

## Chapitre 7 : Généralités sur les microcontrôleurs

### 1.1 Définition du microcontrôleur

Un microcontrôleur est un circuit intégré unique qui comprend divers éléments, notamment un microprocesseur, des temporisateurs, des compteurs, des ports d'entrée/sortie (E/S), une mémoire vive (RAM), une mémoire morte (ROM) et quelques autres composants. Ces parties fonctionnent ensemble pour exécuter un ensemble préprogrammé de tâches spécifiques. Ainsi, un microcontrôleur est comme un petit ordinateur sans système d'exploitation, qui traite et même exécute le contrôle dans un appareil électronique.

### 1.2 Domaine d'utilisation

Les microcontrôleurs sont utilisés dans un large éventail de systèmes et d'appareils. On les trouve dans les véhicules, les robots, les appareils médicaux, les émetteurs-récepteurs radio mobiles, les distributeurs automatiques et les appareils électroménagers. Les appareils utilisent souvent plusieurs microcontrôleurs qui fonctionnent ensemble dans l'appareil pour gérer leurs tâches respectives.

Par exemple, une voiture peut avoir de nombreux microcontrôleurs qui contrôlent divers systèmes individuels à l'intérieur, tels que le système de freinage antiblocage (ABS), le contrôle de traction, l'injection de carburant ou le contrôle de la suspension. Tous les microcontrôleurs communiquent entre eux pour informer les actions correctes. Ils envoient et reçoivent des données à l'aide de leurs périphériques d'E/S et traitent ces données pour effectuer leurs tâches désignées.



Figure 6.1. Quelques appareils qui disposent de microcontrôleurs

### 1.3 Architecture du microcontrôleur

L'architecture du microcontrôleur est généralement basée sur l'architecture Harvard, qui sépare physiquement la mémoire de données et la mémoire programme. L'accès à chacune des deux mémoires s'effectue à travers deux bus différents. Ce qui permet un accès simultané aux données et aux instructions. Généralement, la mémoire de de programme est en lecture seule et la mémoire de données est en lecture-écriture. Par conséquent, il est impossible que le contenu du programme soit modifié par le programme lui-même. Cependant, dans une architecture Von Neumann, la structure de stockage est unique pour les données et les instructions.

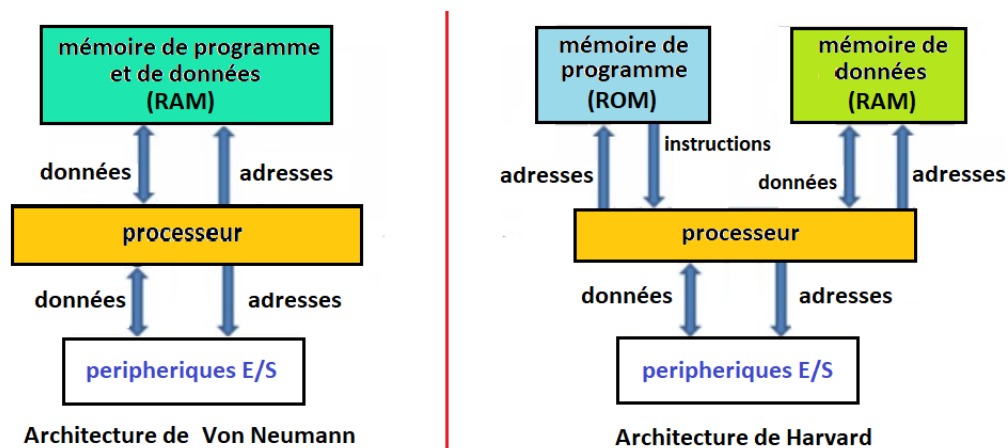


Figure 6.2. Différence entre l'architecture Von Neumann et l'architecture Harvard

L'architecture Harvard est une architecture informatique basée sur le modèle informatique à relais Harvard Mark I, conçu par Howard H. Aiken et construit chez IBM en 1944.

