

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)

主存块号

0

1KB

1

1KB

2

1KB

3

1KB

...

.....

4093

1KB

4094

1KB

4095

1KB

主存 (4MB)

块

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和主存的映射方式

• Cache 很小，主存很大。如果Cache满了怎么办？

——替换算法

• 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写策略

王道考研/CSKAOYAN.COM

2

王道考研/cskaoyan.com

1

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	Cache
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？

(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

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	

主存: 256MB

每个主存块的地址范围

0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	
2 ²² -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 ²² -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 ²² -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

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

4

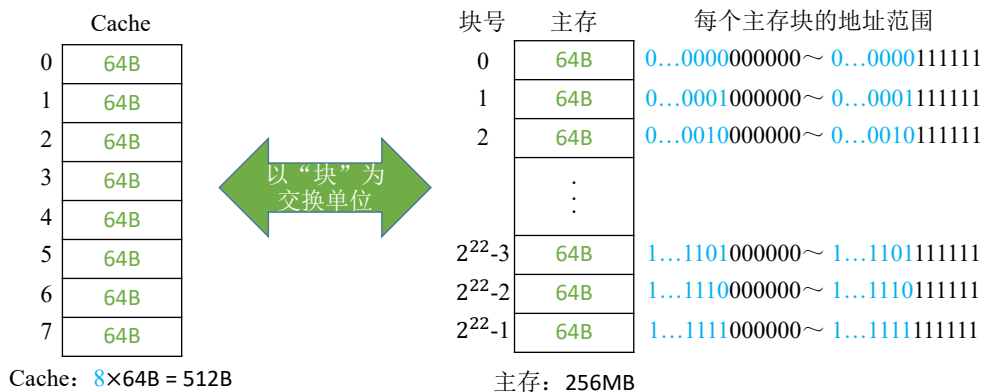
全相联映射（随意放）

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

$256M=2^{28}$ 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

5

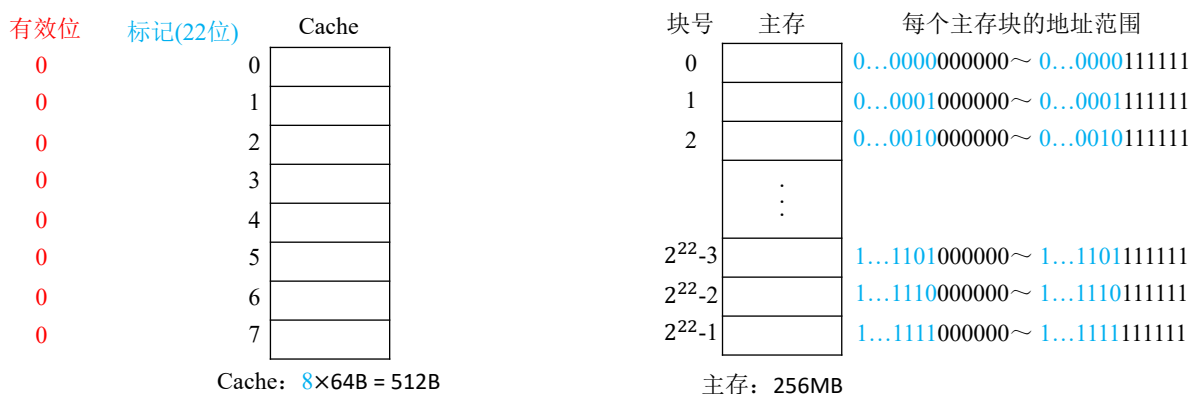
全相联映射（随意放）

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

