16.2 Les microcontrôleurs

NSI terminale - JB Duthoit

16.2.1 Bien comprendre la différence entre microprocesseur et microcontrôleur

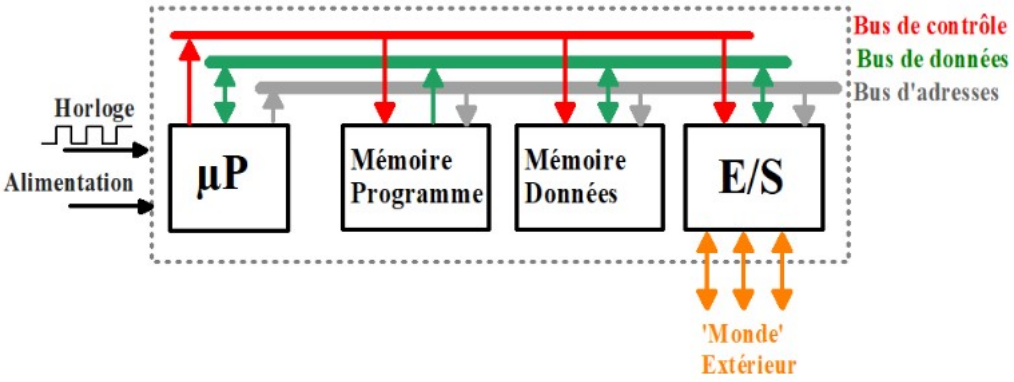
Un microprocesseur n'est jamais seul

Aucun microprocesseur ne peut fonctionner seul. Ces circuits ne contiennent que quelques registres de mémoires en interne pour y stocker les résultats immédiats des calculs. De plus, ils ne possèdent aucun accès vers l'extérieur, mis à part l'accès à leur espace d'adresses mémoires. Pour pouvoir fonctionner, cet espace d'adressage est rempli avec d'autres circuits : des mémoires vives pour les données fugitives et mortes (au sens de permanentes même après la mise hors tension du circuit) pour le programme, des gestionnaires de périphériques d'entrées sorties, des horloges, pour réaliser ce qu'on appelle un système minimum.
La mémoire de données et la mémoire de programme sont dans le même espace mémoire du microprocesseur. C'est l'architecture de Von Neumann. Le microprocesseur contrôle l'ensemble du fonctionnement et l'échange des informations en utilisant des liaisons appelées BUS.

- Le bus de contrôle : il contient tous les signaux nécessaires au fonctionnement des échanges entre les circuits.

- Le bus d'adresses : il permet au microprocesseur d'envoyer une adresse pour rechercher une information dans l'un des circuits connectés dans son espace mémoire. Cette information peut-être une micro-instruction de la mémoire programme, une donnée dans la mémoire de données ou bien une donnée du système de gestion des entrées sorties E/S.

- Le bus de données : il permet le transit de l'information entre le circuit adressé via le bus d'adresses et le microprocesseur.



Ce système minimum, comme nous l'avons vu avec le processeur 4004, peut être réalisé en interconnectant plusieurs circuits sur une même carte. Les progrès de l'intégration permettent d'intégrer l'ensemble de ce système minimum sur une seule puce qui s'appelle un microcontrôleur.

16.2.2 Le microcontrôleur

Définition

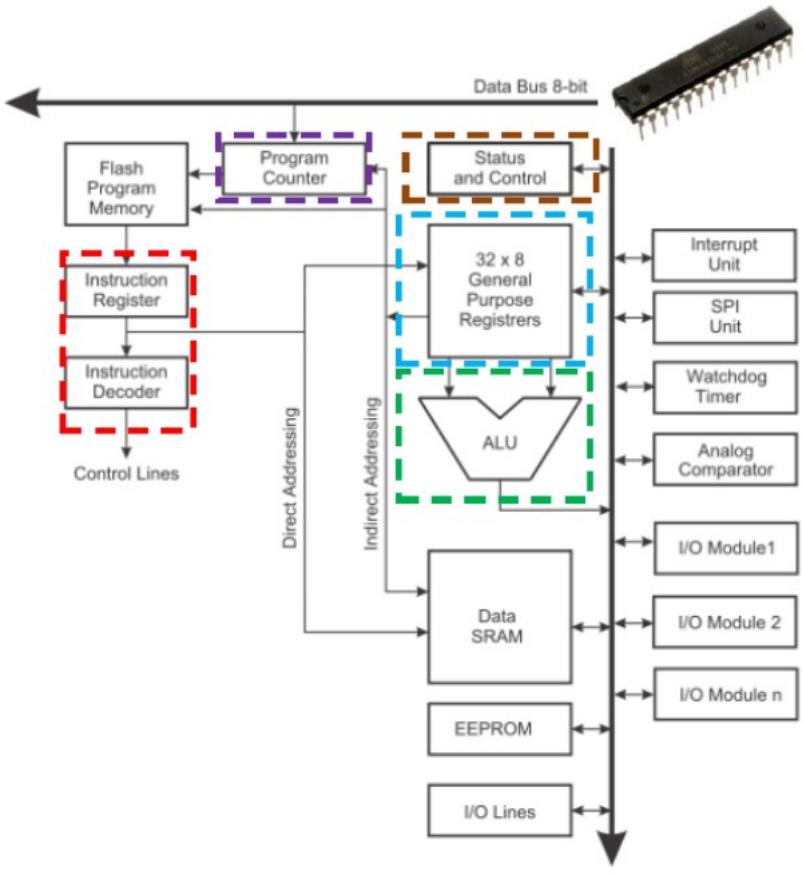
Un microcontrôleur est un circuit intégré qui regroupe sur une même puce :

