

尚德机构

# 计算机系统结构

讲师：孙小涵

学习是一种信仰！ IN LEARNING WE TRUST

SUNLAND





# 讲师介绍

- 主讲老师：孙小涵（尚德机构-小涵老师）
- 主讲课程：计算机类、数学类
- 邮箱：sunxiaohan@sunlands.com



# 课程章节

## 计算机系统结构

第1章 计算机系统结构概论

第2章 数据表示、寻址方式与指令系统

第3章 存储、中断、总线与I/O系统

第4章 存储体系

第5章 标量处理机

第6章 向量处理机

第7章 多处理机

第8章 数据流计算机和归约机

## 第6章 向量处理机

## 第6章 向量处理机

●	向量的流水处理与向量流水处理机	★
●	阵列处理机的原理	★
●	SIMD计算机的互连网络	★ ☆
●	共享主存构形的阵列处理机中并行存储器的无冲突访问	★ ☆
●	脉动阵列流水处理机	★

## 6. 4共享主存构形的阵列处理机中并行存储器的无冲突访问

### 情况1

对一维数组而言，假定并行存储器分体数 $m$ 为4,交叉存放一维数组 $a_0, a_1, a_2, \dots$ ，如图6-27所示。

存储体体号			
0	1	2	3
$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$
$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$
$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$
$a_{12}$	.	.	.

图 6-27 一维数组的存储  
( $m = 4$ )

## 6. 4共享主存构形的阵列处理机中并行存储器的无冲突访问

### 情况2

对于二维数组（结论也适用于多维数组）而言，假设主存有 $m$ 个分体并行，从中访问有 $n$ 个元素的数组子集。这 $n$ 个元素的变址跳距对于二维数组的行、列、主对角线、次对角线都是不一样的，但要求都能实现无冲突访问。

存储体体号			
0	1	2	3
$a_{00}$	$a_{01}$	$a_{02}$	$a_{03}$
$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$
$a_{20}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$
$a_{30}$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

图 6-28  $4 \times 4$  数组的直接按行存储  
( $m = n = 4$ )

## 6. 4共享主存构形的阵列处理机中并行存储器的无冲突访问

(填空)

为了能使行或列的各元素都能并行访问，采取将数据在存储器中**错位**存放，如图6-29 所示。但是该方案可造成主对角线上各元素的并行访问冲突，致使实际频宽下降一半；次对角线上各元素的访问则都发生冲突，使实际频宽降低成与串行一样。

存储体体号			
0	1	2	3
$a_{00}$	$a_{01}$	$a_{02}$	$a_{03}$
$a_{13}$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$
$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{20}$	$a_{21}$
$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	$a_{30}$

图 6-29  $4 \times 4$  数组一种错位存放的方案  
( $m = n = 4$ ,  $\delta_1 = \delta_2 = 1$ )

存储体体号				
0	1	2	3	4
$a_{00}$	$a_{01}$	$a_{02}$	$a_{03}$	
$a_{13}$		$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$
$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$		$a_{20}$
	$a_{30}$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$

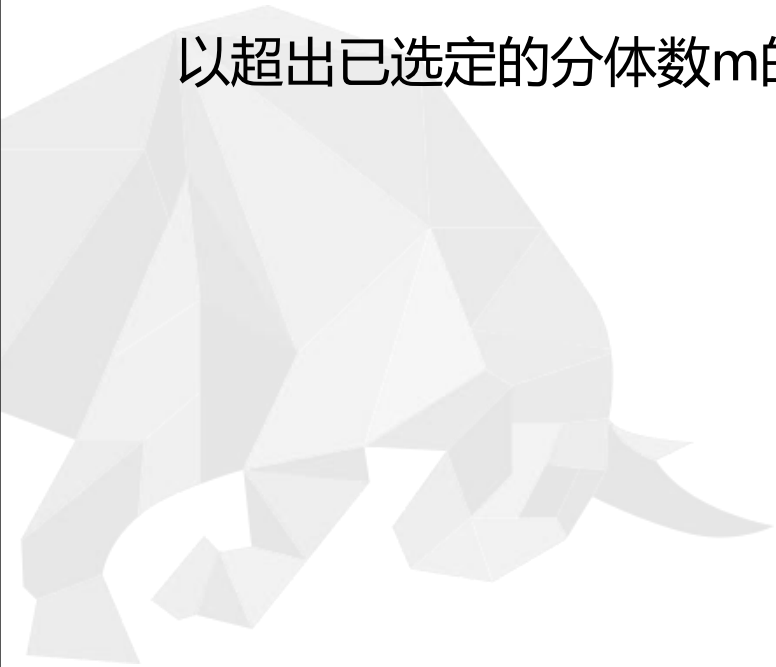
图 6-30  $4 \times 4$  数组错位存放的例子  
( $m = 5$ ,  $n = 4$ ,  $\delta_1 = 2$ ,  $\delta_2 = 1$ )



## 6. 4共享主存构形的阵列处理机中并行存储器的无冲突访问

### 情况3

并行存储器中存放的数组大小是不固定的，多维数组各维的元素个数也不一定相等，它们还可以超出已选定的分体数 $m$ 的值。





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、将二维数组中各元素在存储器中（ ）存放可以使行或列的各元素都能并行访问，但会造成（ ）上各元素的并行访问冲突。1604



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、将二维数组中各元素在存储器中（ ）存放可以使行或列的各元素都能并行访问，但会造成（ ）上各元素的并行访问冲突。1604

答案：错位     主对角线

## 6.5脉动阵列流水处理机

**本节主要内容：**

**脉动阵列流水处理机的工作原理**

**通用脉动阵列结构的实现方法**



## 6.5.1 脉动阵列结构的原理

(填空)

