

## Homework 13 — June 21

Lecturer: Ke Zhang

Completed by: 吉骏雄

《计算机组成原理》(唐朔飞版) 课后习题 4.28, 4.29, 4.32, 4.38, 4.39

4.28 设主存容量为 256K 字, Cache 容量为 2K 字, 块长为 4.

- (1) 设计 Cache 地址格式, Cache 中可装入多少块数据?
- (2) 在直接映射方式下, 设计主存地址格式.
- (3) 在四路组相联映射方式下, 设计主存地址格式.
- (4) 在全相联映射方式下, 设计主存地址格式.
- (5) 若存储字长为 32 位, 存储器按字节寻址, 写出上述三种映射方式下主存的地址格式.

解

- (1) Cache 一共有  $2K = 2^{11}$  个字, 块长为  $4 = 2^2$ , 需要 2 位地址编号, 剩余的  $11 - 2 = 9$  位用于标记, 共有  $2^9 = 512$  个块. 地址格式为前 9 位标记, 后 2 位块内地址.
- (2) 主存地址的字长为  $\log 256K = \log 2^{18} = 18$ , 因此除了 9 位 Cache 块地址和 2 位块内地址外, 还有  $18 - 11 = 7$  位主存内字块标记. 直接映射方式下, 主存地址格式为前 7 位主存内字块标记, 中间 9 位 Cache 块地址, 后 2 位块内地址.
- (3) 四路组相联映射方式下, 因为有 4 个块被放至同一集合的不同路中, 组地址比直接映射少了两个地址字长, 因此主存地址格式为前 9 位主存内字块标记, 中间 7 位组地址, 后 2 位块内地址.
- (4) 全相联映射方式下, 因为每个块都可以放在任意一路中, 因此主存地址格式为前 16 位主存内字块标记, 后 2 位块内地址.
- (5) 存储字长  $32 = 8 \times 4$ , 因此一个存储字长需要另外的  $\log 4 = 2$  个字节来编址. 于是三种结果分别如下:  
直接映射方式下, 主存地址格式为前 7 位主存内字块标记, 中间 9 位 Cache 块地址, 后 4 位块内地址.  
四路组相联映射方式下, 主存地址格式为前 9 位主存内字块标记, 中间 7 位组地址, 后 4 位块内地址.  
全相联映射方式下, 主存地址格式为前 16 位主存内字块标记, 后 4 位块内地址.

4.29 假设 CPU 执行某段程序时共访问 Cache 命中 4800 次, 访问主存 200 次, 已知 Cache 的存取周期是 30ns, 主存的存取周期是 150ns, 求 Cache 的命中率以及 Cache-主存系统的平均访问时间和效率, 试问该系统的性能提高了多少?

解

Cache 的命中率为  $\frac{4800}{4800+200} \times 100\% = 96\%$ .

Cache-主存系统的平均访问时间为  $96\% \times 30 + 4\% \times 150 = 34.8 \text{ ns}$ .

Cache-主存系统的效率为  $\frac{30}{34.8} \times 100\% = 86.2\%$ .

如果没有 Cache, 平均访问时间为  $150 \text{ ns}$ .

因此该系统的性能提高了  $\frac{150}{34.8} - 1 = 3.31$  倍.

**4.32** 设某机主存容量为 4MB, Cache 容量为 16KB, 每字块有 8 个字, 每字 32 位, 设计一个四路组相联映射 (即 Cache 每组内共有 4 个字块) 的 Cache 组织.

- (1) 画出主存地址字段中各段的位数.
- (2) 设 Cache 的初态为空, CPU 依次从主存第 0, 1, 2,  $\dots$ , 89 号单元读出 90 个字 (主存一次读出一个字), 并重复按此次序读 8 次, 间命中率是多少?
- (3) 若 Cache 的速度是主存的 6 倍, 试问有 Cache 和无 Cache 相比, 速度约提高多少倍?

