

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
المركز الجامعي بلحاج بوشعيب لعين تموشنت  
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent  
Institut de Technologie  
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Domaine : SCIENCE ET TECHNOLOGIE  
Filière : TELECOMMUNICATIONS  
Spécialité : RESAUX ET TELECOMMUNICATIONS  
Thème

## **Étude et conception d'un analyseur des spectres des tonalités Téléphoniques entre 100HZ-500Hz**

**Présenté Par :**

- 1) Mr GHORZI Habib Yahia
- 2) Mr BELGHEZZAL Farouk

**Devant le jury composé de :**

Dr. MOULESSEHOUL Wassila	MAB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr. BENCHERIF Kaddour	MCA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr MERADI Abdelhafid	MCB	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

*Année universitaire 2018/2019*

# Remerciements

- ✚ Nous remercions *ALLAH* le Tout-puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.
- ✚ Ce travail a été effectué au centre universitaire de Belhadj Bouchaib à Ain Témouchent. Nous tenons à remercier le Docteur, *BENCHERIF Kaddour*, qui a assuré la direction de ce travail. Nous lui exprimons nos vifs remerciements pour l'aide constante durant la préparation de ce travail, ses conseils, l'enthousiasme, ses compétences scientifiques et humaines qui nous ont permis d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.
- ✚ Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements au Docteur *MOULESSEHOUL Wassila*, qui nous a fait l'honneur d'être la présidente du jury. Nos respectueuses reconnaissances s'adresse également à Dr *MERADI Abdelhafid* d'avoir accepté d'examiner notre travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.
- ✚ Nous terminerons en remerciant aussi tous les enseignants et collègues du centre universitaire de Belhadj Bouchaib, Institut de Technologie Département Génie-Electrique.

# *Dédicace*

 *Je dédie ce modeste travail*

 *A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.*

 *A l'homme, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père que j'aime.*

 *A mon frère SIDAHMED et ma sœur CH*

 *A mes amis MALIKO, OUSSAMA, MIDO, OMAR et BOUCIF*

 *A mes amies SARRA, ILHAM, DJEHAN*

 *A tous les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et mon binôme FAROUK*

 *A tous les enseignants et étudiants*

 *Et A toute la famille GHORZI*

**HABIB YAHIA**

# Dédicace

 Je dédie ce modeste travail

 A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.

 A l'homme, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père que j'aime.

 A mes frères HOUSSAM ET RABAH YACINE

 A mes oncles et mes tantes YUCEF, YEKLEF et NORI, ZOUBIDA ET AICHA

 A mes amis RACHIDE, AHMED et ABDELHAK

 A la personne qui m'a beaucoup aidée et qui m'a toujours accompagné l'adorable KHADIDJA

 A tous les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et mon binôme HABIB YAHIA

 A ma chère grand-mère. Ce travail humble peut être une expression des promesses faites sans interruption dans vos prières. Dieu te protège la santé et longue vie.

 A tous les enseignants et étudiants

 Et A toute la famille BELGHEZZAL

FAROUK



## Sommaire

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Analyse spectral de signaux</b>	
I.1-Les signaux .....	2
I.1.1-Les signaux d'un point de vue physique.....	2
I.1.2-Le signal dans le langage courant .....	2
I.2 –Les différents types de signaux.....	2
I.2.1-Les signaux certains .....	3
I.2.1.1-Signaux périodiques .....	3
I.2.1.2-Les signaux non périodiques .....	5
I.2.2-Les signaux aléatoires .....	6
I.3-Analyse en série de Fourier des signaux .....	7
I.3.1-Introduction sur la série de Fourier.....	7
I.3.2-La série de Fourier .....	8
I.3.3-Forme trigonometrique réelle.....	8
I.3.4-La convergence .....	9
I.3.5- Coefficients de Fourier et séries de Fourier .....	9
I.3.6- Les propriétés Paires et impaires .....	9
I.3.7- Forme exponentielle complexe .....	10
I.4-Les types de la transformation de Fourier.....	12
I.4.1-Définition de la transformation de Fourier .....	12
I.4.2-Propriétés de la transformation de Fourier.....	13
I.4.3-La transformée de fourier discrète TFD et inverse $TFD^{-1}$ .....	13
I.4.3.1.Définition transformée de fourier discrète TFD.....	13
I.4.3.2-Formule générale de TFD et $TFD^{-1}$ .....	13
I.4.3.3- Quelques Propriétés de la TFD .....	14
I.4.4- La transformation de fourier rapide FFT .....	14
I.5-Signal analysé en transformation de fourier.....	15
<b>Chapitre II : Etude d'un analyseur de spectre</b>	
II.1.Introduction .....	16
II.1.2-Qu'est-ce qu'un spectre.....	16
II.1.3-Pourquoi mesurer des spectres.....	16
II.2- Définition .....	17
II.2.1-Les éléments d'un analyseur de spectre.....	18

II.2.2- Comment fonctionne un analyseur de spectre .....	18
II.3- Types d'analyseurs de spectre.....	18
II.3.1-Analyseur à balayage.....	18
II.3.1.1-Définition.....	18
II.3.1.2-Principe de fonctionnement .....	19
II.3.1.3- Le principe des éléments d'un analyseur de spectre à balayage.....	19
II.3.2-Analyseur de spectre FFT .....	19
II.3.2.1-Définition .....	20
II.3.2.2-FFT Propriétés .....	20
II.3.2.3-Principe de fonctionnement .....	20
II.3.2.4-Les éléments d'un analyseur de spectre à FFT.....	21
II.3.3-Analyseur de spectre a temps réel .....	21
II.3.2-Types des mesures analyseurs en temps réel.....	22
II.3.3.1-Mesures de spectre au-delà de la bande passante en temps réel.....	22
II.3.3.2-Mesure du domaine de fréquence .....	22
II.3.3.3-Mesures dans le domaine temporel.....	22
II.3.3-Analyseur de spectre en temps réel FSVR .....	22
 <b>Chapitre III : Conception d'un analyseur de spectre (100Hz-500Hz)</b>	
III.1- Introduction .....	24
III.2- L'étude de circuit.....	24
III.2.1- L'étude des matériels utilisés .....	24
III.2.2- multiplieur AD633J.....	24
III.2.3-NE555.....	25
III.2.4-transistor .....	26
III.2.5-diode .....	27
III.2.6-résistance .....	28
III.2.7- Condensateur .....	29
III.2.8-Inductance .....	31
III.3- L'étude de chaque étage du circuit.....	31
III.3.1- L'étude de générateur de rampe .....	31
III.3-.2 L'étude de filtre passe bas .....	32
III.3.3-L'étude de multiplieur .....	33
III.3.4- L'étude de passe bande .....	34
III.3-.5- L'étude de détecteur de crête .....	35
III.4- La partie hardware.....	37

## Sommaire

---

III.4.1- Proteus .....	37
III.4.2- Les avantages de proteus .....	37
III.4.3- ISIS .....	37
III.4.4- ARES .....	37
III.5 - Résultats et discussions.....	40
III.5 .1 - Analyse des signaux de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.....	40
III.5 .1 - Analyse des signaux de fréquence = 480Hz ; amplitude 2Volts.....	42
Conclusion générale.....	44
Références.....	45
Annexes.....	49

## Liste des tableaux

Chapitre III : Conception d'un analyseur de spectre (100Hz-500Hz)

Tableaux III.5.1 : tableau des résultats pour la fréquence de 101 Hz.....42

Tableaux III.5.2 : tableau des résultats pour la fréquence de 480 Hz.....44

## Liste des figures

### Chapitre I :Analyse spectrale des signaux

<b>Figure I.1</b> : Différents types de signaux .....	4
<b>Figure I.2</b> : Signaux périodiques .....	4
<b>Figure I.3</b> : Signal sinusoïdal .....	5
<b>Figure I.4</b> : Joseph FOURIER .....	8
<b>Figure I.5</b> : décomposition d'un signal périodique paire en séries de fourier .....	11
<b>Figure I.6</b> : décomposition d'un signal périodique impaire en séries de fourier .....	11
<b>Figure I.7</b> : Le signal avant la transformation de fourier .....	16
<b>Figure I.8</b> : La transformation de fourier de ce signal.....	16

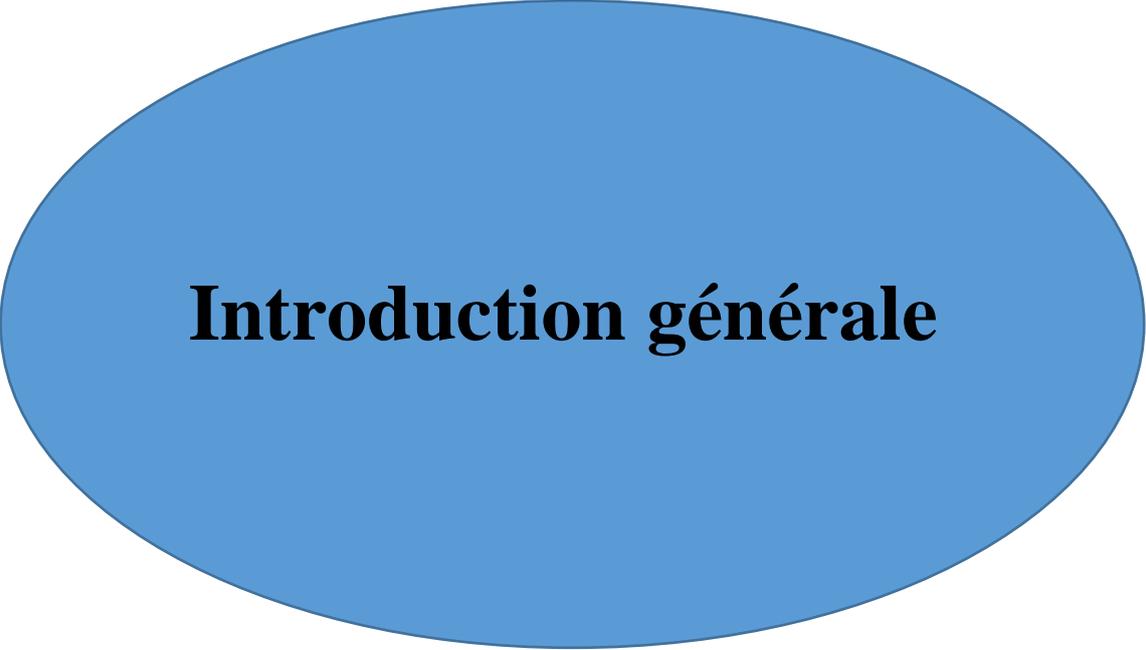
### Chapitre II : Etude d'un analyseur de spectre

<b>Figure II.1</b> : Relation entre le domaine temporel et le domaine fréquentiel.....	18
<b>Figure II.2</b> : Schéma fonctionnel d'un analyseur de spectre <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	8
<b>Figure II.3</b> : Schéma fonctionnel analyseur à balayage.....	20
<b>Figure II.4</b> : Schéma fonctionnel analyseur de spectre FFT .....	21
<b>Figure II.5</b> : Schéma fonction temporelle .....	22
<b>Figure II.6</b> : Schéma spectre de fréquence .....	22
<b>Figure II.7</b> : Analyseur de spectre de laboratoire de CUBBAT .....	24

### Chapitre III : Conception d'un analyseur de spectre (100Hz-500Hz)

<b>Figure III.1</b> : AD633JN.....	26
<b>Figure III.2</b> :Symbole de AD633JN .....	26
<b>Figure III.3</b> : Le NE555.....	26
<b>Figure III.4</b> Schéma Principe et diagramme fonctionnel.....	27
<b>Figure III.5</b> : Transistor N-P-N.....	28
<b>Figure III.6</b> : Symbole de transistor N-P-N.....	28
<b>Figure III.7</b> : Transistors P-N-P .....	28
<b>Figure III.8</b> : Symbole de transistor P-N-P .....	28
<b>Figure III.9</b> : Les types de diode.....	29

<b>Figure III.10</b> :Symbole de diode.....	29
<b>Figure III.11</b> :Resistance.....	30
<b>Figure III.12</b> : Symbole de resistance .....	30
<b>Figure III.13</b> :Condensateurélectrolytiques.....	31
<b>Figure III.14</b> :Condensateur céramique.....	31
<b>Figure III.15</b> : inductance.....	32
<b>Figure III.16</b> : symbole de inductance.....	32
<b>Figure III.17</b> :Générateur de rampe.....	32
<b>Figure III.18</b> :Signal d'onde en dents de scie.....	33
<b>Figure III.19</b> :Filtre passe bas .....	33
<b>Figure III.20</b> : Signal d'un filtre passe bas.....	34
<b>Figure III.21</b> : Multiplieur.....	34
<b>Figure III.22</b> : Multiplication entre signal analysé et signal d'onde en dents de scie .....	35
<b>Figure III.23</b> :Filtre Passe bande .....	36
<b>Figure III.24</b> : Signal filtre passe bande 100Hz a 500Hz .....	36
<b>Figure III.25</b> :De détecteur de crêt.....	37
<b>Figure III.26</b> :Signal De détecteur de crêt .....	37
<b>Figure III.27</b> : Le circuit réalise sous PROTUES ISIS .....	39
<b>Figure III.28</b> : Le signal électrique de l'analyseur de spectre (100Hz-500Hz).....	39
<b>Figure III.29</b> : Le circuit réaliser sous proteus ARES .....	40
<b>Figure III.30</b> : Le schéma imprimer circuit sous RES .....	40
<b>Figure III.31</b> : La visualisation 3D du circuit sous ARES .....	41
<b>Figure III.32</b> : Analyse un signal sinusoïdal de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.....	41
<b>Figure III.33</b> : Analyse un signal triangulaire de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts....	42
<b>Figure III.34</b> : Analyse un signal carré de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.....	42
<b>Figure III.35</b> : Analyse un signal sinusoïdal de fréquence = 480Hz ; amplitude 2Volts.....	43
<b>Figure III.36</b> : Analyse un signal triangulaire de fréquence = 480Hz ; amplitude 2Volts....	43
<b>Figure III.37</b> : Analyse un signal carré de fréquence = 480Hz ; amplitude 2Volts.....	44



# **Introduction générale**

### **Introduction générale :**

Un analyseur de spectre est un instrument de mesure destiné à afficher les différentes fréquences contenues dans un signal ainsi que leurs amplitudes respectives. Les signaux peuvent être de natures diverses : électrique, optique, sonore, radioélectrique.

Un analyseur de réseau est un analyseur de spectre électrique équipé d'un générateur de signaux, permettant ainsi l'analyse fréquentielle des lignes de transmission (Téléphoniques). Cependant il ne permet pas d'analyser les réseaux sans fils.

Un analyseur de spectre électrique permet la mesure de la tension de signaux électriques dans le domaine fréquentiel. Les mesures peuvent aller de quelques dixièmes de Hz à plusieurs centaines de GHz.

Un sonagramme est un analyseur de spectre audio en fonction du temps. Il représente en abscisse le temps, en ordonnée les fréquences. La couleur de chaque point ainsi obtenu dépend de la puissance dans une bande de fréquence et à un instant donné. Il peut être utilisé pour de l'analyse musicale, ou pour déterminer la signature vocale/reconnaissance vocale (tonalités téléphoniques).

En électronique, nous utilisons une grande variété de signaux analogiques ou numérique dont le support est, le plus souvent, une tension.

Ce support peut aussi être une onde électromagnétique (radio, TV, radar), une onde lumineuse ou infrarouge (fibres optiques) ou une onde sonore ; L'information transportée est :

- un message audio (parole, musique)
- un message vidéo (image TV)
- un message binaire (liaison ordinateur-imprimante)
- un signal analogique traduisant l'état d'un capteur

L'objectif de ce travail est l'étude et la conception d'un analyseur des spectres pour le contrôle des signaux audio des tonalités téléphoniques entre 100Hz-500Hz ; Sous environnement de Proteus.

Ce mémoire sera donc organisé en trois chapitres. Dans le premier on va donner des généralités sur les analyses spectrales des différents signaux où on va présenter les séries de Fourier et la décomposition de signaux périodiques et nous monterons les différentes présentations des spectres en amplitudes et en fréquences.

Le deuxième chapitre sera consacré pour une présentation d'un analyseur de spectre où on va étudier les différents blocs des schémas synoptiques, Dans le troisième chapitre on entamera l'étude des différentes parties d'un analyseur de spectre (100Hz-500Hz). Sa conception sous environnement Proteus ISIS. Puis on passe au circuit imprimé et la visualisation 3D sous Ares. Et à la fin on discutera nos résultats. Nous achèverons notre mémoire par une conclusion générale. [1]

# **Chapitre I**

## **Analyse spectrale des signaux**

## **I.1-Les signaux**

### **I.1.2-Le signal d'un point de vue physique**

En physique, la notion de signal est beaucoup plus restrictive ! La physique va restreindre la notion de signal aux Grandeurs que vous pouvez représenter de façon mathématique. Donc, cette définition très réductrice ne prend pas en compte la diversité des moyens couramment appelée "signal" et qui vous permet de communiquer de l'information.[2]

### **I.1.3-Le signal dans le langage courant**

Dans le sens commun et de manière informelle, un signal est une information qui peut parfois varier dans le temps ou l'espace.

On peut donner plusieurs exemples donc on a mentionné :

- Un son, une chanson, un discours radiophonique.
- Une image, une photo, un tableau, un film.
- De façon plus générale, tout ce qui fait appel à vos sens : une odeur, mais aussi une sensation d'équilibre, la perception de son propre corps, la sensation de faim, etc.

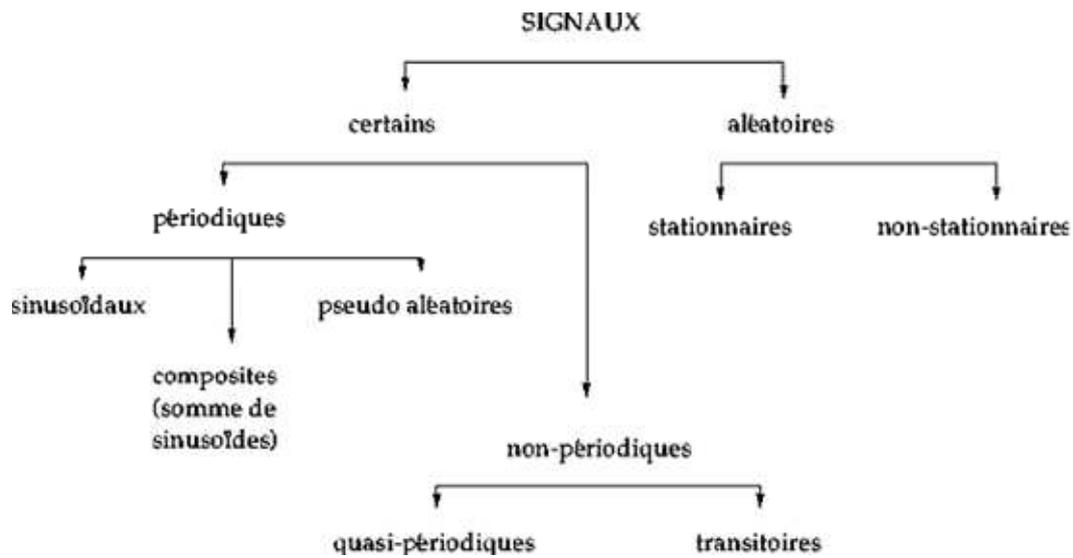
Il existe de nombreux exemples dans ce domaine, nous avons donc choisi les meilleurs.

En fin on peut définir le signal à une simple vue.[2]

## **I.2-Différents types de signaux**

Il est possible de faire la distinction entre un certain nombre de signaux dont les deux grands groupes sont celui des signaux certains (c'est-à-dire déterministes) et celui des signaux aléatoires. [3]

Voilà un schéma qui représente les différents types de signaux :



**Figure I.1** :Différents types de signaux[3]

D'après le schéma en va expliquer chaque un des signaux

## I.2.1- Les signaux certains

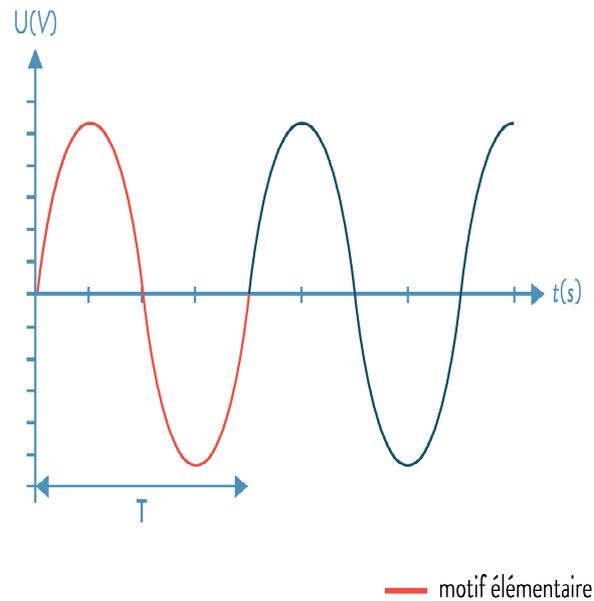
Généralement il sont Divisés en deux parties, les signaux périodiques et les signaux non-périodiques.

### I.2.1.1-Signaux périodiques

Une fonction est périodique si elle admet une période  $T$  non nulle.

On appelle période d'une fonction  $f$  la valeur  $T$  pour laquelle l'égalité  $f(t + T) = f(t)$  est toujours vraie.

Le motif que l'on retrouve identique à chaque période est appelé motif élémentaire.



**Figure I.2** : Signaux périodiques [4]

Une fonction est périodique dans le temps si on peut trouver une période au bout de laquelle le même phénomène se répète à l'identique.