脉动阵列结构是由一组处理单元（PE）构成的阵列。

运算时数据在阵列结构的各个处理单元间沿各自的方向**同步**向前推进，就像血液受心脏有节奏地搏动在各条血管中间同步向前流动一样。因此，形象地称其为脉动阵列结构。实际上，为了执行多种计算，脉动型系统内的**输入数据流**和**结果数据流**可以在多个不同方向上以不同速度向前搏动。

## 6.5.1 脉动阵列结构的原理

### (简答)

脉动阵列结构具有如下一些特点：

- 1) 结构简单、规整，模块化强，**可扩充性**好，非常适合用超大规模集成电路实现。
- 2) PE间数据通信距离短、规则，使数据流和控制流的设计、同步控制等均**简单规整**。
- 3) 脉动阵列中所有PE能同时运算，具有极高的计算**并行性**，可通过流水获得很高的运算效率和吞吐率。输入数据能被多个处理单元重复使用，大大减轻了阵列与外界的 I/O 通信量，降低了对系统主存和 I/O 系统频宽的要求。
- 4) 脉动阵列结构的构形与特定计算任务和算法密切相关，具有某种**专用性**，限制了应用范围，这对 VLSI 是不利的。

## 6.5.1 脉动阵列结构的原理

### (简答)

脉动阵列结构具有如下一些特点：

- 1) 结构简单、规整，模块化强，（ ）好，非常适合用超大规模集成电路实现。
- 2) PE间数据通信距离短、规则，使数据流和控制流的设计、同步控制等均简单规整。
- 3) 脉动阵列中所有PE能同时运算，具有极高的计算（ ），可通过流水获得很高的运算效率和吞吐率。输入数据能被多个处理单元重复使用，大大减轻了阵列与外界的 I/O 通信量，降低了对系统主存和 I/O 系统频宽的要求。
- 4) 脉动阵列结构的构形与特定计算任务和算法密切相关，具有某种（ ），限制了应用范围，这对 VLSI（ ）是不利的。

## 6.5.1 脉动阵列结构的原理

### (简答)

脉动阵列结构具有如下一些特点：

- 1) 结构简单、规整，模块化强，**可扩充性**好，非常适合用超大规模集成电路实现。
- 2) PE间数据通信距离短、规则，使数据流和控制流的设计、同步控制等均**简单规整**。
- 3) 脉动阵列中所有PE能同时运算，具有极高的计算**并行性**，可通过流水获得很高的运算效率和吞吐率。输入数据能被多个处理单元重复使用，大大减轻了阵列与外界的 I/O 通信量，降低了对系统主存和 I/O 系统频宽的要求。
- 4) 脉动阵列结构的构形与特定计算任务和算法密切相关，具有某种**专用性**，限制了应用范围，这对 VLSI 是不利的。



