

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche  
scientifique  
جامعة البليدة

Université de Blida

Institut d'Aéronautique

Projet de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Etude  
Universitaire Appliqués en Aéronautique

Option Avionique

Thème

Le pilotage programmable de

moteurs pas à pas sur le pont parallèle

Dirigé par:

Dr. HELLAL MAHMOUD.

Présenté par:

KHEDDAR ABDELMADJID

AMOUR SOUAD

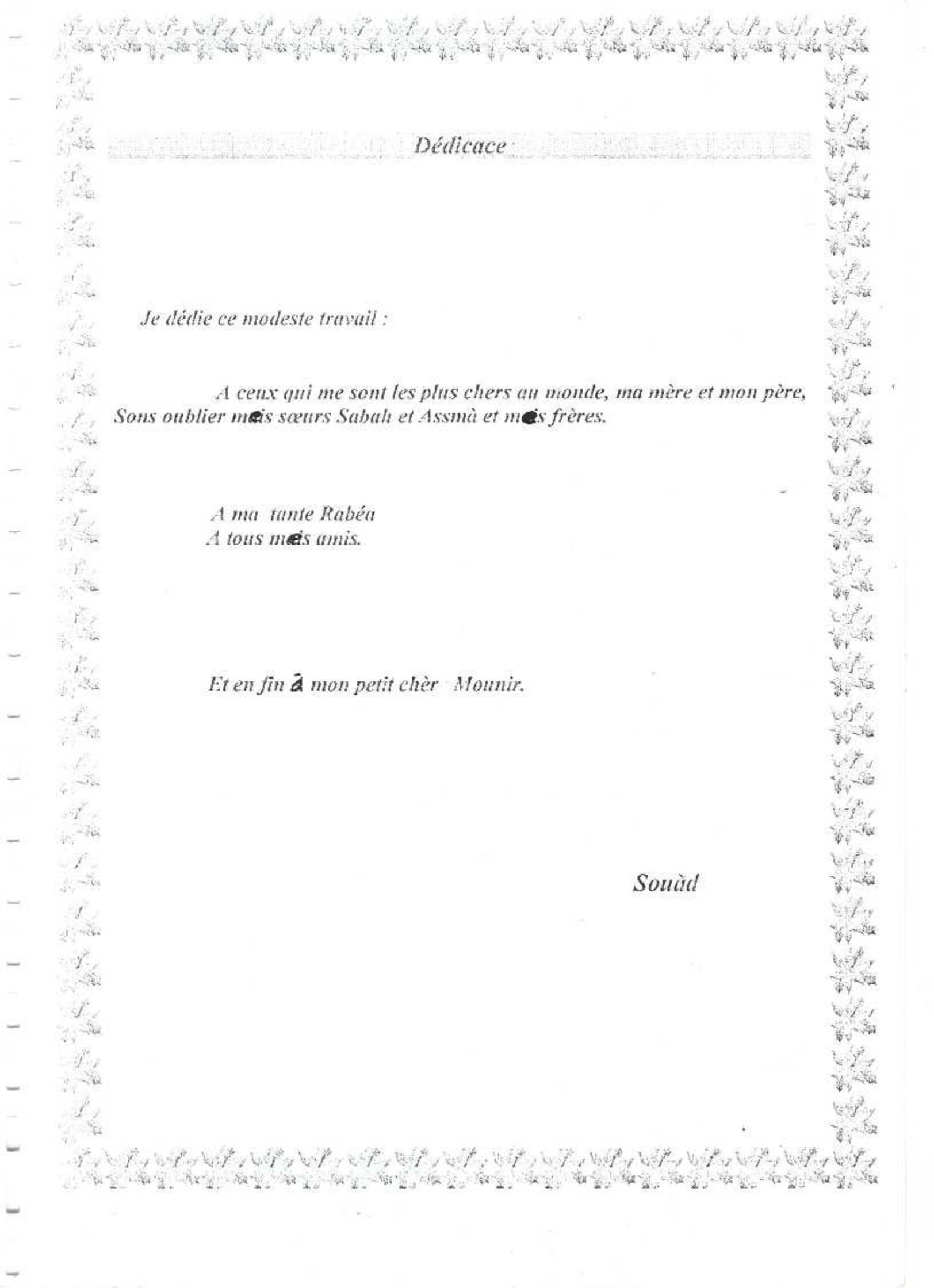
Promotion 2001

## *Dédicace*

- À A ma mère à qui je dois tout pour ses sacrifices.*
- À A mes frères et sœurs.*
- À A mes collègues et en particulier la promotion 1998.*
- À A mes amis son exception, Hocine, Nabil, Mahrez, Abdennour, Nouredine, Ibrahim.*
- À A ma collègue qui a choisi de partager son projet avec moi Souad, Saida, zahra.*

*Je dédie ce modeste travail en leur honneur, en espérant persévérer d'avantage.*

*KHEDDAR ABDELMADJID*



*Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A ceux qui me sont les plus chers au monde, ma mère et mon père,  
Sans oublier mes sœurs Sabah et Assmà et mes frères.*

*A ma tante Rabéa  
A tous mes amis.*

*Et en fin à mon petit chère Mounir.*

*Souàd*

## REMERCIEMENTS

*Nous remercions vivement notre promoteur M<sup>r</sup> Mahmoud Hellaï pour nous avoir encadrés, conseillés et orientés.*

*Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce présent travail, sans oublier M<sup>r</sup> Adhelhalim Benouared.*

*Nous tenons aussi à remercier tout les enseignants et tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à notre formation au sein de l'insitut d'aéronautique.*

## Résumé

Notre projet consiste à réaliser une carte de commande pour piloter deux moteurs pas à pas par un micro-ordinateur, à l'aide d'un logiciel conçu en Delphi. Cette carte se connecte sur la sortie parallèle imprimante de tout ordinateur compatible.

Notre étude se divise en deux parties essentielles : une commande logique et un étage de puissance. Cette carte est caractérisée par la simplicité et la souplesse d'application, ainsi que le coût dérisoire.

## ملخص

يتلخص هذا المشروع، في تصميم و إنجاز بطاقة تحكم في محرك خطوة خطوة عن طريق جهاز الحاسوب، يتم فيه إعطاء الأوامر عن طريق برنامج أعد لهذا الغرض.

## Abstract

Our project consists in carrying out a chart of order to control two engines step by step by a microcomputer, using software conceived in Delphi. This chart is connected on the printing parallel port of any compatible computer.

Our study is divided into two essential parts: a logical order and a stage of power. This chart is characterized by the simplicity and the versatility, as well as the ridiculous cost.

<b>Introduction Générale .....</b>	<b>01</b>
<b>I : Généralités sur les entrées / sorties du PC</b>	
1.1 : Introduction .....	03
1.2 : Les bus et les interfaces .....	03
1.2.1 : Définition du bus .....	03
1. Bus d'adresse .....	03
2. Bus de données .....	04
3. Bus de contrôle .....	04
1.2.2 : Interface parallèle ou série .....	04
1. Transmission série .....	05
2. Transmission parallèle .....	05
1.3 : Interface centronics (port parallèle) .....	05
1.3.1 : Brochage du port parallèle LPT1 .....	07
1.3.2 : Description des signaux .....	08
1.3.3 : Les registres du port parallèle .....	08
1. Registre de données .....	09
2. Registre d'état .....	09
3. Registre de commande .....	10
1.4 : Conclusion .....	10
<b>II : Les moteurs pas à pas</b>	
II.1 : Présentation .....	12
II.2 : Caractéristiques générales des moteurs pas à pas .....	12
II.2.1 : Les caractéristiques statiques .....	12
1. Pas angulaire .....	12
2. Couple moteur .....	12
3. Couple de détente .....	12
4. Erreur sur le pas .....	12
II.2.2 : Caractéristiques dynamiques .....	13
a : Facteurs électriques .....	13
1. La fréquence maximale de démarrage .....	13
2. Le temps de montée .....	13
3. Fréquence maximale réversible .....	13
4. Zone de survitesse .....	13

b : Facteurs mécaniques.....	13
1. Couple maximale dynamique.....	14
2. Couple de démarrage.....	14
II.3 : Les différents types de moteurs pas à pas.....	14
II.3.1 : Le moteur à aimant permanent.....	14
II.3.1.1 : Moteur unipolaire simplifié.....	14
1. Augmentation du nombre de pas.....	16
1. Enroulement à plusieurs pôles.....	16
2. Fonctionnement en mode demi-pas.....	17
II.3.1.2 : Moteur bipolaire simplifié.....	18
1. Augmentation du nombre de pas.....	19
2. Enroulement à plusieurs pôles.....	19
3. Fonctionnement en mode demi-pas.....	19
II.3.2 : Moteur à réluctance variable.....	20
1. Mode d'excitation des phases.....	-21
2. Augmentation du nombre de pas.....	21
1. Fonctionnement par pas.....	21
2. Fonctionnement par demi-pas.....	22
II.3.3 Moteur hybride.....	23
a. Aimant permanent au Stator.....	23
b. Aimant permanent au Rotor.....	23
c. Comparaison entre les moteurs pas à pas à aimant permanent, à réluctance variable et hybride.....	24
II.4 Le mode de fonctionnement des moteurs pas à pas.....	24
II.4.1) Mode marche - arrêt (start stop).....	24
II.4.2) Fonctionnement en mode d'entraînement (survitresse).....	24
II.5 : Alimentation des moteurs pas à pas.....	24
II.6 Conclusion.....	24
	25
<b>III : Réalisation de la carte de commande</b>	
III.1 : Introduction.....	<b>28</b>
III.2 : Schéma synoptique de la carte.....	28
III.3 : Fonctionnement de la carte.....	28
III.3.1 : Schéma électrique.....	29
III.3.2 : Le choix de l'interface.....	29

III.3.3: L'étage de commande .....	29
	30
III.3.3.1 : Description générale .....	30
III.3.3.2: Schéma interne .....	30
III.3.4 : L'étage de puissance .....	32
III.3.1 Caractéristiques générales .....	33
III.3.5 : Choix du transistor .....	33
III.3.6 : Les caractéristiques du moteur pas à pas .....	35
III.4 : La carte de test .....	35
III.5 : L'alimentation du montage .....	36

#### IV : Elaboration du logiciel

IV.1 : Introduction .....	38
IV.2. Programmation .....	38
IV.3 : Présentation .....	40
1. La fiche de démarrage .....	40
2. La fiche principale .....	41
3. La fiche de configuration .....	43
4. La boîte A propos .....	43
IV.4 : L'organigramme .....	44
IV.4.1 : L'organigramme général .....	44
IV.4.2 : L'organigramme de la boucle Exécute .....	45
IV.4.3 : L'organigramme de la boucle MID .....	45
IV.5 : Exemple d'application .....	47

**CONCLUSION GENERALE**

**BIBLIOGRAPHIE**

**NOMENCLATURE DES COMPOSANTS**

**ANNEXES**



## INTRODUCTION GENERALE

L'utilisation de la technique numérique dans la commande de processus est aujourd'hui très répandue, particulièrement après l'apparition des micro-ordinateurs, grâce aux capacités de traitement, de calcul, de mémorisation, et de communication des micro-ordinateurs et la souplesse d'exploitation avec un matériel réduit.

Vu les performances, sans cesse grandissantes, et la facilité d'emploi de ces micro-ordinateurs, il nous a été proposé dans le cadre de notre projet de fin d'étude de réaliser une carte de commande pour piloter deux moteurs pas à pas par P.C. Le grand avantage de cette carte est le contrôle de la vitesse et de la position sans boucle d'asservissement. Les moteurs pas à pas sont commandés par le microprocesseur d'un ordinateur.

Dans le but de la mise en oeuvre de ce travail, l'étude est subdivisée en quatre (04) chapitres :

- Le premier chapitre comprend une étude générale sur les entrées et les sorties du PC.
- Le second chapitre présente les différents types de moteurs pas à pas.
- Le troisième chapitre expose la réalisation de la carte de commande.
- Dans le quatrième chapitre, nous avons proposé un logiciel de commande pour piloter notre carte.

En conclusion, nous proposons une éventuelle suite à notre étude en donnant les différents champs d'application de ce travail.

En fin, une bibliographie et une annexe sont mise à la disposition du lecteur.

# CHAPITRE I

[1, 2, 3, 4, 8]

## I: Généralités sur les entrées/sorties du PC

	Page
I.1 : Introduction.....	03
I.2 : Les bus et les interfaces. ....	03
I.3 : L'interface centronics. ....	05
I.4 : Conclusion.....	10

## 1. Généralités sur les entrées / sorties du PC

### 1.1 : Introduction :

Pour pouvoir réaliser des interfaces de connexion entre un équipement et un PC, il est indispensable de connaître les différents interfaçages avec ce dernier.

L'interfaçage entre un micro-ordinateur et les systèmes techniques extérieurs, dépend des caractéristiques du milieu extérieur qui sont :

- type du signal à traiter : analogique, numérique
- la vitesse, la distance, et la fréquence de transmission
- l'utilisation du signal : contrôle, stockage des données dans un algorithme de gestion
- sens du signal par rapport au PC : entrée, sortie ou entrée-sortie

### 1.2 : Les bus et les interfaces :

#### 1.2.1 : Définition du bus :

Un bus est un ensemble de conducteurs parallèles connectant les microprocesseurs aux mémoires ou aux ensembles périphériques d'entrées / sorties (I/O).

Dans l'architecture du PC se trouve deux bus : Le bus système et le bus local.

Le bus local sert à lier les différents processeurs entre eux, il n'est pas accessible à l'utilisateur, par contre, le bus système sert à connecter tous les (I/O) et de passer le contrôle aux processeurs connectés au bus local. En réalité, le bus système est composé de trois (03) bus : Bus d'adresses, bus de données et bus de contrôle.

#### 1 : Bus d'adresses:

Il comprend 16, 32 ou 64 lignes selon le processeur. IL donne au microprocesseur la possibilité de travailler avec un emplacement quelconque de la mémoire ou un port E/S. Il est unidirectionnel (du microprocesseur vers les circuits périphériques).

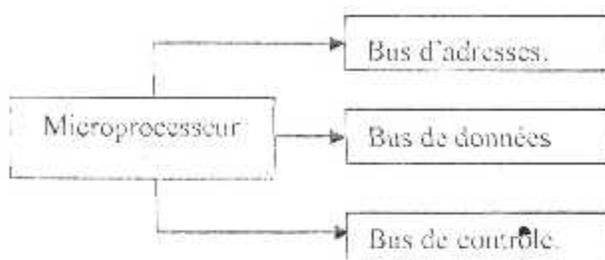
#### 2 : Bus de données :

La taille du bus de données caractérise le microprocesseur, il est bidirectionnel et lie aussi les mémoires et les interfaces d'entrées/sorties.

**3 : Bus de contrôle :**

Ce bus informe le microprocesseur quand l'information est disponible, comme il informe les périphériques quand l'information est valable. Il précise quand les transferts de données doivent avoir lieu.

La figure 1.1 représente les trois bus en question.



**Fig. 1.1 : bus système d'un microprocesseur.**

**1.2.2 : Interface parallèle ou série :**

Sur la plupart des PC, on trouve des connecteurs d'I/O de type série ou parallèle, qui jouent le rôle d'une interface pour des cartes d'attachement de type différents, telle que les cartes connectant des informations sur des équipements analogiques ou industriels.

Les interfaces série et parallèle sont très largement utilisées par le PC pour communiquer avec ses périphériques (imprimante, souris, modem...), car elle est très simple à utiliser et ne nécessite que peu de liaisons.

L'interface série est présentée sous la forme d'un connecteur matérialisé par une fiche de type DB 9 (9 broches) ou de type DB 25 (25 broches). Par contre, l'interface parallèle utilisée généralement par la liaison PC/ imprimante est présentée par un connecteur matérialisé lui aussi par une fiche de type DB 25, le brochage de cette fiche est donné en fig. 1.3.

L'interfaçage du PC avec un système extérieur d'acquisition, permet l'échange des données suivant deux techniques de transmission qui dépendent de l'interface utilisée :

- Transmission série.
- Transmission parallèle.

**1. Transmission série :**

Le principe de base est le transfert des données sur un seul fil. Les bits d'une information numérique sont transmis un par un selon une fréquence propre à la voie de transmission. Par rapport à la transmission parallèle, l'information

transmise en série mettra beaucoup plus du temps pour atteindre la destination, cet inconvénient est composé par le fait que pour les grandes distances, elle devient beaucoup moins chère que l'autre type, La figure 1.2 représente la transmission série.

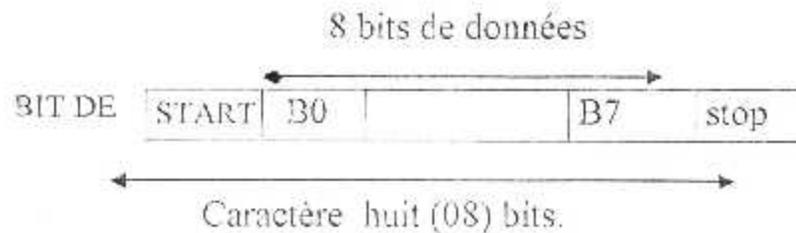


Fig1.2 : transmission série.

## 2. Transmission parallèle :

Cette technique repose sur l'envoi des bits d'un même caractère instantanément sur le canal de transmission, donc à ce point elle est avantageuse par rapport à la transmission série octet par octet à la vitesse et à la cadence des données transférées. Son inconvénient est que son canal est limité en longueur (1,2 mètre maximum).

Ce type de transmission est utilisé pour une liaison locale entre plusieurs dispositifs relativement proches.

### 1.3 : Interface centronics (port parallèle) :

La liaison parallèle est la plus commode pour relier un ordinateur et une imprimante. Elle est matérialisée par un connecteur de type DB 25, et adaptée à tous les ports parallèle de PC.

Ce port est donc plus simple d'emploi puisque les signaux disponibles à certaines adresses sont générés par le PC.

#### 1.3.1 : Brochage port parallèle LPT1 :

On dispose ainsi de 8 lignes de données en sortie (D0 à D7), de 4 lignes de commande en sortie et de 5 lignes d'état en entrée (figure 1.3). Des adresses correspondantes, sont soigneusement réservées à cet usage.

Connecteur SUB-D 25 points

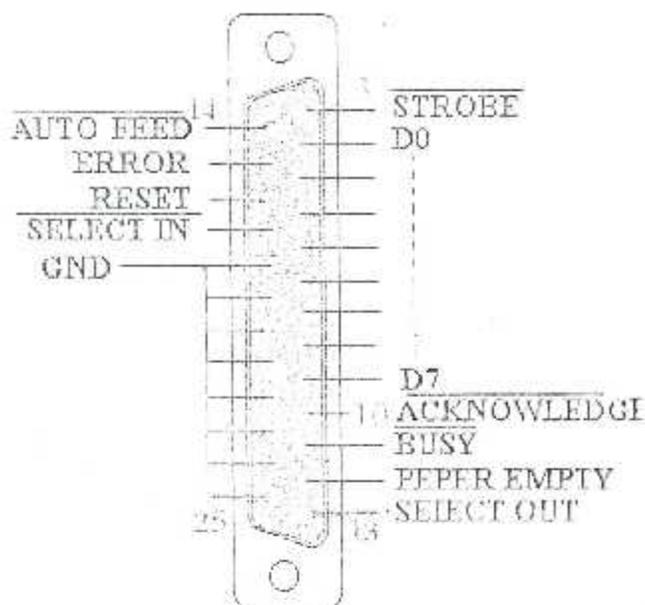


Fig13 Connecteur du port parallèle.

Les différentes adresses de ces lignes sont données ci-dessous :

Bus de données D0 à D7 est accessible en écriture à l'adresse : 378 H. Il est composé de quatre lignes de commande en sortie disponibles à l'adresse 37A H pour gérer la communication

- STROBE : bit 0
- AUTO FEED : bit 1
- RESET : bit 2
- SELECTIN : bit 3

5 état en entrée sont lisibles à l'adresse : 379 H.

- BUSY : bit 7
- ACKNOWLEDGE : bit 6
- PAPER EMPTY : bit 5
- SELECT OUT : bit 4
- ERROR : bit 3

Il est possible d'installer une seconde interface parallèle LPT2 qui se situe aux adresses 278 H pour le bus de données, 27A H pour les lignes de sortie et 273 H

pour les lignes d'entrées. Le mode de programmation de ces ports est identique, seules les adresses spécifiées dans les instructions du programme doivent être modifiées.

### 1.3.2 : Description des signaux:

Les signaux reçus ou émis sont au niveau TTL.

**Pin 1** : Synchronisation (STROBE):

Cette ligne est une sortie active à l'état bas. Elle est utilisée pour indiquer à l'imprimante que les données sur les sorties D0 à D7 sont valides.

**Pin 2 à 9** : Bits de données D0 à D7 (DATA):

Ces 8 bits ne sont utilisés qu'en sortie, ce sont les bits de données qui seront transmis au périphérique (par exemple le code du caractère à imprimer).

