



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

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed  
-----  
معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

**Département de Maintenance en Instrumentation**

## **MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

**Filière : Génie Industriel**

**Spécialité : Maintenance en instrumentation**

### **Thème**

# **Etude et conception d'un montage générateur de signaux**

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : Achour

Prénom : Louiza

Devant le jury composé de :

| <b>Nom et Prénom</b>    | <b>Grade</b> | <b>Etablissement</b> | <b>Qualité</b>     |
|-------------------------|--------------|----------------------|--------------------|
| AOUIMER Yamina          | MAA          | IMSI-Univ. D'Oran2   | <b>Président</b>   |
| HASSINI Abdelatif       | PR           | IMSI-Univ. D'Oran2   | <b>Encadreur</b>   |
| MEKKI Ibrahim El Khalil | MCA          | IMSI-Univ. D'Oran2   | <b>Examinateur</b> |

Décembre 2020



# TABLE DES MATIERES

## Table des matières

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| Remerciement.....       | i   |
| Dédicace.....           | ii  |
| Liste des figures.....  | iii |
| Liste des tableaux..... | iv  |
| Résumé.....             | v   |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 1 |
|----------------------------|---|

### Chapitre I : Généralités sur les signaux et les systèmes électroniques

|  |    |
|--|----|
| 1. Généralités des signaux .....                           | 2  |
| 1.1. Introduction .....                                    | 2  |
| 1.2. Classification des signaux .....                      | 2  |
| 1.2.1. Signal sinusoïdal .....                             | 2  |
| 1.2.2. Signal rectangulaire .....                          | 3  |
| 1.2.3. Signal impulsionnel .....                           | 4  |
| 1.2.4. Signal triangulaire .....                           | 5  |
| 1.2.5. Signal arbitraire.....                              | 6  |
| 1.3. Signal analogique.....                                | 6  |
| 1.3.1. Signal périodique.....                              | 7  |
| 1.3.2. Signal à énergie finie.....                         | 7  |
| 1.3.3. Signal de durée finie.....                          | 7  |
| 1.3.4. Signal pair et impair.....                          | 7  |
| 1.3.5. Signal causal.....                                  | 8  |
| 1.4. Classification des générateurs de signaux.....        | 8  |
| 1.4.1. Générateurs de basse fréquence.....                 | 8  |
| a. l'ICL 8038.....   | 9  |
| b. l'XR-2206.....  | 9  |
| 1.4.2. Générateur d'impulsions.....                        | 10 |
| 1.4.3. Synthétiseurs de signaux.....                       | 11 |
| 1.5. Oscillateurs.....                                     | 11 |
| 1.5.1. Définition des oscillateurs.....                    | 11 |
| 1.5.2. Types des oscillateurs.....                         | 12 |
| A. Oscillateur à pont de Wien.....                         | 12 |
| B. Oscillateur à réseau déphaseur.....                     | 13 |
| C. Oscillateur à circuit accordé (LC).....                 | 13 |
| D. Oscillateur à relaxation.....                           | 15 |
| 2. Systèmes électroniques.....                             | 16 |
| 2.1. Introduction.....                                     | 16 |
| 2.2. Définition.....                                       | 16 |
| 2.3. Composants utilisés dans un système électronique..... | 17 |
| 3. Conclusion.....   | 18 |

### Chapitre II Multivibrateurs

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1. Introduction.....                 | 19 |
| 2. Circuit intégré NE 555.....       | 19 |
| 2.1. Caractéristiques du NE555.....  | 21 |
| 2.2. Principe de fonctionnement..... | 21 |
| 3. Types des multivibrateurs.....    | 22 |
| 3.1. Multivibrateurs astables.....   | 22 |

## TABLE DES MATIERES

---

|      |   |    |
|------|---|----|
| a.   | Astable à base de transistors bipolaires.....         | 22 |
| b.   | Astable à base d'amplificateur opérationnel.....      | 24 |
| c.   | Astable à base de NE 555.....                         | 25 |
| 3.2. | Multivibrateurs monostables.....                      | 27 |
| a.   | Monostable à base de transistors bipolaires.....      | 27 |
| b.   | Monostable à base d'amplificateurs opérationnels..... | 28 |
| c.   | Monostable à base de NE 555.....                      | 31 |
| 3.3. | Multivibrateurs bistables.....                        | 32 |
| a.   | Bistable à base de transistors.....                   | 33 |
| b.   | Bistable à base d'amplificateur opérationnel.....     | 34 |
| c.   | Bistable à base de NE 555.....                        | 35 |
| 4.   | Conclusion.....                                       | 36 |

### Chapitre III Simulation et réalisation du montage

|      |  |      |
|------|--|------|
| 1.   | Introduction.....                                  | 37   |
| 2.   | Présentation et étude fonctionnel du circuit ..... | 37   |
| 2.1. | Signal rectangulaire .....                         | 37   |
| 2.2. | Signal dents de scie .....                         | 38   |
| 2.3. | Signal triangulaire .....                          | 39   |
| 2.4. | Signal sinusoïdal .....                            | 39   |
| 3.   | Composants utilisés .....                          | 40   |
| 4.   | Initiation à Proteus 8 Professionnel .....         | 41   |
| 4.1. | ISIS.....  | 42   |
| 4.2. | ARES.....  | 42   |
| 5.   | Réalisation virtuelle .....                        | 43   |
| 5.1. | Simulation sur ISIS .....                          | 43   |
| 5.2. | Simulation sur ARES .....                          | 48   |
| 6.   | Réalisation pratique .....                         | 49   |
| 7.   | Conclusion .....                                   | 52   |
|      | Conclusion générale.....                           | 53   |
|      | Annexe 1.....                                      | vi   |
|      | Annexe 2.....                                      | vii  |
|      | Bibliographie .....                                | viii |

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*Mes parents, en témoignage de l'amour, du respect et de la gratitude que je leur porte.*

*Je ne pourrai qu'exprimer un infini remerciement à mes parents qui n'ont jamais arrêté de m'encourager et de m'aider à aller de l'avant.*

*À mes cher(e)s sœurs et frères.*

*À mes ami(e)s et toute ma famille.*

*À tous ceux et celles que j'aime de près comme de loin.*

*Et à tous ceux qui m'ont soutenu.*

*Louisa*

# Remerciements

*Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.*

*Je remercie beaucoup mes parents pour leurs sacrifices en faveur de mon éducation, et leurs encouragements tout au long de mes études.*

*Je remercie aussi Monsieur HASSINI Abdelatif, l'encadreur de ce mémoire, pour son aide, ses conseils appréciables et ses encouragements à travers son attention, et sa patience.*

*J'adresse mon vif remerciement aux membres de jury Madame AOUIMER Yamina et Monsieur MEKKI Ibrahim El Khalil, qui m'ont fait un grand honneur en acceptant de participer à ma soutenance.*

*Et finalement un grand merci à mes amis pour leur support qui m'a permis de travailler dans les meilleures conditions. Et qui m'ont aidé de près ou de loin pour accomplir ce travail.*

# Liste des figures

## Chapitre I

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure I.1</b> : Le signal sinusoïdal.....                                | 2  |
| <b>Figure I.2</b> : Le signal rectangulaire.....                             | 3  |
| <b>Figure I.3</b> : Le signal carré.....                                     | 4  |
| <b>Figure I.4</b> : Le signal impulsionnel.....                              | 5  |
| <b>Figure I.5</b> : Le signal triangulaire et dents de scie.....             | 6  |
| <b>Figure I.6</b> : Signal arbitraire configuré.....                         | 6  |
| <b>Figure I.7</b> : Signal analogique.....                                   | 7  |
| <b>Figure I.8</b> : Signal périodique.....                                   | 7  |
| <b>Figure I.9</b> : Schéma fonctionnel du générateur de basse fréquence..... | 9  |
| <b>Figure I.10</b> : Les parties d'un générateur de basse fréquence.....     | 9  |
| <b>Figure I.11</b> : Paramètres caractérisant un signal impulsionnel.....    | 11 |
| <b>Figure I.12</b> : Principe d'un oscillateur.....                          | 12 |
| <b>Figure I.13</b> : Schéma d'un oscillateur à pont de Wien.....             | 12 |
| <b>Figure I.14</b> : Schéma d'un oscillateur à réseau déphaseur.....         | 13 |
| <b>Figure I.15</b> : Schéma d'un oscillateur LC de colpitts.....             | 14 |
| <b>Figure I.16</b> : Schéma d'un oscillateur LC de clapp.....                | 14 |
| <b>Figure I.17</b> : Schéma d'un oscillateur LC de hartley.....              | 15 |
| <b>Figure I.18</b> : Signal émis par un oscillateur de relaxation.....       | 15 |
| <b>Figure I.19</b> : Schéma explicatif d'un système électronique.....        | 16 |

## Chapitre II

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure II.1</b> Description du NE 555.....  | 19 |
| <b>Figure II.2</b> Symbole schématique du NE 555.....  | 20 |
| <b>Figure II.3</b> Schéma bloc du NE 555.....  | 21 |
| <b>Figure II.4</b> Astable à base de transistors.....  | 23 |
| <b>Figure II.5</b> Chronogrammes aux nœuds des bases et collecteurs des deux transistors constituant l'astable.....      | 24 |
| <b>Figure II.6</b> Astable à base d'amplificateur opérationnel.....  | 24 |
| <b>Figure II.7</b> Allure des différentes tensions de l'astable à base d'AOP.....  | 25 |
| <b>Figure II.8</b> Astable à base du CI NE 555.....  | 25 |
| <b>Figure II.9</b> Allure de la tension sur le condensateur et la tension de sortie.....                                 | 26 |
| <b>Figure II.10</b> Monostable à base de transistors bipolaires.....   | 27 |
| <b>Figure II.11</b> Chronogrammes aux nœuds des bases et collecteurs des deux transistors constituant le monostable..... | 28 |
| <b>Figure II.12</b> Monostable à base d'amplificateur opérationnel.....  | 28 |
| <b>Figure II.13</b> Schéma simplifié de fonctionnement.....  | 29 |
| <b>Figure II.14</b> Schéma de récupération.....  | 29 |
| <b>Figure II.15</b> Allure des tensions du monostable à base d'AOP.....  | 30 |
| <b>Figure II.16</b> Monostable à base de NE 555.....   | 31 |
| <b>Figure II.17</b> Allure de la tension de condensateur et de tension de sortie.....                                    | 32 |
| <b>Figure II.18</b> Bistable à base transistors bipolaires.....  | 33 |
| <b>Figure II.19</b> Chronogrammes des impulsions et de la tension $V_{cc}$ .....   | 33 |
| <b>Figure II.20</b> Bistable à base d'amplificateur opérationnel.....  | 34 |
| <b>Figure II.21</b> Allure des tensions du bistable à base d'amplificateur opérationnel.....                             | 34 |
| <b>Figure II.22</b> Bistable à base de NE 555.....   | 35 |
| <b>Figure II.23</b> Allure de la tension de sortie.....  | 35 |

## Chapitre III

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure III.1</b> Le montage de générateur de signaux.....       | 37 |
| <b>Figure III.2</b> Circuit délivrant le signal rectangulaire..... | 37 |
| <b>Figure III.3</b> Circuit délivrant un signal dents de scie..... | 38 |
| <b>Figure III.4</b> Circuit délivrant un signal triangulaire.....  | 39 |

## Liste des figures

---

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>Figure III.5</b>  | Circuit délivrant un signal sinusoïdal.....         | 39 |
| <b>Figure III.6</b>  | Interface de l'ISIS.....                            | 42 |
| <b>Figure III.7</b>  | Interface de l'ARES.....                            | 43 |
| <b>Figure III.8</b>  | Fenêtre « pickdevices ».....                        | 44 |
| <b>Figure III.9</b>  | Symbole de l'oscilloscope dans Proteus 8.....       | 46 |
| <b>Figure III.10</b> | Simulation du circuit de générateur de signaux..... | 46 |
| <b>Figure III.11</b> | Modification Les valeurs des composants.....        | 47 |
| <b>Figure III.12</b> | Résultats de la simulation.....                     | 47 |
| <b>Figure III.13</b> | Schéma PCB sur ARES.....                            | 48 |
| <b>Figure III.14</b> | Schéma visualisé en 3D.....                         | 49 |
| <b>Figure III.15</b> | Circuit réalisé sur une breadbord.....              | 49 |
| <b>Figure III.16</b> | Signal rectangulaire.....                           | 50 |
| <b>Figure III.17</b> | Signal dents de scie.....                           | 50 |
| <b>Figure III.18</b> | Signal triangulaire.....                            | 51 |
| <b>Figure III.19</b> | Signal sinusoïdal.....                              | 51 |



## Liste des tableaux

---

### Chapitre I

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau I.1</b> Quelques composants importants dans l'électronique..... | 17 |
|--|----|

### Chapitre II

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau II.1</b> Les broches du NE 555..... | 20 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau II.2</b> Résumé de Principe de fonctionnement..... | 22 |
|---|----|

### Chapitre III

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau III.1</b> Les composants utilisés..... | 40 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau III.2</b> Liste des composants utilisés sur ISIS..... | 44 |
|--|----|

## ملخص

لعدة سنوات ، كان الطلب على مولدات الإشارة مرتفعًا من قبل المستخدمين في مختبرات البحث. كما ان هناك أنواع عديدة من مولدات الإشارة تختلف في أغراضها وتطبيقاتها وتكلفتها. المركبة في مرشحات ثابتة NE 555 وفي هذا المشروع ، اخترنا إنتاج مولد منخفض التردد يعتمد على الدائرة المتكاملة ومنخفضة التميرير لتوليد إشارات مستطيلة ، وسن المنشار ، ومثلثة ، و جيبيية. الكلمات المفتاحية: إشارة ، مذبذب ، مولد ، دائرة متكاملة.

## Résumé

Depuis plusieurs années les générateurs de signaux sont très sollicités par les utilisateurs dans les laboratoires de recherche. Il existe de nombreux types de générateurs de signaux variant dans leurs objectifs, leurs applications et leur coût.

Et dans ce projet on a choisi de réaliser un générateur de basse fréquence à base du circuit intégré NE 555 monté en astable et des filtres passe bas pour générer des signaux rectangulaires, dents de scie, triangulaires, et sinusoïdaux.

**Mots clé :** signal, oscillateur, générateur, circuit intégré.

## Abstract

For several years, signal generators have been in high demand by users in research laboratories. There are many types of signal generators varying in their purposes, applications and cost.

And in this project we chose to produce a low frequency generator based on the integrated circuit NE 555 mounted in astable and low pass filters to generate rectangular, sawtooth, triangular, and sinusoidal signals.

**Keywords:** signal, oscillator, generator, integrated circuit.

# *Introduction générale*

# INTRODUCTION GENERALE

---

Dans tous les laboratoires d'électronique, on doit trouver nécessairement les appareils de base suivants :

Tout d'abord une alimentation stabilisée, un multimètre (ampèremètre, voltmètre, ohmmètre), un oscilloscope et pour finir un générateur de fonction qu'on appelle communément GBF pour générateur basse fréquence.

En électricité et en électronique, rien ne fonctionne sans la tension et le courant. Tout dispositif nécessite de générateur. Tout phénomène périodique ou non admet de fréquence qui caractérise les grandeurs électriques (tension et courant). Le générateur de signaux est utilisé à des fins de test essentiellement. Il permet de créer de nombreuses formes de signaux au choix: sinusoïdal, carré, triangle ou encore rampe.

Notre travail de mémoire s'intitulera «étude et conception d'un générateur des signaux » est composé de trois chapitres.

Au début, on présente le signal et ses classification en général ainsi que le générateur de basse fréquence et les oscillateurs.

Le deuxième chapitre se concentre sur les multivibrateurs et ses types précisément à base de Timer NE555.

En fin dans le troisième chapitre, on présente notre travail personnel qui représente la simulation et la réalisation d'un générateur des signaux à base d'un multivibrateur astable à base de NE 555.

*Chapitre I : Généralités sur les  
signaux et les systèmes électroniques*

## I. Généralités sur les signaux et les systèmes électroniques

### 1. Généralités des signaux

#### 1.1.Introduction

Un signal est la représentation physique de l'information, qu'il convoie de sa source à sa destination. C'est une expression d'un phénomène qui peut être mesurable par un appareil de mesure. Bien que la plupart des signaux soient des grandeurs électriques ( généralement courant, tension, champ,...) la théorie de signal reste valable quelle que soit la nature physique du signal. Dans notre travail on va concentré sur le signal analogique.

#### 1.2. Classification des signaux

D'une façon générale, un signal est la traduction électrique d'un phénomène physique s'exprimant par une fonction plus ou moins complexe. Citons pour exemple, les signaux que délivre un capteur (de température, de force, de pression), ou un amplificateur HI-FI (signaux acoustiques).Ce phénomène peut être :

- Une grandeur variable, qui croit ou décroît en fonction du temps.
- Une grandeur périodique, dans le cas ou la grandeur variable reprend la même façon allure, la même valeur à des intervalles de temps égaux appelés période T.
- Une grandeur sinusoïdale, quand la grandeur périodique est associée au déplacement d'un point si un cercle est à vitesse constante.

Si la sinusoïde est le signal le plus utilisé par les électroniciens, il existe bien d'autres signaux dont les principaux sont le rectangulaire, le signal impulsionnel et le signal en dents de scie.

[1]

##### 1.2.1. Signal sinusoïdal

Elle est de la forme mathématique :  $e(t)=V_c.\sin (\omega.t+\varphi)$  comme le montre la figure

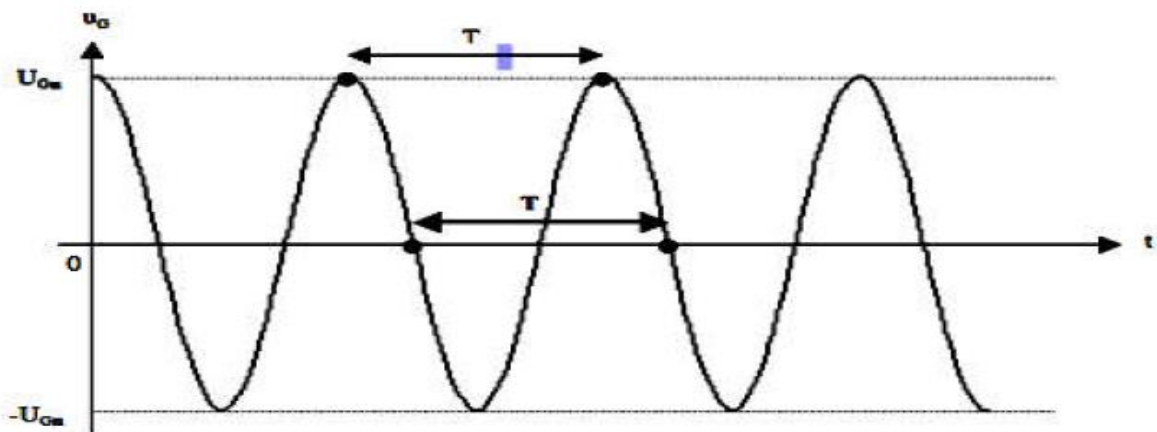


Figure I.1 : Le signal sinusoïdal.

On distingue comme propriétés :

- La valeur crête ou l'amplitude  $V_c$  (ou  $V_p$ ) C'est la valeur maximale de la trace par rapport à la moyenne généralement nulle.
  - La valeur crête à crête  $V_{cc}$  (ou  $V_{pp}$ ). C'est la valeur correspondante à la différence entre la minima et la maxima du signal.
  - La valeur moyenne  $V_m$  (ou  $V_{avg}$ ). Elle correspond à la moyenne des tensions mesurées point par point sur la période du signal. Elle a pour expression l'intégrale temporelle sur une période par la période elle-même.
- Nous rappelons que pour une sinusoïde, cette valeur moyenne est nulle puisque les alternances positives et négatives sont identiques. Par contre, la valeur moyenne de l'une des alternances a pour expression :  $V_m=2.V_c/\pi$ .
- La valeur efficace,  $V_{eff}$  (ou  $V_{rms}$ ). C'est la racine carrée de la moyenne du carré de signal (Root Mean Square).
  - Le facteur de forme : C'est le rapport  $V_{eff}/V_m$ , pour une alternance il est égal à 1,1
  - La période T. C'est la durée de répétitivité du signal.
  - L'angle de phase  $\varphi$ . C'est le retard (ou l'avance) en unité angulaire par rapport à l'origine temporelle choisie. [1]

### 1.2.2. Signal rectangulaire

La principale caractéristique de ce signal est son rapport cyclique qui correspond à la durée de l'état « Haut » relative à celle de l'état « BAS », pendant une période T du signal. Il est défini par le rapport :  $D [\%]= t_{on}*100/T$

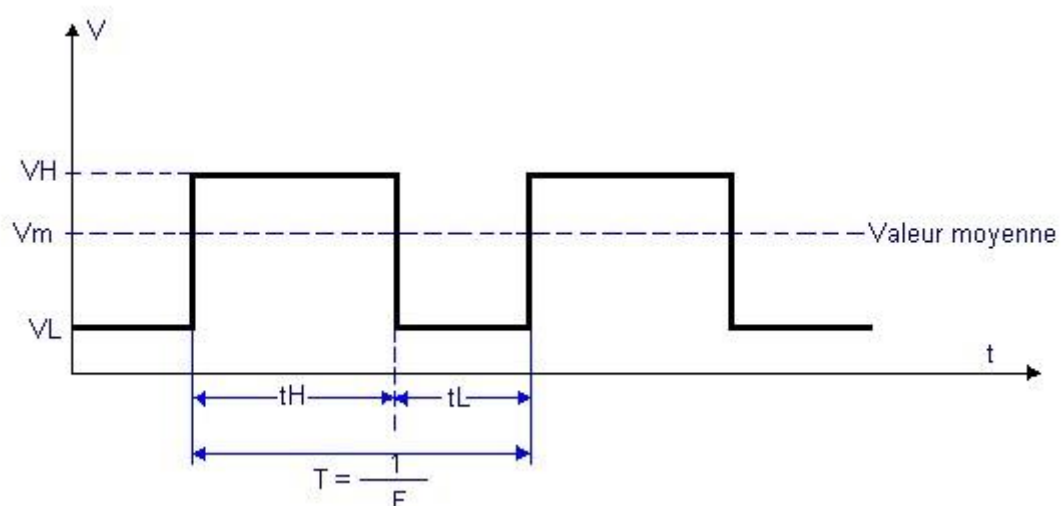
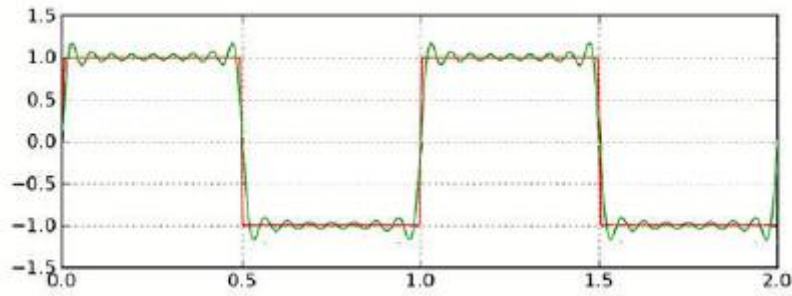


Figure I.2 : Le signal rectangulaire.

Expérimentalement, il varie entre 20% et 80%. Les valeurs efficaces et moyennes d'un signal carré sont donc en fonction du rapport cyclique.

La valeur moyenne est donnée par:  $V_m = V_c * t_{on} / T$



**Figure I.3 :** Le signal carré.

Les normes des signaux carrés appelés logiques sont :

TTL : Niveau 0, variable de 0V à +0,8V

Niveau 1, variable de +2V à +5V

CMOS : Niveau 0, variable de 0 à 30% de la tension d'alimentation (qui est elle-même variable de +3V à +18V).

Niveau 1, variable de 70% à 100% de la tension d'alimentation.

L'un des paramètres principaux du signal rectangulaire (ou carré) est le temps de montée  $T_m$ .

C'est le temps nécessaire, pour que le signal passe de 10% à 90% de sa valeur établie, tandis que le temps de descente  $T_d$ , est le temps nécessaire pour la descente du même signal de 90% à 10% de sa même valeur établie.

Il faut noter qu'un carré peut être positif ou négatif (c'est le cas de la plupart des signaux logiques), avec une valeur crête  $V_c$ , ou encore alternatifs.

Dans ce dernier cas, le signal est centré autour de zéro et la valeur crête à crête ( $V_{cc}$ ) correspond au double de la valeur  $V_c$ . [1]

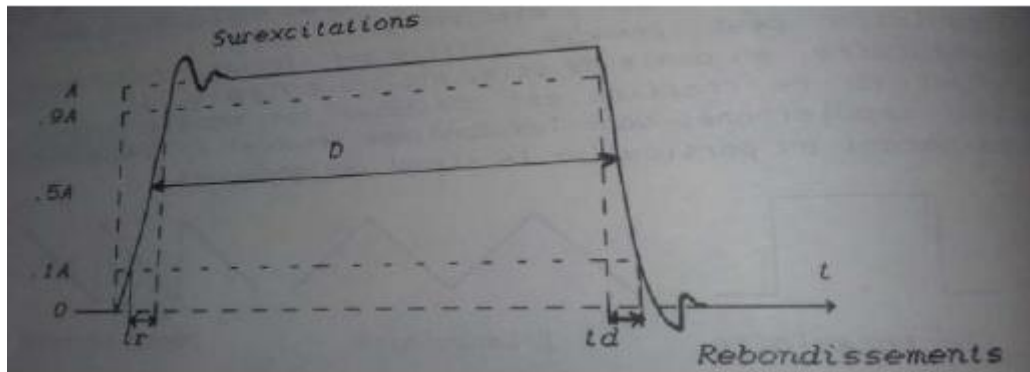
### 1.2.3. Signal impulsionnel

Une impulsion est l'apparition brève de tension ou de courant. Le signal impulsionnel trouve de nombreuses applications dans les différents domaines de l'électronique.

L'impulsion peut prendre différentes formes ; rectangulaire, triangulaire, en dents de scie, etc.

Les impulsions rectangulaires sont des impulsions dont l'amplitude théoriquement est constante pendant la durée de chaque impulsion, est égale à zéro entre les impulsions (voir la figure I.4) [2]





**Figure I.4:** Le signal impulsionnel.

Le passage d'un état à un autre se fait de façon instantanée. Le signal impulsionnel rectangulaire est parfaitement décrit en utilisant trois paramètres ; l'amplitude de l'impulsion  $A$ , la période  $T$  et la durée de l'impulsion  $D$ .

Dans les systèmes pratiques, les impulsions ne sont jamais parfaitement rectangulaires. Le passage d'un état à autre ne se fait pas de manière instantanée mais progressivement. A la montée, il y a des surexcitations au-delà de l'amplitude et à la descente, des rebondissements au-dessous du zéro [2]

Par conséquent, on trouve les mêmes paramètres que ceux précédents : Temps de montée  $T_m$  et temps de descente  $T_d$ .

