

1. 习题 6

处理器访存有局部空间局部性，地址中间位取值变化范围较大，而高位变化较小，所以高位更适合作位寻址（~~何谓高位~~），而低位作索引用于区位组的不同块。

如果高位作索引，在~~组数~~较少的情况下，可能使缓存冲突发生次数增多。

2. 习题 7

~~缓存每不相联的组大小和与线存每组的大小和页式虚拟存储器每页的大小相等，可以降低硬件逻辑复杂度，使缓存结构和页式虚拟存储器结构更相似，降低硬件逻辑的复杂度。~~

3. 习题 8

$$1) 1 \times (1 - 3\%) + 110 \times 3\% = 4.27 \text{ 周期}$$

$$2) \text{命中率} = \frac{64 \times 2^10}{2^{30}} = \frac{1}{2^{14}} = 512.0 + 001 = 512.0 + 69 - 1152.0 = AT$$
$$1 \times \frac{1}{2^{14}} + 110 \times (1 - \frac{1}{2^{14}}) = 109.99 \text{ 周期} \approx 110 \text{ 周期}$$

3) 若程序访存没有局部性，则高速缓存不能减少访存周期数，反而提高了硬件复杂度反而降低性能

但若利用程序访存局部性，高速缓存可以极大减少访存周期数，提高性能

$$4) x + 110(1-x) < 105$$

$$x > \frac{5}{109} \approx 4.6\%$$

即命中率大于 4.6% 才能获得性能收益

4. 习题 9

编号	地址位数 Bit	缓存大小 KB	块大小 Byte	相联表 组数量	组索引位数 Bit	标签位数 Bit	偏移位数 Bit
1	32	4	64	2	32	21	6
2	32	4	64	8	8	23	6
3	32	4	64	16 相联	1	26	6
4	32	16	64	1	256	8	6
5	32	16	128	2	64	19	7
6	32	64	64	4	256	8	6
7	32	64	64	16	64	20	6
8	32	64	128	16	32	5	7

5. 习题 10

$$1) T_A = 0.22 + (1-P_1) + (100 + 0.22)P_1 = (0.22 + 100P_1) \text{ ns}$$

$$T_B = 0.52 + (1-P_2) + (100 + 0.52)P_2 = (0.52 + 100P_2) \text{ ns}$$

$$\text{令 } T_A < T_B \quad \text{即 } 0.22 + (1-P_1) + (100 + 0.22)P_1 < 0.52 + (1-P_2) + (100 + 0.52)P_2$$

