

INTRODUCTION A L'INFORMATIQUE INDUSTRIELLE (INI) :

Chapitre 1 : L'informatique industrielle

L'informatique industrielle est une branche technologique de l'informatique appliquée qui couvre l'ensemble des techniques de conception, d'analyse et de programmation de systèmes à base d'interfaçage de l'informatique avec de l'électronique, électrotechnique, mécanique, robotique, etc. à vocation industrielle, qui ne sont pas uniquement à base d'ordinateurs.

Matériel (Hardware) :

- Tour ou Unité Centrale
- Un système microinformatique
- Les actionneurs (servomoteurs, un type bien défini de moteur électrique, pour des commandes aisées).
- Des capteurs (optiques, du style RGB qui captent plutôt les couleurs, mécaniques, qui agissent comme des détecteurs d'obstacle et sonores, pour donner le départ/signal de départ, d'arrêt, etc.)
- Mécanismes de transmissions (engrenages)
- Pièces de liaison.

Logiciel (software) :

- Algorithme
- Graphe
- Traduction en langage
- Transfert vers l'Unité Central
- Compilation, test et correction d'erreurs
- Exécution comme système indépendant

Organigramme :

Pour qu'un projet fonctionne en équipe, il faut une même manière de travailler pour tous, l'organigramme donne un cheminement simple que tout le monde doit respecter pour que la programmation se fasse.

Prenons l'exemple de la trieuse de bille, tout commence avec l'étape « Start », la première étape se lance (Process step 1) et le tri des billes commence, si la machine ne détecte aucune bille ou une bille d'une autre couleur, l'étape 1 est relancée (choice 2) si la bille est effectivement détectée, le programme passe à l'étape 2 (Process step 2).

Toutes les étapes se succèdent les unes à la suite des autres si aucun problème n'est rencontré, jusqu'à l'étape finale.

Programmation graphique (LabVIEW) :

Dans le schéma du cours, si aucune erreur est commise toutes les étapes s'exécutent les unes à la suite des autres, jusqu'à atteindre la dernière étape (stop), tous les éléments présents sur le schéma sont présents dans la bibliothèque du LabVIEW et ne se trouvent pas forcément les uns à côtés des autres.

Grafcet :

Permet de présenter un équipement automatisé, sur le schéma, les petits carrés représentent des étapes et entre chacune d'entre elles, il y a une transition, dans chaque étape il peut y avoir une action.

Pour la première étape, il faut que 2 conditions soient remplies, l'opérateur doit appuyer sur dcy et la transition a doit être accessible, la réceptivité « dcy. a » est vrai et la transition est validée, il y a ensuite une désactivation de l'étape 1 (le dcy se baisse) et l'activation de l'étape 2, le chariot va alors aller jusqu'au point C, ensuite il y a une désactivation de l'étape 2 et activation de l'étape 3, entre temps on accède à la transition b.

Une fois à l'étape 3, le chariot exécute l'action « repartir vers la gauche » tant que les conditions sont remplies, on peut continuer vers la prochaine étape (aucun saut d'étape possible), l'étape précédente doit toujours être désactiver avant de passer à la suivante. A l'étape 5, le chariot doit attendre avant de pouvoir retourner dans la transition a, une fois que la réceptivité de a est vraie, la transition 5-1 s'enclenche et on part de l'étape 5 pour revenir vers l'étape 1 et le nouveau cycle commence.

A chaque fois qu'il y a un problème, on regarde dans le cahier de charge et on le fait sous la forme inscrite dedans.

Chapitre 2 : De l'électronique câblée aux microprocesseurs

Le développement du calcul :

Des milliers d'années avant notre ère, les hommes ont cherché à se simplifier la tâche dans leur manière d'effectuer des calculs, le boulier chinois, une machine pourtant très rudimentaire, fait partie de ses machines permettant de simplifier les opérations.

Georges Boole (1854) a posé les principes du calcul binaire et logique, Il est le créateur de la logique moderne, fondée sur une structure algébrique et sémantique, que l'on appelle algèbre de Boole en son honneur.