- un microprocesseur
- de la mémoire
- des ports entrées et sorties (I/O) pour les périphériques.

Les microcontrôleurs sont très souvent autonomes et exécutent le programme dans leur mémoire.

Le microcontrôleur est l'intégration du système minimum sur une seule puce, dans un seul circuit intégré. Les conséquences immédiates sont :

- la réduction de la taille des circuits imprimés sur lesquels sont interconnectés les différents composants d'un système ;
- la réduction des coûts de fabrication des cartes.



Exemple avec le block diagramme du microcontrôleur AVR ATMEGA328

Ce microcontrôleur 8 bits possède 32 registres 8 bits d'usage général, ce qui facilite la compilation des programmes écrits en langage C.
La plupart de ses instructions sont exécutées en un seul cycle d'horloge. Il possède une mémoire FLASH10 (EEPROM) pour le programme entre 4ko et 32ko11.

Une mémoire FLASH permet la sauvegarde de données utilisateur.
En reprenant le découpage fonctionnel du processeur 4004 (p.11), on voit bien toutes les parties intégrées supplémentaires dans ce microcontrôleur.

- Le décodeur d'instruction.
- L'UAL.
- Les registres de mémoires vives.
- Un compteur de programme Program Counter ou PC.
- La gestion des horloges internes et le contrôle du séquencement des opérations.

16.2.3 Avantages et inconvénients

⚠ La puissance de calcul et la rapidité sont en dessous des composants que l'on trouve sur une carte mère d'un ordinateur.

☛ La fréquence de l'horloge est de de l'ordre de quelques dizaine de mégahertz (MHz).
☛ La taille de la mémoire est de l'ordre de quelques kilo octets (Ko).

⚠ En revanche, les microcontrôleur ont une consommation électrique très faible et possède donc une bonne autonomie.

⚠ Leur coût de consommation est très réduit (quelques dizaines d'euros)

16.2.4 Utilisation

Ils sont principalement utilisés dans les systèmes informatiques embarqués : dans les voitures, les avions, les robots ...

16.2.5 Un exemple

Prenons un régulateur de voiture. Que fait le microcontrôleur ?

- Il récupère la vitesse de la voiture via un des ses capteur externe branché à l'un de ses ports d'entrée
- Il se charge de l'accélération ou non du véhicule pour conserver la vitesse demandée

⚠ Il est soumis à des contraintes temporelles très fortes (temps de réponse) pour la sécurité des passagers.

On peut avoir besoin d'un périphérique auxiliaire, qui par exemple convertit des données analogiques en données numériques.

16.2.6 Architecture d'un microcontrôleur

La principale différence avec le modèle de Von Neumann est que la mémoire qui contient les programmes n'est pas la même que celle qui contient les données.

Mémoire programme

☛ La mémoire programme est une mémoire morte (elle ne perd pas l'information quand le microcontrôleur n'est plus alimenté)

Il existe plusieurs type de mémoire morte :

- La ROM (Read Only Memory) : ne peut être que lu
- l'EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) : mémoire dont le contenu peut être écrit et effacé plusieurs fois.
- Memoire FLASH, similaire à l'EEPROM, mais avec un accès très rapide en lecture (et un peu moins rapide en écriture)

Mémoire Données

La mémoire Données peut être composée d'une partie de mémoire morte et d'une partie de mémoire vive (RAM pour Random Acces Memory).

