



UNIVERSITE DE FIANARANTSOA
ECOLE NORMALE SUPERIEURE



FILIERE : PHYSIQUE-CHIMIE
MEMOIRE DE CAPEN

« DETECTEUR D'APPROCHE »

Présenté par Monsieur IHARY LALA Eugène Rambitanarivo

Dirigé par Monsieur RASOLOARIJAONA Madison
Examiné par Monsieur RALAHY Marson
Président de jury : Madame RASOAMAMPIONONA Clarisse

ANNEE : 2007/2008

REMERCIEMENT

Ce mémoire clôture les cinq années d'études passées à l'Université de Fianarantsoa. Seul, je n'aurai pu rien faire. Aussi, je voudrais rendre grâce à Dieu et remercier toutes les personnes, spécialement ma famille, qui de part leur attention, confiance et amour, m'ont soutenu tout au long de ces années. J'adresse également mes vifs remerciements à ceux qui ont fait que ce mémoire ait vu le jour. Particulièrement, permettez- moi de citer :

- Madame RASOAMAMPIONONA Clarisse, Président de jury enseignant, Maitre de conférences à l'université de Fianarantsoa
- Monsieur RASOLOARIJAONA Madison, mon encadreur enseignant, Maitre de conférences à l'Ecole Nationale d'Informatique Fianarantsoa (ENI)
- Monsieur RALAHY Marson, mon examinateur enseignant en didactique à l'Ecole Normale Supérieure de Fianarantsoa (ENS)
- Monsieur RAZANAKOTO Haritsoa et Monsieur R.Haja. pour tous les conseils et l'examen précieux qu'il apporté à ce manuscrit.
- Tous mes amis et proches qui ont su m'encourager et me soutenir pendant toutes les épreuves.

Merci à vous tous !

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : capteur à effet Hall.....	p.14
Figure 2 : principe d'un capteur.....	p.15
Figure 3 : constitution d'une chaîne de mesure classique.....	p.15
Figure 4 : Thermoélectricité et pyroélectricité.....	p.17
Figure 5 : Photoélectricité et effet Hall.....	p18
Figure 6 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif....	p19
Figure 7 : Exemple de linéarisation de caractéristiques.....	p.20
Figure 8 : Caractéristiques statistiques d'un capteur	p.21
Figure 9 : modèle du capteur source de tension.....	p.22
Figure 10 : exemple de conditionneur.....	p.22
Figure 11 : Modèle du capteur type source de courant.....	p.24
Figure 12 : convertisseur courant-tension.....	p.24
Figure 13 : modèle du capteur type source de charge	p.24
Figure 14 : amplificateur de charge	p24
Figure 15 : modèle du montage potentiométrique.....	p.24
Figure 16 : Capteur alimenté en courant.....	p.25
Figure 17 : Montage en pont dans le cas d'impédances complexes.....	p.25
Figure 18 : montage en pont.....	p.26
Figure 19 : Valeur de la tension de décalage du pont de Wheatstone.....	p.27
Figure 20 : Evolution de la tension de déséquilibre du pont pour de très faibles variations de R_C	p.27
Figure 21 : Schéma électrique d'un montage astable à circuit R-C.....	p.28

INTRODUCTION

Ce mémoire est consacré à l'étude de technique plus courante utilisée dans le système de détection. Dans le contexte de la privatisation et de la compétitivité en pleine mutation, nous assisterons à la réorganisation des différents secteurs d'activité existante à Madagascar. Les dirigeants d'entreprise sont de plus en plus soucieux pour la rentabilisation de leurs investissements surtout de leurs firmes, en général, cette situation peut se concrétiser grâce à une optimisation de leurs ressources.

Malgré les potentialités de Madagascar, l'activité sur le détecteur d'approche est encore peu développée par rapport à certains pays de l'Océan Indien et de la côte orientale d'Afrique.

Pour être compétitif sur le marché, la grande île se lance actuellement dans l'environnement de la concurrence mondiale et cible les organismes et les particuliers qui veulent avoir une base théorique de haut de gamme concernant la détection.

De nombreuses actions sont entreprises pour vendre le détecteur d'approche et les producteurs entend menés une politique volontariste en synergie avec tous les partenaires du développement du secteur de sécurisation dans quatre directions principales :

- Amélioration du secteur, de la qualité, des prestations et assainissement du secteur.
- Multiplication du secteur d'accueil en détecteur d'approche.
- Promotion.
- Développement du détecteur d'approche.

Certaines entreprises et le gouvernement ont déjà pris de nombreuses mesures incitatives afin d'attirer les opérateurs nationaux et étranger à s'investir dans le domaine de détecteur d'approche :

La libéralisation du prix.

L'assouplissement de l'octroi de matériau de sécurisation.

Le développement de la communication.

Toutes ces raisons m'ont poussé à choisir pour ce présent le thème : «**DETECTEURS D'APPROCHE** ».

J'ai accès mes recherche sur deux principaux objectif, d'une part améliorer le positionnement de Madagascar dans le cadre de détection d'approche, d'autre part améliorer les infrastructures en les déconcentrant des grandes villes de chaque région.

Les infos réelles que nous exposons dans ce présent mémoire ont été acquises grâce à la recherche bibliographique auprès des centres de documentations, sur l'Internet, et aux aides des électroniciens.

Mon étude est divisée en trois grands chapitres :

Le chapitre I : Les capteurs

Le chapitre II: Capteur avec PIC16F84

Le chapitre III : Programmation du PIC16F84 et Réalisation

CHAPITRE I

LES CAPTEURS

I.1 Généralités

Un capteur est un système qui permet d'obtenir une image sous forme en général électrique, d'une grandeur physique. On appelle :

- _ m le mesurande c'est à dire la grandeur physique à mesurer.
- _ s la grandeur de sortie du capteur.

La chaîne de mesure du capteur nous donne une fonction entre ces deux grandeurs qui est caractérisée par les notions suivantes :

- _ linéarité
- _ bande passante, temps de réponse
- _ vieillissement
- _ sensibilité
- _ sensibilité aux perturbations
- _ étalonnage

Ces capteurs fonctionnent sous différents principes physiques et sont, soit actif soit passifs. Dans le cas des capteurs passifs, on utilise souvent un conditionnement qui permet d'améliorer toutes les caractéristiques ci-dessus.

I.1.a Capteurs de température

Un grand nombre de lois physiques sont sensibles à la température. C'est pourquoi il existe une grande diversité de types de capteurs de température.

Mesure par thermocouple

Un thermocouple est constitué de deux conducteurs A et B formant entre eux deux jonctions aux températures T_1 et T_2 . La première température est connue et sert de référence et l'autre est placée dans le milieu étudié et représente la température inconnue. Il apparaît une différence de potentiel entre les deux électrodes qui est fonction de la différence de température et du couple de métaux utilisé.

Thermométrie par diodes et transistors

Une jonction silicium diode ou transistor alimenté par un courant constant donne une tension proportionnelle à la température. On utilise cette propriété pour fabriquer des capteurs. En général, on ajoute un circuit intégré pour conditionner le capteur. Il existe aussi des circuits intégrés permettant d'enregistrer la température sur une période longue. Cela est utilisé dans les systèmes de contrôle de la chaîne du froid en introduisant le capteur dans le produit au début de la chaîne (abattoir) et en lisant les données à la fin (magasin).

Il existe aussi des mesures de température basées sur la mesure du bruit de fond qui représente l'agitation thermique des électrons dans un matériau. On peut aussi citer les mesures par quartz dont la fréquence de résonnance dépend de la température.

I.1.b Capteurs de position

En génie électrique, on utilise les capteurs de position pour obtenir une position absolue, que ce soit en linéaire ou en angle. Les capteurs de positions relatives seront traités comme capteurs de vitesse.

Capteurs potentiométriques

Un potentiomètre linéaire ou rotatif permet s'il est alimenté de déterminer la position. En rotation, ce principe peut être utilisé si le système tourne lentement car le frottement du capteur impose une usure. Nous avons ici plusieurs capteurs de position angulaire. Ce sont des potentiomètres qui n'ont pas de butée de fin de course.

Resolver

Le resolver est un capteur de position angulaire sans contact. Il est utilisé dans les applications d'autopilotage des machines synchrones. Le principe est d'avoir deux enroulements statoriques à angle droit et deux rotoriques également à angle droit. En alimentant un des enroulements rotoriques en alternatif et en court-circuitant l'autre, les enroulements statoriques sont le siège de fem modulée par des fonctions de $\sin(\Theta)$ et $\cos(\Theta)$. On récupère ces informations pour élaborer la position du rotor.

Capteur digitaux

Le principe est de coder la position sur un certain nombre de bits pour obtenir un nombre fini de position. En augmentant le nombre de bits, on augmente la précision du capteur. Les capteurs classiques sont codés sur 10 bits (1024 positions) et les plus sophistiqués sur 12 bits (4096 positions). Au delà, la précision des secteurs devient difficile à lire même pour un capteur optique par diode et phototransistor.

I.1.c Capteurs de vitesse

Les capteurs de vitesse permettent de mesurer une vitesse ou une position relative entre deux points.

Codeurs incrémentaux

Les codeurs incrémentaux sont utilisés dans les applications de commande des machines asynchrones. Trois sorties sont utilisées (A, B, Top0). Les voies A et B sont une succession de 0 et 1. Le codage se fait en comptant les impulsions. Un décalage entre les deux voies permet de connaître le sens de rotation de la machine. Le Top0 recalcule à chaque tour la position initiale en cas de raté pendant un tour. Les codeurs classiques sont codés sur 10 bits (1024 positions) et les plus sophistiqués sur 12 bits (4096 positions). Selon le même principe du comptage, on utilise des capteurs de proximité avec des roues crantées. Ce système ne

permet pas de connaître le sens de rotation mais est utilisé dans les systèmes ABS.

Tachymètres

Une machine à courant continu à excitation par aimant délivre à vide une fem proportionnelle à la vitesse. On l'appelle Dynamo tachymétrique. Son principal inconvénient, comme toutes les machines à courant continu, est le frottement des balais sur les collecteurs qui provoque une usure importante. Une variante est l'alternateur tachymétrique qui délivre trois tensions sinusoïdales décalées de $2\frac{\pi}{3}$ et dont la tension est proportionnelle à la vitesse. La précision de ce type de capteur est moins grande que celle de la dynamo tachymétrique.

I.1.d Capteurs de proximité

Capteurs inductifs

Pour repérer des pièces sur un système en mouvement, on utilise des capteurs de proximité à réductance variable. La présence d'une pièce métallique modifie la réductance du circuit magnétique du capteur et donc sa réponse à une fréquence d'entrée.

Capteurs à effet Hall

Dans ce cas, il s'agit de mesurer un champ magnétique qui est créé par un aimant (pièce à repérer) ou un inducteur (fonctionnement d'une machine électrique ou d'un transformateur). La plaque en semi-conducteur à effet Hall (fig.42) placé dans un champ magnétique B voit apparaître à ses bornes une tension proportionnelle au champ. Ces dispositifs sont très utilisés en Electrotechnique en particulier dans les capteurs de courant. *Voir capteur de courant*

Capteurs de courant

Pour des faibles puissances mises en jeu (inférieures à 100W et tension inférieure à 50V), on utilise un shunt qui est une résistance calibrée de faible valeur.

Au-delà on utilise soit un transformateur de courant pour la composante alternative soit l'effet hall pour la composante continue soit les deux pour des signaux quelconques.

La figure suivant nous donne le principe d'un tel capteur.

Le flux magnétique créé par le circuit primaire (gros fils) est compensé à l'aide d'une bobine secondaire grâce à une cellule à effet Hall associée à un circuit électronique. Le circuit magnétique (tore ferrite) permet de canaliser le flux créé dans la bobine secondaire et de mesurer la composante alternative. Le courant secondaire est fourni par l'amplificateur opérationnel (lui-même alimenté par deux sources de courant continu) qui assure un fonctionnement du tore à flux

nul (pas de saturation). Ce montage est communément appelé "pince ampère métrique".

Le rapport du nombre de spires primaires et secondaires donne l'amplification de ce capteur.

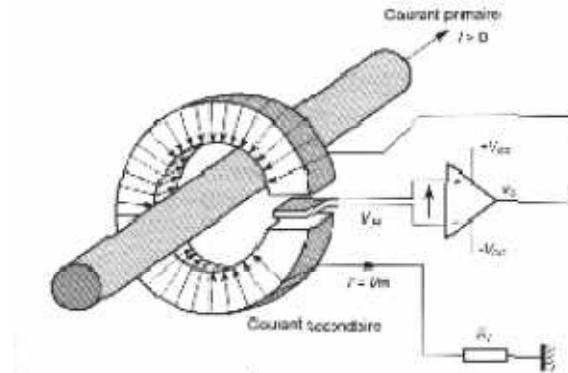


Figure 1 : Capteur à effet Hall

I.2 Capteurs électroniques

Lorsque l'on souhaite traduire une grandeur physique en une autre grandeur, on fait appel à ce que l'on nomme classiquement « capteur ». Son rôle est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste.

Ainsi, un capteur de température au sein d'un micro-processeur s'intègre dans le processus de stabilisation en température du composant de manière à assurer son bon fonctionnement. De cette mesure va dépendre la vitesse de rotation du ventilateur ou la commande en courant d'un module à effet Peltier.

I.2.a Définitions et classification

Mesurande

C'est la grandeur physique que l'on souhaite connaître.

Capteur

C'est l'élément qui va permettre sous l'effet du mesurande d'en délivrer une image exploitable (signal électrique par exemple).

On parle aussi de transducteur, la grandeur physique d'entrée (le mesurande) étant transformée en une autre grandeur physique de sortie ou en un signal électrique.

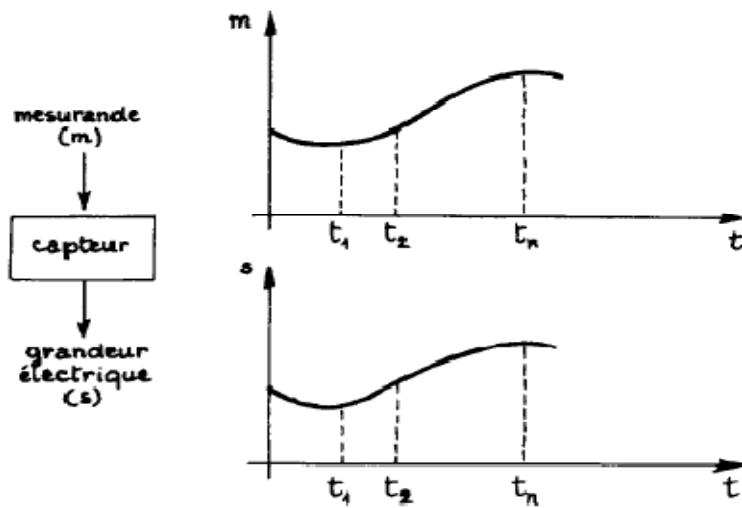


Figure 2 : principe d'un capteur

Généralement, on obtient une grandeur de sortie du type électrique. Elle peut être soit :

- une charge,
- une tension,
- un courant,
- une impédance (R, L, C).

Chaîne de mesure

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents. Par exemple, la mesure d'un débit peut se faire en plusieurs étapes :

- transformation du débit en une pression différentielle,
- transformation de la pression différentielle en la déformation mécanique d'une membrane,
- transformation de la déformation mécanique en une grandeur électrique (à l'aide d'un piézo-électrique) via un circuit électronique associé.

L'ensemble de ces étapes constitue la chaîne de mesure.

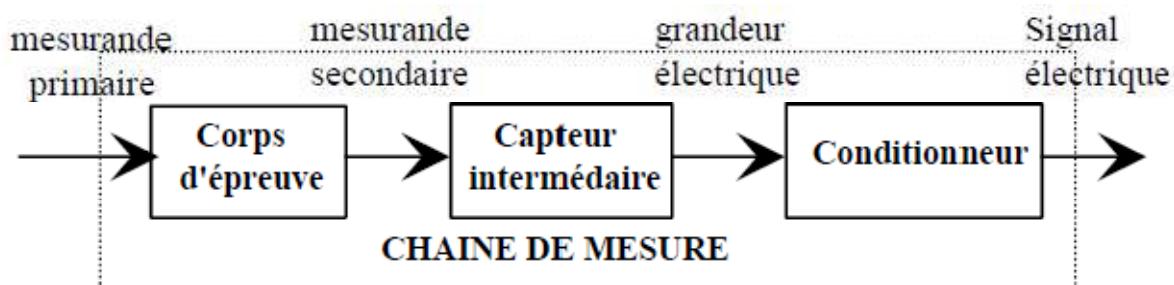


Figure 3 : constitution d'une chaîne de mesure classique.

De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. Si la chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec le mesurande. Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable. Le choix de ce conditionneur est une étape importante dans le cadre de la chaîne de mesure car, associé au capteur, il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure.

Types de grandeur physique

On peut classer les grandeurs physiques en 6 familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces 6 familles :

- Mécanique : déplacement, force, masse, débit etc...
- Thermique : température, capacité thermique, flux thermique etc...
- électrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique etc...
- Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique etc...
- Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes etc...
- (Bio) Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone etc...

Classification des capteurs

On classe les capteurs en deux grandes familles en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

Capteurs passifs

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif.

Le tableau ci-dessous résume, en fonction du mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.

MESURANDE	EFFET UTILISÉ (Grandeur de sortie)	MATERIAUX
Température	Résistivité	Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs
Très basse température	Cste diélectrique	Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Capteurs actifs

Dans ce cas, la sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension ou charge. Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci-dessous.

MESURANDE	EFFET UTILISE	GRANDEUR DE SORTIE
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	Tension
Flux optique	Photoémission Pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piezoelectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

Précision sur les effets utilisés :

Thermoélectricité : c'est le principe de tout thermocouple. C'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures différentes T_1 et T_2 . Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension (force électromotrice) liée à la différence de température ($T_1 - T_2$).

Pyroélectricité : certains cristaux présentent une polarisation électrique proportionnelle à leur température. Ainsi, en absorbant un flux de rayonnement, le cristal pyroélectrique va s'échauffer et ainsi sa polarisation va se modifier entraînant une variation de tension détectable.

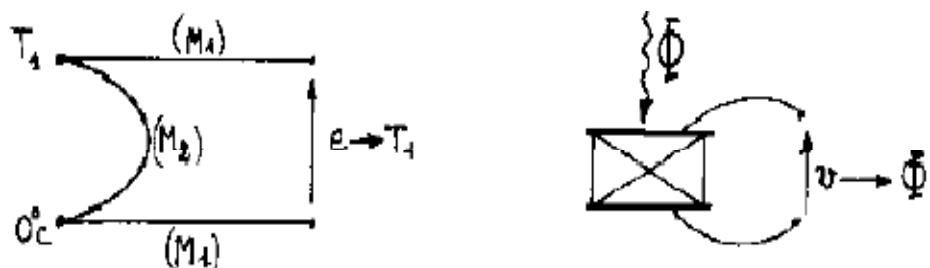


Figure 4 : Thermoélectricité et pyroélectricité

Piezoelectricité : l'application d'une force sur ce type de matériau engendre l'apparition de charges électriques créées par la déformation du matériau. C'est un phénomène réversible.

Induction : la variation d'un flux magnétique engendre l'apparition d'une force électromotrice.

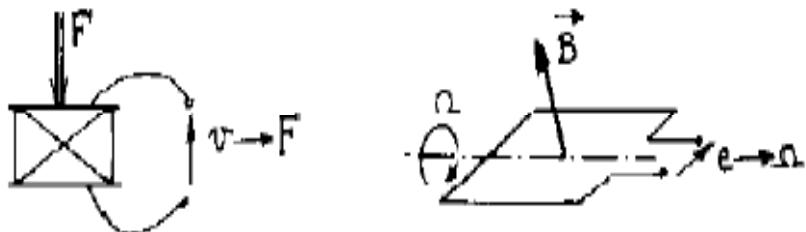


Figure 5 : Photoélectricité et effet Hall

I.2.b Performances d'un capteur : définition métrologique

De manière à classer les capteurs en fonction de leurs performances, on est amené à définir des paramètres qui permettent de les sélectionner en fonction de l'application.

Etendue de la mesure

Elle définit la zone dans laquelle les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles:

Zone nominale d'emploi

Zone dans laquelle le mesurande peut évoluer sans modification des caractéristiques du capteur.

Zone de non-détérioration

Valeurs limites des grandeurs influençant le capteur (mesurande, température environnante, etc...) sans que les caractéristiques du capteur ne soient modifiées après annulation de surcharges éventuelles.

Zone de non-destruction

Elle définit les limites garantissant la non-destruction du capteur mais dans laquelle il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur.

Résolution

Elle correspond à la plus petite variation du mesurande que le capteur est susceptible de déceler.

Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur

Elle donne la relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée. Elle est donnée classiquement par une courbe en régime permanent. Elle ne donne pas d'informations sur les caractéristiques transitoires du capteur.

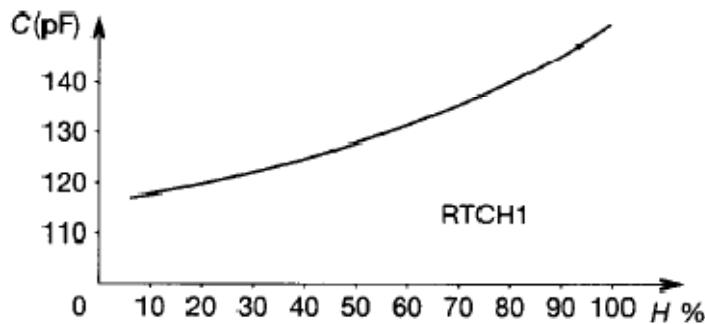


Figure 6 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif

Sensibilité

Elle détermine l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné. C'est la pente de la tangente à la courbe issue de la caractéristique du capteur.

Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante.

$$\boxed{\text{Sensibilité} = \frac{d(\text{Grandeur de sortie})}{d(\text{mesurande})} \Big|_{\text{Pt d'étude}}}$$

Il faut noter que la sensibilité d'un capteur peut être fonction du conditionneur auquel il est associé.

Dans l'exemple de la figure 6, la sensibilité moyenne du capteur est de 0.4pF/%H.

Finesse

C'est la qualité d'un capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer l'influence du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis à vis du capteur mais aussi vis à vis de l'environnement d'utilisation du capteur.

Par exemple, dans le cas d'une mesure thermique, on cherchera un capteur à faible capacité calorifique vis à vis des grandeurs l'environnant.

Finesse et sensibilité sont en général antagonistes. Il peut y avoir un compromis à faire.

Pour un capteur d'induction B, un capteur à forte perméabilité sera très sensible, par contre sa présence aura tendance à perturber les lignes de champ et la mesure de l'induction ne sera pas celle sans capteur, d'où une mauvaise finesse. Mais cette erreur peut être évaluée en vue d'une correction post-mesure et ainsi faire abstraction de la présence du capteur.

Linéarité

Zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande.

Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des moindres carrés.

On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en % l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe.

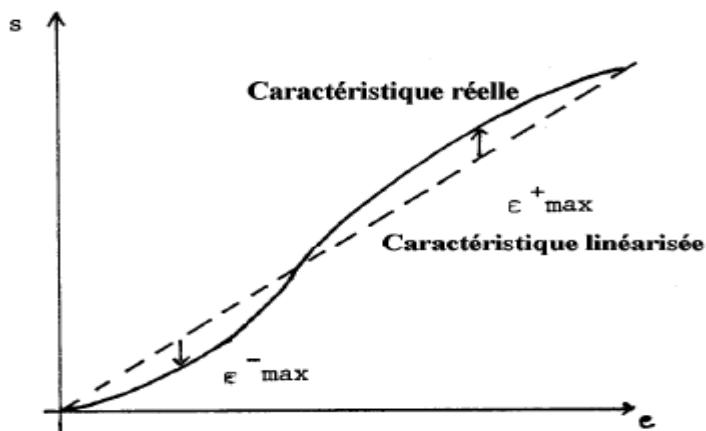


Figure 7 : Exemple de linéarisation de caractéristiques

Caractéristiques statistiques d'un capteur

Ces paramètres permettent de prendre en compte la notion d'erreurs accidentelles qui peuvent survenir sur un capteur.

