

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4章 存储体系

【1904真题】考虑一个1000个字的程序,其访问虚存的地址流为16、219、136、156、332、480、503、868、916、999。若页面大小为200字,主存容量为400字,采用FIFO替换算法,请按访存的各个时刻,写出其虚页地址流,计算主存命中率。



【1904真题】考虑一个1000个字的程序,其访问虚存的地址流为16、219、136、156、332、480、503、868、916、999。若页面大小为200字,主存容量为400字,采用FIFO替换算法,请按访存的各个时刻,写出其虚页地址流,计算主存命中率。

页面大小为 200 字,主存容量为 400 字,可知实存页数为 2。根据虚存的地址流,可得其虚页地址流为:

0,1,0,0,1,2,2,4,4,4

采用 FIFO 替换算法替换时的实际装入和替换过程如答 27 图所示。

虚地址	16	219	136	156	332	480	503	868	916	999
虚页地址	0	1	0	0	1	2	2	4	4	4
n=2	0	0*	0*	0*	0*	2	2	2*	2*	2*
		1	1	1	1	1*	1*	4	4	4
			H	H	H		H		H	H

其中: “\*” 标记的是候选替换的虚页号, H 表示命中。

命中率 $H=6/10=60\%$

【1710真题】采用LRU替换算法的页式虚拟存储器共有9页空间准备分配给A、B两道程序。已知B道程序若给其分配4页时，命中率为 $8/15$ ；若分配5页时，命中率可达 $10/15$ 。现在给出A道程序的页地址流为2、3、2、1、5、2、4、5、3、2、5、2、1、4、5。

1. 画出用堆栈对A道程序页地址流的模拟处理过程图；
2. 统计给其分配4页和5页时的命中率。

【1710真题】采用LRU替换算法的页式虚拟存储器共有9页空间准备分配给A、B两道程序。已知B道程序若给其分配4页时，命中率为8/15；若分配5页时，命中率可达10/15。现在给出A道程序的页地址流为2、3、2、1、5、2、4、5、3、2、5、2、1、4、5。

分配4页时，  
 $H=7/15$   
 分配5页时，  
 $H=10/15$ 。

页地址流		2	3	2	1	5	2	4	5	3	2	5	2	1	4	5
堆栈内容		2	3	2	1	5	2	4	5	3	2	5	2	1	4	5
			2	3	2	1	5	2	4	5	3	2	5	2	1	4
					3	2	1	5	2	4	5	3	3	5	2	1
						3	3	1	1	2	4	4	4	3	5	2
								3	3	1	1	1	1	4	3	3
命中情况	(n=4)			H			H		H		H	H	H			H
	(n=5)			H			H		H	H	H	H	H	H	H	H



