

# 王道考研——组成原理

WWW.CSKAOYAN.COM

## 第三章 存储系统

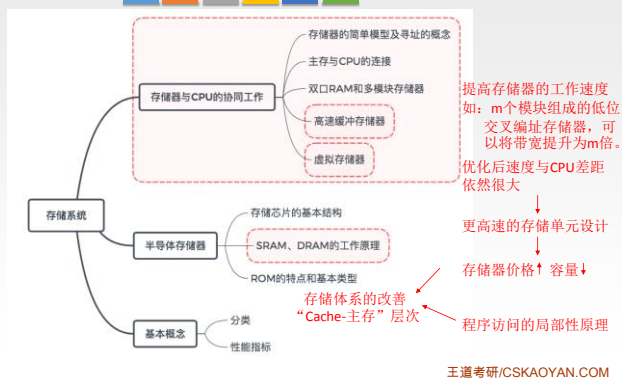
本节内容

高速缓冲  
存储器

局部性原理  
性能分析

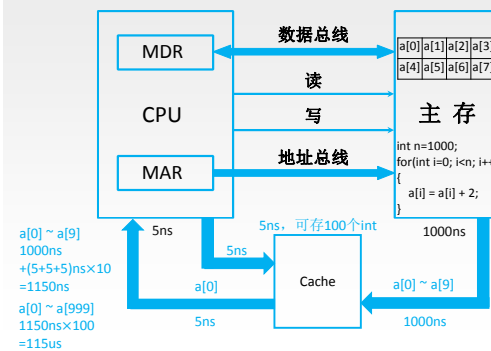
王道考研/CSKAOYAN.COM

### 本章总览



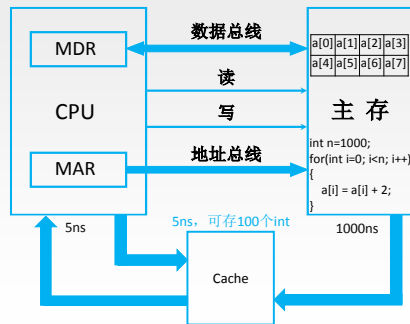
王道考研/CSKAOYAN.COM

### 局部性原理



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 性能分析



命中率H: CPU欲访问的信息已在Cache中的比率

设一个程序执行期间, Cache的总命中次数为 $N_c$ , 访问主存的总次数为 $N_m$ , 则  $H = \frac{N_c}{N_c + N_m}$

缺失率 $M = 1 - H$

设 $t_c$ 为命中时的Cache访问时间,  
 $t_m$ 为未命中时的访问时间

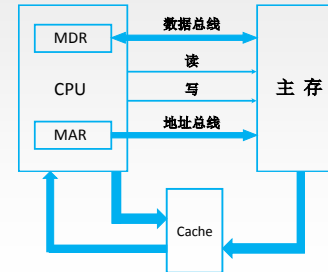
Cache—主存系统的平均访问时间  
 $T_a$ 为

$$T_a = H t_c + (1 - H) t_m$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 性能分析

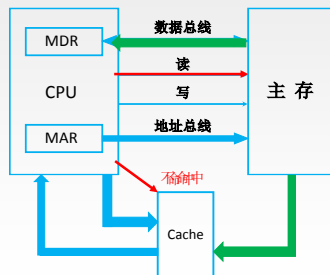
【例3-2】假设Cache的速度是主存的5倍, 且Cache的命中率为95%, 则采用Cache后, 存储器性能提高多少(设Cache和主存同时被访问, 若Cache命中则中断访问主存)?



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 性能分析

【例3-2】假设Cache的速度是主存的5倍, 且Cache的命中率为95%, 则采用Cache后, 存储器性能提高多少(设Cache和主存同时被访问, 若Cache命中则中断访问主存)?

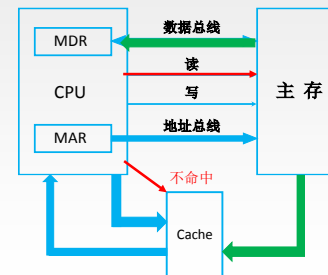


设Cache的存取周期为 $t$ , 则主存的存取周期为 $5t$   
Cache和主存同时访问, 不命中时访问时间为 $5t$   
故系统的平均访问时间为 $T_a = 0.95 \times t + 0.05 \times 5t = 1.2t$   
设每个周期可存取的数据量为 $S$ ,  
则存储系统带宽为 $S / 1.2t$ ,  
不采用Cache时带宽为 $S / 5t$ ,  
故性能为原来的 $\frac{S / 1.2t}{S / 5t} = \frac{5t}{1.2t} \approx 4.17$ 倍, 即提高了3.17倍。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 性能分析

【例3-2】假设Cache的速度是主存的5倍, 且Cache的命中率为95%, 则采用Cache后, 存储器性能提高多少(设Cache和主存同时被访问, 若Cache命中则中断访问主存)?

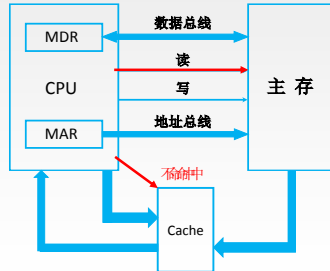


设Cache的存取周期为 $t$ , 则主存的存取周期为 $5t$   
Cache和主存同时访问, 不命中时访问时间为 $5t$   
故系统的平均访问时间为 $T_a = 0.95 \times t + 0.05 \times 5t = 1.2t$   
设每个周期可存取的数据量为 $S$ ,  
则存储系统带宽为 $S / 1.2t$ ,  
不采用Cache时带宽为 $S / 5t$ ,  
故性能为原来的 $\frac{S / 1.2t}{S / 5t} = \frac{5t}{1.2t} \approx 4.17$ 倍, 即提高了3.17倍。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 性能分析

【例3-2】假设Cache的速度是主存的5倍，且Cache的命中率为95%，则采用Cache后，存储器性能提高多少（设Cache和主存同时被访问，若Cache命中则中断访问主存）？



