

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : ELECTRONIQUE

Spécialité : INSTRUMENTATION

Par : HAMZA CHERIF ANAS et KHIRI MOHAMMED AYMEN

Sujet

**Etude et réalisation d'un dispositif de répétition de la sonnerie
du téléphone mobile**

Soutenu publiquement, le 10 / 06 / 2024, devant le jury composé de :

Mme KADDOURI Nadéra

M SLAMI Ahmed

Mme BOUAZZA née GUEN Ahlam

M ZOUGAGH Nabil

MCB

MAB

Professeur

MCB

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Université de Tlemcen

Présidente

Examinateur

Encadrant

Co-Encadrant

Année universitaire : 2023 / 2024

Au nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux,

DÉDICACES

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail relatif à mon projet fin d'études, à mes très chers parents qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux, soutien indéfectible, assistance, encouragements et dévouement.

Que dieu leur prête santé, longévité et bonheur.

Une dédicace particulière à ma très chère sœur Nora, dont je lui suis reconnaissant éternellement pour sa disponibilité, son aide si précieuse et encouragements.

Grand Merci pour toi Nora.

Je dédie aussi ce travail à ma grand-mère, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines et toute ma famille.

A la mémoire de mes défunts chers grands-parents (Paix à leurs âmes).

A mon encadreur Mme BOUAZZA Ahlam, ainsi que mon assistant M. BOUAZZA Benyounes, Professeurs en électronique, qui méritent toute ma reconnaissance et gratitude.

A mon co-encadreur M ZOUGAGH Nabil qui mérite mon plus grand respect.

A tous mes amis (es).

A tous ceux qui me sont chers.

Anas HAMZA CHERIF

Au nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux,

DEDICACES

A l'occasion de la fin de mon parcours académique, j'adresse mes sincères remerciements à tous ce qui m'ont accompagné.

Je mentionne particulièrement ma chère mère qui a été la première personne qui m'a inculqué les signes du savoir et de l'apprentissage, sans oublier mon père qui a été le meilleur soutien.

Ainsi que mes honorables professeurs qui ont contribué au succès de ce travail, je voudrais citer en particulier leurs noms estimés :

Professeur .G U E N A H L A M

Professeur: B O U A Z Z A

Professeur: Z O U G A G H N A B I L .

Mohammed Aymen KHIRI

Au nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux,

REMERCIEMENTS

Toute notre gratitude et nos profonds remerciements à notre encadreur Mme BOUAZZA Ahlam née GÜEN, professeur et responsable de la filière d'électronique à la Faculté de technologie de l'université Abou Bekr BELKAID-Tlemcen pour ses qualités humaines en premier lieu, son attention et ses précieux conseils, son aide et ses efforts considérables, disponibilité, orientations durant toutes les étapes de l'élaboration du présent projet qui nous ont été très utiles pour mener à bout de ce projet.

Nous remercions aussi notre co-encadreur Monsieur ZOUGAGH Nabil, pour ses considérables efforts, disponibilité, et son aide.

Nous tenons aussi à remercier profondément

- *Madame M^{me} KADDOURI Nadéra, d'avoir accepté d'expertiser ce modeste travail en tant que présidente du jury, ainsi que Monsieur SLAMI Ahmed d'avoir aussi accepté d'expertiser ce modeste travail.*
- *Tous les enseignants de l'université de Abou-Bekr BELKAID – Département électrique et électronique, qui nous ont enseignés, aidés et se sont sacrifiés pour la transmission du savoir, en se donnant pleinement durant tout notre cycle universitaire.*
- *A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près, et ayant apporté un plus à notre travail.*
- *En dernier, nos vifs remerciements à tous les étudiants de notre promotion en particulier, et du département de Génie Électrique et Électronique en général.*

Merci à vous tous.

*Anas HAMZA CHERIF
Mohammed Aymen KHIRI*

SOMMAIRE

Dédicace.....	1
Remerciement.....	3
Table des matières.....	4
Table des figures.....	6
Introduction générale.....	9
CHAPITRE 1 : LES CAPTEURS.....	12
1. Introduction.....	13
2. Capteur électrique.....	13
2.1. Capteurs passifs.....	13
2.2. Capteurs actifs.....	14
3. Type de sortie.....	14
4. Caractéristiques des capteurs.....	14
5. Différents types de capteurs.....	16
5.1. Capteur de température.....	16
5.1.1. Thermistances.....	16
5.1.2. Thermocouples.....	17
5.2. Capteur de niveau.....	17
5.2.1. Les capteurs de niveau capacitifs.....	17
5.2.2. Les capteurs de niveau ultrasoniques.....	18
5.2.3. Les capteurs de niveau hydrostatiques.....	18
5.3. Capteur de position.....	19
5.3.1. Capteurs de position à ultrasons.....	19
5.3.2. Capteur de position à codeurs optiques.....	19
5.4. Capteur acoustique.....	20
5.4.1. Captation des ondes acoustiques.....	20
5.4.2. Conversion en signal électrique.....	20
Conclusion.....	22

CHAPITRE 2 : ETUDE THEORIQUE DES DIFFERENTS MONTAGES DU CIRCUIT.....	23
1. Introduction.....	24
2. Amplificateur opérationnel.....	24
3. Montages de base des amplificateurs opérationnels.....	26
3.1. Amplificateur sans inversion de signe.....	26
3.2. Amplificateur avec inversion de signe.....	27
3.3. Amplificateur intégrateur.....	28
3.4. Amplificateur dérivateur.....	29
4. Comparateur à base de l'amplificateur opérationnel.....	29
4.1. Comparateur à simple seuil.....	29
4.2. Comparateur à double seuil.....	31
5. L'astable.....	32
6. Le monostable.....	35
7. Trigger de Schmitt.....	37
8. La bascule.....	38
9. Les compteurs.....	44
9.1. Les compteurs synchrones.....	44
9.2. Les compteurs asynchrones.....	47
9.3. Compteur décimal 4017.....	49
10. Les transistors.....	53
10.1. Transistor en mode linéaire.....	56
10.2. Transistor en commutation.....	56
Conclusion.....	57
CHAPITRE 3 : REALISATION PRATIQUE : ANALYSE DU CIRCUIT, CHRONOGRAMMES ET INTERPRETATIONS.....	58
1. Introduction.....	59
2. Schéma électrique.....	59
3. Analyse du circuit.....	60
4. Circuit réalisé sur plaque d'essai.....	65
Conclusion.....	65
Conclusion générale.....	66
Références bibliographiques.....	68
Résumé.....	70
Abstract.....	70
ملخص.....	70

TABLE DES FIGURES

Figure I : Schéma synoptique du répéteur de sonnerie.....	10
Figure 1-1 : Schéma représentatif de la fonction d'un capteur.....	13
Figure 1-2 : Mesurande.....	14
Figure 1-3 : Etendue de mesure d'une courbe d'étalonnage.....	14
Figure 1-4 : Effet de la variation de la sensibilité avec le mesurande.....	15
Figure 1-5 : Photo du NTC.....	16
Figure 1-6 : Symboles des types de thermistances « CTN » « CTP »	16
Figure 1-7 : Schéma explicatif pour le fonctionnement d'un thermocouple.....	17
Figure 1-8 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau capacitif.....	17
Figure 1-9 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau ultrasonique.....	18
Figure 1-10 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau hydrostatique.....	18
Figure 1-11 : Schéma explicatif d'un capteur de position à ultrason.....	19
Figure 1-12 : Schéma explicatif d'un Capteur de position à codeur.....	19
Figure 1-13 : Photo d'un Capteur de position à codeur optique.....	20
Figure 1-14 : Schéma explicatif d'un Microphone électrodynamique.....	22
Figure 1-15 : Schéma explicatif d'un Microphone statique.....	22
Figure 2-1 : Symbole d'un amplificateur opérationnel.....	24
Figure 2-2 : Caractéristiques principales des AOP.....	25
Figure 2-3 : Amplificateur opérationnel LM741 et son diagramme de brochage.....	26
Figure 2-4 : Schéma de l'amplificateur sans inversion de signe.....	26
Figure 2-5 : Schéma de l'amplificateur avec inversion de signe.....	27
Figure 2-6 : Schéma de l'amplificateur intégrateur.....	28
Figure 2-7 : Schéma de l'amplificateur dérivateur.....	29
Figure 2-8 : Comparateur simple seuil inverseur et non inverseur.....	29
Figure 2-9 : Schéma de comparateur à simple seuil.....	30

Figure 2-10 : Caractéristique de transfert à simple seuil ($V_{ref}=0$)	30
Figure 2-11 : Schéma de comparateur à double seuil.....	31
Figure 2-12 : Caractéristique de transfert de comparateur à double seuil.....	31
Figure 2-13 : Schéma d'astable à base de porte logique NAND.....	32
Figure 2-14 : Chronogramme de la sortie de l'astable à base de porte logique NAND.....	33
Figure 2-15 : Schéma du premier astable à base de porte logique NAND.....	33
Figure 2-16 : Schéma du deuxième astable à base de porte logique NAND.....	34
Figure 2-17 : Schéma de monostable à base de porte logique NOR.....	36
Figure 2-18 : Chronogramme de la sortie de monostable à base de porte logique NOR.....	36
Figure 2-19 : Schéma de trigger de Schmitt (comparateur de tension à Hystérésis)	37
Figure 2-20 : Cycle d'hystérésis.....	38
Figure 2-21 : Symbole de bascule de type RS.....	39
Figure 2-22 : Schéma interne de la bascule RS à base de porte NAND.....	40
Figure 2-23 : Table de vérité de la bascule RS à base de porte NAND.....	40
Figure 2-24 : Chronogramme de la bascule RS à base de porte NAND.....	40
Figure 2-25 : Symbole de la bascule D.....	41
Figure 2-26 : Schéma interne de la bascule D.....	41
Figure 2-27 : Table de vérité de la bascule D.....	41
Figure 2-28 : Chronogramme de la bascule D.....	42
Figure 2-29 : Schéma interne de la bascule JK.....	42
Figure 2-30 : Symbole de la bascule JK.....	42
Figure 2-31 : Table de vérité de la bascule JK.....	43
Figure 2-32 : Chronogramme de la bascule JK.....	43
Figure 2-33 : Schéma explicatif de la configuration de la bascule JK pour obtention de la bascule T.....	43
Figure 2-34 : Table de vérité de la bascule T	43
Figure 2-35 : Montage d'un compteur synchrone à bascule D.....	45
Figure 2-36 : Table de vérité d'un compteur synchrone à bascule D.....	45
Figure 2-37 : Chronogramme d'un compteur synchrone à bascule D.....	46

Figure 2–38 : Montage d'un compteur synchrone à bascule JK.....	46
Figure 2–39 : Table de vérité d'un compteur synchrone à bascule JK.....	46
Figure 2–40 : Chronogramme d'un compteur synchrone à bascule JK (division de la fréquence)	46
Figure 2–41 : Structure d'un compteur asynchrone à 4 bascules D.....	48
Figure 2–42 : Chronogramme d'un compteur asynchrone à 4 bascules D.....	48
Figure 2–43 : Schéma d'un circuit intégré d'un CD4017.....	50
Figure 2–44 : Circuit intégré d'un CD4017.....	50
Figure 2–45 : Diagramme d'un circuit intégré CD4017.....	52
Figure 2–46 : Diagramme logique d'un circuit intégré CD4017 à 5 bascules.....	52
Figure 2–47 : Chronogramme d'un circuit intégré CD4017.....	52
Figure 2–48 : Schéma explicatif du transistor BJT.....	53
Figure 2–49 : Schéma explicatif du transistor BJT de type NPN.....	53
Figure 2–50 : Schéma explicatif du transistor BJT de type PNP.....	55
Figure 2–51 : Les réseaux de caractéristique du transistor bipolaire.....	56
Figure 3–1: Schéma électrique de répéteur de la sonnerie du téléphone mobile.....	59
Figure 3–2: Signal obtenu à la sortie de régulateur 7809.....	60
Figure 3–3: Signal obtenu à la sortie de résistance R3.....	61
Figure 3–4: Signal obtenu à l'entrée non inverseuse de LM741.....	61
Figure 3–5: Signal obtenu à la sortie de Trigger de Schmitt.....	62
Figure 3–6: Signal obtenu à la sortie de l'astable.....	62
Figure 3–7: Signal obtenu à la sortie (S9) de CD4017.....	63
Figure 3–8: Signal obtenu à la sortie de monostable.....	64
Figure 3–9: Signal obtenu à la sortie de l'astable.....	64
Figure 3–10: Circuit de répéteur de la sonnerie de téléphone mobile réalisé sur plaque d'essai.....	65

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Il arrive à chacun de nous d'oublier son téléphone à l'intérieure de son véhicule, et le téléphone est alors hors de portée d'oreille. De ce fait, on serait alors très contrariés de rater parfois des communications très importantes. Il serait de ce fait intéressant d'allier à la sonnerie du téléphone une répétition des sonneries caractérisée par des sons périodiques brefs et intenses. C'est ainsi que ce travail consiste à étudier théoriquement et par le biais de la réalisation un circuit qui n'est rien d'autre qu'un répéteur de sonnerie du téléphone cellulaire, tel est le rôle de cette réalisation qui comporte essentiellement un micro miniature chargé de capter la sonnerie téléphonique. L'ensemble du montage et le microphone sont alimentés par l'allume cigare. Au moindre bip ou sonnerie de notre cellulaire oublié à l'intérieur du véhicule, le microphone, sensible rentre en jeu en captant l'appel et agissant instantanément sur un relai qui enclenche le circuit du Klaxon ou du feu de détresse où les deux simultanément, attirant notre attention quant à l'oubli du téléphone dans le véhicule et nous informant qu'un appel téléphonique nous est parvenu.

Ainsi, si le téléphone sonne cette réalisation entre en action par une série de déclenchements périodiques de sonneries particulièrement audibles.

Le schéma synoptique de cette réalisation est le suivant:

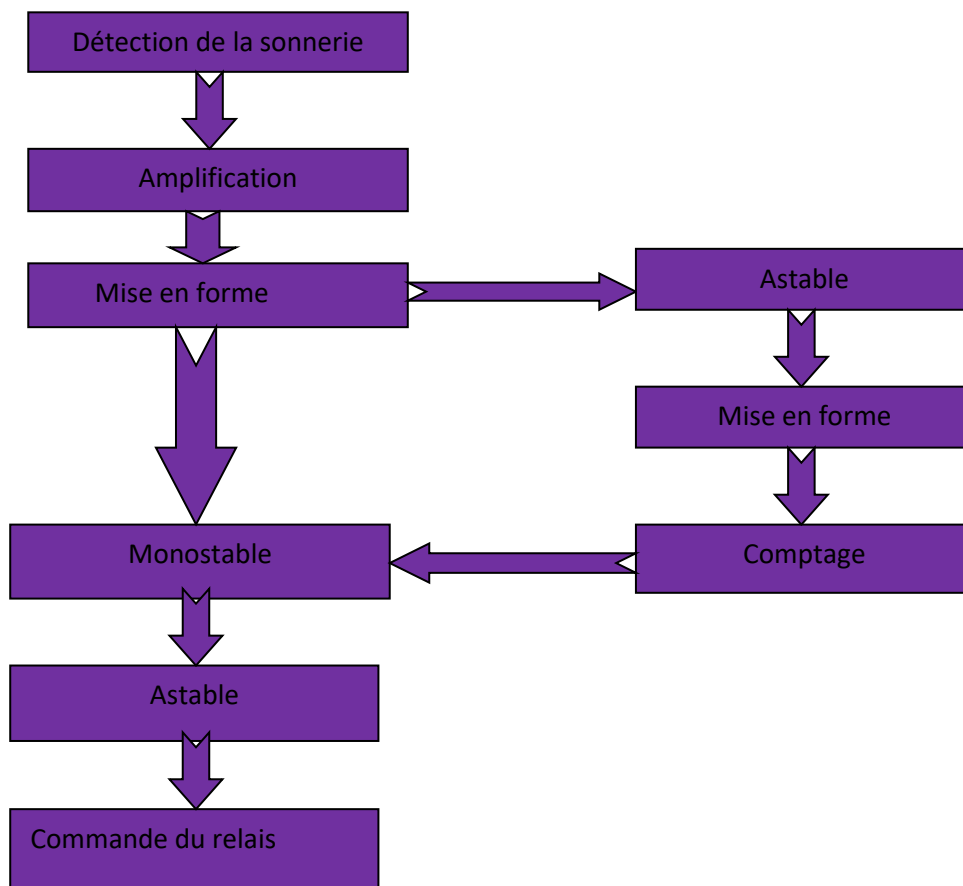


Fig I : Schéma synoptique du répéteur de sonnerie

Introduction générale

Ce schéma synoptique permet de mettre en évidence les étages qui constituent ce répéteur de sonnerie qui comporte un micro miniature qui aura pour tâche de capter la sonnerie. Suite à une amplification et un premier filtrage permettant d'éliminer les bruits avoisinant le téléphone, un relai permettra une série de déclenchements périodiques.

Ainsi ce mémoire de fin d'étude consacré à l'étude d'un répéteur de sonnerie du téléphone cellulaire a fait l'objet de trois chapitres:

- Le premier chapitre consacré à une brève présentation des capteurs qui existent à ce jour.
- Le second chapitre fut dédié à la présentation des différents étages qui constituent ce répéteur.
- Le troisième et dernier chapitre fut consacré à l'analyse du circuit étudié et à la présentation des chronogrammes obtenus à la sortie des étages constituant ce répéteur.

CHAPITRE 1
LES CAPTEURS

CHAPITRE 1 – LES CAPTEURS

1. INTRODUCTION

Nous sommes toujours amenés, au quotidien, à contrôler des paramètres physiques tels que la luminosité, la température, la force, la position, la vitesse,..., ce qui nous pousse donc à interagir avec notre environnement directe, nous sommes donc amenés à être en possession de moyens qui nous permettent d'effectuer ces mesures. Toute mesure ne peut être effectuée que si le système de mesure est accessible et facilement utilisable. Le capteur est l'élément indispensable à la détection de ces grandeurs physiques à mesurer. C'est ainsi un élément inévitable de tout système moderne de mesure constituant de ce fait l'interface essentielle entre le monde réel et l'électronique du système de traitement. C'est donc un dispositif capable de repérer ou de mesurer une grandeur physique et de la transformer en un signal utilisable par un système électronique ou mécanique, comme une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille. [1]

2. CAPTEUR ELECTRIQUE

En général, un capteur peut être considéré comme un dispositif qui transformera la grandeur physique observée en une grandeur utilisable. C'est donc un dispositif, qui soumis à l'action d'un mesurande, présentera une caractéristique électrique.

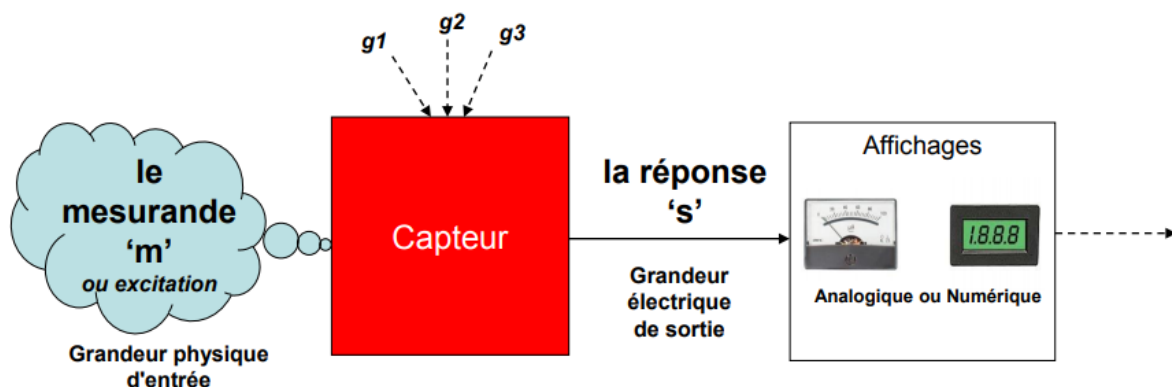


Fig 1 - 1 : Schéma représentatif de la fonction d'un capteur

Un capteur est donc un dispositif électronique qui aura pour fonction la transformation de l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable comme une tension, un courant, la déviation d'une aiguille.

Il existe un grand nombre de capteurs qui se distinguent les uns des autres par la grandeur physique qu'ils mesurent.

