



计算机操作系统

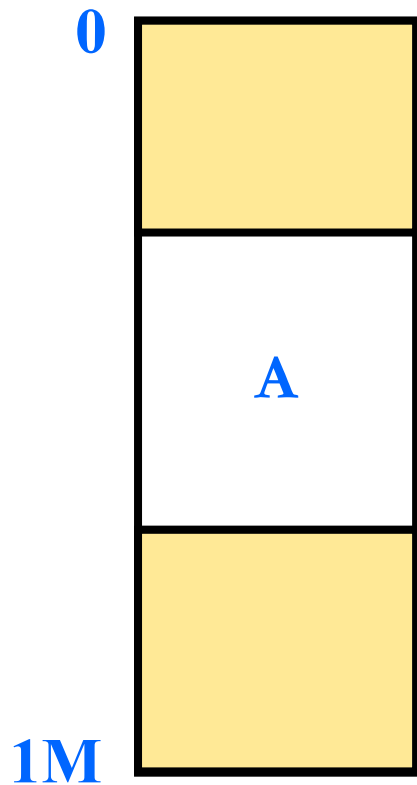
Operating Systems

李琳

第四章 存储器管理

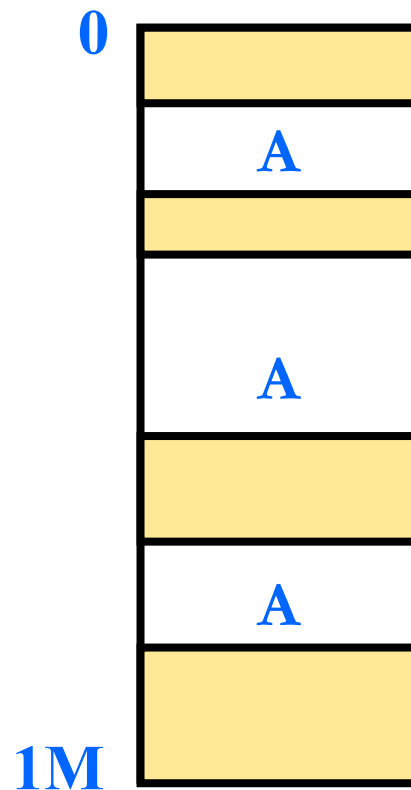
连续分配方式

为程序分配一段连续存储空间



离散分配方式

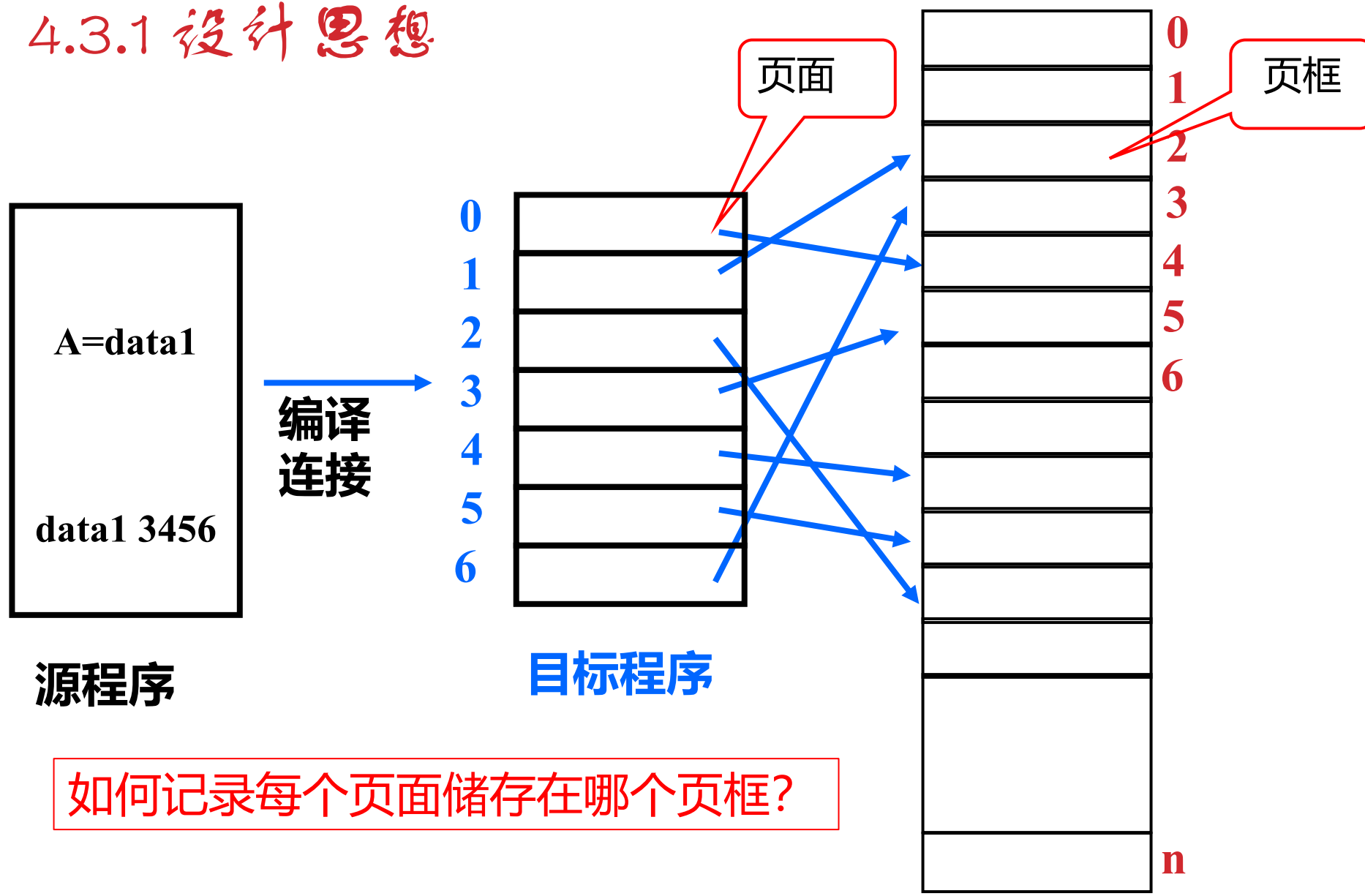
为程序分配若干段连续的存储空间



分区式分配存在的问题：碎片（内外“零头”）问题难以解决。

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.1 设计思想

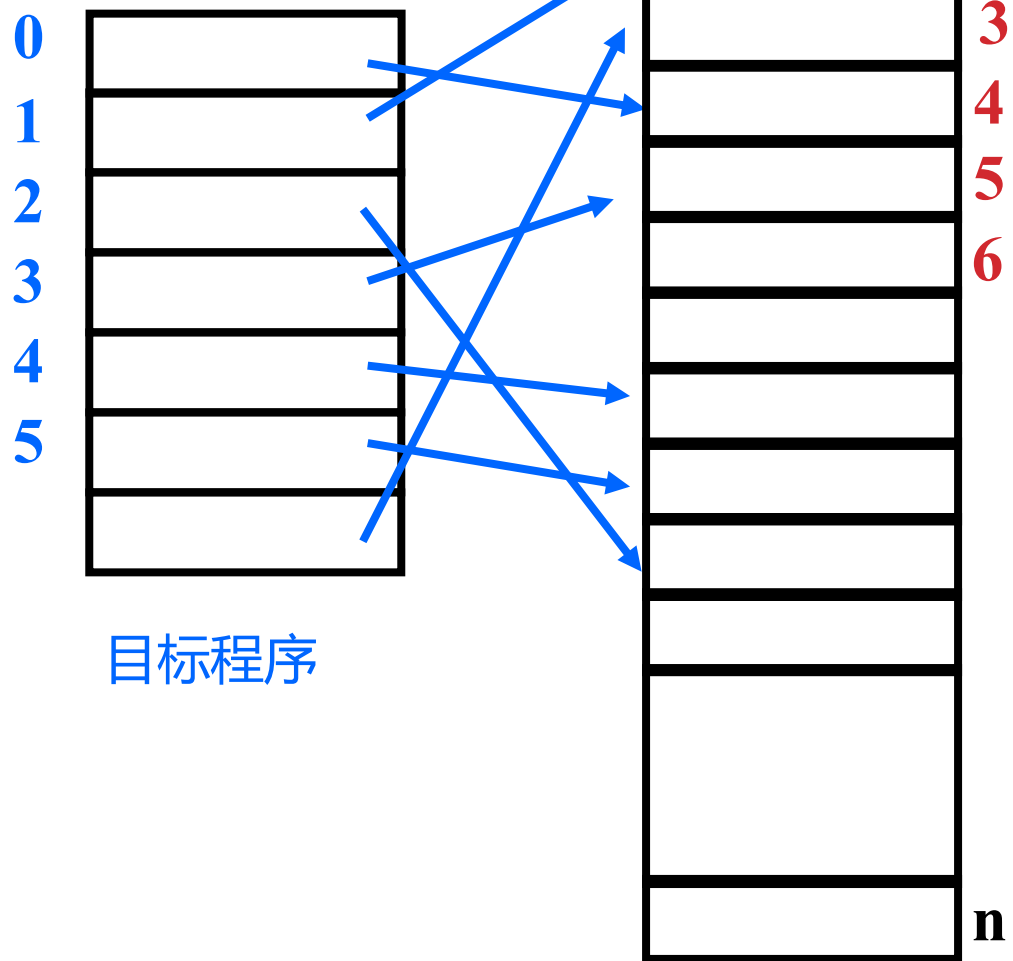


4.3 基本分页存储管理方式

4.3.1 设计思想

- 页表用来记录页号和页框的对应关系
- 页表存储在内存
- 页表起始地址保存在PCB

页号	页框号	存取控制
0	4	X
1	2	X
2	10	X
3	5	X
4	8	RW
5	9	X
6	3	RW



4.3 基本分页存储管理方式

4.3.1 设计思想

- 页面/页框的划分问题

- ✓ 页面太小:

- 内零头少, 内存利用率高, 页面数量增加, 页表大;

- ✓ 页面太大:

- 内零头多, 内存利用率低, 页面数量减少, 页表小;

- ✓ 正常尺寸:

- 2的整数次方, 512-8K

- ✓ 分页的划分由系统定义

- ✓ 指令可能跨页

- 分配问题

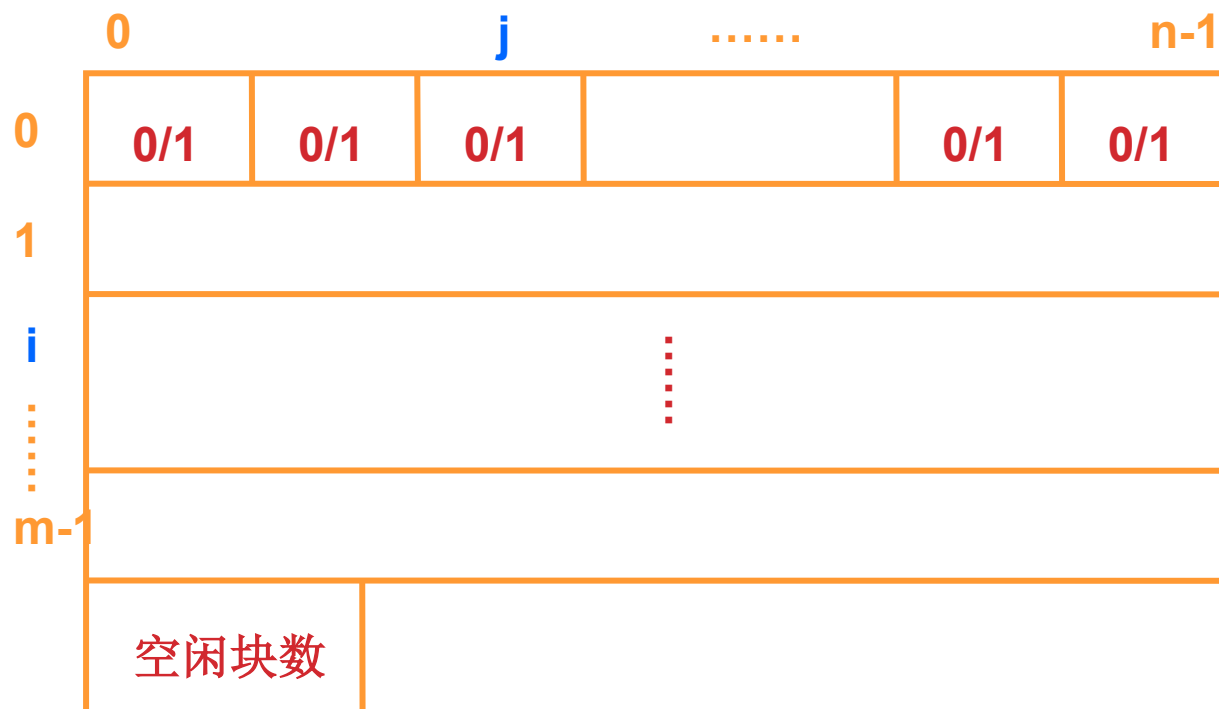
- 回收问题

- 地址映射问题

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.2 分配与回收

- 固定分区的分配与回收方法→分区表（容量大）
- 位示图的方法 → 用一个bit位来表示一个页框（1/0）是否分配



第k个页框与位示图行i列j的关系如下：

$$k = (i * n) + j$$

分配：遍历i和j，找若干个值为0的页框号，将其0→1

回收：知道页框号，反求i和j，将其1→0

n=8的时候可以使用位运算符，1G用户空间、1K一页的位示图容量多大？

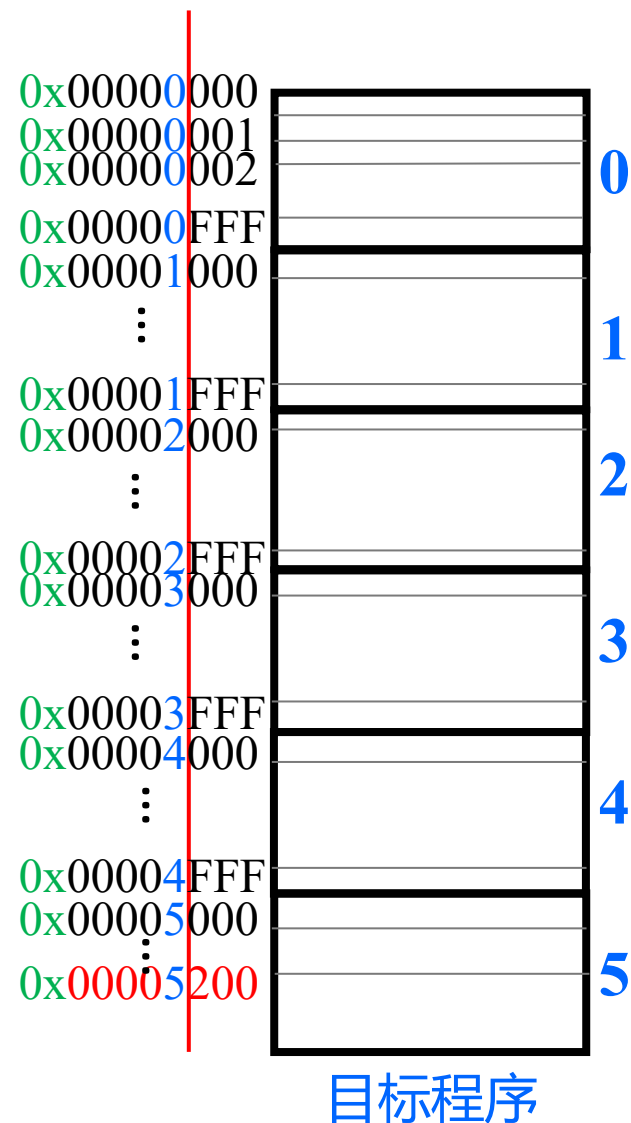
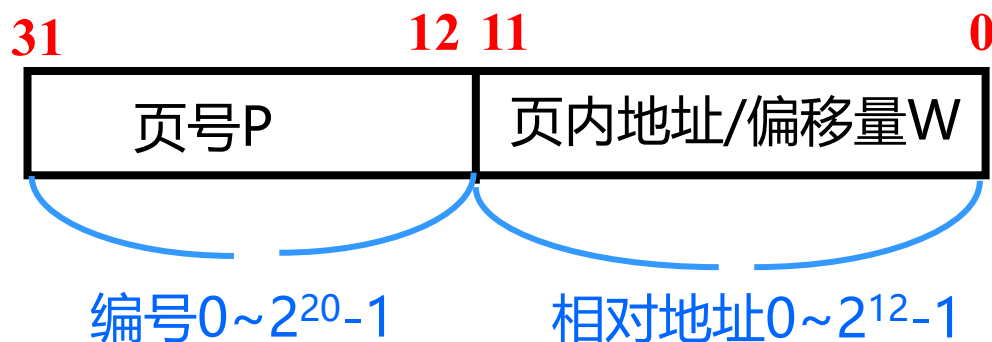
4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