## 6.5.2 通用脉动阵列结构

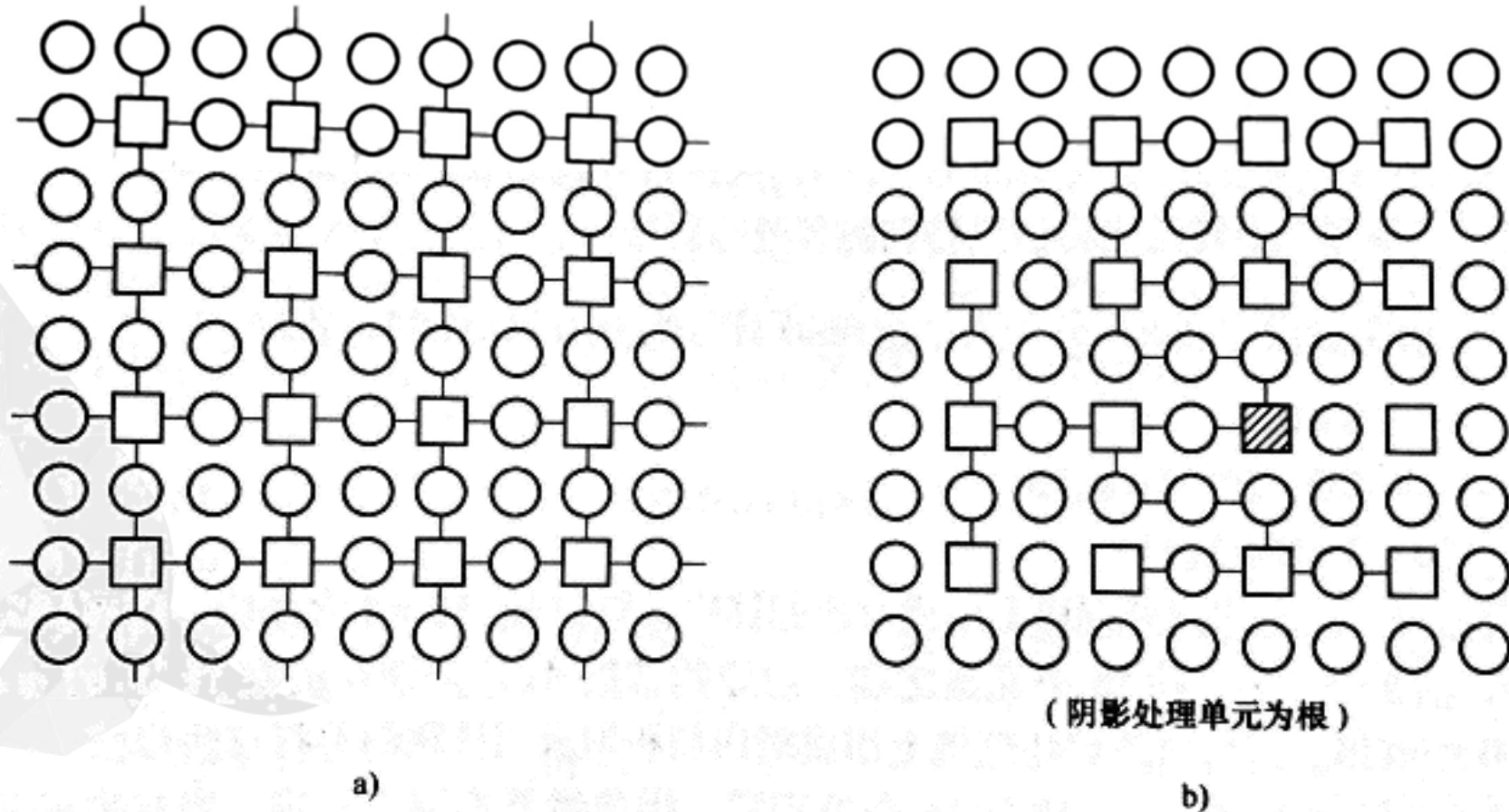


图 6-34 可编程脉动阵列结构

a) 控制开关按正方形阵列结构互连 b) 控制开关按二叉树形阵列结构互连



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

- 1、脉动阵列结构是由一组处理单元PE构成的阵列，阵列中的输入数据流和（ ）数据流可各自沿多个方向（ ）地向前推进。1304



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、脉动阵列结构是由一组处理单元PE构成的阵列，阵列中的输入数据流和（ ）数据流可各自沿多个方向（ ）地向前推进。1304

答案：结果 同步



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、下列关于脉动阵列机的描述，错误的是( )1004

A:脉动阵列机是由一组内部结构相同的处理单元构成的阵列

B:脉动阵列机结构简单、规整，模块化强，可扩充性好

C:脉动阵列机不适用于要求计算量大的信号 / 图像的处理

D:脉动阵列机各PE间数据通信距离短、规则，使数据流和控制流的设计、同



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、下列关于脉动阵列机的描述，错误的是( )1004

A:脉动阵列机是由一组内部结构相同的处理单元构成的阵列

B:脉动阵列机结构简单、规整，模块化强，可扩充性好

C:脉动阵列机不适用于要求计算量大的信号 / 图像的处理

D:脉动阵列机各PE间数据通信距离短、规则，使数据流和控制流的设计、同

答案：C

## 第7章 多处理机

# 第7章 多处理机

●	多处理机的概念、问题和硬件	★
●	紧耦合多处理机多cache的一致性问题	★
●	多处理机的并行性和性能	★ ★
●	多处理机的操作系统	
●	多处理机的发展	

## 7.1 多处理机的概念、问题和硬件结构

**本节主要内容：**

**多处理机的定义和并行性等级**

**多处理机与阵列处理机的对比**

**多处理机的主要技术问题**



## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(填空)

多处理机是指有两台以上的处理机，共享I/O子系统，机间经共享主存或高速通信网络通信，在统一操作系统控制下，协同求解大而复杂问题的计算机系统。

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(填空)

多处理机是指有两台以上的处理机，共享I/O子系统，机间经共享（ ）或高速（ ）通信，在统一操作系统控制下，协同求解大而复杂问题的计算机系统。

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(填空)

多处理机是指有两台以上的处理机，共享I/O子系统，机间经共享主存或高速通信网络通信，在统一操作系统控制下，协同求解大而复杂问题的计算机系统。

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

使用多处理机的目的（填空、简答）

第一个目的是通过多台处理机对多个**作业**、**任务**进行并行执行来提高解题速度，从而提高系统的整体性能；  
第二个目的是使用**冗余**的多个处理机通过重新组织来提高系统的**可靠性**、**适应性**和**可用性**。

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

使用多处理机的目的（填空、简答）

第一个目的是通过多台处理机对多个**作业**、**任务**进行并行执行来提高解题速度，从而提高系统的整体性能；  
第二个目的是使用**冗余**的多个处理机通过重新组织来提高系统的**可靠性**、**适应性**和**可用性**。（一适两可）

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

使用多处理机的目的（填空、简答）

第一个目的是通过多台处理机对多个**作业**、（ ）进行并行执行来提高解题速度，从而提高系统的整体性能；

第二个目的是使用（ ）的多个处理机通过重新组织来提高系统的**可靠性**、（ ）和（ ）。（一适两可）

## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

使用多处理机的目的（填空、简答）

第一个目的是通过多台处理机对多个**作业**、**任务**进行并行执行来提高解题速度，从而提高系统的整体性能；  
第二个目的是使用**冗余**的多个处理机通过重新组织来提高系统的**可靠性**、**适应性**和**可用性**。（一适两可）

## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(单选、填空)

多处理机可以有同构型、异构型和分布型3种。





## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

多处理机是属于**多指令流多数据流**的系统。它与单指令流多数据流的阵列处理机相比，有很大的差别。其差别主要来源于并行性的等级不同。阵列处理机主要是针对向量、数组处理，实现向量指令**操作级**的并行，是开发**并行性中的同时性**。（资源重复）

多处理机实现的则是更高一级的（ ）间的并行，是开发并行性中的并发性。

## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

多处理机是属于多指令流多数据流的系统。它与单指令流多数据流的阵列处理机相比，有很大的差别。其差别主要来源于并行性的等级不同。阵列处理机主要是针对向量、数组处理，实现向量指令操作级的并行，是开发并行性中的同时性。（资源重复）多处理机实现的则是更高一级的作业或任务间的并行，是开发并行性中的并发性。

## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(简答)