设Cache的存取周期为 $t$ ，则主存的存取周期为 $5t$   
 Cache和主存同时访问，不命中时访问时间为 $5t$   
 故系统的平均访问时间为 $T_a = 0.95 \times t + 0.05 \times 5t = 1.25t$   
 设每个周期可存取的数据量为 $S$ ，  
 则存储系统带宽为 $S/1.25t$ ，  
 不采用Cache时带宽为 $S/5t$ ，  
 故性能为原来的 $\frac{S/1.25t}{S/5t} = \frac{5t}{1.25t} \approx 4.17$ 倍，即提高了3.17倍。  
 若采用先访问Cache再访问主存的方式  
 不命中时，访问Cache耗时为 $t$ ，发现不命中后再访问主存  
 耗时为 $5t$ ，总耗时为 $6t$   
 故系统的平均访问时间为 $T_a = 0.95 \times t + 0.05 \times 6t = 1.25t$   
 故性能为原来的 $\frac{5t}{1.25t} = 4$ 倍，即提高了3倍。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 本节回顾



王道考研/CSKAOYAN.COM

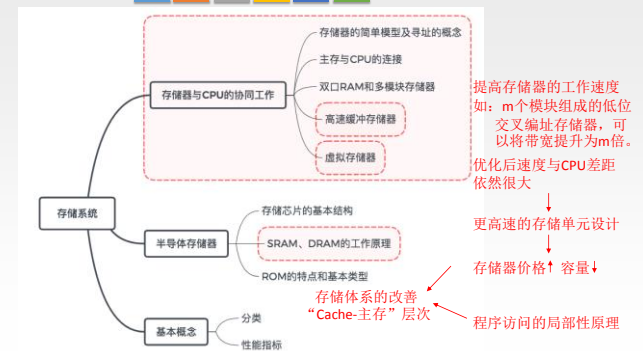
## 本节内容

# 高速缓冲存储器

## 地址映射方式

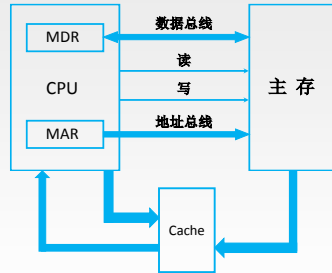
王道考研/CSKAOYAN.COM

## 本章总览



王道考研/CSKAOYAN.COM

## Cache的基本工作原理



- 主存中的块放到Cache中哪个位置？
  - 空位随意放：全相联映射
  - 对号入座：直接映射
  - 按号分组，组内随意放：组相联映射
- 对于(1)，Cache满了如何处理？  
对于(2)(3)，对应位置被占用如何处理？  
随机(RAND)算法、先进先出(FIFO)算法、  
近期最少使用(LRU)算法、  
最不经常使用(LFU)算法。
- 修改Cache中的内容后，如何保持主存中相应内容的一致性？  
命中：全写法(write-through)  
写回法(write-back)  
不命中：写分配法(write-allocate)  
非写分配法(not-write-allocate)

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间  
传送数据的基本单位

Cache	按字节编址	十进制
0	000000000 ~ 000111111	0~63
1	001000000 ~ 001111111	64~127
2	010000000 ~ 010111111	128~191
3	011000000 ~ 011111111	192~255
4	100000000 ~ 100111111	256~319
5	101000000 ~ 101111111	320~383
6	110000000 ~ 110111111	384~447
7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

- 主存中的块放到Cache中哪个位置？

- 空位随意放：全相联映射
- 对号入座：直接映射
- 按号分组，组内随意放：组相联映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间  
传送数据的基本单位

Cache	按字节编址	十进制
0	000000000 ~ 000111111	0~63
1	001000000 ~ 001111111	64~127
2	010000000 ~ 010111111	128~191
3	011000000 ~ 011111111	192~255
4	100000000 ~ 100111111	256~319
5	101000000 ~ 101111111	320~383
6	110000000 ~ 110111111	384~447
7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

- 主存中的块放到Cache中哪个位置？

- 空位随意放：全相联映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间  
传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

- 主存中的块放到Cache中哪个位置？

- 空位随意放：全相联映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
1	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？

(1)空位随意放：全相联映射

主存	按字节编址
0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
1	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？

(1)空位随意放：全相联映射

主存	按字节编址
0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
10...0000	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
10...0001	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？

(1)空位随意放：全相联映射

主存字块标记	字块内地址
--------	-------

主存	按字节编址
0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？

(2)对号入座：直接映射

主存	按字节编址
0	0...0000000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(2)对号入座：直接映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(2)对号入座：直接映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(2)对号入座：直接映射

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
1 0...0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(2)对号入座：直接映射

主存字块标记	Cache字块地址	字块内地址
0	0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0	0...001000000 ~ 0...000111111
2	0	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...	...
2 <sup>22</sup> -3	1	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
0	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...00	0	000000000 ~ 000111111	0~63
0	1	001000000 ~ 001111111	64~127
0	2	010000000 ~ 010111111	128~191
0	3	011000000 ~ 011111111	192~255
0	4	100000000 ~ 100111111	256~319
0	5	101000000 ~ 101111111	320~383
0	6	110000000 ~ 110111111	384~447
0	7	111000000 ~ 111111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

主存	按字节编址
0	0...000000000 ~ 0...000011111
1	0...000100000 ~ 0...000111111
2	0...001000000 ~ 0...001011111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...110100000 ~ 1...110111111
2 <sup>22</sup> -2	1...111000000 ~ 1...111011111
2 <sup>22</sup> -1	1...111100000 ~ 1...111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...00	0	00000000 ~ 00011111	0~63
0	1	00100000 ~ 00111111	64~127
0	2	01000000 ~ 01011111	128~191
0	3	01100000 ~ 01111111	192~255
0	4	10000000 ~ 10011111	256~319
0	5	10100000 ~ 10111111	320~383
0	6	11000000 ~ 11011111	384~447
0	7	11100000 ~ 11111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

