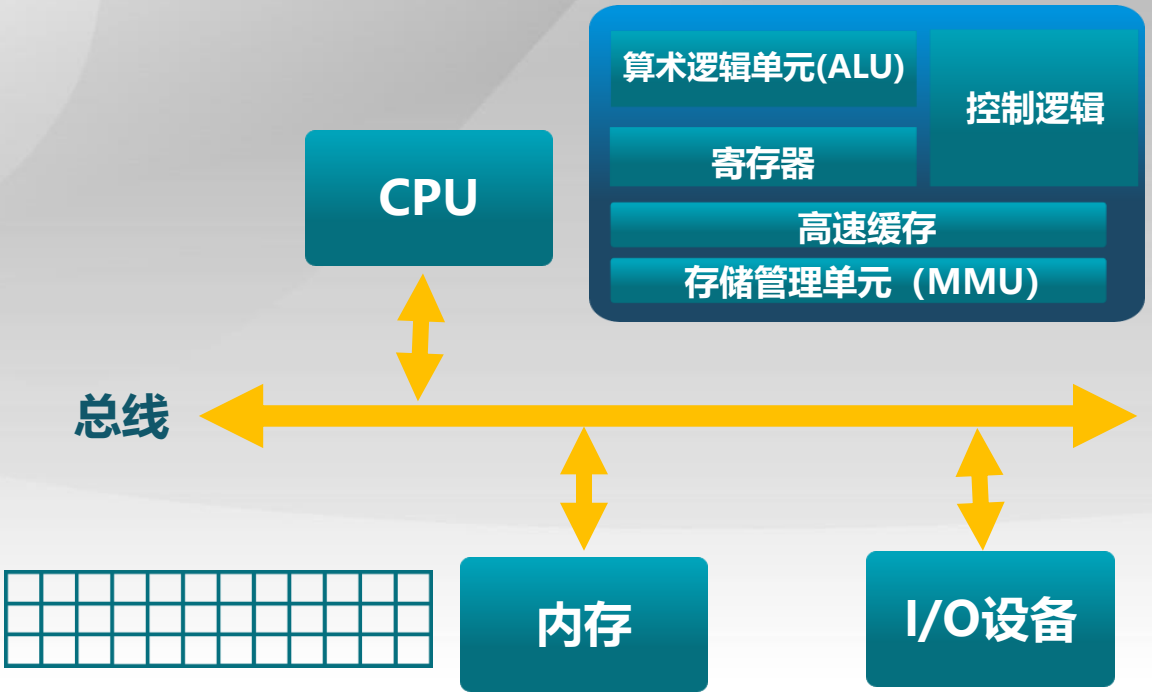
操作系统

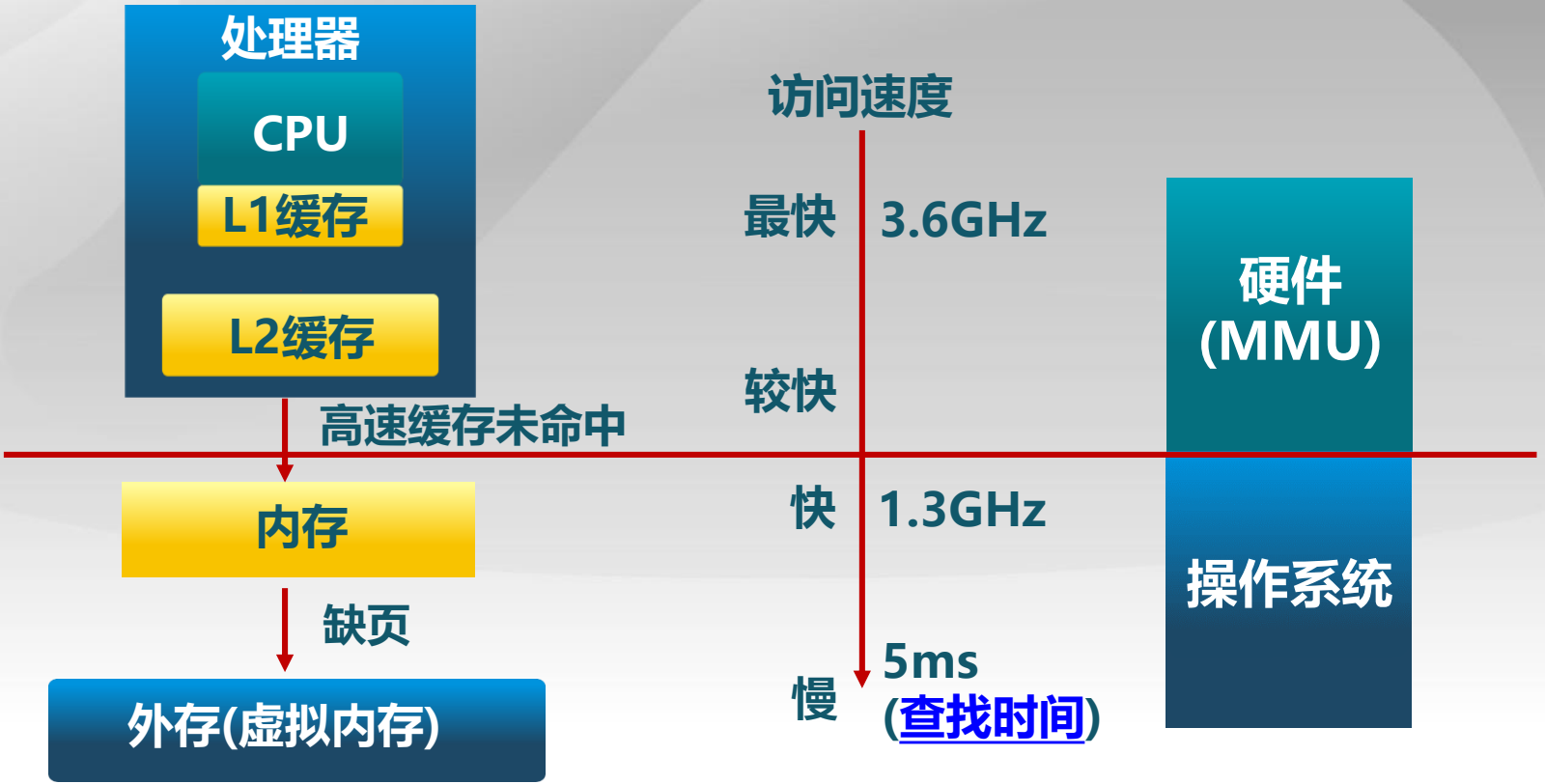
Operating System

计算机体系结构



Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer Manuals

内存层次


处理器
CPU
L1缓存
L2缓存
高速缓存未命中
内存
缺页
外存(虚拟内存)
访问速度
最快
3.6GHz
较快
快
1.3GHz
慢
5ms
(查找时间)
硬件
(MMU)
操作系统

操作系统的内存管理

- 抽象
  - 逻辑地址空间
- 保护
  - 独立地址空间
- 共享
  - 访问相同内存
- 虚拟化
  - 更大的地址空间

操作系统的内存管理方式