- 逻辑地址空间

- ✓例：32位地址空间，页面4K
- ✓十六进制表示
- ✓连续编址，最后一页地址不满
- ✓ n 页面最后一个地址+1 =
($n+1$)页面的第一个地址

- 逻辑地址结构

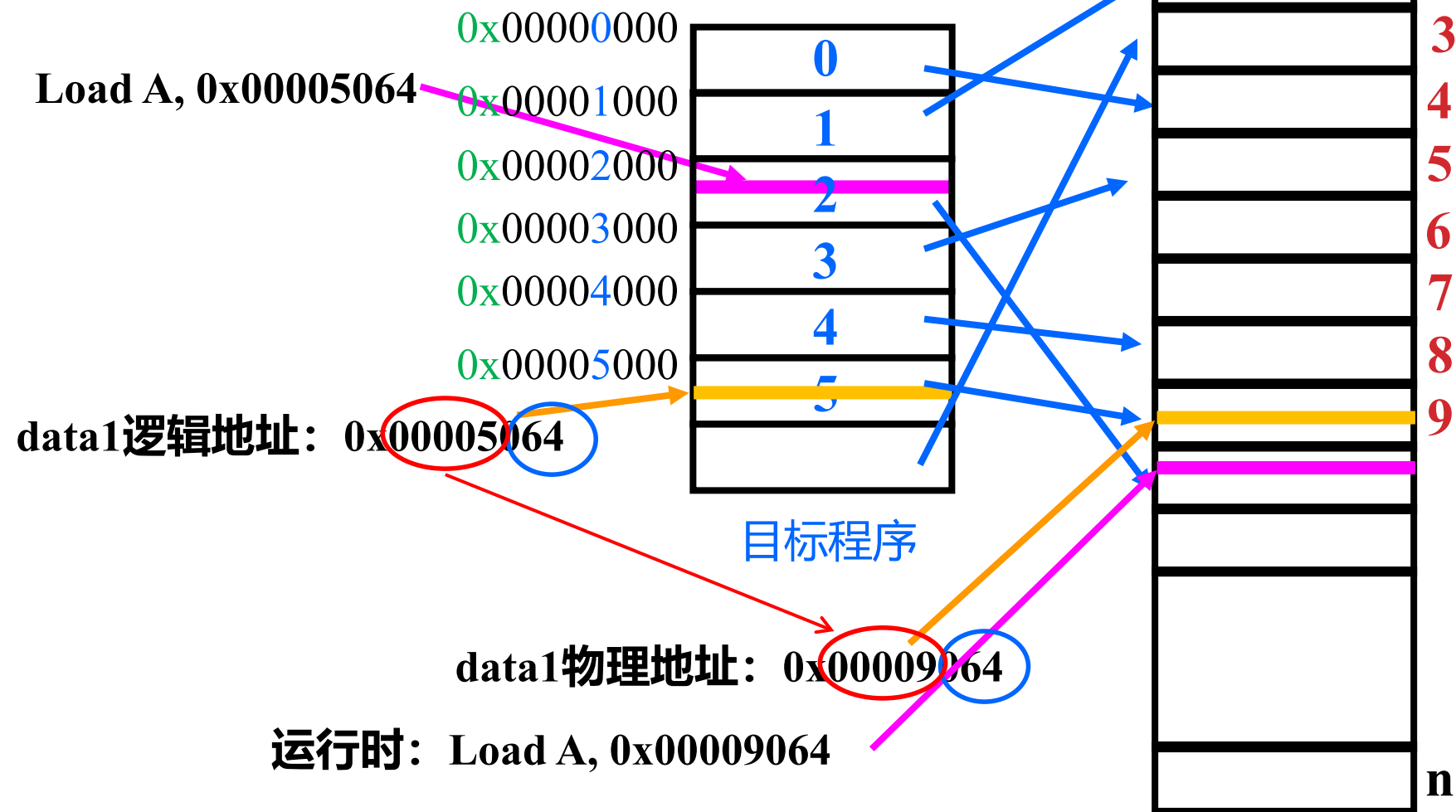


4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

页内地址不变，页号换成页框号

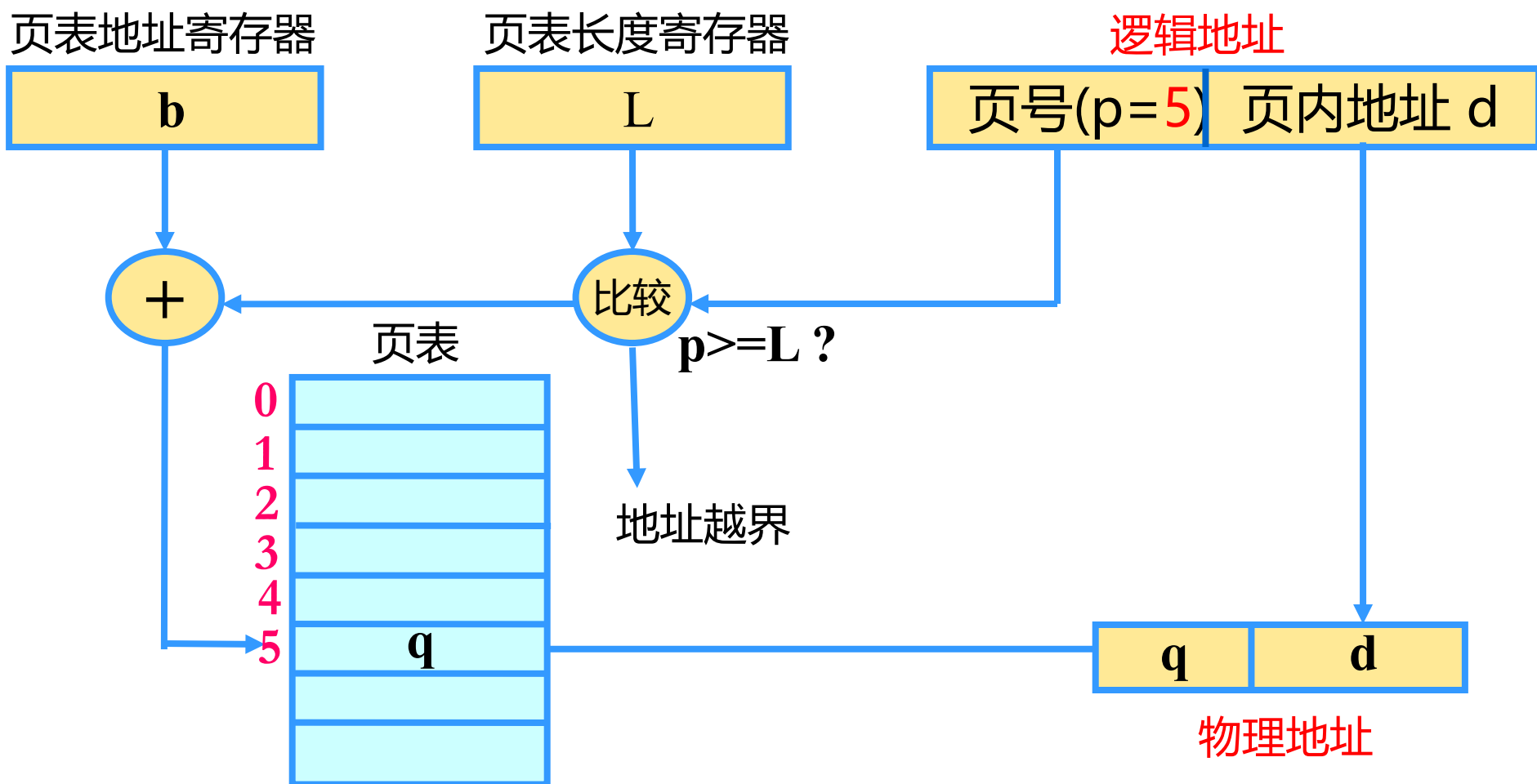
内存/主存



4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

- 地址变换机构（硬件实现）

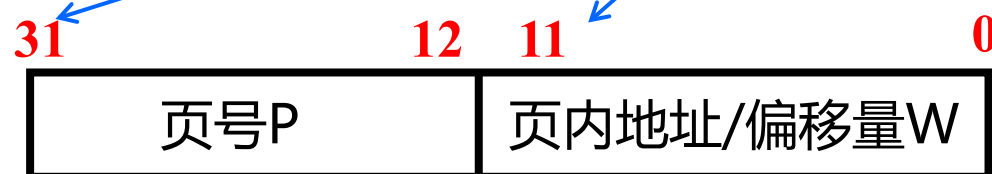


4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

- 计算示例一

假设逻辑地址空间是32位，4K页面，页表如下，逻辑地址0x00005064的物理地址是多少？



逻辑地址: 0x00005064

0x00009

物理地址: 0x00009064

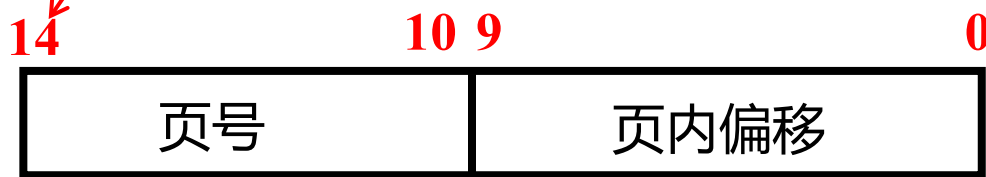
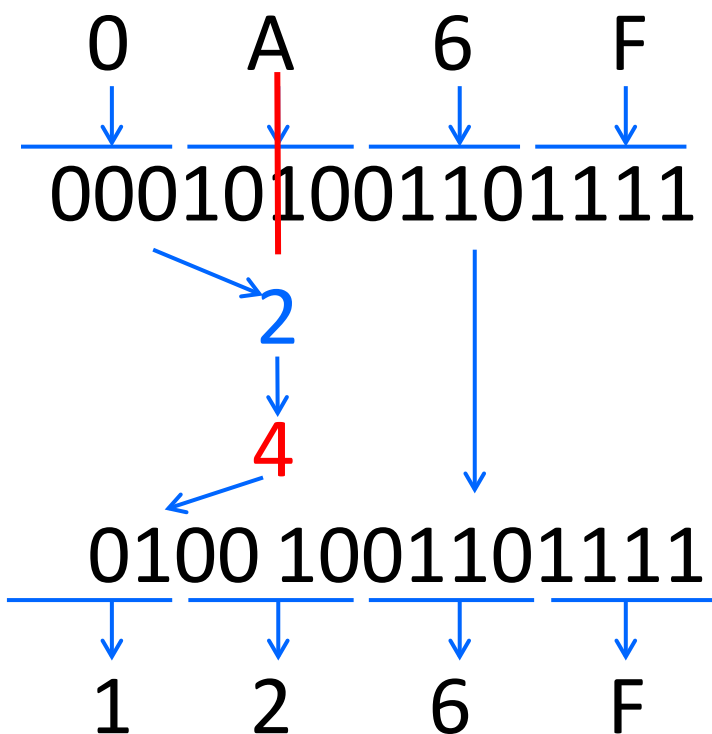
页表

页号	页框号	存取控制
0	4	X
1	2	X
2	10	X
3	5	X
4	8	RW
5	9	X
6	3	RW

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

- 问题：某虚拟存储器中的用户空间共有32个页面，每页1KB，主存16KB。假定某时候系统为用户的第0、1、2、3页分别分配的物理块号为5、10、4、7，虚拟地址0A6F对应的物理地址是多少？



请自己试一下的物理地址？

换成十进制

- 问题：某虚拟存储器中的用户空间 ≤ 2400 字节，每页80字节，主存2400字节。假定某时候系统为用户的第0、1、2、3、4页分别分配的物理块号为5、10、4、7、9，虚拟地址382对应的物理地址是多少？

页号： $P = \text{INT}[A/L]$

页内地址： $d = [A] \text{MOD } L$

$382/80 = 4 \dots 62$ 4号页面对应9号物理块

$9 * 80 + 62 = 782$

试一试

- 1、页式存储管理中，页表的始地址存放在（ ）中。
A. 内存 B. 存储页表 C. 快表 D. 寄存器
- 2、某页式存储管理系统中，地址寄存器长度为24位，其中页号占14位，则主存的分块大小是（ ）字节
A. 2^{10} B. 10 C. 2^{14} D. 2^{24}
- 3、一个16位地址的分页系统中，页面大小为1KB。逻辑地址为0x35F7在第（ ）个页面中
A. 14 B. 13 C. 3 D. 10

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射

- 重新认识页表

- ✓记录程序各个页面所在页框的位置
- ✓支持进行地址映射
- ✓实现页面访问控制
- ✓存储保护：限制程序在OS指定的内存区域执行

- 访问数据的性能

- ✓首先访问页表（在内存）找到页框号
- ✓再访问内存变量
- ✓二次访问内存

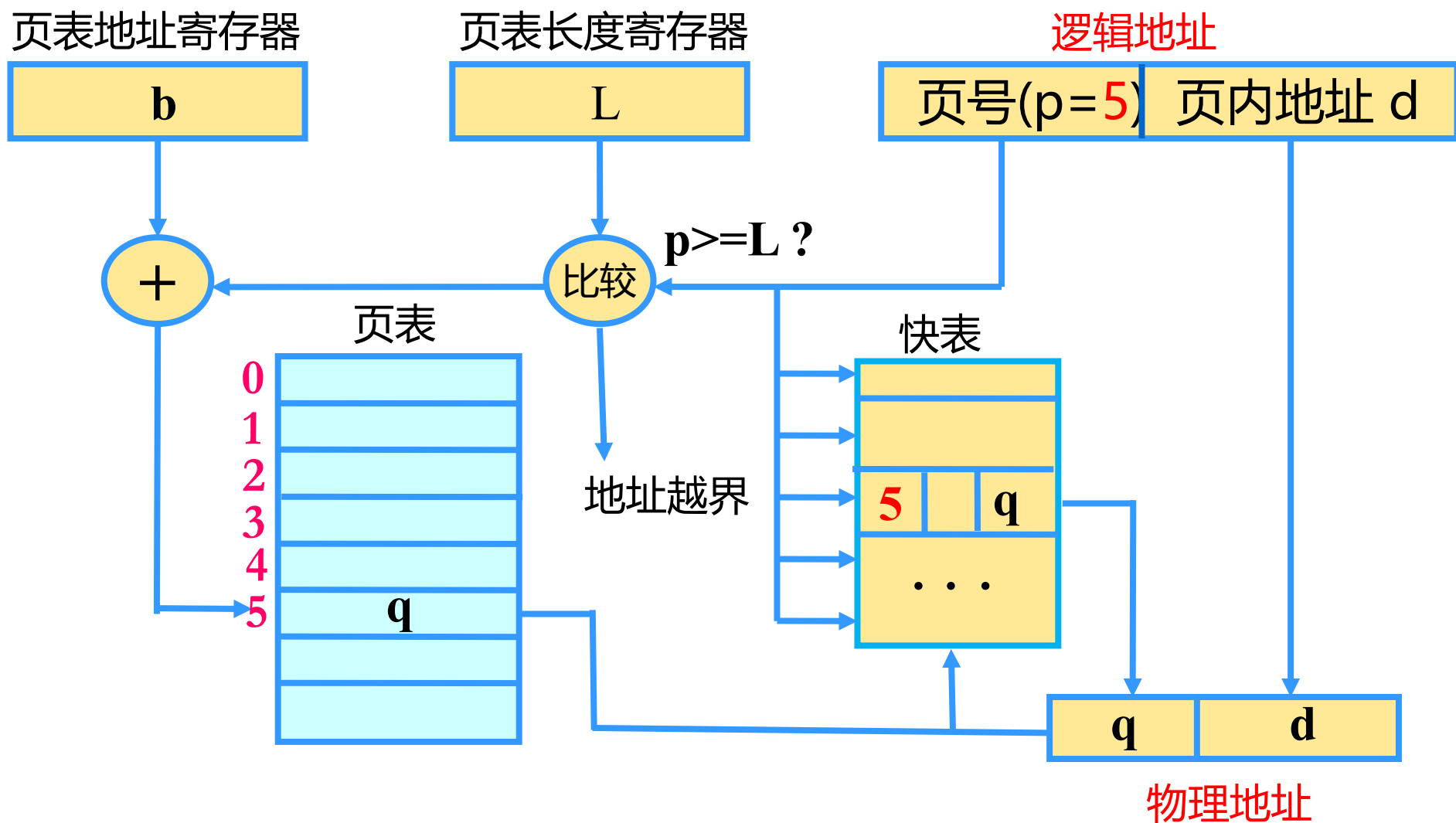
- 解决方法：快表

- ✓设置在CPU内部
- ✓具有并行查找能力
- ✓暂存使用频繁的页表项
- ✓大小：16-512字节，可达到90%的命中率
- ✓别名：联想存储器、TLB
(Translation lookaside buffers)