解

- (1) 由于 Cache 的容量为 16KB, 每字块有 8 个字, 每字 32 位, 另有 4 路组相联结构, 因此 Cache 共有  $\log 16K - \log 8 - \log \frac{32}{8} - \log 4 = 14 - 3 - 2 - 2 = 7$  个字块, 需要 7 位组地址编号, 5 位块内地址编号, 剩余的  $22 - 7 - 5 = 10$  位用于标记. 主存地址格式为前 10 位主存块标志, 中间 7 位组地址, 后 5 位块内地址.

表 13.1. 主存地址字段中各段的位数

主存块标志	组地址	块内地址
10 位	7 位	5 位

- (2) Cache 的块地址一共有 7 位, 因此一共有  $2^7 = 128$  个块, 这些块足够把连续的 90 个字存入. 对于第 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88 个字的读取时, Cache 需要每次从主存中获取 8 个单元 (字) 的数据, 而其他时候都能保证 Cache 命中 (包括后续的重复读取, 因为并没有出现需要驱逐 Cache 数据的情况). 因此 Cache 的命中率为  $\frac{8 \times 90 - 12}{8 \times 90} \times 100\% = \frac{59}{60} = 98.33\%$ .

- (3) 若 Cache 的速度是主存的 6 倍, 试问有 Cache 和无 Cache 相比, 速度约提高多少倍?

有 Cache 的平均读取时间:  $\frac{59}{60} \times t + \frac{1}{60} \times 6t = \frac{13}{12}t = 1.083t \text{ ns}$ .

无 Cache 的平均读取时间:  $6t \text{ ns}$ .

速度提高的倍数:  $\frac{6}{\frac{13}{12}} - 1 = 4.538$  倍.

**4.38** 磁盘组有 6 片磁盘, 最外两侧盘面可以记录, 存储区域内径 22cm, 外径 33cm, 道密度为 40 道/cm, 内层密度为 400 位/cm, 转速 3600r/min.

- (1) 共有多少存储面可用?
- (2) 共有多少柱面?

(3) 盘组总存储容量是多少?

(4) 数据传输率是多少?

解

(1) 因为题目说最外两侧盘面可以记录, 因此共有  $6 \times 2 = 12$  个盘面可用.

(2) 盘面的道密度为 40 道/cm, 由于内径/外径两个直径之间的差值包含同一条磁道两次, 所以有效长度为  $\frac{33-22}{2} = 5.5$  cm, 因此每个盘面共有  $5.5 \times 40 = 220$  道, 因此也有 220 个柱面.

(3) 每个盘面的内层密度为 400 位/cm, 内层磁道周长为  $\pi \times 22 = 69.12$  cm, 因此每个磁道的容量为  $69.12 \times 400 = 27648$ , 因此盘组总存储容量为  $27648 \times 12 \times 220 = 72990720 = 9123840$  B.

(4) 数据传输率为  $\frac{3600}{60} \times 27648 = 1658880$  位/s = 207360 B/s = 202.5 KB/s.

**4.39** 某磁盘存储器转速为 3000r/min, 共有 4 个记录盘面, 每毫米 5 道, 每道记录信息 12288 字节, 最小磁道直径为 230mm, 共有 275 道, 求:

(1) 磁盘存储器的存储容量.

(2) 最高位密度 (最小磁道的位密度) 和最低位密度.

(3) 磁盘数据传输率.

(4) 平均等待时间.

解

(1) 磁盘存储器的存储容量为  $4 \times 275 \times 12288 = 13516800$  B = 13200 KB  $\approx$  12.89 MB.

(2) 有效长度为  $\frac{275}{5} = 55$  mm, 因此外径为  $230 + 55 \times 2 = 340$  mm.

最高位密度为  $\frac{12288 \times 8}{\pi \times 340} \approx 92.033$  /mm.

最低位密度为  $\frac{12288 \times 8}{\pi \times 230} \approx 136.048$  /mm.

(3) 数据传输率为  $\frac{3000}{60} \times 12288 = 614400$  B/min = 600 KB/min.

(4) 平均等待时间为  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3000} \times 60 = 0.01$  s = 10 ms.