Calculateurs mécaniques :

La pascaline de Pascal (1642)

- calculatrice financière
- additions et soustractions

Le prototype du calculateur de Babbage (1822)

- opérations arithmétiques autonomes
- comporte unité de calcul, mémoire, registre et entrée des données par carte perforée
- Ada King, documente ce travail et utilise la notion d'algorithme

Le Z3 (1938) : inventé par Konrad Zuse

- relais électromécaniques
 - utilise le binaire au lieu du décimal
 - programmable
- Calculateur électromécanique

Calculateur électrique :

ENIAC par Eckert et Mauchly 1945 (Electronic Numerical Integrator and Computer)

- programmation manuelle
- 30 tonnes
- 18 000 tubes à vides
- occupe 1500 m²

On peut réaliser des opérations en utilisant les types à vides

L'EDSAC et le modèle Von Neumann (Electronic Delay Storage Automatic Computer) 1949

- calculateur automatique à mémoire
- programmable par instructions
- 15000 opérations mathématiques/ minutes

Le développement de l'électronique :

En 1947, le premier transistor voit le jour, il s'agit de l'élément de base dans le domaine de l'électronique, composé d'une base (B) d'un collecteur (C) et d'un émetteur (E).

Son but est de laisser passer du courant de manière contrôlé, la différence entre un conducteur et un transistor réside dans le fait que le conducteur conduit l'électricité quoi qu'il arrive, le courant passe à partir du moment où il en a les moyens, le transistor, lui, ne le fait que si la tension est suffisante.

Les semi-conducteurs sont des matériaux très spécifiques, il y a des matériaux isolants, comme le bois, et d'autres sont conducteurs, tel que le métal, l'eau, etc.

Le silicium est un des meilleurs semi-conducteurs qui existe, au niveau atomique, la caractéristique principale de cet élément, comme le germanium, c'est que les électrons peuvent passer d'un état à l'autre, juste en les stimulant avec un peu d'énergie.

On peut fabriquer un semi-conducteur de type P (positif) en enlevant un électron, mais aussi de type N (négatif), avec des électrons en plus, quand les deux types sont placés côte à côte, il y a trois zones qui se forment, une zone P, une zone N et une jonction PN, les électrons se trouvant dans cette dernière zone migre librement d'un côté à un autre, mais les électrons loin de cette zone ne bougent pas. Une fois cette dernière saturée, elle bloque les « migrations », plus aucun électron ne peut alors se déplacer.

→ Dans un matériau conducteur, les électrons se déplacent tout le temps, mais dans un isolant, rien ne bouge.

Le sens du courant : si du courant bouge dans un sens, les électrons bougent dans l'autre sens.

Dans un circuit électrique, les électrons « se poussent » dans un sens (sur le schéma, la flèche verte représente ce mouvement), ce mouvement continu circulaire s'appelle la **polarisation**, le courant lui, se fait dans l'autre sens, il part du + pour aller vers les zones

avant de rejoindre le – et reprendre son mouvement. La jonction des deux zones s'appelle **la diode**.

https://fr.m.wikibooks.org/wiki/Fonctionnement_d%27un_ordinateur/Les_transistors_et_portes_logiques

En 1958 : le premier CI (Texas instrument / Jack Kilby)

→ Tous les systèmes microprogrammés ont besoin d'une horloge

→ Les composants semi-conducteurs permettent de réaliser plein de montage

→ Tous les ordinateurs ont besoin d'une alimentation

Quand on a un appareil qui demande une tension de 5V continue pour être chargé, ce n'est pas évident avec le courant de la maison, qui possède une tension alternative de 100V, il faut donc trouver un moyen de la faire baisser et c'est le rôle du **Transfo**.

Le transfo va faire abaisser la tension de manière à ce que la tension maximale soit de 5V, malgré cela, le courant n'est toujours pas utilisable en l'état, il faut encore l'intervention d'un **pont de diode**, qui va servir de redresseur, afin de redresser le signal (faire en sorte qu'il ne descende pas dans les négatifs sur le graphique), le **filtre** va ensuite intervenir, pour trier les moments où le signal se stabilise à 5V, enfin, le **régulateur** va faire en sorte que la tension soit maintenu à cette même valeur de volt.

