

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث 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 : SIFI Ilias & ZEROUALI Tayeb

Sujet

Etude, simulation et réalisation d'un détecteur sonore

Soutenu publiquement, le 18 /06 / 2025, devant le jury composé de :

Mr ZOUGAGH Nabil	MCB	Université de Tlemcen	Président
Mme GHEFIR Fatiha Djazia	MAA	Université de Tlemcen	Examineur
Mlle RAHOU Fatima Zohra	MCA	Université de Tlemcen	Encadrante
Mr BOUANATI Sidi Mohammed	MAA	Université de Tlemcen	Co-Encadrant

Année universitaire : 2024 /2025

Remerciements

Avant tout, nous exprimons notre profonde gratitude à Allah, le Tout-Puissant, pour Sa grâce infinie et Son aide précieuse, qui nous ont permis de mener à bien ce modeste travail. À Lui reviennent toutes les louanges et toutes les reconnaissances, en tout lieu et en toute circonstance.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadrante, **Mademoiselle RAHOU Fatima Zohra**, Maître de conférences, classe "A", à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, pour la qualité remarquable de son accompagnement, la richesse de ses enseignements, ainsi que pour la rigueur, la clarté de ses orientations et sa grande disponibilité, qui ont été essentielles à la concrétisation de ce travail.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à notre co-encadrant, **Monsieur BOUANATI Sidi Mohammed**, Maître assistant, classe "A", à l'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen. Il nous a accompagnés tout au long de ce travail, nous guidant avec bienveillance et facilitant nos démarches.

Nous remercions vivement **Monsieur ZOUGAGH Nabil**, président du jury, ainsi que **Madame GHEFIR Fatiha Djazia**, examinatrice, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer notre reconnaissance envers notre famille, en particulier nos parents, pour leur soutien indéfectible tout au long de ce parcours. Leur encouragement constant a été pour nous une source précieuse de motivation.

Dédicace

Avec tous mes sentiments de respect, je tiens tout d'abord à remercier mon Dieu, qui m'a accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce mémoire. Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours universitaire.

À mes parents

Pour leurs patients, leurs encouragements et leurs soutiens. J'espère que vos bénédictions continuent de m'accompagner toujours.

Mes sœurs

Je vous dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance. Dans chaque étape de ce travail, vos encouragements, votre écoute et votre amour ont été des piliers essentiels.

Mes encadreurs

Pour votre patience et vos précieux conseils tout au long de ce travail, dont la valeur m'est inestimable. À tous mes chers enseignants qui ont contribué par leurs efforts à notre éducation et qui sont responsables de notre réussite, ainsi qu'à tout le personnel administratif, merci pour tout.

À mes amis

À mon ami Ilias et mon compagnon dans ce projet de fin d'étude, ta confiance, ta patience et ton engagement, tout cela a été la raison du succès de notre projet, j'espère que notre amitié durera. À mon ami Abdallah pour les encouragements sincères, les sourires partagés et cette énergie positive que tu as su m'apporter quand j'en avais le plus besoin.

ZEROUALI Tayeb

Dédicace

À mes chers parents

Pour leur amour inconditionnel, leur patience, leurs prières et leur soutien moral tout au long de mon parcours.

À mes frères et sœurs

Pour leur affection, leurs encouragements et leur présence à mes côtés dans les moments difficiles.

À mes amis fidèles

Pour leur soutien, leur aide et les bons moments partagés durant ces années d'études.

À tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce travail.

Je vous dédie humblement ce mémoire, témoignage de gratitude et de reconnaissance.

Sifi ilias

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Notions de base sur les détecteurs	4
I.1. Introduction.....	5
I.2. Définition de détecteur	5
I.3. Paramètres caractéristiques d'un détecteur	5
I.3.1. Efficacité de détection	5
I.3.2. Temps de mort.....	6
I.3.3. Bruit propre (ou bruit de fond)	6
I.3.4. Résolution en énergie	6
I.3.5. Caractéristiques géométriques	6
I.4. Différents types de détecteurs.....	6
I.4.1. Détecteurs électromécaniques	6
I.4.2. Détecteurs de proximité inductive.....	7
I.4.3. Détecteurs de proximité capacitive.....	8
I.4.4. Détecteur d'alarme	9
I.4.4.1. Détecteur de mouvement.....	10
I.4.4.2. Détecteur d'ouverture.....	11
I.4.4.3. Détecteur de bris de vitre.....	12
I.4.4.4. Détecteur d'incendie	12
I.4.4.5. Détecteurs ultrasoniques (US).....	14
I.4.4.6. Détecteur de gaz	15
I.4.4.7. Détecteur d'inondation	16
I.4.4.8. Détecteur d'intrusion.....	16
I.4.5. Détecteurs de lumière	17
I.4.6. Détecteur sonore	18
I.4.7. Détecteur intelligent.....	20
I.5. Conclusion	21
Chapitre II : Généralités sur les composants utilisés	22
II.1. Introduction.....	23
II.2. Généralités sur les composants	23
II.2.1. Potentiomètre.....	23
II.2.2. Transformateur.....	24
II.2.3. Régulateur de tension 7812.....	25
II.2.4. Microphone à électret	26
II.2.5. Fusible.....	27
II.2.6. Diode.....	27
II.2.7. Diode électroluminescente LED.....	29

II.2.8. Transistor bipolaire.....	31
II.2.9. Le circuit intégré NE555	33
II.2.10. Relais de puissance.....	39
II.3. Conclusion	40
Chapitre III : Étude et réalisation pratique.....	41
III.1 Introduction	42
III.2 Schéma synoptique du circuit électrique.....	43
III.3 Fonctionnement et utilité des blocs	43
III.3.1. Alimentation stabilisée réglable.....	43
III.3.1.1. Transformateur.....	44
III.3.1.2. Redressement double alternance.....	45
III.3.1.3. Filtrage.....	48
III.3.1.4. Régulation de tension	49
III.3.2. Capteur sonore.....	50
III.3.3. Amplification.....	51
III.3.4. Redressement.....	53
III.3.5. Etage de Commande.....	53
III.3.6. Temporisation (monostable).....	54
III.3.7. Circuit de contrôle	56
III.3.8. Circuit de puissance.....	57
III.4. Simulation via PROTEUS.....	57
III.4.1. Fonctionnement détaillé du montage.....	58
III.4.2. Simulation du montage via PROTEUS	60
III.4.3. Visualisation des signaux simulés	63
III.5. Test du montage sur la plaque d'essai.....	65
III.5.1. Visualisation des signaux et mesure des tensions	67
III.6. Réalisation sur circuit imprimé	69
III.7. Nomenclature des composants	73
III.8. Conclusion.....	75
Conclusion générale.....	76
Références bibliographiques.....	79
Annexe	83

Liste des figures

Figure I.1 : La conversion électromécanique du matériau piézoélectrique	7
Figure I.2 : Le détecteur électromécanique de type XC2-F	7
Figure I.3 : Les détecteurs de proximité inductifs	8
Figure I.4 : Structure des détecteurs inductifs	8
Figure I.5 : Le principe de détecteur de proximité capacitive	9
Figure I.6 : Détecteur de proximité capacitive	9
Figure I.7 : Détecteur de mouvement extérieur	10
Figure I.8 : Détecteur de mouvement intérieur.....	11
Figure I.9 : Détecteur d'ouverture	11
Figure I.10 : Détecteur de bris de vitre.....	12
Figure I.11 : Détecteur de fumée	13
Figure I.12 : Détecteur de chaleur	14
Figure I.13 : Détecteur de flamme.....	14
Figure I.14 : Capteur de distance à Ultrasons.....	15
Figure I.15 : Détecteur de gaz.....	15
Figure I.16 : Détecteur d'inondation.....	16
Figure I.17 : Détecteur d'intrusion	17
Figure I.18 : Capteur de cellule photoélectrique.....	18
Figure I.19 : Le principe de détecteur sonore.....	20
Figure I.20 : Détecteur intelligent de caméra d'hôtel.....	21
Figure II.1 : Potentiomètre rotatif.....	23
Figure II.2 : Symboles de transformateur	24
Figure II.3 : Régulateur de tension 7812	25
Figure II.4 : Principe de fonctionnement d'un microphone à électret.....	26
Figure II.5 : Microphone à électret.....	27
Figure II.6 : Fusible en cartouche de verre	27
Figure II.7 : La diode à une jonction P-N.....	28
Figure II.8 : La diode électroluminescente et leur symbole	29
Figure II.9 : Principe de fonctionnement d'une LED	30
Figure II.10 : La longueur d'onde et le gap	31
Figure II.11 : Le transistor bipolaire et leurs types.....	32
Figure II.12 : Le circuit intégré NE555 avec le schéma interne.....	34
Figure II.13 : Schéma présentable de brochage du NE555	34
Figure II.14 : Câblage de NE555 en mode monostable.....	37
Figure II.15 : Le câblage de NE555 en mode astable.....	38
Figure II.16 : Le câblage de NE555 en mode bistable.....	39
Figure II.17 : Relais de puissance.....	39
Figure III.1 : Schéma synoptique du montage.....	44
Figure III.2 : Principe d'une alimentation régulée.....	44
Figure III.3 : principe du transformateur	44
Figure III.4 : Pont de Graetz	46
Figure III.5 : Allures de tension après le redressement	46
Figure III.6 : Allures de tension après le filtrage.....	49

Figure III.7 : Branchement régulateur de tension 7812.....	50
Figure III.8 : Le microphone à électret.....	50
Figure III.9 : Etage de détection	51
Figure III.10 : Le transistor BC109	51
Figure III.11: étage d'amplification.....	51
Figure III.12 : Diode 1N4148	52
Figure III.13 : Circuit de redressement.....	53
Figure III.14 : Le transistor BC548	53
Figure III.15 : Circuit de commande à base de transistor BC548.....	54
Figure III.16 : Circuit intégré NE555	54
Figure III.17 : Circuit de monostable à base de NE555	55
Figure III.18 : Le chronogramme de fonctionnement en monostable À base d'un NE555.....	56
Figure III.19 : Circuit de contrôle.....	56
Figure III.20 : Circuit de puissance	57
Figure III.21 : Circuit global du détecteur sonore	58
Figure III.22 : Simulation du circuit électrique en présence d'un signal sonore.....	61
Figure III.23 : Simulation du circuit électrique à l'expiration de la durée D'impulsion de signal de sortie de monostable.....	62
Figure III.24 [V1(t)] : Signal à l'entrée du transformateur.....	63
Figure III.25 [V2(t)] : Signal en sortie du transformateur (en bleu).....	63
Figure III.26 [V3(t)] : Signal en sortie du redresseur	63
Figure III.27 [V4(t)] : Signal en sortie du régulateur (en vert).....	63
Figure III.28 [V5(t)] : Signal détecté par le microphone à électret	64
Figure III.29 [V6(t)] : Signal amplifié par le transistor Q1 (en bleu).....	64
Figure III.30 [V7(t)] : Signal amplifié par le transistor Q2 (En rouge).....	64
Figure III.31 [V8(t)] : Signal en sortie du redresseur (en bleu).....	64
Figure III.32 [V9(t)] : Tension redressée et filtrée (en rouge).....	64
Figure III.33 [V10(t)] : Signal à l'entrée du monostable (borne 2)	64
Figure III.34 [V11(t)] : Signal de charge du condensateur C8.....	65
Figure III.35 [V12(t)] : Signal en sortie du monostable	65
Figure III.36 [V12(t), V13(t)] : Signal en sortie du monostable (en bleu) Et V13(t), tension au collecteur du transistor Q4 (en rouge)	65
Figure III.37 : Fonctionnement du circuit en présence du signal sonore.....	66
Figure III.38 : Fonctionnement du circuit électrique après 5.17s.....	66
Figure III.39 : Signal en sortie de transformateur (en pratique)	67
Figure III.40 : Signal en sortie de pont de diodes (en pratique)	67
Figure III.41 : Signal et la tension en sortie du régulateur 7812 (12V) (En pratique).....	67
Figure III.42 : Signal et la tension en sortie du microphone (en pratique).....	67
Figure III.43 : Signal et la tension en sortie du premier étage d'amplification (En pratique).....	68
Figure III.44: Signal et la tension en sortie du deuxième étage d'amplification (En pratique).....	68
Figure III.45 : Signal et la tension en sortie du redresseur (en pratique).....	68

Figure III.46 : Signal à l'entrée du monostable (en pratique).....	69
Figure III.47 : Signal en sortie du monostable (en pratique).....	69
Figure III.48 : Circuit de détecteur sonore avec alimentation stabilisée réglée Sous ARES Proteus.....	69
Figure III.49 : Partie puissance du circuit de détecteur sonore Sous ARES Proteus.....	70
Figure III.50 : Schéma 3D du circuit de détecteur sonore.....	70
Figure III.51 : Schéma 3D de la partie puissance du circuit de détecteur sonore.....	71
Figure III.52 : Circuit imprimé du circuit de détecteur sonore.....	71
Figure III.53 : Circuit imprimé de la partie puissance du circuit de détecteur sonore	71
Figure III.54 : Circuit global d'un détecteur sonore sur circuit imprimé (Lors de la détection de son).....	72
Figure III.55 : Circuit global d'un détecteur sonore sur circuit imprimé (Fonctionnement du circuit électrique après 5.17s.).....	72

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Tableau de comparaison du fonctionnement des transistors NPN et PNP.....	35
Tableau II.2 : Tableau représente la description des pins du circuit intégré NE555	37
Tableau II.3 : Tableau représente les états du fonctionnement du circuit intégré NE555.....	38

Table d'abréviation

Acronyme	Signification
AC	Alternatif current
DC	Direct current
LED	Light Emitting Diode
N	Negatif
NPN	Negatif Positif Negatif
P	Positif
PNP	Positif Negatif Positif
BJT	Bipolar Junction Transistor
V	Volts
PCB	Printed Circuit Board
ISIS	Intelligent Schematic Input System
ARES	Advance Routing and Editing Software

Introduction générale

Introduction générale

L'interaction avec l'environnement sonore est devenue une exigence clé dans le domaine de l'électronique et du traitement du signal. Grâce à la détection et à l'interprétation des sons, il est possible de concevoir des systèmes plus performants, capables de réagir rapidement et de garantir une meilleure sécurité.

Cependant, en l'absence de systèmes capables de percevoir et d'analyser les sons, l'efficacité des dispositifs de surveillance, d'alerte ou d'interaction homme-machine peut être compromise. Cette limitation peut entraîner des réactions tardives face à des situations critiques, empêcher l'automatisation de certaines tâches basées sur des signaux sonores, voire nuire à la sécurité dans certains cas.

Pour répondre à ces besoins, l'utilisation d'un détecteur sonore s'avère essentielle. Ce dispositif capte les ondes sonores et les transforme en signaux électriques, permettant ainsi de déclencher automatiquement une analyse ou une action lorsqu'un son particulier est détecté. Il contribue à renforcer la surveillance, à automatiser certaines tâches et à améliorer la sécurité ainsi que l'interactivité des systèmes.

Avant d'aborder les spécificités du détecteur sonore, il convient d'en définir brièvement le concept. Il s'agit d'un système électronique, généralement constitué d'un microphone, d'un circuit de traitement du signal et d'une unité de commande. Sa fonction est de détecter la présence ou les caractéristiques d'un son spécifique afin de déclencher une action, une alerte ou un enregistrement en réponse à un événement sonore prédéfini, contribuant ainsi à la sécurité, à l'automatisation ou à l'analyse acoustique.

L'objectif de ce projet est d'étudier, de simuler et de réaliser un détecteur sonore. Ce mémoire est structuré en trois chapitres, présentant les principaux travaux réalisés dans le cadre de ce projet.

Le premier chapitre offre une vue d'ensemble des détecteurs, en soulignant leurs principes de fonctionnement de base et leur importance dans divers domaines.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude théorique des composants du détecteur sonore.

Le troisième chapitre constitue une étape cruciale de notre étude, marquant la transition de la théorie à la pratique. Il examine le fonctionnement du montage du détecteur sonore à travers son schéma synoptique et combine une simulation réalisée à l'aide du logiciel PROTEUS avec une mise en œuvre pratique.

Ce mémoire se terminera par une conclusion générale, qui synthétisera les résultats obtenus et présentera les perspectives du projet.

Chapitre I

Notions de base

sur les détecteurs

I.1. Introduction

Les détecteurs jouent un rôle essentiel en permettant de repérer, mesurer et analyser des phénomènes spécifiques dans leur environnement. Leur fonction principale est de fournir des informations précises et en temps réel, facilitant ainsi la prise de décisions et la gestion des risques.

Que ce soit pour assurer la sécurité, optimiser les processus industriels, surveiller les conditions environnementales ou encore automatiser des systèmes, leur utilisation est indispensable.

Dans cette partie, nous allons étudier divers détecteurs et leurs modes d'opération.

I.2. Définition de détecteur

Un détecteur est un dispositif ou un instrument conçu pour détecter la présence, mesurer ou enregistrer un phénomène spécifique, tel que la lumière, le son, la chaleur, la pression, les gaz ou d'autres variables physiques ou chimiques. Il fournit généralement une alerte ou une information afin de permettre une réaction ou une prise de décision.

I.3. Paramètres caractéristiques d'un détecteur

Les paramètres caractéristiques d'un détecteur sont des critères qui définissent ses performances et son efficacité pour mesurer et détecter des phénomènes spécifiques.

Voici les essentiels paramètres caractéristiques d'un détecteur [1] :

I.3.1. Efficacité de détection

Capacité du détecteur à capter les événements ou signaux incidents.

I.3.2. Résolution (temporelle, spatiale, énergétique)

- **Spatiale** : capacité à distinguer deux points proches.
- **Temporelle** : précision dans la mesure du temps d'un événement.
- **Énergétique** : capacité à distinguer des signaux de différentes énergies.

I.3.3. Temps de réponse

Délai entre l'arrivée du signal et la réponse du détecteur.

I.3.4. Plage dynamique (ou domaine dynamique)

Intervalle entre le signal le plus faible et le plus fort que le détecteur peut mesurer de manière fiable.

I.3.5. Sensibilité

Capacité à détecter de faibles signaux (souvent exprimée en courant ou tension par unité d'énergie ou de puissance).

I.3.6. Bruitage (ou bruit de fond)

Niveau de signal non désiré qui limite la capacité à détecter de faibles signaux.

I.3.7. Rapport signal/bruit (SNR)

Rapport entre le niveau du signal utile et le bruit de fond. Plus il est élevé, meilleure est la qualité de la détection.

I.3.8. Linéarité

Capacité du détecteur à produire une réponse proportionnelle à l'intensité du signal incident.

I.3.9. Taux de comptage maximal (ou débit maximal)

Nombre maximal d'événements détectables par seconde sans perte d'information.

I.3.10. Durée de vie / stabilité

Capacité du détecteur à fonctionner correctement dans le temps sans dégradation significative.

I.4. Différents types de détecteurs**I.4.1. Détecteurs électromécaniques**

Les détecteurs électromécaniques détectent les variations d'une propriété physique (comme le déplacement, la force ou la pression) et les transforment en un signal électrique. Cette conversion repose généralement sur des composants électromécaniques tels que des matériaux piézoélectriques, des jauges de contrainte ou des systèmes capacitifs.

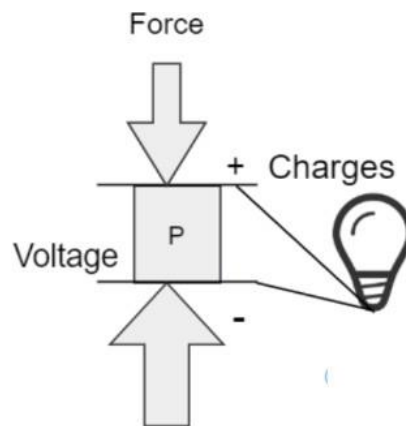


Figure I.1 : La conversion électromécanique du matériau piézoélectrique [2].

I.4.1.1. Composants clés des détecteurs électromécaniques

1- Élément de détection

La composante principale qui interagit directement avec le phénomène physique, comme les cristaux piézoélectriques ou les matériaux magnétiques.

2- Mécanique de transduction

La transformation de l'entrée mécanique en signal électrique.

3- Processeur de signal de sortie

Amplifie et conditionne le signal électrique pour une application future dans des équipements ou des systèmes. [3]

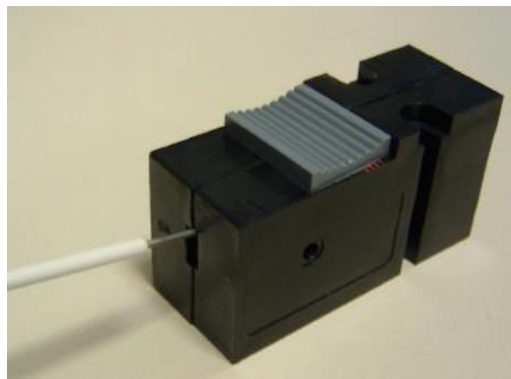


Figure I.2 : Le détecteur électromécanique de type XC2-F [4].

I.4.2. Détecteurs de proximité inductive

Un détecteur inductif est un dispositif sans contact destiné à la détection d'objets métalliques. Il est couramment utilisé dans les applications industrielles pour déterminer et contrôler la position, le mouvement ou la distance des objets métalliques. [5]



Figure I.3 : Les détecteurs de proximité inductifs [5].

Les détecteurs inductifs opèrent sans contact en utilisant des champs électromagnétiques pour détecter les objets métalliques présents dans leur environnement. La bobine, qui sert d'élément de détection, fait partie d'un oscillateur LC. Un courant électrique circule dans ce circuit oscillant, générant ainsi un champ électromagnétique alternatif qui émerge de la surface active du capteur. [5]

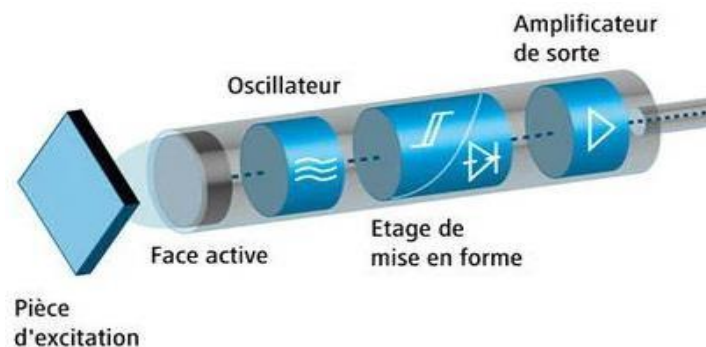


Figure I.4 : Structure des détecteurs inductifs [5].

I.4.3. Détecteurs de proximité capacitive

Un détecteur de proximité capacitif se compose principalement d'un oscillateur, dont le condensateur est constitué de deux électrodes situées à l'avant de l'appareil.

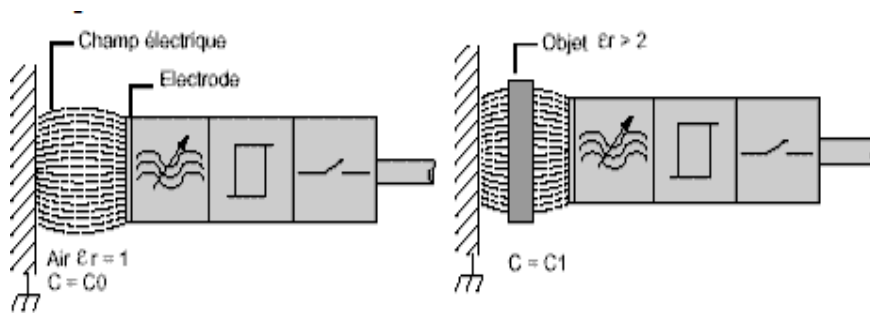


Figure I.5 : Le principe de détecteur de proximité capacitive [6].

Lorsque l'air est présent ($\epsilon_r = 1$), la capacité du condensateur est C_0 . La constante diélectrique (ϵ_r) dépend de la nature du matériau.

Tout matériau ayant un $\epsilon_r > 2$ sera détecté. Il s'agit d'un dispositif statique, sans pièces mobiles [6]

Avantage :

- Aucun contact physique avec l'objet à identifier.
- Cadence de fonctionnement élevé [6].



Figure I.6 : Détecteur de proximité capacitive [7].

I.4.4. Détecteur d'alarme

Un système d'alarme se compose de plusieurs éléments, parmi lesquels les détecteurs sont les principaux. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans la prévention des risques liés à la sécurité. Ils détectent les mouvements ou présences suspectes et transmettent l'information à la centrale d'alarme, qui déclenche ensuite les sirènes pour avertir les occupants de la maison. Le choix des détecteurs, qu'ils soient uniques ou multiples, dépend des besoins spécifiques de l'habitation et du type de système d'alarme utilisé.

On compte parmi les dispositifs de sécurité pour alarmes : des détecteurs de mouvements

Comme le détecteur infrarouge, les détecteurs d'ouverture, les détecteurs volumétriques extérieurs, ainsi que les détecteurs de choc ou de vibration.

En ce qui concerne les dispositifs techniques, on trouve : des détecteurs de fumée et d'incendie, des détecteurs d'inondation, des détecteurs de gaz, des détecteurs de monoxyde de carbone et des détecteurs de coupure de courant [8].

I.4.1.1. Détecteur de mouvement

1. Détecteur de mouvement extérieur

Un détecteur de mouvement extérieur repose sur la détection des variations dans un champ surveillé, provoquées par le déplacement d'un objet ou d'une personne. Il peut utiliser différentes technologies, comme l'infrarouge passif (PIR), qui détecte les changements de température, ou les ultrasons, qui repèrent les variations d'ondes sonores réfléchies. Lorsqu'un mouvement est détecté dans la zone surveillée, le système déclenche une alarme, active un éclairage ou envoie une notification. Ces dispositifs sont largement utilisés pour la sécurité des habitations et des bâtiments. [9]



Figure I.7 : Détecteur de mouvement extérieur [10].

2. Détecteur de mouvement intérieur

Un détecteur de mouvement intérieur fonctionne principalement avec un capteur infrarouge passif (PIR) qui capte les variations de chaleur provoquées par le déplacement d'une personne dans son champ de vision. Lorsqu'une différence de température est détectée, le capteur envoie un signal à un système central qui peut alors déclencher une alarme, allumer une lumière ou activer une caméra. Il peut être installé dans toutes les pièces de la maison, à condition qu'il

n'y ait pas de source de chaleur dans son champ de détection. Ces détecteurs sont conçus pour fonctionner efficacement dans des environnements clos, avec peu d'interférences extérieures. [9]



Figure I.8 : Détecteur de mouvement intérieur [11].

I.4.4.2. Détecteur d'ouverture

Un capteur d'ouverture est un appareil de protection destiné à repérer l'accès non autorisé aux domiciles, boutiques et lieux de travail. Ce détecteur peut être placé sur des portes, fenêtres ou baies vitrées pour assurer une sécurité optimale. Il comprend généralement deux composants : un détecteur monté sur le châssis de l'ouverture et un aimant positionné sur la partie mouvante (porte ou fenêtre). Quand la porte est ouverte, l'accord entre ces deux éléments est interrompu, provoquant une modification du champ magnétique. Le capteur détecte cette rupture et déclenche une alerte pour signaler l'ouverture. [12]

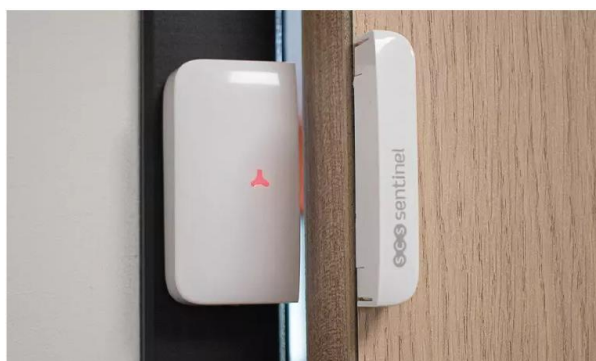


Figure I.9 : Détecteur d'ouverture [13].

I.4.4.3 Détecteur de bris de vitre

Un détecteur de bris de vitre est un dispositif conçu pour identifier la présence de verre brisé. Principalement utilisé dans les applications industrielles, tels que la construction, la démolition et la rénovation de bâtiments, il permet de repérer les éclats de verre au sol ou dans un espace donné. L'objectif principal de cet appareil est de minimiser les risques d'accidents et de blessures potentiellement causés par ces débris.

