

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mohamed Larbi Ben M'hidi - Oum El bouaghi
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de génie électrique
Filière d'Électronique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de

Master Académique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Conception et réalisation d'une carte de commande à base de PIC16F77 d'un moteur pas à pas

Présenté par :
Annab Raounek

Dirigé par :
Benkara Salima

Soutenu le 28/10/2020

Jury de soutenance :

Président :	Rechem Djamil	Pr	OEB
Encadreur :	BENKARA Salima	MCA	OEB
Examineur :	Ait Kaki Abd El Aziz	MCA	OEB

Promotion : 2019/2020

Remerciement

Louange à ALLAH Clément et Miséricordieux qui nous a donné la patience et la santé d'accomplir ce travail.

Je voudrais présenter mes reconnaissances et vifs remerciements à mon encadreur «Benkara Salima», je voudrais également lui témoigner ma gratitude pour sa patience et son soutien qui nous a été précieux afin de mener mon travail à bon port.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury «Rachem Djamil» et «Ait Abdelaziz » pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Je exprime bien évidemment toute la gratitude à Mr Djebabla Ali, chef de département de génie électrique ainsi que tous notre enseignants du département pour leurs efforts déployés tous au long de notre formation universitaire

Enfin, merci à tous ceux et celles qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail : A mes chers parentsauxquelsj'exprime un profond amour et respect, pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices, pour le sens du devoir et toutes les valeurs qu'ils m'ont inculquées depuis mon enfance.

A mes chères sœurs et Chourouk ,basmala et mon frère Hatem

A toute famille ANNAB

A mon encadreur Benkara Salima et tous mes enseignants de filière d'électronique

A tous mes chers

(Rima , Wissam , kenza , Ikram , Yasmine , Marwa , Manel ,Oumaima, Bouthaina ,Soumaia, Imene, Chaima, Rayenne , Tamadhor ,Asma)

A tous mes amis et tous les collègues.(Soulaf ,Semouna, Kenza, Assia , ChemsElasil, Zahra, Mouhammed, Khalil , Amine ,Sami ,Farouk ,Akram, Zinou)

Sommaire

Contents

Remerciement	I
Sommaire	III
Liste des figures & tableaux	V
Introduction générale:	1
CHAPITRE I : Généralités sur les moteurs pas-à-pas	3
I.1 Historique	3
I.2 Définition du moteur pas-à-pas	3
I.3 Présentation des moteurs pas à pas	4
I.4 Les types de moteur pas-à-pas	4
I.4.1 Moteur pas à pas rotatif à reluctance variable.....	5
I.4.2 Moteur pas à pas rotatif à aimant permanent.....	5
I.4.2.1 Les moteurs unipolaires	7
I.4.2.2 Les moteurs bipolaires.....	8
I.4.3 Moteur pas à pas rotatif hybrides	8
I.5 Etude comparative et caractéristique	9
I.6 Les avantages et l'inconvénients du moteur pas-à-pas	10
I.7 Commande d'un moteur pas-à-pas	10
I.8 Fonctionnement d'un moteur pas-à-pas 4 phases	11
Conclusion.....	13
CHAPITRE II : La carte Arduino et les caractéristiques des microcontrôleurs PIC.....	14
II.1 Historique du projet arduino	14
II.2 La carte arduino	14
II.2.1 Définition de la carte arduino.....	14
II.2.2 Le logiciel	15
II.2.3 Le matériel	16
II.2.4 Les avantages de la carte Arduino	17
II.2.5 Les gammes de la carte Arduino	17
II.3.1 Processing.....	19
II.3.2 Pure Data	19
II.4 Les applications possibles	20
II.5 Généralités sur les microcontrôleurs PIC	20
II.5.1 Caractéristiques générales des microcontrôleurs PIC	20

II.5.2 Organisation d'un PIC	21
II.5.3 Les différents blocs du PIC	22
Conclusion	24
CHAPITRE III : Simulation de la commande de moteurs pas à pas	25
III.1 Introduction	25
III.2 Système de commande	25
III.2.1 Commande par Arduino	25
III.2.2 Commande par pic16F877	29
III.2.3 Programme de simulation	31
Conclusion	32
Résumé	

Liste des figures

FIGURE I.1 STRUCTURE CLASSIQUE D'UN MOTEUR A RELUCTANCE VARIABLE ROTATIF A DOUBLE SAILLANCE.....	4
FIGURE I.2 STRUCTURE INTERNE D'UN MOTEUR A AIMANT PERMANENT.....	5
FIGURE I.3 FONCTIONNEMENT SCHEMATIQUE D'UN MOTEUR PAS A PAS	5
FIGURE I.4 REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UN MOTEUR UNIPOLAIRE.....	6
FIGURE I.5 SEQUENCE DE ROTATION SIMPLE.....	6
FIGURE I.6 REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UN MOTEUR BIPOLAIRE.....	7
FIGURE I.7 MOTEUR PAS A PAS HYBRIDE	7
FIGURE I.8 STRUCTURE INTERNE D'UN MOTEUR HYBRIDE.....	8
FIGURE I.9 PRINCIPE D'UN MOTEUR PAS-A-PAS	9
FIGURE I.10 FLUX INDUIT DE MOTEUR PAS A PAS.....	10
FIGURE I.11 POSITION 1	11
FIGURE I.12 POSITION 2	11
FIGURE I.13 POSITION 3	12
FIGURE I.14 POSITION 4	12
FIGURE (I. 7) : CHRONOGRAMME DES ETAPES DE MOTEUR PAS A PAS.....	13
FIGURE II.1 L'ENVIRONNEMENT DE PROGRAMMATION ARDUINO.....	15
FIGURE II.2 CARTE ARDUINO «UNO »	16
FIGURE II.3 EXEMPLE DE SCHEMA ELECTRONIQUE DE LA CARTE ARDUINO UNO.....	18
FIGURE II.4 MICROCONTROLEUR ATMEGA328	19
FIGURE II.5 ARCHITECTURE SIMPLIFIEE D'UN MICROCONTROLEUR	21
FIGURE II.6 ARCHITECTURE D'UN MICROCONTROLEUR.....	22
FIGURE II.7 SCHEMA BLOC D'UN PIC	23
FIGURE II.8 BROCHAGE DU PIC	24

Liste des tableaux

TABLEAU I.1 : LES CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTS TYPES DE MOTEUR PAS A PAS.....	8
TABLEAU I.2: CLASSIFICATION DES MOTEUR PAS A PAS EN FONCTION DU NOMBRE DE PAS.....	10
Tableau I.3 : Table de vérité des étapes de moteur pas à pas... ..	12

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Les moteurs pas-à-pas sont des actionneurs utilisés généralement dans la robotique pour l'asservissement de position, comme on les trouve aussi dans les lecteurs de disques durs.

Ils sont des moteurs spéciaux travaillant généralement en boucle ouverte, utilisés pour commander avec précision le déplacement et la position d'un objet. Constituer principalement d'un stator et d'un rotor qui tourne par incrément discret. Chaque incrément de rotation est provoqué par une impulsion de courant fournie à l'un des enroulements du stator.

Notons également que les moteurs à réluctance variable occupent aujourd'hui une place marginale dans les systèmes pas à pas et que s'il fallait simplifier au maximum ce rapport, les moteurs à aimants et les moteurs hybrides pourraient être considérés comme une unique famille de moteurs à aimants présentant des caractéristiques électriques très voisines. Ils sont, en outre, souvent diphasés ce qui conduirait alors à l'étude élémentaire des moteurs à aimants diphasés.

Les moteurs pas à pas sont souvent utilisés par les concepteurs qui veulent minimiser le temps de développement du système dans lequel ils ont besoin d'entraînements asservis en position. En effet, les autres moteurs (à collecteur ou sans balais autopilotés) associés à un système d'asservissement en position (électronique d'alimentation, de commande et capteurs) n'ont pas atteint le même niveau de standardisation et de bas coût que les « moteurs pas à pas ». Pourtant, la solution pas à pas semble souvent une aberration du point de vue énergétique (consommation toujours beaucoup plus élevée) et du point de la qualité du mouvement (saccadé, vibratoire, engendrant souvent un bruit acoustique élevé). En fait, comme souvent, c'est la genèse des techniques qui a plus ou moins verrouillé cette situation à une époque où le moteur pas à pas se présentait quasiment comme la seule solution de commande électromécanique en position.

C'est dans cet objectif que s'intègre le présent projet qui vise essentiellement à réaliser et concevoir une commande d'un moteur pas à pas par le biais de microcontrôleur PICF876 et la carte ARDUINO.

Pour mener à bien ce travail, la représentation du mémoire est structurée en trois chapitres, et répartie comme suit :

Le premier chapitre présente les notions de base qui concerne les moteurs pas à pas.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de la carte Arduino et les microcontrôleurs, en particulier le PICF876.

Le dernier chapitre est destiné à la réalisation par simulation comportant le fonctionnement de notre commande de moteur.

Enfin, on terminera ce mémoire par une conclusion générale.

Chapitre I

I.1 Historique

Les premiers moteurs pas -à- pas à réluctances variables ont été utilisés par la marine de guerre britannique dans les années 1920 pour déplacer les indicateurs de direction de lance - torpilles et des canons. Dans les années 1930, l'ingénieur Marius Lavet a découvert un type particulier de moteur pas à pas à aimant, connu maintenant sous le nom de moteur lavet , qui a permis le développement de se dispositif dans le domaine de l'hodologie grâce à sa miniaturisation et à son faible cout.

Il équipe aujourd'hui presque toutes les montres à aiguilles. Le moteur pas à pas classique est apparu dans les années 1940, mais c'est l'avènement de l'électronique numérique dans les années 1960 qui a permis son développement [1].

I.2 Définition du moteur pas-à-pas

Les moteurs pas à pas sont des transducteurs électromécaniques qui assurent la conversion des signaux électriques digitaux ou impulsionnels en mouvement de rotation ou de translation de type incrémental [2].

Les moteurs pas à pas, utilisés pratiquement dans tous les composants d'un système informatique, sont très mal connus, surtout en ce qui concerne leur mode de commande. Ils sont utilisés aussi bien dans les lecteurs de disquettes, les disques durs, que dans les scanners et les imprimantes 3D conçues pour le prototypage rapide.

Dans le domaine de la robotique, ils sont la clef de voûte du système. Ils permettent d'obtenir une précision extraordinaire grâce à leur conception électrique et mécanique.

Le convertisseur d'énergie à basse vitesse et le transmetteur de l'information sont devenu un moteur pas à pas moderne vers les années 1970, grâce au développement conjugué de l'électronique de puissance et, surtout, grâce à l'apparition de l'électronique numérique à forte intégration [1].