Rappel : soit n mesures effectuées sur un mesurande, on définit à partir de ces n mesures :

$$\text{- la valeur moyenne : } \langle m \rangle = \frac{\sum m_i}{n}$$

- l'écart type (dispersion des résultats autour de la valeur moyenne) :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \langle m \rangle)^2}{n-1}}$$

Fidélité

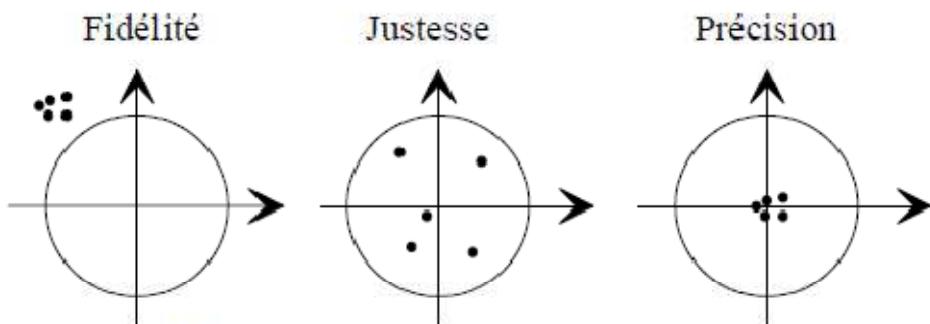
Elle définit la qualité d'un capteur à délivrer une mesure répétitive sans erreurs. L'erreur de fidélité correspond à l'écart type obtenu sur une série de mesures correspondant à un mesurande constant.

Justesse

C'est l'aptitude d'un capteur à délivrer une réponse proche de la valeur vraie et ceci indépendamment de la notion de fidélité. Elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesures par rapport à la valeur réelle.

Précision

Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur. Ainsi un capteur précis aura à la fois une bonne fidélité et une bonne justesse.



Rapidité

C'est la qualité d'un capteur à suivre les variations du mesurande. On peut la chiffrer de plusieurs manières :

- bande passante du capteur. (à -3 dB par exemple).
- Fréquence de résonance du capteur.
- Temps de réponse (à $x\%$) à un échelon du mesurande.

I.2.c Conditionneur associé

Le conditionnement de la mesure consiste à rendre exploitable la mesure issue du capteur. L'association capteur-conditionneur détermine le signal électrique et ses caractéristiques.

On effectue une adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure complète.

Capteurs actifs

Le capteur se comporte comme une source.

Capteur source de tension :

On peut adopter le modèle suivant pour la sortie du capteur auquel on vient connecter une impédance correspondant à l'impédance d'entrée du conditionneur.

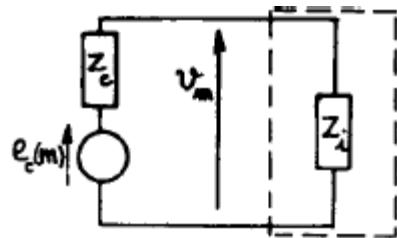


Figure 9 : modèle du capteur source de tension

On utilisera des dispositifs à forte impédance d'entrée de manière à obtenir une tension en sortie du conditionneur aussi proche que la tension en sortie du capteur. On pourra utiliser un montage suiveur (inverseur ou non), ou un amplificateur différentiel plus classiquement appelé amplificateur d'instrumentation (Voir ci-dessous).

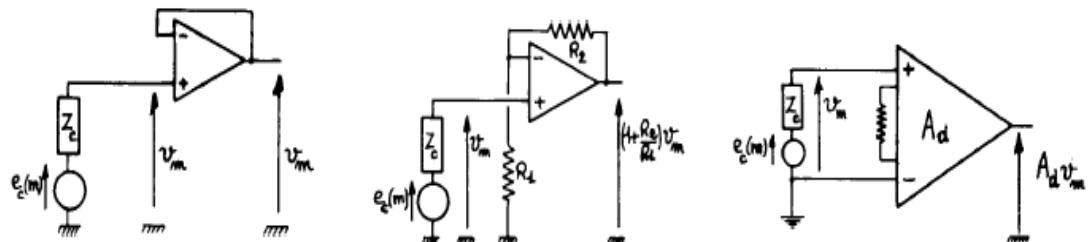


Figure 10 : exemple de conditionneur

Capteur source de courant :

Dans ce cas, le capteur peut se modéliser par une source de courant avec une impédance en parallèle.

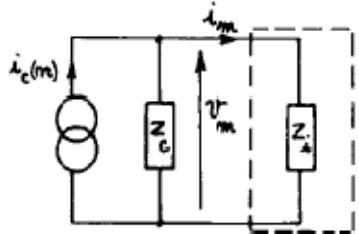


Figure 11 : Modèle du capteur type source de Courant

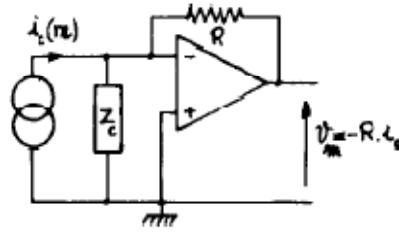


Figure 12 : convertisseur courant-tension

On fait appel dans ce cas à un convertisseur courant-tension de manière à obtenir une tension proportionnelle au courant de sortie du capteur.

Capteur source de charge

Le capteur en tant que générateur présente une impédance interne capacitive. C'est le cas d'un cristal piézo-électrique. Il faut faire attention dans le cas où l'on vient brancher une impédance équivalente résistive à ses bornes. Cette résistance peut engendrer une décharge trop rapide de la capacité empêchant toute mesure.

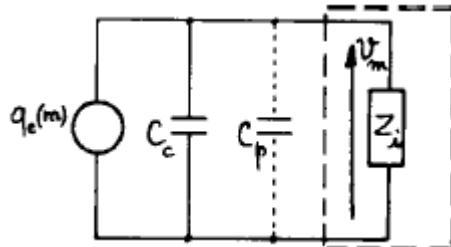


Figure 13 : modèle du capteur type source de charge

Dans ce cas, il est préférable d'utiliser un amplificateur de charge dont le principe est présenté ci-dessous.

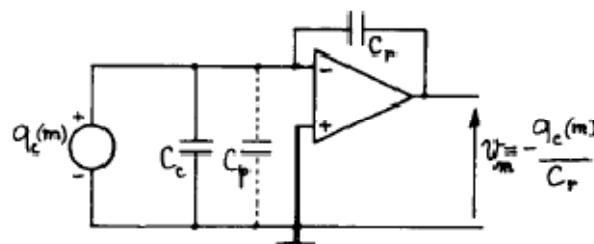


Figure 14 : amplificateur de charge

Capteurs passifs

Ce capteur donne une image du mesurande par l'intermédiaire d'une impédance. On associe donc toujours une source externe de tension ou de courant au capteur. Deux grands principes de conditionneurs peuvent être employés :

- Montage en pont : on récupère alors une tension proportionnelle au mesurande.
- Montage oscillant : la fréquence du signal de sortie est modulée par le mesurande.

Montage potentiométrique

A- Cas des résistances

On utilise un simple pont diviseur alimenté par une source de tension continue V_e .

L'impédance interne de la source (R_s) et l'impédance de l'appareil de mesure (R_d) doivent être prises en compte. Le capteur est modélisé par la résistance R_c .

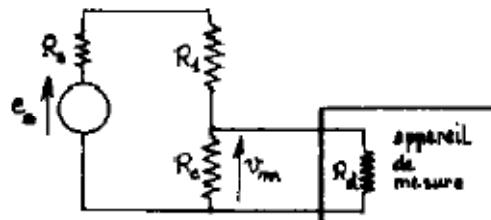


Figure 15 : modèle du montage potentiométrique

En négligeant R_s et R_d , on obtient $V_m = \frac{R_c}{R_c + R_1} V_e$

La relation qui lie la tension de sortie (V_m) au paramètre image du mesurande (R_c) n'est pas linéaire. La sensibilité du montage n'est donc pas constante. On peut néanmoins faire une étude en petites variations du mesurande (étude petit signaux). Ainsi si l'on se place aux petites variations $\Delta R < R_c + R_1$:

$$R_c \rightarrow R_{co} + \Delta R$$

$$V_m \rightarrow V_{mo} + \Delta V_m$$

Alors on obtient : $\Delta V_m = V_e \frac{(R_1) \Delta R}{(R_1 + R_{co})^2}$

C'est une relation linéaire d'où on peut directement extraire la sensibilité du capteur $\Delta V_m / \Delta R_c$. Cette sensibilité est maximum pour $R_1 = R_{co}$

$$\text{soit : } \Delta V_m = \frac{V_e}{4R_1} \Delta R$$

Remarque : Cas d'une alimentation en courant :

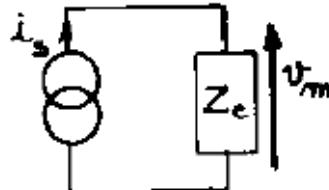


Figure 16 : Capteur alimenté en courant

L'utilisation d'une source de courant I rend le montage directement linéaire si l'on néglige l'impédance interne de la source, c'est à dire : $\Delta V_m = I \cdot \Delta R_c$

B- Cas des impédances complexes (Z_c)

Le capteur est capacitif (détecteur de niveau par exemple) ou inductif (détecteur de position). On utilise alors une source d'alimentation sinusoïdale associée à pont diviseur.

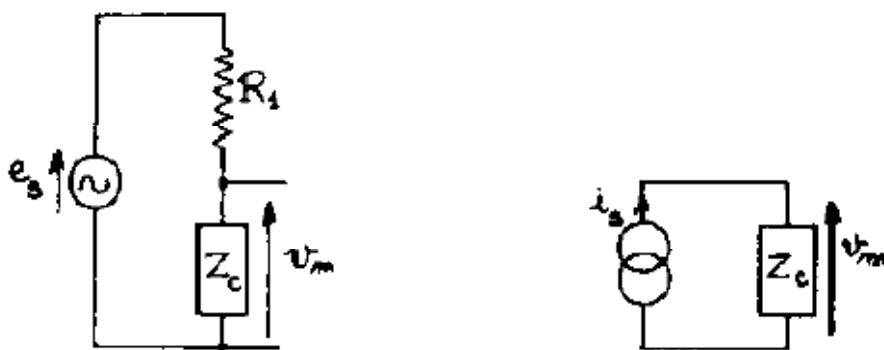


Figure 17 : Montage en pont dans le cas d'impédances complexes

En supposant $R_1 < Z_c$, on obtient aux petites variations : $\Delta V_m = \frac{V_e}{R_1} \Delta Z_c$

De même en utilisant une source de courant I : $\Delta V_m = I \cdot \Delta Z_c$

Montage en pont

L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continue, et ceci en l'absence de variations du mesurande. L'emploi d'un montage en pont présente l'avantage de s'affranchir de cette tension continue.

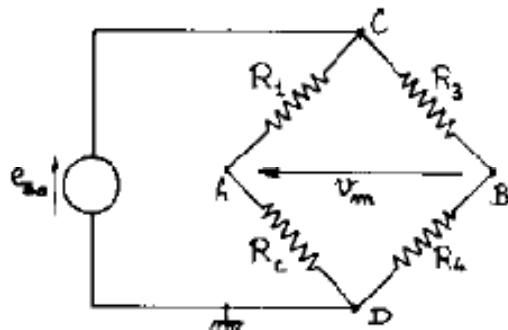


Figure 18 : montage en pont

Calcul des potentiels :

$$\text{En A : } V_A = \frac{R_C}{R_C + R_1} E$$

$$\text{En B : } V_B = \frac{R_4}{R_4 + R_3} E$$

On obtient une tension de mesure encore appelée tension déséquilibre du pont :

$$V_m = V_A - V_B = \frac{R_C R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_C)(R_4 + R_3)} E$$

Si on veut une tension nulle en l'absence d'évolution du mesurande (cas stable $R_C = R_{co}$), on trouve la condition d'équilibre d'un pont de Wheatstone : $R_C R_3 = R_1 R_4$

Cas $R_C = R_1 = R_2 = R_3 = R$:

Cela correspond à une *sensibilité maximum* pour le cas du diviseur potentiométrique, et l'on suppose que le mesurande évolue autour d'une valeur R_{co} : $R_C R_{co} R = + \Delta R$, avec $R_{co} = R$.

On obtient alors pour : $V_A = \frac{E}{2} \frac{(1 + \Delta R / R)}{(1 + \Delta R / 2R)}$ et $V_B = E / 2$

$$\text{Soit } V_m = \frac{E}{4} \frac{\Delta R / R}{(1 + \Delta R / 2R)}$$

On peut alors tracer l'évolution de la tension de déséquilibre en fonction du rapport $\Delta R / R$:

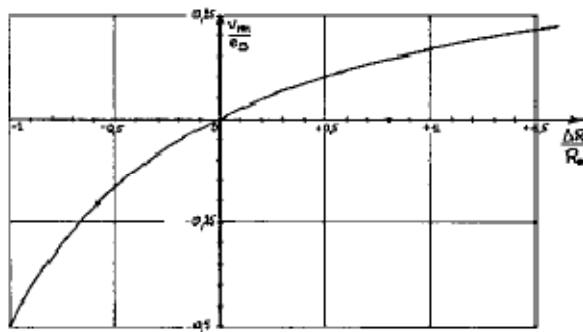


Figure 19 : Valeur de la tension de décalage du pont de Wheatstone

Calcul pour de très faibles variations de R_c :

En faisant une étude autour du voisinage de zéro ($\Delta R / R \ll 1$), on peut linéariser la relation entre V_m et ΔR :

$$V_m = \frac{E}{4} \frac{\Delta R}{R}$$

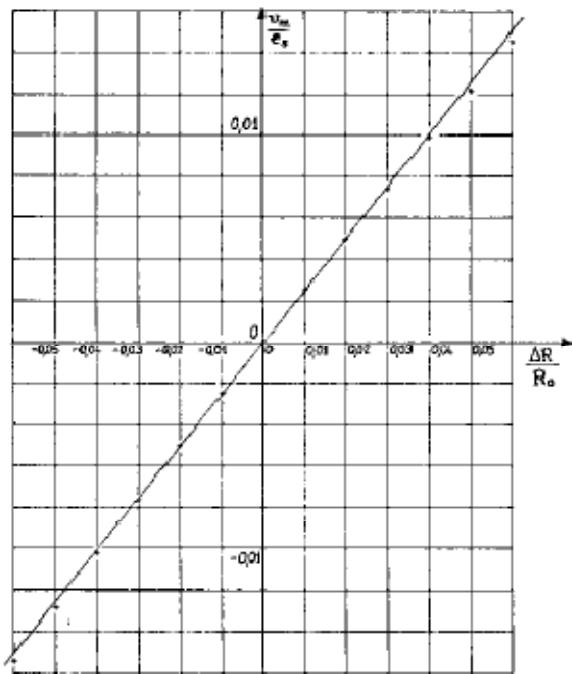


Figure 20 : Evolution de la tension de déséquilibre du pont pour de très faibles variations de R_c

On obtient ainsi une mesure avec une sensibilité constante autour du point d'équilibre.

Montage oscillant

Un circuit oscillant (LC) présente une fréquence de résonance F_0 telle que

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Si on insère un capteur capacitif ou inductif dans un tel circuit, ses variations entraîneront une variation Δf de la fréquence d'oscillation du circuit. En supposant des petites variations on obtient une évolution :

$$\frac{\Delta f}{F_0} = -\frac{\Delta L}{2L_0} \quad \text{ou} \quad \frac{\Delta f}{F_0} = -\frac{\Delta C}{2C_0}$$

Dans le cas d'un capteur capacitif, on peut utiliser un oscillateur à relaxation :

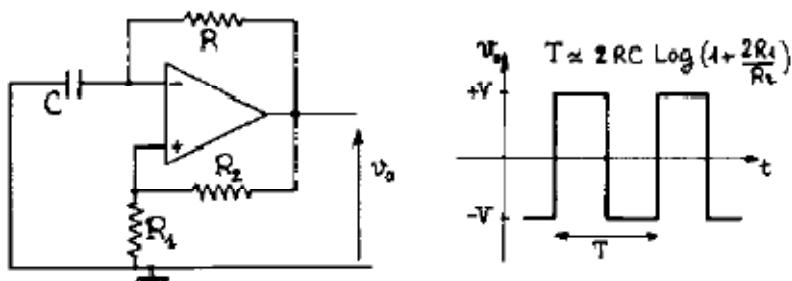


Figure 21 : Schéma électrique d'un montage astable à circuit R-C.

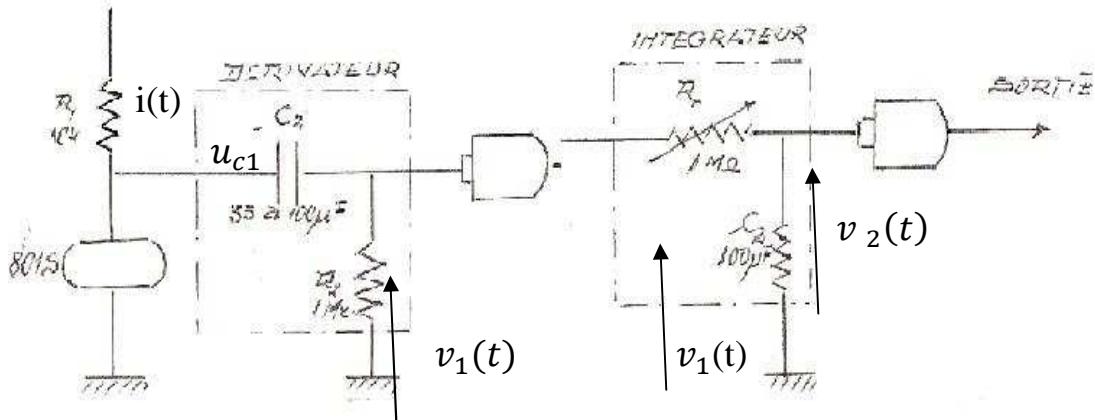
La période des oscillations est directement reliée à la valeur de la capacité par la relation : $T = 2RC \log\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$

I.2.d DéTECTEUR de choc 801S

Le détecteur permet de détecter le choc de très faible amplitude. Ainsi qu'un changement de position. Il permet de réaliser toute sorte d'alarme qu'elle soit domestique ou industriel. Ces principales caractéristiques sont les suivants :

- Détection de choc de très faible amplitude
- Détection dans toutes les directions
- Détection d'un changement de position
- Durée de vie élevée : 60 millions de détection
- Fonctionne sans mercure
- Très grande sensibilité

SCHEMA



ETUDE DE DERIVATEUR

On a :

$u_1(t) = u_{c1}(t) + v_2(t)$ or $u_{c1} \gg v_2$ c'est la condition pour avoir dérivation

D'où $u_{c1}(t) \cong v_2(t)$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = c_1 \frac{du_{c1}}{dt} = c_1 \frac{dv_1}{dt}$$

$$v_2(t) = R_2 i(t) \Rightarrow v_2(t) = R_2 c_1 \frac{dv_1}{dt}$$

ETUDE DE L'INTEGRATEUR

On a :

$v_1(t) = u_{R1}(t) + v_2(t)$ or $u_{R1}(t) \gg v_2(t)$ c'est la condition pour avoir intégrateur donc $v_1(t) = u_{Rv}(t) = R_v * i(t)$

Donc

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = c_2 \frac{dv_2}{dt} \text{ et } v_1(t) = R_v c_2 \frac{dv_2}{dt} \Rightarrow v_2(t) = \frac{1}{R_v c_2} \int v_1(t) dt$$

I.2.e Détecteur d'approche

LE CI QT 110

Le CI QT 110 présente des caractéristiques très intéressante puisqu' il ne suffit dans le montage de base que de quelque composant afin d'utiliser. Ces caractéristiques sont :

- Faible coût de revient
- Peut être utilisé à travers des différents matériaux
- Transforme n'importe quel objet métallique en ouche sensitive
- Aucun réglage n'est nécessaire
- Un seul condensateur est nécessaire pour le fonctionnement de base
- Un résonateur piézo-électrique peut y être connecté
- Une LED peut être commandé pour indiquer que l'opération a été prise en compte
- Un mode de maintient de communication est possible (configuration par strappe)
- Auto calibration du temps de sortie de 10 secondes à 60 secondes
- Mode en sortie impulsionnelle
- Configuration possible par câble bifilaire

Les conditions d'utilisation sont également très couple

- Tension d'alimentation : 2V à 5V
- Capacité de charge : 0 à 20 pF
- Valeur du condensateur de l'électrode : 10 à 30 nF

Les applications sont nombreuses et peuvent être industriel que domestique

- Commutateur de lumière
- Contrôle d'accès
- Commutateur d'ascenseur
- Système de sécurité
- Commande platine industriel

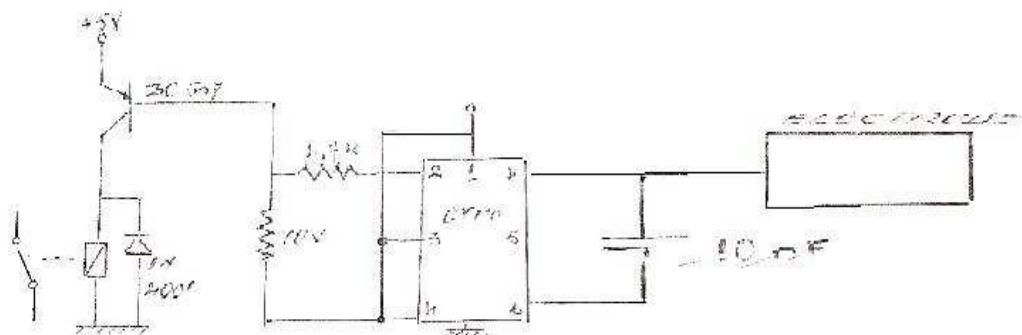
Le circuit 0 fonctionne sur le principe du transfère de charge. Il est spécialement destiné à la réalisation d'un capteur d'approche. Il possède tous les différents nécessaires qui assurent un fonctionnement très fiable.

Différents dimension ou de forme d'électrode (ou capteur) peuvent être utilisé. Le circuit fonctionne avec d'un capteur de longue ou de fine dimension. Il pourra posséder une forme carrée ou ronde ou une forme indéterminée. Il pourra également un objet en trois dimensions. Si une électrode de grande dimension est nécessaire on utilisera de préférence une sorte de grillage métallique qui possède de capacité supérieur à une surface pleine.

Commentaire

Tous les capteurs utiliser par le CI QT 110 reposent sur la loi de Kirchhoff en courant afin de détecter la capacité de l'électrode doit obligatoirement effectuer une boucle pour retourner à son point de départ afin d'être détecter.

Schéma de principe



La sortie 2 active à niveau bas commande un transistor alimentant un relais. On a pris cette précaution car cette sortie ne débute qu'un courant de 20 mA alors que le relais consomme 50 mA. Une diode de roue libre protège le transistor de commande lors de la rupture de l'alimentation de relais.

