

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



UNIVERSITE DE M'SILA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

SPECIALITE :

Ingénierie des Systèmes Electromécaniques

THEME

**Contribution à la conception et à la réalisation d'un capteur
inductif de précision pour la caractérisation
électrique des matériaux
conducteurs**

Proposé et dirigé par :
-Dr. BENSAID Samir

Présenté par :
-AMEUR Slimane

Année Universitaire : 2011 / 2012

N⁰ d'ordre : 026

Introduction générale	- 1 -
Travail demandé	- 2 -
Chapitre I Moteur pas à pas et leurs alimentation et commande.....	- 3 -
Introduction	- 4 -
I.1. Présentation générale des moteurs pas à pas.....	- 4 -
I.1.1. Définition.....	- 4 -
I.1.2. Principe de fonctionnement du moteur pas à pas	- 5 -
I.1.3. Effet d'inertie.....	- 6 -
I.1.4. Effet d'une charge mécanique.....	- 6 -
I.1.5. Les différents types de moteurs pas à pas	- 7 -
I.1.5.1. Moteur pas à pas à réluctance variable.....	- 7 -
I.1.5.2. Moteur pas à pas à aimant permanent.....	- 7 -
I.1.5.3. Moteur pas à pas hybride.....	- 8 -
I.1.6. Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas	- 10 -
I.1.7. Caractéristiques des moteurs pas à pas	- 10 -
I.2. Alimentation des moteurs pas à pas.....	- 11 -
I.2.1. Alimentation bipolaire	- 11 -
I.2.2. Alimentation unipolaire	- 12 -
I.3. Commande de moteurs pas à pas.....	- 12 -
I.3.1. Commande d'un moteur bipolaire	- 12 -
I.3.1.1. Excitation à pas entier	- 12 -
I.3.1.2. excitation à demi-pas.....	- 13 -
I.3.1.3. excitation en micros pas	- 14 -
I.3.2. Commande d'un moteur unipolaire	- 15 -
I.3.2.1. excitation à pas entier.....	- 15 -
I.3.2.2. excitation à demi-pas.....	- 16 -
I.3.2.3. excitation en micros pas	- 17 -
I.4. Conclusion.....	- 17 -
Chapitre II Microcontrôleur pic et leur programmation	- 19 -
II.1. Introduction.....	- 20 -
II.2. Atouts des Microcontrôleurs de façon générale.....	- 20 -
II.3. Structure interne d'un microcontrôleur	- 20 -

II.4. Différentes familles des Pics	- 21 -
II.5. Critères de choix d'un microcontrôleur	- 22 -
II.6. PIC 16F877	- 23 -
II.6.1. Principales caractéristiques du Pic 16F877	- 24 -
II.6.2. Architecture interne du Pic 16F877	- 24 -
II.6.3. L'unité Arithmétique et Logique (ALU)	- 24 -
II.6.4. L'horloge	- 25 -
II.6.5. Différentes Mémoires du PIC 16F877	- 26 -
II.6.5.1. Mémoire vive RAM	- 26 -
II.6.5.2. Mémoire morte FLASH	- 26 -
II.6.6. Les Ports d'entrées/sorties	- 26 -
II.7. Afficheur LCD	- 27 -
II.8. Programmation des microcontrôleurs	- 28 -
II.9. Logiciel de programmation	- 29 -
II.10. Simulateur pour le débogage du PIC	- 30 -
II.11. Exemple illustratif des étapes de simulation d'un PIC	- 31 -
II.12. Conclusion	- 35 -
Chapitre III Conception et Réalisation de la Maquette expérimentale	- 36 -
III.1. Introduction	- 37 -
III.2. Caractéristiques des moteurs pas à pas utilisés	- 37 -
III.2.1. Mouvement rotatif	- 37 -
III.2.2. Mouvement de translation linéaire	- 38 -
III.3. Les accouplements mécaniques utilisés	- 39 -
III.4. Choix du circuit d'alimentation des moteurs pas à pas	- 39 -
III.4.1. Le circuit d'alimentation du moteur pas à pas bipolaire	- 39 -
III.4.2. Le circuit d'alimentation du moteur pas à pas unipolaire	- 40 -
III.5. Circuit de commande des moteurs pas à pas	- 41 -
III.6. Mise en œuvre des circuits de commande et d'alimentation des moteurs pas à pas	- 41 -
III.6.1. Moteur pas à pas bipolaire	- 42 -
III.6.2. Réalisation du circuit de commande du moteur bipolaire sur plaque d'essais	- 48 -
III.6.3. Mise en œuvre sur carte électronique de la commande du moteur pas à pas	- 48 -
III.6.3.1. typon du circuit de commande pour un moteur bipolaire	- 49 -

III.6.3.2. typon du circuit de puissance pour un moteur bipolaire.....	- 50 -
III.6.4. Moteur bipolaire commandé en micropas	- 50 -
III.6.5. Moteur pas à pas unipolaire	- 52 -
III.6.5.1. Commande à pas entier et demi-pas.....	- 58 -
III.6.5.2. Commande en micro pas.....	- 60 -
III.6.5.3. typon pour circuit de commande d'un moteur unipolaire	- 61 -
III.7. Affichage sur un afficheur LCD	- 63 -
III.8. Maquette réalisée	- 63 -
III.9. Conclusion	- 64 -
IV. conclusion générale :.....	- 66 -
V. Annexe.....	- 68 -
VI. bibliographie :.....	- 78 -

Tables de figures

Chapitre I Moteur pas à pas et leurs alimentation et commande

Figure I. 1: Exemple d'un moteur pas à pas simple.....	- 5 -
Figure I. 2 : Effet d'inertie	- 6 -
Figure I. 3: influence de la charge mécanique sur la durée d'un pas et sur la vitesse.....	- 6 -
Figure I. 4 : MPP a réluctance variable.....	- 7 -
Figure I. 5 : MPP à aimant permanant	- 8 -
Figure I. 6:rotor et stator d'un moteur pas a pas hybride	- 8 -
Figure I. 7 : Emplacement des aimants dans le rotor d'un MPP hybride.....	- 9 -
Figure I. 8 : Couple d'arrêt ou couple de maintien.....	- 10 -
Figure I. 9: type d'alimentation du moteur pas à pas.....	- 11 -
Figure I. 10: Moteur pas a pas bipolaire	- 11 -
Figure I. 11 : alimentation unipolaire des moteurs pas a pas	- 12 -
Figure I. 12: Impulsions de courant, excitation monophasée.....	- 12 -
Figure I. 13 : mode monophasé	- 13 -
Figure I. 14: Impulsions des courants, excitation biphasée.....	- 13 -
Figure I. 15:Mode biphasé	- 13 -
Figure I. 16: Impulsions des courants, excitation demi-pas	- 14 -
Figure I. 17: excitation en demi-pas	- 14 -
Figure I. 18 : courants pour les phases pour la commande micro pas	- 15 -
Figure I. 19: Impulsions de courant, excitation monophasée.....	- 15 -
Figure I. 20 : mode monophasé	- 15 -
Figure I. 21: Impulsions des courants, excitation biphasée.....	- 16 -
Figure I. 22:Mode biphasé	- 16 -
Figure I. 23: Impulsions des courants, excitation demi-pas	- 16 -
Figure I. 24: excitation en demi-pas	- 17 -
Figure I. 25 : courants pour les phases pour la commande micro pas	- 17 -

Chapitre II Microcontrôleur pic et leur programmation

Figure II. 1: structure interne d'un microcontrôleur PIC	- 21 -
Figure II. 2: disposition des broches des 16F877	- 23 -
Figure II. 3 : architecture interne du Pic16F877.....	- 25 -
Figure II. 4 : vue real d'un afficheur LCD a 32 caractères.....	- 28 -
Figure II. 5 : interface de l'éditeur compiler C.....	- 30 -
Figure II. 6 : Interface d'ISIS	- 31 -
Figure II. 7 : exemple pour l'utilisation du logiciel isis	- 32 -
Figure II. 8 : la fenêtre pour le choix du PIC et la fréquence de l'oscillateur	- 32 -
Figure II. 9: interface du compiler C avec le programme de l'exemple 1	- 33 -
Figure II. 10 : la simulation de l'exemple	- 34 -
Figure II. 11 : le programmeur utilisé	- 34 -
Figure II. 12 : réalisation du montage sur la plaque d'essais	- 35 -
Figure II. 13 : essais real du l'exemple 1	- 35 -

Chapitre III Conception et Réalisation de la Maquette expérimentale

Figure III. 1: identification du moteur bipolaire.....	- 37 -
Figure III. 2 : méthode d'identification et mesure des résistances	- 38 -

Figure III. 3 : schéma électrique du circuit pour mesure l'inductance.....	- 38 -
Figure III. 4 : vue du moteur pas à pas unipolaire	- 39 -
Figure III. 5 : brochage du circuit L298N et vue real	- 40 -
Figure III. 6 : brochage du circuit ULN 2824	- 41 -
Figure III. 7 : Schéma électrique du bloc d'introduction de la commande de fonctionnement.....	- 42 -
Figure III. 8: Schéma électrique du bloc de puissance.....	- 43 -
Figure III. 9 : schéma du moteur pas a pas bipolaire et leur interface de paramètre sur ISIS	- 43 -
Figure III. 10: Schéma électrique de la carte de commande à pas entier et à demi-pas d'un MPPH bipolaire a base L298N	- 46 -
Figure III. 11 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur bipolaire issu la simulation de commande à pas entier.....	- 46 -
Figure III. 12 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur bipolaire issu la simulation de commande à pas entier	- 47 -
Figure III. 13 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur bipolaire issu la simulation de commande à demi-pas.....	- 47 -
Figure III. 14 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur bipolaire issu la simulation de commande à demi-pas	- 48 -
Figure III. 15: réalisation du montage sur plaque d'essais.....	- 48 -
Figure III. 16 : typon circuit de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composants utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».....	- 49 -
Figure III. 17 : le typon pour le premier circuit de puissance de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composant utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».....	- 50 -
Figure III. 18: Schéma électrique pour la commande micropas d'un MPPH bipolaire	- 51 -
Figure III. 19 : Chronogramme des impulsions de commande « Channel A et B » et de tension d'alimentation «Channel C et D » du moteur bipolaire issu la simulation de commande à micropas.....	- 51 -
Figure III. 20: schéma électrique pour la commande à pas entier et demi pas d'un moteur pas a pas unipolaire.....	- 52 -
Figure III. 21 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur unipolaire issu la simulation de commande à pas entier.....	- 58 -
Figure III. 22 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur unipolaire issu la simulation de commande à pas entier.....	- 58 -
Figure III. 23 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur unipolaire issu hors la simulation de commande à demi-pas.....	- 59 -
Figure III. 24 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur unipolaire issu la simulation de commande à demi-pas.....	- 59 -
Figure III. 25 : schéma électrique pour la commande micro pas du MPPH unipolaire a l'aide du ULN2824. -	60 -
Figure III. 26 : Chronogramme des impulsions de commande « Channel A et B » et de tension d'alimentation « Channel C et D » du moteur unipolaire issu la simulation de commande à micropas.....	- 61 -
Figure III. 27: typon circuit de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composants utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».....	- 62 -
Figure III. 28 : le typon du circuit de puissance pour la moteur unipolaire « vue premier couche, deuxième couche et la disposition des composant utiliser ».....	- 62 -
Figure III. 29: exemple d'utilisation un afficheur LCD a 32 caractères	- 63 -
Figure III. 30 : vue de la maquette réalisée	- 64 -

Liste du tableau

Tableau I. 1 : Comparaison entre les divers types des moteurs pas à pas.....	- 10 -
Tableau II. 1 : spécifications des trois exemples des microcontrôleurs.....	- 22 -

Table du symbole

MPP : moteur pas à pas

MPPRV : moteur pas à pas à reluctance variable

MPPAP : moteur pas à pas à aimants permanent

MPPH : moteur pas à pas hybride

N_{ps} : nombre du pole statorique.

P : nombre de paire de pole.

N_{dr} : nombre des dents rotorique.

Θ : l'angle mécanique du pas

AC: source de tension alternative

R_{ext} : résistance extérieur

V_{Rext} : tension au borne de la résistance extérieure

V_{mot} : tension au borne de la bobine du moteur

r : résistance du bobine du moteur

f : fréquence du tension du $\omega=3140$ rad/s

Z_{mot} : l'impédance du moteur

L : l'inductance du moteur

Dédicace

Avant tous, je remercie **ALLAH** le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents, que dieu les garde et les protège pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.

À mes grandes mères

A mes frères

A toute ma famille de près ou de loin

Aux chers frères, amis

A tous les amis d'études surtout ceux d'électromécanique

Promotion 2012

AMEUR SLIMANE

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait sans l'appui jamais vu le jour d'un certain nombre de personne

Que j'aimerais remercier ici après avoir remercié le grand dieu pour son aide je
remercier beaucoup et très beaucoup mon encadreur monsieur

*******BENSAID Samir*******

Pour avoir bien voulu encadré ce travail et pour tout ses dirigés

Je tien a remercier aussi tous mes enseignants

Ainsi que le group administratif de notre département, et tous ceux qui ont contribué de
prés ou de loıs a la réalisation de ce travail

Introduction générale

Introduction générale

Contexte du projet

Dans le cadre d'un travail de recherche en collaboration avec le laboratoire IREENA Saint-Nazaire (France), sur la caractérisation électrique des matériaux composites à base de fibres de carbone [14], une nouvelle technique de mesure a été développée [1]. Le principe de cette technique est basé sur la production d'un champ tournant par la mise en mouvement de rotation pas à pas dans le temps d'une sonde à courants de Foucault. Le mouvement de rotation est obtenu par une mise en mouvement manuel de la sonde, et l'entrefer est imposé par le biais de cales de 100 μ m d'épaisseur chacune.

Dans le cadre de ce projet de master, on se propose d'automatiser le mouvement de rotation et de translation (entrefer) de la sonde.

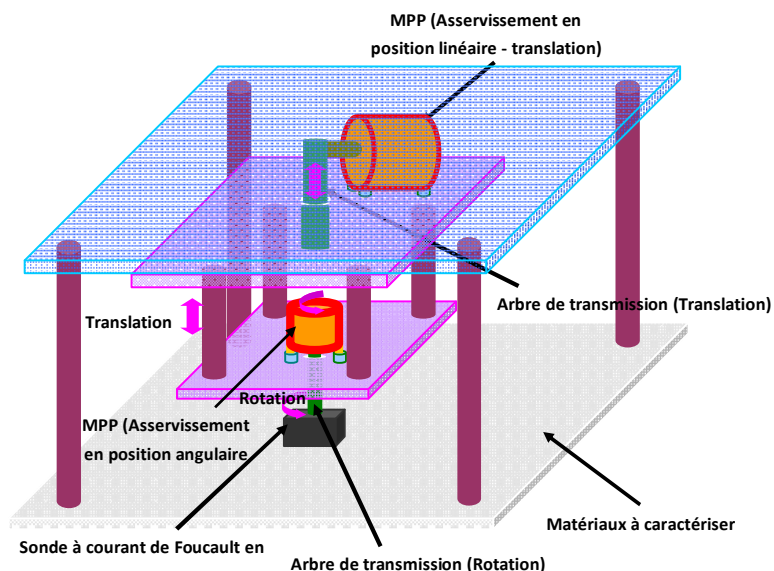
Cahier de charges

Le cahier de charge imposé peut être cité en deux points :

1. Le choix et la mise en place du système de rotation pas à pas de la sonde de poids (90g), avec une précision de 0.1°, et un pas inférieur à 5°. Ici les vitesses élevées ne sont pas exigées mais il y a un besoin d'asservissement en position angulaire.
2. Le choix et mise en place du système de translation verticale (réglage de l'entrefer).

Le système complet tel qu'il a été imaginé est donné par le schéma ci-dessous. Il est constitué de :

- deux blocs en mouvement, translation verticale et rotation.
- un bloc qui supporte l'ensemble



Vue générale du système de capteur inductif

Travail demandé

Compte tenu du contexte dans lequel s'inscrit ce projet de master et du cahier de charges imposé, nous pouvons étaler les tâches qui nous ont été confiées sur deux domaines d'intérêt scientifiques principaux. Le premier est les entraînements électriques et le deuxième est la commande et le contrôle des moteurs électriques.

Pour la mise en mouvement de rotation en pas à pas dans le temps, les vitesses élevées ne sont pas exigées et le couple mécanique de la charge est faible. Au contraire pour la rotation, il est exigé de travailler à basse vitesse pour laisser le temps à la partie mesure d'impédance de relever les informations nécessaires. Compte tenu de leur nature de tourner en pas à pas dans le temps, nous avons choisi d'utiliser les moteurs pas à pas.

Pour la mise en mouvement de translation, les vitesses élevées ne sont pas exigées mais le moteur doit supporter l'ensemble "moteur de rotation, support de ce moteur ainsi que la sonde qui constitue la charge de base". Le poids total est estimé à moins de 300g. Donc il est aussi possible d'utiliser les moteurs pas à pas, il suffit d'adopter une commande adaptée à la précision exigée.

Pour la commande des moteurs pas à pas, il existe trois types de commande. Ce sont les commandes à pas entier, à demi pas et à micro pas. Pour mettre en œuvre ces commandes nous avons une multitude de possibilités, commande par PC en port série, commande par des cartes spécialisées comme DSPICE ou carrément pour rendre le système de caractérisation de la conductivité électrique autonome et embarqué il est conseillé d'utiliser un moyen de commande de petite taille avec plein de fonctionnalités. Parmi ces moyens nous trouvons les microcontrôleurs au premier stade, du fait que leur prix est raisonnable et les différentes possibilités d'utilisation qu'ils offrent.

Compte tenu de ce qui a été demandé dans le cahier de charge et comme on s'intéresse aux moteurs pas à pas et leur commande nous pouvons répartir notre mémoire sur trois chapitres.

Le premier chapitre décrit les moteurs pas à pas et leur alimentation.

Le second chapitre discutera l'utilisation des microcontrôleurs, particulièrement la famille PIC de Microchips. Nous allons voir dans cette partie comment travailler avec un pic. Nous découvrirons comment déboguer un circuit à base de pic et comment programmer le pic.

Le dernier chapitre présente les grandes étapes de réalisation de la maquette demandée dans le cahier de charge. Nous commençons par présenter les moteurs pas à pas que nous utiliserons. Ensuite nous allons voir comment mettre en œuvre les différentes commandes des moteurs pas à pas utilisés

Chapitre I :

Moteur pas à pas et leurs alimentation et commande

Introduction :

Dans le cahier de charge il est question de mettre en mouvement de rotation une charge dont le poids maximal est de 90g. Le mouvement de rotation imposé par le cahier de charge doit être discret avec un déplacement angulaire régulier dans le temps. Le couple résistant est donc de faible valeur. Cette première tâche peut être réalisée aisément par un moteur pas à pas de faible puissance commandé en boucle ouverte. Exemple des moteurs pas à pas utilisés dans les imprimantes matricielles. Avec ces moteurs on peut arriver jusqu'à 0.015° comme pas de rotation (rotation en micro pas) d'où la résolution intéressante des moteur pas à pas.

D'autre part, il est demandé de porter et de positionner la charge à une distance bien déterminer et précise par rapport à un référentiel fixe. Le moteur doit supporter la charge (90g max), le moteur pas à pas destinée à la rotation de la charge (150g) et les supports (60g). Le tout peut atteindre un maximum de 300g. Ce qui rend la possibilité d'utiliser également un moteur pas à pas de récupération commandé lui aussi en boucle ouverte. On peut atteindre $0.01\mu\text{m}$ de résolution.

Dans ce chapitre nous allons faire une présentation générale des moteurs pas à pas, nous mettrons l'accent sur leur principe de fonctionnement, leur commande et alimentation possible.

I.1.Présentation générale des moteurs pas à pas :

Le moteur pas à pas est utilisé dans plusieurs domaines d'application automatisés et de précision, comme par exemple l'automobile, le médical, le chauffage, la ventilation, la climatisation, le textile , ...etc. Ces moteurs sont conçus pour fonctionner en boucle ouverte. Le moteur pas à pas exécute des mouvements de pas quand des impulsions de tension sont appliquées à ses phases [4].

Il va sans dire que la précision de ces moteurs est infiniment grande et que leur usure mécanique et pratiquement inexistante, ce qui les rend tout à fait adaptés aux matériels informatiques : lecteurs de disquettes, disques durs et imprimantes. On les utilise également en robotique où une précision inférieure au centième de millimètre est recherchée.

I.1.1.Définition :

Le moteur pas à pas est un convertisseur électromécanique. L'application d'une ou de plusieurs impulsions de commande provoque le déplacement d'un nombre équivalent de pas.

Classiquement, le moteur pas à pas ressemble à la machine synchrone, dont le stator (le plus souvent à pôles saillants) porte les enroulements de pilotage, et le rotor est muni d'un aimant permanent (structure dite polarisée ou active) constitué d'une pièce ferromagnétique dentée (structure dite réluctance ou passive). [2]

I.1.2.Principe de fonctionnement du moteur pas à pas

Le moteur pas à pas est un moteur où le rotor tourne dans des incréments angulaires discrets quand ses enroulements statoriques s'activent d'une façon séquentielle. La rotation se produit en raison de l'interaction magnétique entre les pôles du rotor et les enroulements séquentiellement activés de stator. Le rotor n'a aucun enroulement électrique, mais a les dents saillantes et/ou magnétisés.

Par conséquent, un moteur pas à pas est un déclencheur numérique, dont l'entrée est sous forme d'excitation séquentielle des enroulements de stator et dont la sortie est sous forme de rotations angulaires discrètes. Il convient pour l'usage comme déclencheur dans des systèmes de contrôle d'ordinateur et des systèmes de contrôle numériques.

La Figure I.1 montre un exemple illustratif de moteur pas à pas. Le stator comporte trois pôles saillants avec un rotor bipolaire. A, B et C sont des commutateurs pour l'excitation des trois enroulements du moteur à partir d'une source de courant continu.

Lorsque les commutateurs sont ouverts, le rotor peut occuper n'importe quelle position. Cependant, si l'on ferme le commutateur A, le champ magnétique produit par le pôle 1 attirera le rotor, de sorte qu'il s'alignera dans la position indiquée la Figure I.1. Si, en suite, on ouvre le commutateur A, tout en fermant le commutateur B, le rotor s'alignera avec le pôle 2. Le rotor tournera donc de 60° dans le sens antihoraire. Ensuite, en ouvrant le commutateur B tout en fermant le commutateur C, le rotor tournera d'un angle additionnel de 60° , pour s'aligner avec le pôle 3.

On peut ainsi faire tourner le rotor par incréments de 60° en fermant et en ouvrant les commutateurs dans la séquence A,B,C,A,B,C .Pour inverser le sens de rotation il suffit d'appliquer la séquence contraire, soit A,C,B,A,C,B,Pour maintenir le rotor à sa dernière position, on doit garder le dernier commutateur de la séquence en position fermée. Cela empêche le rotor de se déplacer sous l'influence d'un couple extérieur.

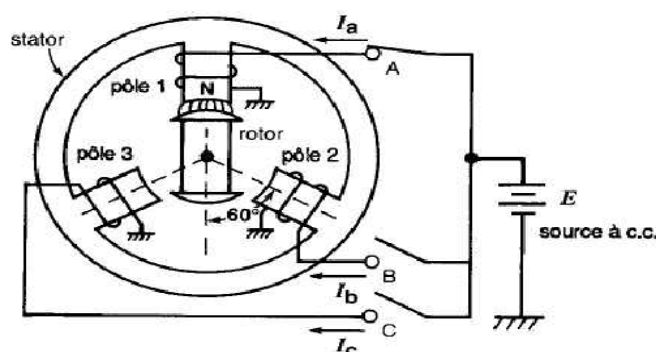


Figure I. 1: Exemple d'un moteur pas à pas simple [3]

Le nombre de pôles du stator d'un moteur pas à pas est toujours différent du nombre de pôles du rotor.

Cette particularité distingue les moteurs pas à pas de tous les autres types de moteurs. C'est précisément cette différence dans le nombre de pôles qui permet à ces moteurs d'avancer d'un pas à la fois.

I.1.3. Effet d'inertie

En se déplaçant du pôle 1 au pôle 2, le rotor oscille de part et d'autre de la position finale avant de s'immobiliser. La vitesse devient nulle chaque fois que le rotor passe par un maximum de dépassement. Comme indique la Figure I.2

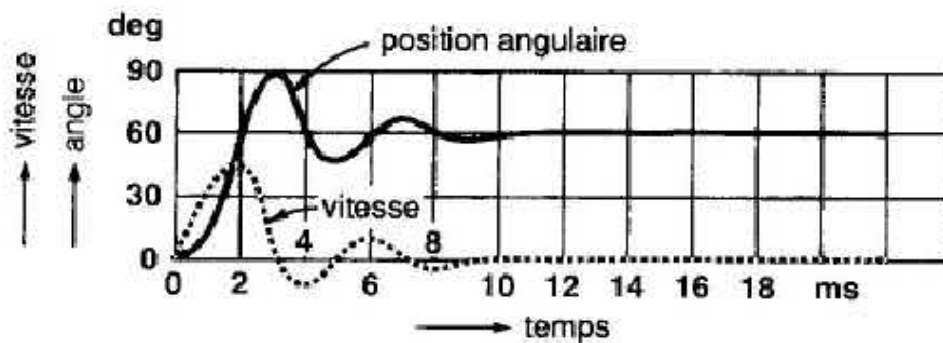


Figure I. 2 : Effet d'inertie [3]

I.1.4. Effet d'une charge mécanique

Lorsque le moteur entraîne une charge mécanique ou une grande inertie, donc la durée d'un pas augmentent Figure I.3 pour effectuer un pas rapide, qui se stabilise rapidement, on doit :

- (1) minimiser l'inertie totale du rotor et de sa charge.
- (2) amortir les oscillations au moyen d'un frein visqueux

On peut aussi réduire la durée d'un pas en augmentant le courant dans les enroulements. Toutefois, l'échauffement dû aux pertes Joule limite le courant admissible.

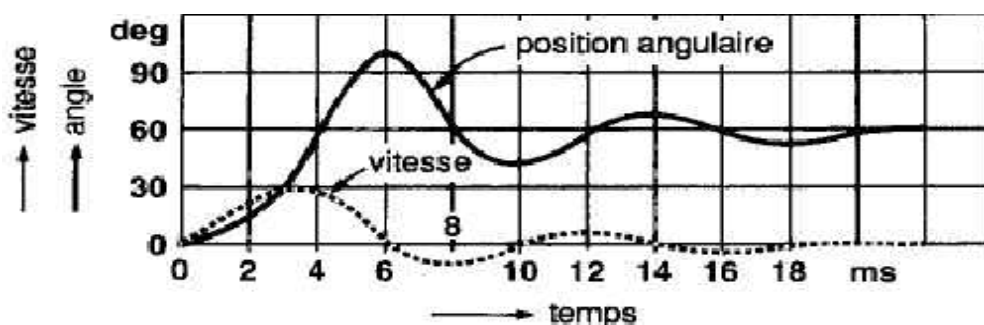


Figure I. 3: influence de la charge mécanique sur la durée d'un pas et sur la vitesse [3]:

I.1.5. Les différents types de moteurs pas à pas

Selon la nature du rotor, on distingue trois grandes familles de moteurs pas à pas (MPP) :

- ❖ MPP à réluctance variable (rotor passif) MRV
- ❖ MPP à aimant permanent (rotor actif) MP
- ❖ MPP hybride (rotor ferromagnétique polarisé) MH

Ils diffèrent en termes de construction basée sur l'utilisation des aimants permanents dans le rotor avec le stator en acier stratifiés.

I.1.5.1. Moteur pas à pas à réluctance variable

Dans ce moteur le rotor et de type saillant. si en alimente un enroulement statorique une attraction est provoquée par le chemin de flux magnétique produit autour de l'enroulement statorique activé et de la dent rotorique. Le stator engendre un couple telle que le rotor ce déplace jusqu'à en conformité avec les enroulements activés, réduisant au minimum le chemin de flux.

Le moteur à réluctance variable est caractérisé par de grands pas (généralement 15°). Cette caractéristique peut être un avantage quand la charge doit être déplacée à une distance considérable. Dans ce cas, il y a peu de pas angulaire pour atteindre cette distance. Ce qui permet d'augmenter la vitesse et de diminuer le temps nécessaire pour ce déplacement. Le moteur à réluctance variable est caractérisé aussi par une faible inertie mécanique du rotor. [4]

Pour ce type de moteur l'angle mécanique est :

$$\theta = 360 \frac{N_{ps} - N_{dr}}{N_{ps} * N_{dr}}$$

Telle que : N_{ps} : nombre de pole statorique.

N_{dr} : nombre de dent rotorique.

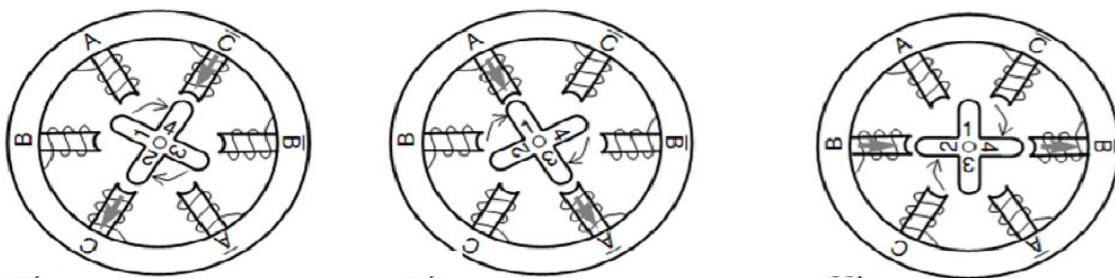


Figure I. 4 : MPP a réluctance variable

I.1.5.2. Moteur pas à pas à aimant permanent

Le fonctionnement de ce moteur est grâce à l'action entre champ électromagnétique due au stator et champ magnétique due au aimant permanent qui compose le rotor [5]

L'avantage plus importante a ce moteur est a l'absence du courant statorique cet aimant conserve ca dernière position, ce qui permet d'avoir un couple au repos appelé couple de détente. Le moteur pas à pas à aimant permanent est caractérisé aussi pas un faible nombre de pas par tour. [4]

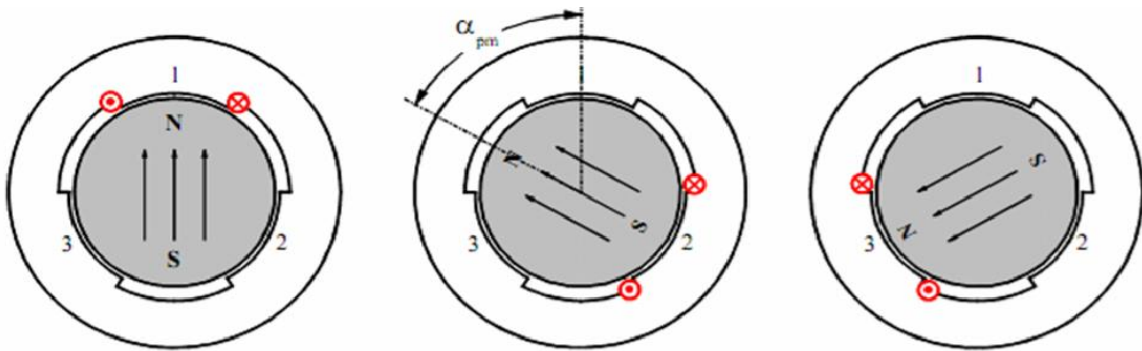


Figure I. 5 : MPP à aimant permanent

I.1.5.3. Moteur pas à pas hybride :

Le MPPH est constitué d'un stator et d'un rotor dentés (comme le moteur à réluctance variable) et d'un aimant permanent dans son rotor. La Figure I.6 et I.7 montrent la structure du MPPH.