主存	按字节编址
0	0...00000000 ~ 0...0000111111
1	0...0001000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...00	0	00000000 ~ 00011111	0~63
0	1	00100000 ~ 00111111	64~127
0	2	01000000 ~ 01011111	128~191
0	3	01100000 ~ 01111111	192~255
1 0...00	4	10000000 ~ 10011111	256~319
0	5	10100000 ~ 10111111	320~383
0	6	11000000 ~ 11011111	384~447
0	7	11100000 ~ 11111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

主存	按字节编址
0	0...00000000 ~ 0...0000111111
1	0...0010000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

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。

Cache分为4组  
即Cache块，是Cache与主存之间传送数据的基本单位

有效位	Cache	按字节编址	十进制
1 0...00	0	00000000 ~ 00011111	0~63
0	1	00100000 ~ 00111111	64~127
0	2	01000000 ~ 01011111	128~191
0	3	01100000 ~ 01111111	192~255
1 0...00	4	10000000 ~ 10011111	256~319
0	5	10100000 ~ 10111111	320~383
0	6	11000000 ~ 11011111	384~447
0	7	11100000 ~ 11111111	448~511

数据容量：8×64B = 512B

1. 主存中的块放到Cache中哪个位置？  
(3)按号分组，组内随意放：组相联映射

主存	按字节编址
0	0...00000000 ~ 0...0000111111
1	0...0010000000 ~ 0...0001111111
2	0...0010000000 ~ 0...0010111111
...	...
2 <sup>22</sup> -3	1...1101000000 ~ 1...1101111111
2 <sup>22</sup> -2	1...1110000000 ~ 1...1110111111
2 <sup>22</sup> -1	1...1111000000 ~ 1...1111111111

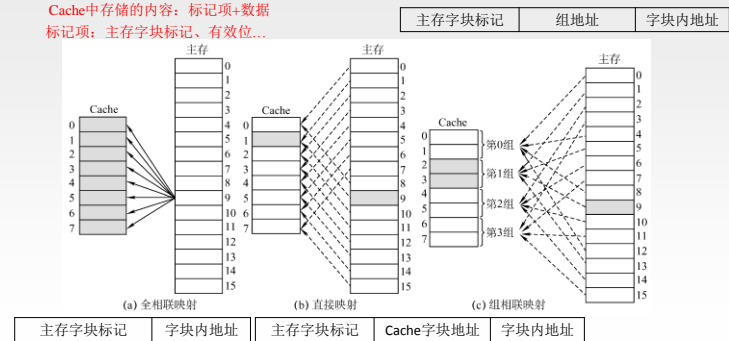
总容量：256MB 地址位数：28 = 19 + 3 + 6

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射

Cache中存储的内容：标记项+数据

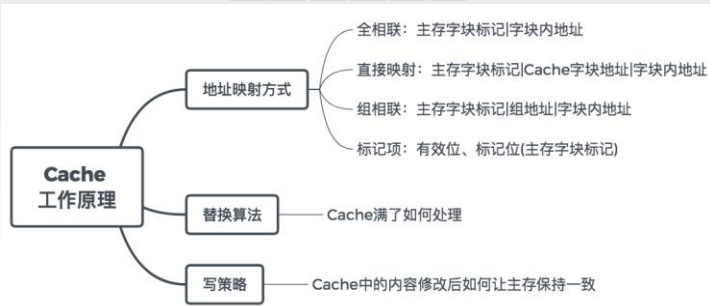
标记项：主存字块标记、有效位...



王道考研/CSKAOYAN.COM



## 本节回顾



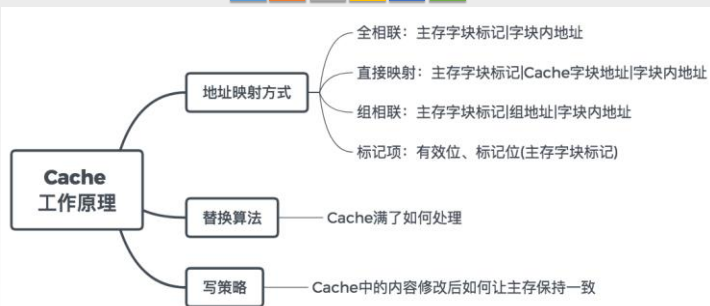
王道考研/CSKAOYAN.COM

## 本节内容

高速缓冲  
存储器替换算法  
写策略

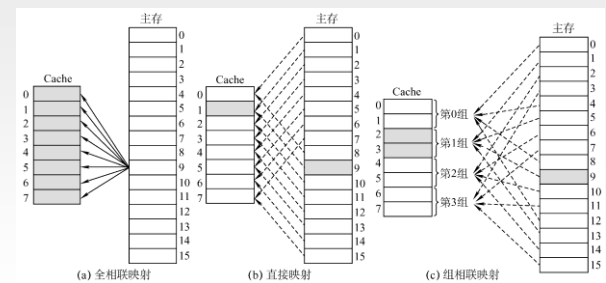
王道考研/CSKAOYAN.COM

## 本节总览



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 地址映射



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

- 1. 随机算法(RAND):** 随机地确定替换的Cache块。它的实现比较简单, 但没有依据程序访问的局部性原理, 故可能命中率较低。
- 2. 先进先出算法(FIFO):** 选择最早调入的行进行替换。它比较容易实现, 但也没有依据程序访问的局部性原理, 可能会把一些需要经常使用的程序块(如循环程序)也作为最早进入Cache的块替换掉。
- 3. 近期最少使用算法(LRU):** 依据程序访问的局部性原理选择近期内长久未访问过的存储行作为替换的行, 平均命中率要比FIFO要高, 是堆栈类算法。  
LRU算法对每行设置一个计数器, Cache每命中一次, 命中行计数器清0, 而其他各行计数器均加1, 需要替换时比较各特定行的计数值, 将计数值最大的行换出。
- 4. 最不经常使用算法(LFU):** 将一段时间内被访问次数最少的存储行换出。每行也设置一个计数器, 新行建立后从0开始计数, 每访问一次, 被访问的行计数器加1, 需要替换时比较各特定行的计数值, 将计数值最小的行换出。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

