

本节内容

Cache-主存
映射方式

王道考研/CSKAOYAN.COM

1

有待解决的问题

Cache块号

0

1KB

1

1KB

2

1KB

...

...

6

1KB

7

1KB

Cache (8KB)

块

主存块号

0

1KB

1

1KB

2

1KB

3

1KB

...

.....

4093

1KB

4094

1KB

4095

1KB

主存 (4MB)

注意：每次被访问的主存块，一定会被立即调入Cache

主存的地址共22位：

块号	块内地址
12位	10位

$4M=2^{22}$, $1K=2^{10}$
整个主存被分为 $2^{12} = 4096$ 块

- 如何区分 Cache 与 主存 的数据块对应关系？
- Cache 很小，主存很大。如果Cache满了怎么办？
- CPU修改了Cache中的数据副本，如何确保主存中数据母本的一致性？

——Cache和主存的映射方式

——替换算法

——Cache写策略

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

有“标记”就够了？

还要增加“有效位”

二进制表示，初始都为0

有效位 标记

1	9	0
1	8	1
1	5	2
0	0	3
0	0	4
0	0	5
0	0	6
1	0	7

本节总览

如何区分Cache中存放的是哪个主存块？

给每个Cache块增加一个“标记”，记录对应的主存块号？

主存

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Cache

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

主存

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Cache

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

主存

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Cache

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

第0组
第1组
第2组
第3组

(a) 全相联映射

主存块可以放在Cache的任意位置

(b) 直接映射

每个主存块只能放到一个特定的位置：
Cache块号=主存块号 % Cache总块数

(c) 组相联映射

Cache块分为若干组，每个主存块可放到特定分组中的任意一个位置
组号=主存块号 % 分组数

王道考研/CSKAOYAN.COM

3

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

即Cache块，与主存块的大小相等

256M=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位

Cache

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Cache: 8×64B = 512B

块号 主存

0	
1	
2	
⋮	
2 ²² -3	
2 ²² -2	
2 ²² -1	

每个主存块的地址范围

0...0000000000 ~ 0...0000111111
0...0001000000 ~ 0...0001111111
0...0010000000 ~ 0...0010111111
⋮
1...1101000000 ~ 1...1101111111
1...1110000000 ~ 1...1110111111
1...1111000000 ~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

4

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

配套课程请加微信：tt19222222，关注微信公众号（研者荣耀）获取更多考研资源

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。
即Cache块，与主存块的大小相等

Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
0	0	64B	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	1	64B	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	2	64B	0...0010000000 ~ 0...0010111111
3		⋮	
4		⋮	
5		⋮	
6	2 ²² -3	64B	1...1101000000 ~ 1...1101111111
7	2 ²² -2	64B	1...1110000000 ~ 1...1110111111
	2 ²² -1	64B	1...1111000000 ~ 1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。
即Cache块，与主存块的大小相等

有效位	标记(22位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0	0		0...0000000000 ~ 0...0000111111
0		1	1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
0		2	2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
0		3		⋮	
0		4		⋮	
0		5		⋮	
0		6	2 ²² -3		1...1101000000 ~ 1...1101111111
0		7	2 ²² -2		1...1110000000 ~ 1...1110111111
0			2 ²² -1		1...1111000000 ~ 1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

6

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

即Cache块，与主存块的大小相等

有效位

0

0

0

0

0

0

0

0

标记(22位)

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

每个主存块的地址范围

0...0000000000~ 0...0000111111

0...0001000000~ 0...0001111111

0...0010000000~ 0...0010111111

1...1101000000~ 1...1101111111

1...1110000000~ 1...1110111111

1...1111000000~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

7

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

即Cache块，与主存块的大小相等

有效位

0

0

0

1

0

0

0

0

标记(22位)

0...0000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

每个主存块的地址范围

0...0000000000~ 0...0000111111

0...0001000000~ 0...0001111111

0...0010000000~ 0...0010111111

1...1101000000~ 1...1101111111

1...1110000000~ 1...1110111111

1...1111000000~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

8

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。
即Cache块，与主存块的大小相等

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

有效位

0

0

0

1

0

0

0

0

标记(22位)

0...0000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

⋮

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

每个主存块的地址范围

0...0000000000~ 0...0000111111

0...0001000000~ 0...0001111111

0...0010000000~ 0...0010111111

⋮

1...1101000000~ 1...1101111111

1...1110000000~ 1...1110111111

1...1111000000~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

9

全相联映射（随意放）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。
即Cache块，与主存块的大小相等