Les capteurs peuvent être scindés en deux grandes familles selon leurs caractéristiques :

2.1. CAPTEURS PASSIFS

Pour leur fonctionnement, ils ne nécessitent pas d'énergie externe (par exemple : une thermistance, un potentiomètre, un thermomètre à mercure...). Il s'agit de capteurs qui peuvent être modélisés par une impédance. Une modification du phénomène physique étudié (mesuré) entraîne une modification de l'impédance.

2.2. CAPTEURS ACTIFS

Ils se composent d'un ou plusieurs transducteurs alimentés (par exemple : chronomètre mécanique, jauge d'extensomètre également connue sous le nom de jauge de contrainte, gyromètre...).

Ces capteurs pourraient être modélisés par des générateurs tels que les systèmes photovoltaïques et électromagnétiques. Ils produisent ainsi soit un courant, soit une tension en fonction de l'intensité du phénomène physique mesuré.

3. TYPE DE SORTIE

Nous pouvons différencier entre les capteurs selon leurs sorties :

- Capteurs à type de sortie analogiques, exemple : tension de sortie, courant de sortie, etc. [1]
- Capteurs à type de sortie numériques, exemple : train d'impulsions, code numérique binaire. [1]

4. CARACTERISTIQUES DES CAPTEURS

Un capteur est caractérisé en fonction de divers critères, parmi lesquels les plus fréquents sont :

- **Le mesurande** : c'est la grandeur physique d'entrée qui est l'objet de la mesure, elle peut être une charge, une température, une pression, une tension, une impédance ou un courant. [1]



Fig 1-2 : Mesurande

- **La grandeur d'influence** : elle représente une grandeur physique dont la variation peut influencer et même modifier la réponse du capteur et par conséquent la grandeur électrique de sa sortie, qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action du mesurande. Ainsi, les grandeurs « parasites » auxquelles la réponse du capteur peut être sensible, sont des grandeurs d'influence. La réponse du capteur doit être représentative du seul mesurande **m**, et non impacté par les grandeurs d'influences les grandeurs d'influences peuvent être par exemple: la température, la pression, l'humidité, le champ magnétique, etc. [1]
- **L'étendue de mesure** : cette dernière représente la différence entre la limite supérieure et la limite inférieure de la grandeur que le capteur peut mesurer.

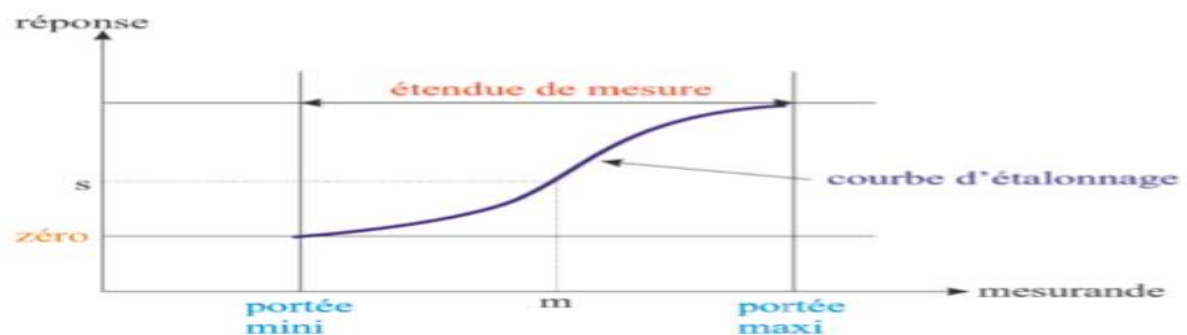


Fig 1 - 3 : Etendue de mesure d'une courbe d'étalonnage

- **La résolution** : c'est la plus petite variation du mesurande que le capteur est capable de détecter. La résolution doit être regardée avec importance lors de la mesure d'une grandeur car elle conditionne la précision du résultat obtenu. [1]
- **La sensibilité** : la sensibilité "**S**" d'un capteur représente le rapport entre la variation du signal de sortie à la variation du signal d'entrée pour une mesure donnée. La valeur d'offset est la valeur de sortie du capteur pour une valeur d'entrée nulle. [1]

Ainsi, la grandeur électrique représentant la grandeur physique mesurée varie proportionnellement avec le paramètre mesuré.

Variation de la grandeur de sortie= S. la variation de la grandeur mesurée

La sensibilité doit dépendre le moins possible du vieillissement et de l'environnement du capteur. [1]

La sensibilité est la pente de la courbe de réponse du capteur.

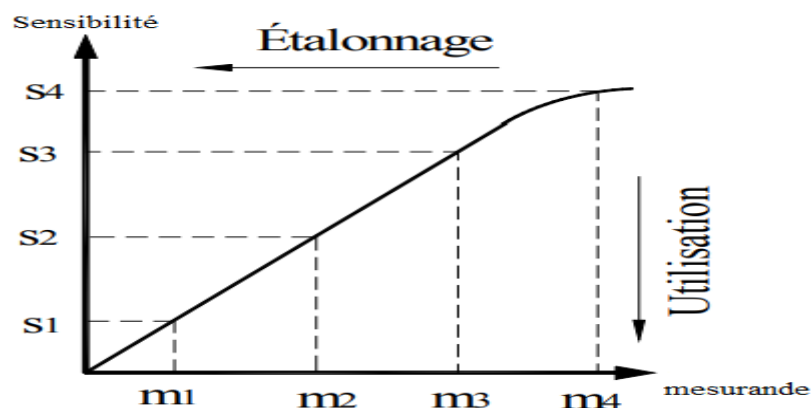


Fig 1 - 4 : Effet de la variation de la sensibilité avec le mesurande

- **La précision**: cette grandeur délimite l'intervalle qui se situe autour de la valeur mesurée et à l'intérieur duquel on est assuré de trouver la valeur "réelle". C'est le pourcentage d'erreur de son signal de sortie par rapport à la vraie valeur (mesurande). [1]
- **La linéarité**: la linéarité du capteur est une caractéristique qui définit la constance de sa sensibilité sur toute sa plage de mesure. [1]
- **La rapidité du capteur** : qui est l'aptitude du capteur à suivre dans le temps les variations de la grandeur à mesurer. Il faut donc tenir compte du temps de réponse, de la bande passante et la fréquence de coupure du capteur. [1]
- **Le temps de réponse**: il représente le temps du régime transitoire après une variation brusque du mesurande, pour atteindre le régime permanent. [1]
- **La bande passante** : c'est le domaine de fréquence dans lequel le capteur fonctionne correctement, elle est inversement proportionnelle au temps de réponse. [1]

5. DIFFERENTS TYPES DE CAPTEURS

Nous discuterons de certains types de capteurs :

5.1. CAPTEUR DE TEMPERATURE

Les capteurs de température servent à évaluer la température d'un environnement ou d'un objet. Ces dispositifs sont couramment employés dans diverses utilisations, allant de la surveillance de la température dans les usines à la régulation thermique des appareils électroniques courants. [2]

Nous présentons dans ce qui suit quelques types fréquents de capteurs de température :

5.1.1. Thermistances :

La thermistance présente une résistance électrique qui fluctue en fonction de la température. Il s'agit d'un des principaux capteurs de température employés dans le domaine de l'électronique. [2]

Les thermistances peuvent être classées en deux catégories: les thermistances à coefficient de température négatif (**NTC**) et les thermistances à coefficient de température positif (**PTC**). Les **NTC** présentent une résistance qui diminue avec l'augmentation de la température, tandis que les **PTC** présentent une résistance qui augmente avec l'augmentation de la température. [2]



Fig 1-5 : Photo du NTC [3]



Fig 1 – 6 : Symboles des types de thermistances « CTN » « CTP » [4]

5.1.2. Thermocouples :

Un thermocouple est un dispositif utilisé dans différents secteurs (l'industrie, la chimie, l'agro-alimentaire...) et dans différents environnements afin de mesurer la température.

Il comprend deux fils de métaux conducteurs ou d'alliages de métaux conducteurs de diverses natures qui génèrent une tension électrique lorsqu'ils sont exposés à une variation de température.

Pour les thermocouples la tension correspond à la différence de température entre les deux extrémités du thermocouple. La popularité des thermocouples réside dans leur large éventail de mesures et leur réponse rapide.

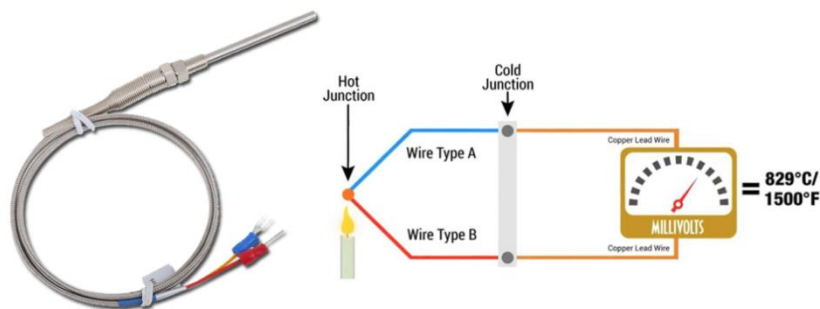


Fig 1-7 : Schéma explicatif pour le fonctionnement d'un thermocouple [5]

5.2. CAPTEUR DE NIVEAU

Les capteurs de niveau sont employés afin de mesurer le niveau d'un liquide, d'un solide ou d'un gaz dans une cuve, un silo ou un réservoir. On peut trouver des capteurs de niveau qui sont soit analogiques (comme les capteurs de niveau ultrasoniques, hydrostatiques) soit digitaux (comme les capteurs de niveau capacitifs). De ce fait, on peut observer différentes technologies de capteurs de niveau, tels que les capteurs de niveau ultrasoniques, les capteurs de niveau capacitifs, les capteurs de niveau hydrostatiques et les capteurs de niveau à flotteur.[6]

Fonctionnement de quelques types de capteurs de niveau :

5.2.1. Les capteurs de niveau capacitifs :

Le fonctionnement des capteurs de niveau capacitifs est basé sur la fluctuation de la capacité d'un condensateur. Le condensateur est constitué de la sonde et de la paroi de la cuve, et sa capacité varie en fonction de la quantité du liquide présente dans la cuve : une cuve vide possède une capacité faible, alors qu'une cuve pleine a une capacité plus importante. [6]

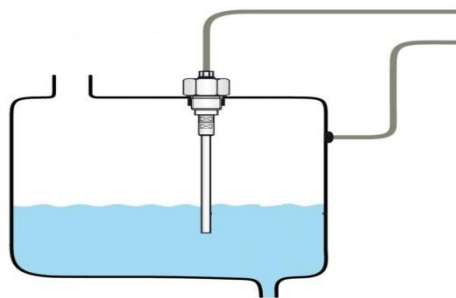


Fig 1 - 8 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau capacitif [6]

5.2.2. Les capteurs de niveau ultrasoniques :

Le fonctionnement des capteurs de niveau à ultrasons repose sur la mesure de la distance entre la membrane du capteur (qui produit des ondes ultrasonores) et la surface de la substance ou du produit à évaluer. En effet, lorsque le capteur de niveau ultrasonique est fonctionnel, il émet des ondes ultrasonores qui seront réfléchies par le produit. Ces impulsions ultrasoniques voyagent à la vitesse du son au capteur par réflexion. Ainsi, il y a une période entre l'émission des ondes ultrasonores par le capteur et leur réception par réflexion. Pendant cette période, on peut mesurer la distance entre le capteur et la surface du produit, ce qui indique le niveau du produit à l'intérieur de la cuve ou du réservoir. [6]

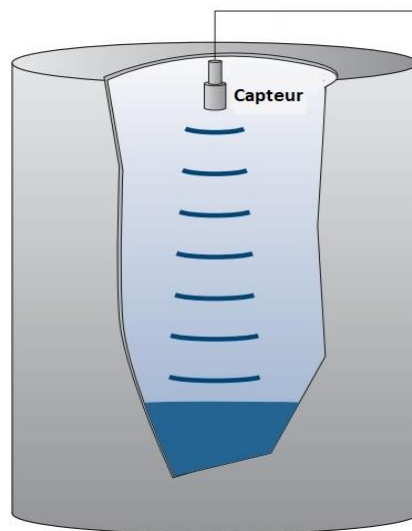


Fig 1 -9 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau ultrasonique [6]

5.2.3. Les capteurs de niveau hydrostatiques :

On utilise des capteurs de niveau hydrostatique afin de déterminer le niveau d'un liquide dans un réservoir. Ils sont placés au fond des cuves et permettent de mesurer la pression hydrostatique d'un liquide, ce qui permettra de déterminer son niveau. Les capteurs hydrostatiques de niveau présentent l'avantage d'être plus précis que les capteurs ultrasoniques de niveau. [6]



Fig 1 - 10 : Schéma explicatif d'un capteur de niveau hydrostatique [6]

5.3. CAPTEUR DE POSITION

Un capteur de position permet de collecter des données sur la position d'un objet dans un espace de référence.

On peut obtenir ces informations de différentes manières : en contact direct avec l'objet, en utilisant un contacteur composé de différents éléments tels que : un galet, une tige souple, une bille ou une roue codeuse ; à distance, en utilisant un codeur linéaire, des capteurs magnétiques (interrupteur reed) ou des barrières lumineuses ; ce type de capteur fournit des informations de type tout ou rien (**0** ou **1**) et peut être électrique, optique ou pneumatique.

Fonctionnement de quelques types de capteurs de position :

5.3.1. Capteurs de position à ultrasons :

Un capteur à ultrasons produit régulièrement de courtes impulsions sonores à haute fréquence. La propagation de ces impulsions dans l'air est à la vitesse du son. Quand elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et se répercutent sur le capteur sous forme d'écho. Le calcul de la distance le séparant de la cible est effectué en prenant en compte le temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho. [7]

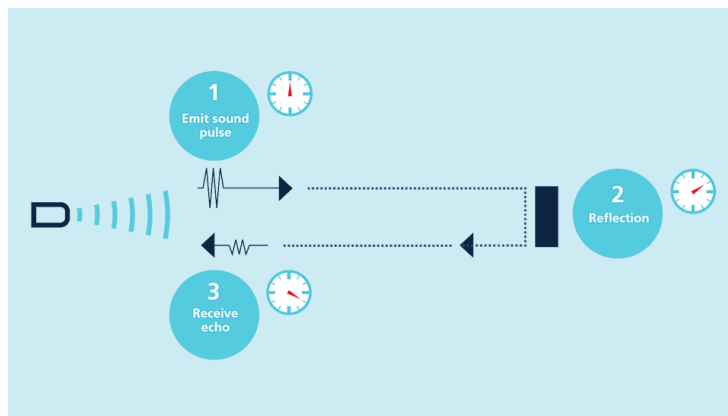


Fig 1 - 11 : Schéma explicatif d'un capteur de position à ultrason [7]

5.3.2. Capteurs de position à codeurs optiques :

Un codeur optique est un dispositif de mesure de position angulaire qui transmet une information numérique : connecté mécaniquement à un arbre qui le guide, son axe entraîne le mouvement d'un disque qui lui est associé. Le disque est composé d'une série de parties transparentes et opaques. [8]

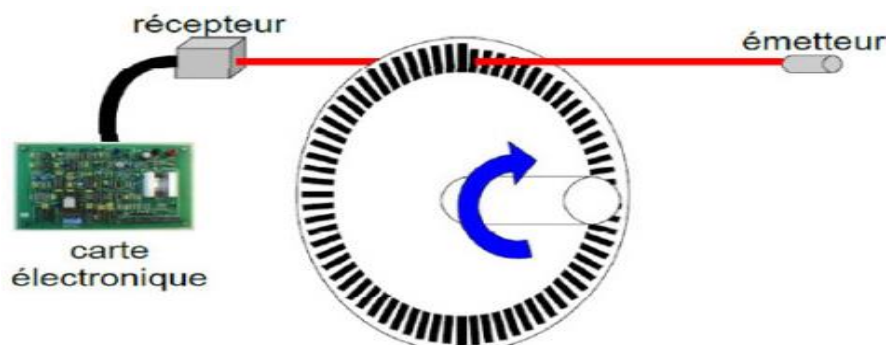


Fig 1 - 12 : Schéma explicatif d'un capteur de position à codeur optique [8]

Les Diodes Electro-Luminescentes (**DEL**) émettent une lumière qui traverse les fentes de ce disque, générant ainsi un signal analogique sur les photodiodes réceptrices.

Ce signal est amplifié électroniquement puis converti en signal carré, qui est ensuite transmis à un système de traitement.

Ainsi, un codeur optique est un appareil électromécanique dont la sortie électrique est une fonction mathématique de la position angulaire de l'axe d'entrée exprimée en numérique. [8]

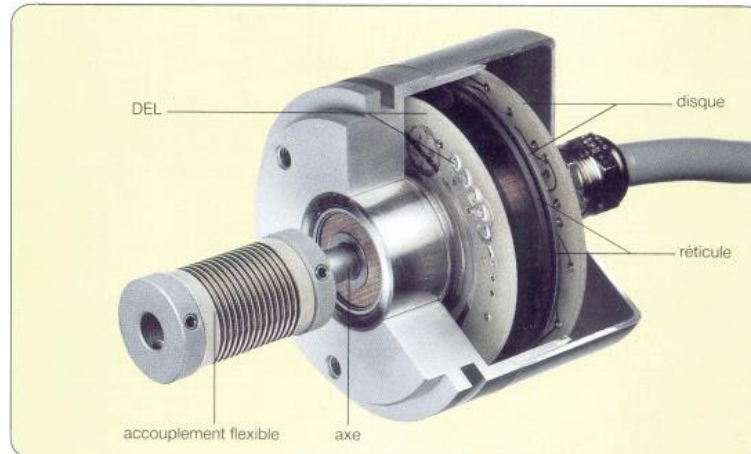


Fig 1 - 13 : Photo d'un capteur de position à codeur optique [8]

5.4. **CAPTEUR ACOUSTIQUE**

Le capteur acoustique capte les sons ou les vibrations acoustiques présents dans l'environnement et les transforme en signaux électriques. Le capteur acoustique fonctionne en utilisant des principes physiques et des technologies qui permettent de capter et de convertir l'énergie acoustique en informations exploitables.

Les principales étapes de fonctionnement du capteur acoustique:

5.4.1. **Captation des ondes acoustiques :**

Le capteur acoustique détecte les ondes sonores, communément désigné sous le nom de transducteur ou microphone. Il peut s'agir d'un diaphragme ou d'un autre composant capable de vibrer en réaction aux ondes sonores présentes dans ce milieu.

5.4.2. **Conversion en signal électrique :**

En atteignant le capteur, les ondes sonores entraînent le mouvement ou la vibration de l'élément sensible. Par la suite, cette vibration est transformée en un signal électrique.

Différents mécanismes peuvent être utilisés pour effectuer la conversion, comme suit :

- Les matériaux piézoélectriques sont utilisés pour générer une tension électrique lorsqu'ils sont soumis à une pression mécanique. [9]
- Le mouvement d'une bobine dans un champ magnétique entraîne la création d'une tension électrique, similaire à celui des microphones dynamiques.

- **Changement de capacité :**

La distance entre les plaques d'un condensateur peut changer, ce qui entraîne une variation de sa capacité et génère un signal électrique variable (comme dans les microphones à condensateur). [9]

- **Amplification et traitement du signal :**

En règle générale, le signal électrique produit est faible et demande une amplification. On utilise fréquemment un préamplificateur afin d'augmenter le niveau du signal sans distorsion significative. Par la suite, il est possible de filtrer le signal afin de supprimer les bruits indésirables et d'améliorer la qualité du signal. [9]

- **Analyse et interprétation :**

Après avoir été amplifié et filtré, il est possible d'analyser le signal électrique à l'aide de circuits électroniques ou de logiciels afin de déterminer des caractéristiques particulières du son, comme la fréquence, l'amplitude, la durée, etc. On peut exploiter cette analyse dans différentes situations, comme la détection de fuites, la surveillance de l'environnement ou le diagnostic médical. [9]

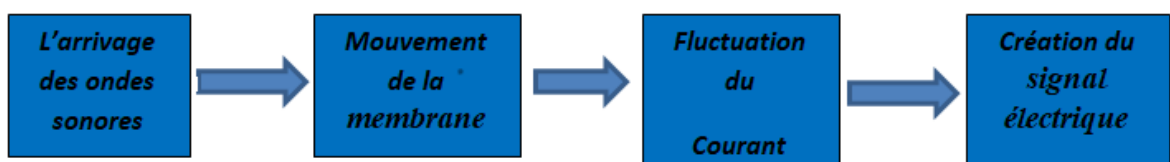
Après avoir présenté brièvement différents capteurs, nous présentons dans ce qui suit le capteur auquel nous nous sommes intéressés dans ce travail qui n'est rien d'autre qu'un microphone.

