

Architecture des ordinateurs

Mémoire

Florent Devin, Matthias Colin



Ecole Internationale des Sciences du Traitement de
l'Information

Introduction

Introduction

Importance

Deux caractéristiques essentielles pour un ordinateur :

- Vitesse de traitement
- Capacité à mémoriser les informations

Mémoire

- enregistrer
- conserver
- restituer des informations

Généralités

Caractéristiques

Définitions très large

- Mémoire : dispositif (électronique) capable de conserver et de restituer une information
- Mot mémoire : ensemble de bits pouvant être lus ou écrits simultanément

Remarque

La performance des μ processeurs augmente de 55% par an depuis 1987.

La performance des mémoires augmente de 7% par an !

Caractéristiques

Différents types physiques de mémoires

Principaux supports utilisés :

- Semi-conducteur : registres
- Magnétique : disquettes
- Optique : CD, DVD, Blue-Ray

Caractéristiques

Durée de mémorisation

- Fonction du temps :
 - Quasi-permanente : CD-ROM, disques, disquettes, ROM
 - temporaire : mémoires dynamiques, registres
- Alimentation électrique
 - Alimenté : RAM, registre,
 - Non alimenté : CD-ROM, ...

Caractéristiques

Capacité

- Représente le nombre d'information stockable
- Exprimé en mot (*word*) ou octet (*byte*)
- Utilisation des puissances de 2
 - $2^{10} = 1\text{K} = 1\,024$
 - $2^{20} = 1\text{M} = 1\,048\,576$
 - $2^{30} = 1\text{G} = 1\,073\,741\,824$
 - $2^{40} = 1\text{T} = 1\,099\,511\,627\,776$
 - $2^{50} = 1\text{P} = 1\,125\,899\,906\,842\,620$
 - $2^{60} = 1\text{E}$
 - $2^{70} = 1\text{Z}$
 - $2^{80} = 1\text{Y}$

Caractéristiques

Performance

- Temps d'accès : temps nécessaire à une opération de lecture/écriture
- débit : la quantité d'informations lues/écrites par unité de temp (1Mo/s)
- Mode d'accès : Manière de retrouver une information

Caractéristiques

Hiérarchie

L'idéal est de disposer d'une mémoire très rapide et illimitée !
C'est impossible.

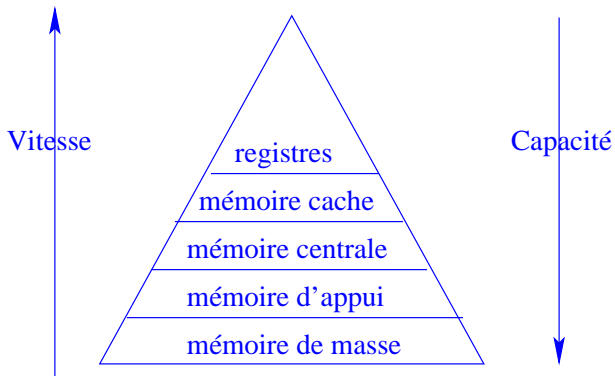
- d'une part du fait du coût engendré
- d'autre part technologiquement impossible (le temps d'accès augmente avec la capacité).

Caractéristiques

Hiérarchie

- Plus les données sont utilisées, plus on doit y accéder rapidement \Rightarrow hiérarchie
 - du plus rapide au moins rapide
 - du moins coûteux au plus coûteux
 - du plus petit au plus grand

Schéma



Registres

Caractéristiques

- Situés dans le CPU
- Grande vitesse
- Stockage des opérandes et des résultats
- Capacité typique : 1 mot (32/64 bits)
- Débit : vitesse horloge processeur

Mémoire cache

Caractéristiques

- Mémoire rapide
- Faible capacité (par rapport à la mémoire centrale)
- Tampon entre CPU et mémoire centrale
- Capacité typique : quelques Mo

Mémoire centrale

Caractéristiques

- Mémoire principale
- Temps d'accès élevé
- Stockage des données et des programmes
- Capacité typique : quelques Go

Mémoire d'appui

Caractéristiques

- Présente dans les systèmes évolués
- Intermédiaire entre mémoire centrale et mémoire de masse
- Augmente la vitesse d'échange avec les périphériques

Mémoire de masse

Caractéristiques

- Mémoire périphérique
- Grande capacité
- Coût faible
- Lente
- Capacité typique : 2 Go à 2 To

Caractéristiques des mémoires actuelles

Tableau récapitulatif

	EDO	SDRAM PC100	DDRAM 2700	DDR2 PC2-6400	DDR3
Largeur	32	64	64	64	64
Capacité	16 Mo	256 Mo	512 Mo	1 Go	2 Go
Fréquence	66	100	333	800	1600
Débit (Mo/s)	267	800	2700	6400	>10000
Voltage	3.3	3.3	2.5	1.8	1.5

Mode d'accès

Présentation

Différents modes d'accès

- Dépend de l'utilisation voulue
 - Accès aléatoire
 - Accès par le contenu
 - Accès séquentiel
 - Accès direct
 - Accès LIFO
 - Accès FIFO