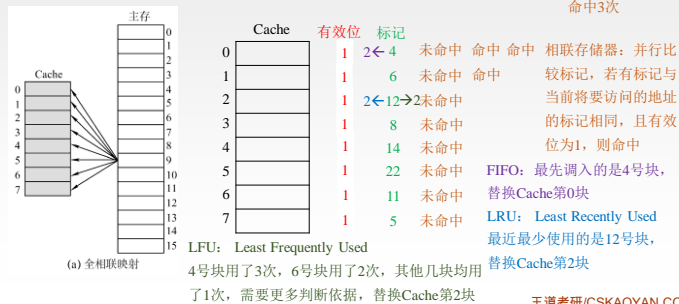
- 设Cache由8个块构成, CPU依次访问的主存地址块号为: 4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2(十进制), 求:
- 1) 假设地址映射方式为全相联映射, 在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时, 分别求Cache命中次数。
  - 2) 假设地址映射方式为直接映射, 求Cache命中次数。
  - 3) 假设地址映射方式为二路组相联映射, 在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时, 分别求Cache命中次数。

王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

设Cache由8个块构成, CPU依次访问的主存地址块号为: 4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2(十进制), 求:

- 1) 假设地址映射方式为全相联映射, 在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时, 分别求Cache命中次数。



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

设Cache由8个块构成, CPU依次访问的主存地址块号为: 4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2(十进制), 求:

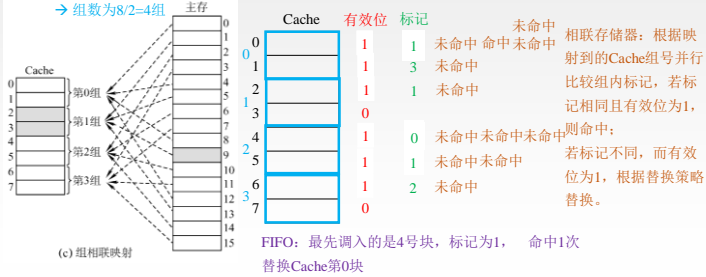
- 2) 假设地址映射方式为直接映射, 求Cache命中次数。



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

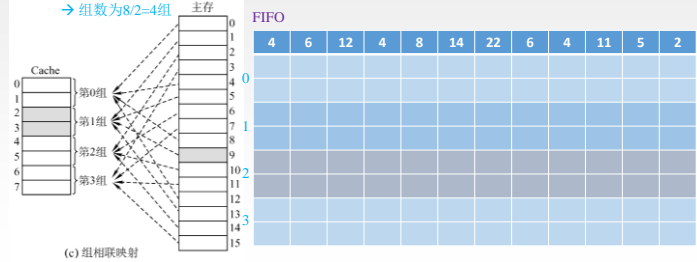
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

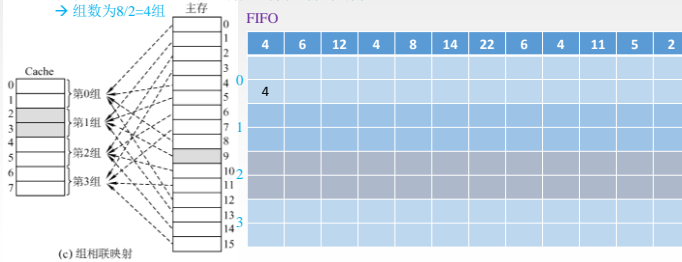
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

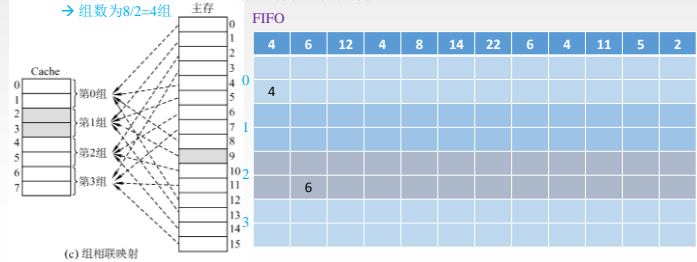
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

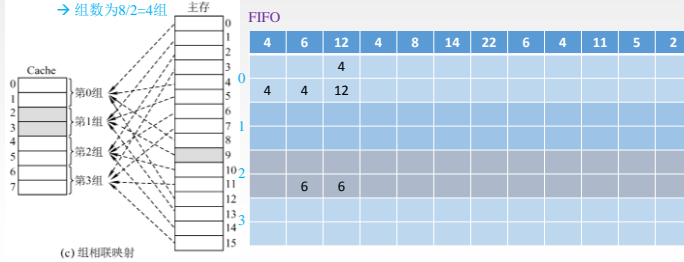
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

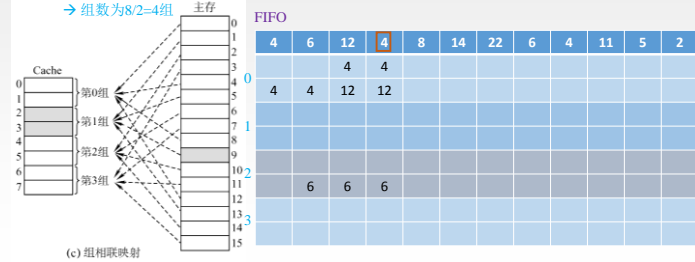
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

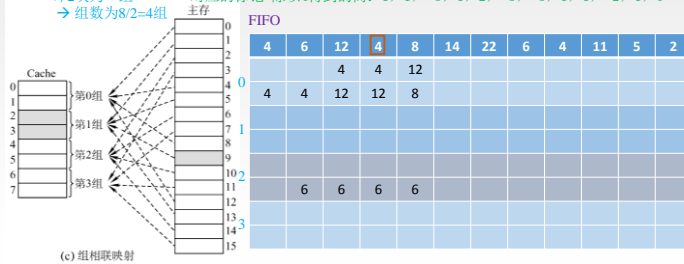
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

