

第三部分 电话交换系统

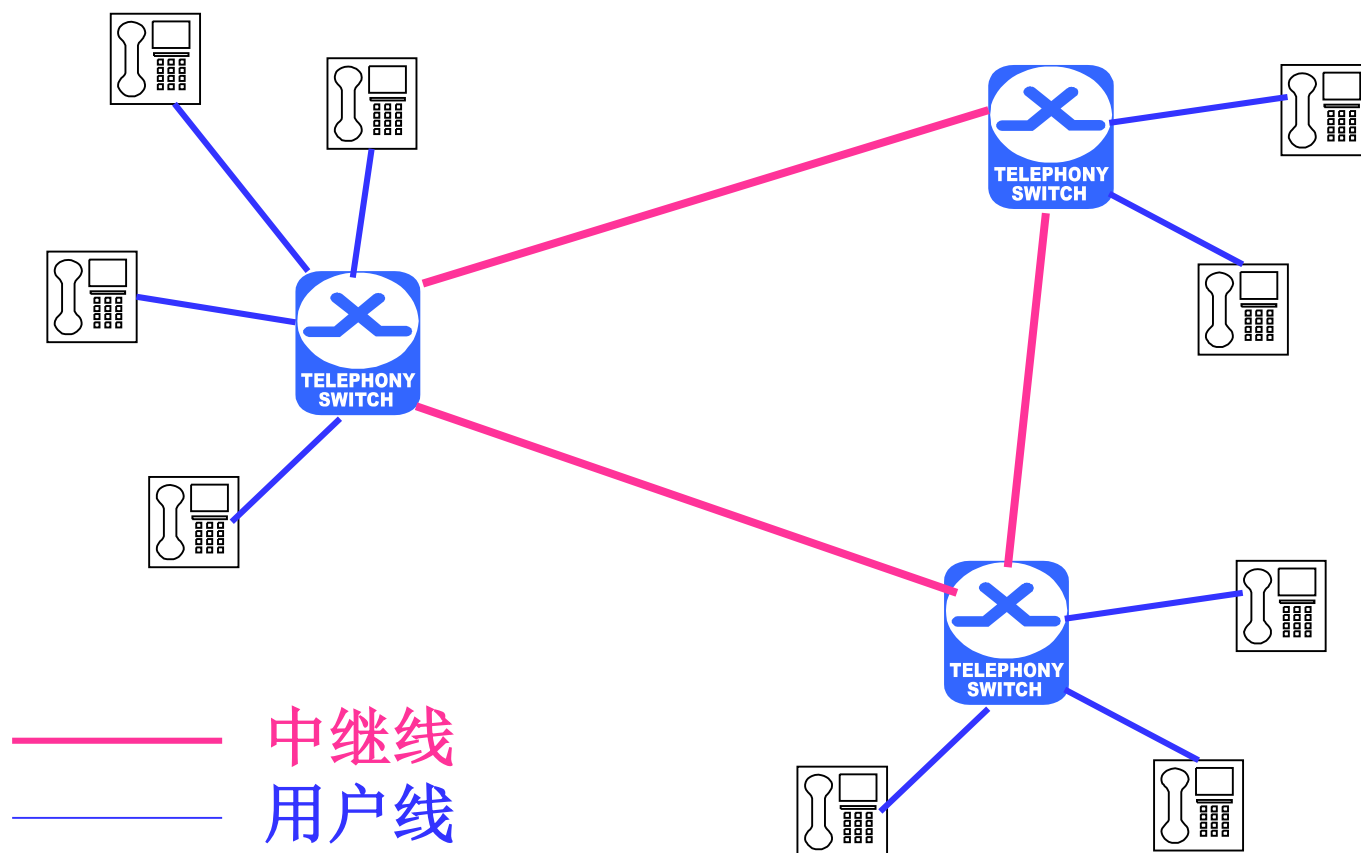


主要内容

- 电话交换机整体结构
- 话路部分
 - 模拟用户接口与用户模块
 - 数字中继接口
 - 交换网络与话路连接
- 软件部分
 - 呼叫处理原理
 - 任务分级与调度
 - 呼叫处理能力
- 系统架构设计与控制方式

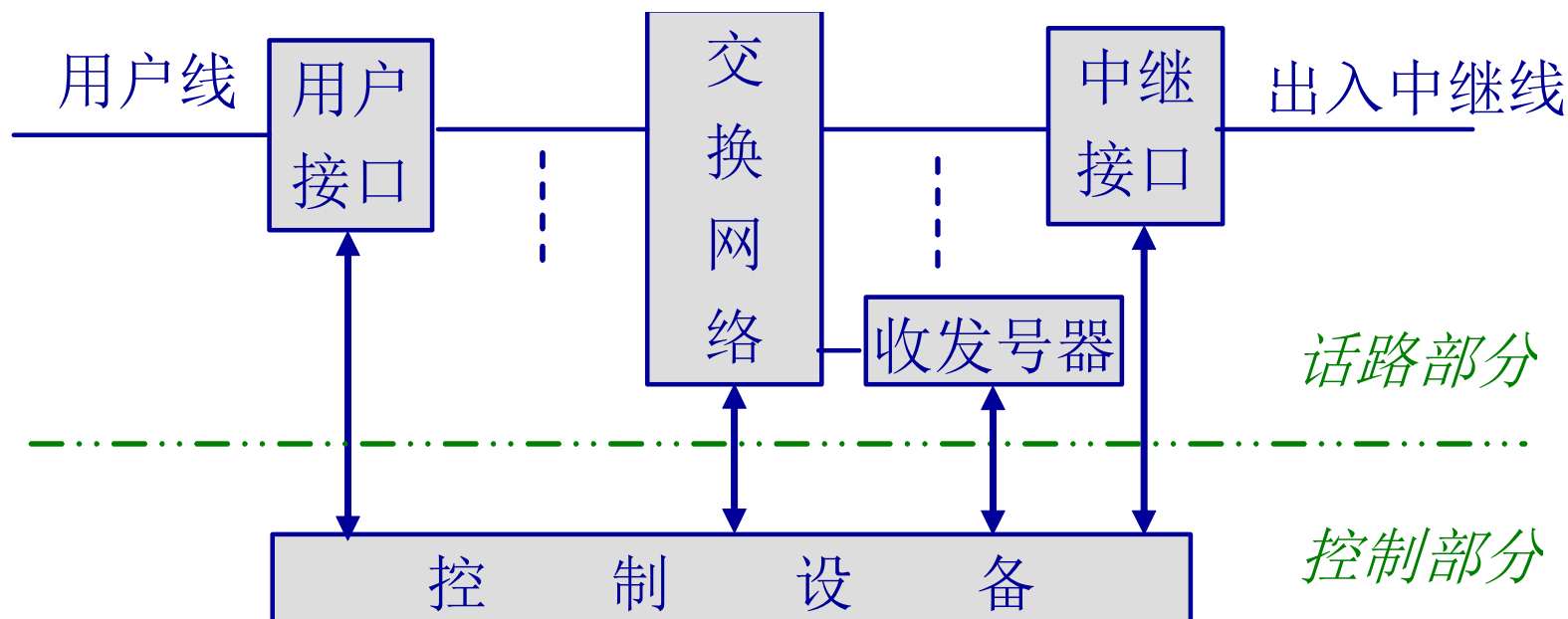
一、电话交换网

电话网

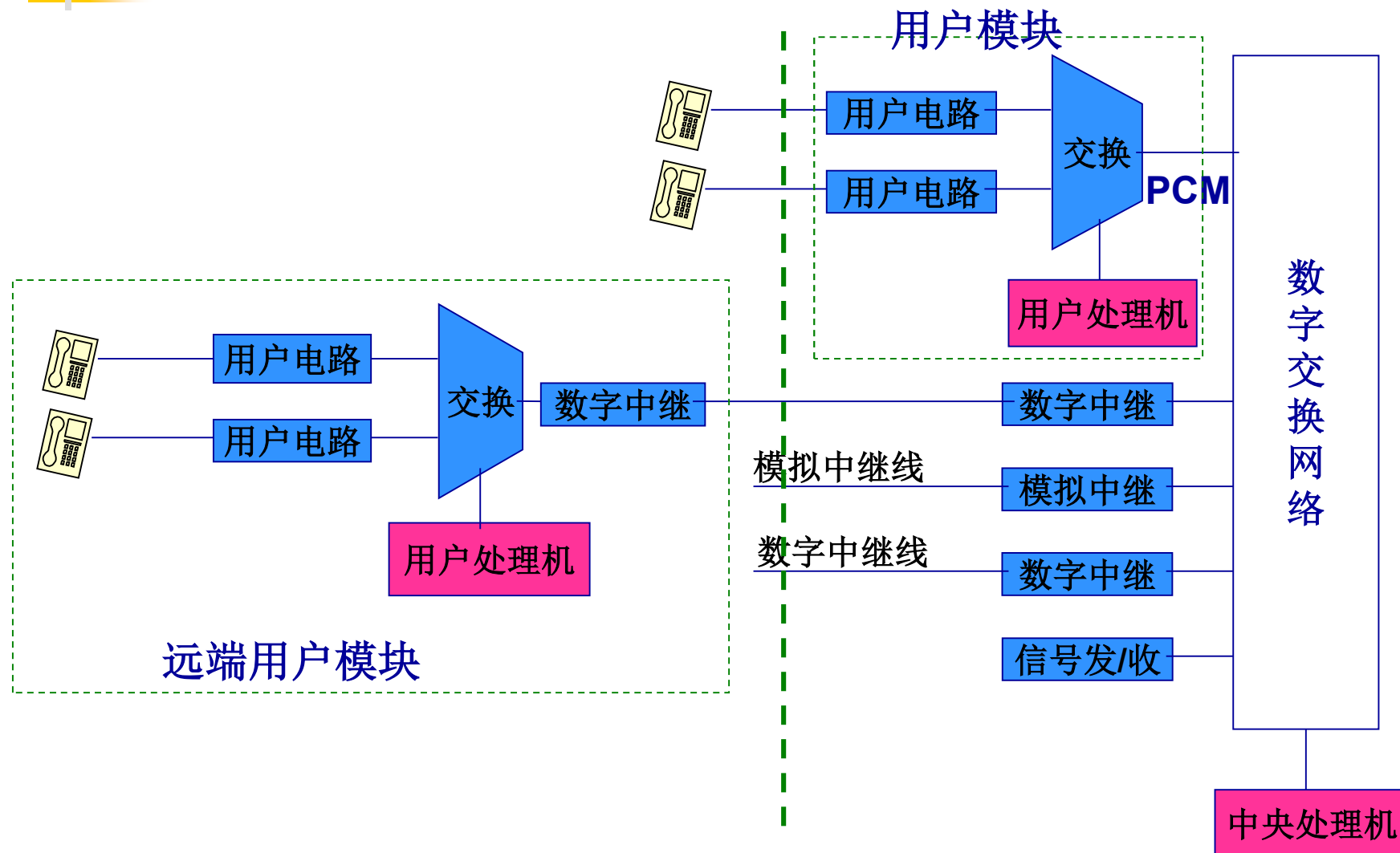


交换机的基本功能和组成

- 信号监视——识别外线状态变化、接收号码
- 连接与控制——振铃控制、话音A/D、接续控制
- 管理



数字程控交换机的系统结构





主要内容

- 电话交换机整体结构
- 话路部分
 - 模拟用户接口与用户模块
 - 数字中继接口
 - 交换网络与话路连接
- 软件部分
 - 呼叫处理原理
 - 任务分级与调度
 - 呼叫处理能力
- 系统架构设计与控制方式

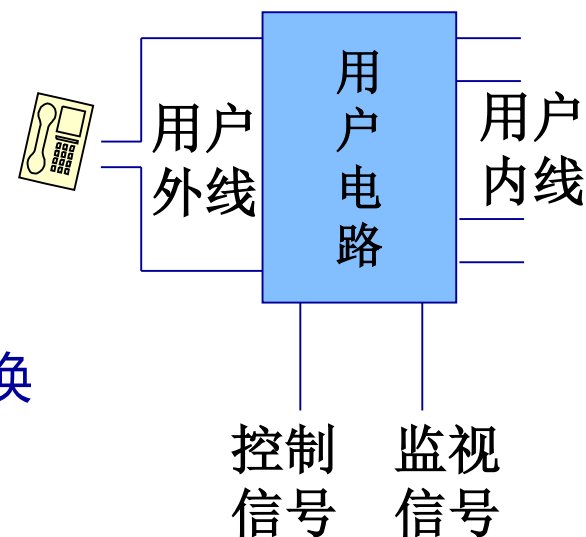


交换机的话路部分

- 用户接口
 - 用户接口功能
 - 用户模块
- 中继接口
- 交换网络
- 话路连接
- 同发与广播
- 会议电话

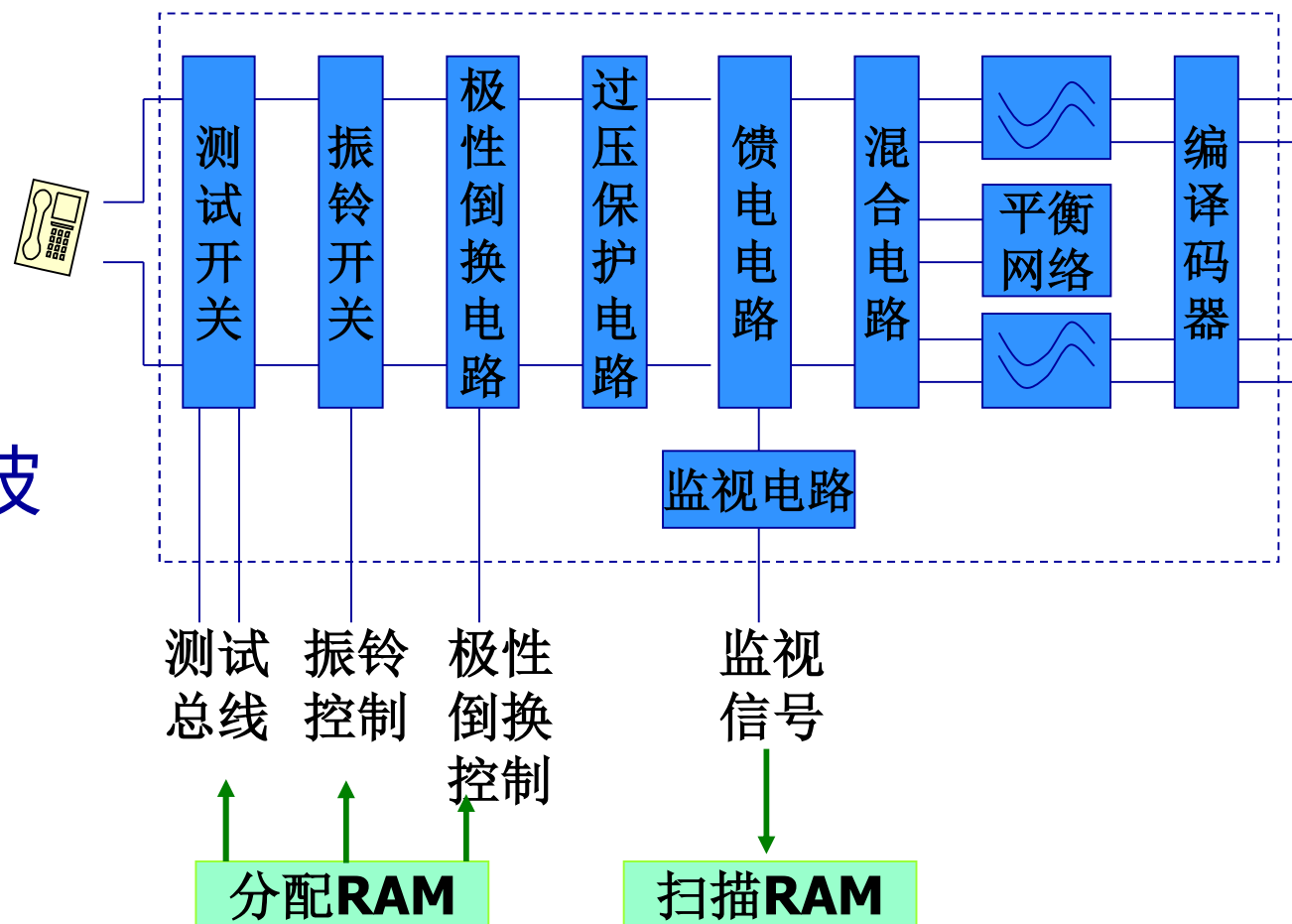
2.2 用户电路功能

- **馈电 Battery feeding**
 - 向用户提供直流馈电电流, 馈电电压-48V
- **过压保护 Overvoltage protection**
 - 保证ab线上的内线电压在0~-48V之间
- **振铃控制 Ring control**
 - 控制是否向用户线发送25Hz铃流信号
- **监视 Supervision**
 - 监视用户环路的通断状态,
- **编译码和滤波 CODEC&filters**
 - 模拟话音信号与64Kbps数字话音信号转换
- **混合电路 Hybrid circuit**
 - 2/4变换
- **测试 Test**
 - 控制是否进行内外线的故障检测