- 1) 在**硬件**结构上，它的多个处理机要用多个指令部件分别控制，通过共享主存或机间互连网络实现异步通信；
- 2) 在**算法**上，不限于向量、数组处理，还要挖掘和实现更多通用算法中隐含的并行性；
- 3) 在**系统管理**上，要更多地依靠操作系统等软件手段，有效地解决资源分析和管理的，特别是任务分配、处理机调度、进程的同步和通信等问题。

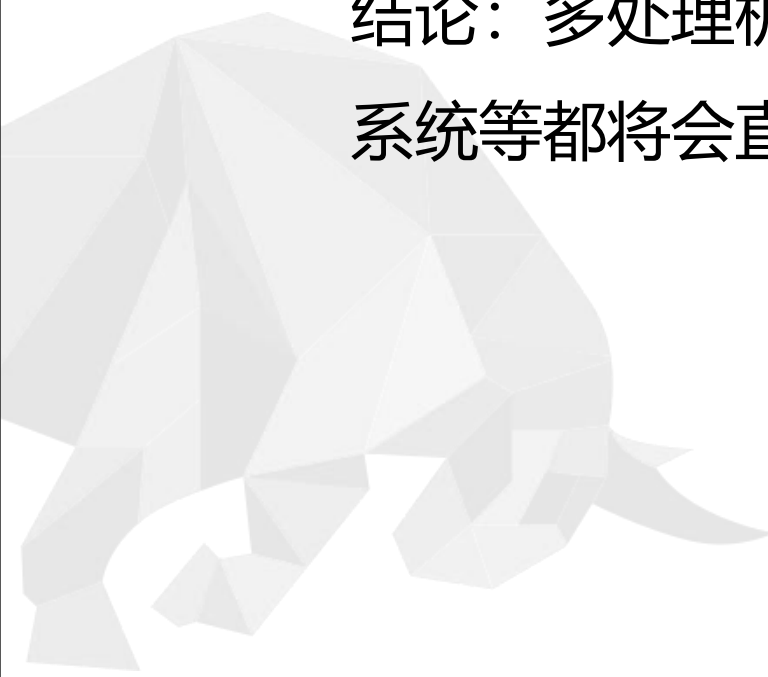
## 7.1.1多处理机的基本概念和要解决的技术问题

(填空)

多处理机执行并发任务所需的处理机的机数是不固定的。各处理机进入或退出任务的时间及所需资源的变化比较大。必须研究如何较好地解决动态的资源分配和任务调度，让各处理机的**负荷**尽可能均衡，并要防止**死锁**。

## 7.1.1 多处理机的基本概念和要解决的技术问题

结论：多处理机的结构、机间互连、并行算法、并行语言、编译、操作系统等都将会直接影响到系统的性能和效率。





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、多处理机主要实现的是( )0604

A:任务级并行

B:指令级并行

C:操作级并行

D:操作步骤的并行



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、多处理机主要实现的是( )0604

A:任务级并行

B:指令级并行

C:操作级并行

D:操作步骤的并行

答案：A



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、多处理机是指两台以上的处理机，在操作系统控制下通过共享（ ）的或输入 / 输出子系统或高速（ ）进行通信的计算机系统。





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、多处理机是指两台以上的处理机，在操作系统控制下通过共享（ ）的或输入 / 输出子系统或高速（ ）进行通信的计算机系统。

答案：主存 通信网络



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、多处理系统中，要较好地解决动态的资源分配和任务调度，让各处理机的  
( ) 尽可能均衡，并要防止 ( ) 。



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、多处理系统中，要较好地解决动态的资源分配和任务调度，让各处理机的  
( ) 尽可能均衡，并要防止 ( ) 。

答案：负荷 死锁

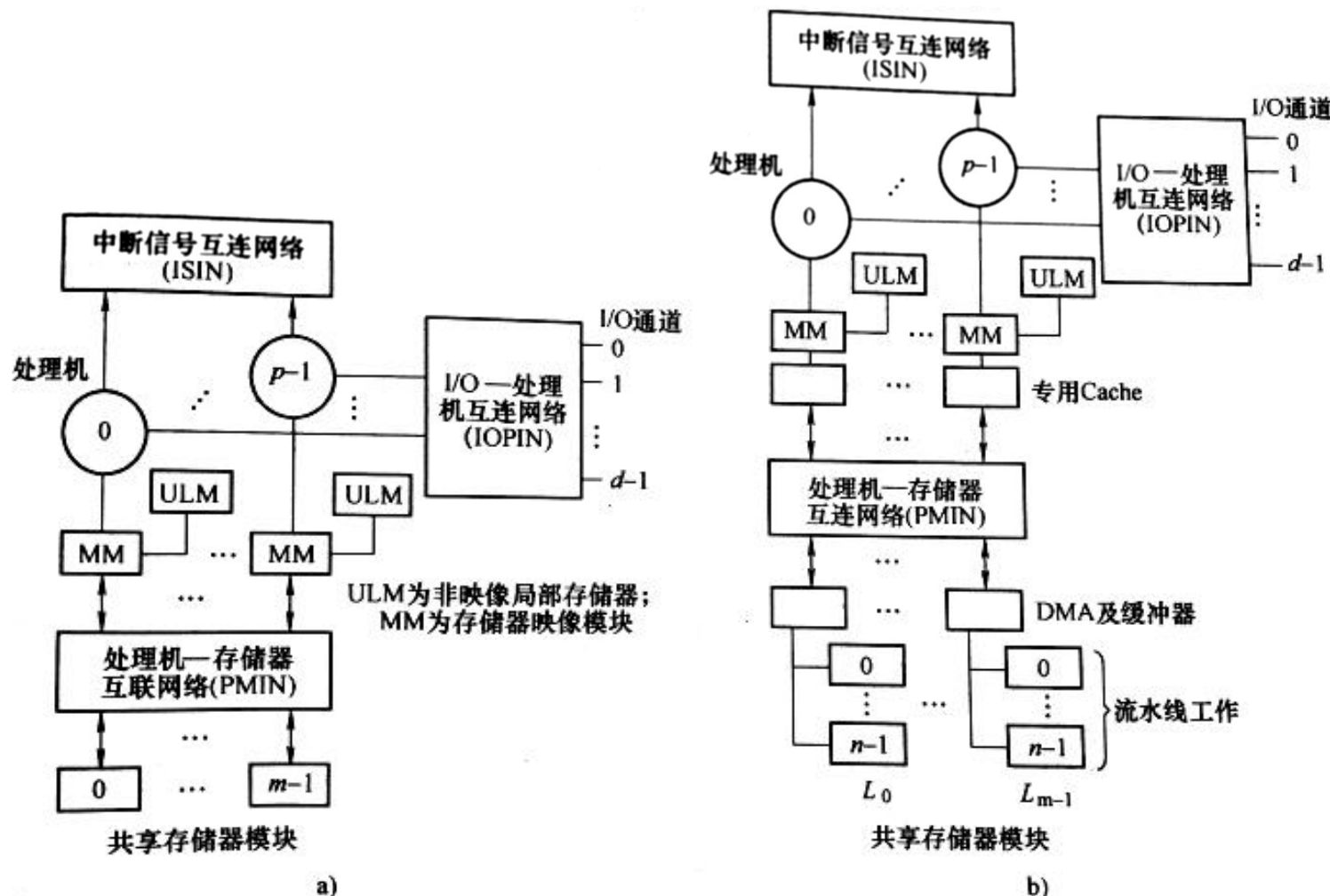
## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 1.紧耦合和松耦合（单选）

