

Processeur

Définition

Le processeur (ou CPU, Central Processing Unit) est un circuit intégré complexe caractérisé par une très grande intégration et doté des facultés d'interprétation et d'exécution des instructions d'un programme.

Définition

- Il est chargé d'organiser les tâches précisées par le programme et d'assurer leur exécution.
- Il doit aussi prendre en compte les informations extérieures au système et assurer leur traitement.

Définition

- Un microprocesseur regroupe sur quelques millimètres carrés des fonctionnalités toujours plus complexes.
- Leur puissance continue de s'accroître et leur encombrement diminue régulièrement respectant toujours, pour le moment, la fameuse loi de Moore.

Définition

- Le processeur exécute chaque instruction très rapidement, en quelques cycles d'horloges.
- Toute l'activité de l'ordinateur est cadencée par une horloge unique, de façon à ce que tous les circuits électroniques travaillent tous ensemble de façon synchronisée.

Définition

- La fréquence de cette horloge s'exprime en MHz (millions de cycles par seconde) ou GHz (milliards de cycles par secondes).
- Le processeur exécute les instructions des programmes grâce à un jeu d'instructions.

Définition

➤ Exemple :

- Un processeur cadencé à 2GHz effectuera grossièrement 2 milliards de battements par seconde.
- Pour compter jusqu'à 2 milliards, à raison d'un seul nombre par seconde, Il faut environ 63 ans.

Caractéristiques d'un processeur

Un processeur est défini par :

- Le nombre et la largeur de ses registres internes
- La cadence de son horloge exprimée en MHz ou GHz;
- Le nombre de noyaux de calcul (core);
- Son jeu d'instructions;
- Le nombre de mémoires caches internes;
- Sa finesse de gravure.

Jeu d'instruction

- La première étape de la conception d'un microprocesseur est la définition de son jeu d'instructions.
- Le jeu d'instructions décrit l'ensemble des opérations élémentaires que le microprocesseur pourra exécuter

Jeu d'instruction

- Les instructions que l'on retrouve dans chaque microprocesseur sont classées en 4 groupes :
 - Transfert de données
 - Opérations arithmétiques
 - Opérations logiques
 - Contrôle de séquence

Jeu d'instruction

- Les processeurs utilisent de minuscules transistors pour faire les opérations de base
- Le processeur travaille en fait grâce à un nombre très limité de fonctions (ET logique, OU logique, addition...).
- Il est impossible de mettre toutes les instructions sur un processeur, car celui-ci est limité par la taille de la gravure.

Jeu d'instruction

- Pour mettre plus d'instructions, il faudrait un processeur ayant une très grande surface.
- Malheureusement, le processeur est constitué de silicium (bus en platine ou en or) et le silicium coûte cher et il chauffe beaucoup.
- Le processeur traite donc les informations compliquées à l'aide d'instructions simples.

Famille des processeurs

Architecture CISC (Complex Instruction Set Computer)

- La seule envisageable vu que la mémoire travaillait très lentement par rapport au processeur
- Il était plus intéressant de soumettre au microprocesseur des instructions complexes.
- Incorporer au niveau du processeur des instructions plus proches de la structure de ces langages.
- Une architecture avec un grand nombre d'instructions où le microprocesseur doit exécuter des tâches complexes par instruction unique.

Famille des processeurs

L'architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer)

- Les programmes générés par les compilateurs se contentaient le plus souvent d'affectations, d'additions et de multiplications par des constantes.
- Ainsi, 80% des traitements des langages de haut niveau faisaient appel à seulement 20% des instructions du microprocesseur.
- D'où l'idée de réduire le jeu d'instructions à celles le plus couramment utilisées et d'en améliorer la vitesse de traitement.

Famille des processeurs

L'architecture RISC (Reduced Instruction Set Computer)

- Une architecture dans laquelle les instructions sont en nombre réduit
- Les architectures RISC peuvent donc être réalisées à partir de séquenceur câblé. Leur réalisation libère de la surface permettant d'augmenter le nombre de registres ou d'unités de traitement.

Famille des processeurs

VLIW (Very Long Instruction Word)

DSP (Digital Signal Processor)

- Cela explique qu'un programme réalisé pour un type de processeur ne puisse fonctionner directement sur un système possédant un autre type de processeur, à moins d'une traduction des instructions, appelée émulation.
- Le terme « émulateur » est utilisé pour désigner le programme réalisant cette traduction.

