

Terminale NSI - Architecture

Composants et systèmes sur puce

qkzk

2020/07/08

Composants et systèmes sur puce

Microprocesseur et mémoire

L'architecture de base

Le fonctionnement d'un outil numérique, quelle que soit sa nature (ordinateur tablette, téléphone, assistant GPS, appareil photo...) est basé sur deux éléments fondamentaux :

- le **processeur**

Aussi appelé microprocesseur (car sa taille miniaturisée lui permet d'être intégré à n'importe quel élément numérique actuel), c'est lui qui est en charge d'effectuer les calculs élémentaires nécessaires à tout fonctionnement.

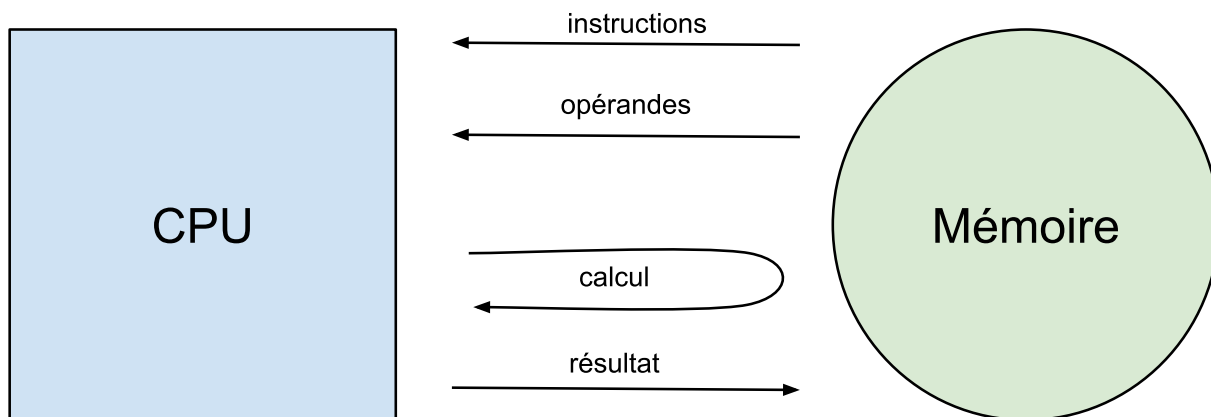
Le processeur porte aussi le nom de CPU (*Central Processing Unit*).

- la **mémoire**

Elle est chargée de stocker (de manière plus ou moins statique selon sa nature), les données nécessaires à toute opération.

En utilisant ces deux éléments un principe de base permet l'activité numérique : tout programme est une suite d'opérations simples qui ont toutes la même forme :

1. une instruction élémentaire à effectuer est chargée de la mémoire sur le processeur
2. les opérandes (données sur lesquelles va être fait le calcul) sont chargées de la mémoire sur le processeur
3. le calcul de l'opération élémentaire est effectué
4. le résultat de l'opération est stocké en mémoire



Les microprocesseurs

Au niveau technique, le microprocesseur est un circuit électronique intégré qui effectue des opérations. Sa taille est de plus en plus réduite.

Les opérations qu'est capable d'effectuer un microprocesseur sont son jeu d'instructions.

La vitesse d'un microprocesseur est définie par son horloge : l'horloge fournit le rythme des tâches élémentaires effectuées, en Hz (nombre de pulsations par seconde).

Concept :

La rapidité à effectuer des instructions par un microprocesseur s'exprime en MIPS (Millions d'Instructions Par Seconde).

Historiquement, deux familles de microprocesseurs sont disponibles sur le marché, basées sur des fonctionnements opposés :

- Les processeurs RISC (_Reduced Instruction Set Computer) proposent un nombre restreint d'instructions, qu'il est possible d'effectuer efficacement et très rapidement.
- Les processeurs CISC (_Complex Instruction Set Computer) disposent d'un nombre d'instructions plus important et plus élaborées, mais sont donc moins rapides pour effectuer ces instructions.

Le choix du processeur selon le besoin a donc une importance, mais notons que les dernières évolutions en termes de rapidité permettent de créer des RISC très puissants dont l'utilisation peut être comparée à celle des CISC, rendant la spécificité de chaque famille moins évidente.

