

Systèmes sur puces (SOC)

Table des matières

1	Introduction	1
2	Définition	1
3	Les composants d'un SOC et comparaison avec un PC	2
3.1	Le processeur	2
3.2	Le processeur graphique	2
3.3	Autres composants	2
4	Évolution des SOC	3
5	Quelques exemples :	3

1) Introduction

En 1975, Gordon E. Moore (cofondateur de la société Intel) énonça la conjecture suivante sur l'évolution des capacités des circuits intégrés : dans les microprocesseurs, le nombre de transistors sur une puce va doubler tous les deux ans.

Bien que fondée sur un constat empirique entre les années 1965 et 1975, cette prédiction qu'on appelle aussi *loi de Moore* s'est révélée incroyablement juste. On est passé de 2250 transistors en 1971 sur un microprocesseur INTEL 4004 (un des premiers microprocesseurs) à plusieurs dizaines de milliards aujourd'hui sur les derniers microprocesseurs. Sur ces derniers, la taille des transistors n'est que de 7 nm soit à peine plus que l'épaisseur de quelques dizaines d'atomes de silicium.

Cette loi de Moore est (plus ou moins) généralisable à tous les composants électroniques (mémoire, etc...). Cela a permis non seulement une augmentation de puissance de calcul des ordinateurs grâce à une diminution de la distance entre les composants mais également une baisse des coûts (en rassemblant plusieurs composants en un seul). La diminution de la taille des transistors a également permis de baisser la tension électrique pour les faire fonctionner, ce qui a engendré une baisse de consommation énergétique.

La miniaturisation est telle qu'il est possible de rassembler sur une même puce tous les composants essentiels d'un ordinateur (microprocesseur, mémoire, GPU, interfaces d'entrée-sorties, etc...). Ces systèmes complets que l'on retrouve dans tous les smartphones, les tablettes s'appellent System On a Chip (SOC) ou système sur une puce en français.

Exercice 1 :

Si dans les années 70, on pouvait placer 2000 transistors sur une surface de 10 mm², quelle surface aurait été nécessaire pour placer deux milliards de transistor ?

2) Définition

Un SOC comprend à la fois :

- le processeur central à un ou plusieurs cœurs de calcul ;
- un processeur graphique ;
- la mémoire vive ;
- la mémoire statique (Rom, Flash, EPROM) ;
- les puces de communications (Bluetooth, WiFi, 2G/3G/4G/5G, ...)
- les capteurs nécessaires au fonctionnement d'un smartphone ou d'un objet connecté
- ...

En clair, le système sur une puce comprend tous les éléments essentiels d'un ordinateur comprimé dans



FIGURE 1 – Exemple de SOC

une forme réduite. Son faible encombrement, son caractère complet et sa faible consommation d'énergie en font un circuit intégré idéal pour les applications mobiles, notamment l'IoT.

On peut représenter l'ensemble sur un schéma où figurent les principaux composants. Ce schéma représenté en FIGURE 2 page 2 est bien sûr simplificateur.

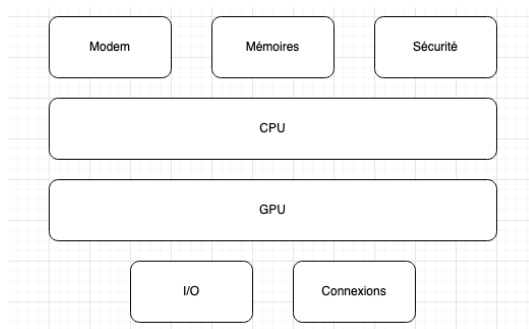


FIGURE 2 – SOC1

3) Les composants d'un SOC et comparaison avec un PC

Un SOC est un ordinateur dans un circuit. Il contient donc principalement un processeur de calcul et un processeur graphique.

3.1) Le processeur

Le processeur d'un SOC consomme nettement moins d'énergie que celui d'un PC. Cela permet d'économiser la batterie et d'éviter la présence d'un ventilateur. C'est un point très important car la batterie est un élément essentiel qui permet d'assurer l'autonomie et l'absence de ventilateur améliore le confort puisque l'appareil est silencieux. Comme souvent, il s'agit de faire un compromis entre performance et consommation.

Un processeur peut être composé de plusieurs cœurs. Un cœur est une unité de traitement centrale qui est indépendante. On peut dire en simplifiant que chaque cœur est un processeur à lui tout seul.

Par exemple, le processeur d'un nano-ordinateur Raspberry récent a 4 cœurs. Chacun avec une fréquence de 1,4 Ghz. La gravure est de l'ordre de 10 nm sur les derniers modèles.