Accès aléatoire

Présentation

- Mode d'accès le plus utilisé
- Un mot : une adresse
 - Indice dans un vecteur de longueur fixe de bits.
 - Désigne de manière fixe et non ambiguë le mot.
 - Fonctionnement identique à celui déjà présenté (Machine de Von Neumann)
 - Mémorisation de l'information à traiter dans un registre (RA)
 - Écriture/lecture via un registre (RM)

Accès aléatoire

Présentation

- À tout instant, n'importe quelle adresse peut être traitée, d'où le nom d'accès aléatoire.
- La taille d'une adresse dépend de la taille mémoire
 - Taille mémoire 4 Gbits \Rightarrow 32 bits

Accès aléatoire

Utilisation

- Stockage des données et programme
- Liste des opérations possibles
 - Lecture(*adr*)
 - lecture de la donnée mémorisée dans le mot d'adresse *adr*.
 - Ecriture(*adr*, donnée)
 - écriture de *donnée* dans le mot d'adresse *adr*.

Accès aléatoire

Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(0, abc)	
Ecriture(1, def)	
Ecriture(2, ghi)	
Lecture(1)	def
Ecriture(1, jkl)	
Lecture(2)	ghi
Lecture(1)	jkl
Lecture(0)	abc

Accès par le contenu

Présentation

- Mémoire associative
- Principale utilisation → Mémoire cache
- Pas de notion d'adresse
- Composé de 2 parties
 - Un descripteur, clef
 - Le mot associé

Accès par le contenu

Utilisation

- Liste des opérations possibles
 - Ecriture(clé, donnée)
 - écriture d'une donnée associée au descripteur clé
 - Lecture(clé)
 - lecture de la donnée associée au descripteur clé
 - Existe(clé)
 - tester s'il y a une donnée associée au descripteur clé
 - Retirer(clé)
 - supprime une clé de la mémoire.

Accès par le contenu

Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(clé1, abc)	
Ecriture(clé2, def)	
Ecriture(clé3, ghi)	
Lecture(clé2)	def
Ecriture(clé2, jkl)	
Lecture(clé3)	ghi
Lecture(clé2)	jkl
Lecture(clé1)	abc

Accès séquentiel

Présentation

- Archivage d'importants volumes de données
- Écriture séquentielle
- Accès séquentiel
- Exemple : bande magnétique

Accès séquentiel

Utilisation

- Liste des opérations possibles
 - Début
 - pour se positionner sur la première donnée
 - Lecture
 - lecture d'une donnée
 - Ecriture(donnée)
 - écriture d'une donnée
 - Fin
 - aller à la fin des données

Accès séquentiel

Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue	Opération	Donnée lue
Début		Fin	
Ecriture(abc)		Ecriture(jkl)	
Ecriture(def)		Début	
Ecriture(ghi)		Lecture	abc
Début		Lecture	def
Lecture	abc	Lecture	ghi
Lecture	def	Lecture	jkl

Accès direct

Présentation

- L'utilisation classique sont les disques
- L'accès se fait bloc par bloc
- Une donnée appartient à un bloc
- Une donnée a une position dans un bloc
- Opération : lecture (bloc, déplacement), écriture (bloc, déplacement, donnée)
- Le temps d'accès est variable

Accès LIFO

Présentation

- Last In First Out
- Pile
- Plusieurs manières réaliser
 - utilisation de registres à décalage
 - simulation par une mémoire de type RAM
 - RA : compteur
 - D'autres techniques, mais plus complexe
- Souvent lié au mécanisme d'appel et de retour de sous programme

Accès LIFO

Utilisation

- Listes des opérations possibles
 - Ecriture(donnée)
 - écriture d'une donnée
 - Lecture
 - lecture d'une donnée
 - Sommet
 - lecture suivie d'une re-écriture (la pile est inchangée)
 - Vide
 - pour tester s'il y a encore des données

Accès LIFO

Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(abc)	
Ecriture(def)	
Ecriture(ghi)	
Lecture()	ghi
Ecriture(jkl)	
Lecture()	jkl
Lecture()	def
Lecture()	abc

Accès FIFO

Présentation

- First In First Out
- File
- Plusieurs manières de réaliser
 - l'utilisation de registres à décalage ;
 - la simulation par une mémoire de type RAM.
 - Utilisation de deux registres
- Tampon sur dispositif d'entrée

Accès FIFO

Utilisation

- Listes des opérations possibles
 - Ecriture(donnée)
 - écriture d'une donnée
 - Lecture
 - lecture d'une donnée
 - Vide
 - tester s'il y a encore des données mémorisées.

