

内存管理 + 虚拟内存

考研重点题型

- 作业要求
 - 提交题型 1 : 8.4/8.6
 - 提交题型 2: 2.1/2.2

题型 1 : 多级页表计算题

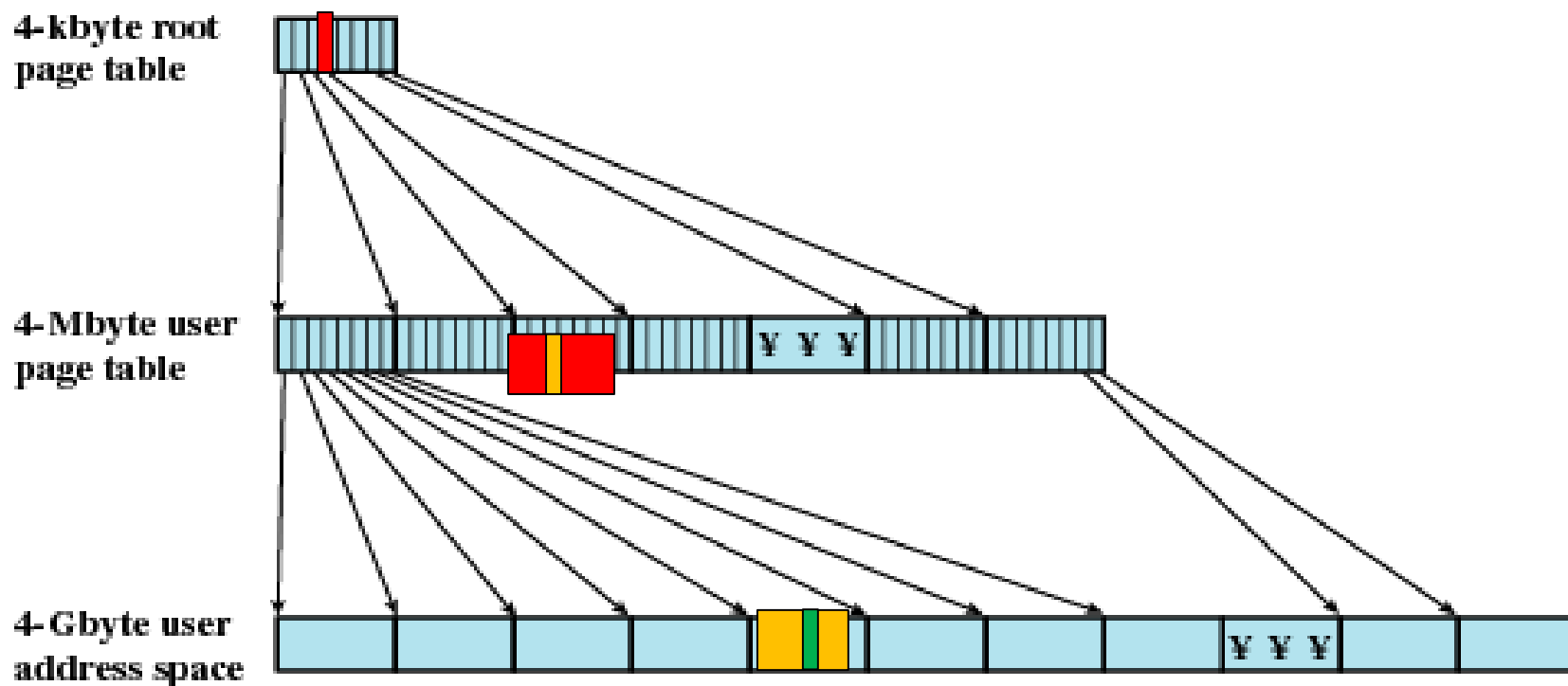


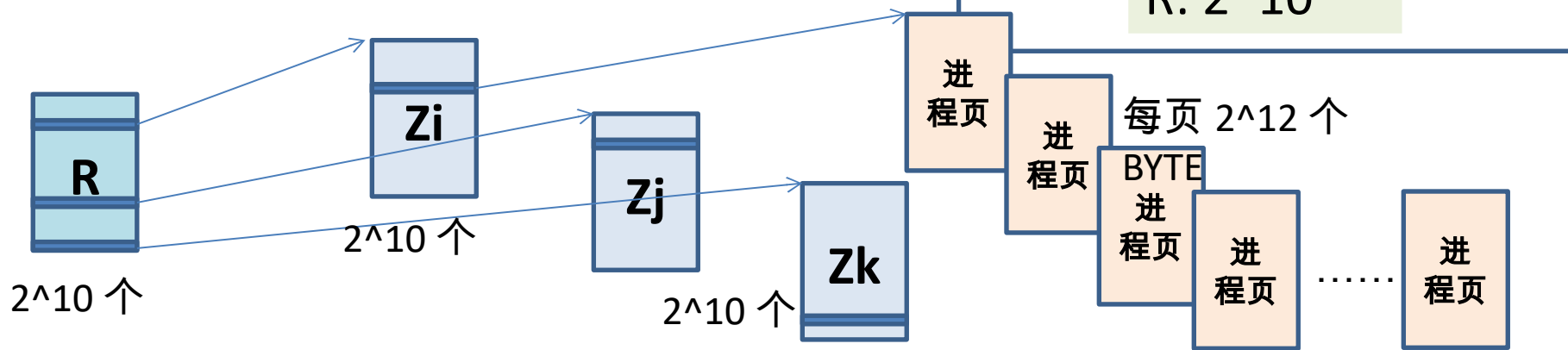
Figure 8.3 A Two-Level Hierarchical Page Table

