

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dehleb Blida

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR



DEPARTEMENT AERONAUTIQUE
Option : Avionique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme (D.E.U.A) en Aéronautique

THEME

RADAR DE REcul

Dirigé par :

Mr : **KOUIDER ELOUAHED BOULENOUARE**

Etudié et réalisé par:

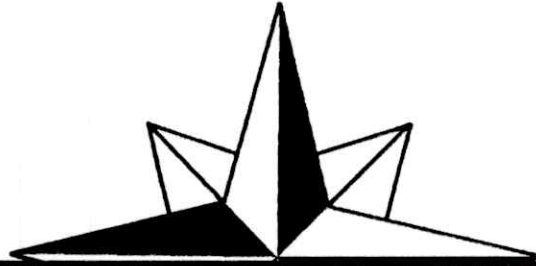
Mr : **BELGUELLIL ABDELKRIM**

Mr : **HAMMADI SAID**



Promotion 2004-2005

Dédicaces:



A ma famille:

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'ont instruit et encouragé tout le long de mes études. A ma très chère sœur et à mes très chères frères surtout WALID.

A ma grand- mère , mes oncles et tantes et à tous mes cousins et mes cousines.

A mes deux grand- pères , que dieu les accueille dans son vaste paradis.

A mes amis:

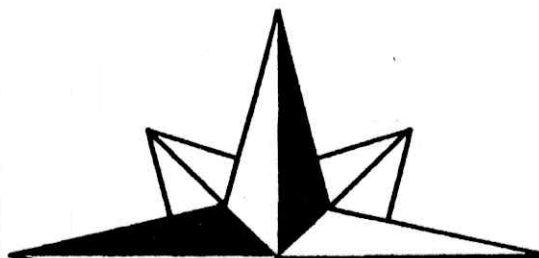
A mon binôme SAÏD, à MOHAMMED, ABDEERRAHIM, RIAD, BOUMEDIENNE, RABAH, REDOUANE, KHALED, et surtout à mon chère amis KAMEL et mon cousin MOHAMMED et YAHIA .

A tous ceux que j'ai Oublié de citer.



Belguellil Abdelkrim

Dédicaces:



Je dédis ce modeste travail:

Tout d'abord à :

*mon père à qui je dois tout et ma chère mère que j'espère sera
fière de moi et toute la famille .*

A mes amies:

*Abdelkrim, Redouane, Rabah, Hakim, Khaled, Mansour berbak,
Tayeb sans oublier mes chers amis Youbi Boumediene, fares,
elkheier, chouaib et saidanie.*



Hammadi Said

Sommaire

Introduction général	01
<u>Chapitre I : généralités</u>	
I.1. Généralités sur les ultrasons.....	04
I.1.1. Historique sur les ultrasons.....	04
I.1.2. Les ultrasons.....	04
I.1.3. Principe de vibrations.....	05
I.1.4. Propriétés physique des ultrasons.....	05
I.1.5. Domaine d'application des ultrasons.....	06
I.1.5.1. Application des ondes acoustiques Dan la détection.....	07
I.2. Générateur astable des ultrasons.....	08
I.2.1. Définition.....	08
I.3. Principe générale de la détection et mesure.....	09
I.3.1. Principe de la mesure de la distance.....	09
I.3.2. Principe de la mesure du vitesse.....	10
I.4. Les ondes acoustiques.....	11
I.4.1. Définition.....	12
I.4.1.1. Fréquence et longueur d'onde.....	12
I.4.1.2. Célérité des ondes acoustiques.....	13
I.4.1.3. Intensité du son.....	14
I.4.1.4. Impédance acoustique.....	15
I.4.1.5. Atténuation et pertes d'énergie acoustiques.....	15
I.4.1.6. Diagramme de rayonnement et directivité.....	16
I.4.1.7. Les différentes forme de faisceaux.....	17
I.5. Les transducteurs ultrasoniques.....	18
I.5.1. Définition.....	18
I.5.2. Technologie des transducteurs.....	19
I.5.2.1. Fréquence de résonance.....	20
I.5.3. Les différents types du transducteurs.....	21
I.5.3.1. Les transducteurs piézo-électriques.....	21
I.5.3.2. Les transducteurs magnétostrictifs.....	22
I.5.3.3. Les transducteurs électrostrictifs.....	22
I.6. Quelques types de Radar.....	24
I.6.1. Définition d'un Radar.....	24
I.6.2. Radar Doppler.....	25

I.6.2.1. Effet Doppler.....	25
I.6.2.2. Mesure de la vitesse d'un objet par effet Doppler.....	25
I.6.2.3. Radar Doppler.....	26
I.6.2.4. Radar de recul.....	27

Chapitre II :étude de fonctionnement

II.1. Principe générale du détecteur.....	28
II.2. Schéma électrique.....	31
II.3. Description du fonctionnement des étages.....	32
II.3.1.L'alimentation.....	32
II.3.1.1.Le transformateur.....	32
II.3.1.2. Le redressement.....	33
II.3.1.3. Le filtrage.....	34
II.3.1.4. La régulation.....	35
II.3.2. L'étage d'émission.....	35
II.3.2.1. Base de temps.....	36
II.3.2.1.1. Charge.....	37
II.3.2.1.2. Décharge.....	37
II.3.2.1.3. Calcul des durées t_1 et t_0	38
II.3.2.2. Générateur des ondes ultrasonores.....	39
II.3.2.2.1. Mise en forme et commutation.....	41
II.3.2.3.L'émission des ondes ultrasonores.....	43
II.3.3. L'étage de réception.....	44
II.3.3.1.Amplification du signal.....	45
II.3.3.1.1.Première amplification du signal (U7A).....	45
II.3.3.1.2. Deuxième amplification du signal (U7B).....	46
II.3.3.2.Mise en forme du signal	48
II.3.3.2.1.Comparateur.....	48
II.3.3.2.2. Validation.....	49
II.3.4.Monostable U3B.....	49
II.3.4.1.Principe de fonctionnement du 74 LS221.....	50
II.3.4.2.Calcul de T_w	52
II.3.5.Traitement de l'information et signalisation.....	52

Chapitre III : Réalisation

III. Réalisation.....	55
III.1. Circuit imprimé.....	55
III.2.Implantation des composants.....	55
III.3. Réglages.....	61
III.4. Les essais.....	63

III.5. L'emplacement du Radar de Recul sur le véhicule.....	65
III.5.1. Spécifications techniques.....	65
III.5.2. Capteurs.....	65
III.5.3. Installation de l'unité de contrôle	66
III.5.4. Pannes et vérifications.....	67

Conclusion générale.....	68
--------------------------	----

Annexes

Nomenclatures

Bibliographie

la liste des figures

Chapitre I :

Fig I-1. Sonar actif.....	06
Fig I-2. Principe de la détection.....	08
Fig I-3. Mesure de la distance.....	09
Fig I-4. Mesure de la vitesse.....	10
Fig I-5. Fréquence et longueur d'onde.....	11
Fig I-6. Diagramme de rayonnement et directivité.....	15
Fig I-7. Différentes formes des faisceaux ultrasoniques.....	17
Fig I-8. Schéma du transducteur.....	18
Fig I-8-a. Schéma équivalent d'un transducteur.....	19
Fig I-9. Fréquence de résonance.....	20
Fig I-10. Transducteur ferromagnétique.....	21
Fig I-11. Polarisation de céramique ferroélectrique.....	22
Fig I-12. Schéma simplifié d'un Radar.....	23
Fig I-13. Réflexion des ondes acoustiques.....	25
Fig I-14. Principe du Radar Doppler.....	25

Chapitre II :

Fig II-1. Schéma synoptique.....	29
Fig II-2. Schéma électrique.....	31
Fig II-3. Schéma synoptique de l'alimentation.....	32
Fig II-4. Transformateur abaisseur 220V 12V.....	33
Fig II-5. Pond de diode.....	33
Fig II-6. Signal transformée.....	33
Fig II-7. Signal redressé.....	34
Fig II-8. Circuit de filtrage.....	34
Fig II-9. Filtrage.....	34
Fig II-10. Schéma électrique de l'alimentation.....	35
Fig II-11. Multivibrateur astable.....	36
Fig II-12. Chronogramme du multivibrateur.....	38
Fig II-13. Générateur des ondes ultrasonores.....	39
Fig II-14. Chronogramme du générateur d'impulsion.....	41
Fig II-15. Amplification du signal.....	41
Fig II-16. Schéma équivalent du transducteur émetteur.....	44
Fig II-17. Filtre passe bas.....	45
Fig II-18. Filtre passe-bande.....	46
Fig II-19. Schéma de la bascule.....	50
Fig II-20. Schéma équivalent du monostable.....	50

Fig II-21. Chronogramme du monostable.....	51
Fig II-22. Signal du trigger.....	53

Chapitre III :

Fig III-1. Circuit imprimé.....	59
Fig III-2. Implantation des composants.....	60
Fig III-3. Signal carré sous forme concave.....	61
Fig III-4. Les Chronogrammes du montage.....	64
Fig III-5. L'emplacement du Radar de Recul sur le véhicule.....	67
Fig III-6. Figuration d'un Radar de Recul.....	68

Introduction générale :

L'homme a connu la technique des ondes ultrasoniques en 1883 avec le physicien << GALTON >> qui fit des études sur la fréquence du seuil d'audibilité humaine, en utilisant la sirène dite << Sirène de GALTON >>, il testa la réaction des animaux avec des différentes fréquences sonores.

Lors de la première guerre mondiale, le développement rapide de la détection des sous-marins et du sondage maritime augmenta l'importance des ultrasons .

Vers 1937, la technique fut développée pour le contrôle des aciers . Au début, les vibrations ultrasoniques ont été utilisées pour compléter les essais des rayons << X >>.

En effet, notre modeste travail consiste à concevoir et réaliser un détecteur composé d'un émetteur et d'un récepteur , basé sur l'émission d'un train d'impulsions via un transducteur piézo-électrique travaillant en ultrasons, la réflexion de ce train d'impulsions sur l'obstacle à détecter déclenche à son tour des signalisations lumineuses .

Pour mener à lieu notre travail, nous l'avons divisé en trois parties :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les ultrasons, les transducteurs ultrasoniques et la détection , dans le deuxième chapitre nous étudierons le fonctionnement générale du système .Enfin, un troisième chapitre consacré la réalisation avec quelques améliorations, et on terminant notre travail avec une conclusion générale .



CHAPITRE I

I-Généralités:

I-1-Généralités sur les ultrasons:

Introduction:

Le terme « ultrasons » décrit des vibrations d'ondes de fréquence supérieure à la limite audible humaine (15 KHz) et qui va jusqu'à 500Mhz.limite supérieure.

I-1-1-Historique sur les ultrasons:

En 1912 les ultrasons ont été utilisés lors de la première guerre mondiale dans le domaine de la détection sous-marine puis exploités en 1918.

Les ultrasons n'ont eu guère d'autres applications jusqu'à la fin de la seconde guerre mondial, date à partir de laquelle on a commencé à les exploiter sur une grande échelle, dans de nombreuses branches de l'industrie, dans les laboratoires de recherche et même en médecine.

L'année 1951 vit les premières applications cliniques des ultrasons par l'utilisation d'une échographie.

I-1-2-Les ultrasons :

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques produits dans un milieu matériel (solide, liquide, gaz) à une fréquence supérieure à la limite d'audibilité des sons.

La plage de variation de la fréquence s'étend approximativement de 20Khz à 50Khz.

Les ultrasons possédant des longueurs d'onde de quelques centimètres à quelques microns (comparable à celles des ondes hertziennes et infrarouge), ils se propagent en faisceau rectiligne avec peu de diffraction à l'intérieur de la matière, comme les rayons X et même mieux. Si on ajoute à cela qu'ils peuvent véhiculer des densités d'énergie importantes, on déduit aisément leur vaste possibilité d'applications.

Pour les produire ou les détecter, on utilise divers procédés de transformations d'énergie électrique en énergie acoustique et vice-versa.

I-1-3- Principe des vibrations:

Le principe est basé sur un générateur d'ultrasons et un palpeur. Ce dernier est un matériau piézo-électrique dont la fréquence varie entre 0.5 Mhz et 15 Mhz.

Le palpeur joue deux rôles: il est émetteur et récepteur.

- Emetteur : le matériau piézo-électrique est soumis à un train d'impulsions engendrant des déformations qui donnent naissance aux ondes ultrasonores.
- Récepteur : il reçoit des ondes réfléchies par le corps à contrôler et les convertit en un signal électrique qui peut être visualisé ou enregistré.

Pour détecter, dimensionner et localiser un défaut dans une pièce, le contrôle par ultrasons exploite les propriétés des ondes ultrasonores suivantes:

- Une onde acoustique se propage dans un milieu élastique sans entraîner des modifications dans sa structure.
- Toute discontinuité rencontrée par l'onde provoque une modification de ses caractéristiques et donne lieu à des phénomènes de réflexion, réfraction et d'atténuation.

I-1-4-Propriétés physique des ultrasons:

On qualifie d'ultrasonores les ondes élastiques dont la fréquence est comprise entre 15 KHz et plusieurs centaines de Mhz.

En deçà de cette bande on a affaire à des sons ou à des infrasons, au-delà à des hyper sons les ultrasons possèdent toutes les propriétés générales des ondes élastiques et ils n'en ont point de spécifiques. Ce que leur comportement à parfois de particulier est relatif à leur interaction avec le milieu ou il se propagent, laquelle prend des aspects remarquables.

Lorsque la longueur d'ondes des ultrasons est du même ordre de grandeur que certaines dimensions caractéristique, diamètre des grains ou longueur des chaînes de molécules composant le milieu, ou bien la longueur d'ondes. Une autre radiation présente dans le même milieu. Or grâce à l'immense étendue spectrale des ultrasons (15 octaves), cette condition se réalise aisément dans de nombreux cas pratique : solides à structure granulaire, hautes polymères en solution suspensions colloïdales, aérosols, tissus biologique, essaims d'animalcules.

I-1-5-Domaine d'application des ultrasons:

-les applications des ultrasons sont si nombreuses et considérablement développées, citons quelques unes :

- *SONAR latéral utilisé pour la cartographie des fonds marins.
- *Mesure des pressions et des forces.
- *Hydroacoustique.
- *Domaine médical. (Échographie).
- *Détection des corps.
- *Radioélément et rayonnements ionisants.
- *Mesure des distances, des vitesses et d'épaisseurs des corps.
- *Effet de massage et de diathermie utilisables en thérapeutique.

REMARQUE:

L'application du principe des ultrasons par les capteurs favorisant l'absence de liaison mécanique qui représente une qualité spécifique des cas types de capteur. La variation de la réponse d'un détecteur à une source en fonction de sa distance est le principe de radar de recul.

I-5-1- Application des ondes acoustiques dans la détection :

Le système de détection utilisant les ondes acoustiques le plus répandu est le sonar qui est incontestable le plus classique des moyens de détection sous-marine. Son principe est basé sur la propagation des ondes acoustiques dans l'eau de mer, elles se propagent avec une vitesse de 1500 m/s, on distingue deux types :

1. le sonar actif :

Qui fonctionne selon le principe du radar : une onde acoustique (ultrasonique) est émise et son écho est analysé pour déterminer si l'onde a rencontré un obstacle, et lequel on peut éviter, et en même temps en mesurant le temps entre l'émission et la réception de l'écho, on peut calculer la distance séparant le sous-marin et l'obstacle (figure I-1).

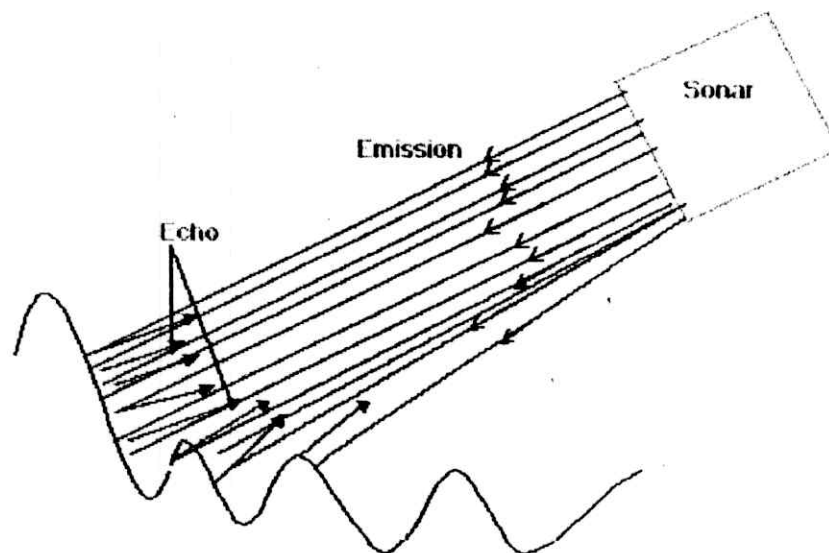


Figure I-1 : sonar actif

2. Le sonar passif :

Comme son nom indique, n'émet aucun signal, mais écoute et filtre l'ensemble des bruits d'objets rencontrés. Ce « goniomètre aquatique » souvent utilisé dans les sous-marins est totalement discret. Il est pour cette raison « l'oreille privilégiée » des sous-marins stratégiques, qui peuvent ainsi surveiller la zone dans laquelle ils évoluent.

I-2-Générateur Astable d'ultrasons:

I-2-1-Définition:

Le générateur employé est le classique NE555 en astable qui nous fournit un signal en créneau, sa fréquence d'oscillation est voisine de 40Khz et ajustable à la fréquence de résonance exacte du transducteur employé.

L'entrée de remise à 1 est connectée à la sortie de l'inverseur.

L'émission d'ultrasons s'effectue donc pendant une durée fixée à 0.5 ms pour ne pas perturber la réception de l'écho à une vitesse de 333 m/s dans l'air, des conditions de pression et température normales, la distance parcourue en 0.5 ms est donnée par le calcul suivant, où X représente la distance à l'obstacle réfléchissant:

$$2X = 333 * 0.0005 = 0.17 \text{ m}$$

$$X = 0.085 \text{ m}$$

Comme cette distance est jugée trop faible pour pouvoir détecter un obstacle, la durée d'émission des ultrasons est donc un compromis découlant de considérations essentiellement pratiques.

I-3- Principe général de la détection et mesure :

La détection d'une cible quelconque fixe ou mobile repose en général, sur l'émission d'une onde capable de se réfléchir sur l'obstacle (acoustique ou électromagnétique) à l'ordre d'un faisceau directif qui sera réfléchi par cette cible. L'onde réfléchie par la cible (écho) est détectée par un récepteur, ce qui indique la présence de l'obstacle. La figure I-2 donne le principe de la détection. On peut mesurer trois paramètres de la détection :

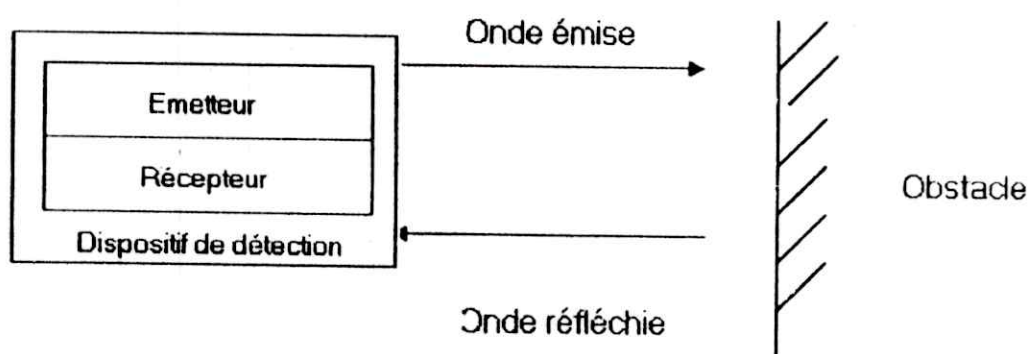


Figure I-2 : principe de la détection

I-3-1-Principe de la mesure de la distance :

Le principe de la mesure de la distance est basé sur le phénomène de l'écho (Réflexion des ondes). Les ondes d'un type déterminé se réfléchissent sur l'obstacle à détecter et sont reçues par un récepteur.

L'intervalle de temps « t » séparant l'émission de la réception des ondes réfléchies nous permet de déterminer la distance « d » qui sépare le détecteur de l'obstacle (figure I-3). Pour calculer cette distance, on utilise la relation suivante :

$$D = v \cdot t / 2$$

D'où : V est la vitesse de propagation des ondes utilisées quelque soient électromagnétiques, lumineuses ou acoustiques.

