

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Instrumentation

Thème:

**Conception, réalisation d'un générateur
ultrasonore à fréquence variable pour
sonochimie.**

Proposé et Dirigé par :

M^r R. ZIRMI

Présenté par :

M^r NACHEF Toufik

Année universitaire 2008/2009

Soutenu le : 08/07/2009

Sommaire

INTRODUCTION	6
Chapitre I: Généralités	9
I- LES ULTRA SONS :	10
I.1. Introduction :	10
I.2. Equation de propagation d'une onde acoustique :	11
I.3. Vitesse d'une onde acoustique :	12
I.4. Onde sphérique, onde plane :	12
I.5. Réflexion et réfraction des ondes acoustiques:	13
I.6. Energie et puissance moyenne d'une onde acoustique :	14
I.7. Applications des ultrasons :	14
II- La sonochimie :	15
II.1. Introduction :	15
II.2. Définition :	15
II.3. Descriptif d'une réaction sous ultrason:	16
II.4. Conclusion :	17
III- Les transducteurs électroacoustique:	17
III.1. Introduction :	17
III.2. Les transducteurs électroacoustiques :	18
III.3. La Piézoélectricité :	18
III.4. Quelques transducteurs Electroacoustique:	19
III.5. Caractéristiques des transducteurs électroacoustiques:	21
III.6. Remarques importantes :	23
IV- Les Afficheurs à cristaux liquide (LCD) :	24
IV.1- Présentation générale des afficheurs à cristaux liquides (LCD) :	24
IV.2- Principe de fonctionnement :	25
IV.3. Les caractères affichables par un afficheur LCD :	25
IV.4. L'affichage des caractères :	26
IV.5. Brochage d'un afficheur LCD 16 broches:	26
V- Le PIC16F84A :	28
V.1. Introduction :	28
V.2. Caractéristiques du PIC16F84A :	28
V.3. Brochage du PIC 16F84A :	30
V.4. Les mémoires interne du pic :	31
A- Mémoire programme (Flash/ROM programme memory):	31
B- Mémoire RAM :	31
C- Memoir EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory):	32
V.5. Les interruptions du PIC16F84A :	32
V.6. Le TMR0 du PIC16F84A :	33
V.7. Les trois modes d'adressage du PIC16F84A :	33
Chapitre II: Les générateurs de sinusoïdes	34

I. Les générateurs de sinusoïdes:.....	35
Définitions :.....	35
II. Quelques Méthodes pour la génération de signaux :.....	35
II.1. Le Signal carré : Oscillateur à relaxation (astable) :.....	36
II.2. Le Signal Triangulaire:.....	38
II.3. Le signal Dent de scie :.....	38
II.4. Le signal Sinusoïdal :.....	39
III. Quelques méthodes pour la génération de sinusoïde:.....	40
Principe de la contre réaction positive :.....	40
III.1. Les oscillateurs linéaires :.....	41
III.2. Les oscillateurs non linéaires :.....	42
Chapitre III: Conception du circuit.....	45
I. Etablissement du cahier des charges :.....	46
II. Schéma synoptique du générateur à ultrasons :.....	47
III. Etude de chaque bloc :.....	48
III.1. Générateur de fréquence :.....	48
III.1.1. Raisons du choix du ICL8038 comme générateurs de fonctions :.....	48
III.1.2. Raisons de la mesure de la fréquence de sortie:.....	49
III.1.3. Génération du signal sinusoïdal :.....	50
III.1.4. Mesure et affichage de la fréquence de travail :.....	55
III.2. Amplification :.....	61
III.2.1. Définition :.....	61
III.2.2. Généralités sur les amplificateurs :.....	61
III.2.3. Conception de l'amplificateur :.....	63
III.2.3.1. L'amplification en tension (le préamplificateur) :.....	63
1. Description de chaque composant du préamplificateur :.....	63
2. Schéma électrique du préamplificateur :.....	63
III.2.3.2. L'amplification de la puissance avec le LM3886 :.....	63
1. Caractéristiques:.....	64
2. Brochage du LM3886:.....	64
3. Description du rôle de chaque composant :.....	64
4. Schéma électrique de l'amplificateur:.....	65
III.3. Transducteur électro-acoustique (Super tweeter) :.....	65
III.3.1. Raisons du choix d'un « Super Tweeter » :.....	66
III.3.2. Présentation du super tweeter SBT-306 :.....	66
III.4. Alimentation :.....	67
III.4.1. Introduction :.....	67
III.4.2. Schéma synoptique de l'alimentation :.....	67
III.4.2.1. Fonction adaptation en tension.....	68
III.4.2.2. Fonction redressement :.....	68
Montage à pont.....	68
III.4.2.3. Fonction filtrage.....	68
Taux d'ondulation.....	69
Calcul du condensateur de filtrage :.....	69
III.4.2.4. Fonction régulation.....	70

III.4.3. Principe d'une alimentation symétrique :.....	71
III.4.4. Dispositifs de protection de l'alimentation :	71
III.4.5. Schéma électrique de l'alimentation :	71
III.5 Schéma électrique globale :.....	71
Chapitre IV: Réalisation pratique.....	72
I. Consignes de travail avec les composant sensible à l'électrostatique :	73
II. La CAO: exemple PROTEL DXP.....	74
II.1. La CAO : Conception Assistée par Ordinateur	74
II.2. Description du logiciel « PROTEL DXP » :	75
III. La programmation des microcontrôleurs PIC16F84A :.....	79
III.1. Introduction:	79
III.2. Démarrage Création d'un projet sous MPLab:.....	80
III.3. Structure d'un programme en ASM pour PIC à compiler avec MPLab :	80
Déclarations obligatoires :.....	80
Choix de la configuration :	80
Les Assignations :	81
Les définitions :	81
Les Macros :	81
Déclaration des variables :	82
Initialisation des registres de la RAM :	82
Programme principale :	82
Remarque :	82
IV. Compilation et debuggage d'un programme avec MPLab :.....	83
V. Programmation du PIC16F84A :.....	83
VI. Mise en place d'un composant de puissance sur un dissipateur thermique :.....	84
VII. Les typons du Générateur à ultrason :	85
VIII. Les PCB du Générateur à ultrason.	87
IX. Les points de teste du générateur à ultrason :	88
X. Présentation externe du générateur à ultrason :.....	89
<i>CONCLUSION</i>	91
Annexe.....	93
BIBLIOGRAPHIE :.....	106

INTRODUCTION :

INTRODUCTION :

Dans la plupart des domaines de la technologie, la qualité et le coût des systèmes sont souvent limités par les propriétés des matériaux de base. Ces derniers doivent avoir des propriétés répondant aux spécifications recherchées pour une application déterminée. A l'heure actuel et pour des raisons économiques, les chercheurs et les industriels désirent pousser les matériaux à la limite de leurs possibilités, mais à des coûts qui assureraient la rentabilité et le rendement.

L'industrie de la microélectronique s'intéresse beaucoup aux techniques de dépôts des couches minces, qui est le noyau de plusieurs structures de base des composants électronique. C'est ainsi que les techniques de dépôt prennent une place fondamentale dans les exigences techniques et les calculs économiques. Ces techniques de dépôts, qui varient avec les exigences, font appels à des matériels spécifique, et dans beaucoup de cas conçue spécialement pour cette technique, c'est pour cela que l'appareil qui nous a été demander de concevoir et de réaliser par le laboratoire LATAGE de la FGEI de l'UMMTO et qui est appelé à être utilisé dans des taches bien spécifiques a suscité notre intérêt à réaliser un outil pour la contribution aux travaux de ce laboratoire.

Les générateurs à ultrasons sont souvent des appareils robustes et puissants ils travaillent à une fréquence constante et souvent inconnue pour l'utilisateur. Ces conditions de travail viennent du fait qu'ils sont souvent destinés au nettoyage ou à la création de cavitation en sonochimie. L'appareil qui nous a été demander de concevoir est de puissance plus faibles mais présente la possibilité de changer la fréquence des ultrasons avec un simple potentiomètre et connaître la fréquence du signal émis via un afficheur.

Pour aboutir a une conception et réalisation d'un tel travail nous avons été obligé de passer en revus beaucoup de notions sur les circuits électroniques (analogiques et numériques) ainsi que la programmation des microcontrôleur PIC. On a aussi dû acquérir de nouvelles notions concernant la conception de circuit électronique en général et la conception assistée par ordinateur.

Un stage de six mois dans une entreprise de maintenance industriel nous a été très bénéfique pour l'accomplissement de la tâche confiée et le respect du cahier des charges.

Pour bien mener notre travail nous l'avons répartie en quatre chapitres. Le premier chapitre a fait l'objet de revus de généralités sur divers domaines ayant relation avec notre travail, alors que le deuxième est consacré à l'étude des générateurs de signaux et les divers méthodes pour générer des signaux ce qui a fait appel à l'électronique analogique dans son domaine des techniques des impulsions. Le troisième chapitre traite les différentes étapes de la conception de notre générateur, alors que le quatrième chapitre présent la réalisation pratique et le fonctionnement de notre appareil. En fin nous avons terminé par une conclusion dans laquelle nous avons cité les difficultés encourues dans notre travail et des perspectives proposées pour l'amélioration de notre appareil.

Chapitre I: Généralités

I- LES ULTRA SONS :

I.1. Introduction :

Le son a pour origine les vibrations mécanique des milieux et corps élastiques (solide, liquide et gazeux). Dont les fréquences sont comprises entre 20Hz et 20kHz. Et peuvent être perçue par l'oreille humaine.

Si la fréquence de cette onde mécanique est inférieure à 20Hz on l'appelle infrason.

Si la fréquence de cette onde mécanique est supérieure à 20kHz on l'appelle ultrason.

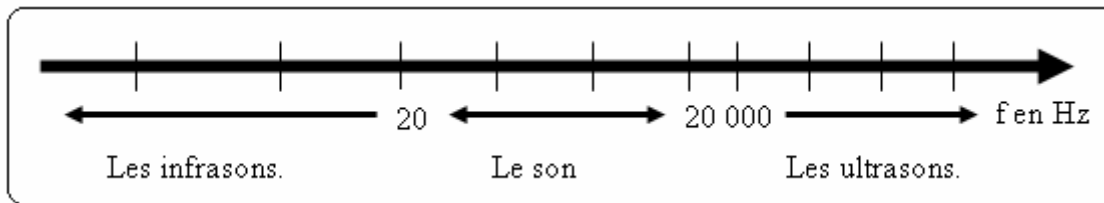


Figure I.1 : les domaines de fréquence des infrasons, son et ultrasons.

Comme le son est une vibration mécanique alors c'est une propagation de proche en proche de l'énergie, qui se caractérise par des déplacements élémentaires de la matière.

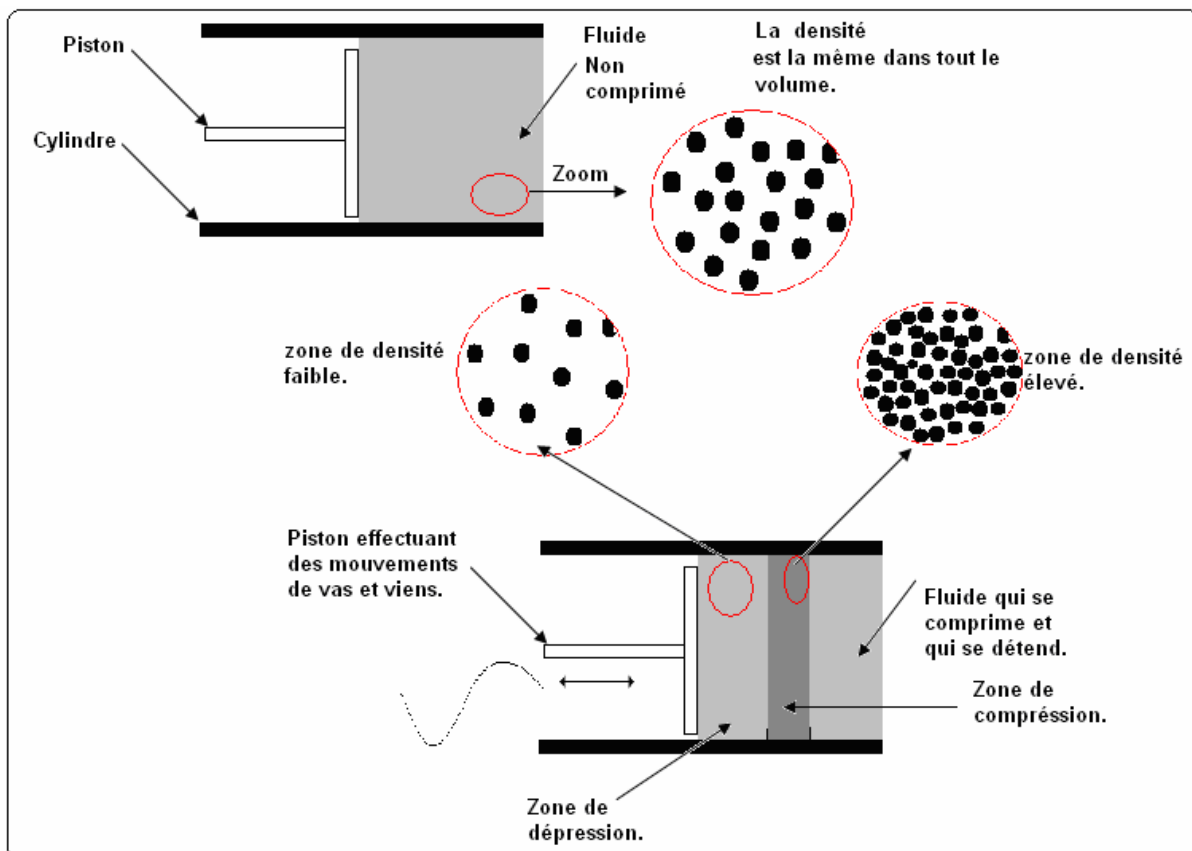


Figure I.2 : création d'une onde mécanique.

Lors de la propagation d'une onde acoustique, on peut aussi formuler le phénomène comme suit : c'est la propagation d'une pression qui crée des zones de compression qui est une zone où la matière est dense (relativement au voisinage) et des zones de dépression où la matière n'est pas dense on parle en occurrence d'appauvrissement.

Le son le plus simple au sens physique est une oscillation sinusoïdale de pression (le son est due à une variation de pression) analogue à celle de l'oscillateur simple¹.

Dans notre projet, on a pour objectif de générer des ultrasons (donc des ondes mécanique de fréquence supérieur à 20KHz, et de forme d'onde sinusoïdale).

I.2. Equation de propagation d'une onde acoustique :

Comme toute onde mécanique, l'onde acoustique obéit à la même loi de propagation qui est la loi D'ALENBERT, dont l'équation de propagation en pression est :

$$\text{Div}^2 P - \frac{\rho}{K} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = 0 \dots\dots\dots^2$$

Où

P : la pression acoustique.

ρ : masse volumique du fluide (milieu de propagation).

K : Module de compressibilité en volume du fluide.

Cette équation est une simplification de la réalité de propagation des ultrasons car elle ne tient pas compte des pertes (il faut ajouter un terme qui introduit l'amortissement) qui sont très complexe car dépendantes de beaucoup de paramètres physique (coefficient de viscosité, rapport des chaleurs spécifiques, conductibilité thermique, coefficient de proportionnalité) et de la fréquence de l'onde considérée.

On retiendra cependant la proportionnalité au carré de la fréquence, qui est vérifiée dans la majeure partie de la gamme ultrasonore.

¹ Le livre des techniques du son, Tome 1, collectif d'auteur, Edition fréquence.

² « Cours élémentaires de physique » Tome 3, Chapitre II. Sous la direction de G. Landsberg. Edition Mir Moscou.

I.3. Vitesse d'une onde acoustique :

Depuis l'équation de propagation d'une onde acoustique on déduit la formule de la vitesse de propagation du son.

$$\frac{1}{C^2} = \frac{\rho}{K} \dots\dots\dots^3$$

$$\text{D'où } C = \sqrt{K / \rho}$$

La célérité du son dans quelques milieux :

Le milieu	La vitesse de propagation en m/s :
Air	330
Eau	1480
Tissus moue	1540
Os	4080

I.4. Onde sphérique, onde plane :

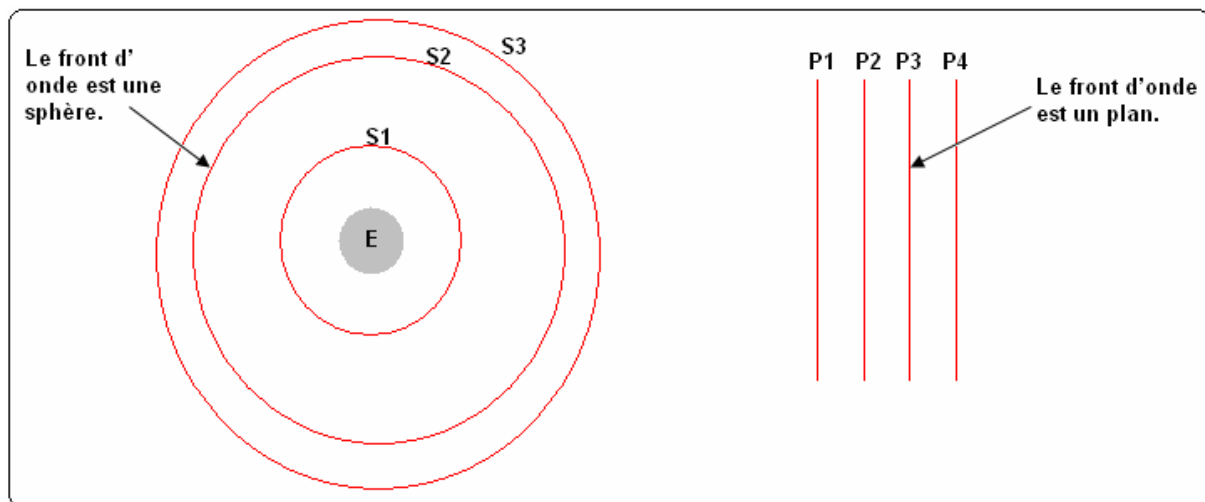


Figure I.3 : représentation d'une onde sphérique et d'une onde plane, E étant la source.

³ « Cours élémentaires de physique » Tome 3, Chapitre II. Sous la direction de G. Landsberg. Edition Mir Moscou.

E est une source acoustique émettant une onde acoustique dans toutes les directions et se propageant de proche en proche. Lors ce que l'onde atteint S 1 toutes les particules se trouvant sur cette surface oscillent autour de leur position d'équilibre donc concentration de matière comprimé. Lors ce que cette énergie dépasse S1 les particules de celle-ci cessent leurs mouvement oscillatoire et ainsi de suite l'énergie acoustique se transmet. Les cercles S1, S2, S3... sont appelé les fronts d'onde et l'onde correspondante s'appel l'onde sphérique. Lorsque la distance de la source devient grande, ces sphères deviennent des plans parallèles. Sur un même plan l'énergie est la même, ces plans parallèles leurs correspond une onde plane.

I.5. Réflexion et réfraction des ondes acoustiques:

Lorsque que l'onde acoustique change de milieu (même de même nature fluide-fluide ou solide- solide...) une partie de son énergie est réfléchié et l'autre partie est transmise dans le deuxième milieu. La quantité d'énergie transmise dépend essentiellement des impédances de ces deux milieux. Donc des propriétés physiques de ces deux milieux.

Les directions de réflexion et de réfraction d'une onde acoustique obéissent aux lois de DESCARTE qui sont destinées à l'origine pour l'optique géométrique.

Les lois de DESCARTE⁴ :

1^{ère} loi : les trois rayons Incident, Réfléchié et Transmis se trouvent sur un même plan.

2^{ème} loi : l'onde incidente et l'onde réfléchié font le même angle avec la normale à la surface.

3^{ème} loi :
$$\frac{\sin I}{Z1} = \frac{\sin R}{Z2}$$

⁴ « Cours élémentaires de physique » Tome 2. Sous la direction de G. Landsberg. Edition Mir Moscou.

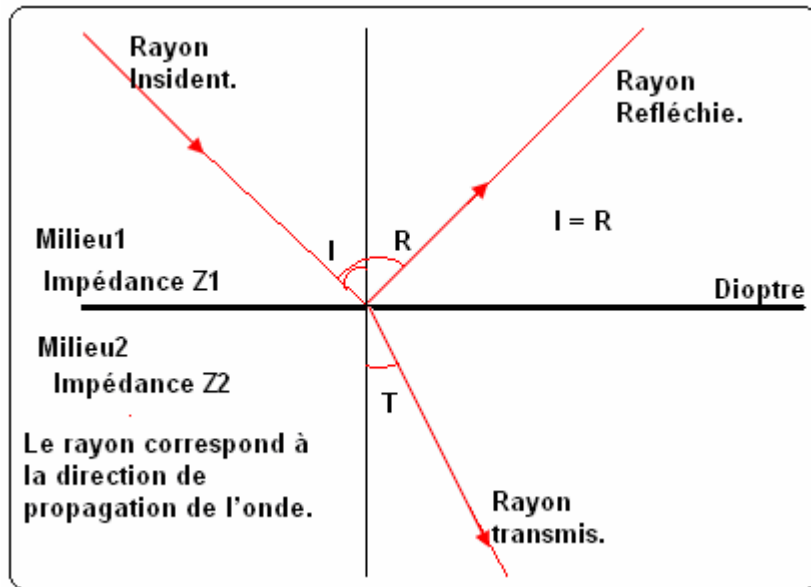


Figure I.4 : comportement d'une onde au changement de milieu.

1.6. Energie et puissance moyenne d'une onde acoustique :

Lors de la propagation d'une onde dans un milieu elle transmet une partie de son énergie à ce milieu ou la totalité de cette énergie, ceci étant relatif à la quantité d'énergie que peut dissiper ce milieu.

L'énergie que transporte cette onde s'exprime par:

$$E_s(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} |S(t)|^2 dt \dots\dots^5$$

1.7. Applications des ultrasons :

De plus en plus les ultrasons sont utilisés dans divers domaines tant sur le domaine industriel que dans le domaine médical ou tout simplement pour le grand public.

A. Dans le domaine militaire :

Le sonar : un système de détection fondé sur la réflexion des ondes sonores en milieu marin. Utilisé par les bateaux de pêche et les sous-marins comme moyen de détection (bancs de poissons et navires ennemis).

B. Les ultrasons dans l'industrie :

⁵ Electronique de puissance, Auteur :R. MERAT, édition : NATHAN.

En métallurgie : Utilisé pour le dégazage des métaux.

Pour le nettoyage des centrales nucléaires.

C. Les ultrasons dans le domaine médical :

Utilisé En échographe pour établir des clichés des organes internes ou en gynécologie.

D. En chimie :

En sono chimie : on réalise des réactions chimique en ayant recours au son ou au ultra son et pour la quelle on consacre la section suivante.

II- La sonochimie :

II.1. Introduction :

L'un des paramètres important d'une réactions chimique est bel et bien la présence ou non d'un catalyseur (contrairement à un inhibiteur). En effet, du constat que certaines réactions chimique ont besoin d'un apport d'énergie thermique pour activer une réaction (réaction endothermique) ou bien des réactions chimique qui ont besoin d'un flux lumineux pour que la réaction s'active (réaction chimique se produisant dans l'atmosphère) d'ailleurs le domaine qui s'occupe de ce types de réaction s'appel « la photochimie ». L'énergie acoustique, elle aussi joue ce rôle de catalyseur dont les lois qui régissent ces réactions sont étudié par la sonochimie.

II.2. Définition :

La sonochimie est une branche de la chimie qui permet de réaliser, grâce à l'énergie acoustique des ultrasons, des transformations physiques et chimiques⁶.

Pour quoi les ultrasons: les fréquences concernées sont 20k à 100KHz, ils ne sont pas absorbés par la matière contrairement aux ondes électromagnétique par exemple.

Ils mettent en jeu les phénomènes dits de cavitation et d'écoulement acoustique.

⁶ Source: © Encyclopædia Universalis 2009, tous droits réservés

II.3. Descriptif d'une réaction sous ultrason:

La propagation d'une onde dans un milieu liquide n'est pas continue et entraîne une succession de compressions et de dépressions autour d'une valeur moyenne. L'organisation du milieu est perturbée par l'onde, qui induit également un flux de liquide qui se propage dans la direction du champ sonore. C'est ce qu'on appelle l'écoulement acoustique. Son principal effet est celui de mélange.

Si l'amplitude de la phase dépressionnaire est suffisamment grande, des bulles vont se former au sein même de la phase liquide elles sont dites « bulles de cavitation », elles se développent jusqu'à leur implosion ce qu'on appelle «phénomène d'implosion cavitationnelle» ou bien tout simplement « cavitation acoustique ». Qui donne lieu à des effets mécaniques et chimiques très localisées (à l'échelle microscopique):

- ❖ Des températures de l'ordre de 5 000°K,
- ❖ Des pressions très élevées (de l'ordre de 1 000 atmosphères)
- ❖ Des champs électriques très intenses (environ 1011 V/m).

Tous ces effets ont bien sure de nombreuses applications.

Dispositif expérimental :

Un système est équipé d'une corne étagée en titane, munie d'éléments piézo-électriques et transmet au liquide des ondes électriques sous forme d'ultrasons principalement dans la direction axiale de la corne. Il s'agit du modèle d'émetteur d'ultrasons qui est le plus couramment utilisé en laboratoire.

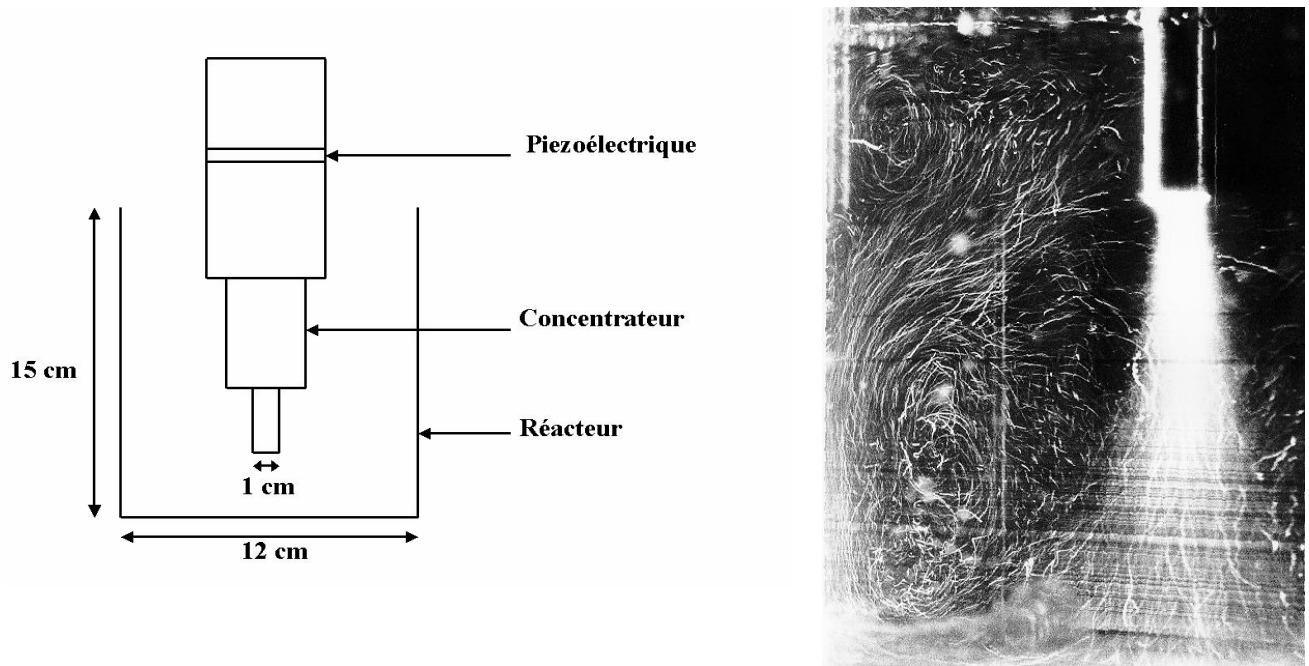


Figure 1.5 : Dispositif utilisant la corne étagée, à droite on observe les cavitations acoustiques. Ce dispositif expérimental est utilisé à l'université libre de Bruxelles.

II.4. Conclusion :

De nos jours la sonochimie est vue comme un domaine prometteur mais toujours sous mystère. Les lois établies restent des lois empiriques, et de nombreux phénomènes restent mal compris sur tout ceux liée à la cavitation acoustique.

