

SSP Systèmes sur puce

I/ Evolution de l'architecture matérielle d'un ordinateur

Une machine comme un ordinateur est composée de différents éléments et fonctionne avec des programmes.

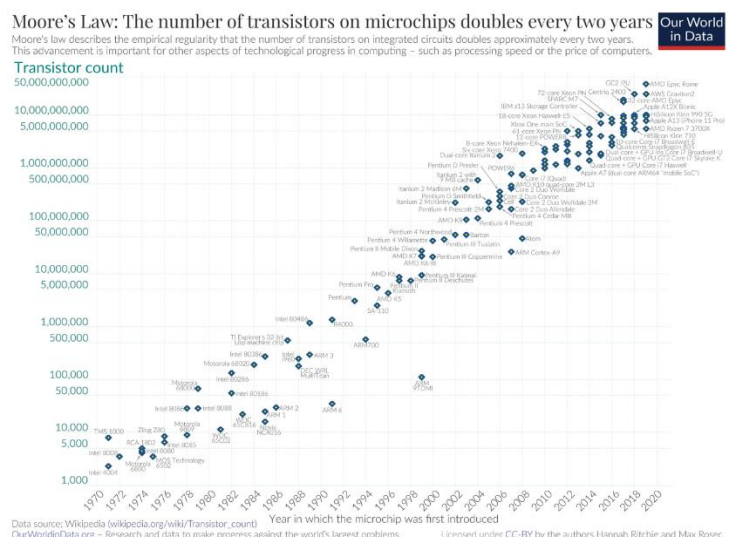
Voici l'intérieur d'un PC (***Personal Computer*** en anglais) de bureau (à droite).

On repère sur la photo quelques pièces fondamentales comme le **CPU** (processeur), les **barrettes RAM** (mémoire), la **carte graphique**, toutes installées sur la **carte mère** et interconnectés par des **bus**.



Gordon Moore, l'un des fondateurs d'Intel, propose en 1975 la deuxième loi de Moore qui indique que le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium double tous les deux ans grâce notamment à la **miniaturisation**.

Cette loi a été remarquablement bien respectée mais on arrive au bout des possibilités : la miniaturisation atteint des limites (de l'ordre de quelques nanomètres soit la taille d'une dizaine d'atomes) et aussi du **dégagement de chaleur** qui ralentit considérablement les performances du microprocesseur.

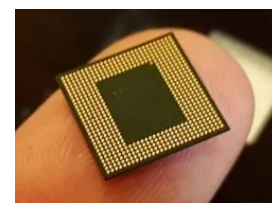


Source : Par Max Roser, Hannah Ritchie —
<https://ourworldindata.org/uploads/2020/11/Transistor-Count-over-time.png>, CC BY 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=98219918>

L'évolution de la technologie -notamment les progrès de la miniaturisation- a amené à réduire la taille des éléments. Par exemple, dans un ordinateur portable ces éléments sont plus difficiles d'accès, plus ou moins cachés.

Avec les tablettes ou les smartphones on est encore passé à un autre niveau : les différents éléments ne constituent ne constituent plus qu'un seul élément, la **puce**. Pratiquement tout ce que l'on peut voir dans un ordinateur de bureau est concentré sur cette puce. Elle est un ordinateur à elle toute seule.

Sa **taille** est d'environ **100 mm²** soit 1 cm².



II/ Systèmes sur puce

On nomme ce type de système un système sur puce (**System on Chip** en anglais) soit un **SoC**.

Le principe : les circuits et composants d'un système électronique sont tous contenus dans un seul circuit intégré. Un SoC. Un SoC est donc un ordinateur dans un circuit avec CPU, GPU, et mémoires diverses.