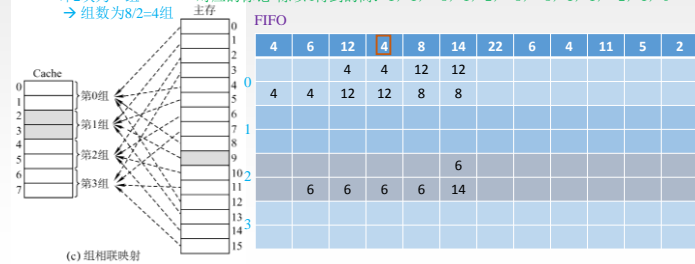
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

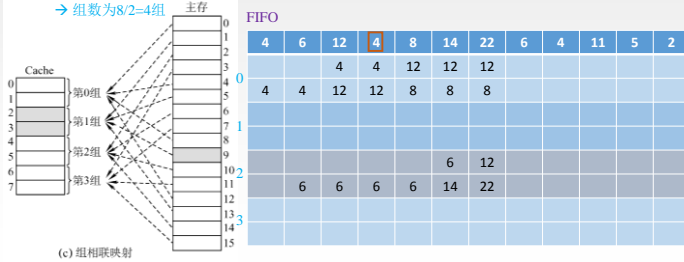
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

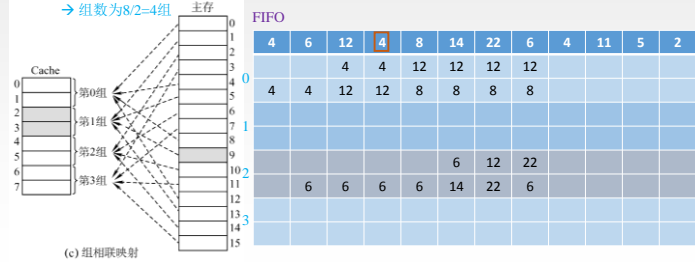
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

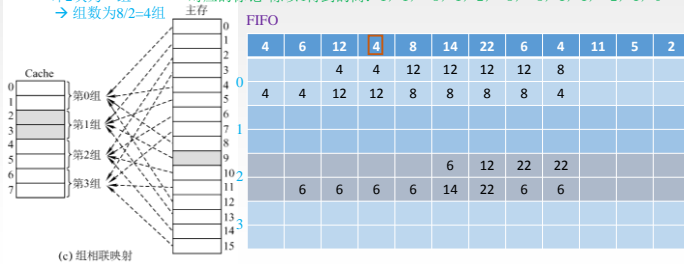
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

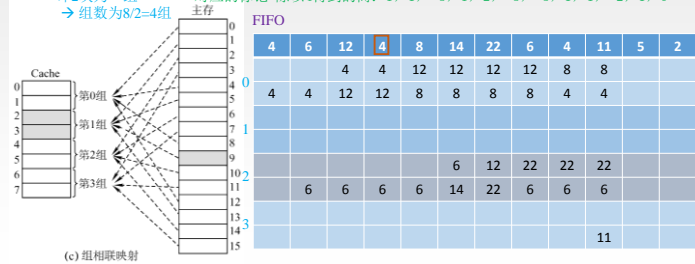
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

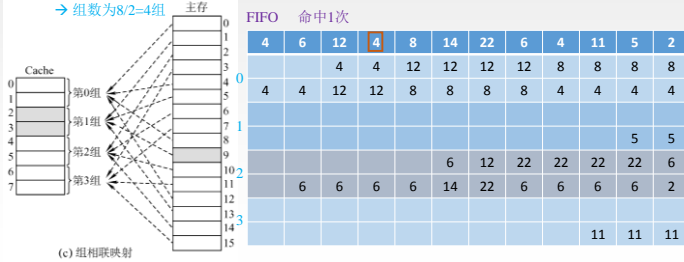
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求：对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

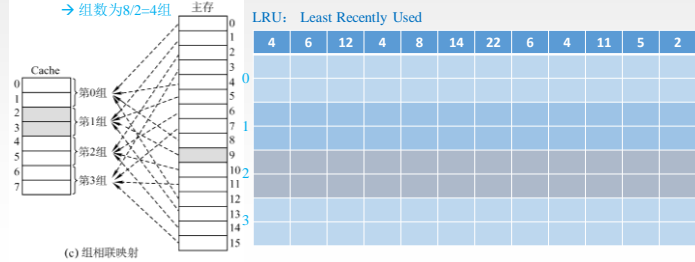
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

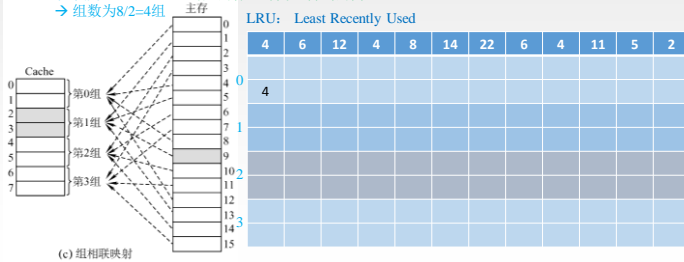
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

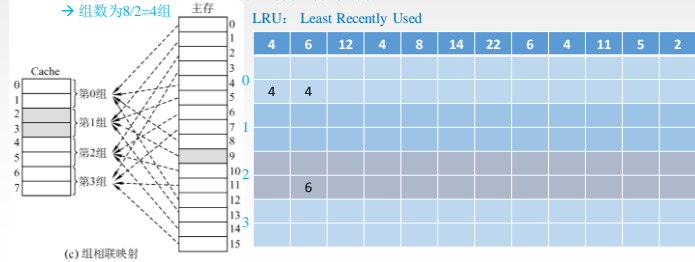
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

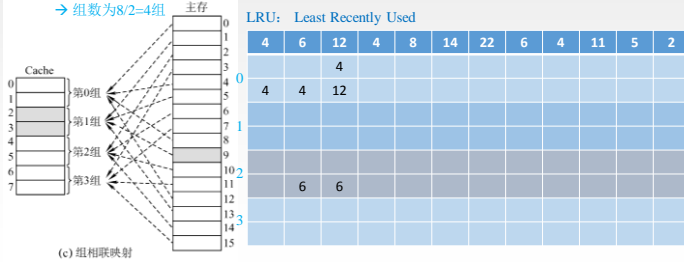
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