En outre, on définit la durée de l'impulsion  $D$  par l'intervalle de temps pendant lequel l'impulsion reste au-delà de 50% de sa valeur maximale permanente, soit :

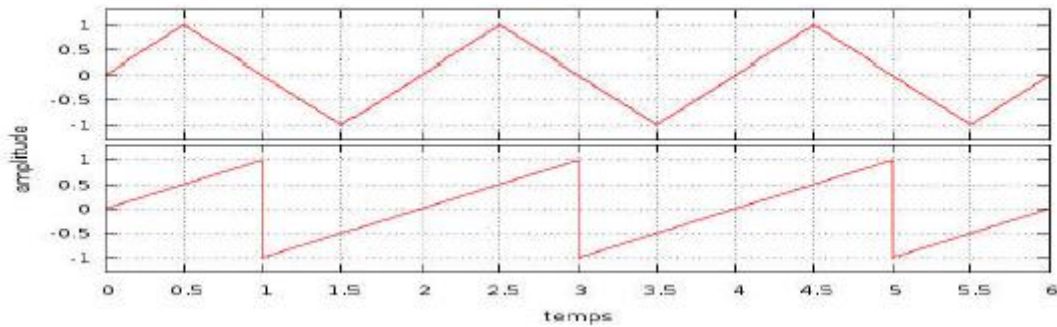
$$D = t_{50\%(\text{front descendant})} - t_{50\%(\text{au front montant})}$$

#### 1.2.4. Signal triangulaire

Le signal triangulaire croît et décroît de manière linéaire, lui conférant la forme dont il tire son nom. Le signal en dents de scie « *sawtooth wave* » quant à il lui croît de manière linéaire mais décroît instantanément. Il est moins fréquemment utilisé que les signaux carrés ou triangulaires.

Comme les précédentes formes de signaux, ceux-ci possèdent également une période qui se répète indéfiniment figure I.5.

Dans le domaine d'acoustique, les signaux triangulaires et en dents de scie produisent un son assez indescriptible, à mi-chemin entre celui d'une sinusoïde et d'un carré. [3]

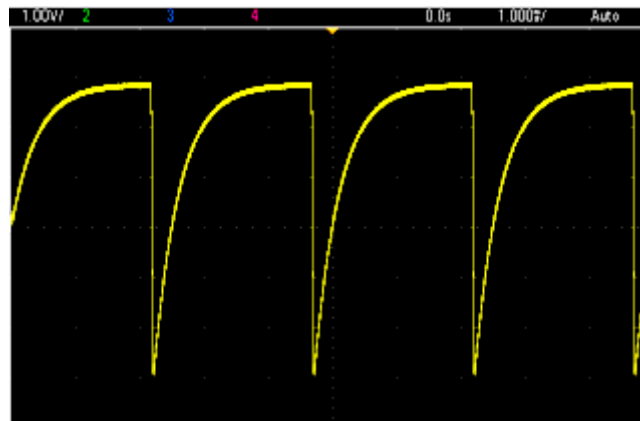


**Figure I.5 :** Le signal triangulaire et dents de scie.

### 1.2.5. Signal arbitraire

Un signal arbitraire est une allure créée et personnalisée par l'utilisateur. Elle comporte une amplitude, une tension résiduelle, une fréquence d'échantillonnage et un type de filtre.

Généralement, cette forme de signaux est configurée dans une plateforme numérique (système embarqué) par un tableau ou un fichier de personnalisation chargé dans la mémoire interne du générateur. [4]



**Figure I.6 :** Signal arbitraire configuré.

Pour les signaux numériques, on trouve d'autres paramètres supplémentaires liés à la nature numérique du signal. On cite par exemple :

Résolution du signal « Resolution » : C'est la plus petite variation du signal analogique que peut repérer un CAN pour être reconnue comme un signal physique.

Pas d'échantillonnage « Sample time » : C'est la plus petite durée entre deux échantillons du signal numérisé. [4]

### 1.3. Signal analogique

Les signaux analogiques sont des signaux à temps continu. Ils seront représentés par des fonctions mathématiques d'une variable réelle (en général le temps) à valeur dans  $\mathbb{R}$  ou  $\mathbb{C}$  :

$$s : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$$

$$t \rightarrow s(t)$$

Les signaux analogiques sont en général les signaux “naturels” mesurés à l’aide de divers capteurs physiques. On considérera deux grandes classes de signaux : les signaux périodiques et les signaux à temps fini. [5]

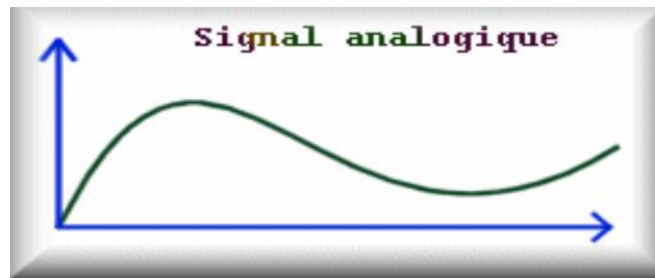


Figure I.7 : Signal analogique.

Les signaux analogiques sont classés comme ceci :

### 1. 3.1. Signal périodique

Le signal est périodique s’il admet une période  $T$  non nulle. On appelle une période d’un signal la valeur  $T$  pour laquelle l’égalité  $f(t+T) = f(t)$  est toujours vraie.

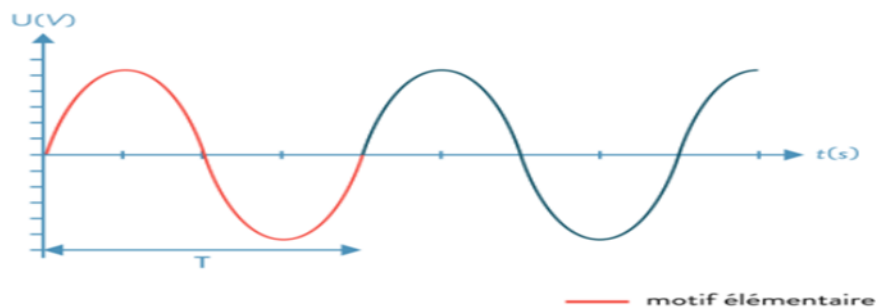


Figure I.8 : Signal périodique

### 1. 3.2. Signal à énergie finie

Les signaux à énergie finie sont ceux pour lesquels l’intégrale suivante est bornée :

$$\int |x(t)|^2 dt < \infty.$$

### 1. 3.3. Signal de durée finie

Signaux de durée limitée ou "support borné" :  $x(t) = 0 \quad t \notin T$ .

### 1. 3.4. Signal pair et impair

- Un signal est pair si  $x(t) = x(-t)$  exemple :  $\cos(\omega t)$ .

- Un signal est impair si  $x(t) = -x(-t)$  exemple :  $\sin(\omega t)$ .

Remarque Tout signal réel peut être décomposé : une partie "paire" et une partie "impaire".  $x(t) = x_p(t) + x_i(t)$

### 1. 3.5. Signal causal

Un signal est dit causal s'il est nul pour toute valeur négative du temps

$$x(t) = 0 \quad t < 0. \quad [6]$$

### 1. 4. Classification des générateurs de signaux

On peut distinguer 3 grandes familles de générateurs dont chaque famille est composée de deux types de générateurs : analogiques et numériques.

- Générateurs de fonction ou générateur de basse fréquence.
- Générateurs d'impulsion qui a pour but de générer des impulsions répétitives généralement rectangulaires, dont la plupart des paramètres sont réglables.
- Synthétiseurs de signaux, génèrent un signal sinusoïdal très pur. On peut utiliser ce signal sinusoïdal ou réaliser des fonctions plus complexes à partir de ce dernier par modulation ou encore obtenir des formes d'ondes classiques (carrée, triangulaire) : générateur de fonction synthétisée.

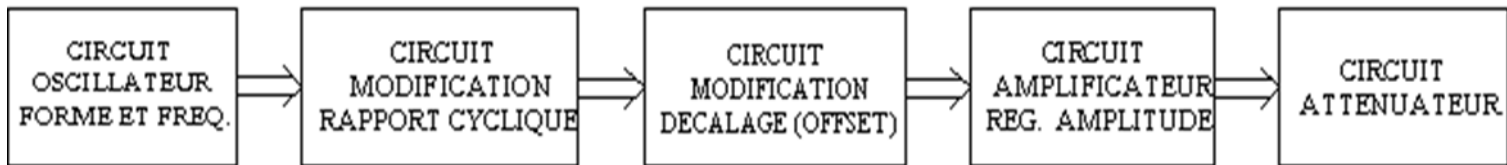
#### 1. 4.1. Générateurs de basse fréquence

Un Générateur Basse Fréquence ou GBF est un appareil permettant de générer des signaux de différentes formes (triangulaire, carrée, sinusoïdale), de différentes fréquences (de 1 Hz à 1 MHz environ), et de différentes amplitudes (jusqu'à 10 V environ).

Signaux de sortie : On rencontre les formes d'ondes conventionnelles suivantes : sinusoïdale, carrée, triangulaire, impulsion à rapport cyclique variable, signaux arbitraires. Les éléments constitutifs des générateurs sont conditionnés par les caractéristiques de l'onde générée et par les possibilités de modulation du signal de sortie. Ainsi les paramètres caractéristiques d'un signal généré sont la forme du signal, le domaine de fréquence, le domaine d'amplitude et la pureté.

Les générateurs basses fréquences sont composés électroniquement de plusieurs circuits. Ils possèdent l'oscillateur comme circuit central. Le signal généré peut être modifié en forme, en fréquence, en amplitude, en décalage et rapport cyclique. Ces actions sont effectuées par des différents circuits annexes assurant chacun la variation d'un paramètre. Les circuits centraux (circuits oscillateurs) des anciens générateurs basses fréquences étaient à transistors et plus tard ils sont à amplificateur opérationnel. [7]

Par la suite, des circuits intégrés spécialisés ont été développés et ont rendus leurs conceptions et dépannages assez simples. Les circuits intégrés les plus anciens sont l'ICL 8038 et l'XR-2206. En plus de l'oscillateur, ils intègrent plusieurs fonctions. Actuellement, comme beaucoup d'appareils électroniques, les générateurs de basses fréquences utilisent des CMS (Composants très petits et Montés à la Surface des circuits imprimés). La figure I.9 nous donne le schéma fonctionnel de générateur basse fréquence. [7]



**Figure I.9 :** Schéma fonctionnel du générateur de basse fréquence.

- a. **l'ICL 8038 :** Le générateur de forme d'onde ICL8038 était un circuit intégré par Intersil conçu pour générer des formes d'onde sinusoïdales, carrées et triangulaires.
- b. **l'XR-2206 :** est un circuit intégré conçu par Exar Corporation, qui peut être utilisé comme générateur de signal pour les ondes sinusoïdales, carrées, à impulsions, triangulaires et en dents de scie, la fréquence et l'amplitude des ondes peuvent être modifiées en contrôlant la tension. Il peut également être utilisé comme convertisseur de tension-fréquence, ce qui le rend approprié pour une utilisation comme émetteur de fréquence radio FM ou AM. [7]



**Figure I.10 :** Les parties d'un générateur de basse fréquence.

1. La sélection de fréquences : Ces boutons permettent de sélectionner la gamme de fréquence.

2. La sélection du type de signal : Ces boutons permettent de choisir la forme du signal, de l'inverser par rapport à un axe horizontal (touche INV) et de l'atténuer d'un rapport de 10 environ (touche -20db). Cette dernière touche est utilisée pour la génération des signaux de faible amplitude.
3. Le réglage de la fréquence : Après avoir choisi une gamme de fréquence, on n'a plus qu'à la régler précisément à l'aide de ce bouton.
4. Le paramétrage des caractéristiques du signal : ces boutons ne sont à utiliser que si la sortie signal est utilisée. Le bouton niveau permet tout simplement de régler l'amplitude du signal.

Le bouton « Décalage », s'il est tiré, permet d'ajouter une composante continue au signal. Entre autre, cela permet de rendre un signal uniquement positif ou négatif. Si ce bouton n'est pas tiré, la fonction décalage est alors inactive.

Le bouton « Symétrie », s'il est tiré, permet de faire varier le rapport cyclique d'un signal rectangulaire. En tirant sur ce bouton, la fréquence du signal est alors divisée par 10. Alors il faut changer la fréquence si ce bouton n'est pas tiré, la fonction décalage est alors inactive.

5. La sortie : Il y a deux sorties :

Une sortie TTL : un signal rectangulaire est généré de 0-5V et seule la fréquence est réglable.

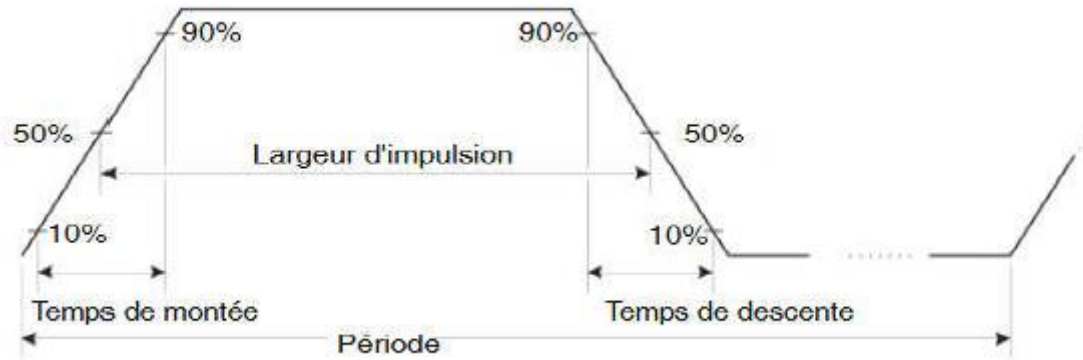
Une sortie signal : permet d'obtenir le signal réglé avec les boutons détaillés ci-dessus.

#### 1.4.2. Générateur d'impulsions

Pour éliminer les distorsions dues au repliement aux fréquences élevées, on utilise une technique de génération de signaux s'appelle générateur d'impulsions. Pour générer des signaux d'impulsions, les cycles d'horloge sont comptés afin d'extraire la période et la largeur de l'impulsion.

Afin d'obtenir une résolution fine de la période, la fréquence d'horloge est ajustée à une centaine de MHz par un circuit à boucle de verrouillage de phase (PLL). Les temps de transition ascendante et descendante sont contrôlés par un circuit qui fait varier les courants de charge d'un condensateur. La Période, la largeur d'impulsion et le temps de transition sont contrôlés indépendamment, dans certaines limites. [8]

Un signal d'impulsions est défini par une période, une largeur d'impulsion, un front ascendant et un front descendant.



**Figure I.11** : Paramètres caractérisant un signal impulsionnel.

### 1. 4.3. Synthétiseurs de signaux

La synthèse de fréquences est une fonction largement utilisée dans les émetteurs-récepteurs radios et dans les instruments musicaux. En général, la fonction synthèse de fréquence est réalisée à l'aide d'une boucle à verrouillage de phase PLL utilisant des diviseurs de fréquence numériques.

Une PLL peut avoir beaucoup d'utilités, comme la démodulation de fréquence, la reconstruction de porteuse, mais aussi la synthèse de fréquence. Le besoin de synthétiser, donc de fabriquer une nouvelle bande de fréquences, se fait sentir par exemple dans le domaine de la radio, pour sélectionner la station à écouter. Pour cela, on utilise une structure dite hétérodyne, dans laquelle la fréquence de l'oscillateur local, détermine indirectement la station voulue. [9]

### 1. 5. Oscillateurs

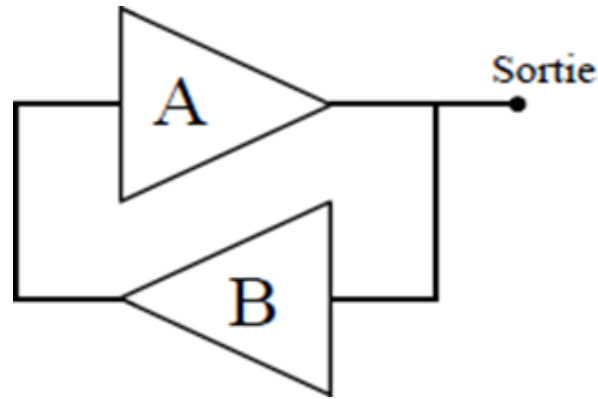
Les oscillateurs constituent l'une des fonctions de base de l'électronique (analogique comme numérique...). Ils vont être utilisés pour cadencer le fonctionnement des systèmes (horloges de circuits numériques, montres...).

Ils peuvent également être utilisés pour fabriquer directement des signaux classiques de tests en électronique (générateurs analogiques) ou pour fabriquer des porteuses en télécommunication.

#### 1. 5.1. Définition des oscillateurs

Un oscillateur électronique est un circuit dont la fonction est de produire un signal électrique périodique, de forme sinusoïdale, carrée, en dents de scie, ou quelconque.

C'est un amplificateur qui s'auto-alimente grâce à un 2<sup>ème</sup> amplificateur (atténuateur) qui réinjecte la tension de sortie vers l'entrée. [10]



**Figure I.12 :** Principe d'un oscillateur.

La figure I.12 présente le principe de fonctionnement d'un oscillateur avec :

**A :** Gain complexe de la chaîne directe.

**B :** Gain complexe de la chaîne de retour.

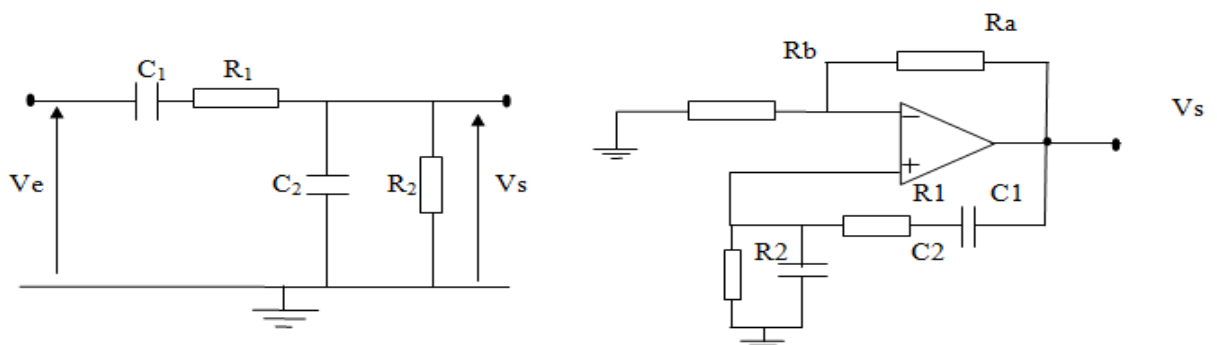
L'oscillateur peut avoir une fréquence fixe ou variable. Il existe plusieurs types d'oscillateurs électroniques ; les principaux sont :

- Oscillateurs à circuit LC et un étage amplificateur, HF le plus souvent.
- Oscillateurs à déphasage avec étage RC, qui délivrent des signaux sinusoïdaux : l'exemple-type est l'oscillateur à pont de Wien.
- Générateur de créneaux.
- Oscillateur à quartz, très stable et de haute précision grâce à des résonateurs à micro-onde ; ils sont utilisés dans les horloges atomiques.

### 1. 5.2. Types des oscillateurs

#### A. Oscillateur à pont de Wien

Il est composé d'un amplificateur et d'un réseau de réaction formé de deux résistances et deux condensateurs.



**Figure I.13 :** Schéma d'un oscillateur à pont de Wien.

La fonction de transfert du réseau de réaction :



$$B = \frac{R_2}{R_2 + (1 + jR_2C_2\omega)(R_1 + \frac{1}{jC_1\omega})} = \frac{R_2}{R_2 + R_1 + R_2 \frac{C_2}{C_1} + j(R_1R_2C_2\omega - \frac{1}{C_1\omega})}$$

Le déphasage introduit par le réseau de réaction est nul :

$$\varphi(B)=0 \Rightarrow R_1R_2C_2\omega_{os} - \frac{1}{C_1\omega_{os}} = 0 \Rightarrow R_1R_2C_1C_2\omega_{os}=1$$

Alors :

$$\omega_{os} = \frac{1}{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad \text{Donc B devient } B(\omega_{os}) = \frac{R_2C_1}{R_1C_1 + R_2(C_1 + C_2)}$$

Si  $R_1=R_2=R$  et  $C_1=C_2=C$  alors  $\omega_{os} = \frac{1}{RC}$  et  $B = \frac{1}{3}$

### B. Oscillateur à réseau déphaseur :

On va prendre l'exemple de la chaîne de contre-réaction des filtres passe bas

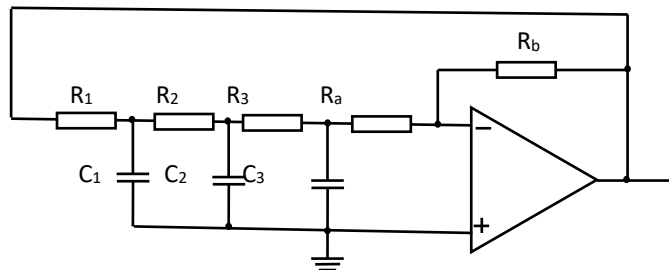


Figure I.14 : Schéma d'un oscillateur à réseau déphaseur.

La fonction de transfert du réseau de réaction :

$$B = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1}{1 - R^3C^3\omega^3 - 5R^2C^2\omega^2 + 6RC\omega j}$$

Pour la pulsation particulière  $\omega = \omega_{os}$ , le déphasage est de  $\pi$ , le terme imaginaire est donc nul soit :

$$\omega_{os} = \omega_o \sqrt{6} \quad \text{soit} \quad f = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{6}}$$

$$\text{Et : } \frac{V_s}{V_e} = -\frac{1}{29} \quad \text{et} \quad \varphi\left(\frac{V_s}{V_e}\right) = \pi$$

### C. Oscillateur à circuit accordé (LC)

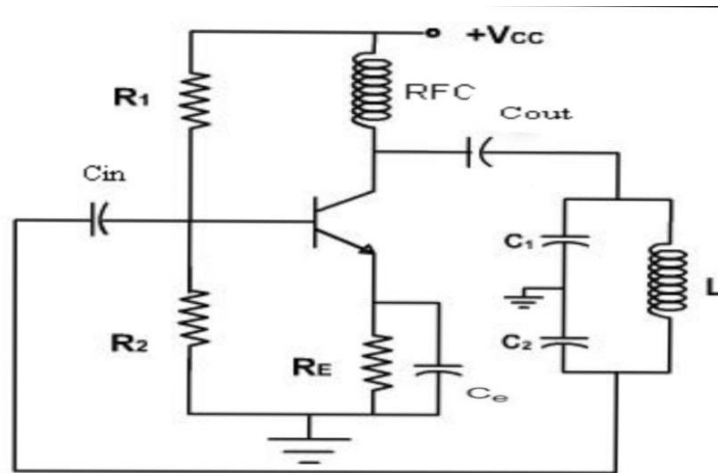
Les oscillateurs R-C ne permettent pas d'obtenir des fréquences d'oscillation élevées. Leur fréquence d'oscillation peut difficilement excéder le Mhz. Quand on a besoin de fréquences plus élevées, comme dans les émetteurs récepteurs AM et FM par exemple, on utilise des oscillateurs LC ou oscillateur à circuit accordé. [10]

- L'oscillateur LC de Collpits : Un montage d'oscillateur très utilisé en pratique est l'oscillateur Collpits qui est constitué :

- D'un circuit oscillant LC, la bobine ayant une résistance parallèle R.

- D'un diviseur de tension capacitif C1 et C2 aux bornes du circuit oscillant.

- D'un amplificateur à transistor en collecteur commun.

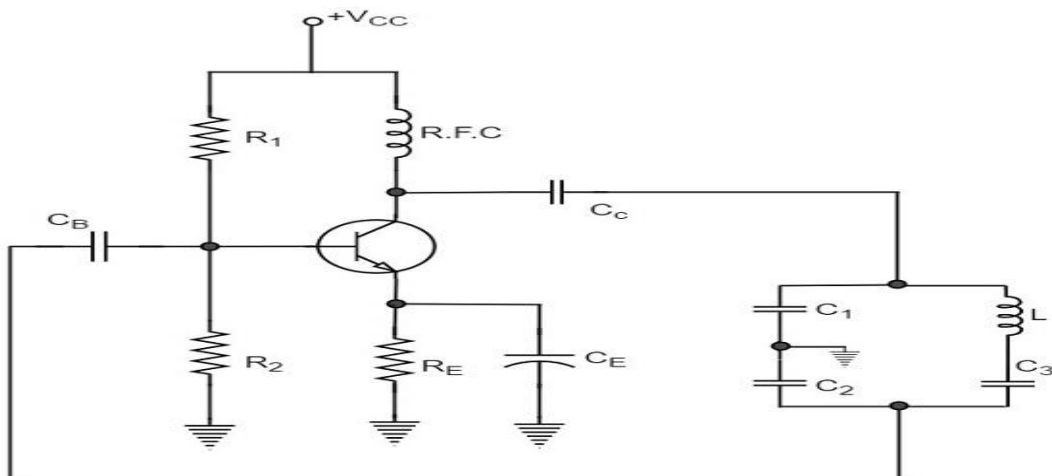


**Figure I.15 :** Schéma d'un oscillateur LC de colpitts.

La fréquence d'oscillation est définie par la résonance de L en parallèle avec C1 et C2 soit:

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{R \left( \frac{C1 \cdot C2}{C1 + C2} \right)}}$$

- L'oscillateur LC de Clapp : Le montage est dérivé du Collpits par ajout d'un condensateur C3 en série avec la bobine:



**Figure I.16 :** Schéma d'un oscillateur LC de clapp.

La fréquence d'oscillation est définie par la résonance de L et C3 en parallèle avec C1 et C2 soit :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ avec : } \frac{1}{C} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

- L'oscillateur LC de Hartley : Le montage est dérivé du Collpits en remplaçant le diviseur capacitif par un diviseur inductif.

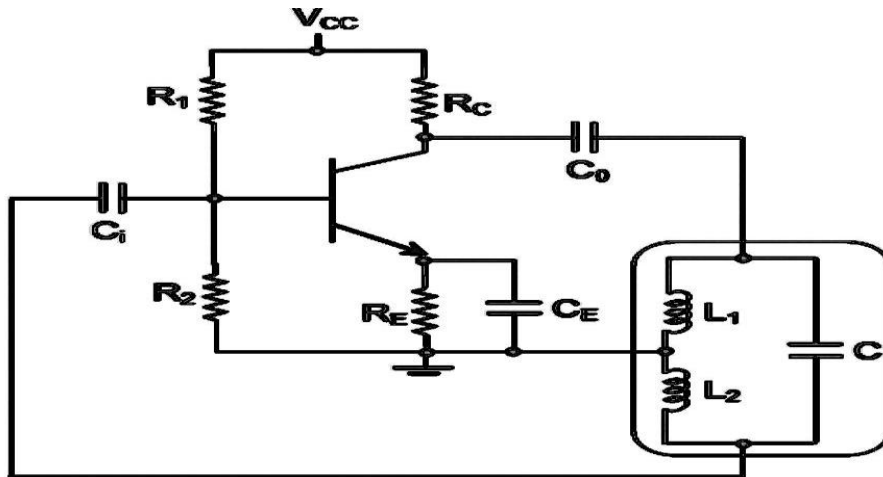


Figure I.17 : Schéma d'un oscillateur LC de hartley.