## 4.4 三级存储体系

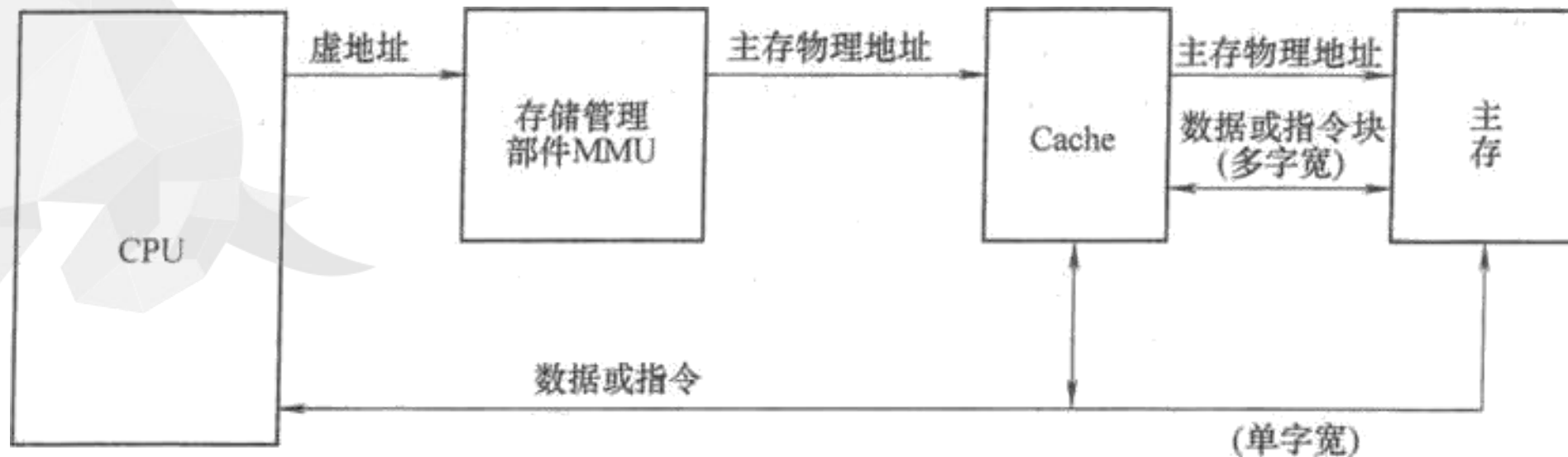
**本节主要内容：**

**三级存储体系的组织，要求达到“领会”层次**



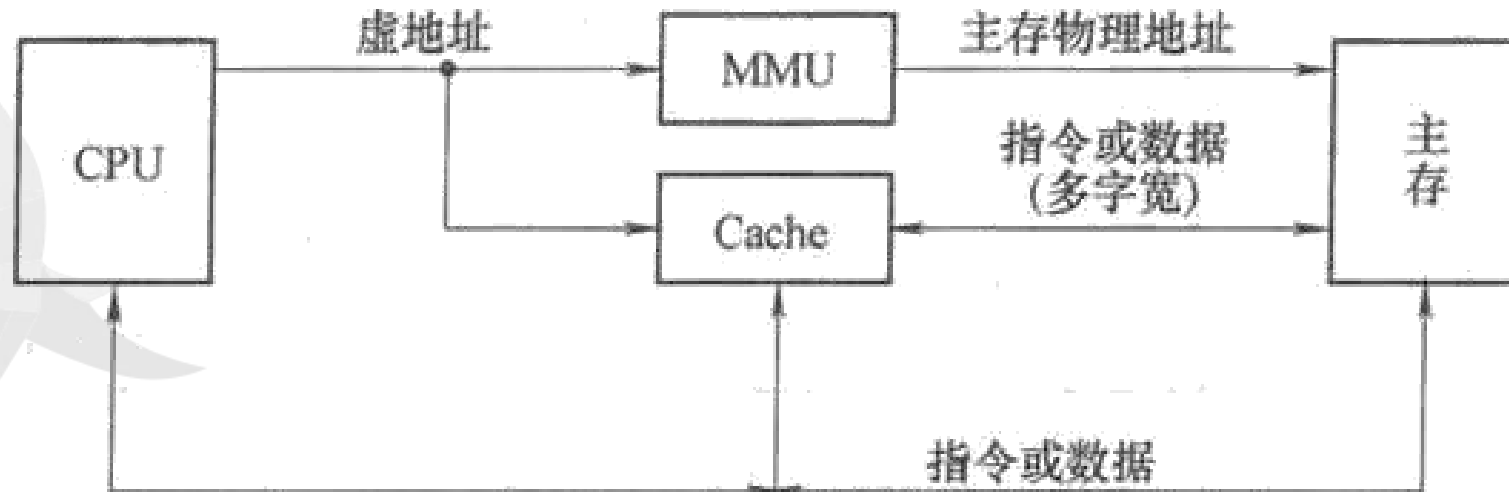
## 4.4.1 物理地址Cache

物理地址Cache是由 “Cache—主存” 和 “主存—辅存” 两个独立的存储层次组成,



## 4.4.2 虚地址Cache

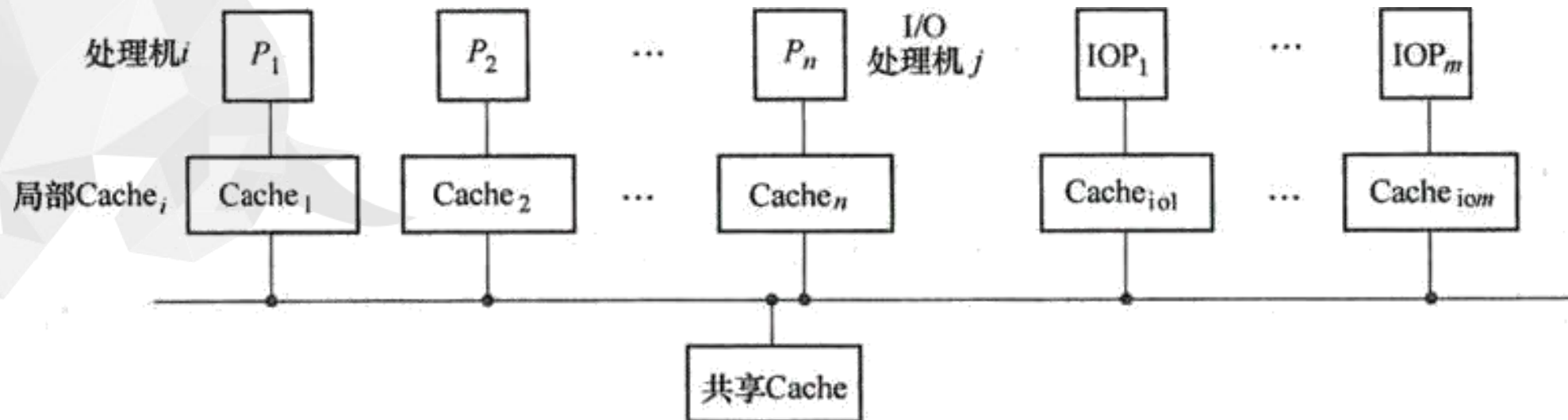
虚地址Cache是将Cache—主存—辅存直接构成三级存储层次形式，其组成形式如图



### 4.4.3 全Cache

全Cache是最近出现的组织形式，尚不成熟，尚未商品化。它没有主存，只用Cache 与辅存中的一部分构成 “Cache-辅存” 存储体系。

Cache存储系统的等效访问时间要接近于Cache的，容量是虚地址空间的容量。图4-34是在多处理机实现的一种方案。





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

- 1、（ ）是评价存储体系性能的重要指标
- A、命中率
  - B、平均率
  - C、覆盖率
  - D、非命中率



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、（ ）是评价存储体系性能的重要指标

A、命中率

B、平均率

C、覆盖率

D、非命中率

答案：A

讲解：命中率是评价存储体系性能的重要指标。



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、组相联映象、LRU替换的Cache存储器，不影响Cache命中率的是（）

1410

A:增加Cache中的块数

B:增大主存容量

C:增大组的大小

D:增大块的大小



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、组相联映象、LRU替换的Cache存储器，不影响Cache命中率的是（）

1410

A:增加Cache中的块数

B:增大主存容量

C:增大组的大小

D:增大块的大小

答案： B





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、Cache存储器常用的地址映像方式是 ( ) 1304

A:全相联映像

B:页表法映像

C:组相联映像

D:段页表映像



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、Cache存储器常用的地址映像方式是 ( ) 1304

