

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 : OUALI CHAOUICHE Mohamed Imad Eddine & BAMBRIK Mohammed El Amine

Sujet

Étude et réalisation d'un détecteur d'émotivité

Soutenu publiquement, le 12 / 06 / 2024 , devant le jury composé de :

M BENYAROU .M	MCA	Université de Tlemcen	Président
M SLAMI .A	MAB	Université de Tlemcen	Examineur
M ZOUGAGH .N	MCB	Université de Tlemcen	Encadreur
Mme BOUAZZA née GUEN .A	Pr	Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année universitaire : 2023 /2024

Remerciement

Nous exprimons notre profonde gratitude envers notre encadrant, Mr ZOUGAGH Nabil, pour nous avoir fait l'honneur de superviser ce travail et de nous avoir donné la possibilité de le mener à bien grâce à ses compétences. Nous souhaitons exprimer notre gratitude sincère envers Mme GUEN Ahlam, pour son soutien et ses efforts pour la réalisation de ce travail. Nous remercions les membres du jury, Mr BENYAROU.M et Mr SLAMI.A, d'avoir accepté d'examiner ce travail. Enfin, nous exprimons notre gratitude envers toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail modeste.

Dédicace

A mes chers parents, je tiens à exprimer ma gratitude pour leur soutien, leurs encouragements et leur amour qui sont la clé de mon succès. Qu'Allah leur apporte une santé optimale et une langue vivante. A mes sœurs pour leur soutien et leurs encouragements. Que Dieu vous accorde une vie épanouissante et un avenir prospère et rempli de succès. A toutes la famille Bambrik, Ghomari, Meziane. Que Dieu vous protégé et vous accorde de meilleurs jours.

Mohammed El Amine

Dédicace

A mes chers parents, je tiens à exprimer ma gratitude pour leur soutien, leurs encouragements et leur amour, qui sont la clé de mon succès. Qu'Allah leur accorde une santé optimale et une longue vie. A mes frères et ma sœur et à mes nièces Line et Darine, pour leur soutien et leurs encouragements. Que Dieu vous accorde une vie épanouissante, un avenir prospère et rempli de succès. A toute ma famille. Que Dieu vous protège et vous accorde de meilleurs jours.

Mohamed Imad Eddine

Table des matières

TABLE DES MATIERES	2
Introduction générale	4
CHAPITRE I: LES CAPTEURS	5
1.1 Introduction	6
1.2 Définition [1].....	6
1.3 Classification des capteurs [2]	6
1.4 Les différents capteurs industriels.....	8
1.4.1 Capteur de pression.....	8
1.4.2 Capteur à effet Hall	9
1.4.3 Capteurs à ultrasons.....	10
1.4.4 LDR	11
1.4.5 Thermistance.....	11
1.4.6 Photodiode:	12
1.5 Capteurs de proximité	12
1.5.1 Capteur de proximité capacitif:.....	13
1.5.2 Capteur de proximité inductif	14
1.6 Conclusion.....	16
CHAPITRE II : INFORMATIONS GENERALES SUR LES COMPOSANTS	17
2.1 Introduction	18
2.2 Le transformateur monophasé	18
2.2.1 Définition.....	18
2.2.2 Construction.....	18
2.2.3 Caractéristiques.....	19
2.2.4 Fonctionnement	19
2.3 Le LM317.....	19
2.3.1 Construction	20
2.3.2 Caractéristiques [29].....	20
2.3.3 Fonctionnement	21
2.4 Le LM3914	21
2.4.1 Construction.....	21
2.4.2 Caractéristiques [33].....	22
2.4.3 Fonctionnement	23
2.5 Le CD4538.....	23
2.5.1 Construction	24
2.5.2 Caractéristiques: [35].....	24
2.5.3 Fonctionnement.....	24
2.5.4 Théorie	25

2.6	Le LM741	25
2.6.1	Définition	25
2.6.2	Construction	25
2.6.3	Caractéristiques [40]	26
2.6.4	Fonctionnement	26
2.6.5	Application [40]	27
2.7	Conclusion	27