**Pin 10** : Accusé de réception (ACKNOWLEDGE):

Cette ligne est une entrée active à l'état bas, elle indique que l'imprimante est prête pour recevoir la prochaine donnée.

**Pin 11** : Occupé (BUSY):

Cette ligne est une entrée active à l'état haut. L'imprimante met à l'état bas cette ligne lorsqu'elle est occupée (ou que son buffer de réception est plein) et qu'elle ne peut donc plus recevoir un nouveau caractère. L'ordinateur doit donc attendre que cette ligne redevienne haute pour continuer à transmettre.

**Pin 12** : Plus de papier (PAPER EMPTY):

Cette ligne est une entrée active à l'état haut, indique que l'imprimante n'a plus de papier.

**Pin 13** : Imprimante sélectionnée (SELECT OUT):

Cette ligne est une entrée active à l'état haut, elle indique que l'imprimante est prête à imprimer (on line).

**Pin 14** : Saut de ligne automatique (AUTO FEED):

Cette ligne est une sortie active à l'état bas, elle est utilisée pour indiquer à l'imprimante qu'il faut sauter une ligne. En effet certaines imprimantes ne font qu'un retour chariot lors de la réception du caractère RETURN.

Si l'on veut éviter d'imprimer toujours sur la même ligne, il faut donc effectuer un LINE FEED (LF).

**Pin 15 : Imprimante en erreur (ERROR):**

Cette ligne est une entrée active à l'état bas, elle indique que l'imprimante a rencontré une erreur.

**Pin 16 : Initialisation de l'imprimante (RESET):**

Cette ligne est une sortie active à l'état bas. Elle permet à l'ordinateur d'initialiser l'imprimante.

**Pin 17 : Sélection en entrée (SELECT IN) :**

Cette ligne est une sortie active à l'état bas, elle permet à l'ordinateur de mettre l'imprimante en service (ON LINE)

**Pin 18 à 25 : Masse (GND):**

C'est la masse des circuits de l'imprimante, elle doit être connectée à celle du PC. Afin de garantir la validité des signaux.

### 1.3.3 : Les Registres du port parallèle :

L'ensemble des pins de la prise DB 25 peut être représenté par 3 registres :

#### 1. Registre de données:

C'est un registre de sortie qui présente les données à transférer sur les lignes D0 à D7.

Dans notre cas, on a programmé ce registre pour nous donner les deux commandes qui attaquent la charge.

La figure 1.4 montre le registre de données du port parallèle.

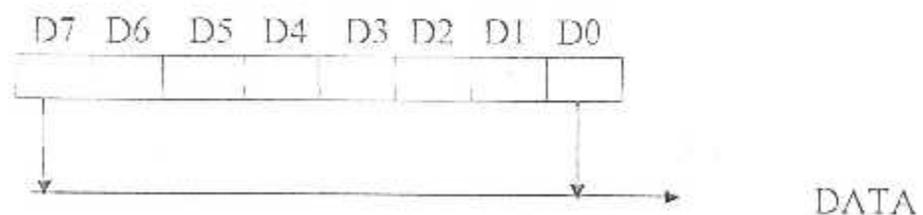


Fig1.4 : Registre de données.

## 2. Registre d'état:

Ce registre à lecture reflète l'état des différentes lignes d'état de l'imprimante. Parmi les 5bits utilisés, on a choisi le bit 7 (BUSY) du registre d'état, le signal suit une logique inversée, il prend la valeur 0 lorsque l'imprimante est occupée. Le programme (de bios) doit attendre son retour avant d'émettre un autre caractère.

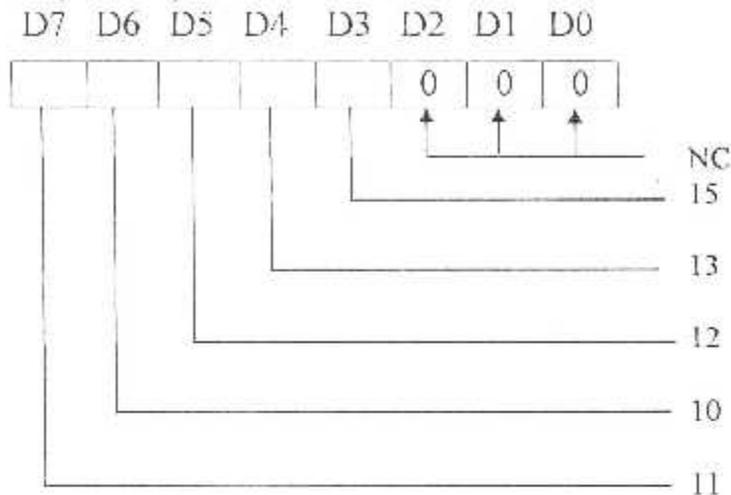


Fig1.5 : Registre d'état.

## 3. Registre de commande:

Le registre sert à commander l'imprimante et le matériel. Par ailleurs, il joue un rôle important dans la transmission des caractères.

On a utilisé le bit (STROBE) pour déclencher le monostable au niveau du contrôleur, en le mettant à 0, le PC provoque sur sa ligne une impulsion négative d'environ  $1\mu S$  de durée avant le retour à l'état haut.

La figure (1.6) mentionne la correspondance des bits avec les broches.

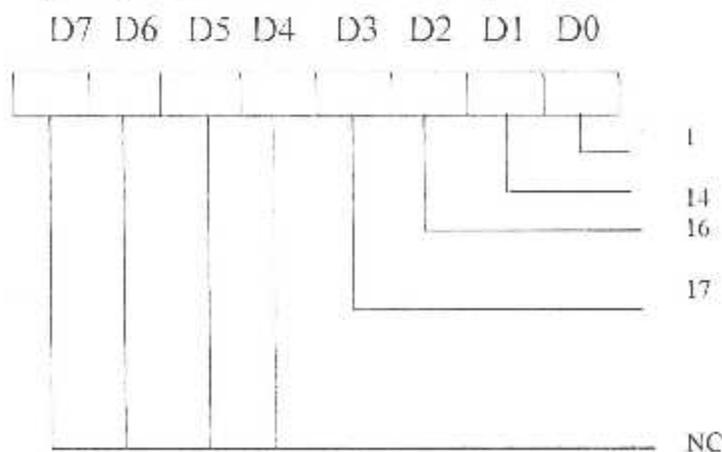


Fig1.6 : Registre de commande

#### **I.4 : Conclusion :**

Il est à noter que cette interface peut être facilement détournée de sa fonction première (liaison P.C-imprimante). En effet rien n'empêche l'utilisateur de s'en servir comme une interface d'I/S quelconque et donc d'y connecter d'autre système électrique pour permettre au P.C de s'intégrer dans les ateliers scientifiques comme un mini-laboratoire de mesure, comprenant différentes possibilités de fonctionnement, telles que: Oscilloscope, fréquencemètre, générateur de signaux etc.

Cette possibilité sera utilisée dans notre conception pour permettre au P.C. de communiquer avec les différents périphériques.

# CHAPITRE II

[5, 6, 7]

## II : Les moteurs pas à pas

	Page
II.1 : Présentation.....	12
II.2 : Caractéristiques générale des moteurs pas à pas. ....	12
II.3 : Les différents types de moteurs pas à pas.....	14
II.4 : Le mode de fonctionnement de moteurs pas à pas...	24
II.5 : Alimentation des moteurs pas à pas.....	24
II.6 : Conclusion.....	25

## II. Les moteurs pas à pas

### II.1 : Présentation :

Le moteur pas à pas est l'interface idéale entre l'électronique numérique et la mécanique. Il est composé de deux (02) parties :

- Stator
- Rotor

Les domaines d'application sont aujourd'hui de plus en plus importants, essentiellement en ce qui concerne l'informatique (imprimantes, tables traçantes...) et la robotique ; ils sont utilisés pour réaliser des positionnements angulaires de grande précision et même amplitude mais également pour fonctionner à vitesse variable.

Il existe trois types de moteurs pas à pas : les *moteurs à aimant permanent*, les *moteurs à réluctance variable* et les *moteurs hybrides* utilisant les deux principes précédents.

### II.2 : Caractéristiques générales des moteurs pas à pas :

La qualité d'un moteur pas à pas est repérée par ses performances statiques et dynamiques qu'on définit par :

#### II.2.1 : Les caractéristiques statiques :

Les caractéristiques statiques sont essentiellement liées à la constitution mécanique et électrique du moteur.

1. **Pas angulaire** : C'est la valeur d'angle de rotation effectuée par le moteur sous l'action d'une impulsion de courant passant de l'un de ses bobinages au suivant. On le définit par le nombre de pas par tour.
2. **Couple moteur** : Lorsque le moteur est alimenté, son stator tend à s'aligner sur l'axe du flux ainsi créé et de la tentative de l'écart de cette position, un couple croissant va être créé avec le décalage angulaire.
3. **Couple de détente** : C'est le couple maximal qui peut être appliqué sur l'arbre du moteur non alimenté sans qu'il ait rotation d'un pas.
4. **Erreur sur le pas** : les imperfections de la réalisation mécanique sont la cause d'un écart de position du rotor à l'arrêt par rapport à la position théorique. Sa valeur moyenne est nulle sur un tour.

### II.2.2 : Caractéristiques dynamiques :

Les caractéristiques dynamiques, sont celles que l'on peut obtenir pendant le fonctionnement du moteur sans perdre de pas, c'est à dire, à chaque impulsion de courant correspond à un pas et un seul.

Elles sont déterminées par :

**a : Les facteurs électriques :** La self inductance du bobinage s'oppose à l'établissement du courant dans l'enroulement que l'on doit alimenter, d'où l'influence considérable du mode d'alimentation.

- **La fréquence maximale de démarrage :** C'est la fréquence maximale des pas à laquelle le moteur peut démarrer sans perdre de pas. Lorsqu'une impulsion se présente au moteur au repos, le rotor se met en marche progressivement, et avance d'un pas, il ne s'arrête pas immédiatement à sa nouvelle position d'équilibre, mais oscille pendant un bref délai autour de cette dernière. On définit donc :

1. **Le temps de montée  $T_m$  :** C'est le temps nécessaire pour passer d'une position d'équilibre à une autre. Il est limité par l'inertie du moteur, les frottements et l'alimentation (figure II.1).

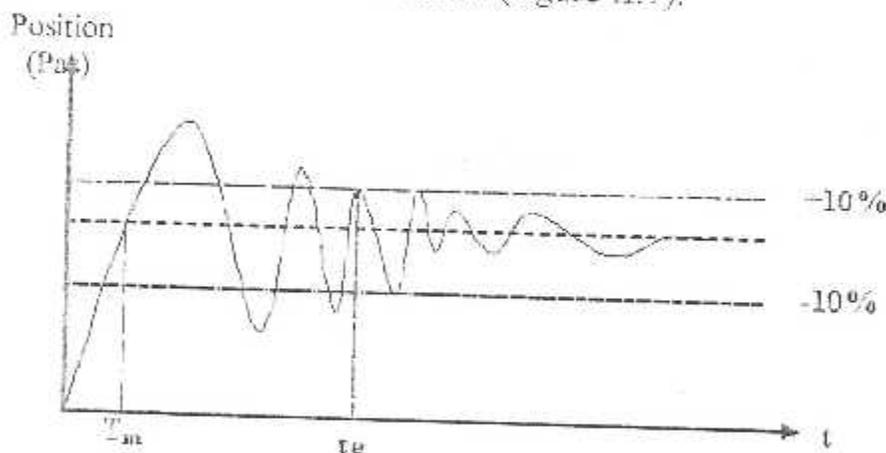


FIG II.1: L'oscillation du rotor autour de la position d'équilibre après l'application d'une impulsion.

2. **temps d'établissement  $T_e$  :** C'est le temps nécessaire à établir la position du rotor autour d'une position d'équilibre.

- **Zone de survitesse :** Elle est définie comme la zone d'utilisation dont la fréquence est supérieure à celle de démarrage (maximale). Le moteur y reste en synchronisation avec la commande, soit dans le sens direct, soit dans le sens inverse. Pour une fréquence des impulsions comprise dans cette zone, le moteur ne peut ni s'arrêter, ni changer de sens de rotation.

**b : Les facteurs mécaniques :** L'inertie du moteur croit, la fréquence limite correspondant à un fonctionnement correct diminue.

- **Couple maximale dynamique** : C'est le couple maximal qui peut être recueilli sur l'arbre du moteur lorsque les enroulements statiques sont excités les un après les autres.
- **Couple de démarrage** : C'est le couple maximal disponible sur l'axe du moteur lors de démarrage à une fréquence donnée sans perte de pas.

### II.3 : Les différents types des moteurs pas à pas :

La transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique est effectuée par ce type de moteur, d'une façon radicalement toute à fait différente des moteurs classiques.

Il assure des rotations brusques, correspondant à un pas, ce dernier est limité à la même valeur angulaire (manipulé de  $360^\circ$ ).

#### II.3.1 : Le moteur à aimant permanent :

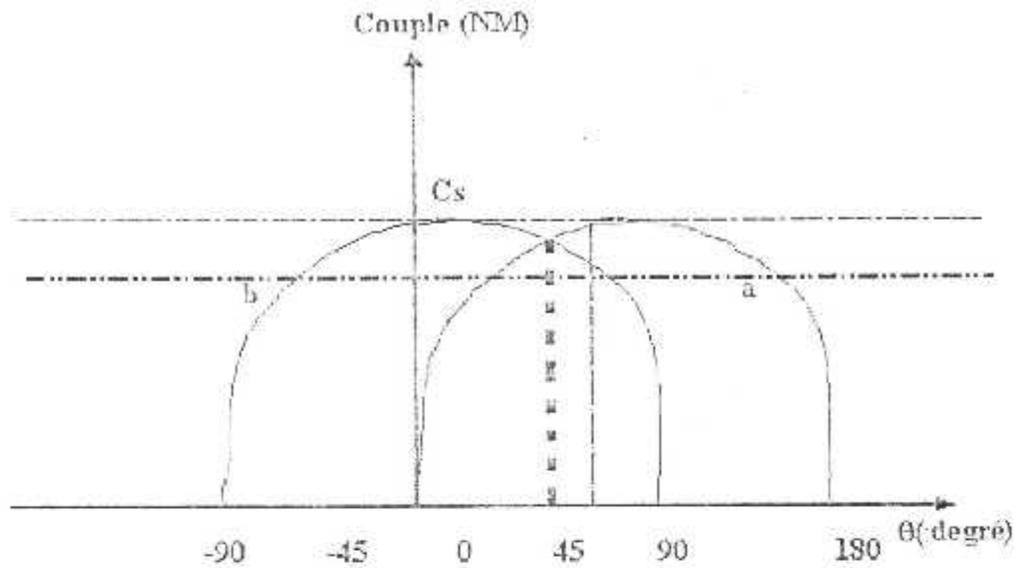
**II.3.1.1 : Moteur unipolaire simplifié** : La figure II.2 représente le moteur unipolaire simplifié.

Il possède un stator à deux bobines à point milieu et un rotor à une paire de pôles, l'aimant s'oriente vers la direction du champ créée dans le bobinage alimenté.

Le couple moteur résulte de la création du champ électromagnétique ainsi créé par le courant remarqué dans le bobinage sur le flux produit par l'aimant permanent, il est donné par :

$$\Gamma = \vec{M} \wedge \vec{B}$$

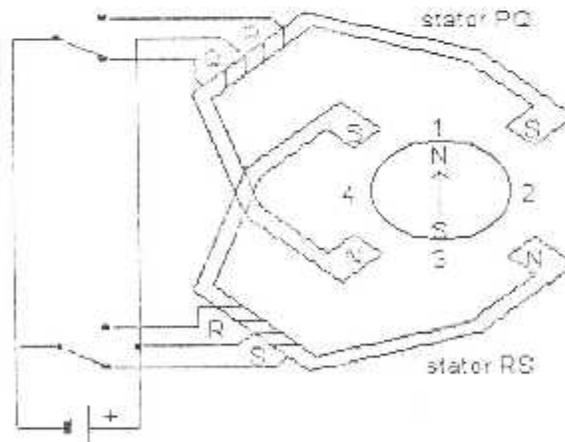
La figure II.2 montre la relation entre le couple et l'angle  $\theta$ .



FigII.2 : Le couple en fonction du décollage.

Où

- ♦ M: Moment magnétique de l'aimant rotorique.
- ♦ B : Induction magnétique créée par le courant.
- ♦ a: Le couple exercé par la première bobine.
- ♦ b : Le couple exercé par la deuxième bobine.
- ♦  $C_s$ : Le couple statique.
- ♦  $C_p$ : Le couple maximal dont le décollage qu'il impose permet à la deuxième phase d'appliquer un couple au moins égal ( $C_p = \frac{1}{\sqrt{2}} C_s$ ).



FigII.3: Moteur unipolaire simplifié.

### Mode d'excitation des phases:

Le tableau II.1 montre le mode d'excitation et le sens de rotation du moteur.

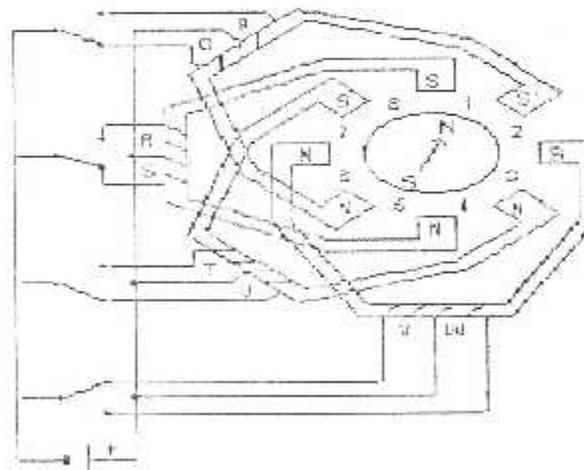
Rotation horaire		Rotation anti-horaire	
Phases excitées	Position du rotor	Phases excitées	Position du rotor
Q-S	1	P-S	4
Q-R	2	P-R	3
P-R	3	Q-R	2
P-S	4	Q-S	1

Tableau II.1 : Mode d'excitation et sens de rotation.

Dans le cas décrit ci-dessus, le rotor ne peut prendre que quatre positions possibles : par conséquent la valeur d'un pas est de  $90^\circ$ .

### 3. Augmentation du nombre de pas :

**1. Enroulement à plusieurs pôles :** Le bobinage d'un moteur sur un stator ainsi que son alimentation peut générer plusieurs pôles régulièrement alternés sur la périphérie. Le schéma II.4 montre un moteur avec huit (08) phases.



FigII.4: Moteur à plusieurs enroulements.

Malgré cette amélioration, l'insuffisance des pas se présente toujours, car la valeur du pas est divisée par deux et donc elle est seulement passée à  $45^\circ$ . Alors le rotor ne peut prendre que huit positions.

Comme précédemment le sens de rotation est lié à l'ordre dans lequel sont excitées les phases du stator.

Rotation horaire		Rotation anti-horaire	
Phases excitées	Position du rotor	Phases excitées	Position du rotor
Q - S - U - V	1	Q - S - U - W	8
Q - S - T - V	2	P - S - U - W	7
Q - R - T - V	3	P - R - U - W	6
P - R - T - V	4	P - R - T - W	5
P - R - T - W	5	P - R - T - V	4
P - R - U - W	6	Q - R - T - V	3
P - S - U - W	7	Q - S - T - V	2
Q - S - U - W	8	Q - S - U - V	1

Tableau II.2 : Mode d'excitation et sens de rotation.

L'augmentation de nombre de phases a des limites physiques. Pour diminuer encore le pas, la solution consiste ensuite à augmenter le nombre de pôles magnétiques en fractionnant l'aimant du rotor : le nombre de positions est égal au produit du nombre de phases par le nombre de paire de pôles du rotor.

$$N = ne * np$$

Où :  $ne$  est le nombre d'enroulements.

$np$  est le nombre de paire de pôles du rotor.

**2. Fonctionnement en mode demi-pas :** Il est possible de faire fonctionner le moteur en divisant par deux l'angle de rotation du rotor. Ce mode de fonctionnement est peu utilisé car il ne permet pas l'utilisation du moteur au maximum de ses performances (*couple réduit, fonctionnement quelque peu irrégulier quant à la position du rotor*).

La figure II.5 montre que le rotor tourne d'un demi-pas dans le sens horaire en passant de la position 1 à la position  $1\frac{1}{2}$  si la phase RS n'est plus excitée. Les positions intermédiaires suivantes  $2\frac{1}{2}$ ,  $3\frac{1}{2}$  et  $4\frac{1}{2}$  sont également obtenues si l'une des deux phases n'est pas excitée.