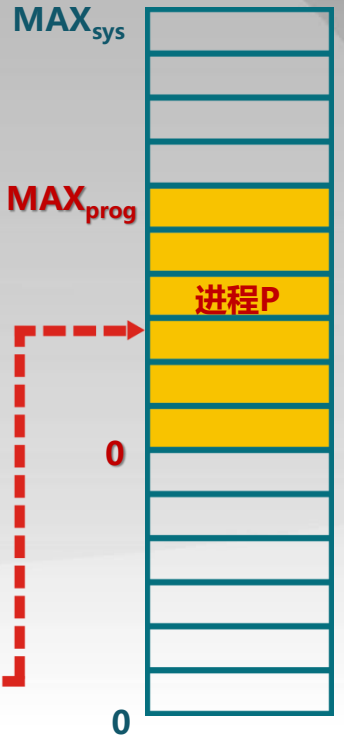
- 操作系统中采用的内存管理方式
  - 重定位(relocation)
  - 分段(segmentation)
  - 分页(paging)
  - 虚拟存储(virtual memory)
    - 目前多数系统(如 Linux)采用按需页式虚拟存储
- 实现高度依赖硬件
  - 与计算机存储架构紧耦合
  - MMU (内存管理单元): 处理CPU存储访问请求的硬件

操作系统

Operating System

地址空间定义

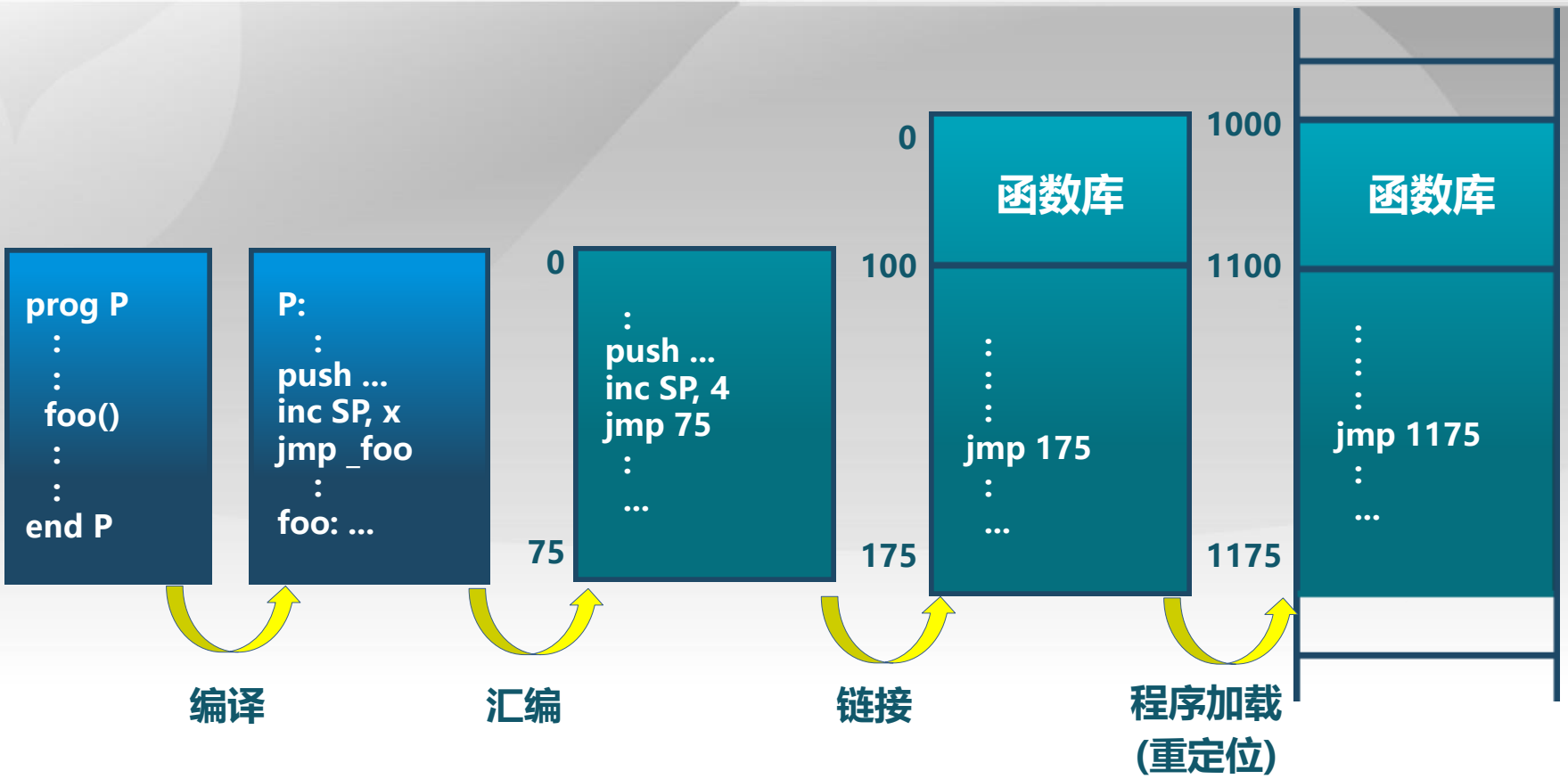
- 物理地址空间 — 硬件支持的地址空间
  - 起始地址0，直到 MAX_{sys}
- 逻辑地址空间 — 在CPU运行的进程看到的地址
  - 起始地址0， 直到 MAX_{prog}