La fréquence d'oscillation est définie par la résonance de L1 et L2 en parallèle avec C1 soit :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2)C}}$$

#### D. Oscillateur à relaxation

Ce sont des montages dépourvus de signal d'entrée qui produisent dès leur mise sous tension des signaux périodiques. L'une des sorties est proche d'un signal rectangulaire de période T et de rapport cyclique  $\alpha$  ; les autres sorties éventuelles peuvent être de formes différentes (rampe par exemple) mais sont de même période.

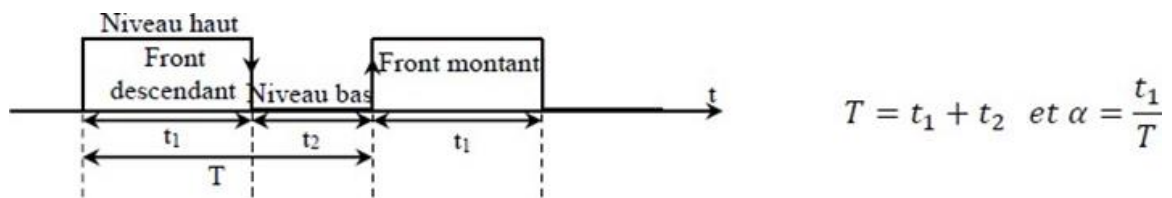


Figure I.18 : Signal émis par un oscillateur de relaxation.

Un tel oscillateur possède un rôle d'horloge ; les paramètres la période T et le rapport cyclique  $\alpha$  sont fixés par le choix de composants passifs ou d'une tension de réglage. [10]

Généralement pour :

- Les hacheurs nous travaillons avec  $T$  ajusté et  $\alpha$  variable ; on utilise essentiellement, pour la commande des interrupteur sélectroniques, le niveau haut pour les montages à transistors et les fronts pour les montages à thyristors.
- Pour les onduleurs  $\alpha$  fixe et  $T$  variable. [10]

## 2. Systèmes électroniques

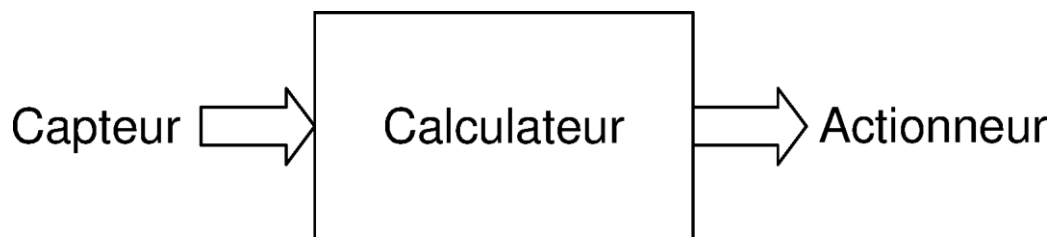
### 2.1.Introduction

L'électronique est une branche de la physique appliquée, « qui s'intéresse aux phénomènes de conduction électrique et aux équipements associés<sup>1</sup> ». Elle traite « du mouvement des porteurs de charge dans le vide, les gaz et les semi-conducteurs, des phénomènes de conduction électrique qui en résultent, et de leurs applications ».

On parle d'électronique surtout quand les circuits électriques comportent des éléments amplificateurs et notamment des semi-conducteurs.

### 2.2.Définition

Un système électronique est un système opérant sur des faibles courants. Il se compose essentiellement d'un calculateur, discret ou intégré, câblé ou programmé, et est relié sur son entrée à des capteurs et sur sa sorties à des actionneurs. Tous les appareils informatiques sont des systèmes électroniques.



**Figure I.19** : schéma explicatif d'un système électronique.

Un système électronique se décompose en deux parties :

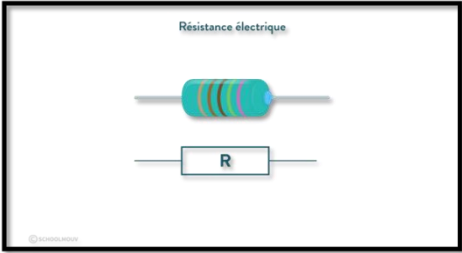
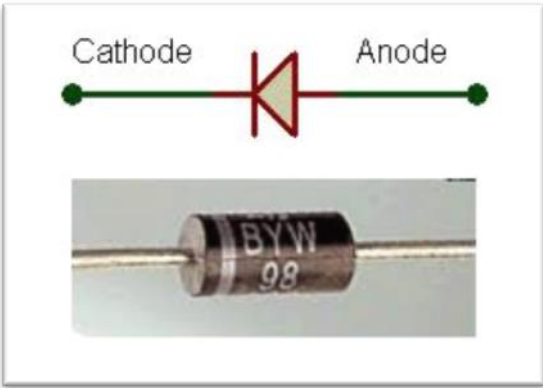



- l'une gère l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement et aux systèmes mécaniques, acoustiques, thermiques ou autres qu'il pilote.
- l'autre traite les signaux porteurs d'information.

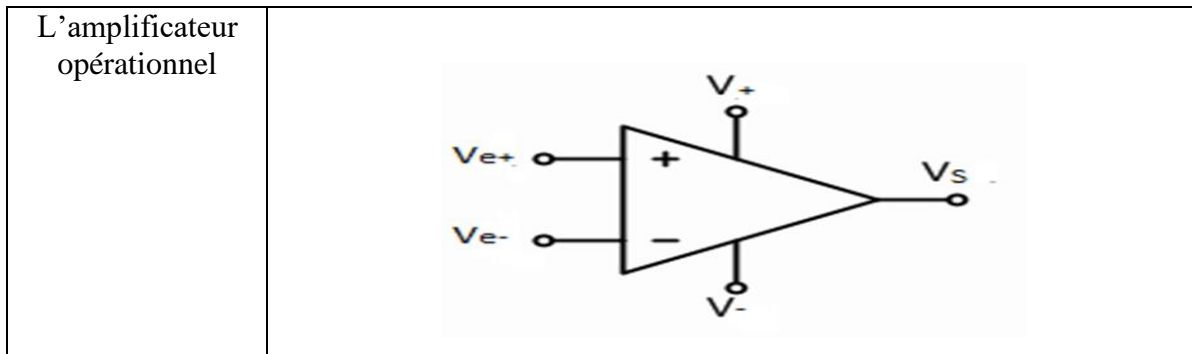
**2.3. Composants utilisés dans un système électronique**

Les pièces intérieures sont la plupart du temps montées sur des circuits imprimés. Différentes pièces sont construites par différentes marques et connectées entre elles. Le respect des normes par les différentes marques permet le fonctionnement de l'ensemble. Les pièces servent soit à recevoir des informations, à les envoyer, les échanger, les stocker ou les traiter. Toutes les opérations sont effectuées conformément aux instructions contenues dans les logiciels et aux manipulations des périphériques de l'interface homme-machine. [11]

Parmi les composants les plus importants qui forment les systèmes électroniques sont :

**Tableau I.1 :** Quelques composants importants dans l'électronique.

| Composant    | Symbole électronique   |
|--------------|--|
| Résistance   |   |
| Diode        |  |
| Transistor   |  |
| Condensateur |  |
| Bobine       |  |



### 3. Conclusion :

Après avoir fait une recherche globale sur les signaux et les oscillateurs, ainsi que les systèmes électroniques et ses composants nécessaires, on va continuer dans le chapitre suivant avec le multivibrateur qui est un composant nécessaire dans notre travail.

# *Chapitre II : Multivibrateurs*

## II. Multivibrateurs

### 1. Introduction

Un multivibrateur est un générateur de signaux périodiques non sinusoïdaux. Un montage multivibrateur est ainsi un circuit électronique permettant de générer des impulsions uniques (multivibrateur monostable ou temporisateur ou « timer ») ou des suites d'impulsions (multivibrateur astable ou oscillateur ou « signal d'horloge »). Tout multivibrateur comporte obligatoirement les organes suivants: un élément actif (le transistor, l'amplificateur opérationnel, les portes logiques etc...), un organe qui accumule de l'énergie (le condensateur) et un organe qui dissipe de l'énergie (résistance).

L'élément actif présente la base des multivibrateurs et dans ce chapitre on a choisis les éléments suivants : les transistors bipolaires, les amplificateurs opérationnels et le circuit intégré NE 555 qu'on va présenter.

### 2. Circuit intégré NE 555

Le NE555 est un circuit intégré de 8 pattes utilisé pour la temporisation ou en mode multivibrateur. Le NE555 a été créé en 1970 par Hans R. Camenzind et commercialisé en 1971 par Signetics. Ce composant est toujours utilisé de nos jours en raison de sa facilité d'utilisation, son faible coût et sa stabilité. Un milliard d'unités sont fabriquées par an.

Le schéma fonctionnel du Temporisateur NE555 est représenté sur la figure II.1.

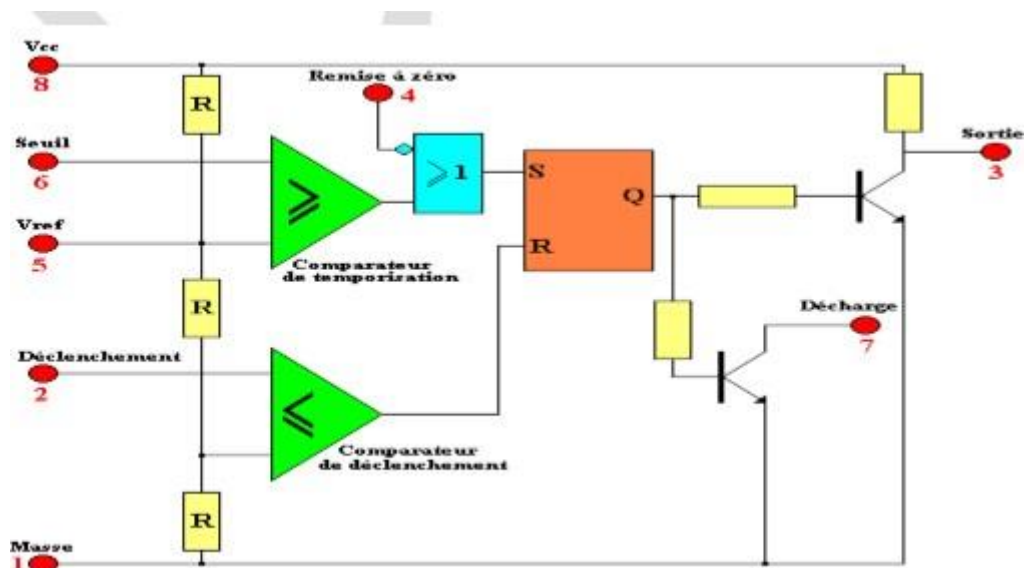


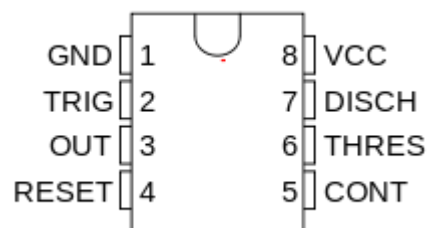
Figure II.1 : Description du NE 555.



Le circuit de minuterie NE555 se compose essentiellement de deux comparateurs, d'une bascule, d'un transistor de décharge et d'un diviseur de tension résistif. La bascule est un composant numérique, il s'agit d'un composant à deux états, c'est-à-dire que sa sortie peut produire soit un niveau de tension haut (S de l'anglais Set), soit un niveau de tension bas (remis à zéro, R de l'anglais reset). On peut changer l'état de la sortie à partir de signaux appropriés à l'entrée.

Le diviseur de tension résistif est utilisé pour ajuster les niveaux de tension des comparateurs. Les trois résistances sont de même valeur. Par conséquent, le comparateur supérieur a une tension de référence égale à  $2/3V_{cc}$ , tandis que le comparateur inférieur possède une tension de référence de  $1/3V_{cc}$ . Les sorties des comparateurs contrôlent l'état de sortie de la bascule.

La table suivante (Tableau II.1) présente les broches présentes sur la version simple dans un boîtier DIP. Les autres boîtiers utilisent les mêmes noms de broches. [12]



**Figure II.2 :** Symbole schématique du NE 555.

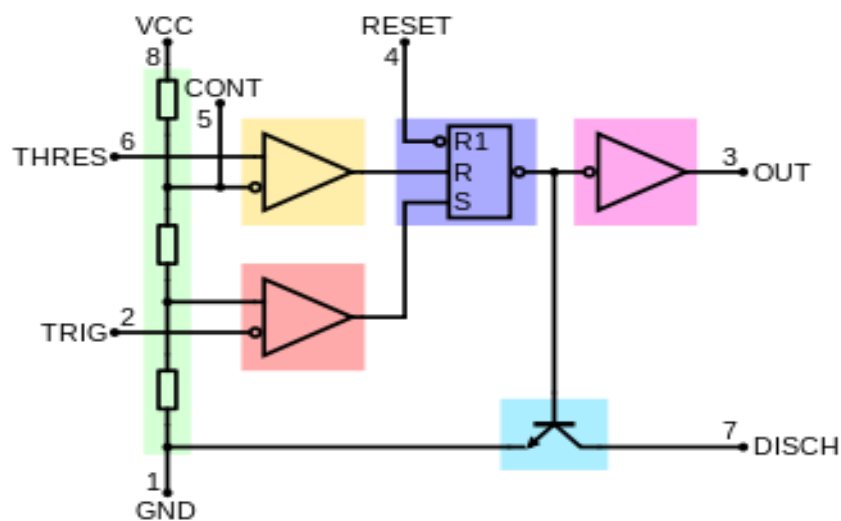
**Tableau II.1 :** Les broches du NE 555.

| # | NOM             | DESCRIPTION  |
|---|-----------------|--|
| 1 | GND             | Masse.   |
| 2 | TRIG            | Gâchette, amorce la temporisation.   |
| 3 | OUT             | Signal de sortie.  |
| 4 | RESET           | Remise à zéro, interruption de la temporisation.                           |
| 5 | CONT            | Accès à la référence interne ( $2/3$ de VCC).                              |
| 6 | THRES           | Signal la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse $2/3$ de VCC. |
| 7 | DISCH           | Borne servant à décharger le condensateur de temporisation.                |
| 8 | V <sub>CC</sub> | Tension d'alimentation, généralement 5V et 15V.                            |

## 2.1. Caractéristiques du NE555

- Tension d'alimentation : 4.5 à 16 V
- Compatible TTL
- Courant de sortie : jusqu'à 200 mA
- Temporisation de quelques microsecondes (us) à plusieurs heures
- Stabilité en température : 0.005% / °C [13]

## 2.2. Principe de fonctionnement



**Figure II.3 :** Schéma bloc du NE 555.

On peut voir à partir de figure les différents composants du NE555, soit :

- 2 comparateurs.
- 3 résistances configurées en diviseur de tension. Les deux tensions respectivement de  $1/3$  et  $2/3$  de  $V_{CC}$  servent de références aux comparateurs.
- 1 bascule SET-RESET contrôlée par les comparateurs.
- 1 inverseur.
- 1 transistor pour décharger le condensateur de temporisation.

L'opération du 555 suit la logique de fonctionnement du schéma bloc présenté et peut prendre 4 états différents :

- **Le signal RESET est à un niveau bas** : La bascule est remise à zéro et le transistor de décharge s'active et la sortie reste impérativement à un niveau bas. Aucune autre opération n'est possible.
- **Le signal TRIG est inférieur à  $1/3$  de  $V_{CC}$**  : la bascule est activée (SET) et la sortie est à un niveau haut, le transistor de décharge est désactivé.
- **Le signal THRES est supérieur à  $2/3$  de  $V_{CC}$**  : la bascule est remise à zéro (RESET) et la sortie est à un niveau bas, le transistor de décharge s'active.
- **Les signaux THRES et TRIG sont respectivement inférieurs à  $2/3$  de  $V_{CC}$  et supérieurs à  $1/3$  de  $V_{CC}$**  : la bascule conserve son état précédent de même que pour la sortie et le transistor de décharge. [14]

Ces états sont résumés dans le tableau suivant :

| RESET    | TRIG           | THRES          | OUT               | DISCH   |
|----------|----------------|----------------|-------------------|---------|
| <b>0</b> | X              | X              | 0                 | ACTIF   |
| <b>1</b> | $< 1/3 V_{CC}$ | X              | 1                 | INACTIF |
| <b>1</b> | $> 1/3 V_{CC}$ | $> 2/3 V_{CC}$ | 0                 | ACTIF   |
| <b>1</b> | $> 1/3 V_{CC}$ | $< 2/3 V_{CC}$ | VALEUR PRESEDENTE |         |

**Tableau II.2** : Résumé de Principe de fonctionnement.

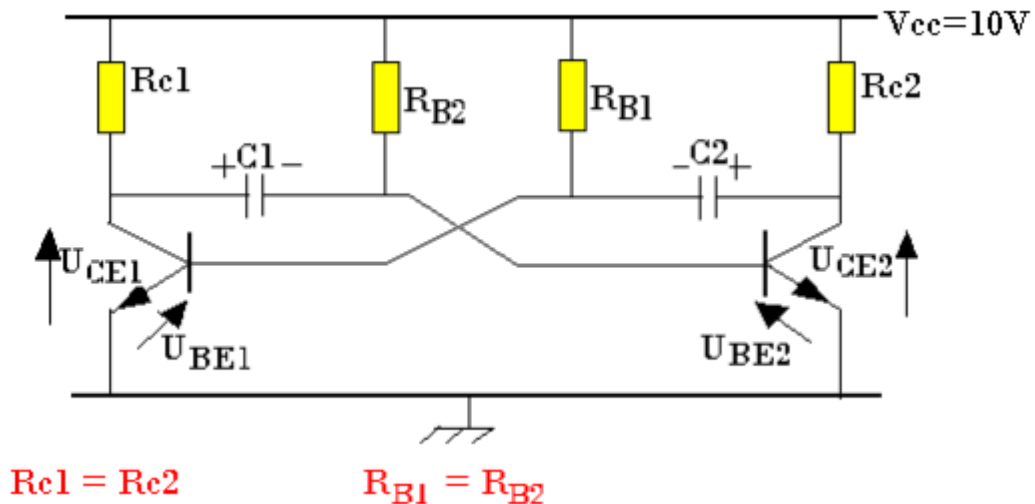
### 3. Types des multivibrateurs

#### 3.1. Multivibrateurs astables

Le multivibrateur astable est un oscillateur qui délivre des signaux carrés. C'est un système qui n'a pas besoin de signal extérieur pour le déclencher. C'est un auto-oscillateur.

##### a. Astable à base de transistors bipolaires

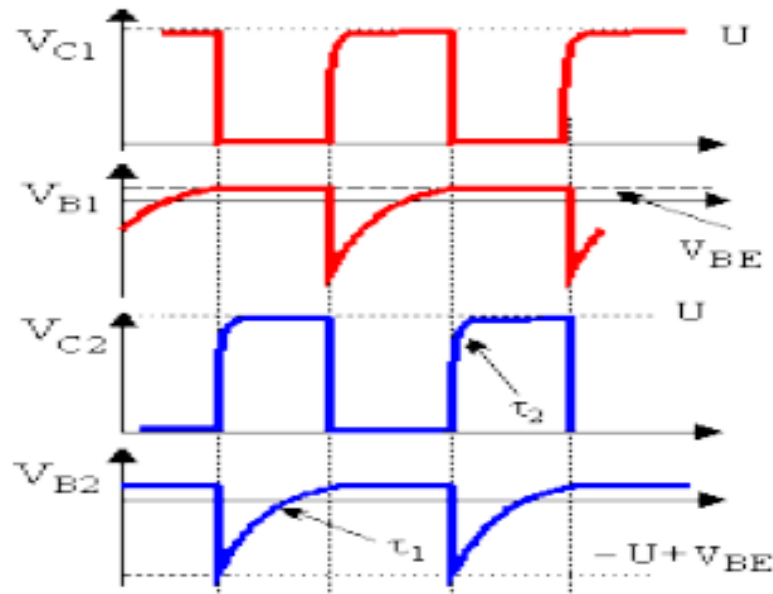
La figure II.4 présente le montage d'un multivibrateur astable à base de transistors.



**Figure II.4:** Astable à base de transistors.

On suppose que les condensateurs sont complètement déchargés au départ. Après avoir alimenté notre circuit, les deux condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  se chargent à travers les résistances  $R_{C1}$  et  $R_{C2}$  et les jonctions « base-émetteur ». Les deux transistors  $T_1$  et  $T_2$  tendent à se saturer. On considère le circuit astable à base de transistors. La sortie de  $T_2$  est reliée à l'entrée de  $T_1$  par une liaison capacitive et réciproquement. Les résistances des 8 collecteurs sont beaucoup plus faibles que les résistances des bases. On suppose que  $T_1$  se sature en premier : le potentiel de son collecteur passe brutalement de  $V_{CC}$  (tension de polarisation) à  $V_{CE1} = 0$ . L'armature positive de  $C_1$  est mise à la masse et on a  $V_{C1} + V_{BE2} = 0$  ;  $V_{BE2} = -V_{C1}$ . Le transistor  $T_2$  se bloque, le condensateur  $C_2$  va se charger jusqu'à la valeur  $V_{C2} = V_{CC} - 0.7$ . Une fois  $C_2$  chargé, la saturation de  $T_1$  est maintenue à travers  $R_{B1}$ . Le condensateur  $C_1$  est lentement chargé en inverse à travers la résistance  $R_{B2}$  la tension  $V_{C1}$  passe d'une valeur positive à une valeur négative et va tendre vers  $-V_{CC}$  mais cette tension ne va jamais atteindre cette valeur. Pour  $V_{C1} = -0,7V$ , le transistor  $T_2$  va se mettre à conduire et va se saturer, ceci va entraîner que  $V_{CE2} = 0$  ;  $V_{BE1} + V_{C2} = 0$  ;  $V_{BE1} = -V_{C2}$  et le transistor  $T_1$  va se bloquer, le condensateur  $C_1$  va se charger rapidement jusqu'à la valeur de  $V_{CC} - V_{BE}$ . Une fois  $C_1$  chargé, la saturation de  $T_2$  est maintenue à travers  $R_{B2}$ . Le condensateur  $C_2$  est lentement chargé en inverse à travers  $R_{B1}$ . La tension  $V_{C2}$  passe d'une valeur positive à une valeur négative, lorsque  $V_{C2} = -0,7V$ .  $T_1$  va se remettre à conduire et le cycle recommence. On remarque alors que le circuit oscille en permanence entre ces deux états. La figure qui suit représente l'évolution des potentiels sur les électrodes des transistors en fonction du temps. La valeur approchée de la période du multivibrateur est égale à :

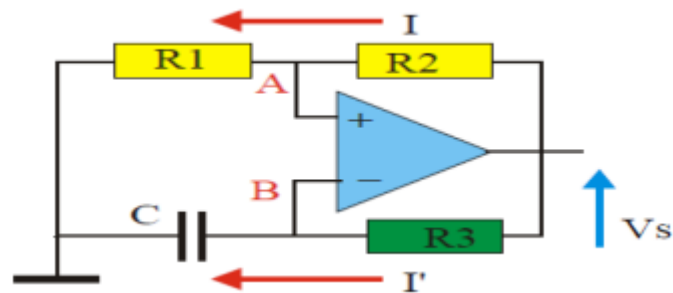
$$T = 0.7R_{B2} \cdot C_1 + R_{B1} \cdot C_2 \quad [15]$$



**Figure II.5 :** Chronogrammes aux nœuds des bases et collecteurs des deux transistors constituant l'astable.

### b. Astable à base d'amplificateur opérationnel

Dans ce mode, l'amplificateur opérationnel fonctionne en comparateur.



**Figure II.6 :** Astable à base d'amplificateur opérationnel.

On prend le schéma de la figure II.6 qui présente un multivibrateur astable à base d'amplificateur. On a un pont diviseur formé par les deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  et si  $V_A > V_B$  alors  $V_s = +V_{cc}$ , le condensateur se charge à travers la résistance  $R_3$ . Le potentiel au point B augmente jusqu'à ce qu'il atteigne  $V_A$ , ensuite le montage bascule donc  $V_s = -V_{cc}$ .

Quand le potentiel au point A devient négatif  $V_A < V_B$ . Le condensateur se décharge à travers  $R_3$ . Alors  $V_B$  diminue jusqu'à ce qu'il devienne inférieur à  $V_A$ , donc le montage bascule une autre fois.

Ce système oscille entre ces deux états avec une période  $T = 2R_3C \cdot \ln(1 + 2R_1/R_2)$  [15]

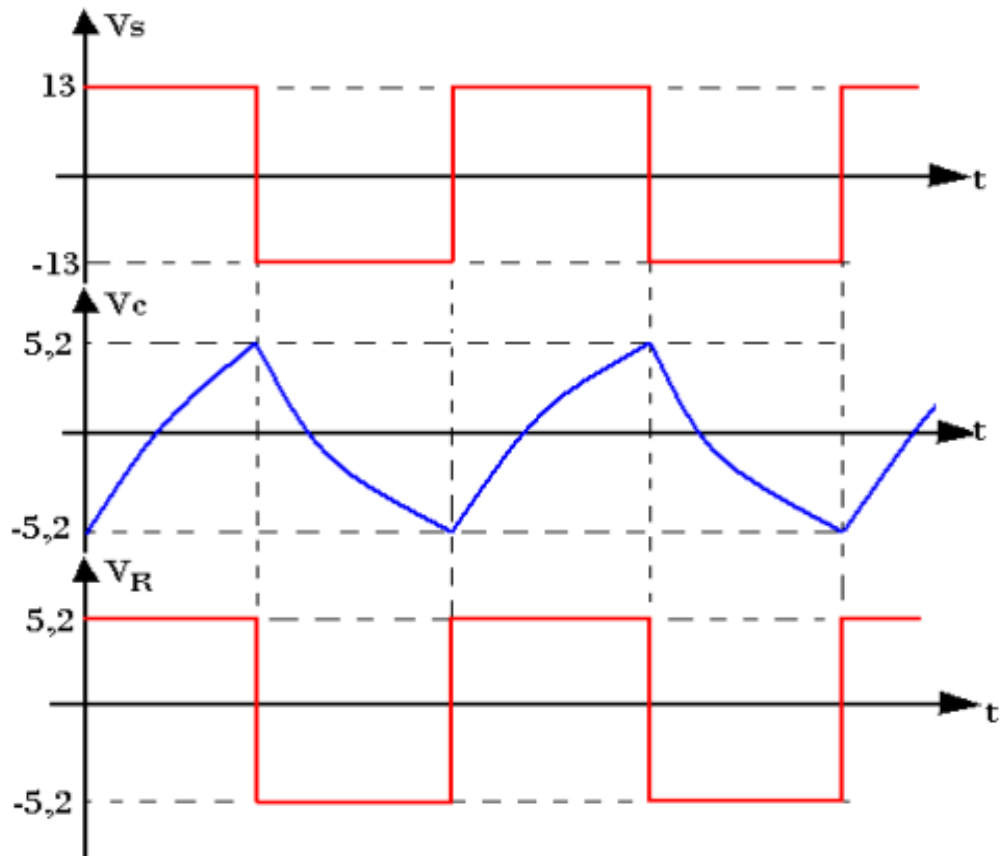


Figure II.7 : Allure des différentes tensions de l'astable à base d'AOP.

c. Astable à base de NE 555

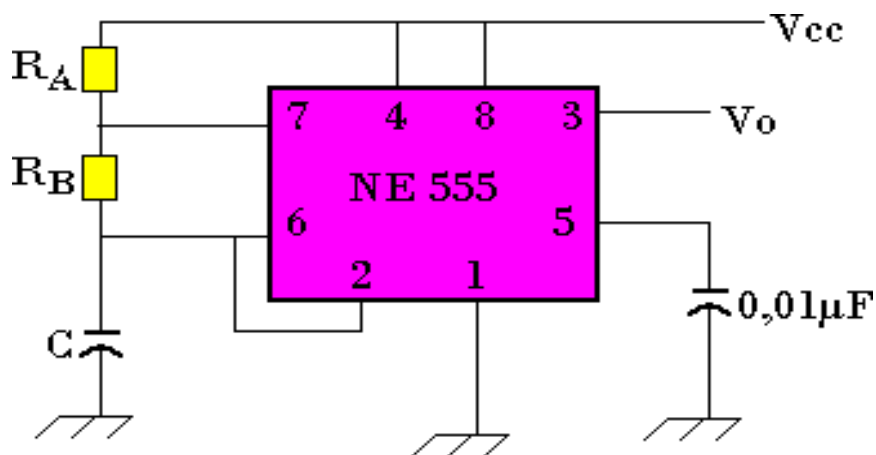


Figure II.8 : Astable à base du CI NE 555.