题型 1 : 多级页表计算题

- 教材图 8.3 : 以下为教材推导过程
- 题目 : 进程虚拟地址 32 位 , 页尺寸 4KB , 页表项 4B , 计算多级页表 , 页表都必须包含在一页中
- 1. 进程需要多少页表项 X
 - $X = 2^{32} / 2^{12} = 2^{20}$ 个页表项
- 2. 每页可存放多少页表项 Y ?
 - $Y = 4\text{KB} / 4\text{B} = 1\text{K} = 2^{10}$ 个
- 3. 存放页表项需要多少页 Z ?
 - $Z = X / Y = 2^{10}$ 个页
- 4. 为 Z 建立上一级索引 R , 即上一级页表项
 - 索引 Z 的 2^{10} 个页需要 2^{10} 个页表项 , 即 1 页 , 满足题设 , 结束

题型 1 : 多级页表计算题

- 1. 进程需要多少页表项 X
 - $X = 2^{32} / 2^{12} = 2^{20}$ 个页表项
- 2. 每页可存放多少页表项 Y ?
 - $Y = 4\text{KB} / 4\text{B} = 1\text{K} = 2^{10}$ 个
- 3. 存放页表项需要多少页 Z ?
 - $Z = X / Y = 2^{10}$ 个页
- 4. 为 Z 建立上一级索引 R , 即上一级页表项
 - 索引 Z 个页需要 2^{10} 个页表项 , 即 1 页



题型 1 : 多级页表计算题

- 教材图 8.3
- 进程虚拟地址 32 位，页尺寸 4KB，页表项 4B，
计算多级页表，页表都必须包含在一页中
- 推导化简的计算公式
- 1. 进程需要多少页表项
 - $2^{32}/2^{12}=2^{20}$ 个页表项，令 $x=20$
- 2. 每页可存放多少页表项？
 - $4KB/4B=1K=2^{10}$ 个，令 $y=10$
- 3. 需要几级页表 L : x 除以 y 向上取整
 - $[20/10]=2$
 - 所以 L 为 2，即需要 2 级页表

题型 2 : 8.10 教材讲解

- Page 4KB , PTE 4B 虚拟地址 64 位 , 顶级页表在一页内存放 , 需要多少级页表 ?
- $(64-12)/10 < 6$

题型 1 : 练习

川大 2015

2. (10 分) 一个计算机存储系统中有物理内存 8GB, 采用请求分页存储管理技术。页框大小设计为 8KB, 页表中每个页表项大小为 4Byte。

(1) 如果需要映射一个 46 位的虚拟地址空间, 为了使得每张页表能存储进单独离散的一个页框中, 此虚拟存储管理系统需要设计为几级页表机制? 请说明原因。

(2) 如果请你来设计页表表项 PTE (Page Table Entry), 请问你将如何来设计? (如表项中包含哪些字段, 各字段分别如何设置)

不做, 答案见后

- 进程需要多少页表项
 - $2^{46}/2^{13}=2^{33}$ 个页表项, 令 $x=33$
- 2. 每页可存放多少页表项?
 - $8KB/4B=1K=2^{11}$ 个, 令 $y=11$
 - $x/y \leq 3$: 三级

题型 1 : 练习

川大 2015

- 某计算机有 64 位虚地址空间，页大小是 2048B. 每个页表项长为 4B。因为所有页表都必须包含在一页中，故使用 () 级页表

2. (7分) 试说明在分页内存管理系统中 TLB, 页表在地址变换过程中所起的作用。如果要实现请求分页内存管理, 页表中应该包含哪些内容? 他们的作用是什么?