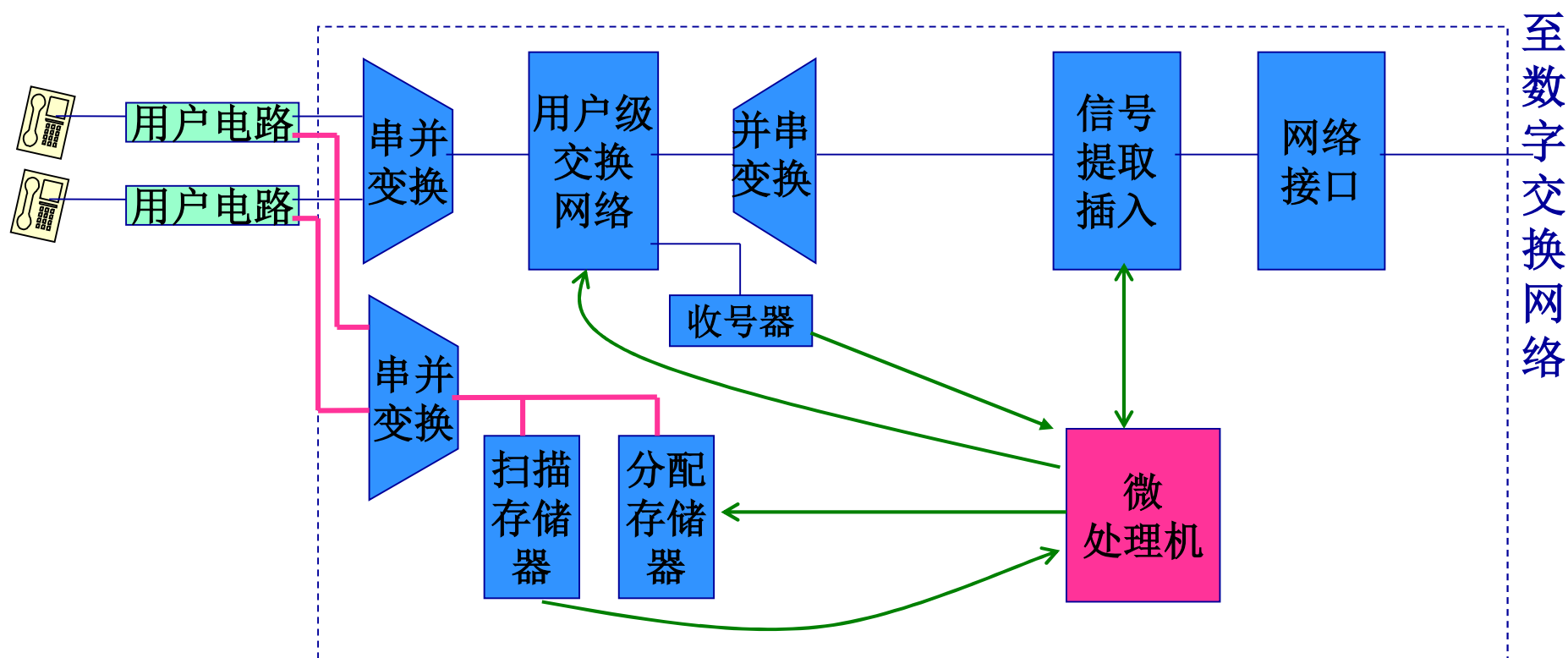


模拟用户电路 —— 基本功能

- 馈电
- 过压保护
- 振铃控制
- 监视
- 编译码和滤波
- 混合电路
- 测试

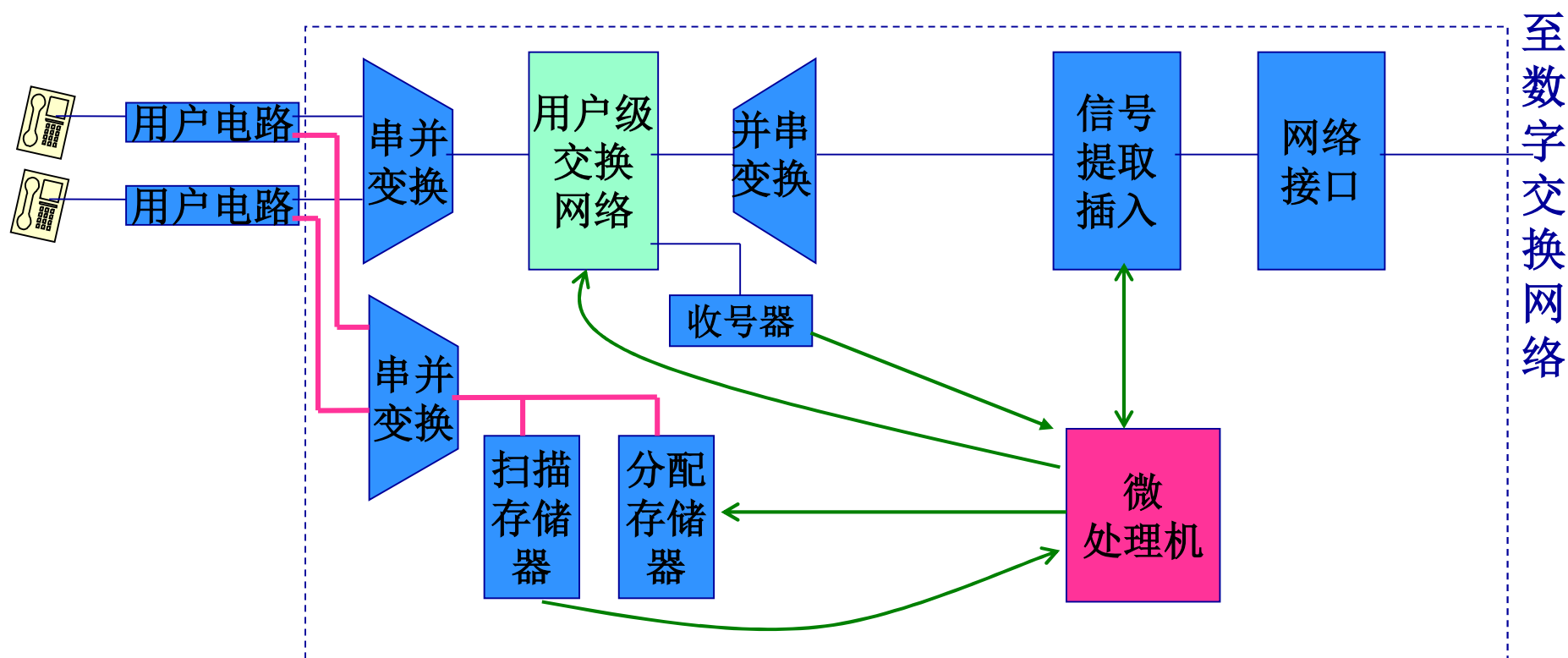


2.3 用户模块



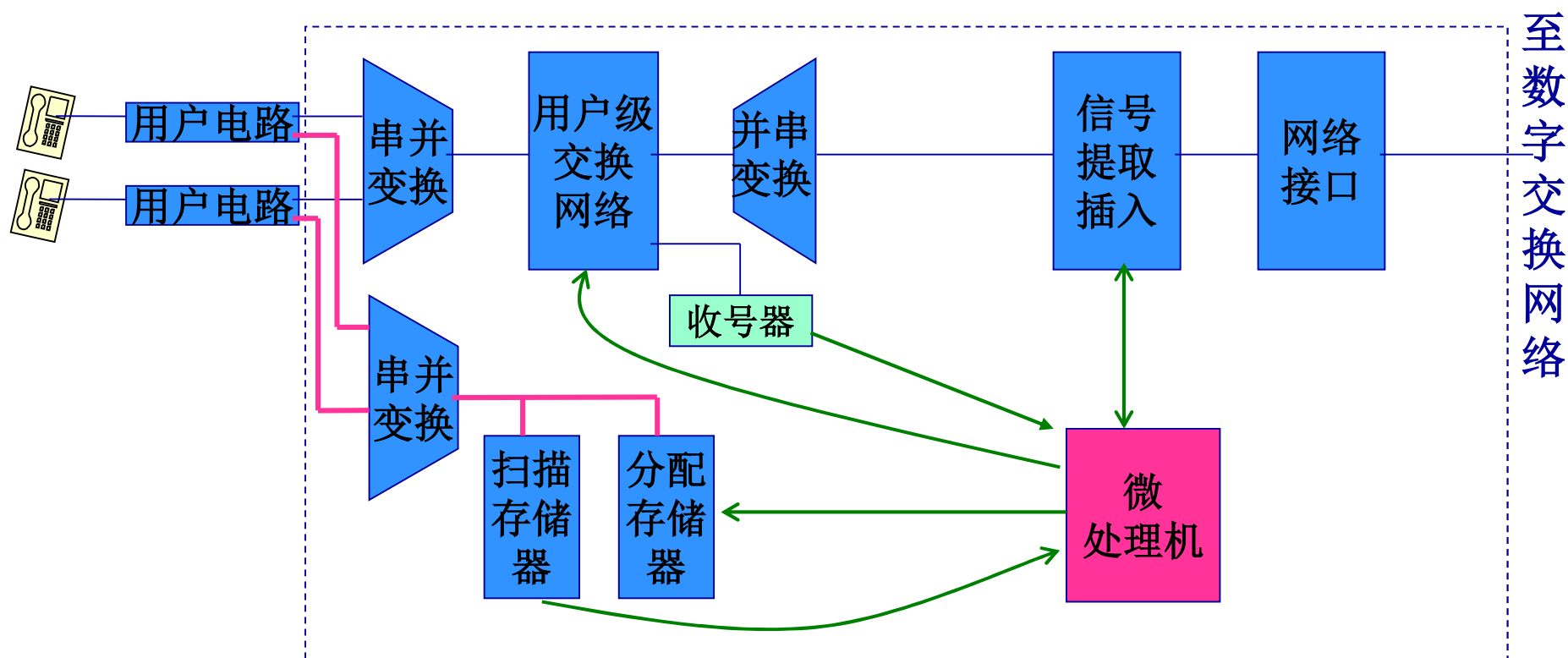
- 用户电路——每条用户线有一个用户电路，完成信号采集、动作驱动、话音传输等功能。

用户模块



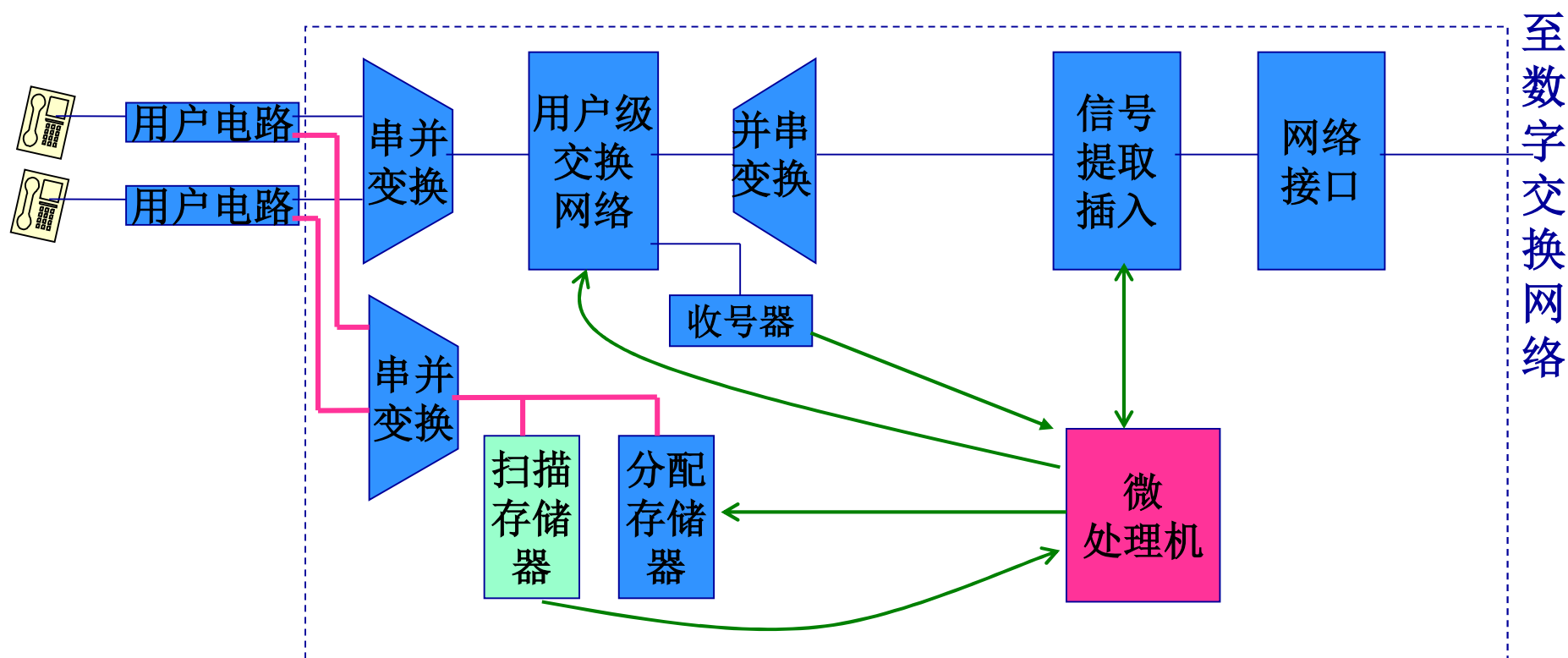
- 交换电路——用户级交换和话务集中（集中比为2:1或4:1）

用户模块



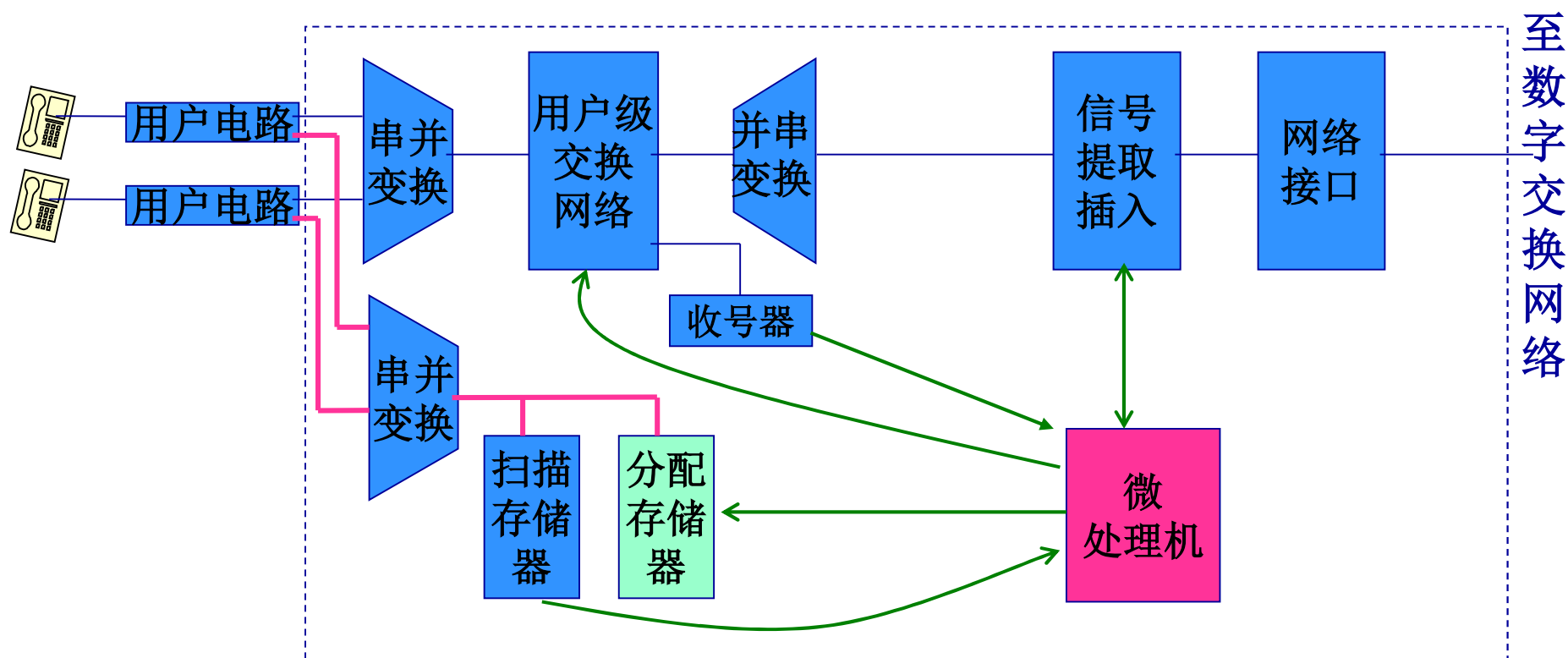
- 收号器——接收用户的DTMF号码，各种交换机设计不同，收号器可能位于中央交换网络侧

用户模块



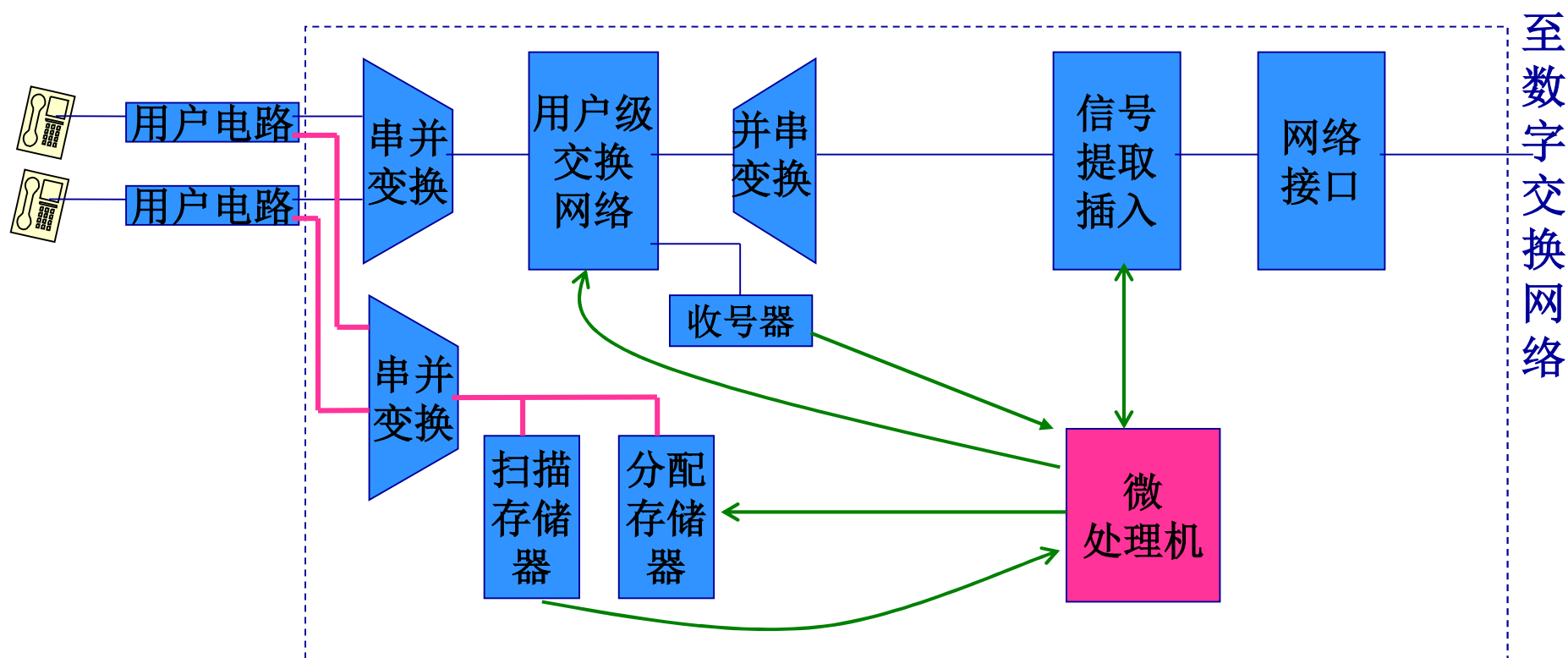
- 扫描存储贮器——接收各个用户电路的扫描信息，送用户处理机

用户模块



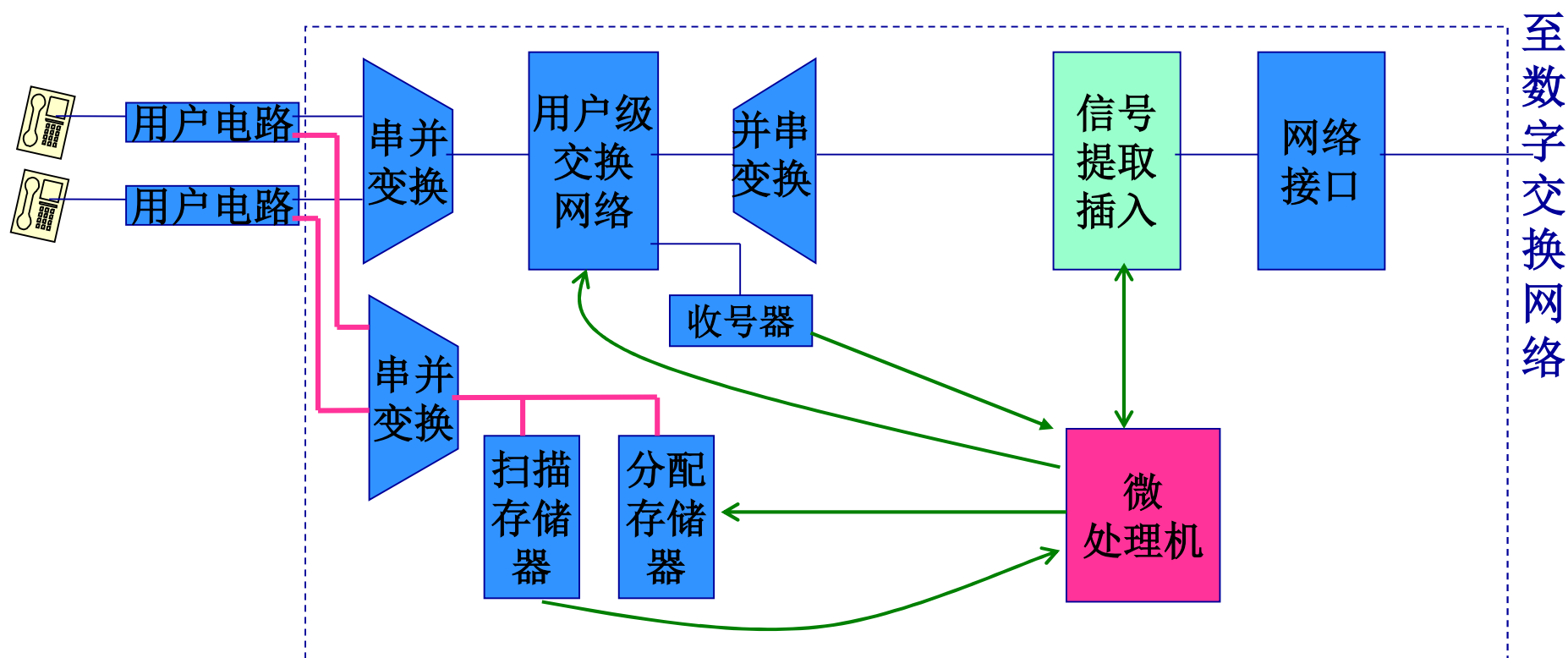
- 信号分配存贮器——接收用户处理机对各用户电路的指令，控制各用户电路继电器的动作