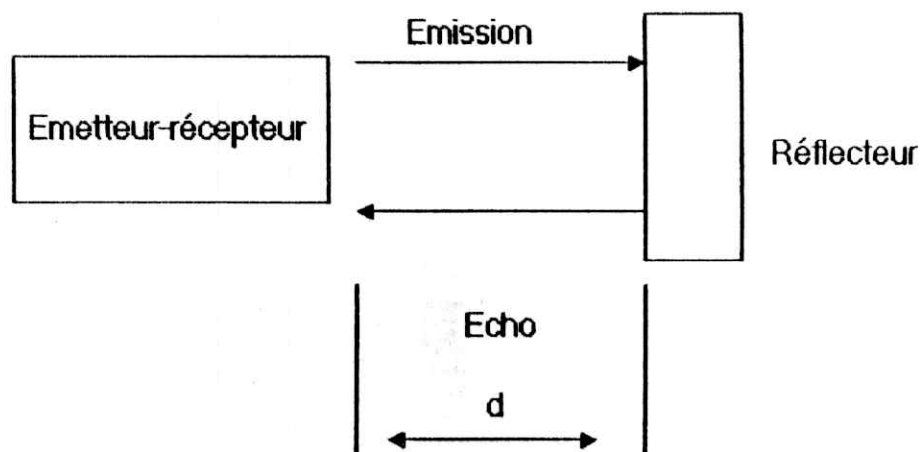


Figure I-3 : Mesure de la distance

I-3-2-Principe de la mesure de la vitesse :

La mesure de la vitesse d'une cible s'effectue en exploitant le phénomène de l'effet doppler bien connu.

Ce phénomène se traduit par la différence de fréquence entre le signal émis et le signal réfléchi par l'obstacle mobile.

La fréquence du signal réfléchi par un l'obstacle de vitesse V présente un écart par rapport à la fréquence du signal émis, écart qui est proportionnel à la vitesse radial V_R du mobile qui est la projection de la vitesse V sur l'axe (dispositif de détection-cible).

La mesure de cet écart permet de déterminer cette vitesse radiale (figure I-4).

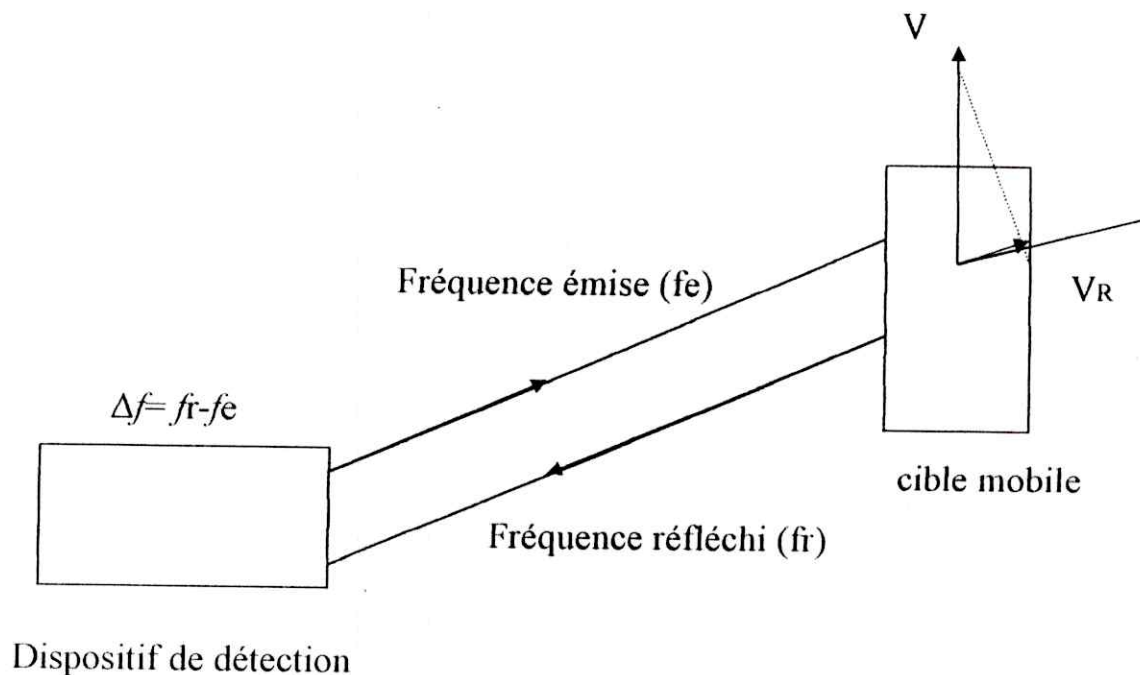


Figure I-4 : mesure de la vitesse

Remarque :

Les ondes utilisées pour la détection se différencient selon la nature des objets à détecter et le milieu de détection.

Dans notre projet les ondes utilisées sont : les ondes acoustique.

I-4- Les ondes acoustiques :

Les ondes acoustiques les plus utilisées dans la détection sont les ultra-sons. La bonne réflexion de ces ondes permet de les utiliser dans la détection d'une façon fréquente. On peut mesurer la distance séparant le détecteur et l'obstacle et même sa vitesse de déplacement.

I-4-1-Définition :**I-4-1-1-Fréquence et longueur d'onde :**

Dans le domaine des sons audibles, la fréquence est comprise entre 20 Hz et 20 KHz, si on dépasse ce seuil, on entrera dans le domaine des ultrasons.

On choisit la fréquence de 40 KHz pour notre travail qui correspond à une période de $T=1/f=1/40=25 \mu\text{s}$, (figure I-5-a).

La longueur d'onde d'un son est la distance parcourue par le son durant une période d'oscillation donnée. Ainsi, une onde de fréquence 1KHz a une longueur d'onde $\lambda=C/f=C.T$

λ : longueur d'onde (m)

C : célérité du son (m/s)

F : fréquence de l'onde (Hz).

Ainsi, dans notre cas la longueur d'onde est égale à :

$330.25.10^{-6}=0,0825 \text{ mm}$. (Figure I-5-b)

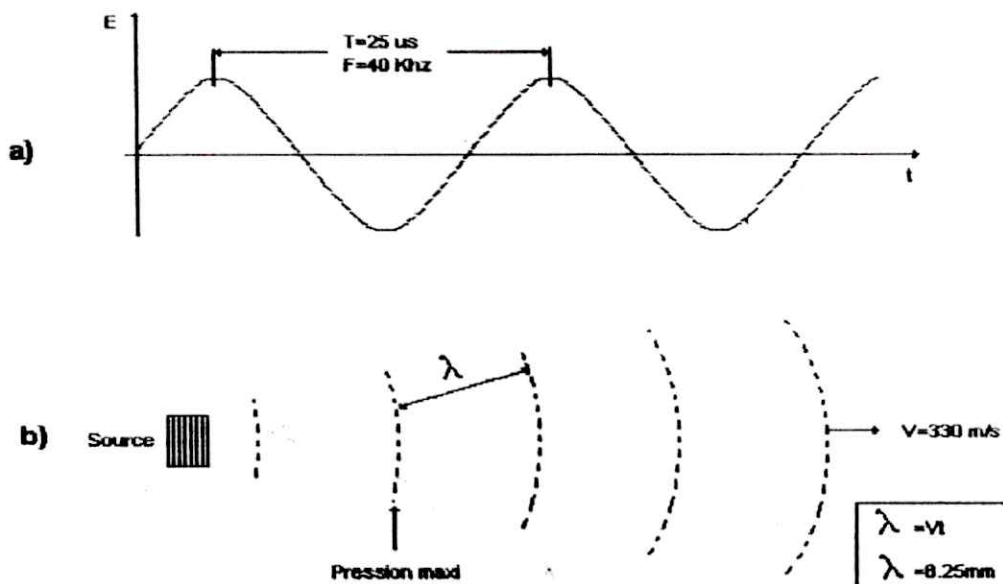


Figure I-5 : Fréquence et longueur d'onde

I-4-1-2- Célérité des ondes acoustiques :

Le terme célérité est préféré au terme vitesse, car il n'y a pas de déplacement physique des molécules dans l'air, mais seulement une vibration qui se produit entre eux.

La célérité varie selon l'élasticité du milieu de propagation.

- Dans les solides :

L'expérience montre que les ondes acoustiques se propagent dans les solides d'une vitesse plus grande que dans les autres matières, par exemple :

L'acier : 5000 m/s

Le verre : 5000 à 6000 m/s

Plomb : 1320 m/s

Béton: 3500 m/s

- Dans les liquides :

Pour les liquides, la célérité est plus petite que dans les solides, parce que les liquides sont moins élastiques que les solides. Les essais faits montrent que dans l'eau pure et à la température de 8°C, la célérité trouvée est : de 1450 m/s, mais on prend 1500 m/s comme célérité du son dans l'eau de mer à la température de 15°C, cette valeur est utilisée pour étudier les profondeurs et pour déterminer la direction d'un bateau, d'un sous-marin ou d'une torpille.

- Dans les gaz :

Pour mesurer la célérité du son dans les gaz, on utilise la relation suivante :

$$C = \sqrt{\theta \cdot R \cdot T}$$

D'où, C : est la célérité du son.

θ : coefficient d'élasticité du milieu de propagation (pour l'air $\theta = 1,4$)

R : constante des gaz parfaits (218,58 Z/Kg)

T : la température en Kelvin (273 t°C)

Dans l'air, à $T=20^{\circ}\text{C}$, la célérité du son est de 330 m/s.

Remarque :

Les ondes ultrasoniques se propagent de la même manière que les ondes sonores, et à la même vitesse.

I-4-1-3-Intensité du son :

L'intensité d'une onde sonore correspond au flux de la puissance sonore par unité de surface. Ainsi, pour éveiller une sensation auditive chez une personne jeune, il suffit d'une intensité de 10^{-12} W/m^2 .

Cependant, il y a une autre unité « le Bel » ou « le décibel ».

Nombre de bels = $\log I/I_0$.

D'où : I : intensité sonore effective .

I_0 : seuils d'audition 10^{-12} W/m^2 .

On a : $I=P/a$

D'où : P : est la puissance de l'onde acoustique

a : la section de la colonne d'air d'où le son se déplace

L'intensité du son varie selon les facteurs suivants :

- L'amplitude de vibration de la source
- La surface de la source : elle varie directement proportionnellement à la surface.
- La nature de milieu de propagation : elle augmente avec l'augmentation de l'élasticité du milieu.
- La distance entre la source et le récepteur : elle est inversement proportionnellement au carré de la distance entre la source et le récepteur du son .

I-4-1-4-Impédance acoustique :

On conçoit que pour communiquer une même vitesse aux particules, il faut exercer des forces, donc des pressions beaucoup plus importantes dans un solide rigide, où les forces d'élasticité sont beaucoup moins liées entre elles .

$$Z = P/V_i .$$

Avec : P : pression acoustique .

V_i : vitesse instantanée des particules .

Ce rapport est constant pour un corps donné et constitue l'une de ses caractéristiques, il est nommé << impédance acoustique >>, celle-ci dépend de la masse spécifique et du module de compressibilité .

D'autres part, on peut calculer cette impédance par la relation suivante :

$$Z = \rho . C$$

D'où : ρ : masse volumique du milieu .

C : célérité du son dans le milieu .

Donc, l'impédance acoustique peut être considérée comme proportionnelle à la densité du milieu .

I-4-1-5- Atténuation et pertes d'énergie acoustique :

l'expérience montre que le son s'affaiblit avec l'augmentation de la distance entre la source et l'oreille, ceci pour les raisons suivantes :

1. l'énergie transmise par une onde acoustique dans toutes les directions de propagation est répartie dans une masse dépendance du milieu de propagation .

2. une partie de cette énergie acoustique se transforme en chaleur durant la propagation, parce que le milieu n'est pas strictement élastique, donc, les pertes sont inversement proportionnelles à l'élasticité du milieu, c'est pour cela que la portée dans les corps solides est plus grande qu'ils sont plus élastiques .

Rappelons que l'énergie d'absorption d'un milieu est une de ces caractéristiques. L'énergie acoustique transformée en chaleur dans le passage d'un milieu est variable selon la fréquence (quand la fréquence augmente, les pertes augmentent et vice versa), pour cette raison, les sons aigus s'affaiblissent plus rapidement que les sons graves, d'autre part, le son d'une fréquence précise à une puissance d'absorption variable d'un milieu à l'autre.

I-4-1-6-Diagramme de rayonnement et directivité :

Les diagrammes de rayonnement montrent que l'intensité sonore varie avec l'angle d'observation.

Pour les sources ultrasoniques planes de dimensions finies, l'intensité décroît jusqu'à s'annuler et passe ensuite par des maxima secondaires (lobes secondaires) comme l'indique la figure I-6 :

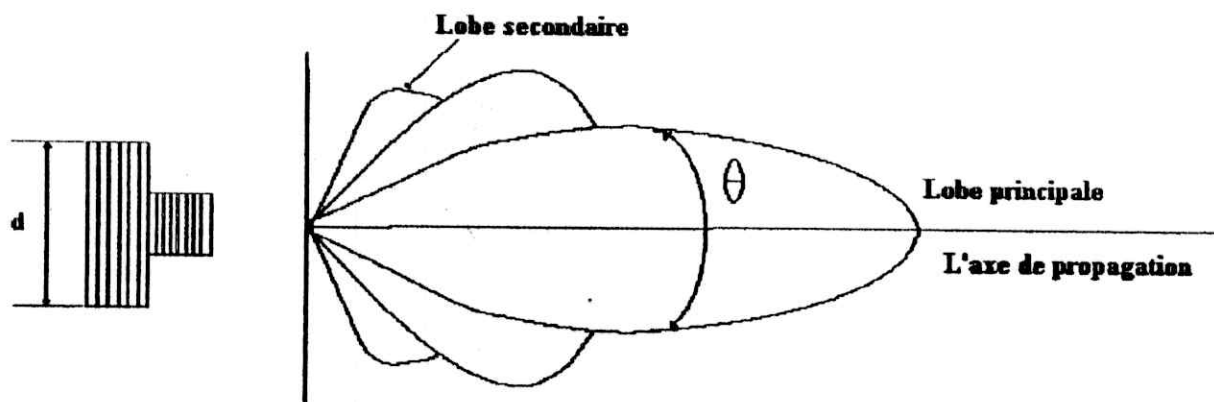


Figure I-6 : Diagramme de rayonnement et directivité

On appelle ouverture du faisceau, l'angle formé par les droites passant par le centre de la source et le premier zéro de l'intensité.

A titre indicatif : une plaque de diamètre $\ll d \gg$ rayonnant des ultrasons normalement à son plan fournira un faisceau d'ouverture θ en radian donné par la relation :

$$\Theta = 2\lambda/d .$$

On sait pratiquement que les ultrasons utilisés dans la vie quotidienne vont de 20KHz à 50 KHz, ce qui correspond à des longueurs d'ondes allant de quelques centimètres à quelques millimètres, pour $\ll d \gg$ de l'ordre du millimètre, on obtient facilement une directivité aussi bonne qu'avec la lumière visible.

A cet effet, dans la zone proche du transducteur appelée zone de Fresnel, le faisceau a sensiblement les mêmes dimensions latérales que le transducteur émetteur.

I-4-1-7-Les différentes formes des faisceaux :

De l'étude accomplie dans le paragraphe précédent. Nous voyons que la forme du faisceau ultrasonore dépend du rapport entre le carré du rayon du transducteur $\ll a^2 \gg$ et la longueur d'onde utilisée $\ll \lambda \gg$.

Si ce rapport est petit, le cristal se comporte comme une source d'émission ponctuelle et le faisceau d'énergie dans toutes les directions (figure I-7-a), et si ce rapport est élevé, le faisceau est parallèle et le diamètre égale à celui du cristal (figure I-7-b).

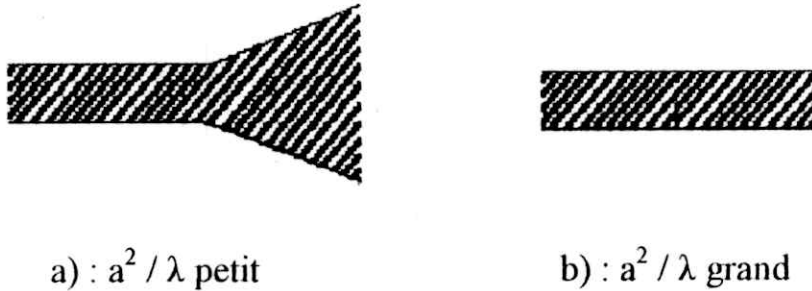


Figure I-7 : Différentes formes des faisceaux ultrasoniques

En plus du faisceau principal , des émissions latérales appelées lobes latéraux viennent compliquer le faisceau de la figure II-2.

Toutefois, ces lobes latéraux ont une intensité qui ne dépasse jamais 15% de celle du faisceau.

I-5- Les transducteurs ultrasoniques :

I-5-1-Définition:

En toute rigueur ,les générateurs mécaniques ou électro-mécanique ne méritent pas le nom de transducteurs , car ils ne sont pas réversibles l'archétype en est le sifflet à chien ,dont le "son" excède de peu la fréquence limite de la perception humaine.

L'élément essentiel des appareils de ce type est un dispositif résonant (cavité au lame biseaute) excite au moyen d'un jet de fluide (gaz ou liquide),tubulaire ,conique ou tangentiel. Leur domaine de fonctionnement n'excède pas 50KHz, mais la puissance émise peut atteindre 100 W.

I-5-2-Technologie des transducteurs:

Le transducteur est un transformateur hybride, il est caractérisé à la fois par l'effet électrique et mécanique.

Le schéma équivalent d'un émetteur à ultrasons est obtenu par analogie à partir de celui de la conversion électrostatique (figure I-8)

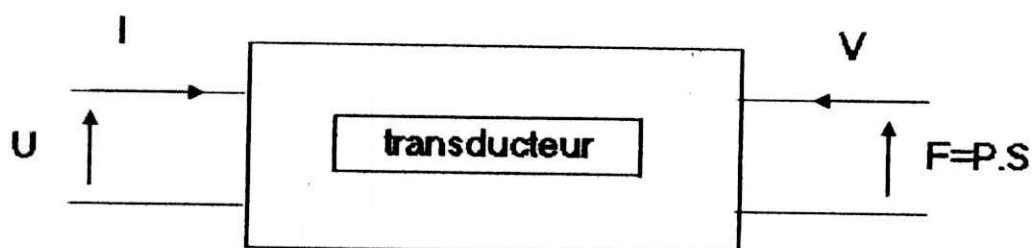


Figure I-8 :Schéma du transducteur

Où:

P: pression

F: force

S: surface

U: tension électrique

I: intensité du courant électrique

Son entrée est constituée par la tension et l'intensité et sa sortie par la force de la vitesse.

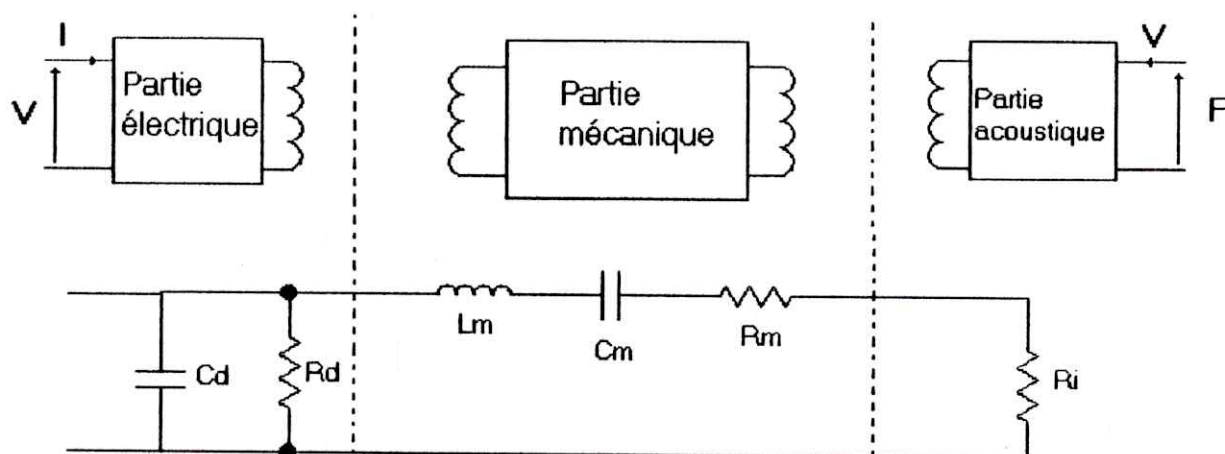


Figure I-8-a : Schéma équivalent d'un transducteur

- Cd : condensateur aux bornes du cristal.
- Rd : reliée à la perte électrique du cristal.
- Lm, Rm, Cm : éléments du circuit mécanique de résonance.
- Ri : résistance de rayonnement.

La puissance absorbée par Ri représente la puissance vraie de l'énergie transmise.

I-5-2-1- Fréquence de résonance :

en négligeant les pertes électriques, dans la (figure I-9) :

$$Z_m = (R_m + R_i) + j (C_m \omega - 1/L_m \cdot \omega)$$

Dans le cas de résonance, la partie imaginaire de l'impédance est nulle, c'est à dire :

$$C_m \omega - 1/L_m \cdot \omega = 0$$

$$\Rightarrow \omega_r^2 = 1/L_m \cdot C_m \quad \text{donc : } f_r = 1/2\pi \sqrt{L_m \cdot C_m}$$

Donc, il faut exciter le transducteur avec sa fréquence de résonance pour obtenir le rayonnement maximal de l'énergie (figure I-9).