CHAPITRE III : SIMULATION SOUS ISIS ET REALISATION PRATIQUE28

3.1	Introduction	29
3.2	Circuit description	29
3.2.1	Bloc d'alimentation	31
3.2.2	Bloc d'entrée	31
3.2.3	Bloc d'affichage LED	32
3.2.4	Bloc interface PC	33
3.3	Fonctionnement	35
3.3.1	Alimentation.....	35
3.3.2	Circuit détecteur.....	35
3.4	Signaux de différentes broches de circuit	37
3.5	Plaque d'essai	44
3.6	Circuit sur Ares	45
3.7	Conclusion.....	45
	Conclusion générale.....	46
	Résumé.....	47
	Bibliographies.....	48

Introduction générale

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans notre monde moderne en convertissant des quantités physiques en signaux utilisables. Leur utilisation s'étend à de nombreux domaines, de l'industrie à la médecine en passant par la technologie de l'information. Les capteurs détectent des changements physiques ou chimiques dans leur environnement et les transforment en signaux électriques, optiques ou autres. Ces signaux fournissent des informations utiles, telles que des mesures de température, de pression, d'humidité, de lumière ou de mouvement, ou la détection de substances spécifiques. Ces capteurs peuvent être simples ou complexes selon leur application et les quantités qu'ils doivent mesurer avec précision. Ainsi, dans le chapitre I, on discutera sur les différents capteurs et leurs applications.

Le chapitre 2 se concentre sur les composants électroniques essentiels pour le fonctionnement et les performances de notre circuit, notamment le transformateur monophasé, le régulateur de tension LM317, l'afficheur de signal LM3914, le multivibrateur CD4538 et l'amplificateur opérationnel LM741. Chacun de ces composants a des caractéristiques et des fonctions spécifiques indispensables.

Le chapitre 3 sera consacré à la simulation sous ISIS et la réalisation pratique du circuit de notre projet. Ainsi, la simulation permet de tester virtuellement les circuits avant leur mise en œuvre physique, cela facilite la détection et la correction des éventuelles erreurs sans risque de dommages matériels. Les différentes étapes de la réalisation pratique sont examinées à l'aide de composants spécifiques tels que le LM3914, le CD4538 et le LM741, avec des figures illustratives montrant les résultats pratiques.

Chapitre I

Les capteurs

1.1 Introduction

Nous explorerons au début l'importance des capteurs, leurs principes de fonctionnement et leurs diverses applications. En résumé, les capteurs sont des composants fondamentaux de la technologie moderne, permettant la collecte de données précieuses qui alimentent nos systèmes intelligents et améliorent notre qualité de vie. Cette introduction ne fait qu'effleurer les possibilités offertes par les capteurs, mais elle souligne leur importance cruciale dans notre vie quotidienne et leur potentiel continu pour façonner l'avenir technologique.

1.2 Définition [1]

Un capteur est un dispositif capable de détecter un stimulus physique, comme la lumière, la chaleur, la pression, le mouvement, la proximité, etc., et de le convertir en un signal mesurable ou exploitable. Ce signal peut être électrique, optique, magnétique ou tout autre type, selon le type de capteur et la nature du stimulus détecté.

1.3 Classification des capteurs [2]

Il existe deux classes générales de capteurs (passifs et actifs)

✓ Les capteurs actifs sont des dispositifs qui nécessitent une source d'alimentation externe pour fonctionner. Le fonctionnement des capteurs actifs dépend du type de capteur et de son application. Typiquement, un capteur actif émet un signal, tel qu'une onde électromagnétique ou acoustique, vers la cible ou l'environnement qu'il surveille. Ce signal est ensuite réfléchi, modifié ou absorbe par la cible ou l'environnement, et le capteur détecte cette réponse. En mesurant les caractéristiques du signal de retour, telles que le temps de vol, l'intensité ou la fréquence, le capteur peut déterminer des propriétés telles que la distance, la composition chimique, la température, etc.