CHAPITRE II

CAPTEURS AVEC PIC 16F84

II.1 Présentation de la réalisation

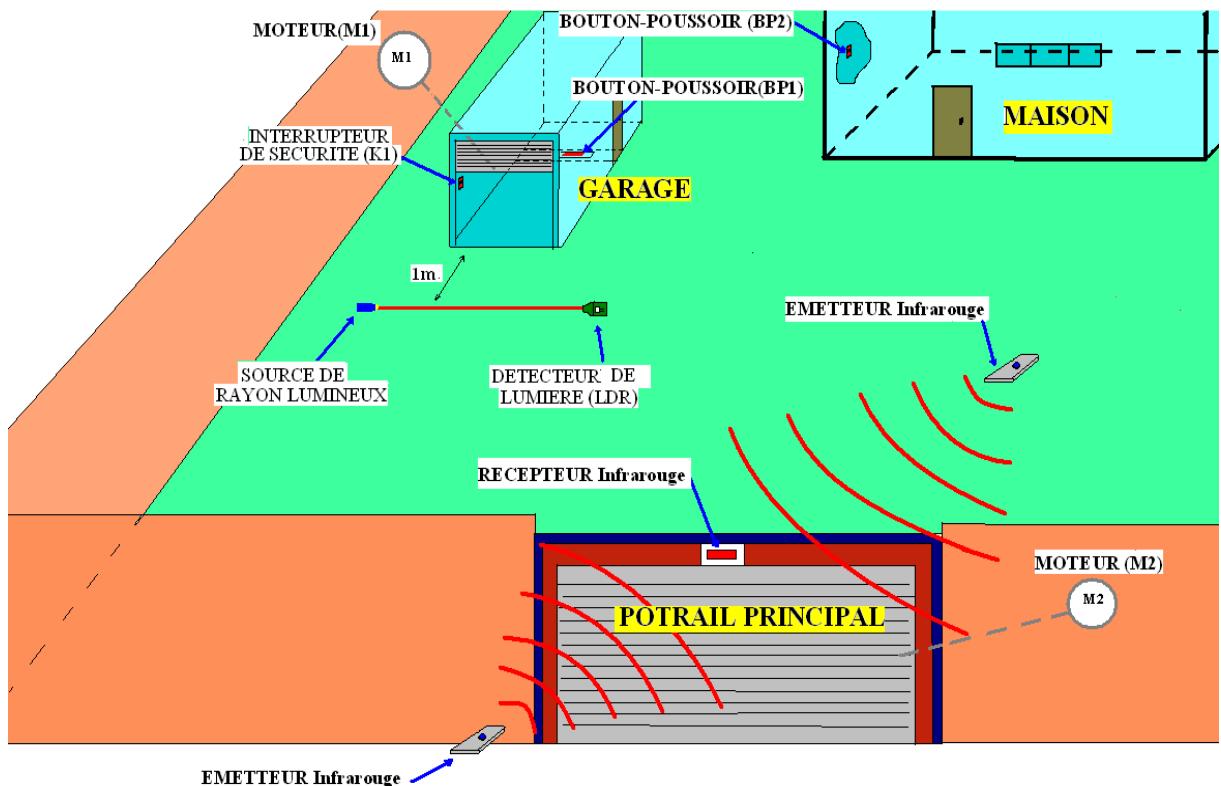
II.1.a But

L'objectif de cette réalisation est de comprendre le fonctionnement d'un système programmable basé par un microcontrôleur pour la commande d'ouverture et fermeture du portail principal et de la porte du garage d'une propriété privée.

II.1.b Description générale

L'étude de la réalisation est basée sur la commande d'un système électronique programmé par un microcontrôleur. Dans cette application, nous allons utiliser : un émetteur /récepteur infrarouge IR, un détecteur de lumière LDR, deux bouton-poussoirs, un interrupteur et deux moteurs pour gérer l'ouverture et la fermeture de deux portes.

II.1.c Fonctionnement global



Le fonctionnement de l'automatisme du système est le suivant :

L'ouverture du portail principal se fait de deux manières :

- la commande à distance
- l'appui du bouton poussoir BP2 qui est à l'intérieur de la maison.

Tandis que la coupure du rayon lumineux au niveau du LDR devant le garage ou l'appui du bouton-poussoir BP1 à l'intérieur du garage permet l'ouverture de sa porte.

Pour sécuriser le garage, l'interrupteur de sécurité K1 doit être activé afin que la porte ne s'ouvre pas même s'il y a une des deux actions ci-dessus.

Les deux portes se ferment automatiquement par une temporisation.

La figure ci-dessous représente la synoptique générale du système.



II.2. Partie théorique

II.2.a Module d'entrée

II.2.a.1 Module de détecteur de lumière

LDR (Light Dépendant Resistor)

➤ Principe du LDR

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction.

A température constante si le même cristal semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal. Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la LDR est inversement proportionnelle à la lumière reçue. La sensibilité dépend de la fréquence de la radiation lumineuse : par exemple, le sulfure de cadmium a un maximum de sensibilité dans le spectre de la lumière visible aux environs de 650nm, dans le rouge du spectre lumineux.

Voir annexe : Spectre lumineux

➤ **Symboles**



➤ **Les valeurs**



Leurs valeurs ne sont généralement pas marquées dessus.

La valeur de la résistance dans l'obscurité est supérieure à 1Mohm. Lorsqu'elle est éclairée par le soleil sa valeur descend au dessous de 1 K.

➤ Variantes

LDR



Photo-résistance miniature.
Dimension : 1.5x3.5x4.15mm.
Connexion de 40mm.
Entraxe : 1x2.54mm.
Variation: 40 à 10 K
Code: LDR4 ... 0.31 (1/9)
0.16 (10/99) - 0.08 (100+)



Photo-résistance moyenne.
Dimension : 1.9x6.4x7.3mm.
Connexion de 38mm.
Entraxe : 2x2.54mm.
Variation: 20K à 20 M
Code: LDR7 ... 0.90 (1/9)
0.68 (10/99) - 0.54 (100+)



Photo-résistance moyenne.
Dimension : 1.9x6.4x7.3mm.
Connexion de 38mm.
Entraxe : 2x2.54mm.
Variation: 100 à 100 K
Code: LDR7D ... 0.46 (1/9)
0.31 (10/99) - 0.23 (100+)



Grande photo-résistance.
Dimension: 1.3x10x11.2mm.
Connexion de 34mm.
Entraxe: 3x2.54mm.
Variation: 2 K à 10 M
Code:LDR12 ... 0.77 (1/9)
0.49 (10/99) - 0.39 (100+)



Photo-résistance performante SR21EA
sensible à la lumière et au proche infrarouge.
Dimension : 0.8x4x6mm - pas : 1x2.54mm.
Résistance d'obscurité : 10M (après 5 sec.).
Résistance à 100 lux : 800
Tension / courant : 100V/50mW maximum.
Code : SR21EA ... 1.38 (1/9) - 1.25 (10+)

II.2.a.2 Commande à distance par infrarouge (IR)

La commande à distance offre de plus la possibilité d'une transmission pour agir à distance. Elle peut être réalisée par signal lumineux, courant électrique ou par ondes.

Ce qui nous intéresse c'est la commande à distance par signal lumineux.

➤ **Fonctionnement**



La commande à distance par signal lumineux est assurée par le rayon infrarouge, se réfléchit sur les surfaces claires et ne traverse pas les murs. Sa

longueur d'onde est $\lambda > 670$ nm et sa fréquence est $f < 428$ Hz. La puissance de l'émission étant très faible, la portée est limitée à une vingtaine de mètres.

➤ ***Symbole du récepteur***



➤ ***Symbole de l'émetteur***



II.2.b Partie commande

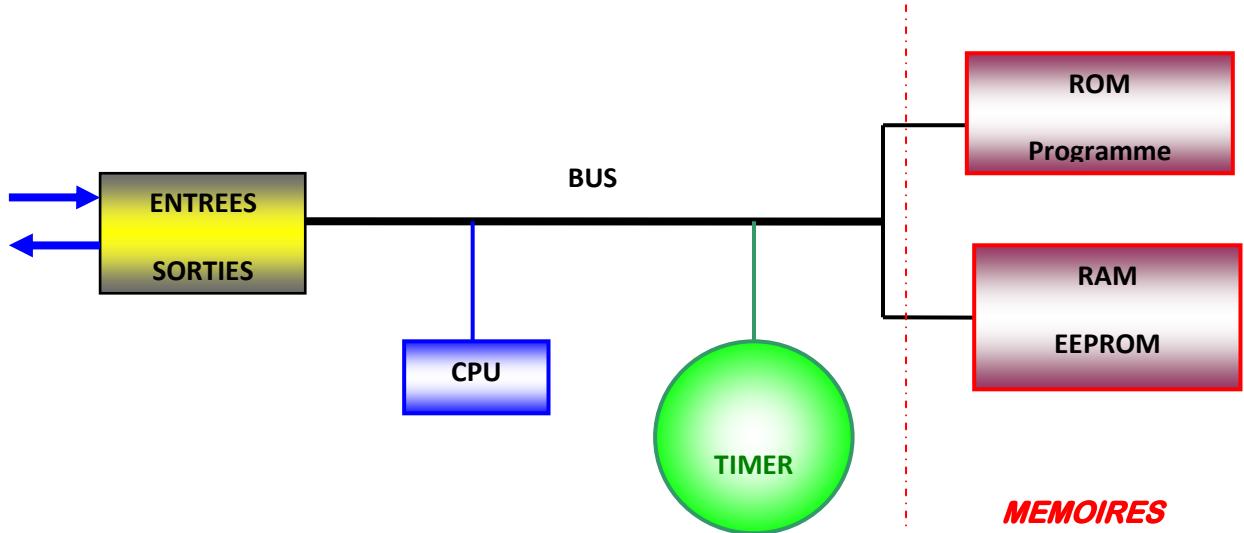
La partie commande est le cœur du fonctionnement de notre système. Sous le contrôle du programme, elle analyse l'état des capteurs et commande les actionneurs.

Cette fonction peut être réalisée :

- soit par un ordinateur
- soit par un microcontrôleur

LE MICROCONTROLEUR

Architecture générale d'un microcontrôleur



Le schéma ci-dessus montre le fonctionnement du microcontrôleur.

Les entrées et sorties permettent au microcontrôleur de communiquer avec l'extérieur pour la réception et la transmission des données.

Le Processeur (CPU) et l'Horloge (Timer) participent à l'exécution des instructions du programme

Les mémoires sont des emplacements destinés aux instructions et aux données.

Ces deux systèmes de commande sont munis des mémoires selon le type de configuration.

DIFFERENTS TYPES DE CIRCUITS DE MEMOIRES

Les différents types de circuit mémoire se sont multipliés. Ci-dessous le résumé de ces différents types :

➤ **RAM** : ce terme provient de « Random Acces Memory » qui désigne les mémoires centrales classiques pouvant être écrites et lues à volonté. Leur adressage est rigoureux et directe. On les appelle encore des mémoires vives.

➤ **SDRAM ou RAM statique** : il s'agit d'une technologie de RAM faisant appel à une cellule mémoire complexe (une bascule) capable de conserver son information quand elle est alimentée.

➤ **DRAM ou RAM dynamique** : c'est encore une RAM mais pour que l'information soit conservée, il faut la rafraîchir. Son intérêt c'est que la densité de point de mémoire est élevée, mais ce type de mémoire est plus lent que SDRAM mais moins chère.

➤ **VRAM ou RAM vidéo** : il s'agit toujours de RAM mais spécialisé pour la gestion d'images et comportant de la logique supplémentaire.

➤ **RAM CMOS** : il s'agit de petit RAM en technologie CMOS de très faible consommation aux bornes desquelles on a connecté une pile de sauvegarde qui les alimente en courant lorsque l'ordinateur est mis hors tension. Les RAM CMOS conservent la configuration, la date,....

➤ **ROM**: Ce terme provient de « Read Only Memory ». Soit mémoire à lecture seule. En effet, on ne peut que lire ces mémoires dont le contenu indésirable a été enregistré une fois pour toute par leur fabricant en créant ou non certaine connexion Internet.

➤ **PROM** : le terme provient « Programmable Read Only Memory » du programmable ROM. Ce type de mémoire morte est programmé par l'utilisateur ou le fabricant qui y stockera le Bios d'un ordinateur. La programmation s'effectue en grillant d'un fusible interne. Une fois programmer le PROM se comporte comme un ROM et ne peut plus voir son programme modifié.

➤ **EPROM ou EEPROM** : le terme EPROM provient de « Electricaly PROM » ou « Electrical Erasable Programmable Read Only Memory ». Cette fois la programmation s'effectue électriquement et non plus en détruisant des fusibles.

En plus, la programmation peut être effacée à l'ultraviolet et on peut reprogrammer le circuit.

➤ **Mémoire FLASH** : il s'agit d'une ROM programmable et effaçable électriquement et cela très rapidement. Ce type de mémoire s'inscrit entre les ROM reprogrammables et le RAM. Il est moins rapide que les RAM mais les données ne sont pas volatiles.

II.2.b.1 La théorie du PIC

Un PIC n'est rien d'autre qu'un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement d'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. Rappelons qu'un microprocesseur est un circuit électronique qui intègre toutes les fonctions comme celui de l'unité central d'un ordinateur.

Les PICs sont des composants STATIQUES, c'est à dire que la fréquence d'horloge peut être abaissée jusqu'à l'arrêt complet sans perte de données et sans dysfonctionnement.

II.2.b.2 Famille PIC

La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles :

- La famille Base-Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits
- La famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie la 16F84 et 16F876)
- La famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits

II.2.b.3 Identification des PICs

Pour identifier un PIC, on utilise simplement son numéro.

Les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, 16 indique un PIC Mid-Range.

Vient ensuite parfois une lettre L : Celle-ci indique que la PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante.

On trouve aussi :

- C indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM
- CR pour indiquer une mémoire de type ROM
- F pour indiquer une mémoire de type FLASH.

Seule une mémoire FLASH ou EEPROM est susceptible d'être effacée, donc la reprogrammation des PICs de type CR n'est pas possible

Puis les derniers chiffres identifient précisément le PIC.

Enfin sur les boîtiers « -XX » dans laquelle XX représente la fréquence d'horloge maximale que la PIC peut recevoir. Par exemple -04 pour une 4MHz.

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

II.2.b.4 Choix du PIC

Le choix d'un PIC est directement lié bien sur à l'application envisagée :

1 - Il faut dans un premier temps déterminer le nombre d'entrées - sorties nécessaires pour l'application. Ce nombre d'entrées - sorties nous donne une première famille de PIC.

2 - Il faut ensuite déterminer si l'application nécessite un convertisseur analogique - numérique ce qui va centrer un peu plus vers le choix d'une famille de PIC

3 - La rapidité d'exécution est un élément important, il faut consulter les DATA- BOOK pour vérifier la compatibilité entre la vitesse maximale du PIC choisi et la vitesse maximale nécessaire au montage.

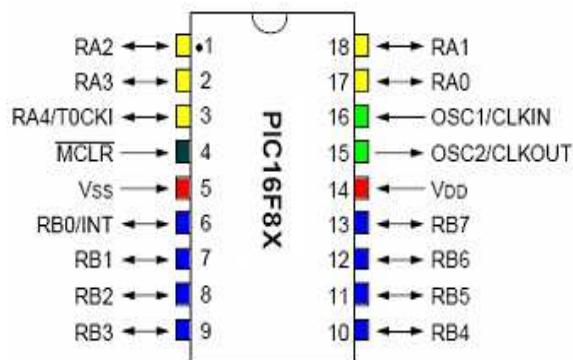
4 - La taille de la RAM interne et la présence ou non d'une E2PROM pour mémoriser des données est également important pour l'application souhaitée.

5 - La longueur du programme de l'application détermine la taille de la mémoire programme du PIC recherché.

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

II.3. Le PIC 16F84

II.3.a Brochage du PIC 16F84



Description des entrées-sorties du PIC16F84

Noms brochages	Num. Broch.	I/O/P Type	Types du signale	Descriptions
OCS1 /CLKIN	16	I	TS/CMOS	Entrée de l'oscillateur ou d'une source d'horloge externe
OSC2 /CLKOUT	15	O	-	Sortie de l'oscillateur à commencer sur un cristal ou un oscillateur RC. En mode RC, la sortie CLKOUT représente le 1/4 de la OSC1.
MCLR	4	I/P	TS	Entrée RESET active à l'état bas. Pour la programmation, la tension doit être porté à VPP= 12 à 24 Volt
RA0	17	I/O	TTL	
RA1	18	I/O	TTL	Port A est un port bidirectionnel d'entrées et sorties
RA2	1	I/O	TTL	Peut être sélectionné comme horloge du Timer/ compteur TMR0. en sortie, c'est un drain ouvert (collecteur ouvert).
RA3	2	I/O	TTL	
RA4/TOCKI	3	I/O	ST	
				Port B est un bidirectionnel d'entrées et sorties.
RB0/INT	6	I/O	TTL/TS	Génère une interruption en cas de changement de l'entrée
RB1	7	I/O	TTL	Génère une interruption en cas de changement de l'entrée
RB2	8	I/O	TTL	Génère une interruption en cas de changement de l'entrée
RB3	9	I/O	TTL	

RB4	10	I/O	TTL	Génère une interruption en cas de changement de l'entrée
RB5	11	I/O	TTL	
RB6	12	I/O	TTL/TS	
RB7	13	I/O	TTL/TS	
VSS	5	P	-	Masse
VDD	14	P	-	Alimentation

Légendes :

I : In (Entrée)

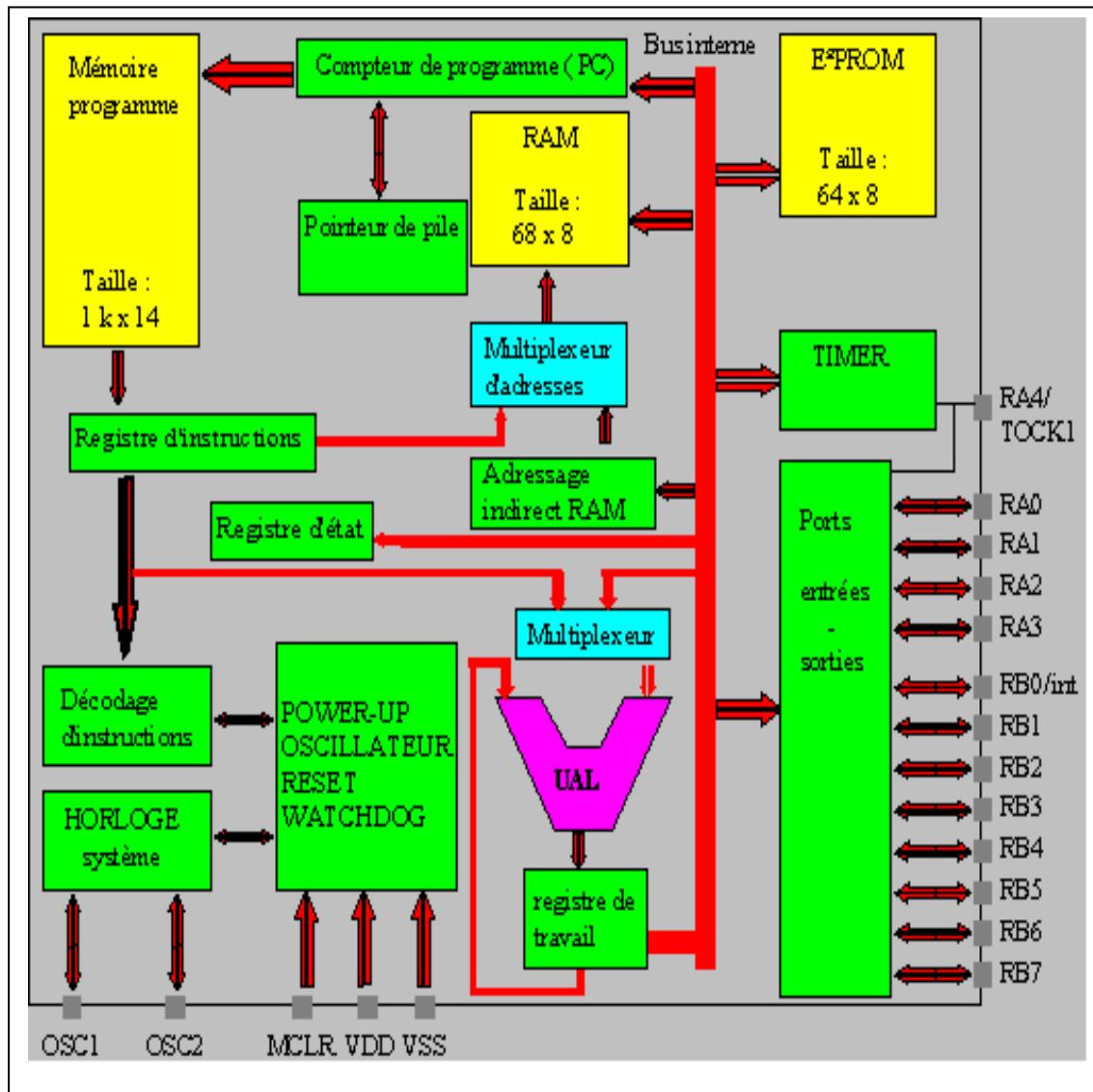
TTL : Entrée TTL

O : Out (Sortie)

TS : Entrée à Trigger de Schmitt

P : Puissance (Alimentation).

II.3.b Architecture interne du PIC 16F84



II.3.c. Organisation du PIC 16F84

En règle générale un PIC de base est constitué :

- 1 - d'une mémoire de programme laquelle contient le code binaire des instructions que doit exécuter le microcontrôleur. La capacité de cette mémoire est variable selon les PIC.
- 2 - d'une mémoire RAM pour sauvegarder temporairement des données. La capacité de cette RAM est variable selon les PIC.

3 - d'une Unité Arithmétique et Logique (ALU), chargée d'effectuer toutes les opérations arithmétique de base (addition, soustraction etc...) ainsi que les opérations logiques de base (ET, OU logique etc...).

4 - de ports d'entrées - sorties pour pouvoir dialoguer avec l'extérieur du microcontrôleur.

5 - d'un registre compteur de programme (CP) qui pointe l'adresse mémoire contenant l'instruction courante à réaliser par le microcontrôleur.

6 - d'un registre pointeur de pile (PP) qui est essentiellement utilisé lorsque l'on réalise des sous programmes à l'intérieur d'un programme. Le pointeur de pile est chargé de mémoriser l'adresse courante avant le saut aux sous programmes.

7 - d'un registre d'instruction qui contient tous les codes binaires correspondant aux instructions à réaliser par le microcontrôleur.

8 - d'un registre d'état qui est en relation avec l'UAL et qui permet de tester le résultat de la dernière opération effectuée par le microcontrôleur. Selon la dernière opération effectuée des bits seront positionnés dans le registre d'état ceux-ci pourront être testés pour effectuer des sauts conditionnels.

9 - d'une horloge système qui permettra de cadencer tous les échanges internes ou externes au microcontrôleur

Certains microcontrôleurs possèdent des convertisseurs analogiques - numériques et numériques - analogiques, ainsi que de la mémoire E²PROM, également des TIMERS (etc...). Il est nécessaire de consulter un DATA-BOOK avant la réalisation d'un projet, ceci pour optimiser et faciliter l'application.

LES MEMOIRES DU PIC 16F84

La mémoire du PIC 16F84 est divisée en 3 parties :

- La mémoire programme

La mémoire programme est constituée de 1K mots de 14 bits. C'est dans cette zone que vous allez écrire votre programme.

