

Chapitre 1

Rappels sur l'Architecture de base d'un ordinateur

I. Introduction

Dans cette partie, nous décrivons rapidement l'architecture de base d'un ordinateur et les principes de son fonctionnement.

II. Architecture simplifiée d'un ordinateur

Un ordinateur dans le jargon des utilisateurs est associé au PC (*Personnel Computer*) qui désigne l'ordinateur personnel. Toutefois, un ordinateur peut être une machine beaucoup plus puissante qu'un simple PC. De nos jours un ordinateur est constitué d'une partie matérielle et d'une partie logicielle. Même s'ils n'ont pas tous le même aspect, tous les ordinateurs comportent les mêmes éléments de base à savoir :

- La carte mère qui contient toutes les composantes principales d'un ordinateur (UC, MC, Bus, slots,)
- Des périphériques de stockage permanent pour y enregistrer les travaux effectués en mémoire centrale tel que le disque dur (HD),
- Des dispositifs pour entrer et récupérer des données appelés périphériques d'entrée/sortie : un écran, une souris, un clavier, un lecteur de disquettes et un lecteur de CD-ROM ou DVD-ROM.

La figure suivante explicite la structure d'un ordinateur d'un point de vue système :

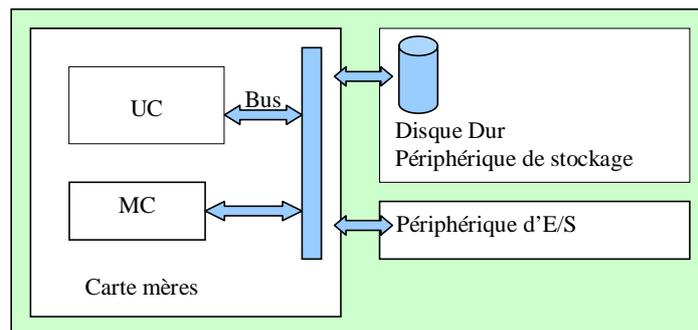


Fig. 1. Structure simplifiée d'un ordinateur

1. La carte mère

Du point de vue physique, la carte mère est une plaque de résine contenant à l'intérieur et sur les deux faces une fine couche de cuivre sur laquelle est imprimé le circuit imprimé. La couche de cuivre contient les fils électriques qui relient les composants. La carte mère supporte les principaux éléments d'un PC, sans elle un ordinateur ne peut pas fonctionner. On y trouve les éléments

suivants :

- *Le processeur* ou l'unité centrale est une unité pour effectuer les traitements
- *La mémoire vive RAM (Random Access Memory)*. C'est la mémoire centrale (MC), elle représente le lieu de travail dans un ordinateur à savoir qu'un programme stocké sur le disque dur est chargé en mémoire centrale où ses instructions seront accédées une à une pour être exécutées par le processeur. La RAM est une mémoire volatile c'est-à-dire que son contenu serait perdu en cas de coupure d'électricité.
- *La mémoire morte ROM (Read Only memory)*. Elle contient les programmes du BIOS qui gèrent le chargement du système et les entrées-sorties. Le programme « bootstrap » d'initialisation teste les diverses unités matérielles et fournit en conséquence un diagnostic des erreurs rencontrées, installe en mémoire centrale les divers pilotes de périphériques et le noyau résident du système.
- *L'horloge* qui permet de cadencer le fonctionnement du processeur. A chaque top d'horloge le processeur effectue une instruction, ainsi plus l'horloge a une fréquence élevée, plus le processeur effectue d'instructions par seconde (MIPS: Millions d'instruction par seconde). Par exemple un ordinateur ayant une fréquence de 1 GHz (1000 MHz) effectue 1000 millions d'instructions par seconde
- *Un ensemble de bus* : un bus est un ensemble de fils de cuivre incrustés dans la carte mère qui permettent de véhiculer l'information. Le bus se caractérise par le nombre de fils qui le composent. Si le nombre de fils est de 64, on parle alors de bus 64 bits. Il est également caractérisé par sa fréquence de fonctionnement.
- *Le "chipset" ou "jeu de composants" soudé* sur la carte mère. Le chipset régit tous les échanges au sein du PC en aiguillant les données sur les différents bus de la carte mère.