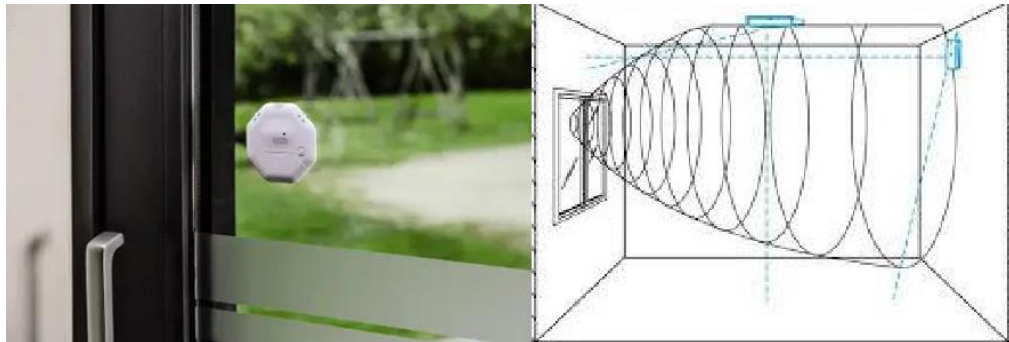


Figure I.10 : Détecteur de bris de vitre [14].

Ces détecteurs reposent principalement sur des accéléromètres. Ces transducteurs mesurent les variations d'accélération dans différentes directions. Lors d'un impact, l'appareil compare l'accélération mesurée à un seuil prédéfini. Si ce seuil est dépassé, les données d'accélération sont enregistrées. [15]

I.4.4.4 Détecteur d'incendie

Un détecteur d'incendie est un dispositif conçu pour détecter la présence d'un incendie et alerter les occupants d'un bâtiment, ainsi que les services d'urgence si le système est connecté. Son fonctionnement repose sur la détection de l'un ou plusieurs des phénomènes physiques et chimiques caractéristiques d'un incendie, tels que :

- La fumée
- La chaleur
- La flamme

Les détecteurs d'incendie sont des éléments essentiels des systèmes de sécurité incendie et jouent un rôle crucial dans la protection des vies et des biens en permettant une intervention rapide en cas d'incendie. Ils peuvent être autonomes (fonctionnant sur batterie) ou intégrés à un système d'alarme incendie centralisé.

Pour faire simple, un détecteur d'incendie est un dispositif qui capte les indices d'un feu et active une alarme. [16]

1. Détecteur de fumée

Un détecteur de fumée est un dispositif de sécurité conçu pour réagir à la fumée ou aux particules de vapeur présentes dans l'air. Son installation vise à :

- Repérer les fumées dès le début d'un incendie.
- Diffuser immédiatement une alarme sonore suffisamment forte pour réveiller une personne qui dort.



Figure I.11 : Détecteur de fumée [17].

Le détecteur de fumée est crucial, il alerte rapidement les occupants dès le début d'un incendie, même s'il ne peut l'empêcher.

Un détecteur de fumée ne stoppe pas un incendie, mais il vous alerte vite pour que vous pouvez intervenir. Son rôle est vital dès les premiers signes de feu. [18]

2. Détecteur de chaleur

Pour une protection incendie efficace, associez les détecteurs de fumée et de chaleur. Ces derniers, idéaux pour la cuisine, la chaufferie et le garage, se déclenchent à partir de 54°C grâce à un thermistor, alertant ainsi des dangers potentiels.



Figure I.12 : Détecteur de chaleur [19].

3. Détecteur de flamme

Un détecteur de flamme est un capteur qui détecte rapidement la présence d'une flamme, même en l'absence de fumée. Utilisant des technologies UV ou IR, il peut réagir en déclenchant une alarme, en coupant l'alimentation en combustible ou en activant un système d'extinction automatique, selon la configuration. On les trouve souvent dans les chaudières et autres applications nécessitant une détection rapide des flammes. [20]



Figure I.13 : Détecteur de flamme [21].

I.4.4.5 Détecteurs ultrasoniques (US)

Les détecteurs ultrasoniques sont des capteurs qui déterminent la distance à un objet en exploitant les propriétés des ondes ultrasonores. Ils émettent une impulsion ultrasonore, puis mesurent le temps de propagation de l'écho réfléchi par l'objet. Cette durée est par la suite transformée en une distance.

Fonctionnant les détecteurs ultrasonores (US) de type émetteur/récepteur émettent des ondes sonores à haute fréquence (32 kHz à 45 kHz). Lorsqu'une onde rencontre un objet, elle est réfléchie vers le détecteur avec une fréquence différente. L'appareil mesure cette variation de fréquence pour déterminer si un objet est présent. Ces détecteurs ont une portée limitée, mais sont capables de détecter de faibles mouvements, même à travers certains obstacles [22].

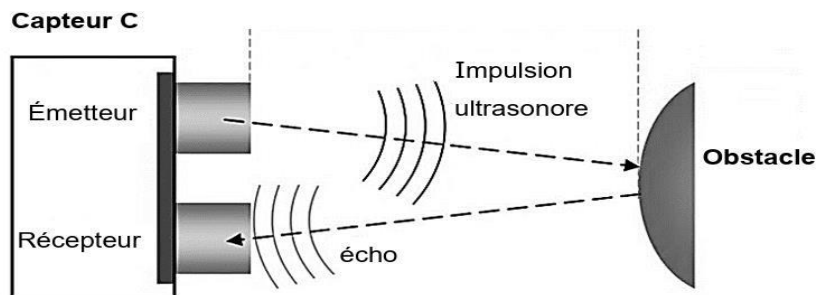


Figure I.14 : Capteur de distance à Ultrasons [23].

I.4.4.6. Détecteur de gaz

Le détecteur de gaz naturel, gaz de ville et GPL est conçu pour assurer votre sécurité. Il se déclenche par un voyant vert et émet une alarme sonore dès qu'il détecte du gaz, accompagné d'un indicateur clignotant. L'affichage numérique indique le niveau de gaz et bascule en mode d'alerte après quatre minutes. Si la concentration dépasse le seuil de 3, l'indicateur devient rouge et le son de l'alarme varie en fonction du niveau de danger. Lorsqu'une concentration critique est atteinte, l'alarme s'éclaire en rouge.

Il Alimente par 220 V et produisant un niveau sonore de 85 décibels [24].



Figure I.15 : Détecteur de gaz [25].

I.4.4.7. Détecteur d'inondation

Les détecteurs d'inondation fonctionnent par la mesure de variations de capacité ou l'utilisation de capteurs à flotteur. Dans le cas des capteurs capacitifs, l'eau modifie la constante diélectrique entre deux plaques, ce qui change la capacité et permet de détecter la présence d'eau. Les capteurs à flotteur, eux, déclenchent un contact électrique lorsque l'eau fait monter un flotteur, fermant ainsi un interrupteur. Un autre principe de fonctionnement repose sur la détection de fuites d'eau à l'aide de capteurs de débit installés aux points d'entrée et de sortie des canalisations. Lorsque les débits mesurés à ces deux points diffèrent de manière significative, cela indique une fuite ou un vol d'eau. Les données sont collectées par des microcontrôleurs tels que l'Arduino, puis transmises via des modules de communication (Wi-Fi, GSM, LoRa) à une plateforme cloud ou à une application mobile. Ce dispositif assure un contrôle en direct et une gestion prédictive des fuites d'eau. Ces technologies sont couramment utilisées pour une détection précise du niveau d'eau, tant dans les environnements industriels que domestiques. [26]



Figure I.16 : Détecteur d'inondation [27].

I.4.4.8. Détecteur d'intrusion

Un détecteur d'intrusion est un dispositif ou un système conçu pour détecter toute activité non autorisée ou suspecte dans une zone ou un environnement spécifique, comme une maison, un bâtiment ou un réseau informatique. On peut l'utiliser dans différents contextes :

1.Système de sécurité physique : Ce type de détecteur est souvent installé dans des bâtiments pour identifier des intrusions physiques, comme des tentatives d'effraction. Il peut utiliser des capteurs de mouvement, des caméras de surveillance, des détecteurs de bris de vitre ou des capteurs de porte et fenêtre pour repérer toute entrée non autorisée.

2.Système de sécurité informatique : Dans le domaine de la cybersécurité, un détecteur d'intrusion (souvent appelé IDS pour Intrusion Detection System) surveille et analyse le trafic réseau à la recherche de comportements suspects ou malveillants. Lorsqu'une activité inhabituelle est détectée (par exemple, des tentatives de piratage ou des virus), le système peut envoyer une alerte pour informer les administrateurs.

Ces systèmes ont pour objectif de prévenir les intrusions en identifiant rapidement les menaces, et souvent de déclencher des alarmes ou d'autres actions pour limiter les risques de dommage. [28]



Figure I.17 : Détecteur d'intrusion [29].

I.4.5. Détecteurs de lumière

Un détecteur de lumière est un dispositif qui détecte les variations de luminosité dans son environnement et réagit en fonction de ces changements. Il peut être utilisé dans divers contextes et applications, et il en existe plusieurs types selon l'usage.

Voici quelques exemples :

1.Détecteur de lumière pour l'éclairage automatique : Ce type de détecteur est couramment utilisé dans les systèmes d'éclairage public ou domestique. Par exemple, dans des espaces extérieurs comme les jardins ou les allées, un détecteur de lumière peut allumer automatiquement les lampes lorsqu'il fait sombre et les éteindre lorsque la lumière du jour revient. C'est souvent utilisé dans les lampes à détecteur de mouvement ou les systèmes

D'éclairage de rue.

2.Photo cellule : C'est un capteur de lumière qui fonctionne généralement de manière automatique pour contrôler l'intensité lumineuse. Par exemple, dans certaines installations d'éclairage public, la photo cellule mesure la luminosité ambiante et ajuste l'éclairage en fonction de l'heure de la journée ou des conditions météorologiques.

3.Détecteur de lumière dans des systèmes de sécurité : Certains systèmes de sécurité utilisent des détecteurs de lumière pour détecter un changement soudain dans l'éclairage, ce qui peut indiquer qu'une porte ou une fenêtre a été ouverte, ou un mouvement a été détecté. Ces capteurs peuvent être combinés avec des détecteurs de mouvement pour augmenter l'efficacité d'un système de surveillance.

En résumé, un détecteur de lumière sert à détecter les niveaux de luminosité et peut être utilisé pour automatiser des fonctions liées à l'éclairage ou pour signaler un changement dans l'environnement lumineux [30].



Figure I.18 : Capteur de cellule photoélectrique [31].

I.4.6. Détecteur sonore

Un détecteur sonore est un dispositif conçu pour capter les ondes sonores ou les vibrations acoustiques présentes dans un environnement donné et les convertir en signaux électriques. Ce type de capteur utilise des technologies telles que les microphones ou les capteurs piézoélectriques pour détecter les variations de pression de l'air causées par des sons. Les signaux ainsi générés peuvent être analysés pour mesurer l'intensité sonore, identifier des événements spécifiques (comme des bris de verre ou des coups), ou encore déclencher des

Actions automatisées, comme une alarme ou un système de surveillance. Les détecteurs sonores sont utilisés dans divers domaines tels que la sécurité, la surveillance acoustique, et les applications industrielles. [32]

Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un détecteur sonore repose sur la détection des ondes sonores ou des vibrations acoustiques présentes dans l'environnement. Voici les étapes principales qui expliquent son fonctionnement :

1.Capture des vibrations acoustiques : Le détecteur sonore utilise des capteurs acoustiques, tels que des microphones ou des capteurs piézoélectriques, pour capter les vibrations du milieu causées par des ondes sonores. Ces capteurs sont sensibles aux variations de pression dans l'air ou dans d'autres matériaux, qui sont produites par des sons (comme un bruit, un cri, un impact, etc.).

2.Conversion des vibrations en signal électrique : Une fois les vibrations acoustiques captées par le capteur, elles sont converties en un signal électrique.

- Dans le cas des microphones, un diaphragme (une membrane sensible aux variations de pression) vibre sous l'effet des ondes sonores, ce qui génère une variation de courant ou de tension.
- Dans les capteurs piézoélectriques, les vibrations créent une pression sur un matériau piézoélectrique, générant ainsi un courant électrique proportionnel à l'intensité du son.

3.Amplification et traitement du signal : Le signal électrique généré par le capteur est souvent de faible intensité. Il est donc amplifié par des circuits électroniques pour en faciliter l'analyse. Des filtres peuvent également être appliqués pour extraire les fréquences spécifiques d'intérêt (par exemple, pour détecter un bruit particulier).

4.Analyse du signal : Une fois amplifié et filtré, le signal sonore est ensuite analysé. Selon l'application, cette analyse peut permettre de :

- Détecter la présence ou l'absence de son.
- Mesurer l'intensité sonore (en décibels).
- Identifier des sons spécifiques, comme un bris de vitre ou un coup.

5.Réaction ou déclenchement : Si un événement particulier est détecté (par exemple, un bruit suspect), le détecteur sonore peut déclencher une alarme ou envoyer une alerte à un système de sécurité. Dans certains cas, il peut également activer un mécanisme automatisé (comme l'activation d'une caméra ou de lumières) [32].



Figure I.19 : Le principe de détecteur sonore [33].

I.4.7. Détecteur intelligent

Un détecteur intelligent est un appareil qui utilise des technologies avancées pour détecter et surveiller des événements, des changements ou des anomalies dans son environnement. Contrairement aux détecteurs traditionnels qui sont souvent limités à une fonction spécifique (comme détecter la fumée, le mouvement ou les gaz), un détecteur intelligent peut analyser et traiter les données qu'il collecte, et parfois même prendre des décisions ou agir en conséquence.

Voici quelques caractéristiques courantes des détecteurs intelligents :

1.Connectivité : Ils peuvent être connectés à un réseau, souvent via Wi-Fi ou Bluetooth, pour communiquer avec d'autres appareils ou systèmes comme un smartphone, une centrale domotique, ou une application spécifique.

2.Fonctionnalités avancées : Ces détecteurs peuvent combiner plusieurs technologies dans un seul appareil (par exemple, un détecteur de mouvement avec une caméra et un capteur de température).

3.Notifications en temps réel : Lorsqu'un événement est détecté, comme une fuite de gaz, une intrusion ou une variation de température, le détecteur peut envoyer des alertes instantanées à votre téléphone ou à un service de sécurité.

4. Automatisation : Certains détecteurs intelligents peuvent être programmés pour interagir avec d'autres appareils intelligents dans votre maison. Par exemple, un détecteur de fumée peut activer un système d'évacuation ou un détecteur de mouvement peut allumer des lumières automatiquement.

5. Apprentissage et adaptation : Certains détecteurs intelligents peuvent apprendre des habitudes des utilisateurs pour améliorer la précision de leurs détections (par exemple, en distinguant entre un animal domestique et une intrusion).

Les détecteurs intelligents sont utilisés dans de nombreux domaines comme la sécurité domestique, la gestion de l'énergie, et la surveillance environnementale. [34]



Figure I.20 : Détecteur intelligent de caméra d'hôtel [35].

I.5. Conclusion

D'après ce chapitre qui permet de comprendre l'importance des détecteurs. On a découvert les principaux types de ces détecteurs et leurs fonctionnements, ainsi que les critères importants pour bien les choisir selon l'application. Ces notions de base sont indispensables pour comprendre leur utilisation dans de nombreux domaines techniques et scientifiques.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter un détecteur sonore. Et pour pouvoir réaliser le circuit de ce détecteur, il est d'abord nécessaire de faire une étude théorique des composants utilisés.

Chapitre II
Généralités sur
les composants utilisés

II.1. Introduction

Les composants utilisés dans un circuit électronique constituent les éléments fondamentaux assurant le bon fonctionnement de l'ensemble du système. Dans le cadre de notre projet de fin d'études, il est essentiel de réaliser une étude approfondie de chaque composant employé. Cette analyse permet non seulement de comprendre le rôle précis de chaque élément, mais également de garantir la fiabilité et l'efficacité de chaque étage du circuit du détecteur sonore. Une telle démarche est indispensable pour assurer une conception rigoureuse et optimisée du dispositif final.

II.2. Généralités sur les composants

Les composants électroniques représentent les éléments essentiels à la construction des circuits électroniques. On les distingue généralement en deux catégories principales : les composants actifs, tels que les transistors et les circuits intégrés, et les composants passifs, comme les résistances et les condensateurs. En associant judicieusement ces deux types de composants, il devient possible de concevoir une multitude de circuits électroniques adaptés à une grande variété de besoins et d'applications.

II.2.1. Potentiomètre

Le potentiomètre est une résistance variable permettant de modifier manuellement la valeur de la résistance dans un circuit, à l'aide d'un mécanisme rotatif ou linéaire. Ce composant électronique, généralement de petite taille, est couramment utilisé pour ajuster divers paramètres électriques tels que la tension, le volume sonore ou la luminosité [36].

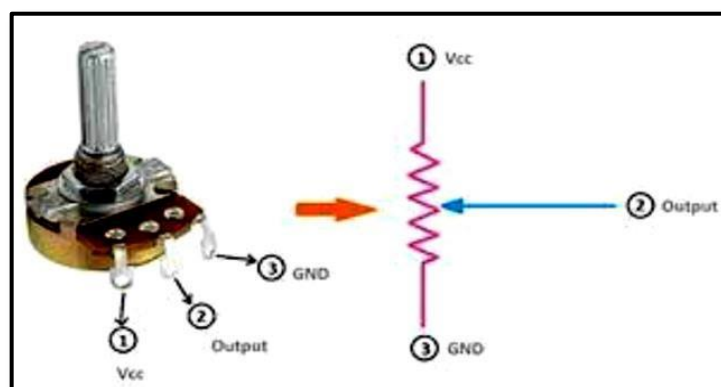


Figure II.1 : Potentiomètre rotatif [37].

II.2.2. Transformateur

Le transformateur est un dispositif électromagnétique utilisé pour modifier les valeurs de tension et d'intensité d'un courant alternatif (AC), tout en conservant sa fréquence et sa forme d'onde. Il est constitué d'au moins deux enroulements de fil conducteur, appelés bobines primaire et secondaire, généralement enroulés autour d'un noyau magnétique. Lorsqu'un courant alternatif traverse l'enroulement primaire, il génère un champ magnétique variable qui induit, par le phénomène d'induction électromagnétique, une tension dans l'enroulement secondaire. [36]

En fonction du rapport de spires des deux bobinages, le transformateur a la capacité soit d'augmenter (transformateur élévateur), soit de diminuer (transformateur abaisseur) la tension alternative. La puissance électrique étant conservée, une augmentation de la tension implique une diminution du courant, et inversement.

Dans le schéma électrique, le symbole normalisé illustre la présence d'un transformateur [36].

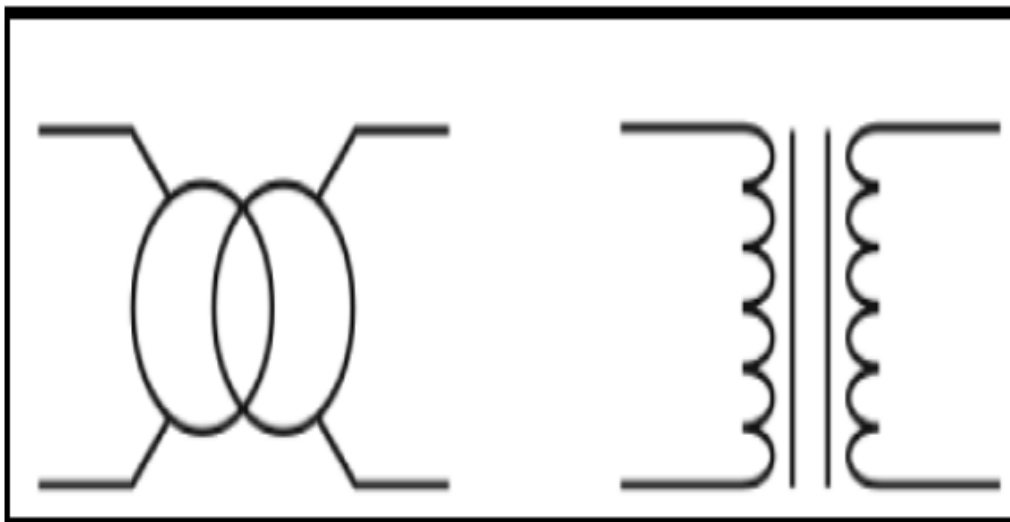


Figure II.2 : Symboles de transformateur [38].

II.2.3. Régulateur de tension 7812

Le 7812 fait partie de la série des régulateurs 78xx, c'est un régulateur de tension linéaire conçu pour délivrer une tension de sortie fixe et stable. Pour être plus précis, les 7812 fournissent une tension continue régulée de 12 volts. On l'utilise fréquemment pour fournir une tension stable à des circuits électroniques, malgré les fluctuations potentielles de la tension d'entrée. Ce composant possède généralement trois broches :

1. **Entrée (IN)** : où la tension non régulée est appliquée (généralement entre 14V et 35V),
2. **Masse (GND)** : référence commune,
3. **Sortie (OUT)** : délivre une tension régulée de 12V.

Le régulateur 7812 protège également les circuits contre les surtensions, les surchauffes et les surintensités, grâce à ses fonctions intégrées de protection thermique et de limitation de courant.

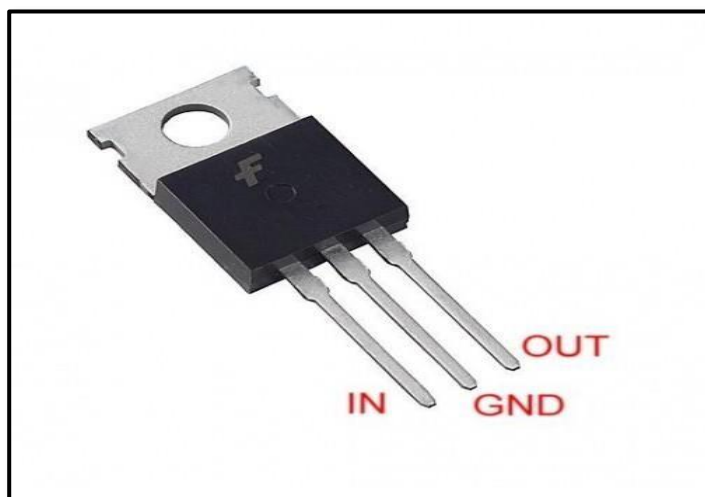


Figure II.3 : Régulateur de tension 7812 [39].

II.2.4. Microphone à électret

Le microphone à électret est un type de microphone capacitif couramment utilisé dans les applications audios pour sa sensibilité et sa compacité. Il est basé sur le principe de la variation de capacité entre deux électrodes, dont l'une est constituée d'un matériau électret : un isolant électriquement polarisé de manière permanente. Cette polarisation permet au microphone de fonctionner sans alimentation externe pour la polarisation, contrairement aux microphones à condensateur classiques.

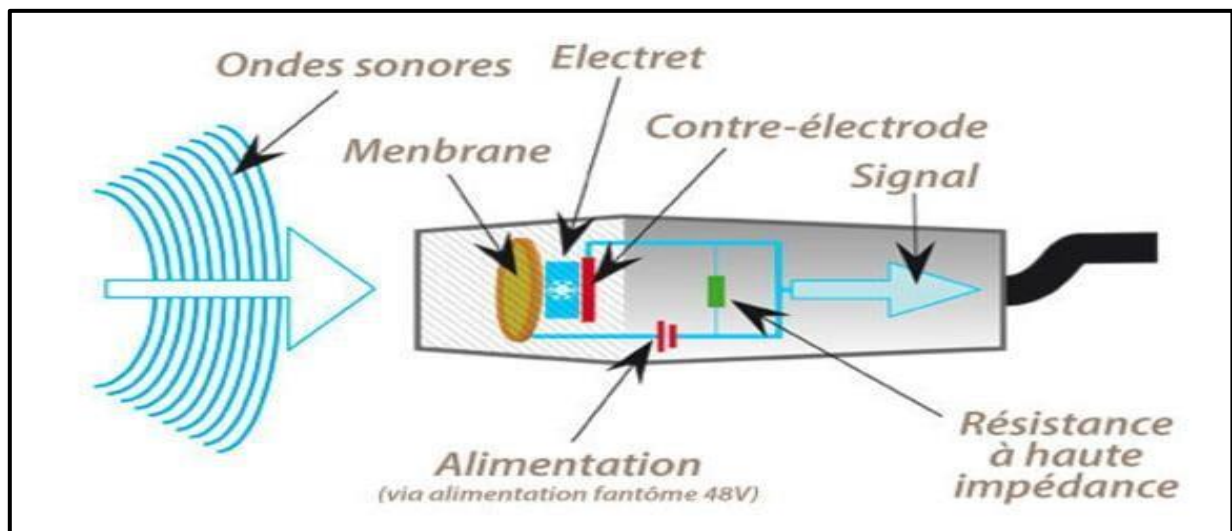


Figure II.4 : Principe de fonctionnement d'un microphone à électret [40].

Lorsqu'une onde sonore frappe la membrane souple du microphone à électret, celle-ci vibre, ce qui entraîne une variation de la distance entre la membrane et la contre-électrode fixe. Cela crée ainsi une variation de la capacité entre ces deux éléments. Cette variation de capacité génère un signal électrique correspondant aux variations sonores captées. L'électret, qui est un matériau électriquement polarisé, permet de maintenir une charge permanente sur la contre-électrode, assurant ainsi la conversion des vibrations en un signal électrique. Ce signal, très faible, est ensuite amplifié, permettant ainsi d'obtenir un signal utilisable pour un traitement ultérieur.

Ce type de microphone est largement utilisé dans les téléphones, ordinateurs, enregistreurs audio, systèmes de reconnaissance vocale et dispositifs embarqués, en raison de son faible coût, de sa fiabilité et de sa taille réduite [40].



Figure II.5 : Microphone à électret [41].

Dans notre circuit de détecteur sonore, nous utilisons un microphone ayant une plage de fréquence de 100Hz à 20KHz et une sensibilité de $-38 \pm 3\text{dB}$, aura probablement un bruit propre de 32 à 36dB et un temps de réponse compris entre $20\mu\text{S}$ et $50\mu\text{S}$.

II.2.5. Fusible

Un fusible est un dispositif de sécurité employé dans les circuits électriques. Il a pour mission de protéger les instruments des surcharges de courant ou des courts-circuits.

Il contient un fil métallique (généralement en plomb, cuivre ou alliage) qui fond quand le courant dépasse une certaine intensité.

Quand ce fil fond, le circuit est ouvert, donc le courant ne passe plus, ce qui évite les dommages aux appareils ou au câblage.



Figure II.6 : Fusible en cartouche de verre [42].

II.2.6. Diode

La diode est un composant électronique semi-conducteur qui permet le passage du courant électrique dans un seul sens (conduction unidirectionnelle) et le bloque dans le sens opposé. Elle est principalement constituée de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium ou le germanium.

Une diode est formée par l'association de deux types de semi-conducteurs :

- Le type P, riche en trous (lacunes d'électrons, agissant comme charges positives),
- Le type N, riche en électrons libres (charges négatives).

La jonction de ces deux matériaux forme une jonction PN.

- Le côté P est appelé anode,
- Le côté N est appelé cathode. [43]

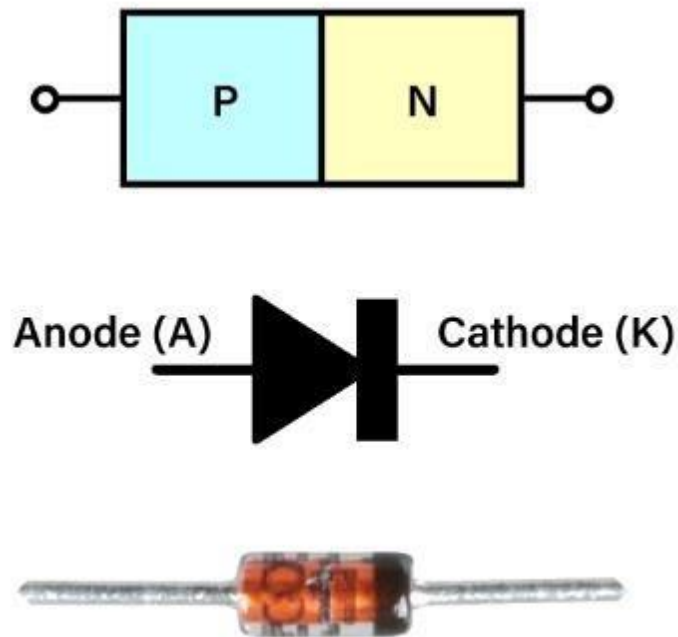


Figure II.7 : La diode à une jonction P-N [44].

