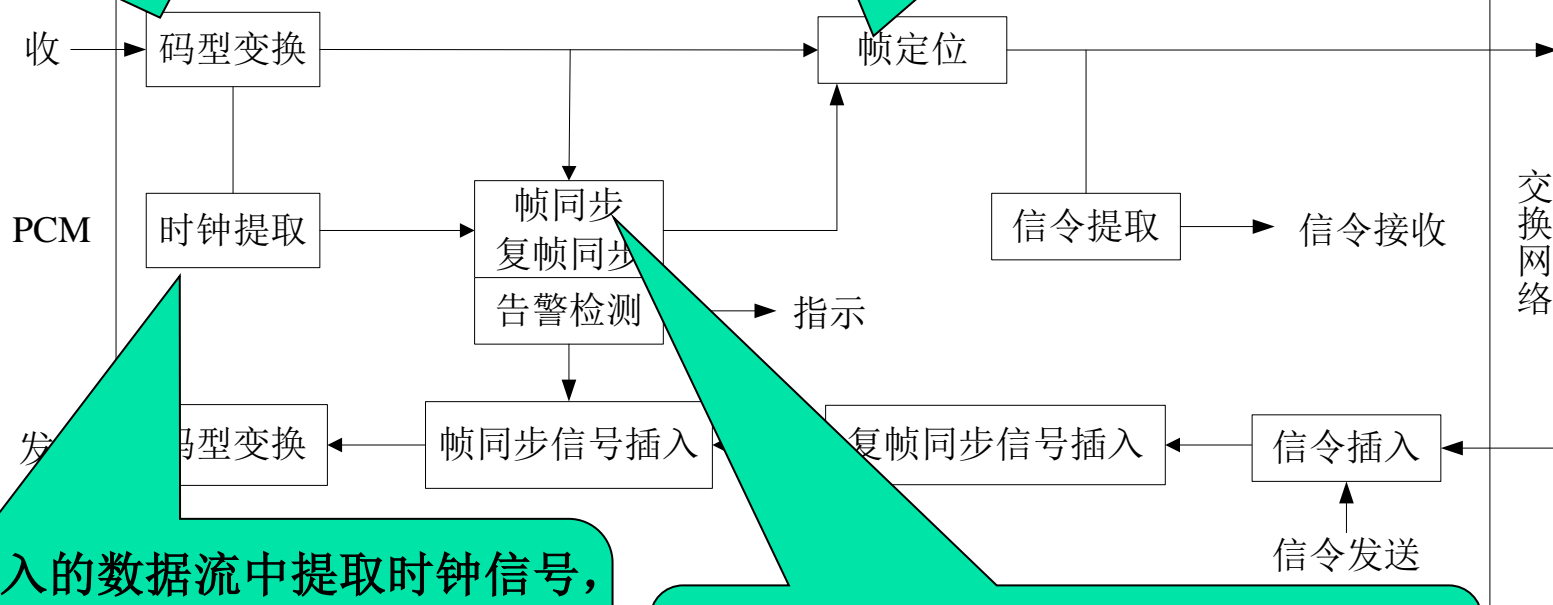
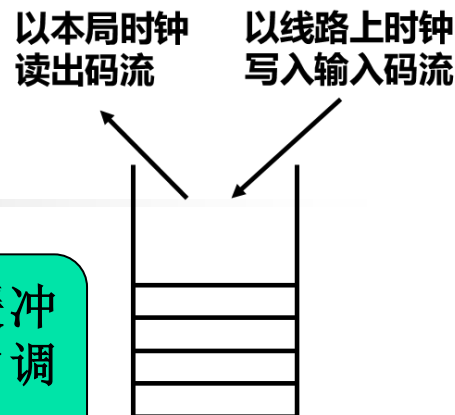
- 数字中继器：是连接数字局间中继线的接口电路，用于与数字交换局或远端模块的连接
  - E1系统（中、欧）：**32TS 2.048Mbit/s**
  - T1系统（美、加、日）：**24TS 1.544Mbit/s**
  - 2次群、3次群



# 数字中继电路基本功能框图

交换机内部：单极性不归零码（NRZ）  
PCM线：高密度双极性码（HDB<sub>3</sub>）

通过写入、读出弹性缓冲器，把输入数据的时钟调整到本局系统时钟上来

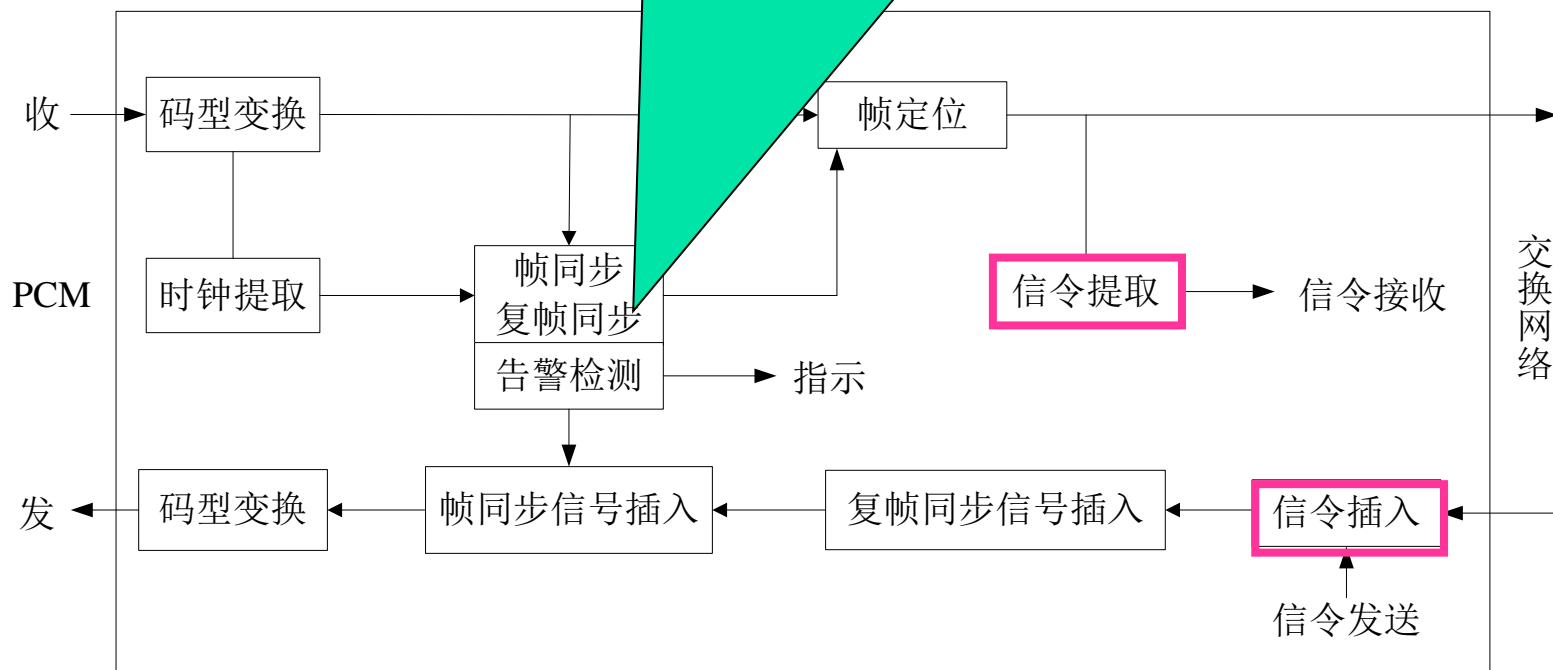


从输入的数据流中提取时钟信号，作为输入数据流的基准时钟（节拍）；该时钟信号还用来作为本端系统时钟的外部参考时钟源

从接收的数据流中搜索并识别到同步码，以确定一帧的开始，以便接收端的帧结构排列和发送端的完全一致

# 数字中继电路基本功能框图

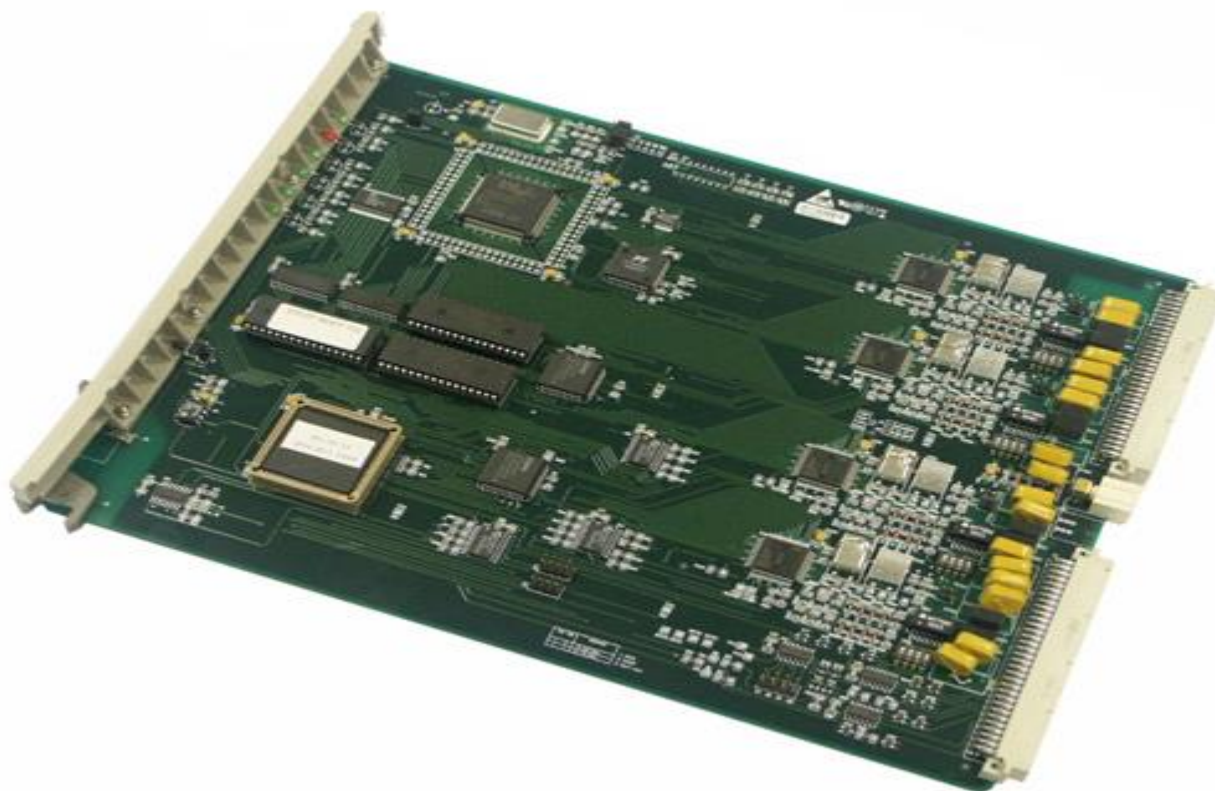
如果数字中继线上使用的是随路信号（中国1号信令），则除了帧同步外，还要有复帧同步。复帧同步是为了保证各路线路信令不错路。