A:全相联映像

B:页表法映像

C:组相联映像

D:段页表映像

答案：C

## 第5章 标量处理机

## 第2章 数据表示、寻址方式与指令系统



## 5.1 重叠方式

**本节主要内容：**

**顺序方式与重叠方式的定义和特点。**

**重叠方式解决访存冲突的办法**

**“一次重叠”的定义和好处**

**条件转移指令与后续指令之间的相关及处理办法**

**指令、主存数、通用寄存器组的数和变（基）址相关的定义及处理办法**

**指令间微操作重叠的时间关系**

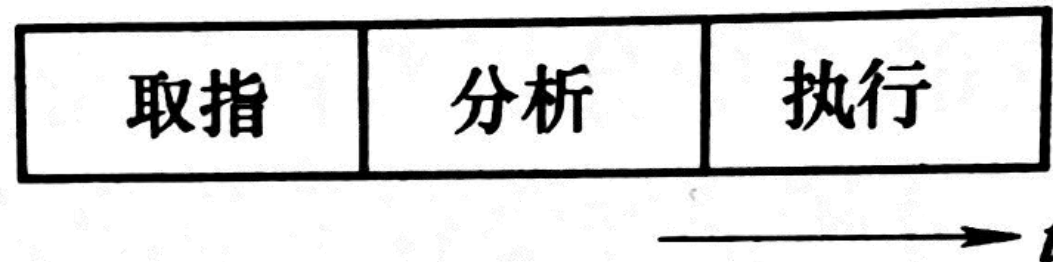
**计算执行完若干条指令所需的时间**

## 5.1.1 重叠原理与一次重叠

### 1. 重叠的原理（填空）

指令的重叠解释使机器语言程序的执行速度会比采用顺序解释的有较大的提高。

解释一条机器指令的微操作可归并成取指令、分析和执行三部分



## 5.1.1 重叠原理与一次重叠

### 2. 顺序解释（单选）

顺序解释指的是各条指令之间**顺序串行**（执行完一条指令后才取下条指令）地进行，每条指令内部的各个微操作也顺序串行地进行。

顺序解释的优点是**控制简单**，转入下条指令的**时间**易于控制。但缺点是上一步操作未完成，下一步操作便不能开始，速度上不去，计算机各部件的利用率低。

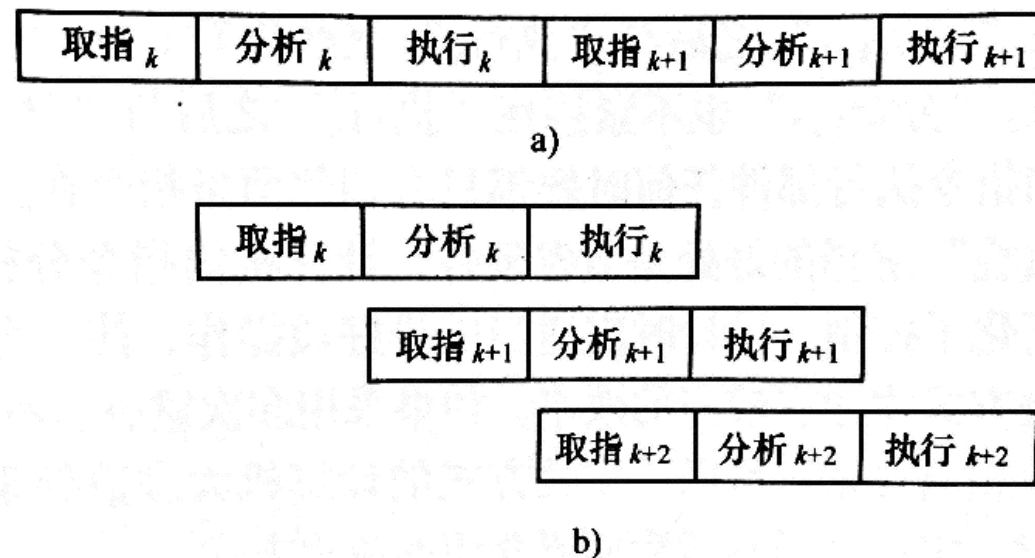


图 5-2 指令的顺序与重叠解释

a) 顺序解释 b) 重叠解释的一种方式

## 5.1.1 重叠原理与一次重叠

### 3. 一次重叠（单选）

- 1) 实际上“分析”和“执行”所需的时间常不相同，还需在硬件中解决控制上的同步，保证任何时候都只是“**执行k**”与“**分析k+1**”重叠；
- (2) 这种指令分析部件和指令执行部件任何时候都只有**相邻两条指令**在重叠解释的方式为“一次重叠”；



