Composants intégrés

Architectures matérielles

Exercice 1 *QCM – Circuits intégrés et loi de Moore*

Pour chaque question, une seule réponse est correcte.

1. Le premier circuit intégré a été inventé en :
   A. 1947 (invention du transistor)
   B. 1958 (Jack Kilby, Texas Instruments)
   C. 1971 (premier microprocesseur Intel 4004)
   D. 2000 (prix Nobel de Jack Kilby)
2. La loi de Moore prédit que le nombre de transistors sur une puce :
   A. double tous les 6 mois
   B. double tous les 2 ans environ
   C. triple tous les 5 ans
   D. reste constant depuis 2010
3. Un microcontrôleur se distingue d'un microprocesseur car il intègre en plus :
   A. un processeur graphique (GPU)
   B. de la mémoire et des périphériques d'entrée/sortie
   C. une connexion Wi-Fi et Bluetooth
   D. un écran et un clavier
4. L'avantage principal d'un SoC en termes de vitesse vient de :
   A. la fréquence d'horloge plus élevée que celle d'un CPU classique
   B. la proximité physique des composants sur la même puce
   C. l'utilisation de mémoire DDR5 exclusivement
   D. le nombre de cœurs toujours supérieur à huit
5. La finesse de gravure de l'Apple M3 (2023) est de 3 nm. Par rapport à l'Intel 4004 (1971, 10 µm), le facteur de réduction est d'environ :
   A. 33
   B. 333
   C. 3 333
   D. 33 333
6. Un firmware est :

A. un composant matériel du microcontrôleur

B. un logiciel gravé dans une mémoire non volatile, exécuté dès la mise sous tension

C. un système d'exploitation comme Windows ou Linux

D. un programme stocké sur un disque dur, lancé par l'utilisateur

Exercice 2 *Classer les composants*

Pour chaque composant ci-dessous, indiquer s'il s'agit d'un microprocesseur (CPU), d'un microcontrôleur (MCU) ou d'un système sur puce (SoC). Justifier en une phrase.

1. Intel Core i9-14900KF : puce utilisée dans les ordinateurs de bureau, contenant uniquement des cœurs de calcul. Elle nécessite une carte mère avec mémoire et GPU séparés.
2. Qualcomm Snapdragon 8 Gen 3 : puce d'un smartphone Samsung, intégrant CPU, GPU, modem 5G, Wi-Fi, Bluetooth et un coprocesseur d'intelligence artificielle.
3. STM32F103 : puce d'une carte de robotique, intégrant un processeur ARM Cortex-M3, 20 Ko de RAM, 64 Ko de Flash et des ports série/GPIO.
4. Apple M3 : puce d'un MacBook, intégrant CPU, GPU, mémoire unifiée, moteur neuronal et contrôleur d'affichage.
5. ATmega328P : puce au cœur de l'Arduino Uno, avec un processeur 8 bits, 2 Ko de RAM, 32 Ko de Flash et des broches d'entrée/sortie.

Exercice 3 *Loi de Moore et calculs*

La loi de Moore prévoit que le nombre de transistors N double tous les deux ans. Si N_0 est le nombre de transistors à l'année a_0, on peut écrire :

$$N(a) = N_0 \times 2^{(a-a_0)/2}$$

1. L'Intel 4004 (1971) contenait 2 300 transistors. En utilisant la formule, estimer le nombre de transistors prévu par la loi de Moore en :

   a) 1989 (date de l'Intel 486)

   b) 2023 (date de l'Apple M3)

2. Le nombre réel de transistors de l'Intel 486 est 1,2 million et celui de l'Apple M3 est 25 milliards. Comparer avec les estimations de la question précédente. Que peut-on en conclure ?
3. En quelle année la loi de Moore prédit-elle qu'on atteindrait 1 milliard de transistors ? On cherche a tel que $N(a) = 10^9$.

Exercice 4 *Analyse de document – Comparaison de deux puces*

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de deux puces :

	Puce A	**Puce B**
Composants	CPU (4 cœurs), GPU, mémoire 8 Go,	CPU (8 cœurs)
	Wi-Fi, Bluetooth, GPS, modem 5G	
Finesse de gravure	4 nm	7 nm
Consommation	5 W	125 W
Usage	Smartphone	Ordinateur de bureau

1. La puce A est-elle un CPU, un MCU ou un SoC ? Justifier.
2. La puce B est-elle un CPU, un MCU ou un SoC ? Justifier.
3. Expliquer pourquoi la puce A consomme beaucoup moins que la puce B.
4. Un utilisateur souhaite remplacer le GPU de son appareil par un modèle plus performant. Avec quelle puce cela est-il possible ? Pourquoi ?
5. Malgré une finesse de gravure plus petite, la puce A n'est pas forcément plus rapide que la puce B pour du calcul pur. Expliquer pourquoi.

Exercice 5 *Systèmes embarqués – Identifier et caractériser*

Pour chaque appareil ci-dessous, indiquer s'il contient un système embarqué, puis préciser le type de puce le plus probable (MCU ou SoC) et une contrainte spécifique (temps réel, consommation, fiabilité…).

1. Un thermostat connecté de chauffage domestique.
2. Le pilote automatique d'un avion de ligne.
3. Une montre connectée avec écran, GPS et capteur cardiaque.
4. Le système de freinage ABS d'une voiture.
5. Un robot aspirateur autonome.

Exercice 6 *Vrai ou faux*

Pour chaque affirmation, indiquer si elle est vraie ou fausse, puis justifier en une ou deux phrases.

1. Un SoC est toujours plus puissant qu'un CPU classique.
2. La loi de Moore est une loi physique fondamentale.
3. Un microcontrôleur peut fonctionner sans carte mère.
4. La finesse de gravure est le seul facteur qui détermine la vitesse d'un processeur.
5. Un pacemaker est un exemple de système embarqué.
6. L'Intel 4004 (1971) était un système sur puce.

Exercice 7 *Conversion d'unités – Finesse de gravure*

La finesse de gravure s'exprime en nanomètres (nm) ou en micromètres (µm).

Rappel : 1 µm = 10^3 nm = 10^{-6} m et 1 nm = 10^{-9} m.

1. Convertir les finesses de gravure suivantes en nanomètres :
   a) 10 µm (Intel 4004, 1971)
   b) 1 µm (Intel 486, 1989)
   c) 0,065 µm (Intel Core 2, 2006)
2. Convertir 3 nm en mètres. Combien d'atomes de silicium (diamètre ≈ 0,2 nm) peut-on aligner sur cette distance ?
3. Expliquer, à l'aide du résultat précédent, pourquoi la miniaturisation ne peut pas se poursuivre indéfiniment.

Exercice 8 *Synthèse – Concevoir un système embarqué (question ouverte)*

On souhaite concevoir un **compteur de vélos** installé sur une piste cyclable. Ce système doit :

— détecter le passage de chaque vélo à l'aide d'un capteur (boucle magnétique) ;

— compter le nombre de passages quotidiens ;

— transmettre les données chaque soir à un serveur via le réseau mobile (4G) ;

— fonctionner pendant un an sur une batterie solaire.

1. Ce dispositif est-il un système embarqué ? Justifier en vérifiant les trois critères (ressources limitées, fonction spécialisée, contraintes de fiabilité).
2. Quel type de puce serait le plus adapté : un CPU, un MCU ou un SoC ? Justifier le choix et expliquer pourquoi les deux autres sont moins adaptés.
3. Donner deux contraintes majeures de ce système embarqué et expliquer comment le choix de puce permet d'y répondre.
4. Le firmware de ce système doit-il fonctionner en temps réel strict ? Justifier.