# 帧同步码和复帧同步码

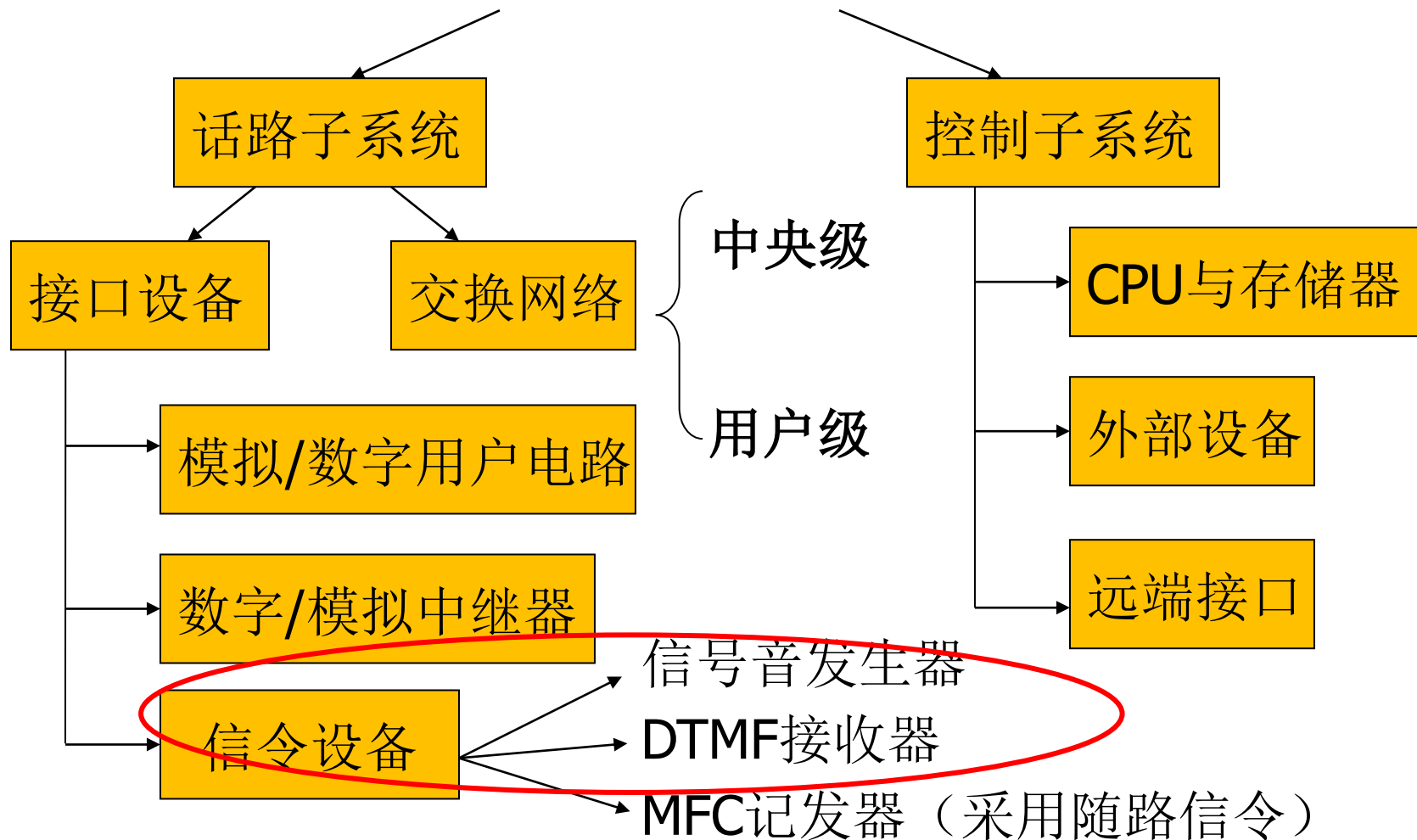


# 数字中继电路板举例



# 数字程控交换机的系统结构

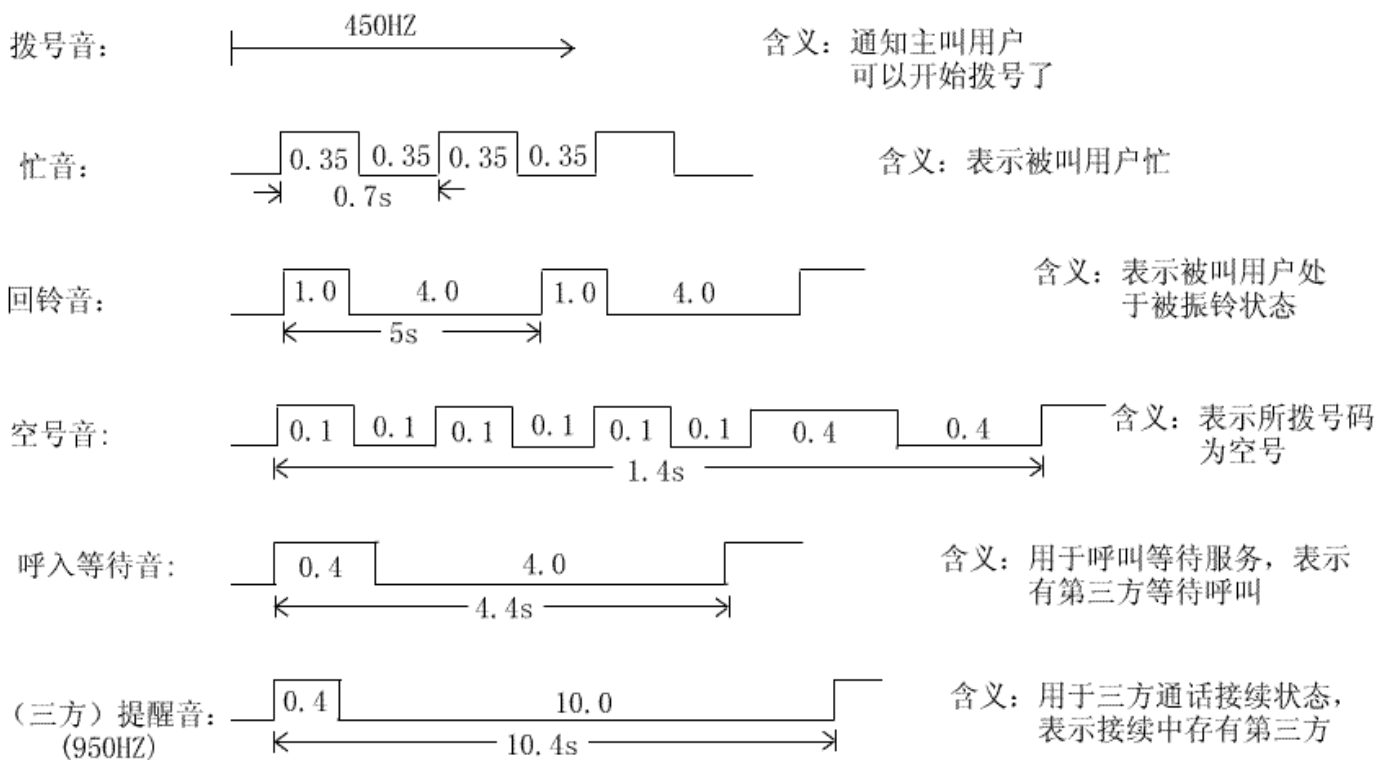
## 数字程控电话交换系统



# 数字音频信号(产生、发送、接收)

## ■ 交换机到用户

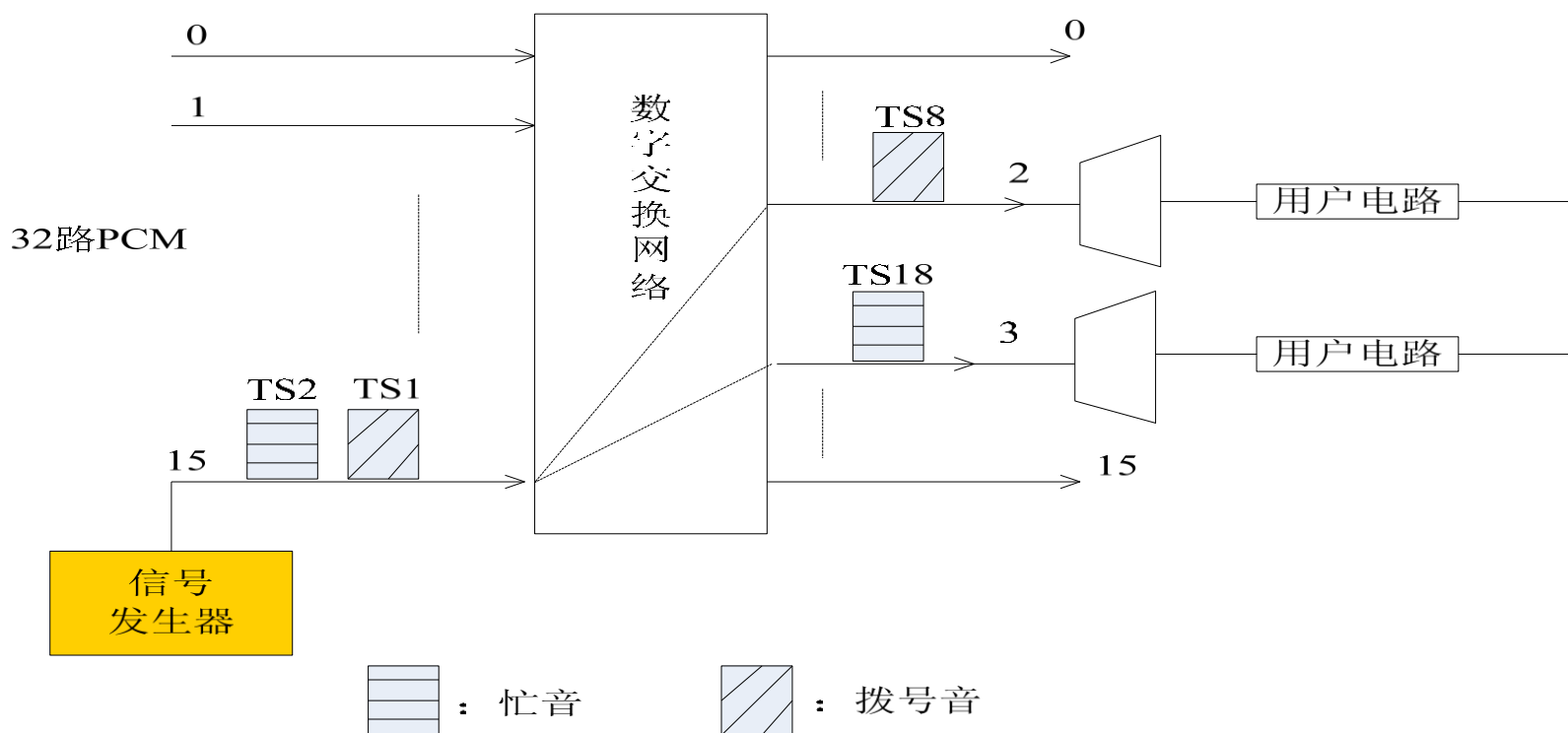
- 各种信号音（单频，信号源450Hz或950Hz的正弦波）



# 数字音频信号(产生、发送、接收)

## ■ 交换机到用户

- 各种信号音（单频，信号源450Hz或950Hz的正弦波）

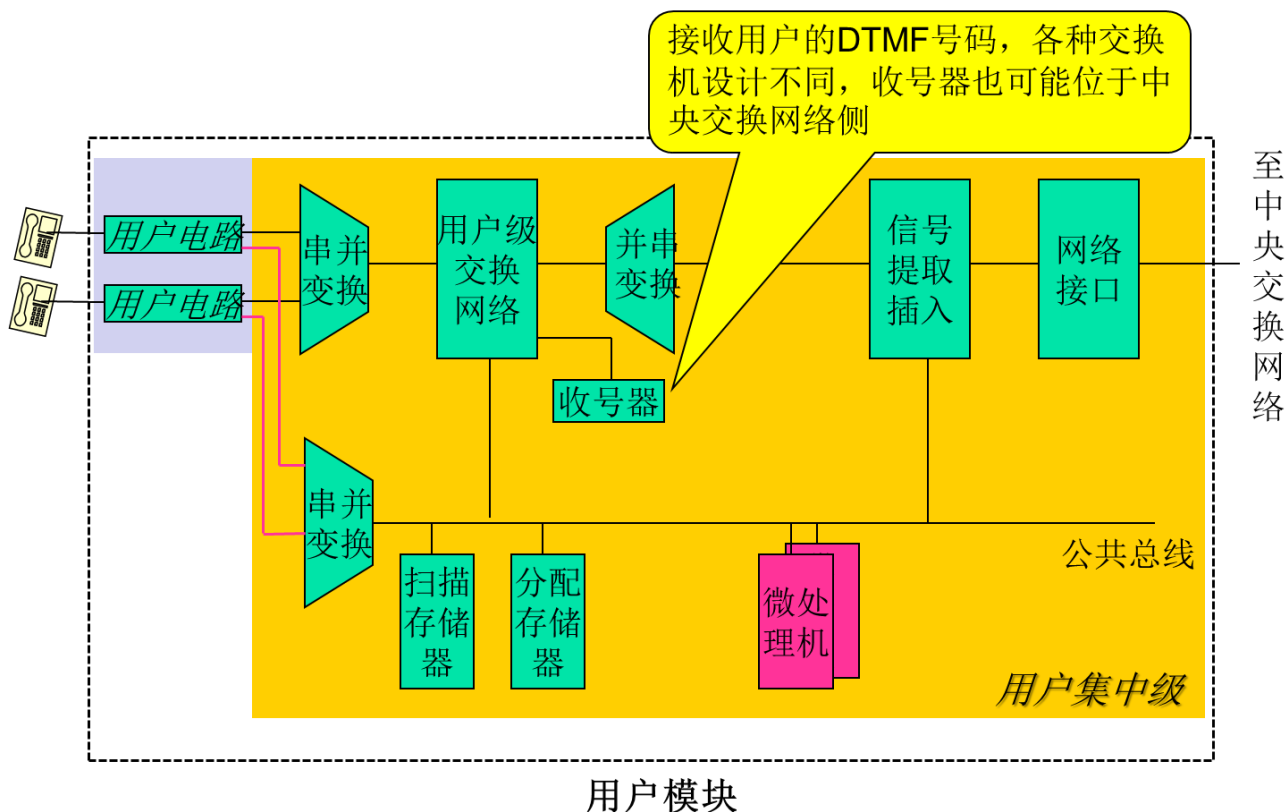




# 数字音频信号(产生、发送、接收)

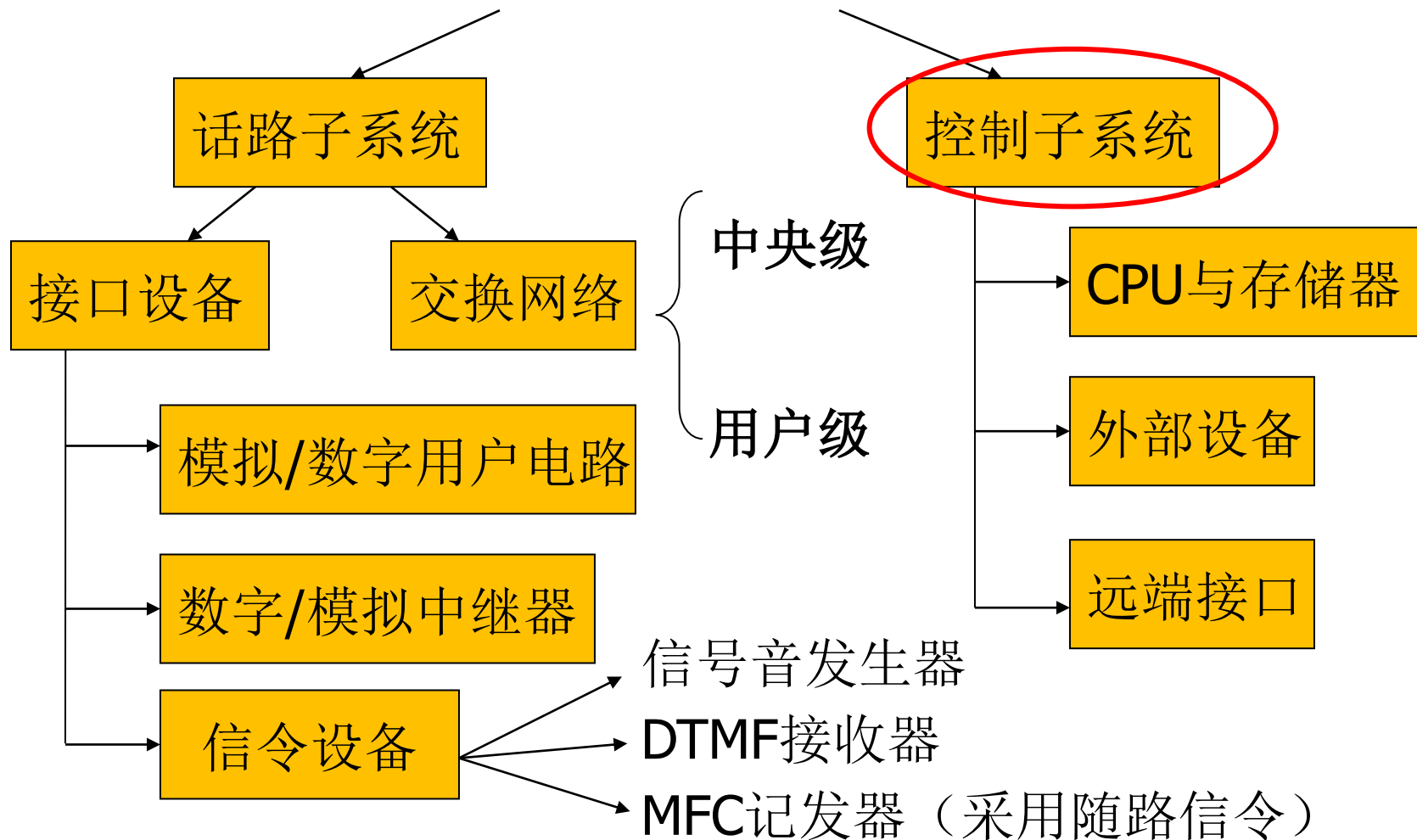
## ■ 用户到交换机

- 拨号信息（直流脉冲、DTMF）
- 直流脉冲采用软件收号，DTMF采用DTMF收号器接收



# 数字程控交换机的系统结构

## 数字程控电话交换系统



# (1) 程控交换机控制系统的基本要求

- 呼叫处理能力
