本节内容

基本分页存储管理的基本概念

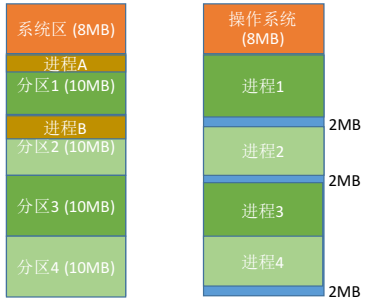
思考：连续分配方式的缺点

考虑支持多道程序的两种连续分配方式：

1. 固定分区分配：缺乏灵活性，会产生大量的内部碎片，内存的利用率很低。
2. 动态分区分配：会产生很多外部碎片，虽然可以用“紧凑”技术来处理，但是“紧凑”的时间代价很高

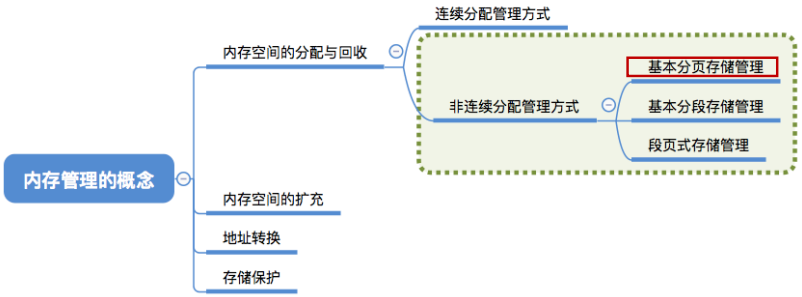
如果允许将一个进程分散地装入到许多不相邻的分区中，便可充分地利用内存，而无需再进行“紧凑”

基于这一思想，产生了“非连续分配方式”，或者称为“离散分配方式”。



固定分区分配　　动态分区分配

知识总览



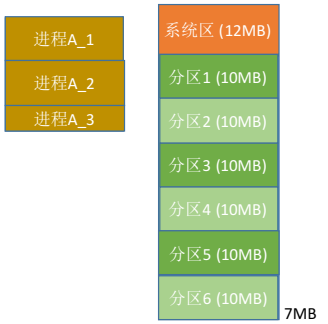
连续分配：为用户进程分配的必须是一个连续的内存空间。
非连续分配：为用户进程分配的可以是一些分散的内存空间。

把“固定分区分配”改造为“非连续分配版本”

假设进程A大小为 23MB，但是每个分区大小只有 10MB，如果进程只能占用一个分区，那显然放不下。
解决思路：如果允许进程占用多个分区，那么可以把进程拆分成 10MB+10MB+3MB 三个部分，再把这三个部分分别放到三个分区中（这些分区不要求连续）...

进程A 的最后一个部分是 3MB，放入分区后会产生 7MB 的内部碎片。
如果每个分区大小为 2MB，那么进程A 可以拆分成 11 * 2MB + 1MB 共 12 个部分，只有最后一部分 1MB 占不满分区，会产生 1MB 的内部碎片。
显然，如果把分区大小设置的更小一些，内部碎片会更小，内存利用率会更高。

基本分页存储管理的思想——把内存分为一个个相等的小分区，再按照分区大小把进程拆分成一个个小部分



分区大小相等

分页存储管理的基本概念

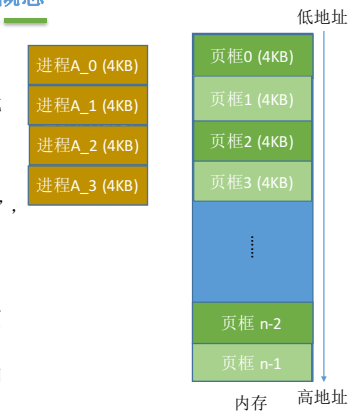
将内存空间分为一个个大小相等的分区（比如：每个分区4KB），每个分区就是一个“页框”，或称“页帧”、“内存块”、“物理块”。每个页框有一个编号，即“页框号”（或者“内存块号”、“页帧号”、“物理块号”）页框号***从0开始***。