Notre faculté dont le laboratoire LATAGE, s'est proposer d'étudier l'effet des ultrasons sur des dépôts électrochimiques. Chose qui nous a motivé à nous lancer dans la réalisation d'un outil de laboratoire qui va nous permettre de réaliser ces expériences sous ultrason et contribuer à la compréhension du phénomène.

III- Les transducteurs électroacoustique:

III.1. Introduction :

Le transducteur est un système qui transforme l'énergie reçue sous une forme donnée (par exemple : mécanique, thermique, lumineuse...) en énergie utilisable sous une forme différente (par exemple : acoustique, électrique...).

Ainsi un transducteur électroacoustique transforme une énergie acoustique (onde sonore) en énergie électrique (signal) ou vice versa.

Les microphones et les haut-parleurs sont des transducteurs électroacoustiques.

III.2. Les transducteurs électroacoustiques :

Les transducteurs électroacoustiques sont des systèmes qui permettent de transformer une forme d'énergie acoustique en une énergie électrique ou une énergie électrique en une énergie acoustique.

Du point de vue conversion d'énergie on peut classer les transducteurs électroacoustiques en deux :

- Ceux qui font une conversion Acoustique- Electrique, comme les microphones.
- Ceux qui font la conversion Electrique- Acoustique, comme les haut parleurs.

En ce qui nous concerne, on s'intéresse seulement à la conversion Electrique- Acoustique.

III.3. La Piézoélectricité :

La piézoélectricité (Piézo: pression) est la propriété que possède certains matériaux, tel que le quartz à répondre à une pression par l'apparition de charges électrique à sa surface ou vice versa. Donc ce sont des matériaux capables, à partir d'un signal électrique, de s'étirer ou de se comprimer.

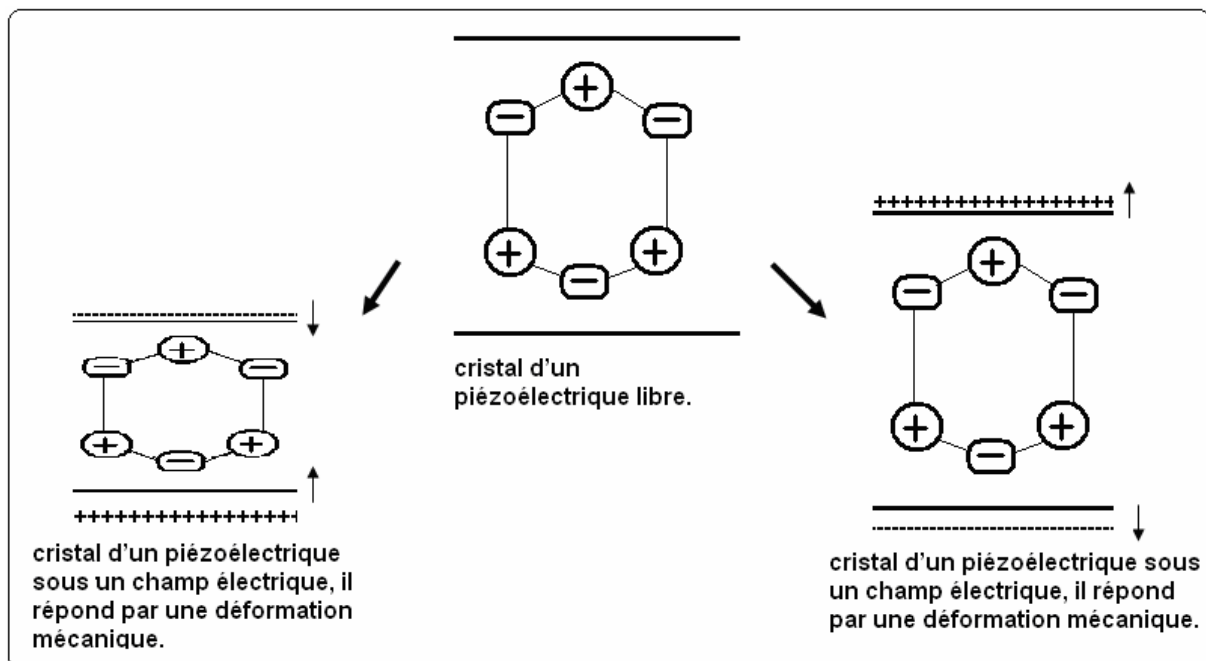


Figure I.6 : Réponse d'une structure élémentaire d'un Piézoélectrique à deux champs électrique de sens inverse.

A l'échelle macroscopique :

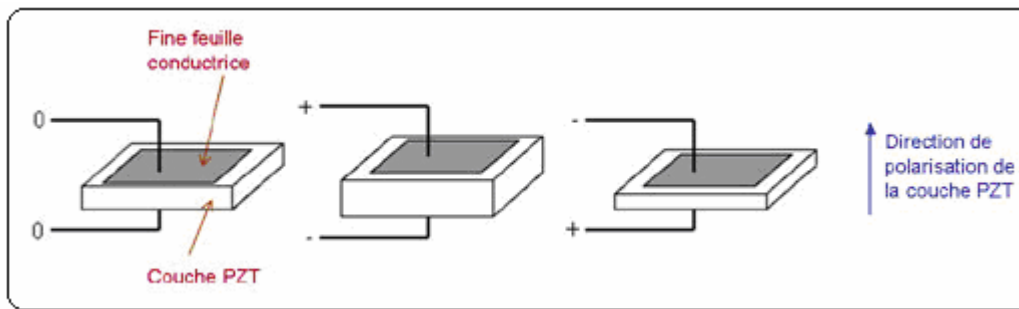


Figure I.7 : Variations d'épaisseur d'une couche de PZT en fonction de la tension électrique appliquée entre ses faces

L'épaisseur d'une couche de PZT en fonction du signal électrique appliquée entre ses faces, sa direction de polarisation étant indiquée par la flèche. Ces variations d'épaisseur sont en réalité trop faibles pour espérer créer une onde sonore. Pour les amplifier, deux plaques de PZT séparée par une fine feuille conductrice sont habituellement superposées. En appliquant sur les deux faces externes le même potentiel, la feuille métallique centrale étant la borne opposée, les plaques se déforment de façon contraire : l'une augmente sa surface et l'autre la rétrécit, comme le montre schématiquement la Figure I.8.

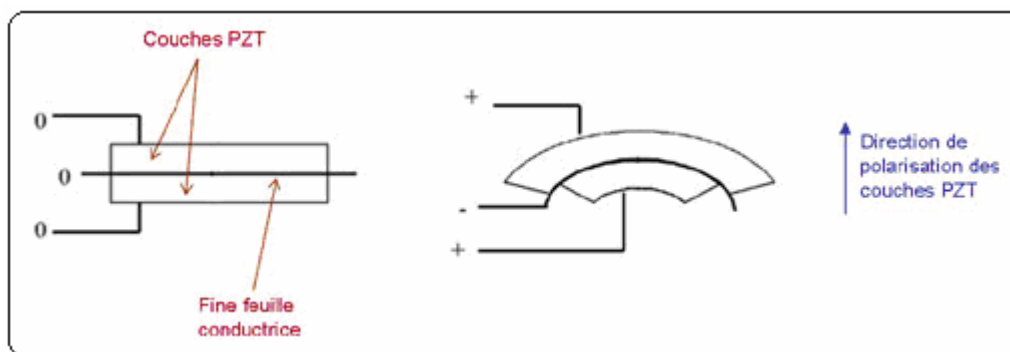


Figure I.8 : Déformation d'une plaque d'un PZT (illustration pour comprendre le principe, déformation grossière comparé à la réalité), ce qui explique la génération d'une onde acoustique.

III.4. Quelques transducteurs Electroacoustique:

Le transducteur Electroacoustique (Electrique- Acoustique) le plus connus est le haut parleur. Il existe en plusieurs types, que l'on peut classer de diverses façons.

Par technologie :

- Les haut parleurs électrodynamiques : ce sont les plus utilisés. Une bobine mobile solidaire d'une membrane est placée dans un champ magnétique permanent; lorsque cette bobine est traversée par un courant électrique, elle induit un nouveau champ magnétique qui interagit avec le champ permanent et entraîne le mouvement de la membrane. Leurs impédances nominales (la valeur ohmique de la bobine du haut parleur) normalisé sont 4, 8 ou 16Ω.
- Les haut parleurs Isodynamiques : ils sont utilisés pour les infrasons.
- Les haut parleurs électrostatiques : qui existe sous deux formes distinctes: le haut-parleur dit simple effet, essentiellement utile en haute fréquence, et le haut-parleur push-pull dont la bande passante peut être beaucoup plus large. Ce type de haut-parleur se base sur les propriétés des condensateurs: la membrane joue le rôle d'une armature sur laquelle s'applique une force qui varie en fonction de la tension électrique appliquée et qui la fait vibrer. ils sont constitués d'un diaphragme et d'une électrode. Ils sont à impédance interne élevée (emploi avec tubes ou transformateurs à partir d'une fréquence de 5KHz). Leur impédance est capacitive (de 500pF à 3nF).
- Les hauts parleurs piézoélectriques : surtout adapté à la restitution des hautes fréquences (de la bande audible et ultrason) et que l'on rencontre souvent dans les enceintes acoustiques. Son principe de fonctionnement repose sur l'utilisation d'un matériau piézoélectrique qui se déforme lorsqu'on lui applique une tension électrique, créant ainsi des ondes acoustiques.

Par gamme de son produite :

- Woofer ou Boomer : haut-parleur des sons graves, qui ont vue leur bande s'étendre encore plus vers les infrasons (inférieur à 20Hz) avec les Subwoofer (haut-parleur des infra-graves).
- Médium, haut-parleur des sons médiums, ce sont les hauts parleurs électroacoustiques qui sont utilisés pour le grand public.

- Tweeter, haut-parleur des sons aigus, qui ont vue leur bande s'étendre plus loin dans les ultrasons (jusqu'à 100KHz) par les Super tweeters (haut-parleur pour les extrêmes aigus).

Cet aperçu générale nous oriente vers les tweeters qui sont fabriqué à base de Piézoélectrique et sont responsables de la génération des ultrasons et en particulier les super tweeters qui peuvent générer des signaux de fréquence pouvant atteindre 100KHz.

III.5. Caractéristiques des transducteurs électroacoustiques:

Les deux séries de données qui sont importante pour la description d'un haut parleur sont sa réponse en fréquence et les paramètres de Thiele & Small. Thiele & Small (T&S) deux savants qui ont réunie tout les paramètres important pour la conception des enceintes acoustique, ils ont simplifié considérablement les paramètres à priori nombreux des hauts parleurs et des enceintes.

Discussion de la Courbe d'impédance d'un haut parleur typique :

Aux très basses fréquences, le module de l'impédance est égale à la résistance de la bobine mobile, R_e , et la phase est proche de 0° . L'impédance augmente pour des fréquences croissantes et l'angle de phase devient positif. Dans cette région, en dessous de la fréquence de résonance du haut parleur, l'impédance électromotrice, ou du mouvement, devient inductive. La courbe d'impédance présente une pointe de valeur $R_e + R_{es}$ à l'endroit de la résonance mécanique, f_s , où les phases repassent par zéro.

Au-dessous de la résonance, le tracé tombe et l'angle de phase devient négatif. Dans cette région, l'impédance du haut parleur devient capacitive. Ensuite, la courbe passe par un minimum, à l'endroit où l'inductance de la bobine mobile, L_{vc} , forme un circuit résonant série avec l'impédance électromotrice capacitive du haut parleur.

Finalement, la courbe d'impédance remonte à cause de l'inductance de la bobine mobile et d'autres effet, liés à la fréquence.

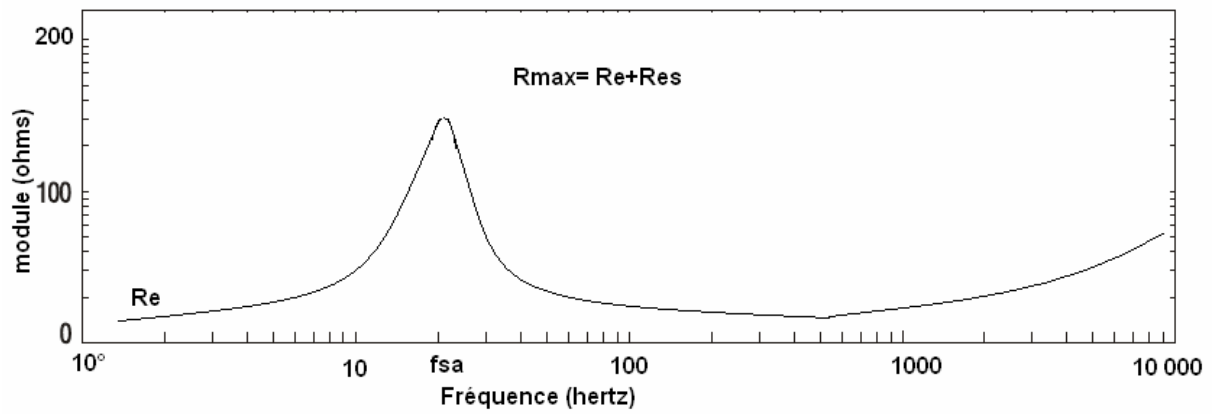


Figure 1.9a : Module de l'impédance d'un haut parleur typique.

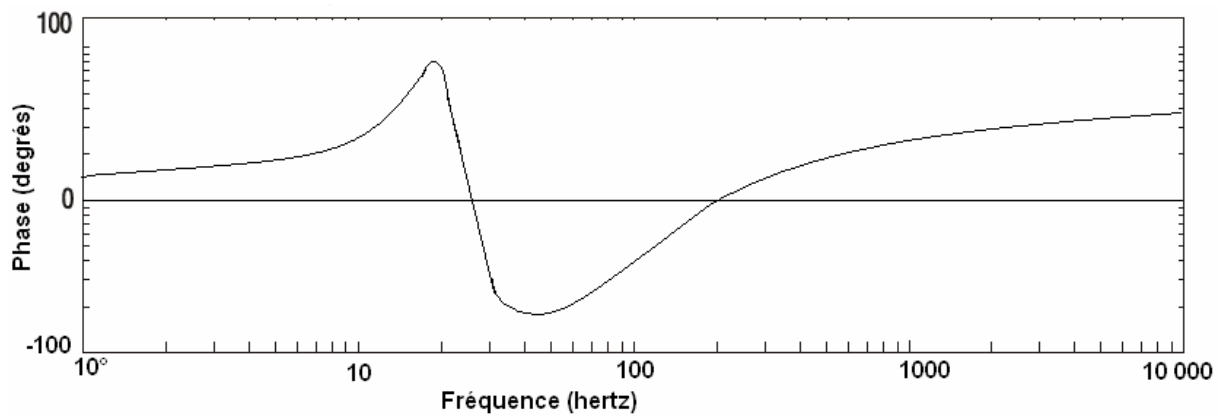


Figure 1.9b : Phase de l'impédance d'un haut parleur typique.

Frequency Response / Impedance

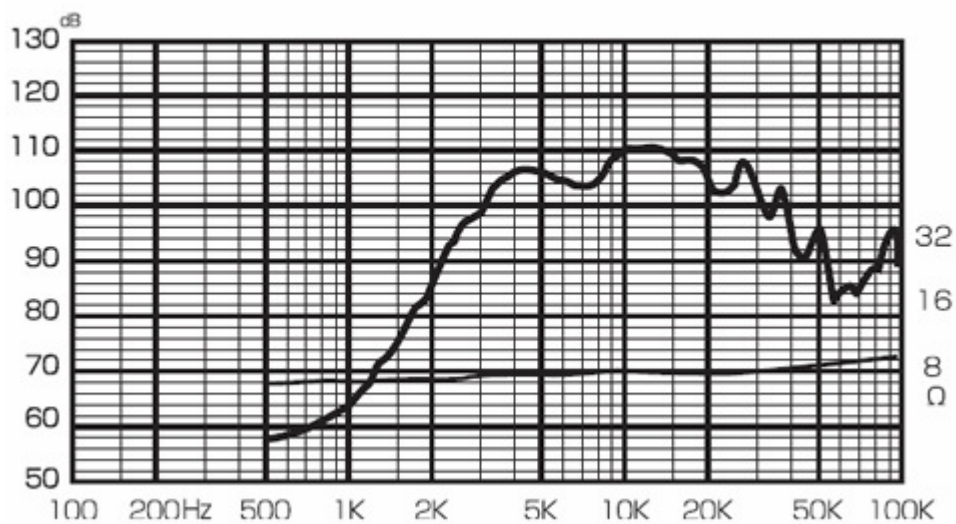


Figure 1.9c : Courbe d'impédance d'un tweeter typique, on constate l'augmentation de l'impédance en fonction de la fréquence.

III.6. Remarques importantes :

Pour un haut parleur la courbe d'impédance est une donnée très importante qui nous permet de dimensionner correctement le haut parleur et faire le bon choix tant du côté électrique que du côté mécanique.

Un amplificateur qui est conçu pour fonctionner avec un haut parleur d'impédance statique de 4 Ohm peut fonctionner avec un haut parleur d'impédance statique de 8 Ohm mais pas l'inverse. Donc on retient que l'on peut augmenter la charge mais pas la diminuer, c'est pour cela que l'on cherche toujours que l'amplificateur ait la plus faible impédance de sortie possible.

A la sortie d'un haut parleur la forme d'onde n'est pas plane contrairement aux prédictions théoriques souhaitées comme le montre la figure suivante :

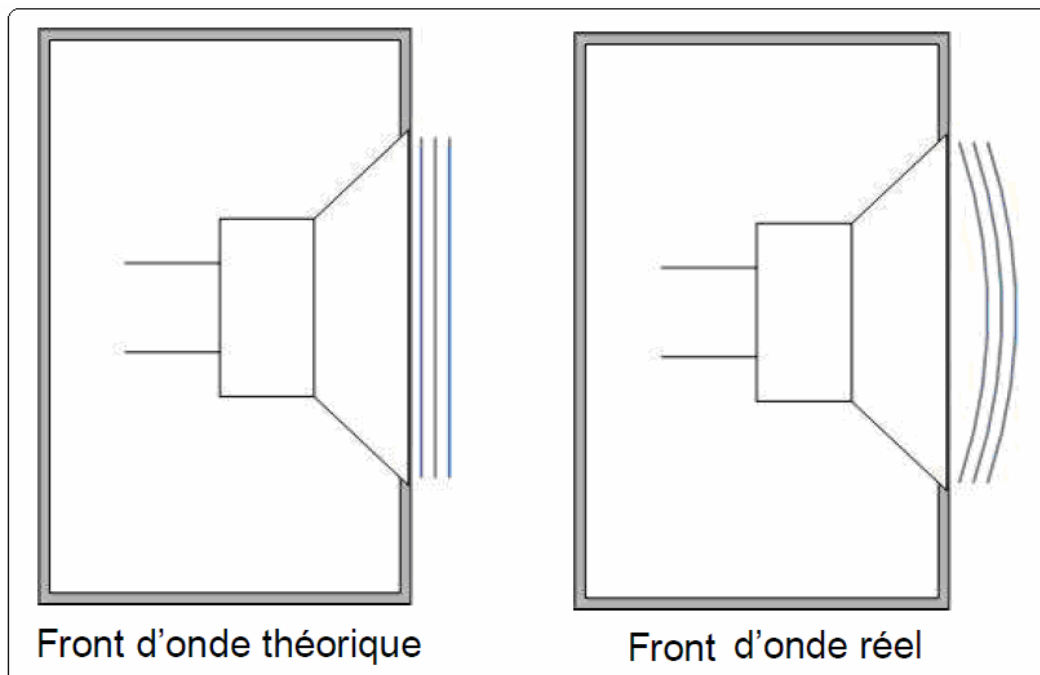


Figure I.10 : Front d'onde théorique et front d'onde réel à la sortie d'un Haut Parleur.

IV- Les Afficheurs à cristaux liquide (LCD)⁷ :

IV.1- Présentation générale des afficheurs à cristaux liquides (LCD) :

Les afficheurs à cristaux liquides sont des modules compacts intelligents et nécessitant peu de composants externes pour leur Fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), d'une puissance inférieure à 0.1 mW ce qui leur procure l'exclusivité d'usage sur les appareils à alimentation par piles. Ils ne sont pas chers et ne sont pas difficiles à mettre en œuvre.

Il existe plusieurs types d'afficheurs, différents les uns des autres, non seulement par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétroéclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module, Cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (de 80 à 250 mA).



Figure I.11: Exemples d'afficheurs LCD

Autre que les types, il existe deux familles d'afficheurs LCD : « les afficheurs à accès série » et « les afficheurs à accès parallèle ».

1. **les afficheurs à accès série** : ils envoient les données à afficher en série, ceci est bien sûr pour l'économie de bus.

⁷ Informations concernant « Les afficheurs à cristaux liquides » sont reprises du livre de Pascale MAYEUX - Apprendre la programmation des PIC » 3^{ème} édition Chapitre 15 faisant référence à SELECTRONIC :2337, Le constructeur HITTACHI, Le constructeur All Shore Industries, Inc. One Edgewater Plaza, Staten Island, NY 10305 et divers liens internet dédiés.

2. **les afficheurs à accès parallèle** : ils envoient les données à afficher sous forme parallèle. Ces derniers disposent de deux modes de fonctionnement :

- a. le mode 8 bits : c'est un mode où l'on exploite toutes les broches du LCD de D0 à D7. Les données ou commande sont envoyées en un paquet de 8 bits. Ce mode présente l'inconvénient d'occuper 8 bus sur les lignes du microcontrôleur.
- b. Le mode 4 bits : c'est un mode où l'on exploite 4 broches seulement de l'afficheur LCD de D4 à D7. Les données sont envoyées en deux paquets de 4bits dans deux fois plus long que le premier mode mais présente l'avantage d'économiser 4bus des lignes du microcontrôleur.

IV.2- Principe de fonctionnement :

Le contrôleur interne, procure à l'afficheur LCD plusieurs possibilités de fonctionnement et sur tout communiquer avec un microprocesseur ou bien microcontrôleur. A la mise sous tension la ligne supérieur apparaît sombre et la ligne inférieur quand à elle parait claire ceci est prévu pour régler le contraste del'afficheur.

On informe l'afficheur que l'on envoie une commande ou une donnée par la broche 4 (RS : registre select) de l'afficheur puis sur la broche 6 (E : Enable) avec un front descendant après un niveau haut de 450ns on demande au contrôleur de l'afficheur de récupérer les informations sur les broches de 7 :14. Comme l'afficheur ne consacre pas un bus pour synchroniser avec l'horloge du système, il demande à ce que l'information soit présente durant un laps de temps (le jeu de commande ainsi que la durée de présence nécessaire pour chacune d'elle sont en annexe) ceci rend les afficheurs LCD lent à réagir par rapport au afficheurs 7segment par exemple.

IV.3. Les caractères affichables par un afficheur LCD :

Un afficheur LCD est en mesure d'afficher 200 caractères :

- ✓ 8 caractères définissables par l'utilisateur
- ✓ 96 caractères ASCII excepté le caractère \ qui est remplacé par le Signe ¥
- ✓ 64 caractères japonais (alphabet kana)
- ✓ 32 caractères spéciaux (accent, lettres grecques, ...)

Ils sont dans une ROM à l'intérieur du contrôleur de l'afficheur LCD. Les Caractères accentués français ne font pas parti du jeu de caractères voir même beaucoup de caractères qui peuvent être souhaité restent indisponible (un caractère qu'un concepteur introduit pour un besoin ou un autre). Les constructeurs ont pensé alors à ajouter une RAM programmable qui peut contenir 8 caractères d'une matrice de 5*8.

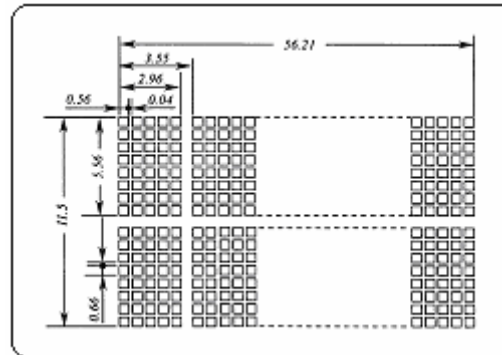


Figure I.12: Les pixels constitutifs d'un caractère pour afficheur LCD

IV.4. L'affichage des caractères :

Un caractère affiché par l'afficheur LCD est conservé dans une mémoire dite DDRAM (display drive) la mémoire d'affichage.

Un afficheur de 2 lignes de 16 caractères, les adresses sont définies de la façon suivante :

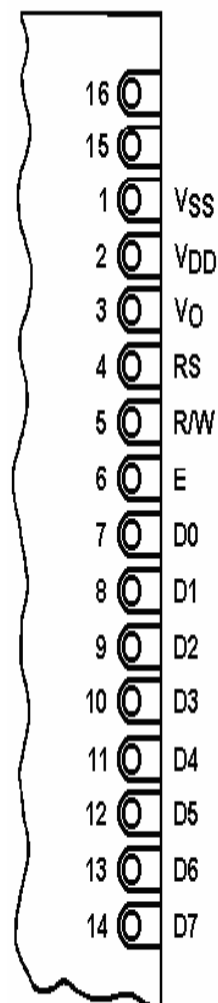
Ligne	Visible	Invisible
Haut	00H.....0FH	10H.....27H
Bas	40H.....4FH	50H.....67H

L'adresse 00H correspond à la ligne du haut à gauche, 0FH à droite. L'adresse 40H correspond à la ligne du bas à gauche, 4FH à droite. La zone invisible correspond à la mémoire de l'afficheur (48 caractères). Lorsqu'un caractère est inscrit à l'adresse 27H, le caractère suivant apparaît à la ligne suivante.

IV.5. Brochage d'un afficheur LCD 16 broches:

Le tableau suivant récapitule le brochage d'un afficheur LCD standard à accès parallèle :

Broche	Nom	Niveau	Fonction
1	Vss	-	Masse
2	Vdd	-	Alimentation positive +5V
3	Vo	0-5V	Cette tension permet, en la faisant varier entre 0 et +5V, le réglage du contraste de l'afficheur.
4	RS	TTL	Sélection du registre (Register Select) Grâce à cette broche, l'afficheur est capable de faire la différence entre une commande et une donnée. Un niveau bas indique une commande et un niveau haut indique une donnée.
5	R/W	TTL	Lecture ou écriture (Read/Write) L : Écriture H : Lecture
6	E	TTL	Entrée de validation (Enable) active sur front descendant. Le niveau haut doit être maintenue pendant au moins 450 ns à l'état haut.
7	D0	TTL	Bus de données bidirectionnel 3 états (haute impédance lorsque E=0)
8	D1	TTL	
9	D2	TTL	
10	D3	TTL	
11	D4	TTL	
12	D5	TTL	
13	D6	TTL	
14	D7	TTL	
15	A	-	Anode rétroéclairage (+5V)
16	K	-	Cathode rétroéclairage (masse)



Positions des broches sur l'afficheur LCD.

Les broches Vss, Vdd, Vo : l'alimentation de l'afficheur et son électronique.

Les broches 15 et 16 (A,K) : les broches d'alimentation du rétro éclairage.

Les broches RS, R/W et E : les broches de commande de l'afficheur.

Les broches D0 à D7 : les broches de données.

V- Le PIC16F84A :

V.1. Introduction :

Le PIC16F84A est un microcontrôleur à jeu d'instruction réduit (RISC « reduced instruction set computer ») ce qui veut dire que c'est un jeu d'instruction réduit dont chaque instruction s'exécute sur un seul cycle d'horloge. Il a un jeu d'instruction pauvre mais suffisant pour bon nombre d'applications. Ces quelques instructions s'avèrent facile à mémoriser, elles sont au nombre de 35.

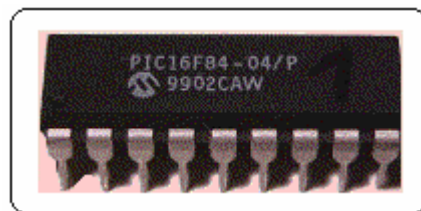


Figure I.13 : Photo du PIC 16F84A.

