

# LES MICROCONTROLEURS

## 1. Présentation

Le microcontrôleur est dérivé du microprocesseur, il est spécialisé dans les applications nécessitant principalement des échanges de données entre divers constituants. Le traitement des informations est, en général, simple et ne nécessite pas une grande puissance de calcul. On trouvera ici des idées générales sur les grandes fonctions de ces composants, mais on ne pourra pas entrer dans les détails de tel ou tel microcontrôleur.

## 2. Microcontrôleur ou microprocesseur ?

Afin de comprendre la différence entre le microcontrôleur et le microprocesseur, considérons deux problèmes à résoudre avec une solution programmée.

l'ordinateur personnel  
la machine à laver.

Comparons les caractéristiques que doivent avoir les processeurs de ces machines

Caractéristique	Ordinateur	Machine à laver
Puissance de calcul	Forte	Faible
Rapidité	Élevée	Faible
Capacité mémoire RAM	Grande	Très faible
Mémoire secondaire (disques)	Indispensable	Inutile
Facilité de changer d'application	Indispensable	Inutile
Taille des programmes	Élevée	Faible
Place du programme en exécution	RAM	ROM

### 2.1. Analyse du tableau

Nous voyons que les deux systèmes nécessitent à peu près les mêmes compétences mais à des niveaux différents. Les constructeurs ont proposé un produit spécifique dérivé du microprocesseur, le microcontrôleur.

Le microcontrôleur est principalement chargé d'organiser des échanges avec le monde extérieur, la charge de calcul étant faible. Il est dédié à une seule tâche, ici gérer la machine à laver. Cela permet de s'affranchir d'une grande quantité de matériel et de logiciel, il n'y a besoin ni de système d'exploitation ni de mémoire de masse.

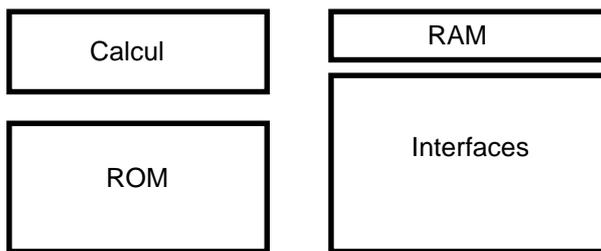
## 3. Les utilisations d'un microcontrôleur

Il peut être employé seul dans les applications de faible envergure comme les jouets ou les appareils électroménagers. Pour augmenter ses possibilités, on peut lui adjoindre des mémoires ROM ou RAM. Il peut être associé à un microprocesseur pour soulager ce dernier de certaines tâches secondaires : c'est un microcontrôleur qui s'occupe du clavier d'un ordinateur.

## 4. Organisation d'un microcontrôleur

Les constructeurs de microcontrôleurs cherchent à regrouper les fonctions énoncées ci-dessus dans un seul boîtier afin de :

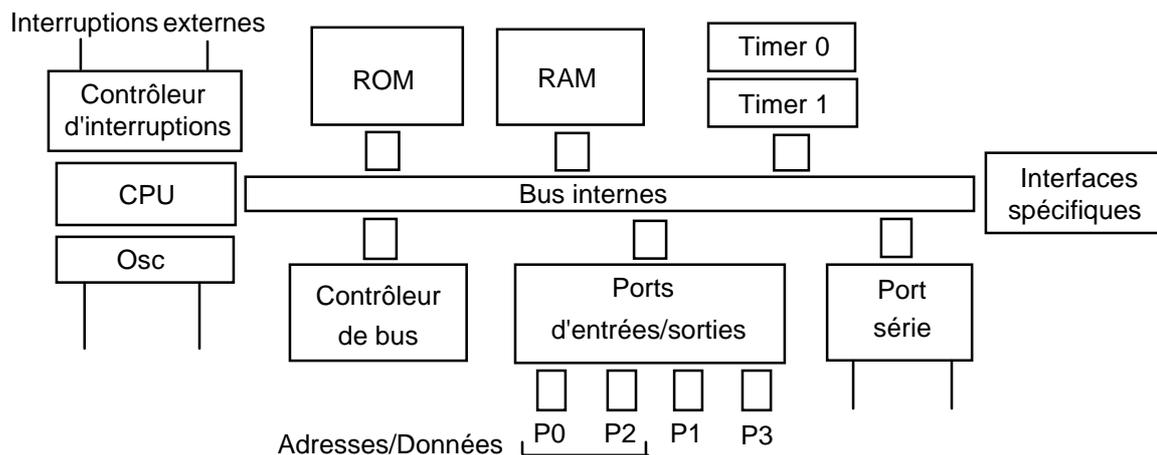
- réduire le nombre de composants mis en œuvre,
- de réduire le volume de l'appareil, par rapport à une solution câblée,
- d'augmenter la fiabilité, par réduction du nombre de composants,
- de réduire les coûts par diminution de la main-d'œuvre.