## 5.1.2 相关处理

### 1. 转移指令的处理（简单了解）

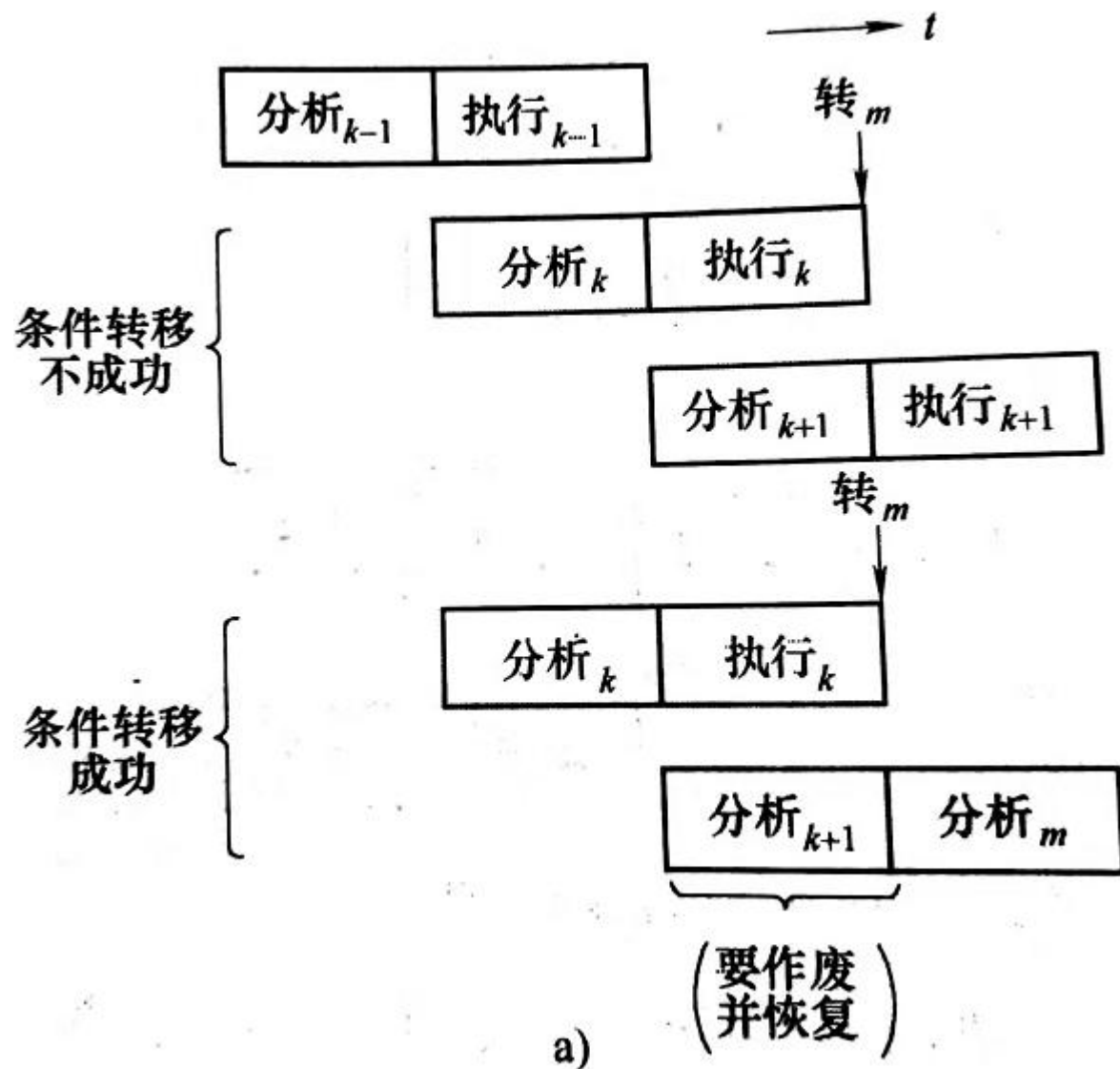
当程序中遇到条件转移时，一旦条件转移成功，重叠解释实际变成了顺序解释。



## 5.1.2 相关处理

### 2.指令相关的处理（简单了解）

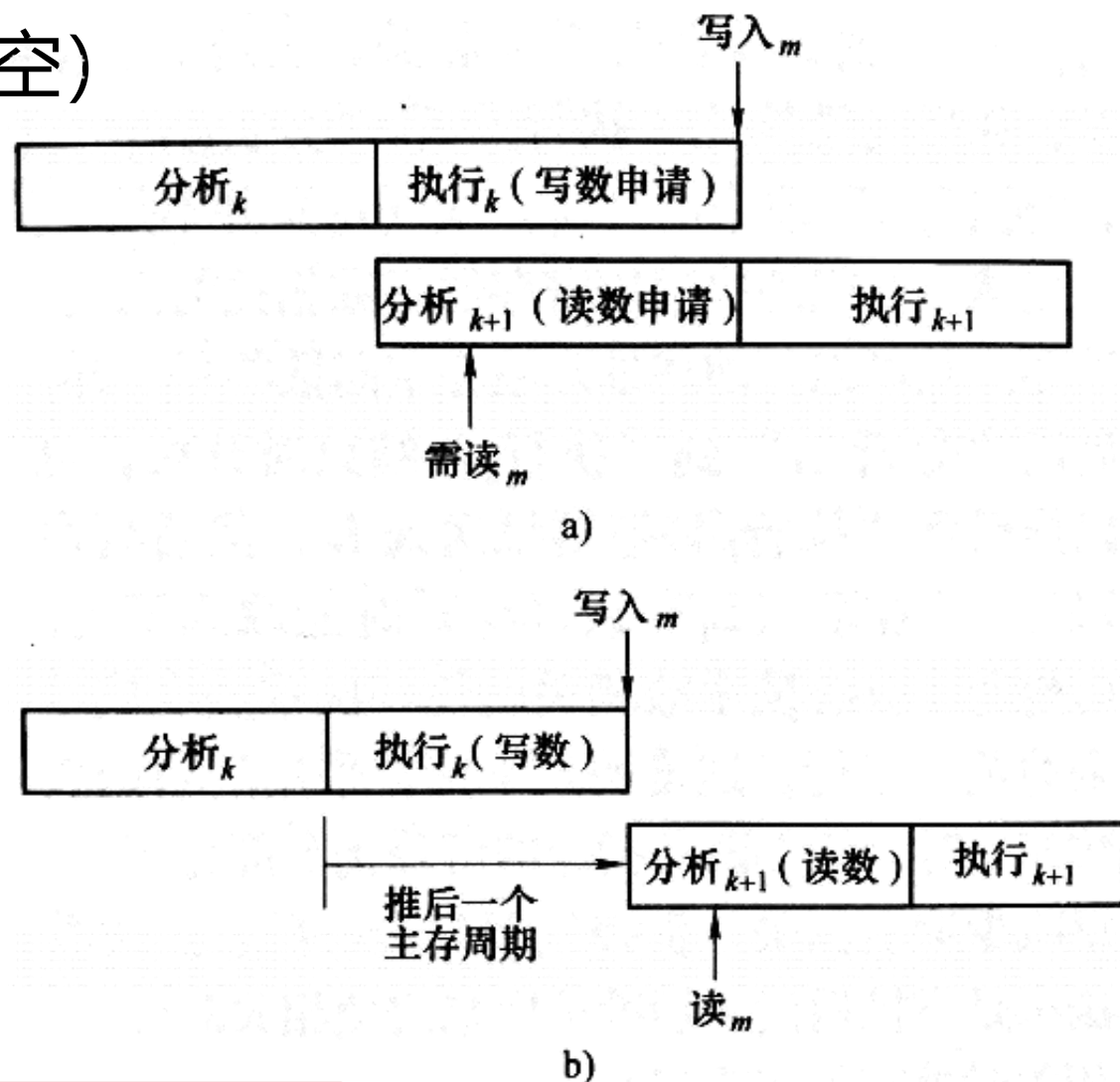
对于有指缓的计算机，由于指令是提前从主存取进指缓的，为了判定是否发生了指令相关，需要对多条指令地址与多条指令的运算结果地址比较，看是否有相同的，这是很复杂的。



