

Sommaire

Principe	2
Fonction.....	2
Problématique.....	2
Sorties logiques.....	2
Actionneurs utilisables.....	2
Brochage d'un micro-contrôleur, le PIC de Microchip.....	3
Exemple le PIC 16F886.....	3
Interfaçage.....	3
Isolement.....	3
Amplification.....	4
Schémas.....	4
Programmation TOR.....	5
Syntaxe.....	5
Exemple Bit.....	5
Exemple Port.....	5
Exemple Masque.....	5
Les moteurs.....	6
Le moteur à courant continu (voir cours ET).....	6
Utilisation un seul sens de rotation.....	6
Gestion de la fréquence de rotation.....	6
Programmation.....	8
Changement du sens de rotation.....	8
Rappel.....	9
Le pont en H.....	9
Théorie.....	9
En pratique.....	10
Nous pouvons utiliser un composant spécifique tel que le L6203 (Pont en H) voir ci-dessous.....	10
Programmation.....	10
La programmation nécessite une sortie PWM. Cette sortie est connectée sur la broche " ENABLE " du L6203.....	10
Deux sorties " TOR " sont utilisées pour définir le sens de rotation.....	10
Exemple.....	10
Réglage du rapport cyclique.....	10
Si Sens=1 faire.....	10
Activer PWM1.....	10
Mettre à 1 la sortie A0.....	10
Sinon.....	10
Activer PWM1.....	10
Mettre à 1 la sortie A1.....	10
La sortie PWM est " Disable " plus loin dans le programme pour arrêter le moteur.....	11
Les moteurs pas à pas.....	12
Les moteurs à aimant permanent.....	12
Le moteur unipolaire.....	12
Fonctionnement.....	12
Le moteur bipolaire.....	13
Fonctionnement.....	13
Caractéristiques principales.....	13
Les moteurs à reluctance variable.....	13
Fonctionnement.....	13
Caractéristiques.....	13
Les moteurs hybrides.....	14
Fonctionnement.....	14
Comparaison des trois types de moteurs.....	14
Commande des moteurs pas à pas.....	15
Programmation.....	15

Principe

Fonction



Problématique

Les ports des micro-contrôleurs ne permettent de délivrer qu'un courant faible (inférieur à 25mA pour les PICBASIC, PIC...).

Il est donc nécessaire d'intercaler un étage de puissance dès que cette valeur est dépassée.

Sorties logiques

Sorties logiques, le signal ne présente que deux états, ou deux niveaux (niveau haut=1 niveau bas=0). La tension est de 5 Volt au niveau haut et de 0 Volt au niveau bas.

Actionneurs utilisables

Tous types d'actionneurs sont utilisables, particulièrement:

- Voyants (DEL, lampes...)
- Afficheurs (LCD texte, LCD Graphique, 7 Seg...)
- Moteurs à courant continu
- Moteurs à courant alternatifs (asynchrones, synchrones...)
- Moteurs pas à pas
- Servomoteurs
- Buzzer, HP
- Résistances chauffantes
- Électrovanne



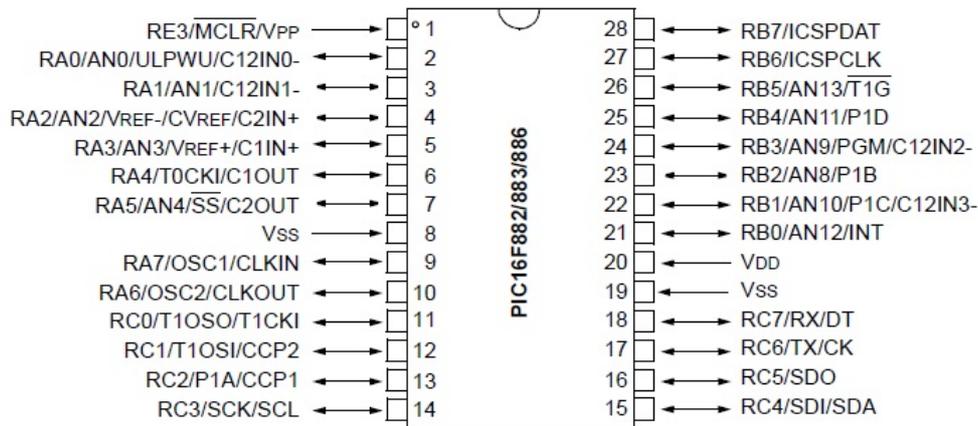
Brochage d'un micro-contrôleur, le PIC de Microchip

Les broches de sortie d'un micro-contrôleur sont identifiables par la lettre R. Tous les ports ne peuvent pas être utilisés en entrée et en sortie, contrôler le sens de la flèche.

Certaines broches peuvent avoir un usage pour des sorties spécifiques:

Exemple le PIC 16F886

- CCP1 et CCP2 sont du type PWM (détaillé plus loin) pour la commande en vitesse de moteurs CC.
- RX et TX permet de piloter une liaison série (RS232 ou USB).
- Sur le 16F886 toutes les broches RA, RB et RC (3 ports de 8bits) sont en entrée/sortie.

