

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)

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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

王道考研/CSKAOYAN.COM

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	块号	主存	每个主存块的地址范围
0	0	0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	1	1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	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

4

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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 64B	0	64B	0...0000000000~ 0...0000111111
1 64B	1	64B	0...0001000000~ 0...0001111111
2 64B	2	64B	0...0010000000~ 0...0010111111
3 64B	:	:	:
4 64B	:	:	:
5 64B	2 ²² -3	64B	1...1101000000~ 1...1101111111
6 64B	2 ²² -2	64B	1...1110000000~ 1...1110111111
7 64B	2 ²² -1	64B	1...1111000000~ 1...1111111111

Cache: 8×64B = 512B

主存: 256MB

以“块”为交换单位

主存块号	块内地址
22位	6位

256M=2²⁸ 主存的地址共28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

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	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

6

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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	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

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	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
1	0...0000	3			
0		4			
0		5	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

8

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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
0		0
0		1
0		2
1	0...0000	3
0		4
0		5
0		6
0		7

Cache: 8×64B = 512B

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

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

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

有效位	标记(22位)	Cache
0		0
1	1...1101	1
0		2
1	0...0000	3
0		4
0		5
0		6
0		7

Cache: 8×64B = 512B

256M=2²⁸ 主存的地址共28位:

主存块号	块内地址
22位	6位

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

10

公众号：考研拼课

配套课程请关注

“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	块号	主存	每个主存块的地址范围
0		0	1...1101001110:	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。	2		0...0010000000~ 0...0010111111
1	0...0000	3	③若未命中或有效位=0，则正常访问主存	:		:
0		4		:		:
0		5		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	块号	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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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	标记(22位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...0000	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	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

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

有效位	标记(22位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...0000	0	0		0...0000000000~ 0...0000111111
0		1	1		0...0001000000~ 0...0001111111
0		2	2		0...0010000000~ 0...0010111111
0		3	8		
0		4			
0		5	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

14

公众号：考研拼课

配套课程请关注

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	标记(22位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...01000	0	0		0...0000000000 ~ 0...0000111111
0		1	1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
0		2	2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
0		3			
0		4	8		
0		5	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

主存块号%2³，相当于留下最后三位二进制数

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

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

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

有效位	标记(22位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...01000	0	0		0...0000000000 ~ 0...0000111111
0		1	1		0...0001000000 ~ 0...0001111111
0		2	2		0...0010000000 ~ 0...0010111111
0		3			
0		4	8		0...1000000000 ~ 0...1000111111
0		5	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

主存块号%2³，相当于留下最后三位二进制数

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

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

16

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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	标记(19位)	Cache	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...01	0 000	0		0...0000000000~ 0...0000111111
0		1 001	1		0...0001000000~ 0...0001111111
0		2 010	2		0...0010000000~ 0...0010111111
0		3 011	8		0...1000000000~ 0...1000111111
0		4 100	2 ²² -3		1...1101000000~ 1...1101111111
0		5 101	2 ²² -2		1...1110000000~ 1...1110111111
0		6 110	2 ²² -1		1...1111000000~ 1...1111111111
0		7 111			

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

主存块号%2³，相当于留下最后三位二进制数

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

看这里 看这里

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

有效位	标记(19位)	Cache	CPU 访问主存地址	块号	主存	每个主存块的地址范围
1	0...01	0 000	0...01000 001110:	0		0...0000000000~ 0...0000111111
0		1 001	①根据主存块号的后3位确定Cache行	1		0...0001000000~ 0...0001111111
0		2 010	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。	2		0...0010000000~ 0...0010111111
0		3 011	③若未命中或有效位=0，则正常访问主存	8		0...1000000000~ 0...1000111111
0		4 100		2 ²² -3		1...1101000000~ 1...1101111111
0		5 101		2 ²² -2		1...1110000000~ 1...1110111111
0		6 110		2 ²² -1		1...1111000000~ 1...1111111111
0		7 111				