用户模块



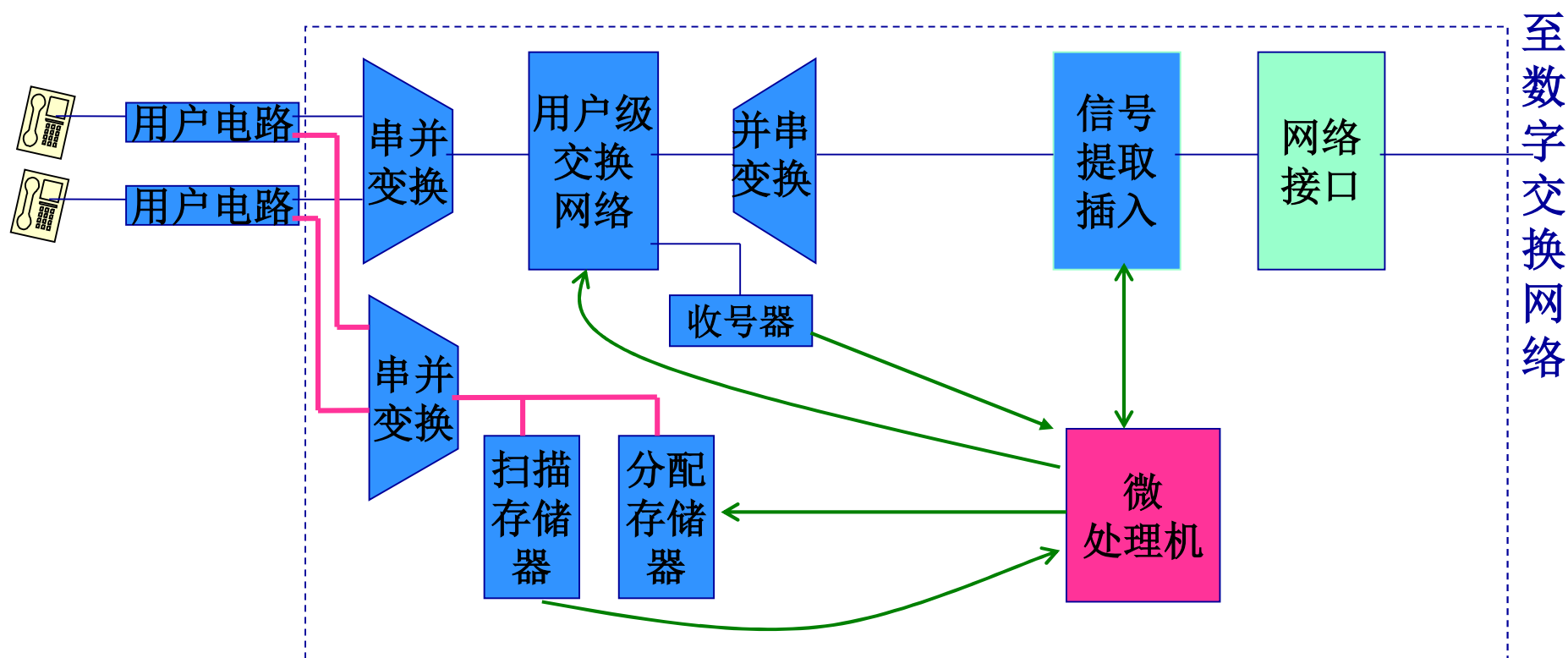
- 用户处理机——与中央处理机协调控制用户电路和交换电路的工作

用户模块



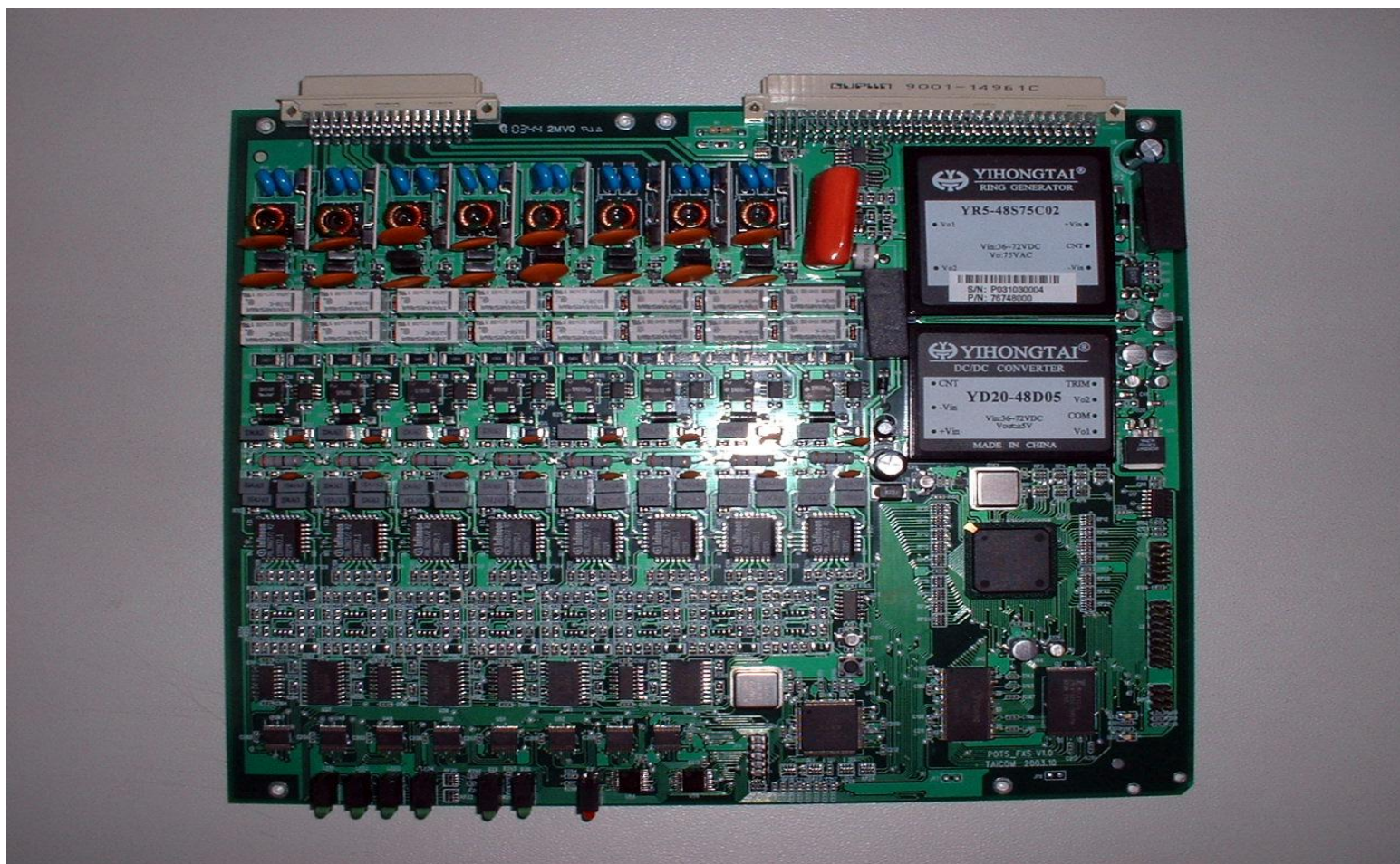
- 通信电路（信号提取插入）——负责收发用户处理器与中央处理机间通信的信息

用户模块



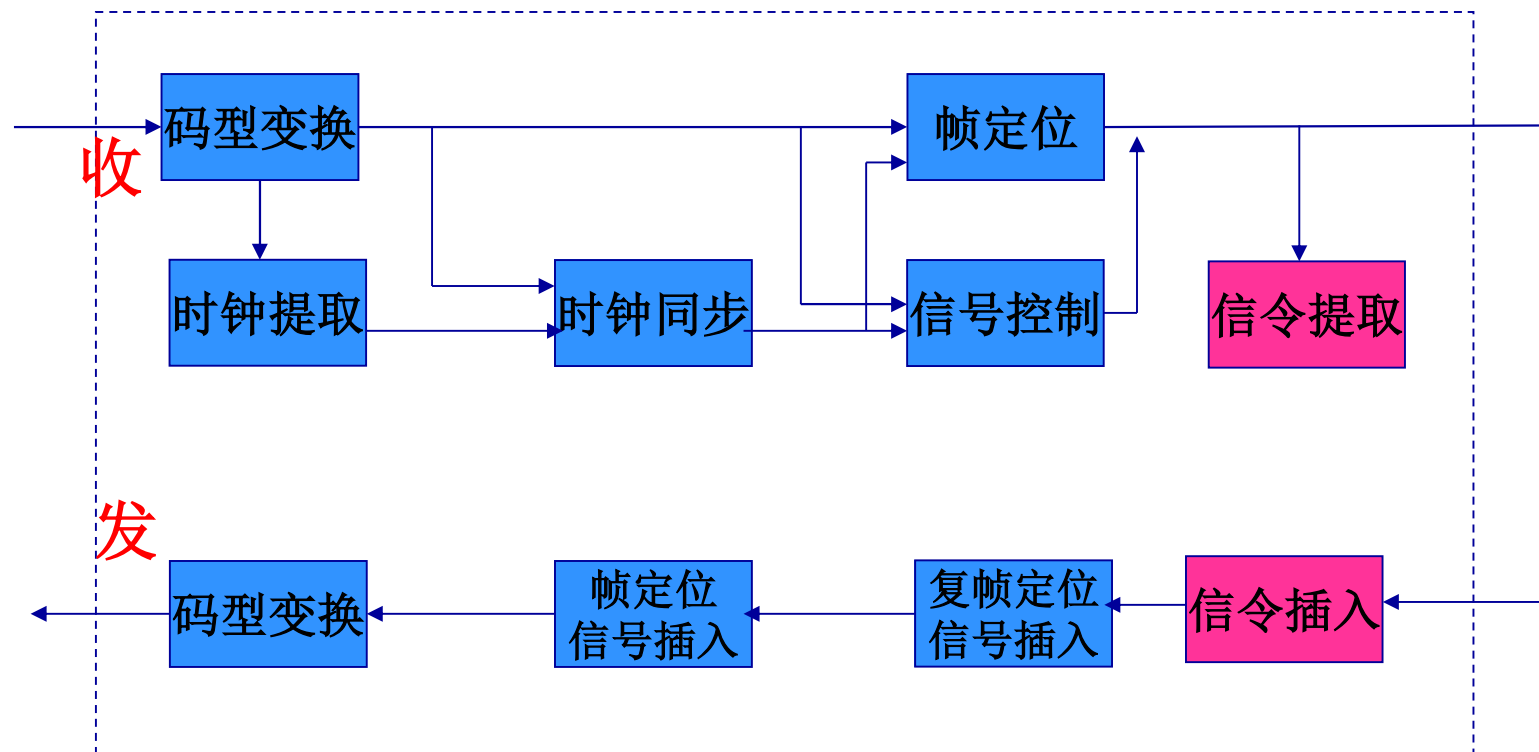
- 网络接口——负责把用户的话音和处理机来的通信消息合并在一起送到中央级的数字交换网络

模拟用户电路板举例



2.4 数字中继器

- 内部NRZ码与外部HDB3码间的转换
- 时钟提取和同步（位同步、帧同步、复帧同步）
- 信令的插入提取



PCM30/32系统的帧结构



Ts0帧同步

Ts16信令通路

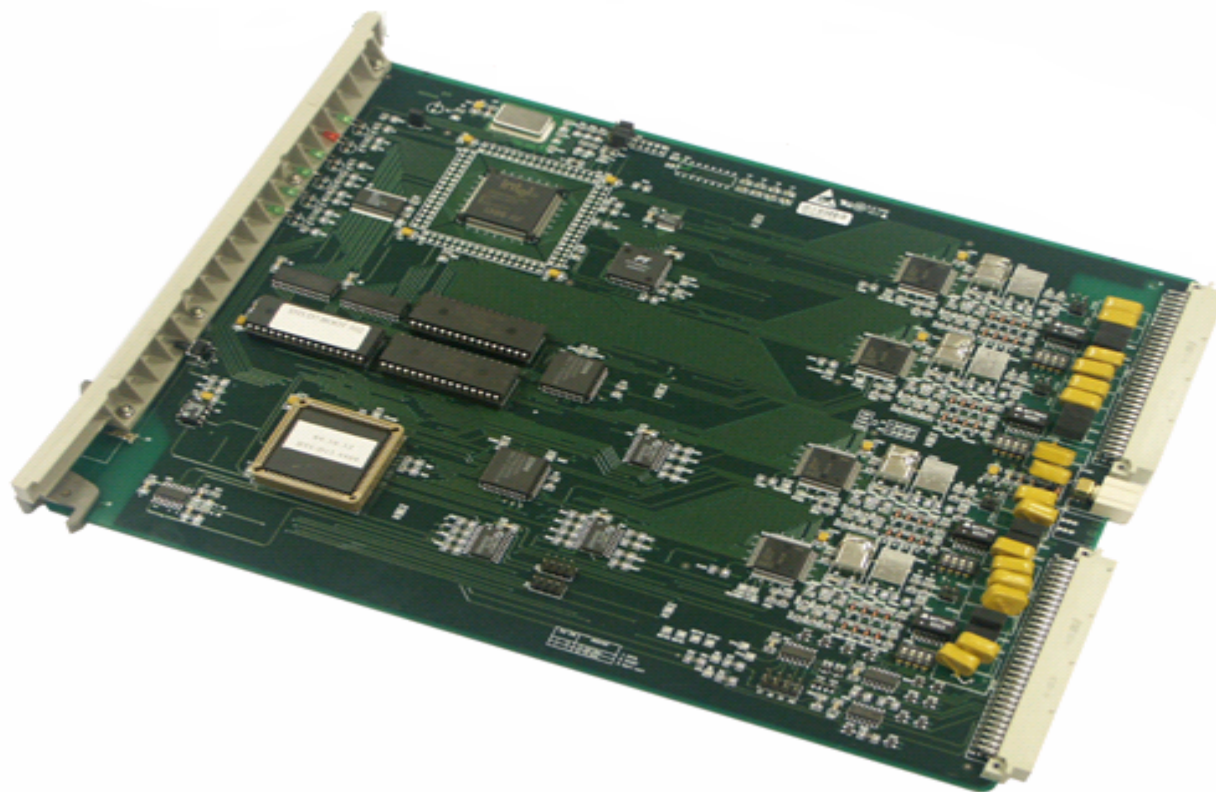
Ts1 -----Ts15
传送话音信息

Ts17-----Ts31
传送话音信息

时隙与话路
的对应关系

Ts1 -----话路1
.....
Ts15-----话路15
Ts17 ----话路16
.....
Ts31-----话路30

数字中继电路板举例



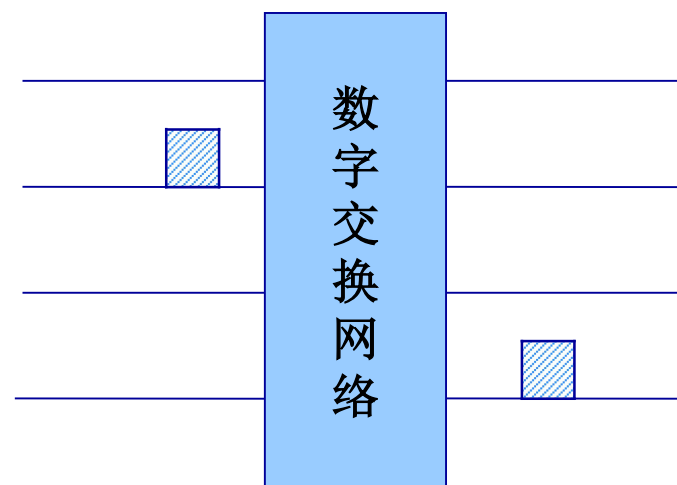
2.4 数字交换和数字交换网络

- 数字交换的基本功能

实现任意两个用户间的语音交换。即：任意母线上任意时隙间的交换。

- 常用方法

共享存储器、开关阵列、共享总线，及其组合、级连网络。针对电话交换的业务特点，交换网络的控制方式上又有其具体特点。





数字交换网络

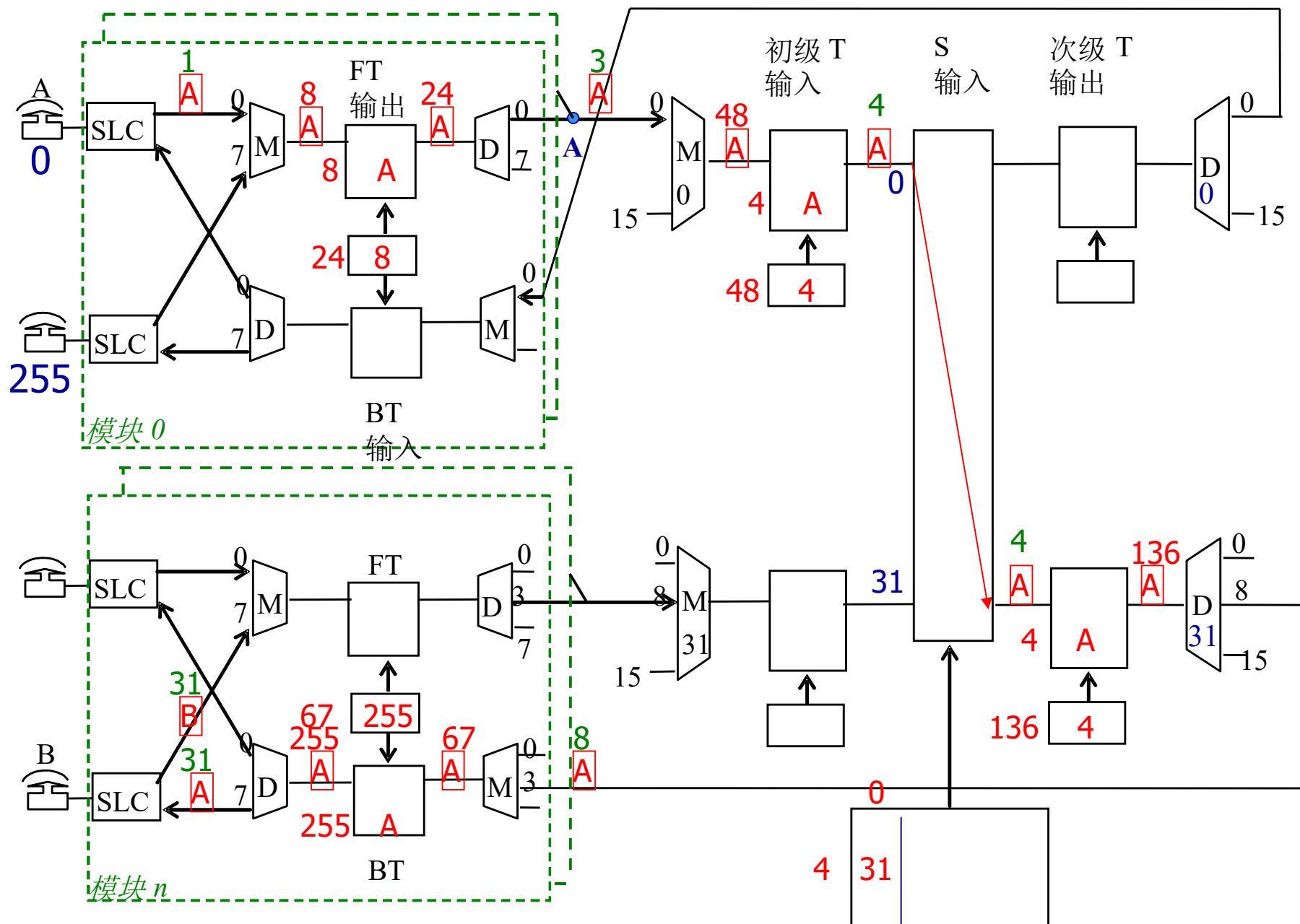
- 时间(T)接线器
 - 实现一条母线上的时隙交换
- 空间(S)接线器
 - 实现一个时隙内任意母线间的交换。
- 数字交换单元DSE
- T-S-T组合交换网络
- T级联网络



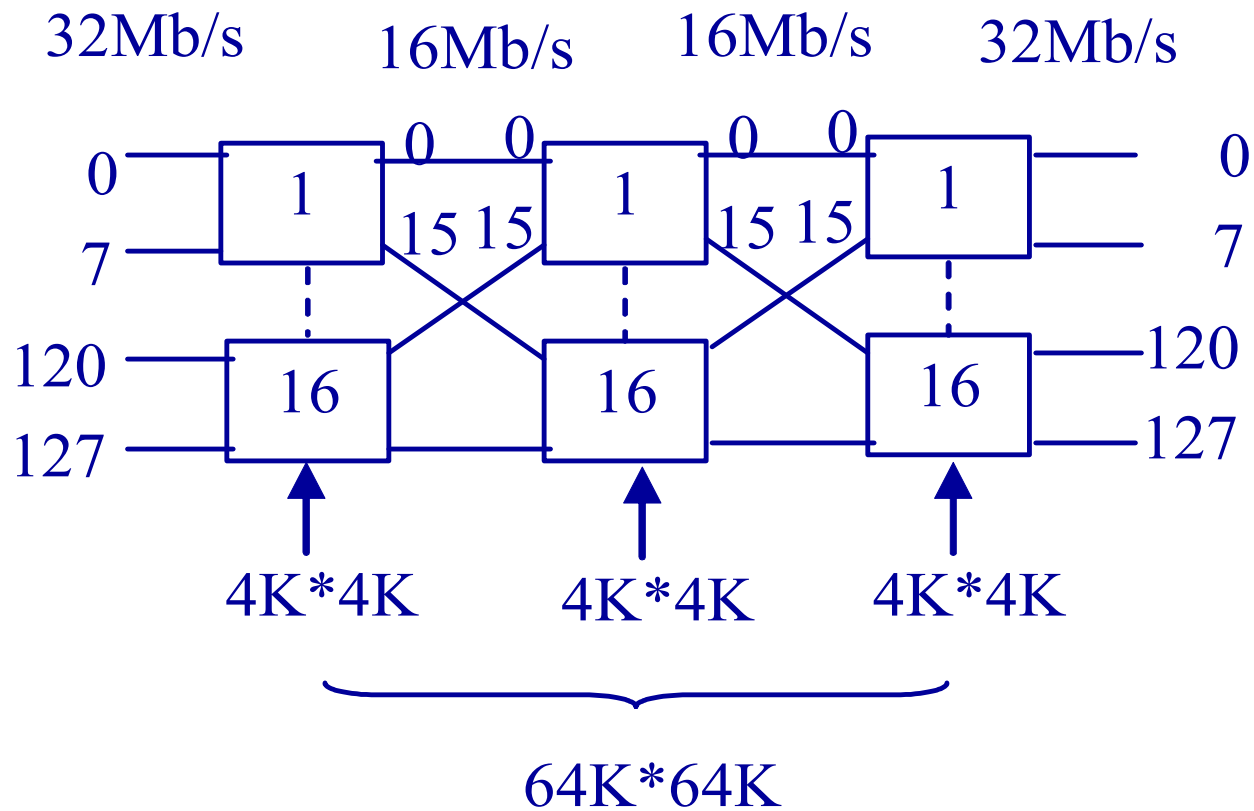
数字交换机中的话路连接—说明

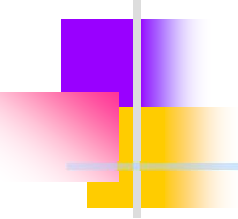
- 每个用户模块连接256个用户，内部提供8条HW，32TS/HW（即 256×256 ）的交换
- 所有模块（包括用户模块/中继模块/信号音源）连接到TST的中央交换网络，支持 $16K \times 16K$ 的交换（每个T支持 512×512 交换）。用户模块采用**复接方式**接入TST(A为复接点)，实现话务集中
- 用户A接至模块0的HW0TS1，用户B接至模块n的HW7TS31（双向都使用该时隙）
- 系统为用户A选择模块0的空闲时隙HW0TS3（双向），模块0的HW0固定连接到M0的HW0；为用户B选择模块n的空闲时隙HW3TS8（双向），模块n的HW3固定连接到M31的HW8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

