



République Populaire et Démocratique Algérienne
لجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Ben Mohamed 2 d'Oran

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد

معهد الصيانة والأمن الصناعي

**Institut de Maintenance et de Sécurité
Industrielle
Département de Maintenance en Génie Industriel
MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de
Master

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Génie Industriel

Thème

Etude d'un System de Télémessure à Ultrason

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : AMRANE

Prénom : Mohamed Saddek

Nom : AGHA

Prénom : Mohammed Zakaria

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
AOUMEUR Nabila	MCB	IMSI-Université d'Oran 2	Président
AOUIMER Yamina	MAA	IMSI-Université d'Oran 2	Encadreur
ARBI Maachia	MCB	IMSI-Université d'Oran 2	Examineur

Remerciements.

Tout d'abord, je remercie "Allah" Tout-Puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force de faire ce modeste travail. Merci de m'avoir éclairé sur le chemin du succès.

Nous tenons à remercier chaleureusement **Mm. Aouimer Yamina** pour l'Aide et pour les conseils précieux pendant les études de ce travail.

Nous tenons également à remercier tous les professeures et les enseignants de département de génie industriel

En fin Mes remerciements vont à la famille **AMRANE** et la famille **AGHA** pour son soutien morale et financière

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

À nos très chères et douces mères, nos très chers pères qui ont été tous
jours auprès de nous, merci de nous avoir permis de réaliser notre
parcours sans de ne jamais manquer de rien. Nous adressons au ciel
les vœux les plus ardents pour la conservation de leur santé et de leur
vie.

À nos frères et nos sœurs, les mots sont faibles pour exprimer la force
de nos sentiments et la reconnaissance que nous vous portons. Que

Dieu vous garde pour
nous.

Et à ceux qui partagent nos bonheurs et malheurs nos chers amis
À nos collègues au l'institut de maintenance et de sécurité industriel et
nos camarades de promotion 2021-2022

À tous nos enseignants de notre cursus éducatif

À tous ceux qui nous sont chers et que nous aimons et qui nous aiment

ملخص

الهدف من هذا المشروع هو دراسة نظام القياس عن بعد باستخدام الموجات فوق الصوتية قادر على قياس سرعة ومسافة الأجسام الثابتة والمتحركة.

يتكون هذا العمل من إجراء دراسة عامة عن نظرية الانبعاث واستقبال الموجات فوق الصوتية، واستغلال هذه التقنية في إجراء القياسات.

محاكاة مبرمجة لهذا العمل باستخدام بروتينوس.

ساهم العمل المدروس في فهم أفضل لتأثير الموجات فوق الصوتية وخصائصها الفيزيائية. بالإضافة إلى ذلك، ستساهم هذه النتائج أيضًا في تحسين تصميم ملتقطات الموجات فوق الصوتية واستخدامها في جميع الميادين.

الكلمات المفتاحية: القياس عن بعد، الموجات فوق الصوتية، القياسات، السرعة، المسافة، الإرسال والاستقبال، بروتينوس.

Résumé

Ce projet a pour but de étudier un système de télémétrie à base des ultrasons, capable de mesurer la vitesse et la distance des objets fixes et mobiles.

Le travail consiste à faire une étude générale sur la théorie d'émission et réception des ondes ultrasonore, et l'intérêt de cette technique pour effectuer des mesures.

Une simulation programmée de ce travail à l'aide de Proteus.

Les travaux étudiés ont contribué à une meilleure compréhension de l'effet des ultrasons et leur propriété physique. De plus, ces résultats contribueront aussi à améliorer la conception des capteurs ultrasoniques, et l'utilisation de l'ultrason dans tous les domaines.

Mots clés : Télémétrie, Ultrasons, Mesuré, Vitesse, Distance, Emission et réception, Proteus.

Liste des abréviations

SCADA:	Supervisory control and data acquisition.
US:	Ultrasonore.
LED :	Light-Emitting Diode.
Gnd :	Ground.
CLK :	Clock.
RAZ :	Remis a zero.
LCD :	Liquid Crystal Display.
AVR :	Automatic Voltage Regulator.
RX :	Reception.
TTX :	Transmission.
E/S :	Entré/Sortie.

Liste des figures

CHAPITRE 1 :

Figure (1-1).Générateur magnétostrictif	11
Figure (1-2).Générateurs piézoélectrique	11
Figure (1-3).L'effet direct et indirect de la piézoélectrique	12
Figure (1-4).L'intensité acoustique, par rapport à une direction de référence.....	12
Figure (1-5).Dispositif à ondes acoustiques de surface	13
Figure (1-6). Célérité du son dans quelques milieux	14
Figure (1-7)La fréquence d'un son pur est l'inverse de la période de l'oscillation.....	15
Figure (1-8).exemple 2.....	17
Figure (1-9) exemple 3.....	17
Figure (1-10). Un exemple de l'intensité sonore	17
Figure (1-11). L'intensité acoustique, par rapport à une direction de référence.....	18
Figure (1-12). . La densité et la quantité des particules de chaque milieu.....	19
Figure (1-13). Spectre de la propagation de l'US dans les fluides.....	20
Figure (1-14). Le sens et la vitesse du vent peu influencer la propagation	21
Figure (1-15). . Spectre de la propagation de l'US dans les solides.	22
Figure (1-16). Propagation longitudinal.	23
Figure (1-17) Propagation transversale.	23
Figure (1-18). Propagation du son	24
Figure (1-19). Faisceau ultrasonore	25
Figure (1-20). Emission et réception des ultrasons	25
Figure (1-21). Réflexion et réfraction des ondes ultrasonores	28
Figure (1-22). Phénomène de Diffusion.....	28
Figure (1-23). Les différents phénomènes	29
Figure (1-24). L'effet doppler.....	30

CHAPITRE 2 :

Figure (2-1).Schéma synoptique.....	33
Figure (2-2) Circuit d'alimentation.....	34
Figure (2-3).Redressement double alternance.....	36
Figure (2-4).L'influence de la valeur de capacité dans le filtrage.....	37
Figure (2-5) Brochage des régulateurs des tensions positives et négatives.....	38
Figure (2-7) Transducteurs ultrasons.....	38
Figure (2-8) La détermination de la fréquence de résonance.....	39
Figure (2-9).Le circuit intégré NE555.....	41
Figure (2-10)Schéma synoptique de NE555.....	41
Figure (2-11).Schéma bloc simplifié du NE555.....	42
Figure (2-12).le rapport cyclique.....	43
Figure (2-13).circuit de multivibrateur.....	44
Figure (2-14).montage Darlington.....	45
Figure (2-15).Schéma équivalent du montage Darlington.....	46
Figure (2-16).Circuit d'émission des ondes ultrasonore.....	47
Figure (2-17).Transducteur récepteur US.....	48
Figure (2-18).Principe de fonctionnement du capteur US.....	48
Figure (2-19). Circuit d'amplificateur inverseur.....	49
Figure (2-20).Filtre passe haut.....	50
Figure (2-21).Circuit d'adaptation d'impédance.....	54
Figure (2-22).Montage suiveur.....	56

Figure (2-23).Circuit de réception des ondes ultrasonore.....	56
Figure (2-24).Circuit d'émission et réception des ondes US.....	57
CHAPITRE 3 :	
Figure (3-1).Principe de mesure à base des ondes US.....	60
Figure (3-2).Mesure de la distance	62
Figure (3-3).L'oscillateur à 17 KHZ.....	64
Figure (3-4).Schéma bloc du circuit de mesure distance.....	65
Figure (3-5). Compteur décimal	67
Figure (3-6). Compteur asynchrone à base de bascules RS	68
Figure (3-7). Figure (3-7). Symbole de la bascule JK à front montant	68
Figure (3-8) Chronogramme des sorties Q et non Q	69
Figure (3-8). Compteur synchrone à base de bascules JK.....	70
Figure (3-9). Chronogrammes des quatre sorties des bascules JK du compteur synchrone..	70
Figure (3-10). Schéma synoptique du CI SN7490.	71
Figure (3-11). Structure interne du LATCH 74LS75.	72
Figure (3-12). Afficheur 7 segments.	73
Figure (3-13). Table de vérité du décodeur BCD/7segments	73
Figure (3-14). Schéma interne d'un afficheur sept segments à anode commune	74
Figure (3-15). Schéma interne d'un afficheur sept segments à cathode commune	74
Figure (3-16). Brochage afficheur/décodeur.	75
Figure (3-17). Structure interne du CI 74LS47.	76
Figure (3-18).Le brochage du 74LS47 pour piloter l'afficheur LED.....	77
Figure (3-19).Structure interne d'afficheur LED à anodes communes.....	77
Figure (3-20).Circuit d'affichage (Distance).....	78
Figure (3-21).Schéma bloc du circuit de mesure vitesse.....	80
Figure (3-22).Compteur et décompteur.....	81
Figure (3-23).Structure interne du CI 74LS192.....	82
Figure (3-24).Circuit d'affichage (Distance).....	83
Figure (3-25).L'oscillateur vitesse et les deux calibres.....	84

Liste des tableaux

Tableau (1-1).Bande de fréquence du son.....	9
Tableau (1-2) La célérité du son dans chaque matériau.....	9
Tableau (1-3) Valeurs d'atténuation pour les ondes longitudinales.....	26
Tableau (2-1). Variation de la tension en fonction de variation de fréquence	39

Liste des graphes

Graphe (2-1) Réponse en fréquence de l'émetteur.....	40
Graph (2-2).Diagramme de signal de sortie du filtre passe haut.....	51
Graphe (2-3).Diagramme de Bode d'un filtre passe haut.....	53

SOMMAIRE

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé.....	III
Liste des abréviations.....	IV
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VII
CHAPITRE 1: Généralités sur la télémesure à ultrasons	
Introduction générale	6
I-1- Introduction.....	8
I-2- Historique.....	8
I-3- Propriétés du son	8
I-3-1- Définition du son.....	8
I-3-2- La gamme de fréquence	8
I-3-2-1- Gamme de fréquences de son.....	8
I-3-2-2- La gamme de fréquence des ondes ultrasons	9
I-3-3- Vitesse du son	9
I-4- Définition des ultrasons	9
I-5- Principe de production des ondes ultrasons	10
I-5-1- Matériaux magnétostrictifs	10
I-5-2- Générateur piézoélectrique	10
I-5-3- Emetteur à magnétostriction	11
I-5-4- Transducteurs à ondes acoustiques de surface	12
I-5-5- Générateurs électriques.....	13
I-6- Propriétés physique des ondes ultrasons	13
I-6-1- La célérité.....	13
I-6-2- La pulsation.....	13
I-6-3- La longueur d'onde.....	13
I-6-4- Energie d'une onde ultrasonore	14
I-6-5- L'impédance acoustique	14
I-6-6- L'intensité	14
I-6-6-1- Puissance surfacique ou intensité acoustique S.....	15
I-6-6-2- L'intensité acoustique	16
I-6-6-3- L'intensité acoustique de référence	16
I-6-7- La vitesse des ondes ultrason	16

I-7- La propagation des ondes ultrasons	17
I-7-1- La propagation dans les fluides.....	17
I-7-2- Propagation dans le gaz	18
I-7-3- Propagation des ondes ultrasons dans un milieu solide.....	19
I-7-4- Directions de propagation.....	20
I-7-4-1- Onde longitudinale	20
I-7-4-2- Onde transversale.....	20
I-8- Faisceau ultrasonore	21
I-9- Émission et réception de l'onde ultrasonore	22
I-9-1- Atténuation.....	22
I-9-2- Réflexion de l'onde ultrasonore	23
I-9-3- Réfraction de l'onde ultrasonore	23
I-9-4- Diffusion de l'onde ultrasonore	24
I-9-5- L'absorption de l'onde ultrasonore	25
I-9-6- Effet de doppler.....	25
I-10- Conclusion	26
II-1- Introduction.....	28
II-2- Schéma synoptique	29
II-3- Etudes théorique pour chaque étage	30
II-3-1- L'alimentation stabilisée	30
II-3-1-1- Présentation du circuit	30
II-3-1-2- Le fonctionnement d'étage d'alimentation.....	31
II-3-2- Le transducteur émetteur.....	34
II-3-2-1- Présentation du circuit	34
II-3-2-2- Etude pratique du transducteur émetteur ultrasonore.....	34
II-3-3- L'oscillateur à 40KHZ	36
II-3-3-1- Présentation du circuit	36
II-3-3-2- Caractéristique du circuit NE555.....	36
II-3-3-3- Le multivibrateur NE555.....	36
II-3-3-4- Principe de fonctionnement du NE555	37
II-3-3-5- Paramètre de circuit du multivibrateur.....	38
II-3-4- Circuit d'amplification.....	39
II-3-4-1- Présentation du circuit	39

l-3-4-2- Amplificateur en courant.....	39
l-3-5- Circuit électronique du bloc d'émetteur.....	42
l-3-6- Le transducteur de réception	42
l-3-7- Circuit d'amplification	43
l-3-8- Circuit de filtrage.....	45
l-3-8-1- Fonctionnement.....	45
l-3-8-2- Fonction de transfert	46
l-3-8-3- Le gain et la phase.....	46
l-3-9- Circuit d'adaptation	48
l-3-10- Montage suiveur	50
l-4- Circuit électronique du bloc récepteur.....	51
l-5- Montage d'émission et de réception des ondes ultrasonore.....	52
l-6- Conclusion	52
III-1- Introduction	54
III-2- Idée de la mesure.....	54
III-3- Principe physique de mesure de distance et de vitesse par ultrasons	55
III-3-1-Cas de la distance.....	55
III-3-2-Cas de la vitesse.....	56
III-4- Mesure de la distance et la vitesse	57
III-4-1-La distance.....	57
III-4-1-1-Présentation.....	57
III-4-1-2-L'oscillateur à 17 KHZ.....	58
III-4-1-3-Mécanisme de mesure	59
III-4-1-4-Fonctionnement de mesure de la distance	60
III-4-1-5-Système d'affichage de la distance	60
III-4-1-6-Circuit d'affichage de la distance.....	70
III-4-2-La vitesse.....	70
III-4-2-1-Présentation.....	70
III-4-2-2-Circuit de la mesure de la vitesse	71
III-4-2-3- Fonctionnement de mesure de la vitesse	72
III-4-2-4-Système d'affichage de la vitesse	73
III-4-2-5-Circuit d'affichage de la vitesse	74
III-5- Calibrage	74

III-5-1-Les petites vitesses.....	75
III-5-2-Les grandes vitesses.....	75
III-6- A propos du dispositif.....	76
III-6-1-Performance de l'appareil.....	76
III-6-2-Facteur d'influence.....	76
III-7- Conclusion.....	77
Conclusion générale.....	79

Introduction générale

Introduction générale

Le but de ce projet est la mise au point d'un télémètre à ultrasons qui permettra de mesurer une distance sans contact.

Les systèmes de télémesures trouvent un intérêt tout particulier et très importance dans le domaine industriel, ou ils permettent des mesures dans des sites d'accès difficile ou dangereux.

Aujourd'hui la télémesure devient trop demander dans le milieu industriel, après le développement de la technologie industriel dans le domaine de l'instrumentation, cette dernière permettre la télégestion, et le traitement en temps réel un grand nombre de télémesures et de contrôler à distance des installations technique et tous instruments.

Du fonctionnement du télémètre se dégagent quatre modules : un module d'émission, un module de réception, un module de commande et un module qui permet d'afficher la distance mesurée. Le module de commande interagissant avec les trois autres est nécessaire pour contrôler le fonctionnement de l'ensemble du télémètre.

Pour cela, ce projet comporte trois chapitres :

-Le premier chapitre présente des généralités sur les télémètres à ultrasons.

-Le deuxième chapitre est intéressé à étudier les deux parties de notre dispositif, la première c'est le circuit d'émission, et la deuxième c'est le circuit de réception.

-Le troisième chapitre sera études bien détaillées pour l'opération du calcul de la distance et la vitesse, accompagné par des schémas électrique réalisé par le simulateur des circuits électrique (PROTEUS).

Chapitre 1

Généralités sur la Télémesure à Ultrasons

I-1-Introduction

Les ultrasons sont des ondes mécaniques et élastiques, dont la gamme de fréquences, comprises entre 16 kHz et 10 MHz, se situe au-dessus de la limite d'audition de l'oreille humaine.

Aujourd'hui l'industrie moderne nécessite la technologie de la télémétrie basé sur l'ultrason, car il permet de prendre des mesures à distance, donc il facilite la tâche, économise l'énergie, et raccourcit les distances.

Cette technologie trouve un intérêt très important, depuis leur première découverte en 1900 par GALTON, et maintenant il devient très développée, et utilisable dans plusieurs domaines [1].

Dans ce premier chapitre nous présenterons les principes généraux de la télémétrie à ultrasons.

I-2-Historique

C'est LAZZARO Spallanzani qui, en 1794, soupçonna le premier l'existence des ultrasons. Ils ont été découverts en 1883 par le physiologiste anglais Francis GALTON [2].

A la différence de la lumière qui est une onde électromagnétique et qui, de ce fait, peut se propager dans le vide, le son est une onde mécanique qui va nécessiter un support matériel de propagation.

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques de la matière à des fréquences inaudibles pour l'oreille humaine (supérieur à 20 kHz).

Les ultrasons se propagent à une vitesse qui sera fonction de la nature du milieu, indépendamment de la fréquence de l'onde.

I-3-Propriétés du son

I-3-1-Définition du son

C'est un phénomène physique d'origine mécanique, il résulte des vibrations, tous les éléments matériels qui se déplacent alternativement génèrent des vibrations de l'air, ce qui se traduit par une compression et une déflexion.

Sous forme des modifications de l'état de chaque élément du milieu dans lesquelles il se propage (c'est les ondes acoustique) [3].

I-3-2-La gamme de fréquence

La fréquence est une grandeur physique qui caractérise de nombreux phénomènes. Les plus parlants sont les fréquences sonores, qui sont classées en nombreux plages de fréquence [3].

I-3-2-1- Gamme de fréquences de son

Plage de fréquence :	Classe :
0 HZ-20 HZ	infrasons
20 HZ-300 HZ	graves
300 HZ-6KHZ	médium
6 KHZ-20 KHZ	aiguise

20 KHZ-1 GHZ	ultrasons
Supérieur de 200 MHZ	hyper sons

Tableau (1-1).Bande de fréquence du son [3].

I-3-2-2- La gamme de fréquence des ondes ultrasons

Le domaine ultrasonore, c'est-à-dire la gamme de fréquences dans laquelle se situent les ultrasons, est comprise entre 16 KHz et 10 Mhz. On peut cataloguer les différents ultrasons en fonction de leur fréquence. On peut le subdiviser en plusieurs gammes selon leur domaine d'utilisation [4]:

- 20 KHZ-50 KHZ : la télémétrie.
- 20 KHZ-300 KHZ : l'écholocalisation.
- 800 KHZ-15 MHZ : l'imagerie médicale et le domaine industriel.
- 12 MHZ-1 GHZ : la microscopie acoustique.

I-3-3-Vitesse du son

La vitesse du son, est la vitesse de propagation des ondes sonores dans tous les milieux gazeux, liquides ou solides. Elle peut donc être déterminée pour des matériaux autres que l'air, dans lesquels l'ultrason ne peut être perçu par l'oreille humaine.

Mais la vitesse du son dépend du milieu et leur densité comme illustre le tableau (1-1).

Matériaux	C en m/s
Air	343
Eau	1480
Glace	3200
Verre	5300
Acier	5600 à 5900
Plomb	1200
Titane	4950
Pvc (souple, plastifié)	2000
Pvc (rigide)	2400
Béton	3100
Hêtre	3300
Granite	6200
Péridotite	7700
Sable sec	10 à 300

Tableau (1-2).La célérité du son dans chaque matériau[5].

I-4-Définition des ultrasons

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques et élastiques, de nature que le son, Mais les fréquences des ultrasons dépassent la gamme de fréquences du son audible, par humain, sont des ondes comprises entre 20 KHZ et GHZ [6].

I-5-Principe de production des ondes ultrasons

Le sifflet au travers duquel l'air est comprimé a été le premier mode de production d'ultrasons ; mais même en lui apportant des améliorations, les ultrasons obtenus à l'aide de ce procédé n'étaient pas satisfaisants.

Après avoir épuisé les possibilités de production d'ultrasons à l'aide de phénomènes mécaniques simples, les ingénieurs se sont penchés au début du XXème siècle sur l'utilisation de phénomènes électriques.

Aujourd'hui, la méthode la plus communément employée pour générer et détecter des ultrasons utilise le phénomène de "piézoélectricité", il existe d'autres méthodes permettant de générer des ondes ultrasonores. L'une d'entre elles utilise les effets de l'électromagnétisme, il s'agit de l'émetteur à magnétostriction [7].

I-5-1-Matériaux magnétostrictifs

Un transducteur magnétostrictif est typiquement constitué d'un solénoïde traversé par un courant d'excitation servant à générer un champ magnétique variable, à l'intérieur duquel se trouve placé un barreau en matériau ferromagnétique, le tout étant enfermé dans un cylindre assurant la fermeture du circuit magnétique. Afin d'assurer des déplacements bidirectionnels, une magnétisation statique du matériau est obtenue soit au moyen d'un aimant permanent, soit en faisant circuler dans le solénoïde un courant continu qui vient se superposer au courant d'excitation variable. D'autre part, une précontrainte mécanique est généralement appliquée au barreau ferromagnétique au moyen d'un boulon, ceci afin de faire travailler le transducteur en compression et ainsi toujours garantir la transmission des efforts mécaniques à l'interface du transducteur et de la charge appliquée[8].

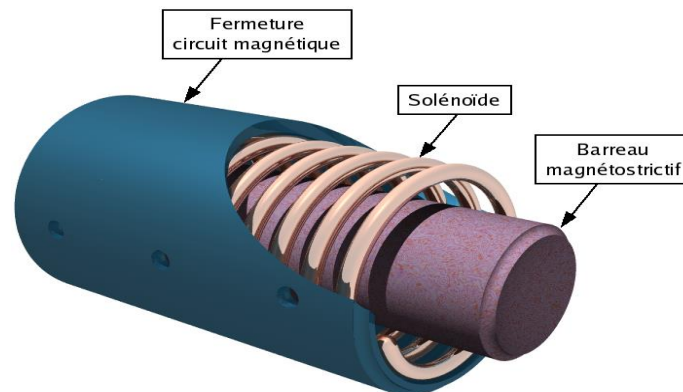


Figure (1-1).Générateur magnétostrictif.

I-5-2-Générateur piézoélectrique

C'est un générateur des ondes US basé sur le phénomène de l'effet de la piézoélectricité et son effet inverse, pour l'émission et la réception des ondes ultrasonores.

On peut les construire par plusieurs matériaux piézoélectriques, le plus connue c'est le quartz, qui joue le rôle d'un oscillateur pour générer les impulsions d'horloge.



Figure (1-2).Générateurs piézoélectrique

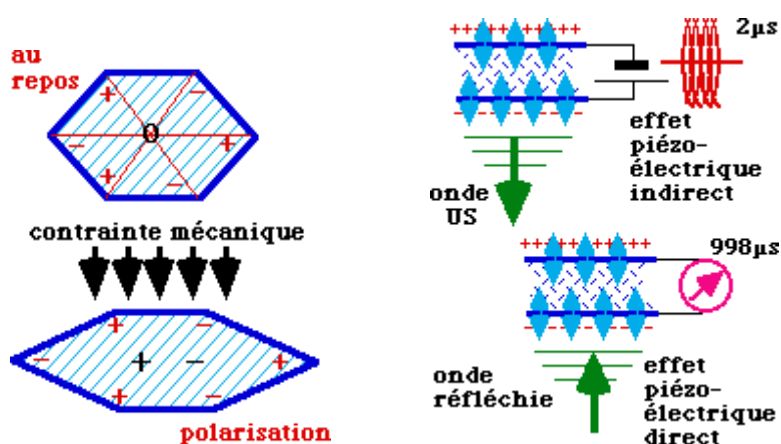


Figure (1-3).L'effet direct et indirect de la piézoélectrique

I-5-3-Emetteur à magnétostriction

Décrivons tout d'abord le phénomène utilisé pour cet autre mode de production d'ultrasons :

Bobinons un enroulement conducteur autour d'un barreau cylindrique de nickel ; lorsque le courant passe, on constate une diminution de la longueur du cylindre. De même que pour l'émetteur piézoélectrique, on choisit pour ce phénomène les dimensions de l'émetteur et la fréquence de manière à bénéficier du phénomène de résonance. L'utilisation de céramiques composées d'oxydes mixtes de fer, nickel, zinc et plomb, connues sous le nom de ferrites, a permis d'atteindre des fréquences avoisinant seulement les 100 kHz. Après les nombreuses améliorations qui lui ont été apportées, l'émetteur utilisant l'effet piézoélectrique est capable, à titre de comparaison, d'atteindre des fréquences de plusieurs GHz, il n'est donc pas étonnant de constater que ce mode de production soit le plus courant actuellement [9].

L'effet magnétostrictif permet de réaliser des transducteurs et des senseurs, notamment des émetteurs et récepteurs d'ondes acoustiques. Par exemple, on peut réaliser une ligne à retard par le système simple suivant :

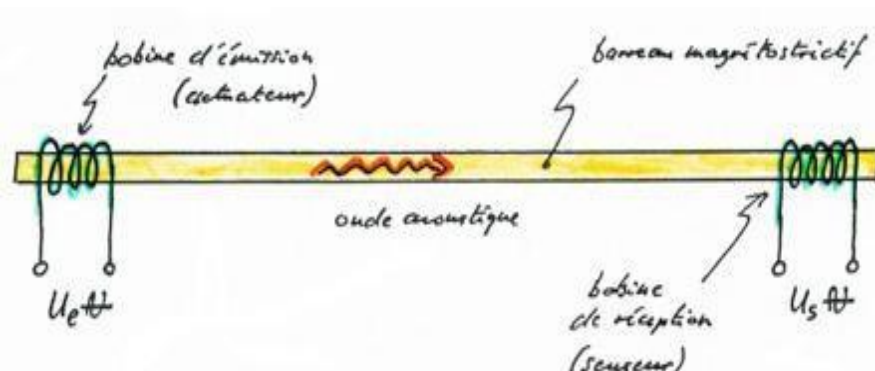


Figure (1-4). Ligne à retard avec émetteur et récepteur d'ultrasons magnétostrictif

I-5-4-Transducteurs à ondes acoustiques de surface

Ce dispositif se compose de minces fils métalliques déposés par gravure à l'acide, comme dans la figure I.6, sur le substrat. Ces fils servent de transducteur numérique et convertissent le signal analogique électrique en ondes acoustiques vers le substrat. La faible vitesse de propagation de ces ondes permet d'introduire un délai significatif même sur une faible distance, permettant d'en faire une ligne à retard. La réponse en fréquence de cette ligne dépend de l'espacement des transducteurs [10].

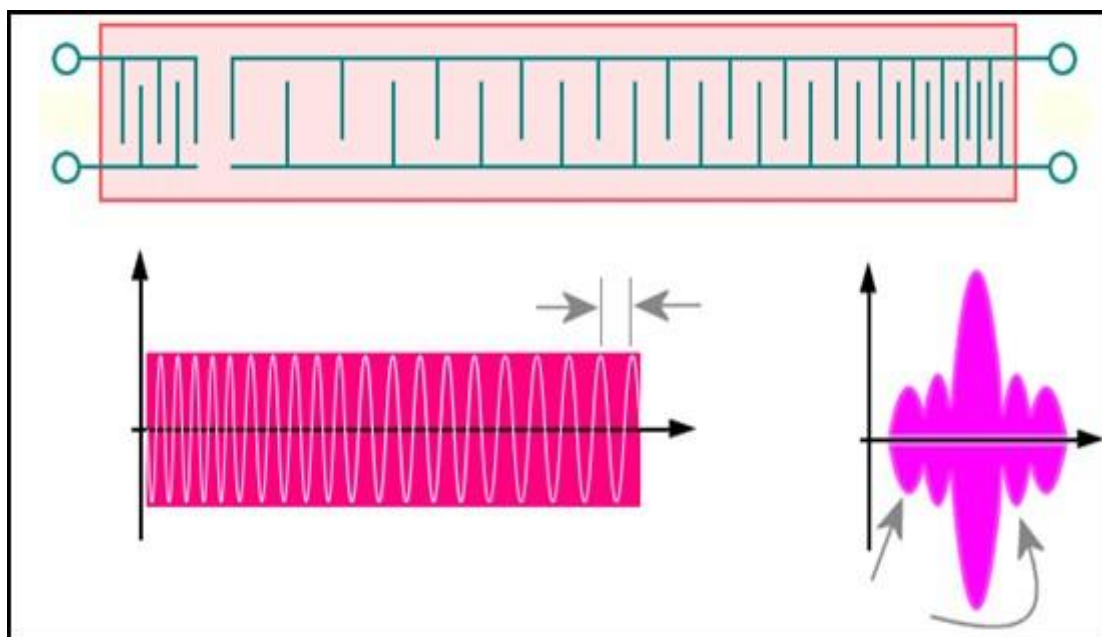


Figure (1-5). Dispositif à ondes acoustiques de surface

Dans la figure (1-5), l'impulsion entre à gauche et ressort à droite comme une onde compressée. Les fréquences les plus hautes subissent le plus grand retard de propagation et se superposent ainsi aux plus basses fréquences. Le résultat est une impulsion comprenant un ensemble de fréquences dans une cellule de résolution du radar.

I-5-5-Générateurs électriques

C'est la transformation directe d'un courant alternatif à une fréquence très élevée réglable et des vibrations acoustique, par un circuit d'oscillateurs et un dispositif émetteur, par exemple les circuits NE555 pour générer les signaux astable et monostable.

I-6-Propriétés physique des ondes ultrasons

I-6-1-La célérité

Cette notion décrit la vitesse de propagation de l'onde (soit l'onde optique ou acoustique), il dépend que des propriétés mécanique des milieux traversé ou dans laquelle il se propage, il est exprimé par la relation [11]:

$$c = \sqrt{\frac{E_m}{\rho}} \quad (m. s^{-1}) \quad (1-1)$$

ρ : la masse volumique du milieu ($kg.m^{-3}$)

E_m : coefficient d'élasticité du milieu [module de Young] (N.m)

La connaissance de la valeur de la célérité permet de définir d'autres paramètres comme, la pulsation, la longueur d'onde, et l'impédance acoustique.

Milieu	Vitesse du son
Air	340 m/s
Eau	1450 m/s
Glace	3200m/s
Verre	5300 m/s
Acier	5750m/s

Figure (1-6). Célérité du son dans quelques milieux

I-6-2-La pulsation

La pulsation d'un phénomène périodique est la valeur de la vitesse de rotation qu'aurait un système en rotation de même fréquence : pour une fréquence f , la pulsation est donc $\omega = 2\pi.f$ (rad/s) [11].

$$\omega = 2\pi f \quad : \omega \text{ (rad.s}^{-1}\text{)} \quad (1-2)$$

I-6-3-La longueur d'onde

La distance séparant à un instant donné deux points du trajet de l'onde où la pression est la même

(Tout en variant dans le même sens) correspond à la longueur d'onde λ . Dans un milieu donné, elle est reliée à la fréquence par la formule : $\lambda = \frac{c}{f}$ (1-3)

Avec λ = longueur d'onde.

c = célérité.

f = fréquence.

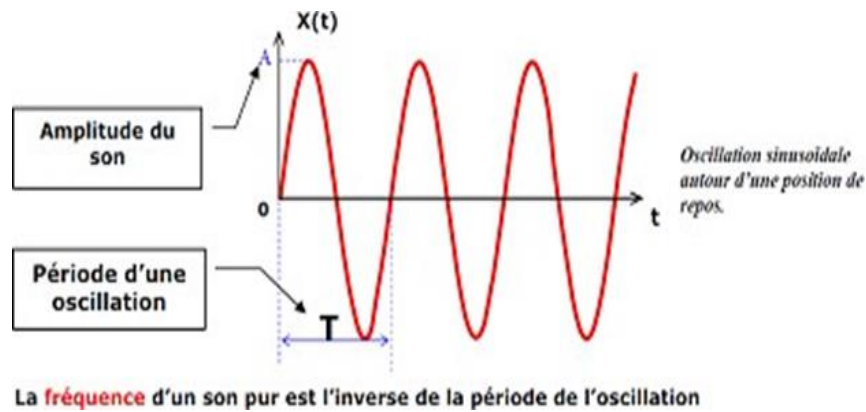


Figure (1-7). La fréquence d'un son pur est l'inverse de la période de l'oscillation

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (\text{I-4})$$

La variation locale de la pression en fonction du temps :

$$P(x,t) = p_0 \sin(\omega t - kx) \quad (\text{I-5})$$

D'exprimer la vitesse $c(x, t)$ des particules le long de la direction de propagation en fonction du temps et de l'espace [11]:

$$c(x,t) = c_0 \cos(\omega t - kx) \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (\text{I-6})$$

I-6-4-Energie d'une onde ultrasonore

Considérer l'énergie mécanique contenue dans l'onde sonore. Cette énergie, se compose d'une partie cinétique et d'une partie potentielle. Dans l'hypothèse de l'hydrodynamique linéaire que nous avons adoptée, l'énergie cinétique d'un élément infinitésimal de fluide située en $\sim x$, parcourue par une onde sonore mais initialement au repos, il est donné par :

$$E = \frac{1}{2} \rho c_0^2 \quad (\text{I-7})$$

I-6-5-L'impédance acoustique

L'impédance acoustique dépend de la masse volumique et de la compressibilité du milieu, c'est-à-dire de son aptitude à reprendre sa forme originale après déformation.

$$Z = \sqrt{\rho/x} \quad (\text{kg/m}^2/\text{s}). \quad (\text{I-8})$$

Cette impédance conditionne avec la masse volumique la célérité de l'onde ultrasonore :

$$C = z/\rho \quad (\text{I-9})$$

x = compressibilité du milieu

ρ = masse volumique

I-6-6-L'intensité

En chaque point, la pression acoustique p varie selon la fréquence de l'onde ultrasonore. L'énergie délivrée dépend de ces variations de pression qui soumettent les particules du milieu à des mouvements vibratoires.