Emplacement du processeur

- La carte mère possède un emplacement pour accueillir le processeur, appelé support de processeur.
- On distingue deux catégories de supports :
 - **Slot**: connecteur rectangulaire dans lequel on enfiche le processeur verticalement
 - **Socket**: connecteur carré possédant un grand nombre de petits connecteurs (broches) sur lequel le processeur vient directement s'enficher

Emplacement du processeur

- Au sein de ces deux grandes familles, il existe deux versions différentes du support, selon le type de processeur.
 - **PIN:** Les broches se trouvent dans le processeur.
 - **LGA:** Les broches se trouvent dans le socket de la carte mère.
- Il est essentiel de brancher délicatement le processeur afin de ne tordre aucune de ses broches.

Emplacement du processeur

- Dans la mesure où le processeur rayonne thermiquement, il est nécessaire d'en dissiper la chaleur pour éviter que ses circuits ne fondent.
- C'est la raison pour laquelle il est généralement surmonté d'un dissipateur thermique composé d'un métal ayant une bonne conduction thermique.

Emplacement du processeur

- Un ventilateur accompagne généralement le dissipateur pour améliorer la circulation de l'air autour du dissipateur et améliorer l'échange de chaleur.
- Le terme « ventirad » est ainsi parfois utilisé pour désigner l'ensemble Ventilateur + Radiateur.

Architecture de base d'un microprocesseur

L'unité de commande

- Elle permet de séquencer le déroulement des instructions.
- Elle effectue la recherche en mémoire de l'instruction.
- Elle en assure le décodage pour enfin réaliser son exécution puis effectue la préparation de l'instruction suivante.

L'unité de commande

- **Le compteur de programme (CO)**
- **Le registre d'instruction (RI)**
- **Le décodeur d'instruction (DI)**
- **Le séquenceur**

L'unité de traitement

- **C'est le cœur du microprocesseur.**
- **Elle regroupe les circuits qui assurent les traitements nécessaires à l'exécution des instructions.**
- **L'unité de traitement est composée de:**
 - **Unité arithmétique et logique (UAL)**
 - **Unité de calcul en virgule flottante**
 - **Unité multimédia**

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

- La mémoire cache (mémoire tampon) est une mémoire rapide permettant de réduire les délais d'attente des informations MC.
 - Mémoire cache de premier niveau (L1 ou Level 1)
 - Mémoire cache de second niveau (L2 ou Level 2)
 - Mémoire cache de troisième niveau (L3 ou Level 3)

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

Index	Tag	Dirty	Data
0	3F4D	0	
1	0023	0	
2	A AFF	1	
.....	
n	E5FA	1	

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

- Lorsque le microprocesseur veut accéder à la mémoire, il compare l'adresse avec les étiquettes des lignes du cache.
- S'il trouve l'adresse parmi les étiquettes, le micro-processeur utilise directement les données du cache (succès).
- Sinon on parle de défaut de cache ou d'échec de cache (cache miss).

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

- La réponse à un défaut de cache dépend de la nature de l'accès aux données.
- Dans le cas d'une lecture, les données sont chargées de la mémoire centrale dans le cache.
- Le chargement nécessite de libérer au préalable une ligne du cache pour y placer les nouvelles données.
- Le choix de la ligne à libérer est contrôlé par la politique de remplacement.

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

- Dans le cas d'un défaut de cache lors d'une écriture, deux techniques sont utilisées.
- La première technique est de faire comme pour une lecture en chargeant les données dans le cache puis de laisser le processeur écrire dans le cache. La seconde technique est d'écrire directement les données en mémoire.

Autres unités du microprocesseur

Unité de mémoire cache:

- La politique « write-through » consiste à répercuter en mémoire centrale chaque écriture dans le cache.
- La politique write-back retarde au maximum les écritures en mémoire centrale. Les données qui ont été écrites dans le cache sont écrites en mémoire centrale au moment où la ligne qui contient ces données est libérée.