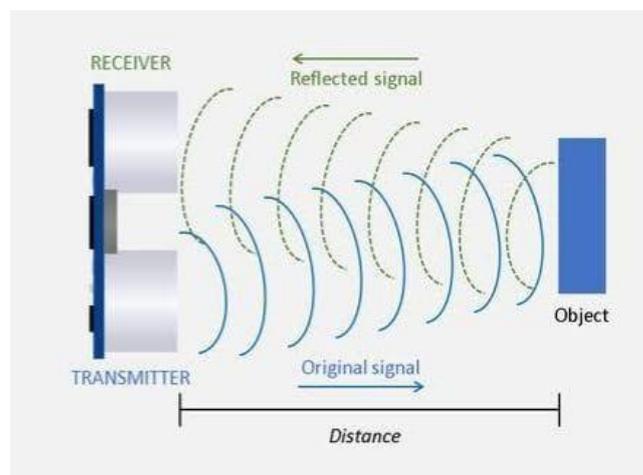


Figure I-1: Exemple d'un capteur actif. [3]

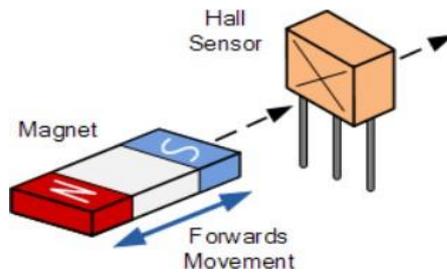


Figure I-2 : Exemple d'un capteur actif. [4]

✓ Les capteurs passifs sont des dispositifs qui détectent et mesurent des phénomènes ou des signaux environnementaux sans avoir besoin d'une source d'énergie externe. Ils réagissent aux stimuli dans leur environnement, tels que la lumière, la chaleur, le mouvement ou d'autres phénomènes physiques, et convertissent ces stimuli en signaux actionnables. Ils exploitent généralement des matériaux sensibles ou des éléments sensibles qui réagissent aux changements dans leur environnement. Par exemple, un capteur de lumière passif utilise des matériaux photosensibles qui génèrent un courant électrique en réponse à la lumière incidente. Une fois que le capteur détecte un changement ou un stimulus, il convertit cette information en un signal électrique ou numérique actionnable. Ce signal peut ensuite être traité, amplifié et utilisé pour déclencher une action appropriée. [2]

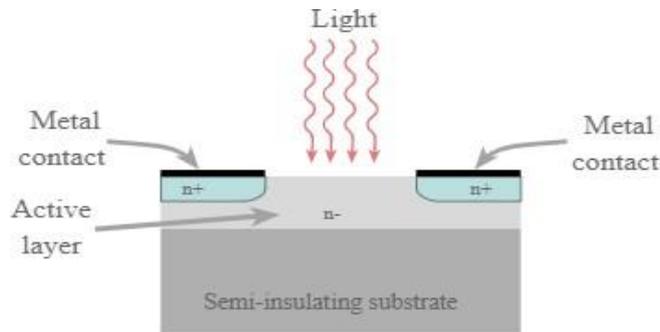


Figure I-3 : Exemple d'un capteur passif. [5]

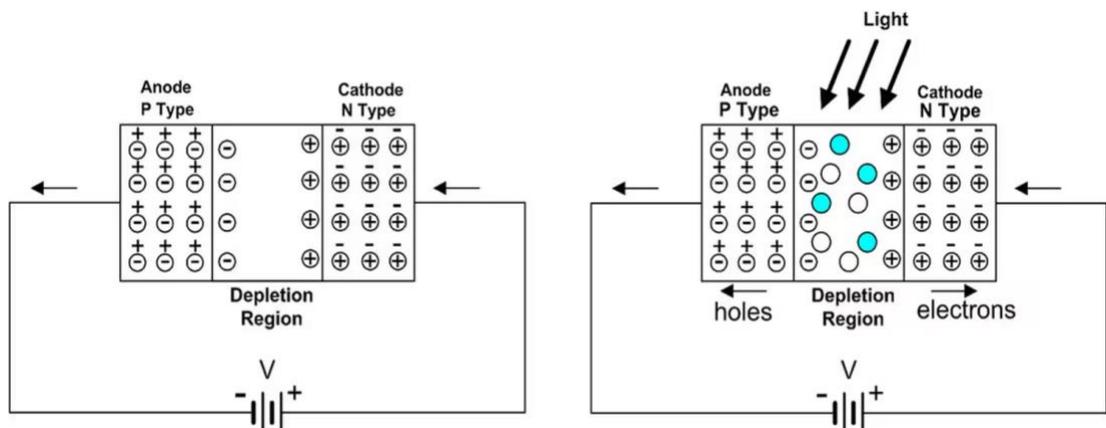


Figure I-4 : Exemple d'un capteur passif. [6]

1.4 Les différents capteurs industriels

Il existe de nombreux capteurs, l'image ci-dessous représente quelques exemples des capteurs existants dans le marché industriel.