- 可靠性高
- 适应性

在满足服务质量的前提下，  
并发的处理多个用户的呼叫

程控交换机系统中断的指标是20年  
内系统中断时间不得超过1小时

能适应技术的发展

# 呼叫处理能力BHCA

- 呼叫处理能力：最大忙时试呼次数（BHCA）
  - 定义：在保证规定的服务质量标准的前提下，控制部件（处理机系统）在单位时间（取1小时）内能够处理的最大试呼次数
- BHCA的计算模型  $t = a + bN$ 
  - $t$ （系统开销）：处理机时间资源的占用率
    - 统计时间内处理机运行系统软件和应用软件的时间与统计时长之比
  - $a$ （固有开销）：与呼叫次数（话务量）无关的系统开销
    - 如操作系统的任务调度程序和周期执行的各种扫描程序所占CPU的时间与统计时长之比
  - $bN$ （非固有开销）：与呼叫处理次数有关的系统开销
    - 如执行处理呼叫的程序所占CPU的时间与统计时长之比
    - $b$ ：处理一次呼叫的非固有开销（平均值）
    - $N$ ：单位时间内所处理的呼叫总次数，即BHCA



## 呼叫处理能力BHCA（例）

---

某处理机忙时用于呼叫处理的时间开销平均为 **$t=0.85$** ，固有开销 **$a=0.29$** ，处理一个呼叫平均需时 **$32\text{ms}$** ，求其**BHCA**为多少？

解答：

$$b = 32 \times 10^{-3} / 3600$$

$$0.85 = 0.29 + (32 \times 10^{-3} / 3600) * N$$

$$N = 63000 \text{ 次/小时}$$

# 过负荷状态

- 交换设备的处理能力—BHCA

超过？

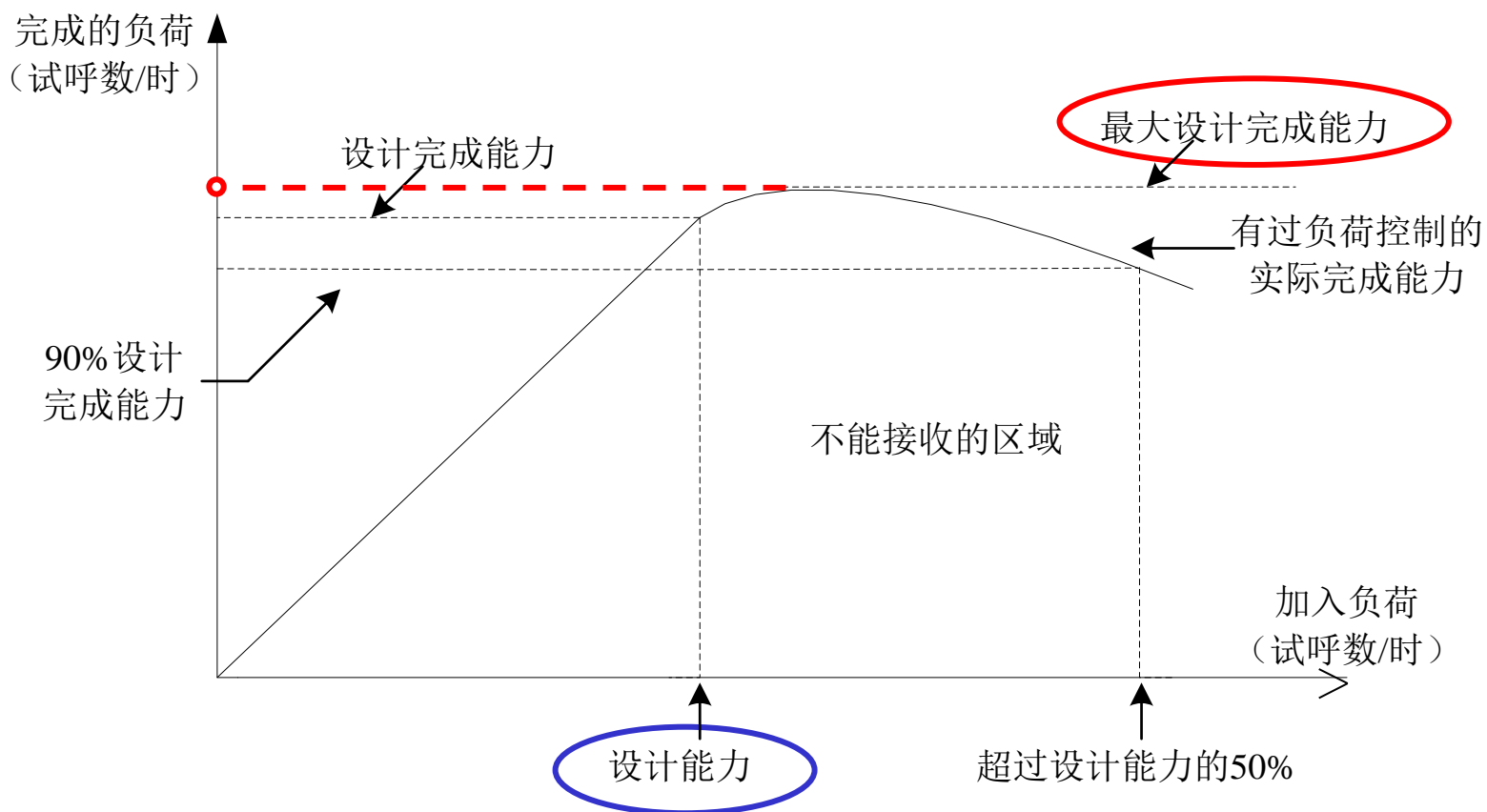
- 过负荷状态

- 如果在一个有效的时间间隔周期内（不包含峰值瞬间），出现在交换设备上的试呼次数，即话务负荷超过了交换机控制系统的设计处理能力时，则称该交换设备运行在过负荷状态
- 加入到交换设备上的总负荷中，超过它的设计负荷能力部分称为过负荷部分，一般用负荷的百分数来表示。如加入到交换设备上试呼总次数超过它的设计负荷能力的10%时，此时称10%过负荷

- 过负荷控制

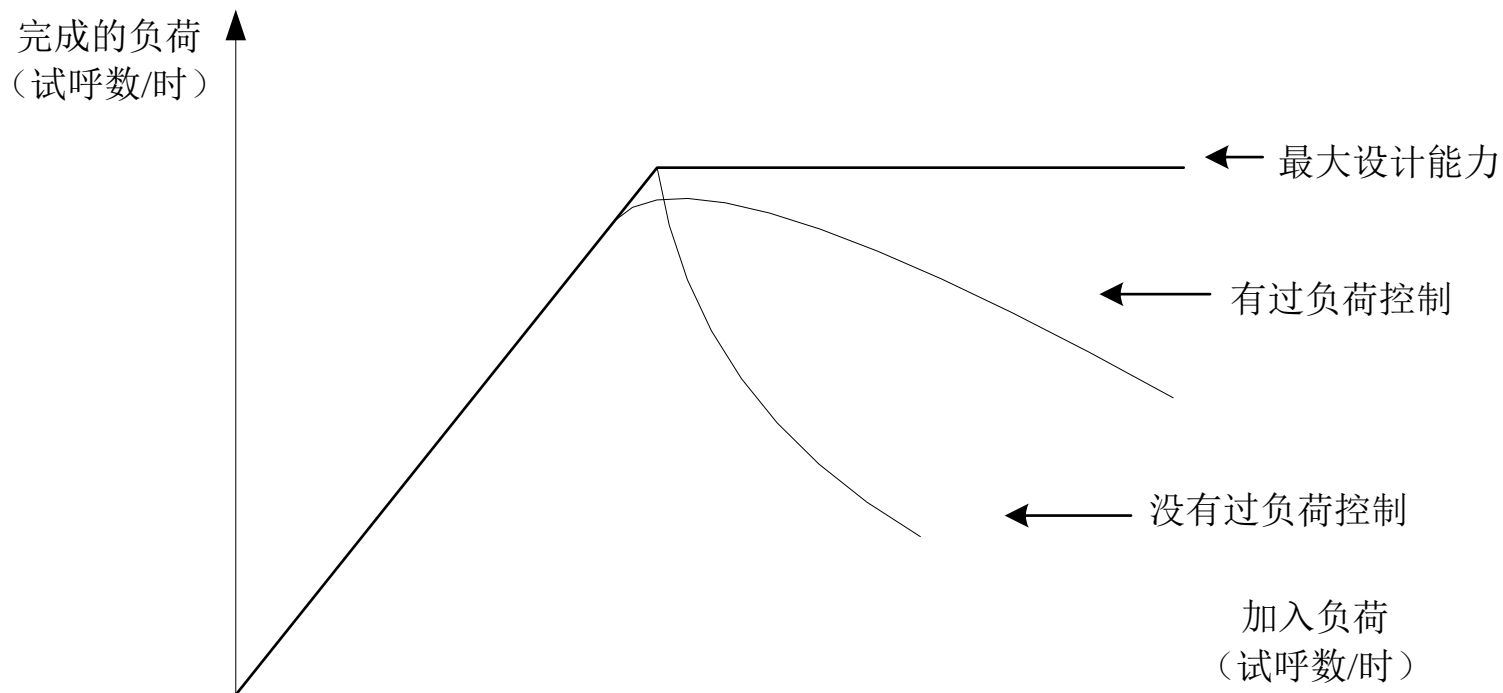
- 对交换机过负荷控制的要求是：当出现在交换设备上的试呼次数超过它的设计负荷能力的50%时，允许交换设备呼叫处理能力下降至设计负荷能力的90%