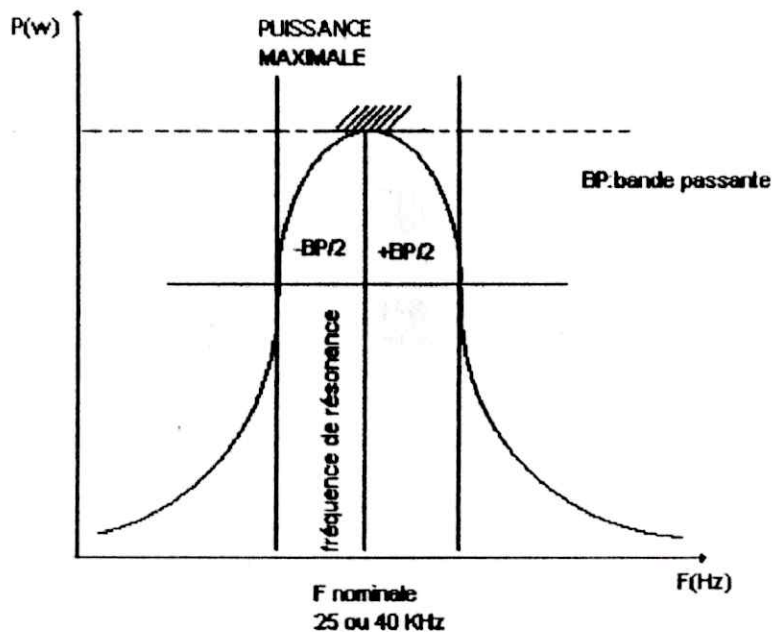


Figure I-9 : fréquence de résonance

I-5-3-Les différents types des transducteurs :

I-5-3-1- Les transducteurs piézo-électriques :

le phénomène piézo-électrique (piézo = pression) à été découvert en 1880 par les frères P, et J. Curie. Ils ont montré que certaines substances, telle que le quartz soumises à des pressions, laissent apparaître des électrisations sur leurs surfaces. On doit tailler les cristaux sous forme des parallélépipèdes rectangles.

La densité de charge de surface est proportionnelle à la contrainte appliquée, si cette dernière n'est pas trop élevée. L'effet piézo-électrique inverse (c'est à dire, la transformation des ondes acoustiques, en tension électrique) est également utilisé.

La fréquence la plus employée pour les transducteurs piézo-électriques est généralement de 40 KHz.

I-5-3-2- Les transducteurs magnétostrictifs :

La magnétostriction apparaît dans les matériaux ferro-magnétiques tel que, le nickel, le cobalt, et certains alliages. Ces matériaux ou alliages ont la propriété de se contracter lorsqu'ils baignent dans un champ magnétique.

A cet effet, ces matériaux assurent la transformation des oscillations sonores ou ultrasonores.

Les fréquences atteintes par ce procédé sont relativement modérées quoique grâce à des barres oxydées. On pourrait dépasser les 120 KHz.

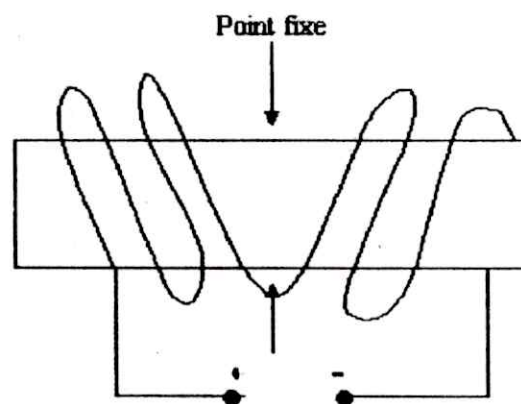


Figure I-10: Transducteur ferromagnétique

I-5-3-3- Les transducteurs électrostrictifs :

Un cristal est ferroélectrique s'il existe des dipôles internes permanentes, mobiles sous l'influence d'un champ électrique externe appliqué.

Nous observons à cet effet une variation de dimension $\ll D \gg$ proportionnelle au carré de la tension appliquée :

$$D = A \cdot eV^2$$

D'où : A : coefficient piézo-électrique
 e : épaisseur de la lame.

Le phénomène dont il est question diffère de la piézo-électricité par la faiblesse des déformations qu'il engendre. A cet égard, pour une épaisseur de lame de 1 cm et une tension de 1000 V, nous obtenons respectivement pour une lame de verre et une lame de quartz :

$$D_v = A \cdot e \cdot V^2 = 0,44 \cdot 10^{-11} \text{ cm} \quad (A = 0,44 \cdot 10^{-17})$$

$$D_q = A \cdot e \cdot V^2 = 2,13 \cdot 10^{-4} \text{ cm} \quad (A = 2,13 \cdot 10^{-10})$$

Dans ces types, on a cité l'utilisation des transducteurs comme des émetteurs qui changent l'énergie électrique en énergie acoustique, en appliquant une tension sur le transducteur pour nous produire une énergie acoustique (figure I-11-a). Dans le cas contraire, si on applique une pression, le transducteur génère une tension électrique. On obtient un transducteur récepteur (figure I-11-b).

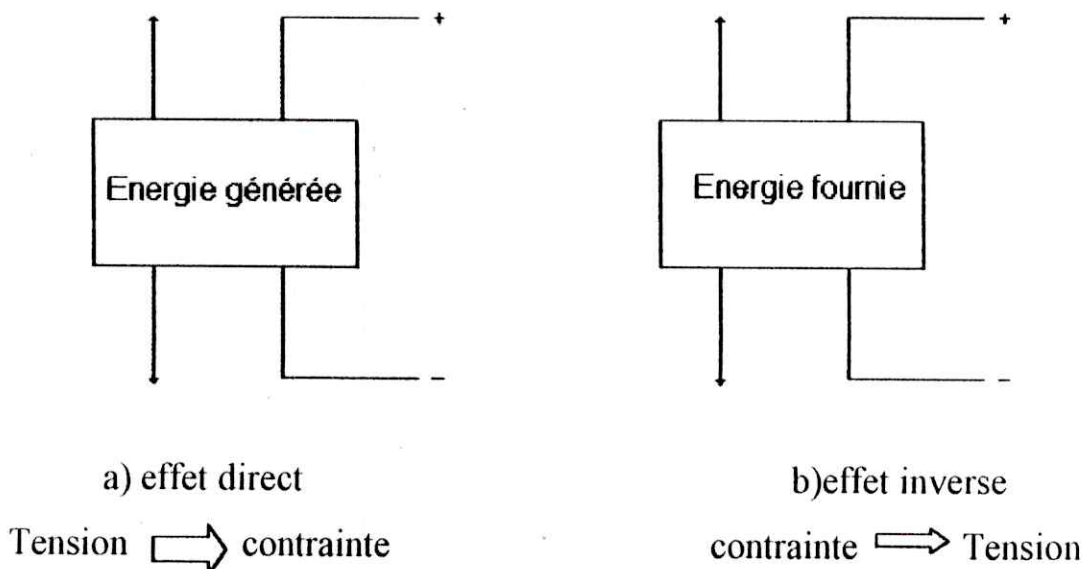


Figure I-11 : Polarisation de céramique ferroélectrique.

I-6- Quelques types de Radar :

I-6-1-Définition d'un Radar :

Le radar est par définition, un appareil de « Radio Détection And Ranging » (détection et télémétrie par radio), dont le but est de dire « il y a quelque chose à telle distance » ou plus précisément c'est d'indiquer la position d'une cible invisible pour l'œil nu ou équipé par simples appareils optiques. On peut déterminer la position d'un navire, d'un avion ou d'un iceberg flottant, à travers le brouillard, les nuages ou l'obscurité. De même, on peut mesurer la distance séparant le détecteur et la cible, ainsi que sa vitesse de déplacement avec une grande précision.

Le schéma de la figure I-12 représente les différentes parties d'un radar .

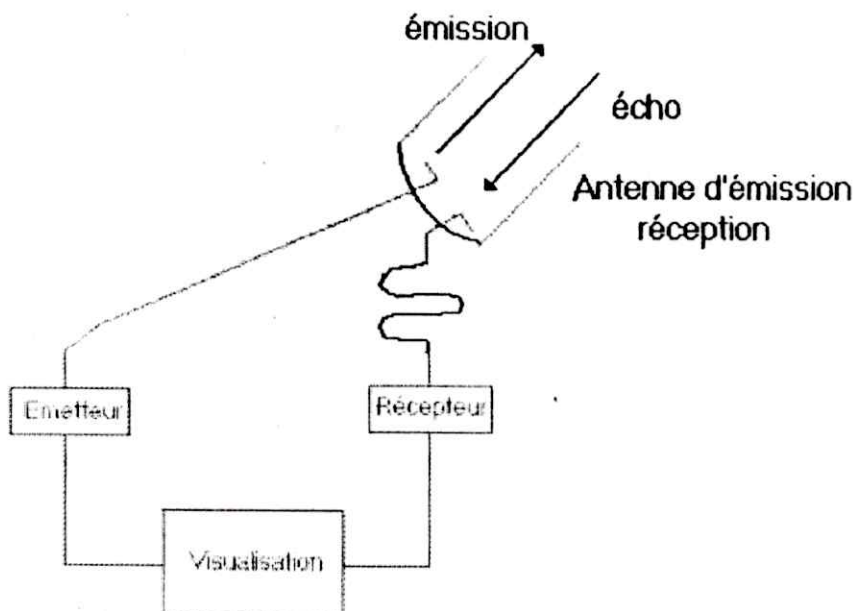


Figure I-12 : Schéma simplifié d'un Radar

I-6-2- Radar Doppler :**I-6-2-1-Effet Doppler :**

C'est une constatation que tout le monde peut faire, le son d'une sirène d'ambulance apparaît plus aigu lorsqu'elle s'approche et plus grave lorsqu'elle s'éloigne. On voit aussi ce phénomène clairement dans le cas de rencontre de deux voitures.

Ce phénomène est nommé « effet Doppler » du nom de son découvreur, le physicien autrichien « Christian Doppler » qui la découvrit en 1843.

I-6-2-2-Mesure de la vitesse d'un objet par effet doppler :

Etant donné que l'effet doppler, la fréquence d'une onde réfléchi par un objet en mouvement est changée .

Plusieurs appareils sont conçus pour détecter la vitesse d'un objet et fonctionnement grâce à ce phénomène, pour comprendre le fonctionnement de ces appareils, considérons d'abord ce qui arrive au son qui frappe un objet solide

Un son incident de fréquence f sur un objet fait osciller ses molécules à une fréquence f , cette oscillation produit une onde réfléchi

En imaginant un émetteur qui enverrait périodiquement des brefs ultrasons (quelques périodes) vers un obstacle situé à une distance « d », le temps pris par l'onde aller et l'écho de retour est proportionnel à « d », plus exactement, ce temps se détermine par le biais de la relation :

$$d = C.t/2 \quad (\text{figure I-13})$$

c'est le principe de notre détecteur ultrasonique.

Cette réflexion n'est pas complète à 100 %, mais, il y a une partie qui est transmise à travers la barrière et une autre est absorbée par celle-ci. Le son absorbé dégage de l'énergie dans la barrière par le principe de la conversion de l'énergie, l'intensité I_i du son incident est égale à la somme de l'intensité I_r du son réfléchi, de l'intensité I_t du son transmis et de l'intensité I_a du son absorbé.

$$I_i = I_r + I_t + I_a$$

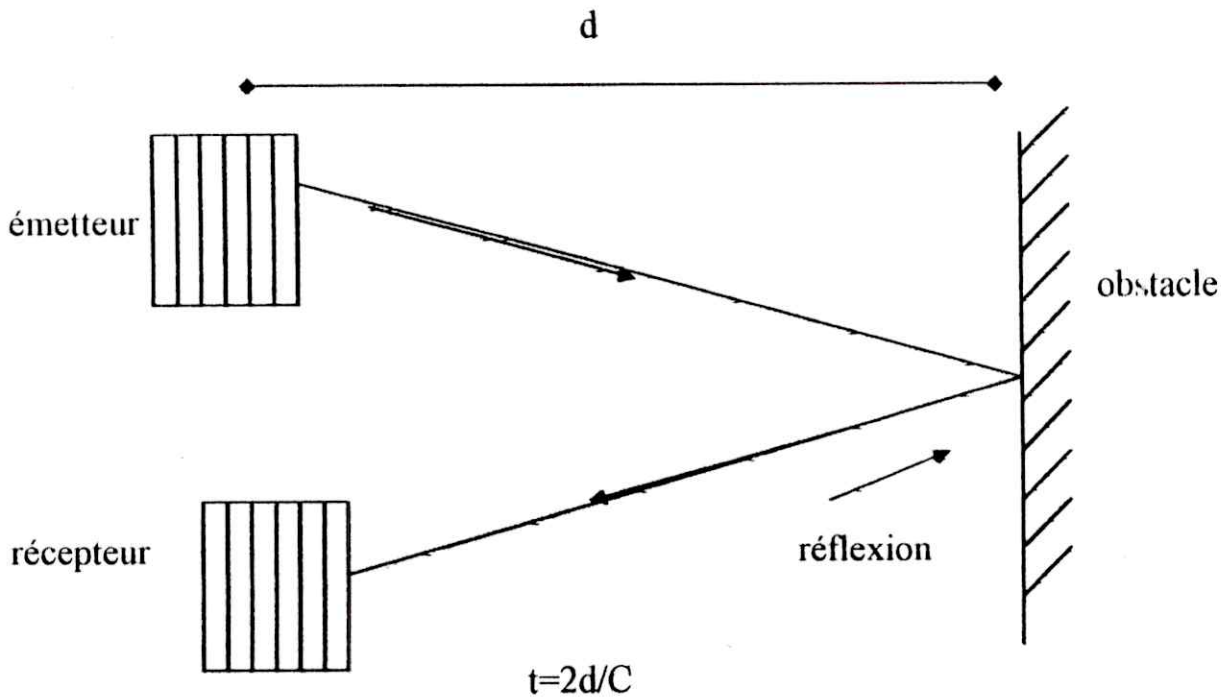


Figure I-13 : Réflexion des ondes acoustiques

Cette somme dépend de la fréquence de l'onde incidente.

I-6-2-3-Radar Doppler :

c'est un radar qui donne la composantes radial de la vitesse sol, à mesure de l'effet Doppler sur les signaux rediffusés par le sol (figure I-14), il travail selon l'effet de la variation apparente de la fréquence émise ou reçue à bord d'un mobile et due à la vitesse relative de ce mobile.

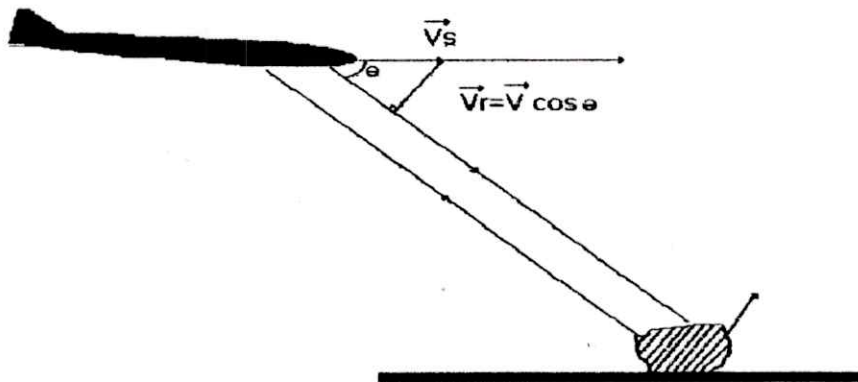


Figure I-14 : Principe de Radar Doppler

Il travaille avec les fréquences de 8,8 GHz, 13,3 GHz et 15,8 GHz.

Les faisceaux du radar Doppler sont caractérisés par une ouverture réduite de façon à réduire le spectre Doppler du signal reçu, ils sont inclinés vers le bas d'un angle de l'ordre de 60° pour lequel la rediffusion même sur la mer, conserve une bonne valeur.

Ce radar se caractérise d'une bonne précision de la vitesse et de la dérive avec l'observation de leur variation instantanée. Mais, il risque de perte de signal toujours possible sur mer calme, une erreur de position croissante avec le temps.

Les erreurs principales sont dues aux défauts de stabilisation et à la largeur des faisceaux ; sur mer, la distorsion du spectre entraîne une erreur que l'on corrige systématiquement ou automatiquement.

I-6-2-4-Radar de Recul :

Radar de recul composé de 2 capteurs ultrasoniques prévus pour un montage à l'extérieur, un buzzer déporté et un boîtier de commande. Permet de détecter les obstacles en marche arrière. La fréquence des bips augmente quand la distance entre le véhicule et l'obstacle diminue.

Le système s'active uniquement quand la marche arrière est engagée. Deux ou quatre capteurs à ultrasons sont installés dans le pare-chocs arrière. Quand ils sont activés, ils émettent des bips sonores à fréquence variables indiquant la distance entre la voiture et l'obstacle.

Conclusion :

La détection se développe d'une façon continue, avec l'amélioration de la fiabilité des détecteurs et leur précision. De plus, l'homme vient identifier la nature des choses détectées.

Lors de cette étude, on a maîtrisé en général, les caractéristiques des ondes acoustiques et on a étudié les transducteurs ultrasoniques couramment utilisés par une concentration sur le type utilisé dans notre travail.

Enfin, la technique des ultrasons est utilisée dans beaucoup des domaines (sécurité, industrie, médecine ...etc.).

CHAPITRE II

Introduction :

Le radar de recul permet par le biais d'ultrasons de détecter la présence d'un obstacle à proximité du véhicule.

Le système électronique que nous étudions ici doit nous permettre de détecter la présence d'un obstacle à l'arrière de notre véhicule, lors d'une manœuvre. Pour cela on utilisera la technique du radar à ultrasons, en interprétant en terme de distance le temps mis par un train d'onde émis à l'arrière du véhicule pour revenir à proximité du point d'émission.

II-1-Principe générale du détecteur :

L'idée du montage comme le montre le schéma synoptique de la figure II-1- consiste à émettre des ultrasons, et à évaluer, en fonction du temps que met l'écho pour revenir, la distance entre notre véhicule et un éventuel obstacle.

Le premier bloc sert de base de temps à notre circuit : Il autorise le fonctionnement du générateur de signal, et déclenche en même temps le monostable.

Ainsi, au moment où le train d'ultrasons est émis, le monostable fournit une impulsion validant la porte ET pendant un temps bien déterminé.

Quand l'écho parvient au transducteur récepteur, il est traduit en signal électrique, lequel est amplifié et mis en forme pour pouvoir se présenter devant la porte logique ET.

Si l'écho est arrivé à la porte ET avant la fin de l'impulsion fournie par le monostable, ce qui signifie qu'il y a un obstacle à proximité du véhicule, le second monostable est déclenché, et la sortie du comparateur fait allumer la LED rouge.

Dans le cas contraire, c'est à dire si il n'y a pas d'obstacle sur lequel l'onde a pu se réfléchir, le second monostable n'est pas déclenché, et la sortie du comparateur fait allumer la LED verte.

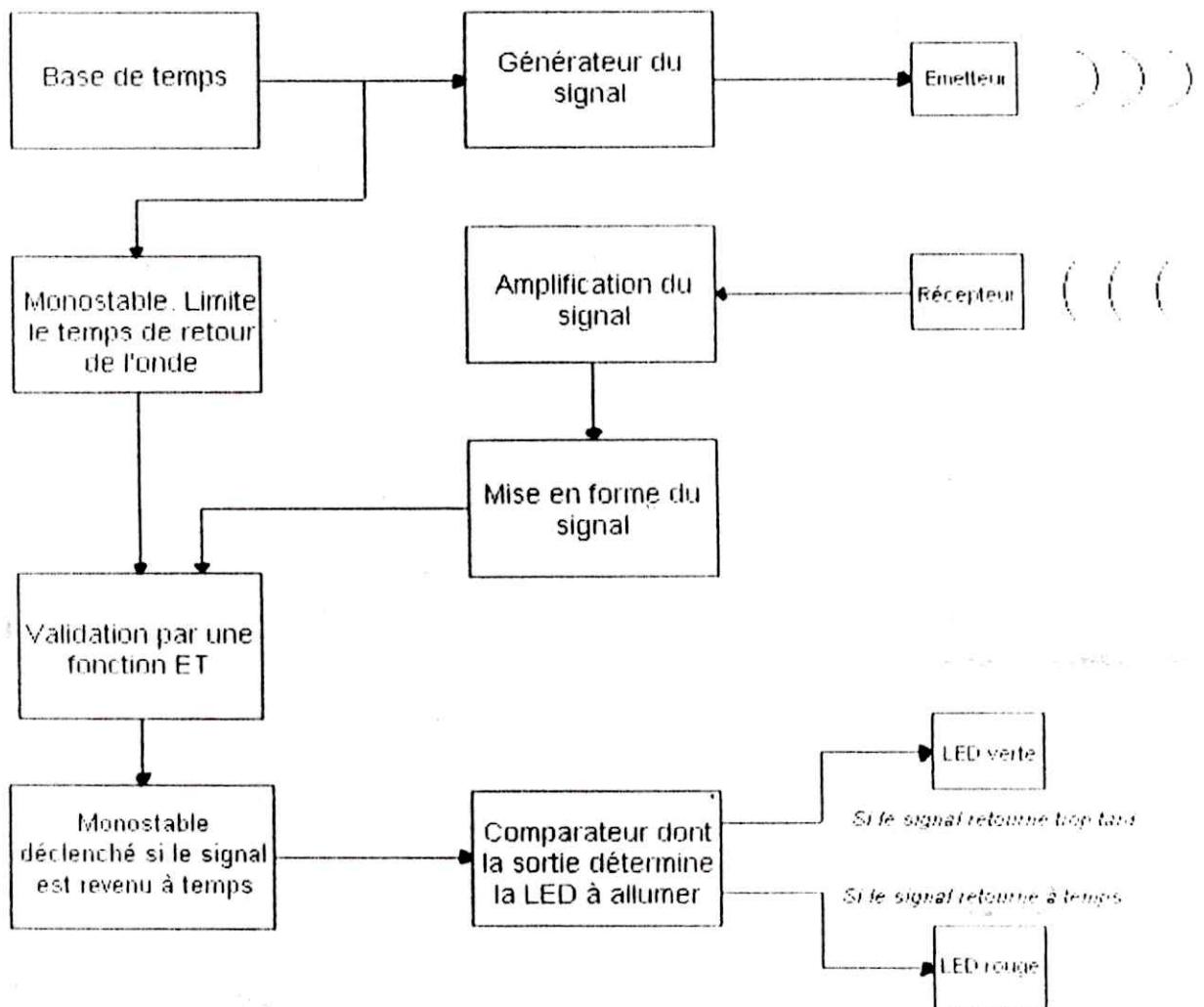


Figure II-1 :schéma synoptique

Après avoir donné le principe de fonctionnement, nous allons faire l'étude détaillée du schéma électrique.