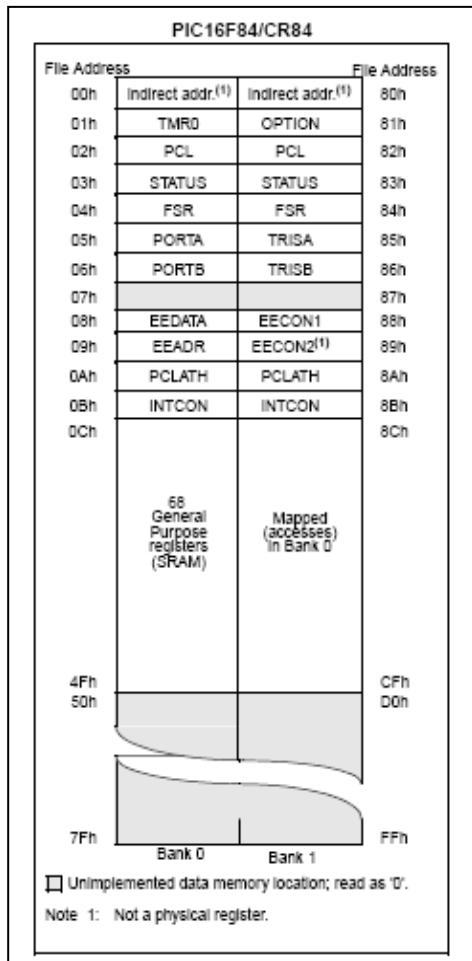
- La mémoire EEPROM

La mémoire eeprom (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory), est constituée de 64 octets que nous pouvons lire et écrire depuis notre programme. Ces octets sont conservés après une coupure de courant et sont très utiles pour conserver des paramètres semi permanents.

- La mémoire RAM

La mémoire RAM est celle que nous allons sans cesse utiliser. Toutes les données qui y sont stockées sont perdues lors d'une coupure de courant. La mémoire RAM est organisée en 2 banques pour la 16F84. La RAM est subdivisée de plus en deux parties. Dans chacune des banques nous allons trouver des « cases mémoires spéciales » appelées REGISTRES SPECIAUX et des cases mémoires « libres » dont nous pouvons nous servir à notre guise.

Pour le cas de la 16F84, on dispose de 68 octets libres. L'organisation de la RAM est montrée dans le tableau suivant :



On voit la séparation verticale en 2 banques, et tout en bas on voit aussi deux banques de 68 octets de RAM. L'indication « mapped in bank 0 » nous indique qu'accéder à ces 68 octets depuis la banque 0 ou la banque 1 donne en fait accès à la même case mémoire.

On voit dans la partie supérieure le nom de tous les registres spéciaux utilisés dans le PIC.

Chaque registre provoque un fonctionnement spécial de la PIC ou la mise en service d'une fonction particulière. Enfin que certains registres sont identiques dans les 2 banques (FSR par exemple). Cela signifie qu'y accéder depuis la banque 0 ou 1 ne fait pas de différence.

Remarquons aussi que la banque 0 utilise les adresses de 0x00 à 0x7F, la banque 1 allant de 0x80 à 0xFF. Les zones en grisé sont des emplacements non

utilisés (et non utilisables). L'emplacement 0x00 est un emplacement auquel on ne peut pas accéder.

LES PORTS DU PIC 16F84

Le Pic 16F84 est équipé de 13 lignes d'entrée/sortie reparties en deux ports parallèles bidirectionnels :

5 lignes sur le port A : RA4....RA0

8 lignes sur le port B : RB7.....RB0

Le sens de direction des données (entrée ou sortie) est mémorisé dans 13 bascules D formant les registres TRIS (Transfert Input Set). TRIS A est consacré pour le port A et TRIS B pour le port B. Ces registres sont accessibles en écriture et lecture.

On écrit 0 dans TRIS pour sortir et 1 pour entrer.

Le Bit B0 de TRIS A affecte la ligne RA0, le bit B1 la ligne RA1, etc.

Le Bit B0 de TRIS B affecte la ligne RB0, le bit B1 la ligne RB1, etc.

Au RESET (MCLR), toutes ces broches sont configurées en entrée. Avant de faire passer une ligne en sortie, il faut s'assurer du contenu du registre de donnée correspondant.

- Particularités du port A

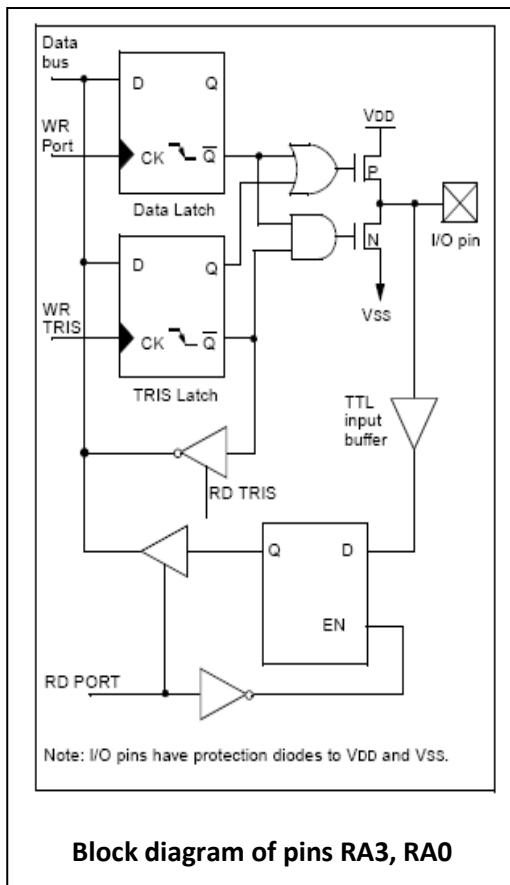
Les Bits 7 à 5 ne correspondent à rien : une lecture renvoi 0.

Les broches RA3 à RA0 sont des E/S complémentaires CMOS compatible au TTL.

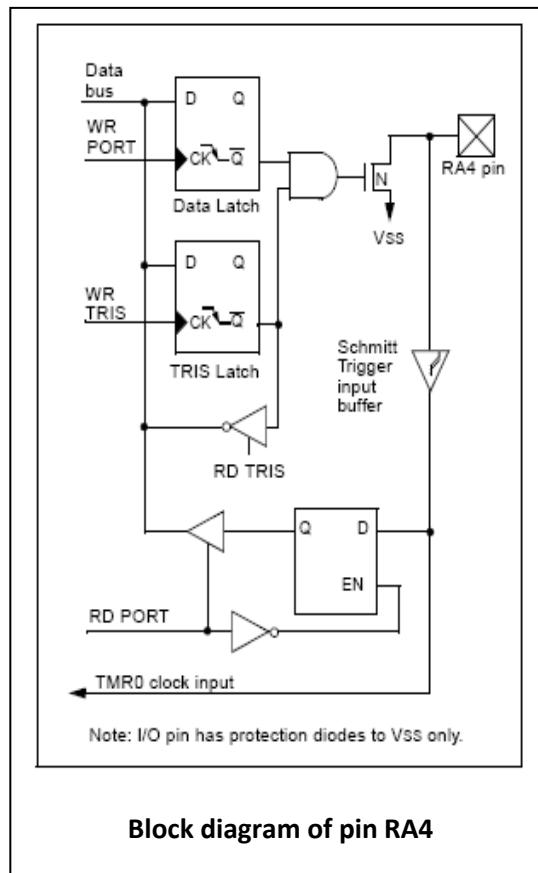
La ligne RA4 est une sortie à drain ouvert ou une entrée de port A ou du Timer TMR0.

Bascule de Schmitt rend l'entrée insensible au temps de transition du signal d'entrée.

La sortie du Timer TMR0 n'est pas accessible du port A.



Block diagram of pins RA3, RA0

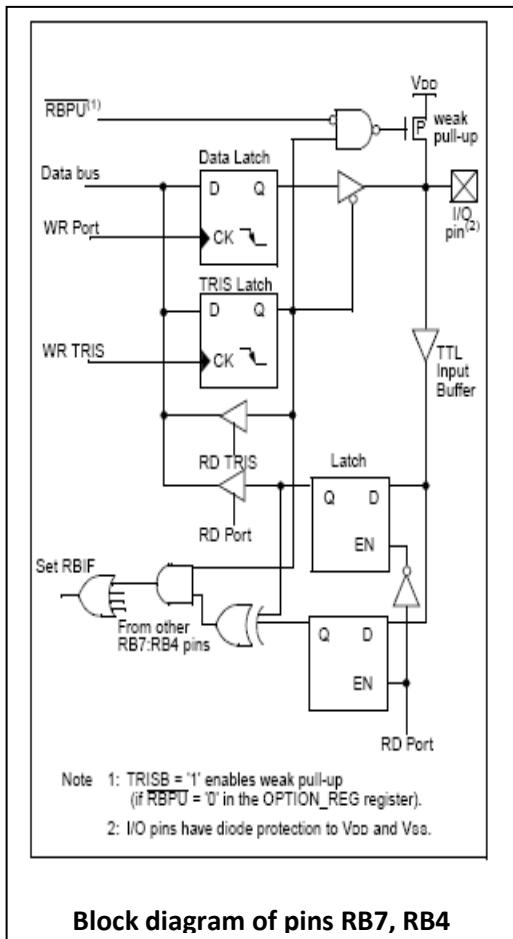


Block diagram of pin RA4

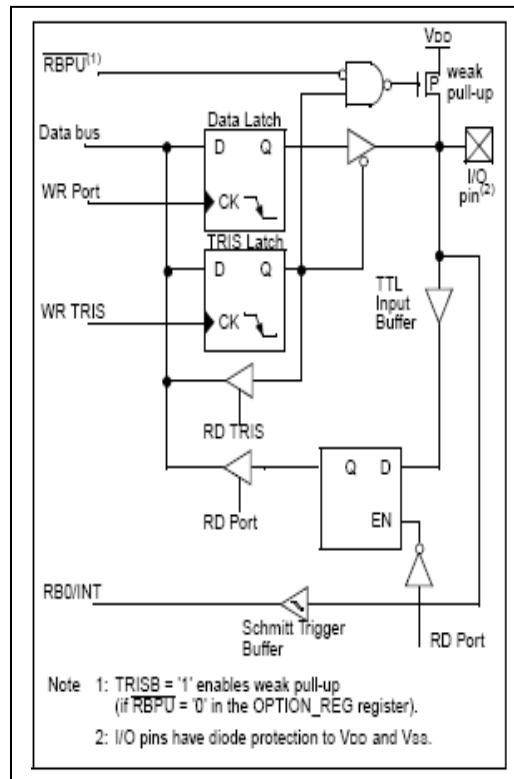
- Particularités du port B

Toutes les sorties du port B sont complémentaires et compatibles TTL. Ils sont de technologies CMOS et compatibles TTL ;

En entrée, les lignes RB7...RB4 peuvent affecter le drapeau RBIF pour demander une interruption si celle-ci n'est pas masquée par RBIE. En entrée la ligne RBO peut déclencher cette interruption externe RBO/INT si celle-ci est autorisée par les INTE et GIE du registre OPTION. Le front déclenche cette interruption peut être montant ou descendant selon le Bit INTEDG de Option.



Block diagram of pins RB7, RB4



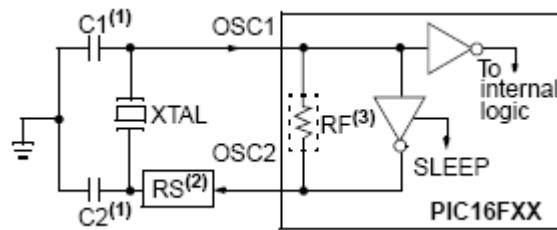
Block diagram of pins RB3, RB0

II.3.d L'horloge du PIC

- Horloge interne

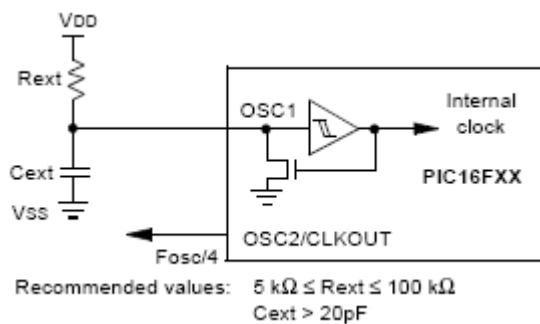
Pour fonctionner le PIC16F84 a besoin d'un quartz qui va lui permettre de définir une fréquence d'horloge. Les 16F84 courants supportent une fréquence de 4MHz ce qui est déjà une belle performance mais il existe des fréquences qui roulent à 20 MHz. Il existe des quartzs de 4.000 MHz et des quartzs de 4.096 MHz. Mais la deuxième fréquence qui permet après une division judicieuse (4096=212) de faire un chronomètre ou toute autre application nécessitant une base de temps. Le quartz est complété par deux condensateurs 15 pF raccordés à la masse.(voir Annexe : Quartz).

Utilisation d'un résonateur quartz ou céramique (Oscillateur Colpitts) :



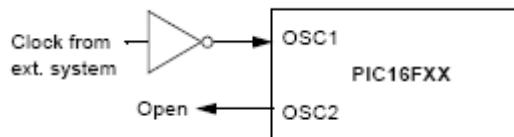
RF assure la polarisation de l'inverseur CMOS. Le filtre passe bas RS, C2 limite les harmoniques dus à l'écrêtage (le résonateur vibre en sinus) et réduit l'amplitude de l'oscillation.

Utilisation d'un circuit RC (Relaxateur) :



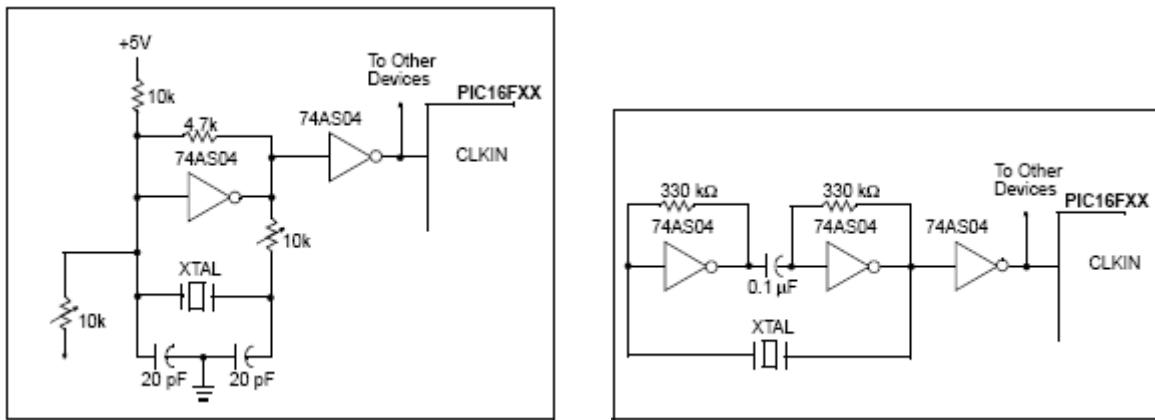
Lorsque la tension aux bornes de l'oscillateur de Cext atteint le seuil de la bascule de Schmitt, le transistor MOS devient fortement conducteur et décharge Cext. Quand la tension au point OSC1 atteint le seuil bas, le transistor MOS se bloque et Cext se charge (ou se recharge).

- Horloge externe



Dans certains cas, une horloge externe au microcontrôleur peut être utilisée pour synchroniser le PIC sur un processus particulier. La broche OSC2 est alors inutilisée.

Il y a encore d'autre schéma du circuit d'horloge :



Voir annexe : à propos des quartzs.

II.3.c Les « timer »du PIC16F84

- Le Timer du chien de garde (WDT : Watch Dog)

C'est un compteur incrémenté en permanence (free running) par une horloge RC indépendante. Ce compteur lorsqu'il arrive à FF (à $t = \text{WDT time out}$), est capable de réinitialiser (RESET MCLR) le microcontrôleur.

En cas de blocage du microcontrôleur, ceci permet d'éviter des processus indésirables.

Le programme doit donc remettre WDT à 0 périodiquement pour que WDT Time out ne soit jamais atteint en fonctionnement normal. Ce Time Out vaut en principe 18 ms. Cependant, il est réglable au moyen d'un pré diviseur introduit par programme.

Les instructions qui réinitialisent le WDT ne doivent pas se trouver dans un sous-programme d'interruption ou dans un processus aléatoire.

En mode veille ou SLEEP le WDT continue à fonctionner mais le microcontrôleur sortira du mode SLEEP quand le Time Out sera atteint. WDT est validé ou non, lors de la programmation de l'EEPROM de configuration du PIC.

- Le Timer « utilisateurs » TMR0 :

C'est un compteur 8 bits libres (incrémenté en permanence par l'horloge interne Fosc/4) ou commandé par la broche TMR0/R4 du port A.

Dans ce cas le bit RTE du registre OPTION sélectionne le front actif.

Le contenu de TMR0 est accessible dans le fichier des registres (adresse 01).

Toute écriture inhibée l'incrémentation pendant deux cycles d'horloges.

Lorsque son contenu passe de FF à 0, une interruption via le drapeau T0IF peut intervenir.

LE RESET DU PIC

Le reset peut avoir plusieurs causes :

- Mise sous tension
- Etat 0 sur broche MCLR
- Débordement du Timer du chien de garde

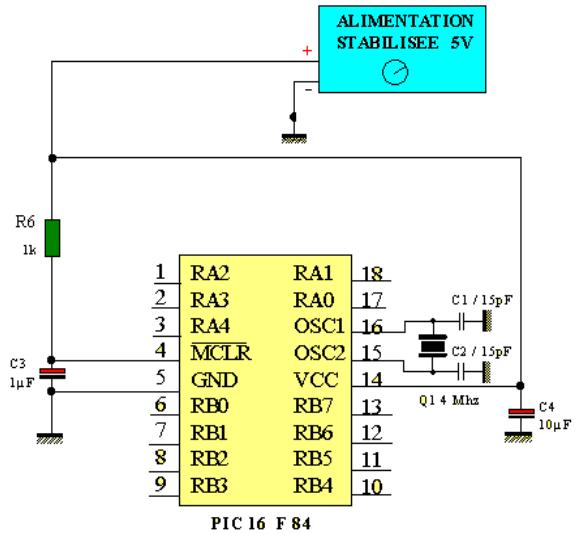
Lorsque le RESET intervient le microcontrôleur peut être :

- En fonctionnement normal
- En mode SLEEP

Les 2 bits d'état (registre STATUS) TO et PD peuvent être affectés par le RESET.

Le compteur de programme PC est en général remis à 0.

L'ALIMENTATION DU PIC



Le PIC est un composant qui est très sensible, alors l'alimentation doit être bel et bien stable à 5V continue.

Une branche de l'alimentation est raccordée à la broche MCLR du circuit, broche qui commande le reset général lorsque sa tension est à inférieur à 5V.

CHAPITRE III

PROGRAMMATION DU PIC 16F84 ET REALISATION

III.1.Jeux d'instructions

III.1.a Les instructions « orientées octet »

Ce sont des instructions qui manipulent les données sous forme d'octets.

Elles sont codées de la manière suivante :

8 bits pour l'instruction : logique, car comme il y a 35 instructions, il faut 6 bits pour pouvoir les coder toutes

1 bit (d) pour indiquer si le résultat obtenu doit être conservé dans le registre de travail de l'unité de calcul (W pour Work) ou sauvé dans l'opérande (F pour File).

Reste 7 bits pour encoder l'opérande (File)

Ces 7 bits ne donnent pas accès à la mémoire RAM totale, donc voici ici l'explication de la division de la RAM en deux banques.

En effet, il faudra bien trouver une solution pour remplacer le bit manquant. On utilise un bit d'un des registres. Il s'agit en réalité du bit RP0 du registre STATUS.

Or, il y a encore un RP1; dont la 16F876 possède 4 banques. Alors on a laissé RP1 à 0 pour la 16F84, afin de pouvoir « porter » le programme sans problème vers une PIC supérieure.

III.1.b Les instructions « orientées bits »

Ce sont des instructions destinées à manipuler directement des bits d'un registre particulier. Elles sont codées de la manière suivante :

4 bits pour l'instruction (dans l'espace resté libre par les instructions précédentes)

3 bits pour indiquer le numéro du bit à manipuler (bit 0 à 7 possible), et de nouveau 7 bits pour indiquer l'opérande.

III.1.c Instructions générales

Ce sont les instructions qui manipulent des données qui sont codées directement dans l'instruction. Elles sont codées de la manière suivante :

L'instruction est codée sur 6 bits

Elle est suivie d'une valeur IMMEDIATE codée sur 8 bits (donc de 0 à 255).

III.1.d Les sauts et appels de sous routines

Ce sont les instructions qui provoquent une rupture dans la séquence de déroulement du programme. Elles sont codées de la manière suivante :

Les instructions sont codées sur 3 bits

La destination codée sur 11 bits

D'où, on en déduire que les sauts ne donnent accès qu'à 2K de mémoire programme (211).

Voir annexe : Panoramiques des instructions

III.2. Les modes d'adressage

Les instructions utilisent une manière particulière d'accéder aux informations qu'elles manipulent. Ces méthodes sont appelées « modes d'adressage ».

Ici nous allons prendre exemple concret de ce qu'est chaque mode d'adressage : Supposons qu'on veut mettre de l'argent dans la poche :

III.2.a L'adressage littéral ou immédiat

Avec l'ADRESSAGE IMMEDIAT ou ADRESSAGE LITERAL, on peut dire : « je mets 100Ariary en poche ».

La valeur fait immédiatement partie de la phrase. Pas besoin d'un autre renseignement.

Exemple

Movlw 0x55 ; charger la valeur 0x55 dans W

III.2.b. L'adressage direct

Avec l'ADRESSAGE DIRECT, on peut dire : « je vais mettre le contenu du coffre numéro 10 dans ma poche ».

Ici, l'emplacement contenant la valeur utile est donné directement dans la phrase. Mais il faut d'abord aller ouvrir le coffre pour savoir ce que l'on va effectivement mettre en poche. On ne met donc pas en poche le numéro 10, mais ce qu'il contient.

Exemple

Movf 0x10, W; charger le contenu de l'emplacement 0x10 dans W

III.2.c L'adressage indirect

Avec l'ADRESSAGE INDIRECT, vous pouvez dire :

« Le préposé du guichet numéro 3 va me donner le numéro du coffre qui contient la somme que je vais mettre en poche ».

Ici, nous obtenons le numéro du coffre indirectement par le préposé au guichet. Nous devons donc aller demander à ce préposé qu'il nous donne le numéro du coffre que vous irez ouvrir pour prendre l'argent. On ne met donc en poche, ni le numéro du préposé, ni le numéro du coffre que celui-ci va nous donner. Il y a donc deux opérations préalables avant de connaître la somme que vous empocherez.

Cet adressage fait appel à deux registres, dont un est particulier, car il n'existe pas vraiment.

III.2.d Les registres FSR et INDF

INDF signifie INDirect File. On voit maintenant que c'est le registre de l'adresse 0x00. Ce registre n'existe pas vraiment, ce n'est qu'un procédé d'accès particulier à FSR utilisé par la PIC pour des raisons de facilité de construction électronique interne.

Le registre FSR est à l'adresse 0x04 dans les 2 banques. Il n'est donc pas nécessaire de changer de banque pour y accéder, quelle que soit la banque en cours d'utilisation.

Dans l'exemple schématique précédent, le préposé au guichet, c'est le registre FSR. L'adressage indirect est un peu particulier sur les PICS, puisque c'est toujours à la même adresse que se trouvera l'adresse de destination.

Premièrement, nous devons écrire l'adresse pointée dans le registre FSR. Ensuite, nous accédons à cette adresse pointée par le registre INDF.

On peut donc dire qu'INDF est en fait le registre FSR utilisé pour accéder à la case mémoire. Donc, quand on veut modifier la case mémoire pointée, on modifie FSR, quand on veut connaître l'adresse de la case pointée, on accède également à FSR. Si on veut accéder au CONTENU de la case pointée, on accède via INDF.

ATTENTION : Le contenu du registre FSR pointe sur une adresse en 8 bits. Or, sur certaines PICs, la zone RAM contient 4 banques (16F876). L'adresse complète est donc une adresse sur 9 bits. L'adresse complète est obtenue, en adressage DIRECT, par l'ajout du bit 7 et 8 sous forme de RP0 et RP1 (RP1 est inutilisé pour la 16F84 car seulement 2 banques) et par l'ajout du bit IRP dans le cas de l'adressage INDIRECT (inutilisé sur la 16F84). Veillez donc à toujours laisser IRP (dans le registre STATUS) et RP1 à 0 pour assurer la portabilité de votre programme.

