



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie électrique

RAPPORT DE FIN D'ÉTUDES

Intitulé :

Commande d'un moteur pas-à-pas par un
microcontrôleur

Réalisé Par :

Kharchoufa Youness

Encadré par :

P^r EL MOUSSAOUI Hassan (FST FES)

Soutenu le 08 Juin 2017 devant le jury

Pr EL MOUSSAOUI Hassan (FST FES)

Pr AHAITOUF ALI (FST FES)

Pr LAMHAMDI Tijani (FST FES)

Avant-propos

La Faculté des Sciences et Techniques offre une formation en plusieurs disciplines (Génie électrique, Génie mécanique et Génie informatique et autre.) délivrant des diplômes LST.

La dernière année de la formation licence se termine par un projet effectué dans le domaine industriel, la vocation de ce dernier est de clore la formation des lauréats par une confrontation avec le monde du travail où l'étudiant est amené à appliquer toutes ses connaissances théoriques sur le terrain, à compléter la formation et à relever tous les défis concernant sa vie professionnelle.

Le stage de fin d'études demeure donc une expérience primordiale dans la vie de tout lauréat, en fait, c'est une porte qui sépare d'un pas, une vie estudiantine prochainement quittée et une vie professionnelle qui réalisera ses rêves et assurera son avenir.

Remerciements

Je tiens à remercier tout premièrement Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il m'a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à mon encadreur Mr. EL MOUSSAOUI Hassan pour avoir d'abord proposée ce sujet, pour le suivi continu tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessée de me donner ses conseils.

Je tiens à remercier les membres du jury pour leur présence et patience pendant la présentation de ce travail et leur critique constructive.

Je tiens à remercier vivement tous les enseignants et employés du département de génie électrique à Facultés des Sciences et Techniques de Fès de pour tous leurs aides et services qu'ils m'ont octroyé tout le long de mon parcours universitaire.

Dédicace

A tout la famille

Pour tout le confort et le bonheur qu'elle m'a procuré, pour le respect et l'encouragement qu'elle m'a fait sentir, et pour avoir fait de moi ce que je suis.

A mes adorables frères et sœurs,

Dont je suis fière pour leur soutien morale et leur amour.

A tous mes chers amis et ceux qui m'aiment,

Pour leurs encouragements et leurs soutiens morales.

A mon encadreur Monsieur EL MOUSSAOUI Hassan

Qui m'ont soutenu à réaliser ce travail, dans lequel je souhaite qu'il trouvent le résultat de leurs encouragement.

A tous les techniciens et les doctorants du département électrique qui m'ont bien aidé pour effectuer mes tâches pratiques.

Contenu

Liste des figures.....	6
Liste des Tableaux.....	6
Chapitre I :étude théorique d'un moteur pas-à-pas	8
Introduction :	9
I - Le moteur pas à pas :	9
1— Introduction.....	9
1-1 Présentation :	10
1-2 Généralités :	10
2 – Les différents types des moteurs pas à pas,.....	11
2-1 Moteur à aimants permanents :	11
2-2 Moteurs à réluctance variable :	11
2-3 Moteur hybride :	12
Unipolaire, Bipolaire.....	13
3— Etude comparative et caractéristique :	15
Etude comparative :	15
4— Etude du courant dans un enroulement (phase) du moteur :	16
5— Les avantages et les inconvénients des moteurs pas à pas :	17
6— Commande d'un moteur pas-à-pas :	17
7— Fonctionnement d'un moteur pas-à-pas 4 phases :	18
Principe de fonctionnement des moteurs pas-à-pas :	20
Conclusion :	22
Chapitre II :Généralités sur microcontrôleur	23
Introduction :	24
Schéma synoptique :	24
II - Le microcontrôleur PIC :	25
II-1 : Généralités sur les microcontrôleurs PIC :	25
II-1-1 : Caractéristiques générales des microcontrôleurs PIC :	25
II-I-2 : Le microcontrôleur.....	26
Organisation d'un PIC :	27
II-2 : Généralités sur les afficheurs à cristaux liquides LCD :	30
Conclusion :	30
Chapitre III :simulation d'un moteur pas-à-pas	31
Introduction :	32
III- Système de commande :	32
1- commande d'un moteur pas à pas unipolaire :	32
➤ Schéma du montage 1 :	32
➤ Programme de simulation 1 :	33
➤ Schéma du montage 2 :	34
2— Commande d'un moteur pas à pas bipolaire :	37
➤ Schéma du montage :	37
➤ Programme de simulation :	37
Conclusion :	38
Conclusion générale :	39
Bibliographie :	40
Annexe :	41

Liste des figures

Figure 1:Moteur pas à pas à aimant permanentant	11
Figure 2:Motaur pas a pas a reluctance variable.....	12
Figure 3 :Schema de principe de fonctionnement du moteur pas à pas à reluctance variable.....	12
Figure 4:Moteur pas a pas hybride.....	13
Figure 5:Moteur à aiment permanent bipolaire.....	14
Figure 6:Moteur à aiment permanent unipolaire.....	14
Figure 7:Principe d'un moteur pas à pas.....	17
Figure 8:Flux induit de moteur pas a pas	18
Figure 9:Position de moteur pas à pas	19
Figure 10:Chronogramme des étapes de moteur pas à pas	20
Figure 11:Moteur pas à pas.....	20
Figure 12:Principe de fonctionnement du moteur pas à pas	21
Figure 13: Schema synoptique.....	24
Figure 14: Architecture simplifiée d'un microcontrôleur.....	25
Figure 15:Architecture d'un microcontrôleur.....	27
Figure 16:Schéma bloc d'un pic.....	28
Figure 17:Brochage du PIC.....	29
Figure 18:Afficheur LCD.....	30
Figure 19:Commande des moteurs pas a pas avec un microcontrolleur, un amplificateur uln et les boutons.....	32
Figure 20:Commande des moteurs pas a pas avec un microcontrolleur, un amplificateur uln et potentiometre	34
Figure 21:Montage de la carte de moteur pas a pas avec pic.....	37

Liste des Tableaux

Tableau 1:Caracteristique type de moteur pas à pas :	15
Tableau 2:Table de vérité des étapes de moteur pas à pas.....	19
Tableau 3:Classification des moteur pas à pas en fonction du nombre de pas	21

Introduction générale :

Le principe du moteur pas à pas est connu de longue date, mais son développement a commencé dans les années 1960 grâce au développement de l'électronique numérique.

Tout en variant la vitesse de déplacement et le sens de rotation, l'utilisation d'un moteur pas à pas devient un choix impératif. Il est utilisé dans tout ce qui demande une précision de positionnement tels que : la robotique, l'astronomie et dans un nombre de périphériques informatiques : imprimante, disque dur, lecteur de disquette, scanner, etc.

Il existe de nombreux systèmes de commande dédiés au moteur pas à pas. De nos jours, la commande la plus utilisée est celle par le micro-ordinateur grâce aux interfaces qui permettent d'établir la communication entre l'unité centrale et les périphériques. Les chapitres un et deux traitent les moteurs pas-à-pas et microprocesseur d'un point de vue théorique, tandis que le chapitre trois est consacré à l'étude pratique de moteur pas à pas.

Chapitre I

**Etude théorique
d'un moteur pas-
à-pas**

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique qui assure la transformation d'un signal électrique impulsionnel en un déplacement mécanique (angulaire ou linéaire). Sa structure de base se présente sous la forme de deux pièces séparées mécaniquement, le Stator et le Rotor. L'interaction électromagnétique entre ces deux parties assure la rotation.

I - Le moteur pas à pas :

1— Introduction :

Le moteur pas-à-pas constitue un convertisseur électromécanique destiné à transformer le signal électrique (impulsion ou) en déplacement (angulaire ou linéaire) mécanique.

Au point de vue électrotechnique, le moteur classique ressemble à la machine synchrone, dont le stator (le plus souvent à pôles saillants) porte les enroulements de pilotage et le rotor (presque toujours à pôles saillants) est soit muni d'aimants permanents (structure dite polarisée ou active), soit constitué par une pièce ferromagnétique dentée (structure dite réluctante ou passive).

Entre le moteur et son alimentation, sont intercalés trois éléments essentiels :

- une unité de calcul, qui élabore les impulsions de commande.
- un modulateur PWM, qui génère les commandes des contacteurs électroniques de commutation.
- une électronique de commutation (puissance), qui, à partir d'une alimentation, fournit l'énergie vers les enroulements appropriés du moteur.[1]

1-1 Présentation :

Les premiers moteurs pas à pas datent de 1930, leur véritable développement est lié à l'événement de la micro-informatique (microprocesseur).

Les moteurs pas à pas permettent de convertir directement un signal électrique numérique en un positionnement angulaire de caractère incrémental. Chaque impulsion envoyée par le système de commande au module de puissance se traduit par la rotation d'un pas du moteur. La résolution angulaire d'un moteur pas à pas va de 4 à 400 pas.

Le moteur pas à pas peut remplir deux fonctions :

- Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique (c'est le moteur classique).
- Conversion de l'information numérique en un positionnement angulaire ou linéaire.

Le caractère synchrone du moteur pas à pas permet de faire fonctionner sans boucle de retour.

1-2 Généralités :

Les moteurs pas à pas sont des moteurs spéciaux, composés simplement d'un stator réunissent des pièces polaires et des bobinages, et utilisés pour commander avec grande précision le déplacement et la position d'un objet.

Comme leur nom l'indique, ces moteurs tournent par incrément discret. Chaque incrément de rotation est provoqué par une impulsion de courant fournie à l'un des enroulements du stator.

Le moteur pas à pas est l'organe de positionnement et de vitesse travaillant généralement en boucle ouverte.