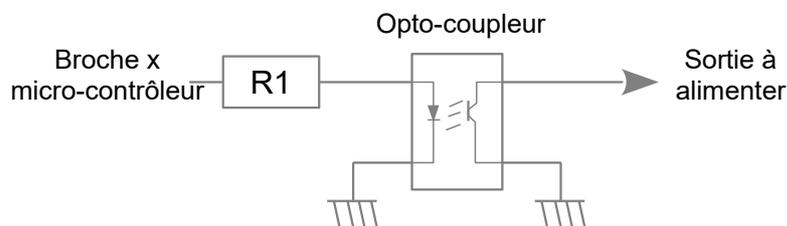


Interfaçage

Comme nous l'avons vu précédemment, les ports d'un micro-contrôleur ne peuvent délivrer qu'un courant faible (inférieur à 25 mA par sortie et 90mA cumulé). Pour protéger ce dernier il faut établir un étage de puissance et d'isolement.

Isolement

Dans un soucis d'isolement nous pouvons utiliser un opto-coupleur pour séparer électriquement le port et la partie puissance. La résistance R1 (loi d'ohm) permet de limiter le courant sur la broche du micro-contrôleur.



Amplification

Deux cas peuvent imposer un étage de puissance, soit la tension d'utilisation de l'actionneur est différente de celle du micro-contrôleur (ex: lampe 12 Volt) soit le courant nécessaire est supérieur à la limite admissible par celui-ci (25 mA).

L'amplification peut-être obtenue à partir de:

- Transistors
- Relais

L'utilisation de transistors permet une fréquence de commutation plus élevée que ne le permet un relais (inerties mécaniques).

Schémas

- Utilisation d'un transistor de puissance.

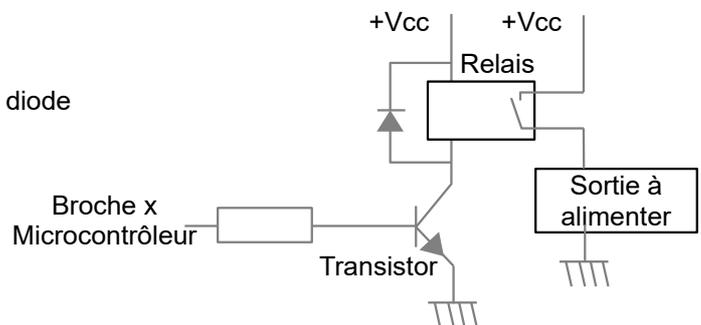
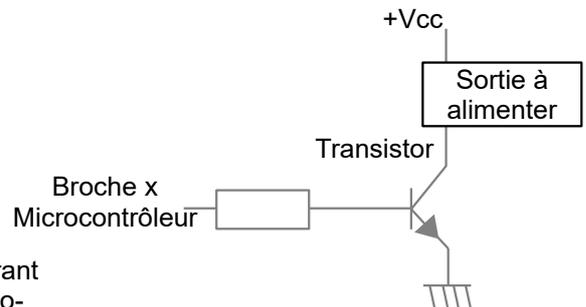
Le choix du transistor sera fonction de la sortie à alimenter (voir cours d'électronique).

Il sera peut-être indispensable en fonction de la valeur du courant de base d'intercaler entre la base du transistor et la sortie du micro-contrôleur un autre transistor de commande.

- Utilisation d'un relais.

L'utilisation d'un relais ne présente pas de différence importante avec le schéma précédent (ne pas oublier la diode de roue libre).

Nota: Les deux schémas peuvent être complétés par un opto-coupleur en sortie du micro-contrôleur.

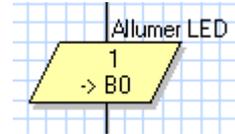


- Cas d'une sortie à faible consommation (moins de 25 mA).

<p>Cas 1 allumage d'une DEL avec un niveau haut sur la sortie du micro-contrôleur.</p>	
<p>Cas 2 allumage d'une DEL avec un niveau bas sur la sortie du micro-contrôleur.</p>	

Programmation TOR

La mise à 0 ou à 1 d'une sortie est obtenue avec l'instruction **OUT**.



Syntaxe

Il est possible d'envoyer une valeur ou une variable sur un bit unique ou sur un port (8 bits) complet.

Exemple Bit

Valeur = 1
 Port = PORTB
 Bit unique=0

Met à 1 la broche RB0 seule

Exemple Port

Valeur = 5
 Port = PORTA
 Port complet

Met à 1 les broches RA0, RA2 et met à 0 les broches RA1, RA3, RA4, RA5, RA6 et RA7.