Exemple

```
    movlw      0x50      ; chargeons une valeur quelconque
    movwf      mavariable ; et plaçons-la dans la variable
    « mavariable »
```

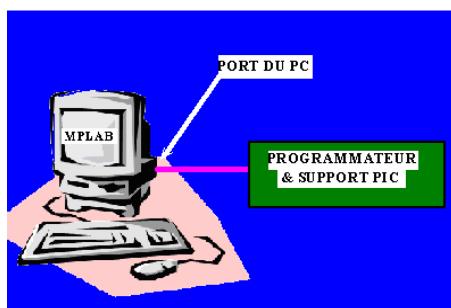
movlw	mavariable	; on charge l'ADRESSE de mavariable,
par		; exemple, dans les leçons précédentes, c'était
		; 0x0e. (W) = 0x0E
movwf	FSR	; on place l'adresse de destination dans
		FSR.
		; on dira que FSR POINTE sur mavariable
movf	INDF,w	; charger le CONTENU de INDF dans W.

Le contenu de INDF est traduit par la pic comme étant le contenu de l'emplacement mémoire pointé par FSR (w) = 0x50

III.3. Outils de développement pour le PIC 16F84

Pour s'initier à l'utilisation d'un microcontrôleur, il faut s'astreindre à écrire de nombreux programmes en s'inspirant par exemple des textes donnés plus loin. Mais ce n'est profitable que si l'on dispose des outils nécessaires à l'écriture et au test de ces programmes.

Comme outil, on va utiliser le MPLAB pour programmer le PIC.



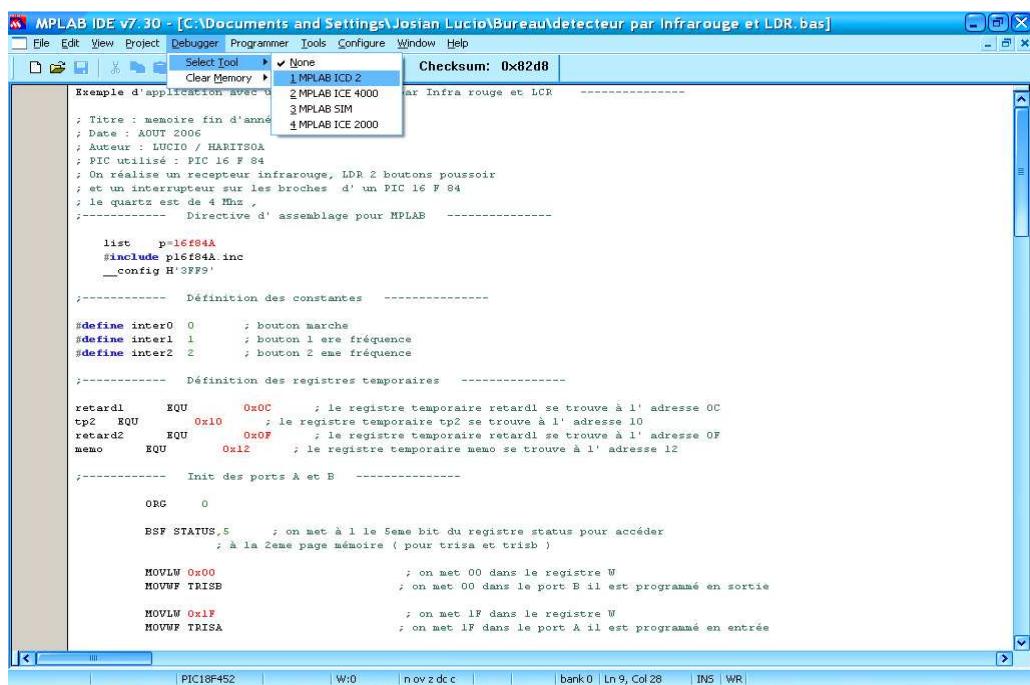
Présentation du MPLAB

MPLAB IDE est un programme logiciel qui fonctionne sur un PC pour développer des applications pour les microcontrôleurs du Micro-processeur. Il est appelé un Environnement du Développement Intégré, ou IDE, parce qu'il

fournit un "environnement" intégré pour développer le code du microcontrôleur.

Ces outils prennent le code de l'application (écrit dans assembleur, C ou langue DE BASE) et le change en code exécutable qui peut être programmé sur le microcontrôleur.

Il possède un éditeur de texte, débogueur, menu pour importer ou exporter un projet,....



```

MPLAB IDE V7.30 - [C:\Documents and Settings\Josian Lucio\Bureau\detecteur par Infrarouge et LDR.bas]
File Edit View Project Debugger Programmer Tools Configure Window Help
Select Tool > None
Checksum: 0x82d8
Example d'application avec u
1 MPLAB ICD 2
2 MPLAB ICE 4000
3 MPLAB SIM
4 MPLAB ICE 2000
; Titre : memoire fin d'annee
; Date : AOUT 2006
; Auteur : LUCIO / HARITOSA
; PIC utilise : PIC 16 F 84
; On realise un recepteur infrarouge, LDR 2 boutons pousoir
; et un interrupteur sur les broches d'un PIC 16 F 84
; le quartz est de 4 Mhz
;----- Directive d'assemblage pour MPLAB -----
list p=16f84A
#include p16f84A.inc
_config H'3FF9'

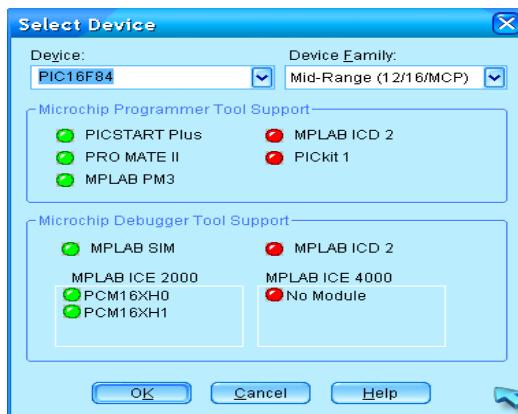
;----- Definition des constantes -----
#define inter0 0 ; bouton marche
#define inter1 1 ; bouton 1 ere frequence
#define inter2 2 ; bouton 2 eme frequence

;----- Definition des registres temporaires -----
retard1 EQU 0x0C ; le registre temporaire retard1 se trouve a l' adresse 0C
tp2 EQU 0x10 ; le registre temporaire tp2 se trouve a l' adresse 10
retard2 EQU 0x0F ; le registre temporaire retard2 se trouve a l' adresse 0F
memo EQU 0x12 ; le registre temporaire memo se trouve a l' adresse 12

;----- Init des ports A et B -----
ORG 0
BSF STATUS,5 ; on met a 1 le 5eme bit du registre status pour acceder
; a la 2eme page memoire ( pour trisa et trisb )
MOVLW 0x00 ; on met 00 dans le registre W
MOVF TRISB ; on met 00 dans le port B il est programme en sortie
MOVLW 0x1F ; on met 1F dans le registre W
MOVF TRISA ; on met 1F dans le port A il est programme en entree

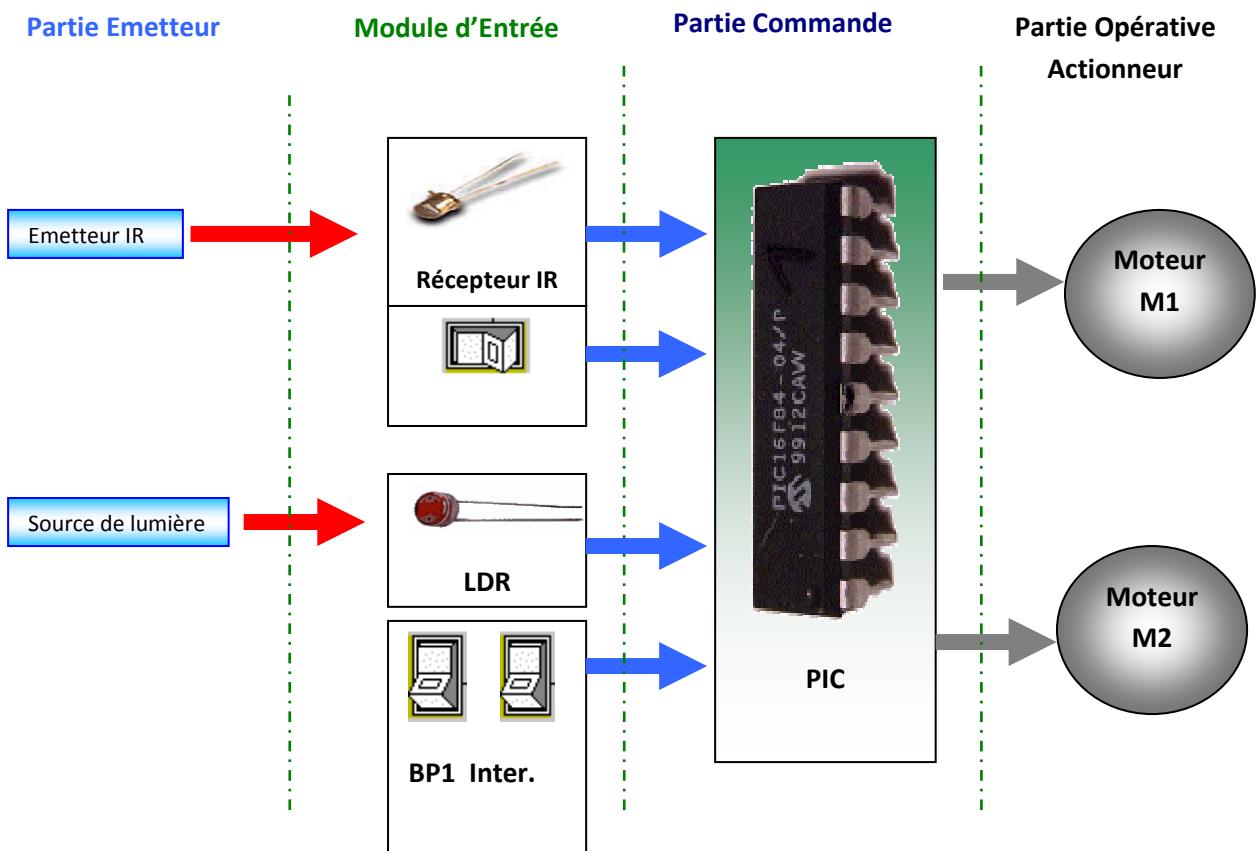
```

Le MPLAB possède aussi les différents types de microcontrôleur qu'il va programmer.

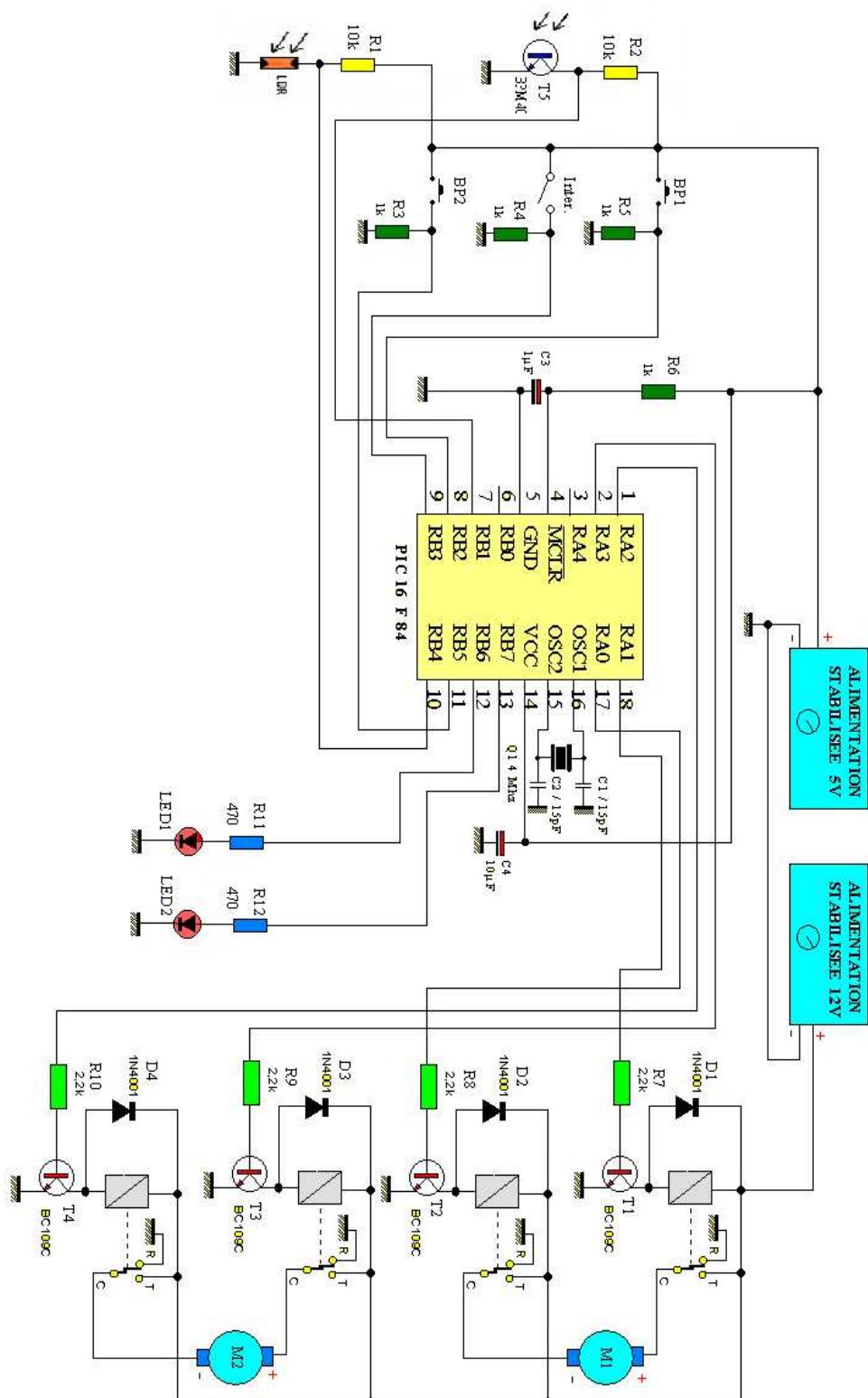


III.4. Réalisation du circuit

III.4.a Schéma synoptique :

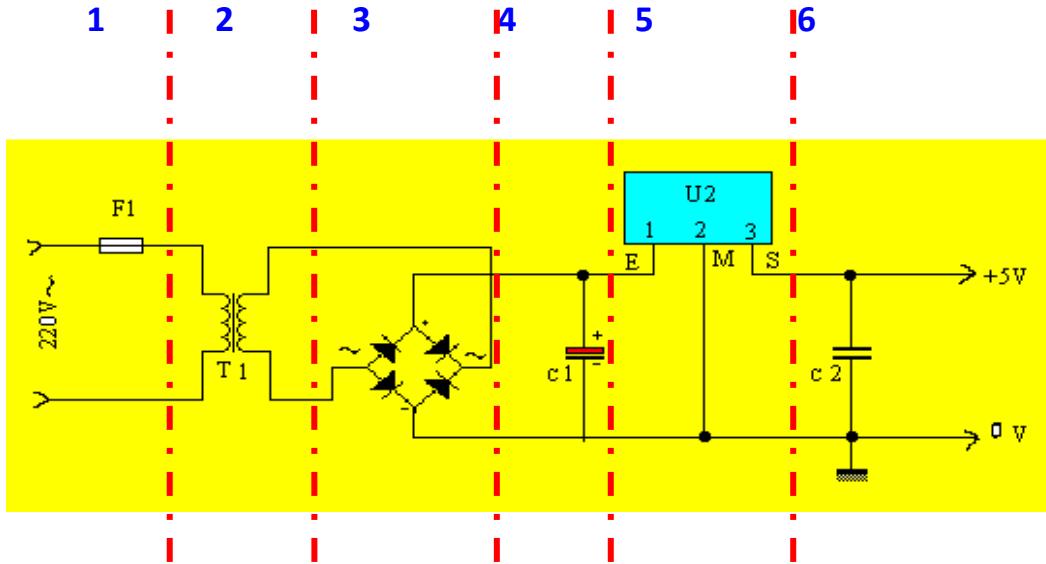


III.4.b Schéma de principe



III.4.c Alimentation

La grande majorité des équipements électroniques a besoin d'une source de courant continu qui peut être une pile ou une batterie, mais qui généralement est constituée d'un circuit transformant le courant alternatif du secteur (220V, 50Hz) en courant continu : l'alimentation stabilisée.



- **1 Secteur** : source d'énergie 220V, 50Hz
- **2 Le transformateur** : Un transformateur est un appareil statique à induction rempli deux fonctions : isolement galvanique entre l'équipement et le secteur ; transformation de la tension alternative du réseau, déterminée par le rapport entre le nombre de spires (tours) du secondaire et du primaire.
- **3 Le redresseur** : convertit la tension alternative du secondaire du transformateur en impulsions unidirectionnelles du courant. Pour introduire cette notion de redressement il faut tout d'abord introduire la notion de diode parce que tout simplement le redressement s'effectue à l'aide des diodes. La diode est une jonction PN à matériau semi-conducteur qui impose le sens du courant dans la branche où elle est installée. C'est un interrupteur non commandé. On dit alors que la conduction de la diode est unidirectionnelle. Pour caractériser cette dernière il suffit de préciser son courant direct maximal (I_{dmax}) et sa tension inverse maximale V_{invmax} . Il existe plusieurs types de diodes sur le marché (Tunnel, Schottky, Varicap,...), chacune d'elle possède ses propres caractéristiques. La diode est alors un composant qui laisse passer le courant dans un sens et pas dans l'autre. On n'utilise plus aujourd'hui qu'un montage : le redressement double alternances ou onde entière par pont de Graetz. Le pont de Graetz est constitué de quatre diodes disposées en losange. Il existe des ponts de diodes intégrés, c'est à dire que l'on a moulé les quatre diodes dans un seul

boîtier. Ce bloc est plus facile à utiliser mais a un inconvénient. Lorsqu'une des diodes moulées est défectueuse, il faut changer l'ensemble.

- **4 Le filtre :** Dans le carré suivant on trouve le filtre. Il sert à lisser le courant redressé brut fourni par le redresseur sous forme de tension pulsée. Sur nos matériels de faible puissance on utilise des filtres à capacité d'entrée (condensateur), celle-ci servant de stockage pour les impulsions débitées par le redresseur. Le filtrage s'effectue à l'aide des capacités de filtrage. Un condensateur est formé de deux surfaces conductrices rapprochées mais séparées par un isolant (diélectrique). Lorsque ce dispositif est soumis à une différence de potentiel, des charges de signes différents vont s'accumuler sur les 2 surfaces, sans pouvoir circuler entre les 2 plaques. Le condensateur est caractérisé par sa capacité C , unité : le Farad. On utilise dans la pratique le milli Farad (mF), le microfarad (μ F), le nanofarad (nF), le picofarad (pF).

Plusieurs types de condensateurs se trouvent sur le marché, dont on site quelques-uns : Les condensateurs céramiques : Ce sont les condensateurs les plus utilisés sur le marché surtout dans le secteur de télécommunication. C'est à dire en hautes fréquences. Ces condensateurs présentent des excellentes performances ainsi qu'une grande stabilité thermique. Ce sont des diélectriques constitués d'une plaquette ou d'un tube recouvert sur chaque face d'une fine couche d'aluminium. Les condensateurs électrolytiques chimiques : Ce sont des condensateurs polarisés et qui possèdent de grandes valeurs de capacité. Ce type de condensateur est spécifié par une anode recouverte d'une bande d'Aluminium gravée. Ils possèdent une mauvaise stabilité thermique et une mauvaise précision.

- **5 La Régulation :** La fonction d'un régulateur de tension est de convertir une tension ayant une certaine ondulation en une tension particulièrement stable. Il doit maintenir ces conditions de stabilité dans une large gamme de variation du courant de charges mais également des fluctuations de la tension d'entrée.

Utilité du régulateur de tension

Très facile à mettre en œuvre, très fiable et qui plus est, peu onéreux, un **régulateur de tension** intégré est un composant à semi-conducteur dont le rôle consiste à **rendre quasi continue une tension** qui présente une ondulation (issue d'un pont redresseur, par exemple) et à **stabiliser sa valeur**.

Cette régulation s'opère en amont et en aval: en amont car la tension d'entrée V_{in} peut fluctuer et en aval car la charge branchée aux bornes de V_{out} peut elle aussi varier (variation du courant débité).

Les différents modèles de régulateurs

Il existe pour l'essentiel deux grandes familles de régulateurs de tension:

- à tension de sortie Vout **fixe**
- à tension de sortie Vout **variable**.

Au passage, notons qu'un régulateur variable tel que le LM317 peut très bien faire office de régulateur fixe (on remplace alors le potentiomètre associé par une simple résistance).

Dans chacune de ces familles, on trouve des modèles "faible courant" et des modèles plus puissants, capables de débiter de 1 A à 2 A, voire davantage.

On trouve également des régulateurs fournissant des tensions **positives** ou **négatives** (pour l'alimentation symétrique d'un AOP, par exemple).

Choisir un régulateur de tension

Compte tenu de ce qui a été dit ci-dessus (régulateur fixe ou variable, positif ou négatif), le choix d'un modèle particulier repose sur quelques critères déterminés par le cahier des charges de l'alimentation à réaliser.

La **tension de sortie V_{out}** : c'est le principal critère de choix, puisqu'il correspond à la tension désirée. Ainsi, pour une tension de + 5 V, on choisira un 7805 ou un 78L05, selon le courant nécessaire. Si on désire une tension variable, de 3 à 12 V par exemple, on s'orientera vers un LM 317 ou un L 200.

Nota: la tension d'entrée V_{in} doit toujours être supérieure de 2 à 3 V à la tension de sortie V_{out} : 7 V pour un 7805, 27 V pour un 7824... La différence correspond à la chute de tension interne (V_{drop}).

Quant à la **tension maximale en entrée V_{in}** , elle va jusqu'à 25 V pour un 7805 et 38 V pour un 7824.

Le **courant de sortie**: un 78L05 peut débiter 100 mA, tandis qu'un 7805 est capable de fournir 1 A en permanence.

La **tolérance**: indiquée par une lettre ("C" le plus souvent), elle est en général meilleure que 5%. Soit, pour un 7805, une tension de sortie comprise entre 4,75 V et 5,25 V. Mais dans la pratique, on observera que la tension délivrée est souvent très proche de la valeur nominale (4,97 V pour un 7805, lorsque le courant débité n'est pas très élevé).

A noter cependant que la valeur nominale est vérifiée à 25°C et qu'une élévation de température dégrade, comme toujours, les performances du régulateur (- 1 mV/°C typique). C'est pourquoi un radiateur, vissé sur le boîtier, est recommandé chaque fois qu'il y a risque d'échauffement important.

Lire une fiche technique

Parmi les paramètres que l'on rencontre fréquemment dans une "data sheet" de fabricant, mentionnons:

Input regulation (ou **Line Regulation**): exprime en mV les variations de la tension de sortie lorsque la tension d'entrée varie. Une variation de Vin de 7 à 25 V, par exemple, se traduira par une variation de Vout de 3 à 100 mV.

Ripple rejection ratio: rapport des variations relatives de Vout à Vin. Pour un 7805, ce rapport va couramment de 62 à 78 dB, soit une variation de Vout 1000 à 10000 fois moindre que celle de Vin.

Output regulation (ou **Minimum Load Current**): traduit l'influence des variations du courant de sortie sur la valeur de la tension régulée. Si le courant de charge varie de 5 mA à 1,5 A, la tension de sortie ne varie, en général, que de 15 à 100 mV.