Le principe de base est donc toujours la création d'un champ tournant comme dans les moteurs triphasés industriels ou dans les petits moteurs équipant les programmeurs mécaniques.

Les pôles magnétiques de rotation de même nom se repoussent et les pôles des noms contraires s'attirent, le champ magnétique entraînera le rotor alimenté dans le même sens.

Ceci traduit le fait qu'on transforme une grandeur numérique en une grandeur analogique. La fréquence de rotation, ou vitesse est donc commandée par des impulsions (consigne de rotation) contrôlées elle-même par un dispositif électronique en technologie câblée programmée.

2 – Les différents types des moteurs pas à pas :

Il y a trois principaux types de moteurs pas à pas :

- Les moteurs à aimant permanent
- Les moteurs à réluctance variable
- Les moteurs hybrides

2-1 Moteur à aimants permanents :

Les moteurs à aimants permanents sont constitués par le rotor qui possède des pôles NORD et SUD. À cause des aimants permanents, le rotor reste freiné à sa dernière position lorsque le bloc d'alimentation cesse de fournir des impulsions. Une façon simple de voir le système, est de placer une boussole entre deux aimants. Suivant la bobine qui est alimentée et le sens du courant, l'aimant va s'aligner avec le champ.

Figure 1

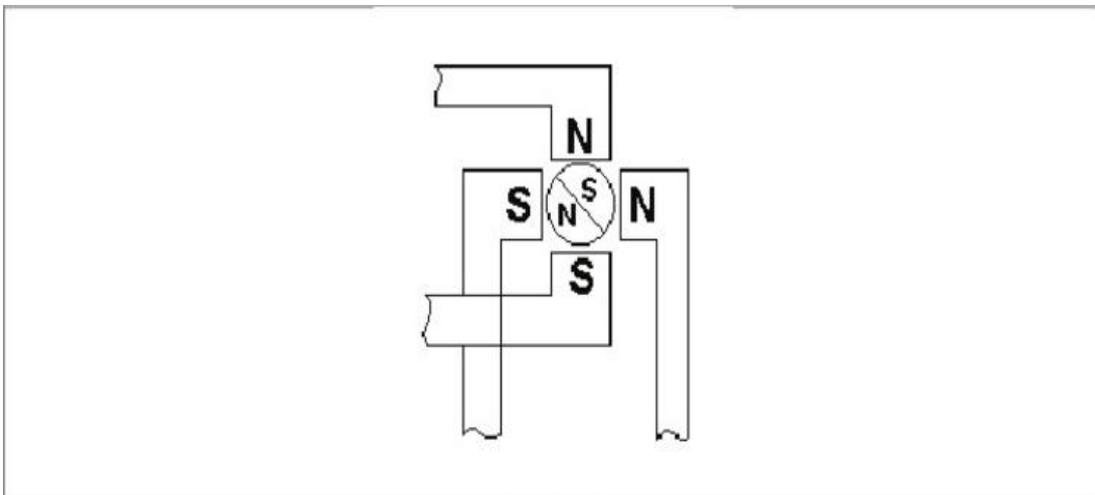


FIGURE 1: Moteur pas-à-pas à aimant permanent

2-2 Moteurs à réluctance variable :

Le moteur à réluctance variable possède un rotor en acier doux non magnétique. Ce rotor est constitué d'un nombre de pôles supérieurs à celui du stator. Figure 2

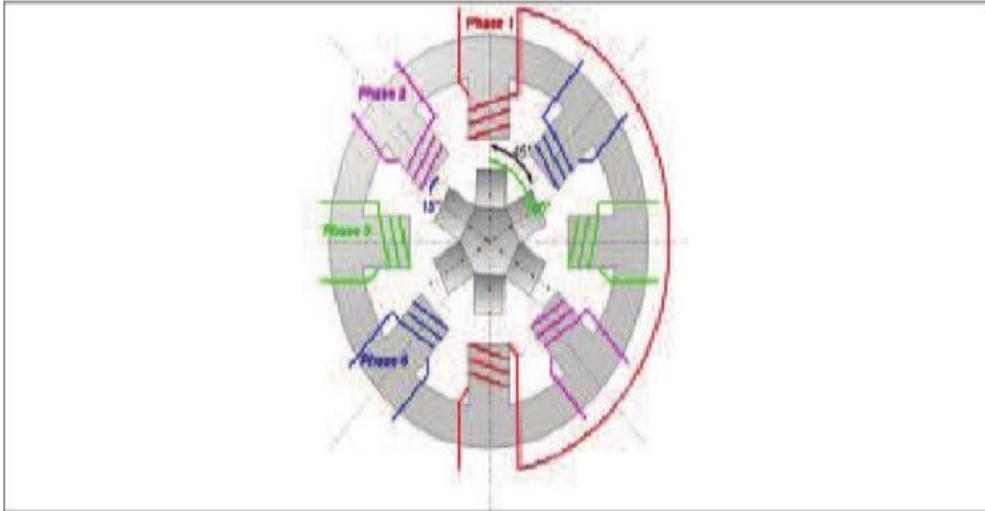


FIGURE 2: Moteur pas-à-pas à reluctance variable

A chaque impulsion de la commande, la phase suivante du stator est alimentée. On constate que les pôles du rotor les plus proches des bobines alimentées se positionnent en face de ces dernières. Suivant l'ordre d'alimentation des phases du stator, on peut choisir le sens de rotation. Figure 3

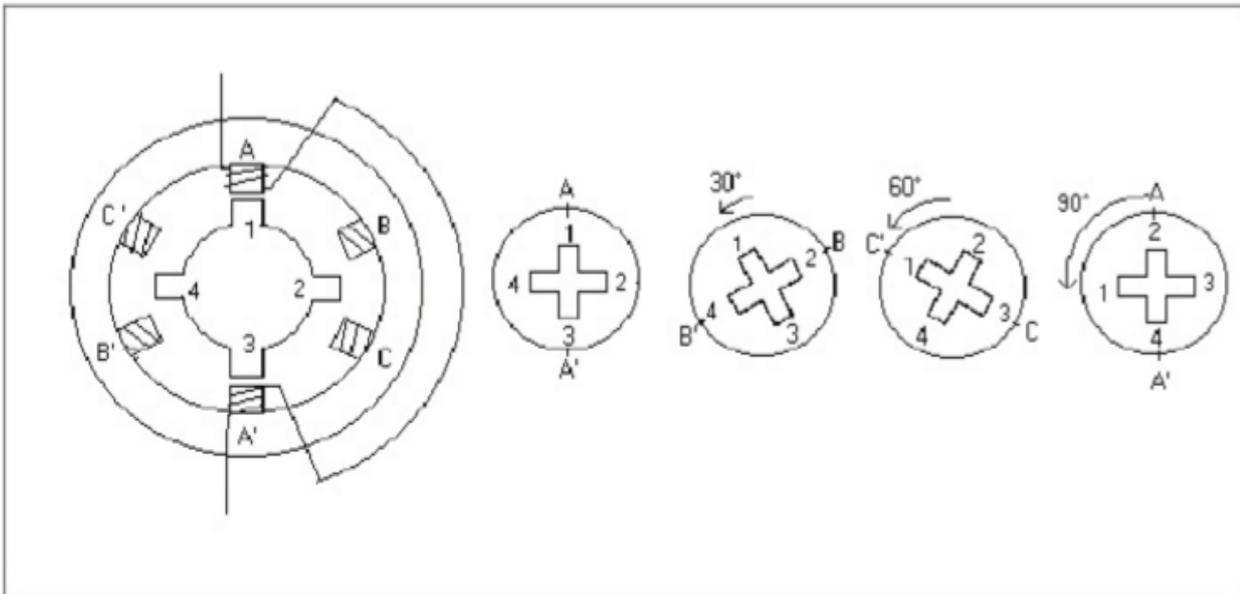


FIGURE 3 : Schéma de principe de fonctionnement du moteur pas-à-pas à reluctance variable

2-3 Moteur hybride :

Les moteurs hybrides sont à haute résolution. Le nombre de pas par tour est très important. Ce Moteur utilise les deux principes précédents, ce qui permet d'exploiter les caractéristiques

Intéressantes de chacun des deux. Le rotor comporte en périphérie des dents en matériau perméable, polarisées par aimant .Figure 4 [6]

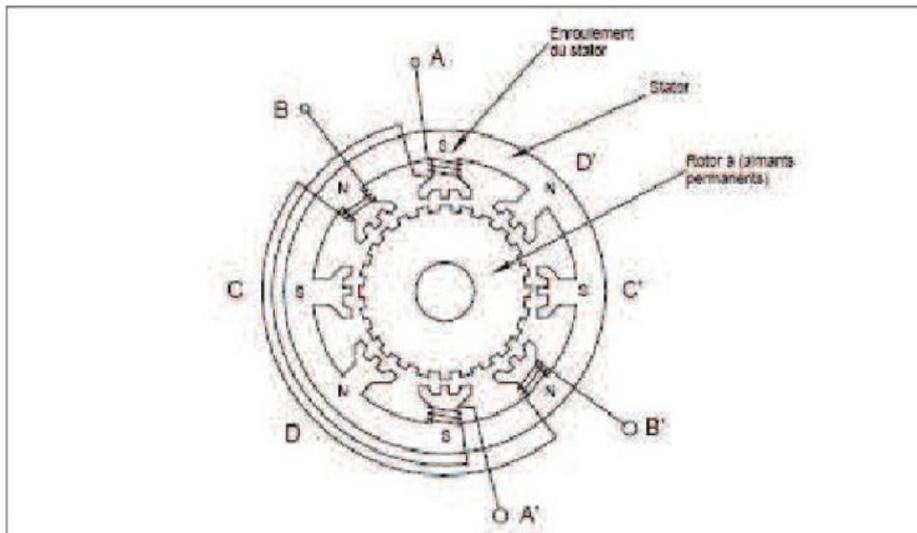


FIGURE 4: Moteur pas à pas hybride

Unipolaire, Bipolaire...

