

Dédicace

À mes très chers parents

qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

À mes chers frères et sœurs, mes neveux et nièces, mes tantes et oncles ainsi qu'à toute ma famille de près ou de loin.

À tous mes amis et collègues qui ont toujours été là quand j'avais besoin.

Je dédie ce mémoire

S.KOUDRI

Remerciements

Nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté et le courage qui nous ont permis de réaliser ce travail, veuille t'il nous guider dans le droit chemin.

Nous aimons spécialement remercier notre promotrice Mlle .A.CHENTIR qui nous a proposé ce sujet, pour sa disponibilité, son soutien et pour sa grande aide tout au long de ce travail.

Nos chaleureux remerciements à nos familles, qui nous ont soutenu par leur Amour, leurs encouragements et leur intérêt tout au long de nos études.

Nous tenons à présenter nos remerciements aussi à toutes les personnes qui ont participées de près ou de loin à l'élaboration du présent mémoire.

Ainsi au président de jury et les membres de jury ayant accepté de le juger.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

BELLACHE Sidali

&

KOUDRI Saad

pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique option Automatique

Thème

Etude et réalisation de support de robot suiveur de courbe

Proposé par : Mlle. A.CHENTIR

Année Universitaire 2011-2012

الملخص

الهدف من هذا المشروع هو برمجة روبوت الدعم الذي يتحرك في المنحنيات الرياضية التي يقدمها جهاز الكمبيوتر والتي من شأنها أن تترجم السيناريو في المنحنيات واضحة المعالم.

و هذا الروبوت يتحرك بواسطة اثنان من المحركات خطوة بخطوة. وقد وضعت واجهة رسومية مع وصلة USART (الدارة الكهربائية) للتحكم في الروبوت من خلال جهاز كمبيوتر.

كلمات المفاتيح

الروبوت الداعم. المحركات خطوة بخطوة. الميكرومراقب 16f877A.

Résumé

Dans ce projet on va faire une conception d'un support de Robot qui se déplace selon des courbes mathématiques données par l'ordinateur et dont le scénario sera traduit par des courbes bien déterminées.

Ce robot est actionné par deux moteurs pas à pas. Une interface graphique avec une liaison USART (PC-Carte électronique) a été développée pour le pilotage du robot à partir d'un PC.

Mots clés : support de Robot suiveur de courbe, moteur pas à pas, microcontrôleur 16f877A.

Abstract

In this project we will give a design of a support robot that moves in mathematical curves given by the computer and that the scenario will be translated into well-defined curves.

This robot is driven by two stepper motors. A graphical interface USART with a link (PC- Electronic Card) has been developed for controlling the robot from a PC.

Keywords: Support follows a curve, stepper motor, microcontrollers 16f877A.

Introduction Générale

Introduction Générale

La définition la plus précise du robot est un système automatique mécanisé capable d'effectuer une ou plusieurs tâches dans un environnement donné, de manière autonome et par l'exécution d'un programme. Les tâches peuvent être de type point à point ou de type continu: suivie de courbes, suivi de surfaces.

Grâce à sa capacité à contrôler la position et la vitesse, le moteur pas à pas est actuellement le principal élément intermédiaire entre les dispositifs de traitement d'information et le monde électromécanique extérieure. Cela est due au développement conjugué de l'électronique de puissance et, surtout, grâce à l'apparition de l'électronique numérique à forte intégration.

Dans ce projet on va donner une conception d'un support de Robot qui se déplace selon des courbes mathématiques données par l'ordinateur et dont le scénario sera traduit par des courbes bien déterminées.

Ce projet est constitué de deux parties, une partie informatique dans laquelle on a un logiciel de traçage des courbes et de commande de Robot et une partie électronique qui sera le robot ou bien le support de Robot suiveur de courbe.

Pour cela, notre mémoire a été rédigé selon le plan suivant :

- Le premier chapitre présente certaines généralités concernant la robotique mobile.
- Le deuxième chapitre est dédié à l'étude des moteurs pas à pas, ainsi que leurs principe de fonctionnement et leurs modes de commandes.
- Le troisième chapitre comporte une présentation générale sur les microcontrôleurs, nous avons ensuite défini la famille des PICs et plus particulièrement le 16F877A.

Introduction Générale

- Le quatrième chapitre présente l'étude théorique de notre montage, où à partir du schéma synoptique de notre montage, on a essayé de présenter l'étude théorique des différents blocs à réaliser.
- Le cinquième chapitre nous allons présente l'étudier mathématique et l'analyse mécanique du support robot suiveur de courbe, Ainsi que nous allons présente les outils de développement et Les étapes nécessaires permettant de voir un programme s'exécuter sur un PIC.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale qui résume les problèmes théoriques et techniques traités au cours de cette thèse.

Liste des figures

Figure 1.1 : Unimate.....	6
Figure 1.2 : Exemple de plate-forme différentielle. Pioneer 2 DX de la société Mobile Robots. Urban Robot de la société iRobot.....	7
Figure 1.3 : Exemple de plate-forme omnidirectionnelle à roues orientables.....	8
Figure 1.4 : Exemple de plate-forme omnidirectionnelle à roues suédoises.....	9
Figure 1.5 : Exemple de plate-forme non holonome de type Ackerman.....	9
Figure 1-6 : Exemples de robots à pattes ((a) : Hexapode de AAI Canada, (b) : Aibo de Sony, (c) : Nao de Aldebaran Robotics).....	10
Figure 2.1 : asservissement en boucle fermée.....	15
Figure 2.2 : asservissement en boucle ouvert.	15
Figure 2.3 : structure classique d'un moteur à réluctance variable rotatif à double saillance.....	16
Figure 2.4 : structure d'un moteur à aimant permanent rotatif.....	17
Figure 2.5 : structure d'un moteur hybride.....	18
Figure 2.6 : structure quadripasée à alimentation unipolaire.....	20
Figure 2.7 : principe d'alimentation en mode 1.....	21
Figure 2.8 : principe de l'alimentation bipolaire en mode 1.....	21
Figure 2.9 : principe de l'alimentation d'un bobinage diphasé en mode 1.....	22
Figure 2.10 : principe d'alimentation en mode 2.....	22
Figure 2.11 : principe d'alimentation en mode 3.....	23
Figure 2.12 : principe d'alimentation en mode 4.....	24
Figure 2.13 : pilotage par modulation d'amplitude des courants.....	25
Figure 2.14 : schéma de 2 ponts en H.....	26
Figure 2.15 : Diagramme bloc du L298.....	27
Figure 3.1 : structure de base du PIC.....	32
Figure 3.2 : Les blocs principaux du PIC 16F877A.	36
Figure 3.3 : Brochage de 16F877A.....	38
Figure 4.1 : le schéma synoptique.....	41
Figure 4.2 : constitution d'une batterie au plomb.....	43
Figure 4.3 : 2 batteries installées en série.....	43
Figure 4.4 : 2 batteries installées en parallèle.....	44
Figure 4.5 : Montage de l'alimentation stabilisée.....	45
Figure 4.6 : la liaison RS232.....	46
Figure 4.7 : Les prises RS232 de type DB9.....	46

Liste des figures

Figure 4.8 : le branchement entre deux machines.....	47
Figure 4.9 : la connexion entre le MAX232 et la prise RS232 de type DB9.....	48
Figure 4.10 : Circuit intégré MAX232.....	49
Figure 4.11 : la connexion entre le PIC et le MAX232.....	50
Figure 4.12 : Brochage d'un afficheur LCD.....	52
Figure 5.1 : MikroPascal PRO for PIC	55
Figure 5.2 : Programmeur de PIC	56
Figure 5.3 : organigramme de fonctionnement général.....	58
Figure 5.4 : schéma de simulation sur Isis.....	59
Figure 5.5 : schéma de routage sur ARES.....	60
Figure 5.6 : Interface du WinDev.....	62
Figure 5.7 : schéma mécanique de support robot.....	62
Figure 5.8 : repère orthonormé.....	63

Liste des tableaux

Tableau 3.1: comparaison entre les principaux PIC 16FxxxA.....	34
Tableau 4.1 : différentes broches des prises RS232.....	47
Tableau 4.2 : descriptif de circuit intègre MAX232.....	50
Tableau 4.3 : les différents pins de LCD.....	53



Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale.....1

Chapitre 1 : Généralité sur les robots mobiles

1.1.	Introduction à la robotique.....	3
1.2.	Origines du mot « robot ».....	3
1.3.	La différence entre un automate et un robot.....	4
1.4.	Différents types de robots mobiles.....	4
1.5.	Les objectifs de la robotisation.....	4
1.6.	Les robots modernes.....	5
1.6.1.	Première génération de robots.....	5
1.6.2.	Deuxième génération de robots.....	5
1.6.3.	Troisième génération de robots.....	6
1.7.	Les bases mobiles.....	6
1.7.1.	Holonomie.....	6
1.7.2.	Les plates-formes différentielles.....	7
1.7.3.	Les plates-formes omnidirectionnelles.....	8
1.7.4.	Les plates-formes non holonomes.....	9
1.7.5.	Les plates-formes à pattes.....	10
1.8.	Robot mobile et domaine d'application.....	11
1.9.	Les moteurs utilisés.....	12
1.10.	Conclusion.....	13

Chapitre 2 : Les moteurs pas à pas

2.1.	Introduction.....	14
2.2.	description de moteur pas à pas.....	14
2.3.	Les différents Types des moteurs pas à pas.....	15
2.3.1.	Moteurs pas à pas à réluctance variable.....	16
2.3.2.	Moteurs polarisés.....	17
a)	Les moteurs à aimants permanents.....	17
b)	Les moteurs hybrides.....	18
c)	Moteurs pas à pas linéaires.....	18
2.4.	Comparaison des moteurs pas à pas.....	19

Table des matières

2.4.1.	Moteurs à aimant permanent.....	19
2.4.2.	Moteurs à réluctance variable.....	19
2.4.3.	Moteurs hybrides.....	19
2.5.	Commande des moteurs pas à pas.....	20
2.5.1.	Fonctionnement à pas entiers.....	20
a)	Commande en mode 1.....	20
b)	Commande en mode 2.....	22
2.5.2.	Fonctionnements à des pas réduits.....	23
a)	Commande en mode 3.....	23
b)	Commande en mode 4.....	23
c)	Commande en mode 5.....	24
2.6.	Alimentation des moteurs pas à pas.....	25
2.6.1.	Objectifs d'une bonne alimentation et classification.....	25
2.6.2.	Types d'alimentation des moteurs pas à pas.....	26
2.6.3.	Le driver L298.....	27
2.7.	Conclusion.....	28
Chapitre 3 : Généralité sur les microcontrôleurs		
3.1.	<i>Introduction.....</i>	29
3.2.	<i>Définition de PIC.....</i>	30
3.3.	<i>Classification des PICs de Microchip.....</i>	30
3.4.	<i>Les avantages du microcontrôleur.....</i>	30
3.5.	Le choix d'un PIC.....	31
3.6.	Identification des PICs	32
3.7.	<i>Structure interne d'un PIC.....</i>	32
3.8.	Le microcontrôleur PIC 16F877A	35
3.9.	Architecture interne du PIC.....	36
3.10.	Brochage de 16F877A.....	38
3.11.	Conclusion.....	39
Chapitre 4 : Etude théorique		
4.1.	<i>Introduction.....</i>	40
4.2.	Structure globale de robot suiveur.....	40
4.3.	Alimentation.....	42
4.3.1.	Les batteries.....	42

Table des matières

a) Caractéristiques d'une batterie.....	44
4.3.2. Alimentation de 5v.....	45
b) Discretion de régulateur de tension.....	45
4.4. Principe de la transmission série (RS232).....	46
4.4.1. Brochage de la prise.....	46
4.4.2. Protocole de transmission.....	48
4.4.3. Principe d'adaptation PIC- RS232.....	49
4.5. Afficheur LCD.....	51
4.5.1. Principe de fonctionnement.....	51
4.5.2. Description Brochage de l'afficheur.....	51
Chapitre 5 : Réalisation et tests	
5.1. Introduction.....	54
5.2. Définition de Mikropascal.....	55
5.3. Présentation de Micro Pascal.....	55
5.4. Introduction sur le programmeur de PIC.....	56
5.4.1. Présentation du programmeur de PIC.....	56
5.5. Fonctionnement général de robot suiveur de courbe.....	57
5.6. Présentation de l'ISIS.....	59
5.7. Présentation de l'ARES.....	60
5.8. WINDEV.....	61
5.8.1. L'interface graphique de WinDev.....	62
5.9. L'étude mécanique.....	62
5.10. L'analyse mathématique.....	63
5.11. Conclusion.....	64
Conclusion Générale.....	65
Annexe.....	66

1.1. Introduction à la robotique

Le marché de la robotique est aujourd'hui encore dominé par les robots industriels, qui sont souvent très simples. Selon la Commission économique des Nations unies pour l'Europe (CEE-ONU) et la Fédération internationale de robotique (IFR), il y a, en ce début de XXI^e siècle, plus de 800 000 robots industriels dans le monde, dont près de la moitié est détenue par le Japon. Le reste du parc mondial de robots industriels se répartit principalement entre les États-Unis (100 000), l'Allemagne (100 000), l'Italie (45 000), la république de Corée (40 000), la France (25 000) et le Royaume-Uni (15 000). L'évolution est globalement à la hausse majoritairement aux États-Unis et en Europe.

La répartition est également différente selon le secteur industriel. Les industries automobile et chimique étant les principales utilisatrices de robots. En moyenne au Japon, il y a 270 robots pour 10 000 salariés du secteur industriel (contre 130 en Allemagne, 120 en république de Corée, 60 en France, 50 aux États-Unis). Dans le secteur automobile japonais, on compte 1 robot pour 6 salariés. Une évolution est attendue dans le monde des services (robot aspirateur ou robot tondeuse), mais elle tarde à se confirmer.

1.2. Origines du mot « robot »

Étymologiquement, le mot « robot » tire sa racine du bulgare *robu* qui signifie «serviteur» et qui a donné naissance, entre autres, au russe *rabota* qui signifie «travail» et au tchèque *robota* qui se traduit par « travail forcé ». C'est justement l'écrivain tchèque Karel Capek qui a popularisé ce terme vers 1920, au travers d'une pièce de théâtre intitulée «Rossum's Universal Robots » qui met en scène des petits automates de forme humaine qui finissent par se rebeller contre leurs inventeurs et dominer le monde.

Le russe Isaac Asimov (1920-1992) père de la science fiction en tant que genre littéraire inventa le mot « robotique ». Il définit en 1942 « les trois lois fondamentales de la robotique » qui visent la protection de l'humanité des risques que pourrait engendrer une très forte « robotisation » [1], [2].

1.3. La différence entre un automate et un robot

Un automate est une machine conçue pour exécuter automatiquement une tâche bien définie. Par exemple : une machine remplaçant et capsulant des bouteilles de limonade. Le robot, par contre, peut en fonction de son programme réaliser des tâches différentes. Par exemple : à un moment un robot soude une carrosserie de voiture, plus tard on l'utilise pour traiter des voitures à l'anti-rouille. En plus de l'aspect programmation, il faut remarquer que l'automate est plus dédié physiquement à sa fonction que le robot [3].

1.4. Différents types de robots mobiles

Il est possible de classifier les robots mobiles de nombreuses manières et selon de nombreux critères tels que: le domaine d'application, le degré d'autonomie, le degré d'intelligence. Puisque leur mobilité est l'une de leurs caractéristiques essentielles, nous allons nous intéresser à leur classification selon leur mode de locomotion.

Les robots mobiles peuvent être classifiés selon leur mode de locomotion en cinq catégories [4] :

- les robots mobiles à roues
- les robots mobiles à pattes
- les robots mobiles à chenilles
- les robots mobiles volants
- les robots mobiles navigants

1.5. Les objectifs de la robotisation

Parmi les objectifs de la robotisation on peut citer :

- L'adaptation à des environnements hostiles pour l'homme
- L'adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme.
- L'augmentation de la sécurité.
- L'adaptation à des contextes particuliers.
- L'amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure répétitivité de la valeur ajoutée.
- L'amélioration de la flexibilité du produit.

L'accroissement de la productivité du système sous forme d'une meilleure rentabilité et d'une meilleure compétitivité [5].

1.6. Les robots modernes

Ce n'est qu'en 1961 que voit le jour le premier robot de l'histoire. Nommé Unimate (universal mate : compagnon universel), c'est le premier bras articulé programmé (voir figure 1-1).

En fait, c'est l'apparition de l'informatique qui a basculé à jamais le monde de la robotique. Jusque là, la mécanique s'était occupée de l'aspect « corps » du robot, l'électronique de l'aspect commande, l'informatique aura pour tâche l'aspect « cerveau » du robot [6].

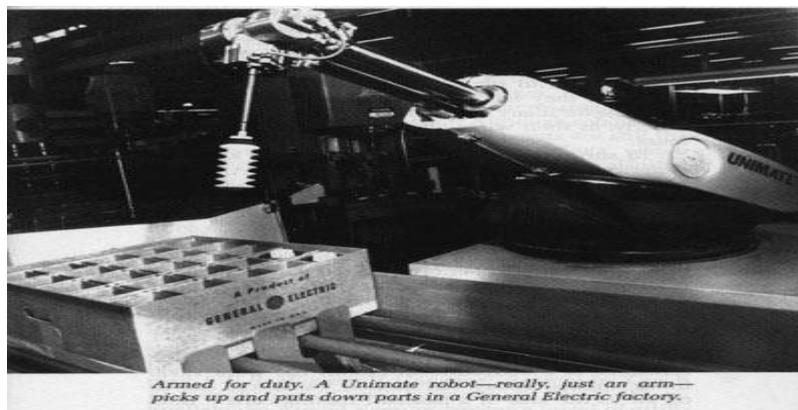


Figure 1.1 : Unimate [1].

1.6.1. Première génération de robots

La première génération des robots est les robots programmables et asservis à trajectoire continue ou point à point, dont le cycle de travail se répète sans modification, ils étaient dédiés à une seule tâche ce qui les rendait fortement limités, en plus, ils n'avaient aucune perception de leurs environnements [6].

1.6.2. Deuxième génération de robots

Les robots de seconde génération ont la caractéristique principale de « la perception de l'état et de la tâche ». Ce sont des manipulateurs automatiques programmables capables d'analyser les modifications de leurs environnements et de réagir en conséquence. Il peut en résulter une modification partielle du cycle opératoire (exemples : manipulation avec reconnaissance de forme, assemblage avec contrôle d'effort, soudage avec suivi de joint...) [6].

1.6.3. Troisième génération de robots

Ce sont des robots utilisant des ressources comme celles de l'intelligence artificielle pour assimiler des instructions globales proches du langage naturel, capables d'une interprétation exhaustive de leur environnement et de prendre des décisions d'action en conséquence (exemples : robots d'intervention en milieux hostiles, robots autonomes multiservices...).

Les progrès spectaculaires réalisés par la microélectronique et la microinformatique permettent de plus en plus de concrétiser le « fantasme » collectif d'un robot doté de la capacité de raisonner, d'accomplir des tâches. [6]

1.7. Les bases mobiles

Nous présentons rapidement les différents types de bases mobiles utilisées en robotique, en nous focalisant sur les plateformes mobiles terrestres pour le milieu intérieur [7].

1.7.1. Holonomie

En robotique, une plateforme est dite holonome lorsque que le nombre de degrés de libertés contrôlables est égal au nombre total de degrés de liberté.

Pour un robot se déplaçant sur un plan, il y a 3 degrés de liberté (deux translations et une rotation). A partir d'une position donnée, une plateforme holonome devra donc pouvoir se déplacer en avant, sur le coté et tourner sur elle-même. Cette capacité permet de contrôler très simplement le robot car tous les déplacements imaginables sont réalisables, ce qui simplifie le problème de planification de trajectoire.

De nombreuses plateformes simples ne sont pas holonomes. C'est par exemple le cas des voitures, ce qui oblige à manœuvrer pour réaliser certaines trajectoires. Par exemple, il est nécessaire de faire un créneau pour réaliser un déplacement latéral. Ces contraintes devront donc être prises en compte lors de la planification de trajectoires. Nous allons cependant voir quelques mécanismes permettant d'obtenir des plateformes holonomes, ou s'en approchant [7].

1.7.2. Les plates-formes différentielles

Une des configurations les plus utilisées pour les robots mobiles d'intérieur est la configuration différentielle qui comporte deux roues commandées indépendamment. Une ou plusieurs roues folles sont ajoutées à l'avant ou à l'arrière du robot pour assurer sa stabilité (Figure 1.2). Cette plate-forme est très simple à commander, puisqu'il suffit de spécifier les vitesses des deux roues, et permet de plus au robot de tourner sur place. Cette possibilité permet de traiter dans certains cas le robot comme un robot holonome, ce qui va simplifier la planification de déplacement et la commande du robot [7].

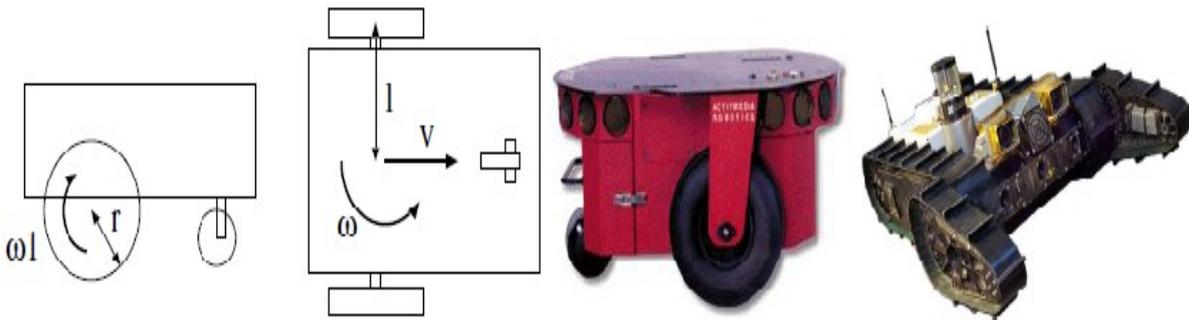


Figure 1.2 : Exemple de plate-forme différentielle. Pioneer 2 DX de la société Mobile Robots. Urban Robot de la société iRobot [6].

L'estimation du déplacement par odométrie est également très simple à partir de la mesure des vitesses de rotation des deux roues w_1 et w_2 . Les vitesses de translation v et de rotation w sont en effet données par :

$$V = \frac{w_1 * r + w_2 * r}{2} ; \quad (1-1)$$

$$w = \frac{w_1 * r - w_2 * r}{2l} ; \quad (1-2)$$

Ce type de plate-forme peut également être utilisé avec des chenilles ce qui fournit une capacité de franchissement de petits obstacles intéressante (Figure 1-2). Ces plates-formes peuvent ainsi être utilisées en extérieur ou dans des décombres. L'utilisation de chenilles conduit cependant à une odométrie très bruitée à cause du contact mal défini entre les chenilles et le sol qui glissent beaucoup, notamment lors des rotations. L'estimation de la direction par l'odométrie sur ce type de plates-formes est donc en général rapidement inutilisable [7].

1.7.3. Les plates-formes omnidirectionnelles

Les plates-formes omnidirectionnelles permettent de découpler de manière plus nette le contrôle de la rotation et de la translation d'un robot et sont donc quasiment holonomes [7].

Il existe différents types de plateformes omnidirectionnelles. Le premier utilise trois ou quatre roues qui tournent à la même vitesse pour fournir une translation et un mécanisme qui permet d'orienter simultanément ces roues dans la direction du déplacement souhaitée (Figure 1.3).

Le corps du robot lui-même n'effectue pas de rotation mais uniquement des translations. Ce système permet un contrôle très simple et relativement rapide car les changements de direction ne concernent que les roues et peuvent donc se faire très vite. Par contre ces plates-formes sont relativement limitées en capacité de franchissement et requièrent un sol très plan.

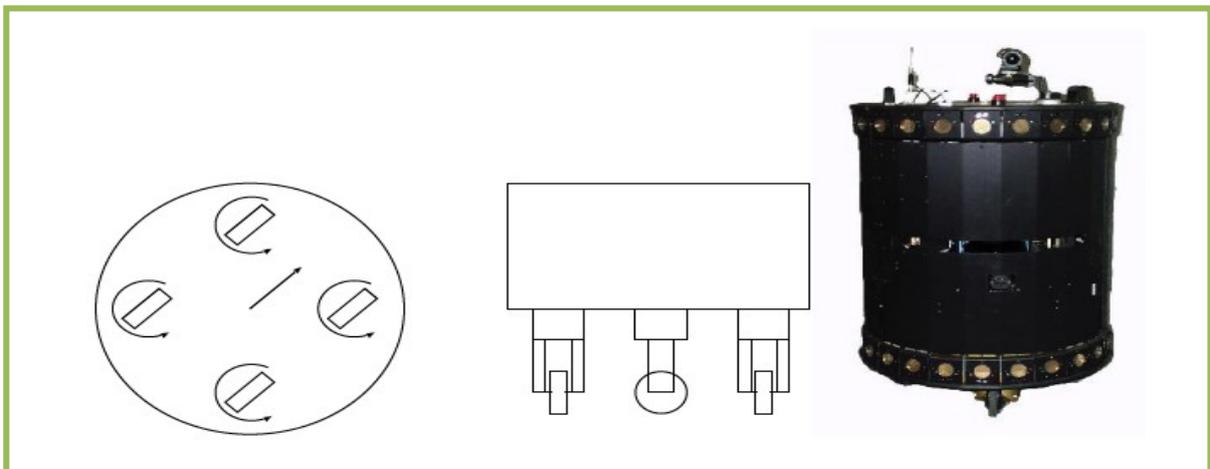


Figure 1.3 : Exemple de plate-forme omnidirectionnelle à roues orientables [6].

Une deuxième catégorie de plateformes utilise des roues dites "suédoises", qui n'offrent pas de résistance au déplacement latéral (Figure 1.4). La plateforme comporte trois roues dont les axes sont fixes. Les déplacements dans toutes les directions et en rotation sont obtenus en faisant varier individuellement les vitesses des roues. La plateforme tourne sur place lorsque les trois roues tournent dans le même sens, à la même vitesse.

Lorsqu'une roue est fixe, et que les deux autres tournent en sens opposé, la plateforme avance en direction de la roue fixe. Différentes combinaisons de vitesses permettent d'obtenir des déplacements quelconques.

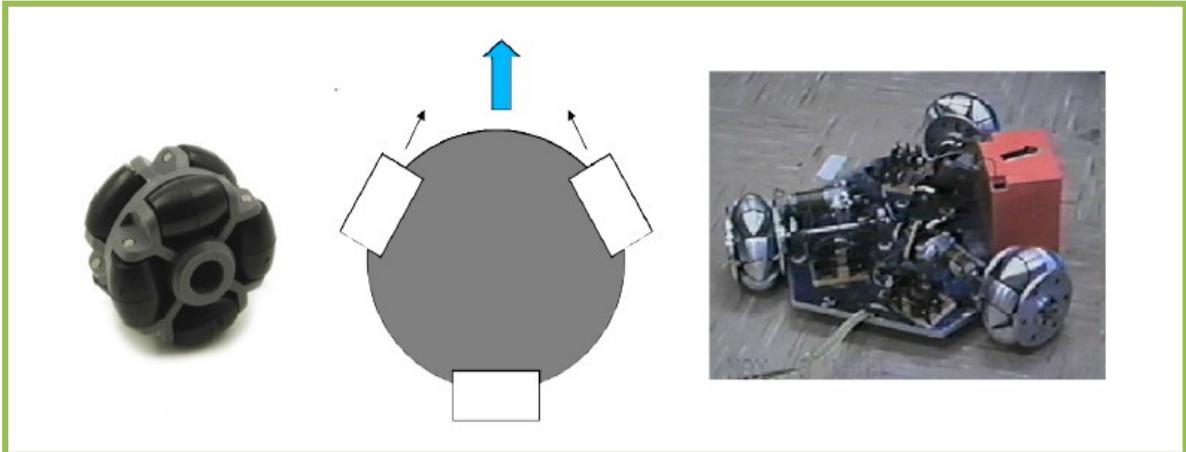


Figure 1. 4 : Exemple de plate-forme omnidirectionnelle à roues suédoises [6].