Le schéma électrique se compose de différents étages :

➤ **l'étage d'émission** : caractérisé par :

- Base de temps
- Générateur des ondes ultrasonores
- L'émission des ondes ultrasonores

➤ **l'étage de réception** : caractérisé par :

- Amplification du signal
- La mise en forme du signal
- Monostable
- traitement de l'information et signalisation

Après avoir cité les différents étages qui concernent le schéma électrique, nous allons faire la description détaillée du fonctionnement de chaque étage.

II-2-Schéma électrique :

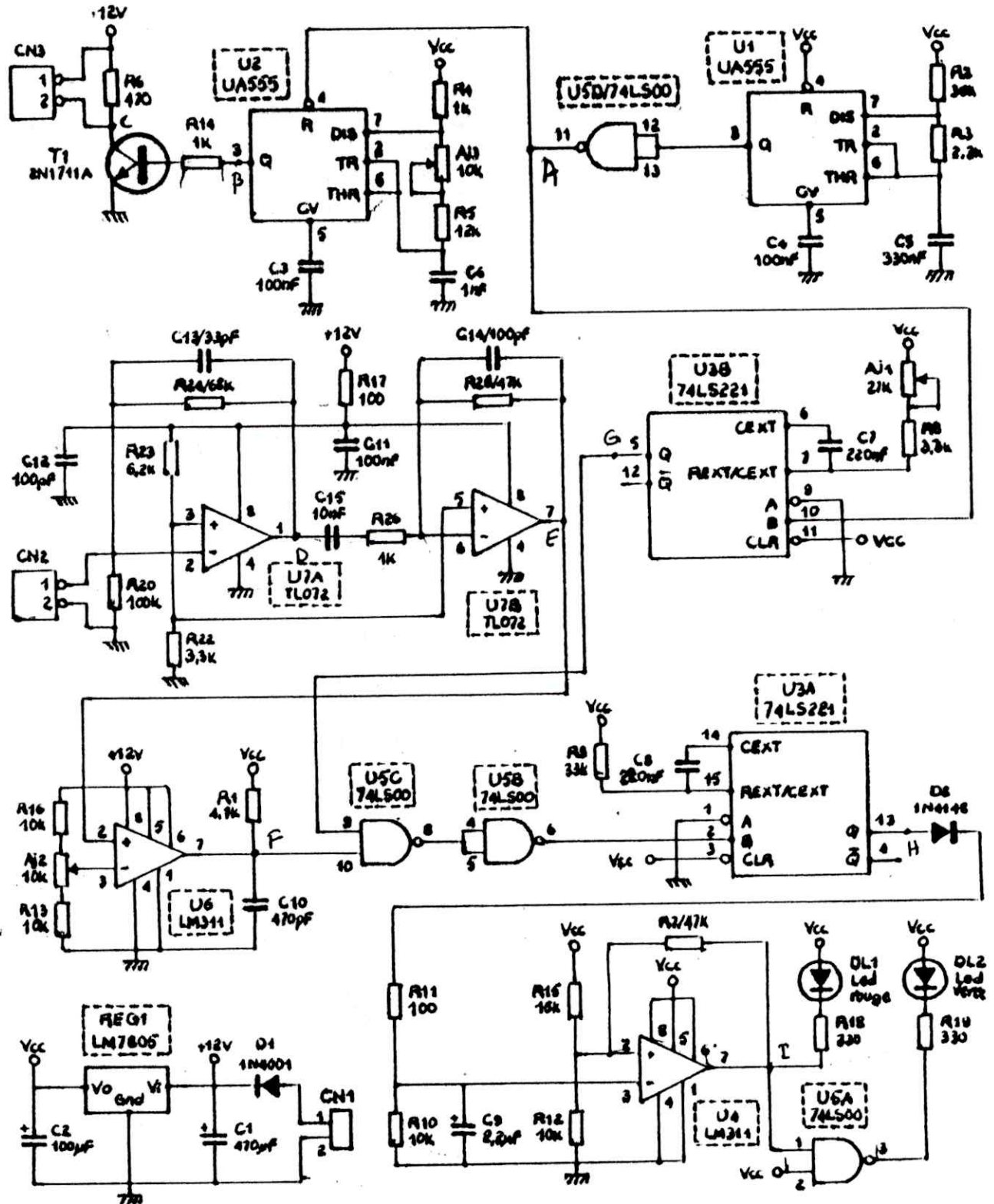


Figure II-2 : schéma électrique

II-3 : Description du fonctionnement des étages :**II-3-1-L'alimentation :**

Le rôle d'une alimentation continue est de fournir les tensions et courants nécessaire au fonctionnement de l'équipement électronique avec le minimum d'ondulation résiduelle et la meilleure régulation possible.

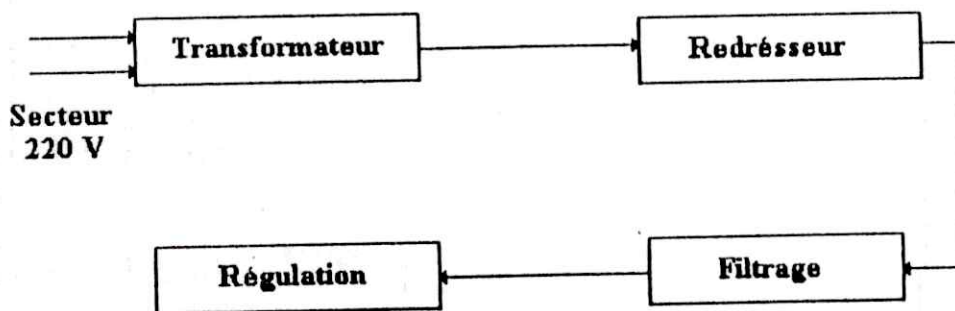


Figure II-3 : schéma synoptique de l'alimentation

L'énergie nécessaire provient bien entendu du secteur 220v

II-3-1-1-Le transformateur:

Il abaisse la tension alternative 50khz à une valeur efficace de 12V au niveau de l'enroulement secondaire.

On a les égalités suivantes: $I_1/I_2 = N_2/N_1 = V_2/V_1 = 220/12 = 18$

=> I_1 : courant sur l'enroulement primaire.

=> I_2 : courant sur le secondaire.

=> V_1 : tension primaire 220V

=> V_2 : tension secondaire 12V

=> N_1 : nombre de spires primaire

=> N_2 : nombre de spires secondaires

De l'égalité précédente conclue que si sur le secondaire, la tension est de 18 fois plus faible, l'intensité du courant est par contre 18 fois plus supérieure.

La puissance dissipée est la même sur les deux enroulements:

$$P=V.I \quad : \quad \text{elle est de } 66\text{w.}$$

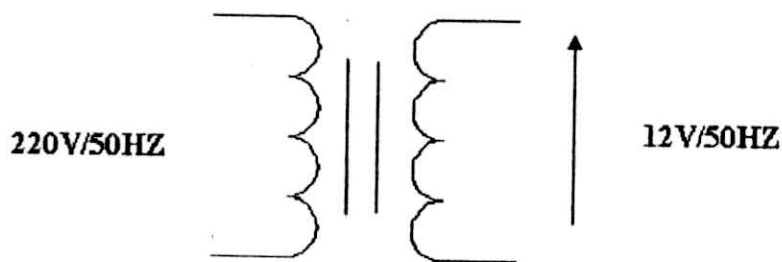


Figure II-4 : Transformateur abaisseur 220V 12V

II-3-1-2-Le redressement:

Après la transformation, un pont de diodes effectue le redressement des deux alternances. Ce redressement consiste à ramener l'alternance négative Dans la zone positive

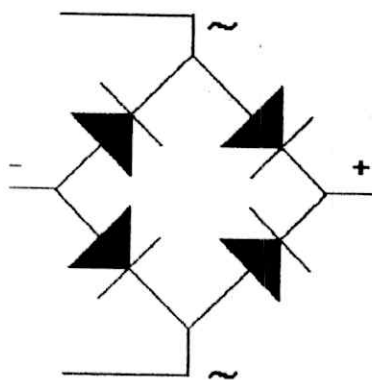


Figure II-5 : Pond de diode

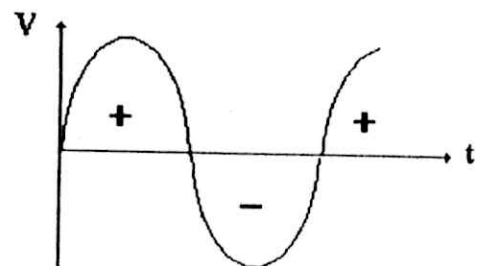
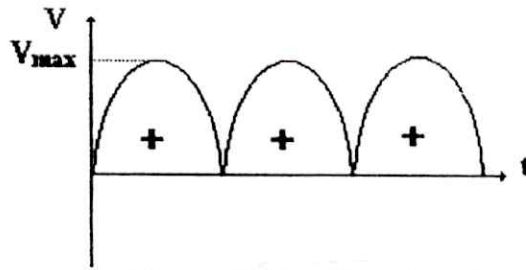


Figure II-6 : Signal Transformée



FigureII-7 : Signal redressée

La valeur moyenne de la tension pour un redressement double alternance est donnée par :

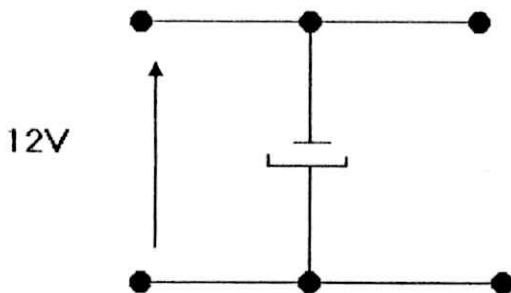
$$V_{moy} = 2V_{max}/\pi$$

II-3-1-3-Le filtrage:

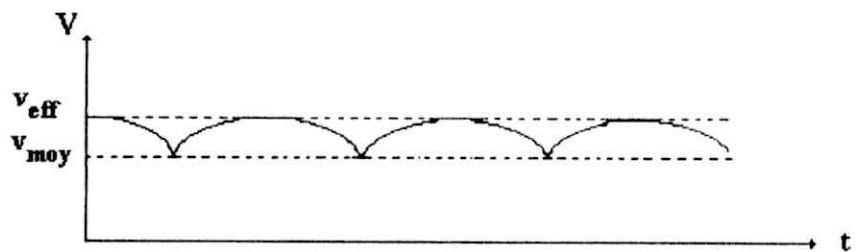
La capacité C1 opère un premier filtrage pour avoir une tension de sortie continue. En effet, chargée pendant les crêtes, elle débite quand la tension redressée chute vers zéro.

On obtient une tension continue mais ondulant un peu en 100hz.

C'est cette variation qu'on l'appel «le bruit fond».Il s'exprime en pourcentage de la tension efficace V_{eff} . Par exemple, un bruit de fond de 1% sur une tension efficace de 12V représente une ondulation de 0.12V crête à crête.



FigureII-8:Circuit de filtrage



FigureII-9 : Filtrage

II-3-1-4-La régulation:

Pour la régulation et la stabilisation finale du courant continue; on utilise un régulateur à trois bornes, et comme notre montage se compose de trois parties nécessitant trois tensions différentes, on a utilisé le régulateur 7805 pour avoir la tension 5V.

Après le régulateur, on a le condensateur de découplage, pour empêcher les oscillations et améliorer les caractéristique de repense en transitoire.

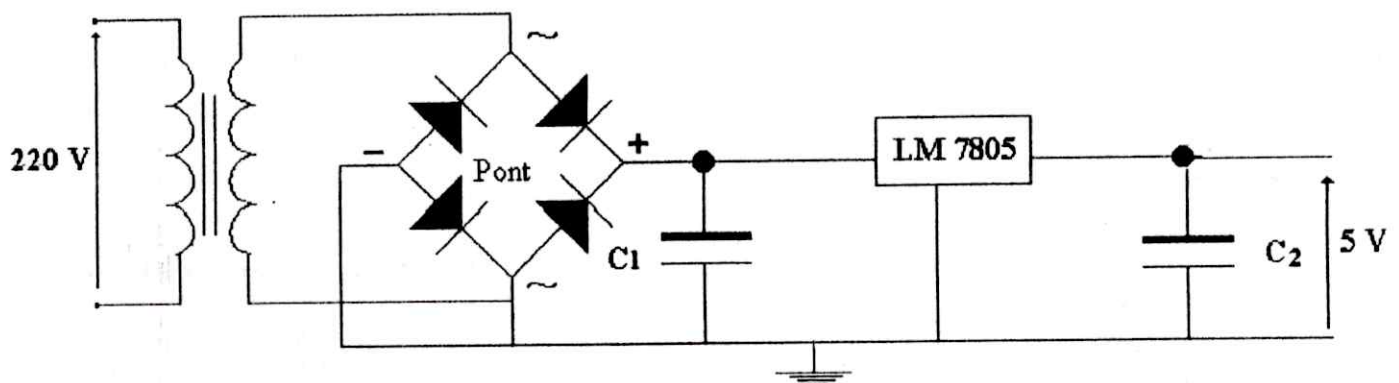


Figure II-10 : Schéma électrique de l'alimentation

II-3-2-Etage d'émission :**Introduction :**

On veut que notre montage détecte un Mobile à une distance variable toutes les 10 ms, avec un état haut égal à 0.5 ms et une état bas de 9.5 ms.

Donc on veut obtenir un signal impulsionnel positif de durée .5 ms et période de récurrence 10 ms appliqué simultanément à l'entrée de raz de l'astable générateur d'ultrasons et l'entrée de mise à « 1 ».

L'émission d'ultrasons s'effectue donc pendant une durée fixée à 0.5 ms pour ne pas perturber la réception de l'écho . A une vitesse de 333 m/s dans l'air, dans des conditions de pression et température normales, la distance parcourue en 0.5 ms est x , elle représente la distance à l'obstacle réfléchissant, le temps d'aller et retour des ondes sonores étant proportionnel à la distance de l'obstacle à détecter, il est relativement facile de fixer une valeur à l'aide d'un simple monostable.

II-3-2-1-Base de temps :

La base de temps est constituée d'un circuit de minuterie NE555 suivi d'une porte inverseuse.

Le circuit de minuterie NE555 est un circuit intégré analogique utilisé dans de nombreuses applications . Ici, il est utilisé en mode de Multivibrateur Astable, c'est à dire comme un oscillateur à ondes rectangulaires, dont on fixe précisément la largeur à l'aide des composants externes (résistances et condensateurs) .

Le NE555 est composé d'un diviseur de tension résistible, d'une bascule, de deux comparateurs et d'un transistor de décharge.

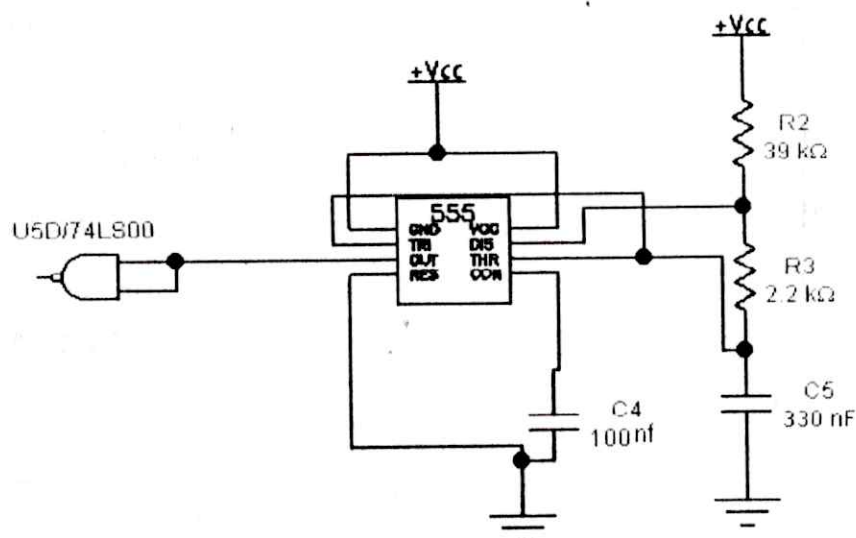


Figure II-11 :Multivibrateur astable

Le diviseur de tension résistible permet de fixer les tensions de référence des comparateurs. Ainsi, pour le comparateur supérieur, $V_{ref} = V_- = 2/3 V_{cc}$, et pour le comparateur inférieur, $V_{ref} = V_+ = 1/3 V_{cc}$.

Le fonctionnement est basé sur la charge et la décharge du condensateur externe.

Lorsque l'alimentation est initialement mise en marche, le condensateur C est déchargé et la tension à ses bornes est donc nulle.

La sortie du comparateur inférieur est à l'état haut, et la sortie du comparateur supérieur est à l'état bas. La sortie de la bascule est donc à l'état bas. Le transistor, dont le courant de base est nul, est bloqué, ce qui permet la charge de C.

II-3-2-1-1- charge :

Le condensateur commence donc à se charger. Lorsque la tension à ses bornes atteintes $1/3 V_{cc}$, le comparateur inférieur bascule à l'état bas ($R=0$ et $S=0$, donc la bascule ne bouge pas). Puis, lorsque cette même tension atteint $2/3 V_{cc}$, le comparateur supérieur bascule à l'état haut. La sortie de la bascule passe alors à l'état haut.

II-3-2-1-2- décharge :

Le transistor est alors débloquent, ce qui offre un chemin pour la décharge du condensateur à travers RB et le transistor. Lorsque le condensateur inférieur commence à se décharger, le comparateur supérieur passe à son niveau bas, sans incidence sur la bascule. Puis quand la tension du condensateur redescend à $1/3 V_{cc}$, le comparateur inférieur revient à son niveau haut. La sortie de la bascule repasse alors à l'état bas, ce qui bloque le transistor.

La charge peut recommencer et le cycle se reproduit

La bascule est suivie d'une porte inverseuse, ce qui nous donne finalement à la sortie un signal carré de cette forme :

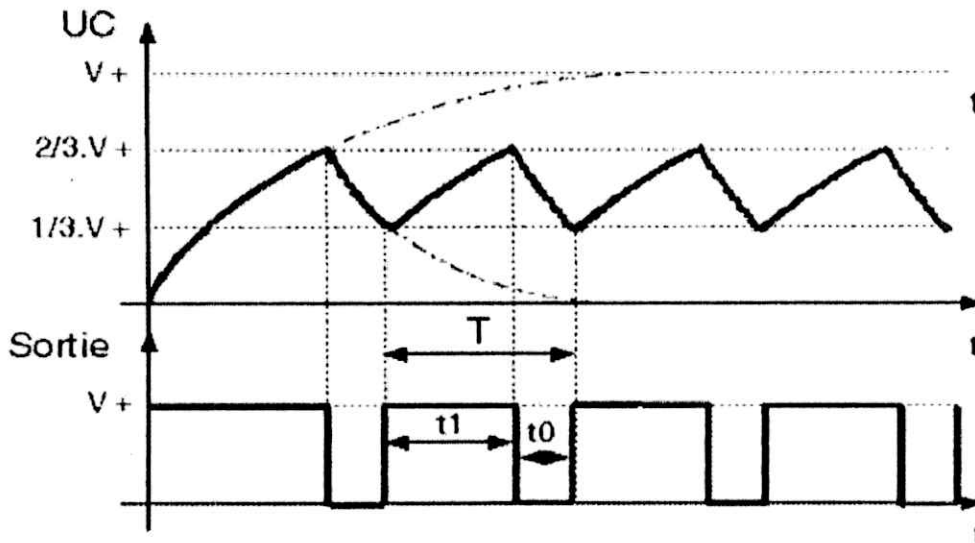


Figure II-12 : chronogramme du multivibrateur

II-3-2-1-3-Calcul des durées t_1 et t_0 :

La durée pendant laquelle la sortie est à son niveau haut (t_1) est égale au temps que prend C pour se charger de $1/3 V_{cc}$ à $2/3 V_{cc}$, soit :

$$\frac{2}{3} \cdot V_{cc} = V_{cc} \cdot \left(1 - \frac{2}{3} \exp\left(-\frac{t_1}{(R_A + R_B) \cdot C}\right)\right)$$

$$t_1 = (R_A + R_B) \cdot C \cdot \ln 2$$

La durée pendant laquelle la sortie est à son niveau bas (t_0) est égale au temps que prend C pour se décharger de $2/3 V_{cc}$ à $1/3 V_{cc}$, soit :

$$\frac{1}{3} \cdot V_{cc} = \frac{2}{3} \cdot V_{cc} \cdot \exp\left(-\frac{t_0}{R_B \cdot C}\right)$$

$$t_0 = R_B \cdot C \cdot \ln 2$$

Avec les valeurs retenues dans notre circuit, on obtient $t_1 = 9.4 \text{ ms}$ et $t_0 = 0.5 \text{ ms}$

Or, on cherche à obtenir des impulsions brèves et espacées, d'où la présence d'une **porte inverseuse** à la suite du NE555.