地址(address)是从哪里来的?

movl %eax, $0xfffa620e

逻辑地址生成

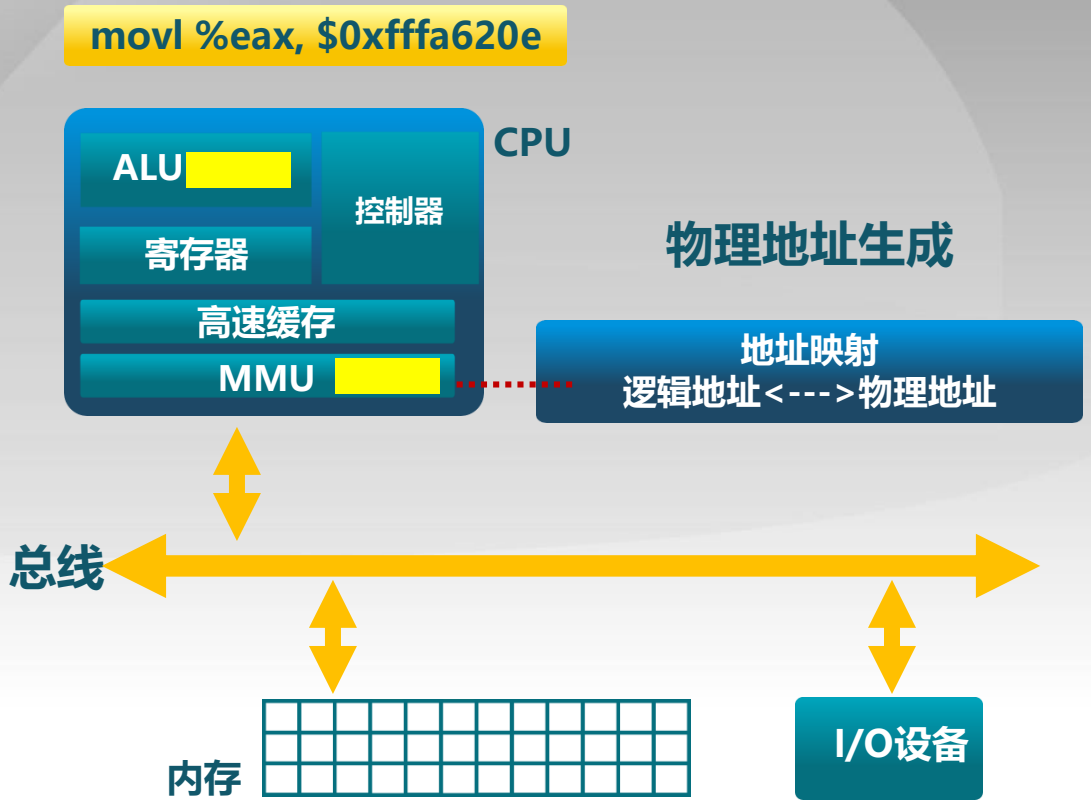

prog P
:
:
foo()
:
:
end P
P:
:
push ...
inc SP, x
jmp _foo
:
foo: ...
0
75
:
push ...
inc SP, 4
jmp 75
:
...
0
100
175
函数库
:
:
:
jmp 175
:
...
1000
1100
1175
函数库
:
:
:
jmp 1175
:
...
编译
汇编
链接
程序加载
(重定位)