Lorsque la tension positive est appliquée à l'anode et la tension négative à la cathode, la barrière de potentiel de la jonction diminue. Un champ électrique interne est alors créé, facilitant le passage des porteurs majoritaires :

- Les électrons de la région N traversent la jonction vers la région P où ils se recombinent avec les trous,
- Les trous de la région P se déplacent vers la région N.

Ce déplacement des porteurs majoritaires engendre un courant électrique à travers la diode. La diode commence à conduire lorsque la tension de seuil est atteinte : environ 0,6 V pour une diode au silicium et 0,3 V pour une diode au germanium.

Si la tension positive est appliquée à la cathode et la tension négative à l'anode, la barrière de potentiel augmente, bloquant ainsi le passage des porteurs majoritaires.

Seuls quelques porteurs minoritaires peuvent traverser la jonction, générant un courant de fuite très faible, appelé courant inverse. Dans cette configuration, la diode est dite bloquée [45].

Les diodes sont largement utilisées dans les circuits électroniques, notamment :

- Dans les redresseurs de courant alternatif (conversion AC \rightarrow DC),
- Pour la protection contre les surtensions,
- Dans les circuits logiques ou les montages de commutation.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous utilisons des diodes 1N4148, connues pour leur vitesse de commutation élevée, afin de redresser les signaux alternatifs.

II.2.7. Diode électroluminescente LED

Une LED (Light Emitting Diode) est un composant électronique semi-conducteur capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant électrique en polarisation directe. Cette émission lumineuse résulte de la recombinaison des porteurs de charge (électrons et trous) au niveau de la jonction PN [45].

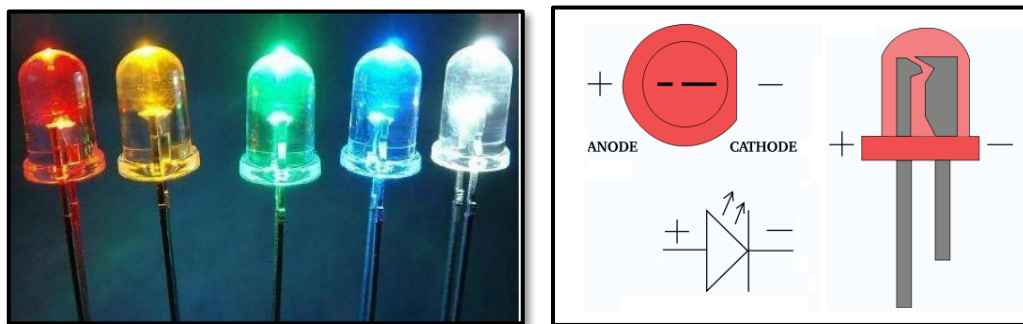


Figure II.8 : La diode électroluminescente et leur symbole [46,47].

La LED est constituée de matériaux semi-conducteurs dopés, formant une jonction P-N. Lorsque la LED est polarisée directement, les électrons de la région N migrent vers la région P, où ils se recombinent avec les trous. Les électrons ayant un niveau d'énergie plus élevé que les trous, cette recombinaison entraîne une libération d'énergie sous forme de photons, c'est-à-dire de lumière. [48]

Les électrons, plus mobiles que les trous, atteignent rapidement la zone P, tandis que les trous, moins rapides, atteignent plus lentement la zone N. Cette dynamique crée une accumulation d'électrons dans la région P, qui devient alors la zone active d'émission. [49]

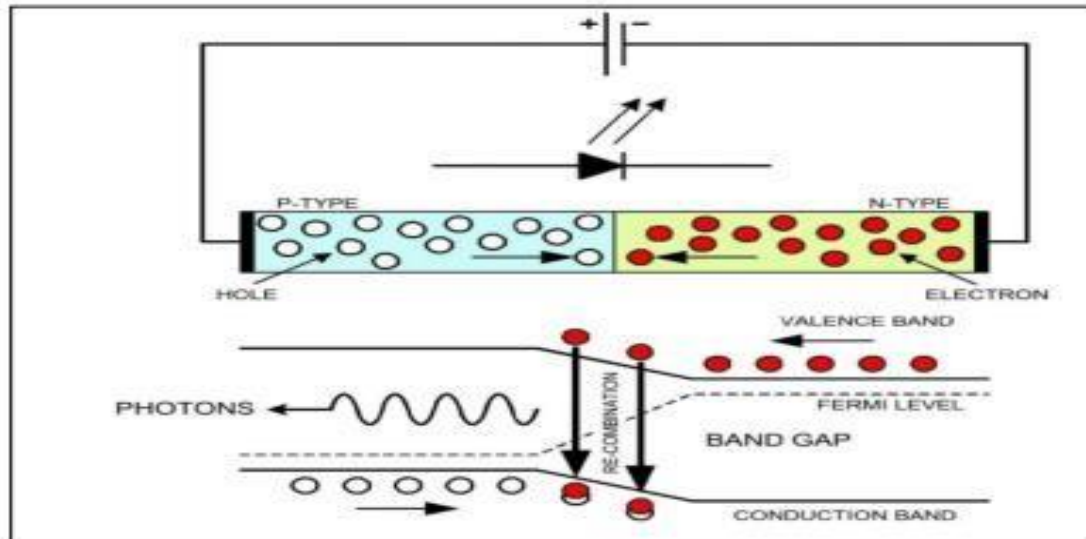


Figure II.9 : Principe de fonctionnement d'une LED [49].

Le spectre d'émission d'une LED représente l'intensité lumineuse émise en fonction de la longueur d'onde. Ce spectre dépend principalement du matériau semi-conducteur utilisé ainsi que de la largeur de la bande interdite (band gap) du matériau.

La couleur perçue d'une LED est directement liée à son spectre d'émission, c'est-à-dire aux longueurs d'onde dominantes de la lumière qu'elle émet. Cette couleur est déterminée par la valeur du gap énergétique, selon la relation suivante :

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (\text{II.1})$$

Où :

E est l'énergie du photon (en électronvolts, eV),

h est la constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s),

c est la vitesse de la lumière dans le vide (3×10^8 m/s),

λ est la longueur d'onde de la lumière émise (en mètres). [46]

Ainsi, plus la bande interdite est large, plus l'énergie des photons émis est élevée, et donc plus la longueur d'onde est courte (vers le violet). À l'inverse, un gap plus faible produit une lumière de longueur d'onde plus grande (vers le rouge).

Le tableau suivant représente les couleurs d'une LED et la plage de longueur d'onde que correspondant [48] :

Couleur émise par une LED	Longueur d'onde (nm)
Ultraviolet	$\lambda < 400$
Violet	$400 < \lambda < 450$
Bleu	$450 < \lambda < 500$
Vert	$500 < \lambda < 570$
Jaune	$570 < \lambda < 590$
Orange	$590 < \lambda < 610$
Rouge	$610 < \lambda < 760$

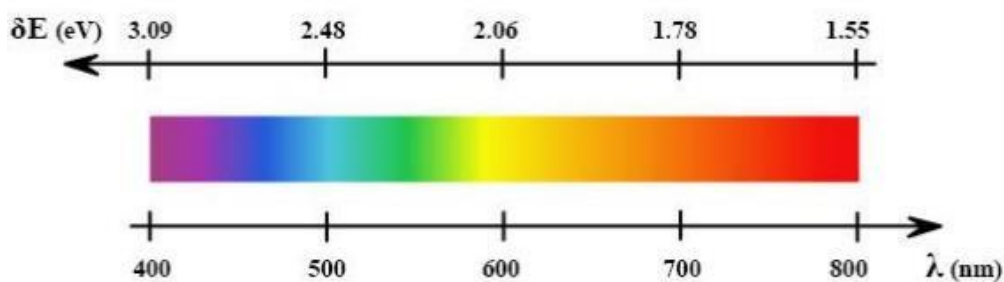


Figure II.10 : La longueur d'onde et le gap [46].

Les diodes électroluminescentes (DEL) sont couramment utilisées dans des applications d'éclairage, d'affichage et de signalisation, en raison de leur haute efficacité énergétique, de leur faible consommation et de leur longue durée de vie.

II.2.8. Transistor bipolaire

Le transistor est un composant électronique semi-conducteur fondamental, utilisé pour amplifier ou commuter des signaux électriques. Il est à la base de la majorité des circuits électroniques modernes.

Il est constitué de trois couches de matériaux semi-conducteurs, formant ainsi deux jonctions PN. Ces couches sont appelées [50] :

1. Émetteur (E) : zone émettrice de porteurs de charge.
2. Base (B) : zone de commande, très mince par rapport aux autres.
3. Collecteur (C) : zone collectant les porteurs de charge.

Il existe deux types de transistors bipolaires :

- NPN
- PNP

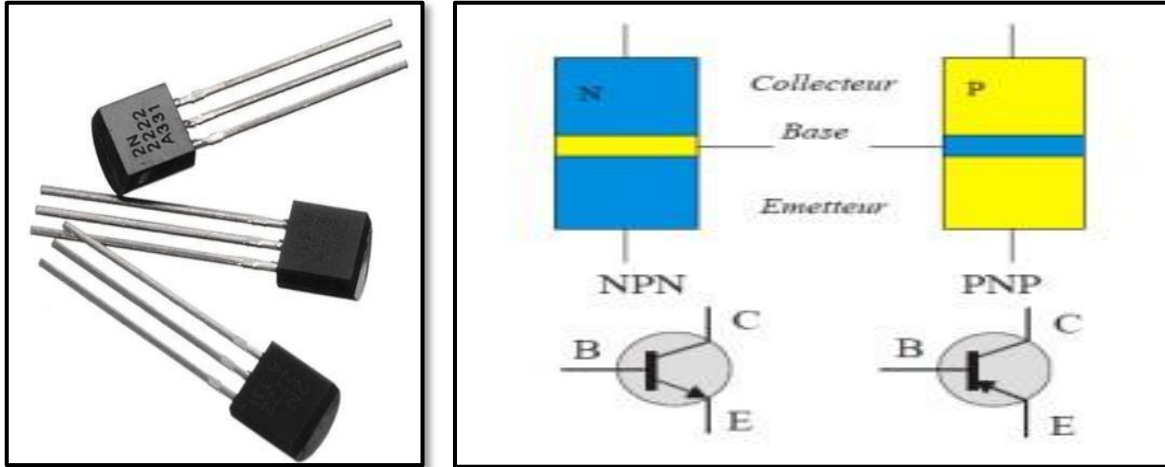


Figure II.11 : Le transistor bipolaire et leurs types [50,51].

Le transistor bipolaire travail en trois modes du fonctionnement : l'état bloqué, régime linéaire et l'état saturé.

En état de blocage, les deux jonctions du transistor sont polarisées en inverse, ce qui empêche la circulation du courant. Les courants dans le transistor sont alors nuls. Dans cette condition, le transistor se comporte comme un interrupteur ouvert, aussi bien entre la base et l'émetteur qu'entre le collecteur et la base. [52]

En régime linéaire (ou mode actif) du transistor, la jonction base-émetteur est polarisée en direct, tandis que la jonction base-collecteur est polarisée en inverse. Le courant de base, bien que présent, reste faible comparé au courant de collecteur, qui est pratiquement égal en valeur au courant d'émetteur. Dans cet état, le transistor assure une amplification linéaire du courant, décrite par la relation :

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (\text{II.2})$$

Où β est le gain en courant du transistor. [52]

En état de saturation, le transistor ne contrôle plus les courants qui le traversent. Les deux

jonctions (base-émetteur et base-collecteur) sont passantes, ce qui permet un passage libre du courant. Dans cette configuration, le transistor fonctionne comme un interrupteur fermé entre l'émetteur et le collecteur. [52]

Le tableau ci-dessous résume le fonctionnement des deux types de transistor bipolaires NPN et PNP :

	Etat	bloqué	linéaire	saturé
Type NPN	Conditions d'état	$V_{BE} < V_t$ (0,6 à 0,7V) $V_{CE} > 0$	$I_B > 0$ $I_C > 0$ $V_{CE} > V_{BE} > 0$	$I_B > 0$ $I_C > 0$ $V_{BE} > V_{CE} > 0$ $I_C < \beta I_B$
	Caractéristiques d'état	$I_C = I_B = I_E = 0$	$V_{BE} = V_t$ $I_C = \beta I_B$	$V_{BE} = V_t$ $V_{CE} = 0$
Type PNP	Conditions d'état	$V_{BE} > -V_t$ (0,6 à 0,7V) $V_{CE} < 0$	$I_B < 0$ $I_C < 0$ $V_{CE} < V_{BE} < 0$	$I_B < 0$ $I_C < 0$ $V_{BE} < V_{CE} < 0$ $I_C < \beta I_B$
	Caractéristiques d'état	$I_C = I_B = I_E = 0$	$V_{BE} = -V_t$ $I_C = \beta I_B$	$V_{BE} = -V_t$ $V_{CE} = 0$
	Limites	$-V_{BE} < V_{EBmax}$ $ V_{CE} < V_{CEmax} $	$ I_B < I_{Bmax} $ $ I_C < I_{Cmax} $ $ V_{CE} < V_{CEmax} $ $P < P_{max}$	$ I_B < I_{Bmax} $ $ I_C < I_{Cmax} $

Tableau II.1 : Tableau de comparaison du fonctionnement des transistors NPN et PNP [52].

Dans notre montage de projet de fin d'étude, nous avons utilisé deux transistors de type NPN :

BC109 : pour amplifier le signal.

BC548 : travaille en mode commutation (saturé-bloqué).

II.2.9. Le circuit intégré NE555

Le NE555 est un circuit intégré (CI) très polyvalent, utilisé pour générer des impulsions temporisées dans de nombreuses applications. Il peut fonctionner en mode monostable, astable ou bistable, selon la configuration du montage électronique [53].

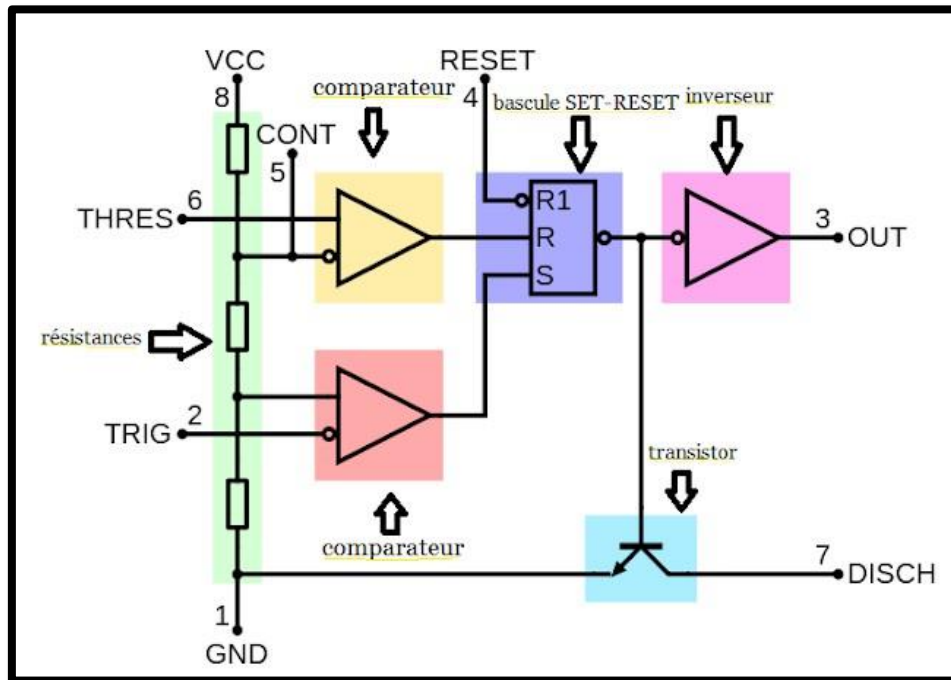
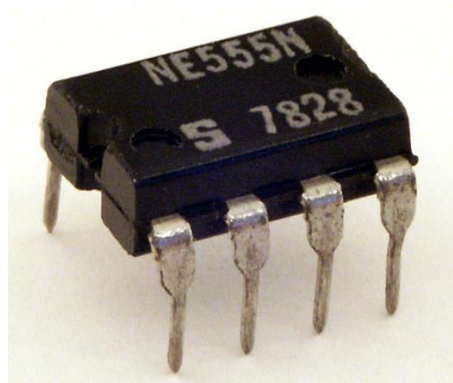


Figure II.12 : Le circuit intégré NE555 avec le schéma interne [53].

1. Brochage du NE555

Le NE555 comporte 8 broches disposées comme suit :

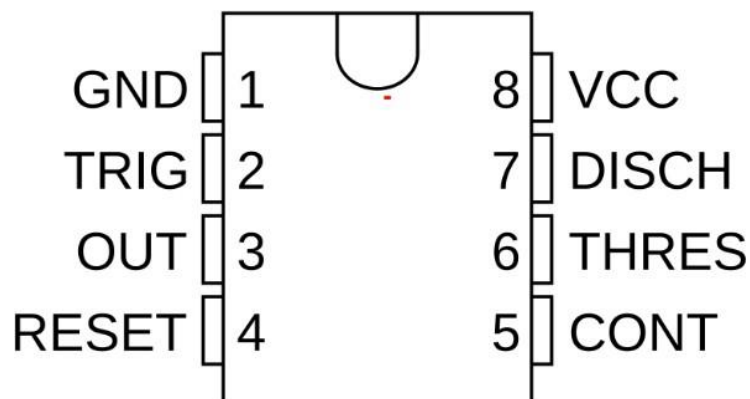


Figure II.13 : Schéma présentable de brochage du NE555 [53].

Le tableau ci-dessus représente la description des 8 Pins du circuit intégré NE555 :

* *	Nom	Description
1	GND	Masse .
2	TRIG	Gâchette, amorce la temporisation - Détecte lorsque la tension est inférieur à 1/3 de VCC .
3	OUT	Signal de sortie .
4	RESET	Remise à zéro, interruption de la temporisation (Délai avant l'exécution).
5	CONT	Accès à la référence interne (2/3 de VCC) .
6	THRES	Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse 2/3 de VCC .
7	DISCH	Borne servant à décharger le condensateur de temporisation .
8	VCC	Tension d'alimentation, généralement entre 5 et 15V .

Tableau II.2 : Tableau représente la description des pins du circuit intégré NE555 [53].

2. Le fonctionnement interne de circuit NE555

Le circuit intégré NE555 repose sur une architecture interne composée de plusieurs blocs fonctionnels qui interagissent pour générer des signaux temporisés. Voici les principaux éléments de son fonctionnement :

2.1. Réseau de résistances internes

Trois résistances identiques ($5 \text{ k}\Omega$ chacune) sont connectées en série entre la tension d'alimentation (V_{cc}) et la masse (GND), créant deux points de référence :

- $2/3 V_{cc}$
- $1/3 V_{cc}$

2.2. Deux comparateurs :

- **Comparateur de tension supérieur (comparateur 1) :** Compare la tension sur l'entrée de seuil (THRS (6)) à une fraction de la tension d'alimentation, généralement $2/3$ de V_{cc} . Lorsque cette tension est dépassée, il active l'entrée Reset de la bascule.

- **Comparateur de tension inférieur (comparateur 2)** : Compare la tension sur l'entrée de déclenchement (**TRIG (2)**) à **1/3 de Vcc**. Lorsque cette tension descend en dessous de ce seuil, il active l'entrée **Set** de la bascule.

2.3. Bascule RS (Set-Reset) : Elle contrôle l'état de la sortie selon les signaux provenant des deux comparateurs :

- **Set (S)** : Activé lorsque la tension du condensateur est inférieure à **1/3 de Vcc** (signal du comparateur inférieur), ce qui met la sortie (**Q**) à l'état **haut**.
- **Reset (R)** : Activé lorsque la tension du condensateur dépasse **2/3 de Vcc** (signal du comparateur supérieur), ce qui met la sortie (**Q**) à l'état **bas**.

La bascule **maintient** l'état de la sortie jusqu'à ce qu'un nouveau signal **Set** ou **Reset** modifie son état.

2.4. Transistor de sortie : Sert à fournir un signal de sortie logique (haut ou bas) sur la broche **OUT (3)** en fonction de l'état de la bascule. Il est capable de délivrer ou absorber un courant important (jusqu'à 200 mA), ce qui permet de piloter directement des LEDs, relais ou autres charges.

2.5. Un transistor de décharge :

- Connecté à la broche **DISCH (7)**.
- Sert à décharger un condensateur dans les montages astables ou monostables.

Nous pouvons résumer les états dans le tableau suivant

RESET	TRIG	THRES	OUT	DISCH
0	X	X	0	Actif
1	$< 1/3 V_{cc}$	X	1	Inactif
1	$> 1/3 V_{cc}$	$> 2/3 V_{cc}$	0	Actif
1	$> 1/3 V_{cc}$	$< 2/3 V_{cc}$	Valeur précédente	

Tableau II.3 : Tableau représente les états du fonctionnement du circuit intégré NE555 [53].

3. Le fonctionnement du NE555

3.1 Mode monostable

Le NE555, en mode monostable, génère une impulsion de durée déterminée par une résistance et un condensateur. Lors d'un front descendant appliqué à l'entrée de déclenchement (TRIG), la sortie passe à l'état haut, et le condensateur commence à se charger à travers la résistance. Lorsque la tension du condensateur atteint $\frac{2}{3}$ de V_{cc} , le circuit se réinitialise automatiquement et la sortie revient à l'état bas [54].

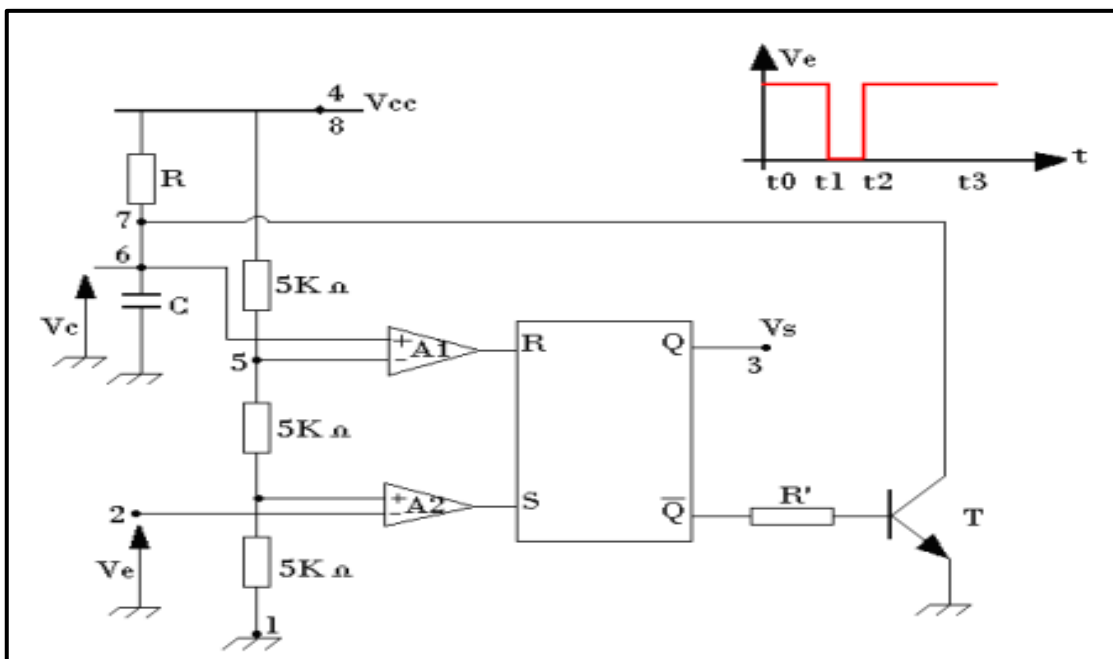


Figure II.14 : Câblage de NE555 en mode monostable [55].

3.2 Mode astable

Au début, lorsque l'alimentation est activée, le condensateur C commence à se charger progressivement à travers les résistances R_1 et R_2 . Tant que la tension aux bornes du condensateur est inférieure à $\frac{1}{3}$ de V_{cc} , le comparateur 2 (comp2) fournit un niveau logique haut (1), et le comparateur 1 (comp1) un niveau logique bas (0). Cela entraîne un état haut (1) à la sortie du NE555.

Le condensateur continue à se charger, et sa tension augmente entre $\frac{1}{3} V_{cc}$ et $\frac{2}{3} V_{cc}$. Dans cette plage, comp2 fournit un niveau bas (0) et comp1 également un niveau bas (0). La bascule RS reste alors dans son état précédent, c'est-à-dire que la sortie reste à 1 (état haut).

Le transistor de décharge (relié à la broche 7) reste bloqué, empêchant le courant de s'écouler vers la masse.

Lorsque la tension du condensateur dépasse $2/3$ de V_{cc} , comp1 fournit un niveau logique haut (1), et comp2 un niveau bas (0). La bascule est alors réinitialisée, et la sortie passe à 0 (état bas).

Le transistor de décharge passe alors en mode saturé, ce qui permet au condensateur C de se décharger rapidement à travers la résistance R2.

Une fois que la tension du condensateur redescend en dessous de $1/3 V_{cc}$, le cycle recommence. Ce processus de charge et de décharge du condensateur C se répète continuellement, générant un signal carré à la sortie du NE555 [54].

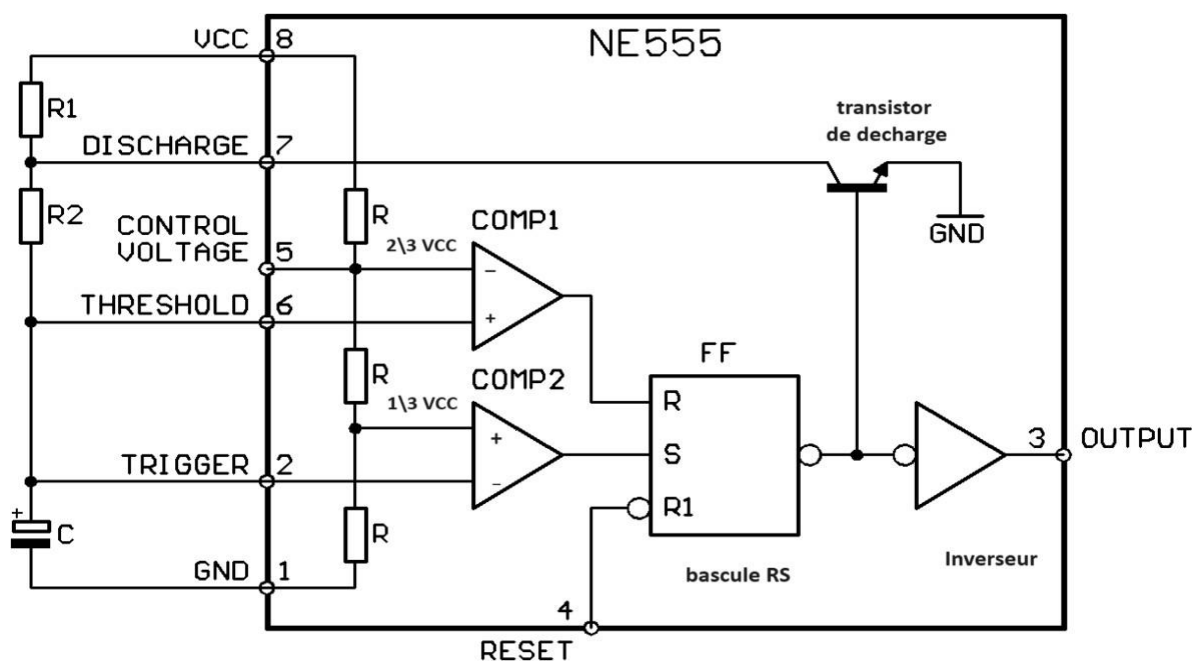


Figure II.15 : Le câblage de NE555 en mode astable [56].