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

有效位

0

1

0

1

0

0

0

0

标记(22位)

1...1101

0...0000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

⋮

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

每个主存块的地址范围

0...0000000000~ 0...0000111111

0...0001000000~ 0...0001111111

0...0010000000~ 0...0010111111

⋮

1...1101000000~ 1...1101111111

1...1110000000~ 1...1110111111

1...1111000000~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

10

王道考研/CSKAOYAN.COM

5

配套课程请加微信：tt19222222，关注微信公众号（研者荣耀）获取更多考研资源

“全相联映射”如何访存？

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

即Cache块，与主存块的大小相等

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

有效位 标记(22位) Cache CPU 访问主存地址 1...11010011110: 块号 主存 每个主存块的地址范围

有效位	标记(22位)	Cache	CPU 访问主存地址 1...11010011110:	块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0		0		0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	1...1101	1	①主存地址的前22位, 对比Cache中所有块的标记;	1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
0		2		2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
1	0...0000	3	②若标记匹配且有效位=1, 则Cache命中, 访问块内地址为 001110 的单元。		:	
0		4			:	
0		5	③若未命中或有效位=0, 则正常访问主存	2 ²² -3		1...1101000000 ~ 1...1101111111
0		6		2 ²² -2		1...1110000000 ~ 1...1110111111
0		7		2 ²² -1		1...1111000000 ~ 1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

11

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的位置=主存块号%Cache总块数

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

Cache	主存	每个主存块的地址范围
0	0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
3	⋮	
4		
5	2 ²² -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
6	2 ²² -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
7	2 ²² -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

12

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的位置=主存块号%Cache总块数

有效位

1

0

0

0

0

0

0

0

标记(22位)

0...0000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

⋮

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

0

1

2

⋮

2²²-3

2²²-2

2²²-1

每个主存块的地址范围

0...0000000000~0...0000111111

0...0001000000~0...0001111111

0...0010000000~0...0010111111

⋮

1...1101000000~1...1101111111

1...1110000000~1...1110111111

1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

13

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的位置=主存块号%Cache总块数

有效位

1

0

0

0

0

0

0

0

标记(22位)

0...0000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

Cache: 8×64B = 512B

块号

0

1

2

⋮

8

2²²-3

2²²-2

2²²-1

主存

0

1

2

⋮

8

2²²-3

2²²-2

2²²-1

每个主存块的地址范围

0...0000000000~0...0000111111

0...0001000000~0...0001111111

0...0010000000~0...0010111111

⋮

1...1101000000~1...1101111111

1...1110000000~1...1110111111

1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

14

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的位置=主存块号%Cache总块数

主存块号	块内地址
22位	6位

有效位

1
0
0
0
0
0
0
0

标记(22位)

0...01000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

主存块号%2³，相当于留下最后三位二进制数

8

能否优化标记?

缺点：其他地方有空闲Cache块，但是8号主存块不能使用

Cache: 8×64B = 512B

块号

0
1
2
8
2²²-3
2²²-2
2²²-1

主存

0

1

2

8

2²²-3

2²²-2

2²²-1

每个主存块的地址范围

0...0000000000~0...0000111111
0...0001000000~0...0001111111
0...0010000000~0...0010111111
1...1101000000~1...1101111111
1...1110000000~1...1110111111
1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

15

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的位置=主存块号%Cache总块数

主存块号	块内地址
22位	6位

有效位

1
0
0
0
0
0
0
0

标记(22位)

0...01000

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

主存块号%2³，相当于留下最后三位二进制数

8

能否优化标记?

若Cache总块数=2ⁿ，则主存块号末尾n位直接反映它在Cache中的位置

将主存块号的其余位作为标记即可

Cache: 8×64B = 512B

块号

0
1
2
8
2²²-3
2²²-2
2²²-1

主存

0

1

2

8

2²²-3

2²²-2

2²²-1

每个主存块的地址范围

0...0000000000~0...0000111111
0...0001000000~0...0001111111
0...0010000000~0...0010111111
0...1000000000~0...1000111111
1...1101000000~1...1101111111
1...1110000000~1...1110111111
1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

16

直接映射（只能放固定位置）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的**位置=主存块号%Cache总块数**

有效位

1

0

0

0

0

0

0

0

标记(19位)