Cache: 8×64B = 512B 主存: 256MB

Cache 共2³行

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

公众号：考研拼课
配套课程请关注

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	块号	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

2路组相联映射——2块为一组，分四组

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	块号	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

2路组相联映射——2块为一组，分四组

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	第0组	第1组	第2组	第3组
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Cache: 8×64B = 512B

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

主存: 256MB

2路组相联映射——2块为一组，分四组

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	第0组	第1组	第2组	第3组
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Cache: 8×64B = 512B

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

主存: 256MB

2路组相联映射——2块为一组，分四组

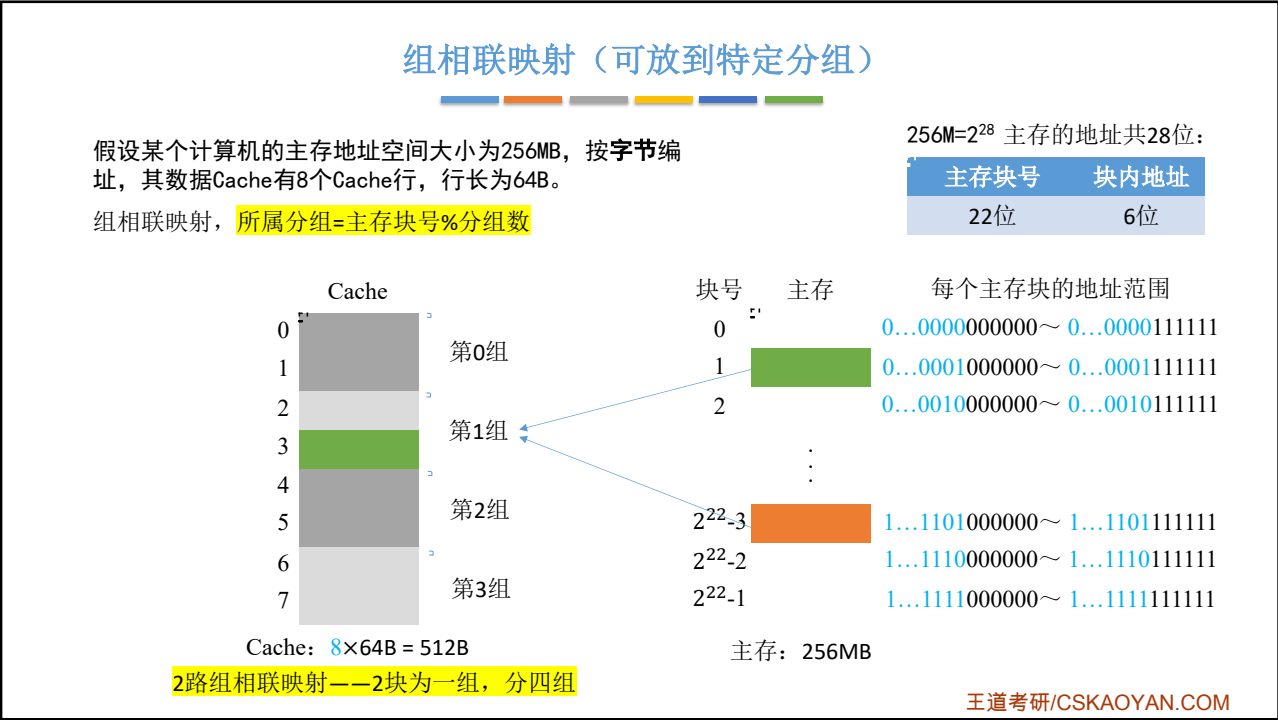
王道考研/CSKAOYAN.COM

22