Les périphériques sont des dispositifs qui sont assez lents par rapport à l'unité centrale, cette dernière ne peut donc pas rester à l'écoute pour savoir si le périphérique est prêt à lui envoyer une donnée ou à la recevoir. Un composant appelé contrôleur est associé à chaque périphérique et gère le dialogue avec l'unité centrale. La mémoire centrale également a une fréquence faible par rapport à l'unité centrale, on lui associe donc un contrôleur. On distingue les contrôleurs suivants présents sur la carte mère :

- Les différents contrôleurs d'entrée/sortie (disque, mémoire, clavier, moniteur)
- Des slots : emplacements pour connecter des cartes d'extension. On peut ainsi connecter une carte réseau avec ou sans fil, une carte modem, une carte son, carte TV, une carte graphique.
- des connecteurs d'alimentation, USB, de clavier, de disque etc.

La figure n° 3 présente la carte mère d'un ordinateur de type PC.

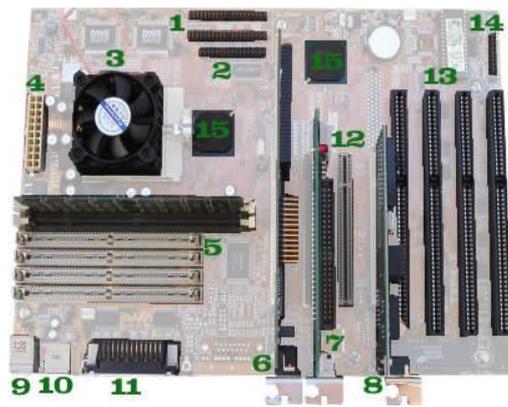


Fig. 3. Exemple de carte mère

1. deux connecteurs pour disque durs et CD-ROM
2. un connecteur pour lecteurs de disquette ;
3. le ventilateur recouvrant le microprocesseur ;
4. la prise d'alimentation ATX ;
5. une barrette de mémoire vive
6. une carte graphique dans un connecteur PCI ;
7. une carte SCSI dans un connecteur PCI ;
8. une carte réseau dans un connecteur PCI ;
9. deux ports PS/2 pour clavier et souris ;
10. deux ports USB ;
11. un port série et un port parallèle ;
12. un emplacement PCI libre ;
13. quatre emplacements ISA libres ;
14. un connecteur pour les boutons et témoins du boîtier ;
15. les puces du chipset.

2. Les unités d'entrée/sortie

Les unités d'entrée/sortie assurent la communication avec l'extérieur à travers des périphériques spécialisés en entrée/sortie (écran, clavier, souris, ...). Le transfert de l'information de la MC vers ces unités d'E/S est réalisé par des unités d'échanges tels que le bus et le DMA (Direct Memory Acces)

III. Principe de fonctionnement

Les deux principaux constituants d'un ordinateur sont la *mémoire principale* (MC pour mémoire centrale) et *le processeur* (UC pour unité centrale). La MC permet de stocker de l'informations (programmes et données), tandis que le processeur exécute pas à pas les instructions composant les programmes. Le processeur et la MC communiquent via des bus (bus d'adresses et bus de données)

1. L'unité centrale ou le processeur

On utilise souvent le même terme pour désigner l'unité centrale et le boîtier de l'unité centrale. Il s'agit en réalité d'un abus de langage et l'unité centrale est un circuit intégré qui réalise les traitements et les décisions. Elle est également appelée microprocesseur. Elle se compose d'une unité de commande et de contrôle UCC, d'une unité arithmétique et logique UAL, de registres, d'une horloge et d'un bus interne qui relie ces unités.

Les registres sont des zones mémoires internes au processeur destinées à accueillir les données, les instructions et les résultats.

1.1 L'unité de commande UCC

L'UCC recherche les instructions à partir de la MC, les décode et en supervise leur exécution par l'UAL. Elle contient deux registres importants qui ne sont habituellement pas accessibles aux programmeurs :

- **Le registre d'instruction** contient sous forme codée l'instruction machine en cours d'exécution (une instruction comporte plusieurs champs : un champ code opération et d'une adresse (opérande))

- **Le registre compteur ordinal** contient l'adresse de l'emplacement mémoire de la prochaine instruction à exécuter (qu'il faut aller chercher en mémoire centrale). Généralement, cette adresse est calculée par simple incrémentation de la valeur du compteur ordinal, sauf dans le cas des instructions de branchement où on est obligé de forcer la valeur du compteur ordinal par l'évaluation de son opérande.
- **Décodeur** permet d'extraire (décode) le code opération de l'instruction du registre d'instruction pour déterminer l'ordre d'exécution et le décoder en impulsion électrique.
- **Séquenceur** permet d'établir la liste des ordres élémentaire qui composent l'exécution de l'instruction

1.2 L'unité arithmétique et logique (UAL)

L'UAL contient tous les circuits électroniques qui réalisent effectivement les opérations de calcul arithmétiques (+, -, *, / et ~ (la négation : inversion des bits) et les opérations logiques (ET, OU, OU exclusif).