Le moteur pas à pas est actuellement le principal élément intermédiaire entre les dispositifs de traitement d'information et le monde électromécanique extérieur. Par ailleurs, ses capacités à contrôler la position et la vitesse, par un train d'impulsions de commande, assurent à ce convertisseur des applications comme :

- La traction des robots mobiles,

- Le fonctionnement en moteur couple de grande puissance,
- L'indexage rotatif ou linéaire.

Dans sa version classique, le moteur pas à pas est alimenté à partir d'une source (de courant ou de tension) continue et le contrôle de la vitesse ou/et de la position s'effectue en boucle ouverte.

Le pilotage en boucle ouverte, qui constitue un des principaux avantages du moteur pas à pas, aussi bien du point de vue économique (coût et fiabilité d'installation) que fonctionnel (commande naturelle par "tout ou rien" à partir d'une horloge séparée ou intégrée dans un microprocesseur), présente un certain nombre d'inconvénients comme :

- La limitation du couple de démarrage,
- Des instabilités de fonctionnement à certaines fréquences,
- Des accélérations relativement modestes,

Maintenant, ce type de moteurs est utilisé de plus en plus dans les machines à commande numérique, leurs taille ainsi que leurs puissance ont augmenté.

I.3 Présentation des moteurs pas à pas

Les moteurs pas à pas sont utilisés pour les positionnements angulaires précis (imprimantes, scanners, disques durs ...).

Contrairement aux moteurs à courant continu, il ne nécessitent pas de boucle d'asservissement et sont plus simples à commander. Dans tous les types de moteur, on positionne le rotor en modifiant la direction d'un champ magnétique créé par les bobinages du stator. Ils nécessitent donc non seulement un circuit de puissance mais également un circuit de commande qui contient une partie logique. Cette dernière détermine pour chaque pas quelles sont les bobines alimentées et le sens de rotation. La fréquence de l'horloge du circuit logique détermine la vitesse de rotation comme nous le verrons dans la modélisation.

I.4 Les types de moteur pas-à-pas

Différents types de moteur pas-à pas sont disponibles [3]:

- Moteur à réluctance variable;
- Moteur à aimant permanent;

– Moteur hybrides.

I.4.1 Moteur pas à pas rotatif à reluctance variable

La rotation d'un moteur à reluctance est engendrée par la réaction, entre un champ magnétique statorique et un rotor saillant, qui conduit à une disposition alignée de la partie saillante avec le pôle créé par le champ magnétique. Dans ces conditions le flux est maximum et la réluctance du circuit magnétique est minimum.

Ce type de moteur est caractérisé par une structure d'entrée au niveau du rotor et du stator. Le rotor est fabriqué en acier doux non magnétique. Le nombre de bobines dans le stator et le type de connexion déterminent le nombre de phases du moteur.

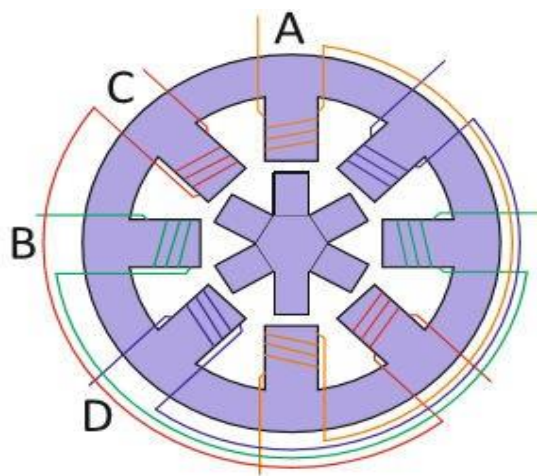


Figure I.1 Structure classique d'un moteur à reluctance variable rotatif à double saillance.

La figure 1 présente un moteur pas à pas réluctant comportant huit plots au stator et six dents au rotor ce qui donne un moteur à quatre phases.

Chaque couple de deux bobines statoriques diamétralement opposées et connectées en série, constitue une des quatre phases de la machine considérée. L'alimentation d'une phase crée un couple permettant le déplacement du rotor vers une position d'équilibre qu'il garde tant que l'alimentation est maintenue. Cet état d'équilibre correspond à une position alignée entre les dents statoriques porteuses de la phase alimentée et les dents rotoriques. Chaque nouvelle séquence d'alimentation établit un nouvel équilibre. Le moteur se déplace donc avec un pas angulaire de 15° .

I.4.2 Moteur pas à pas rotatif à aimant permanent

Les moteurs à aimant permanent sont constitués d'un stator supportant les bobinages et d'un rotor magnétique (aimant bipolaire).

Chapitre 1 : Généralités sur les moteurs pas-à-pas

Cette catégorie de moteurs se subdivise en deux types : Le moteur unipolaire et le moteur bipolaire.

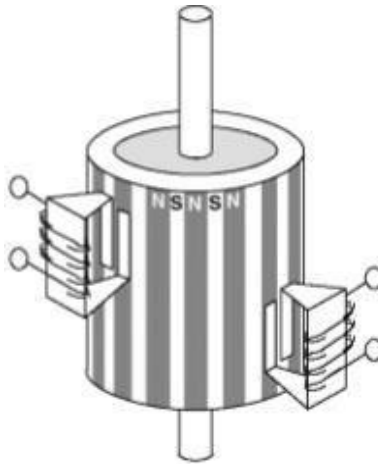


Figure I.2 Structure interne d'un moteur à aimant permanent

La figure I.2 représente le schéma simplifié d'un moteur à aimant.

Le premier dessin de la figure I.3 le représente dans sa position de repos, lorsque les bobinages ne sont traversés par aucun courant. Chacun des pôles du rotor se place devant une paire des plots du stator.

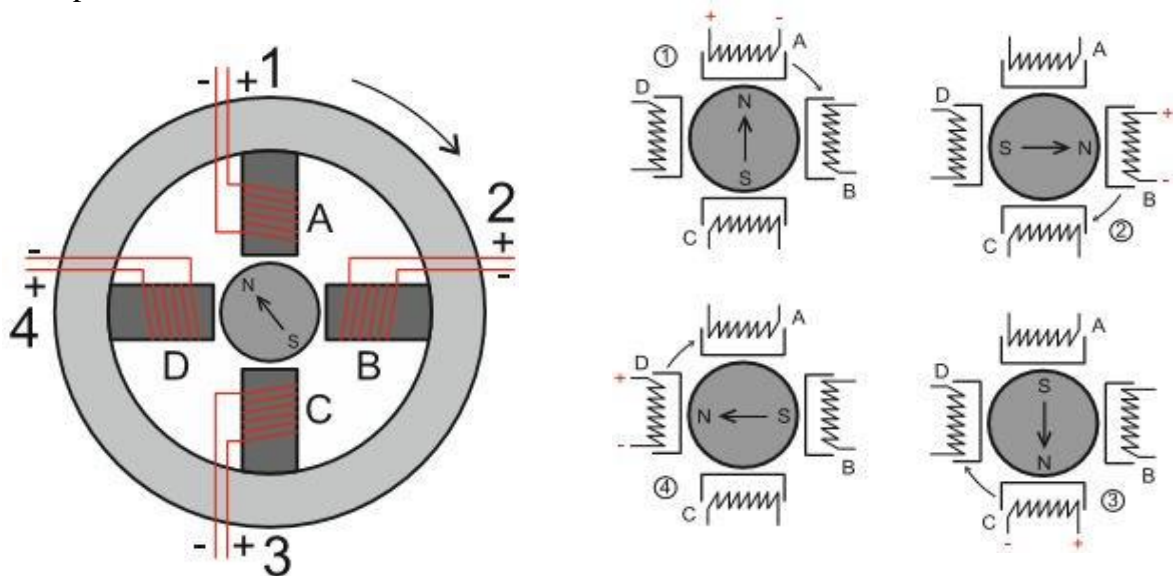


Figure I.3 Fonctionnement schématique d'un moteur pas à pas

Les quatre dessins ci-contre de la figure 3 illustrent ce qui se passe lorsque les bobinages sont alimentés à tour de rôle : d'abord A, puis B, puis C et enfin D. Le pôle nord du rotor sera attiré par le pôle sud du stator, pole créé par la circulation d'un courant dans le bobinage.

Cet exemple permet de comprendre la progression pas par pas du moteur. Ici, il effectuera quatre pas par tours.

I.4.2.1 Les moteurs unipolaires

Une représentation schématisée d'un moteur unipolaire est donnée en figure I.4. Afin d'inverser le sens du courant, les enroulements sont réalisés au moyen de deux fils dont l'une des extrémités est reliée au + ou au - de l'alimentation.

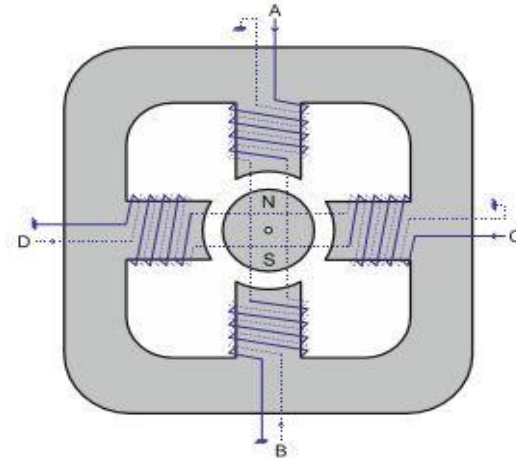


Figure I.4 Représentation schématisée d'un moteur unipolaire

La commande de ce type de moteur est la plus simple de tous les moteurs pas à pas puisqu'il suffira d'alimenter les bobinages à tour de rôle pour faire tourner l'axe d'un pas.

Le schéma de la figure I.5 résume la séquence la plus simple.

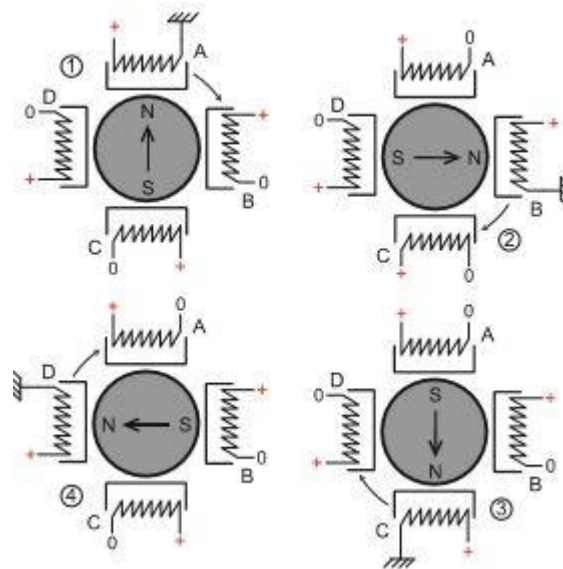


Figure I.5 Séquence de rotation simple.

Comme pour chaque type de moteur, le modèle unipolaire peut être commandé en mode monophasé, biphasé ou demi-pas.