V.2. Caractéristiques du PIC16F84A⁸ :

A. Performances du CPU

- ✓ Un jeu de 35 instructions.
- ✓ Toutes les instructions s'exécutent en un cycle d'horloge, sauf les interruptions qui s'exécute en deux cycles d'horloge.
- ✓ Fréquence d'horloge pouvant aller jusqu'à 20MHz
- ✓ Une mémoire programme de 1024 mots de 8bits.
- ✓ Une RAM de données de 68 octets
- ✓ Une EEPROM de 64octets.

⁸ DATASHEET du PIC16F8X

- ✓ 15 registres dédiés.
- ✓ Une pile à 8 niveaux.
- ✓ Trois modes d'adressages immédia, Directe et Indireste.
- ✓ 4 Sources d'intérruptions :
 - Interruption externe par la broche RB₀/INT.
 - Débordement du TIMER0 (interne).
 - Interruption sur changement de front sur les broches <7:4> du PORTB
 - Fin d'écriture en EEPROM.

B. Caractéristiques externes:

- ✓ 13 Pins d'entrés/sorties programmable individuellement.
- ✓ Peut fournir ou recevoir (en entrée ou en sortie) un fort courant pour allumer une LED directement, 25 mA max. par pin en entrée ou en sortie.
- ✓ TMR0: 8-bit timer/counter avec prescaler programmable de 8bits.

C. Caractéristique spécifique du PIC 16F84A :

- ✓ La mémoire programme Supporte 1 000 erase/write cycles.
- ✓ Mémoire EEPROM supportant 1,000,000 erase/write cycles typique.
- ✓ EEPROM pouvant retenir les données durant plus de 40ans.
- ✓ Supporte la programmation insitu au travers deux Pins..
- ✓ Watchdog Timer (WDT), pouvant redémarrer le programme en cas d'erreur.
- ✓ Protection par code.
- ✓ Enregistrement de données avant mise en veille.
- ✓ Supporte plusieurs types d'oscillateurs configurables par programme.

D. CMOS Enhanced Flash/EEPROM Technology:

- ✓ Large bande de tentions de fonctionnement:
 - Commercial: 2.0V à 5.5V
 - Industrial: 2.0V à 5.5V

- ✓ Basse consommation:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 15 mA typical @ 2V, 32 kHz
 - < 0.5 mA typical standby current @ 2V

E. Divers caractéristiques:

- ✓ Facile à programmer.
- ✓ Simplicité de mise en oeuvre
- ✓ Faible prix (350DA chez un détaillant).

V.3. Brochage du PIC 16F84A :

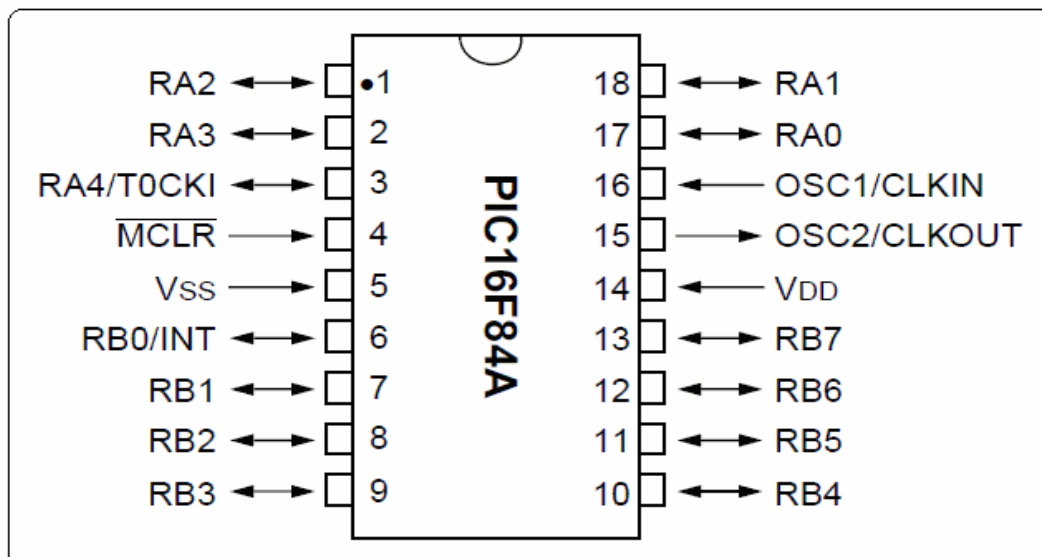


Figure I.14 : Brochage du PIC 16F84A.

- ❖ RA0 à RA4 : 5 pins d'E/S du port A.
- ❖ RB0 à RB7 : 8 pins d'E/S du port B.
- ❖ Osci1 et Osci2 : Signaux d'horloge.
- ❖ MCLR : Reset (Master clear).
- ❖ Vss et Vdd : broches d'Alimentation 2 à 5.5^v.
- ❖ INT : entrée d'interruption.
- ❖ T0CKI entrée d'horloge externe pour TMR0.

V.4. Les mémoires interne du pic :

Le PIC16F84A dispose de trois mémoires:

- Mémoire programme de 1K mot de 14 bits.
- Mémoire RAM 68 octets.
- Mémoire EEPROM de 64 octets.

A- Mémoire programme (Flash/ROM programme memory):

La mémoire programme c'est une mémoire Flash ROM. C'est l'espace où l'on va enregistrer notre programme (lors du flashage du PIC).

La première adresse est 0000h qui est celle du vecteur reset, à chaque reset mon programme se pointe vers cette adresse. A l'adresse 0004h c'est le vecteur d'interruption.

Les autres adresses restent équivalentes pour le microcontrôleur.

A partir de l'adresse 3FFh jusqu'à 1FFFh c'est un espace mémoire mort (non utilisable).

B- Mémoire RAM :

C'est une mémoire de données à 68 octets librement utilisable. Elle se divise en deux parties :

- Bank0
- Bank1

Chaque banque se divise en deux zones :

- -Zone contenant des registres spéciaux en Bank0 de l'adresse 00h jusqu'à 0Bh, en Bank1 de l'adresse 80h jusqu'à 8Bh.
- -Zone librement utilisable, en Bank0 de l'adresse 0Ch jusqu'à 4Fh, en Bank1 de l'adresse 8Ch jusqu'à CFh.

On retrouve aussi une zone morte (que l'on ne peut pas exploiter, le constructeur nous fait remarquer qu'elle est lue 0), en Bank0 de l'adresse 50h jusqu'à 7Fh, en Bank1 de l'adresse D0h jusqu'à FFh.

Les registres spéciaux :

Ce sont les registres qui permettent de configurer le PIC ou bien connaître l'état des divers éléments constitutifs de celui-ci.

C- Memoir EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory):

C'est une mémoire de 64 octets accessible depuis le programme en lecture et en écriture. C'est une mémoire de données. Comme c'est une ROM les données qui y sont sauvegardées restent même après coupure de courant.

V.5. Les interruptions du PIC16F84A :

Une interruption, est un événement externe ou interne au PIC qui l'arrête lors de l'exécution du programme principal pour se consacrer à l'exécution d'un sous programme. A la fin de l'exécution de l'interruption le PIC reprend son programme principal là où il a été interrompu.

Le vecteur des interruptions se situe à l'adresse 04h de la mémoire programme.

C'est le registre spécial INTCON (INTerrupt CONtrôle) qui se charge de la gestion des interruptions.

On doit autoriser le PIC à entrer en mode interruptif pour qu'une interruption puisse se dérouler.

Une interruption qui n'est pas activée dans le registre INTCON ne génère pas d'interruption même si l'événement survient.

Les quatre sources d'interruption du PIC16F84A :

Le PIC16F84A dispose de quatre sources d'interruption qui sont comme suit :

1. Le TMR0 : lors du débordement du Timer0 (Passage de 0xFF à 0x00) le PIC16F84A génère une interruption.
2. EEPROM : lors de la fin d'écriture en EEPROM, il y a une interruption qui est générée.
3. RB₀/INT : Quand on configure la pince RB0 en entrée d'interruption donc en INT celle-ci renvoie une interruption à chaque changement de niveau.
4. PortB : De même que pour RB0, le changement de niveau sur l'une des pinces RB₄ à RB₇ provoque une interruption, seulement on ne peut pas choisir une pince sans l'autre.

V.6. Le TMR0 du PIC16F84A :

C'est un compteur 8 bits qui peut être incrémenté soit par l'horloge interne du pic soit par des impulsions sur la broche RA₄. Son contenu est accessible en lecture/écriture à l'adresse 01h de la RAM du PIC. Si l'on accède à celui-ci en écriture son incrémentation s'arrête pendant deux cycles. Lors de l'incrémentation de son contenu de FFh à 00h une interruption peut avoir lieu.

V.7. Les trois modes d'adressage du PIC16F84A :

Le PIC 16F84A dispose de trois modes d'adressages :

1. Adressage IMMEDIA (Littéral).
2. Adressage DIRECT.
3. Adressage INDIRECT.

Chapitre II:
Les générateurs de sinusoides

I. Les générateurs de sinusoides:

Définitions :

a. Générateur de signaux :

Un générateur de signaux est un circuit électronique qui nous permet d'obtenir des formes d'ondes désirées à des fréquences et des rapports cycliques maîtrisés. Parmi les formes d'ondes les plus utilisées il y a :

1. Le signal carré.
2. Le signal en dent de scie.
3. Le signal triangulaire.
4. Le signal sinusoïdal.

b. Générateur de sinusoïde :

Un générateur de sinusoïde est un circuit électronique qui nous permet d'obtenir une sinusoïde. Ce générateur peut être réalisé selon deux méthodes différentes :

1. La première consiste à créer un générateur de signaux carrés et triangulaires, dont l'onde triangulaire est ensuite convertie en sinusoïde à l'aide d'un conformateur à diodes ou à transistors. On parle dans ce cas d'oscillateur non linéaire ou de générateur de fonctions.
2. La deuxième consiste à créer directement une sinusoïde à l'aide d'un oscillateur quasi linéaire, qui fait généralement appel à un quadripôle déphaseur de type passe-bande ou autre.

II. Quelques Méthodes pour la génération de signaux⁹ :

Il existe plusieurs façons de générer des signaux. Il existe des montages très simples et qui nous permettent d'obtenir un générateur de signaux. On cite le circuit astable à base de 2 transistors, 2 capacités et 4 résistances choisit correctement on obtient un générateur de signal carré et si l'on veut réaliser à base de celui-ci un générateur de sinusoïde on fait passer ce signal dans une bobine correctement dimensionnée et sachant qu'une bobine est un filtre qui fait passer la fondamentale et faisant référence aux séries

⁹ Techniques des impulsions, Auteur : L. DORVAL, Edition : Mc Graw Hill.

de Fourier on sait que l'on aura en sortie une sinusoïde. Pour obtenir une dent de scie on a qu'à intégrer le signal carré. La charge et la décharge à courant constant d'une capacité nous permet aussi d'obtenir une dent de scie.

II.1. Le Signal carré : Oscillateur à relaxation (astable) :

Astable :

Un astable est un dispositif électronique qui n'a pas d'état stable. Il bascule en permanence entre deux états à une fréquence unique et sur laquelle on peut influencer en fréquence et en rapport cyclique en faisant varier les composants qui influencent ces paramètres. Il existe plusieurs possibilités pour réaliser un astable on cite :

- Astable en utilisant deux Transistors.
- Astable à AOP.
- Astable à NE555.
- Astable avec des portes logiques.

A. Astable à transistors

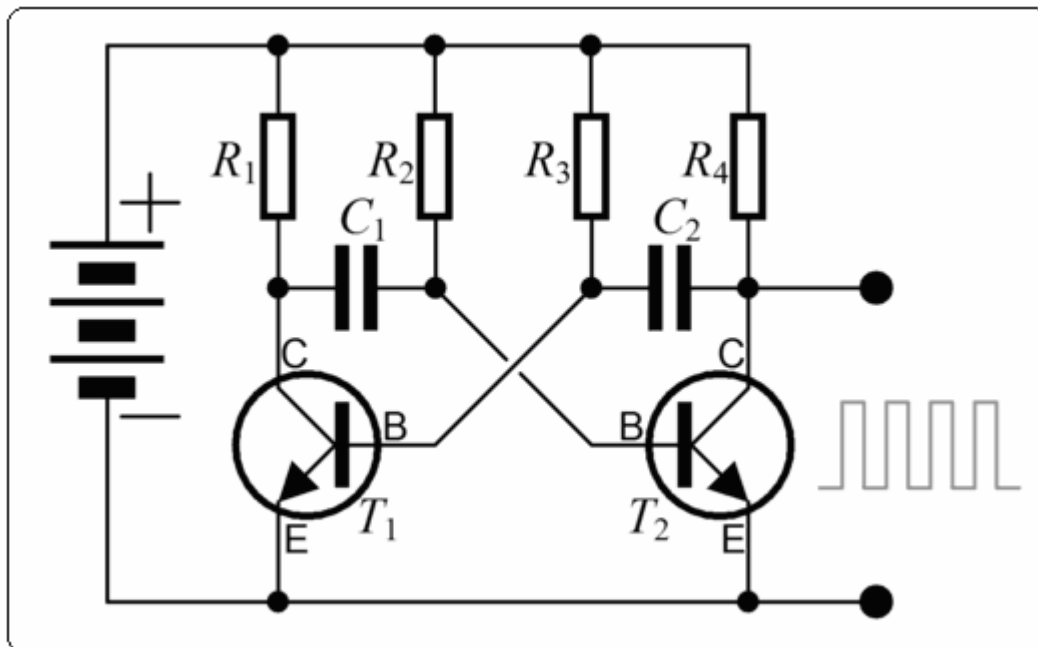


Figure II.1 : Montage astable à base de transistors.

Un calcul simple montre que la valeur approchée de la période du multivibrateur est :

$$T = 0,7(R_{B2} \cdot C_1 + R_{B1} \cdot C_2)$$

B. Astable à Amplificateurs opérationnels :

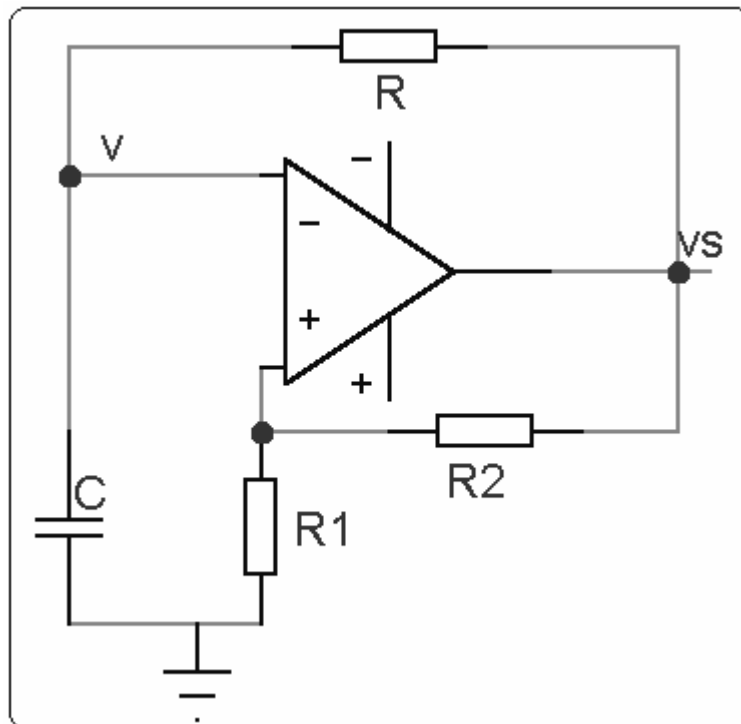


Figure II.2 : Montage astable à base d'AOP.

La valeur approchée de la période du multivibrateur est égale à

$$T = 2RC \cdot \ln\left(\frac{R_2 + 2 \cdot R_1}{R_2}\right)$$

Constat :

On remarque que pour faire varier la période (c'est-à-dire la fréquence) dans le premier montage : je dois manipuler R_{B2} , C_1 , R_{B1} et C_2 . Dans le deuxième montage on doit manipuler R_2 , R_1 , R et C_2 chose qui n'est pas tellement pratique pour générer des fréquences variables, ce qui implique les inconvénients :

1. Ceci limite la bande passante (si l'on utilise des résistances variables).
2. On doit manipuler plusieurs composants à la fois.
3. La fréquence obtenue n'est pas toujours ce que l'on veut ceci étant due à la tolérance des composants et l'effet des tensions d'alimentation des composants actifs.

4. Etant un oscillateur de relaxation on doit répondre à la condition $BA \gg 1$, B et A les gains respectifs des deux transistors (Montage Astable à transistors).

II.2. Le Signal Triangulaire:

Pour générer un signal triangulaire il suffit de faire passer le signal carré que l'on génère par un intégrateur et on obtient un signal triangulaire, Ou bien la charge et la décharge à courant constant.

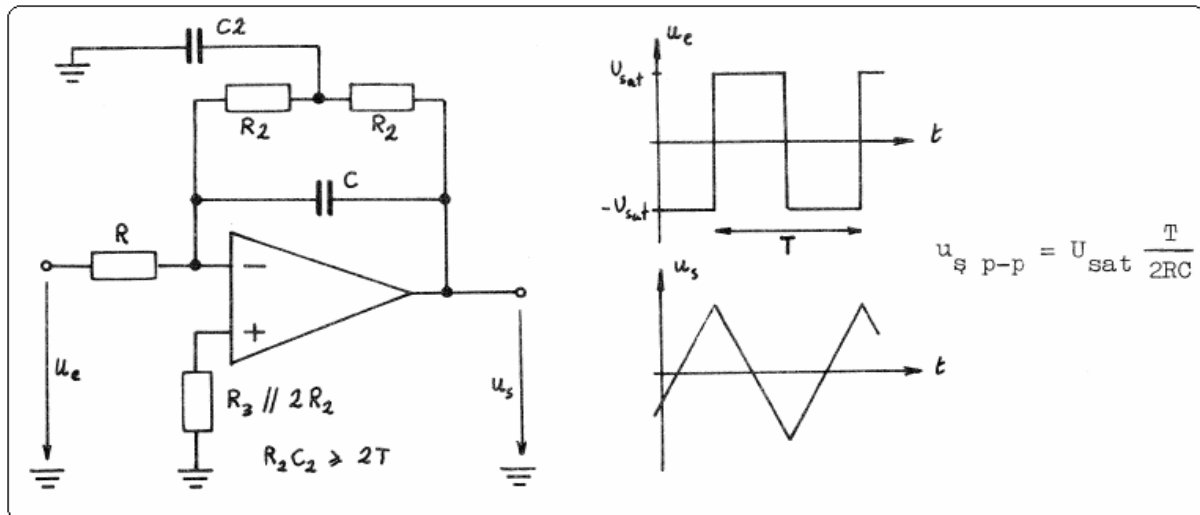


Figure II.3 : Montage intégrateur à base d'AOP, adapté pour la génération d'un signal triangulaire.

II.3. Le signal Dent de scie :

Il existe plusieurs façons pour générer un signal en dent de scie (autrement appelé Rampe).

1. Charge à courant constant en utilisant un UJT (uni junction transistor).
2. En utilisant la particularité que une dent de scie est un cas particulier d'un signal triangulaire. Si le signal d'entrée de l'intégrateur est asymétrique donc bascule entre U_{sat} et GND en sortie de celui-ci j'aurais une dent de scie.
3. On met à profit la forme d'onde de la charge très rapide d'un condensateur. La charge s'effectue via une résistance en série et la décharge est produite via la saturation d'un transistor connecté en parallèle pour lui offrir un chemin rapide.

II.4. Le signal Sinusoïdal :

Conformateur sinusoïdal (Conformateur à diode) :

Un conformateur est un circuit utilisé pour modifier la forme du signal d'entrée selon une loi connue. Il est souvent réalisé à l'aide de diodes qui permettent d'approcher une fonction non linéaire par des segments de droite. Dans le cas d'un conformateur sinusoïdal, la loi que l'on souhaite réaliser est la suivante :

$$V_s = B \sin\left(\frac{\pi}{2} \frac{V_e}{A}\right)$$

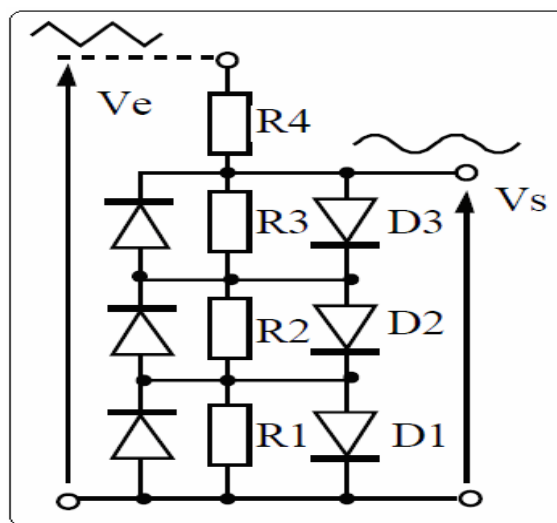


Figure II.4 : Exemple de conformateur à diode pour réaliser une fonction sinusoïdale.

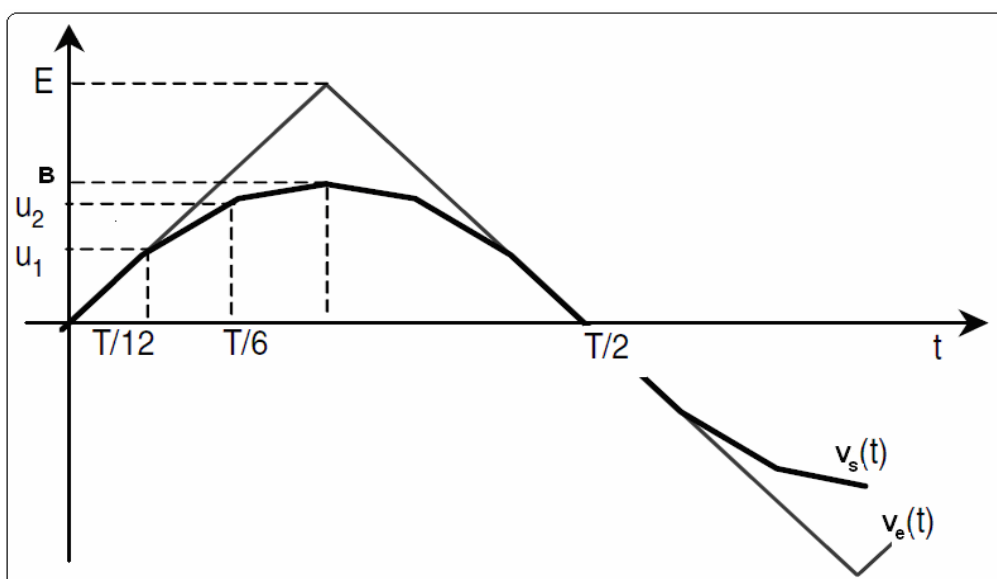


Figure II.5 : Illustration de l'approche d'une sinusoïde par des segments de droite.

Comme pour la génération d'une onde triangulaire a été vue dans la section précédente, on complète avec ce conformateur et ça donne des résultats qui ont un taux de distorsion faible. Ce genre de montage devient intéressant plus on monte en fréquence et pour de faibles amplitudes.

III. Quelques méthodes pour la génération de sinusoïde:

Principalement, il existe deux méthodes pour réaliser une sinusoïde, toutes les deux sont basées sur la contre réaction positive. Elles présentent toutes les deux l'avantage de l'auto maintien.

Ces deux méthodes sont :

1. Les oscillateurs linéaires :

- ❖ Oscillateur avec déphaseur CR
- ❖ Oscillateur Colpith
- ❖ Oscillateur Hartley
- ❖ Oscillateur Clap
- ❖ Oscillateur de Wien

2. Les oscillateurs non linéaires : ils utilisent un conformateur sinusoïdal :

- ❖ ICL8038
- ❖ XR-2206

Principe de la contre réaction positive :

La structure est comme suit :

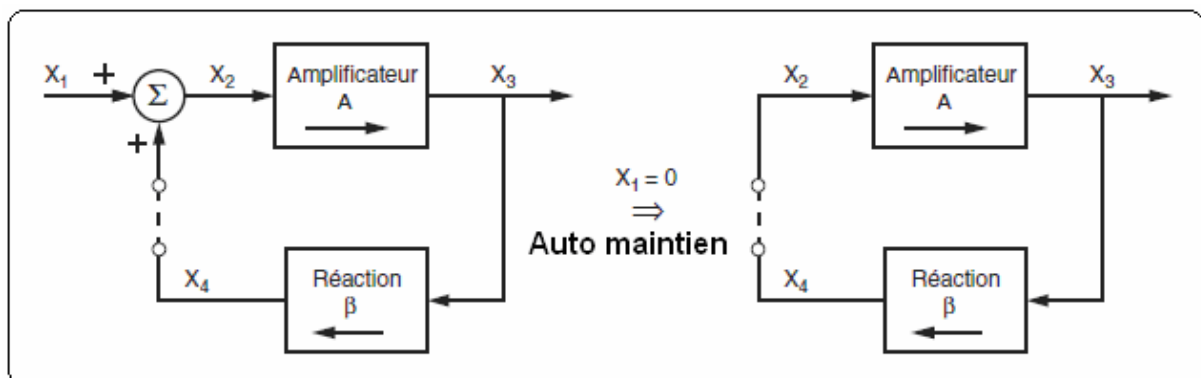


Figure II.6 : Principe de la contre réaction positive.

A : gain de l'amplificateur.

β : fonction de transfert du filtre.

Critère d'entretien des oscillateurs :

✓ Condition d'amplitude :

$$A\beta(j\omega) = 1$$

✓ Condition de Phase :

$$1 - A\beta(j\omega) = 0$$

Si ces deux conditions sont satisfaites alors les oscillations seront auto maintenu donc on n'aura pas besoin du signal d'entré pour générer le signal.

III.1. Les oscillateurs linéaires :

Oscillateur de Wien :

L'oscillateur de Wien est un des oscillateurs les plus simples et des plus utilisés. Il est constitué d'un amplificateur non inverseur auquel on applique une réaction à l'aide d'un filtre passe-bande réalisé avec une cellule RC série et une cellule RC parallèle.

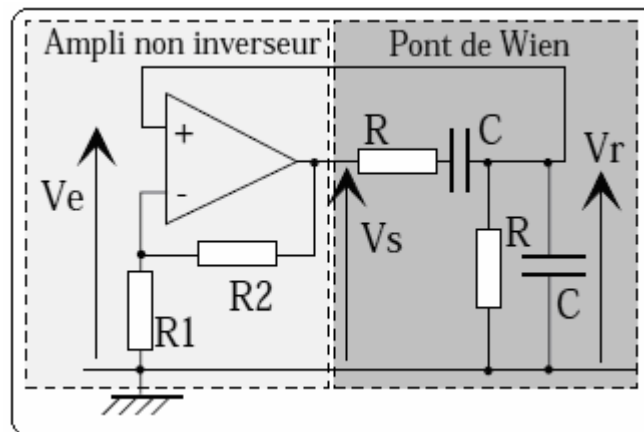


Figure II.7 : Schéma électrique de oscillateur de Wien.

La pulsation d'oscillation est (conditions d'amplitude et de phase satisfaites):

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

Oscillateur avec déphaseur CR :

L'oscillateur à déphasage CR est constitué d'un amplificateur inverseur et d'un circuit de réaction comportant trois cellules CR (passe-haut d'ordre 3). Le déphasage créé par ces trois cellules, compris entre 270° et 0° , permet de compenser le déphasage causé par l'amplificateur inverseur ($\varphi = -180^\circ$).

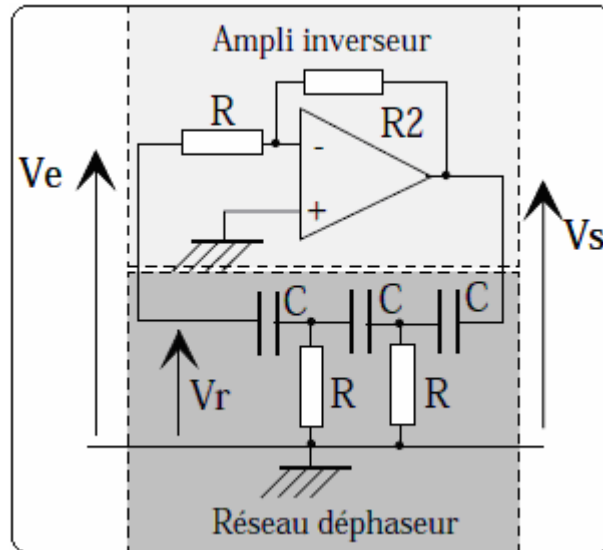


Figure II.8 : Schéma de principe de l'oscillateur à déphasage

La pulsation d'oscillation est (conditions d'amplitude et de phase satisfaites):

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{6} \cdot RC}$$

Dans les deux cas précédents on constate que la pulsation ($\omega = 2\pi f$) de résonance est unique ou bien elle se situe dans une bande passante de largeur bien déterminée. En plus, plus la bande passante est étroite meilleur est l'oscillateur. Ce genre de générateurs de sinusoïdes est idéal lorsque l'on cherche à générer une sinusoïde à très faible taux de distorsion et à une fréquence bien déterminée.