On appelle intensité ultrasonore l'énergie qui traverse perpendiculairement l'unité de surface pendant

L'unité de temps. Elle est reliée à la pression acoustique par la formule :

$$I = p^2 / 2 \rho c \quad \text{W/cm}^2 \quad (1-10)$$

Pr= pression acoustique

Les différences d'intensité s'expriment en décibels (unité relative) : si deux ondes ultrasonores ont des intensités absolues I1 et I2, on dit que la différence de leurs niveaux d'intensité est de D décibels

Avec $D = 10 \log I_2 / I_1$. Ainsi si $I_2 = 4I_1$, $D = 6,02 \text{ dB}$.

Il existe d'autres paramètres concernant l'intensité notamment :

I-6-6-1- Puissance surfacique ou intensité acoustique S

C'est la puissance transportée par les ondes sonores, par unité de surface, mesurée perpendiculairement à la direction de ce transfert. S'exprime en W.m^{-2} selon l'équation :

$$I = 10 \log_{10} (S / S_{\text{ref}}) \quad (1-11)$$

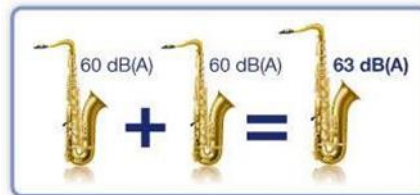


Figure (1-7). Exemple 1

La figure (1-7) indique les décibels (les niveaux sonores) ne s'additionnent pas de façon arithmétique, mais selon une progression logarithmique. Cela signifie que lorsqu'une source sonore est multipliée par deux, le niveau sonore n'augmente que de 3 dB.



Figure (1-8). Exemple 2

Dans La figure (1-8) on prend en compte le niveau sonore le plus élevé lorsque la différence entre deux niveaux sonores est supérieure à 10 dB(A).

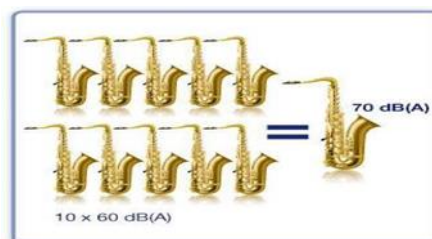


Figure (1-9). Exemple 3

La figure (1-9) montrée lorsqu'une source sonore est multipliée par 10, le son augmente 10 dB. Et la relation qui relie la surface et la puissance donne par :

$$S = \frac{p_0^2}{2\rho c} \tag{1-12}$$

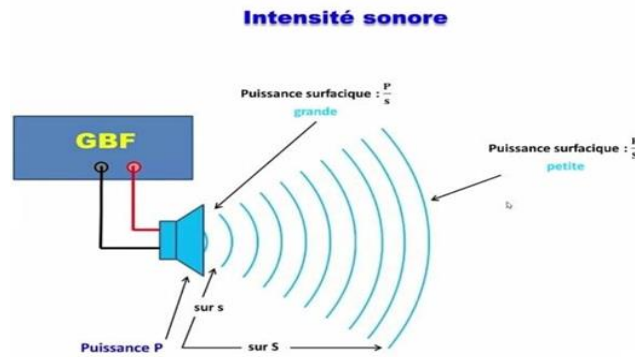


Figure (1-10). Un exemple de l'intensité sonore

I-6-6-2- L'intensité acoustique

L'intensité acoustique en un point est la moyenne dans le temps de l'intensité acoustique instantanée

$$I(t,x) = 1/T \int_0^T P \cdot V \cdot dt \tag{1-13}$$

I-6-6-3- L'intensité acoustique de référence

Le flux d'intensité acoustique traversant une surface orientée mesure l'énergie sonore provenant d'une direction repérable. Il est donné par la relation suivante :

$$S_{ref} = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2} \tag{1-14}$$

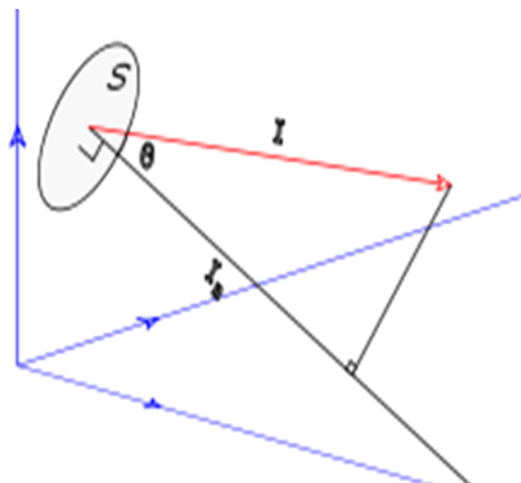


Figure (1-11). L'intensité acoustique, par rapport à une direction de référence

I-6-7- La vitesse des ondes ultrason

La vitesse des US dépend uniquement des propriétés du milieu, on peut distinguer deux points :

- Si les particules sont très lourdes, elles se propagent lentement par rapport que les particules légères.

Donc le temps nécessaire la transmission du mouvement à la particule voisine sera plus grand et l'onde ira donc moins vite.

- Si les particules sont très proches ; le temps nécessaire est moins que le premier cas.
- Ce deuxième effet est plus important que le premier, il explique que les ondes US déplacent et propagent plus vite dans les liquides (les fluides), et les solides (les particules sont très proches), que dans les gaz (les particules peuvent être éloignées) [12].

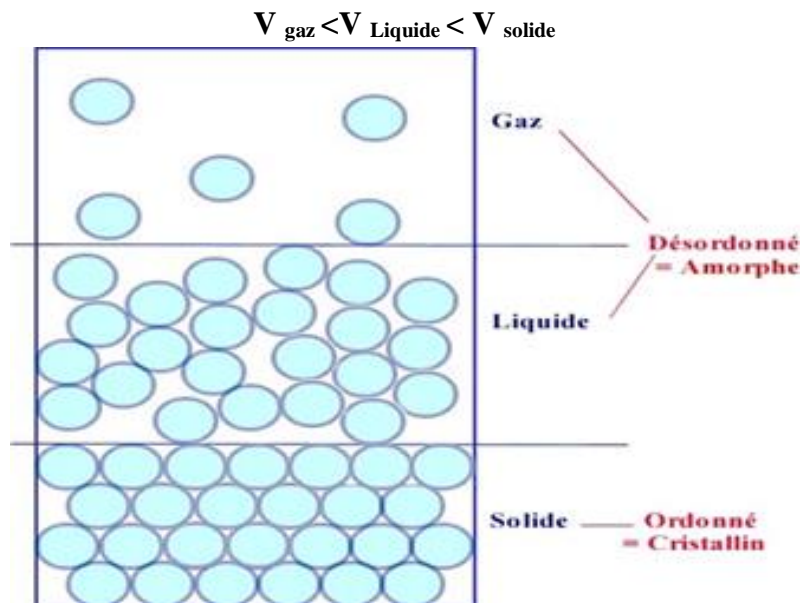


Figure (1-12). La densité et la quantité des particules de chaque milieu

I-7-La propagation des ondes ultrasons

La propagation des ondes US est influencé par plusieurs facteurs, notamment la densité du milieu, la compressibilité, l'altitude, la température [13].

On va voir d'abord la propagation des ondes US dans différents milieux et expliquer les propriétés de chaque milieu.

I-7-1-La propagation dans les fluides

Comme on a déjà vue précédemment dans la note historique, la technologie d'émission et réception des US pour le repérage des obstacles, était utilisé pour la première fois dans le domaine maritime, c'est à dire dans le fluide seulement, parce que le mer ou les liquides (les fluides) en générale est très dense, et comme on est d'accord que le son et les ondes US se propagent dans les fluides facilement sans l'atténuation [14], ils sont propager à la vitesse donné par la relation suivant :

$$V = \sqrt{\gamma \cdot P_m / M_v} \quad (1-15)$$

γ : Rapport des chaleurs massique.

P_m : la pression moyenne.

Mv : la masse volumique d'un fluide.

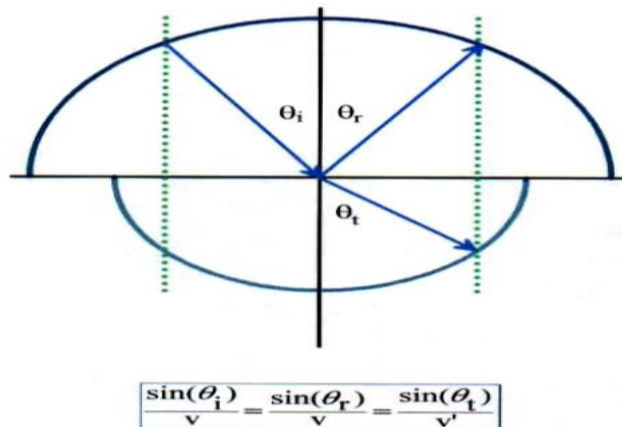


Figure (1-13). Spectre de la propagation de l'US dans les fluides.

- Dans les fluides, les surfaces des lenteurs sont des sphères
→ Des cercles dans le plan d'incidence.

I-7-2-Propagation dans le gaz

On considère le cas d'un gaz parfait qui satisfait l'équation d'état PV=N.R.T
Pour les ondes ultrasons dans ce cas, la surpression p est faible devant la pression au repos rho_0 [14], nous avons donc :

$$X_s = 1/8 * V/N K. T. \tag{1-16}$$

La célérité des ondes ultrasons est donnée par la relation suivant :

$$C = \frac{1}{\sqrt{\rho_0 * X_s}} = \sqrt{8 * k * T * \frac{N}{\rho_0} * v} \tag{1-17}$$

Cette expression fait apparaitre la masse volumique au repos rho_0.v de l'élément de fluide, en introduisant la masse molaire M des particules du fluide, ainsi que le constant des gaz parfait R=N_a.K_b.

Donc :

$$C = \sqrt{8 * \frac{Rt}{R}} = \sqrt{8 * P/R} \tag{1-18}$$

P= pression moyenne

Nous voyons que plus la température est baisse plus la célérité des ondes ultrasons est faible C'est pour cela qu'il est plus facile pour les avions de passer les murs du son `à haute altitude ! Donnons un ordre de grandeur de cette quantité

L'air est constitué d'un mélange de plusieurs gaz différents mais peut être modélise comme un gaz parfait avec gamma = 1,4 et de masse molaire M = 28,95 g.mol-1. A la température de T = 293 Kelvins, on Trouve une célérité de c =343 m/s

$$V = \sqrt{\frac{1}{\rho * X}} \tag{1-19}$$

X= coefficient de compressibilité de l'aire.

rho=1.3 Kg.m-3 (dans l'air)

X=6.65.10-6 Kg.m.s-1

Donc C=343 m/s

La propagation du son dépend du milieu

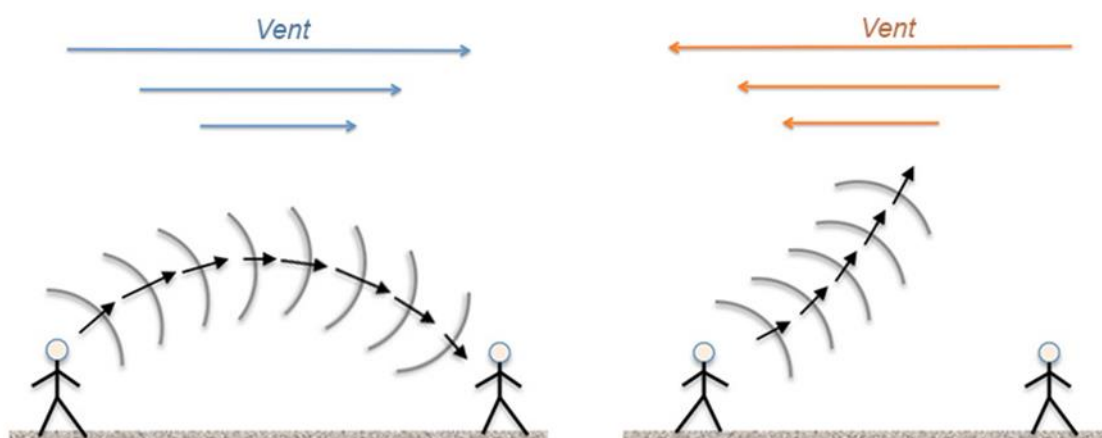


Figure (1-14). Le sens et la vitesse du vent peu influencer la propagation

I-7-3-Propagation des ondes ultrasons dans un milieu solide

La propagation dans le milieu solide dépend de la puissance et la fréquence d'onde ultrason, pour qu'il ne reflex pas, donc lors la fréquence est plus élevée ; il a la possibilité d'affronter le milieu, par exemple dans le domaine médicale des ondes ultrasons qui traversent le corps humaine doivent être étalonnées et bien déterminées pour la détection de chaque obstacle, par exemple pour l'échographie ,Il faut onde qui traverse les foies humaine pour détecter que est ce qu'il y a à l'intérieure.

Vitesse de propagation dans les tissus mous du corps humains [14].

$$V = f \cdot \lambda \quad (1-20)$$

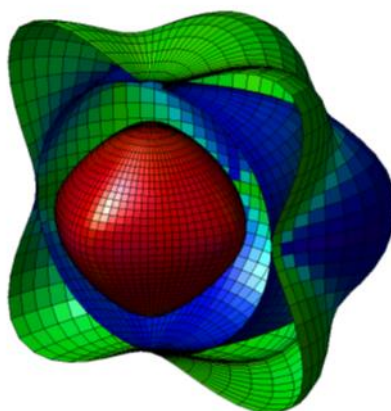


Figure (1-15). Spectre de la propagation de l'US dans les solides.

- Dans les solides anisotropes, les surfaces des lenteurs sont complexes
→ Dans le plan d'incidence également.

La nature des ondes U.S propagent dans un milieu solide dépende de la forme et les dimensions de ce milieu et son impédance acoustique.

Pour mieux comprendre ce phénomène, on prend l'exemple d'un corps solides avec des dimensions finies et uniforme.

Dans ce cas, la directivité des ondes U.S propagent dans ce milieu dépende du mouvement de vibration du particule, donc on peut distinguer deux sens ou deux directions de propagation [14].

I-7-4-Directions de propagation

I-7-4-1- Onde longitudinale

Si la direction de la vibration des particules est en parallèle à la direction de propagation de l'onde U.S, comme illustrer de la figure (1-15).

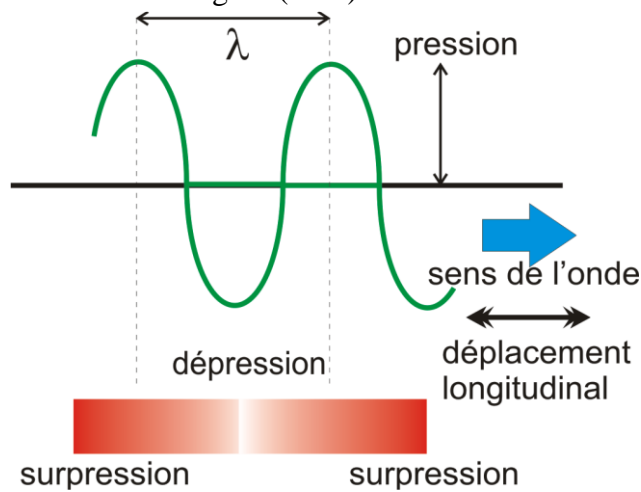


Figure (1-16). Propagation longitudinale.

I-7-4-2- Onde transversale

Si la direction de la vibration des particules est perpendiculaire a la direction de propagation de l'onde U.S, comme illustrer la figure (1-17).

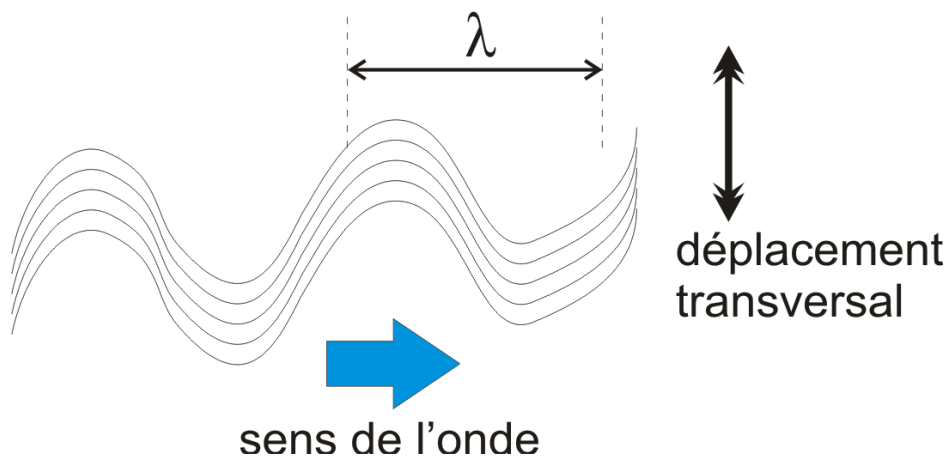


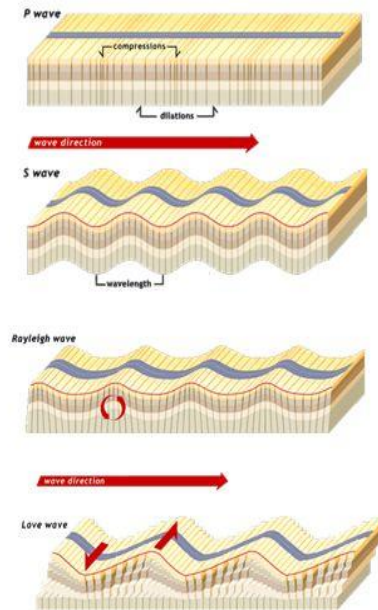
Figure (1-17). Propagation transversale.

Propagation du son : 4 types d'ondes

Ondes de déformation élastique :

- Longitudinales (P, de compression)
- Transverses (T, de cisaillement)
- Ondes de surface (sur $e \lesssim \lambda = c/f$)
- Ondes de plaques (pour $e \approx \lambda = c/f$)

 [\(autres exemples d'ondes\)](#)



Techniques Expérimentales
Avancées, 2013-2014

3

Figure (1-18). Propagation du son [13].

I-8-Faisceau ultrasonore

L'onde ultrasonore peut se déplacer dans toutes les directions de l'espace (sifflet à ultrasons) : le Front de l'onde est alors sphérique et l'on parle d'onde sphérique.

Plus on est éloigné de la source ultrasonore, plus l'intensité est faible car l'énergie se répartit, la distance augmentant, sur une surface plus grande. L'intensité ultrasonore décroît donc, dans un milieu homogène comme l'inverse du carré de la distance [15].

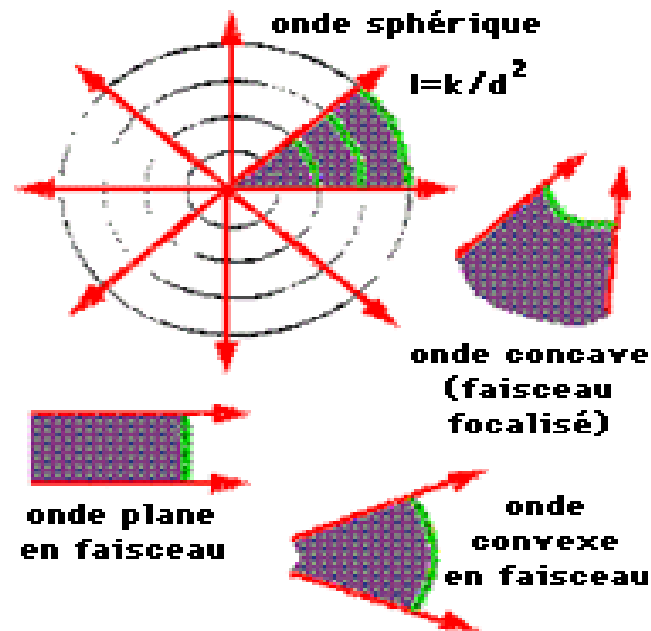


Figure (1-19). Faisceau ultrasonore [15].

I-9-Émission et réception de l'onde ultrasonore

L'intensité d'une onde acoustique qui se propage dans les différents milieux s'atténue le long de son parcours. Plusieurs facteurs contribuent à cette atténuation telle que l'absorption, la réfraction, la réflexion et la diffusion. L'émission d'impulsions ultrasoniques dans un solide produit deux effets: un effet thermique qui dépend de la puissance acoustique de l'onde et qui engendre une propagation de la chaleur dans le milieu et un effet mécanique qui est la transmission figure (1-15)

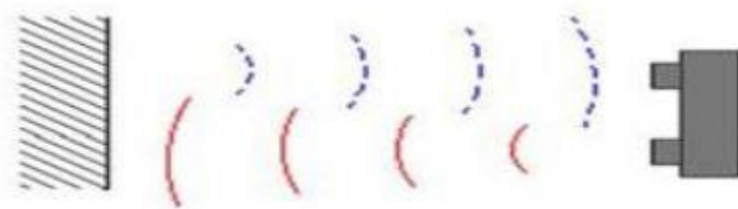


Figure (1-20). Emission et réception des ultrasons [16].

Plusieurs caractéristiques sont à prendre en compte lors d'une application par les ondes ultrasonores notamment :

I-9-1-Atténuation

Au cours de sa propagation, le signal est, en général, soumis à une atténuation de son amplitude [14].

Sur une distance d , l'amplitude diminue d'un facteur b : $a_1 = b a_0$

Si l'épaisseur double : $a_2 = b a_1 = b^2 a_0$ on a une progression géométrique de l'amplitude

==> Donc une loi exponentielle :

Pour une épaisseur x : $a(x) = b \cdot a_0$ comme $b = \exp(x \ln(b)) = 10^{x \log(b)}$

$\Rightarrow a(x) = a_0 \exp(x \ln(b))$

En général, on exprimera souvent l'atténuation par des coefficients dépendant de b : $a = -\ln(b)$ ou $b = -20 \log(b)$

$\Rightarrow a(x) = a_0 e^{-ax} = a_0 10^{-(b/20)x}$

a s'exprime en N/m ou N/cm et b en dB/m ou dB/cm, on aura donc :

$ax = \ln(a_0/a(x))$ et $bx = 20 \log(a_0/a(x))$

b (en dB) = 8.68 a (en N)

La matière :	Valeur d'atténuation en (en dB/m)
acier	5 à 50
aluminium	1 à 5
eau	1
fonte	20 à 200
laiton	50 à 200
plexiglas	500

Tableau (1-3). Valeurs d'atténuation pour les ondes longitudinales [14].

L'énergie $E(x)$ associée à un faisceau ultrasonore qui se propage dans un milieu homogène et isotrope diminue en fonction de la distance de propagation x en suivant une loi exponentielle :

$$E(x) = I_0 \cdot \exp^{-\mu \cdot x} \quad (1-21)$$

Avec :

x : la distance en mètre traversée par un son ou un ultrason dans une substance.

I_0 : l'intensité initiale, en watt par m².

μ : le coefficient d'atténuation de la substance traversée, en m⁻¹.

I-9-2-Réflexion de l'onde ultrasonore

Si l'incidence est directe (perpendiculaire à l'interface (atteint perpendiculairement l'interface)), la transmission se fait dans la même direction et le même sens que l'onde sonore, tandis que la réflexion se fait dans la même direction et dans le sens inverse [17]. Soit un angle critique d'incidence i_c tel que :

$$\sin i_c = c_1/c_2 \quad (1-22)$$

À la traversé d'une interface entre un milieu 1 et un milieu 2 et pour une incidence normale le coefficient de réflexion R ne dépend que de l'impédance acoustique des 2 milieux [13].

I-9-3-Réfraction de l'onde ultrasonore

La réfraction correspond à une déviation de l'onde ultrasonore lorsqu'elle traverse un tissu ayant des propriétés acoustiques différentes. La réfraction survient seulement si l'incidence

n'est pas perpendiculaire à l'interface. L'onde transmise subit une déviation, c'est la réfraction. L'angle de l'onde transmise est donné par la loi de Snell :

$$C_1 \sin i = C_2 \sin t \tag{1-23}$$

Avec :

i : l'angle de l'onde incidence

t : l'angle de l'onde transmise

c_1 et c_2 : la vitesse de l'onde dans les milieux 1 et 2 respectivement

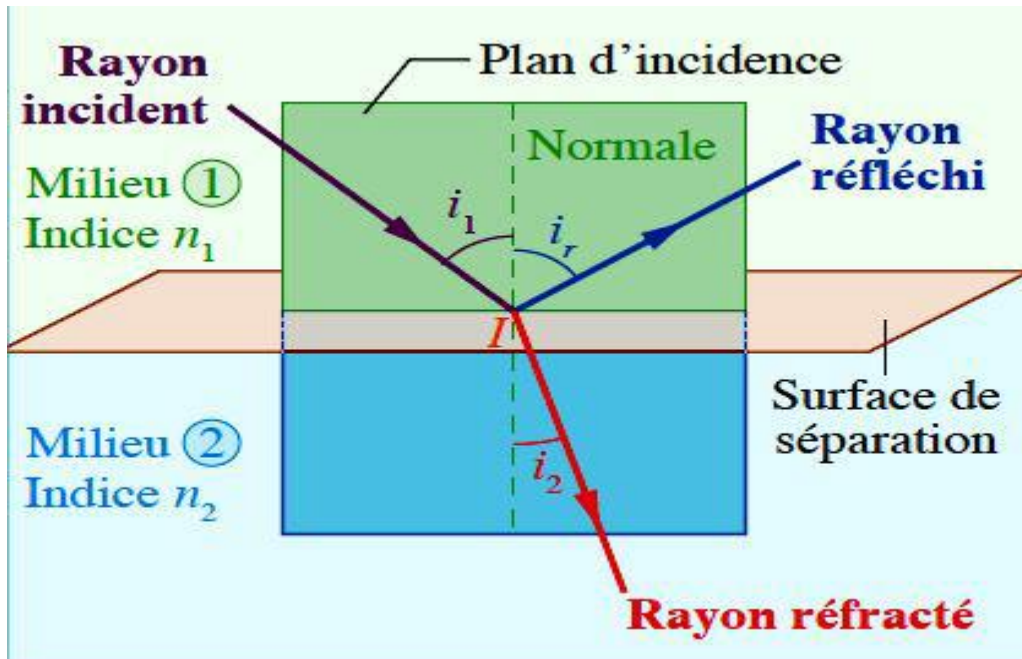


Figure (1-21). Réflexion et réfraction des ondes ultrasonores [18].

I-9-4-Diffusion de l'onde ultrasonore

Ce phénomène se produit Lorsque les dimensions de l'interface rencontrée sont petites en comparaison avec la longueur d'onde, l'onde ultrasonore est absorbée dans ce cas puis réfléchi dans toutes les directions

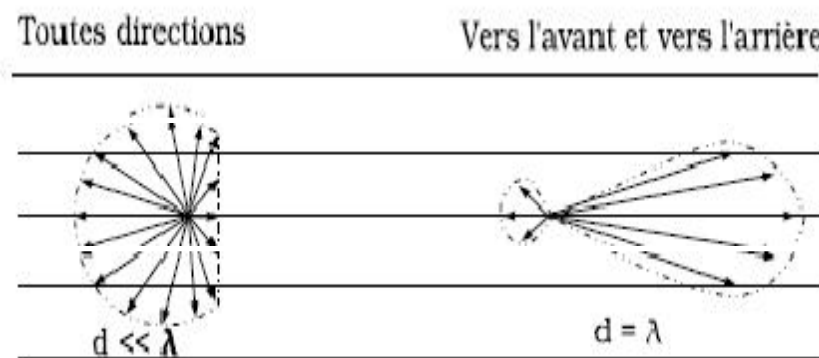


Figure (1-22). Phénomène de Diffusion

I-9-5-L'absorption de l'onde ultrasonore

L'absorption des ultrasons dans les solides dépend beaucoup de la structure de ces derniers. Dans les milieux homogènes, l'absorption du son est due essentiellement au coefficient de viscosité et à la conductivité thermique. Comme dans les liquides [17].

$$M = \frac{8\delta\pi^*\pi}{3\rho\lambda*\lambda*c} \quad (1-23)$$

avec :

μ : Le coefficient d'absorption en m^{-2}

δ : Le coefficient de viscosité en $kg.m^{-1}.s^{-1}$

ρ : La densité du milieu en $kg.m^{-3}$

C : la vitesse du son dans le milieu en m/s

λ : La longueur d'onde ultrasonore en m

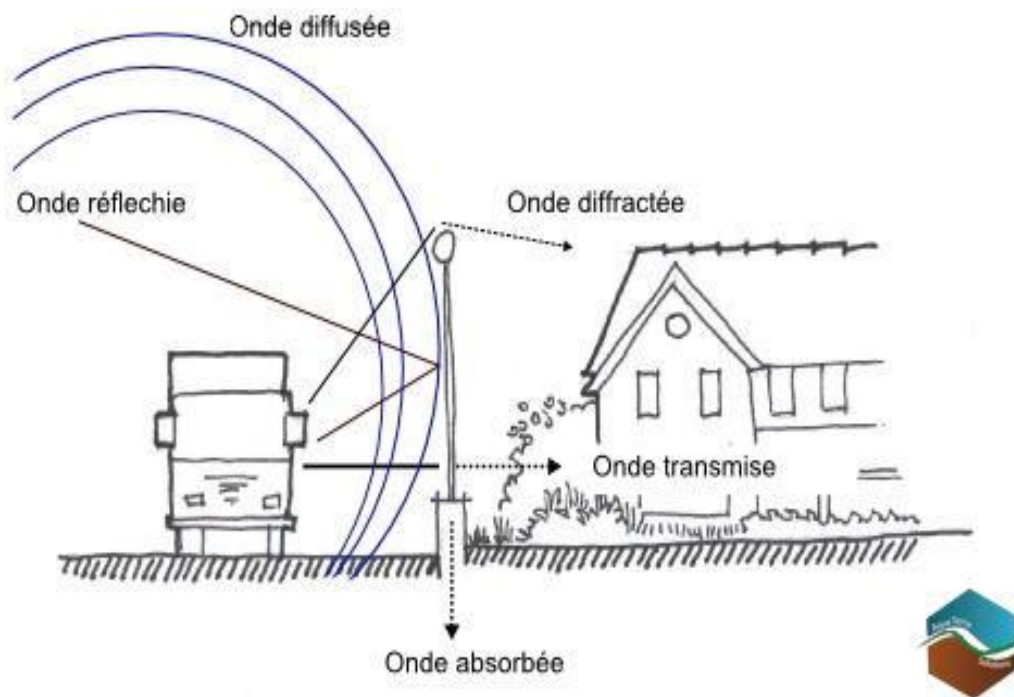


Figure (1-23). Les différents phénomènes [17].

I-9-6-Effet de doppler

Lorsqu'un émetteur sonore produit un son dans l'air de fréquence f , la fréquence f' mesurée par un récepteur dépend de la vitesse de l'émetteur V_e et de la vitesse du récepteur V_r , La vitesse du son V_s (vitesse de l'onde par rapport à son milieu qui est l'air) ; est également un facteur à considérer dans la relation (1-24), Cet effet porte de nos jours le nom d'effet Doppler sonore [19].

$$f' = \left(\frac{V_s \pm V_r}{V_s \pm V_e} \right) f \quad (1-24)$$

Avec :

f' = Fréquence du son mesurée par le récepteur (Hz ou S^{-1}).

f = Fréquence émise par l'émetteur (Hz ou S^{-1}).

V_s = Vitesse du son dans l'air sans vent (habituellement 340 m/s) (m/s).

V_r = Vitesse du récepteur (m/s) Signe + : s'approche du son (plus aigu, fréquence augmente, $f > f'$).

- Signe - : s'éloigne du son (plus grave, fréquence diminue, $f < f'$).

V_e = Vitesse de l'émetteur (m/s) Signe - : s'approche du récepteur (plus aigu, fréquence augmente, $f > f'$).

- Signe-: s'éloigne du récepteur (plus grave, fréquence diminue, $f < f'$).

Cet effet est utilisé pour mesurer une vitesse, il permet de déterminer directement la vitesse d'approche ou d'éloignement des objets.

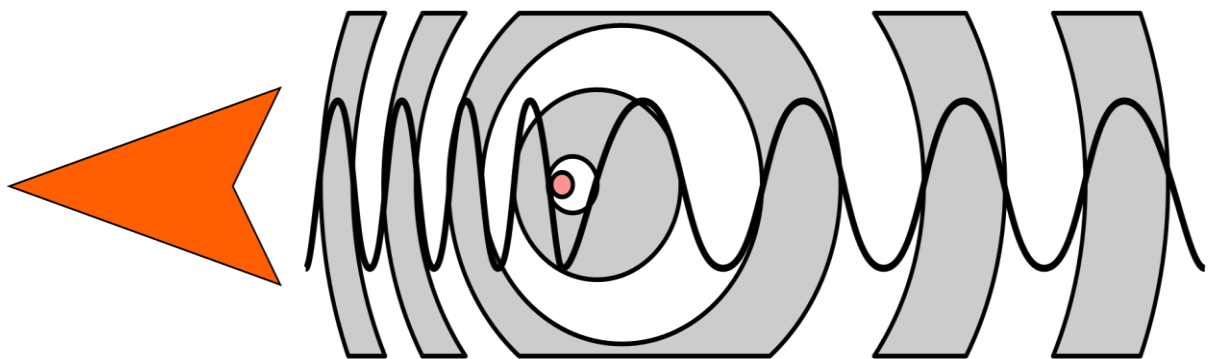


Figure (1-24). L'effet doppler.