En régime permanent, le condensateur subit une succession de charge et de décharge évoluant entre  $1/3 V_{CC}$  et  $2/3 V_{CC}$ . Lorsque  $Q = 1$  ;  $\bar{Q} = 0$ , le transistor est bloqué et le condensateur se charge jusqu'à la valeur de  $2/3 V_{CC}$  à travers les résistances  $R_A$  et  $R_B$ . Lorsque la tension  $V_C$  veut dépasser  $2/3 V_{CC}$ , la sortie du comparateur A1 passe à "1" et entraîne  $Q = 0$  et  $\bar{Q} = 1$ , le

transistor se sature et la broche "7" sera mise à la masse. Le condensateur va se décharger à travers  $R_B$  jusqu'à  $1/3 V_{CC}$ . Lorsque  $V_C$  veut aller en décade  $1/3 V_{CC}$ , le comparateur A2 passe à 1. Et fait basculer  $Q=1$  et  $\bar{Q}=0$  et le cycle recommence. [15]

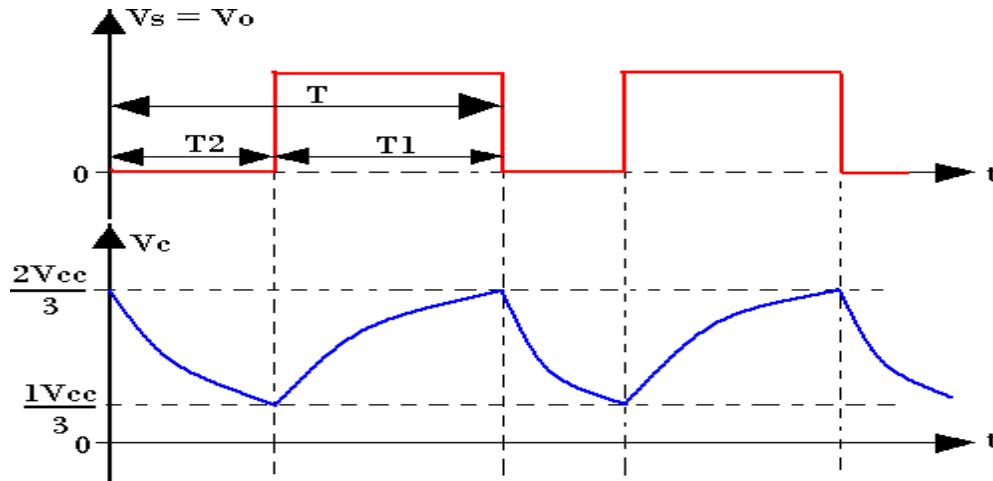


Figure II.9 : Allure de la tension sur le condensateur et la tension de sortie.

La fréquence d'oscillations  $f$  ainsi que le rapport cyclique  $\alpha$  suivent les relations suivantes:

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) \cdot C} \alpha = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

La courbe de charge du condensateur est donnée par la formule suivante :

$$V_C = V_{CC} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

Puisque la charge du condensateur commence à  $t=0$ , il suffit de résoudre l'équation précédente pour  $t$

$$t = -RC \cdot \ln\left(1 - \frac{V_C}{V_{CC}}\right)$$

Puisque la durée du niveau haut  $t_H$  est la période où le condensateur se charge de  $1/3$  de  $V_{CC}$  jusqu'à  $2/3$  de  $V_{CC}$  nous avons :

$$t_H \approx 0.693 \cdot (R_A + R_B) \cdot C$$

Et la décharge ne se fait que par la résistance  $R_B$  l'équation pour  $t_L$  est :

$$t_L \approx 0.693 \cdot (R_B) \cdot C$$

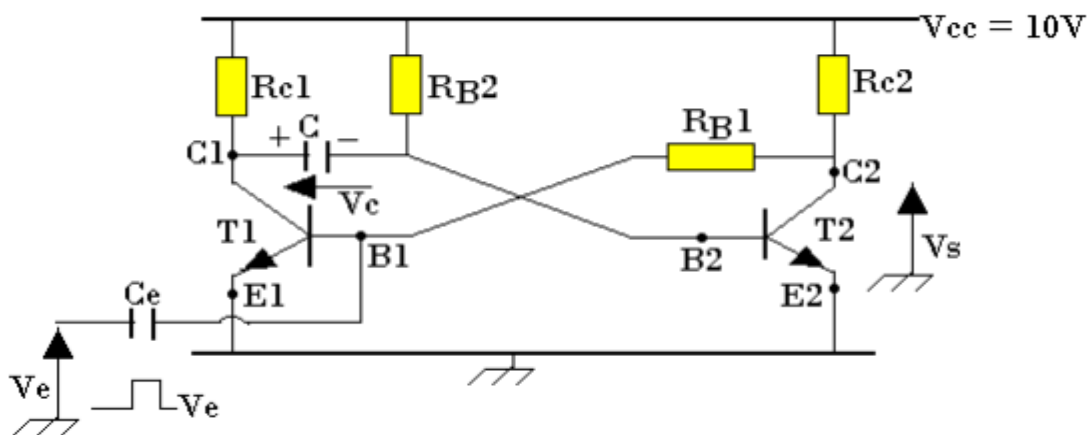
La période totale de l'astable est :

$$T = t_H + t_L = 0.693(R_A + 2R_B).C$$

### 3.2. Multivibrateurs monostables

C'est un circuit qui réalise la fonction de temporisation utilisée chaque fois que l'on souhaite déclencher un dispositif avec retardement. Suivant les montages ou les besoins de temporisation, la temporisation peut aller de quelques micros secondes à quelques heures, et qui possède deux états de fonctionnement stable et instable, le déclenchement de ce dispositif se fait après l'application d'un signal de commande alors le monostable alterne entre ses deux états de fonctionnement mais revient vers la position stable.

#### a. Monostable à base de transistors bipolaires

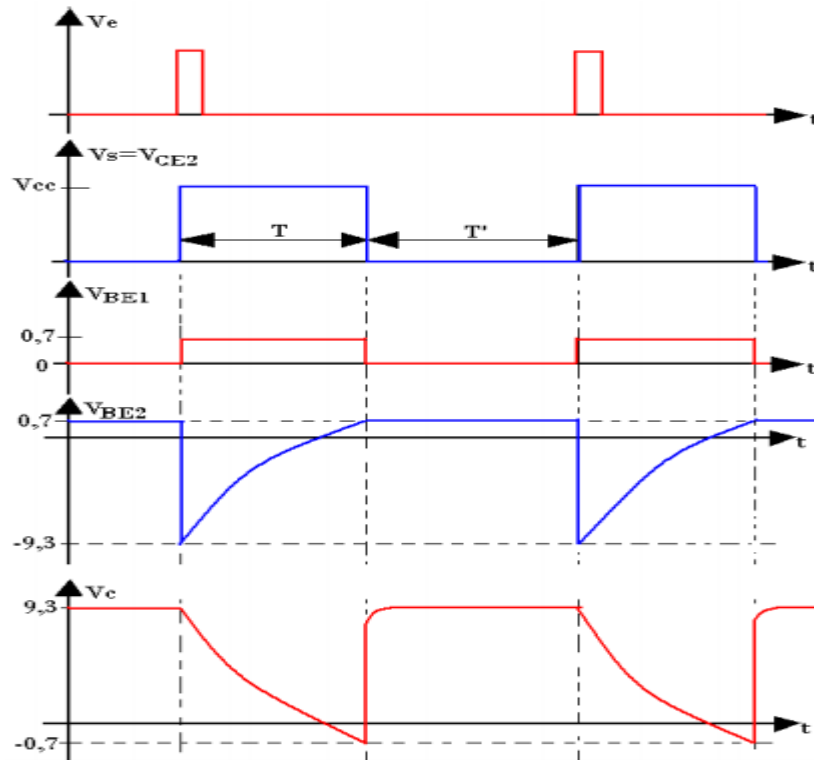


**Figure II.10 :** Monostable à base de transistors bipolaires.

On prend le schéma de la figure II.10 qui présente un multivibrateur monostable à base de transistors bipolaires. A l'état stable, l'absence d'impulsion de déclenchement,  $T_2$  est en régime de saturation ce qui engendre le blocage du transistor  $T_1$  car le collecteur de  $T_2$  est branché avec la masse. Alors le condensateur se charge à travers  $R_{c1}$ .

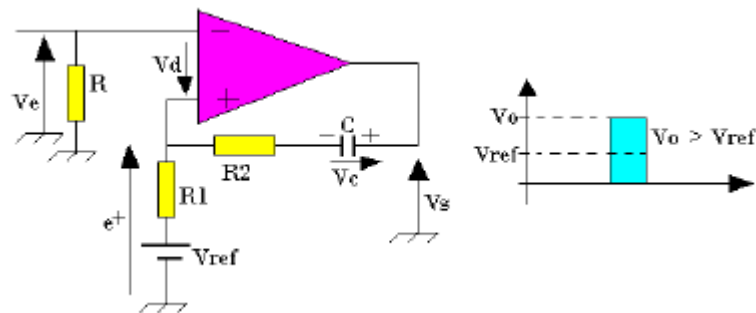
Quand on applique une impulsion de déclenchement à la base de  $T_1$  il se bloque et ce qui cause le blocage du transistor  $T_2$ , le condensateur se charge en sens inverse à travers  $R_{B1}$ , donc la tension  $V_c$  devient négative et lorsqu'elle sera égal à  $-0.7V$   $T_1$  se bloque de nouveau.





**Figure II.11 :** Chronogrammes aux nœuds des bases et collecteurs des deux transistors constituant le monostable.

**b. Monostable à base d'amplificateurs opérationnels**



**Figure II.12 :** Monostable à base d'amplificateur opérationnel.

A l'état stable :

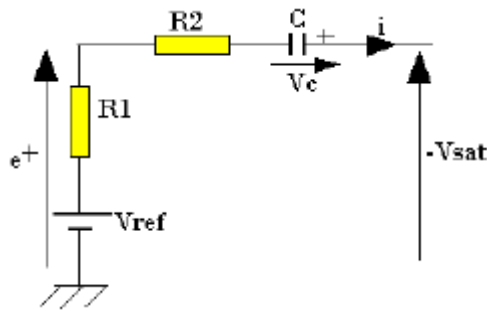
A  $t = t_0$  :  $V_e = 0$  et  $I = 0$  ;

$e^+ = V_{ref}$ ,  $V_c = V_s - V_{ref}$

A l'état instable :

A  $t = t_1$  :  $V_c = V_0$ ,  $V_s = -V_{sat}$  ;

$$V_c = -V_s - V_{ref} = V_{sat} - V_{ref} ;$$



**Figure II.13 :** Schéma simplifié de fonctionnement.

En appliquant la loi des mailles :

$$V_{ref} - R_1 I - R_2 I + V_c + V_{sat} = 0$$

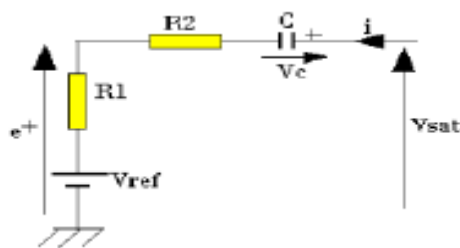
$$I = \frac{V_{ref} + V_c + V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

$$e^+ = V_{ref} - R_1 I \quad e^+ = V_{ref} - \frac{2R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

Le condensateur se décharge à travers  $R_1 + R_2$ .

A  $t = t_3$  :

A la phase de récupération, il y a un basculement vers l'état stable donc le condensateur C se charge à nouveau.



**Figure II.14 :** Schéma de récupération.

$$e^+ = V_{ref} + R_1 I, \quad I = \frac{V_{sat} - V_c - V_{ref}}{R_1 + R_2} ; \quad e^+ = \frac{2R_1 V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

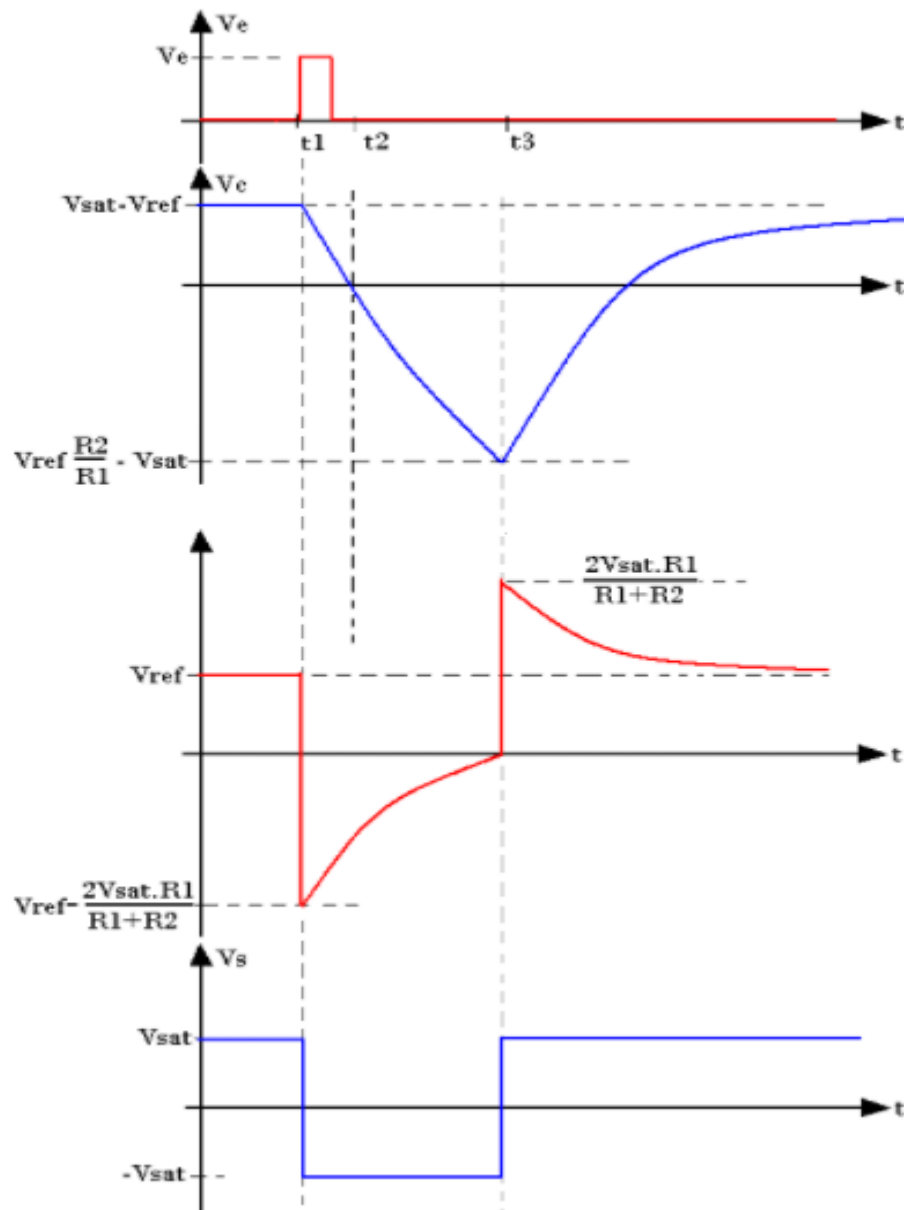


Figure II.15: Allure des tensions du monostable à base d'AOP.

c. Monostable à base de NE 555

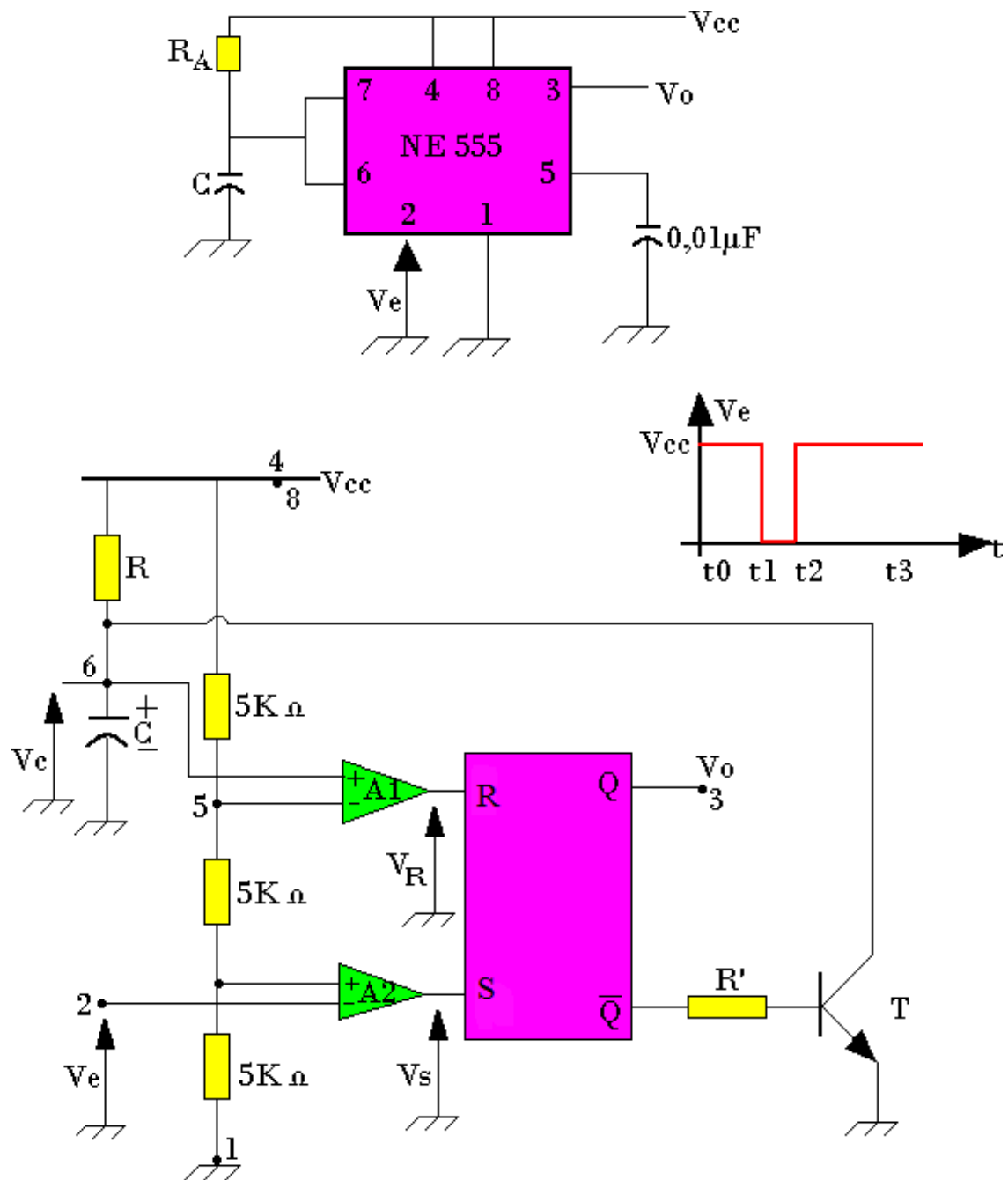


Figure II.16 : Monostable à base de NE 555.

$\bar{Q}=0$  T bloqué, C se charge.

$\bar{Q}=1$  T saturé, C se décharge.

- Etude de l'état stable : A  $t=t_0$ , le condensateur C est complètement déchargé,  $V_c=0$ ,  $V_e=V_{cc}$  et  $S=0$ ;  $R=0$ , le transistor étant saturé  $\bar{Q}=1$  et  $Q=0$ .

- Etude de l'état instable : A  $t=t_1$  on applique une impulsion  $V_e=0v$  ;  $S=1$  et  $R=0$  ;  $Q=1$  et  $\bar{Q}=0$ . Le transistor se bloque, le condensateur se charge à travers R. Après la disparition de l'impulsion à l'instant  $t=t_2$  on aura  $V_e=V_{CC}$  ;  $S=0$   $R=0$  d'où  $Q=1$  et  $\bar{Q}=0$ , le transistor reste bloqué. L'état instable va prendre fin lorsque  $V_c=2V_{CC}/3$ .
- Etude de récupération : A  $t=t_3$  on a  $V_c$  est légèrement supérieure à  $2V_{CC}/3$ ,  $R=1$  et  $S=0$   $Q=0$  et  $\bar{Q}=1$ , le transistor se sature et la patte 7 est mise à la masse, le condensateur se retrouve en court-circuit et se décharge donc très rapidement et on se retrouve à l'état initial. [15]

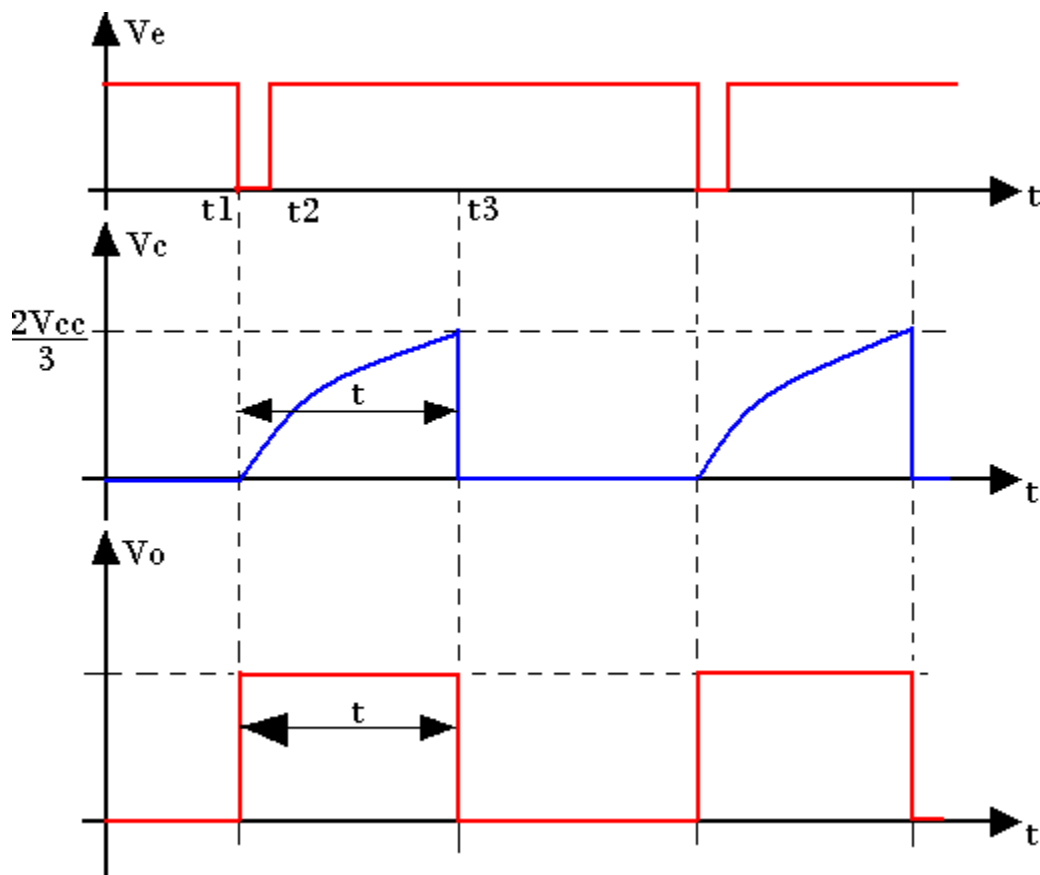


Figure II.17 : Allure de la tension de condensateur et de tension de sortie.

### 3.3. Multivibrateurs bistables

Le bistable est un circuit qui a deux états stables. On passe d'un état à l'autre par l'action d'une impulsion de déclenchement.

## a. Bistable à base de transistors

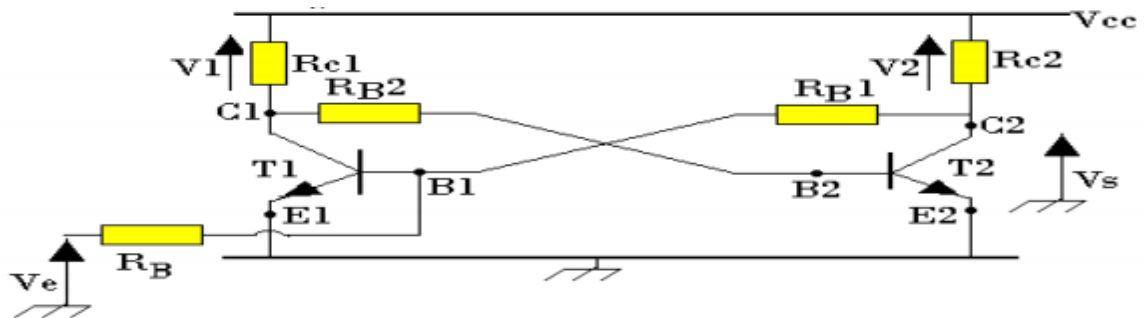


Figure II.18 : Bistable à base transistors bipolaires.

En appliquant une impulsion à l'instant  $t=t_1$ ,  $T_1$  se sature et entraîne le blocage de  $T_2$  car le collecteur de ce dernier est branché avec la masse. la saturation de  $T_1$  est maintenue à travers  $R_{C2}$  et  $R_{B1}$ .

A  $t= t_3$ , on applique une impulsion négative à  $T_1$  donc il se bloque et ce qui entraîne la saturation de  $T_2$ , qui est maintenue à travers  $R_{C1}$  et  $R_{B2}$ .