→ Voir graphiques sur feuille

Les microprocesseurs :

1971 Intel vend le premier micro-ordinateur MCS-4 utilisant un micro-processeur Intel 4004

-Processeur 4 bits tournant à 108 KHz

-2300 transistors en technologie 10 microns

-Prix : 200 \$

Composition d'un microprocesseur (circuits électriques internes) :

Les **portes logiques** sont composées de transistors qui fonctionnent comme des interrupteurs.

On trouve deux sortes de porte de base : les MOS et les CMOS.

→ C'est à partir de celles-ci que sont fabriquées les fonctions logiques comme OR, AND, NOT, XOR, NOR, NAND.

Ces fonctions de base vont constituer le circuit interne du microprocesseur c'est à dire que l'on peut former toutes les autres fonctions comme, l'addition, la soustraction ...

Premiers ordinateurs « portables » :

1er mini-ordinateur : PDP 8 de DEC présente (1965)

1976 : Steve Wozniak et Steve Jobs créent le Apple I dans un garage.

Cet ordinateur possède :

- un clavier
- un microprocesseur à 1 Mhz,
- 4 Ko de RAM
- 1Ko de mémoire vidéo

1981 : IBM lance son 5150 Personal Computer (PC) :

- processeur Intel 8088 à 4.77 MHz
- 64 Ko de Ram, de 40 Ko de Rom
- lecteur de disquettes 5"25
- système d'exploitation DOS
- prix 3000 \$.

L'ère de la micro-informatique :

- 1984 : Macintosh
 - processeur Intel 68000 à 8 MHz
 - 128 Ko de Ram, de 64 Ko de Rom
 - lecteur de disquettes 3"1/2 -Souris, clavier
 - Interface graphique -prix 2500 \$
- 1985 : Amiga 1000 de Commodore
 - processeur Intel 68000 à 7,16 MHz
 - RAM/ROM: 256Ko extensible à 2Mo
 - graphisme : 4096 couleurs
 - disquette 3"1/2
 - prix : environ 10000 F
 - connecteurs ZORRO, 2 ports joystick, audio, interface série RS232C, interface Parallèle...
- Ordinateur personnel d'aujourd'hui

Exemple :

Marque : Apple MacBook Pro

Écran : Retina 15"

Microprocesseur : Intel Core i7 quadricœur

Fréquence : 2,3 GHz

Mémoire vive (RAM): 16Go Mémoire de stockage (SSD): 512 Go
(Intel Core i9 déjà sortie)

L'ère du multimédia et réseaux :

- Données,
- Images,
- Son,
- Vidéos
- Internet

Chapitre 3 : Du Microprocesseur au microcontrôleur

→ Le schéma interne d'un microprocesseur

Compteur de programme :

- Il est constitué par un registre dont le contenu est initialisé avec l'adresse de la première instruction du programme.
 - Dès le lancement du programme ce compteur contient l'adresse de la première instruction à exécuter :
 - o soit par incrémentation automatique dans le cas où les adresses des instructions se suivent.
 - o soit par chargement de l'adresse de branchement dans le cas de sauts programmés.

ALU :

C'est un circuit complexe qui assure les fonctions :

- arithmétiques : addition et soustraction
- logiques : ET, OU, OU exclusif
- comparaison, décalage à droite ou à gauche, incrémentation, décrémentation, mise à 1 ou à 0 d'un bit, test de bit.

→ Une ALU est constituée par un certain nombre de circuits tels que :

-complémenteur, additionneur, décaleur, portes logiques, ...

Bloc logique de commande :

- Il organise l'exécution des instructions au rythme d'une horloge.
- Il élabore tous les signaux de synchronisation internes ou externes (bus des commandes) du microprocesseur

Registre et décodeur d'instructions :

- Chacune des instructions à exécuter est rangée dans le registre instruction dont le format est 24 bits.
- Le premier octet (8 bits) est toujours le code de l'opération que le décodeur d'instruction doit identifier.

Pointeur de pile ou stack pointeur :

- C'est un registre compteur de 16 bits qui contient l'adresse du sommet de la pile.
- La pile est externe au microprocesseur.
- C'est une partie de la mémoire RAM.
- Elle est utilisée pour sauvegarder les contenus des différents registres, lors de l'appel à un sous-programme ou lors de la gestion d'une interruption, par exemple.