La fréquence d'un signal périodique est le nombre de périodes par seconde. Elle s'exprime en hertz (Hz). La fréquence en hertz est donc égale à l'inverse de la période exprimée en secondes :  $f = 1/T$  [4]

Dans le même contexte les signaux périodiques divisés en trois classes nous leur rappelons :

- **Signal sinusoïdal**

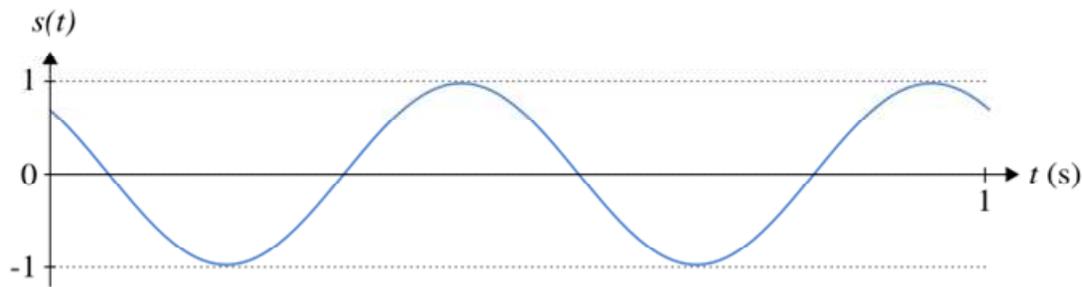
Un signal sinusoïdal est un signal en forme de sinus. Formellement, il s'agit d'un signal pouvant s'écrire sous la forme suivante :

$$s(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi)$$

Où :

- A est l'amplitude du signal, positive et exprimée dans l'unité de la grandeur (des volts pour une tension par exemple).
- f est la fréquence du signal en hertz (symbole Hz), positive comme toute fréquence.
- $\varphi$  est une phase à l'origine en radians (symbole rad).

La figure ci-dessous montre un exemple de signal sinusoïdal :



**Figure I.3 :** Signal sinusoïdal

Signal sinusoïdal d'amplitude 1, de fréquence 2 Hz et de phase à l'origine  $\pi/4$  rad.(figure I.3)

- **Signal Binaire Pseudo Aléatoire**

Une séquence binaire pseudo-aléatoire est une suite de '0' et de '1' qui semble aléatoire.

Ces séquences peuvent avoir un intérêt pour des mécanismes de synchronisation, d'estimation de canal ou bien encore pour des transmissions par étalement de spectre ou des applications de cryptographie. On recherche donc depuis longtemps des mécanismes.

Permettant de les générer simplement. On souhaite aussi pouvoir informer un récepteur distant. Qu'une séquence particulière a été générée. C'est fondamental pour assurer une synchronisation.

Entre les séquences générées par l'émetteur et le récepteur. Il faut donc pouvoir générer une longue séquence à partir d'une clé assez petite. Si le mécanisme de génération de la séquence est connue de l'émetteur et du récepteur, il suffit d'avertir le récepteur de la clé qui a été employée, et il pourra ainsi générer la séquence complète. On souhaite aussi pouvoir changer la séquence utilisée pour des raisons de sécurité.[5]

### I.2.1.2- Les signaux non-périodiques

Dans un signal non-périodique il existe deux cas nous allons l'expliquer maintenant.

- **Quasi-périodiques**

Les fonctions presque périodiques sont, intuitivement, des fonctions  $f$  (continues) pour lesquelles, en choisissant des « périodes »  $T$  de plus en plus grandes, on a une périodicité approximative de plus en plus précise, c'est-à-dire que (pour tout  $x$ ) l'écart  $f(x + T) - f(x)$  peut être rendu arbitrairement petit.[6]

- **Signal transitoire**

Transitoires En physique, un régime transitoire est le régime d'évolution d'un système qui n'a pas encore atteint un état stable ou le régime établi. Un régime transitoire peut apparaître lors d'une modification d'un système. Il peut être caractérisé par un taux d'amortissement, un temps de relaxation ou encore un facteur de qualité.

Pour un circuit électrique un régime transitoire apparaît par exemple à l'ouverture ou à la fermeture d'un interrupteur, à la modification de la tension ou de l'intensité délivrée par un générateur, au passage d'un signal continu à un signal périodique. Il prend la forme d'un régime apériodique, d'un régime (apériodique) critique, ou d'un régime pseudo-périodique.[7]

Donc en a mentionné tous les signaux et d'après la définition de chaque un on a remarqué que :

Signaux à énergie finie puissance de moyenne nulle

Généralement, cas des signaux représentant une grandeur physique. Signaux transitoires à support borné.

Signaux à énergie infinie puissance de moyenne non nulle.

Cas des signaux périodiques

### **I.2.2- Signaux aléatoires**

Tout signal physique comporte une composante aléatoire qu'il s'agisse d'une perturbation externe telle une tension aléatoire aux bornes d'une résistance ou une perturbation atmosphérique. Le signal utile est lui-même aléatoire si l'on considère le lancer de dés, le loto, les résultats de matchs ou encore les phénomènes météorologiques, etc., ... Rappelons qu'un signal déterministe possède une formulation mathématique qui permet de connaître sa valeur à tout instant. A contrario, la connaissance de la valeur d'un signal aléatoire à l'instant  $t$  ne nous permet pas de connaître sa valeur à  $t+\tau$ . On ne pourra que faire des prévisions. [8]

- **Signaux aléatoires stationnaires**

Un processus aléatoire, décrivant un signal aléatoire est dit stationnaire si les propriétés statistiques (moyenne, écart type, etc.) sont indépendantes du choix de l'origine du temps

#### **Exemple**

Le bruit blanc :  $E(x(t)) = 0$  et  $E(x(t+\tau)x(t)^*) = N0\delta(t-\tau)$

-La sortie d'un filtre excité par un bruit blanc.

-Propriété importante : la sortie d'un filtre excité par un signal aléatoire stationnaire est encore stationnaire. [9]

- **Signaux aléatoires non stationnaires**

Pour les signaux non stationnaires, devant la complexité et la variété des situations rencontrées et compte tenu qu'il n'existe pas de solution universelle valable pour tous signaux, il s'avère nécessaire de faire une étude spécifique pour chaque cas afin de sélectionner les représentations les plus appropriées. Dans ce sens, Marr note que «Chaque représentation particulière fournit explicitement certaines informations au dépend d'autres mises en arrière et qui peuvent être difficiles à retrouver. Ce point est important car la manière dont l'information est représentée peut fortement modifier la facilité avec laquelle on en percevrait les différents éléments.[10]

### Exemple :

- $E(x(t)) = 0$  pour tout  $t$ , indépendant de  $t$

- $E(x(t + \tau)x(t)^*) = \sum_n g(t + \tau - nT) g(t - nT)$  dépendant de  $t$ .

$t \rightarrow E(x(t + \tau)x(t))$  est périodique de période  $T$  : signal cyclo stationnaire.

Fonction d'auto corrélation de  $x(t)$  :

$$R(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T E(x(t + \tau)x(t)^*) dt [9]$$

## I.3- Analyse en série de Fourier des signaux :

### I.3.1- Introduction sur les séries de Fourier :

Les séries de Fourier constituent un outil fondamental dans l'étude des fonctions périodique.

Elles ont été développées par Joseph FOURIER en 1822



**Figure I.4 :** Joseph FOURIER

- Auxerre 1768 - Paris 1830
  - Grand savant français
  - A profondément influencé les mathématiques et la physique des sciences de son siècle
- Les séries de Fourier ont été introduites par Joseph Fourier en 1822, mais il fallut un siècle pour que les analystes dégagent les outils d'étude adaptés : une théorie de l'intégrale pleinement satisfaisante et les premiers concepts de l'analyse fonctionnelle. Elles font encore actuellement l'objet de recherches actives pour elles-mêmes, et ont suscité plusieurs branches nouvelles : analyse harmonique, théorie du signal, ondelettes, etc.
- Les séries de Fourier se rencontrent dans la décomposition de signaux périodiques, dans l'étude des courants électriques, des ondes cérébrales, dans la synthèse sonore, le traitement d'images, etc.[11]

### **I.3.2- la série de Fourier**

#### **❖ Définition de séries de Fourier**

Sous certaines conditions de dérivation et de continuité, tout signal à temps continu  $s(t)$  périodique de période  $T_0$  peut s'écrire sous la forme d'une somme de signaux sinusoïdaux

Cette somme peut s'écrire de deux manières [12]

- forme trigonométrique réelle
- forme exponentielle complexe

### **I.3.3- Forme trigonométrique réelle**

Tout signal à temps continu  $s(t)$  périodique de période  $T_0$  peut s'écrire l'expression générale

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos (nt\omega) + b_n \sin (n\omega t) ) [13]$$

**I.3.4-La convergence :**

$$\cos\left(n\omega\left(x + \frac{2k\pi}{\omega}\right)\right) = \cos(n\omega x + n\pi 2k) = \cos(n\omega x)$$

$$\sin\left(n\omega\left(x + \frac{2k\pi}{\omega}\right)\right) = \sin(n\omega x + n\pi 2k) = \sin(n\omega x)$$

Alors la série converge en tout point de la forme  $x + \frac{2k\pi}{\omega}$ ,  $k \in \mathbb{Z}$  [14]

**I.3.5-Coefficients de Fourier et séries de Fourier :**

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(n\omega t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(n\omega t) dt$$

[15]

**I.3.6- Les propriétés Paire et impaire :**

Si  $s(t)$  pair, alors

$$b_n = 0$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} f(t) \cos(n\omega t) dt$$

[16]

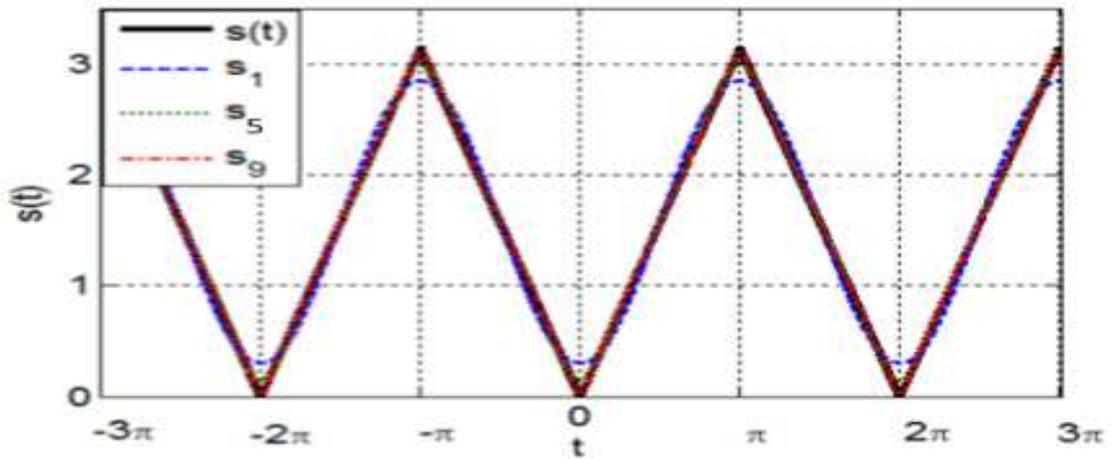


Figure I.5 : décomposition d'un signal périodique paire en série de fourier[16]

Si s(t) impair, alors

$$a_n = 0$$

$$b_n = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} f(t) \sin(n\omega t) dt$$

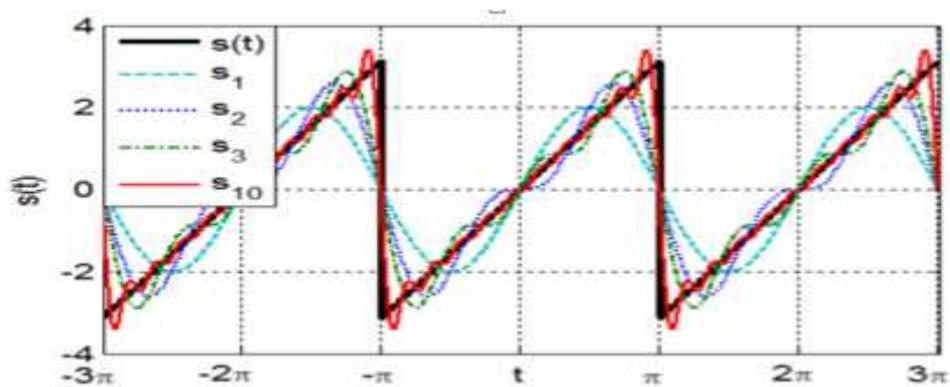


Figure I.6 : décomposition d'un signal périodique impaire en série de fourier[16]

**I.3.7- Forme exponentielle complexe :**

D'après les relations d'Euler :

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

$$e^{-j\theta} = \cos \theta - j \sin \theta$$

En déduire

$$\sin \theta = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2}$$

$$\cos \theta = \frac{e^{j\theta} + e^{-j\theta}}{2}$$

En remplace dans la série de Fourier

$$s(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)$$

$$= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \frac{e^{jn\omega t} + e^{-jn\omega t}}{2} + b_n \frac{e^{jn\omega t} - e^{-jn\omega t}}{2j}$$

$$= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left( \frac{a_n - j b_n}{2} e^{jn\omega t} + \frac{a_n + j b_n}{2} e^{-jn\omega t} \right)$$

En posant :

$$c_n = \frac{a_n - j b_n}{2}$$

$$\overline{c_n} = \frac{b_n + j a_n}{2}$$

$$c_0 = \frac{a_0}{2}$$

La série devient :

$$S(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n e^{jn\omega t} + \sum_{n=1}^{\infty} \overline{c_n} e^{-jn\omega t}$$

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{jn\omega t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T S(t) e^{-jn\omega t} dt$$

## I.4-Les type de la transformation de Fourier

### I.4.1-Définition de la transformation de Fourier

La transformation de Fourier décompose une fonction à valeurs complexes de plusieurs variables réelles en ondes planes. Il s'agit donc d'une extension de la théorie des séries de Fourier à des fonctions non nécessairement périodiques.[17]

En divise sur deux

- transformation de Fourier
- transformation de Fourier inverse

L'expression de la transformation de Fourier générale

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

L'expression de la transformation de Fourier inverse générale

$$f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Avec

$$\omega = 2\frac{\pi}{T}$$

#### 1<sup>er</sup> Cas d'une fonction f réelle et paire

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^0 f(t) e^{-j\omega t} dt + \int_0^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

En change la variable  $y=-t$

$$F(\omega) = \int_0^{+\infty} f(-y) e^{j\omega y} d(-y) + \int_0^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$F(\omega) = \int_0^{+\infty} f(y) e^{j\omega y} d(-y) + \int_0^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$F(\omega) = \int_0^{+\infty} f(y) e^{j\omega y} d(y) + \int_0^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$F(\omega) = 2 \int_0^{+\infty} f(y) e^{j\omega y} d(y)$$

$$F(\omega) = 2 \int_0^{+\infty} f(t) \cos(j\omega t)$$

Appelle transformée en cosinus

En déduire :

$f$  réelle et paire  $\Leftrightarrow F$  réelle et paire

### 2<sup>ème</sup> Cas d'une fonction $f$ réelle et impaire

Vérifient  $f(t)=-f(-t)$  Le même raisonnement permet d'écrire

$$F(\omega) = -2i \int_{-\infty}^0 f(t) \sin(j\omega t) dt$$

$f$  réelle et impaire  $\Leftrightarrow F$  imaginaire pure et impaire

Appelle transformée en sinus [18]

### I.4.2-Propriétés de la transformation de Fourier :

**F est linéaire** : linéaire de l'intégration la transformation de Fourier est aussi une opération linéaire

$$F(af + bg) = aF(f) + bF(g)$$

**Transformée d'une dérivée** : Si  $f$  est continu et si  $\frac{df}{dt}$  appartient

$$F\left(\frac{df}{dt}\right) = j\omega F(f)$$

**Règle de multiplication par  $t$**  : Si la fonction  $t \rightarrow tf(t)$  appartient

$$\frac{d}{ds}(F(f)) = -j\omega F(tf(t))$$

### I.4.3-La transformée de Fourier discrète TFD et inverse TFD<sup>-1</sup>

#### I.4.3.1.Définition transformée de Fourier discrète TFD

La transformée de Fourier discrète est plus facile à décrire pour une variable complexe même si elle s'applique également à un signal réel. Elle correspond au changement de base du signal depuis l'espace des temps  $g(n)$  vers la base des fréquences associées aux fonctions  $e^{-j2\pi kn}$  avec  $k$  variable. [19]

#### I.4.3.2-Formule général de TFD et TFD<sup>-1</sup>

L'expression de la transformation de Fourier discrète générale

$$TFD: f(m) = \sum_{n=0}^{N-1} g(n) e^{-j2\pi \frac{mn}{N}}$$

L'expression de la transformation de Fourier discrète inverse générale

$$\text{TFD}^{-1} : g(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} f(m) e^{j2\pi \frac{mn}{N}}$$

### I.4.3.3- Quelques Propriétés de la TFD

Linéarité :

$$\text{TFD}\{a x(n) + b y(n)\} = a \text{TFD}\{x(n)\} + b \text{TFD}\{y(n)\}$$

Renversement temporel :

$$\text{TFD}\{x(-n)\} = X(-k)$$

Conjugaison :

$$\text{TFD}\{x^*(n)\} = X^*(-k)$$

Décalage en temps.

$$\text{TFD}\{x(n + n_0)\} = X(k) e^{j2\pi \frac{kn}{N}} \quad [18]$$

### I.4.4- La transformation de Fourier rapide FFT

Développée avec (Cooley et Tukey) en 1965, on utilise des symétries cachées dans la TFD pour construire un algorithme rapide pour le calcul de la DFT, ils ont appelés l'algorithme (Fast Fourier Transforme FFT) .La FFT a une complexité de l'ordre de  $(N \log N)$  et elle permet de calculer la transformée de Fourier d'un signal de grande dimension dans l'ordre d'une fraction de secondes. [20]

L'expression de la transformation de Fourier discrète

$$\text{TFD} : f(m) = \sum_{n=0}^{N-1} g(n) e^{-j2\pi \frac{mn}{N}}$$

La base de l'algorithme FFT

$$\text{FFT} : f(m) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n) e^{-j2\pi \frac{m2n}{N}} + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n+1) e^{-j2\pi \frac{m(2n+1)}{N}}$$

Démonstration de de la transformation de Fourier rapide

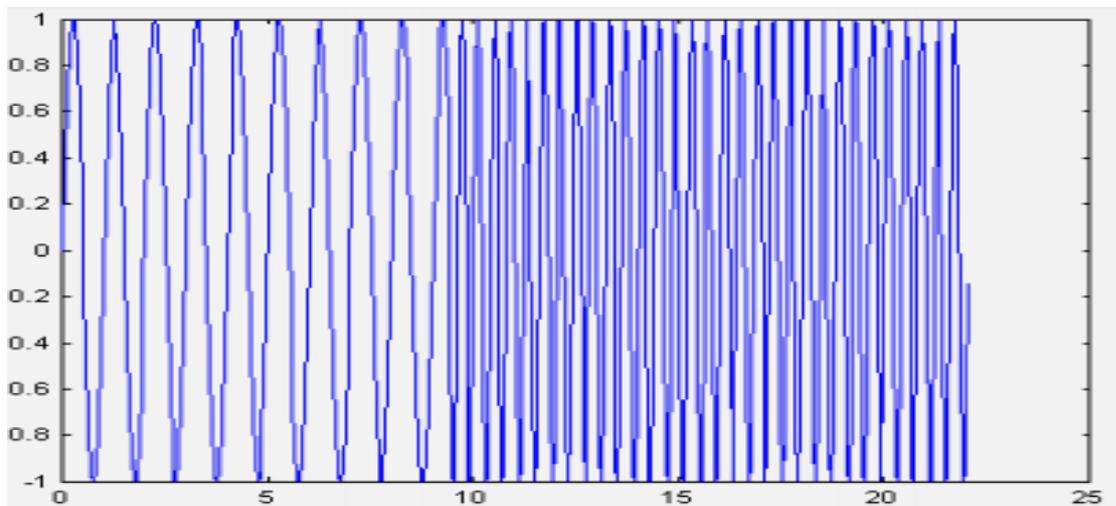
$$\begin{aligned} &= \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n) e^{-j2\pi \frac{m2n}{N}} + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n+1) e^{-j2\pi \frac{2mn}{N}} e^{-\frac{j2\pi m}{N}} \\ &= \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n) e^{-j2\pi \frac{m2n}{N}} + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n+1) e^{-j2\pi \frac{mn}{N/2}} e^{-\frac{j2\pi m}{N}} \end{aligned}$$

L'expression de la transformation de fourier FFT

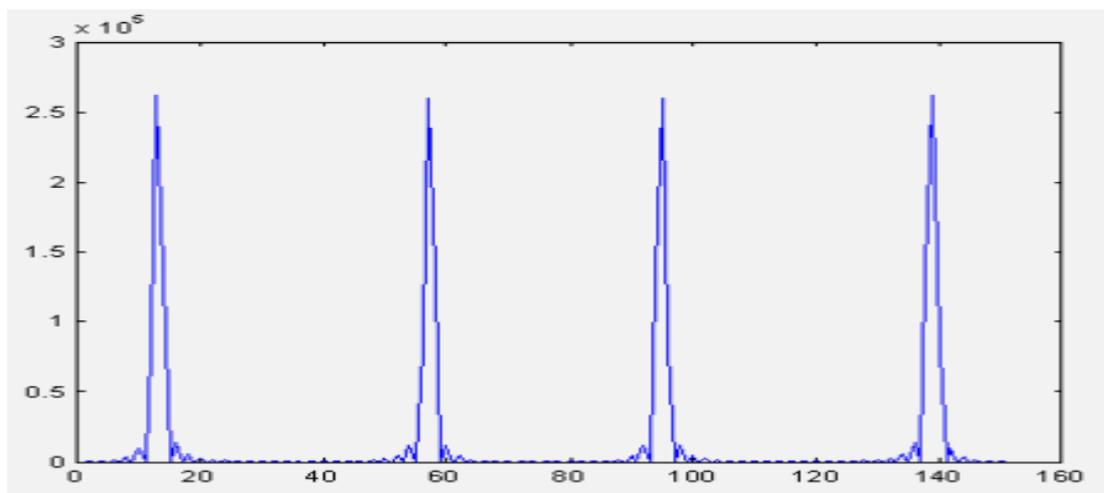
Si  $k \leq N/2 - 1$

$$= \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n) e^{-j2\pi \frac{mn}{N/2}} + e^{-\frac{j2\pi m}{N}} \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} g(2n+1) e^{-j2\pi \frac{mn}{N/2}}$$

### I.5-Signal analysé en transformation de Fourier



**Figure I.7 :** le signal avant la transformation de Fourier [18]



**Figure I.8 :** La transformation de Fourier de ce signal [18]

La fréquence fondamentale  $f_0$

$$f_0 = 20 \text{ Hz}$$

La fréquence harmonique  $f_1$   $f_2$   $f_3$

$$f_1 = 3 f_0$$

$$f_2 = 5 f_0$$

$$f_3 = 7 f_0$$

# **Chapitre II**

**Etude d'un analyseur de  
spectre**

## II.1.Introduction

Un analyseur de spectre est en résumé un super récepteur ! Un récepteur de mesure. Oui, il s'agit bien d'un récepteur superhétérodyne comme tous ceux que les radioamateurs utilisent pour la réception des radiocommunications. Toutefois, un analyseur de spectre a la faculté de balayer (avec une base de temps) une bande de fréquence en permanence (comme s'il s'agissait d'un scanner radiofréquence) et a aussi la faculté de sélectionner à volonté une sélectivité désirée (résolution de bande passante de la fenêtre de réception, RBW : Résolution Band passante). À la sortie du démodulateur (détecteur d'enveloppe), le signal démodulé n'est pas appliqué à un haut-parleur, mais bien à l'amplificateur de déflexion verticale d'un écran à tube cathodique par l'intermédiaire d'un amplificateur à réponse logarithmique pour obtenir une amplitude graduée en décibels. L'amplificateur horizontal de déflexion du tube cathodique est raccordé à la base de temps qui pilote le balayage en fréquence de l'analyseur de spectre. On obtient ainsi une mesure d'amplitude dans le domaine de la fréquence.[21]

### II.1.2-Qu'est-ce qu'un spectre?

Un spectre est une collection des ondes sinusoïdales qui, une fois combinées correctement, produisent le signal de domaine temporel sous examens.