Les mémoires

La mémoire est le support, principalement magnétique (disques durs) ou électronique (RAM, Clé USB, disques SSD, ROM) qui contient les programmes et les données.

Concept :

La mémoire peut être de deux natures :

permanente : les données sont conservées lorsque la machine est éteinte

volatile : les données ne sont conservées que pour la durée de leur utilisation

Dans un ordinateur plusieurs grandes familles de mémoire sont utilisées :

- La mémoire vive contient les programmes et données nécessaires au microprocesseur. C'est une mémoire volatile, mais accessible très rapidement.
- Le stockage est constitué des dispositifs qui permettent de conserver de manière permanente toutes les données (système d'exploitation, application, données).
- Le cache est une mémoire très rapide, dans laquelle sont stockées des données auxquelles le microprocesseur a besoin d'accéder souvent, permettant ainsi un gain de temps.
- Le registre est une mémoire, de taille réduite, mais directement intégrée dans le microprocesseur, pour un gain d'accès très important. Pour les microprocesseurs actuels, la taille du registre est un facteur important de choix et de prix.

Les systèmes sur puces : les SoCs

Le principe

Rendu possible par la miniaturisation permanente des composants électroniques, l'idée de base est d'intégrer dans une seule puce plusieurs éléments, de natures et de rôles différents, pour créer un système autonome capable d'effectuer une tâche spécifique.

Ces dispositifs portent le nom de systèmes sur puce, ou _System On a Chip_ d'où l'appellation de SoCs.

Contept :

Le principe élémentaire d'un système sur puce est d'effectuer une tâche définie, de manière complète, robuste et rapide. Ce sont ces objectifs qui définissent les éléments à intégrer dans le SoC

Les éléments qui peuvent être intégrés dans un SoC sont extrêmement nombreux : des microprocesseurs, de la mémoire, des dispositifs de communication sans fil, des dispositifs d'entrée/sortie, des capteurs.

Exemples

Nous prenons ici quelques exemples de natures différentes pour illustrer l'apport des SoCs dans les appareils actuels.

1. Certains appareils de **photo numérique** intègrent des SoCs très complets de traitements d'image, offrant des fonctions qui devaient auparavant être réalisées par des applications logicielles.
2. Des fabricants ont mis sur le marché des **ordinateurs miniaturisés** complets, dits nano-ordinateurs, basés sur l'utilisation de SoCs très complets, voire sur un seul SoC qui regroupe toutes les fonctionnalités d'un ordinateur habituel.
3. Dans les **smartphones** un seul SoC peut être en charge de toutes les communications.
4. Les microprocesseurs actuels, dits **processeurs multi cœurs**, sont équipés de plusieurs unités de travail indépendantes, appelées cœurs : ils sont capables d'effectuer plusieurs opérations simultanément, c'est-à-dire qu'il est devenu possible d'effectuer le nombre plus élevé d'instructions que l'horloge ne donne de pulsations.

Des avantages nombreux

Les avantages des systèmes sur puce sont nombreux :

- La **vitesse de traitement** et donc l'efficacité sont accrues. En effet, la proximité des composants sur le circuit électronique miniaturisé réduit les distances, l'utilisation d'éléments moins génériques améliore l'efficacité.
- Le regroupement des éléments ne nécessite plus d'alimentations multiples, la **consommation énergétique** est réduite de manière significative, entraînant une baisse du coût d'énergie et une amélioration de la gestion de l'énergie (principalement pour l'informatique mobile et les smartphones, pour lesquels la gestion des performances de la batterie est importante). Comme conséquence immédiate, on peut généralement se passer d'un système de refroidissement actif (un ventilateur...).
- Même si les coûts d'ingénierie sont plus élevés sur la phase de conception, les **coûts de matières premières et de fabrication** sont eux aussi réduits par rapport à une architecture classique.
- Les possibilités de **miniaturisation** des ordinateurs et de tous les autres équipements numériques sont encore accrues, offrant ainsi un fort potentiel d'innovation.
- L'**adaptation au besoin** est affinée : la spécificité de chaque système permet une efficacité optimale.