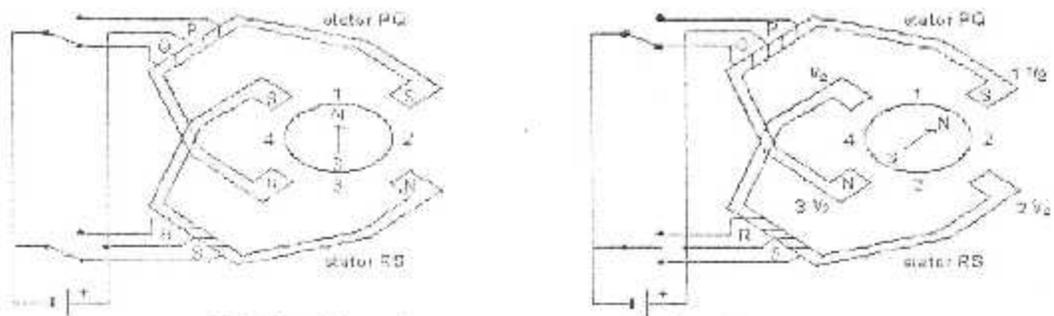


Fig II.5 : Fonctionnement en mode demi pas.

Comme prévu le tableau II.3 montre le sens de rotation et l'ordre dont lesquelles les phases doivent être alimentées.

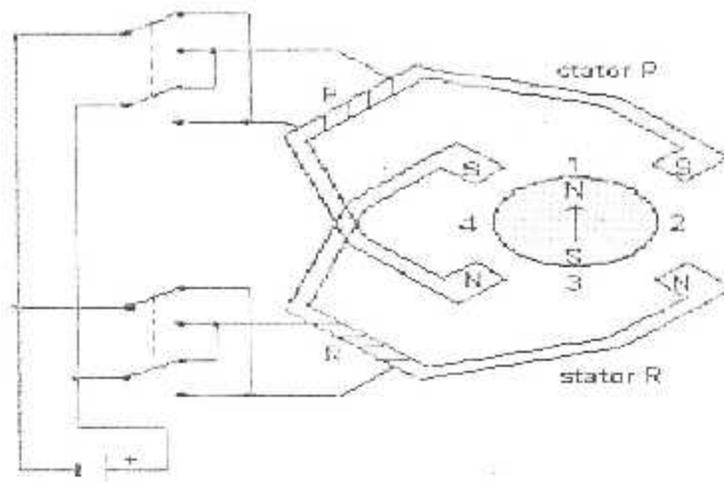
Rotation horaire:		Rotation anti-horaire	
Phases excitées	Position du rotor	Phases excitées	Position du rotor
Q-S	1	Q-S	1
Q	1 <sup>1/2</sup>	S	4 <sup>1/2</sup>
Q-R	2	P-S	4
R	2 <sup>1/2</sup>	P	3 <sup>1/2</sup>
R-P	3	R-P	3
P	3 <sup>1/2</sup>	R	2 <sup>1/2</sup>
P-S	4	Q-R	2
S	4 <sup>1/2</sup>	Q	1 <sup>1/2</sup>
Q-S	1	Q-S	1

Tableau II.3 : Mode d'excitation et sens de rotation.

### II.3.1.2 : Moteur bipolaire simplifié :

Le fonctionnement est identique au moteur unipolaire, la seule différence réside en la disparition du point milieu sur chaque bobine.

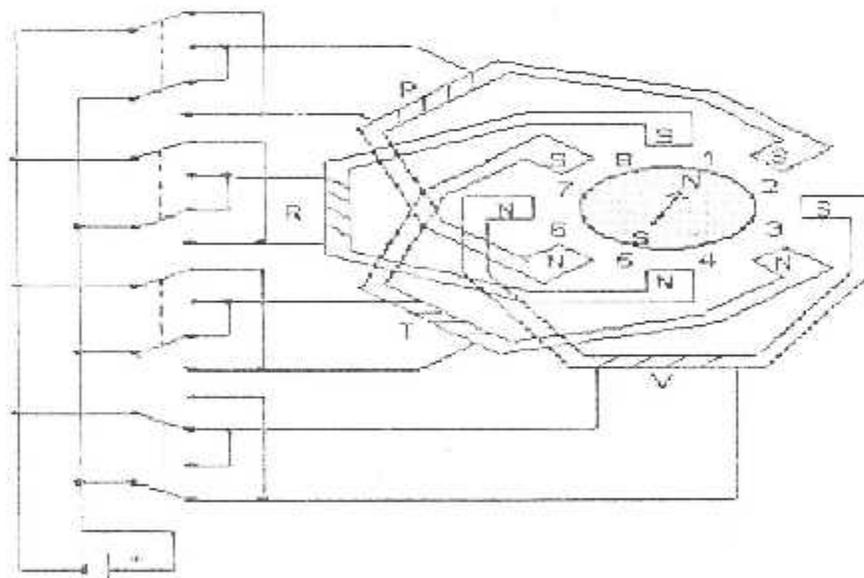
Il possède un stator à deux bobines et un rotor à une paire de pôle. Ce mode d'alimentation est dit " Bipolaire " car chacun pôle de l'alimentation peut être appliqué aux bornes des bobines.



FigII.6: Moteur bipolaire simplifié.

### 1. augmentation du nombre de pas :

1. **Enroulement à plusieurs pôles :** Le moteur bipolaire ne comporte que deux bobines : il s'agit d'un moteur à deux phases. Comme pour le moteur unipolaire le nombre de phases peut être doublé et l'on obtient alors un moteur bipolaire à quatre phases.



FigII.7: Moteur à plusieurs enroulements.

L'avantage du moteur bipolaire est d'avoir toutes ses bobines sous tension simultanément. Dans le cas du moteur unipolaire, seulement la moitié des bobines est alimentée. Il en résulte un couple d'entraînement plus faible pour le moteur unipolaire avec un encombrement identique à celui du moteur bipolaire.

2. **Fonctionnement en mode demi pas :** Il est possible comme précédemment de doubler le nombre de pas en divisant par deux l'angle de rotation du rotor, cette division est effectuée en jouant sur l'alimentation des phases. Les deux schémas de la figure II.8 montrent l'ordre d'alimentation des phases.

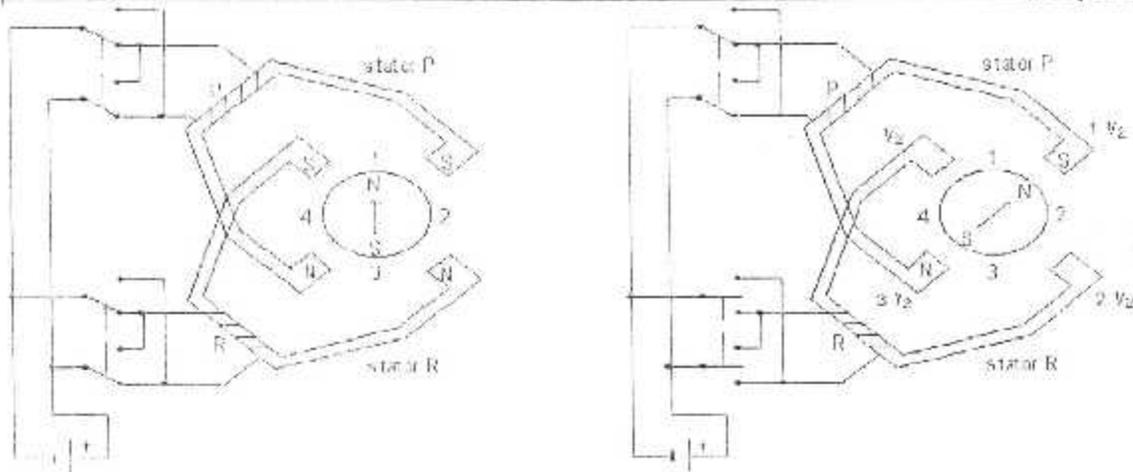


Fig II.8 : Fonctionnement en mode demi-pas

### II.3.2 : Moteur à réluctance variable :

Il s'agit d'un moteur qui comporte un rotor à encoches se positionnant dans la direction de la plus faible réluctance. Ce rotor, en fer doux, comporte moins de dents qu'il n'y a de pôles au stator.

Le fonctionnement du moteur est assuré par un pilotage du type unipolaire et l'avance du rotor est obtenue en excitant tour à tour une paire de pôles du stator.

La réluctance est le quotient de la force magnétomotrice d'un circuit magnétique par le flux d'induction qui le traverse.

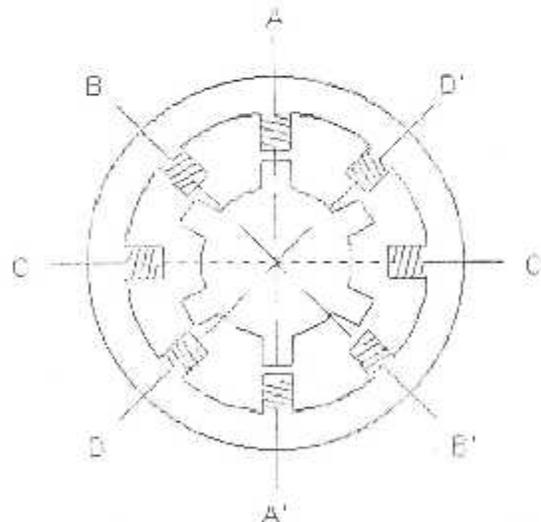


Fig II.9: Moteur à réluctance variable.

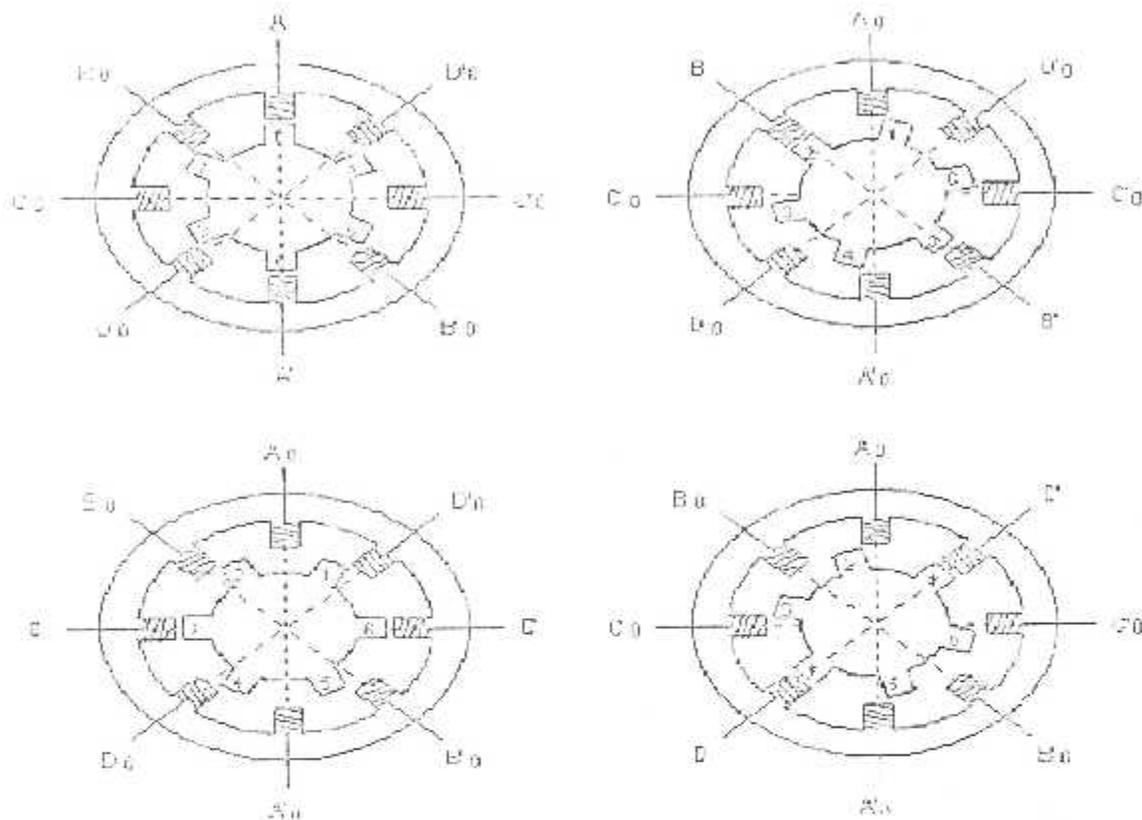
La longueur du pas peut être calculée par la relation :

$$A = 360 / NP (\text{degré})$$

Tel que : A : Longueur du pas, N : Nombre de phases, P : Nombre de dents du rotor.

### 1. Mode d'excitation des phases :

Les quatre schémas de la figure II.10 montrent l'ordre de l'excitation des phases du moteur.



FigII.10 : Mode d'excitation des phases.

Lorsqu'une phase est alimentée (phase AA' sur le schéma), elle attire la dent du rotor la plus proche (la dent 1 se positionne en face de A, la dent 4 en face de A') de telle sorte que le flux embrassé soit maximal.

Quand la phase BB' est activée (même raisonnement avec les dents 2 et 5), le rotor avance d'un pas dans le sens horaire ; l'activation de la bobine CC' (dents 3 et 6), puis de la bobine DD' (dents 4 et 1), provoque l'avance du rotor de deux pas supplémentaires. Le retour à la bobine AA' complète le cycle.

Remarque : Le rotor étant en fer doux, son mouvement est indépendant du sens d'alimentation des différentes phases : le choix de la séquence d'alimentation détermine son sens de rotation.

#### 1. Augmentation de nombre de pas :

##### 1. Fonctionnement par pas :

(24 pas par tour, soit une avance de  $15^\circ$  par pas) Voir figure II.10.

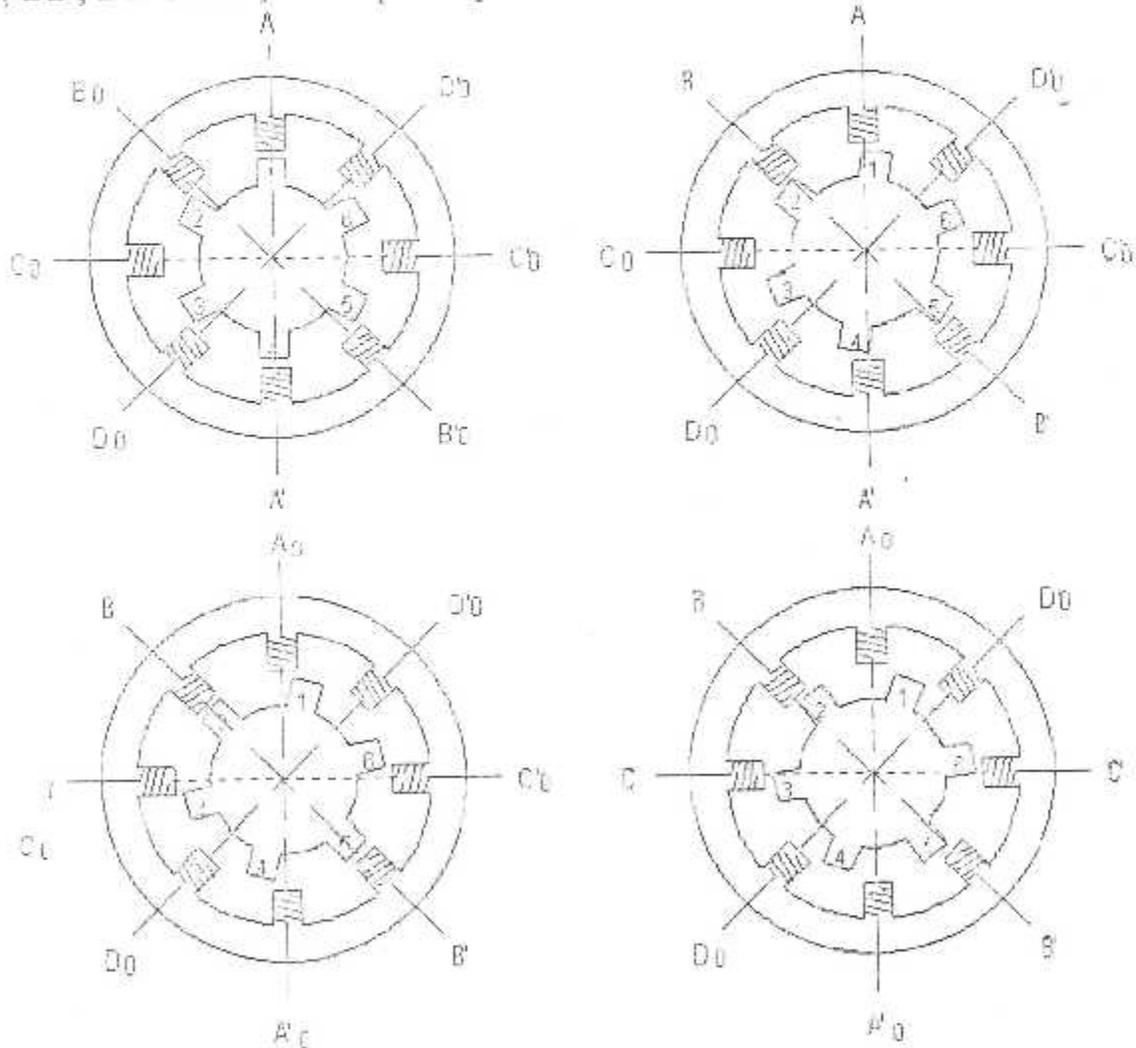
La séquence d'alimentation AA', BB', CC', DD', AA'... provoque une rotation horaire.

La séquence d'alimentation AA', DD', CC', BB', AA'... provoque une rotation anti-horaire.

**2. Fonctionnement par demi pas :** (48 demi pas par tour, soit une avance de  $7,5^\circ$  par demi pas) Voir figure II.11

La séquence d'alimentation AA', AA' et BB', BB', BB' et CC', CC', CC' et DD', DD', DD' et AA', AA'... provoque une rotation horaire.

La séquence d'alimentation AA', AA' et DD', DD', DD' et CC', CC', CC' et BB', BB', BB' et AA', AA'... provoque une rotation anti-horaire.



FigII.11 : Mode d'excitation des phases

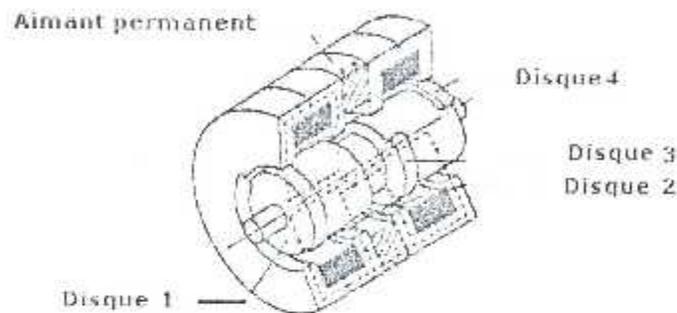
### II.3.3 Moteur hybride :

Le moteur hybride (figure II.12) combine les deux premiers types, un aimant permanent est monté sur le rotor. Son arbre met en évidence le chemin du flux magnétique principale.

Différentes conceptions existent.

#### a. Aimant permanent au Stator : (figure II.12).

Il est constitué d'un rotor magnétisé axialement par un aimant en ferrite orienté concentrique situé entre les stators.



FigII.12: Aimant permanent au stator.

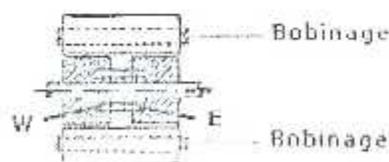
Le rotor en fer doux massif comporte 4 couronnes dentées décalées angulairement au présent modèle.

Les stators à 4 enroulements bobinés en anneaux concentriques à l'axe du moteur, sont logés dans des coupelles réalisant ainsi 4 stators dentés.

Le positionnement du rotor se fait suivant la plus faible réluctance, donc au flux résultant maximum.

#### b. Aimant permanent au Rotor : (figure II.13).

L'aimant permanent peut être situé au niveau du rotor ainsi que le montre le schéma suivant :



FigII.13 : Aimant permanent au rotor.

Les performances des moteurs hybrides sont remarquables en résolution, en couple et en précision et leur encombrement est réduit.

Quand la précision est demandée, le moteur hybride est souvent utilisé.

C. Comparaison entre les moteurs pas à pas à aimant permanent, à réluctance variable et hybride :

MOTEUR	AIMANT PERMANENT.	RELUCTANCE VARIABLE	HYBRIDE
Nombre de pas par tour	2 à 24	12 à 72	24 à 400
Couple moteur	fort	faible	très élevé

Tableau II.4 : Comparaison de moteurs pas à pas.

#### II.4 Mode de fonctionnement des moteurs pas à pas :

D'après les caractéristiques de moteur pas à pas, il existe deux modes de fonctionnements.

##### II.4.1) Mode marche - arrêt (start/stop) :

Ce mode permet le démarrage, l'arrêt ou le changement de sens de rotation du moteur sans perte de pas.