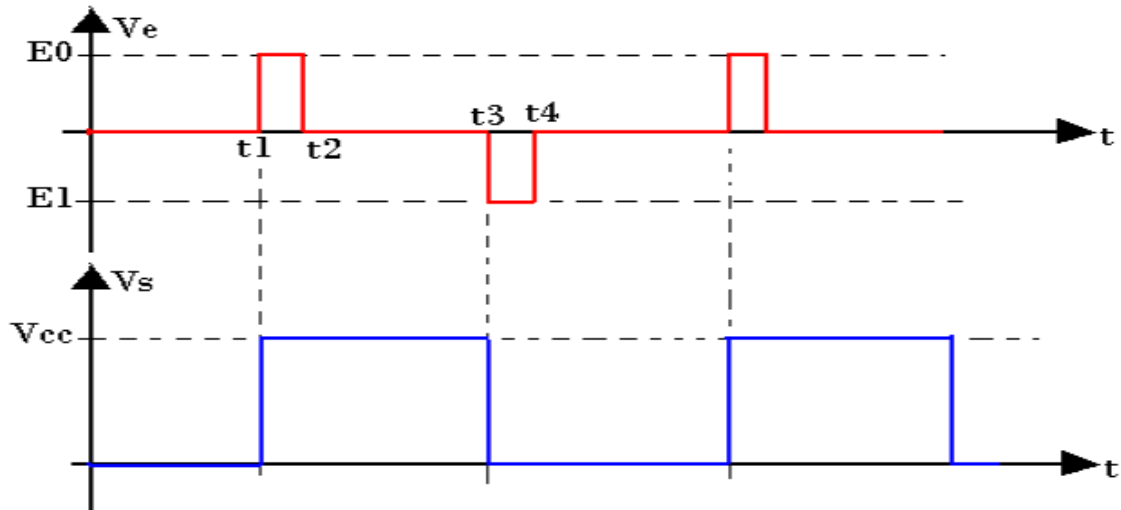
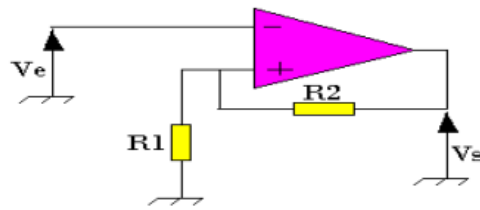


Figure II.19 : Chronogrammes des impulsions et de la tension Vcc.

### b. Bistable à base d'amplificateur opérationnel



**Figure II.20 :** Bistable à base d'amplificateur opérationnel.

A l'instant  $t = t_0$ , aucune impulsion n'est appliquée  $V_e = 0$ .

En appliquant une impulsion positive à l'instant  $t = t_1$ , la sortie bascule au niveau bas donc :

$$V_s = -V_{sat} \text{ et } V_{ed} = \frac{R_1 \cdot V_{sat}}{R_1 + R_2} - E_0$$

A l'instant  $t = t_2$ , l'impulsion disparaît  $V_e = 0$  mais la sortie reste au niveau bas donc :

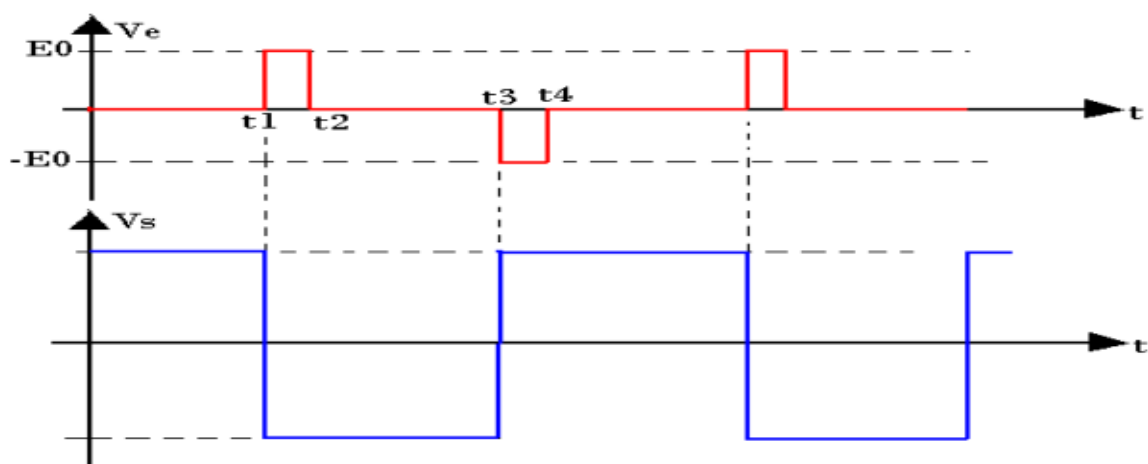
$$V_{ed} = - \frac{R_1 \cdot V_{sat}}{R_1 + R_2}$$

On applique une impulsion négative à l'instant  $t_3$  la sortie bascule au niveau haut

$$V_s = V_{sat} \text{ et } V_{ed} = - \frac{R_1 \cdot V_{sat}}{R_1 + R_2} + E_0$$

A l'instant  $t = t_4$ , l'impulsion disparaît  $V_e = 0$  mais la sortie reste au niveau haut donc :

$$V_{ed} = \frac{R_1 \cdot V_{sat}}{R_1 + R_2}$$



**Figure II.21:** Allure des tensions du bistable à base d'amplificateur opérationnel

## c. Bistable à base de NE 555

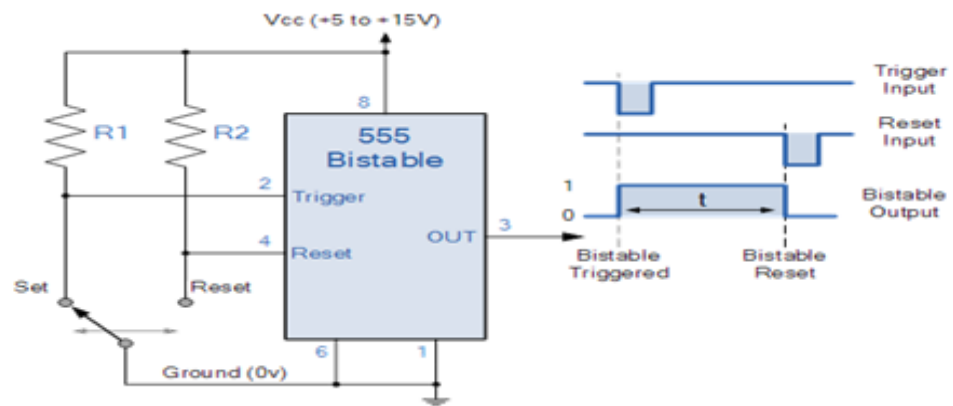


Figure II.22 : Bistable à base de NE 555.

La commutation du signal de sortie est obtenue en contrôlant les entrées de déclenchement et réinitialisation du NE555, qui sont détenus "HIGH" par les deux résistances R1 et R2. En prenant l'entrée de déclenchement (broche 2) "LOW", l'interrupteur en position set, modifie l'état de sortie dans l'état "HIGH" et en prenant l'entrée reset (broche 4) "LOW", l'interrupteur en position reset, change la sortie dans l'état "LOW".

Le bistable à NE555 est stable dans les deux Etats, "HIGH" et "LOW". L'entrée de seuil (broche 6) est connectée à la masse pour s'assurer qu'elle ne peut pas réinitialiser le circuit bistable. [16]

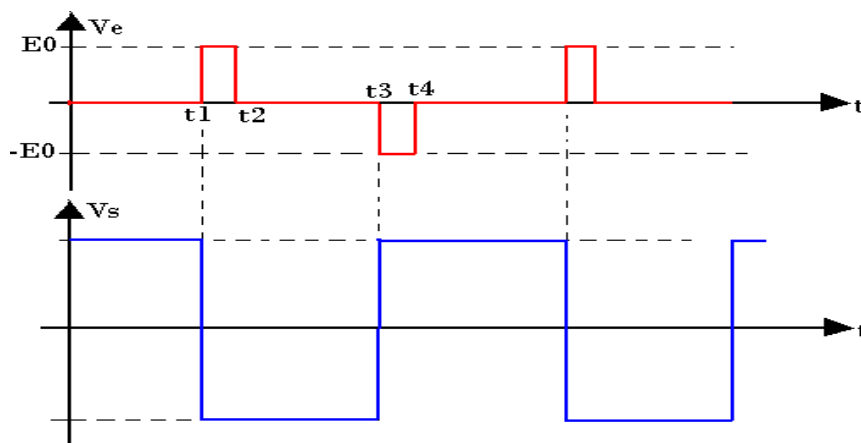


Figure II.23 : Allure de la tension de sortie.



#### 4. Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté l'architecture et le fonctionnement de un des circuits intégrés les plus utilisés le « NE 555 » ainsi que les multivibrateurs et leurs types avec les éléments actifs suivants : les transistors bipolaires, les amplificateurs opérationnels et enfin le circuit intégré NE 555 qu'on va utiliser dans la simulation de projet.

Dans le chapitre suivant, on va présenter le travail personnel qui est la simulation en utilisant le logiciel « Proteus 8 Professional » et la réalisation d'un générateur des signaux.

*Chapitre III : Simulation et  
réalisation du générateur de signaux*

### III. Simulation et réalisation du montage

#### 1. Introduction

Notre but est de réaliser un générateur de signaux à base d'un multivibrateur à base du circuit intégré NE 555 monté en astable, ce générateur de basse fréquence délivre un signal rectangulaire, un signal dents de scie, un signal triangulaire, et un signal sinusoïdal.

La simulation est faite par le Proteus 8 Professionnel Isis et Ares, pour ce référencier et voir le comportement fonctionnel de ce montage avant d'entamer la réalisation.

Le test pratique est effectué en branchant le montage du circuit avec un oscilloscope pour visualiser les signaux qu'on a cités.

#### 2. Présentation et étude fonctionnel du circuit

La figure III.1 présente le circuit de notre générateur de signaux, le circuit est alimenté en 9 volts. La diode de redressement à l'entrée est utilisée comme protection contre l'inversion de polarité. De plus un condensateur électrolytique a été ajouté à l'entrée afin que les vibrations (ondulation) de la source d'alimentation n'affectent pas le circuit.

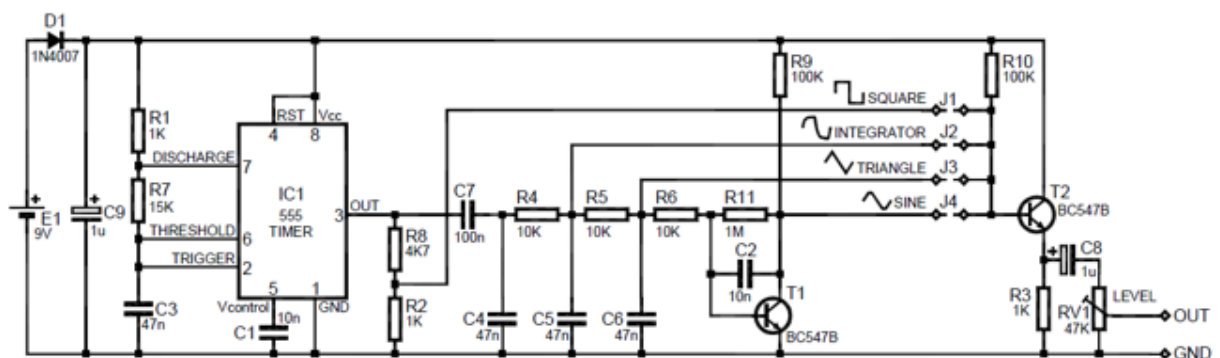


Figure III.1 : Le montage de générateur de signaux.

#### 2. 1. Signal rectangulaire

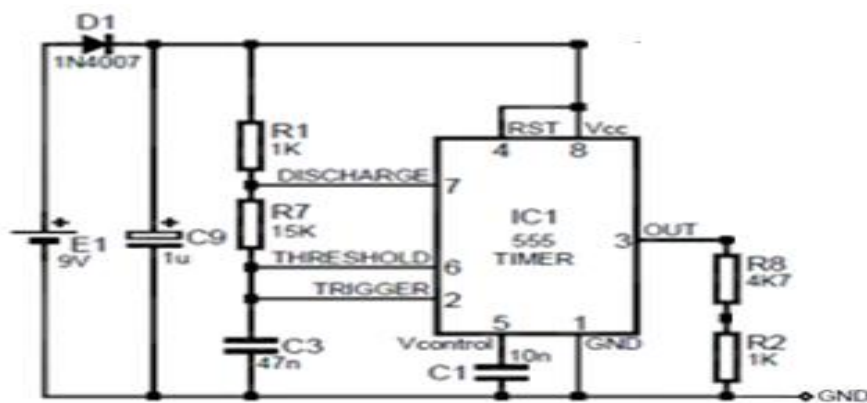


Figure III.2 : Circuit délivrant le signal rectangulaire.

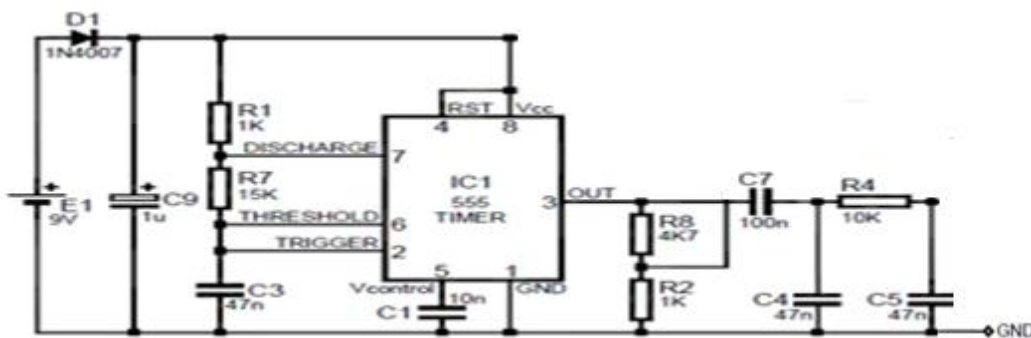
Pour obtenir le signal rectangulaire, on a monté le timer NE 555 en mode astable. Le condensateur  $C_3$  se charge à travers les résistances  $R_1$  et  $R_7$  avec une durée de charge  $T_{\text{charge}} = (R_1 + R_7) \cdot C_3 \cdot \ln 2 = 521.24668 \mu\text{s}$ .

Quand la tension aux bornes de  $C_3$  dépasse  $V_{cc}/3$ , le premier comparateur de la bascule RS positionne la borne set (set = 1) et le condensateur continue à se charger. Quand la tension aux bornes de  $C_3$  atteint  $2V_{cc}/3$ , le deuxième comparateur positionne sur la borne reset (reset = 1) donc le condensateur commence à se décharger à travers  $R_7$  avec une durée de décharge

$$T_{\text{décharge}} = R_7 \cdot C_3 \cdot \ln 2 = 488.668763 \mu\text{s}.$$

Le circuit va osciller entre ces deux états (charge et décharge) ce qui va nous créer le signal rectangulaire.

## 2. 2. Signal dents de scie



**Figure III.3 :** Circuit délivrant un signal dents de scie.

Le signal rectangulaire de base atteint  $C_7$ , lequel pourvoit au découplage par rapport au continu et permet d'obtenir une tension alternative, soit bidirectionnelle (avec des valeurs positives et négatives par rapport à la masse) : cette astuce sert à obtenir les autres formes de signaux. Ce qui sort de  $C_7$  est tout de suite filtré par  $C_4$ , puis passe par un premier filtre passe-bas constitué de  $R_4$  et  $C_5$  : la fréquence de coupure de ce dernier est de l'ordre de 330 Hz, ce qui est suffisamment bas pour obtenir, aux bornes de  $C_5$ , une tension de forme de signal exponentiel (en fait un signal composé de traits d'exponentielle croissante alternés avec des exponentielles décroissantes).

### 2. 3. Signal triangulaire

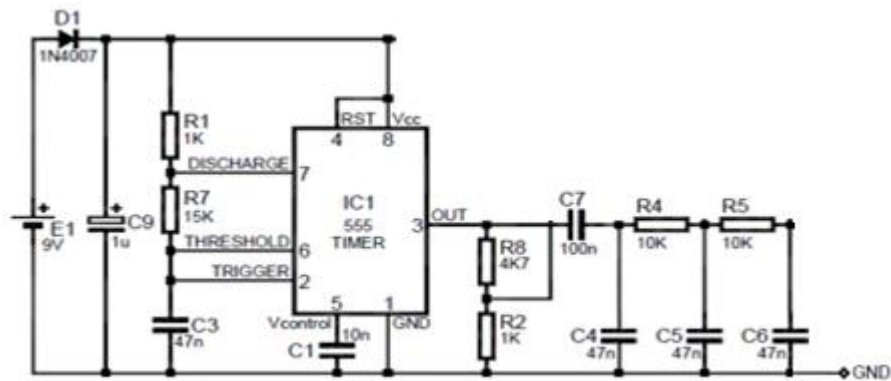


Figure III.4 : Circuit d'évitant un signal triangulaire.

Le signal intégrateur passe par un autre filtre passe-bas, identique au précédent (donc de même fréquence de coupure) qui en tire un signal triangulaire composé de rampes assez droites et descendantes.

### 2. 4. Signal sinusoïdal

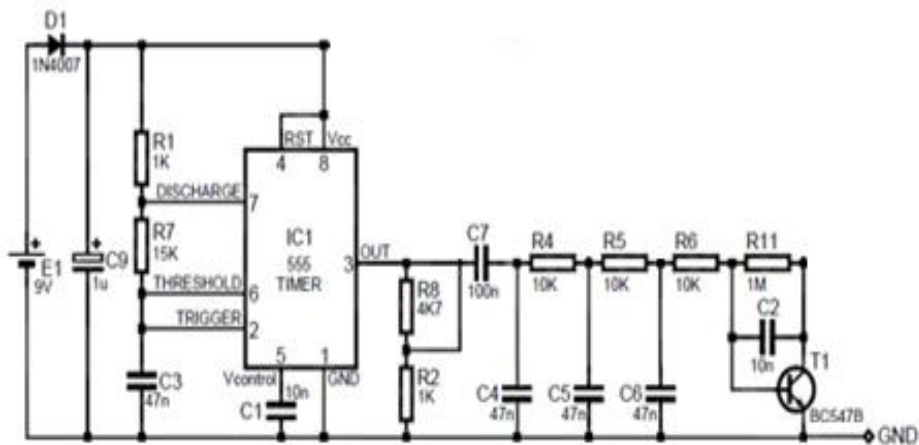







Figure III.5 : Circuit d'évitant un signal sinusoïdal.


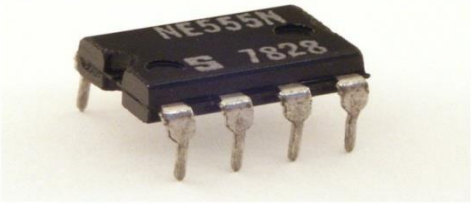


Le dernier filtre, toujours composé d'une résistance de 10kΩ et d'un condensateur de 47 nF, permet d'obtenir une onde sinusoïdale en intégrant la triangulaire.

Pour en perfectionner la qualité qu'on fait passer la sinusoïde par un étage à transistors qui l'amplifie, non seulement en tension mais aussi en courant, afin d'éviter que la charge représentée par le tampon de sortie ne puisse influencer négativement la chaîne des filtres passe-bas et provoquer une déformation inacceptable de la forme d'onde.

## 3. Composants utilisés

Tableau III.1 : Les composants utilisés.

| Composants  | Images  | Références  |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>11 Résistances</li> </ul>                  |    | R1, R2, R3 : 1kΩ<br>R4, R5, R6 : 10KΩ<br>R7 : 15kΩ<br>R8 : 47kΩ<br>R9, R10 : 100kΩ<br>R11 : 1MΩ |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 R résistance variable</li> </ul>         |   | RV1 : 47kΩ  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>7 Condensateurs céramiques</li> </ul>      |  | C1, C2 : 10nF<br>C3, C4, C5, C6 : 2 condensateurs de 100nF en série = 50nF<br>C7 : 100nF        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>2 Condensateurs électrolytiques</li> </ul> |  | C8, C9 : 1 μF   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>2 Transistors</li> </ul>                   |  | T1, T2 : B548BC   |

|   |  |             |
|---|--|-------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Diode</li> </ul>             |     | D1 : 1N4007 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Circuit intégré</li> </ul>   |     | IC1 : NE555 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fils de connexion</li> </ul>   |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Source de tension</li> </ul> |   | E1 : 9v     |

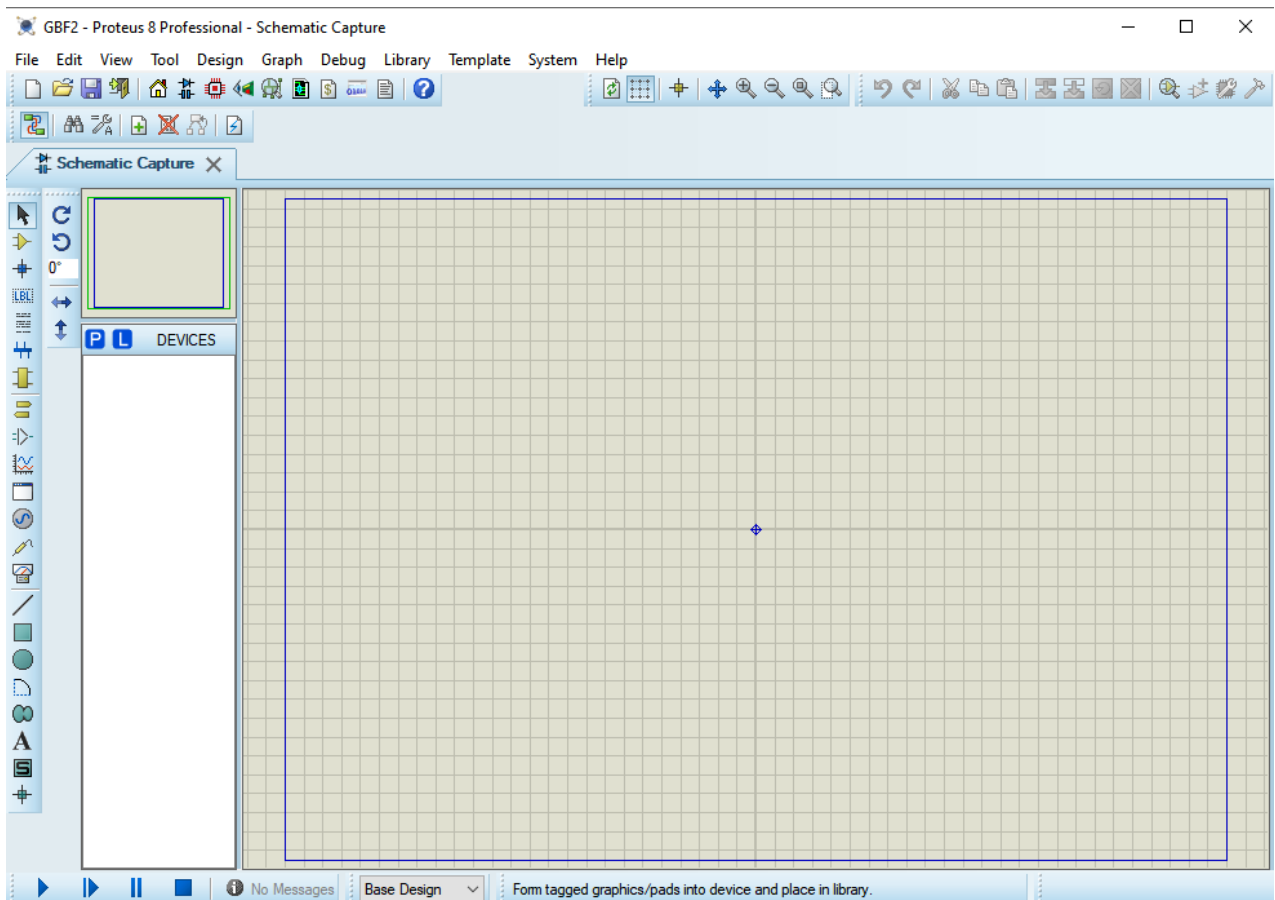
#### 4. Initiation à Proteus 8 Professionnel

Proteus Professional est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels inclus dans Proteus Professional permettent la CAO (Construction Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: (ISIS, ARES, PROSPICE) et VSM.

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 Professional possède d'autres avantages. [1]

#### 4. 1. ISIS

Le logiciel ISIS 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 détecter 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. [2]



**Figure III.6 :** Interface de l'ISIS.

#### 4. 2. ARES

Le logiciel ARES 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 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. [2]



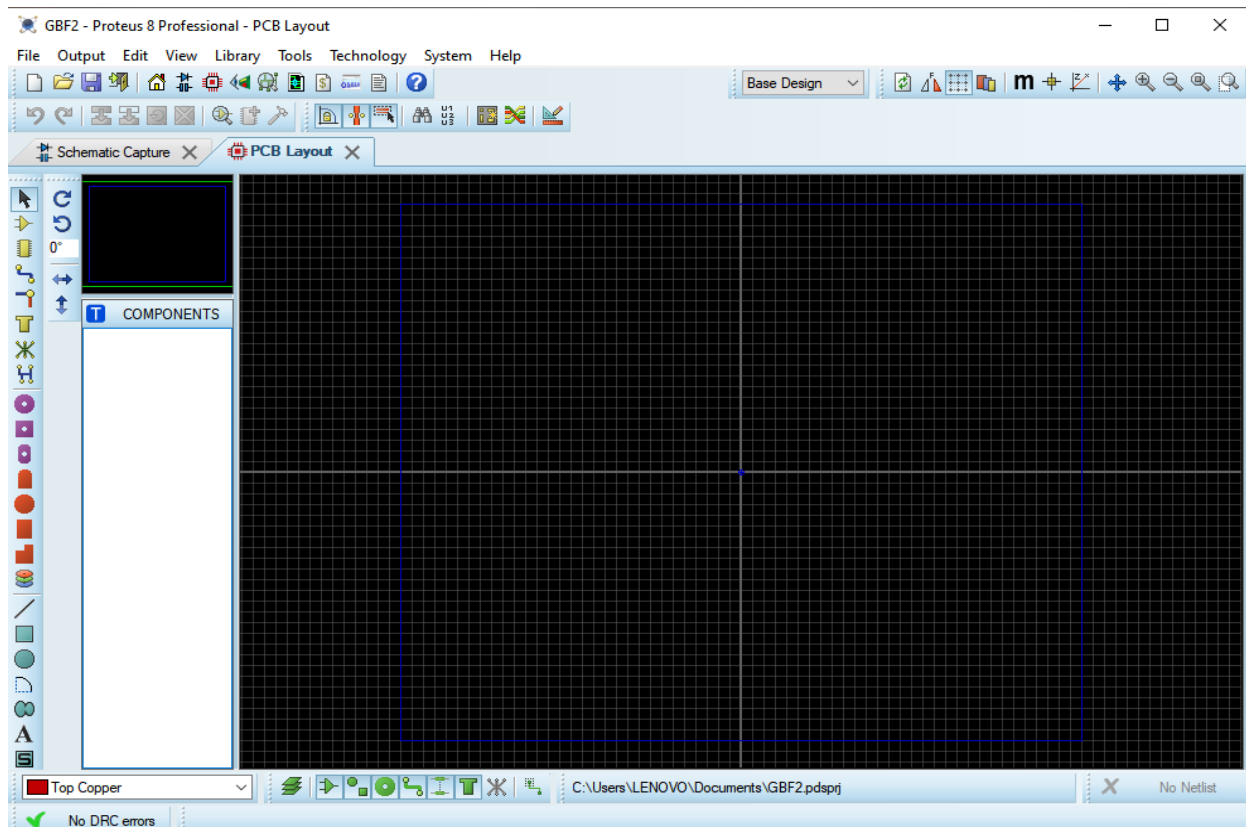


Figure III.7 : Interface de l'ARES.