优化方法？

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.3 地址映射



4.3 基本分页存储管理方式

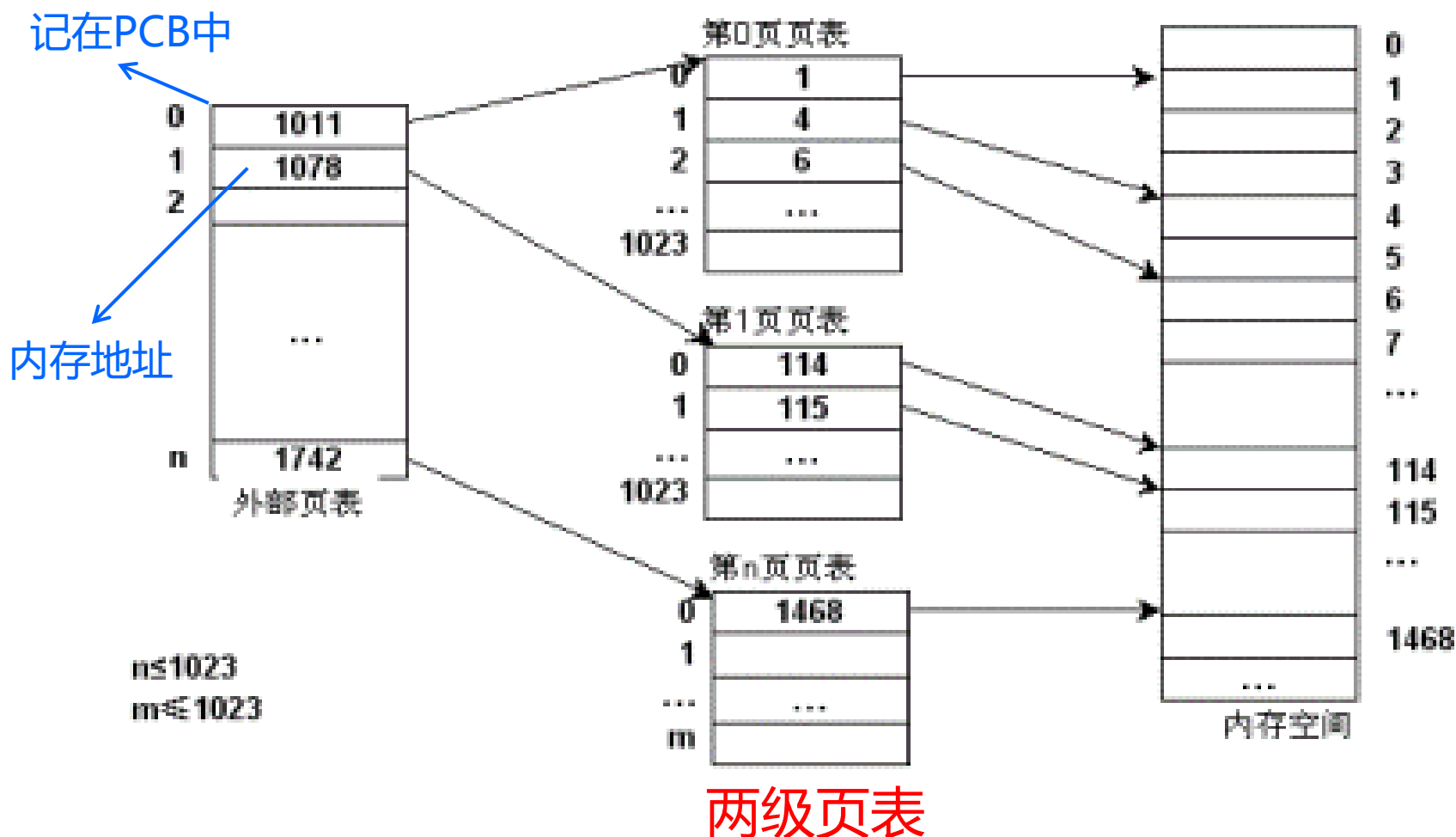
4.3.4 访存有效时间

- EAT (Effective Access Time)
- 基本分页 $EAT = (t + t) = 2t$
- 引入快表 $EAT = a \times \omega + (t + \omega)(1 - a) + t$
- a 是快表命中率, ω 是查找快表所需时间, t 是访存时间

4.3 基本分页存储管理方式

4.3.5 两级和多级页表

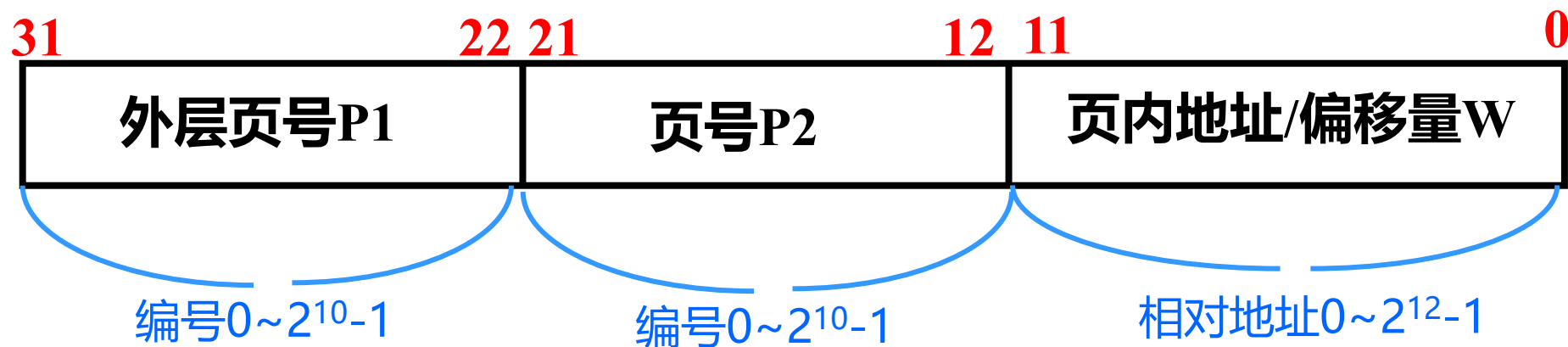
- 页表过大 ($>4K$) 需要占用连续内存空间 \rightarrow 离散化页表



4.3 基本分页存储管理方式

4.3.5 两级和多级页表

- 两级页表的地址结构（32位逻辑地址，4K页面为例）



- 两级页表的地址映射
 - ✓ 先通过外层页号在外层页表中进行查找，找到小页表的内存地址
 - ✓ 再通过页号在小页表中进行查找，找到页框号（20位）
 - ✓ 再将页框号和页内地址合并为物理地址

问题：（1）需要访问几次内存？（2）小页表的连续性？

试一试

1、一台计算机的进程在其地址空间有1024个页面，页表保存在内存中。从页表中读取一个表项的开销是5ns。为了减小这一开销，该计算机使用了TLB，它有32个（虚拟页面，物理页框）对，能在1ns内完成查找。请问把平均开销降到2ns需要的命中率为（ ）

2、某计算机采用二级页表的分页存储管理方式，按字节编址，页大小为 2^{10} 字节，页表项大小为2字节，逻辑地址结构为（页目录号|页号|页内偏移量），逻辑地址空间大小为 2^{16} 页，则表示整个逻辑地址空间的页目录表中包含表项的个数至少是（ ）