3.3 Mode bistable

Le NE555 en mode bistable fonctionne comme une bascule à deux états stables : haut (1) ou bas (0). Il ne contient pas de condensateur ni de temporisation. Une impulsion basse sur la broche TRIG (2) fait passer la sortie à l'état haut (1). Un niveau bas sur la broche RESET (4) force la sortie à l'état bas (0). La sortie reste dans son état jusqu'à ce qu'un nouvel événement change son état [57].

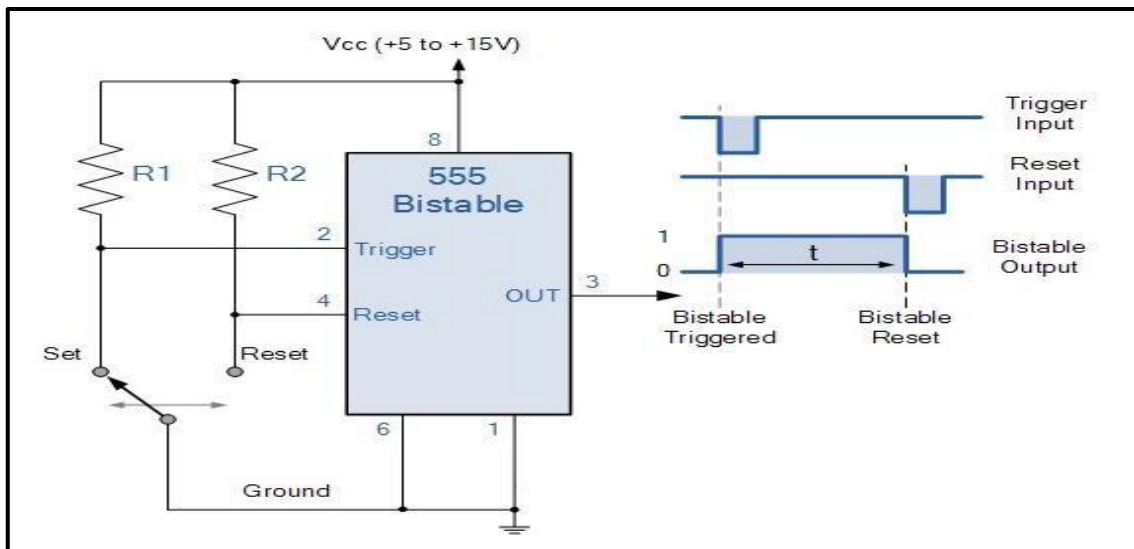


Figure II.16 : Le câblage de NE555 en mode bistable [57].

Dans le montage proposé dans notre projet de fin d'étude, le circuit intégré NE555 travail en mode monostable.

II.2.10. Relais de puissance

Un relais de puissance est un dispositif électromécanique ou électronique qui permet de commander l'ouverture ou la fermeture d'un circuit électrique de forte puissance (haute tension ou fort courant), à l'aide d'un signal de commande de faible puissance. Il agit comme un interrupteur commandé à distance, assurant une isolation entre le circuit de commande et le circuit de puissance.

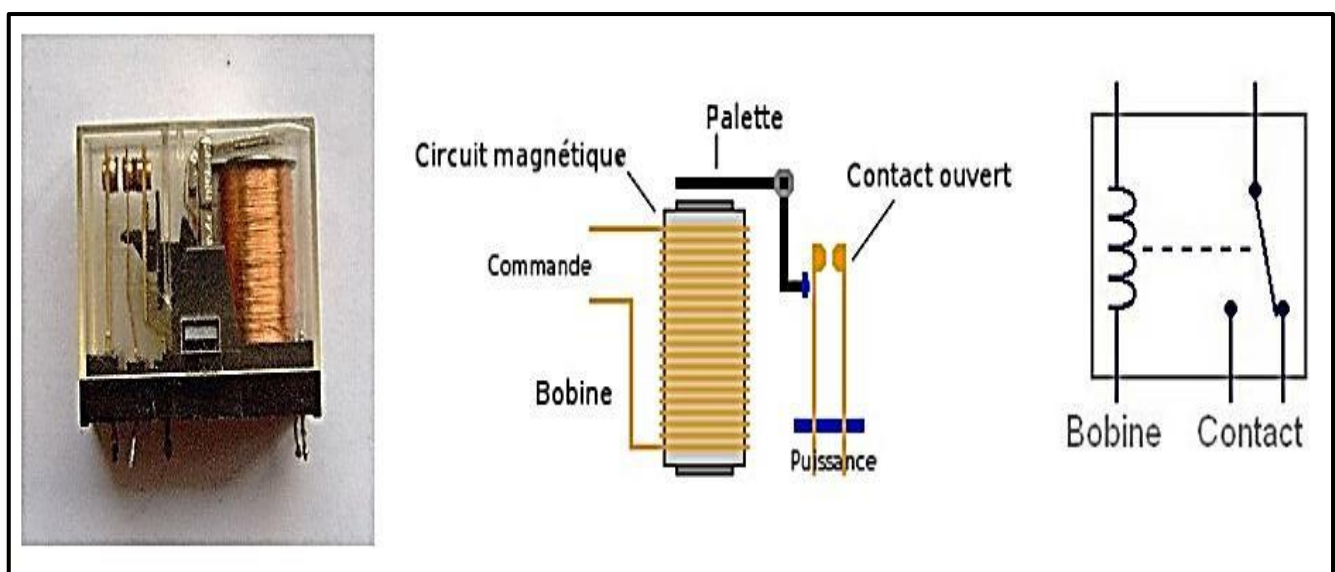


Figure II.17 : Relais de puissance [58].

Le principe de fonctionnement d'un relais électromécanique repose sur l'induction électromagnétique. Quand un courant passe par la bobine du relais, un champ magnétique est produit, ce qui entraîne le mouvement d'un levier mobile, communément désigné comme palette ou armature. Ce mécanisme offre la possibilité d'activer ou de désactiver des contacts dans un circuit différent, garantissant ainsi la gestion d'un circuit de puissance via un signal de faible puissance, sans liaison électrique directe entre les deux circuits.

Les relais électromécaniques sont appréciés pour leurs nombreux avantages, tels qu'une excellente isolation électrique entre le circuit de commande et le circuit de puissance, une commutation rapide, ainsi que la capacité de contrôler des charges élevées à l'aide d'un faible signal de commande. [59]

Dans le cadre du montage de notre projet de fin d'étude, un relais électromécanique est utilisé pour contrôler le circuit de puissance à partir d'un signal de faible puissance (12 V).

II.3. Conclusion

La maîtrise des composants électroniques utilisés dans les systèmes de détection sonore est essentielle pour garantir leur efficacité, leur fiabilité et leur conformité aux normes. Chaque composant joue un rôle précis dans l'architecture du système, et une bonne compréhension de leurs caractéristiques techniques est indispensable pour assurer un fonctionnement optimal.

L'expérimentation et la simulation permettent de tester le comportement des composants dans des conditions proches du réel. Cette approche facilite l'identification d'éventuels défauts, l'amélioration des performances et l'optimisation de la conception globale.

Les outils de simulation, en particulier, offrent la possibilité d'évaluer plusieurs configurations avant la mise en œuvre pratique, ce qui aide à prendre des décisions techniques fondées.

En somme, l'exploitation concrète des connaissances en électronique est un levier fondamental pour concevoir un système de détection sonore fiable, performant et adapté aux exigences de sécurité.

Chapitre III
Étude et réalisation
pratique

III.1 Introduction

Ce troisième chapitre constitue une étape essentielle de notre étude, marquant la transition entre l'approche théorique et l'expérimentation pratique, à travers l'analyse du montage via son schéma synoptique. La simulation du montage représente une démarche pertinente pour concrétiser les concepts théoriques. Elle offre un environnement virtuel propice à l'expérimentation de différentes configurations, sans nécessiter la construction physique du circuit, ce qui permet de gagner du temps et d'économiser des ressources. Cette phase de simulation favorise une meilleure compréhension du fonctionnement du montage et permet de détecter d'éventuels dysfonctionnements ou axes d'amélioration avant sa mise en œuvre réelle. Grâce au logiciel de simulation ISIS Proteus, nous serons en mesure de tester, ajuster et optimiser notre conception avec précision, avant d'entamer la réalisation concrète.

Ce passage à l'application concrète des connaissances acquises permet de mieux appréhender le sujet en profondeur et d'assurer une mise en œuvre optimale du montage.

III.2 Schéma synoptique du circuit électrique

Afin de mieux comprendre et d'analyser en profondeur le montage à réaliser, nous présentons le schéma synoptique suivant.

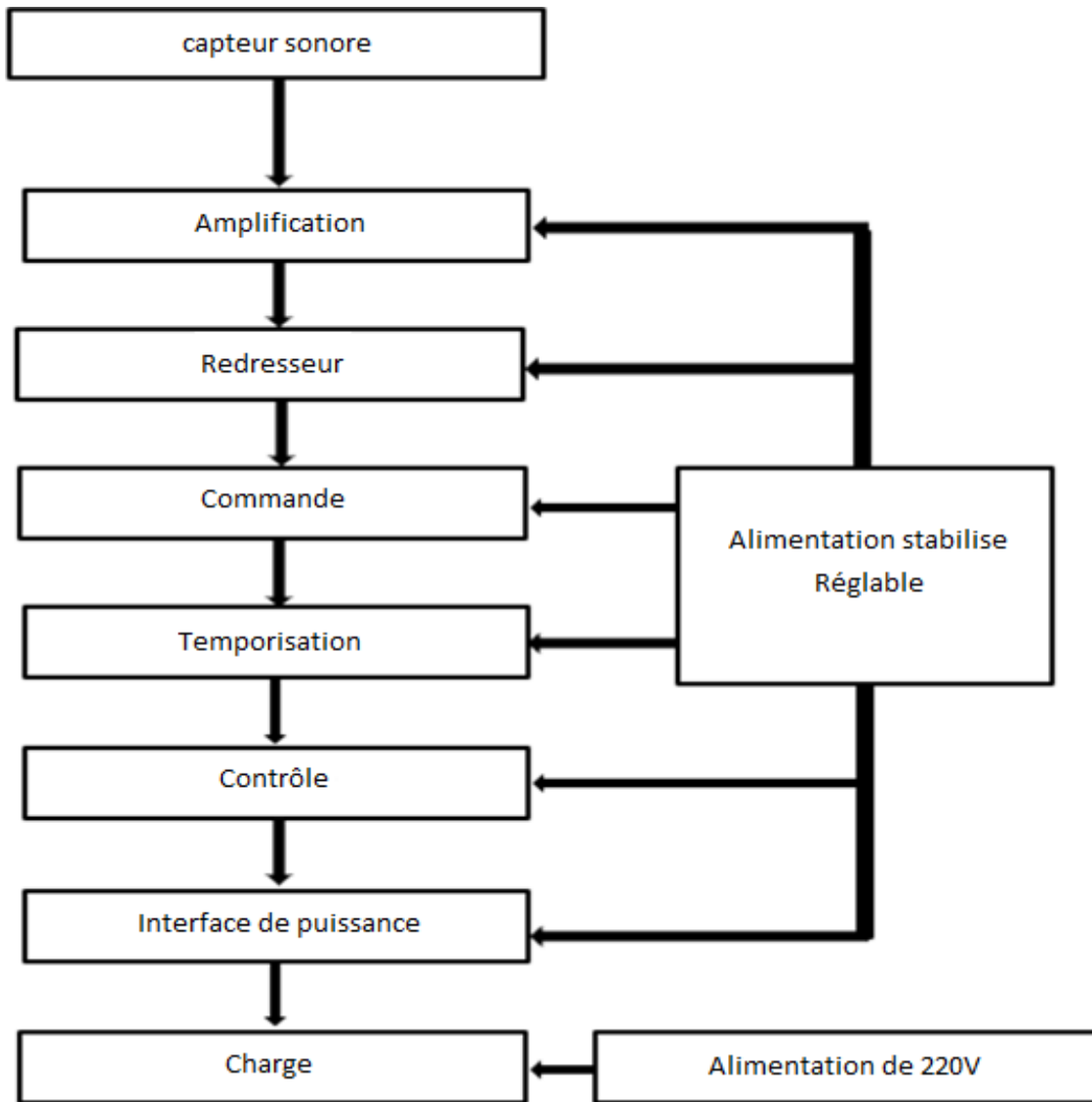


Figure III.1: Schéma synoptique du montage

III.3 . Fonctionnement et utilité des blocs

III.3.1. Alimentation stabilisée réglable

Une alimentation stabilisée régulée se compose de plusieurs blocs essentiels, chacun contribuant à garantir une tension et un courant constants en sortie, quelles que soient les variations de la tension d'entrée ou de la charge. Les principaux blocs constituant une telle alimentation sont illustrés dans la figure suivante.

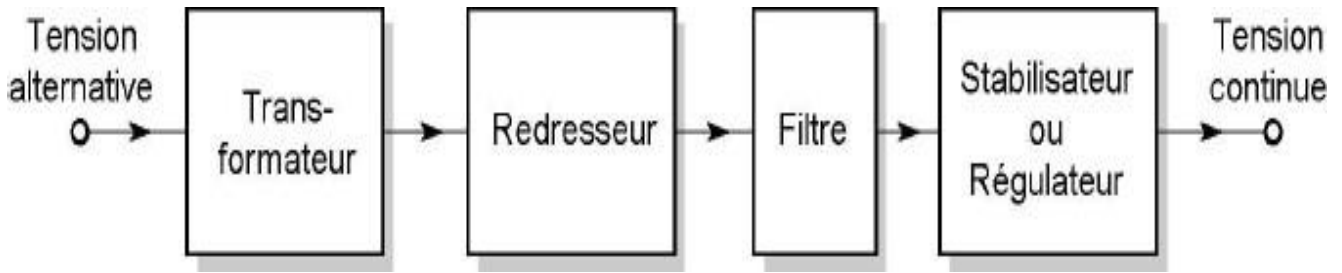


Figure III.2: Principe d'une alimentation régulée [39].

III.3.1.1. Transformateur

Le transformateur est un composant électromagnétique conçu pour modifier le niveau de la tension d'un courant alternatif (AC) tout en conservant sa fréquence. Il se compose principalement d'un noyau magnétique en fer et de deux enroulements en fil de cuivre, appelés respectivement enroulement primaire et enroulement secondaire.

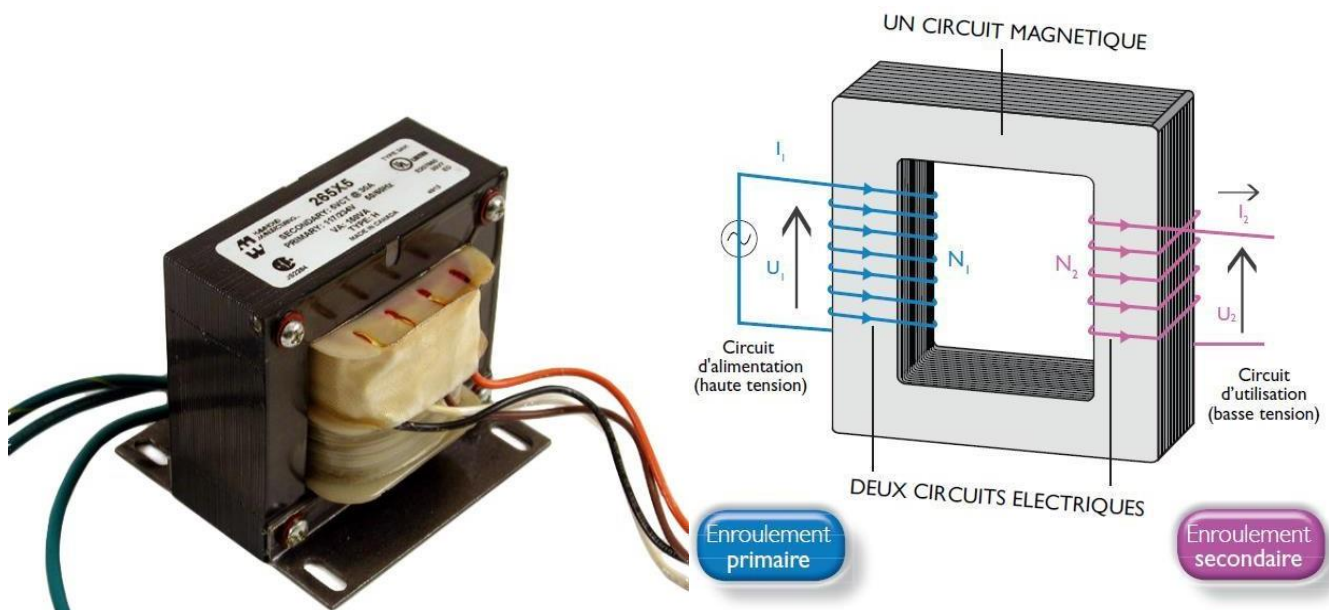


Figure III.3 : principe du transformateur [60].

L'enroulement primaire est alimenté par une tension sinusoïdale U_1 . Cette tension engendre un courant alternatif i_1 dans cet enroulement, qui à son tour crée un flux magnétique variable dans le noyau (ou circuit magnétique).

Par induction électromagnétique, la variation de ce flux génère une tension sinusoïdale U_2 aux bornes de l'enroulement secondaire.

La relation de conversion m entre les tensions primaire U_1 et secondaire U_2 est établie comme suit :

$$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad (\text{III.1})$$

Où :

N_1 : nombre de spires du primaire.

N_2 : nombre de spires du secondaire.

U_1 : tension au primaire.

U_2 : tension au secondaire.

i_1 : courant dans le primaire.

i_2 : courant dans le secondaire.

La relation entre les tensions U_2 et U_1 est fonction du nombre de tours (N_1 dans le primaire, N_2 dans le secondaire) :

Si $U_2 > U_1$, le transformateur est dit élévateur : il amplifie la tension.

Si $U_2 < U_1$, le transformateur est abaisseur : il diminue la tension.

Le transformateur adapte la tension selon son coefficient de transformation, qui est défini par le nombre de spires N_1 et N_2 .

III.3.1.2. Redressement double alternance

Un redresseur double alternance utilise à la fois les alternances positives et négatives du courant alternatif d'entrée. Il inverse les alternances négatives pour qu'elles deviennent positives en sortie. Par conséquent, La fréquence du signal rectifié en sortie est deux fois la même de la fréquence à l'entrée.

Dans ce montage, un pont de Graetz, constitué de quatre diodes de redressement, est utilisé. La configuration du pont de Graetz assure que, quelle que soit la polarité de la tension d'entrée, deux diodes conduisent toujours, dirigeant le courant dans un seul sens vers la sortie. Cela permet de convertir efficacement le courant alternatif en un courant unidirectionnel pulsé.

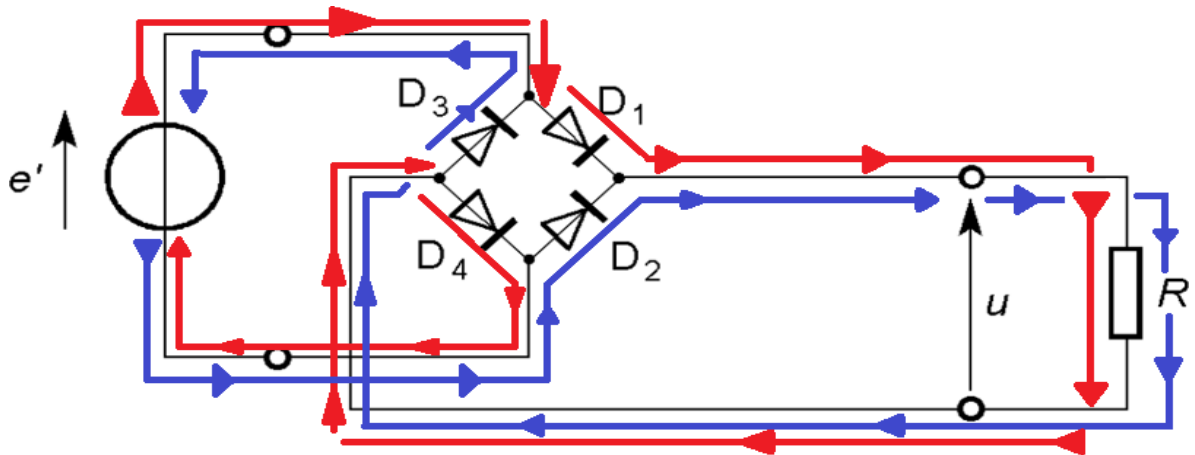


Figure III.4 : Pont de Graetz [39].

Le pont de Graetz utilise quatre diodes (D1, D2, D3, D4) qui opèrent en couples selon la polarité de la tension d'entrée :

- Durant la phase d'alternance positive ($0 < t < T/2$) : Les diodes D1 et D4 conduisent. Grâce à la tension d'entrée, tandis que les diodes D2 et D3 sont en mode blocage, le courant traverse D1, la charge, puis D4.
- Pendant l'alternance négative ($T/2 < t < T$) :

La polarité de la tension s'inverse. Les diodes D2 et D3 deviennent alors passantes, et D1 et D4 se bloquent. Le courant traverse D2, la charge (toujours dans le même sens), puis D3.

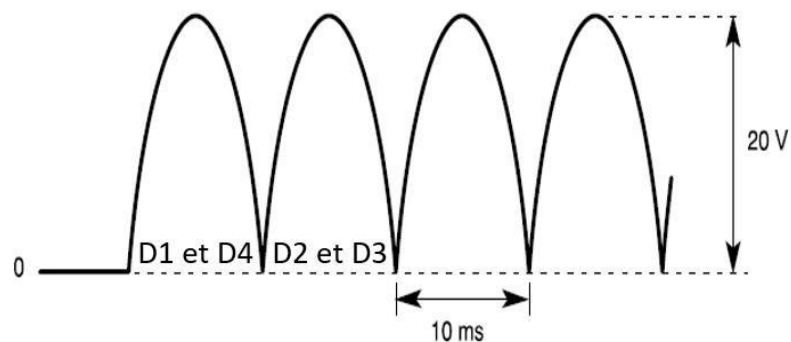


Figure III.5: Allures de tension après le redressement [62].

Supposons que la tension d'entrée est de la forme [43] :

$$V(t) = V \cdot \sin(\omega t) \quad \text{(III.2)}$$

Avec :

$V(t)$: Valeur instantanée.

V : Amplitude maximale.

ω : Pulsation en (rd /s).

La période T en seconde (S) est donnée par [5] :

$$\mathbf{T} = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{(III.3)}$$

▪ Calcul de la valeur moyenne de la tension de sortie :

- Entre 0 et T/2, D₁ et D₄ conduisent, on a alors :

$$V_R(t) = V(t) \quad \text{(III.4)}$$

- Entre T/2 et T. D₂ et D₃ conduisent, on a alors :

$$V_R(t) = -V(t) \quad \text{(III.5)}$$

La tension de sortie est donc périodique de période T/2 La valeur moyenne de la tension de sortie est

$$V_s(t) = \frac{1}{\frac{T}{2}} \int_0^{\frac{T}{2}} V(t) dt = \frac{1}{\frac{T}{2}} \int_0^{\frac{T}{2}} V\sqrt{2} \sin(\omega t) dt \quad \text{(III.6)}$$

On trouve :

$$V_s(t) = \frac{2.V_{max}}{\pi} \quad \text{(III.7)}$$

$$V_s(t) = \frac{2.\sqrt{2}.V_{eff}}{\pi} \quad \text{(III.8)}$$

Grâce à sa capacité à redresser efficacement les alternances positives et négatives du courant d'entrée, le pont de Graetz est un dispositif de choix pour le redressement double alternance. Sa simplicité et son bon rendement expliquent son utilisation fréquente pour générer un courant unidirectionnel en sortie [43].

III.3.1.3. Filtrage

Afin de lisser cette tension et d'obtenir une tension continue stable, on utilise un condensateur de filtrage. Ce condensateur se recharge rapidement lors des pics de tension générés par le redresseur et libère son énergie plus progressivement dans la charge quand la tension du redresseur s'affaiblit (entre les pics). Cela assure une stabilité de tension de sortie bien plus constante.

La sélection de la capacité (valeur) pour ce condensateur de filtrage est essentielle et se base sur divers éléments :

- **Niveau d'ondulation satisfaisant** : Le condensateur réduit les fluctuations de tension à la sortie.

- **Fréquence de la vague** : Dans le cas d'un redressement double alternance (Pont de Graetz), la fréquence de l'ondulation est multipliée par deux par rapport à la fréquence du secteur (par exemple, 100 Hz pour une entrée à 50 Hz). Un niveau supérieur d'ondulation rend le filtrage plus aisé (un condensateur de taille réduite peut être suffisant pour atteindre le même degré d'ondulation).

- **Charge active** : La décharge du condensateur est directement affectée par le courant que consomme le circuit alimenté. Un flux de charge plus élevé décharge le condensateur plus rapidement entre les crêtes, ce qui accentue l'ondulation. Il est donc indispensable de disposer d'une capacité accrue pour garantir une tension stable lors d'un fort courant de charge.

- **Seuil de tension** : Le condensateur doit être noté pour une tension nominale supérieure à la tension de pointe maximale qu'il rencontrera en sortie du redresseur, surtout en circuit ouvert. Pour garantir un niveau de fiabilité optimal, il est recommandé de choisir une tension nominale qui inclut un facteur de sécurité, habituellement entre 1,5 et 2 fois la tension continue attendue [63].

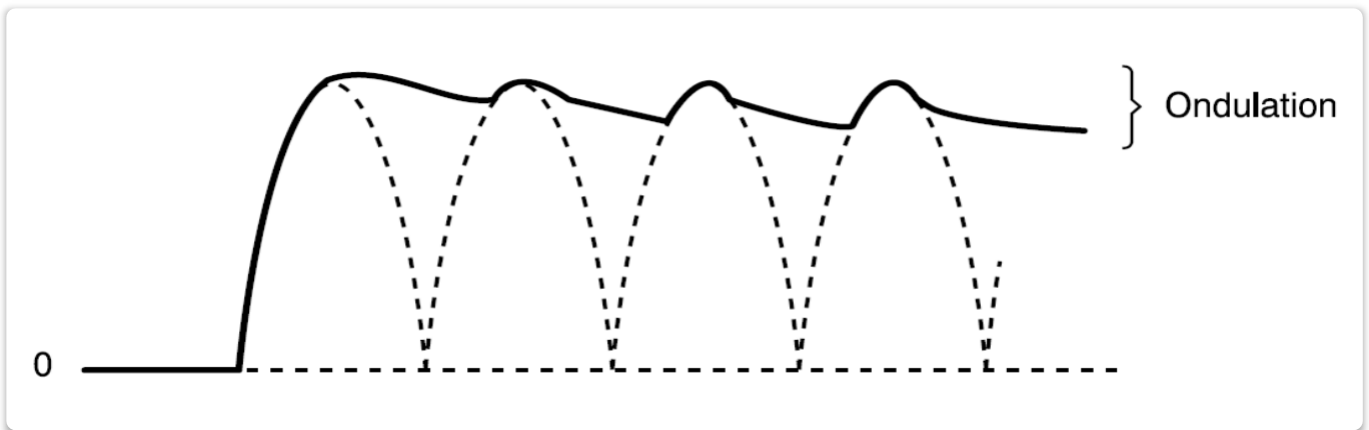


Figure III.6: Allures de tension après le filtrage [62].

Pour que le filtrage soit efficace, la constante de temps de décharge doit être élevée par rapport à la période de l'ondulation, par exemple dans le cas où la tension redressée se comporte comme la tension d'une source continue avec une commutation par créneaux. En effet, une valeur élevée de la capacité (C) permet au condensateur de se décharger lentement à travers la charge entre les pics de tension redressée, ce qui conduit à une tension de sortie plus stable (moins de fluctuation). C'est ce que l'on recherche dans le choix des gros condensateurs électrolytiques (grosse capacité pour un volume donné). On retient des valeurs typiques du filtre d'alimentations de l'ordre de 1000 avec $4700\ \mu\text{F}$ (ou plus) qui permettent de bien lisser la tension redressée [64].