Registre de données :

- Ce registre de 8 bits est un registre tampon qui assure l'interfaçage entre le microprocesseur et son environnement ou inversement.
- Il conditionne le bus externe ou le bus interne des données.

Registre d'adresses

- Ce registre de 16 bits est un registre tampon qui assure l'interfaçage entre le microprocesseur et son environnement.
- Il conditionne le bus externe des adresses.

Accumulateur :

- Un accumulateur est un registre de travail de 8 ou 16 bits qui sert :

o à stocker un opérande au début d'une opération arithmétique et le résultat à la fin de l'opération. o à stocker temporairement des données en provenance de l'extérieur du microprocesseur avant leur reprise pour être rangées en mémoire.
o à stocker des données provenant de la mémoire ou de l'UAL pour les présenter vers l'extérieur du microprocesseur.

Registre d'état :

- Chacun de ces bits est un indicateur dont l'état dépend du résultat de la dernière opération effectuée.
- On les appelle indicateur d'état ou flag ou drapeaux.
- Dans un programme le résultat du test de leur état conditionne souvent le déroulement de la suite du programme.

On peut citer comme indicateur :

- retenue : (carry : C)
- retenue intermédiaire : (Auxiliary-Carry : AC)
- signe : (Sign : S)
- débordement : (overflow : OV ou V)
- zéro : (Z)
- parité : (Parity : P)

Registre d'index :

- Le contenu de ce registre de 16 bits est une adresse.
- Il est utilisé dans le mode d'adressage indexé

Registres auxiliaires :

Ils permettent de stocker le résultat des instructions exécuter par l'ALU

→ Le système minimum à base d'un microprocesseur

Le système minimum à base d'un microprocesseur :

Ces trois éléments vont communiquer entre eux par l'intermédiaire de 3 BUS

→ Voir slides et exemples

Mise en situation :

L'évolution des produits domestiques (ou industriels) rend compte d'un phénomène directement lié à l'évolution des technologies :

- Progrès de la miniaturisation. :

Les téléphones portables en sont un exemple très actuel.

- Progrès de l'intégration. :

Le nombre de structures intégrées à un seul composant est de plus en plus important. Le nombre de circuits utilisés est ainsi réduit.

Mais cette miniaturisation ne peut se faire sans une évolution de la technologie utilisée.

On comprendra aisément qu'un système microprogrammé tel que le téléphone portable ne peut être géré par un système minimum à microprocesseur 6809 : trop encombrant !

- Microprocesseur

- RAM

- EPROM

- PIA

- Décodeur 5 circuits différents !!!

→ La solution est alors de remplacer le système minimum par un seul circuit : Le microcontrôleur.

Système minimum à 6809 :

Solution :

- Microcontrôleur 1

On retrouve ainsi les microcontrôleurs PIC dans de nombreuses applications industrielles ou domestiques.

- Saisie touche FP1

Prenons l'exemple d'une télécommande infra-rouge :

- Reconnaissance touche

- Génération commande FP2

- Émission IR de la commande FP3

La **fonction FP1** a pour rôle de prendre en compte l'appui sur une touche et de transmettre le code correspondant à la fonction FP2.

Saisie touche FP1

La **fonction FP2** a pour rôle d'identifier la touche à l'aide du « code touche » et de générer le signal de commande associé.

Reconnaissance touche

Génération commande FP2

La **fonction FP3** se charge de convertir et émettre le signal de commande sous forme de signal infra-rouge.

-Émission IR de la commande FP3

La fonction FP2 « Reconnaissance touche et génération commande » est réalisée par une structure microprogrammée.

C'est ici un microcontrôleur PIC qui se charge, par l'exécution de son programme, de faire l'acquisition du signal « code touche », et de générer de signal de commande correspondant.

Saisie touche FP1 → Reconnaissance touche Génération commande FP2 → Émission IR de la commande FP3

Microprocesseur ou Microcontrôleur ? :

Suivant le type d'application envisagé, il est possible de faire appel à différents types de structures microprogrammées. Les plus répandues sont les suivantes :

- Le microprocesseur.

Ex : PIC, 68HC11, Atmel AVR 16-bits, etc.

- Le microcontrôleur.

Ex : PC, système minimum à 6809, Pentium4, DualCore, etc.

