

PIC16f84 : Interfaçage

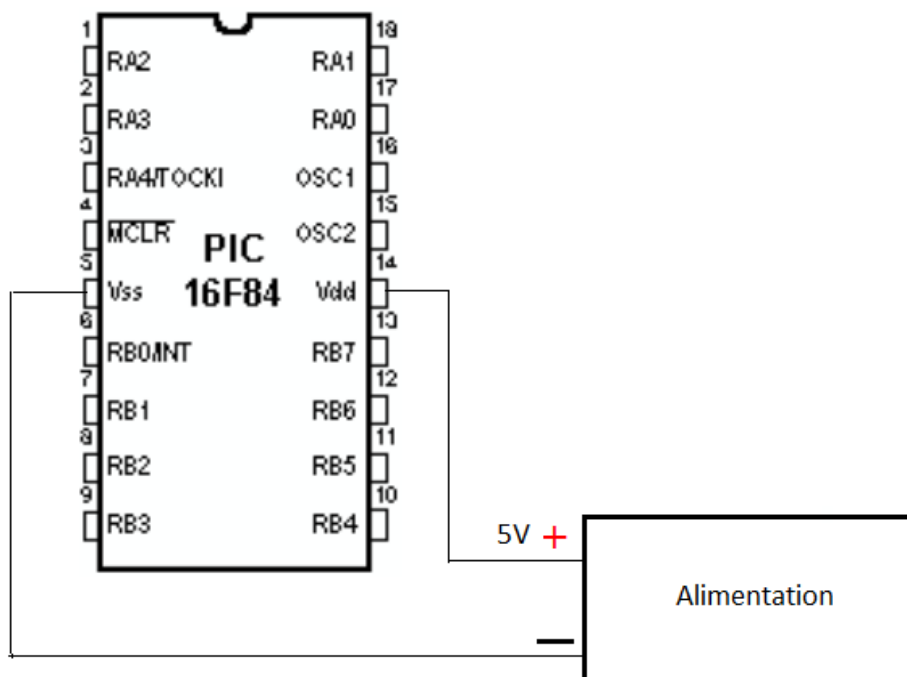
I. Introduction

L'interfaçage du microcontrôleur avec des composants externes, consiste à la mise en œuvre de circuits d'interfaces qu'on doit placer entre le microcontrôleur et ces composants. L'intérêt de tels circuits est de permettre au microcontrôleur de commander (entrée ou sortie) des composants qui exigent des courants que le microcontrôleur ne peut fournir. C'est donc une protection du microcontrôleur. Le microcontrôleur commande les éléments externes (moteur, leds, afficheurs, clavier, etc.) à travers ses lignes de ports. Avec le pic16f84 on utilise les lignes de ports RA0 à RA4 et RB0 à RB7 afin de piloter des composants externes.

LES PORTS D'ENTREE/SORTIES (A et B) SONT AUSSI APPELES INTERFACES

II. L'alimentation

Un fonctionnement correct du microcontrôleur dépend d'une tension d'alimentation V_{DD} stable, d'un circuit assurant un reset sûr et d'un oscillateur stable. La tension V_{DD} doit rester stable même si le courant consommé par la carte à base du microcontrôleur varie (c'est ce qu'on appelle une alimentation stabilisée).



Pour la réalisation pratique du circuit d'alimentation, on utilise le régulateur de tension LM7805 qui délivre en sortie une tension positive stable de +5V. Le type de boîtier du circuit intégré LM7805 dépend du courant à fournir à la carte du microcontrôleur (pic16f84, interfaces, moteur, afficheurs, etc.)



Boitier TO-220 : 1.5 A



Boitier TO-92:100 mA

Le boitier TO-220 possède un radiateur pour dissiper l'excès de chaleur

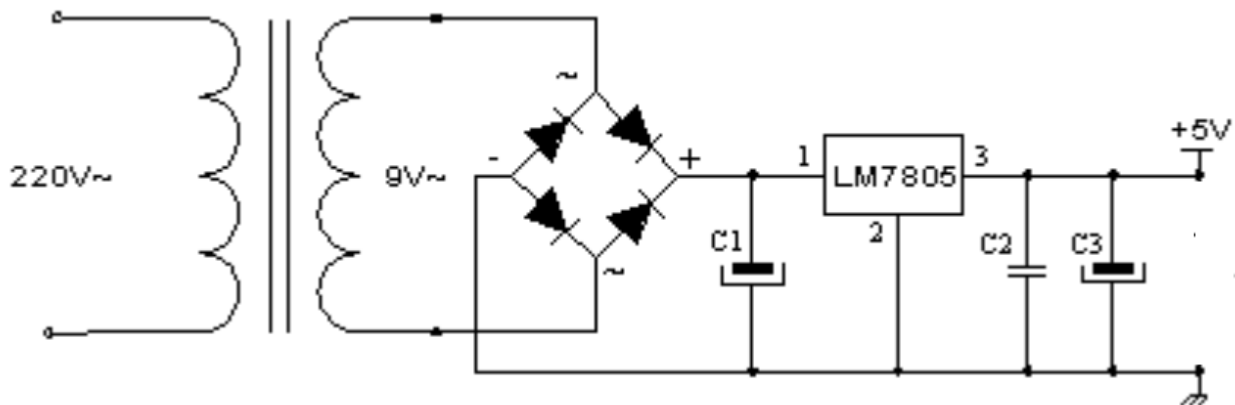


Schéma d'une alimentation stabilisée

Valeurs possible des condensateurs:

$C1 = 100\mu\text{F}$, $C2=100\text{nF}$, $C3=10\mu\text{F}$

III. Circuits d'interface

Afin de générer un courant de commande suffisant, on propose à titre d'exemple les circuits suivants :

1. Circuit buffer (voir cours TCE1)

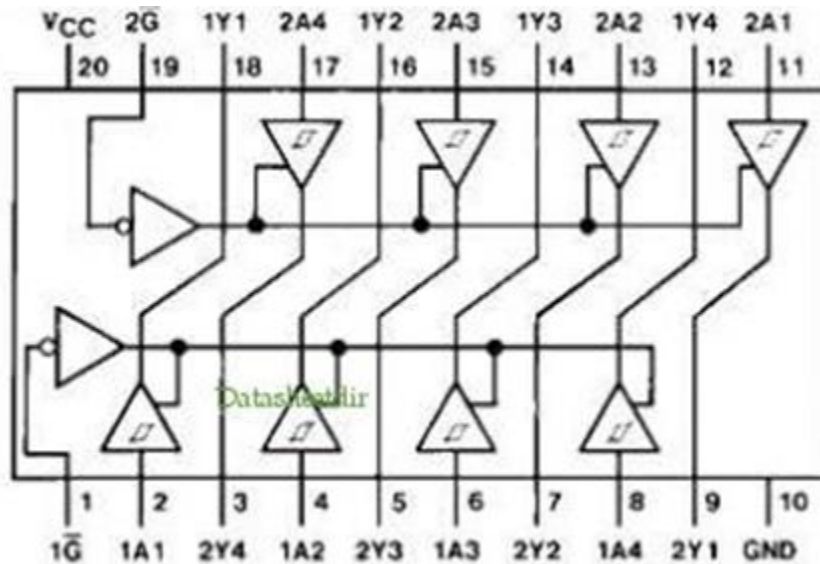


Input	Output
0	0
1	1

Cette porte est capable de fournir des courants (I_{OH}) ou de recevoir des courants (I_{OL}) permettant au pic de commander des éléments externes de puissance (led, afficheurs, etc.) ou d'autres circuits intégrés logiques. Il existe aussi des portes buffer inverseuses.