$256M=2^{28}$ 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

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

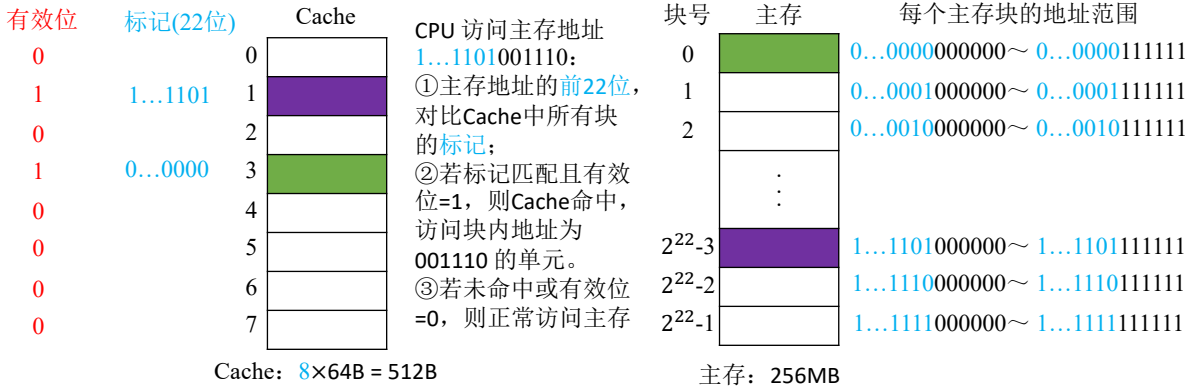
5

“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



王道考研/CSKAOYAN.COM

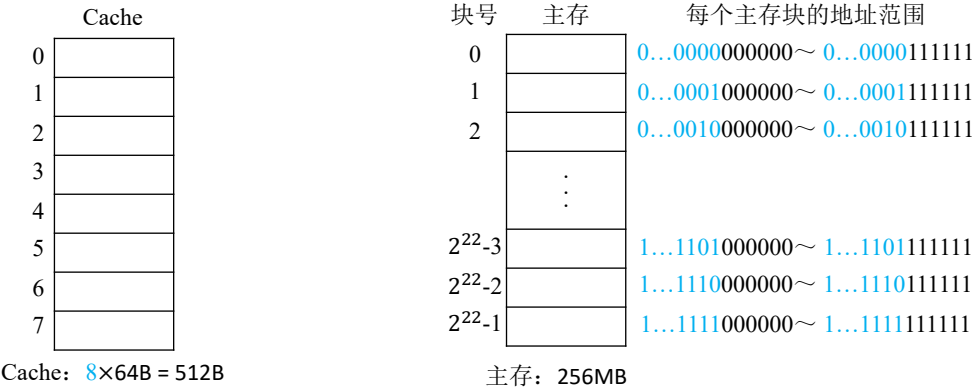
11

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



王道考研/CSKAOYAN.COM

12

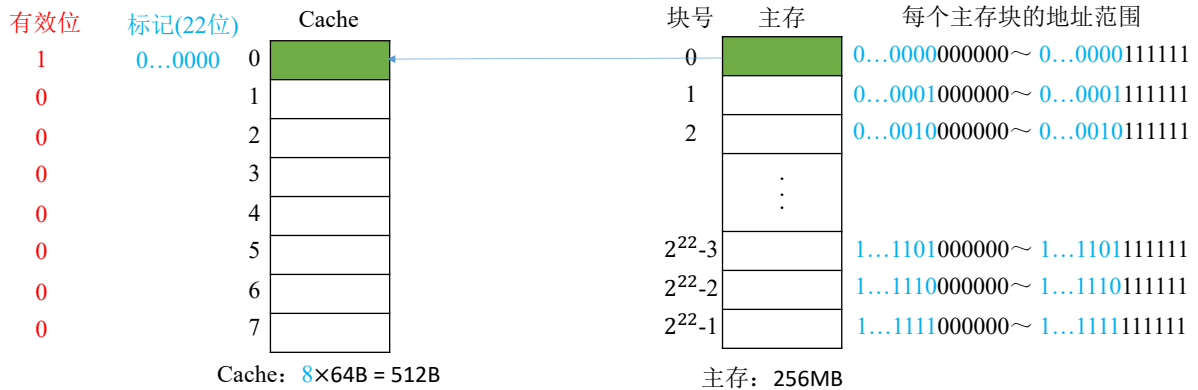
直接映射（只能放固定位置）

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

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

13

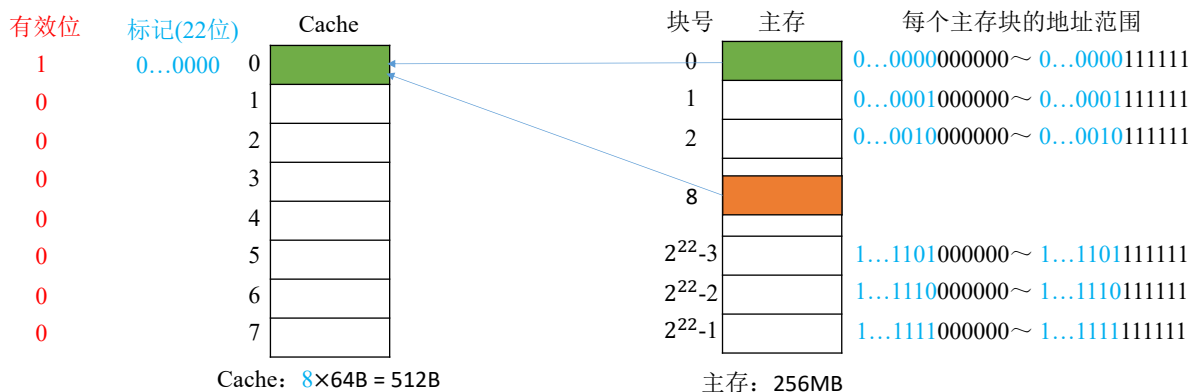
直接映射（只能放固定位置）

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

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

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**

有效位

1
0
0
0
0
0
0
0

标记(22位)

0...01000

能否优化标记?

Cache

0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Cache: 8×64B = 512B

主存块号 $\%2^3$, 相当于留下最后三位二进制数

块号

0
1
2

8

2²²-3
2²²-2
2²²-1

主存

主存: 256MB

每个主存块的地址范围

0...000000000000 ~ 0...000011111111
 0...000100000000 ~ 0...000111111111
 0...001000000000 ~ 0...001011111111

 1...110100000000 ~ 1...110111111111
 1...111000000000 ~ 1...111011111111
 1...111100000000 ~ 1...111111111111

