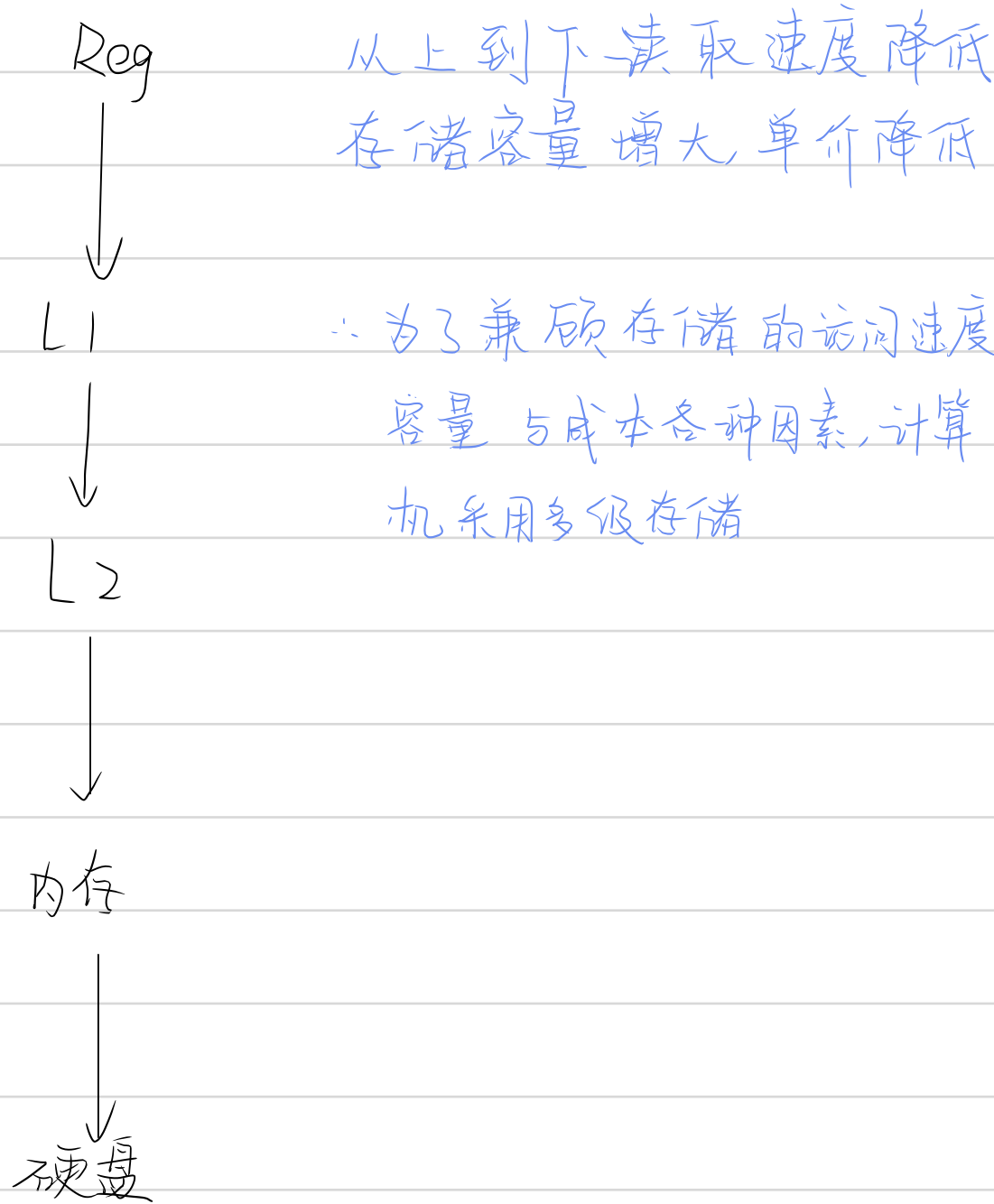


第4章习题

1. 简述现代计算机系统需要存储层级的原因。



2. 在页式虚拟存储中, 过大或过小的页分别会引起什么问题?

页太小会导致页表太长, 占用太多内存空间  
并且每次运行进程需要查找的页表数很多

页太大会导致进程与进程对页的利用率下降

3. 页表条目除了保存物理页号外, 一般还包含各种状态和权限标记位。它们为内存访问提供了各种细粒度的控制。例如, RISC-V 指令集的 Sv32 页表条目具有如下的形式:

31	20	19	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PPN[1]	PPN[0]	RSW	D	A	G	U	X	W	R	V			
12	12	2	1	1	1	1	1	1	1	1			
Physical page number													

- 1) 查阅 RISC-V 规范, 简要描述上述条目中的位 7 至位 0 具有什么功能。
- 2) 结合上述功能讨论: 如果用户进程能够自由修改自己的页表, 会发生什么问题?
- 3) 在 RISC-V 的虚拟内存管理中, 一个 X/W/R 位全部为 0 的有效页表条目有什么含义?