Autres unités du microprocesseur

- **Unité d'interface de bus**
- **Unités de segmentation et de pagination**
- **Unité de décodage**
- **Unité d'anticipation (file d'attente)**

Les registres du processeur

➤ **Les registres généraux**

- Mémoires rapides, à l'intérieur du microprocesseur
- Manipuler des données à vitesse élevée.
- L'adresse d'un registre est associée à son nom
- Sauvegarder des résultats intermédiaires (évite des accès à la mémoire)
- Sont à la disposition du programmeur
Chargement, Enregistrement, Transfert et Incrémentation

Les registres du processeur

- **Les registres d'adresses**
 - **Le compteur ordinal (pointeur de programme PC)**
 - **Le registre pointeur de pile (Stack Pointer)**
 - **Les registres d'index (SI /DI)**
 - **Le registre d'adresse**
- **Le registre d'instruction**
- **Le registre mot mémoire ou registre de données**
- **Le registre accumulateur**
- **Le registre d'état (PSW program status word)**

Etapes d'exécution d'une instruction

➤ Recherche de l'instruction à traiter

➤ Décodage de l'instruction et recherche de
l'opérande

➤ Exécution de l'instruction

Performances d'un microprocesseur

- On peut caractériser la puissance d'un microprocesseur par le nombre d'instructions qu'il est capable de traiter par seconde.
 - Le CPI (Cycle Par Instruction) qui représente le nombre moyen de cycles d'horloge nécessaire pour l'exécution d'une instruction.
 - Le MIPS (Millions d'Instructions Par Seconde) qui représente la puissance de traitement du microprocesseur.

Performances d'un microprocesseur

➤ Exemple:

Soit une machine avec une fréquence d'horloge de 700MHz, elle comporte 5 classes d'instructions ayant les CPI suivants:

Classe A	CPI =1
Classe B	CPI =2
Classe C	CPI =3
Classe D	CPI =5
Classe E	CPI =7

Compilateurs	Classes (%)				
	A	B	C	D	E
Compilateur 1	10	20	10	30	30
Compilateur 2	20	15	15	30	20
Compilateur 3	5	10	15	40	30

- Quel est le CPI du code produit par chacun des compilateurs ?
- Quel compilateur produit le code ayant le MIPS le plus élevé ?
- Quel compilateur produit le code le plus performant ?

Performances d'un microprocesseur

- Pour augmenter les performances d'un microprocesseur, on peut donc soit augmenter la fréquence d'horloge (limitation matérielle), soit diminuer le CPI (choix d'un jeu d'instruction adapté).
- L'ensemble des améliorations des microprocesseurs vise à diminuer le temps d'exécution du programme.

Performances d'un microprocesseur

Le parallélisme:

- Le parallélisme consiste à exécuter simultanément, sur des processeurs différents, des instructions relatives à un même programme.
- Cela se traduit par le découpage d'un programme en plusieurs processus traités en parallèle afin de gagner en temps d'exécution.