缺点: 其他地方有空闲Cache块, 但是8号主存块不能使用

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

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

块号

0
1
2

8

2²²-3
2²²-2
2²²-1

主存

每个主存块的地址范围

0...000000000000 ~ 0...000011111111

0...000100000000 ~ 0...000111111111

0...001000000000 ~ 0...001011111111

0...100000000000 ~ 0...100011111111

1...110100000000 ~ 1...110111111111

1...111000000000 ~ 1...111011111111

1...111100000000 ~ 1...111111111111

Cache: 8×64B = 512B

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

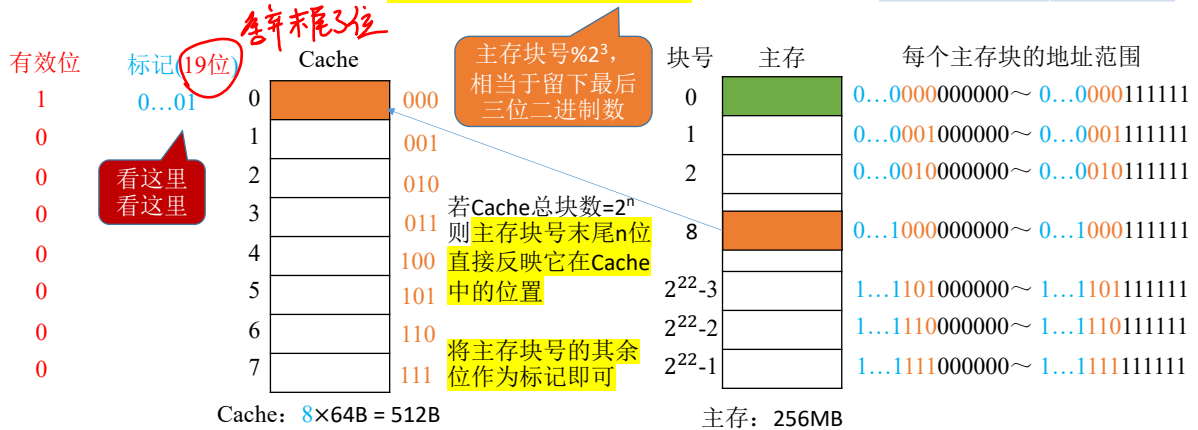
直接映射（只能放固定位置）

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



王道考研/CSKAOYAN.COM

17

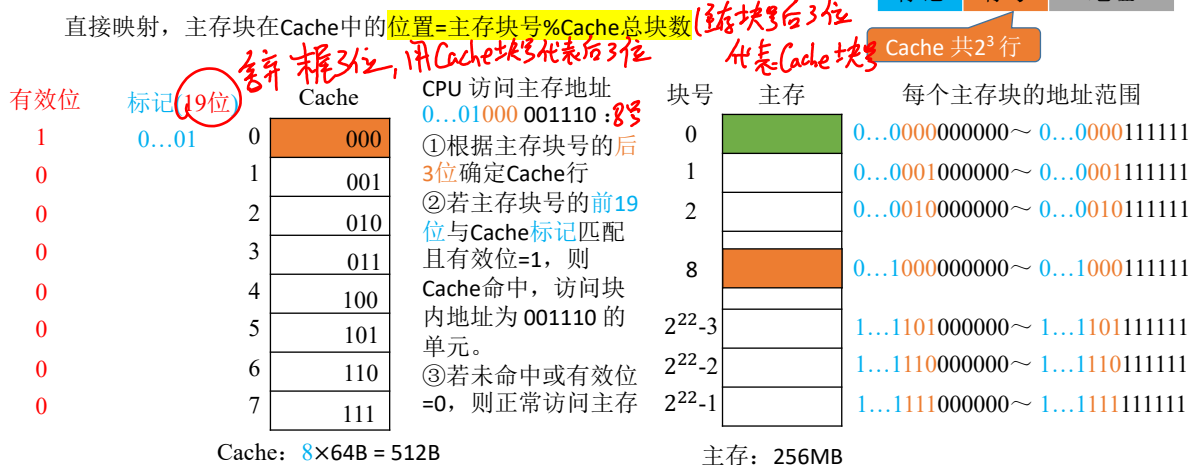
“直接映射”如何访存

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

256M=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位
19位标记	3位行号
	6位块内地址



王道考研/CSKAOYAN.COM

18

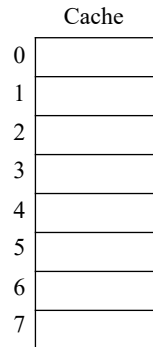
组相联映射（可放到特定分组）

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...0000000000 ~ 0...0000111111
1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
	⋮	
2 ²² -3		1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 ²² -2		1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 ²² -1		1...1111000000 ~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

19

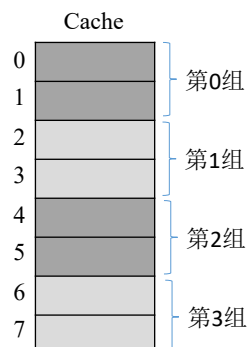
组相联映射（可放到特定分组）

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...0000000000 ~ 0...0000111111
1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
	⋮	
2 ²² -3		1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 ²² -2		1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 ²² -1		1...1111000000 ~ 1...1111111111