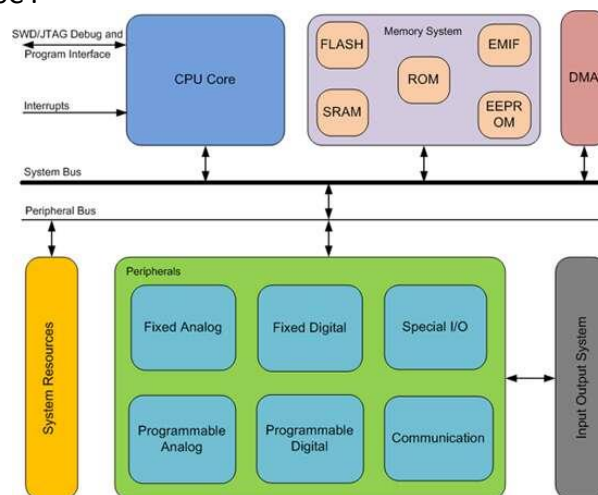
Le fonctionnement d'un élément a alors une influence sur le fonctionnement des autres, ne serait-ce qu'en terme de chaleur et de consommation électrique. Cependant, dans un ordinateur de bureau, chaque élément est relativement indépendant et éloigné des autres.

La taille des appareils s'est considérablement réduite, grâce aux procédés de gravure, pour une capacité de stockage et une puissance inférieure en contrepartie. La puissance obtenue actuellement est cependant équivalente à celle d'un ordinateur datant de quelques années. La complexité du système s'est en revanche accrue de manière inverse.

Les systèmes sur puce sont devenus omniprésents dans notre vie quotidienne. On les trouve bien sûr dans les **smartphones** et les **montres connectées**. Mais ils sont aussi apparus dans les appareils domestiques et plus généralement pour la gestion de la maison, dans les voitures (à plusieurs niveaux comme la conduite, la sécurité et le confort).

1/ Composants d'un SoC

Voici le schéma de circuit d'un SoC :



On remarque que l'on retrouve bien sur ce schéma un **CPU**, différents types de **mémoire**, un système de **bus**, des **périphériques** d'entrées et de sortie.

2/ Avantages d'un SoC

Les stocks sont aujourd'hui les composants incontournables de l'informatique nomade. Ils sont également de plus en plus utilisés dans le monde plus large des systèmes embarqués (voiture, robots etc.).

Ce succès est dû aux avantages suivants :

➤ **Energie** : il est admis qu'une grande partie de la consommation électrique d'un circuit est liée au câblage et donc au transport entre les composants. Comme tous les composants d'un SoC sont connectés entre eux sur des distances très petites, et de manière interne sans câble énergivore, les gains sont très importants. Cette faible consommation énergétique implique aussi une très faible perte de chaleur qui évite de recourir à un ventilateur pour refroidir la puce. Les SoC sont donc silencieux.

- **Coût** : le **prix** d'un système sur puce est **très petit** si on le comparé à celui d'une carte mère assemblant les mêmes composants. Ceci s'explique d'une part par son coût de production, très bas, résultant de la forte automatisation du processus de fabrication des puces de l'industrie du *hardware* et virgule d'autre part, par des volumes de production importants.
- **Sécurité** : le circuit d'un soc est conçu de manière globale, tant pour la partie hardware que pour celle du micrologiciel c'est à dire des programmes intégrés dans les différents composants qui leur permettent d'assurer leurs fonctions. Cette vue d'ensemble du système, sans aucune possibilité d'ajouter ou de changer les composants, est un avantage important pour garantir la sécurité du système.
- **Performances** : Vu les distances réduites entre, par exemple, le CPU et la mémoire, les données circulent beaucoup plus rapidement, ce qui permet d'améliorer les performances. En effet, dans les systèmes "classiques" les bus sont souvent des "goulots d'étranglement" en termes de performances à cause de la vitesse de circulation des données.

Bien qu'ayant de nombreux avantages, les systèmes sur puce ont aussi quelques inconvénients contrairement à un ordinateur équipé d'une carte mère, où chaque composant est connecté et peut être remplacé en cas de panne ou pour une nouvelle version, les SoC ne permettent pas de mise à jour : aucune extension n'est possible et si un seul transistor est endommagé, il ne sera pas possible de réparer l'unité défailante.

On trouve aussi ce système de SoC sur des nano-ordinateurs comme le Raspberry Pi :



Aller plus loin : quelques activités de recherche à effectuer.

Question 1 : Quelles sont les spécificités et les avantages d'une architecture de Harvard par rapport à celle de Von Neumann ?

Question 2 : Que signifie l'acronyme RISC ?

Question 3 : Quels sont les éléments essentiels d'un microcontrôleur ?

Question 4 : Donner les spécificités et avantages / inconvénients d'un système sur puce (SoC) ?