Exemple Masque

Valeur = 255
 Port = PORTA
 Port complet
 Masque →

Met à 1 les broches RA0, RA2 sans modifier l'état des broches RA1, RA3, RA4, RA5, RA6 et RA7.

Les moteurs

Le moteur à courant continu (voir cours ET)

Ses avantages:

- Possibilité de gérer son sens de rotation en inversant sa polarité.
- Possibilité de gérer sa fréquence de rotation en faisant varier sa tension d'alimentation.

Utilisation un seul sens de rotation

Dans le cas d'une utilisation avec un seul sens de rotation le moteur peut-être commandé en tout ou rien ou avec variation de la fréquence de rotation.

- Dans le cas d'une gestion tout ou rien (TOR) une seule sortie est nécessaire on pourra utiliser n'importe quel port pour le commander.

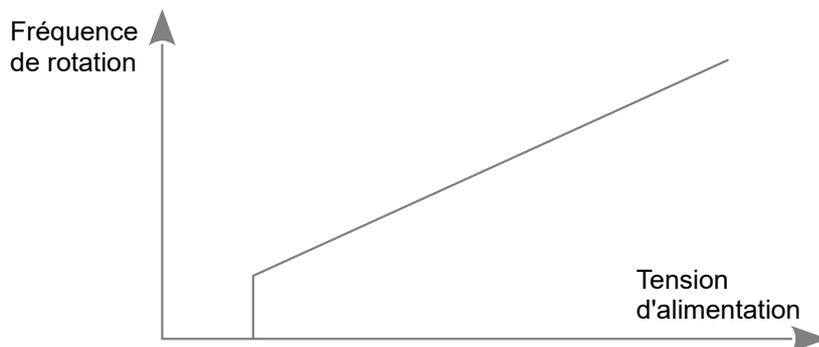
Le raccordement se fait alors avec un relais ou avec un transistor de puissance, comme précisé au paragraphe « interfaçage ».

- Dans le cas d'une gestion avec variation de la fréquence de rotation une seule sortie est nécessaire, mais seules les sorties CCP sont des sorties PWM dédiées à cette tâche.

Gestion de la fréquence de rotation

Dans le cas d'un moteur à courant continu la variation de fréquence de rotation se fait en modifiant la tension d'alimentation.

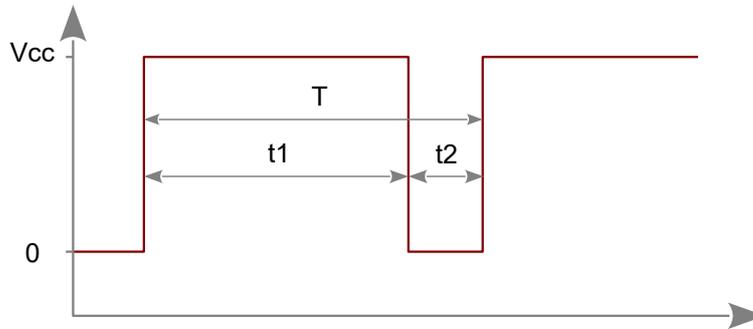
Courbe fréquence de rotation = $f(\text{tension})$



On peut constater sur la courbe que des valeurs faibles de la tension d'alimentation le moteur ne tourne pas.

Lorsque la tension d'alimentation est trop basse, la force électromotrice ne peut pas vaincre les frottements et le rotor reste fixe. On ne peut donc pas faire tourner un moteur très lentement avec cette méthode.

Pour corriger ce problème, on utilise des signaux PWM. Un signal PWM est un signal dont la période est fixe, mais le rapport cyclique varie. En d'autres termes, t_1 et t_2 varient tout en conservant $t_1+t_2=T=$ constante.



Cette méthode permet de faire tourner un moteur très lentement, parce que la tension appliquée pendant t_1 est V_{cc} . Ce qui est suffisant pour vaincre les frottements et faire tourner le moteur. La tension moyenne est déterminée par:

$$V_{moy} = \frac{t_1 V_{cc}}{T}$$

Il faut toutefois faire attention au choix de la valeur de T . Si on prend une fréquence de commande dans les fréquences audibles, on va entendre un ronflement. Il est conseillé d'utiliser, pour éviter ce désagrément, une fréquence supérieure à 20 KHz. L'utilisation d'un relais est donc proscrit, le choix se portera sur un étage de puissance à transistor.

Il est possible de gérer par programme ce « hachage » de l'alimentation, les micro-contrôleurs les plus évolués comportent directement une commande PWM dédiée à cette tâche (cas du PICBASIC, PIC...). L'avantage de tels micro-contrôleurs est de traiter en tâche de fond et de manière autonome la gestion des valeurs de t_1 et de t_2 .