32 位地址空间 → 4KB/页

1). V: 表示 PTE 是否有效。若 V=0, 则 PTE 无效, 即 PTE 中其余的信息不起作用

X	W	R	
0	0	0	PTE 指向下一级页表
0	0	1	该页只读
0	1	0	保留到之后使用
0	1	1	可读可写
1	0	0	只能执行
1	0	1	可读可执行
1	1	0	保留到之后使用
1	1	1	可读可写可执行

U: u-mode 是否可以访问页面, U=1 可以

G: 表示一个全局映射

A: 从上次清除后, page 已被读/写/求指过

D: 从上次清除后, page 已被写过 (页从外部被载入后又被写过, 需要复制到外部存储空间更新该页内容)

2). 会使虚拟地址向物理地址的映射发生混乱

并且上述功能位如果被修改可能会导致页内容错误

3). 全 0 表示该条目指向下一级页表

4. RISC-V 的物理内存保护 (PMP) 机制允许硬件线程为特定的物理内存区域指定访问权限, 其配置寄存器有如下形式:

7	6	5	4	3	2	1	0
L(WARL)	U(WARL)	A(WARL)	X(WARL)	W(WARL)	R(WARL)		
1	2	2	1	1	1		

查阅 RISC-V 规范, 回答以下问题:

- 1) 在页表条目中已经存在 X/W/R 位的情况下, PMP 控制寄存器中的 X/W/R 位有什么作用?
- 2) 说明 PMP 配置寄存器中的 L 和 A 位有什么作用。

1) PMP 控制不同模式下的内存 XWR

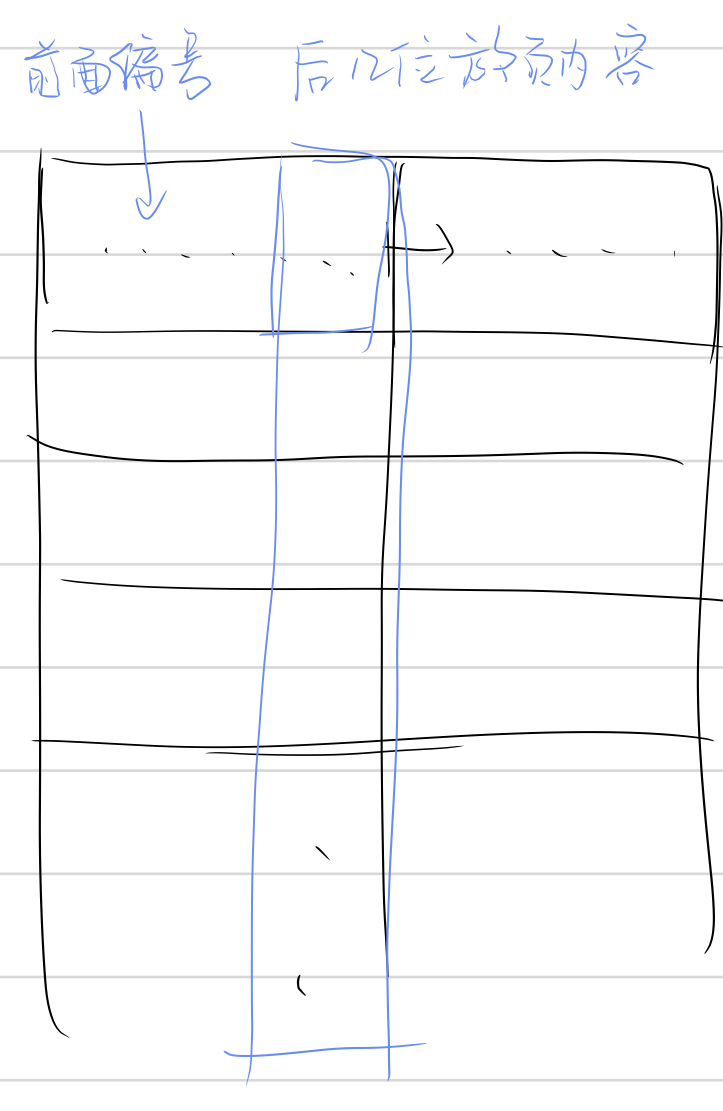
页表控制某页对应的物理内存内容的 XWR

2) L:  $\begin{cases} = 0, & \text{PMP 条目解锁, 并且只对 s/u-mode 适用, 机器模式不受限制} \\ = 1, & \text{PMP 条目对所有模式都适用, 并且对 pmpcfg 和 pmpfj 的写入被忽略, 只有在系统复位时可被清除} \end{cases}$

A:  $\begin{cases} = 00, & \text{PMP 条目失效, 任何级别模式都不受限制} \\ = 01, & \text{PMP 条目所对应的物理地址范围为前一条目地址寄存器中的地址到当前条目地址寄存器中的地址, 若当前为第 1 条, 地址从 0 开始} \\ = 10, & \text{此时地址寄存器中的地址为 } y_0 \dots y_4 \text{ 开始的 4 个字节} \\ = 11, & \text{从地址寄存器的低位开始寻找连续 1 的个数 (记为 n), 地址范围为 } y_0 \dots 000 \dots 0 \text{ 开始的 } 2^{(n+1)} \text{ 个字节} \end{cases}$

5. 回答以下问题:

- 1) 如果页大小为 4KB, 每个页表条目使用 8 字节空间, 内存系统按字节寻址, 则使用完整的 64 位虚拟地址时, 一个多级页表系统需要多大的空间用于存储页表?
- 2) 实际上, 多数真实系统仅限制使用 64 位系统的一部分位作为有效的访存空间, 例如 Sv48 即仅使用 48 位的虚拟地址空间, 则保持其他假设不变时, 一个单级页表系统存储页表所需要的空间被降低到多少?
- 3) 多级页表为什么可以降低虚拟内存系统的实际页表存储开销?



1). 页: 4KB =  $2^{12}$ B → 占 12 位  
∴ 共 64 位 → 剩 52 位  
∴ 共  $2^{52}$  个页表条目 (若连续情况)  
∴ 一个页表占了  $2^{25}$ B  
又一个页  $2^{12}$ B  
∴ 一个页表要  $2^{42}$ B 的连续空间来存储

2).  $2^{48}$ B

3) 和 5 和 的关系

例: 在 2) 中, 对剩余的 52 位, 使用 2 级页表  
则每级页表需存放  $2^{26}$  个条目  
∴ 总页表占空间量为  $2^{26} \cdot 2^3 \cdot 2 = 2^{30}$ B  
远小于  $2^{42}$