### 1.4 Différence entre Von Neumann et Harvard Architecture

Table 6.1. Différence entre Von Neumann et l'architecture de Harvard

Point de comparaison	Harvard Architecture	Architecture de von Neumann
<b>Définition</b>	Harvard Architecture est un type moderne d'architecture informatique qui suit le concept du modèle basé sur les relais de Harvard Mark I.	L'architecture Von Neumann est un ancien type d'architecture informatique qui suit le concept d'un ordinateur à programme stocké.
<b>Adresse physique</b>	Il utilise deux adresses physiques distinctes pour stocker et accéder aux instructions et aux données.	Il utilise une adresse physique unique pour accéder et stocker à la fois les données et les instructions.
<b>Les bus</b>	Il utilise des bus séparés pour le transfert des données et des instructions.	Un bus commun pour le transfert des instructions et des données.
<b>Accès du processeur</b>	Le processeur peut facilement lire/écrire des données et accéder aux instructions à tout moment.	Le processeur n'est pas capable de lire/écrire des données et d'accéder à des instructions en même temps.
<b>Configuration matérielle</b>	elle nécessite plus de matériel car elle nécessitera des données et un bus d'adresses distincts pour chaque mémoire.	Contrairement à l'architecture Harvard, cela nécessite moins de matériel car seule une mémoire commune doit être atteinte.
<b>Espace requis</b>	Cela nécessite plus d'espace.	L'architecture Von-Neumann nécessite moins d'espace.
<b>Rapidité d'exécution</b>	La vitesse d'exécution est plus rapide car le processeur récupère simultanément les données et les instructions.	La vitesse d'exécution est plus lente car il ne peut pas récupérer les données et les instructions en même temps.
<b>Utilisation de l'espace</b>	Il en résulte un gaspillage d'espace car s'il reste de l'espace dans la mémoire de données, la mémoire d'instructions ne peut pas utiliser l'espace de la mémoire de données et vice-versa.	L'espace n'est pas gaspillé car l'espace de la mémoire de données peut être utilisé par la mémoire d'instructions et vice-versa.

### 1.5 Classification des microcontrôleurs

Les microcontrôleurs sont généralement classés en différentes catégories en fonction de :

- Architecture (Von Neumann ou Harvard)
- Mémoire (embarqué ou externe)
- Jeu d'instructions (RISC et CISC)
- Configuration des bits (8-bit, 16-bit et 32-bit)

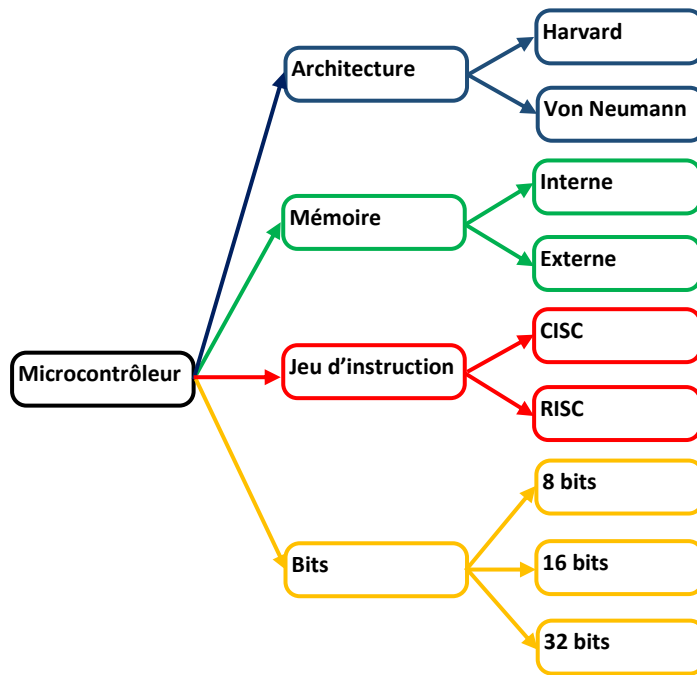


Figure 6.3. Classification des microcontrôleurs

### 1.6. Architecture du microcontrôleur

Nous avons choisi de présenter le microcontrôleur PIC16F877A, qui est un microcontrôleur basé sur une architecture de type Harvard conçu par la société Microchip. Nous allons décrire en bref ses composants et leurs fonctionnements.