1.7.4. Les plates-formes non holonomes

Des plates-formes non holonomes, telles que les voitures, sont également utilisées en robotique mobile (Figure 1-5). C'est plus particulièrement le cas dans le domaine des véhicules intelligents. Ces plates-formes sont toutefois plus difficiles à commander car elles ne peuvent pas tourner sur place et doivent manœuvrer, ce qui peut être difficile dans des environnements encombrés [7].

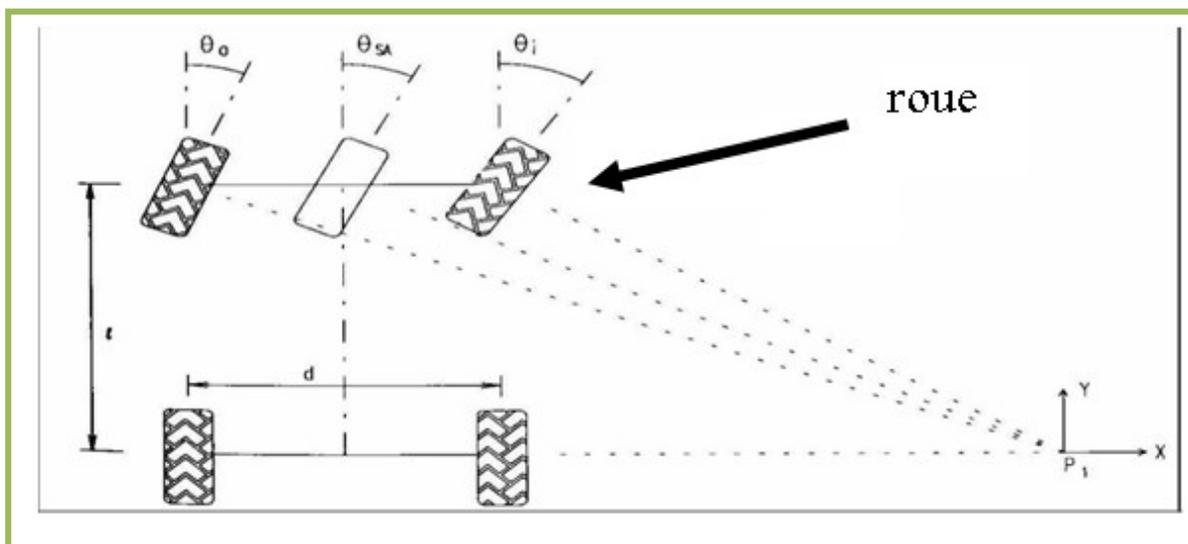


Figure 1.5: Exemple de plate-forme non holonome de type Ackerman [6].

1.7.5. Les plates-formes à pattes

Des plates-formes à deux, quatre ou six pattes peuvent également être utilisées. Elles ont l'avantage théorique de pouvoir se déplacer sur des terrains assez complexes, même si en pratique la plupart de ces plates-formes ne fonctionnent que sur des sols plans.

Les plates-formes à six pattes sont relativement pratiques car le robot peut être en équilibre permanent sur au moins 3 pattes, ce qui facilite le contrôle. Les plates-formes à deux ou quatre pattes sont plus complexes à commander et le simple contrôle de la stabilité et d'une allure de marche correcte reste aujourd'hui difficile, ce qui les rend en général relativement lentes. L'odométrie de ce type de plates-formes est de plus généralement d'assez faible qualité. Ces différents facteurs font que ces plates-formes sont rarement utilisées quand l'application visée a un besoin précis de positionnement et de navigation. De telles plates-formes commencent cependant à apparaître à relativement grande échelle (par exemple le robot Nao de Aldebaran Robotics) [7].

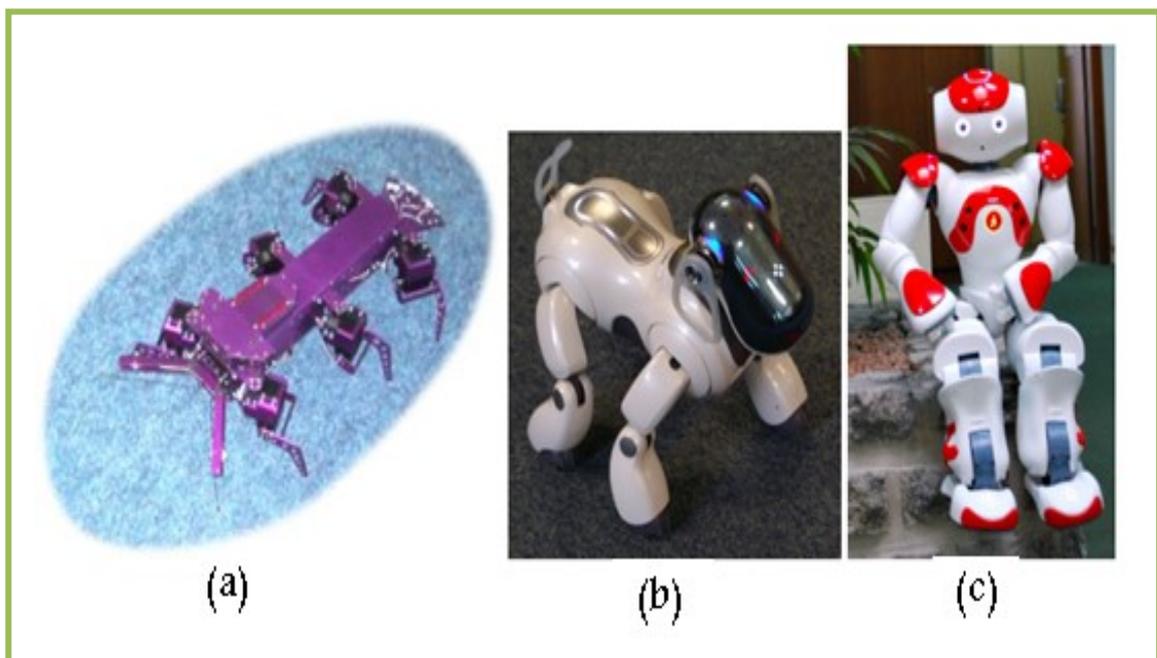


Figure 1-6 : Exemples de robots à pattes ((a) : Hexapode de AAI Canada, (b) : Aibo de Sony, (c) : Nao de Aldebaran Robotics) [6].

1.8. Robot mobile et domaine d'application

Le développement des recherches en robotique mobile concerne un grand nombre d'applications, parmi lesquelles [8]:

- les **véhicules routiers** pour lesquels sont développés des systèmes d'aide à la conduite, de pilotage automatique et/ou de téléconduite ;
- la **robotique agricole** avec l'automatisation des engins de récolte qui nécessite des systèmes de guidage sur structures végétales et les véhicules dédiés à l'acquisition automatique de données en milieu naturel ;
- la **robotique de service** pour le transport, le nettoyage ou la surveillance des locaux, en milieu agroalimentaire, industriel, hospitalier, etc. ;
- les **applications médicales** avec le développement de véhicules pour l'aide aux handicapés ;
- la **robotique sous-marine** pour l'automatisation des opérations de maintenance sur les structures offshore, les tâches de reconnaissance, d'exploration et d'acquisition de mesures sur l'environnement ;
- les **travaux publics** avec la conception d'engins de chantiers automatisés
- la **robotique spatiale** qui s'intéresse aux problèmes d'exploration planétaire (modélisation d'environnements naturels) et d'intervention sur les stations (télémanipulation...);
- la **robotique en milieu hostile** qui intervient en particulier dans le domaine nucléaire pour la surveillance et la maintenance des centrales (reconnaissance et cartographie des niveaux de radiation), l'aide au démantèlement/assainissement des sites radioactifs ;
- les robots pour l'**exploitation minière** ;
- les **applications militaires** (opérations de déminage...).

Dans le cadre de ces applications, dont certaines sont opérationnelles et d'autres à l'étude dans les laboratoires de recherche, on peut répertorier un certain nombre de fonctions qui situent le **degré d'autonomie** de la plate-forme :

- réalisation d'une tâche en mode téléopéré ;
- suivi de trajectoire préprogrammée par apprentissage ou avec un langage de bas niveau ;
- suivi de cible ou de piste ;

- évitement d'obstacles, actions réflexes ;
- génération automatique de trajectoire entre deux points de l'environnement
- manœuvres ;
- apprentissage / modélisation de l'environnement.

1.9. Les moteurs utilisés

Afin de mettre en mouvement le robot, deux actionneurs électriques (moteurs électriques) sont placés dans les deux cotés du robot. Les moteurs utilisés sont des moteurs pas à pas à 48 pas par tour et pouvant fonctionner en mode bipolaire ou unipolaire selon le type de commande utilisé.

Les moteurs pas à pas sont très utilisés dans la robotique. Ils permettent de convertir une information numérique en un positionnement angulaire ou linéaire. Leur caractère synchrone leur permet de fonctionner sans boucle de retour, contrairement au moteur à courant continu qui nécessite un codeur optique sur leur axe.

Leur prix est plus avantageux qu'un moteur à courant continu avec sa dynamo tachymétrique ou son codeur optique. On en trouve dans les tables traçantes, les imprimantes, les lecteurs de disquettes, et bien sûr dans les robots.

A la différence des moteurs à courant continu, synchrones ou asynchrones qui ont des mouvements où l'angle de rotation varie continûment, le moteur pas à pas est mis en rotation par incréments angulaires. C'est donc un moteur qui tourne en fonction des impulsions électriques reçues dans ses bobinages. Les impulsions électriques sont du type tout ou rien c'est à dire passage de courant ou pas de passage de courant [5].

1.10. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les différents types de robots mobiles à roues les plus utilisés et les différentes bases de robot mobile et nous avons observé que la majorité des robots mobiles sont des systèmes basée sur les plates-formes différentielles

Dans le prochain chapitre, nous allons étudier les caractéristiques des actionneurs pas à pas utilisés.

2.1. Introduction

Un nombre croissant d'applications électronique et électrotechnique requièrent l'usage des moteurs pas à pas.

Dans le domaine de l'automobile ainsi que dans le monde industriel, en passant par les environnements télécoms et médical, il ne manque pas d'exemples où l'adoption de tels moteurs se généralise. Parmi la multitude d'applications concernées, nous citerons : le positionnement automatique des phares de voiture, les robots dans les usines (positionnement des axes, vitesse variable des robots), les systèmes de surveillance vidéo, informatique (déplacement d'une tête de lecture d'un lecteur, déplacement de la tête d'impression, avance du papier pour les imprimantes), commande des axes pour les tables traçantes [9]. Le positionnement des antennes paraboliques...etc.

2.2. description de moteur pas à pas

Le moteur pas à pas constitue un convertisseur électromécanique. Son principe de fonctionnement consiste en une suite de déplacements discrets d'une amplitude uniforme plutôt qu'en un mouvement continu. Le moteur exécute un nombre de pas correspondant au nombre d'impulsions reçues à l'entrée lors de son fonctionnement. Chaque impulsion provoque un pas de déplacement de l'axe du moteur et l'accroche magnétiquement au point précis auquel celui-ci doit se mettre. Ce pas de déplacement, dit très souvent, le pas angulaire est par définition l'angle minimum entre deux positions voisines et correspond également au pas du moteur [10].

Les moteurs pas à pas existent en différentes tailles qui varient environ entre 1 cm et plus d'une dizaine de centimètres. Tout dépendant des applications dans lesquelles ils seront utilisés.

Les moteurs pas à pas permettent en particulier un positionnement sans asservissement. Ce type de moteur est très courant dans tous les dispositifs où l'on souhaite faire du contrôle de vitesse ou de position en boucle ouverte, typiquement dans les systèmes de positionnement.

Sur la figure 2-1 on remarque que la position de moteur à courant continu ne sera déterminée qu'après la réception d'un compte-rendu de capteur de position.

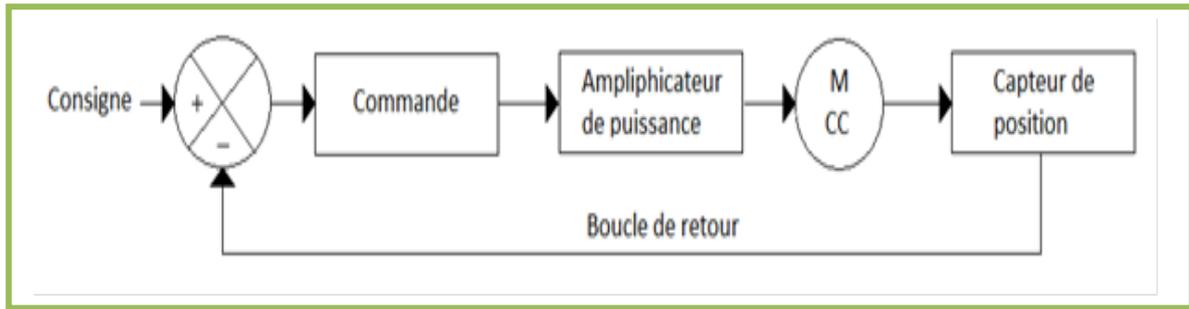


Figure 2.1 : asservissement en boucle fermée [20].

Alors que pour le moteur pas à pas, il n'y a pas d'asservissement (figure 2.2), c'est pourquoi le système est plus simple.

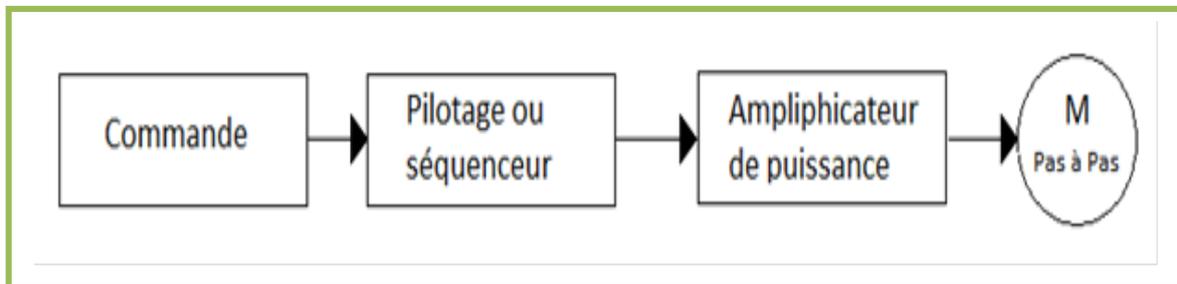


Figure 2.2 : asservissement en boucle ouvert [20].

Donc, on constate que le système est beaucoup plus simple, A chaque impulsion du signal de commande correspond au niveau du rotor un déplacement angulaire défini appelé « *pas* » ou « *incrément mécanique* », la vitesse de rotation étant une fonction de la fréquence des impulsions.

2.3. Les différents Types des moteurs pas à pas

Les performances d'un système d'entraînement ou de positionnement dépendent simultanément du type de moteur, de la structure choisie, du système d'alimentation utilisé et de la stratégie de commande implémentée [11-12].

Les moteurs pas à pas peuvent être classés en fonction du phénomène physique qui est à l'origine de leurs mouvements. On distingue principalement, deux catégories de moteurs pas à pas : les moteurs à réluctance variable et les moteurs polarisés [11], [13].

2.3.1. Moteurs pas à pas à réluctance variable

La rotation d'un moteur à réluctance variable est engendrée par la réaction entre un champ magnétique statorique et un rotor saillant, ce qui conduit à une disposition alignée de la partie saillante avec le pôle créé par le champ magnétique. Dans ces conditions, le flux est maximum et la réluctance du circuit magnétique est minimum [14]. Ce type de moteur est caractérisé par une structure dentée au niveau du rotor et du stator. Le nombre de bobines dans le stator et le type de connexion déterminent le nombre de phases du moteur. La figure 2.3 représente un moteur pas à pas réluctant comportant six plots (1,1', 2,2', 3,3') et quatre dents au rotor.

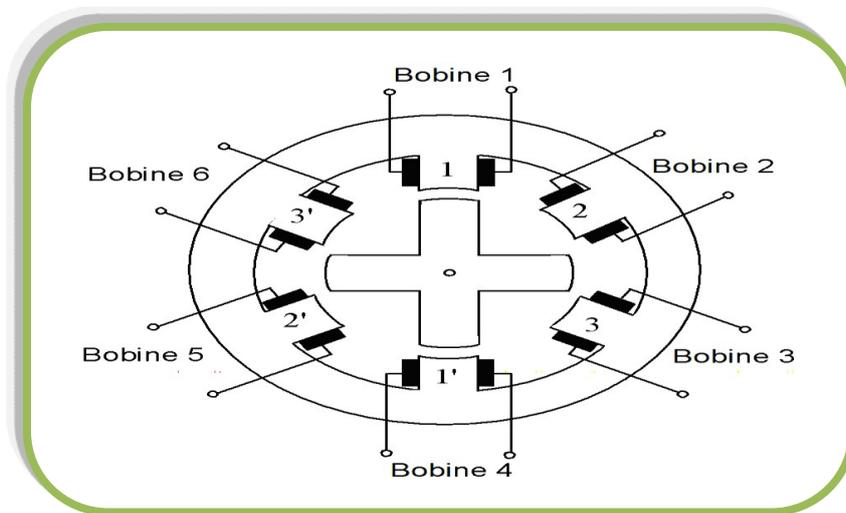


Figure 2.3 : structure classique d'un moteur à réluctance variable rotatif à double saillance [5].

Chaque couple de deux bobines statoriques diamétralement opposées et connectées en série, constitue une des trois phases de la machine considérée. L'alimentation d'une phase crée un couple permettant le déplacement du rotor vers une position d'équilibre qu'il garde tant que l'alimentation est maintenue. Cet état d'équilibre correspond à une position alignée entre les dents statoriques porteuses de la phase alimentée et les dents rotoriques. Chaque nouvelle séquence d'alimentation établit un nouvel équilibre. Le moteur se déplace donc avec un pas angulaire de 60° .

2.3.2. Moteurs polarisés

On distingue deux catégories de moteurs pas à pas polarisés : les moteurs à aimants permanents, les moteur hybrides et les moteurs pas à pas linéaires

a) Les moteurs à aimants permanents

Le fonctionnement des moteurs à aimants permanents est assuré par l'action d'un champ électromagnétique statorique sur un rotor composé d'aimants permanents [11], [15].

La figure 2.4 illustre la structure élémentaire d'une machine à aimant permanent. Les enroulements sont bobinés sur des plots régulièrement répartis dans le stator.

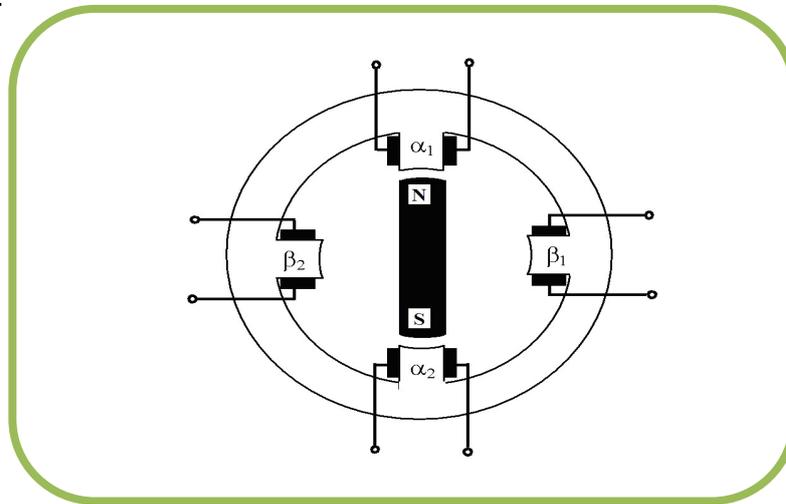


Figure 2.4: structure d'un moteur à aimant permanent rotatif [5].

Les moteurs pas à pas à aimants permanents sont souvent alimentés en bipolaire ainsi les enroulements α_1 et α_2 (figure.2.4) sont mis en série pour ne former qu'une phase α ainsi que pour les enroulements β_1 et β_2 pour former la deuxième phase β décalée d'un angle de $\pi/2$. L'alimentation successive des phases (α) et (β) par des courants positifs et des courants négatifs peut donc provoquer un mouvement de rotation entre ces différentes positions d'équilibre.

b) Les moteurs hybrides

Les moteurs pas à pas hybrides sont généralement constitués d'un rotor denté muni d'aimants permanents. Le rotor possède généralement deux disques polaires décalés d'un angle électrique de π . La figure 2.5 présente la structure d'un moteur pas à pas hybride à huit enroulements.

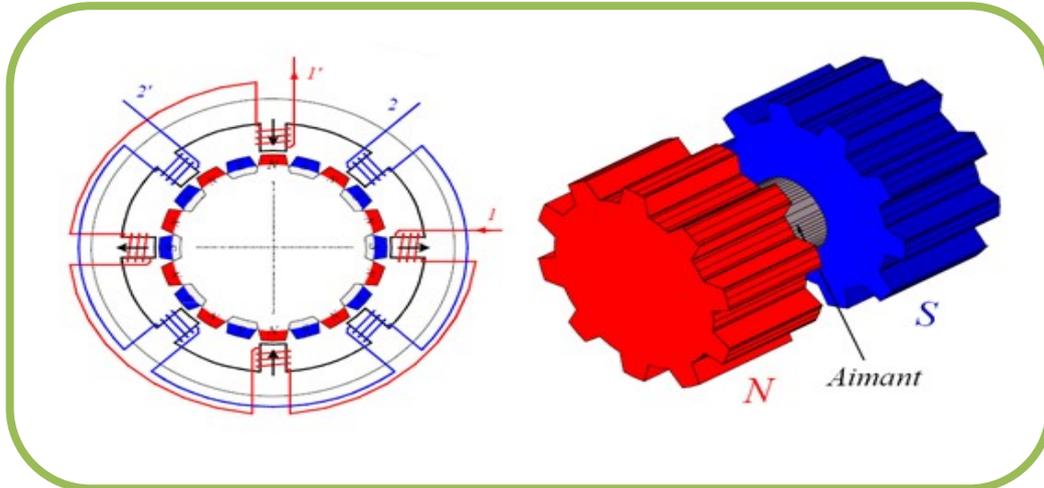


Figure 2.5: structure d'un moteur hybride [33].

Ce type de moteur présente à la fois les avantages du moteur à aimant permanent (possédant un couple élevé) et du moteur à réluctance variable (l'obtention d'un nombre important de pas par tour). Toutefois, l'inertie d'un tel rotor ainsi que les pertes fer sont relativement importantes et pénalisent donc cette structure [11], [16].

c) Moteurs pas à pas linéaires

Ils ont la même structure que les moteurs rotatifs, c'est-à-dire ils se composent d'un stator portant les bobinages et d'une partie mobile (rotor) se déplaçant cette fois-ci linéairement. Cette partie mobile peut être réalisée à partir d'une pièce ferromagnétique dentée d'où la structure est dite à réluctance ou passive ; ou alors la partie mobile est munie d'aimants permanents et dans ce cas la structure est dite polarisée ou active.

2.4. Comparaison des moteurs pas à pas

Nous allons présenter brièvement les avantages, ainsi que les inconvénients des moteurs à aimant permanent, moteurs à réluctance variable et les moteurs hybrides :

2.4.1. Moteurs à aimant permanent

- Nombre de pas par tour faible (2 à 48), donc faible fréquence de travail dû à la difficulté de loger les aimants du rotor,
- rendement élevé,
- couple moteur élevé, du à la puissance des pôles aimantés, le couple est proportionnel au courant,
- le sens de rotation dépend de l'ordre d'alimentation et du sens du courant dans les bobines.

2.4.2. Moteurs à réluctance variable

- Nombre de pas par tour important, compris entre (12 à 72),
- permet d'atteindre des niveaux de fréquence élevés,
- le sens de rotation dépend de l'ordre d'alimentation des bobines (minimum 3 phases),
- construction assez facile,
- Rendement faible d'autant que sa puissance est faible.

2.4.3. Moteurs hybrides

- Nombre de pas par tour plus élevé (24 à 400),
- Rendement bon en général,
- Couple moteur élevé du à l'alimentation du rotor, proportionnel au courant,
- Le sens de rotation dépend de l'ordre d'alimentation des bobines et du sens du courant.

2.5. Commande des moteurs pas à pas

Deux classes de déplacements peuvent être définies pour un moteur pas à pas : soit le moteur avance d'un pas entier, soit d'un fragment de pas selon un mode de commande adopté.

Dans cette partie, différentes stratégies de commande sont présentées : deux stratégies de commande en pas entier, dites commande en mode 1 et 2 ainsi que trois stratégies de commandes en pas fragmentés, dites commande en modes 3, 4 et 5 [13].

2.5.1. Fonctionnement à pas entiers

Il y a deux stratégies de fonctionnement à pas entiers qui sont :

a) Commande en mode 1

La commutation phase par phase de la structure quadriphasée de la figure 2.6 permet à la partie mobile d'atteindre quatre positions d'équilibre sur une période de déplacement.

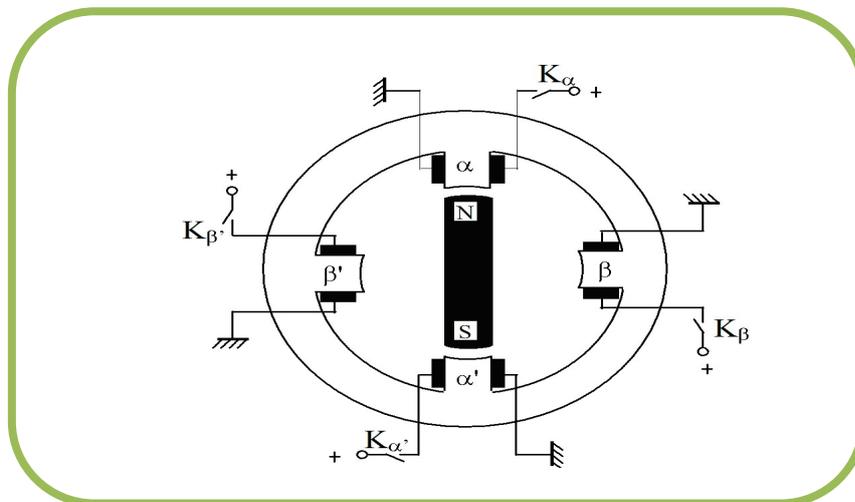


Figure 2.6 : structure quadriphasée à alimentation unipolaire [10].

Les interrupteurs K_α , K_β , $K_{\alpha'}$, $K_{\beta'}$, de la figure 2.6 sont actionnés successivement au cyclogramme (figure 2.7.a). Ce qui conduit à quatre positions d'équilibre du mobile. La figure 2.7.b symbolise le mode de commande des différentes bobines et la position relative du mobile suivant l'alimentation.

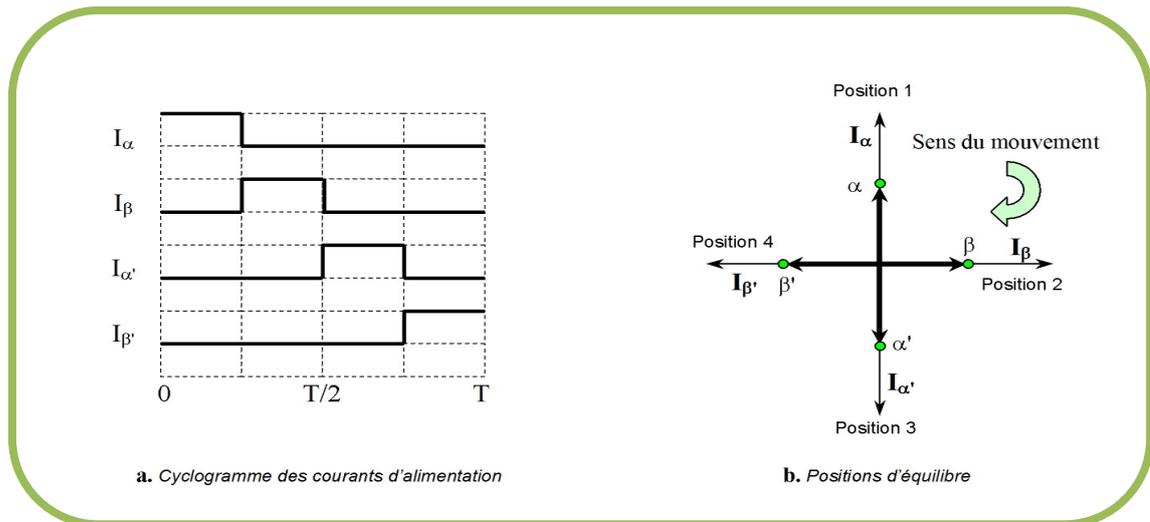


Figure 2.7 : principe d'alimentation en mode 1 [10].