#### (1)紧耦合多处理机

紧耦合多处理机是通过**共享主存**实现处理机间通信的，其通信速率受限于主存频宽。

1) 层次型 2) 非层次型



## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 1.紧耦合和松耦合（单选）

#### (2)松耦合多处理机

不同处理机间或者通过**通道互连实现通信**，以共享某些外围设备；或者**通过消息传送系统**来交换信息，这时各台处理机可带有自己的外围设备。

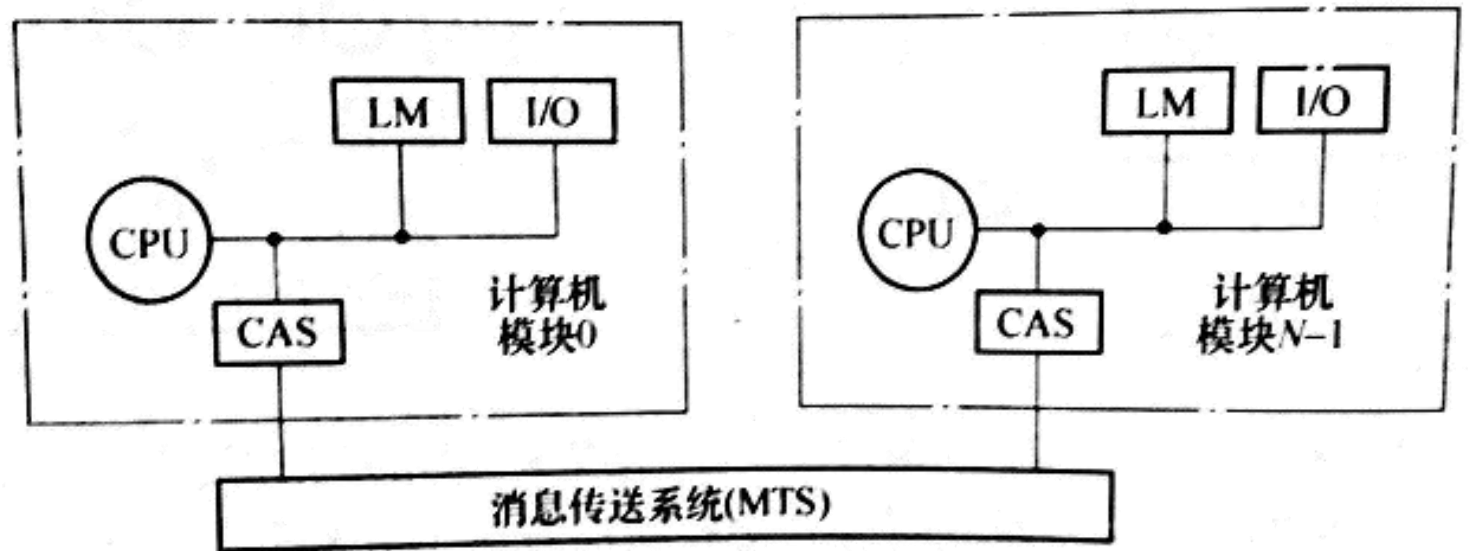


图 7-4 通过消息传输系统连接的松耦合多处理机结构



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、紧耦合多处理机系统的机间通信是通过（ ） 1910

A:共享总线实现

B:共享Cache实现

C:共享虚拟存储器实现

D:共享主存实现



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、紧耦合多处理机系统的机间通信是通过（ ） 1910

A:共享总线实现

B:共享Cache实现

C:共享虚拟存储器实现

D:共享主存实现

答案： D



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、通过通道互连实现通信,或通过消息传送系统交换信息的计算机系统是 ( )

1904

A:向量处理机

B:紧耦合多处理机

C:松耦合多处理机

D:标量处理机





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、通过通道互连实现通信,或通过消息传送系统交换信息的计算机系统是 ( )

