

شبیه‌ساز حافظه نهان

شبیه‌ساز حافظه نهان

در این سؤال قصد داریم یک **شبیه‌ساز حافظه نهان (Cache Simulator)** طراحی کنیم که از تکنیک‌های واقعی و رایج در سیستم‌های کامپیوتری استفاده می‌کند. این شبیه‌ساز دارای ویژگی‌هایی مانند اندازه بلاک بر حسب بایت، اندازه مجموعه بر حسب بلاک (Associativity)، سیاست نوشتن (Write Policy) و سیاست تخصیص هنگام نوشتن (Write Allocation Policy) است.

جزئیات طراحی

- حافظه‌ی نهان دارای **۱۶ بلاک** است.
- حافظه به صورت مجموعه‌هایی (sets) سازمان‌دهی شده است که تعداد آن‌ها از تقسیم تعداد کل بلاک‌ها بر اندازه مجموعه به دست می‌آید.
- آدرس‌ها ۳۲ بیتی هستند.
- پیاده‌سازی از روش **LRU (کمترین استفاده اخیر)** برای اخراج بلاک‌ها در صورت پر بودن مجموعه استفاده می‌کند.
- در آغاز اجرای برنامه، حافظه نهان (Cache) کاملاً خالی است و هیچ داده‌ای در آن بارگذاری نشده است. همچنین حافظه اصلی (Main Memory) در تمامی آدرس‌ها مقدار صفر (0) دارد، مگر اینکه در طول اجرای برنامه مقدار دیگری در آن نوشته شود.

سیاست‌های نوشتن

- **write-back** : در این حالت، تغییرات ابتدا فقط در cache اعمال می‌شود و پس از اخراج بلاک در صورت لزوم به حافظه اصلی نوشته می‌شود.
- **write-through** : در این حالت، هر نوشتن در cache بلافاصله به حافظه اصلی نیز نوشته می‌شود.

سیاست‌های تخصیص در نوشتن

- write-allocate : در صورت نوشتن به یک آدرس که در cache نیست، ابتدا داده از حافظه اصلی به حافظه نهان کپی شده و سپس تغییرات اعمال می‌شود.
- no-write-allocate : در صورت نوشتن به آدرس ناموجود در cache، مستقیماً در حافظه اصلی نوشته می‌شود و cache تغییری نمی‌کند.

ورودی

برنامه‌ی شما باید ابتدا ۴ خط به صورت زیر از ورودی دریافت کند:

```
Block Size
Associativity
Write Policy
Write Allocation Policy
```

که در آن:

- Block Size : اندازه بلاک بر حسب بایت است. این عدد مشخص می‌کند که چند آدرس پشت سر هم از حافظه اصلی در یک بلاک cache قرار می‌گیرند. مثلاً اگر $\text{Block Size} = 8$ باشد، آدرس‌های 0 تا 7 در یک بلاک قرار می‌گیرند، آدرس‌های 8 تا 15 در بلاک بعدی و به همین ترتیب.
- Associativity : اندازه مجموعه بر حسب بلاک (مثلاً 1 برای نگاشت مستقیم یا همان direct map)
- Write Policy : نوع سیاست نوشتن که یکی از "write-back" یا "write-through" است.
- Write Allocation Policy : نوع سیاست تخصیص که یکی از "no-" یا "write-allocate" است.

سپس یک عدد صحیح n در خط پنجم آمده که نشان دهنده تعداد عملیات است.

در ادامه، n خط عملیات شامل یکی از دو نوع زیر داده می‌شود:

- read address
- write address value

که در آن address یک عدد صحیح غیر منفی تا $(2^{32} - 1)$ و value یک عدد صحیح غیر منفی تا $(2^8 - 1)$ است.

خروجی

خروجی برنامه شامل خطوطی است که برای هر عملیات در صورت نیاز موارد زیر را چاپ می‌کند:

- در صورت **hit** در خواندن:

hit data D

یا **hit** در نوشتن فقط:

hit

- در صورت **miss** در خواندن:

miss data D

یا **miss** در نوشتن فقط:

miss

- هنگام اخراج:

evict addr startA endA dirty True/False

- هنگام نوشتن در حافظه اصلی در زمان write hit در یک حافظه نهان write-through یا در زمان write miss در یک حافظه نهان no-write-allocate:

mem_write addr A

- هنگام نوشتن در حافظه اصلی به خاطر اخراج شدن یک بلاک dirty از حافظه نهان:

mem_write addr startA endA

که در همه‌ی موارد:

- D : داده صحیح
- A : آدرسی که عملیات روی آن انجام شده
- startA : اولین آدرس در بلاکی که اخراج شده است یا باید در حافظه اصلی نوشته شود.
- endA : آخرین آدرس در بلاکی که اخراج شده است یا باید در حافظه اصلی نوشته شود.

نمونه ورودی ۱

```
8
2
write-back
write-allocate
4
write 1073741824 31
read 1073741824
write 1073741840 5
read 1073741846
```

نمونه خروجی ۱

```
miss
hit data 31
miss
hit data 5
```

نمونه ورودی ۲

```
4
1
write-through
no-write-allocate
3
write 100 17
read 100
read 104
```

نمونه خروجی ۲

```
miss
mem_write addr 100
miss data 17
miss data 0
```

نمونه ورودی ۳

```
8
2
write-back
write-allocate
16
write 134217728 11
write 134217736 22
write 134218368 33
write 134219008 44
read 134217728
write 134219016 55
read 134217736
write 134218368 66
write 134219024 77
read 134219008
```

```
write 134221568 88
write 134221576 99
read 134221568
write 134217728 101
read 134217728
read 134219011
```

نمونه خروجی ۳

```
miss
miss
miss
miss
evict addr 134217728 134217735 dirty True
mem_write addr 134217728 134217735
miss data 11
evict addr 134218368 134218375 dirty True
mem_write addr 134218368 134218375
miss
hit data 22
miss
evict addr 134219008 134219015 dirty True
mem_write addr 134219008 134219015
miss
miss data 44
evict addr 134217728 134217735 dirty False
miss
evict addr 134218368 134218375 dirty True
mem_write addr 134218368 134218375
miss
evict addr 134219016 134219023 dirty True
mem_write addr 134219016 134219023
hit data 88
miss
evict addr 134219008 134219015 dirty False
hit data 101
miss data 44
```

```
evict addr 134221568 134221575 dirty True  
mem_write addr 134221568 134221575
```

نکات

- خروجی دقیقاً باید مطابق نمونه‌ها باشد، در غیر این صورت نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.