主存: 256MB

王道考研/CSKAOYAN.COM

20

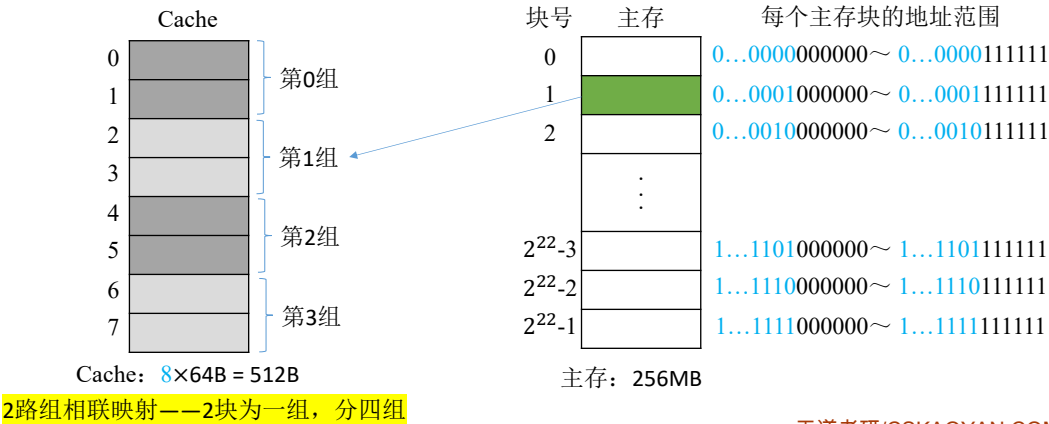
组相联映射（可放到特定分组）

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



21

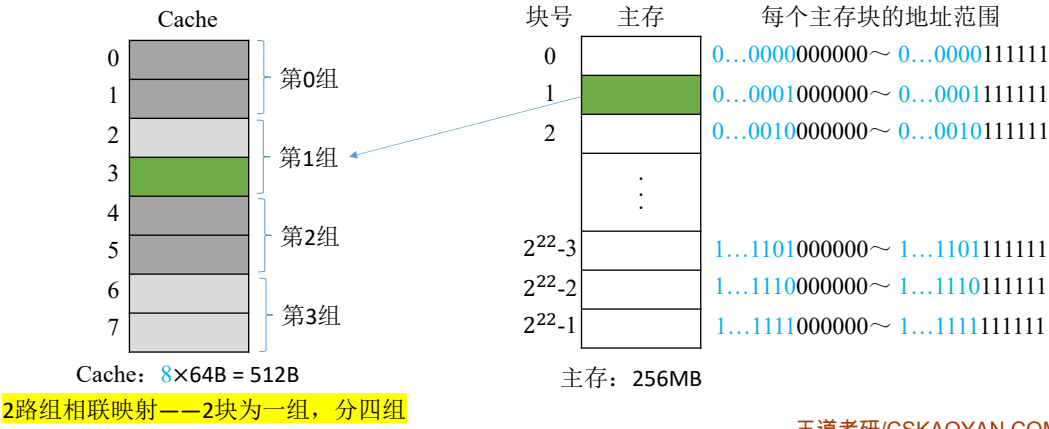
组相联映射（可放到特定分组）

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

256M=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位



22

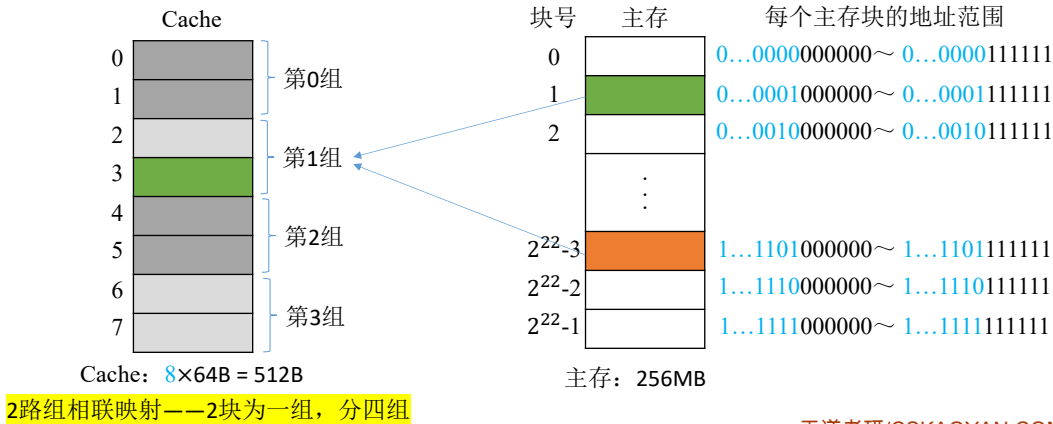
组相联映射（可放到特定分组）

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=2²⁸ 主存的地址共28位：

主存块号	块内地址
22位	6位



23

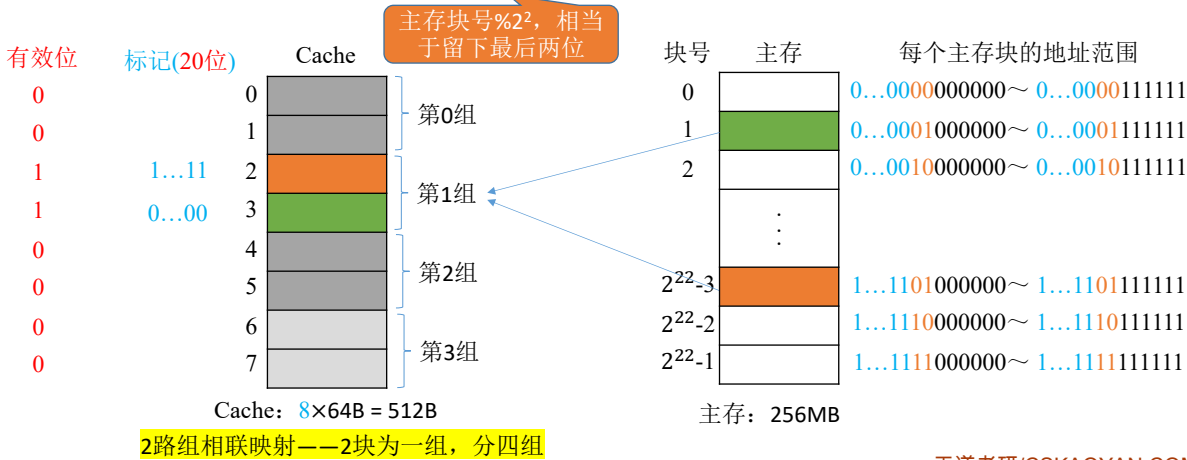
组相联映射（可放到特定分组）

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



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 分为2²组

有效位	标记(20位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0	0	0...00000000000000000000	0...00000000000000000000 ~ 0...000011111111