1904

A:向量处理机

B:紧耦合多处理机

C:松耦合多处理机

D:标量处理机

答案：C



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、多端口存储器适合于连接 ( ) 0707 0704

A:松耦合多处理机

B:紧耦合多处理机

C:机数很多的多处理机

D:机数可变的的处理机



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、多端口存储器适合于连接 ( ) 0707 0704

A:松耦合多处理机

B:紧耦合多处理机

C:机数很多的多处理机

D:机数可变的的处理机

答案： A



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

4、紧耦合多处理机实现多处理机机间通信靠的是共享（ ）。1304



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

4、紧耦合多处理机实现多处理机机间通信靠的是共享（ ）。1304

答案：主存

## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 2.机间互连形式（单选、填空）

多处理机的互连一般采用**总线**、**环形互连**、**交叉开关**、**多端口存储器**或**蠕虫穿洞**寻径网络等几种形式。

随着技术的发展，当处理机的机数较多时，也有类似SIMD的多级网络。

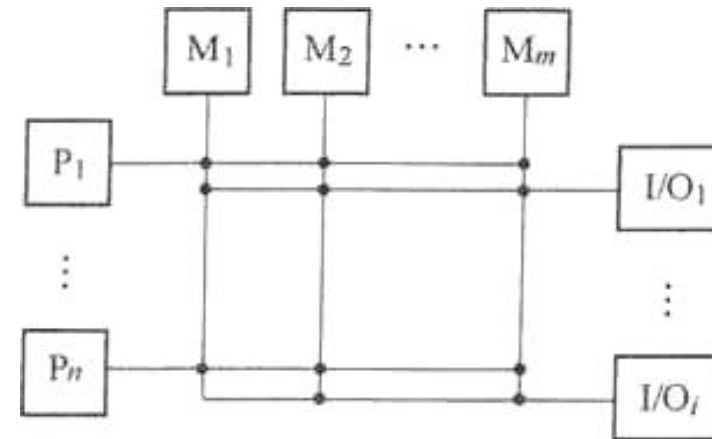
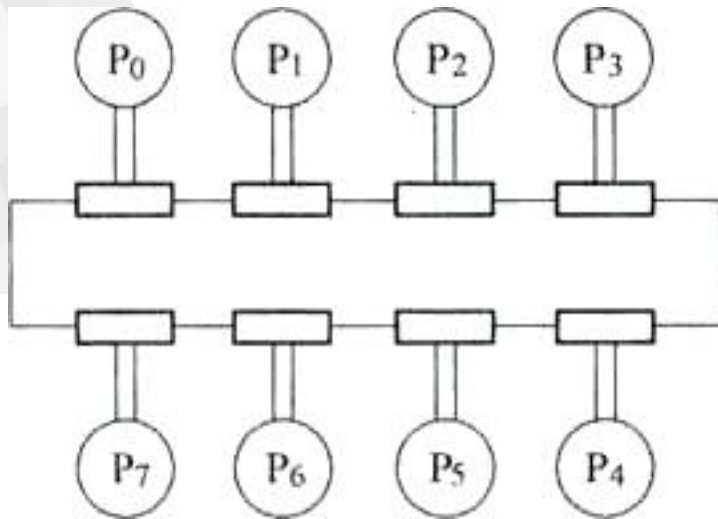
## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 2.机间互连形式

(1)总线形式

(2)环形互连形式

(3)交叉开关形式



## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 2.机间互连形式

(4)多端口存储器形式

(5)蠕虫穿洞寻径网络

(6)开关枢纽结构形式

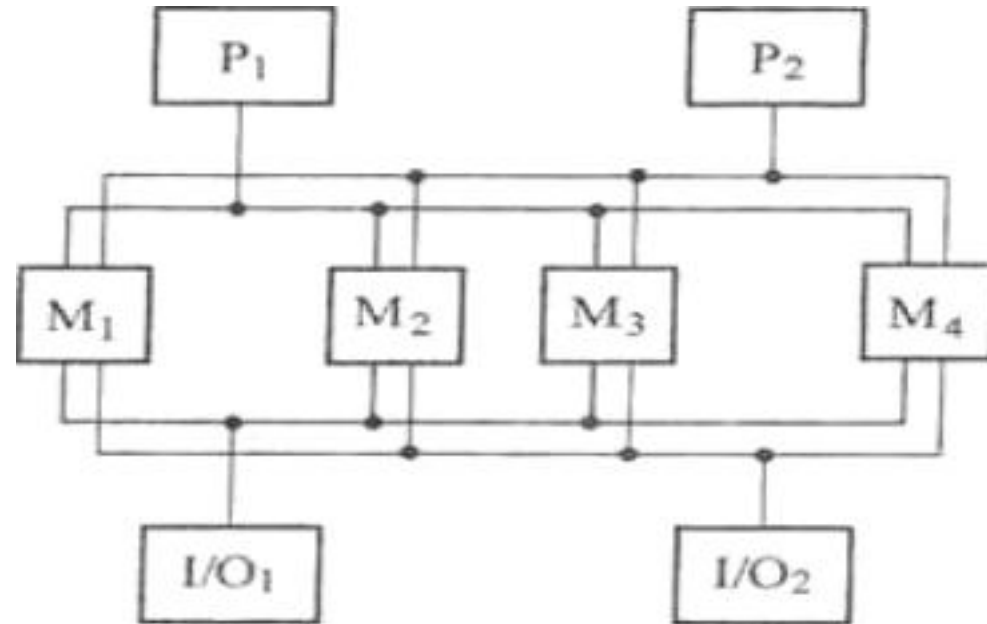


图7-8 四端口存储形式的结构





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、多处理机的互连形式一般有总线形式、环形互连形式、（ ）形式、多端口存储器形式和（ ）形式等几种。0804 0807 0907