I-10-Conclusion

Dans ce chapitre on a défini les notions et les propriétés physiques des ondes ultrasonores, ça nous aider pour mieux comprendre le principe de fonctionnement de notre projet.

Le chapitre suivant sera consacré à la présentation théorique de la chaîne à ultrasons, On présentera les différents blocs constituant cette chaîne.

Chapitre 2

Emission et réception des ondes US

||-1-Introduction

Dans ce chapitre nous sommes intéressés à étudier théoriquement notre système; qui est un télémètre qui détecte la position et la vitesse à base d'ultrasons.

L'étude théorique serait faite par partie, pour mieux comprendre le fonctionnement de notre dispositif, pour cela on subdivise l'étude en deux parties.

La première c'est le circuit d'émission, et la deuxième c'est le circuit de réception.

L'étude de chaque partie et aussi était subdiviser en plusieurs étages, cette subdivision nous permet de faire une étude théorique bien détaillée, pour chaque étage, on a fait des propositions possibles, et des solutions pratiques et faciles à réaliser, avec l'explication du fonctionnement pour chacune.

Une analyse théorique de chaque partie sera présentée afin de mieux faire apparaître la fonction de chaque bloc et de sa contribution au sein du dispositif global.

II-2-Schéma synoptique

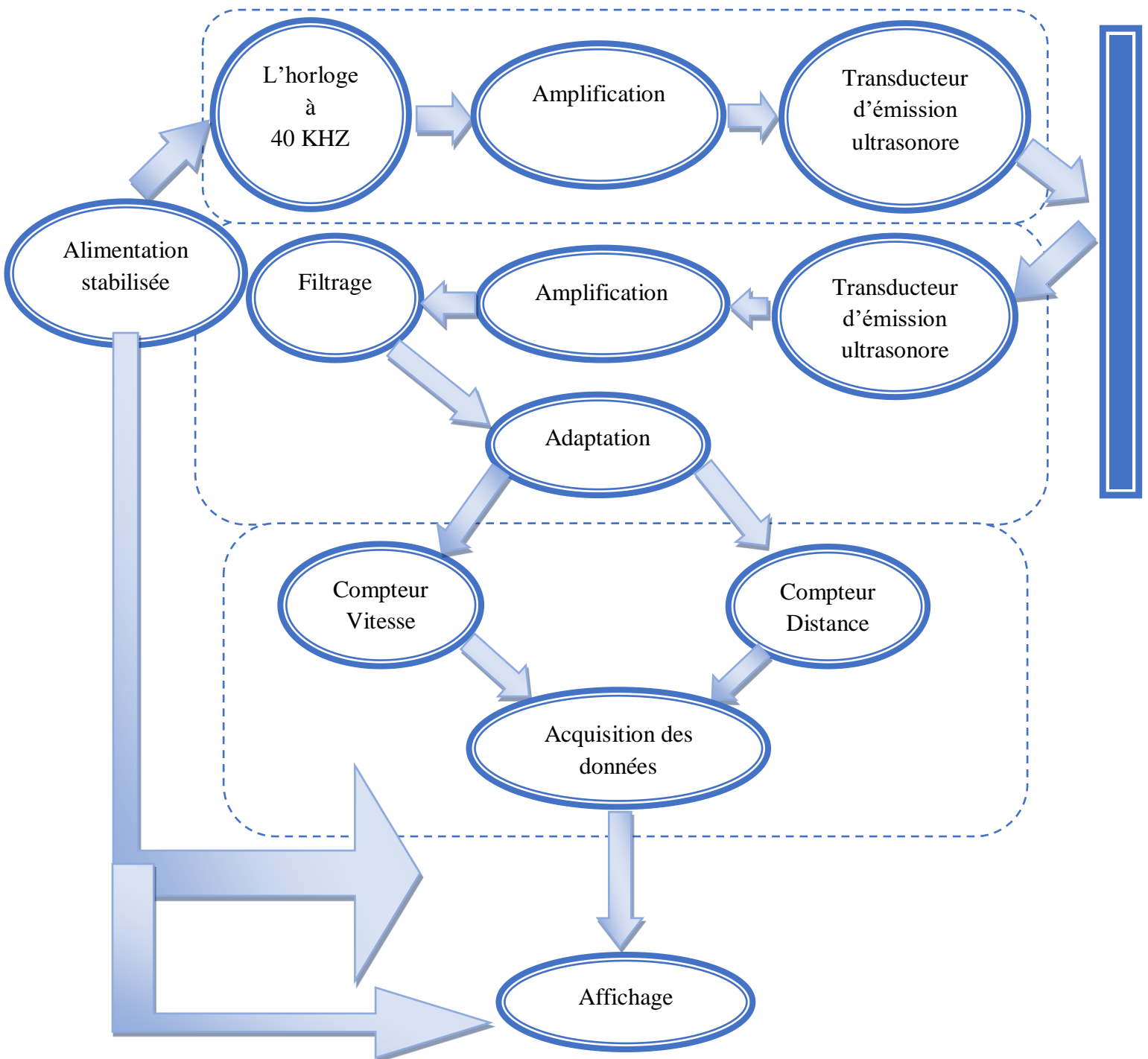


Figure (2-1).Schéma synoptique.

II-3-Etudes théorique pour chaque étage

I Circuit d'émission

Présentation du circuit :

Ce circuit représente la première partie de notre dispositif ; il émet les ondes ultrasonores. Il est constitué des différentes parties ci-dessus :

- Circuit d'alimentation stabilisée.
- L'oscillateur à 40KHZ.
- Circuit d'amplification.
- Transducteur d'émission.

II-3-1-L'alimentation stabilisée

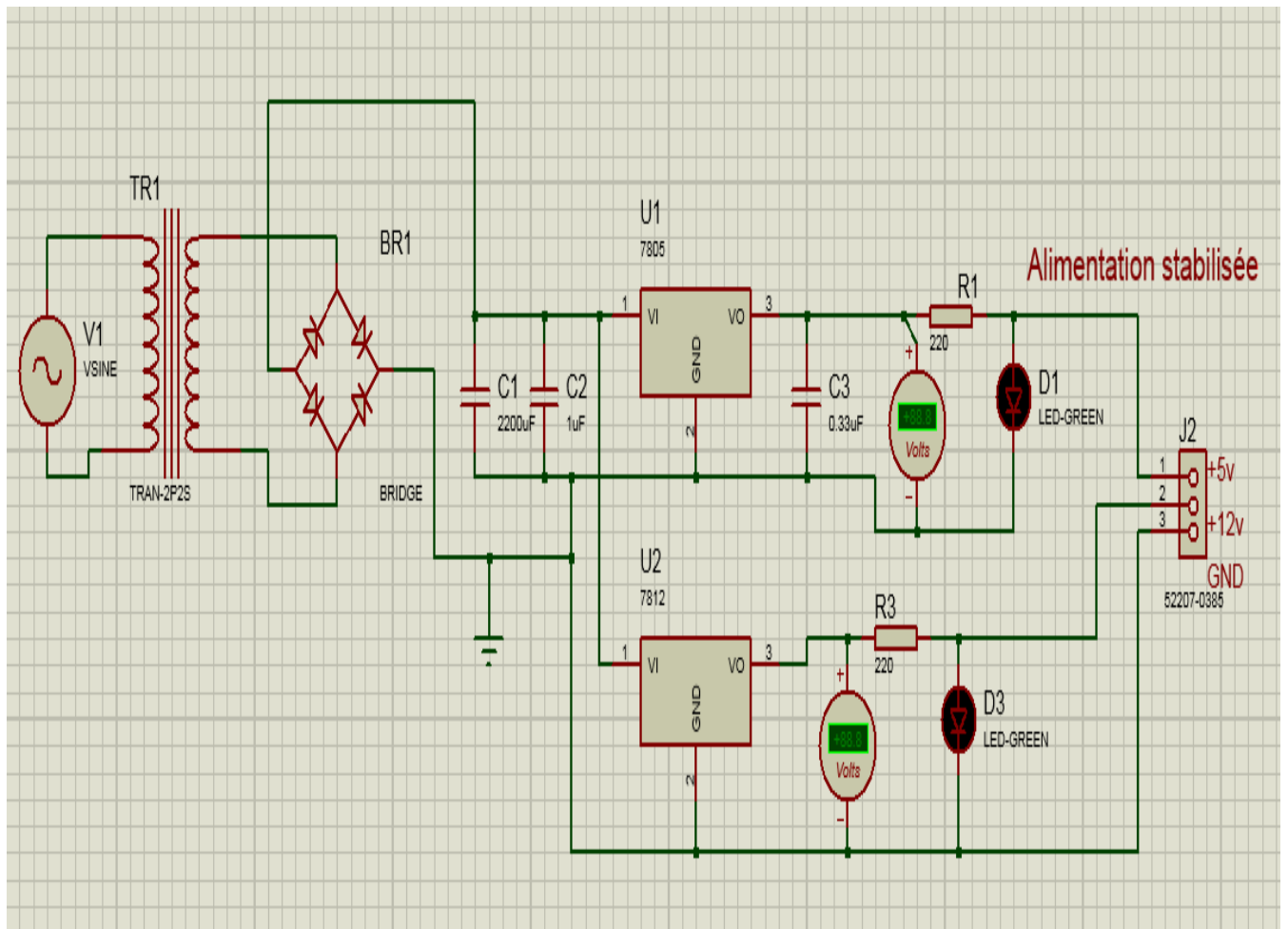


Figure (2-2) Circuit d'alimentation.

II-3-1-1-Présentation du circuit

Une alimentation stabilisée est un dispositif électronique, utilisant une régulation, permettant le réglage de la tension et du courant nécessaires au fonctionnement d'un appareil électrique ou électronique. Il est généralement conçu pour fonctionner en générateur idéal de tension et de courant.

La relation entre la tension d'entrée V_e et celle de sortie V_s est à l'équation (2-1):

$$\Delta V_s = F_0 \cdot \Delta V_e - R_0 \cdot \Delta I_s \quad (2-1)$$

Avec I_s l'intensité de sortie, F_0 le facteur de stabilisation en tension et R_0 la résistance interne de l'alimentation.

||-3-1-2-Le fonctionnement d'étage d'alimentation

Dans toutes applications électroniques, l'alimentation électrique est un sous-système incontournable, sa fonction consiste à fournir une ou plusieurs tensions continues stabilisée.

Dans notre dispositif nous sommes besoins de 3 tensions stabilisées : +12v, 5v, ces tensions seront fournies par une alimentation que nous avons réalisé, figure (2-2), ce montage contient 4 étages.

||-3-1-2-1-Etage abaisseur

Qui contient le transformateur abaisseur 220v/12v, qui permet de passer d'une tension sinusoïdale de valeur très élevée à une tension de valeur faible.

Le transformateur est constitué de deux éléments principaux, le circuit magnétique et les enroulements, et il est composé en deux parties, le primaire et le secondaire, sa caractéristique principale est le coefficient de transformation [20].

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad (2-2)$$

m =coefficient de transformation

U_2 =tension du secondaire

U_1 =tension du primaire

N_2 =nombres de spires du secondaire

N_1 =nombres de spires du primaire

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{12}{220} = 0.054 = 5.45\%$$

||-3-1-2-2-L'étage redresseur

La tension de sortie U_2 du secondaire doit être redressée par un pont de diodes ou pond de GRAETZ, qui est un assemblage de quatre diodes montées en pont qui redresse la tension alternatif monophasé en tension continue [20].

Le redressement se fait en double alternances :

-pendant l'alternance positive du signal : les diodes D_1 et D_3 passante

Puisqu'elles polarisé en direct, alors D_2 et D_4 sont bloquées

-lors l'alternance négatif c'est l'inverse ; c'est-à-dire D_2 et D_4 sont passante

Et D_1 et D_3 sont bloquée.

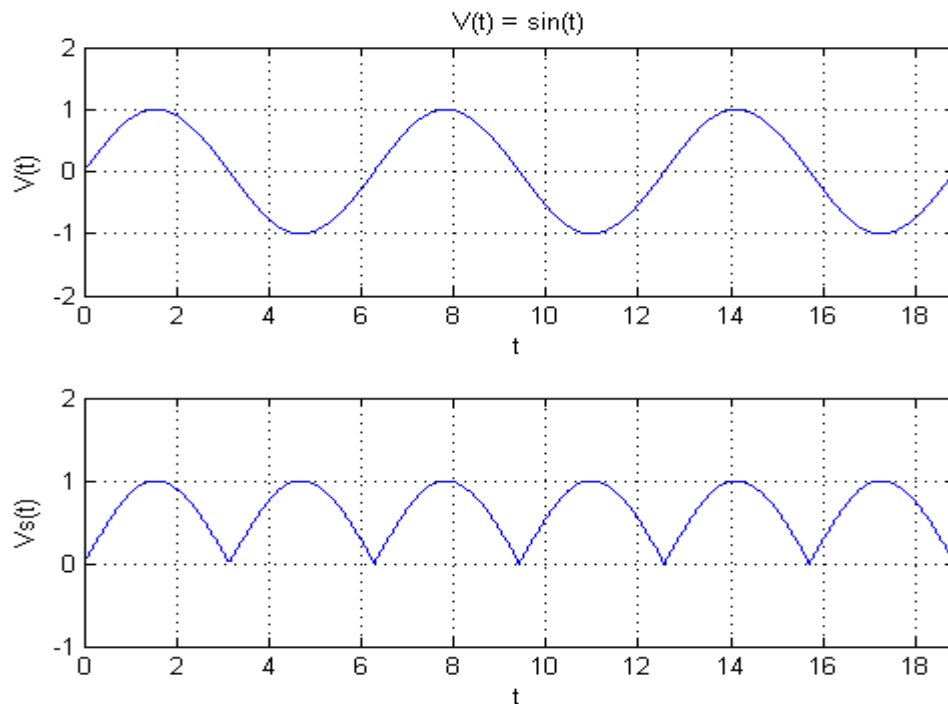


Figure (2-3).Redressement double alternance

II-3-1-2-3-L'étage de filtrage

Le filtrage transforme une tension redressée en une tension aussi constante que possible, les composants technique de filtrage le plus facile à mettre en œuvre; est des condensateurs branché aux bornes de la charge.

La valeur du condensateur influé sur la nature de la tension de sortie, plus que la valeur de C est grande, plus que la tension de sortie soit proche d'une tension continue [20].

Pour cela on doit filtrer les ondulations de faible valeur, par la caractéristique principale des condensateurs qui est la charge et la décharge, on fixant le constant du temps $\tau = R \cdot C$ du circuit, on a met C_1 et C_2 ($2200\mu F$ et $1\mu F$).

Pour filtrer le premier signal et le deuxième (5V et 12V).

Et C_3 pour éviter les bruits (avant était entre 4,8V et 5,1V), c'est des parasite indésirables peut influencer le fonctionnement.



Figure (2-4).L'influence de la valeur de capacité dans le filtrage.

II-3-1-2-4-Etage de régulation

Un régulateur de tension est un composant dont le rôle consiste à rendre quasi continue a 100%, une tension qui présente une ondulation ou perturbation, il se stabilise sa valeur on utilise un composant qui possède 3 pattes, on applique la tension d'entrer et on rééquiperai une tension régulée en sortie suivant le composant choisi pour 5V ; c'est LM7805, pour 12V c'est

- Les pattes du composant 78xx (pour les valeurs positive).

(1- V_{in} , 2-Masse, 3- V_{out}), Figure (2-5).

- Les pattes du composant 79xx (pour les valeurs négatives).

(1-Masse, 2- V_{in} , 3- V_{out}), Figure (2-6).

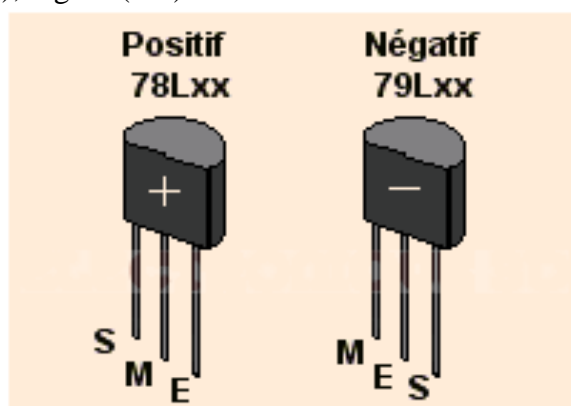


Figure (2-5) Brochage des régulateurs des tensions positives et négatives

||-3-2-Le transducteur émetteur

||-3-2-1-Présentation du circuit

La production des ultrasons utilise la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. Cette conversion est effectuée par un transducteur adapté aux besoins, c'est à dire choisi suivant la gamme de fréquences à produire et la puissance désirée.

Le transducteur est alimenté par une tension alternative de même fréquence que celle des ultrasons à produire. Il y a des transducteurs émetteurs et des transducteurs récepteurs.



Figure (2-7) Transducteurs ultrasons

||-3-2-2-Etude pratique du transducteur émetteur ultrasonore

Le transducteur émetteur ultrasonore doit être attaqué par un signal électrique alternatif à grand fréquence, c'est la fréquence optimale qu'on a déjà expliqué dans le premier chapitre.

Pour un meilleur résultat il faut que la fréquence du signal d'entrer coïncide avec la fréquence de résonance du Crystal.

Pour déterminer la fréquence de résonance du Crystal on a fait une expérience par logiciel de simulation des circuits électrique (Isis proteus).

C'est un montage simple ; un générateur (G.H.F) on fixe l'amplitude à 21V et on varie la fréquence de 35KHZ jusqu'à 45KHZ.

Cette expérience nous permettra de déterminer la fréquence de résonance et connaître le rendement pour chaque fréquence, et on a remplissés le tableau () Et le trace du graphe ().

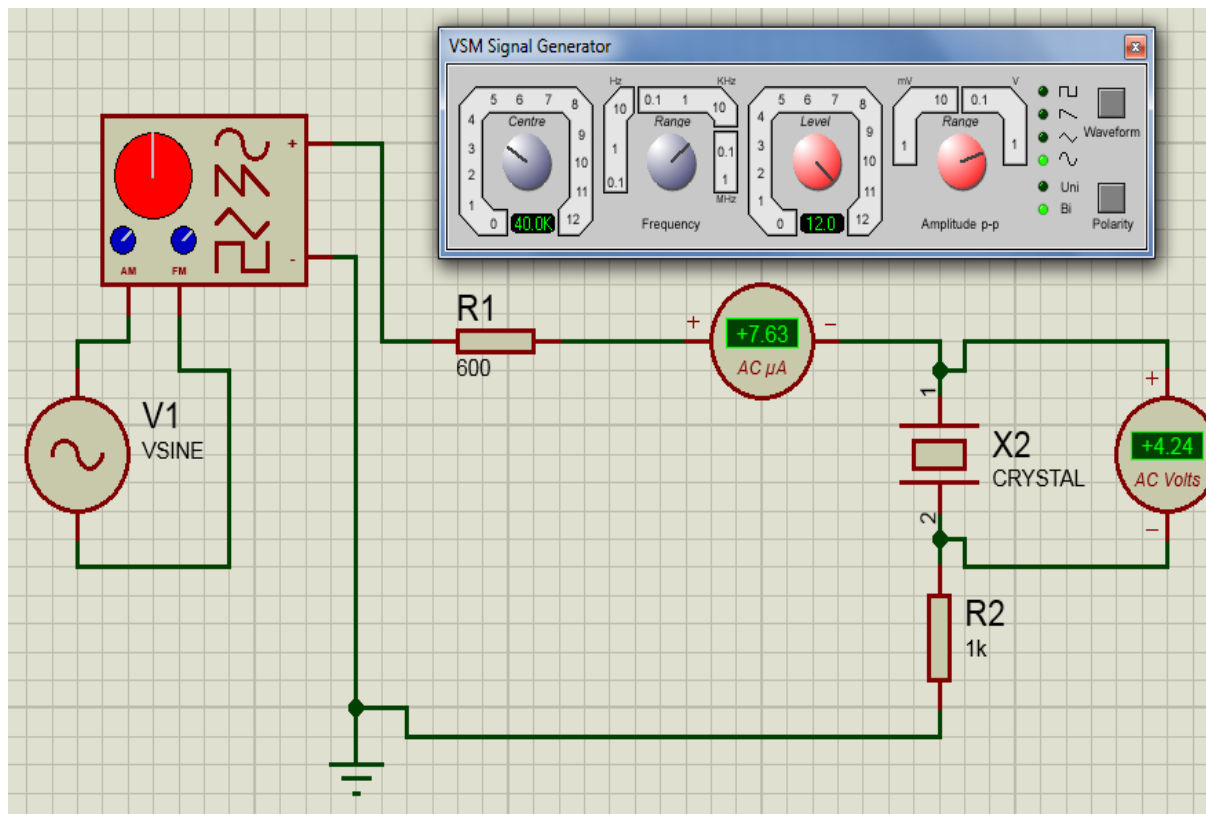
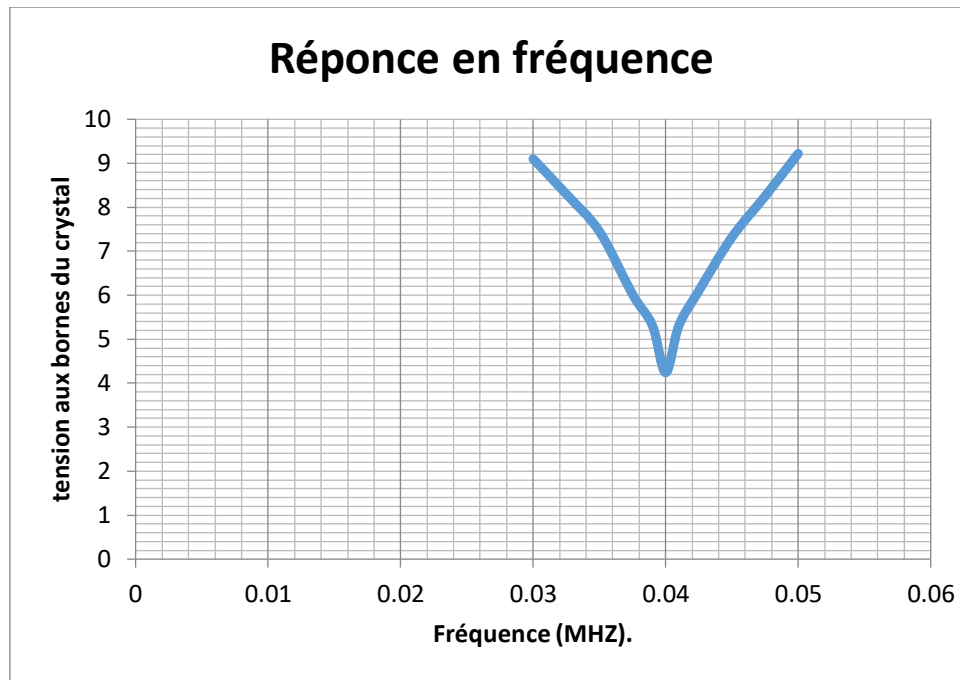


Figure (2-8) La détermination de la fréquence de résonance.

Fréquence (KHZ)	35	36	38	39	39.2	39.4	39.5	39.6	39.7	39.8	40
Tension (v)	18.5	18	16.5	14	13.5	12.5	12	11.5	11	10.9	10.5
Fréquence (KHZ)	40.1	40.2	40.3	40.4	40.5	41	41.5	42	43	44	45
Tension (v)	10.5	11	11.5	12	13	14	14.5	16	16.7	17.3	18.5

Tableau (2-1).Variation de la tension en fonction de variation de fréquence



Graph (2-1) Réponse en fréquence de l'émetteur

D'après le graphe (2-1), et le tableau (2-1) ; on déduit que la fréquence 40KHZ c'est la fréquence de résonance du transducteur émetteur, il atteint le fonctionnement optimal pour cette valeur.

Donc il faut générer cette fréquence, et pour cela on met le circuit d'oscillateur (L'horloge) à 40KHZ.

||-3-3-L'oscillateur à 40KHZ

||-3-3-1-Présentation du circuit

Un oscillateur électronique est un circuit dont la fonction est de produire un signal périodique, de forme sinusoïdale, carrée, en dents de scie, ou quelconque. L'oscillateur peut avoir une fréquence fixe ou variable. Il existe deux types d'oscillateurs : les oscillateurs harmoniques qui produisent un signal sinusoïdal, et les oscillateurs à relaxation ne produisant pas un signal sinusoïdal.

Pour faire fonctionner le transducteur d'émission, on doit générer une fréquence de 40kHz en utilisant le temporisateur NE555 en mode astable.

||-3-3-2-Caractéristique du circuit NE555

1. Tension d'alimentation mini 4,5 v, tension d'alimentation maxi 15 v.
2. Fréquence maxi : 500KHz.
3. La tension de sortie à l'état haut varie de $V_{cc} - 1,7$ v à $V_{cc} - 2,5$ v suivant la tension d'alimentation et la charge.
4. La tension de sortie à l'état bas varie de 0,2v à 2 v suivant la tension d'alimentation et la charge.
5. La sortie peut fournir ou absorber 200 mA.
6. Le courant absorbé par la sortie décharge est limité intérieurement à 35 mA.

||-3-3-3-Le multivibrateur NE555

On utilise le circuit le plus connue en électronique ; le temporisateur NE555.

Qui est un circuit intégré utilisé pour la temporisation ou en mode multivibrateur monostable et astable.

Le multivibrateur astable oscille en permanence entre deux états ; un état haut, et l'autre bas.



Figure (2-9).Le circuit intégré NE555.

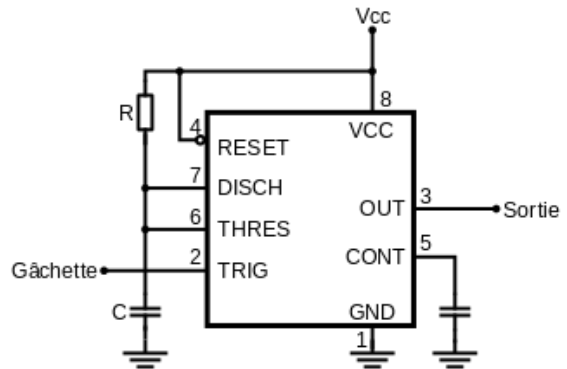


Figure (2-10) Schéma synoptique de NE555.

II-3-3-4-Principe de fonctionnement du NE555

On peut voir à partir du schéma bloc les différents composants du NE555, soit :

- 2 comparateurs (jaune et rouge) ;
- 3 résistances configurées en diviseur de tension. Les deux tensions respectivement de 1/3 et 2/3 de Vcc servent de références aux comparateurs (vert) ;
- 1 bascule SET-RESET contrôlée par les comparateurs (violet) ;
- 1 inverseur (rose) ;
- 1 transistor pour décharger le condensateur de temporisation (bleu ciel).

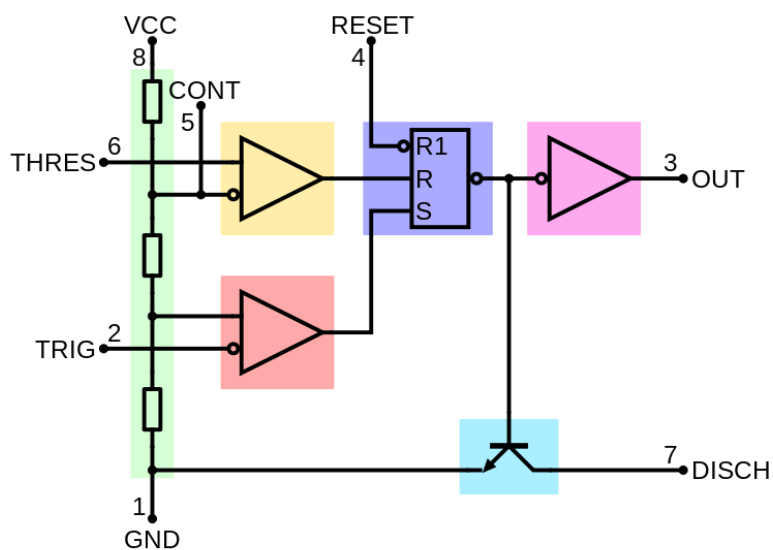


Figure (2-11).Schéma bloc simplifié du NE555

Une oscillation complète est effectuée lorsque le condensateur se charge jusqu'à 2/3 de Vcc et se décharge à 1/3 de Vcc. Lors de la charge, les résistances Ra et Rb sont en série avec

le condensateur, mais la décharge s'effectue à travers de Rb seulement. C'est de cette façon que le rapport cyclique peut être modifié.

II-3-3-5-Paramètre de circuit du multivibrateur

La fréquence F d'oscillations ainsi que le rapport cyclique suivent les relations suivantes :

$$f = \frac{1}{T} \tag{2-3}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40000} = 0.000025 \text{ s}$$

$$T = t_1 + t_2 \tag{2-4}$$

$$t_1 = \ln 2 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C \tag{2-5}$$

$$t_1 = \ln 2 \cdot (2200 + 700) \cdot 0.01 \mu F$$

$$t_1 = 20 \mu s$$

$$t_2 = \ln 2 \cdot R_2 \cdot C \tag{2-6}$$

$$t_2 = \ln 2 \cdot 700 \cdot 0.01 \mu F$$

$$t_2 = 5 \mu s$$

$$T = \ln 2 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C \tag{2-7}$$

$$F = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) \cdot C} \tag{2-8}$$

$$D = \text{Duty Cycle} = \frac{(R_A + R_B)}{(R_A + 2 \cdot R_B)} \cdot 100 (\%) \tag{2-9}$$

$$D = \frac{2200 + 700}{2200 + (2 \cdot 700)} \cdot 100$$

$$D = 80\%$$

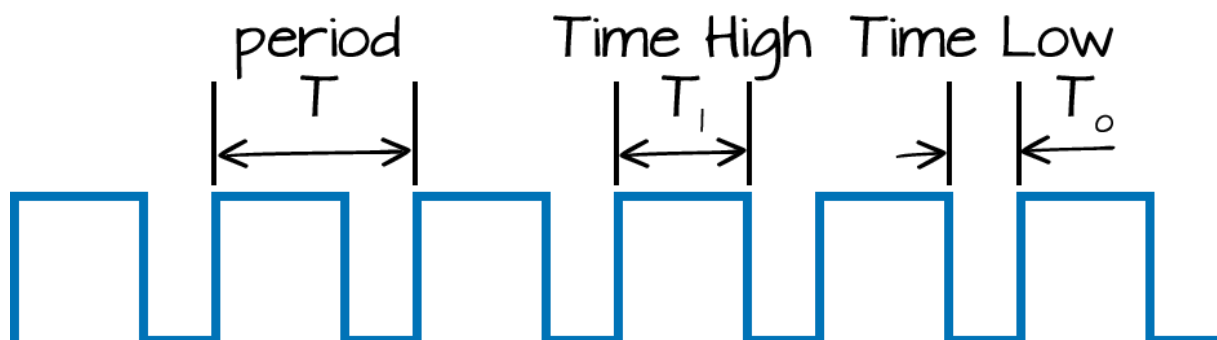


Figure (2-12).le rapport cyclique.

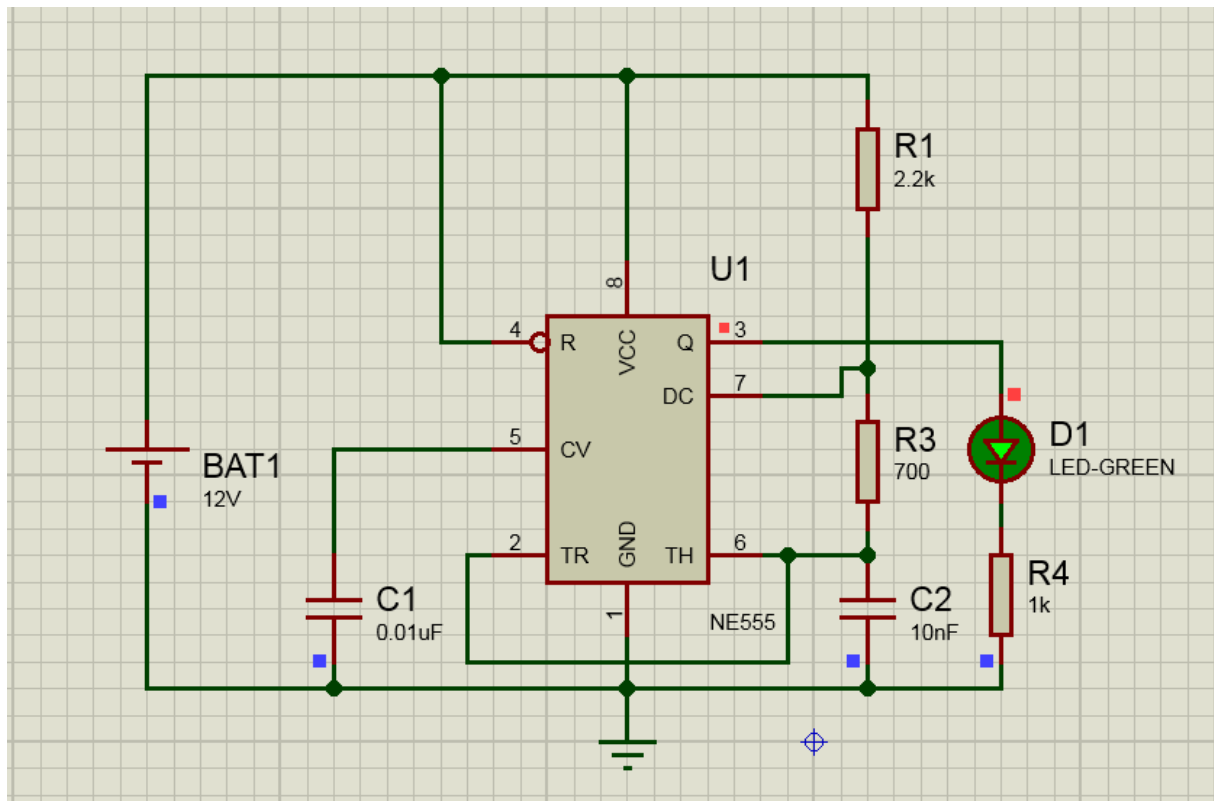


Figure (2-13).circuit de multivibrateur

II-3-4-Circuit d'amplification

II-3-4-1-Présentation du circuit

Un amplificateur électronique est un système électronique augmentant la tension et/ou l'intensité d'un signal électrique. L'énergie nécessaire à l'amplification est tirée de l'alimentation électrique du système.