Ces chiffres montrent bien la grande stabilité de la tension en sortie d'un régulateur, en dépit des diverses variations qui peuvent affecter la tension en entrée ou le courant en sortie.

Les principaux modèles de régulateur disponibles

On trouve sur le marché quantité de modèles de régulateurs, dont certains sont très "pointus" ou destinés à des applications spécifiques. Dans la pratique, l'amateur se tournera en priorité vers des régulateurs "tous usages", à la fois performants, fiables et peu chers.

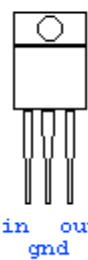
Séries 78XX et 78LXX

Ces **régulateurs fixes positifs** sont sans doute les plus utilisés. Ils disposent tous d'une limitation interne du courant et d'une protection thermique. Seule contrainte: la tension d'entrée minimale $V_{in\ min}$ doit être égale ou supérieure à $(V_{out} + 2\ V)$. Ces modèles bénéficient d'une tolérance à 5 % (suffixe C). Leur prix se situe aux environs de 0,55 euro pièce.

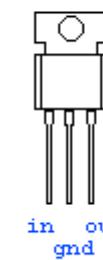
$V_{in\ max}$	30 V (40 V pour 7824)
V_{out}	XX = 05, 06, 08, 09, 10, 12, 15, 18, 24 V
$I_{out\ max}$	1 A (2 A en pointe); 100 mA pour 78LXX

REGULATEURS FIXES POSITIFS

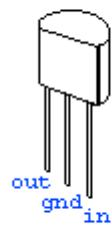
TO220



TO202



TO92

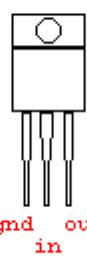


78XX

78LXX

REGULATEURS FIXES NEGATIFS

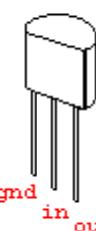
TO220



TO202



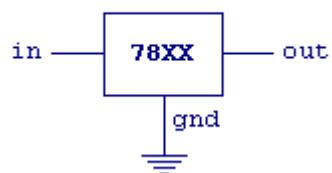
TO92



79XX

79LXX

symbole



Par mesure de précaution, on équipera les régulateurs fixes d'un radiateur à visser sur le boîtier, dans le trou prévu à cet effet, dès lors que V_{in} sera nettement supérieur à V_{out} et/ou que le courant de sortie sera susceptible de dépasser la moitié de sa valeur maximale. On pourra choisir, sans s'embarrasser de calculs, un modèle de radiateur de résistance thermique R_{th} égale à 37 °C/W (prix indicatif: 0,25 euro). En cas de doute sur la puissance maximale dissipée, choisir la taille au-dessus (R_{th} 15 °C/W).

Séries 79XX et 79LXX

Mêmes caractéristiques que ci-dessus (XX = 05, 12, 15, 24 V), mais il s'agit de **régulateurs fixes négatifs**, pour alimentations symétriques. Prix indicatif: 0,70 euro pièce.

Régulateurs variables

Ils ne sont pas beaucoup plus difficiles à mettre en oeuvre que les régulateurs fixes et rien d'ailleurs n'empêche de les utiliser comme régulateurs fixes. En revanche, ils sont un peu plus chers...

L'un des plus célèbres régulateurs variables est sans doute le LM317, dont il existe plusieurs variantes, identifiables par leur suffixe (K, H, T, etc...). Le moins cher de la famille (environ 0,70 euro à l'unité), le **LM317T**, est conditionné en boîtier TO-220. Il ne nécessite que deux composants périphériques: une résistance et un potentiomètre. C'est grâce à ce dernier, on s'en doute bien, que l'on fera varier la tension de sortie. Voyons l'essentiel de sa *data sheet*:

LM317T 3-Terminal Adjustable Regulator

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Input-Output Voltage Differential	$(V_{in} - V_{out})_{max}$			40	V
Reference Voltage	$3 \text{ V} < (V_{in} - V_{out}) < 40 \text{ V}$	1,20	1,25	1,30	V
Line Regulation	$3 \text{ V} < (V_{in} - V_{out}) < 40 \text{ V}$		0,01	0,07	%/V
Load Regulation	$10 \text{ mA} < I_{out} < I_{max}$		0,03	1,5	%
Temperature Stability	$T_{min} < T_J < T_{max}$			1	%
Minimum Load Current	$(V_{in} - V_{out}) = 40 \text{ V}$		3,5	10	mA
Current Limit	$(V_{in} - V_{out}) < 15 \text{ V}$	1,5	2,2	3,4	A
Ripple Rejection Ratio	$V_{out} = 10 \text{ V}, f = 120 \text{ Hz}$		65		dB
Operating Temperature Range		0		125	°C
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	No heat sink		50		°C/W

Input-Output Voltage Differential: différence entre la valeur de la tension V_{in} d'entrée et de la tension en sortie V_{out} .

Reference Voltage: c'est la tension la plus basse qu'on peut obtenir en sortie (donc supérieure à 0 V en l'occurrence).

Line Regulation et Load Regulation: ces deux paramètres expriment la variation subie par la tension de sortie V_{out} en fonction de la variation de la tension d'entrée V_{in} ou du courant I_{out} . Les valeurs, on le voit, sont minimales.

Minimum Load Current: valeur minimale du courant dans la charge pour maintenir la régulation.

Current Limit: c'est le courant "garanti" en sortie, sous réserve de remplir la condition énoncée.

Thermal Resistance, Junction-to-Ambient: résistance thermique; le régulateur dissipe par lui-même, sans radiateur, 50 °C/W . Attention, une "bonne" valeur est ici une valeur faible. Ainsi, 35 °C/W est meilleur que 50 °C/W .

Mise en oeuvre du LM317T

Le schéma d'application, on le voit, se révèle d'une simplicité biblique:

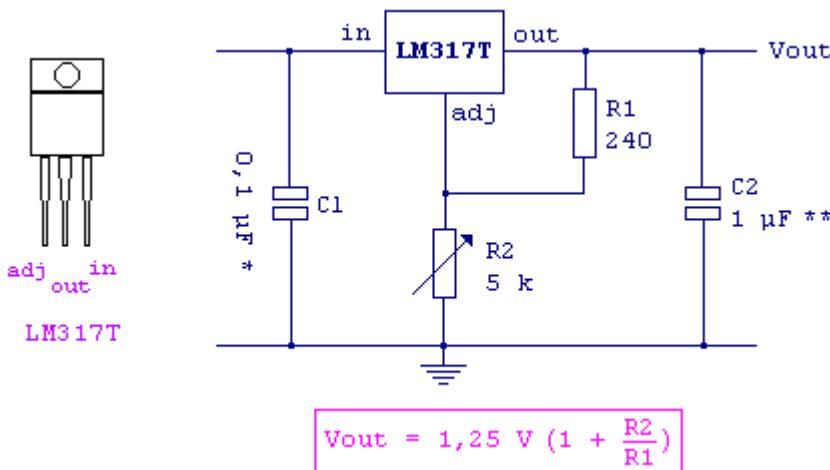


Schéma d'application et brochage du LM317T. On calcule Vout à l'aide de la formule ci-dessus, la valeur de R1 étant celle recommandée par le fabricant. Les condensateurs C1 et C2 sont facultatifs. C1 n'est nécessaire que dans le cas où le régulateur serait implanté à une distance de plus de 15 cm du condensateur de filtrage. C2 (optionnel mais conseillé) améliore sensiblement l'impédance de sortie et le ripple rejection ratio (rapport des variations relatives de Vout à Vin).

En choisissant pour R2 un potentiomètre linéaire de 5 k, on obtient en sortie une tension variable comprise entre 1,25 V et plus de 24 V. Rappel: R2 peut aussi être une résistance fixe; on réalise alors une alimentation fixe de précision.

Radiateur ou pas?

Faut-il ou non munir le LM317T (ou autre modèle) d'un radiateur, aussi appelé dissipateur? Voilà une question récurrente qui rend perplexe le néophyte et cause souvent des angoisses bien inutiles...

D'abord, il convient de rappeler qu'un régulateur, comme tout composant, est susceptible de s'échauffer, sous l'influence de l'effet Joule, et que cela n'est pas bon. Pour prévenir tout emballement thermique qui pourrait dégrader les performances du composant concerné, l'endommager, voire même le détruire, il est nécessaire de veiller à ce qu'il ne dépasse pas les limites de résistance thermique fixées par le fabricant. Un moyen très classique (et efficace) de combattre l'échauffement excessif d'un composant consiste à l'équiper d'un radiateur, en général boulonné sur son boîtier.

Voyons ce que dit la *data sheet* du LM317T (attention, il s'agit bien du modèle référencé LM317, suffixe T, donc en boîtier TO-220):

Operating Temperature Range	0 °C < T _J < +125 °C	
Temperature Stability	T _{min} < T _J < T _{max}	1 %
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	No heat sink	50 °C/W

Premier constat: le LM317T fonctionnera normalement tant que sa température de jonction, donc interne, sera comprise entre 0 et 125°C. Dans ces limites, la stabilité est très bonne, de l'ordre de 1 % typique.

Deuxième constat: la résistance thermique du LM317T, sans dissipateur (*no heat sink*) atteint 50°C/W, soit une élévation de température, considérable, de 50°C par watt dissipé.

Fort heureusement, ce régulateur est doté d'un dispositif interne qui l'inhibe en cas de surchauffe. Mieux vaut toutefois ne pas en arriver là...

Voyons maintenant, dans la notice d'application, les recommandations du fabricant à propos du dissipateur (*heat sink*). Deux paramètres doivent être calculés pour déterminer si un dissipateur est nécessaire ou pas: la puissance maximale dissipée P_D par le régulateur et l'élévation maximale de température T_R.

La formule suivante (simplifiée) permet de calculer la puissance maximale dissipée P_D:

$$P_D = (V_{in} - V_{out}) I_L$$

où I_L est le courant maximal dans la charge. Supposons que la valeur maximale de (V_{in} - V_{out}) sera de 20 V et que le courant I_L ne dépassera pas 1 A, on obtient, dans ce cas, une puissance dissipée maximale de l'ordre de 20 W.

Calculons à présent l'élévation de température maximale acceptable à l'aide de la formule:

$$T_{R(MAX)} = T_{J(MAX)} - T_{A(MAX)}$$

On sait que T_{J(MAX)} est égale à 125°C, reste à fixer une température ambiante maxi, mettons 25°C. D'où une élévation maxi permissible de 100°C.

Pour finir, on applique la formule T_{R(MAX)}/P_D et on obtient, dans cet exemple: 5°C/W, valeur à comparer à celle de la *Thermal Resistance R_{th}, Junction-to-Ambient*, soit 50°C/W.

La valeur obtenue est très inférieure à la *typical rated value* du constructeur, donc dans ce cas, assez défavorable, un radiateur est nécessaire et il devra dissiper, pratiquement, moins de 5°C/W. En refaisant les calculs avec des valeurs plus "courantes", on trouvera sans doute une R_{th} de l'ordre de 15°C/W. Le radiateur approprié, pour information, coûte environ 1,50 euro.

Conclusion: la prudence commande de porter une grande attention à la puissance maximale dissipée et ne pas hésiter, en cas de doute, à se montrer "généreux" lorsqu'il faut choisir un radiateur, surtout que cet accessoire, certes un peu encombrant, n'est pas très onéreux...

Ceci dit, le simple bon sens dictera certains choix: le LM317T sera parfait pour une "petite" alimentation (mettons V_{out} inférieur à 18 V et un courant permanent de l'ordre de 0,5 A, avec des pointes possibles jusqu'à 1 A); si on a besoin de "plus gros", il sera préférable de s'orienter vers une autre version (suffixe K, par exemple) ou un autre régulateur...



Différents modèles de dissipateurs à boulonner pour boîtier TO-220. Les dimensions sont fonction de la valeur de la résistance thermique. Il est conseillé (pour les puristes!) d'enduire la face en contact avec la patte du régulateur avec un peu de graisse d'évacuation thermique.

Concevoir une alimentation

Une **alimentation** (*power supply*, en anglais) est un appareil capable de fournir une tension continue fixe ou variable à partir d'une tension alternative (en général, le 230 V du secteur). La plupart des montages électroniques nécessitent, on l'a vu, une alimentation continue basse tension, d'où l'importance de ce "bloc fonctionnel".

Les qualités des régulateurs de tension intégrés, à savoir excellentes performances, très grande fiabilité, mise en oeuvre extrêmement simple, disponibilité et coût dérisoire, font que ces composants sont désormais au coeur de pratiquement toutes les alimentations. Les autres montages, ceux par exemple à base de condensateur et résistance, de diodes zener ou encore de transistors, appartiennent pour ainsi dire au passé...

Une alimentation "classique" moderne comporte toujours:

- un **transformateur** abaisseur, qui fournit sur son secondaire une tension alternative très inférieure à celle du secteur,
- un **pont redresseur** (diodes en pont de Graëtz), qui fournit en sortie une tension non plus alternative mais redressée,
- une ou des **capacités de filtrage**, qui réduisent l'ondulation de la tension issue du pont redresseur,
- un **régulateur de tension**, fixe ou variable, dont le rôle est de stabiliser le potentiel à une certaine valeur.

Peuvent s'y ajouter un ou des condensateurs facultatifs pour améliorer les performances du régulateur, divers dispositifs de protection (fusible, dissipateur, diode anti-retour...), de signalisation ou d'affichage (DEL-témoin, affichage analogique ou numérique de la tension, du courant...) et, dans la plupart des cas, un interrupteur.

Les principaux paramètres à prendre en compte sont:

- la tension continue à fournir en sortie,
- le courant maximal débité,
- le coût et la complexité du montage, en regard des performances attendues (le fameux rapport qualité/prix...).

En effet, le critère économique ne doit pas être négligé (dans l'industrie, il ne l'est jamais!). Les régulateurs présentés ici se distinguent par un excellent rapport qualité/prix et une remarquable simplicité.

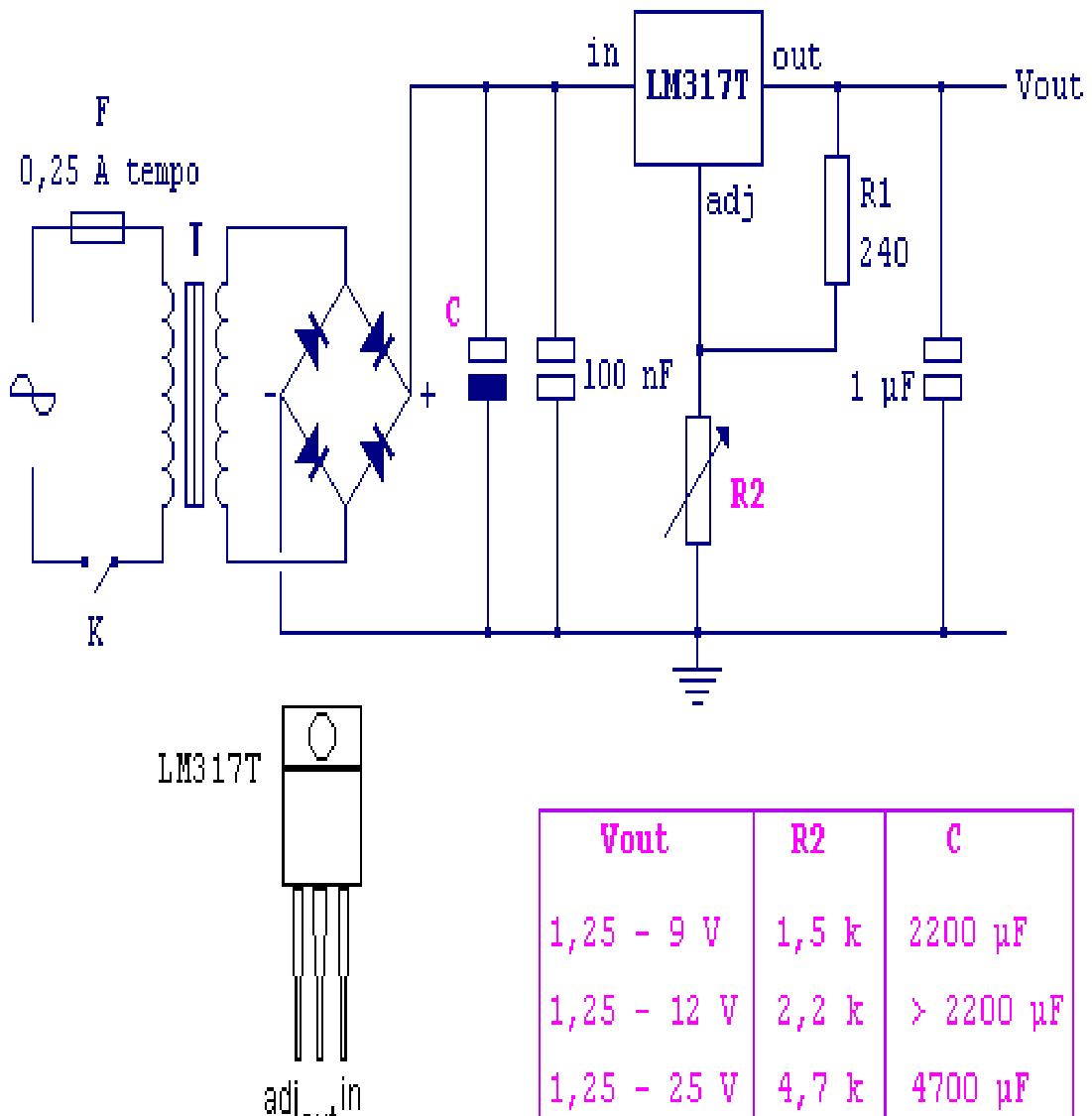
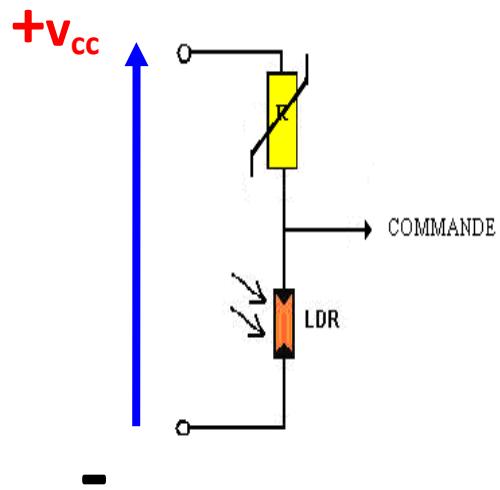


Schéma complet d'une alimentation variable "de qualité" autour d'un LM317T. Le pont redresseur peut être un pont moulé ou quatre diodes 1N4007 en pont de Graëtz. La tension de service du condensateur de filtrage C doit être supérieure à la tension crête issue du secondaire du transfo. Le courant dans la charge pourra se situer aux alentours de 1 A, sans excéder la valeur (confortable!) de 1,5 A. Il est en outre recommandé d'équiper le régulateur d'un radiateur approprié (R_{th} de 14°C/W, par exemple) et de prévoir un coffret "aéré".

III.4.d Partie récepteur LDR



Dans notre montage nous allons utiliser le LDR de type :



Photo-résistance miniature.
Dimension : 1.5x3.5x4.15mm.
Connexion de 40mm.
Entraxe : 1x2.54mm.
Variation: 40 à 10 K
Code: LDR4 ... 0.31 (1/9)
0.16 (10/99) - 0.08 (100+)

III.4.e Partie émetteur infrarouge

LE NE555

Le NE555 est un circuit intégré utilisé pour gérer des temps (temporisation, etc...). Il a été créé en 1970 par Hans R. Camenzind et commercialisé en 1971 par Signetics. De nos jours, ce composant est encore très utilisé, car il est simple d'utilisation et peu coûteux. Aujourd'hui, la version CMOS de ce circuit est très employée (tel que le MC1455 de Motorola), cependant il y a eu beaucoup d'améliorations et variations du circuit. Mais malgré les variantes, tous les types sont compatibles entre eux au niveau du brochage.

Plusieurs fabricants réalisent ce circuit sous des appellations différentes dont en voici quelques une :

Motorola -> MC1455

Fairchild -> NE555

Philips -> NE555D

Texas instruments -> SN52555

National -> LM555C

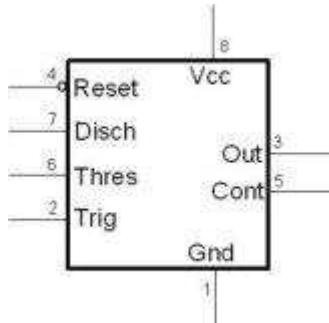
Voici les principales caractéristiques de ce composant :

- Fonctionne sous des tensions d'alimentation de 4,5V à 16V (compatible TTL).
- Fréquence max 2 MHz.
- Stabilité en température 0,005 % par °C.
- Intensité maximale de sortie de 200 mA.

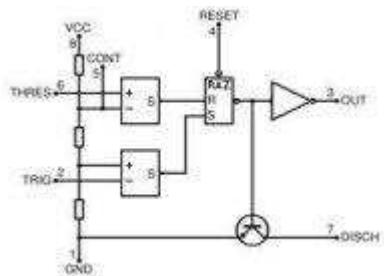
1- Symbole, schéma interne, brochage :

J'ai pour habitude de noter le NE555 de cette façon dans mes schémas (mais il existe d'autres façons de présenter des broches...)

SYMBOLE DU NE555



Le NE555 contient en fait environ 23 transistors, 2 diodes et environ 16 résistances qui, une fois associés, composent ce schéma (Schéma interne du NE555) :



Voici le brochage du boîtier du NE555



Description des broches

- 1 – **GND** : Masse du boîtier.
- 2 – **TRIG** : (déclenchement) Commande l'état de sortie. Amorce la temporisation.
- 3 – **OUT** : Sortie du boîtier.
- 4 – **RESET** : (RAZ) Remise à zéro du signal de sortie. Stoppe la temporisation.
- 5 – **CONT** : (référence) Tension de référence. (2/3 de VCC).
- 6 – **THRES** : (seuil) Commande l'état de sortie. Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse 2/3 de VCC
- 7 – **DISCH** : (décharge) Décharge le condensateur de temporisation.
- 8 – **VCC** : Alimentation du boîtier.

Principe de fonctionnement (en bref) :

Les trois résistances internes au NE555 font un pont diviseur de tension qui permet d'obtenir les tensions $2/3$ et $1/3$ de VCC, servant de tension de référence pour les 2 comparateurs.

4cas se présentent à nous

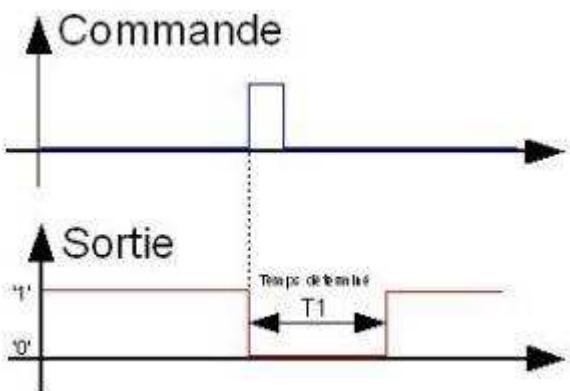
- 1- **RESET** est à un niveau bas : La bascule est remise à zéro et la sortie est au niveau bas.
- 2- **TRIG** $<$ à $1/3$ de VCC : la bascule est activée (SET) et la sortie est à un niveau haut.
- 3- **THRES** $>$ à $2/3$ de VCC : la bascule est remise à zéro (RESET) et la sortie est à un niveau bas.
- 4- **THRES** $<$ à $2/3$ de VCC et **TRIG** $>$ à $1/3$ de VCC : La sortie conserve son état précédent.