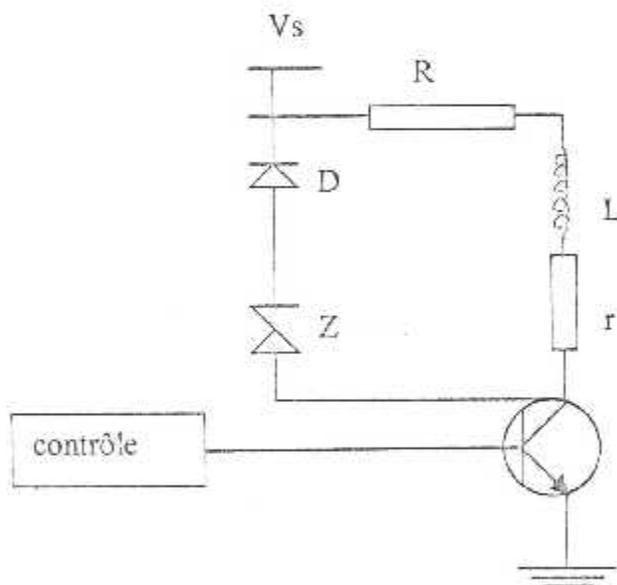
##### II.4.2) Fonctionnement en mode d'entraînement (survitesse) :

Si l'enchaînement des pas a lieu à fréquence croissante, la vitesse peut être supérieure à celle en mode marche – arrêt. Le moteur ne peut ni s'arrêter brusquement ni changer le sens de rotation sans perte de pas.

### III.5 : Alimentation du moteur pas à pas :

Pour faire fonctionner un moteur pas à pas, il est nécessaire d'exciter les enroulements du stator. L'induction de l'enroulement est plus grande que sa résistance, donc l'établissement du courant à sa valeur finale est très lent pour des vitesses élevées de fonctionnement. On ajoute une résistance de valeur élevée pour diminuer le temps d'établissement et de coupure de courant.

- La résistance  $R$  diminue la constante du temps, mais augmente les pertes par effet de joule.
- A la coupure, le prolongement du courant se fait à travers la diode de roue libre.
- On améliore le temps de coupure, en ajoutons une diode Zener à la roue libre. La figure II.14 montre l'alimentation du moteur pas à pas.



FigII.14 : Circuit d'alimentation d'une phase d'un moteur unipolaire

## II.5 Conclusion :

Le pilotage du moteurs pas à pas, constituant actuellement un élément essentiel pour la petite robotique de précision, un mouvement aboutissant à une position précise est facile à obtenir avec ce type de moteur, il suffit pour cela de compter le nombre de pas à établir, et le sens de rotation.

Certaines particularités importantes aux moteurs classiques méritent d'être soulignée, on peut bénéficier sur ce type de moteur d'un couple important.

Les moteurs pas à pas sont la solution idéale pour la robotique, à chaque fois que l'on demande des placements précis, et ils sont largement utilisés dans l'industrie.

# CHAPITRE III

[5, 11]

## III : Réalisation de la carte de commande

	Page
III.1 : Introduction.....	28
III.2 : Schéma synoptique de la carte. ....	28
III.3 : Fonctionnement de la carte. ....	29
III.3.1 : Schéma électrique.....	29
III.3.2 : Choix de l'interface.....	29
III.3.3 : L'étage de commande.....	30
III.3.4 : L'étage de puissance.....	31
III.3.5 : Le choix du transistor.....	33

III.3.6 : Les caractéristiques du moteur pas à pas.....	35
III.4 : La carte de test.....	35
III.5 : L'alimentation <u>ou montage</u> .....	36

## III. Réalisation de la carte de commande

## III.1 : Introduction

La carte de commande reçoit les signaux générés par le micro-processeur à travers le bus de données, ils sont transmis aux moteurs pour contrôler leurs phases. D'après l'état de chaque bit et les séquences générées pour être utilisées par les moteurs pas à pas, ces signaux doivent être amplifiés pour qu'ils puissent actionner les moteurs, et c'est le rôle du circuit de commande en boucle ouverte.

La figure III.1 représente le schéma synoptique général.

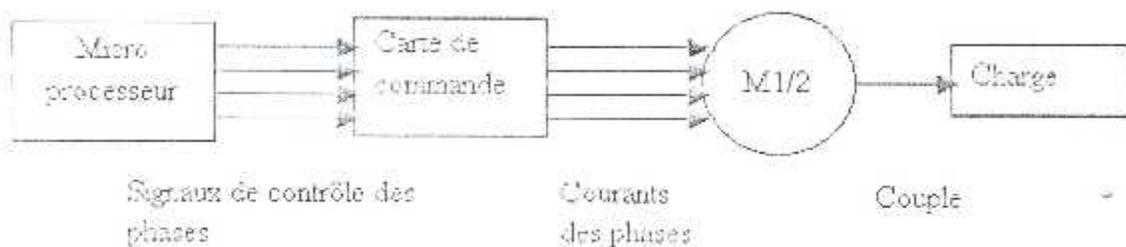
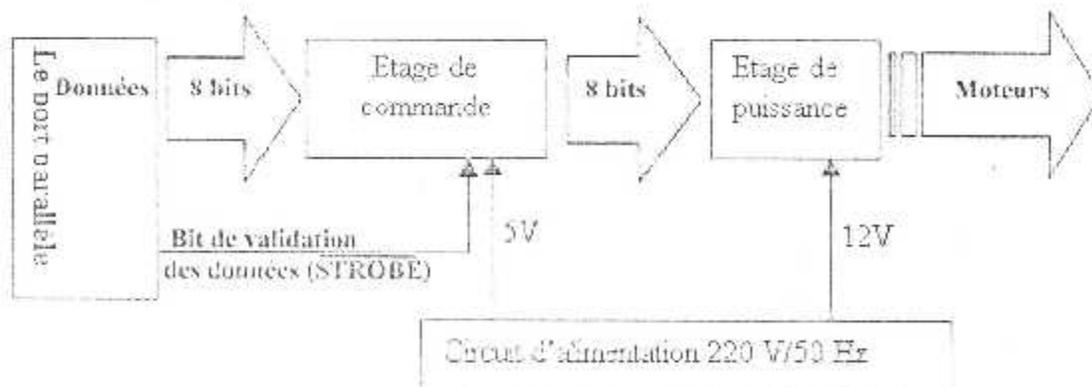


Fig.III.1 : schéma synoptique générale.

## III.2 : Schéma synoptique de la carte :

Notre réalisation est constituée de deux montages, la carte de test et l'interface. L'interface est composée de deux étages, étage de commande et étage de puissance, la figure III.2 montre le schéma synoptique de la carte de commande du moteur pas à pas.



FigIII.2 : Le schéma synoptique de la carte.

### III.3 : Fonctionnement de la carte

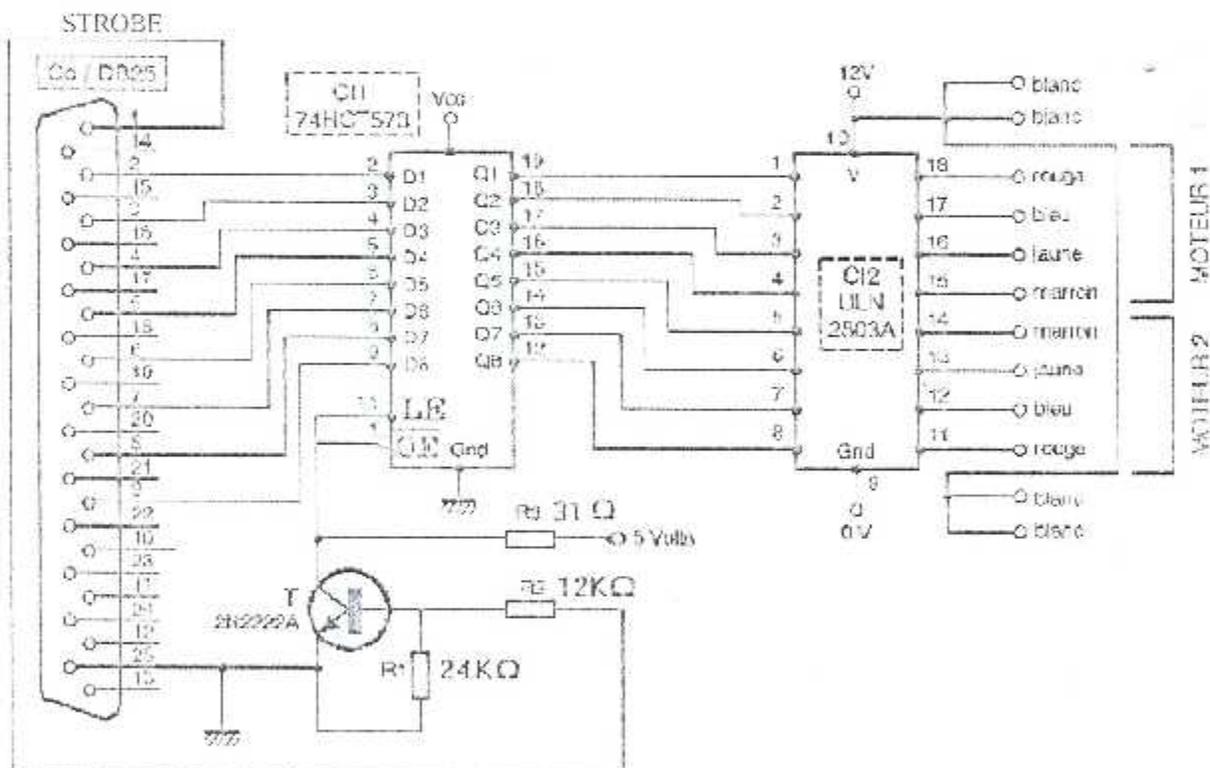
#### III.3.1 : Schéma électrique :

La prise parallèle de tout ordinateur dispose d'un bus de données sur 8 bits (en sortie), d'un bus de contrôle dont 5 bits sont en entrées et un bit en sortie (STROBE).

Les 8 données présentes sur le bus sont mémorisées par le circuit de latching lors du front descendant du signal de validation (STROBE).

La tension en sortie pour un niveau logique haut est égale à la tension appliquée sur le pin 10.

Un circuit Buffer inverseur à collecteur ouvert (ULN2803A) permet d'amplifier les données.



FigIII.3 : Schéma électrique.

#### III.3.2 : Le choix de l'interface :

A fin de mettre un moyen permettant le dialogue avec le micro-ordinateur, nous avons prévu une interface besoin de notre conception en utilisant le port

parallèle centronics communiquant avec le PC par l'intermédiaire d'un connecteur de la norme DB25.

Les adresses de commande de l'interface imprimante parallèle d'un ordinateur compatible PC se situent entre les adresses hexadécimales 378H et 37AH.

Seules deux adresses sont nécessaires pour commander notre carte.

L'adresse 378H correspond à l'adresse des 8 bits de sortie du bus de données programmables uniquement en sortie.

L'adresse 37AH correspond à l'adresse du bit 0 de validation de données (STROBE) en sortie.

### III.3.3: L'étage de commande:

La commande est assurée par le circuit logique 74HC573. Ce dernier sert à transmettre les niveaux logiques correspondant à la mise sous tension ou pas de chaque enroulement de moteurs.

#### III.3.3.1 : Description générale :

Les circuits 74HC573 sont des dispositifs à vitesse élevée de technologie CMOS, ils sont compatibles avec la basse puissance TTL.

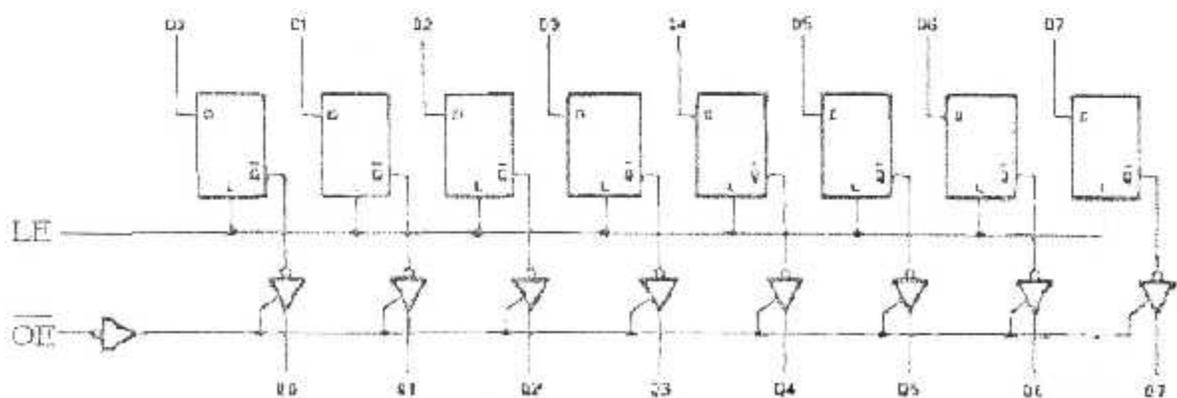
Ce sont des circuits composés de huit bascules de type D. L'octuple bascule 74HC573 permet de mémoriser la donnée présente sur le bus de donnée, suite à une écriture par l'ordinateur (STROBE) à l'adresse considérée.

Ils sont caractérisés par :

- Les entrées et sorties sont opposées en ligne afin de faciliter l'interfaçage avec les microprocesseurs.
- OE (Output Enable) est orienté vers le bus d'application.

#### III.3.3.2: Schéma interne :

La figure III.4 représente le schéma interne du circuit



FigIII.4:schéma interne du circuit logique.

En ce qui concerne le fonctionnement, les données sont contrôlées par les deux entrées du circuit ( $\overline{LE}/\overline{OE}$ ).

- **LE** : Latch enable, c'est le signal d'horloge (CLK), il est alimenté directement par 5V. Il permet le stockage ou pas des données présentes à l'entrée.

Quand la broche (LE) est à l'état HAUT, les données entrent dans les registres.

Quand la broche (LE) est à l'état Bas, l'information sera stockée au moment où il change l'état du Haut vers le Bas dans les registres.

- **$\overline{OE}$**  : Output enable, c'est le signal de STROBE du bus d'application, il est activé à l'état bas.

Quand le signal ( $\overline{OE}$ ) est à l'état Bas, les données des huit (08) registres sont disponibles aux sorties de circuit.

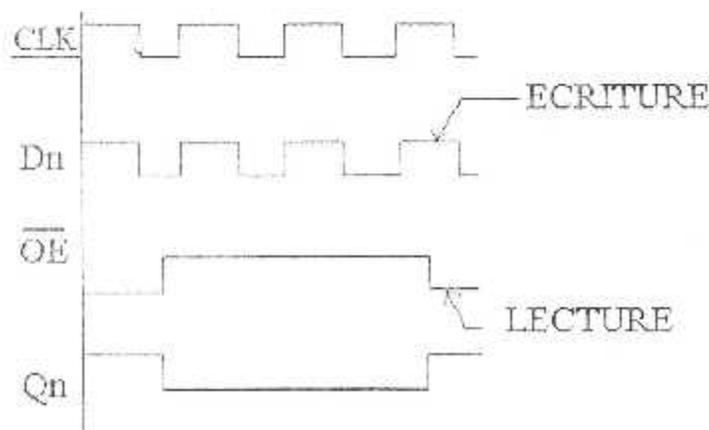
Quand le signal ( $\overline{OE}$ ) est à l'état Haut, les bascules de lecture passent à une grande impédance. Le tableau III.1 représente la table de vérité.

	Entrées			Sorties
	$\overline{OE}(1)$	LE(11)	DN	Q0 to Q7
1	X	X	X	Z
0	0	X	X	X
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1

Tableau III.1 : La table de vérité.

(Z) : haut impédance.

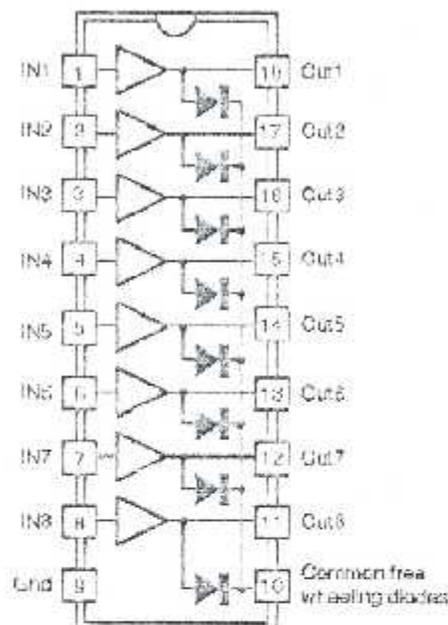
La figure III.5 montre le chronogramme des signaux du circuit intégré (74HC573).



FigIII.5 : chronogramme des signaux.

### III.3.4 : L'étage de puissance:

Le circuit de commande offre une tension de 5V et un courant de 18mA, alors que les moteurs fonctionnent avec une tension de 12V et un courant de 1A, ce qui provoque une chute de tension sur les lignes du bus, et entraîne une confusion entre les niveaux logiques. C'est pourquoi l'étage de puissance est utilisé. La figure III.6 présente le schéma interne du circuit ULN2803A.



FigIII.6 : Le schéma interne de ULN2803A.

La série 2803A a été choisie grâce à sa compatibilité avec la famille TTL, elle est composée de huit transistors (darlington) couplés deux à deux. Chacun des darlington comporte une estimation courante de charge maximale de 600mA (500mA continue) et peut supporter une tension  $V_{ce\ max}$  de 50V.

Ce circuit spécial Buffer inverseur (ULN2803A, sortie à collecteur ouvert) permet d'alimenter directement des moteurs grâce à une alimentation continue externe.

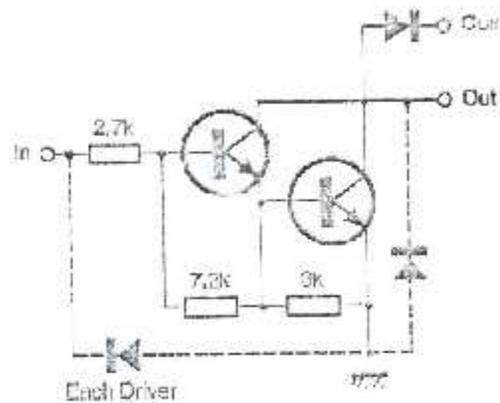
#### III.3.4.1 Caractéristiques générales :

L'ULN2803A possède les caractéristiques suivantes :

- Il est proposé en boîtier DIP à 18 broches.
- 8 darlington internes en émetteur commun.
- Le courant de sortie disponible est de 500mA à 600 mA.
- Tension d'utilisation 50V.
- Diodes de protection intégrées.

- Les sorties peuvent être mises en parallèle afin de disposer d'un courant plus important.
- Les broches d'entrées sont opposées en ligne aux broches de sorties afin de faciliter l'implantation de composants.

La figure III.7 représente l'une des entrées du circuit ULN2803A.

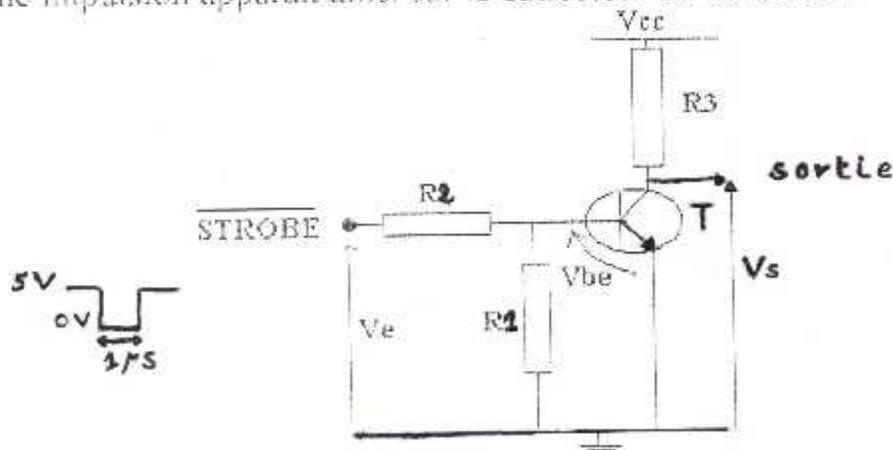


FigIII.7 : Présentation partielle du schéma interne des entrées de l'ULN2803A.

Les diodes apparues en pointillés sont des diodes parasites dues à la fabrication du composant. Il dispose aussi d'une résistance d'entrée de 2.7KΩ. Chacun des darlington peut dissiper une puissance de 1W.

### II.3.5 : Le choix du transistor :

Le signal du STROBE est appliqué au pont diviseur R2/R1 qui polarise la base du transistor T (figure III.8). Ce dernier travaille en commutation. Il est saturé pour chaque état haut d'amplitude 5V de l'impulsion et bloqué lors de l'état bas du STROBE. Une impulsion apparaît ainsi sur le collecteur du transistor.



FigIII.8 : Schéma électrique du transistor.

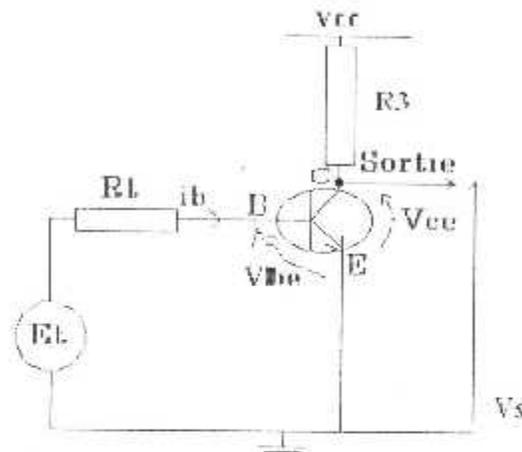
Nous avons utilisé pour notre application un transistor du type 2N2222A à structure bipolaire NPN.