将用户进程的地址空间也分为***与页框大小相等***的一个个区域，称为“页”或“页面”。每个页面也有一个编号，即“页号”，页号也是***从0开始***。

（注：进程的最后一个页面可能没有一个页框那么大。因此，页框不能太大，否则可能产生过大的内部碎片）

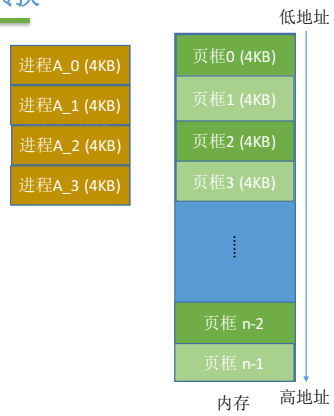
操作系统以页框为单位为各个进程分配内存空间。进程的每个页面分别放入一个页框中。也就是说，进程的页面与内存的页框有一一对应的关系。

各个页面不必连续存放，也不必按先后顺序来，可以放到不相邻的各个页框中。



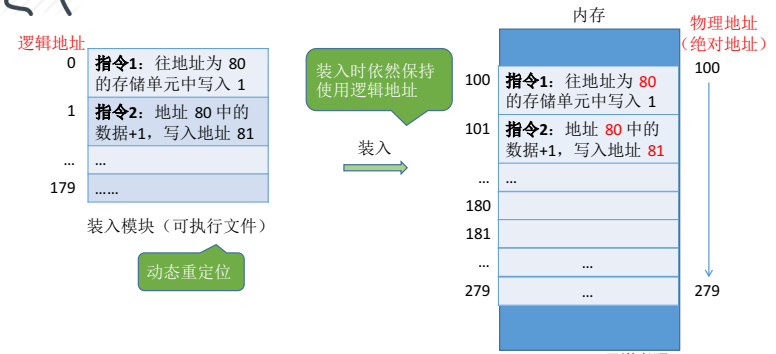
思考：如何实现地址的转换

将进程地址空间分页之后，操作系统该如何实现逻辑地址到物理地址的转换？



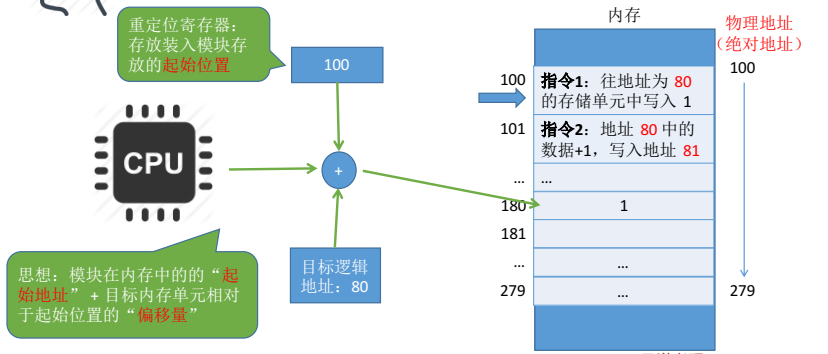
思考：如何实现地址的转换

进程在内存中连续存放时，操作系统是如何实现逻辑地址到物理地址的转换的？

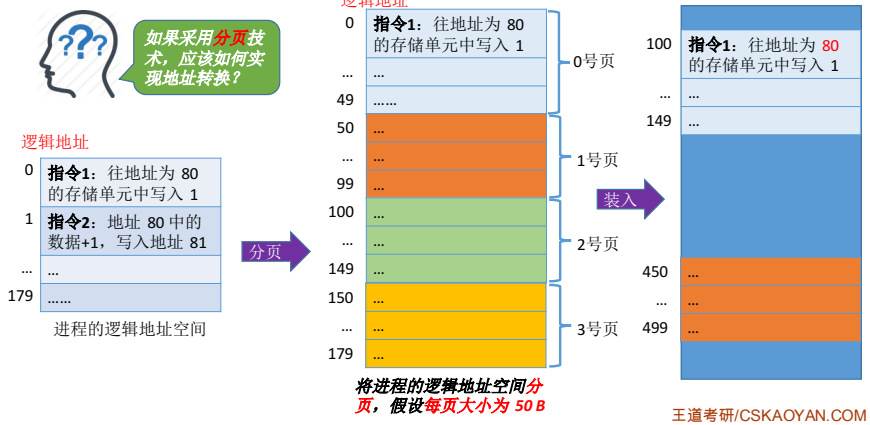


思考：如何实现地址的转换

进程在内存中连续存放时，操作系统是如何实现逻辑地址到物理地址的转换的？

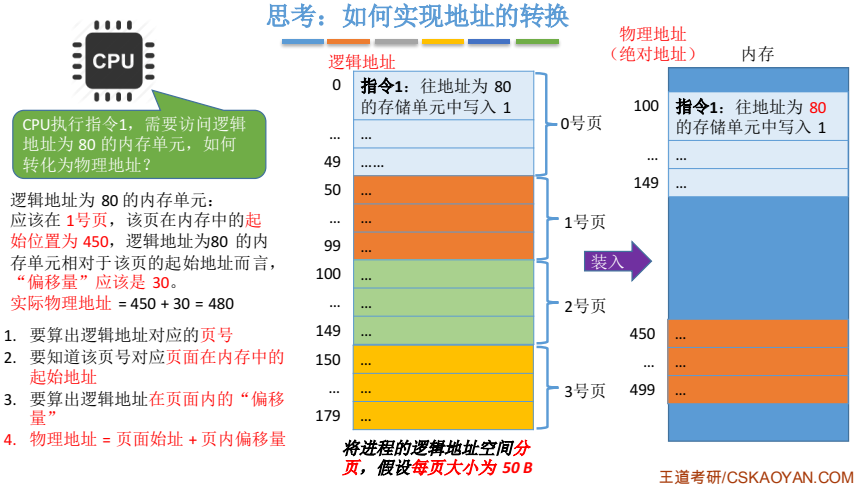


思考：如何实现地址的转换



将进程的逻辑地址空间分页，假设每页大小为 50 B

思考：如何实现地址的转换



逻辑地址为 80 的内存单元：
应该在 1号页，该页在内存中的起始位置为 450，逻辑地址为80 的内存单元相对于该页的起始地址而言，“偏移量”应该是 30。
实际物理地址 = 450 + 30 = 480

1. 要算出逻辑地址对应的页号
2. 要知道该页号对应页面在内存中的起始地址
3. 要算出逻辑地址在页面内的“偏移量”
4. 物理地址 = 页面始址 + 页内偏移量

将进程的逻辑地址空间分页，假设每页大小为 50 B

思考：如何实现地址的转换

CPU执行指令1，需要访问逻辑地址为 80 的内存单元，如何转化为物理地址？

逻辑地址为 80 的内存单元：
应该在 1号页，该页在内存中的起始位置为 450，逻辑地址为80 的内存单元相对于该页的起始地址而言，“偏移量”应该是 30。
实际物理地址 = 450 + 30 = 480

1. 要算出逻辑地址对应的页号
2. 要知道该页号对应页面在内存中的起始地址
3. 要算出逻辑地址在页面内的“偏移量”
4. 物理地址 = 页面始址 + 页内偏移量

如何计算：
页号 = 逻辑地址 / 页面长度 （取除法的整数部分）