Le rotor comporte deux structures (deux sections) dentées en matériau ferromagnétique la figure I.7 Ces deux structures sont régulièrement décalées entre elles d'un demi-pas dentaire.



Figure I. 6: rotor et stator d'un moteur pas a pas hybride [4]

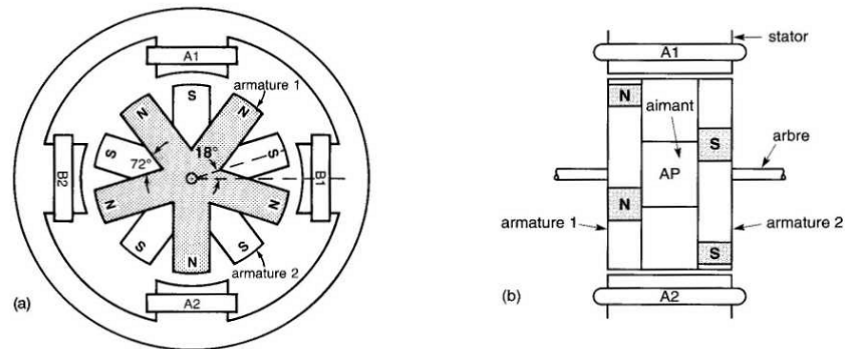


Figure I. 7 : Emplacement des aimants dans le rotor d'un MPP hybride [3]

Le couple est constitué par la variation des perméances mutuelles bobinages dents aimantées du rotor (couple électromagnétique) et par un couple réductant crée principalement par la variation de la perméance propre vu par les aimants (couple de détente) Les dents aimantées de chaque couronne rotorique sont perçues par le stator comme autant d'aimants permanents, l'interaction de ces aimants avec les courants statoriques engendre un couple électromagnétique identique à celui du moteur pas à pas à aimants permanents.[6]

Pour un moteur à 200 pas, le rotor composé d'un aimant permanent emboîté dans deux couronnes de 50 dents décalées d'une demi-dent .De profil, on a ainsi 100 dents alternativement pôle nord et pôle sud. [7].

Soit : $N_{dr} = 50$ paires de pôles

Le stator est constitué de 2 bobines (modèle bipolaire) montées en 8 électro-aimants soit $p = 4$ paires de pôles.

Le nombre de pas entier possible est de 50×4 soit 200 pas.

$$\theta = \frac{360}{P \times N_{dr}}$$

Donc le pas mécanique est : $\Theta = 1.8^\circ$

I.1.6. Comparaison entre les trois types de moteurs pas à pas

Le Tableau I.1 présente une étude comparative des trois types de moteurs en citant les avantages de l'un par rapport à l'autre [2]

<i>Types des moteurs pas à pas</i>	<i>Moteur à réluctance variable</i>	<i>Moteur à aimant permanent</i>	<i>Moteur hybride</i>
Résolution (N ^{bre} de pas par tour)	Bonne	moyenne	Elevée
Couple moteur	Faible	Elevé	Elevé
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	Quelque Watts	Quelques dizaines de Watts	Quelque KWatts

Tableau I. 1 : Comparaison entre les divers types des moteurs pas à pas

I.1.7. Caractéristiques des moteurs pas à pas

Le couple maximum de rotation avec lequel on peut solliciter l'arbre d'un moteur pas à pas excité statiquement sans qu'il ne se produise de modification de son angle de rotation

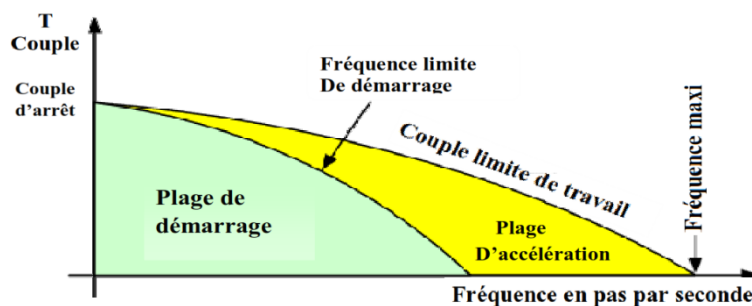


Figure I. 8 : Couple d'arrêt ou couple de maintien [7].

Plage de démarrage : Plage dans laquelle un moteur pas à pas peut être actionné en synchronisation avec la fréquence de travail sans rampe d'accélération ou de décélération.

Fréquence limite de démarrage : Fréquence maximale avec laquelle un moteur pas à pas ne peut démarrer à la charge indiquée, sans perdre de pas.

Plage d'accélération : Plage de travail dans laquelle un moteur pas à pas peut être actionné en synchronisation avec la fréquence de travail, sans qu'il ne se produise d'erreur de pas. Il faut cependant qu'il soit actionné avec une rampe d'accélération et de décélération.

Couple limite de travail : Le couple de rotation maximale avec lequel on peut solliciter un arbre de rotation avant qu'il ne sorte de la cadence.

Fréquence maximale des pas : La fréquence maximale admise avec laquelle un moteur pas à pas est actionné à vide sans perte de pas. Cependant, le moteur ne peut être démarré ou stoppé avec cette fréquence sans perte de pas.

I.2. Alimentation des moteurs pas à pas

Les enroulements du stator d'un moteur pas à pas selon le bobinage des enroulements statorique en obtient deux types d'alimentation : bipolaire(a) ou unipolaire(b) Figure I.9 De plus, chacun de ces types d'enroulement peut être alimenté par différents modes d'excitation [3]

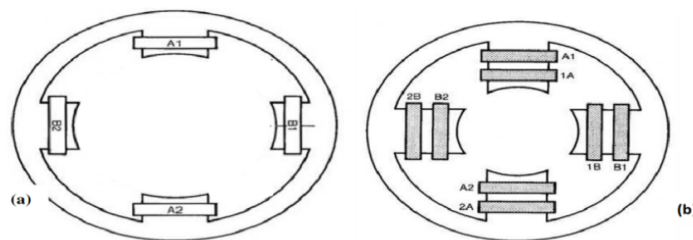


Figure I. 9: type d'alimentation du moteur pas à pas

I.2.1. Alimentation bipolaire

Dans un stator à 4 pôles, comprenant deux groupes de bobines A1, A2 et B1, B2 la Figure I.10. Le courant I_A circulant dans le groupe A change sa direction périodiquement, de même que le courant I_B circulant dans le groupe B. Une source à courant continu sert à alimenter les bobines.

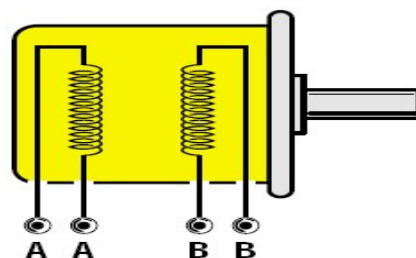


Figure I. 10: Moteur pas a pas bipolaire

I.2.2. Alimentation unipolaire

Dans un stator à 4 pôles, comprenant deux groupes de bobines A1, A2 et B1, B2 la Figure I.11. Le courant I_{A1} circulant dans le groupe A1 à une seule direction, de même que le courant I_{A2} , I_{B1} , I_{B2} circulant dans le groupe A2, B1, B2. Une source à courant continu sert à alimenter les bobines.

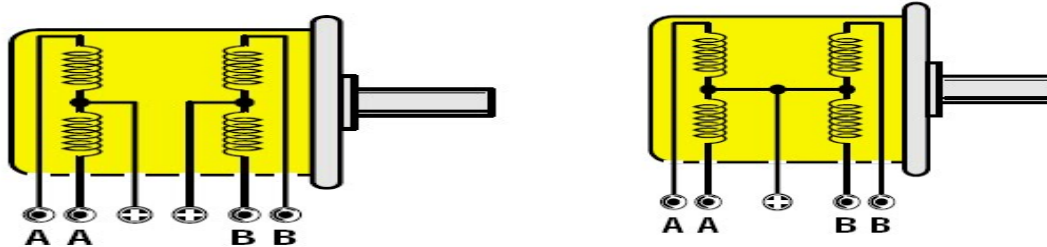


Figure I. 11 : alimentation unipolaire des moteurs pas a pas

Comment l'indique la Figure I.11 on a deux configurations des moteurs unipolaires (5 fils ou 6 fils). Une file commune entre chaque deux bobine dans le cas à 6 fils, et une seul file dans le cas d'un moteur à 5 fils.

I.3. Commande de moteurs pas à pas

La commande des moteurs pas à pas diffère selon le type d'alimentation "bipolaire et unipolaire". Nous avons présenté ci-dessous le cas de commande de chaque moteur.

I.3.1. Commande d'un moteur bipolaire [3]

I.3.1.1. Excitation à pas entier

A cette commande en a deux modes d'alimentation des bobines :

I.3.1.1.1. une seule phase excitée « monophasée »

A ce type de commande Une seule phase est alimentée à la fois. Elle est coupée lorsque la suivante est alimentée à son tour.

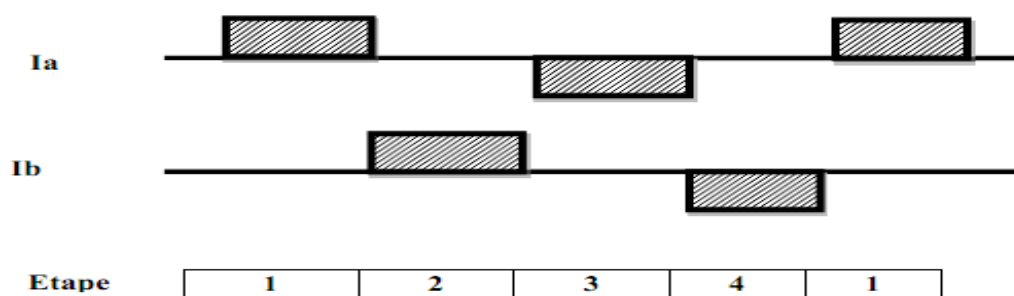


Figure I. 12: Impulsions de courant, excitation monophasée

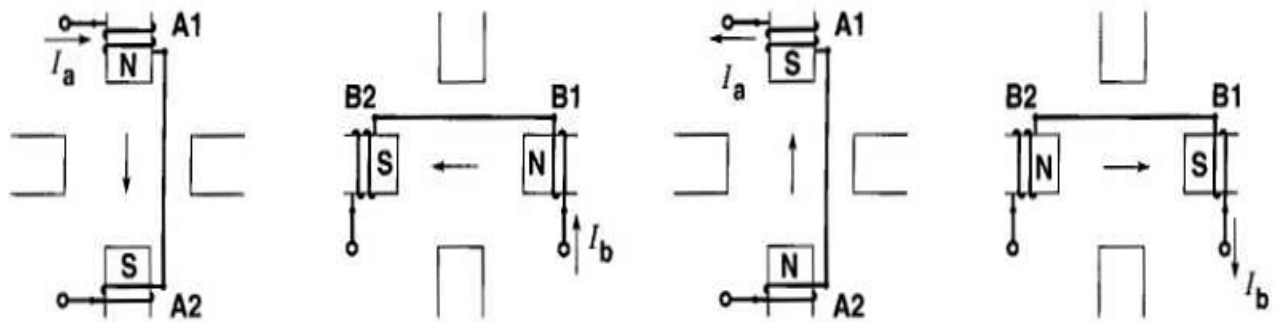


Figure I. 13 : mode monophasé

I.3.1.1.2. deux phases excitées « biphassé »:

Ce type d'excitation permet d'alimentées deux phases en même temps ce qui crée un vecteur flux puissant entre les deux phases considérées.

L'avantages le plus courant a ce commande est le couple est meilleur et les oscillations moindres que la commande monophasée.

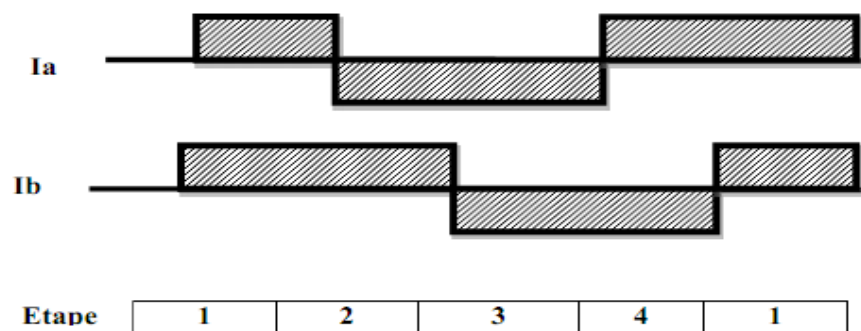


Figure I. 14: Impulsions des courants, excitation biphassée

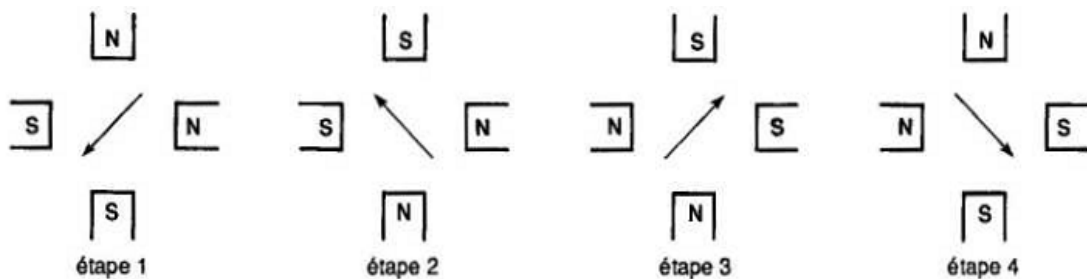


Figure I. 15: Mode biphassé

I.3.1.2. excitation à demi-pas

La conjonction des deux modes précédents, on alimente alternativement 1 phase puis 2, ce qui permet de diminuer le pas d'angle de moitié donc de multiplier par deux le nombre de pas par révolution.

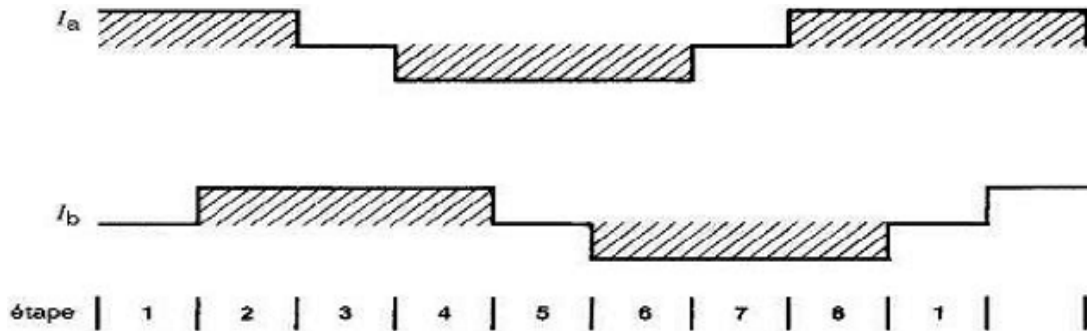


Figure I. 16: Impulsions des courants, excitation demi-pas

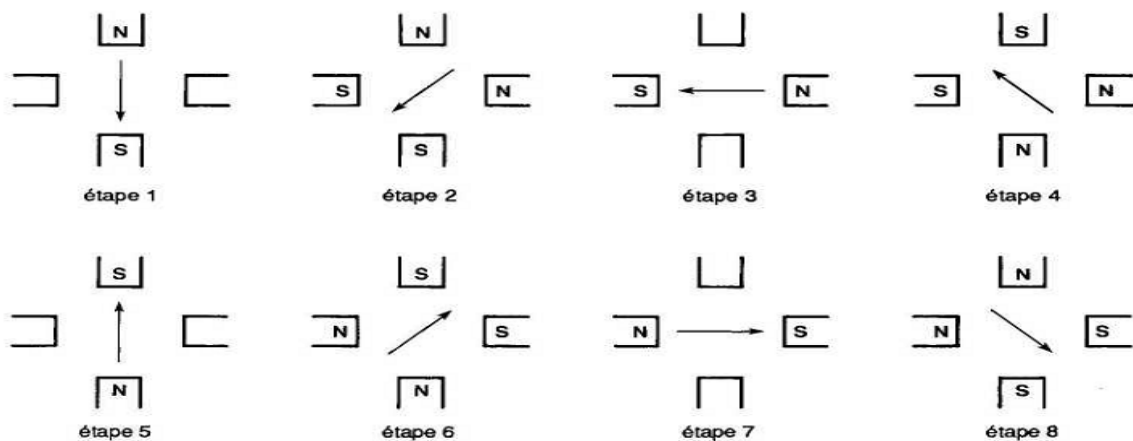


Figure I. 17: excitation en demi-pas

I.3.1.3. excitation en micros pas

Pour améliorer substantiellement la résolution angulaire d'un moteur pas à pas par action sur la commande, la technique de pilotage en micropas, par variation de l'amplitude des courants, peut être appliquée [5].

Cette commande subdivise un pas à plusieurs petits pas. Elle est employée dans des applications de positionnement précis. Consiste à multiplier les positions intermédiaires en réglant le courant d'alimentation de chaque phase [4]

Pour ce fonctionnement, le circuit de puissance génère des courants variables dans les bobines durant chaque séquence. Le champ résultant est la composition des champs créés par les 2 bobines.

En faisant varier par échelon Figure I.18 le courant dans les bobines, on crée un champ résultant qui semble glisser d'un pas à un autre.

Les courants dans les 2 bobines ressemblent à 2 courants alternatifs décalés de 90°.

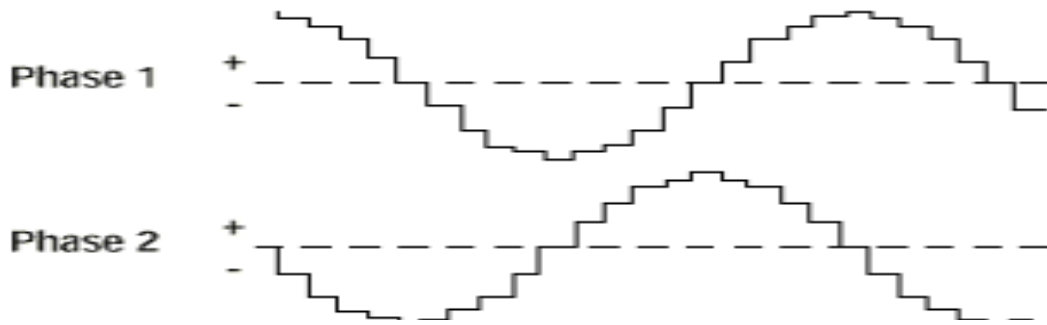


Figure I. 18 : courants pour les phases pour la commande micro pas

I.3.2. Commande d'un moteur unipolaire

I.3.2.1. excitation à pas entier

I.3.2.1.1. une seule phase excitée « monophasée »

A ce type de commande une seule phase est alimentée à la fois. Elle est coupée lorsque la suivante est alimentée à son tour.

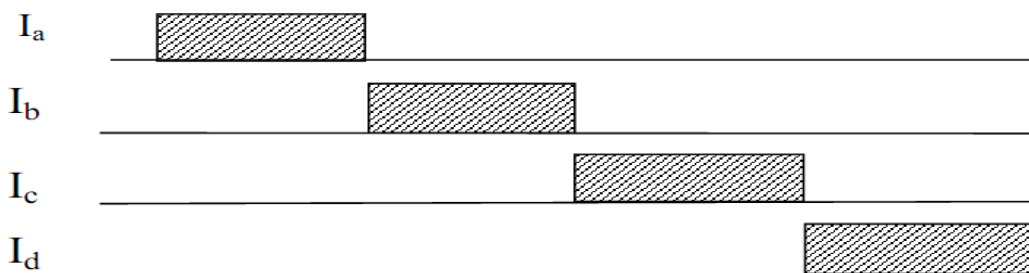


Figure I. 19: Impulsions de courant, excitation monophasée

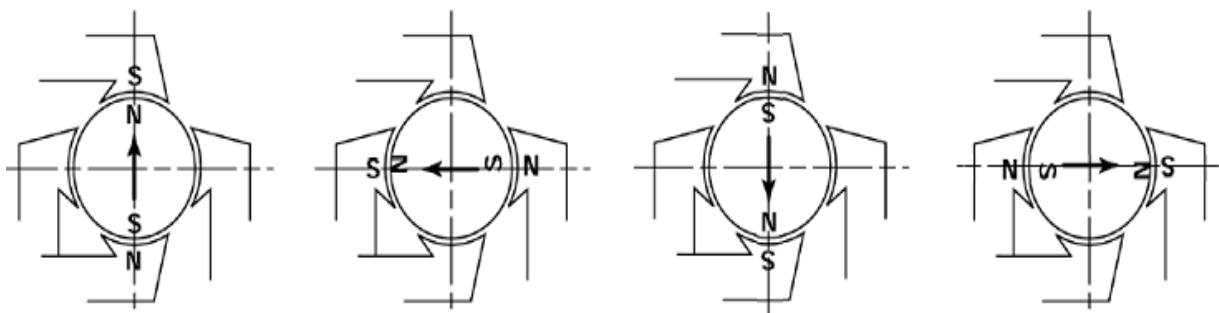


Figure I. 20 : mode monophasé

I.3.2.1.2. deux phases excitées « biphassé »

Deux phases sont alimentées en même temps ce qui crée un vecteur flux puissant entre les deux phases considérées.

L'avantages le plus courant a ce commande est le couple est meilleur et les oscillations moindres que la commande monophasée.

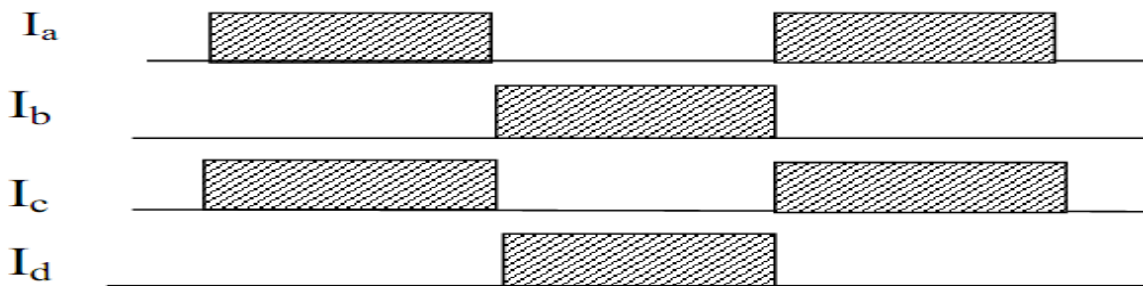


Figure I. 21: Impulsions des courants, excitation biphassé

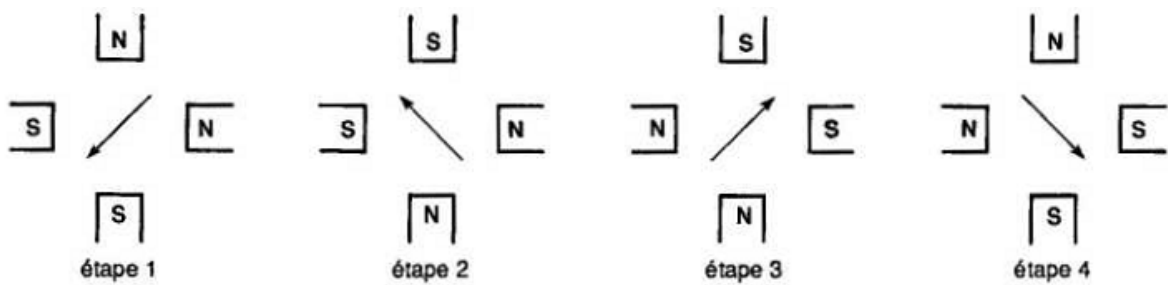


Figure I. 22: Mode biphassé

I.3.2.2. excitation à demi-pas

La conjonction des deux modes précédents, on alimente alternativement 1 phase puis 2, ce qui permet de diminuer le pas d'angle de moitié donc de multiplier par deux le nombre de pas par révolution.

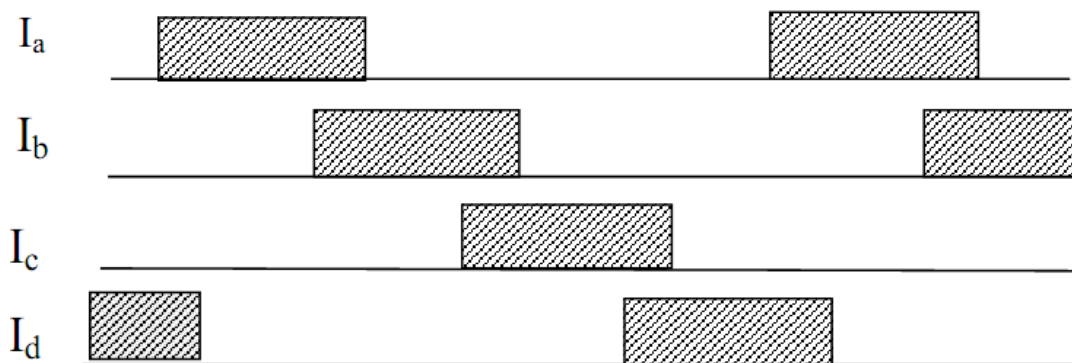


Figure I. 23: Impulsions des courants, excitation demi-pas

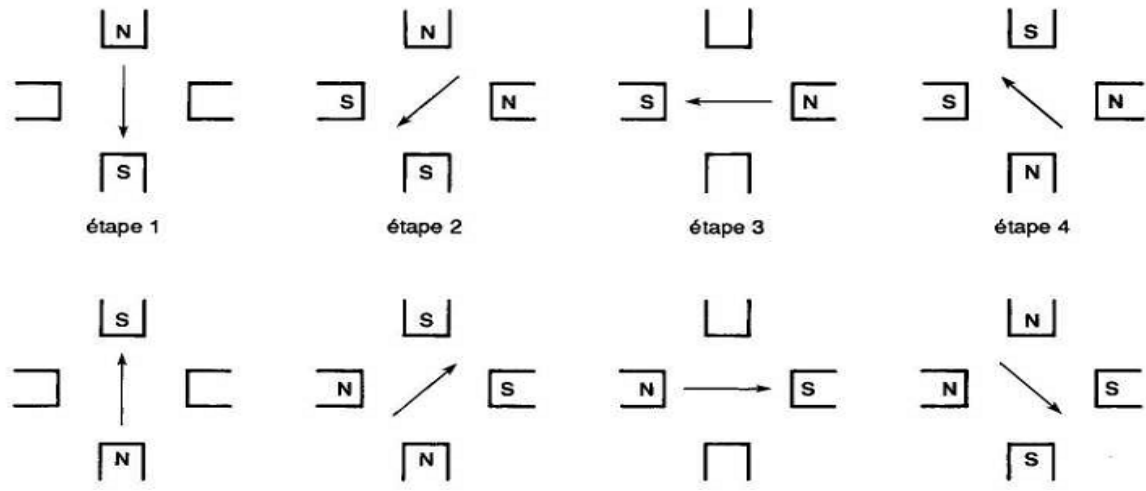


Figure I. 24: excitation en demi-pas

I.3.2.3. excitation en micropas

Le principe de La commande micro pas est le même que dans les moteurs bipolaire qui basé sur le courant dans les enroulements du moteur, mais a ce derniers le courant ce change dans un ‘seule sens la Figure I.25 indique la variation des courants dans l’enroulement statorique d’un moteur unipolaire à 3 micropas.

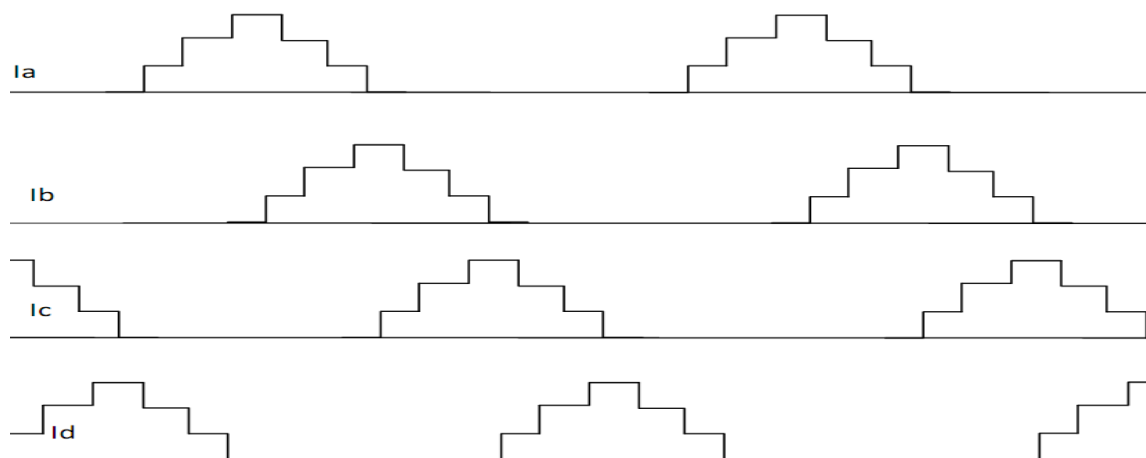


Figure I. 25 : courants pour les phases pour la commande micro pas

I.4.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents types de moteurs pas à pas, nous avons vu qu’il existe trois catégories distinctes, à reluctance variable, à aimants permanents ou hybride. En fonction de leur alimentation nous pouvons aussi classer les moteurs pas à pas en de familles unipolaire ou

bipolaire. En ce qui concerne leur commande nous avons vu qu'il est possible de faire soit du pas entier ou du demi pas ou bien encore la commande en micro pas.

Dans le chapitre suivant nous allons voir les microcontrôleurs PIC, qui sont très réputés dans la commande des moteurs pas à pas.

Chapitre II : Microcontrôleur pic et leur programmation

II.1.Introduction :

Un microcontrôleur est une unité de traitement et d'exécution de l'information à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout des composants externes. Un microcontrôleur peut donc fonctionner de façon autonome après programmation.

Il existe de nombreux types de microcontrôleurs, dans le cadre de ce projet et pour des raisons d'accessibilités technologiques et économiques nous avons choisi d'utiliser la famille des PIC mise au point par la société Microchip Technologie.

Les PIC 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.

Puisqu'il peut être programmé et reprogrammé, un même microcontrôleur peut être utilisé dans de multitudes applications. On les trouve dans les magnétoscopes, les télécommandes, les voitures ou encoures dans les distributeurs automatiques. [8]

II.2. Atouts des Microcontrôleurs de façon générale

Un Pic est un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des circuits internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. Les Pics sont des composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore (composant à jeu d'instructions réduit). [7]

Les microcontrôleurs présentent les avantages suivants :

- Simplification du tracé du circuit imprimé du à l'intégration de plusieurs périphériques (ROM, RAM, convertisseurs et PORTS E/S)
- L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre de composants diminue, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimés diminue.

