

Mémoires CACHE

Henri-Pierre Charles & Frédéric Rousseau

Motivation

Argumentation



Illustration

1 Motivation

● Motivation

- Nécessité des Caches
- Principe de localité
- Architecture des caches
- Architecture générale d'un cache à correspondance directe
- Cache à correspondance directe : exercices
- Exemple DEC Station 3100 : cache 64 KO
- Quid de la localité spatiale ?
- Cache par blocs
- Caches associatifs
- Exemple cache associatif
- Performances des caches

Nécessité des Caches

Comparaison vitesse CPU - temps d'accès à la mémoire

- item1
- item2
- item3
- item4

Principe de localité

Localité temporelle

- Les données ou instructions utilisées récemment le seront encore dans un futur proche (boucles, tableaux)
- Dans un programme, 90% du temps est passé dans seulement 10% des instructions

Localité spatiale

- Les données ou instructions proches en mémoire seront utilisées en même temps (tableaux, instructions séquentielles)

Par conséquent

- Placer les données et les instructions en cours d'utilisation proche du processeur
- Les données ou instructions accédées le plus souvent doivent être proche du processeur

Architecture des caches

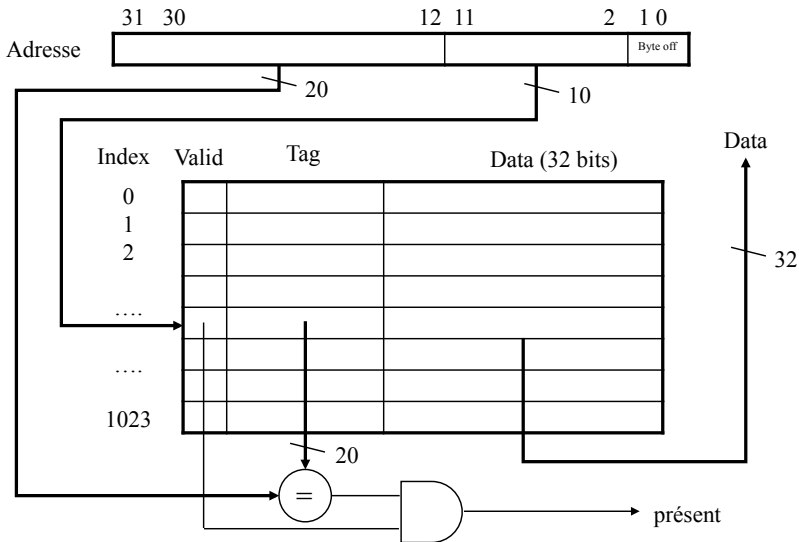
Caches à correspondance directe

- Architecture
- Exemple DECSTATION 3100

Relation adresses mémoire - adresse dans le cache

- $\text{AdresseDonneeCache} = \text{AdresseDonneeMemoire} \% \text{TailleCache}$
- $\text{AdresseBlocCache} = \text{AdresseBlocMemoire} \% \text{NbBlocCache}$
- Simple si la taille du cache est une puissance de 2 (modulo nb de bits)

Architecture générale d'un cache à correspondance directe



Cache à correspondance directe : exercices

Exercice 1 : valeurs spécifiques

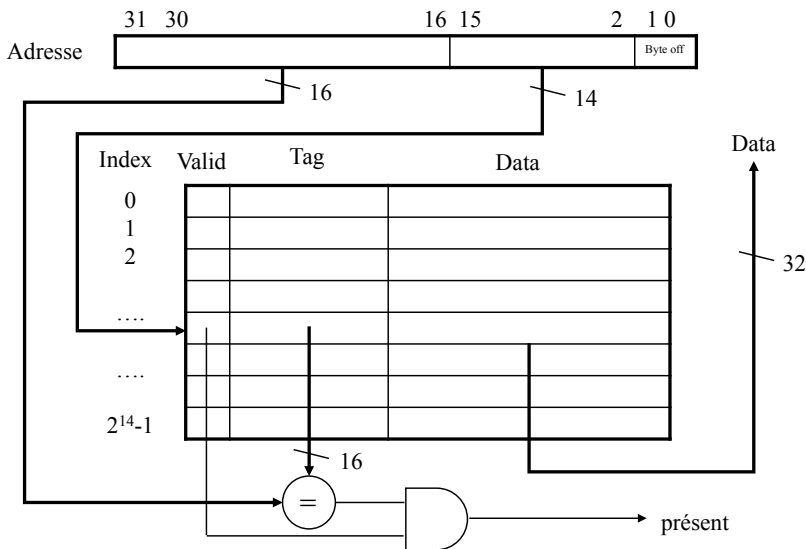
- Quelle est la taille (en nombre de bits) d'un cache de données (32 bits) de 64 KO à correspondance directe avec un espace d'adressage de 32 bits ?