I.4.2.2 Les moteurs bipolaires

La figure I.6 représente la constitution interne d'un moteur de type bipolaire. Ce type de moteur nécessite une commande plus complexe que celle du moteur unipolaire, le courant devant changer de sens dans les enroulements à chaque pas effectué.

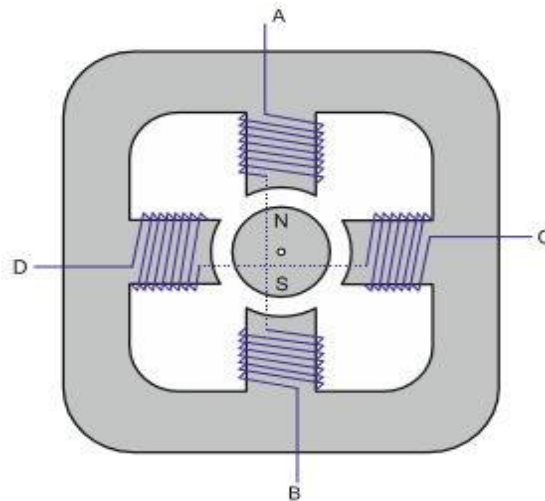


Figure I.6 Représentation schématique d'un moteur bipolaire.

I.4.3 Moteur pas à pas rotatif hybrides

Les moteurs pas à pas hybrides sont généralement constitués d'un rotor denté muni d'aimants permanents. Le rotor possède généralement deux disques polaires décalés d'un angle électrique π (Figure I.7).

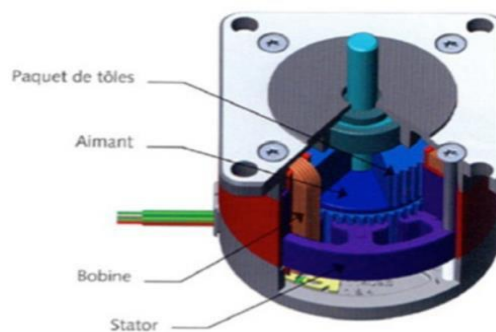


Figure I.7 Moteur pas à pas hybride.

Chapitre 1 : Généralités sur les moteurs pas-à-pas

Ce type de moteur présente à la fois les avantages du moteur à aimant permanent qui possède un couple élevé et ceux du moteur à réluctance variable qui permet d'obtenir un nombre importants de pas par tour. Toutefois l'inertie d'un tel rotor ainsi que les pertes sont relativement importantes et pénalisent donc cette structure.

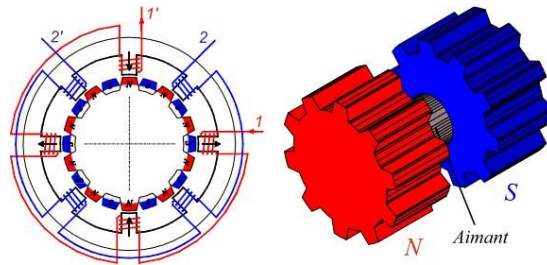


Figure I.8 Structure interne d'un moteur hybride

I.5 Etude comparative et caractéristique

Le tableau suivant représente une comparaison entre les divers types de moteurs pas à pas :

Tableau I.1 : Les caractéristiques des différents types de moteur pas à pas.

Type de moteur pas à pas	Moteur à réluctance variable	Moteur à aimants permanents	Moteur hybride
Résolution (nb de pas par tour)	Bonne	Moyenne	Elevée
Couple moteur	Faible	Elevée	Elevée
Sens de rotation	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases - du sens du courant dans les bobines	Dépend : - de l'ordre d'alimentation des phases - du sens du courant dans les bobines
Fréquence de travail	Grande	Faible	Grande
Puissance	Quelques Watts	Quelques dizaines de Watts	Quelques KWatts
Inconvénients	Pas de mémoire de position		

I.6 Les avantages et l'inconvénients du moteur pas-à-pas

- **Avantages**

- Rotation constante pour chaque commande (précision meilleure que 5% d'un pas) ;
- Existence de couple à l'arrêt ;
- Contrôle de la position, de la vitesse et synchronisation de plusieurs moteurs (pas de besoin de contre-réaction) ;
- Moteur sans balais.

- **Inconvénients**

- Plus difficile à faire fonctionner qu'un moteur à courant continu ;
- Vitesse et couple relativement faible ;
- Couple décroissant rapidement lorsque la vitesse augmente ;
- Résonance mécanique.

I.7 Commande d'un moteur pas-à-pas

Le principe de commande d'un moteur pas à pas est schématisé dans la figure I.9. 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 [4,5].

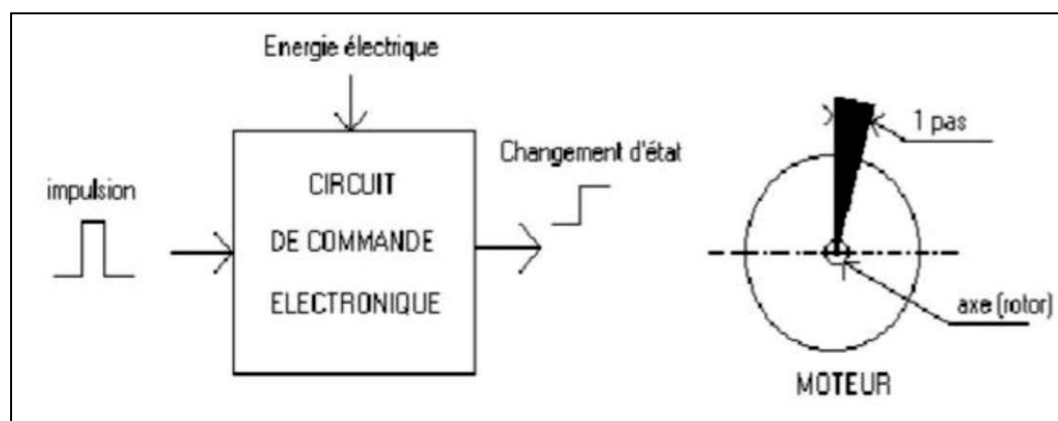


Figure I.9 Principe d'un moteur pas-à-pas.

Plus le nombre d'aimants et de bobines augmente, plus le nombre de pas sera plus grand, et plus la précision augmente . [6]

Chapitre 1 : Généralités sur les moteurs 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 I.2: Classification des moteur pas à pas en fonction du nombre de pas

Nombre de pas/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

I.8 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, 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 (Figure I.10).



Figure I.10 Flux induit de moteur pas à pas.

Le moteur pas à pas, représenté à droite, est constitué d'un rotor aimanté 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 position du moteur est effectuée par les étapes suivantes :

Etape 1, position 1

Premier bobinage (stator bleu) :

- - Phase 1 (inter gauche) non alimentée.
- Phase 2 (inter droit) alimentée.

Second bobinage (stator vert) :

- - Phase 1 (inter gauche) alimentée.
- Phase 2 (inter droit) non alimentée.

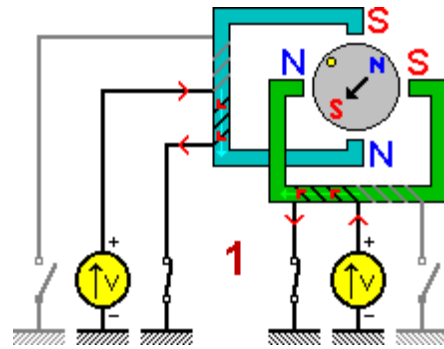


Figure I.11 Position 1

Etape 2, position 2

Premier bobinage :

- - Phase 1 alimentée.
- Phase 2 non alimentée.

Second bobinage :

- - Phase 1 alimentée.
- Phase 2 non alimentée.

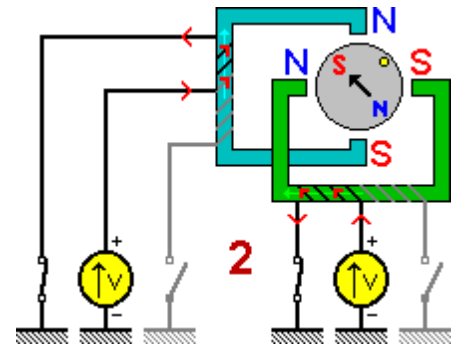


Figure I.12 Position 2

Etape 3, position 3

Premier bobinage :

- - Phase 1 alimentée.
- Phase 2 non alimentée.

Second bobinage :

- - Phase 1 non alimentée.
- Phase 2 alimentée.

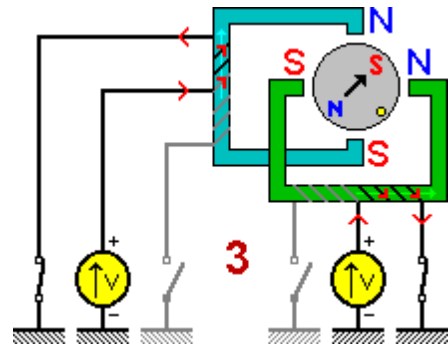


Figure I.13 Position 3

Etape 4, position 4

Premier bobinage :

- - Phase 1 non alimentée.
- Phase 2 alimentée.

Second bobinage :

- - Phase 1 non alimentée.
- Phase 2 alimentée

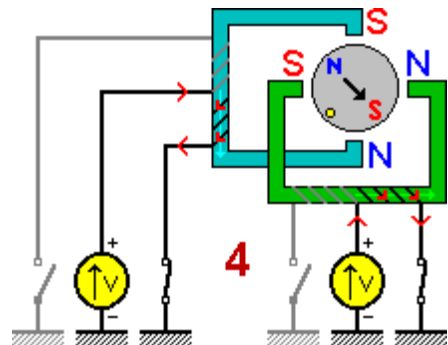


Figure I.14 Position 4

Chapitre 1 : Généralités sur les moteurs 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 I.3 : 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 :

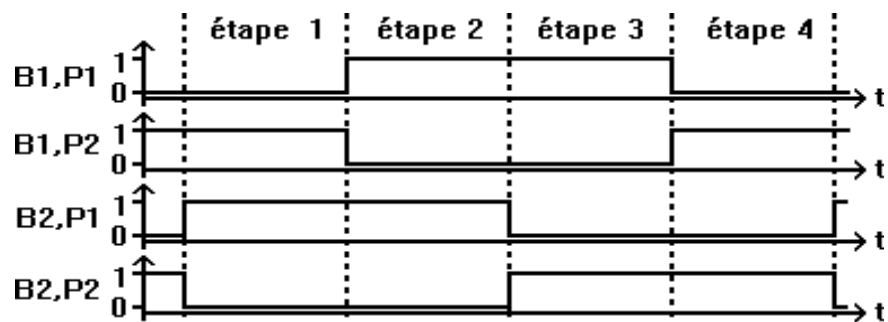


Figure I.15 Chronogramme des étapes de moteur pas à pas.

Conclusion

Une étude générale sur les moteurs pas à pas est donnée dans ce chapitre, cette étude inclut la définition du moteur pas à pas, son historique, les différents types, ainsi que le principe de fonctionnement.