Les inconvénients existent aussi :

- en concentrant nombre de composants sur une seule puce, on rend la maintenance beaucoup plus difficile. Il est quasi impossible de remplacer un SoC soi-même. Généralement, une panne oblige à remplacer toute la carte mère,
- les SoC sont complexes et nécessitent une grande technicité pour assembler une machine. Contrairement aux PC où les composants sont interchangeables et les améliorations possibles.

Schéma de circuit d'un SoC

Physiquement, qu'est-ce qu'un SoC ?

Quelques images des composants d'un RPI

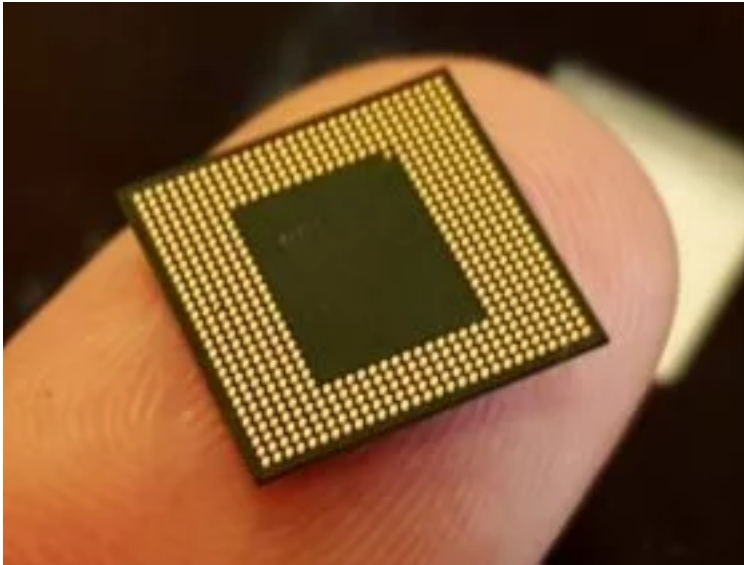
Voici un raspberry Pi (vous l'étudierez plus en détail en TD)