数字交换机中的话路连接



T级连型交换网络

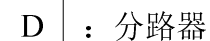




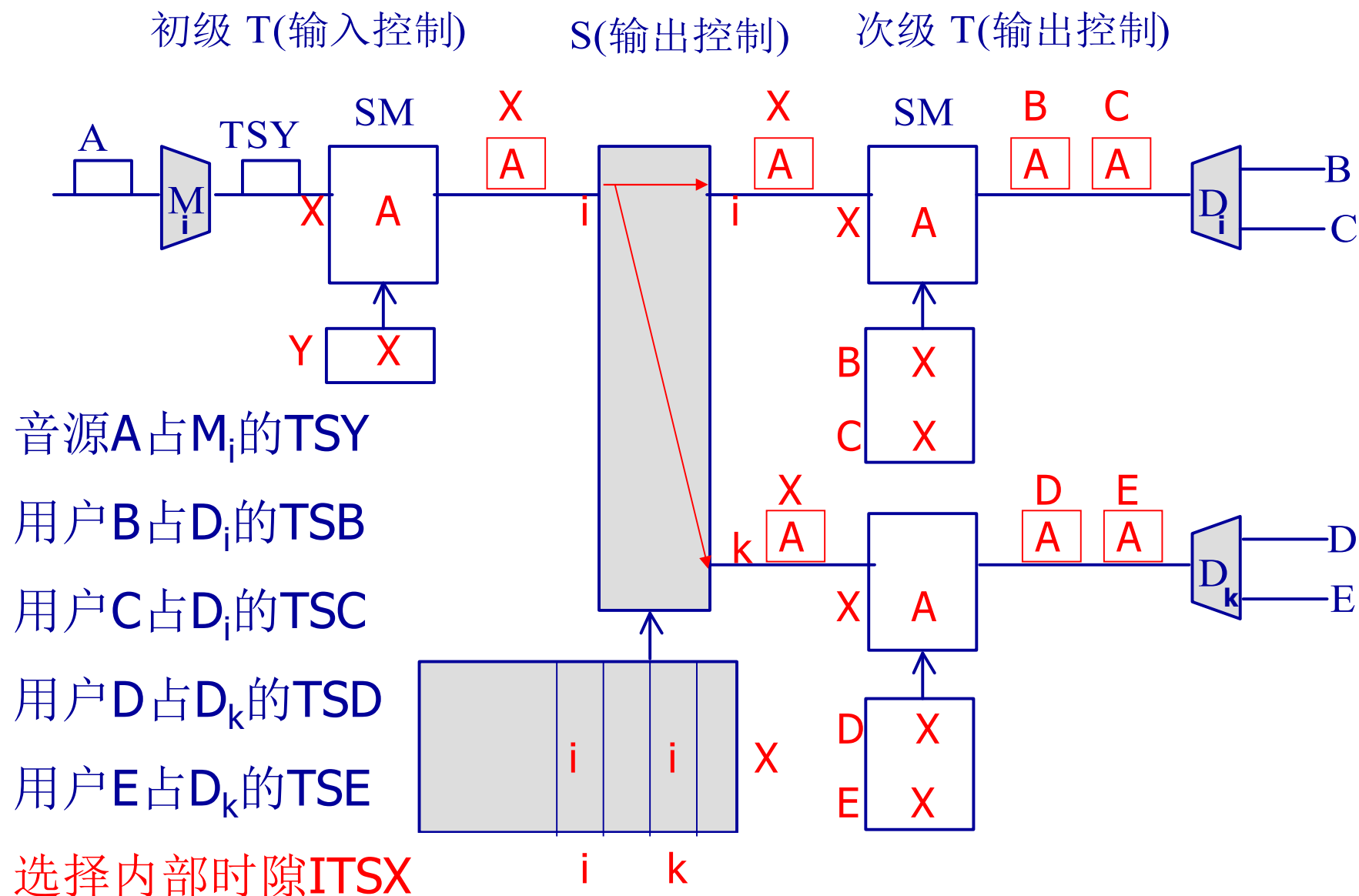
作业

- 画出B→A连接时的话路连接图，标出相关模块和TST网络的各个存贮器（SM和CM）的内容。

4:1



数字交换网络对广播的支持

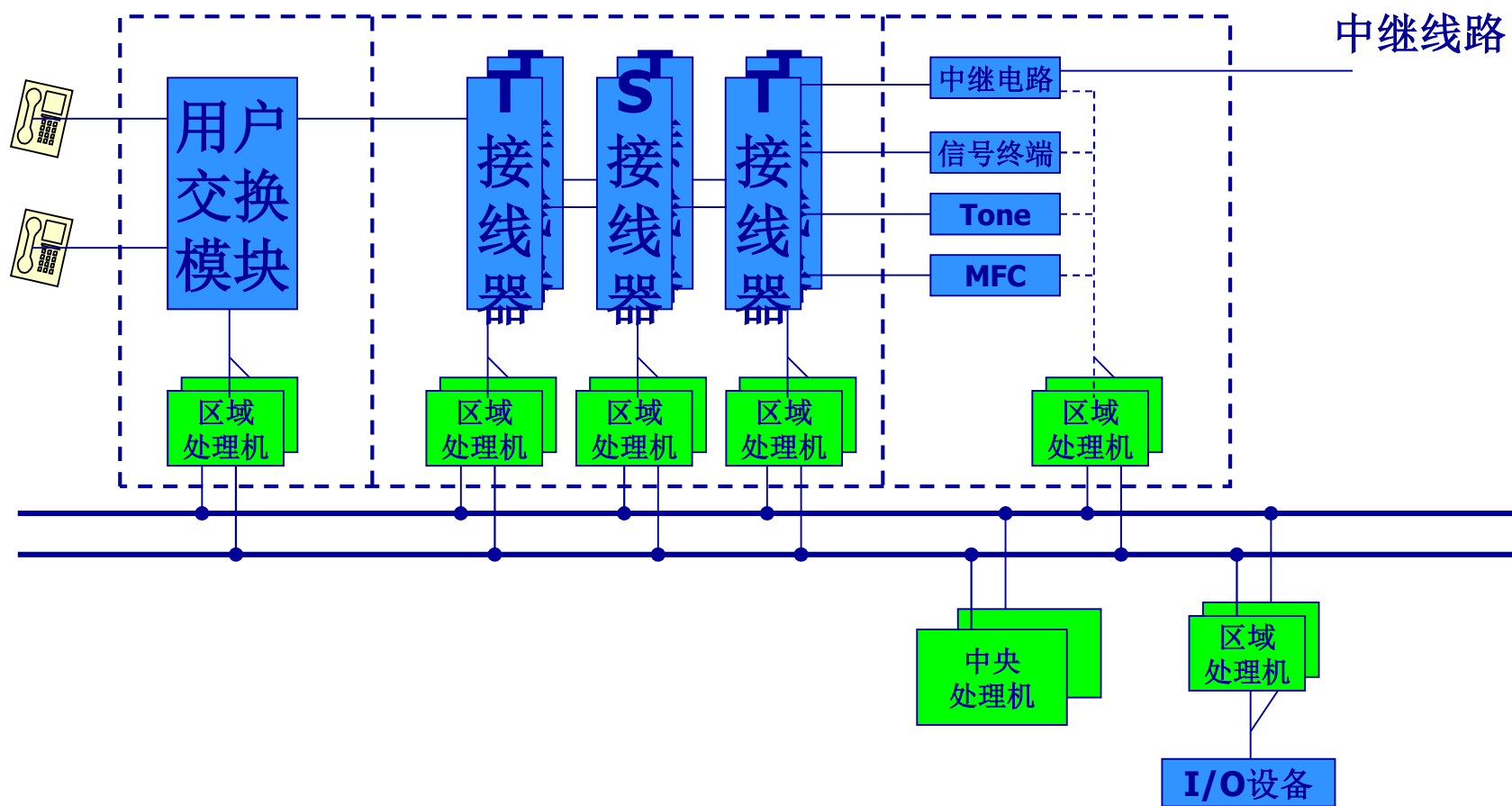


数字交换网络例

- 各种交换机的交换网络
 - 爱立信 AXE-10
 - 华为 C&C08



AXE-10

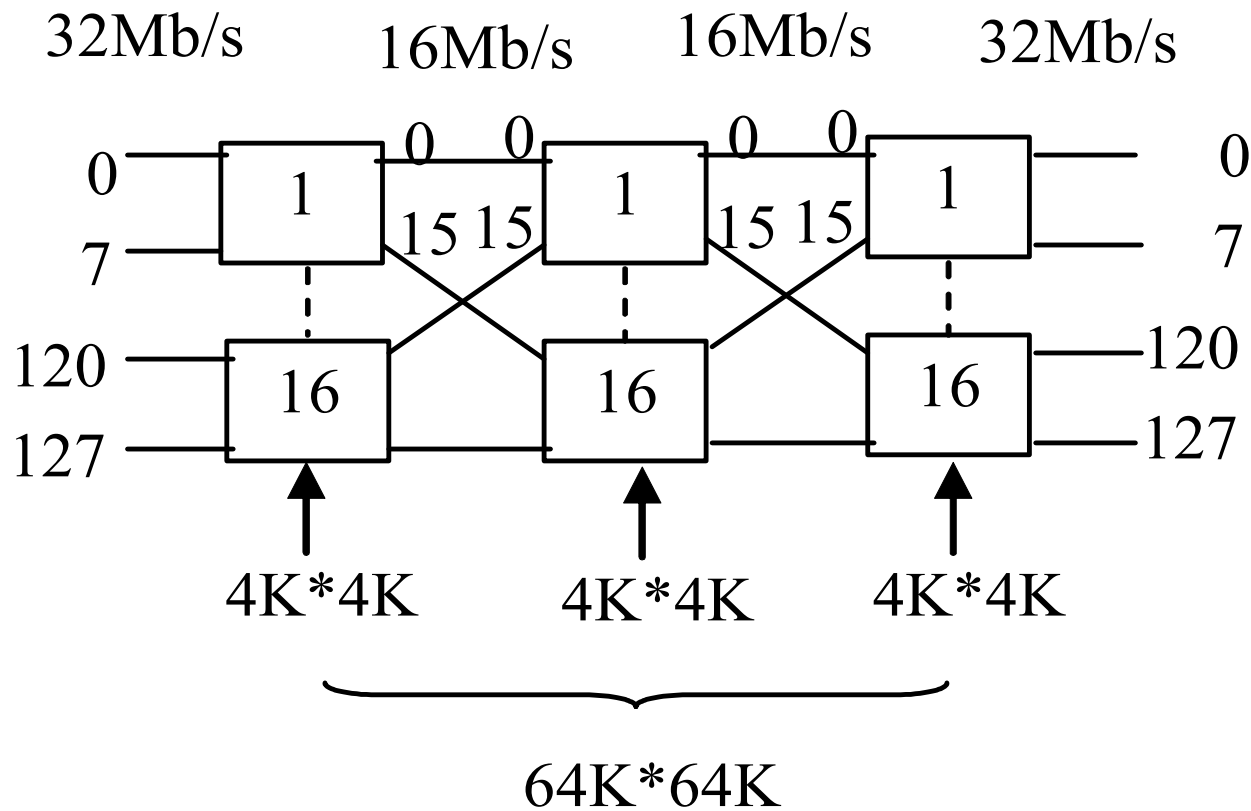




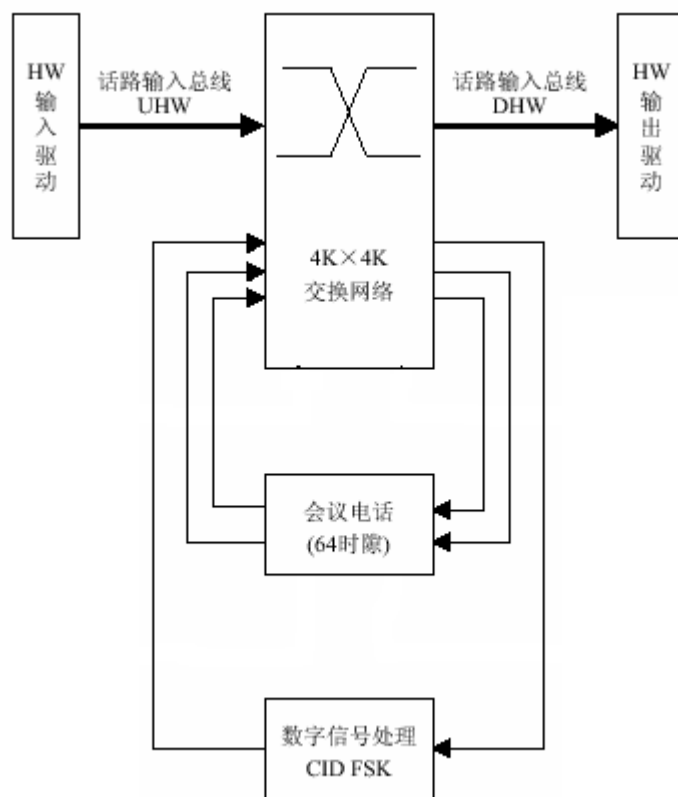
华为 C&C08

- 分布式T网结构。交换网络采用**64k * 64k**的T网，由模块内交换网络和中心交换网络组成
- **SM**的模块内交换网络**NET**结构
 - **4K*4K**
- 中心交换网络**CNET**结构
 - **64K*64K** 的T网 T型级连

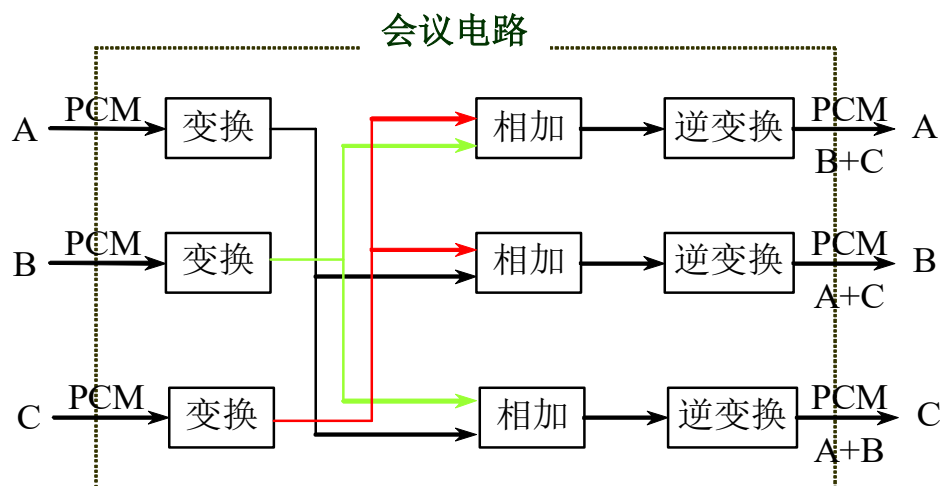
中心交换网络----T级连型交换网络



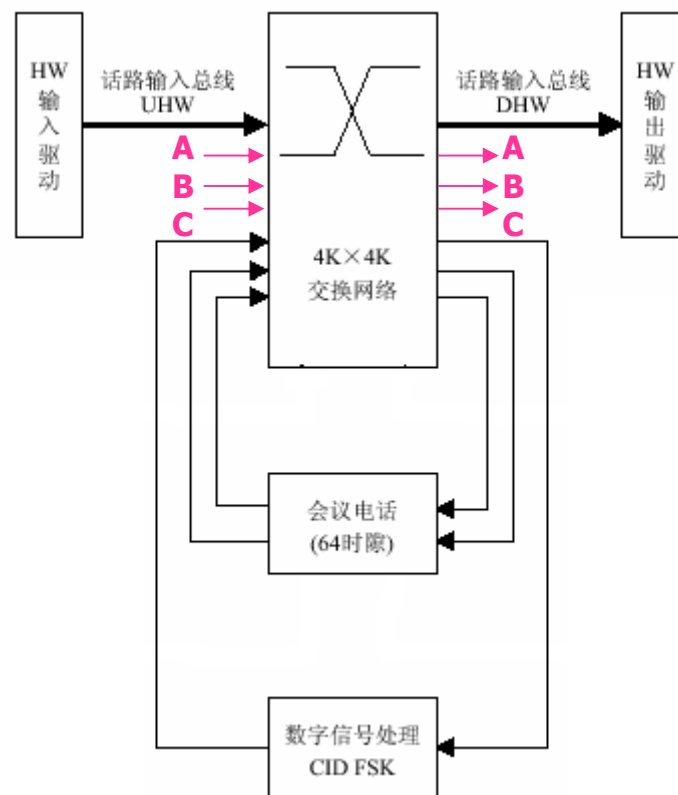
SM的模块内交换网络



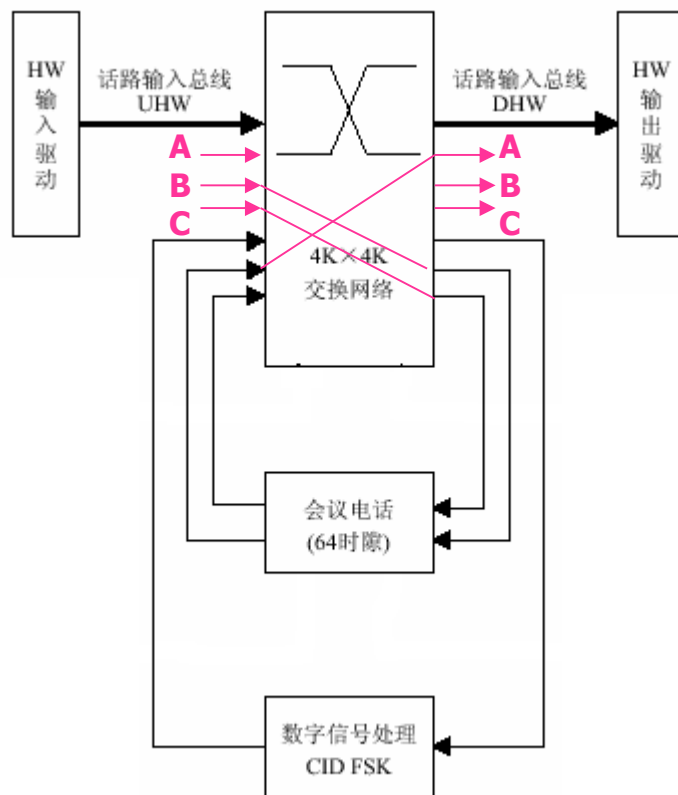
会议电话



A 如何得到**B**和**C**的语音信号？



SM的模块内交换网络

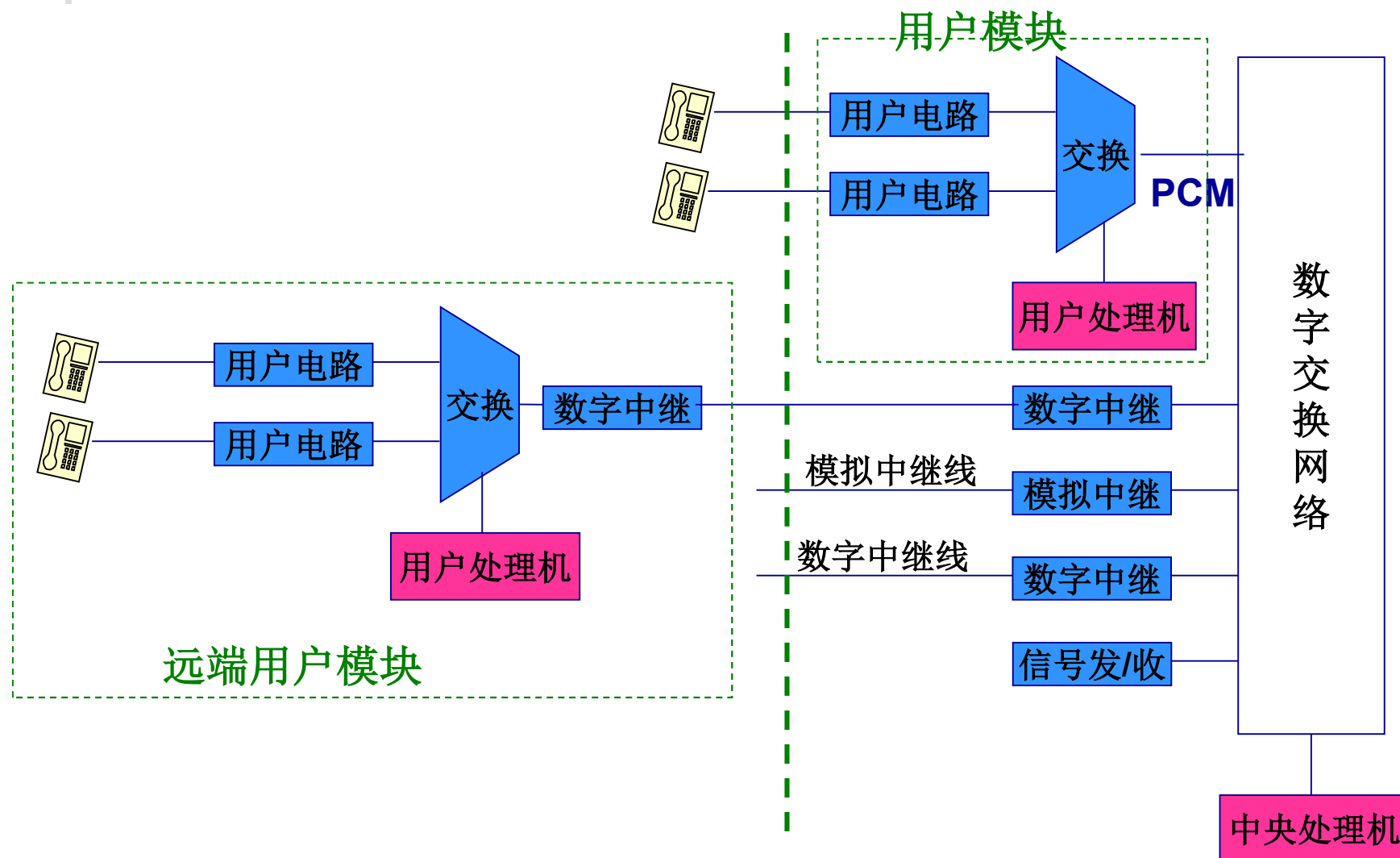




主要内容

- 电话交换机整体结构
- 话路部分
 - 模拟用户接口与用户模块
 - 数字中继接口
 - 交换网络与话路连接
- 软件部分
 - 呼叫处理原理
 - 任务分级与调度
 - 呼叫处理能力
- 系统架构设计与控制方式

数字程控交换机的系统结构

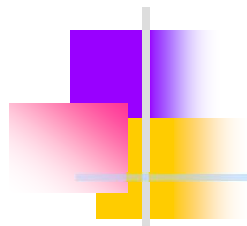




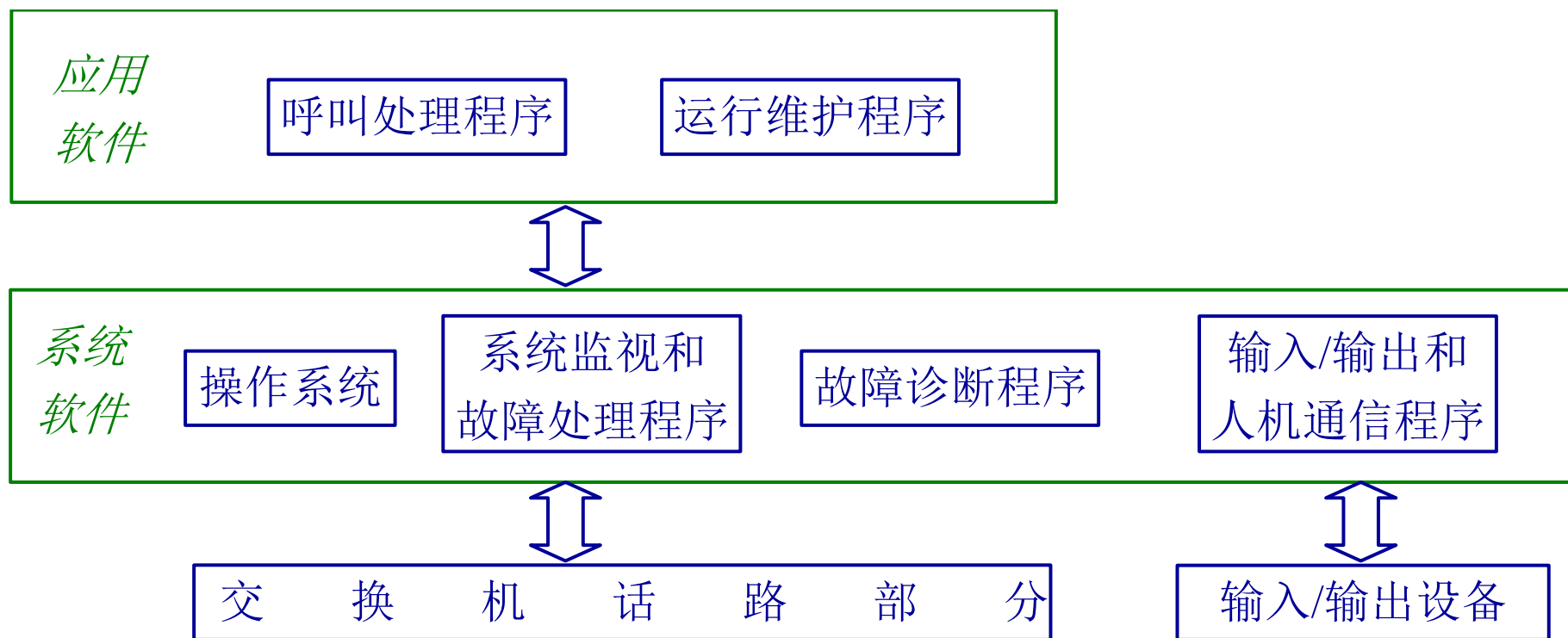
3.1 运行软件

- 任务——控制交换机的运行。包括：
 - 呼叫处理
 - 管理与维护
 - 运行安全与保护
 - 网络管理等。

- 要求：
 - 实时性
 - 并发性
 - 业务不间断性
 - 通用性



运行软件





运行软件

程序

- 操作系统：实时，多任务
- 呼叫处理：管理接口和交换网络资源，处理呼叫过程
- 系统监视和故障处理：监视重要的软件模块和公用硬件设备，发现故障后进行相应处理
- 故障诊断：故障定位；例行测试
- 维护和运行：业务质量观察，业务变更处理，人机交互