On a finalement une impulsion à l'état haut pendant 0.5 ms toutes les 10 ms.

II-3-2-2- Générateur des ondes ultrasonores :

Ce bloc est composé d'une minuterie NE555 et d'un transistor monté en amplificateur.

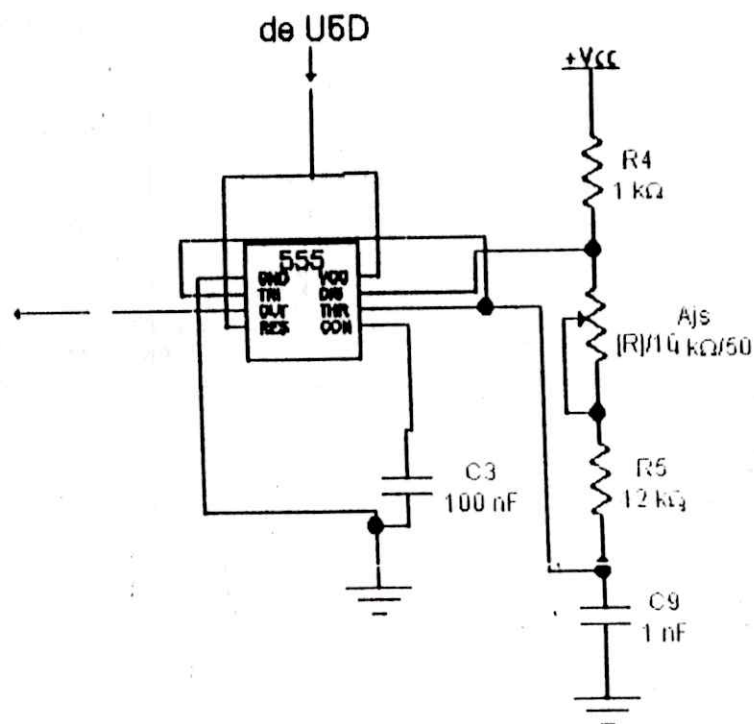


Figure II-13 : Générateur des ondes ultrasonores

Le générateur employé est le classique NE555 utilisé en Astable, qui nous fournit un signal en créneau, sa fréquence d'oscillation est voisine de 40 KHz et est ajustable à la fréquence de résonance exacte du transducteur employé.

L'émission d'ultrasons s'effectue donc pendant une durée fixée à 0.5 ms pour ne pas perturber la réception de l'écho. A une vitesse de 333 m/s dans l'air, dans des conditions de pression et température normales, la distance parcourue en 0.5 ms est donnée par le calcul suivant : où x la distance à l'obstacle réfléchissant :

$$2x = 333 \cdot 0.0005 = 0.17 \text{ m} \Rightarrow x = 0.085 \text{ m}$$

Comme cette distance est jugée trop faible pour pouvoir détecter un obstacle, la durée d'émission des ultrasons est donc un compromis découlant de considérations essentiellement pratiques :

La distance x minimale jugée acceptable dans le cas d'une détection d'un obstacle ce qui est bien notre cas de figure.

- l'émission brève d'ultrasons afin de ne pas perturber le fonctionnement de la partie réceptrice.

cette distance minimale est fixée à une valeur légèrement supérieure soit :

$$D_{\min} = 10 \text{ cm}$$

Il est cependant important de remarquer que cette minuterie est contrôlée par la première, c'est à dire qu'elle ne fonctionnera que lorsque la sortie de U5D sera à l'état haut.

D'autre part, les valeurs des composants externes imposent des impulsions encore plus brèves et plus rapprochées :

On obtient les valeurs suivantes pour t_b et t_h (respectivement temps à l'état bas et à l'état haut) :

$$8,3 \cdot 10^{-9} \text{ s} < t_b < 15,2 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

$$9 \cdot 10^{-9} \text{ s} < t_h < 15,9 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

Ceci se résume par les chronogrammes suivants :

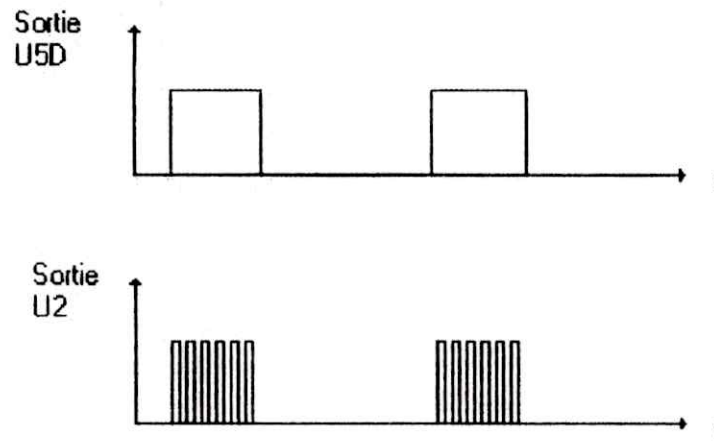


Figure II-14 : chronogramme du générateur d'impulsion

II-3-2-2-1-Mise en forme et commutation :

Le transistor T1 est monté en amplificateur de courant.

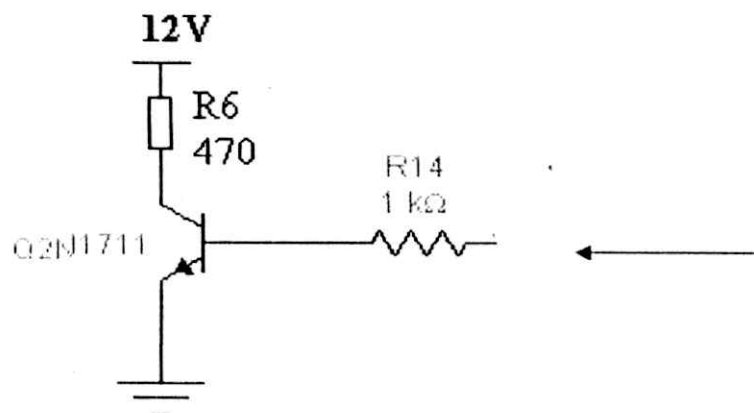


Figure II-15 : amplification du signal

Le développement en série de FOURIER du signal sortie du U2 nous donne une composante continue qui n'est pas nulle (de l'ordre de quelques mv), donc pour augmenter la durée de vie de nos transducteurs il faut l'éliminer. Il existe plusieurs méthodes de rectification, on peut ajouter un condensateur de liaison, ce dernier va diminuer la consommation en courant du transducteur émetteur ce qui n'est pas bien pour notre cas, une deuxième méthode est d'ajouter un transistor NPN polarisé de telle sorte qu'il fonctionne en régime de commutation, la caractéristique essentielle d'un tel étage est la relation non-linéaire qui existe entre la grandeur d'entrée et celle de sortie, le courant du collecteur I_c et le courant de base I_B ne sont pas proportionnels comme en régime d'amplification ; le choix de la valeur du courant de commande du transistor, c'est-à-dire son courant de base est défini pratiquement par une relation fournie par le fabricant du transistor :

$$I_B \leq I_c / \beta_{\min}$$

Cette façon de procéder est dictée par le souci d'éviter de prolonger la durée d'entrée en conduction du transistor et l'autre, de réduire la durée nécessaire à la saturation du transistor après disparition du courant de commande ; ces deux phénomènes sont liés à la capacité de jonction base-Émetteur en parallèle avec le paramètre H_{11} . Le fabricant du composant propose donc une règle pratique permettant le choix de la valeur de la résistance d'attaque de base R_B et le fonctionnement du transistor dans les conditions relativement optimales. D'autre part, le transducteur se comporte comme un condensateur en // avec une résistance et demeure chargé après avoir coupé la tension d'excitation, la résistance R_6 en parallèle avec le transducteur le décharge durant les instants où le transistor de commande est bloqué afin d'améliorer le rendement de conservation du transducteur.

Les caractéristiques essentielles de notre transistor sont :

$$I_{c\text{sat}} = 100 \text{ mA} , \beta_{\text{min}} = 20 , V_{BE} = 0.6$$

$$I_B \leq I_c / \beta_{\text{min}} = 100 / 20 = 50 \text{ mA}$$

Sous une tension de commande de base +5v, la résistance de base sera égale à :

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0.6}{5} = 0.88 \text{ K}\Omega$$

$$V_s = R_6 \cdot I_c = \beta \cdot R_6 \cdot I_B$$

II-3-2-3-L'émission des ondes ultrasonores :

Le transducteur émetteur traduit alors le signal électrique en ultrasons.

Le rôle de cet étage est d'émettre des ondes ultrasonores à l'aide d'un transducteur émetteur, sa fréquence de résonance est égale à 40 KHz.

Un transducteur émetteur est constitué essentiellement d'un condensateur en parallèle avec une résistance, son rôle est de décharger le condensateur interne à l'émetteur.

Dans notre cas on veut que le condensateur se décharge en $T/2$, la valeur de la résistance de notre transducteur n'est pas suffisante pour le décharger complètement, donc on ajoute une résistance R_6 en parallèle avec le transducteur, dont le rôle est de le décharger durant les instants où le transistor de commande est bloqué afin d'améliorer le rendement de conservation du transducteur.

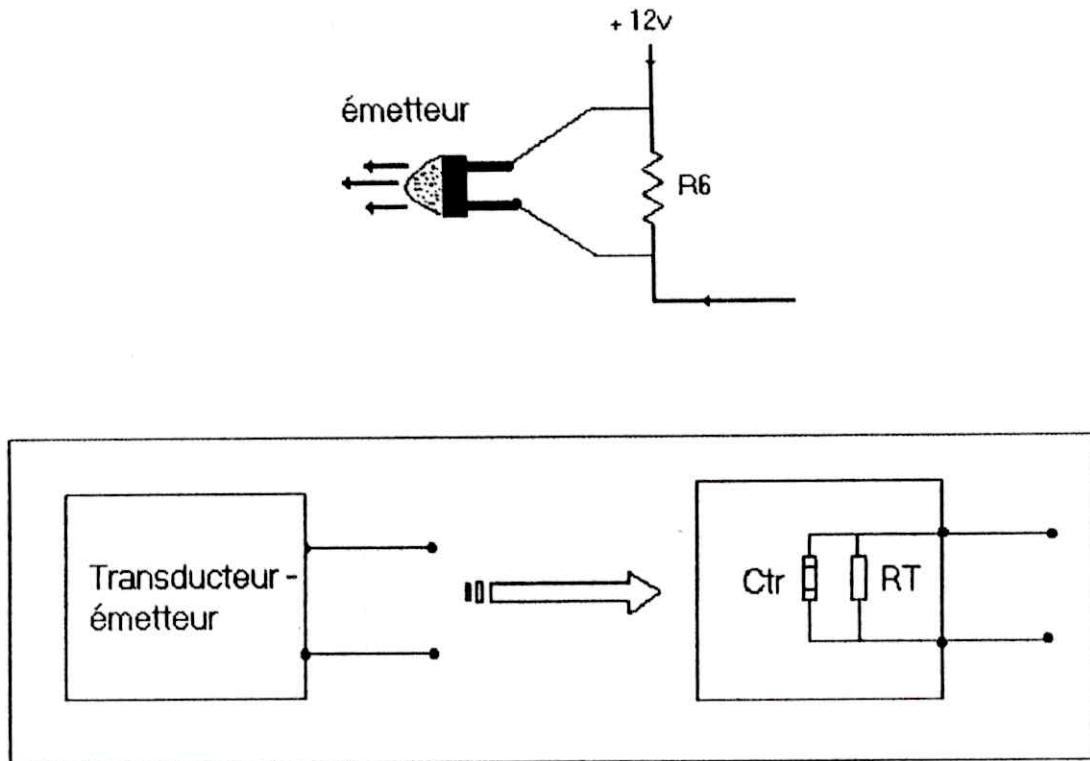


Figure II-16 : Schéma équivalent du transducteur émetteur

II-3-3-Etage de réception :

Introduction :

L'écho reçu par le transducteur connecté à CN2 est atténué et déformé après réflexion sur l'obstacle à détecter. Il est donc nécessaire de l'amplifier (U7A et U7B) et de le remettre en forme (U6) afin qu'il soit exploitable par le reste du circuit.

II-3-3-1-Amplification du signal :

Le récepteur ultrasonore que nous utilisons ici a une fréquence de résonance située autour de 40 KHz. Il faudra donc que les amplificateurs soient accordés sur cette fréquence afin de supprimer au maximum les fréquences de brouillage.

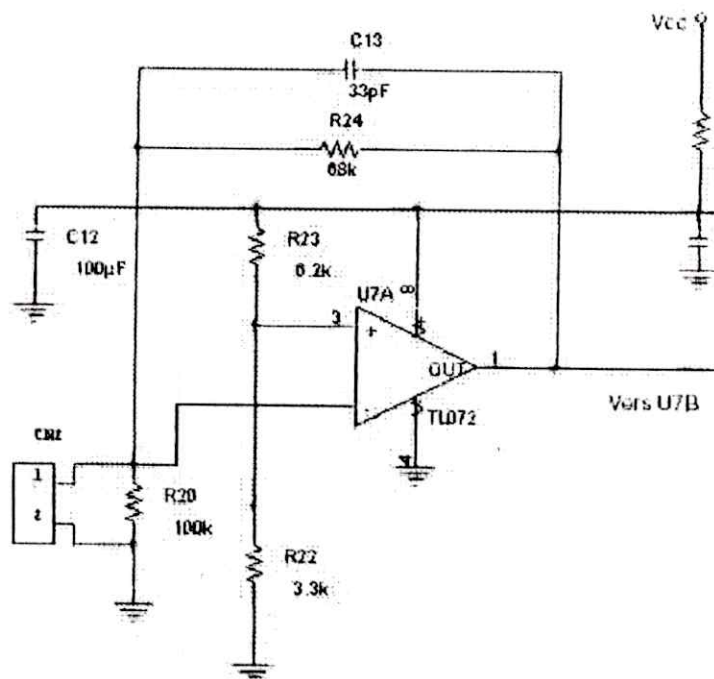
II-3-3-1-1- Première amplification du signal (U7A) :

Figure II-17 : Filtre passe bas

L'amplificateur opérationnel U7A est monté en intégrateur passe-bas dont la fonction transfert est :

$$H(\omega) = \frac{V_S}{V_E} \Rightarrow H(\omega) = \frac{R_{24}}{R_{20}(1 + jR_{24}C_{13}\omega)}$$

On prend les notations suivantes :

$$H_0 = \frac{R_{24}}{R_{20}} \qquad \omega_0 = \frac{1}{R_{24}C_{13}}$$

où H_0 est le gain maximal, et ω_0 est la pulsation de coupure.

La fonction de transfert s'écrit alors :

$$H(\omega) = \frac{H_0}{1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)}$$

Et le gain en tension :

$$G(\omega) = \frac{H_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}$$

La forme du gain correspond bien à un circuit passe-bas.

La fréquence de coupure du montage est à peu près égale à 70kHz. Il amplifie donc les signaux de fréquence inférieure à 70kHz.

II-3-3-1-2-Deuxième amplification du signal (U7B)

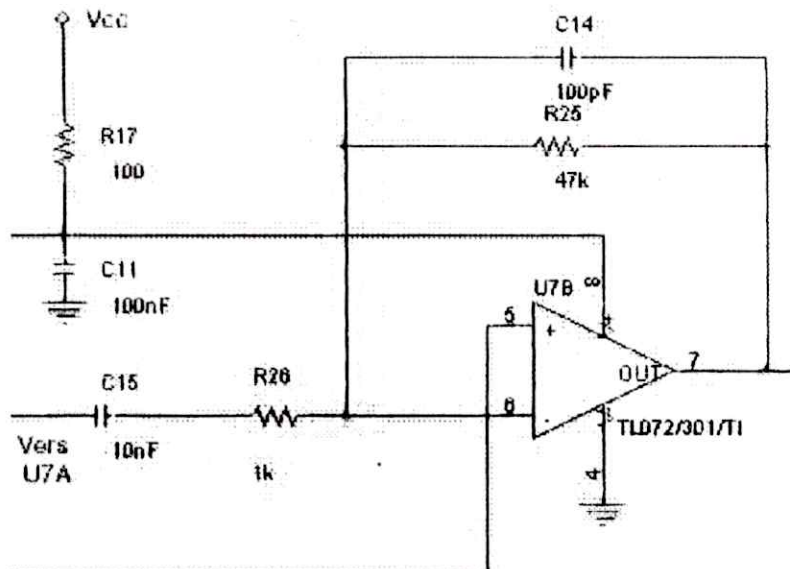


Figure II-18 : Filtre passe- bande

L'amplificateur opérationnel U7B est monté en filtre actif passe-bande dont la fonction de transfert est :

$$H(\omega) = -\frac{Z_S}{Z_W} = -\frac{jR_{26}C_{15}\omega}{(1 + jR_{25}C_{14}\omega)(1 + jR_{26}C_{15}\omega)}$$

En notant pour le gain maximal et les fréquences de coupure :

$$H'_0 = \frac{R_{25}C_{15}}{R_{25}C_{15} + R_{25}C_{14}} \quad \omega_1 = \frac{R_{25}C_{15} + R_{25}C_{14}}{R_{25}C_{14}R_{26}C_{15}} \quad \omega_2 = \frac{1}{R_{26}C_{15} + R_{25}C_{14}}$$

La fonction de transfert s'écrit :

$$H(\omega) = -\frac{H'_0}{1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_1} - \frac{\omega_2}{\omega}\right)}$$

Et le gain en tension du montage :

$$G(\omega) = \frac{H'_0}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1} - \frac{\omega_2}{\omega}\right)^2}}$$

On remarque :

- que le maximal pour le U7B est H'_0 et est atteint pour. $\omega'_0 = \sqrt{\omega_1\omega_2}$
- pour ω très grand devant ω_1 le diagramme de bonde est asymptotique à une droite décroissante de pente -20 dB.
- pour ω très petit devant ω_2 le diagramme de bonde est asymptotique à une droite croissante de pente +20dB.

Ainsi le montage U7B amplifie les signaux de fréquence proche de $\frac{\omega_0}{2\pi}$

Or on a $\omega_0 \simeq 257 \text{ rad.s}^{-1}$, soit $f_0' = 41 \text{ kHz}$

Le double montage U7A, U7B amplifie donc bien le signal reçu autour de la fréquence de résonance du récepteur : 40kHz.

II-3-3-2-mise en forme du signal :

Il se peut que le signal amplifié soit déformé et qu'il contienne des parasites. Il est alors inutilisable par les portes logiques du circuit. Pour y remédier, on a recours à un montage comparateur.

II-3-3-2-1-Comparateur :

Après son amplification, le signal doit être mis en forme pour attaquer les circuits logiques de l'étage suivant : le signal amplifié à une forme sinusoïdale.

Notre but est de transformer ce signal en signal carré qui prend deux états. Pour ce faire, on utilise le circuit comparateur LM311.

On fixe le potentiel de e et on injecte le signal sinusoïdal à l'entrée e.

Si $e^- > e^+ \Rightarrow V_{\text{sortie}} = 0 \text{ v}$

Si $e^- < e^+ \Rightarrow V_{\text{sortie}} = 12 \text{ v}$

La valeur fixe de e doit situer entre e^-_{max} et e^-_{min} : $e^-_{\text{min}} < e^- < e^-_{\text{max}}$

Avant de l'amplifier, le signal était de l'ordre de quelques millivolts. Après l'amplification le signal prend des amplitudes comprises entre 4v et 6v.

On peut alors fixer e à 6v et on aura donc :

$$e^+ = 6 \text{ v} = (R13/R13+R16)*12 \Rightarrow R13/R13+R16 = 0.5$$

Si on fixe R13 à 10 Ω :

$$R16 = 10 \text{ k } \Omega$$

Le circuit LM311 est alimenté par $v = 12$ et $v = 0 \text{ v}$. Dans ce cas, sa sortie va être soit $V = 12 \text{ v}$ soit $V = 0 \text{ v}$ suivant e et e. mais on veut que la sortie varie entre 5v et

0v. Sachant que la sortie du LM311 est le collecteur d'un transistor interne, on va polariser ce transistor avec une résistance (R1) pour qu'il fonctionne en mode de commutation.