Exemples de circuits intégrés buffer

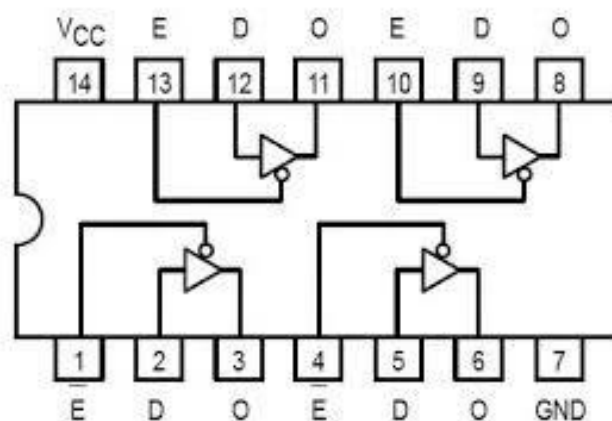
a) Circuit intégré 74LS244



$$I_{OLMAX} = 24\text{mA}$$

$$I_{OHMAX} = -15\text{mA} \text{ (signe moins signifie que le courant sort de la porte)}$$

b) Circuit intégré 74LS125

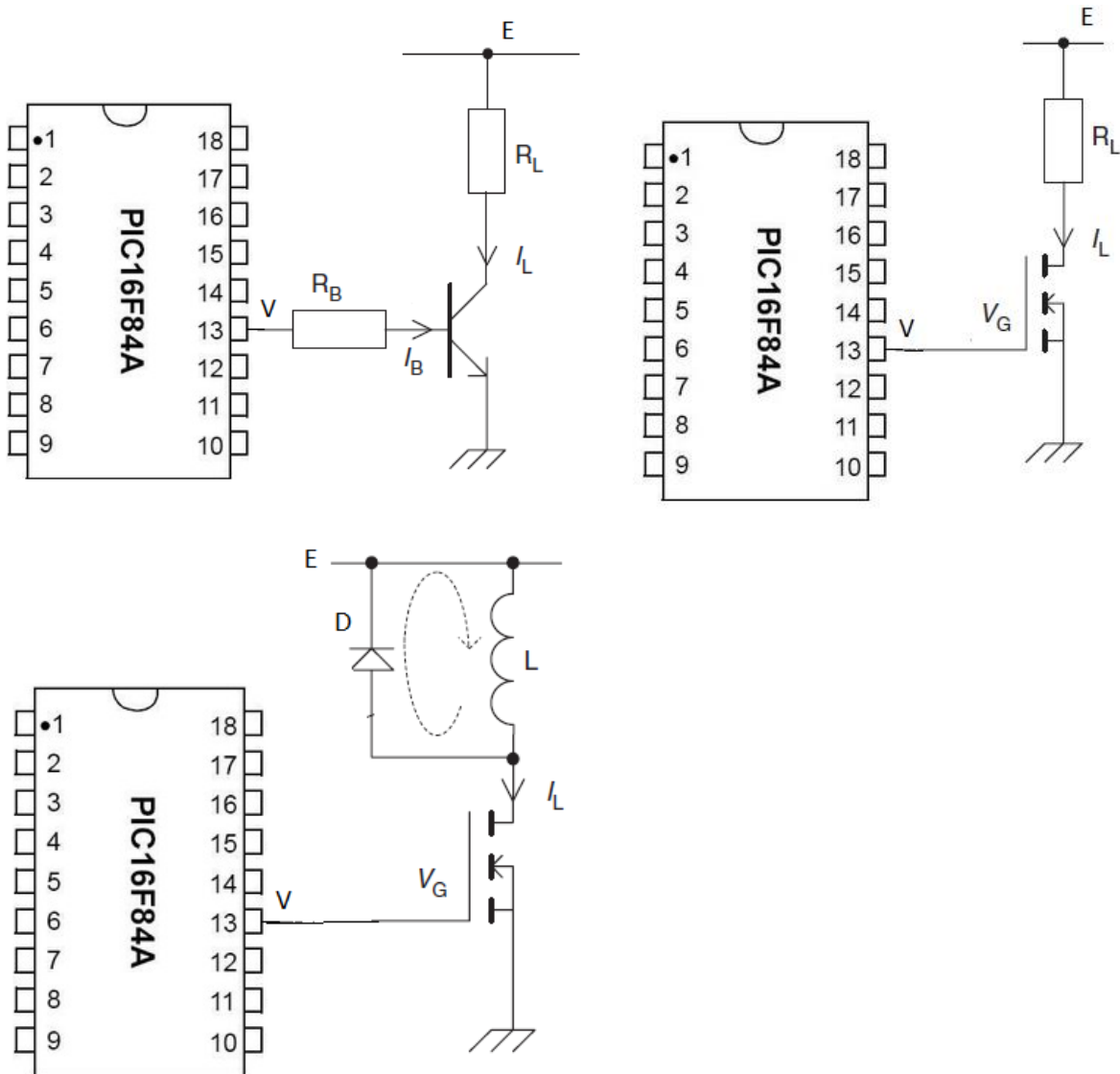


$$I_{OLMAX} = 24\text{mA}$$

$$I_{OHMAX} = -2.6\text{mA}$$

2. Transistors

Afin de commander des charges importantes, alimentées en continu ou en alternatif, on utilise des transistors bipolaires ou MOSFET. Ces transistors sont capables de commuter des courants importants traversant la charge R_L .