数据

- 局数据
- 用户数据



局数据

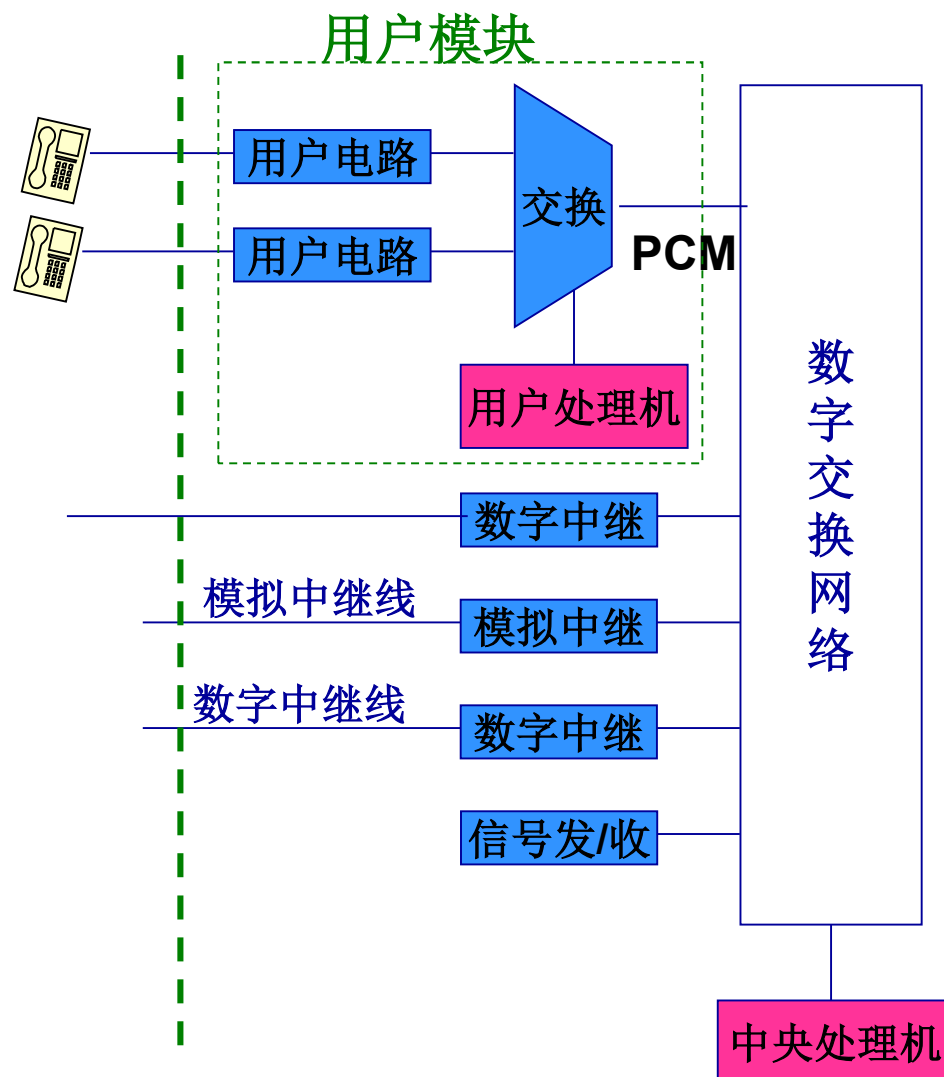
- 公用硬件配置情况：出/入中继、信号设备、收号器等
的数量、类别、机内位置
- 公用设备的忙闲情况
- 局间环境参数：局向数，每局向的出入中继数和类别
- 迂回路由设置：出、入局迂回路由表
- 各种号码：本地编号计划、字冠长度、本局局号
- 交换机类别：市话、长话、汇接
- 复原方式
- 计费信息：计费方式、费率
- 接用户交换机情况
- 特服和新业务提供情况
- 话务量、接通率等统计数据和计费数据



用户数据

- 用户情况：普通正常、呼出拒绝、呼入拒绝、临时接通
- 用户类别：单线用户、**PABX**用户、公用电话、数据传真用户
- 话机类别：脉冲/**DTMF**
- 出局权限类别：禁止呼出、限本地、限国内、限国际
- 新业务权限和已登记的新业务
- 计费类别：专用计数器、定期、立即、营业厅、免费
- 费率等级
- 各种号码：电话簿号码、机内设备号、母线时隙号、密码
- 用户状态数据：忙、闲、闭锁、测试维修
- 其他临时数据：呼叫状态、拨号脉冲计数、已收号码、使用话路等

3.2 呼叫处理原理

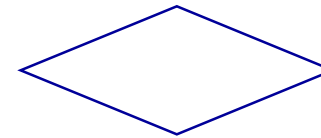


SDL图形化表示常用符号

状态



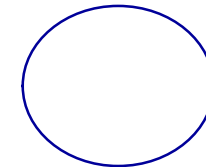
判断



输入



连接



输出

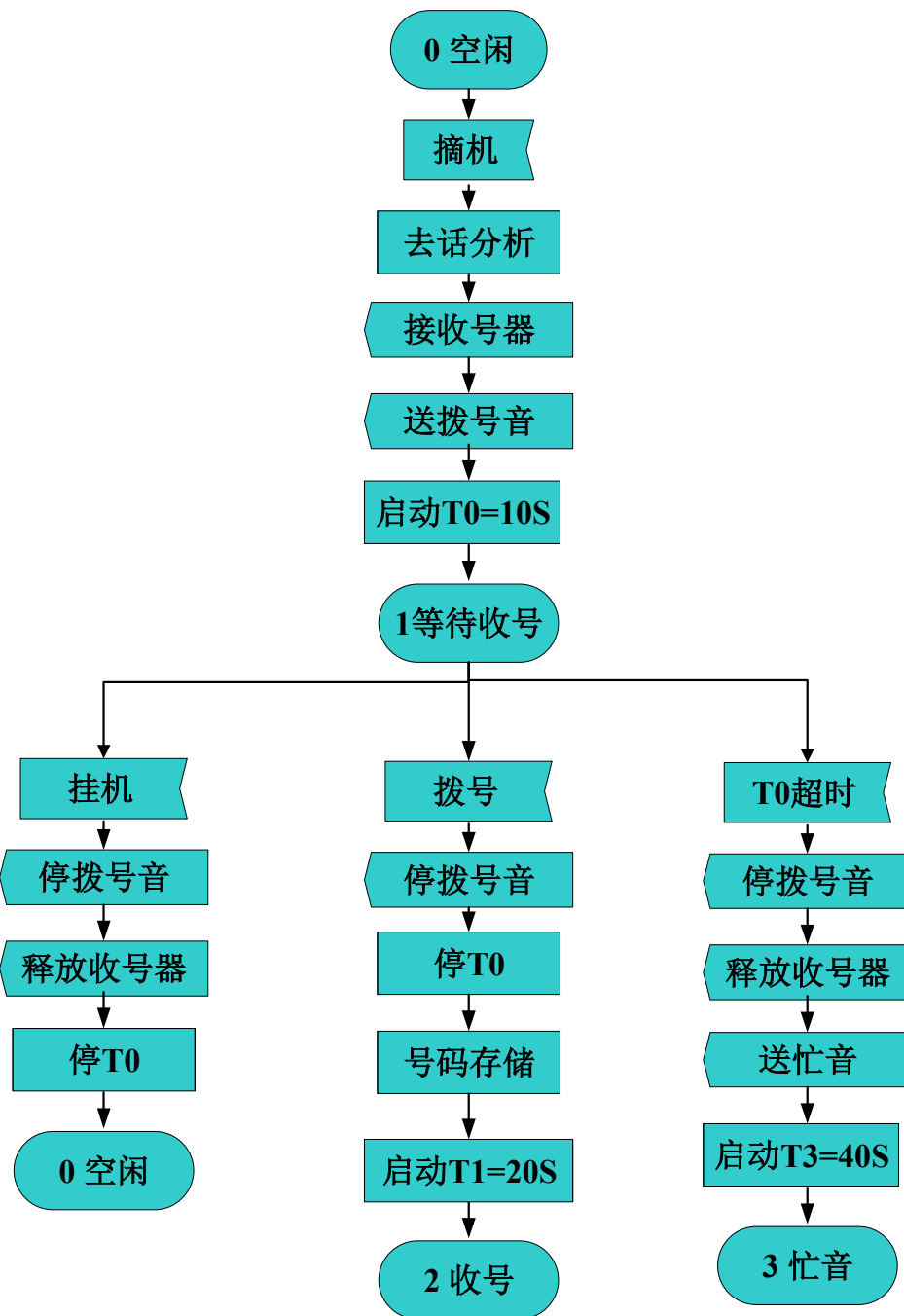


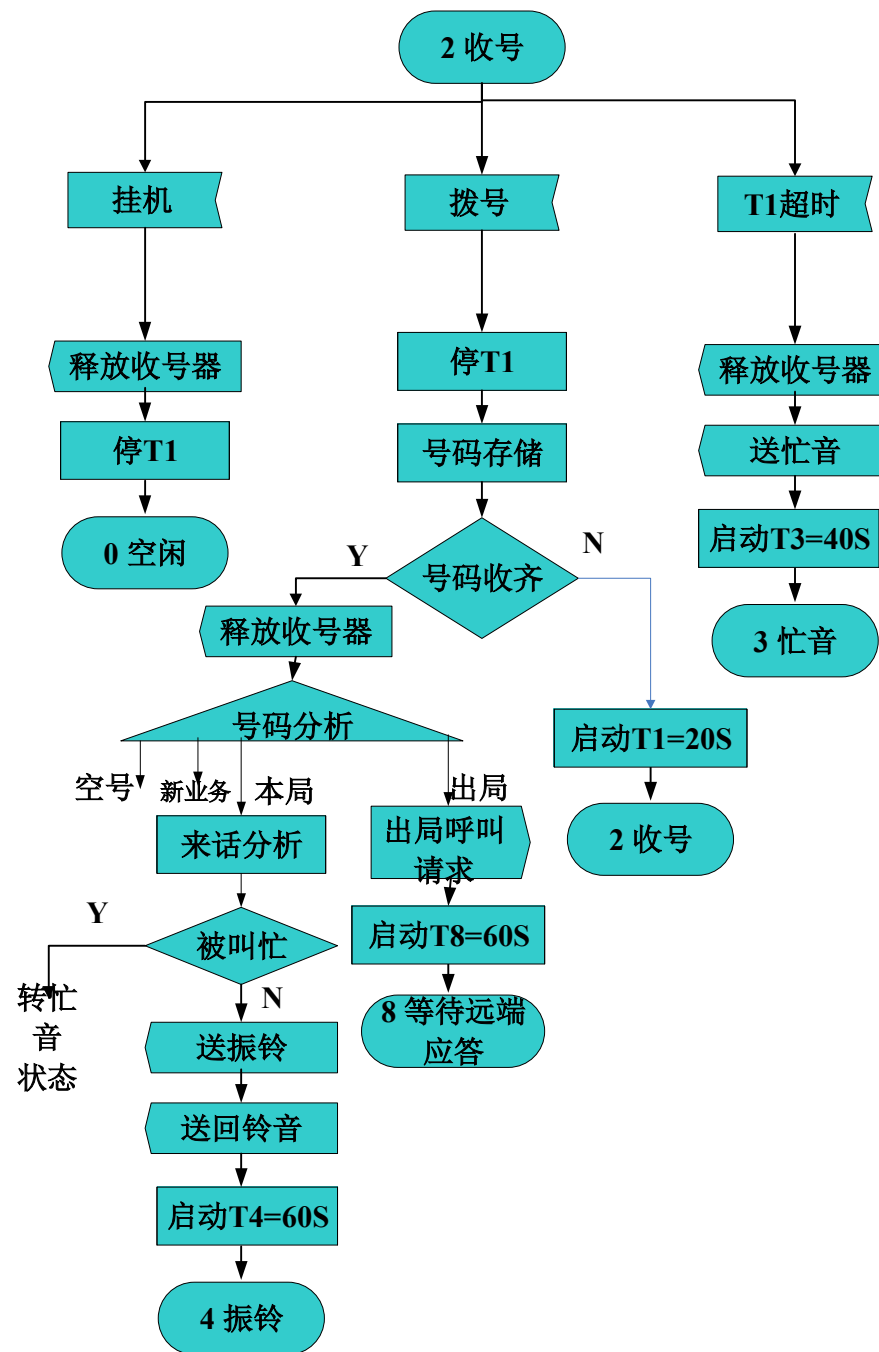
任务

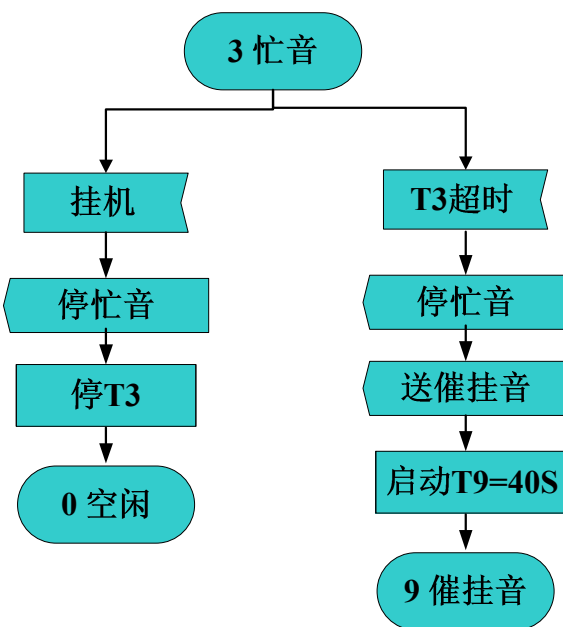
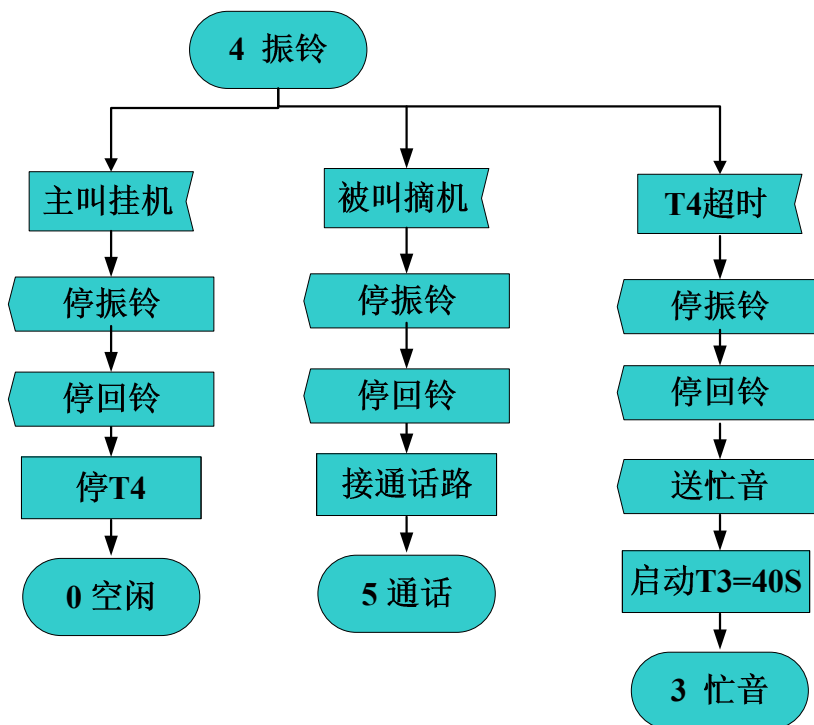


进程创建











呼叫处理的特点

- ❑ 整个呼叫处理过程可分为若干个阶段，每个阶段可以用一个稳定的状态来表示；
- ❑ 整个呼叫处理的过程就是在一个稳定状态下，处理机监视、识别输入信号，进行分析处理，执行任务和输出命令，然后跃迁到下一个稳定状态的循环过程；
- ❑ 两个稳定的状态之间要执行各种处理；
- ❑ 在一个稳定状态下，若没有输入信号，状态不会迁移；
- ❑ 相同的输入信号在不同的状态下会有不同的处理，并迁移到不同的状态；
- ❑ 在同一状态下，对不同输入信号的处理是不同的；



呼叫处理过程

- 输入处理（数据采集）
 - 识别并接收外部的处理请求和信号，生成事件
- 分析处理（数据处理）
 - 根据状态、输入事件、条件，分析判定下一步的工作
- 任务执行和输出处理
 - 发布命令，控制动作



3.3 输入处理

对用户线、中继线、信令设备进行监视和信号识别，生成相应事件放入队列，供其它程序取用。大多属于周期级程序。包括：

- 用户线状态扫描（摘挂机）
- 中继线线路信号扫描
- 拨号脉冲识别
- DTMF号码接收
- MFC信号接收
- No.7信令接收
- 控制台消息及机间通信消息的接收

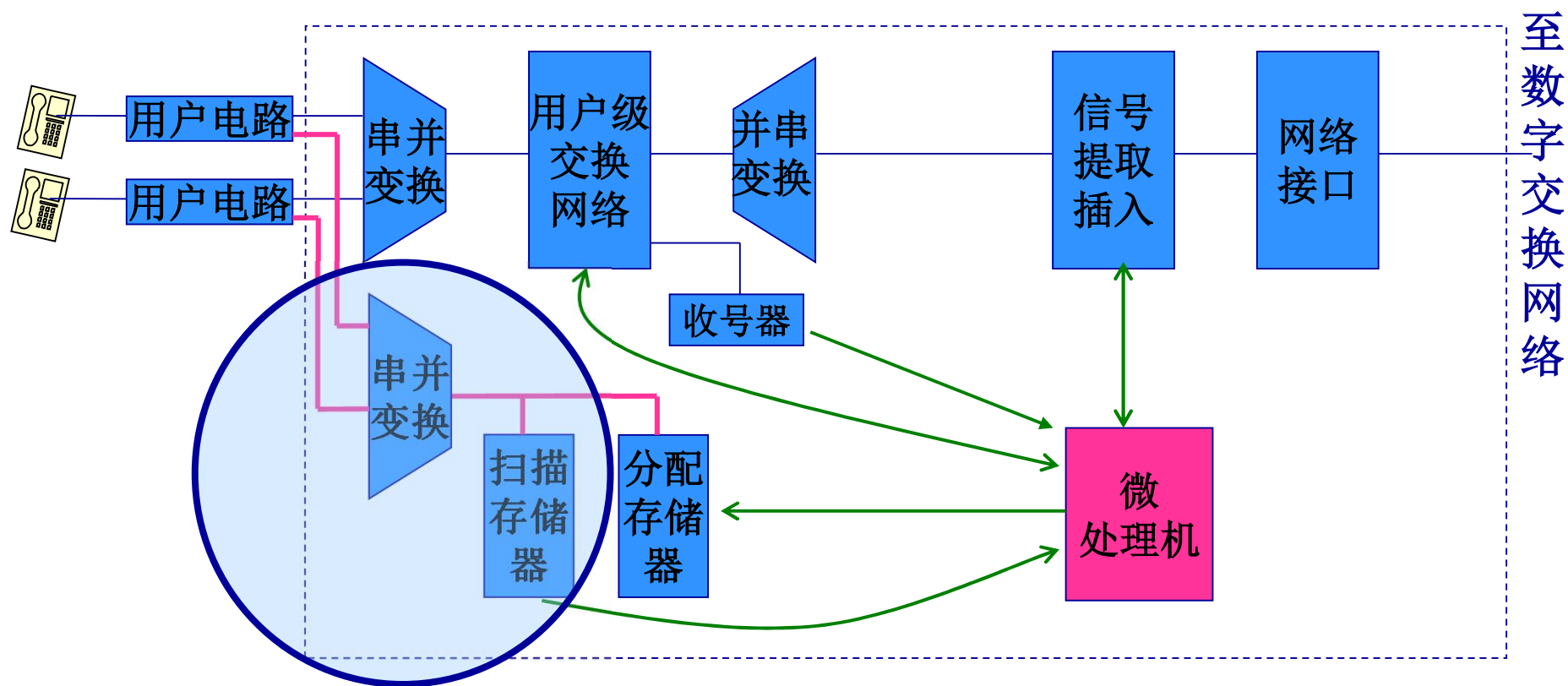
用户线扫描

- 扫描目的——识别摘机（直流回路接通）、挂机（直流回路断开）事件。
 - 摘机：线路状态“断” (1) → “续” (0);
 - 挂机：线路状态“续” (0) → “断” (1);
- 扫描周期——100~200ms
- 扫描原理（200ms扫描）
- 群处理扫描



目的：提高效率

用户线扫描





输入处理

对用户线、中继线、信令设备进行监视和信号识别，生成相应事件放入队列，供其它程序取用。大多属于周期级程序。包括：

- 用户线状态扫描（摘挂机）
- 中继线线路信号扫描
- 拨号脉冲识别
- DTMF号码接收
- MFC信号接收
- No.7信令接收
- 控制台消息及机间通信消息的接收



