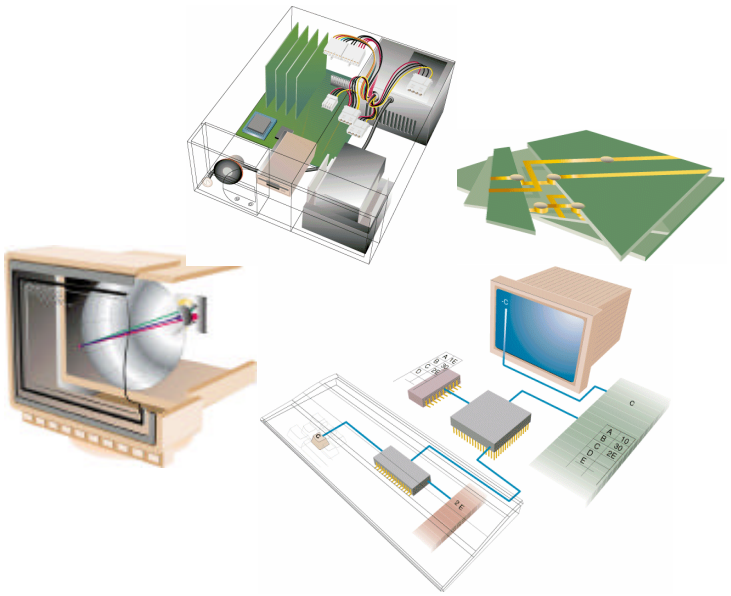
Architecture matérielle des systèmes informatiques



IDEC, Renens. Version novembre 2003.

Avertissement : ce support de cours n'est pas destiné à l'autoformation et doit impérativement être complété par l'enseignement dispensé en classe.

Sommaire

Introduction 4
Qu'est qu'un système informatique ? 4
Matériel – logiciel 4
Principes de fonctionnement 5
Traitement 5
Le système binaire 5
Fonctionnement du processeur 6
Transmission 7
Les types de médias 7
La fréquence et le nombre de canaux 8
La connectique 9
La mise en tampon 9
Stockage 9
Mémoires de masse 9
Mémoires vives 11
Mémoires non-volatiles 12
Mémoire virtuelle 12
Stockage : tableau récapitulatif 13
Les types de systèmes 14
Ordinateurs personnels 14
Ordinateurs portables 14
Assistants personnels 14
Périphériques d'impression 15
Périphériques réseau 15
Serveurs PC 16
Stations de travail 16
Serveurs de groupe 16
Serveurs départementaux 17
Serveurs d'entreprise 17
Supercalculateurs 17
Les technologies 18
Eléments de traitement 18
L'architecture des processeurs 18
Jeux d'instructions 19
Techniques d'exécution des instructions 20
Les niveaux de cache 21
Exemple : exécution d'une instruction d'addition 23
Les processeurs du marché 26
Les systèmes multiprocesseurs 28
Eléments de stockage 29
Mémoires mortes 29
Mémoires vives 30
Disques durs 31
Disquettes et disques durs amovibles 35
Disques optiques 37
Les disques magnéto-optiques 39
Ultra Density Optical 39
Bandes magnétiques 39
Eléments de transmission 40
Les interfaces d'accès aux supports de stockage 41
La carte-mère 44
Les interfaces pour les périphériques 48
Eléments cadre 49
Types de boîtiers 49
Alimentation 50

Refroidissement 51
Périphériques d'entrée 51
Le clavier 51
La souris 52
Le scanner 54
Autres périphériques d'entrée 56
Périphériques de sortie 59
Les écrans cathodiques (CRT) 59
Les écrans à cristaux liquides (LCD) 60
Les écrans à plasma (PDP) 61
Critères de qualité d'affichage 62
La carte graphique 63
Les imprimantes 65
L'approvisionnement 70
Achat ou location ? 70
Choix des fournisseurs 70
Fabricants, intégrateurs, avec ou sans marque ? 71
Interlocuteur unique ou fournisseurs variés ? 71
La maintenance 72
Contrats de maintenance 72
Maintenance hors contrat 73
Les normes 74
Normes d'économie d'énergie 74
Normes d'innocuité 74
Les critères de choix 75
La gestion de parc 76
Outils d'inventaire 76
Logiciels de surveillance 77
Gestion et virtualisation du stockage 78
DAS, NAS et SAN 78
HSM 78
Logiciels de gestion d'infrastructure 79

Introduction

Qu'est qu'un système informatique ?

En fonction du contexte, deux définitions peuvent être données :

- la totalité des systèmes informatiques utilisés par une organisation, incluant les ordinateurs, les périphériques et le réseau : on parle alors souvent de SI.
- une partie du système, capable de réaliser un traitement sur des données d'entrée pour obtenir d'autres données en sortie (I/O ou input/output) : le système informatique qualifie alors un ordinateur en particulier.

Matériel – logiciel

Si l'on aborde souvent une solution informatique en séparant le logiciel du matériel, la frontière entre les deux est cependant artificielle puisque la plupart des éléments classés « matériel » comportent une partie logicielle. On considérera néanmoins qu'un élément livré avec une partie logicielle indissociable et que l'on ne peut pas modifier (seulement configurer) peut être classé dans le matériel. On parle alors de **logiciel embarqué** ou de **microprogramme** pour qualifier la partie logicielle incluse.