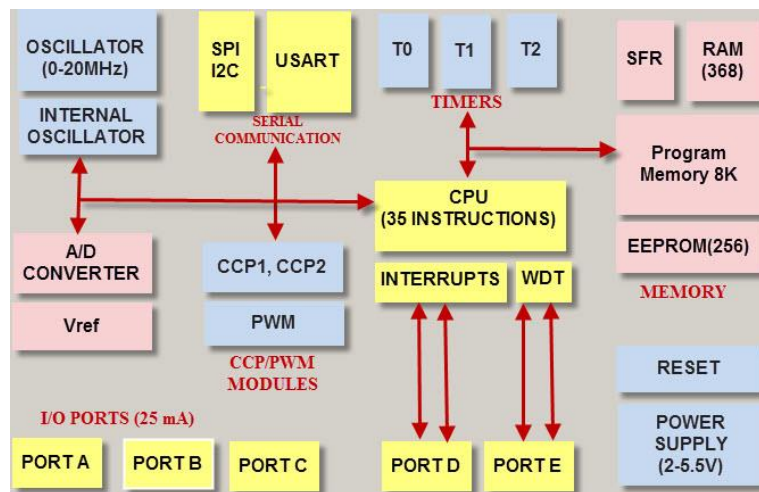


Figure 6.4. Architecture interne du microcontrôleur PIC16F877

1. **Le Processeur (CPU) :** Contient l'ALU qui effectue des opérations arithmétiques et logiques selon les instructions reçues.
2. **Les mémoires :** il existe deux types de mémoire dans le microcontrôleur PIC :
  - a) **Mémoire de programme :** contient le programme que l'on souhaite exécuter. Cette mémoire morte de type EEPROM programmable et effaçable électriquement. L'espace mémoire fourni par celle-ci est de **8K (2<sup>13</sup>)** cases mémoire de **14 bits**. Donc le bus d'adresse des instructions (du programme) contient 13 bits.
  - b) **Mémoire de données :** La mémoire de données stocke les données. Elle est de type RAM, elle contient 368 octets.
3. **Les ports d'entrée/sortie :** Le PIC16F877 dispose de 5 ports E/S. Il s'agit du port A, du port B, du port C, du port D et du port E.

4. **La Pile** : permet la sauvegarde de l'adresse de l'instruction du programme en cours d'exécution, jusqu'à ce que le processeur exécute le sous-programme d'interruption.
5. **Les temporisateurs** : Les temporisateurs sont utilisés pour créer des délais spécifiques entre deux opérations. Le PIC 16F877A est doté de 3 temporisateurs (appelés en anglais : Timers) : deux temporisateurs (Timer0 et Timer2) de 8 bits, et un temporisateur (Timer1) de 16 bits.
6. **Le convertisseur analogique-numérique (A/N)** : est un dispositif électronique dont la fonction est de traduire une grandeur analogique (tension électrique) en une valeur numérique codée sur plusieurs bits. Le convertisseur A/N du PIC 16F877A fournit des valeurs sur 10 bits.

#### 7. Module CCP

Le nom module CCP signifie capture/comparaison/PWM où il fonctionne en trois modes tels que le mode capture, le mode comparaison et le mode PWM.

#### Module de communication série

La communication série est la méthode de transfert séquentiel de données un bit à la fois sur un canal de communication.

**USART** : signifie 'Universal synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter' qui est une communication série pour deux protocoles : synchrone et asynchrone. Il est utilisé pour transmettre et recevoir les données bit à bit sur un seul fil par rapport aux impulsions d'horloge.

**Protocole SPI** : signifie 'Serial Peripheral Interface'. Ce protocole est utilisé pour envoyer des données entre le microcontrôleur PIC et d'autres périphériques tels que les cartes SD, les capteurs et les registres à décalage.

**Protocole I2C** : le terme I2C signifie 'Inter Integrated Circuit', et c'est un protocole série qui est utilisé pour connecter des appareils à faible vitesse tels que des EEPROM, des microcontrôleurs, des convertisseurs A/D, etc.

### 1.7. Avantage et Inconvénients du PIC16F877A

#### Avantages :

- Le microcontrôleur PIC est d'architecture RISC, il fonctionne donc plus rapidement.
- Il offre une interface facile de périphérique analogique.
- Il présente une faible consommation d'énergie.

#### Inconvénients :

- Moins d'instructions augmente la longueur du programme (35 instructions).
- Il ne contient qu'un seul accumulateur.