Si les interrupteurs de la figure 2.6 sont actionnés dans l'ordre inverse $K\alpha$, $K\beta$, $K\alpha'$, $K\beta'$, le déplacement du champ et par conséquent celui de la partie mobile se fait dans le sens contraire du précédent. Ainsi, l'emplacement des positions d'équilibre est conservé, mais leur occurrence est inversée.

Les connections sérielles de α et α' d'une part et de β et β' d'autre part permet d'obtenir un enroulement diphasé qu'il faut alimenter en bipolaire (figure 2.8).

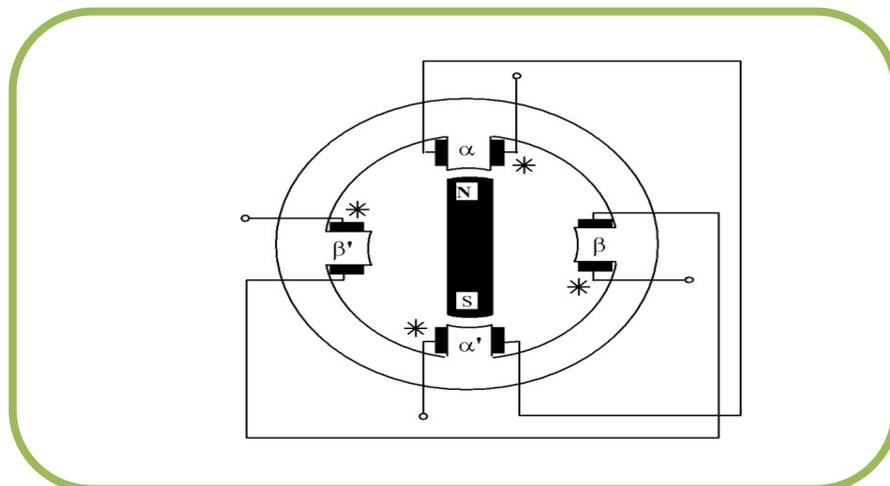


Figure 2.8 : principe de l'alimentation bipolaire en mode 1 [10].

L'excitation du stator ainsi connecté suivant le cyclogramme $(\alpha \alpha')$, $(\beta \beta')$, $(-\alpha \alpha')$, $(-\beta \beta')$ donne le même nombre de pas cycliques que l'alimentation unipolaire phase par phase, mais le couple est dans ce dernier cas plus important car deux bobines sont simultanément alimentées (figure 2.9).

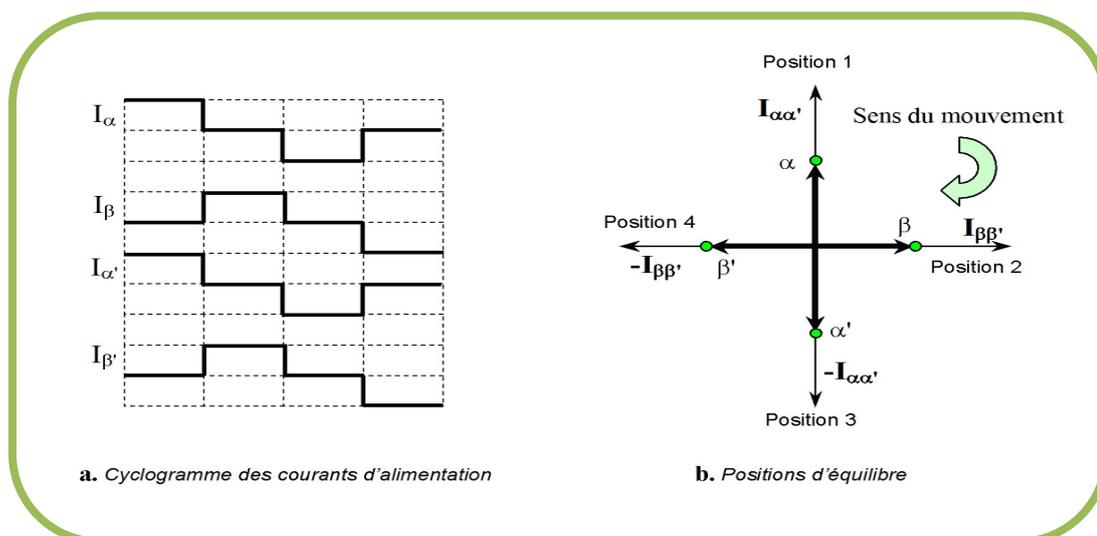


Figure 2.9 : principe de l'alimentation d'un bobinage diphasé en mode 1 [10].

b) Commande en mode 2

Dans la commande en mode 2, les doublets de phases successives de la machine (figure 2.10) sont alimentés simultanément suivant l'ordre (α, β) , (β, α') , (α', β') , (β', α) , conformément au cyclogramme (figure 2.10.a). Les positions d'équilibre correspondantes sont illustrées par la figure 2.10.b.

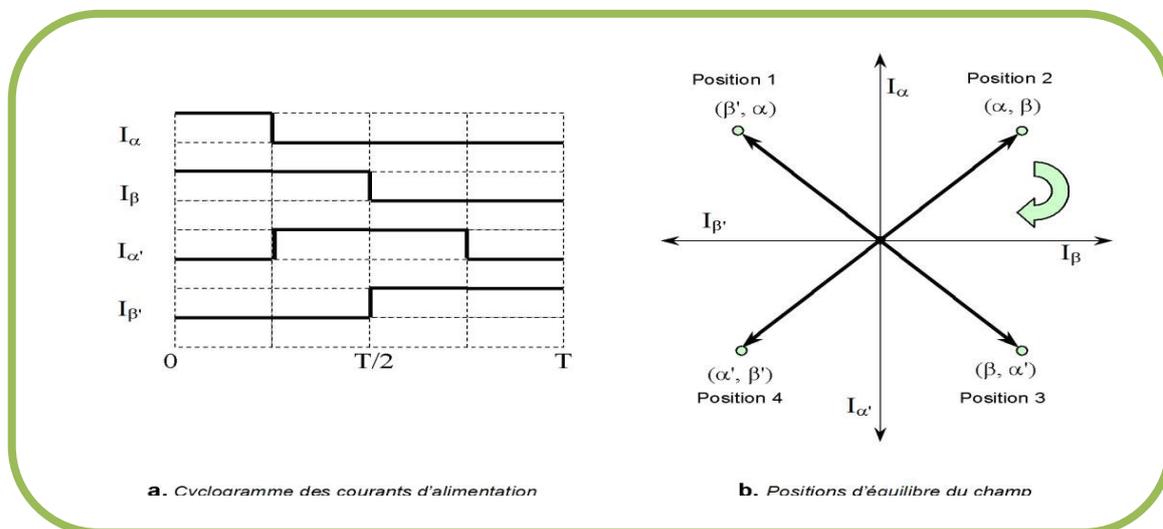


Figure 2.10 : principe d'alimentation en mode 2 [10].

L'avantage de ce mode de commande est qu'il optimise l'utilisation du cuivre de la machine et donc l'exploitation de sa puissance massique. Le couple développé dans ce cas est multiplié par $\sqrt{2}$ par rapport au couple développé par une commande en mode 1 unipolaire.

2.5.2. Fonctionnements à des pas réduits

Il y a trois stratégies de fonctionnement à des pas réduits sont :

a) Commande en mode 3

Ce mode de fonctionnement est une combinaison en alternance des modes 1 et 2. Le nombre de positions d'équilibre est ainsi doublé et un déplacement en demi pas est généré. La figure 2.11.a donne l'allure des courants de phase pour la machine à aimant permanent à alimentation unipolaire de la figure 2.6. Sur la figure 2.11.b, sont illustrées les huit positions d'équilibre correspondantes au fonctionnement en demi pas. L'inconvénient de ce mode de fonctionnement, est que le champ créé à chaque position n'a pas toujours la même amplitude. Il est $\sqrt{2}$ plus important à la position 2 comparativement à la position 1.

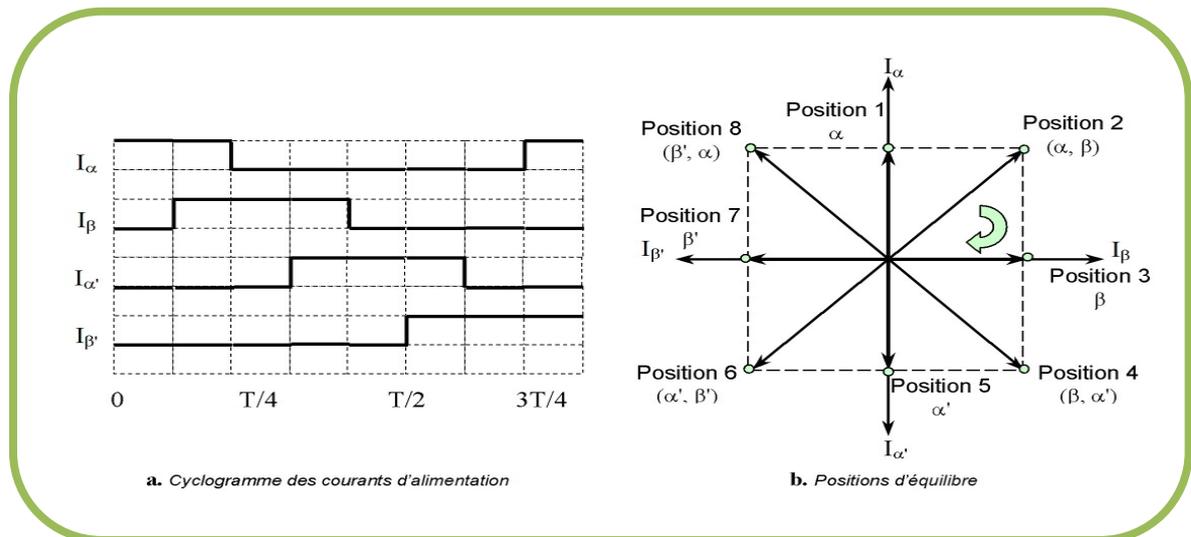


Figure 2.11: principe d'alimentation en mode 3 [10].

b) Commande en mode 4

La différence entre ce mode de fonctionnement et le mode 3, présenté précédemment, est que pour obtenir des vecteurs champs d'amplitudes identiques quelque soit la position, la consigne de courant est multipliée par un facteur 2 lorsqu'une seule phase est alimentée. Ce mode permet de conserver les pertes joule au cours du fonctionnement. Les allures des courants d'alimentation sont dans ce cas, données par le cyclogramme (figure 2.12.a) et les positions d'équilibre correspondantes (figure 2.12.b).

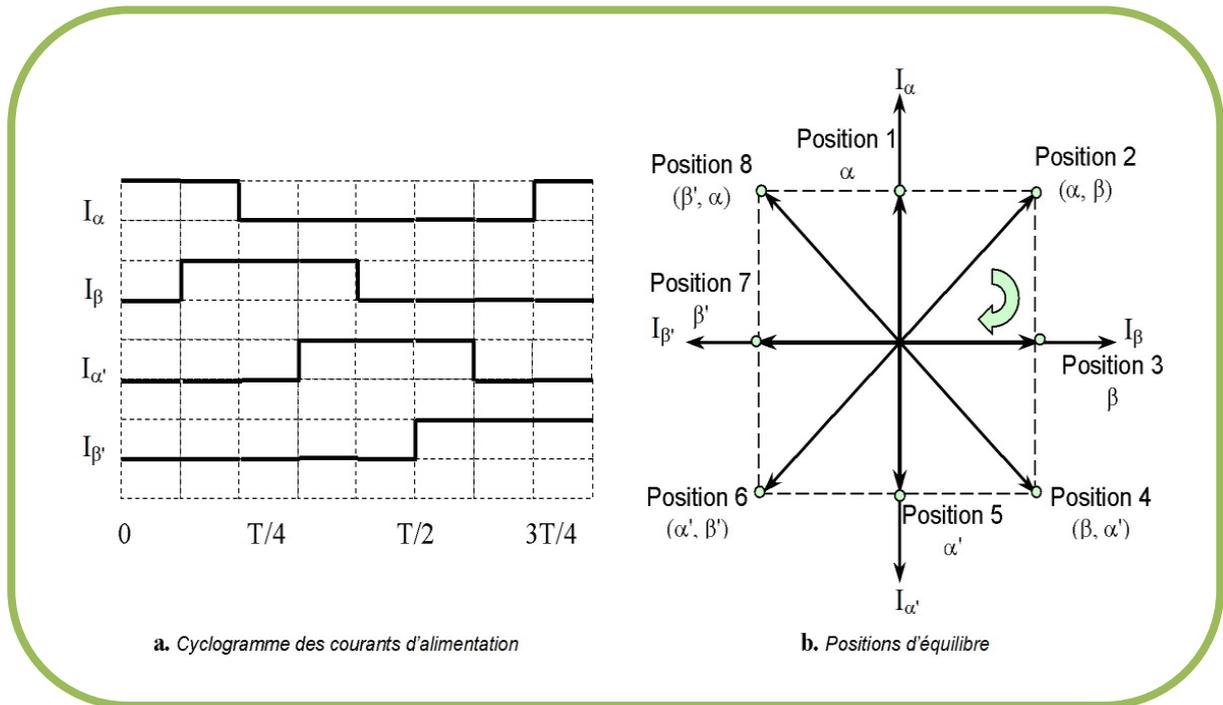


Figure 2.12 : principe d'alimentation en mode 4 [10].

c) Commande en mode 5

Pour améliorer substantiellement la résolution angulaire d'un moteur pas à pas par action sur la commande, la technique de pilotage par micro pas, par variation de l'amplitude des courants peut être appliquée. Cette technique de fragmentation de pas consiste à alimenter simultanément deux phases de la machine par deux courants d'amplitudes différentes. Les amplitudes des courants d'alimentation varient séquentiellement en créneaux entraînant ainsi le rotor par fragments de pas [13], [17-18].

Par ce mode d'excitation, la modulation des courants injectés dans les phases statoriques permet de positionner le rotor dans une position quelconque. Si les enroulements statoriques du moteur sont alimentés par des niveaux de courant à variations sinusoïdales (figure 2.13.a), alors les phases α et β doivent être alimentées simultanément par des courants $I_{\alpha\theta}$ et $I_{\beta\theta}$ et ce afin d'obtenir parmi les n positions celle repérée par θ (figure 2.13.b) [19].

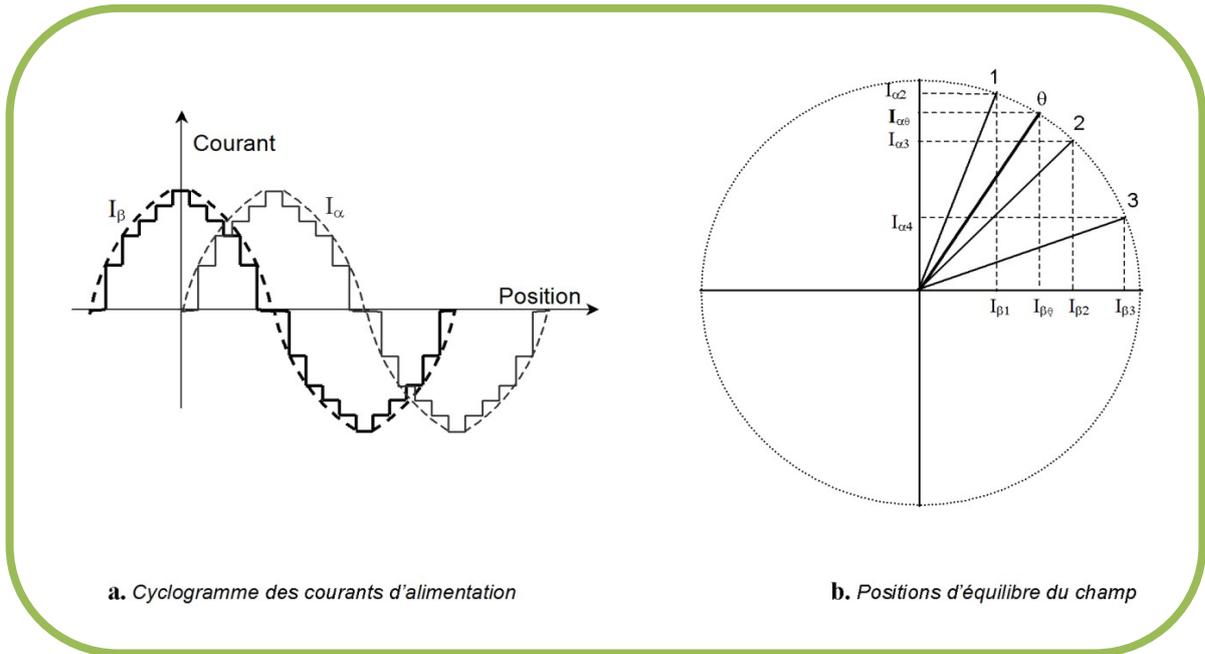


Figure 2.13: pilotage par modulation d'amplitude des courants [10].

2.6. Alimentation des moteurs pas à pas

Les performances d'un entraînement à moteur pas à pas dépendent à la fois du moteur, de la structure du convertisseur d'alimentation et de la séquence d'excitation des phases [13]. Donc les moteurs pas à pas sont liés au concept de système contrairement aux performances d'autres types de moteurs, les performances d'un moteur pas à pas sont liées : commande, alimentation moteur –charge. Il n'est pas possible au niveau des performances de dissocier un élément d'un tel système.

2.6.1. Objectifs d'une bonne alimentation et classification

Une bonne alimentation doit :

- Etablir rapidement un courant donné dans un circuit inductif ;
- Maintenir ce courant à sa valeur en dépit des fluctuations des paramètres du circuit, notamment ceux qui varient avec la vitesse ou la position.
- Interrompre rapidement ce courant
- Eviter l'apparition de courants parasites.

Selon les applications, les performances souhaitées et les moteurs utilisés, on rencontre différents types d'alimentation [5].

2.6.2. Types d'alimentation des moteurs pas à pas

L'alimentation peut être de type tension ou courant : l'alimentation tension est généralement utilisée pour les moteurs à faible puissance, et l'alimentation courant est nécessaire pour les moteurs de moyennes puissances. Dans notre cas, nous avons utilisé une alimentation tension du fait que nos moteurs sont des moteurs à aimants permanents.

Pour pouvoir inverser le courant à partir d'une alimentation fixe unique (12v dans notre cas), on utilise un pont en H figure 2.14. Un premier sens est obtenu en saturant T1 et T2 et en bloquant T4 et T3. Le second sens correspond à T4 et T3 saturé et T1 et T2 bloqués. Dans chaque cas, le fonctionnement est analogue à celui de l'alimentation. Cette structure est disponible sous forme intégrée pour les domaines de courant employé [5].

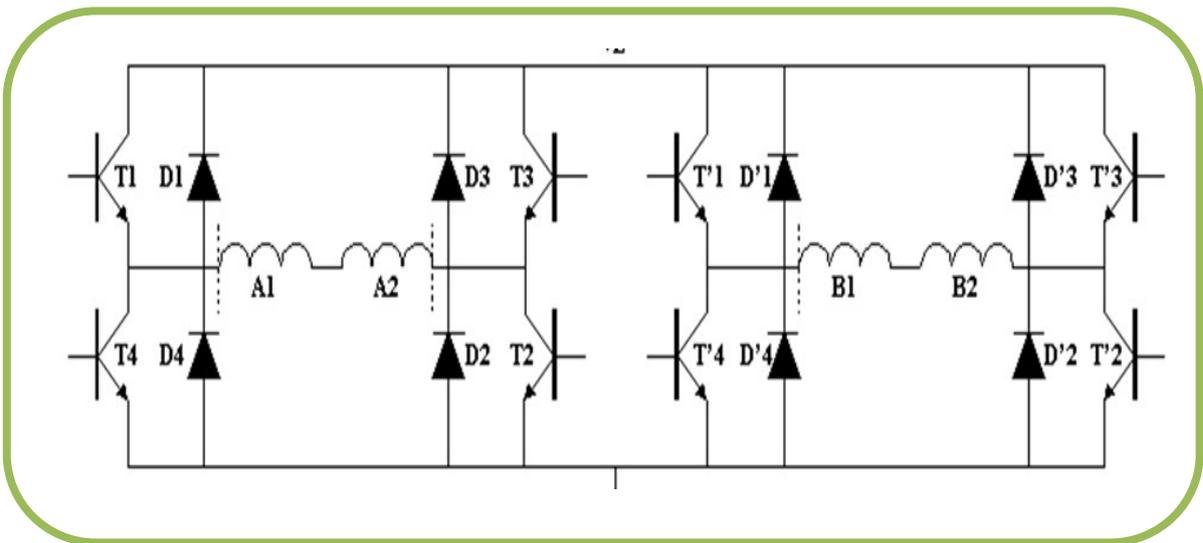


Figure 2.14 : schéma de 2 ponts en H [20].

L'avantage de ces circuits intégrés est d'être simple à réaliser tout en restant très efficace : Les circuits intégrés ponts en H sont des circuits de commande de puissance utilisés entre autre pour les moteurs pas à pas. Ils intègrent presque tous les composants nécessaires pour la réalisation d'un montage en pont. Les diodes de roue libre sont ajoutées pour protéger les transistors, de surtensions produites par le moteur.

2.6.3. Le driver L298

Afin de pouvoir alimenter les phases du moteur de telle façon qu'il tourne dans un sens donné à une vitesse réglable, il faut un commutateur électronique permettant d'être commandé par un microcontrôleur. Nous nous sommes amenés à utiliser des ponts en H intégrés dans un driver L298. Le circuit de puissance L298 est formé de deux ponts en H de quatre transistors bipolaires chacun (sans les diodes de roue libre) avec une tension d'alimentation maximale de 50 volts capable de transmettre un courant atteignant les 3A. Chaque moteur a besoin d'un driver L298.

La figure 2.15 donne le diagramme bloc détaillant la structure interne du circuit intégré. Le L298 contient 6 entrées et 4 sorties en plus des trois broches d'alimentation. En effet, une tension V_{ss} sensée alimenter la partie logique du composant doit être reliée à une alimentation de 5V. La tension V_s est la tension avec laquelle sera alimenté le moteur. Le point GND constitue la masse du circuit intégré. Les trois sorties doivent être reliées aux deux bobines du moteur. En ce qui concerne les deux entrées Enable, chacune est destinée à valider le fonctionnement d'un des ponts en H qui lui est associé. Elles ont toutes les deux été reliées à la broche V_{ss} , ce qui implique que les deux ponts sont en permanence validés [20].

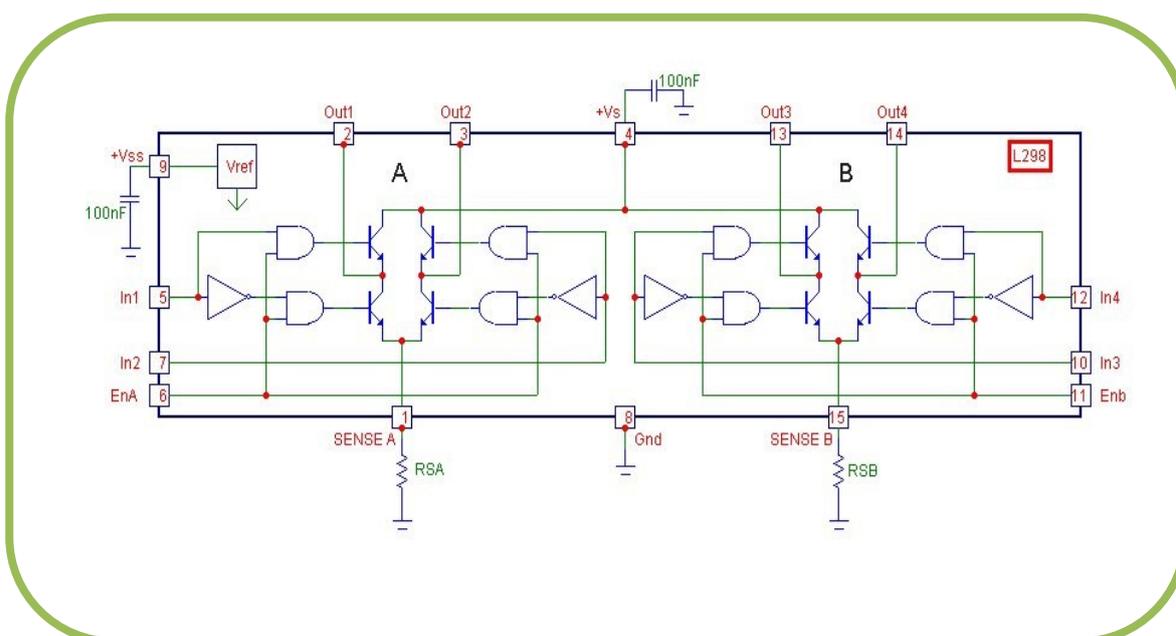


Figure 2.15 : Diagramme bloc du L298 [20].

2.7. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les trois grandes familles de moteur pas à pas leurs caractéristiques, leurs principes de fonctionnement, ainsi que les différents modes de commande.

Cette étude a montré que pour générer un mouvement incrémental de translation, le moteur à aimant permanent représente une solution intéressante. En effet, cette solution se distingue de celle utilisant un moteur pas à pas à réluctance variable, par le couple important.

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

3.1. Introduction

L'année 1971 fut marquée par la fabrication du premier microprocesseur par la société INTEL. Depuis, la plupart des réalisations électroniques dans tous les domaines de l'industrie font appel à ces composants miracles qui peuvent gérer n'importe quel automatisme. L'avantage principal du microprocesseur est que celui-ci travaille avec un programme logé dans une mémoire, donc modifiable. C'est le principe de l'automate programmable. La logique câblée, reste un peu figée face à ces nouveaux circuits.

L'avènement des microcontrôleurs, qui associent au microprocesseur de base un programme intégré au circuit, ainsi que des périphériques et de la RAM, a permis de faire évoluer les montages vers plus de simplicité et de rapidité (les périphériques étant intégrés).

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications grand public ou professionnelles, comme les systèmes embarqués, les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, les jouets, la téléphonie mobile [21].

La société Américaine Microchip Technologie a mis au point dans les années 90 un microcontrôleur CMOS : le PIC, ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix de revient.

Les PICs font partie de la famille des microcontrôleurs, ils possèdent un jeu d'instructions réduit qui caractérise les circuits RISC (Reduced Instruction Set Computer). Les circuits RISC sont caractérisés par leur rapidité d'exécution.

Les PIC existent dans plusieurs versions:

- les UVROM qui sont effaçables par une source de rayonnements ultraviolets
- les OTPROM programmable une seule fois
- les E²PROM et flash EPROM qui sont effaçables électriquement.

3.2. *Définition* de PIC

Le PIC est un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type Microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout des composants externes. En ajoutant que les Pics sont alors des composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore, (composant à jeu d'instruction réduits). Plus facile et plus rapide en est le décodage, et plus vite le composant fonctionne [22].

3.3. *Classification* des PICs de Microchip

Actuellement les modèles Microchip, sont classés en 3 grandes familles, comportant chacune plusieurs références [22]. Ces familles sont :

- Base-line : les instructions sont codées sur 12 bits.
- mid-line : les instructions sont codées sur 14 bits.
- High-End : les instructions sont codées sur 16 bits

3.4. *Les avantages* du microcontrôleur

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables à plusieurs points forts et bien réels. Il suffit pour s'en persuader, d'examiner la spectaculaire évolution de l'offre des fabricants de circuits intégrés en ce domaine depuis quelques années [21].

Nous allons voir que le nombre d'entre eux découle du simple sens.