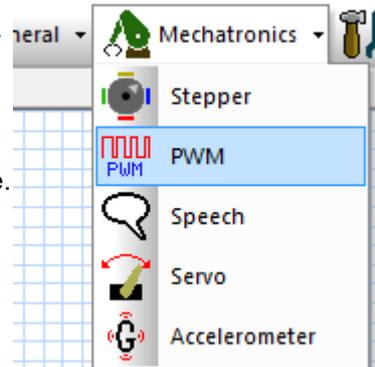
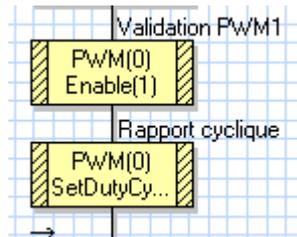
moteurs à courant continu

Programmation

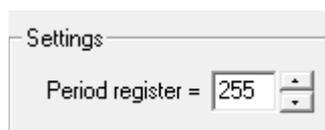
La programmation d'une sortie (Hacheur) se fait avec le composant PWM.

Une routine composant Enable(1) permet de valider le PWM1

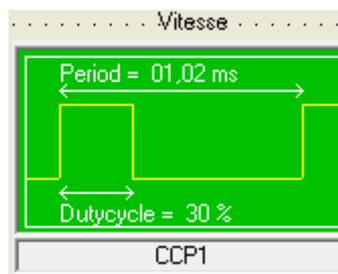
Une routine composant SetDutyCycle permet de définir le rapport cyclique.



Le rapport cyclique correspond à la valeur t1 et la valeur de la période t est définie dans les propriétés étendues du composant PWM.



Dans la simulation du PWM le rapport cyclique est exprimé en % de la période.

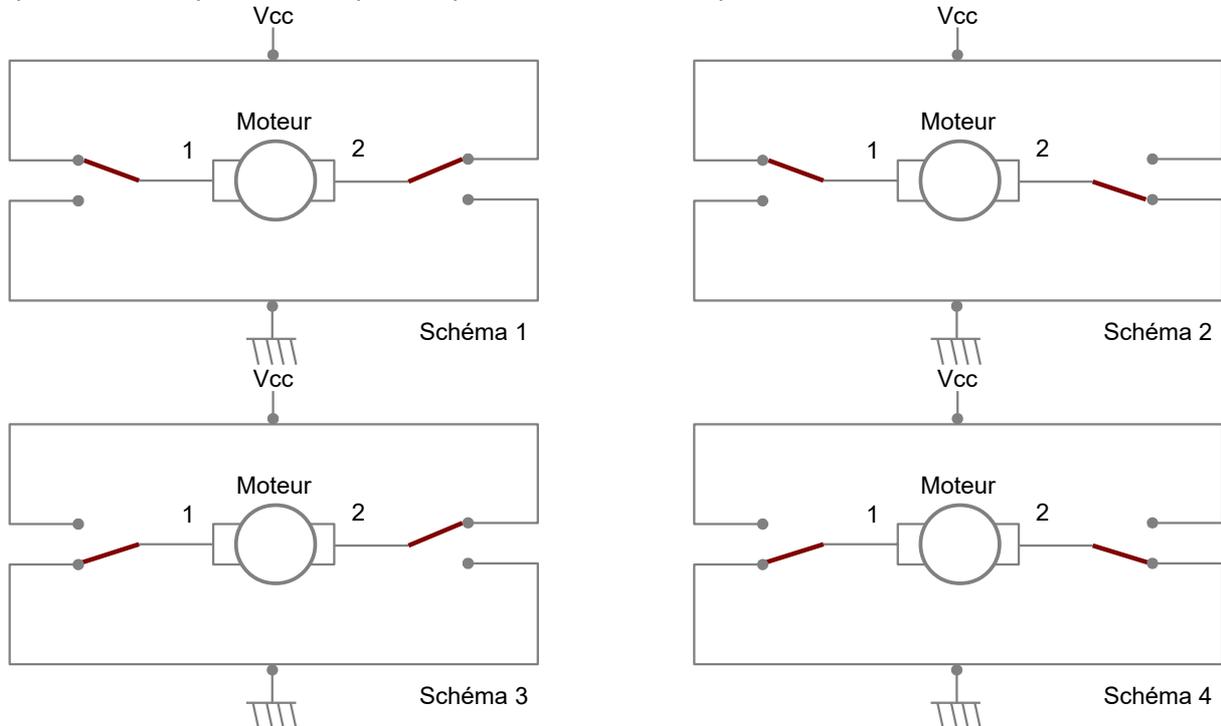


Changement du sens de rotation

Dans le cas d'un changement de sens de rotation, les deux modes de commandes précédents sont valables, mais deux sorties sont indispensables, une par sens.

Rappel

Pour changer le sens de rotation d'un moteur cc il faut inverser la polarité à ses bornes.
 La première idée qui vient à l'esprit lorsqu'on veut inverser les polarités d'un moteur est le schéma suivant :



En regardant les schémas, on devine le sens de rotation du moteur : sur le schéma 1. le moteur est à l'arrêt (on devrait même dire qu'il est freiné : en effet court-circuiter les deux pôles d'un moteur revient à le freiner). Sur le schéma 2. il tourne dans le sens inverse du schéma 3. et enfin sur le schéma 4. il est freiné.