Et d'après les expériences qu'on a déjà fait pour le transducteur émetteur on a constaté que le transducteur à une meilleure portée que s'il est excité par un courant fort, donc pour cela on a met le circuit d'amplification en courant et en tension.

Pour une meilleure amplification on a réalisé le circuit amplificateur ci-dessous qui est composé d'un amplificateur en courant et une différentielle pour l'amplification en tension.

II-3-4-2-Amplificateur en courant

Le transistor bipolaire est un composant électronique utilisé comme : interrupteur commandé, amplificateur, stabilisateur de tension, modulateur de signal ...etc.

Dans notre dispositif on est besoin d'un amplificateur en courant pour fournir l'énergie nécessaire au transducteur émetteur pour le meilleur fonctionnement, et pour cela on utilise le montage DARLINGTON.

II-3-4-2-1-Amplificateur Darlington

Ce montage est constitué par l'association de deux transistors T_1 et T_2 de même type (deux *PNP* ou deux *NPN*). T_2 est un transistor de puissance donc de gain en courant petit et dont l'impédance d'entrée h'_{11} pour le courant nominal est faible ; T_1 est un transistor d'usage général de gain normal. La base du transistor T_2 est reliée à l'émetteur de T_1 et les deux collecteurs sont reliés [18].

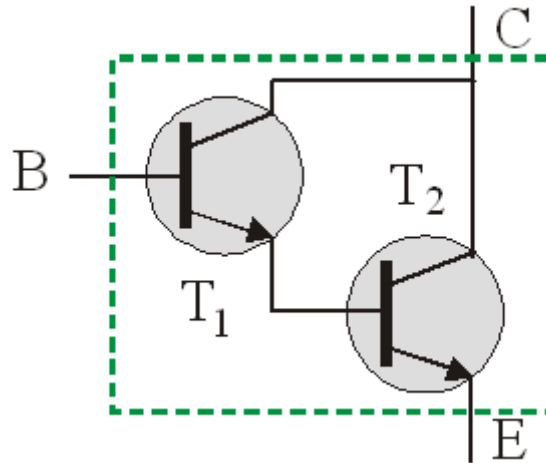


Figure (2-14).montage Darlington.

L'ensemble est un dispositif à trois électrodes équivalent à un transistor unique dont on va déterminer les paramètres.

II-3-4-2-2-Paramètre d'amplificateur Darlington

- Gain en courant du transistor équivalent

Pour le transistor $T_1 : i_C = h_{21} \cdot i_B \Rightarrow i_E = (h_{21} + 1) \cdot i_B$ (2-10)
 Pour le transistor $T_2 : i'_B = i_E = (h_{21} + 1) \cdot i_B$ (2-11)

$$i'_C = h'_{21} \cdot i'_B = h'_{21} \cdot (h_{21} + 1) \cdot i_B$$

$$i'_C \approx h'_{21} \cdot h_{21} \cdot i_B$$

- Le gain du transistor équivalent est égal au produit des gains des deux transistors.

Impédance d'entrée

$$V_{BE} = h_{11} \cdot i_B + h'_{11} \cdot i'_B = \{h_{11} + h'_{11}(h_{21} + 1)\} \cdot i_B \quad (2-12)$$

Comme $h_{21} \gg 1$ on obtient $Z_{Em} = V_{BE}/i_B \approx h_{11} + h_{21} \cdot h'_{11}$ (2-13)

$$h_{11} = h_{21} \cdot kT/e \cdot I_C; h'_{11} = h'_{21} \cdot kT/e \cdot I'_C; I'_C = h'_{21} \cdot I'_B \approx h'_{21} \cdot I_C$$

$$h'_{11} = h'_{21} \cdot kT/e \cdot h'_{21} \cdot I_C = h_{11}/h_{21} \Rightarrow Z_{Em} \approx 2 \cdot h_{11}$$

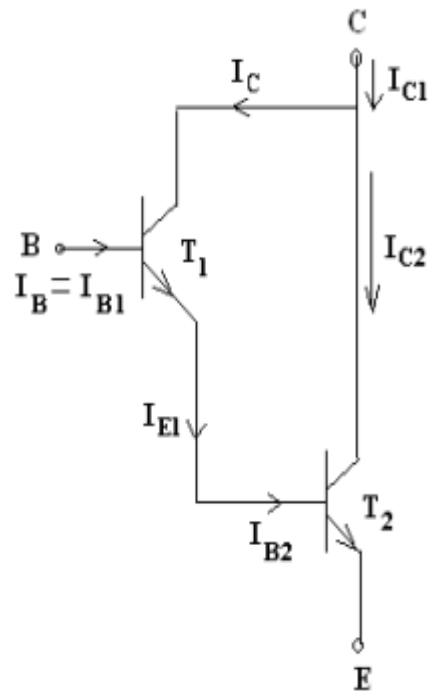


Figure (2-15).Schéma équivalent du montage Darlington.

- L'impédance d'entrée du transistor équivalent est sensiblement égale au double de celle du transistor T_1 . Elle est beaucoup plus grande que celle d'un transistor de puissance.

Avantage :

Le montage Darlington permet d'obtenir un transistor équivalent ayant un grand gain, une impédance d'entrée normale et capable de dissiper la même puissance que le transistor T_2 .

Inconvénients :

La tension d'entrée correspond à deux seuils de diodes. Le courant inverse du transistor équivalent est beaucoup plus grand que celui des transistors utilisés puisque $I''_{CEO} = \beta' \cdot I_{CE0} + I'_{CE0}$.

II-3-5-Circuit électronique du bloc d'émetteur

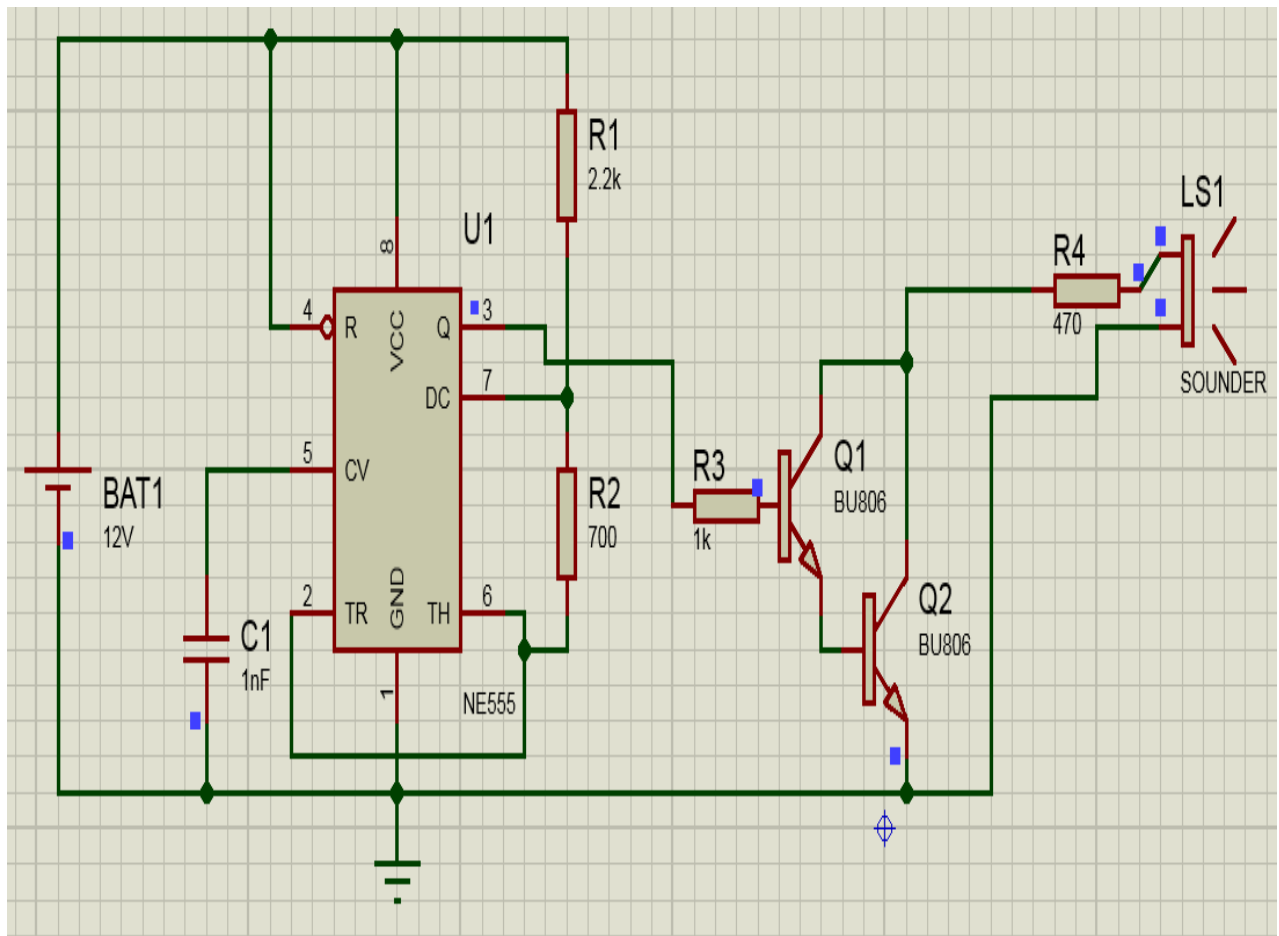


Figure (2-16).Circuit d'émission des ondes ultrasonore.

II Circuit de réception

Le circuit de réception c'est la deuxième partie de notre montage, il reçoit le signal et le traite, c'est-à-dire la conversion de l'information acoustique et le transformer en signal électrique, pour faciliter l'acquisition des données.

Ce circuit est composé des éléments suivant :

- Un transducteur de réception.
- Un Circuit d'amplification & filtrage.
- Un circuit d'adaptation.
- Un circuit de traitement des données.
- L'affichage.

II-3-6-Le transducteur de réception

L'émetteur envoie un train d'ondes qui va se réfléchir sur l'objet à détecter et ensuite revenir à la source. Le temps mis pour parcourir un aller-retour permet de déterminer la distance de

l'objet par rapport à la source. Plus l'objet sera loin plus il faudra longtemps ; on utilise l'équation (2-14) :

$$V = \frac{d}{t} \leftrightarrow d = V * t \quad (2 - 14)$$

- t étant le temps vu au-dessus entre le début de l'émission et le début de la réception
- V étant la vitesse du son qui est de 330 m.s-1.



Figure (2-17). Transducteur récepteur US.

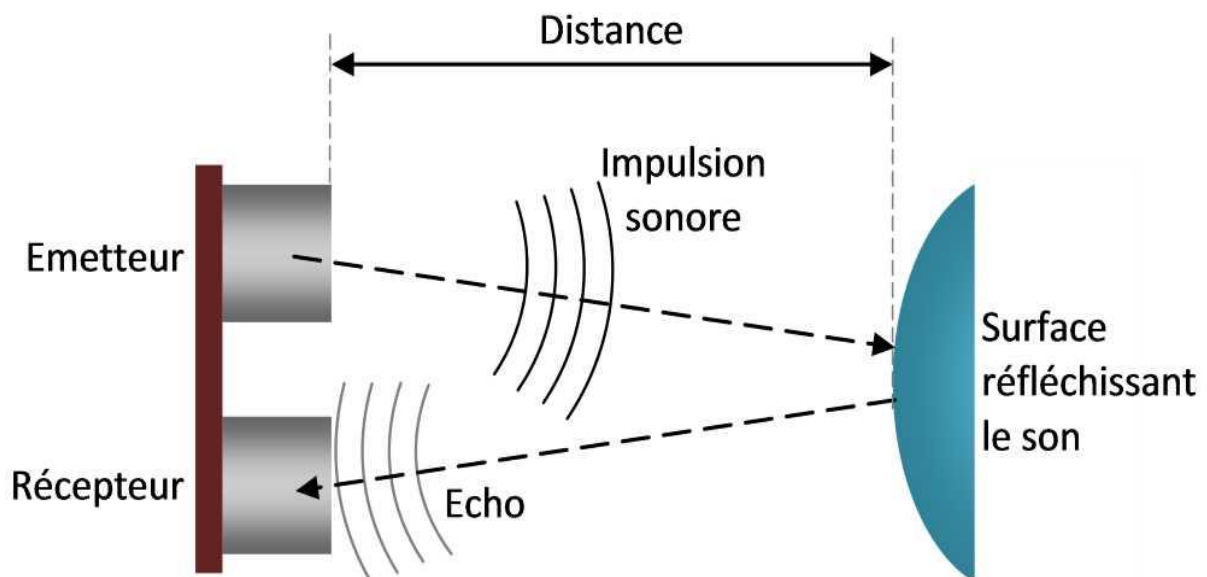


Figure (2-18). Principe de fonctionnement du capteur US.

II-3-7-Circuit d'amplification

Comme on a déjà vu, le signal reçu est transformé en signal électrique, mais ce signal a des valeurs très faibles (quelques micro-ampères), et plus la distance augmente ; les valeurs reçues sont très faibles, donc il faut les amplifier, et pour cela on a utilisé le montage de base qui est composé d'un amplificateur opérationnel, et une résistance R_1 , la sortie de l'amplificateur est reliée par une deuxième résistance R_2 [21].

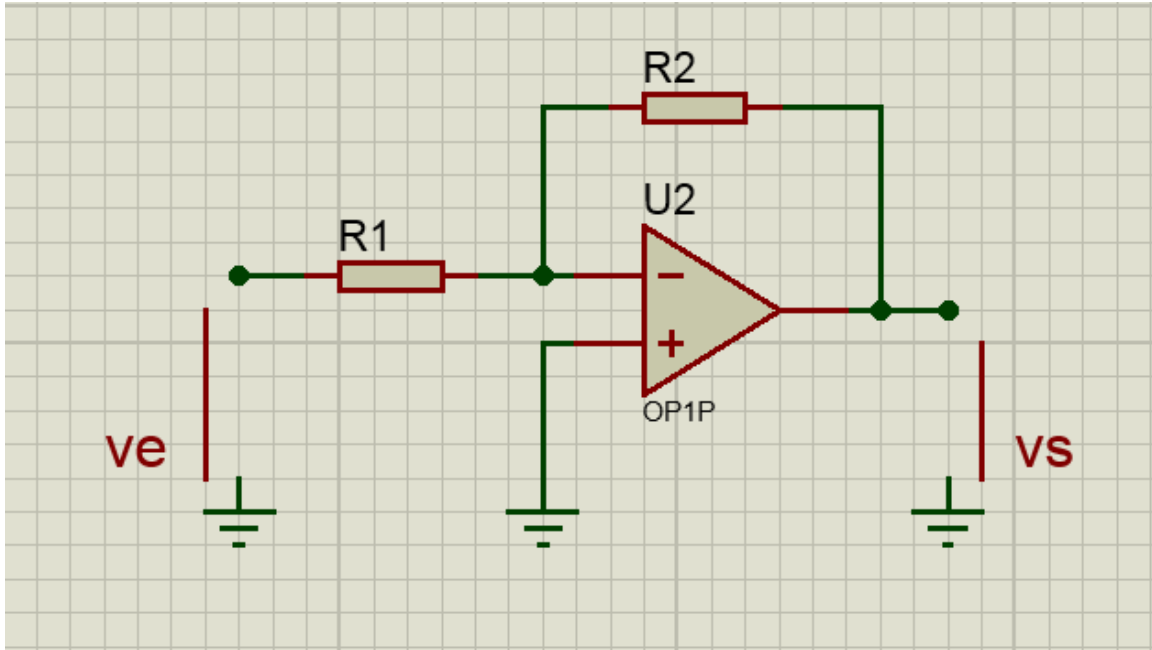


Figure (2-19). Circuit d'amplificateur inverseur

Les équations d'amplificateur :

La mise en équation est très simple, et s'appuie sur les conditions vues lors de la définition de L'AOP :

- Les impédances d'entrée étant infinies, il n'y a pas de courant qui rentre dans l'entrée inverses (V-)
- Le gain Gd est infini ; dans ces condition, (V+ - V-) va tendre vers 0.

De cette dernière on peut déduire que : $V^+ = V^-$ (2-15)

- V+ est à la masse, et selon l'équation (2-15), V- se retrouve au même potentiel, mais pratiquement elle n'est pas relié a la masse, donc ça c'est la masse virtuelle.

Vue que L'AOP étant parfait et fonctionnant en régime linéaire ; on peut déduire que :

$$V^+ = 0 \tag{2-16}$$

$$V^- = \frac{\frac{ve}{R1} + \frac{VS}{R2}}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} \text{ Théorème de MILMAN.} \tag{2-17}$$

$$V^+ = V^- = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{ve}{R1} + \frac{VS}{R2}}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} = 0 \quad \frac{VE}{R1} + \frac{VS}{R2} = 0 \tag{2-18}$$

$$\Rightarrow V_s = -(R2/R1) * ve \text{ avec } (R2 > R1) \tag{2-19}$$

$$AV = \frac{R2}{R1} \quad (2-20)$$

II-3-8-Circuit de filtrage

Dans le milieu d'application on peut trouver des bruits et des fréquences indésirables, et aussi lors la réception on trouve des fréquences non désirées, donc pour cela on est besoins d'éliminer ces fréquences qui peut influencées le rendement de notre dispositif.

La solution c'est le filtrage ; on élimine les fréquences.

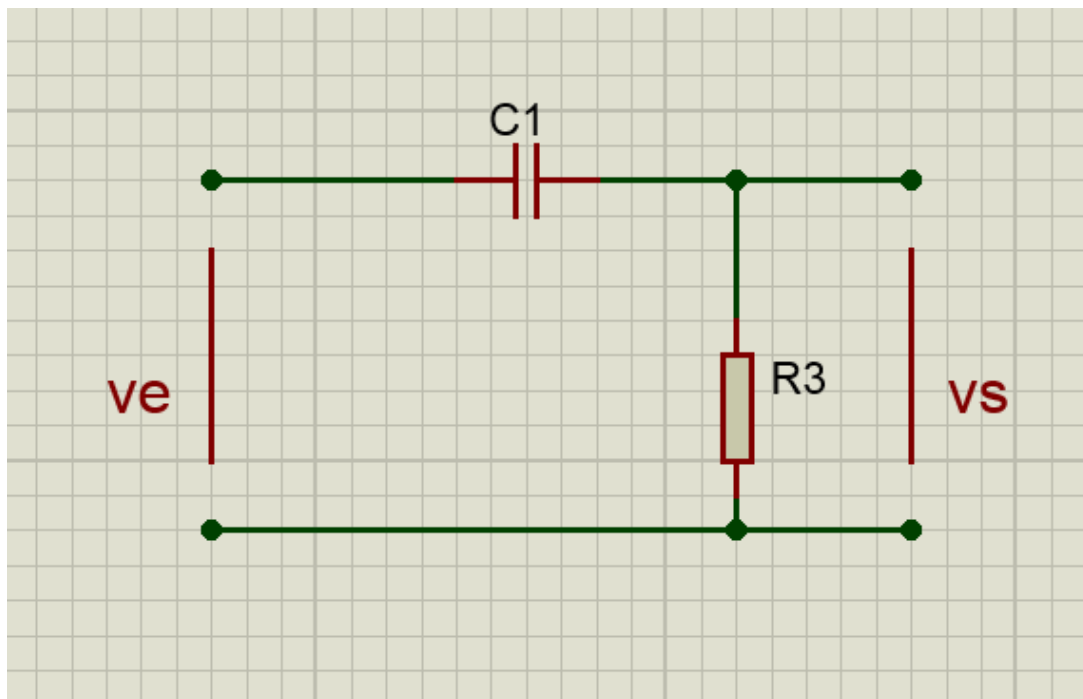


Figure (2-20).Filtre passe haut.

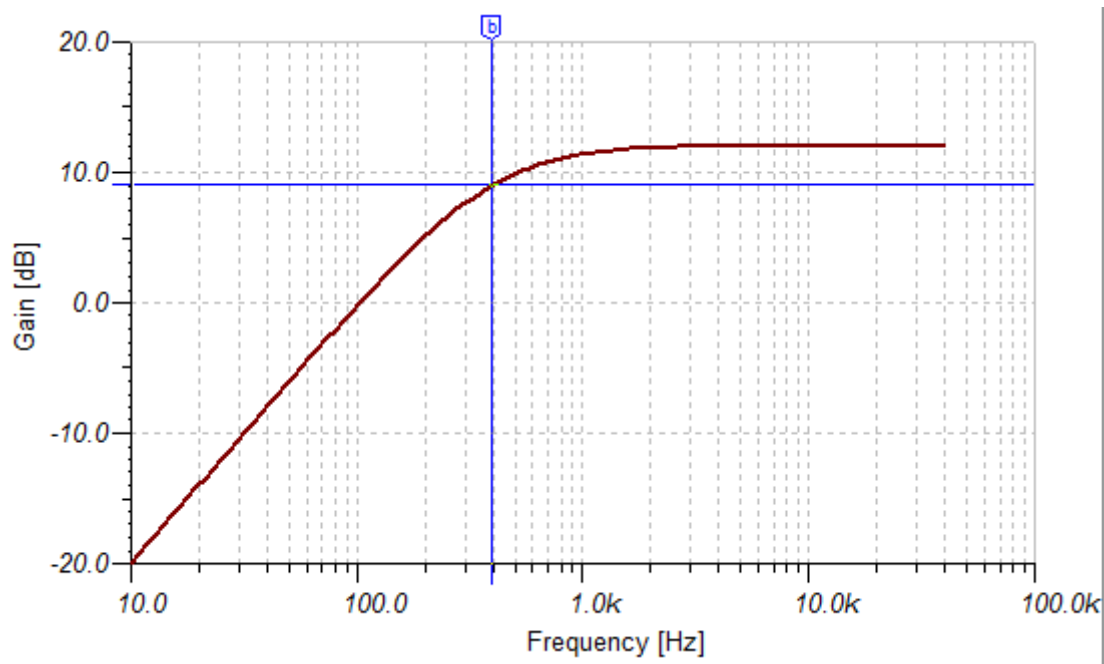
II-3-8-1-Fonctionnement

Le condensateur C laisse passer les fréquences les plus élevées et atténue fortement les basses fréquences. Le courant continu est bloqué.

Si l'on représente la courbe d'atténuation du signal en fonction de la fréquence, on obtient le graphe ci-contre. L'échelle des ordonnées, correspondant à la tension de sortie, est linéaire. Supposent une charge de résistance infinie à la sortie du filtre.

Donc Le filtre "passe haut " laisse passer les hautes fréquences (supérieure à FC) et atténue les fréquences < FC.

Le signal Vs obtenu est alors :



Graph (2-2). Diagramme de signal de sortie du filtre passe haut.

II-3-8-2-Fonction de transfert

$$V_s = ZR I \quad (2-21)$$

$$V_s = R \left(\frac{jR\omega}{1 + jR\omega} \right) \quad (2-22)$$

$$V_s = \left(\frac{jR\omega}{1 + jR\omega} \right) V_e$$

- L'expression de la fonction de transfert $A(j\omega) = V_s/V_e$:

$$A(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{R}{\frac{1}{j\omega} + R} \quad (2-23)$$

$$= \frac{jR\omega}{1 + jR\omega}$$

Et Avec $X = R\omega$:

$$A(j\omega) = \frac{jX}{1 + jX} \quad (2-24)$$

II-3-8-3-Le gain et la phase

L'expression complexe de A, la fonction de transfert du filtre, permet de calculer deux Grandeurs accessibles à l'expérience :

- le gain qui correspond au module de A :

$$G = |A| = \frac{X}{\sqrt{1 + X^2}} \quad (2 - 25)$$

- le gain en décibel :

$$G_{db}(\omega) = 20 \cdot \log |H(j\omega)| \quad (2-26)$$

$$= 20 \cdot \log \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) - 10 \cdot \log \left(1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right)^2 \right)$$

- la phase qui correspond à l'argument de A :

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \text{Arctg}(X) \quad (2 - 27)$$

- la phase en radians :

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} H(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg} \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_c} \right) \quad (2-28)$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \text{arctg} \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) \quad (2 - 29)$$

- On distingue alors deux situations idéales :
- Lorsque $\omega \ll \omega_c$:

$$G_{dB} \approx 20 \cdot \log \left(\frac{\omega}{\omega_c} \right) \text{ et } \varphi \approx 90^\circ \quad (2 - 30)$$

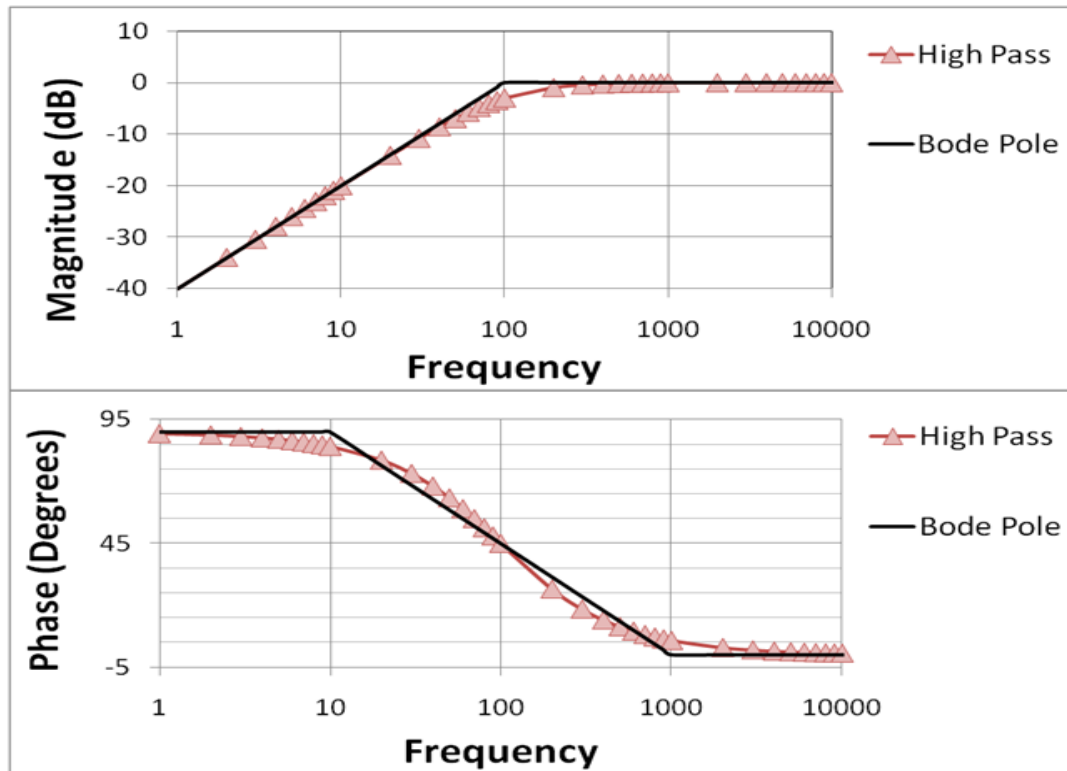
(Le signal est filter)

- Lorsque $\omega \gg \omega_c$:

$$G_{dB} \cong 0 \text{ et } \varphi \cong 0$$

(Le signal est passant)

- Lorsque $\omega = \omega_c$: **$G_{dB} = -3 \text{ Db}$**



Grphe (2-3).Diagramme de Bode d'un filtre passe haut.

- **La fréquence de coupure f_c**

C'est la fréquence qui correspond à l'atténuation du signal transmis par le circuit
On dit aussi qu'elle est la fréquence pour laquelle les deux impédances ont des modules égaux :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \text{ (Hz)} \quad (2 - 31)$$

$$\omega c = \frac{1}{Rc} \quad (2 - 32)$$

||-3-9-Circuit d'adaptation

L'adaptation d'impédances est une technique utilisée en électricité permettant d'optimiser le transfert d'une puissance électrique entre un émetteur (source) et un récepteur électrique (charge) et d'optimiser la transmission des signaux de télécommunications [22].

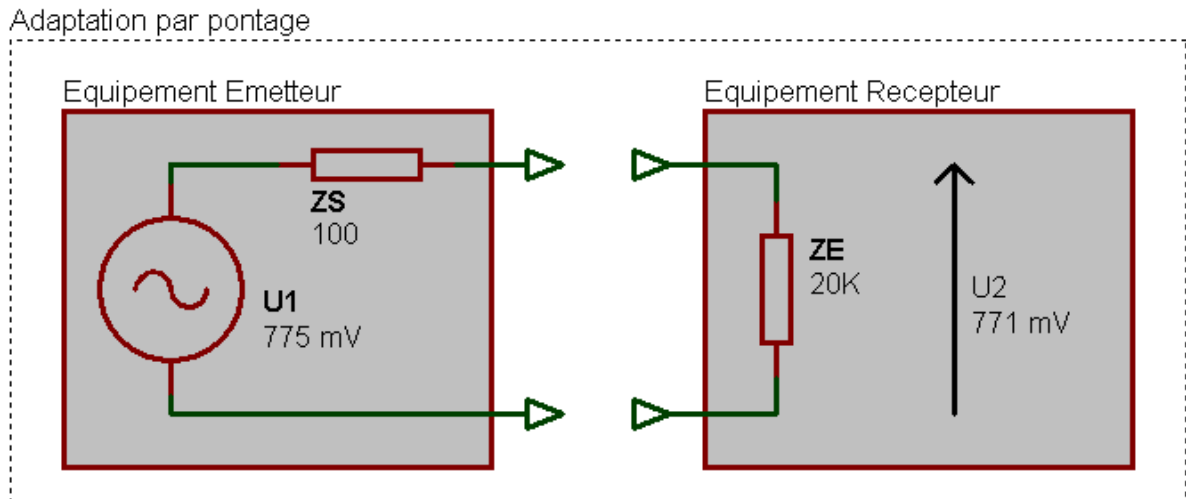


Figure (2-21).Circuit d'adaptation d'impédance

Une source, tel qu'un micro ou un instrument génère un courant électrique, donc l'ensemble est représenté par un générateur de tension sur le schéma, cet émetteur possède également une résistance interne, c'est cette résistance que l'on appelle impédance.

De l'autre côté, le montage qui reçoit notre signal possède lui aussi une résistance interne. C'est également son impédance.

En appliquant la formule $U=Z*I$ aux bornes de notre générateur de tension (partie émetteur) cela nous donne : $U_1 = (Z_S + Z_E)*I$

De la même manière, nous appliquons cette même formule aux bornes de notre récepteur. Nous obtenons : $U_2 = Z_E*I$

L'intensité I étant la même dans tout le circuit, on déduit de ces 2 formules :

$$U_2 = U_1 Z_E / (Z_S + Z_E) \quad (2-32)$$

Cela signifie que notre tension U_1 générée par notre dispositif ou notre instrument, sera multipliée par un facteur $Z_E / (Z_S + Z_E)$

Cela signifie que notre tension U_1 générer par notre circuit d'émission sera multiplier par un facteur de $Z_E / (Z_S + Z_E)$; lorsqu'on rééquiper le signal par le circuit de réception ; il est bien réduite ; c'est-à-dire que les ondes est faible.

Pour limiter cette atténuation il faut que Z_E soit le plus grand possible, Et Z_S très faible.

Si on détermine la valeur de Z_E ; on calcule le pourcentage d'atténuation, et déduire si elle est acceptable ou non.

Donc si $Z_E \gg Z_S$: $U_1=U_2$. [22].

II-3-10-Montage suiveur

L'amplificateur opérationnel dans cette configuration est identique à l'amplificateur non-inverseur si on prend $R_1 = \infty$ et $R_2 = 0$. La fonction de transfert est donc: $V_s = V_e$.

Puisque la tension de sortie égale à la tension d'entrée. On notera que l'amplificateur opérationnel est un composant actif et qu'il possède une faible impédance de sortie. A savoir qu'il sera capable de se comporter comme une source de tension. Cela est utile lorsque qu'en entrée on applique une tension ayant un faible pouvoir de support de la charge. On parlera ainsi d'étage "tampon" ou "buffer" entre deux portions de circuit de façon à isoler l'une de

L'autre pour prévenir toute interaction parasite.