- Tout d'abord, un microcontrôleur intègre dans un seul et même boîtier ce qui, avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement de matériel et de circuit imprimé
- Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de données d'un composant à un autre.
- L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composants diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimer diminue.
- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

- Moins cher que les autres composants qu'il remplace.
- Diminuer les coûts de main d'œuvre.
- Réalisation des applications non réalisables avec d'autres composants.

3.5. Le choix d'un PIC

Le choix d'un PIC est directement lié bien sur à l'application envisagée [21].

- Il faut dans un premier temps déterminer le nombre d'entrées/sorties nécessaires pour l'application. Ce nombre d' entrées/sorties nous donne une première famille de PIC.
- Il faut ensuite déterminer si l'application nécessite un convertisseur analogique - numérique ce qui va centrer un peu plus vers le choix d'une famille de PIC.
- La rapidité d'exécution est un élément important, il faut consulter les DATA-BOOK pour vérifier la compatibilité entre la vitesse max. du PIC choisi et la vitesse max. nécessaire au montage.
- La taille de la RAM interne et la présence ou non d'une EEPROM pour mémoriser des données est également importante pour l'application souhaitée.
- La longueur du programme de l'application détermine la taille de la mémoire programme du PIC recherché.
- Il est parfois judicieux de réaliser l'application en ajoutant un circuit externe au PIC, cette solution peut faciliter la programmation et diminuer le coût de revient.

Dans tous les cas, il est indispensable de disposer soit d'un DATA-BOOK ou bien d'un tableau comparatif pour choisir le PIC le plus adapté à l'application envisagée.

3.6. *Identification des PICs*

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

Un PIC est identifié par un numéro de la famille de la forme suivante [22]:

xx(L) XXyy-zz.

-xx : Famille du composant (12, 14, 16,18...).

-L : Tolérance plus important de la plage de tension.

-XX : Type de mémoire de programme

C: EPROM ou EEPROM.

CR: PROM.

F : FLASH.

-yy : Identification.

-zz : Vitesse maximale du quartz.

3.7. Structure interne d'un PIC

Les PIC font partie de la famille des microcontrôleurs. Selon le type de PIC utilisé, on trouvera en interne un certain nombre de périphériques avec des caractéristiques distinctes (voir la figure 3.1), ainsi que des capacités mémoire différentes (RAM, EEPROM, mémoire programme FLASH ou EPROM ou OTP).

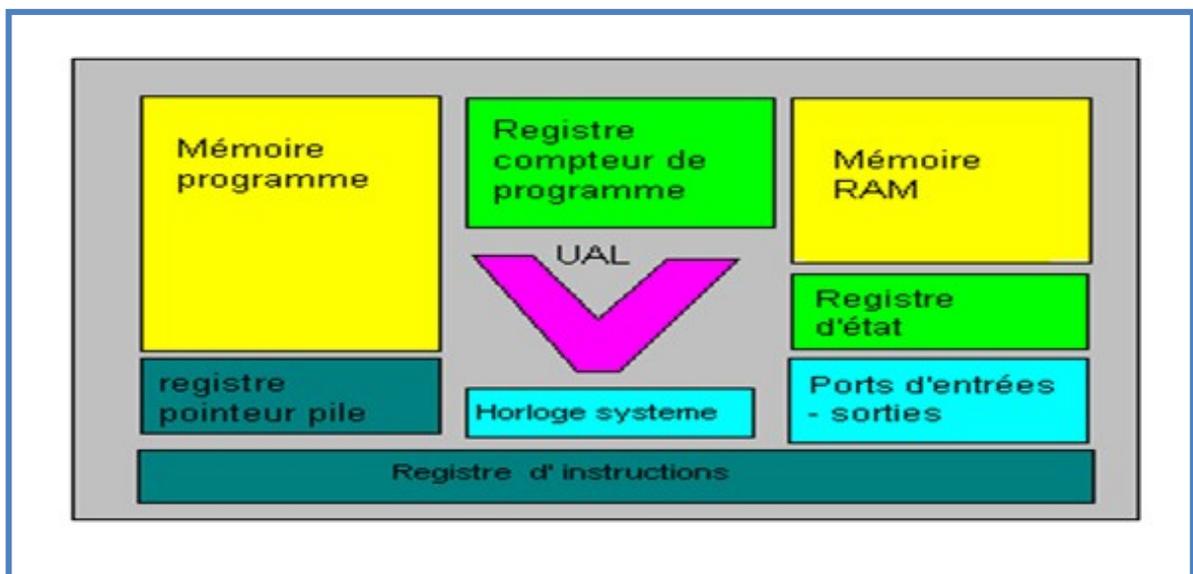


Figure 3.1 : structure de base du PIC [20].

Les data-book des fabricants renseignent l'utilisateur sur les points cités ci-dessus [20].

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

En règle générale un PIC de base est constitué :

- d'une mémoire de programme laquelle contient le code binaire des instructions que doit réaliser le microcontrôleur. La capacité de cette mémoire est variable selon les PIC.
- d'une mémoire RAM pour sauvegarder temporairement des données. La capacité de cette RAM est variable selon les PIC.
- d'une Unité Arithmétique et Logique (ALU), chargée d'effectuer toutes les opérations arithmétiques de base (addition, soustraction etc.) ainsi que les opérations logiques de base (ET, OU logique etc...).
- de ports d'entrées/sorties pour pouvoir dialoguer avec l'extérieur du microcontrôleur.

Exemples :

- pris en compte de l'état d'un interrupteur (entrée logique)
- commande d'un relais (sortie logique)
- d'un registre compteur de programme (CP) qui pointe l'adresse mémoire contenant l'instruction courante à réaliser par le microcontrôleur.
- d'un registre pointeur de pile (PP) qui est essentiellement utilisé lorsque l'on réalise des sous programmes à l'intérieur d'un programme. Le pointeur de pile est chargé de mémoriser l'adresse courante avant le saut au sous programme.
- d'un registre d'instruction qui contient tous les codes binaires correspondant aux instructions à réaliser par le microcontrôleur.
- d'un registre d'état qui est en relation avec l'UAL et qui permet de tester le résultat de la dernière opération effectuée par le microcontrôleur. Selon la dernière opération effectuée des bits seront positionnés dans le registre d'état ceux-ci pourront être testés pour effectuer des sauts conditionnels.
- d'une horloge système qui permettra de cadencer tous les échanges internes ou externes au microcontrôleur.

Certains microcontrôleurs possèdent des convertisseurs analogiques - numériques et numériques - analogiques, ainsi que de la mémoire EEPROM, également des TIMERS (etc..).

Tableau 3.1: comparaison entre les principaux PIC 16FxxxA [20].

Caractéristiques	16F84A	16F628A	16F88A	16F876A	16F877A
------------------	--------	---------	--------	---------	---------

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

Nombre de broches (boîtier PDIP)	18	18	18	28	40
Mémoire de programme (mots)	1024	2048	4096	8192	8192
Fréquence d'horloge max. (MHz)	20	20	20	20	20
Oscillateur interne	/	oui	oui	/	/
Mémoire SRAM (octets)	68	224	368	368	368
Mémoire EEPROM (octets)	64	128	256	256	256
Entrées/Sorties	13 (2 ports)	16 (2 ports)	16 (2 ports)	22 (3 ports)	33 (5 ports)
Sources d'interruptions	4	10	12	14	15
Timer/Compteur	• Timer 0 (8 bits)	• Timer 0 (8 bits) • Timer 1 (16 bits) • Timer 2 (8 bits)	• Timer 0 (8 bits) • Timer 1 (16 bits) • Timer 2 (8 bits)	• Timer 0 (8 bits) • Timer 1 (16 bits) • Timer 2 (8 bits)	• Timer 0 (8 bits) • Timer 1 (16 bits) • Timer 2 (8 bits)
USART (SCI)	/	oui	oui	oui	oui
CCP	/	1	1	2	2
Comparateurs analogiques	/	2	2	2	2
Tension de référence interne	/	oui	oui	oui	oui
Convertisseur analogique-numérique (ADC)	/	/	1 • 10 bits • 7 canaux	1 • 10 bits • 5 canaux	1 • 10 bits • 8 canaux
Ecriture et lecture en mémoire de programme	/	/	oui	oui	oui
SSP (Synchronous Serial Port) • SPI (Serial Peripheral Interface) • I ² C (Inter Integrated Circuit Bus)	/	/	• Maitre ou Esclave • Esclave	• Maitre ou Esclave • Esclave	• Maitre ou Esclave • Esclave
PSP (Parallel Slave Port)	/	/	/	/	8 bits

3.8. Le microcontrôleur PIC 16F877A

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

Pour notre cas, le microcontrôleur choisi est le PIC 16F877A de microchip, donc il appartient à la famille Mid-Range (16) : sa mémoire est de type Flash (F), sa référence (877), sa fréquence d'horloge est de (20MHz). L'horloge fournie au PIC est pré-divisée par 4 au niveau de celle-ci. C'est cette base de temps qui donne le temps d'un cycle. Nous avons utilisé un quartz de 4MHz, donc 1000000 de cycles/seconde, comme le PIC exécute pratiquement une instruction par cycle, hormis les sauts, cela donne une puissance de l'ordre de 1 MIPS (1 Million d'Instructions Par Seconde). C'est une vitesse de traitement très satisfaisante [23].

Les éléments essentiels du PIC 16F877A :

- Une mémoire programme de type EEPROM flash de 8K mots de 14 bits,
- Une RAM donnée de 368 octets,
- Une mémoire EEPROM de 256 octets,
- cinq ports d'entrée sortie, A (6 bits), B (8 bits), C (8 bits), D (8 bits) et E (3 bits)
- Convertisseur Analogiques numériques 10 bits a 5 canaux,
- USART, Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone
- SSP, Port série synchrone supportant I2C
- Trois TIMERS avec leurs Prescalers, TMR0, TMR1, TMR2
- Deux modules de comparaison et Capture CCP1 et CCP2
- Un chien de garde,
- 13 sources d'interruption,
- Générateur d'horloge, a quartz (jusqu' a 20 MHz) ou a Oscillateur RC
- Protection de code,
- Fonctionnement en mode sleep pour réduction de la consommation,
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V,
- Possibilité aux applications utilisateur d'accéder a la mémoire programme,
- Tension de fonctionnement de 2 a 5V,
- Jeux de 35 instructions

3.9. Architecture interne du PIC

Le schéma ci-dessous présente les principaux blocs fonctionnels présents à l'intérieur d'un PIC [24].



Figure 3.2 : Les blocs principaux du PIC 16F877A [24].

Nous y retrouvons bien évidemment l'unité centrale qui est plus simplifiée par rapport à celle du microprocesseur. En contre partie, des instructions de manipulation de bits, très utiles pour faire des entrées/sorties lui ont été ajoutées. Dans certains circuits, cette unité centrale se voit dotée d'un très grand nombre de registres internes qui servent alors de mémoire vive d'où une impression d'absence de cette dernière.

On trouve donc à l'heure actuelle aux moins cinq types différents de microcontrôleurs :

- Ceux avec ROM programmable par masque.
- Ceux avec UVROM ou EEPROM.
- Ceux sans aucune ROM.
- Ceux avec l'OTPROM.
- Ceux avec mélange de ces combinaisons.

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

Pour ce qui est de la mémoire vive ou RAM, la situation est plus simple. Quasiment tous les microcontrôleurs disposent d'une RAM interne de taille en principe assez faible et lorsqu'elle n'est pas explicitement visible sur le synoptique, c'est que l'unité centrale dispose d'assez de registres pour servir de RAM.

De même, on a d'autres éléments de base qui constituent un microcontrôleur qui sont des lignes d'entrées /sorties parallèles en nombre variable selon la vocation et la taille des boîtiers (un problème de nombre maximum de pattes se posant très vite avec l'accroissement du nombre de ligne).

- Au moins une interface d'entrée/sortie série asynchrone, plus au moins évoluée selon les circuits.

- Un ou plusieurs timers internes dont les possibilités peuvent être très variables mais qui fonctionnent généralement en compteur, décompteur ou générateur d'impulsion programmable.

- Un ou plusieurs convertisseurs analogiques/numériques précédés ou non de multiplexeurs pour offrir plusieurs voies.

- Parfois, mais plus rare, un convertisseur numérique/analogique.

Chapitre 3 : généralité sur les microcontrôleurs

3.10. Brochage de 16F877A

Le pic 16F877A est un circuit intégré contenu dans un boîtier nommé « DIL 40 », il présente 40 broches, 20 de chaque côté. Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40. La 1^{ère} broche est placée dans le coin situé à gauche de l'encoche de repérage.

Les pins d'alimentation sont placés d'une part et d'autre en position centrale du PIC. La connexion de MCLR au +5v, cette pin est utilisée pour effectuer un reset du composant en cas de connexion à la masse.

On trouve le quartz, qui peut être remplacé par un résonateur ou par un simple réseau RC. Les condensateurs de découplage, du fait de la fréquence plus importante du quartz utilisé, sont de valeur environ 15pF. La tolérance sur ces composants permet d'utiliser d'autres valeurs [23].

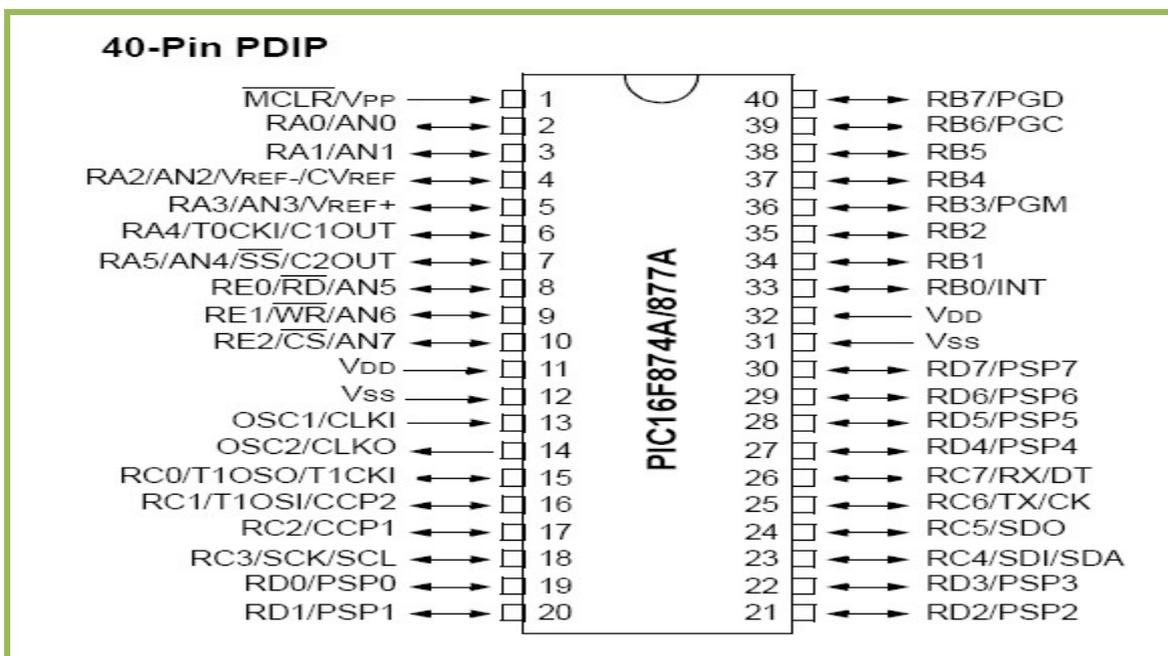


Figure 3.3: Brochage de 16F877A [23].

3.11. Conclusion

Partant d'une présentation générale sur les microcontrôleurs, nous avons ensuite défini la famille des PICs et plus particulièrement le 16F877A.

En conclusion dans ce chapitre, nous pouvons dire que le microcontrôleur 16F877A peut bien jouer le rôle d'une unité de contrôle pour notre système.

Pour faire fonctionner cette unité de contrôle, il faut la programmer et l'adapter à l'aide d'un compilateur de programmation.

Chapitre 4 : Etude théorique

4.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter l'étude théorique des différents blocs de notre montage, ainsi que l'étude du système de commande du robot suiveur, qui est constitué des éléments essentiels suivants :

- une alimentation stabilisée de 5v et 12v,
- un adaptateur de tension MAX232,
- d'une unité de visualisation des données qui est l'afficheur LCD,

4.2. Structure globale de robot suiveur

Le schéma synoptique de la figure 4.1 traduit le fonctionnement général de notre système à réaliser. Ce dernier donc composé des éléments suivants :

- D'une unité de traitement des données qui est essentiellement composée par le PIC 16F877A et le microordinateur (PC),
- D'une liaison RS232 qui permet d'envoyer les informations à partir de l'ordinateur vers le PIC,
- De deux moteurs pas à pas pour actionner le robot qui se déplace en fonction des impulsions électriques.
- Deux circuits L298 pour commander les deux moteurs pas à pas,
- D'une alimentation stabilisée de 5v et 12v pour alimenter les moteurs, le PIC et les autres composants électroniques,
- Quatre Boutons poussoirs pour permettre la commande manuelle des deux moteurs, et qui permettent de régler la direction droite, gauche, avant et arrière,
- D'un bloc d'affichage qui est composé essentiellement d'un afficheur LCD à 2 lignes et 16 caractères, qui permet de visualiser les commandes envoyée vers le robot.

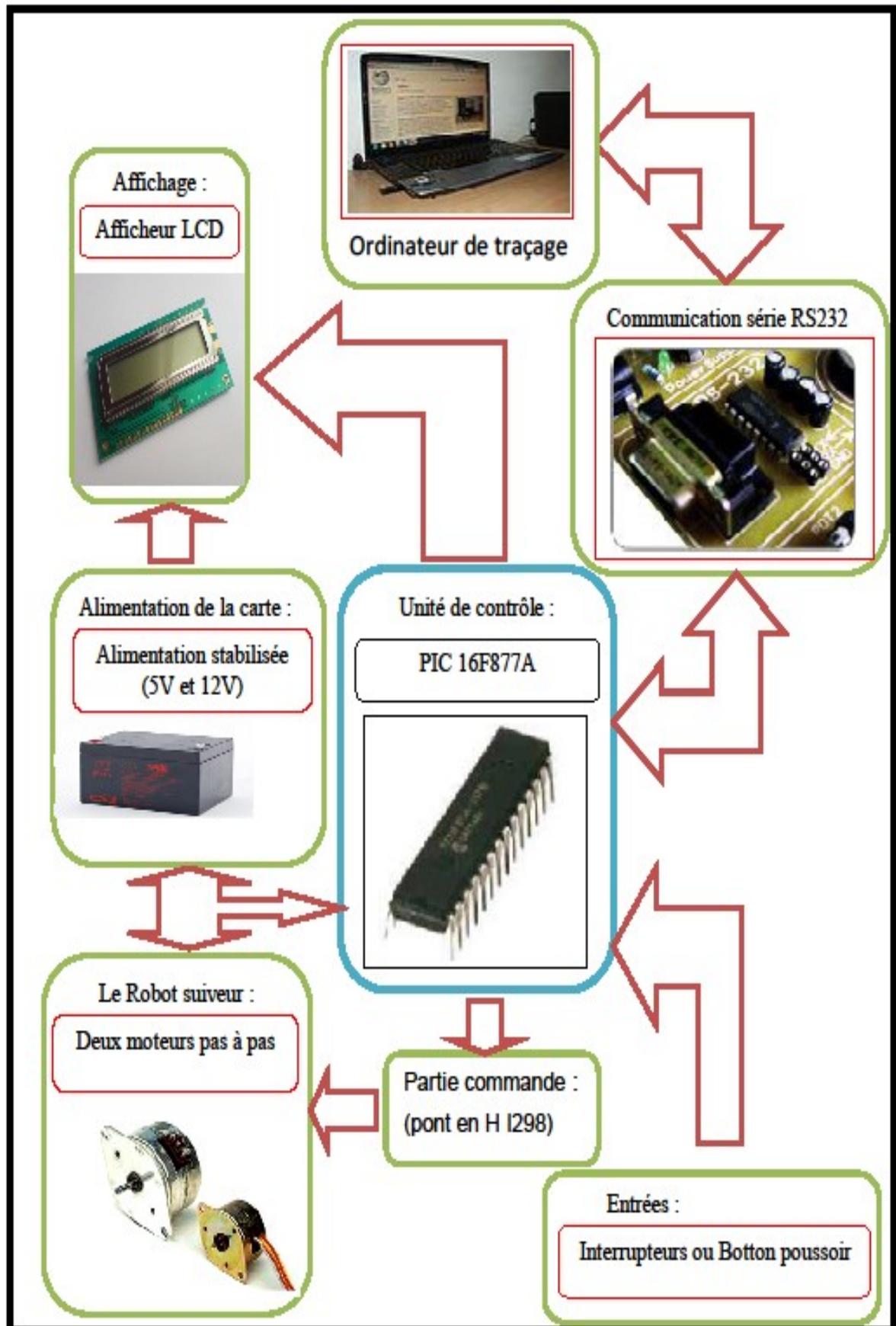


Figure 4.1 : le schéma synoptique.

Chapitre 4 : Etude théorique

4.3. Alimentation

Notre robot mobile doit être alimenté par une alimentation stabilisée qui fournit à la sortie:

- 5V pour alimenter le PIC, le MAX232, L298 et l'afficheur LCD,
- 12V pour l'alimentation des deux moteurs pas à pas,
- La masse (GND).

Puisque le robot mobile a besoin d'une énergie autonome, on a choisit une batterie de 12v pour alimenter les 2 moteurs pas a pas et une alimentation réglable pour abaisser la tension 12v à 5v pour les autres composants intégrés.

4.3.1. Les batteries

Une batterie permet de transformer et d'emmagasiner l'énergie électrique du générateur sous forme d'énergie chimique et transforme l'énergie chimique en énergie électrique et la restitue à un ou plusieurs récepteurs. On distingue principalement 4 grandes familles que l'on retrouve dans 99,9% des applications de la vie de tous les jours [25]:

- Les batteries plomb (Pb),
- Les batteries Nickel Cadmium (Ni-Cd),
- Les batteries Nickel Métal Hybride (Nimh),
- Les batteries Lithium (Li), regroupant les Lithium ion (LI-Ion) et les Lithium ion Polymère (Lipo).

La batterie utilisée dans ce projet est La batterie au plomb (Pb), puisque elle représente aujourd'hui la solution la plus pertinente (65% de la production totale mondiale en 2002). La technologie des batteries au plomb est constituée par deux électrodes, une positive en bioxyde de plomb (PbO_2), une négative en plomb spongieux (PbO) plongées dans un électrolyte (H_2SO_4) présentant à leurs bornes une différence de potentiel. En règle générale, une batterie est constituée de plusieurs de ces cellules, connectées ensemble pour former une unité électrique. Une cellule plomb/acide dispose d'une tension nominale de 2 volts. Une batterie de 12 volts (figure 4.1), par exemple, comporte six cellules (6 cellules x 2 volts = 12 volts de tension nominale) [20].

Chapitre 4 : Etude théorique

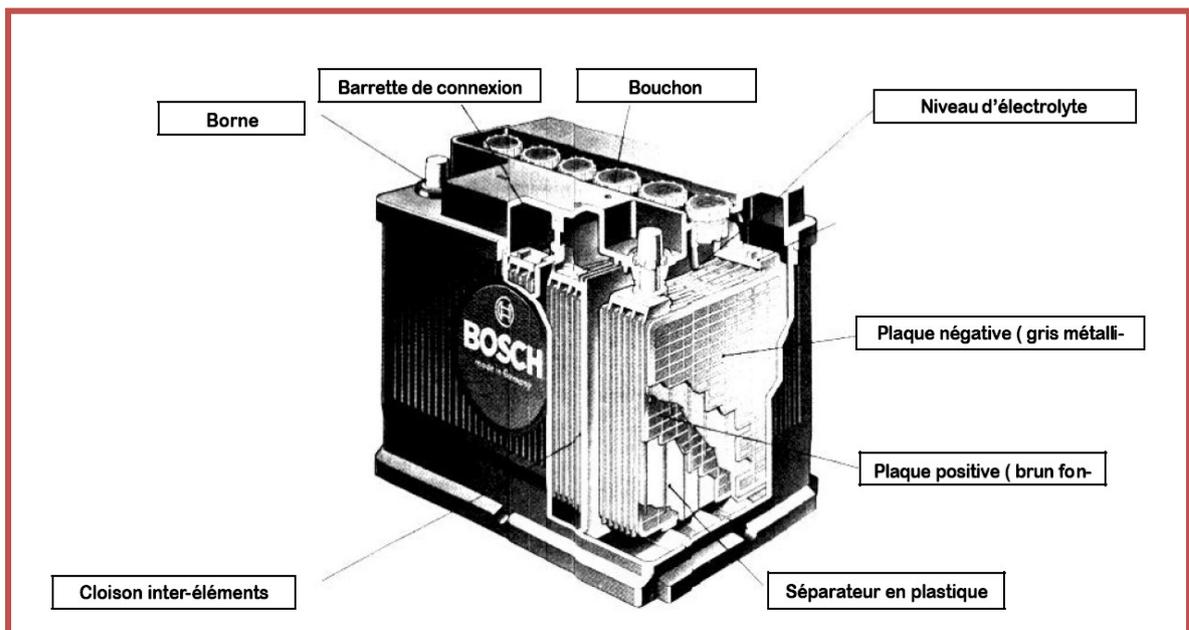


Figure 4.2 : constitution d'une batterie au plomb [26].

Les tensions nominales qui se sont imposées sont les suivantes : 6 V, 12 V, 24 V, 36 V, 48 V et 80 V. Il est possible de mettre en série deux ou plusieurs batteries (figure 4.2). La tension des deux batteries s'ajoutent et la capacité reste identique [27]:

Exemple : 2 batteries de 12 V, à chacune 100 Ah => 24 V 100 Ah

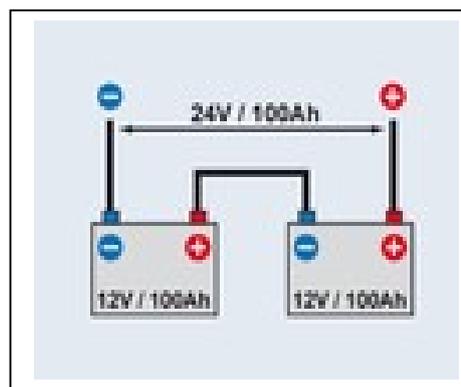


Figure 4.3 : 2 batteries installées en série [27].

Si les batteries sont installées en parallèle, la tension reste identique et les capacités s'additionnent (figure 4.3) :

Exemple : 2 batteries de 12 V, à chacune 100 Ah => 12 V 200 Ah

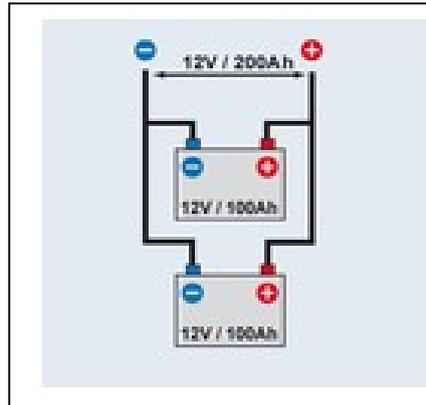


Figure 4.4 : 2 batteries installées en parallèle [27].

Note :

Pour les deux types d'installation, il est important que les batteries soient de même type et de même capacité. Les batteries doivent également avoir le même âge et avoir été chargées complètement avant la mise en service.

a) Caractéristiques d'une batterie

- La tension d'une batterie s'exprime en **Volts**, son symbole est **V**. La tension se mesure avec un voltmètre mis en parallèle avec la batterie.
- L'intensité du courant consommé par un appareil s'exprime en **Ampères**, son symbole est **A**. On utilise souvent son sous-multiple le milliampère (**mA**) : $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$. L'intensité du courant électrique se mesure à l'aide d'un ampèremètre placé en série dans le circuit.
- La capacité représente la quantité d'électricité que peut emmagasiner la batterie. La capacité s'exprime en **Ampèreheure (Ah)**. Elle exprime, en théorie l'intensité maximale du courant qu'une batterie est capable de débiter durant une heure. Une batterie de 80 Ah pourra, par exemple, fournir 80 A durant une heure ou 4 A pendant vingt heures.
- Il existe d'autres paramètres comme la résistance interne que nous ne développerons pas car trop pointu et utile uniquement pour le choix d'accus boostés et triés (compétition notamment)

Chapitre 4 : Etude théorique

4.3.2. Alimentation de 5v

On désire réaliser une alimentation stabilisée pouvant débiter une tension de 5v. On utilise pour cela le montage proposé sur la figure 4.5.