III.2. Les oscillateurs non linéaires :

L'ICL8038 est un générateur de forme d'onde en circuit intégré. Capable de générer trois formes d'onde simultanément : Triangulaire, carré et sinusoïdale, nécessitant très peu de composant externe. La fréquence est sélectionnée de façon externe de 0.001Hz jusqu'à plus de 300KHz en utilisant des résistances et des capacités.

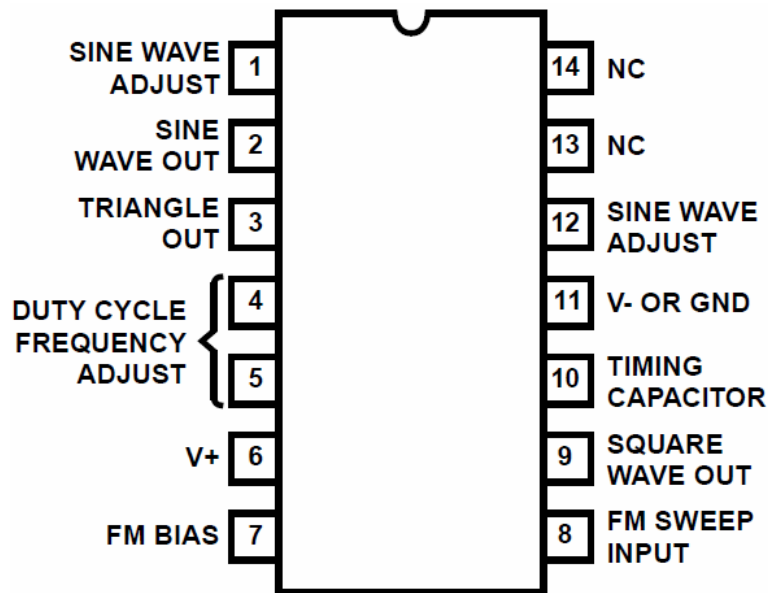


Figure II.9 : Brochage du ICL8038

Valeurs limites :

Tension d'alimentation	+/- 18V ou 36V au total
Puissance dissipée	750mW
Tension d'entrée (toutes les broches)	Ne doit pas dépasser la tension d'alimentation
Courant d'entrée (broches 4 et 5)	25mA
Courant de sortie (broches 3 et 9)	25mA

Particularités :

- ✓ Faible dérive de la fréquence en fonction de la température.
- ✓ Sortie simultanées : sinus, carré et triangles.
- ✓ Niveau de sortie élevé : TTL 28V.
- ✓ Faible distorsion : 1%
- ✓ Linéarité importante : 0.1%.
- ✓ Facile à utiliser : composants externe réduit.
- ✓ Plage importante de fonctionnement 0.001Hz à 1MHz.
- ✓ Rapport cyclique variable : 2% à 98%.

Ce genre d'oscillateurs présente l'avantage majeur de pouvoir générer des sinusoïdes à des fréquences variables à très faible taux de distorsion.

Chapitre III:
Conception du circuit

I. Etablissement du cahier des charges :

Concevoir et réaliser un générateur ultrason qui répond aux caractéristiques suivantes :

- ❖ Fréquence de travail allant de 30Khz jusqu'à 80 Khz.
- ❖ Le PAS de réglage de la fréquence est de 50Hz.
- ❖ Durée de fonctionnement est au minimum de 30mn.
- ❖ Présence d'une option d'arrêt de l'émission des ultrasons au moment du réglage (MUTE).

II. Schéma synoptique du générateur à ultrasons :

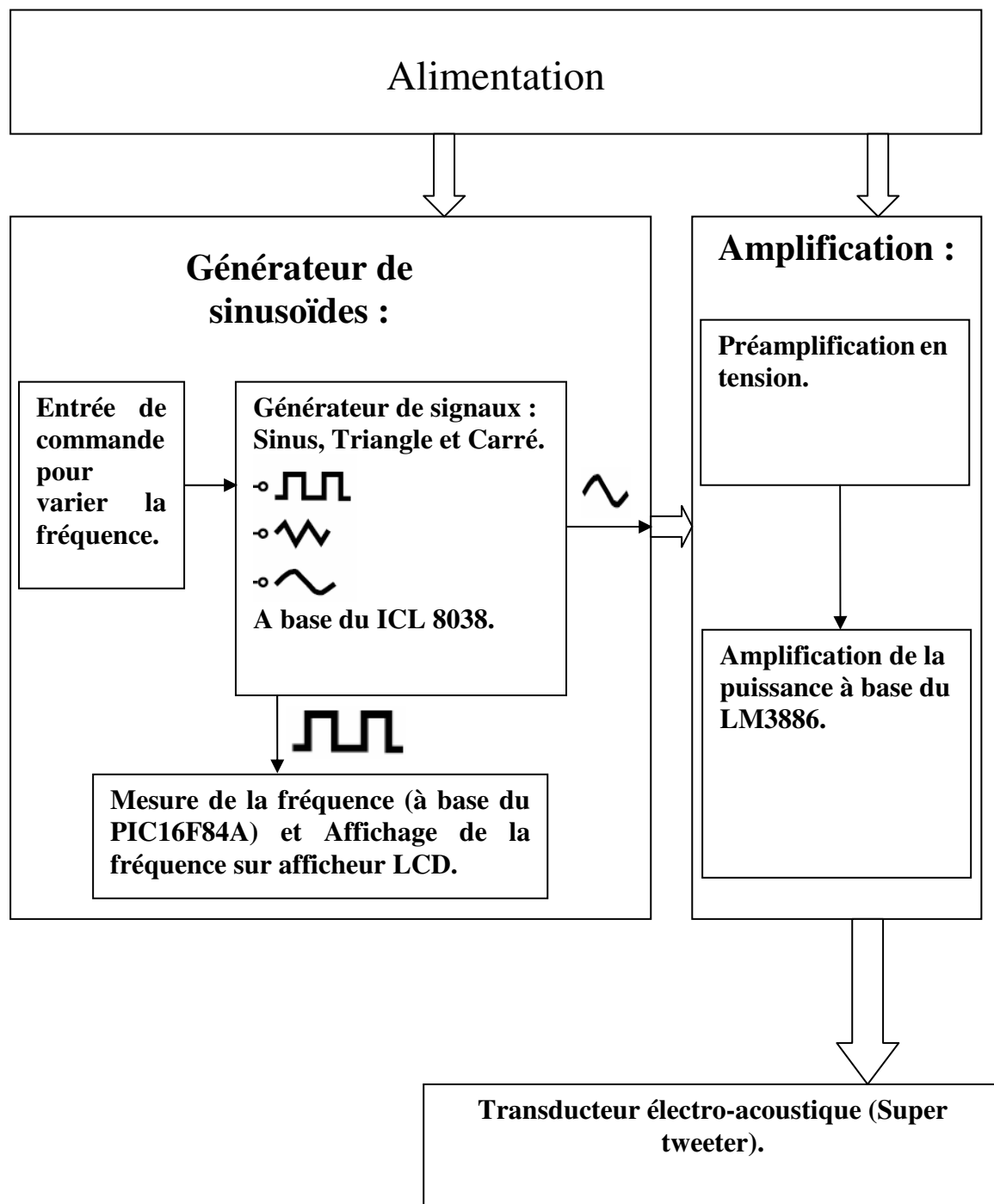


Figure III.1 : Schéma synoptique du Générateur à Ultrason à fréquence variable.

III. Etude de chaque bloc :

III.1. Générateur de fréquence :

Le générateur de fréquence représente le cœur de cet appareil. Il se décompose en trois parties bien distinctes :

- ❖ Le générateur de signaux qui est réalisé à base du ICL8038.
- ❖ La mesure de la fréquence et affichage LCD (à base du PIC 16F84A).
- ❖ Générateur de tension variable.

III.1.1. Raisons du choix du ICL8038 comme générateurs de fonctions :

Le ICL8038 se présente comme la solution idéale pour notre réalisation. En effet, dans notre cas il répond à deux critères importants :

- Il nous offre la possibilité de générer des sinusoïdes dont la fréquence varie sur une très large bande. On agit sur une seule résistance variable pour varier la fréquence, contrairement aux astables pour les quels il faut agir sur plusieurs résistances et capacités simultanément et ce pour préserver le rapport cyclique souhaité et obtenir la fréquence voulue. En plus de la bande passante importante il nous offre une bonne précision en fréquence.
- Il nous permet d'avoir simultanément la sinusoïde et le signal carré. La sinusoïde étant le signal souhaité le carré est un signal que l'on va utiliser pour la mesure de la fréquence de travail. Comme la sinusoïde et le signal carré sont générés à partir d'une même rampe donc ils ont une même fréquence. On a aussi le fait que la mesure va s'effectuer par microcontrôleur (PIC16F84A) donc un système numérique, comme le ICL 8038 offre un signal carré de même fréquence que le signal sinusoïdal pas besoin d'effectuer une conversion analogique numérique. On a aussi, la sortie qui fournit le signal carré est à collecteur ouvert donc nous offre la possibilité d'une compatibilité avec un système de l'importe quelle technologie (TTL ou MOS).

Ajouter à ces deux points qui ont un rôle fonctionnel on a d'autres points d'ordre pratique: composant facile à maître en œuvre et nécessitant peu de composants externes, disponible sur le marché et pas trop cher. Néon moins il reste un circuit intégré très sensible aux décharges électrostatique donc nécessitant beaucoup de prudence de manipulation et il

faut tenir compte des consignes de manipulation des composants sensible aux électrostatiques.

III.1.2. Raisons de la mesure de la fréquence de sortie:

L'appareil est destiné à travailler à des fréquences variables qui doivent être de valeur connu. Après que le signal soit généré il y à plusieurs possibilités de connaître la fréquence de travail du générateur :

La première est celle qui de plus en plus délaissée, dite « ANALOGIQUE » que l'on retrouve sur des boîtiers d'alimentation par exemple, ou bien sur des générateurs de signaux.

Cette façon d'opérer présente des inconvénients telles que :

1. L'erreur de lecture typique aux systèmes analogique,
2. La nécessité de réétalonnage régulier pour s'assurer de la fiabilité de la lecture,
3. Linéarisation de l'échelle, et autres...

La seconde : de plus en plus dominante vu l'évolution des circuits intégrés et des systèmes à microprocesseurs. C'est la solution numérique, qui consiste tout simplement à mesurer la fréquence que l'on affiche sur un écran LCD et qui prend la mesure en temps réel.

Ici on est face à deux points intéressants:

1. Le fait que c'est un système temps réel alors on sait quelle est la fréquence de travail à l'instant même, ce qui à un intérêt particulier vue que c'est un outil de laboratoire où l'on a besoin de l'information tout de suite.
2. C'est un système intelligent, vu qu'il ne fait pas que mesurer la fréquence il indique aussi l'absence de celle-ci.
3. C'est un système très allégé en composants ce qui lui procure plusieurs intérêt :
 - a. sur le plan économique, peut de composants donc pas chère,
 - b. sur le plans énergétique basse consommation,
 - c. sur le plan encombrement, de poids faible et de dimensions réduite.

III.1.3. Génération du signal sinusoïdal :

Le générateur de sinusoides est conçu pour générer des fréquences. L'ICL 8038 offre deux possibilités :

La Première : est de fixer la fréquence de travail ceci en court-circuitant la broche 7 et 8. Ce qui fixe à un potentiel constant le potentiel de base du transistor relié à la broche 8 par le pont diviseur de tension relié à la broche 7 (voir la figure III.2).

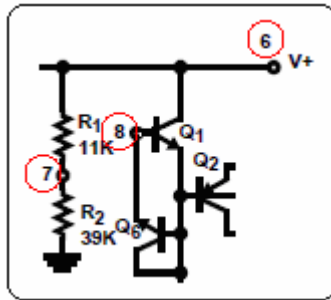


Figure III.2 : schéma interne (partiel) des broches 7 et 8.

La deuxième : c'est d'attaquer la broche 8 par une tension variable avec une tension minimale de « $1/3 V_{cc}$ » donc si l'on utilise 12V la tension minimale doit être de 4V. Cette façon d'attaquer le ICL 8038 permet d'obtenir des fréquences variables. Néanmoins, il faut toujours relier les broches 7 et 8 pour avoir le seuil le plus bas. Pour réaliser cette attaque en tension, un générateur de tension variable est nécessaire.

Générateur de tension variable :

Un diviseur de tension classique se présente comme une solution simple qui est tout à fait exploitable mais présente les inconvénients :

- Dépolarisation du pont si l'on respecte pas la règle du 10ème (cette règle dit : le courant circulant dans la résistance R2 doit être 10 fois supérieur que le courant « I_s » pour que le pont reste polarisé (Voir la figure III.3).
- La dépolarisation implique la perte linéarité.
- La précision n'est pas grande.

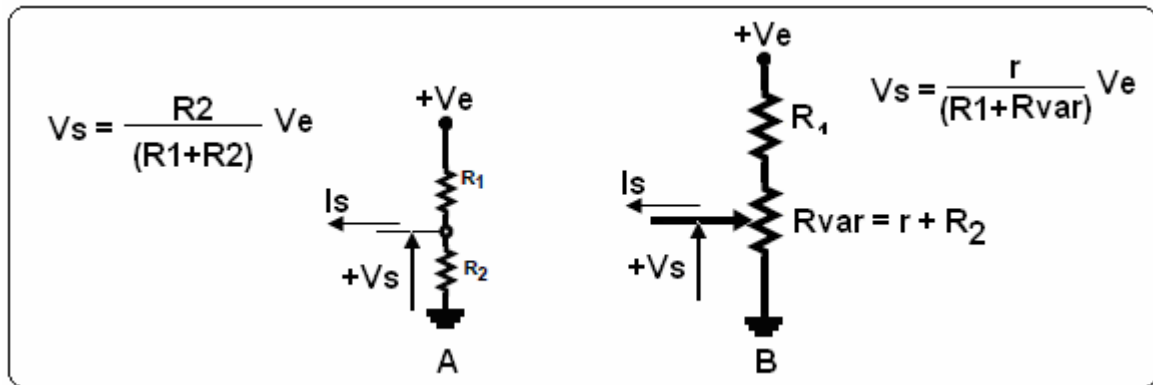


Figure III.3 : A) Schéma de principe du pont diviseur de tension. B) Schéma de principe du pont diviseur de tension de sortie variable.

Pour palier au problème de la dépolarisation du pont, on ajoute un amplificateur opérationnel en suiveur, celui-ci transmet les variations sans dépolariser le pont étant donné que l'impédance d'entrée d'un AOP est de l'ordre du Méga Ohm. Comme l' AOP est un élément actif donc il tire l'intensité nécessaire au bon fonctionnement du montage de l'alimentation. Comme le problème de la dépolarisation est résolu alors la linéarité n'est plus un problème. L' AOP choisit est le LF356 vu sa basse consommation et du fait qu'à son entrée on retrouve des transistors JFET qui sont commandé en tension.

Pour le problème de la précision, on utilise deux résistances variables (voir le schéma) l'une pour les balayages large (Rvar1) l'autre réduit (Rvar2). Ainsi la précision du montage est améliorée à +/- 0.2V.

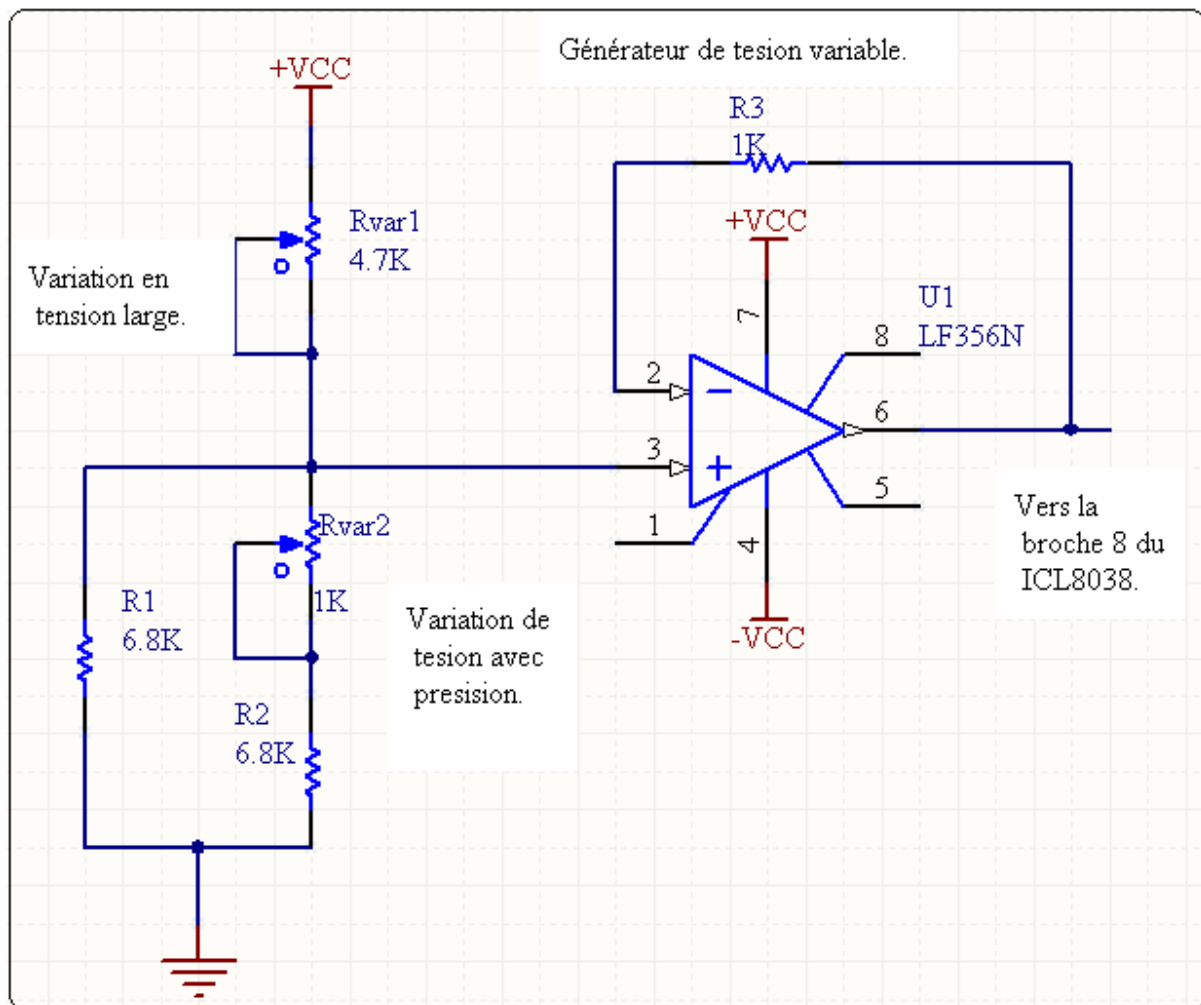


Figure III.4 : Schéma électrique du « Générateur de tension variable » pour la commande du ICL8038.

Ce générateur de tensions variable est dimensionné de sorte que sous une tension de +/- 12V Vs min soit de 5.6V une valeur déterminée expérimentalement car c'est la valeur avec laquelle le ICL 8038 commence à générer des sinusoïdes avec le moins de distorsion possible. Vs max est de 10V.

Descriptif de fonctionnement et dimensionnement des composant externe du ICL 8038 :

La sortie du « Générateur de tension variable » attaque la broche 8 du ICL 8038. La valeur de la tension à cette broche influe sur la valeur du courant I de la source de courant qui permet la charge à courant constant de la capacité C (externe et définissable par l'utilisateur) (voir la figure III.5).

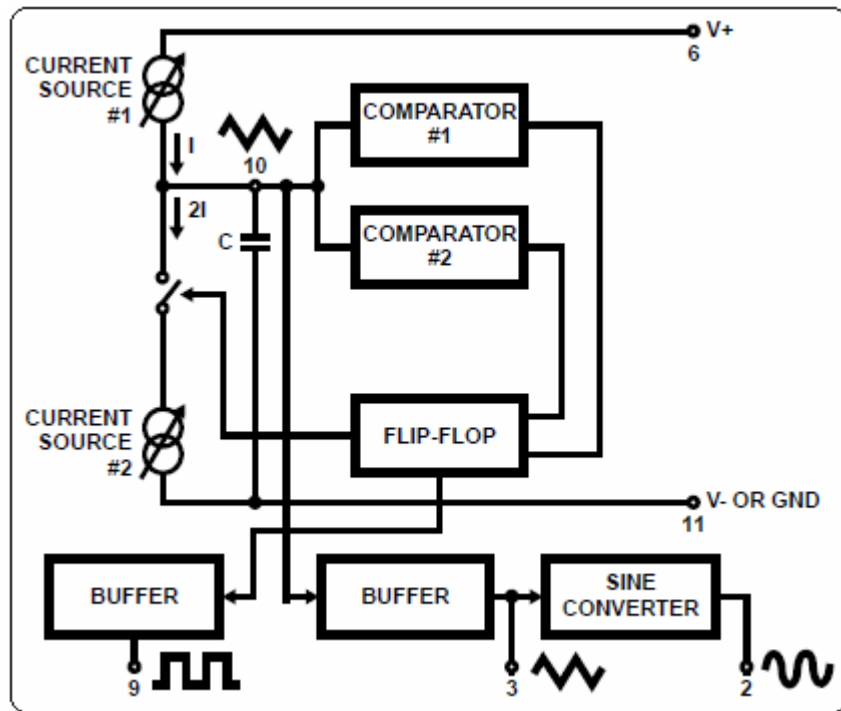


Figure III.5 : Synoptique fonctionnel du ICL 8038.

On ajoute les résistances R_A et R_B respectivement aux broches 4 et 5 qui sont responsable de la charge et la décharge à courant constant de la capacité C . Ces deux résistances permettent de régler les niveaux du signale de sortie comme suit : (T_H : demi période haute, T_L : demi période basse)

$$T_H = \frac{R_A C}{0.66} \quad T_L = \frac{R_A R_B C}{0.66 (2 R_A - R_B)}$$

La fréquence est alors :

$$f = \frac{1}{T_H + T_L} = \frac{1}{\frac{R_A C}{0.66} \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B} \right)}$$

Pour avoir un rapport cyclique de 50%, on choisi $R_A = R_B = R$. Pour un meilleur réglage une résistance ajustable R_{var5} de 1K est ajoutée entre R_A et R_B et $V+$. Ce qui simplifie l'expression de la fréquence comme suit :

$$f = \frac{0.33}{RC}$$

La broche 3 est la sortie du signal triangulaire. Qui est le signal de référence, qui provient de la charge à courant constant de la capacité C .

La broche 2 est la sortie du signal sinusoïdale. Pour bien régler la sinusoïde de sortie le constructeur a prévu deux broches pour l'ajustage de celle-ci. La broche 1 pour la demi alternance positive et La broche 12 pour la demi alternance négative. Ces deux broches sont reliées directement au conformateur à transistors. Le réglage de celle-ci se fait par deux résistances variables Rvar3 et Rvar4 tout en visualisant la sortie du signal sinusoïdal sur l'écran d'un oscilloscope. Après ajustage la sinusoïde est prête pour l'amplification.

La broche 9 est la sortie du signal carré, son transistor de sortie est à collecteur ouvert donc pour collecter un signal de sortie il faut rajouter une résistance de rappel R_L vers $V+$, ce qui lui procure la possibilité de s'adapter pour l'import quel niveau de sortie soit 12v ou 5v. Cette sortie est exploitée pour la mesure de la fréquence de travail.

Les broches 6 et 11 sont les broches d'alimentation du ICL 8038.

La broche 10 accueille la capacité C qui est un élément très important car c'est cette capacité qui génère la dent de scie en se chargeant et se déchargeant à courant constant. Elle porte la valeur de $0.56nF$ céramique.

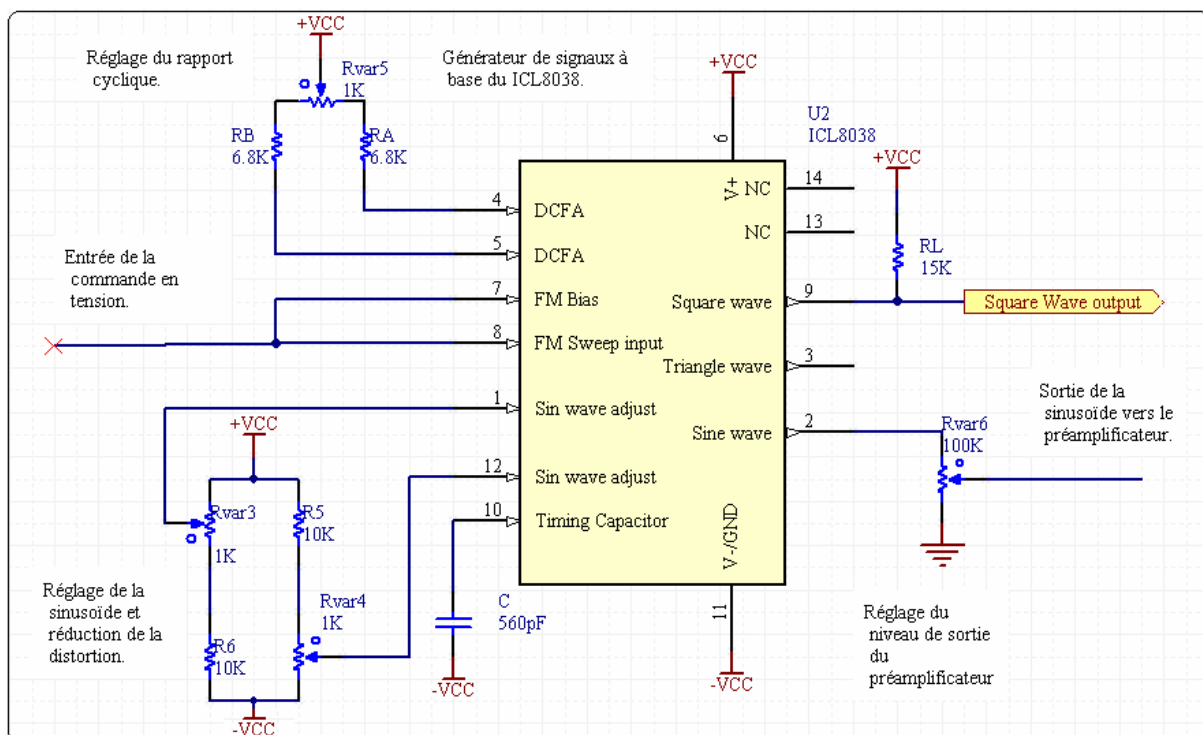


Figure III.6 : Schéma électrique de la partie génération de signaux du générateur de sinusoïdes à base du ICL 8038.

Ces valeurs de R_A , R_B , C et la tension de commande qui varie entre 5.6V et 10V permettent de générer des fréquences de 30KHz jusqu'à 100KHz avec une distorsion acceptable.

Le potentiomètre R_{var1} permet un balayage en fréquence de l'ordre du KHz, par contre le potentiomètre R_{var2} permet un balayage en fréquence de l'ordre de quelques dizaines de Hertz.

III.1.4. Mesure et affichage de la fréquence de travail :

III.1.4.1. Principe des fréquencemètres numériques :

La méthode de mesure utilisée est dite à "**durée de porte**". Elle consiste en un recensement des impulsions du signal d'entrée pendant 1 seconde (durée de porte). La mesure obtenue est ainsi directement en Hertz.

