



操作系统课程 重点解析

2023~2024第一学期
郑州轻工业大学 软件学院

為之則易
不為則難



● 重点1：操作系统的目标、发展过程和基本特性

● 操作系统的目标（P2）

- 1. 方便性的含义
- 2. 有效性的含义
- 3. 可扩充性的含义
- 4. 开放性的含义

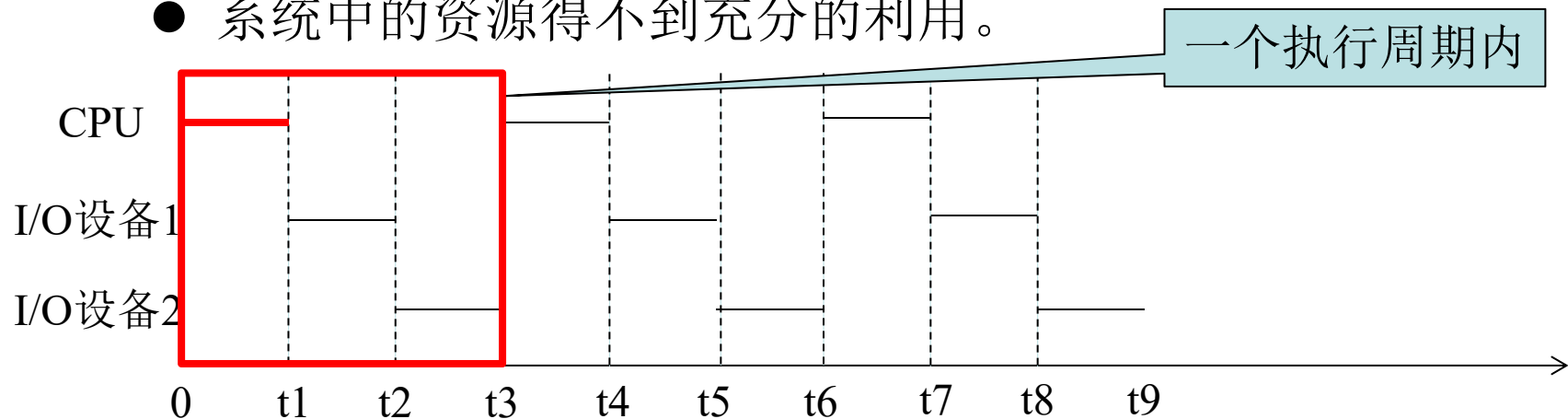
● 操作系统的发展过程（P5~P15）

- 1. 单道批处理系统（基本特征, 优缺点）
- 2. 多道批处理系统（基本特征, 优缺点）
- 3. 分时系统（基本特征, 优缺点）
- 4. 实时系统（基本特征, 优缺点）

● 重点2：单道批处理系统和多道批处理系统

● 单道批处理系统的运行情况及缺点（P7）

- 内存中仅能装入一道程序；
- 仅当当前作业执行完毕之后才能执行下一道作业；
- 难以发挥系统中各类型资源的并行处理能力；
- 系统中的资源得不到充分的利用。



● 计算系统中某资源的利用率

$$\text{CPU 的利用率} = \frac{\text{CPU 有效工作时间}}{\text{CPU 有效工作时间} + \text{CPU 空闲等待时间}} = \frac{t_1}{t_3} = \frac{t_4 - t_3}{t_6 - t_3}$$

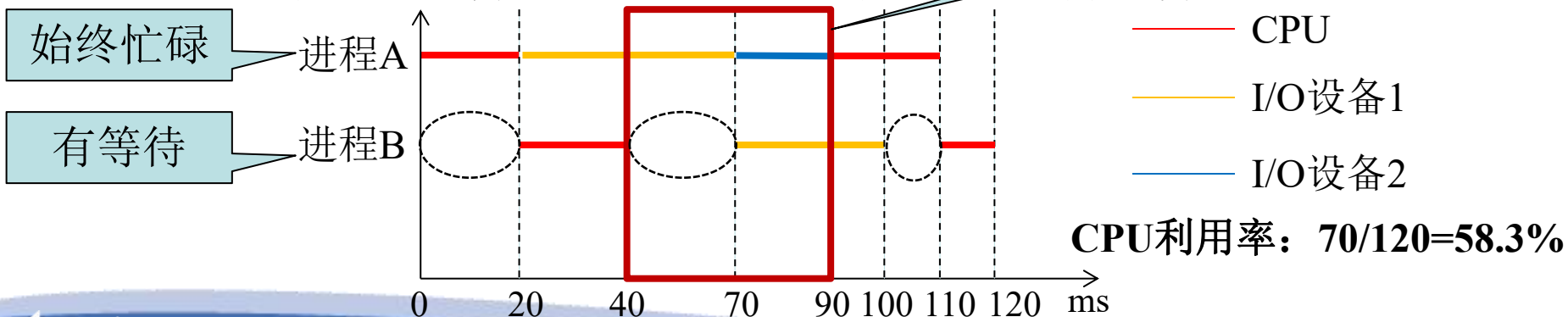
● 重点2：单道批处理系统和多道批处理系统

● 多道批处理系统的运行情况（P8）

- 内存中可同时装入多道程序，共享CPU和系统的各种资源；
- 能够充分发挥系统中各类型资源的并行处理能力；
- 多道程序交替运行，保持CPU处于忙碌状态。

● 能够在图中画出多道批处理系统的运行情况（P8）

- 设某计算机系统有CPU、I/O设备1、I/O设备2。现有两个进程同时进入就绪态，且进程A先运行，进程B后运行。
- 进程A：计算20ms，设备1运行50ms，设备2运行20ms，再计算20ms。
- 进程B：计算20ms，设备1运行30ms，再计算10ms。





● 重点3： 操作系统的基本特性 P15-18

1. 并发

- 并行和并发的区别是什么？

2. 共享

3. 虚拟

- 结合虚拟性，描述对虚拟处理器、虚拟内存、虚拟设备的理解。

4. 异步



● 重点4： 1.5 节操作系统的主要功能 P21-25

● 处理机管理功能（也即进程管理）

- OS在进程管理方面应做的工作有哪些？

● 存储器管理功能

- 存储器管理的4大功能是什么？

● 设备管理功能

● 文件管理功能

● 接口管理功能

- 用户管理和使用操作系统用到了哪些接口？接口的功能和作用是什么？
- 在用户与操作系统之间存在哪几种类型的接口？主要功能是什么？
- 阐述程序接口与用户交互接口之间的关系，并说明系统调用实现机制及处理过程。