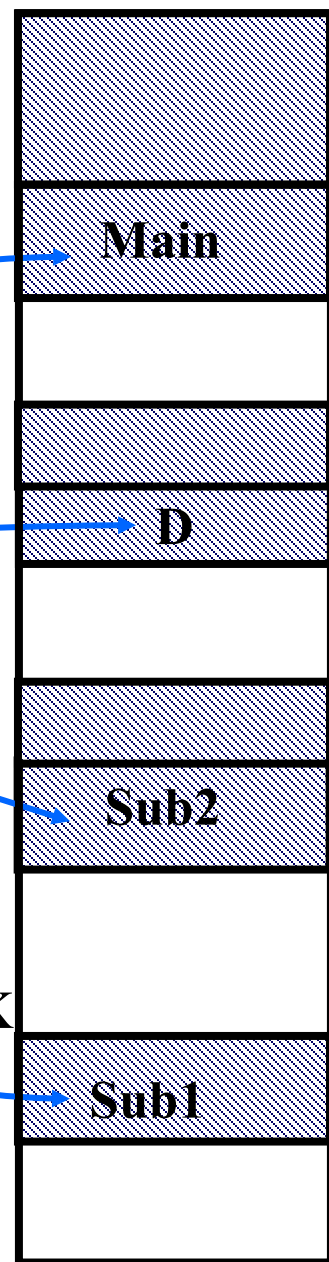
A. 64 B. 128 C. 256 D. 512

4.4 基本分段存储管理方式

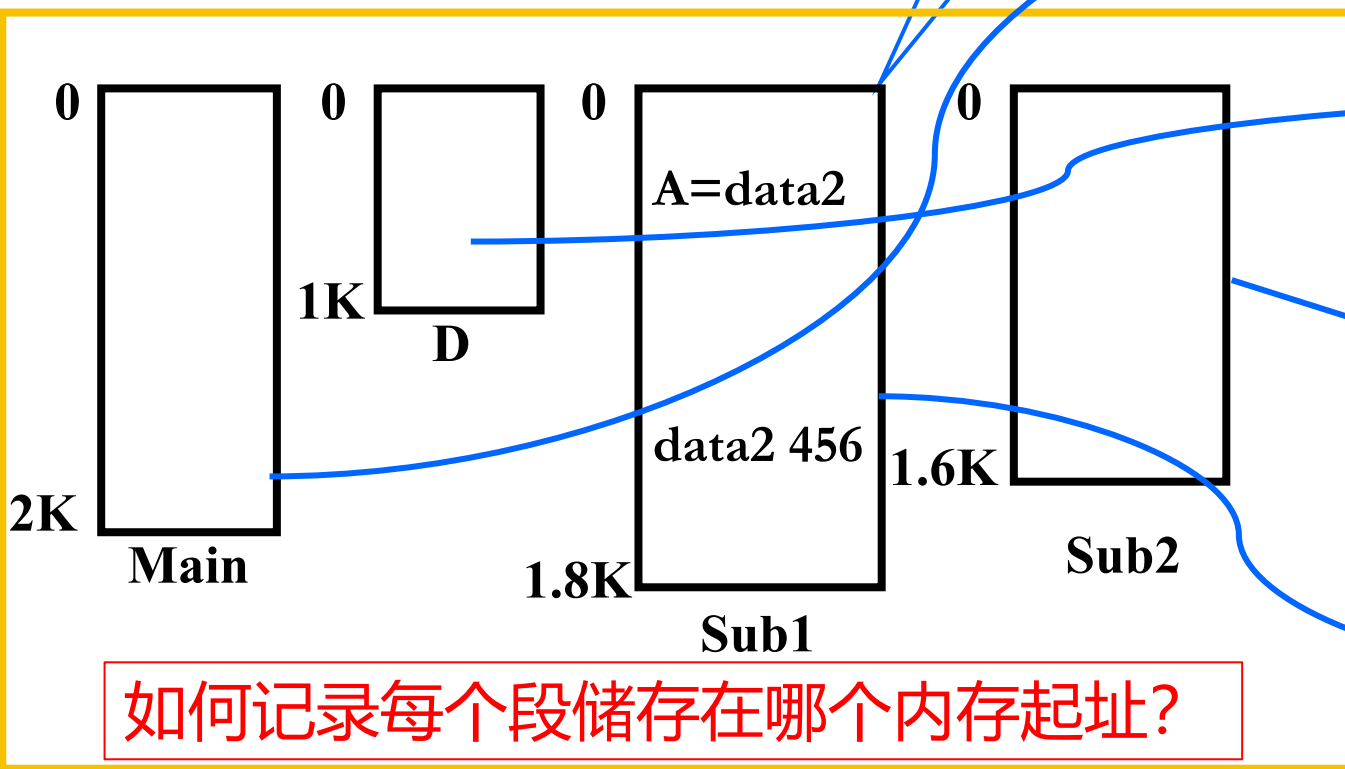
4.4.1 设计思想

- 分页系统存在的问题
 - ✓ 信息共享和保护困难
 - ✓ 不利于用户编程

内存/主存



分段



如何记录每个段储存在哪个内存起址?

程序的逻辑地址空间

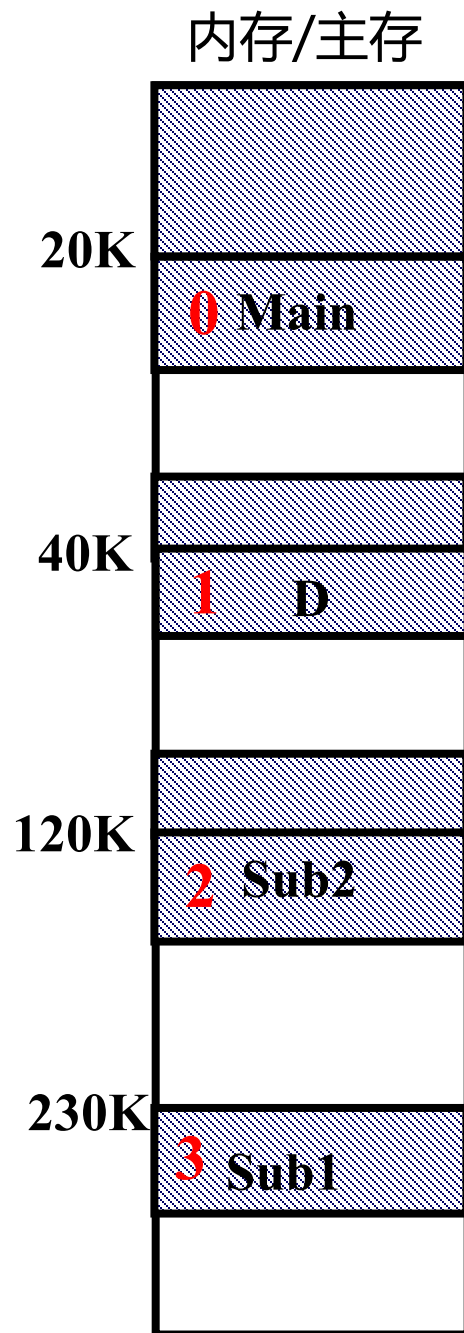
4.4 基本分段存储管理方式

4.4.1 设计思想

- 段表

- ✓ 段表存储在内存
- ✓ 段表起始地址保存在PCB

段号	段基址	段长	存取控制
0	20K	2K	X
1	40K	1K	RW
2	120K	1.6K	X
3	230K	1.9K	X



4.4 基本分段存储管理方式

4.4.1 设计思想

- 分段划分的问题
 - ✓ 分段是一段有意义的信息集合
 - ✓ 分段的划分由程序员完成
 - ✓ 分段的长度不定
 - ✓ 指令不存在跨分段情况
 - 分配问题
 - 回收问题
 - 地址映射
- } 类似于可变分区

4.4 基本分段存储管理方式

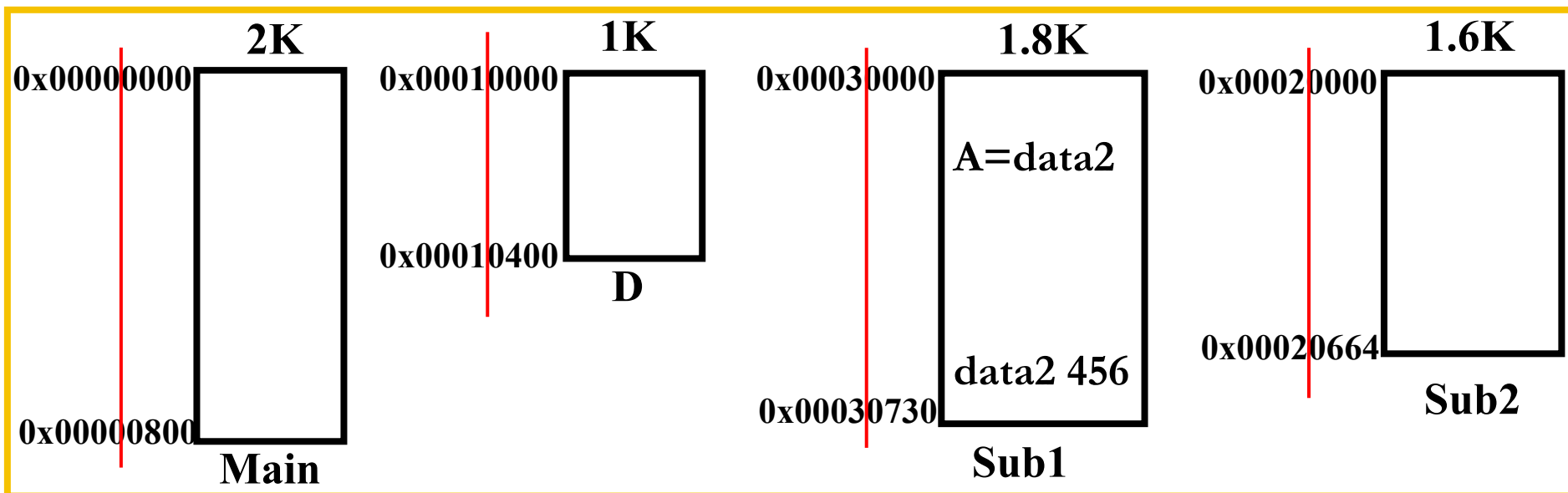
4.4.2 分配与回收

- 分段的分配与回收类似于动态分区分配
 - ✓ 每个段请求分配一个分区
 - ✓ 分区表与段表相关联
 - ✓ 进程创建时申请若干个分区
 - ✓ 进程撤销时释放若干个分区