## 5.1.2 相关处理

### 3.主存空间数相关的处理（单选、填空）

主存空间数相关是相邻两条指令之间出现对主存**同一单元**要求**先写而后读**的关联。如图5-4a所示。如果让“执行 $k$ ”与“分析 $k+1$ ”在时间上重叠，就会使“分析 $k+1$ ”读出的数不是第 $k$ 条指令执行完应写入的结果而出错。要想不出错，只有推后“分析 $k+1$ ”的读。



## 5.1.2 相关处理

### 4.通用寄存器组相关的处理（简单了解）

一般的计算机中，通用寄存器除了存放源操作数、运算结果外，也可能存放形成访存操作数物理地址的变址值或基址值。因此，通用寄存器组的相关又有操作数的相关和变址值或基址值的相关两种。

或

操作码	$L_1$	$L_3$	$B_2$	$d_2$
-----	-------	-------	-------	-------

操作码	$L_1$	$L_3$		$L_2$
-----	-------	-------	--	-------

## 5.1.2 相关处理

### 4.通用寄存器组相关的处理（单选、填空）

推后“分析 $k+1$ ”和设置“相关专用通路”是解决重叠方式相关处理的两种基本方法。前者是以降低速度为代价，使设备基本上不增加。

或

操作码	$L_1$	$L_3$	$B_2$	$d_2$
-----	-------	-------	-------	-------

操作码	$L_1$	$L_3$		$L_2$
-----	-------	-------	--	-------



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、关于指令执行的“一次重叠”，下列说法正确的是（ ） 1910

- A: “一次重叠”是同时解释很多条指令
- B: “一次重叠”是同时解释相邻两条指令
- C: “一次重叠”是同时解释一条指令
- D: “一次重叠”是解释两条指令



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、关于指令执行的“一次重叠”，下列说法正确的是（ ） 1910

- A: “一次重叠”是同时解释很多条指令
- B: “一次重叠”是同时解释相邻两条指令
- C: “一次重叠”是同时解释一条指令
- D: “一次重叠”是解释两条指令

答案：B



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、指令间“一次重叠”是指 ( ) 0707

- A: “取指 $k+1$ ”与“分析 $k$ ”重叠
- B: “分析 $k+1$ ”与“执行 $k$ ”重叠
- C: “分析 $k$ ”与“执行 $k+1$ ”重叠
- D: “执行 $k$ ”与“取指 $k+1$ ”重叠





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、指令间“一次重叠”是指 ( ) 0707

A: “取指 $k+1$ ”与“分析 $k$ ”重叠

B: “分析 $k+1$ ”与“执行 $k$ ”重叠

C: “分析 $k$ ”与“执行 $k+1$ ”重叠

D: “执行 $k$ ”与“取指 $k+1$ ”重叠

答案: B



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、标量处理机顺序解释的优点是 ( ) 1810

A:控制简单

B:速度快

C:效率高

D:利用率离



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、标量处理机顺序解释的优点是 ( ) 1810

A:控制简单

B:速度快

C:效率高

D:利用率离

答案：A



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

4、对指令间“一次重叠”描述不正确的是（）1804

A:仅“执行 $k$ ”与“分析 $k+1$ ”重叠

B:“分析 $k+1$ ”完成后立即开始“执行 $k+1$ ”

C:应尽量使“分析 $k+1$ ”与“执行 $k$ ”时间相等

D:只需要一套指令分析部件和执行部件



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

4、对指令间“一次重叠”描述不正确的是（） 1804

A:仅“执行k”与“分析k+1”重叠

B:“分析k+1”完成后立即开始“执行k+1”