● 重点5：前趋图

● 根据程序代码画出前趋图（P42）

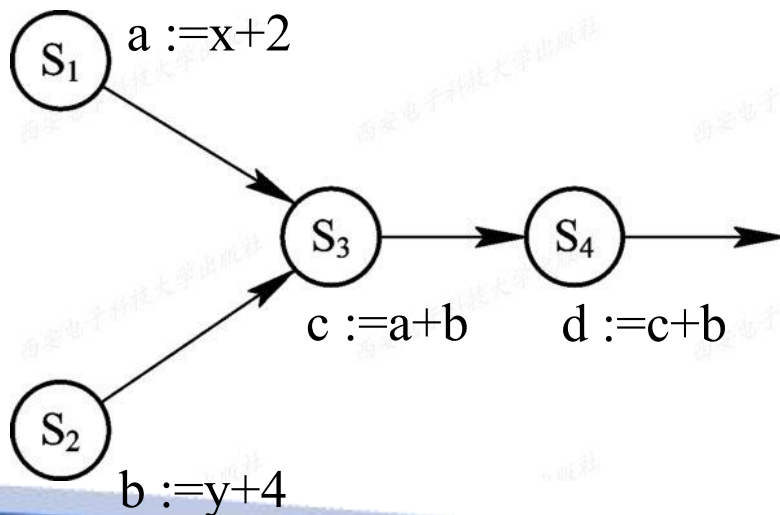
● 对于具有下述四条语句的程序段

$S_1: a := x + 2$ $S_2: b := y + 4$ $S_3: c := a + b$ $S_4: d := c + b$

如何使用前趋图表示它们的执行顺序？

● 解析：

- S_3 必须在 a 和 b 被赋值后方能执行；
- S_4 必须在 S_3 之后执行；
- S_1 和 S_2 则可以并发执行，因为它们彼此互不依赖。



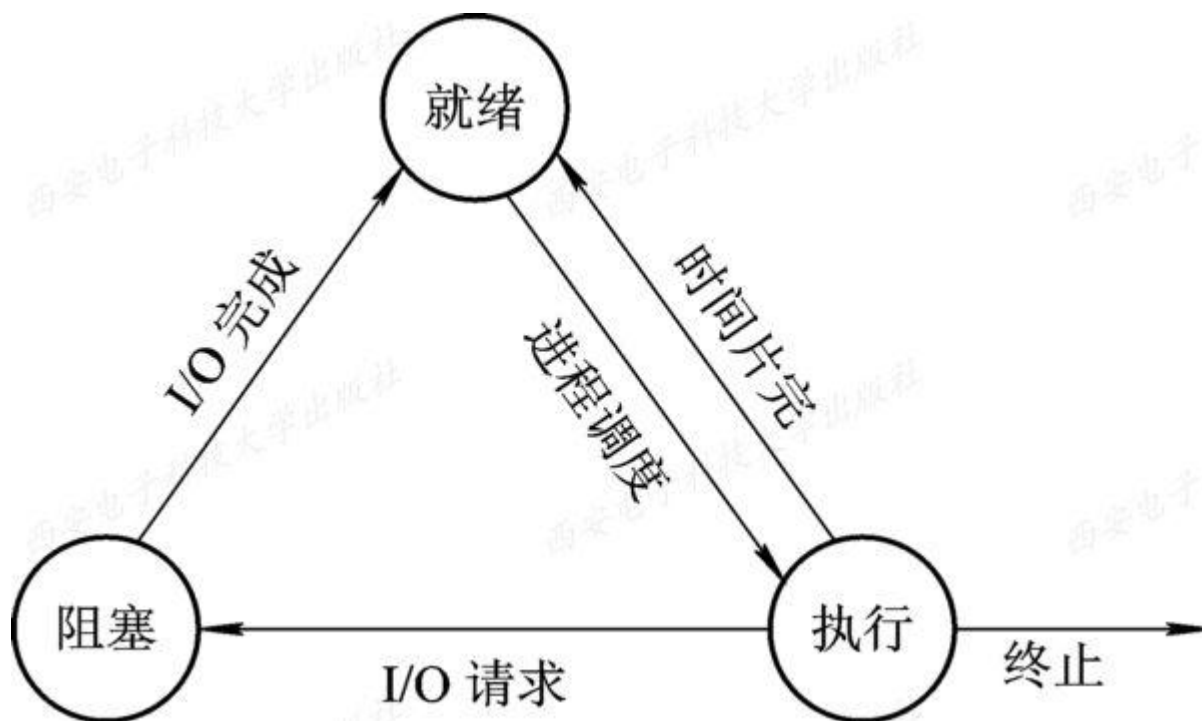


● 重点6：进程的描述

- 进程的定义（P43）
- 进程的特征（P43~P44）
- 进程控制块（process control block, PCB）（P48~P49）
- 进程控制块中的信息（P49）
- PCB常用的组织方式：线性方式，链接方式，索引方式（P49~P50）