Bien sûr cela ne va pas sans **modification** du signal d'entrée: il faut donc être prudent à l'offset introduit par l'AOP, la distorsion qu'il va insérer sur le signal d'entrée, son produit gain bande et ainsi son pouvoir à laisser passer correctement des signaux à fréquence élevées, sa dynamique d'entrée et de sortie afin de ne pas saturer sa sortie, le bruit qu'il insère etc.

On note que l'entrée et la sortie ne sont pas inversées.

Comme (pour un AOP idéal) aucun courant n'entre par V_e , et comme l'impédance de sortie est très faible, ce circuit fournit une tension sans charger pour autant le circuit d'entrée.

Beaucoup de détecteurs, comme certains microphones, ont une impédance de sortie très élevée. La circulation d'un courant provoquerait une réduction de la tension perçue par l'amplificateur. Le montage suiveur contourne ce problème, ce qui lui vaut aussi le nom d'adaptateur d'impédance.

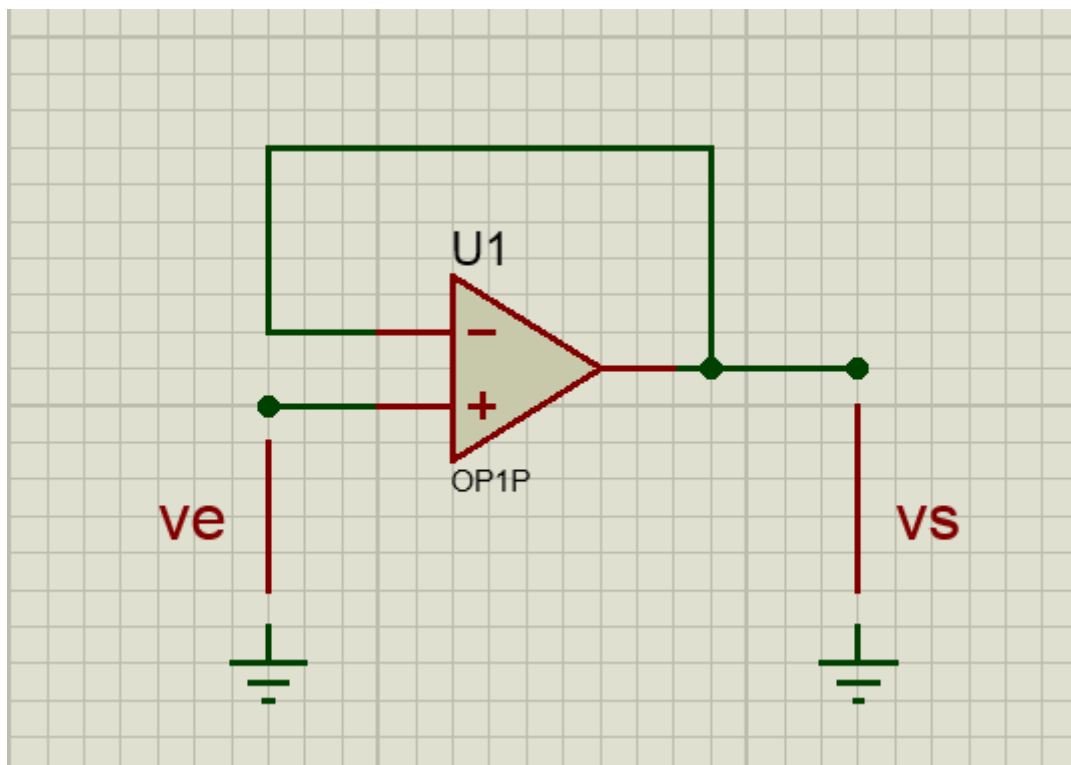


Figure (2-22).Montage suiveur.

II-4-Circuit électronique du bloc récepteur

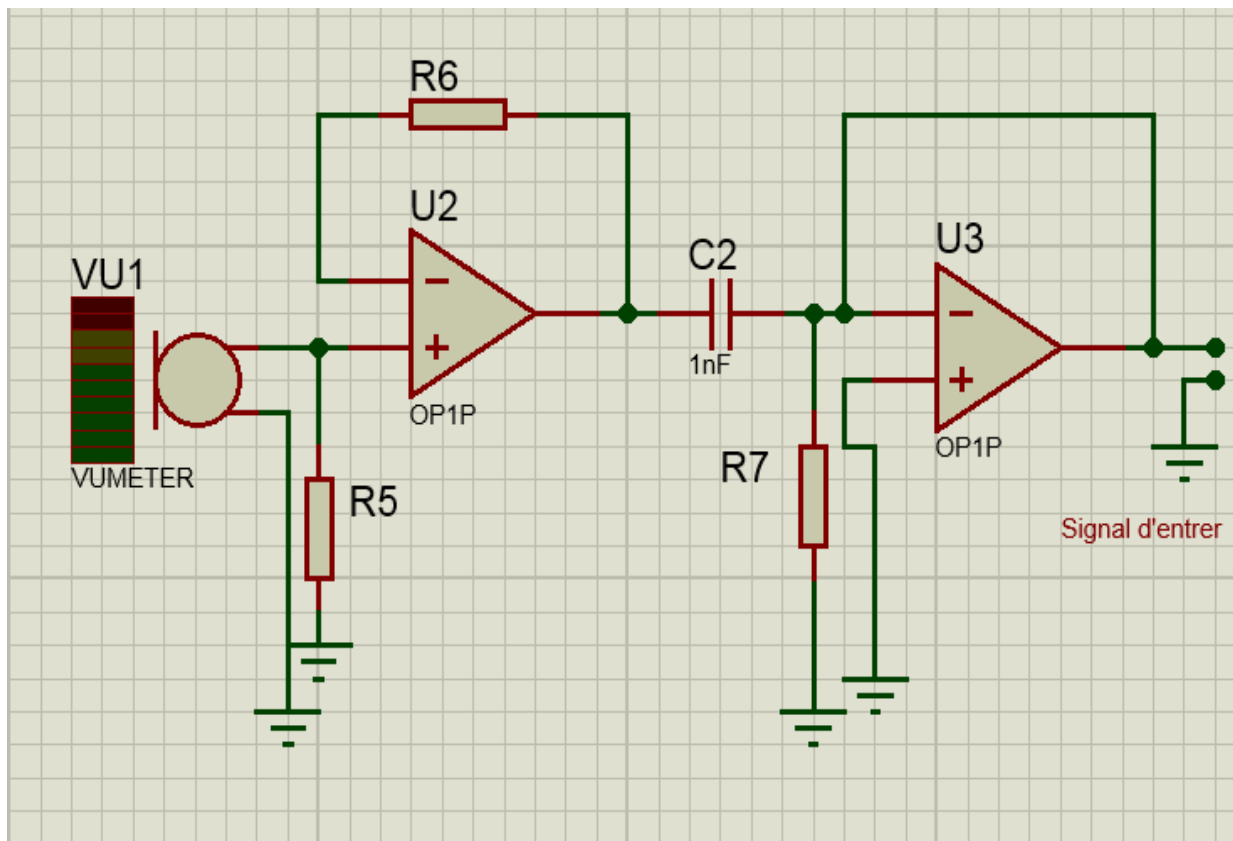


Figure (2-23).Circuit de réception des ondes ultrasonore

II-5-Montage d'émission et de réception des ondes ultrasonore

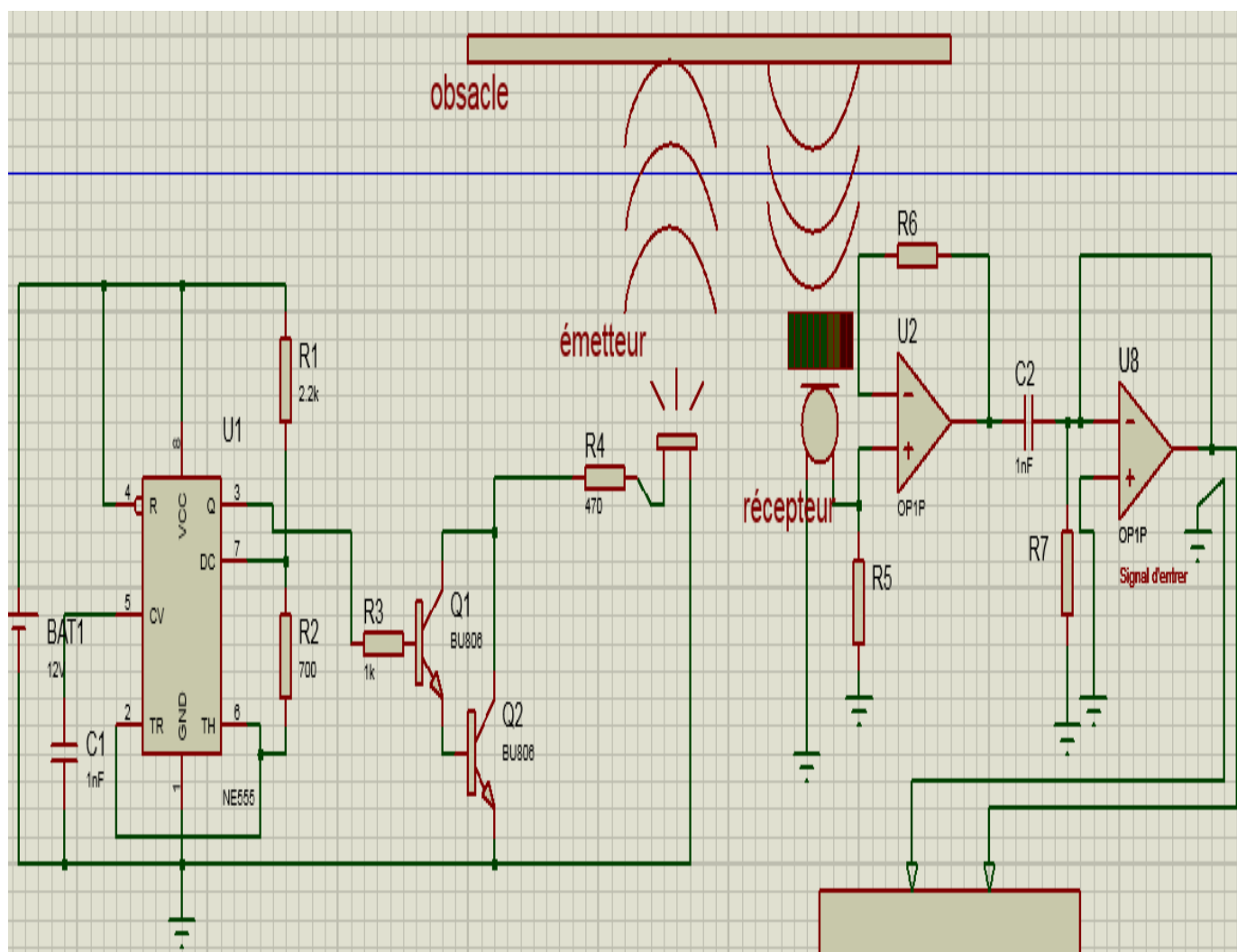


Figure (2-24).Circuit d'émission et réception des ondes US.

II-6-Conclusion

A travers ce chapitre, les différents circuits utilisés dans notre étude sont décrits, expliqués, et bien détaillés.

Le système de télémétrie est constitué d'une partie d'émission d'ondes ultrasonores et d'une partie de réception.

Mais l'unité la plus importante dans le circuit de mesure ; c'est le traitement des données, le l'affichage des résultats.

Dans le chapitre suivant, une présentation et discussions sur la partie d'extrait d'information ; sera faites avec des propositions et des solutions technique possible et facile à réaliser.

Chapitre 3

Traitement du donnée et affichage

III-1- Introduction

Il s'agit de rassembler un corpus de données (ensemble de données structurées, pouvant prendre des formes variées : discours, images, observations, relevés de terrains,...) concernant l'objet d'étude, de les trier, de fouiller ce contenu selon les ressemblances «thématiques », de rassembler ces éléments dans des catégories d'analyse, d'étudier les relations existant entre ces éléments et de donner une description compréhensive de l'objet d'étude[23].

Notre système de télémètre délivre des informations sous des variations de tension.

Le conditionnement des signaux est la principale tâche qui incombe à l'analogique et le Premier pas vers un système d'émission, de détection et de mesure, à essentiellement pour but la préparation du signal issu du capteur pour la conversion analogique/numérique.

Dans ce chapitre on va trouver des solutions techniques pour exploiter ses données, et les convertir en des grandeurs physiques, et les afficher numériquement.

III-2- Idée de la mesure

Il est basé sur la mesure du temps écoulé entre l'émission et le retour de l'écho. C'est cette durée qui est dite temps de comptage du chronomètre. Après le système de contrôle remet les compteurs à zéro puis recommence l'émission ultrasonique.

Dès que cette onde incidente rencontre un obstacle, l'écho ou l'onde réfléchié revient vers le capteur d'ultrasons (transducteur) qui stop le chronomètre au moment de la réception du signal.

Comme la vitesse des ondes US est constante et vaut 340 m/s ; alors la distance parcourue par celle-ci est donné par l'équation : $X=V*t$

La figure (3-1) illustre le principe de mesure du télémètre à US.

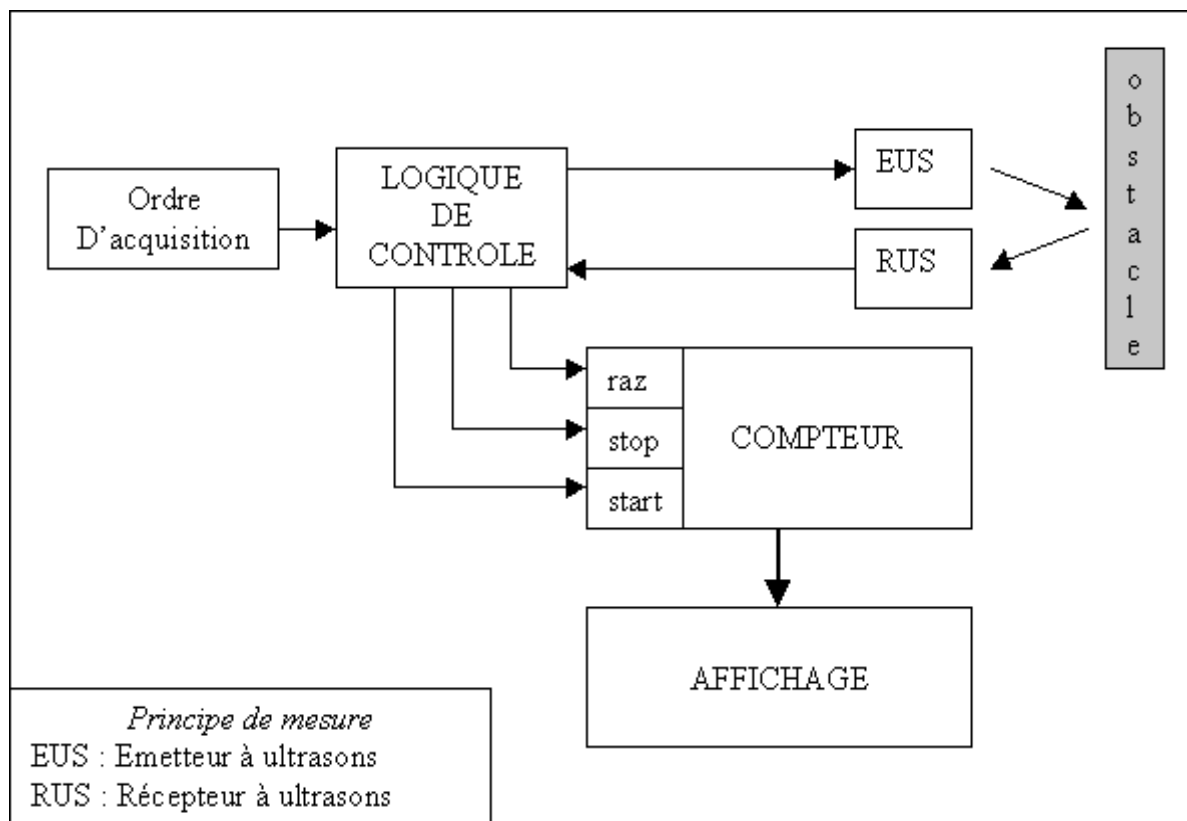


Figure (3-1).Principe de mesure à base des ondes US.

III-3- Principe physique de mesure de distance et de vitesse par ultrasons

III-3-1 Historique

L'effet Doppler est le décalage de fréquence d'une onde (généralement acoustique ou électromagnétique) entre la mesure à l'émission et la mesure de la réception. On se propose de mettre en évidence des applications concrètes du phénomène physique découvert par le physicien Christian Andreas Doppler 'effet Doppler' : mesure de distance et de vitesse en exploitant l'effet Doppler type (ultrasonore).

III-3-1-Cas de la distance

La télémétrie est un domaine de recherche très ancien exploitant différentes techniques dont la plus répandue, est sans doute la télémétrie à ultrason. On y trouve son application dans tous les secteurs, à savoir : autofocus des caméras, détection de mouvement, guidage des robots, détecteur de proximité. Cette technique repose essentiellement sur l'émission des impulsions et la collecte des échos à travers d'un transducteur à ultrason. Afin d'assurer l'interface entre le transducteur et l'unité de commande qui est généralement de nature numérique, un système analogique doit être mis en place. La télémétrie à ultrason exploite le même principe du Radar ou le Sonar et qui consiste à l'émission d'impulsions et l'interprétation d'échos réfléchis sur une cible.

Généralement cela fonctionne à des fréquences comprises entre 40 kHz et 250kHz (propagation des ondes ultrasonores dans l'air). Les télémètres ultrasonores trouvent leur application, surtout dans :

- Mesure de distance à une cible.
- Localisation à l'aide de balises.
- Reconnaissance d'objets.
- Exploration de scène.

Elle est d'environ la vitesse des ondes US est $V = 340 \text{ m/s}$ et, la température est à 25°C (plutôt lent comparé à la lumière et ses $300\,000 \text{ km/s}$). À partir de là, si on sait quand l'onde est partie et quand on la reçoit de nouveau (après le rebond), on est en mesure de calculer un temps de vol de l'onde. On a alors une durée, une vitesse, et on peut en déduire une distance[24] !

La figure (3-2) montre la mesure du temps Δt écoulé entre l'émission d'onde a partir d'un point fixe **A**, et sa réception après réflexion sur un obstacle situé à une distance **d**.

Cette distance est déterminée par la relation suivante :

$$L = 2d = V * \Delta t \tag{3-1}$$

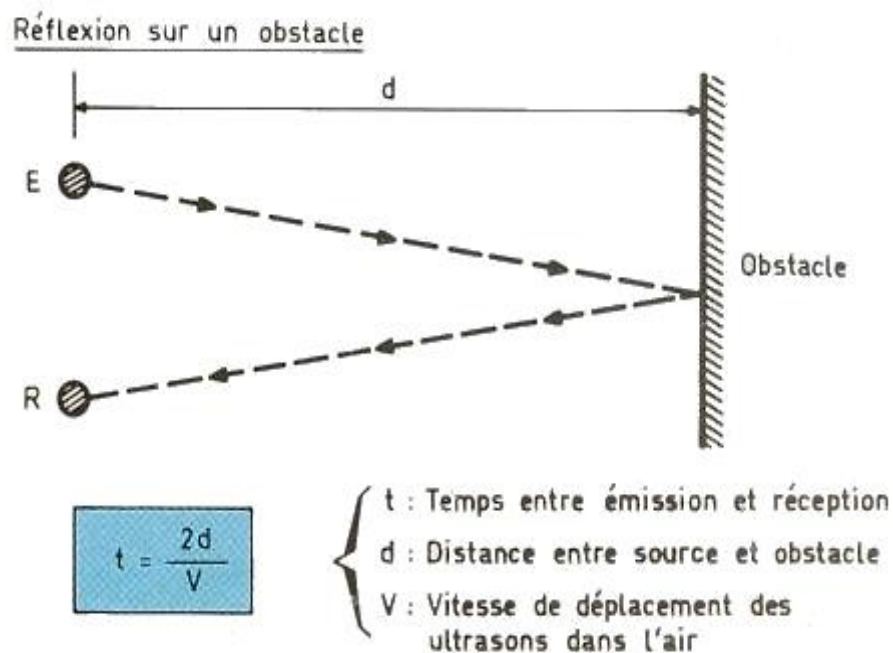


Figure (3-2).Mesure de la distance

III-3-2-Cas de la vitesse

Le principe de la mesure est basé sur l'émission d'une onde ultrasonore, par une sonde émettrice réceptrice ; cette onde se réfléchit sur la surface du déplacement.

La vitesse est une grandeur qui mesure pour un mouvement, le rapport de la distance parcourue au temps écoulé.

Dans notre cas la vitesse est calculée à partir de la mesure de la distance. C'est-à-dire on effectue deux mesures du corps mobile en deux points fixe, et on prend les valeurs de la distance et la différence du temps écoulé.

La vitesse est donnée par la relation suivante :

$$V = \frac{(d2-d1)}{(t2-t1)} \quad (3-2)$$

$d1$: la distance entre l'objet et l'appareille a l'instante $t1$.

$d2$: la distance entre l'objet et l'appareille a l'instante $t2$.

Donc cela signifie que nous avons besoin de prendre deux valeurs de distance $d1$ et $d2$ en deux positions différentes.

On a déjà vu que pour la mesure des distances $d1$ et $d2$ est donnée par la mesure des temps de propagation $\Delta t1$ et $\Delta t2$

Donc

$$V = \frac{|\Delta t2 - \Delta t1|}{t2 - t1}$$

- Le paramètre $|\Delta t2 - \Delta t1|$ signifie que $t2$ peut être supérieur à $t1$, s'approuve l'éloignement ou le rapprochement d'objet à l'appareille.
- Le paramètre $\tau = t2 - t1$ représente la durée séparant deux mesures il faut que ce paramètre doit être convenable avec la mesure de la vitesse, surtout pour les grandes vitesses.

III-4- Mesure de la distance et la vitesse

III-4-1-La distance

III-4-1-1-Présentation

On a déjà vu l'idée de la mesure de la distance, il est basé sur l'émission et la réception des ondes US, avec condition c'est que la vitesse des ondes vaut. Le principe est d'envoyer une salve d'ultrasons vers un objet réfléchissant, tel qu'un mur ou une vitre ou bien une feuille métallique, et de capter l'écho renvoyé par cet objet. On accède à la distance séparant le télémètre de cet objet en mesurant le temps que met l'écho pour revenir au télémètre ; il est connu par temps de vol (t_v). Connaissant la vitesse du son (dans l'air elle est approximativement $c=340\text{m/s}$), on déduit la distance d cherchée. Cette distance est alors donnée par $d = c t_v / 2$ (on divise par 2 compte tenu que l'onde émise pour être réfléchi fait un aller-retour). La figure III.1 ci-dessous illustre ce principe de mesure. Les avantages d'un tel moyen de mesure sont multiples. On n'est plus obligé de disposer d'un objet de référence tel qu'un mètre, la mesure est rapide on peut sans risque mesurer des distances difficiles d'accès[23].

Cette relation correspond à l'émission et la réception ; donc la distance sera définie par

$$2X : \quad X = \frac{V * \Delta t}{2} \quad (3-3)$$

$$X = \frac{340}{2} * \Delta t$$

$$\rightarrow X = 170 * \Delta t \quad \text{en metre}$$

$$\rightarrow X = 170.10^3 * \Delta t \text{ en centimetre}$$

On prend la plus petite valeur possible a mesuré (X=1 cm).

$$\rightarrow 1 = 170.10^3 * \Delta t$$

$$\rightarrow \Delta t = \frac{1}{17} * 10^{-3}$$

Donc pour détecte une distance X, il suffit de compter le nombre d'impulsion de f=17 KHZ pendant le temps Δt .

La fréquence f=17 KHZ sera une fréquence de référence, pour cela on est besoin d'intégré un générateur d'impulsion de 17 KHZ pour calibré nos mesures.

III-4-1-2-L'oscillateur à 17 KHZ

D'après la présentation précédente de la méthode de mesure de la distance, notre compteur doit être attaqué par un oscillateur de 17 KHZ.

Pour cela on réalise le montage de la figure (3-3), il est identique à celui de 40KHZ, mais avec le réglage sur les paramètres de circuit de multivibrateur.

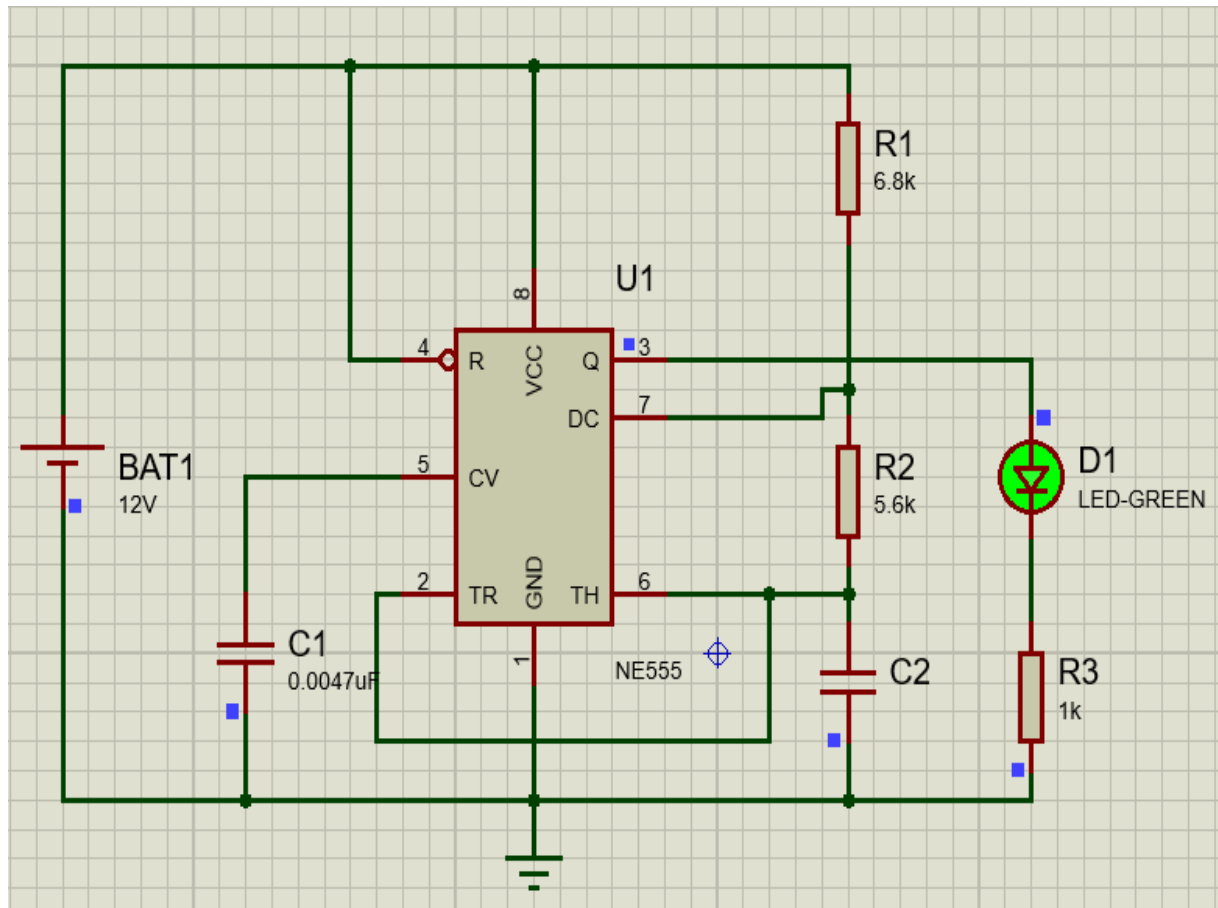


Figure (3-3).L'oscillateur à 17 KHZ.

- Après calcul on a choisi les valeurs suivants :
 C1=0.0047 μ F.
 R1=6.8 K Ω .
 R2=5.6 K Ω .
 Période=0.0001 sec.

Fréquence=17056.7376 Hz. \approx 17 KHZ.

Duty Cycle=68.9 %.

III-4-1-3-Mécanisme de mesure

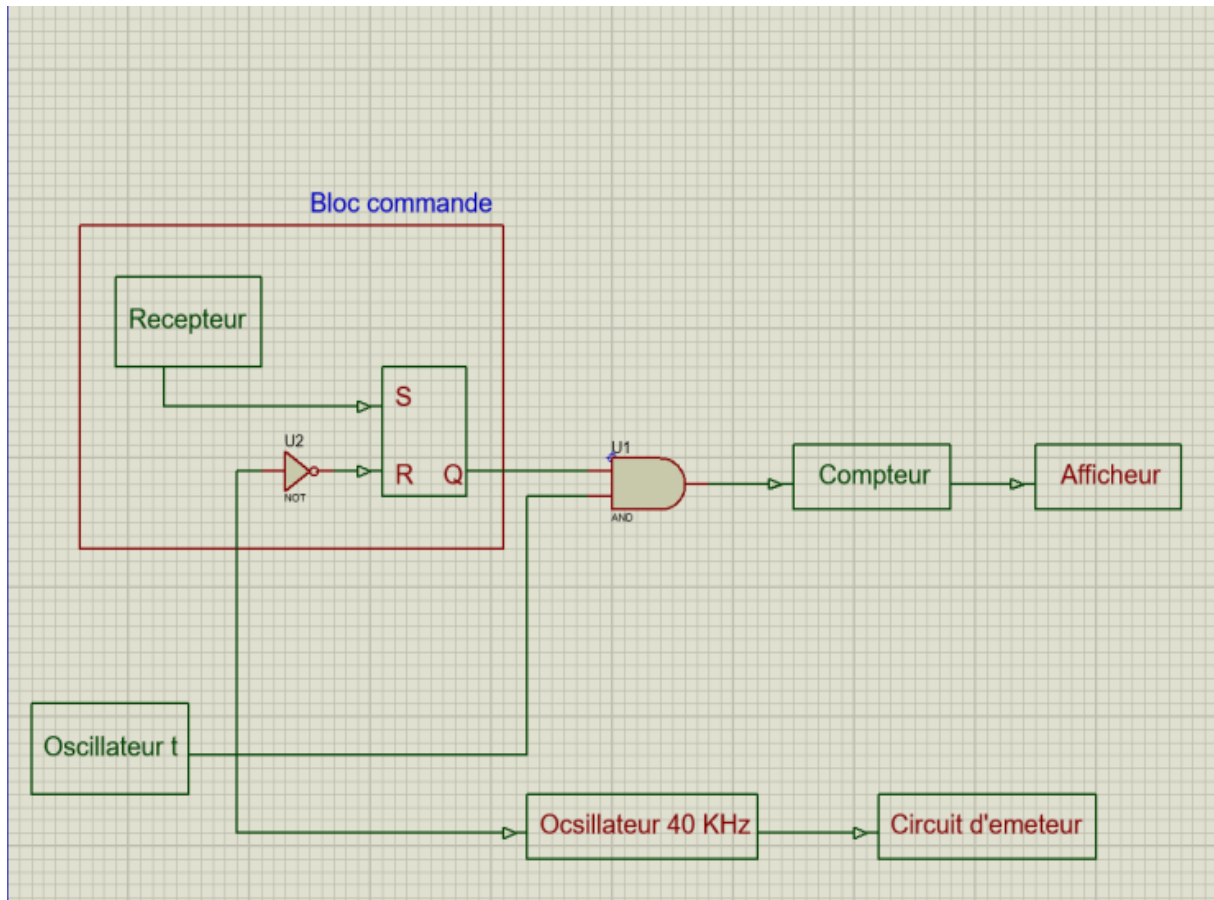


Figure (3-4).Schéma bloc du circuit de mesure distance.

Le montage de la figure (3-4) représente le circuit de calcul de distance, il est composé des blocs suivants :

- **Bloc commande**

Il permet l'arrêt de l'oscillateur τ (17 KHZ), lors de la réception du signal, comme on a déjà montré, notre oscillateur génère des impulsions de fréquence de 17 KHZ, cette fréquence représente la plus petite mesure (1cm), donc on peut la supposer comme un étalon pour notre circuit de mesure.

D'une façon plus simple 17 KHZ c'est une seille, si on détecte ce nombre d'impulsion, on obtient une unité de mesure (1 cm),

A partir de cette proposition, on a besoin d'intégrer un compteur d'impulsion donc la fonction principale de bloc de commande est de détecter les 17 KHZ.

- **L'oscillateur τ :**

C'est un circuit de multivibrateur avec le temporisateur NE555, génère une fréquence de 17KHZ, l'intérêt principal est d'effectuer des mesures périodiques et continues.

III-4-1-4-Fonctionnement de mesure de la distance

La mesure de la distance est réalisée en mesurant le temps de transit des ondes sonores. Le détecteur calcule le temps entre l'émission et la réception du signal sonore réfléchi

On va commencer par le circuit d'émetteur, et expliquer tous les cas possibles.

→L'oscillateur τ est à l'état bas '0'. $\tau = 0$.

→Il n'y'a ni émission ni réception du signal.

→La sortie \bar{Q} de la bascule RS vaut l'état haut, $\bar{Q} = 1$.

→Le compteur est bloquée jusqu'à $\tau = 1$.

(Quand il émet des ondes à 40KHZ).

→ $\tau = 1$, la porte AND est activée.

→Le compteur se déclenche.

(Lors de la réception du signal).