En état de saturation il donne 5v, par contre il donne 0v en état de blocage.

Si le signal atteint une valeur seuil (fixée de façon à être certain qu'il s'agit bien de l'écho), le comparateur bascule à +Vsat ; dans le cas contraire, la sortie du comparateur passe à -Vsat.

Le signal est donc remplacé par un créneau bien propre, plus facilement interprétable par le reste du circuit.

+Vsat = 5v et -Vsat = 0v.

II-3-3-2-2-Validation :

La validation se fait par une porte ET : si le monostable U3B est toujours à l'état haut au moment où le signal traduisant l'écho se présente, la porte s'ouvre et permet au signal de progresser dans le circuit. Dans le cas contraire, la porte reste bloquée.

II-3-4- Monostable U3B :

Le monostable est un circuit intégré numérique n'ayant qu'un seul état stable. Tout comme la bascule (voir NE555) il possède deux sorties (Q et \bar{Q}) opposées et une entrée de déclenchement. Cependant il ne reste à l'état haut (Q=1) que pendant un temps T bien déterminé par la valeur des composants R_1 et C_1 .

Ceci nous permet d'imposer une durée maximale d'attente de l'onde réfléchi.

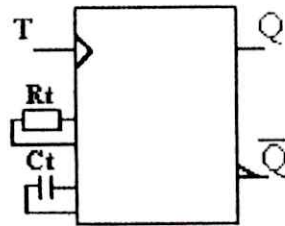


Figure II-19 : schéma de la bascule

Le monostable qui nous intéresse dans le cadre de notre projet est le 74LS221.

II-3-4-1-Principe de fonctionnement du 74LS221:

Le circuit logique équivalent du monostable est formé de deux portes NOR comme indiqué sur le schéma suivant:

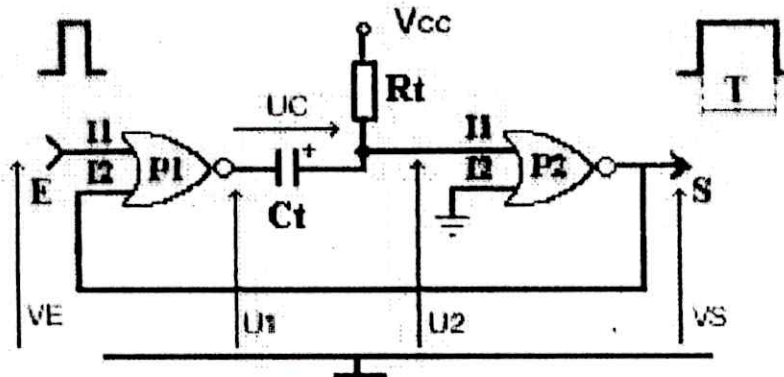


Figure II-20 : schéma équivalent du monostable

Initialement le signal d'entrée du monostable est nul, soit $E=0$.

1-L'entrée I1 de P2 est à 1 et l'entrée I2 de P2 est à 0. La sortie de P2 est alors à 0.

2-Les entrées I1 et I2 de P1 sont donc toutes deux à 0, donc la sortie de P1 est à 1.

La sortie du monostable est à l'état stable, soit $S=0$.

3- Puis l'entrée reçoit une impulsion de niveau 1. La sortie de P1 passe à 0 et le condensateur fait passer l'information sur l'entrée I1 de P2, qui passe à 0.

4- La sortie de P2 passe alors à 1, de même que l'entrée I2 de P1.

L'état de l'entrée E n'a donc plus d'influence sur la sortie de P1 qui reste à 0.

5- Le condensateur C_t commence alors à se charger à travers R_t : La tension U_2 monte.

Quand celle ci atteint une valeur suffisante pour faire basculer P2 ($V_{cc}/2$), la sortie S passe à 0, et le monostable se retrouve dans son état stable.

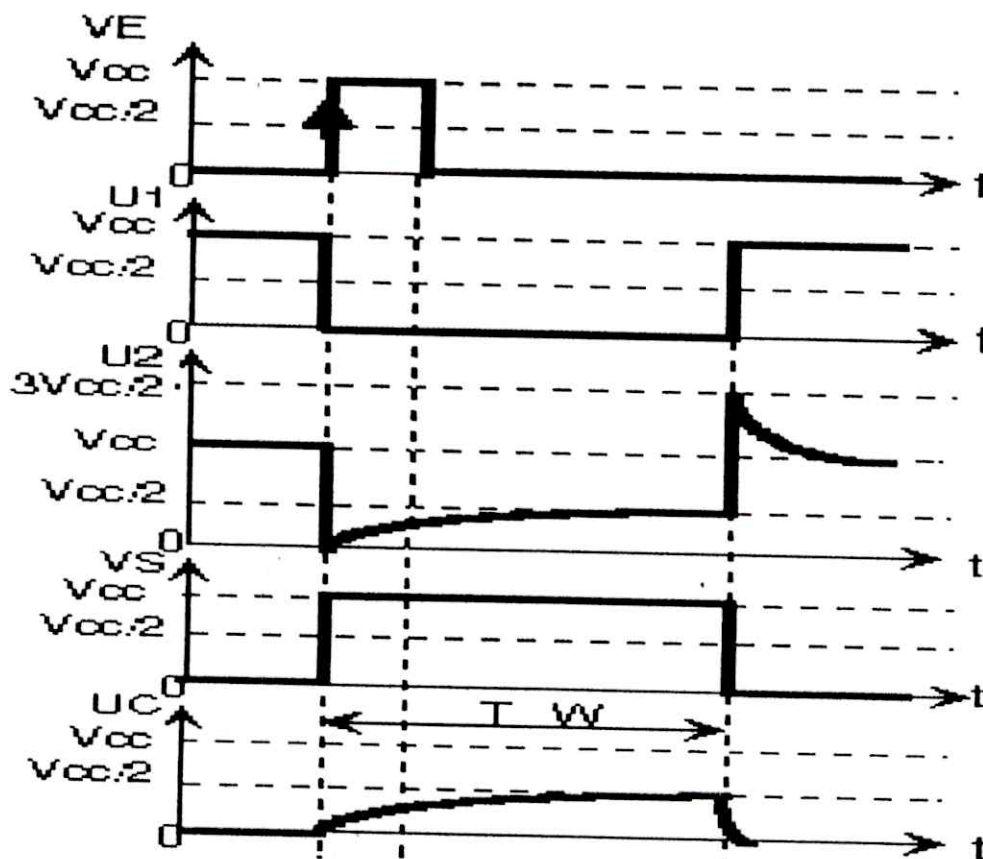


Figure II-21 : chronogramme du monostable

II-3-4-2-Calcul de T_w :

Le temps pendant lequel le monostable reste à l'état haut est égal au temps de charge du condensateur C_t . On a alors :

$$U_c = V_{cc}(1 - \exp(-\frac{t}{R_t C_t}))$$

Le monostable repasse à son état stable lorsque $U_c = V_{cc}/2$. Ainsi, le temps T_w de maintien à l'état quasi stable est :

$$T_w = R_t \cdot C_t \cdot \ln 2$$

Avec les valeurs retenues dans notre circuit, on obtient T_w compris entre 0,5 ms et 4,6 ms.

Sachant que le train d'onde parcourt la distance $2D$ à la vitesse $V = 333 \text{ m.s}^{-1}$, on en déduit la distance maximale de détection d'un obstacle :

$$D = \frac{T_w \cdot V}{2}$$

Soit, dans notre circuit D compris entre 8,4 cm et 77 cm.

II-3-5-Traitement de l'information et signalisation :

Cette partie est essentiellement composée d'un monostable, d'un comparateur à hystérésis, et de 2 LED de signalisation.

Deux cas sont envisageables à ce niveau :

- La porte ET est validée, ce qui signifie que l'écho est revenu suffisamment tôt.
- La porte ET est bloquée, ce qui signifie que l'écho est revenu trop tard.

Dans le premier cas, le second monostable (U3A) est déclenché, ce qui permet la charge du condensateur C9 via D2 et R11.

Dans le cas contraire, le monostable reste à son état stable, ce qui entraîne la décharge de C9 à travers R10.

La tension aux bornes du condensateur, UC9, est comparée par l'amplificateur opérationnel U4 monté en trigger (entrée e-).

La complexité du montage comparateur dit "trigger" vient de la réaction positive, puisque la tension de sortie influe alors sur l'entrée e+.

De ce fait, il existe deux tensions de seuil différentes selon que l'on passe à +Vsat ou à -Vsat.

Ceci se traduit sur la caractéristique de transfert par un cycle hystérésis :

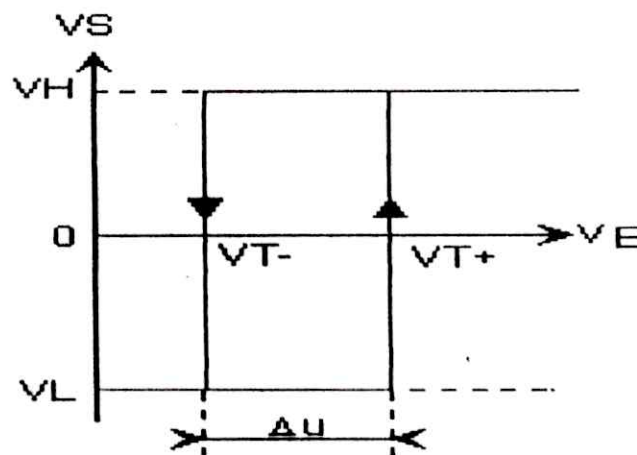


Figure II-22 : Signal du trigger

Ainsi, lorsque le condensateur se charge, le comparateur voit son entrée - passer à un potentiel supérieur à son entrée +. Sa sortie passe alors à l'état bas. C'est alors la LED rouge qui s'allume, traduisant la présence d'un obstacle

L'intérêt du trigger dans notre montage est mis en évidence lors de la décharge du condensateur.

En effet, la constante de temps est plus grande que lors de la charge.

Il faut donc que les trains d'ondes suivants arrivent également en retard pour que la décharge soit complète et que le trigger puisse basculer à l'état haut, auquel cas, c'est la LED verte qui s'allume, indiquant que "la voie est libre".

Introduction :

Après avoir fait l'étude théorique, nous passerons à la réalisation pratique qui comporte les étapes suivantes :

- Circuit imprimé et implantation des composants.
- Réglages.
- Essais.
- L'emplacement du Radar de Recul sur le véhicule.
- Conclusion.

III- Réalisation:**III-1- Circuit imprimé :**

Pour réaliser le circuit imprimé de notre montage on utilise un procédé photographique, c'est-à-dire l'utilisation des plaques pré sensibilisée, cette méthode permet de reproduire plusieurs plaquettes identiques. Sans avoir à refaire à chaque fois le dessin sur les rubans de cuivre, et aussi pour éviter les fautes de dessin pendant l'utilisation d'un crayon feutre spéciale pour ce type de circuit imprimé.

Au niveau de sa conception quelques straps ont été nécessaire pour éviter le double face parce qu'il est un peut cher.

Tous les trous sont à percer à l'aide d'un foret de 0.8 mm de diamètre, les pastilles plus grand à l'aide d'un foret de 1 mm et plus suivant le diamètre des connexions des composants à implanter.

III-2- Implantation des composants :

Comme toujours en premier lieu, on implantera les diodes, les résistances, les capacités et les transistors. Les straps peuvent être réalisés à l'aide des chutes de connexions de résistances et de diodes, une attention toute particulière est apportée quand au respect des orientations des différents composants polarisés. Toute erreur à ce niveau entraîne

sérieusement le bon fonctionnement du circuit, ce serait dommage. De même des précautions à prendre lors de la soudure des circuits intégrés ; en pratique, une bonne solution consiste à souder par exemple toutes les broches n° : N, puis toutes les n° : N+1, etc.

Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0.8 mm de diamètre, pour la plupart. En raison de la taille réduite des pastilles concernées (pour pouvoir passer les pistes entre les pastilles) il faudra mieux utiliser des forets de bonne qualité pour éviter d'emporter les pastilles. En ce qui concerne REG1, CN1, CN2, CN3, et D1 il faudra percer avec un foret de 1 mm de diamètre.

Avant de réaliser le circuit imprimé il est préférable de procurer les composants pour assurer qu'ils s'implanteront correctement. Cette remarque concerne uniquement les ajustables AJ1, AJ2, AJ3. Sinon, il n'y a pas de difficulté particulière pour l'implantation. Soyons tout de même attentifs au sens des condensateurs et des circuits intégrés. N'oublions pas les 8 straps des circuits. Notons qu'il est plus commode d'implanter les straps en premier sur le circuit imprimé, car certains straps sont très proches des composants.

Pour raccorder les transducteurs ultrasoniques, utilisons une paire de câbles torsadée de 25 à 50 cm au maximum. Le montage sera bien entendu installé à l'arrière du véhicule. Il ne faut pas placer le montage près du tableau de bord et de déporter les transducteurs à l'arrière du véhicule. La longueur des câbles rendra le montage inopérant, car l'impédance d'entrée de l'amplificateur est relativement élevée et nous risquons de récupérer pas mal de parasites. Si nous installons le montage dans le coffre de notre voiture, par exemple, il nous faudra trouver un orifice pour faire passer les fils, les transducteurs devant prendre place à l'extérieur bien évidemment. Si nous préférons installer le

montage sous le pare-chocs arrière, installons- le dans un boîtier rendu parfaitement étanche pour résister aux intempéries.

Les transducteurs indiqués en référence dans la nomenclature sont réversibles. Si les transducteurs sont en métal, il faudra veiller à ne pas les mettre en contact avec la masse du véhicule. Sinon nous risquons de court-circuiter les signaux et de détruire le transistor T1.

Notons aussi qu'il vaut mieux éviter de monter les deux transducteurs directement sur les borniers à vis du circuit imprimé. Pourtant, cela est très tentant. Mais dans ce cas, le circuit imprimé maintient les deux transducteurs de façon parfaitement solidaire, de sorte que cela ouvre un chemin pour le retour des ultrasons. Dans ce cas de figure, un premier écho arrive directement par le biais du circuit imprimé, ce qui perturbe complètement l'appareil. Il faut donc absolument déporter les transducteurs à l'aide d'une paire de fils torsadés. Notons également que ce phénomène peut se reproduire sous une autre forme, sur le véhicule lui-même. Par exemple, nous obtiendrons le même résultat si nous fixons les transducteurs sur le pare-chocs à une distance trop proche. Dans certains cas, il faudra monter le transducteur émetteur sur un élément en caoutchouc pour amoindrir les possibilités de transmission mécanique des ultrasons.

Pour alimenter le montage nous avons le choix entre deux solutions. Nous pouvons alimenter le montage directement par la batterie sur +BAT ou le +APC (+12 V Après contact), ou bien nous pouvons alimenter le montage en parallèle sur les feux de recul du véhicule. Dans ce deuxième cas de figure, le montage ne fonctionnera que le temps nécessaire à la manœuvre, ce qui nous semble la meilleure solution.

Si nous préférons alimenter le montage directement sur le + APC ou le +BAT, n'oublions pas d'ajouter un interrupteur en série avec

l'alimentation pour pouvoir éteindre le montage. Rappelons que le transducteur émetteur est piloté par un signal ayant une composante continue qui n'est pas nulle. Ceci nuit à la durée de vie du transducteur. Il ne faudra donc pas oublier d'éteindre le montage, faute de quoi le transducteur ne vivra que quelques semaines.

Pour les besoins de notre prototype, les diodes LED ont été installées directement sur le circuit imprimé. Il est évident que nous devons déporter ces diodes LED jusqu'au tableau de bord, sinon l'appareil ne nous servirions à rien.

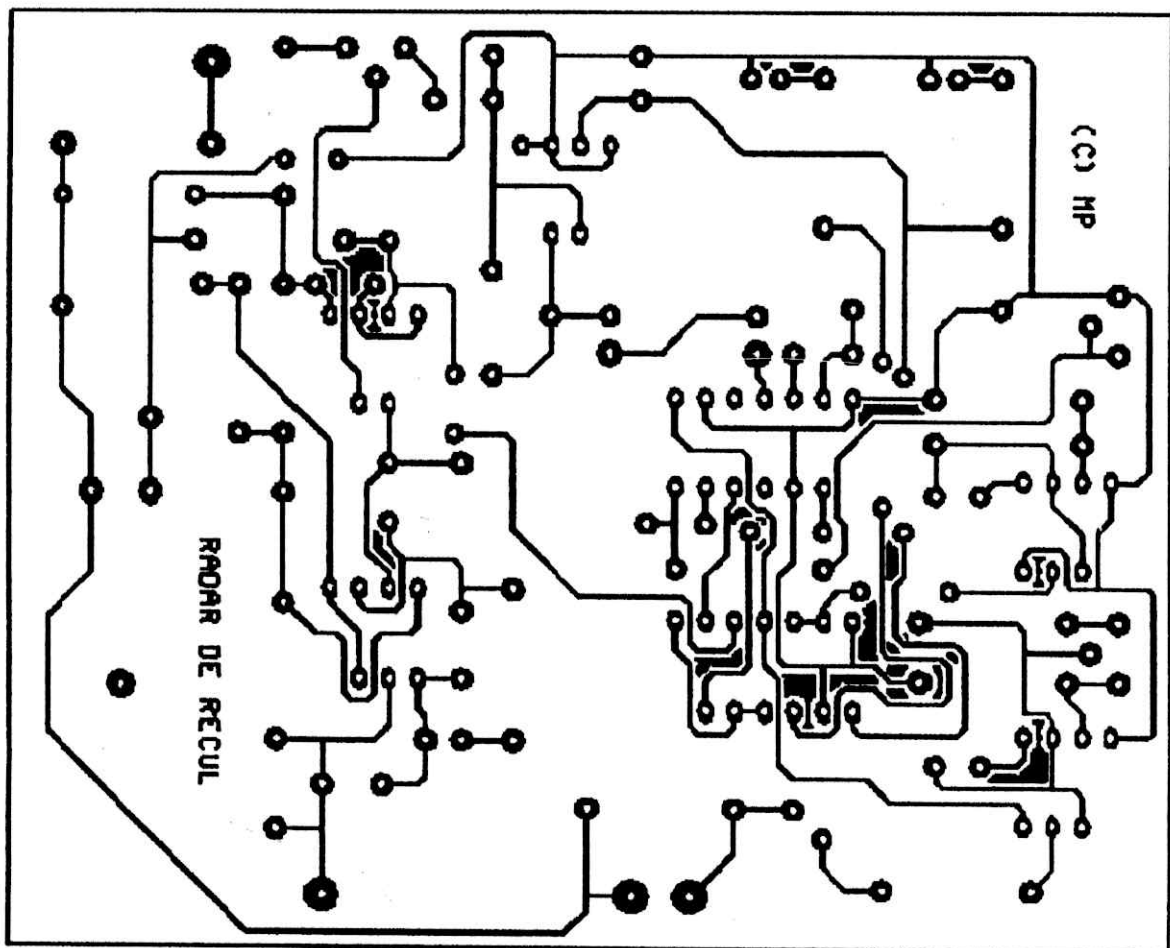


Figure III-1 : Circuit imprimé

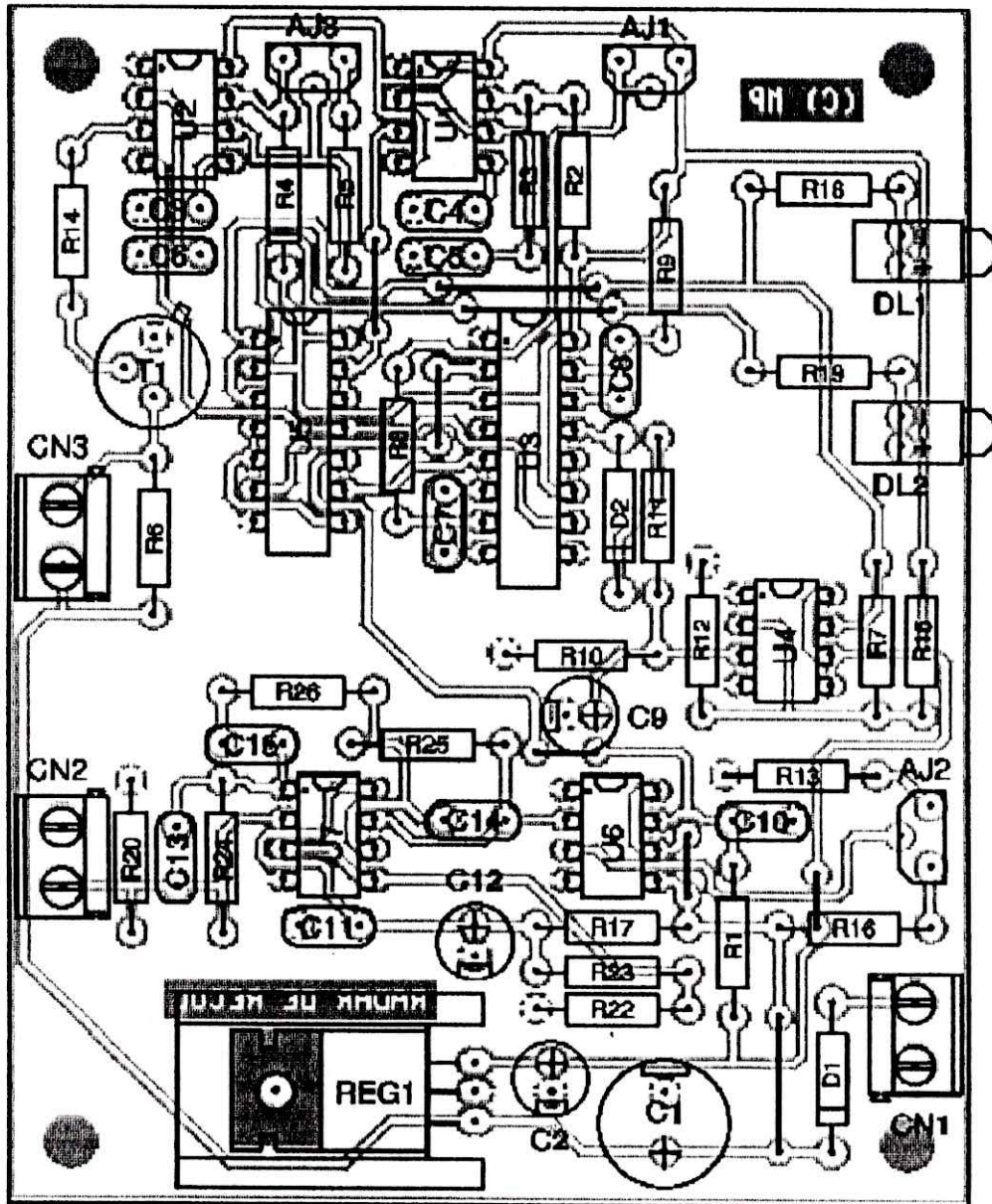


Figure III-2 : Implantation des composants

III-3- Réglages :

Le réglage de la fréquence de l'oscillateur U2 est le plus délicat. Il faut régler la fréquence de l'oscillateur pour s'approcher le plus près possible de la fréquence de résonance du transducteur émetteur.