地址生成时机和限制

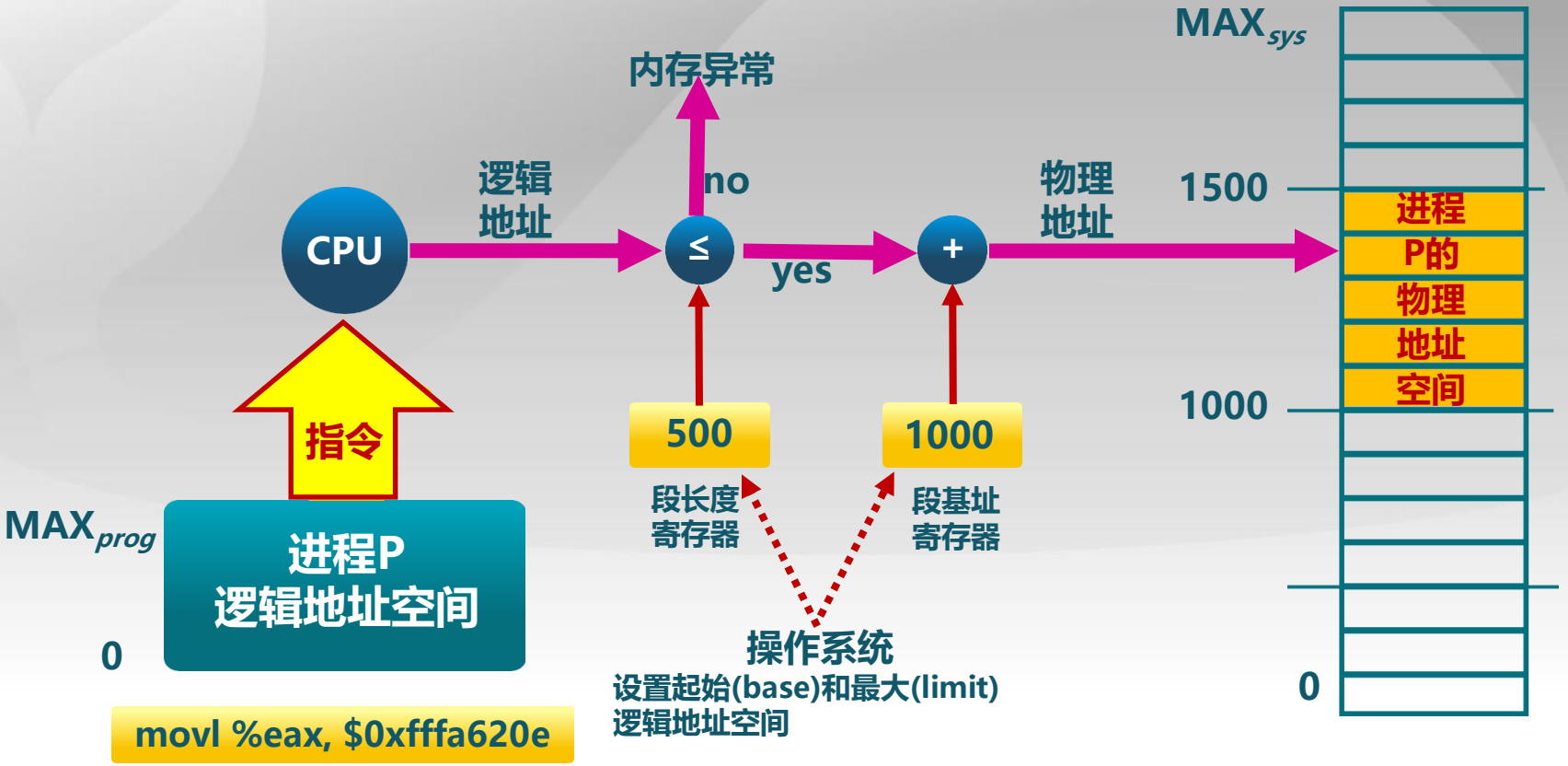
- 编译时
  - 假设起始地址已知
  - 如果起始地址改变，必须重新编译
- 加载时
  - 如编译时起始位置未知，编译器需生成可重定位的代码 (relocatable code)
  - 加载时，生成绝对地址
- 执行时
  - 执行时代码可移动
  - 需地址转换(映射)硬件支持

地址生成过程

- CPU
  - ALU：需要逻辑地址的内存内容
  - MMU：进行逻辑地址和物理地址的转换
  - CPU控制逻辑：给总线发送物理地址请求
- 内存
  - 发送物理地址的内容给CPU
  - 或接收CPU数据到物理地址
- 操作系统
  - 建立逻辑地址LA和物理地址PA的映射