Synoptique général d'un microcontrôleur

Les aires représentent l'importance relative des fonctions.

#### 4.1. Contenu type d'un microcontrôleur



Comme on peut le voir sur ce schéma, le microcontrôleur est pensé afin de " tout faire " en un seul boîtier. On y trouve les fonctions réalisées par un microprocesseur et par les composants annexes. Cette intégration est possible car la puissance de calcul n'a pas besoin d'être grande.

On reconnaît :

- plusieurs ports parallèles (voir multiplexage)
- deux ports de communication série
- des timers
- la mémoire
- des interfaces spécifiques

Parmi les interfaces spécifiques, on peut trouver le convertisseur analogique-numérique ou le convertisseur numérique-analogique.

#### 4.2. Plusieurs versions d'un même produit

Afin de s'adapter au plus grand nombre possible de situations, un même microcontrôleur possède plusieurs versions. La première caractéristique sujette à versions est la mémoire de programme.

Caractéristiques de l'application	Version
Produite en grande série	ROM
Unitaire ou petite série	OTPROM
Mise au point	UVPROM ou EEPROM
Spécifique	Sans ROM

La version avec ROM est réalisée par masque lors de la construction du microcontrôleur, le fabricant met en œuvre un matériel important et spécifique. Les sommes engagées sont élevées, elles doivent être réparties sur grand nombre d'unités identiques.

Dans le cas d'une petite série ou d'une réalisation unitaire, on utilise la version OTPROM (One Time Programmable ROM). Dans ce cas c'est l'utilisateur qui programme son microcontrôleur.

La mise au point du programme peut être faite avec la version UVPROM ou EEPROM. Ces microcontrôleurs possèdent une ROM programmable et effaçable.

## 5. Les outils de développement et de mise au point

Comme toute solution programmable, le microcontrôleur nécessite un outillage informatique et éventuellement, un programmeur. À chaque microcontrôleur correspond son outil de développement.

L'outil informatique est constitué d'un assembleur et parfois d'un compilateur fonctionnant généralement sur un ordinateur personnel.

### 5.1. L'assembleur

C'est un logiciel qui facilite l'écriture d'un programme. L'utilisateur écrit dans un langage symbolique que le logiciel traduit dans le langage compréhensible par le microcontrôleur. Le langage d'assemblage est dérivé de celui du microprocesseur de la même famille avec un jeu d'instructions réduit et certaines instructions spécifiques.

### 5.2. Le compilateur

C'est également un logiciel traducteur mais ici l'utilisateur écrit dans un langage de haut niveau.

### 5.3. L'émulateur

C'est une partie matérielle qui permet la mise au point. Il est constitué d'une réplique du microcontrôleur qui autorise le suivi pas à pas des instructions. Il est associé à un " debogger " c'est à dire à un logiciel de mise au point. L'émulateur reproduit fidèlement les réactions du microcontrôleur et il permet le test de la carte. Il est cher et son emploi n'est justifié que dans le sein d'une entreprise.

### 5.4. Le simulateur

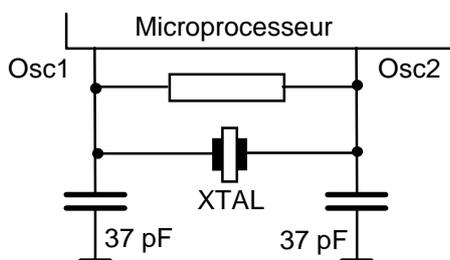
C'est un logiciel qui simule le comportement du microcontrôleur. Il ne permet pas le test de la carte. Il est moins cher que l'émulateur. On peut s'en servir pour vérifier le bon fonctionnement du programme.

## 6. Les principes de mise en œuvre

### 6.1. L'alimentation

Selon les techniques de construction, la tension d'alimentation des microcontrôleurs peut être de 5 V ou bien comprise entre 3 et 7 V. Certains composants possèdent une fonction de mise en veille.

### 6.2. L'horloge

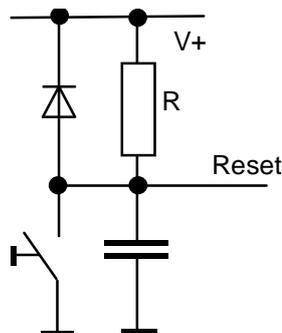
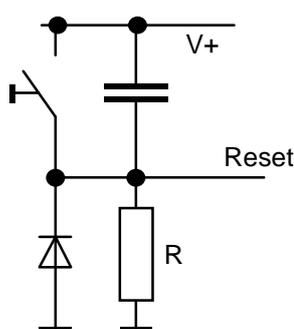


On peut trouver plusieurs sortes de montages. Le premier utilise un quartz.

Parfois le quartz n'est pas nécessaire, une résistance suffit.