# 过负荷控制



# 过负荷控制

## ■ 有过负荷控制与无过负荷控制比较







# 高可靠性

---

- 按照国内电话交换设备技术规范要求，程控交换机系统中断的指标是**20年内系统中断时间不得超过1小时**。系统中断是指由于硬件、软件、操作系统故障，以及局数据、程序差错而使系统不能处理任何呼叫且时间大于**30s**。
- **硬件、软件，设计方式、算法， ...有关！！**



## (2) 控制系统的构成方式

---

体现在**功能、资源和处理机**的关系上

- 集中控制
  - **任一**处理机可以到达**所有**功能和资源
- 分散控制
  - **每一**处理机分别到达**部分**功能和资源



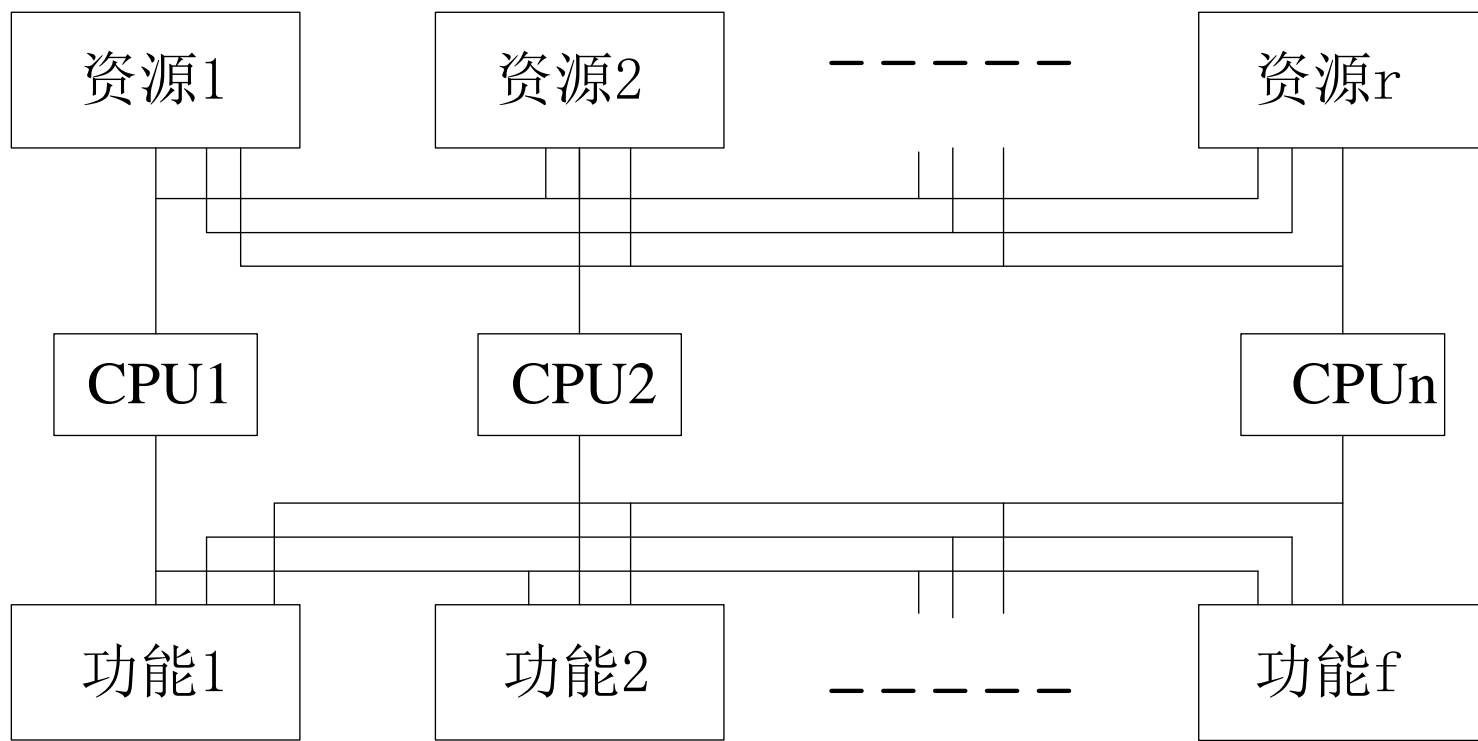
# 集中控制

---

- 集中控制是指处理机可以对交换系统内的所有功能及资源实施统一控制。该控制系统可以由多个处理机构成，每一个处理机均可控制整个系统的正常运作
- 集中控制方式具有以下特点：
  - 处理机直接控制所有功能的完成和资源的使用，控制关系简单，处理机间通信接口简单
  - 每台处理机上运行的应用软件包含了对交换机所有功能的处理，因而单个处理机上的应用软件复杂、庞大
  - 处理机集中完成所有功能，一旦处理机系统出现故障，整个控制系统失效，因而系统可靠性较低