→La sortie \bar{Q} de la bascule RS vaut l'état bas, $\bar{Q} = 0$. et $Q=1$.

→L'oscillateur se bloque.

→Le compteur a compté le nombre d'impulsion pour un aller/retour du signal.

Chaque cycle se répète comme ça, on peut exploiter cette répétition comme un signal pour stopper et initialiser le système.

Donc si L'oscillateur τ est à l'état bas

→Le système s'initialise à zéro.

Donc dans un cycle on a deux phases :

- 1^{er} phase : mesure de la distance.
- 2^{em} phase : remise à zéro du système.

III-4-1-5-Système d'affichage de la distance

Après le traitement des données il faut les afficher, pour afficher les résultats de la mesure en centimètre (cm), on à réaliser une carte d'affichage.

Cette carte est composé de; compteur, des LATCHs, un décodeur, et des afficheurs LED numérique.

- **Le compteur :**

Un compteur BCD pour "Binary Coded Décimal" ou décimal codé en binaire (DCB) est un compteur qui compte de 0 à 9 et recommence sans arrêt : « 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 . . . ». On dit que c'est un compteur modulo 10. Le modulo est le nombre d'impulsions d'horloge (clock) nécessaires pour que le cycle recommence. De 0 à 9 donne 10 étapes avant que le cycle recommence. Un compteur binaire à4bits compte en hexadécimal de 0000 à 1111 (0 à F). C'est un compteur modulo 16.

Un compteur BCD compte de 0000 à 1001 et n'utilise pas les combinaisons 1010 à 1111. Comme il gaspille 6 combinaisons, il est donc moins efficace que le binaire pur, mais il fonctionne en décimal, ce qui facilite l'échange avec un utilisateur humain. Comme exemple, supposons qu'on désire construire un compteur modulo 12. En BCD, il faut utiliser 2 compteurs : un pour les dizaines et un autre pour les unités. En binaire, un seul compteur suffit et compte de 0000 à 1011. S'il faut afficher le contenu du compteur pour un utilisateur humain, alors il est préférable de le faire en BCD, car en binaire, il faut ajouter un circuit pour convertir l'hexadécimal en décimal, ce qui complique trop le circuit, il est préférable de le faire en binaire car c'est plus efficace.

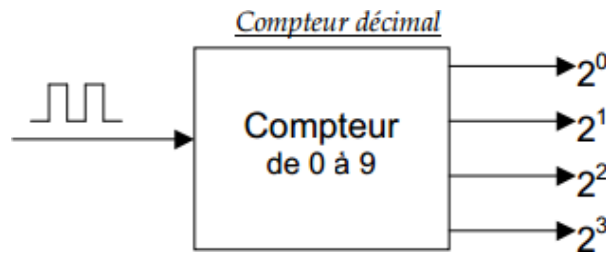


Figure (3-5). Compteur décimal

Les compteurs asynchrones et les compteurs synchrones sont conçus à partir de bascules synchrones. C'est le mode de connexion de ces bascules qui détermine le type de compteur. Lorsque les compteurs ont été conçus, réalisés, et implémentés dans un circuit intégré, ils assurent entièrement la fonction comptage pour laquelle ils sont désignés, sans 'rebouclage' externe supplémentaire.

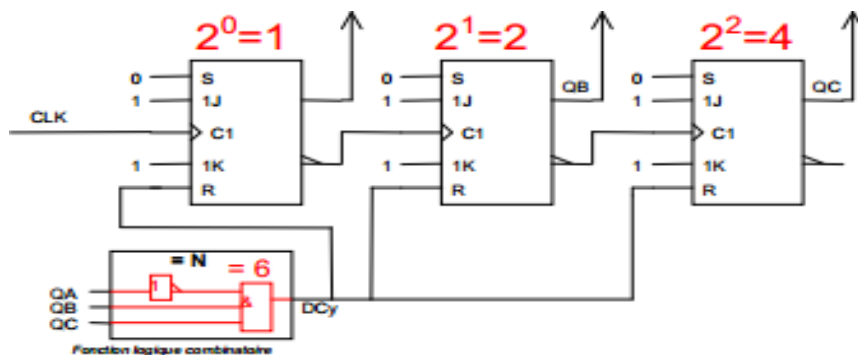


Figure (3-6). Compteur asynchrone à base de bascules RS

Bascule JK :

La bascule JK comporte trois entrées de commande, une entrée horloge et deux sorties complémentaires. L'entrée RAZ permet la remise à zéro de la bascule, les entrées J et K permettent de placer la bascule dans un état stable défini. Cette bascule est surtout utilisée pour la division de fréquences et la réalisation de compteurs.

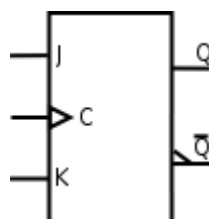


Figure (3-7). Symbole de la bascule JK à front montant

Table de vérité :

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	non Q_n

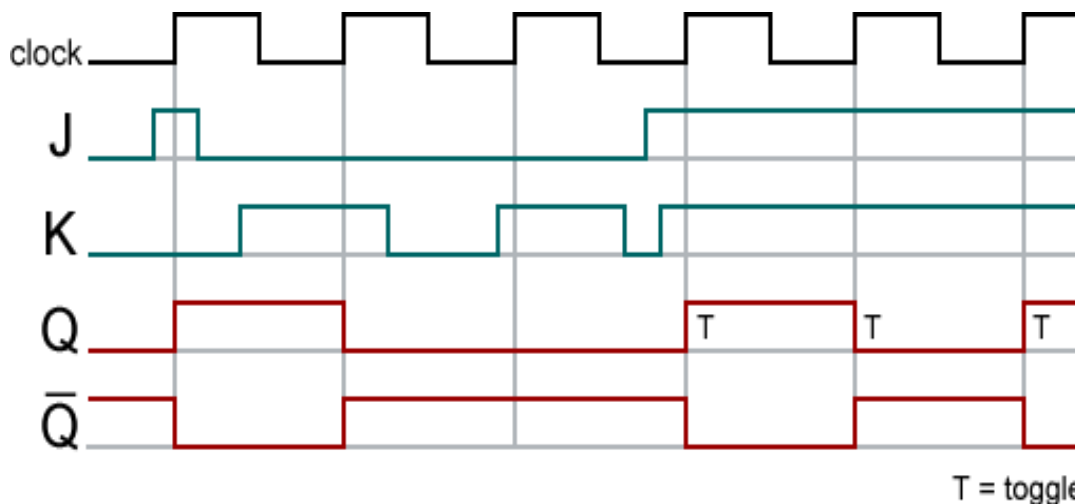
Table de vérité alternative :

Équation de la bascule :

$$(3-4) Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n$$

Le chronogramme des états logiques des sorties de la bascule JK est représenté ci-dessous :

Figure (3-8). Chronogramme des sorties Q et non Q



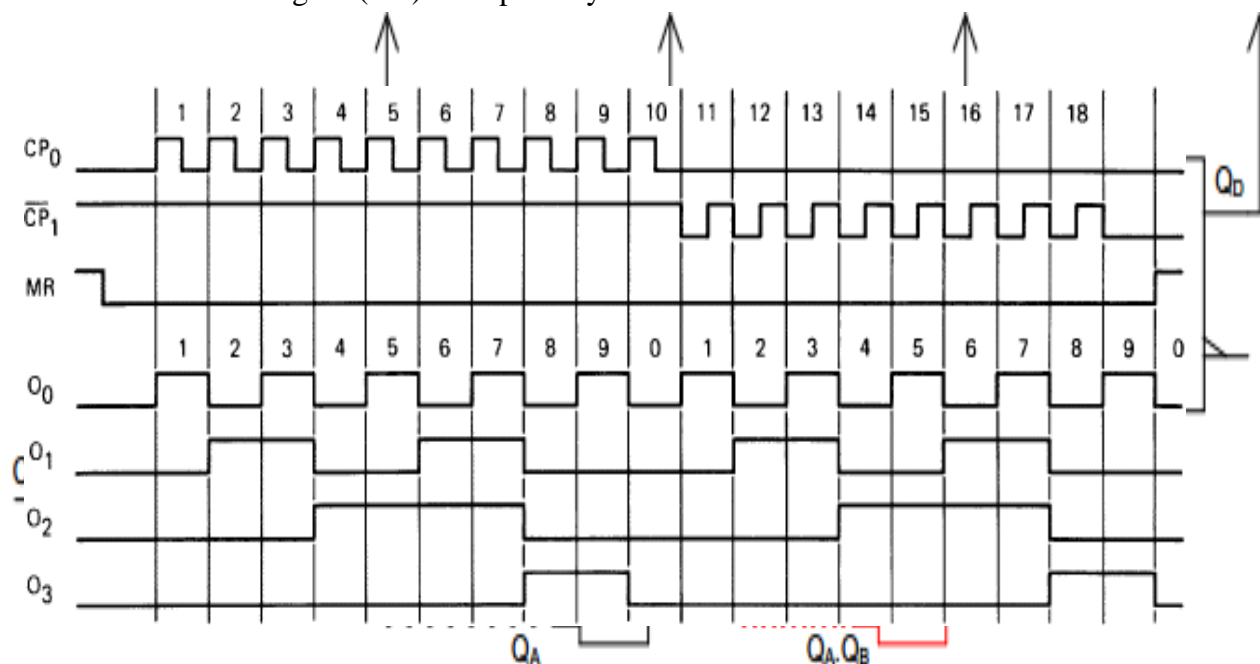
Q_n	Q_{n+1}	J	K	remarque
0	0	0	X	pour que la sortie reste à 0, il faut que J soit à 0, peu importe K.
0	1	1	X	pour que la sortie passe de 0 à 1, il faut que J soit à 1, peu importe K.
1	0	X	1	pour que la sortie passe de 1 à 0, il faut que K soit à 1, peu importe J.
1	1	X	0	pour que la sortie reste à 1, il faut que K soit à 0, peu importe J.

Compteurs synchrones ou parallèles :

Le signal d'horloge de l'ensemble des bascules internes qui le composent est unique et commun.

Le mode de comptage est régi en appliquant sur les entrées de contrôle (J-K ou D) une fonction logique des sorties des autres bascules.

Figure (3-8). Compteur synchrone à base de bascules JK



On va représenter les chronogrammes des différentes entrées et sorties du compteur 4518.

Figure (3-9). Chronogrammes des quatre sorties des bascules JK du compteur synchrone

• Le circuit intégré SN7490 :

C'est un circuit intégré de la famille TTL à faible consommation d'énergie et haute vitesse de fonctionnement. Il s'agit fonctionnellement d'un compteur (décades) constitué de trois bascules JK et d'une RS.

La sortie Q de chaque bascule bistable représente un bit du numéro de code BCD, qui indique l'état de comptage.

Ce CI contient un diviseur par 2 et un compteur par 5, donc il faut la liaison entre eux pour obtenir la division par 10.

Pour cela on a relié les bornes 1 et 12 pour chaque CI, c'est-à-dire la sortie du diviseur par 2 sera relié avec l'entrée du compteur par 5.

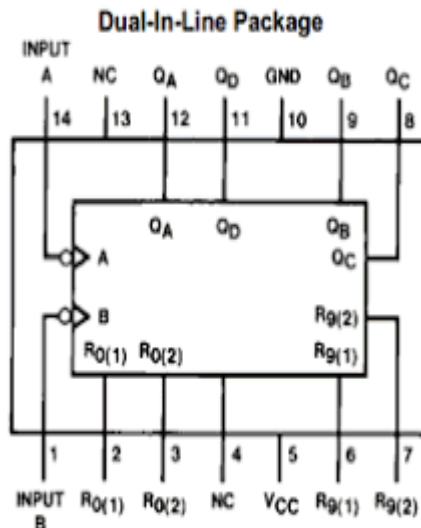


Figure (3-10). Schéma synoptique du CI SN7490.

• **Les latches 74LS75 :**

Les sorties (A B C D) du compteur (SN7490) représente un code BCD, les données de sortie du compteur attaquant les LATCH 74LS75.

Ce circuit contient 4 bascules D, jouant le rôle d'une mémoire ; pour stocker l'information, et pour éviter de défilement des chiffres sur l'afficheur.

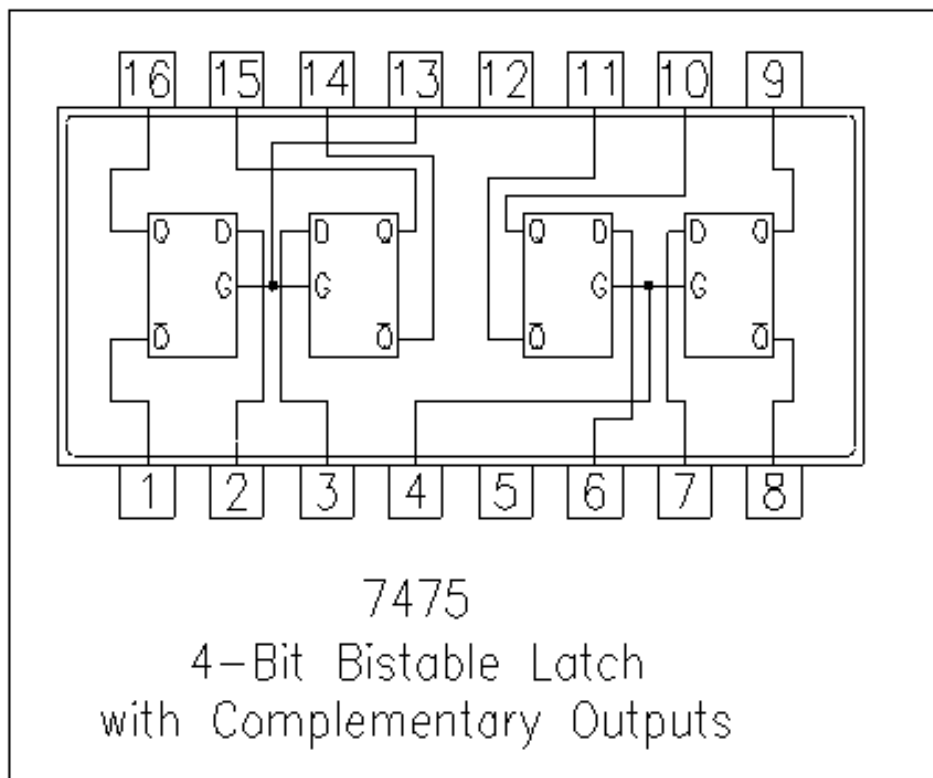


Figure (3-11).Structure interne du LATCH 74LS75.

• Le décodeur :

Les 10 chiffres décimaux (0 à 9) ou les caractères de l'hexadécimal (A à F) peuvent être configurés au moyen de 7 segments. Chaque segment est constitué d'un matériau qui émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant.

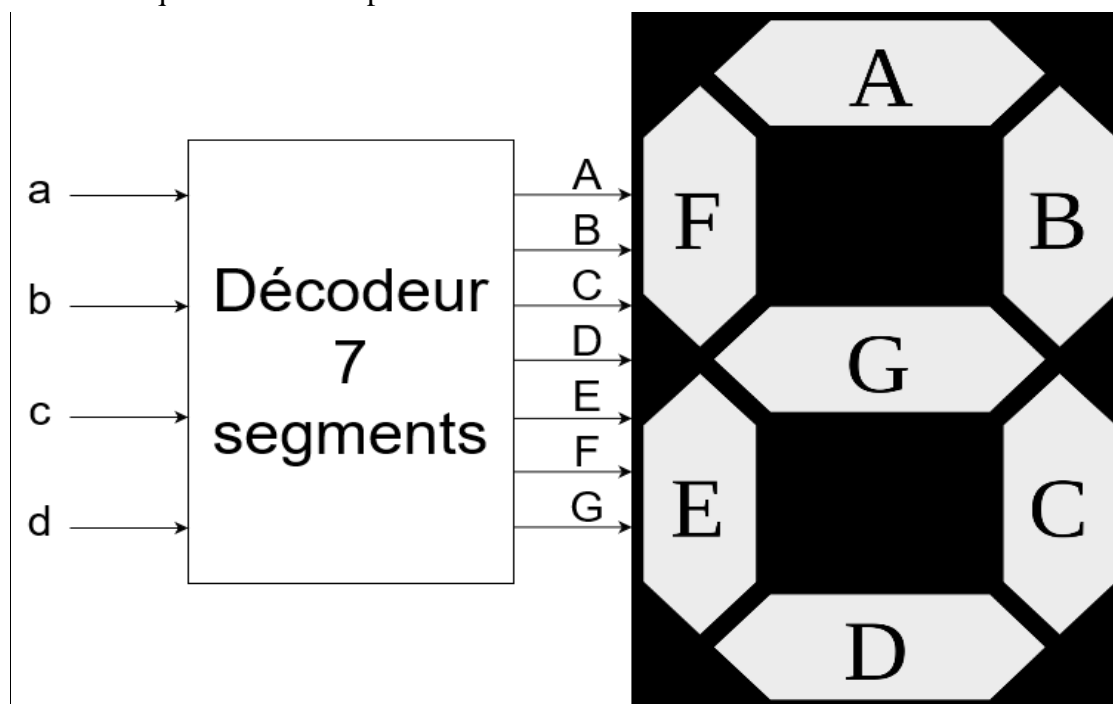


Figure (3-12). Afficheur 7 segments.

On donne ci-dessous la table de vérité et le logigramme du décodeur BCD/7segments :

				a	b	c	d	e	f	g
E3	E2	E1	E0	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1

Figure (3-13). Table de vérité du décodeur BCD/7segments

Dans le cas d'afficheurs à DEL, deux cas de figures sont présents :

Afficheur à anode commune :

Toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut. La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.

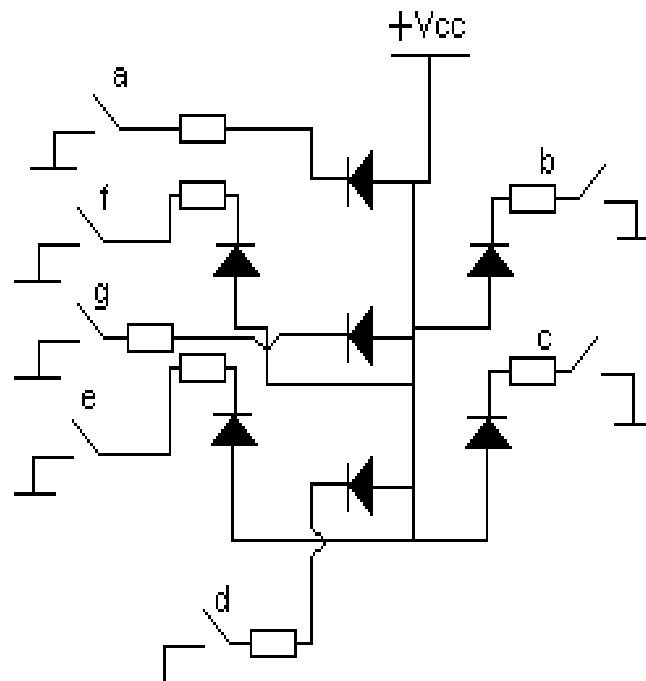


Figure (3-14). Schéma interne d'un afficheur sept segments à anode commune

Afficheur à cathode commune:

Toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas. La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

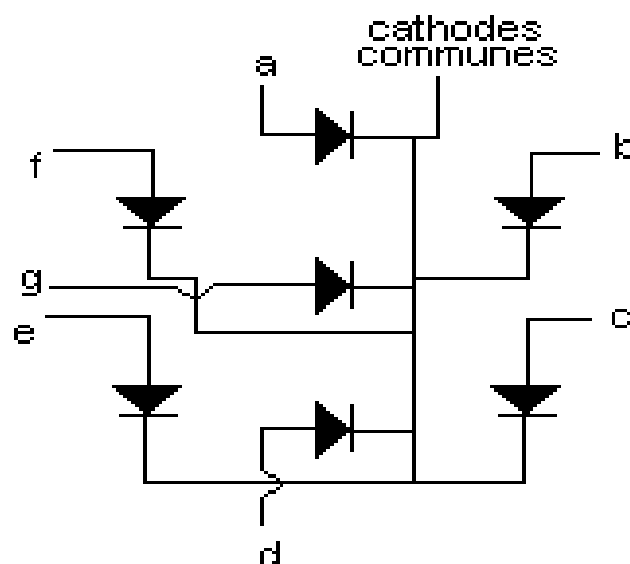


Figure (3-15). Schéma interne d'un afficheur sept segments à cathode commune

On va utiliser un décodeur pour piloter le code BCD 7 segments, le circuit intègre 74LS47 effectuer ce décodage selon la figure.

Mais il faut utiliser un afficheur LED avec Anode commune.

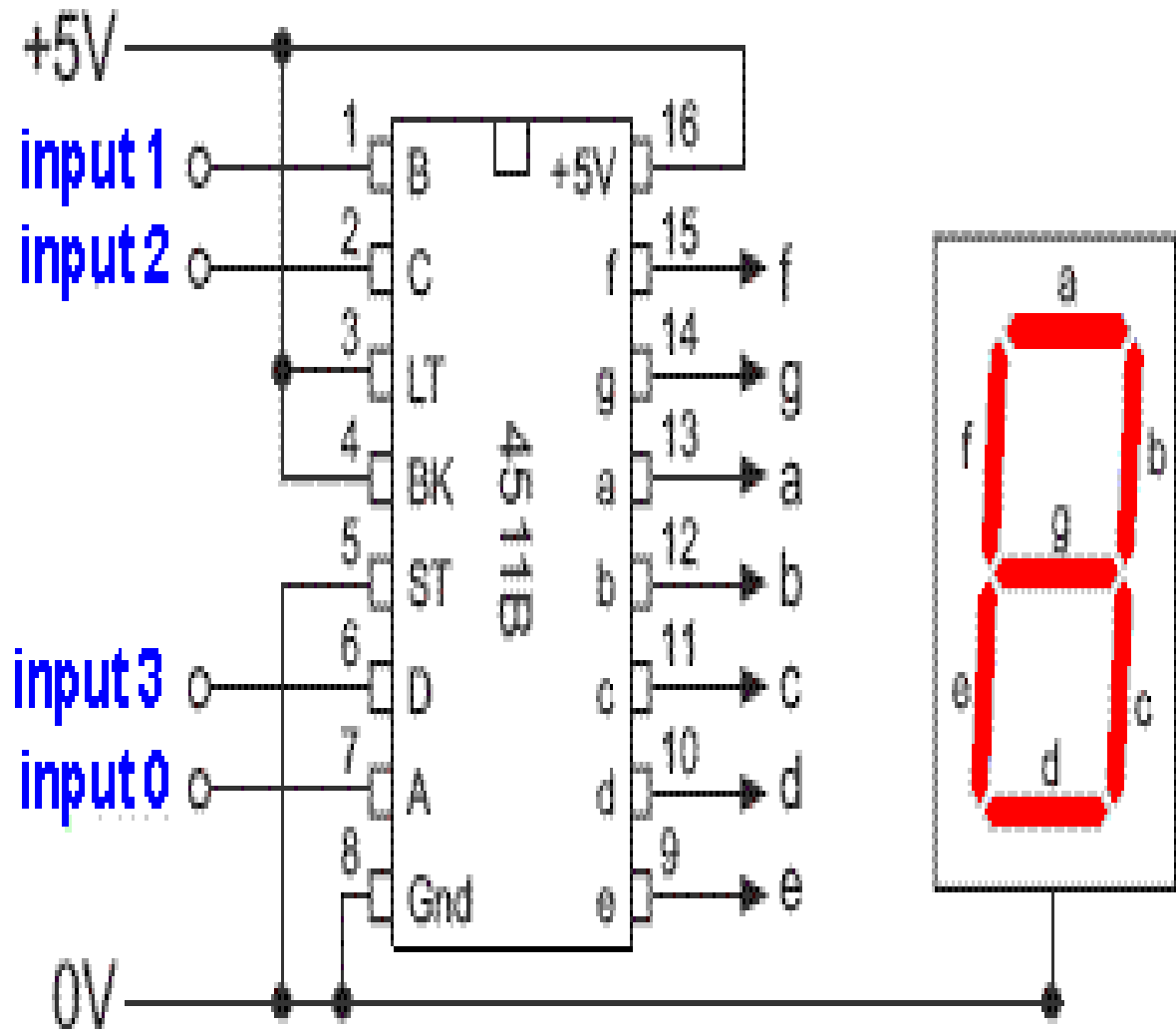


Figure (3-16) brochage afficheur/décodeur.

II.4.2.1. Schéma interne

Schéma interne :

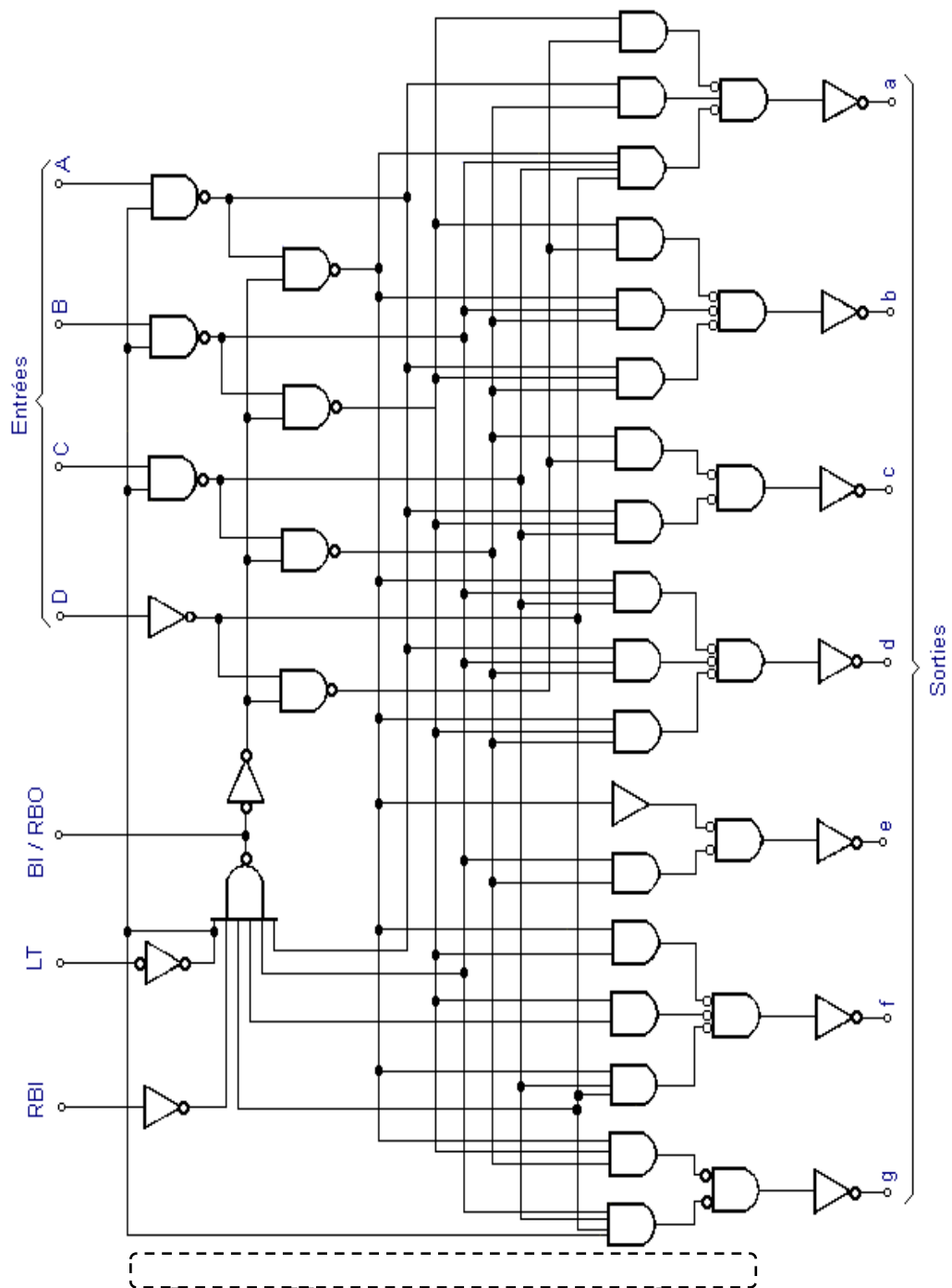


Figure (3-17).Structure interne du CI 74LS47.

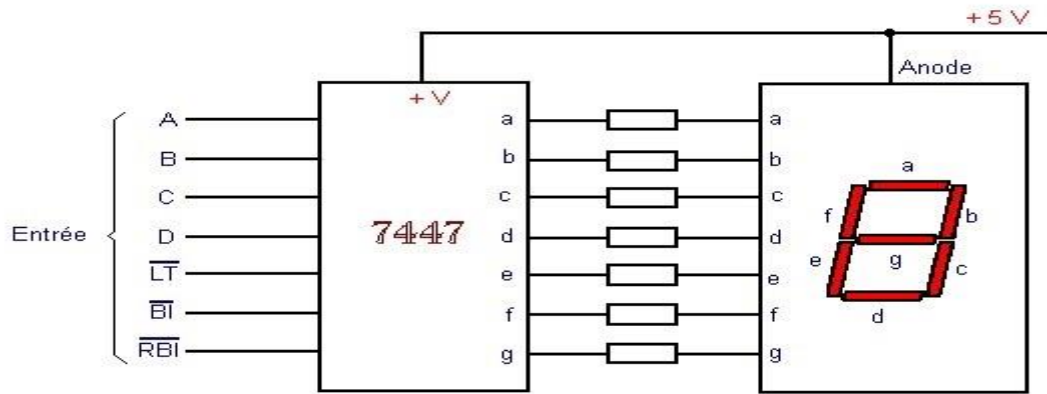


Figure (3-18).Le brochage du 74LS47 pour piloter l’afficheur LED.

• **L’afficheur :**

L’afficheur fournit l’information sous forme numérique, notre afficheur doit se composé de 4 afficheur LED 7 segments figure (3-7).

Les afficheurs 7 segments sont un type d’afficheur à affichage numérique les caractères (des chiffres) sont sou forme hexadécimale figure (3-7), ils s’affichant en allumant les LED (les segments), l’intensité maximale pour les LED est de l’ordre de 30 mA, donc il faut les protégé par des résistances, on peut choisi les valeurs des résistances de protection par la relation d’ohm ; $R=E/I$.

Donc
$$R = \frac{5\text{ v}}{30\text{ mA}} = 170\Omega. \tag{3-4}$$

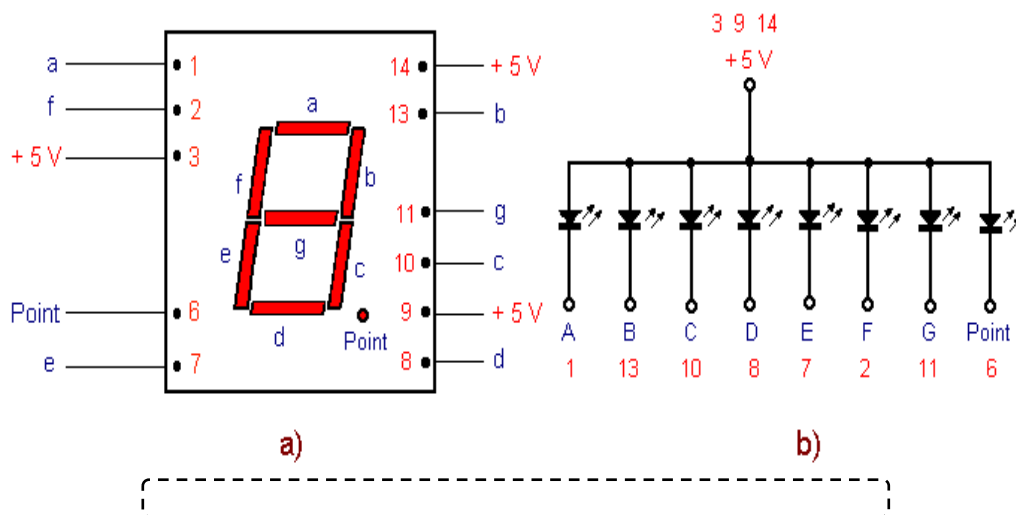


Figure (3-19).Structure interne d’afficheur LED à anodes communes.

Cette afficheur 7 segment est commandé par 8 bits de donné ; c’est les sortie du circuit de décodeur Figure (3-18).