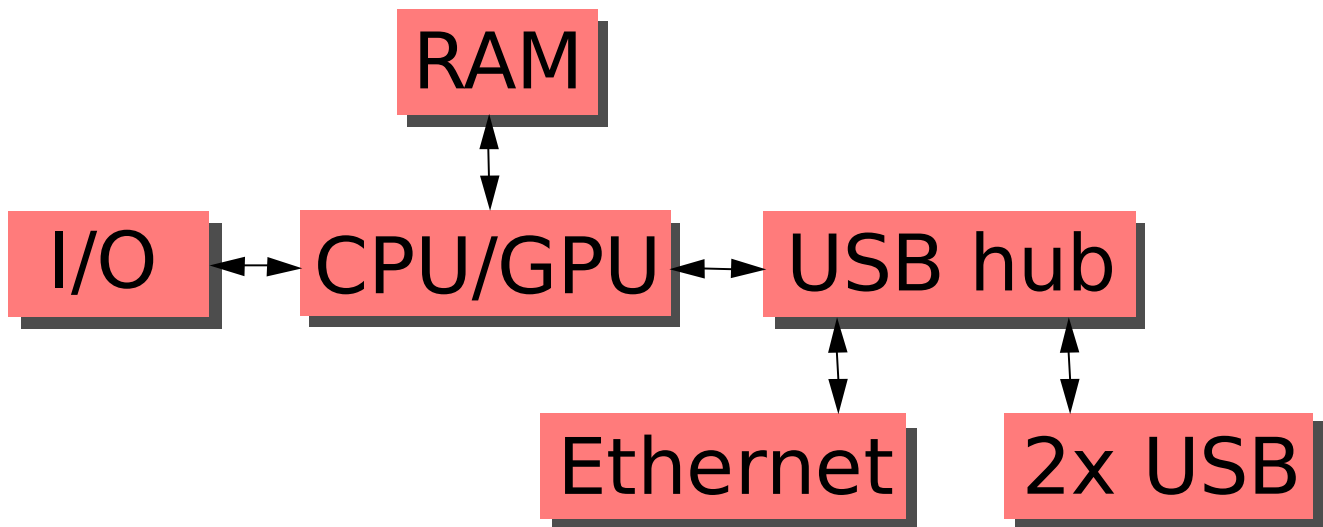
Et un agrandissement de son SoC



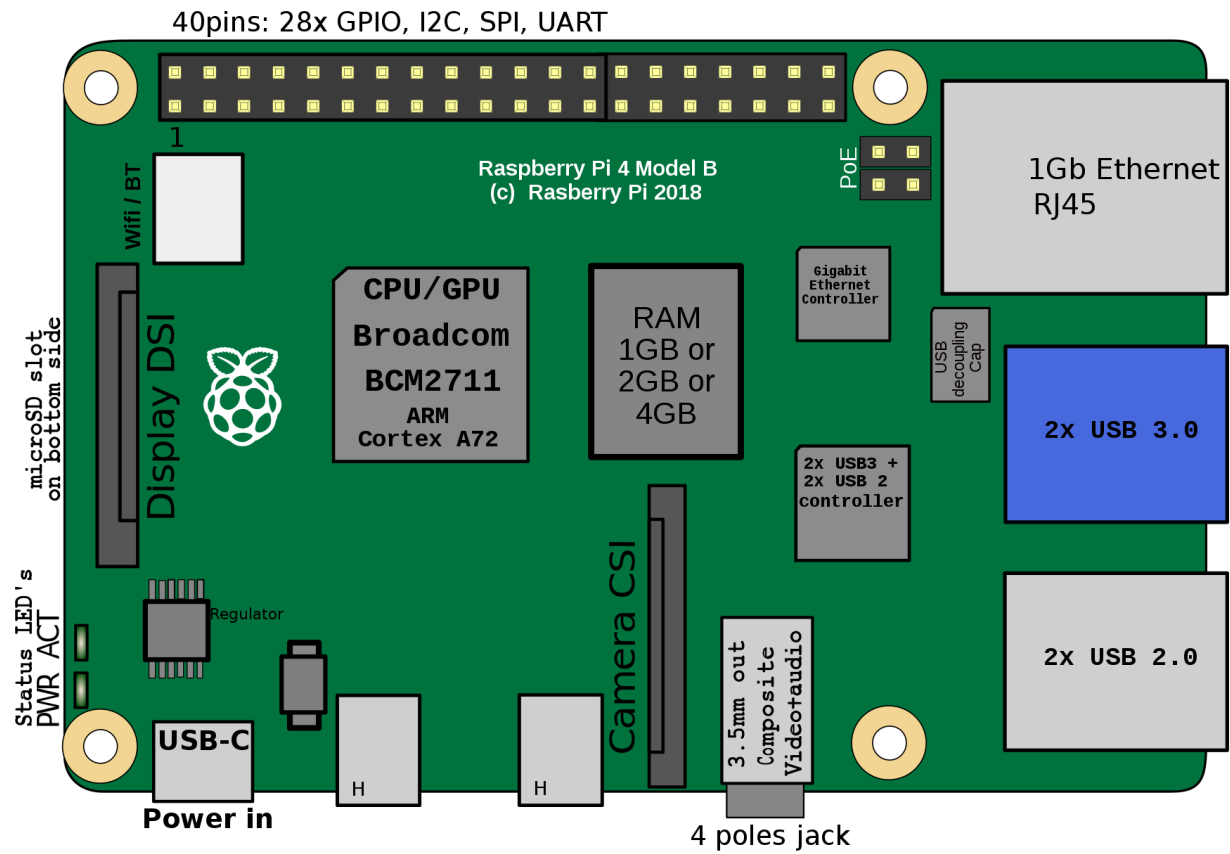
Pour se faire une idée des dimensions :



Il n'est pas simple de trouver un schéma de circuit compréhensible et utile d'un raspberry pi.
Voici ce qui s'approche le plus du modèle de Von Neumann (cf première).