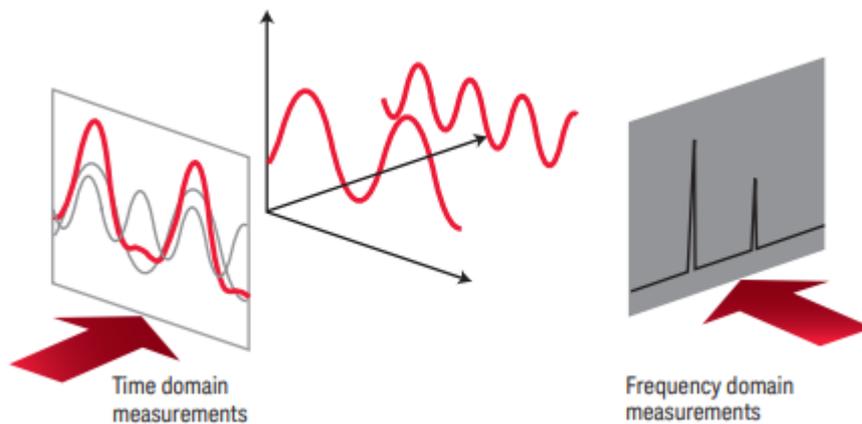
Forme d'onde d'un signal complexe. Supposons que nous espérons voir une onde sinusoïdale. Bien que la forme d'onde montre certainement nous que le signal n'est pas une pure sinusoïde, elle nous donne pas une indication définitive de la raison pour laquelle.

La figure II-1 montre notre signal complexe dans les domaines de temps et de fréquence. L'affichage du domaine fréquentiel trace l'amplitude par rapport à la fréquence de chaque onde sinusoïdale dans le spectre. Comme indiqué, le spectre dans ce cas ne comprend que deux ondes sinusoïdales. Nous savons maintenant pourquoi notre originale forme d'onde n'était pas une onde sinusoïdale pure. Il contenait une deuxième onde sinusoïdale, la deuxième harmonique dans ce cas. Est-ce que cela signifie que nous n'avons pas besoin d'effectuer de mesures de domaine temporel? Pas du tout. Le temps de domaine est meilleur pour de nombreuses mesures, et certains peuvent être faits que dans le temps de domaine.[22]

### II.1.3-Pourquoi mesurer des spectres

Le domaine fréquentiel a aussi sa force de mesure. Nous avons déjà vu à la figure I-1 que le domaine de fréquence est préférable pour déterminer le contenu harmonique d'un signal.

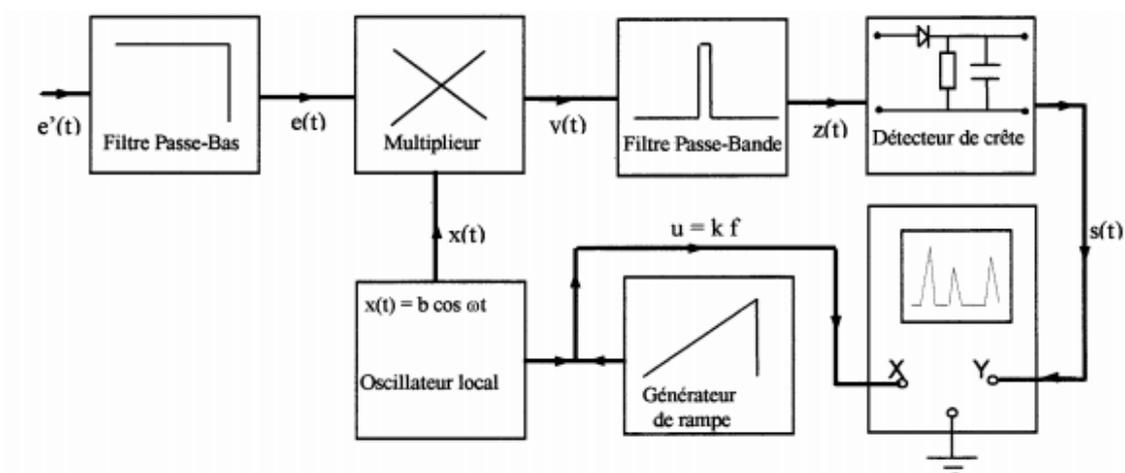
Personnes impliquées dans les communications sans fil sont extrêmement intéressés par hors-bande et les rayonnements non essentiels. Par exemple, les systèmes de radio cellulaire doivent être vérifiés harmoniques du signal de porteuse qui pourraient interférer avec d'autres systèmes fonctionnant à les mêmes fréquences que les harmoniques. Les ingénieurs et les techniciens sont également très préoccupés par la distorsion du message modulé sur un support.[22]



**Figure II.1** :Relation entre le domaine temporel et le domaine fréquentiel[22]

## II.2- Définition

Un analyseur de spectre mesure l'amplitude d'un signal d'entrée en fonction de la fréquence dans toute la plage de fréquences de l'instrument. Ils examinent la composition spectrale de formes d'onde électriques, électriques, acoustiques ou optiques. L'analyseur de spectre divise un signal en une composante d'amplitude et de fréquence. Parmi les analyseurs audio, audio et radiofréquences, il existe aujourd'hui différentes variétés d'analyseurs de spectre.[23]



**Figure II.2** : Schéma fonctionnel d'un analyseur de spectre [23]

### II.2.1-Les éléments d'un analyseur de spectre[23]

**Le filtre passe-bas :** pour éliminer l'élément haute fréquence indésirables, mais il faudra tenir compte de son absence lors de l'analyse de signaux de fréquences élevées.

**L'oscillateur local :** L'oscillateur local dans l'analyseur de spectre est un élément nécessaire de l'ensemble du fonctionnement de l'appareil Ses performances régissent bon nombre des paramètres de performance globaux de l'analyseur complet. Seront remplacés ici par un GBF la fréquence.

**Le générateur derampe:** Le générateur de rampe entraîne le balayage de l'oscillateur local ainsi que l'affichage. De cette manière, l'axe horizontal de l'affichage est directement lié à la fréquence.

**Le multiplieur :** réalise l'opération  $y(t) = e(t).x(t)$ .

**Le filtre passe bande :** est un filtre très sélectif laissant qu'une bande ou intervalle de fréquence compris.

**Le détecteur de crête :** va nous donner une tension  $s(t)$  proportionnelle à l'amplitude des raies que contient  $z(t)$ . La tension  $s(t)$  sera envoyée sur l'entrée Y de l'oscilloscope.

### II.2.2- Comment fonctionnent analyseur spectre

La plupart des analyseurs de spectre offrent aux utilisateurs la possibilité de définir une fréquence de départ, d'arrêt et une fréquence centrale. La fréquence centrale se situe à mi-chemin entre les fréquences d'arrêt et de départ et constitue également l'axe de la fréquence utilisée pour déterminer la plage - la plage entre les fréquences de départ et d'arrêt. Avec un analyseur de spectre RF, l'analyseur mesure le «bruit de fond» radio et mesure à quel point deux signaux peuvent être proches tout en étant résolus en deux pics distincts. [24]

## II.3- Types d'analyseurs de spectre

### II.3.1-Analyseur à balayage

#### II.3.1.1-Définition

Un analyseur de spectre à balayage ajusté convertit à la baisse le signal d'entrée pour l'adapter à la fréquence centrale d'un filtre passe-bande. Cela permet d'utiliser toute la plage de fréquences de l'appareil. Dans ce mode de fonctionnement, la bande passante (RBW) est déterminée par la bande passante du filtre passe-bande. Généralement, plus la largeur de

bande de résolution est petite, plus la résolution de fréquence est grande; Une résolution haute fréquence permet à l'unité de distinguer les fréquences proches. La résolution RBW / haute fréquence se traduit par un temps d'acquisition et de calcul plus long.[25]

### II.3.1.2-Principe de fonctionnement

Le système utilise le principe d'un analyseur de spectre à balayage. Il se base sur une excursion périodique de fréquence, on mesure l'amplitude de chaque composante fréquentielle à l'aide d'un filtre d'analyse et d'un détecteur de crêtes. La fréquence de coupure du filtre d'analyse étant fixe, on réalise, en aval, un changement de fréquence sur le signal à mesurer. Afin de réaliser le balayage, de préférence linéaire, on utilise un générateur de rampe pour attaquer ensuite un oscillateur commandé en tension. La fréquence du signal émit évolue alors linéairement en fonction du temps.[26]

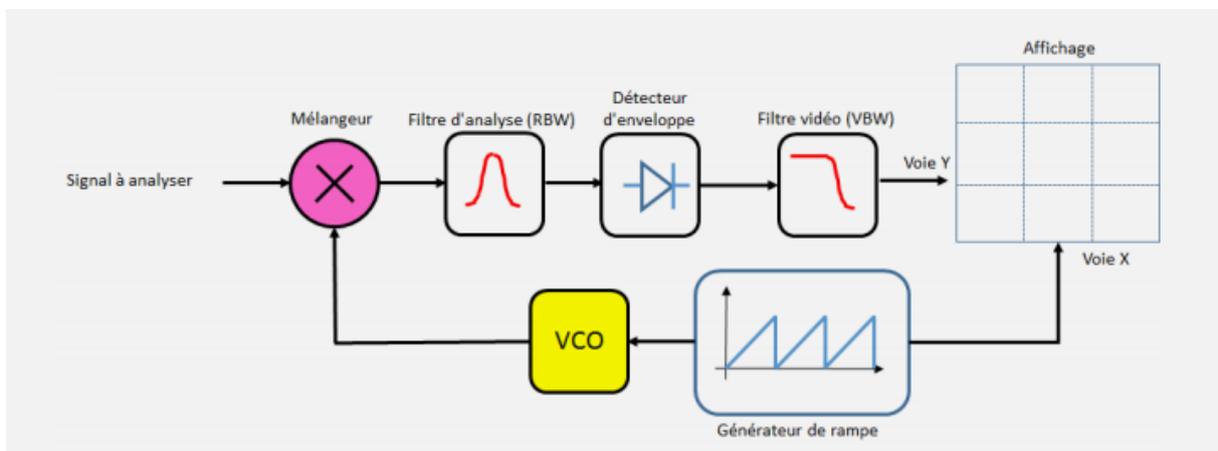


Figure II.3 : Schéma fonctionnel analyseur à balayage[27]

### II.3.1.3-Le principe des éléments d'un analyseur de spectre à balayage

Le principe simplifié d'un analyseur de spectre à balayage est représenté sur la figure II.3 .Un générateur de rampe commande un oscillateur contrôlé en tension. La sortie de cet oscillateur est mélangée au signal d'entrée dont on souhaite analyser le contenu fréquentiel. On effectue donc une transposition de fréquence qui a pour but de faire passer devant le filtre d'analyse ou filtre intermédiaire (fixe) l'ensemble des composantes fréquentielles du signal d'entrée. Un détecteur d'enveloppé suivi d'un filtre passe bas (ou filtre vidéo) permet de visualiser l'image du spectre sur un écran en concordance avec la rampe générée. [28]

## II.3.2-Analyseur de spectre FFT

### II.3.2.1-Définition

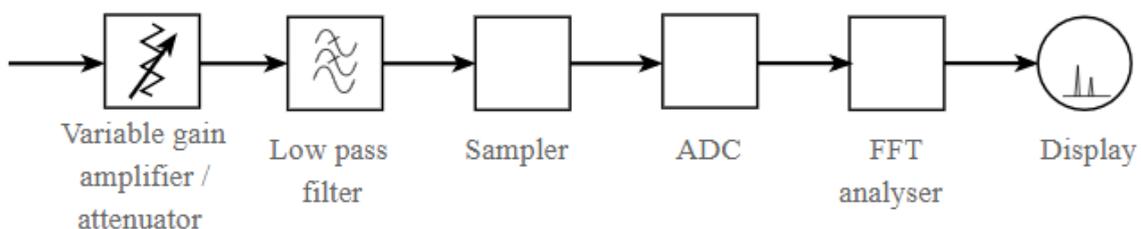
La transformée de Fourier rapide (FFT) est le cœur de la technologie temps réel analyseur de spectre. En RSA, les algorithmes FFT sont généralement employés pour transformer les signaux du domaine temporel en domaine fréquentiel spectres. Conceptuellement, le traitement FFT peut être considéré comme un succès un signal à travers une banque de filtres parallèles d'égale fréquence résolution et bande passante. La sortie FFT est généralement complexe estimé. Pour l'analyse spectrale, l'amplitude du résultat complexe est généralement le plus intéressant. [29]

### II.3.2.2-FFT Propriétés

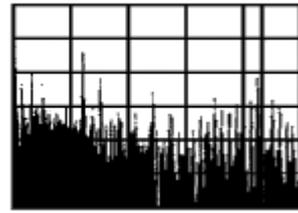
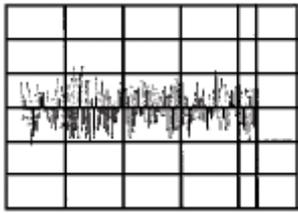
La durée représentée par la série d'échantillons sur laquelle la FFT effectuée est appelée la longueur de trame dans le RSA. La longueur de trame est le produit de la taille de la FFT et de la période d'échantillonnage. Comme le spectre calculé est la représentation en fréquence de la sur la durée de la trame, les événements temporels peuvent ne pas être résolu dans la longueur de trame du spectre. Par conséquent, la longueur de trame est la résolution temporelle du Processus FFT Les points du domaine fréquentiel du traitement FFT sont souvent appelés FFT bacs. Par conséquent, la taille de la FFT est égale au nombre de cases dans une Cadre FFT. Ces bacs sont équivalents à la sortie du filtre individuel Tous les bacs sont espacés de manière égale en fréquence. Deux lignes spectrales plus proches que la largeur de la corbeille ne peut pas être résolue. La résolution de fréquence FFT est donc la largeur de chaque case de fréquence, égale à la fréquence d'échantillonnage divisé par la taille de la FFT. Étant donné la même fréquence d'échantillon, une plus grande La taille de la FFT donne une résolution de fréquence plus fine. [29]

### II.3.2.3-Principe de fonctionnement

L'analyseur TRF est un analyseur parallèle dans la mesure où il effectue des analyses dans toutes les bandes de fréquences simultanément avec pour conséquence un temps d'analyse considérablement réduit. L'analyseur TRF est un analyseur de fréquences numérique.[30]



**Figure II.4:** Schéma fonctionnel analyseur de spectre FFT[31]



**Figure II.5** : Schéma fonction temporelle[32] **Figure II.6** : Schéma spectre de fréquence [32]

### II.3.2.4-Les éléments d'un analyseur de spectre à FFT [31]

**Atténuateur/gain** : l'entrée de l'analyseur FFT pour assure que le signal est au niveau requis pour la conversion analogique-numérique.

**Filtre passe bas** : placé devant l'échantillonneur pour éliminer l'élément haute fréquence indésirables.

**Conversion numérique(ADC)**: Un convertisseur analogique numérique dont la fonction est de traduire une grandeur analogique en une valeur numérique.

**Analyseur de FFT** : converties Les données de l'échantillonneur sont le domaine temporel a dans le domaine fréquentiel.

**Display** : présenter les informations à afficher de différentes manières. Les affichages sont très flexibles et permettent de présenter les informations dans des formats faciles à comprendre et à révéler une variété de facettes du signal.

## II.3.3-Analyseur de spectre a temps réel

### II.3.3.1-Définition

Dans les analyseurs en temps réel, les opérations de mesure traitent tous les l'information. Pour l'analyse du signal RF, il s'agit généralement de données IF. Les analyseurs modernes en temps réel peuvent maintenir une analyse en temps réel indéfiniment, bien que cela soit réalisé en partie en effectuant uniquement un signal simplifié traitement tel que spectre de puissance ou magnitude. Certaines applications nécessitent seulement une période limitée de fonctionnement en temps réel et peut bénéficier de la capture de temps Mots-clés de l'illustration vectorielle : des opérations telles que la démodulation sont importantes. Dans le domaine du temps réel, la durée requise varie considérablement d'une application à l'autre. Le Dans certaines mesures, l'accent est mis sur les affichages en direct de longue durée, tandis que dans d'autres, il est essentiel d'éviter les lacunes et de traiter intégralement chaque échantillon. La puissance de traitement requise pour le fonctionnement continu en temps réel

en général échelles avec le nombre d'échantillons / seconde impliqués, et donc l'analyse bande passante. Par conséquent, une quantité donnée de puissance de traitement, il y a une le traitement de la bande passante maximale peut suivre le nombre d'échantillons les données. [33]

### **II.3.2-Types des mesures analyseurs en temps réel**

#### **II.3.3.1-Mesures de spectre au-delà de la bande passante en temps réel**

Analyseur (SA). Pour les plages de fréquence dépassant la bande passante en temps réel de l'instrument, ceci est obtenu en réglant la RSA à travers la période d'intérêt un peu comme un traditionnel analyseur de spectre. [34]

#### **II.3.3.2-Mesure du domaine de fréquence**

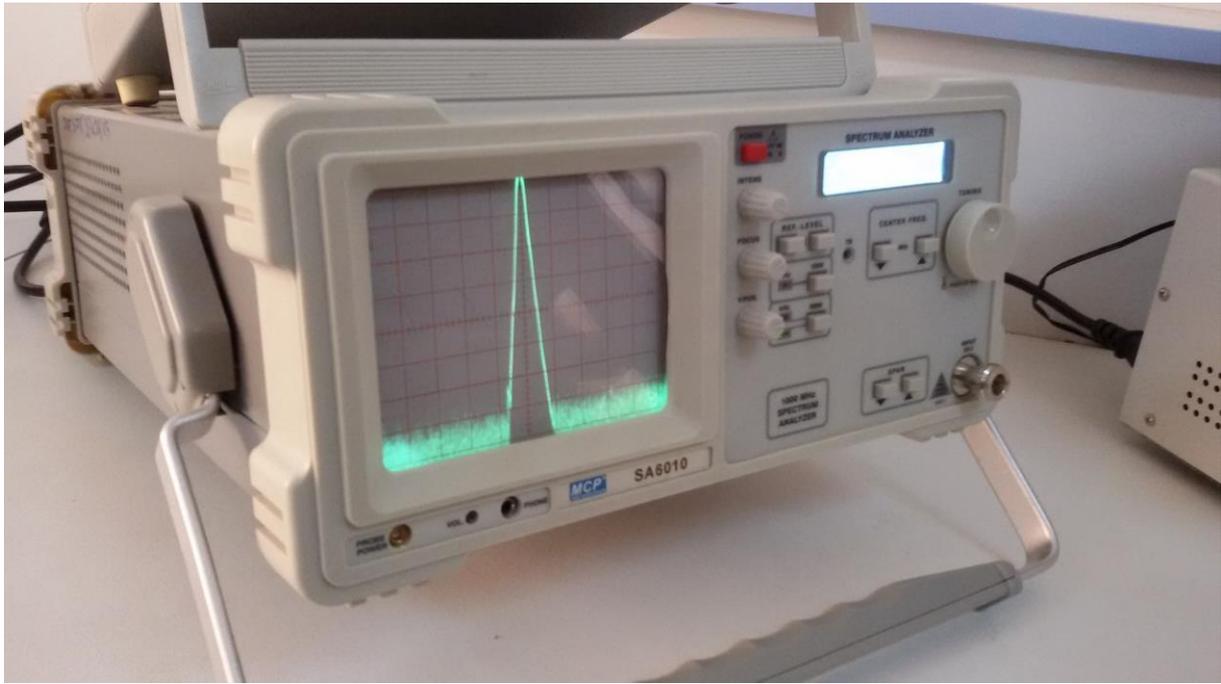
Les mesures du domaine fréquentiel de base sont les mesures de l'affichage du spectre de l'afficheur numérique du phosphore en temps réel (DPX), les mesures de l'affichage du spectre et la capacité de mesure de l'affichage du spectrogramme. [34]

#### **II.3.3.3-Mesures dans le domaine temporel**

La mesure du temps affiche la fréquence sur l'axe vertical et le temps sur l'axe horizontal. Alors que l'affichage du spectrogramme peut afficher les mêmes informations, la fréquence par rapport au temps présente deux différences importantes. Premièrement, la vue fréquence / temps a un domaine temporel bien meilleure résolution que le spectrogramme, comme décrit en détail ci-dessous. Deuxièmement, cette mesure calcule une valeur de fréquence unique pour chaque instant, ce qui signifie qu'elle ne peut pas afficher plusieurs signaux RF comme le spectrogramme. [34]

### **II.3.4-Analyseur de spectre en temps réel FSVR**

Le FSVR est le premier analyseur de spectre avec deux modes d'analyses : analyse de spectre conventionnel (hétérodyne) et analyse (FFT) en temps réel. De plus, l'instrument offre diverses fonctions pour analyser les signaux numériques ou analogiques modulés. Par conséquent, l'utilisateur est bien préparé à n'importe quelle tâche de mesure ; de mesures rapides d'aperçu complet à la détection de brouilleurs sporadiques ou la surveillance de systèmes radio à sauts de fréquences.[35]



**Figure II.7 :** Analyseur de spectre de laboratoire de CUBBAT

# **Chapitre III**

**Conception d'un  
analyseur de spectre  
(100Hz-500Hz**

### III.1- Introduction

Dans ce chapitre on va faire la simulation d'un analyseur de spectre (100Hz-500Hz) via le logiciel PROTEUS ISIS professionnel version 7.6 qui est principalement connu par l'édition des schémas électrique.