0...01

Cache

0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

主存块号 $\%2^3$ ，相当于留下最后三位二进制数

若Cache总块数 $=2^n$ ，则主存块号末尾n位直接反映它在Cache中的位置

将主存块号的其余位作为标记即可

块号

0

1

2

8

$2^{22}-3$

$2^{22}-2$

$2^{22}-1$

主存

0	000
1	001
2	010
8	100
$2^{22}-3$	110
$2^{22}-2$	111
$2^{22}-1$	111

每个主存块的地址范围

0...000000000000~0...0000111111

0...000100000000~0...0001111111

0...001000000000~0...0010111111

0...100000000000~0...1000111111

1...110100000000~1...1101111111

1...111000000000~1...1110111111

1...111100000000~1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

17

“直接映射”如何访存

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按**字节**编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

直接映射，主存块在Cache中的**位置=主存块号%Cache总块数**

有效位

1

0

0

0

0

0

0

0

标记(19位)

0...01

Cache

0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

CPU 访问主存地址 0...01000 001110 :

①根据主存块号的后3位确定Cache行

②若主存块号的前19位与Cache标记匹配且有效位=1，则Cache命中，访问块内地址为001110的单元。

③若未命中或有效位=0，则正常访问主存

块号

0

1

2

8

$2^{22}-3$

$2^{22}-2$

$2^{22}-1$

主存

0	000
1	001
2	010
8	100
$2^{22}-3$	110
$2^{22}-2$	111
$2^{22}-1$	111

每个主存块的地址范围

0...000000000000~0...0000111111

0...000100000000~0...0001111111

0...001000000000~0...0010111111

0...100000000000~0...1000111111

1...110100000000~1...1101111111

1...111000000000~1...1110111111

1...111100000000~1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

18

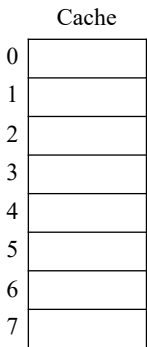
组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

256M=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位



Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0...000000000000000000000000 ~ 0...000011111111
1		0...000100000000000000000000 ~ 0...000111111111
2		0...001000000000000000000000 ~ 0...001011111111
...
2 ²² -3		1...110100000000000000000000 ~ 1...110111111111
2 ²² -2		1...111000000000000000000000 ~ 1...111011111111
2 ²² -1		1...111100000000000000000000 ~ 1...111111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

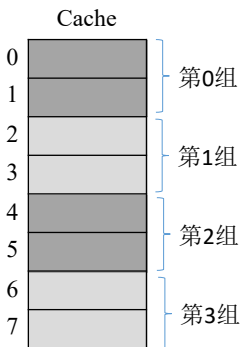
组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

256M=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位



Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0...000000000000000000000000 ~ 0...000011111111
1		0...000100000000000000000000 ~ 0...000111111111
2		0...001000000000000000000000 ~ 0...001011111111
...
2 ²² -3		1...110100000000000000000000 ~ 1...110111111111
2 ²² -2		1...111000000000000000000000 ~ 1...111011111111
2 ²² -1		1...111100000000000000000000 ~ 1...111111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

第0组

第1组

第2组

第3组

Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

块号

主存

每个主存块的地址范围

0

1

2

⋮

$2^{22}-3$

$2^{22}-2$

$2^{22}-1$

0...0000000000~0...0000111111

0...0001000000~0...0001111111

0...0010000000~0...0010111111

⋮

1...1101000000~1...1101111111

1...1110000000~1...1110111111

1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

21

组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

Cache

0

1

2

3

4

5

6

7

第0组

第1组

第2组

第3组

Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

块号

主存

每个主存块的地址范围

0

1

2

⋮

$2^{22}-3$

$2^{22}-2$

$2^{22}-1$

0...0000000000~0...0000111111

0...0001000000~0...0001111111

0...0010000000~0...0010111111

⋮

1...1101000000~1...1101111111

1...1110000000~1...1110111111

1...1111000000~1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

22

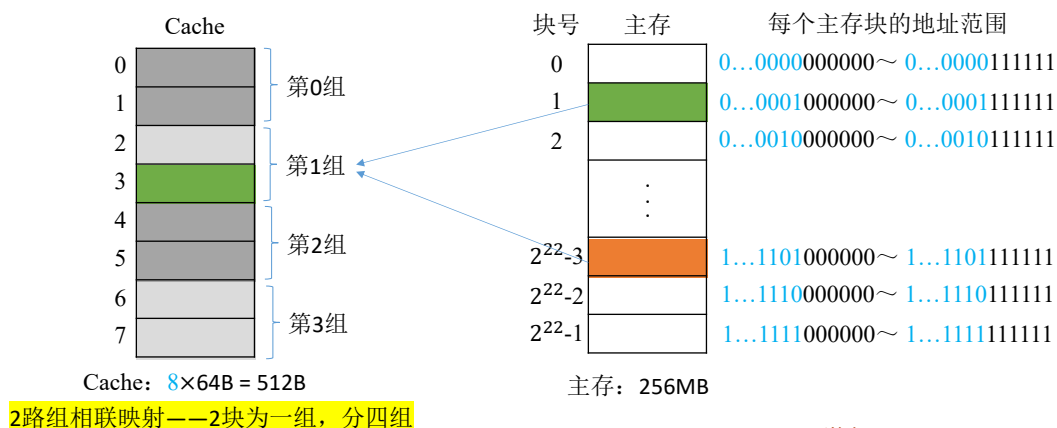
组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射, 所属分组=主存块号%分组数