$V = V_G$: tension gate

$V = V_{OH} = 5V$: transistor saturé : courant I_L important

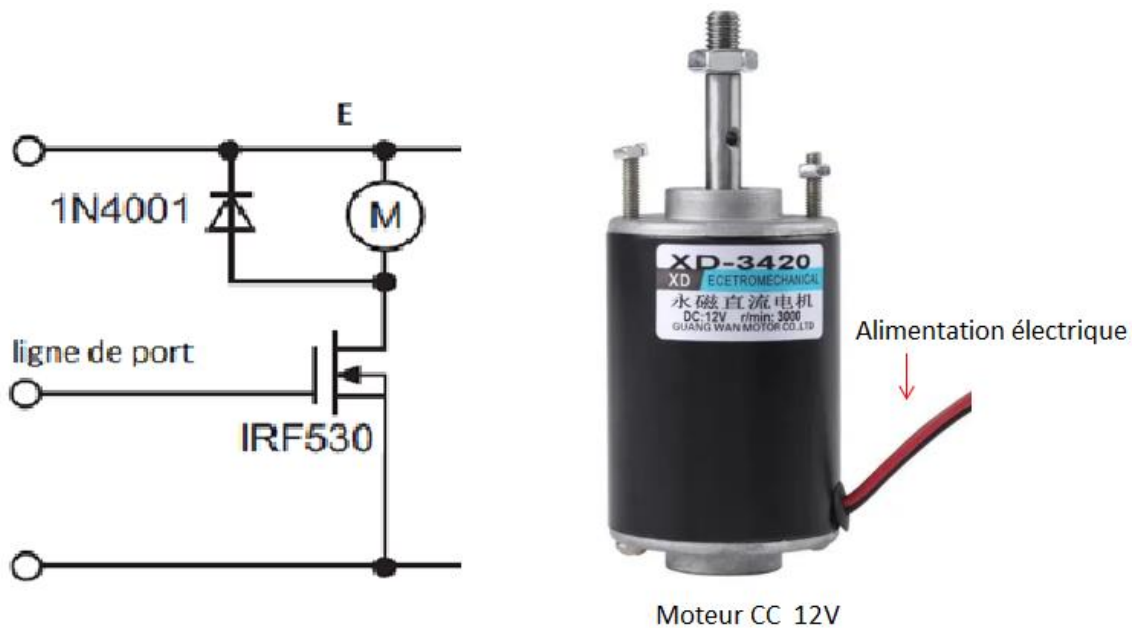
$V = V_{OL} = 0V$: transistor bloqué : courant $I_L = 0$

La charge R_L peut être résistive (résistance chauffante par exemple) ou inductive (relais, solénoïde, moteur, etc.).

La diode D (appelée diode de roue libre) en parallèle avec la charge inductive, protège le transistor lorsqu'il passe de l'état saturé à l'état bloqué. La diode doit supporter au moins la tension de service du relais (5V, 12V, 24V, etc.). La diode de roue libre doit supporter en courant le courant circulant dans l'inductance. Pour la commande de relais, la diode de commutation 1N4148 est idéale.

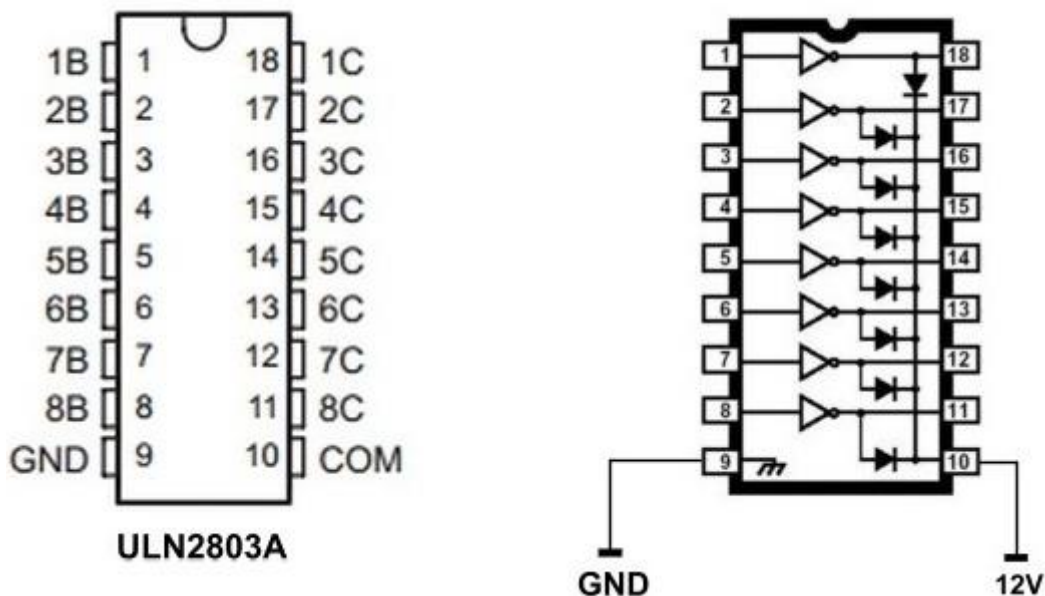
3. Interface d'un moteur

La commande d'un moteur CC (courant continu) de moyenne puissance est souvent réalisée avec un transistor MOSFET de puissance (ex : IRF530).



Moteur CC 12V

La ligne de port commande le transistor IRF530 par son entrée (G :gate, tension V_G). Lorsque la ligne de port est au niveau haut, le transistor est conducteur et le moteur M tourne. Si la ligne de port passe à l'état bas, la tension V_G est nulle et le transistor est bloqué ; le moteur s'arrête. Comme le moteur est une charge inductive, le transistor est protégé par la diode 1N4001. Il existe des circuits intégrés de la série ULN2003 et ULN2803 qui sont très utilisés dans la commande de circuits de puissance (moteur, afficheurs, etc.)

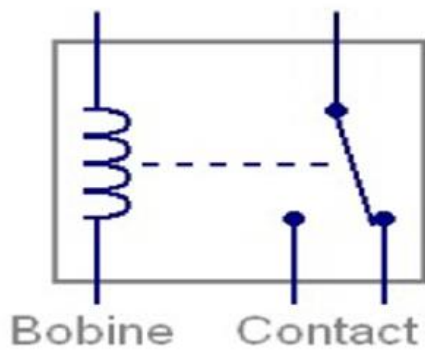


Chacune de ces huit portes du circuit intégré est un transistor "Darlington" de puissance. Toutes les portes sont protégées par des diodes.

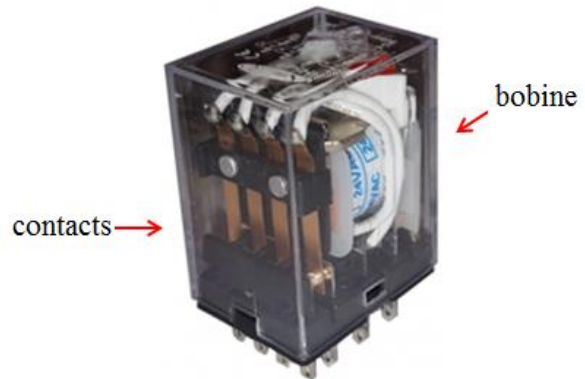
4. Interface d'un relais

Un relais électromagnétique est un interrupteur mécanique qui s'ouvre ou se ferme en faisant circuler un courant dans le circuit d'excitation du relais. Ce circuit est constitué par une bobine appelée bobine d'excitation ou bobine de commande.