Du mot grec **mikros** qui signifie petit, et du terme **phônê** qui veut dire voix, le microphone se classe dans la famille des transducteurs. Ce dernier a pour rôle de transformer un signal acoustique en un signal électrique. Il permet donc la conversion des ondes sonores acoustiques d'un milieu compressible en impulsions électriques. C'est donc un capteur analogique.

Tous les microphones fonctionnent selon le même principe: les ondes sonores frappent une membrane et la font bouger en fonction de la source. L'énergie de l'onde sonore doit alors être convertie en signal électrique ou en tension.

Généralement le microphone comprend un élément mobile, connu sous le nom de membrane. Légèreté, cette membrane est positionnée à l'avant du microphone pour réagir à l'audio. Lorsque la membrane est touchée, elle se met en mouvement, ce qui permet de produire une fluctuation du courant, et crée un signal électrique.

La transmission de l'énergie se fait du domaine acoustique (onde) au domaine mécanique (mouvement de la membrane) avant de se transformer en signal électrique.



On peut distinguer entre les types de microphones selon leur circuit interne. Il existe deux grands types de microphones :

Microphone électrodynamique:

La membrane d'un microphone dynamique est connectée à une bobine mobile qui se déplace autour d'un aimant. La bobine se déplace en fonction de l'onde sonore, ce qui génère un courant. [9]

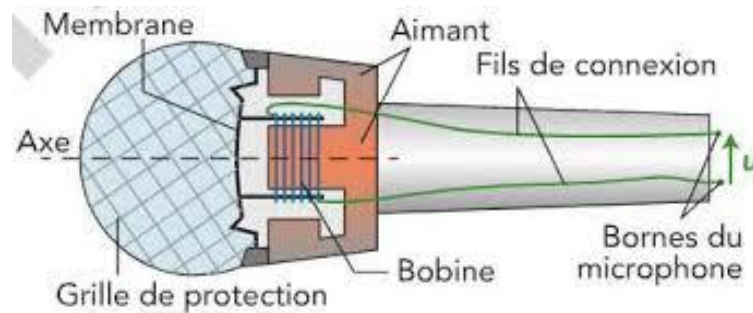


Fig 1 - 14 : Schéma explicatif d'un Microphone électrodynamique [9]

Microphone statique :

La construction du microphone statique est essentiellement similaire, à l'exception du remplacement du montage bobine et aimant par un condensateur. Afin de pouvoir obtenir un signal sonore, il est nécessaire d'alimenter le micro avec une source d'alimentation électrique, communément connue sous le nom d'alimentation fantôme. Elle permet de polariser le circuit et de le mettre en tension. Lorsque la membrane se déplace, la capacité du condensateur est altérée, car elle est influencée par l'espace entre ses armatures. La variation de capacité entraîne une variation du signal électrique que l'on collecte aux bornes du circuit. [9]

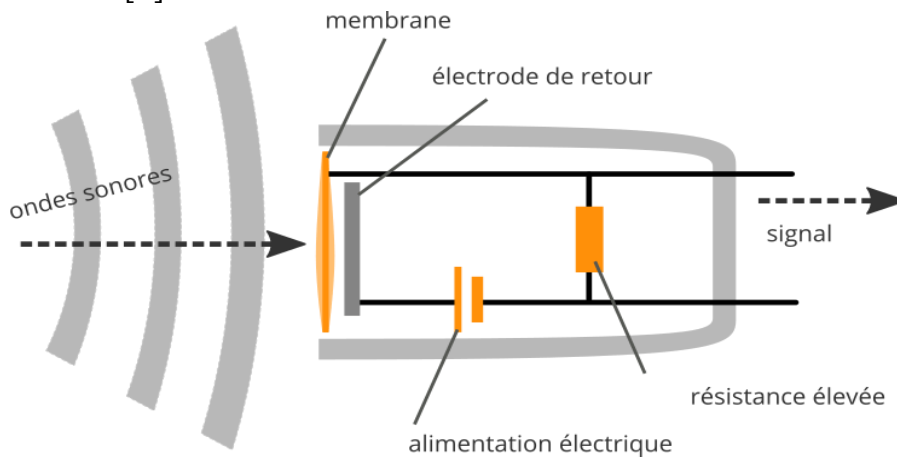


Fig 1 - 15 : Schéma explicatif d'un Microphone statique [9]

Conclusion:

Après avoir présenté brièvement les capteurs dans un premier chapitre, nous allons dans un second chapitre présenter les différents montages constituant le répéteur de sonnerie de téléphone portable que nous avons étudié.

CHAPITRE 2

ETUDE THEORIQUE DES
DIFFERENTS MONTAGES DU
CIRCUIT

CHAPITRE 2 – ETUDE THEORIQUE DES DIFFERENTS MONTAGES DU CIRCUIT

1. INTRODUCTION

Notre travail consiste à faire l'étude d'un répéteur de sonnerie du téléphone portable par réalisation pratique. Nous allons dans ce chapitre présenter les différents composants et montages permettant cette réalisation, on cite alors les AOP, les portes logiques, les transistors permettant l'amplification, la réalisation de monostables, d'astable, de mise en forme, etc.

2. AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

Un amplificateur opérationnel dit AOP est un composant électronique soit un circuit intégré utilisé dans plusieurs applications électriques et électroniques. Ce composant peut fonctionner en mode linéaire permettant de réaliser une amplification, une sommation, différenciation, intégration, dérivation, etc ou en mode non linéaire pour réaliser un comparateur simple seuil ou double seuil par exemple.

Un AOP, en mode linéaire, est utilisé pour amplifier des signaux analogiques, il est caractérisé par un gain élevé, une haute impédance d'entrée et une impédance de sortie faible.

L'AOP a cinq bornes : une alimentation positive, une alimentation négative (GND), une entrée inverseuse, une entrée non inverseuse, et une sortie. [10]

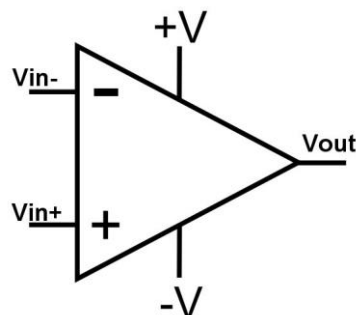


Fig 2 - 1 : Symbole d'un amplificateur opérationnel

+V : alimentation positive.

-V : alimentation négative (GND).

Vin- : entrée inverseuse.

Vin+ : entrée non inverseuse.

Vout : sortie.

Les caractéristiques principales des AOP sont résumées dans ce qui suit:

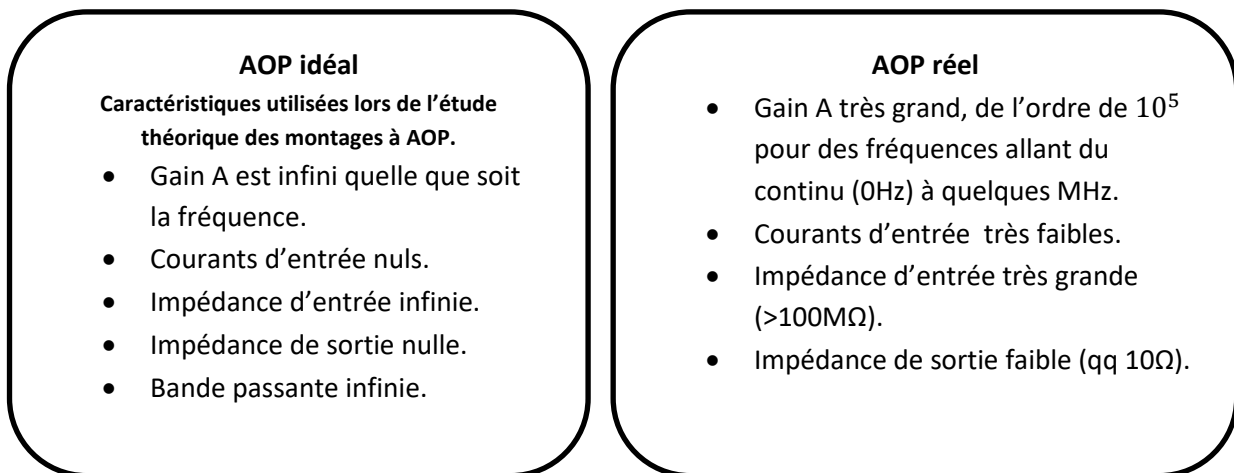


Fig 2 - 2 : Caractéristiques principales des AOP

L'AOP est utilisé dans de nombreuses applications, tel que:

- **Amplificateur différentiel** : qui est un circuit permettant d'amplifier la différence entre deux signaux. [11]
- **Amplificateur instrumentation** : est généralement conçu à partir de trois amplificateurs opérationnels, il permet de traiter de faible signaux. [11]
- **Amplificateur à rétroaction négative** : il est généralement composé d'un ou plusieurs amplificateurs opérationnels et d'un réseau de rétroaction résistive. [11]
- **Amplificateur de puissance** : conçu pour augmenter l'amplitude du signal électrique et amplifier les petits signaux reçus d'une source d'entrée telle qu'un microphone ou une antenne. [11]

D'une manière générale les AOP sont caractérisés par une faible impédance d'entrée, une faible impédance de sortie, un gain idéalement infinie mais réellement très important et une large bande passante.

Dans notre circuit nous allons utiliser un amplificateur opérationnel (AOP) LM741 qui est un circuit intégré largement utilisé dans diverses applications électroniques pour amplifier les signaux analogiques.

On donne dans ce qui suit caractéristiques principales du LM741 :

- Impédance d'entrée supérieure à $100K\Omega$. [12]
- Impédance de sortie inférieure à 100Ω . [12]
- Plage de fréquence est entre 0Hz et 1MHz. [12]
- Gain de tension en boucle ouverte est d'environ 100 000 à 200 000. [12]
- Alimentation simple ou double puissance avec un rail de tension positif ($+V_{cc}$) et un rail de tension négatif ($-V_{cc}$). [13]

Le LM741 est utilisé dans une grande variété d'applications électroniques, y compris l'amplification de signaux audio, les filtres, les oscillations, les comparateurs de tensions, les capteurs, etc. [13]

La figure 2.3 représente amplificateur opérationnel LM741 et son diagramme de brochage :

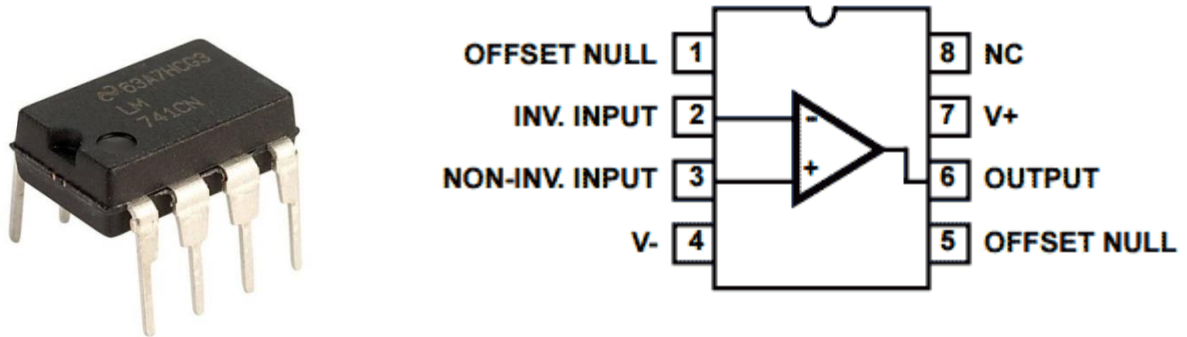


Fig 2 – 3 : Amplificateur opérationnel LM741 et son diagramme de brochage [14]

3. MONTAGES DE BASE DES AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS (AOP)

Nous avons précisé précédemment que les AOP pouvaient fonctionner en mode linéaire où non linéaire, nous allons dans ce qui suit présenter certains montages à base d'AOP.

3.1. AMPLIFICATEUR SANS INVERSION DE SIGNE

Dans le cas du montage amplificateur sans inversion de signe aucun déphasage n'est enregistré entre les tensions d'entrée et de sortie du montage ainsi la tension d'entrée est amplifiée par un gain "G" sans inversion de signe. Dans la sortie produite en sortie de ce montage est en phase avec la tension injectée à l'entrée.

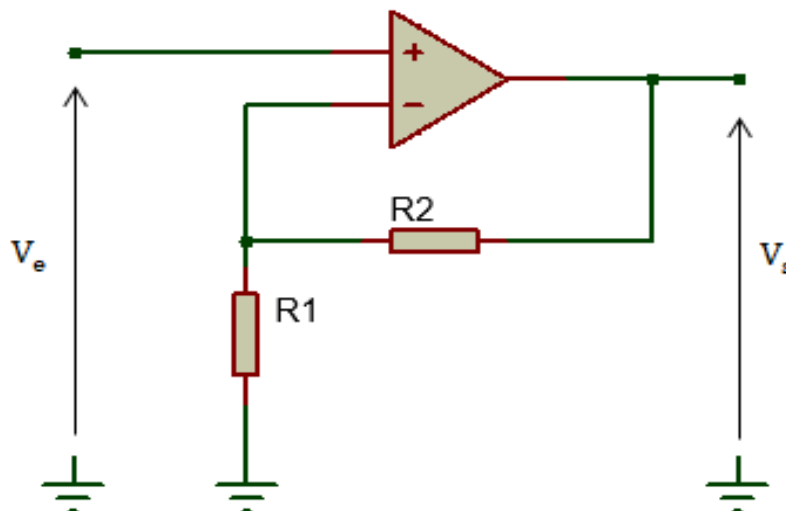


Fig 2 – 4 : Schéma de l'amplificateur sans inversion de signe

La tension de sortie de cet étage est telle que:

$$V_s = V_e \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \dots (2.1)$$

Les caractéristiques d'un amplificateur sans inversion de signe sont :

- L'amplificateur sans inversion de signe a un gain en tension positif.
- Le gain est tel que :

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} \dots (2.2)$$

- Impédance d'entrée élevée.
- Cet amplificateur est stable et présente une bonne linéarité.
- Il amplifie les signaux faibles tout en réduisant le bruit.

Les amplificateurs sans inversion de signe peuvent être réalisés à l'aide de composants actifs, tels que les transistors ou les amplificateurs opérationnels qui possèdent plusieurs caractéristiques importantes qui les distinguent des amplificateurs passifs, on peut alors réaliser des amplificateurs offrant :

- Un gain ajustable.
- Une impédance d'entrée élevée.
- Une impédance de sortie faible.
- Bande passante élevée, cela signifie qu'ils peuvent amplifier efficacement les signaux.
- Ces AOP sont généralement conçus pour être stable.

3.2. AMPLIFICATEUR AVEC INVERSION DE SIGNE

Un amplificateur avec inversion de signe est un type d'amplificateur opérationnel (AOP), utilisé avec une rétroaction négative. Lorsque le signal d'entrée est appliqué à l'entrée inverseuse de l'AOP, le circuit émet un signal amplifié avec la polarité opposée au signal d'entrée ce qui revient à dire que le signal d'entrée et le signal de sortie amplifié seront en opposition de phase.

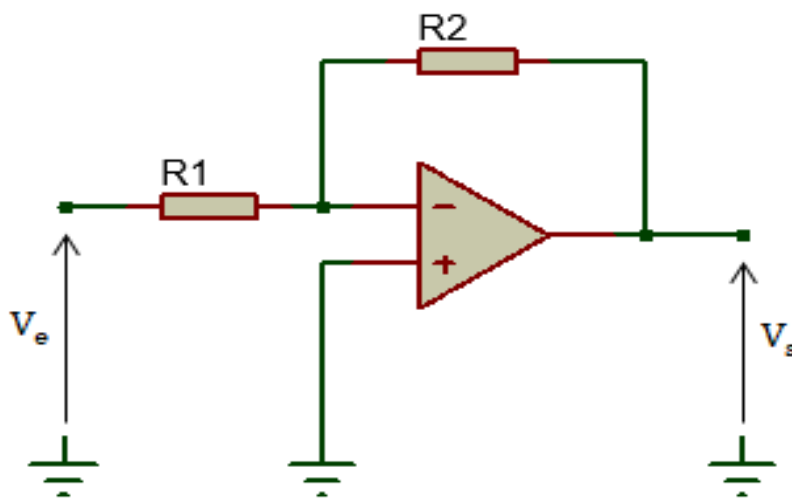


Fig 2 – 5 : Schéma de l'amplificateur avec inversion de signe

L'expression de la tension de sortie de l'étage est telle que :

$$V_s = V_e \times \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) \dots (2.3)$$

- Le gain de l'étage est tel que :

$$A_v = -\frac{R_2}{R_1} \dots (2.4)$$

Cet étage présente :

- Une impédance d'entrée est généralement très élevée.
- Une bonne stabilité et une meilleure linéarité.
- Une réduction du bruit et amplifie des signaux faibles.
- Les applications de l'amplificateur avec inversion de signe comprennent les amplificateurs d'audio, les filtres actifs, le traitement de signal analogique, etc.

Les caractéristiques de l'amplificateur avec inversion de signe à partir de composants actifs sont :

- Il inverse la phase du signal en sortie par rapport à l'entrée.
- Il a un gain négatif.
- Impédance d'entrée élevée.
- Il utilise une configuration inverseuse avec une résistance de rétroaction négative.
- Il est utilisé dans diverses applications comme les amplificateurs de puissance pour haut-parleurs.

3.3. AMPLIFICATEUR INTEGRATEUR

L'amplificateur intégrateur actif est un circuit électrique qui effectue l'opération mathématique de l'intégration sur le signal d'entrée. Il est construit à l'aide d'un amplificateur opérationnel (AOP) et quelques composants passifs, tels que la résistance et le condensateur qui sont placés en rétroaction entre la sortie et l'entrée inverseuse ou non-inverseuse de l'AOP. [15]

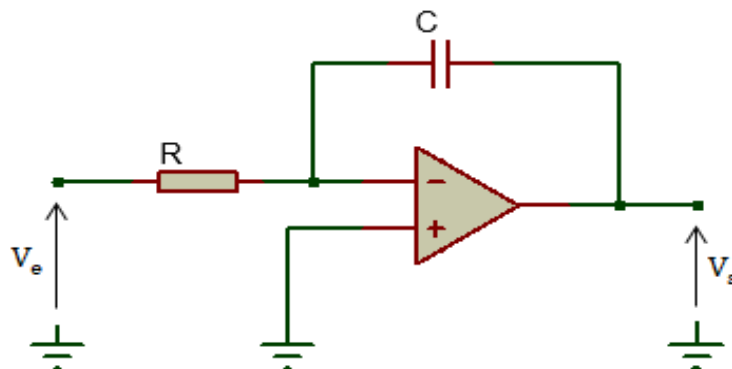


Fig 2 – 6 : Schéma de l'amplificateur intégrateur

Le signal de sortie de cet étage est tel que :

$$V_s = -\frac{1}{RC} \int V_e dt \dots (2.5).$$

3.4. AMPLIFICATEUR DERIVATEUR

L'amplificateur dérivateur de base produit un signal de sortie qui est la première dérivée du signal d'entrée. Il effectue l'opération mathématique de la dérivation sur le signal d'entrée. Contrairement à l'amplificateur intégrateur qui réalise l'intégration du signal. [16]

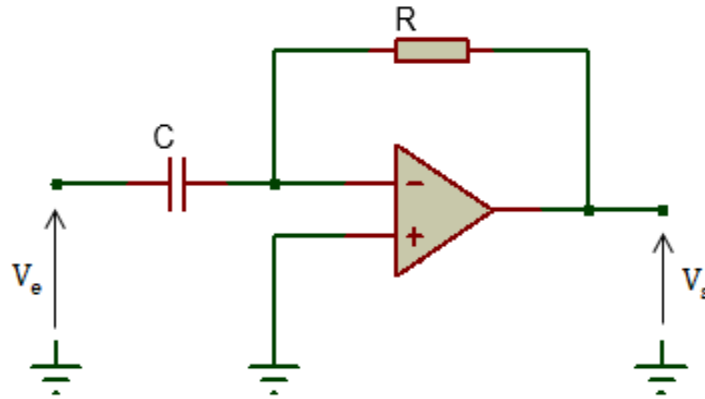


Fig 2 – 7 : Schéma de l'amplificateur dérivateur

Le signal de sortie de cet étage est tel que :

$$V_s = -RC \frac{dV_e}{dt} \dots (2.6)$$

4. COMPAREUR A BASE DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (AOP)

Il existe principalement deux types de comparateurs à base de l'amplificateur opérationnel (AOP) qui fonctionnent en mode non linéaire :

4.1. COMPAREUR A SIMPLE SEUIL

Le comparateur à simple seuil est utilisé pour comparer une tension d'entrée à une valeur de référence.