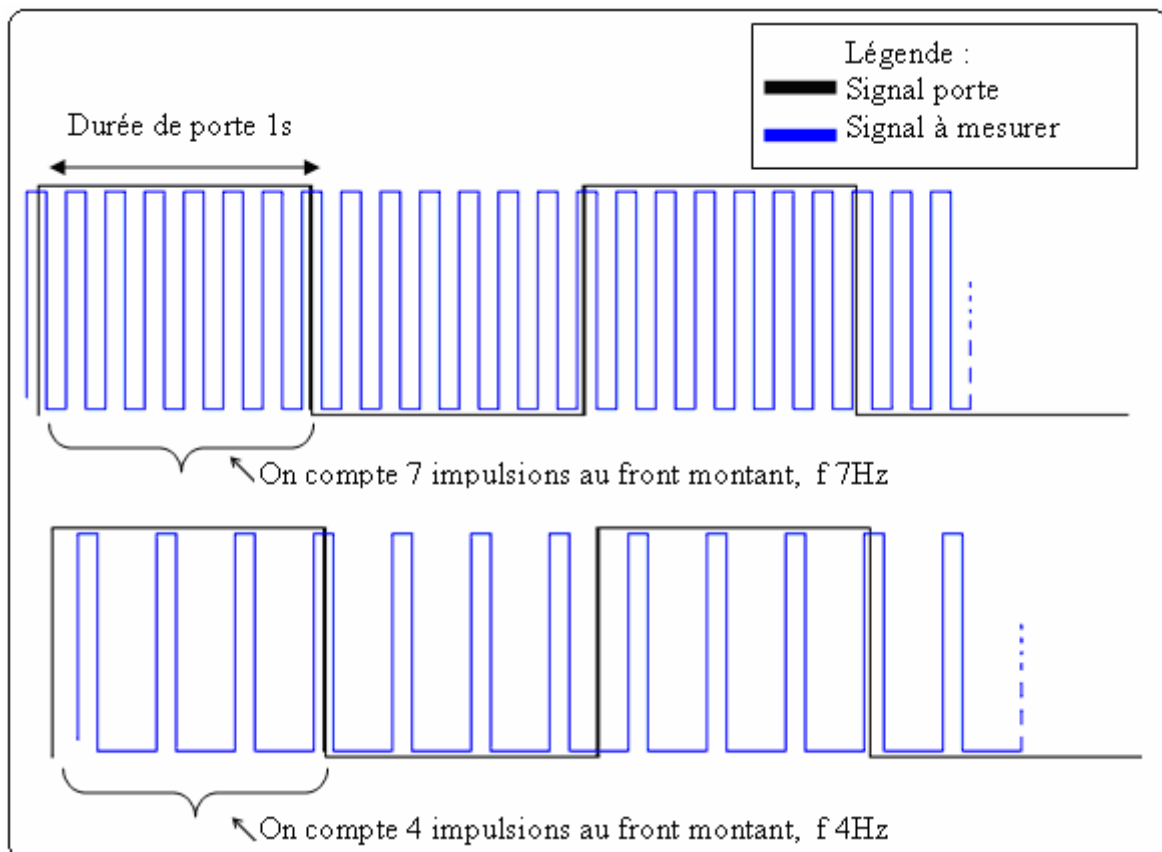


Figure III.7: Principe de la durée de porte pour le comptage de la fréquence.

III.1.4.2. Schéma synoptique d'un fréquencesmètre numérique:

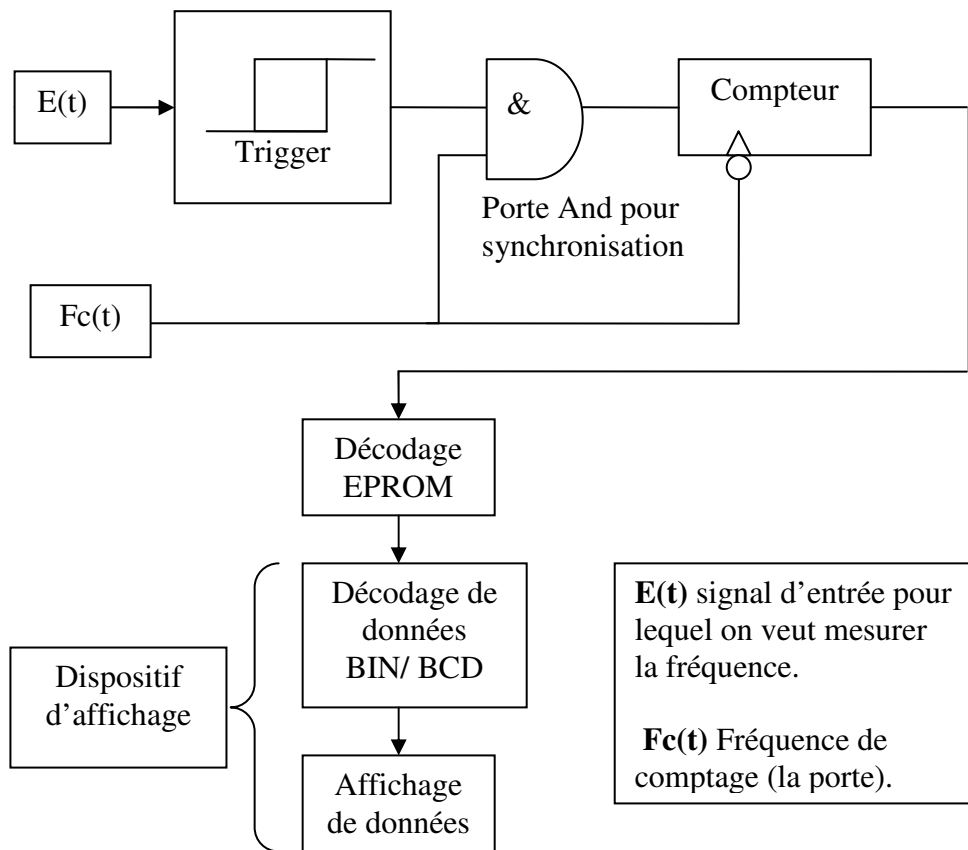


Figure III.8 : Schéma synoptique d'un fréquencesmètre numérique.

Commentaires :

On a un signal d'entré $E(t)$ pouvant être numérique ou analogique, on le fait passer dans un trigger pour le rendre carré (numérique).

$Fc(t)$ est un signal de comptage entre autre « la porte ».

La porte logique AND reçoit les deux signaux $E(t)$ et $Fc(t)$, elle transmet $E(t)$ quand $Fc(t)$ est à l'état haut.

Le compteur quand à lui, ne transmet le résultat du comptage que si $Fc(t)$ est à l'état bas, un état où le compteur ne reçoit pas d'impulsions puis ce que la porte logique AND est bloquée.

On décode par EPROM le résultat du comptage.

L'EPROM nous donne les résultat en BINAIRE on décode ce code binaire pour le rendre en BCD puis on affiche le résultat du comptage sur des afficheurs 7segments.

On va adapter la synoptique pour l'usage d'un microcontrôleur PIC 16F84A.

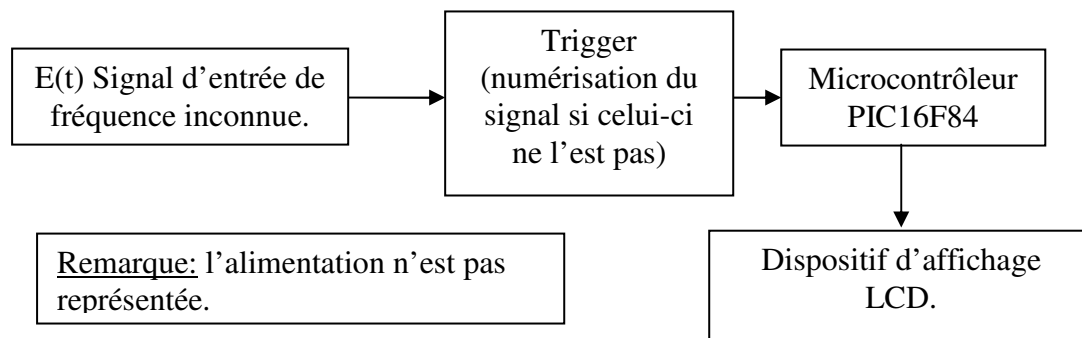


Figure III.9 : Schéma synoptique d'un fréquencemètre numérique à base du PIC16F84A.

Commentaires :

On voit que le schéma s'est simplifié et divers éléments ont disparut du schéma synoptique. Tous ces éléments sont remplacés par un microcontrôleur sur un seul composant ce qui réduit la consommation d'un point de vue énergétique et la fiabilité d'un point de vue pratique car on a éliminé les divers sources d'erreurs et de bruit qui peuvent être dues au divers composants et la différence entre les technologie de ces derniers.

III.1.4.3. Câblage du fréquencemètre à base de PIC16F84A :

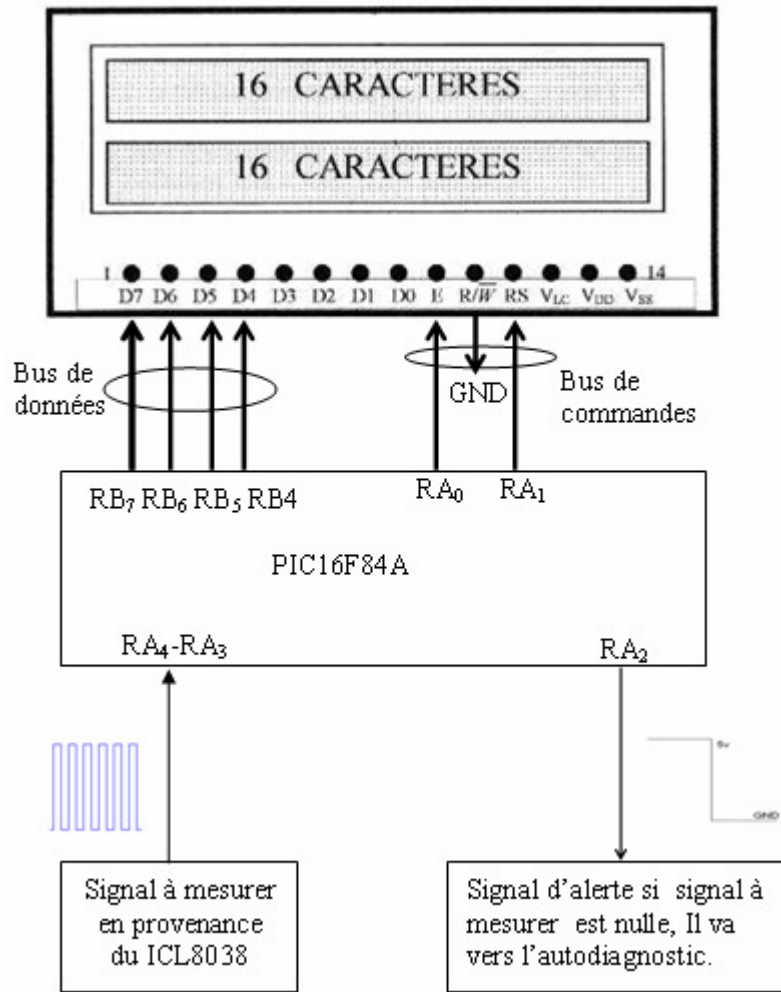
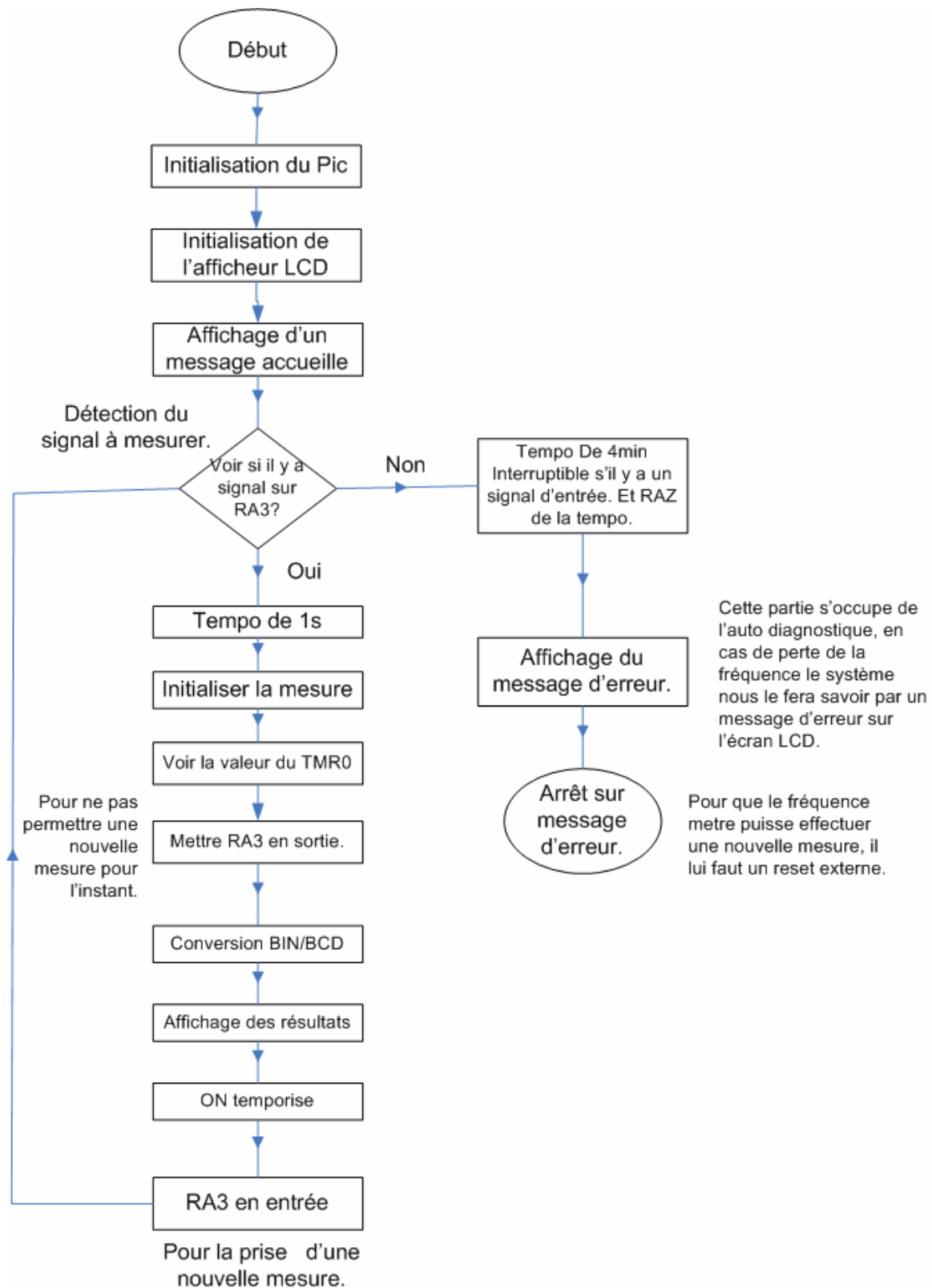


Figure III.10 : Câblage du fréquencemètre à base du PIC16F84A et Affichage LCD.

III.1.4.4. Organigramme du fréquence mètre à base de PIC16F84A :



Organigramme globale d'illustration du déroulement du programme du Fréquence mètre à base du PIC 16F84A

III.1.4.5. Câblage minimal nécessaire au bon fonctionnement du PIC16F84A :

Le PIC16F84A a une certaine façon classique d'être branché, ce câblage est illustré dans la figure suivante :

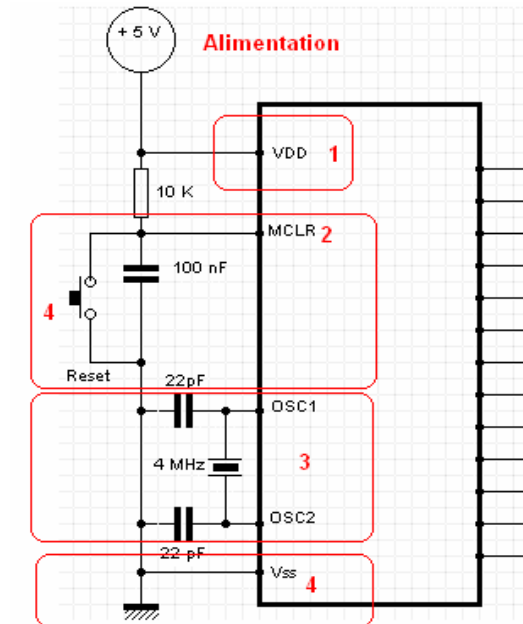


Figure III.11 : Branchements nécessaires au fonctionnement correct du PIC16F84A.

- Vdd : L'alimentation.
- MCLR : Branchement du circuit de reset externe.
- OSC1/OSC2 : l'oscillateur externe du PIC16F84A, on a choisi un oscillateur quartz de 4MHZ.
- Vss : La référence de tension (GND).

III.1.5. Schéma électrique du fréquence mètre à affichage LCD :

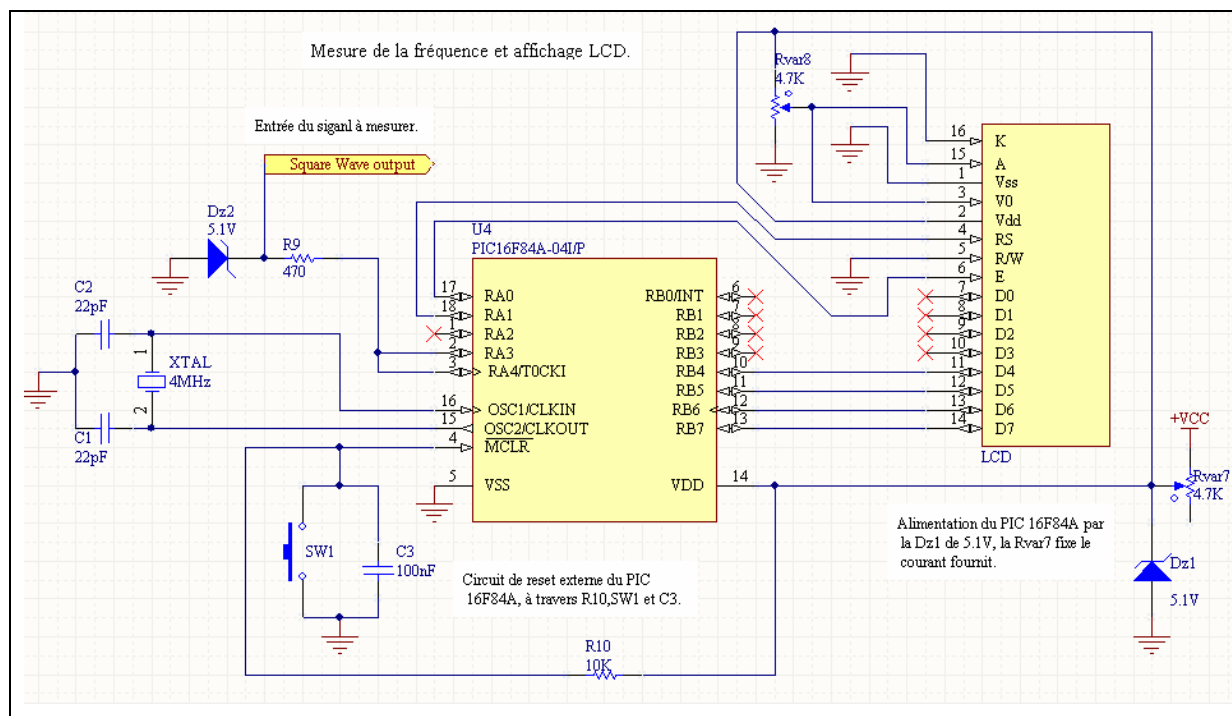


Figure III.12 : Schéma électrique du fréquence mètre à affichage LCD.

III.2. Amplification :

III.2.1. Définition :

L'amplification est une fonction en électronique qui nous permet de transformer un signal de faible amplitude et de faible puissance, en un signal de même forme capable de fournir l'énergie nécessaire à une charge quelconque, moteur, haut parleur, bobines d'excitation...

III.2.2. Généralités sur les amplificateurs :

Un amplificateur en électronique est un dispositif actif qui permet de réaliser la fonction de l'amplification. En pratique il est toujours réalisé en deux étapes :

- Un amplificateur de tension, faible niveau, fonctionnant en régime linéaire,
- Un amplificateur de puissance fonctionnant en régime non linéaire, à cause des fortes variations.

L'étude des amplificateurs de grands signaux se fait par schéma électrique équivalent. Une méthode souple et qui permet de déterminer les caractéristiques essentielles d'un amplificateur :

- L'impédance d'entrée Z_e .
- L'impédance de sortie Z_s .
- Le gain en tension à vide de l'amplificateur G_{v0} .

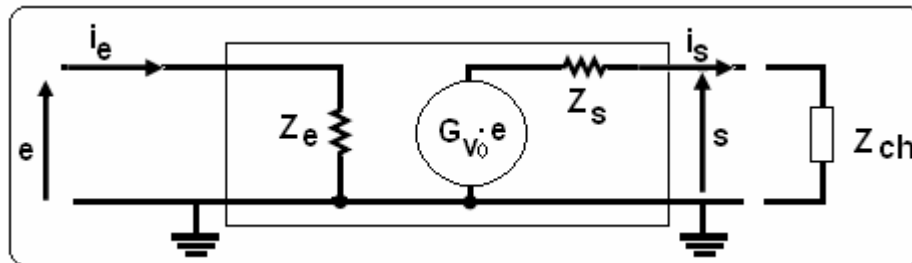


Figure III.13 : Schéma électrique équivalent d'un amplificateur en basse fréquences.

Un amplificateur idéal tends toujours à avoir une impédance d'entrée infinie et une impédance de sortie qui tends vers zéro et un gain constant. La réalité en est tout autre chose, donc on se contente d'une impédance d'entrée très grande, un gain en tension stable dans la bande de travail et une impédance de sortie très faible.

Un amplificateur de puissance doit travailler correctement à partir de deux contraintes :

- Distorsion du signal de sortie minimale,
- Rendement le plus grand que possible.

Ces deux contraintes sont très difficiles à satisfaire simultanément. Ce qui laisse le concepteur à adopter des compromis.

La façon dont travail les transistors de puissance définit les classes des amplificateurs.

Les transistors de puissance travaillent de deux façons différentes :

- Soit dans leur zone linéaire, entièrement ce qui définit les amplificateurs de classe A ou partiellement ce qui définit les amplificateurs de classes B et C. Ces classes d'amplificateurs font objet d'améliorations ce qui donne naissance à d'autres classes tel que AB, G et H.
- Soit en commutation, ce qui est du domaine de l'électronique de puissance. Cette façon de travailler donne naissance aux amplificateurs de la classe D.

L'intégration des composant dans un même boîtier améliore grandement les performances des amplificateurs. Vu l'enjeu économique que représente l'audio et qui tends de plus en plus vers la haute fidélité (Hi-Fi), il existe sur le marché des amplificateurs audio perfectionné.

III.2.3. Conception de l'amplificateur :

III.2.3.1. L'amplification en tension (le préamplificateur) :

La préamplification est une étape nécessaire dans toutes amplification en puissance. Le LF356 est un amplificateur opérationnel tout à fait adapté pour ce genre d'opération grâce à ses entrées qui comporte deux transistors JFET qui leur procure une haute impédance d'entrée et une bonne réponse en fréquence.

1. Description de chaque composant du préamplificateur :

- Rvar6 : permet de fixer le niveau d'entrée du signal, fonctionne en diviseur de tension.
- R7 et R8 : Permettent de fixer le gain de l'amplificateur.
- LF356 : c'est l'élément actif qui effectue la préamplification.

2. Schéma électrique du préamplificateur :

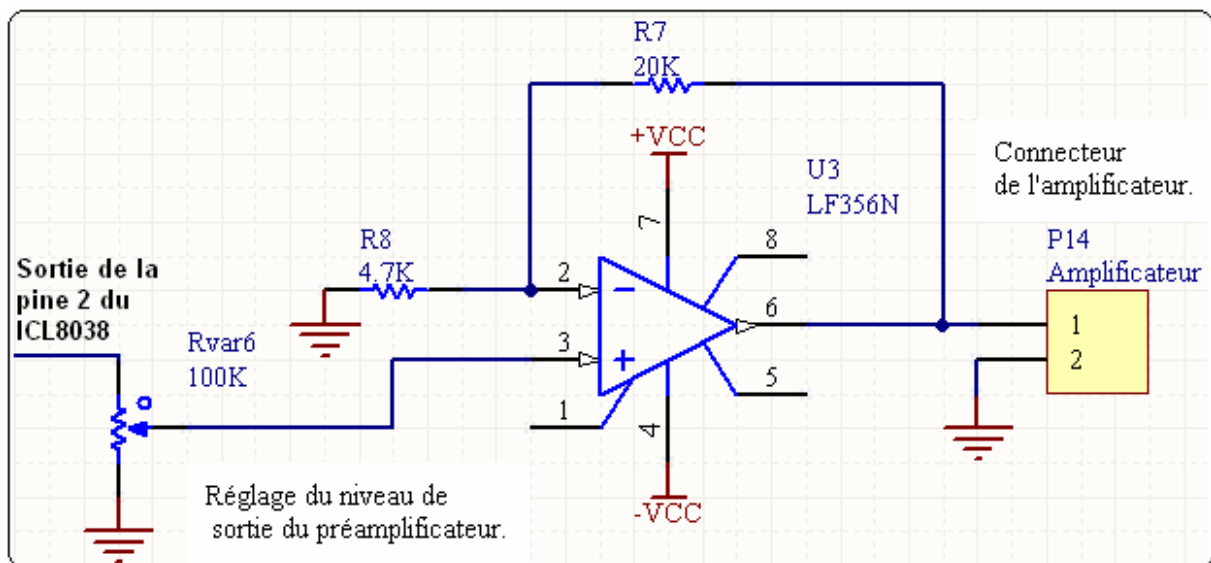


Figure III.14 : Schéma électrique du préamplificateur.

III.2.3.2. L'amplification de la puissance avec le LM3886 :

Le LM3886, est un amplificateur de puissance pour l'audio de haute performances pouvant délivrer 68W en continue pour une charge de 4Ω et 38W pour 8Ω avec une distorsion de 0.1% dans la bande 20Hz -20KHz.

Il dispose d'une protection complète à sa sortie contre les surtensions, les chutes de tension, les surcharges, l'emballement thermique.

1. Caractéristiques:

- ✓ 68W en continue pour une charge de 4Ω avec une alimentation $VCC = \pm 28V$.
- ✓ 38W en continue pour une charge de 8Ω avec une alimentation $VCC = \pm 28V$.
- ✓ 38W en continue pour une charge de 8Ω avec une alimentation $VCC = \pm 35V$.
- ✓ Un pic de puissance pouvant aller jusqu'à 135W.
- ✓ Rapport signal/ Bruit $\geq 92dB$.
- ✓ Dispose d'une pince de MUTE en entrée.
- ✓ Protection de la sortie contre le court circuit avec la masse ou l'alimentation.
- ✓ Protection contre les sur tensions dues aux charges inductives.
- ✓ Composant disposant de 11 pines en boîtier TO-220.
- ✓ Large bande d'alimentation de 20V -94V.

2. Brochage du LM3886:

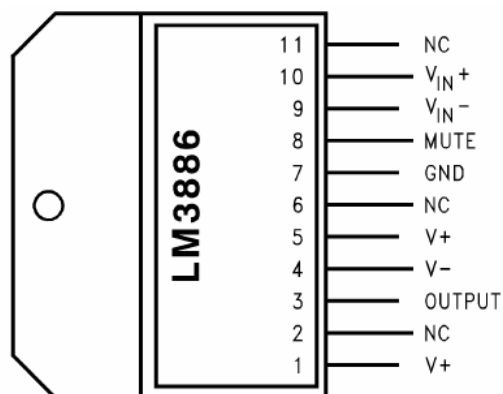


Figure III.15: Brochage du LM3886.

3. Description du rôle de chaque composant :

- R_{IN} : Agit comme le potentiomètre responsable de la variation du niveau de sortie.
- R_B : c'est une résistance qui empêche la circulation du courant vers la charge lors de l'arrêt de l'amplificateur, ce qui est dû à la très basse impédance de l'amplificateur lors-ce que la tension d'alimentation chute en dessous de 1.5V.

- C_s : Capacités de filtrage de l'alimentation.
- R_i : C'est une résistance qui permet de régler le gain de l'amplificateur en courant continue utilisé avec R_{f1} .
- R_{f1} : C'est une résistance de contre réaction, utilisé avec R_i pour régler le gain de l'amplificateur en courant continue
- S_1 : C'est un interrupteur pour MUTE. Permet de ne pas envoyer le signal à amplifier lors-ce que celui-ci est ouvert.
- R_M : c'est la résistance de MUTE, permet le passage de 0.5mA vers la pîne 8 pour l'arrêt de la fonction de MUTE.
- C_M : Permet de créer un laps de temps constant pour l'arrêt et l'allumage de la fonction de MUET.