页内偏移量 = 逻辑地址 % 页面长度（取除法的余数部分）
页面在内存中的起始位置：操作系统需要用某种数据结构记录进程各个页面的起始位置。

页号 = 80 / 50 = 1
页内偏移量 = 80 % 50 = 30
1 号页在内存中存放的起始位置 450

为了方便计算页号、页内偏移量，页面大小一般设为 2 的整数幂

思考：如何实现地址的转换

如何计算：
页号 = 逻辑地址 / 页面长度 （取除法的整数部分）
页内偏移量 = 逻辑地址 % 页面长度（取除法的余数部分）

为了方便计算页号、页内偏移量，页面大小一般要为 2 的整数幂

假设用32 个二进制位表示逻辑地址，页面大小为 2^{12}B = 4096B = 4KB

0号页的逻辑地址空间应该是 0~4095，用二进制表示应该是：
00000000000000000000000000000000 ~ 00000000000000000000111111111111

1号页的逻辑地址空间应该是 4096~8191，用二进制表示应该是：
00000000000000000001000000000000 ~ 00000000000000000001111111111111

2号页的逻辑地址空间应该是 8192~12287，用二进制表示应该是：
00000000000000000010000000000000 ~ 00000000000000000010111111111111

与另一种算法的结果对比：
页号 = 逻辑地址 / 页面长度
页内偏移量 = 逻辑地址 % 页面长度

Eg：逻辑地址 2，用二进制表示应该是 00000000000000000000000000000010
若 0号页在内存中的起始地址为 X，则逻辑地址 2 对应的物理地址应该是 X+000000000010

Eg：逻辑地址 4097，用二进制表示应该是 00000000000000000001000000000001
若 1号页在内存中的起始地址为 X，则逻辑地址 4097 对应的物理地址应该是 X+000000000001

思考：如何实现地址的转换

如何计算：
页号 = 逻辑地址 / 页面长度 （取除法的整数部分）
页内偏移量 = 逻辑地址 % 页面长度（取除法的余数部分）

为了方便计算页号、页内偏移量，页面大小一般要为 2 的整数幂

假设用32 个二进制位表示逻辑地址，页面大小为 2^{10}B = 1024B = 1KB

0号页的逻辑地址空间应该是 0~1023，用二进制表示应该是：
00000000000000000000000000000000 ~ 00000000000000000000001111111111