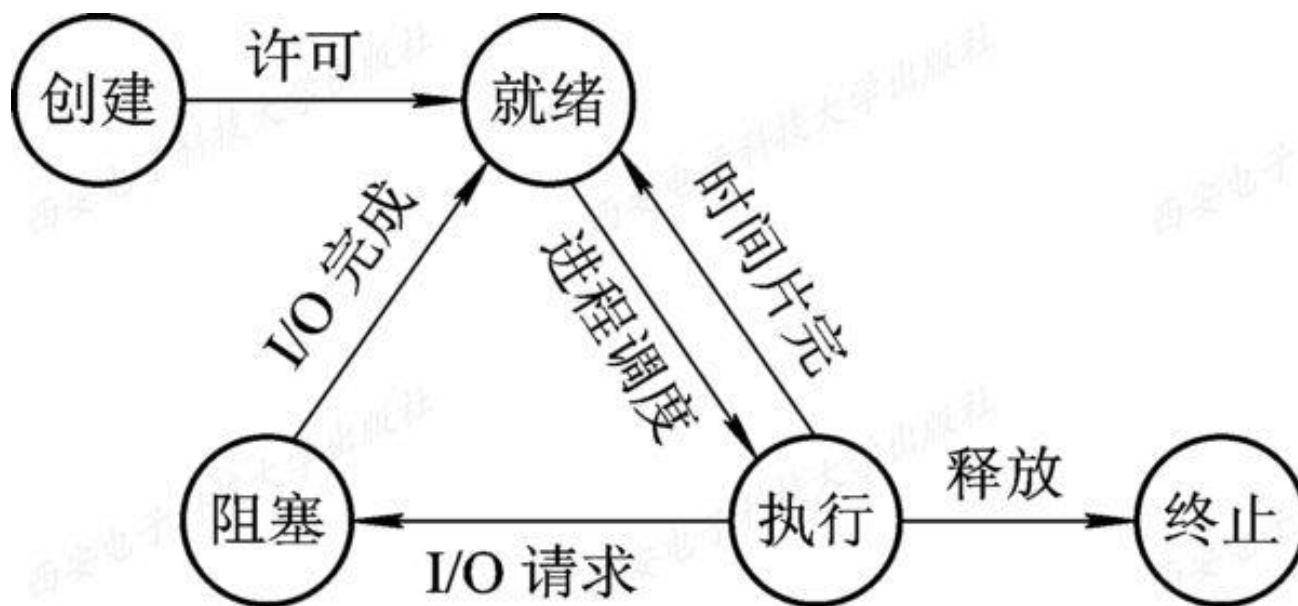
● 重点6：进程的描述

● 进程的三种基本状态及其转换（P45）



● 重点6：进程的描述

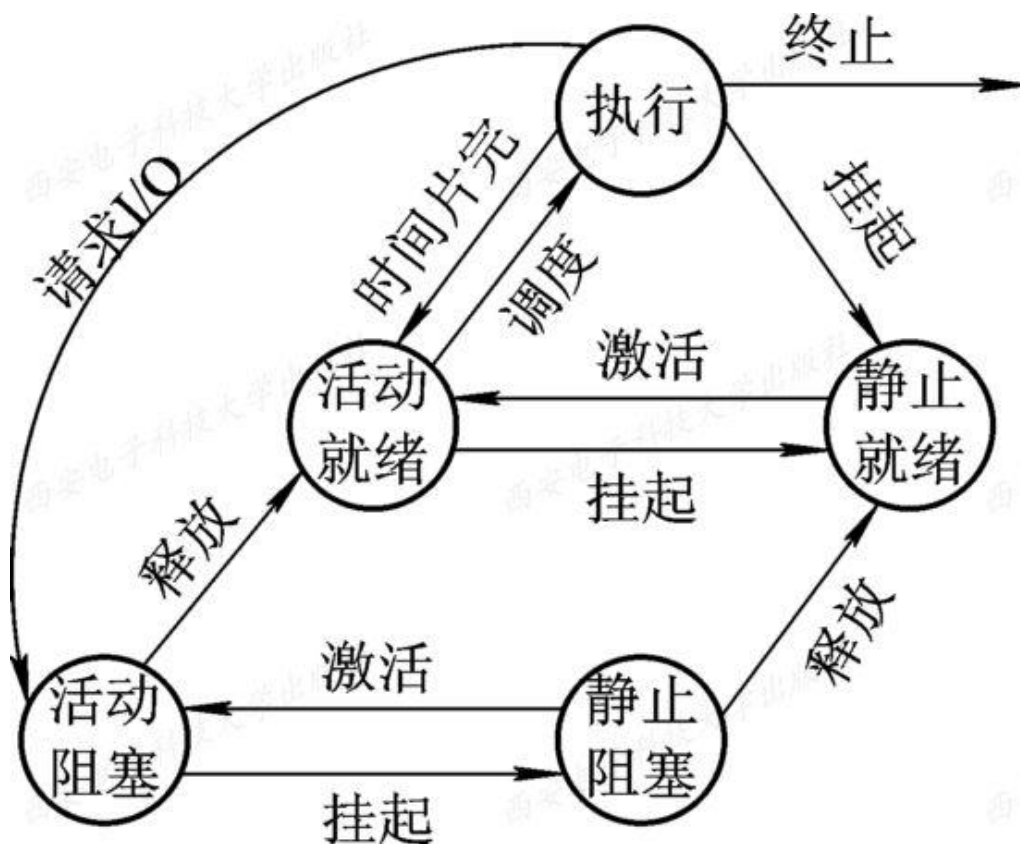
● 进程的五种基本状态及其转换（P45）



● 进程创建的步骤（P52）

● 重点6：进程的描述

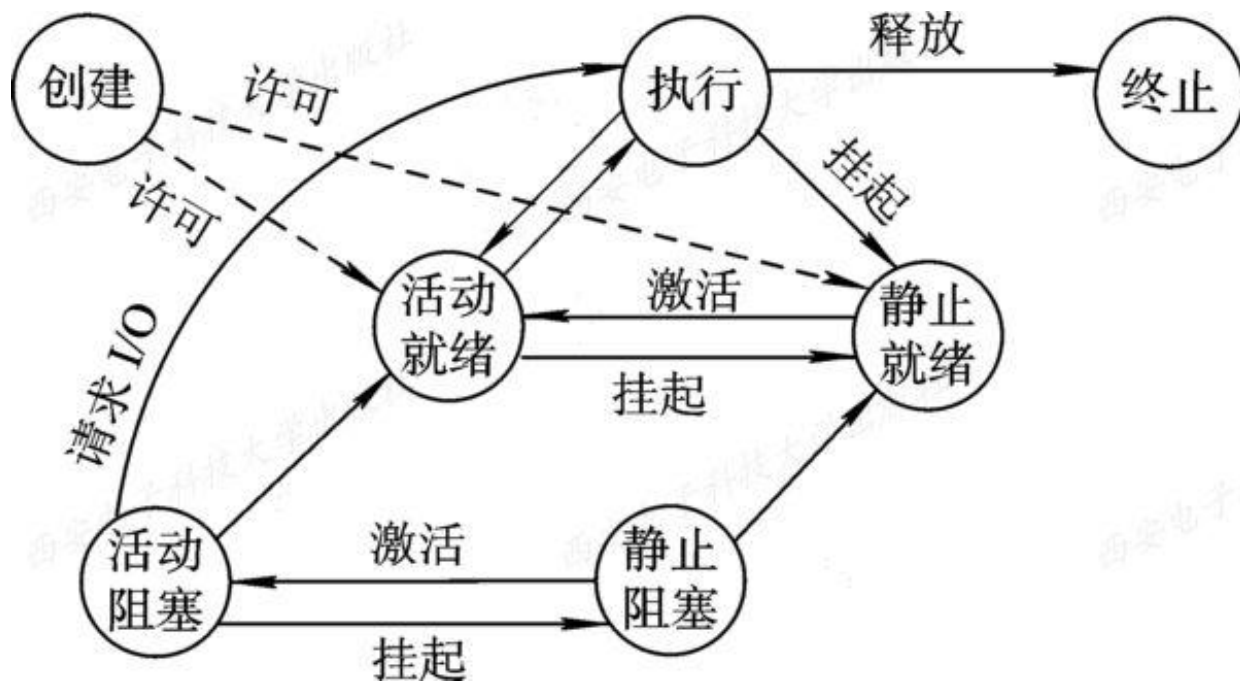
- 进程具有挂起操作的状态转换图（P46）



- 进程挂起的原因（P46）

● 重点6：进程的描述

- 进程具有创建、终止和挂起操作的状态转换图（P47）





● 重点7：进程调度（P75~P82）

● 进程调度的任务（P75~P76）

● 进程调度方式（P76~P77）

- 例题：4个任务P1，P2，P3，P4几乎同时到达，预期运行时间分别为4，6，8，10个时间单位。各个任务的优先级分别为2，1，3，4，数值越大，优先级越高。请按下列调度算法计算任务的平均周转时间（进程切换开销可忽略不计）。

- (1) 先来先服务FCFS（按照P1，P2，P3，P4 的顺序）；
- (2) SJF短作业优先调度算法
- (3) 时间片轮转算法，假定时间片大小为2个时间单位；
- (4) 高优先级优先调度算法。





● 重点7：进程调度（P75~P82）

● 先来先服务

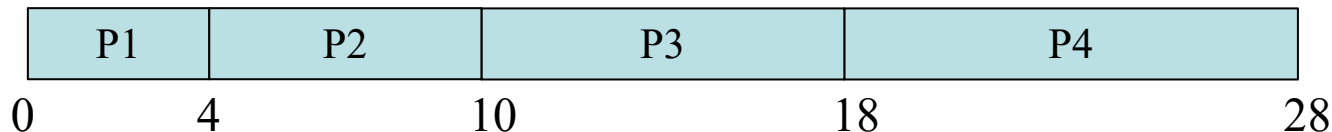
● 执行顺序、完成时间及周转时间

执行次序	运行时间	优先数	等待时间	周转时间
P1	4	2	0	4
P2	6	1	4	10
P3	8	3	10	18
P4	10	4	18	28

● 4个进程的平均周转时间T为：

$$T = (4 + 10 + 18 + 28) / 4 = 15$$

先来先服务调度算法的调度顺序





● 重点7：进程调度（P75~P82）

● 时间片轮转算法

● 执行顺序、完成时间及周转时间

执行次序	运行时间	优先数	周转时间
P1	4	2	10
P2	6	1	18
P3	8	3	24
P4	10	4	28

● 4个进程的平均周转时间T为：

$$T = (10 + 18 + 24 + 28) / 4 = 20$$

时间片轮转算法的调度顺序

P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P2	P3	P4	P3	P4	P4	
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28



第三章处理机调度与死锁

● 重点7：进程调度（P75~P82）

● 高优先级优先调度算法

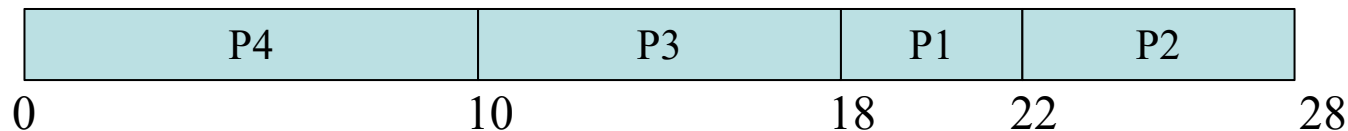
● 执行顺序、完成时间及周转时间

执行次序	运行时间	优先数	等待时间	周转时间
P4	10	4	0	10
P3	8	3	10	18
P1	4	2	18	22
P2	6	1	22	28

● 4个进程的平均周转时间T为：

$$T = (10 + 18 + 22 + 28) / 4 = 19.5$$

高优先级优先调度算法的调度顺序





第三章处理机调度与死锁

● 重点8：银行家算法（P100~P102）

- 设系统中有五个进程{P₀, P₁, P₂, P₃, P₄}和三类资源{A, B, C}，资源数量分别为10、5、7。

若在T₀时刻的资源分配情况如下：

	<u>Allocation</u>			<u>Max</u>			<u>Available</u>		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
P ₀	0	1	0	7	5	3	3	3	2
P ₁	2	0	0	3	2	2			
P ₂	3	0	2	9	0	2			
P ₃	2	1	1	2	2	2			
P ₄	0	0	2	4	3	3			

- 1) T₀时刻的状态是否安全？为什么？
- 2) P₁请求资源(1, 0, 2)，系统能够将资源分配给它？
- 3) 此后，P₀发出资源请求 (0, 2, 0)，系统能否为P₀分配资源？





第三章处理机调度与死锁

● 重点8：银行家算法（P100~P102）

- 1) 系统在T0时刻的资源分配情况

$$\text{Need} = \text{Max} - \text{Allocation}$$

资源 进程	Max A B C	Alloc. A B C	Need A B C	Avail.
P ₀	7 5 3	0 1 0	5th	10 5 7
P ₁	3 2 2	2 0 0	1st	
P ₂	9 0 2	3 0 2	4th	
P ₃	2 2 2	2 1 1	2nd	
P ₄	4 3 3	0 0 2	3rd	

- 系统处于安全状态，因存在安全序列 $\langle P_1, P_3, P_4, P_2, P_0 \rangle$

资源 进程	Work A B C	Need A B C	Alloc A B C	Work+Alloc A B C	Finish
P ₁	3 3 2	1 2 2	2 0 0	5 3 2	true
P ₃	5 3 2	0 1 1	2 1 1	7 4 3	true
P ₄	7 4 3	4 3 1	0 0 2	7 4 5	true
P ₂	7 4 5	6 0 0	3 0 2	10 4 7	true
P ₀	10 4 7	7 4 3	0 1 0	10 5 7	true



● 重点8：银行家算法（P100~P102）

2) P_1 发出资源请求 $(1, 0, 2)$ 时，系统按银行家算法进行检查：

- ◆ ① $\text{Request}_1(1, 0, 2) \leq \text{Need}_1(1, 2, 2)$;
- ◆ ② $\text{Request}_1(1, 0, 2) \leq \text{Available}(3, 3, 2)$;
- ◆ ③ 系统试探性地为 P_1 分配资源，修改数据为：