Un système à microprocesseur nécessite une grande place matérielle (nombreux circuits) ainsi qu'une bonne qualité de connectique.

Les microcontrôleurs permettent quant à eux de s'affranchir de ces contraintes puisqu'ils intègrent en un seul circuit au moins toutes les ressources propres à un système minimum.

Ainsi, les microcontrôleurs **PIC 16Cxx** disposent des principales ressources internes suivantes : •**Mémoire de programme.**

Les PIC 16Cxx se déclinent selon 3 versions de mémoire de programme :

-**ROM** (ou OTPROM), programmable une seule fois.

Capacité : 512 à 2K mots.

-**UVPROM**, effaçable par rayonnement UV.

Capacité : 512 à 4K mots.

-**EEPROM**, effaçable électriquement.

Capacité : 1K mots.

Ainsi, les microcontrôleurs PIC 16Cxx disposent des principales ressources internes suivantes :

•**Mémoire de programme.**

•**Mémoire de données.**

•**Entrées/sorties.**

Les PIC 16Cxx disposent d'une mémoire de données (RAM) de capacité 25 à 192 octets.

•**Mémoire de données.**

Les PIC 16Cxx proposent un certain nombre de broches d'entrées/sorties (12 à 33) permettant l'acquisition ou la transmission de signaux numériques.

Ainsi, les microcontrôleurs PIC 16Cxx disposent des principales ressources internes suivantes : •**Mémoire de programme.**

•**Entrées/sorties.**

Et éventuellement :

•**Port série.**

Certains PIC 16Cxx possèdent 1 ou 2 ports série permettant la transmission série d'informations. Ainsi, les microcontrôleurs PIC 16Cxx disposent des principales ressources internes suivantes :

- Mémoire de programme.
- Mémoire de données
- Entrées/sorties.

Et éventuellement :

- Port série.
- **Convertisseur CAN.**

Certains PIC 16Cxx possèdent en ressource interne un Convertisseur Analogique Numérique 8bits permettant l'acquisition de 4 à 8 signaux analogiques différents.

Conclusion :

Les microcontrôleurs PIC 16Cxx sont des circuits complets et performants.

→ Ils s'appliquent complètement dans la mise en œuvre de systèmes microprogrammés simples.

Architecture interne :

La majorité des structures microprogrammées utilisent une architecture classique appelée : **Architecture Von Neumann.**

→ Architecture Von Neumann: PC, 6809, 68HC11...

Les microcontrôleurs PIC ainsi que bien d'autres structures sont construites autour d'un autre type d'architecture : **Architecture Harvard.**

→ Architecture Harvard: PIC, DSP...

Prenons le cas du système minimum à 6809 :

- Son architecture est de type Von Neumann.

- Sa mémoire de programme (EPROM) contient comme son nom l'indique le programme à exécuter.

Considérons l'exemple du programme source suivant :

Après assemblage, chaque instruction et chaque opérande codée sur un octet (8 bits) est rangée dans une case de la mémoire.

La mémoire contient donc successivement les instructions et les opérandes du programme.

Afin d'exécuter le programme, le microprocesseur doit lire dans l'ordre le contenu de chacune des cases mémoires.

Pour cela, chacun des octets de la mémoire est acheminé vers le microprocesseur, via le bus de données

Conclusion :

Dans le cas d'une architecture Von Neumann, le traitement d'une instruction et son opérande nécessite donc la lecture d'au moins deux cases mémoires (3 si l'opérande est codée sur deux octets).

Cela correspond à une durée de 2 ou 3 cycles machine.

Les microcontrôleurs PIC ont eux une architecture appelée Harvard qui présente de nombreux avantages.

Les différences avec les architectures Von Neumann résident essentiellement dans :

- **la mémoire de programme**
- **les bus.**

La mémoire de programme des PIC contient bien entendu le programme à exécuter.

Comme précédemment, ce programme est composé d'instructions et d'opérandes.

Cependant, une case mémoire peut ici contenir à la fois une instruction et son opérande.

Considérons l'exemple du programme source suivant :

Après assemblage, chaque instruction et son opérande sont codées sur un mot binaire (12 ou 14 bits) puis rangées dans une case mémoire.