Nous avons utilisé pour notre application un transistor du type 2N2222A à structure bipolaire NPN.

La principale application réside dans la commutation très rapide de signaux et amplificateurs à courant continu. La fréquence de transition pour le 20 mA et  $V_{ce} = 10V$  vaut 300Mhz.

Le courant collecteur en régime permanent ne doit pas dépasser 800 mA.

Le schéma de la figure III.8 peut se mettre sous la forme suivante (Figure III.9).



FigIII.9 : Schema équivalent

Où :

$R_t$  : résistance de Thévenin  $R_t = \frac{R1.R2}{R1 + R2}$  et  $E_t$  = tension de Thévenin  $E_t = (R1/R1+R2)V_s$

La commutation est facilement obtenue avec le transistor 2N2222A en mode saturation / blocage.

### T Saturé:

Le transistor bipolaire T, ne sera saturé que si les conditions suivantes sont

vérifiées:

$$\begin{cases} V_{ce-sat} = 300mV, \\ I_c = 150mA, \\ I_b = 15mA. \end{cases}$$

La résistance de Thévenin  $R_t$  est indispensable, elle évite souvent la destruction du composant.

Si  $V_e > 0,6 V$ , le transistor T est passant ( $V_c = +5V$ ) (Logique 1), donc le transistor est saturé d'où  $V_s = 0,2V$ , et les valeurs des résistances sont calculées de la manière suivante:

$$V_{ce} = R3.I_c - V_{ce(sat)} \Rightarrow R3 = \frac{V_{cc} - V_{ce(sat)}}{I_{ce(sat)}} \Rightarrow R3 = \frac{5 - 0,3}{150 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow R3 = 31\Omega$$

Pour la résistance de base R1 on a:

$$R_t = \frac{R1.R2}{R1 + R2}$$

$$V_e = R_t I_{base} \Rightarrow R_t = \frac{V_e}{I_{base}} \Rightarrow R_t = \frac{5}{15} \Rightarrow R_t = 0,33K\Omega$$

Pour les résistances R1 et R2, nous avons choisi une valeur de R1 pour déterminer la valeur de R2.

$$R_t = \frac{R1.R2}{R1 + R2} \Rightarrow R_t(R1 + R2) = R1.R2$$

$$\text{On a pour } R2 = 12K\Omega \Rightarrow R1 = 24,36 K\Omega$$

**T bloqué:**

Si  $V_e = 0$  ou  $< 0,6V$  (logique 0), le transistor est bloqué, donc  $i_b = 0 \Rightarrow i_c = 0$

$V_s - V_{ce} = V_{cc} - R_{ce}i_c = V_{cc} - 5V$ . Donc :  $V_s = +5V$  (logique 1).

### III.3.6 : Les caractéristique du moteur pas à pas :

Nous avons utilisé un moteur pas à pas unipolaire, en effet, c'est un moteur hybride. Il est caractérisé par :

- 100 pas par tour.
- L'angle du pas est de 3.6 degrés.
- Courant d'alimentation  $I = 0.6A$ .
- Alimentation 12V.
- Couple 1,2NM.

### III.4: La carte de test :

Pour profiter pleinement des avantages de la carte interface, nous avons expérimenté ce module en lui adjoignant un circuit complémentaire de test composé de huit (08) leds.

Les huit (08) résistances de valeurs  $330\Omega$  sont utilisées pour réduire le courant et pour protéger les leds.

A chaque émission d'une donnée, la led correspondant au bit contenant la valeur binaire (1) s'allume.

La led représente dans notre cas l'enroulement du moteur ciblé par le processeur.

La figure III.10 représente le schéma électrique de la carte.

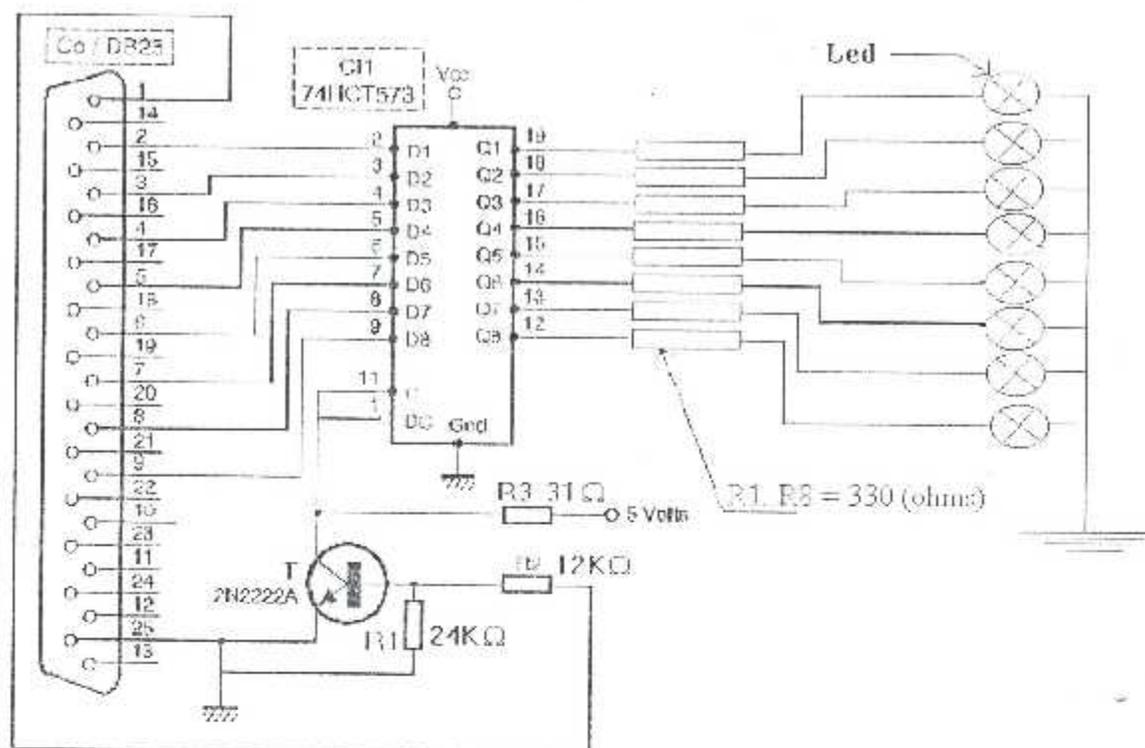


Fig.III.10: présentation de schéma électrique de la carte de teste.

### III.5 : L'alimentation du montage :

L'alimentation est prise du secteur 220/50Hz. Ce circuit d'alimentation est composé d'un transformateur délivrant un potentiel de 15V sur son enroulement secondaire (fig.III.11), d'un pont de diode redresse les deux alternances, tandis que la capacité C1 (1000µF) effectue un filtrage. La capacité C2 (47µF) apporte un complément de filtrage. L'étage de puissance et la commande logique sont alimentés respectivement par des tensions 12V et 5V obtenues par le biais de deux régulateurs à tension positive, l'un de 12V (7812) et l'autre de 5V (7805). Une led rouge, dont le courant est limité par R, témoigne de la mise sous tension de l'appareil.

La figure III.11 montre l'alimentation du montage.

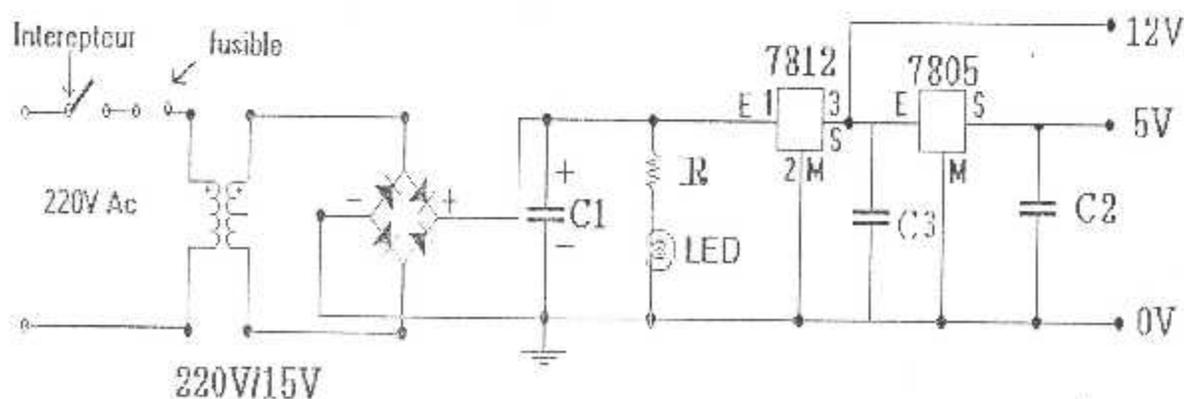


Fig.III.11 :L'alimentation du montage.

# CHAPITRE IV

[9, 10, 11]

## IV. Elaboration du logiciel

	Page
IV.1 : Introduction.....	38
IV.2 : Programmation.....	38
IV.3 : Présentation .....	40
IV.4 : L'organigramme.....	44
IV.5 : Exemple d'application.....	47

## IV : Elaboration du logiciel

### IV.1 : Introduction :

Pour qu'un moteur pas à pas fonctionne, on doit exciter ses enroulements l'un après l'autre dans un ordre bien déterminé. Le microprocesseur est capable de gérer les signaux qui contrôlent les phases d'un tel moteur.

Dans notre cas, nous avons utilisé deux (02) moteurs unipolaires à quatre (04) phases, 8 bits du port de l'imprimante sont utilisés à cet effet, 4 bits pour chaque moteur.

Pour rassurer la fiabilité de notre carte de commande, nous avons conçu une carte de test. Cette dernière dispose de 8  $\lambda$  indique les bits de sorties.

LED

### IV.2. Programmation :

Plusieurs moteurs pas à pas fonctionnent en boucle ouverte à un taux de vitesse constante, ceci est peu satisfaisant dans les applications où le positionnement de la charge ne dépend pas du temps parcouru. L'avantage d'un tel moteur est sa simplicité, où un nombre limité de fonctions de contrôle est demandé.

Deux (02) fonctions sont à considérer en boucle ouverte à vitesse constante :

- ◆ **Un taux de vitesse** : donne la vitesse qui doit être inférieure à la vitesse *Marche/Arrêt* maximum  $V_{mr}$ .
- ◆ **La séquence d'excitation** : assure que l'excitation des enroulements correspond à la direction de rotation désirée.

Le moteur utilisé possède un nombre important de positions stables successives séparées entre elles par un pas. Le nombre de pas définissant le moteur correspond à un tour. Dans notre cas, le moteur est de 100 pas, c'est-à-dire qu'il faudra 100 impulsions dans une ou plusieurs bobines du moteur pour exécuter un tour complet. Le tableau IV.1 présente les séquences de programmation pour deux moteurs pas à pas unipolaire.

**NB** : Nous n'avons pas utilisé le mode de demi-pas dans notre application car il ne permet pas l'utilisation du moteur au maximum de ses performances.

	Numéros de séquences	Les enroulements								Valeur BCD
		Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
Moteur 1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2
	3	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	4	0	0	0	0	1	0	0	0	8
Moteur 2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	16
	6	0	0	1	0	0	0	0	0	32
	7	0	1	0	0	0	0	0	0	64
	8	1	0	0	0	0	0	0	0	128

Tableau IV.1 : Séquence en pas complet.

#### • Rotation à vitesse constante à un pas complet

D'abord il faut introduire le nombre de pas du moteur, le nombre de pas effectués et le taux de vitesse représenté par le temps qui sépare l'excitation de deux enroulements consécutifs. En pas complet le rotor avance à chaque excitation de courant.

Les signaux sont gérés pour chaque port dans une série de trois registres : le registre de données, le registre de contrôle, le registre d'état.

La procédure d'action des moteurs reprend le code développé ci-dessous pour mémoire. Le codage employé est en Hexadécimal (h) et binaire (b) pour les valeurs chargées dans les registres. Le tableau IV.2 représente les fonctions de différents registres

Registres	Nom (16bits)	8bits High	8bits Low
Accumulateur	AX	AH	AL
Compteur	CX	CH	CL
données	DX	DH	DL

Tableau IV.2 : Les fonctions des registres.

La partie importante de notre travail basé sur le code Assembleur est développée ci-dessous.

## ASM

```

mov dx,0378h {chargement de l'adresse du port de données de LPT2 dans DX}
mov ax,sortie {chargement de la valeur SORTIE dans AX}
out dx,ax {sortie des 8 premier bits de AX à l'adresse contenue dans DX}
mov dx,037h {chargement de l'adresse du port de contrôle de LPT2 dans DX}
mov al,00000001b {mise à 1 du bit correspondant au STROBE dans AL}
out dx,al {envoi du STROBE à l'adresse contenue dans DX}
mov dx,037ah {chargement de l'adresse du port de contrôle dans DX}
mov al,00000000b {mise à 0 du STROBE dans AL}
out dx,al {envoi à l'adresse contenue dans DX}
end;

```

## IV.3 : Présentation :

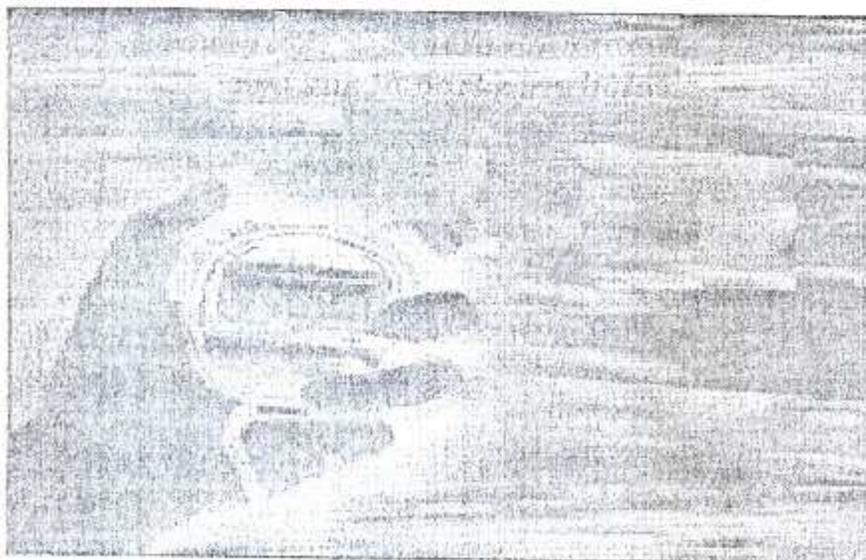
Conformément à notre souhait de privilégier avant toute l'initiation à la programmation sous Windows, Delphi 5 est utilisée grâce à sa souplesse de manipulation des objets et la présentation graphique, et il comprend le langage Assembleur.

Notre application est composée de 4 interfaces graphiques.

- La fiche de démarrage.
- La fiche principale.
- La fiche de configuration.
- La fiche de la boîte A propos.

## I. La fiche de démarrage :

C'est la première fiche qui sera affichée au démarrage de notre programme, juste pour donner un esprit d'un logiciel à notre travail.

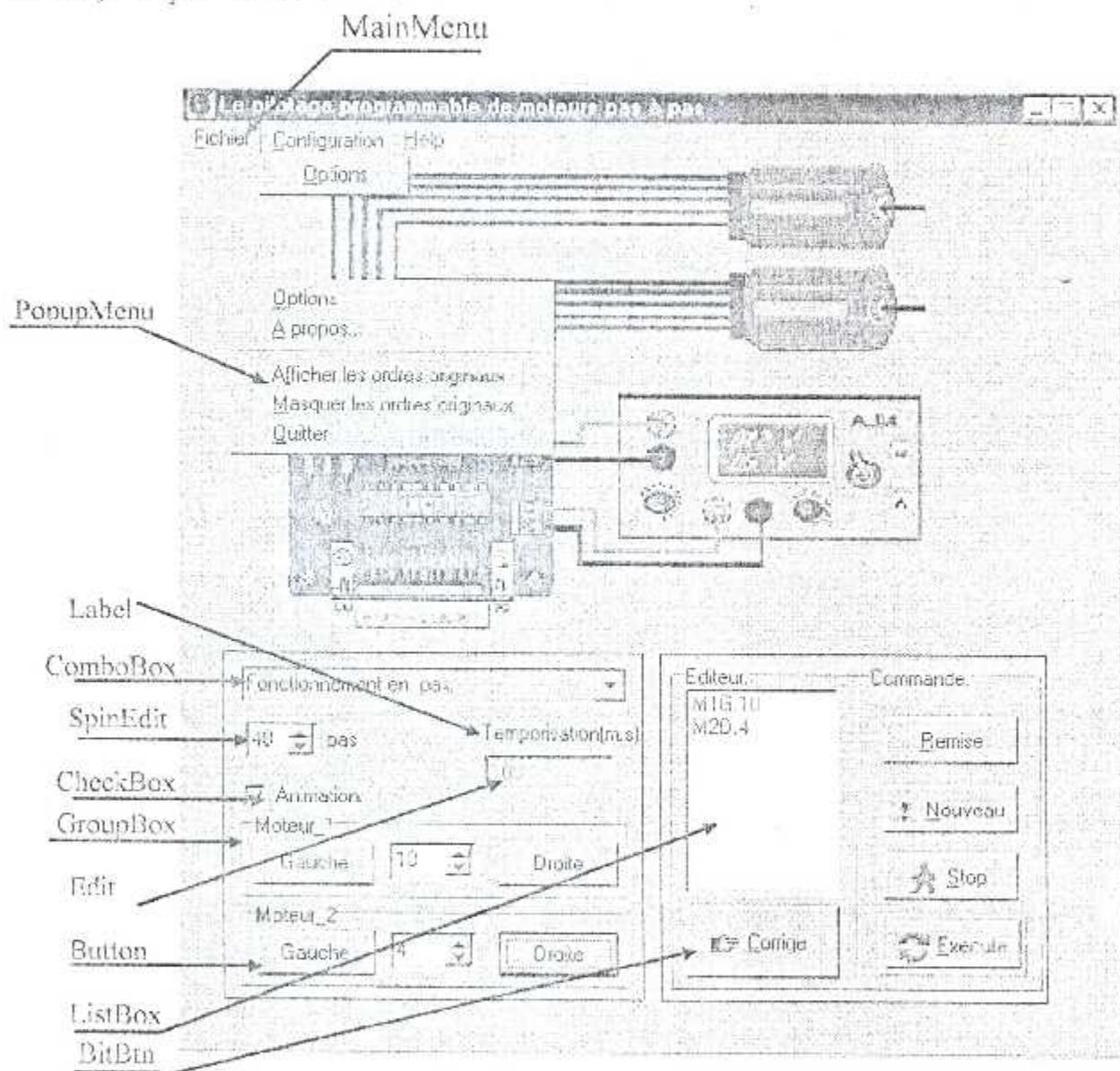


FigIV.1 : La fiche de démarrage.

C'est cette fiche qui fait appel à la fiche principale mentionnée ci-dessous après environs trois (03) secondes.

2. La fiche principale :

La fiche principale est le contenant de toutes les commandes, elle est constituée de quatre (04) boutons qui correspondent respectivement aux mouvements gauches et droits de chaque moteur, le contrôle de la valeur correspond au nombre de pas pour chaque moteur est effectué avec deux zones de saisies, une par moteur.



FigIV.2 : La fiche principale du programme.

Une zone d'édition permet l'affichage des séquences, une séquence consistant à ajuster une valeur qui est automatique attribuée au mouvement correspond au bouton de rotation. Il est possible de corriger la dernière valeur entrée, de dérouler

toute la séquence affichée ou de l'effacer grâce aux deux boutons Corriger et Nouveau.

Le bouton Remise consiste à exécuter l'historique qui contient toutes les séquences exécutées auparavant, à l'ordre inverse c'est à dire ramener les moteurs à leurs positions initiales.

Le bouton Stop interrompt l'exécution du programme.

Les deux options (Masquer/Afficher les ordres originaux figure V.2) sert à afficher ou masquer la liste cachée qui contient les vrais valeurs des ordres concernant les modes de fonctionnements (par pas et par tour complet).