### III.2- L'étude de circuit

#### III.2.1- L'étude des matériels utilisés

Le circuit électronique contient les éléments suivants

- ✓ 1 multiplieur AD633J
- ✓ 1 NE555
- ✓ 1 transistor
- ✓ 2 diodes 1N4148
- ✓ 3 résistances 10 k
- ✓ 1 résistance 20 k
- ✓ 2 résistance 22 k
- ✓ 1 résistance 53.05 k
- ✓ 1 résistance 1 k
- ✓ 1 condensateur 100 nF
- ✓ 1 condensateur 1 uF
- ✓ 1 condensateur 0.079 uF
- ✓ 1 condensateur 10 uF
- ✓ Inductance 1.2 u

#### III.2.2- multiplieur AD633J

Ce boîtier comporte un circuit multiplieur type AD633 monté avec douilles banane de sécurité permettant de l'intégrer à un montage. Un schéma normalisé sérigraphie permet de décrire explicitement les entrées et les sorties. Il permet notamment de réaliser l'étude de la modulation d'amplitude.

- Utilisation :

Le support du multiplieur AD633 reprend à l'identique la nomenclature des documentations constructeur du composant nu comme indiqué ci-dessous : entrées X1, X2, Y1, Y2, sortie W, décalage Z, alimentation +/-Vs. [36]

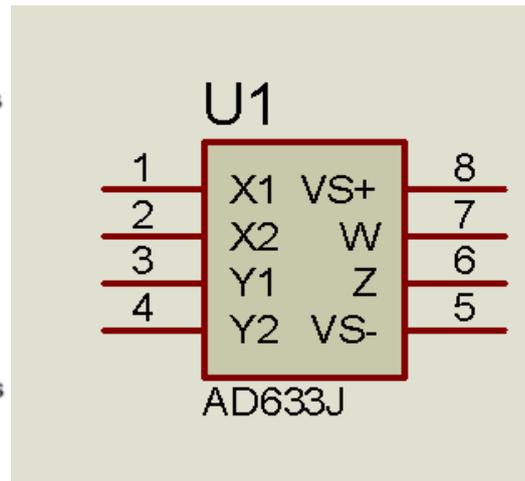
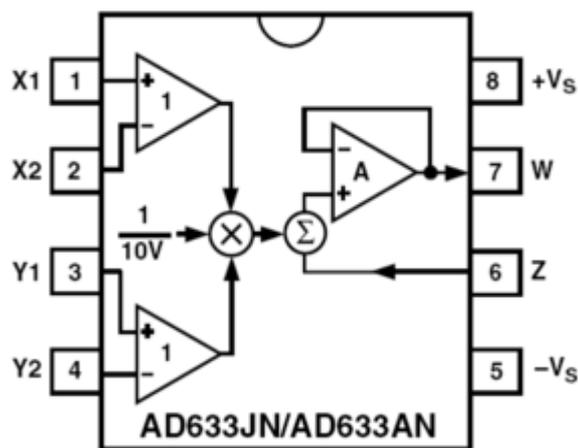


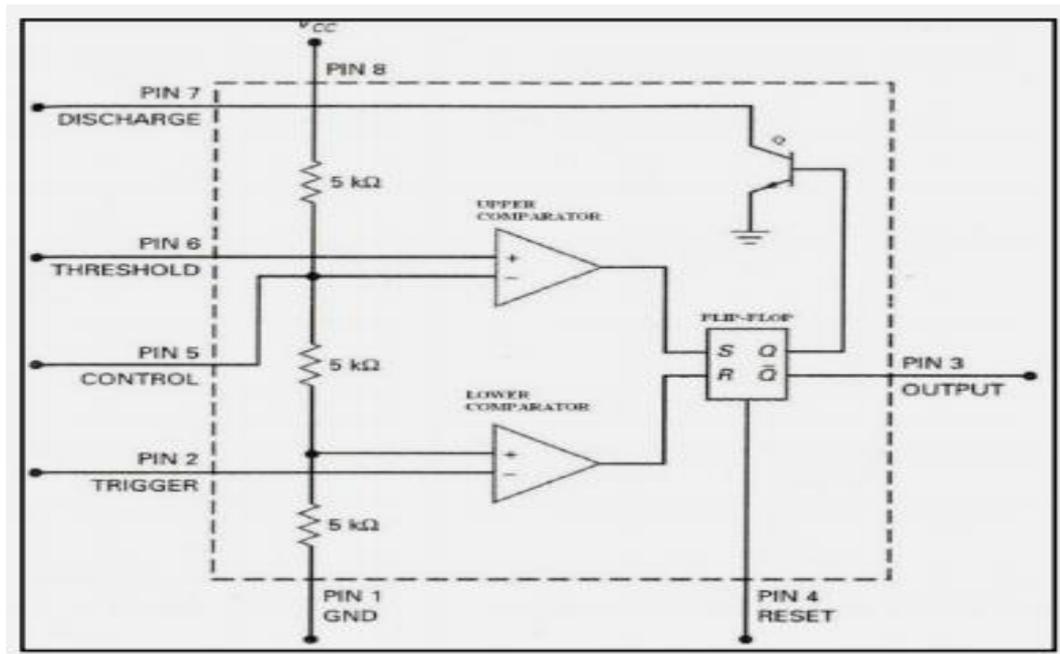
Figure III.1 : AD633JN [36] Figure III.2 :Symbole de AD633JN

### III.2.3-Circuit intégré NE555

Le NE555 est un circuit utilisé en particulier pour la gestion des temporisations en mode multivibrateur. Ce circuit a été créé et commercialisé au début des années soixante-dix, mais en raison de sa simplicité, de son faible coût, et de sa stabilité, il est toujours utilisé dans les circuits 'time' de base. Le circuit est disponible généralement en boîtier DIL (dual in line) de 8 pattes, dont les appellations et les fonctions sont résumées dans le tableau suivant.



Figure III.3 : Le NE555 [38]



**Figure III.4** Schéma Principe et diagramme fonctionnel [37]

Le NE555 est constitué de 23 transistors, 2 diodes, et 16 résistances. Du point de vue fonctionnel, le circuit peut être décrit par le schéma ci-contre, comprenant : - Deux circuits comparateurs - Un diviseur de tension de 3 résistances identiques de 5k. Les tensions de référence sont respectivement  $1/3$  et  $2/3$  VCC, et servent comme référence aux deux comparateurs - Une bascule SR (avec pin reset) contrôlée en entrée par les deux comparateurs - Un transistor permettant la décharge du condensateur de temporisation.[37]

### III.2.4-Transistor

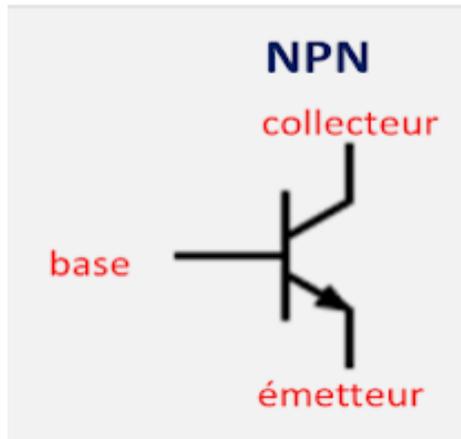
Le transistor est le composant électronique actif essentiel en électronique utilisé essentiellement comme interrupteur commandé, pour l'amplification, mais également pour stabiliser une tension, moduler un signal mais aussi de nombreuses autres utilisations.

Dispositif électronique à trois "pattes" : deux pour l'entrée-sortie du courant et une troisième (base) pour commander le passage...

Composant électronique donnant la possibilité entre autres de commuter ou d'augmenter un signal électrique. [39]

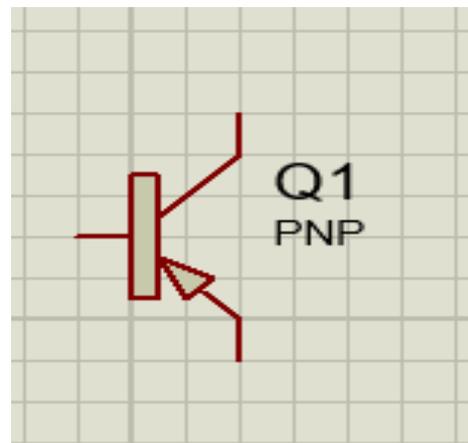
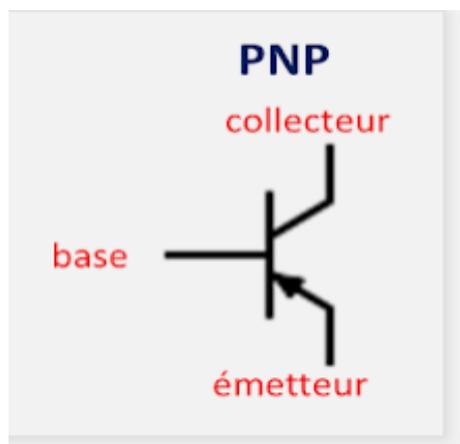
Il existe 2 types de transistors bipolaires : de type NPN et de type PNP: N-P-N et P-N-P

**N-P-N:** Les transistors bipolaires N.P.N. (négatif-positif-négatif) laissent circuler un courant de la base (+) vers l'émetteur (-) sont plus rapides et ont une meilleure tenue en tension[40]



**Figure III.5:** Transistor N-P-N [41] **Figure III.6 :** Symbole de transistor N-P-N

**P-N-P :** les transistors P.N.P. base (-) émetteur (+), mais peuvent être produits avec des caractéristiques complémentaires par les fabricants pour les applications le nécessitant. [40]



**Figure III.7:** Transistors P-N-P [41] **Figure III.8 :** Symbole de transistor P-N-P

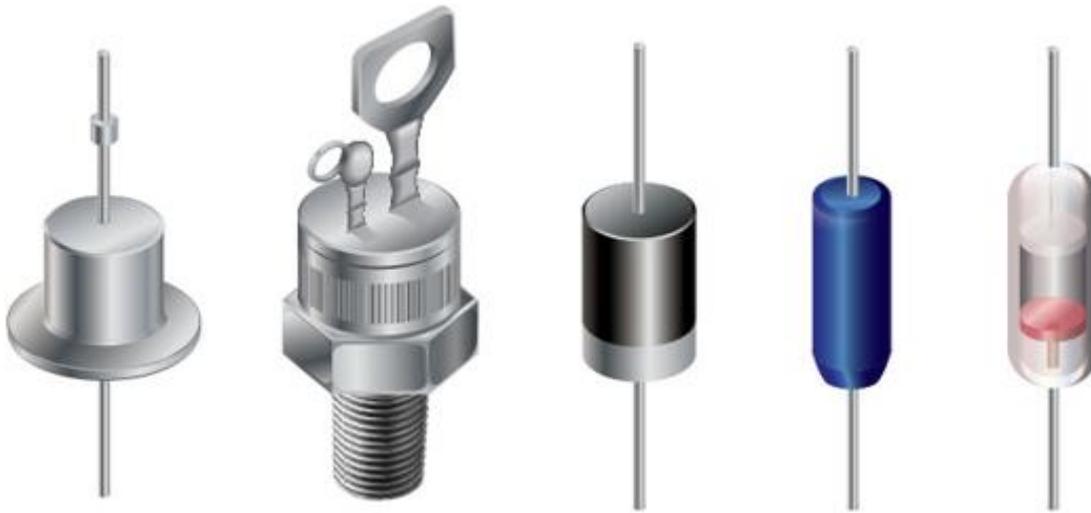
### III.2.5-Diode

**Diode :** Est un appareil semi-conducteur qui agit principalement comme commutateur à sens unique de courant. Elle permet au courant de circuler facilement dans une direction, mais restreint fortement le courant de circuler dans la direction opposée.

Les diodes sont également connues sous le nom de redresseurs .car elles changent le courant alternatif (AC) en courant direct à pulsation (DC). Les diodes sont classées selon leur type, leur tension et leur capacité de courant.

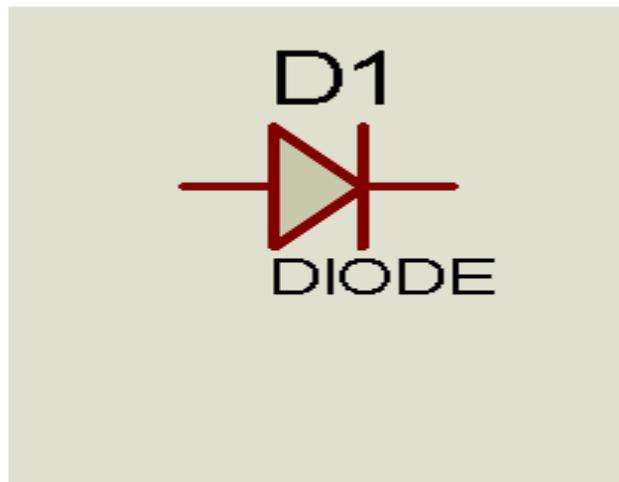
Les diodes ont une polarité déterminée par une anode (fil positif) et une cathode (fil négatif).

La plupart des diodes permettent au courant de circuler uniquement lorsqu'une tension positive est appliquée à l'anode. Ce graphique présente une variété de configurations de diodes :



**Figure III.9:** Les type de diode[42]

Les diodes sont disponibles dans plusieurs configurations. De gauche à droite : boîtier en métal, montage sur plot, boîtier en plastique avec une bande, boîtier en plastique avec chanfrein, boîtier en verre.[42]



**Figure III.10 :** Symbole de diode

### III.2.6-Résistance

La résistance est un composant électrique dont la principale capacité, précisément, est de montrer une forte résistance au passage du courant électrique. Ce type d'appareil est d'une très grande importance dans le monde moderne et ses applications sont multiples. Il est en effet destiné à protéger les autres composants d'un circuit électronique. Les anneaux de couleur à la

surface du composant sont prévus pour indiquer la valeur de la résistance ainsi que sa tolérance. Les résistances sont faites d'un mélange de carbone, de fil résistif ou de films de métal, et sont reliées au circuit électrique via deux fils de connexion. La résistance est par ailleurs à l'origine d'une perte d'énergie sous forme de chaleur, c'est ce qu'on appelle l'effet Joule. Cette production de chaleur peut être volontaire dans certains cas. C'est le cas des résistances des plaques électriques. [43]

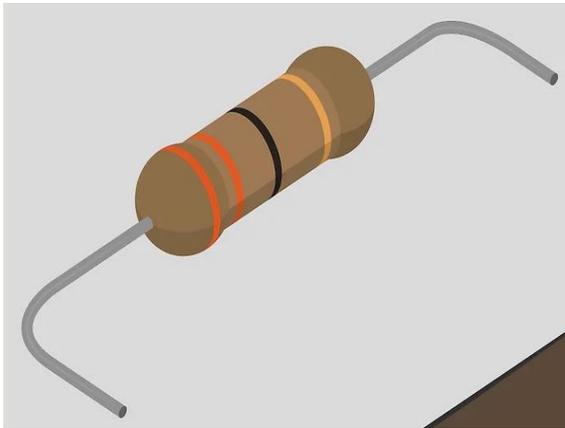


Figure III.11 :Resistance [44]

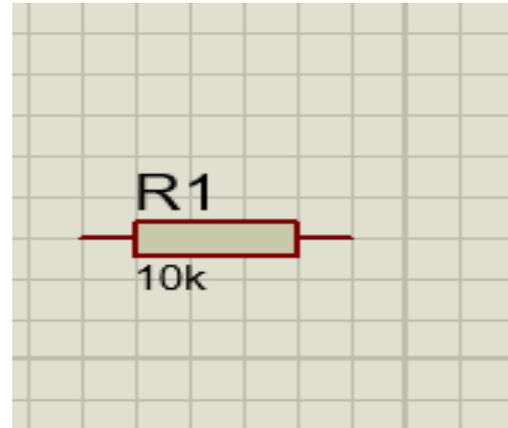


Figure III.12 : Symbole de resistance

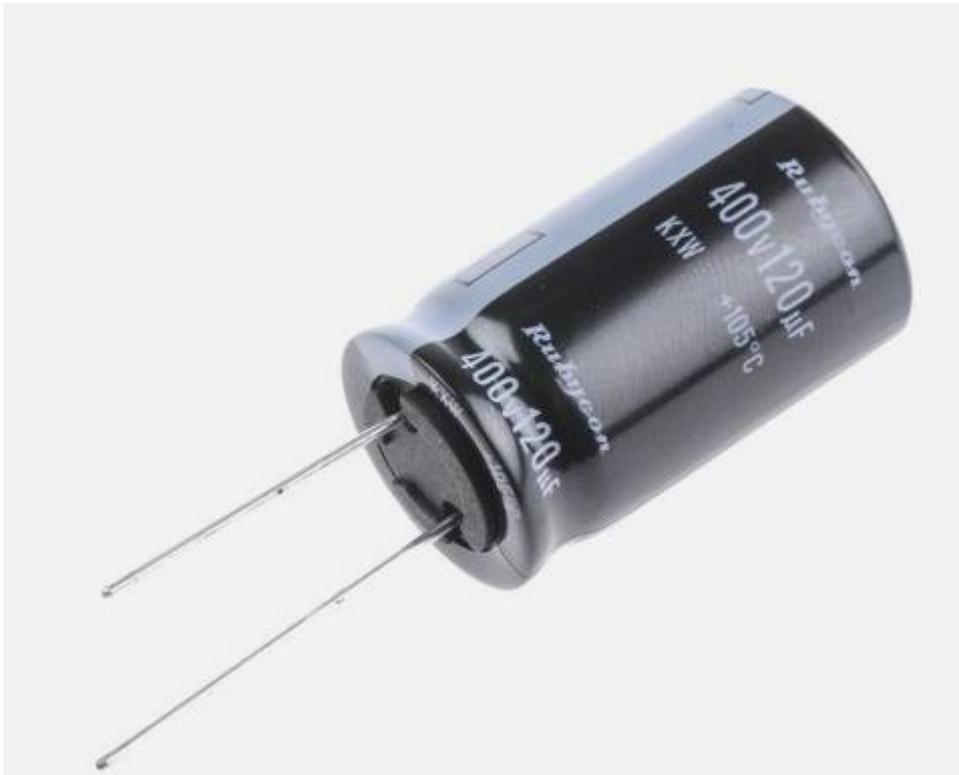
### III.2.7-Condensateur

Condensateur est un composant électronique élémentaire, constitué de deux armatures conductrices (appelées électrode) en influence totale et séparées par un isolant polarisable ou diélectrique. Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée. Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé capacité électrique et exprimée en farads (F). [45]

Il y a plusieurs types de condensateurs

#### -Condensateur électrolytiques

Les condensateurs électrolytiques utilisent un électrolyte pour fournir une plus grande valeur de capacité que les autres types de condensateurs. Presque tous les condensateurs électrolytiques sont polarisés, ils doivent donc être utilisés dans des circuits DC et correctement polarisés. Les condensateurs électrolytiques peuvent être soit des électrolytes humides, soit des polymères solides. Ils sont généralement fabriqués en tantale ou en aluminium. [46]



**Figure III.13 :**Condensateur électrolytiques[47]

#### **-Condensateur céramique**

Les condensateurs céramiques utilisent un matériau céramique comme diélectrique. Le condensateur à puces multicouches (MLCC) et le condensateur à disque céramique sont les types les plus couramment utilisés dans l'électronique moderne. [48]



**Figure III.14 :**Condensateur céramique [49]

### **II.2.8-Inductance**

Une bobine est un dipôle passif non polarisé constitué d'une multitude de spire de fil conducteur autour d'un noyau. [50]



Figure III.15 :inductance [50]

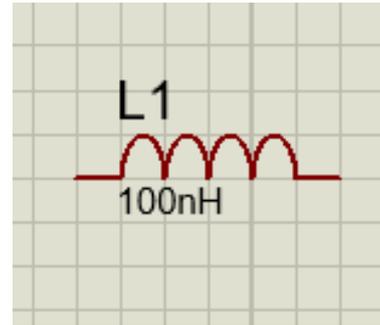


Figure III.16 :symbole de inductance

### III.3- L'étude de chaque étage du circuit

#### III.3.1- L'étude de générateur de rampe

En électronique et en génie électrique, un générateur de rampe est un circuit qui crée une sortie linéaire en hausse ou en baisse par rapport au temps. La variable de sortie est généralement la tension, bien que des rampes de courant puissent être créées. Les générateurs de rampe linéaires sont également connus comme générateurs de balayage. [51]

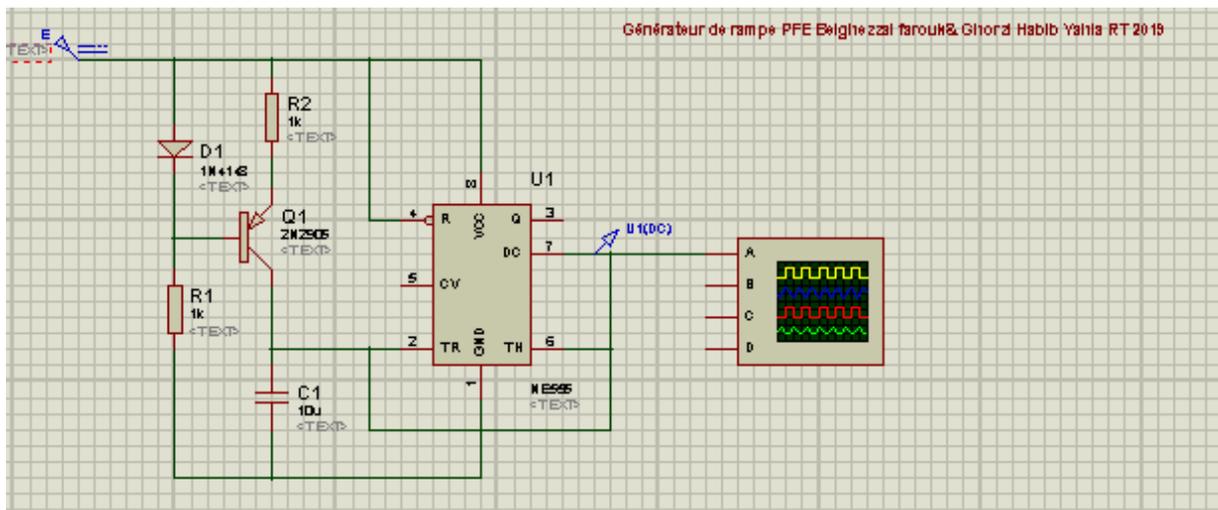


Figure III.17 :Generateur de rampe

Le générateur de rampe produit une forme d'onde en dents de scie comme la Figure III.18. Supposons qu'un 3V soit appliqué à l'entrée d'un comparateur de terminal X et d'un générateur de rampe à la borne Y. Le générateur de rampe commence à augmenter sa tension mais, toujours inférieur à l'entrée X du comparateur, la sortie doit être égale à 1. Dès que la tension de rampe est égale ou supérieure à X, la sortie du comparateur passe à l'état bas. [51]

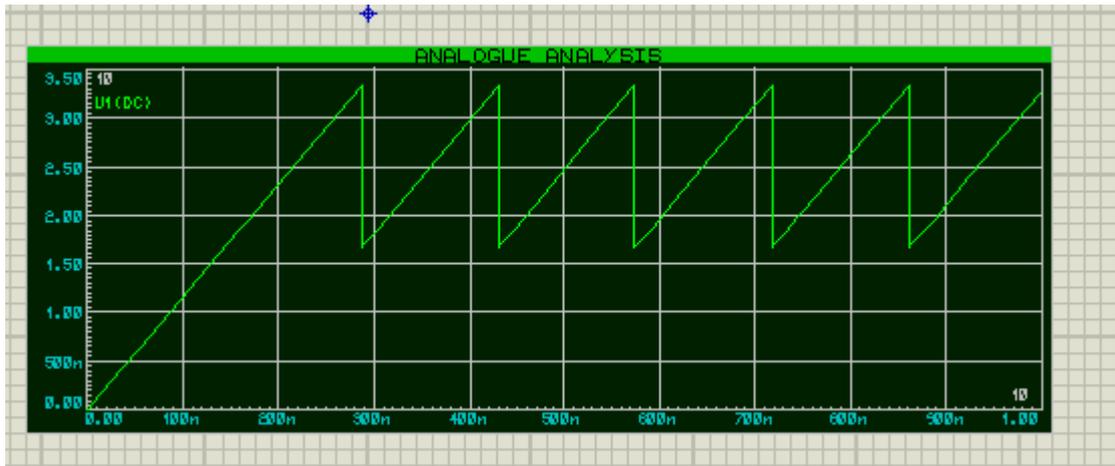


Figure III.18 :Signal d'onde en dents de scie

### III.3-2 L'étude de filtre passe bas

Le filtre passe bas est un dispositif qui démontre une réponse en fréquence relativement constante aux bases fréquences.