C'est un composant très utilisé dans les montages électroniques. Il sert dans la commande de circuit de puissance, et assure ainsi une isolation galvanique (séparation des masses de la partie commande et la partie actionneur).



Symbole d'un relais

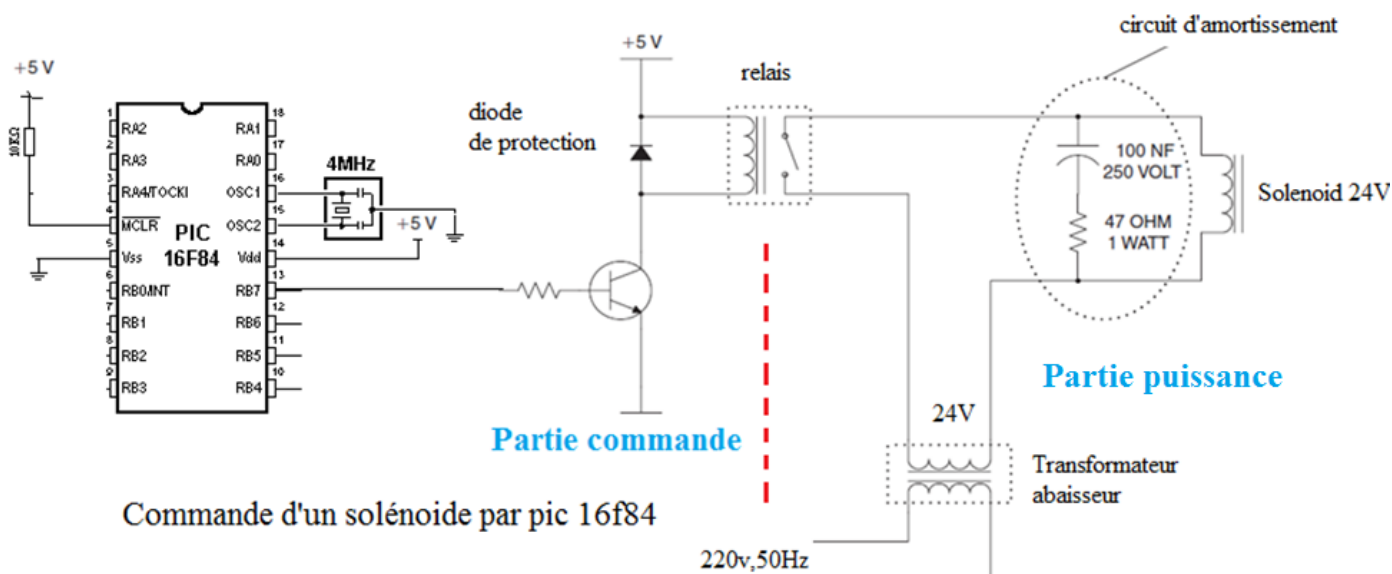


Relais électromagnétique

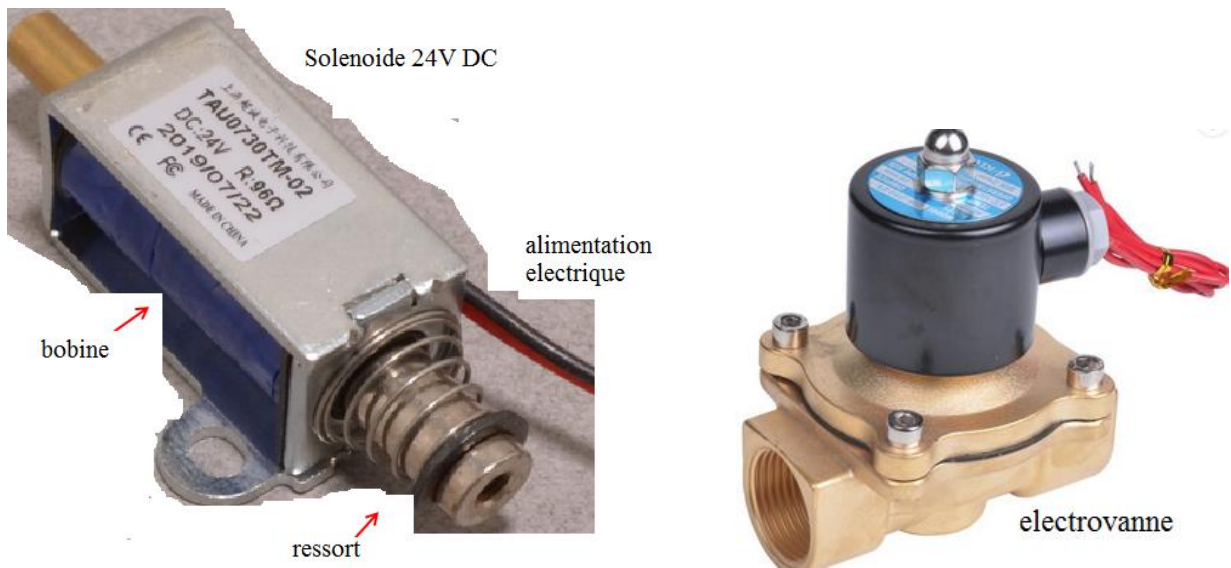
Commande d'un solénoïde

Le schéma de la figure suivante montre la commande d'un solénoïde par le pic 16f84. Comme le microcontrôleur est un circuit faible puissance (5V), alors que le solénoïde est un actionneur de forte puissance, on doit séparer ces deux parties par un relais qui commande le solénoïde. Le solénoïde est un circuit magnétique avec un axe qui se déplace en fonction de l'excitation électrique de la bobine. Ce déplacement de l'axe engendre une action mécanique.

On trouve le solénoïde dans les électrovannes hydrauliques (commande du flux), les systèmes de fermeture et d'ouverture automatiques de portes, les imprimantes, et plusieurs autres applications industrielles.



Commande d'un solénoïde par pic 16f84



La commande est réalisée à travers la ligne de port RB7.

RB7 = 0 : transistor bloqué ($I_C = 0$), relais ouvert \longrightarrow solénoïde non alimenté

RB7 = 1 : transistor saturé (I_C élevé: $V_{CE} \sim 0$ volts), relais fermé \longrightarrow solénoïde alimenté (24V)

Lorsque l'alimentation alternative du solénoïde est coupée, la bobine génère une tension induite qui doit être dissipée, sinon elle risque de produire un arc électrique aux bornes des contacts du relais et le détruire. D'où la présence du circuit RC d'amortissement, qui dissipe l'énergie emmagasinée par la bobine en offrant un passage pour le courant induit. La tension induite est absorbée par le circuit RC. Si l'actionneur est alimenté en continu, une simple diode de roue libre suffit.