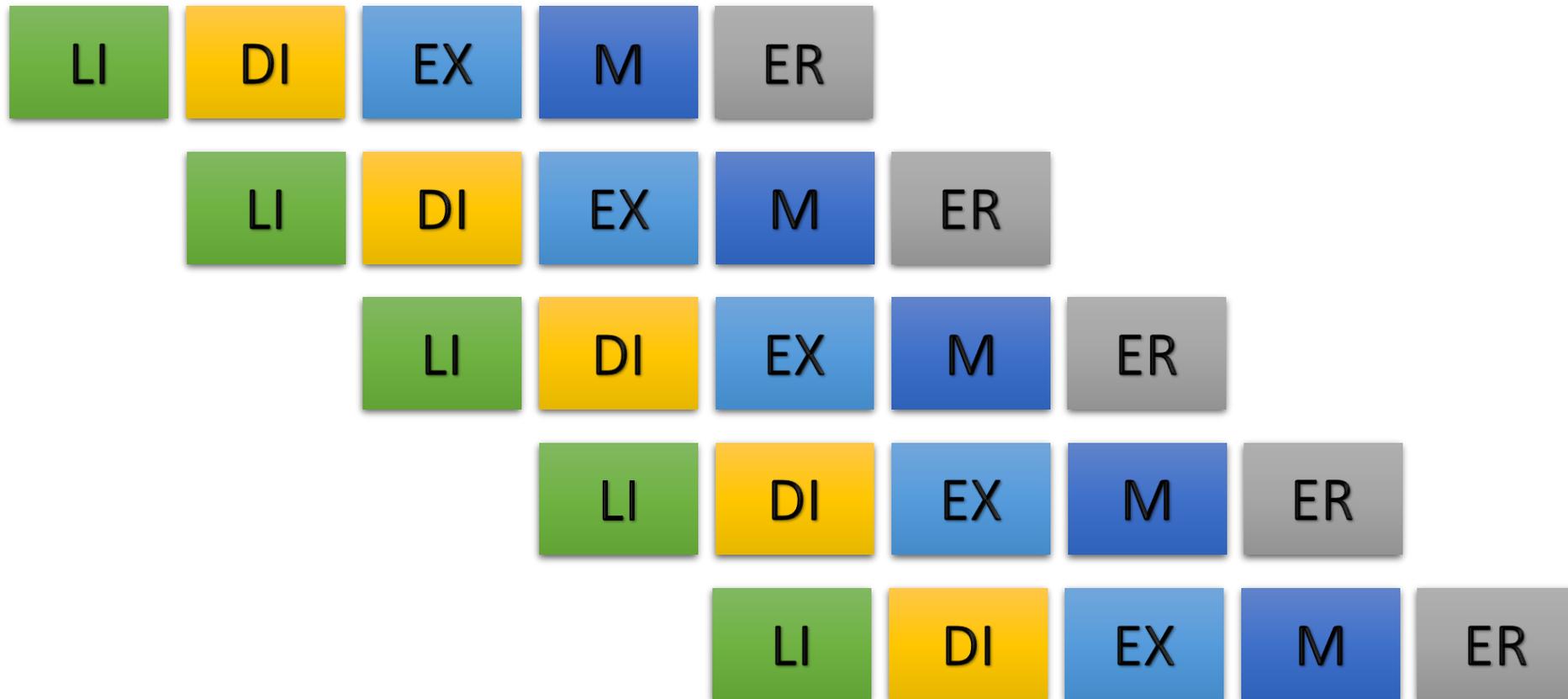
Performances d'un microprocesseur

Architecture pipeline:

- LI : (Lecture de l'Instruction depuis le cache ;
- DI: Décodage de l'Instruction et recherche des opérandes;
- EX: Exécution de l'Instruction;
- M: chargement ou écriture dans la mémoire;
- ER: Ecriture de la valeur calculée dans les registres.

Performances d'un microprocesseur

Architecture pipeline



Performances d'un microprocesseur

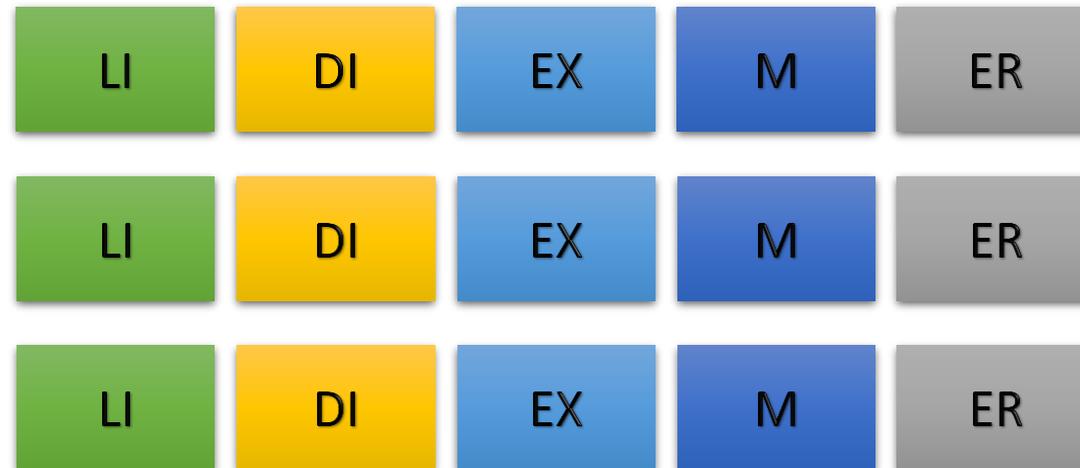
Architecture superscalaire:

- Une autre façon de gagner en performance est d'exécuter plusieurs instructions en même temps.
- L'approche superscalaire consiste à doter le microprocesseur de plusieurs unités de traitement travaillant en parallèle.

Performances d'un microprocesseur

Architecture pipeline et superscalaire:

- Le principe est d'exécuter les instructions de façon pipelinée dans chacune des unités de traitement travaillant en parallèle.



Performances d'un microprocesseur

HyperThreading:

- La technologie HyperThreading consiste à définir deux processeurs logiques au sein d'un processeur physique.
- Le système reconnaît deux processeurs physiques et se comporte en système multitâche en envoyant deux threads simultanés.

Performances d'un microprocesseur

Multi-coeur:

- Un processeur multi-coeur est tout simplement un processeur composé non pas de 1, mais de 2 (ou 4 ou 8) unités de calcul.