

Série d'exercices 2: Historique et évolution des microprocesseurs

Exercice 1 : Dates clés et générations

Question :

Associez chaque microprocesseur à sa génération (4 bits, 8 bits, 16 bits, 32 bits) et à son année approximative de sortie :

Intel 4004, Intel 8086, Motorola 68000, Intel 80386, Zilog Z80.

Solution :

- **Intel 4004** : 4 bits, 1971 (premier microprocesseur commercial).
- **Zilog Z80** : 8 bits, 1976 (compatible 8080, très utilisé dans les micro-ordinateurs).
- **Intel 8086** : 16 bits, 1978 (architecture x86 originelle).
- **Motorola 68000** : 16/32 bits (interne 32 bits, externe 16 bits), 1979.
- **Intel 80386** : 32 bits, 1985 (premier x86 32 bits).

Exercice 2 : Évolution technologique

Question :

Citez trois grandes ruptures technologiques dans l'évolution des microprocesseurs (avant 2000) et expliquez brièvement leur impact.

Solution :

1. **Passage du 4 bits au 8 bits (milieu des années 70) :**
Permet de traiter un caractère ASCII complet, rend possible les premiers ordinateurs personnels (Apple II, TRS-80).
2. **Introduction du pipeline d'exécution (début des années 80) :**
Permet de chevaucher la lecture, le décodage et l'exécution des instructions → augmentation du débit.
3. **Apparition du cache L1 dans les processeurs (Intel 80486, 1989) :**
Réduit le goulet d'étranglement mémoire, accélère considérablement l'exécution.

Exercice 3 : Comparaison d'architectures

Question :

Comparez l'Intel 8080 (1974) et l'Intel 8088 (1979) utilisé dans l'IBM PC. Donnez deux différences majeures (techniques ou d'usage).

Solution :

1. **Largeur du bus de données externe :**

- a. 8080 : 8 bits.
 - b. 8088 : 8 bits également (bien qu'interne 16 bits).
En réalité la vraie différence est avec le 8086 (16 bits externe) ; l'8088 fut choisi par IBM pour utiliser des composants 8 bits moins chers.
2. **Adressage mémoire :**
- a. 8080 : 16 bits d'adresse → 64 Ko max.
 - b. 8088 : 20 bits d'adresse → 1 Mo max, permettant des systèmes d'exploitation plus avancés (MS-DOS).
3. (Réponse alternative correcte : L'8088 a un prefetch queue (4 octets) alors que l'8080 n'en a pas.)

Exercice 4 : Loi de Moore et microprocesseurs

Question :

En vous basant sur la loi de Moore (doublement du nombre de transistors tous les 2 ans environ), calculez le nombre de transistors attendu pour un processeur sorti 10 ans après l'Intel 4004 (2 300 transistors en 1971). Comparez avec la réalité (ex. Intel 486 en 1989 ≈ 1,2 million de transistors).

Solution :

- Loi de Moore : $N(t) = N_0 \times 2^{(t-t_0)/2}$
- $t-t_0 = 10$ ans → $2^{10/2} = 2^5 = 32$
- Estimation : $2300 \times 32 \approx 73\ 600$ transistors.
- Réel (Intel 486 en 1989 ≈ 1,2 million) → bien supérieur car la loi de Moore s'est accélérée dans les années 80 (doublement tous les 18 mois).
- Avec 18 mois : $2^{(10/1,5)} = 26,66 \approx 101 \rightarrow 2300 \times 101 \approx 232\ 000$ (encore loin du million).
Cela montre que la densité a cru plus vite que prévu initialement.

Exercice 5 : Architecture CISC vs RISC

Question :

Lequel de ces microprocesseurs est RISC ? Lequel a influencé les stations de travail Unix des années 80-90 ? Justifiez.

Liste : Intel 80486, SPARC, Motorola 68040, ARM2, AMD Am386.

Solution :

- **RISC** : SPARC (Sun), ARM2 (Acorn/Apple).
- **CISC** : 80486, 68040, Am386.
- **Influence stations Unix** : SPARC (Sun SPARCstation) et MIPS (non listé) – dans la liste, SPARC est le bon exemple. ARM2 a surtout influencé les ordinateurs personnels (Acorn Archimedes) puis les embarqués.
Justification : RISC utilise un jeu d'instructions réduit, pipeline à un cycle par instruction, registres nombreux ; CISC a des instructions microprogrammées.

Exercice 6 : Fréquence et performances

Question :

Le Pentium (1993) cadence à 60 MHz. Le Pentium 4 (2000) atteint 1,5 GHz. Calculez le rapport de fréquence brute. Expliquez pourquoi les performances réelles n'ont pas été multipliées par 25.

Solution :

- Rapport = $\frac{1500 \text{ MHz}}{60 \text{ MHz}} = 25$ (facteur 25).
- Raisons de l'écart performance réelle :
 - Pipeline plus profond** (Pentium 4 : 20+ étages) → pénalité plus lourde en cas de branchement.
 - Mémoire plus lente** relative : la latence DRAM n'a pas suivi la même progression que la fréquence CPU.
 - Jeux d'instructions** : le Pentium 4 a souffert de sa longue pipeline, contrairement au Pentium M (Basé sur P6).
 - Consommation / dissipation thermique** limite la fréquence réelle soutenue.
- En pratique, l'IPC (instructions par cycle) du Pentium 4 était souvent inférieur à celui du Pentium, donc le gain réel était plutôt de l'ordre de 10 à 15 fois en performance applicative.