Chapitre II

II.1 Historique du projet arduino

Le projet Arduino est né en hiver 2005 il a été créé par une équipe de développeurs de l'Interaction Design Institute d'Ivrea, en Italie .

Cette équipe a imaginé un projet répondant au doux et mettant en oeuvre une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateforme, qui puisse être accessible à tous a pour but de créer facilement des systèmes électroniques sous le nom de Arduino.

Le nom Arduino trouve son origine dans le nom du bar dans lequel l'équipe avait l'habitude de se retrouver. Arduino est aussi le nom d'un roi italien, personnage historique de la ville « Arduin d'Ivrée », ou encore un prénom italien masculin qui signifie « l'ami fort » [7].

Cette équipe est partie sur une « philosophie » et l'idée c'était d'utiliser la carte Arduino comme un macro-composant dans des applications de prototypage électronique. Le concepteur n'a plus qu'à développer des interfaces et programmer le macro-composant pour réaliser son application.

Arduino a été conçu aux étudiants de pouvoir disposer d'une plate forme valant un prix bas pour réaliser des projets interactifs et aussi pour être bon marché , et destiné aussi aux artistes, designers, et des amateurs et à n'importe quelle personne intéressé à créer des objets ou environnements interactifs.

II.2 La carte arduino

II.2.1 Définition de la carte arduino

La carte Arduino est une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur et de minimum de composants pour réaliser des fonctions plus ou moins évoluées à bas coût. Elle possède une interface USB pour la programmer. C'est une plateforme open-source qui est basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel, véritable environnement de développement intégré, pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

Arduino est peut être utilisé pour développer des applications matérielles industrielles légères ou des objets interactifs, et il peut recevoir en entrées une très grande variété de capteurs. Les projets Arduino peuvent être autonomes, ou communiquer avec des logiciels sur un ordinateur (Flash, Processing ou MaxMSP, Labview). Les cartes électroniques peuvent être fabriquées

manuellement ou bien être achetées pré assemblées, le logiciel de développement open-source est téléchargé gratuitement. [8]

Vu sa simplicité d'utilisation, Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, commander des appareils mobiles. Chaque module Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise le logiciel IDE (L'environnement de programmation Arduino) . [9]

II.2.2 Le logiciel :

L'environnement de programmation Arduino (IDE en anglais) est une application gratuite et open source, développé en Java elle était inspirée du langage Processing, et dont la simplicité d'utilisation de l'IDE permet d'écrire et de modifier un programme et de le convertir en une série d'instructions compréhensibles pour la carte.

Le figure II.1 montre le logiciel avec lequel on écrit les lignes de programmes qui vont être transmises à la mémoire de la carte arduino par un câble qui relie l'ordinateur avec la carte.

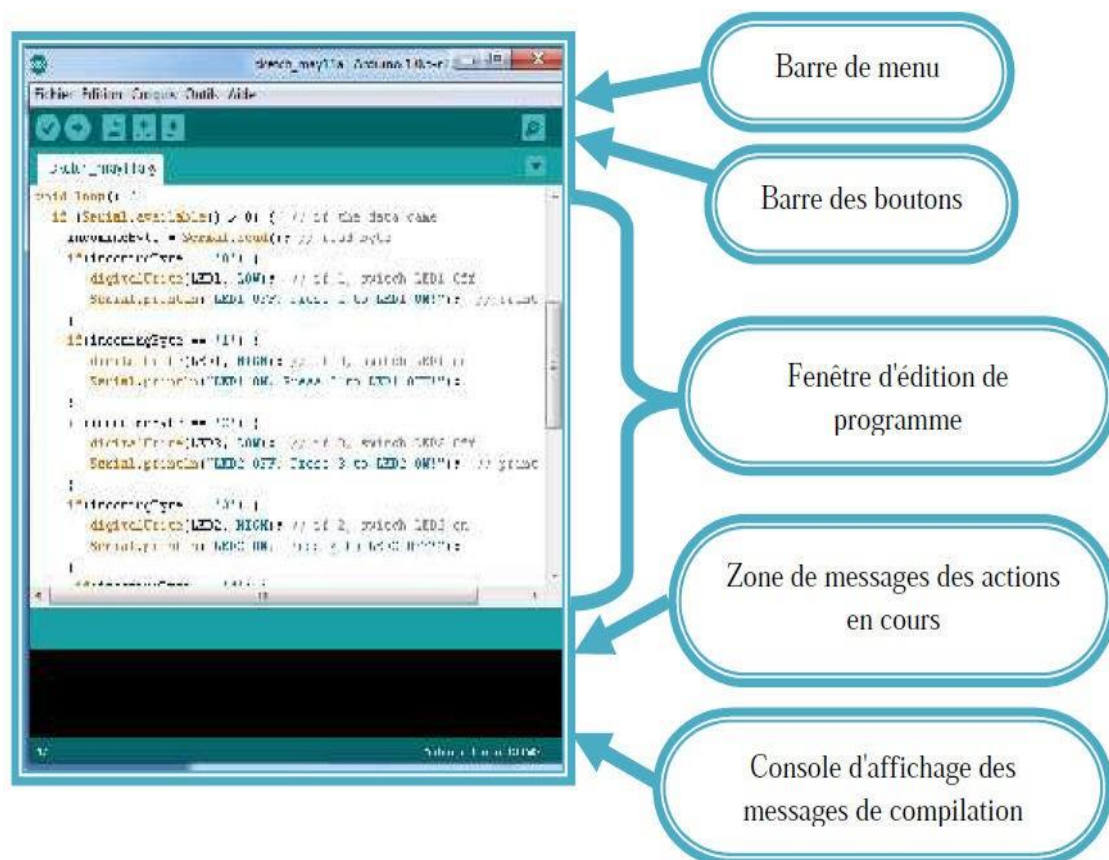


Figure II.1 L'environnement de programmation Arduino.

II.2.3 Le matériel

Cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet [10], elles contiennent un circuit intégré (un microcontrôleur) associée à des entrées et sorties (Voir figure II.2), qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes tels que :

- **Les capteurs** : Côté entrées, ils collectent des informations sur leurs environnement comme par exemple la variation de température (sonde thermique), le mouvement par un détecteur de présence ou un accéléromètre, ou le contact via un bouton-poussoir, ...etc.
- **Les actionneurs** : Côté sortie, ils agissent sur le monde physique tel qu'un moteur qui actionne un bras articulé ou petite lampe qui produit de la lumière, ...etc. Cette carte électronique peut être autonome et fonctionner sans ordinateur ou servir d'interface [7].

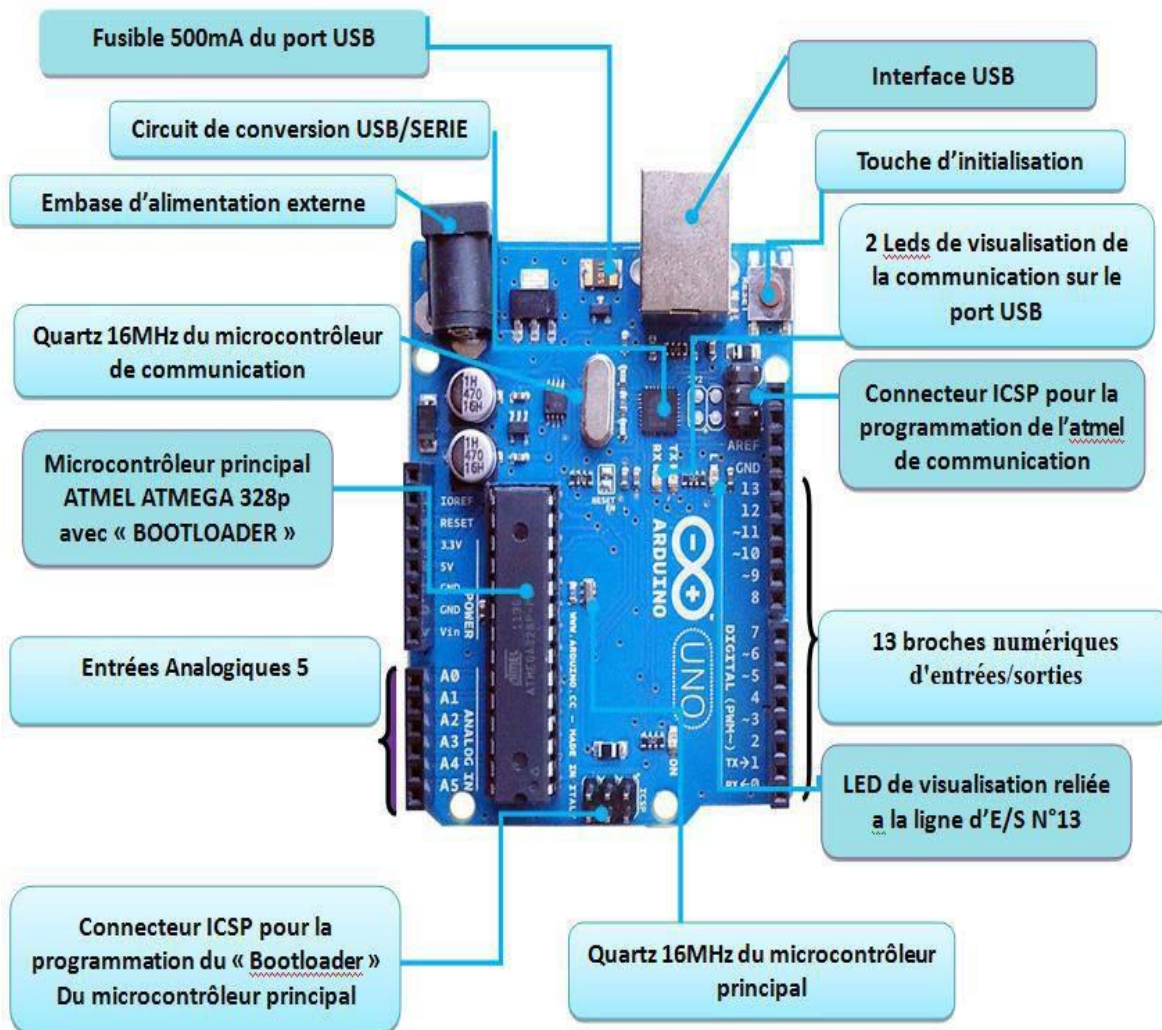


Figure II.2 Carte Arduino « Uno »

II 2.4 Les avantages de la carte Arduino

- ✓ Pas cher
- ✓ Environnement de programmation clair et simple.
- ✓ Multiplateforme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux.
- ✓ Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- ✓ Logiciel et matériel open source et extensible.
- ✓ Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso etc...)
- ✓ Existence de « shield » (boucliers en français) : ce sont des cartes supplémentaires qui se connectent sur le module Arduino pour augmenter les possibilités comme par exemple : afficheur graphique couleur, interface ethernet, GPS, etc... [10]

II 2.5 Les gammes de la carte Arduino

Actuellement, il existe plus de 20 versions de carte Arduino, nous citons quelques une afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique:

-Le NG d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega8.