Idéalement, le filtre passe bas aurait un gain unitaire aux bases fréquences et un gain nul aux fréquences supérieures à la coupure .On utilise les filtres passe bas pour réduire l'amplitude des composantes des fréquences supérieures. [52]

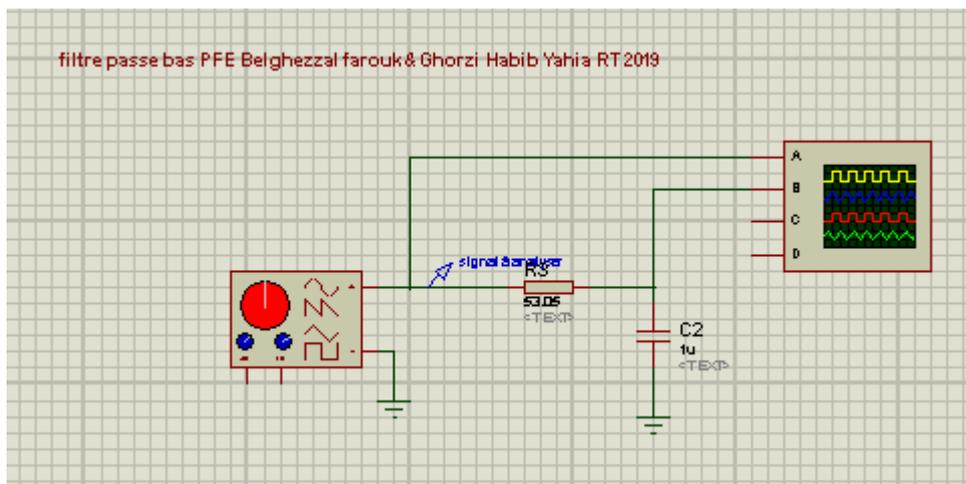


Figure III.19 :Filtre passe bas

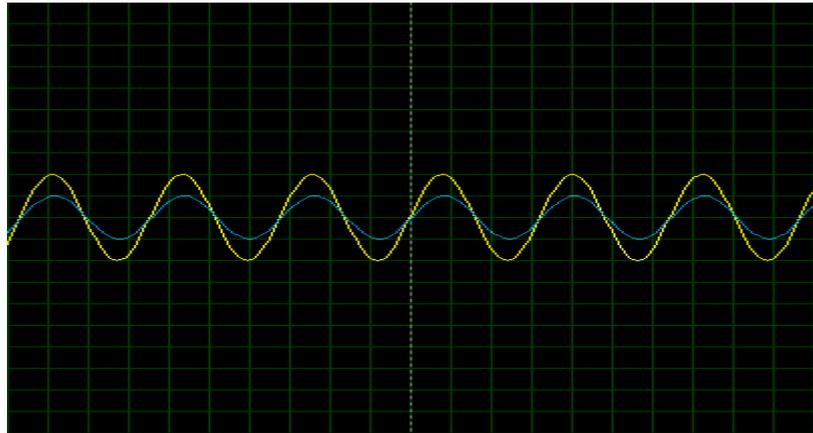


Figure III.20: Signal d unfiltre passe bas

### III.3.3-L'étude de multiplieur

Multiplieur pour réaliser l'opération  $y(t) = e(t).x(t)$  la multiplication de 2 signaux signal analyser figure III.22.

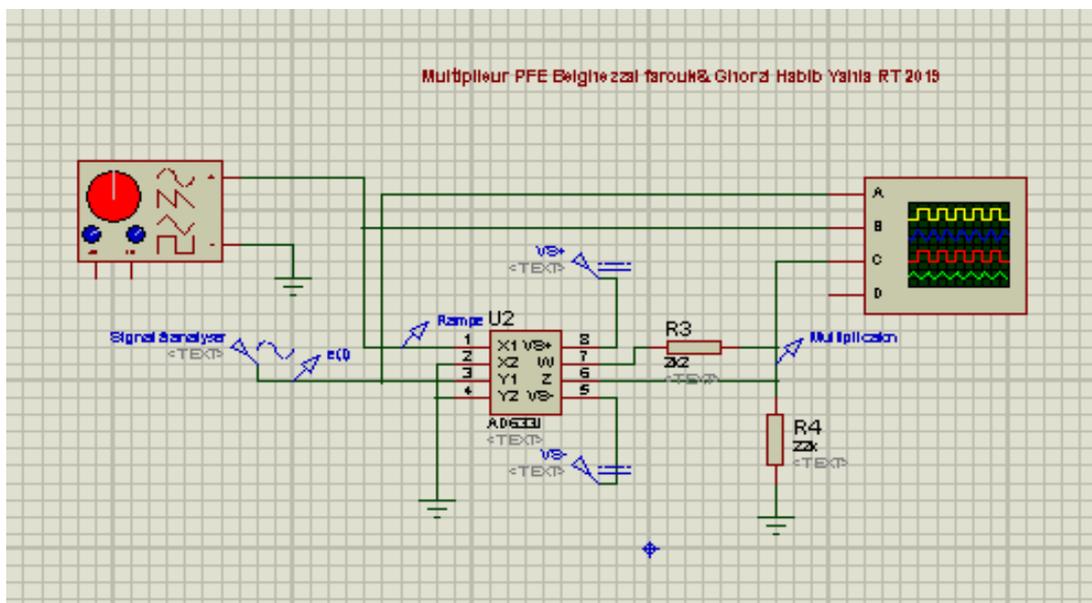
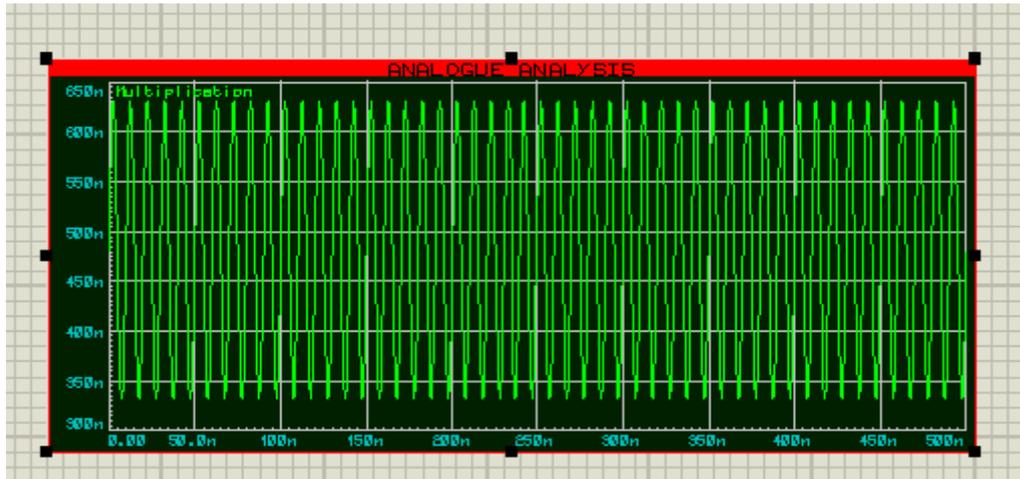


Figure III.21 :Multiplieur



**Figure III.22 : Multiplication** entre signal analysé et signal d'onde en dents de scie

### III.3.4- L'étude de passe bande

Les filtres passe-bande permettent de sélectionner une bande de fréquence dans un signal figure III.24. Ils sont particulièrement utilisés en radio-communication (télévision, téléphonie, etc.), pour sélectionner une bande de fréquence contenant l'information que l'on souhaite décoder. En traitement du signal audio, ils sont utilisés dans les égaliseurs, qui permettent par exemple d'équilibrer les signaux issus des différents microphones lors d'une prise de son. Un filtre passe-bande est un filtre ne laissant passer qu'une bande ou intervalle de fréquences compris. [53]

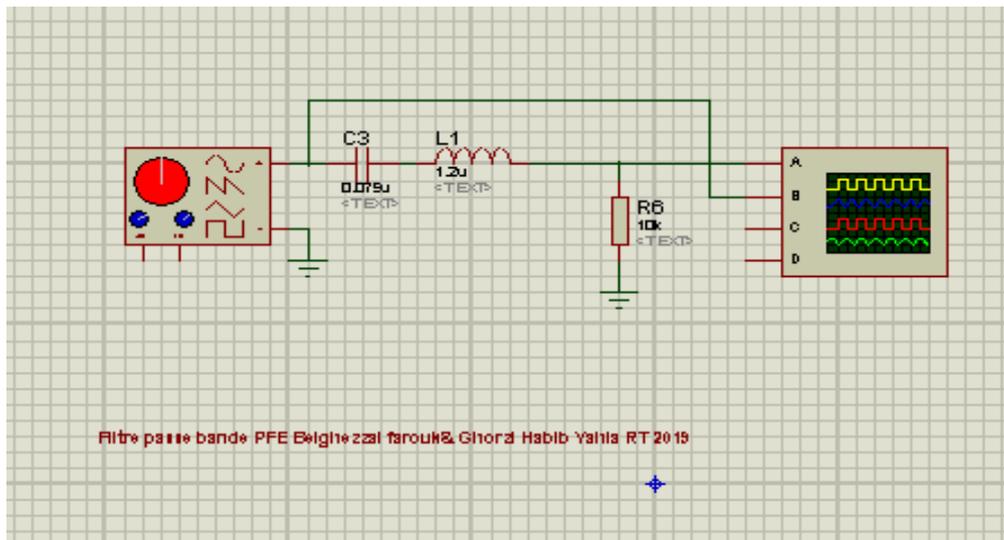
$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

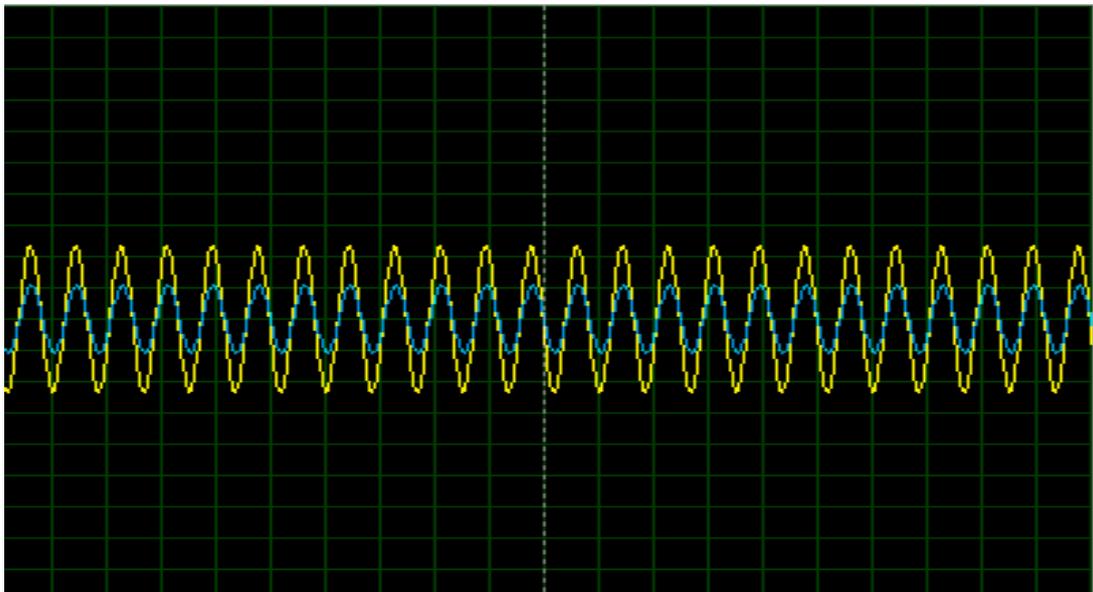
$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{1}{LC}}}$$

$$f_1 = \left[ -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \left(\frac{1}{LC}\right)} \right] \frac{1}{2\pi} = 500 \text{ HZ}$$

$$f_2 = \left[ \frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 + \left(\frac{1}{LC}\right)} \right] \frac{1}{2\pi} = 100 \text{ HZ}$$



**Figure III.23 :** Filtre Passe bande



**Figure III.24 :** Signal filtre passe bande 100Hz a 500Hz

### III.3-5- L'étude de détecteur de crête

Montage une diode est un dipôle qui laisse passer le courant dans le sens de flèche et bloque le passage du courant dans le sens inverse

L'association d'une diode et d'un dipôle RC parallèle constitue un détecteur d'enveloppe

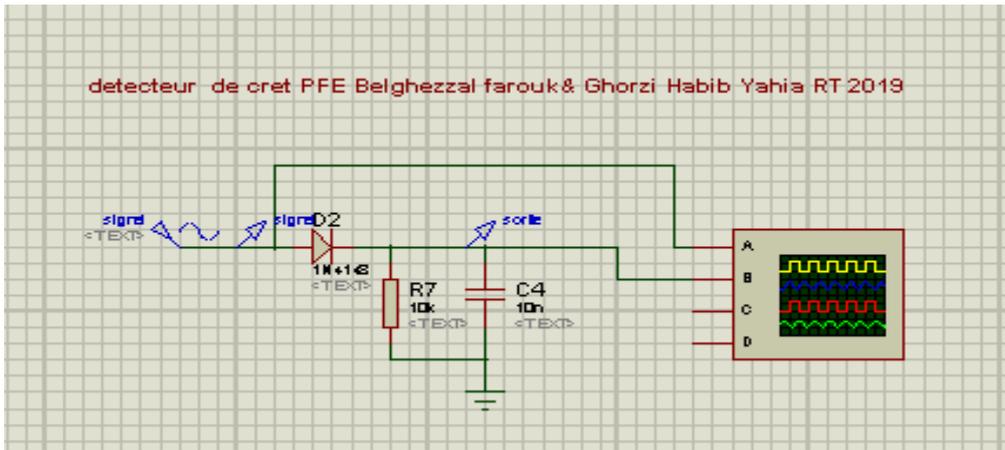


Figure III.25 : Détecteur de crête

La première partie est un montage redresseur. La diode ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Cela élimine la partie négative de la tension figure III.26. [54]

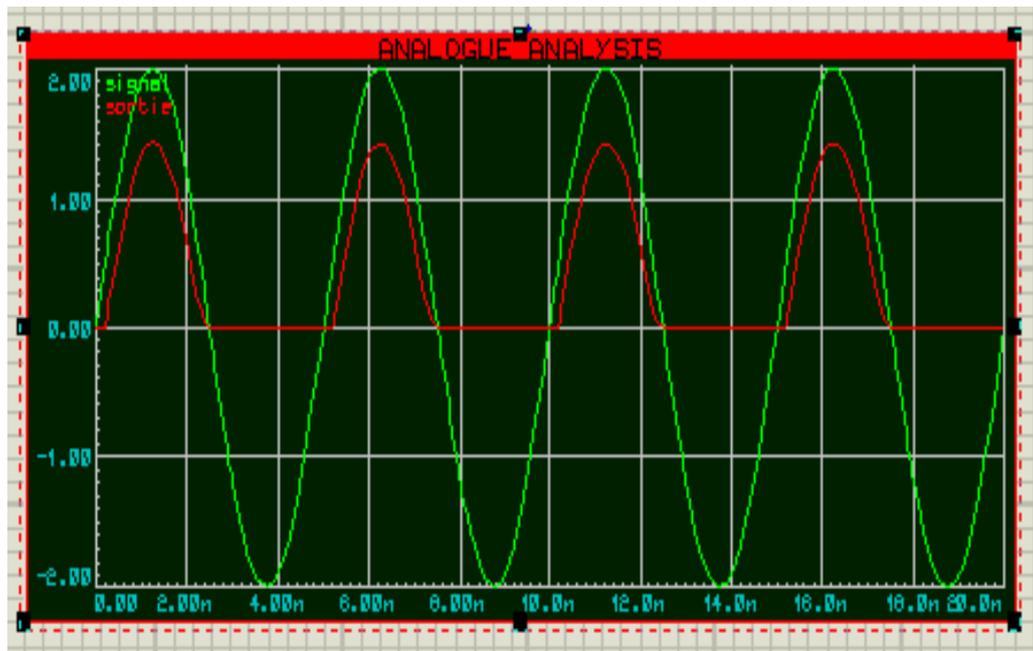


Figure III.26: Signal Détecteur de crête

✚ La figure III.26 présente le signal électrique de l'analyseur de spectre (100Hz-500Hz)

## **III.4- La partie hardware**

### **III.4.1- Proteus**

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société l'absenter électroniques, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : ISIS, ARES, PROSPICE et VSM. . [55]

### **III.4.2- Les avantages de PROTEUS**

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et utiliser
- Le support technique est performant
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet. [55]

### **III.4.3- ISIS**

Le logiciel ISIS(Intelligent Schematic Input Systeme ) de Proteus Professional est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.[56]

### **III.4.4- ARES**

Le logiciel ARES(Automatic Routage Equipment Systeme) est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB (Printed circuit board) de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. [56]

La figure III.27 présente le schéma électrique de l'analyseur de spectre (100Hz-500Hz)