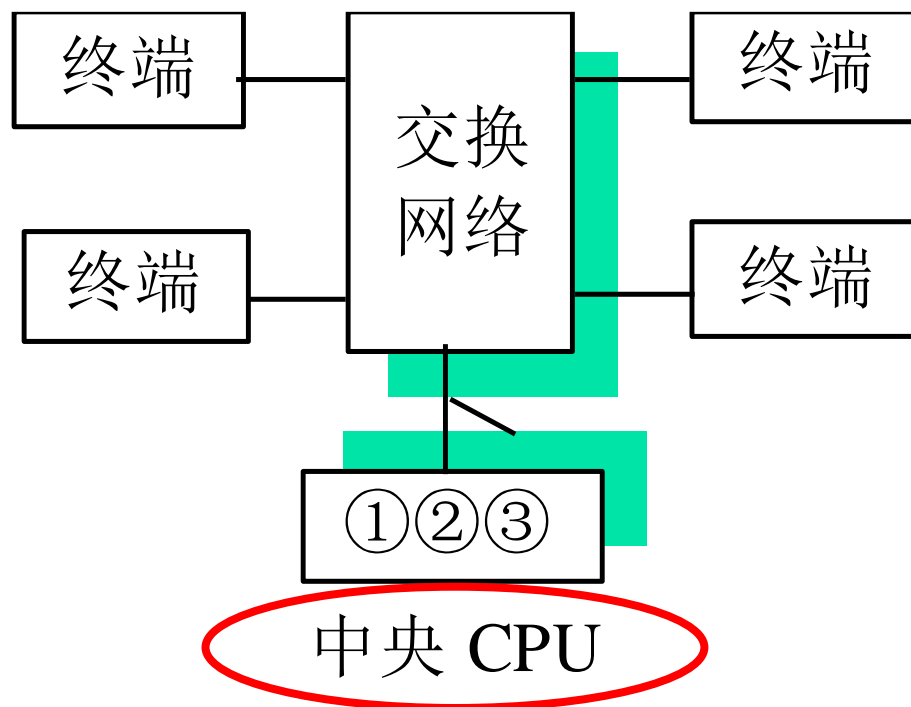
# 集中控制

- 任一处理机可以到达所有的功能和资源



# 集中控制（例）

- ①终端（如用户模块、中继模块）与信号控制
- ②呼叫控制（如号码分析、路由查找）
- ③交换网控制（如控存读取）



例如：小型交换设备



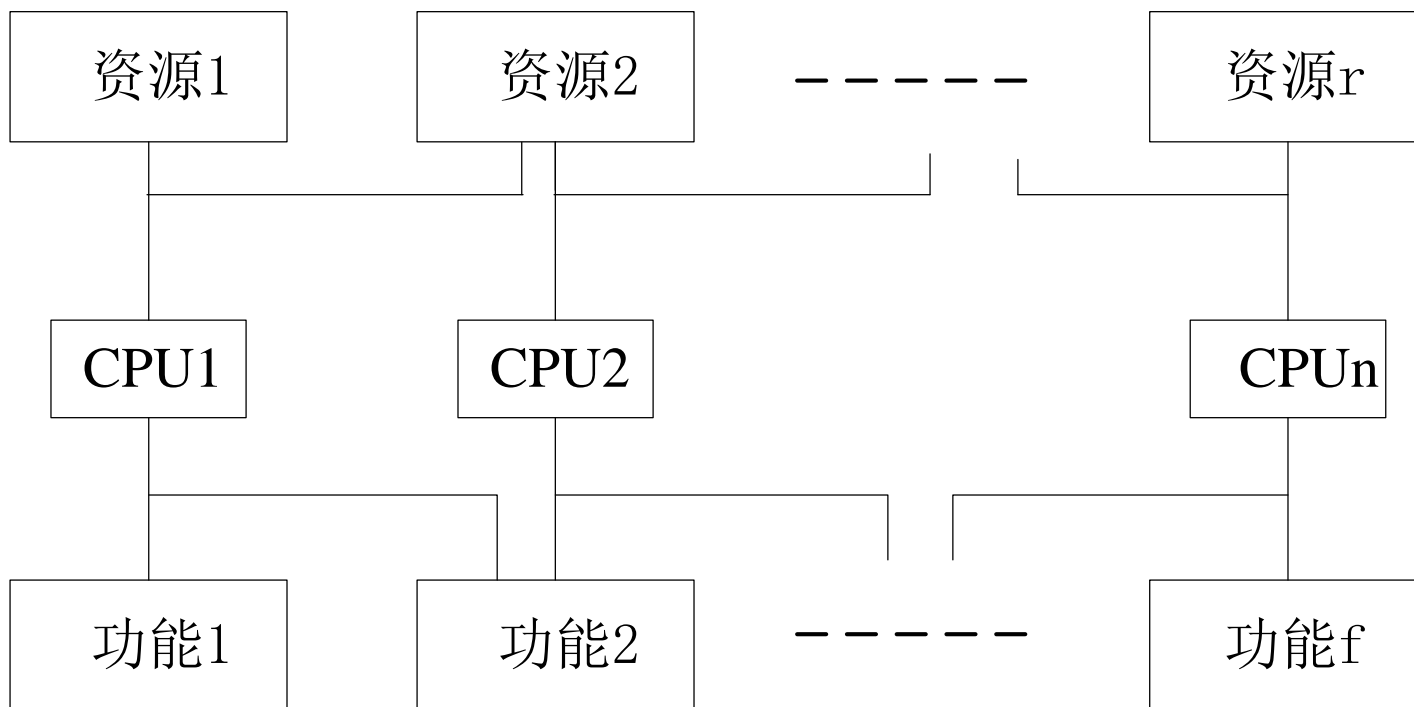
# 分散控制

---

- 分散控制是指对交换机所有功能的完成和资源使用的控制是由多个处理机分担完成的，即每个处理机只完成交换机的部分功能及控制部分资源
- 分级分散控制
  - 控制系统由多个处理机构成，各处理机分别完成不同的功能和对不同的资源实施控制，处理机之间是分等级的，高级别的处理机控制低级别的，协同完成整个系统的功能
- 全分散控制
  - 采用全分散控制方式的控制系统，其多个处理机之间独立工作，分别完成不同的功能和对不同的资源实施控制，这些处理机之间不分等级，不存在控制与被控制关系，各处理机有自主能力

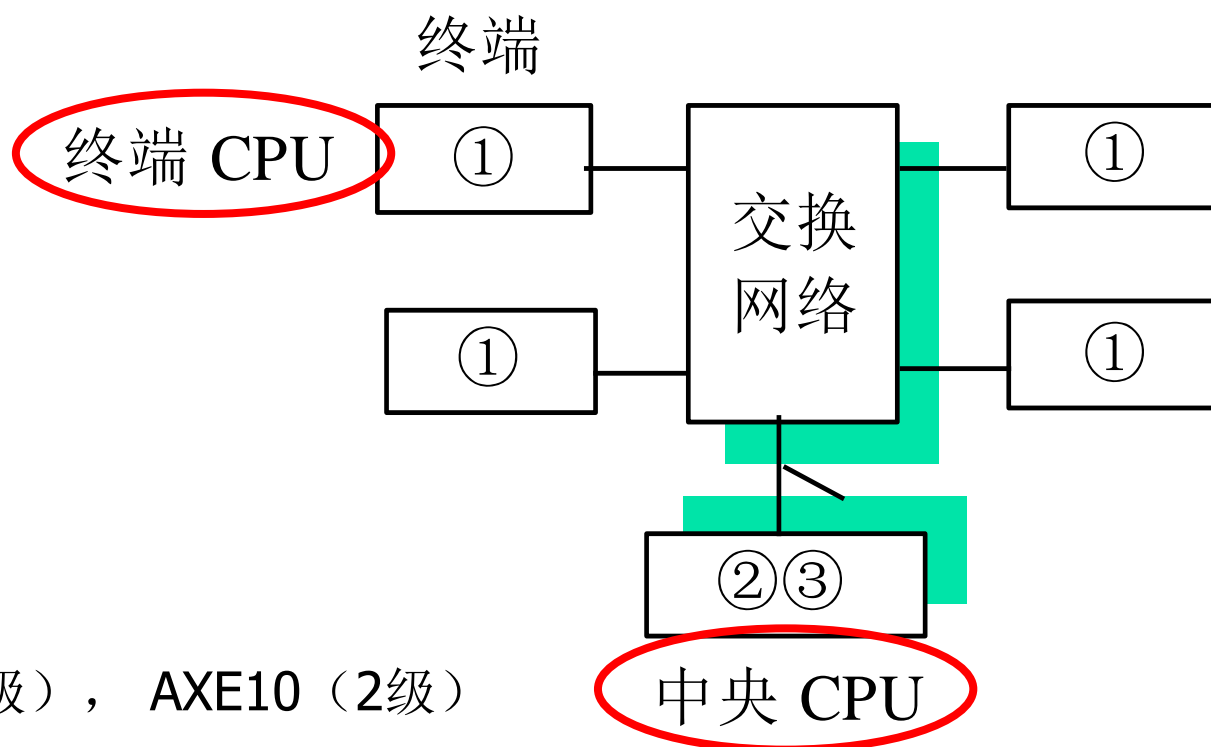
# 分散控制

- 每一设备分别到达部分功能和资源



# 分级分散控制（例）

- ①终端（如用户模块、中继模块）与信号控制
- ②呼叫控制（如号码分析、路由查找）
- ③交换网控制（如控存读取）

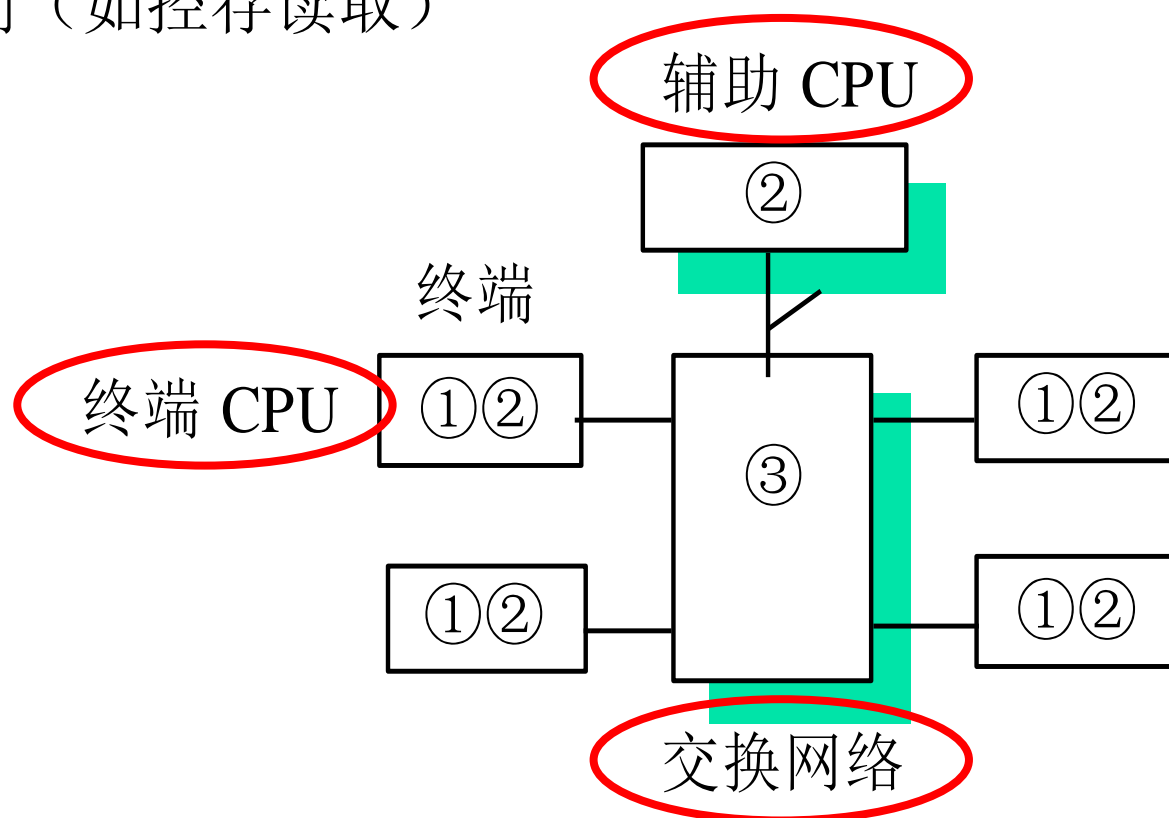


例如：FETEX150（3级），AXE10（2级）



# 全分散控制（例）

- ①终端（如用户模块、中继模块）与信号控制
- ②呼叫控制（如号码分析、路由查找）
- ③交换网控制（如控存读取）



例如：S1240



## (3) 多处理机的工作方式

---

- 不论集中还是分散控制
- 程控交换机控制系统的多处理机间的工作方式主要有三种
  - 功能分担方式
  - 负荷分担（话务分担）方式
  - 冗余方式（双机冗余配置、**N+m**冗余配置）