地址检查

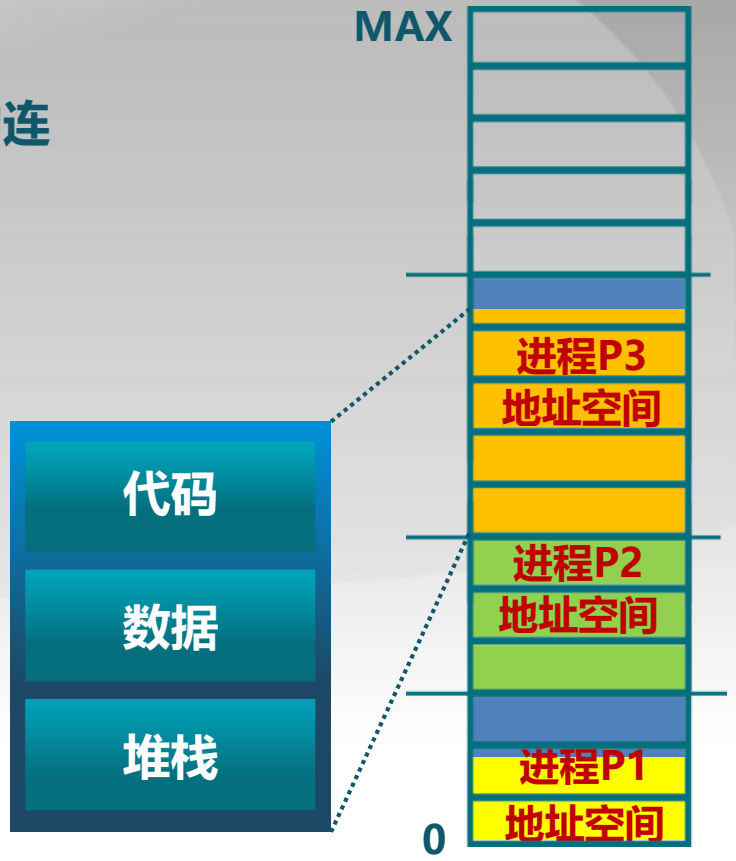

MAX sys
内存异常
逻辑
地址
no
物理
地址
1500
CPU
≤
yes
+
进程
P的
物理
地址
空间
1000
指令
500
1000
段长度
寄存器
段基址
寄存器
MAX prog
进程P
逻辑地址空间
0
操作系统
设置起始(base)和最大(limit)
逻辑地址空间
0
movl %eax, $0xfffa620e

操作系统

Operating System

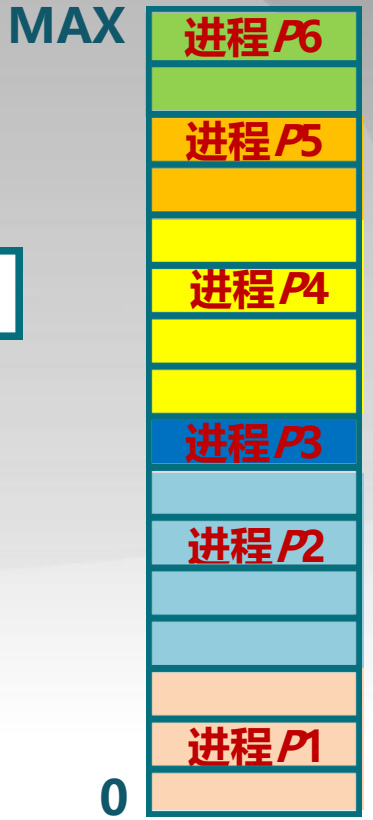
连续内存分配和内存碎片

- 连续内存分配
  - 给进程分配一块不小于指定大小的连续的物理内存区域
- 内存碎片
  - 空闲内存不能被利用
- 外部碎片
  - 分配单元之间的未被使用内存
- 内部碎片
  - 分配单元内部的未被使用内存
  - 取决于分配单元大小是否要取整



连续内存分配：动态分区分配

- 动态分区分配
  - 当程序被加载执行时，分配一个进程指定大小可变的分区(块、内存块)
  - 分区的地址是连续的
- 操作系统需要维护的数据结构
  - 所有进程的已分配分区
  - 空闲分区(Empty-blocks)
- 动态分区分配策略
  - 最先匹配(First-fit)
  - 最佳匹配(Best-fit)
  - 最差匹配(Worst-fit)



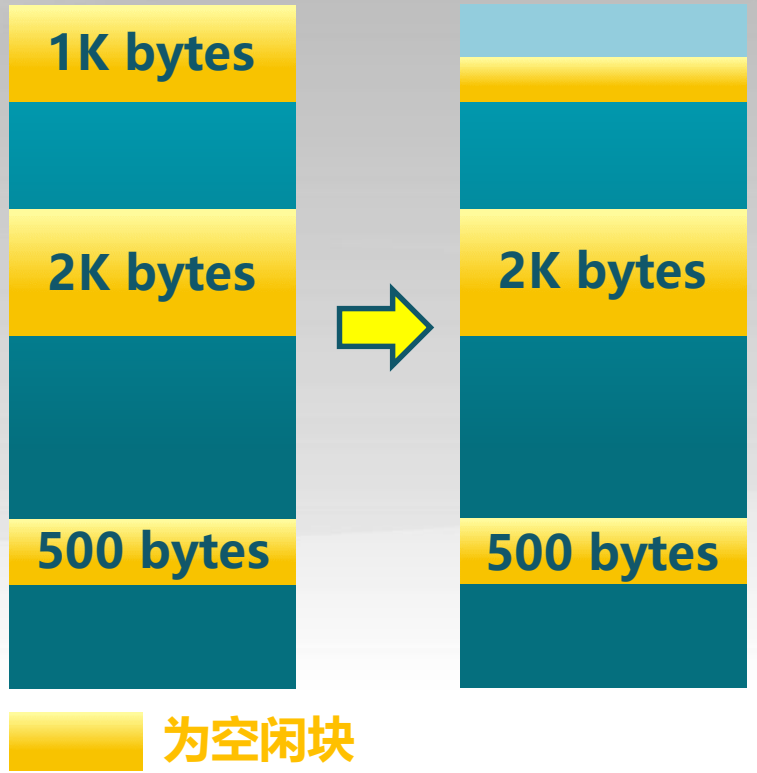
最先匹配(First Fit Allocation)策略

思路：

分配n个字节，使用第一个可用的空间比n大的空闲块。

示例：

分配400字节，使用第一个1KB的空闲块。



最先匹配(First Fit Allocation)策略

- 原理 & 实现
  - 空闲分区列表按地址顺序排序
  - 分配过程时，搜索一个合适的分区
  - 释放分区时，检查是否可与临近的空闲分区合并
- 优点
  - 简单
  - 在高地址空间有大块的空闲分区
- 缺点
  - 外部碎片
  - 分配大块时较慢