C'est la base du pont en H, toute l'idée réside dans ce schéma. Bien sûr, pour l'implémenter, il va falloir remplacer les interrupteurs par des transistors.

Le pont en H

Théorie

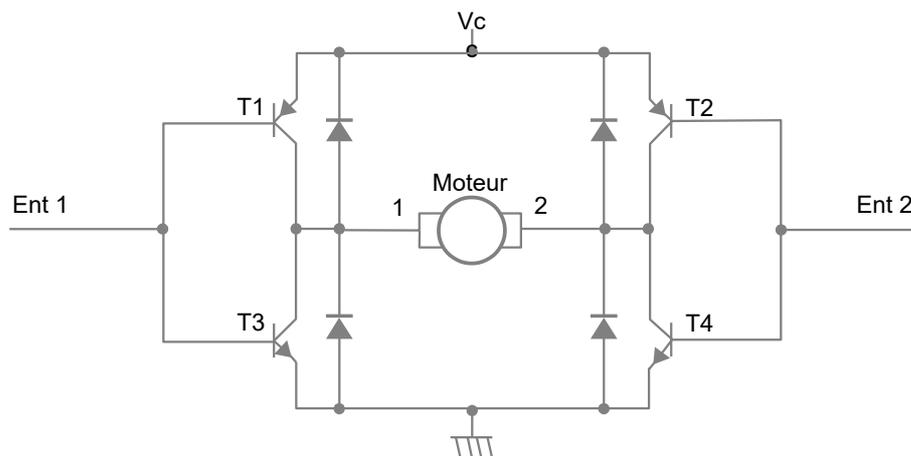


Schéma de principe (ne pas câbler)

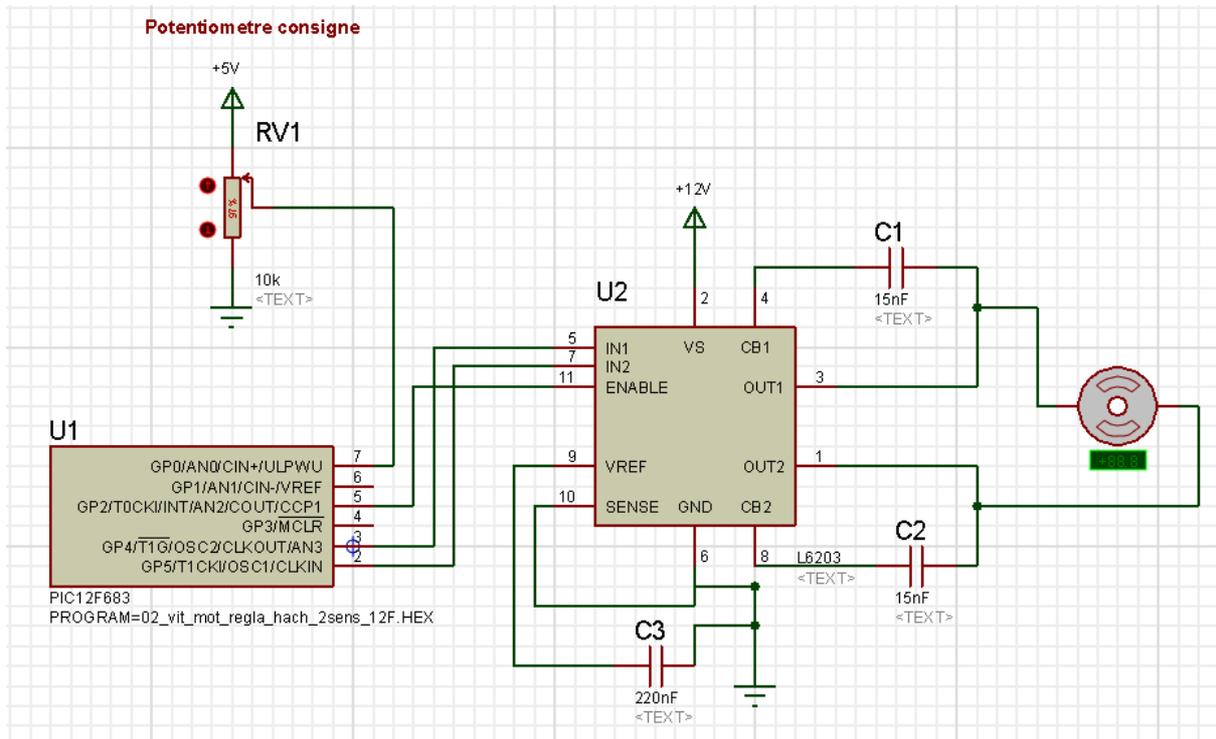
Le schéma ci-dessus représente le schéma idéal du pont en H. (N'essayez pas de le câbler, si les transistors ne sont pas polarisés ça ne marchera pas). Quand l'entrée Ent 1 est active (état haut), le transistor T1 est passant et le transistor T3 est bloqué. Quand Ent 1 est active, le pôle 1 du moteur est au potentiel Vcc, et lorsque Ent 1 est à l'état bas, le pôle 1 du moteur est à la masse.