进程 \ 资源	Max	Alloc.	Need	Avail.
	A B C	A B C	A B C	
P_0	7 5 3	0 1 0	7 4 3	2 3 1
P_1	3 2 2	3 0 2	0 2 0	
P_2	9 0 2	3 0 2	6 0 0	
P_3	2 2 2	2 1 1	0 1 1	
P_4	4 3 3	0 0 2	4 3 1	

- ◆ ④进行安全性检查
 - ◆ 可找到一个安全序列 $\langle P_1, P_3, P_4, P_2, P_0 \rangle$ ，所以系统可以将 P_1 申请的资源分配给它。

● 重点8：银行家算法（P100~P102）

3) P_0 发出资源请求 $(0, 2, 0)$ 时，系统按银行家算法进行检查：

- ◆ ① $Request_0(0, 2, 0) \leq Need_0(7, 4, 3)$;
- ◆ ② $Request_0(0, 2, 0) \leq Available(2, 3, 0)$;
- ◆ ③ 系统试探性地为 P_0 分配资源，修改数据为：

资源 情况 进 程	Allocation			Need			Available		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
P_0	0	3	0	7	2	3	2	1	0
P_1	3	0	2	0	2	0			
P_2	3	0	2	6	0	0			
P_3	2	1	1	0	1	1			
P_4	0	0	2	4	3	1			

- ◆ ④进行安全性检查

- ◆ 可用资源 $Available(2, 1, 0)$ 已不能满足任何进程的需要，故系统进入不安全状态，此时系统不分配资源。



重点9：死锁发生的条件

进程之间相互争抢资源有可能会死锁，

(1) 发生死锁的条件有哪些？

(2) 系统中对死锁经常采用哪些处理方法？



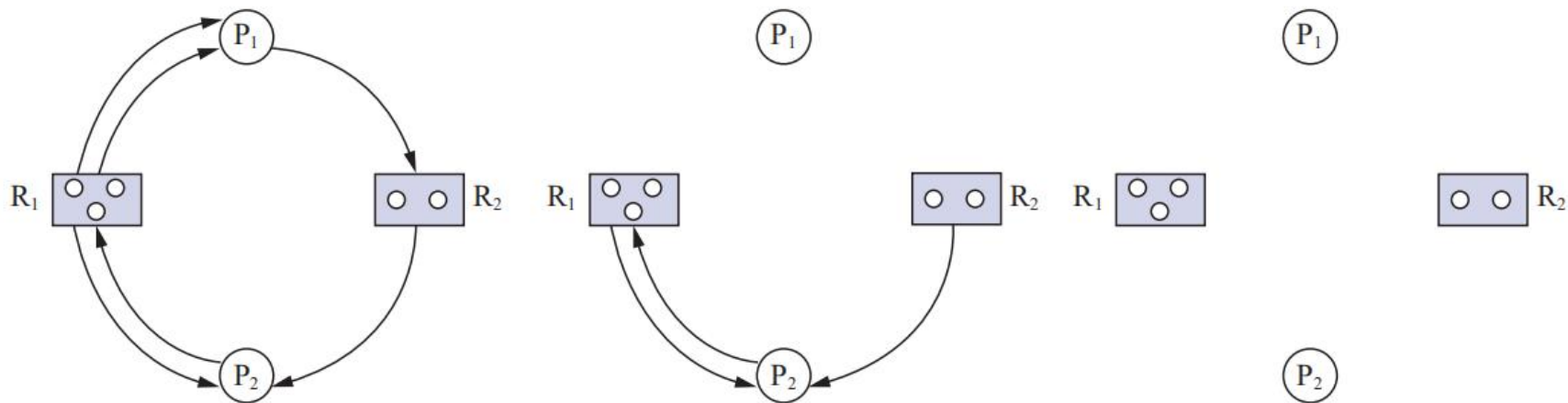
● 重点10：死锁定理（P103）

- 死锁定理：S为死锁状态的充分条件是当且仅当S状态的资源分配图是**不可完全简化**的。
- 可通过**简化资源分配图**的方式来判断当前系统是否处于死锁状态：
 - 在资源分配图中，**找出一个既不阻塞又非独立的进程结点 p_i** 。消去 p_i 所有的请求边和分配边，使之成为孤立的结点；这等于释放 p_i 占有的所有资源；
 - p_i 释放资源后，**便可使 p_2 获得资源而继续运行**，直到 p_2 完成后又释放出它所占有的全部资源；
 - 在进行一系列的简化后，**若能消去图中所有的边，使所有进程都成为孤立结点**，则称该图是**可完全简化的**；若不能通过任何过程使该图完全简化，则称该图是**不可完全简化的**。

● 重点10：死锁定理（P103）

● 资源分配图简化的例子

- 系统中共有3个资源 R_1 和2个资源 R_2 。
- 进程 P_1 占有两个资源 R_1 ，请求一个资源 R_2 ；进程 P_2 占有一个资源 R_1 和一个资源 R_2 ，请求一个资源 R_1 。

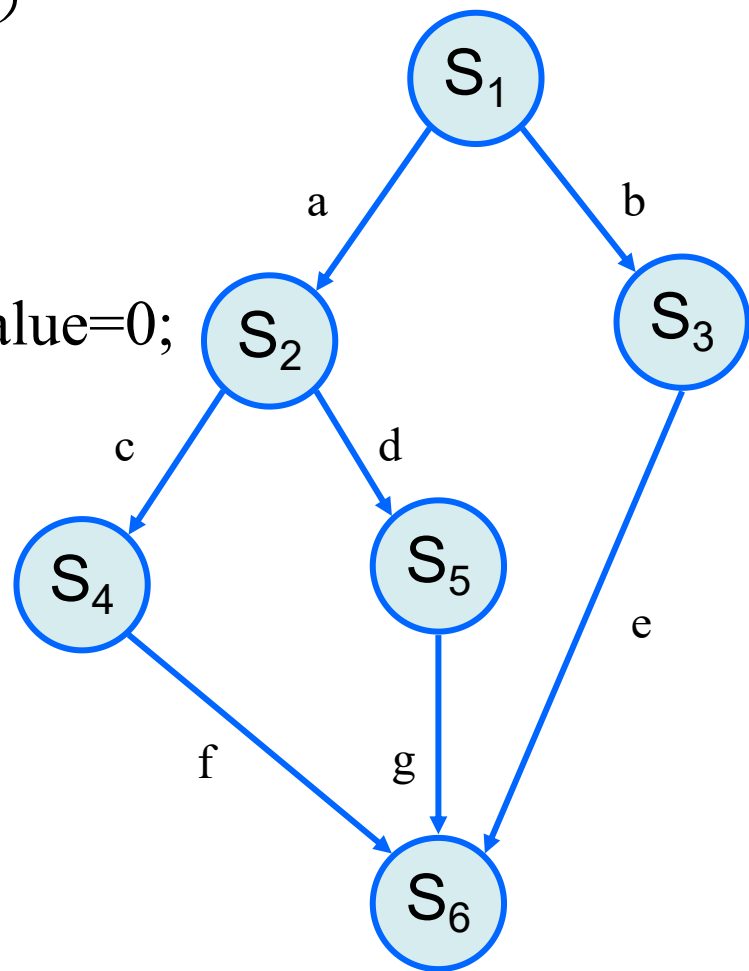


结论：资源分配图是可完全化简的，当前系统没有发生死锁。

- 重点11：记录型信号量机制
 - 利用信号量实现前趋关系（P119）

main()

```
{ Semaphore a,b,c,d,e,f,g;  
  a.value=0;b.value=0;c.value=0;  
  d.value=0;e.value=0;f.value=0;g.value=0;  
  cobegin  
    { S1;signal(a);signal(b); }  
    { wait(a);S2;signal(c) ;signal(d);}  
    { wait(b);S3;signal(e); }  
    { wait(c);S4;signal(f); }  
    { wait(d);S5;signal(g); }  
    { wait(e);wait(f);wait(g);S6; }  
  coend
```



- 重点11：记录型信号量机制（考察编程实现）
- 共享浴室问题（P129）
 - 现要设计一个共享公共浴室管理系统，该浴室每次只能有一个性别的人员进入使用，但允许同性别的多人同时使用。
 - 请使用带有信号量的P、V操作（`wait()`、`signal()`操作）的伪代码描述任意数量的男士和女士使用该共享浴室的过程，并说明所用信号量及初值的含义。