Un moteur est dit unipolaire lorsqu'un enroulement crée toujours un pôle de même nom, Il est dit bipolaire lorsqu'un enroulement crée soit un pôle nord soit un pôle sud selon le sens du courant.

Les moteurs à aimants permanents se subdivisent en deux types principaux :

- Le moteur bipolaire :

Les bobines d'un moteur bipolaire sont alimentées une fois dans un sens, une fois dans l'autre sens. Ils créent une fois un pôle nord, une fois un pôle sud d'où le nom de bipolaire . Figure 5

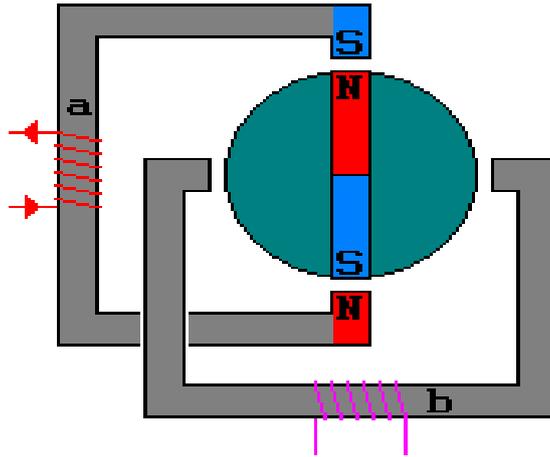


FIGURE 5: Moteur à aimant permanent bipolaire

- Le moteur unipolaire :

Les bobinages d'un moteur unipolaire sont alimentés toujours dans le même sens par une tension unique d'où le nom d'unipolaire. **Figure 6**

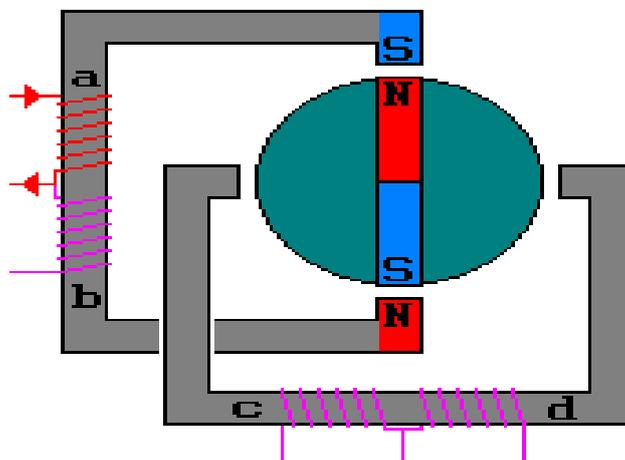


FIGURE 6: Moteur à aimant permanent unipolaire

3— Etude comparative et caractéristique :

Etude comparative :

Nous effectuons une étude comparative entre les moteurs à aimant et le moteur à réluctance variable (les moteurs les plus utilisés).

Le tableau ci-dessous présente les avantages de l'un par rapport à l'autre : **Tableau 1**

TABLEAU 1: Caractéristique type de moteur pas à pas

Type de moteur	Moteur a aimant permanent	Moteur a réluctance variable	Moteur hybride
Résolution (nb de pas/tour)	Moyenne	Bonne	Elevée
Couple moteur	Elevé	Faible	Elevé
Sens de rotation	Il dépend : — du sens du courant pour les moteurs bipolaires — L'ordre d'alimentation des bobines	Il dépend uniquement de l'ordre d'alimentation des bobines	Il dépend : — du sens du courant pour les moteurs bipolaires — L'ordre d'alimentation des bobines
Fréquence de travail	Faible	Grande	Grande

4— Etude du courant dans un enroulement (phase) du moteur :

$$E = L * \frac{di}{dt} + r * i$$

L : L'inductance d'un enroulement du moteur

r : Résistance du moteur

Solution générale de l'équation sans second membre :

$$L * \frac{di}{dt} + r * i = 0 \quad \frac{di}{i} = -\frac{r}{L} dt \quad \text{Log } i = -\frac{r}{L} * t + K1 \quad i = K2 * e^{-\frac{r}{L} * t}$$

Solution particulière de l'équation avec second membre :

$$i = \frac{E}{r}$$

Solution générale de l'équation avec second membre :

$$i = K2 * e^{-\frac{r}{L} * t} + \frac{E}{r}$$

Détermination de la constante K2 :

$$\text{A } t = 0, i = 0 \quad K2 = \frac{E}{r}$$

Equation finale :

$$i = \frac{E}{r} - \frac{E}{r} * e^{-\frac{r}{L} * t} = \frac{E}{r} (1 - e^{-\frac{r}{L} * t})$$

5— Les avantages et les inconvénients des moteurs pas à pas :

L'avantage le plus important du moteur pas à pas est très simplifié puisqu'il existe des intégrés qui transforment directement un train d'impulsion en commande des phases, en tenant compte du sens désiré.

Un autre avantage réside dans le fait que le moteur pas à pas ne nécessite trop d'entretien, et que son usure est faible. De plus, il est possible de bloquer l'arbre sous tension sans que ceci ne nuise au moteur.

Comme inconvénients, il faut noter que la rotation se fait par coups et à une base vitesse, qu'il oscille lorsqu'il passe d'un pas à l'autre et que si le couple de charge est supérieur au couple moteur.[5]

6— Commande d'un moteur pas-à-pas :

On constate que le système est beaucoup plus simple Figure 7.

A chaque impulsion du signal de commande correspond au niveau du rotor un déplacement angulaire défini appelé « pas » ou « incrément mécanique ».

La vitesse de rotation est fonction de la fréquence des impulsions. [4]

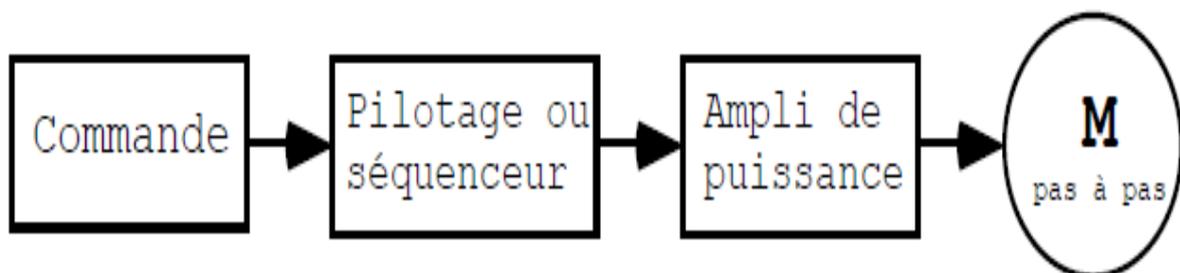


FIGURE 7:Principe d'un moteur pas-à-pas

7— Fonctionnement d'un moteur pas-à-pas 4 phases :

La circulation d'un courant électrique dans un bobinage entraîne l'apparition d'un champ magnétique, comme le détaille la figure de gauche dans le cas du solénoïde, et donc la présence de pôles Nord et Sud (deux pôles de même nature se repoussent, deux pôles Nord et Sud s'attirent) ; c'est sur ce principe de base que repose le fonctionnement de tout moteur électrique, et, de manière plus générale, de bon nombre de dispositifs électromécaniques : relais, compteurs, galvanomètres, certains hautparleurs ou microphones . Figure 8

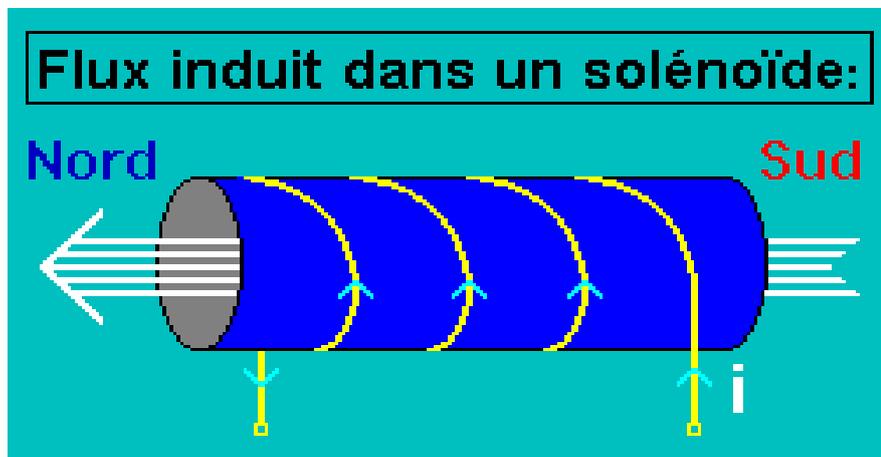


FIGURE 8: Flux induit de moteur pas à pas

Le moteur pas à pas, représenté à droite, est constitué d'un rotor aimanté (en gris) avec deux pôles, Nord et Sud, ainsi que d'un double-stator (une partie en bleu, l'autre en vert) : à chacune de ces deux parties, est associé un bobinage avec un point milieu et deux phases ; en alimentant l'une ou l'autre des phases, on peut ainsi inverser l'aimantation au niveau du stator correspondant. La flèche noire représente l'aiguille d'une boussole qui serait disposée en place et lieu du rotor ; elle indique l'orientation du champ magnétique (elle pointe vers le nord, qui attire donc le pôle Sud du rotor) et se décale alors d'un quart de tour à chaque étape : Figure 9