Ent 1	Ent 2	Moteur
0	0	Arrêt
0	1	Sens 1
1	0	Sens 2
1	1	Arrêt

Lorsque l'on arrête le moteur, et qu'il continue à tourner avec l'inertie, il se comporte comme une génératrice. Pour éviter d'avoir des courants dans les transistors on monte des diodes de roues libres.

En pratique

Nous pouvons utiliser un composant spécifique tel que le L6203 (Pont en H) voir ci-dessous.



Programmation

La programmation nécessite une sortie PWM. Cette sortie est connectée sur la broche " ENABLE " du L6203.

Deux sorties " TOR " sont utilisées pour définir le sens de rotation.

Exemple

Réglage du rapport cyclique

Si Sens=1 faire

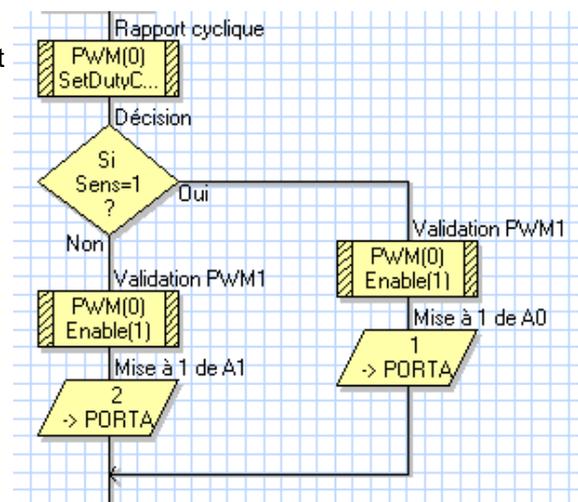
Activer PWM1

Mettre à 1 la sortie A0

Sinon

Activer PWM1

Mettre à 1 la sortie A1



La sortie PWM est " Disable " plus loin dans le programme pour arrêter le moteur.

Les moteurs pas à pas.

Les moteurs pas à pas, en effet, il existe plusieurs types de moteurs pas à pas. Nous pouvons différencier ces derniers par leurs caractéristiques:

- à aimant permanent
- à reluctance variable
- hybride

Les moteurs à aimant permanent

Le moteur unipolaire.

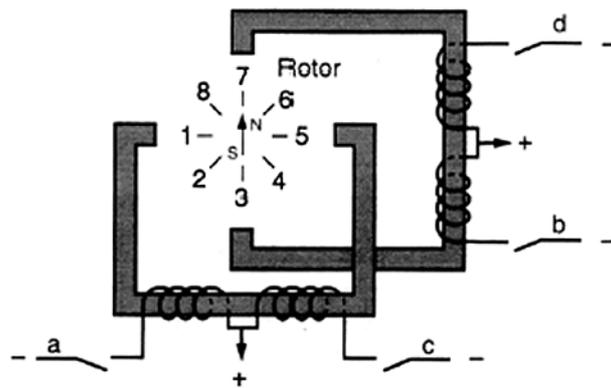
Le rotor est constitué par un aimant permanent (en ferrite par exemple) comportant une paire de pôles. Le stator, comprend deux circuits magnétiques décalés de 90° (exemple simplifié).

Les enroulements à point milieu sont alimentés avec une polarité toujours du même signe, d'où le nom d'unipolaire.

Fonctionnement.

En fermant successivement les contacts a,b,c et d nous allons alimenter les bobines et créer ainsi un champ magnétique. Le rotor (aimant permanent) va donc s'orienter pour que les pôles s'alignent (N/S et S/N).

MOTEUR UNIPOLAIRE (À AIMANT PERMANENT)



Deux modes de fonctionnement sont possible:

- Mode pas.

Les contacts sont fermés successivement, a, b, ensuite c et d pour finir le tour. A chaque contact fermé correspond une position de 90° dans notre exemple. Ce fonctionnement basique donne donc 4 pas par tour.

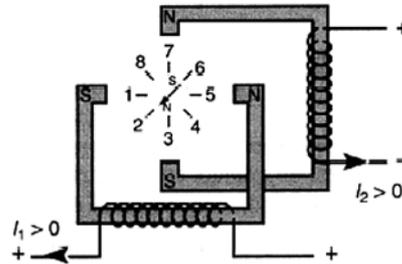
- Mode demi-pas.

Le principe est similaire au mode pas mais on intercale la fermeture de deux contacts pour doubler les positions. La fermeture des contacts a et b permet de positionner le rotor en équilibre dans la position 2, attiré par les deux bobines.

a	b	c	d	position
1	0	0	0	1
1	1	0	0	2
0	1	0	0	3
0	1	1	0	4
0	0	1	0	5
0	0	1	1	6
0	0	0	1	7
1	0	0	1	8

Le moteur bipolaire.