Celui ci est composé :

- De deux capacités C céramiques de 100 nf. On les choisit de telles sortes qu'elles servent à améliorer la stabilité du régulateur,
- d'un régulateur intégré $C1(7805)$,
- d'une résistance R (300Ω) pour la protection,
- d'une diode led.

a) Description du régulateur de tension

Un régulateur de tension est un composant à semi-conducteur dont le rôle consiste à rendre quasi continue une tension qui présente une ondulation issue d'un pont redresseur et à stabiliser sa valeur.

La tension de sortie V_{out} est le principal critère de choix, puisqu'elle correspond à la tension désirée. Ainsi, pour des tensions désirées, on choisira un LM78xx qui possède les caractéristiques suivantes [28]:

- Courant de sortie 1A,
- Protection thermique interne contre les surcharges,
- Aucun composant externe nécessaire,
- Plage de sécurité pour le transistor de sortie,
- Limitation interne du courant de court-circuit.

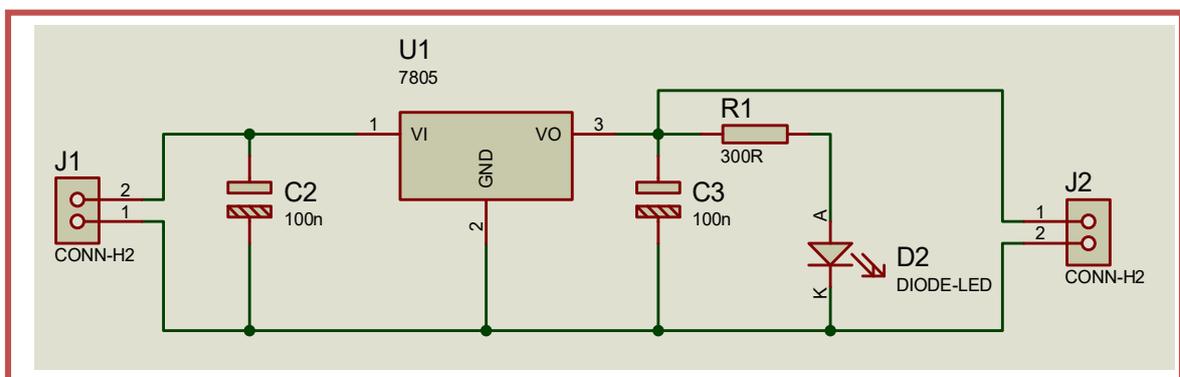


Figure 4.5 : Montage de l'alimentation stabilisée.

Chapitre 4 : Etude théorique

4.4. Principe de la transmission série (RS232)

La liaison série aux normes RS 232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique (figure 4.6). Elle permet la réalisation d'une liaison simple à mettre en œuvre entre 2 équipements. Elle est de type asynchrone, c'est à dire même vitesse de transmission identique. Ils doivent par ailleurs utiliser le même protocole [29-30].

Elle est caractérisée par :

- Un niveau de tension de $\pm 25V$.
- La gamme de débit est de 100bits /sec à 20Kbits/sec.
- Distances utiles de 1m à 15m.
- Un émetteur par liaison.
- Un récepteur par liaison.

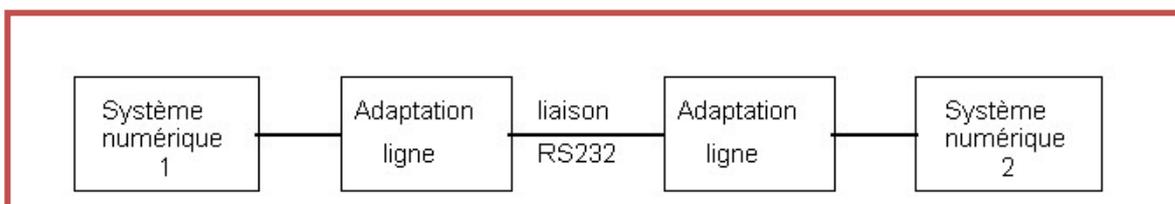


Figure 4.6 : la liaison RS232 [3].

4.4.1. Brochage de la prise

Les prises RS232 sont aux formats DB9 ou DB25, nous nous intéresserons uniquement au format DB9. Les figures ci-dessous présentent des SUB-D 9 male et femelle (Figure 4.7), [20], [31].

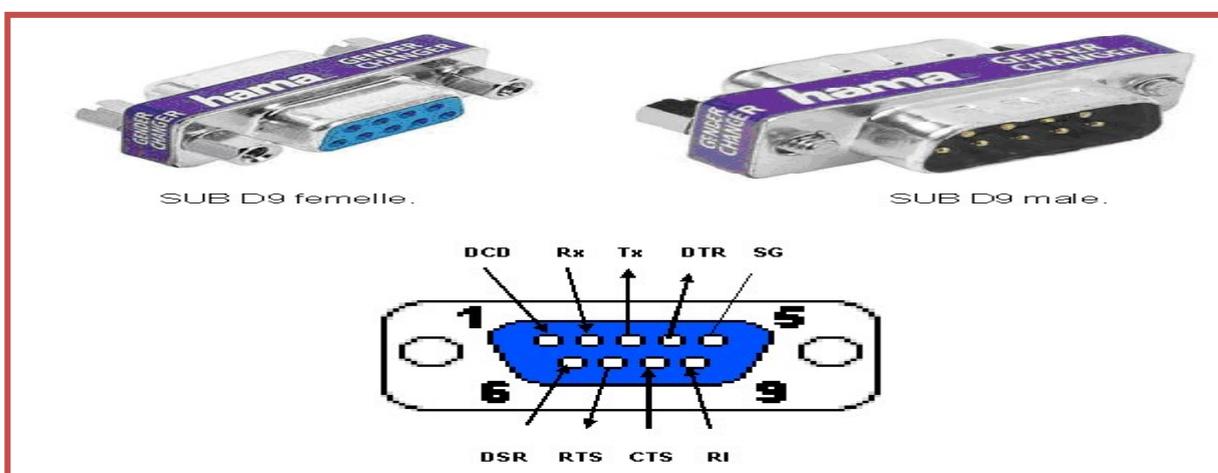


Figure 4.7 : Les prises RS232 de type DB9.

Chapitre 4 : Etude théorique

Ses différentes broches sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 4.1 : différentes broches des prises RS232.

N°	Signal	E/S	Utilisation
1	DCD	E	Carrier Detect : Annonce que l'autre équipement reçoit une réponse.
2	Rx	E	Received Data : Entrée de réception des données.
3	Tx	S	Transmitted Data : Sortie d'émission des données.
4	DTR	S	Data Terminal Ready : Indique à l'autre équipement que l'on souhaite communiquer.
5	SG		Signal Ground : Masse de référence des signaux (0V).
6	DSR	E	Data Set Ready : Indique que l'équipement opposé est prêt.
7	RTS	S	Request To Send : Demande à l'équipement opposé de se tenir prêt à recevoir.
8	CTS	E	Clear To Send : Indique que l'équipement opposé est prêt à recevoir.
9	RI	E	Ring Indicator : Annonce que le modem reçoit un appel.

Les deux broches principales sont les broches de transmission des données 2 et 3, la broche d'émission d'un équipement est reliée à la broche de réception de l'autre (câble croisé). Les autres broches sont utilisées pour les protocoles de transmission comme le montre la figure 4.8.

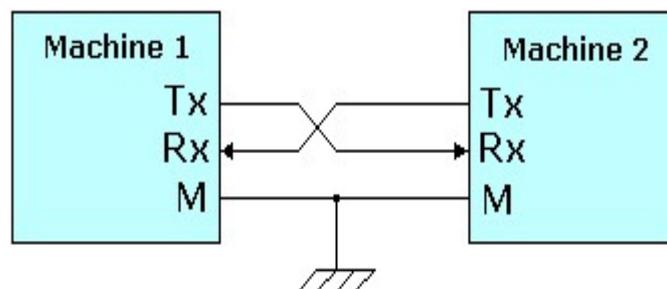


Figure 4.8 : le branchement entre deux machines.

Le schéma électronique de la connexion entre le MAX232 et la prise RS232 de type DB9 est représenté sur la figure 4.9 suivante :

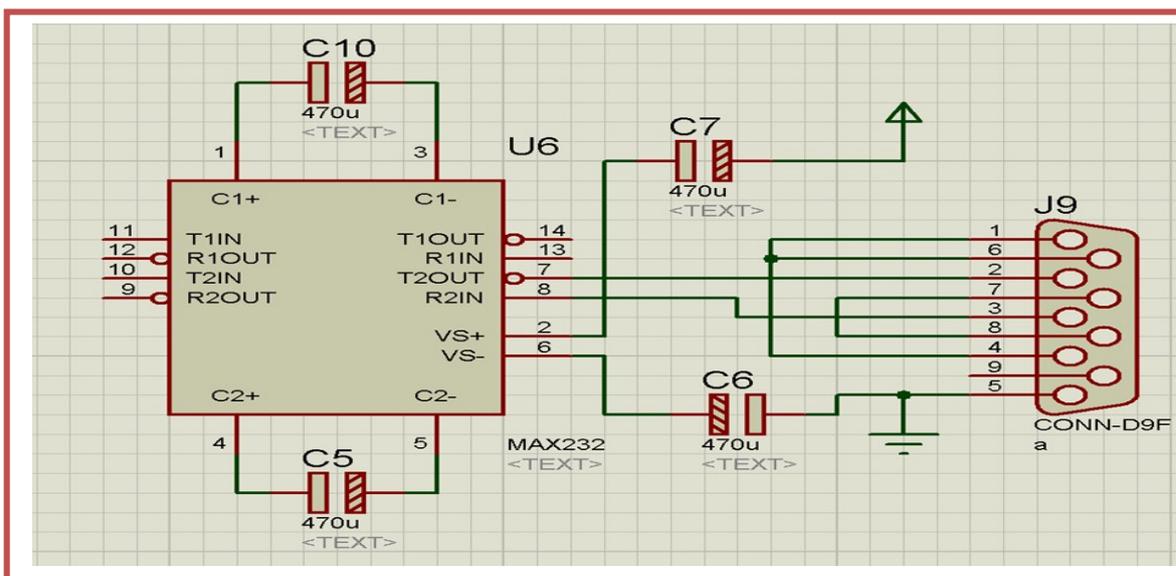


Figure 4 .9 : la connexion entre le MAX232 et la prise RS232 de type DB9.

4.4.2. Protocole de transmission

Afin que les éléments communicants puissent se comprendre, il est nécessaire d'établir un protocole de transmission. Ce protocole devra être le même pour les deux éléments afin que la transmission fonctionne correctement.

Les paramètres rentrant en jeu sont [20]:

- Longueur des mots : 7 bits (ex : caractère ascii) ou 8 bits
- La vitesse de transmission : les différentes vitesses de transmission sont réglables à partir de 110 bauds (bits par seconde) de la façon suivante : 110 bds, 150 bds, 300 bds, 600 bds, 1200 bds, 2400 bds, 4800 bds, 9600 bds.
- Parité : le mot transmis peut être suivi ou non d'un bit de parité qui sert à détecter les erreurs éventuelles de transmission. Il existe deux types de parité (parité paire et parité impaire).
- Bit de Start : la ligne au repos est à l'état logique 1. Pour indiquer qu'un mot va être transmis, la ligne passe à l'état bas avant de commencer le transfert. Ce bit permet de synchroniser l'horloge du récepteur.
- Bit de stop : après la transmission, la ligne est positionnée au repos pendant 1,2 ou 1.5 périodes d'horloge selon le nombre de bits de stop.

Chapitre 4 : Etude théorique

Note :

Le bit de Start apparait en premier dans la trame puis les données (poids faible en premier), la parité éventuelle et le (les) bit(s) de stop.

4.4.3. Principe d'adaptation PIC- RS232

Le PIC utilise les niveaux 0V et 5V pour définir respectivement des signaux « 0 » et « 1 ». La norme RS232 définit des niveaux de +12V et -12V pour établir ces mêmes niveaux.

Nous aurons donc besoin d'un circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC et PC. Le pin TX du PIC émettra en 0V/5V et sera convertie en $\pm 12V$ vers notre PC. La ligne RX du PIC recevra les signaux en provenance du PC, signaux qui seront convertis du +12V/-12V en 0V/5V par notre circuit de pilotage du bus.

Pour cela, nous utiliserons le célèbre circuit MAX232 pour effectuer cette adaptation de niveaux.

Ce circuit contient un double convertisseur à double direction (voir figure 4.9 et tableau 4.2). Autrement dit, il dispose [20] :

- 2 blocs, dénommés T1 et T2, qui convertissent les niveaux entrant en 0V/5V en signaux sortants sous +12V/-12V. En réalité, on n'a pas tout à fait +12V et -12V, mais plutôt de l'ordre de +8,5V/-8,5V ce qui reste dans la norme RS232.
- 2 blocs, dénommés R1 et R2, qui convertissent les niveaux entrant en +12V/-12V en signaux sortant sous 0V/5V.

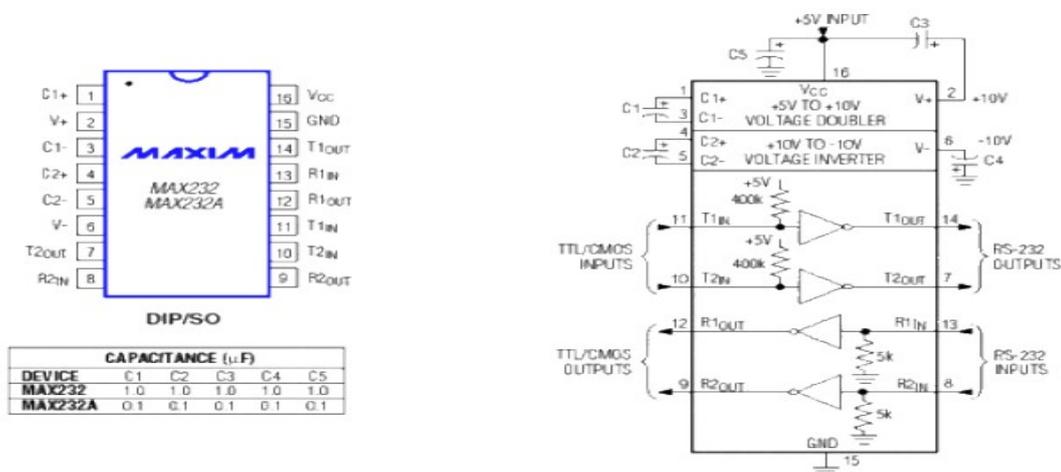


Figure 4.10: Circuit intégré MAX232 [20].

Chapitre 4 : Etude théorique

Tableau 4.2 : descriptif de circuit intègre MAX232 [20].

Pin Description	
Pin Number	Description
1	C1+ - Capacitor 1 + terminal
2	V+
3	C1- - Capacitor 1 - terminal
4	C2+ - Capacitor 2 + terminal
5	C2- - Capacitor 2 - terminal
6	V-
7	T2out - Transmitter 2 Output
8	R2in - Receiver 2 Input
9	R2out - Receiver 2 Output
10	T2in - Transmitter 2 Input
11	T1in - Transmitter 1 Input
12	R1out - Receiver 1 Output
13	R1in - Receiver 1 Input
14	T1out - Transmitter 1 Output
15	GND - Ground
16	Vcc - +5V Power Supply

Ainsi, le schéma électronique de la connexion entre le PIC et le MAX232 est représenté sur le simulateur Isis (figure 4.11) suivant :

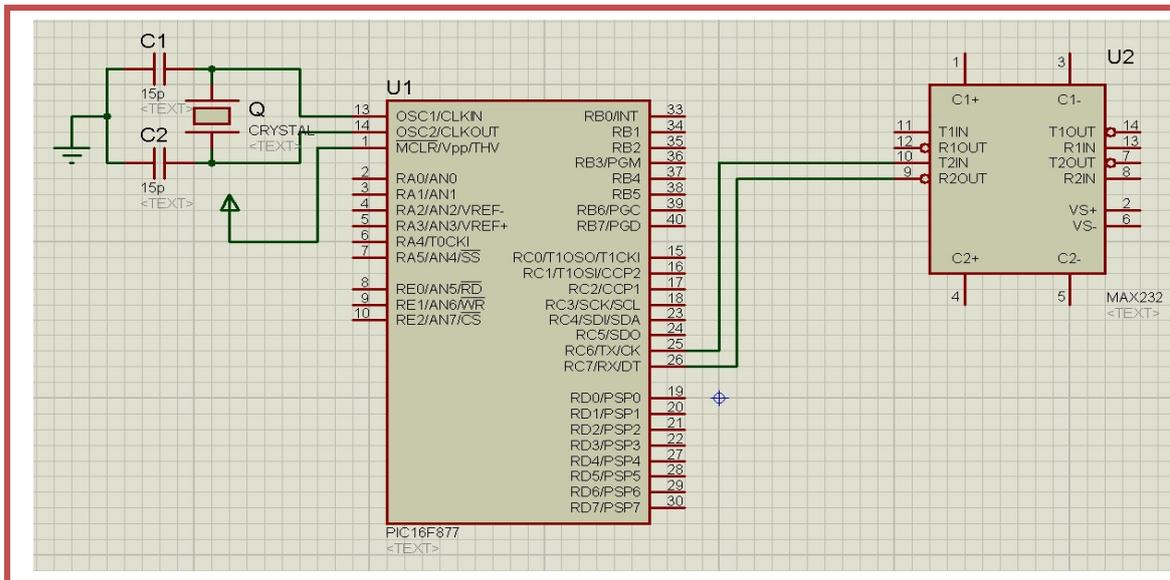


Figure 4 .11 : la connexion entre le PIC et le MAX232.

Chapitre 4 : Etude théorique

4.5. Afficheur LCD

Les afficheurs à cristaux liquides sont des modules compacts intelligents et nécessitant peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité. Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et ne se différencient pas les uns des autres, non par leurs dimensions (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leurs tensions de service. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des leds montées derrière l'écran du module, cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (250 mA max) [5], [32].

4.5.1. Principe de fonctionnement

Un afficheur LCD est capable d'afficher tous les caractères alphanumériques usuels et quelques symboles supplémentaires. Pour certains afficheurs, il est même possible de créer ses propres caractères.

Chaque caractère est identifié par son code ASCII qu'il faut envoyer sur les lignes D0 à D7, broches 7 à 14. Ces lignes sont aussi utilisées pour la gestion de l'affichage avec l'envoi d'instructions telles que l'effacement de l'écran, l'écriture en ligne 1 ou en ligne 2, le sens de défilement du curseur.

4.5.2. Description du Brochage de l'afficheur

Pour utiliser le LCD, il faut bien sûr l'alimenter par 5V et la masse. Ensuite, il va falloir relier les ports RS, R/W et E au PIC puis les ports D0 à D7 (figure 4.12). Ainsi que pour envoyer une instruction à l'afficheur, il faut régler le bit READ/WRITE (généralement à WRITE), spécifier le bit RS (si c'est une commande ou une donnée), mettre les bits du poids fort de la commande ou la donnée en question sur les bits D7 à D0 et enfin valider pour que l'afficheur en tienne compte.

La validation se fait en mettant le bit E à 1 puis on le remet à 0. Il y a tout de même des contraintes de temps à respecter (il faut un certain temps aux LCD pour comprendre et exécuter une commande). Ces contraintes sont d'un temps minimum (tableau 4.3).

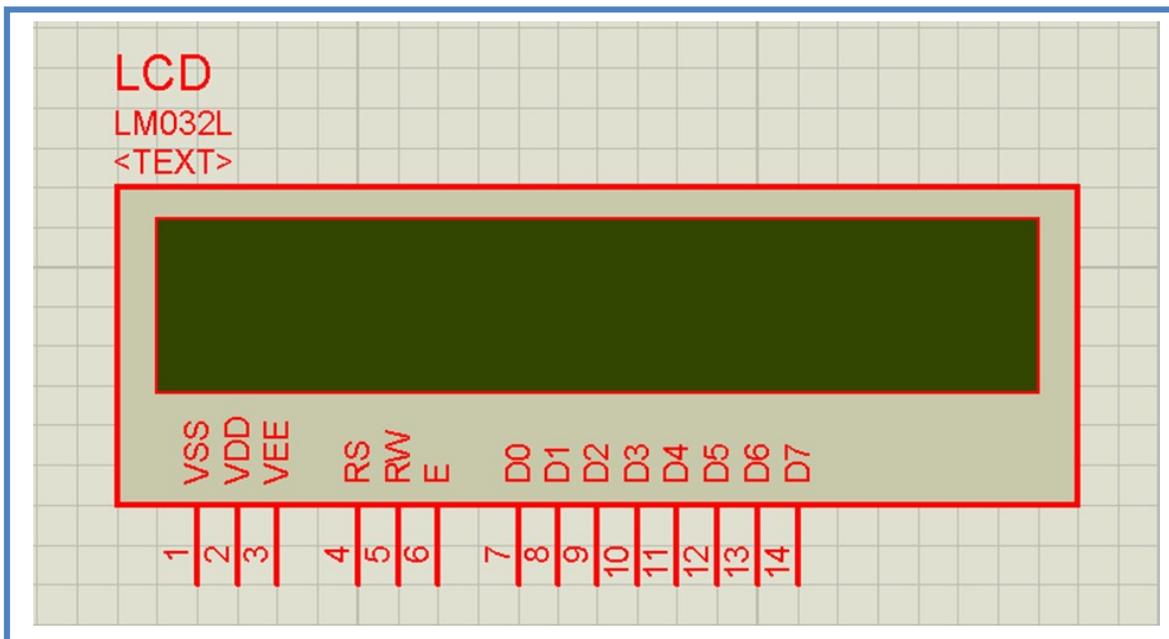


Figure 4.12: Brochage d'un afficheur LCD.

Donc, après avoir alimenté le LCD, il faudra envoyer une série de commande pour l'initialisation. Si la phase de l'initialisation est terminée, on peut envoyer directement des codes ASCII pour que le LCD les affiche. Le programme n'est ni gourmand en taille mémoire (moins de 270 instructions, en comptant les timers), ni en RAM.

L'exécution est préalablement plus longue mais le coût de l'affichage se fait à temps court.

Chapitre 4 : Etude théorique

Tableau 4.3 : les différents pins de LCD.

N° DE BROCHE	SIGNAL	Niveau
01	VSS	Masse
02	VDD	+5V
03	VLC	+/-2.5V
04	RS	0=instruction 1=caractères
05	R/W	0=écriture 1=lecture
06	E	Front descendant
07	D0	Logique positive
08	D1	Logique positive
09	D2	Logique positive
10	D3	Logique positive
11	D4	Logique positive
12	D5	Logique positive
13	D6	Logique positive
14	D7	Logique positive

4.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le schéma synoptique de notre montage ainsi que les différents blocs le constituant.

Le prochain chapitre sera dédié à la réalisation pratique.

5.1. Introduction

Après avoir vu les caractéristiques techniques et électroniques des composants qui constituent la carte de commande, nous nous dirigeons vers la réalisation pratique. A toute conception matérielle à base d'un système à microcontrôleur, on doit systématiquement lui associer un logiciel qui aura à gérer l'ensemble de la structure. On peut classer le type de programmes de l'interface en deux catégories:

- Le programme écrit en langage pascal qui après sa compilation en hexadécimal, sera chargé dans la mémoire du microcontrôleur 16F877A.
- Le programme de communication avec le PC et écrit en langage évolué qui est le langage WINDEV.

Donc dans ce chapitre on va toucher les différents logiciels et les outils utilisés pour la création de notre carte, simulée, compilée et charger le programme dans le microcontrôleur.

L'architecteur de notre carte se compose d'un pic 16F877A synchronisé sur un oscillateur extérieur à base d'un quartz de 4 Mhz.

Le pic 16F877A consiste à commander le circuit L298, qui intégré commande les 2 moteurs pas à pas selon le mode de commande manuelle par les Bottons poussoirs ou automatique par PC à travers la liaison de transmission RS 232. Ainsi que nous allons présenter l'étudie mathématique et l'analyse mécanique du support robot suiveur de courbe.

5.2. Définition de Mikropascal

Le Mikropascal est un compilateur pour PIC conçu par la société « Microelectronika »(figure 5.1), la nouvelle génération de compilateur du micro pascal pour microcontrôleurs PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie sans faille.



Figure 5.1 : mikroPASCAL PRO for PIC [34].

5.3. Présentation de MikroPascal

Les Pics sont des composants qui ne sont capables de rien tant qu'on ne leur a pas fait ingérer un programme. C'est comme un ordinateur sans système d'exploitation : il ne démarre pas. Le programme que l'on doit mettre dans le PIC se présente sous la forme d'un fichier binaire (par opposition à un fichier texte) comportant toutes les instructions à exécuter. Ce fichier binaire porte généralement l'extension *.hex, et doit être transmis dans le PIC à l'aide un appareil appelé programmeur.

Le micro Pascal est l'un des compilateurs qui facilitent la programmation des PIC. En utilisant ce compilateur on peut faire la compilation ainsi de corriger les fautes dans notre programme. Après avoir enregistré le programme il lui associe un fichier de type (.HEX) c'est à dire un fichier en hexa.décimal qui nous permet de programmer notre PIC ainsi que l'utiliser dans d'autres compilateurs.

5.4. Introduction sur le programmeur de PIC

Après avoir réalisé le programme en langage PASCAL, on devrait avoir un programmeur de PIC, qui nous permet d'implémenter notre programme dans les registres de PIC.

Pour cela on a utilisé un programmeur de PIC universel à laide du logiciel IC-PROG.

5.4.1. Présentation du programmeur de PIC

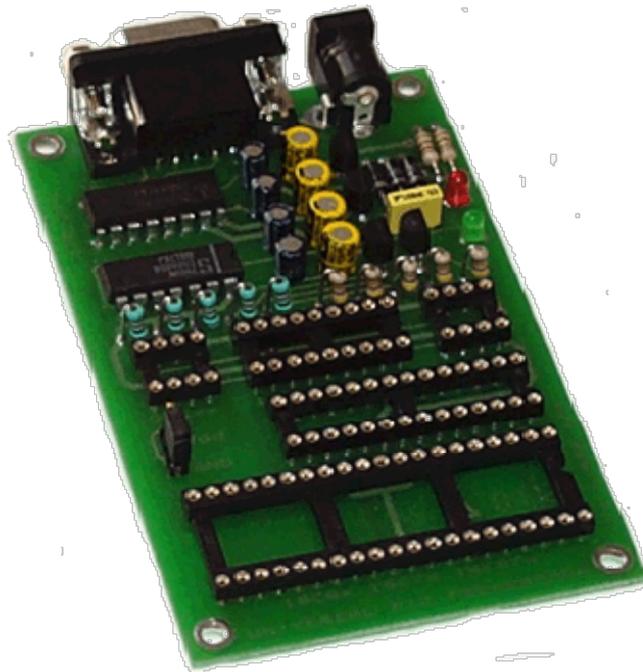


Figure 5.2: Programmeur de PIC [2].

Ce programmeur permet de programmer une large gamme de PIC (12c508, 16f877) aussi que la plus part des mémoires EEPROM série. Il se connecte simplement à l'interface parallèle d'un PC avec un port COM. En plus, il travaille avec l'excellent logiciel IC-PROG qui va nous permettre le transfert d'un fichier obtenu « .HEX » vers le PIC ou une autre mémoire.

5.5. Fonctionnement général de robot suiveur de courbe

L'organigramme qui gère le fonctionnement de notre support robot suiveur de courbe est présenté sur l'organigramme suivant (figure 5.4) :

Une fois la carte électronique de commande allumée, le microcontrôleur démarre le programme interne résidant dans sa mémoire programme, dont le rôle est l'attente des ordres venant soit du port série, soit des boutons poussoirs.

Au démarrage, après initialisation des ports d'entrées sorties, du port série. ainsi que de l'afficheur LCD, le programme du PIC entre dans une boucle d'attente. Deux événements peuvent le faire sortir de cette attente et qui sont :

- ❖ Si les données sont arrivées sur le port série, les moteurs se mettent en marche en prenant comme repère de position les dernières positions atteintes au démarrage. Ces moteurs exécutent selon les informations arrivées. la commande de rotation, de marche avant ou de marche arrière.