III-4-1-6-Circuit d'affichage de la distance

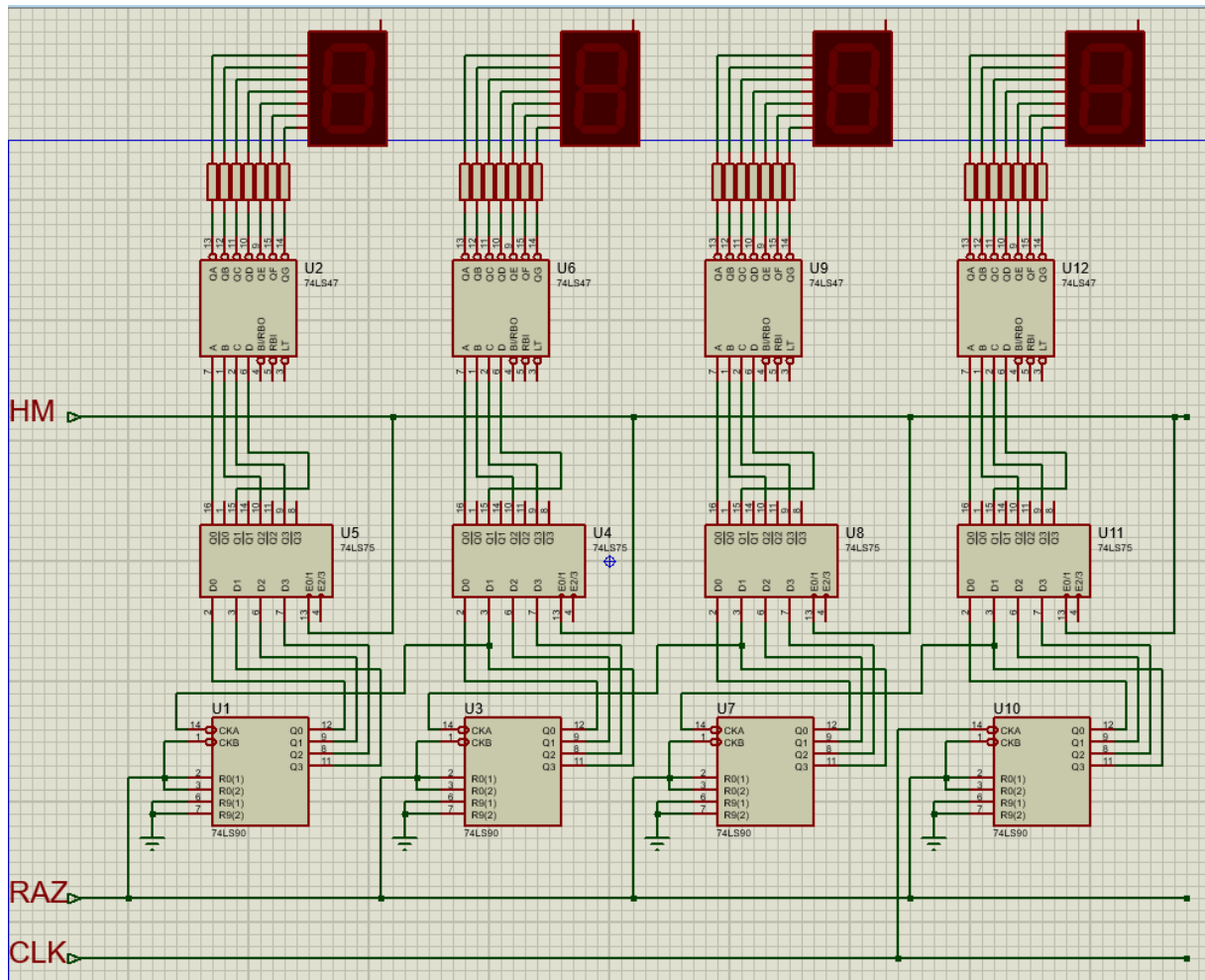


Figure (3-20).Circuit d'affichage (Distance).

III-4-2-La vitesse

III-4-2-1-Présentation

On a déjà vue l'idée de la mesure de la vitesse dans l'élément (3-2), elle est calculée à partir de la mesure de la distance, et le temps écoulé ; C'est-à-dire on est besoin d'effectuer deux mesures de distance d_1 et d_2 séparent un certain temps donné τ .

L'opération de mesure de la vitesse basée sur les deux paramètres :

*Le paramètre $|\Delta t_2 - \Delta t_1|$: ceci montre que les valeurs des deux distances d_1 et d_2 sont correspondant successivement avec Δt_2 et Δt_1 .

*Le paramètre $\tau = t_2 - t_1$: il représente la synchronisation de mesure, c'est-à-dire le constant du temps entre la prise des deux valeurs de distance.

*Après la relève des deux paramètres, il faut effectuer l'opération de division du 1^{er} paramètre sur le 2^{em}, selon la relation suivante :

$$V = \frac{(d2 - d1)}{(t2 - t1)} \quad (3 - 5)$$

$$\rightarrow V = \frac{|\Delta t2 - \Delta t1|}{\tau} \quad (3 - 6)$$

III-4-2-2-Circuit de la mesure de la vitesse

Pour mesurer la vitesse à partir de circuit de mesure de la distance, on est besoin d'intègre des nouveaux circuits, afin de détecter la vitesse avec précision, la figure (3-21) illustre le schéma bloc de circuit de mesure de la vitesse.

Tandis que l'amplitude du signal reçu est fonction de la distance séparant l'objet à détecter de l'émetteur, de la taille de l'objet et de son pouvoir de réémission de l'onde, sa fréquence est donc fonction de la vitesse du mobile. Alors, la détermination de cette dernière se résume en une mesure de fréquence. L'effet doppler permet de connaitre la vitesse. Nous exploiterons cette propriété dans le but de calculer la vitesse du mobile, l'émetteur et le récepteur étant fixe. Vu qu'on avait un circuit démodulateur a notre dispositif permettant de livrer la fréquence de battement Δf qui est directement liée à la vitesse, on l'a utilisé pour produire cette différence.

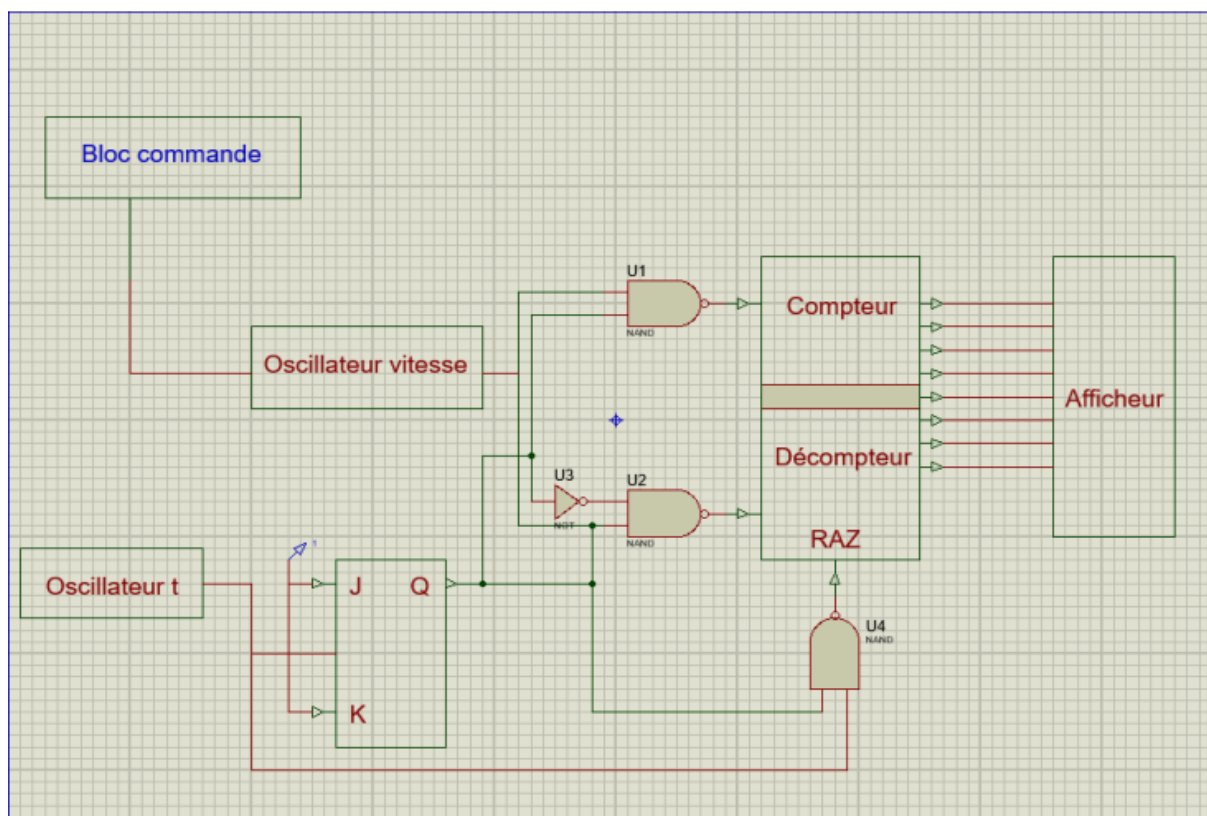


Figure (3-21).Schéma bloc du circuit de mesure vitesse.

Le montage de la figure (3-21) représente le circuit de calcul de vitesse, il est composé des blocs suivante :

- **Bloc commande :**

C'est le même circuit utilisé pour la mesure de la distance, mais dans notre circuit de mesure de la vitesse ; il commande l'oscillateur vitesse.

C'est lui qui nous permet de relever deux valeurs de distance, il est réglé de telle façon de mesurer les deux distances d_1 et d_2 dans un intervalle de temps défini.

- **Oscillateur vitesse :**

Pour la mesure de la vitesse il nous faut mesurer deux distances séparant un temps connu τ , c'est le rôle d'oscillateur vitesse, pour chaque période on prélève une valeur pour d_1 et pour d_2 .

Mais le constant du temps doit être adapté pour capter les différentes vitesses avec une précision assez important.

- **Oscillateur τ :**

C'est le même oscillateur 17KHZ utilisé pour la mesure de la distance.

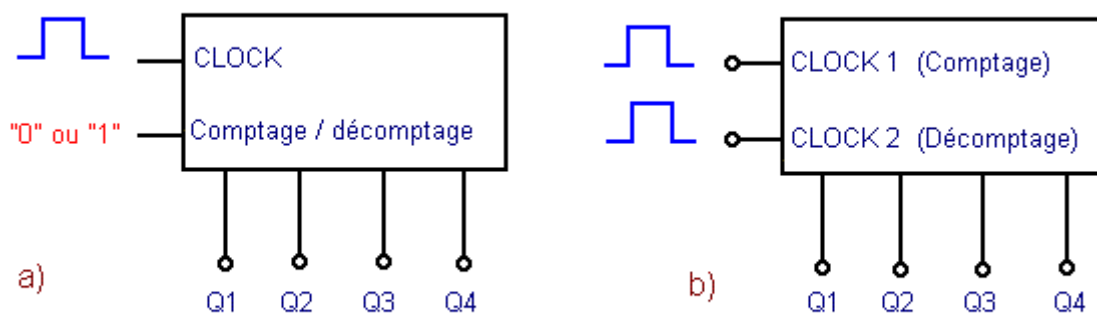
- **Bascule JK :**

Il sépare la première période et la deuxième, on va donner la valeur « 1 » logique pour ses entrées J et K pour que le bascule fonctionne en mode basculement, on va exploiter cette fonction pour séparer les deux périodes.

- **Compteur et décompteur :**

C'est l'élément responsable au traitement des données et extraire d'information, il convertit le signal d'entrée qui est analogique (variation de tension), en information numérique (mot binaire) pour l'affichage.

Ce compteur fait deux fonction ; le comptage et le décomptage, le signal du bascule (1 ou 0) le permet de les faire, il compte le nombre d'impulsion pour la première période, et décompte le nombre d'impulsion pour la deuxième.



- Compteur / décompteur possédant une entrée de commande pour le mode comptage / décomptage a) ou deux entrées d'horloge b).

Figure (3-22).Compteur et décompteur.

III-4-2-3- Fonctionnement de mesure de la vitesse

L'opération de mesure de la vitesse consiste à prendre deux valeurs de distance d_1 et d_2 , les deux valeurs doit être séparé par un intervalle du temps bien déterminé.

→L'**oscillateur vitesse** assurer cette séparation, ou le décalage temporelle.

→Le **bloc commande** ; commander l'oscillateur vitesse.

- Le bascule JK ; détecter les deux périodes générer par l'oscillateur.
- Si $JK \leftrightarrow Q=1 \leftrightarrow 1^{er}$ mesure de la distance.
- Le port OR inverse le résultat d'entre du compteur.
- Si $JK \leftrightarrow Q=0 \leftrightarrow 2^{em}$ mesure de la distance.
- Lors la 1^{er} mesure → commencer le comptage.
- Lors la 2^{em} mesure → commencer le décomptage.
- Le diviseur fait la division de la différence $|d1-d2|$ sur τ .
- Les résultats seront affichés sur les afficheurs LED 7 segments.

III-4-2-4-Système d'affichage de la vitesse

• **Le compteur :**

On a utilisé le circuit intégré 74LS192 ; c'est un circuit intègre de famille TTL à faible consommation d'énergie et haute vitesse de fonctionnement. Il s'agit fonctionnellement d'un compteur (décades) constitué de trois bascules T.

Il fonctionne en comptage ou décomptage, ils fonctionnent d'une manière asynchrone ; Les sorties changent d'état de manière synchrone avec les transitions LOW-to-HIGH sur les entrées d'horloge.

Le pin numéro 5 est pour le comptage.

Le pin numéro 4 est pour le décomptage.

LOGIC DIAGRAMS

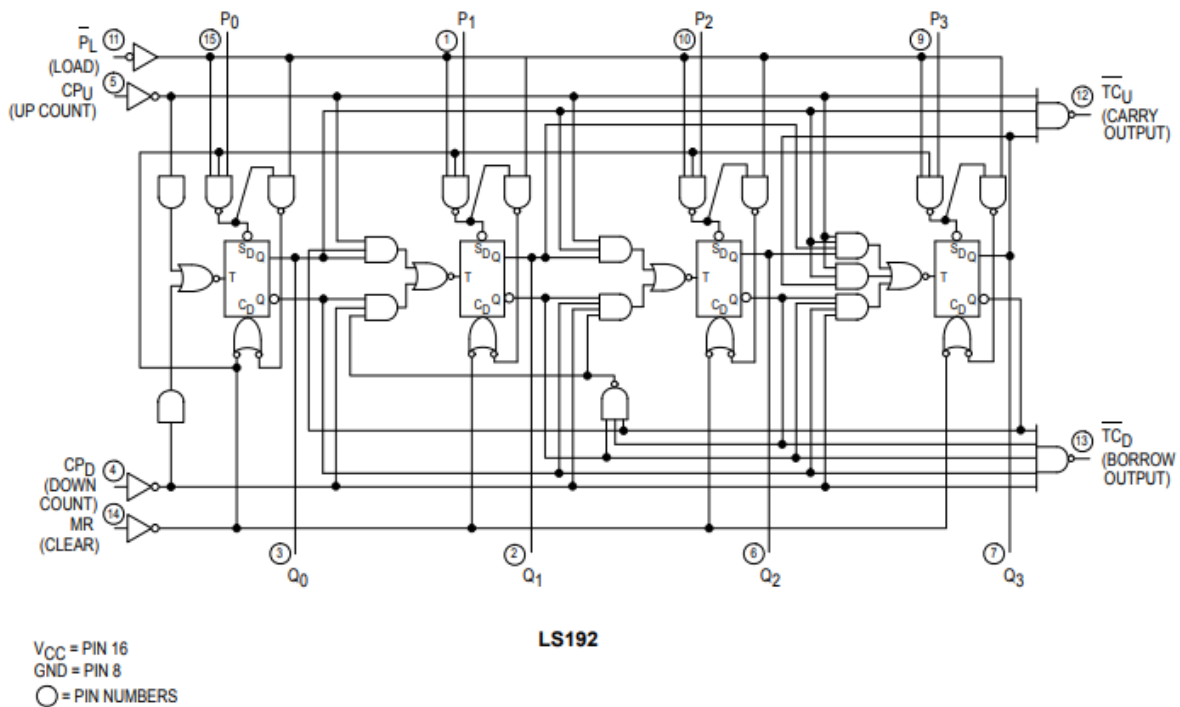


Figure (3-23).Structure interne du CI 74LS192.

- 74LS75 :
C'est les même LATCHs utilisé pour le circuit de mesure de la distance.
- 74LS47 :
C'est les mêmes décodeurs utilisés pour le circuit de mesure de la distance.

III-4-2-5-Circuit d'affichage de la vitesse

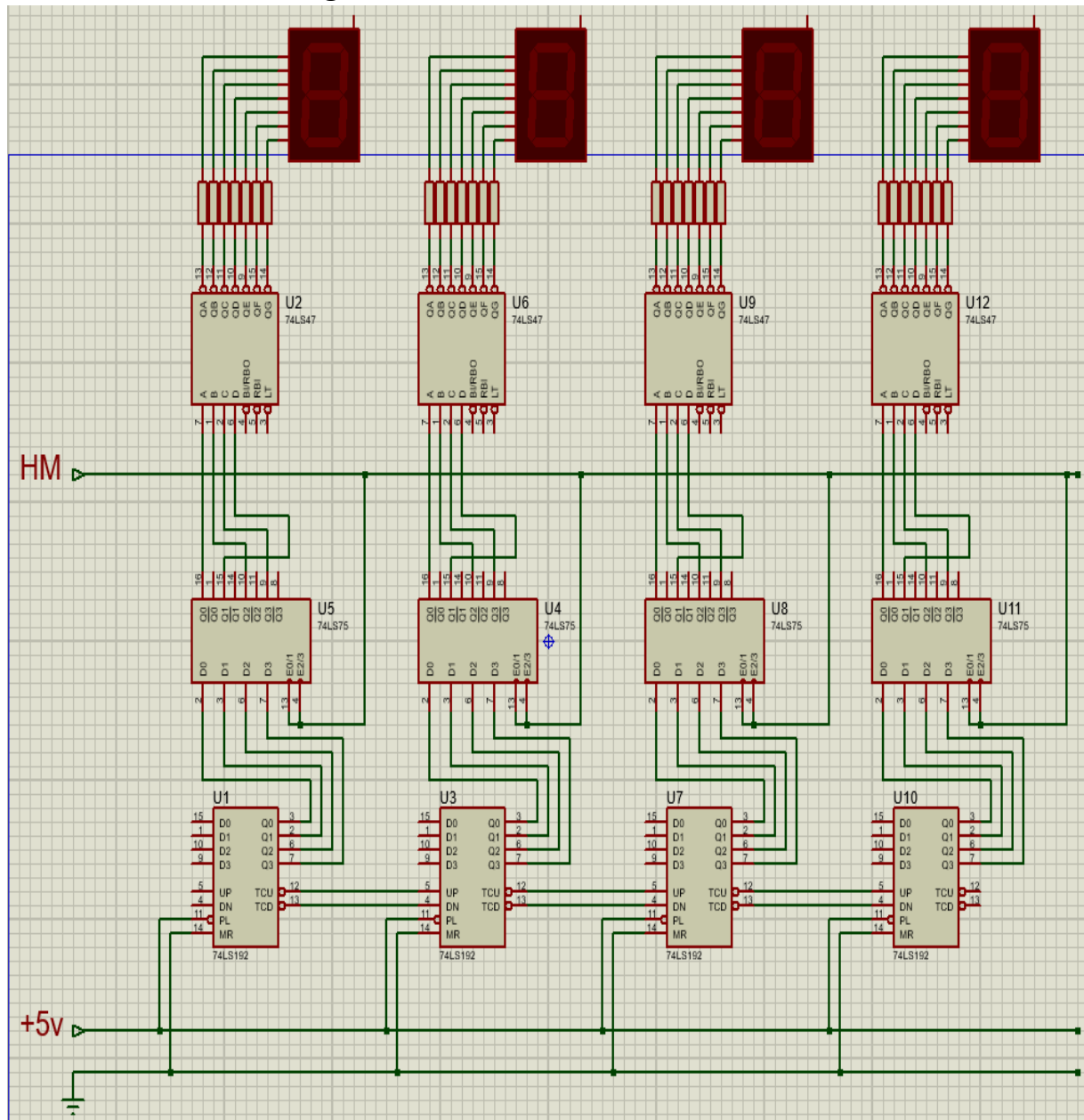


Figure (3-24).Circuit d'affichage (Distance).

III-5- Calibrage

Comme on a déjà vue dans l'élément numéro (4-2-2), concernant l'oscillateur vitesse ; qui doit être adapté pour capter les différentes vitesses.

On a fixé sa fréquence a 17KHZ, mais cette fréquence n'est pas adapté pour mesure des grandes vitesses, parce que dans ce cas il faut prend des valeurs pour d1 et d2, dans un intervalle du temps très précis, donc on est besoin de diminuer la durée entre les deux valeurs de distance, pour un meilleur résultat de mesure.

La diminution du τ implique l'augmentation de la fréquence d'oscillateur vitesse, et pour augmenter la fréquence il faut modifier les paramètres d'oscillateur (valeur de résistance et capacité).

La solution technique pour résoudre le problème de la précision pour les grandes vitesses ; c'est d'intégrer un circuit de changement de calibre, il comporte deux résistances (une pour générer 17KHZ et l'autre pour générer 34KHZ) et aussi deux capacités pour les deux fréquences.

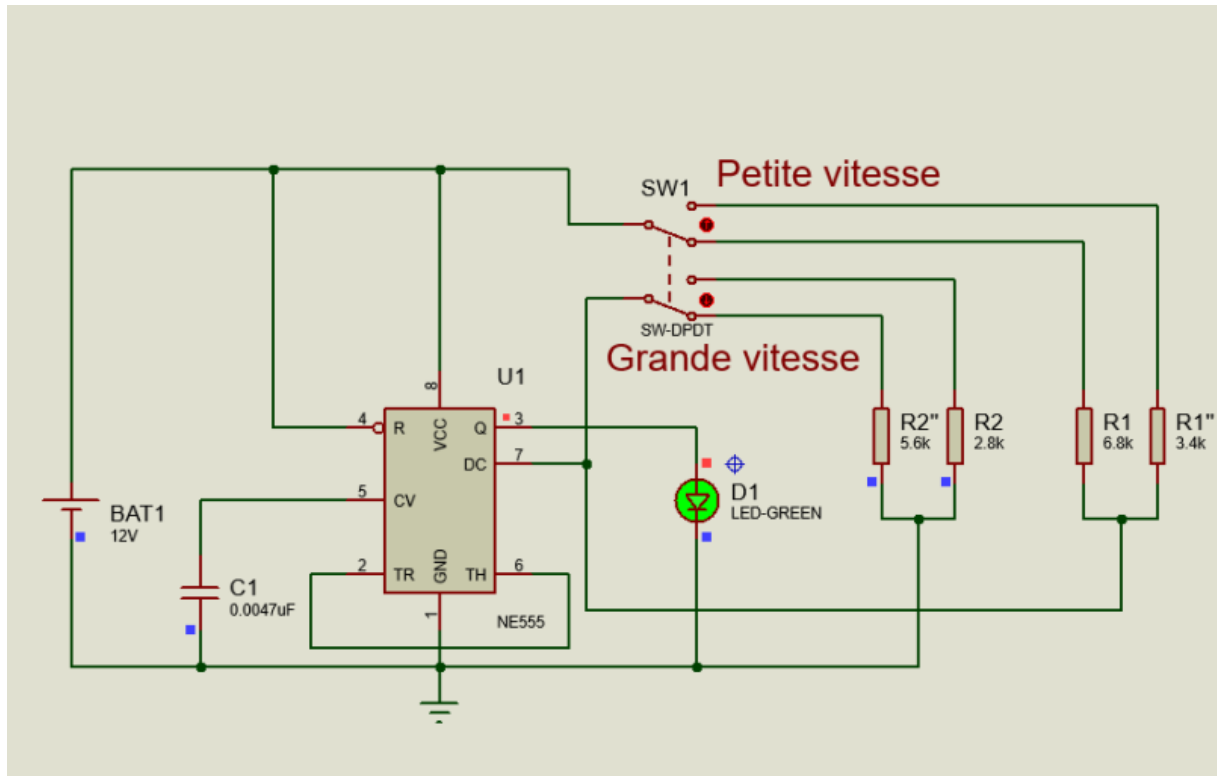


Figure (3-25).L'oscillateur vitesse et les deux calibres.

III-5-1-Les petites vitesses

Pour mesurer les petites vitesses il est préférable de choisir le 1^{er} calibre ; pour obtenir des meilleurs résultats avec une précision importante.

- Les paramètres d'oscillateur avec le 1^{er} calibre sont :

$$\tau = 1 \text{ s.}$$

$$R1 = 6.8 \text{ k}\Omega.$$

$$R2'' = 5.6 \text{ k}\Omega.$$

$$C = 0.0047 \text{ }\mu\text{F.}$$

III-5-2-Les grandes vitesses

Pour mesurer les grandes vitesses il est préférable de choisir le 2^{ème} calibre ; pour obtenir des meilleurs résultats avec une précision importante, pour choisir ce calibre il suffit de tourner l'intercepteur SW-DPDT.

- Les paramètres d'oscillateur avec le 2^{ème} calibre sont :

$$\tau = 0.5 \text{ s.}$$

$$R1'' = 3.4 \text{ k}\Omega.$$

$R_2=2.8k\Omega$.

$C=0.0047 \mu F$.

III-6- A propos du dispositif

III-6-1-Performance de l'appareil

Les essais d'appareil de mesure doit être effectuer pratiquement, mais nous avons faire que l'étude théorique, donc on va faire une estimation théorique à propos les performances de notre système de télémètre ; notamment l'étendue de mesure, et la précision.

- Distance minimale mesure: 5 cm.
- Distance maximale mesure: 500 cm.
- Vitesse minimale mesure: 10 cm/s
- Vitesse maximale mesure: 40 cm/s.

III-6-2-Facteur d'influence

Lors de la mise en œuvre de notre télémètre, plusieurs erreurs de mesures peuvent intervenir et affectent les résultats de mesure; notamment :

- seuil de mesure (plus petite valeur mesurable).
- résolution (plus petite variation mesurable).
- hystérésis.
- parasites.
- Erreurs aléatoires.
- Erreurs systématiques.
- influences du milieu sur l'appareil.

On va concentrer un petit peu sur la dernière pointe, pour une meilleure exploitation de notre dispositif.

Le capteur ultrasonique comporte certains inconvénients, Il est très vite inopérant lorsqu'il y a présence les facteurs suivant :

- Les échos parasites.
- présence de poussière.
- présence de brouillard avec grande densité.
- lorsque le niveau mesuré se trouve dans un endroit trop étroit.
- On peut négliger l'influence de la température (il est influé lors des températures trop basse et inferieure a $-15^{\circ}C$).
- Lors le corps est hors la zone de couverture du capteur (l'angle de détection).

Pour éviter cette dernière pointe il faut respecter les conseils d'utilisation :

- Il faut que le corps ou l'obstacle situé en même ligne.
- Il faut éviter tous les obstacles qui sont entre l'appareil et le corps, ou le point mesuré.

III-7- Conclusion

A travers ce chapitre, les différents circuits utilisés dans notre étude théorique pour le traitement du signal de réception des ondes sont décrits,

Des études bien détaillées pour l'opération du calcul de la distance et la vitesse, accompagné par des schémas électrique réalisé par le simulateur des circuits électrique (PROTEUS).

Ainsi l'affichage des résultats, et la détermination des facteurs d'influence pour les évité, et pour que notre dispositif donne des mesures précise.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre projet comporte une simulation son objectif consiste sur l'étude d'un système de télémétrie pour capter la distance et la vitesse du corps mobile, par les ondes ultrasonore.

Nous allons faire une étude théorique en deux chapitres pour mieux comprendre le principe de fonctionnement de ce système et consacrer pour donner des généralités et des notions physiques concernent les ondes ultrasonores, l'autre chapitre on a passé par la programmation orientée objet, pour programmer notre projet de travail avec **Proteus**.

Dans cette étude on a expliqué la télémétrie permettent d'obtenir à distance les valeurs de mesure effectuées, donc c'est une moyen de transmission de l'information, dont le support de transmission utilisé c'est les ondes ultrasonores.

Enfin, nous avons constaté que cette expérience nous a permis de découvrir un domaine très important du développement technologique.

Et ça nous a donné un coup de pouce, pour développer et améliorer notre projet en futur par une réalisation, parce que dans ce moment en tant qu'étudiants ; y'a pas les moyens nécessaires pour le faire.

Et nous espérons que les futurs projets qui suivent notre travail, suivrons la même voie, et que ce document leurs serait un bon soutien.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] « Pétrier, C., Gondrexon, N. et Boldo, P. Ultrasons et Sonochimie, Techniques de l'ingénieur, 2008 - Recherche Google ».
- [2] « Ultrason - French Wikipedia ».
- [3] « Antonio Fischetti, Initiation à l'acoustique : Écoles de cinéma — BTS audiovisuel, Paris, Belin, 2001, 287 p., p. 10 à 15 - Recherche Google ».
- [4] « Julcour-Lebigue C & Delmas H (2013) Ultrasonic sludge pretreatment under pressure. Ultrason Sonochem. Sept; 20(5):1203-10. doi: 10.1016/j.ultsonch.2013.03.005 [archive]. Epub 2013 Mar 29 - Recherche Google ».
- [5] « François Bernier, Abrégé de la philosophie de Gassendi, Paris, 1678 (lire en ligne [archive]), p. 368sq, 379. - Recherche Google ».
- [6] « Pye, J. D., & Langbauer Jr, W. R. (1998). Ultrasound and infrasound. In Animal acoustic communication (p. 221-250). Springer Berlin Heidelberg - Recherche Google ».
- [7] « Mahaut S. Thèse de doctorat. Contribution de La Focalisation dynamique à la caractérisation ultrasonore des défauts. Université Paris VII, octobre 1997 - Recherche Google ».
- [8] « Magnétostriction », *Wikipédia*. 6 décembre 2017. Consulté le: 20 février 2022. [En ligne].
- [9] « Différence entre des ultrasons magnétostrictifs, piézoélectriques et multifréquence », *FISA*, 12 mars 2020.
- [10] « Frec|n|sys - composants - Capteurs SAW ».
- [11] « Flament J. M. Caractéristiques des sondes à ultrasons dans le domaine non destructif biomédical. Colloque international sur les capteurs biomédicaux. UNESCO, Paris, 1975, 539-54 - Recherche Google ».
- [12] « Hill B. A. Biological effects of ultrasound. Rapport A.G.A.R.D. LS-78, 1975, 0, 1-4. - Recherche Google ».
- [13] « David J. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, (ISBN 0-13-805326-X) - Recherche Google ».
- [14] « Fascicule de Documentation. Acoustique : atténuation du son dans l'air. Norme française AFNOR NFS 30.009, 1972 - Recherche Google ».
- [15] « John D. Jackson, Classical Electrodynamics, (ISBN 0-471-30932-X). - Recherche Google ».
- [16] « Pytte CL, Ficken MS et Moiseff A (2004), Ultrasonic singing by the blue-throated hummingbird: a comparison between production and perception J. Comp. Physiol. A 190 665–673. - Recherche Google ».
- [17] « MFE : “utilisation de l'effet Doppler en mode pulse pour la mesure de la vitesse et de la portée d'un obstacle“, Edition 1993- 1994 - Recherche Google ».
- [18] « Loftus-Hills J.J, Johnstone B.M (1970), Auditory function, communication, and the brain-evoked response in anuran amphibians ; J. Acoust. Soc. Am 47 1131–1138. - Recherche Google ».
- [19] « Christophe Daussy et al., « Direct determination of the Boltzmann constant by an optical method », Physical review letters, vol. 98, 2007, p. 250801 - Recherche Google ».
- [20] « Jean-Paul Ferrieux, François Forest, Alimentations à découpage : Convertisseurs à résonance, principes, composants, modélisation, Dunod, 2006, 316 p - Google Search ».
- [21] « électronique realisation vumetre - Google Search ».
- [22] « IEC 60050 - International Electrotechnical Vocabulary - Welcome ». [23] M. Mutel et N. Sibelet, « Introduction au traitement des données », p. 3, 2013.
- [24] Eskimon, « Réaliser un télémètre à ultrasons », *Zeste de Savoir*, 1 octobre 2014.