En fonctionnement normal, l'oscillateur délivre un signal saccadé au rythme de l'oscillateur. Pour effectuer le réglage de AJ3 nous avons donc deux possibilités :

- Si nous disposons d'un oscilloscope, réglerons AJ3 pour que le signal appliqué au transducteur émetteur via CN3 ressemble à la figure III-3. Lorsque le signal carré est déformé et prend la forme concave représentée sur la figure, cela signifie que nous pilotons le transducteur à sa fréquence de résonance. Dans ce cas, l'énergie rayonnée par le transducteur est maximum, ce qui est le but recherché.

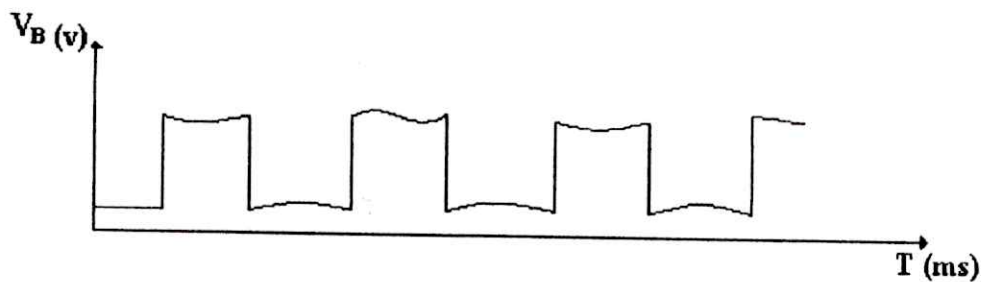


Figure III-3 : signal carré sous forme concave

- Si nous n'avons pas d'oscilloscope, il nous faudra au moins un fréquencemètre. Dans ce cas pour pouvoir réaliser une mesure correcte il faut retirer le circuit U5 du montage. Ensuite, relier temporairement la broche 4 et la broche 8 du circuit U2. nous pouvons maintenant mesurer la fréquence du signal disponible sur CN3. Réglons AJ3 pour obtenir exactement 40 KHz. Lorsque c'est chose faite, retirons le straps entre les broches 4 et 8 du circuit U2,

puis remettons U5 sur le circuit imprimé.

Les autres réglages sont beaucoup simples, en principe. Plaçons le montage bien dégagé au bord d'un plan de travail, les transducteurs orientés parallèlement vers l'avant. Préréglons AJ2 au minimum et AJ1 au maximum, de sorte que la distance de détection n'ait pas d'incidence sur le réglage, pour l'instant. La diode LED DL1 (rouge) doit alors être éteinte. Approchons ensuite un objet à environ 50 cm des transducteurs (un livre par exemple). Réglons AJ2 pour que la diode LED s'allume. lorsque la diode LED (rouge) s'allume, cela signifie que le signal reçu est suffisamment amplifié et que le seuil de détection est correct.

Ensuite, déplaçons l'objet à la distance qui nous intéresse. Vérifions que la diode rouge est toujours allumée, sinon retouchons le niveau du seuil de détection en ajustant AJ2. Réglons ensuite AJ1 pour que la diode LED DL1 s'éteigne. Approchons légèrement l'objet et vérifier que la diode LED rouge s'allume à nouveau. Lors de la manipulation de l'objet, les diodes LED peuvent clignoter en raison des échos multiples occasionnés par l'opérateur, ignorer ces états transitoires. Lorsque les LED clignotent, essayons de bouger le moins possible pour déterminer quel est l'état à prendre en compte, une fois que les signaux sont stabilisés. Pour les mêmes raisons, il faudra veiller à ce que les transducteurs soient bien au bord du plan de travail, pour éviter l'influence des échos qui seraient renvoyés par le plan de travail.

Nous constaterons, sur le terrain, que les diodes LED peuvent clignoter selon la position des obstacles et selon le mouvement de la voiture. Il est évident que l'indication donnée par notre appareil ne peut pas tenir compte de tous les cas de figure. Par exemple, certaines automobiles sont

relativement basses et elles seront facilement détectées par notre radar.

D'autres automobiles sont plus hautes et possèdent parfois un pare-chocs avancé, de sorte qu'il est plus difficile de détecter l'obstacle, car l'écho n'arrive pas exactement dans l'axe du transducteur (cas des véhicules 4x4 par exemple). Il faudra donc tenir compte des transitions de l'état des diodes LED et adapter la conclusion en fonction du véhicule qui est derrière nous.

III-4-les essais :

La figure III-4 représente les chronogrammes délivrés des points importants de notre montage.

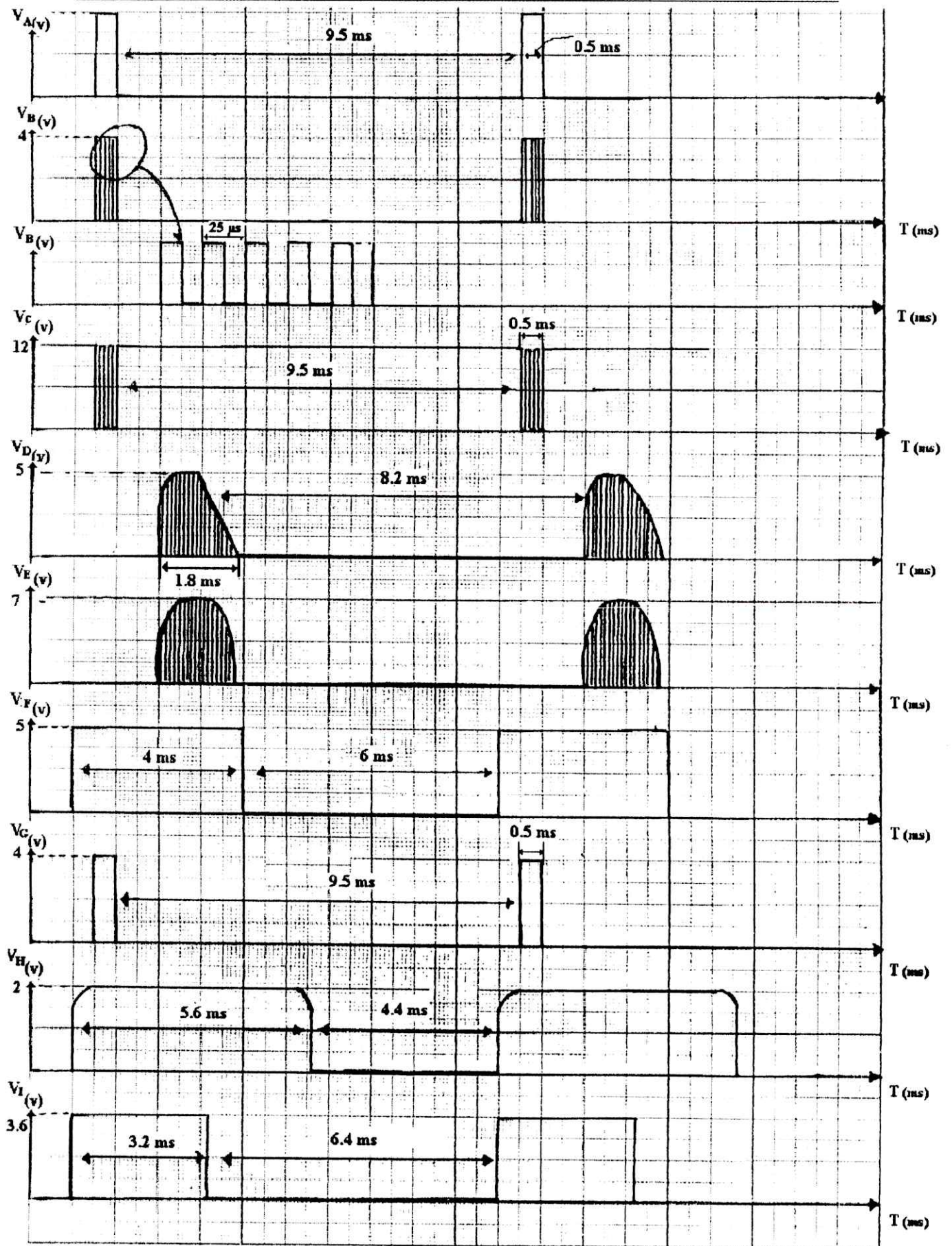


Figure III-4 : les chronogrammes⁶³
Radar de recul

du montage**III-5- L'emplacement du Radar de Recul sur le véhicule :**

Le système s'active uniquement quand la marche arrière est engagée. Deux capteurs à ultrasons sont installés dans le pare-chocs arrière.

III-5-1- Spécification techniques :

- Consommation 2,5 et 1,5 W
- Fréquence d'émission 40 KHz
- Niveau sonore 80 db à 10 cm
- Température d'utilisation : -20 c° à + 70 c°
- Alimentation : 10- 15 v DC ou 24 v
- Angle de détection : horizontale 170°, Vert 90° détails
- L'alimentation est fournie par un fil électrique branché sur la lampe de la marche arrière. Le module de contrôle est installé dans le coffre arrière ou dans l'habitacle avec harnais en fil connecté à deux ou quatre capteurs ultrasoniques asymétriques et un émetteur ultrasonique.
- temps de réponse du système : 0,12 secs.

III-5-2- Installation des capteurs :

- 1- Mesurer et marquer deux capteurs entre 25 cm et 35 cm de chaque extrémité de pare-chocs arrière
- 2- Mesurer et surimposer sur les marques précédentes deux points situés entre 40 et 90 cm du sole afin de déterminer l'emplacement définitif de deux capteurs.
- 3- percer deux trous de 25 mm du diamètre aux endroit marqués.
- 4- insérer les deux capteurs dans les trous avec les bordures droites et rainurages des senseurs en bas, et assurer que les capteurs plats sont insérés de façon à respecter le sens de la

flèche vers le haut n'appuyer pas trop sur les capteurs.

- 5- passer le cordon électrique des capteurs à l'intérieur et les faire passer à l'intérieur du coffre arrière par les trous de pression d'air.
- 6- Brancher les câbles sur les prises correspondantes de l'unité de contrôle.

III-5-3-Installation de l'unité de contrôle :

- 1- Localiser une surface convenable pour l'installation de l'unité, de préférence sur la carrosserie droite du coffre et attacher la avec les vis. Il est important que cet emplacement soit à l'abri de l'eau, de la saleté et de la moisissure. Dans tous les cas, il ne doit jamais être monté à l'extérieur du véhicule. Pour les bus, si le boîtier est placé dans le compartiment moteur, protéger le poste de contrôle et ses prises par un cache en plastique sous vide ou par un boîtier hermétiquement fermé pour empêcher les projections.
- 2- passer les câbles des capteurs sous le tapis du coffre du véhicule et les emmener jusqu'à l'unité de contrôle.
- 3- Connecter la câble rouge au terminal positif de la lampe de recul.
- 4- Connecter le câble noir à la terre.
- 5- Connecter le câble d'alimentation à l'unité de contrôle.
- 6- Afin de connecter les câbles, ouvrir et fermer les interrupteurs correspondants aux câbles sur le boîtier.

III-5-4- Pannes et vérifications :**- 1- Pas d'alimentation :**

Vérifier les volts sur la lampe de marche arrière. S'assurer que la terre est branchée (câble noir). S'assurer que tous les câbles sont branchés.

- 2- Pas de détection d'obstacles :

S'assurer que tous les câbles sont branchés. S'assurer que le montage et le positionnement des capteurs sont corrects. Idem pour l'émetteur de sons et l'unité de contrôle. Les fausses alarmes peuvent être causées par : les capteurs qui sont mal positionnés.

Le véhicule fait marche arrière sur une pente. Le sol n'est pas plat. Les fausses alarmes peuvent également être causées par la proximité d'outils pneumatiques, freins à air de camions ou d'autres émetteurs qui distordent le bruit.

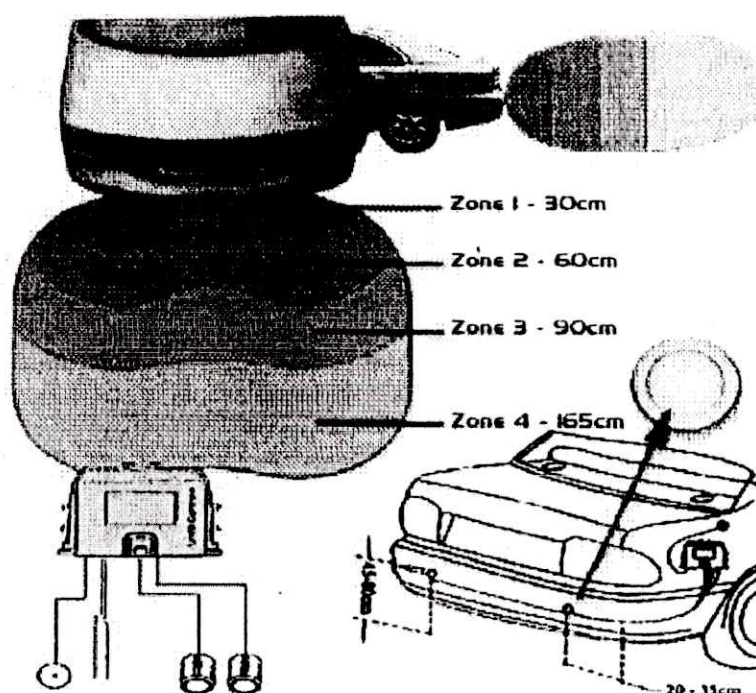


Figure III-5 : l'emplacement du Radar de Recul sur le véhicule

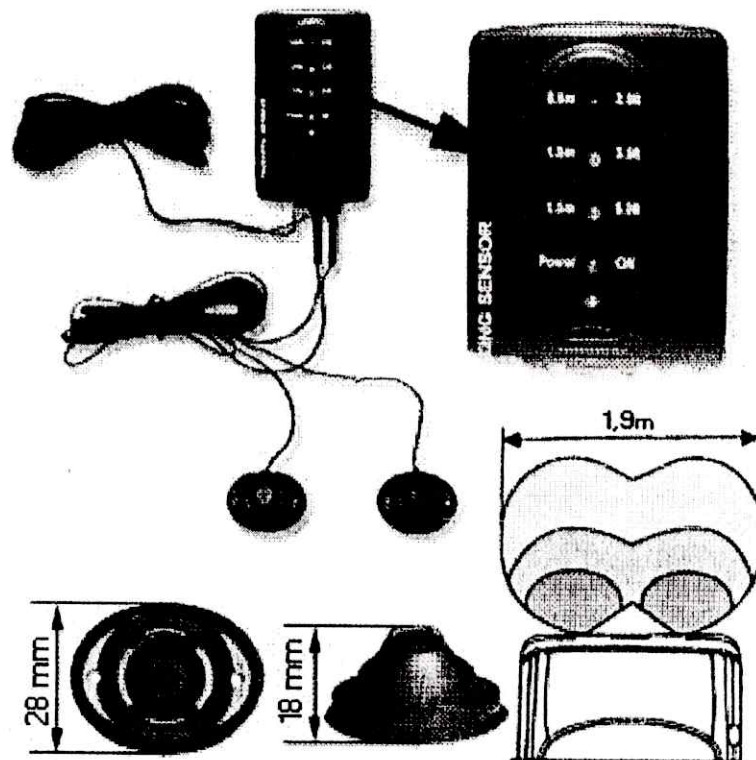


Figure III-6 : figuration d'un Radar de Recul

Conclusion générale

Le travail que nous avons présenté concerne l'étude du fonctionnement général d'un RADAR DE RECUL, ce détecteur repose sur l'exploitation du phénomène de la réflexion des ondes acoustiques (ultrasoniques).

En conclusion, nous pouvons dire que ce travail nous a été très bénéfique, il réunit trois domaines : l'électronique analogique, l'électronique numérique et l'étude des ondes.

L'appareil que nous avons étudié peut être amélioré par l'adjonction des décodeurs et des afficheurs alphanumériques et cela pour indiquer la distance séparant le véhicule et l'obstacle. De même, on peut ajouter des améliorations pour utiliser ce détecteur dans plusieurs domaines tels que : la surveillance, l'échographie et en particulier dans le sondage maritime et les sous-marins ainsi à l'aviation comme un radar Doppler.

A l'issue de cette réalisation, nous serons mieux équipé pour affronter plus sereinement les manœuvres les plus délicates. Au volant d'une automobile il faut toujours faire preuve de bon sens et surveiller quand même attentivement ses rétroviseurs. Le montage vous donnera seulement une indication supplémentaire.

Bibliographie

[1] **S. MENACER, M. MENACER, A. MENACER**

Analyses combinatoires et séquentielles. Tome I

Editions : Infor-Z Août 1990.

[2] **G.CHEVALIER, B. CHEVALIER, J. CHAUVEAU**

Mémo Tech électronique composants (DATA BOOK), 2^{ème} édition

Editions : Casteilla 1989.

[3] **A. HAMED, S. MIZIANI**

Détecteur de proximité à distance variable.

Thèse D.E.U.A, Institut d'Electronique Blida.

Promotion 2002-2003.

[4] **F. SAHLI, A. CHORFI**

Détecteur d'obstacles ultrasonique.

Thèse D.E.U.A, Institut d'Aéronautique Blida.

Promotion 1999-2000.