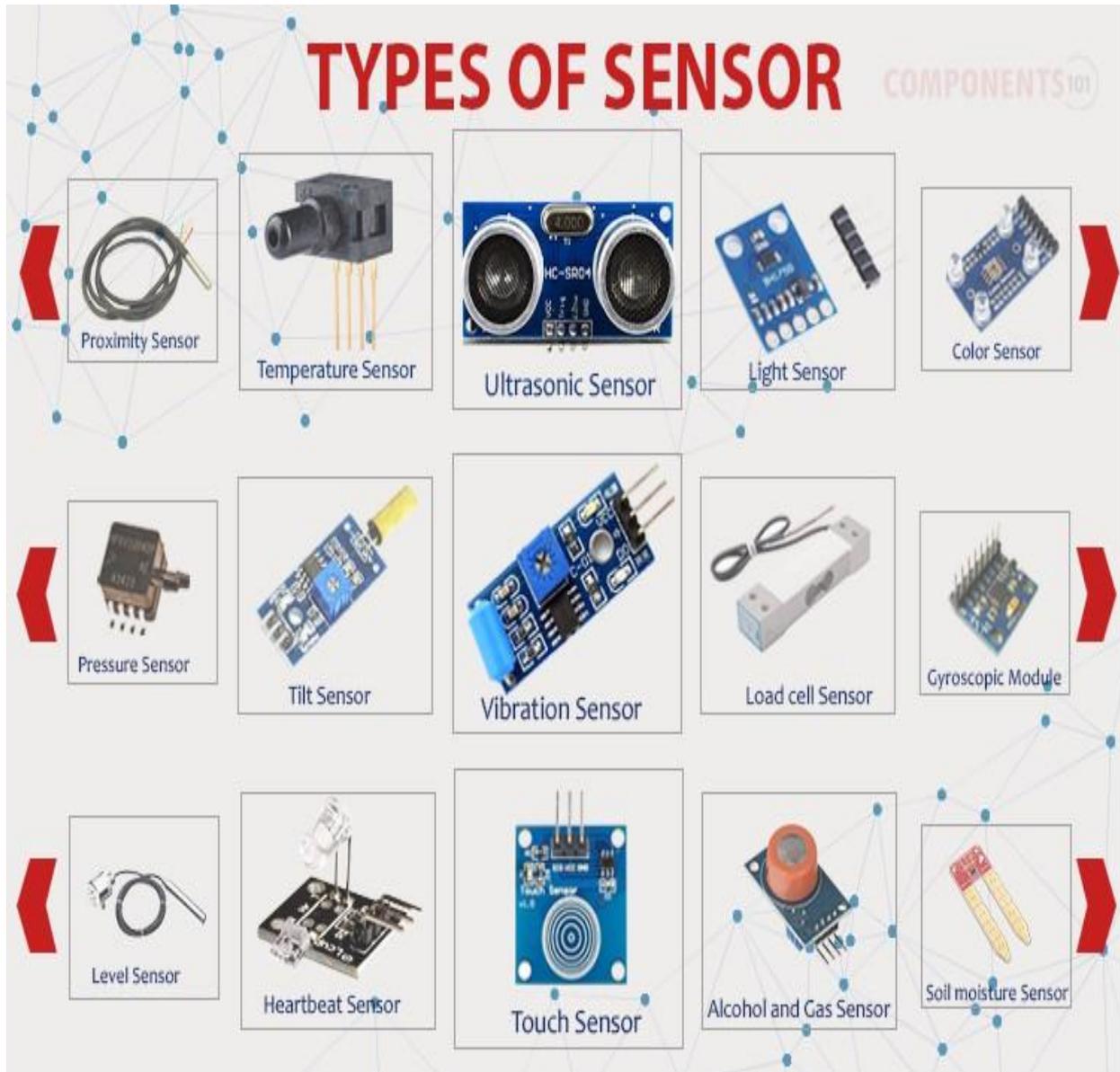


Figure I - 5: Diffèrent capteurs industriels. [6]