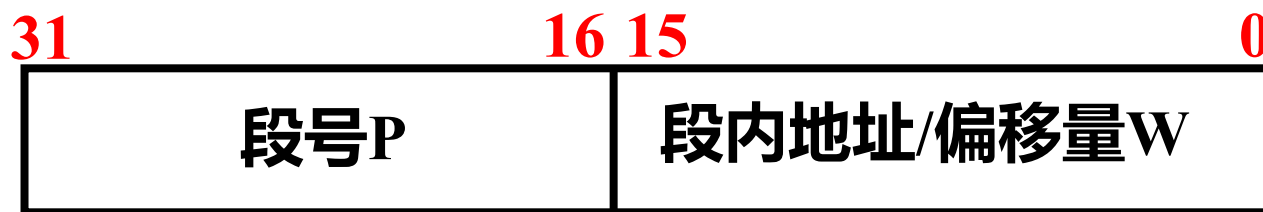
4.4 基本分段存储管理方式

4.4.3 地址映射

- 逻辑地址空间

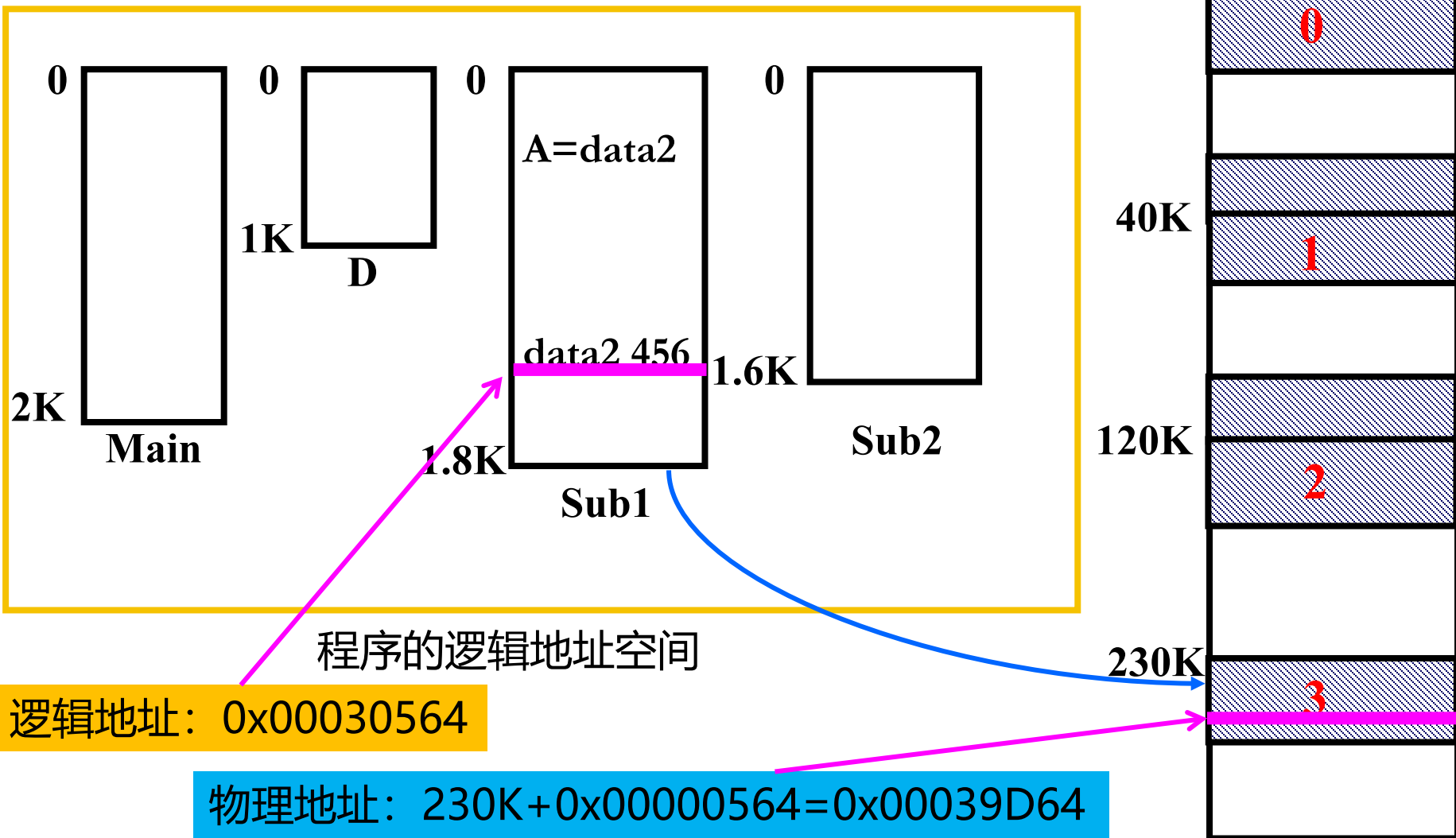


- 逻辑地址结构



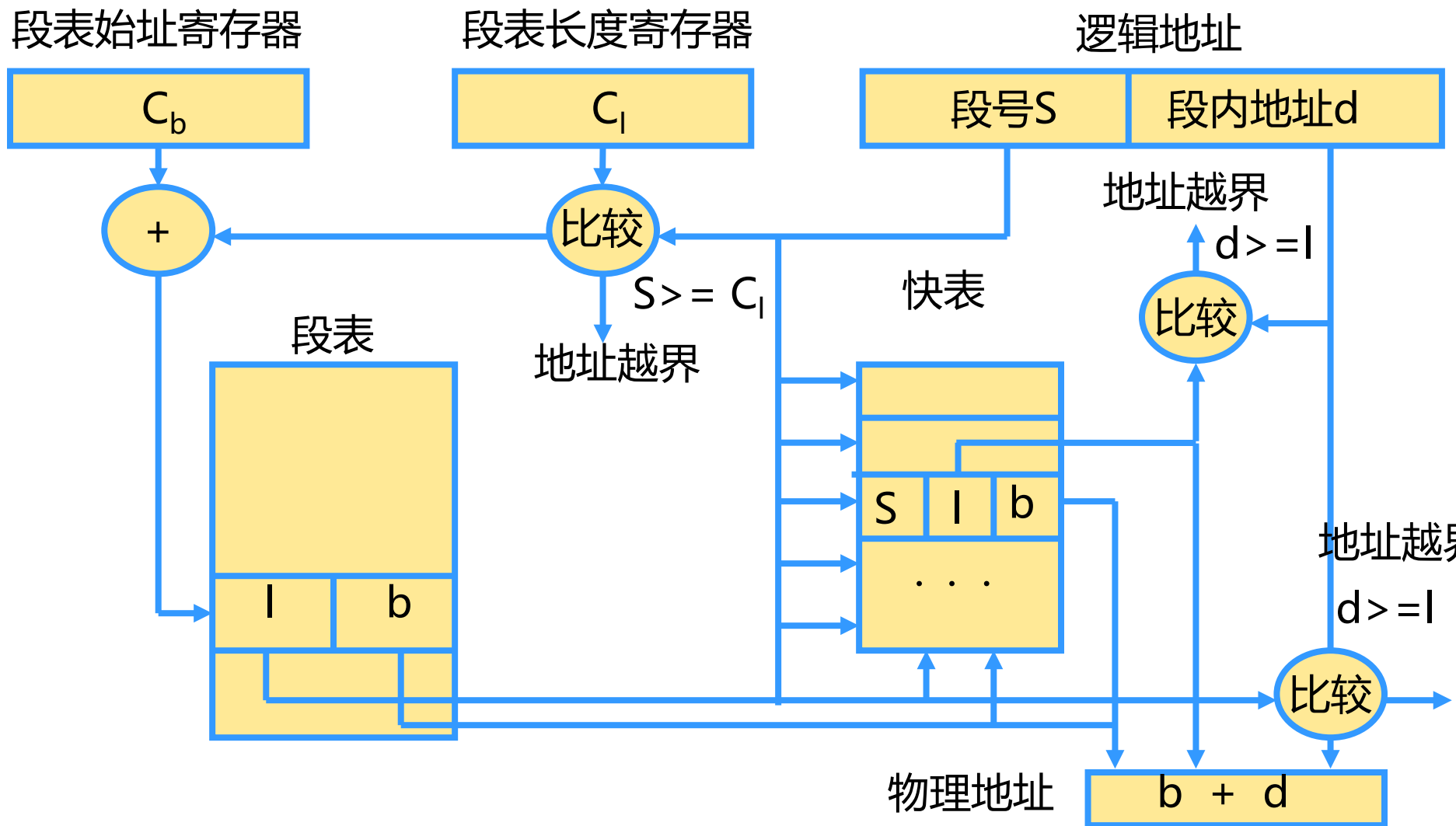
4.4 基本分段存储管理方式

4.4.3 地址映射



4.4 基本分段存储管理方式

4.4.3 地址映射

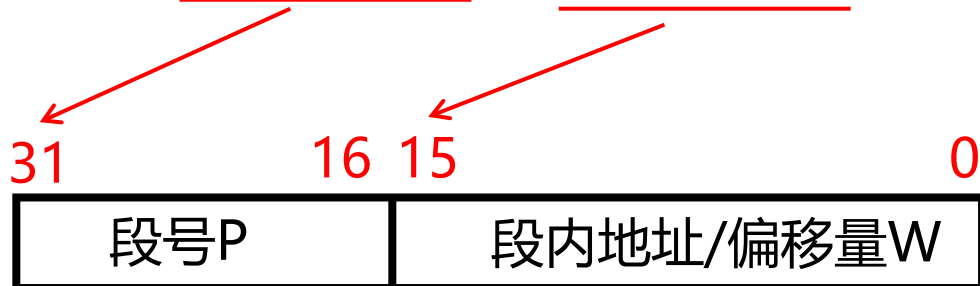


4.4 基本分段存储管理方式

4.4.2 地址映射

- 计算实例

假设32位地址空间，分段最大64K



段表

段号	段基址	段长	存取控制
0	20K	2K	X
1	40K	1K	RW
2	120K	1.6K	X
3	230K	1.9K	X

逻辑地址: 0x00030564

230K

物理地址: 230K + 0x00000564

实例一：某简单分段系统中，给定下列段表，试计算每个逻辑地址(段号，段内偏移)的物理地址。如果地址产生的分段错误，请指明。 (a) 0, 300 (b) 2, 800 (c) 1,600 (d) 3, 1100 (e)1, 1111

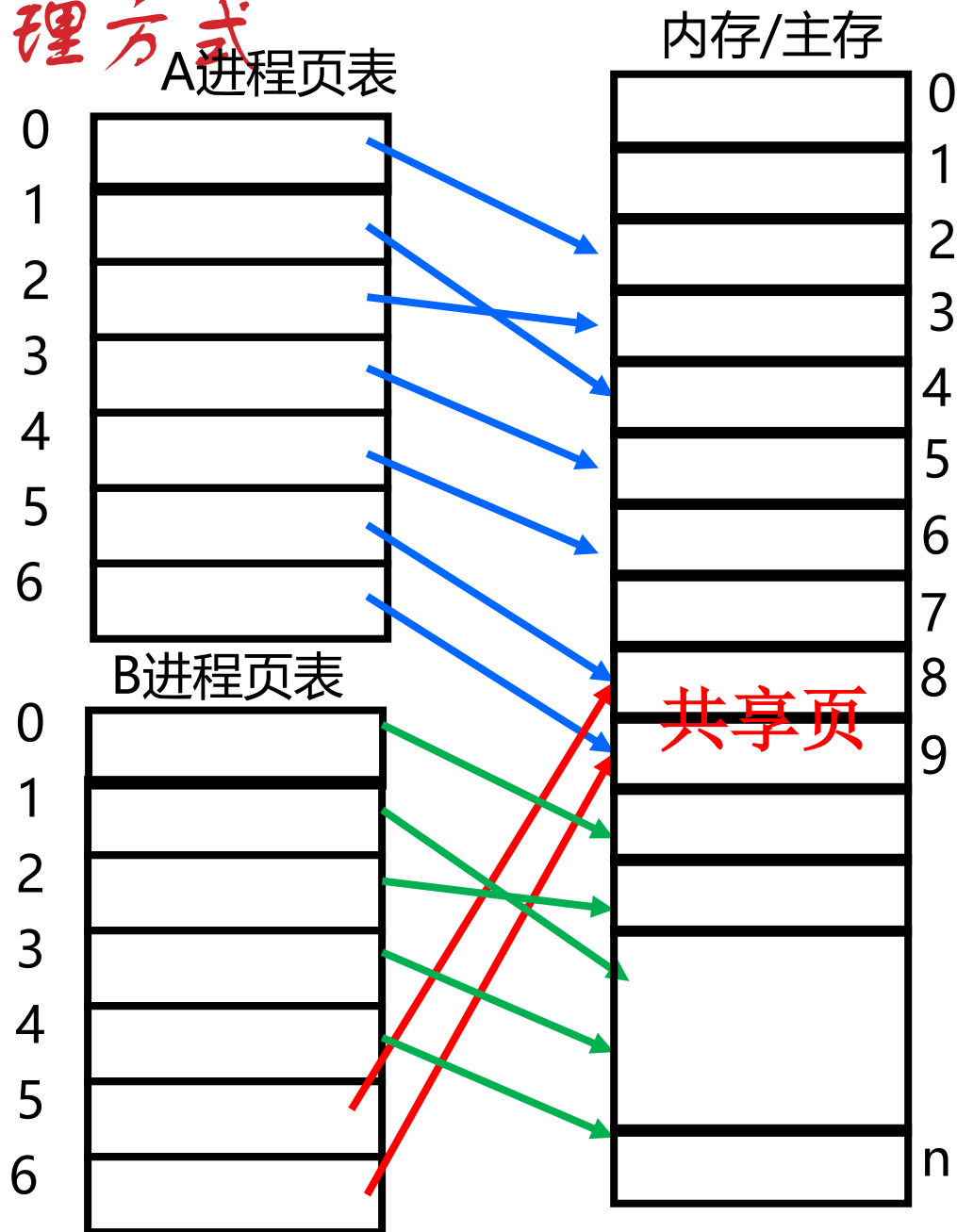
段	基地址	长度
0	1100	500
1	2500	1000
2	200	600
3	4000	1200