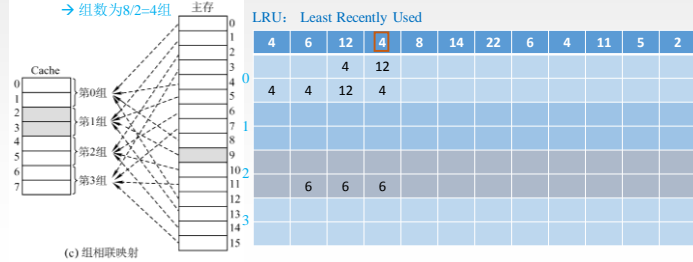
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

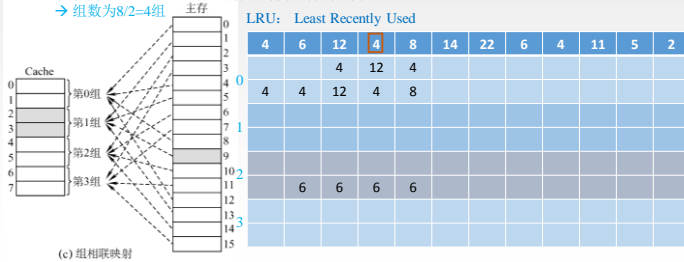
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

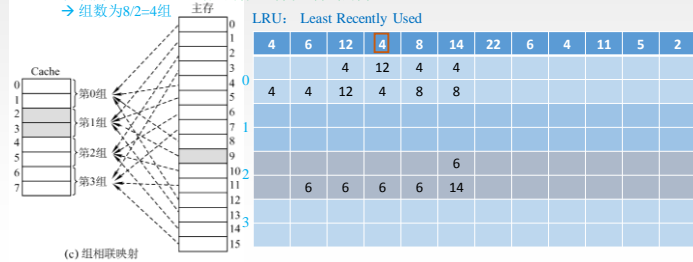
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

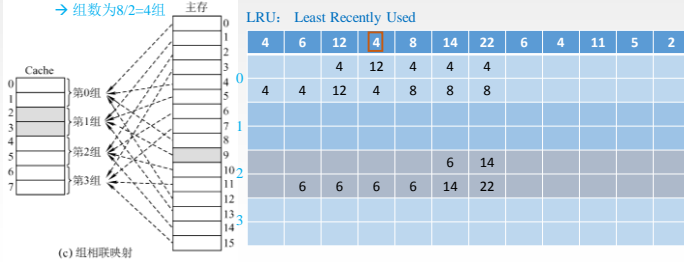
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

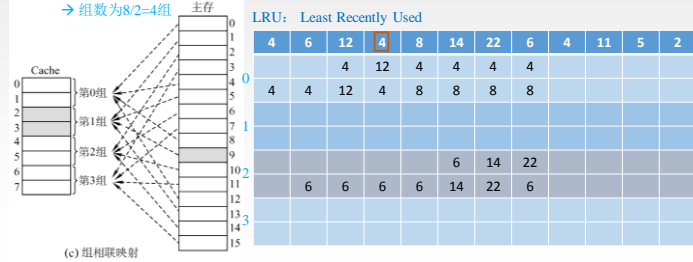
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

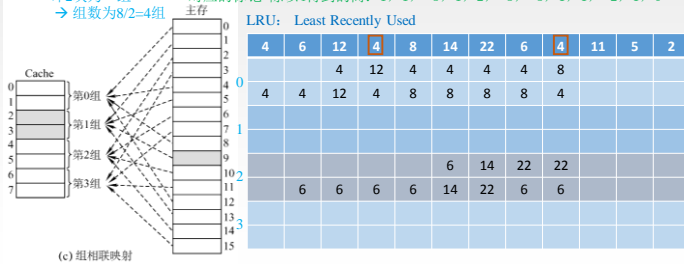
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

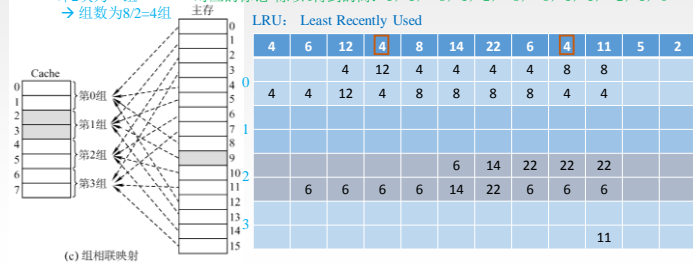
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 替换算法

设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2  
(十进制)，求： 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
3) 假设地址映射方式为三路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
即2块为一组 对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
→ 组数为8/2=4组

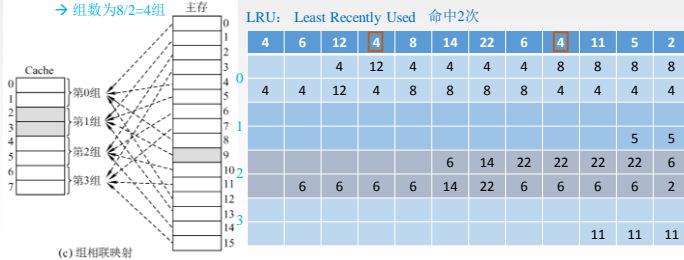


王道考研/CSKAOYAN.COM



## 替换算法

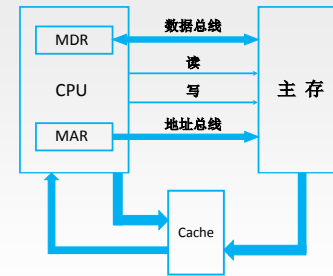
设Cache由8个块构成，CPU依次访问的主存地址块号为：4, 6, 12, 4, 8, 14, 22, 6, 4, 11, 5, 2 (十进制)，求：  
 1) 对应的Cache块号-除以4得到的余数：0, 2, 0, 0, 0, 2, 2, 2, 0, 3, 1, 2  
 2) 假设地址映射方式为二路组相联映射，在采用FIFO、LRU、LFU替换算法时，分别求Cache命中次数。  
 即2块为一组，对应的标记-除以4得到的商：1, 1, 3, 1, 2, 3, 5, 1, 1, 2, 1, 0  
 → 组数为 $8/2=4$ 组