- 重点11：记录型信号量机制

- 共享浴室问题（P129）

- 信号量和变量定义：

int nmen=0; //浴室中男士的数量

int nwomen=0; //浴室中女士的数量

semaphore Smen=1; //男士变量的互斥信号量

semaphore Swomen=1; //女士变量的互斥信号量

semaphore Sused=1; //浴室互斥信号量



● 重点11：记录型信号量机制

● 共享浴室问题（P129）

● 核心代码：

```
void Men() {  
    while(1){  
        wait(Smen);  
        if(nmen==0) wait(Sused);  
        nmen++;  
        signal(Smen);  
        男士进入洗浴;  
        wait(Smen);  
        nmen--;  
        if (nmen==0) signal(Sused);  
        signal(Smen)  
    }  
}
```

```
void Women() {  
    while(1){  
        wait(Swomen);  
        if(nwomen==0) wait(Sused);  
        nwomen++;  
        signal(Swomen);  
        女士进入洗浴;  
        wait(Swomen);  
        nwomen--;  
        if (nwomen ==0) signal(Sused);  
        signal(Swomen)  
    }  
}  
  
void main() {  
    cobegin{  
        Men();  
        Women();  
    }  
}
```





● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

- 设某计算机采用动态分区分配的存储器管理方式，其内存大小为640KB，其中低地址区域的40KB用于存放操作系统。系统从低地址区开始为用户作业分配空间。针对以下作业请求序列，说明采用首次适应算法（思考：其他算法的情况）进行内存分配和回收后，内存的最终映像。
- 作业请求序列如下：
 - 作业1申请200KB，作业2申请70KB；
 - 作业3申请150KB，作业2释放70KB；
 - 作业4申请80KB，作业3释放150KB；
 - 作业5申请100KB，作业6申请60KB；
 - 作业7申请50KB，作业6释放60KB。





● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

● 作业请求序列：

- 作业1申请200KB，作业2申请70KB；
- 作业3申请150KB，作业2释放70KB；
- 作业4申请80KB，作业3释放150KB；
- 作业5申请100KB，作业6申请60KB；
- 作业7申请50KB，作业6释放60KB。

- 解析：**首次适应算法**的思想是把空闲分区按照**地址递增**的顺序组成一个链表，为进程分配内存时从链首开始查找，直至找到能容纳进程的分区。

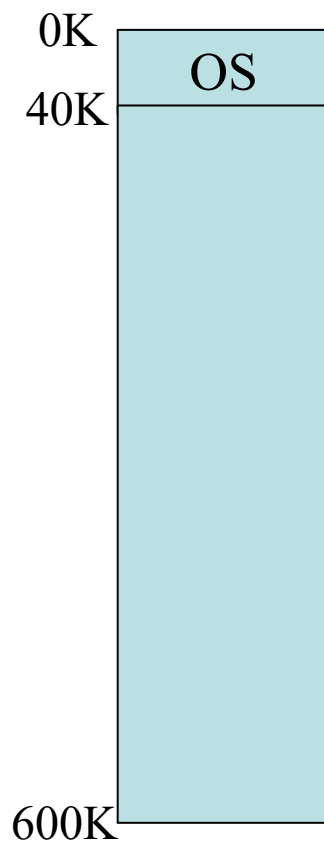




● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

内存具体分配和回收的过程：

- 初始时OS存放在0K~40K，40K~600K为空；



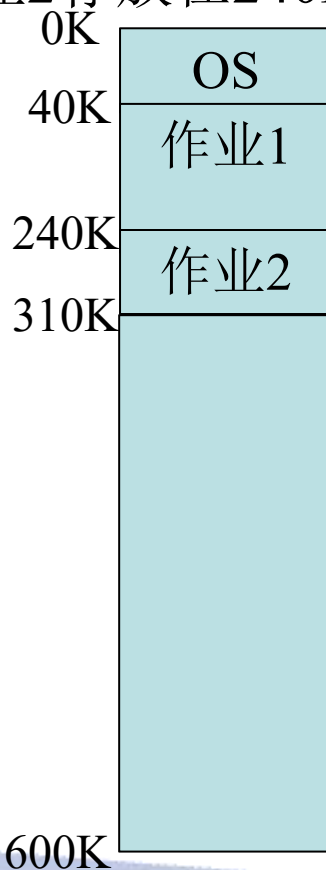


第五章存储器管理

● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

内存具体分配和回收的过程：

- 作业1申请200KB，作业2申请70KB：OS存放在0K~40K，作业1存放在40K~240K，作业2存放在240K~310K，310K~600K 为空；

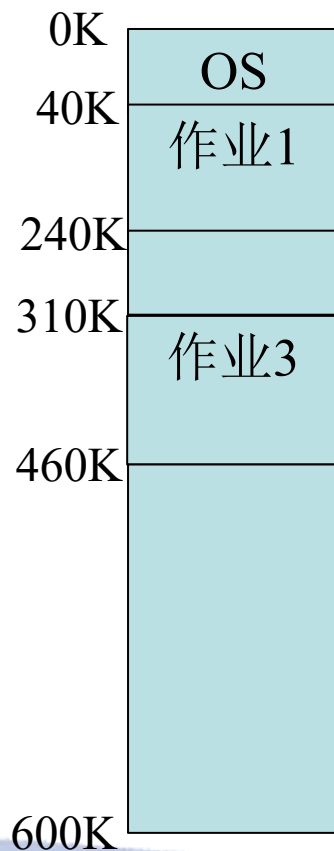




● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

内存具体分配和回收的过程：

- 作业3申请150KB，作业2释放70KB：OS在0K~40K，作业1在40K~240K，240K~310K为空，作业3在310K~460K，460K~600K为空；

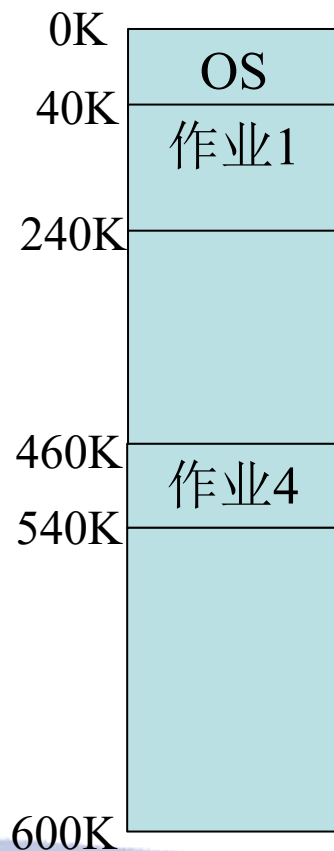




● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

内存具体分配和回收的过程：

- 作业4申请80KB，作业3释放150KB：OS在0K~40K，作业1在40K~240K，240K~460K为空，作业4在460K~540K，540K~600K为空；

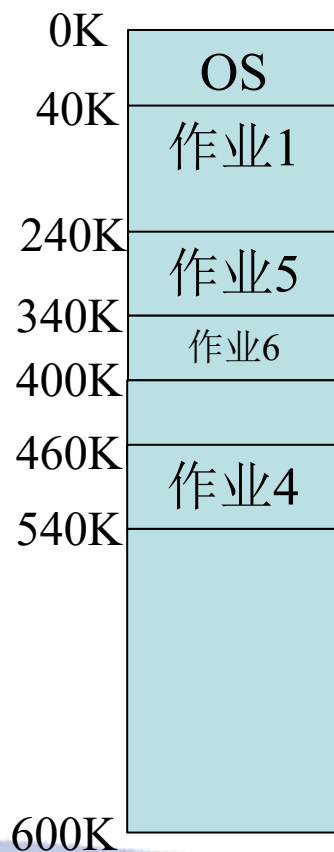




第五章存储器管理

● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

- 作业5申请100KB，作业6申请60KB：OS在0K~40K，作业1在40K~240K，作业5在240K~340K，作业6在340K~400K，400K~460K为空，作业4在460K~540K，540K~600K 为空；

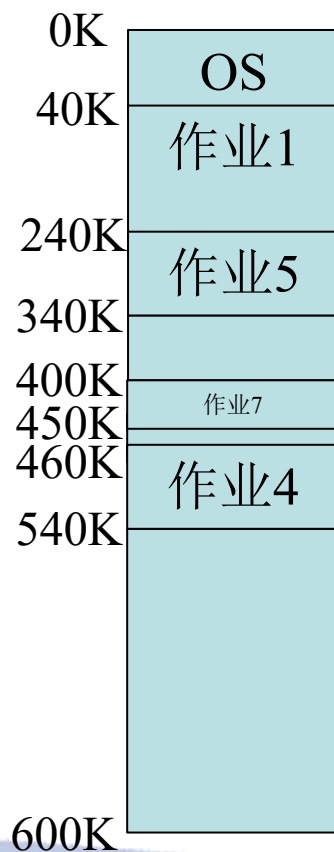




第五章存储器管理

● 重点12：动态分区分配算法（P149-P151）

- 作业7申请50KB，作业6释放60KB：OS在0K~40K，作业1在40K~240K，作业5在240K~340K，340K~400K为空，作业7在400K~450K，450K~460K 为空，作业4在460K~540K，540K~600K 为空。