3.4 分析处理

输入处理得到的各种事件，交分析处理程序分析，以决定下一步的工作。它没有固定周期，属于基本级程序。包括：

- 状态分析
- 数据分析
 - 去话分析
 - 号码分析
 - 来话分析

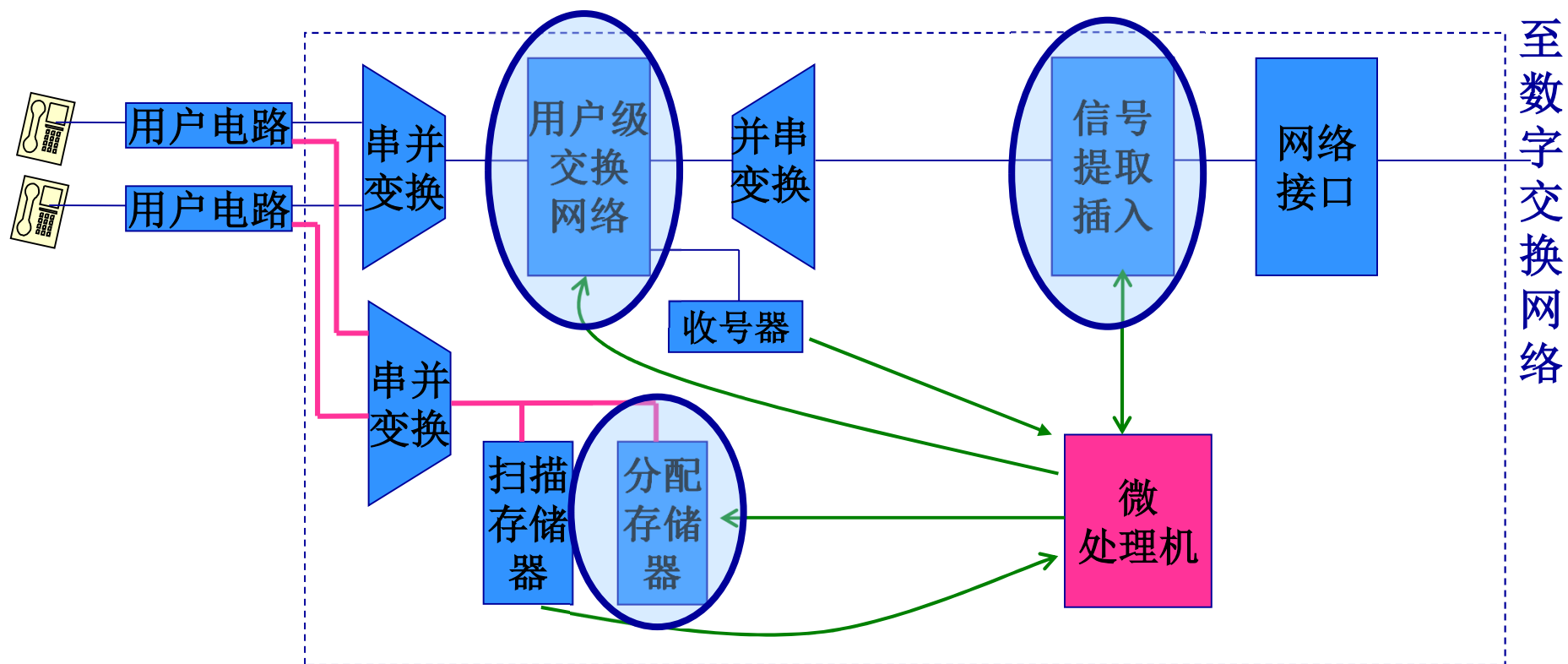


3.5 任务执行和输出处理

**输出处理程序输出各种命令，完成具体的动作。
有些属于基本级程序，有些属于周期级程序。
包括：**

- 话路驱动、复原
- 发送分配信号
- 发送线路信号、记发器信号、No.7信令等
- 发送机间通信消息

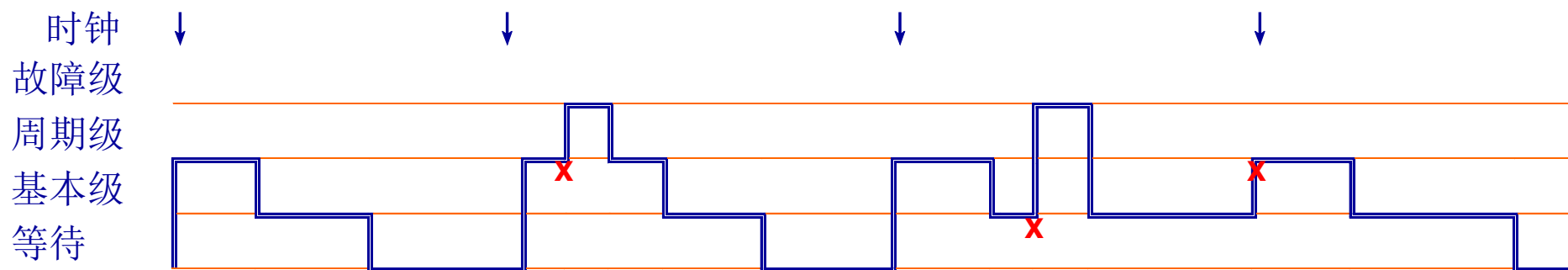
任务执行和输出处理



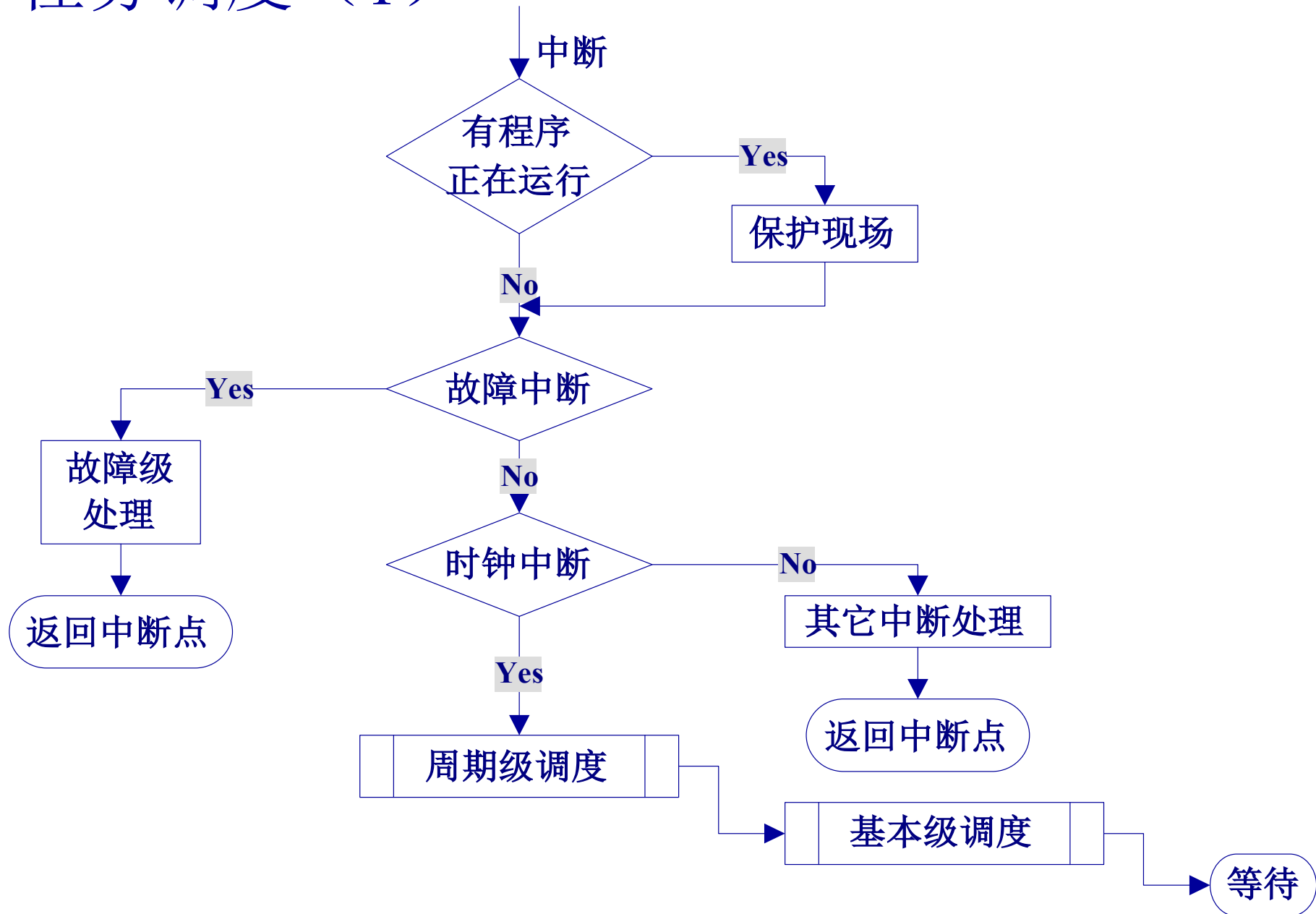
3.6 任务分级与级间转移

程序级别	程序功能	启动方式	响应速度
故障级	故障识别和故障紧急处理	硬件中断启动	立即响应
周期级	按一定周期进行的各种扫描和驱动	时钟中断启动	在严格时限内响应
基本级	分析处理和各种无时限任务	事件队列启动	在一定时限内响应

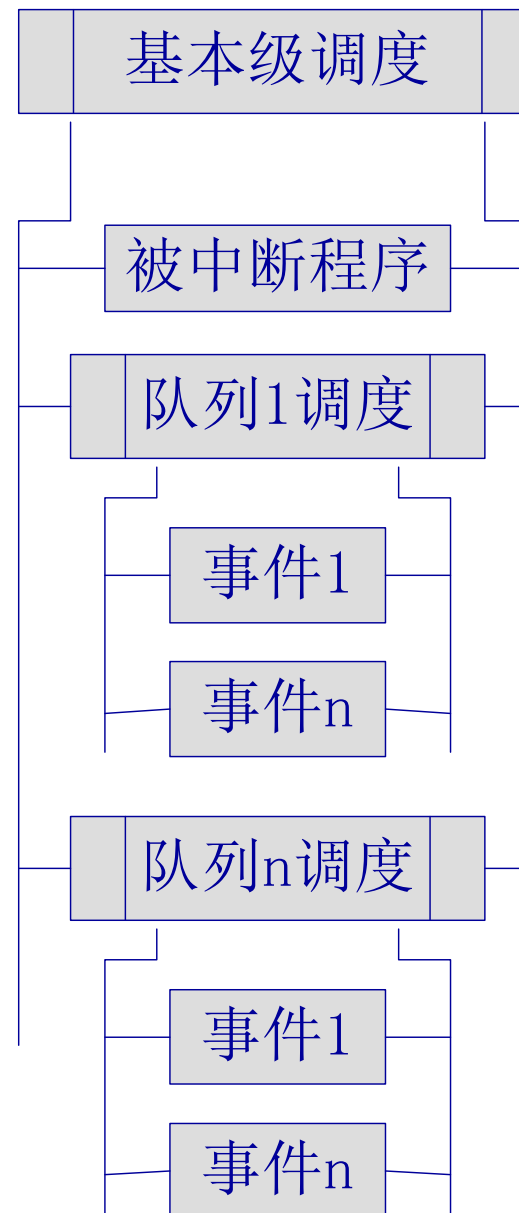
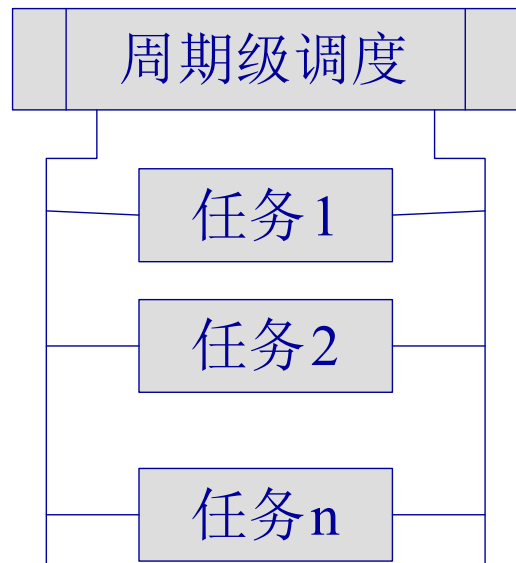
级间转移的原则是——级别高的程序优先处理



任务调度 (1)



任务调度（2）





任务调度（3）

■ 周期级调度

- 在单任务操作系统中，可以利用时钟中断+时间表的方法调度周期级任务；
- 在实时多任务操作系统中，可以设置任务周期，利用操作系统的调度机制调度周期级任务。

■ 基本级调度

- 在单任务操作系统中，可以自己设计事件队列调度基本级任务；
- 在实时多任务操作系统中，可以利用操作系统的事件队列、信箱等机制驱动基本级任务。



实时多任务OS 举例

```
CreateTask('摘机', &proc_handoff, period=200ms);  
CreateTask('呼叫处理', &Call_control);
```

```
Proc proc_handoff()  
{  
    群处理;  
    if ((!这) ^ 前 == 1) then  
    {  
        sendmessage('摘机', msgQ);  
    }  
}
```

```
Proc Call_control()
```

```
{
```

```
while(1)
```

```
{
```

```
  pMsg = RecvMsg(MsgQ); //等待接收事件
```

```
  port = pMsg->UserPort; //分析事件对应的用户
```

```
  event = pMsg->event; //取出事件号
```

```
  state = phyPort[port].state; //查询该用户当前状态
```

```
  switch(状态state)
```

```
  {
```

```
    case 空闲
```

```
      switch(事件event)
```

```
        case 摘机
```

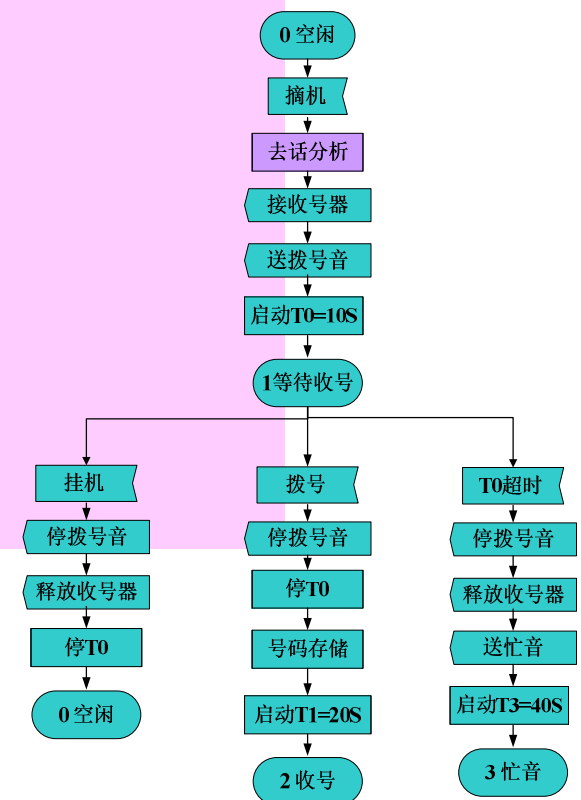
```
        case 振铃
```

```
    case 收号
```

```
  }
```

```
}
```

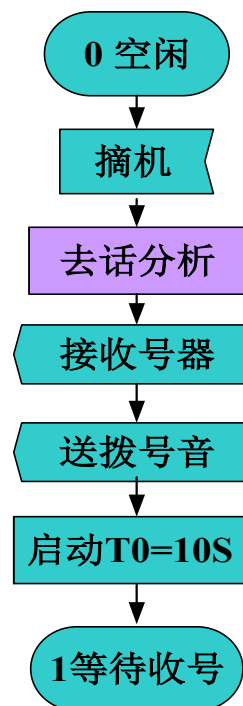
```
}
```



```

p = &phyPort[port];
switch(p->state)
{
case FXS_PORT_ONHOOK_STATE:
    if(event == EVENT_OFFHOOK)
    {
        drv_SendDialTone(port);
        drv_DtmfDetect(port,0);
        SetTimeExpire(port,timer0,p->state);
        p->state = FXS_PORT_WAIT_DIAL_STATE;
        return;
    }
    if(event == EVENT_RING)
    {
        drv_SendRingTone(port,p->srcDigital,p->name);
        SetTimeExpire(port,timer8,p->state);
        p->state = FXS_PORT_RINGING_STATE;
        return;
    }
break;

```



对比代码与**SDL**图，发现什么？说明什么？

case FXS_PORT_WAIT_DIAL_STATE:

if(event == EVENT_TIMEOUT)

{

drv_SendBusyTone(port);

SetTimeExpire(port,timer3,p->state);

p->state =FXS_PORT_BUSY_TONE_STATE;

return;

}

if(event == EVENT_DIAL)

{

RMCANCELMESSAGE(p->timer);

drv_StopDialTone(port);

SetTimeExpire(port,timer1,p->state);

p->state = FXS_PORT_DIAL_STATE;

return;

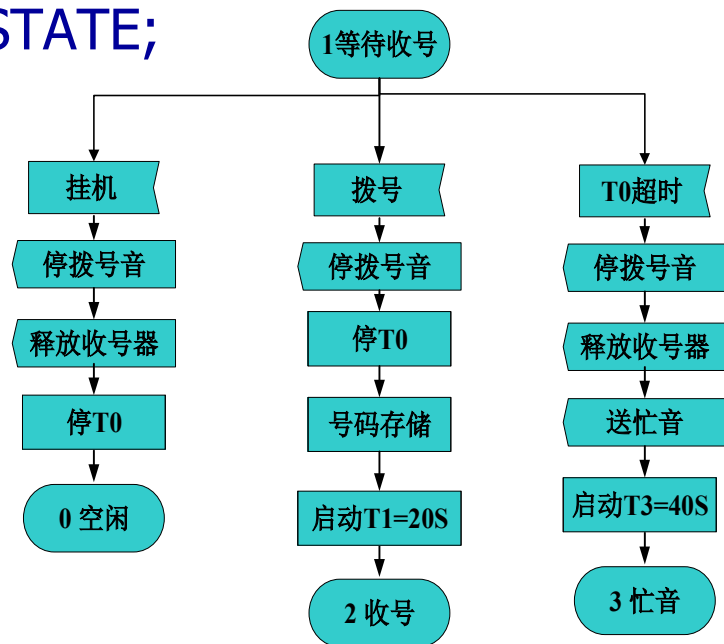
}

if (event == EVENT_ONHOOK)

{

}

break;



对比代码与**SDL**图，发现什么？说明什么？

case FXS_PORT_BUSY_TONE_STATE:

if(event == EVENT_TIMEOUT)

{

drv_StopBusyTone(port);

drv_SendHastenTone(port);

SetTimeExpire(port,timer9,p->state);

p->state = FXS_PORT_HASTEN_TONE_STATE;

return;

}

if(event == EVENT_ONHOOK)

{

RMCANCELMESSAGE(p->timer);

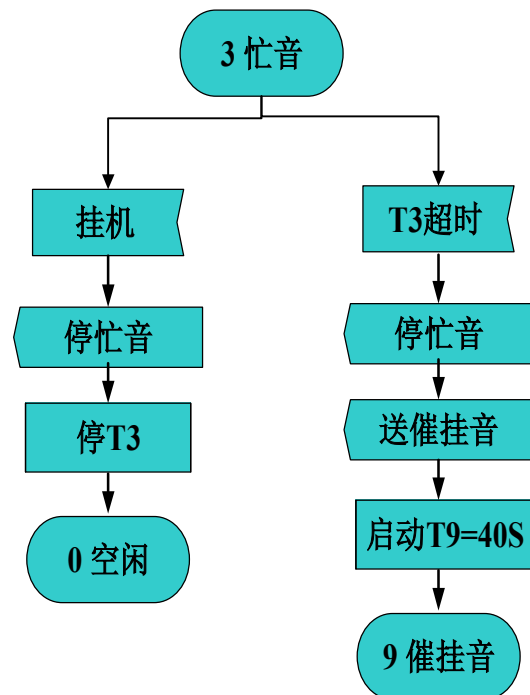
drv_StopBusyTone(port);

p->state = FXS_PORT_ONHOOK_STATE;

return;

}

break;



3.7 呼叫处理能力BHCA

■ BHCA概念

- 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）在单位时间内能够处理的最大试呼次数。
- 以“最大忙时试呼次数”表示。简写BHCA

■ BHCA计算模型

$$t = a + b N$$

- t （系统开销）：时间资源的占用率。
- a （固有开销）：与呼叫次数（话务量）无关的系统开销，如：任务调度和扫描开销。
- b ：处理一次呼叫的平均开销，包括操作系统部分和呼叫处理部分开销。
- N ：呼叫次数。
- bN （非固有开销）：处理所有呼叫的系统开销。