2- Montage en Monostable :

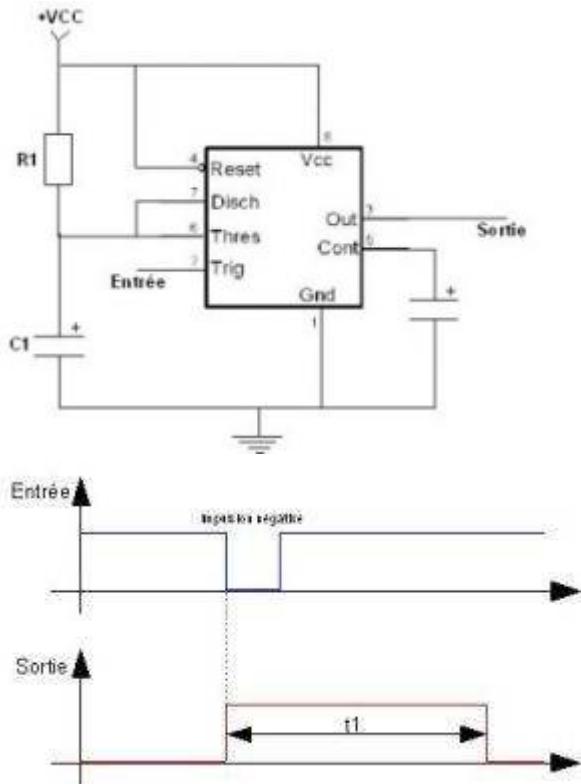
Petite explication sur le terme monostable :

Un montage monostable signifie que la sortie du montage reste à un niveau logique quand il ne se passe rien sur son entrée de commande. Mais lorsque que l'on met une impulsion sur son entrée de commande, la sortie passe à l'état logique opposé, pendant un temps déterminé (T1).

Exemple quelconque :



2-a : Montage en monostable non re-déclenchable :



La sortie est à '1' pendant un temps ' t_1 ', quand on applique une impulsion négative sur l'entrée.

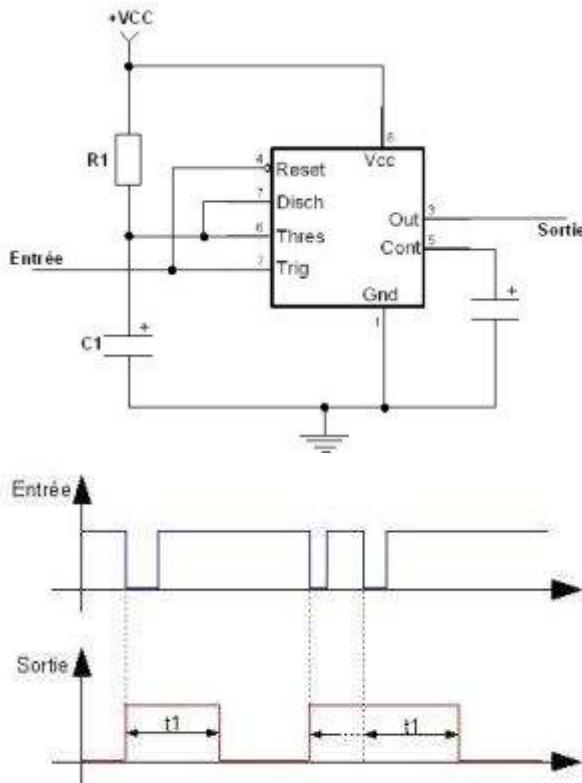
La durée ' t_1 ' est déterminée par R_1 et C_1 , dont voici la formule :

$$t_1 = 1,1 \times R_1 \times C_1$$

Quand vous faites les calculs, gardez à l'esprit que les composants ont une certaine tolérance (5% pour les résistances, 10% pour les condensateurs...)

Ce montage est non re-déclencheable car si pendant le temps t_1 il y a une nouvelle impulsion en entrée, le temps ' t_1 ' ne reprend pas à zéro.

2-b: Montage en monostable re-déclenchable :



La différence avec le montage en monostable non re-déclenchable est que la broche 4 (RESET) est reliée à la broche 2 (TRIG).

La sortie est à '1' pendant un temps 't1', quand on applique une impulsion négative sur l'entrée.

La durée 't1' est déterminée par R1 et C1, dont voici la formule :

$$t_1 = 1.1 \times R_1 \times C_1$$

Quand vous faites les calculs, gardez à l'esprit que les composants ont une certaine tolérance (5% pour les résistances, 10% pour les condensateurs...)

Ce montage est re-déclenchable car si pendant le temps 't1' il y a une nouvelle impulsion en l'entrée, le temps t1 reprend à zéro.

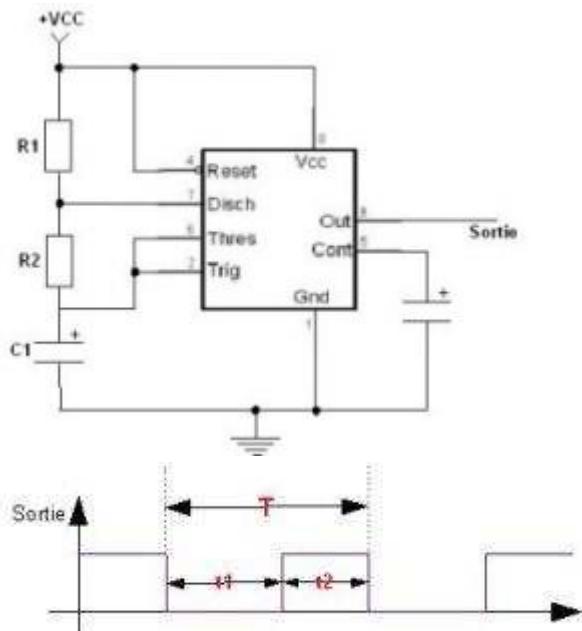
3- Montage en Astable :

Petite explication sur le terme astable :

On dit qu'un signal est astable quand celui-ci passe en permanence d'un état logique '1' à un état logique '0'.

Exemple : un signal carré.

Schéma du montage du NE555 en astable :



Grâce à ce montage on va pouvoir générer des créneaux dont on pourra modifier la fréquence ainsi que les temps t_1 et t_2 correspondant au temps à l'état bas et haut.

$$t_1 = \text{temps à l'état bas} = 0,693 \times R_2 \times C_1$$

$$t_2 = \text{temps à l'état haut} = 0,693 \times (R_1 + R_2) \times C_1$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,693 \times (R_1 + (2 \times R_2)) \times C_1$$

Donc fréquence F est :

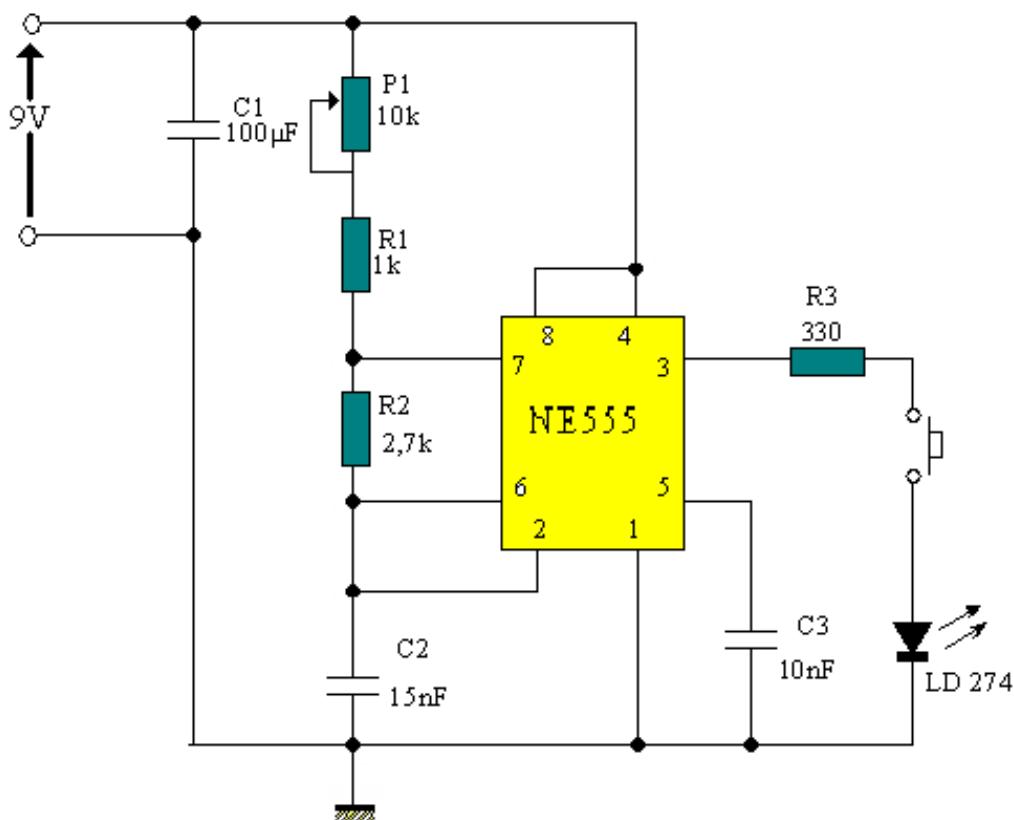
$$F = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{((R_1 + (2 \times R_2)) \times C_1)}$$

Et donc le rapport cyclique a est:

$$a = \frac{t_2}{t_1} = 1 - \left(\frac{R_2}{(R_1 + (2 \times R_2))} \right)$$

Quand vous faites les calculs, gardez à l'esprit que les composants ont une certaine tolérance (5% pour les résistances, 10% pour les condensateurs...)

4- Utilisation



Ce circuit se compose d'un oscillateur astable avec un circuit intégré NE555 et d'une diode électroluminescente infrarouge. Une action sur l'ajustable P1 modifie la fréquence du signal présent sur la broche 3 de NE555. Ce signal est appliqué à une diode électroluminescente infrarouge émettant un faisceau de lumière invisible discontinu. La résistance R3 limite le courant dans cette diode.

- Portée minimale correspondant à $f = 14 \text{ KHz}$ avec un rapport cyclique $\mu = 0,57$;

- Portée maximale correspondant à $f = 6 \text{ KHz}$ avec un rapport cyclique $\mu = 0,8$.

La fréquence d'opération du circuit astable dépend des valeurs de R1, R2, P1 et C. La fréquence peut être calculée avec la formule:

$$f=1/[0.693 \cdot C \cdot (R1+2R)]$$

Avec **R** la résistance équivalente de R1 et P1 qui sont en série

La durée du temps entre pulsations est connue comme la "période", et habituellement désignée avec un "t" (1). Cette période est en rapport avec la fréquence (2).

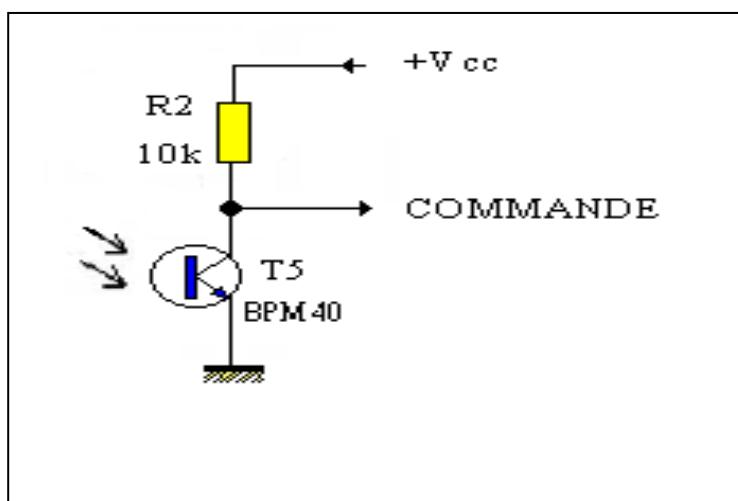
$$(1) t=t_1+t_2 \text{ avec } t_1=0.693 \cdot (R1+2R) \cdot C \quad \text{et} \quad t_2=0.693 \cdot R \cdot C$$

$$(2) f=1/t \quad \text{ou} \quad t=1/f$$

Réglages:

Un seul réglage s'impose : il s'agit de fixer la fréquence de l'oscillateur astable par action sur l'ajustable P1. La fréquence ainsi que le rapport cyclique du signal à la sortie du circuit intégré NE555 déterminent la portée maximale de l'émetteur. La bonne solution consiste à positionner l'émetteur et le récepteur dans l'application.

III.4.f Partie récepteur infrarouge



Le faisceau émis par LD1 parvient au phototransistor T5. Le signal présent sur le collecteur de T5 passe par la broche RB1 du pic.

III.4.g Partie commande

Ce montage est à base de PIC 16F84.

Le port B est configuré de RB1 à RB5 en entrée et de RB à RB7 en sortie.

- LDR en RB4
- Bouton poussoir BP1 "ouverture de la porte du garage" en RB2
- INTERUPTEUR de sécurité K1 en RB3
- Bouton poussoir BP2 "ouverture du portail principal" en RB5
- Récepteur IR en RB1
- Sortie LED1 "Présence tension dans le garage" en RB6
- Sortie LED2 "Présence tension au portail principal" en RB7

Faute de la présence de la tension, la partie commande ne pourra pas actionner les moteurs.

Le port A est configuré en sortie.

Les broches RA0 à RA3 représentent les sorties vers les relais fermeture de la porte du garage, ouverture de la porte du garage, fermeture du portail principal et ouverture du portail principal.

Le signal de sortie de RA0 broche 17 du Pic16F84 polarise le transistor T2, servant à la commutation du relais. Le basculement du contact du relais permet de tourner le moteur M pour la fermeture de la porte du garage.

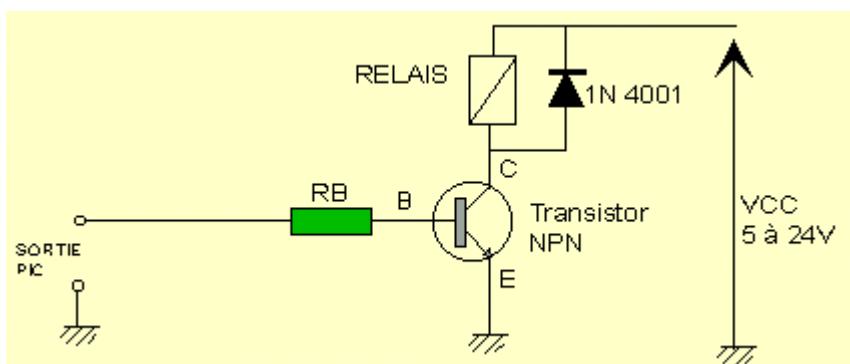
Le signal de sortie de RA1 broche 18 du Pic16F84 polarise le transistor T1, servant à la commutation du relais. Le basculement du contact du relais permet de tourner le moteur M pour l'ouverture de la porte du garage.

Le signal de sortie de RA2 broche 1 du Pic16F84 polarise le transistor T4, servant à la commutation du relais. Le basculement du contact du relais permet de tourner le moteur M pour la fermeture du portail principal.

Le signal de sortie de RA3 broche 2 du Pic16F84 polarise le transistor T3, servant à la commutation du relais. Le basculement du contact du relais permet de tourner le moteur M pour l'ouverture du portail principal.

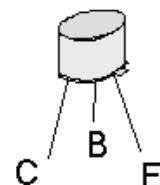
COMMANDÉ DU RELAIS

Les sorties des PIC peuvent délivrer environ 25 mA, on peut amplifier ce courant de sortie au moyen de transistors pour piloter un relais.



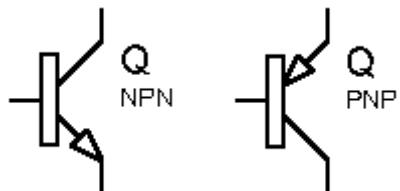
Formule :

$$RB = \frac{4.3 \times R_C \times \text{gain Trans}}{2 \times VCC}$$



Les Transistors Bipolaires

Symboles

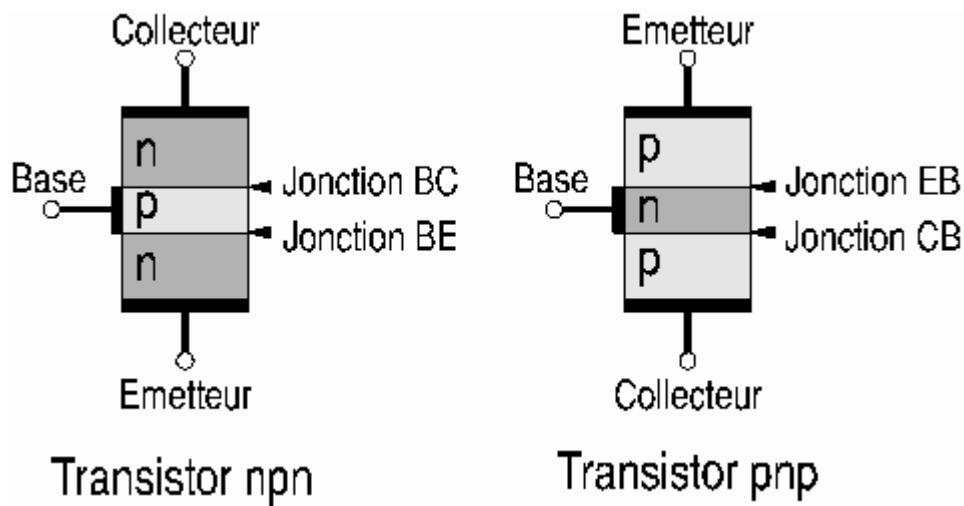


Unités ; Formules

Comme une diode, le transistor utilise les propriétés des semi-conducteurs qui le compose (silicium et anciennement le germanium).

Un transistor comprend 3 éléments :

- l'Émetteur E qui émet les électrons
 - le Collecteur C qui recueille les électrons
 - la Base B qui contrôle le passage des électrons entre E et C

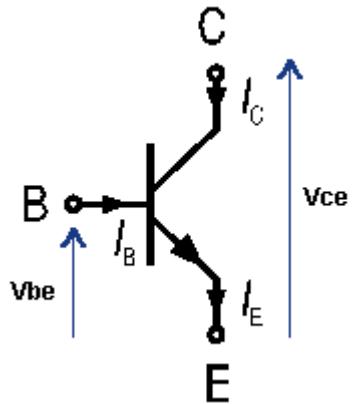


Quelle que soit l'application, on distingue toujours, lors de l'étude du fonctionnement d'un transistor, la partie commande (base) et la partie effet de la commande (collecteur, émetteur).

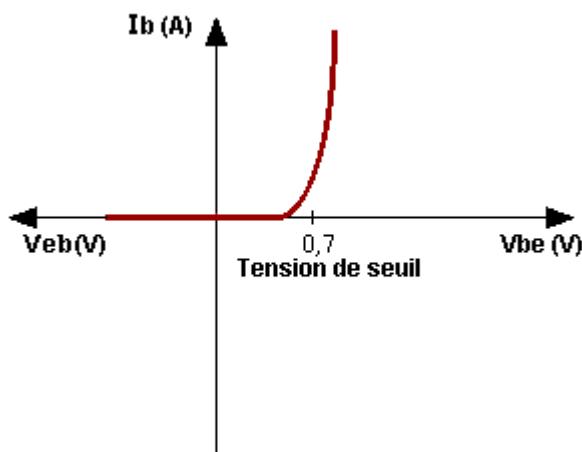
Modes de Fonctionnements d'un transistor NPN :

Pour faire fonctionner un transistor il faut le polariser, c'est à dire qu'on lui applique des tensions différentes sur ses broches E, B, C.

Pour un transistor NPN :



Pour une tension VCE constante, si V_{be} varie alors I_b varie suivant une courbe analogue aux caractéristiques d'une diode .Cela donne la caractéristique d'entrée $I_b(V_{be})$:



Etat bloqué :

Si le transistor est polarisé en inverse V_{eb} , aucun courant ne circule dans le transistor et il est bloqué .De même si la tension V_{be} est inférieure à la tension de seuil du transistor ou si le courant de base est à zéro , le transistor se comporte comme un circuit ouvert de telle sorte que le collecteur est isolé de l'émetteur.

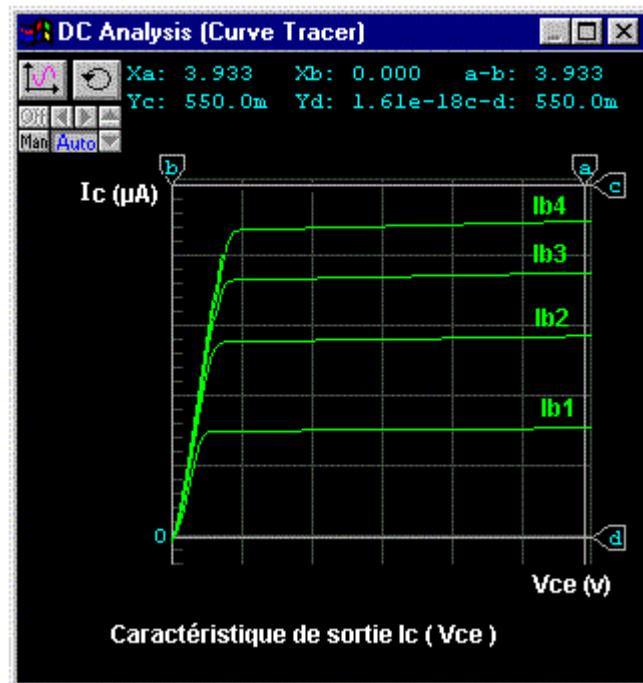
Etat saturé :

En saturation, les deux jonctions du transistor conduisent

$$I_b > I_{bsat}$$

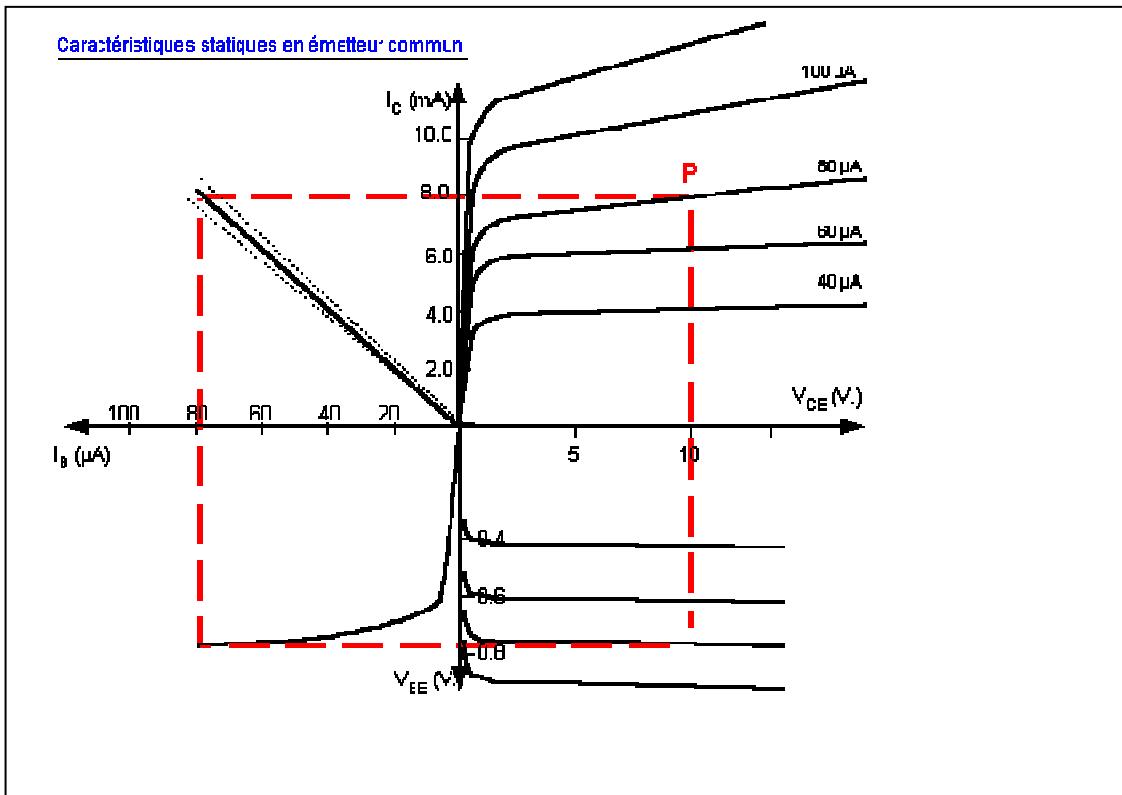
$$V_{ce} = V_{cesat}$$

$$I_c > 0$$



La caractéristique de sortie à I_b constant donne aussi dans sa partie linéaire la caractéristique de transfert I_c (I_b) et permet de déterminer le gain ou l'amplification en courant du transistor β (bêta)

$$I_c = \beta I_b \text{ et de plus } I_e = I_c + I_b \text{ et } V_{ce} = V_{cb} + V_{be}$$

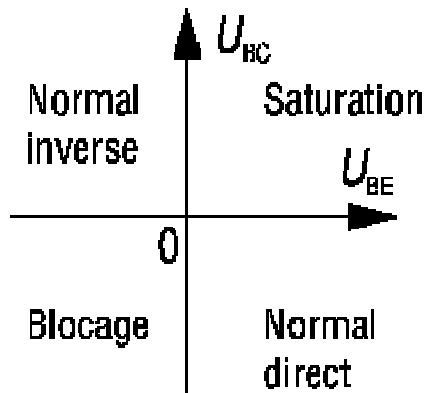


Le transistor est bloqué lorsque ses deux jonctions sont en polarisation inverse (voir fig ci-dessous).