4.4 基本分段存储管理方式

4.4.4 信息共享

- 分页信息共享

- ✓ 多个页号对应一个页框号
- ✓ 共享页信息不明确
- ✓ 如用于动态链接库，则可能破坏了页式地址连续的特征



4.4 基本分段存储管理方式

4.4.4 信息共享

- 分段信息共享

- ✓ 多个段对应一个内存区域
- ✓ 共享段有明确含义
- ✓ 可用于动态链接库

A进程段表

段号	段基址	段长	存取控制
0	230K	2K	X
1	40K	1K	RW
2	120K	1.8K	X
3	20K	1.6K	X

B进程段表

段号	段基址	段长	存取控制
0	160K	2K	X
1	140K	1K	RW
2	120K	1.8K	X
3	20K	1.6K	X

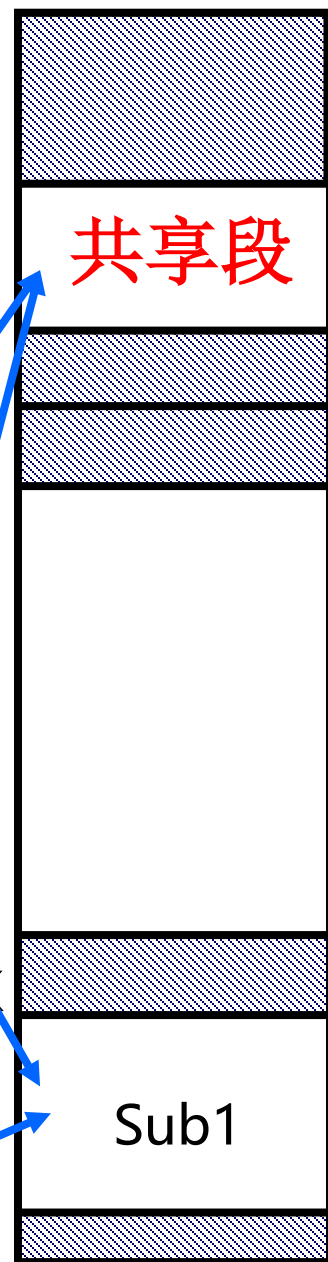
120K

内存/主存

共享段

230K

Sub1



分段和分页的区别

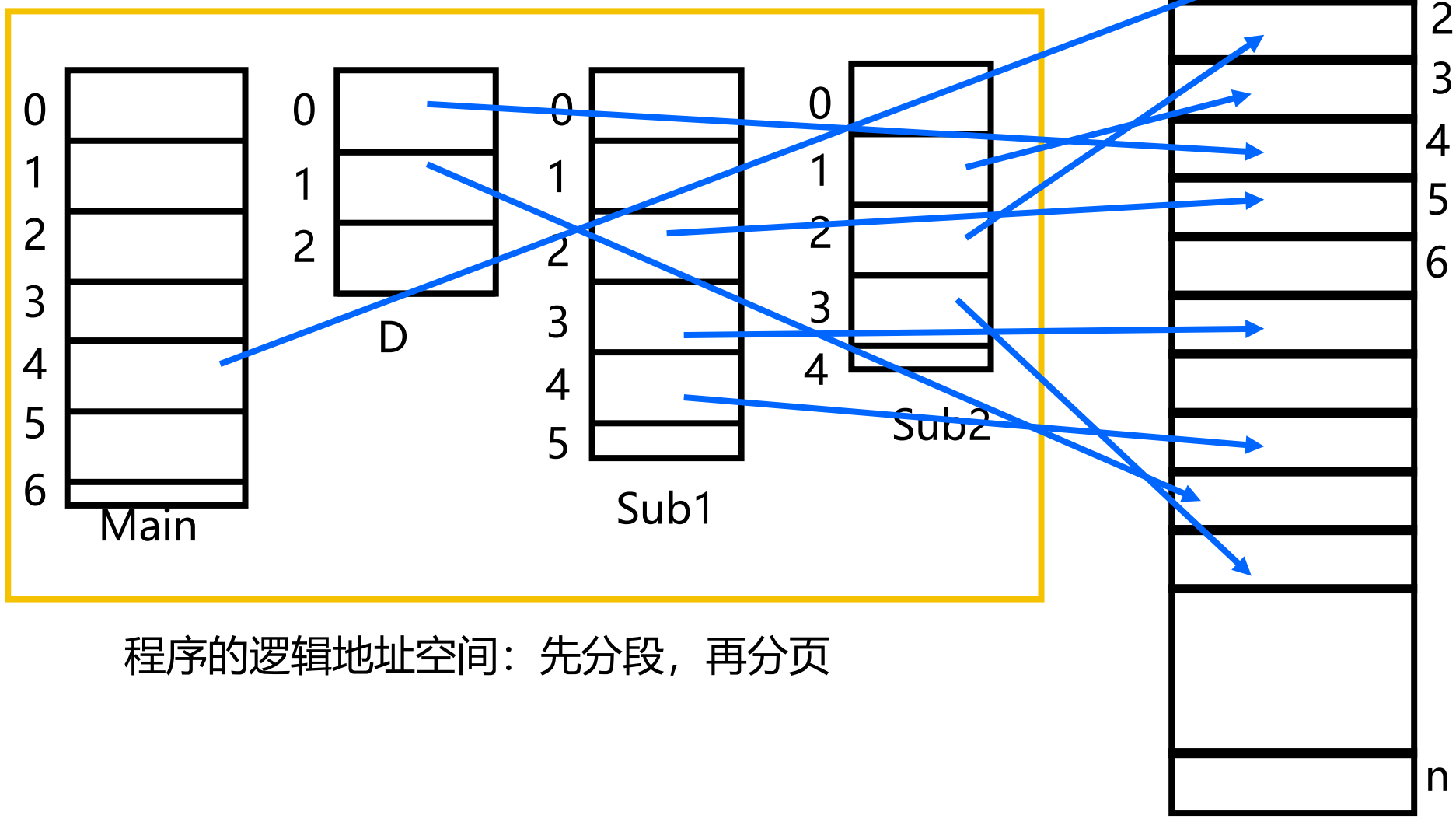
	分段	分页
信息单位	信息的逻辑单位	信息的物理单位
大小	不定	固定
可见性	程序员确定，可见	系统确定，程序员不可见
地址空间	二维地址空间	一维线性地址空间
信息共享保护	方便	不方便

4.5 段页式存储管理方式

- 分页系统存在的问题
 - ✓ 分页逻辑不明，难以共享
 - ✓ 页表太大——》多级页表
- 分段系统存在的问题
 - ✓ 碎片问题难以解决
 - ✓ 地址映射计算耗时
- 解决方案（分段+分页）
 - ✓ 分页系统：负责解决主存分配问题提高利用率——》内存按页框分割
 - ✓ 分段系统：负责解决逻辑地址空间管理提高共享性——》应用程序先按段分割再进行分页