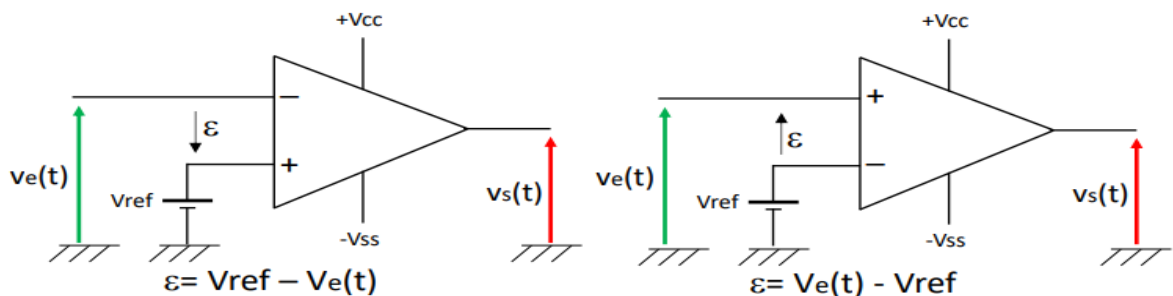


Fig 2 – 8 : Comparateur simple seuil inverseur et non inverseur

La tension de référence peut être nulle comme dans le cas du comparateur à zéro qui suit :

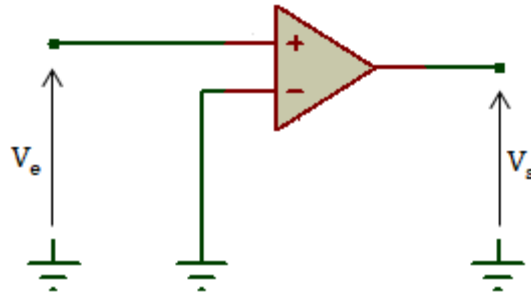


Fig 2 – 9 : Schéma de comparateur à simple seuil

Dans ce cas.

- A l'entrée non-inverseuse $V^+ = V_e$
- A l'entrée inverseuse $V^- = 0$

Le montage fonctionne de la manière suivante :

- Si $V_e > 0 \rightarrow V_s = +V_{cc}$
- Si $V_e < 0 \rightarrow V_s = -V_{cc}$

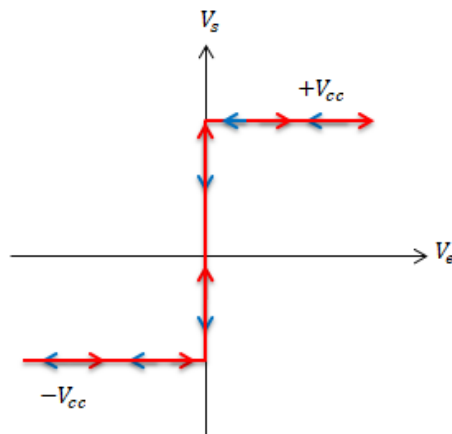


Fig 2 – 10 : Caractéristique de transfert du comparateur simple seuil ($V_{ref}=0$)

4.2. COMPAREUR A DOUBLE SEUIL

Un comparateur à double seuil est un dispositif électronique qui permet de comparer deux signaux analogiques, et de produire une sortie binaire en fonction de la comparaison des niveaux de ces signaux par rapport à deux seuils un seuil haut noté V_H et un seuil bas noté V_B .

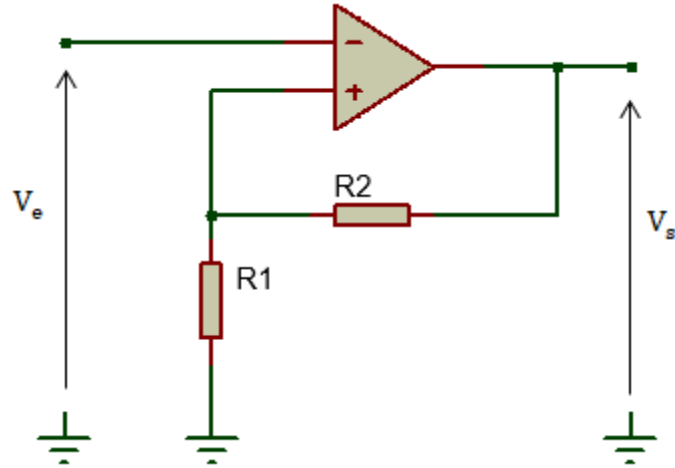


Fig 2 – 11 : Schéma de comparateur à double seuil

Nous considérons ici le cas où la tension d'entrée est injectée à l'entrée inverseuse du comparateur à hystérésis.

- A l'entrée inverseuse V
- A l'entrée non-inverseuse, nous appliquons le diviseur de tension aux bornes de nous trouvons que : _____

Ce montage fonctionne de la manière suivante :

- _____
- _____

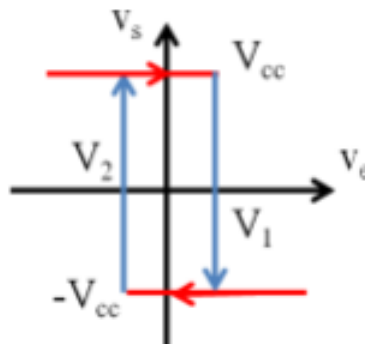


Fig 2 – 12 : Caractéristique de transfert de comparateur à double seuil [17]

5. L'ASTABLE

L'astable est un type de circuit oscillateur conçu pour produire un signal carré ou rectangulaire sans état stable. [18]

Les différents types d'astables :

- Astable à base de transistor bipolaire (BJT).
- Astable à base de transistor à effet de champ (FET).
- Astable à base d'amplificateurs opérationnels (AOP).
- Astable à base de circuits intégrés, à titre d'exemple NE555.
- Astable à base de microcontrôleurs.
- Astable à base de portes logiques, telles que les portes NAND et NOR.

Dans le cas du circuit que nous avons étudié l'astable est réalisé à partir de portes logiques NAND du circuit intégré noté CI CD 4011. Ce CI est composé de quatre portes NAND à technologie CMOS

Le montage de la figure qui suit présente un astable à base de portes logiques NAND, ce montage fonctionne de la manière suivante :

- La sortie de la première porte NAND est reliée à l'entrée de la deuxième porte NAND et vice versa, ce qui génère rétroaction positive.
- La résistance R1 est reliée avec la masse ainsi entre la sortie de la première porte NAND et l'entrée de la deuxième porte NAND. Tandis que la résistance R2 est reliée avec la masse et l'entrée de la première porte NAND.
- Le condensateur C1 est relié avec la masse et la sortie de la deuxième porte NAND.
- Lorsque l'astable est alimenté, les portes NAND 1 et 2 commencent à s'activer et se désactiver à cause de la rétroaction positive, cela produit un signal carré à la sortie. Ce signal oscille entre l'état logique **1** et l'état logique **0** en fonction la charge et la décharge de condensateur.

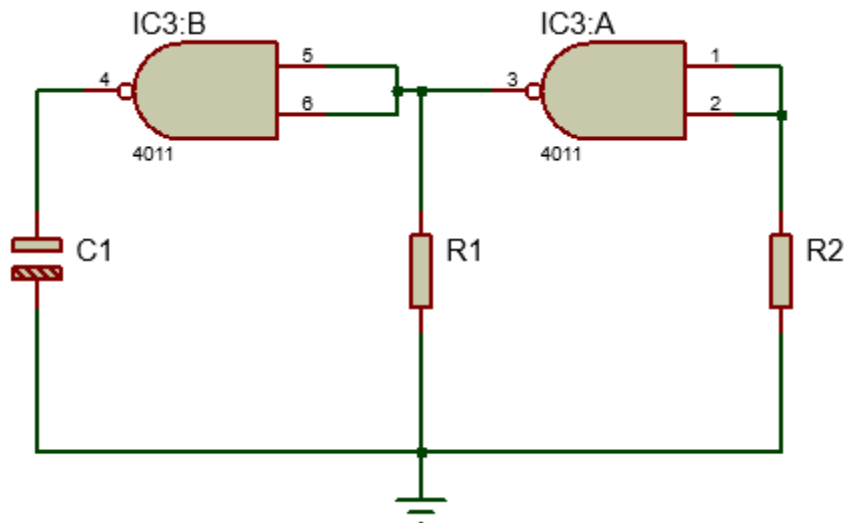


Fig 2 – 13 : Schéma d'astable à base de porte logique NAND

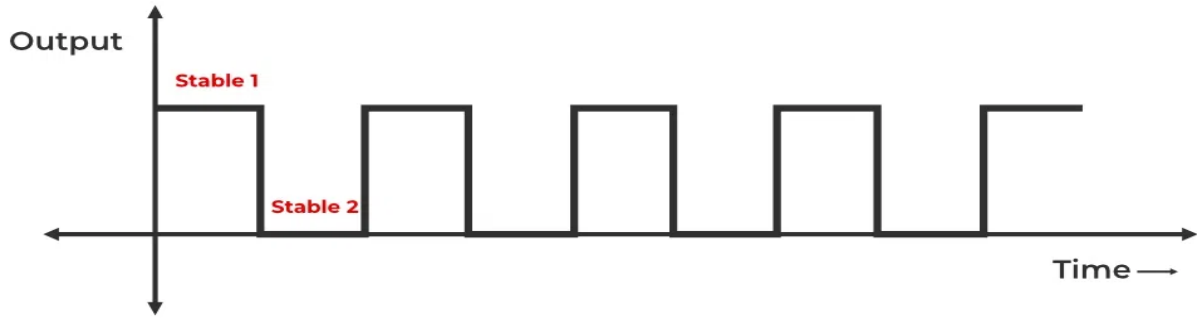


Fig 2 – 14 : Chronogramme de la sortie de l’astable à base de porte logique NAND [18]

Le circuit que nous avons étudié comporte deux montages astables. Nous allons calculer la période et la fréquence de chacun d'eux.

L'équation de période d'astable à base de porte logique NAND est donnée par :

$$T = 2,2 \times RC \dots (2.7)$$

• **Période :**

Dans le circuit (figure2.15), nous avons $R_{23} = 1M\Omega$, $A_2 = 470K\Omega$ (la valeur de la résistance variable mesurée est égale à 172400Ω) et $C_8 = 1\mu F$ alors à partir de (2.7), nous obtenons :

$$T = 2,2 \times 172400 \times 10^{-6} = 0,379s$$

$$T = 0,379s$$

• **Fréquence :**

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.379} = 2,638Hz$$

$$f = 2,638HZ$$

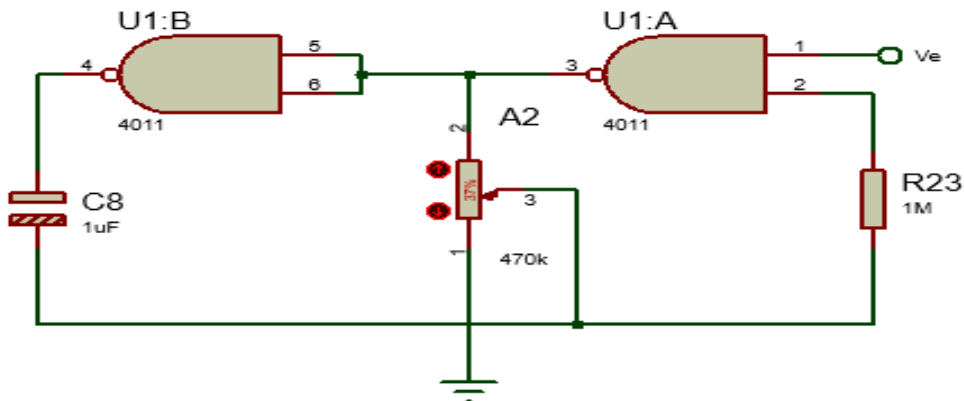


Fig 2 – 15 : Schéma du premier astable à base de porte logique NAND

- **Période :**

Dans le circuit (figure 2.16), nous avons $R_{24} = 1M\Omega$, $R_{21} = 100K\Omega$ et $C_{10} = 1\mu F$ alors à partir de (2.7), nous obtenons :

$$T = 2,2 \times 100000 \times 10^{-6} = 0,22s$$

$$T = 0,22s$$

- **Fréquence :**

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,22} = 4,54Hz$$

$$f = 4,54HZ$$

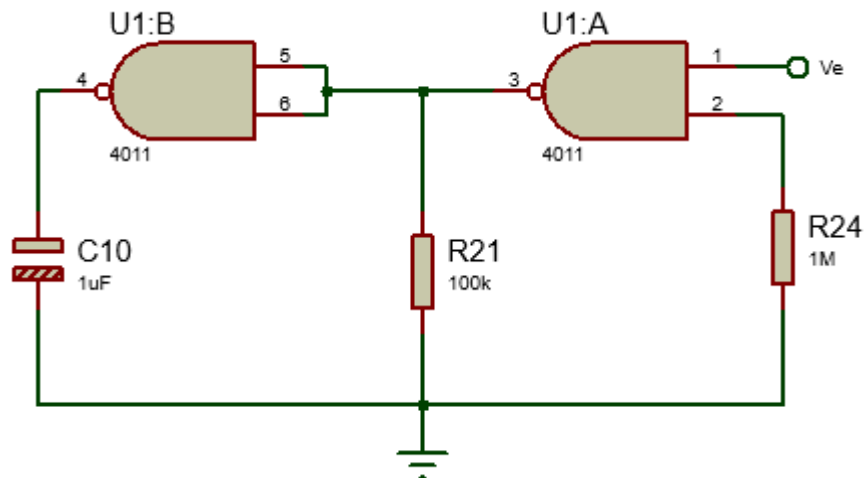


Fig 2 – 16 : Schéma du deuxième astable à base de porte logique NAND

Les caractéristiques courantes d'astable à base de porte logique NAND sont :

- La sortie d'astable à base de porte NAND produit une onde carrée.
- La fréquence de sortie d'astable dépend des valeurs des composants (résistances et condensateurs).
- Astable à base de porte NAND a deux états stable qui correspondent niveau logique **1** et niveau logique **0**.
- La variation de l'amplitude de l'onde produite par l'astable à base de porte NAND dépend la tension d'alimentation.

Les circuits astable à base de porte logique NAND sont utilisés dans :

- Les dispositifs de génération de fréquence d'onde carrée. [13]
- Faire fonctionner des feux clignotants. [13]
- Les horloges numériques, temporisateurs, etc.

6. LE MONOSTABLE

Le monostable est un type de circuit électronique qui répond à un déclencheur en produisant une seule impulsion de sortie d'une durée prédéterminée.

Les différents types de monostables :

- Monostable à base de transistor (BJT).
- Monostable à base de transistor à effet de champ (FET).
- Monostable à base de timer NE555.
- Monostable à base de portes logiques, telles que les portes NAND et NOR.

Dans le cas du circuit que nous avons étudié, le monostable utilisé est à base de portes logiques NOR soit le CD 4001 composé de quatre portes CMOS NOR.

L'équation de période de monostable à base de porte logique NOR est donnée par :

$$T = 1,1 \times RC \quad (2.8)$$

- **Période :**

Dans le circuit (figure 2.17), nous avons $A_3 = 470K\Omega$ (la valeur de la résistance variable mesurée est égale à 165700Ω) et $C_{12} = 100\mu F$ alors à partir de (2.8), nous obtenons :

$$T = 1,1 \times 165700 \times 10^{-4} = 18,22s$$

$$T = 18,22s$$

- **Fréquence :**

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{18,22} = 0,05Hz$$

$$f = 0,05HZ$$

Le monostable fonctionne de la manière suivante :

- Le signal d'entrée est appliqué à l'une des entrées de la première porte NOR.
- L'autre entrée de la première porte NOR est reliée avec la sortie de la deuxième porte NOR.
- Le condensateur C12 est relié entre la première et la deuxième porte NOR.
- Le potentiomètre A3 est relié avec l'entrée de la deuxième porte NOR.
- Lorsque le monostable reçoit un signal d'entrée, il va se déclencher et se déplace de l'état stable à l'état instable, puis revient à son état stable après un certain temps et produit une seule impulsion de sortie.

Les caractéristiques de monostable à base de porte logique NOR :

- Le monostable est conçu pour rester stable dans un seul état. [18]
- Lorsqu'un signal d'entrée est déclenché, il génère une seule impulsion de sortie d'une largeur prédéterminée. [18]
- La durée de l'impulsion de sortie est déterminée par la constante de temps de monostable qui est influencée par les valeurs de résistance et de condensateur.
- Une fois l'impulsion de sortie terminée, le monostable se réinitialise automatiquement à son état initial de stabilité.
- Les portes logiques NOR offrent une fiabilité élevée.

Les monostables à base de porte logique NOR ont plusieurs applications. Ils sont utilisés dans les systèmes de temporisation, les compteurs, systèmes de sécurité, les générateurs d'impulsions, etc.

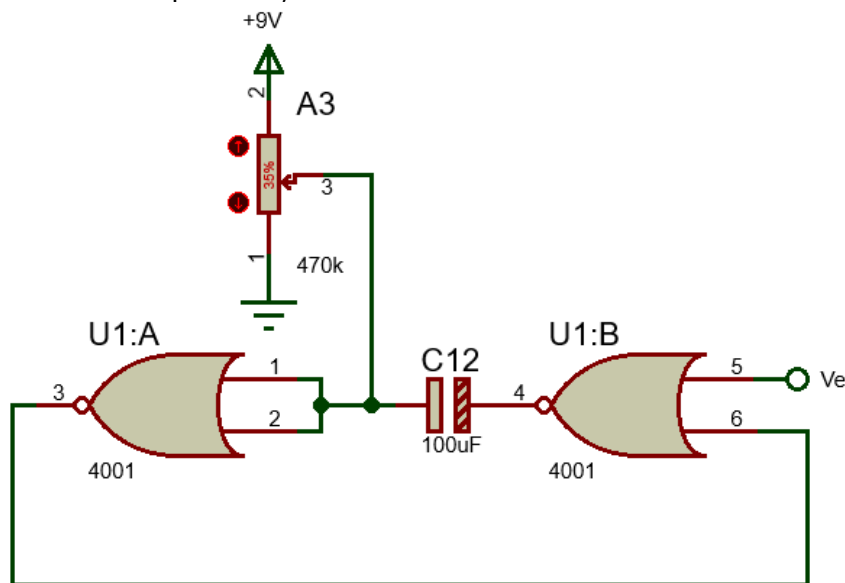


Fig 2 – 17 : Schéma de monostable à base de porte logique NOR

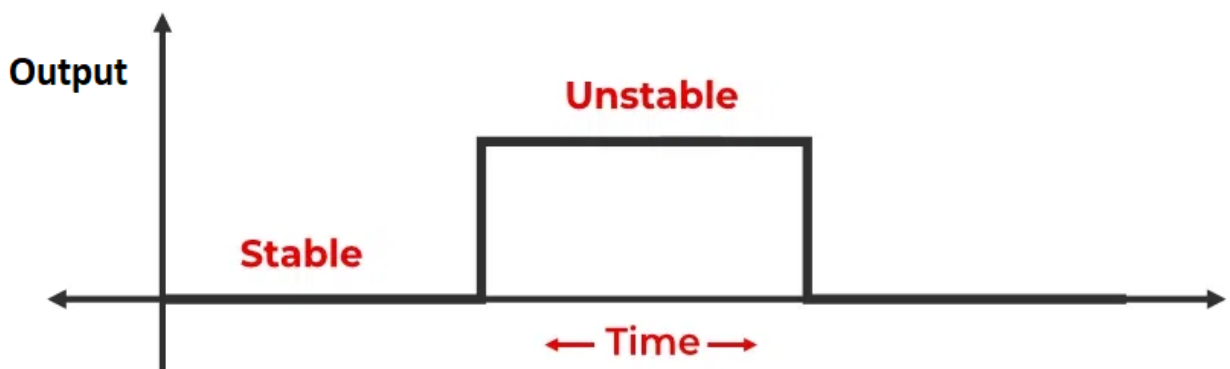


Fig 2 – 18 : Chronogramme de la sortie de monostable à base de porte logique NOR [18]

7. TRIGGER DE SCHMITT

Le Trigger de Schmitt est conçu pour filtrer le bruit qui peut surgir à l'entrée d'un dispositif électronique.