Le transistor est en fonctionnement normal direct lorsque la jonction de commande BE est en polarisation directe et que la jonction BC est en polarisation inverse (voir fig ci-dessous).

Le transistor est en fonctionnement normal inverse lorsque la jonction de commande BE est en polarisation inverse et que la jonction BC est en polarisation directe (voir fig ci-dessous).

Le transistor est saturé lorsque ses deux jonctions sont en polarisation directe ((voir fig ci-dessous)).

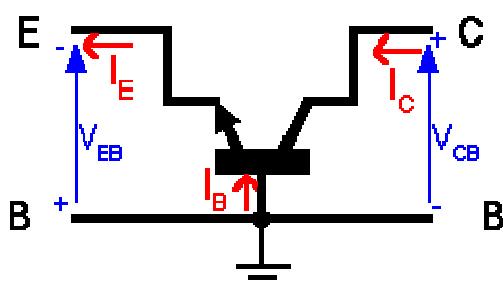


Fonctionnements

Les montages

$$I_E = I_B + I_C(\text{mA.})$$

a) Montage Base Commune (BC)



montage BC

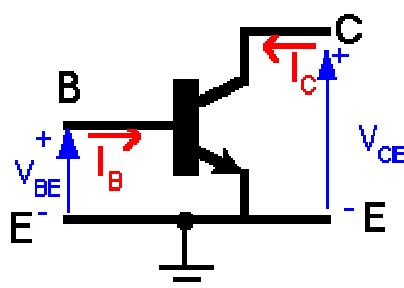
La base est commune entre l'entrée et la sortie du montage.

$$V_{CB} ; V_{EB} = - V_{BE}$$

Gain en courant du montage :

$$\text{Gain} = I_C / I_E$$

b) montage émetteur commun (EC)



montage EC

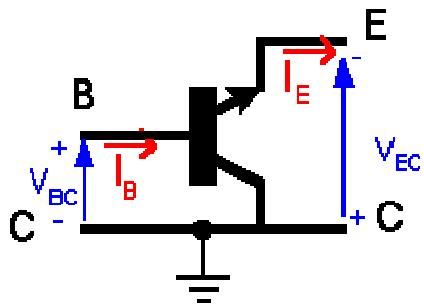
L'émetteur est commun entre l'entrée et la sortie du montage.

$$V_{CE} ; V_{BE}$$

Gain en courant du montage :

$$\text{Gain} = I_C / I_B$$

c) montage collecteur commun (CC)



Le collecteur est commun entre l'entrée et la sortie du montage.

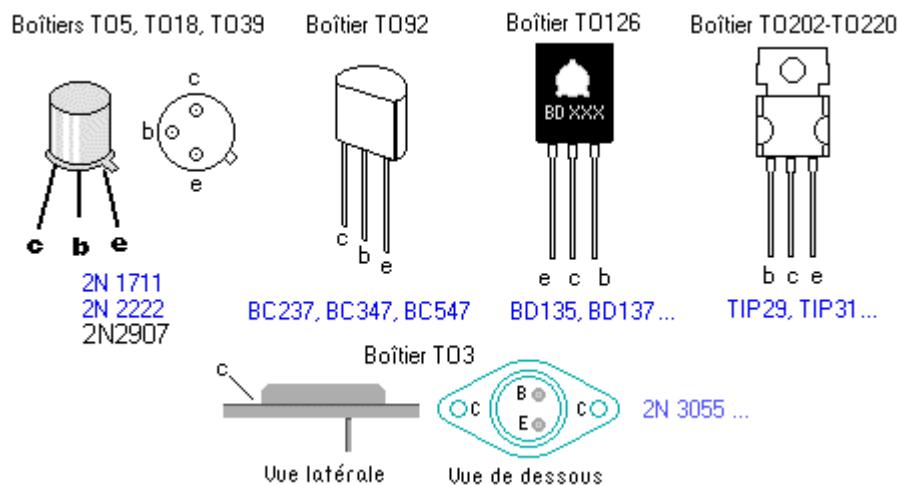
$$V_{EC} = -V_{CE} ; V_{BC} = -V_{CB}$$

Gain en courant du montage :

$$\text{Gain} = I_E / I_B$$

Les Boîtiers (Package)

Il existe au moins 200 types de boîtiers de base plus ou moins différent suivant le fabricant pour les transistors, mais beaucoup sont très peu utilisé. Voici les principaux boîtiers



Nomenclature :

1 pic 16F84.

2 résistances 10KΩ (code couleur : marron, noir, orange)

4 résistances 1KΩ (code couleur : marron, noir, rouge)

4 résistances 2,2KΩ (code couleur : rouge, rouge, orange)

2 résistances 410Ω (code couleur : jaune, marron, noir)

4 diodes 1N4001

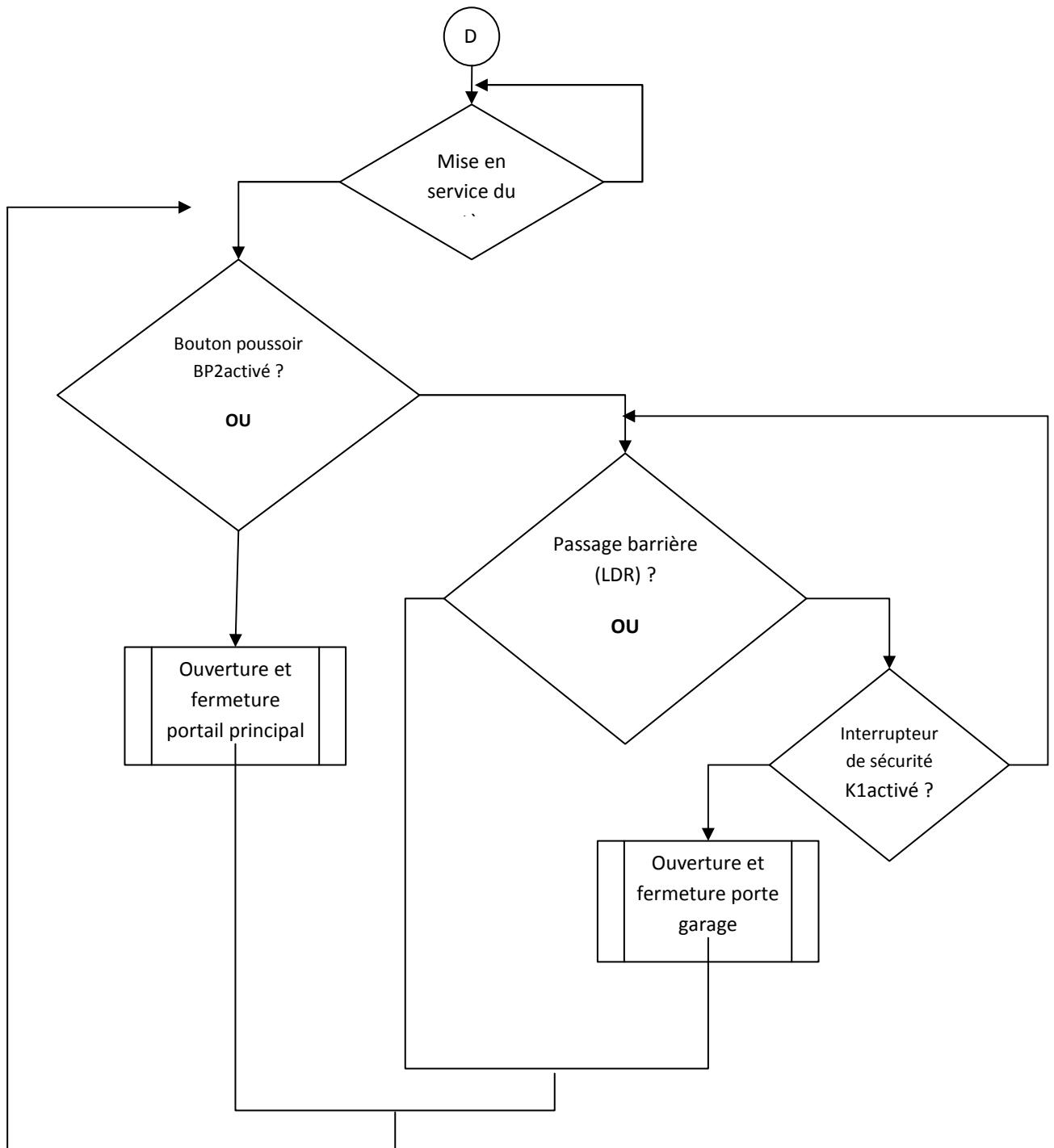
2 diodes LED

2 condensateurs 5v /15pF
1 condensateurs 5v /10 μ F
1 condensateurs 5v /1 μ F
1 quartz 4MHz
4 transistors BC 109C
1 photo transistor BPM 40
1 LDR (photo-resistance miniature)

Circuit Emeteur Infrarouge :

Circuit intégré : NE 555
3 résistances : 1K Ω , 2,7K Ω , 330 Ω .
1 potentiomètre 10K Ω
3 condensateurs : 100 μ F, 15nF, 10nF.

III.4.h Algorithme



CONCLUSION

La conception, l'étude et la réalisation de ce mémoire ont été pour nous une expérience fructueuse car nous nous sommes rendu compte que l'utilisation d'un microcontrôleur est importante dans la vie quotidienne grâce aux avantages qu'il procure.

Notre réalisation peut encore s'étendre à d'autres applications et peut être exploitable. Et nous avons constaté aussi lors de la réalisation de ce montage qu'il est forcément important de maîtriser l'électronique digitale car de nos jours tous les constructeurs exploitent la numérisation et la miniaturisation des composants pour pouvoir l'adapter aux besoins.

ANNEXES

Annexe 1 : Spectre lumineux

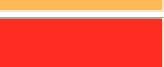
Annexe 2: Organigramme interne du PIC 16F84 et 16 CR84.

Annexe 3: Les Quartz.

Annexe 4: Panoramique des instructions

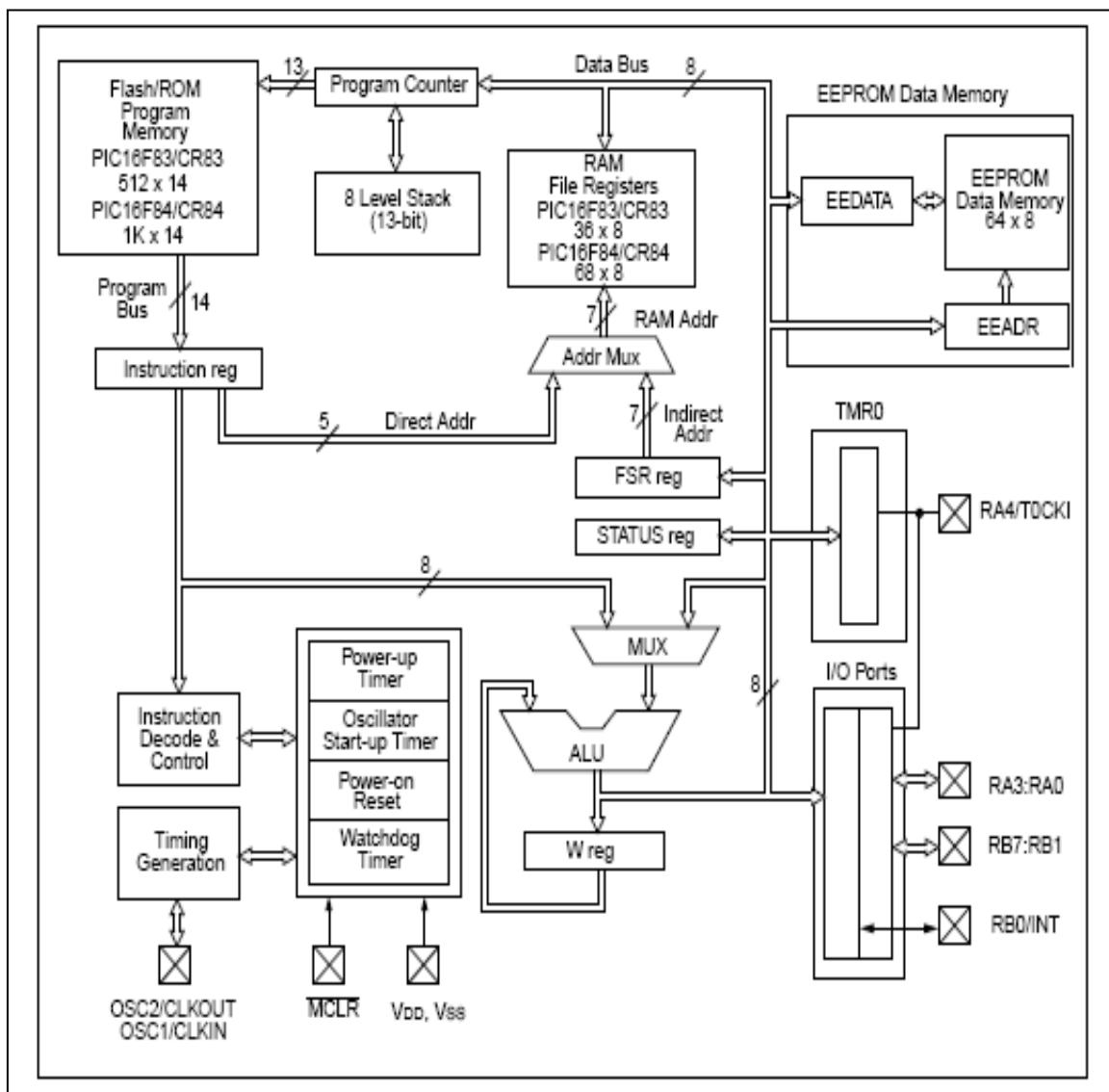
Annexe 1 : Spectre lumineux

1 nanomètre (symbole nm) est un millionième de mm (10⁻⁹m). Pour les très petites dimensions, à l'échelle de l'atome, on rencontre encore l'angstrom (Å°), unité non normalisée égale à 10⁻¹⁰m. 1 térahertz (THz) correspond à 1000 gigahertz.

Couleur		longueur d'onde	Fréquence
		(1 nm = 10 ⁻⁹ m)	(1 THz = 10 ¹² Hz)
ultra-violet		<400 nm	> 750
violet		400 à 462 nm	750
bleu		462 à 500 nm	650
vert		500 à 577 nm	600
jaune		577 à 600 nm	520
orange		600 à 625 nm	500
rouge		625 à 670 nm	533
infra-rouge		>670 nm	< 428

La sensibilité de l'oeil est maximale vers 550 nm, dans le jaune-vert. Le spectre de la lumière visible s'étale de 400 à 780 nm mais sa perception dépend de chaque individu (les goûts et les couleurs...).

Annexe 2: Organigramme interne du PIC 16F84 et 16 CR84.



Annexe 3: Les Quartzs.[6]

On le désigne parfois sous le nom de cristal ou son abréviation anglo-saxonne de XTAL (cristal).

Descriptions



photo d'un quartz naturel .

Le quartz est composé de silice Si O_2 , qui est une matière minérale , une fois taillé en fine lamelle le quartz présente la particularité d'être piézo-électrique. Généralement incolore on peut le trouver dans la nature mais on l'obtient maintenant surtout par synthèse dans l'industrie.



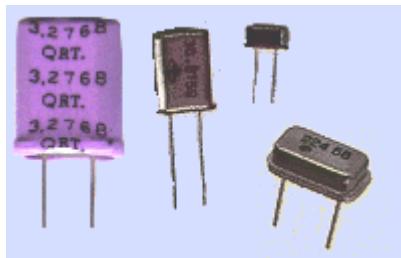
photo de divers quartz.

Symboles



Unités ; Formules

Valeurs



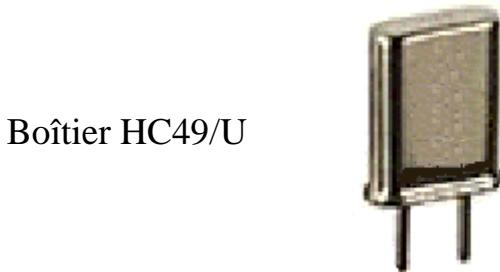
Pour les Quartz horloge à résonance parallèle. Fonctionnement en mode fondamental ou harmonique (3, 5 ou 7). Tolérance: ± 30 à ± 50 ppm. Capacité de charge: 30 pF (12.5 pF pour 32.768 kHz)

Types de boîtiers :

MINI pour la fréquence de 32.768 kHz. Boîtier TC38



HC33/U avec sorties à fils pour 1 MHz Boîtier



HC49/U ou HC18/U pour les autres fréquences jusqu'à 48 MHz Boîtier HC49/U



Boîtier HC18/U



Boîtier bas profil

Boîtier



Annexe 4: Panoramique des instructions

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode				Status Affected	Notes	
			MSb	LSb					
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF f, d	Add W and f	1	00	0111	ffff	ffff	C,DC,Z	1,2	
ANDWF f, d	AND W with f	1	00	0101	ffff	ffff	Z	1,2	
CLRF f	Clear f	1	00	0001	ffff	ffff	Z	2	
CLRW -	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z		
COMF f, d	Complement f	1	00	1001	ffff	ffff	Z	1,2	
DECWF f, d	Decrement f	1	00	0011	ffff	ffff	Z	1,2	
DECFSZ f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011	ffff	ffff		1,2,3	
INCF f, d	Increment f	1	00	1010	ffff	ffff	Z	1,2	
INCFSZ f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111	ffff	ffff		1,2,3	
IORWF f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	ffff	ffff	Z	1,2	
MOVWF f	Move f	1	00	1000	ffff	ffff	Z	1,2	
MOVWF f	Move W to f	1	00	0000	ffff	ffff			
NOP -	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000			
RLF f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	ffff	ffff	C	1,2	
RRF f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	ffff	ffff	C	1,2	
SUBWF f, d	Subtract W from f	1	00	0010	ffff	ffff	C,DC,Z	1,2	
SWAPF f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	ffff	ffff		1,2	
XORWF f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	ffff	ffff	Z	1,2	
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2	
BSF f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2	
BTFS f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01	10bb	bfff	ffff		3	
BTFS f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01	11bb	bfff	ffff		3	
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z		
ANDLW k	AND literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z		
CALL k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk			
CLRWD	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	TO,PD		
GOTO k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk			
IORLW k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z		
MOVLW k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk			
RETFIE -	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001			
RETLW k	Return with literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk			
RETURN -	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000			
SLEEP -	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	TO,PD		
SUBLW k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z		
XORLW k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z		

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

2: If this instruction is executed on the TMRO register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 Module.

3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

BIBLIOGRAPHIE

- ENCYCLOPEDIE DES SCIENCES INDUSTRIELLES. QUILLET.
ELECTRICITE-ELECTRONIQUE GENERALITES
- INITIATION A L'ELECTRONIQUE NUMERIQUE
AUTEURS : DOMINIQUE BOHN & LEOPOLD BAOZA
EDITION : SAEP
- ELECTRONIQUE LABORATOIREE ET MESURE
AUTEURS : FIGHIERA & BESSON
EDITION : ETSF
- GUIDE DE LA COMMANDE A DISTANCE (1998). Paris.
LEGRAND.
Infrarouge, courant porteur et radio
- ELECTRONIQUE PRATIQUE n°301
- CR-ROM : ENCYCLOPEDIE MICROSOFT ENCARTA (1998)
- CR-ROM : ENCYCLOPEDIE MICROSOFT ENCARTA (2005)

ADRESSES INTERNET :

- www.microchip.com
- www.electrome.fr
- www.bigonoff.org
- www.etricnic.free.fr
- http://r.freres.free.fr/com.dist.htm
- http://angeliz.free.fr/electro/elec4.htm
- http://angeliz.free.fr/electro/elec2.htm
- http://perso.libertysurf.fr/p.may

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT.....	8
LISTE DES FIGURES.....	9
INTRODUCTION.....	10
CHAPITRE I : <u>LES CAPTEURS</u>	
I.1 Généralités.....	13
I.1.a Capteurs de température.....	13
I.1.b Capteurs de position.....	14
I.1.c Capteurs de vitesse.....	14
I.1.d Capteurs de proximité.....	15
I.2 Capteurs électroniques.....	16
I.2.a Définitions et classification.....	16
I.2.b Performances d'un capteur : définition métrologique.....	20
I.2.c Conditionneur associé.....	23
I.2.d Détecteur de choc 801S.....	30
I.2.e Détecteur d'approche.....	32
CHAPITRE II : <u>CAPTEUR AVEC PIC 16F84</u>	
II.1 Présentation de la réalisation.....	35
II.1.a But.....	35
II.1.b Description générale	35
II.1.c Fonctionnement global.....	35
II.2. Partie théorique.....	36
II.2.a Module d'entrée.....	36
II.2.b Partie commande.....	39
II.3. Le PIC 16F84.....	44
II.3.a Brochage du PIC 16F84.....	44
II.3.b Architecture interne du PIC 16F84.....	47
II.3.c. Organisation du PIC 16F84.....	47
II.3.d L'horloge du PIC.....	53
CHAPITRE III : <u>PROGRAMMATION DU PIC ET REALISATION</u>	
III.1.Jeux d'instructions.....	59
III.1.a Les instructions « orientées octet ».....	59
III.1.b Les instructions « orientées bits ».....	59
III.1.c Instructions générales.....	59
III.1.d Les sauts et appels de sous routines.....	60

III.2. Les modes d'adressage.....	60
III.2. Les modes d'adressage.....	60
III.2.b. L'adressage direct.....	60
III.2.c L'adressage indirect.....	61
III.2.d Les registres FSR et INDF.....	61
III.3. Outils de développement pour le PIC 16F84.....	63
III.4. Réalisation du circuit.....	65
III.4.a Schéma synoptique	65
III.4.b Schéma de principe.....	66
III.4.c Alimentation.....	67
III.4.d Partie récepteur LDR.....	79
III.4.e Partie émetteur infrarouge.....	80
III.4.f Partie récepteur infrarouge.....	87
III.4.g Partie commande.....	88
III.4.h Algorithme.....	97
CONCLUSION.....	98
ANNEXES.....	100
BIBLIOGRAPHIE.....	106