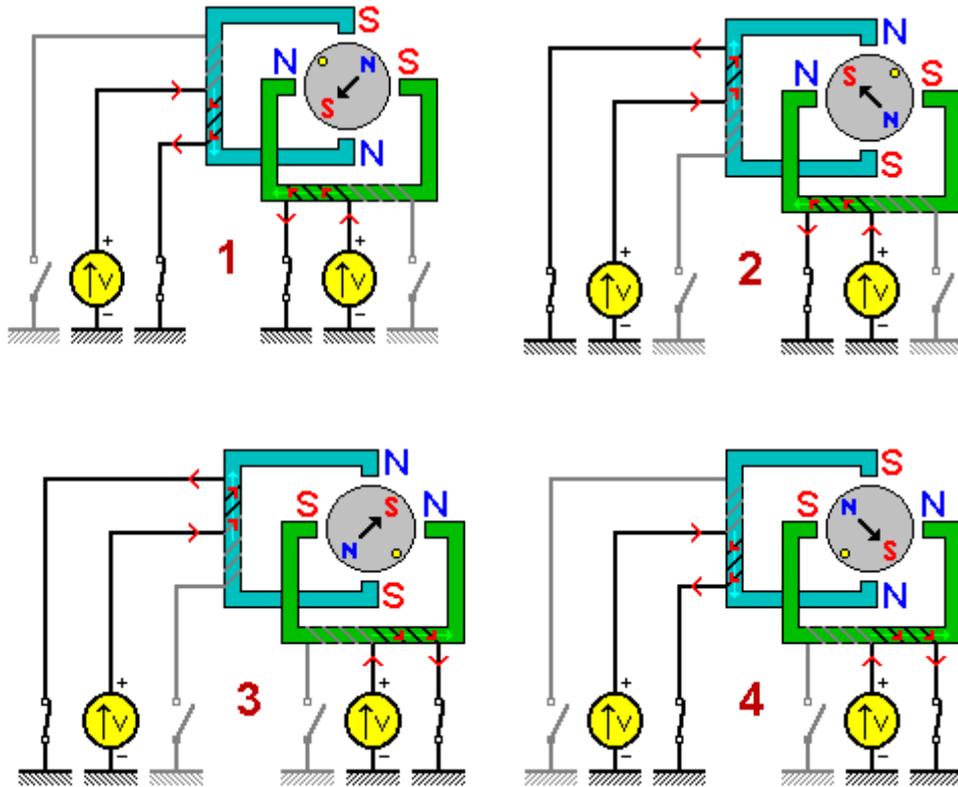


FIGURE 9: Position de moteur pas-à-pas

La table de vérité ci-dessous résume les états successifs des différentes phases ; l'état logique indique si la phase est alimentée (« 1 ») ou non (« 0 »). **Tableau 2**

TABLEAU 2: Table de vérité des étapes de moteur pas à pas

	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 1...
Bobinage 1, Phase 1	0	1	1	0	0
Bobinage 1, Phase 2	1	0	0	1	1
Bobinage 2, Phase 1	1	1	0	0	1
Bobinage 2, Phase 2	0	0	1	1	0

Et le chronogramme correspondant :



FIGURE 10: Chronogramme des étapes de moteur pas-à-pas

— Le chronogramme laisse apparaître que pour le bobinage 1, les signaux de contrôle de la phase 1 (B1,P1) et de la phase 2 (B1,P2) sont complémentaires ; il en va de même pour le bobinage 2, concernant (B2,P1) et (B2,P2) ; comme nous le verrons dans l'étude du schéma électrique, la génération des signaux de commande est une opération assez simple... **Figure 10**

Principe de fonctionnement des moteurs pas-à-pas :

Ces moteurs comme tous les autres moteurs comportent un rotor et un stator. Le schéma de la **Figure 11** ci-dessous est une représentation simple d'un moteur pas à pas. Plus le nombre d'aimants et de bobines augmente, plus le nombre de pas sera plus grand, et plus la précision augmente . [2]

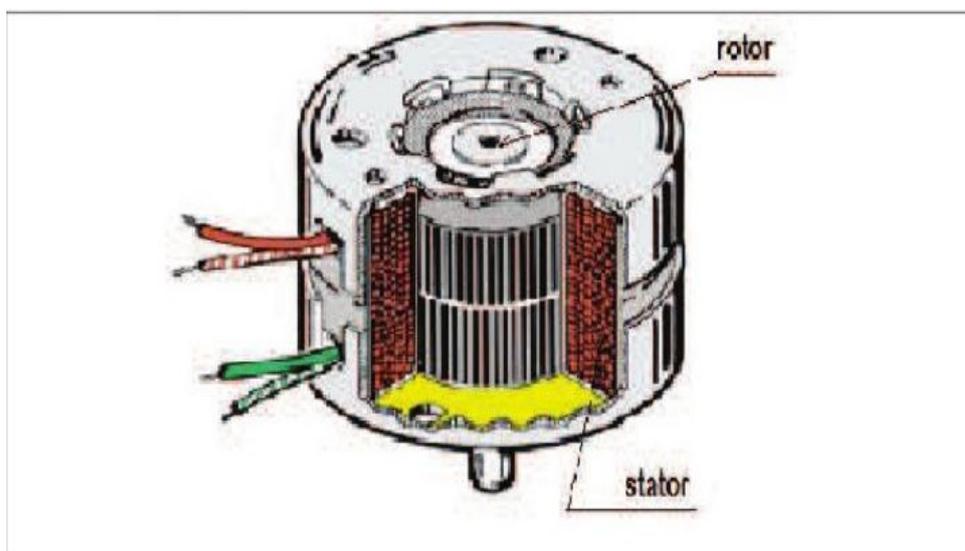


FIGURE 11: Moteur pas-à-pas

Un moteur pas à pas transforme une impulsion électrique en une énergie mécanique permettant le déplacement angulaire du rotor, appelé « pas ». Figure 12 présente le principe de fonctionnement du moteur pas à pas [3].

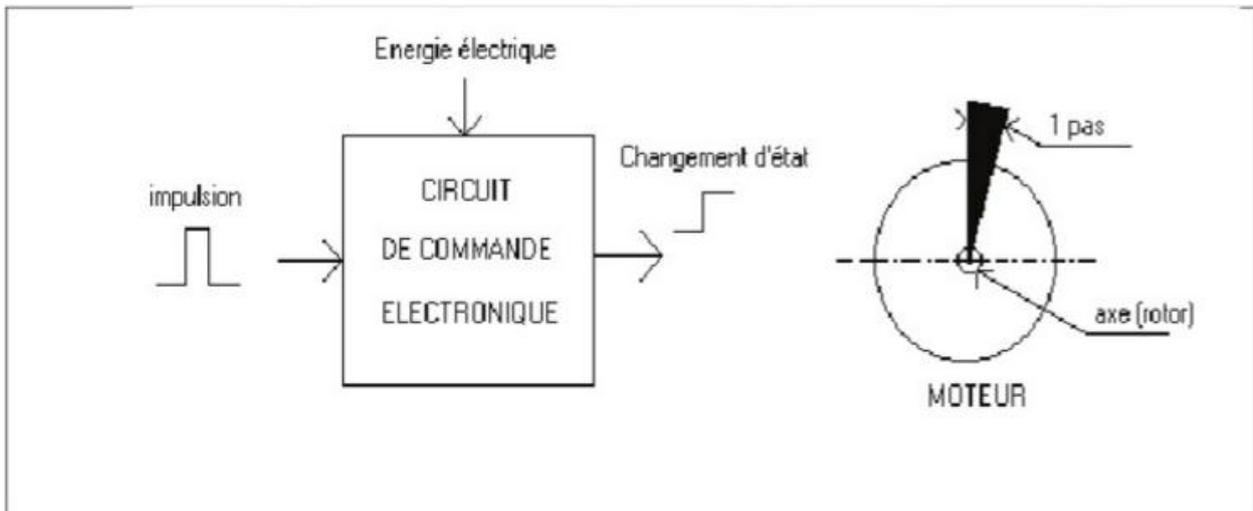


FIGURE 12: Principe de fonctionnement du moteur pas-à-pas

Nous trouvons sur le marché, des moteurs possédant un nombre de pas différents les uns des autres qui assure la précision désirée dans le positionnement. Ce nombre de pas est standardisé et il est le critère le plus important pour le choix d'un moteur. **Tableau 3** résume les valeurs les plus utilisées.

TABLEAU 3: Classification des moteur pas à pas en fonction du nombre de pas

Nombre de pas par tour	20	24	48	100	200	400
Rotation de l'axe	18 degrés	15 degrés	7.5 degrés	3.6 degrés	1.8 degrés	0.9 Degrés

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les moteurs pas-à-pas, leurs électroniques de puissance et leurs électroniques de commandes.

Durant cette étude nous avons travaillé sur les différents types de moteurs, les différentes technologies de ces derniers, les signaux électriques qu'ils acceptent pour fonctionner, les générations de ces signaux en fonction, de la puissance, de la précision et de la vitesse voulue.

Chapitre II



Généralités sur microcontrôleur

Introduction :

Les microcontrôleurs intègrent en un seul circuit toutes les ressources propres à un système minimum contrairement à un microprocesseur qui lui nécessite des fonctionnalités extérieures.

Donc un PIC n'est rien d'autre qu'un microprocesseur, c'est à dire une unité de traitement de l'information à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. A savoir, une RAM, une ROM, une EPROM, des ports d'entrée/sortie et pour quelque PIC il y a un convertisseur analogique-numérique...