1号页的逻辑地址空间应该是 1024~2047，用二进制表示应该是：
00000000000000000000010000000000 ~ 00000000000000000000011111111111

2号页的逻辑地址空间应该是 2048~3021，用二进制表示应该是：
00000000000000000000100000000000 ~ 00000000000000000000101111111111

动手算算，逻辑地址 1026、2055 用二进制表示应该是多少，它们对应的页号、页内偏移量又是多少？

结论：如果每个页面大小为 2^KB，用二进制数表示逻辑地址，则末尾 K 位即为页内偏移量，其余部分就是页号
因此，如果让每个页面的大小为 2 的整数幂，计算机就可以很方便地得出一个逻辑地址对应的页号和页内偏移量。

逻辑地址结构

分页存储管理的逻辑地址结构如下所示：

31 12	11 0
页号 P	页内偏移量 W

地址结构包含两个部分：前一部分为页号，后一部分为页内偏移量 W。在上图所示的例子中，地址长度为 32 位，其中 0~11位 为“页内偏移量”，或称“页内地址”；12~31 位为“页号”。

如果有 K 位表示“页内偏移量”，则说明该系统中一个页面的大小是 2^K 个内存单元
如果有 M 位表示“页号”，则说明在该系统中，一个进程最多允许有 2^M 个页面

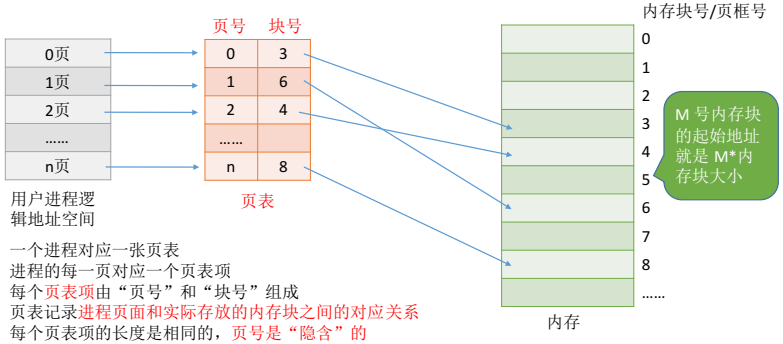
分页存储管理中，如何实现地址转换？
1. 要算出逻辑地址对应的页号
2. 要知道该页号对应页面在内存中的起始地址
3. 要算出逻辑地址在页面内的“偏移量”
4. 物理地址 = 页面始址 + 页内偏移量

注：如果题目中是用十进制数表示逻辑地址，则

页号 = 逻辑地址 / 页面长度 （取除法的整数部分）
页内偏移量 = 逻辑地址 % 页面长度（取除法的余数部分）

页表

为了能知道进程的每个页面在内存中存放的位置，操作系统要为每个进程建立一张页表。



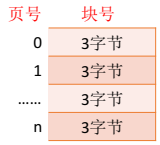
1. 一个进程对应一张页表
2. 进程的每一页对应一个页表项
3. 每个页表项由“页号”和“块号”组成
4. 页表记录进程页面和实际存放的内存块之间的对应关系
5. 每个页表项的长度是相同的，页号是“隐含”的

页表

为什么 每个页表项的长度是相同的，页号是“隐含”的？

Eg：假设某系统物理内存大小为 4GB，页面大小为 4KB，则每个页表项至少应该为多少字节？

4GB = 2^{32}B，4KB = 2^{12}B
因此 4GB 的内存总共会被分为 2^{32} / 2^{12} = 2^{20} 个内存块，因此内存块号的范围应该是 0 ~ 2^{20} -1
因此至少要 20 个二进制位才能表示这么多的内存块号，因此至少要 3个字节才够
（每个字节 8 个二进制位，3个字节共 24 个二进制位）



页表

各页表项会按顺序连续地存放在内存中
如果该页表在内存中存放的起始地址为 X，则
M 号页对应的页表项一定是存放在内存地址为 X + 3*M

因此，页表中的“页号”可以是“隐含”的。
只需要知道页表存放的起始地址和页表项长度，即可找到各个页号对应的页表项存放的位置
在本例中，一个页表项占 3B，如果进程由 n 个页面，则该进程的页表总共会占 3*n 个字节

知识回顾与重要考点