BHCA例题

- 某处理机忙时用于呼叫处理的时间开销平均为0.85（称它为占用率），固有开销 $a=0.29$ 。处理一个呼叫平均需时32ms。求该处理机忙时呼叫处理能力。

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

$$N = 63000 \text{ 次/小时}$$



3.8. 过负荷控制

到达的话务负荷超过交换局的设计能力时，称过负荷。

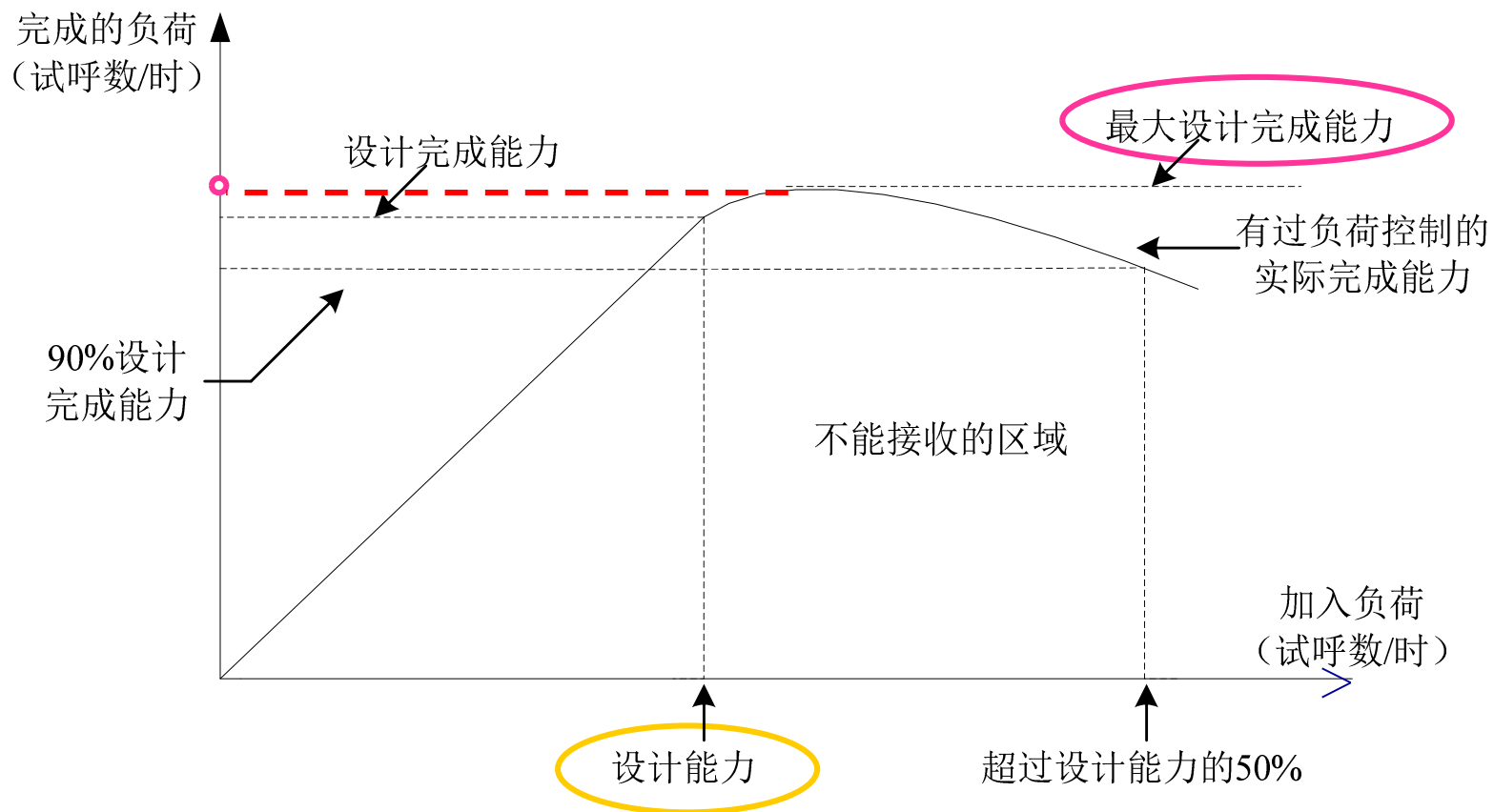
- 过负荷控制要求

- 话务负荷超过设计能力50%时，保证处理不低于90%设计能力的试呼。

- 过负荷控制方法

- 将呼叫源分成不同的等级，限制低级源的呼叫，优先高级源的呼叫。

过负荷控制

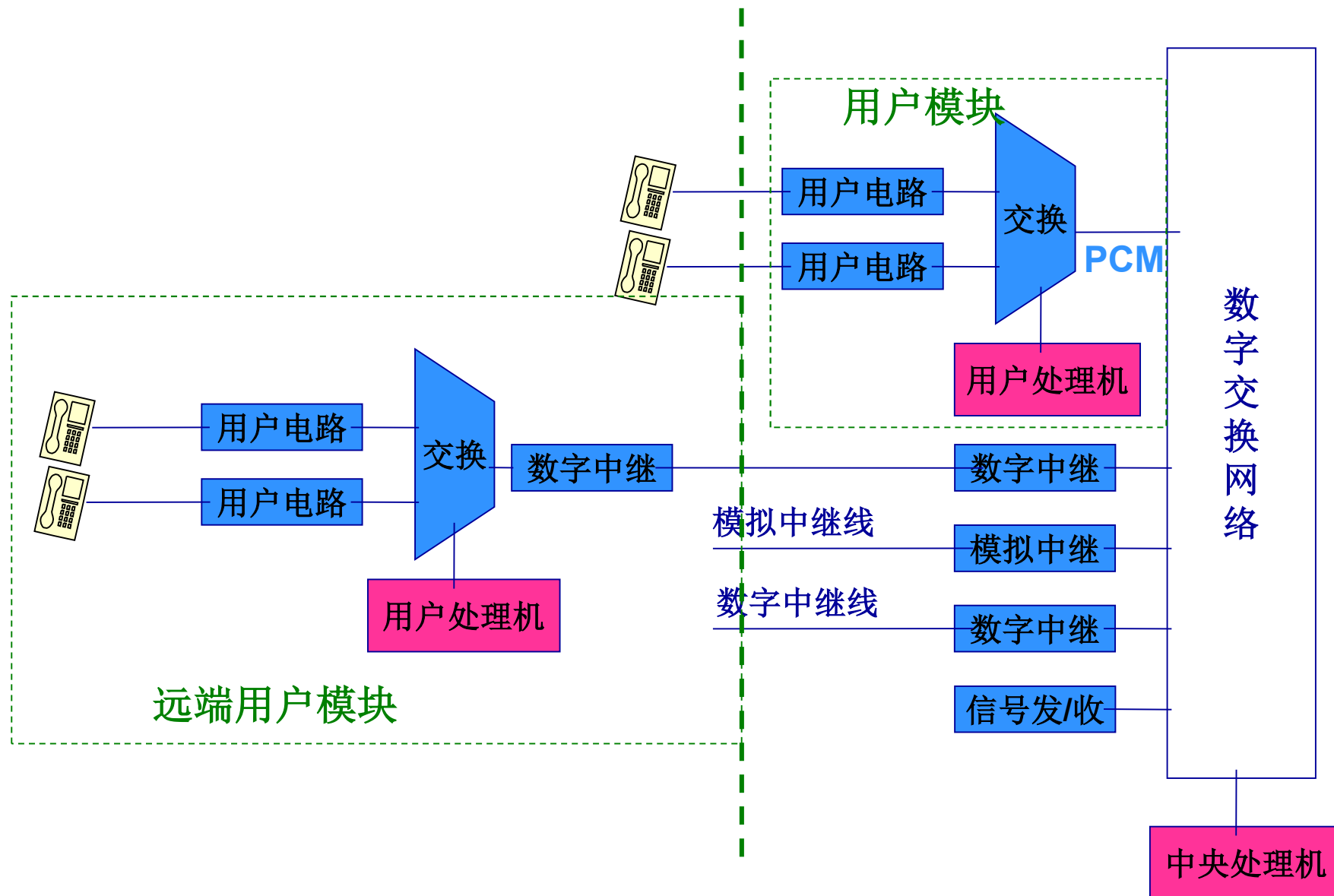




主要内容

- 电话交换机整体结构
- 话路部分
 - 模拟用户接口与用户模块
 - 电话机功能
 - 数字中继接口
 - 交换网络与话路连接
- 软件部分
 - 呼叫处理原理
 - 任务分级与调度
 - 呼叫处理能力
- 系统架构设计与控制方式

数字程控交换机的系统结构





对控制部件的要求

- 呼叫处理能力 (BHCA) 大
 - 在满足服务质量的前提下, 并发的处理多个用户的呼叫
- 可靠性高
 - 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
- 灵活性、适用性强
 - 能适应技术的发展
- 经济性

影响到控制部件的系统结构和软、硬件设计



4.1 控制系统的结构方式

体现在功能、资源和设备的关系上

- 集中控制
 - 任一设备可以到达所有的功能和资源
- 分散控制
 - 每一设备分别到达部分功能和资源
 - 分散的方法可以按功能分；也可以按资源分
 - 功能和资源的划分方法可以是静态的，也可以是动态的

集中控制方式

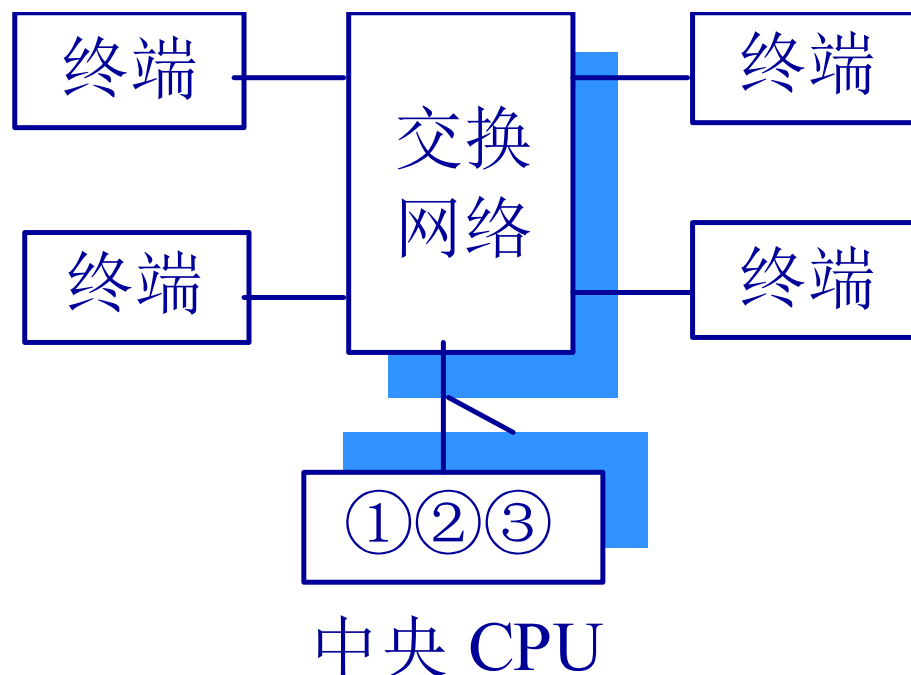
- **集中控制**：处理机可以对交换系统内的所有功能及资源实施统一控制。该控制系统可以由多个处理机构成，每一个处理机均可控制整个系统的正常运作。

①终端与信号控制

②呼叫控制

③交换网控制

例如：小型交换设备



分级控制方式

- **分级控制**：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。

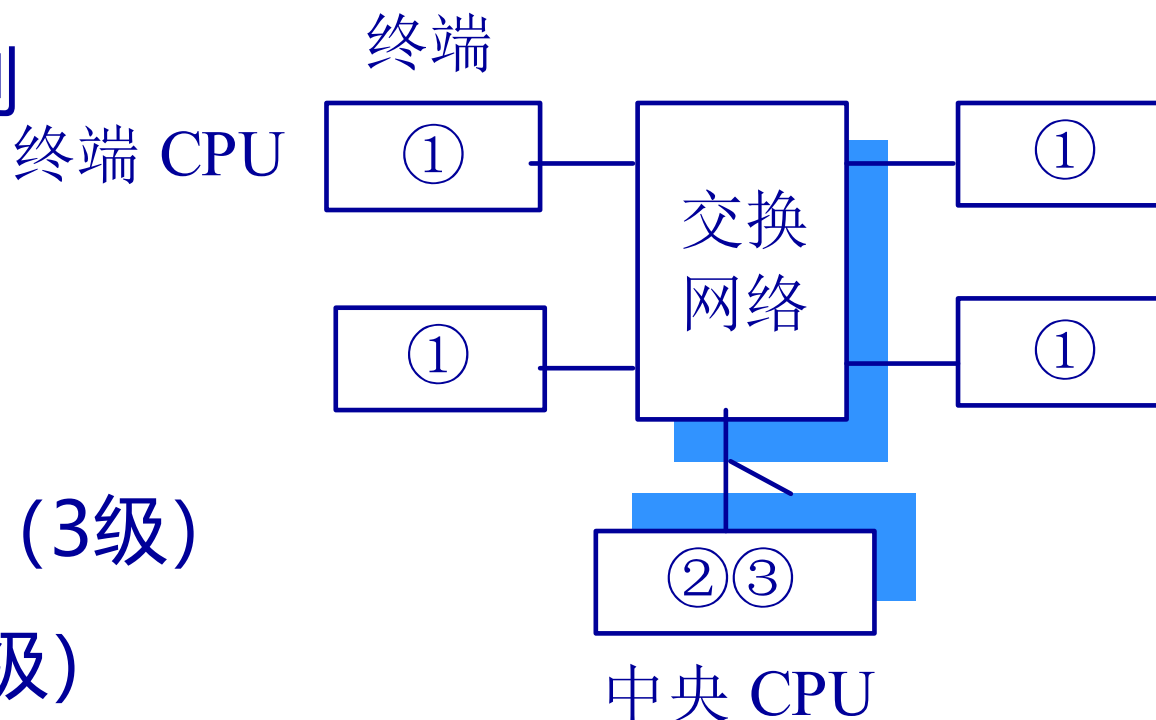
①终端与信号控制

②呼叫控制

③交换网控制

例如：FETEX150 (3级)

AXE10 (2级)



全分散（分布）控制方式

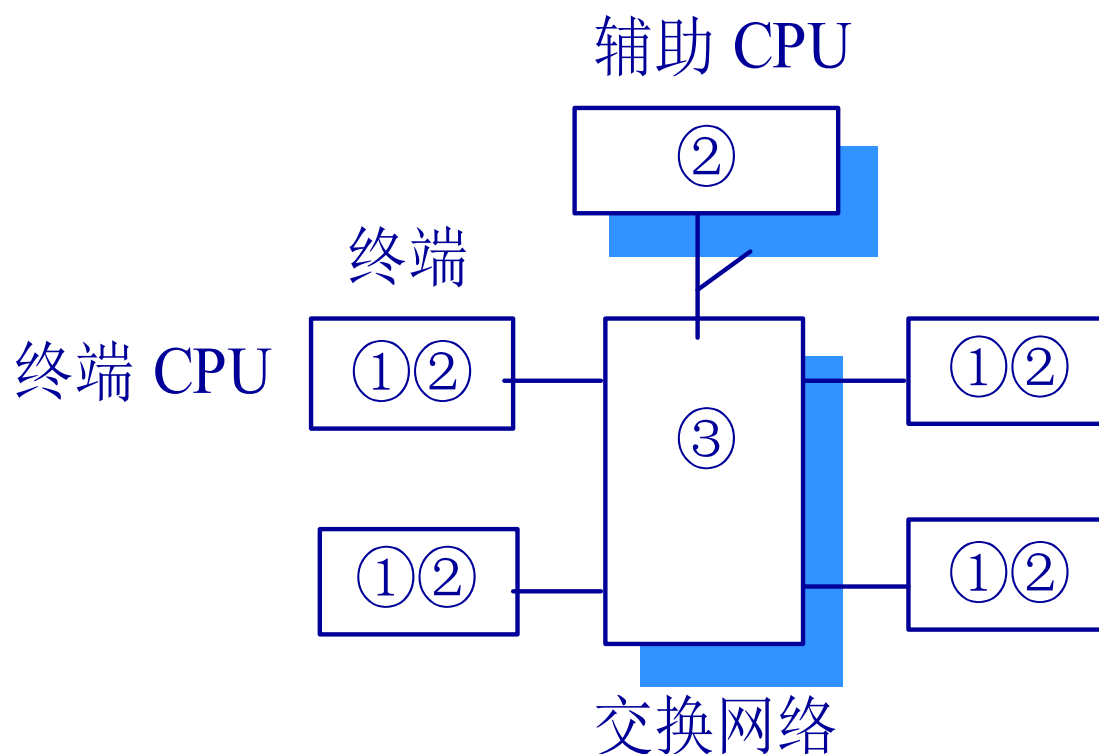
- **全分散控制**：多个处理机之间独立工作，分别完成不同的功能和不同的资源实施控制，这些处理机之间不分等级，不存在控制与被控制关系，各处理机有自主能力。

①终端与信号控制

②呼叫控制

③交换网控制

例如：S1240





4.2 多处理机分担方式

■ 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和灵活性，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

■ 话务分担

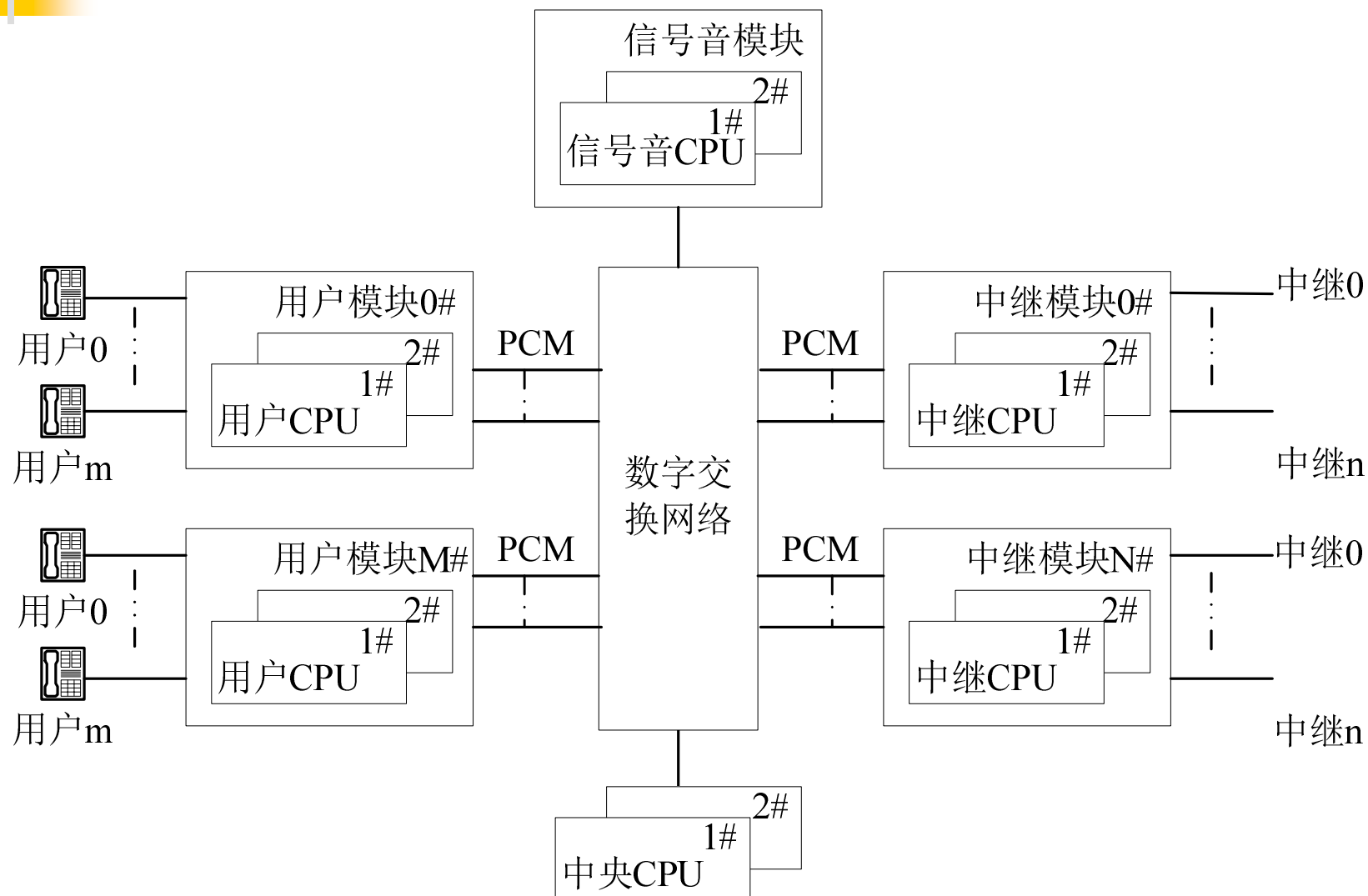
- 每台处理机完成一部分话务处理功能
- 提高处理能力

■ 备用（冗余）方式

- 提高可靠性
- 1+1备用方式
- $n+1$ 备用方式

■ 图3.26—分级控制方式

多处理机工作方式举例





4.3 备用（冗余）方式和故障处理（1）

■ 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。

■ 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。



备用（冗余）方式和故障处理（2）

■ 热备用方式

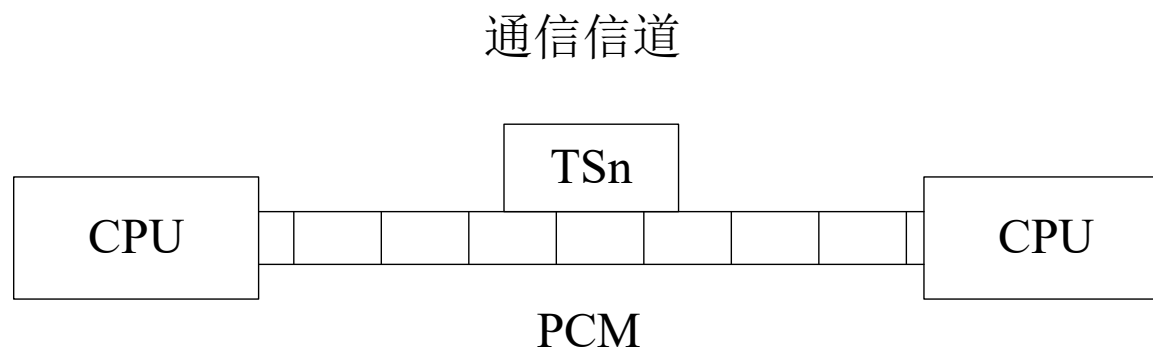
正常工作时，由主机负责全部话务，并随时将呼叫数据送给备用机，备用机不处理任何呼叫；主用机故障时，进行主备机切换，备用机接管全部话务，并根据已有的呼叫数据保证一部分呼叫不损失。