Choix d'un relais

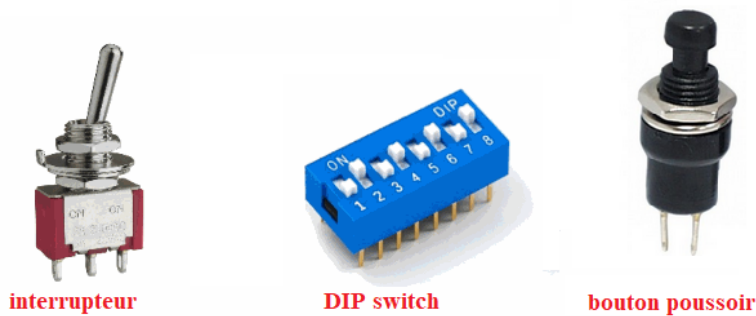
Les tensions d'alimentations des bobines des relais (appelées tensions de service) sont normalisées. Les valeurs les plus courantes sont : 5V, 6V, 12V, 24V et 48 V DC.

On choisit le relais en fonction de la puissance de la charge à commander, et donc du courant I_{MAX} et la tension U_{MAX} devant alimenter la charge.

Le pouvoir de coupure d'un relais est le courant I pouvant le commander sur son contact sous une tension U : $I = 1A$ et $U = 220V$ on a un pouvoir de 220VA.

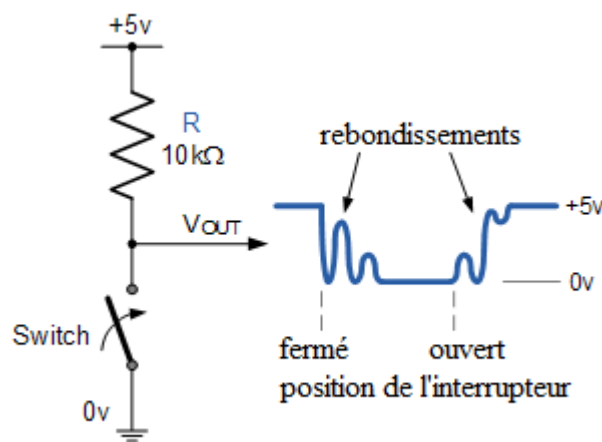
5. Interrupteur et bouton poussoir

Lorsqu'un interrupteur est basculé, un bouton-poussoir pressé ou relâché, cela revient à mettre en contact des parties métalliques entre elles. Le signal ne bascule pas instantanément, mais il y a des rebonds se traduisant par des signaux parasites qui peuvent durer quelques millisecondes avant la stabilisation du signal. Ce phénomène de rebonds s'observe à la fermeture et à l'ouverture du circuit.

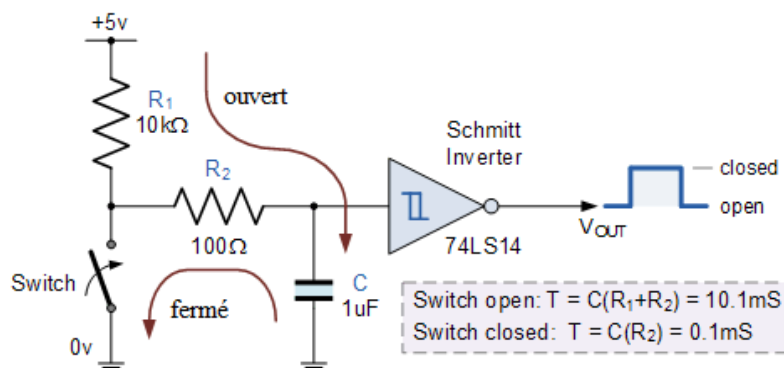


Le signal issu de l'interrupteur ou du bouton poussoir est lu par le microcontrôleur sur une broche, ainsi chaque rebond peut être interprété comme une fermeture/ouverture très rapide de l'interrupteur. La lecture d'un tel signal par le microcontrôleur donnera des résultats incohérents. On doit filtrer ces rebonds. Il existe deux solutions : matérielle et logicielle (par programme)

Les rebondissements mécaniques



Solution matérielle : filtrage des rebondissements

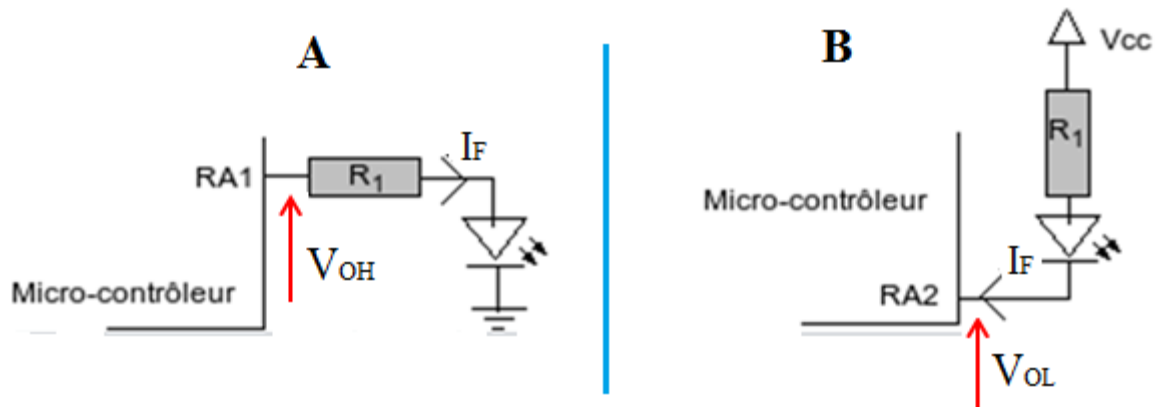


6. Diode LED et afficheur 7-segments

1. Interface d'une LED

Une LED (diode électroluminescente) est une diode, lorsqu'elle est parcourue par un courant elle émet une lumière. La tension seuil U_D dépend du matériau de fabrication, pour une LED rouge elle est de l'ordre de 1.6 V à 2.1 V.

Il y a deux façons typiques pour connecter des LEDs à un microcontrôleur:



Sur la figure **A** c'est le microcontrôleur qui est à l'origine du courant direct I_F . Alors que sur la figure **B** c'est lui qui reçoit le courant direct I_F traversant la LED provenant de l'alimentation V_{CC} . **La LED s'allume si la tension anode est supérieure à la tension cathode et qu'elle soit parcourue par un courant.**

V_{OH} : tension lorsque la ligne de port RA1 est à l'état haut

V_{OL} : tension lorsque la ligne de port RA2 est à l'état bas.

Les valeurs de ces deux tensions sont données par le datasheet du pic16f84.

Figure A :

La LED s'allume si la ligne de port RA1 est au niveau haut ($V_{OH} > 4V$), alors la LED est passante et un courant est débité par le pic.