- ❖ Sinon on passe au test des boutons B1, B2, B3 et B4 :
 - Si le bouton B1 est appuyé, le moteur M1 marche en avant,
 - Si le bouton B2 est appuyé, le moteur M1 marche en arrière,
 - Si le bouton B3 est appuyé, le moteur M2 marche en avant,
 - Si le bouton B4 est appuyé, le moteur M2 marche en arrière,

- ❖ Si aucun bouton n'est appuyé, on retourne au point de départ.

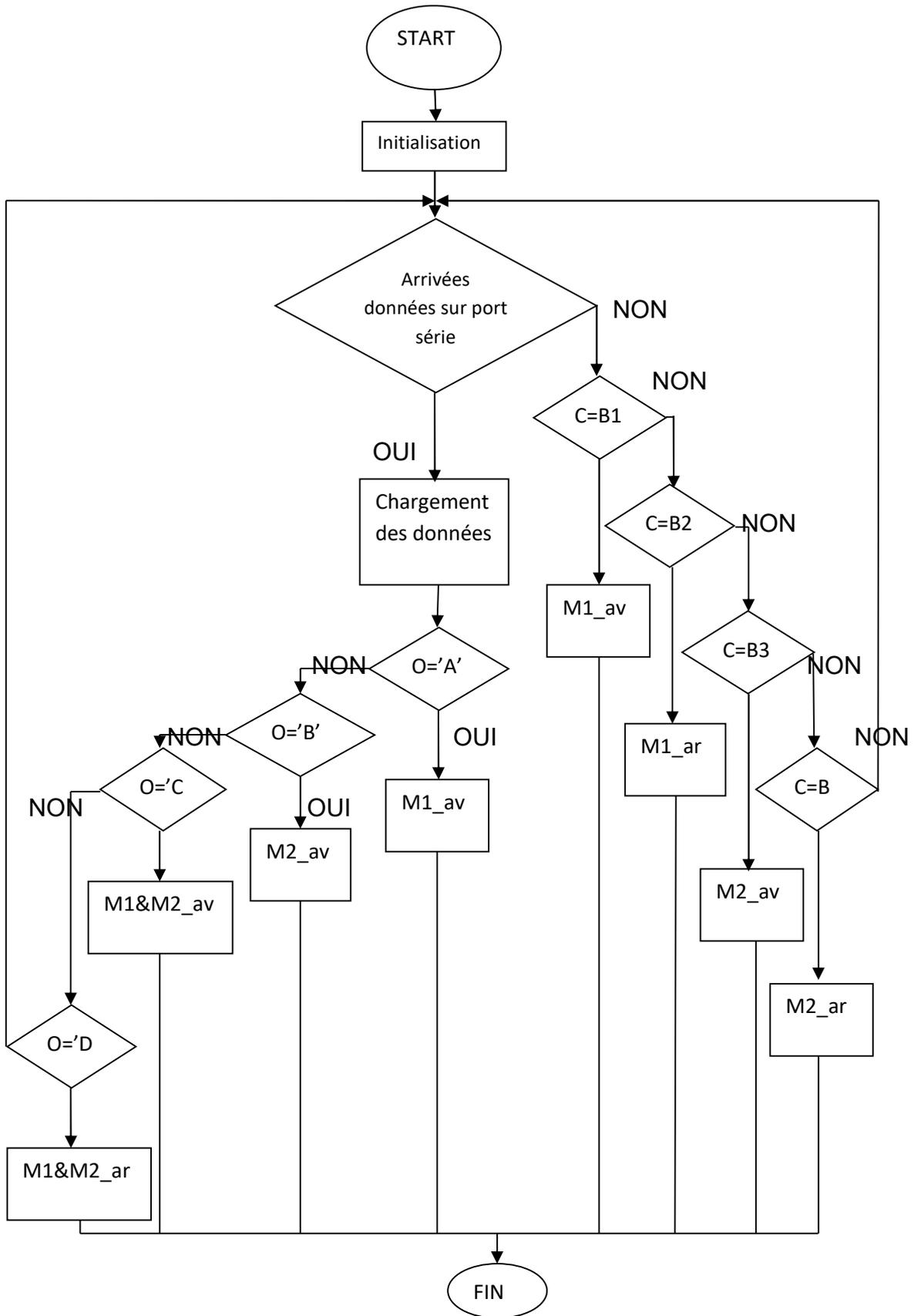


Figure 5.3 : organigramme de fonctionnement général.

5.7. Présentation de l'ARES

C'est un logiciel permettant le routage des cartes électroniques en mode automatique ou manuel. Il est possible d'utiliser ARES sans avoir créé au préalable un schéma dans ISIS.

Cette fonctionnalité permet de réaliser des circuits de faible complexité en plaçant les composants et en traçant les pistes directement sur ARES. Une fois les connections établies, il est possible d'effectuer un routage automatique des pistes.

Dans ce logiciel vous pouvez également créer de nouveaux boîtiers et les placer dans une bibliothèque.

Typon de la carte

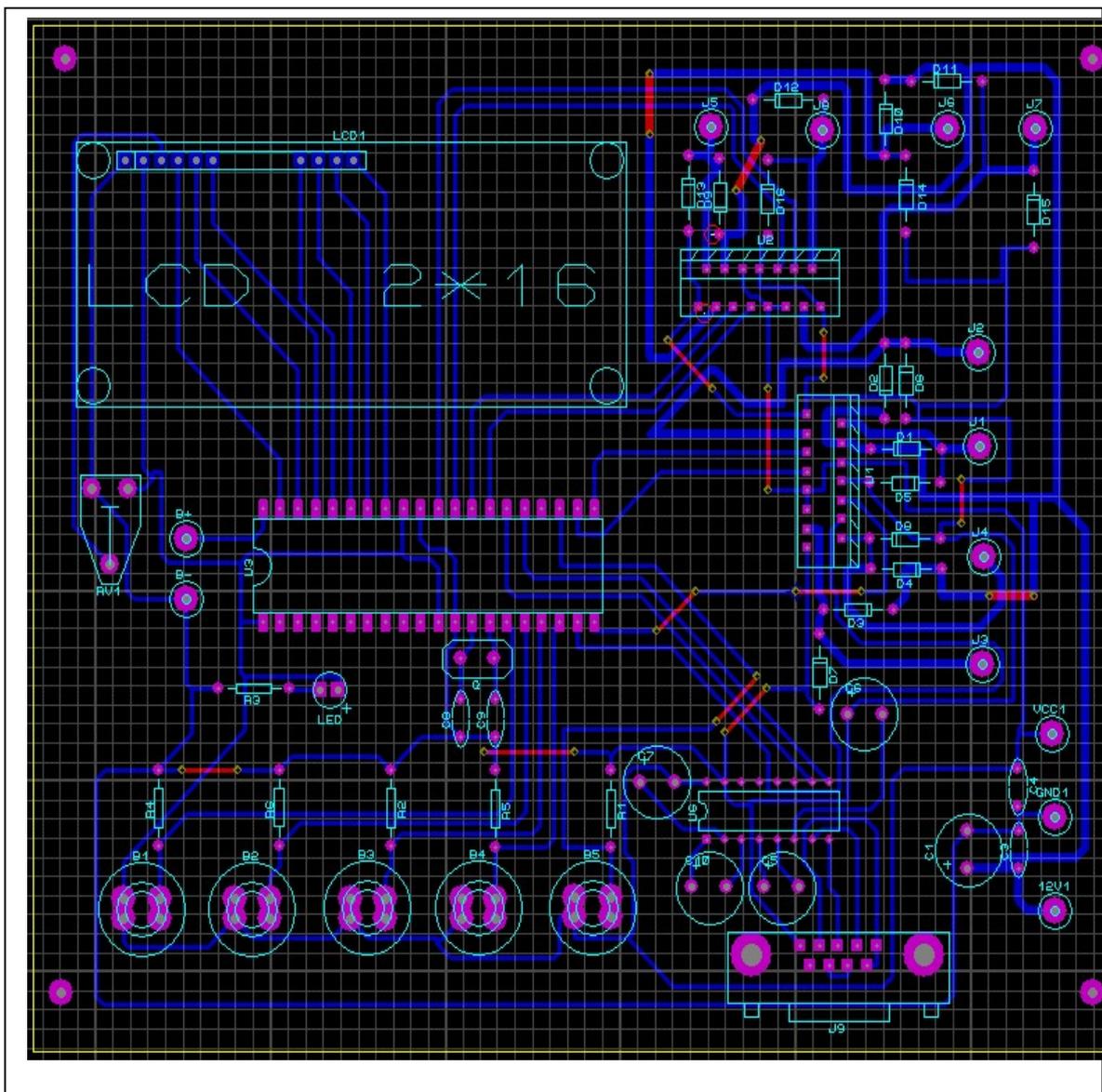


Figure 5.5 : schéma de routage sur ARES

5.8. WINDEV



Le WinDev est un instrument de cas qui est complètement intégré de la conception à la maintenance. Cela rend le développement plus facile et plus sûr. C'est ouvert à toute les technologies et à toutes les bases de données. WinDev est l'environnement idéal pour vite développer des applications puissantes. WinDev est simple mais puissant. « simple » ne veut pas dire « simpliste », bien au contraire. Un simple clic dans une fenetre correspond souvent à des centaines de lignes de code en programmation « traditionnelle ». Et ce simple clic sera souvent bien plus puissant, bien plus rapide et bien plus faible que le resultat obtenu par du code dans l'application finale.

WinDev inclut en standard , entre autre, les modules suivants : éditeur d'analyses UML ET Merise. Générateur de dossier, générateur d'IHM, Editeur de code, débogueur, Base de Données intégrée, lien avec toutes les bases de Données, lien Word et Excel, Grapheur, Gestion des images, Générateur d'aide, Générateur d'installation , outil de maintenance automatique.

Le langage de programation (WLangage)

Le WLangage est un langage de programmation de WinDev, c'est un langage de 5^{ème} génération qui comporte comme tous les langages de programmation des constantes, des variables de différents types (simple : entier, numérique,... et composées : tableaux, structures, structure dunamique,...), et des procédures (locales et globales).

5.8.1. L'interface graphique de WinDev

La programmation de l'interface pour la commande des moteurs pas à pas permet le calcul des positions des moteurs elle fournit une interruption de commande pour créer et contrôler la génération d'une trajectoire donnée.

Cette interface permet de tracer une trajectoire par simple clique de la souris, on peut donc traduire les courbes dessinées à des abscisses et des ordonnées. Ainsi que, nous allons partager les courbes à petit coupe pour calculer les modules et les arguments, après nous transmettons ses données vers le pic à partir de port série de MATLAB puisque est plus simple et plus utilisé de ce domaine.

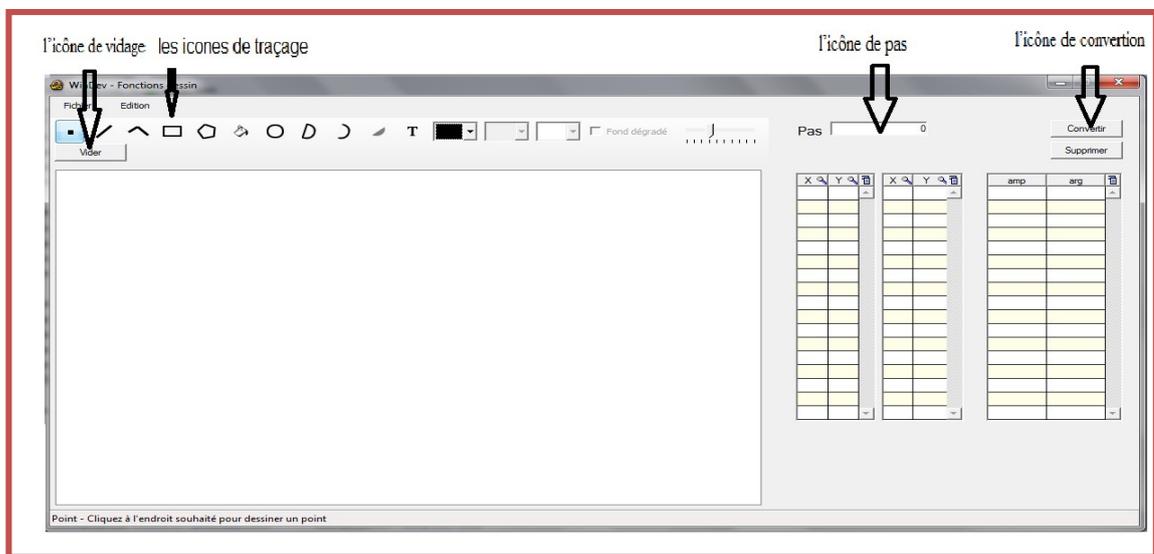


Figure 5.6 : Interface du WinDev

5.9. L'étude mécanique

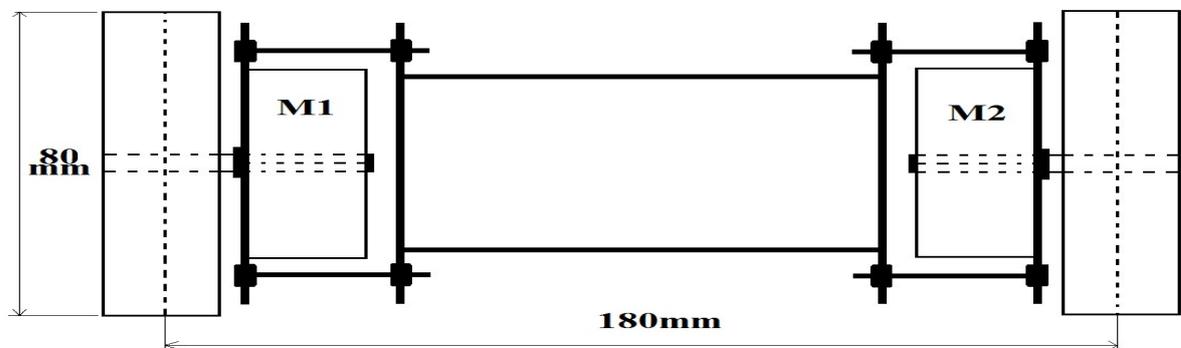


Figure 5.7 : schéma mécanique de support robot.

D'après le schéma, on a :

- La distance entre les centre de gravite de deux roues qui est $A=180\text{mm}$.
- Le rayon de roue égal à $R=40\text{mm}$,
- Le diamètre d'une roue est $D=2\times\pi\times R=251\text{mm}$,
- Le nombre des pas par tour de nos moteurs est de 24 pas/tour ou bien 48 demi-pas par tour,
- La distance par pas est : $251/48=5.2\text{mm/pas}$,
- On fixe la roue M1 et on tourne la roue M2 de 360 degrés : la distance parcourue par M2 est $2\times\pi\times A =1131\text{mm}$,
- La distance par degré est $1131/360=3.14\text{mm/deg}$. Donc pour que le robot tourne d'un degré il faut qu'une roue reste stable et l'autre se déplace de 3.14mm
-

5.10. L'analyse mathématique

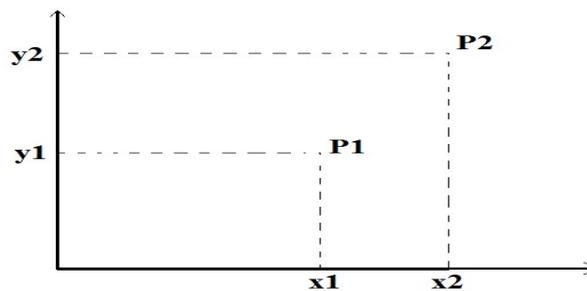


Figure 5.8 : repère orthonormé.

Dans un repère orthonormé, chaque point est défini par son abscisse et son ordonnée. On peut calculer donc le module et l'argument de chaque point ainsi que la distance entre deux points et l'angle fait par la droite (P1P2) et l'axe OX par ces deux formules :

$$\text{Arg}=\text{arctg}[(y2-y1)/(x2-x1)] \quad (1-1)$$

$$\text{Mod}=\sqrt{[(x2 - x1) * (x2 - x1) + (y2 - y1) * (y2 - y1)]} \quad (1-2)$$

Le module mod traduit la distance parcourue par le robot pour qu'il se déplace de point P1 pour arriver au point P2. L'argument arg est l'angle de déviation pour que le robot s'oriente vert le point destinataire.

Exemple :

Soit P1(10,10) et P2(50,60) : le robot initialement est dirigé vers le sens des x croissant, donc il fait un angle $\alpha=0$ avec l'axe OX :

$$\text{Mod}=\sqrt{[(50-10)*(50-10)+(60-10)*(60-10)]}=64\text{mm},$$

$$\text{Arg}=\arctg [(60-10)/(50-10)]=51.34^\circ,$$

- La distance mod se traduit par un tel nombre des pas exécuté par les deux moteurs ensemble,
- L'angle arg se traduit par un fonctionnement d'un moteur tout en gardant l'autre moteur fixe :

$$51.34*3.14=161.2,$$

$$161.2/5.2=31 \text{ pas}$$

L'un parmi des deux moteurs doit tourner de 31 pas et l'autre doit rester fixe, $64/5.2=12.3$ soit 12pas : ensuite les deux moteurs doivent tourner de la même vitesse.

5.11. Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons exposé la partie logicielle de notre travail, les outils de développement, l'étude mathématique et l'analyse mécanique du support robot suiveur de courbe.

La réalisation pratique des montages était pour nous une expérience très enrichissante du fait que nous avons vécu un cas réel de conception et de fabrication.

Les expériences que nous avons menées durant ce projet nous ont montré que l'étude théorique et l'étude par simulation étaient très proches de la réalité pratique, sauf que la théorie ne tient pas compte des problèmes d'origine aléatoire.

Nous avons donc pu tester notre montage afin de déterminer ses performances et ses limites.

Conclusion

Dans ce travail, nous avons présenté la commande en position des moteurs pas à pas. L'objectif de cette étude est l'utilisation de ces actionneurs dans la motorisation des robots suiveur de courbe pour des applications de très grande précision et de faible puissance.

La commande en boucle ouverte est un atout majeur de ce moteur. De plus, la sortie de ce dernier, contrairement aux autres moteurs, est une position et non pas une vitesse, donc la commande de position est typique à ce genre d'actionneurs. La commande par des microcontrôleurs est utilisée dans ce travail car le moteur pas à pas s'adapte bien à la commande numérique. Nous avons conçu et réalisé une carte de commande à base d'un microcontrôleur interfacée à un PC. Cette carte se charge de l'asservissement en position de deux moteurs pas à pas destinés à la commande d'un robot suiveur courbe. Il est économique et permet au concepteur d'utiliser les multiples possibilités inexploitées du microcontrôleur inclus dans le montage.

Enfin, durant la période de notre projet nous avons essayé de mieux connaître les différentes parties constitutives de notre système et nous avons essayé d'exploiter nos connaissances d'une façon simple, directe et compréhensive.

Conclusion

Dans ce travail, nous avons présenté la commande en position des moteurs pas à pas. L'objectif de cette étude est l'utilisation de ces actionneurs dans la motorisation des robots suiveur de courbe pour des applications de très grande précision et de faible puissance.

La commande en boucle ouverte est un atout majeur de ce moteur. De plus, la sortie de ce dernier, contrairement aux autres moteurs, est une position et non pas une vitesse, donc la commande de position est typique à ce genre d'actionneurs. La commande par des microcontrôleurs est utilisée dans ce travail car le moteur pas à pas s'adapte bien à la commande numérique. Nous avons conçu et réalisé une carte de commande à base d'un microcontrôleur interfacée à un PC. Cette carte se charge de l'asservissement en position de deux moteurs pas à pas destinés à la commande d'un robot suiveur de courbe. Il est économique et permet au concepteur d'utiliser les multiples possibilités inexploitées du microcontrôleur inclus dans le montage.

Enfin, durant la période de notre projet nous avons essayé de mieux connaître les différentes parties constitutives de notre système et nous avons essayé d'exploiter nos connaissances d'une façon simple directe et compréhensive.

Bibliographie

- [1] GREYC-CNRS: 'Introduction à la robotique', cours à l'université de Caen Basse-Normandie, France, 2011/2012.
- [2] Y. Nguyen Minh, R. Audemard, CNAM, 1997, www.yannminh.org.
- [3] Introduction à la robotique: www.memoireonline.com.
- [4] ZIAT Mehdi : 'Etude et réalisation d'un robot mobile', Projet de fin d'étude à l'ENP, Alger, Septembre 2004.
- [5] OUENDI Fatima : 'Etude et Conception des Servo-Entraînements dédiés à la Robotique', Mémoire de Magistère. Spécialité Automatique, Alger 2008.
- [6] Yan GUO : 'Perception multimodale pour un robot mobile en milieu marin', Thèse de Docteur de l'Université Pierre et Marie Curie, 2011.
- [7] David FILLIAT : 'Robotique Mobile', École Nationale Supérieure de Techniques Avancées, Paris, www.ensta-paristech.fr.
- [8] Marie-José ALDON : 'Capteurs et méthodes pour la localisation des robots mobiles', UMR CNRS, université de Montpellier, France.
- [9] P. OGUIC et PC. 'Moteur pas à pas', DUNOD, Paris 2004.
- [10] Lilia El Amraoui : 'conception électromécanique d'une gamme d'actionneurs linéaires tubulaires à reluctance variable', Thèse de Docteur en Génie électrique, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis 2002 .
- [11] M.KANT: 'Les actionneurs électriques pas à pas', Edition Hermès, Paris ,1989.
- [12] J.M. Kauffman : 'Les petites motrices évolutions et perspectives', 7ème colloque international sur les Moteurs Pas à Pas, pp1-12, Nancy ,1992.
- [13] M.ABIGNOLI et C.GOELDEL : 'Moteur pas à pas', Techniques de l'ingénieur,

Bibliographie

- Génie électrique, pp. D550-1 D550-21, 1991.
- [14] B. Multon : 'Conception et alimentation électronique des machines à réluctance variable à double saillance'. Thèse de Docteur de Troisième Cycle, Ecole Normale Supérieure de Cachan, 1994.
- [15] M.JUFER : 'Electromécaniques. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes' Lausanne 1995.
- [16] J.F.GIERAS and M.WING: 'Permanent magnet motor technology', design and application. Edition Marcel Dekker, United States of America 2002.
- [17] C.PAROZ: 'Commande incrémentale à fréquence fixes et à avance variable', 7ème colloque international sur les Moteurs Pas à Pas. pp95-102, Nancy 1992.
- [18] J.LUCIDARME, A.AMOURI and M.POLOUJADOFF: 'Optimum design of longitudinal field variable reluctance motor-application to a high performance actuator', IEEE Transaction on Energy Conversion, vol .8N°3 pp361-375, 1993.
- [19] T.HANS, J.FILIPPINI et P.GUYENOT : 'Asservissements numériques', éléments de cours applications, Edition Eyrolles, France 1991.
- [20] Driver I298 et Principe de transmission de RS232: fr.wikipedia.org
- [21] www.Microchip.com.
- [22] www.Technologuepro.com.
- [23] PIC 16F87X Data Sheet (DS30292C), Microchip.
- [24] Bigonff: 'La programmation des PICs', PIC16F876/877, Secode partie, Rev 7.
- [25] www.batterie-solaire.com.

Bibliographie

- [26] http://xantia.voila.net/batterie_alternateur.htm.
- [27] les batteries: Fronius international GmbH.
- [28] Le régulateur 7805: LM341/LM78MXX Series, www.national.com.
- [29] Principe de transmission de RS232: www.defenderprotects.com.
- [30] Brochage de la prise RS23: www.iufmrese.cict.fr.
- [31] Brochage de la prise RS23: www.machinetoolhelp.com.
- [32] Afficheur LCD: www.aurel32.net.
- [33] M. Correvon : 'les moteur pas à pas', Systèmes électromécaniques, haute école spécialisée de suisse occidentale.
- [34] www.Microelectronika.com.

Le moteur pas à pas utilisé



Minebea Motor Manufacturing Corporation
eMINEBEA.COM

PM55L-048



PM Motor
PM Type

Reference Characteristics

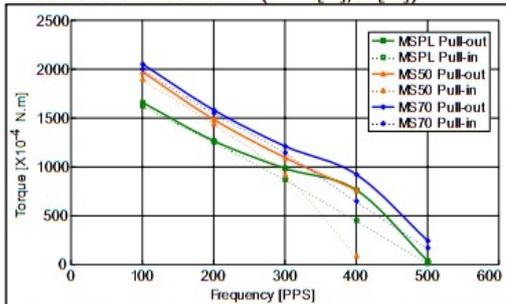
Motor Size	PM55L-048	
Number of Steps per Rotation	48(7.5°/Step)	
Drive Method	2-2 PHASE	
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.	BIPOLAR CHOPPER
Drive Voltage	24[V]	24[V]
Current/Phase		800[mA]
Coil Resistance/Phase	30[Ω]	5.5[Ω]
Drive IC	25C3346	UDN2916B-V
Magnet Material	Ferrite plastic magnet (MSPL) Polar anisotropy ferrite sintered magnet (MS50) Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)	
Insulation Resistance	100M[Ω] MIN	
Dielectric Strength	AC 500[V] 1[min]	
Class of Insulation	CLASS E	
Operating Temp.	-10[°C] ~ 50[°C]	
Storage Temp.	-30[°C] ~ 80[°C]	
Operating Hum.	20[%] RH ~ 90[%] RH	

Applications

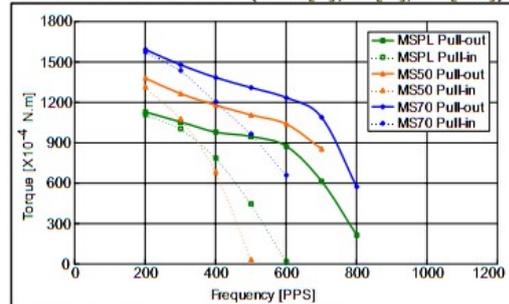
- OA Equipment : Printers / Scanners
- Industrial equipment : Flow control valves
- Toys : Slot machines
- Home automation appliances : Sewing machines

Torque Characteristics

PM55L-048 UNI-CONST. V (at 24[V],30[Ω])

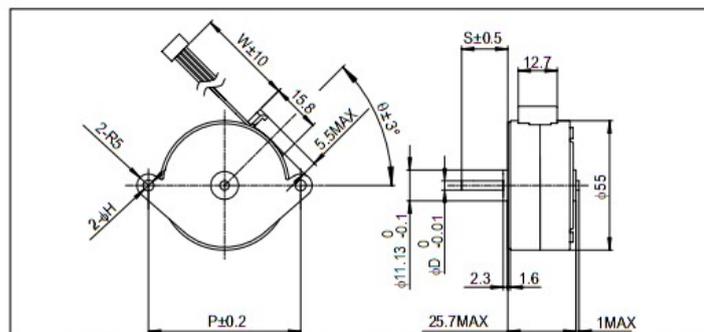


PM55L-048 BI-CHOPPER (at 24[V],5.5[Ω],800[mA])



These torque values are reference only. Heat radiation conditions and temperature rise effect by duty are different on each equipment, therefore please select motors after considering the heat conditions in the actual equipment.

Dimensions



If you would like to know this Dimensions(D,S,W,φ), Please see Standard Dimensions in our Home Page.