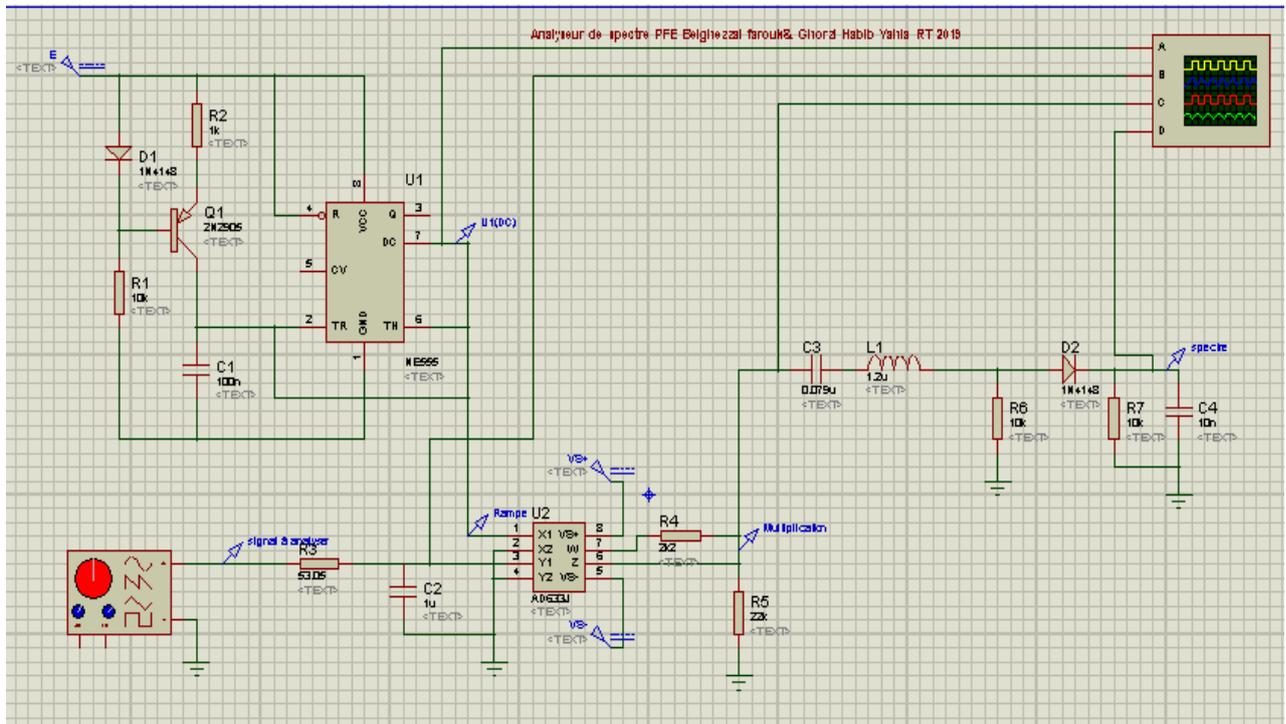
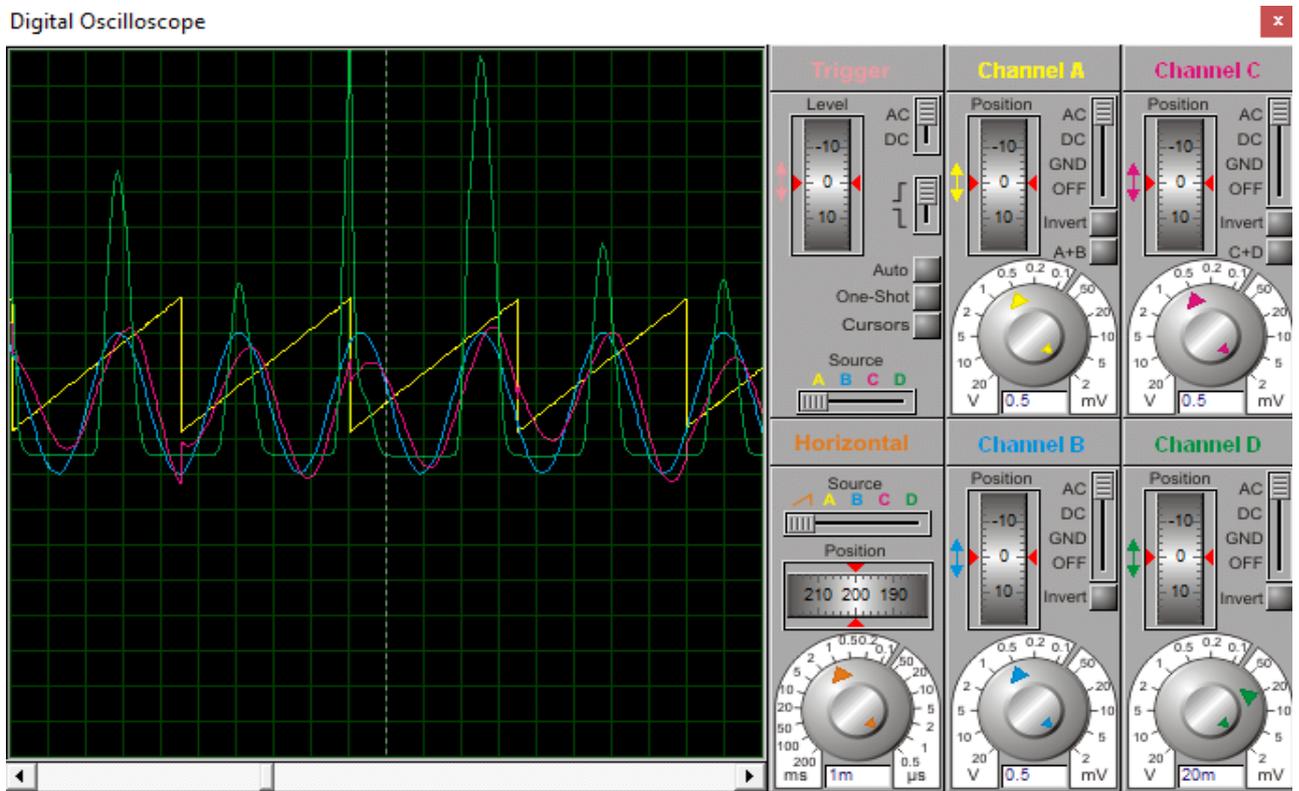


Figure III.27 : Le circuit réalisé sous PROTUES ISIS



La figure III.28 : Le signal électrique de l'analyseur de spectre (100Hz-500Hz)

On utilise la partie ARES du logiciel pour le typon comme il est illustre dans les figures suivantes

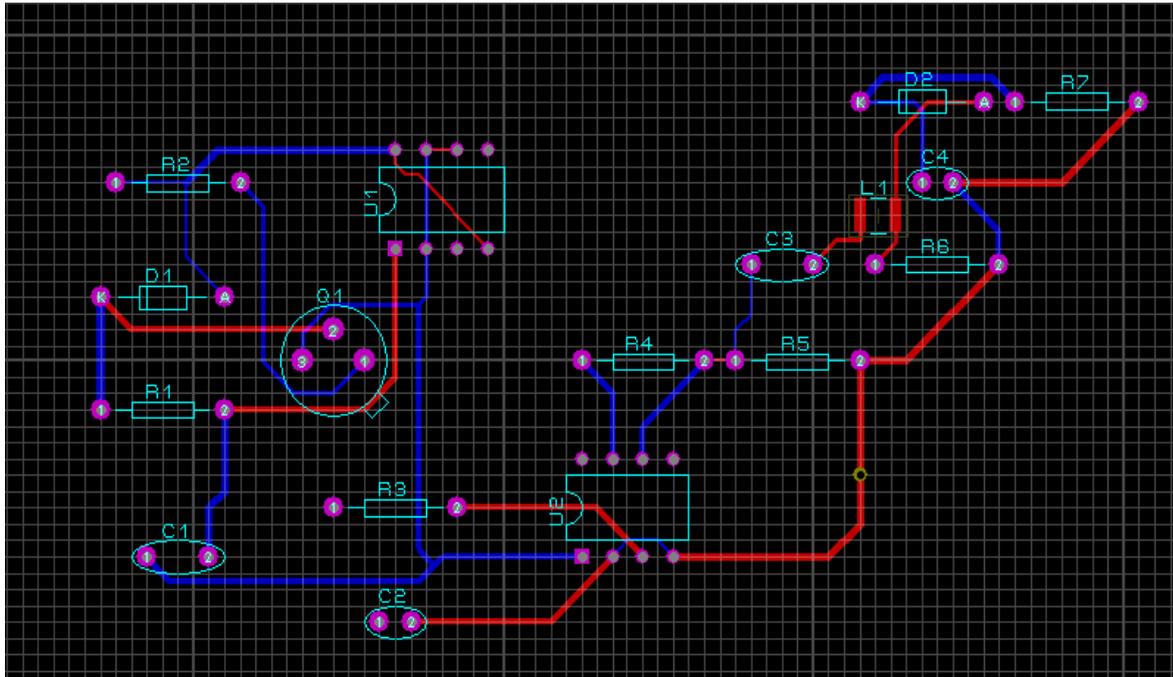


Figure III.29: Le circuit réalisé sous Proteus Ares

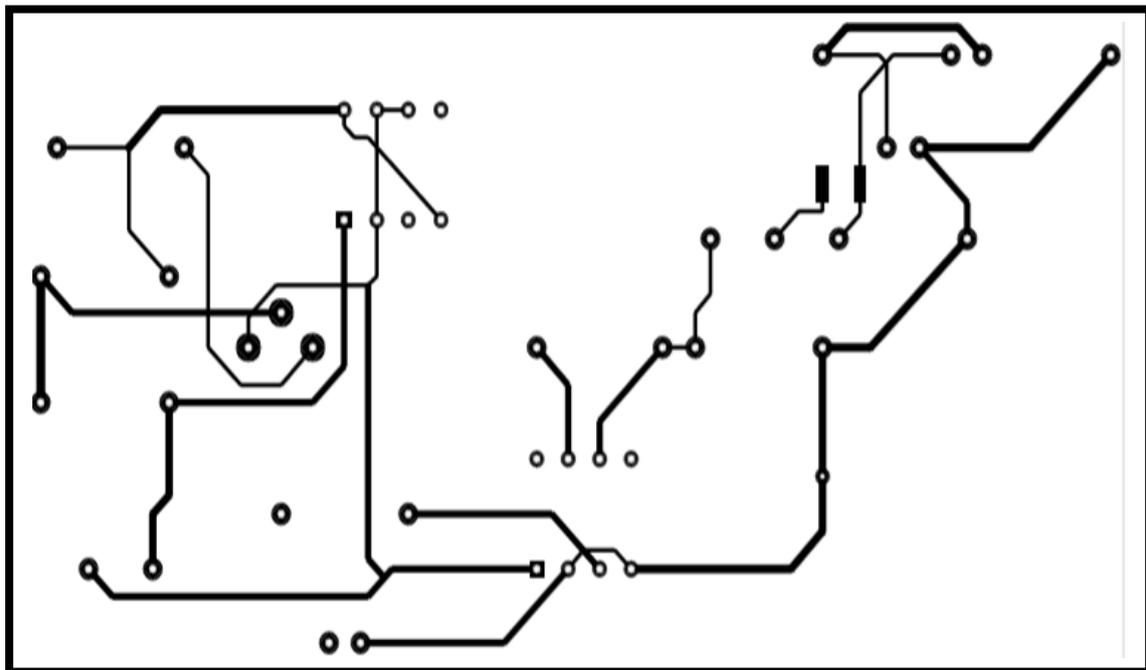


Figure III.30 : Le schéma imprimer circuit sous ARES

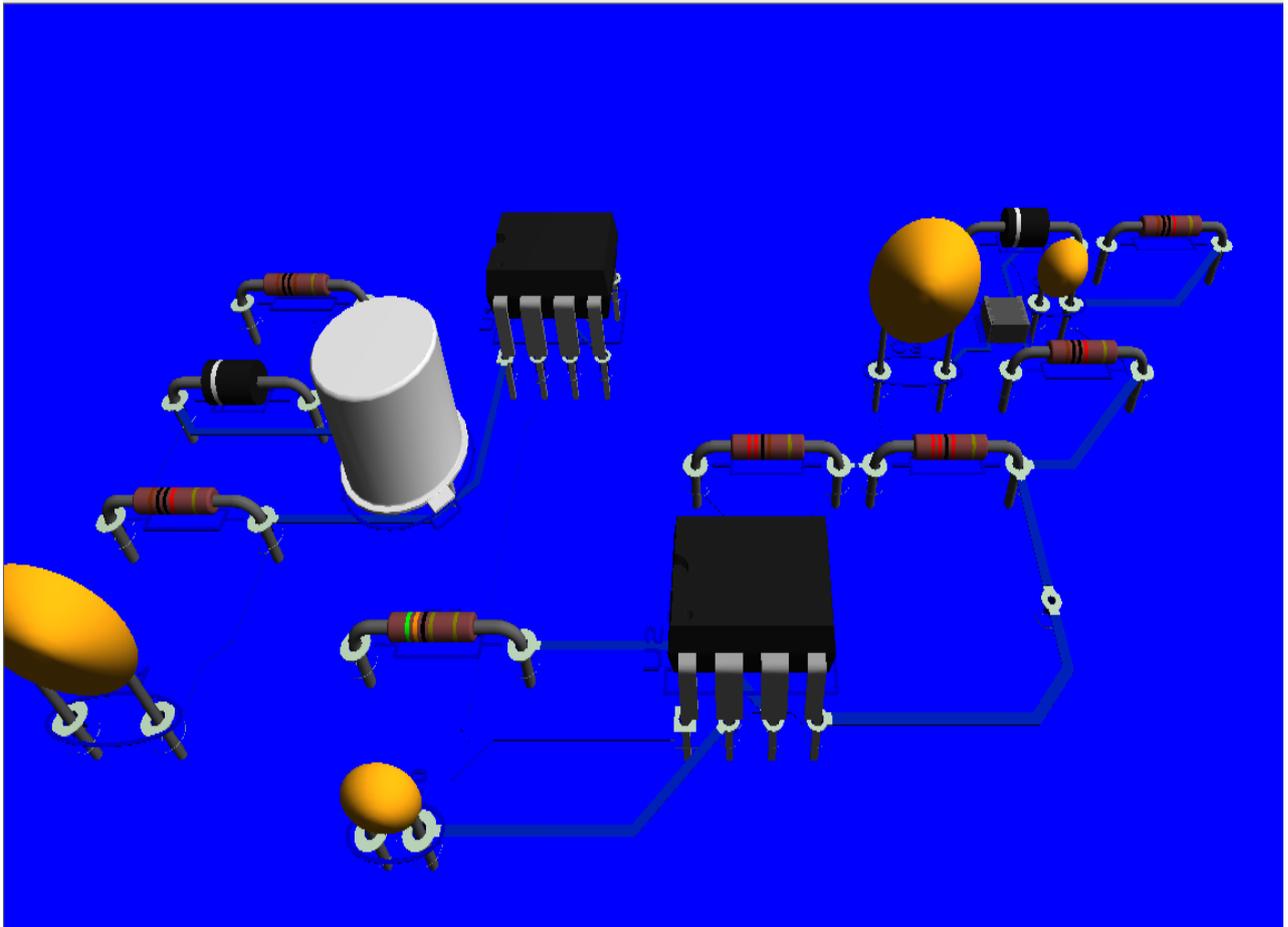


Figure III.31 : La visualisation 3D du circuit sous ARES

## III.5 -Résultats et discussions

### III.5 .1 - Analyse des signaux sinusoïdaux, carrés et triangulaires de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.

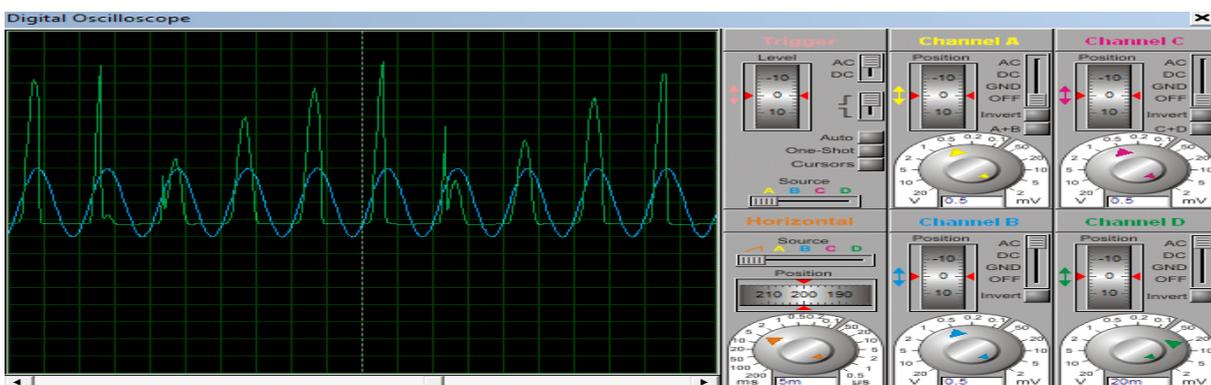


Figure III.32 : Analyse un signal sinusoïdal de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.

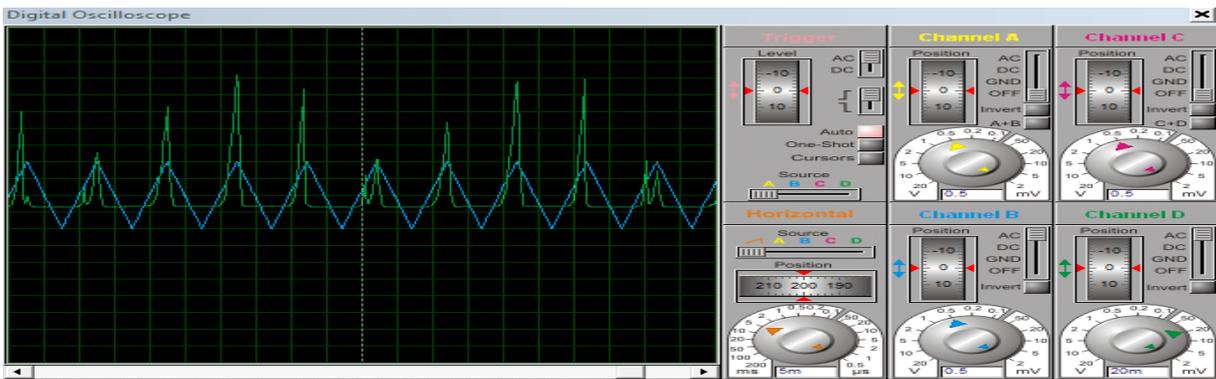


Figure III.33 : Analyse un signal triangulaire de fréquence = 101Hz ; amplitude 2Volts.

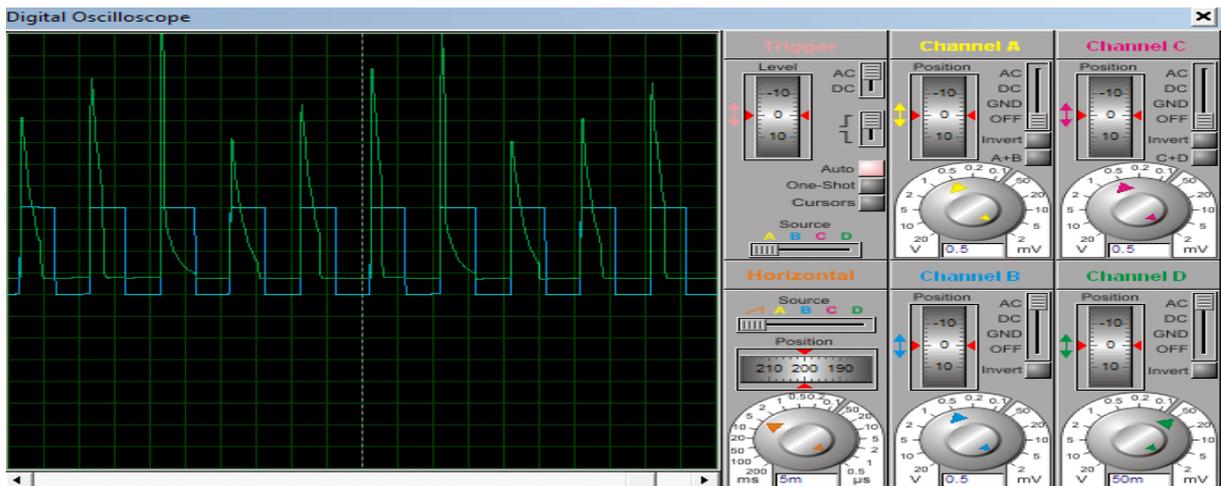


Figure III.34: Analyse d'un signal carré de fréquence=101Hz, amplitude 2 Volts

Signal a analysé		Fréquences harmoniques	
Nature	Fréquence	500 Hz	83.33 Hz
		Amplitude	
		A1(v)	A2(v)
Sinusoidal	101 Hz	0.18	0.11
Triangulaire	101 Hz	0.05	0.1
carré	101 Hz	0.49	0.55

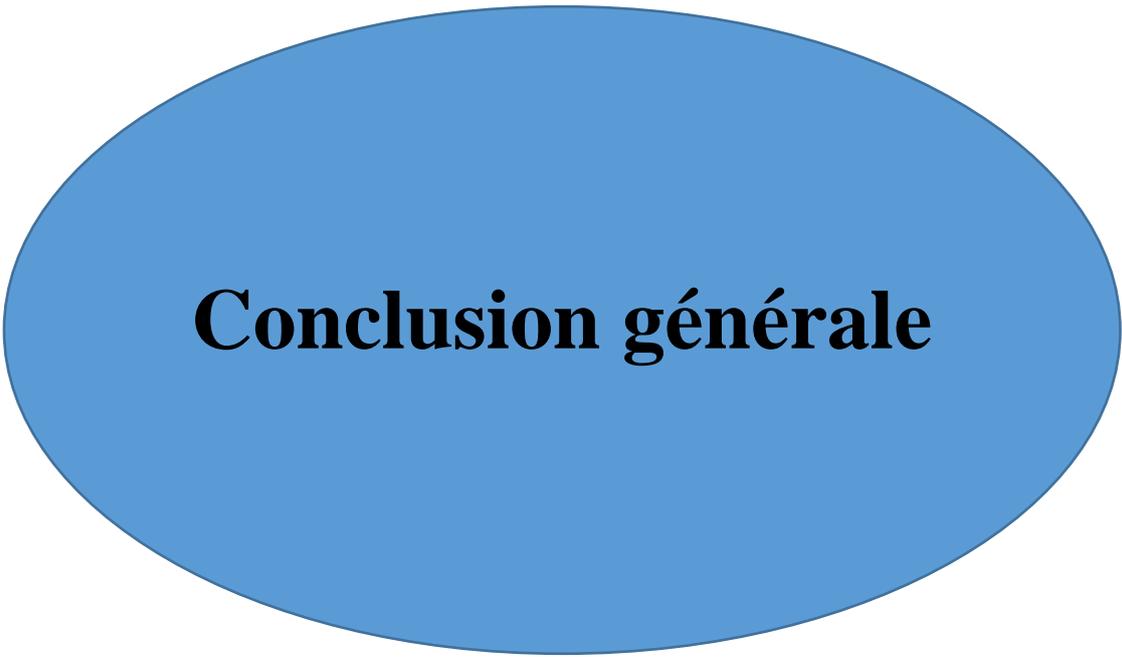
III.5.1 : tableau des résultats pour la fréquence de 101 Hz



Signal a analysé		Fréquence harmonique	
Nature	Fréquence	500 Hz	1000 Hz
		Amplitude	
		A1(v)	A2(v)
Sinusoidal	480	0.19	0.06
Triangulaire	480	0.05	0.14
Carré	480	0.14	0.32

### III.5.2 : tableau des résultats pour la fréquence de 480 Hz

D'après ces courbes on peut dire qu'on a pu à concevoir un analyseur qui couvre la gamme des basses fréquences (100Hz-500Hz) qui nous a permet de comprendre mieux la décomposition d'un signal en série de Fourier.



**Conclusion générale**

### **Conclusion générale :**

L'analyseur de spectre est un des appareils de mesure des basses fréquences (Signaux téléphoniques) par excellence. Il s'agit probablement de l'instrument de mesure le plus prisé après le multimètre électronique, l'oscilloscope et le générateur de signaux.