Figure B :

La LED s'allume si la ligne de port RA2 est au niveau bas ($V_{OL} < 0.6V$), alors la LED est passante et un courant est débité par l'alimentation V_{CC} .

La résistance R_1 limite le courant I_F à une valeur convenable.

Le calcul de R_1 s'effectue en fixant I_F à une valeur en tenant compte des caractéristiques de la LED. Par exemple pour le schéma B, on applique la d'Ohm:

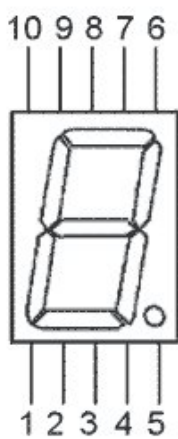
$$V_{CC} = R_1 I_F + U_D + V_{OL}$$

2. Interface des afficheurs 7-segments

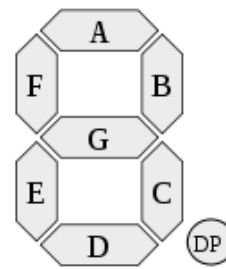
Les afficheurs 7 segments permettent d'afficher les 10 chiffres, ainsi que certaines lettres. Actuellement, ils sont généralement remplacés par des afficheurs LCD ou des écrans graphiques. Ils peuvent rester pratiques pour quelques applications.



Afficheur 7-segments et son point décimal (DP)



PIN NO.	E MAN6960
1	Cathode E
2	Cathode D
3	Com. Anode
4	Cathode C
5	Cathode D.P.
6	Cathode B
7	Cathode A
8	Com. Anode
9	Cathode F
10	Cathode G



Brochage du MAN6960E

Dénomination des segments

Les chiffres de 0 à 9 sont les caractères les plus couramment affichés sur les afficheurs à sept segments.



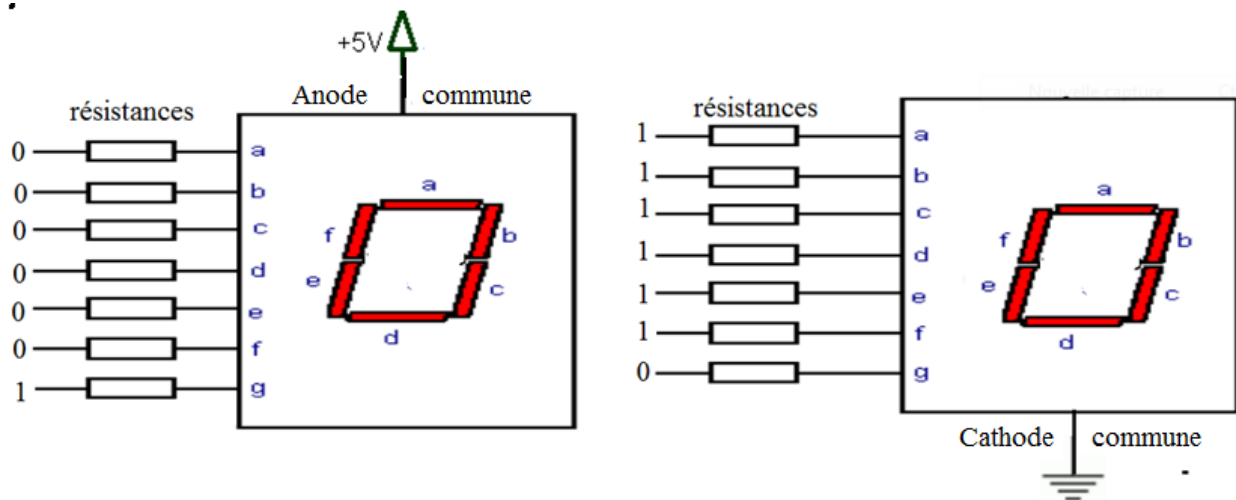
Les chiffres hexadécimaux A à F sont représentés de la façon suivante :



L'afficheur est composé de 7 LEDS (segments) a, b, c, d, e, f, g ; qui nécessitent, en fonction du type d'afficheur (anode commune ou cathode commune) une polarisation spécifique.

Afficheur à anode commune: toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut.

Afficheur à cathode commune: toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas.



Le code pour afficher un chiffre dépend du type d'afficheur : anode commune ou cathode commune.

Ainsi le code de zéro (0) sur 8 bits est :

afficheur anode commune : **0x40**

$$\begin{array}{cccccccc} g & f & e & d & c & b & a & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & = 0x40 \end{array}$$

afficheur cathode commune : **0x3F**

$$\begin{array}{cccccccc} g & f & e & d & c & b & a & \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & = 0x3F \end{array}$$

Les résistances sur les lignes de commandes des afficheurs limitent le courant. La valeur de R1 est déterminée en fonction des caractéristiques électriques de l'afficheur et de la luminosité désirée. En générale on prend une valeur de 220Ω ou 330Ω pour une tension d'alimentation de +5V. Le point décimal (DP) n'est pas représenté. Il sert pour l'affichage de valeurs réelles.



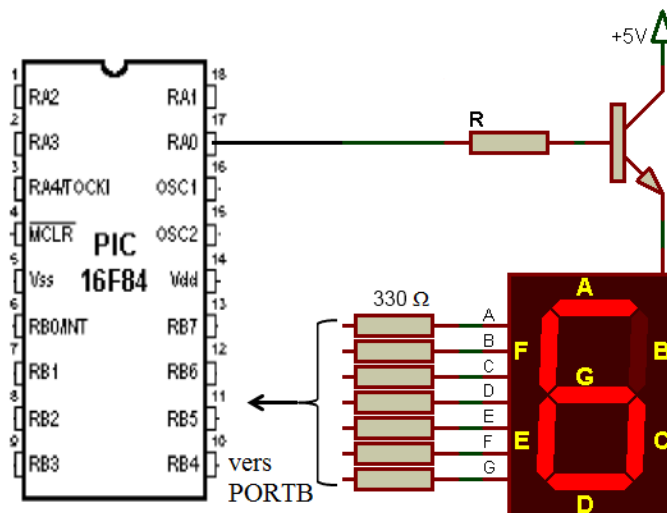
Exemple d'affichage de 8.8

Allumage et extinction

Il est possible d'éteindre l'afficheur ou d'autoriser l'affichage de chiffres par une ligne de commande.