II.3.Structure interne d'un microcontrôleur

Les PIC, au même titre que les microprocesseurs, sont composés essentiellement de registres ayant chacun une fonction bien définie en plus ils possèdent également des périphériques intégrés, tels qu'une mémoire de type ROM et/ou RAM, des Timers, des ports d'entrées/ sorties ou bien encore des convertisseurs analogique/numérique.

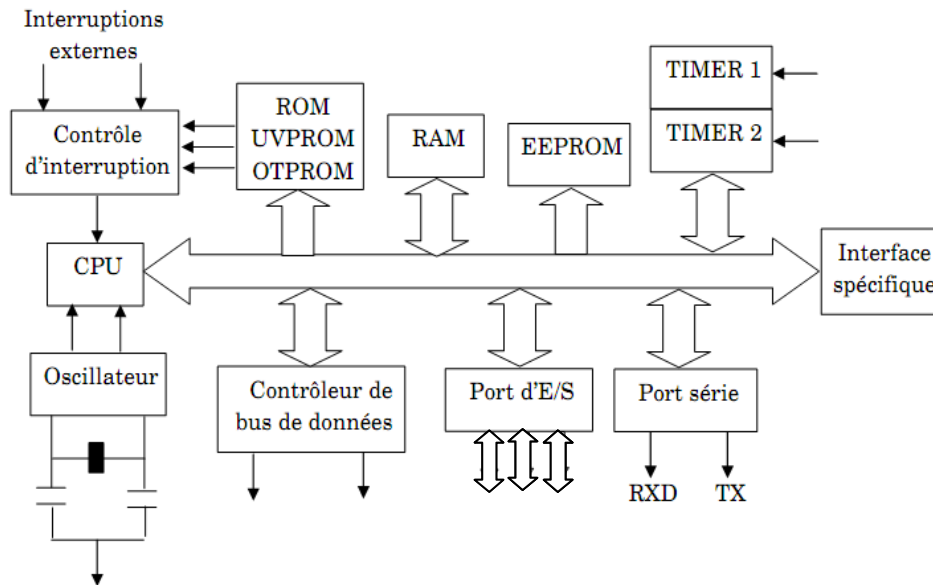


Figure II. 1: structure interne d'un microcontrôleur PIC

II.4. Différentes familles des Pics

La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles [7]:

- La famille Base-Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- la famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie les 16F84 et 16F877A).
- la famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits.

Pour identifier un PIC, nous utiliserons simplement son numéro. Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, 16 indique un PIC Mid-Range. Vient ensuite parfois une lettre

L : Celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante. Ensuite, nous trouverons :

C : indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM

CR : pour indiquer une mémoire de type ROM

F : pour indiquer une mémoire de type FLASH.

Puis nous constaterons que les derniers chiffres identifient précisément le PIC. (84) Finalement nous verrons sur les boîtiers le suffixe « -XX » dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir. Par exemple -04 pour un 4MHz.

Donc, un **16F84-04** est un PIC Mid-Range (**16**) dont la mémoire programme est de type FLASH (**F**) donc réinscriptible de type **84** et capable d'accepter une fréquence d'horloge de **4MHz**.

II.5.Critères de choix d'un microcontrôleur

Pour choisir un microcontrôleur on se base sur les paramètres suivants :

- Le nombre de brochage d'un microcontrôleur.
- La taille de la RAM interne
- La mémoire EEPROM intégrée.
- Le type de mémoire programme : FLASH, EPROM ou OTP et la taille de celle-ci.
- Les Timers intégrés.
- Les convertisseurs analogique/numérique intégrés.
- Le prix.

Le Tableau II.1 représente 3 types de PIC et leurs propriétés :

	16F877A	18F4455	18F4685
Mémoire de programme	8192 mots	12288 mots	49152 mots
Mémoire RAM	368 octets	2048 octets	3328 octets
Mémoire EEPROM	256 octets	256 octets	1024 octets
Broches E/S	33	35	36
Entrées analogiques	8	13	11
RS 232	OUI	OUI	OUI
USB	NON	OUI	NON
MLI(PWM)	OUI	OUI	OUI
Bus CAN	NON	NON	OUI
Vitesse de traitement	5 MIPS	12MIPS	10MIPS
Prix	500DA	4000DA	6500DA

Tableau II. 1 : spécifications des trois exemples des microcontrôleurs [8]

Dans notre cas on s'intéresse à la commande des moteurs pas à pas en boucle ouverte, nous avons trouvé qu'il est très intéressant et aisé d'utiliser les microcontrôleurs pic. Pour des raisons économiques et techniques notre choix s'est porté sur le microcontrôleur PIC16F877.

II.6.PIC 16F877

Le Pic 16F877 est un circuit intégré contenu dans un boîtier nommé « DIL 40 », il présente 40 broches, 20 de chaque côté la figure II .2 Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40.

La 1ere broche est placée dans le coin situé à gauche de l'encoche de repérage.

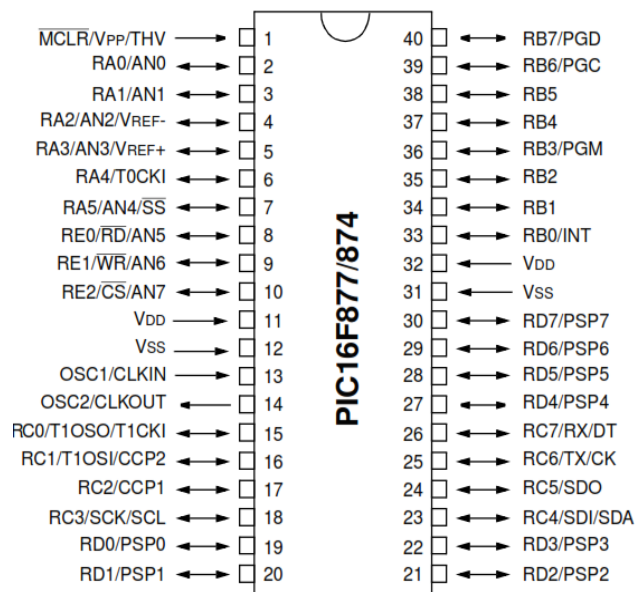


Figure II. 2: disposition des broches des 16F877

Le boîtier du Pic 16F877 comprend 40 pins :

- 33 pins d'entrées/sorties,
- 4 pins pour l'alimentation : Les broches VDD (broches 11 et 32) et VSS (broches 12 et 31) servent à alimenter le Pic. La présence de ces 2 pins s'explique pour une raison de dissipation thermique car les courants véhiculés dans le PIC sont loin d'être négligeables du fait des nombreuses entrées/sorties disponibles.
- 2 pins pour l'oscillateur : Les broches OSC1 (CLKIN) et OSC2 (CLOUT) permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du Pic qui peut être un quartz, un résonateur céramique, un oscillateur externe ou un réseau RC dont le rôle est de créer des impulsions de fréquences élevées.
- 1pin pour le reset (MCLR) : cette broche sert à initialiser le Pic en cas de la mise sous tension, de remise à zéro externe, de chien de garde et en cas de la baisse de tension d'alimentation.

II.6.1. Principales caractéristiques du Pic 16F877

Le Pic 16F877 est caractérisé par :

- Une fréquence de fonctionnement élevée, jusqu'à 20 MHz.
- Une mémoire vive de 368 octets.
- Une mémoire EEPROM pour sauver des paramètres de 256 octets.
- Une mémoire morte de type FLASH de 8 Kmots (1mot = 14 bits), elle est réinscriptible à volonté.
- Chien de garde WDT.
- 33 Entrées et sorties : Chaque sortie peut sortir un courant maximum de 25 Ma.
- 3 Temporisateurs :- TIMER0 (8 bits avec prédiviseur). TIMER1 (16 bits avec prédiviseur avec possibilité d'utiliser une externe réseau RC ou QUARTZ). TIMER2 (8 bits avec prédiviseur et postdiviseur).

- 2 entrées de captures et de comparaison avec PWM (Modulation de Largeur d'impulsions).
- Convertisseur Analogique Numérique 10 bits avec 8 entrées multiplexées maximum.
- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI).
- Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2 C).
- Une tension d'alimentation entre 2 et 5.5 V.

II.6.2. Architecture interne du Pic 16F877

Le Pic 16F877 et d'architecture de type Harvard, les données sont placées dans une mémoire de type RAM de 368 octets. La mémoire programme est constituée de mot de 14 octets, et de type FLASH (non volatile).

II.6.3. L'unité Arithmétique et Logique (ALU)

L'ALU est une Unité Arithmétique et logique de 8 bits qui réalise les opérations arithmétiques et logique de base. L'ALU travail avec l'accumulateur W qui est un registre de travail à 8 bits, toutes les opérations à deux opérands passent par lui. On peut avoir:

- Une instruction sur un seul opérande qui est en général un registre situé dans la RAM.
- Une instruction sur 2 opérands. Dans ce cas, l'un des deux opérands est toujours l'accumulateur W, l'autre peut être soit un registre soit une constante.

Pour les instructions dont un des opérands est un registre, le résultat peut être récupéré soit dans l'accumulateur, soit dans le registre lui-même.

La figure suivante présente l'architecture interne du Pic 16F877 :

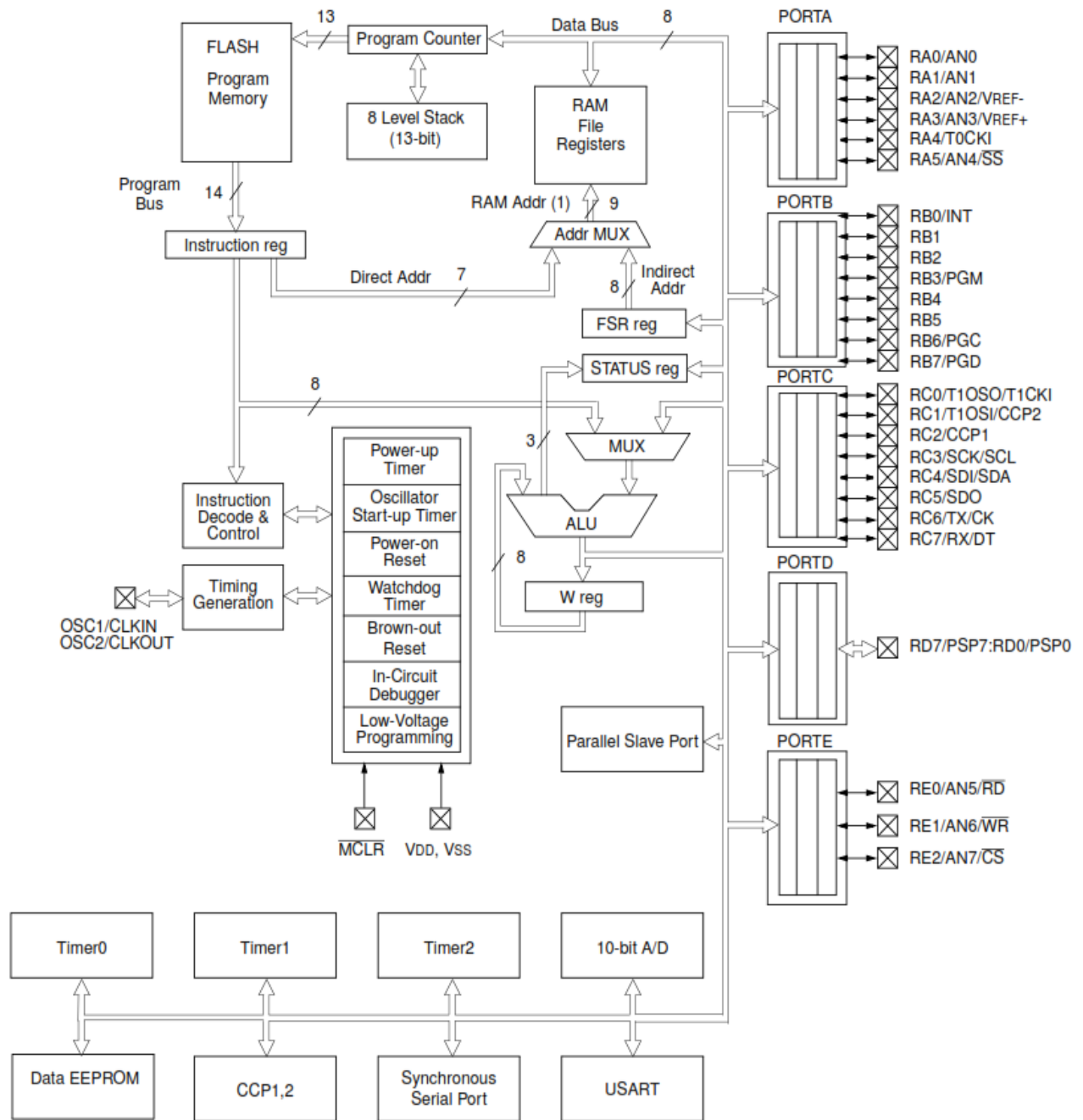


Figure II. 3 : architecture interne du Pic16F877 [13]

II.6.4.L'horloge

L'horloge peut être soit interne soit externe. L'horloge interne est constituée d'un oscillateur à quartz ou d'un oscillateur RC. Avec l'oscillateur à quartz, on peut avoir des fréquences allant jusqu'à 20 MHz.

Le filtre passe bas (R_s, C_1) limite les harmoniques dus à l'écrêtage et réduit l'amplitude de l'oscillation. Avec un oscillateur RC, la fréquence de l'oscillation est fixée par V_{dd} , R_{ext} et C_{ext} . Elle peut varier légèrement d'un circuit à l'autre.

II.6.5. Différente Mémoires du PIC 16F877

Le PIC 16F877 contient trois types de mémoires :

II.6.5.1. Mémoire vive RAM

Cette mémoire contient les registres de configuration du Pic ainsi que les différents registres de données. Elle contient également les variables utilisées par le programme.

Cette mémoire RAM disponible sur le 16F877 est de 368 octets, elle est répartie de la manière suivante:

80 octets en banque 0, adresses 0x20 à 0x6F

80 octets en banque 1, adresses 0xA0 à 0xEF

96 octets en banque 2, adresses 0x110 à 0x16F

96 octets en banque 3, adresses 0x190 à 0x1EF

16 octets communs aux 4 banques, soit 0x70 à 0x7F; 0xF0 à 0xFF; 0x170 à 0x17F; 0x1F0 à 0x1FF

II.6.5.2. Mémoire morte FLASH

C'est dans celle-ci qu'est stocké le programme du Pic. Après compilation du fichier source, le compilateur génère un fichier « .hex », Celui-ci est transféré ensuite dans la mémoire programme du PIC à l'aide du programmeur. La capacité de cette mémoire est de 8K mots.

Cette mémoire n'est pas reliée au bus de données (DATA Bus), elle sert à stocker le programme du Pic, mais pas les variables du programme. L'avantage de cette mémoire c'est qu'on peut l'effacer et la réécrire facilement.

II.6.6. Les Ports d'entrées/sorties

Le PIC 16F877 dispose de 5 PORTS (A, B, C, D et E). Tous les ports d'entrées sorties sont bidirectionnels. La plupart des lignes ont une double fonction.

- Port A : 6 pins I/O numérotées de RA0 à RA5
- Port B : 8 pins I/O numérotées de RB0 à RB7
- Port C : 8 pins I/O numérotées de RC0 à RC7
- Port D : 8 pins I/O numérotées de RD0 à RD7
- Port E : 3 pins I/O numérotées de RE0 à RE2

Le Port A :

Le port A est formé de six pins numérotées de RA0 à RA5 qui peuvent être utilisées comme des entrées pour le Convertisseur Analogique/ Numérique ou utilisé pour le TIMER 0, dans ce dernier cas le pin RA4 sera utilisé comme entrée pour configurer TOCKI est de type drain ouvert. On peut utiliser ce port, soit pour la conversion analogique /numérique, soit en mode (I/O).

Le Port B :

Le PORTB est configuré en entrée si le registre TRISB est mis à 1 et lorsque ce dernier est mis 0 le PORTB est en sortie. En mode entrée chaque broche du PORTB doit être maintenue à un niveau haut par l'intermédiaire de résistances de 10 k pour ne pas déclencher d'interruptions imprévues qui peut être activé ou désactivé par la mise à 1 ou a 0 du 7ème bit du registre OPTION.

Au reset, le tirage est désactivé. Il est inactif quand le port est configuré en sortie.

En entrée, les broches RB4 à RB7 peuvent déclencher l'interruption.

Le Port C :

Il s'agit d'un PORT de 8 bits bidirectionnels de RC0 à RC7. Il est partagé avec le module de transmission synchrone I2C et l'USART. La configuration de direction se fait à l'aide du registre TRISC. Les pins en entrée sont configurées en Trigger de Schmitt, pour éviter les incertitudes de niveau entre (0V et +5V), en général pour les signaux qui varient lentement d'un niveau à l'autre.

Le Port D :

Ce port est configuré par le registre TRISD, les 8 pins I/O, en mode entrée, sont de type Trigger de Schmitt. Son fonctionnement dépend de la valeur placée dans TRISE, qui concerne, a première vue, le port E. Mais au moment de mise sous tension, la valeur placée dans TRISE configure le PORTD en port I/O de type général. Ce port est très utilisé en mode parallèle esclave (slave).

Le Port E :

Le port E possède trois pins, RE0 à RE2 du type « trigger de Schmitt, il est utilisé comme entrées au Convertisseur Analogique Numérique ou pour contrôler le port D.

Le registre ADCON1 détermine si ce port sera utilisé comme port I/O ou comme port analogique.

II.7.Afficheur LCD

Souvent dans les montages électroniques, il y a besoin de renseigner quelques grandeurs dans le montage. Parmi les outils de communication utilisés, on peut citer l'afficheur LCD.

Les afficheurs à cristaux liquides, appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA).

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



Figure II. 4 : vue real d'un afficheur LCD a 32 caractères [15]

II.8. Programmation des microcontrôleurs

Les PIC disposent de plusieurs technologies de mémoire de programme : flash, ROM, EPROM, EEPROM, UVPRM. Certains PIC18 permettent l'accès externe à la FLASH et à la RAM.

La programmation du PIC peut se faire de différentes façons :

- ❖ par l'intermédiaire d'un programmeur dédié (par exemple : PICSTART Plus ou PM3 pour la production de la société Microchip) ;
- ❖ par programmation in-situ en utilisant l'interface de programmation / debug universel ICSP de Microchip. Il suffit alors d'ajouter simplement un connecteur ICSP au microcontrôleur sur la carte fille pour permettre sa programmation une fois soudé ou sur son support (sans avoir besoin de le retirer). Il existe pour cela plusieurs solutions libres (logiciel + interface à faire soi-même) ou commerciales (par exemple : PICkit 3 ou ICD3 de Microchip).

Débogage

Plusieurs solutions existent pour déboguer un programme écrit pour un microcontrôleur PIC :

- ❖ Simulateur ;
- ❖ émulateur ;
- ❖ débogueur in-situ.

II.9. Logiciel de programmation [9]

Le microcontrôleur permet d'exécuter des tâches prédéfinies par un programmeur. Ces tâches se présentent sous forme d'algorithmes traduits en un programme assembleur. Il est possible de programmer le PIC par un langage courant, comme le langage C qui est ensuite traduit en assembleur par le biais de logiciels spéciaux.

Il existe plusieurs langages et plusieurs logiciels pour l'écriture des programmes comme le langage assembleur, langage JAL et langage C.

Une fois le programme en assembleur réalisé, il est transmis au microcontrôleur par le biais d'une interface appelée programmeur.

Nous allons utiliser dans ce cadre de mémoire la programmation avec le langage C à l'aide de compilateurs C proposés par la firme américaine CCS "www.ccsinfo.com". Commercialise en fait cinq versions différentes d'un même compilateur qui présentent les principales caractéristiques suivantes :

- Bibliothèques de fonctions compatibles de tous les PIC supportés pour ce qui est des interfaces RS 232, I2C, des entrées/sorties parallèles et de la gestion précise des délais.
- Intégration avec l'environnement de développement MPLAB permettant d'utiliser le simulateur contenu dans ce dernier pour la mise au point des programmes écrits en C.
- Gestion optimisée des appels de fonctions autorisant des imbrications plus importantes que ce que permet théoriquement la taille de la pile des PIC.
- Accès à toutes les ressources matérielles internes des PIC au moyen de fonctions en C (très simples d'emploi).
- support des types entiers sur 1, 8, 16 et 32 bits et des types flottants sur 32 bits.
- Support de l'insertion de code assembleur en n'importe quel point du listing source en C. Ce code assembleur peut en outre faire appel aux variables déclarées dans le programme en C.
- les constantes utilisées par le programme sont sauvegardées dans la mémoire de programme.
- l'éditeur de liens détermine automatiquement ou manuellement si un bloc de code répétitif doit être appelé comme une fonction ou doit être répété autant de fois que nécessaire, selon que l'on souhaite privilégier la vitesse d'exécution ou la compacité du code.
- le type standard un bit évoqué ci-dessus permet de générer du code très efficace pour toutes les opérations de manipulation de bits, très fréquentes dans les applications à base de microcontrôleurs.
- les codes sources des pilotes de très nombreux circuits externes standards sont fournis et sont prêts à être intégrés dans vos applications, par exemple : interface pour claviers en matrice, EEPROM série, capteurs de température, potentiomètres numériques, etc.
- support complet des interruptions assurant la détection de la source et la gestion intégrale des bits d'indications d'état et de validation les concernant possibilité d'impression, sur le listing

source, du code assembleur généré par la compilation du programme fenêtres de visualisation de la cartographie mémoire utilisée, des arbres d'appels de fonctions et des statistiques d'utilisation de la mémoire du microcontrôleur choisi.

La Figure II.5 ci dessous représente l'interface de l'éditeur compiler C

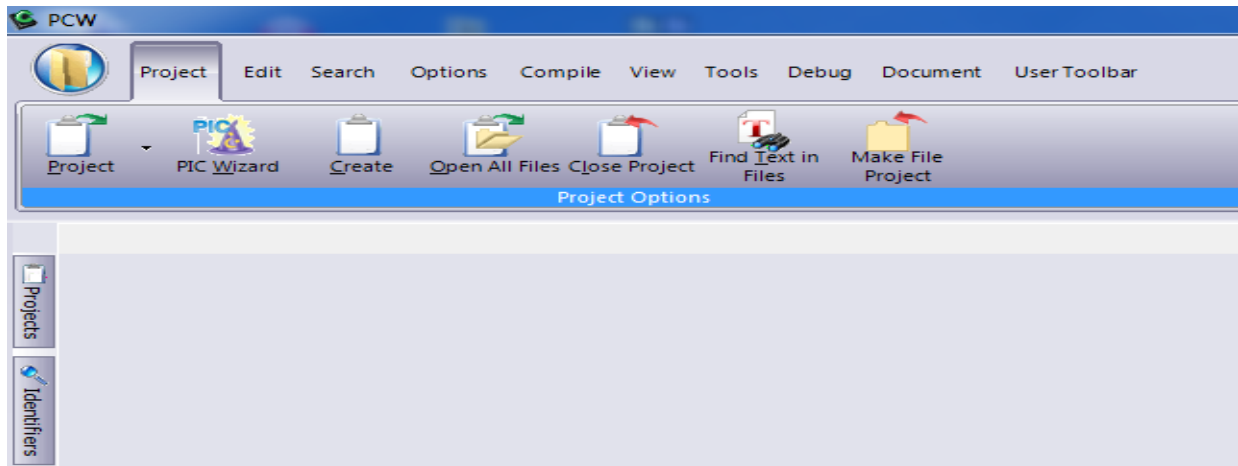


Figure II. 5 : interface de l'éditeur compiler C

II.10. Simulateur pour le débogage du PIC

Généralement, lors de la conception des circuits électroniques pour des applications données, il est nécessaire et utile de vérifier leur bon fonctionnement avant sa mise en œuvre.

Plusieurs logiciels permettent la simulation et la conception des circuits électroniques, ISIS-PROTEUS, PSPICE, Workbench . Nous avons choisi de travailler avec ISIS PROTEUS.

Pour la saisie de schéma, on utilise le logiciel ISIS Figure II.6 .

L'écran se compose de plusieurs parties:

- la zone de travail, dans laquelle sera disposé le schéma.
- la zone de contrôle qui permet de se déplacer d'un endroit à un autre de la zone de travail.
- le clavier.
- la liste des composants sélectionnés pour réaliser le schéma

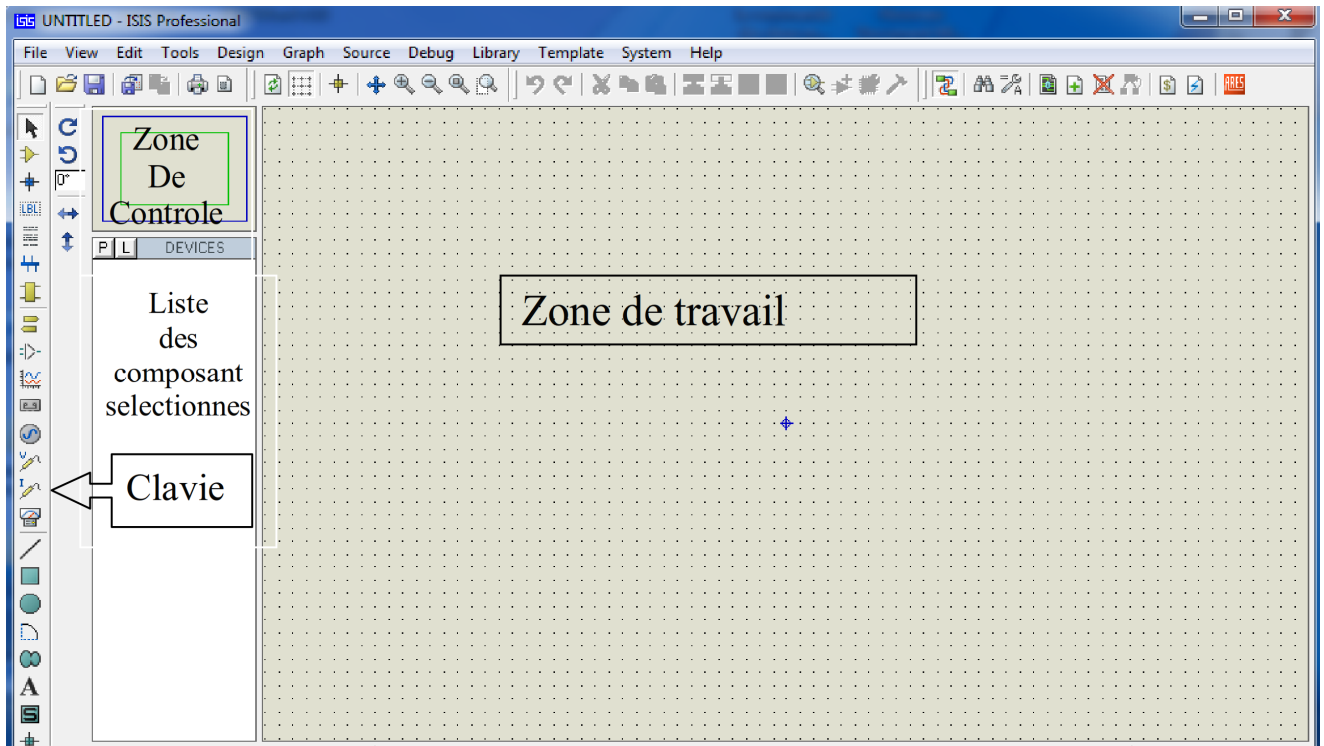


Figure II. 6 : Interface d'ISIS

II.11.Exemple illustratif des étapes de simulation d'un PIC

Dans cette exemple nous allons fais la simulation pour l'allumage des LED comme la configuration suivant :

LED1

LED1+LED2

LED1+LED2+LED3

LED1+LED2+LED3+LED4;

Le temps d'allumage de chaque groupe est 300ms.

Pour faire la simulation nous avons suivi les étapes ci-dessous :

- La première étape est le choix des composants à partir de la bibliothèque de l'isis.