### 6.3. L'initialisation (Reset)

Ce circuit place le microcontrôleur dans un état bien défini au moment de la mise sous tension.



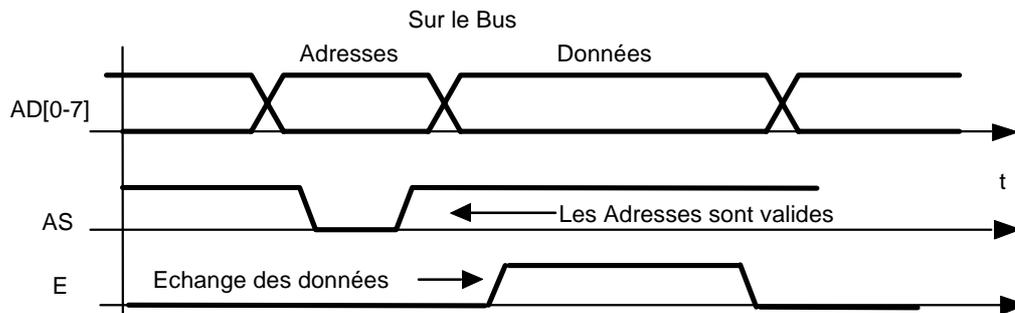
## 6.4. Les broches multiplexées

Étant donné que

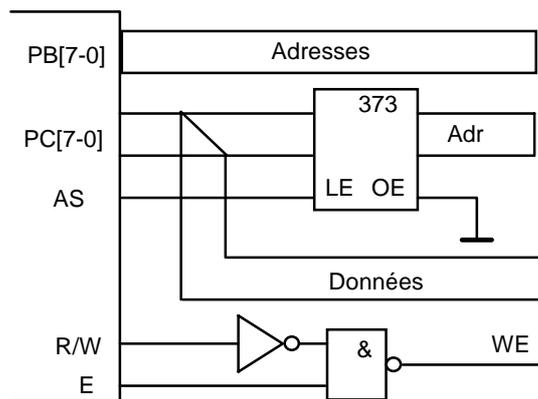
- le nombre de broches d'un microcontrôleur est limité
  - les applications n'utilisent pas toutes les mêmes fonctions
  - certaines applications ont besoin d'un accès au bus des données et d'autres non,
- Les constructeurs ont jugé bon d'attribuer plusieurs fonctions à une même broche.

L'utilisateur doit choisir la fonction d'une telle broche.

Dans certains cas, une même broche peut fournir à un instant une adresse et à l'instant d'après une donnée. C'est le principe du multiplexage des adresses et des données. Un signal auxiliaire permet de faire la distinction.



Exemple de démultiplexage



## 7. Travail à l'émulateur de microcontrôleur

L'émulateur est une partie matérielle qui constitue une réplique "discrète" du microcontrôleur. Elle est branchée, d'une part, à un ordinateur hôte et d'autre part, à la carte devant porter le microcontrôleur. Une sonde vient s'enficher sur le support du microcontrôleur.

L'outil de développement ainsi constitué permet :

- d'écrire le programme, en général en langage d'assemblage.
- de produire le programme exécutable.
- de sauvegarder le travail.
- de réaliser le travail de mise au point aussi bien de la partie logicielle que de la partie matérielle car l'émulateur possède les mêmes temps de réaction que le microcontrôleur.

C'est la solution la plus complète mais l'émulateur est cher.

## 8. Travail à l'émulateur d'EPROM

L'émulateur d'EPROM est une partie matérielle qui, vue par le microcontrôleur, se comporte comme une EPROM. Cet émulateur est branché à un ordinateur hôte sur lequel on développe le logiciel comme ci-dessus (sauf la mise au point matérielle).

Une fois produit, le programme exécutable est chargé dans l'émulateur d'EPROM.

Ici, on bénéficie de toute la souplesse procurée par l'utilisation d'un micro-ordinateur : facilité de travail à l'éditeur, rapidité de correction, possibilité de sauvegarde.

Avec l'émulateur, il faut donc utiliser la version sans EPROM du microcontrôleur. Le support de l'EPROM étant occupé par la sonde de l'émulateur.

La mise au point nécessite des appareils de mesure (oscilloscope, analyseur logique) ou des astuces temporaires (allumage de LEDs à des endroits stratégiques du programme).

Une fois la mise au point terminée, on peut utiliser une autre version du microcontrôleur.

Cette solution nécessite l'achat d'un émulateur d'EPROM mais son prix est sans commune mesure avec celui d'un émulateur de microcontrôleur.

## 9. Travail avec une version effaçable du microcontrôleur

Ici, le travail consiste à programmer un microcontrôleur à chaque essai, une modification oblige à l'effacer et à recommencer la programmation.

C'est la solution "du pauvre".

## 10. Synoptique des possibilités de travail