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、多处理机的互连形式一般有总线形式、环形互连形式、（ ）形式、多端口存储器形式和（ ）形式等几种。0804 0807 0907

答案：交叉开关 开关枢纽结构



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、多处理机的互连一般采用总线、（    ）、（    ）或多端口存储器等几种形式。1410



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、多处理机的互连一般采用总线、（    ）、（    ）或多端口存储器等几种形式。1410

答案：环形互连    交叉开关



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、机间互连的多端口存储器形式适合应用于（） 1504

- A:紧耦合多处理机系统
- B:机数很多的多处理机系统
- C:机数较少的多处理机系统
- D:松耦合多处理机系统



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、机间互连的多端口存储器形式适合应用于（）1504

A:紧耦合多处理机系统

B:机数很多的多处理机系统

C:机数较少的多处理机系统

D:松耦合多处理机系统

答案：C

## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 3.存储器的组织（单选）

多处理机的主存一般都采用由多个模块构成的并行存储器。

为减少访问主存冲突，采用的方式一般是：**并行多体交叉主存系统**



## 7.1.2 多处理机的硬件结构

### 3. 存储器的组织

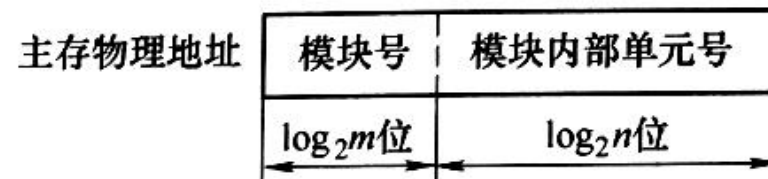
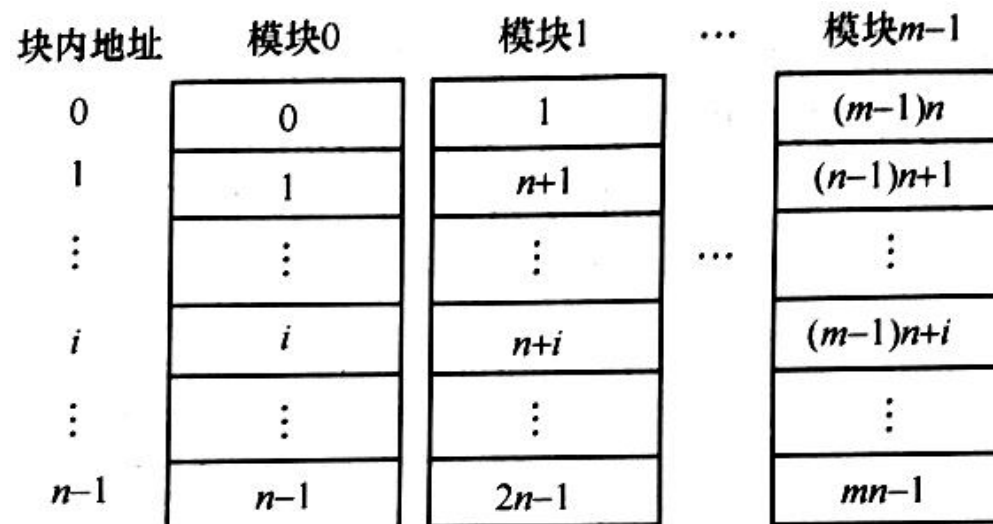
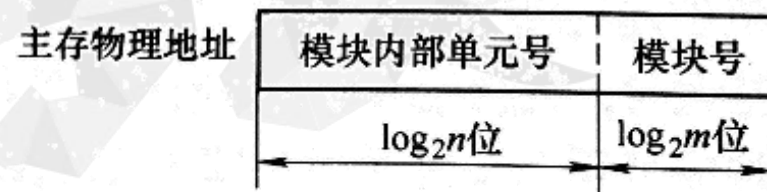
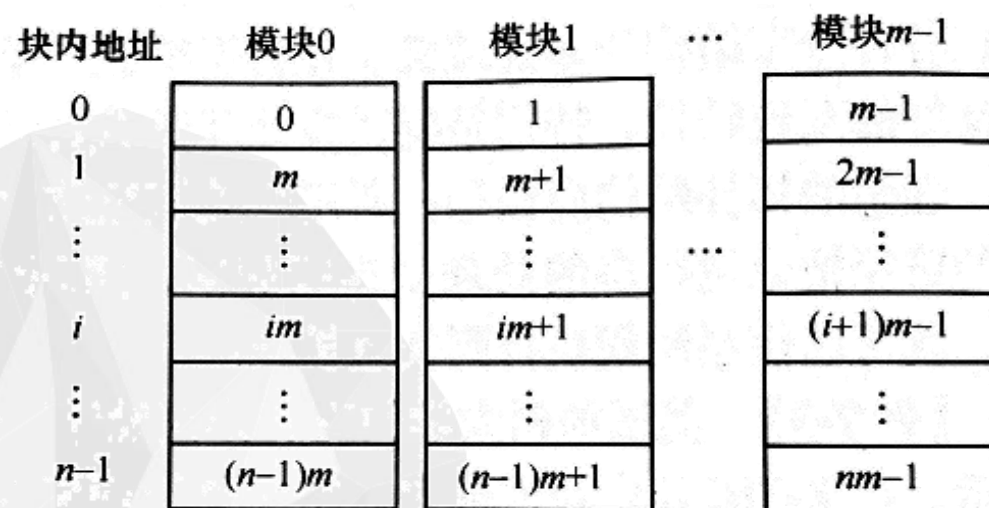
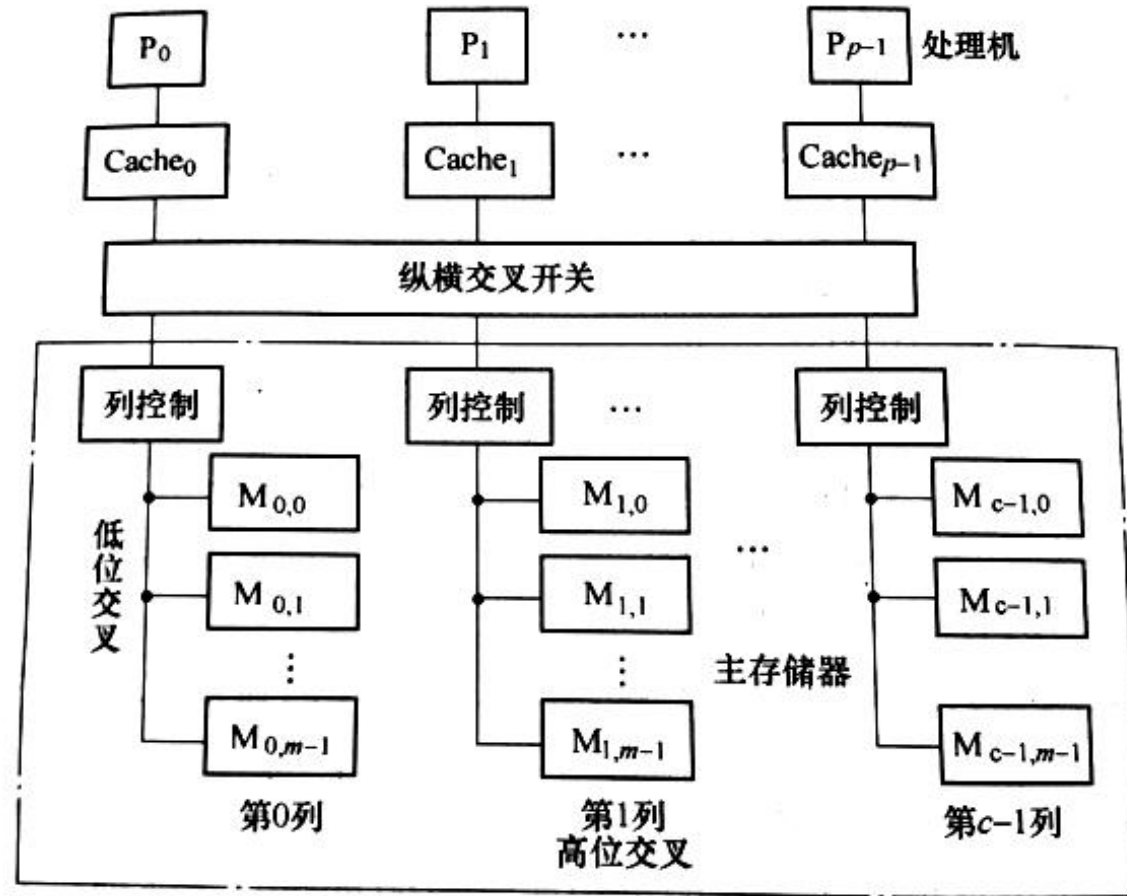