-L'Arduino Mini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.

-L'Arduino Nano, une petite carte programmée à l'aide de la porte USB, cette version utilisant un microcontrôleur ATmega168 (ATmega328 pour la nouvelle version).

-L'Arduino UNO, utilisant un microcontrôleur ATmega328.

-L'Arduino Mega2560, utilisant un microcontrôleur ATmega2560, et possède toute la mémoire à 256 KBS.

Dans notre projet nous avons utilisés une carte **Arduino** de type **UNO** pour son avantage principale du nombre élevés de connexions.

II.2.5-a La carte Uno et Duemilanove

Nous choisirons d'utiliser la carte portant le nom de « Uno » ou « Duemilanove », ces deux versions étant presque identiques. Le kit Arduino UNO est basé sur un micro-contrôleur ATmega 328 cadencé à 16 MHz et disposant de 32 kB de Flash et 2 kb d'EEPROM. Il dispose de 14 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisé en sortie PWM) ainsi que 6 entrées analogiques.

Par rapport au kit Arduino, Duemilanove, on observera le changement de sérigraphie, beaucoup plus design et pratique à utiliser, avec une clarté des fonctionnalités. Mais la plus

grosse différence vient de l'absence sur circuit FTDI permettant une connexion via un port série virtuel. Cette fois ci c'est un ATmega8U2 qui permet de réaliser cette fonction et il permet aussi d'ouvrir les portes de l'USB, en pouvant facilement modifier les piles et donc transformer le kit Arduino en périphérique USB modulable à souhait [11].

Il faut tout d'abord transformer le schéma électronique en un schéma de câblage, appelé aussi typon, avant de passer à la réalisation d'une carte électronique (Figure II.3).

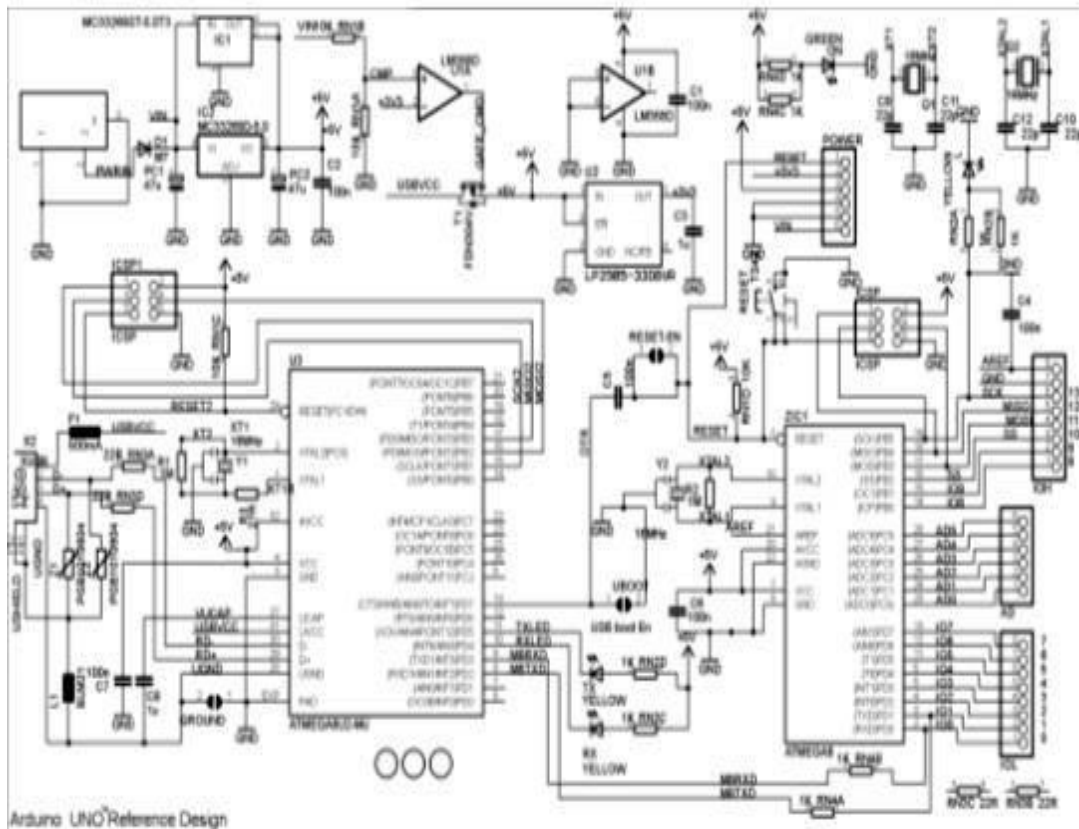


Figure II.3 Exemple de schéma électronique de la carte Arduino Uno

II.2.5-b Caractéristiques de la carte Arduino uno

Le kit Arduino UNO est basé sur :

- Micro contrôleur ATmega328,
- Tension d'alimentation interne égale à 5V,
- Tension d'alimentation (recommandée) égale 7 à 12 V, limites égale a 6 à 20 V,
- Entrées/sorties numériques : 14 dont 6 sorties PWM, - Entrées analogiques égale a 6,
- Courant max par broches E/S = 40 mA, - Courant max sur sortie 3,3V = 50 mA,

- Mémoire Flash 32 kB dont 0.5 kB utilisée par le bootloader,
- Mémoire SRAM 2 kB, - Mémoire EEPROM 1 kB,
- Fréquence horloge = 16 MHz,
- Dimensions = 68,6 mm x 53,3 mm [12].

La carte s'interface au PC par l'intermédiaire de sa prise USB. La carte est alimentée par le jack d'alimentation (utilisation autonome) mais peut être aussi alimentée par l'USB (en phase de développement par exemple).

La figure II.4 montre le microcontrôleur ATmega328



Figure II.4 Microcontrôleur ATmega328.

II.3 Quelques outils utilisés avec Arduino

Lorsque l'Arduino est connecté à un ordinateur, il est capable de communiquer avec diverses applications, notamment :

II.3.1 Processing

Conçu par des artistes, processing est un environnement de création. Fréquemment utilisé pour générer des oeuvres multimédias à partir d'un code informatique sur ordinateur.

L'attrait de ce logiciel réside dans sa simplicité d'utilisation et dans la diversité de ses applications :

Image, son, applications sur Internet et sur téléphones mobiles, conception d'objets électroniques interactifs [13].

II.3.2 Pure Data

Pure Data (souvent abrégé Pd) est un logiciel de création multimédia interactive couramment utilisé dans les domaines artistique, scientifique et pédagogique. Sa popularité réside dans ses possibilités de programmation en temps réel.

Plutôt qu'un langage de programmation textuel, Pure Data propose un environnement de programmation graphique dans lequel l'utilisateur est invité à manipuler des icônes représentant des fonctionnalités et à les brancher ensemble [7].

II.4 Les applications possibles

Cette plate forme logicielle et matérielle de création d'objets numériques permet de programmer des circuits électroniques qui interagissent avec son entourage en la reliant notamment à des capteurs (thermiques, de mouvement, sonores, ...etc).

Ces circuits électroniques peuvent générer des images, actionner un bras articulé, envoyer des messages sur Internet, ...etc, avec un prix peu coûteux, pour cela des dizaines de milliers d'artistes, de designers, d'ingénieurs, de chercheurs, d'enseignants et même d'entreprises l'utilisent pour réaliser des projets incroyables dans de multiples domaines [14] :

- contrôler des appareils domestiques,
- donner une intelligence à un robot,
- réaliser des jeux de lumières,
- permettre à un ordinateur de communiquer avec une carte électronique et différents capteurs,
- télécommander un appareil mobile (modélisme), ...etc.

II.5 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.5.1 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 II.5.

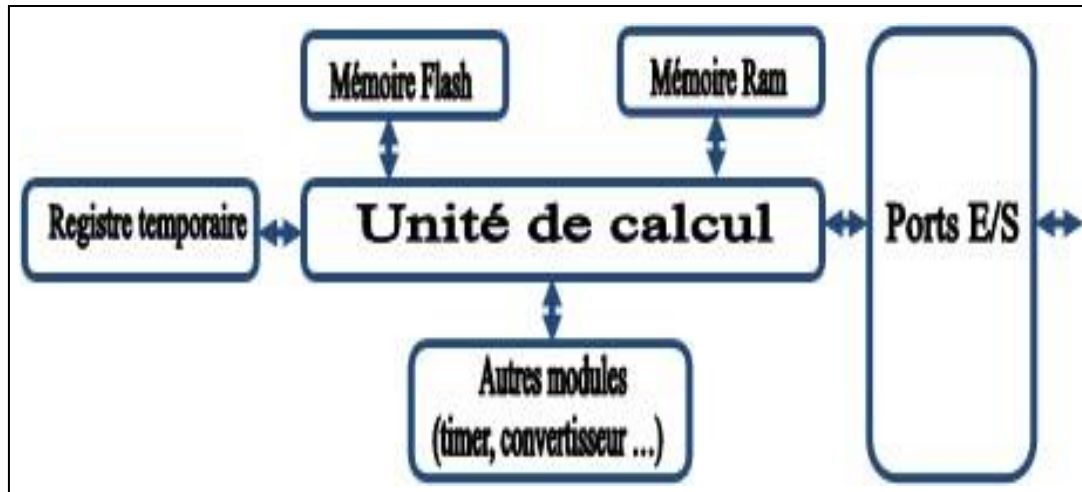


Figure II.5 Architecture simplifiée d'un microcontrôleur.

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, 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.

II.5.2 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 de la figure II.6 :

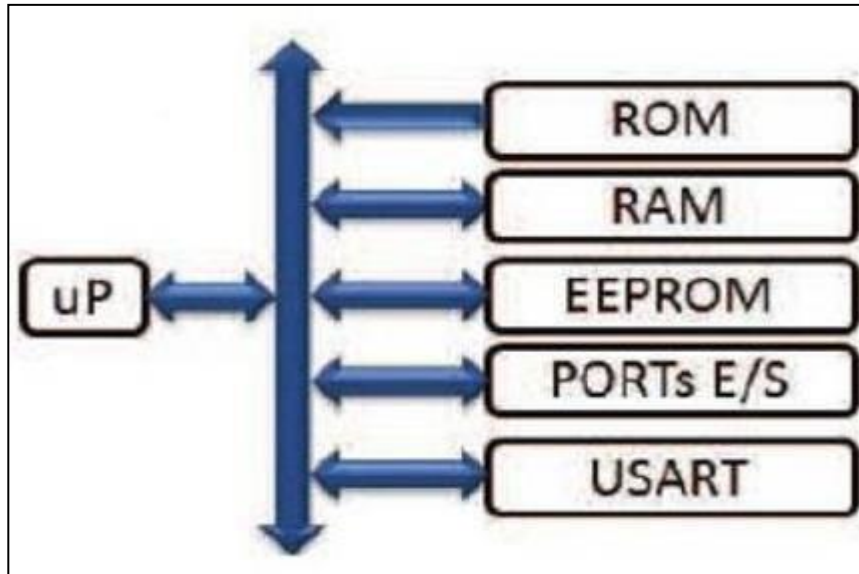


Figure II.6 Architecture d'un microcontrôleur.