2. 页表在地址变换过程中便于在内存中找到每个页面对应的物理块; TLB 用来存放当前访问的若干页表项, 加速地址变换的过程。

在请求分页内存管理中, 页表中应包含页号、物理块号、状态位、访问字段、修改位、外存地址。

状态位: 用于指示该页是否已调入内存。

访问字段: 用于记录本页在一段时间内被访问的次数, 或者记录本页最近已有多长时间未被访问。

修改位: 标识该页在调入内存后是否被修改过。

外存地址: 用于指出该页在外存上的地址。

题型 2 :

2009 请求分页管理系统计算题

页号	页框 (Page Frame) 号	有效位 (存在位)
0	120H	1
1	----	0
2	850H	1

页面大小为 4KB，一次内存的访问时间是 200ns，一次快表 (TLB) 的访问时间是 20ns，处理一次缺页的平均时间为 10^9ns (已含更新 TLB 和页表的时间)，进程的驻留集大小固定为二页，采用最近最久未使用置换算法 (LRU) 和局部置换策略。假设① TLB 初始为空；②地址转换时先访问 TLB，若 TLB 未命中，再访问页表 (忽略访问页表之后的 TLB 更新时间)；③有效位为 0 表示页面不在内存，产生缺页中断，缺页中断处理后，返回到产生缺页中断的指令处重新执行。

设有虚地址访问序列 2345H、1876H、258FH，请问：

- 依次访问上述三个虚地址，各需多少时间？给出计算过程。
- 基于上述访问序列，虚地址 1876H 的物理地址是多少？请说明理由。

请求分页管理系统计算题

- 页面大小为 4KB ，即 2^{12} ，
 - 页内偏移量占虚地址的低 12 位
 - 页号占剩余高 4 位。

地址	页号	offset
2345H	2	235H
1876H	1	876H
258FH	2	58FH

- **2345H**
- TLB 不命中，页表命中（内存读取），物理地址读取数据（内存）
- 20+200+200 ns

请求分页管理系统计算题

地址	页号	offset
2345H	2	235H
1876H	1	876H
258FH	2	58FH

- **1876H**
- TLB 不命中，页表不命中（无效位 0，内存读取），缺页处理，物理地址读取数据（内存）
- $20 + 200 + 10^9 + 200$ ns
- 替换 0 号页，沿用页框号 120H
- 虚地址 1876H 的物理地址是多少：120876H

请求分页管理系统计算题

地址	页号	offset
2345H	2	235H
1876H	1	876H
258FH	2	58FH

- **258F**
- TLB 命中，物理地址读取数据（内存）
- 20+200 ns

题型 2: 2010 年

- 设某计算机的逻辑地址空间和物理地址空间均为 64KB 按字节编址。若某进程最多需要 6 页 (Page) 数据存储空间，页的大小为 1KB 操作系统采用固定分配局部置换策略为此进程分配 4 个页框 (Page Fame。在时刻 260 之前该进程访问情况如下表所示：

(访问位用 1 表示，0 表示)

页号	页框号	装入时刻	访问位
0	7	130	1
1	4	230	1
2	2	200	1
3	9	160	1

- 当该进程执行到时刻 260 时，要访问逻辑地址为 17CAH 的数据，请问答下列问题：

题型 2: 2010 年

- (1) 该逻辑地址对应的页号是多少？
 - (2) 若采用先进先出 (FIFO) 置换算法，该逻辑地址对应的物理地址是多少？要求给出计算过程。
 - (3) 若采用时钟 (CLOCK) 置换算法，该逻辑地址对应的物理地址是多少？要求给出计算过程。（设搜索下一页的指针沿顺时针方向移动，且当前指向 2 号页框）
-
- 17CAH 页为 1k，故 offset10bit，因此
 - 0001 0111 1100 1010 蓝色部分为页号即 5
-
- FIFO，则 130 时刻 0 页换出，260 时刻 5 页换入，页根号不变。物理地址
 - 0001 1111 1100 1010 即 1FCAH
-
- 时钟法最后填入一页为 260，故目前指针指向其下方页号 2 的那一项，目前 use 位全部为零，因此需要全部遍历并将 use 清零，之后遇到的第一个 use 为 0 项被替换，就是页号 2 的那一项。故替换后根号为 2
 - 0000 1011 1100 1010 即 0x0BCAH

题型 3: 2012 年

- 某请求分页系统的局部页面置换策略如下：系统从 0 时刻开始扫描，每隔 5 个时间单位扫描一轮驻留集（扫描时间忽略不计），本轮没有被访问过的页框将被系统回收，并放入到空闲页框链尾，其中内容在下一次被分配之前不被清空。当发生缺页时，如果该页曾被使用过且还在空闲页框链表中，则重新放回进程的驻留集中；否则，从空闲页框链表头部取出一个页框。假设不考虑其他进程的影响和系统开销，初始时进程驻留集为空。目前系统空闲页框链表中页框号依次为 32、15、21、41。进程 P 依次访问的 < 虚拟页号，访问时刻 > 是：
： < 1, 1 >、< 3, 2 >、< 0, 4 >、< 0, 6 >、< 1, 11 >、< 0, 13 >、< 2, 14 >。请回答下列问题。
- (1) 当虚拟页为 <0,4> 时，对应的页框号是什么？
- (2) 当虚拟页为 <1,11> 时，对应的页框号是什么？说明理由。
- (3) 当虚拟页为 <2,14> 时，对应的页框号是什么？说明理由。
- (4) 这种方法是否适合于时间局部性好的程序？说明理由。