Soit le montage (figure2.19) Trigger de Schmitt à base de l'AOP.

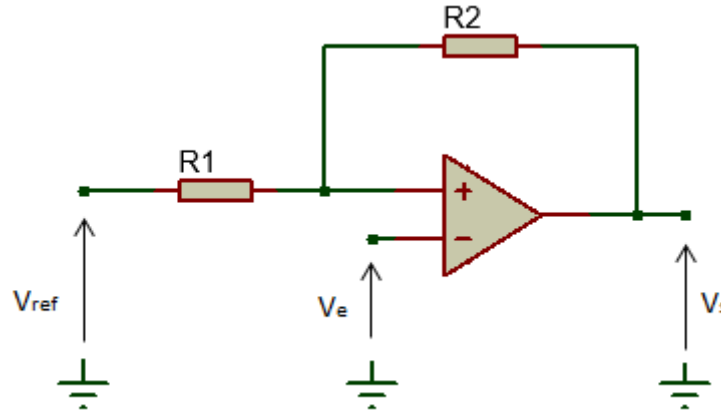


Fig 2 – 19 : Schéma de Trigger de Schmitt (comparateur de tension à Hystérésis)

Nous avons :

$$V^- = V_e$$

En appliquant le théorème de Millman nous trouvons :

$$V^+ = \frac{\frac{V_s}{R_2} + \frac{V_{ref}}{R_1}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \frac{V_s R_1 + V_{ref} R_2}{R_1 + R_2}$$

La sortie V_s peut prendre deux valeurs : $+V_{sat}$ ou $-V_{sat}$

- Cas $V_s = +V_{sat}$:

En remplaçant V_s par $+V_{sat}$ nous trouvons que :

- Quand $V^- < V^+ \rightarrow V^- = V_e < \frac{V_s R_1 + V_{ref} R_2}{R_1 + R_2} = V_{SH}$ donc $V_s = +V_{sat}$

V_{SH} : Tension du seuil haut.

- Cas $V_s = -V_{sat}$:

En remplaçant V_s par $-V_{sat}$ nous trouvons que :

- Quand $V^- > V^+ \rightarrow V^- = V_e > \frac{-V_s R_1 + V_{ref} R_2}{R_1 + R_2} = V_{SB}$ donc $V_s = -V_{sat}$

V_{SB} : Tension du seuil bas.

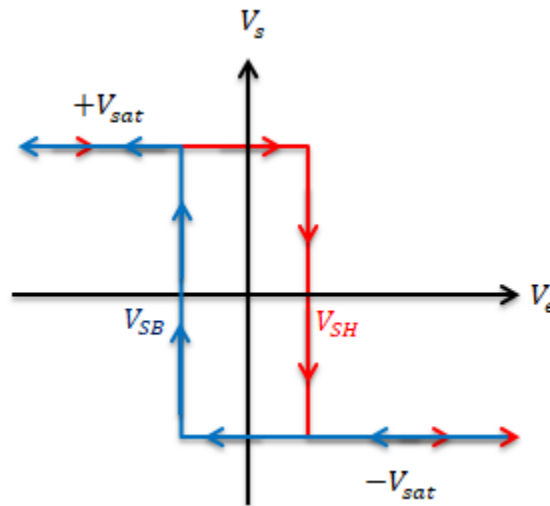


Fig 2 – 20 : Cycle d'hystérésis

En conclusion nous pouvons dire que le Trigger de Schmitt sont des circuits de "mise en forme" d'un signal. Ces derniers s'apparentent aux suiveurs (buffers), à la différence d'un suiveur inverseur standard comme le 7404 qui dispose d'un seul seuil de tension qui permet d'inverser la sortie (seuil déterminé par le fabricant), le Trigger de Schmitt dispose de deux seuils de tension différents: le seuil haut est dénommé V_{TH} et le seuil bas V_{TL} . Selon le niveau de tension appliqué à l'entrée en comparaison de ces deux seuils qui doivent être forcément et successivement franchis, nous éviterons les impulsions indésirables qui se forment autour de ces seuils. On obtiendra ainsi une sortie franche de 0 ou 5 V par exemple.

Dans cette réalisation le Trigger de Schmitt permettant une mise en forme des signaux est réalisé par les portes logiques du CD 4081 et deux résistances R7 et R18.

8. LA BASCULE

Cette réalisation utilise aussi un compteur décodeur décimal soit le CD 4017 nous contraignant à présenter la bascule, élément essentiel pour la réalisation des compteurs.

Ainsi, une bascule est une structure logique intégrée qui comprend une sortie et une ou plusieurs entrées. La sortie peut changer entre deux niveaux logiques, elle peut être soit **0** soit **1**.

L'état de la sortie est influencé par les signaux appliqués aux entrées.

Les portes ET, OU, OU Exclusif, etc., constituent le contenu de ce dernier. La sortie de bascule garde le même état logique même après la disparition du signal de commande.

L'élément fondamental de la logique séquentielle est la bascule.

Lorsqu'on regroupe des bascules, il est possible de fabriquer des compteurs, des registres, des registres à décalage et des mémoires. [19]

❖ **Les bascules peuvent être asynchrones ou synchrones**

On distingue deux catégories de bascules dans un système séquentiel les synchrones et les asynchrones, les synchrones possèdent une entrée horloge, ce qui n'est pas le cas pour les asynchrones. [19]

• **Bascules asynchrones :**

Ces bascules ont une sortie ou un état de mémorisation qui dépend à tout moment de l'état simultanée des entrées, leur sortie dépend uniquement du niveau logique des entrées. [19]

• **Bascules synchrones :**

L'état de mémorisation ne sera opérationnel que si l'horloge est en marche. L'horloge est activée lorsque le niveau logique est de **0** ou **1**, que ce soit sur un front montant ou descendant. [19]

Notons qu'il existe différents types de bascules on note les bascules RS, JK, D, maître esclave, etc.

❖ **La bascule RS**

La bascule **RS** est un circuit logique très répandu. La bascule **RS** se compose de deux portes logiques NOR ou deux portes logiques NAND, qui sont reliées de manière à générer un circuit de rétroaction positive. On peut utiliser la bascule RS comme un simple dispositif de stockage pour stocker l'état d'un signal, ou comme un dispositif de synchronisation pour synchroniser divers signaux dans un système électronique. [20]

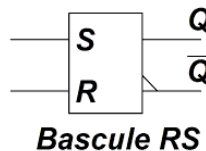


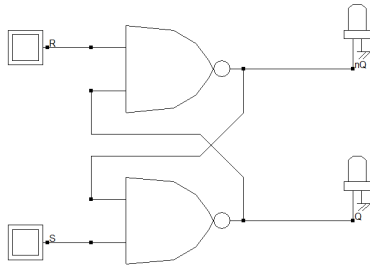
Fig 2 – 21 : Symbole de bascule de type RS [20]

Il est possible d'ajouter un entre d'horloge «clock » pour la synchroniser.

Nom de l'entrée/sortie	Description
R	Entrée R comme reset. Donc ré-initialisation des sorties (Q=0)
S	Entrée S comme SET. Donc mise à 1
Q	Sortie Q
Formule mathématique	Sortie Formule mathématique. Il s'agit de l'inverse de Q

• **La bascule RS à base de porte NAND :**

Ce circuit se distingue par sa capacité à convertir des impulsions (appliquées à **R** ou à **S**) en états stables, qui se manifesteront sur **Q** et **nQ**. [21]



RS Latch (NAND)			
R	S	Q	nQ
0	0	1	1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Q	nQ

Fig 2 – 22 : Schéma interne de la bascule RS à base de porte NAND [21]

Fig 2 – 23 : Table de vérité de la bascule RS à base de porte NAND [21]

La table de vérité présente la corrélation entre les sorties **Q** et **nQ (non Q)** d'une bascule **RS**, qui est construite à l'aide de portes NAND. Les chronogrammes de la figure qui suivent illustrent la variation des sorties **Q** et **Q̄** en fonction de diverses combinaisons des entrées **R** et **S**.

Quand **R** et **S** ont tous les deux d'une valeur de **1**, ce circuit peut être réduit en deux inverseurs interconnectés, créant ainsi un système stable avec deux états.

Il est possible que **Q** soit à **0** ou à **1**.

La sortie **Q̄** est tout à fait opposée à la sortie **Q**.

La combinaison de **R = 1** et **S = 1** représente l'état de mémoire. Il convient de souligner l'importance d'éviter la combinaison **R = S = 0**. [21]

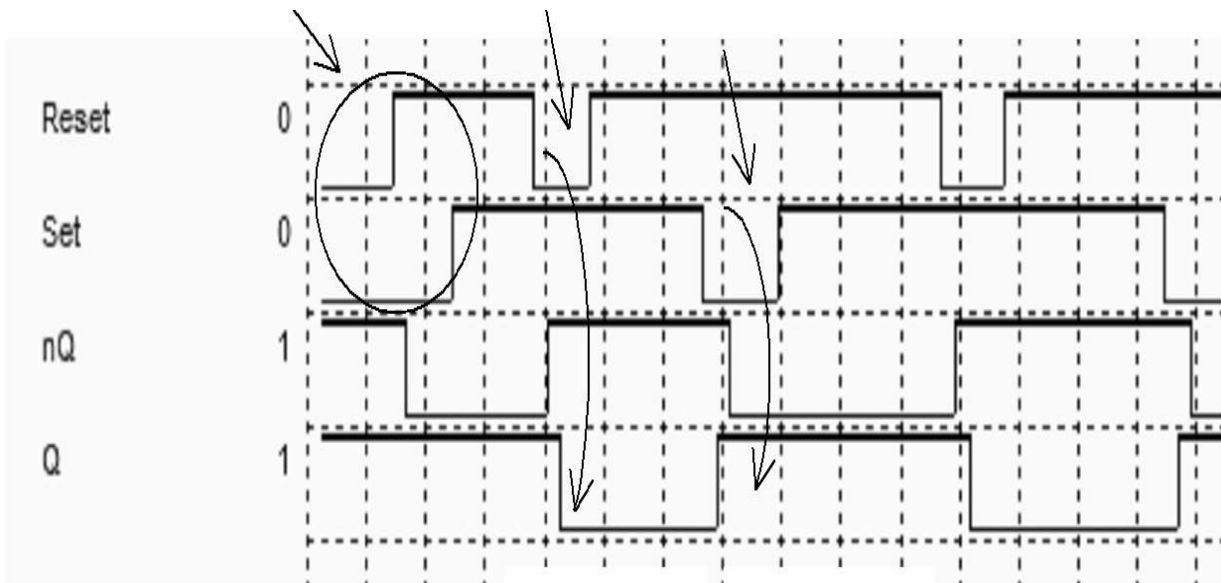


Fig 2 – 24 : Chronogramme de la bascule RS à base de porte NAND [21]

❖ **Bascule D**

Une bascule **D** est un dispositif logique qui conserve un unique bit d'information. Elle est sensible au front montant ou descendant du signal d'horloge. Quand le signal d'horloge change d'état, la valeur à l'entrée **D** est dirigée vers la sortie **Q**. [22]

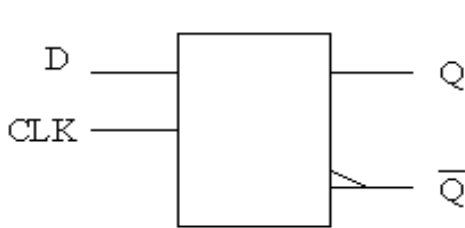


Fig 2 – 25 : Symbole de la bascule D [20]

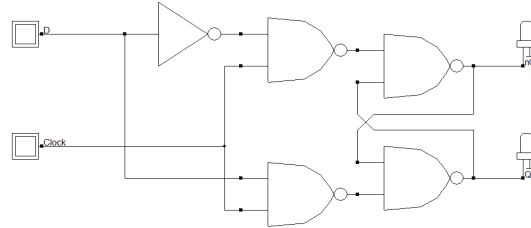


Fig 2 – 26 : Schéma interne de la bascule D [22]

Toute modification dans l'entrée **D** est visible dans la sortie **Q** lors du niveau élevé de l'entrée de l'horloge. Toutefois, lorsque l'entrée de l'horloge est à **0**, la bascule se produit dans l'état de mémorisation, ce qui permet à **Q** de conserver sa valeur logique précédente lorsque l'horloge était indiquée à «**1**». Il convient de noter que la modification de la valeur de **D** lorsque l'horloge est à l'état «**0**» n'a aucun effet sur **Q** ou **nQ**. [22]

D Latch			
D	Clock	Q	nQ
0	0	Q	nQ
0	1	0	1
1	0	Q	nQ
1	1	1	0

Fig 2 – 27 : Table de vérité de la bascule D [22]

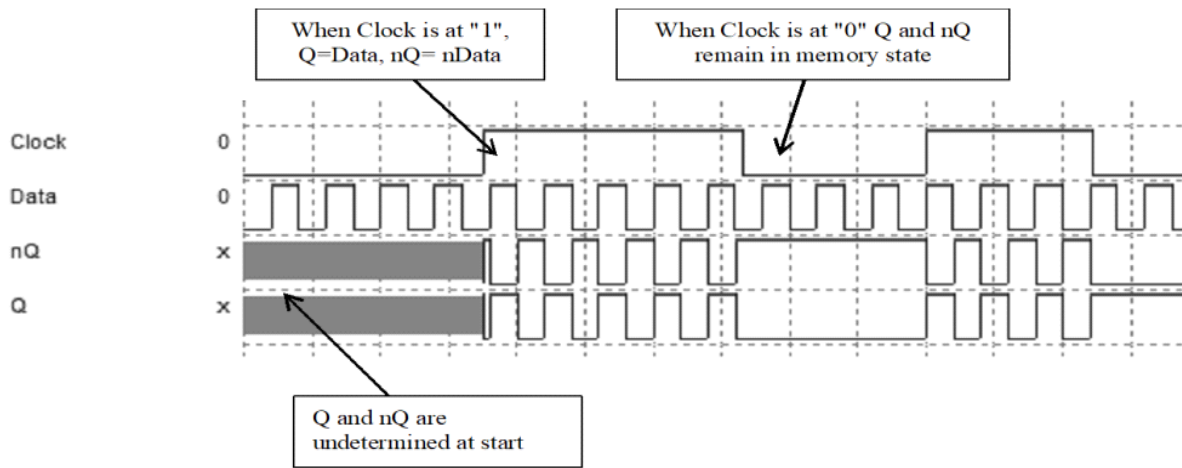


Fig 2 – 28 : Chronogramme de la bascule D [22]

Au commencement, **Q** et \bar{Q} débutent tous les deux dans un état incertain. Après l'activation de l'horloge (**Clock=1**), **Q** prend la valeur de **D**. Quand l'horloge revient à **0**, **Q** conserve sa valeur précédente, tandis que **nQ** adopte la valeur inverse.

❖ **Bascule JK**

La bascule **JK** comprend deux entrées, **J** et **K**, ainsi que des entrées de contrôle courantes telles que l'horloge (**CLK**). En tant que commutateur bistable, il est capable de maintenir un état élevé (**1**) ou bas (**0**) jusqu'à ce qu'un signal externe provoque une transition. [23]

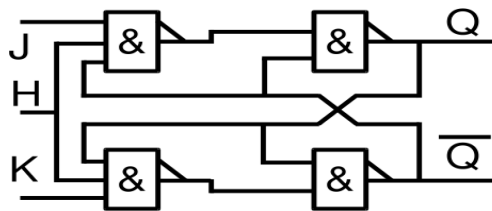


Fig 2 – 29 : Schéma interne de la bascule JK [24]

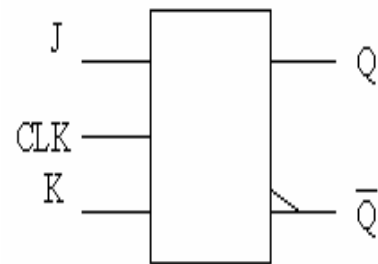


Fig 2 – 30 : Symbole de la bascule JK [20]

Le processus logique de ce genre de changement est le suivant :

- Dans l'état de maintien, **J=0** et **K=0** signifient que la bascule conserve son état précédent.
- Selon l'état de réinitialisation, **J=0** et **K = 1** signifient que la bascule se réinitialise et passe à l'état **0**.
- Mise à **1**: **J = 1** et **K = 0** => « la transition se fait vers l'état **1** ».
- La bascule se déplace à l'état opposé à chaque impulsion d'horloge lorsque **J=1** et **K=1**. [23]

H	J	K	Q_n	\overline{Q}_n	Mode
	0	0	Q_{n-1}	\overline{Q}_{n-1}	Mémoire
	0	1	0	1	Chargement
	1	0	1	0	Chargement
	1	1	\overline{Q}_{n-1}	Q_{n-1}	Bascule

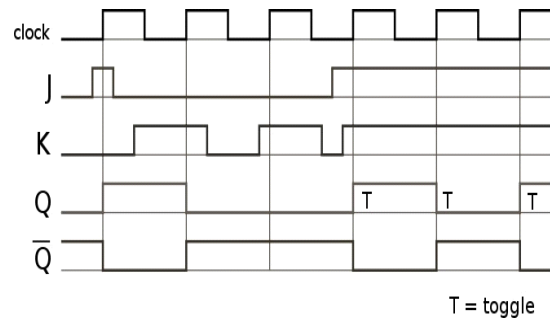


Fig 2 – 31 : Table de vérité de la bascule JK [23]

Fig 2 – 32 : Chronogramme de la bascule JK [23]

❖ **Bascule T**

Une bascule **T** est un dispositif logique qui conserve un seul bit d'information. Elle est sensible aux deux états du signal de l'horloge.

Si **T** est à l'état haut (**1**), la sortie **Q** inverse son état précédent (si **Q** = « **0** » => « **1** » et vice-versa).

Si **T** = **0** la sortie **Q** reste inchangée.

On peut configurer bascule **JK** pour obtenir un bascule **T** :

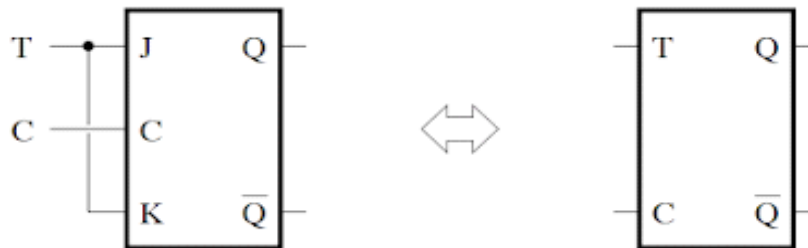


Fig 2 – 33 : Schéma explicatif de la configuration de la bascule JK pour obtention de la bascule T

T	H	Q_{n+1}	\overline{Q}_{n+1}
X	0	Q_n	\overline{Q}_n
X	1	\overline{Q}_n	Q_n
0	↑	Q_n	\overline{Q}_n
1	↑	\overline{Q}_n	Q_n

Fig 2 – 34 : Table de vérité de la bascule T

9. LES COMPTEURS

Les compteurs sont des circuits logiques constitués d'éléments combinatoires, de portes logiques et d'éléments séquentiels (des bascules) pour le comptage d'événements dans les systèmes numériques.

Ces dispositifs utilisés, par exemple, dans le séquençage de contrôle, le traitement du signal et la création de formes d'onde. [25]

❖ Les types de compteurs

- Compteur binaire :

On effectue le comptage dans le système binaire en utilisant des compteurs binaires. Les compteurs sont composés de bascules qui passent entre les différents états en fonction des valeurs des bits faibles et élevés. Pour donner une illustration, un compteur binaire à quatre bits peut mesurer de **0000** à **1111** en **binaire**, ce qui correspond à **0** à **15** en **décimal**.