Schéma synoptique :

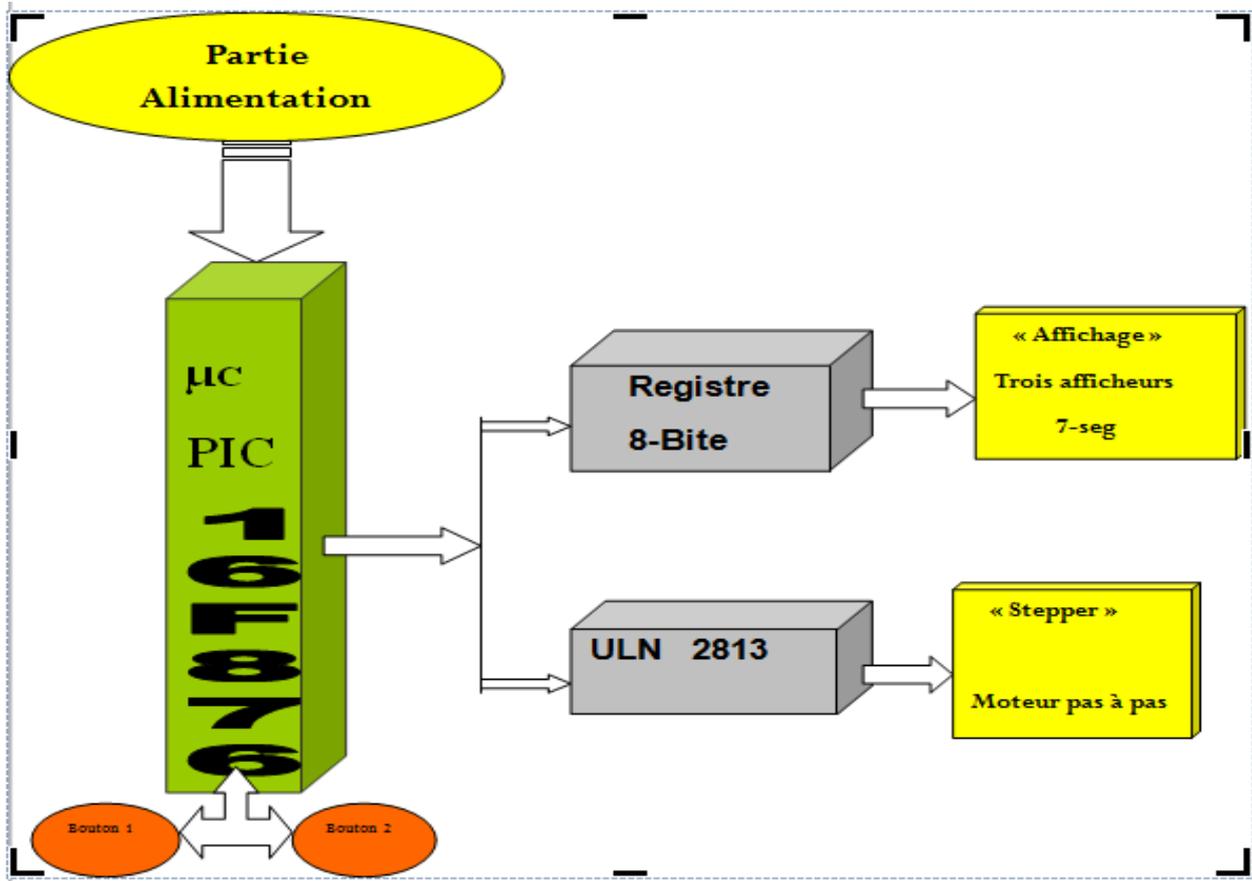


FIGURE 13: Schéma synoptique

Sur ce schéma, on peut observer les différents blocs de la maquette et les liaisons entre le PIC et moteur pas à pas et aussi système d'affichage sur LCD .Figure 13

II - Le microcontrôleur PIC :

II-1 : Généralités sur les microcontrôleurs PIC :

Réservés il y a encore quelques années aux seuls industriels, les microcontrôleurs sont aujourd'hui à la portée des amateurs et permettent des réalisations aux possibilités étonnantes.

Leur utilisation peut se concevoir de deux façons différentes :

- On peut considérer que ce sont des circuits « comme les autres », intégrés à certaines réalisations, et tout ignorer de leur fonctionnement Interne.
- Mais on peut aussi profiter de leurs possibilités de programmation pour concevoir ses réalisations ou bien encore pour modifier le comportement d'appareils existants.

Pour ce faire, il faut évidemment savoir les programmer.

II-1-1 : Caractéristiques générales des microcontrôleurs PIC :

Un microcontrôleur est donc un circuit intégré qui contient en interne, c'est-à-dire dans un seul et même boîtier, l'équivalent de la structure complète d'un micro-ordinateur, tel que le montre la Figure 14.

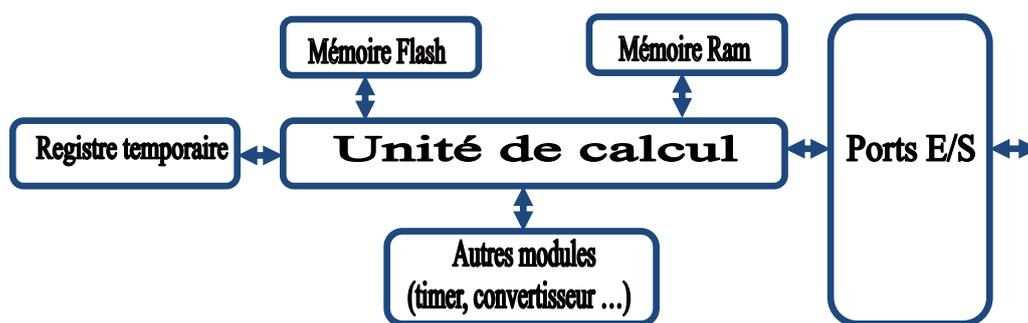


FIGURE 14: Architecture simplifiée d'un microcontrôleur

Les microcontrôleurs les plus utilisés actuellement sont ceux du constructeur MICROCHIP, connus sous l'appellation PIC (Programmable Integrated Circuit).

Les PICs sont des composants dits RISC (Reduced Instruction Construction Set), ou encore composants à jeu d'instruction réduit, car plus on réduit le nombre d'instructions, plus facile et plus rapide en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne.

La famille des PIC est subdivisée à l'heure actuelle en 3 grandes catégories :

- **Base-Line** : ils utilisent des mots d'instruction de 12 bits.
- **Mid-Range** : ils utilisent des mots d'instruction de 14 bits.
- **High-End** : ils utilisent des mots d'instruction de 16 bits.

Les PICs intègrent une mémoire de programme, une mémoire de données, des ports d'entrée-sortie (numériques, analogiques, MLI, UART, bus I²C, etc.), et même une horloge, bien que des bases de temps externes puissent être employées. Certains modèles disposent de port et unités de traitement de l'USB.

Pour identifier un PIC, on utilise simplement son appellation du type :



- WW : Représente la catégorie du composant (12, 14, 16, 17, 18),
- L : Tolérance plus importante de la plage de tension.
- XX : Type de mémoire de programme :
 - ❖ C : EPROM ou EEPROM.
 - ❖ CR : PROM.
 - ❖ F : FLASH.
- YYY : Identification.
- ZZ : Vitesse maximum tolérable.

II-I-2 : Le microcontrôleur :

Le choix d'un PIC est lié directement à l'application envisagée, et aux différents avantages qu'il procure :

- Peu coûteux, il permet de réaliser des applications avec très peu de composants.
- Disponibilité des différents outils de développement.

Organisation d'un PIC :

Nous avons indiqué précédemment qu'un microcontrôleur intègre toutes les ressources propres à un système minimum, en effet, la structure d'un PIC est résumée en général au schéma suivant. **Figure 15**
Figure 16.