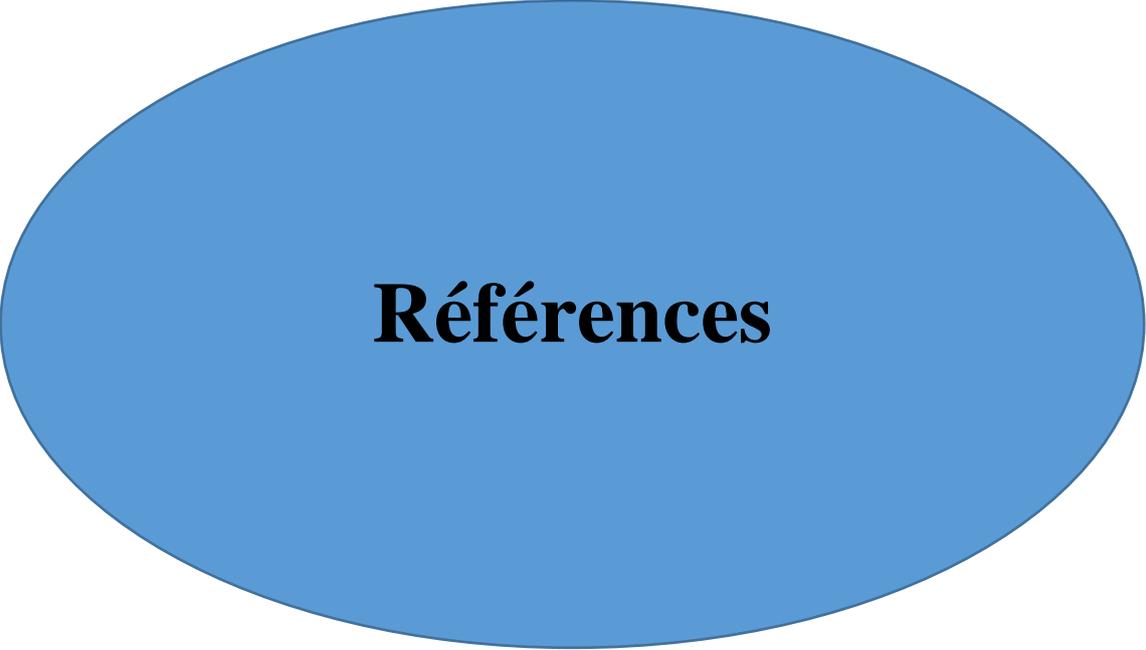
L'objectif de notre travail consiste à concevoir d'un circuit électronique d'un analyseur de spectre pour visualiser et étudier les fréquences des tonalités téléphoniques entre 100HZ-500Hz.

A cet effet, nous avons consacré notre travail sur le savoir d'utiliser le logiciel Proteus qui nous a permis de bien construire notre maquette électronique avec l'éditeur du schéma ISIS et le passage vers la conception le circuit imprimé par l'outil ARES.

Ce projet nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine électronique et bien comprendre le fonctionnement des plusieurs circuits, composants passifs et actifs en citant les filtres passe bas, passe bande, le circuit AD633 qui joue le rôle d'un multiplieur, NE555 qui a été utilisé pour générer les signaux de forme rampe, détecteur de crête et bien quelques accessoires et équipements comme par exemple l'oscilloscope.

Le manque de quelques pièces notamment le CI AD633NJ nous a empêché et entravé pour passer nos résultats théoriques obtenus par le logiciel PROTEUS Isis et Ares vers la réalisation pratique. Nous espérons que notre étude sera utile pour les prochaines recherches et sera compter dans l'avenir.

Enfin, nous estimons avoir fourni les éléments nécessaires à la clarification de l'utilité et de l'élaboration de notre projet.



# **Références**

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Rohde et Schwarz ; Mesures audio sur téléphones mobiles Pdf ; No 172 (2001/ III)
- [2] les professeurs :Lydie Andriamaholisoa et Guillaume Chevereau cours « analysez les signaux 1D » 18/01/2018
- [5] Mathieu Bouvier Des Noes THÈSE Détection itérative des séquences pseudo-aléatoires le 16/11/2016
- [7] Mimoun Amggoun Hassan mssaadi Sabah Zerrouk Loubna Zaim m OmalBelali pdf « Les régimes transitoires »
- [8] Processus Aléatoires « Support de Cours chapitre1 M1 ST/TRM » (2014/2015)
- [10] Mohammed BENBRAHIM, doctorat «Contribution à la discrimination des signaux sismiques», Université Mohammed V - Agdal 2007
- [11] Cl. Gabriel « Mathématiques appliquées pdf chapitre 4 » 2018/2019
- [12] Hugues GARNIER : université de lorraine « Décomposition en série de Fourier Signaux périodiques »un pdf 2018
- [14] Mr AMROUN NOUR-EDDINE « sérier de fourier chapitre 3 »cours pdf
- [16] DJILALI BENYOUCEF HASSIBA BENBOUALI, cour « cours théorie du signal :analyse de fourier» UNIVERSITE DE CHELF 2016
- [19] V. CROQUETTE cours « La transformée de Fourier discrète » pdf février 2009
- [21] Jean-François Flamée « article Analyseur de spectre et Radioamateurs » 22/05/2016
- [26] Matthieu SIMON – Romain VINCENT Rapport de projet d'électronique Analyseur de spectre à balayage mai 2005
- [33]\_Keysight Technologies Real-Time Spectrum Analyzer measurement Guide 2015-2016
- [37] M. LAKHDARI.F, mémoire « Introduction à la simulation et routage des circuits avec le logiciel PROTEUS V7 et V8», université USTO, 2016/2017
- [41] Pascal masson, mémoire « le transistor bipolaire », université de Nice Sophia, 2012-2013
- [42] DigitalMultimeterPrinciples, écrit par Glen A. Mazur, édité chez American TechnicalPublishers.

- [14] Mr AMROUN NOUR-EDDINE « série de fourier chapitre 3 » cours pdf
- [16] DJILALI BENYOUCEF HASSIBA BENBOUALI, cour « cours théorie du signal : analyse de fourier » UNIVERSITE DE CHELF 2016
- [19] V. CROQUETTE cours « La transformée de Fourier discrète » pdf février 2009
- [21] Jean-François Flamée « article Analyseur de spectre et Radioamateurs » 22/05/2016
- [26] Matthieu SIMON – Romain VINCENT Rapport de projet d'électronique Analyseur de spectre à balayage mai 2005
- [33] Keysight Technologies Real-Time Spectrum Analyzer measurement Guide 2015-2016
- [37] M. LAKHDARIF, mémoire « Introduction à la simulation et routage des circuits avec le logiciel PROTEUS V7 et V8 », université USTO, 2016/2017
- [42] DigitalMultimeterPrinciples, écrit par Glen A. Mazur, édité chez American TechnicalPublishers.

WEBGRAPHIE

- [3] [https://www-n.oca.eu/vigouroux/chp3/subsection2\\_1\\_1\\_1.html](https://www-n.oca.eu/vigouroux/chp3/subsection2_1_1_1.html)
- [4] <https://www.schoolmouv.fr/cours/les-signaux-periodiques/fiche-de-cours>
- [13] [https:// C-TdSSerie\\_Fourierpdf 2018.ppt](https:// C-TdSSerie_Fourierpdf 2018.ppt)
- [15] <https://www.ucl.ac.uk/~ucahmdl/LessonPlans/Lesson17.pdf>
- [17] [https://www.ljll.math.upmc.fr/smets/MM005/MM005\\_Chapitre\\_9.pdf](https://www.ljll.math.upmc.fr/smets/MM005/MM005_Chapitre_9.pdf)
- [18] <https://homepages.laas.fr/adoncesc/Wavelet/2.TransformeedeFourier.pdf>
- [20] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformation\\_de\\_Fourier\\_rapide](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transformation_de_Fourier_rapide)
- [24] <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/spectrum-analyzer>
- [25] <https://www.tequipment.net/spectrum-analyzers/>
- [22] <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5952-0292.pdf>
- [23] <http://alainarb.pagesperso-orange.fr/textespdf/ANSPECTR.PDF>
- [27] [https://moodle.insalyon.fr/pluginfile.php/124102/mod\\_resource/content/0/tps2\\_ annexe4 pdf](https://moodle.insalyon.fr/pluginfile.php/124102/mod_resource/content/0/tps2_ annexe4 pdf)
- [28] <http://poujouly.net/2014/05/08/simulation-dun-analyseur-de-spectre-a-balayage/>
- [29] [http://home.deib.polimi.it/svelto/didattica/materiale\\_didattico/materiale%20didattico\\_MRF/appnote/real\\_time\\_spectrum\\_analysis.pdf](http://home.deib.polimi.it/svelto/didattica/materiale_didattico/materiale%20didattico_MRF/appnote/real_time_spectrum_analysis.pdf)
- [30] <http://www.maxicours.com/se/fiche/6/9/129669.html>
- [31] <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/spectrum-analyzer/fft-fast-fourier-transform-spectrum-analysper.hp>
- [32] <http://www.maxicours.com/se/fiche/6/9/129669.html>
- [34] <https://cdn.testequity.com/documents/pdf/Real-Time-Analysis-Fundamentals.pdf>
- [35] <https://www.rohde-schwarz.com/fr/produits/test-et-mesure/analyseurs-de-signaux-et-de->

spectres/videos/videos-du-fsvr/site-liste-de-videos-fsvr\_230080.html

[36] <https://www.sordalab.com/RESSOURCES/documents/FR/SUPAD633.pdf>

[38] <http://www.composelec.com/ne555.php>

[39] <http://www.composelec.com/transistor.php>

[40] <http://wiki.jelectronique.com/doku.php?id=transistor>

[41] <http://electroniqueamateur.blogspot.com/2016/01/explorons-les-transistors-bipolaires.html>

[43] <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-resistance-10889/>

[44] <https://fr.wikihow.com/mesurer-une-r%C3%A9sistance>

[45] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Condensateur#D%C3%A9finition>

[46] <https://fr.farnell.com/capacitor-types-and-performance>

[47] <https://fr.rs-online.com/web/p/condensateurs-aluminium/7047772/>

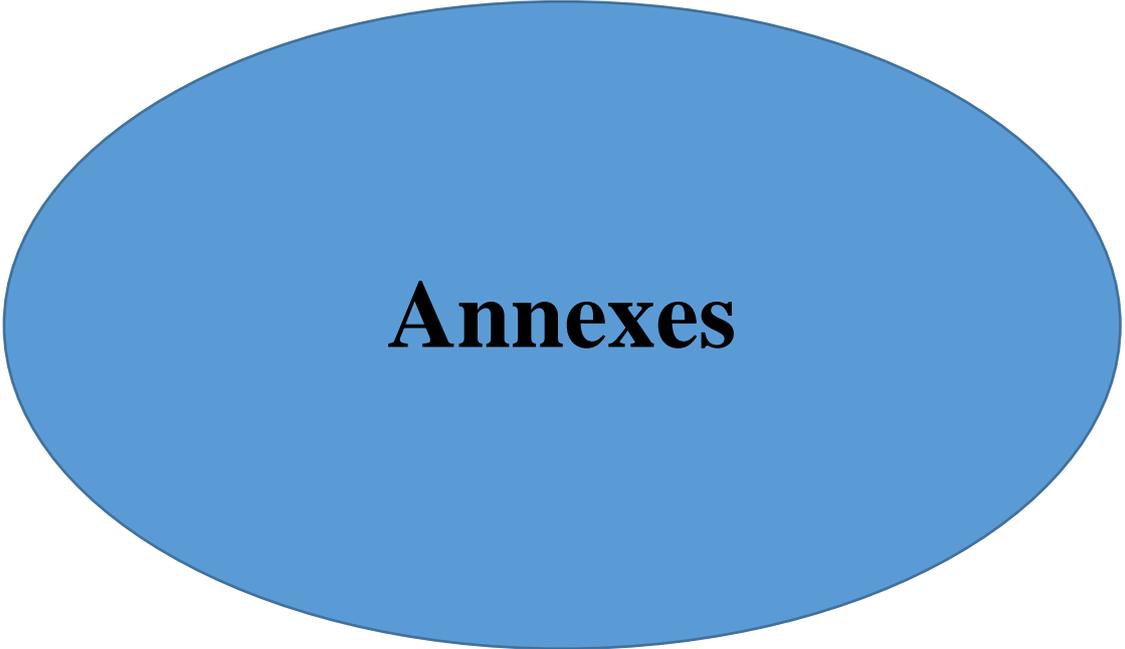
[48] <https://fr.farnell.com/capacitor-types-and-performance>

[49] <https://www.gotronic.fr/art-condensateur-ceramique-150-pf-3188.htm>

[51] [https://en.wikipedia.org/wiki/Ramp\\_generator](https://en.wikipedia.org/wiki/Ramp_generator)

[54] <http://data0.eclablog.com/chiphys67/perso/signauxspe/cours/chapitre%203%20la%20demodulation%20d-amplitude.pdf>

[56] [http://www.magoie.net/coursUniv/coursUniv\\_146\\_pdf.pdf](http://www.magoie.net/coursUniv/coursUniv_146_pdf.pdf)



# **Annexes**

**FEATURES**

- 4-quadrant multiplication
- Low cost, 8-lead SOIC and PDIP packages
- Complete—no external components required
- Laser-trimmed accuracy and stability
- Total error within 2% of full scale
- Differential high impedance X and Y inputs
- High impedance unity-gain summing input
- Laser-trimmed 10 V scaling reference

**APPLICATIONS**

- Multiplication, division, squaring
- Modulation/demodulation, phase detection
- Voltage-controlled amplifiers/attenuators/filters

**GENERAL DESCRIPTION**

The AD633 is a functionally complete, four-quadrant, analog multiplier. It includes high impedance, differential X and Y inputs, and a high impedance summing input (Z). The low impedance output voltage is a nominal 10 V full scale provided by a buried Zener. The AD633 is the first product to offer these features in modestly priced 8-lead PDIP and SOIC packages.

The AD633 is laser calibrated to a guaranteed total accuracy of 2% of full scale. Nonlinearity for the Y input is typically less than 0.1% and noise referred to the output is typically less than 100  $\mu$ V rms in a 10 Hz to 10 kHz bandwidth. A 1 MHz bandwidth, 20 V/ $\mu$ s slew rate, and the ability to drive capacitive loads make the AD633 useful in a wide variety of applications where simplicity and cost are key concerns.

The versatility of the AD633 is not compromised by its simplicity. The Z input provides access to the output buffer amplifier, enabling the user to sum the outputs of two or more multipliers, increase the multiplier gain, convert the output voltage to a current, and configure a variety of applications. For further information, see the [Multiplier Application Guide](#).

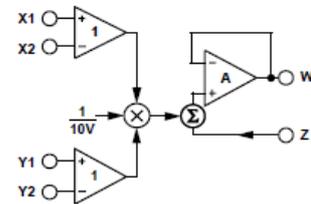
**FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM**


Figure 1.

The AD633 is available in 8-lead PDIP and SOIC packages. It is specified to operate over the 0°C to 70°C commercial temperature range (J Grade) or the -40°C to +85°C industrial temperature range (A Grade).

**PRODUCT HIGHLIGHTS**

1. The AD633 is a complete four-quadrant multiplier offered in low cost 8-lead SOIC and PDIP packages. The result is a product that is cost effective and easy to apply.
2. No external components or expensive user calibration are required to apply the AD633.
3. Monolithic construction and laser calibration make the device stable and reliable.
4. High (10 M $\Omega$ ) input resistances make signal source loading negligible.
5. Power supply voltages can range from  $\pm 8$  V to  $\pm 18$  V. The internal scaling voltage is generated by a stable Zener diode; multiplier accuracy is essentially supply insensitive.

Rev. K

**Document Feedback**

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.  
Tel: 781.329.4700 ©2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.  
Technical Support [www.analog.com](http://www.analog.com)

## SPECIFICATIONS

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ ,  $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ .

Table 1.

Parameter	Conditions	AD633J, AD633A			Unit
		Min	Typ	Max	
TRANSFER FUNCTION		$W = \frac{(X1 - X2)(Y1 - Y2)}{10\text{ V}} + Z$			
MULTIPLIER PERFORMANCE					
Total Error	$-10\text{ V} \leq X, Y \leq +10\text{ V}$		$\pm 1$	$\pm 2^1$	% full scale
$T_{\text{MIN}}$ to $T_{\text{MAX}}$			$\pm 3$		% full scale
Scale Voltage Error	SF = 10.00 V nominal		$\pm 0.25\%$		% full scale
Supply Rejection	$V_S = \pm 14\text{ V}$ to $\pm 16\text{ V}$		$\pm 0.01$		% full scale
Nonlinearity, X	$X = \pm 10\text{ V}$ , $Y = +10\text{ V}$		$\pm 0.4$	$\pm 1^1$	% full scale
Nonlinearity, Y	$Y = \pm 10\text{ V}$ , $X = +10\text{ V}$		$\pm 0.1$	$\pm 0.4^1$	% full scale
X Feedthrough	Y nulled, $X = \pm 10\text{ V}$		$\pm 0.3$	$\pm 1^1$	% full scale
Y Feedthrough	X nulled, $Y = \pm 10\text{ V}$		$\pm 0.1$	$\pm 0.4^1$	% full scale
Output Offset Voltage <sup>2</sup>			$\pm 5$	$\pm 50^1$	mV
DYNAMICS					
Small Signal Bandwidth	$V_O = 0.1\text{ V rms}$		1		MHz
Slew Rate	$V_O = 20\text{ V p-p}$		20		V/ $\mu\text{s}$
Settling Time to 1%	$\Delta V_O = 20\text{ V}$		2		$\mu\text{s}$
OUTPUT NOISE					
Spectral Density			0.8		$\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$
Wideband Noise	$f = 10\text{ Hz}$ to $5\text{ MHz}$		1		mV rms
	$f = 10\text{ Hz}$ to $10\text{ kHz}$		90		$\mu\text{V rms}$
OUTPUT					
Output Voltage Swing		$\pm 11^1$			V
Short Circuit Current	$R_L = 0\ \Omega$		30	$40^1$	mA
INPUT AMPLIFIERS					
Signal Voltage Range	Differential	$\pm 10^1$			V
	Common mode	$\pm 10^1$			V
Offset Voltage (X, Y)			$\pm 5$	$\pm 30^1$	mV
CMRR (X, Y)	$V_{\text{CM}} = \pm 10\text{ V}$ , $f = 50\text{ Hz}$	$60^1$	80		dB
Bias Current (X, Y, Z)			0.8	$2.0^1$	$\mu\text{A}$
Differential Resistance			10		M $\Omega$
POWER SUPPLY					
Supply Voltage					
Rated Performance			$\pm 15$		V
Operating Range		$\pm 8^1$		$\pm 18^1$	V
Supply Current	Quiescent		4	$6^1$	mA

<sup>1</sup> This specification was tested on all production units at electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All minimum and maximum specifications are guaranteed; however, only this specification was tested on all production units.

<sup>2</sup> Allow approximately 0.5 ms for settling following power on.

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Table 2.

Parameter	Rating
Supply Voltage	±18 V
Internal Power Dissipation	500 mW
Input Voltages <sup>1</sup>	±18 V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
AD633J	0°C to 70°C
AD633A	−40°C to +85°C
Lead Temperature (Soldering, 60 sec)	300°C
ESD Rating	1000 V

<sup>1</sup> For supply voltages less than ±18 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Stresses at or above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the product. This is a stress rating only; functional operation of the product at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Operation beyond the maximum operating conditions for extended periods may affect product reliability.

**THERMAL RESISTANCE**

θ<sub>JA</sub> is specified for the worst-case conditions, that is, a device soldered in a circuit board for surface-mount packages.

Table 3.

Package Type	θ <sub>JA</sub>	Unit
8-Lead PDIP	90	°C/W
8-Lead SOIC	155	°C/W

**ESD CAUTION**



**ESD (electrostatic discharge) sensitive device.** Charged devices and circuit boards can discharge without detection. Although this product features patented or proprietary protection circuitry, damage may occur on devices subjected to high energy ESD. Therefore, proper ESD precautions should be taken to avoid performance degradation or loss of functionality.

**PIN CONFIGURATIONS AND FUNCTION DESCRIPTIONS**

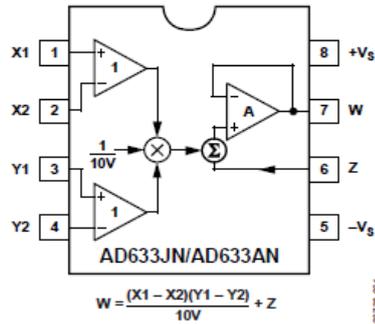


Figure 2. 8-Lead PDIP

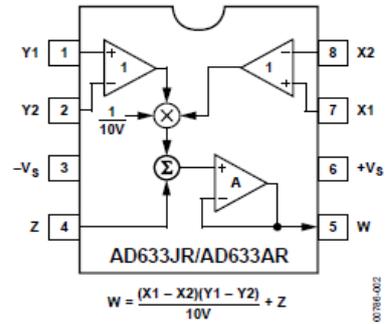


Figure 3. 8-Lead SOIC

Table 4. 8-Lead PDIP Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	X1	X Multiplicand Noninverting Input
2	X2	X Multiplicand Inverting Input
3	Y1	Y Multiplicand Noninverting Input
4	Y2	Y Multiplicand Inverting Input
5	−V <sub>S</sub>	Negative Supply Rail
6	Z	Summing Input
7	W	Product Output
8	+V <sub>S</sub>	Positive Supply Rail

Table 5. 8-Lead SOIC Pin Function Descriptions

Pin No.	Mnemonic	Description
1	Y1	Y Multiplicand Noninverting Input
2	Y2	Y Multiplicand Inverting Input
3	−V <sub>S</sub>	Negative Supply Rail
4	Z	Summing Input
5	W	Product Output
6	+V <sub>S</sub>	Positive Supply Rail
7	X1	X Multiplicand Noninverting Input
8	X2	X Multiplicand Inverting Input

## APPLICATIONS INFORMATION

The AD633 is well suited for such applications as modulation and demodulation, automatic gain control, power measurement, voltage-controlled amplifiers, and frequency doublers. These applications show the pin connections for the AD633JN (8-lead PDIP), which differs from the AD633JR (8-lead SOIC).

### MULTIPLIER CONNECTIONS

Figure 12 shows the basic connections for multiplication. The X and Y inputs normally have their negative nodes grounded, but they are fully differential, and in many applications, the grounded inputs may be reversed (to facilitate interfacing with signals of a particular polarity while achieving some desired output polarity), or both may be driven.

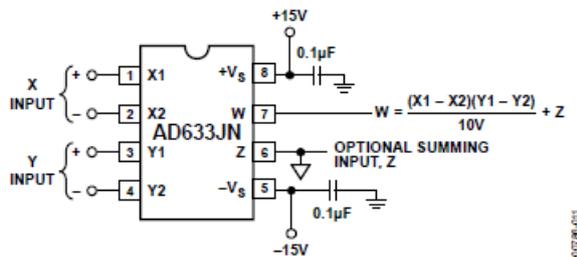


Figure 12. Basic Multiplier Connections (See the Model Results Section)

### SQUARING AND FREQUENCY DOUBLING

As is shown in Figure 13, squaring of an input signal, E, is achieved simply by connecting the X and Y inputs in parallel to produce an output of E<sup>2</sup>/10 V. The input can have either polarity, but the output is positive. However, the output polarity can be reversed by interchanging the X or Y inputs. The Z input can be used to add a further signal to the output.