$$\text{得 } P_1 - P_2 < 0.003$$

$$2) T_A = (0.22 + 0.22kP_1) \text{ ns}$$

$$T_B = (0.52 + 0.52kP_2) \text{ ns}$$

$$\text{令 } T_A < T_B$$

$$\text{得 } 11P_1 - 26P_2 < \frac{15}{k}$$

6. 习题11 块地址 16位

直接映射：组数16，索引4位，标签12位

2路组相联：组数8，索引3位，标签13位

4路组相联：组数4，索引2位，标签14位

8路组相联：组数2，索引1位，标签15位

$$0 \times 1001 = 0001\ 0000\ 0000\ 0001 \quad (\text{二进制}) \text{ 请求①}$$

$$0 \times 1005 = 0001\ 0000\ 0000\ 0101 \quad ②$$

$$0 \times 1021 = 0001\ 0000\ 0010\ 0001 \quad ③$$

$$0 \times 1045 = 0001\ 0000\ 0100\ 0101 \quad ④$$

$$0 \times 1305 = 00010011\ 0000\ 0101 \quad ⑤$$

$$0 \times 20e5 = 00101110\ 1110\ 0101 \quad ⑥$$

$$0 \times ff05 = 1111\ 1111\ 0000\ 0101 \quad ⑦$$

(1) 直接映射

解 ①存入，②存入，③存入，④存入，⑤⑥⑦替换，替换3次

①~⑦地址全不同，索引重複较多，替换次数多，为5次

(2) 2路组相联

①存入，②存入，③存入，④存入，⑤⑥⑦替换，替换3次

(3) 4路组相联

①存入，②存入，③存入，④存入，⑤存入，⑥存入，⑦替换，替换3次

(4) 8路组相联

不会发生替换

综上，直接映射、2路、4路、8路组相联 替换次数分别

为 5, 3, 3, 0

7. 题目 12

前块存 4 个 int 32-bit，组内偏移 4 位

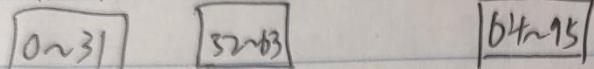
A: 组数 8, 索引 3 位 B: 组数 16 索引 4 位

$\&array[0] \sim \&array[31]$: 0 ~ 0000 0111 1100

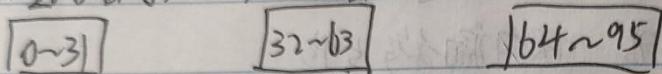
$\&array[32] \sim \&array[63]$: 0000 1000 0000 ~ 0000 1111 1100

$\&array[64] \sim \&array[95]$: 0001 0000 0000 ~ 0001 0111 1100

A: $i=0$ 第 1 路写 第 2 路写 第 1 路替换 缺失率 $\frac{1}{4}$



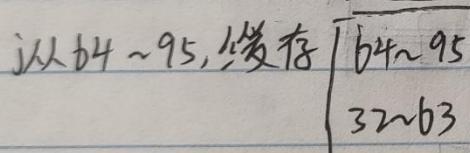
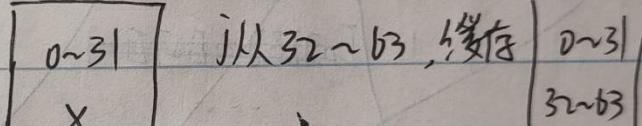
$i=1$ 第 2 路替换 第 1 路替换 第 2 路替换 缺失率 $\frac{1}{4}$



i 继续增加, 缺失率均为 $\frac{1}{4}$

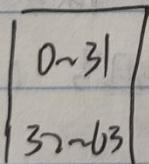
所以缺失率 25%

B: $i=0$; j 从 $0 \sim 31$, 缓存

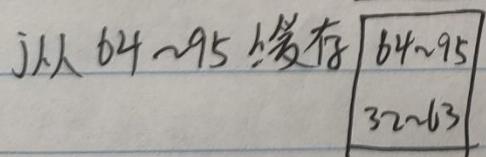


缺失率 $\frac{1}{4}$

$i=1$, j 从 $0 \sim 31$, 缓存



, j 从 $32 \sim 63$ 命中,



缺失率 $\frac{1}{4} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{6}$

i 继续增加, 仍为 $\frac{1}{6}$, 所以缺失率 $\frac{1}{4} + \frac{1}{6} \times 99 / 100 = 16.75\%$

综上, A 缓存缺失率 25%, B 缓存缺失率 16.75%.

8. 习题 13

$A[i][q], A[i][q+1]$ 相邻，把 i 放置于内层循环中，优化后代码如下：

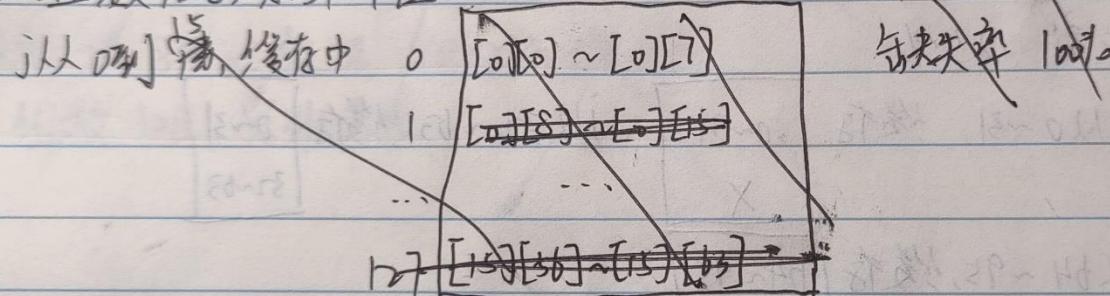
```
for (int j=0; j<128; j++) {  
    for (int i=0; i<b4; ++i) {  
        A[j][i] = A[j][i] + 1;  
    }  
}
```