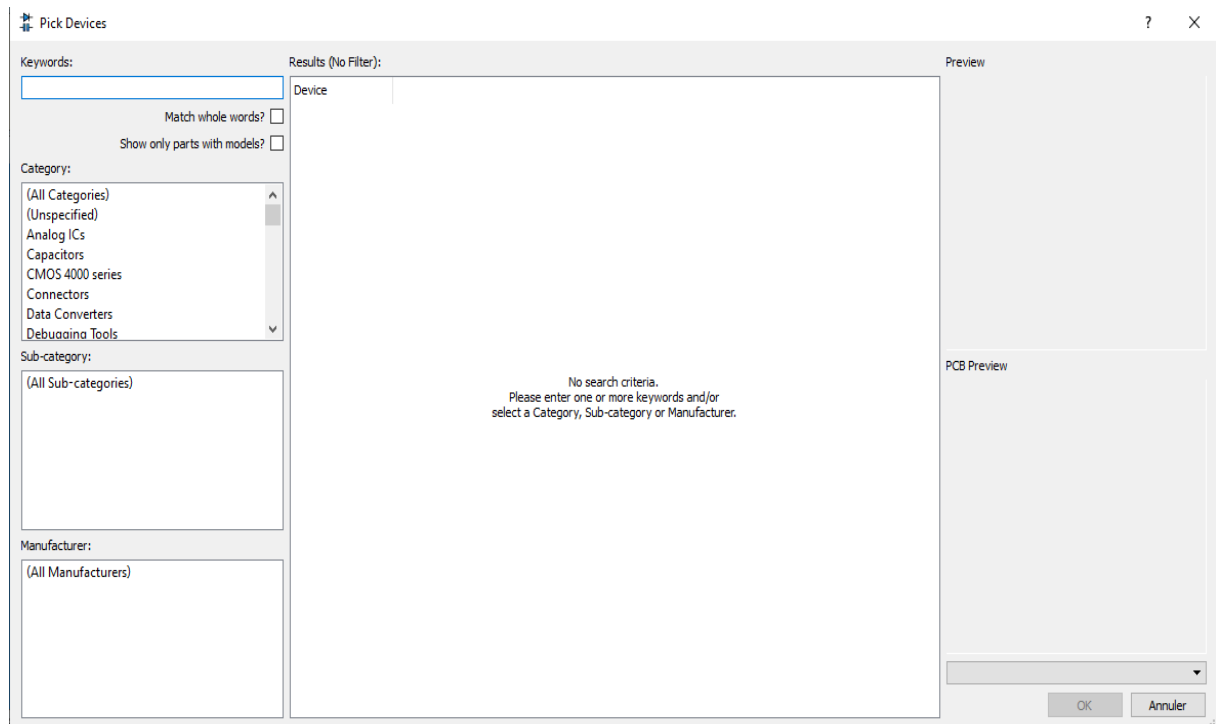
## 5. Réalisation virtuelle

Avant de passer à la réalisation pratique, on a utilisé les logiciels ISIS et ARES de Proteus Professionnel version 8.9 pour schématiser le circuit et simuler virtuellement.

### 5. 1. Simulation sur ISIS

- Pour charger un composant cliquer sur l'icône
- Appuyer sur la touche P du sélecteur d'objets
- La fenêtre "Pickdevices" apparaît. [1]




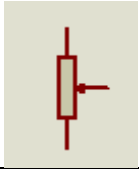






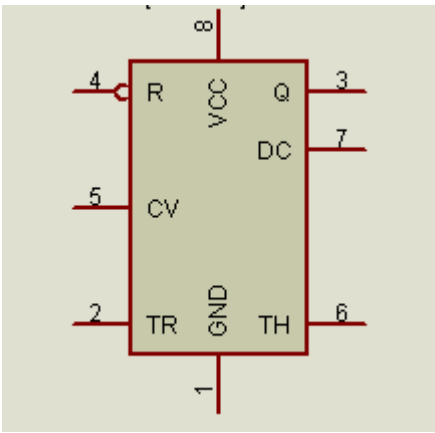


**Figure III.8 :** Fenêtre «pickdevices »


Il suffit de taper le nom de composant désiré dans la zone "Mots clés" afin que l'application sélectionne certaines catégories susceptibles d'accueillir le composant recherché. Une fois le choix est fait, il suffit de cliquer sur :

- Sélectionner la catégorie
- Cliquer sur l'objet, son aperçu apparaît dans la fenêtre de droite
- Double-cliquer sur l'objet désiré pour le charger. [1]

**Tableau III.2 :** Liste des composants utilisés sur ISIS.

| Composants          | Référence     | Symbole   |
|---------------------|---------------|---|
| Résistance          | RES           |  |
| Résistance variable | 3361P-1-502GF |  |

|                       |          |   |
|-----------------------|----------|---|
| Condensateur          | CAP      |    |
| Condensateur          | CAP-ELEC |    |
| Transistor            | BC547    |    |
| Diode                 | 1N4007   |    |
| Timer NE555           | 555      |   |
| Générateur de tension | BATTERY  |  |
| Interrupteur          | JUMPER   |  |

Pour voir les signaux de sortie on doit placer un oscilloscope, et pour le charger il suffit juste de cliquer sur l'icône  et choisir « oscilloscope » [1]

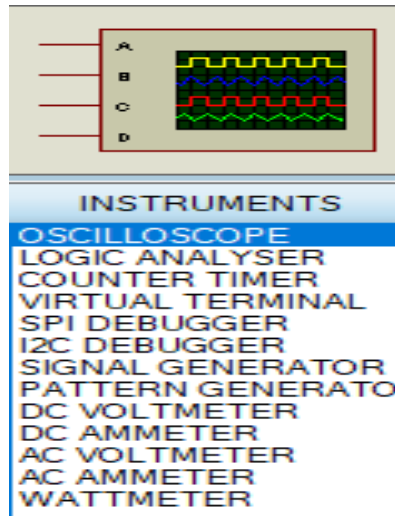


Figure III.9 : Symbole de l'oscilloscope dans Proteus 8.

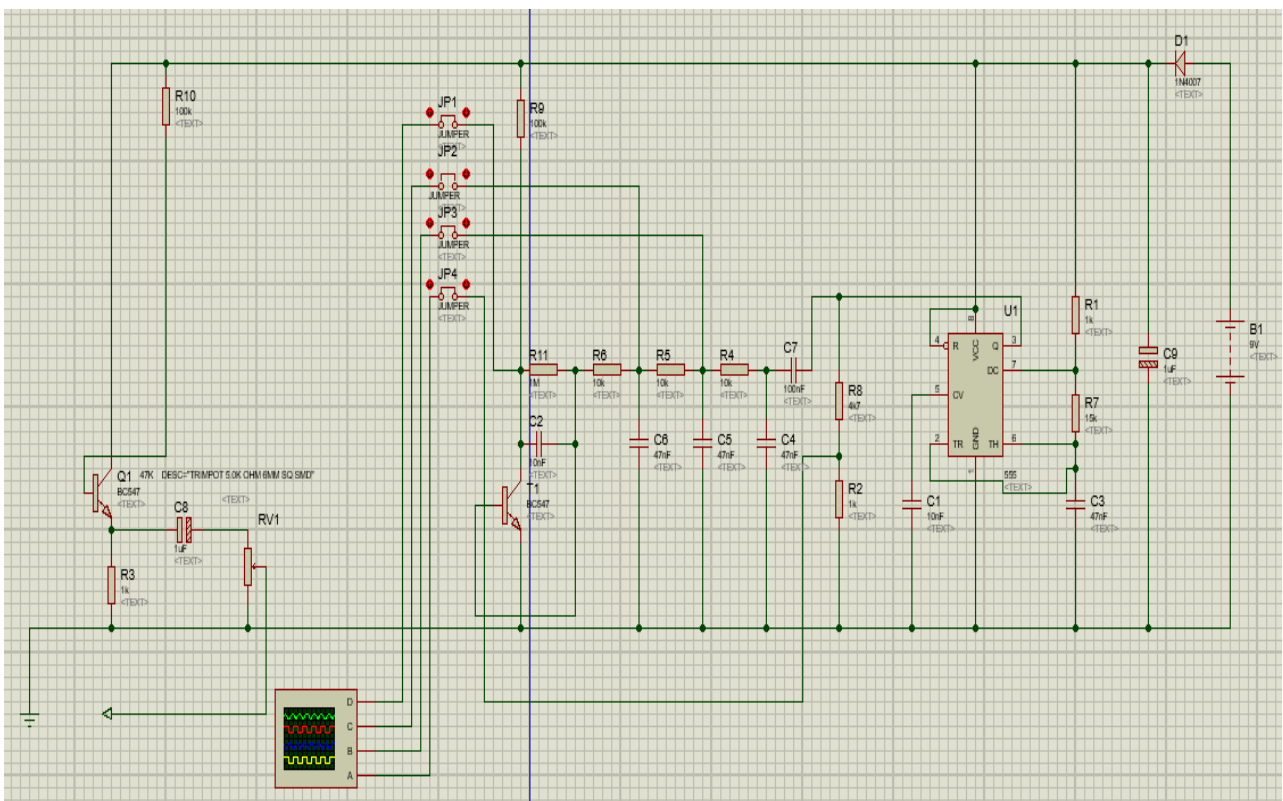
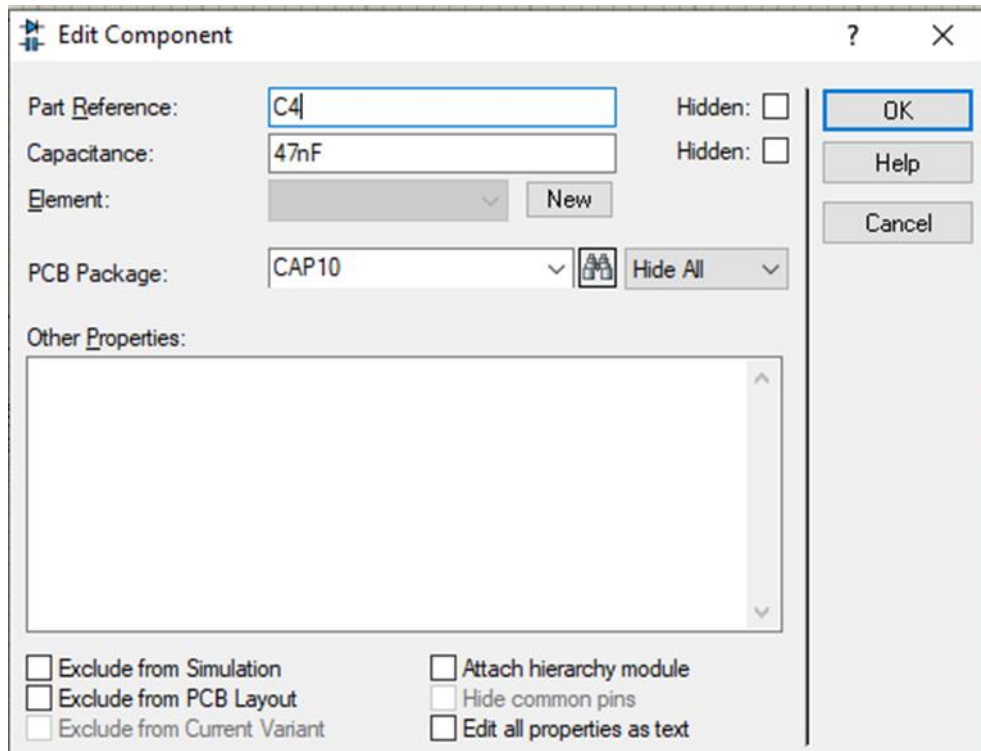


Figure III.10 : Simulation du circuit de g énérateur de signaux.

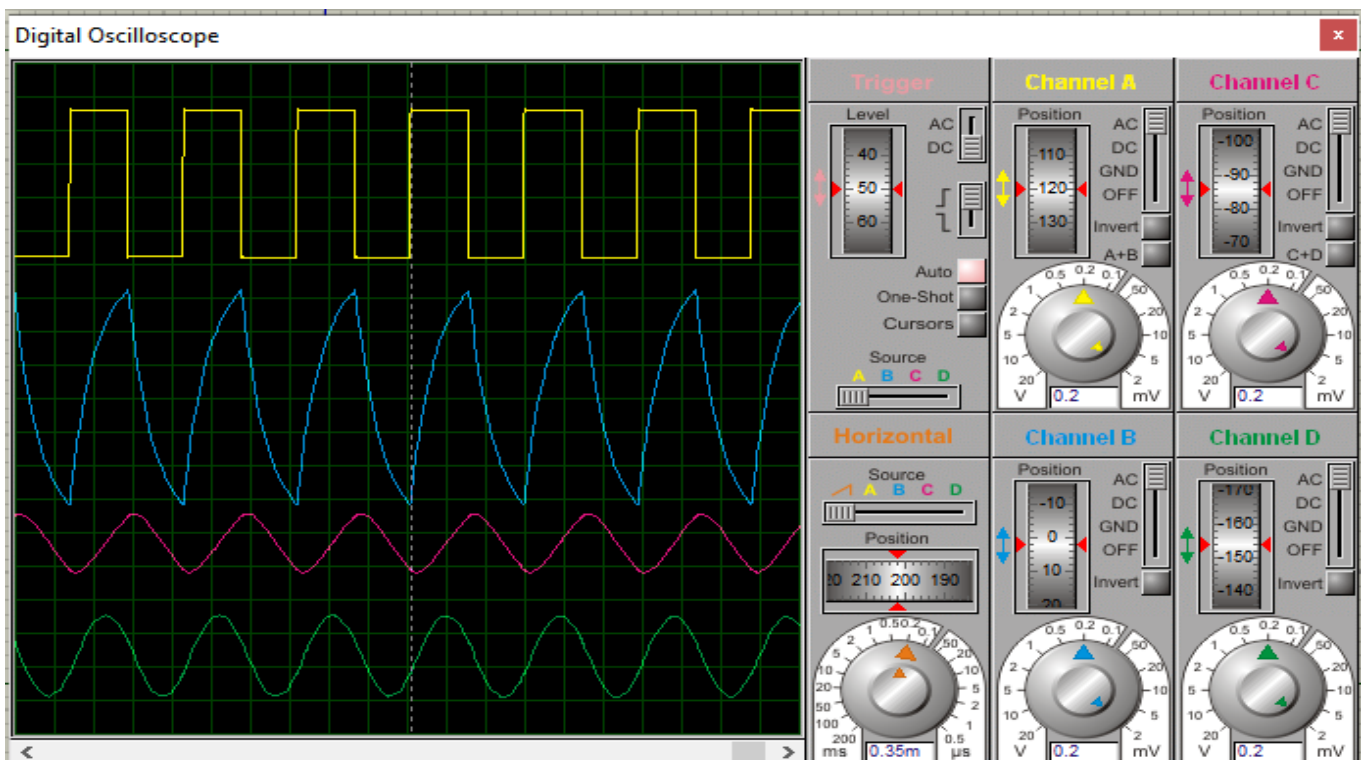
Pour modifier les valeurs des composants, on doit cliquer sur le composant avec le bouton droit de la souris, quand la fen être «EDIT COMPONENT » on change la valeur. [1]



**Figure III.11 :** Modification Les valeurs des composants.


Pour lancer la simulation on clique sur DEBUG dans « barre de menu » et sélectionner «RUN SIMULATION », ou le bouton play  ou cliquer sur le bouton f12 dans le clavier.



[1]



**Figure III.12 :** Résultats de la simulation.

## 5. 2. Simulation sur ARES

Dans la même fenêtre de travail on clique sur  pour créer le circuit imprimé

- On clique sur le bouton  pour afficher les composants utilisés dans notre montage.
- Après on place les composants dans la piste créé soit automatiquement en cliquant sur le menu outils, choisir Placement Automatique, ou manuellement en cliquant sur le composant et après placer la souris où le composant doit être positionné
- Pour le routage, on peut le faire automatiquement en cliquant sur « Outils / Routeur automatique » ou le bouton , on choisit la taille des pistes et cliquer sur OK, ou faire le routage manuellement. [1]

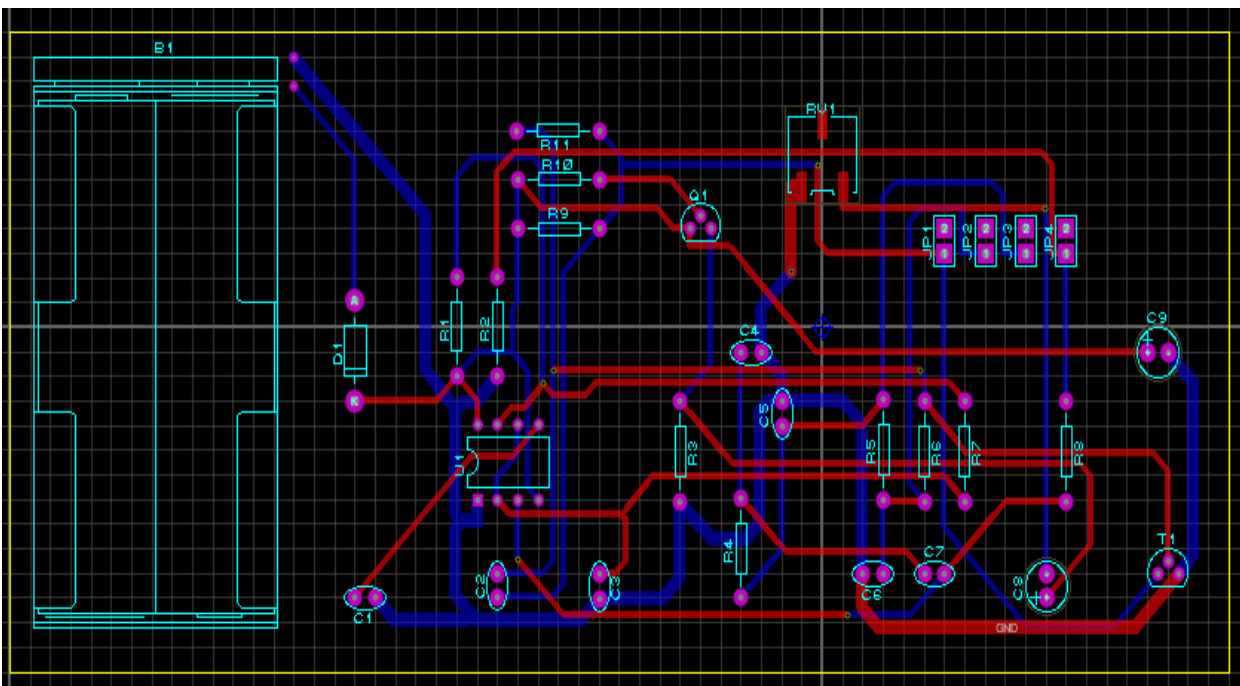



Figure III.13 : Schéma PCB sur ARES.

Pour voir le circuit en version 3D, on clique sur le bouton  3D visualizer.

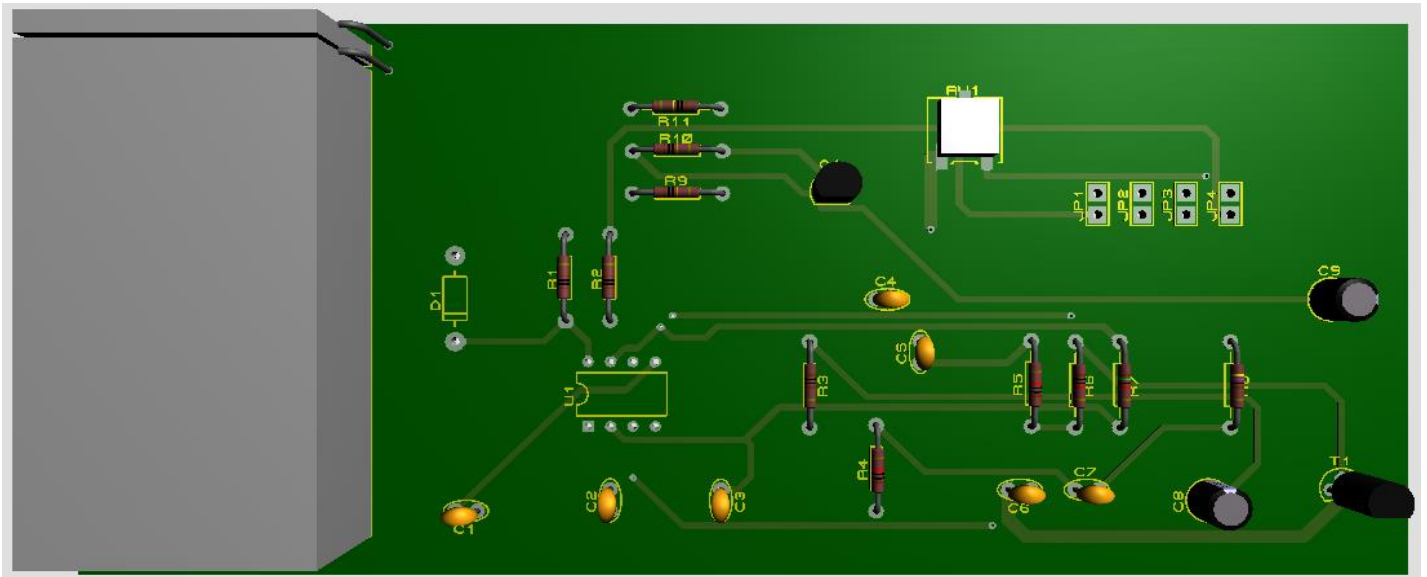


Figure III.14 : Schéma visualisé en 3D.

## 6. Réalisation pratique

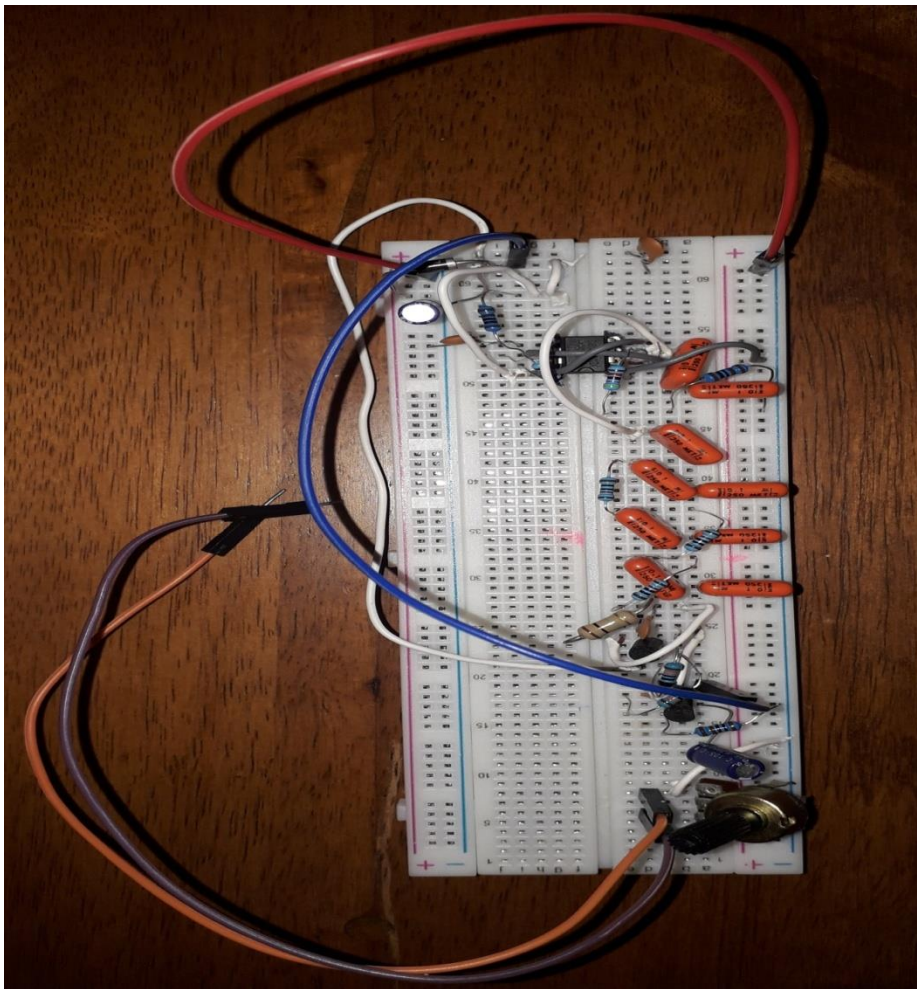


Figure III.15 : Circuit réalisé sur une breadbord.

Les résultats visualisés sur un oscilloscope :

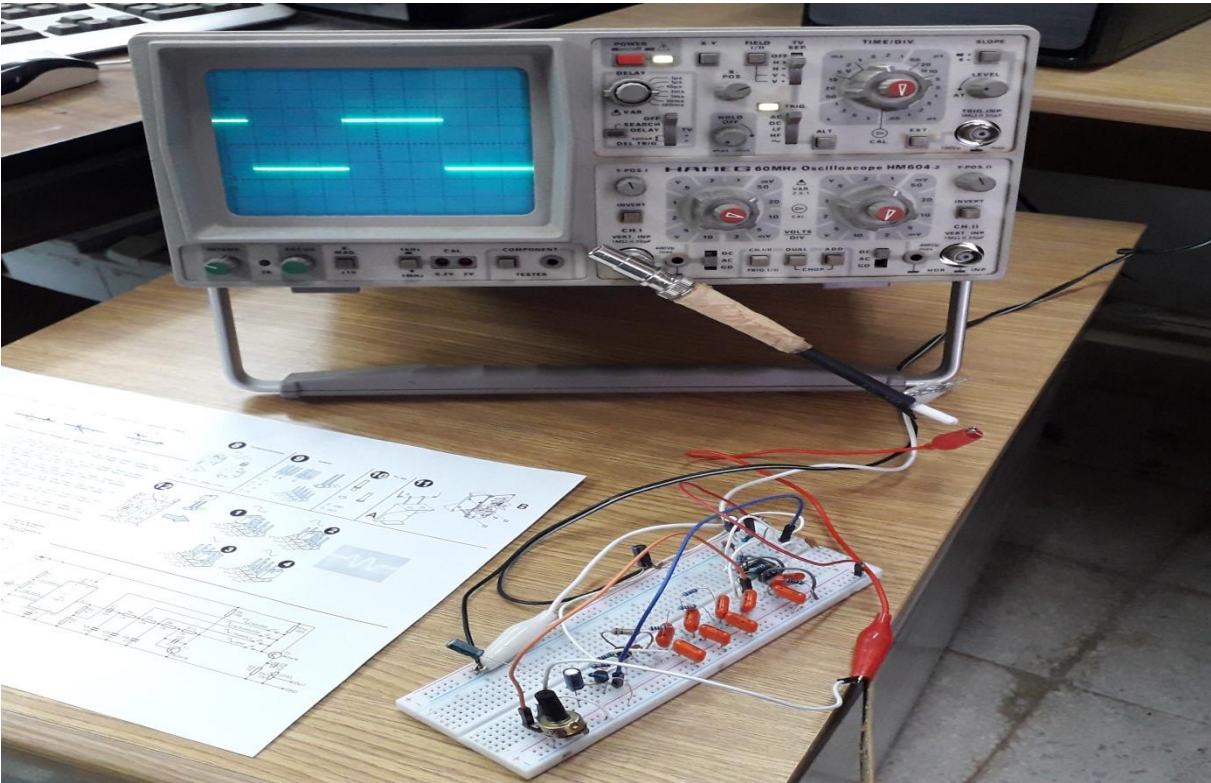


Figure III.16 : Signal rectangulaire.