Chaque cas de la mémoire contient donc :

- L'instruction à exécuter.
- L'opérande associée (non obligatoire).

Afin d'exécuter le programme, l'unité de calcul doit ensuite lire le contenu de chacune des cases de la mémoire.

Chaque mot binaire contenu dans la mémoire de programme est alors acheminé vers un décodeur d'instructions.

Le rôle de ce décodeur est de séparer pour chacun des mots binaires, l'instruction et la donnée (opérande).

Les instructions et les données sont ensuite acheminées simultanément vers l'unité de calcul par l'intermédiaire de deux bus différents.

Conclusion :

Dans le cas de l'architecture Harvard que possèdent les PIC, la lecture d'une seule case mémoire permet le traitement entier d'une instruction et de son opérande.

→ Un seul cycle machine est donc nécessaire.

Selon la version de PIC 16Cxx utilisée, le nombre de registres internes au circuit est différent.

Ainsi, les registres présentés ci-après sont les plus couramment utilisés :

Registres d'E/S : PORT

Registre d'état : STATUS

Registres de direction : TRIS

Registre Compteur Programme : PC

Registre de travail : W

Le registre de travail W est un registre 8 bits destiné à la manipulation générale des données.

-(b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0).

Il peut donc contenir une donnée de 8 bits que l'on appelle ici un littéral.

Le littéral chargé dans le registre de travail W a pour valeur hexadécimale B2

Ex : 1 0 1 1 0 0 1 0

Le registre W peut être comparé aux registres A ou B du 6809.

Les microcontrôleurs PIC peuvent recevoir ou transmettre des informations avec des périphériques extérieurs par l'intermédiaire de leurs ports d'E/S.

Suivant la version utilisée, les circuits proposent 2 ou 3 ports d'E/S différents.

→ Voir exemple dans slides

L'utilisation des registres est ainsi la suivante :

- Pour transmettre une donnée sur un port, il faut ECRIRE la donnée dans le registre PORT correspondant.
- Pour recevoir une donnée sur un port, il faut LIRE la donnée dans le registre PORT correspondant.

Remarque 1 :

Les registres PORTA, PORTB et PORTC sont analogues aux registres ORA et ORB du 6821.

Remarque 2 :

Sur les PIC 16Cxx, le port A du circuit ne présente en fait que 4 broches d'E/S.

Le registre correspondant (8 bits) n'a donc d'actifs que les bits b0 à b3.

X	X	X	X	B3	B2	B1	B0
---	---	---	---	----	----	----	----

Les ports B et C possèdent eux bien 8 lignes d'E/S.

Les registres correspondants ont donc les 8 bits actifs.

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0

Les registres de direction TRIS (8 bits) sont directement liés aux registres PORT.

Le rôle des registres TRIS est de programmer chacune des lignes des ports soit en entrée, soit en sortie.

Les différentes broches (lignes) d'un même port peuvent donc avoir un rôle différent : transmettre ou recevoir une valeur logique (« 0 » ou « 1 »).

La programmation des registres TRIS

→ Voir slides et exemples

Les registres :

-Le registre d'état STATUS est un registre 8 bits.

Le rôle de ce registre est de donner diverses informations à l'utilisateur sur l'état de fonctionnement ou sur le résultat d'une opération.

On s'intéressera en fait à seulement 2 bits du registre d'état.

→ Voir Le bit b2 : Z (Zéro) et Le bit b0 : C (Carry = retenue)

-Le registre PC est un registre spécifique 9 ou 11 bits, suivant le modèle de PIC.

C'est en fait un compteur ordinal qui contient l'adresse en mémoire de la prochaine instruction à exécuter.

Prenons l'exemple d'un programme objet stocké en mémoire de programme à partir de l'adresse 000 :

-1er cycle machine :

Le registre PC est chargé avec l'adresse de la première instruction du programme.

-2ème cycle machine :

De façon simultanée :

- Le registre PC s'incrémente.
- La donnée précédemment pointée par le registre PC est exécutée.

-3ème cycle machine :

De façon simultanée :

- Le registre PC s'incrémente.
- La donnée précédemment pointée par le registre PC est exécutée.

-4ème cycle machine :

De façon simultanée :

- Le registre PC s'incrémente.
- La donnée précédemment pointée par le registre PC est exécutée.