9. 习题 14

假设 A 定义为 $A[int A[128][64];]$

32 字节块，每块 8 个 int 数据，块内偏移 5 位

1) 组数 128，索引 7 位



j 从 17 到 31，优化前：i > 0,

j 从 0 到 15，内存中

0	$[0][0] \sim [0][7]$	缺失率 100%
1	X	组号 0, 8, 16, ... 写入了数据
...	X	
76	X	
77	$[1][0] \sim [1][7]$	
...		

j 从 16~127 同理，缺失率 100%，重覆覆盖 0, 8, 16, ... 的数据

然后 $i=1$, j 从 0 到 127, 同理, ~~每组号 1, 9, 17, ... 导入数据且全部缺失~~
 i 继续增加, 同理, 所以总缺失次数 $128 \times 64 = 8192$ (读缺失, 写不缺失)

优化后: $i=0$,

从 0~7, 缺失 1 次

从 8~15, 缺失 1 次, …, 从 56~63, 缺失 1 次

一直到 $j=15$, 同理

$j=16$ 时, 替换 $j=0$ 存入的数据, 缺失次数与 $j=0$ 同理

j 继续增大, 仍然同理, 所以总缺失次数 $128 \times 8 = 1024$ (读缺失, 写缺失)

综上, 优化前缺失 8192 次, 优化后缺失 1024 次

2) 优化前组数 1, 不需要索引, 一共 128 路

优化前: $i=0$

j 从 0 到 $\lceil \frac{127}{8} \rceil$, 存在中 路 0 $[0][0] \sim [0][7]$

路 1 $[1][0] \sim [1][7]$

…

路 127 $[127][0] \sim [127][7]$, 全部缺失

从 1 到 7, 不缺失

从 8 开始, 与 $i=0$ 同理, 所以总缺失次数 $\frac{64}{8} \times 128 = 1024$

优化后: 每 8 次读取缺失 1 次, 所以总缺失次数 $\frac{1}{8} \times 64 \times 128 = 1024$

综上, 优化前后缺失次数均为 1024 次

3) 优化前: $\frac{8 \times 128 \times 32}{2^{10}} \text{ KB} = 32 \text{ KB}$

优化后: 只需要 32 B

PP 优化前需要 32 KB 容量, 优化后只需要 32 B

10. 习题 15

每个块 4 个 int 数据，组数为 2

忽略块内偏移，二进制表示的地址：其中最后一位是索引

$\text{input}[0]$ 0000 $\text{output}[0]$ 0100

$\text{input}[1]$ 0001 $\text{output}[1]$ 0101

$\text{input}[2]$ 0010 $\text{output}[2]$ 0110

$\text{input}[3]$ 0011 $\text{output}[3]$ 0111

	input 数组				output 数组			
	列 0	列 1	列 2	列 3	列 0	列 1	列 2	列 3
行 0	miss	miss	hit	miss	miss	miss	miss	miss
行 1	miss	hit	miss	hit	miss	miss	miss	miss
行 2	miss	miss	hit	miss	miss	miss	miss	miss
行 3	miss	hit	miss	hit	miss	miss	miss	miss

11. 习题 16

D 每个块 4 个 int 数据，组数为 16，索引 4 位，~~表~~

$\&\text{input}[0][0]$ 0 000000 $\&\text{input}[1][0]$ 1 000000 } (忽略块内偏移，二进制)

$\&\text{input}[0][4]$ 0 000001 $\&\text{input}[1][4]$ 1 000001 }

(32 行)

$\&\text{input}[0][124]$ 0 11111 $\&\text{input}[1][124]$ 1 11111 }

其中 $\&\text{input}[0][60]$: 0 01111 $\&\text{input}[1][60]$ 1 01111

从 0 到 63, $\text{input}[0][i]$ 和 $\text{input}[1][i]$ 存在两路中，命中率 $\frac{3}{4}$

从 64 到 127, $\text{input}[0][i]$ 和 $\text{input}[1][i]$ 替换原来缓存中内容，命中率 $\frac{3}{4}$

所以执行上述程序命中率为 75 %

2) 增加总大小不能改善命中率，

两路组相联，一个块只能存 4 个数据，且并没有数据复用
所以命中率保持 75% 而不会增加

3) 可以改善增加块大小可以改善命中率

保持两路组相联的情况下，增加块大小，每个块存更多 int
数据，可以增大两次缺失的间隔中的缓存命中次数。