4. Schéma électrique de l'amplificateur:

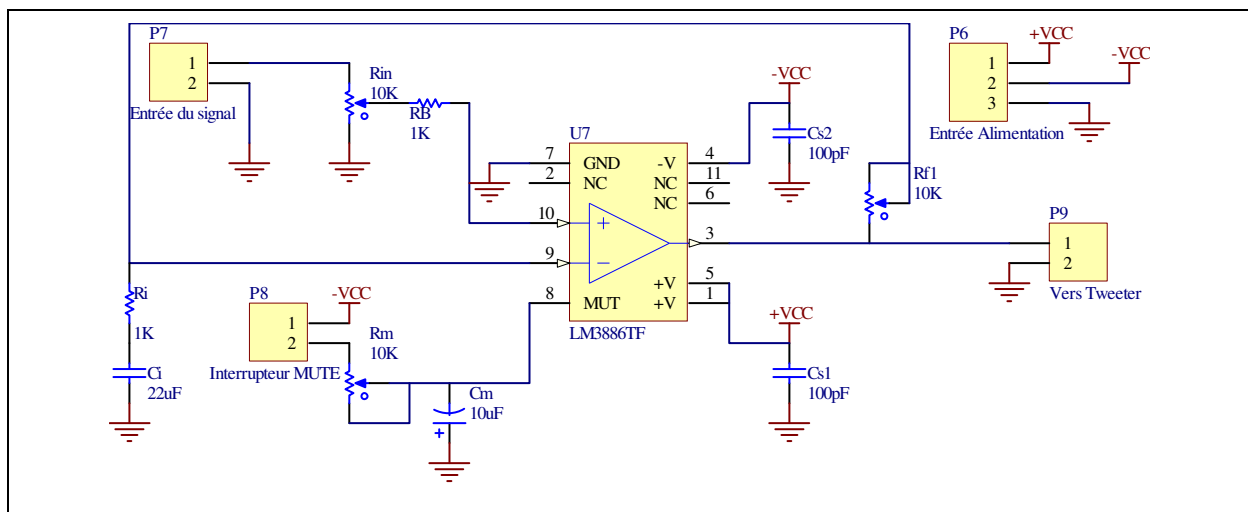


Figure III.16 : Schéma électrique de l'amplificateur.

III.3. Transducteur électro-acoustique (Super tweeter) :

Un tweeter est un haut-parleur fabriqué à base d'un piézoélectriques destiné à reproduire les hautes fréquences, soit les sons aigus. Généralement, les fréquences reproduites sont comprises entre 2000 et 20 000 Hz. La membrane du tweeter est de petite taille : 2,5 cm de diamètre en moyenne.

Un paramètre important donné par les constructeurs de haut-parleurs piézoélectrique est la tension sinusoïdale maximale (efficace ou RMS) que peut supporter le tweeter.

Le tweeter est le haut parleur de l'enceinte qui est le plus sujet à la directivité, c'est-à-dire que lorsque l'on écoute l'enceinte en dehors de son axe, les hautes fréquences se voient diminuées en termes de niveau sonore.

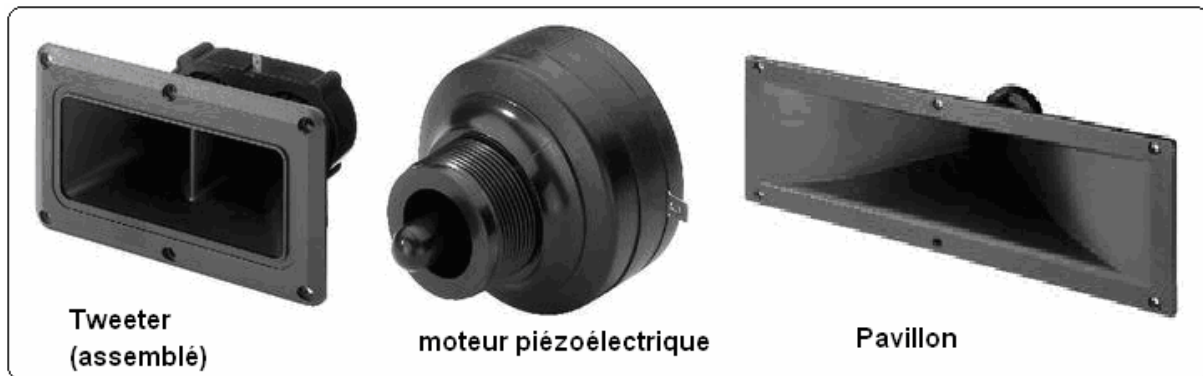


Figure III.17 : Tweeter et ses constituants externes (moteur et pavillon).

III.3.1. Raisons du choix d'un « Super Tweeter » :

Notre choix s'est porté sur les Super tweeter pour :

- ✓ Leur capacité à générer des ultra sons pouvant aller jusqu'à 100KHz.
- ✓ La directivité des tweeters est un atout vu que les ondes ne se propageront que vers la direction souhaitée.

III.3.2. Présentation du super tweeter SBT-306 :

- ❖ Puissance continue de 300W.
- ❖ Supporte des pics de puissance de 400W.
- ❖ Un rendement de 95 db/watt à 1 m pour une charge de 8 Ohms.
- ❖ Une impédance de 1.150Ohms/1Khz et 50 Ohms/100KHz.
- ❖ Dimensions : 188x180x108 mm.
- ❖ Poids net : 55 g.

III.4. Alimentation :

III.4.1. Introduction :

Tout système électronique a besoin d'une alimentation électrique. Cette fonction est de plus en plus maîtrisée avec des techniques et des méthodes toujours plus perfectionnées et plus élaborées. La solution la plus ancienne est celle basée sur un transformateur. C'est une solution simple et efficace mais encombrante et alourdit considérablement le poids et le prix des appareils. L'évolution des technologies des semi-conducteurs nous permet de réaliser des commutateurs très rapides et très efficaces ce qui permet de réaliser des montages longtemps connus mais inexploités vu la contrainte technique qui fait qu'on ne peut pas monter en fréquence de commutation. Cette évolution en électronique a pris forme et a donné le nom des alimentations à découpage ou en anglais « Switched-Mode Power Supplies ». Elle présente l'avantage de l'économie, elle est moins encombrante et fournit de très fortes puissances ce qui est très adapté aux petits appareils gourmands en énergie. L'inconvénient de ces alimentations, à principe connu, est la maîtrise du concept et la réalisation de celles-ci deux inconvénients majeurs. En effet, ce sont des alimentations très paramétrées qui nécessitent un certain capital d'expérience qui est gardé confidentiel par les constructeurs. L'autre inconvénient, la disponibilité des composants nécessaires pour avancer dans la réalisation de ces derniers et paramétrer selon le besoin. Pour aboutir finalement à un choix d'une alimentation avec transformateur.

III.4.2. Schéma synoptique de l'alimentation :

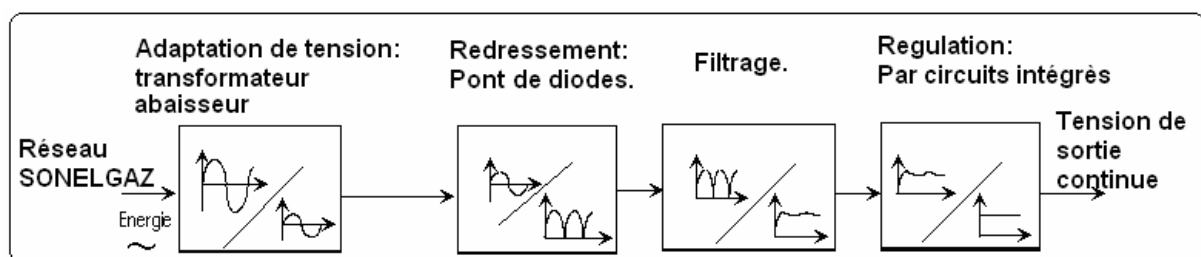


Figure III. 18 : Schéma synoptique d'une alimentation.

III.4.2.1. Fonction adaptation en tension

Le transformateur est un composant statique à induction électromagnétique, qui permet de modifier le niveau de tension du signal alternatif d'entrée sans modifier sa fréquence. Il permet aussi une isolation galvanique très efficace.

C'est un élément clé car il détermine plusieurs paramètres importants comme le rapport de transformation 220v/12v, 220/18v ...etc, le courant maximum que peut débiter le transformateur 200mA, 500mA, 1A ...etc.

III.4.2.2. Fonction redressement :

Le rôle du redressement avec pont de diodes est de rendre unidirectionnelle l'énergie délivrée par le transformateur. Cette fonction est réalisée par des diodes à jonction.

Montage à pont

Tension maximum :	$U_{R\ MAX} = U_{MAX} - 2 * U_{D\ Seuil}$	
Tension moyenne :	$U_{R\ MOY} = \frac{2 U_{R\ MAX}}{\pi}$	
Tension efficace :	$U_{R\ eff} = \frac{U_{R\ MAX}}{\sqrt{2}}$	
Fréquence de UR :	$f_{Ur} = 2 * f_U$	

III.4.2.3. Fonction filtrage

Le but du filtrage est de rendre l'allure double alternance issue du redressement en une tension aussi continue que possible. Néanmoins, après filtrage, la tension aux bornes de la charge varie entre une valeur maximale U_{CMAX} et une valeur minimale U_{CMIN} , que l'on appelle ondulation.

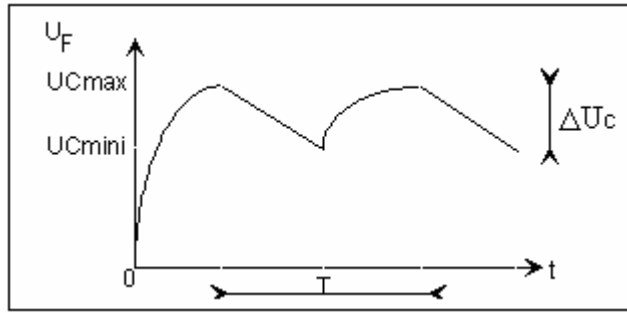


Figure III. 19 : L'effet du filtrage sur une tension alternative.

Taux d'ondulation

Sa valeur moyenne peut être considérée comme égale à: $U_{MOY} = \frac{U_{MAX} + U_{MIN}}{2}$

L'ondulation autour de cette valeur moyenne est: $\Delta U = U_{MAX} - U_{MIN}$

Le taux d'ondulation de la tension filtrée est le rapport: $\tau = \frac{\Delta U}{2 * U_{MOY}}$

Le taux d'ondulation dépend des valeurs de la charge R (donc des caractéristiques Courant/Tension de l'alimentation), de la capacité de filtrage C et de la période de la tension redressée.

Le taux d'ondulation est d'autant plus faible que le produit RC est grand devant la période T du signal redressé. Comme R est la charge donc propre au système, ce qui reste donc paramétrable pour un bon filtrage c'est la Capacité C qui se doit d'être dimensionnée correctement.

Calcul du condensateur de filtrage :

Lorsque l'ondulation est faible, cette exponentielle peut être assimilée à une droite (droite AB sur le graphe ci-dessous):

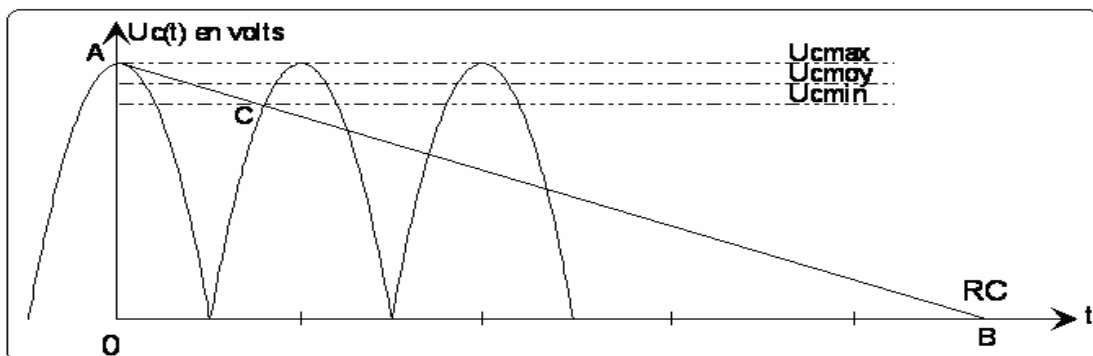


Figure III. 20 : Mesure de la capacité de filtrage par la méthode graphique.

- Méthode graphique : on trace la droite passant par les points A et C puis on obtient le point B dont l'abscisse vaut le produit RC. C est la valeur de la capacité à déterminer et R la valeur de la résistance de charge de l'alimentation. On obtient la valeur de R en divisant la tension délivrée par l'intensité du courant fournit par l'alimentation.
- Méthode par le calcul : on peut appliquer la formule approximative suivante pour calculer la valeur de la capacité du condensateur de filtrage :
$$C = \frac{I * T}{U_{C MAX} - U_{C MIN}}$$

Avec I le courant débité par l'alimentation et $T = \frac{1}{2 * F}$ avec F égale le plus souvent à 50Hz

III.4.2.4. Fonction régulation

La régulation de la tension de sortie permet d'utiliser des circuits intégrés spécialement dédié à cet effet. Il existe deux familles de régulateurs de tension, selon leur principe de fonctionnement :

- La première famille de régulateurs linéaires de tension est celle qui dissipe la puissance qui est en plus par effet joule. C'est la plus ancienne, elle est connu sous la référence de 78XX pour les tensions positives et 79XX pour les tensions négatives. Ils sont très simple à maitre en œuvre et nécessite très peu de composants externes.
- La deuxième famille sont les régulateur dît à découpage. Lorsque la puissance dissipée par l'alimentation devient un problème, soit pour des raisons d'autonomie, ou bien pour des raisons thermiques, il faut utiliser des régulateurs à découpage. On les retrouve sous la référence : LM2575-XX, LM2576-XX, LM2577-XX.

Il existe une autre façon de fixer la tension de sortie à un potentiel stable (autre que la régulation), ceci en ayant recourt aux diodes zener. Ils nécessitent 10mA pour se polariser après ça la tension à ses bornes devient la tension dîtes de la zener qui est indiqué soit sur le boîtier ou bien dans le data sheet de celle-ci.

III.4.3. Principe d'une alimentation symétrique :

A la sortie d'un transformateur abaisseur pour réseau on a la tension de sortie qui est sinusoïdale. Elle comporte une alternance positive et une alternance négative. Pour pouvoir obtenir une alimentation symétrique à la sortie de ce transformateur il suffit donc d'exploiter les alternances positives pour obtenir une tension positive et les alternances négatives pour obtenir une tension négative. L'inconvénient de cette méthode est que le taux d'ondulation est important. Pour palier à ce problème il suffit d'utiliser un transformateur à point milieu. (Voir la *Figure III.21*).

III.4.4. Dispositifs de protection de l'alimentation :

Pour une alimentation on a besoin de deux protections :

- L'une en courant que l'on fait par fusible juste à la sortie du secondaire du transformateur. Il permet de limiter par un maximum le courant que vas débiter le transformateur.
- L'autre en tension, que l'on fait par varistor que l'on place entre les bornes du primaire. Il permet de protéger le primaire du transformateur contre les sur tension du réseau et aussi contre les court circuit.

III.4.5. Schéma électrique de l'alimentation :

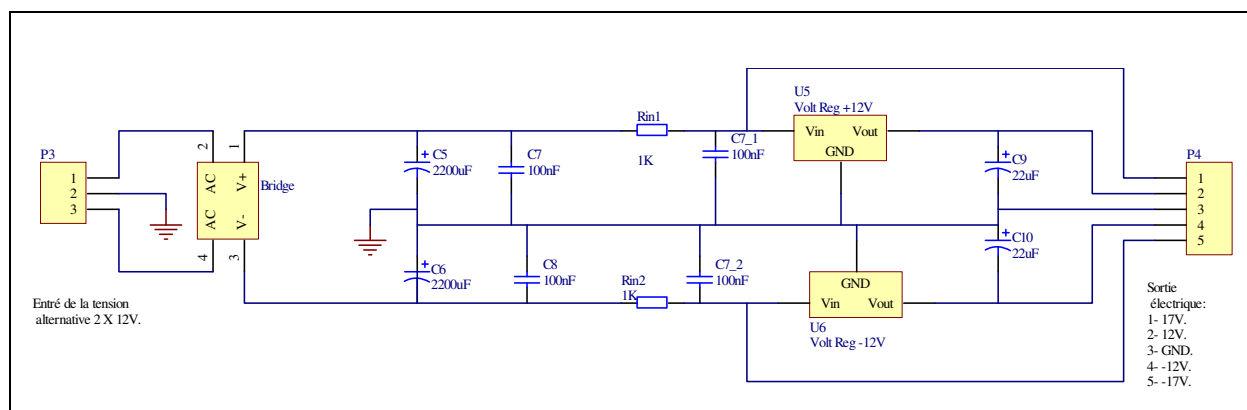


Figure III.21 : Schéma électrique de l'alimentation symétrique.

III.5 Schéma électrique globale :

Chapitre IV:
Réalisation pratique

I. Consignes de travail avec les composant sensible à l'électrostatique :

Protection contre les décharges électrostatiques :

L'électricité statique peut endommager les composants délicats tel que les RAM les microprocesseurs, les CI de la technologie CMOS et autre. Parmi ces composants sensible à l'électrostatique on retrouve l'ICL8038, pour éviter d'endommager ce CI on cite quelques précautions de travail et de manipulation de celui-ci (consignes qui restent valables pour tous les composants sensible à l'électrostatique).

Pour protéger efficacement les circuits la solution la plus sûre est de relier tout à un potentiel commun. En conséquent, si la différence de potentiel est nulle, il n'y a aucune tension donc pas d'accumulation de charges dans un endroit plus tôt qu'un autre. Si l'on prend pour exemple un opérateur et le circuit qu'il manipule, si les deux (opérateur et circuit) sont reliés à un même potentiel donc vous êtes au même potentiel donc pas de circulation de charge entre vous et le circuit. Si en plus ce potentiel est la masse (le potentiel le plus bas) alors les charges qui sont surplus sont évacuées (voir la Figure IV.1 pour un espace de travail correctement protégé). Malheureusement on n'a pas toujours les conditions que l'on souhaite pour une raison ou une autre donc voilà quelques précautions à prendre :

- ❖ Déchargez l'électricité statique de son corps avant de toucher un des composants électroniques sensible à l'électrostatique. Pour y parvenir toucher une surface métallique. Durant le travail toucher régulièrement une surface métallique pour enlever toute charge électrique que l'on puisse accumuler durant le travail.
- ❖ Ne jamais déballer un composant sensible à l'électricité statique de sa boîte de livraison avant d'être prêt à l'installer.
- ❖ Avant de le déballer de l'emballage antistatique, s'assurer de décharger l'électricité statique de son corps.
- ❖ Avant de transporter un composant sensible, le mettre dans une enceinte ou un emballage antistatique.

- ❖ Maniez tout composant sensible dans une zone protégée contre l'électricité statique.
- ❖ Ne pas toucher les Broches des composants sensibles pour éviter tout transfert éventuel.
- ❖ Ne jamais monter ou retirer un composant pendant qu'il est sous tension (une sur tension soudaine peut endommager celui-ci).
- ❖ Utilisez un fer à souder muni d'une pointe mise à la masse.

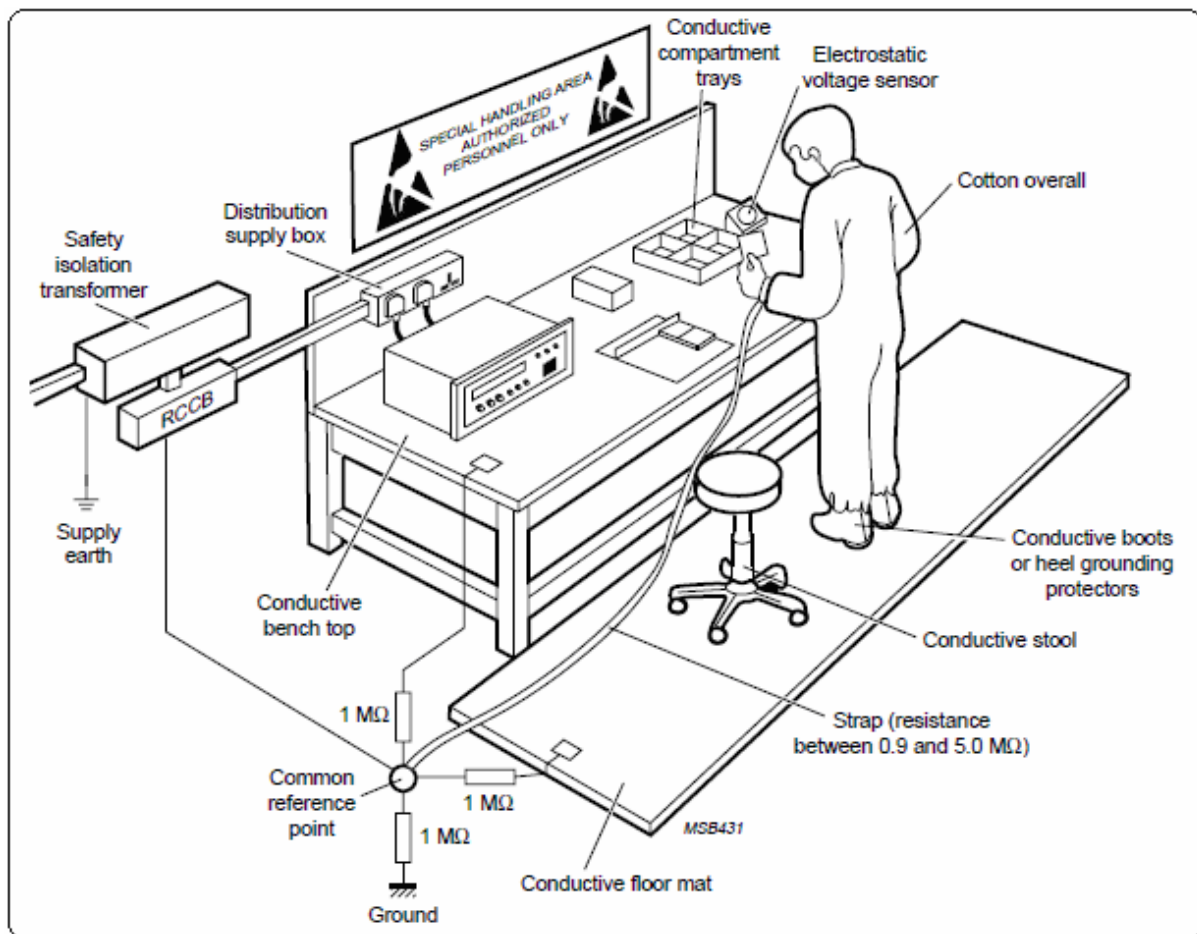


Figure IV.1 : espace de travail complètement protégé contre l'électrostatique.

II. La CAO: exemple PROTEL DXP.

II.1. La CAO : Conception Assistée par Ordinateur

Ce sont des méthodes logicielles pour réaliser des projets et ça dans tous les domaines techniques. Vu l'avancement des technologies informatique la CAO est un outil indispensable pour toutes conception réalisation. Elle présente l'avantage de faire gagner

du temps et de l'argent aux concepteurs et aux entreprises sans oublier le fait que c'est un outil qui reste très flexible. Il nous permet en outre (spécification faite pour l'électronique) de créer un projet, de saisir des schémas électriques, puis de faire la simulation de celui-ci (pour détecter les erreurs évidentes), de passer du schéma au PCB (printed circuit board), puis de faire l'implantation des composants sur la carte, en suite faire le routage (Interconnexion entre composants) de celle-ci, avant de développer la carte on peut la visualiser en 3D pour savoir si elle conviens à nos attentes, on demande au logiciel de réaliser le typon pour finir on imprime sur un papier adapté (papier calque ou transparent pour imprimante à jet d'encre) les typons que l'on envoi au développement.

En électronique il existe beaucoup de logiciels dédié à la CAO on cite : Protéus, OrCad, Eagle, Protel et autres. Notre choix du logiciel de travail s'est porté sur PROTEL DXP pour diverses raisons qui font sa force et sa rigueur. On cite le fait que c'est un logiciel professionnel qui a fait ses preuves. C'est un logiciel très paramétrés ce qui lui procure une grande flexibilité néanmoins c'est ce qui fait sa complexité.

II.2. Description du logiciel « PROTEL DXP » :

Pour aboutir à un typon fini avec PROTEL il faut passer par les étapes suivantes :

- Création du projet.
- Saisir les schémas dans un fichier de type Schématique.
- Simuler ce schématique (non indispensable pour réaliser le typon).
- Créer les PCB à partir des schématiques dans un fichier de type PCB.
- Faire l'implantation des composants.
- Faire le routage (liaison physique entre composants).
- Réaliser le typon et l'imprimer.

Toutes ces étapes obéissent à certaines règles des quelles on cite quelques unes des plus importantes :

Créer un projet

Pour créer un projet on choisit un dossier bien déterminé avec un nom spécifique à celui-ci. Un projet contiens tout les fichiers constituant du projet réel.

Démarches :

- Ouvrir PROTEL DXP
- Sélectionner File → New → PCB Project

Créer un schéma

Le schéma est un fichier à l'intérieur d'un projet qui support un schéma électrique tel que l'on le dessine sur papier, il porte l'extension « .Sch ».

Démarches :

- **Dans un projet**, sélectionner File → New → Schematic

La première règle dans un schéma est que chaque composant doit avoir un désignateur unique pour l'ensemble des schémas d'un même projet.

Après avoir placé les composants on crée les liens qui lient ces derniers « les connections » qui représentent les équipotentiels que l'on appelle « wire » ou file.

Pour chaque composant placé dans le schématique celui-ci doit avoir l'empreinte sur le PCB qui lui convient, que les logiciels de CAO appellent Footprint. Pour qu'un PCB puisse être réalisé, il est indispensable que tous les éléments du schéma aient un modèle de Footprint. En effet, chaque composant en électronique existe en plusieurs versions comme les résistances existent en différentes puissances (1/4W ; 1/2W, 1W...) donc tailles différentes, les capacités aussi dont voici quelques exemples de footprint :

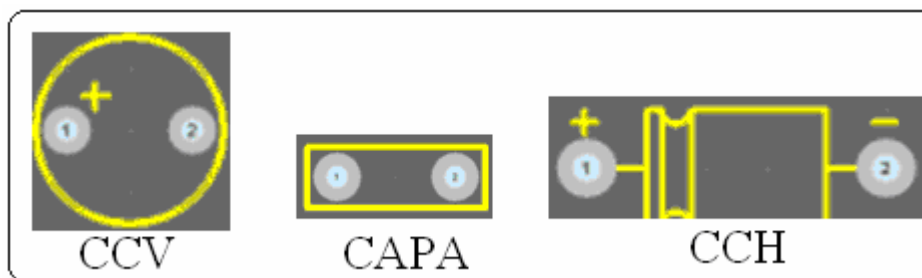


Figure IV.2 : Les empreintes de type CCV représentent des capacités polarisées à montage radial (ou vertical), l'empreinte CAPA représente des capacités non polarisées à montage radial. Enfin, l'empreinte CCH représente des capacités polarisées à montage axial (ou horizontal).

Préparer un schéma pour le PCB :

Pour passer du schématique au PCB, PROTEL doit être en mesure d'interpréter le schématique de façon à générer le PCB. Ceci passe par un « Netlist » c'est un rapport (de format texte) que crée PROTEL pour réaliser le PCB il passe en revue toutes les conditions

nécessaire pour réaliser ce dernier. Il recense l'ensemble des composants puis l'ensemble des connexions.

Créer un PCB :

Le PCB (printed circuit board) c'est l'étape qui vas nous permettre de réaliser le circuit imprimé.

Démarches :

- Cliquez sur File → New → PCB

Dans un PCB le pas (c'est à dire la distance standard utilisée) est de 2,54mm, ou 100 mils.

Dessiner le contour de la carte

Avant de se lancer dans la conception du PCB on limite la zone de travail qui n'est rien d'autre que les limites physique de mon circuit imprimé. PROTEL la désigne par « Board Shape ».