Les microcontrôleurs PIC 16f877A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

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 other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

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
- 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)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)

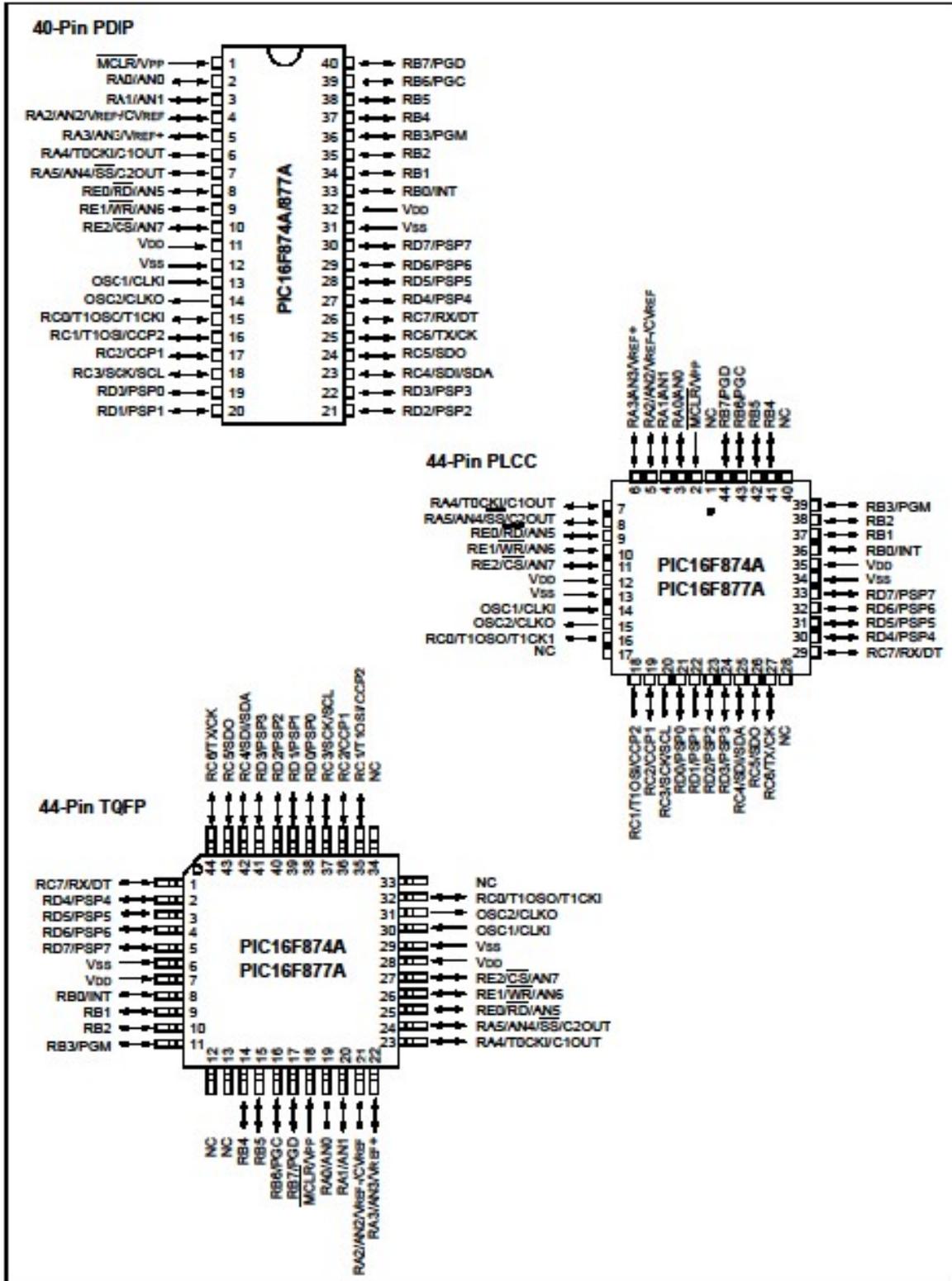
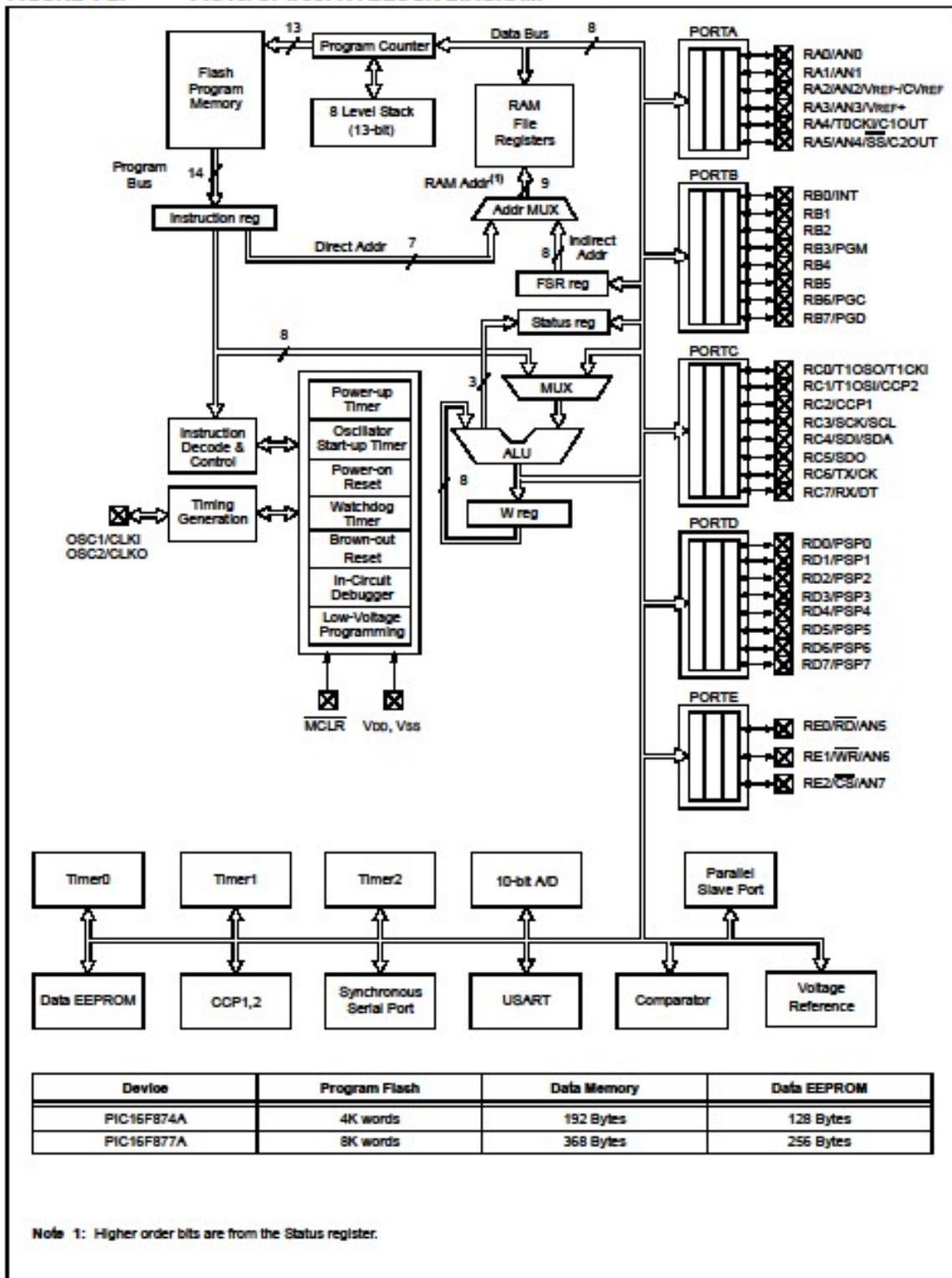


TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	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 (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
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
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

FIGURE 2-3: PIC16F876A/877A REGISTER FILE MAP

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ^(*) 00h	Indirect addr. ^(*) 80h	Indirect addr. ^(*) 100h	Indirect addr. ^(*) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPADD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 98h	General Purpose Register 16 Bytes 117h-119h	General Purpose Register 16 Bytes 197h-199h
TXREG 19h	SPBRG 99h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch		
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh		
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 96 Bytes 20h-7Fh	General Purpose Register 80 Bytes A0h-EFh	General Purpose Register 80 Bytes 120h-16Fh	General Purpose Register 80 Bytes 1A0h-1EFh
	accesses 70h-7Fh EFh-F0h	accesses 70h-7Fh 170h-16Fh	accesses 70h-7Fh 1F0h-1EFh
Bank 0	Bank 1	Bank 2	Bank 3

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
^{*} Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876A.
Note 2: These registers are reserved; maintain these registers clear.

Les driver L298



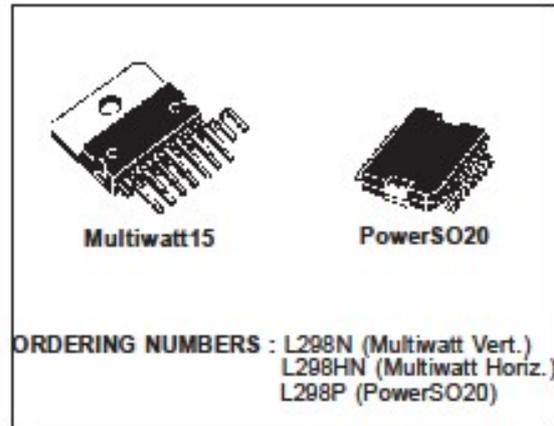
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 48 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)

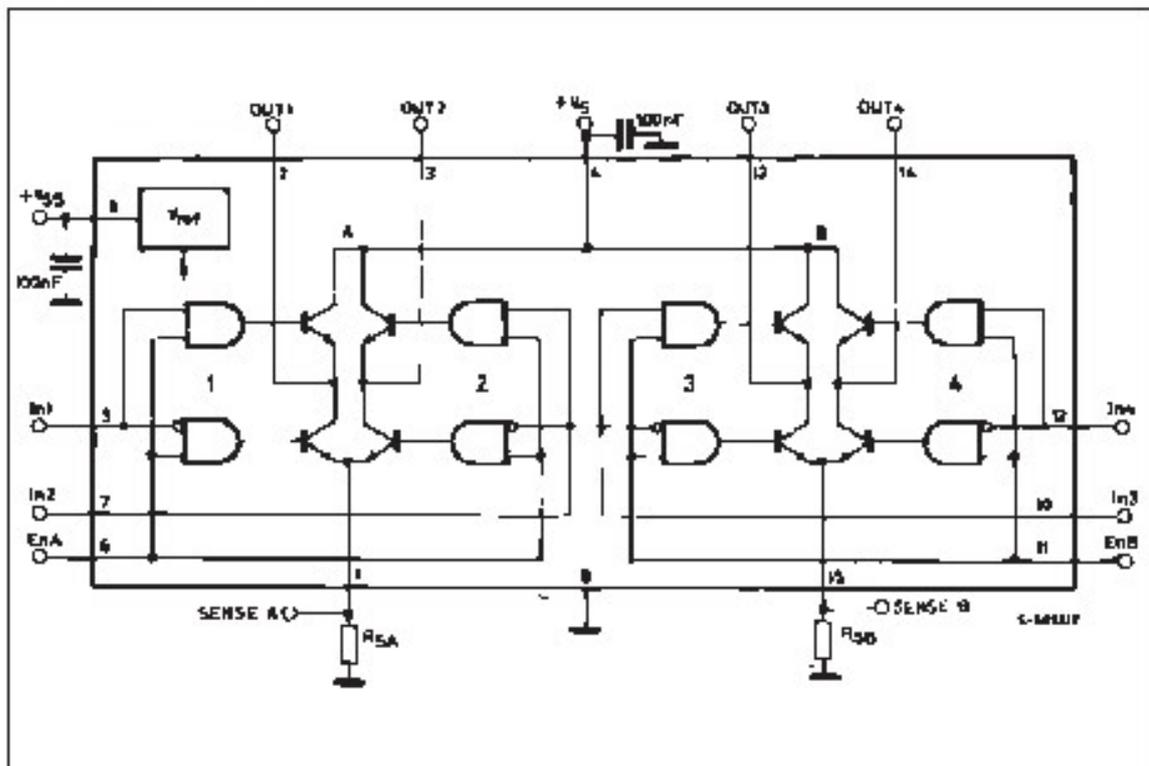
DESCRIPTION

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



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

BLOCK DIAGRAM

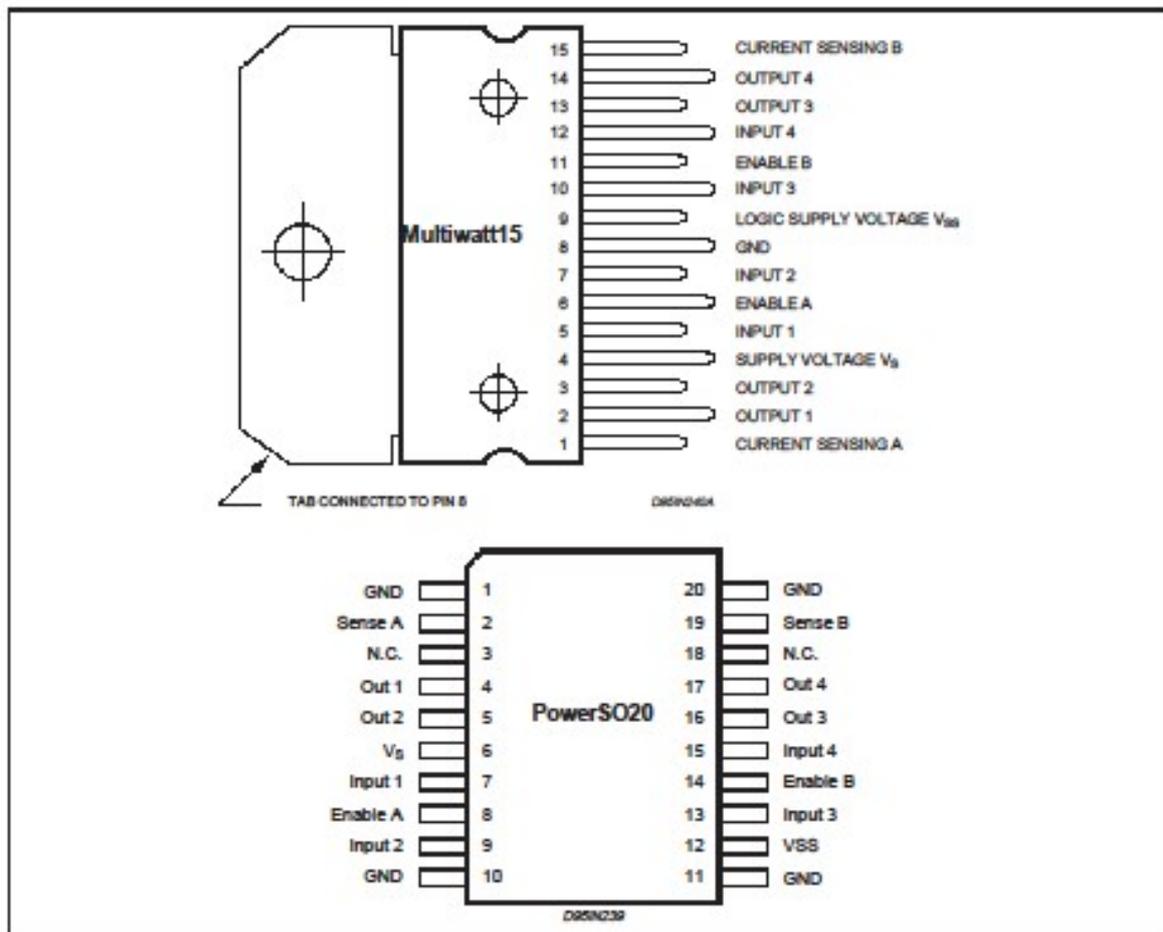


L298

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 ($t = 100\mu s$)	3	A
	– Repetitive (80% on –20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	–DC Operation	2	A
V_{sense}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

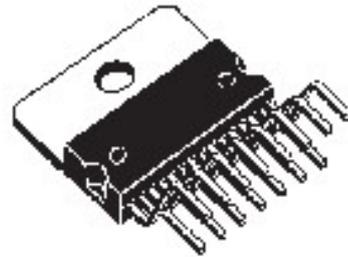
Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

(*) Mounted on aluminum substrate

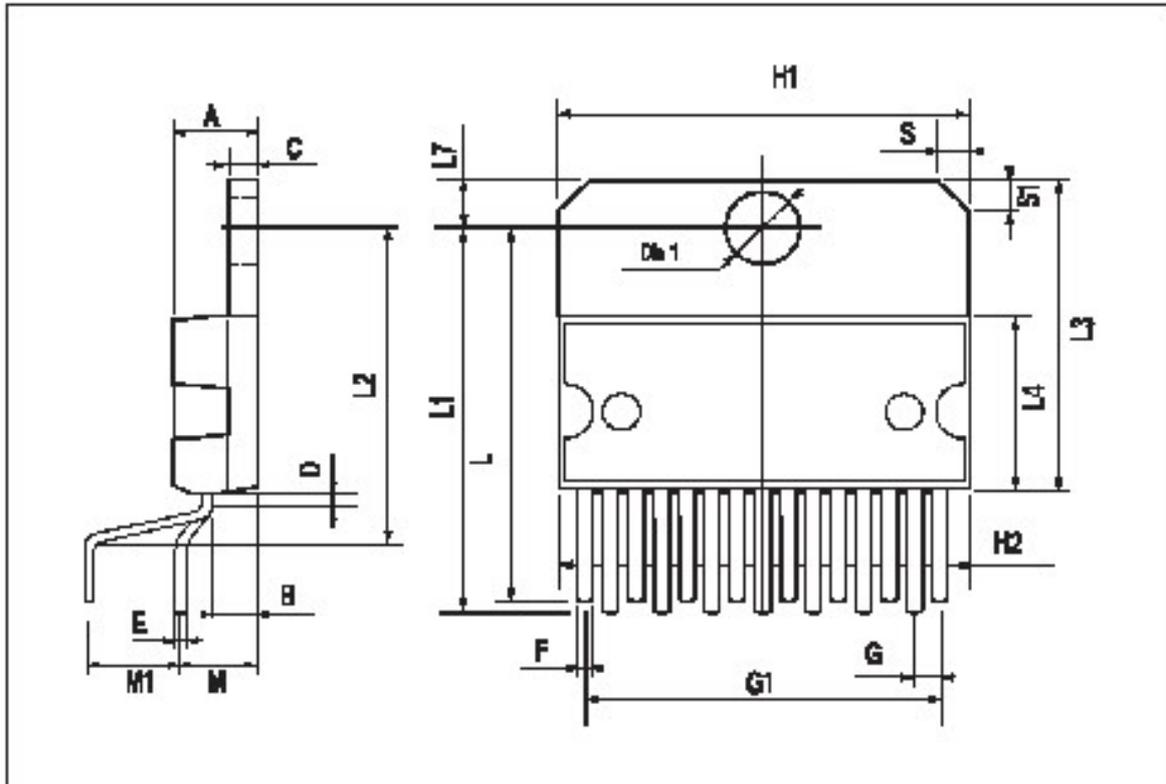
L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.888
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.888
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND
MECHANICAL DATA



Multiwatt15 V



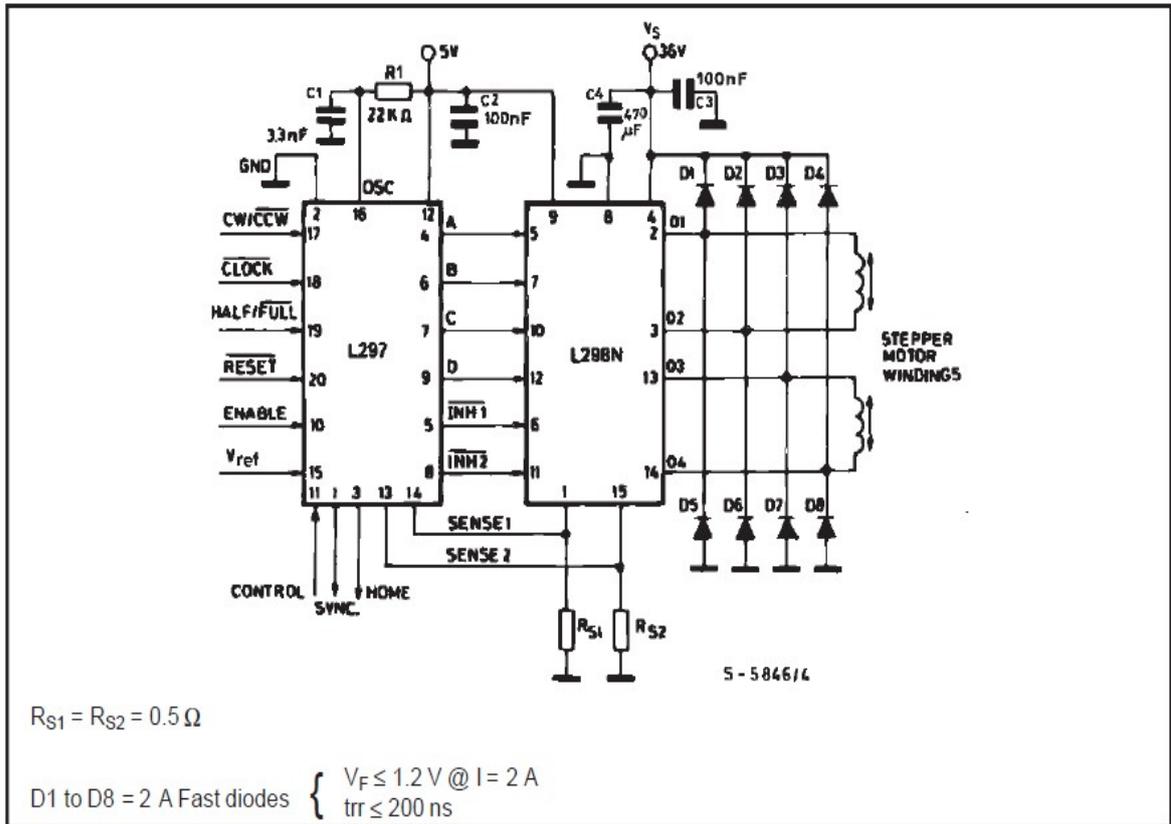


Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

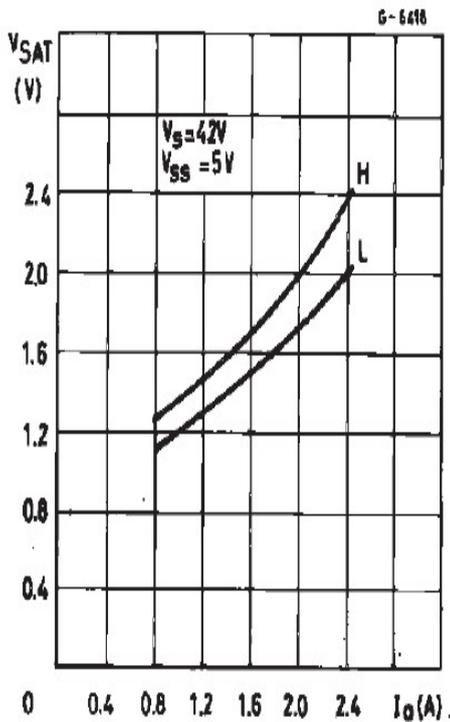
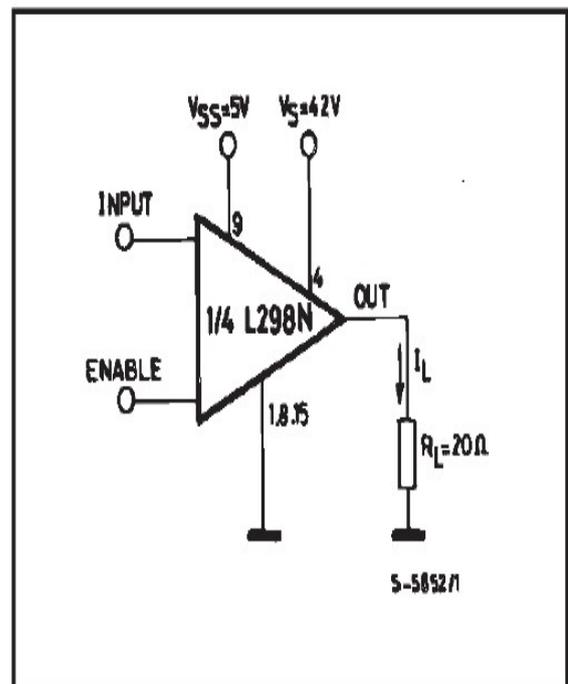


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
 For ENABLE Switching, set IN = H

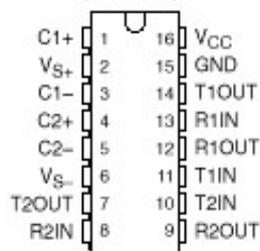
Le circuit MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1999 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tube	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232DR	
		Tube	MAX232DW	MAX232
	SOIC (DW)	Tape and reel	MAX232DWR	
		SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR
–40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tube	MAX232ID	MAX232I
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232IDR	
		Tube	MAX232IDW	MAX232I
	SOIC (DW)	Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

1

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	–0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	–0.3 V to –15 V
Input voltage range, V_I : Driver	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	–0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	–40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current		8	10	mA

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.



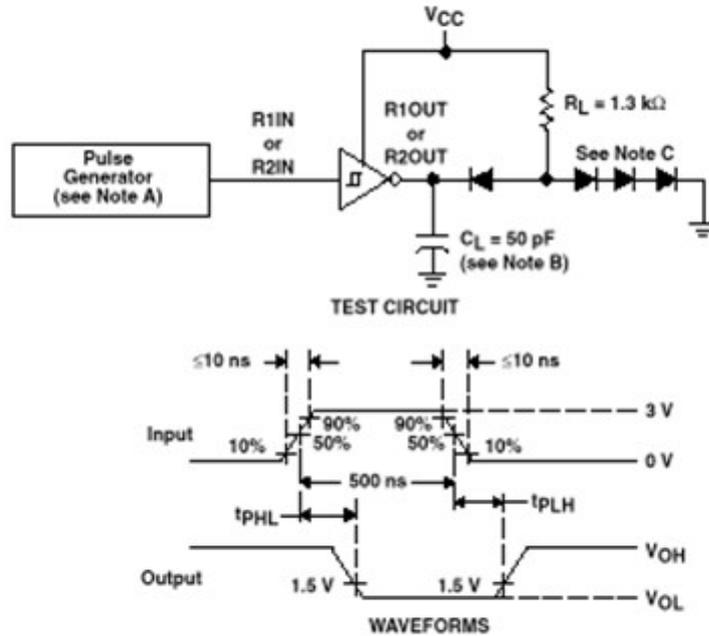
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

3

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

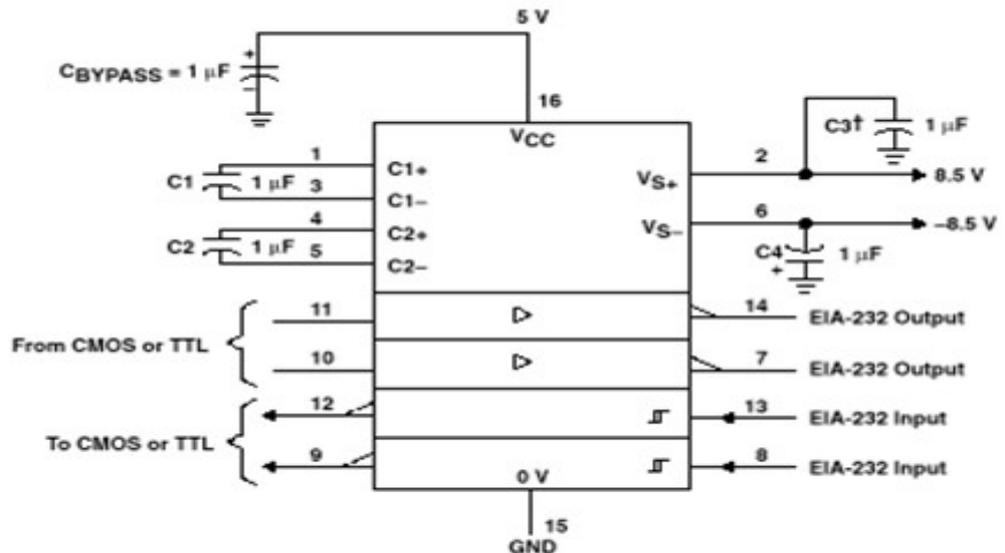
PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

APPLICATION INFORMATION



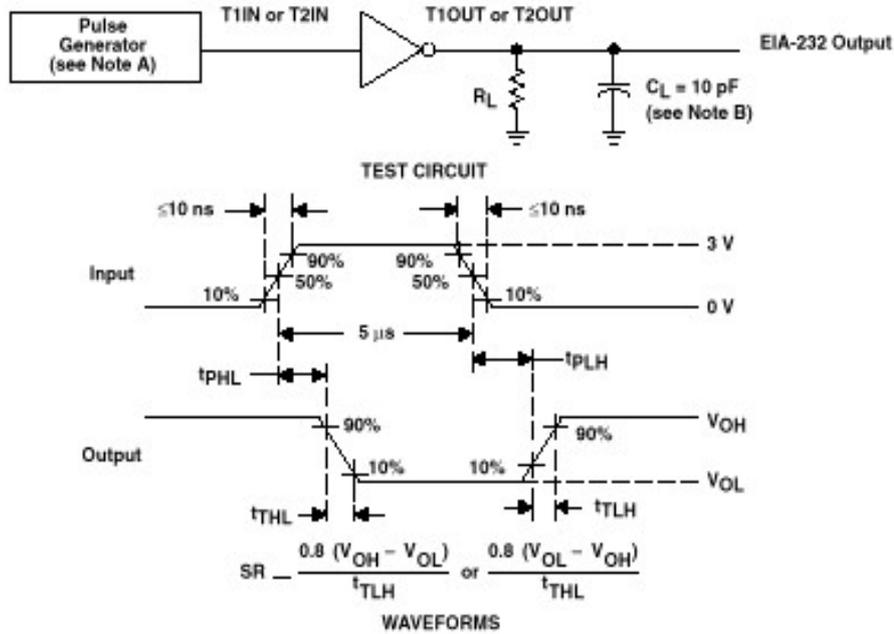
† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

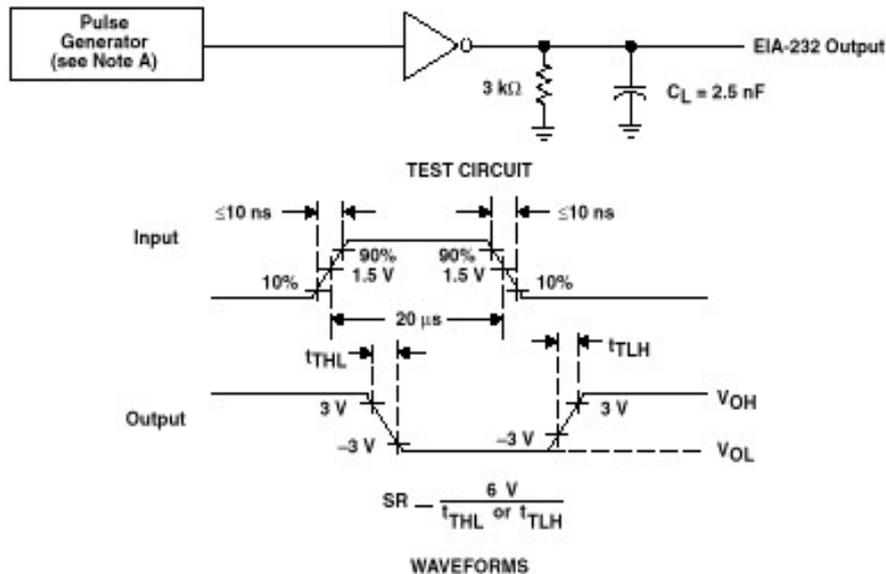
SLL5047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μs Input)



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μs Input)

Caractéristiques d'une batterie

- La tension d'une batterie s'exprime en **volts**, son symbole est **V**. La tension se mesure avec un voltmètre mis en parallèle avec la batterie.