III.3.1.4. Régulation de tension

Après l'étape de filtrage, la tension obtenue reste imparfaitement stable, présentant encore des ondulations résiduelles et des variations liées au courant de charge. L'étape de régulation intervient alors pour corriger ces défauts en surveillant en permanence la tension de sortie et en l'ajustant afin de la maintenir à une valeur constante et prédéfinie. Une nécessité essentielle pour les circuits électroniques précis. Dans notre cas, le régulateur 7812 est utilisé afin d'obtenir une tension continue stable de $+12\text{V}$ [65].

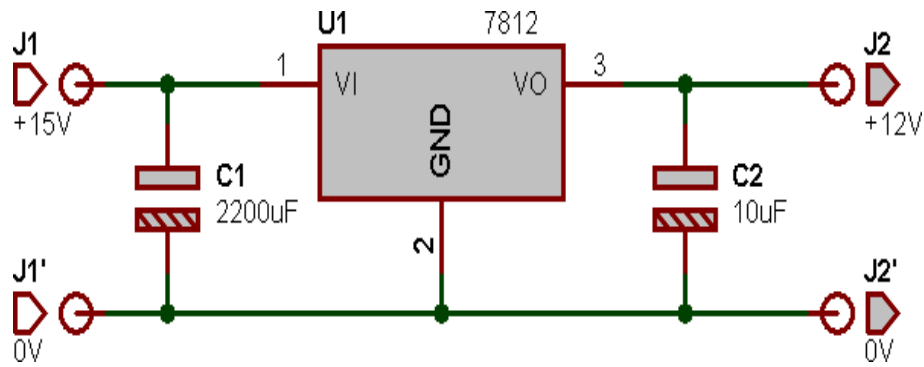


Figure III.7: Branchement régulateur de tension 7812 [65].

Cela est particulièrement important lorsque la tension d'entrée subit d'importantes variations ou présente des ondulations. Il est d'ailleurs souvent recommandé d'ajouter un condensateur, désigné ici comme C2, afin d'optimiser les performances du régulateur. Ce condensateur agit comme un filtre, atténuant les transitoires de tension à l'entrée et limitant les fluctuations provoquées par des charges rapides. Cette mesure devient d'autant plus cruciale lorsque le régulateur se trouve à une distance considérable de la source d'alimentation [39].

III.3.2. Capteur sonore

La détection du son à base d'un microphone à électret qui convertie les ondes sonores capté à un signal électrique par le principe suivant :

Lorsqu'un son émis, il génère des vibrations dans l'air sous forme d'ondes sonores, ces ondes atteignent du microphone, une fine pièce mobile qui vibre en réponse à la pression acoustique, les vibrations de la membrane dans le microphone modifient la distance entre deux plaques conductrices, changeant ainsi la capacité électrique et produisant et produisant un signal. On peut par la suite amplifier, enregistrer ou transmettre ce signal électrique [66].



Figure III.8 : Le microphone à électret [67].

Le potentiomètre RV1 permet de régler la sensibilité, c'est-à-dire le niveau du signal issu du microphone avant amplification. Le condensateur C4 bloque toute composante continue (DC) potentielle et ne laisse passer que le signal AC audio.

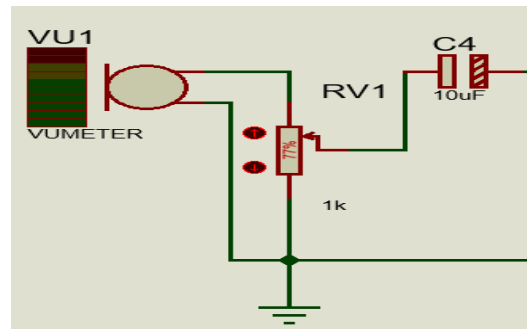


Figure III.9 : Etage de détection.

III.3.3. Amplification

Du fait que le signal issu d'un microphone est de très faible amplitude, il nécessite une amplification importante dès les premières étapes. Ce circuit assure cette fonction à l'aide de deux étages d'amplification successifs, mettant en œuvre les transistors Q1 et Q2 (BC109).

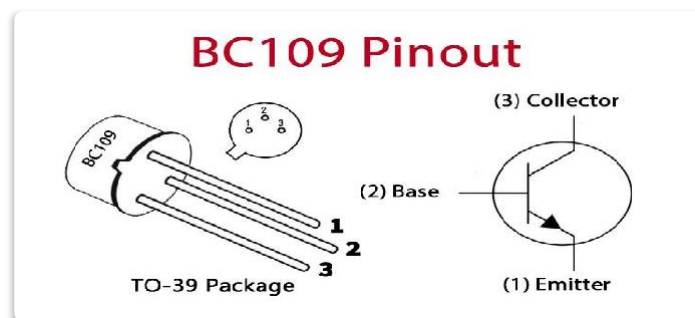


Figure III.10 : Le transistor BC109 [68].

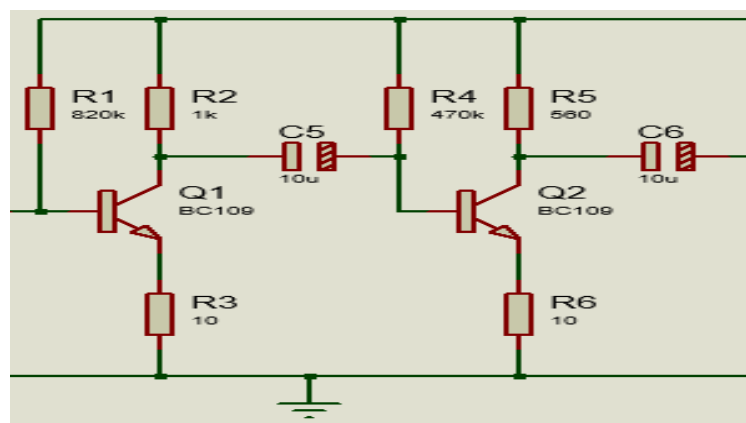


Figure III.11: étage d'amplification.

Les deux transistors (Q1 et Q2) sont montés par une configuration d'une amplification à émetteur commun.

Le montage à émetteur commun est un circuit amplificateur très utilisé avec les transistors bipolaires. Son principe de base repose sur la configuration où l'émetteur du transistor est commun aux deux circuits d'entrée et de sortie. Le signal d'entrée est appliqué à la base, tandis que le signal de sortie est prélevé au niveau du collecteur. Lorsque la tension d'entrée varie, elle modifie le courant de base, ce qui entraîne une variation plus importante du courant de collecteur à cause de l'amplification interne du transistor. Cette variation produit une tension de sortie amplifiée mais de phase inversée par rapport au signal d'entrée [69].

Le gain en tension de l'amplificateur à émetteur commun est défini comme le rapport entre la tension de sortie (au collecteur) et la tension d'entrée (à la base), ce gain dépend principalement des caractéristiques du transistor et des résistances utilisées dans le circuit.

Dans le premier étage simulé de notre circuit d'amplificateur à émetteur commun, lorsque la tension d'entrée est de 0.74 V et la tension de sortie est de 8.31 V, le gain en tension est d'environ 11.23. Et lorsque cette tension est appliquée à la base de deuxième transistor, la tension au collecteur de ce transistor est de 9 V, ce qui donne un gain en tension de 1.08.

III.3.4. Redressement

Dans le circuit du détecteur sonore, l'étage de redressement joue un rôle essentiel en contrôlant la direction du courant électrique. Ce redressement est assuré par une diode 1N4148, qui permet de ne laisser passer le courant que dans un seul sens.

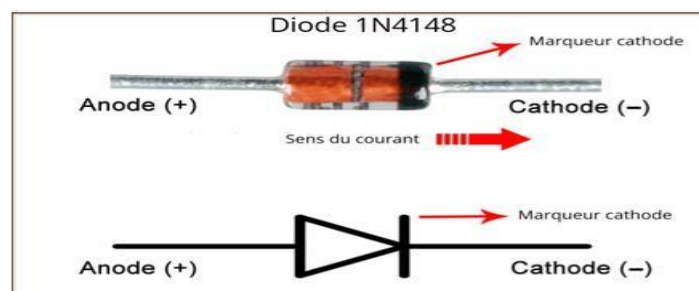


Figure III.12 : Diode 1N4148 [70].

La diode laisse passer le courant lorsqu'elle est polarisée en direct, c'est-à-dire lorsque la tension est positive sur l'anode. À l'inverse, elle bloque le courant lorsqu'elle est polarisée en inverse, avec une tension positive sur la cathode. Pour les diodes en silicium, la conduction

commence lorsque la tension appliquée dépasse la tension de seuil, généralement comprise entre 0,6 et 0,7 volts. En dessous de cette valeur, la diode reste bloquée et empêche le passage du courant [70].

Pour obtenir une tension continue plus stable, on utilise un filtre RC, composé d'un condensateur en parallèle avec une résistance, placé à la sortie du redresseur. Ce filtre permet de lisser les ondulations résiduelles de la tension redressée.

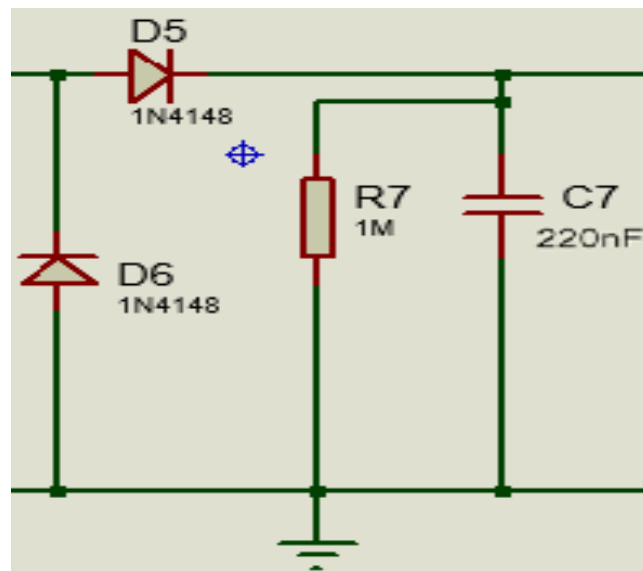


Figure III.13 : Circuit de redressement.

III.3.5. Etage de commande

L'étage de commande est basé sur un transistor bipolaire NPN de faible puissance, le BC548, qui fonctionne principalement en mode commutation (saturé ou bloqué).

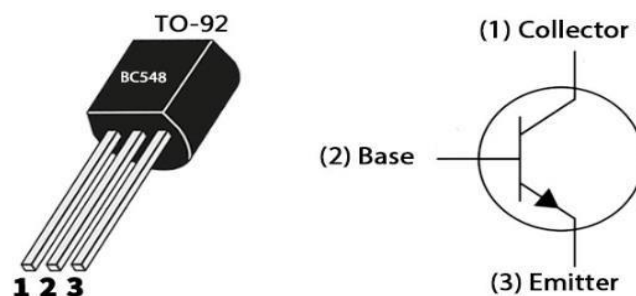


Figure III.14 : Le transistor BC548 [68].

La tension base-émetteur V_{BE} joue un rôle déterminant dans le contrôle de la conduction du transistor, en influençant le comportement de la jonction P-N.

- Lorsque V_{BE} dépasse environ 0,6 V, la jonction base-émetteur devient conductrice. Le transistor passe alors en mode saturé, agissant comme un commutateur fermé. Dans cet état,

le courant de collecteur I_C est maximal et la résistance entre le collecteur et l'émetteur est très faible, permettant ainsi le passage du courant.

▪ En revanche, si V_{BE} est inférieure à 0,6 V, la jonction base-émetteur reste non conductrice. Le transistor se trouve alors en mode bloqué, agissant comme un commutateur ouvert, et bloque le passage du courant entre le collecteur et l'émetteur.

Le tableau suivant résume les valeurs typiques de la tension V_{CE} et du courant I_C dans ces deux modes de fonctionnement du transistor [71] :

Interrupteur	Transistor
Ouvert	Bloqué : $I_C = 0$; $V_{CE} = V_{CC}$
Fermé	Saturé : $I_C = V_{CC}/R$; $V_{CE} \approx 0$

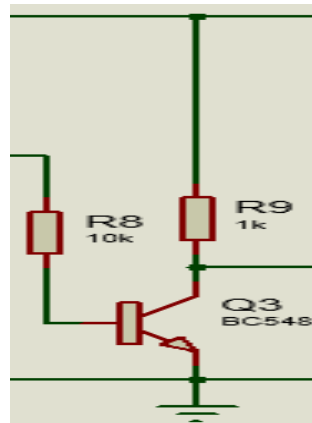


Figure III.15 : Circuit de commande à base de transistor BC548.

III.3.6. Temporisation (monostable)

Le circuit monostable est utilisé pour générer une impulsion de durée déterminée lorsqu'un signal sonore est détecté. Il est ici réalisé à l'aide du circuit intégré NE555.

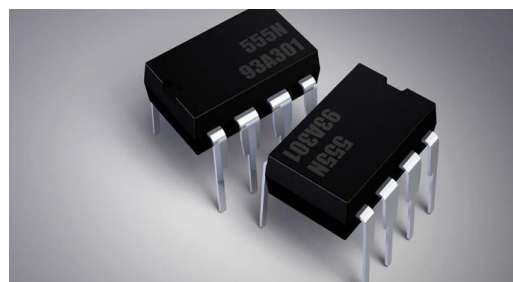


Figure III.16 : Circuit intégré NE555 [72].

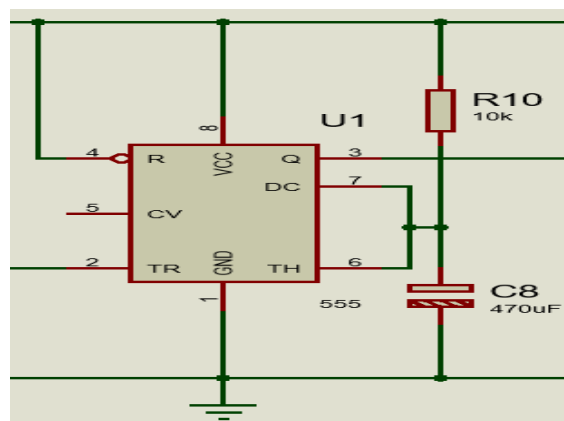


Figure III.17 : Circuit de monostable à base de NE555.

Lorsque le NE555 reçoit un signal de déclenchement sur son entrée (broche 2), sa sortie (broche 3) passe à l'état haut pendant une durée définie par les valeurs d'une résistance R10 et d'un condensateur C8, selon la formule :

$$T=1,1 \times R10 \times C8 \quad \text{(III.9)}$$

Le fonctionnement interne du NE555 repose sur un ensemble de blocs comprenant deux comparateurs de tension, un flip-flop bistable, un transistor de décharge et un réseau de temporisation.

- Lorsque la tension sur l'entrée de déclenchement tombe en dessous du tiers de la tension d'alimentation ($V_{cc}/3$), le premier comparateur interne active le flip-flop, provoquant le passage de la sortie à l'état haut.
- Simultanément, le condensateur connecté à la broche 6 (et à la broche 7 via la résistance) commence à se charger.
- Une fois que la tension sur le condensateur atteint les deux tiers de la tension d'alimentation ($2V_{cc}/3$), le second comparateur réinitialise le flip-flop, ramenant la sortie à l'état bas.
- À ce moment, le transistor de décharge interne est activé, vidant rapidement le condensateur et préparant le circuit pour un nouveau cycle.

Ce dispositif permet au ne555 de générer une impulsion unique de durée contrôlée à chaque détection d'un signal sonore [53].

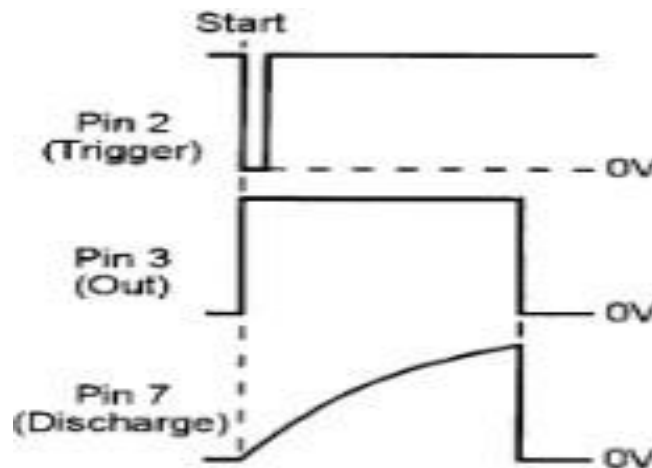


Figure III.18 : Le chronogramme de fonctionnement en monostable à base d'un NE555 [72].

Dans notre circuit de monostable la durée d'un état haut de signal de sortie de NE555 est :

$$T = 1.1 \times (10 \times 10^3) \times (470 \times 10^{-6})$$

$$T = 5.17 \text{ S}$$

III.3.7. Circuit de contrôle

Le circuit de commande est constitué d'un transistor BC548, fonctionnant en mode commutation (saturé ou bloqué), et d'une LED servant d'indicateur visuel.

Lorsque le transistor est saturé, il laisse passer le courant vers la LED, qui s'allume pour signaler l'activation du circuit. En mode bloqué, le transistor coupe le courant, et la LED reste éteinte.

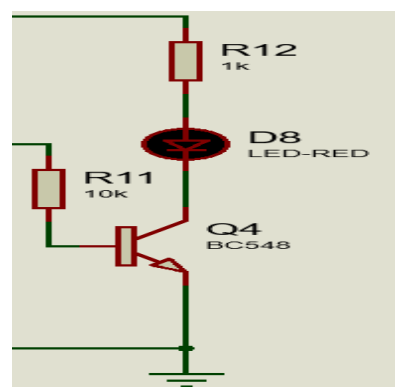


Figure III.19 : Circuit de contrôle.

Cet étage contrôle la sortie du circuit par le transistor (BC548) à partir d'un signal de sortie de monostable.

III.3.8. Circuit de puissance

Dans un circuit de détecteur sonore, la partie puissance joue un rôle crucial en permettant le déclenchement d'une action nécessitant une énergie plus importante, comme l'allumage d'une lampe, lorsqu'un son est détecté.

On trouve généralement dans cette section un relais de puissance, qui sert d'interface entre le circuit de commande (à faible courant) et un appareil électrique à forte consommation. Lorsqu'un courant parcourt la bobine du relais, celle-ci est mise sous tension, provoquant la fermeture d'un commutateur interne. Cela permet à un courant plus élevé de circuler dans le circuit de puissance, alimentant ainsi la lampe ou tout autre dispositif connecté [73].

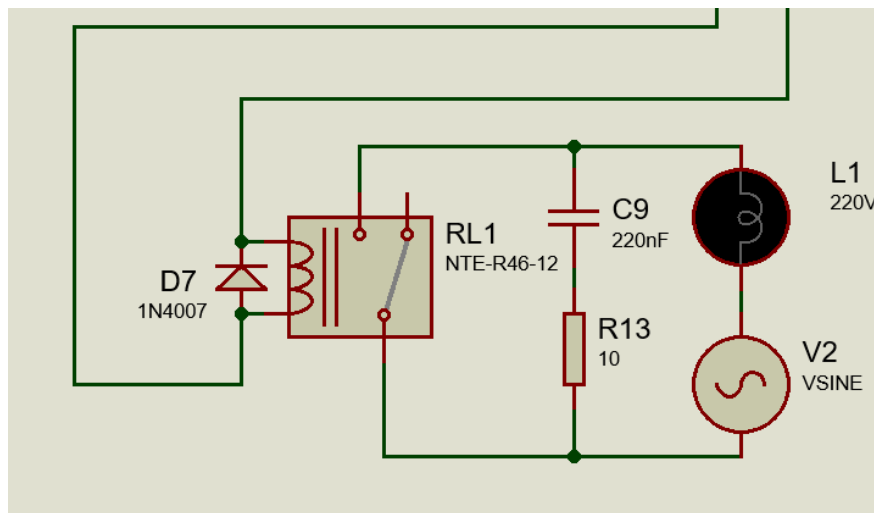


Figure III.20 : Circuit de puissance.

III.4. Simulation via PROTEUS

À l'aide du logiciel de simulation PROTEUS, nous avons conçu le circuit illustré dans la figure suivante, représentant le schéma électrique de notre montage : un détecteur sonore.

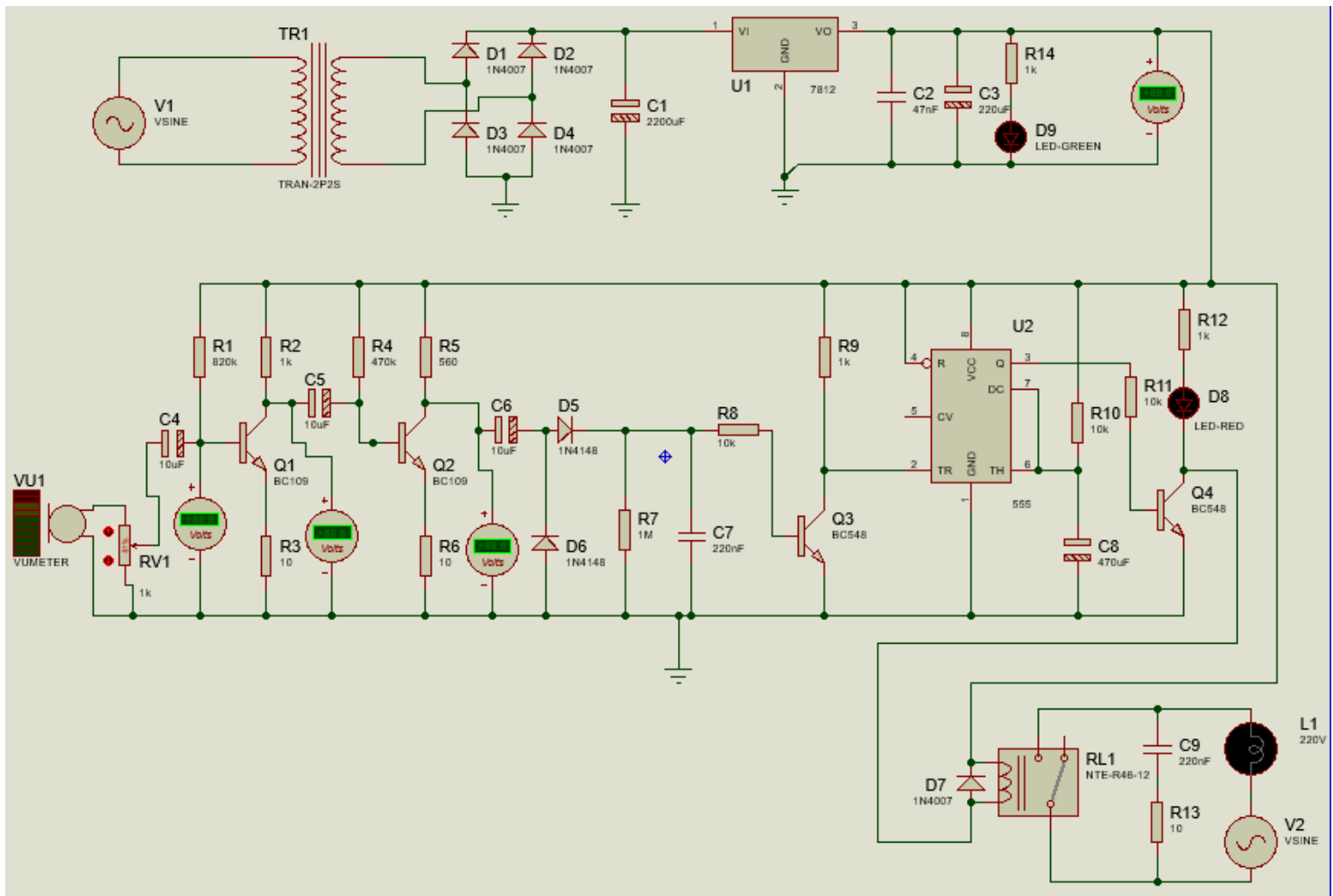


Figure III.21 : Circuit global du détecteur sonore.

III.4.1. Fonctionnement détaillé du montage

Le circuit commence par un étage d'alimentation stabilisée et réglable. Cet étage est alimenté par une source secteur de 220 V / 50 Hz, qui passe d'abord par un fusible de protection, puis par un transformateur (TR1) chargé de réduire la tension et d'assurer l'isolation galvanique. La tension alternative secondaire est d'abord redressée en une tension continue pulsée à l'aide d'un pont de diodes, puis efficacement lissée par le condensateur de filtrage C1 de 2200 μ F. Le régulateur intégré U2 (7812) stabilise cette tension. Les condensateurs C2 et C3 assurent le filtrage du signal et contribuent à la stabilité de la tension en sortie, afin de fournir une alimentation précise et constante de 12 V.

Le microphone à électret capte un signal sonore, qui est appliqué à son entrée puis transformé

en un signal électrique grâce à une membrane souple placée près d'une plaque fixe, formant un condensateur. Lorsque le son fait vibrer la membrane, la distance entre celle-ci et la plaque change, ce qui modifie la capacité du condensateur. Ces variations de capacité génèrent un petit courant électrique qui reflète les caractéristiques du son capté. Son amplitude peut être ajustée à l'aide du potentiomètre RV1, qui joue le rôle de contrôle de sensibilité. Après avoir été débarrassé de toute composante continue grâce au condensateur de découplage C4 (10 μ F), le signal est ensuite appliqué au premier étage d'amplification utilisant le transistor NPN Q1 (BC109).

La polarisation du transistor Q1 (BC109) est assurée par les résistances R1 et R2, tandis que la résistance d'émetteur R3 contribue à la stabilité du montage. Le condensateur C5 peut introduire une rétroaction dans le circuit. Le signal de sortie du premier étage d'amplification est couplé via ce même condensateur C5, puis transmis à la base du second étage d'amplification, qui utilise également un transistor BC109 (Q2). Ce second étage est polarisé par les résistances R4 et R5, stabilisé par la résistance R6, avec une rétroaction introduite par le condensateur C6.

Le signal de sortie du deuxième étage d'amplification est redressé par deux diodes, D5 et D6 (1N4148). Lors de l'alternance négative, la diode D6 conduit et dirige le courant vers la masse. Pendant l'alternance positive, la diode D5 devient passante et permet de charger le condensateur C7 jusqu'à la tension crête. Celui-ci se décharge ensuite lentement à travers la résistance R7, fournissant une tension continue proche de la tension maximale du signal. Cette tension continue est ensuite appliquée à la résistance R8.

Le transistor Q3 (BC548) est configuré en mode interrupteur. Lorsque la tension à sa base dépasse le seuil de 0,7 V, le rendant conducteur. Son collecteur, normalement maintenu à un potentiel élevé par la résistance R9 en l'absence de conduction, est alors tiré vers un potentiel bas, proche de la masse. Cette chute de tension au collecteur est appliquée à l'entrée Trigger (broche 2) du circuit intégré NE555.

Lorsque cette tension devient inférieure au seuil de déclenchement, correspondant à 1/3 de Vcc (environ 4 V), la sortie du NE555 passe à l'état haut pendant une durée déterminée par les valeurs de R10 et C8. (Dans ce cas, la durée du niveau haut est d'environ 5,17 secondes.

Cette sortie active alors le transistor de commutation Q4 (BC548), en polarisant sa base à travers la résistance R11. Cela permet au courant de circuler à travers la résistance R12 et d'alimenter la LED (D8), qui s'allume.

Dans ce même temps, le circuit de commande alimente la bobine du relais RL1. L'activation du relais entraîne la fermeture de ses contacts internes, permettant ainsi la mise sous tension du circuit de puissance (220 V) et l'allumage de la lampe L1.

La diode D7 est utilisée principalement pour protéger les composants électroniques du circuit de commande contre les effets de surtension générés par l'inductance de la bobine du relais. Une fois la durée d'impulsion de sortie de monostable est terminée, le NE555 revient à son état initial (état stable), ce qui provoque l'extinction de la lampe. Ce processus se répète automatiquement à chaque nouvelle détection d'un signal sonore.