- Compteur décimal :

Ce compteur est utilisé afin de rendre le comptage plus facile dans le système décimal. Ces compteurs ont été spécialement élaborés pour passer de **0** à **9** puis se remettre à **0** et passer au chiffre suivant.

- Compteur à décalage :

Le rôle des compteurs à décalage dans le traitement du signal et des registres à décalage, est essentiel pour mesurer le décalage séquentiel des bits à travers une chaîne de bascules. Ils visent à rendre le transfert des données plus fluide et systématique.

- Compteur modulo-n :

Un compteur basé sur le concept de modulo-n enregistre jusqu'à un nombre donné (**n**), puis se remet à **0** (zéro). À titre d'exemple, un compteur modulo-10 augmenterait de **0** à **9** avant de revenir à **0**.

Notons aussi qu'on trouve des compteurs synchrones et des compteurs asynchrones.

9.1. COMPTEURS SYNCHRONES

Les compteurs synchrones sont synchronisés par une horloge commune. Toutes les bascules changent d'état simultanément à chaque front d'horloge. Cela rend les compteurs synchrones plus rapides et plus fiables que les compteurs asynchrones. Les bascules utilisées peuvent être des bascules **D**, des bascules **JK** ou des bascules **T**.

• **Fonctionnement :**

L'initialisation consiste à réinitialiser les bascules du compteur à une valeur de départ précise.

Chaque fois que l'horloge se trouve sur le front (montant ou descendant, en fonction du type de bascule utilisé), les bascules du compteur s'activent pour changer d'état en même temps.

La séquence du compteur varie d'un état à un autre en fonction du type de compteur (binaire, décimal, modulo-n, etc.).

En arrêtant l'alimentation de l'horloge ou en désactivant l'horloge, on peut empêcher les bascules de changer d'état. [26]

• **Caractéristiques :**

Le changement d'état de toutes les bascules dans le compteur est synchronisé par un signal d'horloge commun.

Les bascules synchrones sont des bascules **D**, **JK** ou **T** qui sont utilisées dans un compteur synchrone pour répondre au signal d'horloge.

En raison de la variation simultanée des états de toutes les bascules, les compteurs synchrones sont souvent plus rapides que les compteurs asynchrones.

Il est souvent plus facile de concevoir des compteurs synchrones que des compteurs asynchrones, car ils ne rencontrent pas de problèmes de propagation de retard. [26]

• **Compteur synchrone à bascule D :**

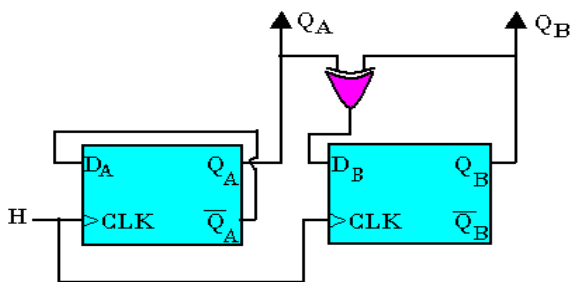


Fig 2 – 35 : Montage d'un compteur synchrone à bascule D [27]

Etats	QB	QA	DB	DA
0	0	0	0	1
1	0	1	1	0
2	1	0	1	1
3	1	1	0	0
0	0	0	0	1

Fig 2 – 36 : Table de vérité d'un compteur synchrone à bascule D [27]

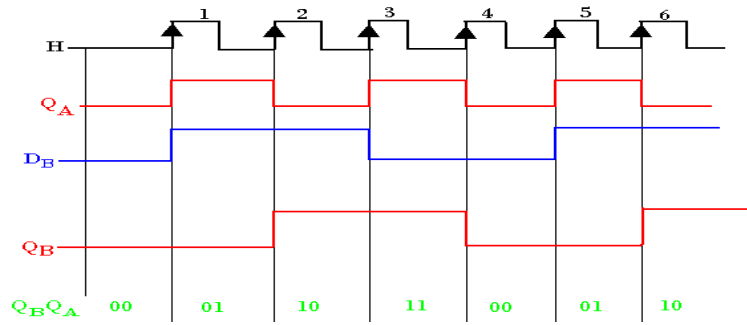


Fig 2 – 37 : Chronogramme d'un compteur synchrone à bascule D [27]

• **Compteur synchrone à bascule JK :**

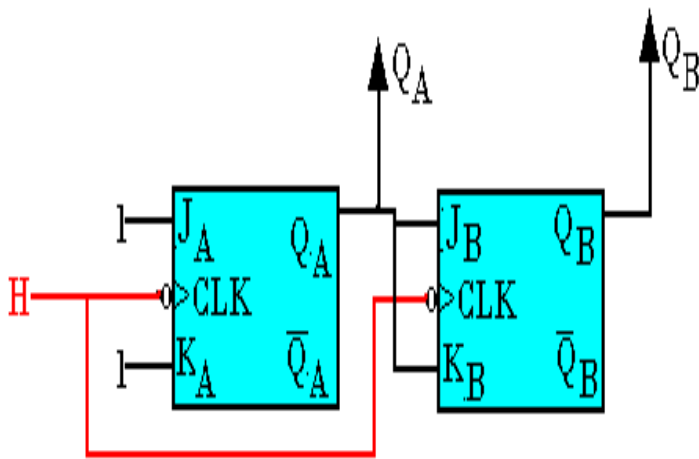


Fig 2 – 38 : Montage d'un compteur synchrone à bascule JK [27]

Etats	QB	QA	JB	KB	JA	KA
0	0	0	0	X	1	X
1	0	1	1	X	x	1
2	1	0	X	0	1	X
3	1	1	X	1	X	1
0	0	0	0	X	1	X

Fig 2 – 39 : Table de vérité d'un compteur synchrone à bascule JK [27]

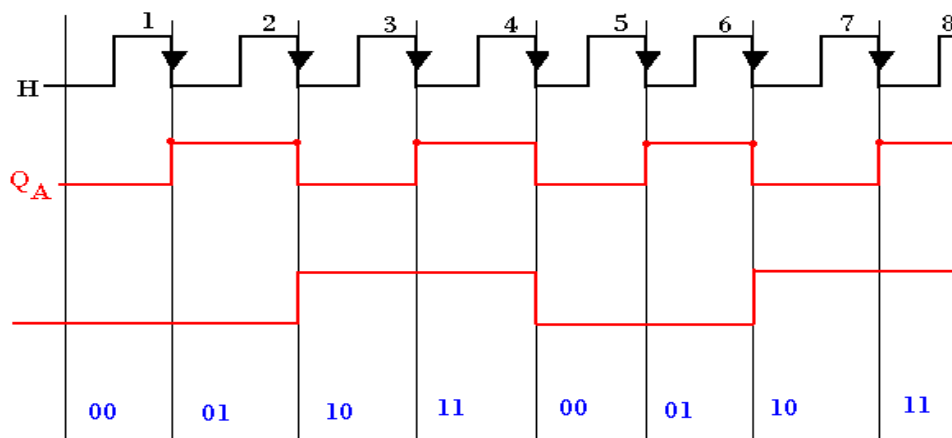


Fig 2 – 40 : Chronogramme d'un compteur synchrone à bascule JK (division de la fréquence) [27]

- **Les avantages des compteurs synchrones :**

- ✓ Un des principaux avantages des compteurs synchrones réside dans leur capacité à fonctionner à des fréquences supérieures comparé aux fréquences des compteurs asynchrones.
- ✓ En termes de vitesse, les compteurs synchrones sont habituellement plus rapides car toutes les bascules évoluent simultanément.
- ✓ Les problèmes de synchronisation pour les compteurs synchrones sont moins fréquents que ceux des compteurs asynchrones.
- ✓ La conception et le débogage des compteurs synchrones sont souvent plus simples que pour compteurs asynchrones en raison de leur synchronisation rigoureuse. [26]

- **Les inconvénients des compteurs synchrones :**

- ✓ Si le nombre d'état augmente, le circuit devient plus complexe.
- ✓ Chaque bascule dans un compteur synchrone a besoin d'une impulsion de l'horloge séparée.
- ✓ Les compteurs synchrones nécessitent beaucoup de composants et de matériel. [26]

9.2. COMPTEURS ASYNCHRONES

Les compteurs asynchrones utilisent des bascules déclenchées par des signaux d'horloge indépendants.

- **Fonctionnement :**

Dans un compteur asynchrone, chaque transition est provoquée par la modification de l'état de sortie de la transition précédente, au lieu d'une impulsion d'horloge globale. Cela implique que chaque bascule est déclenchée de manière asynchrone par rapport aux autres bascules du circuit, car le statut de toutes les bascules n'est pas modifié simultanément. Ainsi, la seconde bascule du bascule ne changera d'état que lorsque la sortie de la première bascule aura changé d'état. Étant donné que la seconde bascule reçoit son propre signal d'horloge à partir de la sortie de la première bascule plutôt que du signal d'horloge d'entrée, la deuxième bascule serait en train de changer d'état pendant un laps de temps donné après l'apparition de l'impulsion d'horloge d'entrée.

Ce temps correspond à la somme des temps nécessaires pour propager deux bascules, la première et la deuxième. Après un délai égal à n fois le temps de propagation de la sortie de la bascule précédente, la n ème bascule modifiera son état. [26]

Caractéristiques :

Les retards de propagation entre les bascules ont une moins grande sensibilité : étant donné que les bascules sont déclenchées de manière asynchrone, ils ont moins d'incidence sur le fonctionnement global du compteur.

Ils peuvent être plus simples à concevoir que les compteurs synchrones dans certaines applications en termes de simplicité de conception. [26]

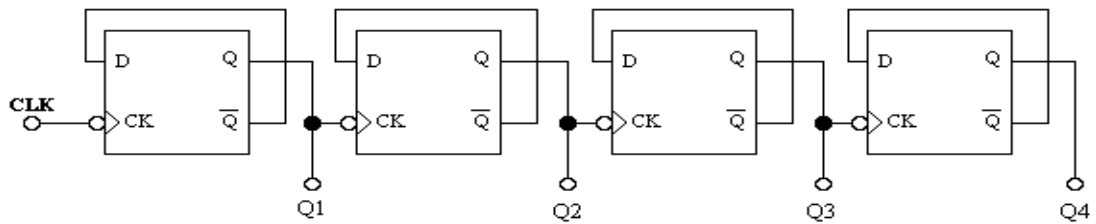


Fig 2 – 41 : Structure d'un compteur asynchrone à 4 bascules D [28]

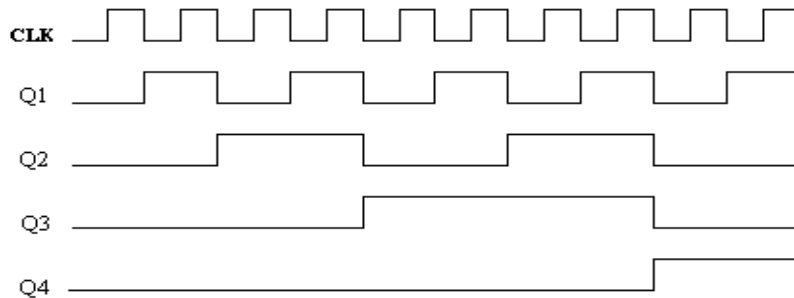


Fig 2 – 42 : Chronogramme d'un compteur asynchrone à 4 bascules D [28]

• **Les avantages :**

- ✓ Il est nécessaire de modifier l'état de chaque sortie de la chaîne par rapport à la bascule de sortie précédente.
- ✓ On appelle un compteur asynchrone un compteur d'ondulations, car les données semblent s'écouler de la sortie d'une bascule à l'entrée de la suivante.
- ✓ Les compteurs asynchrones offrent une plus grande souplesse dans leur conception, car chaque bascule est déclenchée de manière autonome.
- ✓ Un risque réduit de défaillance de synchronisation : puisqu'ils ne sont pas soumis à une horloge globale, ils ont moins de chances de rencontrer des problèmes de synchronisation. [26]

• **Les inconvénients :**

- ✓ La compréhension et le débogage du circuit peuvent être plus complexes en raison de l'asynchronicité.
- ✓ Dans certaines situations, il peut être nécessaire d'utiliser plus de bascules que les compteurs synchrones pour obtenir les mêmes fonctionnalités, ce qui peut entraîner une complexité accrue du circuit.
- ✓ Difficulté de synchronisation des sorties : Il peut être complexe de réaliser une synchronisation précise des sorties dans un compteur asynchrone.
- ✓ À l'enregistrement d'un nombre élevé de bits, le temps de propagation entre les étages peut devenir indésirable. [26]

9.3. COMPTEUR DÉCIMAL 4017

Il est important de noter que dans de nombreux cas, nous aurons besoin d'une sortie décimale codée plutôt qu'une sortie binaire brute. De nombreux circuits intégrés de compteur sont disponibles, mais la majorité d'entre eux génèrent des données binaires en sortie. Il sera nécessaire de traiter à nouveau cette sortie en utilisant des décodeurs ou tout autre circuit afin de la rendre utilisable dans la plupart des situations pour notre application. [29]

Nous allons présenter ci-dessous le compteur décodeur CD4017 utilisé dans le circuit que nous avons étudié.

- **Description du CD4017 :**

Le CD4017 est un compteur Synchrone décimal, il est capable de faire le comptage de 0 à 9. Autrement dit le CD4017 possède seize (16) broches dans ce circuit intégré, dont dix (10) sont des broches de sortie. Les sorties se déplacent de manière séquentielle vers l'état haut (logique **1**) lorsque l'entrée d'horloge (CLK) reçoit des impulsions. Cette sortie débute à partir de « **0** » et se prolonge jusqu'à la sortie « **9** ». Il comporte deux entrées horloge complémentaire: CP0 déclenche le comptage sur le front montant (CP1 sera maintenu à l'état bas) et le CP1 sur le front descendant (CP0 sera maintenu à l'état haut). Nous avons donc le choix entre une logique positive et une logique négative. Le comptage est matérialisé par un état haut sur la sortie correspondante (d'abord Q0, puis Q1 etc.) ce qui revient à dire que Q1 sera à l'état haut et les autres à l'état bas, lors de la prochaine impulsion horloge Q1 revient à l'état bas et Q2 passe à l'état haut, etc.

En conclusion on peut dire que lorsque ce compteur reçoit une impulsion d'horloge, la sortie active se trouve à l'état élevé, tandis que les autres sorties se trouvent à l'état bas (logique **0**). [29]

La logique de ce circuit permet de déplacer la sortie active à chaque impulsion d'horloge.

Prenons l'exemple où le compte est actuellement de trois (3), la broche sept (7) sera en état haut, tandis que les broches restantes seront en état bas. Lorsqu'on applique une impulsion à l'entrée de l'horloge, la sortie se dirigera vers la sortie quatre (4), ce qui entraînera la sortie quatre (4) à l'état « **1** » et la sortie 3 à l'état bas « **0** ».

Maintenant, la condition persiste jusqu'à ce qu'un autre front positif se produise, puis la sortie se déplace vers la broche une (1) ou la sortie cinq (5) et maintient cette condition. [29]

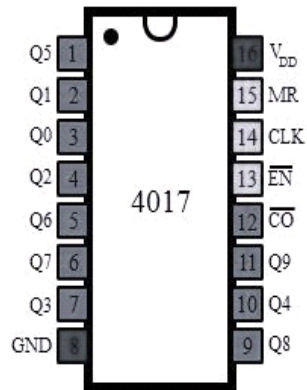


Fig 2 – 43 : Schéma d'un circuit intégré d'un CD4017 [29]

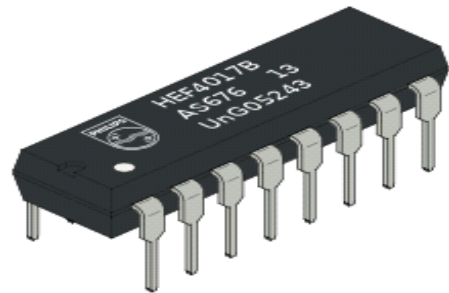


Fig 2 – 44 : Circuit intégré d'un CD4017 [30]

- **Fonction de chaque pin :**

- Broche 1 => la sortie 5.
- Broche 2 => la sortie 1.
- Broche 3 => la sortie 0.
- Broche 4 => la sortie 2.
- Broche 5 => la sortie 6.
- Broche 6 => la sortie 7.
- Broche 7 => la sortie 3.
- Broche 8 => la broche de terre qui doit être connectée à une BASSE tension (0 V).
- Broche 9 => la sortie 8.
- Broche 10 => la sortie 4.
- Broche 11 => la sortie 9.
- Broche 12 => se divise en dix (10) sorties qui servent à connecter le circuit intégré à un autre compteur afin de permettre un comptage supérieur à la plage couverte par un seul circuit intégré 4017.

En combinant un autre circuit intégré 4017, nous avons la possibilité de compter jusqu'à 20 chiffres. Il est possible d'étendre et d'élargir la plage de comptage en le combinant avec de plus en plus de circuit intégré 4017.

La plage de comptage augmentera de dix (10) avec chaque circuit intégré supplémentaire en cascade. Néanmoins, il est déconseillé d'utiliser plus de trois (3) circuits intégrés en cascade car cela pourrait compromettre la fiabilité du comptage en raison de la possibilité de problèmes.

- Broche 13 => la broche désactivée est cette broche. En mode de marche habituel, il est relié à la terre ou à une tension logique faible. En cas de connexion de cette broche à une tension logique HAUTE, le circuit arrêtera de recevoir des impulsions et ne pourra donc pas avancer le décompte indépendamment de plusieurs impulsions reçues de l'horloge.
 - Broche 14 => la broche représente l'horloge.
 - Broche 15 => c'est la broche de réinitialisation à maintenir au niveau BAS afin de garantir un fonctionnement normal. Si le circuit intégré nécessite une réinitialisation, il faut connecter cette broche à une tension élevée.
 - Broche 16 => elle est responsable de l'alimentation (**Vcc**). Cette tension doit être augmentée de **3 V** à **15 V** afin de garantir le bon fonctionnement du circuit intégré. [29]
- **Les caractéristiques principales du circuit intégré CD4017 :**
 - Alimentation : Le CD4017 est généralement utilisé avec une tension de **3V** à **15V**.
 - Il y'a dix (10) sorties disponibles, étiquetées **Q0** à **Q9**, faisant référence aux chiffres décimaux **0** à **9**.
 - L'entrée de l'horloge (CLK) est utilisée pour déclencher le compteur. Il est nécessaire qu'elle soit stimulée positivement afin que le compteur progresse.
 - Le compteur possède une entrée de réinitialisation (RESET), qui une fois activée, remet toutes les sorties à l'état bas (**0**) et réinitialise complètement le compteur.
 - Configuration en cascade : Il est possible de connecter plusieurs CD4017 en cascade afin d'accroître le nombre de sorties disponibles. Il est possible de relier la sortie de chaque compteur à l'entrée de l'horloge du suivant.
 - La consommation d'énergie est faible : Il fait partie de la famille CMOS, ce qui implique qu'il utilise très peu d'énergie lorsqu'il est en marche.
 - Les changements d'état des sorties se produisent rapidement après le déclenchement de l'entrée de l'horloge, ce qui indique que le CD4017 a un temps de propagation court.
 - L'intégration dans des circuits électroniques est facilitée grâce à sa disponibilité dans des boîtiers DIP (Dual Inline Package) et SOIC (Small Outline Integrated Circuit).
 - Les niveaux logiques TTL sont compatibles avec le CD4017, ce qui implique qu'il peut être utilisé avec d'autres circuits logiques TTL sans nécessiter de niveaux de tension supplémentaires. [29]

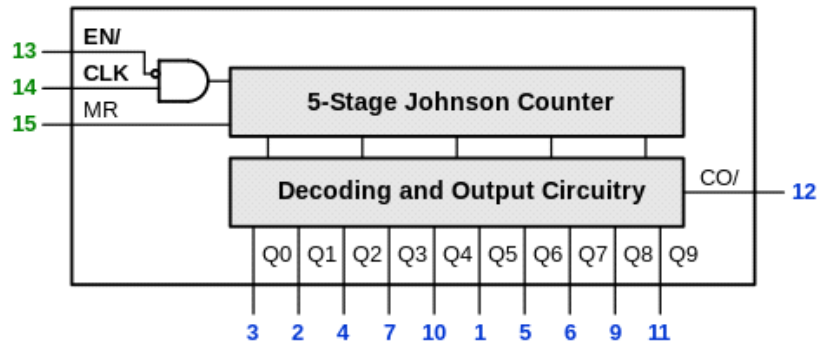


Fig 2 – 45 : Diagramme d'un circuit intégré CD4017 [30]