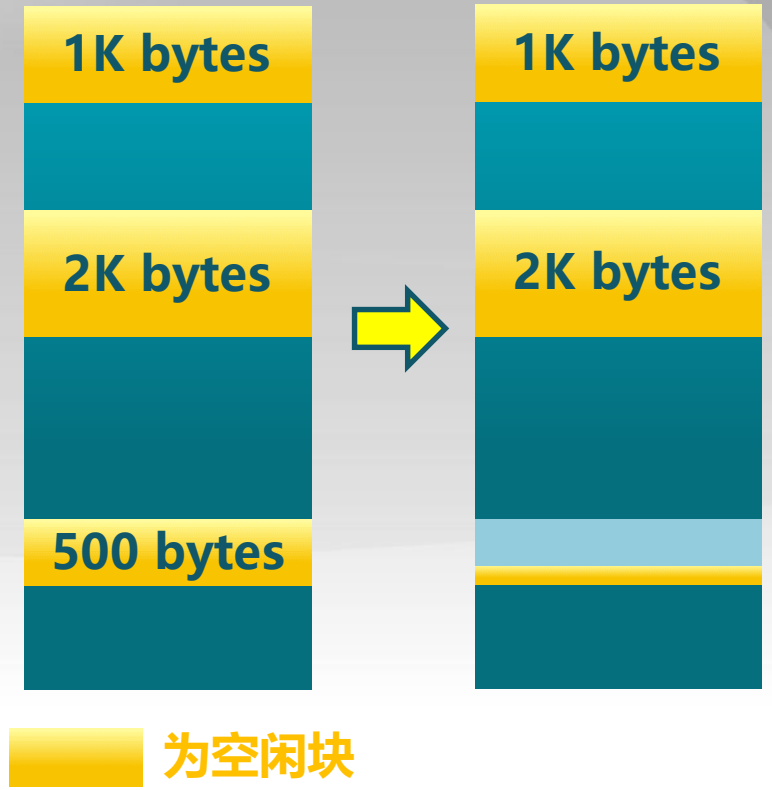
最佳匹配(Best Fit Allocation)策略

思路：

分配n字节分区时， 查找并使用不小于n的最小空闲分区

示例：

分配400字节， 使用第3个空闲块(最小)



最佳匹配(Best Fit Allocation)策略

- 原理 & 实现
  - 空闲分区列表按照大小排序
  - 分配时，查找一个合适的分区
  - 释放时，查找并且合并临近的空闲分区（如果找到）
- 优点
  - 大部分分配的尺寸较小时，效果很好
    - 可避免大的空闲分区被拆分
    - 可减小外部碎片的大小
    - 相对简单
- 缺点
  - 外部碎片
  - 释放分区较慢
  - 容易产生很多无用的小碎片

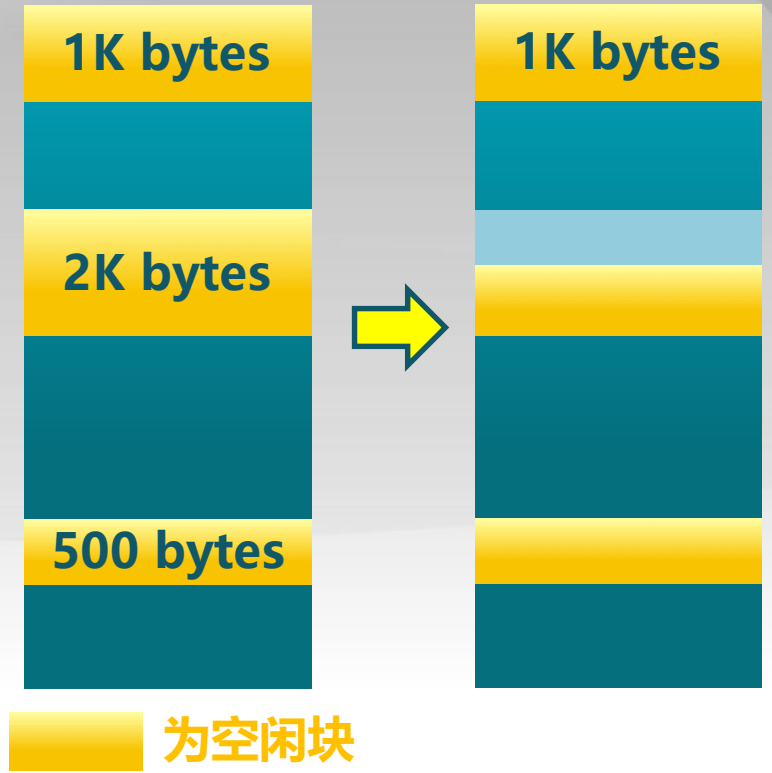
最差匹配(Worst Fit Allocation)策略

思路：

分配n字节，使用尺寸不小于n的最大空闲分区

示例：

分配400字节，使用第2个空闲块（最大）



最差匹配(Worst Fit Allocation)策略

- 原理 & 实现
  - 空闲分区列表按由大到小排序
  - 分配时，选最大的分区
  - 释放时，检查是否可与临近的空闲分区合并，进行可能的合并，并调整空闲分区列表顺序
- 优点
  - 中等大小的分配较多时，效果最好
  - 避免出现太多的小碎片
- 缺点
  - 释放分区较慢
  - 外部碎片
  - 容易破坏大的空闲分区，因此后续难以分配大的分区