- L'intensité du courant consommé par un appareil s'exprime en **ampères**, son symbole est **A**. On utilise souvent son sous-multiple le milliampère (**mA**) : $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$. L'intensité du courant électrique se mesure à l'aide d'un ampèremètre placé en série dans le circuit.

- La capacité représente la quantité d'électricité que peut emmagasiner la batterie. La capacité s'exprime en **ampèreheure (Ah)**. Elle exprime, en théorie l'intensité maximale du courant qu'une batterie est capable de débiter durant une heure. Une batterie de 80 Ah pourra, par exemple, fournir 80 A durant une heure ou 4 A pendant vingt heures.

- Il existe d'autres paramètres comme la résistance interne que nous ne développerons pas car trop pointu et utile uniquement pour le choix d'accus boostés et triés (compétition notamment)

Recharge de la batterie.

Relier, en premier lieu, les fils du chargeur à la batterie. Le fil noir à la borne -, le fil rouge à la borne +. Si le chargeur possède une charge lente, utiliser cette position. Plus la charge est lente, à faible intensité, mieux c'est. Brancher le chargeur sur le secteur.

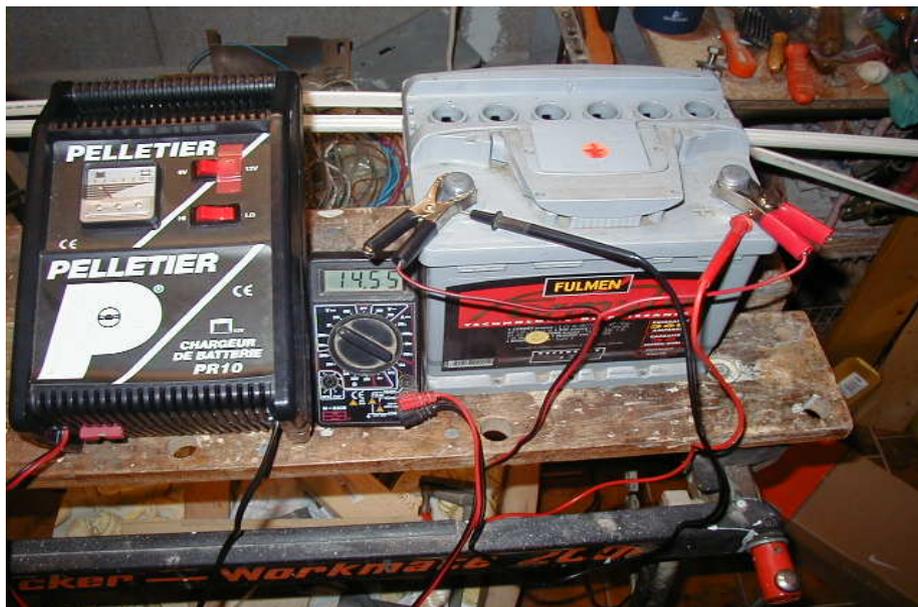
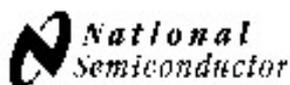


Figure 4.4 : chargeur de batterie [1].

Le régulateur 7805



August 2005

LM341/LM78MXX Series 3-Terminal Positive Voltage Regulators

General Description

The LM341 and LM78MXX series of three-terminal positive voltage regulators employ built-in current limiting, thermal shutdown, and safe-operating area protection which makes them virtually immune to damage from output overloads.

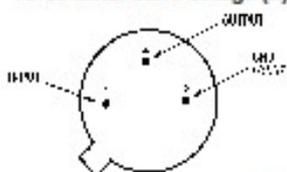
With adequate heatsinking, they can deliver in excess of 0.5A output current. Typical applications would include local (on-card) regulators which can eliminate the noise and degraded performance associated with single-point regulation.

Features

- Output current in excess of 0.5A
- No external components
- Internal thermal overload protection
- Internal short circuit current-limiting
- Output transistor safe-area compensation
- Available in TO-220, TO-39, and TO-252 D-PAK packages
- Output voltages of 5V, 12V, and 15V

Connection Diagrams

TO-39 Metal Can Package (H)

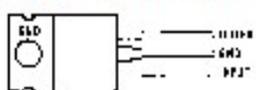


0104840E

Bottom View

Order Number LM78M05CH, LM78M12CH or LM78M15CH
See NS Package Number H03A

TO-220 Power Package (T)

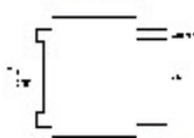


0104840G

Top View

Order Number LM341T-5.0, LM341T-12, LM341T-15, LM78M05CT, LM78M12CT or LM78M15CT
See NS Package Number T03B

TO-252



0104841B

Top View

Order Number LM78M05CDT
See NS Package Number TD03B

LM341/LM78MXX Series 3-Terminal Positive Voltage Regulators

L'afficheur LCD

1. Présentation

Les afficheurs OEM « CLCDxxx » sont composés d'un afficheur LCD standard associé à une platine de commande avec réglage de contraste accessible au moyen d'un potentiomètre. Ces afficheurs pourront être très facilement pilotés par la plupart des microcontrôleurs (68HCS12, PIC™, ARM™, MSP430™, AVR™...) au moyen d'un port de communication I2C™ ou d'une liaison série (avec un niveau logique 0/+5 V). L'afficheur pourra également être piloté par le port RS-232 d'un compatible PC (avec un circuit intégré MAX-232 additionnel – non livré).

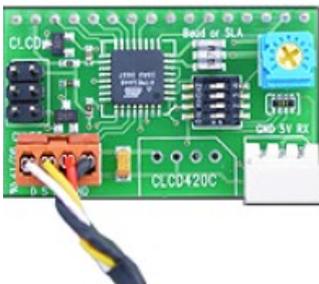
Les afficheurs sont disponibles en plusieurs versions (suivant le nombre de lignes et de caractères affichés et du mode de rétro-éclairage).

CLCD162	Afficheur 2 lignes de 16 caractères (non rétro-éclairé)
CLCD162BL	Afficheur 2 lignes de 16 caractères (rétro-éclairé vert)
CLCD162BLB	Afficheur 2 lignes de 16 caractères (rétro-éclairé bleu)
CLCD204	Afficheur 4 lignes de 20 caractères (non rétro-éclairé)
CLCD204BL	Afficheur 4 lignes de 20 caractères (rétro-éclairé vert)
CLCD204BLB	Afficheur 4 lignes de 20 caractères (rétro-éclairé bleu)

2. Description de la platine de pilotage des afficheurs

La platine de pilotage dispose de 3 connecteurs, d'un potentiomètre de réglage de luminosité et d'un commutateur DIL de paramétrage. Le premier connecteur mâle 6 points à l'extrême gauche de la platine **ne doit JAMAIS être utilisé** – il sert à la programmation de la platine en sortie d'usine. Ne court-circuitez jamais ces broches et ne connectez aucun signal à cet endroit.

Le second connecteur mâle 4 points marron (CUNET) en bas à gauche est destiné à piloter l'afficheur via une liaison 4 fils de type I2C™. Ce connecteur est pré-équipé d'un câble de liaison. On retrouve sur ce connecteur une broche +5 V (servant à alimenter l'afficheur), la masse et les signaux SDA et SCL. Des résistances de tirage de 4,7 Komhs (à appliquer au + 5 Vcc) devront être ajoutées sur ces 2 signaux au niveau de votre platine d'application.

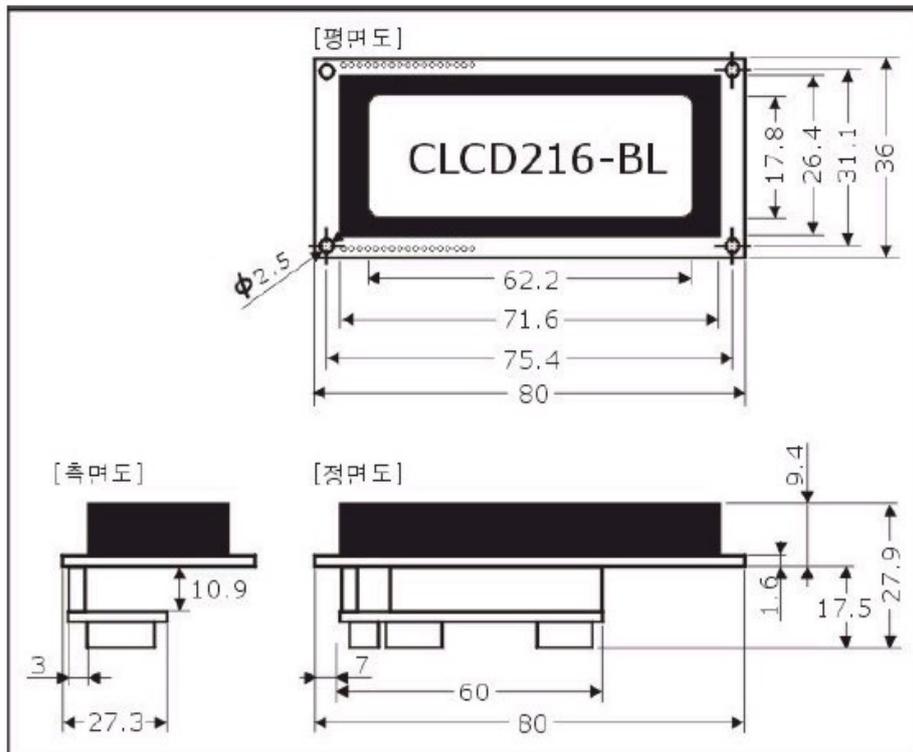


Le troisième connecteur en bas à droite est un modèle 3 points. Il est destiné à piloter l'afficheur via un signal série (avec niveau logique 0 / +5 V). On retrouve sur ce connecteur une broche +5 V (servant à alimenter l'afficheur), la masse et l'entrée de commande série de l'afficheur à relier sur la sortie TX de votre microcontrôleur. Le signal série de commande relatif à cette entrée ne pourra pas avoir un débit supérieur à 115200 bps. Le câble nécessaire au raccordement de ce connecteur est livré en option (consultez-nous).

A noter la présence de 4 trous de connexion (au dessus du marquage CLCD420C). Ces trous ne sont pas utilisés et rien ne doit être raccordé à cet endroit.

7. Caractéristiques mécaniques des afficheurs « CLCDxxx »

Informations données à titre indicatif et susceptibles de modifications en fonction des modèles d'afficheurs approvisionnés.



Prise en main du logiciel MIKROPASCAL

INTRODUCTION

Le « Mikropascal » est un compilateur pour PIC conçu par la société « Mikroelektronika », le compilateur PASCAL nouvelle génération " Micropascal" pour microcontrôleurs PIC bénéficie d'une prise en main très intuitive et d'une ergonomie sans faille. Ces très nombreux outils intégrés (mode simulateur, gestionnaire 7 segments...) associé à sa capacité à pouvoir gérer la plupart des périphériques rencontrés dans l'industrie (RS, Bus CAN, afficheur LCD et 7 segments...) on fait un outil de développement incontournable et puissant ; riche de dispositif pour des microcontrôleurs de la famille PIC.

Le compilateur Micropascal nous permet de développer rapidement des applications complexes :

- Ecrivez votre code source de pascal en utilisant le rédacteur intégré de code (les aides de code et de paramètre, accentué de syntaxe, correction automatique, etc....)
- Employez les bibliothèques Micropascal incluses pour accélérer nettement le développement : acquisition de données, mémoire, affichage, conversions.
- Surveillez votre structure de programme, variables, et fonctions dans l'explorateur de code.
- Inspectez l'écoulement de programme et corriger la logique exécutable avec le programme de mise au point intégré.
- Obtenez les rapports et les graphiques détaillés : carte de RAM et de ROM, codez les statiques, impression d'assemblage, etc....

DESCRIPTION DU LOGICIEL MIKROPASCAL :

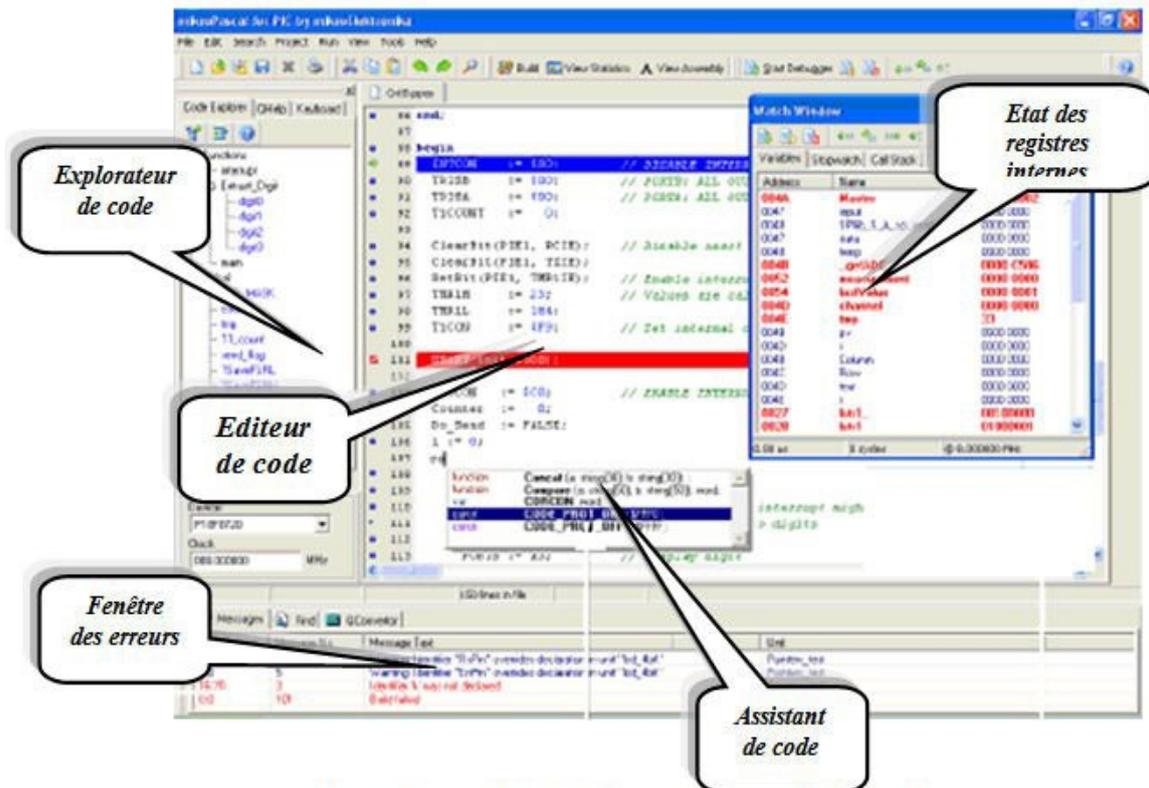


Figure 1 : description de l'interface du logiciel MikroPascal

LES BARRES D'OUTILS :

-  nouveau projet
-  Charger un projet existant et changer ses paramètres (ex : horloge, son nom,...)
-  Ouvrir un projet
-  Fermer un programme
-  Sauvegarder les programmes en cours
-  Sauvegarder un fichier existant sous un autre nom.
-  Sauvegarder le programme en cours
-  Annuler la dernière action
-  Rétablir la dernière action

 Imprimer

 Une nouvelle page

CREATION D'UN PROJET SUR MICROPASCAL :

Première étape :

Cliquer sur l'icône « nouveau projet » ou sélectionner le menu « projet » à « new projet »

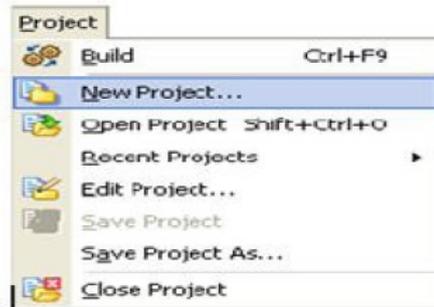


Figure 2 : ouvrir un nouveau projet

Deuxième étape :

Le mikropascal organise des applications en projet, se composant d'un fichier projet simple (extension.PPA) et un ou plusieurs (.ppas) fichiers source. Vous pouvez compiler des fichiers source seulement s'ils font partie d'un projet.

Le fichier projet diffuse les informations suivantes :

- Nom de projet et description facultative ;
- Dispositif de cible ;
- Drapeaux de dispositif (mot de config) ;
- Horloge de dispositif ;
- Liste de fichiers source de projet avec des chemins.

La création d'un nouveau projet est simple. Remplissez la boîte de dialogue (figure2) avec des valeurs désirées (Project name and description, location, devise, clock, config word).

Après la configuration de votre projet cliquer sur OK

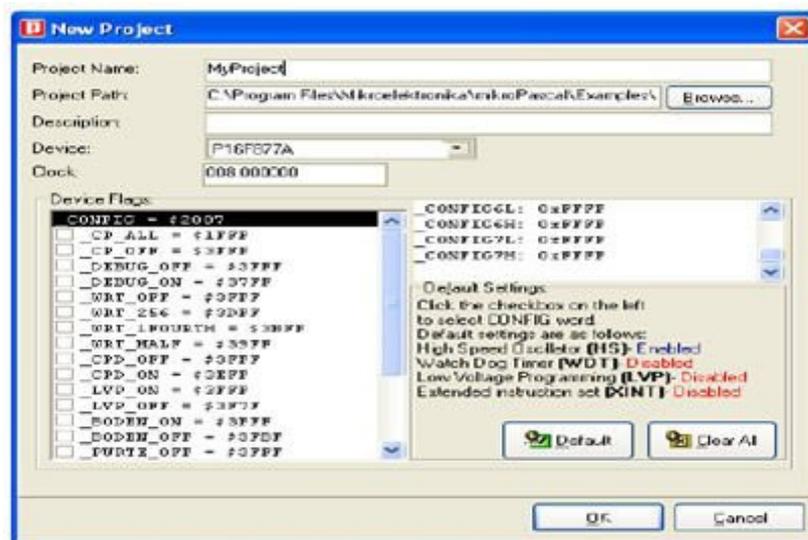


Figure 2 : fenêtre de nouveau projet

Troisième étape :

Lors de la fermeture de la fenêtre précédente on peut écrire notre programme sur l'éditeur de code comme suit :



```
1 Program led;
2 Begin
3 TRISB :=0 ;
4 While true do
5 Begin
6 PORTB :=$FF ;
7 Delay_ms (1000) ;
8 PORTB :=0 ;
9 Delay_ms (1000) ;
10 end ;
11 end.
```

Figure 3 : saisie du programme dan l'éditeur de code

Quatrième étape : compilation

Après l'exécution du programme on clique sur le menu « Project build »

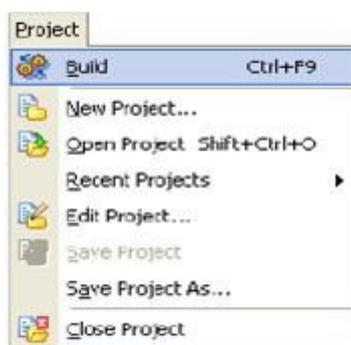
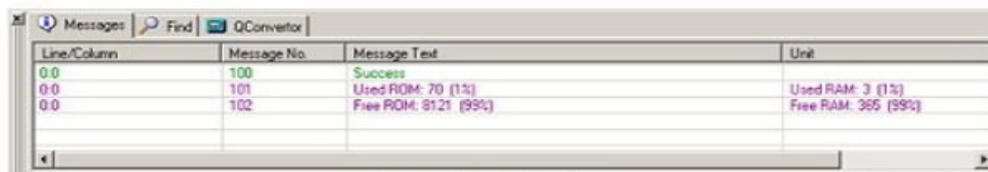


Figure 4 : compilation du programme

La barre de progrès vous informera au sujet du statut de compilation. S'il y a des erreurs, on vous l'annoncera dans la fenêtre d'erreur.

Si aucune erreur n'est produite, la fenêtre des erreurs nous informe... (Voire la figure ci-dessous)



Line/Column	Message No.	Message Text	Unit
0.0	100	Success	
0.0	101	Used ROM: 70 (1%)	Used RAM: 3 (1%)
0.0	102	Free ROM: 8121 (99%)	Free RAM: 365 (99%)

Figure 5 : fenêtre d'erreur

EDITEUR DE CODE :

Extrêmement convivial, l'éditeur du « MikroPascal » dispose d'une multitude de fonctions qui permettront aussi bien aux utilisateurs novices comme aux professionnels de travailler très rapidement.

L'assistant de code :

Ce dernier vous permettra après avoir tapé les premières lettres d'une instruction d'ouvrir une fenêtre en tapant CTRL+ ESPACE afin d'obtenir la liste de toutes les instructions commençant par les mêmes lettres. Il vous suffira ensuite de cliquer sur celle qui vous convient pour l'importer directement dans l'éditeur.

```
LCD |  
procedure LCD_Config(Port, FS, EN, RW, D7, D6, D5, D4);  
procedure LCD_Out(var PORT: byte; Row: byte; Column: byte; var text: char)  
procedure Lcd_Init(var PORT: byte)  
procedure Lcd_Chr(var port: byte; Row: byte; Column: byte; Out_Char: byte)  
procedure Lcd_Cmd(var port: byte; Out_Char: byte)  
const LCD_FIRST_ROW = 128;  
const LCD_SECOND_ROW = 192;  
const LCD_THIRD_ROW = 148;
```

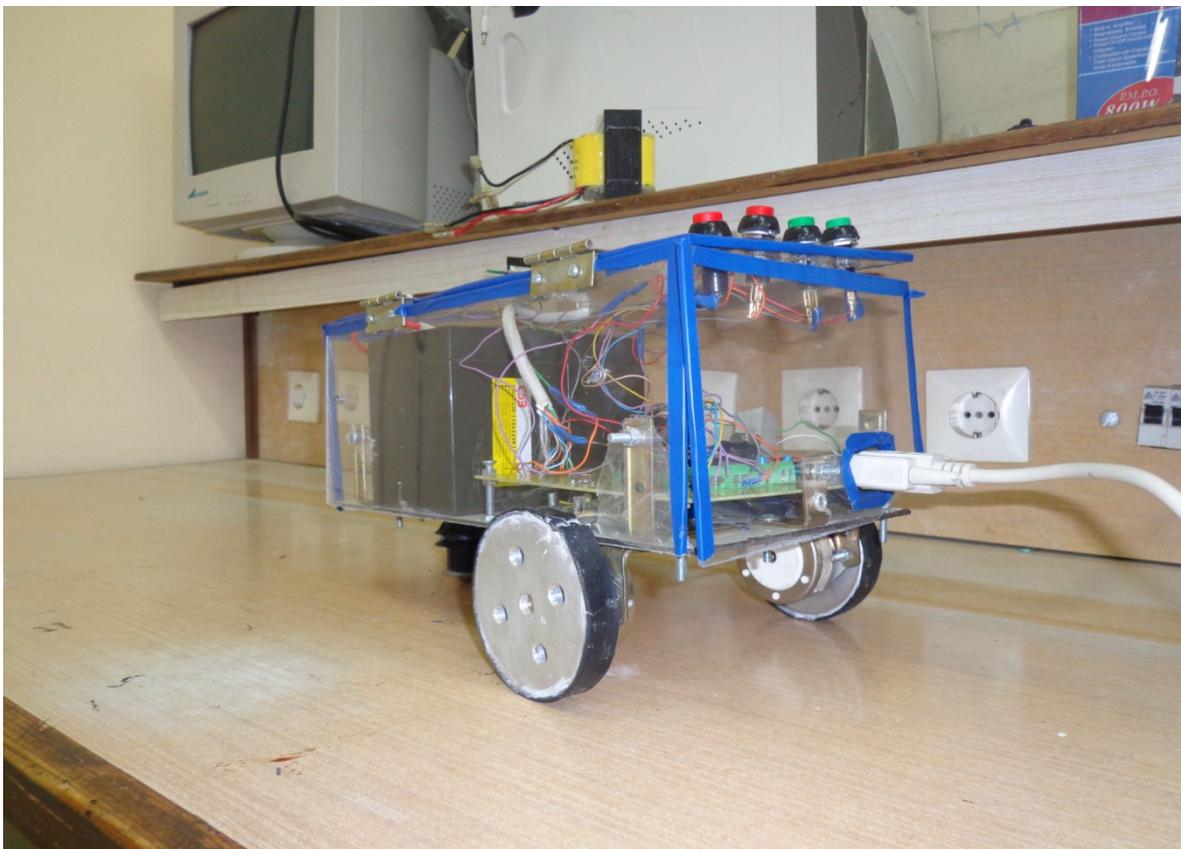
Figure 6 : assistant de code

L'assistant de paramètres :

Ce dernier vous permettra après avoir saisi le début d'une fonction nécessitant des paramètres, d'afficher la syntaxe de ces paramètres (le premier paramètre à écrire s'affiche en caractères gras). Après avoir saisi ce premier paramètre, le second s'affiche alors à son tour en caractères gras).

```
Test ( |  
      (input:word; signal:integer)
```

La structure de robot suiveur réalisé



Annexes