Les composant que nous avons choisi est :

4LED –GREEN ; PIC16F877A ; 4résistance 330Ω

- La deuxième étape est le raccordement des composants comme indique la figure ci- dessous

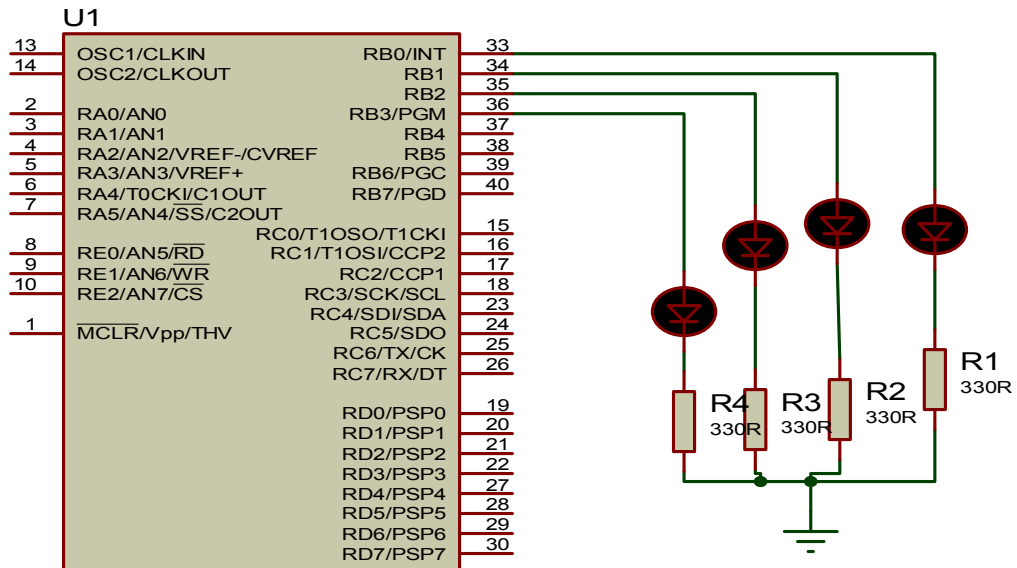


Figure II. 7 : exemple pour l'utilisation du logiciel isis

➤ la troisième étape est l'écriture du programme avec le compiler C :

-après l'ouverture de l'interface du compiler C en ouvrant un nouvel projet sous le nom exemple 1 dans le bureau avec le clic sur l'icône PIC Wizard

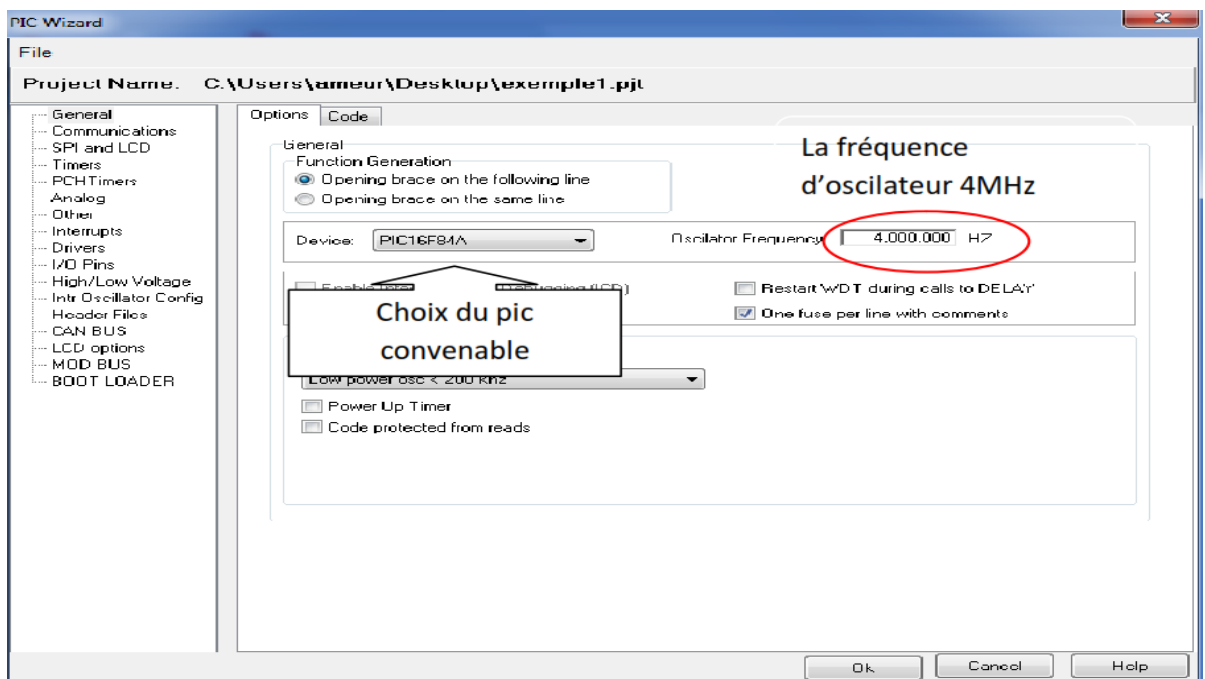


Figure II. 8 : la fenêtre pour le choix du PIC et la fréquence de l'oscillateur

➤ écrire le programme sur le fichier « exemple1.c » qui fait la configuration des broches du PIC comme suivant :

```

#include "C:\Users\ameur\Desktop\exemple1.h"
void main()      //programme principale
{while(1){      //boucle d'allumage sans fin
output_a(0b0000); //tout les sortie de la port A =0
delay_ms(3000); //le temps d'excitation de la line précédent
output_a(0b0001); //la sortie A1 seulement =1
delay_ms(3000);
output_a(0b0011); // la sortie A1 et A2 =1
delay_ms(3000);
output_a(0b0111); // la sortie A1,A2 et A3 =1
delay_ms(3000);
output_a(0b1111); // tout les sortie =1
delay_ms(3000);
} //fin du boucle
} //fin du programme principale

```

La Figure II.9 représente le programme qui fait l'allumage des LED de l'exemple 1

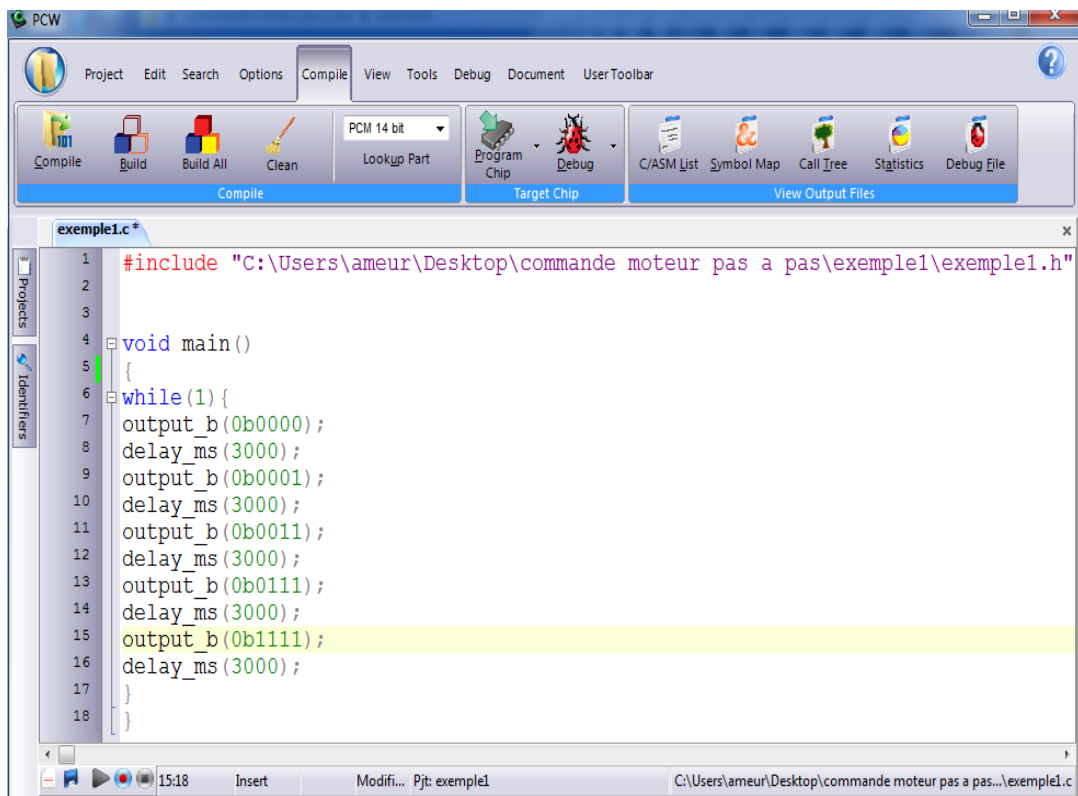


Figure II. 9: interface du compiler C avec le programme de l'exemple 1

- la dernière étape est l'exécution du programme pour obtenir le fichier « exemple1.hex ». ensuite en fait l'appel de ce fichier a partir du pic est en fait la simulation comme présentera la figure

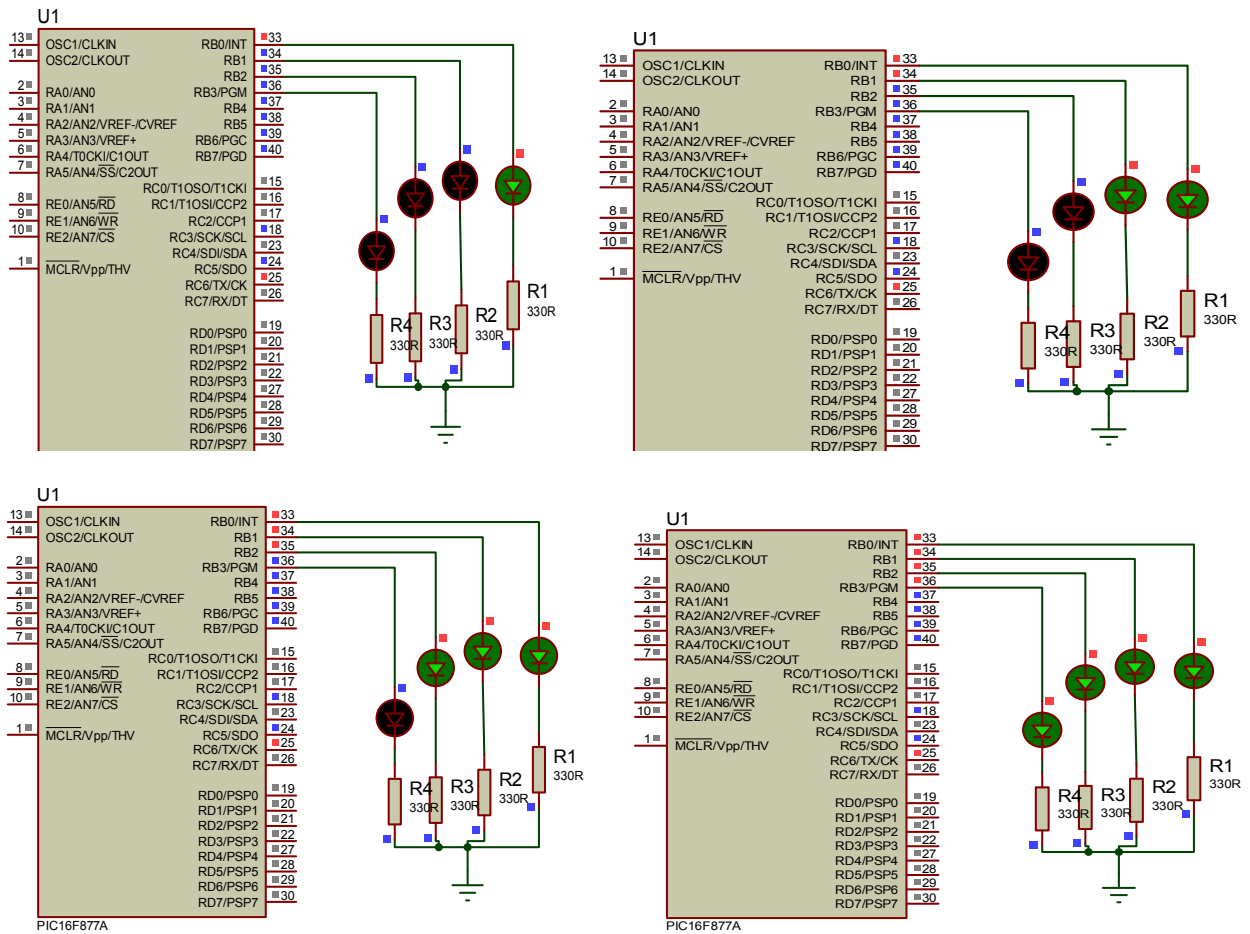


Figure II. 10 : la simulation de l'exemple

Mise en œuvre du circuit de l'exemple illustratif :

Pour transférer le programme « exemple1.Hex » vers notre PIC16F877 on utilise le programmeur USB ci-dessous Figure II.11 raccordé au PC avec le logiciel WINPIC 800.

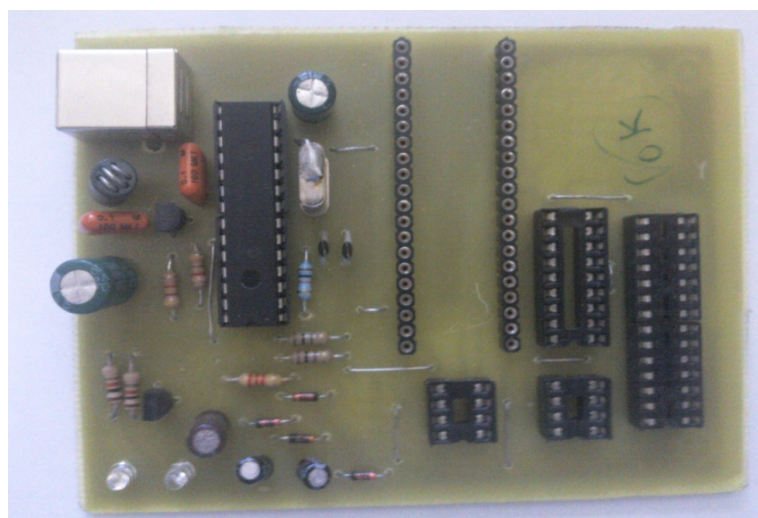


Figure II. 11 : le programmeur utilisé

La Figure II.12 donne la réalisation du montage sur une plaque d'essais.

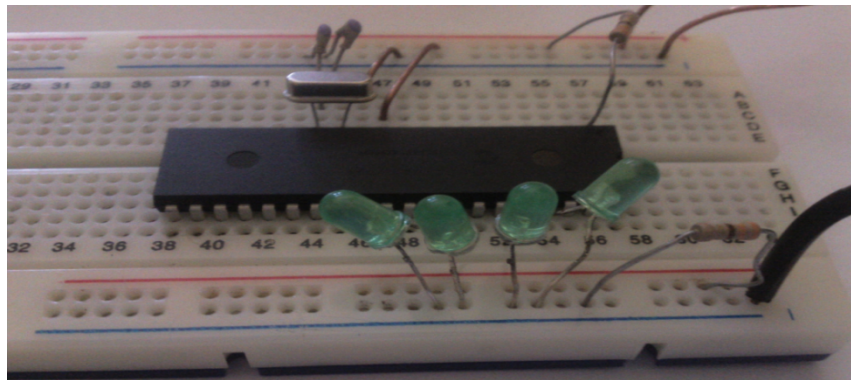


Figure II. 12 : réalisation du montage sur la plaque d'essais

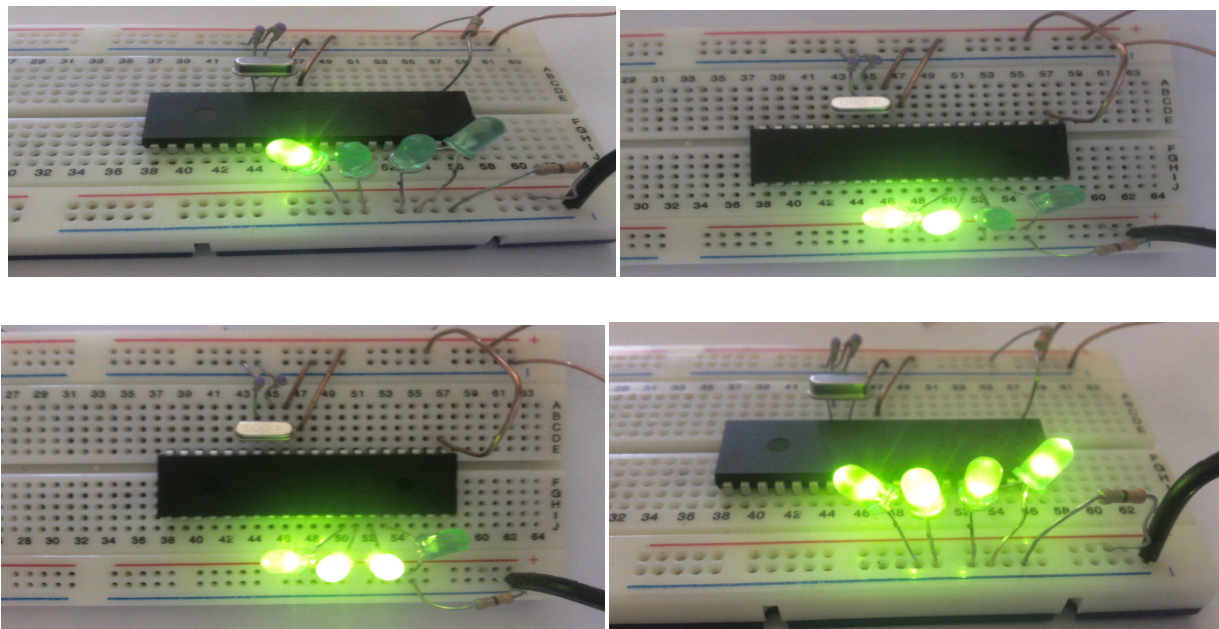


Figure II. 13 : essais real du l'exemple 1

II.12.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu la base sur les microcontrôleurs PIC. Ensuite nous avons vus leurs différentes familles et comment identifier un PIC. Puis on a vus l'architecture interne du PIC et les paramètres nécessaire pour choisi un microcontrôleur.

Ensuite, la programmation des PIC .puisque est une étape très importante pour le PIC fait leur travail comme un coordinateur grâce à leurs broches et leurs caractéristiques interne.

Enfin nous avons présenté un exemple de jeux de lumière à partir la programmation, simulation et la réalisation sur une plaque d'essais.

Chapitre III

Conception et réalisation de la maquette expérimentale

III.1.Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présentés les différentes étapes qui nous avons suivi pour la mise en place de la maquette posé dans le cahier de charge et leurs commandes des deux moteurs pas à pas posé pour le mouvement de rotation et de translation.

III.2.Caractéristiques des moteurs pas à pas utilisés

Nous disposons de deux moteurs pas à pas récupérés d'une ancienne imprimante matricielle Epson. L'un est de petite taille avec 4 fils (STH-39H112), ce qui implique que le moteur est de type **bipolaire**. L'autre est de taille un peu plus grande avec 5 fils (STP-42D221-01), ce qui implique que le moteur est de type **unipolaire** [5].

III.2.1. Mouvement rotatif

Dans le mouvement de rotation nous n'avons pas besoin d'un couple élevé ni de vitesse élevée. Nous avons donc décidé d'utilisé le moteur bipolaire.

Identification des caractéristiques du moteur :

Nous avons pu ouvrir le moteur pas à pas Figure III.1 et nous avons déduit qu'il est constitué de :

- 2 bobines montées en 8 électro-aimants soit $p=4$ paires de pôles.
- 24 dents à chaque section du rotor

Le nombre de pas entier possible est de 24×4 soit 96 pas.

$$\text{Donc le pas mécanique : } \theta = \frac{360}{P * N_{dr}} = \frac{360}{4 * 24} = 3.75^\circ$$

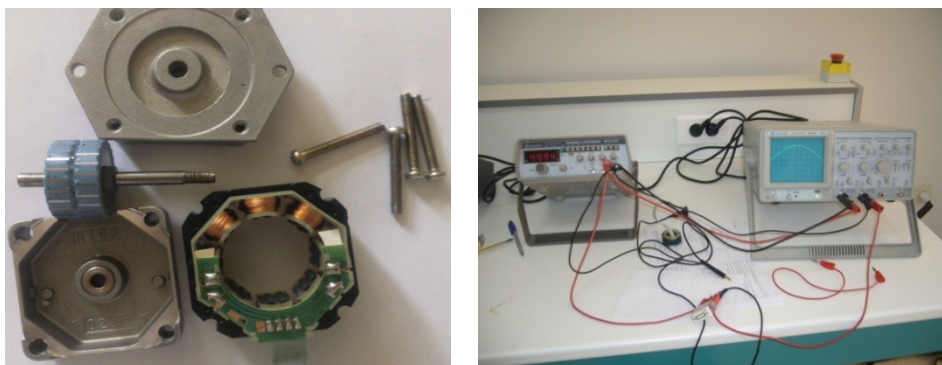


Figure III. 1: identification du moteur bipolaire

Pour l'identification des fils de chaque bobine et la mesure des résistances en utilise l'ohmmètre comme montre la figure III.2

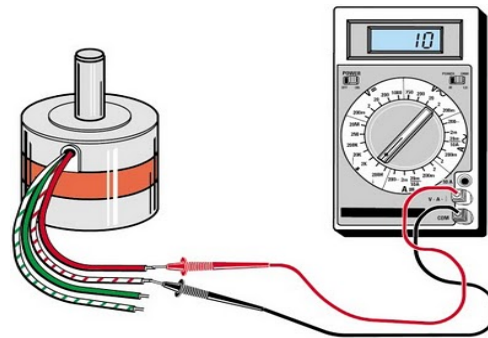


Figure III. 2 : méthode d'identification et mesure des résistances

Nous avons mesuré les résistances des bobines : 16.5Ω pour chaque bobine.

Et l'inductance est mesurée avec la méthode suivante

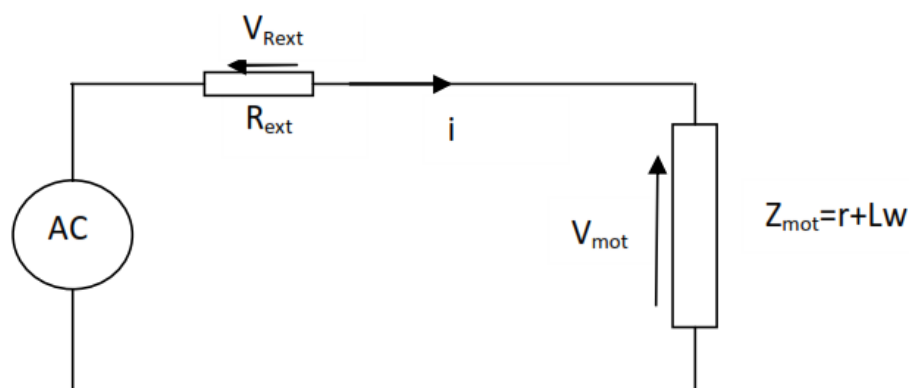


Figure III. 3 : schéma électrique du circuit pour mesure l'inductance

On a:

$$AC=2, 69 \text{ V}$$

$$R_{\text{ext}} = 10 \Omega$$

$$V_{\text{Rext}}=0,77\text{V}$$

$$V_{\text{mot}}=2,19\text{V}$$

$$r=16, 5 \Omega$$

$$f=500\text{Hz}; w=3140 \text{ rad/s}$$

$$i=V_{\text{Rext}} / R_{\text{ext}}=0,077\Omega$$

$$Z_{\text{mot}} = V_{\text{mot}} / i=28, 44 \Omega$$

$$Lw=\sqrt{(Z^2 - r^2)}$$

$$L=7,38 \text{ mH}$$

L'inductance calculée est : $7,38 \text{ mH}$ pour chaque bobine.

III.2.2.Mouvement de translation linéaire

Contrairement au moteur utilisé pour l'entraînement de la charge en rotation qui ne doit pas être nécessairement de couple élevé, le moteur qui sera utilisé pour le mouvement de translation doit être de couple suffisant pour entraîner l'ensemble supports, charge et moteur prévu pour la rotation. L'autre moteur que nous avons récupéré est un moteur donc un moteur pas à pas unipolaire [12] qui à comme sa taille nous l'indique, un couple supérieur à l'autre moteur.

Identification des caractéristiques du moteur :

Nous avons pu ouvrir le moteur pas à pas Figure III.4 et nous avons déduit qu'il est constitué de :

- 2 bobines montées en 8 électro-aimants soit $p=4$ paires de pôles.
- 50 dents à chaque section du rotor
- Résistances de chaque bobine, mesurée avec la même méthode que précédemment, est $6\ \Omega$

Le nombre de pas entier possible est de 50×4 soit 200 pas.

$$\text{Donc le pas mécanique : } \theta = \frac{360}{P * N_{dr}} = \frac{360}{4 * 50} = 1.8^\circ$$

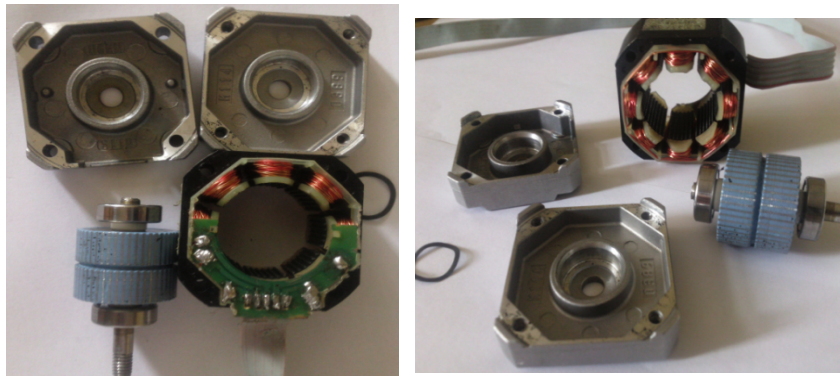


Figure III. 4 : vue du moteur pas à pas unipolaire

III.3. Les accouplements mécaniques utilisés

Pour le mouvement de rotation, le moteur est accouplé à la charge directement par le biais d'un accouplement rigide fixé sur l'arbre du moteur.

Pour le mouvement de translation, le moteur est accouplé à la charge directement sur l'arbre du moteur par le biais d'un accouplement à vis. C'est ce dernier qui nous permet d'obtenir la transformation du mouvement de rotation en mouvement de translation.

III.4. Choix du circuit d'alimentation des moteurs pas à pas

III.4.1. Le circuit d'alimentation du moteur pas à pas bipolaire

Pour commander le moteur pas à pas bipolaire dans un sens bien défini et avec un mode de fonctionnement choisi il faut faire la commutation selon un organigramme convenable, et puisque les signaux générés par le circuit de commande sont très faible. Au lieu d'utiliser des transistors Darlington dont les bases sont attaquées par les signaux du circuit de commande et qui traduisent le chronogramme de chaque mode de fonctionnement du moteur on utilise un circuit intégré spécialisé.

Dans notre cas notre choix s'est porté sur le L298. Les caractéristiques de ce circuit sont définies dans la fiche technique [10].

Ce circuit intégré se compose principalement de transistors qui forment deux ponts dans un boîtier à 15 broches [annexe]:

4 broches de sortie (2, 3, 13 et 14).

4 broches d'entrée (5, 7, 10 et 12).

2 broches de stabilisation chacune contrôle deux sorties (enable A "pin6"-, enable B "pin11").

1 broche pour l'alimentation du circuit Vss (pin9).

1 broche pour l'alimentation du circuit de puissance VS (pin4)

2 broches pour le sens des impulsions, reliées à la masse, si elles ne sont pas utilisées (pin1 et pin15).

1 broche reliée a la masse (8).

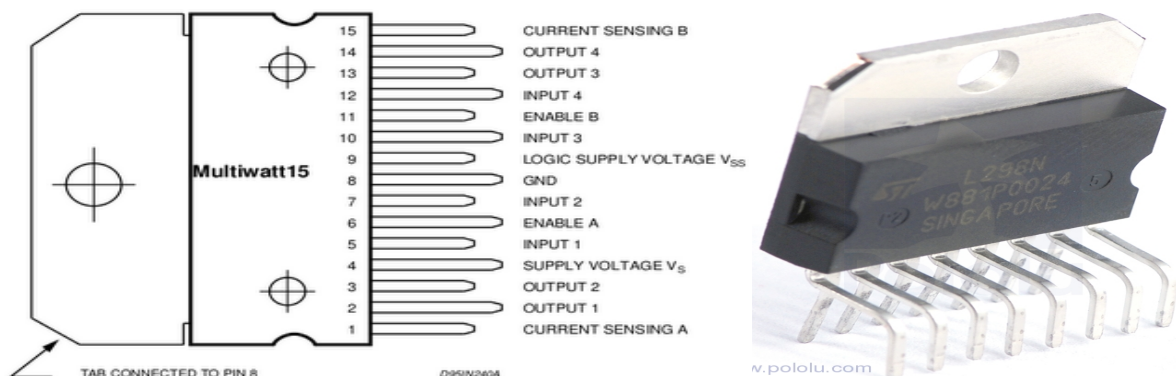


Figure III. 5 : brochage du circuit L298N et vue real

III.4.2. Le circuit d'alimentation du moteur pas à pas unipolaire

Ici on utilise un circuit intégré ULN2824 dans laquelle 8 transistors Darlington sont intégrés et 8 diodes rapides (diode roue libre) qui sont tuilées pour la décharge des bobines du moteur au moment de commutation. Les caractéristiques de ce circuit sont définies dans la fiche technique [11].

Le circuit intégré ULN2824 est décrit comme " un conducteur à 8 lignes ". Cela signifie qu'il contient le circuit pour contrôler huit lignes de productions individuelles, chaque acte indépendamment des autres [annexe].

Les broches (1→8) représentent les entrees du circuit

Les broches (11→18) représentent les sorties de puissance du circuit

La broche 9 la masse

La broche 10 est l'alimentation du circuit de puissance

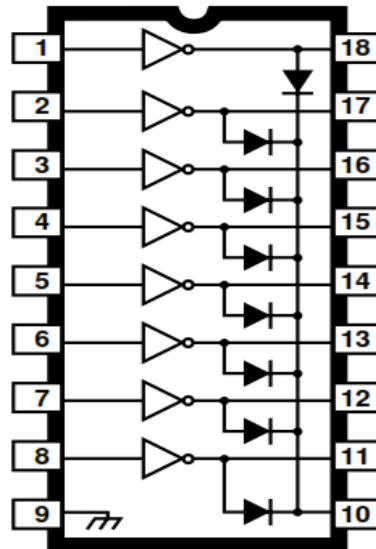


Figure III. 6 : brochage du circuit ULN 2824[11]

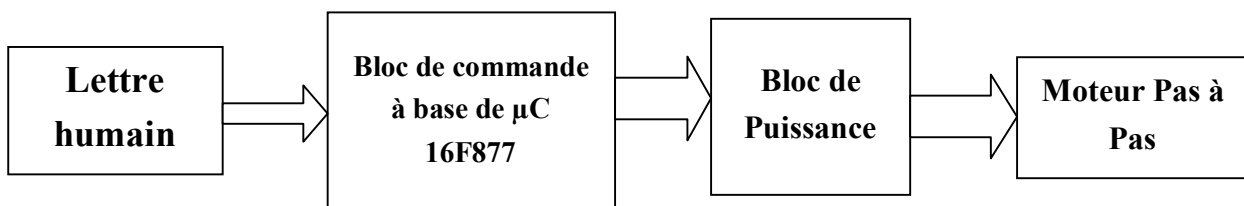
III.5.Circuit de commande des moteurs pas à pas

Pour des raisons technico-économiques nous avons choisi d'utiliser un microcontrôleur de Microchip qui appartient à la famille 16F. Dans cette famille le 16F877 nous offre beaucoup de possibilités appliquées à la commande des moteurs pas à pas, comme nous l'indique le Tableau II.1.

Les détails de ce composant sont donnés dans la section (II.6) du chapitre II.

III.6.Mise en œuvre des circuits de commande et d'alimentation des moteurs pas à pas

Les circuits de commande des moteurs pas à pas peuvent être représentés en plusieurs blocs, comme suite:



III.6.1.Moteur pas à pas bipolaire

III.6.1.1.Moteur bipolaire commandé en pas entier et/ou demi-pas

a.Bloc de commande

Le bloc circuit de commande Figure III.7 Est constitué du μ C Pic16F877, comme nous l'avons déjà vue précédemment, c'est lui qui contrôle toute les opérations et réalise la coordination entre les différents blocs que contient notre carte de commande grâce à un programme.

Piloter par une horloge qui permet de générer des fréquences allant jusqu'à 20 MHz. Cette dernière est constituée d'un oscillateur à quartz et de deux capacités C1 et C2 qui limitent les harmoniques dus à l'écrêtage et réduit l'amplitude de l'oscillation.

L'interrupteur SW3 a pour rôle, la remise à zéro volontaire ou la mise hors service du Pic 16F877 en cas de blocage de fonctionnement dû à un conflit d'exécution.

Les interrupteurs SW1 et SW2 permettent respectivement de réaliser la commande en pas entier et demi pas. Dans notre cas le moteur tourne de 0 à 180°:

La LED 1 est allumée si l'interrupteur SW1 est activée.

La LED2 est allumée si SW2 est activée.

A la désactivation de l'un des deux interrupteurs SW1 ou SW2, en fonction du mode de commande, le moteur retourne à la position initiale (0) après avoir accompli le demi-tour (180°). Dans ce cas la LED 3 s'allume tandis que toutes les autres LEDs éteintes.