Afficheur anode commune

L'émetteur du transistor est connecté à l'anode de l'afficheur



Principe de fonctionnement

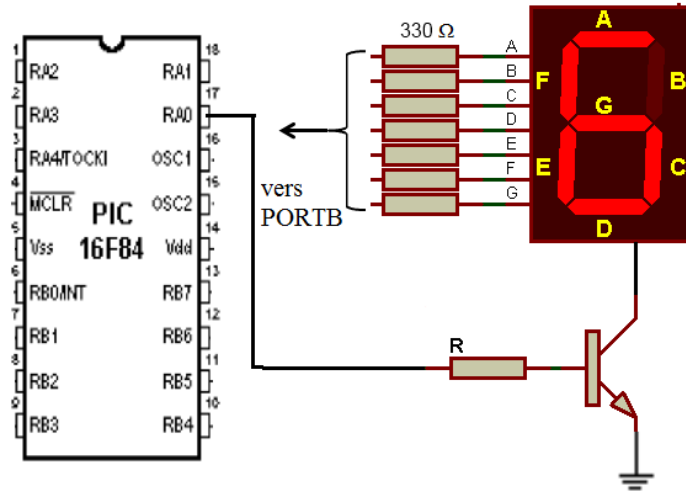
Ligne RA0 = 1, sur la base du transistor on a une tension de presque 5V, un courant attaque la base et le transistor est saturé. La tension V_{CE} est presque 0V, et un courant I_{CSAT} traverse le transistor du collecteur vers l'émetteur et alimente l'afficheur. Dans ce cas un segment s'allume si la ligne correspondante est au niveau bas (zéro volts).

Lorsque tous les segments sont allumés, le courant total de ces segments traverse le transistor. On prend en générale le transistor 2N2222 capable de supporter un tel courant total.

Ligne RA0 = 0, sur la base du transistor on a une tension de presque 0V, le transistor est bloqué, L'afficheur ne reçoit pas de courant, il n'est plus alimenté et reste donc éteint quelque soit l'état des lignes d'entrée (a, b, etc.).

Afficheur cathode commune

Le collecteur du transistor est connecté à la cathode de l'afficheur



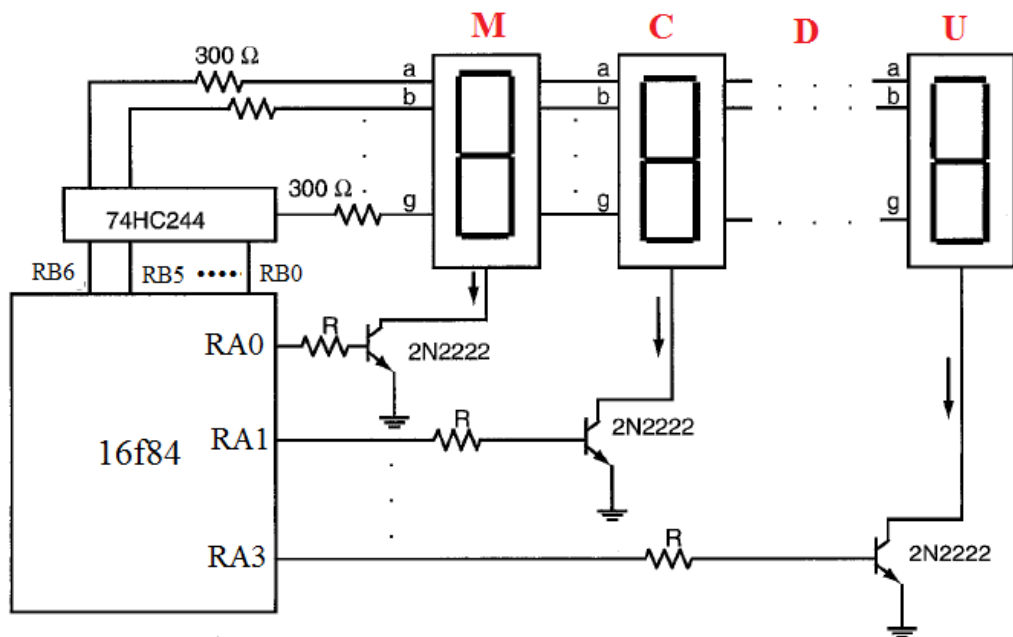
Principe de fonctionnement

Ligne RA0 = 1, le transistor se sature. Un segment s'allume si la ligne correspondante est au niveau haut (5V), un courant traverse alors le segment et le transistor vers la masse. Lorsque tous les segments sont allumés, le courant total passe par le collecteur du transistor vers la masse.

Ligne RA0 = 0, le transistor est bloqué, aucun courant ne le traverse, l'afficheur reste éteint quelque soit l'état des lignes d'entrées.

Affichage par multiplexage

La commande par un microcontrôleur de plusieurs afficheurs à travers son port d'entrées-sorties, utilise la technique de l'affichage par multiplexage. Le schéma suivant montre ce principe d'affichage :



Ce circuit permet l'affichage d'un nombre sur quatre chiffres.

Affichage M (millier)

1. $RA0 = 1, RA1 = RA2 = RA3 = 0$

Code chiffre M dans le PORTB : chiffre M affiché, les autres afficheurs éteints.

Le pic temporise quelques millisecondes

Affichage C (centaine)

2. $RA1 = 1, RA0 = RA2 = RA3 = 0$

Code chiffre C dans le PORTB : chiffre C affiché, les autres afficheurs éteints.

Le pic temporise quelques millisecondes

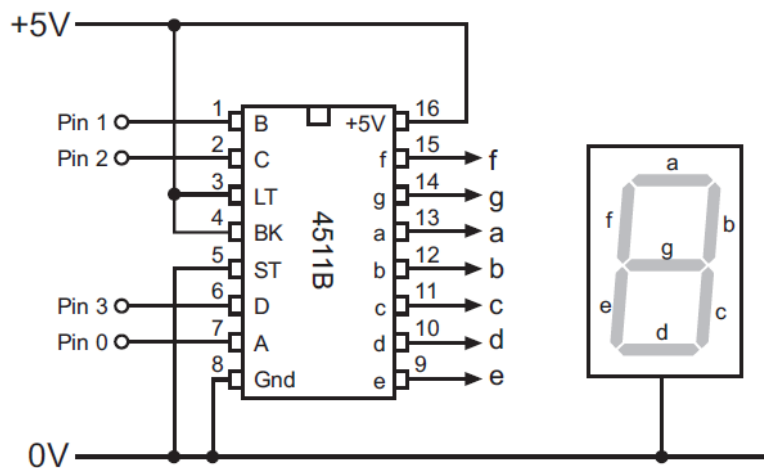
Le pic exécute les mêmes opérations pour l'affichage des chiffres des dizaines **D** et enfin des unités **U**. Ensuite le pic revient au point 1 et reprend ces mêmes opérations.

Le PORTB commande les afficheurs à travers le circuit buffer 74HC244.

L'affichage des chiffres est séquentiel, mais compte tenu de la vitesse élevée d'exécution du programme, on verra un affichage simultané des 4 chiffres. Le code du chiffre à afficher est généré par programme et envoyé vers l'afficheur à travers un port. Ceci est la solution logicielle. Il existe une solution matérielle où le code du chiffre est généré par un circuit intégré, le décodeur BCD-7segments.