II.5.3 Les différents blocs du PIC

Les différents blocs qui constituent le PIC sont schématisés par la figure II.7 :

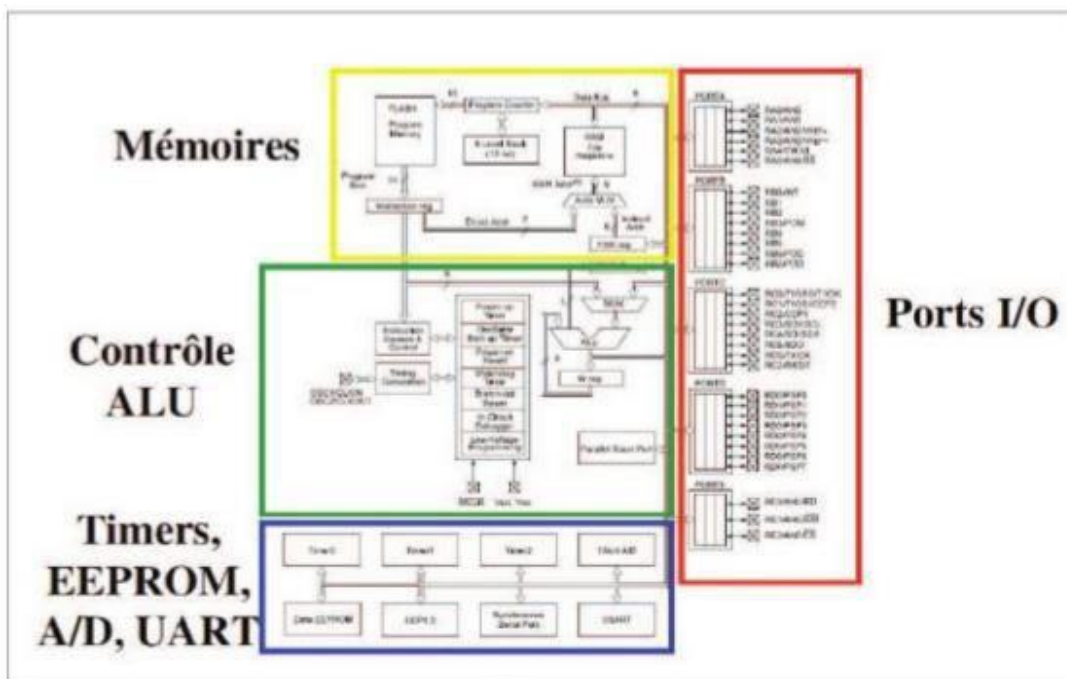


Figure II.7 Schéma bloc d'un PIC.

a) 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.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

e) 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 II.8 :

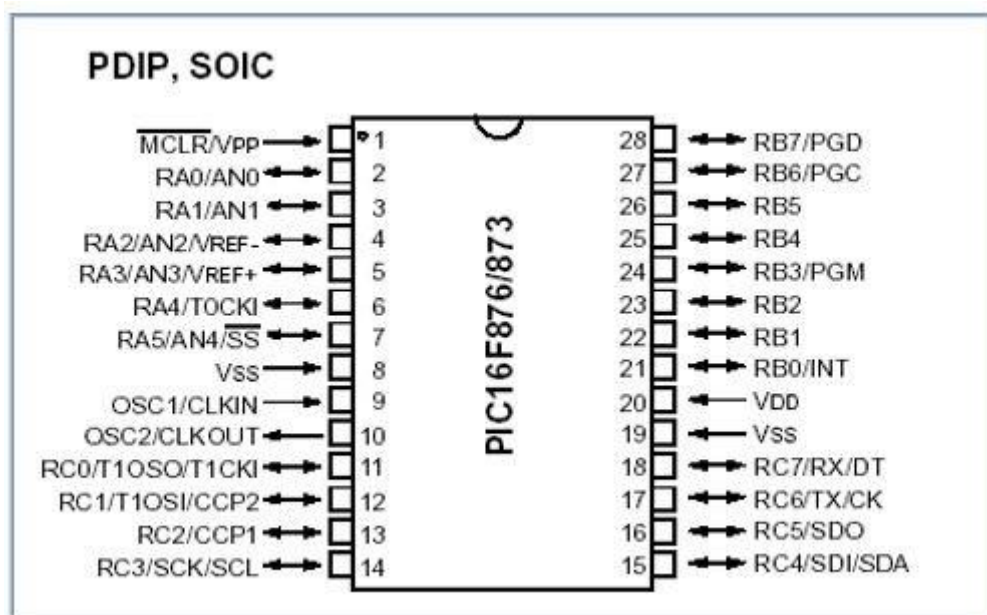


Figure II.8 Brochage du PIC

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les différents types de carte Arduino, ainsi que leurs modes de fonctionnement et leurs caractéristiques. Dans ce projet de fin d'étude, nous avons privilégié la carte Arduino **UNO**, ses performances étant suffisante pour le projet envisagé.

Ce qui prime dans Arduino, c'est sa simplicité qui permet de mettre en oeuvre de nombreux objets numériques à moindre coût sans être un spécialiste en électronique ou en programmation des microcontrôleurs, cela nécessite juste des petites connaissances en électronique. C'est cette qualité là qui donne à Arduino le succès qu'on lui connaît.

Chapitre III

III.1 Introduction

Dans ce chapitre on va simuler un système de commande d' un moteur pas à pas pour objectif d'allumer et 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 et ARDUINO, on trouve MikroC et ARDUINO, et pour la simulation on trouve le logiciel (PROTEUS ISIS)

III.2 Système de commande

III.2.1 Commande par ARDUINO

III.2.1.1 Le matériel utilisé dans ce projet :

Pour réaliser l'expérimentation représentée dans ce projet, on a besoin du matériels ci-dessous :

- Une ARDUINO ;
- Des conducteurs pour plaque d'essai ou fils de prototypage ;
- Une platine d'expérimentation ou plaque d'essai breadboard ;
- Une module L293D ;
- Un moteur pas à pas unipolaire.

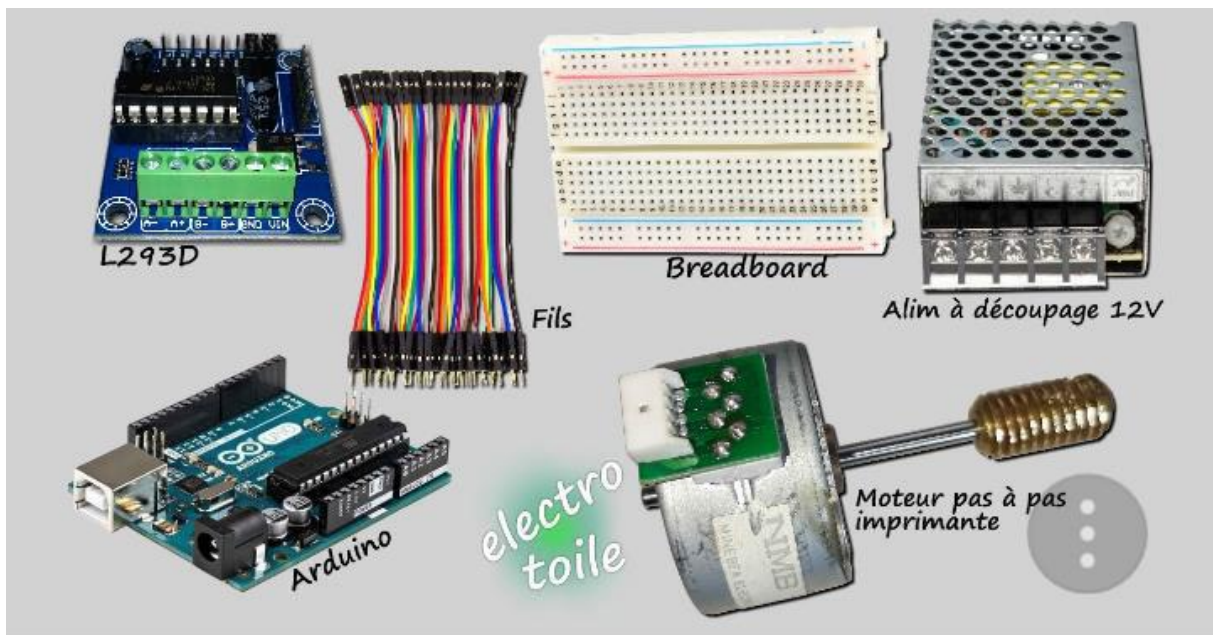


Figure III.1 Le matériel utilisée.

Chapitre III: Simulation de la commande de moteurs pas à pas basée sur le module ARDUINO et microcontrôleur PIC

Le circuit intégré L293 peut également servir à la commande d'un moteur à courant continu.

Dans cette application, le driver moteur L293D permettra grâce à ces deux pont en H de piloter par alternance les bobines du moteur pas à pas Bipolaire .

III.2.1.2 Schémas de raccordement du moteur pas à pas

Pour commander facilement le moteur pas à pas bipolaire , on utilise un circuit intégré L293D qui permettra d'alimenter en 12 V les bobines du moteur dans le bon ordre afin de le faire tourner dans n'importe quel sens .