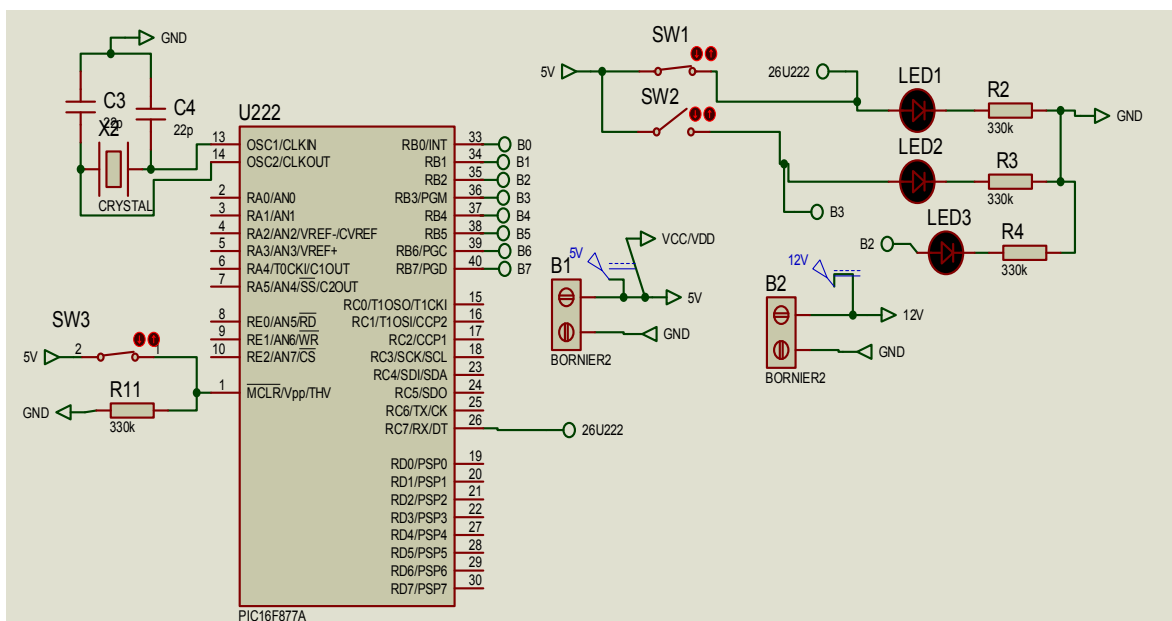


Figure III. 7 : Schéma électrique du bloc d'introduction de la commande de fonctionnement.

b. Bloc de puissance

Constitué du circuit intégré L298 avec principalement, six broches (en entrée) de communication avec le circuit de commande (PIC16F877) et quatre broches (en sortie) liées directement au moteur.

La Figure III.8 Représente le circuit de puissance en question.

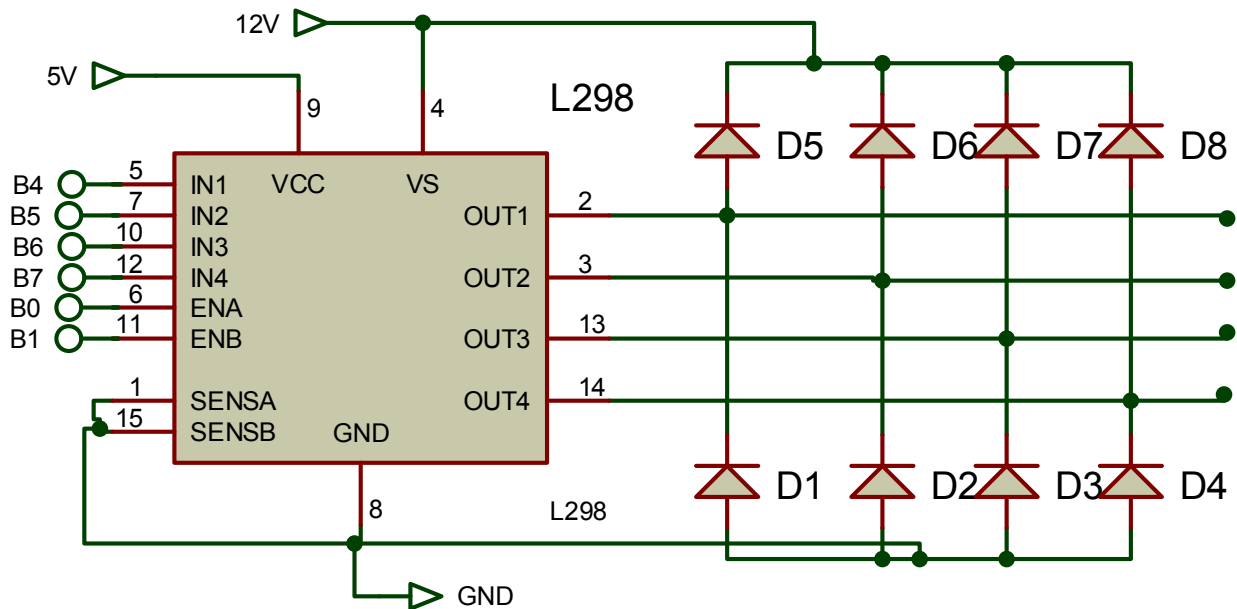


Figure III. 8: Schéma électrique du bloc de puissance.

c. Le moteur bipolaire

La Figure III.9 représente le symbole du moteur pas a pas bipolaire et sa interface du paramètre sur ISIS.

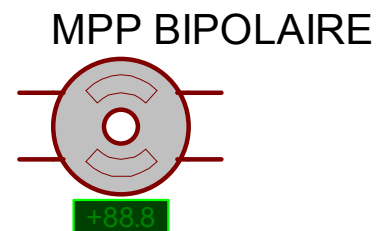
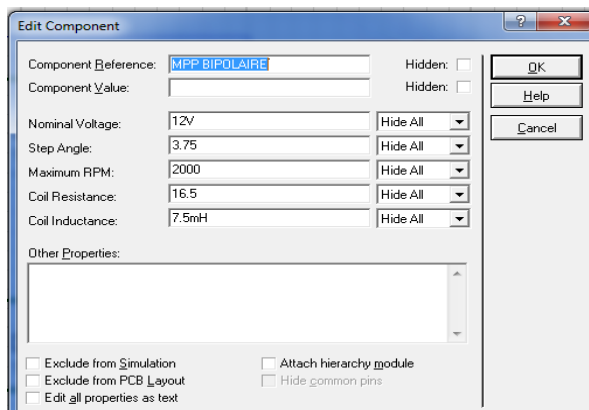
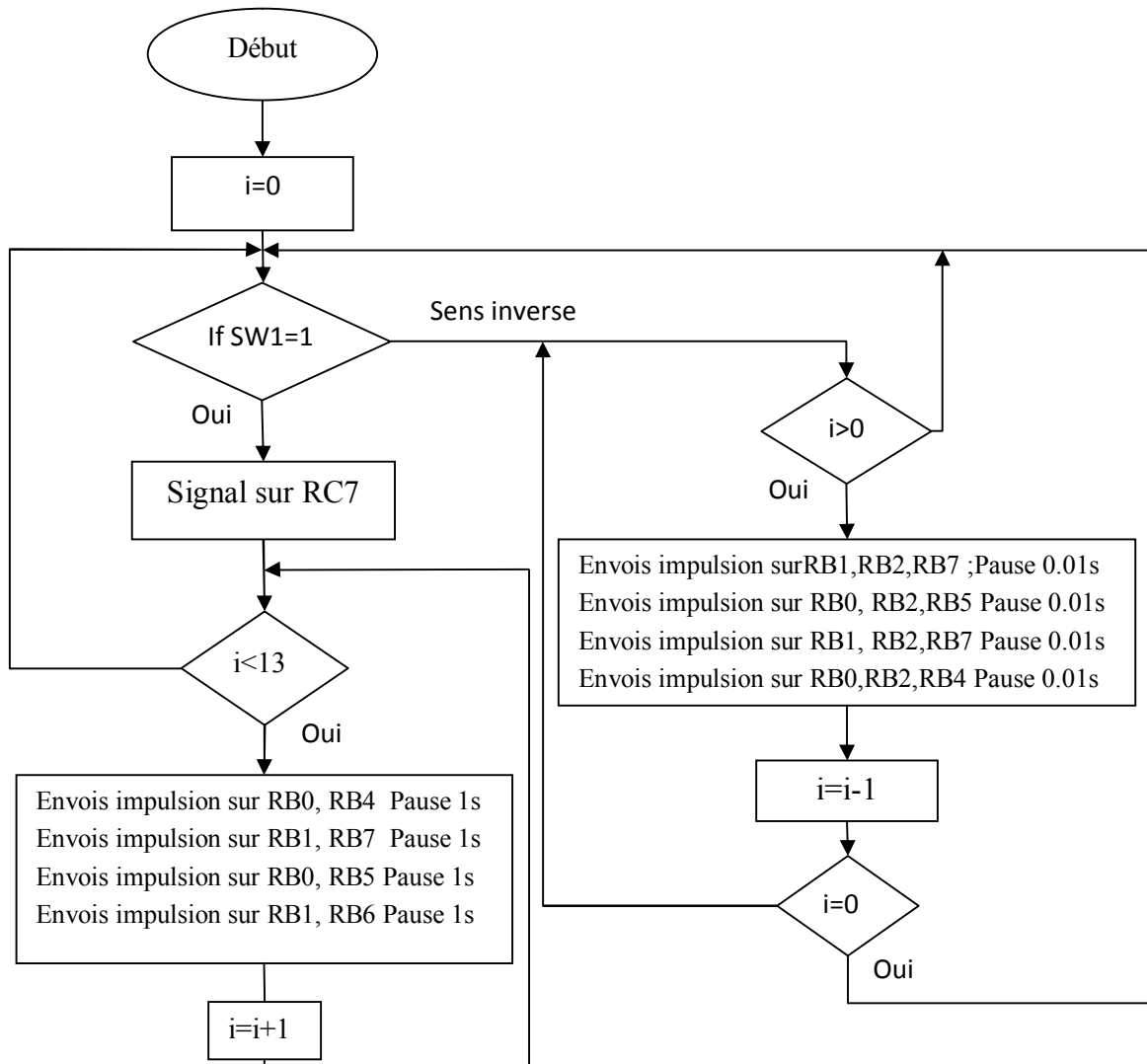


Figure III. 9 : schéma du moteur pas a pas bipolaire et leur interface de paramètre sur ISIS

d.Schéma d'ensemble et simulation sous ISIS PROTEUS

L'algorithme de commande du moteur pas à pas en boucle ouverte avec pas entier est donné par l'organigramme suivant :



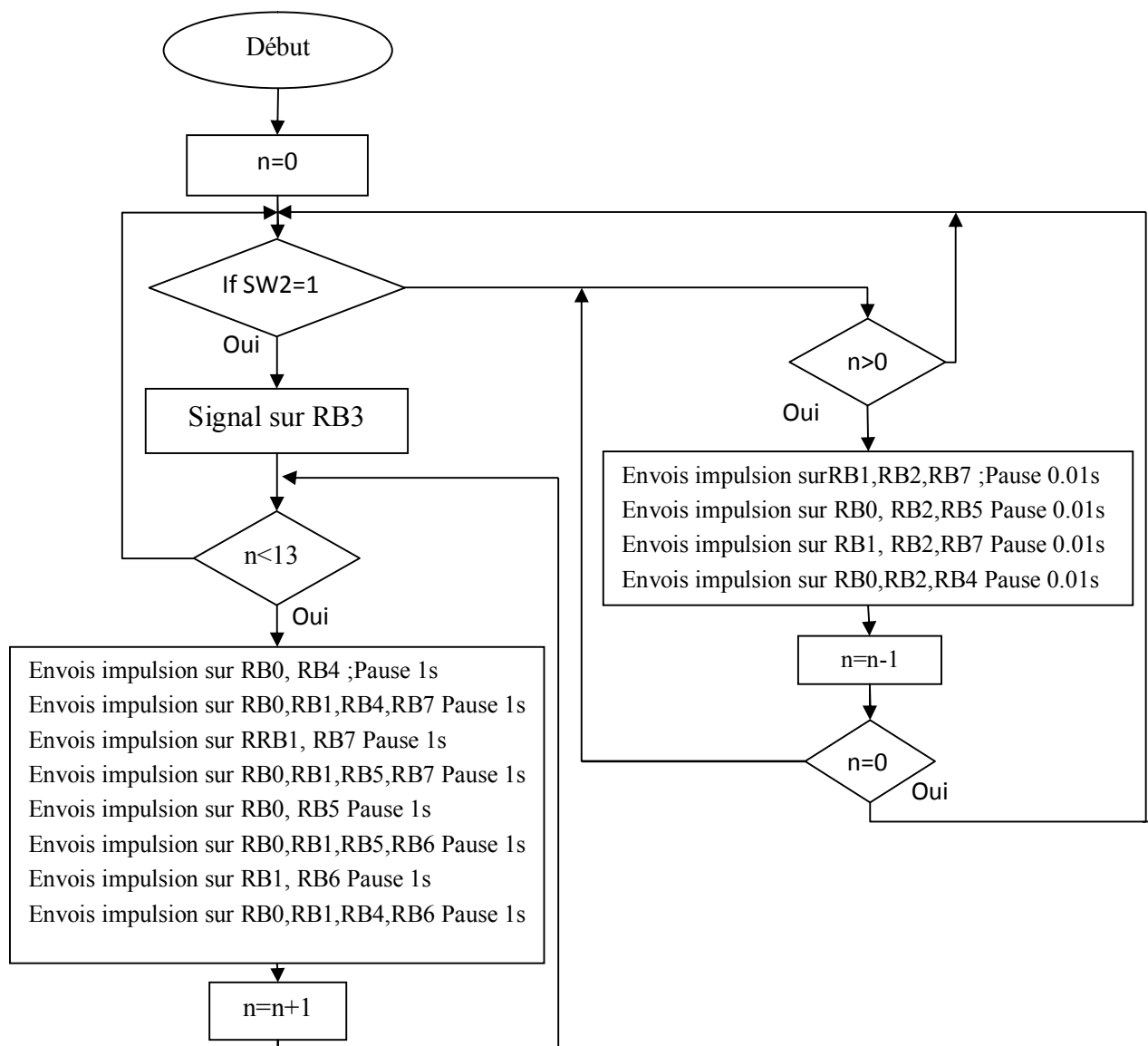
Début : est le début de l'organigramme

i est le compteur

SW1 : interrupteur 1

RC7 : entrée du PIC

L'algorithme de commande du moteur pas à pas en boucle ouverte avec demi pas est donnée pas l'organigramme suivant :



Début : est le début de l'organigramme

n est le compteur

SW2 : interrupteur 2

RB3 : entrée du PIC

Les algorithmes sont traduits en un programme unique en assembleur (**.hex**) à l'aide d'un logiciel de programmation en C (PCW). Ensuite le programme **.hex** est transmis au μC par le biais de l'interface de programmation des PIC.

Le circuit global est donné par la Figure III.10.

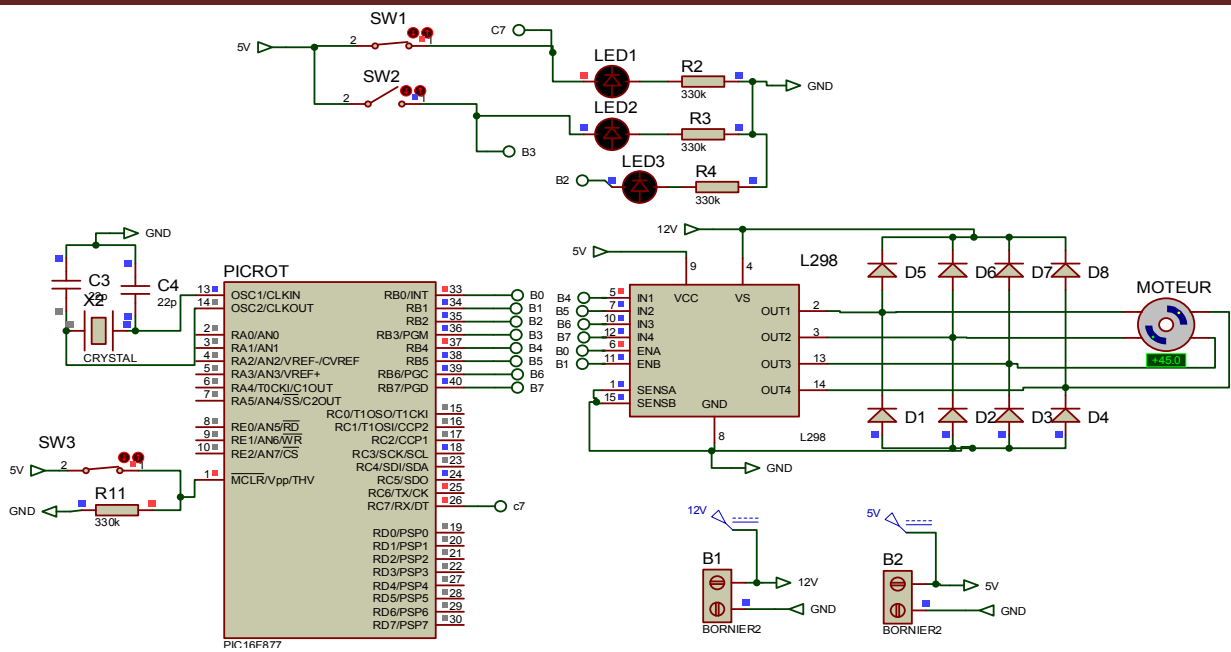


Figure III. 10: Schéma électrique de la carte de commande à pas entier et à demi-pas d'un MPPH bipolaire a base L298N

Les Figures III.11 et III.12 représentent successivement les chronogrammes des impulsions de commande et des tensions d'alimentation du moteur bipolaire pour une commande en pas entier.

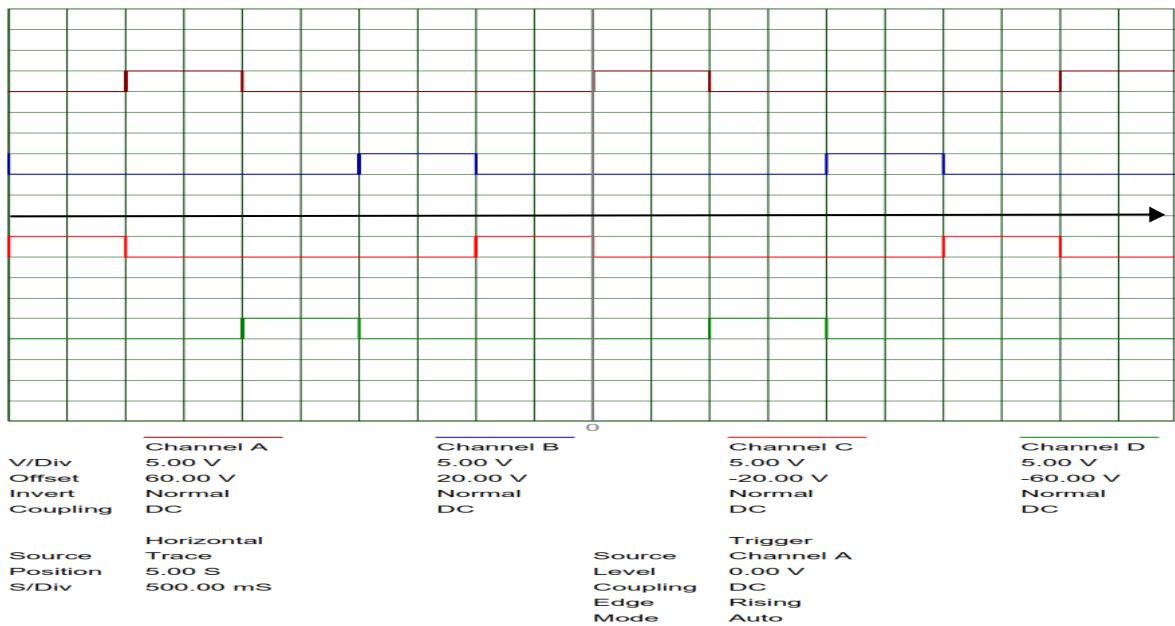


Figure III. 11 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur bipolaire issu la simulation de commande à pas entier

La figure III.11 représente les impulsions de commande à pas entier envoyée à partir des broches du PIC aux entrées du circuit d'alimentation du moteur pas à pas.

Le première est le Channel A puis Channel D, Channel B ensuite Channel C le duré de chaque cycle est 1s.

La figure III.12 représente les tensions d'alimentation du moteur pas à pas.

Le circuit d'alimentation L298 donne à la sortie 6V à l'état initial .et 12V lorsqu'en excité leur entré

Le même arrangement des chronogrammes que les chronogrammes des impulsions : Channel A puis Channel D, Channel B ensuite Channel C le duré de chaque cycle est 1s.

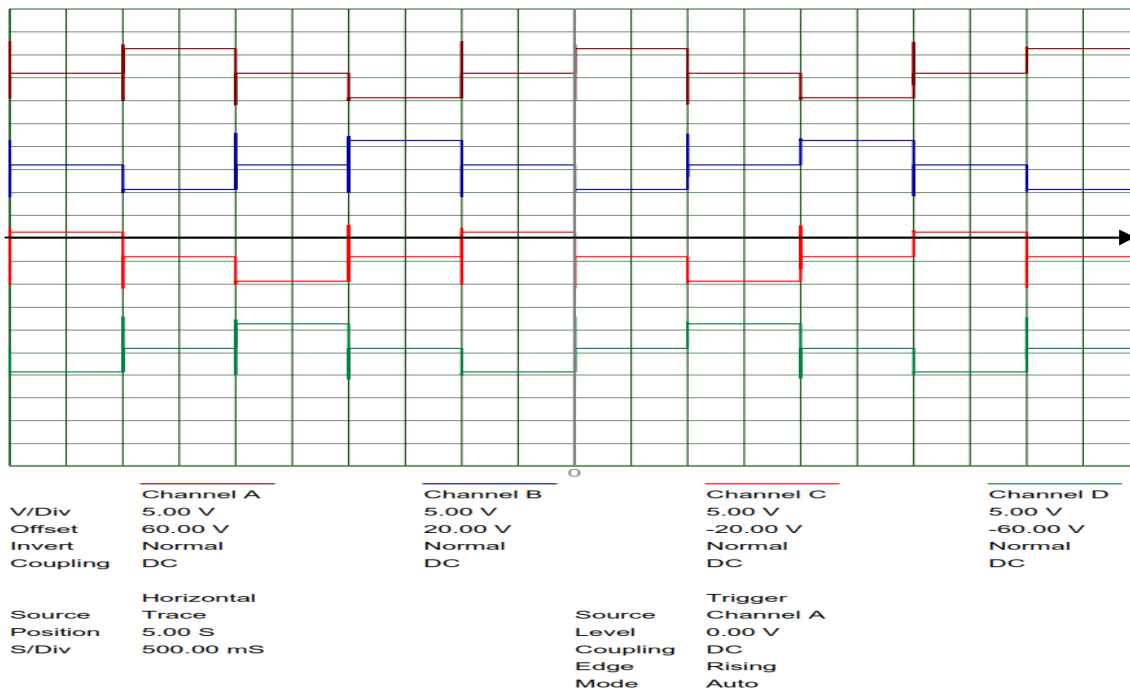


Figure III. 12 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur bipolaire issu la simulation de commande à pas entier

Les Figures III.13 et III.14 représentent successivement les chronogrammes des impulsions de commande et des tensions d'alimentation du moteur bipolaire pour une commande en demi-pas.

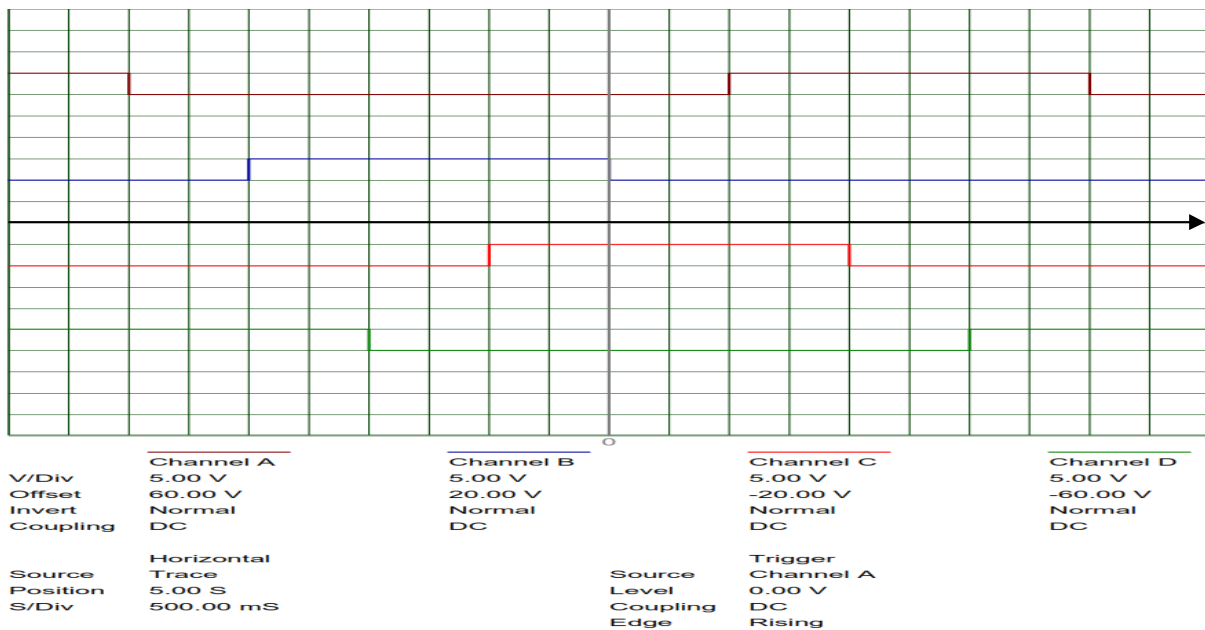


Figure III. 13 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur bipolaire issu la simulation de commande à demi-pas

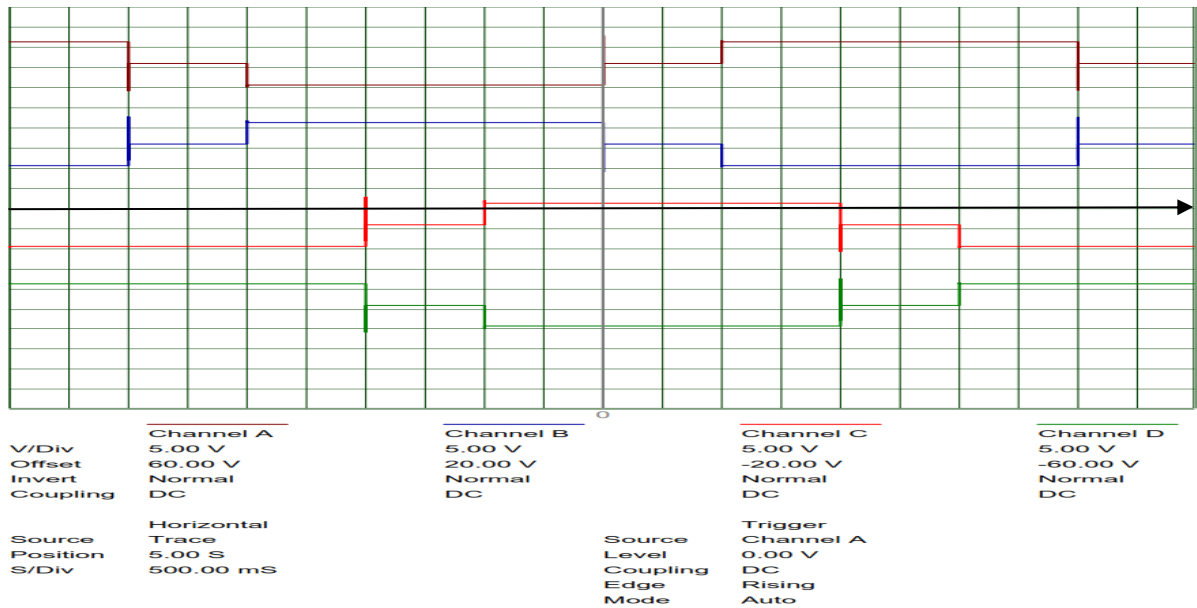


Figure III. 14 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur bipolaire issu la simulation de commande à demi-pas

La figure III.14 représente les tensions d'alimentation issu la simulation à demi pas du moteur pas à pas. Le duré de chaque cycle est 1s.

Le circuit d'alimentation L298 donne à la sortie 6V à l'état initial .et 12V lorsqu'en excité leur entré

III.6.2.Réalisation du circuit de commande du moteur bipolaire sur plaque d'essais

Nous avons à notre disposition une plaque d'essai LABDEC sur lequel nous avons mis en œuvre le circuit de commande du moteur bipolaire Figure III.15 simulé dans ISIS PROTEUS.

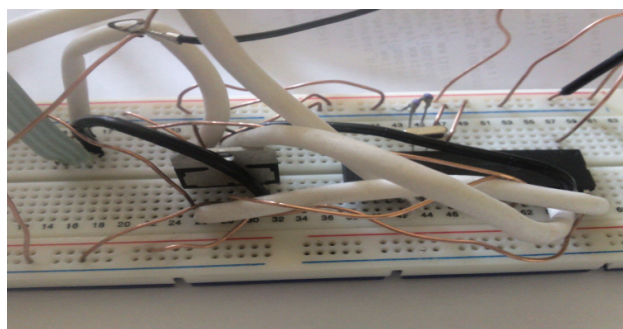


Figure III. 15: réalisation du montage sur plaque d'essais

III.6.3.Mise en œuvre sur carte électronique de la commande du moteur pas à pas

Pour le moteur bipolaire commandé à pas entier et en demi, nous avons conçu la carte électronique sur circuit imprimé.

Les typons sont réalisés grâce au logiciel PROTEUS (ARES) [annexe].

Pour des raisons pédagogiques, nous avons réalisé séparément les cartes de commande et de puissance.

III.6.3.1.typon du circuit de commande pour un moteur bipolaire

La Figure III.16 Représente le typon des deux couches « supérieur et inférieur » du circuit de commande, et la disposition des composants utilisés sur cette plaque. Avec un vue de 3D du circuit.