1.4.1 Capteur de pression

Un capteur de pression est un dispositif qui mesure la pression, généralement des gaz ou des liquides. Il convertit la force physique qui supporte en un signal électrique qui peut être interprété et utilisé pour diverses applications, comme dans les processus industriels, les systèmes automobiles, les dispositifs médicaux, etc. [7]



Figure I-6: Capteur de pression. [8]

Caractéristiques [9]

Les spécifications des capteurs de pression peuvent varier en fonction de leur application spécifique, mais voici quelques caractéristiques communes à prendre en compte :

- ✓ *Plage de mesure* : Plage de pression que le capteur peut mesurer, généralement exprimée en unités telles que psi, bar, kPa, etc.
- ✓ *Précision* : La capacité du capteur à fournir des mesures précises par rapport à la pression réelle
- ✓ *Résolution* : Le plus petit changement de pression que le capteur peut détecter et mesurer.
- ✓ *Temps de réponse* : Le temps nécessaire au capteur pour réagir aux changements de pression.
- ✓ *Linéarité* : Capacité du capteur à produire une réponse linéaire proportionnelle aux variations de pression.
- ✓ *Hystérésis*: Différence entre les mesures obtenues lorsque la pression augmente et diminue pour la même valeur de pression.
- ✓ *Température de fonctionnement* : La plage de température du capteur peut fonctionner de manière fiable.
 - ✓ *Robustesse* : La résistance du capteur aux chocs, aux vibrations, à la corrosion et à d'autres conditions environnementales défavorables [9]

1.4.2 Capteur à effet Hall

Un capteur à effet Hall est un dispositif utilisé pour détecter les champs magnétiques, souvent utilisé dans une variété d'applications, y compris les capteurs de position et de vitesse dans les moteurs, les commutateurs magnétiques et même les capteurs de courant.

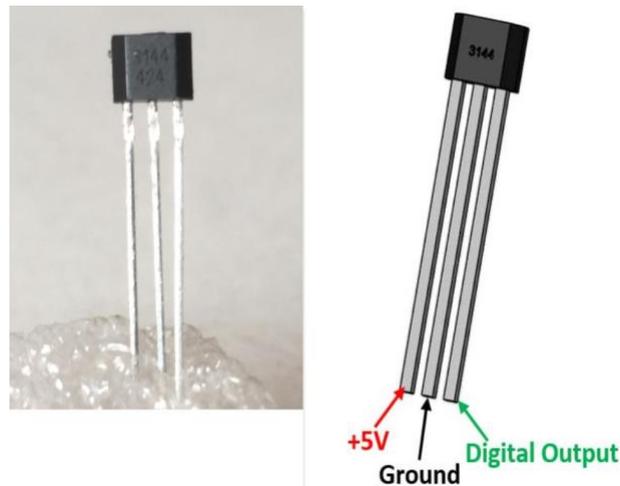


Figure I-7 : Capteur à effet Hall. [10]

Caractéristiques [11]

- ✓ Capteur à effet Hall de sortie numérique.
- ✓ Tension de fonctionnement : 4.5 V à 6 V (typiquement 5 V).
- ✓ Courant de sortie : 9 mA .
- ✓ Peut-être utilisé pour détecter les deux pôles d'un aimant.
- ✓ La tension de sortie est égale à la tension de fonctionnement.
- ✓ Température de fonctionnement: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $85\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Protection intégrée de polarité inverse.
- ✓ Convient pour les applications automobiles et industrielles.

1.4.3 Capteurs à ultrasons

Les capteurs à ultrasons sont des dispositifs qui utilisent des fréquences de sons inaudibles pour la détection de présence et pour calculer la distance d'un objet distant. L'émetteur envoie un signal sonore, Quand un objet est détecté, le son rebondit sur l'objet. Le récepteur reçoit le signal dans un temps donné, et le capteur détermine la distance. [12]



Figure I-8: Capteur à ultrason. [13]

Caractéristiques [14]

- ✓ Plage de détection : 2cm à 4m .
- ✓ Angle de détection idéal: 15° .
- ✓ Alimentation: 5V .
- ✓ Fréquence de transmission: 40Hz .
- ✓ Durée de l'impulsion: 250 us .