题型 3: 2012 年

- $\langle 1, 1 \rangle$ 、 $\langle 3, 2 \rangle$ 、 $\langle 0, 4 \rangle$ 、 $\langle 0, 6 \rangle$ 、 $\langle 1, 11 \rangle$ 、 $\langle 0, 13 \rangle$ 、 $\langle 2, 14 \rangle$ 。
- (1) 当虚拟页为 $\langle 0, 4 \rangle$ 时，对应的页框号是什么？
 - 从空闲链表依次取，对应第三个即 21
- (2) 当虚拟页为 $\langle 1, 11 \rangle$ 时，对应的页框号是什么？说明理由。
 - 32，因为 $\langle 1, 1 \rangle$ 对应 32，虽然在时刻 5, 10 被放入空闲链表，但忽略其它进程影响，该页依然在空闲链表，直接恢复即可。
- (3) 当虚拟页为 $\langle 2, 14 \rangle$ 时，对应的页框号是什么？说明理由。
 - $\langle 1, 11 \rangle$ 、 $\langle 0, 13 \rangle$ 均会从空闲链表恢复，故 $\langle 2, 14 \rangle$ 应当从原来空闲链表第四项中分配，即 41
- (4) 这种方法是否适合于时间局部性好的程序？说明理由。
 - 是的，因为 LRU，反映的是最近最不常用，和局部性对应

题型 4 : 2013

- 46.(8 分) 某计算机主存按字节编址，逻辑地址和物理地址都是 32 位，页表项大小为 4 字节。请回答下列问题。
- (1) 若使用一级页表的分页存储管理方式，逻辑地址结构为：

页号(20位)	页内偏移量(12位)
---------	------------

- 则页的大小是多少字节？页表最大占用多少字节？

(1) 因为页内偏移量是 12 位，所以页大小为 4 KB，(1 分) 页表项数为 $2^{32}/4K=2^{20}$ ，该一级页表最大为 $2^{20} \times 4B=4MB$ 。(2 分)

题型 4 : 2013

- 46.(8 分) 某计算机主存按字节编址，逻辑地址和物理地址都是 32 位，页表项大小为 4 字节。请回答下列问题。
- (2) 若使用二级页表的分页存储管理方式，逻辑地址结构为：

页目录号(10位)	页表索引(10位)	页内偏移量(12为)
-----------	-----------	------------

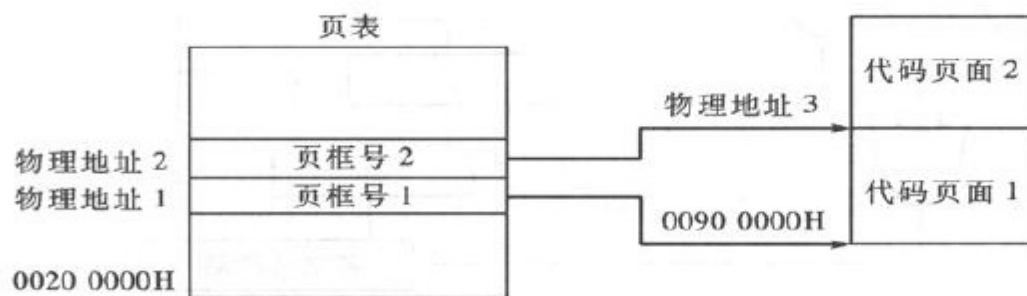
- 设逻辑地址为 LA，请分别给出其对应的页目录号和页表索引的表达式。

(2) 页目录号可表示为： $((\text{unsigned int})(\text{LA})) \gg 22 \& 0\text{X}3\text{FF}$ 。(1 分)

页表索引可表示为： $((\text{unsigned int})(\text{LA})) \gg 12 \& 0\text{X}3\text{FF}$ 。(1 分)

题型 4 : 2013

(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8KB，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。



(3)代码页面1的逻辑地址为0000 8000H，表明其位于第8个页处，对应页表中的第8个页表项，所以第8个页表项的物理地址=页表起始地址+8×页表项的字节数：
 $00200000H + 8 \times 4 = 0020\ 0020H$ 。由此可得如下图所示的答案。(3分)



一页 4K 即 2^{12} 即 1 0000 0000 0000 即 0x1000H
 故物理页为 0090 0000H、 0090 1000H