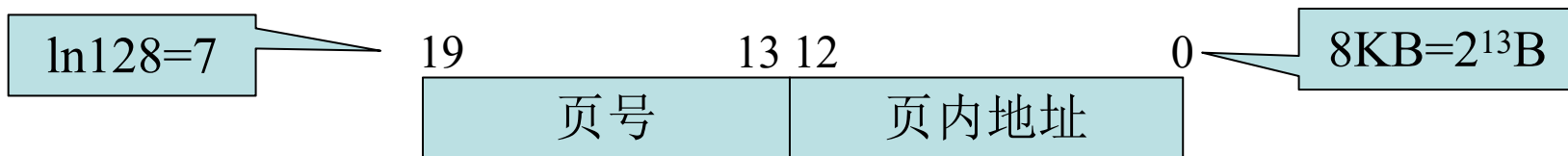


第五章存储器管理

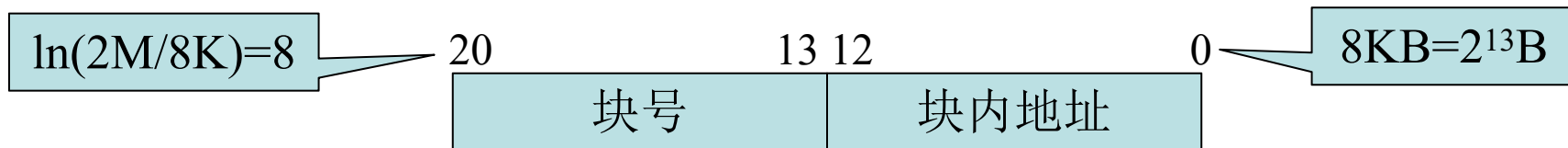
● 重点13：分页存储管理及其地址结构（P155）

- 例题：某计算机按字节编址，采用分页存储管理方式，拥有逻辑空间128页，每页8KB，拥有物理空间2MB。

(1) 设计逻辑地址格式。

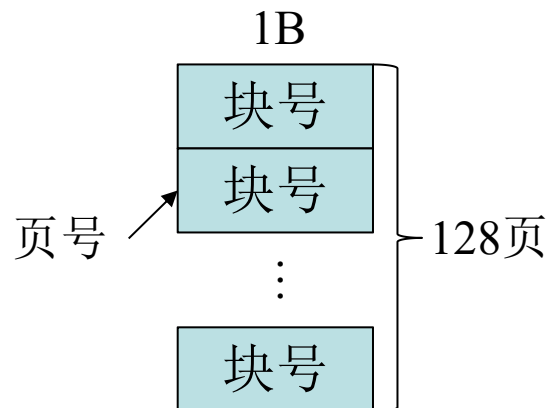


(2) 给出物理地址的格式。



(3) 求页表大小。

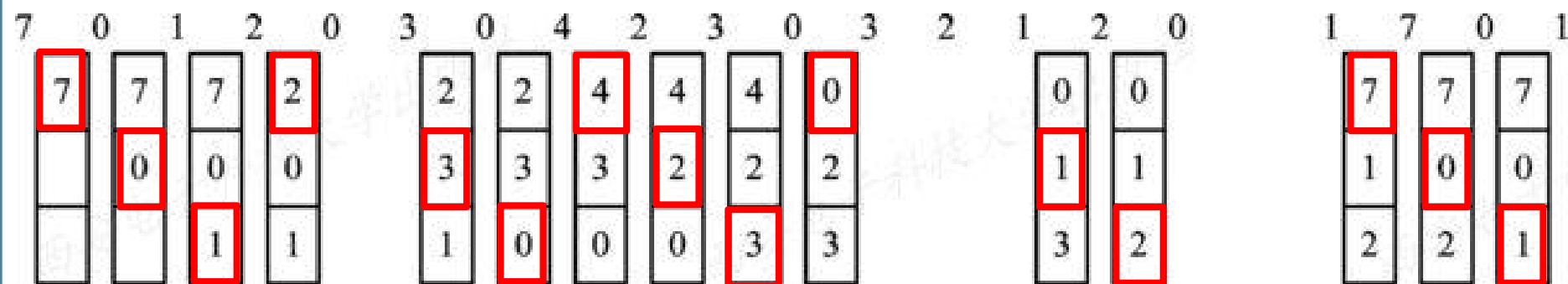
进程逻辑地址空间有128个页，存储器物理空间有 $2^8=256$ 个块，每个页表项大小为1B，即8位，页表大小为 $128 \times 1\text{B} = 128\text{B}$