Importer la Netlist

Pour que PROTEL sache quel est le schéma qu'il doit importer en PCB, on lui demande d'importer le « Netlist » qui a été précédemment généré pour le fichier schématique considéré.

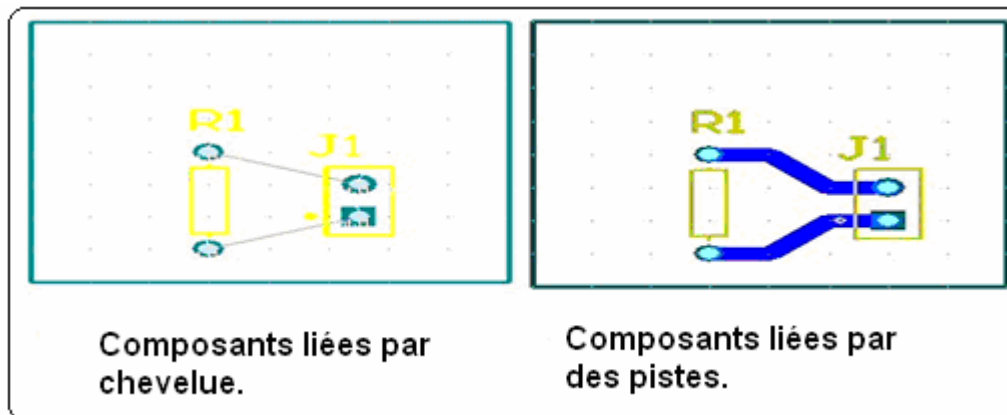
Placement (ou implantation) des composants

Une fois la Netlist importée, on se doit de placer les composants que PROTEL importe systématique mais ne place pas sur la carte.

- Bien placer ses composants permet de simplifier le routage.
- Il faut bien réfléchir aux contraintes spatiales, thermiques et aux interférences électromagnétiques.
- Il faut donner une importance particulière à la densité de la carte car la production de celle-ci se fait au centimètre carré.

Le Routage

Le routage est l'étape qui fait la liaison physique entre les composants. Avant que cette opération ne soit faite PROTEL représente des petits fils droits apparaissent entre les différentes pastilles des composants (ce sont les liaisons précédemment définie dans le schématique). On appelle ces fils, « le chevelu ». Il convient de transformer le chevelu en pistes. Cette opération s'appelle le routage.



PROTEL offre deux possibilités pour le routage, la première est automatique, la deuxième est manuel. Assez souvent on se retrouve entrain de travailler avec les deux. On demande à PROTEL de router automatiquement puis on corrige le travail manuellement.

Des fois pour simplifier le routage on a recours aux STRAPS (des fils sur la face composants).

Si ce n'est pas suffisant on réalise des PCB doubles faces.

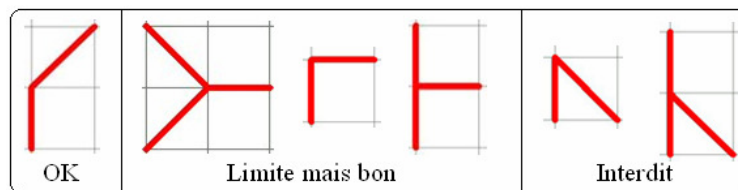
Les règles du routage :

C'est d'établir les connections physique entre les divers composant du circuit, cette étape détermine la forme et la taille des pistes. Il obéit à des règles dont voici quelques unes :

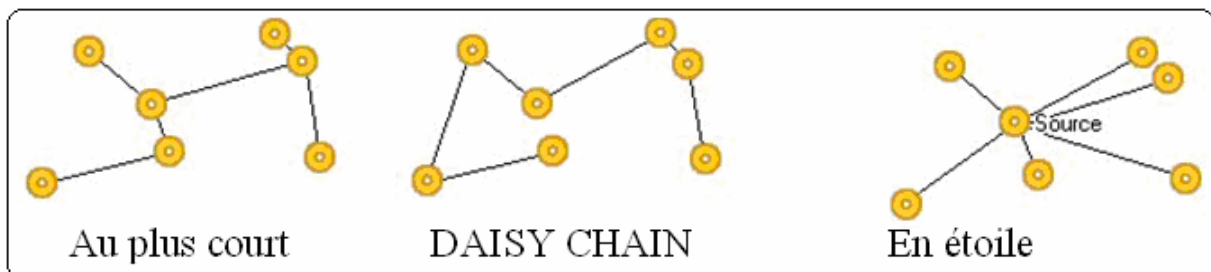
- Une piste a toujours une largeur supérieure ou égale à 1mm de large.
- Une pastille doit toujours avoir une taille supérieure ou égale à 2mm. En général, sauf pour les prises bananes, on considère que le diamètre d'une pastille est le double du diamètre de perçage. Comme la plupart des composants utilisent des trous de 1mm de diamètre, la pastille doit avoir un diamètre de 2mm.
- Plus il y a de courant, plus la piste doit être large (la charge électrique qui circule est

importante).

- Il ne doit pas il y avoir sur un routage d'angles inférieurs à 90°.



Pour Router, PROTEL prends en charge trois méthodes de routage, chaque une avec ses avantages et ses inconvénients. Généralement, on privilégie les routages au plus courts, mais il est conseillé d'utiliser des routages en étoile pour les alimentations et en DAISY CHAIN pour les bus.



Achever le routage et obtenir le TYPON :

Après avoir réalisé le routage convenablement on passe à la phase finale, qui est celle de récupérer le typon qui est l'équivalent du cliché (négatif) d'une photographie. PROTEL propose un aperçue du typon avant impression.

Après avoir terminer toutes les vérifications, on imprime à l'échelle « 1:1 » et puis en envois le typon pour développement.

III. La programmation des microcontrôleurs PIC16F84A :

Voici un aperçue des démarches à suivre pour la programmation des PIC16f84A, depuis la rédaction du programme jusqu'à sont transfert à la mémoire du PIC F84A.

III.1. Introduction:

Mplab est un programme développé par la société MICROCHIP, tournant sur PC destinée pour développer des applications pour des microcontrôleurs fabriqué par celle-ci. Il est appelé Environnement de Développement Intégré (IDE : Integrated Developpement

Environnement) parce qu'il regroupe tout les outils intégré dans un seul environnement destiné à développer des codes source pour microcontrôleurs de chez Microchip®

III.2. Démarrage Création d'un projet sous MPLab:

Comme MPLab est un environnement de travail alors il travail sous projet (tout comme PROTEL). Dans celui-ci on retrouve tous les éléments logiciels nécessaires au développement d'une application pour PIC à commencer de la rédaction du code source jusqu'à le transfert du programme dans le PIC en passant par le débogage, la simulation, la compilation du code source et voir même l'émulation des familles qui le supporte.

III.3. Structure d'un programme en ASM pour PIC à compiler avec MPLab :

Pour travailler sous MPLab le premier fichier à créer est un fichier d'extension « .ASM ». Celui contiens le code en assembleur du programme que l'on veut transférer au PIC. Comme pour tout langage de programmation, l'assembleur de MPLab obéit à une structure.

Déclarations obligatoires :

Elles doivent exister dans l'importe quel programme si non le compilateur refusera de compiler ce programme et il nous renvoie une erreur, dans cette partie du programme on fait comprendre à MPLAB avec quel microcontrôleur on veut travailler.

<code>LIST p=16f84</code>	; la on définit le microcontrôleur avec
	; lequel on travail
<code>#include <p16f84.inc></code>	; C'est un fichier dans le quel se trouve
	; toutes les constante normalisé et les
	; nom des registres interne que MPLab
	; reconnet et qui est prédéfini par
	; MICROCHIP.

Choix de la configuration :

'__CONFIG' précise les paramètres encodés dans le processeur au moment de la programmation.

Les valeurs et des définitions des paramètres de configuration :

<code>_CP_ON</code>	Code protection ON : impossible de relire
<code>_CP_OFF</code>	Code protection OFF
<code>_PWRTE_ON</code>	Timer reset sur power on en service
<code>_PWRTE_OFF</code>	Timer reset hors service
<code>_WDT_ON</code>	Watch-dog en service
<code>_WDT_OFF</code>	Watch-dog hors service
<code>_LP_OSC</code>	Oscillateur quartz basse vitesse
<code>_XT_OSC</code>	Oscillateur quartz moyenne vitesse
<code>_HS_OSC</code>	Oscillateur quartz grande vitesse
<code>_RC_OSC</code>	Oscillateur à réseau RC

Après configuration on aboutis à quelques chose comme ça :

```
__CONFIG _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _HS_OSC
```

Les Assignations :

C'est une partie du programme qui nous permet d'assigner à un nombre un nom chose qui est très utiles lors de la lecture d'un programme car on reconnaîtrait `LED_ON` mieux que `H'0001'`.

Nom_de_la_constant EQU Valeur

Les définitions :

Au lieu de traîner toutes une syntaxe incompréhensible comme `PORTB,1` ou `PORTA,4` on utilise des définitions pour des pines.

Exemple :

```
#DEFINE LEDR    PORTA,2                    ; LED d'alerte
```

A chaque fois dans mon programme que je fais référence à `LEDR` mon compilateur comprend que je suis entrain de lui parler de `PORTA,2`

Les Macros :

Sont très utiles lors de la rédaction d'un programme elles ne me permettent pas de gagner de l'espace mémoire plutôt de raccourcir la taille de mon programme.

Exemples: Voila une macros qui me permet de changer de BANK.

```

BANK0    macro
          bcf    STATUS , RP0          ; passer banque0
          Endm

```

Déclaration des variables :

Je crée des variables dont le contenu peut changer à ma guise lors de l'exécution du programme.

Exemple :

```

CBLOCK 0x00C          ; début de la zone variables
Variable1 :1         ; Zone de 1 byte
Variable2 : 1        ; zone de 1 byte
Variable3 : 1        ; je déclare ma variable
ENDC                 ; Fin de la zone

```

Initialisation des registres de la RAM :

L'initialisation de la RAM n'est pas indispensable mais peut s'avérer très utile pour palier à certains problèmes liés à la réinitialisation de mon PIC.

```

Org    0x000          ; Adresse de départ après reset.
goto   init          ; Adresse 0: initialiser

```

Programme principale :

```

init
    *
    *
END

```

Remarque :

La règle d'or, lors de la rédaction d'un code ASM, est de bien documenter ses lignes de code. En effet tout ce qui vient après « ; » le compilateur le considère comme un commentaire donc ne fait pas partie du code utile pour la machine. Ces lignes informatives sont très utiles lors de la lecture du programme, la révision et du débogage. Il faut toujours se dire que plus le code est long plus on aura du mal à se souvenir pour

quoi on a penser de nommer une variable (exp: Var_config) ? Mais si l'on ajoute un commentaire explicatif les choses s'éclaircissent mieux.

IV. Compilation et debuggage d'un programme avec MPLab :

Après avoir terminer la rédaction d'un programme en ASM on le compile pour générer le code Hexa (d'extension « .HEX ») qui peut être lu par mon microcontrôleur. L'utilitaire qui me permet de compiler un code en asm sous MPLab est MPasm. Après la compilation, si MPLab ne me donne pas de message d'erreur « Build Success » alors mon programme ne contiens pas d'erreur de forme mais ne me signalera jamais une erreur de programme. Pour palier à ce genre de problèmes, il existe sous MPLab un simulateur qui me permet d'exécuter mon programme pas à pas et d'observer si mes registres se comportent comme prévue. De cette façon on arrive à détecter certaines erreurs comme celle liées au chien de garde du PIC (le chien de garde me fait un reset au bout d'un certain temps si celui-ci n'est pas remis à zéro).

Si tout correspond bien à nos attentes il ne reste plus qu'a charger mon code dans la mémoire du PIC.

V. Programmation du PIC16F84A :

MPLab intègre le soft de plusieurs programmeurs. Il faut sélectionner le programmeur dont je dispose et qui est compatible avec MPLab par exemple PICSTART Plus.

Pour programmer le pic il va falloir positionner le PIC sur le support ZIF (Zero Inserting Force) de mon programmeur puis l'allumer. En suite je suis les démarches décrites par MPLab pour le transfert du programme.



Figure IV.3: Programmeur universel professionnel.

Si l'on ne dispose pas de programmeur professionnel, des solutions free existent. On site les programmeur de type JDM (JDM c'est le pseudonyme de celui qui développer cette technique de programmation pour EEPROM et microcontrôleurs). Mais on ne peut pas les programmer avec MPLab. Fort heureusement, il existe des logiciels libres aussi qui prennent en charge ce type de programmeurs, on site ICPROG et WINPIC800 deux logiciels que j'ai pu tester l'efficacité moi-même.

VI. Mise en place d'un composant de puissance sur un dissipateur thermique :

Les composants de puissance dégagent beaucoup de chaleur perdue sous effet joule. Ces élévations de température qui nuisent au bon fonctionnement des composants ou même pire peuvent détruire ces derniers par emballement thermique. Néanmoins, des solutions existent. La solution la plus utilisé est l'emploi de radiateurs qui permettent la dissipation de la chaleur en excès par convection libre ou bien forcé en ayant recours à un ventilateur. Ce dispositif se d'être utilisé correctement et voici la méthode pour placer un composant de puissance ayant un boîtier de type TO3.

- On doit protéger notre circuit intégré contre les court circuit entre ses pins et le dissipateur vue que celui-ci viens se placer par-dessous, donc on les protège par des gaine thermorétractable.
- On utilise de la patte thermique pour améliorer la conduction thermique entre le boîtier du composant et le dissipateur.



Figure IV.4 : Chaque broche du composant est protégée par de la gaine thermorétractable sur l'épaisseur du radiateur. Il est enduit de pâte thermique pour améliorer la transmission de la chaleur avec le radiateur.

- Deux rondelles de 3 mm seront insérées entre le circuit imprimé et le radiateur pour augmenter la surface de contact avec l'air.



Figure IV.5 : Le composant est monté sur son radiateur. Deux rondelles de 3 mm sont insérées entre le circuit imprimé et le radiateur (augmentation de la surface de contact avec l'air).

VII. Les typons du Générateur à ultrason :

1. L'alimentation :

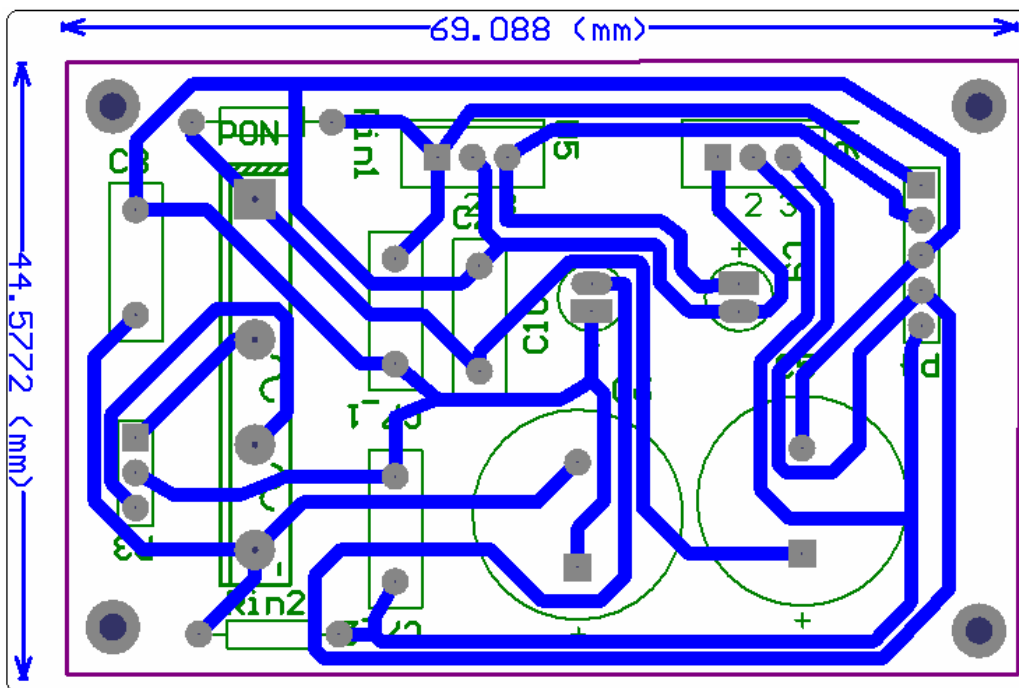


Figure IV.6 : Typon avec implantation des composants de l'alimentation.

2. Générateur de sinusôides :

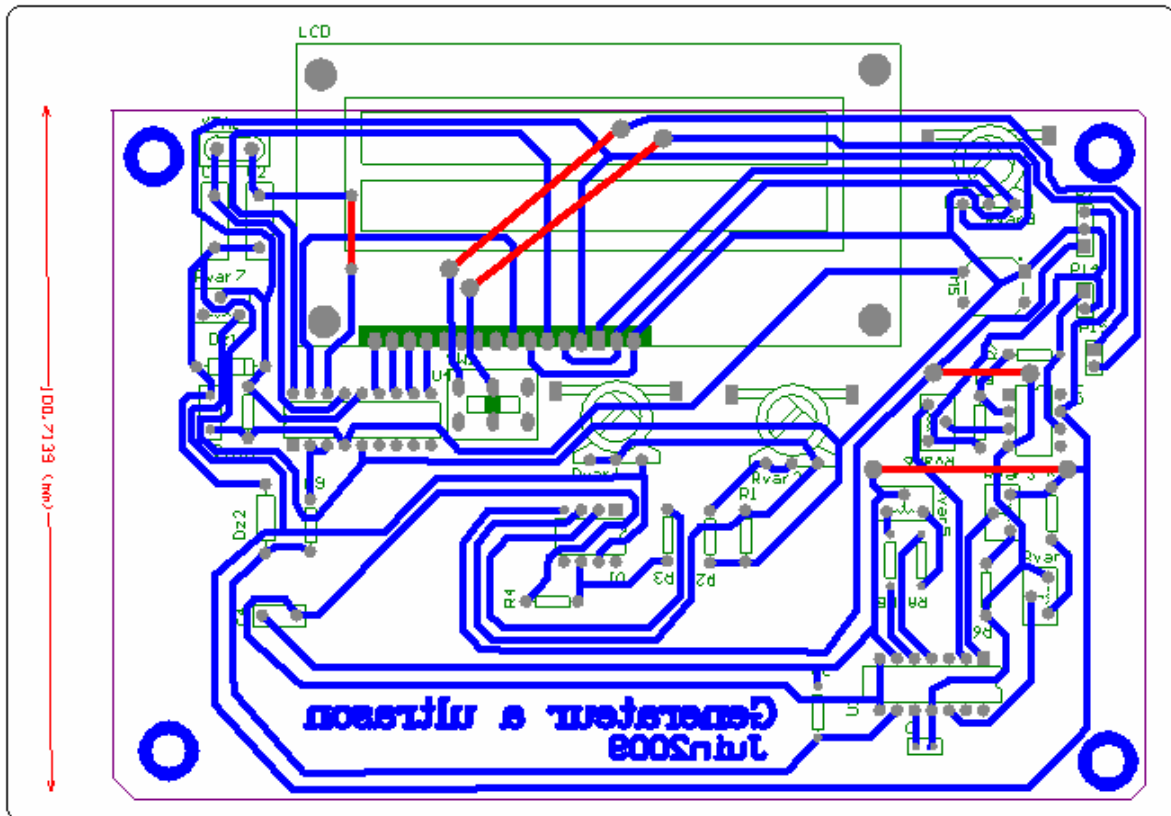


Figure IV.7 : Typon avec implantation des composants du générateur de sinusôide.

3. L'amplificateur :

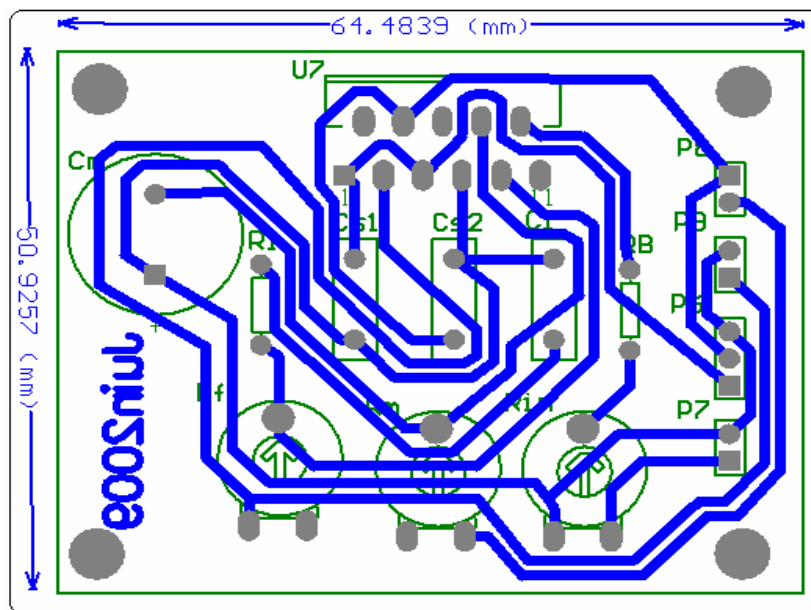


Figure IV.8 : Typon avec implantation des composants de l'amplificateur de puissance.

VIII. Les PCB du Générateur à ultrason.

L'alimentation :

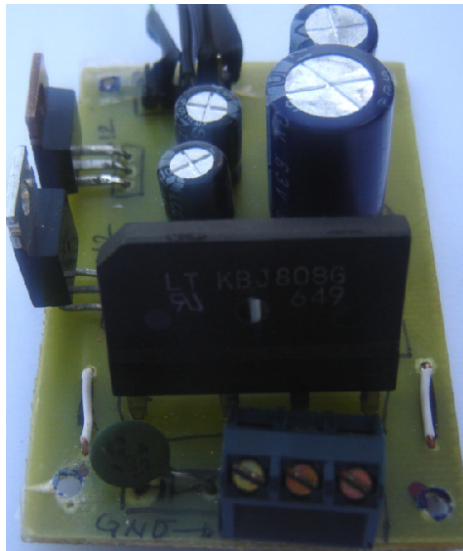


Figure IV.9 : Carte de l'alimentation symétrique du générateur à ultrason.

Générateur de signaux :



Figure IV.10 : Carte du générateur de signaux du générateur à ultrason.

Amplificateur :



Figure IV.11 : Carte de l'amplificateur en puissance monté sur son radiateur.

IX. Les points de teste du générateur à ultrason :

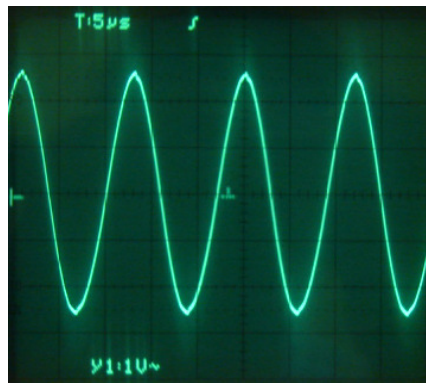


Figure IV.12 : Visualisation à l'oscilloscope de la sinusoïde à la sortie du ICL8038 (base de temps 5µs, base d'amplitude 1V)

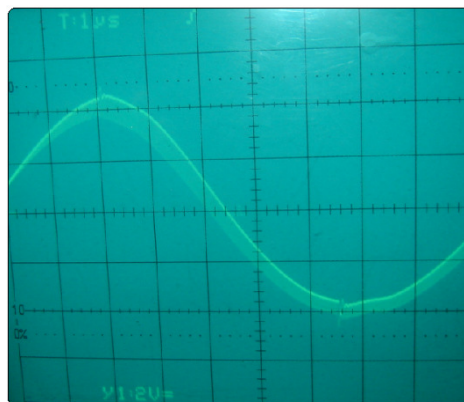


Figure IV.13. : Visualisation à l'oscilloscope de la sinusoïde à la sortie du préamplificateur (base de temps 1µs, base d'amplitude 2V).

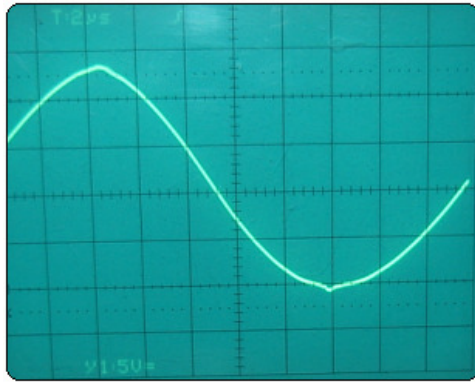


Figure IV.14. : Visualisation à l'oscilloscope de la sinusoïde de sortie de l'amplificateur LM3886 à vide (base de temps 2 μ s, base d'amplitude 5V).

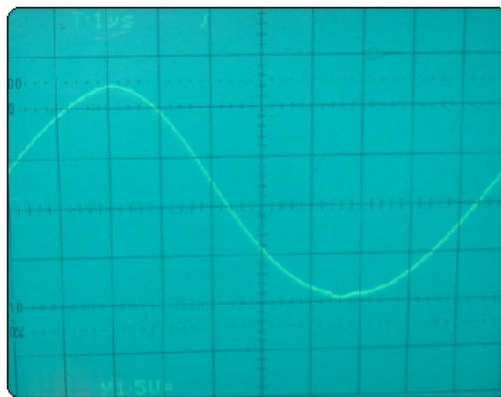


Figure IV.15. : Visualisation à l'oscilloscope de la sinusoïde de sortie de l'amplificateur LM3886 avec charge (base de temps 1 μ s, base d'amplitude 5V).

X. Présentation externe du générateur à ultrason :



Figure IV.15. : Vue externe, face avant du boîtier du générateur à ultrasons.

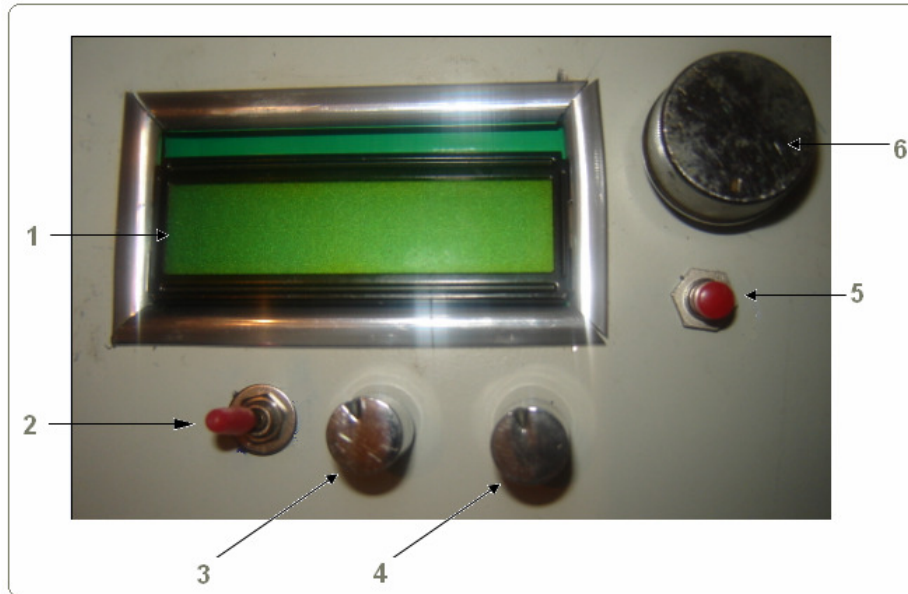


Figure IV.17. : Partie de commande et affichage

- 1 : C'est l'affichage LCD.
- 2 : C'est la commande de l'amplification.
- 3 : C'est la commande large de la fréquence.
- 4 : c'est la commande fine de la fréquence.
- 5 : c'est le bouton de reset.
- 6 : réglage du contraste.



Figure IV.18 : Vue de la face supérieur du générateur à ultrason (tweeter).

CONCLUSION :

CONCLUSION :

Le travail qui nous a été confié est la conception et réalisation d'un bac à ultrason destiné à générer des ondes ultrasonore de fréquence variable pour assisté des dépôts électrochimiques de métaux. Nous avons ainsi put respecter le cahier des charges en le réalisant avec une fréquence allant de 20KHz à 100 KHz avec une bonne fidélité et une commande analogique du pas.