0		1	1	0...00010000000000000000	0...00010000000000000000 ~ 0...000111111111
1	1...11	2	2	0...00100000000000000000	0...00100000000000000000 ~ 0...001011111111
1	0...00	3
0		4	2 ²² -3	1...11010000000000000000	1...11010000000000000000 ~ 1...110111111111
0		5	2 ²² -2	1...11100000000000000000	1...11100000000000000000 ~ 1...111011111111
0		6	2 ²² -1	1...11110000000000000000	1...11110000000000000000 ~ 1...111111111111
0		7			

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

2路组相联映射——2块为一组，分四组

王道考研/CSKAOYAN.COM

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** (主存块号后两位代表组号)

Cache 分为2²组

有效位	标记(20位)	Cache	CPU 访问主存地址	块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0	1...1101001110	0	0...00000000000000000000	0...00000000000000000000 ~ 0...000011111111
0		1	①根据主存块号的后2位确定所属分组号	1	0...00010000000000000000	0...00010000000000000000 ~ 0...000111111111
1	1...11	2	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，	2	0...00100000000000000000	0...00100000000000000000 ~ 0...001011111111
1	0...00	3	则Cache命中，访问块内地址为001110的单元。
0		4	③若未命中或有效位=0，则正常访问主存	2 ²² -3	1...11010000000000000000	1...11010000000000000000 ~ 1...110111111111
0		5		2 ²² -2	1...11100000000000000000	1...11100000000000000000 ~ 1...111011111111
0		6		2 ²² -1	1...11110000000000000000	1...11110000000000000000 ~ 1...111111111111
0		7				

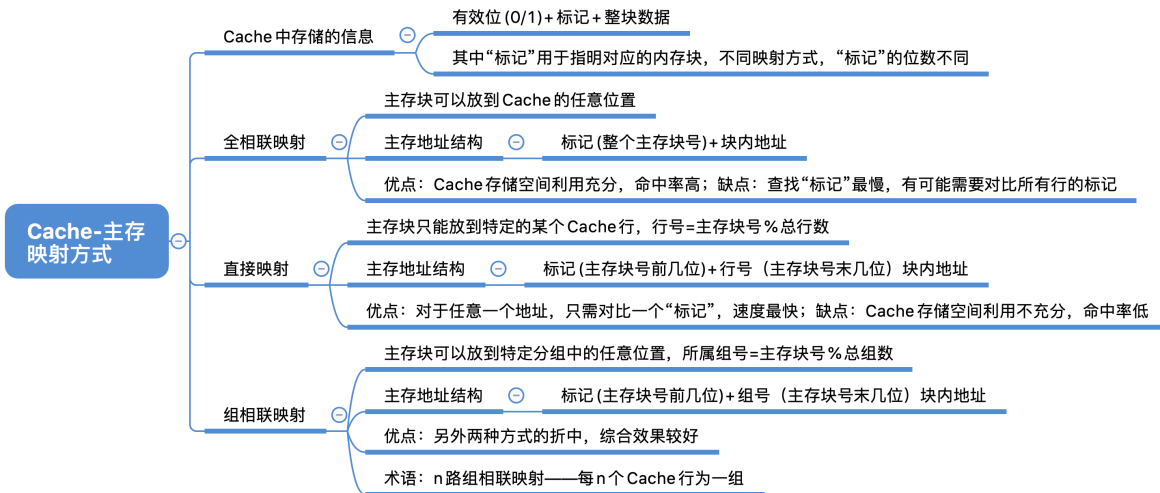
Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

2路组相联映射——2块为一组，分四组

王道考研/CSKAOYAN.COM

26

知识回顾



结合每种地址映射方式的地址结构思考：给定一个主存地址，如何拆分地址，并查找Cache、访存？

王道考研/CSKAOYAN.COM

27



@王道论坛



@王道计算机考研备考



@王道咸鱼老师-计算机考研

@王道楼楼老师-计算机考研



@王道计算机考研



知乎

@王道计算机考研

微信视频号

@王道计算机考研

微信公众平台

@王道在线

28