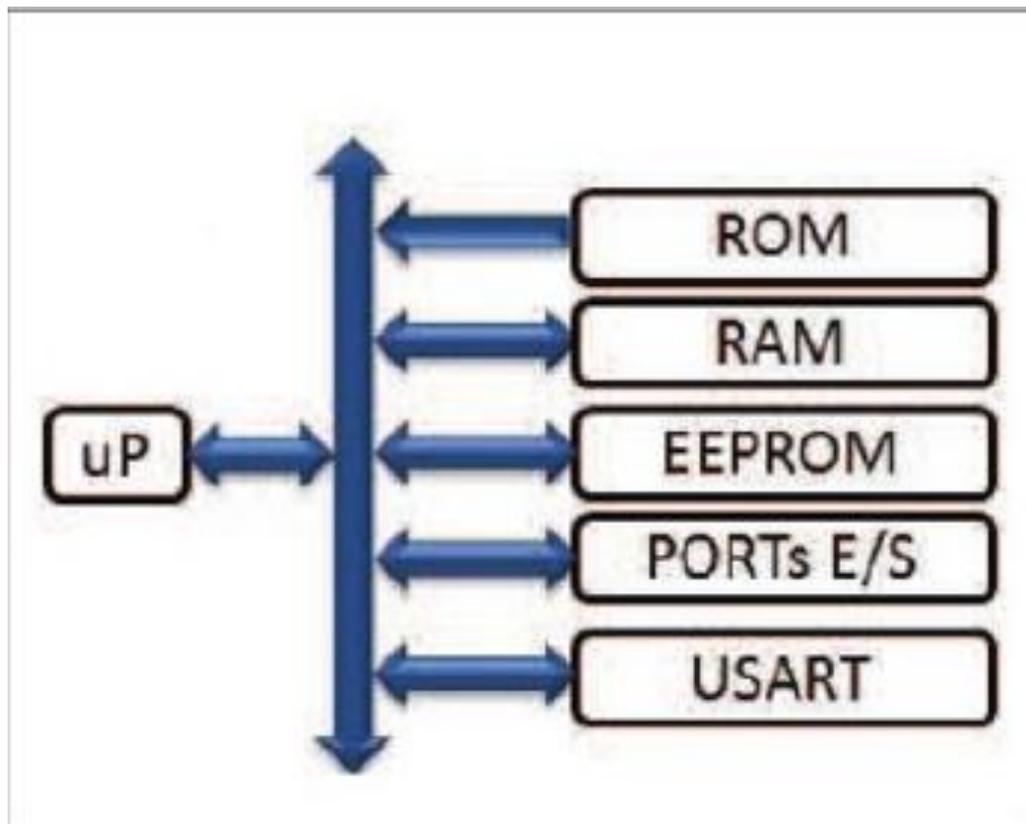


FIGURE 15: ARCHITECTURE D'UN MICROCONTROLEUR

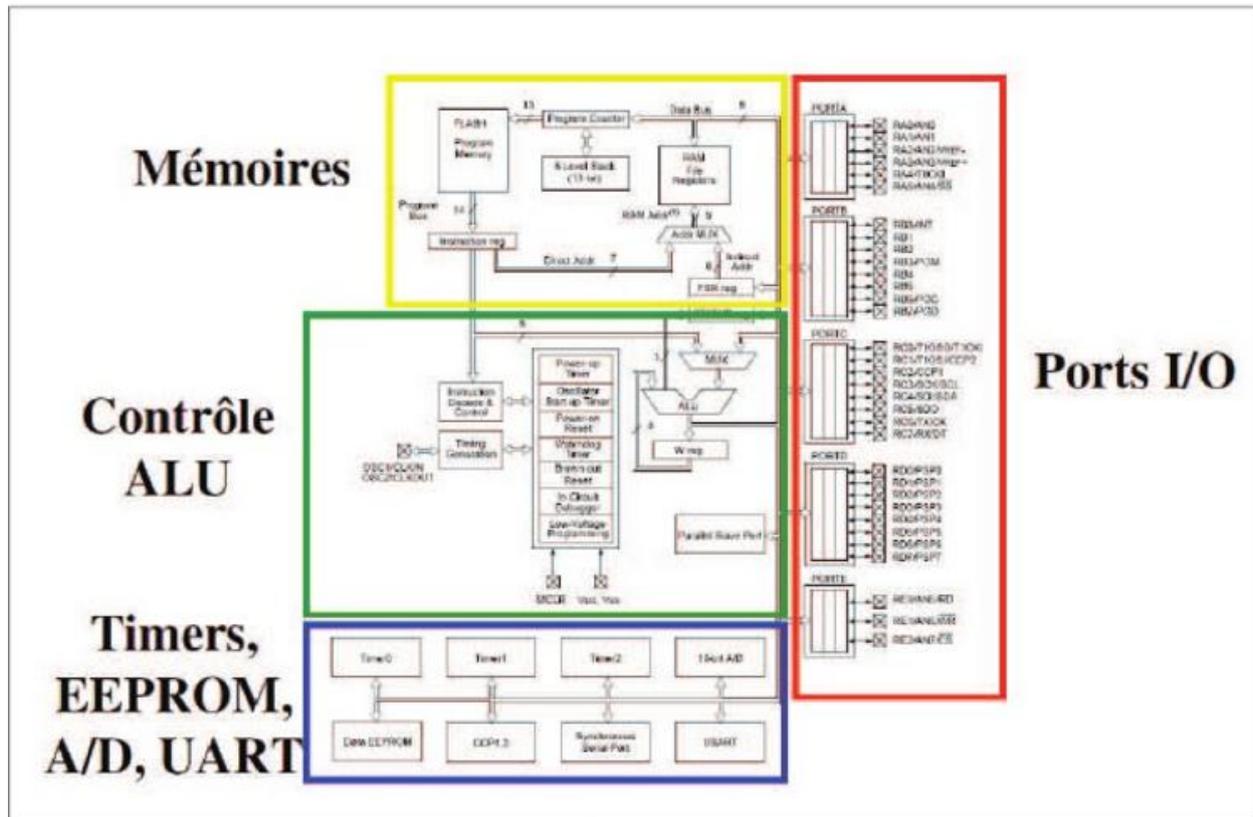


FIGURE 16: schéma bloc d'un PIC

Le processeur :

C'est le cœur du PIC car c'est ici que se font les calculs et le traitement des instructions, de plus, le processeur du PIC contient une Unité Arithmétique et Logique (UAL) qui exécute une seule instruction à la fois.

La mémoire RAM :

Lorsqu'un programme « tourne », il fait souvent des calculs intermédiaires par exemple un Décomptage pour une temporisation, pour stocker ces calculs temporaires les microcontrôleurs possèdent de la mémoire RAM interne.

La mémoire EEPROM :

L'EEPROM est une mémoire qu'on peut lire et écrire depuis le programme. Les données stockées dans cette mémoire sont conservées après une coupure de courant et sont très utiles pour conserver des paramètres semi-permanents.

Les ports d'Entrée/Sortie :

Un microcontrôleur PIC possède des entrées/sorties configurables individuellement (TRIS). L'intérêt d'un microcontrôleur réside tout à la fois dans le nombre d'entrée/sortie disponible mais aussi dans leur souplesse de programmation.

La liaison série USART :

La liaison USART (Universel Synchrones/Asynchrones Receiver Transmettre) ou SCI(serial communication interface) du PIC peut fonctionner soit en mode synchrone ou asynchrone.

Toutes ces caractéristiques sont accessibles sur un boîtier de type DIP, organisé selon la **Figure 17**.

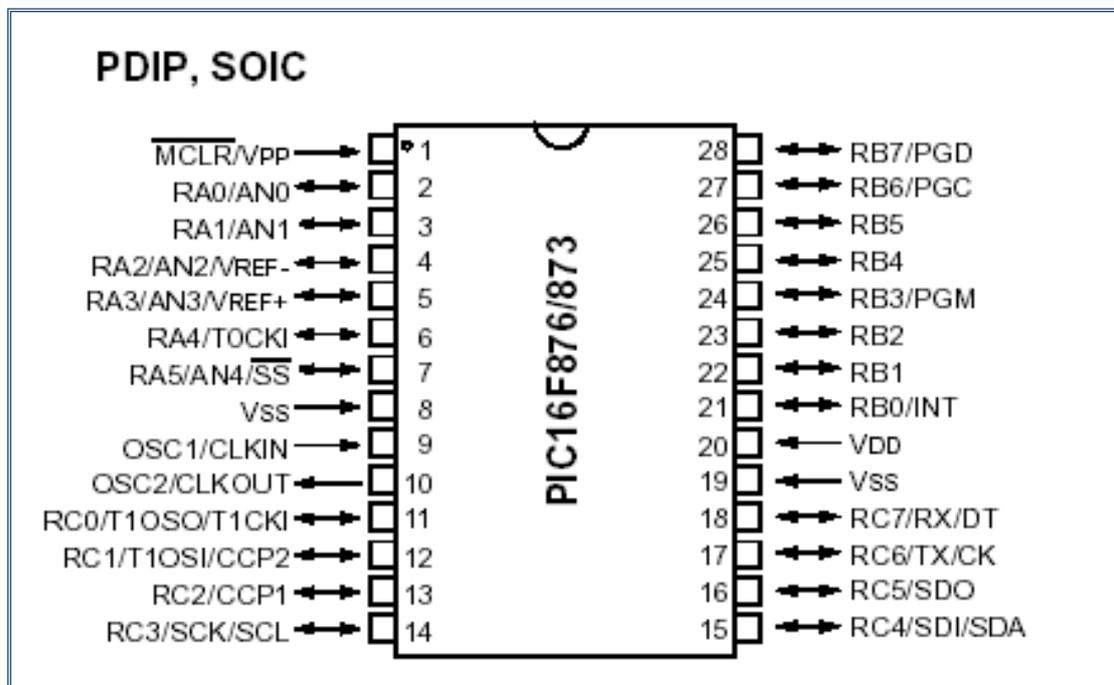


FIGURE 17: Brochage du PIC

Le boîtier du PIC décrit par la **Figure 17** comprend donc 28 pins : 22 pins d'entrées/sorties, 1 pin pour l'alimentation, 2 pins pour l'oscillateur et une pin pour le reset (MCLR).

II-2 : Généralités sur les afficheurs à cristaux liquides LCD :

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts, intelligents qui nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bon marché et s'utilisent avec beaucoup de facilité.

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module.

Un exemple de module LCD est donné à la **Figure 18**.



FIGURE 18: Afficheur LCD

Conclusion :

En conclusion, nous pouvons dire que le microcontrôleur peut bien jouer le rôle d'une unité de commande pour notre système, il contient tous les modules nécessaires pour générer le signal PWM utilisé dans la commande de la carte de puissance qui alimente notre moteur pas à pas.

Chapitre III

Simulation d'un
moteur pas-à-pas

Introduction :

Dans ce chapitre on va simuler un système de commande d'un moteur pas à pas.

Pour objectif d'allumer éteindre un moteur pas à pas (unipolaire ou bipolaire),

de changer son sens de rotation et de varier la vitesse.

Pour la simplicité et la facilité de la programmation, plusieurs langages ont été évolués dans le temps. En cherchant le compilateur le plus adapté aux microcontrôleurs PIC, on trouve le MikroC, et pour la simulation on trouve le logiciel (PROTEUS ISIS).