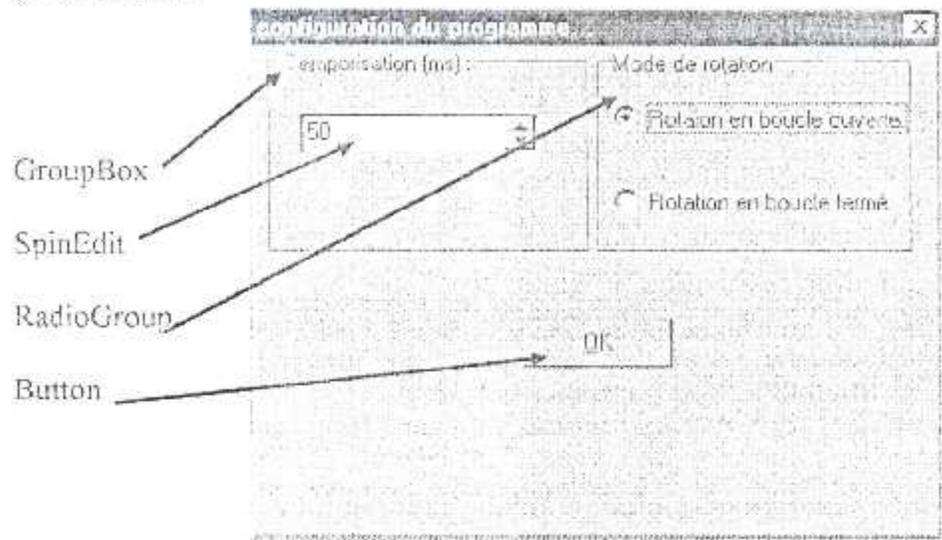
Tous les objets visibles et invisibles utilisés dans cette fiche sont mentionnés dans le tableau IV.3.

MainMenu	C'est un composant invisible à l'exécution, il représente le menu de la fiche principale. Il se trouve dans l'onglet standard.
PopupMenu	C'est un composant invisible à l'exécution, il représente le menu qui correspond à un clic du bouton droit de la souris. Il se trouve dans l'onglet standard.
Image	C'est le contenant d'image de la fiche principale. Il se trouve dans l'onglet Supplément.
ComboBox	C'est un composant visible, utilisé pour spécifier le mode de fonctionnement des moteurs. Il se trouve dans l'onglet Standard
SpinEdit	Il se trouve dans l'onglet Exemples.
Button	Il se trouve dans l'onglet Standard.
Bitbtn	C'est un bouton qui peut charger des images. Il se trouve dans l'onglet Supplément.
ListBox	C'est une liste déroulante pour l'affichage des différents ordres à exécuter. Elle se trouve dans l'onglet Standard
GroupBox	C'est un conteneur d'objet. Il se trouve dans l'onglet Standard.
Edit	Zone d'édition, elle se trouve dans l'onglet Standard.
Label	Zone de texte, Il se trouve dans l'onglet Standard.
CheckBox	Zone à cocher, pour l'affichage de l'animation, elle se trouve dans l'onglet Standard.
RadioGroup	Il se trouve dans l'onglet Standard.
Timer	C'est un composant invisible à l'exécution. Utilisé pour l'exploitation du temps.
RadioGroup	C'est un groupe de RadioButton, Il se trouve dans l'onglet Standard.

Tableau IV.3 : Différents composants utilisés dans l'application.

### 3. La fiche de configuration :

La fiche de configuration contient les options de configuration du programme, elle est constituée de (02) options.



FigIV.3 : La fiche de configuration du programme.

- Une zone d'édition pour la temporisation: détermine la vitesse de rotation.
- Une zone à cocher pour spécifier le mode de rotation (boucle ouverte/fermé).

4. **La boîte A propos :** La figure IV.4 représente la fiche de la boîte A propos du programme en cours d'exécution.

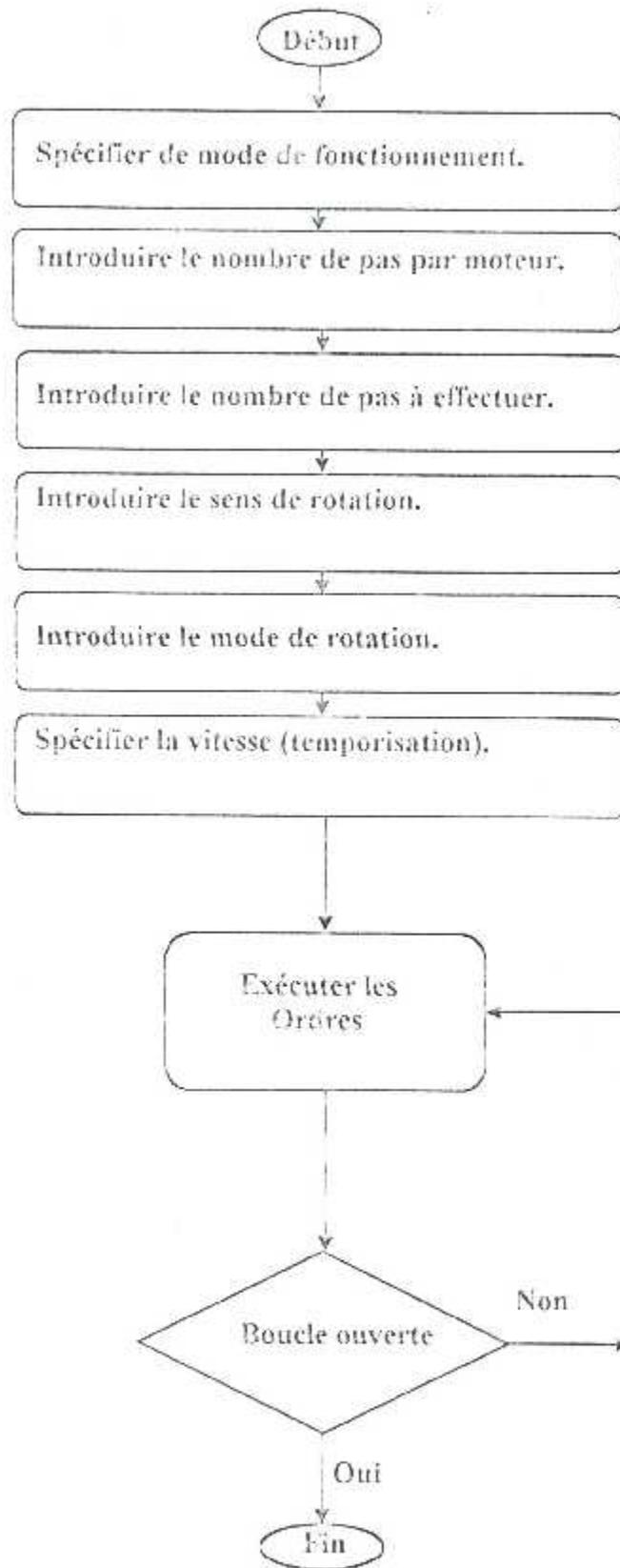
La figure IV.5 représente le programme en cours d'exécution.



Figure IV.4 : La boîte A propos.

## IV.4 : L'organigramme

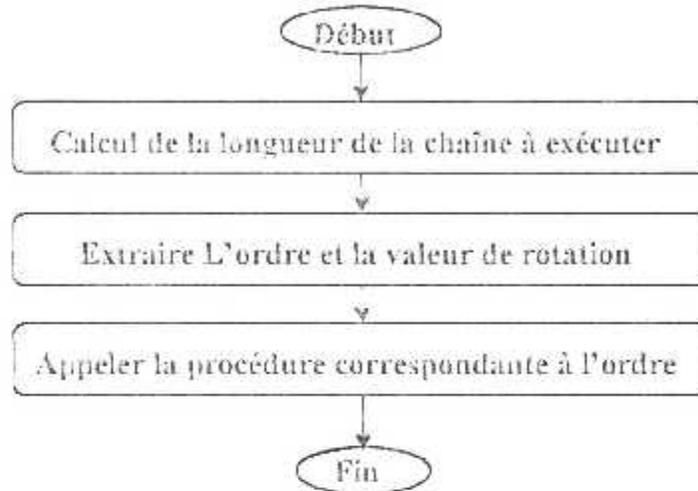
## IV.4.1 : L'organigramme général :



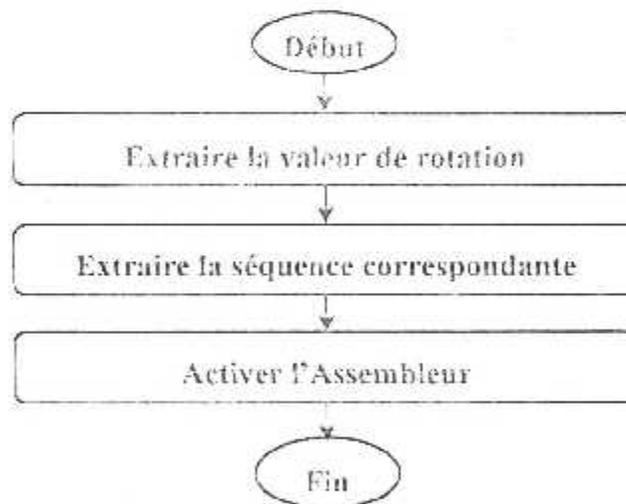
Dans la partie ' Exécuter les ordres ' deux boucles de programme sont exécutées : Execute et MID, M1G, M2D ou M2G.

L'organigramme qui suit représente la boucle Execute.

#### IV.4.2 : L'organigramme de la boucle Execute :



#### IV.4.3 : L'organigramme de la boucle MID :



Les corps des deux procédures précédentes sont développés ci-dessous.

```

procedure TForm1.Execute(Sender: TObject);
var L,i:integer;
begin
screen.cursor:=crHourglass;// afficher le curseur sablier.
accee:=false;
execute1.Enabled:=false;// désactiver le bouton execute.
Nouvel.Enabled:=false;// désactiver le bouton Nouveau.
corrige1.Enabled:=false;// désactiver le bouton Corrige.
groupbox1.Enabled:=false;//désactiver le contenant des boutons gauche droite
groupbox2.Enabled:=false;// de chaque moteur.
initialisation1.Enabled:=false; // désactiver le bouton Remise.
if check.checked then begin
  
```

```

image1.Visible:=false;
label7.caption:='L'+'angle de pas : '+floattostr(alpha); // affichage de
piquees(sender);end else begin //l'angle de pas
image1.Visible:=true;end;
for i:=0 to (listbox4.Items.Count-1) do
begin
L:=length(ListBox4.Items[i]); //Calcul de la longueur de la chaîne à exécuter
ordre:=copy((ListBox4.Items[i]),1,3); //extraire l'ordre à exécuter
valeur:=StrToInt(copy((ListBox4.Items[i]),5,1-4)); //extraire la valeur de
chaîne:='R'+ordre+' '+inttostr(valeur); //rotation
listbox2.Items.Add(chaîne);
If ordre = 'M1G' then M1G(sender) else begin end; //appel la procedure
If ordre = 'M1D' then M1D(sender) else begin end; //correspondante
If ordre = 'M2D' then M2D(sender) else begin end;
if ordre = 'M2G' then M2G(sender) else begin end;
end;
Screen.Cursor :=oldcursor; //ramener le curseur par défaut
execut1.Enabled:=true; // activer les boutons.
initialisation1.Enabled:=true;
groupbox1.Enabled:=true;
groupbox2.Enabled:=true;
Nouveau1.Enabled:=true;
corrige1.Enabled:=true;
end;

procedure TForm1.M1G(Sender: TObject);
label
ex,s1,s2,s3,s4;
begin
while valeur > 0 do
begin
if p=1 then goto s2 ;
if p=2 then goto s3 ;
if p=3 then goto s4 ;
if p=4 then goto s1 ;
s1: sortie := 1;
if acc1 then exit;
p:=p+1;
trace_le_graphe(sender); // dessiner l'animation.
action_moteurs; //Activer l'assembleur.
valeur := valeur-1;
if valeur = 0 then goto ex ;
s2: sortie := 2; // La sequence.
if acc2 then exit;
p:=p+1;
trace_le_graphe(sender);
action_moteurs;
valeur := valeur-1;
if valeur = 0 then goto ex ;
s3: sortie := 4;
if acc3 then exit;
p:=p+1;
trace_le_graphe(sender);
action_moteurs;
valeur := valeur-1;
if valeur = 0 then goto ex ;
s4: sortie := 8;
if acc4 then exit;
p:=p+1;
trace_le_graphe(sender);
action_moteurs;
valeur := valeur-1;
ex:

```

end;  
end;

IV.5: Exemple d'application:

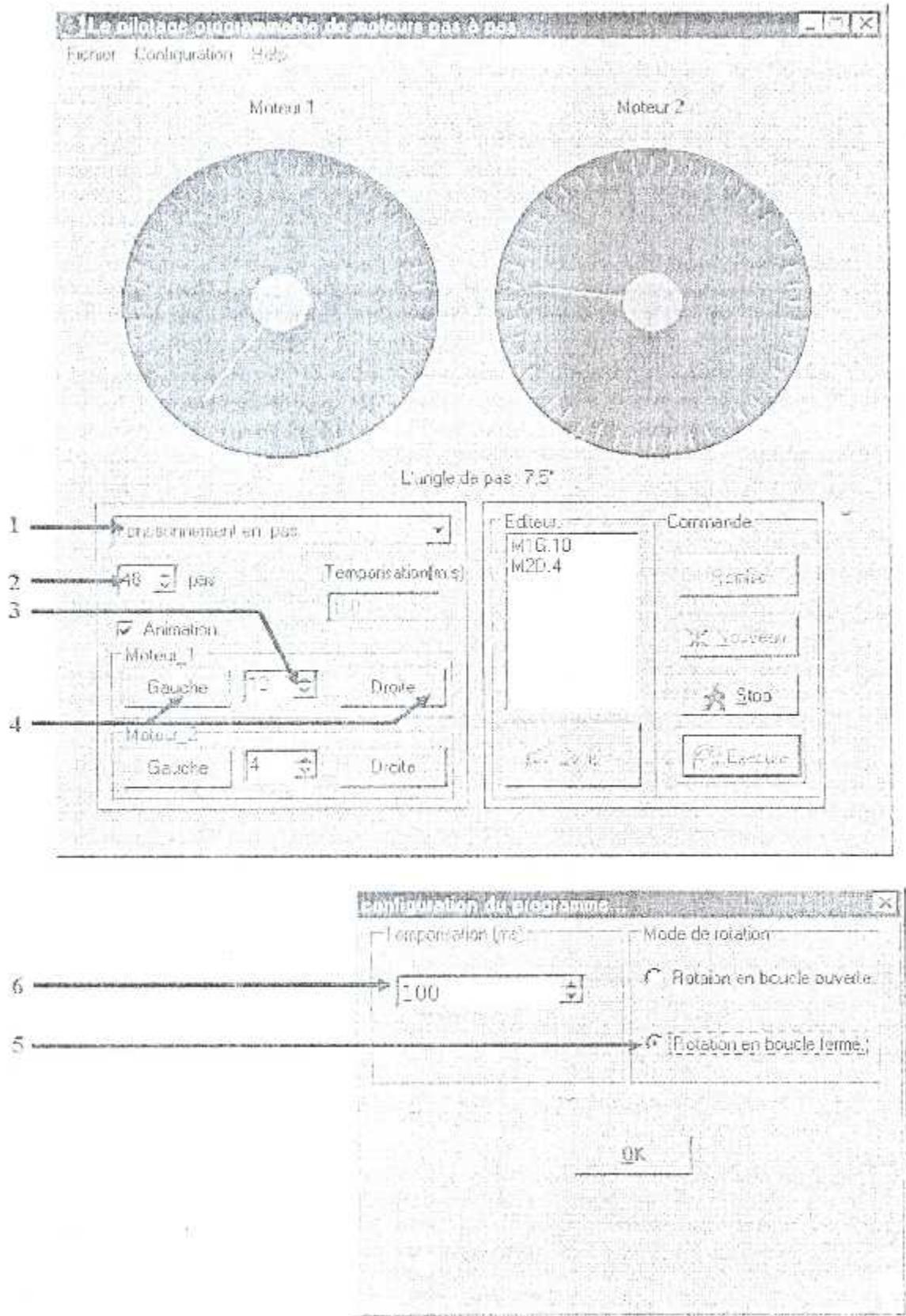


Figure IV.5: Exemple d'application.

**IV.5.1: Légende:**

- (1) : Spécifier de mode de fonctionnement.
- (2) : Introduire le nombre de pas par moteur.
- (3) : Introduire le nombre de pas à effectuer.
- (4) : Introduire le sens de rotation.
- (5) : Introduire le mode de rotation.
- (6) : Spécifier la vitesse (temporisation).

Dans le cas décrit ci-dessus, les ordres à exécuter par les moteurs sont:

- M1G,10 : le moteur 1 avance à gauche de 10 pas.
- M2D,4 : Le moteur 2 avance à droite de 4 pas.

Dés que l'appui sur le bouton exécute, le moteur 1 va effectuer 10 pas à gauche et le moteur 2 va effectuer 4 pas à droite, et cela d'une façon périodique mentionné par l'étape (5).

## CONCLUSION GENERALE

Cette étude met en oeuvre et combine la pratique de l'électronique, l'électrotechnique avec celle de l'informatique par le biais de techniques simples.

Ce travail préliminaire nous a permis d'étudier et de réaliser une carte de commande piloté par le port Centronics d'un PC et qui fera la liaison entre le micro-ordinateur et le périphérique.

Nous avons mis en oeuvre un programme écrit en DELPHI qui permet de programmer l'allumage des 8 LEDS du circuit de test et la mise en route et l'arrêt des moteurs. Notre circuit de test a bien fonctionné, mais malheureusement nous n'avons pas trouvé les moteurs en question.

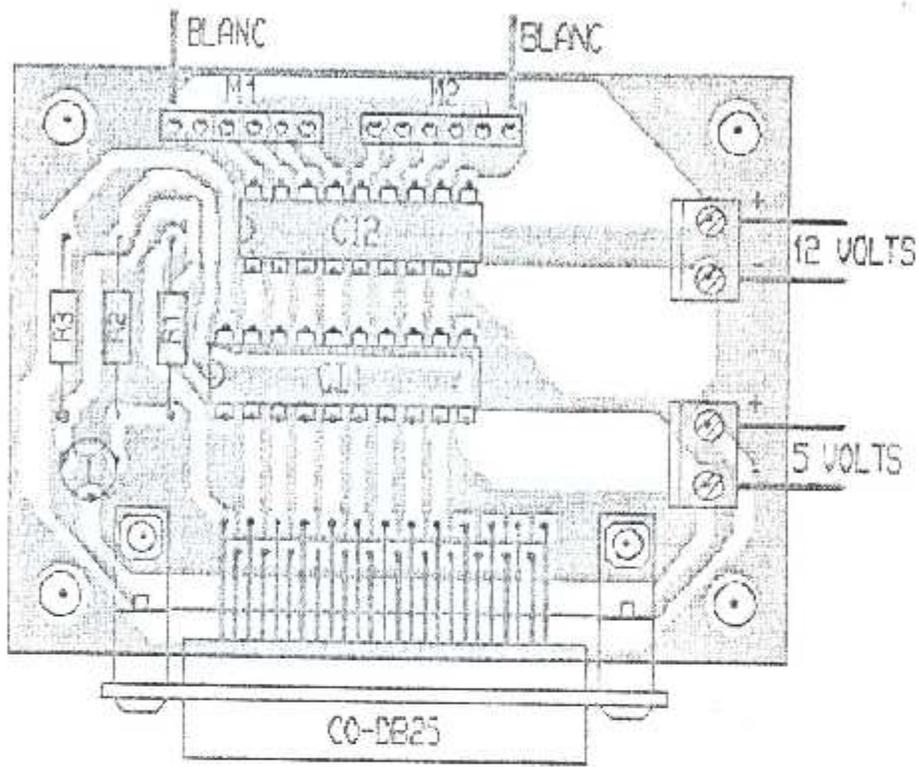
Par suite de nombreuses applications, notre carte touche plusieurs fonctions:

- Pilotage d'une antenne parabolique.
- Pilotage d'un mouvement d'un radar.
- Positionnement des panneaux solaires en fonction de la position du soleil.
- Commande proportionnelle de volets de ventilation.
- Construction d'un bras articulé à plusieurs axes dans le domaine de la robotique.
- Industrie.

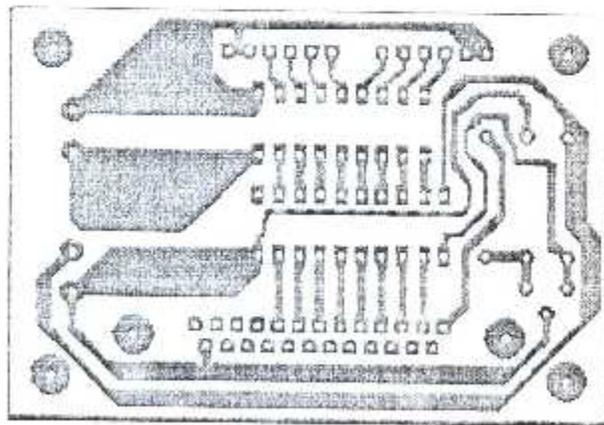
En fin, nous espérons que cette réalisation servira pour les futures promotions comme un outil de base de réflexion pour d'autres projets.