-5ème cycle machine :

De façon simultanée :

- Le registre PC s'incrémente.
- La donnée précédemment pointée par le registre PC est exécutée.

Conclusion :

Le registre PC contient donc à l'instant t l'adresse de la prochaine instruction à exécuter. Ainsi, lorsqu'une instruction est exécutée, la suivante est déjà pointée par le registre PC.

Comme tous les circuits microprogrammés, les microcontrôleurs PIC 16Cxx fonctionnent à partir d'une base de temps (horloge) appliquée par des composants externes.

Ainsi, les PIC peuvent adopter 4 modèles d'horloge qui sont :

• **Version XT**

Version XT : oscillateur à quartz jusqu'à 4 MHz.

• **Version HS**

Version HS (High Speed) : oscillateur à quartz jusqu'à 20 MHz.

• **Version RC**

Version RC (Résistance-Condensateur) : oscillateur RC jusqu'à 4 MHz.

• **Version LP**

Version LP (Low Power) : oscillateur à quartz jusqu'à 200 kHz.

Prévu pour des applications à faible consommation.

-Le rôle de l'horloge est de cadencer les différentes opérations effectuées par le microcontrôleur et notamment l'exécution des instructions du programme.

Ainsi, le signal d'horloge possède les caractéristiques suivantes :

- Signal carré.
- De fréquence F et de période T.

-Le signal d'horloge OSC est en fait délivré par un oscillateur externe qui peut être un quartz ou une cellule RC.

Ce signal appliqué au PIC est ensuite, de façon interne, divisé par 4.

On appelle alors cycle machine la durée caractérisant 4 périodes d'horloge.

Cette base de temps permet alors de rythmer l'exécution des instructions du programme :

Ainsi, au cours de chaque cycle machine :

- Incrémentation du registre PC.
- Recherche de l'instruction dont l'adresse est contenue dans le registre PC.
- Exécution de l'instruction qui était pointée par le registre PC au cours du cycle précédent.

Conclusion :

Il faut donc un cycle machine pour exécuter une instruction, soit 4 périodes d'horloge.

Signal d'horloge OSC

Temps t

Ex : Dans le cas d'un oscillateur à quartz à 20MHz, le temps d'exécution d'une instruction est donc :

200 ns

Le jeu d'instructions et les modes d'adressage :

Outre la facilité de mise en œuvre matérielle, l'intérêt des microcontrôleurs PIC réside dans le jeu d'instruction et les modes d'adressage considérablement réduits par rapport à d'autres structures programmables.

En plus de bénéficier d'une architecture dite Harvard, les microcontrôleurs PIC sont constitués autour d'une architecture appelée RISC

Ainsi, contrairement à de nombreux circuits mettant en jeu une centaine d'instructions différentes, les PIC voient leur nombre d'instructions limités à 33 ou 35.

- Les différents mnémoniques du jeu d'instructions adoptent certaines appellations dont il est nécessaire d'être informé :
- k est un littéral, c'est-à-dire une valeur codée sur un octet (8 bits).

Ex :

Le littéral k (1 octet) est placé dans le registre de travail W.

-k → W

- Les différents mnémoniques du jeu d'instructions adoptent certaines appellations dont il est nécessaire d'être informé :
- k est un littéral, c'est-à-dire une valeur codée sur un octet (8 bits). • f est le symbole correspondant à un registre.

Ex :

Le contenu du registre de travail W est transféré dans le registre représenté par f.

W → f

- Les différents mnémoniques du jeu d'instructions adoptent certaines appellations dont il est nécessaire d'être informé :

•k est un littéral, c'est-à-dire une valeur codée sur un octet (8 bits). •f est le symbole correspondant à un registre.

•b est le numéro du bit concerné par l'instruction.

Ex :

Le bit b du registre f est mis à zéro (Bit Clear).

0 → bit b de f

- Les différents mnémoniques du jeu d'instructions adoptent certaines appellations dont il est nécessaire d'être informé :

•k est un littéral, c'est-à-dire une valeur codée sur un octet (8 bits).

•f est le symbole correspondant à un registre.

•b est le numéro du bit concerné par l'instruction.

•d caractérise le registre où doit être placé le résultat de l'opération.