III- Système de commande :

1- commande d'un moteur pas à pas unipolaire :

➤ Schéma du montage 1 :

ce circuit est un montage d'un système de commande d'un moteur pas à pas composé d'un PIC16F84A et circuit ULN2803 comme un interface de puissance et quatre boutons pour varier la vitesse et changer le sens de direction. **Figure 19**

Après avoir terminé l'étude théorique de ce projet, on est passé à la schématisation du montage du circuit au moyen d'ISIS. Le schéma obtenu est le suivant :

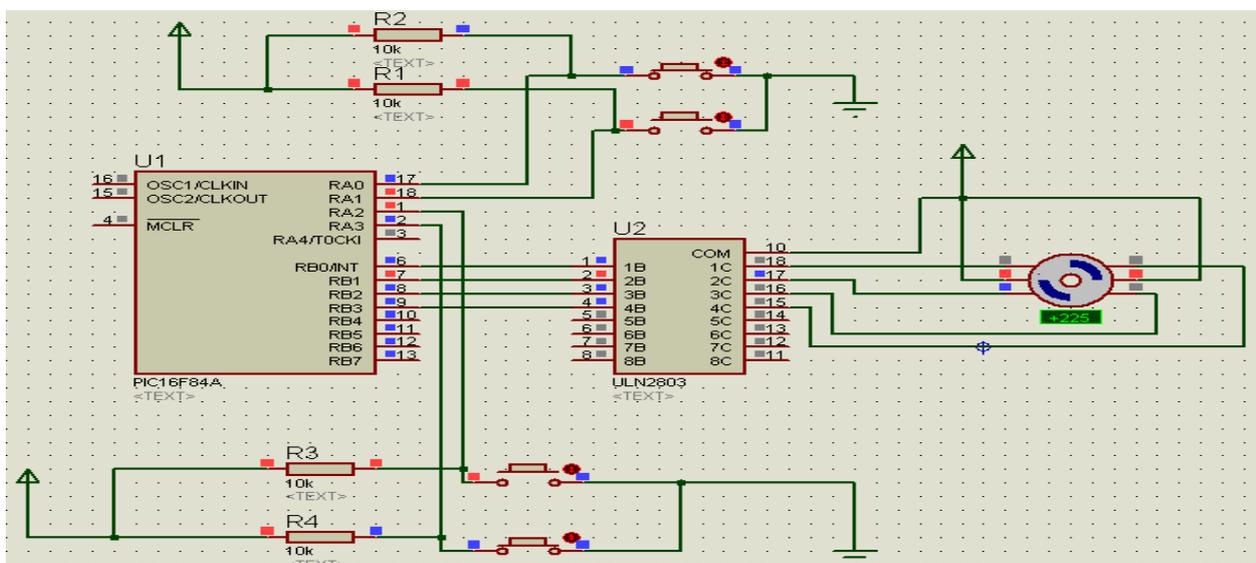


FIGURE 19: Commande de moteur pas à pas avec un microcontrôleur, un amplificateur ULN et les boutons

➤ Programme de simulation 1 :

```

char a, b ;           //déclaration les variables a et b
void vitesse ()      //sous-programme pour varier la vitesse de moteur pas à pas
{
if (PORTA.Rb2==1) a++ ; //tant que la bouton (bouton qui connecte avec RA2) est active
if (PORTA.Rb3==1) a -- ; //tant que la bouton (bouton qui connecte avec RA3) est active
if (a==20) a=19 ;     //La variable a prend max la valeur 19
if (a==0) a=1 ;      //La variable a prend min la valeur 1

for (b=0 ;b<a ;b++)
{
  delay_ms(100) ;
}
}

void main () {
TRISB=0X00 ;         //configure port B comme sortie
PORTB=0 ;
a=1 ;                //initialisation la variable a par 1
for (;) {           //boucle infini

//le moteur pas à pas tourner dans le sens inverse
  while(PORTA.Rb0==1) { //tant que la bouton [bouton qui connecte avec RA0] est active
    PORTB=0b00000001 ; vitesse [] ; //impulsion pour la premier pas
    PORTB=0b00000010 ; vitesse [] ; //impulsion pour la deuxième pas
    PORTB=0b00000100 ; vitesse [] ; //impulsion pour la troisième pas
    PORTB=0b00001000 ; vitesse [] ; //impulsion pour la quatrième pas
  }

//le moteur pas à pas tourner dans le sens horaire
  while(PORTA.Rb1==1) { //tant que la bouton [bouton qui connecte avec RA1] est active
    PORTB=0b00001000 ; vitesse [] ; //impulsion pour la premier pas
    PORTB=0b00000100 ; vitesse [] ; //impulsion pour la deuxième pas
    PORTB=0b00000010 ; vitesse [] ; //impulsion pour la troisième pas
    PORTB=0b00000001 ; vitesse [] ; //impulsion pour la quatrième pas
  }
}
}

```

➤ Schéma du montage 2 :

ce circuit est un montage d'une système de commande d'un **moteur pas à pas** composé d'un pic16F877, circuit ULN2003A comme un interface de puissance et potentiomètre pour varier la vitesse de moteur pas à pas.

La technique de commande dans cette système est basée sur un microcontrôleur en configurant pour chaque moteur quatre broches en sortie afin d'envoyer les séquences des impulsions générées par le PIC sur les bornes du moteur pas à pas **Figure 20**.

Chaque moteur reçoit une séquence indépendamment de l'autre à travers un amplificateur ULN pouvant fournir un courant de sortie.

Pour faciliter la communication entre l'opérateur et la machine nous avons choisi un moyen de dialogue qui est :

- Un afficheur LCD qui permet de guider l'opérateur à mettre en œuvre la machine [vitesse manuelle, origine pièce...].

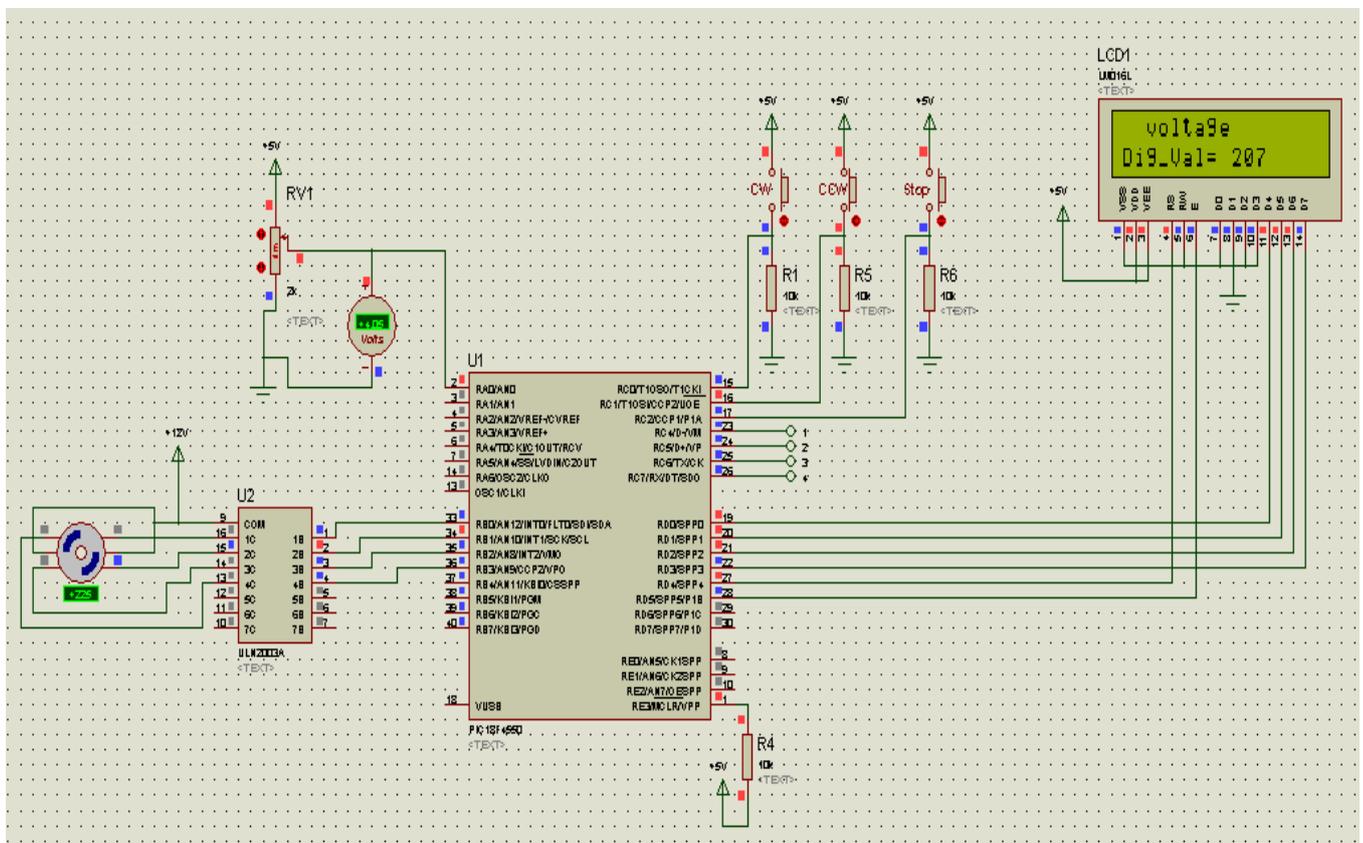


FIGURE 20: Commande de moteur pas à pas avec un microcontrôleur, un amplificateur ULN et potentiomètre