C:应尽量使“分析k+1”与“执行k”时间相等

D:只需要一套指令分析部件和执行部件

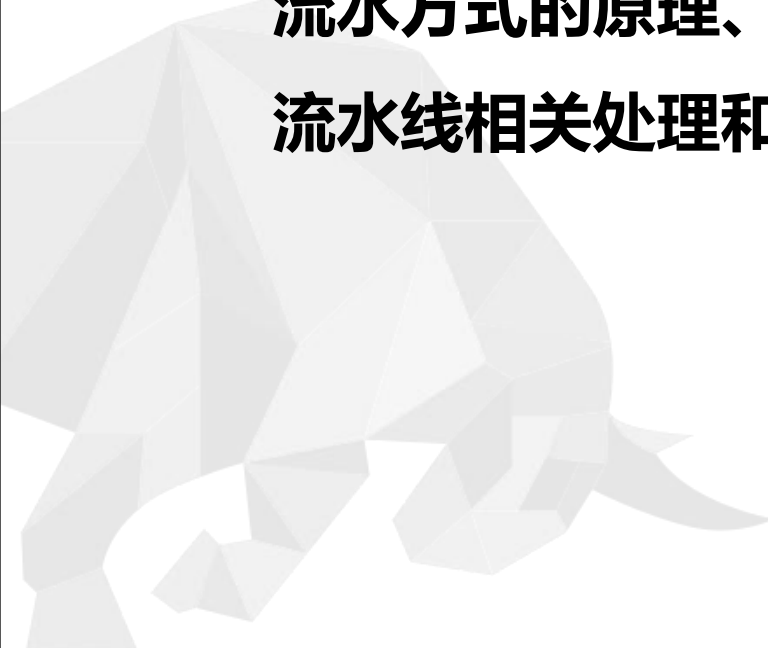
答案：B

## 5.2 流水方式

**本节主要内容：**

**流水方式的原理、分类（识记=单选、填空）**

**流水线相关处理和性能瓶颈消除（领会=简答）**



## 5.2.1 基本概念

### 1. 工作原理

“分析 $k+1$ 与“执行 $k$ ”的一次重叠是把指令的解释过程分解成“分析”与“执行”两个子过程，在独立的分析部件和执行部件上时间重叠地进行。

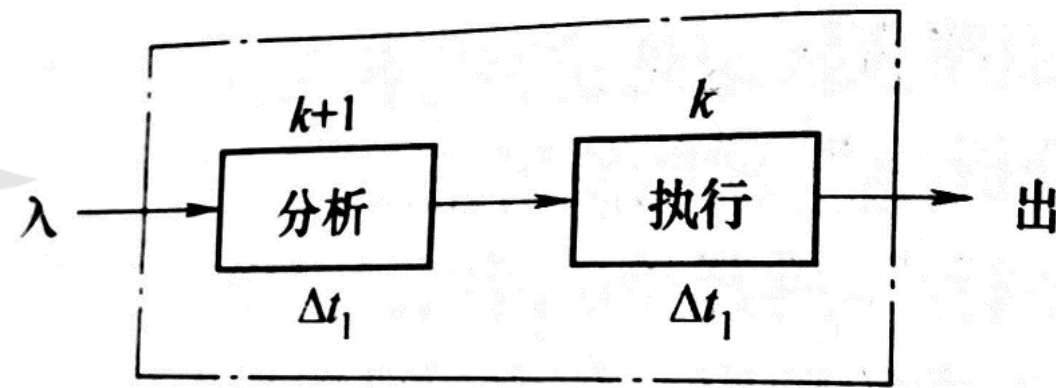
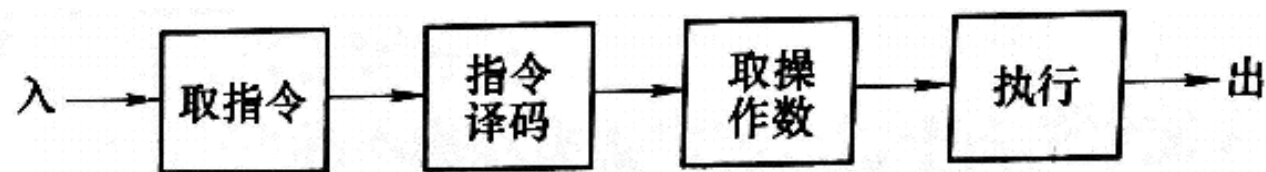