Moteur 2 phases, 2 pôles au rotor, alimentation bipolaire.



Fonctionnement.

Les enroulements au stator n'ont pas de point milieu. Chaque borne de chaque enroulement est alimentée successivement par une polarité positive puis négative (d'où le terme bipolaire).

En inversant les polarités des enroulements statoriques, on inverse les pôles nord et sud au stator. Le nombre de phases est égal au nombre d'enroulements.

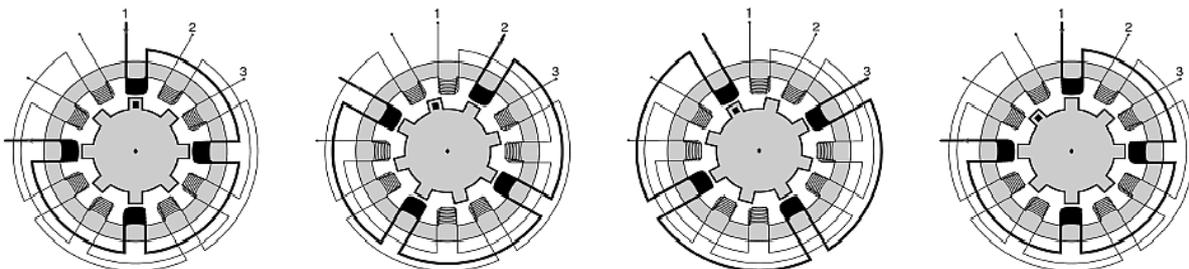
Le principe de la commande est identique au moteur bipolaire.

Caractéristiques principales

- Faible résolution : nombre de pas / tour peu important;
- couple d'utilisation plus élevé par rapport au moteur à reluctance variable;
- présence d'un couple résiduel lorsque le moteur est hors tension.

Les moteurs à reluctance variable.

Ils utilisent le principe physique du flux maximum. Le stator constitué de fer doux, va se placer de telle sorte que le flux magnétique qui le traverse soit maximum.



Fonctionnement

A chaque impulsion de la commande, la phase suivante du stator est alimentée.

On constate que les pôles les plus proches des bobines alimentées se positionnent en face de ces dernières. Suivant l'ordre d'alimentation des phases du stator, on peut choisir le sens de rotation.

Caractéristiques

- Bonne résolution;
- construction simple mais délicate;
- couple développé faible;
- absence de couple résiduel avec le moteur hors tension.

Les moteurs hybrides.

Ce sont des moteurs reluctants polarisés. Ils superposent le principe de fonctionnement des moteurs à aimant permanent et à reluctance variable et combine leurs avantages.

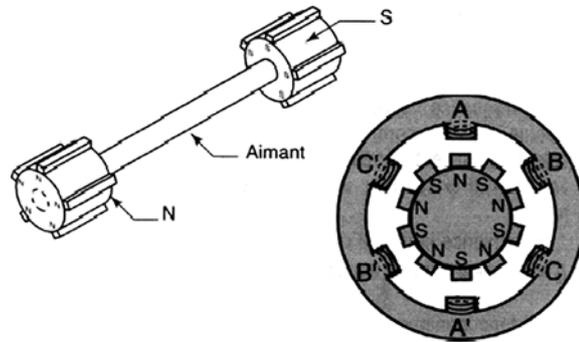
Le rotor est constitué de deux disques dentés décalés mécaniquement. Entre ces deux disques est inséré un aimant permanent.

Fonctionnement.

Le nombre de dents au stator est différent de celui du rotor. Quand on alimente une paire de bobines, le rotor place les dents Nord et Sud de telle façon que le flux traversant le rotor soit maximal.

Comparaison des trois types de moteurs.

EXEMPLE : ROTOR À 2 PÔLES, 5 DENTS PAR PÔLE



Type de moteur	Moteur à aimant permanent	Moteur à reluctance variable	Moteur hybride
Résolution (pas/tour)	Moyenne	Bonne	Élevée
Couple moteur	Élevé	Faible	Élevé
Sens de rotation	Il dépend: <ul style="list-style-type: none"> • du sens du courant pour le moteur bipolaire • de l'ordre d'alimentation des bobines 	Il dépend uniquement de l'ordre d'alimentation des bobines	Il dépend: <ul style="list-style-type: none"> • du sens du courant • de l'ordre d'alimentation des bobine
Fréquence de travail	Faible	Grande	Grande

Il existe des moteurs possédant 48, 200 pas par tour qui permettent d'aller jusqu'à 400 positions/tour en mode demi pas.



Commande des moteurs pas à pas.