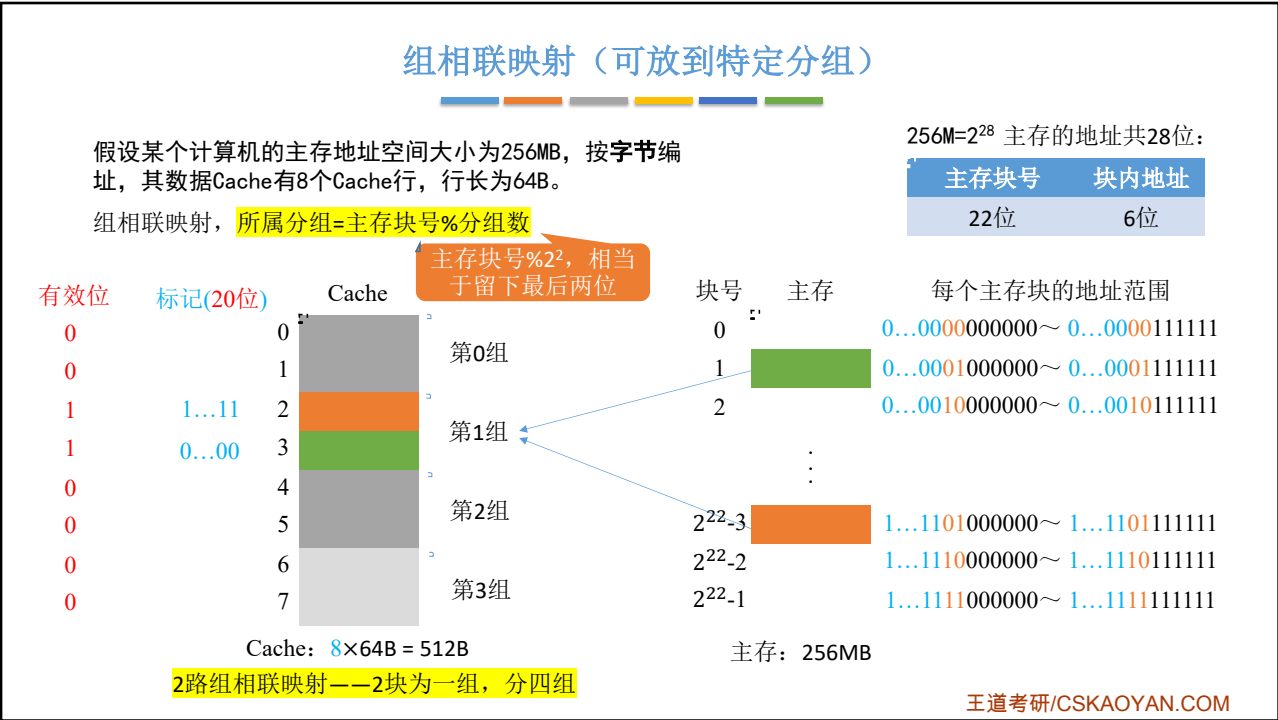
公众号：考研拼课

配套课程请关注

王道考研/CSKAOYAN.COM



23



24

公众号：考研拼课12
配套课程请关注

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	地址范围
0	0	0...000000000000~0...000011111111
1	1	0...000100000000~0...000111111111
2	2	0...001000000000~0...001011111111
...
2 ²² -3	...	1...110100000000~1...110111111111
2 ²² -2	...	1...111000000000~1...111011111111
2 ²² -1	...	1...111100000000~1...111111111111

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	地址范围
0	0	0...000000000000~0...000011111111
1	1	0...000100000000~0...000111111111
2	2	0...001000000000~0...001011111111
...
2 ²² -3	...	1...110100000000~1...110111111111
2 ²² -2	...	1...111000000000~1...111011111111
2 ²² -1	...	1...111100000000~1...111111111111

CPU 访问主存地址 1...11010011110 :

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	块号	主存
0		00	0	0
0		00	1	1
1	1...11	01	2	2
1	0...00	01	3	3
0		10	4	4
0		10	5	5
0		11	6	6
0		11	7	7

26