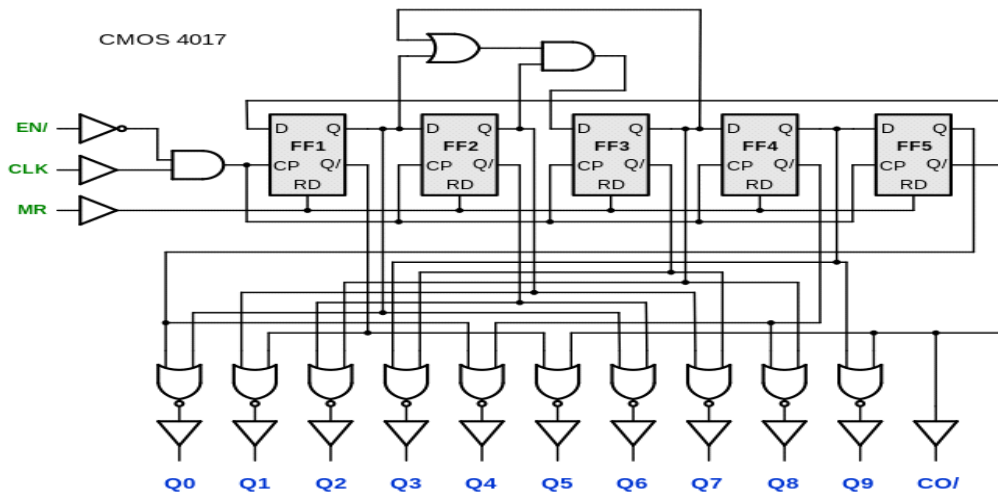


Fig 2 – 46 : Diagramme logique d'un circuit intégré CD4017 à 5 bascules [30]

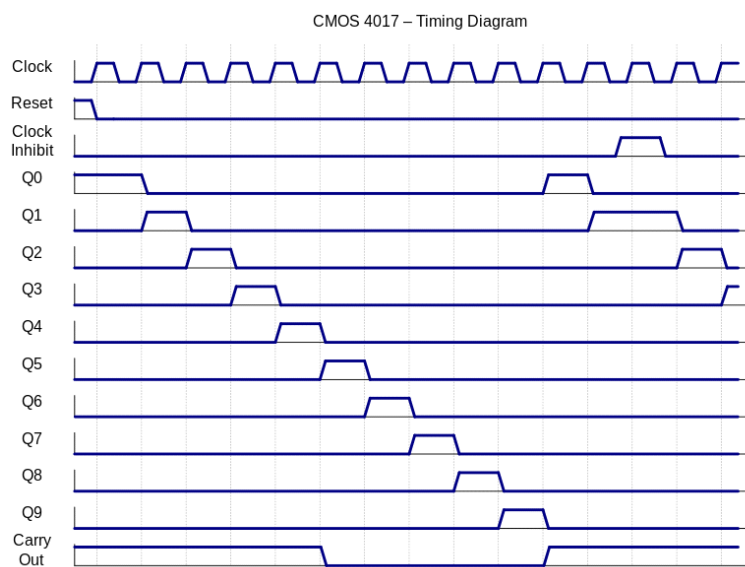


Fig 2 – 47 : Chronogramme aux sorties d'un circuit intégré CD4017 [30]

10. TRANSISTOR :

Le transistor est un élément actif appartenant à la catégorie des semi-conducteurs. Il est constitué de trois couches de matériau semi-conducteur.

Les transistors se distinguent en deux types principaux : les transistors bipolaires à jonction (BJT) et les transistors à effet de champ (FET). Nous nous contenterons à présenter les transistors bipolaires utilisés dans cette réalisation. [31]

✓ LES TRANSISTORS BIPOLAIRES A JONCTION (BJT) :

Un transistor à jonction bipolaire est un dispositif semi-conducteur composé de deux types de jonctions « p-n » montées en tête bêche. Le BJT comprend trois bornes : la base, le collecteur et l'émetteur. [32]

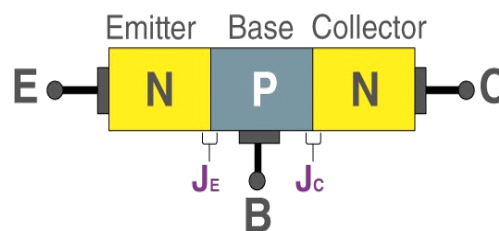


Fig 2 – 48 : Schéma explicatif du transistor BJT [32]

• Types de transistors à jonction bipolaire :

Il existe deux types de transistors à jonction bipolaire :

- Transistor à jonction bipolaire PNP.
- Transistor à jonction bipolaire NPN.

○ Transistor à jonction bipolaire NPN :

Il existe trois couches de semi-conducteur dans un transistor NPN, une couche de type P (trou) située entre deux couches de type N (électrons). Il repose sur l'idée que lorsque un courant faible traverse la jonction entre la base et l'émetteur, il peut gérer un courant bien plus important circulant entre le collecteur et l'émetteur. [33]

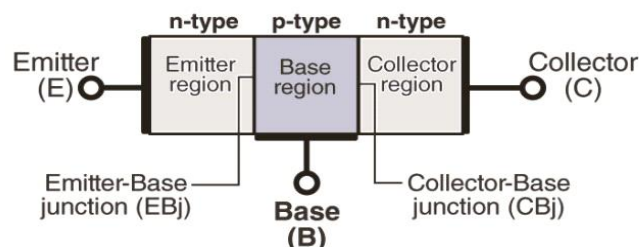


Fig 2 – 49 : Schéma explicatif du transistor BJT de type NPN [33]

Fonctionnement de transistor à jonction bipolaire NPN:

Il existe trois modes principaux de fonctionnement du transistor : actif, saturé et bloqué.

➤ Mode actif :

Le flux d'électrons de l'émetteur vers la base est régulé par la tension appliquée entre la base et l'émetteur. Le courant entre le collecteur (N) et l'émetteur (N) est donc contrôlé par ce flux d'électrons.

Ainsi, le courant de collecteur (I_c) est renforcé par le courant de base (I_b) et qui est inversement proportionnel à celui-ci. Cela implique que le transistor peut servir d'amplificateur de courant dans cette configuration.

➤ Mode saturé :

Le mode saturé implique l'activation du transistor qui entraîne une circulation maximale du courant entre le collecteur et l'émetteur.

Afin qu'un transistor entre en mode saturé, il est nécessaire d'appliquer une tension adéquate entre la base et l'émetteur (V_{be}) afin de générer un courant de base (I_b) adéquat.

Quand le transistor est plein, le courant de collecteur (I_c) atteint son niveau maximum et ne peut pas augmenter davantage même si la tension V_{be} est élevée.

Au sein de cette configuration, le transistor joue principalement le rôle d'un interrupteur fermé, facilitant ainsi le passage du courant entre le collecteur et l'émetteur.

➤ Mode bloqué :

Lorsque le transistor est en mode bloqué, il est entièrement désactivé et ne permet pas de générer de courant de collecteur.

Pour que le transistor entre en mode bloqué, il est nécessaire que la tension entre la base et l'émetteur soit inférieure à la tension de seuil requise pour l'activer.

Il convient de souligner que le fonctionnement d'un transistor est influencé par les tensions appliquées à ses bornes ainsi que par les caractéristiques propres au transistor. Dans un circuit spécifique, le transistor peut servir à commuter entre ces divers modes pour réguler le flux de courant et réaliser différentes fonctions, telles que l'amplification du signal ou la commutation de circuits.

○ **Transistor à jonction bipolaire PNP :**

Fonctionnement de transistor à jonction bipolaire PNP:

➤ **Mode actif :**

En cas de polarisation adéquate du transistor, un courant de base se propage de la base vers l'émetteur. Ce flux de courant de base favorise une amplification du flux de courant entre le collecteur et l'émetteur.

Les électrons supplémentaires de la région de la base (semi-conducteur de type N) se propagent vers la région du collecteur (semi-conducteur de type P), tandis que les trous (porteurs principaux) de la base se déplacent vers la région de l'émetteur (semi-conducteur de type P).

On contrôle donc le courant de collecteur (I_c) par le courant de base (I_b). Grâce à ce mode de fonctionnement, le courant peut être amplifié, ce qui est pratique dans de multiples applications électroniques.

➤ **Mode saturé :**

Lorsque le transistor PNP est en mode saturé, il est entièrement activé et permet une circulation de courant maximale entre le collecteur et l'émetteur.

Il est nécessaire d'appliquer une tension suffisamment positive entre la base et l'émetteur (V_{be}) afin de polariser la jonction base-émetteur en avant, afin d'amener le transistor PNP en mode saturé.

Dans cette configuration, le courant initial (I_b) est adéquat pour autoriser un flux maximal de courant de collecteur (I_c) entre le collecteur et l'émetteur.

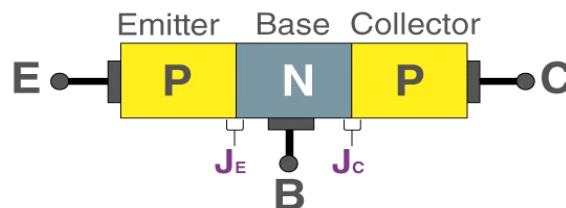
En mode saturé, le transistor PNP se comporte principalement comme un interrupteur fermé, ce qui facilite le passage du courant entre le collecteur et l'émetteur avec une résistance faible.

➤ **Mode bloqué :**

Lorsque le transistor PNP est en mode bloqué, il est entièrement désactivé et il empêche toute transmission de courant entre le collecteur et l'émetteur.

Afin de mettre le transistor PNP en mode bloqué, il est nécessaire que la tension entre la base et l'émetteur (V_{be}) soit négative, ce qui entraîne une inverse de polarité de la jonction base-émetteur et bloque le courant de base.

Dans son état bloqué, le transistor PNP joue le rôle d'un interrupteur ouvert, empêchant le passage du courant entre le collecteur et l'émetteur grâce à une résistance extrêmement élevée.



© Byjus.com

Fig 2 – 50 : Schéma explicatif du transistor BJT de type PNP [32]

10.1. TRANSISTOR EN MODE LINEAIRE

Le fonctionnement linéaire d'un transistor désigne sa manière de fonctionner lorsqu'il est employé comme amplificateur de signal. Dans ce cas, le transistor opère dans sa région active, où des fluctuations relativement faibles de la tension ou du courant d'entrée entraînent des fluctuations proportionnelles du courant de sortie.

Pour utiliser un transistor en mode linéaire, il est nécessaire qu'il soit correctement polarisé. Il est nécessaire de maintenir la tension et/ou le courant appliqués à la base (pour un transistor bipolaire) ou à la grille (pour un transistor à effet de champ) à un niveau qui le positionne dans sa région active.

10.2. TRANSISTOR EN MODE COMMUTATION

En mode de commutation, un transistor est employé afin de réguler le passage ou l'arrêt d'un courant élevé en réponse à un signal de commande. Il est fréquent d'utiliser ce mode de fonctionnement dans les circuits électroniques afin d'activer ou de désactiver des charges électriques comme des moteurs, des lampes et des relais.

Lorsqu'il est utilisé dans le mode de commutation, le transistor est habituellement polarisé dans ses zones de saturation et de blocage, au lieu d'être linéaire. Pour un BJT, cela implique que la base soit fortement polarisée en avant (pour l'activer) ou fortement polarisée en arrière (pour le désactiver).

Les réseaux de caractéristique du bipolaire est donné au niveau de la figure qui suit et qui regroupe son réseau de sortie I_C-V_{CE} , son réseau de transfert en courant I_C-I_B , son réseau d'entrée I_B-V_{BE} et son réseau de transfert en tension $V_{BE}-V_{CE}$.

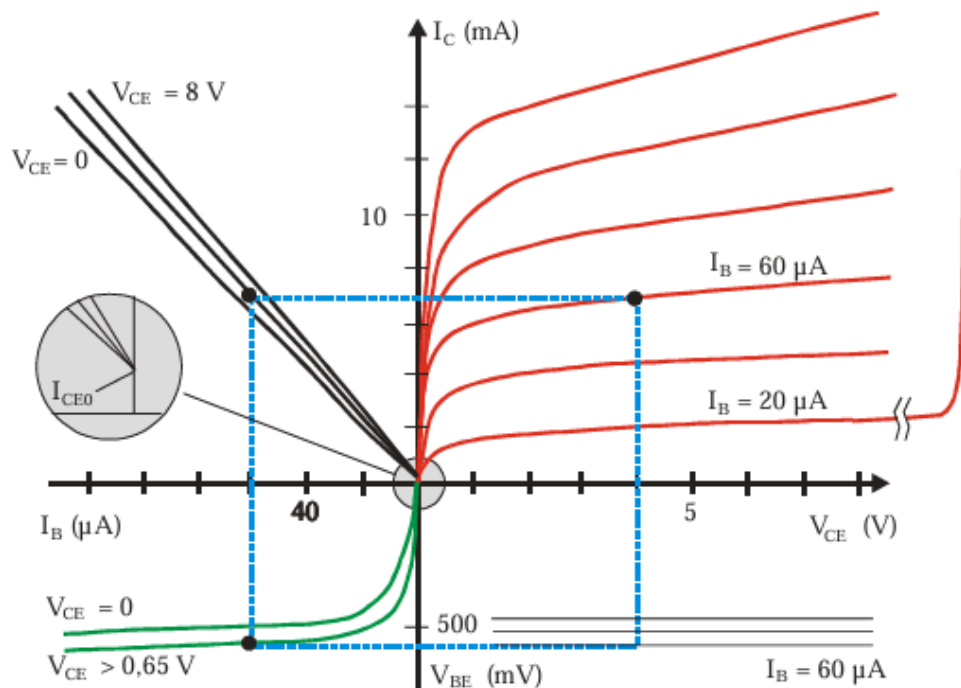


Fig 2 – 51 : Les réseaux de caractéristique du transistor bipolaire

Conclusion

Nous avons pu au sein de ce chapitre présenté les différents montages qui ont permis la réalisation du circuit étudié. Ce chapitre nous permettra de présenter et d'analyser le montage répéteur de sonnerie du téléphone portable que nous étudierons pratiquement.

CHAPITRE 3

REALISATION PRATIQUE : **ANALYSE DU CIRCUIT** **CHRONOGRAMMES** **ET INTERPRETATION**

CHAPITRE 3 – REALISATION PRATIQUE : ANALYSE DU CIRCUIT, CHRONOGRAMMES ET INTERPRETATIONS

1. INTRODUCTION :

Après avoir présenté au premier chapitre les capteurs et après avoir présenté au chapitre 2 les différents éléments permettant la réalisation du répéteur de sonnerie du téléphone portable que nous avons étudié, nous allons dans ce chapitre analyser le circuit étudié et présenter les différents chronogrammes que nous avons obtenus à la sortie des différents montages constituant ce répéteur.

2. SCHEMA ELECTRIQUE

Le schéma électrique du dispositif de répétition de la sonnerie du téléphone mobile étudié est donnée en figure 3.1.

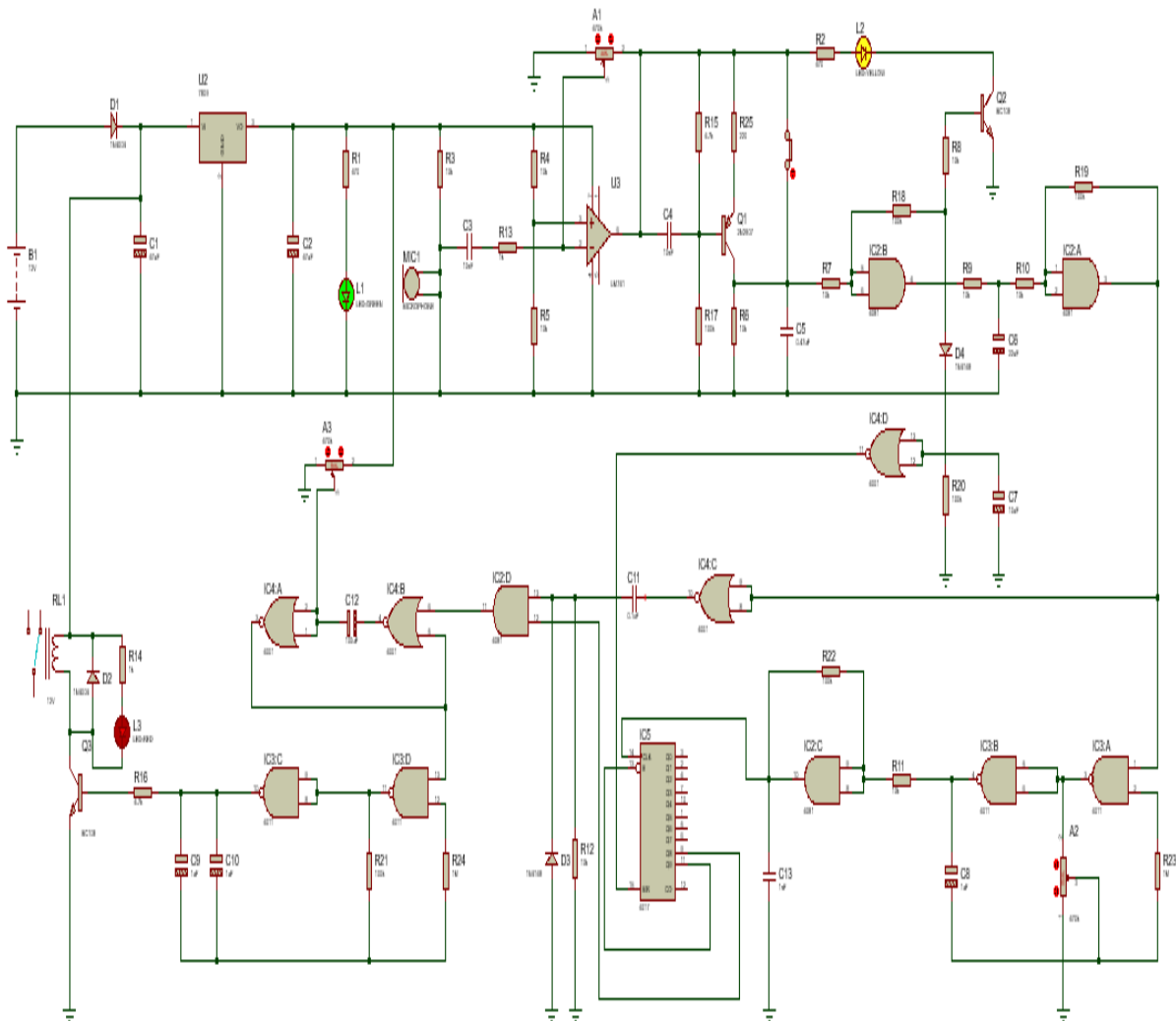


Fig 3 – 1: Schéma électrique de répéteur de la sonnerie du téléphone mobile

3. ANALYSE DU CIRCUIT

❖ Le fonctionnement électrique

Afin de détailler le fonctionnement de ce montage examinons le schéma synoptique de ce dispositif de répétition de la sonnerie du téléphone mobile donné en introduction, et du circuit électrique donné en figure 3.1. On peut ainsi identifier différents montages électroniques tels que l'alimentation, l'amplificateur réalisé à base d'un AOP monté en amplificateur inverseur, les montages triggers, les monostables, l'astable, le compteur, relais, intégrateur, etc. Nous allons dans ce qui suit analyser le circuit global en expliquant le fonctionnement de chacun des montages le constituant.

• Régulation de la tension continue :

Etant donné que le montage est prévu pour occuper un endroit fixe, l'énergie nécessaire sera prélevée de la prise Allume-cigare.

Un régulateur **REG 7809** abaisse et régule la tension à 9V.

Après un filtrage effectué par C1, le potentiel obtenu régulé de l'ordre de 9V et sans distorsions.