Et pour assurer une protection des contacts du relais contre l'usure prématurée causée par les arcs électriques lors de leur ouverture, un circuit d'amortissement RC (composé de R13 et C9) est utilisé, ce dernier placé en parallèle avec ces contacts afin d'absorber les surtensions.

III.4.2. Simulation du montage via PROTEUS

La figure III.21 représente la simulation du circuit électrique du détecteur sonore en présence d'un signal sonore, tandis que la figure III.22 illustre son fonctionnement après 5,17 s.

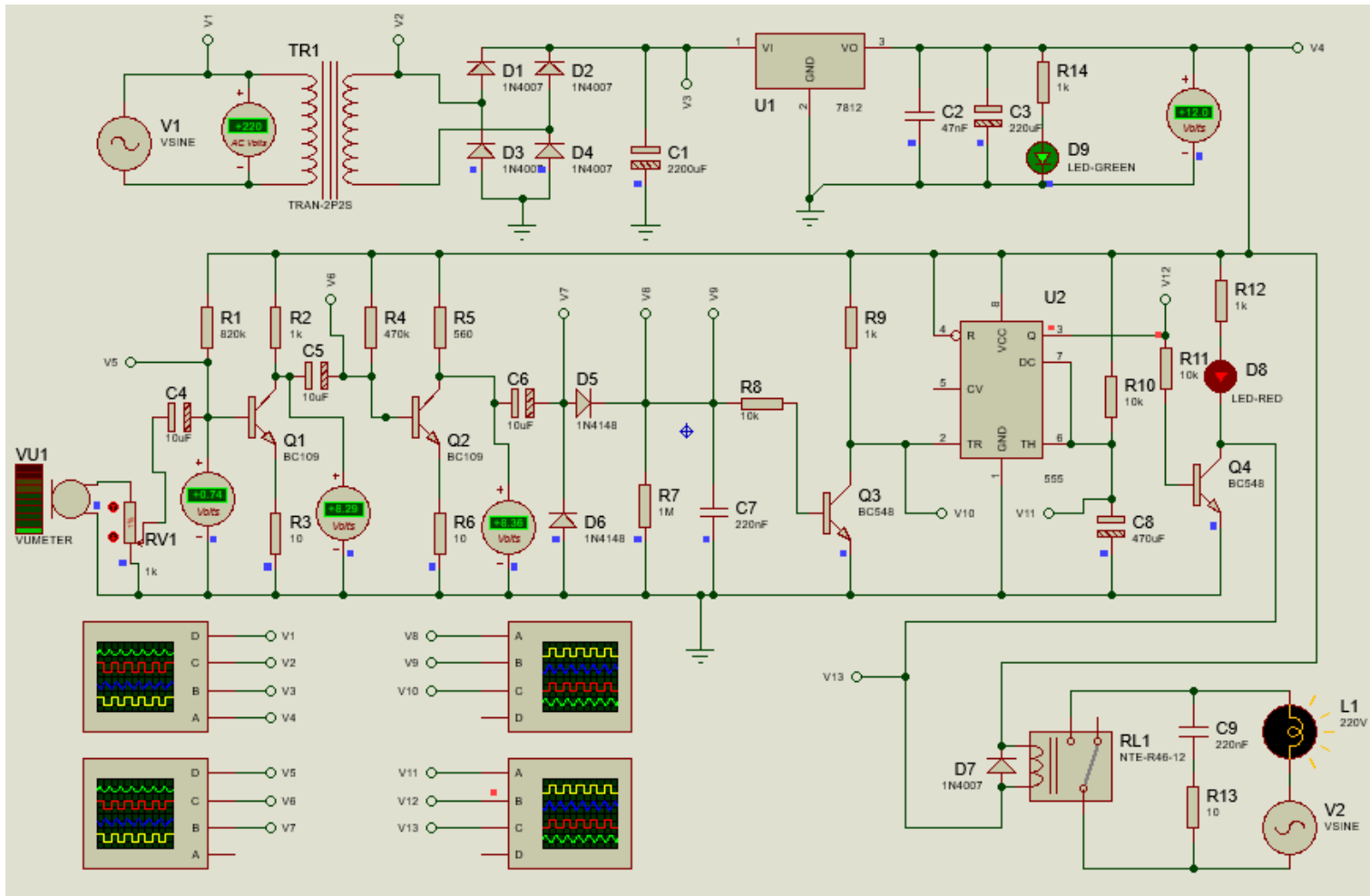


Figure III.22: Simulation du circuit électrique en présence d'un signal sonore.

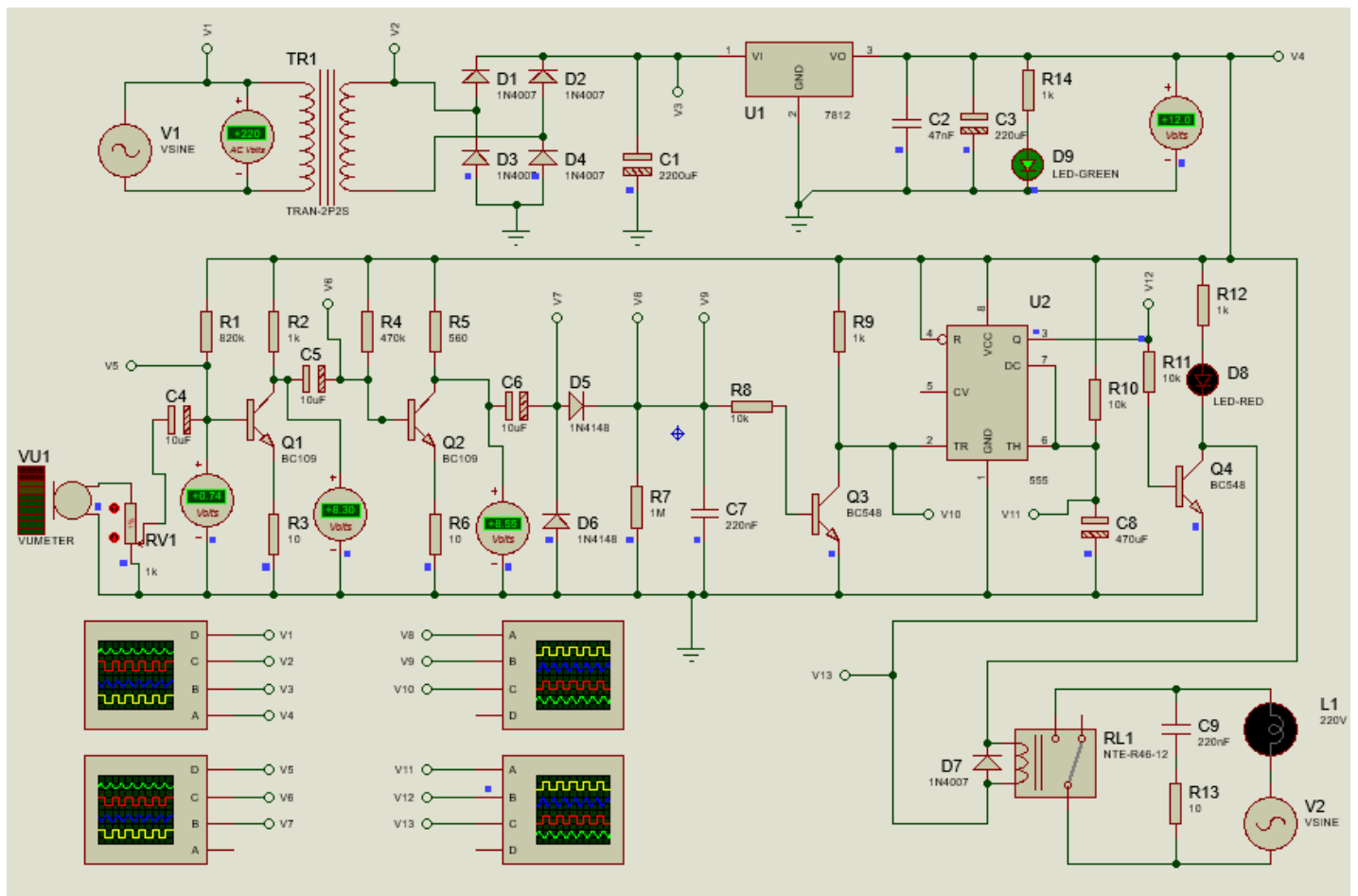


Figure III.23 : Fonctionnement du circuit électrique après 5.17s.

Le signal de commande, visualisé par l’allumage de la LED D8 et de la lampe L1, reste actif pendant 5,17 s (la durée de l’impulsion de signal de sortie de monostable). Une fois ce délai écoulé, la LED D8 et la lampe L1 s’éteignent.

Pour permettre une lecture précise des tensions, des voltmètres sont utilisés. Ils fournissent des valeurs cohérentes et conformes aux résultats attendus selon les études théoriques. De plus, pour visualiser les différents signaux aux divers étages du circuit, l’oscilloscope de PROTEUS est utilisé.

III.4.3. Visualisation des signaux simulés

III.4.3.1. Alimentation stabilisée réglable

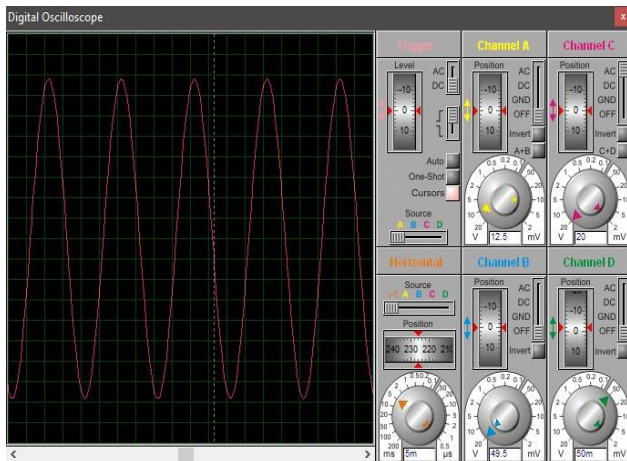


Figure III.24 [V1(t)] : Signal à l'entrée du transformateur

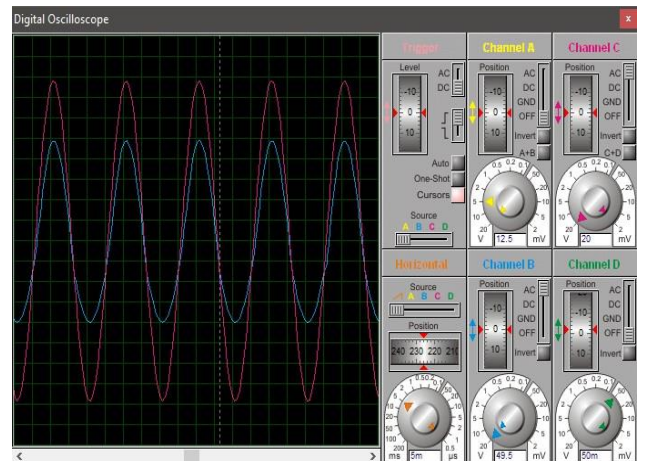


Figure III.25 [V2(t)] : Signal en sortie du transformateur (en bleu).

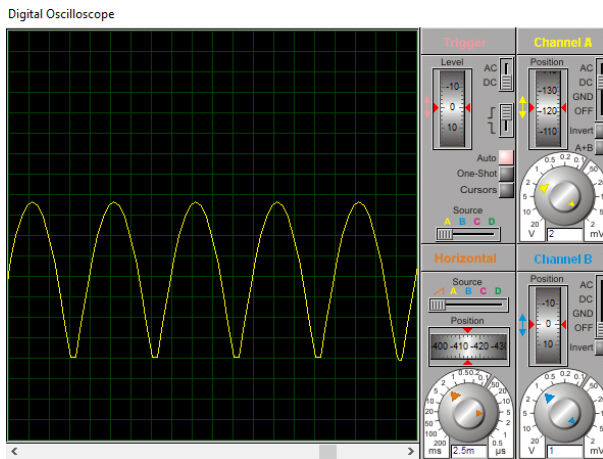


Figure III.26 [V3(t)] : Signal en sortie du redresseur.

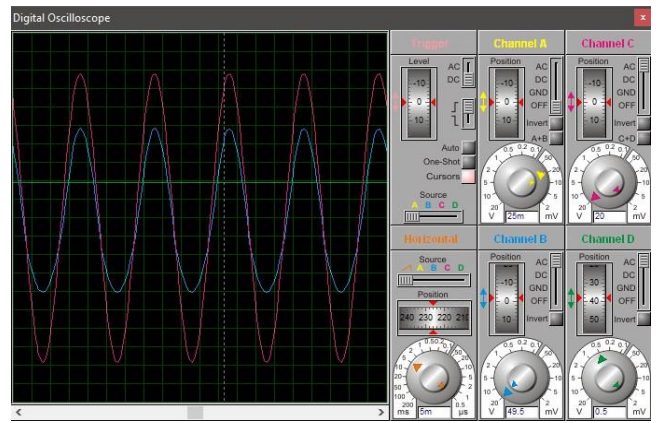


Figure III.27 [V4(t)] : Signal en sortie du régulateur (en vert).

III.4.3.2. Capteur sonore

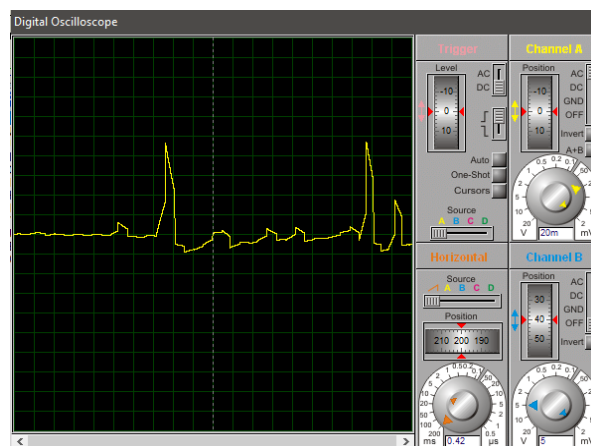


Figure III.28 [V5(t)] : Signal détecté par le microphone à électret.

III.4.3.3. Amplification

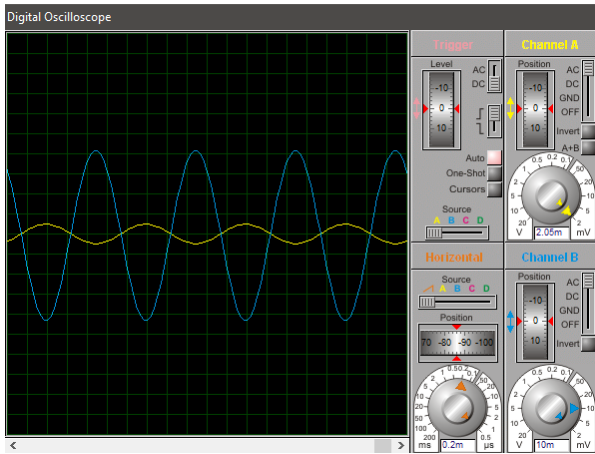


Figure III.29 [V6(t)] : Signal amplifié par le transistor Q1 (en bleu).

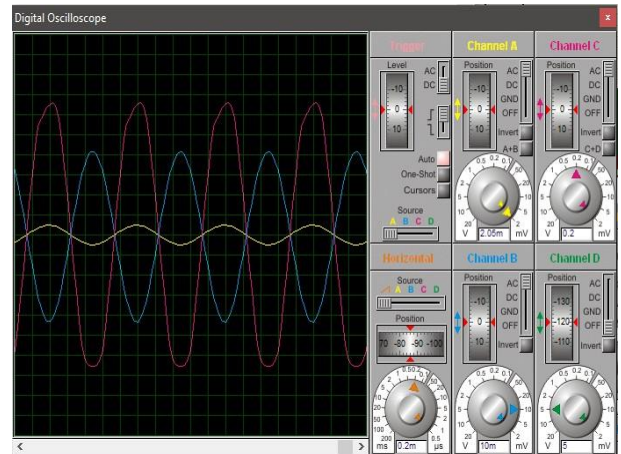


Figure III.30 [V7(t)] : Signal amplifié par le transistor Q2 (En rouge).

III.4.3.4. Redressement

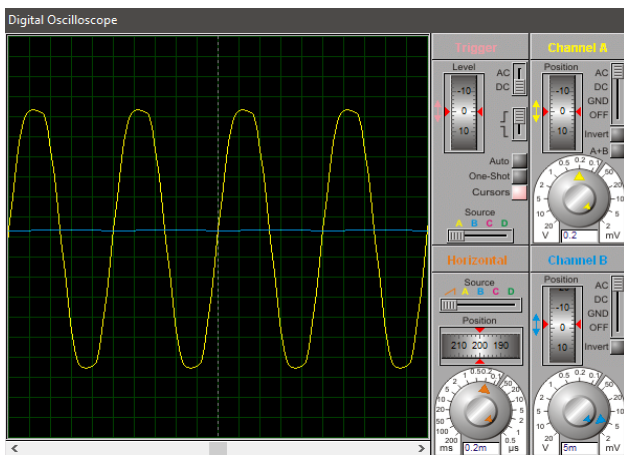


Figure III.31 [V8(t)] : Signal en sortie du redresseur (en bleu).

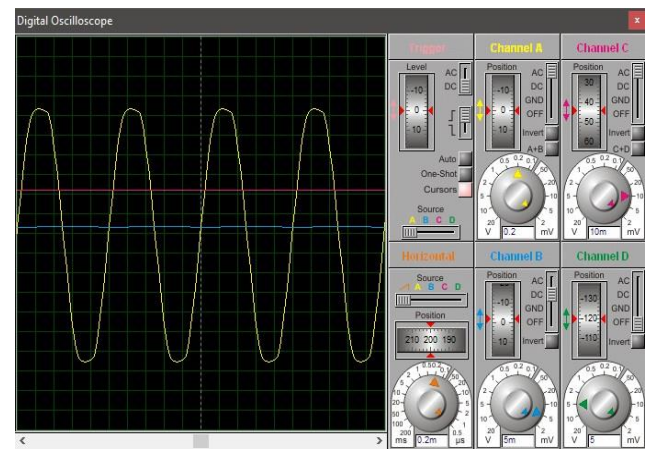


Figure III.32 [V9(t)] : Tension redressée et filtrée (en rouge).

III.4.3.5. Commande

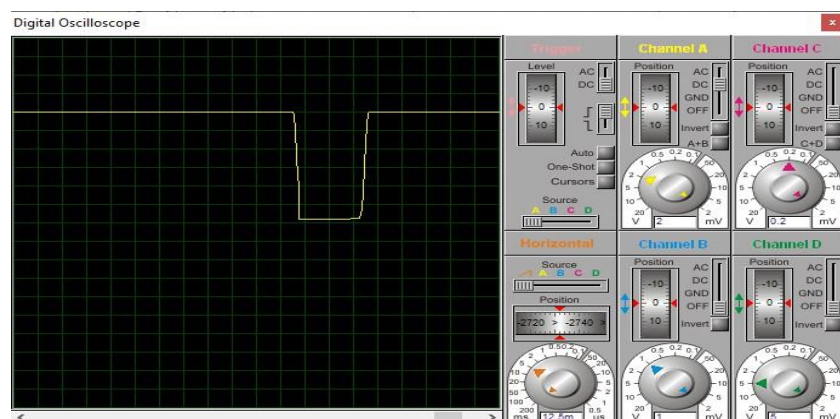


Figure III.33 [V10(t)] : Signal à l'entrée du monostable (borne 2).

III.4.3.6. Monostable

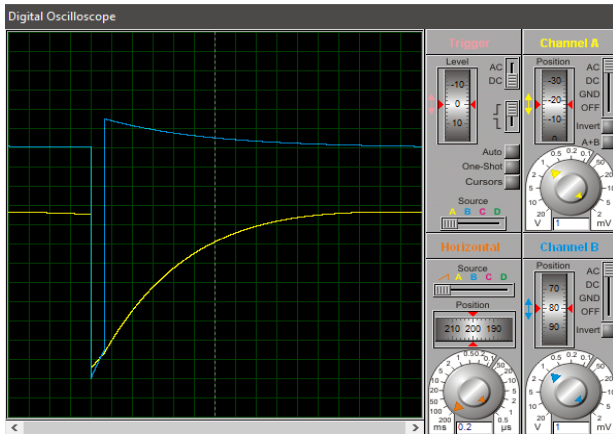


Figure III.34 [V11(t)] : Signal de charge du condensateur C8.

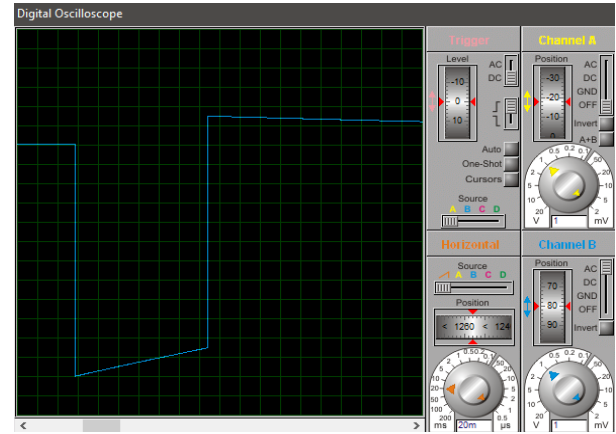


Figure III.35 [V12(t)] : Signal en sortie du monostable.

III.4.3.7. Etage de contrôle

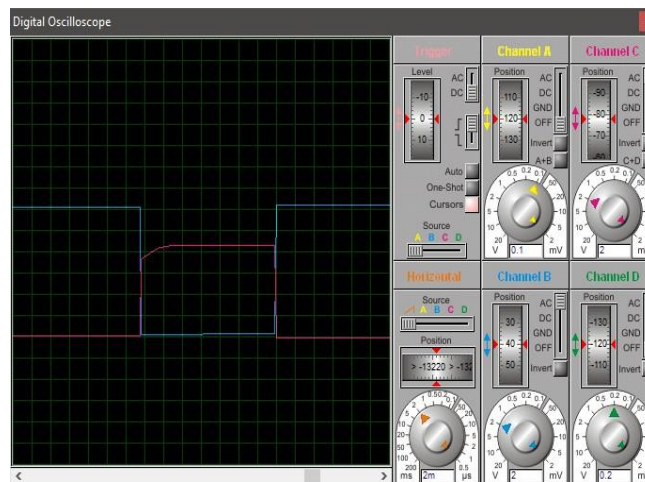


Figure III.36 [V12(t), V13(t)] : Signal en sortie du monostable (en bleu).

Et V13(t), tension au collecteur du transistor Q4 (en rouge).

III.5. Test du montage sur la plaque d'essai

Le test sur la plaque d'essai permet de vérifier le bon fonctionnement de notre circuit de détecteur sonore. Grâce à cette plaque, il est facile de modifier les connexions, ce qui facilite l'ajustement et les essais successifs. C'est une méthode pratique et sûre pour tester notre montage lors de la phase de prototypage.

Un voltmètre est utilisé comme appareil de mesure des tensions. Pour visualiser les signaux en différents points du montage, on utilise un oscilloscope numérique.

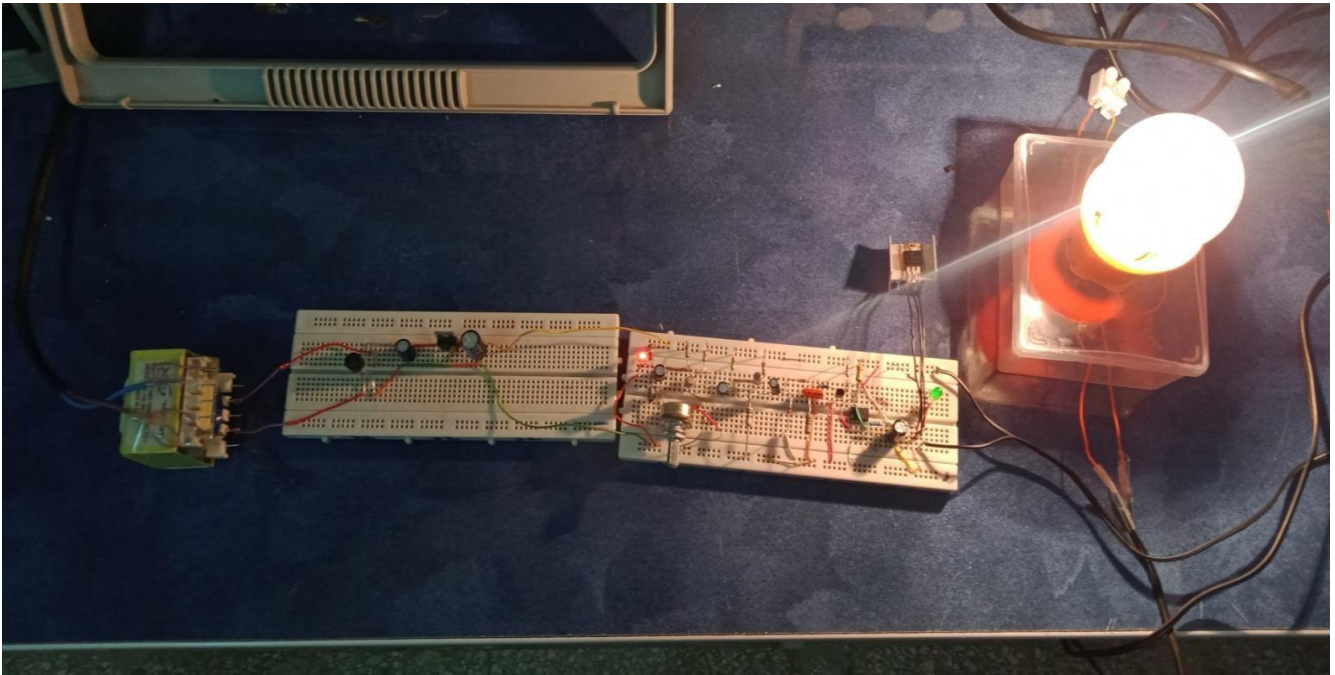


Figure III.37 : Fonctionnement du circuit en présence du signal sonore.

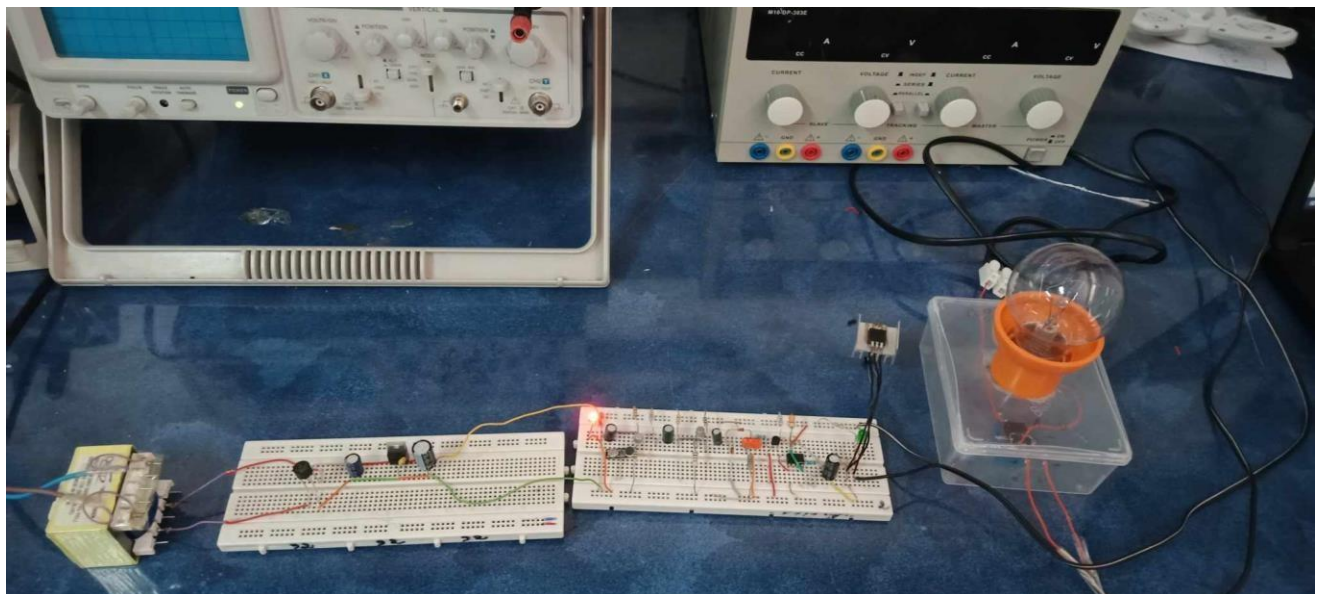


Figure III.38 : Fonctionnement du circuit électrique après 5.17s.

