

TD n° 1 : cache direct - correction

Exercice 1 : cache direct

Un ordinateur a une mémoire principale constituée de 1 Go. Il possède un cache direct de 32 lignes. La taille d'un bloc est de 16 octets. On suppose que le temps d'accès au cache est de 1 ns alors que le temps d'accès à la RAM est de 10 ns.

- Quelle est la capacité du cache ? Quel est le nombre de bits nécessaires pour décrire une adresse de la mémoire principale ?

Capacité du cache = 32×16 octets = 512 octets

Mémoire principale = 1Go = 2^{30} Octets, il faut donc 30 bits pour représenter une adresse

- Calculer le nombre de bits pour les champs Etiquette, Ligne et Déplacement de l'adresse d'un mot de la mémoire principale

Taille d'un bloc = 16 octets = 2^4 octets. Le déplacement dans un bloc est sur 4 bits

Nombre de lignes du cache = $32 = 2^5$ octets. Le numéro de ligne est sur 5 bits

L'étiquette est stockée sur "ce qui reste" donc $30 - 4 - 5 = 21$ bits.

- Le cache est initialement vide. Le processeur lit 64 octets à partir des adresses 0, 1, 2...63 dans cet ordre.

- Décrire le contenu du cache après lecture des 64 octets.

| |
|--------|
| 0..15 |
| 16..31 |
| 32..47 |
| 48..63 |
| |
| |
| ... |
| ... |

- Donner le temps nécessaire à la lecture des 64 octets.

Lecture de l'octet 0 : échec pour l'accès au cache, temps=10ns et le bloc 0 est chargé dans le cache

Lecture des octets 1 à 15 : succès pour l'accès au cache, temps = $1 \times 15 = 15$ ns car le bloc 0 est déjà chargé dans le cache

Pour l'accès aux octets du bloc 0, cela fait donc $10 + 15 = 25$ ns.

On fait de même pour les 3 blocs suivants et on obtient donc au total $25 \times 4 = 100$ ns comme temps d'accès total et donc $100/64 = 1,5625$ ns de temps d'accès moyen

- Le cache est initialement vide. Le processeur lit les octets contenus aux adresses 0, 512, 1024, 512, 0. (Aide : $512 = 16 \times 32$)

- Décrire l'évolution du cache lors de la lecture de ces 5 octets

| |
|------------------|
| 0 512 1024 512 0 |
| ... |
| ... |

- Donner le temps nécessaire à la lecture de ces 5 octets.

Il y a un échec pour chaque accès car les 5 octets utilisent des blocs qui vont tous dans la première ligne du cache. Temps d'accès total = $5 \times 10 \text{ ns} = 50 \text{ ns}$ et donc $50/5 = 10 \text{ ns}$ de temps d'accès moyen. dans ce cas précis, le cache n'est d'aucune utilité....

Exercice 2 (contrôle terminal 2015-2016)

Un ordinateur a une mémoire principale constituée de 1 Mo. Il possède un cache direct de 16 lignes. La taille d'un bloc est de 8 octets. On suppose que le temps d'accès au cache est de 1 ns alors que le temps d'accès à la RAM est de 10 ns.

- Quelle est la capacité du cache ? Quel est le nombre de bits nécessaires pour décrire une adresse de la mémoire principale ?

Capacité du cache = $16 \times 8 \text{ octets} = 128 \text{ octets}$

Mémoire principale = $1 \text{ Mo} = 2^{20} \text{ Octets}$, il faut donc 20 bits pour représenter une adresse

- Calculer le nombre de bits pour les champs Etiquette, Ligne et Déplacement de l'adresse d'un mot de la mémoire principale

Taille d'un bloc = 8 octets = 2^3 octets . Le déplacement dans un bloc est sur 3 bits

Nombre de lignes du cache = $16 = 2^4 \text{ octets}$. Le numéro de ligne est sur 4 bits

L'étiquette est stockée sur "ce qui reste" donc $20 - 3 - 4 = 13 \text{ bits}$.

- Le cache est initialement vide. Le processeur lit 256 octets à partir des adresses 0, 1, 2...255 dans cet ordre, puis relit ces mêmes 256 octets mais dans l'ordre inverse.

- Décrire le contenu du cache après lecture des 512 octets.

| | | |
|-------------------|---------------------|-----------|
| 0..7 | 128..135 | 0..7 |
| 8..15 | 136..143 | 8..15 |
| 16..23 | 144..151 | 16..23 |
| ... | ... | ... |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| ... | | |
| 112...119 | 240..247 | 112...119 |
| 120...127 | 248..255 | 120...127 |

- Calculer le temps nécessaire à la lecture des 512 octets.

- 1er passage (de 0 à 255)

Lecture des octets 0 à 7 : 1 échec puis 7 succès temps = $10 + 1 \times 7 = 17 \text{ ns}$.

Idem pour tous les autres blocs lus (32 au total)

Temps total = $17 \times 32 = 544 \text{ ns}$

- 2eme passage (de 255 à 0)

Les 16 premiers blocs lus sont déjà dans le cache donc $16 * 8\text{ns} = 128\text{ns}$

Les 16 premiers blocs suivants ne sont pas dans le cache, donc pour chaque bloc: $10 + 1 * 7 = 17\text{ns}$,
soit $16 * 17 = 272\text{ns}$

Temps total = $272 + 128 = 400\text{ns}$

- Au final on a donc $544 + 400 = 944\text{ ns}$ soit un temps moyen de $944 / 512 = 1,84375\text{ ns}$ (ce qui est pas mal et prouve l'intérêt du cache...)