Programme de simulation 2 :

```

sbit d0 at Rc0_bit ;
sbit d1 at Rc1_bit ;
sbit d2 at Rc2_bit ;

char Speed_txt[4] ;          //declaration de tableau speed_txt

unsigned short speed ;      //declaration de variable non signe
int x=0 ;                   //déclaration de variable x initialement égale a zéro
unsigned char ss1,ss2 ;     //declaration des variables ss1 et ss2

//configuration LCD par PIC
sbit LCD_RS at RD4_bit ;
sbit LCD_EN at RD5_bit ;
sbit LCD_D4 at RD0_bit ;
sbit LCD_D5 at RD1_bit ;
sbit LCD_D6 at RD2_bit ;
sbit LCD_D7 at RD3_bit ;
sbit LCD_RS_Direction at TRISD4_bit ;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD5_bit ;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD0_bit ;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD1_bit ;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD2_bit ;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD3_bit ;

//les impulsions pour le moteur tourner dans le sens d'horaire
void cw(int delay_val)  {

    if [delay_val >8] {
    portb=0b00000001 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00000010 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00000100 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00001000 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    }
    }

//les impulsions pour le moteur tourner dans le sens inverse
void ccw(int delay_val)  {
    if [delay_val >8] {
    portb=0b00001000 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00000100 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00000010 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    portb=0b00000001 ; for [x=0 ;x<delay_val ;x++] {delay_ms[5] ;}
    }
    }

void delay (unsigned int delay_val) {

```

```

    for [x=0 ;x<=delay_val ;x++] {delay_ms[10] ;}

}
void main [] {

trisb=0 ; portb=0 ; trisc=1 ;           //configuration de port B comme sortie et C comme entree
ss1=0 ; ss2=0 ;
LCD_Init[] ;                           //initialisation de LCD
Lcd_Out[1,3, » voltage »] ;            // affichage le message sur LCD
Lcd_Cmd[_lcd_cursor_off] ;

ADCON1 = 0 ;

while [1] {                             //Boucle infini

speed = ADC_read[0]/4 ;                 //Lire l'entrée analogique A0
Lcd_Out[2,1, » Dig_Val= »] ;

ByteToStr[Speed, Speed_txt] ;          //Conversion de la valeur float en chaine caractere
Lcd_Out [2, 10, Speed_txt] ;

if [d 0==1||ss 1==1] {                 //le moteur pas à pas tourner dans le sens horaire
ss1=1 ;
ss2=0 ;
cw [speed] ;
}

if [d 1==1||ss 2==1] {                 //le moteur pas à pas tourner dans le sens inverse
ss1=0 ;
ss2=1 ;
ccw [speed] ;
}

if [d 2==1] {                           //pour arrêter le moteur pas à pas
delay_ms[200] ;
ss1=0 ; ss2=0 ;
}

}
}

```

2— Commande d'un moteur pas à pas bipolaire :

➤ Schéma du montage :

ce circuit est un montage d'un système de commande d'un **moteur pas à pas** composé d'un pic16F877A et un moteur pas à pas bipolaire. Figure 21

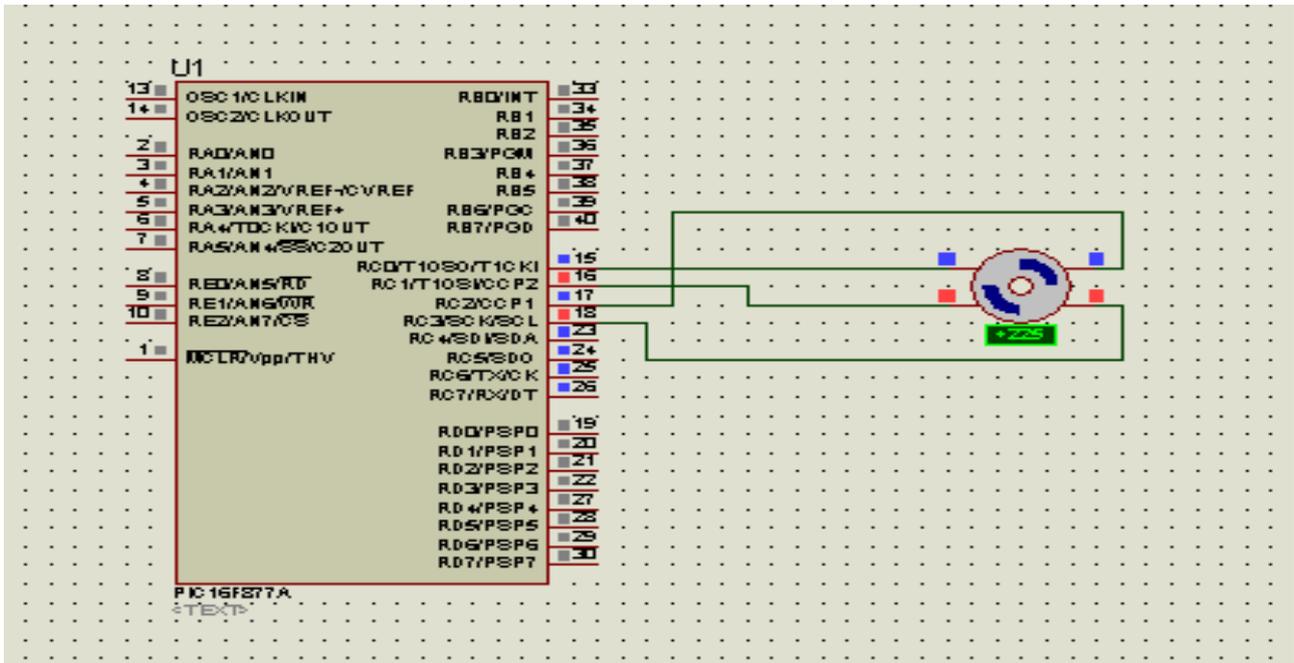


FIGURE 21: Montage de la système de moteur pas à pas avec PIC

➤ Programme de simulation :

```
Void main [] {
short pasos [4]={ 10,9,5,6 } ; //Declaration de tableau
short a ; //Declaration de valeur
trisc=0 ; //Port C comme sortie
x1 :
for [a=0 ; a< 4 ;a=a+1]
{
portc=pasos [a] ; //Port C égale à la valeur de la tableau
delay_ms[200] ;
}
goto x1 ; //retour a boucle}
```

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons réalisé la simulation sous ISIS proteus pour commander un moteur pas à pas unipolaire et bipolaire.

Pour unipolaire nous avons réalisé deux simulations :

Premier simulation avec les boutons et le deuxième simulation avec potentiomètre.

Les deux simulations sont bien précises le sens et la variation de vitesse sachant que la première simulation n'est pas une méthode technique par contre la deuxième elle est bien détaillée et technique [intelligent].

Conclusion générale :

Nous avons d'abord entamé la partie mouvement qui est basée sur les moteurs pas à pas que nous avons étudié en détail dans le chapitre 1. Cette partie est essentielle au fonctionnement des machines à commande numériques.

Ensuite nous avons entamé une étude sur le processus de communication entre le système de commande et l'ordinateur. Ceci a été fait en détail dans le chapitre 2.

Enfin, dans le dernier chapitre nous avons essayé de rassembler ce qui a été étudié dans les chapitres précédent. Nous avons vu les différents type de programmation effectués au niveau du microcontrôleur ainsi qu'au niveau de l'ordinateur et ceci pour former un ensemble homogène qui permettra le bon fonctionnement de notre machine.

Bibliographie :

- [1] : « Systèmes électromécaniques » ; Haute Ecole d'ingénierie et de Gestion Du Canton du Vaud, CD/SEM/Cours/Chap07 . M. Correvon.
- [2] : **Electronique et loisir**, *Février 2000, numéro 9*
- [3] : **G. Pinso**, *Physique Appliquée Moteur pas à pas — C35/1*
- [4] : Hachette Technique, Claude Divoux , « Guide du technicien en électrotechnique, éd »,1999
- [5] : Pdf « les avantages d'un moteur pas à pas »
- [6] : **Patrice Oguic**, *Moteurs pas-à-pas et PC*, France, édition Dunod, deuxième édition

Sites web :

<http://www.cncloisirs.com>

Fonctionnement d'un moteur pas à pas :

- <http://spt06.perso.libertysurf.fr/pas.htm>

Wikipédia Moteur pas à pas :

- https://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur_pas_%C3%A0_pas

Cours moteurs pas a pas :

- http://c.divoux.free.fr/phyapp/moteur_pas_a_pas/cours_moteur_pas_a_pas.pdf

Système de commande pas a pas :

- http://col2000.free.fr/pasapas/pap_indx.htm

ANNEXE :

Annexe -1 — : Moteur PM55L-048



moteur pas à pas PM55L-048

Motor Size	PM55L-048	
Number of Steps per Rotation	48(7.5°/Step)	
Drive Method	2-2 PHASE	
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.	BIPOLAR CHOPPER
Drive Voltage	24[V]	24[V]
Current/Phase		800[mA]
Coil Resistance/Phase	30[Ω]	5.5[Ω]
Drive IC	2SC3346	UDN2916B-V
Magnet Material	Ferrite plastic magnet (MSPL) Polar anisotropy ferrite sintered magnet (MS50) Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)	
Insulation Resistance	100M[Ω] MIN	
Dielectric Strength	AC 500[V] 1[min]	
Class of Insulation	CLASS E	
Operating Temp.	-10[°C] ~ 50[°C]	
Storage Temp.	-30[°C] ~ 80[°C]	
Operating Hum.	20[%] RH ~ 90[%] RH	

caractéristique du moteur

Mots Clés :

Moteurs pas-à-pas, PIC.