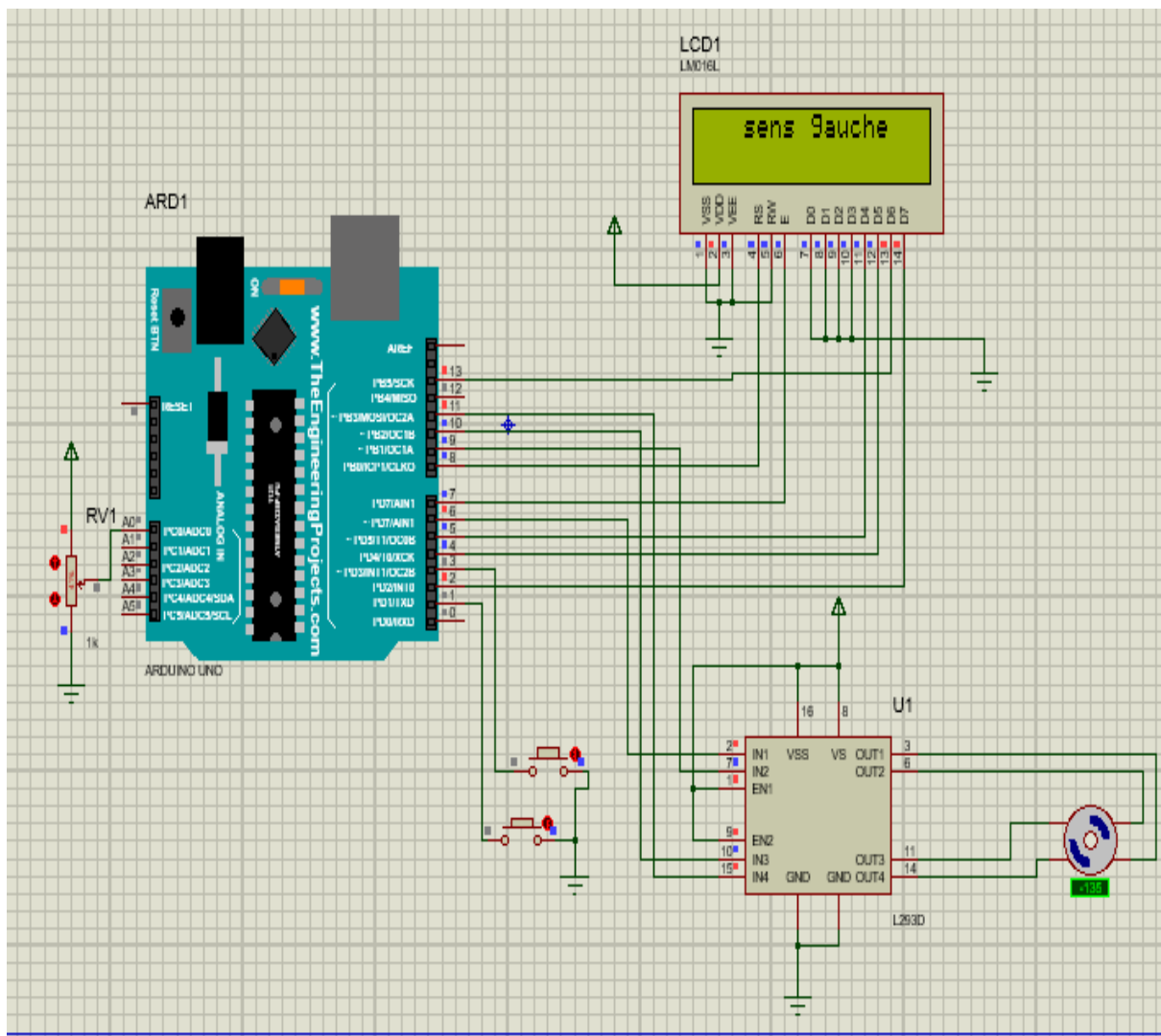


Figure III.2 Raccordement moteur pas à pas bipolaire et le circuit L293D.

Le schéma du circuit L293D relié avec les bobines du moteur pas à pas et donné par la figure III.3.

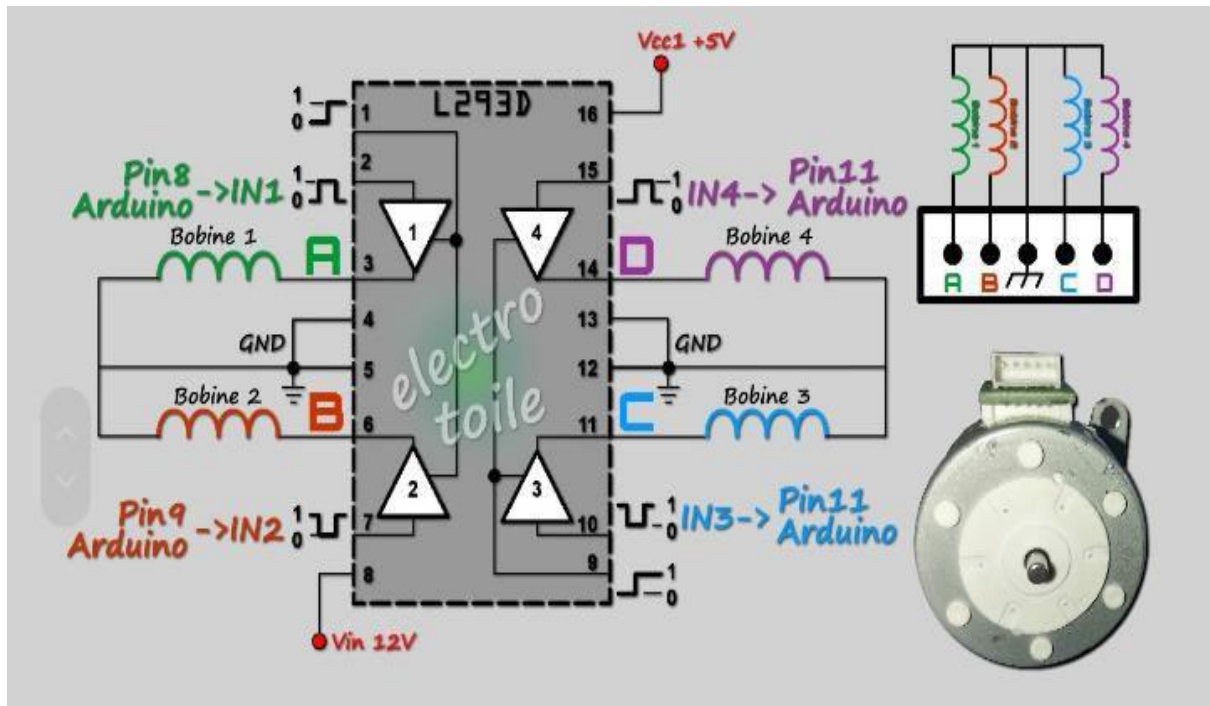


Figure III.3 Schéma électrique du circuit L293D avec le moteur pas à pas bipolaire.

Les pin 2 ; 7 ; 10 et 15 du L293D permettent de recevoir les ordres de commande à partir des sorties logiques de l'arduino.

Les broches 3 ; 6 ; 11 et 14 du L293D sont reliées aux bobines du moteur pas à pas afin de générer le déplacement du champ magnétique nécessaire à la rotation du moteur pas à pas .

III.2.1.3 Programme arduino pour moteur pas à pas :

Pour piloter le moteur pas à pas bipolaire voici une base de programme utilisant le **mode wave** permettant de :

- Faire tourner le moteur des les deux sens de rotation
- Choisir la vitesse de rotation du moteur.
- Choisir le nombre de tours que doit faire le moteur.

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8,7,5,4,13,2);

#include <Stepper.h>

int nombreDePas = 48*64;

Stepper monMoteur(nombreDePas,9,11,10,6); //1° = 1n2; 2° = 1n4; 3° = 1n3; 4° = 1n1

void setup()
{
  monMoteur.setSpeed(9);
  lcd.begin(16, 2); // set up the LCD's number of columns and rows:
}

void loop()
{
  monMoteur.step(10);
  delay(1000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1,0); // set the cursor to column 0, line 1
  lcd.print((" sens droite ")); // Print a message to the LCD.
  monMoteur.step(-10);
  delay(1000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1,0); // set the cursor to column 0, line 1
  lcd.print((" sens gauche "));
  lcd.display();// Print a resultat to the LCD.

}
/* 1n1 6
   1n2 9
   1n3 10
   1n4 11
*/
```

III.2.2 Commande par pic16F877

- *Schéma du montage 1 :*

Ce circuit représente le système de commande d'un moteur pas à pas composé d'un pic16F877 et un moteur pas à pas bipolaire .

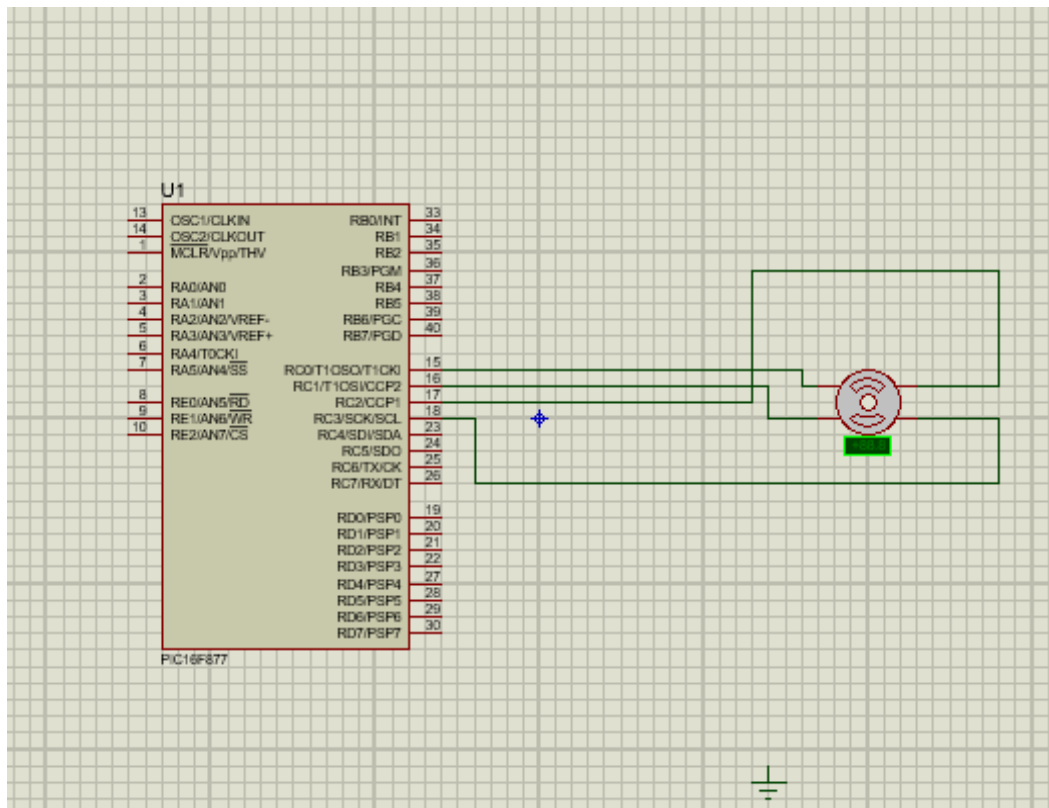


Figure III.4 Le circuit du pic16F877 et un moteur pas à pas bipolaire.

- *Schéma du montage 2:*

Ce circuit est un montage d'un système de commande d'un moteur pas à pas composé d'un pic16F877, circuit L293D comme un interface de puissance et potentiomètre pour varier la vitesse de moteur pas à pas.

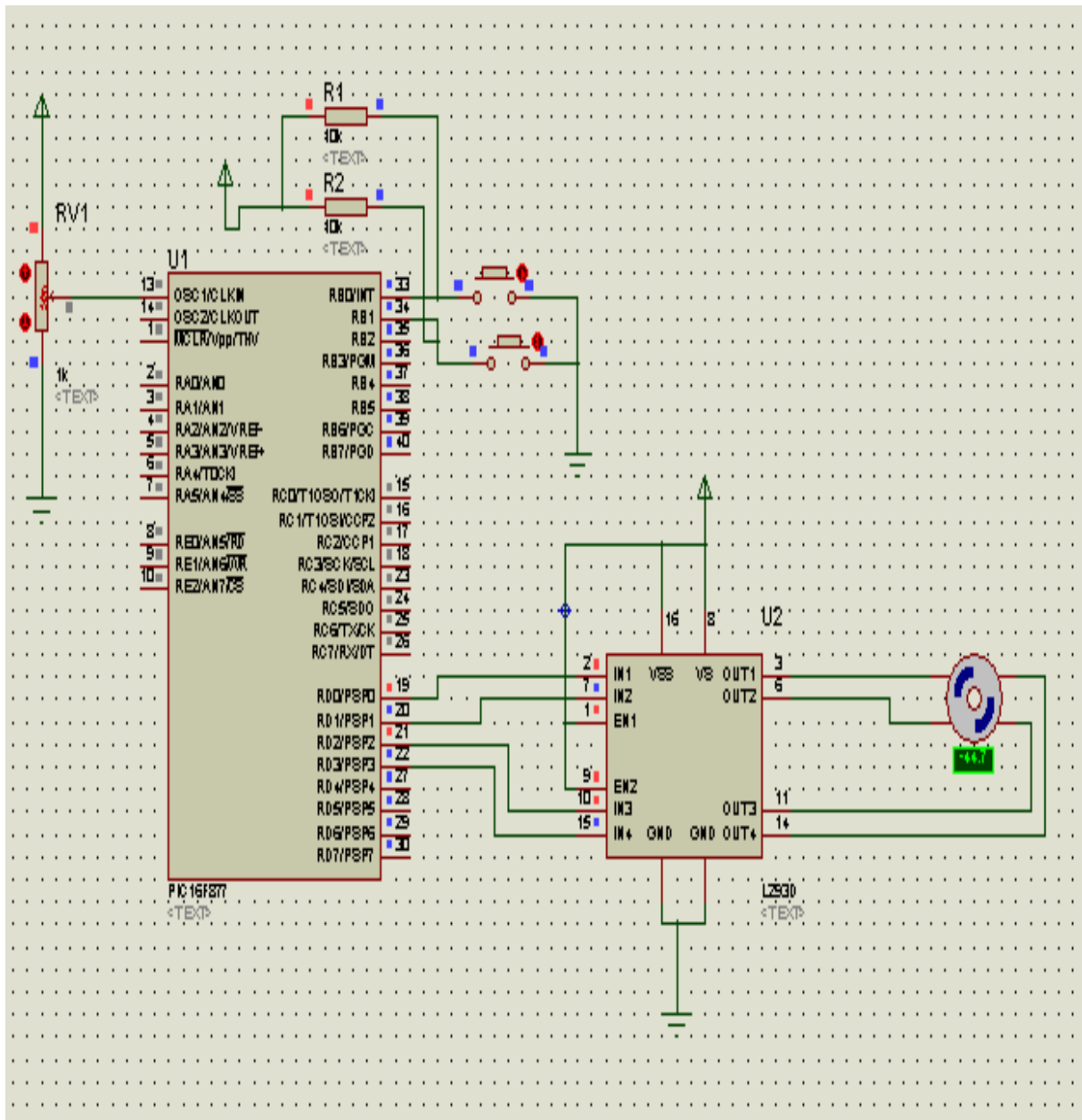


Figure III.5 La commande d'un moteur pas à pas composé d'un pic16F877, circuit L293D et potentiomètre.

III.2.3 Programme de simulation :