按照配置备用处理机数量和方法的不同



# 多处理机的工作方式

---

## ■ 功能分担

- 不同的处理机完成不同的功能
- 提高整个系统的适应性，完成不同功能的处理机可以有不同的配置；模块可以按需配置

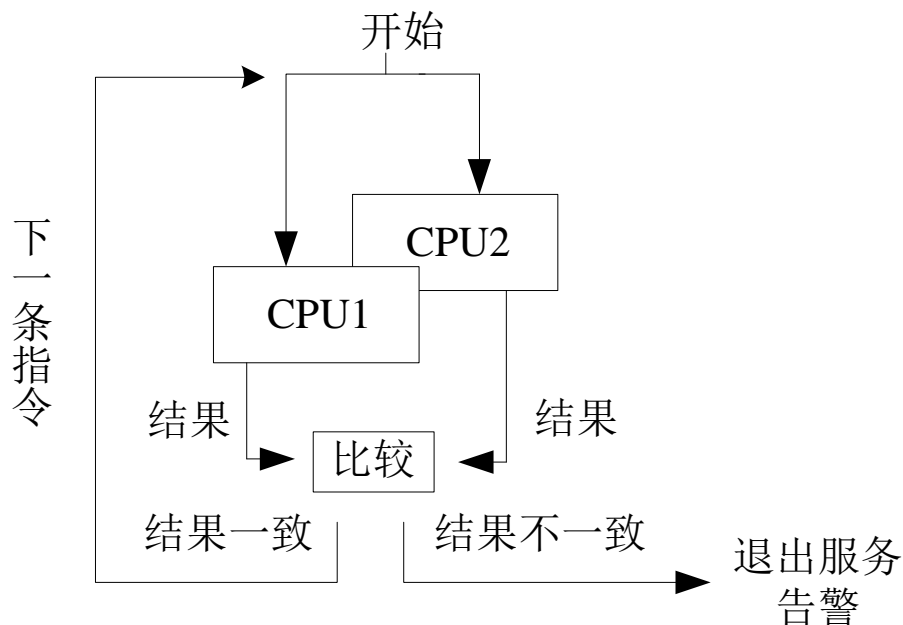
## ■ 负荷分担（话务分担）

- 每台处理机完成一部分话务处理功能
- 提高BHCA（最大忙时试呼次数），提高可靠性

# 多处理机的工作方式

## ■ 双机冗余配置——同步方式

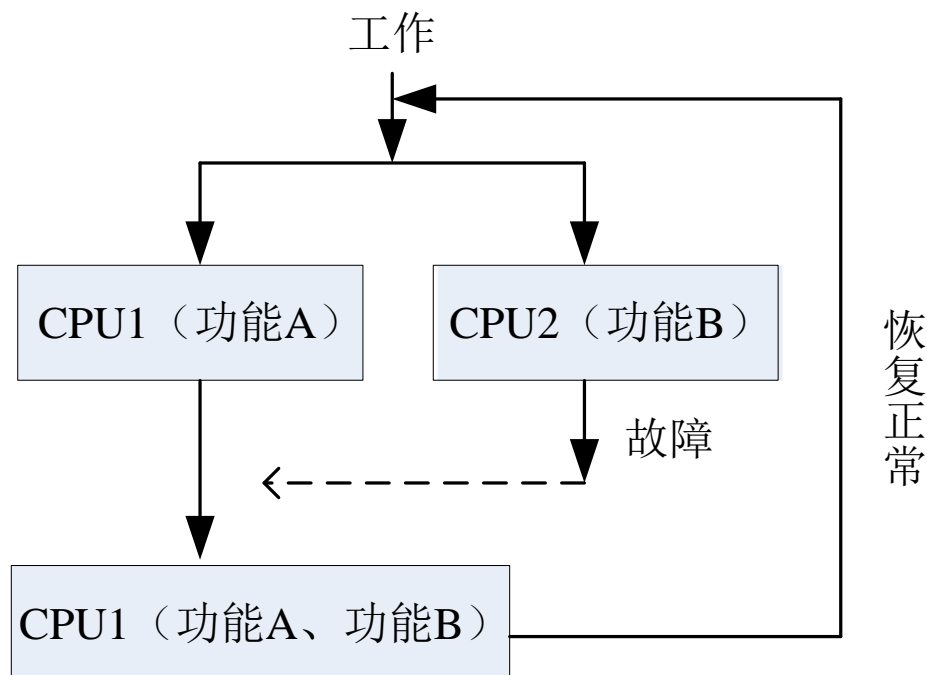
- 主备机同时接收外部事件，同时处理，并比较处理结果。结果相同时，由主用机发命令；结果不同时，双机均进行自检。若主机故障，则进行主备切换；若备机故障，则备机脱机检修；若都无故障，则保持原状态。这种方式可以保证切换时不损失任何呼叫，但技术复杂



# 多处理机的工作方式

## ■ 双机冗余配置——**互助方式**

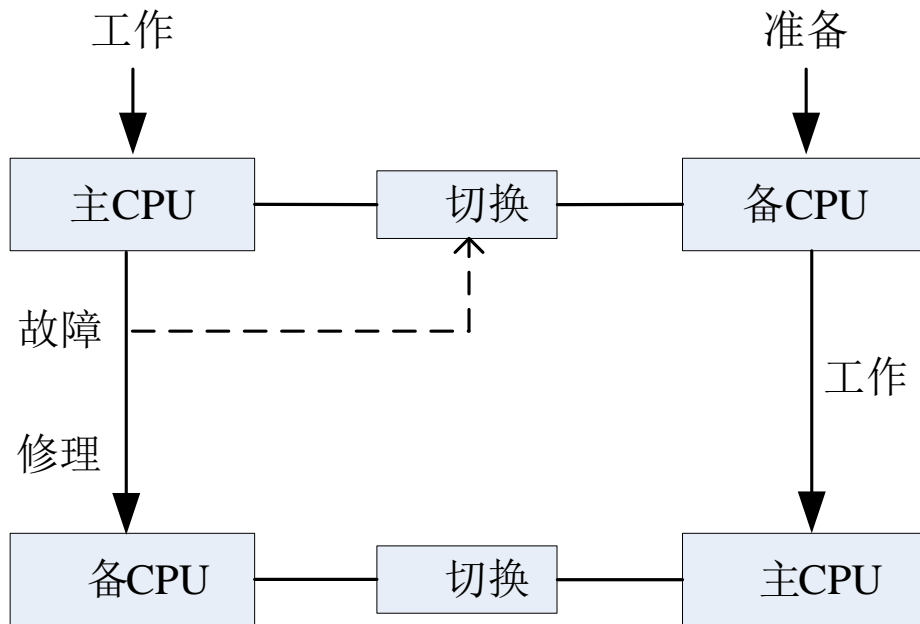
- **正常工作**时，双机按**话务分担**方式工作，当一个**处理机故障**时，另一个处理机**接管全部业务**。这种方式可以保证故障时**通话状态的呼叫不损失**，但故障时单机的话务负荷比较高