Solution matérielle

Le circuit intégré CMOS CD4511B est un décodeur BCD-7segments qui se branche directement à un afficheur à cathode commune. Il existe des décodeurs pour afficheurs à anode commune.

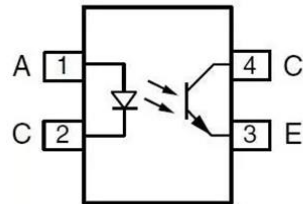


Décodeur BCD-7segments

Le chiffre BCD (de 0 à 9) sur 4 bits est reçu sur les entrées Pin0 à Pin3, son code est délivré en sortie. Si on utilise cette solution pour un affichage par multiplexage, il y aura dans ce cas autant de décodeurs que d'afficheurs. Ceci va rendre le montage très encombrant et le coût élevé. On préfère en générale la solution logicielle.

7. Coupleurs optoélectroniques

Un optocoupleur est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode. On a une liaison par rayonnement infrarouge entre la LED et le phototransistor d'où l'isolation électrique entre les deux. L'optocoupleur ne permet pas de piloter une charge qui fonctionne en alternatif. Dans ce cas, il faut s'orienter vers un optotriac qui pilote un triac de puissance.



Symbole d'un optocoupleur



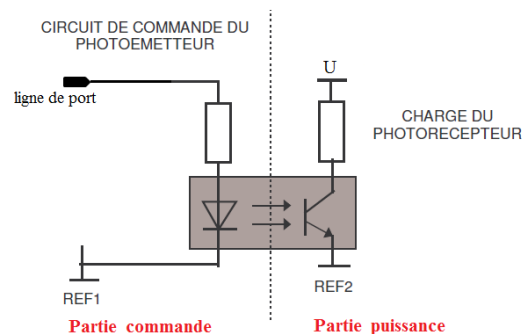
Optocoupleur CNY17

Principe de fonctionnement de l'optocoupleur

Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle émet un rayonnement infrarouge dans un boîtier hermétique à la lumière. Le rayonnement émis par la LED est capté par le phototransistor qui devient alors passant.

Utilisation

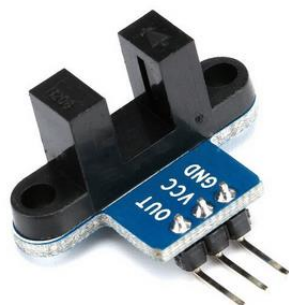
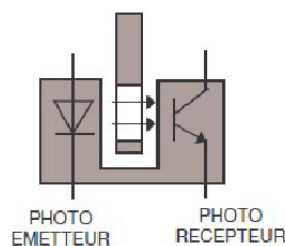
1) Liaison directe



La charge et la commande étant électriquement isolées, chacun des deux circuits peut avoir un potentiel de référence et une tension d'alimentation distincts.

L'isolation galvanique (pas de liaison électrique) entre la partie commande et la partie puissance d'un système peut être de dizaines de milliers de volts. Elle permet de protéger le microcontrôleur. Si un problème (surtension,...) apparaît sur la partie puissance il ne se répercutera pas sur la partie commande (circuits numériques qui sont fragiles).

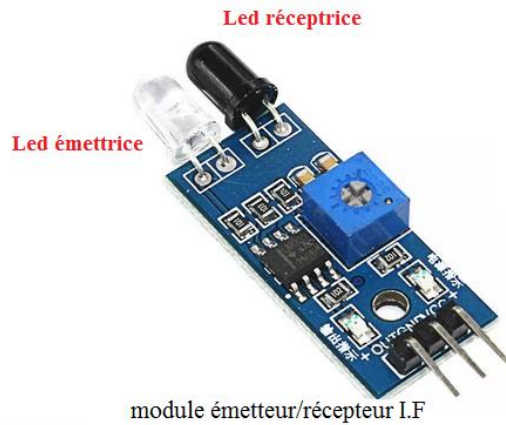
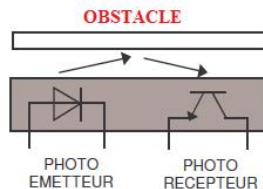
2) Liaison directe interruptible



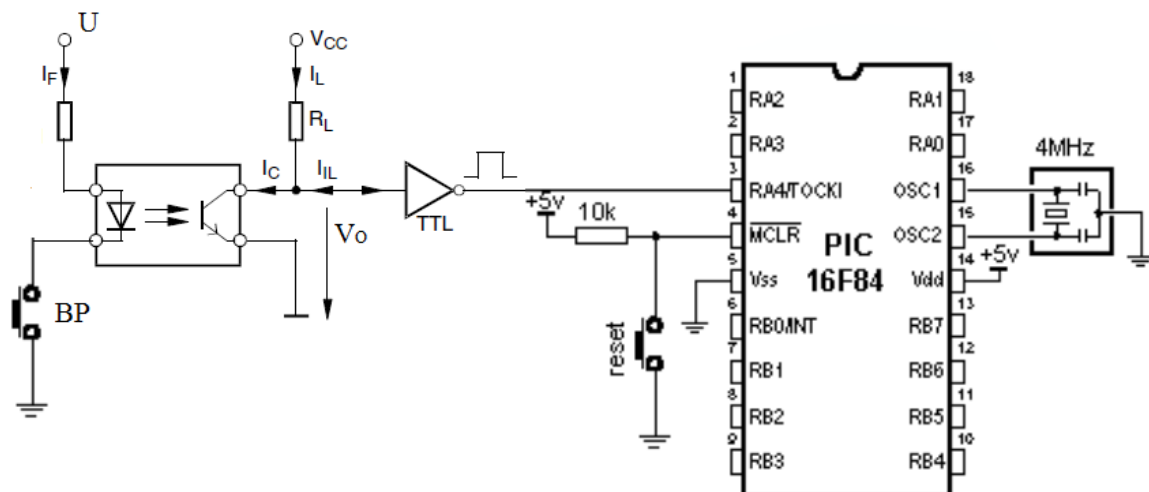
Capteur à fente infrarouge

La transmission de la lumière s'effectue dans l'air tant que le faisceau lumineux n'est pas interrompu. Ce type de capteur est utilisé dans la détection d'objets et notamment dans la mesure de la vitesse de rotation d'un moteur.

3) Liaison par réflexion



Exemple d'application



BP : bouton poussoir

BP : ouvert

la led n'est pas alimentée, pas de rayonnement IR, le transistor est bloqué :
 $V_O = 5V$ et $RA4/T0CKI = 0$

BP : actionné (se ferme et ensuite s'ouvre)

la led est alimentée, émission IR, le transistor est saturé :

$$V_O = 0V \text{ et } RA4/T0CKI = 5V$$

ensuite :

$$V_O = 5V \text{ et } RA4/T0CKI = 0$$

L'action sur BP génère une impulsion. Le microcontrôleur possède un compteur interne qui s'incrémente à chaque fois qu'il reçoit une impulsion sur RA4/T0CKI.