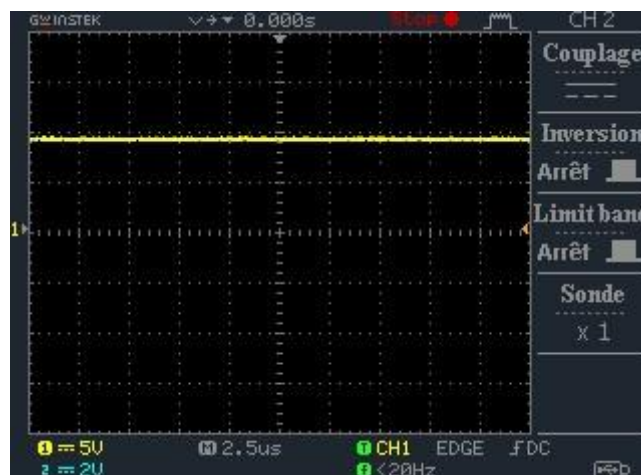


Fig 3 – 2: Signal obtenu à la sortie de régulateur 7809

• Détection et amplification de la sonnerie :

C'est à un micro « ELECTRETT » qu'incombe le rôle de la détection de la sonnerie téléphonique. Un tel micro comporte une pré amplification incorporée.

Il est alimenté par l'intermédiaire d'une résistance R3 et c'est aux bornes de cette dernière que l'on prélève le signal de sortie.

Celui-ci est acheminé à l'entrée inverseuse d'un « AOP 741 » par l'intermédiaire de R13 et C3 qui retient la composante continue.



Fig 3 – 3: Signal obtenu à la sortie de résistance R3

Les résistances R4 et R5 fixent le niveau de repos du signal de sortie à une valeur correspondant à la demi-tension d'alimentation.



Fig 3 – 4: Signal obtenu à l'entrée non inverseuse de LM741

L'ajustable **A1** est placé entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'AOP assurant la contre-réaction nécessaire au fonctionnement correct d'un tel circuit monté en amplificateur de tension avec inversion de signe.

Rappelons qu'un tel amplificateur a un gain tel que **$G = -A1/R13$** .

L'ajustable **A1**, nous permet de régler la sensibilité de la détection.

• **Mise en forme du signal :**

Le transistor T1 est un PNP polarisé de telle sorte, qu'en absence de signaux acheminés sur sa base par C4, le potentiel disponible sur son collecteur est nul.

En présence de signaux issus de la sortie du circuit intégré IC1 soit de l'AOP, on y relève au niveau de son collecteur des impulsions qui seront instantanément intégrées une première fois par la capacité C5.

La AND B de IC2, avec les résistances R7 et R18 est montée en **Trigger de Schmitt**, dont le rôle consiste à assurer des transitions nettes entre les états haut et bas correspondant aux sonneries et aux silences qui les séparent.

La capacité C6 et la résistance R9 représente une deuxième cellule d'intégration.

La porte AND A de IC2, avec les résistances R10 et R19 est aussi montée en **Trigger de Schmitt**, dont le rôle consiste à assurer un signal parfaitement rectangulaire.



Fig 3 – 5: Signal obtenu à la sortie de Trigger de Schmitt

- **Contrôle du signal :**

Les portes NAND A et B avec les résistances R23, A2 et la capacité C8 sont montées en bascule **Astable commandé** dont le rôle consiste à assurer le signal de l'horloge du compteur décodeur CD4017 (IC5).



Fig 3 – 6: Signal obtenu à la sortie de l'astable

L'ensemble oscillera si celle-ci est mise au niveau logique « 1 ».

Grace à l'ajustable **A2**, il est possible de régler la période du signal de sortie (**Horloge**).

$$T = 5.3DIV \times 100ms/DIV$$

$$T = 530ms = 0.53s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.53} = 1.88Hz$$

$$f = 1.88HZ$$

Le signal de sortie utilisé est fourni par la sortie de la porte AND A de IC2 : il est inversé par rapport à celui de la porte NOR C de IC4. Par l'intermédiaire d'un circuit dérivateur R12/C11, on observe ainsi une impulsion positive de la porte AND D de IC2.

Cet état haut se transmet uniquement sur la sortie 11 de la porte AND D à la condition que l'autre entrée 12 soit soumise à un état haut.

Pour que cette condition vérifie, il faut attendre l'impulsion positive qui arrive du compteur IC5 (CD4017).



Fig 3 – 7: Signal obtenu à la sortie (S9) de CD4017

$$T = 5.3DIV \times 1s/DIV$$

$$T = 5.3s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.3} = 0.188Hz$$

$$f = 0.188HZ$$

Cette action d'attendre, elle assure l'élimination des bruits de durée insuffisante.

On peut augmenter ou diminuer cette durée à l'aide de l'ajustable **A2**.

On remarque sur notre montage que la sortie S9 est reliée directement à l'entrée de validation 13 pour arrêter le comptage.

Cette état haut sur la sortie 11 va attaquer un monostable formé avec les portes NOR A et B de IC4, C12 et A3.

Le monostable consiste à générer un signal rectangulaire constitué de deux états :

- Etat instable correspond au niveau haut du signal.
- Etat stable correspond au niveau bas du signal.

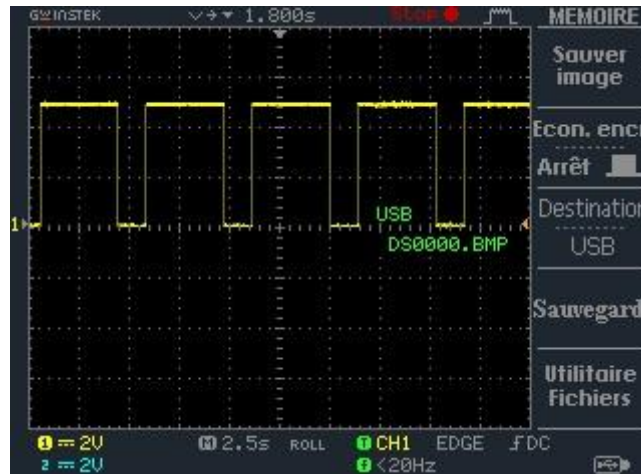


Fig 3 – 8: Signal obtenu à la sortie de monostable

$$T = 2.1DIV \times 2.5s/DIV$$

$$T = 5.25s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.25} = 0.19Hz$$

$$f = 0.19HZ$$

Le temps de ces deux états est réglable grâce à l'ajustable **A3**.

Le signal du monostable va attaquer **un multivibrateur astable** qui est formé à l'aide des portes logiques NAND C et D de IC3 et les résistances R24, R21 et la capacité C10 à pour le rôle de générer un signal rectangulaire conforme.



Fig 3 – 9: Signal obtenu à la sortie de l'astable

Le transistor fonctionne en mode commutation, il va recevoir le signal de l'astable qui va mettre ce dernier bascule entre l'état de blocage et de saturation.

L'état bas du signal bloque le transistor ; le relais reste au repos, par contre l'état haut va le saturer ; le relais active le dispositif de sortie.

La **LED L3** clignote avec la fermeture et l'ouverture du relais.

4. CIRCUIT RÉALISÉ SUR PLAQUE D'ESSAI

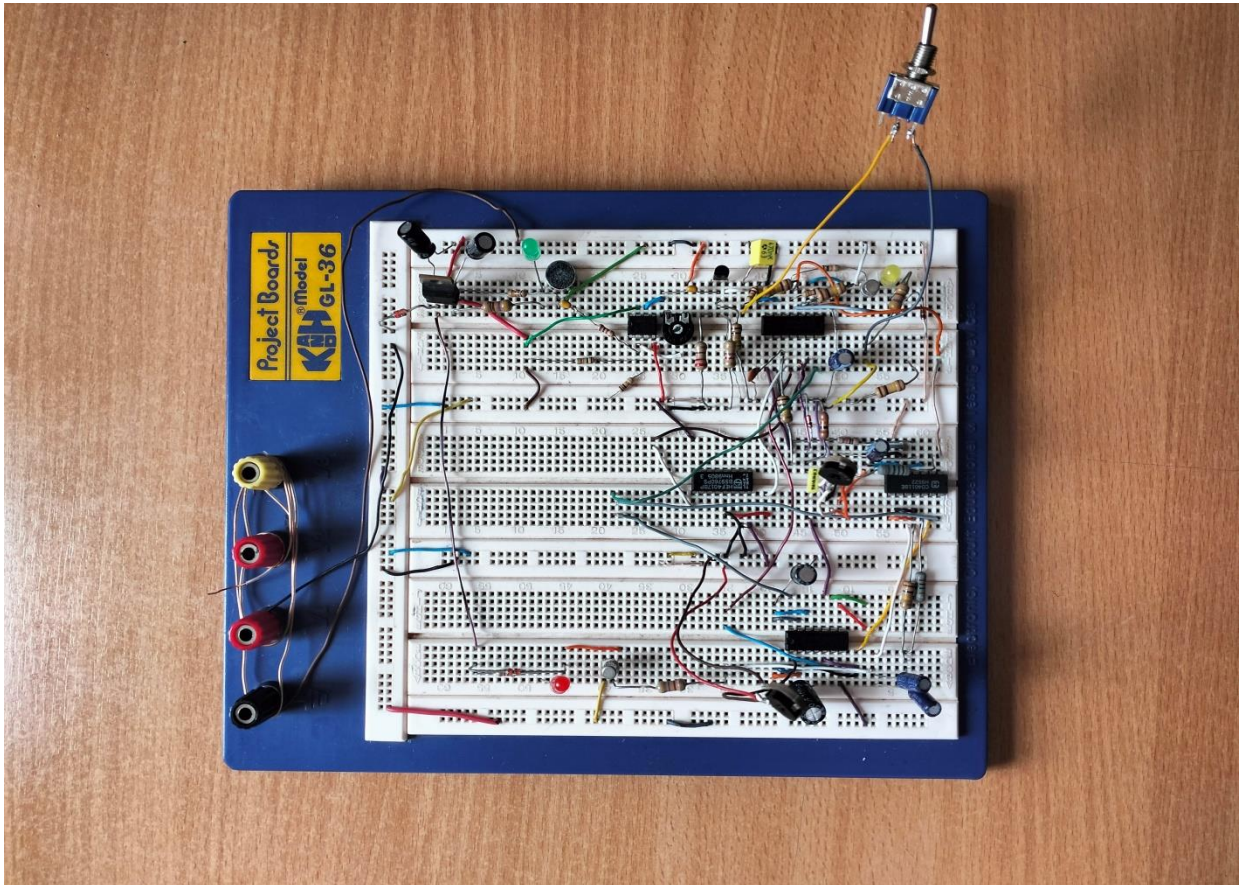


Fig 3 – 10: Circuit de répéteur de la sonnerie de téléphone mobile réalisé sur plaque d'essai

Conclusion

Ce dernier chapitre nous a permis d'étudier pratiquement la répétition (répéteur) de la sonnerie du téléphone mobile. Nous avons pu ainsi après avoir analysé ce montage, présenter les différents signaux visualisés aux différents nœuds du circuit considéré.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Nous avons tous oublié un jour notre téléphone dans la voiture soit par inattention, ou parce qu'on est pressée. Cet oubli pourrait nous coûter cher dans le sens où on pourrait tout simplement rater une communication importante. Il serait de ce fait intéressant d'allier à la sonnerie du téléphone une répétition des sonneries caractérisée par des sons périodiques brefs et intenses permettant de récupérer notre téléphone resté en voiture et nous rendre compte des appels téléphoniques reçus.

C'est ainsi que ce travail nous a permis d'étudier un système de répétition de la sonnerie du téléphone cellulaire.

Ce type de réalisation, bien que relativement simple, nous a été très bénéfique, car elle nous a permis de revisiter voire même réétudier différents montages électroniques que nous avons étudié au cours de notre formation de master Instrumentation.

Nous avons pu ainsi faire une recherche concernant les capteurs en général, nous avons pu dans un second temps étudier les différents montages constituant cette réalisation suite à quoi nous avons présenté le circuit global de ce système de répétition de sonnerie du cellulaire, nous avons alors analysé ce circuit électrique et présenté les différents chronogrammes visualisés aux différents nœuds de ce montage.

Cette étude bien que simple, peu onéreuse et certainement non exhaustive, utilisant de l'électronique traditionnelle nous a été très bénéfique car elle nous a permis de compléter notre formation de Master Instrumentation, ceci étant dû au fait que cette étude nous a indéniablement permis revoir et d'apprécier l'intérêt des différents montages électroniques que nous avons déjà abordés au cours de notre formation, nous avons par la même occasion pu apprendre à mener simultanément une étude théorique et pratique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. <https://www.techno-science.net/definition/3690.html>
- [2]. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Thermistance>
- [3]. <https://www.es-france.com/16417-thermistance-ntc-serie-mf72.html>
- [4]. <https://leonardvinci.e-monsite.com/medias/files/02.le-capteur-1.pdf>
- [5]. <https://www.circuits-diy.com/what-is-a-thermocouple-and-how-does-it-work/>
- [6]. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/qu-est-ce-qu-un-capteur-de-niveau.html>
- [7]. <https://www.microsonic.de/fr/support/capteurs-%C3%A0-ultrasons/principe.htm#:~:text=Les%20capteurs%20%C3%A0%20ultrasons%20de%20bord%20de%20trajectoire%20bks%20sont,position%20du%20bord%20de%20l%C3%A9>
- [8]. https://silanus.fr/bts/activites/Maugenet/co/Les_codeurs_optiques.html#:~:text=Un%20codeur%20optique%20est%20un,de%20parties%20opaques%20et%20transparentes
- [9]. <https://zestedesavoir.com/tutoriels/1575/le-fonctionnement-dun-microphone/>
- [10]. https://toshiba.semicon-storage.com/ap-en/semiconductor/knowledge/faq/linear_opamp/what-is-an-operational-amplifier.html
- [11]. <https://www.electronicsforu.com/technology-trends/learn-electronics/operational-amplifier-basics>
- [12]. <https://how2electronics.com/op-amp-ic-lm741-basics-characteristics-pins-applications/>
- [13]. [https://www.alldatasheet.fr/view.jsp?Searchword=LM741#:~:text=Nombre%20d'amplificateurs%3A%20le%20LM741,%20et%20n%C3%A9gatifs%20\(%20Vcc\)](https://www.alldatasheet.fr/view.jsp?Searchword=LM741#:~:text=Nombre%20d'amplificateurs%3A%20le%20LM741,%20et%20n%C3%A9gatifs%20(%20Vcc))
- [14]. <https://circuitdigest.com/electronic-circuits/opamp-lm741-tester-circuit>
- [15]. https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_6.html
- [16]. https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/opamp_7.html
- [17]. <https://courselectronique.wordpress.com/etude-des-circuits/lamplificateur-operationnel/circuits-comparateurs-a-ao/>
- [18]. <https://www.geeksforgeeks.org/astable-monostable-and-bistable-multivibrator/>
<https://www.youtube.com/watch?v=8ogBUdsqf0M>
- [19]. <https://www.techno-science.net/definition/6695.html>
- [20]. https://www.zonetronik.com/les-basculés-rs-d-et-jk/#google_vignette
- [21]. <https://moodle.luniversitenumérique.fr/mod/page/view.php?id=1646&lang=en>
- [22]. <https://moodle.luniversitenumérique.fr/mod/page/view.php?id=1648>
- [23]. <https://www.zonetronik.com/les-basculés-rs-d-et-jk/#>
- [24]. https://fr.m.wikiversity.org/wiki/Fichier:Bascule_JK.svg
- [25]. https://www.tpline.eu/fr/cours/animations/EN/Sequentiel/compteurs/compteurs_1.htm
- [26]. <https://unstop.com/blog/difference-between-synchronous-and-asynchronous-counter>
- [27]. <https://www.mongosukulu.com/index.php/contenu/genie-electrique4/33-electronique-numerique/532-compteur-decompteur-synchrone?showall=1>

[28]. <http://sarven.free.fr/compteurs>

[29]. <https://www.elprocus.com/ic-4017-pin-configuration-application/#:~:text=The%20CD4017%20IC%20is%20a,Johnson%2010%20stage%20decade%20counter.>

[30]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_int%C3%A9gr%C3%A9_4017

[31]. https://fr.wikibooks.org/wiki/%C3%89lectronique/Les_transistors_%C3%A0_effet_de_champ

[32]. <https://byjus.com/physics/bipolar-junction-transistor/#pnp-bjt>

[33]. <https://byjus.com/physics/npn-transistor/>

RESUMÉ

Il nous arrive à tous d'oublier nos téléphones cellulaires dans nos véhicules par inattention ou maladresse ou parce qu'on est tout simplement pressé et qu'on y prête pas attention à ce moment, par conséquent on peut rater parfois des appels très importants. Pour remédier à ce problème il serait intéressant d'allier à la sonnerie du téléphone une répétition des sonneries caractérisée par des sons périodiques brefs et intenses. C'est ainsi que ce travail consiste à étudier théoriquement et par le biais de la réalisation pratique un circuit qui n'est rien d'autre qu'un répéteur de sonnerie du téléphone cellulaire. Cette réalisation comporte essentiellement un micro miniature qui est chargé de capter la sonnerie téléphonique. L'ensemble montage et le microphone sont alimentés par l'allume cigare. Au moindre bip ou sonnerie de notre cellulaire oublié à l'intérieur du véhicule, le microphone, sensible rentre en jeu en captant l'appel et agissant instantanément sur un relai qui enclenche le circuit du Klaxon ou du feu de détresse où les deux simultanément, attirant notre attention quant à l'oubli du téléphone dans le véhicule et nous informant qu'un appel téléphonique nous est parvenu.

Ainsi, si le téléphone sonne cette réalisation entre en action par une série de déclenchements périodiques de sonneries particulièrement audibles.

Mots clés: Alimentation stabilisée, capteur de son, amplificateur, Trigger de Schmitt, astable, compteur, monostable et relais.

ABSTRACT

We all sometimes forget our cell phones in our vehicles due to inattention or clumsiness or because we are simply in a hurry and not paying attention to them at the time, as a result we can sometimes miss very important calls. To remedy this problem it would be interesting to combine the telephone ringing with a repetition of ringtones characterized by brief and intense periodic sounds. This is how this work consists of studying theoretically and through practical implementation a circuit which is nothing other than a cell phone ringtone repeater. This achievement essentially includes a miniature microphone which is responsible for capturing the telephone ringing. This entire circuit and the microphone are powered by the cigarette lighter. At the slightest beep or ringing of our cell phone forgotten inside the vehicle, the sensitive microphone comes into play by picking up the call and instantly acting on a relay which activates the circuit of the horn or the hazard light or both simultaneously, drawing our attention to the fact that the telephone had been forgotten in the vehicle and informing us that a telephone call had been received. Thus, if the telephone rings this realization comes into action through a series of periodic triggers of particularly audible ringtones.

Keywords: Stabilized power supply, sound sensor, amplifier, Schmitt trigger, astable, counter, monostable and relay.

ملخص

ننسى جميعاً أحياناً هواتفنا لمحمولة في سيارتنا بسبب عدم الانتباه أو الحماقة أو لأننا ببساطة في عجلة من أمرنا وعدم الاهتمام بها في ذلك الوقت، ونتيجة لذلك قد نفوت أحياناً مكالمات مهمة جداً. ولمعالجة هذه المشكلة سيكون من المثير للاهتمام الجمع بين رنين الهاتف وتكرار نغمات الرنين التي تتميز بأصوات دورية قصيرة ومكثفة. هذه هي الطريقة التي يتكون بها هذا العمل من الدراسة النظرية ومن خلال التنفيذ العملي لدائرة ليست سوى مكرر نغمة الهاتف الخليوي. يتضمن هذا الإنجاز بشكل أساسي ميكروفوناً مصغراً مسؤولاً عن التقاط رنين الهاتف. يتم تشغيل مجموعة التجميع والميكروفون بواسطة ولاعة السجائر. عند أدنى إشارة صوتية أو رنين للهاتف الخليوي المنسية داخل السيارة، يعمل الميكروفون الحساس عن طريق التقاط المكالمات والعمل على الفور على مرحل يقوم بتنشيط دائرة البوق أو ضوء الخطر أو كليهما في وقت واحد، مما يلفت انتباهنا إلى حقيقة نسيان الهاتف في السيارة وإبلاغنا بتلقي مكالمات هاتفية. وبالتالي، إذا رن الهاتف، فإن هذا الإدراك يدخل حيز التنفيذ من خلال سلسلة من المحفزات الدورية لنغمات رنين مسموعة بشكل خاص

كلمات مفتاحية: إمداد طاقة مستقر، مستشعر صوت، مكبر للصوت، مشغل شميت، مستقر، عداد، أحادي الاستقرار والمرحل.