操作系统

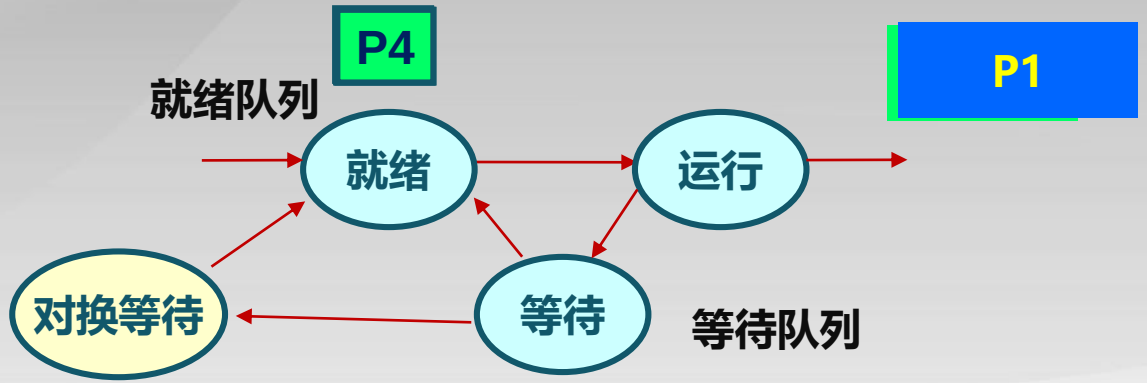
Operating System

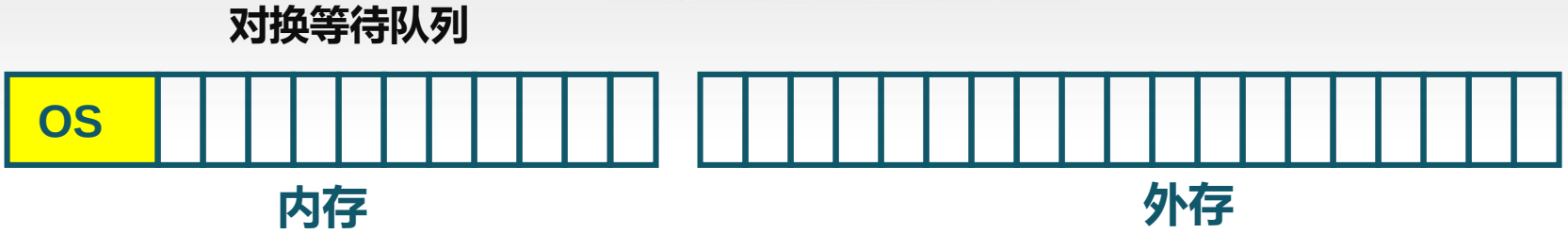
碎片整理：紧凑(compaction)

- 碎片整理
  - 通过调整进程占用的分区位置来减少或避免分区碎片
- 碎片紧凑
  - 通过移动分配给进程的内存分区，以合并外部碎片
  - 碎片紧凑的条件
    - 所有的应用程序可动态重定位
  - 需要解决的问题
    - 什么时候移动?
    - 开销

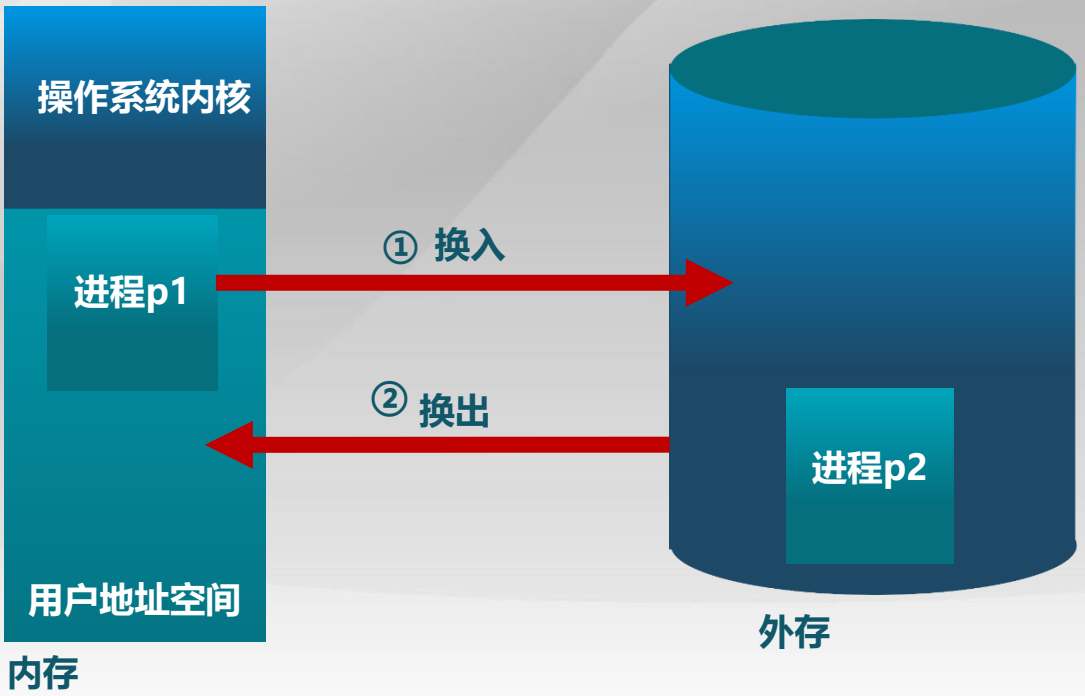
碎片整理：分区对换(Swapping in/out)

- 通过抢占并回收处于等待状态进程的分区，以增大可用内存空间





碎片整理：分区对换(Swapping in/out)



- 需要解决的问题
  - 交换哪个（些）程序?