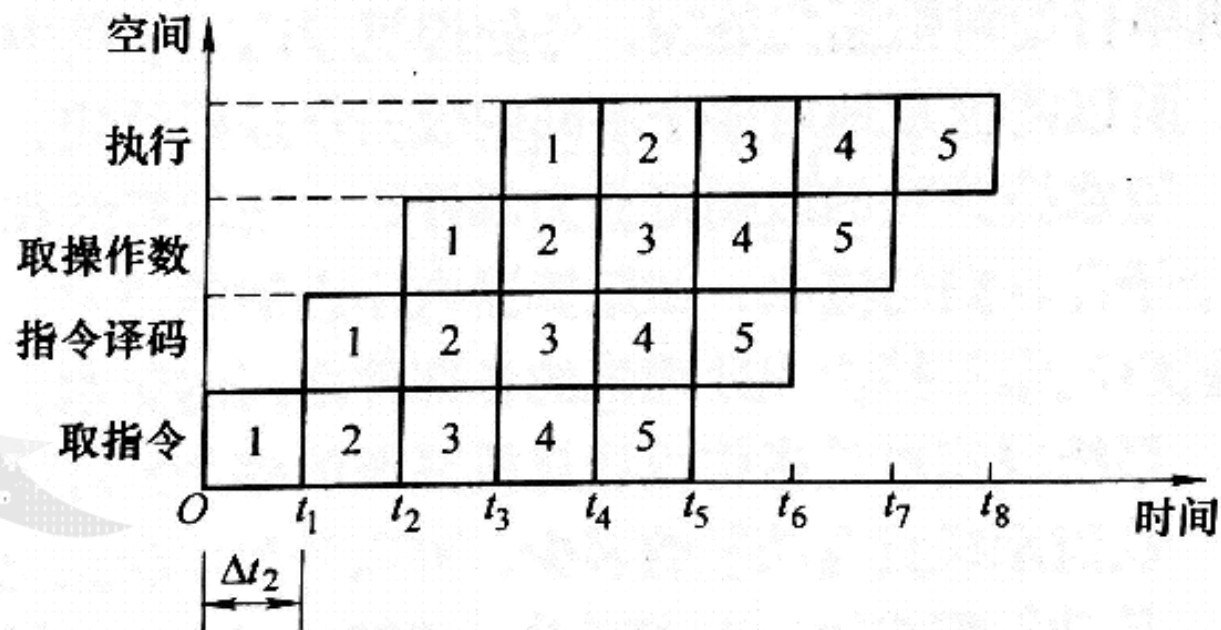
图5-11 指令分解为“分析”与“执行”子过程

## 5.2.1 基本概念

### 1. 工作原理



a)



b)

图5-12 流水处理

a) 指令解释的流水处理    b) 流水处理的时 (间) 空 (间) 图



## 5.2.1 基本概念

### 2.流水的分类（填空）

流水按处理的级别可分为**部件级**、**处理机级**和**系统级**。

从流水线具有功能的多少，可以分为**单功能流水线**和**多功能流水线**。

## 5.2.1 基本概念

### 2.流水的分类（单选、填空）

按多功能流水线的各段能否允许同时用于多种不同功能连接流水，可把流水线分为静态流水线和动态流水线。

静态流水线在某一时间内各段只能按一种功能连接流水，只有等流水线全部流空后，才能切换成按另一种功能连接流水。

动态流水线的各功能段在同一时间内可按不同运算或功能连接。

## 5.2.1 基本概念

### 2.流水的分类（单选）

从计算机所具有的数据表示角度，可以把流水线处理机分为**标量流水机**和**向量流水机**。

标量流水机没有向量数据表示，只能用标量循环方式来处理向量和数组，如**Amdahl 470 V/6**及后面要介绍的IBM 360/91。向量流水机指的是计算机有向量数据表示，设置有向量指令和向量运算硬件，能流水地处理向量和数组中的各个元素。向量流水机是向量数据表示和流水技术的结合

## 5.2.1 基本概念

### 2.流水的分类（单选）

从流水线中各功能段之间是否有反馈回路的角度，可以把流水线分为**线性**流水线和**非线性**流水线。





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、流水线分为部件级、处理机级和系统级的划分依据是（ ） 1910

A:流水的状态

B:硬件的功能

C:流水的功能

D:处理的级别



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

1、流水线分为部件级、处理机级和系统级的划分依据是（ ） 1910

A:流水的状态

B:硬件的功能

C:流水的功能

D:处理的级别

答案： D



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、静态流水线是指（）

A:只有一种功能的流水线

B:功能不能改变的流水线

C:可同时执行多种功能的多功能流水线

D:同时只能完成一种功能的多功能流水线



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

2、静态流水线是指（）

A:只有一种功能的流水线

B:功能不能改变的流水线

C:可同时执行多种功能的多功能流水线

D:同时只能完成一种功能的多功能流水线

答案：D





那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、按多功能流水线的各段能否允许同时用于多种不同功能连接流水，可把流水线分为（ ）流水线和（ ）流水线。



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手

3、按多功能流水线的各段能否允许同时用于多种不同功能连接流水，可把流水线分为（ ）流水线和（ ）流水线。

答案：静态 动态

## 5.2.2标量流水线的主要性能（填空、选择）


标量流水处理机的性能主要是

- 1.吞吐率TP和加速比SP
- 2.效率

## 5.2.2 标量流水线的主要性能

### 1. 吞吐率TP和加速比SP

吞吐率是流水线单位时间里能流出的任务数或结果数。


$$T_p = \frac{n}{m\Delta t + (n-1)\Delta t}$$

## 5.2.2标量流水线的主要性能

### 1.吞吐率TP和加速比SP

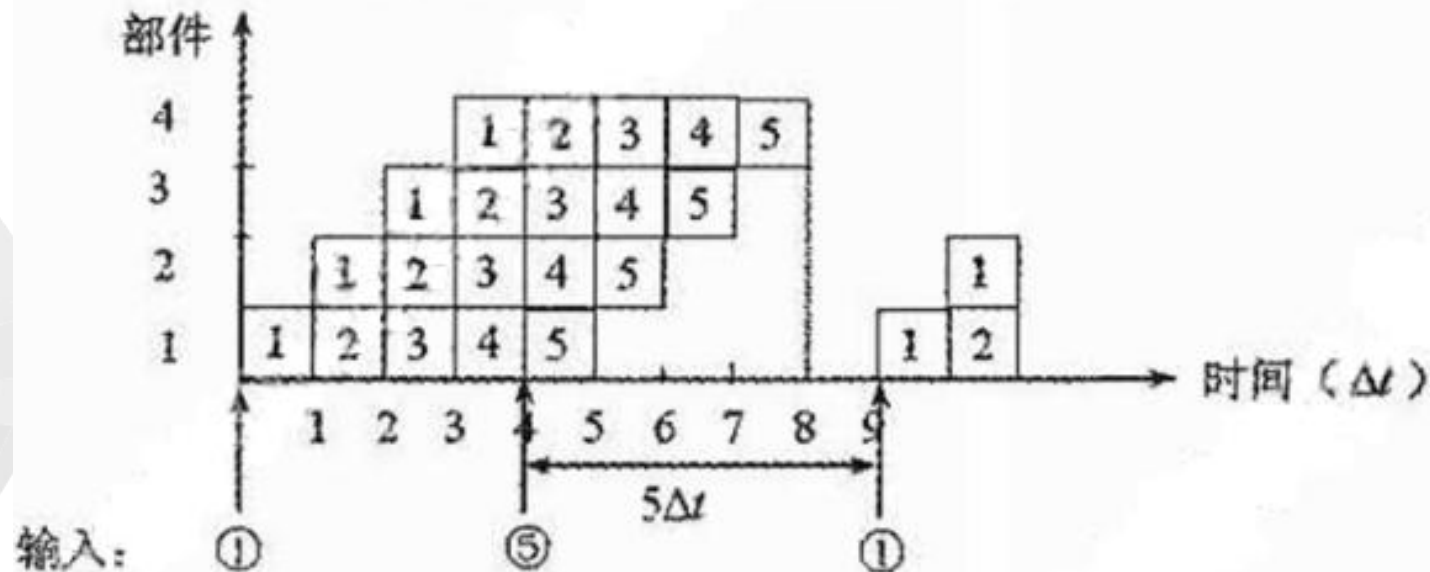
【1410真题】流水线由4个功能部件组成，每个功能部件的延迟时间为 $\Delta t$ ，当输入5个数据后，间歇 $5\Delta t$ 又输入5个数据，如此周期性地工作，画出时空图，并求此时流水线的吞吐率。