LFU: Least Frequently Used, 详见操作系统

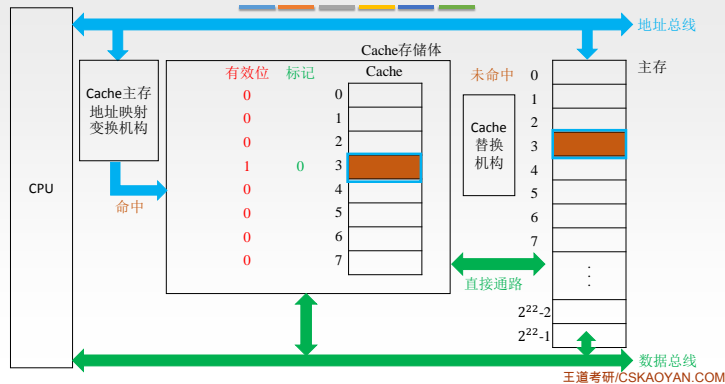
王道考研/CSKAOYAN.COM

## Cache的工作原理小结

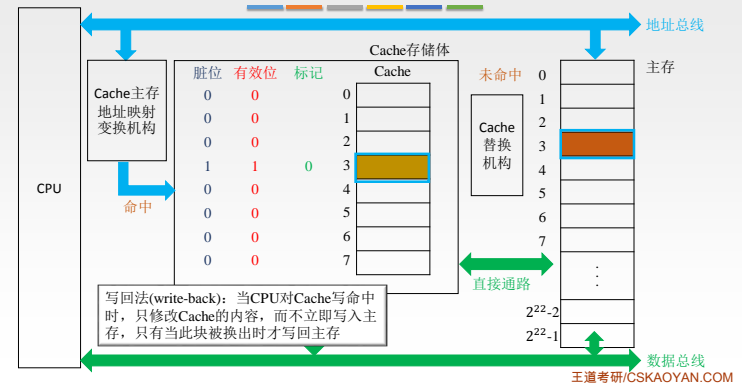


王道考研/CSKAOYAN.COM

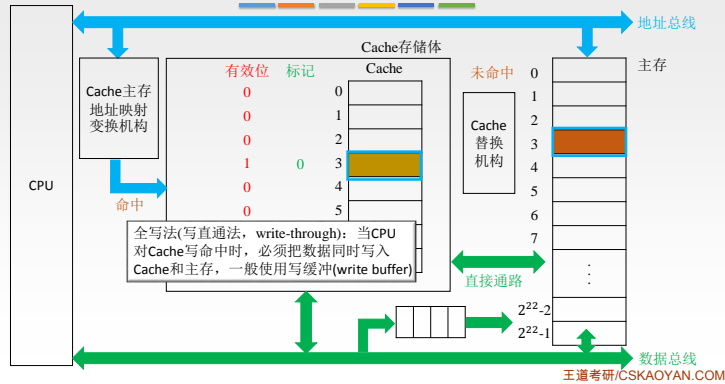
## Cache的工作原理小结



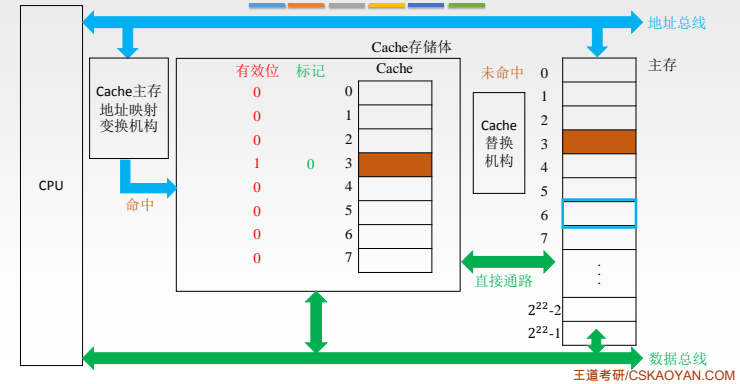
## 写策略-命中



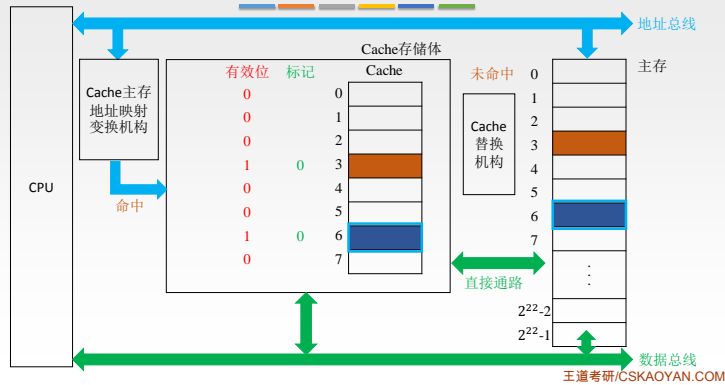
写策略-命中



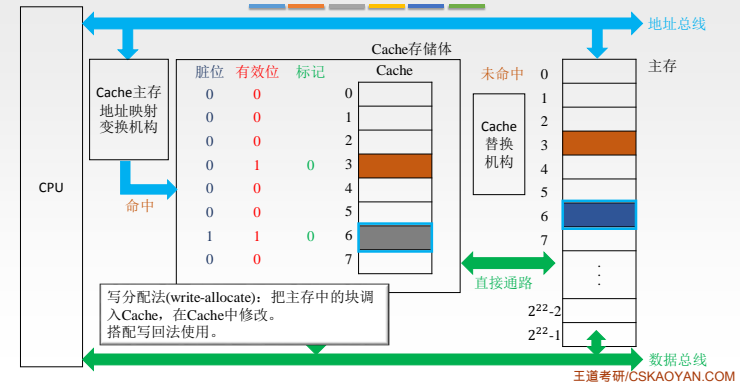