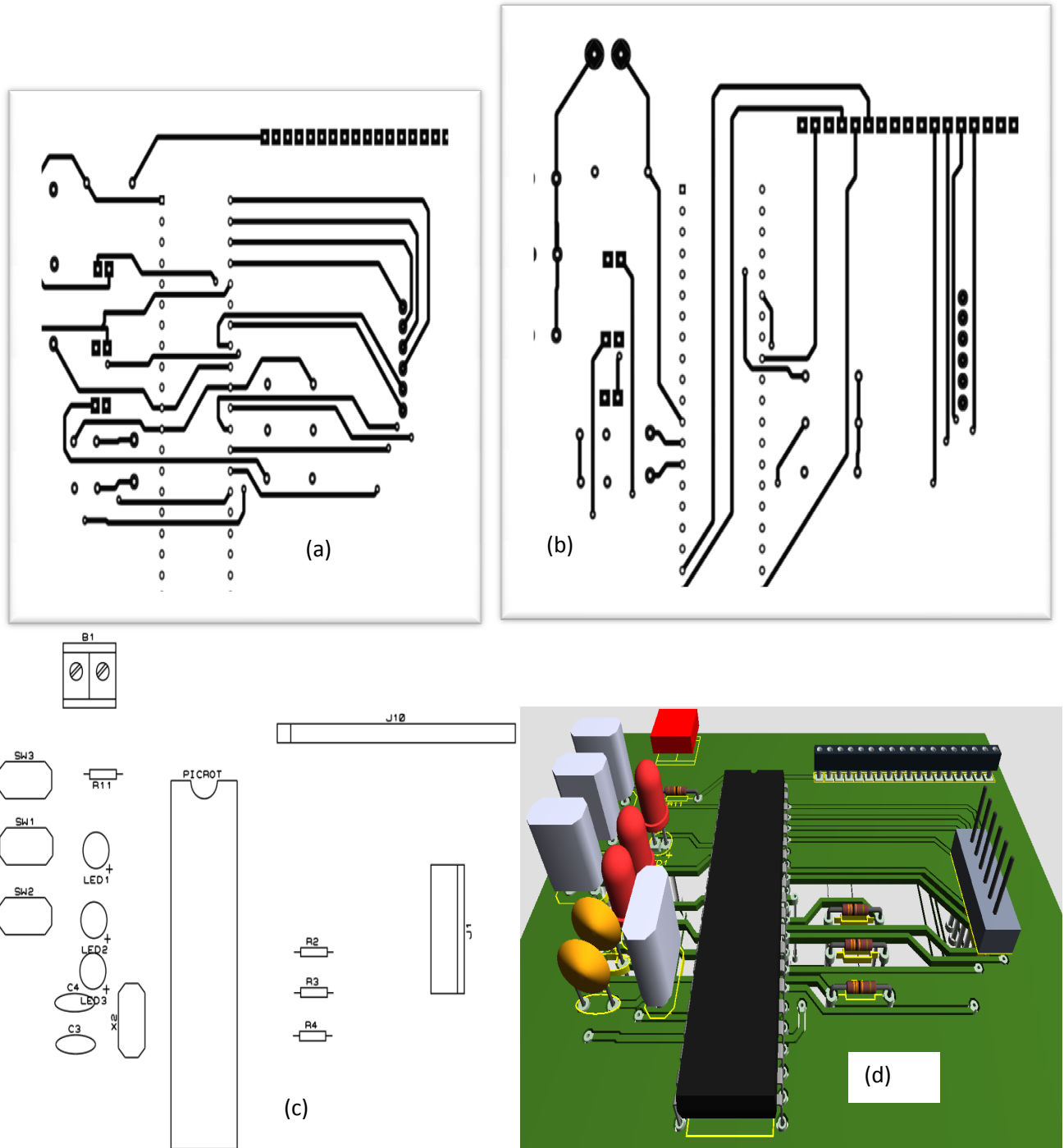


Figure III. 16 : typon circuit de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composants utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».

III.6.3.2. typon du circuit de puissance pour un moteur bipolaire

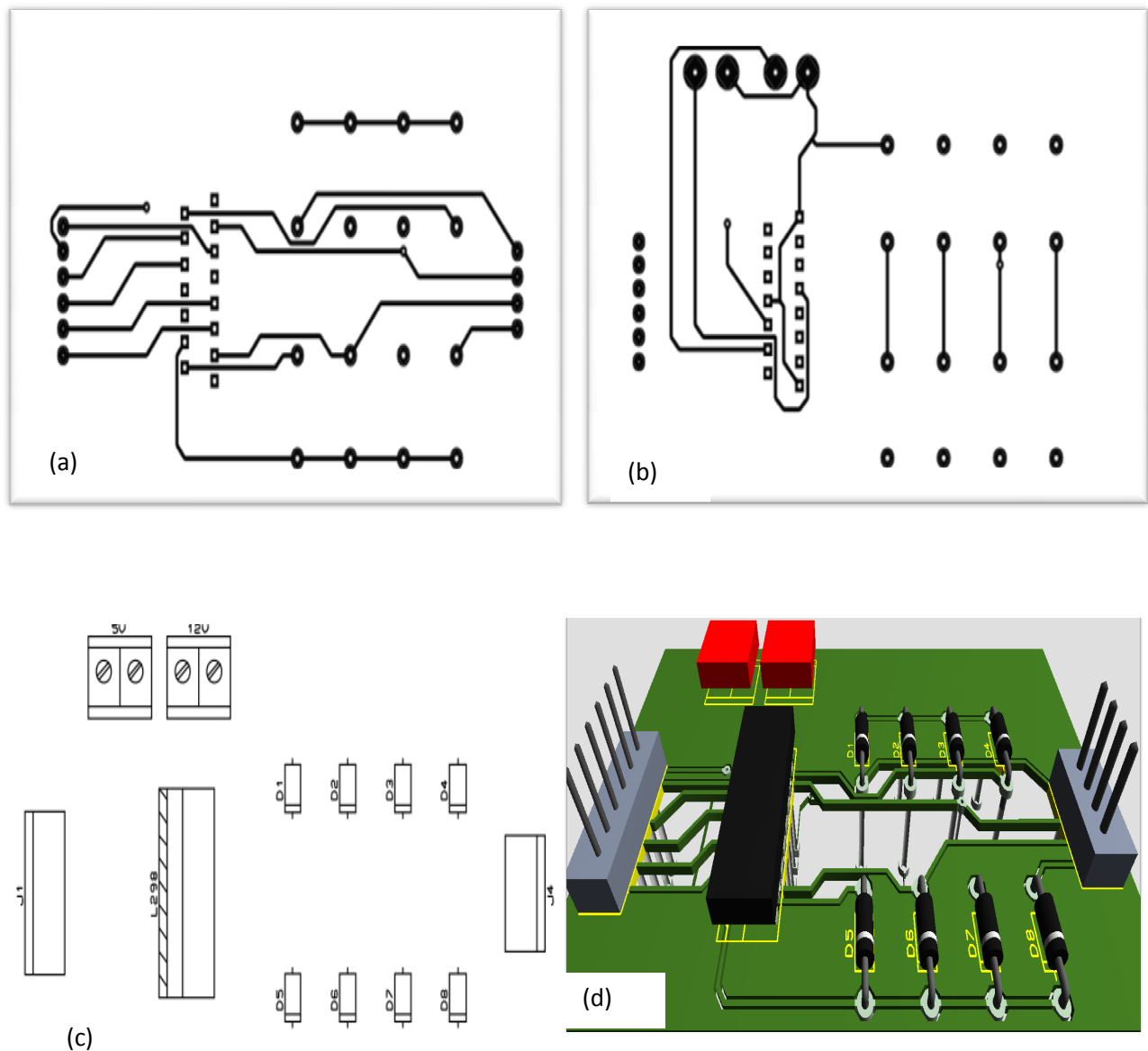


Figure III. 17 : le typon pour le premier circuit de puissance de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composant utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».

III.6.4.Moteur bipolaire commandé en micropas

Contrairement à la commande en pas entier et demi dans lesquelles les séquences de signaux de commande issus des sorties logiques du μC , dans la commande micro pas nous utilisons les sorties MLI du PIC.

Puisque on a seulement deux sorties MLI du PIC on utilise quatre circuit L298 pour générer quatre sortie MLI. On utilise chaque circuit pour la variation de la tension entre deux bobines successives.

La Figure III.18 représente Schéma électrique du circuit de commande micropas d'un MPPH bipolaire

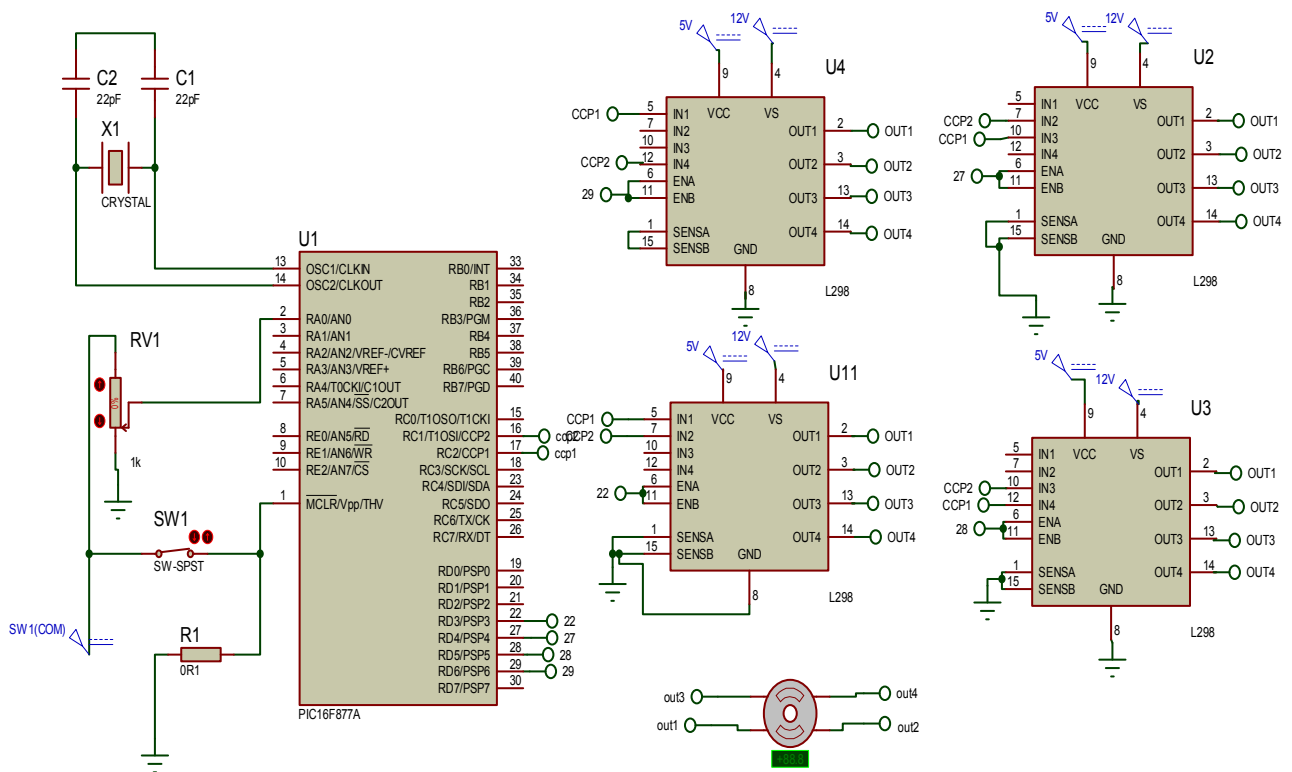


Figure III. 18: Schéma électrique pour la commande micropas d'un MPPH bipolaire

La Figure III.19 représente le chronogramme des impulsions de commande et des tensions d'alimentation du moteur bipolaire pour une commande en micro pas.

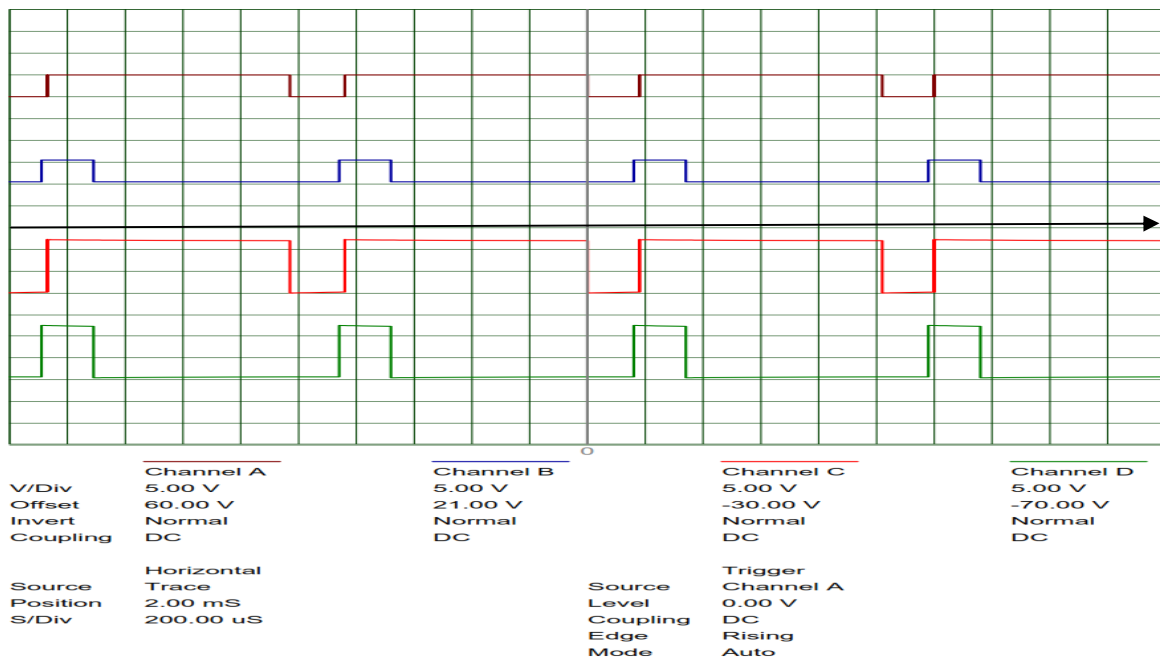


Figure III. 19 : Chronogramme des impulsions de commande « Channel A et B » et de tension d'alimentation «Channel C et D» du moteur bipolaire issu la simulation de commande à micropas

III.6.5.Moteur pas à pas unipolaire :

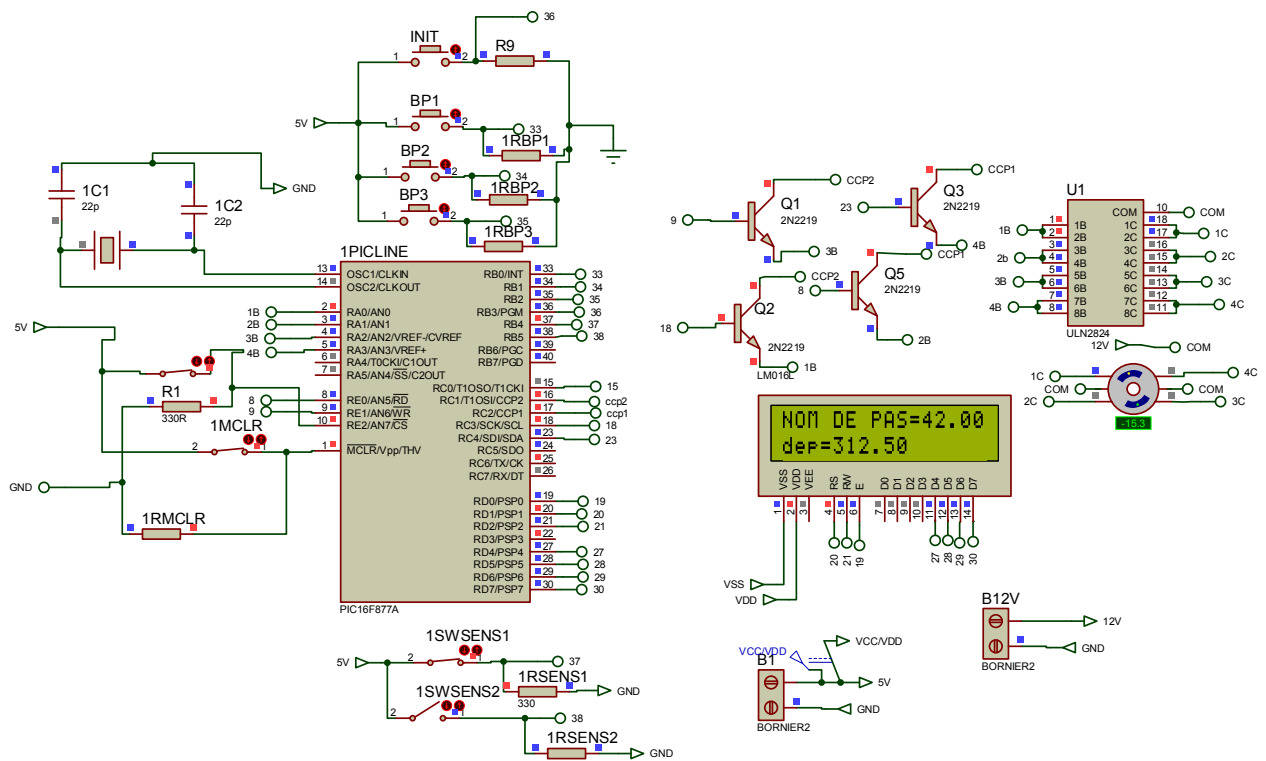


Figure III. 20: schéma électrique pour la commande a pas entier et demi pas d'un moteur pas a pas unipolaire

La Figure III.20 représente la commande d'un moteur pas a pas unipolaire à pas entier et à demi-pas. Premièrement le programme donne le choix à l'operateur pour choisi le type de commande avec :

L'appui sur BP1 pour la commande à pas entier

L'appui sur BP2 pour la commande a demi-pas

La validation du choix est avec bouton poussoir INIT

Ensuite en va entrer le nombre de pas avec les boutons poussoir :

BP1pour incrémenté avec 1

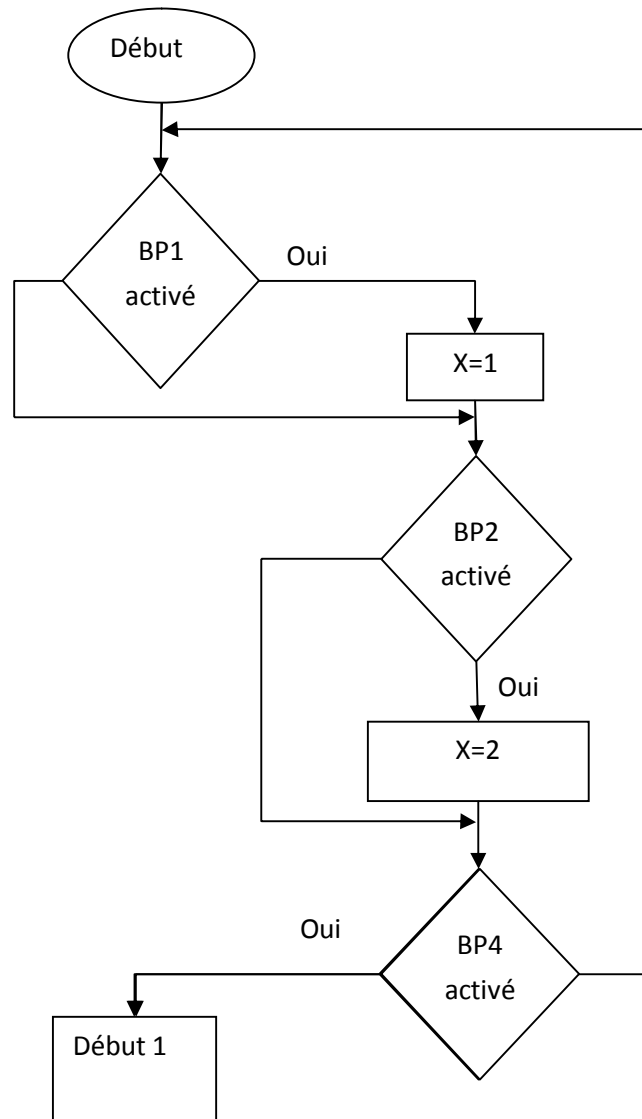
BP2 pour incrémenté avec 10

BP3 pour incrémenté avec 100)

L'activation du 1SWSENS1 et pour tourné le moteur dans le sens antihoraire

L'activation du 1SWSENS2 et pour tourné le moteur dans le sens horaire

L'algorithme de commande du moteur pas à pas en boucle ouverte avec pas entier ou demi-pas est donné par les organigrammes suivant :

Choix de commande « à pas entier ou demi pas »

Bp1 : bouton poussoir 1

BP2 : bouton poussoir 2

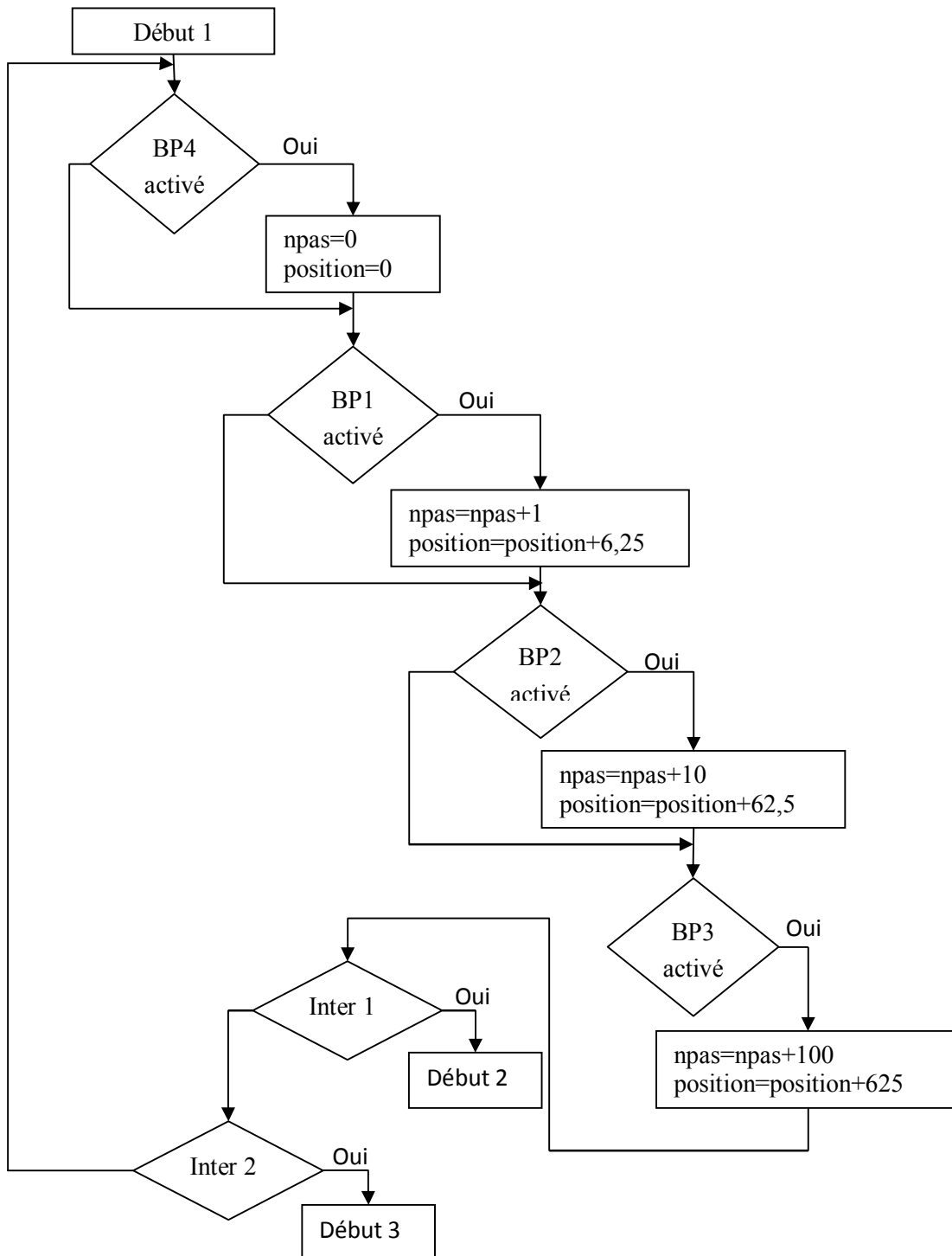
BP4 : bouton poussoir 4

X : paramètre pour choisi le type de commande

X=1 si on à choisi la commande a pas entier

X=2 si on a choisi la commande a demi-pas

Choix nombre de pas



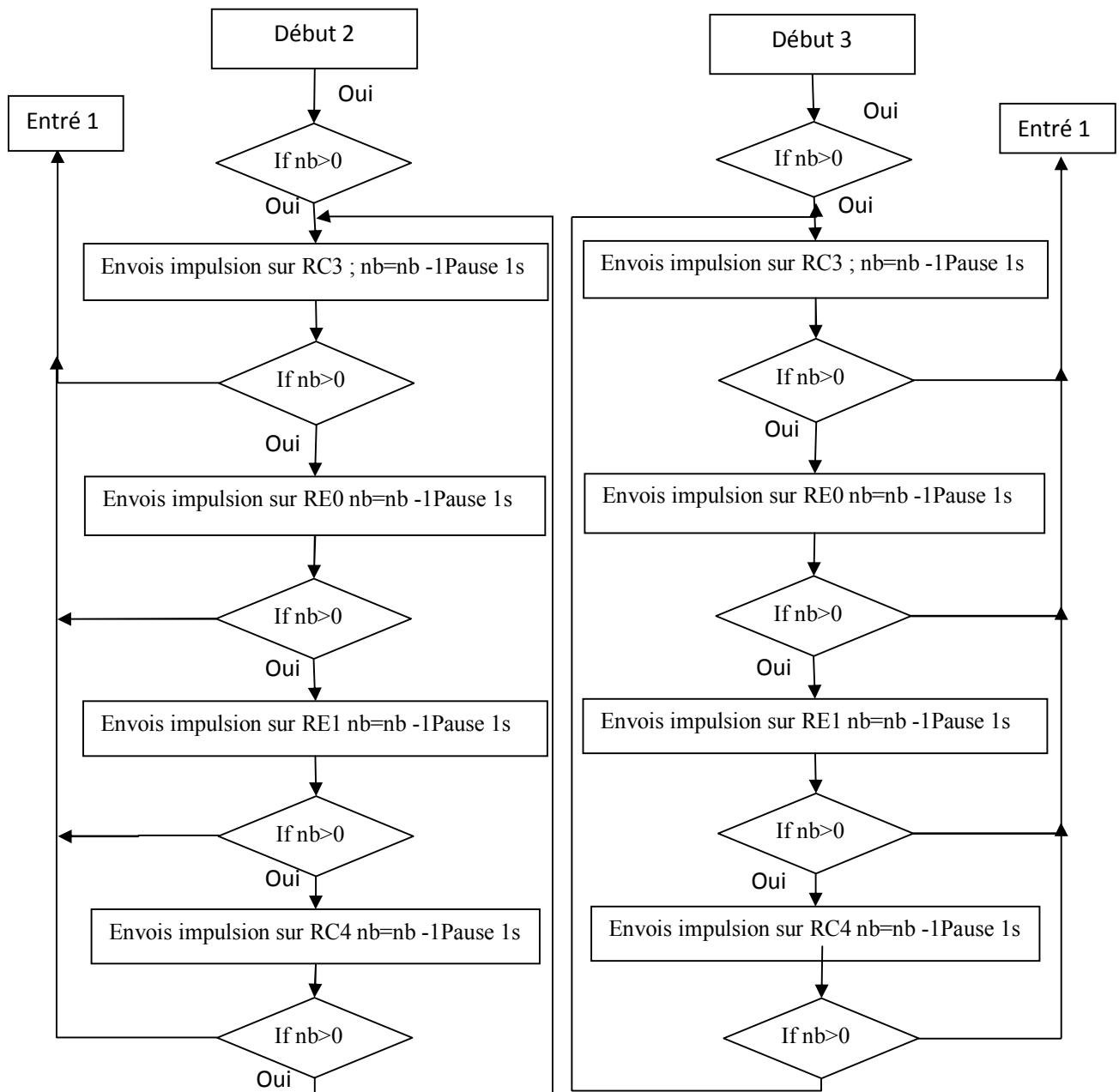
BP3, BP4 : bouton poussoir 3 et 4

npas : nombre de pas

position : position choisi en micropas «entrefer entre la sonde et matériaux»

inter 1, inter 2 : interrupteur 1 et interrupteur 2 pour choisi le sens de rotation

Envois du l'impulsions de commande à pas entier du moteur pas à pas aux broches du PIC