操作系统

Operating System

伙伴系统(Buddy System)

- 整个可分配的分区大小2^U
- 需要的分区大小为$2^{U-1} < s \leq 2^U$时，把整个块分配给该进程；
  - 如$s \leq 2^{i-1}$，将大小为2^i的当前空闲分区划分成两个大小为2^{i-1}的空闲分区
  - 重复划分过程，直到$2^{i-1} < s \leq 2^i$，并把一个空闲分区分配给该进程

伙伴系统的实现

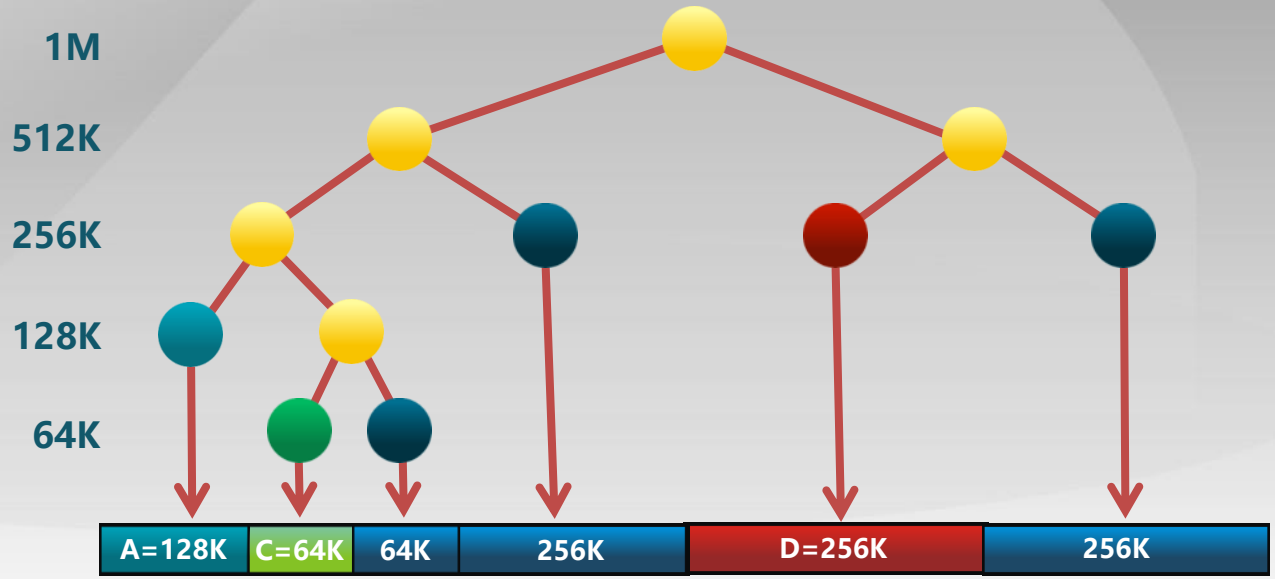
- 数据结构
  - 空闲块按大小和起始地址组织成二维数组
  - 初始状态：只有一个大小为2^U的空闲块
- 分配过程
  - 由小到大在空闲块数组中找最小的可用空闲块
  - 如空闲块过大，对可用空闲块进行二等分，直到得到合适的可用空闲块

伙伴系统中的内存分配


1 Mbyte block
1M
Request 100K
A=128K
128K
256K
512K
Request 240K
A=128K
128K
B=256K
512K
Request 64K
A=128K
C=64K
64K
B=256K
512K
Request 256K
A=128K
C=64K
64K
B=256K
D=256K
256K
Release B
A=128K
C=64K
64K
256K
D=256K
256K
Release A
128K
C=64K
64K
256K
D=256K
256K
Request 75K
E=128K
C=64K
64K
256K
D=256K
256K
Release C
E=128K
128K
256K
D=256K
256K
Release E
512K
D=256K
256K
Release D
1M

伙伴系统的实现

- 释放过程
  - 把释放的块放入空闲块数组
  - 合并满足合并条件的空闲块
- 合并条件
  - 大小相同2^i
  - 地址相邻
  - 低地址空闲块起始地址为2^{i+1}的位数



http://en.wikipedia.org/wiki/Buddy_memory_allocation

ucore中的物理内存管理

```
struct pmm_manager {
    const char *name;
    void (*init)(void);
    void (*init_memmap)(struct Page *base, size_t n);
    struct Page *(*alloc_pages)(size_t order);
    void (*free_pages)(struct Page *base, size_t n);
    size_t (*nr_free_pages)(void);
    void (*check)(void);
};
```

ucore中的伙伴系统实现

```
const struct pmm_manager buddy_pmm_manager = {
    .name = "buddy_pmm_manager",
    .init = buddy_init,
    .init_memmap = buddy_init_memmap,
    .alloc_pages = buddy_alloc_pages,
    .free_pages = buddy_free_pages,
    .nr_free_pages = buddy_nr_free_pages,
    .check = buddy_check,
};
```

操作系统

Operating System