Les opérandes nécessaires pour ces opérations se trouvent dans des registres contenus dans cette unité. Ce sont des registres accessibles aux programmeurs et que l'on peut classer en différents groupes :

- **Le registre accumulateur** est un registre de calcul qui contient un opérande avant l'opération et le résultat à la fin de l'opération ;
- **Les registres arithmétiques** servent aussi pour les calculs;
- **Les registres de base et d'index** permettent le calcul d'adresses par rapport à une valeur de base ou un index;
- **Les registres banalisés** pour le stockage des résultats intermédiaires;
- **Le registre d'état** qui indique l'état du système en déclarant le retenu d'une opération arithmétique (carry) ou un débordement (overflow)

1.3 Bus internes

Permettant la communication entre les unités et les registres. En effet, les informations circulent à l'intérieur du processeur sur deux bus internes, l'un pour les données, l'autre pour les instructions.

La figure qui suit présente une architecture élémentaire d'unité centrale

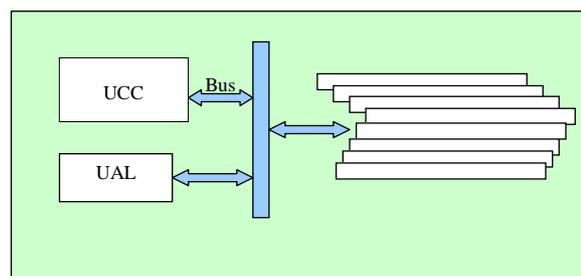


Fig. 4. Structure simplifiée de l'unité centrale

Une instruction est exécutée en 4 étapes principales :

- ❶ *fetch* : recherche d'instruction en mémoire
- ❷ *decode* : décodage de l'instruction
- ❸ *execute* : exécution de l'instruction
- ❹ *next* : passage à l'instruction suivante

Ces étapes sont cadencées par une unité d'horloge interne. A chaque cycle d'horloge l'unité de commande donne l'ordre pour ouvrir ou fermer certaines portes, pour lire, écrire, comparer, additionner, etc.

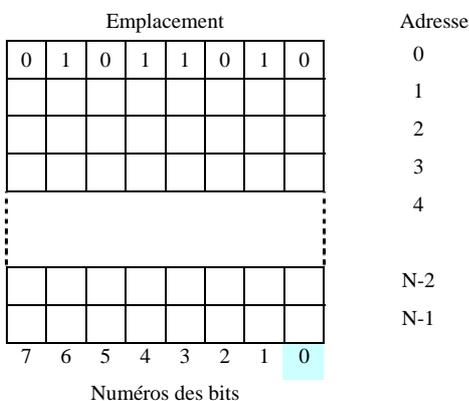
De nos jours d'autres composants sont intégrés au processeur tels que :

- **Une unité flottante** pour le calcul des opérations sur les nombres réels.
- **La mémoire cache** est une mémoire de petite taille, à accès plus rapide que la mémoire principale. Elle permet au processeur de se "rappeler" les opérations déjà effectuées auparavant. En effet, elle sert à conserver les données ou les instructions fréquemment utilisées par le processeur. De la sorte il ne perd pas de temps à recalculer des choses qu'il a déjà faites précédemment. La taille de la mémoire cache est généralement de l'ordre de quelques centaines de KO. Ce type de mémoire résidait sur la carte mère, sur les ordinateurs récents ce type de mémoire est directement intégré dans le processeur.
- **Les unités de gestion mémoire (MMU)** servent à convertir des adresses logiques en des adresses réelles situées en mémoire.

2. La Mémoire centrale (MC)

La mémoire est divisée en emplacements de taille fixe (exemple 8bits) utilisées pour stocker les instructions et les données (fig.5.).

En principe, la taille d'un emplacement mémoire est quelconque ; en fait, la plupart des ordinateurs d'aujourd'hui utilisent des emplacements mémoire d'un octet (byte en anglais, soit 8 bits, unité pratique pour coder un caractère).