图7-9  $m$ 个模块的地位交叉编址



## 7.1.2多处理机的硬件结构

### 3.存储器的组织





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、在共享主存的多处理机中，为减少访问主存冲突，采用的方式一般是( )

0807

A:虚拟存储器

B:共享Cache存储器

C:用高速单体主存系统

D:并行多体交叉主存系统



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、在共享主存的多处理机中，为减少访问主存冲突，采用的方式一般是( )

0807

A:虚拟存储器

B:共享Cache存储器

C:用高速单体主存系统

D:并行多体交叉主存系统

答案：D

## 7.2 紧耦合多处理机多cache的一致性问题

**本节主要内容：**

**多cache的一致性问题**

**解决多cache一致性的办法**



## 7.2紧耦合多处理机多Cache的一致性问题

### 7.2.1多Cache的一致性问题的产生（简单了解）

由于每个处理机都有自己的专用Cache,当主存中同一个信息块在多个Cache中都有时，会出现多个Cache之间的相应信息块的内容不一致的问题。

## 7.2紧耦合多处理机多Cache的一致性问题

### 7.2.2多Cache的一致性问题解决办法（简答1910）

1.解决**进程迁移**引起的多Cache不一致性

禁止进程迁移或者在进程挂起时靠硬件方法，将改写过的信息块强制写回主存相应位置；

2.以**硬件**为基础实现多Cache的一致性

监视Cache协议法和目录表法；

3.以**软件**为基础实现多Cache的一致性

不把一些公用的可写数据存入Cache中。

## 7.2紧耦合多处理机多Cache的一致性问题

### 7.2.2多Cache的一致性问题解决办法（简答）

1.解决( )引起的多Cache不一致性

禁止进程迁移或者在进程挂起时靠硬件方法，将改写过的信息块强制写回主存相应位置；

2.以( )为基础实现多Cache的一致性

监视Cache协议法和目录表法；

3.以( )为基础实现多Cache的一致性

不把一些公用的可写数据存入Cache中。

## 7.2紧耦合多处理机多Cache的一致性问题

### 7.2.2多Cache的一致性问题解决办法（简答）

1.解决**进程迁移**引起的多Cache不一致性

禁止进程迁移或者在进程挂起时靠硬件方法，将改写过的信息块强制写回主存相应位置；

2.以**硬件**为基础实现多Cache的一致性

监视Cache协议法和目录表法；

3.以**软件**为基础实现多Cache的一致性

不把一些公用的可写数据存入Cache中。





尚德机构

# ▶ 答疑时间 ◀





尚德机构

▶ THANK YOU ◀