```
void main()
{
    portb = 0x00;
    portd = 0x00;
    trisb = 0x00;
    trisd = 0x00;
    OPTION_REG.NOT_RBPU =0;
    while(1)
    {
        portd = 0;
        while (Button (&portB, 4,1,0))
        {
            portd = 0b00000110;
            delay_ms(50);
            portd = 0b00000101;
            delay_ms(50);
            portd = 0b00001001;
            delay_ms(50);
            portd = 0b00001010;
            delay_ms(50);
        }
        if (Button (&portB, 5,1,0))
        {
            portd = 0b00001010;
            delay_ms(50);
            portd = 0b00001001;
            delay_ms(50);
            portd = 0b00000101;
            delay_ms(50);
            portd= 0b00000110;
            delay_ms(50);
        }
    }
}
```

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réalisé la simulation sous **ISIS PROTEUS** pour commander un moteur pas à pas.

La première simulation avec **ARDUINO** et la deuxième simulation avec **PIC16F877** sont réalisées.

Les deux simulations ont permis de visualiser le bon déroulement du système de commande du moteur pas à pas en contrôlant leur sens de rotation et la variation de vitesse, ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle et la conception des circuits imprimés.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le travail abordé dans le cadre de ce mémoire consistait à concevoir et réaliser par simulation la commande d'un moteur pas à pas.

Le but étant de réaliser une carte qui contrôle le sens et la vitesse de rotation du moteur pas à pas.

Deux types de montage sont choisis pour réaliser ce projet, le premier montage est à base de la carte arduino et le deuxième à base du **PIC16F877**.

Dans ce travail nous avons présenté les moteurs pas à pas, leurs types et leurs caractéristiques ainsi que le matériel nécessaire pour commander ces moteurs qui consiste à la carte arduino. Où nous avons donné une aperçu sur cette carte et la façon de l'exploiter dans la réalisation de ce travail. Le moteur pas à pas est aussi commandé par le PIC16F877. La conception, l'architecture et les caractéristiques de ce microcontrôleur sont étudiées en détaille dans ce mémoire.

Ce travail nous à permet, de métriser l'utilisation du logiciel «Isis Proteus», qui est un logiciel puissant pour la simulation et la réalisation des cartes électroniques. Nous avons procédé à la simulation par ce logiciel pour vérifier le bon fonctionnement de notre carte de commande.

Bibliographie

- [1] Pierre Mayé : «Moteurs électriques pour la robotique»; 2^{ém} édition, Octobre 2013
- [2] ABADI Hatem. BECHA Faouzi, « Réalisation d'un carte de commande pour moteur pas à pas ». Institut supérieur des études techno de NABEUL , juin 2008.
- [3] A. ZENATI, S. KERROUCHE. « Commande de deux moteurs pas à pas via le port parallèle avec Delphi» Mémoire d'ingénieur d'état en électronique, Université Bejaia, Juin2009.
- [4] : Hachette Technique, Claude Divoux , « Guide du technicien en électrotechnique, éd »,1999.
- [5] G. Pinso, Physique Appliquée Moteur pas à pas — C35/ 1
- [6] Electronique et loisir, Février 2000, numéro 9.
- [7] Arduino. Mémoire de D.E.A., 2011-12-22.
- [8] Christian Tavernier « Arduino Maitrise sa programmation et ses cartes d'interface (shield) », paris 2011, DUNOD.
- [9] Mr KRAMA Abdelbasset et Mr GOUGUI Abdelmoumen « Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde »PFE dirigé par Mr Rezoug Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [10] Mr HOCINE TAKHI « Conception et réalisation d'un robot mobile à base d'Arduino »
- [11] Olivier Despont : Kit arduino. www.semageek.com/, mise en ligne 2009, consulté en 2015.
- [12] Louis REYNIER : C'est quoi arduino? urlwww.louisreynier.com, consulté en 2015.
- [13] Floss manuals : Arduino. www.fr.flossmanuals.net/arduino/ vous-avez-dit-arduino/, consulté en 2015.
- [14] eskimon : Les différents moteurs pas-à-pas et leur fonctionnement. www.eskimon.fr/290-arduino-603-petits-pas-le-moteur-pas-pas,mise en ligne 2014 ,consulté en 2015.

ملخص:

المحرك المتدرج هو محرك كهربائي يستخدم في الآلات الصغيرة التي تتطلب تحكما دقيقا في محركاتها ، مثل الطابعة ،القاطع بالليزر ، الخ.ومن اهم ميزات هذا النوع من المحركات أنه يمكنه التحكم بدقة في عدد دوراته وسرعتها وزاوية التوقف. يستخدم هذا المحرك أيضا في التطبيقات الروبوتية لأنه يمكن التحكم فيه بزاوية معينة.

PIC16F876 يتكون هذا العمل من إجراء محاكاة للتحكم في محرك متدرج باستخدام وحدة التحكم الدقيقة للقيام بذلك قسمنا عملنا إلى ثلاثة فصول . الفصل الأول مخصص للمعلومات العامة عن المحركات ARDUINO وبطاقة السائر (التشغيل، الأنواع المختلفة التحكم) ، الفصل الثاني مخصص لوصف الهيكل وخصائص المتحكم الدقيق المستخدم ، و أردوينو. الفصل الأخير مجوز لمحاكاة البرامج لذروة التحكم لمحرك متدرج للتحكم في اتجاهين للدوران PIC16F877 وهو و تغيير السرعة.

Résumé:

Un moteur pas à pas est un moteur électrique utilisé dans les petites machines qui nécessitent un contrôle précis de leurs moteurs, tels qu'une imprimante, un cutter laser, etc. Et l'une des caractéristiques les plus importantes de ce type de moteur est qu'il peut contrôler avec précision le nombre et la vitesse de ses tours et l'angle d'arrêt. Ce moteur est également utilisé dans les applications robotiques, car il peut être contrôlé à un angle spécifique.

Ce travail consiste à réalisation par simulation d'une commande d'un moteur pas-à-pas avec le microcontrôleur PICF876 et la carte ARDUINO. Pour ce faire nous avons repartie notre travail en trois chapitre. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les moteurs pas-à-pas (fonctionnement ,différents types et commande), le deuxième chapitre est réservé pour la description de la structure et les caractéristiques du microcontrôleur utilisé, il s'agit du PICF877 et l'Ardouino. Le dernier chapitre est réservé à simulation par logiciel de la crtte de commande d'un moteur pas-à-pas pour avoir un pilotage en deux sens de rotation et la variation de vitesse .

Abstract :

A stepper motor is an electric motor used in small machines that require precise control of their motors, such as a printer, laser cutter, etc. And one of the most important features of this type of motor is that it can precisely control the number and speed of its turns and the stopping angle. This motor is also used in robotic applications because it can be controlled at a specific angle.

This work involves controlling a stepper motor with ARDUINO and PICF876 microcontrollers, to do this we have divided our work into three chapters. The first chapter is devoted to general information on stepper motors (operation, different types and control), the second chapter is reserved for the description of the structure and characteristics of the microcontrollers used, it is PICF877 and the Ardouino. The last chapter is reserved for simulating a stepper motor to control the motor in two directions of rotation and the speed variation.

Mots-clés :ARDUINO , PIC16F877, PIC16F876, Moteur pas à pas.