■ 冷备用方式

正常工作时，由主机负责全部话务，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，已有的呼叫全部损失。

4.4 处理机间通信方式

- 利用数字交换网络
 1. 使用指定时隙，作为专用通信通路
 2. 使用任意时隙，与话音混传
- 优点：系统结构简单
- 缺点：占用话路资源，通信通路带宽小



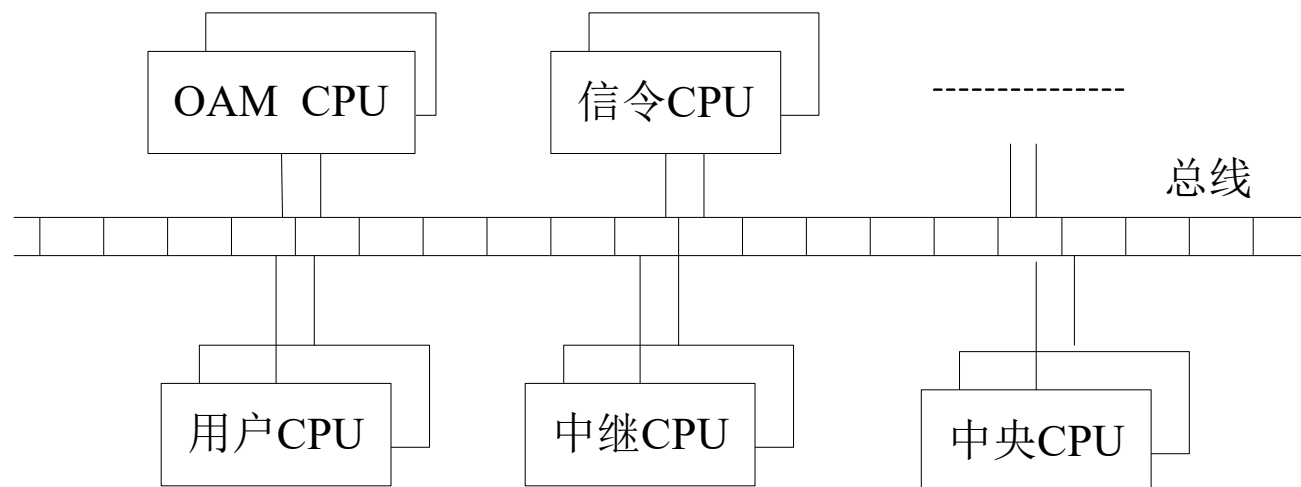
处理机间通信方式（续）

- 建立专用通信网络

1. 多总线计算机网

- 共享缓冲区（如：利用双端口RAM）
- 共享输入输出接口（如：使用HDLC通信控制器）

2. 环网

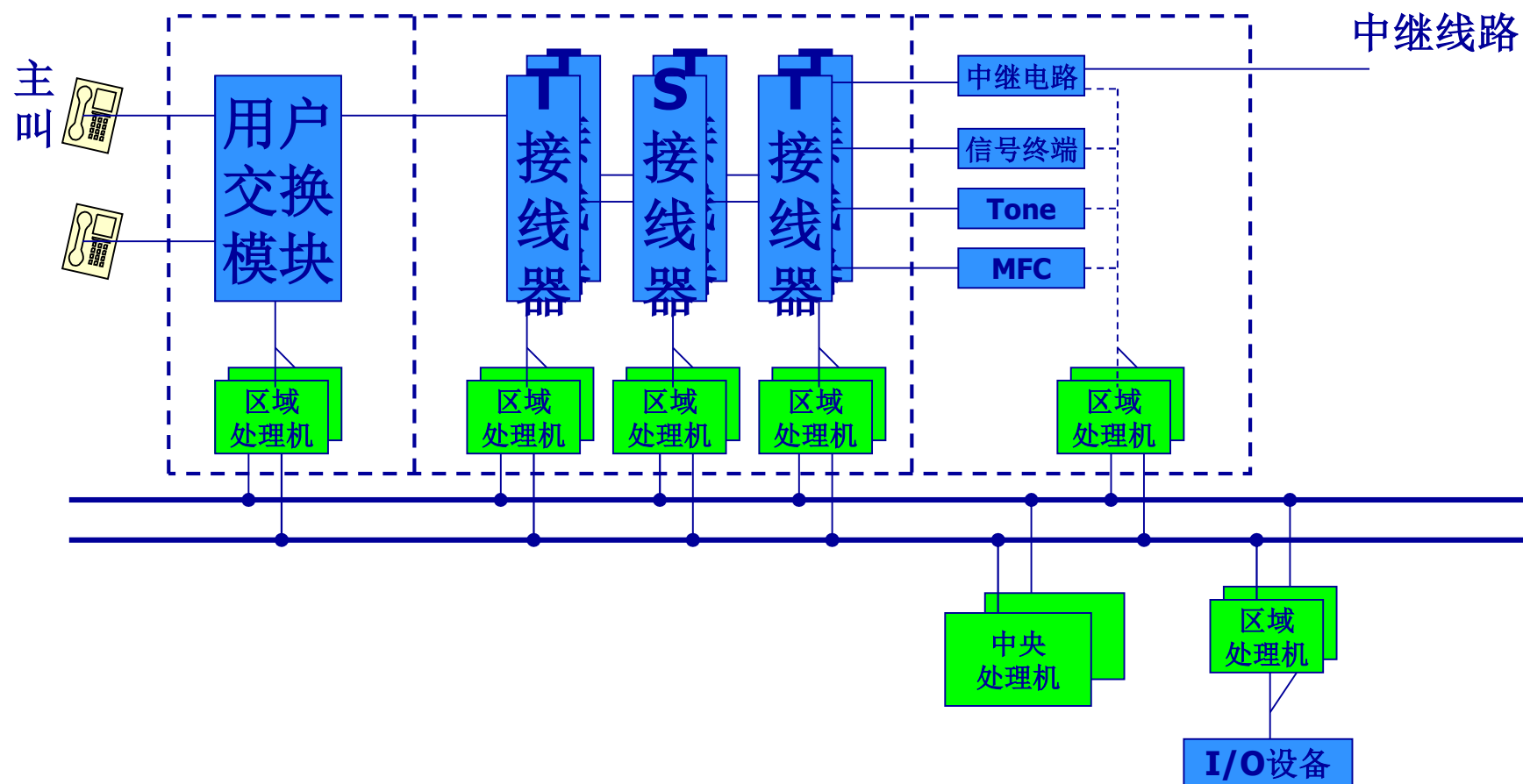




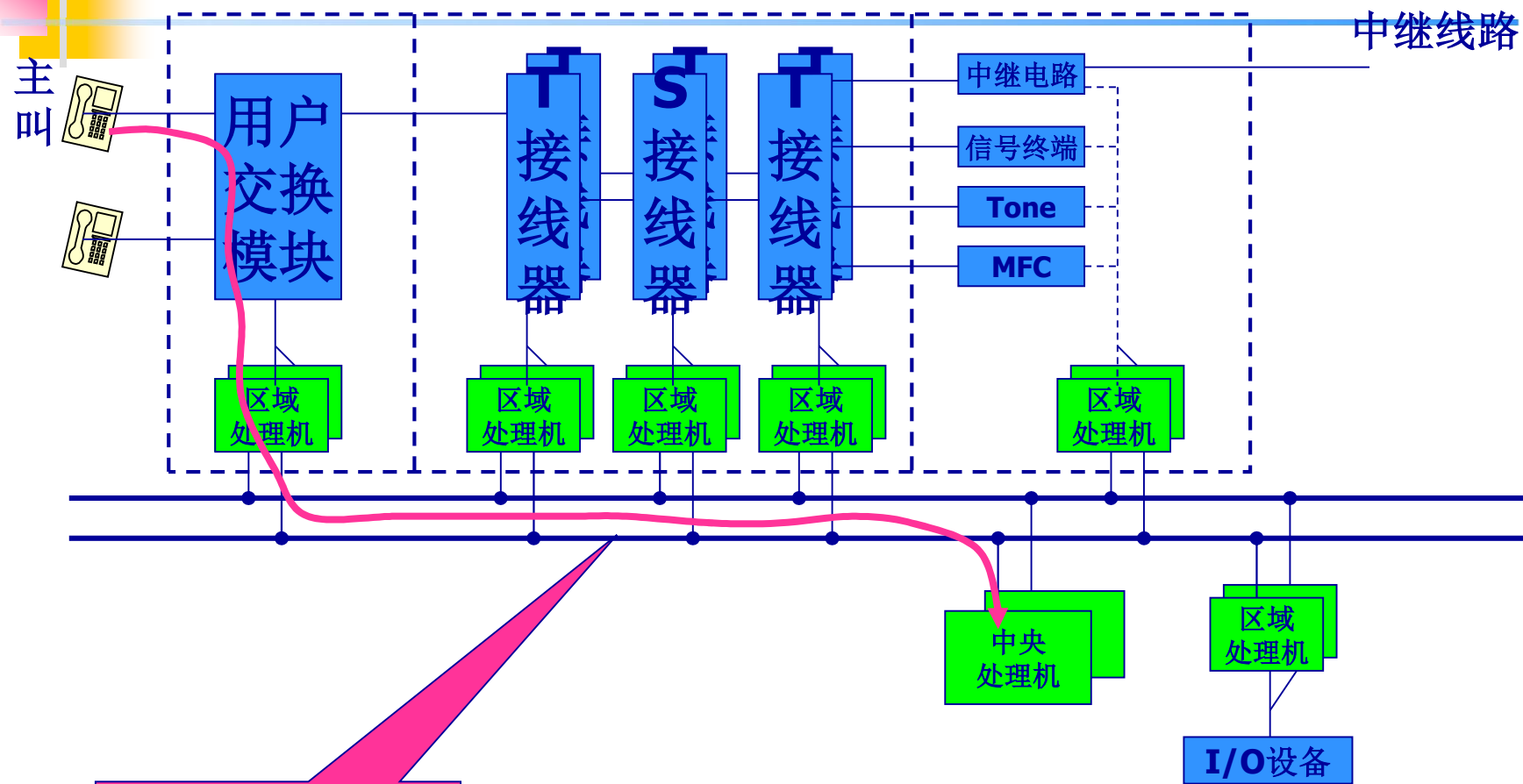
交换机实例

- C&C08 系统容量可从256用户平滑扩充到80万用户线或24万中继线，C&C08 采用话务分散控制结构，交换模块内部采用分级分散群机控制技术，模块内部通信采用内存映射技术，加上大量使用大容量内存和高性能CPU，使C&C08 系统的BHCA值达6000K。
- SoftX3000软交换设备是NGN解决方案中的核心构件，具备呼叫控制、信令和协议处理以及基本业务提供的能力。最大用户数：200万用户/36万中继。其BHCA：16000K。

软件硬件结合

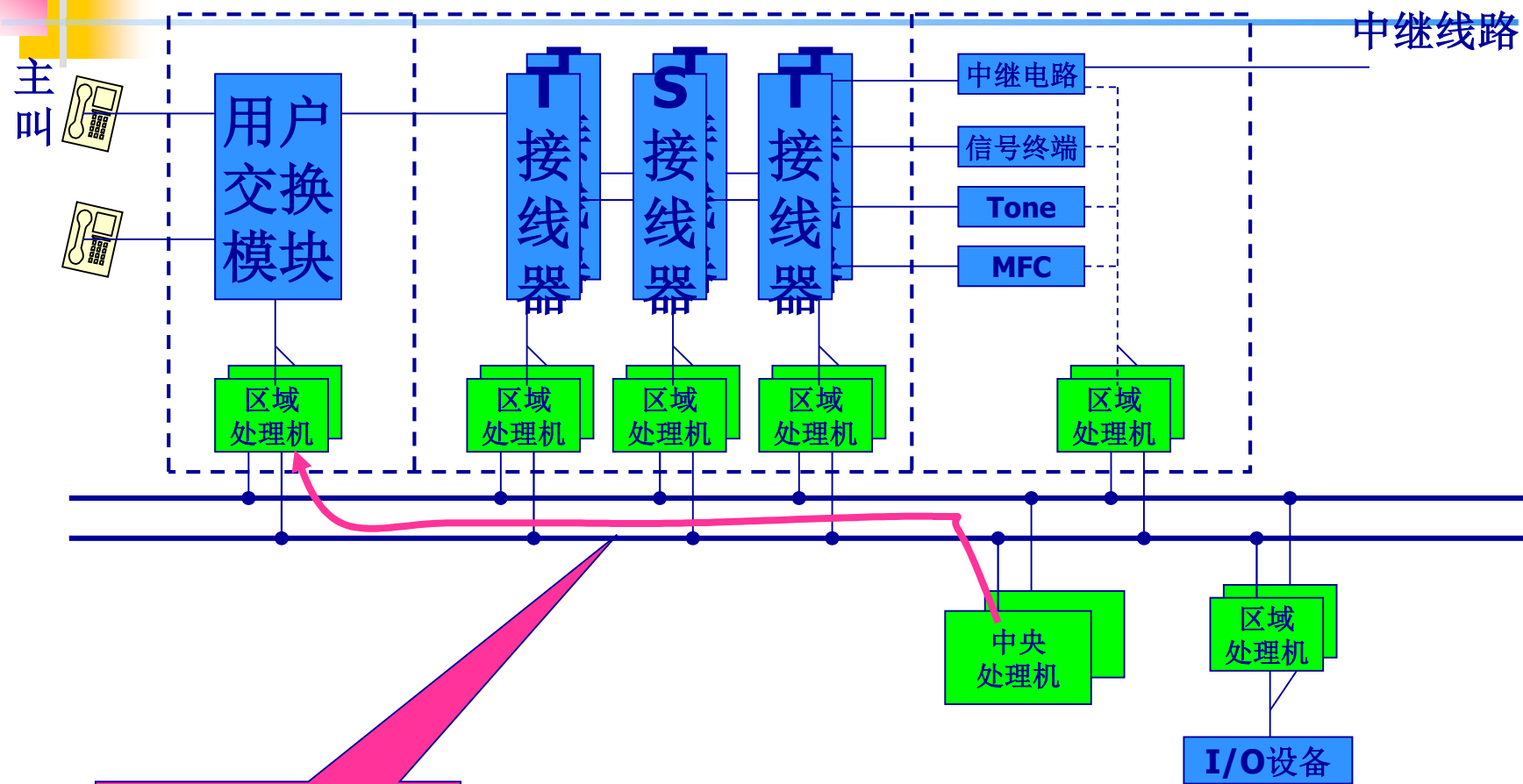


软件硬件结合



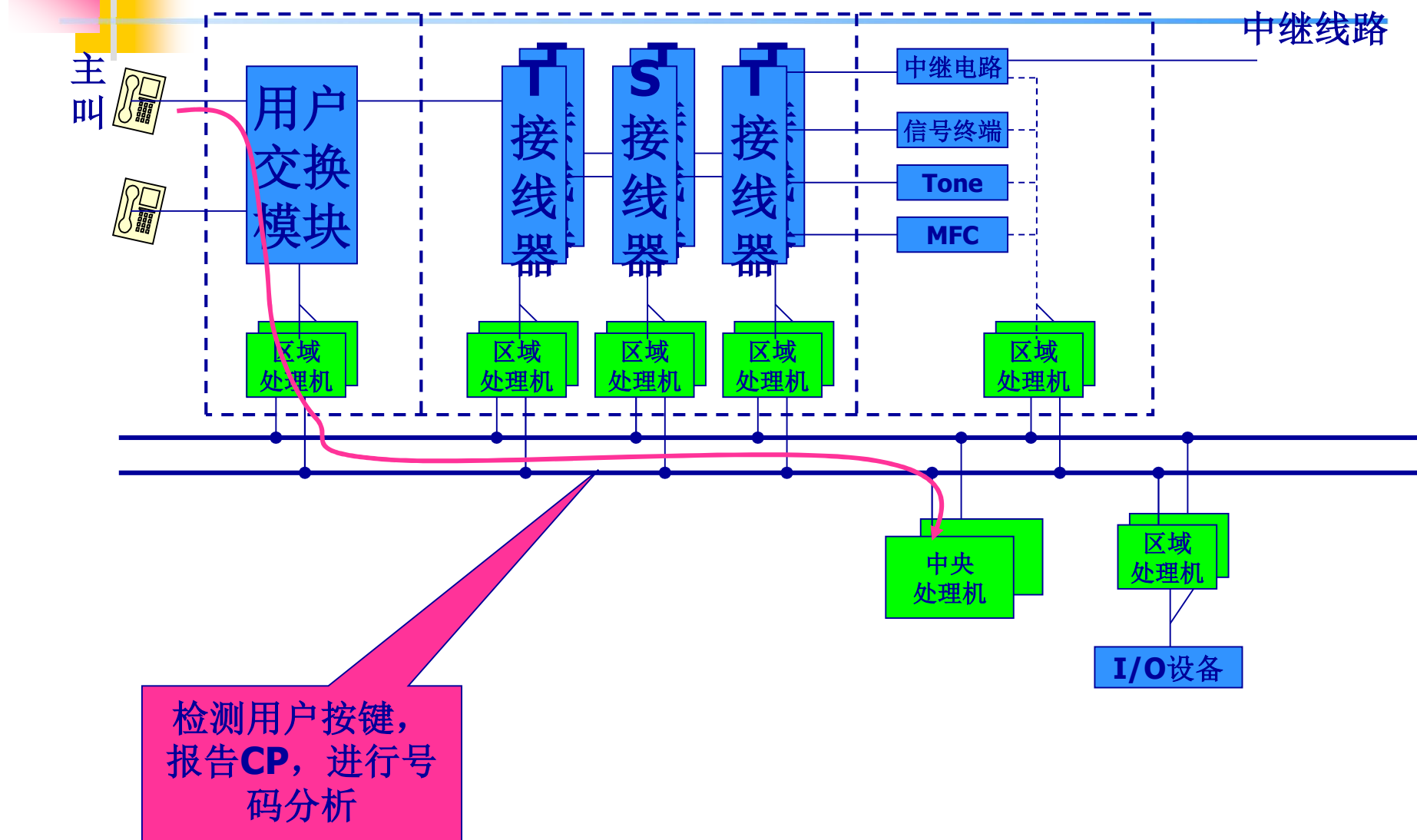
用户摘机，向CP
报告摘机事件，
启动去话分析

软件硬件结合



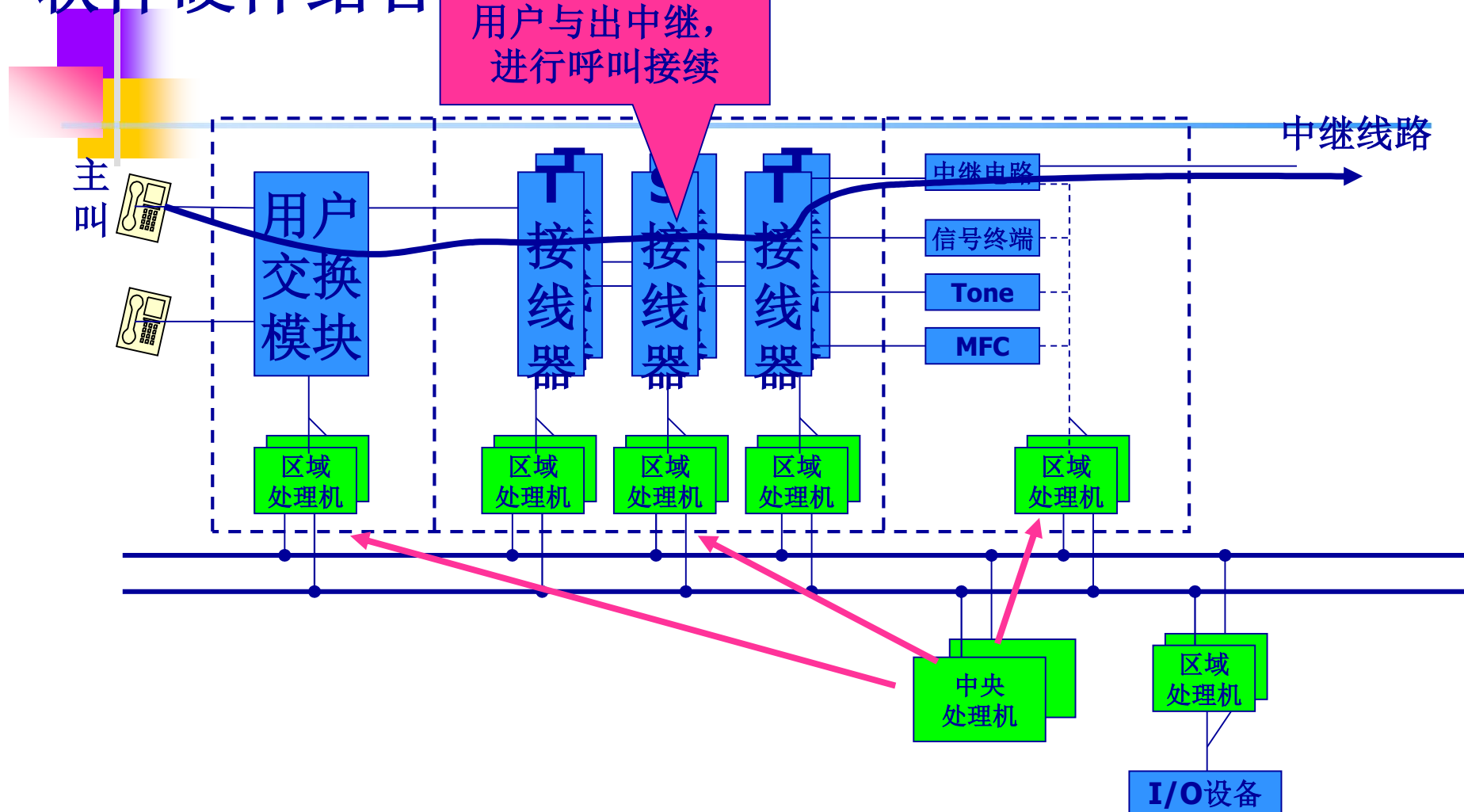
CP命令RP给用户
连接收号器，放
拨号音

软件硬件结合



软件硬件结合

出局呼叫，连接
用户与出中继，
进行呼叫接续





交换设备性能评价

- 支持业务的广泛性
- 交换系统的容量
- 交换时延
- 连接阻塞
- 交换差错率
- 系统可靠性
- 处理能力



程控交换机性能评价（1）

■ 支持业务的广泛性

- 以64kb/s业务为主，可以支持语音、数据。但多速率交换能力弱。
- 支持单/双向的点对点的交换，支持同发和广播。另加专用会议电话芯片，支持多点对多点的交换。
- 多媒体业务能力弱，业务质量单一。

■ 交换延时

- 处理时延：由硬件（CM）控制交换过程，处理时延小且稳定。
- 排队时延：电话系统采用呼损制，不排队。
- 选路时延：通话之前一次选路后，通话过程中采用面向连接的传输，选路时延可忽略。



程控交换机性能评价（2）

- 交换系统容量

- 主要取决于中央交换网络的大小。例如16K*16K

- 连接阻塞

- 内部阻塞：

- 单T和T复接网络无阻塞；
 - 复合或级连网络可按CLOS组网方式构造严格无阻塞或可重排无阻塞网络；
 - 级连网络也可通过增加平面数的方法降低阻塞率。

- 出线冲突：

- 电话系统采用呼损制，自动避免出线冲突。



程控交换机性能评价（3）

- 交换差错率

- 全数字交换，差错率可达 10^{-6} 。

- 系统可靠性

- 通过对重要部件采用各种备用方式和适当的故障处理，保证系统的可靠性。

- 系统处理能力

- 采用高性能处理器，先进的编程手段，合理的功能分担和话务分担，最大限度地减少a和b的值，以提高BHCA值。
 - 采用过负荷控制，保证系统在大负荷时仍具有90%的处理能力。



本章总结

- 程控交换系统结构及基本组成
- 接口电路的种类及其功能
- 交换网络的实现方式和原理
- 交换机软件系统的组成及各部分完成的功能
- 实时系统的工作特点
- 呼叫处理的基本原理及相关软件技术
- 控制系统的多处理机结构
- 概念：BHCA、过负荷控制