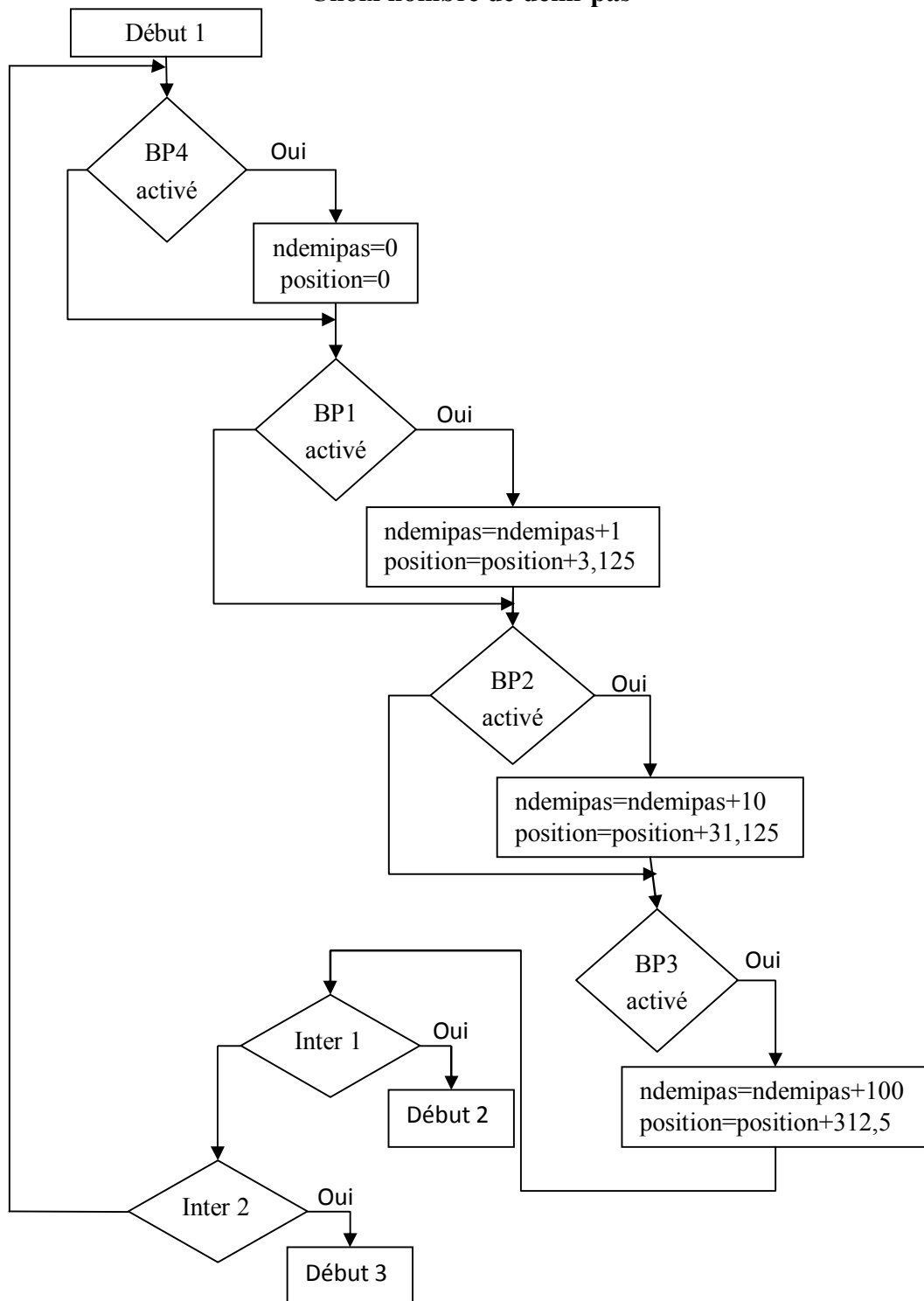


A ce organigramme notre PIC généré des impulsions de commande du moteur pas a pas tant que le nombre de pas nb est supérieur a zéro

nb : est le nombre de pas npas

RC3, RC4, RE0 et RE1 : sont les broches du PIC

Choix nombre de demi-pas



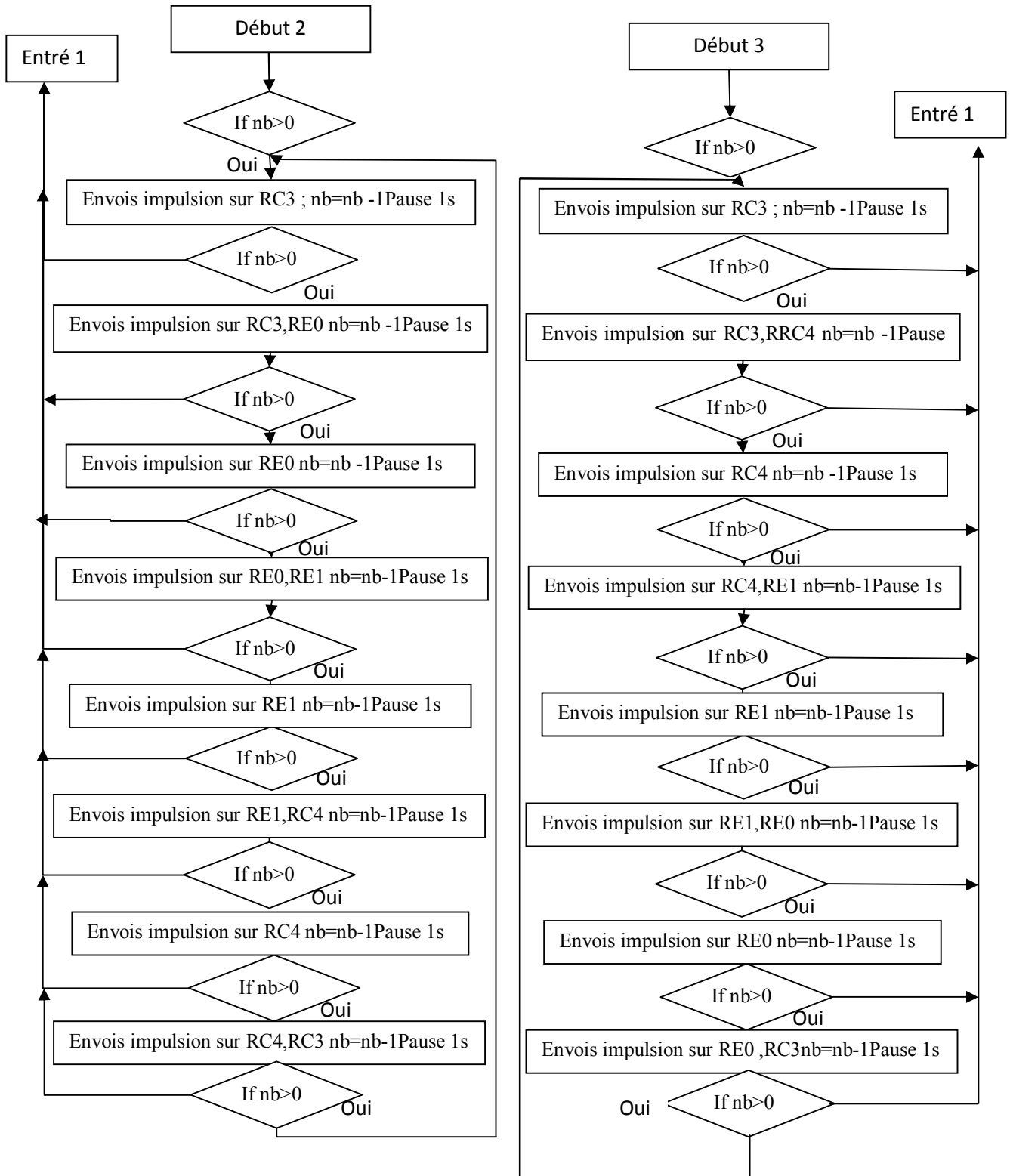
BP1, BP2, BP3, BP4 : bouton poussoir 1, 2, 3 et 4

ndemipas : nombre de demi-pas

position : position choisi en micropas «entrefer entre la sonde et matériaux»

inter 1, inter 2 : interrupteur 1 et interrupteur 2 pour choisi le sens de rotation

Envois du l'impulsions de commande à pas entier du moteur pas à pas aux broches du PIC



A ce organigramme notre PIC généré des impulsions pour la commande à demi-pas du moteur pas à pas tant que le nombre de pas nb est supérieur a zéro

nb : est le nombre de demi-pas ndemipas

RC3, RC4, RE0 et RE1 : sont les broches du PIC

III.6.5.1. Commande à pas entier et demi-pas

La figure III.21 représente les impulsions de commande à pas entier envoyée à partir des broches du PIC aux entrées du circuit d'alimentation du moteur pas à pas .le duré de chaque cycle est 1s.

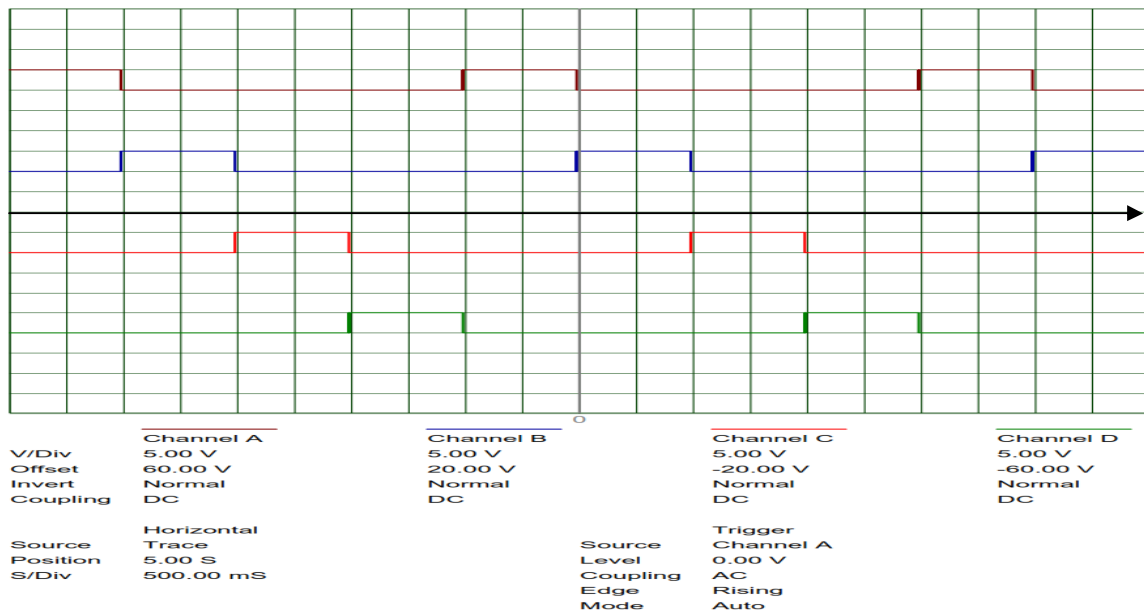


Figure III. 21 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur unipolaire issu la simulation de commande à pas entier

La figure III.22 représente les tensions d'alimentation du moteur pas à pas chaque chronogramme représente la tension d'un sortie du moteur issu la simulation de commande à pas entier. Le duré de chaque cycle est 1s.

Le circuit d'alimentation ULN2824 donne à la sortie 12V à l'état initial .et 0v lorsqu'en excité leurs entrée

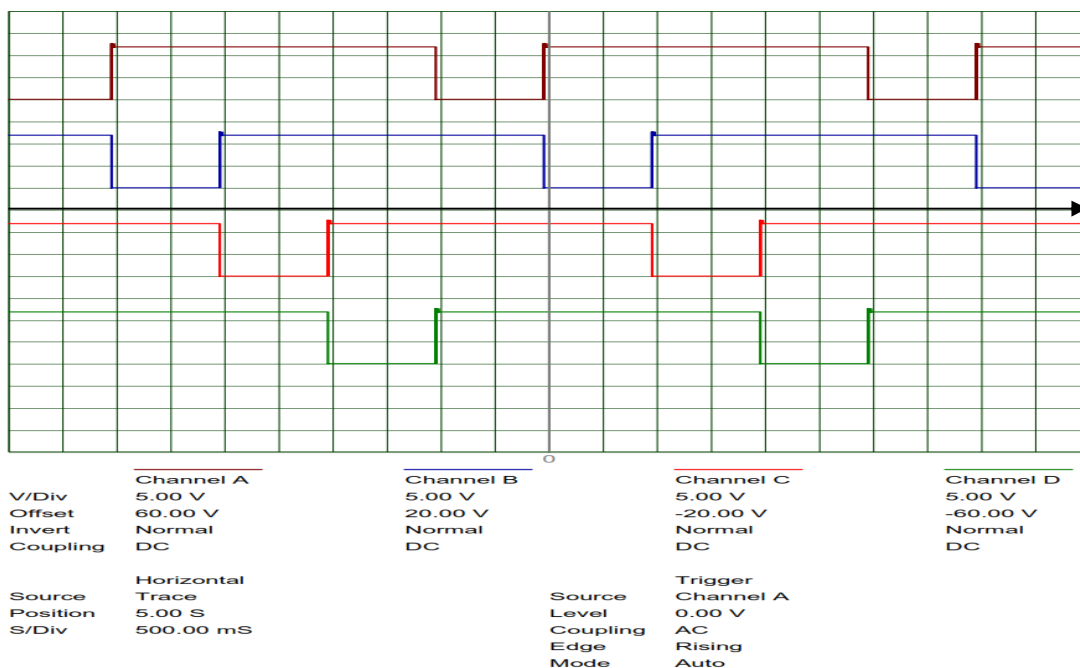


Figure III. 22 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur unipolaire issu la simulation de commande à pas entier

La figure III.23 représente les impulsions de commande à demi-pas envoyée à partir des broches du PIC aux entrées du circuit d'alimentation du moteur pas à pas .la duré de chaque cycle est 1s.

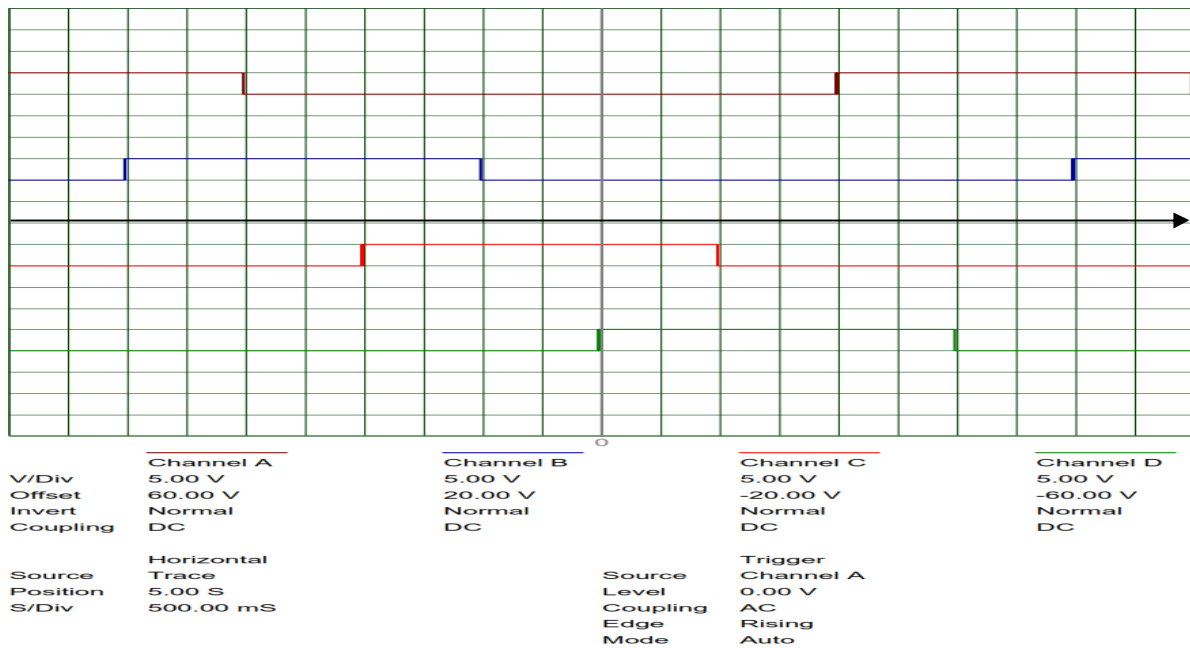


Figure III. 23 : Chronogramme des impulsions de commande du moteur unipolaire issu hors la simulation de commande à demi-pas

La figure III.24 représente les tensions d'alimentation du moteur pas à pas issu la simulation de commande à demi-pas. Le duré de chaque cycle est 1s

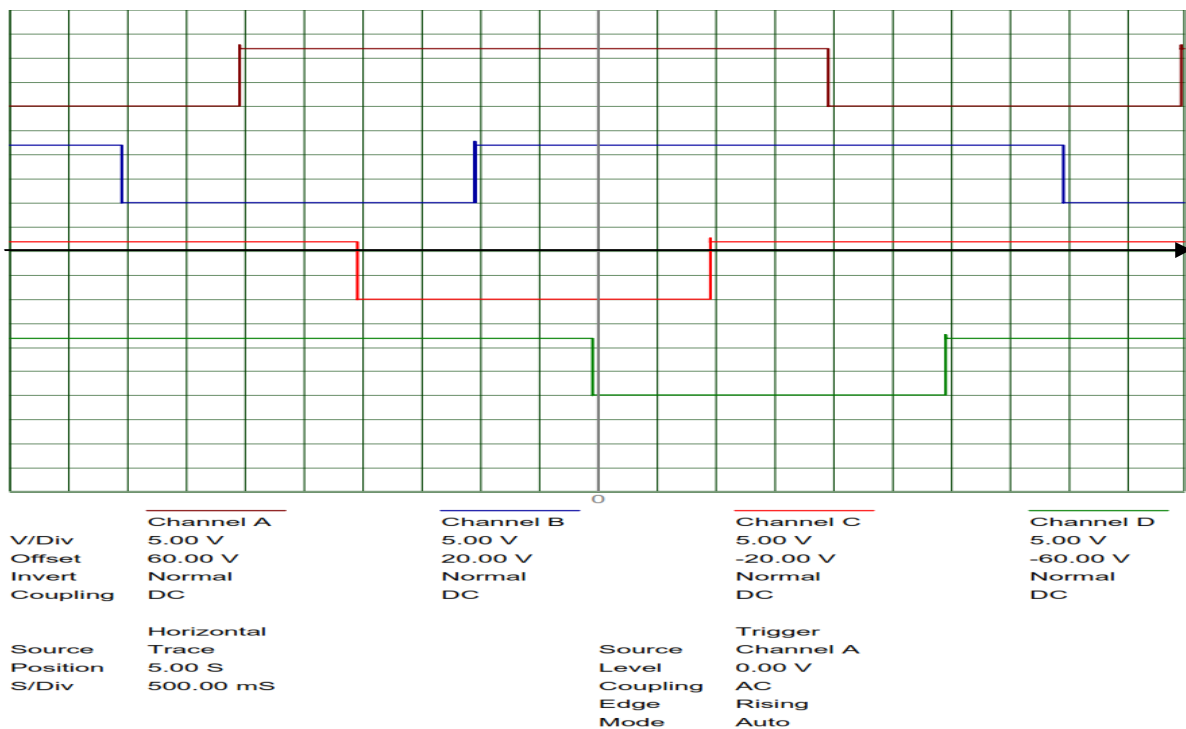


Figure III. 24 : Chronogramme des tensions d'alimentation du moteur unipolaire issu la simulation de commande à demi-pas

III.6.5.2. Commande en micro pas

Contrairement à la commande en pas entier et demi pas dans lesquelles les séquences de signaux de commande issus des sorties analogiques du μC , dans la commande micro pas nous utilisons les sorties MLI du PIC.

Puisque on a seulement deux sorties MLI du PIC on utilise quatre transistor haute-fréquence pour générer quatre sortie MLI.

Les branches MLI du PIC sont directement reliées aux collecteurs des transistors haute-fréquence deux à deux.

On alimente chacune des bases des transistors par une broche d PIC pour faire commandé l'alimentation du circuit intègre par le signale généré par les deux sorties MLI.

Puisque notre circuit de puissance délivre sans que les base lié a la masse une tension maximale .et notre moteur est alimenté .et pour que le moteur tourne en raccordé l'un du bobine a la masse.

Donc pour faire tourné le moteur avec des petit pas « micropas » en alimente la première bobine par un signale avec duty cycle maximale et la bobine prochaine par un signale avec duty cycle nul [8] .et en varié le duty cycle de chaque signale jusqu'à la tension au borne de la deuxième bobine est maximale. En fait la même chose pour le deuxième pas et la troisième jusqu'à un tour complète.

La figure ci-dessous représente la variation de la tension de chaque bobine par rapport les autre dans d'un tour d'alimentation des bobines.

En appliquera à chaque fois deux sorties MLI sur deux bobines successives de telle sorte que la première commence par une "duty cycle" max jusqu'à une "duty cycle" nul.

La Figure III.25 représente le montage pour la commande micropas en alimente le collecteur de chaque deux transistor par la sortie d'un du deux sortie MLI.

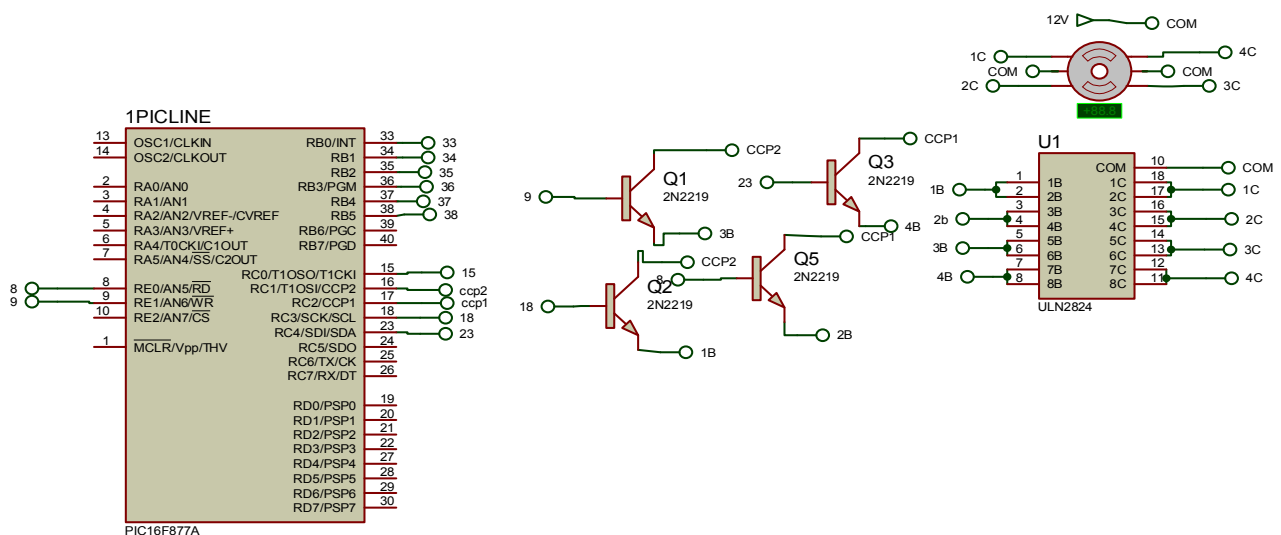


Figure III. 25 : schéma électrique pour la commande micro pas du MPPH unipolaire a l'aide du ULN2824

La figure III.26 représente les impulsions de commande en micropas « Channel A et B » et les tensions d'alimentation du moteur pas à pas. Avec la variation du cycle active de commande dans le temps.

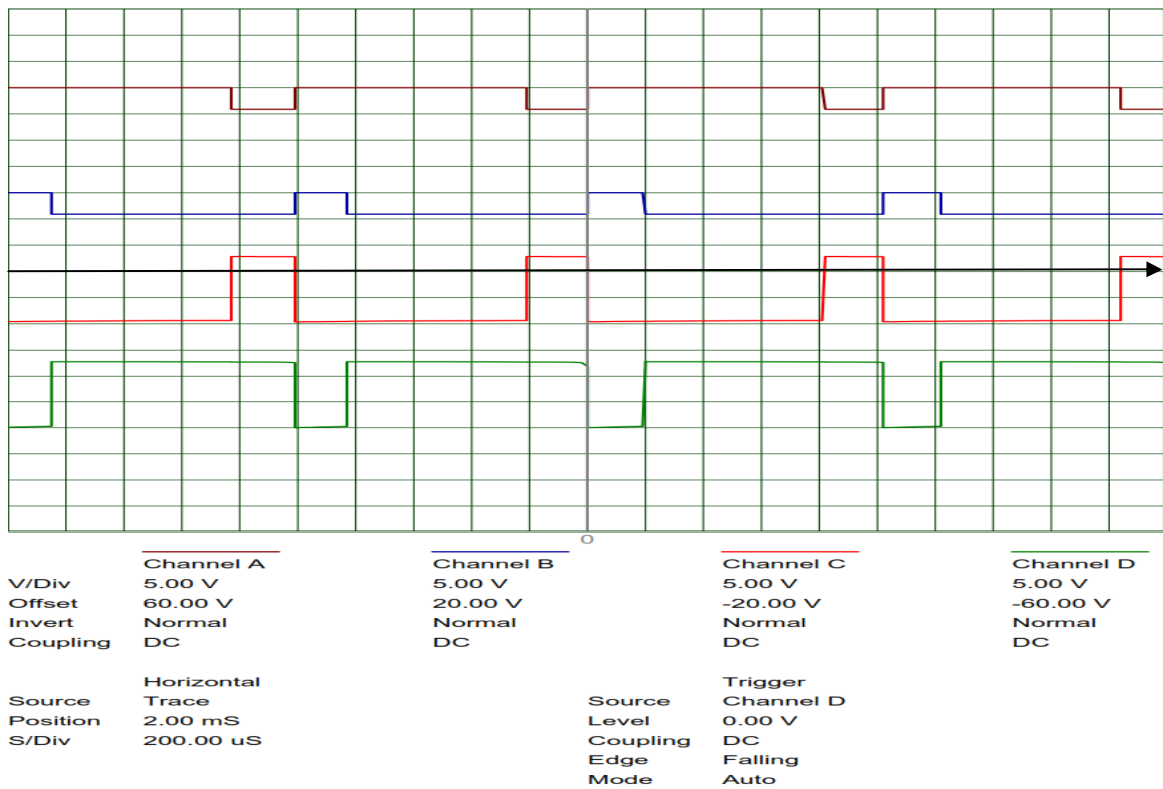
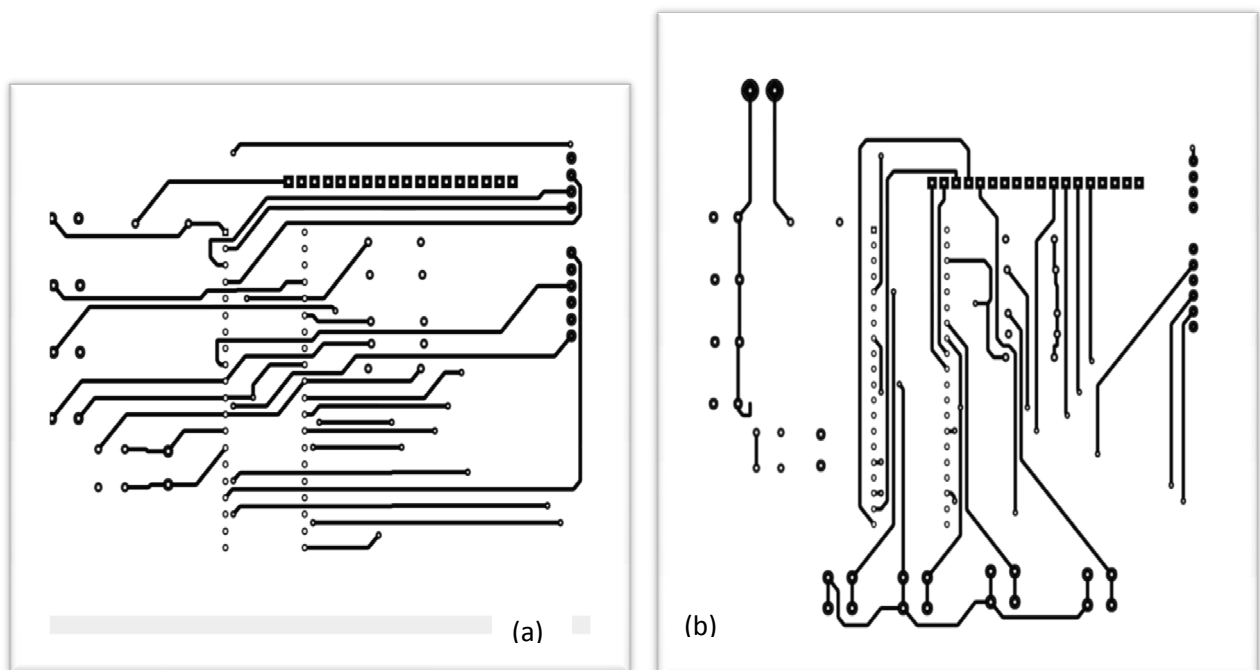


Figure III. 26 : Chronogramme des impulsions de commande « Channel A et B » et de tension d'alimentation « Channel C et D » du moteur unipolaire issu la simulation de commande à micropas

III.6.5.3.typon pour circuit de commande d'un moteur unipolaire



Typon circuit de commande du moteur unipolaire « vue couche supérieur (a), couche inférieur (b)

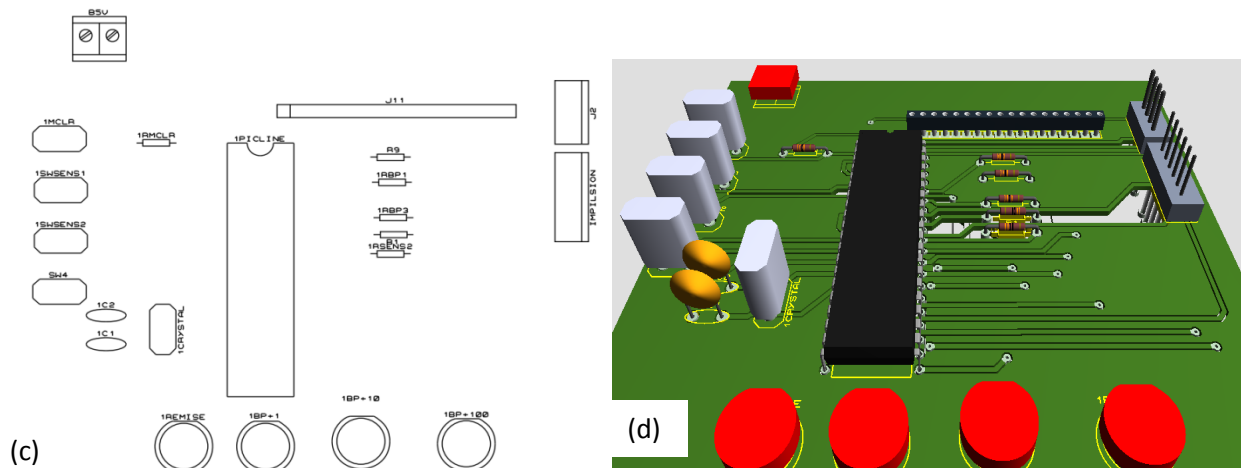


Figure III. 27: typon circuit de commande du moteur bipolaire « vue couche supérieur(a), couche inférieur(b), la disposition des composants utiliser(c) et vue 3D du circuit (d)».

La figure III.28 ci-dessous représente le typon pour circuit de puissance d'un moteur unipolaire

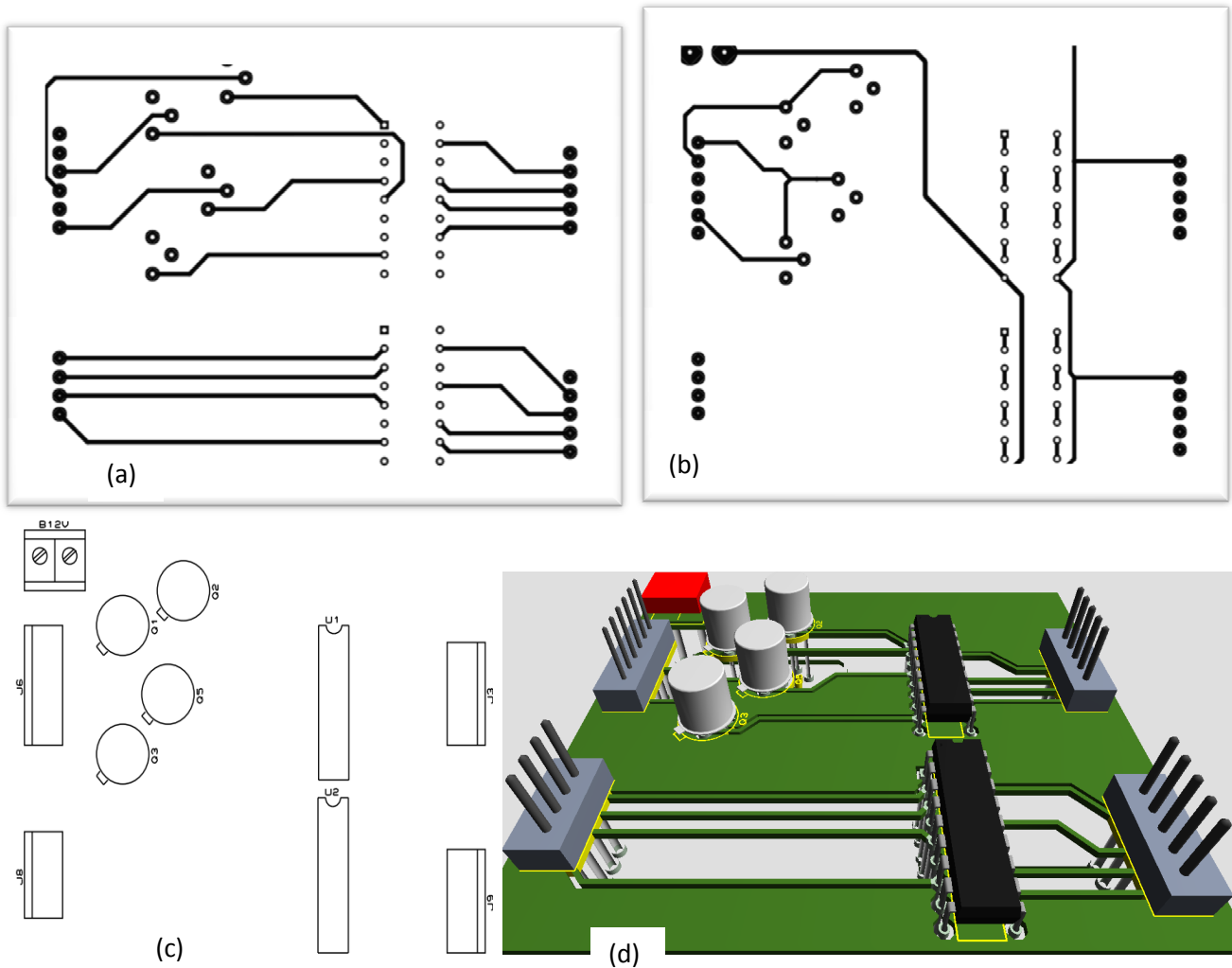


Figure III. 28 : le typon du circuit de puissance pour la moteur unipolaire « vue premier couche(a), deuxième couche(b) et la disposition des composant utiliser (c) et vue 3D du circuit(d)».