III.5.1. Visualisation des signaux et mesure des tensions

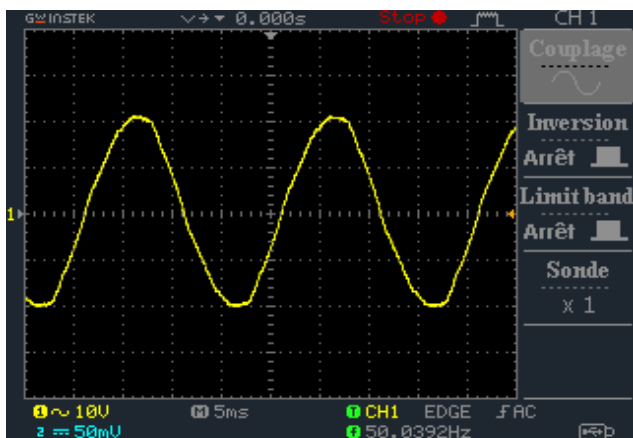


Figure III.39: Signal en sortie de transformateur (en pratique).

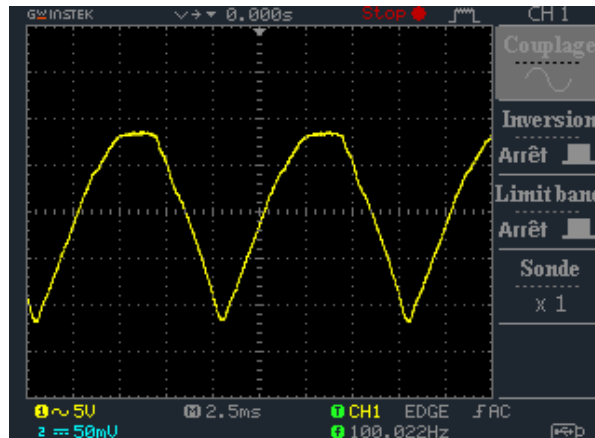


Figure III.40: Signal en sortie de pont de diodes (en pratique).

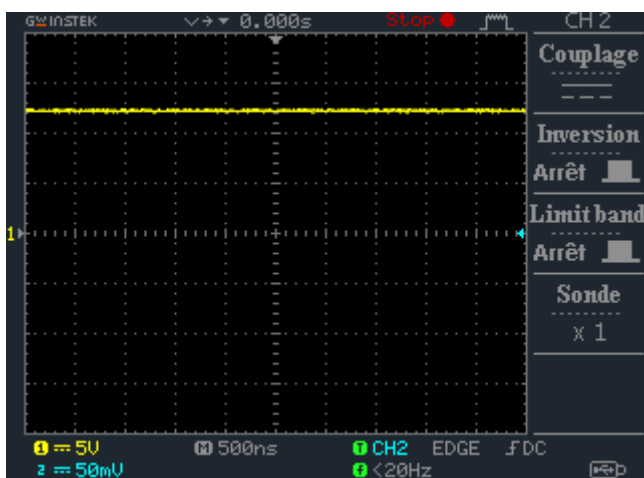


Figure III.41 : Signal et la tension en sortie du régulateur 7812 (12V) (en pratique).

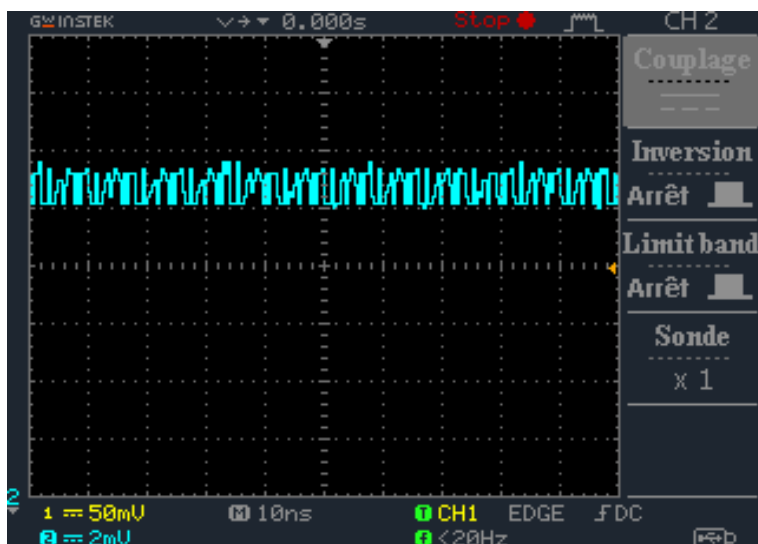


Figure III.42 : Signal et la tension en sortie du microphone (en pratique).



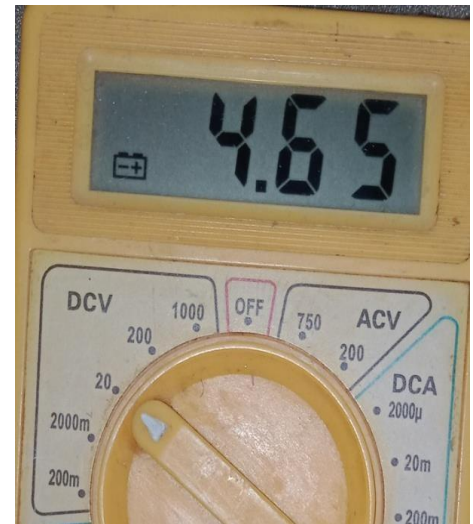
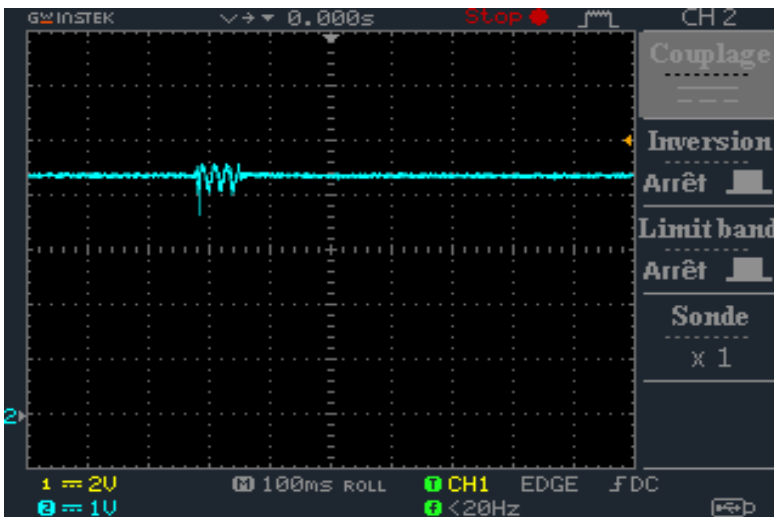


Figure III.43 : Signal et la tension en sortie du premier étage d'amplification (en pratique).

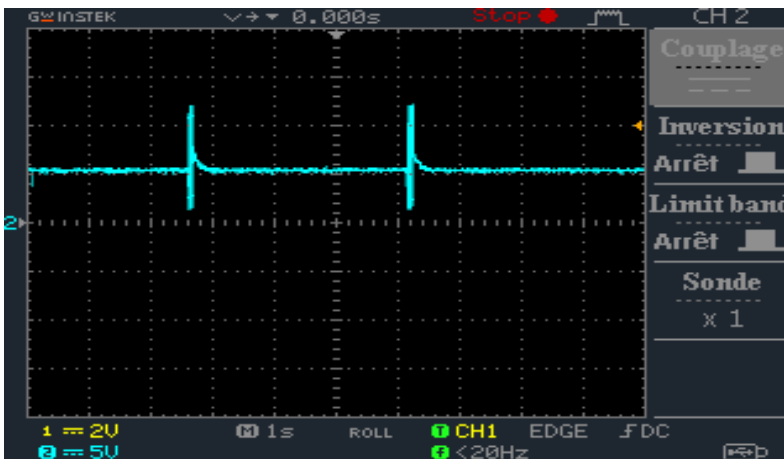


Figure III.44: Signal et la tension en sortie du deuxième étage d'amplification (en pratique).

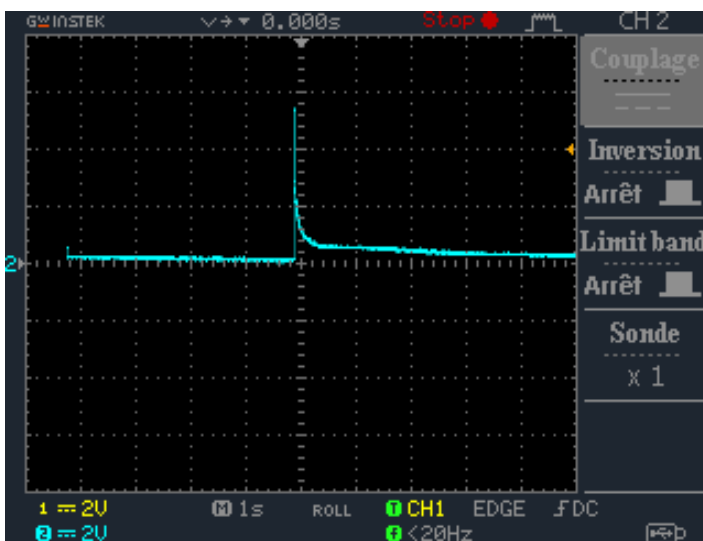


Figure III.45 : Signal et la tension en sortie du redresseur (en pratique).

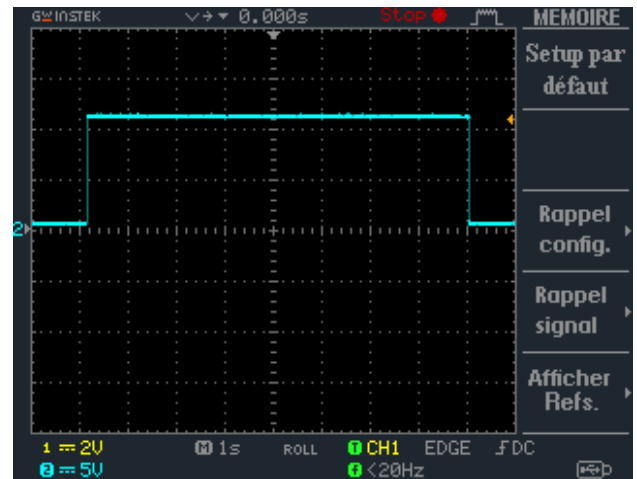
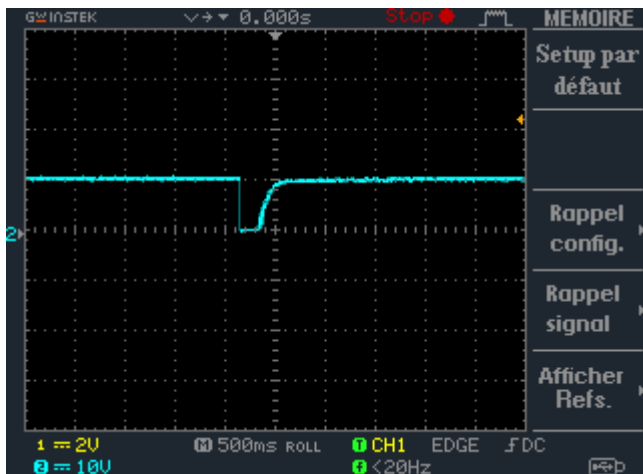


Figure III.46 : Signal à l'entrée du monostable (en pratique). Figure III.47 : Signal en sortie du monostable (en pratique).

III.6. Réalisation sur circuit imprimé

La réalisation d'un circuit imprimé (PCB) suit une méthode précise consistant à transférer le schéma du circuit sur une plaque cuivrée, puis à graver les pistes conductrices. Cette opération peut être effectuée par la méthode du transfert thermique ou par photogravure. Une fois le motif transféré, la plaque est plongée dans un bain de gravure chimique afin d'éliminer le cuivre superflu. Après cette étape, les emplacements des composants sont percés, puis ces derniers sont soudés pour finaliser le montage.

Cette technique permet d'obtenir un circuit compact, robuste et fiable, adapté à une utilisation durable.

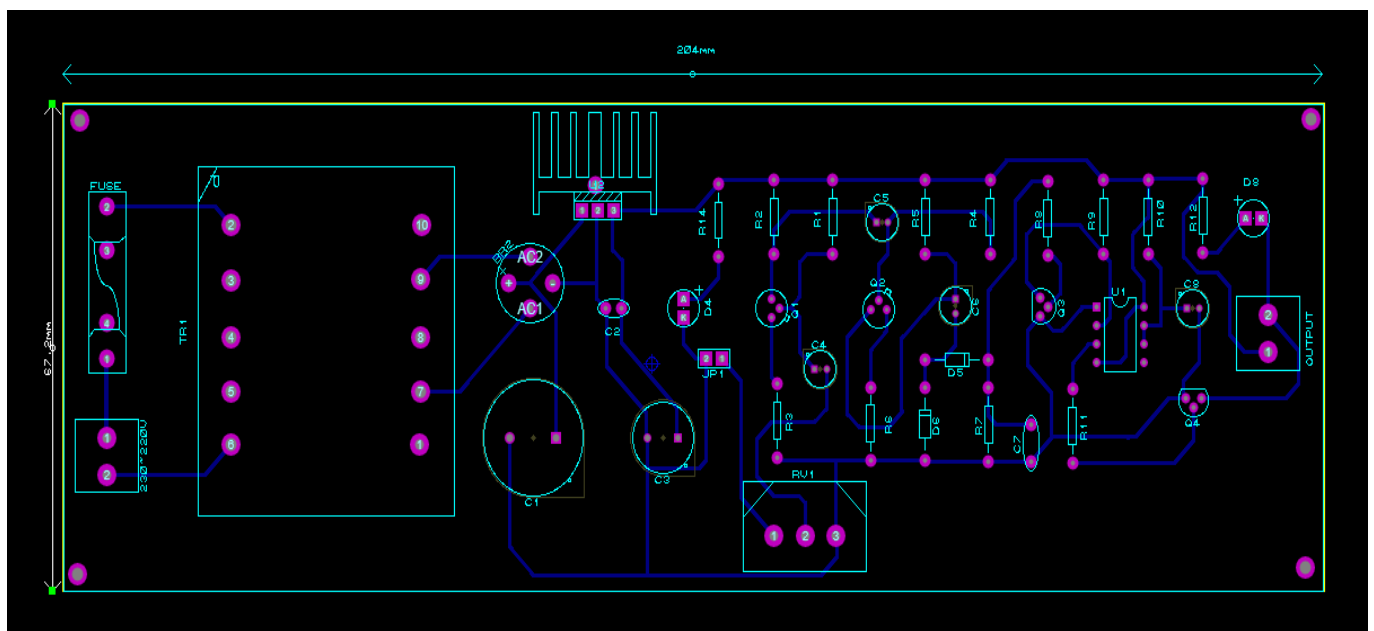


Figure III.48 : Circuit de détecteur sonore avec alimentation stabilisée réglée sous ARES Proteus.

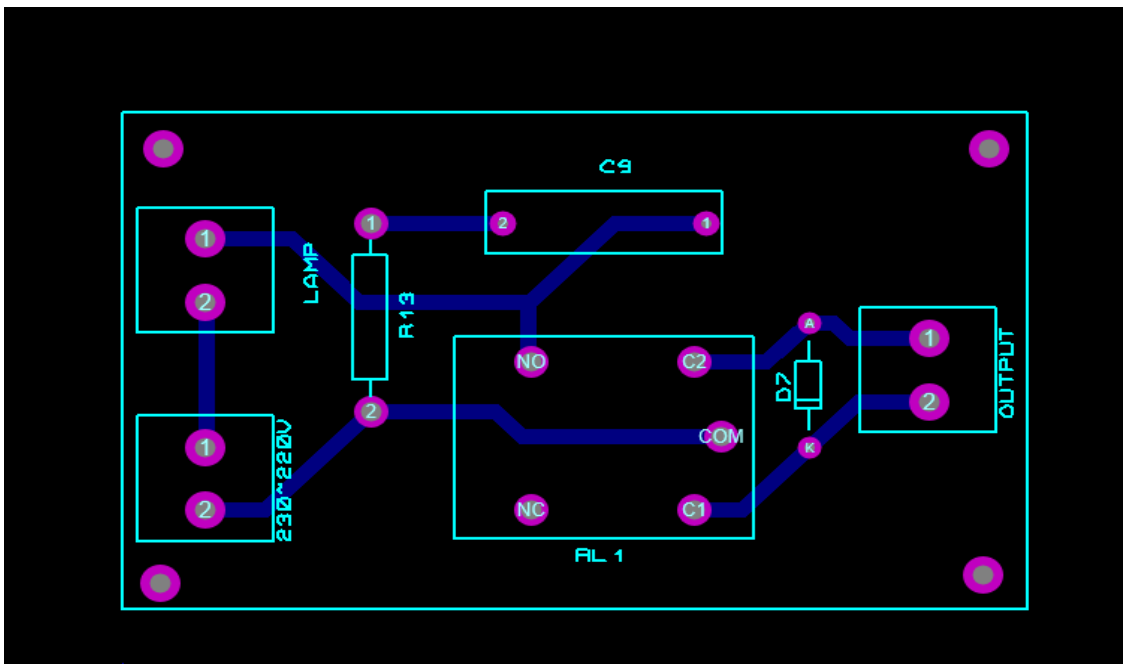


Figure III.49 : Partie puissance du circuit de détecteur sonore sous ARES Proteus.

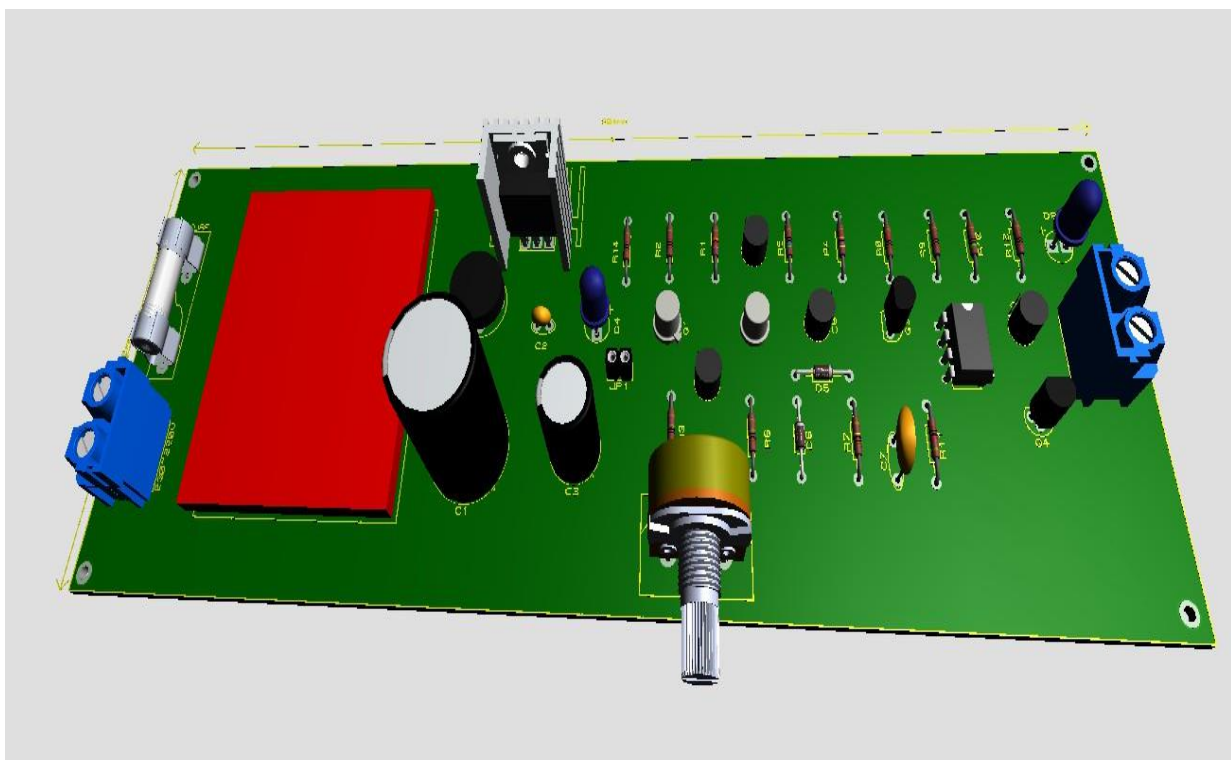


Figure III.50 : Schéma 3D du circuit de détecteur sonore.

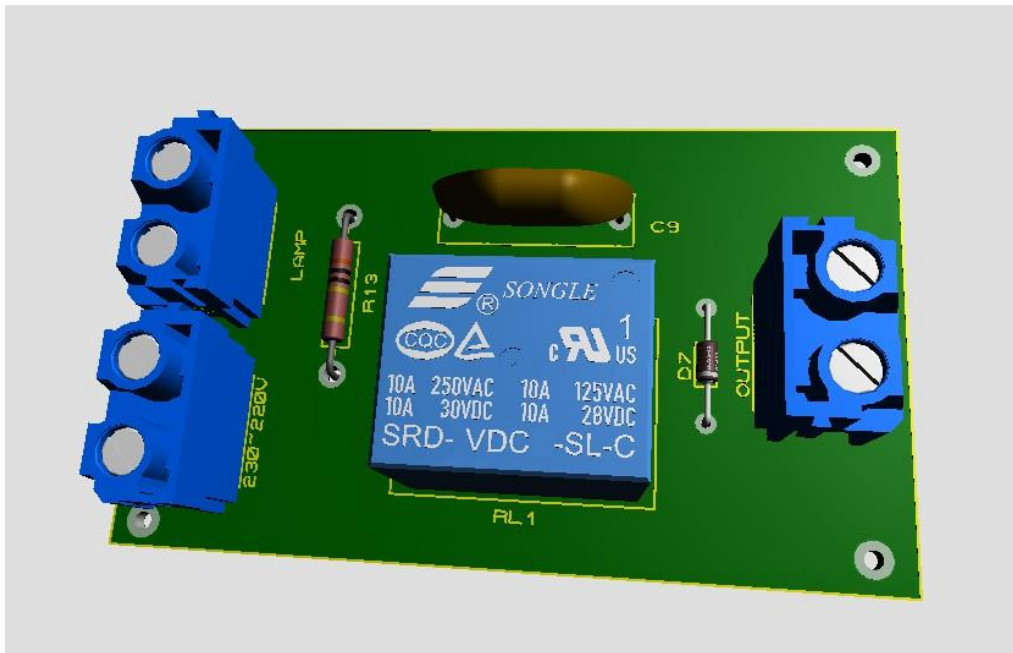


Figure III.51 : Schéma 3D de la partie puissance du circuit de détecteur sonore.

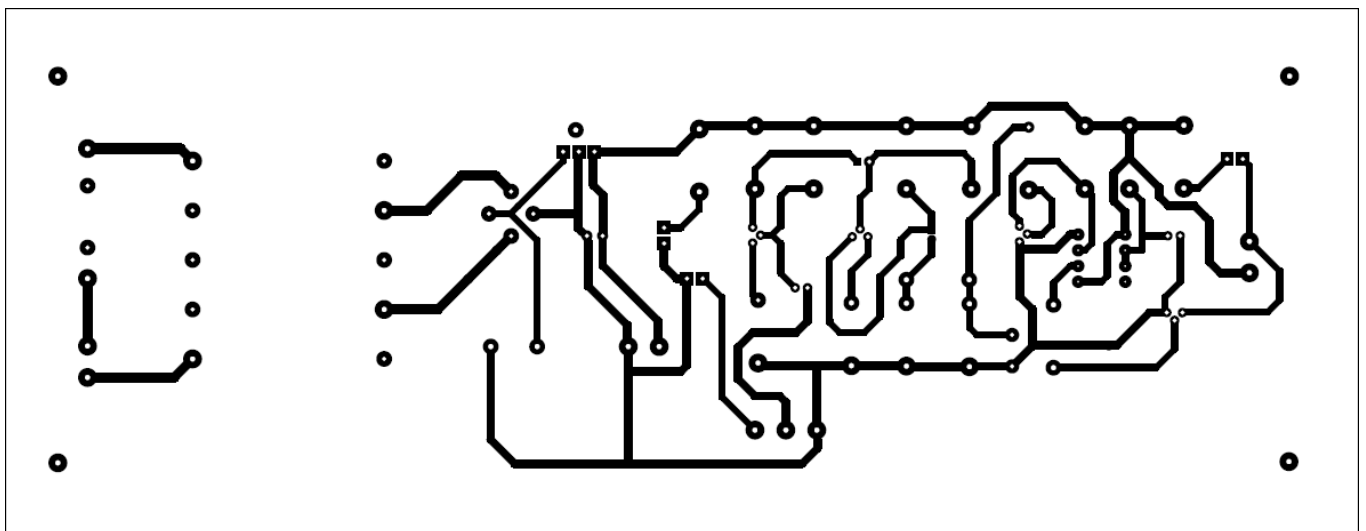


Figure III.52 : Circuit imprimé du circuit de détecteur sonore.

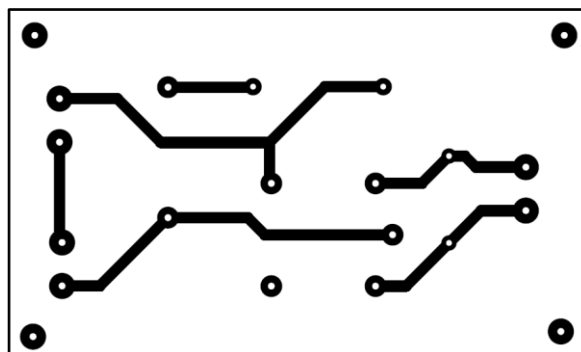


Figure III.53 : Circuit imprimé de la partie puissance du circuit de détecteur sonore.

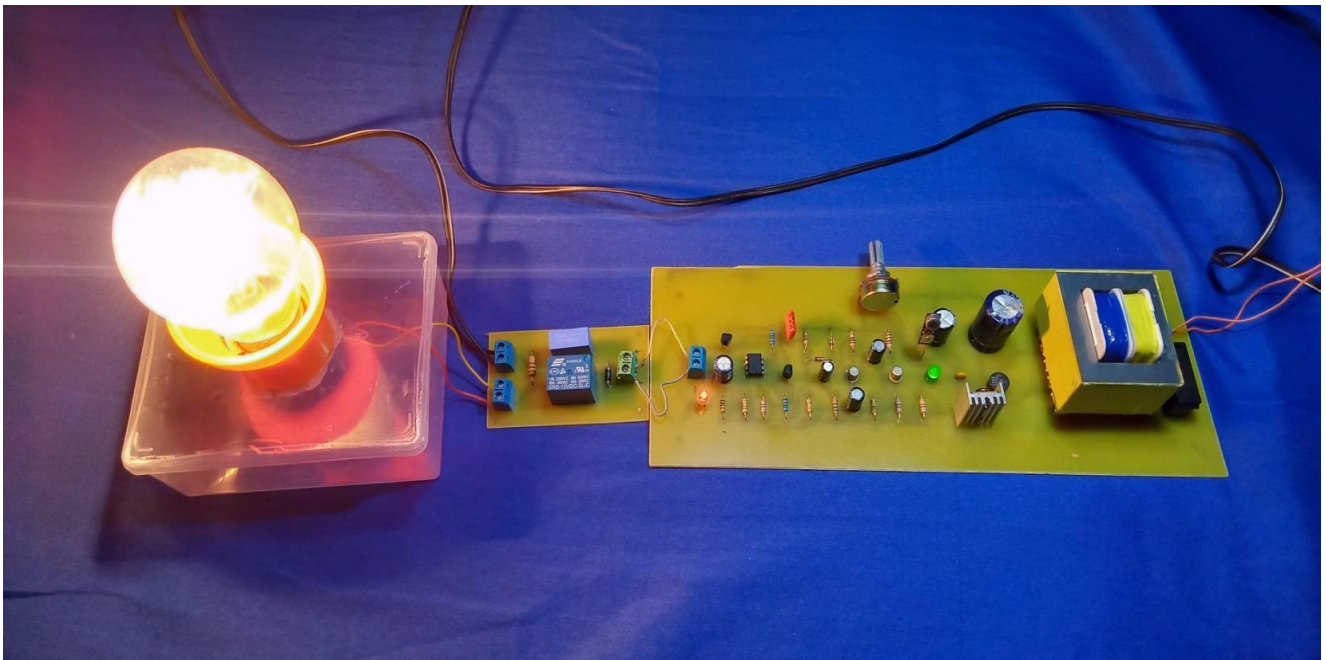


Figure III.54 : Circuit global d'un détecteur sonore sur circuit imprimé (lors de la détection de son).