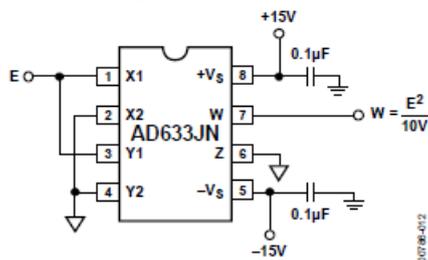


Figure 13. Connections for Squaring

When the input is a sine wave  $E \sin \omega t$ , this squarer behaves as a frequency doubler, because

$$\frac{(E \sin \omega t)^2}{10 \text{ V}} = \frac{E^2}{20 \text{ V}} (1 - \cos 2 \omega t) \quad (2)$$

Equation 2 shows a dc term at the output that varies strongly with the amplitude of the input, E. This can be avoided using the connections shown in Figure 14, where an RC network is used to generate two signals whose product has no dc term. It uses the identity

$$\cos \theta \sin \theta = \frac{1}{2} (\sin 2 \theta) \quad (3)$$

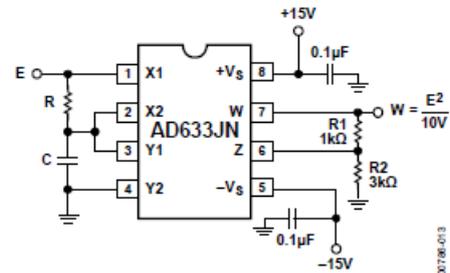


Figure 14. Bounceless Frequency Doubler (See the Model Results Section)

At  $\omega_0 = 1/CR$ , the X input leads the input signal by 45° (and is attenuated by  $\sqrt{2}$ ), and the Y input lags the X input by 45° (and is also attenuated by  $\sqrt{2}$ ). Because the X and Y inputs are 90° out of phase, the response of the circuit is (satisfying Equation 3)

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{(10 \text{ V})} \frac{E}{\sqrt{2}} (\sin \omega_0 t + 45^\circ) \frac{E}{\sqrt{2}} (\sin \omega_0 t + 45^\circ) \\ &= \frac{E^2}{(40 \text{ V})} (\sin 2 \omega_0 t) \end{aligned} \quad (4)$$

which has no dc component. Resistor R1 and Resistor R2 are included to restore the output amplitude to 10 V for an input amplitude of 10 V.

The amplitude of the output is only a weak function of frequency; the output amplitude is 0.5% too low at  $\omega = 0.9 \omega_0$  and  $\omega = 1.1 \omega_0$ .

### GENERATING INVERSE FUNCTIONS

Inverse functions of multiplication, such as division and square rooting, can be implemented by placing a multiplier in the feedback loop of an op amp. Figure 15 shows how to implement square rooting with the transfer function for the condition  $E < 0$ .

The 1N4148 diode is required to prevent latchup, which can occur in such applications if the input were to change polarity, even momentarily.

$$W = \sqrt{-(10E)V} \quad (5)$$

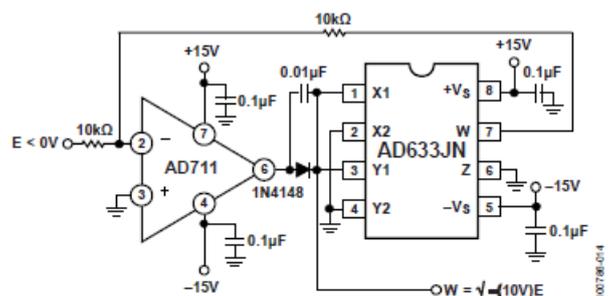


Figure 15. Connections for Square Rooting

### MODEL RESULTS

Circuit simulation using SPICE models embedded in various application formats such as PSPICE, Multisim, and SIMetrix is a popular and efficient method of assessing the integrity of a circuit before creating the printed circuit board in which the circuits are ultimately used. Although impossible to demonstrate all of the multiplier functions in every available program, Figure 24 through Figure 41 demonstrate how the schematic and graph for simple dc, sin(x), and pulse applications appear in three popular SPICE programs. If a simulator is not shown here, a good way to progress is to start with a basic dc circuit to verify that the circuit converges and then continue with waveforms that are more complex. When analyzing nonlinear devices such as multipliers, the most common simulation issue is convergence, the iterative process by which SPICE seeks the initial dc bias condition before completely solving the circuit and displaying a graph.

Figure 24 through Figure 41 are arranged schematic first, followed by the graphic result. If the user has a problem with a simulator, the most efficient fix is to contact applications support for the program in use.

### EXAMPLES OF DC, SIN, AND PULSE SOLUTIONS USING MULTISIM

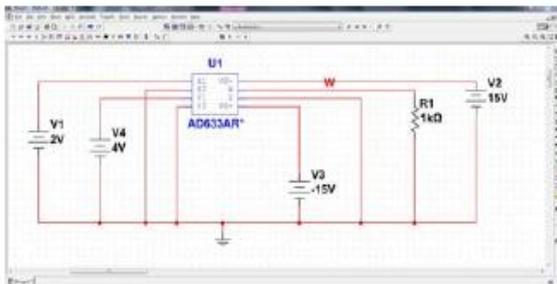


Figure 24. Circuit to Multiply Two Integers Schematic Created in Multisim

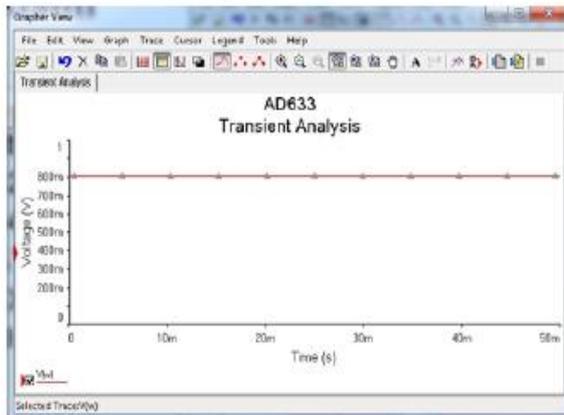


Figure 25. Circuit to Multiply Two Integers Response Graph Displayed in Multisim  
 $(2 V \times 4 V) / 10 V = 0.8 V$

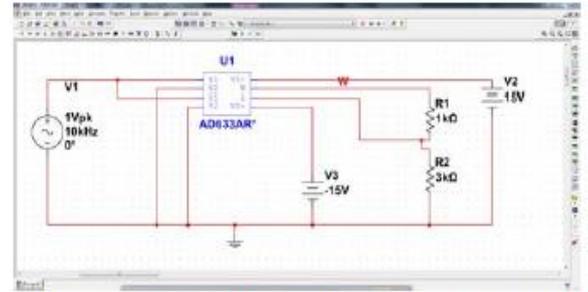


Figure 26. Frequency Doubler Circuit Schematic Created in Multisim

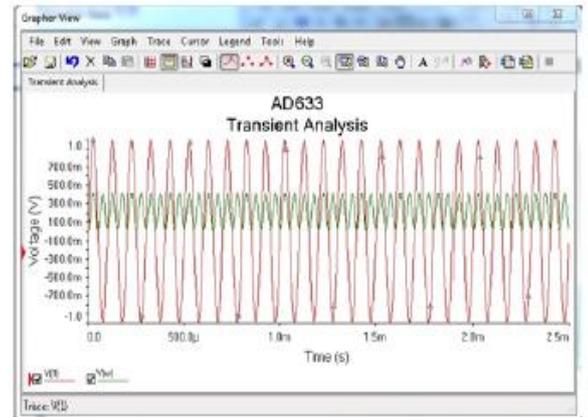


Figure 27. Frequency Doubler Response Graph Displayed in Multisim

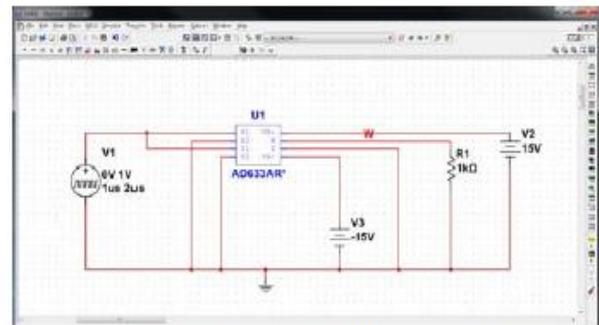


Figure 28. Pulse Circuit Schematic Created in Multisim

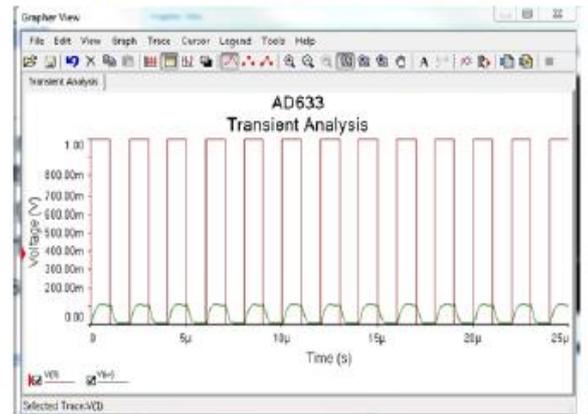


Figure 29. Pulse Circuit Response Graph Displayed in Multisim

**ORDERING GUIDE**

Model <sup>1</sup>	Temperature Range	Package Description	Package Option
AD633ANZ	−40°C to +85°C	8-Lead Plastic Dual-in-Line Package [PDIP]	N-8
AD633ARZ	−40°C to +85°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]	R-8
AD633ARZ-R7	−40°C to +85°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 7" Tape and Reel	R-8
AD633ARZ-RL	−40°C to +85°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 13" Tape and Reel	R-8
AD633JN	0°C to 70°C	8-Lead Plastic Dual-in-Line Package [PDIP]	N-8
AD633JNZ	0°C to 70°C	8-Lead Plastic Dual-in-Line Package [PDIP]	N-8
AD633JR	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]	R-8
AD633JR-REEL	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 13" Tape and Reel	R-8
AD633JR-REEL7	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 7" Tape and Reel	R-8
AD633JRZ	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N]	R-8
AD633JRZ-R7	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 7" Tape and Reel	R-8
AD633JRZ-RL	0°C to 70°C	8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC_N], 13" Tape and Reel	R-8
AD633-EVALZ		Evaluation Board	

<sup>1</sup> Z = RoHS Compliant Part.

## SINGLE TIMER

### DESCRIPTION

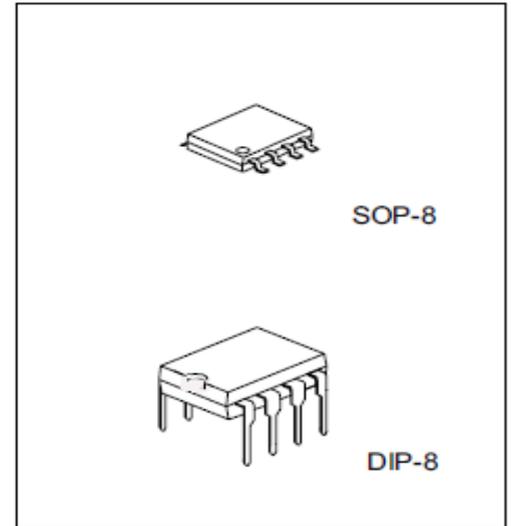
The Contek NE555 is a highly stable timer integrated circuit. It can be operated in Astable mode and Monostable mode. With monostable operation, the time delay is controlled by one external resistor and one capacitor. With a stable operation, the frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor.

### FEATURES

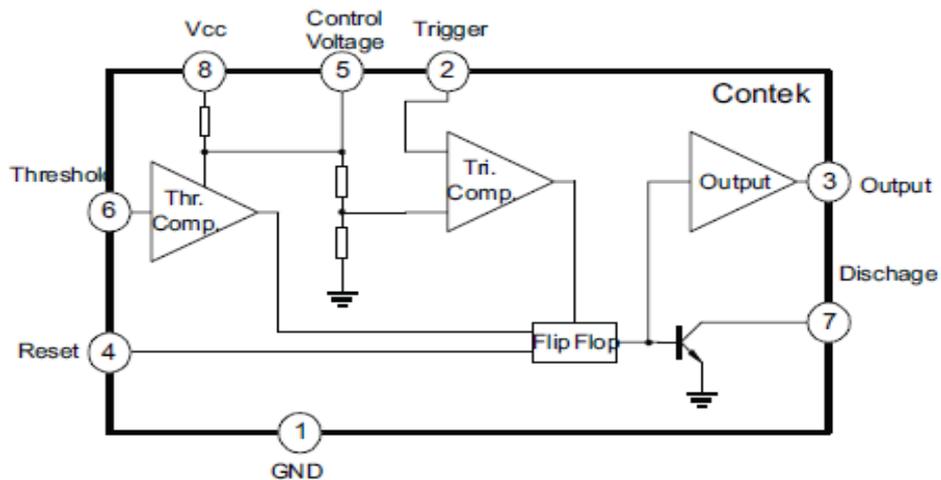
- \*High current driver capability(=200mA)
- \*Adjustable duty cycle
- \*Timing from  $\mu\text{Sec}$  to Hours
- \*Turn off time less than  $2 \mu\text{Sec}$ .

### APPLICATIONS

- \*Precision timing
- \*Pulse generation
- \*Time delay generation



### BLOCK DIAGRAM



Contek Microelectronics Co.,Ltd.

<http://www.contek-ic.com> E-mail:sales@contek-ic.com

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS( $T_a=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

PARAMETER	SYMBOL	VALUE	UNIT
Supply Voltage	$V_{cc}$	16	V
Power Dissipation	$P_d$	600	mW
Lead Temperature	$T_{lead}$	300	C
Operating Temperature	$T_{opr}$	0 to 70	C
Storage Temperature	$T_{stg}$	-65 to 150	C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS( $T_a=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{cc}=5\text{ } \sim 15\text{V}$ )

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage	$V_{cc}$		4.5		16	V
Supply Current (Note 1)	$I_{cc}$	$V_{cc}=5\text{V}, R_L=$		3	6	mA
		$V_{cc}=15\text{V}, R_L=$		7.5	15	mA
Timing Error(monostable)						
Initial Accuracy(Note 2)	ACCUR	$R_A=1\text{k to }100\text{k}\mu\Omega$		1.0	3.0	%
Drift with Temperature	$\Delta I/\Delta T$	$C=0.1\mu\text{F}$		50		ppm/ C
Drift with Supply Voltage	$\Delta I/\Delta V_{cc}$			0.1	0.5	%/V
Timing Error(astable)						
Initial Accuracy(Note 2)	ACCUR	$R_A=1\text{k to }100\text{k}\mu\Omega$		2.25		%
Drift with Temperature	$\Delta I/\Delta T$	$C=0.1\mu\text{F}$		150		ppm/ C
Drift with Supply Voltage	$\Delta I/\Delta V_{cc}$			0.3		%/V
Control Voltage	$V_c$	$V_{cc}=15\text{V}$	9.0	10.0	11.0	V
		$V_{cc}=5\text{V}$	2.6	3.33	4.0	V
Threshold Voltage	$V_{TH}$	$V_{cc}=15\text{V}$		10.0		V
		$V_{cc}=5\text{V}$		3.33		V
Threshold Current(Note 3)	$I_{TH}$			0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Trigger Voltage	$V_{tr}$	$V_{cc}=5\text{V}$	1.1	1.67	2.2	V
		$V_{cc}=15\text{V}$	4.5	5	5.6	V
Trigger Current	$I_{tr}$	$V_{tr}=0$		0.01	2.0	$\mu\text{A}$
Reset Voltage	$V_{rst}$		0.4	0.7	1.0	V
Reset Current	$I_{rst}$			0.1	0.4	mA
Low Output Voltage	$V_{OL}$	$V_{cc}=15\text{V}$				
		$I_{sink}=10\text{mA}$		0.06	0.25	V
		$I_{sink}=50\text{mA}$		0.3	0.75	V
		$V_{cc}=5\text{V}$				
High Output Voltage	$V_{OH}$	$I_{sink}=5\text{mA}$		0.05	0.35	V
		$V_{cc}=15\text{V}$				
		$I_{source}=200\text{mA}$		12.5		V
		$I_{source}=100\text{mA}$	12.75	13.3		V
		$V_{cc}=5\text{V}$				
		$I_{source}=100\text{mA}$	2.75	3.3		V
Rise Time of Output	$t_r$			100		nSec
Fall Time of Output	$t_f$			100		nSec
Discharge Leakage Current	$I_{LKG}$			20	100	nA

Note 1: Supply current when output is high is typically 1mA less at  $V_{cc} 5\text{V}$ .

Note 2: Tested at  $V_{cc}=5.0\text{V}$  and  $V_{cc}=15\text{V}$ .

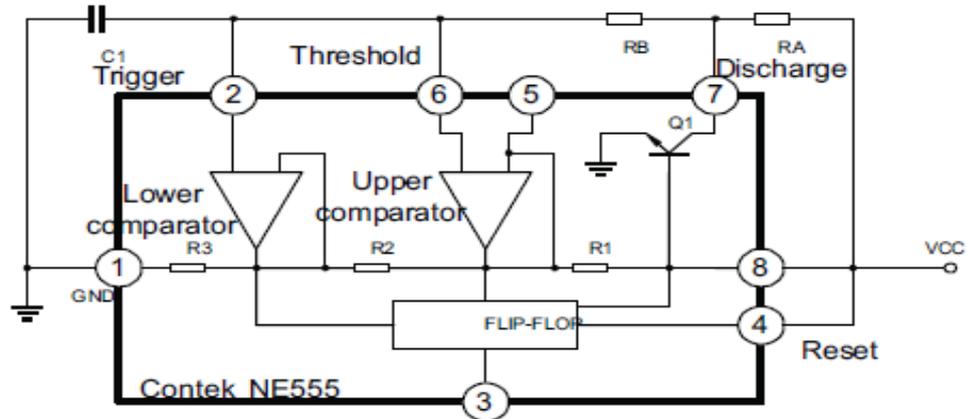
Note 3: this will determine the maximum value of  $R_A+R_B$  for 15V operation, The maximum total is  $R=20\text{M } \Omega$ , and for 5V operation the maximum total is  $R=6.7\text{M } \Omega$ .



Contek Microelectronics Co.,Ltd.

<http://www.contek-ic.com> E-mail:sales@contek-ic.com

## APPLICATION CIRCUIT



## APPLICATION NOTES

The application circuit shows astable mode configuration.

Pin 6 (Threshold) is tied to Pin 2 (Trigger) and Pin 4 (reset) is tied to Vcc (Pin 8). The external capacitor C1 of Pin 6 and Pin 2 charges through RA, RB and discharges through RB only. In the internal circuit of Contek NE555, one input of the upper comparator is at voltage of  $\frac{2}{3}V_{cc}$  ( $R1=R2=R3$ ), another input is connected to Pin 6. As soon as C1 is charging to higher than  $\frac{2}{3}V_{cc}$ , transistor Q1 is turned ON and discharge C1 to collector voltage of transistor Q1. Therefore, the flip-flop circuit is reset and output is low. One input of lower comparator is at voltage of  $\frac{1}{3}V_{cc}$ , discharge transistor Q1 turn off and C1 charges through RA and RB. Therefore, the flip-flop circuit is set output high. That is, when C1 charges through RA and RB, output is high and when C1 discharge through RB, output is low. The charge time (output is high)  $t_1$  is  $0.693(RA+RB)C1$  and the discharge time (output is low)  $T_2$  is  $0.693RB \cdot C1$ .

$$\ln \frac{V_{cc} - \frac{1}{3}V_{cc}}{V_{cc} - \frac{2}{3}V_{cc}} = 0.693$$

$$T_1 = 0.693 \cdot (RA + RB) \cdot C1$$

$$T_2 = 0.693 \cdot RB \cdot C1$$

Thus the total period time T is given by

$$T = T_1 + T_2 = 0.693(RA + 2RB) \cdot C1.$$

Then the frequency of astable mode is given by

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(RA + 2RB) \cdot C1}$$

The duty cycle is given by

$$D.C. = \frac{T_2}{T} = \frac{RB}{RA + 2RB}$$



Contek Microelectronics Co., Ltd.

<http://www.contek-ic.com> E-mail: [sales@contek-ic.com](mailto:sales@contek-ic.com)

## *Résumé*

Un analyseur de spectre est un instrument de mesure destiné à afficher les différentes fréquences contenues dans un signal ainsi que leurs amplitudes respectives. Les signaux peuvent être de natures diverses : électrique, optique, sonore, radioélectrique.

Le but de notre projet est de contribuer à la conception d'un analyseur de spectres analogique qui nous à permettre de séparer les fondamentaux et les harmoniques d'une tension des tonalités téléphoniques entre 100HZ-500Hz Sous environnement de logiciel Proteus ISIS et ARES. En respectant le schéma synoptique nous a conduit à étudier les filtres passe bas et haut, le multiplieur, le générateur de rampe et le détecteur de crête.

**Mots clés :** Filtre passe bas, Filtre passe bande, AD633JN, Rampe, Proteus.

## *ملخص*

محلل الطيف هو أداة قياس لعرض الترددات المختلفة الموجودة في إشارة والسعات الخاصة بكل منها. يمكن أن تكون الإشارات من أنواع مختلفة: الكهربائية والبصرية والصوت والراديو. الهدف من مشروعنا هو المساهمة في تصميم محلل طيفي تناظري يسمح لنا بفصل الأساسيات والتوافقيات لجهد نغمة الهاتف بين 100 هرتز و500 هرتز في ظل بيئة برمجيات ISIS وARES. بعد المخطط التوليقي قادنا إلى دراسة مرشحات التمرير المنخفضة والعالية، المضاعف، مولد إشارة المنحدر، كاشف الذروة.

**الكلمات المفتاحية:** مرشح تمرير منخفض، مرشح تمرير الموجة، AD633JN، مولد إشارة المنحدر، Proteus

## *Abstract*

A spectrum analyzer is a measuring instrument for displaying the different frequencies contained in a signal and their respective amplitudes. The signals can be of various kinds: electrical, optical, sound, radio.

The goal of our project is to contribute to the design of an analog spectral analyzer that allows us to separate the fundamentals and harmonics of a telephone tone voltage between 100HZ-500Hz under Proteus ISIS and ARES software environment. Following the synoptic diagram led us to study the low and high pass filters, the multiplier, the ramp generator and the peak detector .

**Key words:** Low Pass Filter, band pass filter Filter, AD633JN, Ramp, Proteus.