● 重点14：页面置换算法（P182~P183）

● FIFO算法的例子

设系统为某进程分配3个物理块，考虑以下的页面号引用顺序：



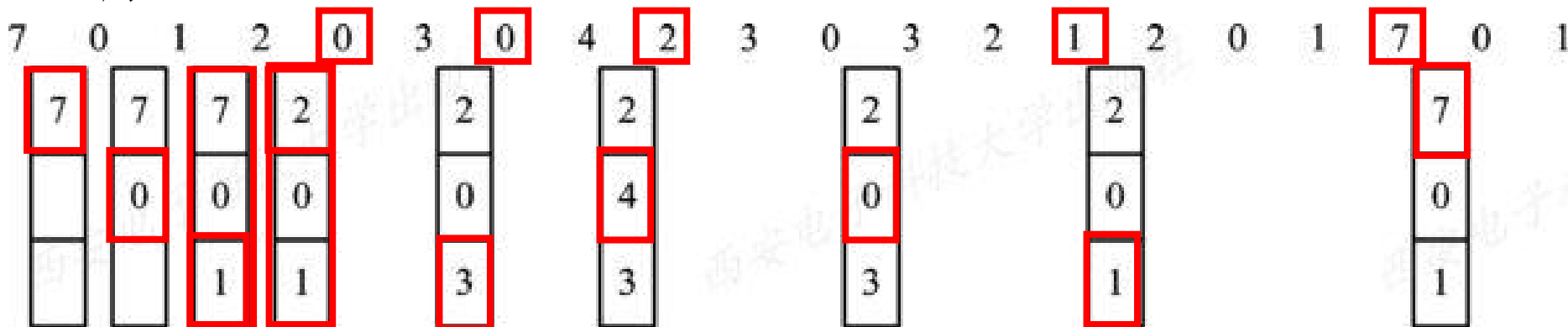
试画出FIFO置换算法的页面置换图，并计算缺页率。

共发生15次缺页中断，缺页率 $15/20=75\%$

● 重点14：页面置换算法（P182~P183）

● 最佳(Optimal)置换算法的例子

设系统为某进程分配3个物理块，考虑以下的页面号引用顺序：



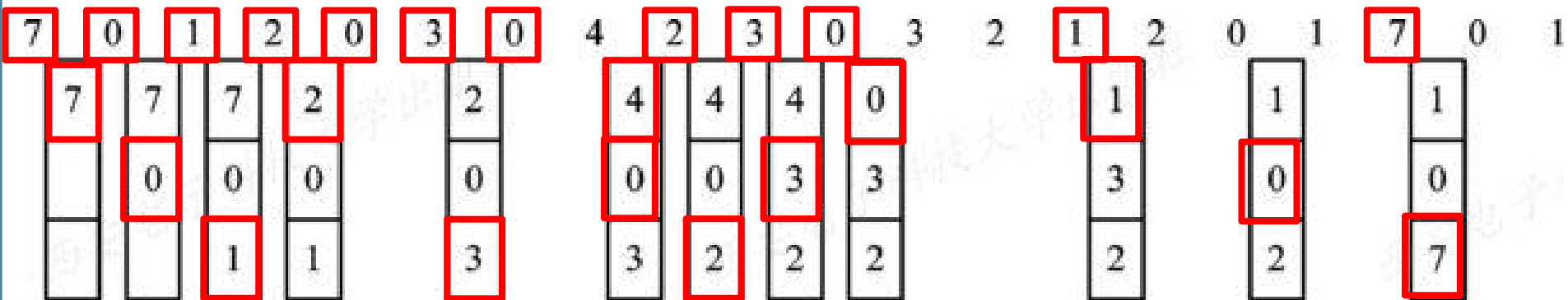
试画出最佳置换算法的页面置换图，并计算缺页率。

共发生9次缺页中断，缺页率 $9/20=45\%$

● 重点14：页面置换算法（P182~P183）

● LRU算法的例子

设系统为某进程分配3个物理块，考虑以下的页面号引用顺序：



试画出LRU置换算法的页面置换图，并计算缺页率。

共发生12次缺页中断，缺页率 $12/20=60\%$

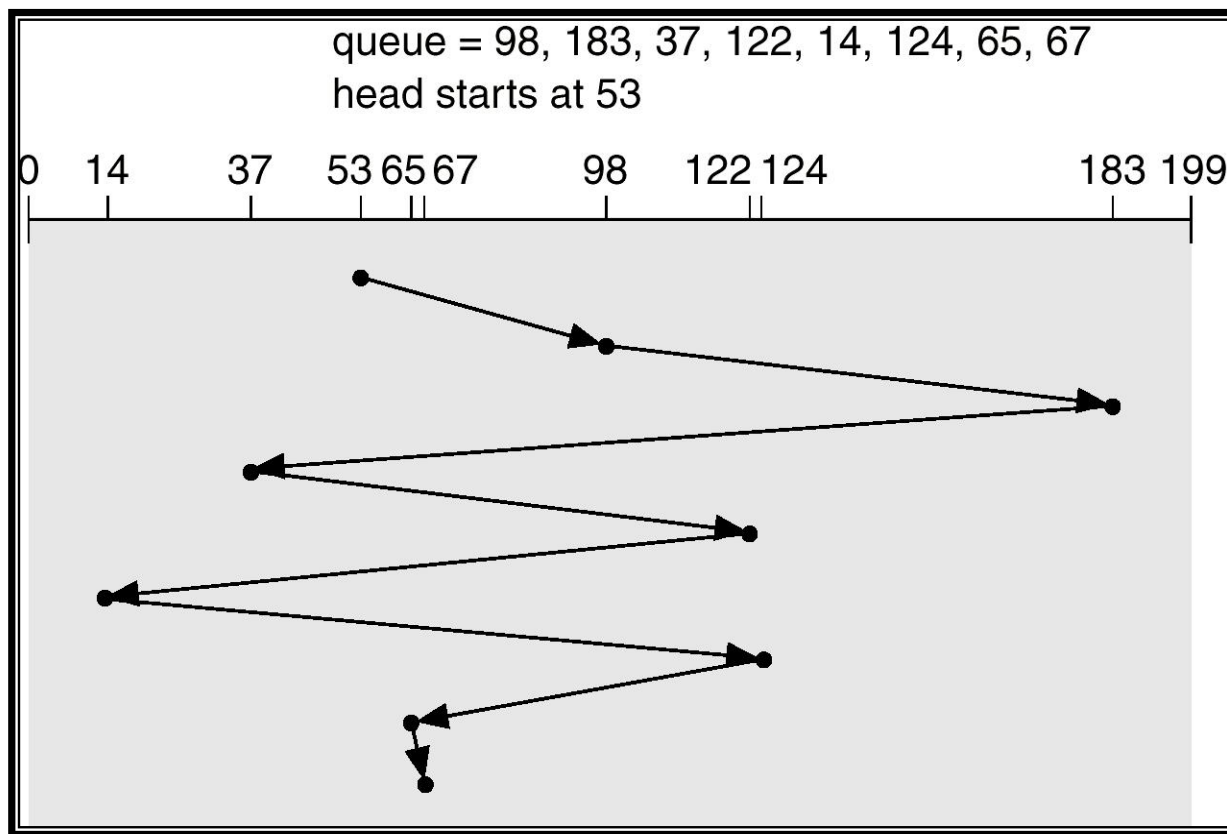


- 重点15：磁盘容量计算
- 某品牌磁盘共有5张盘片，每个盘片是有2个读写磁头的双面磁盘，每个盘片15000条磁道，每条磁道有128个扇区；每个扇区有512Byte, 则磁盘容量(Capacity)为多少GB。
- 磁盘容量计算公式：
- 容量=柱面数（磁道数）×磁头数（盘面数）×扇区数×每扇区的字节数
$$=15000 \times 5 \times 2 \times 128 \times 512 \text{ Byte}$$
$$=9830400000 \text{ Byte}$$
$$=9830400000 / (1024 \times 1024 \times 1024) \text{ GB}$$
$$=9.16 \text{ GB}$$

● 重点16: 磁盘调度算法 (P241~P243)

- 例题: 给定磁道请求序列, 求解FCFS、SSTF、SCAN、N-StepScan四种算法的调度序列及其平均寻道长度。

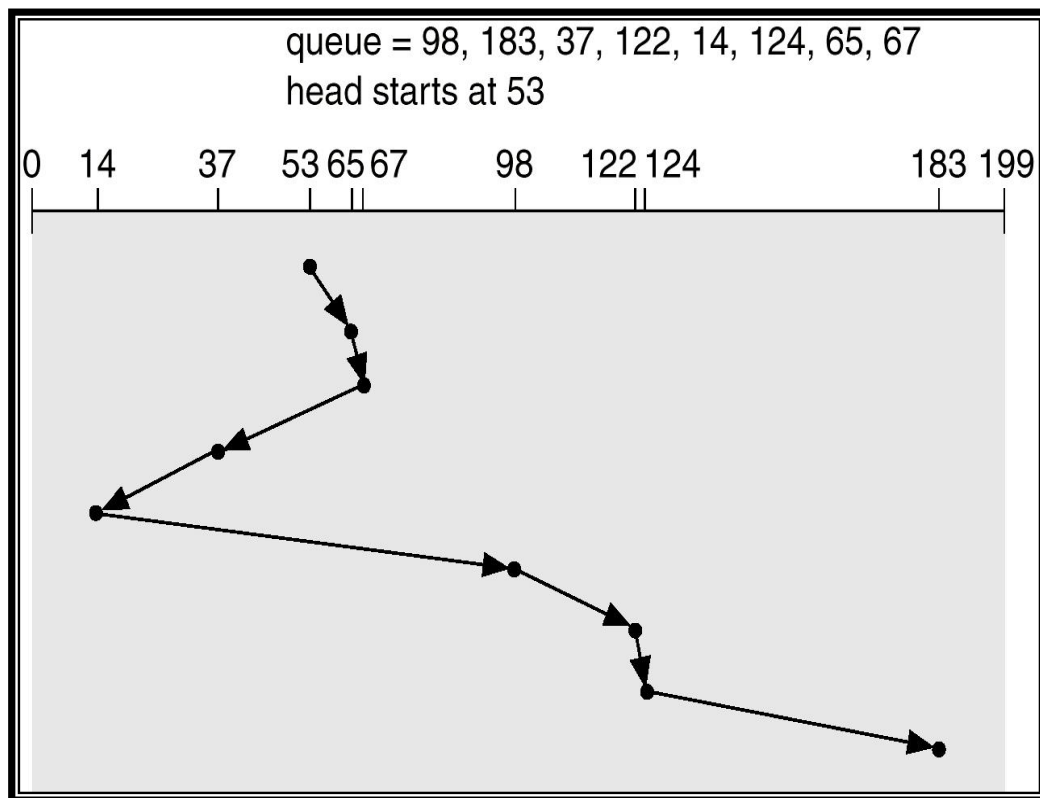
FCFS调度序列



● 重点16: 磁盘调度算法 (P241~P243)