Ex :

Le contenu du registre W est ajouté au contenu du registre f. Si d=0 le résultat est placé dans W. Si d=1 le résultat est placé dans f.

Si d=0 $W+f \rightarrow W$ Si d=1 $W+f \rightarrow f$

Là encore, les modes d'adressage sont réduits puisqu'on en compte que 4 :

•Adressage immédiat.

Ex :

La donnée manipulée (k) est codée immédiatement avec l'instruction.

La encore, les modes d'adressage sont réduits puisqu'on en compte que 4 :

•Adressage immédiat.

•Adressage direct.

Ex :

Le registre concerné (f) est codé directement dans l'instruction.

La encore, les modes d'adressage sont réduits puisqu'on en compte que 4:

•Adressage immédiat.

•Adressage direct.

•Adressage bit à bit.

Ex :

Il permet de manipuler n'importe quel bit individuel de n'importe quel registre.

CHAPITRE 4 : Les automates programmables industriels

Introduction :

L'automate programmable est un appareil qui commande un processus (par exemple une machine à imprimer pour l'impression de journaux, une installation de remplissage de ciment, une presse pour le moulage de formes plastiques sous pression, etc.). Ceci est possible grâce aux instructions d'un programme stocké dans la mémoire de l'appareil.

L'automate programmable industriel (A.P.I.) est aujourd'hui la principale partie commande que l'on rencontrera dans les systèmes automatisés de processus industriels.

Il en existe un très grand nombre de modèles avec des caractéristiques variées, capables de communiquer avec d'autres parties commandes ou de gérer un très grand nombre de données de toutes natures.

Historique :

À la fin des années 60, les industriels, en particulier les fabricants de voitures décident de remplacer les systèmes de commande à base de logique câblée (relais électrique) par une logique programmée.

Les nouveaux systèmes programmés devaient supportés l'ambiance industrielle :

- bruit électrique
- poussière
- température
- humidité

Le premier API :

Le model 084, a été inventé par Dick Morley en 1969

The "084" - Le "084" est constitué de trois composantes montées sur des rails verticaux permettant l'accès à l'avant et à l'arrière de l'automate.

Ladder Logic :

Logique de programmation utilisé avec l'API "084"

Entrées/Sorties Rack (en haut) :

Capacité de 256 E/S Points

CPU (au milieu) :

CPU : 1K x 16

Bit Core Memory, contient le system d'exploitation et le programme utilisateur.

Alimentation (en bas) :

Source monophasée de 115V.

Alimente la CPU et les E/S avec une tension continue.

Caractéristiques :

- Temporisateur
- Compteur
- Console de programmation
- Cassette magnétique

→ Voir architecture interne d'un API et fonctionnement

RAM: Random Access Memory

ROM: Read Only Memory

E2PROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory

Fonctionnement :

-Acquisition des données E :

Écriture en mémoire de l'état des informations présentes sur les entrées (réalise une image du monde extérieur).

-Traitement du programme T :

Exécution du programme application, écrit par l'utilisateur.

-Mise à jour des sorties S :

Écriture des bits ou des mots de sorties associés aux modules TOR et métier selon l'état défini par le programme application.

Temps de cycle $TC = TE + TT + TS$

→ L'ensemble constitue une tâche

→ Voir exemple sur slides

Avantages des APIs :

-**Évolutivité** : très favorable à l'évolution et très utilisé en reconstruction d'armoire.

-**Fonctions** : assure les fonctions Conduites, Dialogue, Communication et Sûreté.

-**Taille des applications** : gamme importante d'automate

-**Vitesse** : temps de cycle de quelque ms

-**Modularité** : haute modularité (présentation en rack)

-**Développement d'une application et documentation** : très facile avec des outils de programmation de plus en plus puissant

-**Architecture de commande** : centralisée ou décentralisée avec l'apparition d'une offre importante en choix de réseaux, bus de terrain, blocs E/S déportées.

-**Mise en œuvre** : mise au point rendu plus facile avec l'apparition des outils de simulation de PO

-**Maintenance** : échanges standards et aide au diagnostic intégré

-**Portabilité d'une application** : norme IEC 1131

→ Voir Fabricants et exemples

→ Voir opération ET et OU