## 5.2.2标量流水线的主要性能

### 1.吞吐率TP和加速比SP

$$T_p = \frac{n}{m\Delta t + (n-1)\Delta t}$$

时空图如图 图所示。



按周期性,流水线吞吐率为:  $T_p = \frac{5}{8\Delta t}$

## 5.2.2标量流水线的主要性能

### 2.效率（综合）

【1304真题】向量 A 和 B 各有 6 个元素，计算向量点积  $A \cdot B = \sum_{i=1}^6 a_i * b_i$ 。

1. 若在顺序方式下，一次“加”需 $4\Delta t$ ，一次“乘”需 $3\Delta t$ ，求执行完 $A \cdot B$ 所需的时间；

## 5.2.2标量流水线的主要性能

### 2.效率（综合）

【1304真题】向量  $A$  和  $B$  各有 6 个元素，计算向量点积  $A \cdot B = \sum_{i=1}^6 a_i * b_i$ 。

1. 若在顺序方式下，一次“加”需  $4\Delta t$ ，一次“乘”需  $3\Delta t$ ，  
求执行完  $A \cdot B$  所需的时间；

需  $3\Delta t \times 6 + 4\Delta t \times 5 = 38\Delta t$





那么意气风发地  
走在成功的道路上

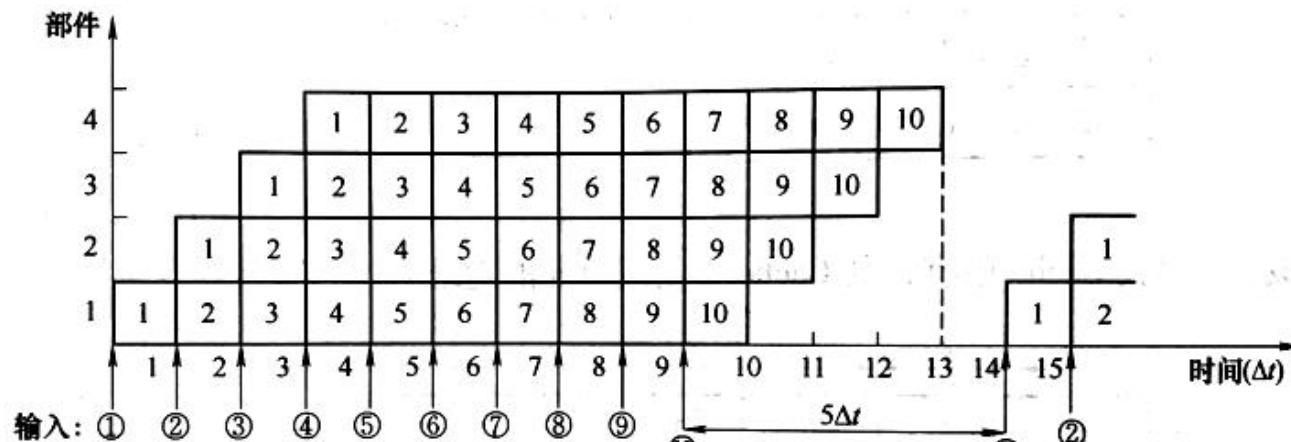
## 真题练练手

2、流水线由4个功能部件组成，每个功能部件的延迟时间为，当输入10个数据后，间接5又输入10个数据，如此周期性地工作，求此时流水线的吞吐率，并画出其时空图。



那么意气风发地  
走在成功的道路上

## 真题练练手



2、流水线由4个功能部件组成，每个功能部件的延迟时间为 $\Delta t$ ，当输入10个数据后，间隔5又输入10个数据，如此周期性地工作，求此时流水线的吞吐率，并画出其时空图。

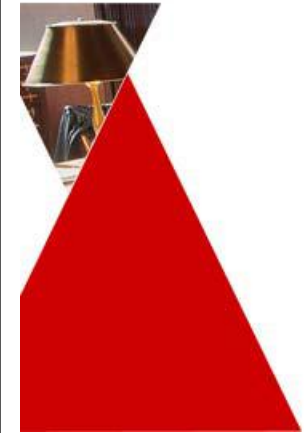
答案：按题意可得4个功能部件流水时的时空关系如附图15所示  
所以，按周期性工作时的流水线平均吞吐率为：

$$T_p = \frac{10}{13\Delta t}$$



尚德机构

# ▶ 答疑时间 ◀





尚德机构

▶ THANK YOU ◀