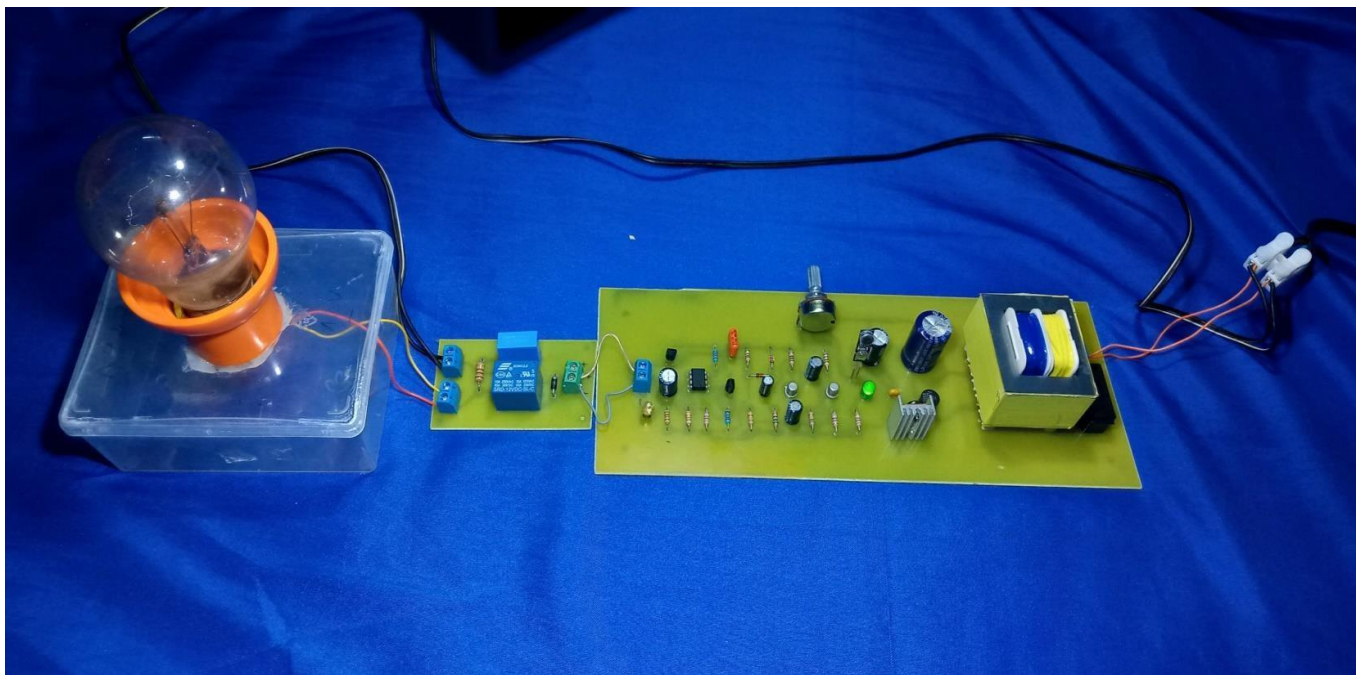


Figure III.55 : Circuit global d'un détecteur sonore sur circuit imprimé (Fonctionnement du circuit électrique après 5.17s.)

III.7. Nomenclature des composants

9 Capacitors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	C1	2200uF
1	C2	47nF
2	C3	220uF
2	C4	10uF
2	C5; C6	10u
1	C8	470uF
2	C7 ; C9	220nF

13 Resistors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	R1	820k
3	R2; R9; R12;	1k
2	R3 ; R6 ; R13	10
1	R4	470k
1	R5	560
1	R7	1M
3	R8 ; R10 ; R11	10k

2 Integrated Circuits

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
1	U1	555
1	U2	7812

4 Transistors

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
2	Q1-Q2	BC109
2	Q3-Q4	BC548

9 Diodes

<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
4	D1- D4	1N4007
2	D5-D6	1N4148
1	D7	1N4007
1	D8	LED-RED
1	D9	LED-GREEN

Miscellaneous		
<u>Quantity</u>	<u>References</u>	<u>Value</u>
4	J1-J4	BORNIER
1	RL1	NTE-R46-12
1	RV1	1k
1	TR1	TRAN-2P2S
1	L1	220V

III.8. Conclusion

Au terme de ce chapitre, nous avons exploré en profondeur le principe de fonctionnement, la conception et la mise en œuvre pratique d'un détecteur sonore. Ce projet a été une occasion précieuse de comprendre le rôle de chaque composant électronique, en partant de la capture du son jusqu'à la détection et la réaction du système. À travers cette étude, nous avons pu appréhender les défis techniques et les solutions mises en place pour garantir la performance et la fiabilité du détecteur sonore dans un contexte réel.

Le détecteur sonore repose sur un principe simple mais puissant. Le microphone, en tant que capteur de son, transforme les ondes acoustiques en un signal électrique, qui est ensuite amplifié pour être suffisamment puissant pour une analyse ultérieure. Ce signal est également filtré afin d'éliminer les bruits parasites et de ne conserver que l'information pertinente. Une fois le signal traité, un transistor joue un rôle crucial en amplifiant ou en bloquant le signal en fonction de la tension qu'il reçoit. Le signal traité est ensuite envoyé à l'entrée du NE555, configuré en mode bascule ou monostable, qui permet de transformer l'intensité du signal sonore en une action mesurable et contrôlable.

Lorsque le niveau sonore dépasse un seuil déterminé, le NE555 initie une réaction précise, telle que l'allumage d'une LED ou l'activation d'un relais. Ce mécanisme garantit une réponse rapide et efficace, ce qui est essentiel pour les applications nécessitant des actions automatisées basées sur des événements sonores. Ce fonctionnement permet une grande flexibilité d'utilisation, notamment dans des systèmes de sécurité, des alarmes, ou des dispositifs de surveillance.

Au-delà de la simple détection de sons, ce projet nous a montré comment les composants électroniques peuvent être combinés pour créer des dispositifs autonomes, capables de réagir aux changements de l'environnement. La mise en œuvre d'un tel circuit sur une plaque de prototypage ou un circuit imprimé permet de tester et d'ajuster rapidement les différents éléments, offrant ainsi une base solide pour des prototypes robustes.

Conclusion générale

Conclusion générale

La technologie de détection du son occupe aujourd'hui une place essentielle dans de nombreux domaines de notre vie quotidienne. Elle permet non seulement d'identifier et d'analyser les sons, mais aussi d'y réagir de manière automatique, contribuant ainsi à renforcer la sécurité, à fluidifier les interactions humaines et à améliorer le confort global. Les progrès constants en matière de capteurs et de traitement du signal ont rendu la détection sonore de plus en plus précise, rapide et accessible.

Le détecteur sonore, joue un rôle fondamental dans cette dynamique. Il permet la conversion des signaux acoustiques en signaux électriques exploitables par des systèmes électroniques. Il est largement utilisé dans des domaines variés, tels que la reconnaissance vocale, les dispositifs de sécurité, les systèmes de surveillance ou encore la domotique. Son faible coût, sa simplicité d'utilisation et son efficacité en font une solution privilégiée pour l'intégration de la perception sonore dans des projets technologiques modernes.

Dans le cadre de ce projet, nous avons mené une étude complète sur la détection sonore, en abordant les différentes étapes allant de la compréhension des concepts de base jusqu'à la mise en œuvre pratique d'un système opérationnel. Ce travail a permis l'étude, la simulation et la réalisation d'un détecteur sonore capable de capter un signal acoustique, de le traiter et de déclencher une réponse.

La phase de simulation nous a permis de valider le comportement théorique du circuit avant sa réalisation physique, réduisant ainsi les risques d'erreurs et facilitant l'optimisation de la conception. La mise en œuvre pratique du système a confirmé sa faisabilité et a permis de tester son bon fonctionnement dans un environnement réel.

Sur le plan pédagogique, ce projet a été particulièrement formateur. Il nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques, de consolider nos compétences pratiques en électronique, et de maîtriser des circuits fondamentaux liés à la détection et au traitement du signal. Les différentes étapes du projet de l'étude à la réalisation, nous ont confrontés à des

Conclusion générale

Défis techniques et méthodologiques qui ont enrichi notre capacité d'analyse, affiné notre raisonnement logique et renforcé notre autonomie.

Enfin, ce projet de détecteur sonore ouvre la voie à de nombreuses applications possibles dans des environnements automatisés, tels que les systèmes d'alerte, les équipements interactifs ou les dispositifs d'assistance. En intégrant des composants modernes et des techniques de conception avancées, il devient possible d'envisager une amélioration continue du dispositif, le rendant plus précis, plus réactif et plus adaptable aux besoins spécifiques des utilisateurs.

Références bibliographiques

- [1] S.A. Doudou, "RÉSEAUX DE TERRAIN & SUPERVISION INDUSTRIELLE," Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Cours et Travaux Dirigés, Master 1 RTI & AII, 2019/2020, pp. 16-17. Available: https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/ddd_sa.pdf.
- [2] FMUSER, "Qu'est-ce que le condensateur : types, fonctionnement et application," fr.fmuser.net. Available : <https://fr.fmuser.net/content/?17127.html>
- [3] XJC Sensor, « Capteurs Électromécaniques," www.xjcsensor.com. <https://www.xjcsensor.com/fr/electromechanical-sensors/>
- [4] Fil Control, "Capteur Électromécanique," filcontrol.com. <http://filcontrol.com/fr/products/yarn-sensors/electromechanical-sensor/>.
- [5] Baume, "Fonctionnement et technologie des détecteurs inductifs," https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/fonctionnement/fonctionnement-et-technologie-des-detecteurs-inductifs/a/Know-how_Function_Inductive-sensors.
- [6] "Détecteur capacitif," bts.mai.chez-alice.fr. <http://bts.mai.chez-alice.fr/Cours/Materiels/Interrupteur/D%E9tecte%20capacitif.htm>
- [7] Rockwell Automation, "Capteurs de proximité capacitifs," <https://www.rockwellautomation.com/fr-fr/products/hardware/allen-bradley/sensors-and-switches/presence-sensors/capacitive-proximity.html>.
- [8] CFP Sécurité, "Détecteur d'alarme : Le guide complet pour bien choisir," www.cfpsecurite.com. Available: <https://www.cfpsecurite.com/detecteur-alarme.html>.
- [9] Gouin, P. (2019). La sécurité électronique: Alarme, vidéosurveillance et contrôle d'accès. Dunod.
- [10] Uniteck. (2025). Détecteur de mouvement crépusculaire 5A - 12V/24V UNIDETECT 5.24. Solaris Store. <https://www.solaris-store.com/3383-detecteur-de-mouvement-crepusculaire-5a-12v24v-unidetect-5-24.html>
- [11] Kalytea, "Détecteur de mouvement intérieur alarme Zeno Urmet," Kalytea. Available: <https://www.kalytea.com/alarme-sans-fil/91680-detecteur-mouvement-interieur-alarme-zeno-urmet.html>.
- [12] CFP Sécurité, "Comment fonctionne un détecteur d'ouverture ?" CFP Sécurité. <https://www.cfpsecurite.com/comment-fonctionne-detecteur-ouverture>.
- [13] SCS Sentinel, "Détecteur d'ouverture sans fil KITALARM," SCS Sentinel. <https://www.scs-sentinel.com/detecteur+d+ouverture+sans+fil+kitalarm-14910>.
- [14] Amazon.de, "Xavax Glasbruchmelder für Alarmanlage, Erschütterungssensor, für Fenster, Türen und Schiebetüren, Mini Einbruchschutz, 3er Set, weiß," Amazon. <https://www.amazon.de/Xavax-Glasbruchmelder-Alarmanlage-Ersch%C3%BCtterungssensor-Schiebet%C3%BCren/dp/B018G9VUPK>.
- [15] J. Doe and A. Smith, "Accelerometer-based glass break detection systems for industrial safety applications," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 58, no. 3, pp. 1234-1240, Mar. 2021.

- [16] DEF Online, "Détection incendie,". <https://www.defonline.com/solution/detection-incendie/>.
- [17] Acet Protection, "Comment fonctionne un détecteur de fumée ?"
<https://www.acetprotection.com/comment-fonctionne-un-detecteur-de-fumee/>.
- [18] C. L. Beyler, "Smoke Detection," in SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th ed., M. J. Hurley, Ed. New York, NY, USA: Springer, 2016, ch. 52, pp. 1735-1765. doi: 10.1007/978-1-4939-2565-0_52.
- [19] X-Sense, "Image d'un détecteur de fumée X-Sense.».
https://fr.x-sense.com/cdn/shop/products/635cb65db5cce4815764a5624cf3c13f_800x800.jpg?v=1681287334.
- [20] Crowcon, "Qu'est-ce qu'un détecteur de flamme et comment fonctionne-t-il ?"
<https://www.crowcon.com/fr/article/what-is-a-flame-detector-and-how-does-it-work/>.
- [21] Crowcon, "Image du détecteur de flamme Crowcon F Gard IR3. ».
https://www.crowcon.com/wp-content/uploads/2022/01/Crowcon_FGard-IR3_4-2-300x278-1.png.
- [22] dB Vib Instrumentation, "Détecteurs Ultrasonores," dbvib-instrumentation.com.
<https://dbvib-instrumentation.com/produits/detecteurs-ultrasonores/>.
- [23] Ministère de l'Éducation Nationale, "Les capteurs en STI2D," Eduscol.
<https://eduscol.education.fr/document/55149/download>.
- [24] Mabricole.com.dz, "Détecteur De Gaz Naturel Gaz De Ville Et Gpl 85 Db 220v AVEL".
<https://mabricole.com.dz/fr/accessoires-d-electricite/detecteur-de-gaz-naturel-gaz-de-ville-et-gpl-85-db-220v-avel-4219>.
- [25] Jumia.com.dz, "Détecteur De Gaz - Blanc,"
<https://www.jumia.com.dz/sans-marque-detecteur-de-gaz-blanc-452201.html>.
- [26] Pradhan, P. (2020). Flood Detection and Water Monitoring System Using IoT. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 9(6).
- [27] Alarme DPenet, "Détecteur d'inondation PG8985 PowerSeries Neo Visonic,"
<https://www.alarmepenet.fr/detecteur-inondation/75-detecteur-dinondation-pg8985.html>.
- [28] M. García and L. Fernandez, Principes de la sécurité des systèmes d'information. Paris, France : Éditions CyberTech, 2021.
- [29] Horoquartz Security, "Détecteurs d'intrusion et centrales d'alarme,"
<https://www.horoquartz-security.com/produits/detection-intrusion/detecteur-intrusion-centrale/>.
- [30] J.Fraden, Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications, 5th ed. Cham, Switzerland:Springer, 2016, ch. 15, "Optical and Radiation Sensors."
- [31] Yuecoom. (2023). Cellule photoélectrique pour éclairage extérieur, contrôle photo de réverbère, capteur de cellule photoélectrique étanche IP65, interrupteur de commande d'éclairage extérieur haute sensibilité 105–305V.
<https://www.amazon.fr/photo%C3%A9lectrique-%C3%A9clairage-Interrupteur-d%C3%A9clairage-sensibilit%C3%A9/dp/B0BG2ZXKYD>
- [32] France Environnement, "Comment fonctionne un capteur acoustique ?"

<https://www.franceenvironnement.com/question/comment-fonctionne-un-capteur-acoustique>.

[33] Joom.com, "Détecteur de caméra cachée Détecteur de signal sans fil Détecteur de bogue GPS pour la sécurité à domicile,".

<https://www.joom.com/fr/products/6103d728086f6c01f8b0038d>.

[34] J. Han, C. S. Choi, W. K. Park, I. Lee, and S. H. Kim, "Smart home energy management system including renewable energy based on ZigBee and PLC," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 60, no. 2, pp. 198-202, May 2014. Doi: 10.1109/TCE.2014.6852007.

[35] Ebuy7.com, "Détecteur de Caméra, GPS et Signal Infrarouge,"

<https://www.ebuy7.com/fr/hotel-camera-smart-detector-gps-detector-signal-detector-anti-shooting-artifact-infrared-detector.html>.

[36] Poitevin, J.-M. Aide-mémoire : Électronique analogique et numérique (2e éd.). Dunod. France, 2008

[37] Digi-Key. Principes de base et utilisation des potentiomètres numériques. Mars, 2024. <https://www.digikey.fr/fr/articles/the-fundamentals-of-digital-potentiometers>

[38] Physique-ChimieSamomoi. Le transformateur. Février,2024.

<https://physique-chimie.samomoi.com/letransformateur-113.php>

[39] Mayé, Pierre. (2018). Les alimentations électroniques : Alimentations linéaires et à découpage • Piles et accumulateurs • Récolte d'énergie (3e éd.). Dunod

[40] https://www.thomann.fr/onlineexpert_page_microphones_de_chant_pour_la_scene_types_de_microphones.html

[41] <https://congo.faranux.com/product/capacitive-electret-microphone/>

[42] https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_fusible.html

[43] Mayé, P. Aide-mémoire Composants électronique (éd. 4e édition). Dunod. France, 2010.

[44] Ibrahim, D. (2024). Composants actifs – La diode. Elektor, 8/2024, p. 116.

[45] Chapuis, Y. (2011). Composants électroniques : diodes, transistors, circuits intégrés analogiques. Dunod.

[46] REDJEL Ilyas, Etude sur les diodes électroluminescentes, Mémoire de master, Ecole Nationale Polytechnique Département d'Electronique, 2012.

[47] UTMEL. (2020, 13 mars). Introduction to types of diodes. UTMEL.

[48] KEMIKEM AMINA & DOUDAR FOUAD, Caractérisation des diodes électroluminescentes pour application dans le retro-éclairage des téléviseurs, Mémoire du Master, Université SAAD DAHLAB de BLIDA, Département D'Electronique, 2021.

[49] Université Badji Mokhtar – Annaba. (s.d.). Chapitre 3 : Émetteurs et récepteurs de lumière. PP. 1-2.

https://elearning-facsci.univ-annaba.dz/pluginfile.php/86514/mod_resource/content/0/Chapitre3_Emetteurs_R%C3%A9cepteurs_%C3%A9lectro-optiques.pdf

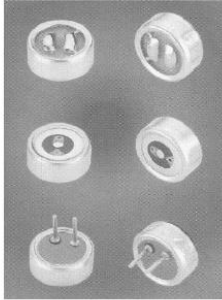
[50] Mazoughou Goépogui. (s.d.). Electronique 01 : Etude des composants électroniques.

https://www.magoie.net/magoie_cours_electronic_01.pdf

- [51] Youpilab Components. (s.d.). Transistor bipolaire 2N2222. <https://youpilab.com/components/product/transistor-bipolaire-2n2222?page=5>
- [52] ligne, I. e. Chapitre N1_2. https://public.iutenligne.net/electricite/marty/ELPU/fichiers/12_BIP/ChapN1_2.html
- [53] Génie électrique. (2015, 7 juillet). NE555. <https://for-ge.blogspot.com/2015/07/ne555.html>
- [54] Zahkthar. (2024, janvier 22). Le NE555 : Une introduction aux oscillateurs. https://zahkthar.fr/post/electronique/les-bases-de-l%C3%A9lectronique/composant_ne555/
- [55] Litim, M. (s. d.). TPN04 : Multivibrateur monostable et astable. Université de Batna 2. https://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/litim_moussa/files/tpn04_eln-app_m1_as-aii.pdf
- [56] L. Allorge, "Fichier :NE555_astable.png," Wikiversity*, Jan. 15, 2018. https://fr.wikiversity.org/wiki/Fichier:NE555_astable.png
- [57] http://www.evalidate.in/lab3/pages/BM/BM_T.html
- [58] <https://www.e-techno-tutos.com/2021/01/23/le-relais/>
- [59] Matan. (2024, 6 février). Relais électromécanique. Electricity-Magnetism.org. <https://www.electricity-magnetism.org/fr/relais-electromecanique/>
- [60] NR, H. G. Transformateurs de distribution : définition et caractéristiques. <https://hqe.guidenr.fr/cible-4-hqe/transformateurs-distribution-definition-caracteristiques.php>
- [61] Mansour, A. COURS D'ELECTROTECHNIQUE. 12. Nabeul, Tunisie : Institut Supérieur des Etudes Technologiques. Janvier, 2014.
- [62] Mayé, P. Aide-mémoire : Composants électronique (3e éd.). Dunod. Paris, 2008.
- [63] P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2015.
- [64] R. Mallard, "Alimentations- Le filtrage," Sonelec-Musique*. https://www.sonelec-musique.com/electronique_realisation_alim_simple_001.html
- [65] https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_reg_tension.html
- [66] Benson, E. (2008). *The microphone book: From mono to stereo to surround - a guide to microphone design and application* (2nd ed.). Focal Press.
- [67] Panneau de commande à bouton unique ECM. <https://www.nbxft.com/cn/productsd.php?tid=3&pid=19>
- [68] Hussain, W. (2021, 16 décembre). BC548 NPN General Purpose Transistor – Datasheet. Circuits DIY. <https://www.circuits-diy.com/bc548-npn-general-purpose-transistor-datasheet/>
- [69] Horowitz, P., & Hill, W. (2015). *The art of electronics* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- [70] Nitra Thor. Diode / Fiches | Modélisme ferroviaire par Nitra Thor. <https://www.nitrathor.fr/fiches/diode>
- [71] "Transistor en commutation." *Siloged*, 2007. https://www.siloged.fr/cours/electronique/cr_transistor.pdf
- [72] Marston, Ray. "'555' Monostable Circuits." *Nuts & Volts Magazine*, 1er janvier 2020. <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/555-monostable-circuits>.
- [73] Smoot, J. (2024, 6 février). *Principes de base des relais de puissance*. Digi Key. <https://www.digikey.fr/fr/articles/power-relays-understanding-the-basics>

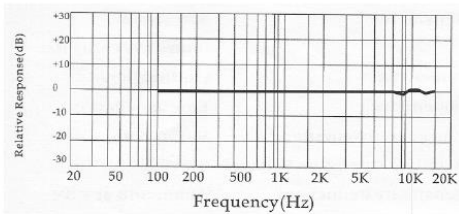


EM6027, EM6027S-BC, & EM6027P
Omnidirectional Electret Condenser Microphone



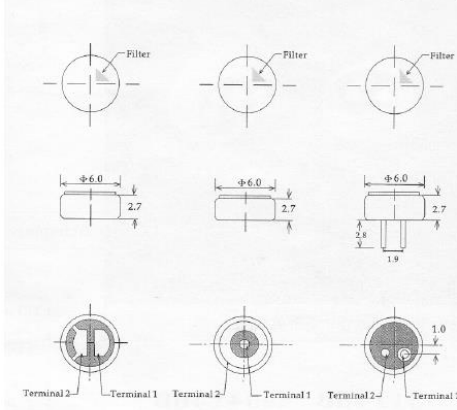
Sensitivity	0dB = 1V/Pa. 1KHz
Directivity	Omnidirectional
Impedance	Low Impedance
Current Consumption	Max. 0.5mA
Standard Operation Voltage	2.0V
Sensitivity Reduction	Within -3dB at 1.5V
S/N Ratio	More than 58dB
Sensitivity Range	-38 ± 3dB, -40 ± 3dB, -42 ± 3dB, -44 ± 3dB, -46 ± 3dB, -48 ± 3dB

Typical Frequency Response Curve:

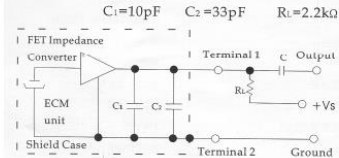


Unit: mm

EM6027 EM6027S-BC EM6027P(SMT)



Schematic Diagram:



Résumé

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons mené une étude complète sur le détecteur sonore, en abordant les différentes étapes allant de la compréhension des concepts de base jusqu'à la mise en œuvre pratique d'un système opérationnel. Ce travail a permis l'étude, la simulation et la réalisation d'un détecteur sonore capable de capter un signal acoustique, de le traiter et de déclencher une réponse, telle que l'allumage d'une LED. La mise en œuvre pratique du système a confirmé sa faisabilité et a permis de tester son bon fonctionnement dans un environnement réel.

Nous avons également réussi à intégrer un étage de puissance, ajoutant ainsi une fonctionnalité supplémentaire au circuit initial. Cet étage est essentiel pour permettre le pilotage de charges plus importantes qu'une simple LED ou une lampe basse tension.

Ce projet de détecteur sonore ouvre la voie à de nombreuses applications dans des environnements automatisés, tels que les systèmes d'alerte, les équipements interactifs ou les dispositifs d'assistance. Grâce à l'intégration de composants modernes et à l'utilisation de techniques de conception avancées, il est possible d'envisager une amélioration continue du dispositif, le rendant plus précis, plus réactif et mieux adapté aux besoins spécifiques des utilisateurs.

Mots clés : Détecteur, détecteur sonore, signal acoustique, microphone, amplification, filtrage, simulation électronique

Abstract

In the context of this end-of-studies project, we conducted a comprehensive study on the sound detector, covering the various stages from understanding the basic concepts to the practical implementation of a functional system. This work involved the study, simulation, and development of a sound detector capable of capturing an acoustic signal, processing it, and triggering a response, such as turning on an LED.

The practical implementation of the system confirmed its feasibility and allowed us to test its proper operation in a real-world environment.

We also successfully integrated a power stage, thereby adding an additional functionality to the initial circuit. This stage is essential for controlling loads larger than a simple LED or low-voltage lamp.

This sound detector project paves the way for numerous applications in automated environments, such as alert systems, interactive devices, or assistive technologies. Through the integration of modern components and the use of advanced design techniques, continuous improvements to the system are possible, making it more precise, more responsive, and better suited to the specific needs of users.

Keywords: Detector, sound detector, acoustic signal, microphone, amplification, filtering, electronic simulation

المخلص

في إطار هذا المشروع لنهاية الدراسة، قمنا بإجراء دراسة شاملة حول الكاشف الصوتي، حيث تناولنا مختلف المراحل بدءاً من فهم المفاهيم الأساسية وصولاً إلى التنفيذ العملي لنظام تشغيلي. وقد شمل هذا العمل دراسة، ومحاكاة، وإنجاز كاشف صوتي قادر على التقاط الإشارة الصوتية، معالجتها، وتفعيل استجابة مثل إضاءة مصباح LED. أكد التنفيذ العملي للنظام قابليته للتنفيذ، كما أتاح اختبار مدى كفاءته في بيئة واقعية.

كما تمكنا أيضاً من دمج طابق الطاقة في الدارة، مما أضاف وظيفة جديدة إلى الدائرة الأصلية. وتعد هذه المرحلة ضرورية للتحكم في أحمال كهربائية أكبر من مجرد مصباح LED أو مصباح منخفض الجهد.

يفتح هذا المشروع أفقاً واسعة لتطبيقات متعددة في بيئات آلية، مثل أنظمة الإنذار، الأجهزة التفاعلية، أو أجهزة المساعدة. ومن خلال دمج مكونات حديثة واستخدام تقنيات تصميم متقدمة، أصبح من الممكن تحسين هذا النظام بشكل مستمر، مما يجعله أكثر دقة، واستجابة، وملاءمة لاحتياجات المستخدمين الخاصة.

الكلمات المفتاحية: كاشف، كاشف صوتي، إشارة صوتية، ميكروفون، تضخيم، ترشيح، محاكاة إلكترونية.