写策略-未命中



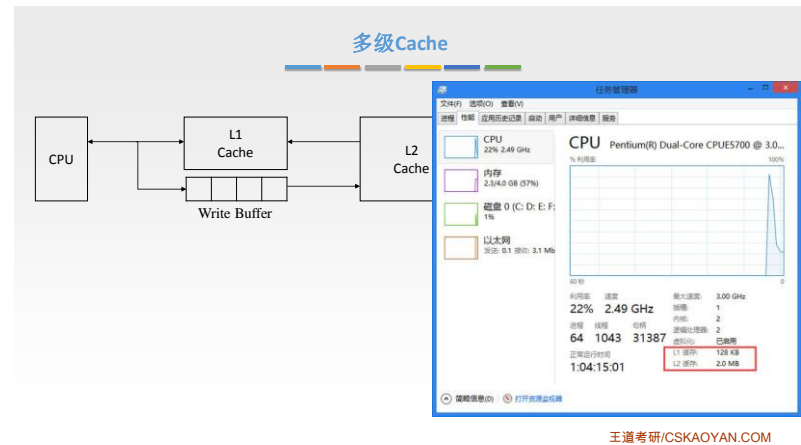
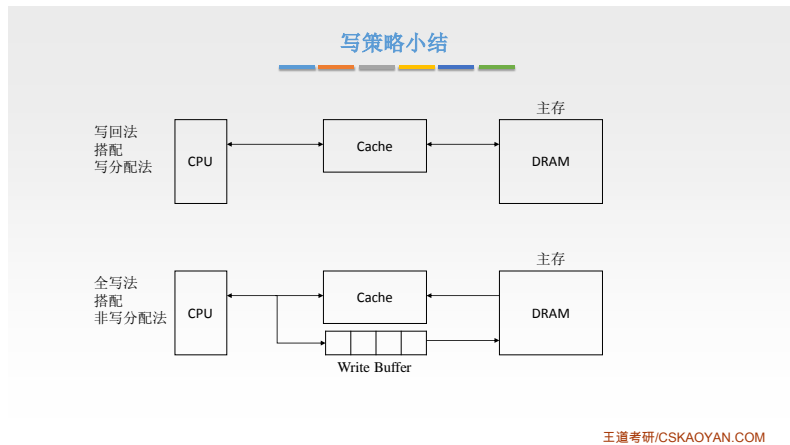
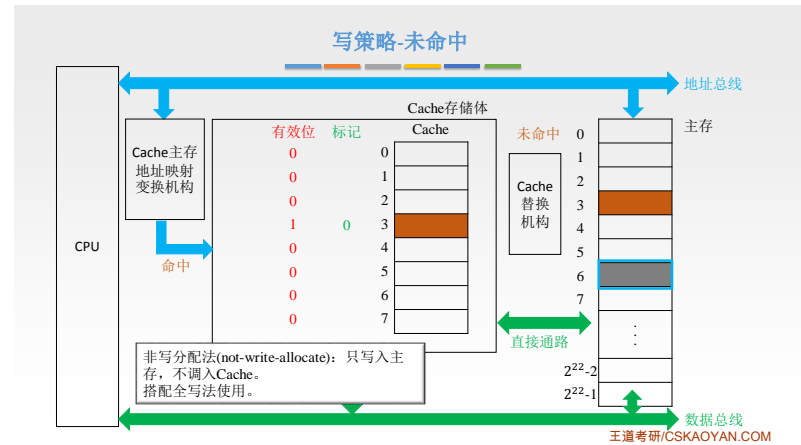
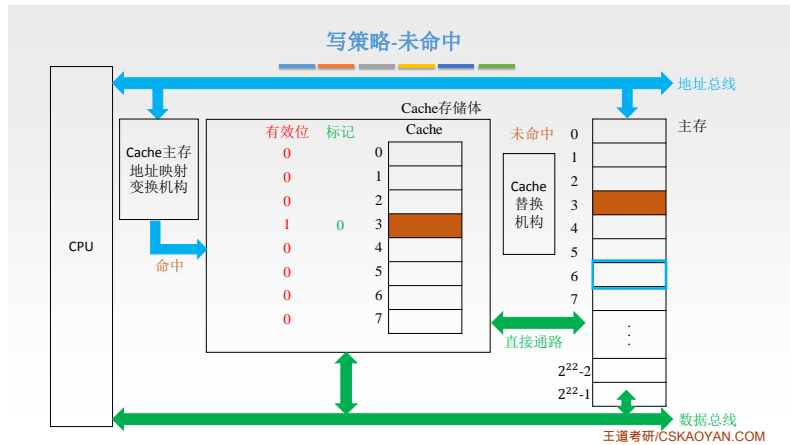
写策略-未命中



写策略-未命中



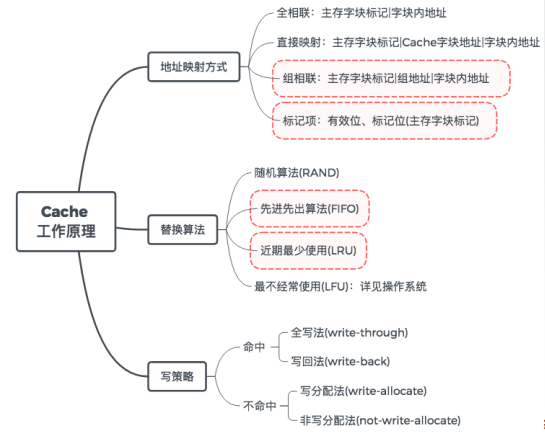
写分配法(write-allocate): 把主存中的块调入Cache, 在Cache中修改。  
搭配写回法使用。



## Cache回顾



王道考研/CSKAOYAN.COM



CSKAOYAN.COM