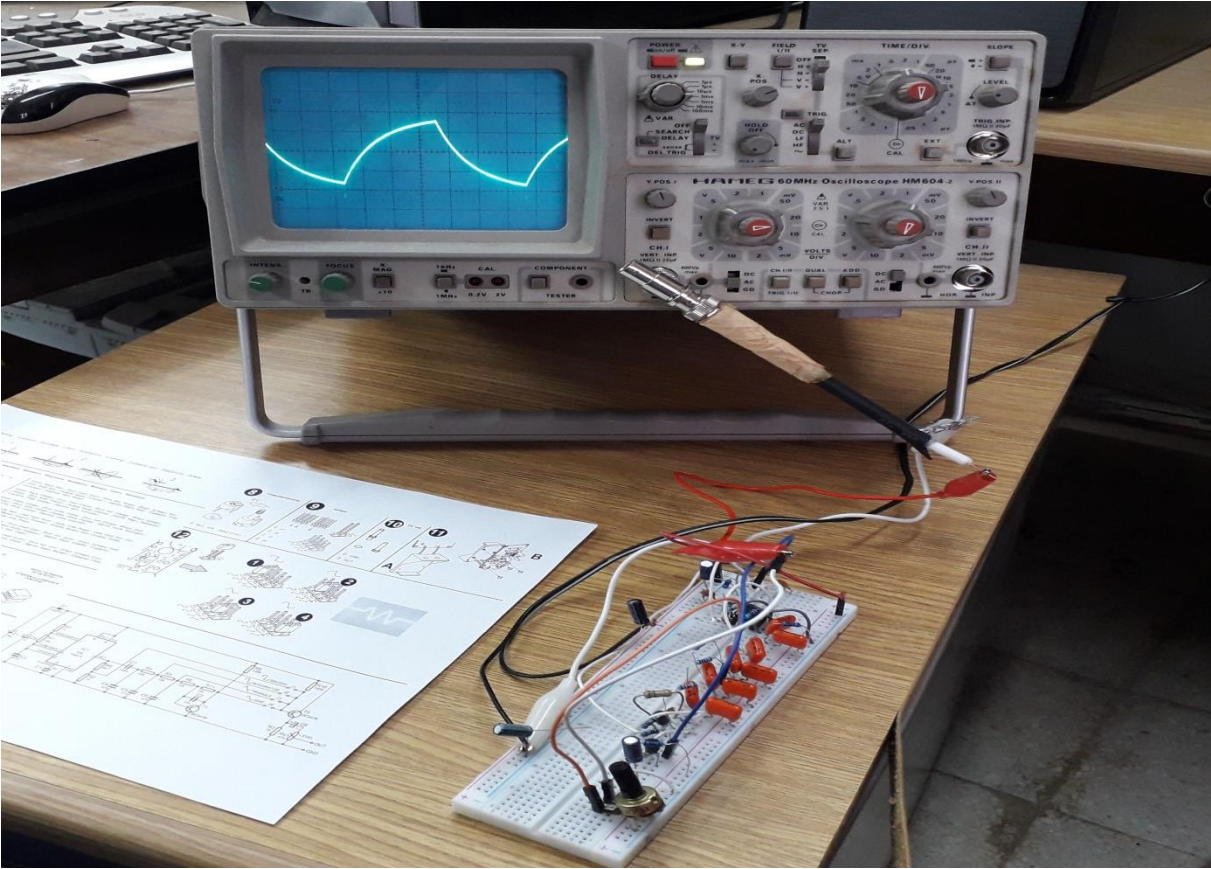


Figure III.17 : Signal dents de scie.



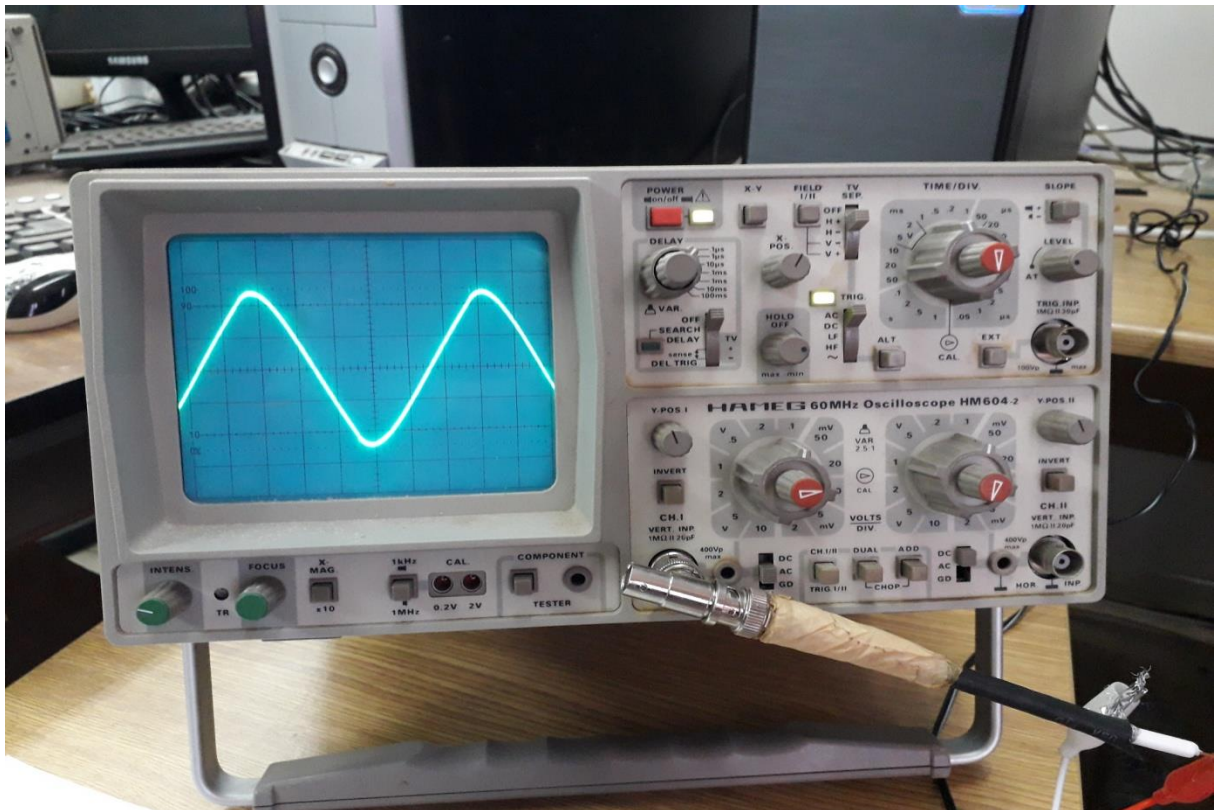


Figure III.18 : Signal triangulaire.

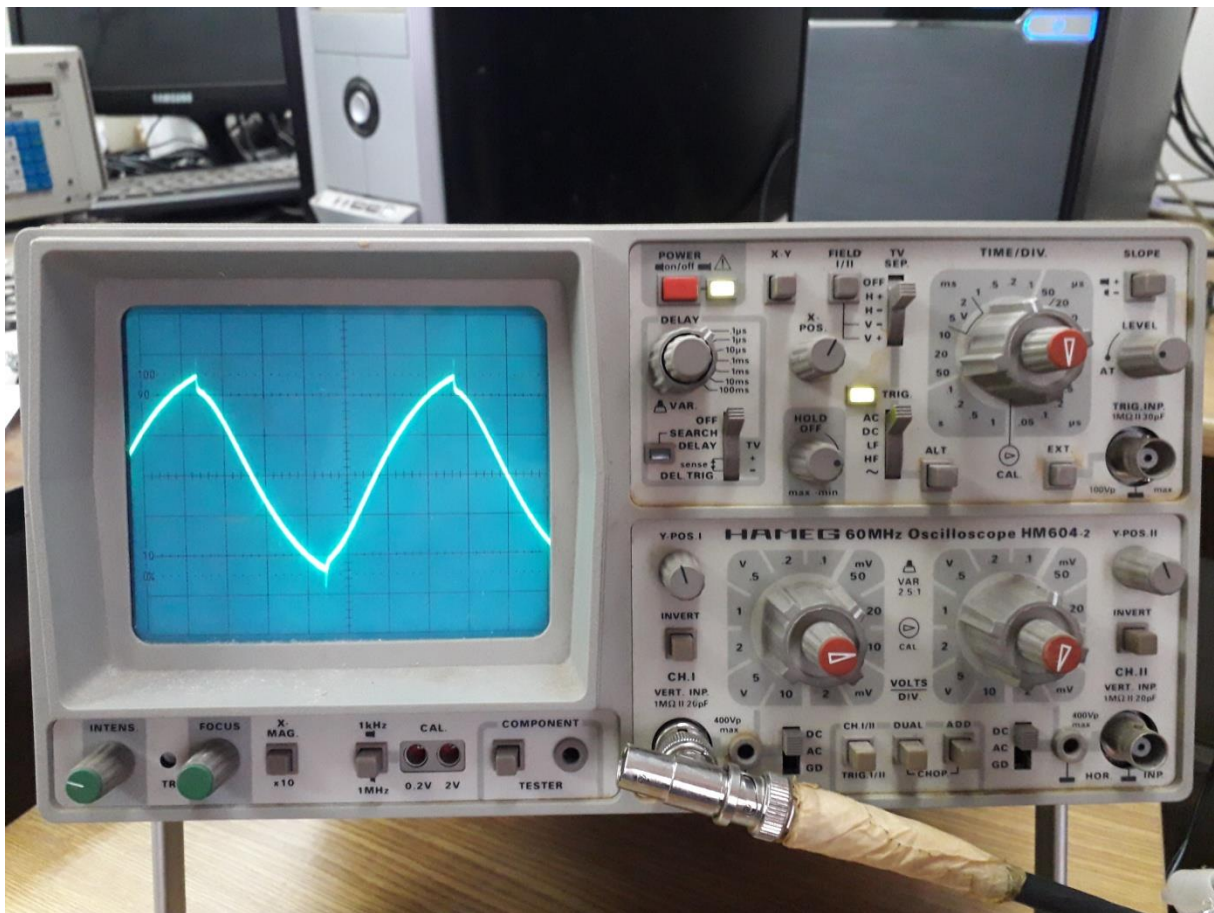


Figure III.19 : Signal sinusoïdal.

Après la visualisation de la réalisation à l'aide d'un oscilloscope, on aperçoit que les signaux : rectangulaires, dents de scie et triangulaires sont propres et identiques aux résultats de la simulation, sauf le signal sinusoïdal qui n'est pas identique à 100% au signal obtenu lors de la réalisation virtuelle.

### **7. Conclusion**

Dans ce chapitre on a présenté notre projet expérimental qui consiste à réaliser virtuellement et pratiquement un générateur de basses fréquences qui délivre le signal rectangulaire, le signal dents de scie, le signal triangulaire et le signal sinusoïdal.

Après avoir présenté la simulation et la réalisation, on peut conclure que notre objectif a été accompli, et les résultats obtenus sont satisfaisants.

# *Conclusion générale*

# Conclusion générale

---

Dans tous les circuits électriques et électroniques, que ce soit analogique ou numérique, une source d'énergie est nécessaire pour alimenter les circuits et pour assurer leur fonctionnement, qui sont le rôle des générateurs. Ces derniers sont caractérisés principalement par leur fréquence et leur amplitude. Toute grandeur physique ayant au moins ces deux caractéristiques (qui peuvent être évoluées avec le temps ou non) est appelée « un signal ».

Notre travail a consisté à réaliser un générateur des signaux basé sur le circuit intégré NE555, et simulé sous ISIS et ARES.

Une étude théorique est aussi nécessaire qui après, permettant les manipulations et les réalisations des circuits électroniques dans le domaine de la pratique. C'est ainsi que nous avons conçu le générateur des signaux qui est en mesure de fournir en sortie un signal rectangulaire, dents de scie, triangulaire ou sinusoïdal. Pour visualiser la forme du signal à fréquence basse à la sortie, l'utilisation d'un oscilloscope est aussi nécessaire.

La réalisation pratique montre des résultats assez satisfaisants. Elle nous a appris de découvrir l'univers pratique de l'électronique, pour réussir des montages et bien assimiler les cours théoriques afin d'affiner nos connaissances.

Incontestablement, ce travail a eu une véritable valeur ajoutée pour nous en ce sens qu'il nous a permis de :

- Comprendre l'utilisation du circuit intégré NE555 et les multivibrateurs en général.
- Apprendre l'exploitation du logiciel Proteus et ses sous logiciels ISIS et ARES pour la simulation d'un montage électronique.
- Comprendre généralement le principe de fonctionnement des générateurs de basse fréquence.
- Il est aussi à noter que bien que simple ce projet de Master instrumentation nous a permis de nous familiariser avec les notions de base de l'électronique fondamentales et de nous familiariser avec les montages pratiques de base.

# *Annexe 1*



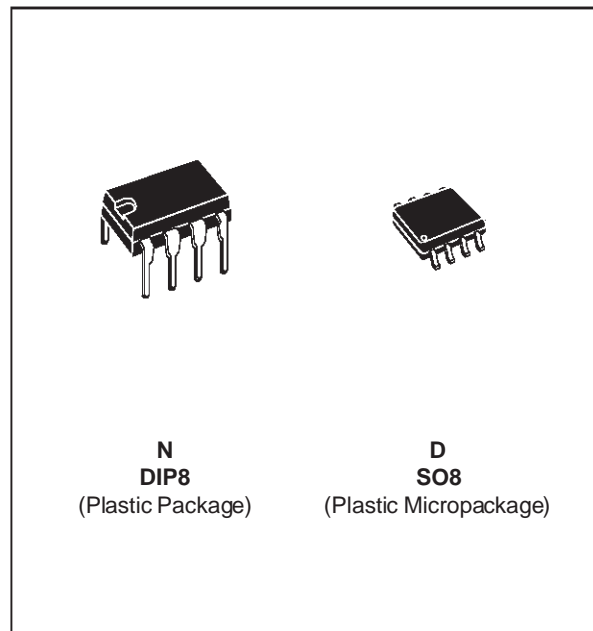
# NE555 SA555 - SE555

## GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

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

### DESCRIPTION

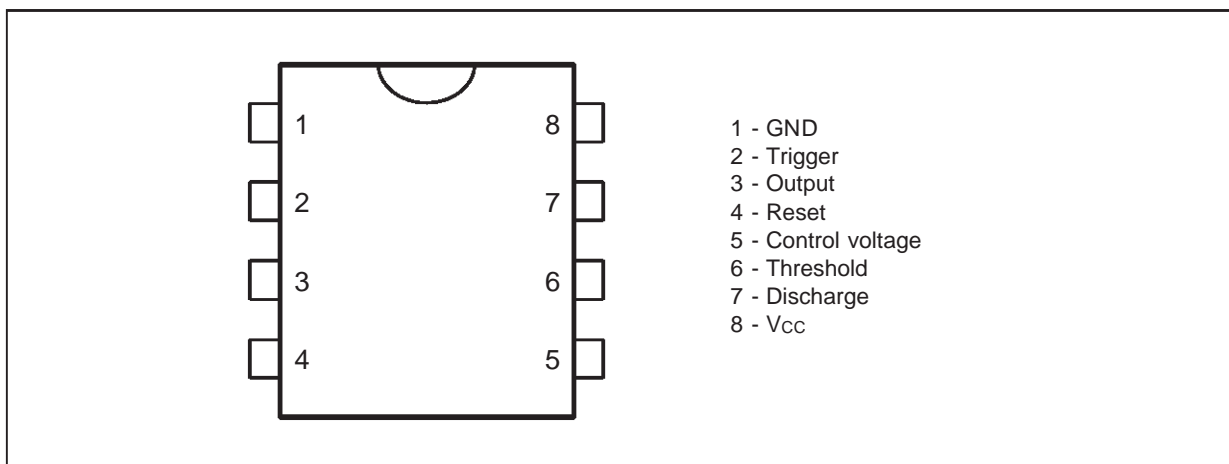
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency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



### ORDER CODES

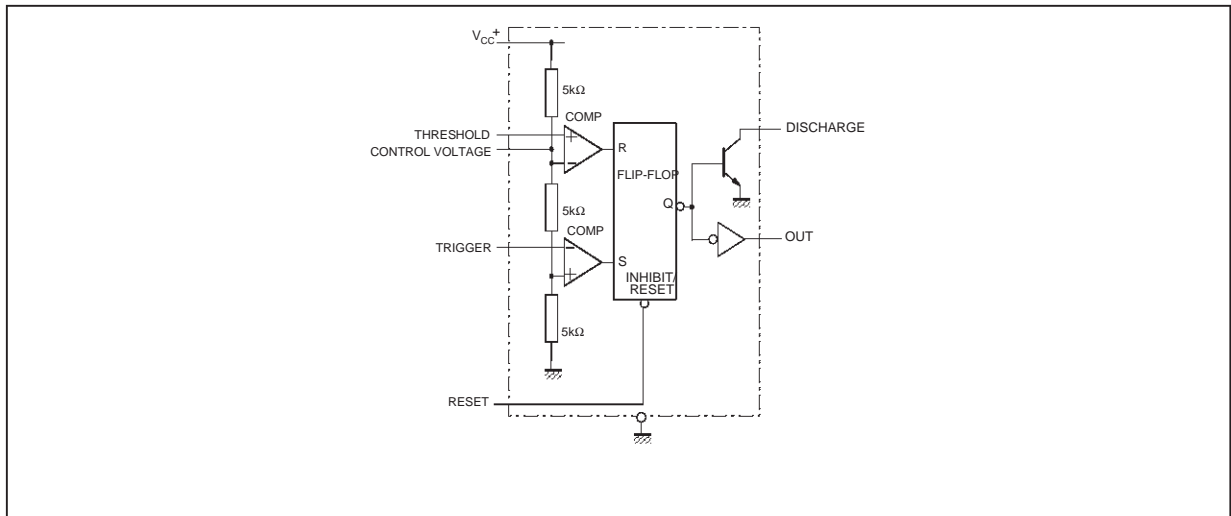
| Part Number | Temperature Range | Package |   |
|-------------|-------------------|---------|---|
|             |                   | N       | D |
| NE555       | 0°C, 70°C         | •       | • |
| SA555       | -40°C, 105°C      | •       | • |
| SE555       | -55°C, 125°C      | •       | • |

### PIN CONNECTIONS (top view)

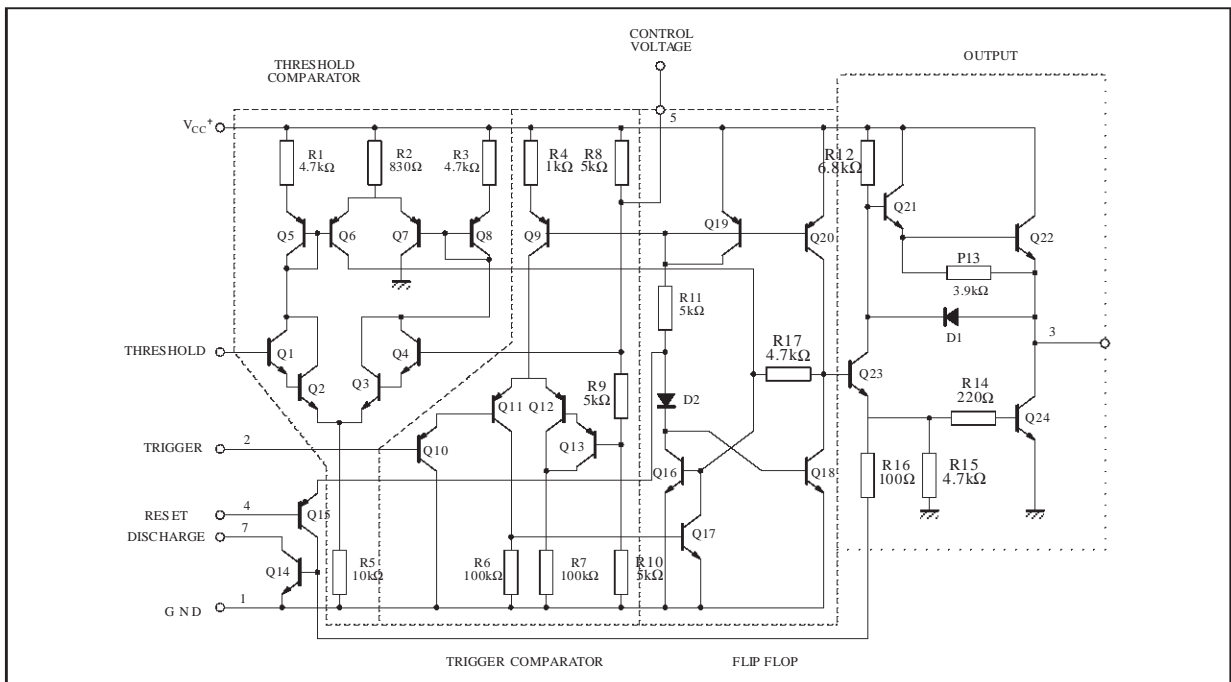


# NE555/SA555/SE555

## BLOCK DIAGRAM



## SCHEMATIC DIAGRAM



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

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

## OPERATING CONDITIONS

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

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

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

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



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

| Symbol         | Parameter  | SE555 |            |            | NE555 - SA555 |            |            | Unit    |
|----------------|--|-------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------|
|                |  | Min.  | Typ.       | Max.       | Min.          | Typ.       | Max.       |         |
| $I_{dis(off)}$ | Discharge Pin Leakage Current (output high) ( $V_{dis} = 10V$ )  |       | 20         | 100        |               | 20         | 100        | nA      |
| $V_{dis(sat)}$ | Discharge pin Saturation Voltage (output low) - (note 5)<br>$V_{CC} = +15V, I_{dis} = 15mA$<br>$V_{CC} = +5V, I_{dis} = 4.5mA$ |       | 180<br>80  | 480<br>200 |               | 180<br>80  | 480<br>200 | mV      |
| $t_r$<br>$t_f$ | Output Rise Time<br>Output Fall Time   |       | 100<br>100 | 200<br>200 |               | 100<br>100 | 300<br>300 | ns      |
| $t_{off}$      | Turn off Time - (note 6) ( $V_{reset} = V_{CC}$ )  |       | 0.5        |            |               | 0.5        |            | $\mu s$ |

Notes : 5. No protection against excessive Pin 7 current is necessary, providing the package dissipation rating will not be exceeded.  
6. Time measured from a positive going input pulse from 0 to  $0.8 \times V_{CC}$  into the threshold to the drop from high to low of the output trigger is tied to treshold.