III.7. Affichage sur un afficheur LCD :

Pour rendre accessible notre maquette, nous avons jugé nécessaire de la doter avec des outils de communication avec un opérateur éventuel. Parmi les outils de communication utilisés, nous présentons ici l'afficheur LCD. Ce dernier va être utilisé pour nous renseigner sur la position verticale linéaire de la charge.

Nous avons utilisé un afficheur LCD à 16 broches 32 caractères double lignes. Le schéma de raccordement avec le PIC est donné par la Figure III.29

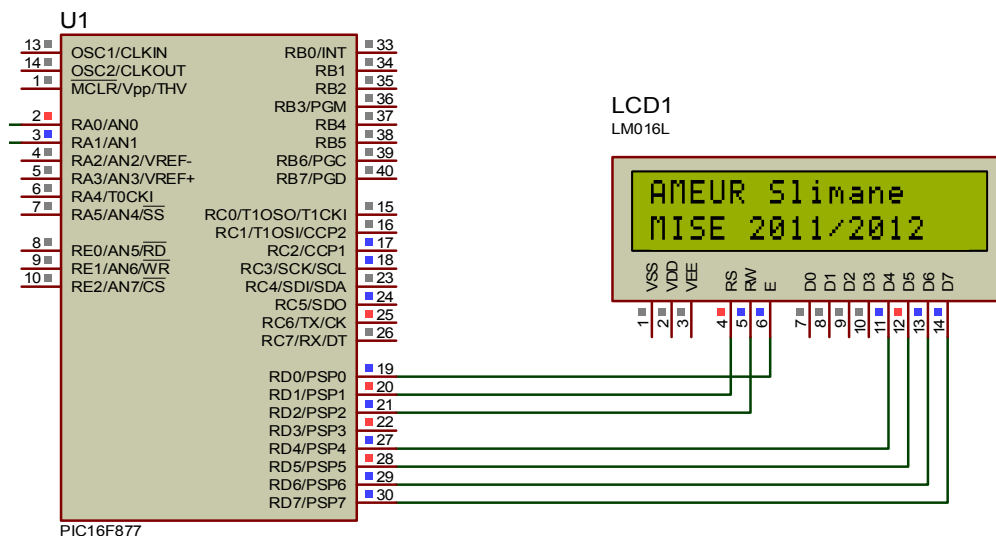


Figure III. 29: exemple d'utilisation un afficheur LCD a 32 caractères

III.8. Maquette réalisée:

La photo du Figure III.30 représente la maquette réalisée au cours de ce projet de Master posé dans le cahier de charge. Cette maquette constituée:

Deux blocs en mouvement, translation vertical et rotation.

Un bloc qui supporte l'ensemble.

Comme nous l'avons précisé dans la section IV-1 le mouvement de rotation de la charge est obtenu avec le moteur pas à pas bipolaire commandé avec l'un des modes de commande voulu, en fonction de la résolution voulue.

Pour le mouvement de translation on utilise moteur pas à pas unipolaire, pour son couple élevé, commandé avec l'un des modes de commande voulu, en fonction de la résolution voulue.

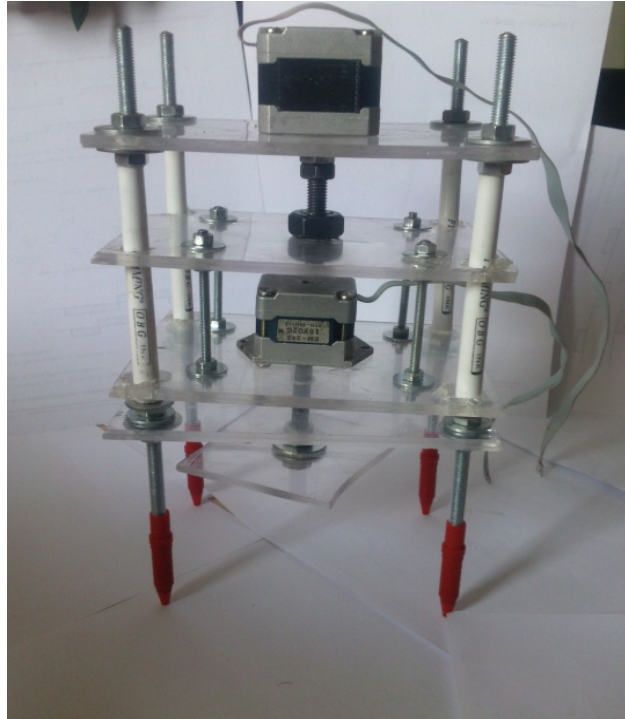


Figure III. 30 : vue de la maquette réalisée

III.9.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté la démarche générale de mise en œuvre des mouvements de rotation et de translation initialement demandés dans le cahier de charge (Chapitre I). Nous avons réalisé la maquette, telle qu'imaginé dans le cahier de charge.

Nous avons utilisé un moteur pas à pas bipolaire pour le mouvement de rotation de la charge et un moteur pas à pas unipolaire pour la translation linéaire. Cette dernière est obtenue par la transformation du mouvement de rotation en translation par le biais d'un accouplement à vis.

Nous avons pu ouvrir les deux moteurs pas à pas pour identifier leurs paramètres. Nous avons mesuré les paramètres électriques avec des essais expérimentaux.

Les commandes de ces moteurs, alimentés par deux types de circuits différents (L298, ULN2824), sont réalisées par un microcontrôleur PIC16F877. Les programmes de commande sont écrits en C, traduit en assembleur et transmis au PIC par le biais d'un programmeur PIC à port USB. Nous avons pu mettre en place les trois modes de commande (Pas entier, demi pas ou micro pas) pour les deux types de moteurs pas à pas. Pour l'affichage de la position linéaire de la charge, nous avons doté notre maquette expérimentale pas un afficheur LCD. Avant la réalisation des circuits de commande, nous avons jugé nécessaire et utile de passer par un simulateur, où nous avons utilisé ISIS-PROTEUS. Nous avons montré quelques résultats de simulations. Les circuits de commande sont ensuite testés sur une plaque d'essai avant réalisation sur circuits imprimés. Les circuits imprimés sont envoyés pour leur mise en œuvre.

Conclusion générale

IV.conclusion générale :

Le travail que nous avons effectué est une contribution pour la mise en place d'une plate forme de caractérisation des matériaux composites basée sur la technique des courants de Foucault. En effet, nous avons automatisé la création du champ magnétique tournant qui est issu au départ d'une mise en mouvement manuel de la sonde à CF. Nous avons utilisé des moteurs pas à pas pour créer le mouvement de rotation de la sonde et pour placer la sonde à une distance précise du matériau à caractériser. Nous avons aussi réalisé la maquette telle qu'imaginé dans le cahier de charge.

Les commandes de ces moteurs, alimentés par deux types de circuits différents (L298, ULN2824), sont réalisées par un microcontrôleur PIC16F877. Les programmes de commande sont écrits en C, traduit en assembleur et transmis au PIC par le biais d'un programmeur PIC à port USB. Nous avons pu mettre en place les trois modes de commande (Pas entier, demi pas ou micro pas) pour les deux types de moteurs pas à pas. Pour l'affichage de la position linéaire de la charge, nous avons doté notre maquette expérimentale pas un afficheur LCD. Avant la réalisation des circuits de commande, nous avons jugé nécessaire et utile de passer par un simulateur, où nous avons utilisé ISIS-PROTEUS. Nous avons montré quelques résultats de simulations donnés pas les différents chronogrammes de commande des PIC. Les circuits de commande sont ensuite testés sur une plaque d'essai avant réalisation sur circuits imprimés. Les circuits imprimés ont été envoyés pour réalisation.

Ce travail nous à permis, d'approfondir mes connaissances en terme de commande des moteurs pas a pas, utilisation du logiciel «Proteus», qui est un logiciel puissant pour la simulation et la conception de cartes électroniques. Ainsi la programmation des microcontrôleurs Pic.

En perspectives, il serait intéressant de doter la maquette par des capteurs de fin de courses et de position. Et aussi faire de la commande en boucle fermée pour avoir une meilleure garantie et précision sur la position de la sonde.

Annexe

V. Annexe

Conception de typons sous ARES PROTEUR

La réalisation des typons se fait avec le logiciel "ARES (Proteus) 7 Professional".

A partir de la fenêtre du logiciel ISIS en passe a la fenêtre de l'ARES avec l'icône de cette dernière pour faire transférer tout les composants utiliser a la simulation pour réaliser notre typon.

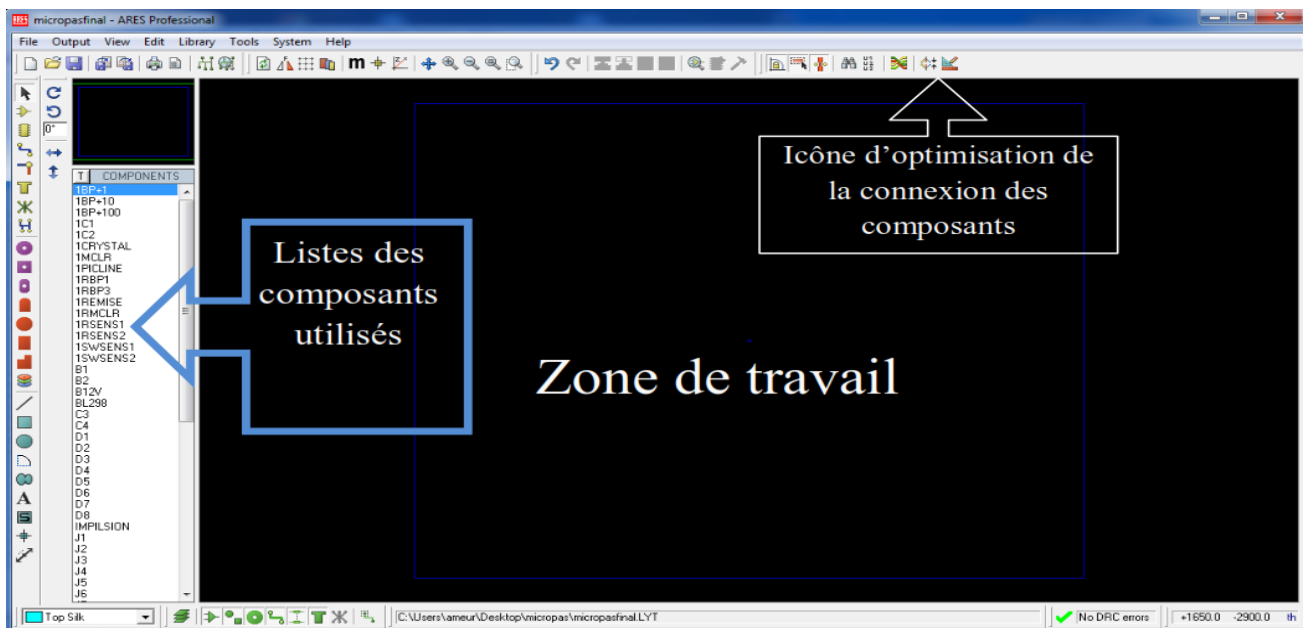


Figure IV. 1 : interface du logiciel ARES 7.7

Les typons de la plaque :

La création du typon et impression

Après avoir réalisé le typon (tracé du circuit imprimé) on passe à l'impression sur un support transparent (papier Mylar, ou bien papier calque),

L'insolation :

Dans cette étape on superpose le calque sur la plaque cuivrée protégée d'une couche de résine (face implémentation à l'intérieur), puis on expose l'ensemble au rayonnement ultraviolet, le but étant de fragiliser la résine non caché par le tracé.

Le temps d'insolation de 3 minutes 15 secondes donne de bons résultats (selon le type de la plaque et de l'insoleuse).

c- La Révélation

La prochaine étape est de plonger la maquette dans un bac qui contient un produit révélateur. Cependant on peut utiliser de la lessive de soude mélangé dans un petit bac: 250mL d'eau et environ 6mL de lessive de soude à 33%.

d- La gravure

Après la révélation la plaque est plongée dans un bain de perchlorure de fer pour gravure pour une durée de 30 minutes. Après cette opération le module sera soigneusement rincé à l'eau tiède. Par précaution il faut vérifier les piste s'il n'y a pas des coupures ou/et des courts-circuits.

e- Le perçage

Toutes les pastilles seront percées à l'aide de 0,8mm de diamètre, certains trous seront à agrandir suivant le diamètre des composants à implanter. Enfin les pistes pourront être étamées pour conférer au circuit imprimé une meilleure résistance tant mécanique que chimique.

Dans ce projet de mémoire nous allons séparer chaque circuit de commande et chaque circuit de puissance l'un à l'autre pour faire utilisé avec d'autre type de commande par exemple avec un PC ou avec d'autre type de PIC.

PIC 16F877 :



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

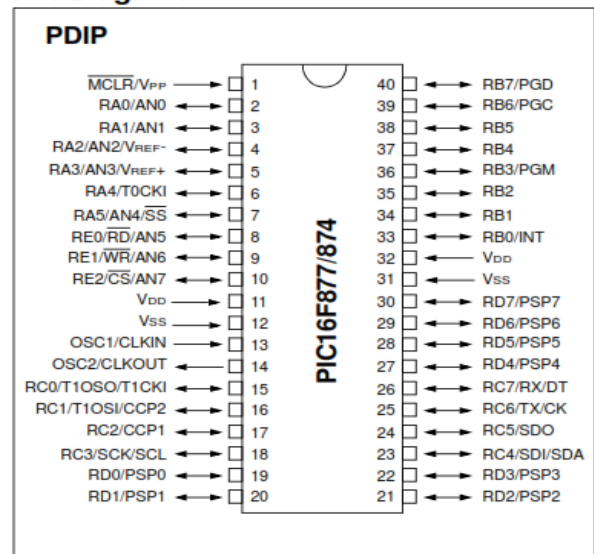
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram



Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

PIC16F87X

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

L298 :



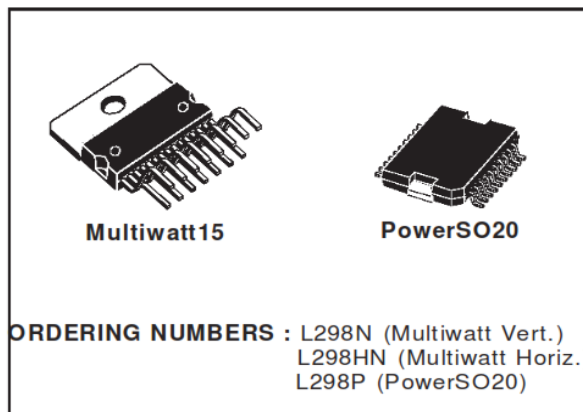
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

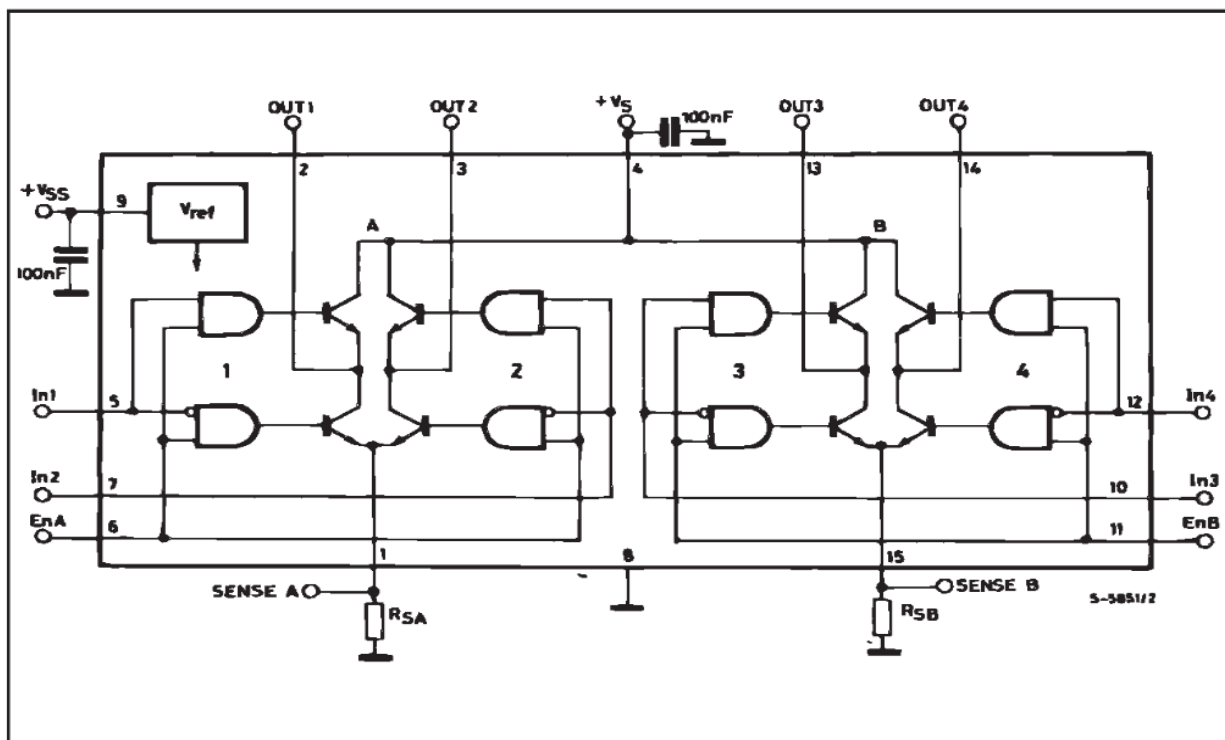
DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

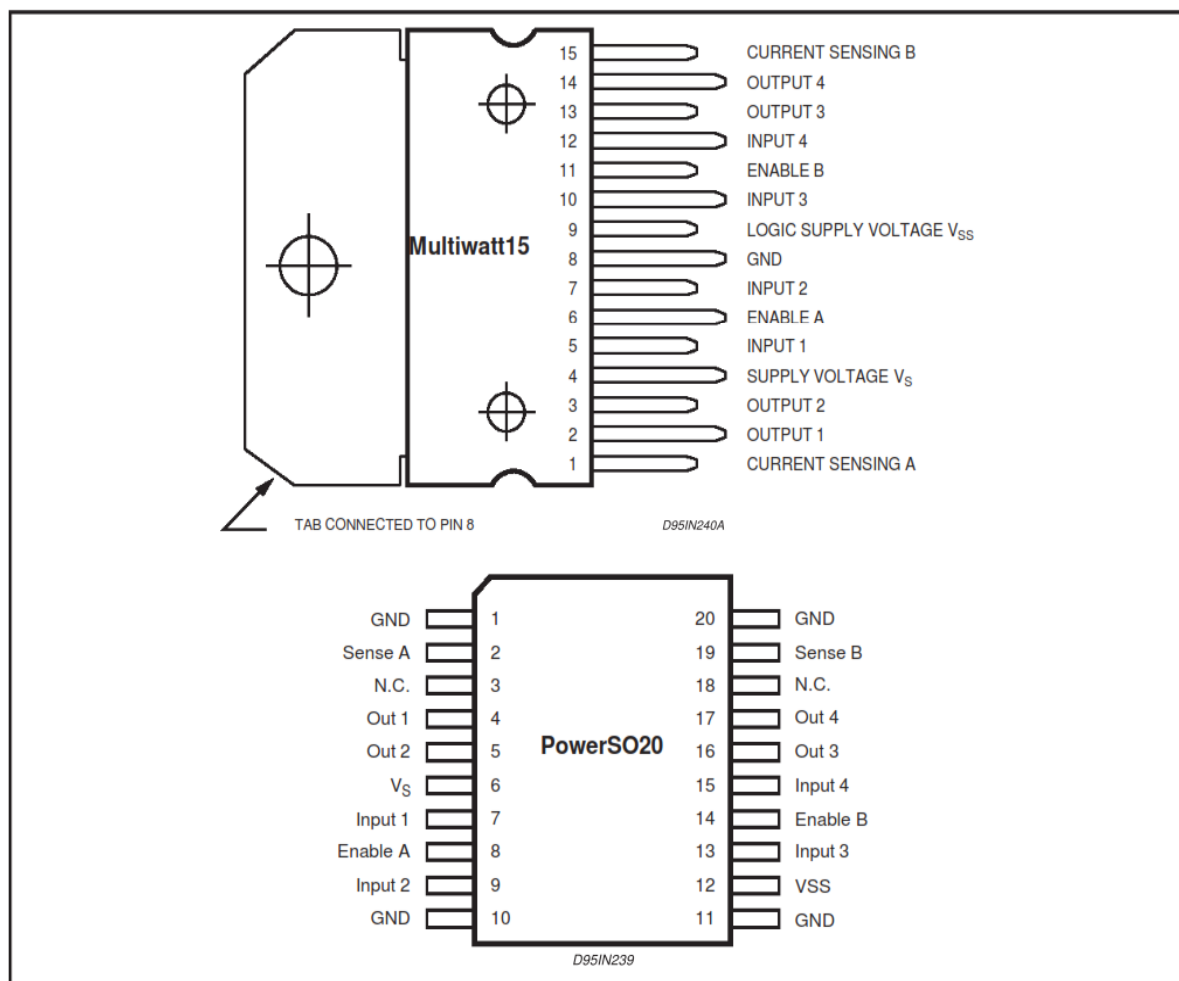
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _S	Power Supply	50	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V _I , V _{En}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I _O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive (t = 100µs)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; t _{on} = 10ms)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V _{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P _{tot}	Total Power Dissipation (T _{case} = 75°C)	25	W
T _{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
T _{stg} , T _j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
R _{th j-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max. -	3	°C/W
R _{th j-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V _{SS}	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V _{IH} +2.5		46	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I _S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H		13 50	22 70	mA mA
		V _{en} = L V _i = X			4	mA
I _{SS}	Quiescent Current from V _{SS} (pin 9)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L V _i = H		24 7	36 12	mA mA
		V _{en} = L V _i = X			6	mA
V _{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V _{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V _{SS}	V
I _{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = L			–10	μA
I _{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = H ≤ V _{SS} –0.6V		30	100	μA
V _{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V _{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V _{SS}	V
I _{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = L			–10	μA
I _{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = H ≤ V _{SS} –0.6V		30	100	μA
V _{CEsat(H)}	Source Saturation Voltage	I _L = 1A I _L = 2A	0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
V _{CEsat(L)}	Sink Saturation Voltage	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V _{CEsat}	Total Drop	I _L = 1A (5) I _L = 2A (5)	1.80		3.2 4.9	V V
V _{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

ULN 2824 :**ULN2803,ULN2804****High-Voltage,High-Current Darlington Arrays****Features**

- EIGHT DARLINGTON PAIRS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500 mA PER DRIVER (600 mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V (ULN280X)
95V (ULN 282X)
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

Description

The series ULN2801 - 2824 are high voltage, high current darlington arrays each containing eight open collector darlington pairs with common emitters. Each channel is rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA.

Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The five versions interface to all common logic families:

ULN2801	General purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2802	14-25 V PMOS
ULN2803, ULN2823	5 V TTL, CMOS
ULN2804, ULN2824	6-15 V CMOS, PMOS
ULN2805	2-5 V CMOS, PMOS

These devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays, filament lamps and high power buffers.

The ULN2801-ULN2824 are supplied in 18 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

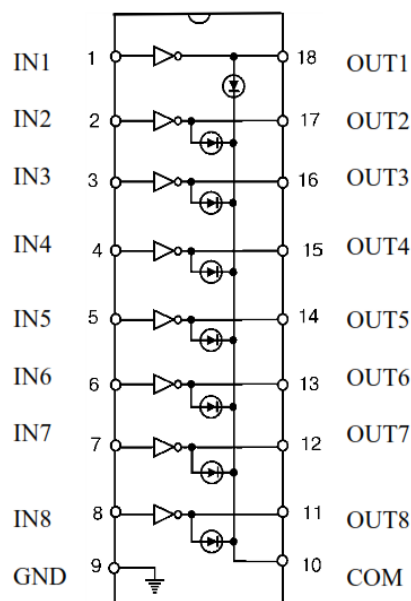
Characteristic	Symbol	Limits	Unit	
Output voltage	V_{CE}	50 95	V	
				Typ
				ULN2801-2805 ULN2823-2824
Input voltage	V_{IN}	30 15	V	
				Typ
				ULN2801-2804, 2823, 2824 ULN2805
Continuous collector current	I_C	500	mA	
Continuous base current	I_{IN}	25	mA	
Power dissipation at $T_{amb} = 25^{\circ}C$ (one Darlington pair) total package	P_{tot}	1	W	
		2		
Operating ambient temperature range	T_{amb}	-20 to +85	$^{\circ}C$	
Storage temperature range	T_{stg}	-55 to +150	$^{\circ}C$	

ULN2803,ULN2804 High-Voltage,High-Current Darlington Arrays

Electrical characteristics $T_A = +25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Applicable Devices	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current	I_{CEX}	ULN2801 to ULN2805	$V_{CE}=50\text{V } T_A=25^\circ\text{C}$ $V_{CE}=50\text{V } T_A=70^\circ\text{C}$		< 1	50 100	μA
		ULN2823, ULN2824	$V_{CE}=95\text{V } T_A=25^\circ\text{C}$ $V_{CE}=95\text{V } T_A=70^\circ\text{C}$		< 1	50 100	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	All	$I_C=100\text{mA } I_B=250\mu\text{A}$		0.9	1.1	V
			$I_C=200\text{mA } I_B=350\mu\text{A}$		1.1	1.3	
			$I_C=350\text{mA } I_B=500\mu\text{A}$		1.3	1.6	
Input Current	$I_{IN(ON)}$	ULN2802	$V_{IN}=17\text{V}$		0.82	1.25	mA
		ULN2803, ULN2823	$V_{IN}=3.85\text{V}$		0.93	1.35	
		ULN2804, ULN2824	$V_{IN}=5.0\text{V}$		0.35	0.5	
		ULN2805	$V_{IN}=3.0\text{V}$		1.5	2.4	
	$I_{IN(OFF)}$	All	$I_C=500\mu\text{A } T_A=70^\circ\text{C}$	50	65		μA
Input Voltage	$V_{IN(ON)}$	ULN2802	$V_{CE}=2.0\text{V } I_C=300\text{mA}$			13	V
		ULN2803, ULN2823	$V_{CE}=2.0\text{V } I_C=300\text{mA}$			3.0	
		ULN2804, ULN2824	$V_{CE}=2.0\text{V } I_C=350\text{mA}$			8.0	
		ULN2805	$V_{CE}=2.0\text{V } I_C=350\text{mA}$			2.4	
DC Forward Current Transfer Ratio	h_{FE}	ULN2801	$V_{CE}=2.0\text{V } I_C=350\text{mA}$	1000			
Turn-On Delay	t_{PLH}	All	$0.5 V_{IN}$ to $0.5 V_{OUT}$		0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay	t_{PHL}	All	$0.5 V_{IN}$ to $0.5 V_{OUT}$		0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current	I_R	ULN2801 to ULN2805	$V_R=50\text{V } T_A=25^\circ\text{C}$ $V_R=50\text{V } T_A=70^\circ\text{C}$			50 100	μA
		ULN2823, ULN2824	$V_R=95\text{V } T_A=25^\circ\text{C}$			50	
			$V_R=95\text{V } T_A=70^\circ\text{C}$			100	
Clamp Diode Forward Voltage	V_F	All	$I_F=350\text{mA}$		1.7	2.0	V
Input Capacitance	C_{IN}	All			15	25	pF

CONNECTION DIAGRAM



Bibliographie

VI.bibliographie :

- [1] S.Bensaid, D.Trichet, J.Fouladgar «Electrical Conductivity Identification of Composite Materials Using a 3-D Anisotropic Shell Element Model » IEEE, Vol. 45, NO. 3, pp. 1859- 1862, Mars 2009.
- [2] CHETIOUI Nabil, ROUABAH Anouar « Étude, simulation du fonctionnement et réalisation d'une carte de commande de deux moteurs pas a pas »mémoire d'ingénieur. Université de M'sila 2005-2006.
- [3] Théodore WILDI, Gilbert SYBILLE « ÉLECTROTECHNIQUE » livre 4ème Edition de Boeck.
- [4] Moussa BENDJEDIA « synthèse d'algorithmes de commande sans capteurs de moteurs pas a pas et implantation sur architecture programmable», Thèse de doctorat a l'université de FRANCHE-COMTE novembre 2007.
- [5] Lilia EL AMRAOUI « Conception Electromécanique d'une gamme d'actionneurs Linéaires Tubulaires à Réductance Variable », Thèse de Doctorat, l'Ecole centrale de Lille, le 18 décembre 2002.
- [6] « Systèmes électromécaniques » Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion Du Canton du Vaud, cours sur internet.
- [7] BOULARAS Abdeslam, KHAOUANE Aissa, HAMADOUCHE Fayçal « Etude et Réalisation d'une carte de variateur de vitesse d'un moteur pas à pas » mémoire d'ingénieur université de M'sila 2010 /2011.
- [8] Bert van Dam « 50 nouvelles applications des microcontrôleurs PIC » elektor publitronic 2010.
- [9] Christian tavernier « programmation en C » Dunod, Paris, 2005.
- [10] Datasheet L298
- [11] Datasheet ULN2824
- [12] Site internet Texas instrumentation: www.ti.com : microcontrôleurs PICS
- [13] Site web: www.microchip.com : architecture interne du PIC
- [14] Samir BENSALD, « Contribution a la caractérisation et a la modélisation électromagnétique et thermique des matériaux composites anisotropes ». Thèse de doctorat, Soutenue le 12 Décembre 2006, Ecole Centrale de Paris de l'Université de Nantes.
- [15] Sites web: www.e-shore.com.my : afficheur LCD 16x2 caractères.

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE**

SPECIALITE :

INGENIERIE DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES

Proposé et dirigé par : -Dr. BENSAID Samir

Présenté par : - AMEUR Slimane

THEME :

**Contribution à la conception et à la réalisation d'un capteur inductif de
précision pour la caractérisation électrique des matériaux
conducteurs**

Résumé

La caractérisation électromagnétique est une tâche importante pour la détection des défauts (fissuration, bulle d'air, usure,...) dans les structures. Pour pouvoir localiser et identifier précisément défauts, connaître le type exact des matériaux ou avoir l'orientation précise des fibres dans les matériaux composites, l'utilisation de capteur inductif à champ tournant semble être une solution adéquate et innovante. Dans le cadre de ce projet de master, on se propose une contribution d'automatiser le mouvement de rotation et de translation (entrefer) de la sonde inductive par des moteurs pas à pas.

Mots clés :

Commande moteur pas à pas, PIC, programmation en C, carte de commande

N° d'ordre : 026