- 例题: 给定磁道请求序列, 求解FCFS、SSTF、SCAN、N-StepScan四种算法的调度序列及其平均寻道长度。

SSTF调度序列

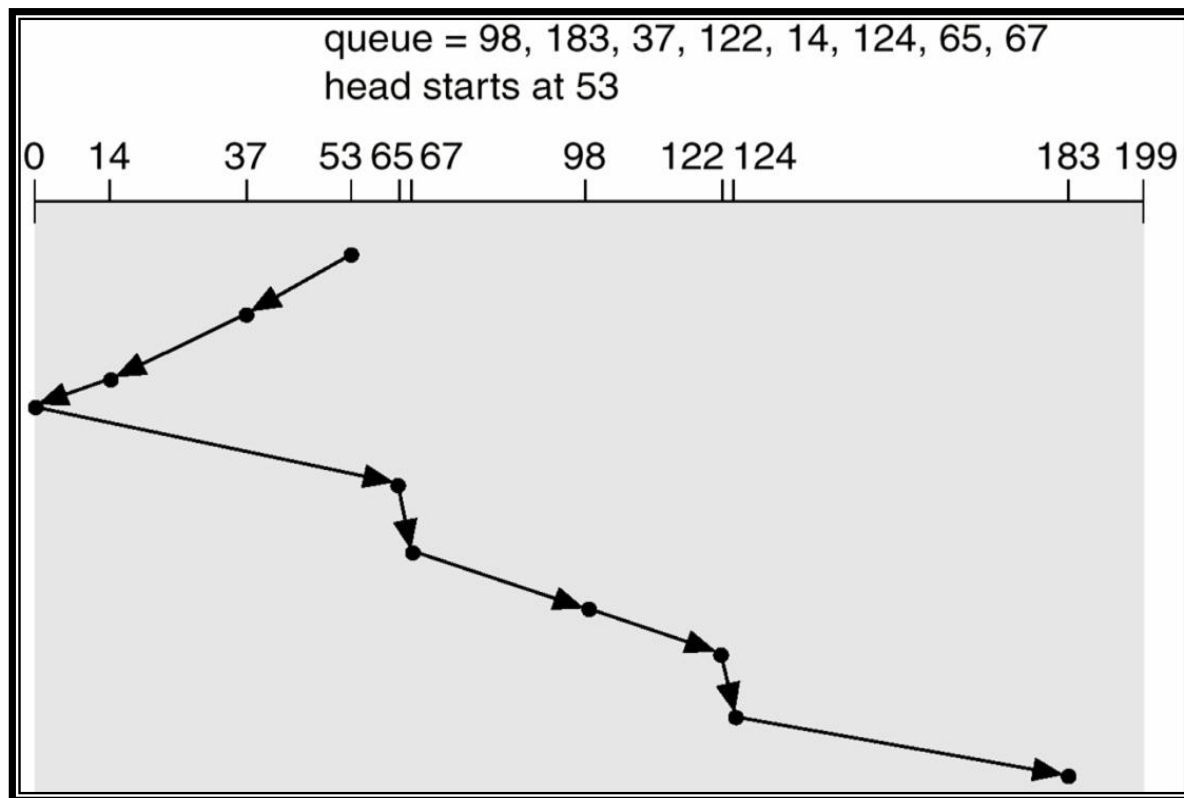


总的磁头移动为236柱面, 平均寻道长度 $236/8=29.5$

● 重点16: 磁盘调度算法 (P241~P243)

- 例题: 给定磁道请求序列, 求解FCFS、SSTF、SCAN、N-StepScan四种算法的调度序列及其平均寻道长度。

SCAN调度序列



总的磁头移动为236柱面, 平均寻道长度 $236/8=29.5$



● N-step-CSCAN 算法(重点掌握):

- “磁臂粘着”现象：进程反复请求对某一磁道的I/O操作；
- 将磁盘请求队列分为若干个长度为N的子队列；
- 按FCFS算法依次处理子队列；
- 每个子队列使用SCAN算法。



第八、九章文件管理及磁盘存储器的管理

- 重点17：文件目录和外存的组织方式
 - FCB和索引结点的异同（ P260~P261 ）；
 - 分别阐述连续、链式、索引3种文件的数据块组织方式的特点及优缺点（P281~P288）。

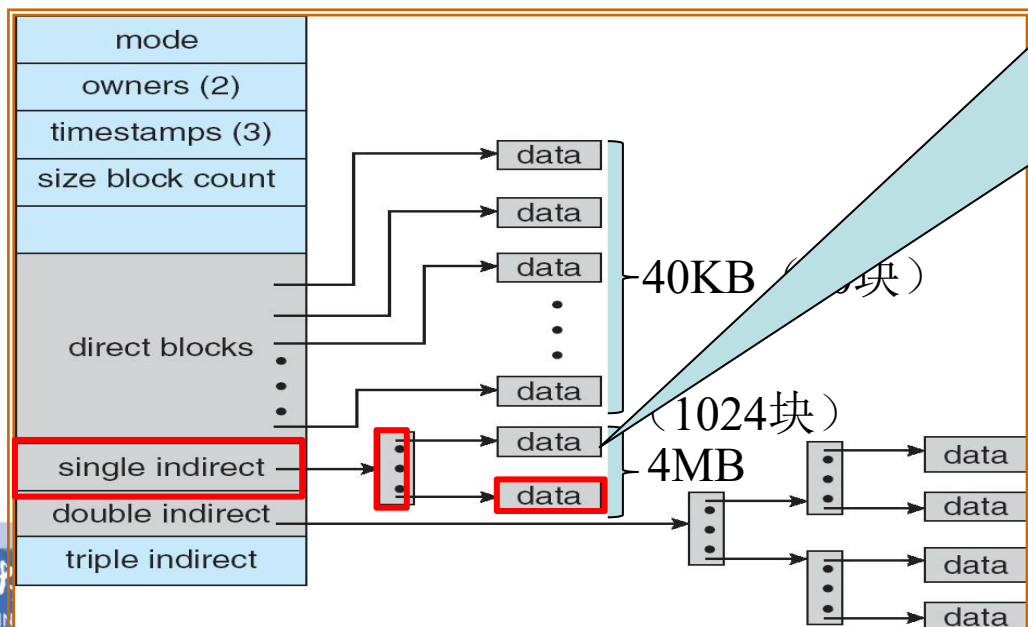


第八、九章文件管理及磁盘存储器的管理

● 重点18：混合索引组织方式（P287~P288）

- 例题：UNIX System V系统采用混合索引组织方式管理文件内容。设每个盘块大小为4KB，每个索引表项为4B，分别计算直接地址、一级间接地址和二级间接地址可寻址的文件最大长度。若读取某文件第4MB处的内容，则需要访问磁盘几次？所读取的物理块位于何处？
- 直接地址： $10 \times 4\text{KB} = 40\text{KB}$;
- 一次间址： $40\text{KB} + (4\text{KB}/4\text{B}) \times 4\text{KB} = 4.04\text{MB}$
- 二次间址： $4.04\text{MB} + (4\text{KB}/4\text{B})^2 \times 4\text{KB} = 4.00404\text{GB}$

访问第4MB位置的数据的过程：
 $40\text{KB} < 4\text{MB} < 4.04\text{MB}$ ，故数据位于某一级间接块中，需访问一级索引块1次，数据块1次，共2次磁盘。





重点18：混合索引组织方式（P287~P288）

现有文件1、2和3，大小分别为6KB、41KB、7150KB，若不计索引结点和目录项，请问它们各自占用的磁盘空间是多大？

- （2）长度为6KB、41KB、7150KB的文件1、2、3所占的磁盘空间如下：
- 1）文件1：因为每个物理块的大小是4KB，所以6KB需要2个物理块，使用2个直接地址所需磁盘空间为 $2 \times 4\text{KB} = 8\text{KB}$ 。
- 2）文件2： $41\text{KB} / 4\text{KB} = 10.25$ ，需要11个盘块存储数据，因此要用到10个直接地址和1个一级间址索引块，1个间接数据块。所需磁盘空间为 $4\text{KB} \times 10 + 4\text{KB} + 4\text{KB} = 48\text{KB}$ 。
- 3）文件3： $7150\text{KB} / 4\text{KB} = 1787.5$ ，需要1788个盘块存储数据，由于 $1788 > 10 + 1024 = 1034$ ，故需要用到二级间址索引块。
- $\lceil (1788 - 10 - 1024) / 1024 \rceil + 1 = 2$ ，共需要1个一级间址索引块、1个二级间址索引块。由于索引块需要 $(1 + 2) \times 4\text{KB} = 12\text{KB}$ ，因此所需磁盘空间为 $4\text{KB} \times 1788 + 12\text{KB} = 7164\text{KB}$ 。



第八、九章文件管理及磁盘存储器的管理

● 重点19：位示图法（P290~P291）

● 例题：若某操作系统的磁盘文件空间共有M块，若用字长为n位的位示图管理盘空间，试问：

- (1) 位示图需要多少个字？
- (2) 第i字第j位对应的块号是多少？
- (3) 给出申请、归还一块的工作流程。

- 答：(1) $\lceil M/n \rceil$ ；
- (2) $b = n \times (i-1) + j$
- (3) 流程参考课本P290~P291。

	n															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
2	0	0	0	1	1	1	1	M 1	1	0	0	0	0	1	1	1
3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
...	1	1														
16																





祝同学们顺利通过 考试！

郑州轻工业大学 软件学院
操作系统课程组

为之则易
不为之则难