Accès FIFO

Exemple de fonctionnement

Opération	Donnée lue
Ecriture(abc)	
Ecriture(def)	
Ecriture(ghi)	
Lecture()	abc
Ecriture(jkl)	
Lecture()	def
Lecture()	ghi
Lecture()	jkl

Mémoire principale

ATTENTION

L'accès à la mémoire principale est le chemin le plus important dans l'ordinateur

Mémoire principale

RAM

- Stockent des données temporaires
- 2 catégories
 - RAM dynamique (DRAM)
 - Condensateurs utilisés comme unités de mémorisation.
 - Rafraîchissement périodique obligatoire
 - Simple, dense, peu coûteuse
 - Demeure depuis 20 ans la brique de base d'un ordinateur
 - Composée : 1 transistor, 1 condensateur

Mémoire principale

RAM

- Stockent des données temporaires
- 2 catégories
 - RAM statique (SRAM)
 - Bascules utilisées comme unités de mémorisation
 - Plus rapide
 - Pas de rafraîchissement
 - Composée : 4 transistors (2 portes NOR)
 - Coût plus élevé

Mémoire principale

ROM

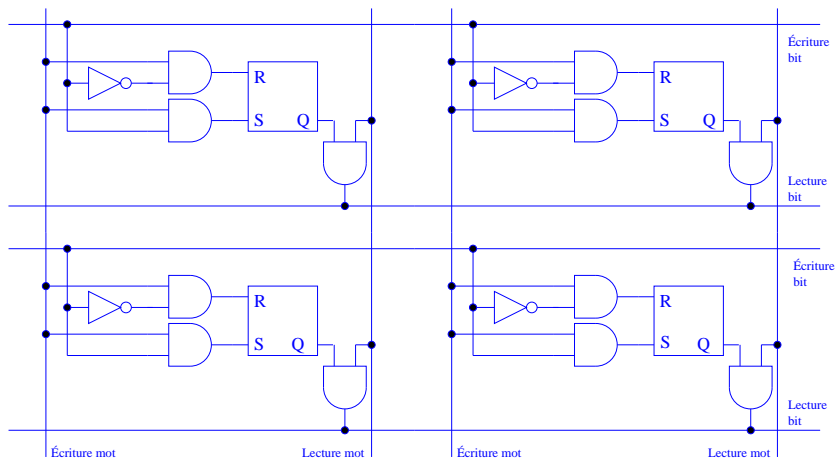
- Utilisées pour le stockage permanent
 - Programmes systèmes
 - Micro Programmation
- 4 catégories
 - ROM : écriture unique lors de la fabrication
 - PROM : écriture unique après la fabrication
 - EPROM : admet un nombre d'écriture limité (effaçage par ultra-violet)
 - EAROM : admet un nombre d'écriture illimité (effaçage par électricité)

Mémoire principale

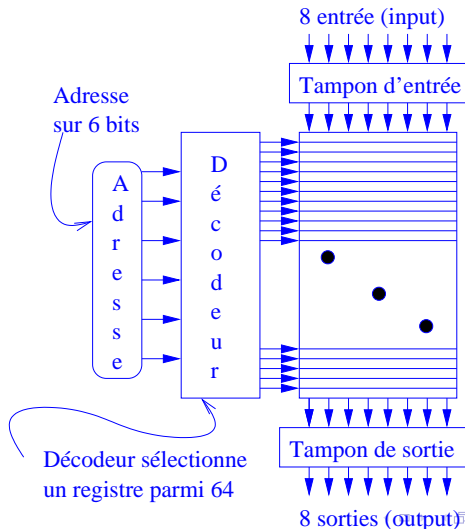
Organisation

- élément de base d'une mémoire semi-conducteur : cellule
- Chaque cellule possède 3 connexions
 - Une entrée de connexion : indique si la cellule est concernée par l'opération courante
 - Une entrée de contrôle : indique si l'opération est écriture ou lecture
 - Une ligne bidirectionnelle pour les données

Mémoire principale



Mémoire principale

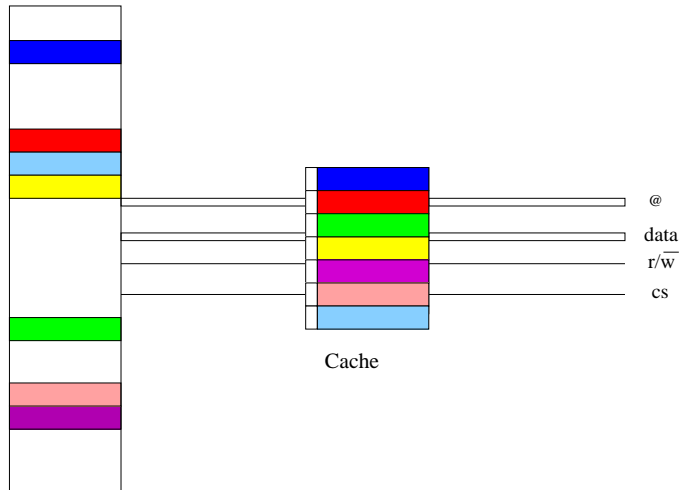


Mémoire cache

Présentation

- niveau de mémorisation intermédiaire
- très rapide : plusieurs dizaines de fois que la mémoire principale
- de petite capacité
- mémorise les données ou instructions les plus récentes
- situé
 - entre le processeur et la mémoire
 - entre le processeur et un autre cache

Mémoire cache



Principale

Cache

@

data

r/w

cs