Exercice 2 : généralisation

- Même calcul dans le cas général pour un cache de taille 2^n toujours avec un espace d'adressage de 32 bits et des données de 32 bits ?

Exemple DEC Station 3100 : cache 64 KO

Exemple DEC Station 3100 : cache 64 KO



Quid de la localité spatiale ?

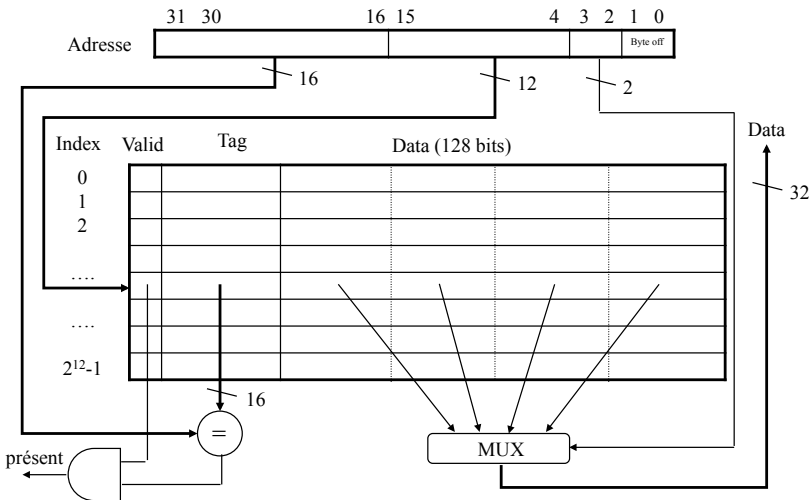
Profiter de la localité spatiale

- Dans l'architecture du cache DEC Station 3100, le bloc de données était un mot de 4 octets
- Pour profiter de la localité spatiale, il faut que plusieurs données consécutives soient dans le même bloc

Relation adresses mémoire d'un bloc - adresse dans le cache

- $\text{AdresseBlocCache} = \text{AdresseBlocMemoire} \% \text{NbBlocCache}$
- Simple si la taille du cache est une puissance de 2 (modulo nb de bits)

Cache par blocs



Caches associatifs

Objectif

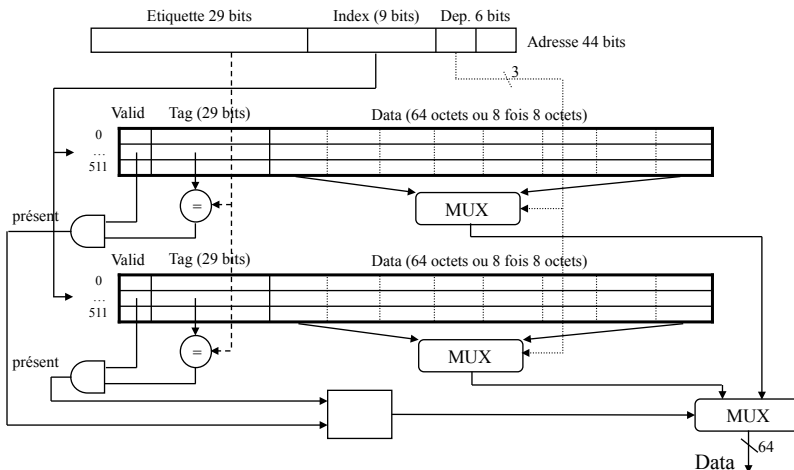
- Réduire les défauts de cache

Principe de la solution

- Un bloc mémoire peut être associé à plusieurs adresses de bloc du cache
 - A toutes les adresses de blocs du cache : "fully associatif"
 - A quelques adresses de blocs du cache : "set associatif" ou "cache associatif à n voies (n ensembles)"
 - A une seule adresse de blocs du cache : "equivalent à correspondance directe"

Exemple cache associatif

Exemple Serveur COMPAQ : cache 64 KO associatif à 2 voies, bloc de 64 octets, mots de 64 bits, à réécriture



Performances des caches

Critère d'évaluation

- La pénalité d'échec correspond au temps pour remplacer un bloc dans le cache
- Le taux d'échec est la fraction des accès cache qui provoque un échec

Comment améliorer la performance des caches

- Réduire la pénalité d'échec : cache multi-niveaux, ...
- Réduire le temps des accès réussis : cache plus petit, pas de traduction d'adresse, accès pipeliné, ...
- Réduire le taux d'échecs