# Annexe

# ANNEXE



L'implantation des composants



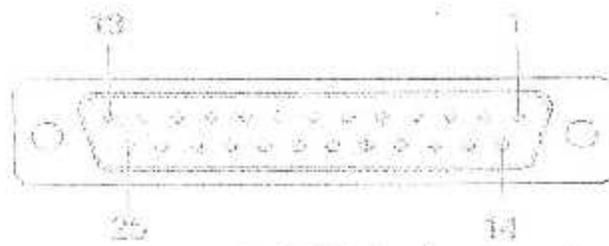
Le circuit imprimé de la carte

### Caractéristiques électriques de l'ULN2803A :

Le tableau suivant montre les caractéristiques générales de buffers

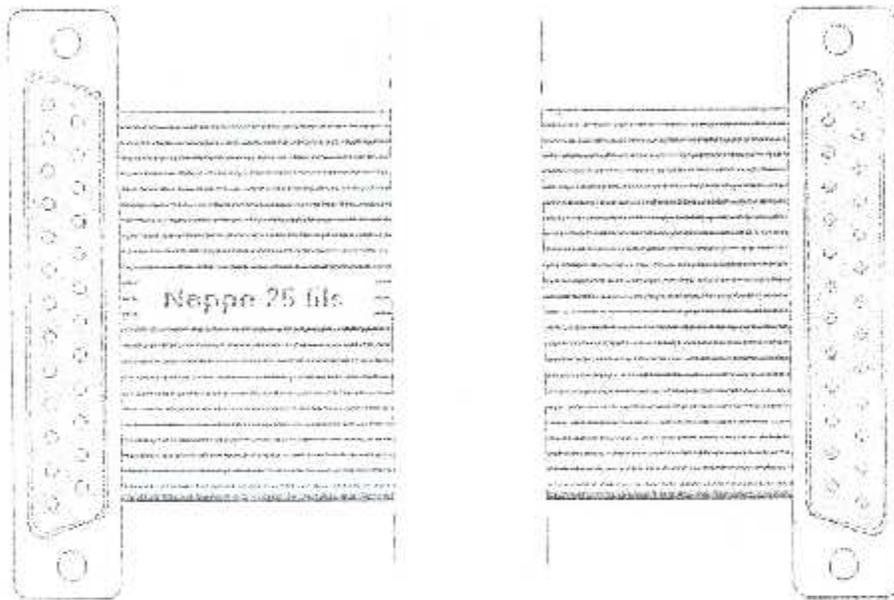
Symbole	Paramètre	Test conditions	Min	Typ	Max	Unité	
$I_{cex}$	Output leakage current	$V_{ce} = 50V$ $Temp = 70^{\circ}C$			50	$\mu A$	
					100	$\mu A$	
$V_{ce(sat)}$	Collector-emitter Saturation voltage	$I_c = 100mA, I_b = 250\mu A$ $I_c = 200mA, I_b = 350\mu A$ $I_c = 350mA, I_b = 500\mu A$		0.9	1.1	V	
					1.1	1.3	V
					1.3	1.6	V
$I_i(on)$	Input current	$ V_i  = 3.85V$		0.93	1.35	mA	
$I_i(off)$	Input current	$Temp = 70^{\circ}C, I_c = 500\mu A$	50	65		$\mu A$	
$V_i(on)$	Input voltage	$V_{ce} = 2V$ $I_c = 200mA$ $I_c = 250mA$ $I_c = 300mA$			2.4	V	
					1.7	V	
					8	V	
$C_i$	Input capacitance			15	25	pF	
$t_{PLH}$	Turn-on delay time	$0.5V_i$ to $0.5V_o$		0.25	1	$\mu s$	
$t_{PLH}$	Turn-off delay time	$0.5V_i$ to $0.5V_o$		0.25	1	$\mu s$	
$I_r$	Clamp diode leakage current	$V_r = 50V$ $Temp = 70^{\circ}C$			50	$\mu A$	
					100	$\mu A$	
$V_f$	Clamp diode forward voltage	$I_f = 300mA$		1.7	2	V	

Connecteur du port parallèle.



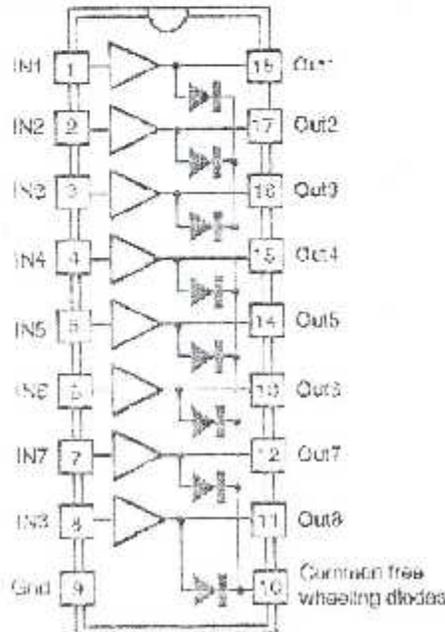
Connecteur SUB-D 25 points femelle

Fabrication du câble de liaison sur port parallèle.

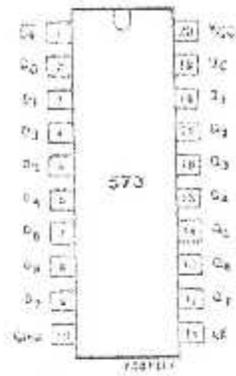


Connecteur DB25 mâle à sertir

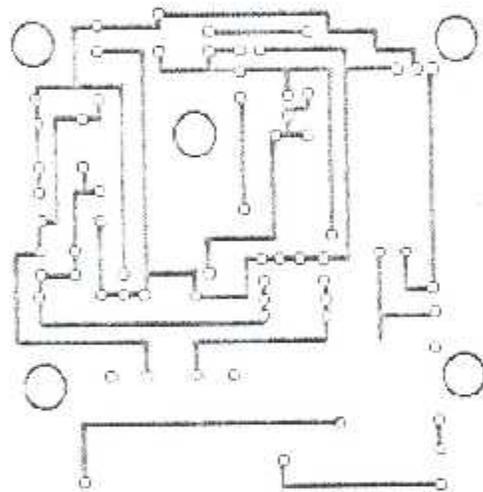
Connecteur DB25 fem. à sertir



Brochage de L'ULN 2803 A



Brochage de 74HC573



Alimentation externe 12/5V

## REGULATEUR 7805

### DESCRIPTION :

La serie de ces régulateurs à trois broches, sont des régulateurs qui peuvent procurer une régulation locale éliminant les problèmes dus à une alimentation unique. Chaque type de régulateur possède une protection en courant, une protection thermique et de nombreuses autres protections les rendants pratiquement indestructibles.



### PARTICULARITES :

- Courant de sortie : 1,5 A
- Tension de sortie : 5 V
- Protection thermique
- Protection contre les courts-circuit

### APPLICATIONS :

Régulateur de courant ou de tension soit fixe ou variable.

# DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information
- The IC06 74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines

## 74HC/HCT573

Octal D-type transparent latch;  
3-state

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC06

December 1990

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

## Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

## FEATURES

- Inputs and outputs on opposite sides of package allowing easy interface with microprocessors
- Useful as input or output port for microprocessors/microcomputers
- 3-state non-inverting outputs for bus oriented applications
- Common 3-state output enable input
- Functionally identical to the "563" and "373"
- Output capability: bus driver
- $I_{CC}$  category: MSI

## GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT573 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LS<sup>2</sup>TTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT573 are octal D-type transparent latches featuring separate D-type inputs for each latch and 3-state outputs for bus oriented applications.

A latch enable (LE) input and an output enable ( $\overline{OE}$ ) input are common to all latches.

The "573" consists of eight D-type transparent latches with 3-state true outputs. When LE is HIGH, data at

the  $D_n$  inputs enter the latches. In this condition the latches are transparent, i.e. a latch output will change state each time its corresponding D-input changes.

When LE is LOW the latches store the information that was present at the D-inputs a set-up time preceding the HIGH-to-LOW transition of LE.

When  $\overline{OE}$  is LOW, the contents of the 8 latches are available at the outputs. When  $\overline{OE}$  is HIGH, the outputs go to the high impedance OFF-state. Operation of the  $\overline{OE}$  input does not affect the state of the latches.

The "573" is functionally identical to the "563" and "373", but the "563" has inverted outputs and the "373" has a different pin arrangement.

## QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V;  $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ ;  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
$t_{PHL}$ $t_{PLH}$	propagation delay	$C_L = 15\text{ pF}$ ; $V_{CC} = 5\text{ V}$			
	$D_n$ to $Q_n$		14	17	ns
	LE to $Q_n$		15	15	ns
$C_i$	input capacitance		3.5	3.5	pF
$C_{PD}$	power dissipation capacitance per latch	notes 1 and 2	26	26	pF

## Notes

1.  $C_{PD}$  is used to determine the dynamic power dissipation ( $P_D$  in  $\mu\text{W}$ ):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

$f_i$  = input frequency in MHz;  $f_o$  = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$  = sum of outputs

$C_L$  = output load capacitance in pF;  $V_{CC}$  = supply voltage in V

2. For HC the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC}$ ; for HCT the condition is  $V_i = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

## ORDERING INFORMATION

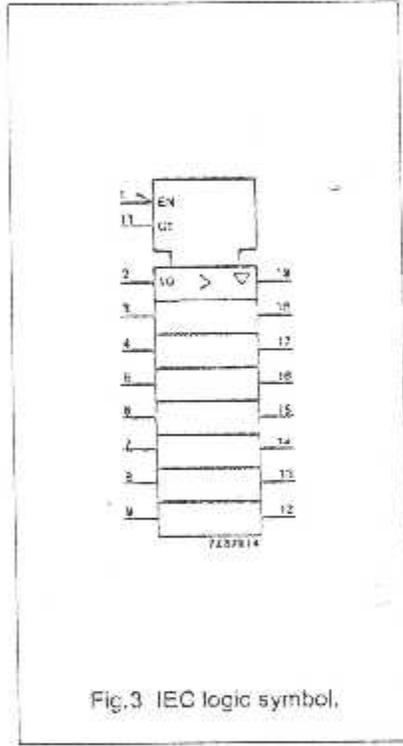
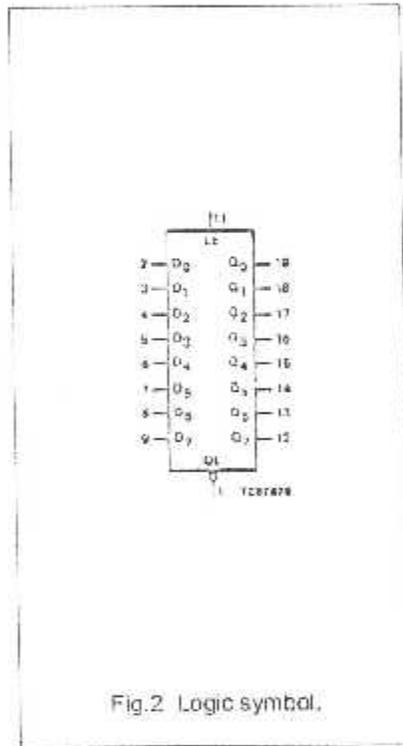
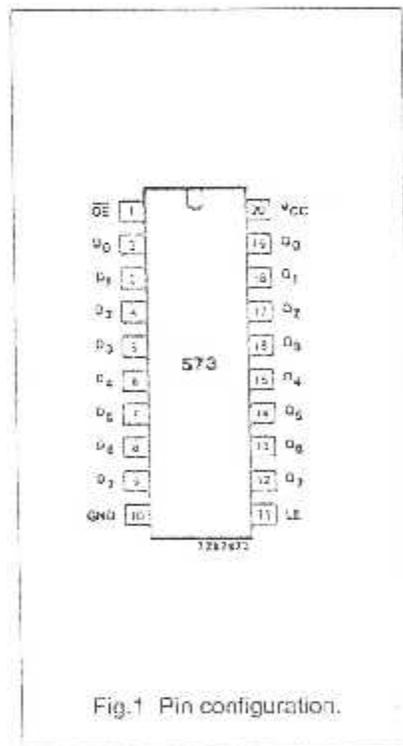
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	D <sub>0</sub> to D <sub>7</sub>	data inputs
11	LE	latch enable input (active HIGH)
1	$\overline{OE}$	3-state output enable input (active LOW)
10	GND	ground (0 V)
19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12	Q <sub>0</sub> to Q <sub>7</sub>	3-state latch outputs
20	V <sub>CC</sub>	positive supply voltage



Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

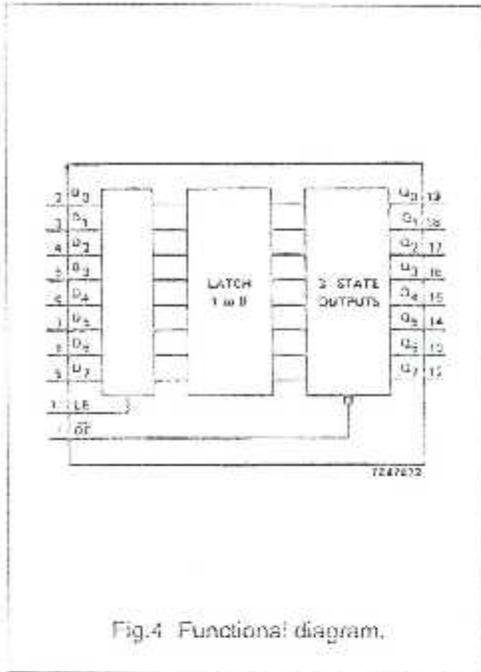


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL LATCHES	OUTPUTS
	OE	LE	D <sub>N</sub>		Q <sub>0</sub> to Q <sub>7</sub>
enable and read register (transparent mode)	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
latch and read register	L	L	l	L	L
	L	L	h	H	H
latch register and disable outputs	H	L	l	L	Z
	H	L	h	H	Z

Notes

- 1. H = HIGH voltage level
- h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
- L = LOW voltage level
- l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW LE transition
- Z = high impedance OFF-state

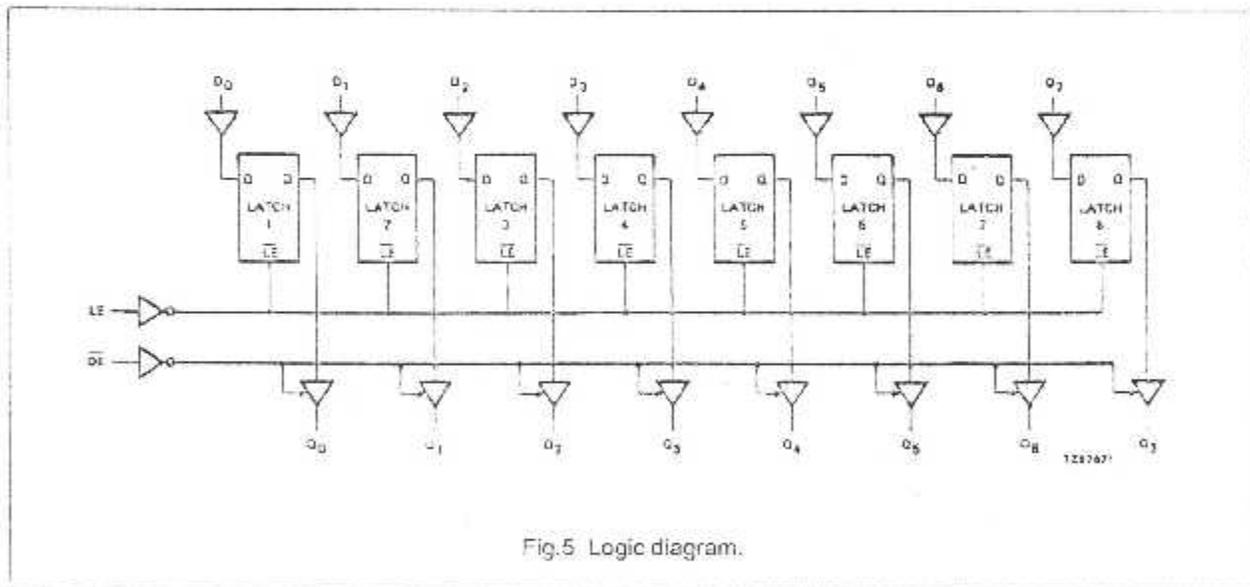


Fig.5 Logic diagram.

## Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: bus driver

I<sub>CC</sub> category: MSI

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HC							V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay D <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>	47	150		190		225	ns	2.0	Fig.6	
		17	30		38		45		4.5		
		14	26		33		38		6.0		
t <sub>PHL</sub> /t <sub>PLH</sub>	propagation delay LE to Q <sub>n</sub>	50	150		190		225	ns	2.0	Fig.7	
		18	30		38		45		4.5		
		14	26		33		38		6.0		
t <sub>PZH</sub> /t <sub>PZL</sub>	3-state output enable time OE to Q <sub>n</sub>	44	140		175		210	ns	2.0	Fig.8	
		16	28		35		42		4.5		
		13	24		30		36		6.0		
t <sub>PZH</sub> /t <sub>PZL</sub>	3-state output disable time OE to Q <sub>n</sub>	55	150		190		225	ns	2.0	Fig.8	
		20	30		38		45		4.5		
		16	26		33		38		6.0		
t <sub>THL</sub> /t <sub>TLH</sub>	output transition time	14	60		75		90	ns	2.0	Fig.6	
		5	12		15		18		4.5		
		4	10		13		15		6.0		
t <sub>w</sub>	enable pulse width HIGH	80	14		100		120	ns	2.0	Fig.7	
		16	5		20		24		4.5		
		14	4		17		20		6.0		
t <sub>su</sub>	set-up time D <sub>n</sub> to LE	50	11		65		75	ns	2.0	Fig.9	
		10	4		13		15		4.5		
		9	3		11		13		6.0		
t <sub>h</sub>	hold time D <sub>n</sub> to LE	5	3		5		5	ns	2.0	Fig.9	
		5	1		5		5		4.5		
		5	1		5		5		6.0		

## Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

## DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: bus driver

I<sub>CC</sub> category: MSI

## Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current ( $\Delta I_{CC}$ ) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine  $\Delta I_{CC}$  per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
D <sub>n</sub>	0.35
LE	0.65
OE	1.25

## AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

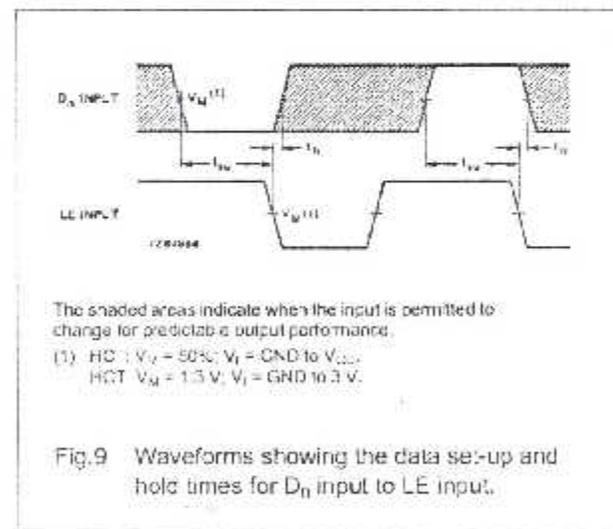
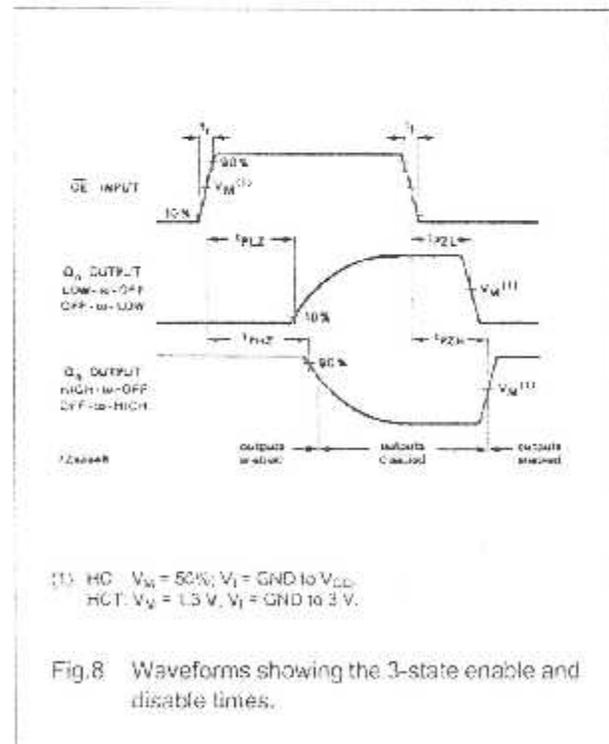
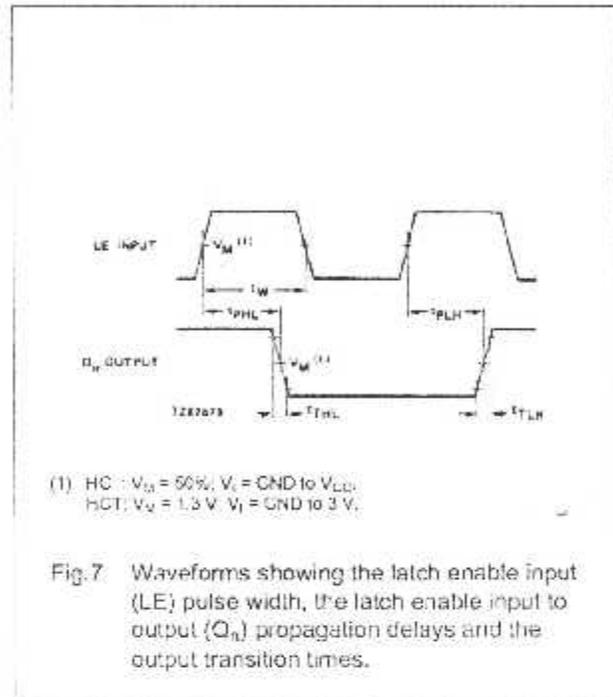
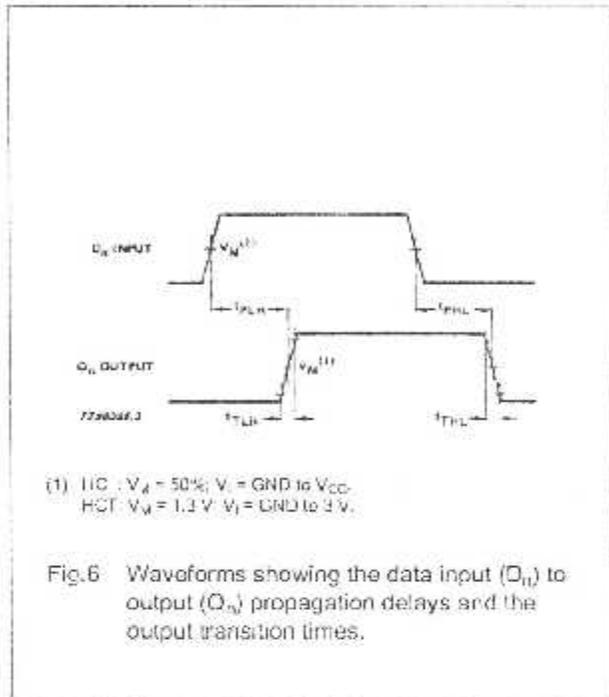
GND = 0 V; t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 5 ns; C<sub>L</sub> = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T <sub>amb</sub> (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HCT							V <sub>CC</sub> (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay D <sub>n</sub> to Q <sub>n</sub>		20	35		44		53	ns	4.5	Fig.6
t <sub>PHL</sub> / t <sub>PLH</sub>	propagation delay LE to Q <sub>n</sub>		18	35		44		53	ns	4.5	Fig.7
t <sub>PZH</sub> / t <sub>PZL</sub>	3-state output enable time OE to Q <sub>n</sub>		17	30		38		45	ns	4.5	Fig.8
t <sub>PZH</sub> / t <sub>PZL</sub>	3-state output disable time OE to Q <sub>n</sub>		13	30		38		45	ns	4.5	Fig.8
t <sub>RH</sub> / t <sub>RL</sub>	output transition time		5	12		15		18	ns	4.5	Fig.6
t <sub>w</sub>	enable pulse width HIGH	16	5		20		24		ns	4.5	Fig.7
t <sub>su</sub>	set-up time D <sub>n</sub> to LE	13	7		16		20		ns	4.5	Fig.9
t <sub>h</sub>	hold time D <sub>n</sub> to LE	9	4		11		14		ns	4.5	Fig.9

Octal D-type transparent latch; 3-state

74HC/HCT573

AC WAVEFORMS



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HC1/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".

# DATA SHEET



## **2N2222; 2N2222A** NPN switching transistors

Product specification  
Supersedes data of September 1994  
File under Discrete Semiconductors, SC04

1997 May 29

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

## FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

## APPLICATIONS

- Linear amplification and switching.

## DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.  
PNP complement: 2N2907A.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

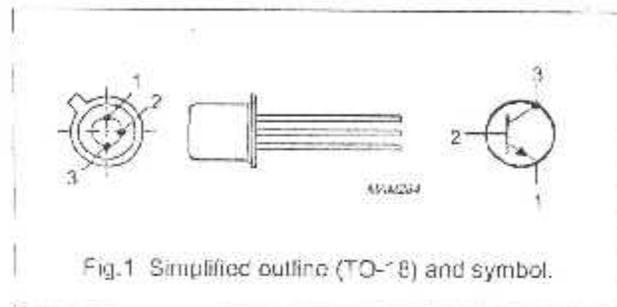


Fig.1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

## QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CB0}$	collector-base voltage 2N2222 2N2222A	open emitter	-	60	V
			-	75	V
$V_{CE0}$	collector-emitter voltage 2N2222 2N2222A	open base	-	30	V
			-	40	V
$I_C$	collector current (DC)		-	800	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	-	500	mW
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	-	
$f_T$	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	-	MHz
			300	-	MHz
$t_{off}$	turn-off time	$I_{C(on)} = 150\text{ mA}; I_{B(on)} = 15\text{ mA}; I_{B(off)} = -15\text{ mA}$	-	250	ns

## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CB0}$	collector-base voltage	open emitter			
	2N2222		-	30	V
	2N2222A		-	75	V
$V_{CE0}$	collector-emitter voltage	open base			
	2N2222		-	30	V
	2N2222A		-	40	V
$V_{EB0}$	emitter-base voltage	open collector			
	2N2222		-	5	V
	2N2222A		-	6	V
$I_C$	collector current (DC)		-	800	mA
$I_{CM}$	peak collector current		-	800	mA
$I_{BM}$	peak base current		-	200	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	500	mW
		$T_{case} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$	-	1.2	W
$T_{stg}$	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	junction temperature		-	200	$^\circ\text{C}$
$T_{amb}$	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	in free air	350	K/W
$R_{th(j-c)}$	thermal resistance from junction to case		146	K/W

## NPN switching transistors

## 2N2222; 2N2222A

## CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current 2N2222	$I_E = 0; V_{CB} = 50\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 50\text{ V}; T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	10	$\mu\text{A}$
$I_{CBO}$	collector cut-off current 2N2222A	$I_E = 0; V_{CB} = 60\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 60\text{ V}; T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	10	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 3\text{ V}$	–	10	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 0.1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	35	–	
		$I_C = 1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	60	–	
		$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V};$ note 1	50	–	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V};$ note 1	100	300	
$h_{FE}$	DC current gain 2N2222A	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$	35	–	
$h_{FE}$	DC current gain 2N2222 2N2222A	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V};$ note 1	30	–	
			40	–	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA};$ note 1	–	400	mV
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA};$ note 1	–	1.6	V
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA};$ note 1	–	300	mV
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA};$ note 1	–	1	V
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA};$ note 1	–	1.3	V
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA};$ note 1	–	2.6	V
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA};$ note 1	0.6	1.2	V
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA};$ note 1	–	2	V
$C_c$	collector capacitance	$I_E = I_B = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	8	pF
$C_e$	emitter capacitance 2N2222A	$I_C = I_E = 0; V_{EB} = 500\text{ mV}; f = 1\text{ MHz}$	–	25	pF
$f_T$	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	–	MHz
			300	–	MHz
F	noise figure 2N2222A	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	4	dB

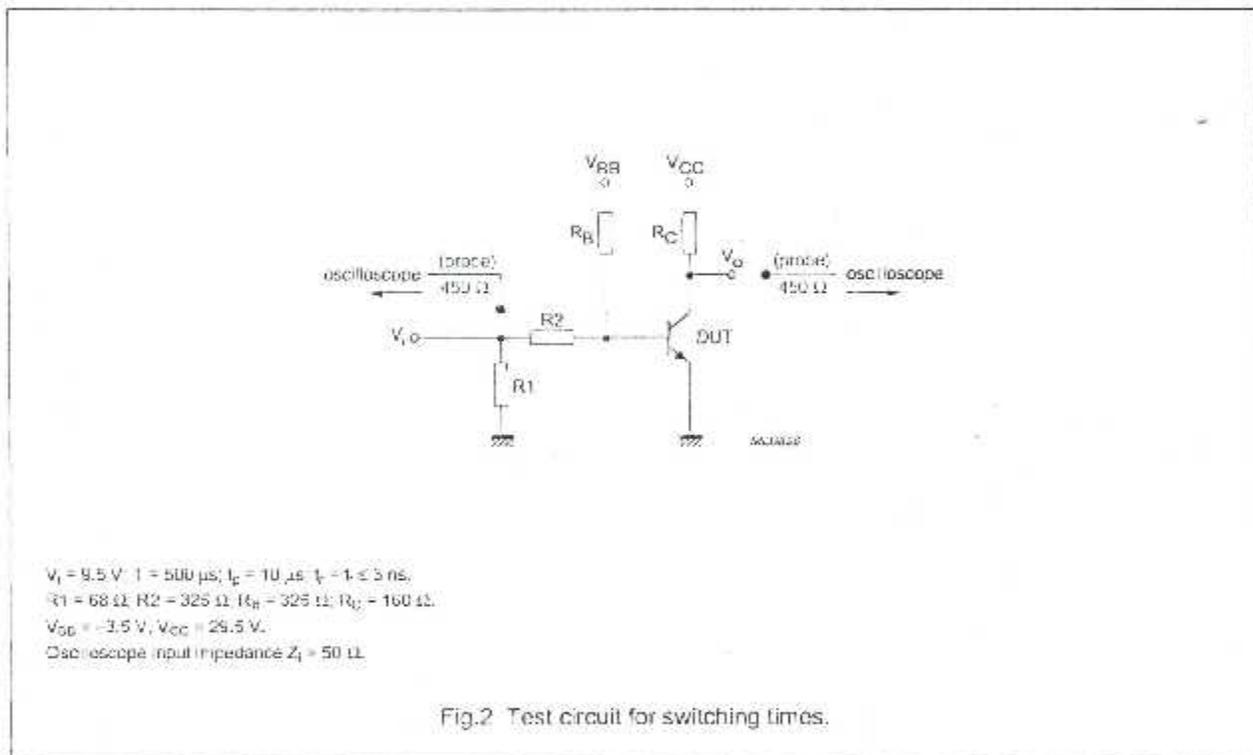
NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
$t_{on}$	turn-on time	$I_{Con} = 150 \text{ mA}; I_{Bcn} = 15 \text{ mA}; I_{Bof} = -15 \text{ mA}$	-	35	ns
$t_d$	delay time		-	10	ns
$t_r$	rise time		-	25	ns
$t_{off}$	turn-off time		-	250	ns
$t_s$	storage time		-	200	ns
$t_f$	fall time		-	60	ns

Note

1. Pulse test:  $t_p \leq 300 \mu\text{s}; \delta \leq 0.02$ .



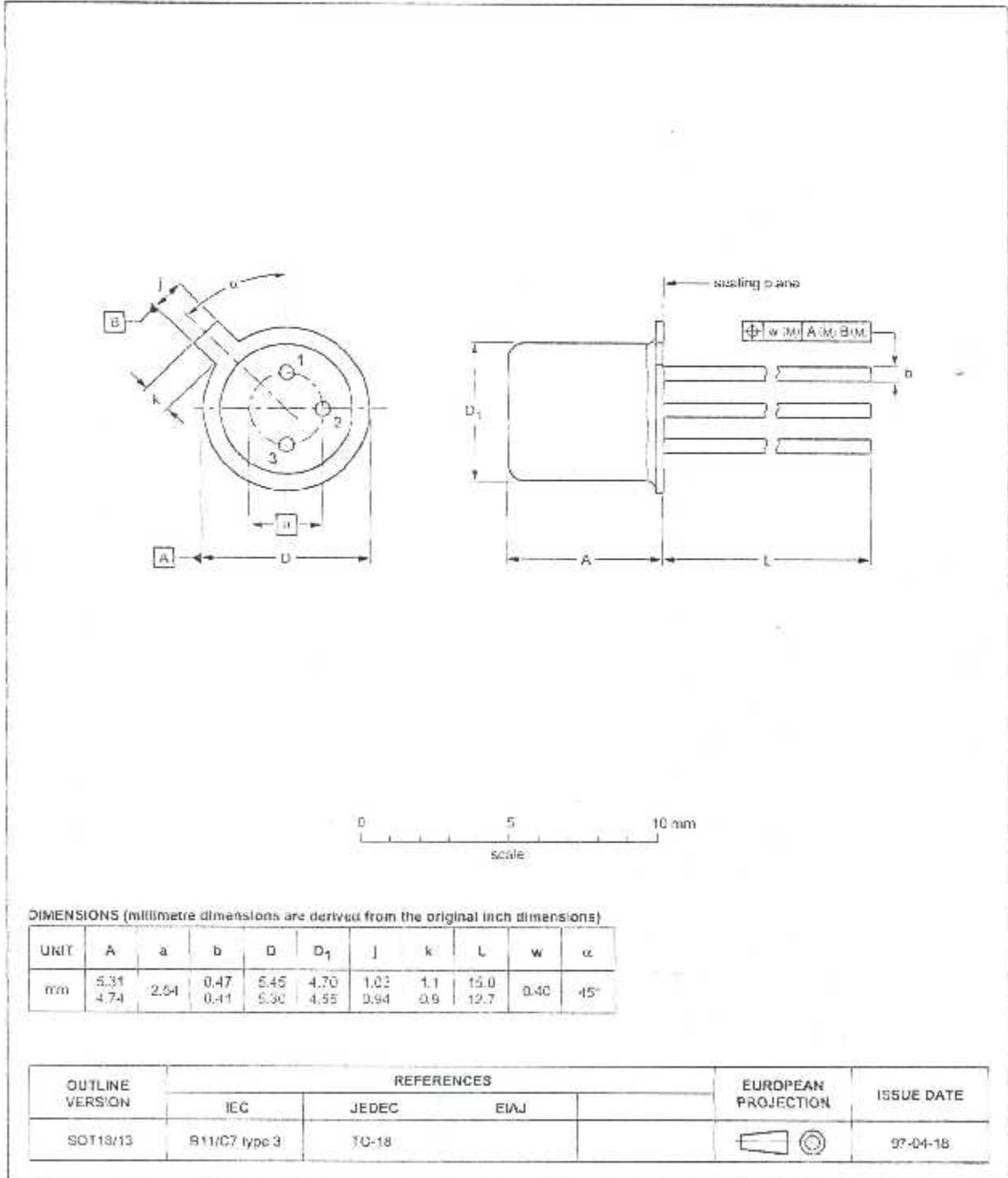
NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

PACKAGE OUTLINE

Metal-can cylindrical single-ended package; 3 leads

SOT18/13



## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

## DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

## LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

# Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,  
Tel. +61 2 9605 4455, Fax. +61 2 9605 4165

Austria: Compulast, E. A-1101 WFN, P.O. Box 213,  
Tel. +43 1 60 101, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Mirak Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,  
220050 MINSK, Tel. +375 172 200 733, Fax. +375 172 200 773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoprojekt, 15th floor,  
31 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,  
Tel. +359 2 680 211, Fax. +359 2 685 102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,  
Tel. +1 800 234 7381

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,  
72 Tai Chee Avenue, Kwun Tong, HONG KONG,  
Tel. +852 2519 7688, Fax. +852 2519 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Prags Boulevard 80, PB 1919, DK-2300 COPENHAGEN 3,  
Tel. +45 32 84 2636, Fax. +45 31 57 0044

Finland: Sinikka, Oulu 3, FIN 02630 ESPOO,  
Tel. +358 9 815600, Fax. +358 9 61580970

France: 4 Rue du Port-aux-Vins, BP317, 92166 SURESNES Cedex,  
Tel. +33 1 40 99 6161, Fax. +33 1 40 99 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,  
Tel. +49 40 23 53 60, Fax. +49 40 23 535 300

Greece: No. 15, 25th March Street, GR 17778 TAVROS/ATHENS,  
Tel. +30 1 4851 309/225, Fax. +30 1 4814 240

Hungary: see Austria

India: Philips India Ltd. Shivsagar Estate, A Block, Dr. Annie Besant Rd.,  
Worli, MUMBAI 400 018, Tel. +91 22 4938 641, Fax. +91 22 4938 722

Indonesia: see Singapore

Ireland: Newstead, Clonsilla, DUBLIN 14,  
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Keneset Saaroni St. PO Box 15053,  
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0411, Fax. +972 3 645 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza V. Novembre 3,  
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2307

Japan: Philips Eidg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku, TOKYO 106,  
Tel. +81 3 3740 6130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 250-188 Inseon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,  
Tel. +82 2 736 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,  
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4080

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,  
Tel. +5 5 800 234 7381

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,  
Tel. +31 40 27 82765, Fax. +31 40 27 89399

New Zealand: 7 Wigram Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,  
Tel. +64 9 819 4150, Fax. +64 9 819 7911

Norway: Sox 1, Manglerud 0612, OSLO,  
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,  
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,  
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukasa 10, PL 04-123 WARSZAWA,  
Tel. +48 22 612 2631, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,  
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 9519

Singapore: Lorong 1, Tua Payoh, SINGAPORE 1251,  
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 8500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S. A. PHILIPS Pty Ltd., 155-215 Main Road Marikandale,  
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430, Johannesburg 2002,  
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 476 5494

South America: Rua do Rio do 220, 5th floor, Suite 51,  
04552-903 São Paulo, SAO PAULO - SP, Brazil,  
Tel. +55 11 821 2000, Fax. +55 11 829 1549

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,  
Tel. +34 3 301 6312, Fax. +34 3 301 4137

Sweden: Kolbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,  
Tel. +46 8 632 2000, Fax. +46 8 632 2745

Switzerland: Almenochstrasse 140, CH 8027 ZURICH,  
Tel. +41 1 488 2680, Fax. +41 1 481 7730

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,  
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2855, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) LTD.,  
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,  
Tel. +66 2 745 4080, Fax. +66 2 368 0793

Turkey: Taksim Cad. No. 5, 80840 GÜLTEPE/ISTANBUL,  
Tel. +90 212 776 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Euljdng B, Floor 7,  
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 264 0451

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,  
MIDDLESEX UB8 3PX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 911 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94086 3409,  
Tel. +1 800 234 7381

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5A, 11000 BEOGRAD,  
Tel. +381 11 625 344, Fax. +381 11 635 777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors, Marketing & Sales Communications,  
Building BE-p, P.O. Box 219, 5000 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24325

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V., 1997

SCA51

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequences of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

11734702-02.ppt

Date of release: 1997 May 29

Document order number: 5367 750 02101

*Let's make things better.*

Philips  
Semiconductors



PHILIPS

## NOMENCLATURE

### Carte d'interface:

IC1 : 74HC573.

IC2 : ULN2803A.

R1 = 31 $\Omega$ , R2 = 12 K $\Omega$ , R3 = 24 K $\Omega$ .

Transistor: 2N2222A.

Connecteur male DB25 (25 Broches).

2 Moteurs pas a pas type unipolaire.

### Carte de test :

R1...R8 : 330 $\Omega$ .

8 leds  $\phi$ 5 mm (Rouge).

### Alimentation externe:

Transformateur 220/15V - 0,6A.

C1: 1000  $\mu$ F.

C2: 47  $\mu$ F.

C3: 1  $\mu$ F.

Régulateurs: LM7812, LM7805.

Led  $\phi$ 5 mm (Rouge).

R: 2,4K $\Omega$ .

# Bibliographie

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] : **G. APRUZZESE-CO & FRAULY** 1986  
IBM P.C du laboratoire à l'industrie.  
Édition DUNOD
- [2] : **A. GHOULI** 1994  
Les lignes de transmission.  
Edition BULL.
- [3] : **STEVE LEIBSON** 1981  
Mannet des interfaces  
Édition : McGRAW-HILL
- [4] : **B-abdelghani et Z-amar** 1996  
Réalisation d'une carte d'acquisition  
de donnée et d'un système de contrôle commandé par PC.  
Thèse d'ingénieur d'état en électronique. Institut d'électronique de  
Blida.
- [5] : **Boudiaf.M/Hireche.M** 2000  
La commande d'un moteur pas à pas par PC.  
Thèse d'ingénieur d'état, option avionique,  
Institut d'Aéronautique de Blida.
- [6]: **P.P.ACARLEY** 1984  
Stepping Motor: a guide to modern theory and practice.  
Edition: Peter Peregrinus Ltd (London).
- [7]: **E. DERET – HOBBYTRONIC** 1992  
LES MOTEURS PAS A PAS n° 12 - janvier.
- [8] : **F.CHEMAMI/L.BELHIA** 1993  
Etude et réalisation d'une carte  
d'interface Centronics bidirectionnel.  
Thèse d'ingénieur d'état en électronique.  
Institut d'électronique de Blida.
- [9] : **Programmation Delphi pour windows.** 1994  
Philips Spoljar, edition business soft.

[10] : KENT REISDORPH.  
BORLAND DELPHI 4.

2000

[11] : électronique pratique CD-ROM.

1997