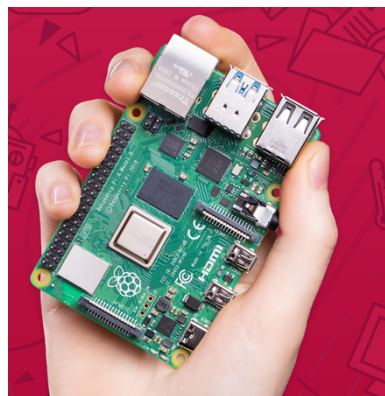


FIGURE 3 – Raspberry

3.2) Le processeur graphique

Le GPU (Graphics Processing Unit) est présent sur une carte mère de PC ou sur une carte graphique, c'est là qu'il est le plus puissant ou dans un SOC.

Les processeurs graphiques doivent assurer les calculs pour l'affichage des images sur l'écran. EN effet, ce n'est pas le travail du CPU. Les principaux fabricants sont Nvidia, AMD, et Intel. Mais plusieurs autres fabricants comme Qualcomm, moins importants, conçoivent des circuits puis les font fabriquer par un tiers.

Sur les SOC, le GPU se trouve dans le circuit intégré avec le CPU et les autres composants et il communique par un bus lui aussi présent sur le circuit.

3.3) Autres composants

Un composant important est évidemment la mémoire. Le SOC dispose donc d'un contrôleur pour gérer cette mémoire de type RAM. Les smartphones récents sont équipés maintenant fréquemment de 8 Go de RAM.

Un autre composant est le DSP (de l'anglais « Digital Signal Processor », qu'on pourrait traduire par « processeur de signal numérique » ou « traitement numérique de signal »). C'est un microprocesseur optimisé pour exécuter des applications de traitement numérique du signal (filtrage, extraction de signaux, etc.) le plus rapidement possible. Les DSP sont utilisés dans la plupart des applications du traitement numérique du signal en temps réel. On les trouve dans les modems (modem RTC, modem ADSL), les téléphones mobiles, les appareils multimédia (lecteur MP3), les récepteurs GPS... Ils sont également utilisés dans des systèmes vidéo, les chaînes de traitement de son, partout où l'on reçoit un signal complexe que l'on doit modifier à l'aide du filtrage.

Pour les besoins de communication, la présence d'un modem est indispensable. Celui-ci peut gérer différents types de connexions. Le SOC peut disposer de circuit radion de type WIFI et Bluetooth par exemple. Il a aussi la possibilité de se connecter à un réseau par Ethernet. Pour les smartphones, la gestion de la téléphonie est aussi présente avec les normes standards pour les générations 3G ; 4G et 5G.

Pour les smartphones encore, un élément important est l'ISP (Image Signal Processing) qui apporte de grande amélioration à la qualité des images.

Parmi les autres composants, certains gèrent différents types d'entrées et sorties, certains gèrent également la sécurité (reconnaissance d'empreintes, etc....)

Exercice 2 :

Sur l'image d'un SOC, on peut lire Adreno 630, Hexagon 685, Kryo 385, X20 LTE et Spectra 280. A quels composants du SOC correspondent ces dénominations ?

Exercice 3 :

Le premier smartphone, l'iPhone est sorti en 2007. Préciser les caractéristiques du SOC équipant cet appareil. Comparer avec les caractéristiques du soc équipant l'iPhone 12.

4) Évolution des SOC

Malgré une recherche constante dans la réduction de l'énergie électrique, des gains de performance sont encore permis en particulier grâce à la miniaturisation des circuits. De ce fait les distances entre les éléments sont très réduites en comparaison de celles existants dans un ordinateur de bureau et la distance entrave la rapidité.

Pour leur faible consommation énergétique, les SOC sont amenés à équiper les ordinateurs portables.

5) Quelques exemples :

Voici quelques exemple chez les principaux fabricants :

- Apple (A13 Bionic) : il équipe les iPhone 11. Le SoC dispose d'un CPU 6 coeurs : 2 coeurs 2.65 GHz Lightning et 4 coeurs 1.8 GHz Thunder. Le GPU du SoC est le A13 GPU 4 cores.
- Qualcomm (Snapdragon 865). Qualcomm est le leader sur le marché des SoC mobiles. Le Snapdragon 865 dispose d'un CPU 5G 8 coeurs : 1 cœur 2.8 GHz Kryo 585, 3 coeurs 2.4 GHz Kryo 585 et 4 coeurs 1.8 GHz Kryo 585. Le GPU quant à lui est un Adreno 650.
- Huawei (Kirin 990) : il équipe le Huawei P40 et P40 Pro. On y retrouve un CPU 5G 8 coeurs avec 2 coeurs 2.86GHz A76, 2 coeurs 2.36GHz A76 et 4 coeurs 1.95GHz A55. La carte graphique (GPU) est un Mali-G76 MP16.
- Samsung (Exynos 990) : il équipe les Samsung Galaxy S20 en Europe. Le Soc Exynos 990 dispose d'un CPU 5G 8 coeurs : 2 coeurs 2.73GHz Samsung M5, deux coeurs 2.5GHz Cortex A76 et quatre coeurs 2GHz Cortex A55. Pour finir, le GPU est un ARM Mali G77MP11.