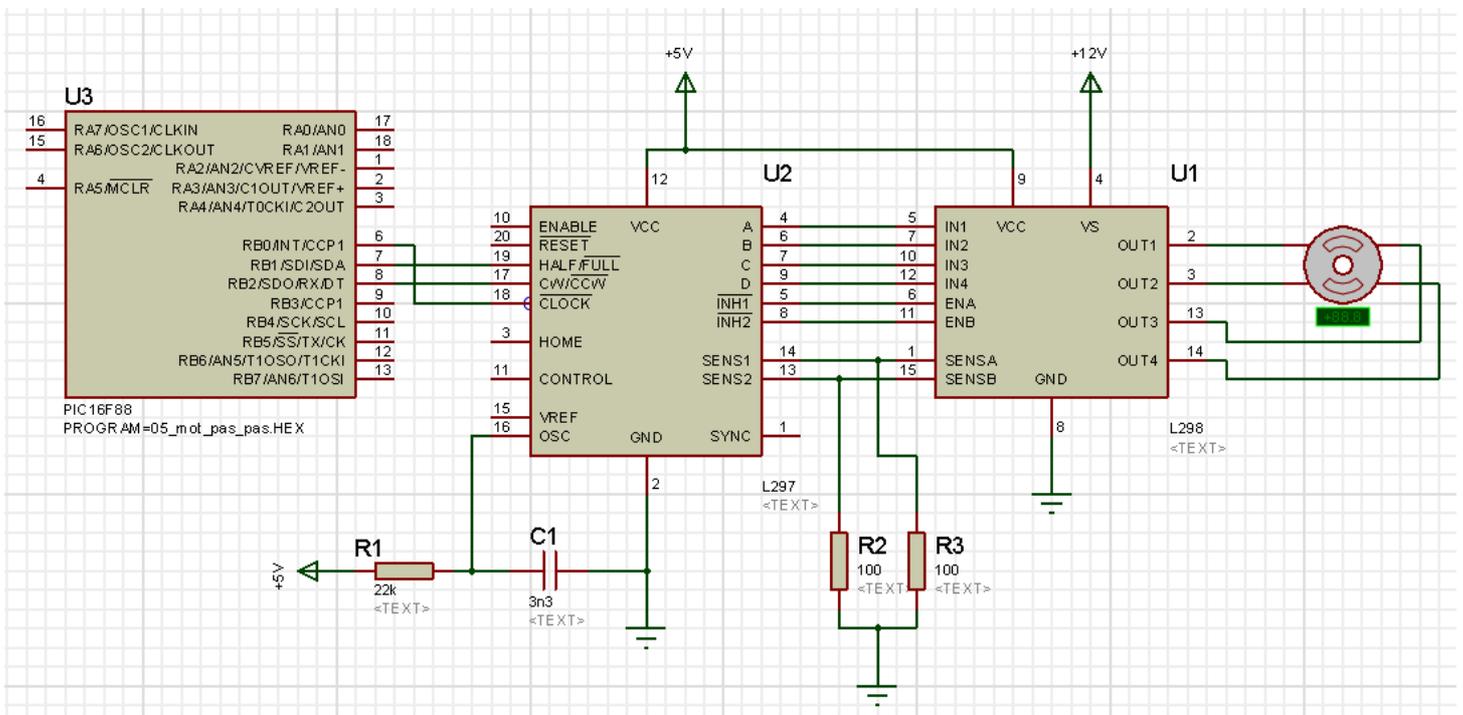
La commande des moteurs pas à pas est simplifiée par l'utilisation de circuits intégrés gérant l'ordre d'alimentation des bobines. Ces circuits intégrés possèdent généralement trois entrées de pilotage.

- Une entrée donnant le sens de rotation du moteur,
- une entrée permettant de sélectionner le mode pas ou demi-pas,
- une entrée horloge qui permet de définir la fréquence de passage d'une phase à la suivante.

Le fonctionnement du moteur pas à pas est sensible à la fréquence d'envoi de cette entrée horloge.

Par son fonctionnement synchrone avec le champ tournant, il doit suivre celui-ci. Si le champ va trop vite il n'y a pas accrochage par le rotor d'où un mauvais fonctionnement.

La nécessité de créer une accélération progressive lors des phases de changement de vitesse (démarrage, arrêt...), oblige une gestion rigoureuse de la commande.



- Broche 17 : CC/CCW donne le sens de rotation du moteur.
- Broche 18 : CLOCK fait avancer ou reculer le moteur d'un pas (ou demi-pas) à chaque front montant.
- Broche 19 : HALF/FULL permet de choisir le mode demi-pas ou pas complet.
- Broche 20 : RESET remet le composant en état initial (ABCD 0101)

Programmation.

Pilotage du sens et du mode pas/demi-pas par deux sorties TOR.

Pour la gestion du signal d'horloge utilisation d'une sortie TOR que l'on mettra successivement à 1 puis à 0. L'utilisation d'une sortie PWM comme horloge n'est pas possible (fréquence trop élevée).