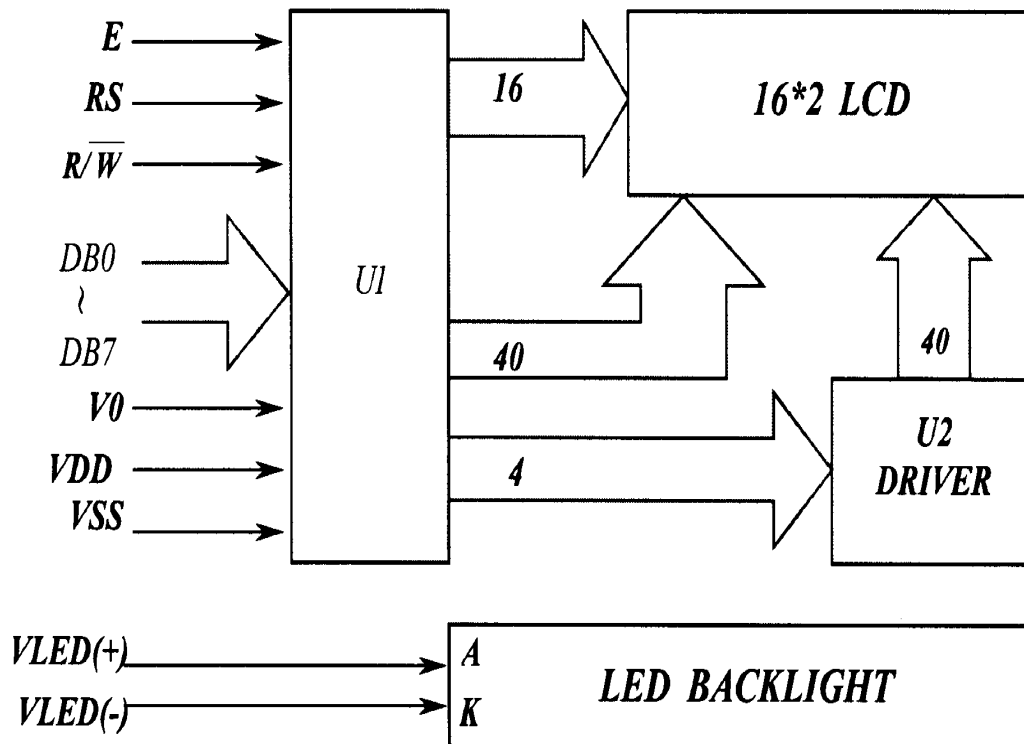
La motivation qui nous a permis de persévérer est son utilité et son intérêt scientifique. Sans lequel ce projet n'aurait pas vus le jour.

Ce travail peut être amélioré sur plusieurs plans, à commencer par son alimentation en la remplaçant par une alimentation à découpage bien régulé, ce qui nous éviterais le problème d'intermodulation du générateur de signaux avec l'alimentation. Un deuxième point qui peut être améliorer c'est sont amplification en augmentant la puissance de son amplificateur.

Annexe

Annexe 1 :

Architecture fonctionnelle d'un afficheur LCD à accès parallèle.



Comme le montre le schéma fonctionnel, l'affichage comporte d'autres composants que l'afficheur à cristaux liquides (LCD) seul. Un circuit intégré de commande spécialisé, le contrôleur LCD (U1) est chargé de la gestion du module. Le "contrôleur" remplit une double fonction: d'une part il commande l'affichage et de l'autre se charge de la communication avec l'extérieur.

Exemples de caractères qui peuvent être affichés par un afficheur LCD

Higher Lower 4bit 4bit	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000		0	a	P	\	P		-	9	E	e	p	
xxxx0001		!	1	A	Q	a	q	u	7	f	4	3	q
xxxx0010		"	2	B	R	b	r	r	Y	x	e	e	
xxxx0011		#	3	C	S	c	s	J	O	T	E	e	w
xxxx0100		\$	4	D	T	d	t	\	l	t	P	u	a
xxxx0101		%	5	E	U	e	u	.	o	+	1	e	o
xxxx0110		&	6	F	V	f	v	9	o	2	3	o	z
xxxx0111		'	7	G	W	g	w	7	F	X	7	q	π
xxxx1000		(8	H	X	h	x	4	o	*	U	J	X
xxxx1001)	9	I	Y	i	y	6	t	J	W	Y	U
xxxx1010		*	:	J	Z	j	z	2	o	o	v	i	F
xxxx1011		+	:	K	L	k	l	*	9	o	o	*	π
xxxx1100		,	<	L	*	l	l	+	5	7	7	o	π
xxxx1101		-	=	M	I	m	i	u	z	^	o	t	+
xxxx1110		.	>	N	^	n	^	a	t	o	^	π	
xxxx1111		/	?	O	_	o	+	w	U	7	^	o	■

Jeu de commandes standard des afficheurs LCD:

instruction	RS	R/w	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	DESCRIPTION	duré
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Efface l'ensemble de la mémoire de données sans toucher au générateur de caractère ramène le curseur en position home a l'adresse 00	1.64 ms
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Ramène le curseur en position home 00 si la l'affichage est décalé il est remis a sa position d'origine.	1.64 ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	0	I/D	S	Définit le sens de déplacement du curseur après l'apparition de caractère	40µs
Display ON/OFF control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Mit l'affichage ou hors fonction d'affichage	40
Cursor and display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	Déplace le curseur S/C=1 ou l'affichage S/C=1 d'une position vers la gauche R/L=1 ou la droite R/L=0	40µs
Faunction set	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	Définit la taille de l'interface DL=0 pour mode 4 bits DL=1 pour mode 8 bits	40 µs
Set CG RAM adress	0	0	0	1	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Définit l'adresse de la CG RAM	40µs
Set DD RAM adresse	0	0	1	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Définit l'adresse de la DD RAM	µs40
Read busy flag & adress	0	1	bf	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Lit le flag busy bf et l'adresse de la position du curseur.	1µs
Write data to cg or dd	1	0	D7	D6	D5.	D4	D3	D2	D1	D0	Ecrit la donnée dans la dd ou cg ram	
READ DATA	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Lit les données de la DD OU CG RAM.	40 µs

- **MCLR** : c'est une broche de reset pour le PIC, elle dispose de plusieurs possibilités :
 - A l'allumage du PIC (Power on reset).
 - Reset externe par bouton poussoir par exemple (ce reset va être décrit plus loin)
 - Par chien de garde (Watch Dog Timer) : très utile car quand le pic se bloque dans une boucle sans fin le chien de garde s'active pour réinitialiser le PIC.
- **La pile** : Elle supporte 8 niveaux elle est d'une taille de 8x13bits. Autrement dit : elle supporte 8 niveaux d'imbrication, si y en a un 9^{ème} niveaux la première adresse de retour serait perdue.

Jeu d'instructions du PIC16F84A :

1 « GOTO » (ALLER À)

Cette instruction permet de charger une adresse de le PC (programme counter).

2 « INCF » (INCREMENT FILE)

Nous permet d'incrémenter l'emplacement spécifié.

3 « DECF » (DECREMENT FILE)

Nous permet de décrémenter l'emplacement spécifié.

4 « MOVLW » (MOVE LITERAL TO W)

Charge une constante spécifiée dans le registre de travail W.

5 « MOVF » (MOVE FILE)

Charge le contenu de l'emplacement spécifié dans la destination.

6 « MOVWF » (MOVE W TO FILE)

Charge le contenu de W dans F.

7 « ADDLW » (ADD LITERAL AND W)

Ajoute une constante k à W, le résultat dans W.

8 « ADDWF » (ADD W AND F)

Ajoute W à F, le résultat dans W ou F selon cas.

9 « SUBLW » (SUBTRACT W FROM LITERAL)

Soustrait W d'une constante.

10 « SUBWF » (SUBTRACT W FROM F)

Soustrait W de F, le résultat dans W ou F selon cas.

11 « ANDLW » (AND LITERAL WITH W)

Effectue un et entre une constante et W.

12 « ANDWF » (AND W WITH F)

Effectue un et entre une F et W.

13 « IORLW » (INCLUSIVE OR LITERAL WITH W)

Effectue un ou inclusif entre une constante et W.

14 « IORWF » (INCLUSIVE OR W WITH FILE)

Effectue un ou inclusif entre F et W.

15 « XORLW » (EXCLUSIVE OR LITERAL WITH W)

Ou exclusif entre une constante et W, résultat dans W.

- 16 « XORWF » (EXCLUSIVE OR W WITH F)**
Ou exclusif entre F et W, résultat dans W ou F selon cas.
- 17 « BSF » (BIT SET F)**
Fait passer un bit déterminé de F à 1.
- 18 « BCF » (BIT CLEAR F)**
Fait passer un bit déterminé de F à 0.
- 19 « RLF » (ROTATE LEFT THROUGH CARRY)**
Effectue une rotation de bits à gauche à travers carry.
- 20 « RRF » (ROTATE RIGHT THROUGH CARRY)**
une rotation de bits à droite à travers carry.
- 21 « BTFSC » (BIT TEST F, SKIP IF CLEAR)**
Tester un bit déterminé de F sauter l'instruction suivante si celui-ci est nul.
- 22 « BTFSS » (BIT TEST F, SKIP IF SET)**
Tester un bit déterminé de F sauter l'instruction suivante si celui-ci est à 1.
- 23 « DECFSZ » (DECREMENT F, SKIP IF Z)**
Décrémenter F si le résultat est nulle, sauter la prochaine instruction.
- 24 « INCFSZ » (INCREMENT F, SKIP IF ZERO)**
Incrémenter F si le résultat est nulle, sauter la prochaine instruction.
- 25 « SWAPF » (SWAP NIBBLES IN F)**
Permute les deux demi octets de F, le résultat dans F ou W selon cas.
- 26 « CALL » (CALL SUBROUTINE)**
C'est un appel d'un sous programme.
- 27 « RETURN » (RETURN)**
Retour d'une sous routine.
- 28 « RETLW » (RETURN WITH LITERAL IN W)**
Retour d'une sous routine avec le résultat dans W.
- 29 L'INSTRUCTION « RETFIE » (RETURN FROM INTERRUPT)**
Retour d'une interruption.
- 30 « CLRF » (CLEAR F)**
Placer 0 dans F.
- 31 « CLRW » (CLEAR W)**
Placer 0 dans W.
- 32 « CLRWDT » (CLEAR WATCHDOG)**
Initialisation du timer du chien de garde.
- 33 « COMF » (COMPLEMENT F)**
Complémente F.
- 34 « SLEEP » (MISE EN SOMMEIL)**
Mise en veille.
- 35 L'INSTRUCTION « NOP » (NO OPERATION)**
Demande au PIC de ne rien faire durant un cycle d'horloge.

Mémoire RAM :

C'est une mémoire de données de 68 octets librement utilisable. Elle se divise en deux parties :

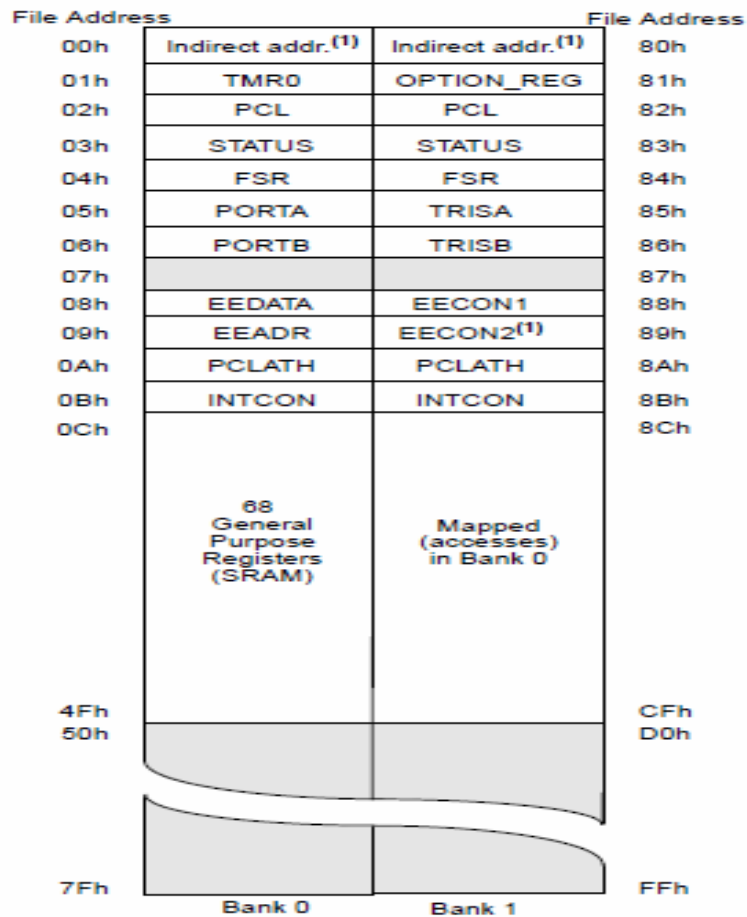
- Bank0
- Bank1

Chaque banque se divise en deux zones :

- Zone contenant des registres spéciaux en Bank0 de l'adresse 00h jusqu'à 0Bh, en Bank1 de l'adresse 80h jusqu'à 8Bh.
- Zone librement utilisable, en Bank0 de l'adresse 0Ch jusqu'à 4Fh, en Bank1 de l'adresse 8Ch jusqu'à CFh.

On retrouve aussi une zone morte (que l'on ne peut pas exploiter, le constructeur nous fait remarquer qu'elle est lue 0), en Bank0 de l'adresse 50h jusqu'à 7Fh, en Bank1 de l'adresse D0h jusqu'à FFh.

Voir la Figure III- 1.



Map mémoire de la RAM du PIC16F84A.

Les registres spéciaux :

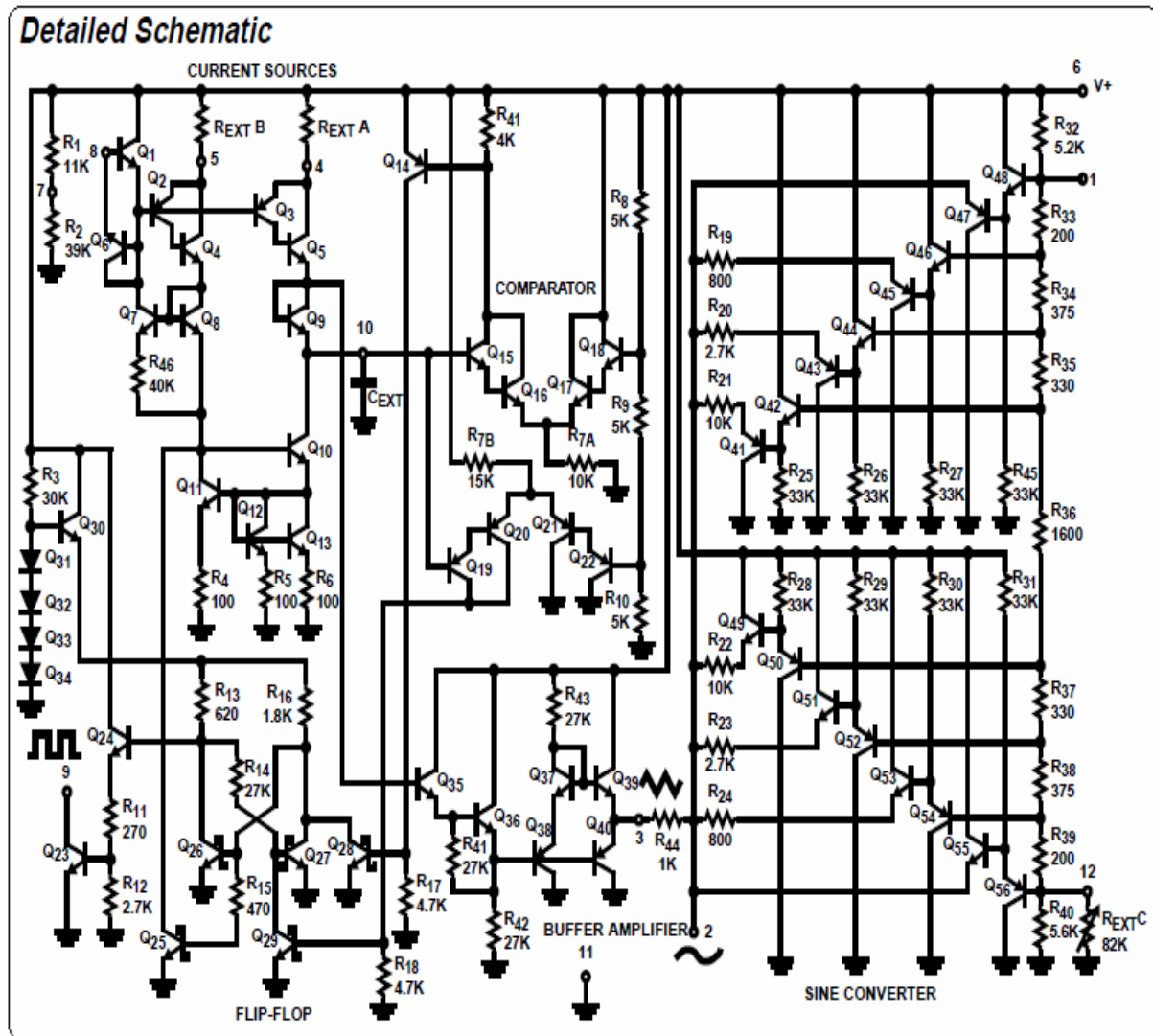
Le PIC 16F84A, il supporte la programmation par bit. Ce qui veut dire que chaque bit de chaque registre a une signification particulière.

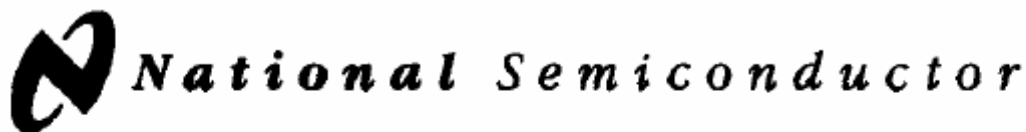
Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Bank 0									
00h	INDF	Uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)							
01h	TMR0	8-bit real-time clock/counter							
02h	PCL	Low order 8 bits of the Program Counter (PC)							
03h	STATUS ⁽²⁾	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C
04h	FSR	Indirect data memory address pointer 0							
05h	PORTA ⁽⁴⁾	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0
06h	PORTB ⁽⁵⁾	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT
07h		Unimplemented location, read as '0'							
08h	EEDATA	EEPROM data register							
09h	EEADR	EEPROM address register							
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC ⁽¹⁾				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
Bank 1									
80h	INDF	Uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)							
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
82h	PCL	Low order 8 bits of Program Counter (PC)							
83h	STATUS ⁽²⁾	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C
84h	FSR	Indirect data memory address pointer 0							
85h	TRISA	—	—	—	PORTA data direction register				
86h	TRISB	PORTB data direction register							
87h		Unimplemented location, read as '0'							
88h	EECON1	—	—	—	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD
89h	EECON2	EEPROM control register 2 (not a physical register)							
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC ⁽¹⁾				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

Les registres spéciaux de la RAM avec leurs adresses dans le map et leurs bits constitutifs.

Annexe 3 :

Schéma électrique interne du ICL8038 :





LF155/LF156/LF157 Series Monolithic JFET Input Operational Amplifiers

General Description

These are the first monolithic JFET input operational amplifiers to incorporate well matched, high voltage JFETs on the same chip with standard bipolar transistors (BI-FET™ Technology). These amplifiers feature low input bias and offset currents/low offset voltage and offset voltage drift, coupled with offset adjust which does not degrade drift or common-mode rejection. The devices are also designed for high slew rate, wide bandwidth, extremely fast settling time, low voltage and current noise and a low 1/f noise corner.

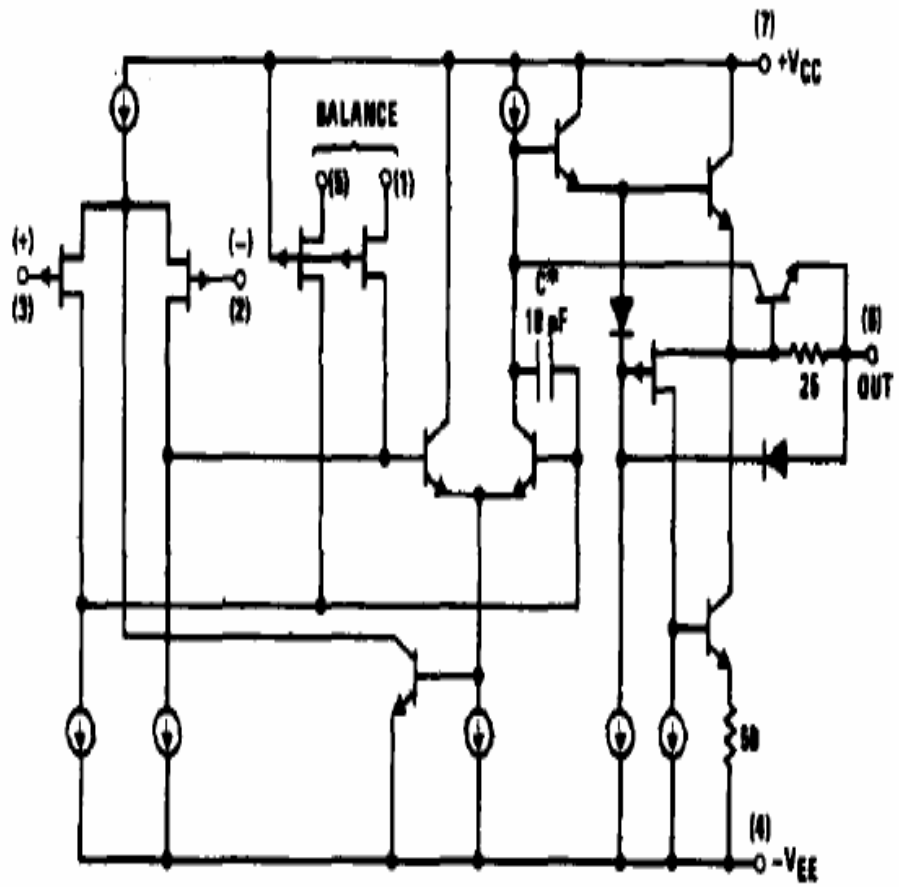
Advantages

- Replace expensive hybrid and module FET op amps
- Rugged JFETs allow blow-out free handling compared with MOSFET input devices
- Excellent for low noise applications using either high or low source impedance—very low 1/f corner
- Offset adjust does not degrade drift or common-mode rejection as in most monolithic amplifiers
- New output stage allows use of large capacitive loads (5,000 pF) without stability problems
- Internal compensation and large differential input voltage capability

Applications

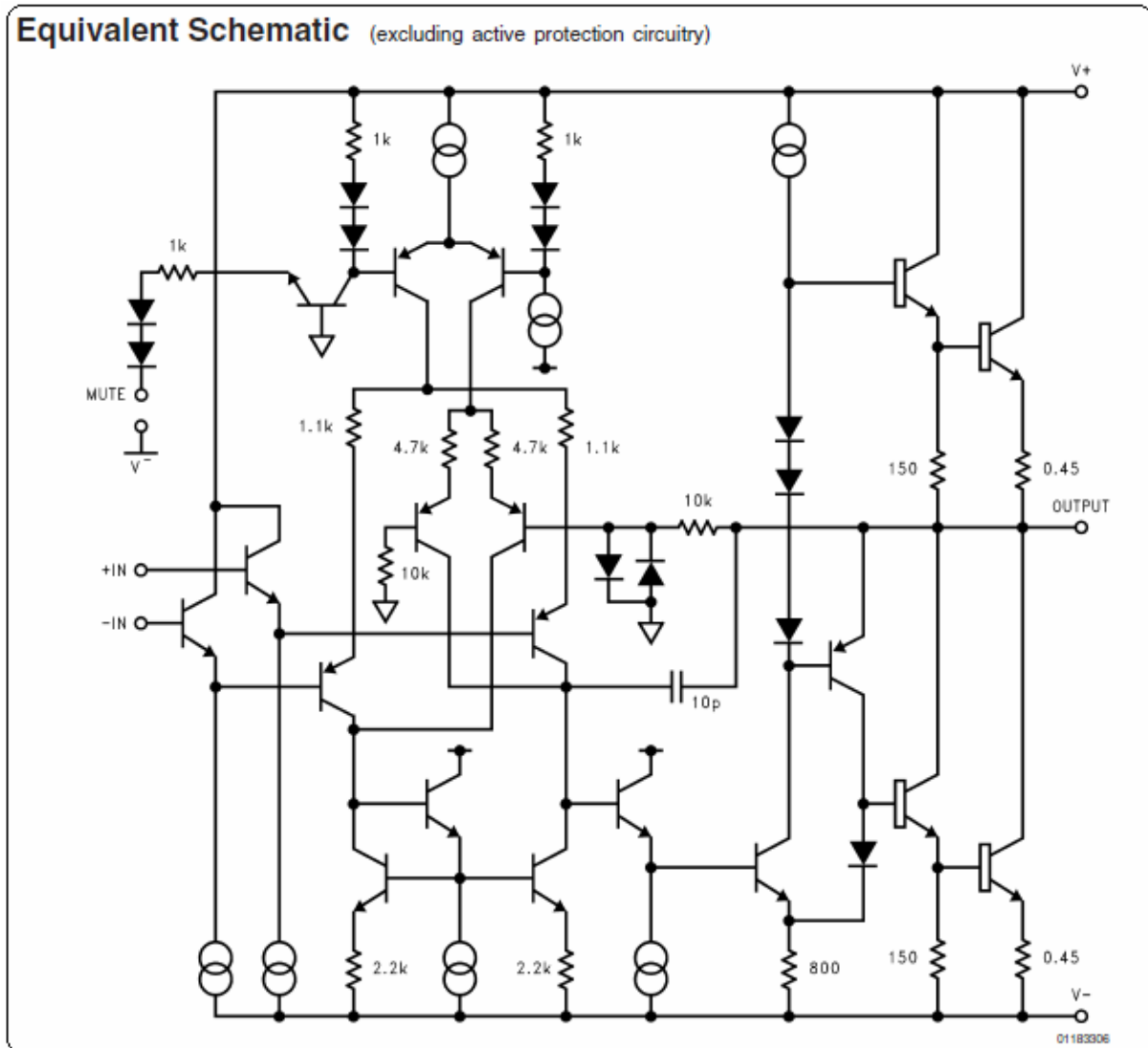
- Precision high speed integrators
- Fast D/A and A/D converters
- High impedance buffers
- Wideband, low noise, low drift amplifiers
- Logarithmic amplifiers
- Photocell amplifiers
- Sample and Hold circuits

Simplified Schematic



Annexe 4 :

Schéma électrique interne du LM3886 :



BIBLIOGRAPHIE :

BIBLIOGRAPHIE :

« Le livre des techniques du son », Tome 1, collectif d'auteur, Edition : fréquence.

Encyclopædia Universalis 2009, tous droits réservés

Informations concernant « Les afficheurs à cristaux liquides » sont reprises du livre de Pascale MAYEUX -Apprendre la programmation des PIC » 3^{ème} édition Chapitre 15 faisant référence à ELECTRONIC :2337, Le constructeur HITTACHI, Le constructeur All Shore Industries, Inc. One Edgewater Plaza, Staten Island, NY 10305 et divers liens internet dédiés.

« Cours élémentaires de physique » Tome 2 et 3. Sous la direction de G. Landsberg. Edition Mir Moscou.

DATASHEET du PIC16F8X

MPLAB® IDE User's Guide

Le datasheet du pic 16f84

Apprendre la programmation des PIC 3^{ème} édition, auteur Pascale MAYEUX .

Les microcontrôleurs PIC 3^{ème} édition, auteur Christian TAVERNIER.

Apprendre la programmation des PIC 16F84A, Pseudonyme de l'auteur BIGONOFF.

MPLAB® IDE User's Guide.

Le help du logiciel MPLAB® IDE.

« Amplificateurs de puissance » Auteur : MICHEL GIRARD

<http://www.ulb.ac.be/polytech/gc/fichier/gregweb.html#Sonochimie>

Le help du logiciel « Protel DXP » version 2004.

« Op Amps for everyone » Texas Instruments.

Electronique de puissance, Auteur :R. MERAT, édition : NATHAN.

Techniques des impulsions, Auteur : L. DORVAL, Edition : Mc Graw Hill.

Projets en électronique, conception et fabrication. Auteur : RONALD A. REIS. Edition : EYROLLES.

Guide de choix des composants. JEAN-FRANCOIS MACHUT. Edition : ETSF.

Mémothèque électronique. Auteur : C. Chauveau. Edition : CASTEILLA.