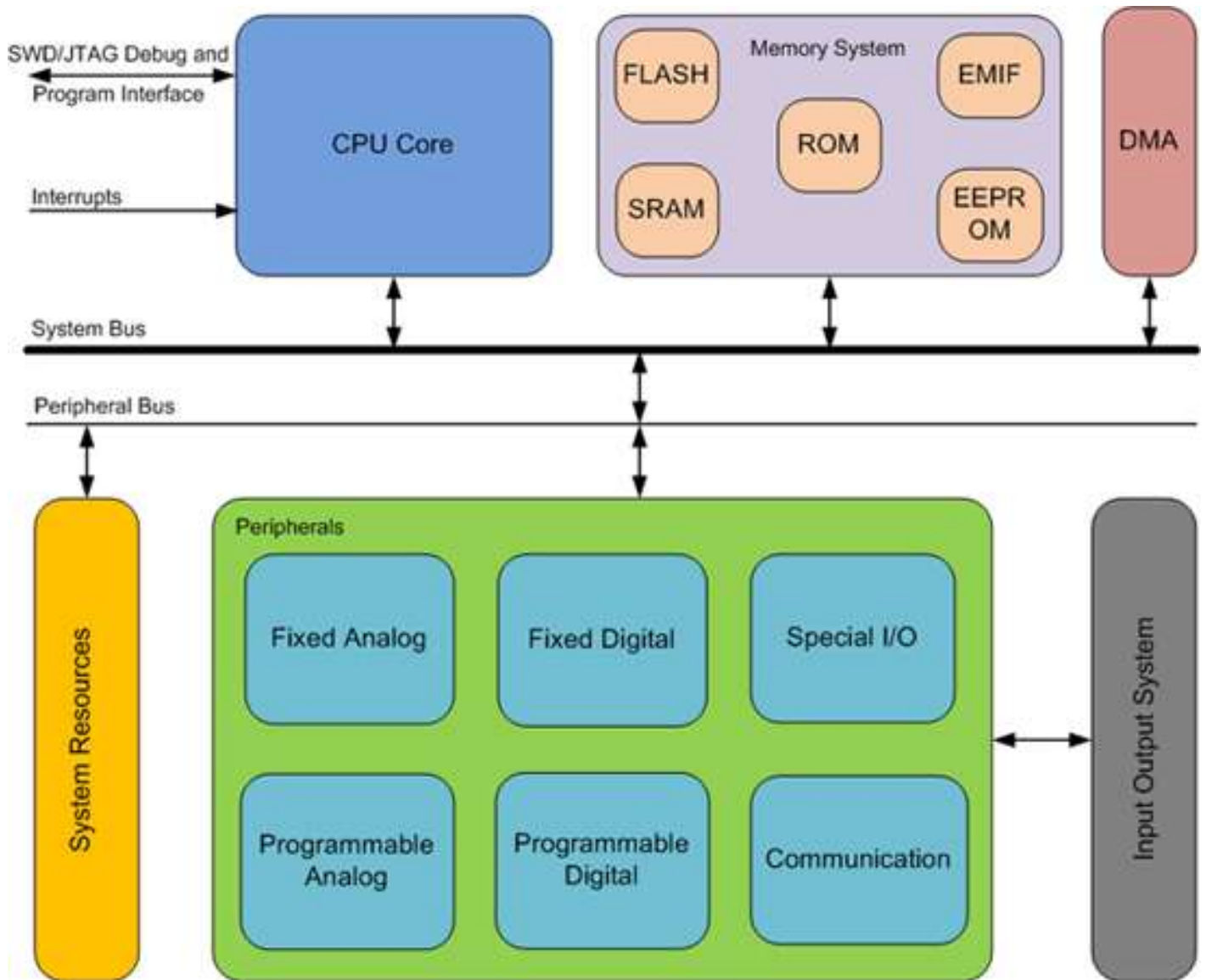


Comme on peut le voir, le CPU est regroupé en un seul bloc, comportant aussi un GPU.
On y voit que les entrées / sorties sont séparées en deux parties, l'I/O au sens large et le bus USB.
Physiquement, ça se traduit comme ça :



Et on remarque (entre autres) que le SoC utilisé ne comporte pas de RAM...

Un schéma de circuit un peu plus détaillé



Vous pouvez remarquer que l'on retrouve bien sur ce schéma un CPU et de la mémoire (on a différents types de mémoires, mais ce sujet ne sera pas abordé ici).