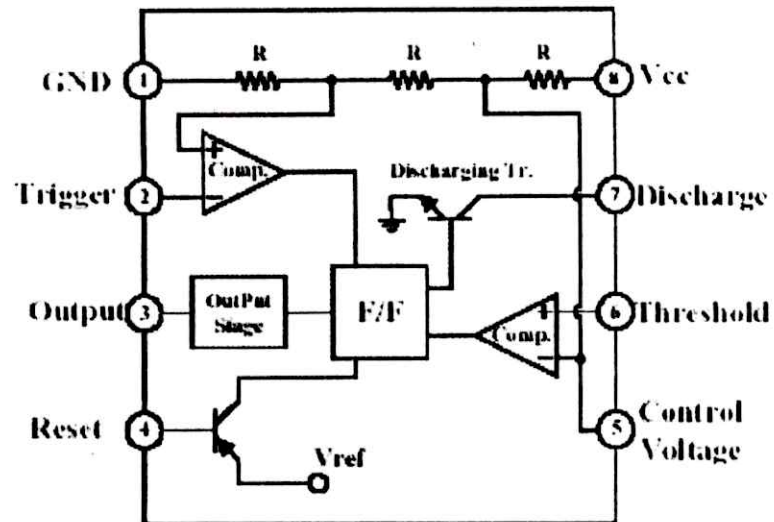
[5] CD : Revue Electronique pratique N°218-Octobre 1997

[6] Site : WWW.datasheetcatalog.com

Annexes

NE555:

Internal Block Diagram



8-DIP



Absolute Maximum Ratings (TA = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	16	V
Lead Temperature (Soldering 10sec)	TLEAD	300	°C
Power Dissipation	PD	500	mW
Operating Temperature Range NE555 SA555	IOPR	0 ~ +70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	°C

Annexes

Le transistor 2N1711 :

2N1711

2N1890

JAN
JANTX

MAXIMUM RATINGS

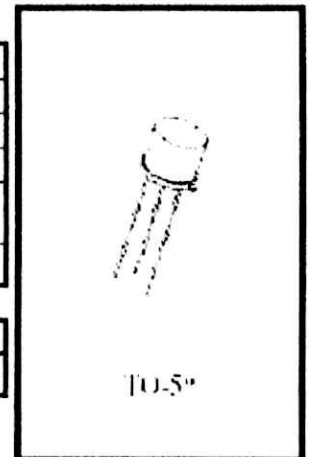
Ratings	Symbol	2N1711	2N1890	Unit
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	75	100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	7.0		Vdc
Collector Current	I_C	500		mAde
Total Power Dissipation	P_T	@ $T_A = +25^\circ\text{C}^{(1)}$	0.8	W
		@ $T_C = +25^\circ\text{C}^{(2)}$	3.0	W
Operating & Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200		$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Max.	Unit
Thermal Impedance	Z_{th}	58	$^\circ\text{C/W}$

1) Derate linearly 4.57 mW/ $^\circ\text{C}$ for $T_A > 25^\circ\text{C}$

2) Derate linearly 17.2 mW/ $^\circ\text{C}$ for $T_C > 25^\circ\text{C}$



*See appendix A for package outline

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristics	Symbol	Min.	Max.	Unit
-----------------	--------	------	------	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Base Breakdown Voltage $I_C = 100 \mu\text{Ade}$	2N1711, S 2N1890, S	V_{CB0}	75 100	Vdc
Collector-Emitter Breakdown Voltage $R_{BE} = 10 \Omega, I_C = 100 \text{mAde}$	2N1711, S 2N1890, S	V_{CE0}	50 80	Vdc
Collector-Emitter Breakdown Voltage $I_C = 30 \text{mAde}$	2N1711, S 2N1890, S	V_{CE0}	30 60	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage $I_E = 100 \mu\text{Ade}$		V_{EB0}	7.0	Vdc
Collector-Base Cutoff Current $V_{CB} = 60 \text{Vdc}$ $V_{CB} = 80 \text{Vdc}$	2N1711 2N1890	I_{CB0}		μAde
Emitter-Base Cutoff Current $V_{EB} = 5.0 \text{Vdc}$		I_{EB0}		μAde

Annexes

TL072 :

ORDER CODE

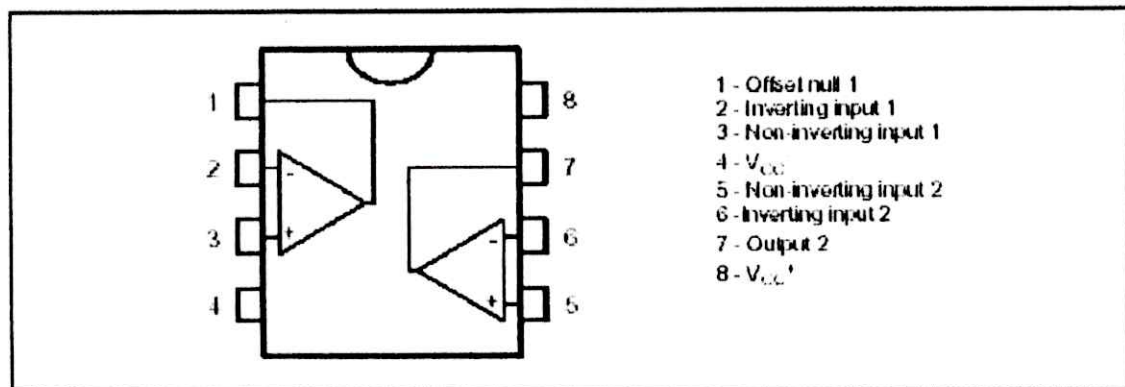
Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
TL072M/AM/BM	-55°C, +125°C	•	•
TL072I/AI/BI	-40°C, +105°C	•	•
TL072C/AC/BC	0°C, +70°C	•	•

Example : TL072CI

N = Dual in Line Package (DIP)
 B = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (TR)



PIN CONNECTIONS



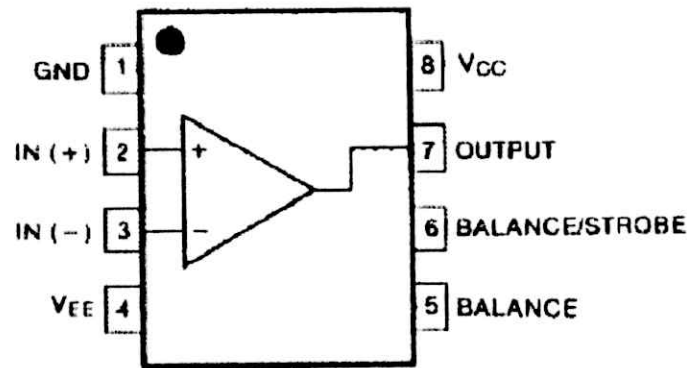
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	TL072M, AM, BM	TL072I, AI, BI	TL072C, AC, BC	Unit
V_{cc}	Supply voltage - note ¹⁾	±18			V
V_i	Input Voltage - note ²⁾	±15			V
V_{id}	Differential Input Voltage - note ³⁾	±30			V
P_{tot}	Power Dissipation	680			mW
	Output Short-circuit Duration - note ⁴⁾	Infinite			
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150			°C

Annexes

LM311 :

Internal Block Diagram



Electrical Characteristics

(VCC = 15V, TA = 25 °C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input Offset Voltage	V _{IO}	RS ≤ 50KΩ	-	1.0	7.5	mV
		Note 1	-	-	10	
Input Offset Current	I _{IO}		-	6	50	nA
		Note 1	-	-	70	
Input Bias Current	I _{BIAS}		-	100	250	nA
		Note 1	-	-	300	
Voltage Gain	GV	-	40	200	-	V/mV
Response Time	T _{RES}	Note 2	-	200	-	ns
Saturation Voltage	V _{SAT}	I _O = 50mA, V _I ≤ -10mV	-	0.75	1.5	V
		VCC ≥ 4.5V, VEE = 0V I _O = 8mA, V _I ≤ -10mV. Note 1	-	0.23	0.4	
Strobe "ON" Current	I _{STR(ON)}	-	-	3	-	mA
Output Leakage Current	I _{SINK}	I _{STR} = 3mA, V _I ≥ 10mV V _O = 15V, VCC = ±15V	-	0.2	50	nA
Input Voltage Range	V _{I(R)}	Note 1	-14.5 to 13.0	-14.7 to 13.8	-	V
Positive Supply Current	I _{CC}	-	-	3.0	7.5	mA
Negative Supply Current	I _{EE}	-	-	-2.2	-5.0	mA
Strobe Current	I _{STR}	-	-	3	-	mA

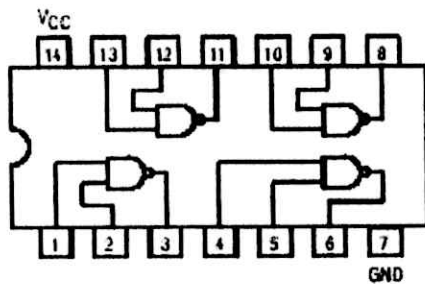
Notes :

1. 0 ≤ TA ≤ +70 °C

2. The response time specified is for a 100mV input step with 5mV over drive.

Annexes

74LS00:



PLASTIC
DIP SUFFIX
CASE 646

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	$^{\circ}\text{C}$
I_{OH}	Output Current - High			-0.4	mA
I_{OL}	Output Current - Low			8.0	mA

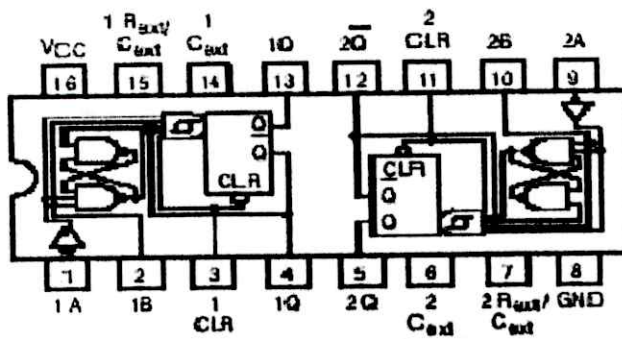
DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V_{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_{IN} = -18 \text{ mA}$
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.5		V	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_{OH} = \text{MAX.}, V_{IN} = V_{IH}$ or V_{IL} per Truth Table
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	$I_{OL} = 4.0 \text{ mA}$ $V_{CC} = V_{CC} \text{ MIN.}, V_{IN} = V_{IL}$ or V_{IH} per Truth Table
			0.35	0.5	V	
I_{IH}	Input HIGH Current			20	μA	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
I_{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 2)	-20		-100	mA	$V_{CC} = \text{MAX.}$
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW			1.6	mA	$V_{CC} = \text{MAX.}$
				4.4	mA	

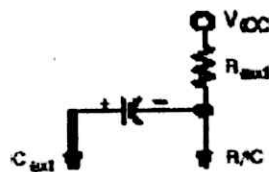
AC CHARACTERISTICS ($T_A = 25^{\circ}\text{C}$)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t_{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		9.0	15	ns	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ $C_L = 15 \text{ pF}$
t_{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15	ns	

SN74LS221:



Positive logic: Low input to clear resets Q low and Q high regardless of dc levels at A or B inputs.



**FUNCTION TABLE
(EACH MONOSTABLE)**

INPUTS			OUTPUTS	
CLEAR	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑		
H	↓	H		
↑	L	H		

* See operational notes — Pulse Trigger Modes

TYPE	TYPICAL POWER DISSIPATION	MAXIMUM OUTPUT PULSE LENGTH
SN74LS221	23 mW	70 ns

Annexes

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

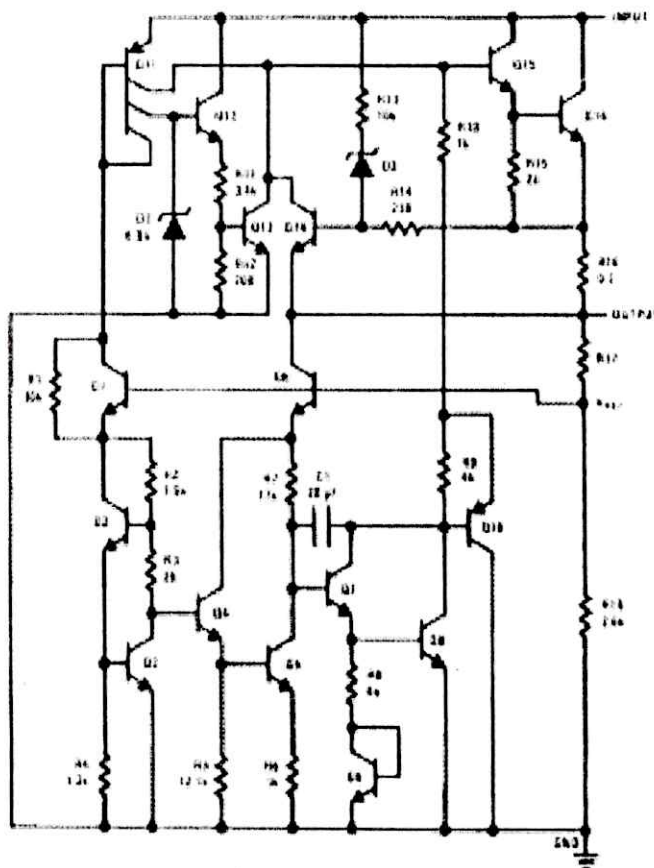
Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at C Input		1.0	2.0	V	$V_{CC} = \text{MIN}$
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at C Input	0.7	0.8		V	$V_{CC} = \text{MIN}$
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage at B Input		1.0	2.0	V	$V_{CC} = \text{MIN}$
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage at B Input	0.8	0.9		V	$V_{CC} = \text{MIN}$
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for A Input
V_{IL}	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for A Input
V_{IK}	Input Clamp Voltage			-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_N = -18 \text{ mA}$
V_{OH}	Output HIGH Voltage	2.7	3.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_{OH} = \text{MAX}$
V_{OL}	Output LOW Voltage		0.35	0.5	V	$I_{OL} = 8.0 \text{ mA}$, $V_{CC} = \text{MIN}$
I_{IH}	Input HIGH Current			20	μA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
I_{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
	Input A			-0.8		
	Input B Clear			-0.8		
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
I_{CC}	Power Supply Current Quiescent		4.7	11	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
	Triggered		19	27		

Régulateurs LM78XX:

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Schematic and Connection Diagrams



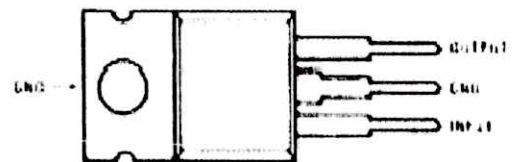
**Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum**



Bottom View

**Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A**

**Plastic Package
TO-220 (T)**



Top View

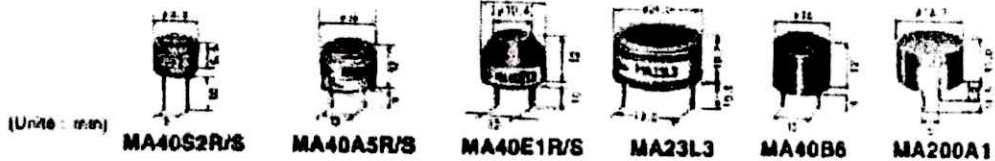
**Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T030**

Les transducteurs ultrasoniques :

4.7 G. DÉTECTEUR A ULTRASONS

d'après **muRata**

Séries MA

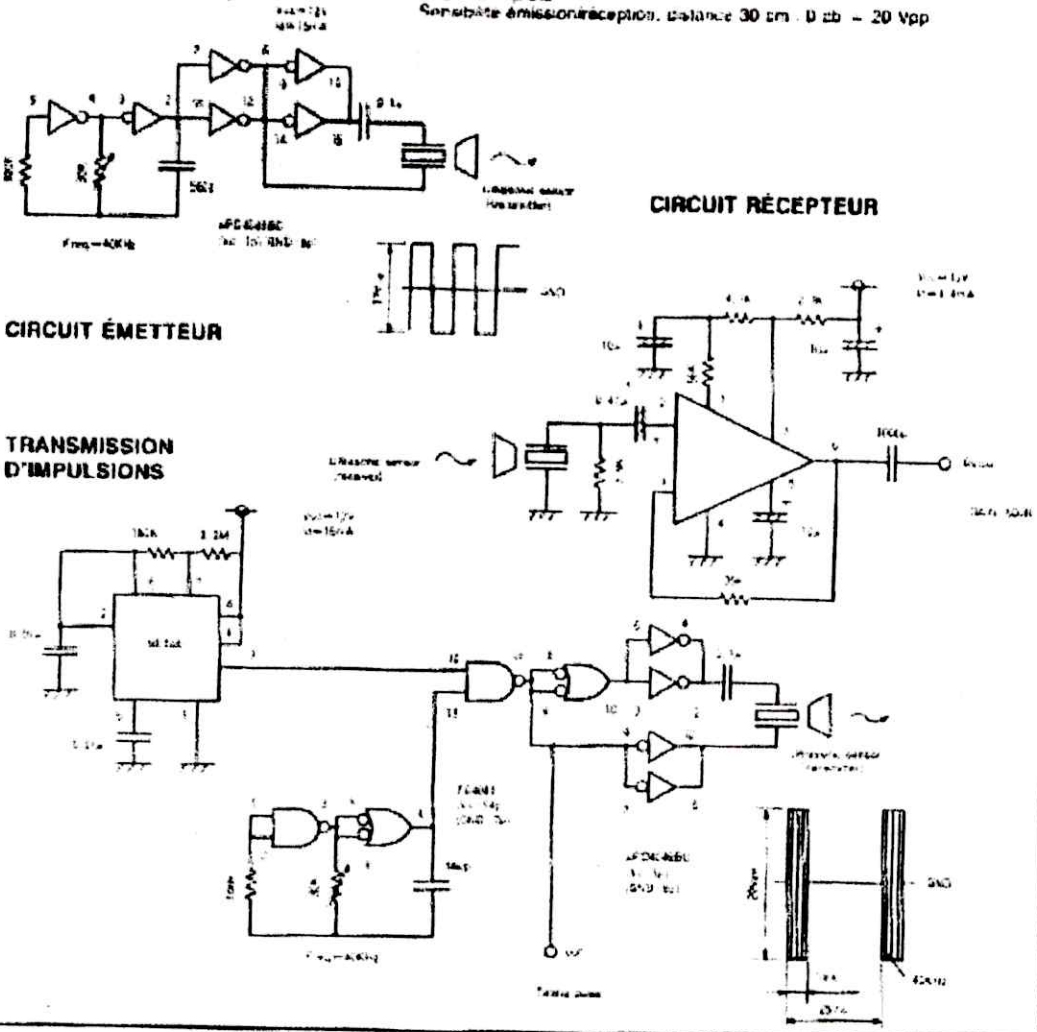


Caractéristiques des capteurs

Structure	Transmission ou Réception R : Réception S : Transmission				Transmission et Réception	
Type	MA40S2R/S	MA40A5R/S	MA40E1R/S	MA23L3	MA40B6	MA200A1
Particularités	Taille miniature	Large bande	Type cis	Large bande	Usage général	Pour haie fréquence Type cis
Fréquence nominale	40 kHz			23 kHz	40 kHz	200 kHz
Sensibilité	-74 dB/m	-67 dB/m	-74 dB/m	-70 dB/m	(-82 dB)	(-60 dB)
Niveau sonore	100 dB/m	112 dB/m	106 dB/m	(102 dB)	(112 dB)	(110 dB)
Sensibilité émission/réception	(-56 dB)	(-40 dB)	(-56 dB)	(-55 dB)	(-54 dB/m)	(-54 dB/m)
Emission (-6 dB)	150°	50°	150°	80°	20°	°
Capacité	1 600 pF	2 000 pF	2 200 pF	2 800 pF	1 100 pF	360 pF
Résistance à isolation	100 MΩ/m				100 MΩ/m	
Distance de détection	0.2 - 4.0 m	0.2 - 6.0 m	0.2 - 3.0 m	0.2 - 6.0 m	0.2 - 4.0 m	0.2 - 1.0 m

EXEMPLE (Circuit MA40A5 R/S)

Valeur typique
Sensibilité 0 dB = 1 Vp/bar. Pression sonore à une distance de 30 cm. 0 dB = 2×10^{-4} bar
Sensibilité émission/réception, distance 30 cm. 0 dB = 20 Vpp



Nomenclature

➤ Résistances

- R_1 : 4.7 K Ω 1/4w 5% (jaune, violet, rouge)
- R_2 : 3.9 K Ω 1/4 w 5% (orange, blanc, orange)
- R_3 : 2.2 K Ω 1/4 w 5% (rouge, rouge, rouge)
- R_4, R_{14}, R_{26} : 1 K Ω 1/4w 5% (marron, noire, rouge)
- R_5 : 12 K Ω 1/4 w 5% (marron, rouge, orange)
- R_6 : 470 Ω 1/4 w 5% (jaune, violet, marron)
- R_7, R_{25} : 47 K Ω 1/4 w 5% (jaune, violet, orange)
- R_8, R_{22} : 3.3 K Ω 1/4 w 5% (orange, orange, rouge)
- R_9 : 33 K Ω 1/4 w 5% (orange, orange, orange)
- $R_{10}, R_{12}, R_{13}, R_{16}$: 10 K Ω 1/4 w 5% (marron, noire, orange)
- R_{11}, R_{17} : 100 Ω 1/4 w 5% (marron, noire, marron)
- R_{15} : 15 K Ω 1/4 w 5% (marron, vert, orange)
- R_{18}, R_{19} : 330 Ω 1/4 w 5% (orange, orange, marron)
- R_{20} : 100 K Ω 1/4 w 5% (marron, noire, jaune)
- R_{21} : inexistante
- R_{23} : 6,2 K Ω 1/4 w 5% (bleu, gris, rouge)
- R_{24} : 68 K Ω 1/4 w 5% (bleu, gris, orange)
- A_{j1} : ajustable verticale 22 K Ω
- A_{j2}, A_{j3} : ajustable verticale 10 K Ω

➤ Condensateurs :

- C_1 : 470 μ f /25 v sortie radiale
- C_2, C_{12} : 100 μ f /25 v sortie radiale
- C_3, C_4, C_{11} : 100 nf
- C_5 : 330 nf
- C_6 : 1 nf
- C_7, C_8 : 220 nf
- C_9 : 2,2 μ f /25 v sortie radiale
- C_{10} : 470 pf
- C_{13} : 33 pf céramique au pas de 5,08mm
- C_{14} : 100 pf
- C_{15} : 10 nf

➤ **Semi-conducteurs :**

- DL₁ : diode LED rouge 3mm
- DL₂ : diode LED verte 3mm
- D1 : 1N4001 (diode de redressement 1A/100V)
- D₂ : 1N4148 (diode de redressement petits signaux)
- T₁ : 2N1711

➤ **Circuits intégrés**

- U₁, U₂ : NE555
- U₃ : 74LS221
- U₄, U₆ : LM311
- U₅ : 74LS00
- U₇ : TL072
- REG₁ : Régulateur LM7805 (5V)

➤ **Divers**

- 2 transducteurs ultrasoniques 40 Khz (MA 40B6)