Par contre, les pilotes, bien qu'ils soient aussi situés à la frontière entre le matériel et le système d'exploitation, sont classés dans la catégorie « logiciel » car un pilote n'est pas indissociable d'un matériel donné.

Principes de fonctionnement

A l'origine, c'est la fonction de traitement qui a conduit au développement des calculateurs, dont les premiers modèles proposaient des fonctions du niveau d'une calculette moderne, tout en occupant plusieurs mètres cubes d'espace.

Les fonctions de transmission étaient alors rudimentaires puisqu'il suffisait d'assurer le parcours d'un signal électrique entre des unités de traitement directement reliées.

Le stockage est arrivé ensuite, afin d'éviter à l'utilisateur de conserver les donnés d'entrée sur des supports non numériques comme des cartes en bristol perforé.

Depuis cette époque, les technologies ont grandement évolué, permettant un accroissement de puissance et une miniaturisation alors inimaginables, mais les principes sont demeurés les mêmes.

Traitement

Hormis les problèmes mineurs de réalisation tenant aux matériaux, la plus grande difficulté qu'ont rencontré les premiers concepteurs d'ordinateurs consistait à transposer toute la complexité du langage et de la réflexion humaine dans une forme suffisamment simple pour une machine. Or une machine ne peut réaliser une opération (arithmétique ou logique) que si elle possède un circuit permettant d'évaluer un nombre d'opérandes prévu à l'avance et de donner le résultat de la combinaison correspondant à cette opération. Réaliser un circuit pour chaque opération et une représentation pour chaque valeur du système décimal aurait conduit à construire des usines flanquées de centrales électriques plutôt que des calculateurs, sans même parler de « câbler » des opérations plus évoluées.

Il fallait donc trouver un moyen qui permettrait de représenter n'importe quelle valeur sans adapter le système, et de réaliser un nombre infini d'opérations sans avoir à les connaître toutes à l'avance. Le système binaire et l'algèbre de Boole répondent à ces deux exigences et représentent les bases de l'informatique actuelle.

Le système binaire

Grâce au système binaire, toute valeur peut être représentée par une suite de 0 et de 1. Comme ce système n'admet que deux valeurs, on parle souvent de système en base 2.

Un bit (*binary digit*) est l'unité élémentaire, qui représente soit 1 soit 0. C'est en assemblant les bits et en leur donnant des valeurs croissant par multiples de 2 (puissances) que l'on parvient à représenter toutes les valeurs du système décimal. Un bit seul ne servant à rien, la plus petite unité réellement utilisable est l'octet (en anglais, *byte*) qui comporte 8 bits, le premier ayant la valeur de 2^0 et le dernier de 2^7.

Lorsqu'on associe plusieurs octets, les puissances ne s'arrêtent pas à 7 mais sont incrémentées de 1 pour chaque bit ajouté, c'est pourquoi on parle plutôt de représentation sur 16 bits ou 32 bits plutôt que sur 2 octets ou 4 octets.

Une autre façon d'indiquer comment les octets sont associés entre eux, consiste à utiliser une terminologie en « mots » : 2 octets forment un mot (en anglais, *word*) tandis que 4 octets forment un double mot (en anglais, *DWord*)

Un nombre est directement représentable sous forme binaire. En revanche, la manipulation de texte exige une convention intermédiaire car il faut établir la correspondance entre chaque lettre et le nombre choisi pour la représenter. Cette correspondance est appelée table de caractères. Il existe plusieurs tables de caractères (ANSI, ASCII, Unicode). La gestion de cette table relève du système d'exploitation et non du matériel.

Quant aux instructions exécutables, le même principe est appliqué : une instruction complexe écrite par le programmeur est décomposée en une suite d'instructions élémentaires comprises par le processeur. Ce travail est effectué par le compilateur.

Fonctionnement du processeur

Mais justement, comment représenter une instruction, même élémentaire, quand on ne dispose que de fils électriques ?

En fait, deux mathématiciens avaient démontré avant même les balbutiements de l'informatique que :

- toute expression mathématique peut être représentée sous la forme d'un circuit logique (Georges Boole, 1815-1864),
- toute opération logique peut être effectuée à l'aide d'interrupteurs représentant vrai ou faux selon qu'ils sont ouverts ou fermés (Claude Shannon, 1916- 2001).

On ajoute donc des interrupteurs sur les lignes qui reçoivent les signaux électriques symbolisant 0 ou 1. Cette combinaison porte le nom de transistor et représente une porte logique. Une opération élémentaire est réalisée par une série de portes logiques. Une instruction exécutable par un processeur indique en fait quelles portes logiques doivent être traversées et dans quel ordre. Les instructions font partie du microprogramme.

Un microprocesseur possède plusieurs millions de transistors, assemblés en groupes en fonction des tâches pour lesquelles ils sont prévus. Ces groupes sont qualifiés d'unités. Il en existe plusieurs, que l'on peut démultiplier pour assurer plusieurs traitements parallèles :

- unité arithmétique et logique (ALU[1])
- unité de calcul en virgule flottante (FPU[2])
- unités de contrôle assurant le décodage des instructions, le chargement des valeurs et l'écriture des résultats

[1] Arithmetic Logical Unit
[2] Floating Point Unit