Dans une mémoire de taille N, on a N emplacements mémoires, numérotés de 0 à N-1. Chaque emplacement est repéré par son numéro, appelé adresse. L'adresse est le plus souvent écrite en hexadécimal.

La taille de la mémoire est le nombre d'emplacements, exprimé en général en kilo-octets ou en méga-octets :

$$1 \text{ Ko (Kilo)} = 2^{10} = 1024$$

$$1 \text{ Mo (Méga)} = 2^{20} = 1\,048\,576$$

$$1 \text{ Go (Giga)} = 2^{30} = 1\,073\,741\,824$$

$$1 \text{ To (Téra)} = 2^{40} = 1\,099\,511\,627\,776$$

Fig.5. Structure de la MC

Seul le processeur peut modifier l'état de la mémoire. En effet, chaque emplacement mémoire

conserve les informations que le processeur y écrit jusqu'à coupure de courant électrique, ou tout le contenu est perdu.

Les seules opérations possibles sur la mémoire sont :

- *écriture dans un emplacement* : le processeur donne une valeur et une adresse, et la mémoire range la valeur à l'emplacement indiqué par l'adresse ;
- *lecture d'un emplacement* : le processeur demande à la mémoire la valeur contenu à l'emplacement dont il indique l'adresse. Le contenu reste inchangé

Notons que les opérations de lecture et d'écriture portent en général sur un mot mémoire (plusieurs octets contigus). La taille d'un mot mémoire dépend du type de processeur ; elle est de

- 1 octet (8bits) dans les processeurs 8 bits (exemple Motorola 6502) ;
- 2 octets (16 bits) dans les processeurs 16 bits (exemple Intel 8086) ;
- 4 octets (32 bits) dans les processeurs 32 bits (exemple Intel 80486 ou Motorola 68030)

3. Liaison Processeur-Mémoire : les bus

Les informations échangées entre la mémoire et le processeur circulent sur des bus (fig.6) :

- *Bus d'adresse* : un bus d'adresse est un bus unidirectionnel. Seul le processeur envoie des adresses. Il est composé de a fils ; on utilise donc des adresses de a bits. La mémoire peut posséder au maximum 2^a emplacements (adresses de 0 à $2^a - 1$).
- *Bus de données* : un bus de données bidirectionnel. Lors d'une lecture, c'est la mémoire qui envoie un mot sur le bus (le contenu de l'emplacement demandé) ; lors d'une écriture, c'est le processeur qui envoie la donnée.

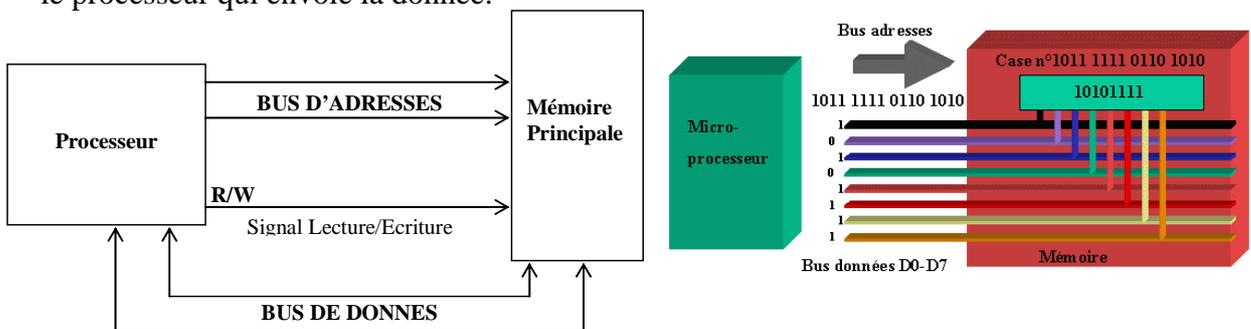


Fig.6. Communication Processeur-Mémoire

4. Exemple d'exécution d'une instruction

Pour exécuter l'instruction : « Ajouter 5 au contenu de la case mémoire d'adresse 180 » :

1. le processeur lit et décode l'instruction;
2. le processeur demande à la MC le contenu de l'emplacement 180;
3. la valeur lue est rangée dans l'accumulateur;
4. l'UAL ajoute 5 au contenu de l'accumulateur;
5. le contenu de l'accumulateur est écrit en mémoire à l'adresse 180

L'UCC qui déclenche chacune de ces actions dans l'ordre. Alors que l'addition est effectuée par l'UAL