Figure 1 : Minimum Pulse Width Required for Trigering

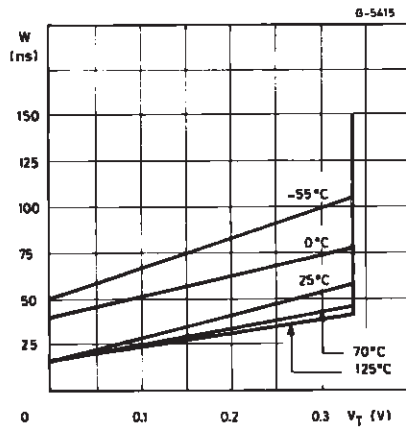


Figure 2 : Supply Current versus Supply Voltage

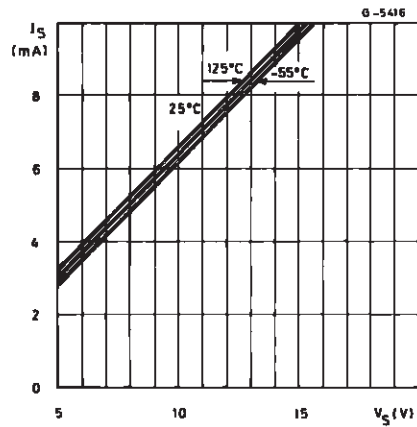


Figure 3 : Delay Time versus Temperature

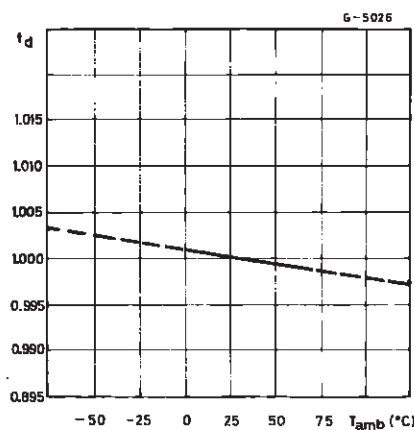
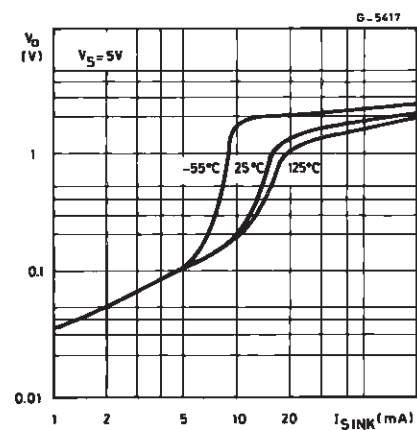
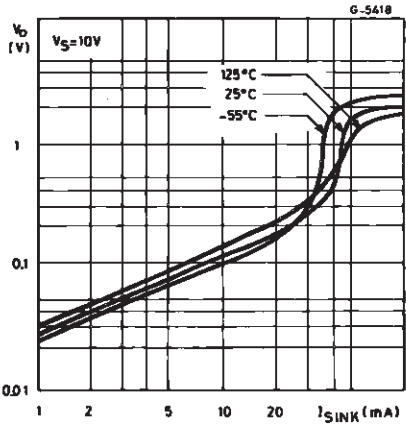


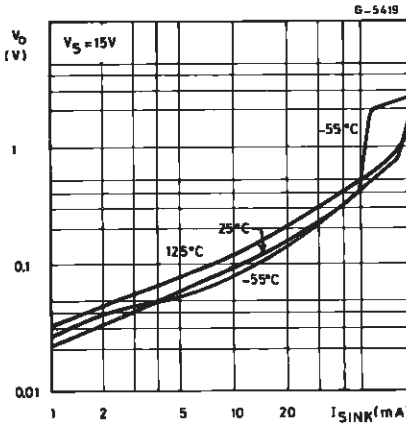
Figure 4 : Low Output Voltage versus Output Sink Current



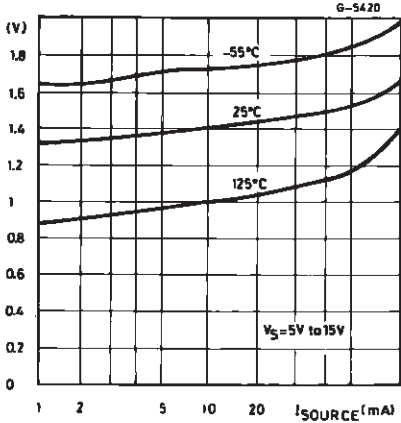
**Figure 5 :** Low Output Voltage versus Output Sink Current



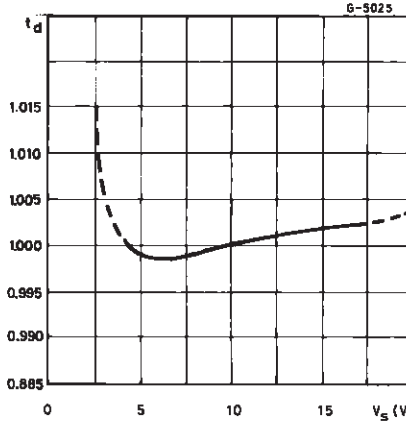
**Figure 6 :** Low Output Voltage versus Output Sink Current



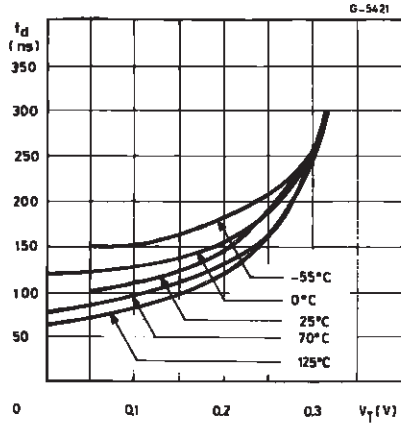
**Figure 7 :** High Output Voltage Drop versus Output



**Figure 8 :** Delay Time versus Supply Voltage



**Figure 9 :** Propagation Delay versus Voltage Level of Trigger Value

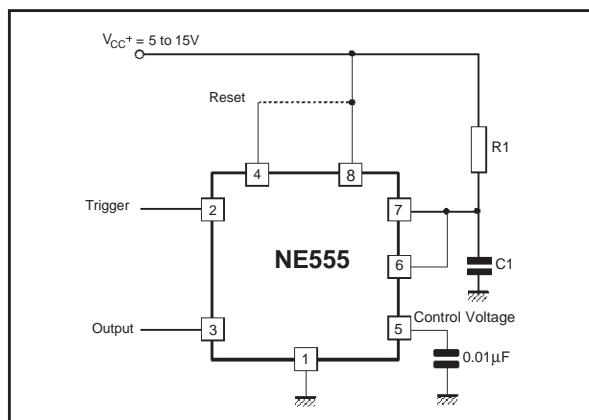


APPLICATION INFORMATION

MONOSTABLE OPERATION

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

Figure 10



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

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

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

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

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

Figure 11

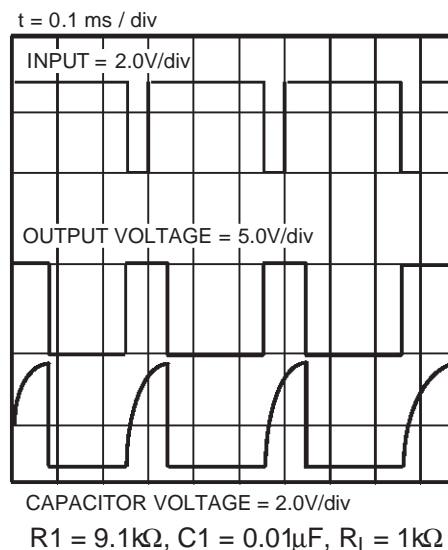
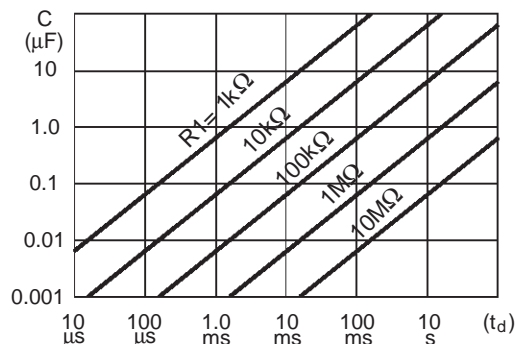


Figure 12



ASTABLE OPERATION

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

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

Figure 13

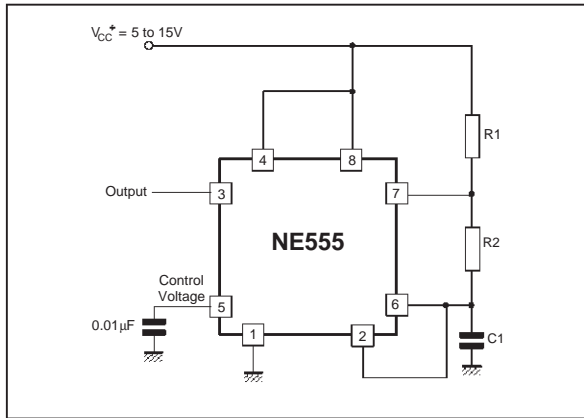


Figure 14 shows actual waveforms generated in this mode of operation.

The charge time (output HIGH) is given by :

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

and the discharge time (output LOW) by :

$$t_2 = 0.693 (R_2) C_1$$

Thus the total period T is given by :

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

The frequency of oscillation is then :

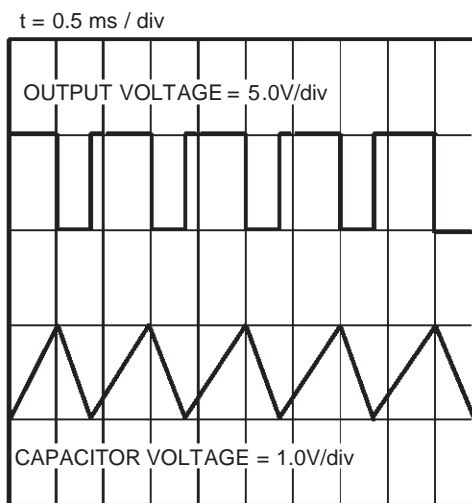
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) C_1}$$

and may be easily found by figure 15.

The duty cycle is given by :

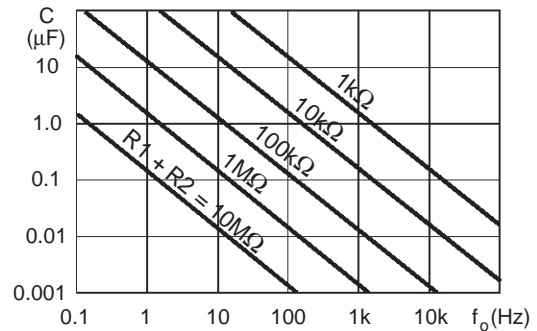
$$D = \frac{R_2}{R_1 + 2R_2}$$

Figure 14



$R_1 = R_2 = 4.8k\Omega$ ,  $C_1 = 0.1\mu F$ ,  $R_L = 1k\Omega$

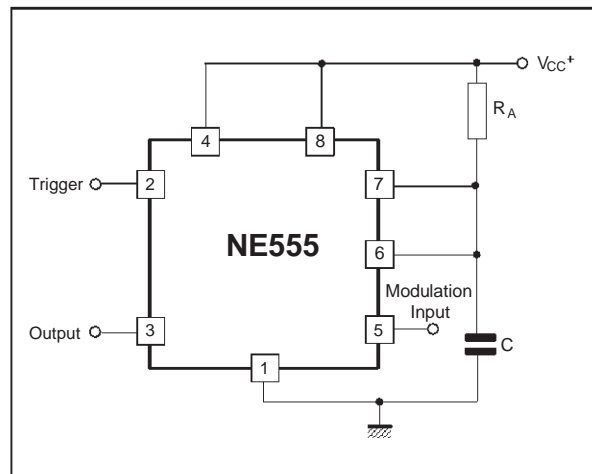
Figure 15 : Free Running Frequency versus  $R_1$ ,  $R_2$  and  $C_1$



### PULSE WIDTH MODULATOR

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

Figure 16 : Pulse Width Modulator.



LINEAR RAMP

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

Figure 17.

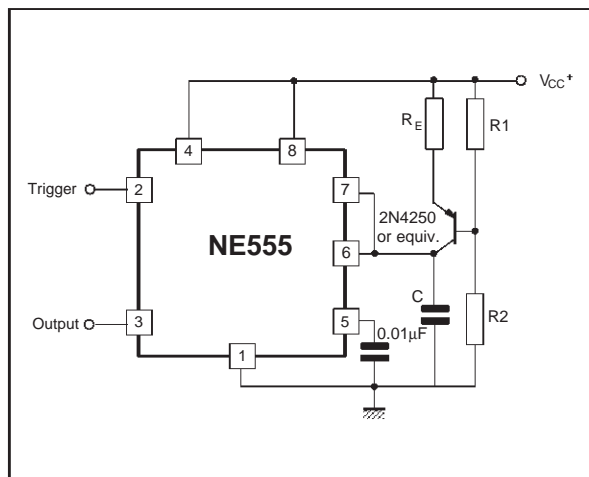
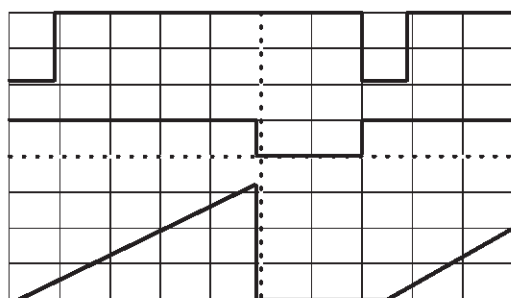


Figure 18 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by :

$$T = \frac{(2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C)}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)} \quad V_{BE} = 0.6V$$

Figure 18 : Linear Ramp.



$V_{CC} = 5V$   
 Time = 20µs/DIV  
 $R_1 = 47k\Omega$   
 $R_2 = 100k\Omega$   
 $R_E = 2.7k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top trace : input 3V/DIV  
 Middle trace : output 5V/DIV  
 Bottom trace : output 5V/DIV  
 Bottom trace : capacitor voltage 1V/DIV

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

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

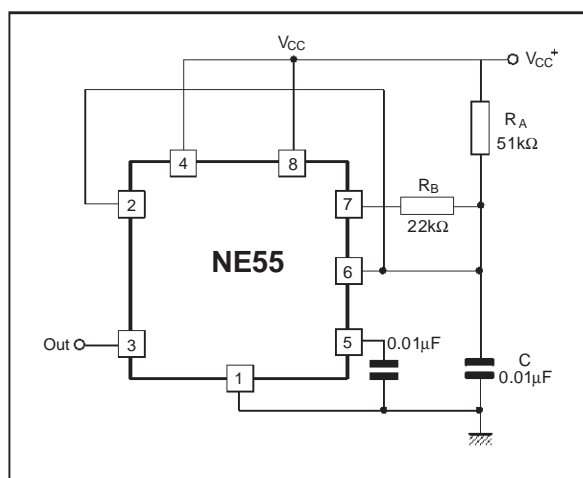
For the output low it is  $t_2 =$

$$[(R_A R_B) / (R_A + R_B)] C \ln \left[ \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

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

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater

Figure 19 : 50% Duty Cycle Oscillator.

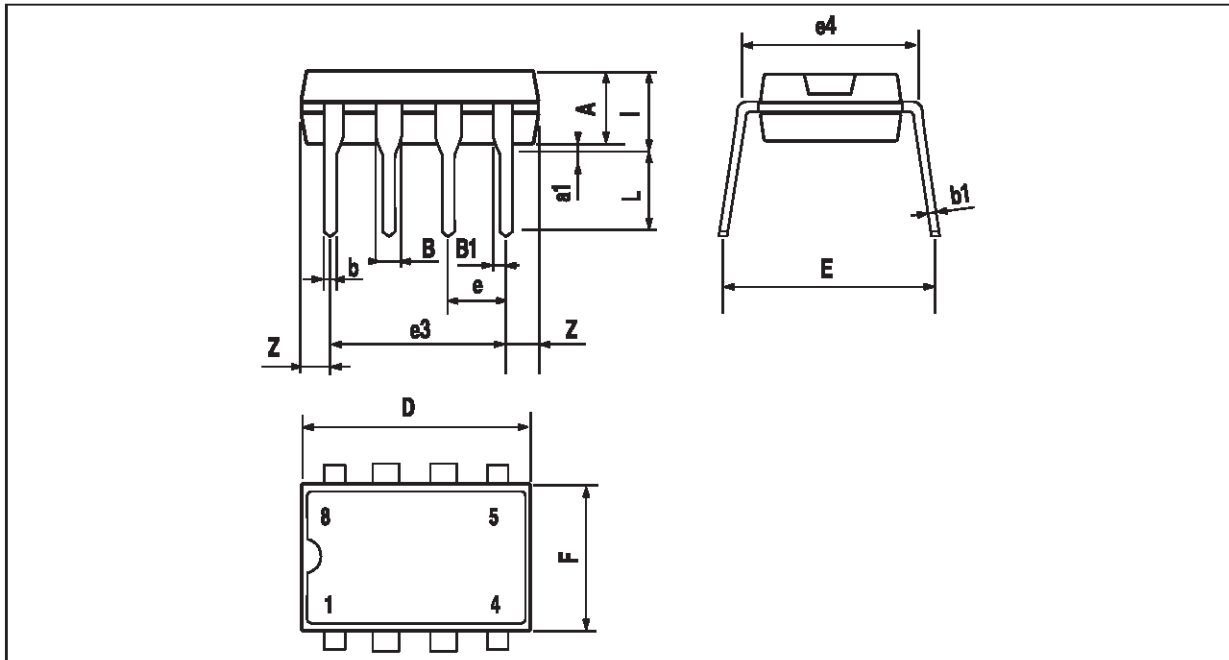


than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

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

**PACKAGE MECHANICAL DATA**  
8 PINS - PLASTIC DIP

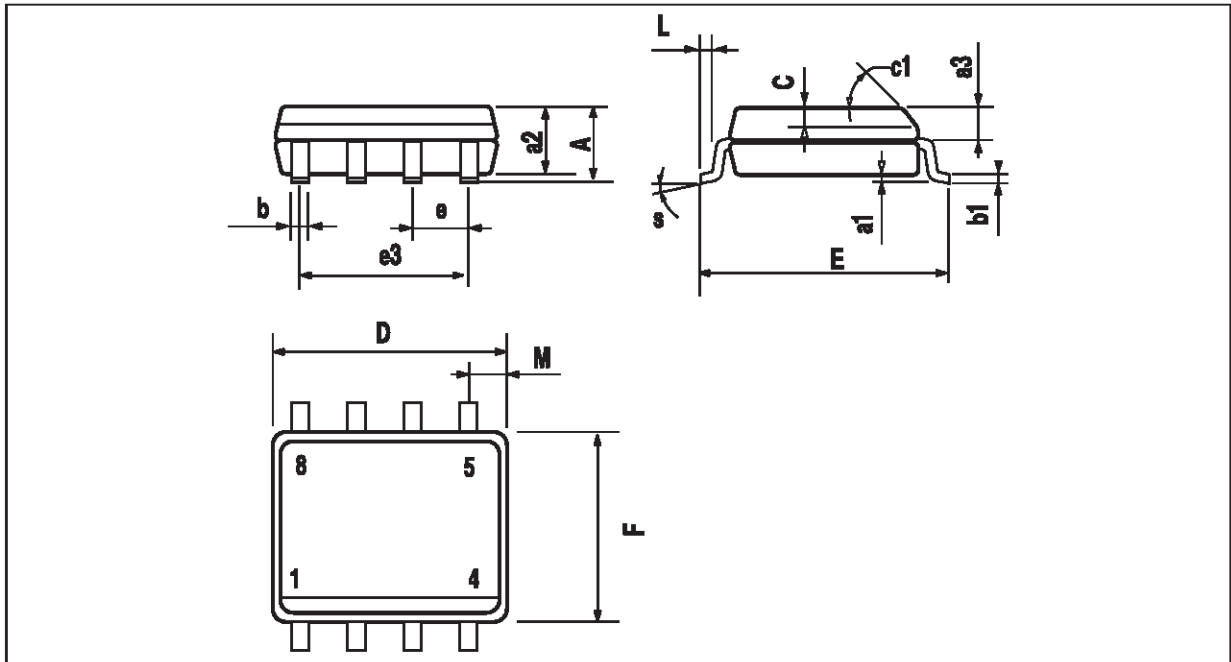


PM-DIP8.EFS

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

DIP8.TBL

**PACKAGE MECHANICAL DATA**  
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



PM-S08.EPS

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

SO8.TBL

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

© The ST logo is a trademark of STMicroelectronics

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

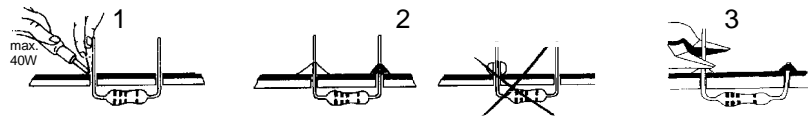
Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco  
The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

ORDER CODE :



# *Annexe 2*

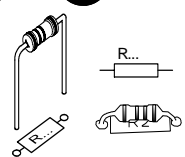




START

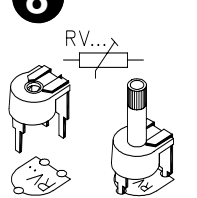
1

Resistor - Weerstand - Résistance - Widerstand - Resistencia - Motstand - Vastus - Resistenze



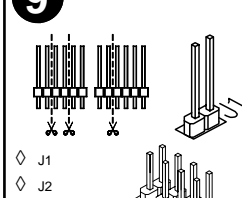
- ◇ R1 ... R3 : 1K (Brown, Black, Red) - (Bruin, Zwart, Rood) - (Brun, Noir, Rouge) - (Braun, Schwarz, Rot) - (Brun, Svart, Röd) - (Ruskea, Musta, Punainen) - (Marrón, Negro, Rojo) - (Castanho, Preto, Encarnado) - (Marrone, Nero, Rosso)
- ◇ R4 ... R6 : 10K (Brown, Black, Orange) - (Bruin, Zwart, Oranje) - (Brun, noir, Orange) - (Braun, Schwarz, Orange) - (Brun, Svart, Orange) - (Ruskea, Musta, Oranssi) - (Marrón, Negro, Naranja) - (Castanho, Preto, Laranja) - (Marrone, Nero, Aranciato)
- ◇ R7 : 15K (Brown, Green, Orange) - (Bruin, Groen, Oranje) - (Brun, Vert, Orange) - (Braun, Grün, Orange) - (Brun, Svart, Orange) - (Ruskea, Vihreä, Oranssi) - (Marrón, Verde, Naranja) - (Castanho, Verde, Laranja) - (Marrone, Verde, Aranciato)
- ◇ R8 : 4K7 (Yellow, Purple, Red) - (Geel, Paars, Rood) - (Jaune, Violet, Rouge) - (Gelb, Violet, Rot) - (Gul, Lila, Röd) - (Keltainen, Purppura, Punainen) - (Amarillo, Morado, Rojo) - (Amarelo, Violeta, Encarnado) - (Giallo, Viola, Rosso)
- ◇ R9,R10 : 100K (Brown, Black, Yellow) - (Bruin, zwart, Geel) - (Brun, noir, Jaune) - (Braun, Schwarz, Gelb) - (Brun, Svart, Gul) - (Ruskea, Musta, Keltainen) - (Marrón, Negro, Amarillo) - (Castanho, Preto, Amarelo) - (Marrone, Nero, Giallo)
- ◇ R11 : 1M (Brown, Black, Green) - (Bruin, zwart, Groen) - (Brun, noir, Vert) - (Braun, Schwarz, Grün) - (Brun, Svart, Grön) - (Ruskea, Musta, Vihreä) - (Marrón, Negro, Morado) - (Castanho, Preto, Verde) - (Marrone, Nero, Verde)

8 Trimpotentiometer



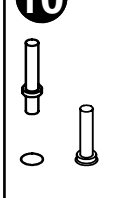
◇ RV1 : 47K (50K) LEVEL

9 Jumper



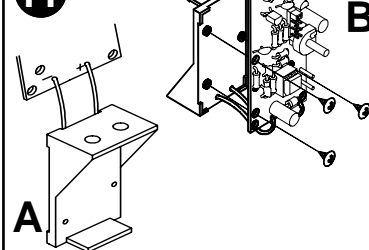
- ◇ J1
- ◇ J2
- ◇ J3
- ◇ J4

10 PC tab

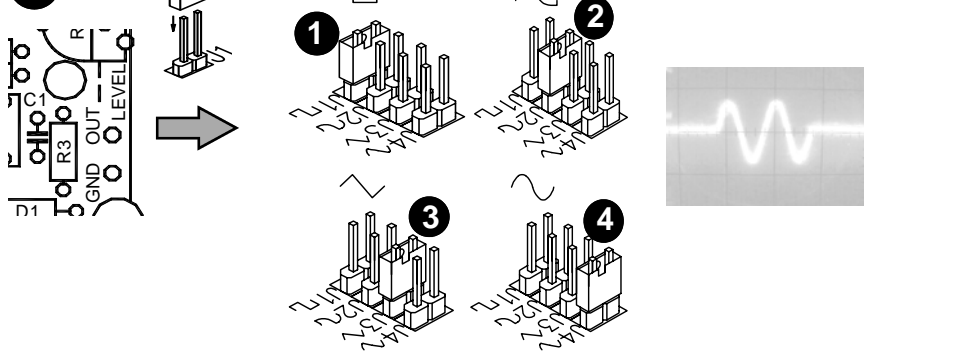


- ◇ GND
- ◇ OUT

11



12



2

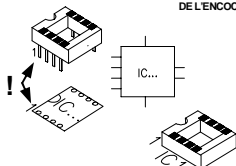
Diode  
Watch the polarity!  
Attention à la polarité!



◇ D1 : 1N4007

3

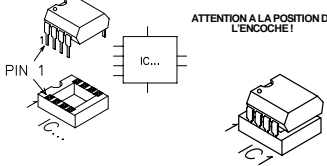
IC socket  
WATCH THE POSITION OF THE NOTCH!  
ATTENTION A LA POSITION DE L'ENCOCHE!



◇ IC1 : 8p

4

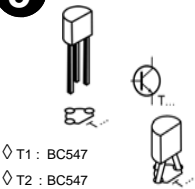
IC  
WATCH THE POSITION OF THE NOTCH!  
ATTENTION A LA POSITION DE L'ENCOCHE!



◇ IC1 : 555

5

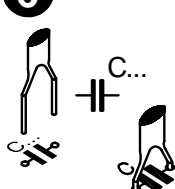
Transistor



◇ T1 : BC547  
◇ T2 : BC547

6

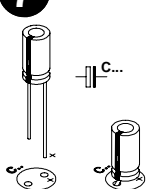
Capacitor



- ◇ C1: 10nF (103)
- ◇ C2: 10nF (103)
- ◇ C3: 47nF (473)
- ◇ C4: 47nF (473)
- ◇ C5: 47nF (473)
- ◇ C6: 47nF (473)
- ◇ C7: 100nF (104, µF1)

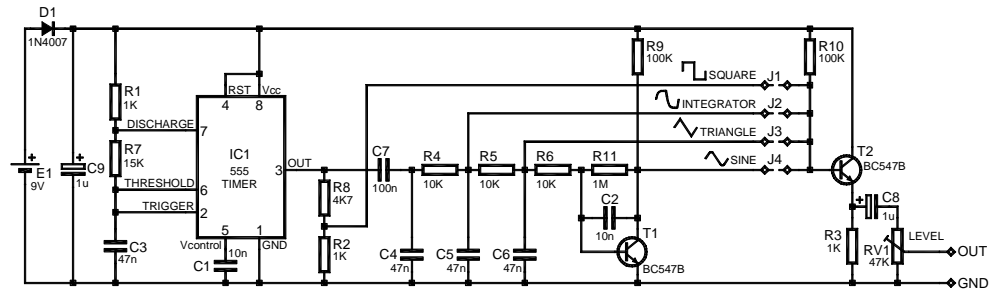
7

Electrolytic capacitor



WATCH THE POLARITY!  
ATTENTION A LA POLARITÉ!

◇ C8, C9 : 1µF



# *Bibliographie*

## Références bibliographiques

- [1] pratique des oscilloscopes TECHNIQUE-MESURES-MANIPULATIONS  
Mr: J.C.REGHINOT-P.BECKER
- [2] électronique des impulsions Mr. BOUBEKEUR SAMIR
- [3] [https://perso.esiee.fr/~poulichp/PR201/gene\\_triangulaire/gene\\_triangulaire.html](https://perso.esiee.fr/~poulichp/PR201/gene_triangulaire/gene_triangulaire.html)
- [4] Générateur de fonctions 20 MHz/ signaux arbitraires Agilent ... – Keysight
- [5] Traitement du signal Matthieu Kowalski
- [6] Les Bases du Traitement des Signaux Numériques par Andrei Doncescu
- [7] ETUDE ET REALISATION D'UN GENERATEUR BASSE FREQUENCE par  
RAKOTOARISON Harivola Stéphanie, RAKOTOMALALA Aina Mitantsoa Hanja,  
RAKOTONDRAIBE Kanto.
- [8] Générateur de fonctions 20 MHz/ signaux arbitraires Agilent  
[literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/33220-90442.pdf](http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/33220-90442.pdf)
- [9] [https://www.les-electroniciens.com/sites/default/.../cours/pll\\_synthese\\_de\\_frequence.pdf](https://www.les-electroniciens.com/sites/default/.../cours/pll_synthese_de_frequence.pdf).
- [10] GENERALITES SUR LES OSCILLATEURS par Mr BEN CHEHIDA R,Mr  
MABROUK I
- [11] <http://dmi.ummo.dz/wp-content/uploads/2019/02/Cours-ECS.pdf>
- [12] Thomas L. Floyd  
Electronique, composant et système d'application, 5e édition, REYNALD GOULET.
- [13] « Etude et Réalisation d'un cardio tachymètre à affichage numérique » par KSENTINI  
Soulaf LEBBAD Abdesslam.
- [14] G. CHERPI, A. HAVIN, onduleur de secours 12V—230V, projet IUT GEII Tours,  
Avril 2002.
- [15] [https://elearning.univannaba.dz/pluginfile.php/41807/mod\\_resource/content/0/Production  
%20des%20impulsions-.pdf](https://elearning.univannaba.dz/pluginfile.php/41807/mod_resource/content/0/Production%20des%20impulsions-.pdf)
- [16] « Commande à vitesse variable d'un moteur à courant continu » par Chaffai Fairouz
- [17] cours de proteus professionnel par « M. TOURE Mohamed Lamine »
- [18] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>