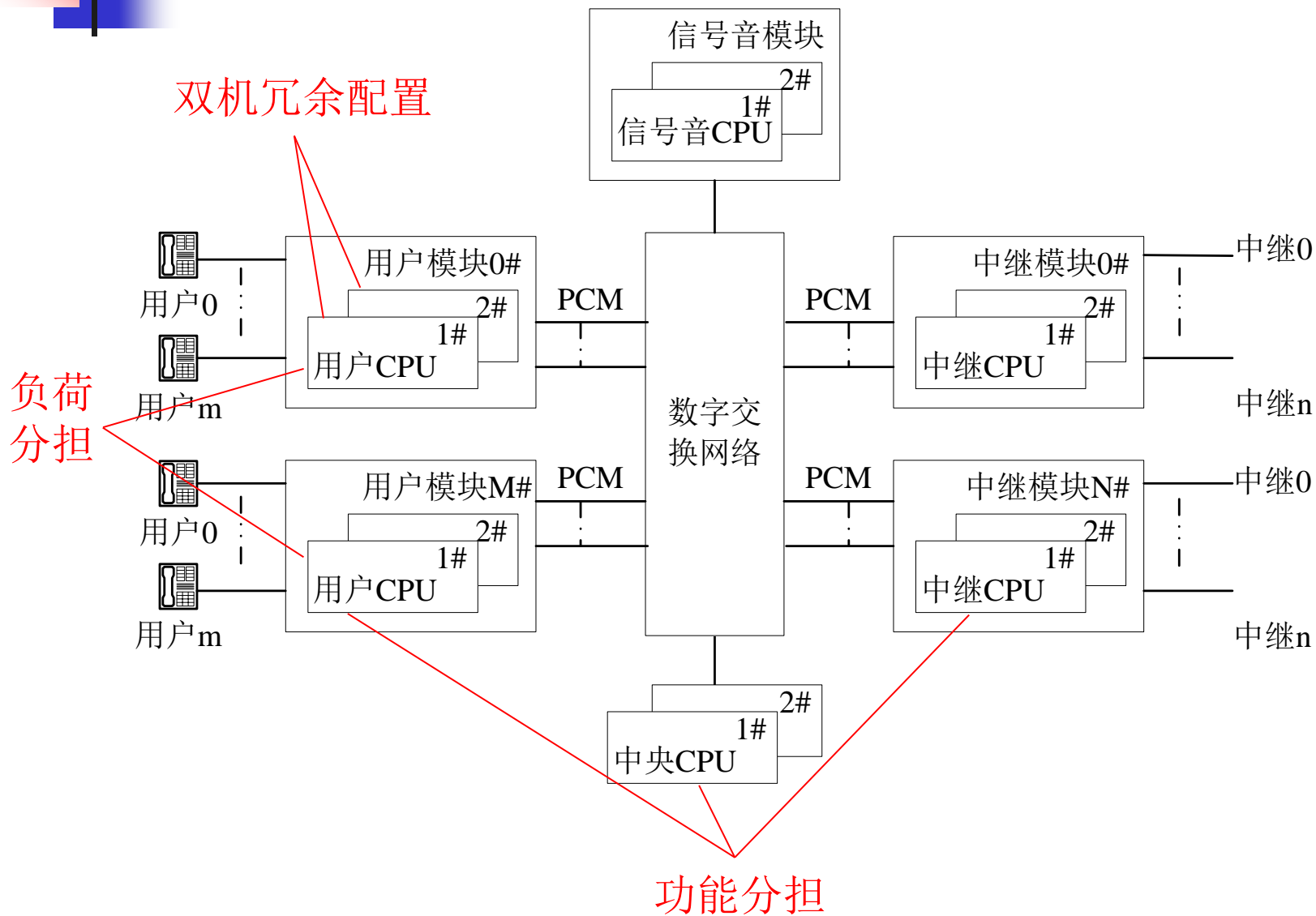
# 多处理机的工作方式

## ■ 双机冗余配置——热备用方式

- 正常工作时，由主机负责全部话务，并随时将呼叫数据送给备用机，备用机不处理任何呼叫；主用机故障时，进行主备机切换，备用机接管全部话务，并根据已有的呼叫数据保证一部分呼叫不损失



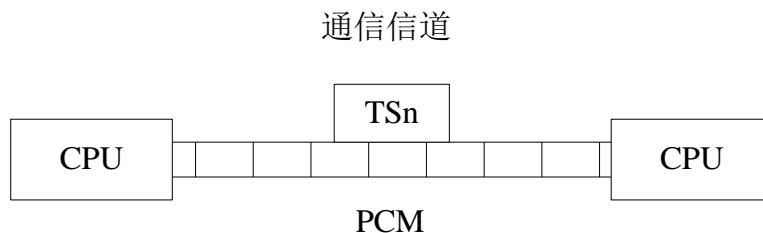
# 多处理器的工作方式（例）



## (4) 处理机间的通信方式

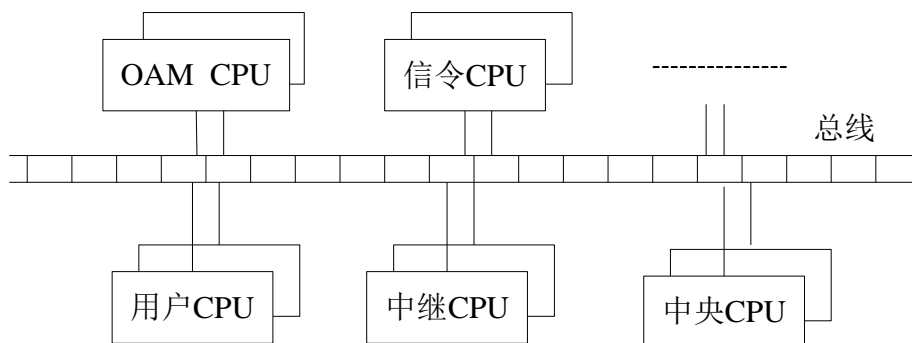
### ■ 利用PCM信道

- 固定时隙
- 任意时隙
- 特点
  - 系统结构简单
  - 占用话路资源，通信通路带宽小



### ■ 建立专用的计算机网络

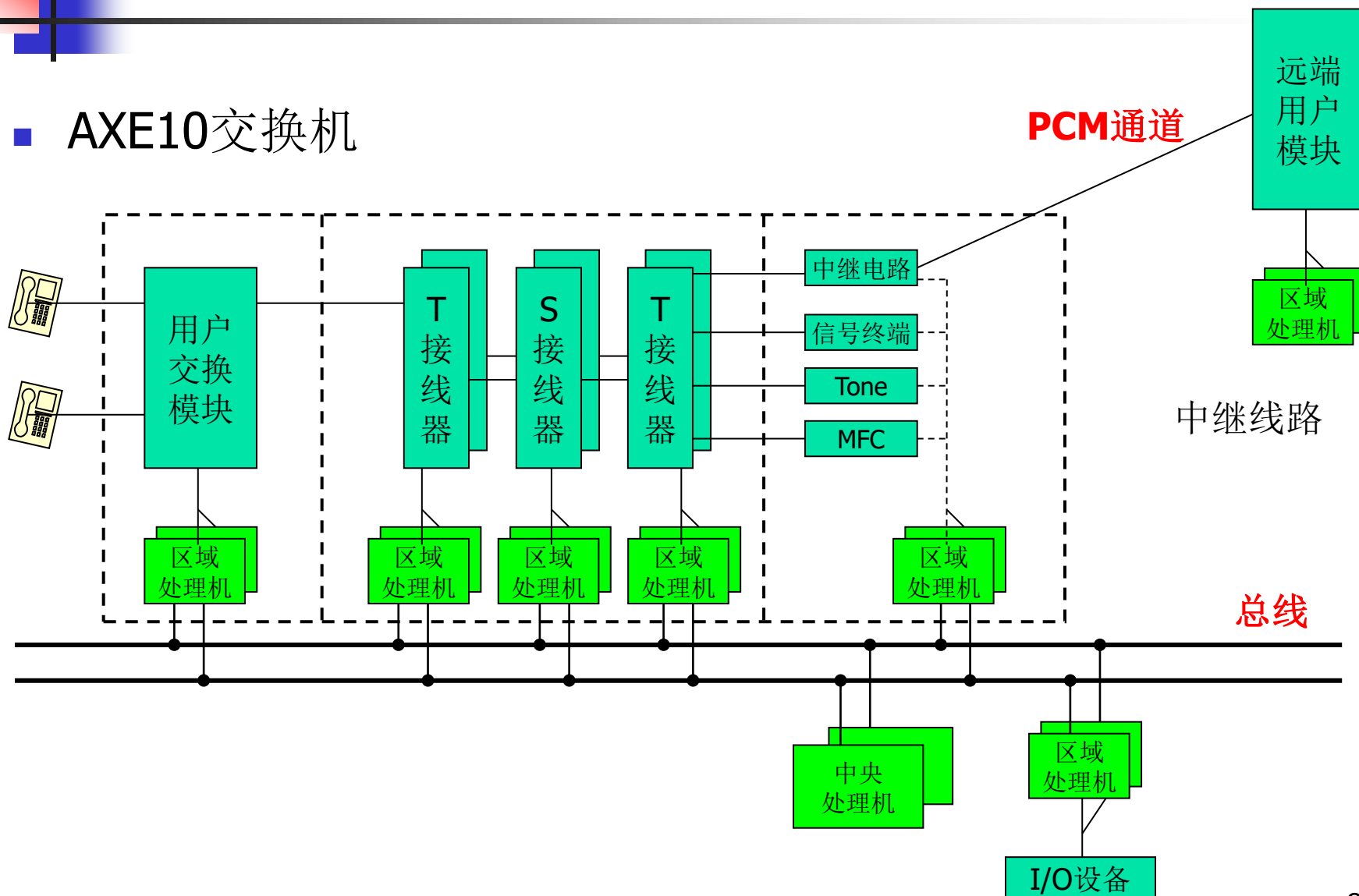
- 总线型
- 环网





# 处理机间的通信方式（例）

## ■ AXE10交换机



# 小结

## 数字程控电话交换系统

软件?

话路子系统

控制子系统

BHCA  
分散控制  
冗余配置

接口设备

交换网络

TST  
复用器  
分路器

模拟用户电路

BORSCHT

数字中继器

码型变换、帧同步、  
再定时、时钟提取、  
信令插入

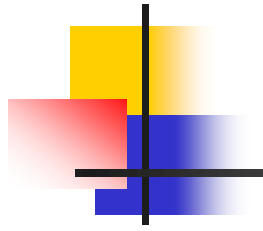
信令设备

音信号发生器、DTMF接收器

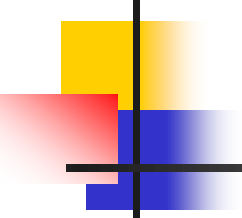
CPU与存储器

外部设备

远端接口



# 作业



## ■ 作业

- 用户电路的**BORSCHT**是指哪七大功能？
- 画出数字交换机的话路连接过程。
- 某程控交换机装有**32**个模块，已知每**8**个模块合用一台处理机，每台处理机完成一次呼叫平均需要执行**36000**条指令，每条指令平均执行时间为**1**微秒，固定开销 **$a=0.15$** ，最大占用率 **$t=0.9$** ，试求该交换机总呼叫处理能力 **$N$** 值是多少？
- 控制系统的构成方式有哪些，各自的特点是什么？多处理机系统的工作方式有哪些，各自的特点是什么？

## ■ 利用第三章MOOC复习



## Q & A

---

袁 泉

yuanquan@foxmail.com

2023年3月13日