16.2.7 Les principaux périphériques

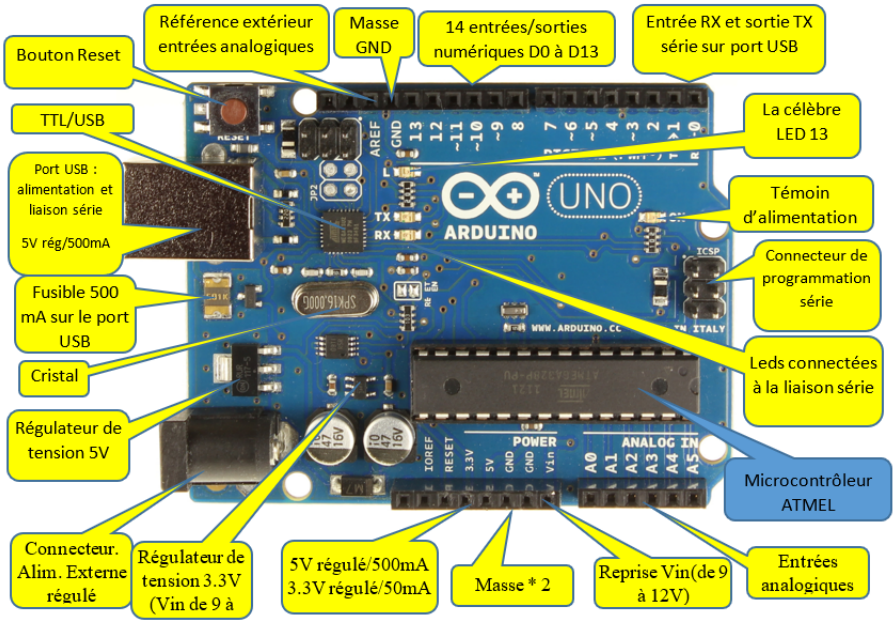
- Les timers pour la gestion du temps
- Les convertisseurs numériques/analogiques
- les modules de capteurs de signaux pour récupérer la valeur d'un timer.
- Les modules de communication (pour que les microcontrôleurs communiquent entre aux)

Les familles des microcontrôleurs se développent intensivement, fondées sur leurs racines, les microprocesseurs. Les catalogues des fabricants s'enrichissent de multiples déclinaisons avec, dans chacune des familles, plus ou moins de mémoire, plus ou moins de périphériques intégrés... Néanmoins, mis à part la gestion de l'alimentation et les convertisseurs analogiques- numériques et/ou numériques-analogiques parfois présents, ces puces restent de nature numérique.
La prochaine évolution dans la ligne de l'intégration maximale est l'incorporation de multiples technologies toujours à l'intérieur d'une seule puce.
Concevoir sur une seule puce un circuit de gestion d'un téléphone mobile intégrant les aspects analogiques avec le traitement de la voix, le codage et le cryptage réalisés en numérique, la gestion de l'écran, mais également la liaison radio et l'accès au réseau GSM, ou bien un circuit de télé HD unique dans une télévision n'est plus impossible : ce sont les circuits **SoC** ou **PSoC**.

Exemple

Nous allons considérer une carte Arduino UNO et nous allons faire des zooms progressifs :

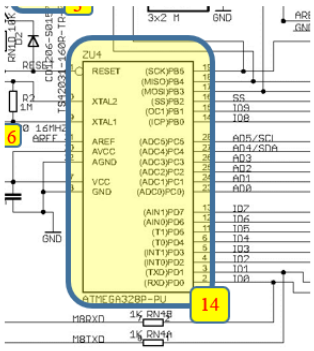
- Premier niveau : la carte Arduino



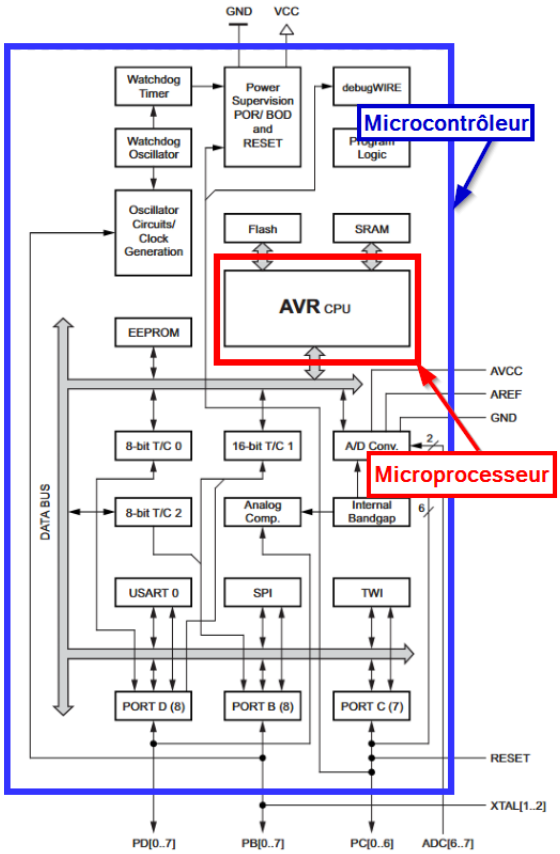
- Second niveau : Le microcontrôleur



et sa documentation



- Troisième niveau : Le processeur



- Quatrième niveau : A l'intérieur du processeur (rappels de première ;-))