Annexe

Circuit électronique de commande :

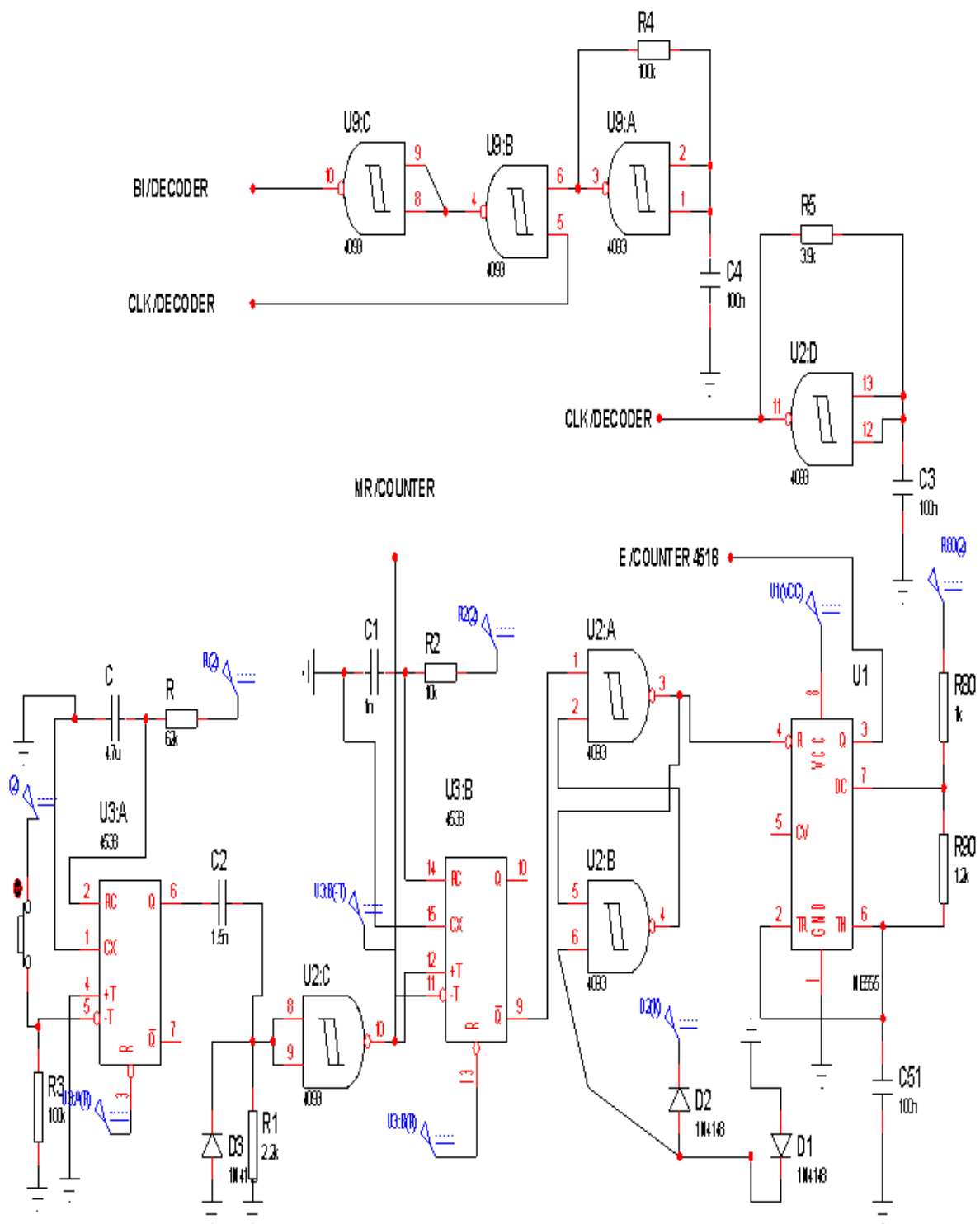
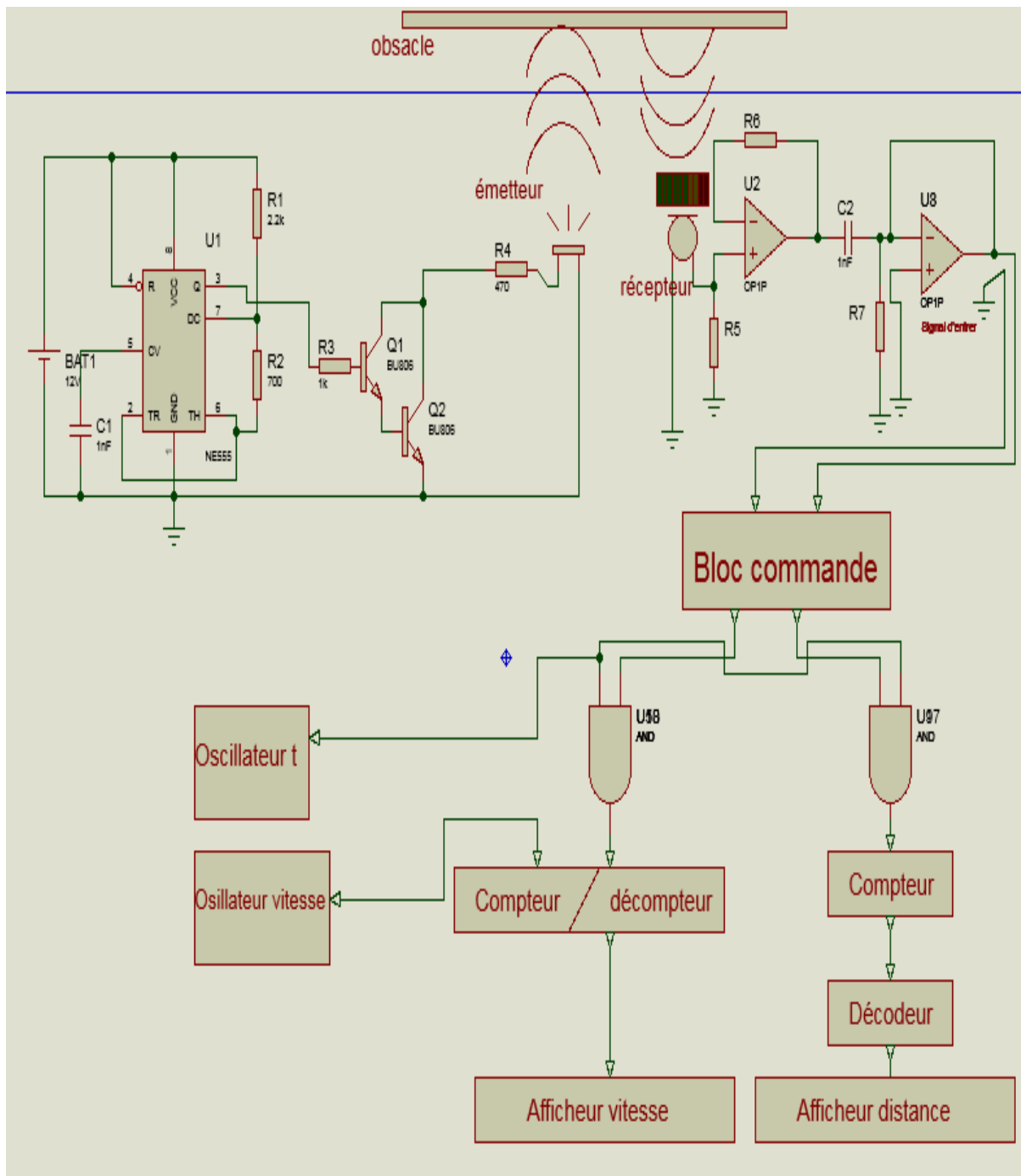


Schéma électrique complet du système de télémétrie :



Quelques types de capteurs d'ultrasons avec leurs caractéristiques techniques de fonctionnement



-Fréquence d'émission : 40 KHz.

-Gamme de détection : de 0 à 255 cm avec un écart de +/- 3 cm.

-Bus interface I2C.

-Résolution d'environ 6cm.

-Dimensions : 55mm x 42 mm x 26 mm.

Les quelques limitations qui ont pu être relevées sur le capteur sont :

-Les mesures inférieures à 3 cm ne peuvent être effectuées. Cela correspond au problème du temps de retour nécessaire de l'onde.

-Les mesures jusqu'à 20 cm sont relativement assez précises dans un angle compris entre -8° et $+30^{\circ}$. En effet, le récepteur est à gauche et l'émetteur est à droite, ce qui explique que les mesures effectuées à gauche sont moins précises que les mesures effectuées à droite.

-Entre 20 et 80cm les mesures restent faisables mais avec une erreur inférieure à 8%, ce qui n'est pas si mal pour un capteur de ce type.



-Fréquence d'émission : 40 KHz.

-Mesure de distance : entre 3 centimètres et 3 mètres.

-Durée des impulsions : 250 microsecondes.



-Mesure de distance : entre 2 centimètres et 3,3 mètres.

-Erreur moyenne inférieure à 0,5 centimètres.

-Fréquence d'émission : 40 KHz.

L'émetteur se trouve à droite et le récepteur à gauche lorsqu'on regarde le capteur de face (comme présenté dans la figure ci-dessus).



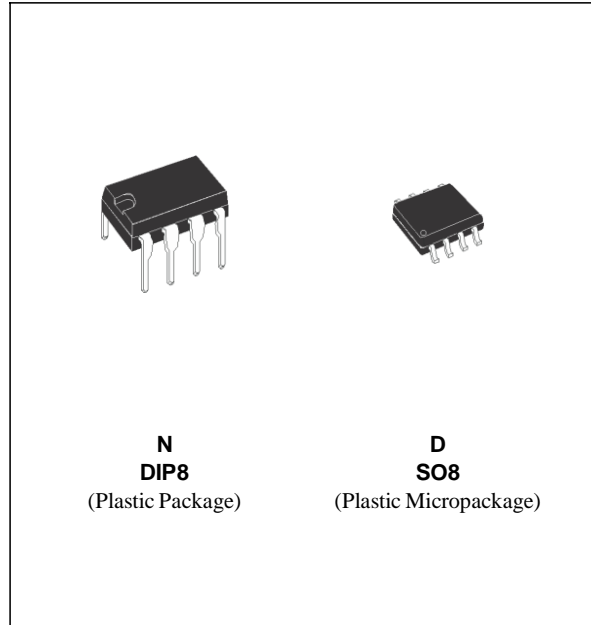
GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

LOW TURN OFF TIME

- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

DESCRIPTION

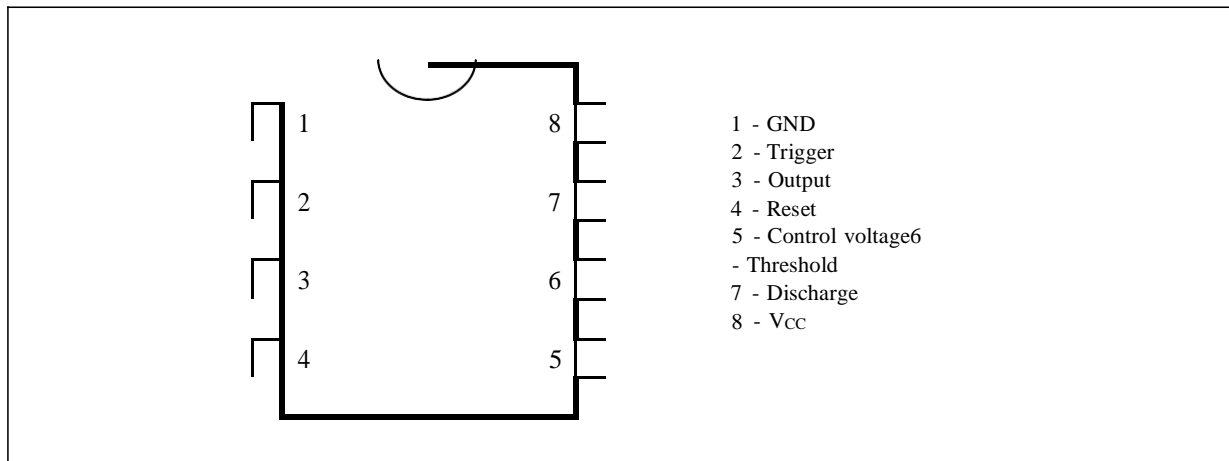
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



ORDER CODES

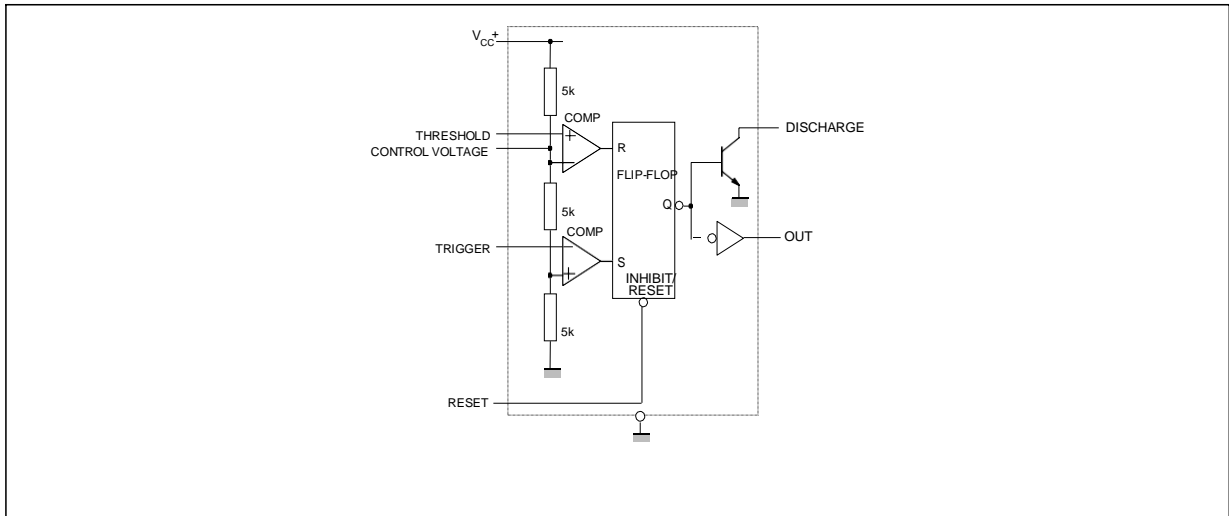
Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C		
SA555	-40°C, 105°C		
SE555	-55°C, 125°C		

PIN CONNECTIONS (top view)

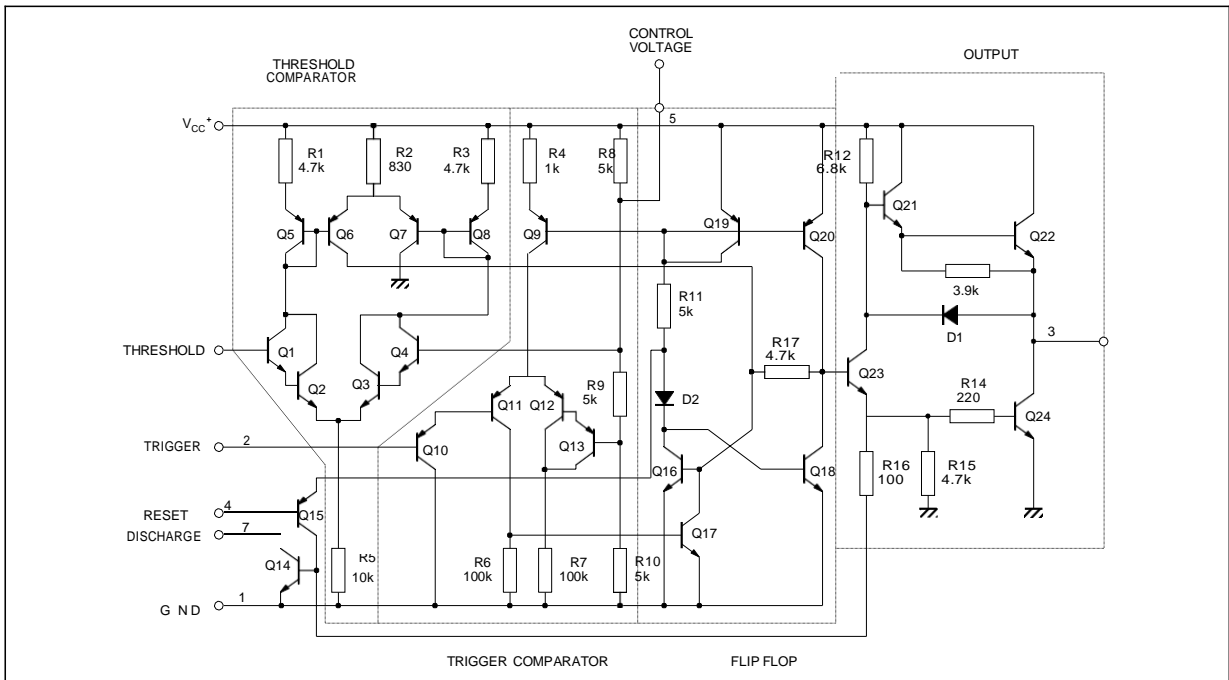


NE555/SA555/SE555

BLOCK DIAGRAM



SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	18	V
T_{oper}	Operating Free Air Temperature Range	for NE555 for SA555 for SE555	0 to 70 -40 to 105 -55 to 125
T_j	Junction Temperature	150	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

NE555/SA555/SE555
OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 18	V
V_{th} , V_{trig} , V_{cl} , V_{reset}	Maximum Input Voltage	V_{CC}	V_{CC}	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_{amb} = +25^{\circ}C$, $V_{CC} = +5V$ to $+15V$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I_{CC}	Supply Current (R_L) (- note 1) Low State $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +15V$ High State $V_{CC} = 5V$		3 10 2	5 12		3 10 2	6 15	mA
	Timing Error (monostable) ($R_A = 2k$ to $100k$, $C = 0.1$ F) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		0.5 30 0.05	2 100 0.2		1 50 0.1	3 0.5	% ppm/ C %/V
	Timing Error (astable) (R_A , $R_B = 1k$ to $100k$, $C = 0.1$ F, $V_{CC} = +15V$) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		1.5 90 0.15			2.25 150 0.3		% ppm/ C %/V
V_{CL}	Control Voltage level $V_{CC} = +15V$ $V_{CC} = +5V$	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V
V_{th}	Threshold Voltage $V_{CC} = +15V$ $V_{CC} = +5V$	9.4 2.7	10 3.33	10.6 4	8.8 2.4	10 3.33	11.2 4.2	V
I_{th}	Threshold Current - (note 3)		0.1	0.25		0.1	0.25	A
V_{trig}	Trigger Voltage $V_{CC} = +15V$ $V_{CC} = +5V$	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9	4.5 1.1	5 1.67	5.6 2.2	V
I_{trig}	Trigger Current ($V_{trig} = 0V$)		0.5	0.9		0.5	2.0	A
V_{reset}	Reset Voltage - (note 4)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
I_{reset}	Reset Current $V_{reset} = +0.4V$ $V_{reset} = 0V$		0.1 0.4	0.4 1		0.1 0.4	0.4 1.5	mA
V_{OL}	Low Level Output Voltage $V_{CC} = +15V$, $I_{O(sink)} = 10mA$ $I_{O(sink)} = 50mA$ $I_{O(sink)} = 100mA$ $I_{O(sink)} = 200mA$ $V_{CC} = +5V$, $I_{O(sink)} = 8mA$ $I_{O(sink)} = 5mA$		0.1 0.4 2 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2 2.5	0.25 0.75 2.5	V
			0.1 0.05	0.25 0.2		0.3 0.25	0.4 0.35	
V_{OH}	High Level Output Voltage $V_{CC} = +15V$, $I_{O(source)} = 200mA$ $I_{O(source)} = 100mA$ $V_{CC} = +5V$, $I_{O(source)} = 100mA$	13 3	12.5 13.3 3.3		12.75 2.75	12.5 13.3 3.3		V

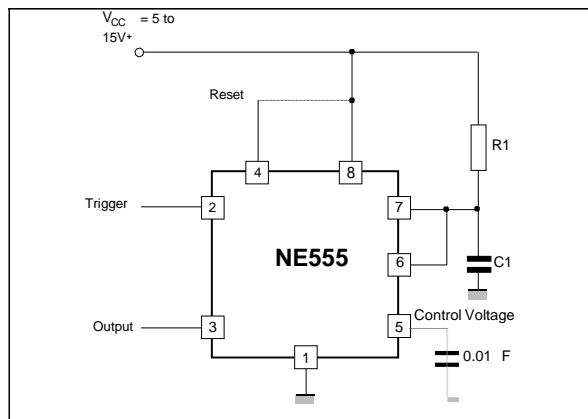
- Notes :**
1. Supply current when output is high is typically 1mA less.
 2. Tested at $V_{CC} = +5V$ and $V_{CC} = +15V$.
 3. This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for +15V operation the max total is $R = 20M$ and for 5V operation the max total $R = 3.5M$.

APPLICATION INFORMATION

MONOSTABLE OPERATION

In the monostable mode, the timer functions as a one-shot. Referring to figure 10 the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

Figure 10



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches $1/3 V_{cc}$. Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by $t = 1.1 R_1 C_1$ and is easily determined by figure 12.

Notice that since the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant $= R_1 C_1$. When the voltage across the capacitor equals $2/3 V_{cc}$, the comparator resets the flip-flop which then discharge the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

Figure 11 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibly or false triggering.

Figure 11

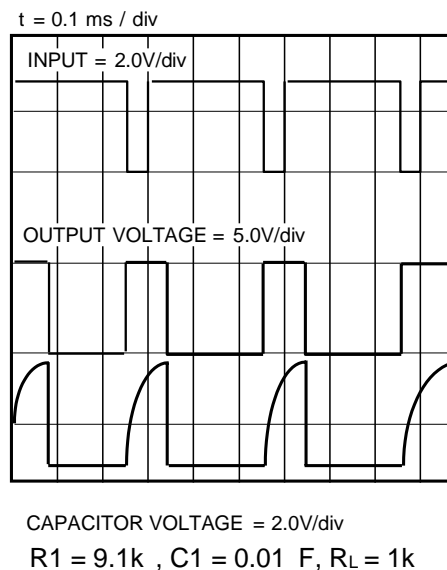
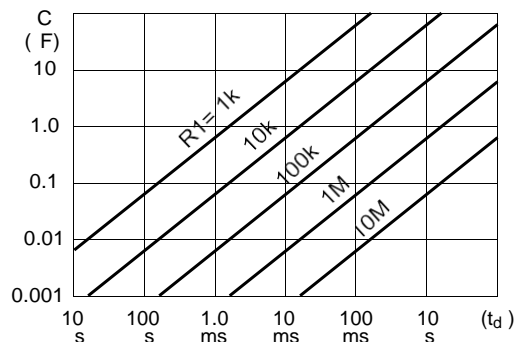


Figure 12



ASTABLE OPERATION

When the circuit is connected as shown in figure 13 (pin 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multivibrator. The external capacitor charges through R_1 and R_2 and discharges through R_2 only. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation, C_1 charges and discharges between $1/3 V_{cc}$ and $2/3 V_{cc}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times and therefore frequency are independent of the supply voltage.

Figure 13

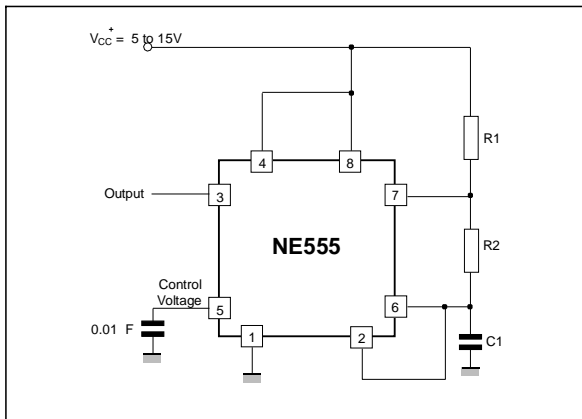


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by :

$$t_1 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1$$

and the discharge time (output LOW) by :

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1$$

Thus the total period T is given by :

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_1 + 2R_2) C_1$$

The frequency of oscillation is them :

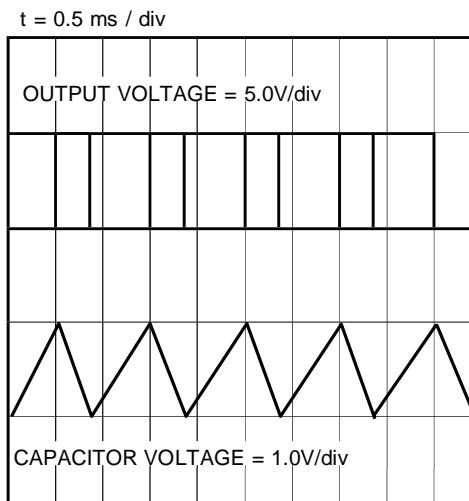
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{R_1 + 2R_2} C_1$$

and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

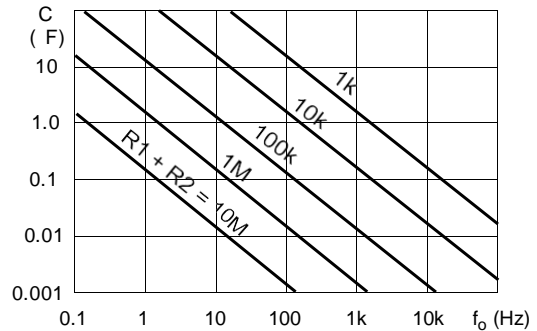
$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Figure 14



R1 = R2 = 4.8k , C1= 0.1 F, RL= 1k

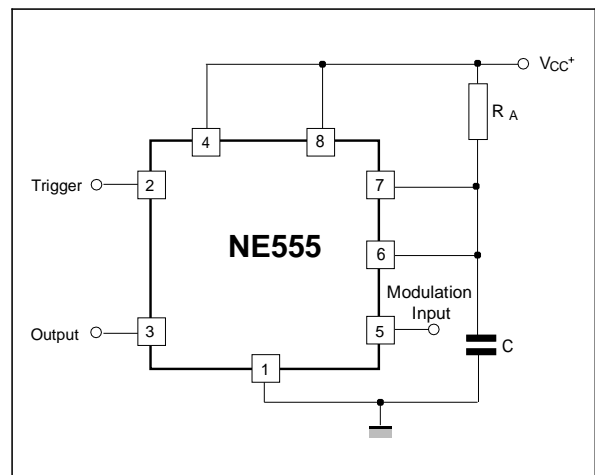
Figure 15 : Free Running Frequency versus R1, R2 and C1



PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 16 shows the circuit.

Figure 16 : Pulse Width Modulator.



LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 17 shows a circuit configuration that will perform this function.

Figure 17.

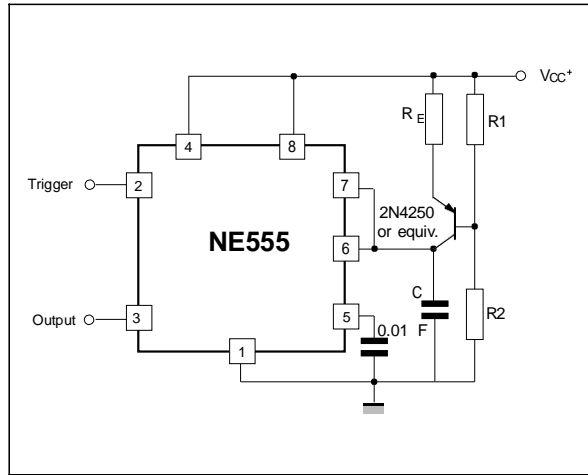
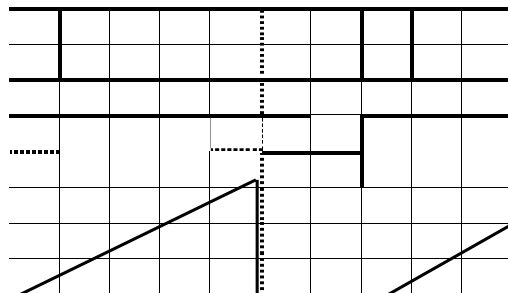


Figure 18 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by :

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E R_1 R_2 C}{R_1 V_{CC} V_{BE} R_1 R_2} \approx 0.6V$$

Figure 18 : Linear Ramp.



$V_{CC} = 5V$ Top trace : input 3V/DIV

Time = 20 μ s/DIV Middle trace : output 5V/DIV

$R_1 = 47k$
 $R_2 = 100k$
 $R_E = 2.7k$
 $C = 0.01 F$
 Bottom trace : output 5V/DIV
 Bottom trace : capacitor voltage 1V/DIV

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle the resistors R_A and R_E may be connected as in figure 19. The time period for the output high is the same as previous, $t_1 = 0.693 R_A C$.

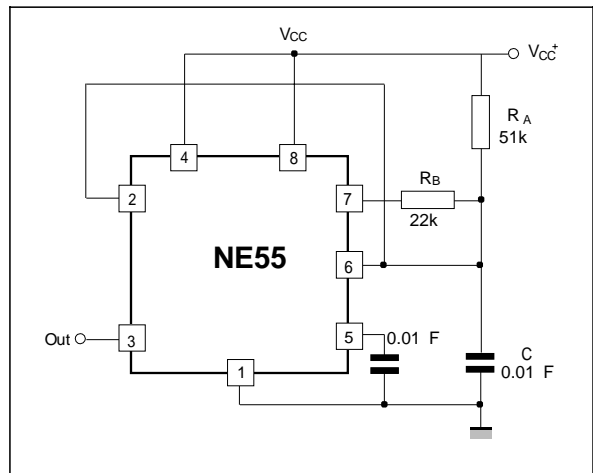
For the output low it is $t_2 =$

$$[R_A R_B R_A R_B] C \ln \frac{R_B + 2R_A}{2R_B + R_A}$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater

Figure 19 : 50% Duty Cycle Oscillator.



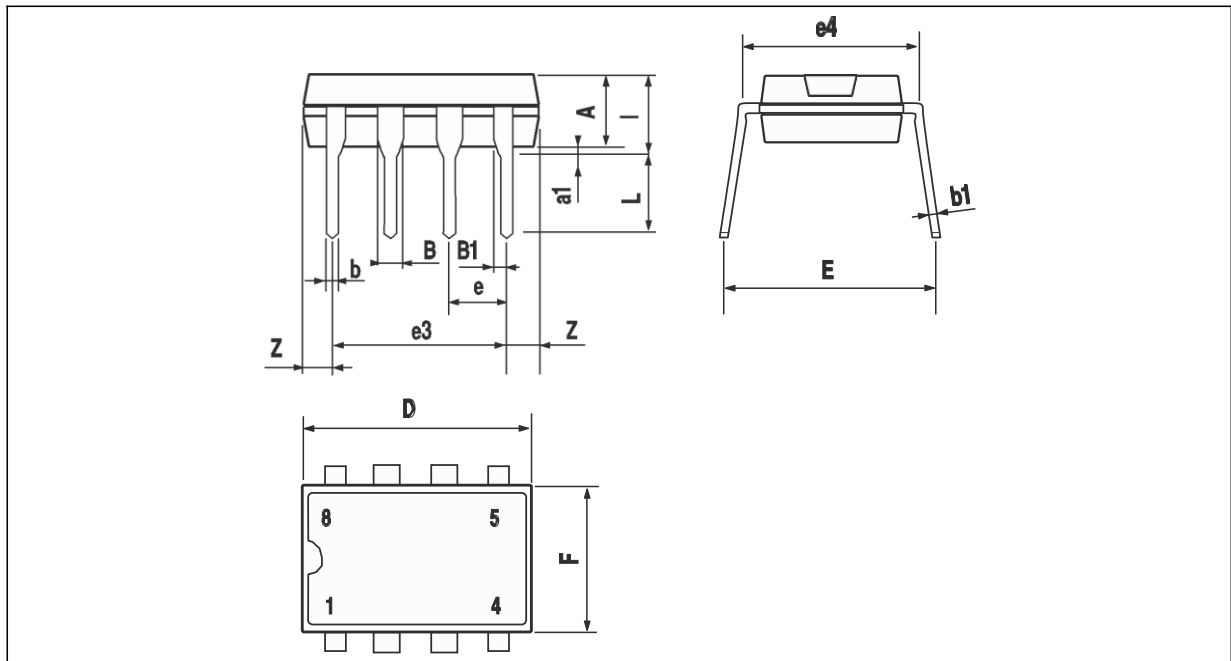
than $1/2 R_A$ because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to $1/3 V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1 μ F in parallel with 1 μ F electrolytic.

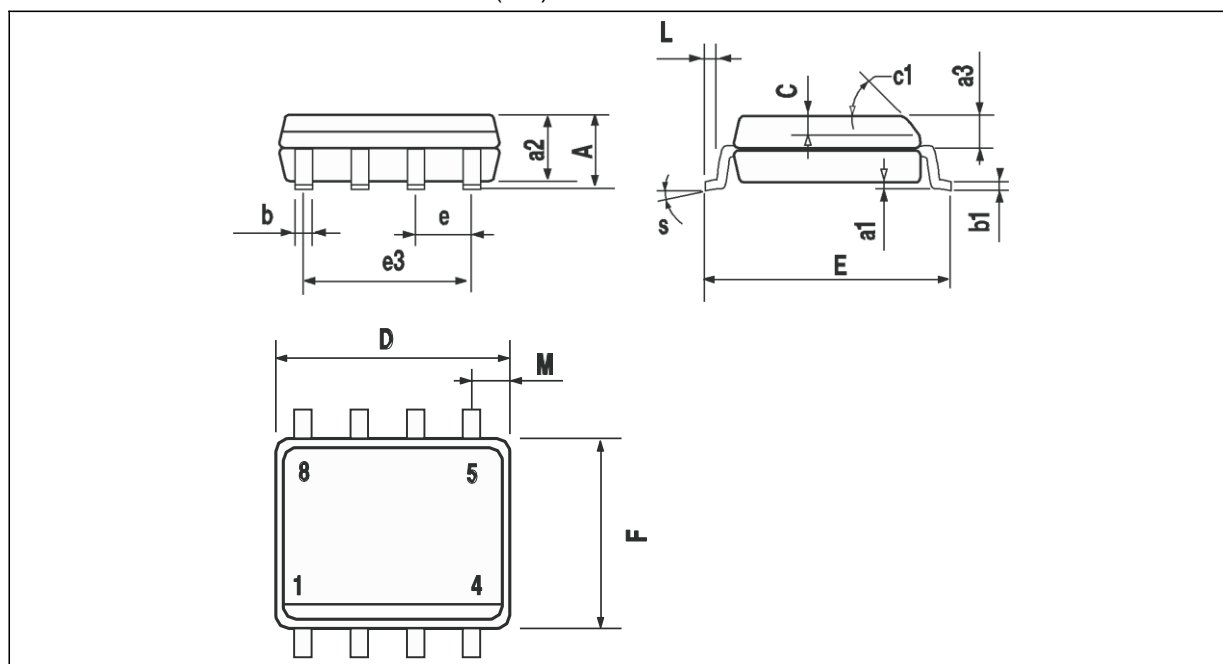
PACKAGE MECHANICAL DATA

8 PINS - PLASTIC DIP



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.65	0.045		0.065
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
i			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.010
a2			1.65			0.065
a3	0.65		0.85	0.026		0.033
b	0.35		0.48	0.014		0.019
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C	0.25		0.5	0.010		0.020
c1	45° (typ.)					
D	4.8		5.0	0.189		0.197
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		3.81			0.150	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.6			0.024
S	8° (max.)					

S08.TBL

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

© 1998 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco
The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

ORDER CODE :