$256M=2^{28}$ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位



王道考研/CSKAOYAN.COM

23

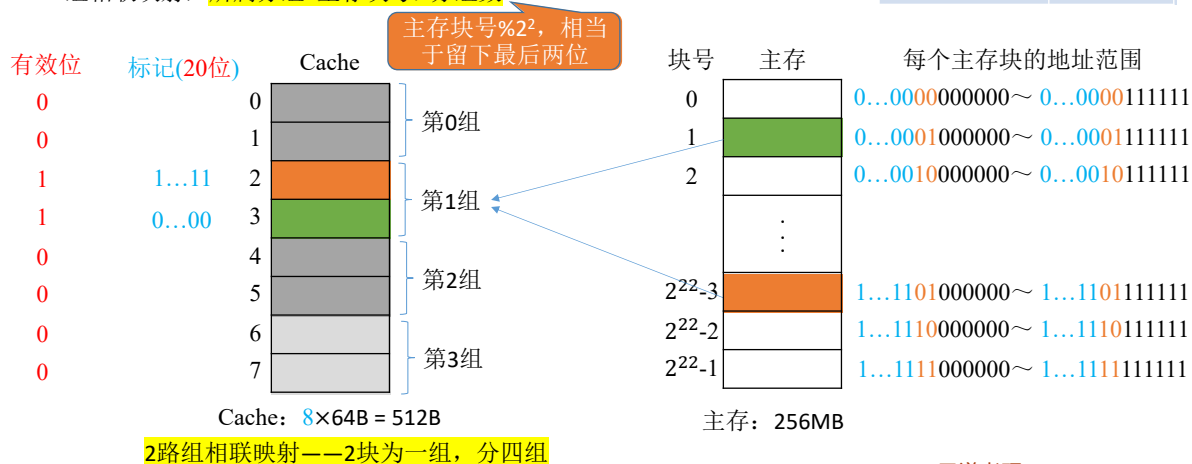
组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射, 所属分组=主存块号%分组数

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位



王道考研/CSKAOYAN.COM

24

组相联映射（可放到特定分组）

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

主存块号%2²，相当于留下最后两位

Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号		块内地址
22位		6位
20位标记	2位组号	6位块内地址

Cache 分为2²组

每个主存块的地址范围

块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0...000000000000~0...0000111111
1		0...000100000000~0...0001111111
2		0...001000000000~0...0010111111
...
2 ²² -3		1...110100000000~1...1101111111
2 ²² -2		1...111000000000~1...1110111111
2 ²² -1		1...111100000000~1...1111111111

25

“组相联映射”如何访存

假设某个计算机的主存地址空间大小为256MB，按字节编址，其数据Cache有8个Cache行，行长为64B。

组相联映射，所属分组=主存块号%分组数

Cache: 8×64B = 512B

2路组相联映射——2块为一组，分四组

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号		块内地址
22位		6位
20位标记	2位组号	6位块内地址

Cache 分为2²组

每个主存块的地址范围

块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0...000000000000~0...0000111111
1		0...000100000000~0...0001111111
2		0...001000000000~0...0010111111
...
2 ²² -3		1...110100000000~1...1101111111
2 ²² -2		1...111000000000~1...1110111111
2 ²² -1		1...111100000000~1...1111111111

CPU 访问主存地址 1...1101001110:

①根据主存块号的后2位确定所属分组号

②若主存块号的前20位与分组内的某个标记匹配且有效位=1，则Cache命中，访问块内地址为001110的单元。

③若未命中或有效位=0，则正常访问主存

有效位	标记(20位)	Cache
0		0 00
0		1 00
1	1...11	2 01
1	0...00	3 01
0		4 10
0		5 10
0		6 11
0		7 11

Cache: 8×64B = 512B

主存: 256MB

26