4.5 段页式存储管理方式

4.5.1 设计思想



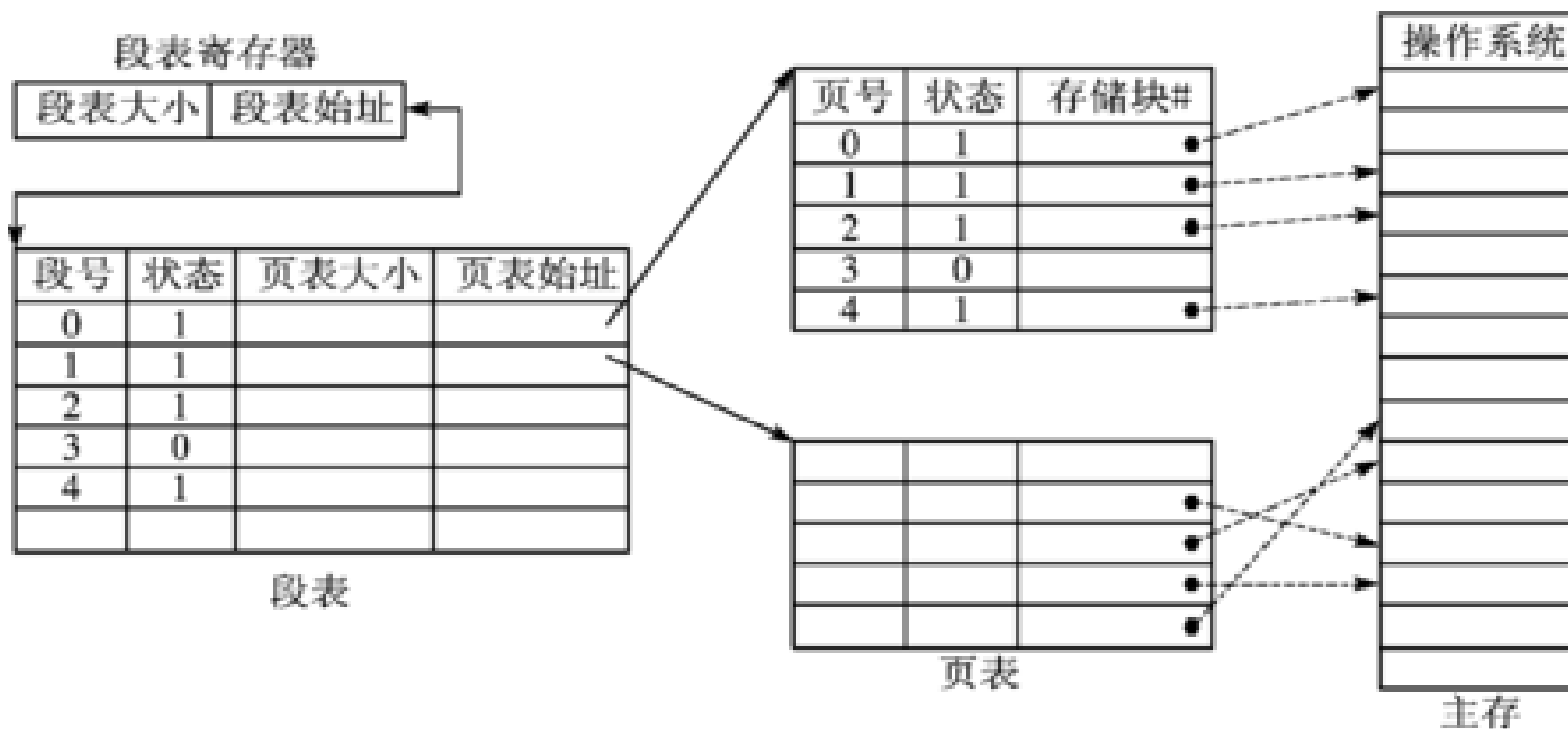
4.5 段页式存储管理方式

4.5.1 设计思想

- 段表和页表

问题：逻辑地址是连续的还是不连续的？

问题：PCB中存储的进程内存信息是什么？

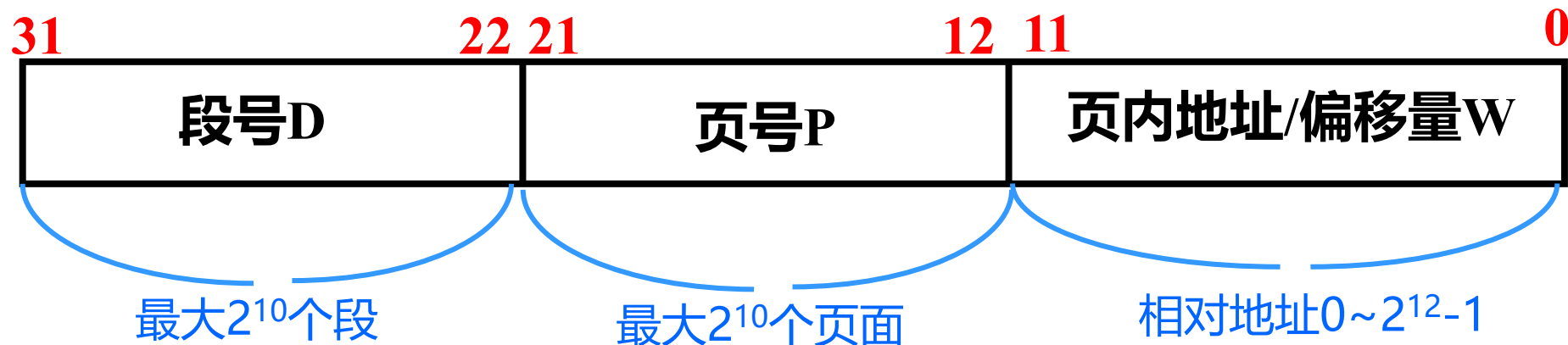


问题：分配与回收是与段式管理一致还是与页式管理一致？

4.5 段页式存储管理方式

4.5.1 地址映射

- 逻辑地址结构（32位逻辑地址，4K页面为例）



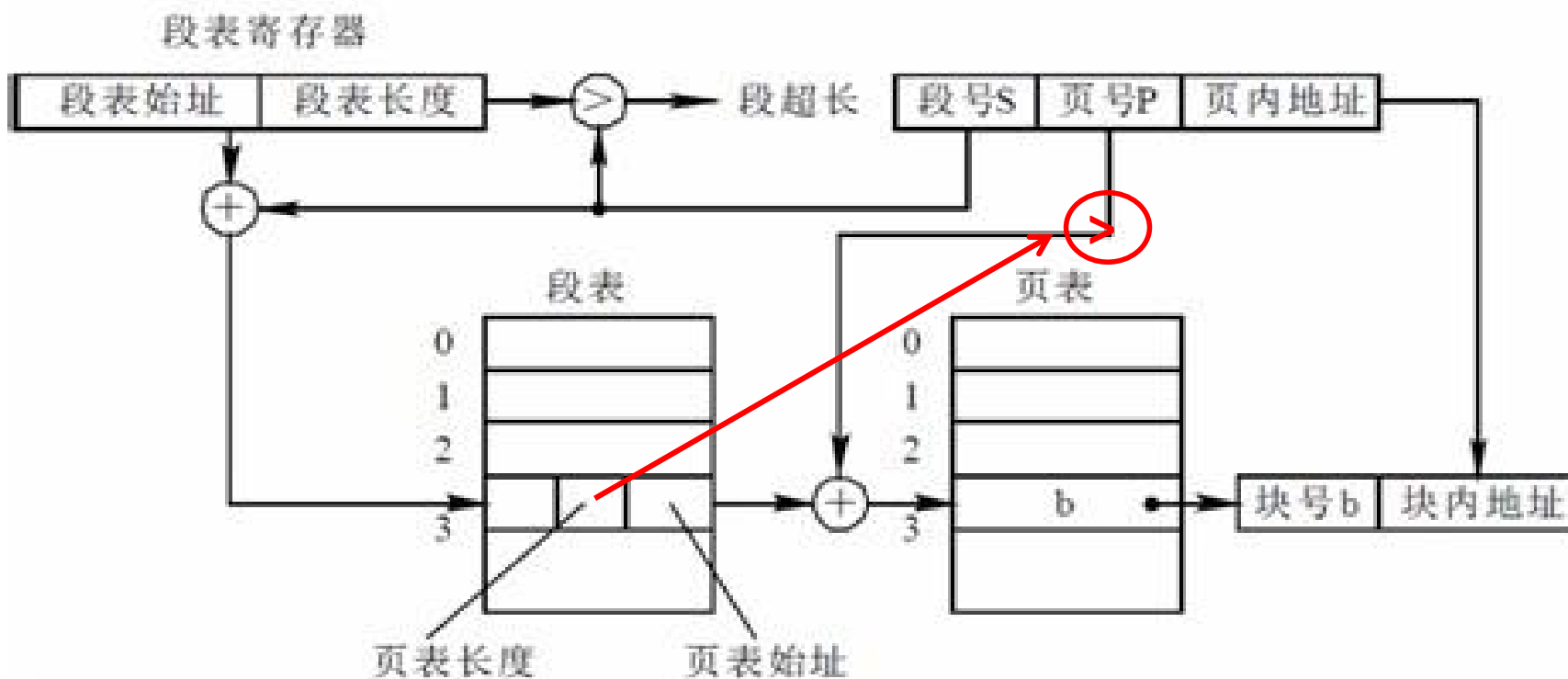
- 段页式管理的地址映射
 - ✓ 先通过段号在段表中进行查找，找到对应页表的内存地址
 - ✓ 再通过页号在页表中进行查找，找到页框号（20位）
 - ✓ 再将页框号和页内地址合并为物理地址

问题：需要访问几次内存？

4.5 段页式存储管理方式

4.5.1 地址映射

- 地址变换机构



试一试

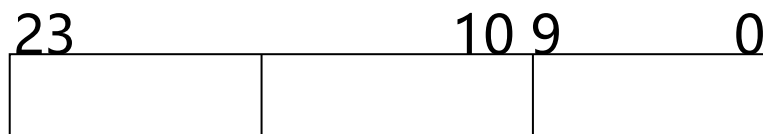
1、采用 _____ 不会产生内部碎片。

- A. 分页式存储管理 B. 分段式存储管理
C. 固定分区式存储管理 D. 段页式存储管理

2、一个分段存储管理系统中，地址长度为32位，其中段号占8位，则最大段长是（ ）

- A. 2^8 字节 B. 2^{16} 字节 C. 2^{24} 字节 D. 2^{32} 字节

3、一段页式存储器，地址结构如下所示



该存储器最多容许16个段，请填写每个部分的含义，计算每一段所容纳的页数和最大长度

方 法 功 能	单一 连续区	分区式		页式		段式	段页式
		固定分区	可变分区	静态	动态		
适用环境	单道	多道		多道		多道	多道
虚拟空间	一维	一维		一维		二维	二维
重定位方式	静态	静态 动态		动态		动态	动态
分 配 方 式	静 态 分 配 连 续 区	静态动态分配连续 区		静态或动态页 为单位非连续		动态分配段为单 位非连续	动 态 分 配 页 为 单 位 非 连 续
释 放	执行完成 后全部释 放	执行完成 后全部释 放	分 区 释 放	执 行 完 成 后 释 放	淘 汰 与 执 行 完 后 释 放	淘汰与执行完成 后释放	淘 汰 与 执 行 完 成 后 释 放
保 护	越界保护 或没有	越界保护与保护键		越界保护与控 制权保护		同左	同左
内 存 扩 充	覆 盖 与 交 换 技 术	同左		同左	外存、内 存 统 一 管 理 的 虚 存	同左	同左
共 享	不 能	不 能		较 难		方 便	方 便
硬 件 支 持	保护用 寄存器	保护用 同左 寄存器 加重定 位机构		地址变换机构 中断机构 保护机构		段式地址变换机， 保护与中断，动态 连接机构	同 左

作业

1、某系统采用可变分区方式管理主存储器，在主存分配情况如图所示时，有4个作业要求装入主存，它们各自所需的主存空间为：J1：8KB, J2：15KB, J3：30KB, J4：115KB，系统不允许移动。请回答下列问题：

(1) 采用首次适应分配算法分配主存，应按怎样的次序才能将4个作业同时全部装入主存？写出所有可能的装入次序。

(2) 从上述作业装入次序中选择一种，描述作业装入内存后的情况

0	系统区
5KB	
21KB	空闲区
30KB	JA
180KB	空闲区
190KB	JB
200KB	空闲区

2、一个分页存储系统，页表存放在内存：

- (1) 如果访问一次内存需要 200ns，则访问一个内存单元需要多少时间？
- (2) 如果系统采用三级页表，则访问一个内存单元需要多少时间？
- (3) 如果系统引入联想寄存器，90%的页表项可以在快表中命中，则访问一个内存单元需要多少时间？（假设访问一次快表需要 10ns）

作业

3、某计算机主存按字节编址，逻辑地址和物理地址都是32位，其中页内地址用12位表示，请回答下列问题。

(1) 若使用一级页表的分页存储管理方式，则页的大小是多少字节？页表最大占用多少字节？（页表项为4个字节）

(2) 若使用二级页表的分页存储管理方式，页目录项最多有1024个，那么页表最大占用多少字节？（页表项为4个字节，页表包含主页表和二级页表）

(3) 采用(1)中的分页存储管理方式，一个代码段起始逻辑地址为 0000 8000H，其长度为 8 KB，被装载到从物理地址 0090 0000H 开始的连续主存空间中。页表从主存 0020 0000H 开始的物理地址处连续存放，如下图所示（地址大小自下向上递增）。请计算出该代码段对应的两个页表项的物理地址、这两个页表项中的页框号以及代码页面 2 的起始物理地址。