1.4.4 LDR

LDR (résistance dépendante de la lumière) est un capteur qui mesure l'intensité lumineuse. C'est une photorésistance qui a une résistivité variable en fonction de la lumière ambiante. Plus il y a de lumière, plus la résistivité est faible. Lorsqu'il est exposé à la lumière, le matériau semi-conducteur à l'intérieur de la photorésistance absorbe les photons, qui excitent les électrons dans la bande de conduction, réduisant la résistance du matériau. Cette diminution de la résistance permet à plus de courant de circuler dans le circuit. [15]



Figure I - 9: LDR. [16]

Caractéristiques [17]

- ✓ Tension maximale : 150 VCC .
- ✓ Puissance maximale : 100 mW .
- ✓ Température de fonctionnement : -30 à $+70\text{ }^\circ\text{C}$.
- ✓ Temps de réponse : 20 ms .
- ✓ Résistance à la lumière : 18 à $50\text{ K}\Omega$.
- ✓ Résistance à l'obscurité : $20\text{ M}\Omega$.

1.4.5 Thermistance

Une thermistance, abréviation de résistance thermique, est un type de résistance dont la résistance électrique varie considérablement avec la température. Il est souvent fait de matériaux semi-conducteurs, il existe deux types de thermistances basées sur leur coefficient de température ; les thermistances NTC (coefficient de température négative), où la résistance diminue avec l'augmentation de la température, et PTC (coefficient de température positive) thermistances, où la

résistance augmente avec l'augmentation de la température. [18]



Figure I-10: *Thermistance.* [20]

1.4.6 Photodiode:

Une photodiode est un dispositif semi-conducteur qui convertit la lumière en courant électrique. Il est couramment utilisé dans diverses applications comme la détection de la lumière, le fonctionnement d'une photodiode est basé sur le principe de l'effet photoélectrique. Lorsque la lumière frappe la photodiode, elle génère des paires électron-trou dans le matériau semi-conducteur. Ces supports de charge créent un flux de courant lorsqu'une tension externe est appliquée sur la photodiode. L'intensité du courant est proportionnelle à l'intensité de la lumière incidente.



Figure I-11: *Photodiode.* [21]

1.5 Capteurs de proximité

Les capteurs de proximité représentent une catégorie essentielle d'appareils électroniques utilisés pour détecter la présence ou l'approche d'objets sans contact physique direct. Ces capteurs sont largement utilisés dans une multitude d'applications, allant de l'automatisation industrielle à l'électronique grand public en passant par les systèmes de sécurité. Leur capacité à détecter la proximité d'objets avec précision et fiabilité en fait des outils indispensables dans le domaine de la technologie moderne.

Le fonctionnement des capteurs de proximité varie en fonction de la technologie utilisée, mais le principe général implique l'émission d'un signal (sonore, lumineux ou électrique) et la détection de son retour ou de sa modification suite à la proximité d'un objet. Les informations capturées sont ensuite converties en signaux utilisables pour déclencher des actions ou des alertes. [22]



Figure I-12: *Différents capteurs de proximité.* [22]

1.5.1 Capteur de proximité capacitif:

Les capteurs de proximité capacitifs sont des dispositifs électroniques qui détectent la présence ou la proximité d'objets en mesurant les changements de capacité électrique entre le capteur et l'objet ciblé. Ce type de capteur offre des avantages importants dans de nombreuses applications en raison de sa sensibilité, de sa fiabilité et de sa capacité à fonctionner dans divers environnements. [22]



Figure I-13: *Capteur de proximité capacitif.*[23]

Fonctionnement

Le capteur *de proximité capacitif* crée un champ électrique entre lui-même (électrode émettrice) et l'objet à détecter (électrode réceptrice). Lorsqu'un objet s'approche du capteur, il perturbe le champ électrique en changeant la capacité entre les électrodes. Le capteur mesure la capacité électrique entre ses électrodes. Ainsi, la présence d'un objet modifie cette capacité, qui détecte le changement de signal. Le signal capturé est ensuite analysé pour déterminer la proximité de l'objet. Les circuits électroniques intégrés convertissent cette variation de capacité en une sortie numérique ou analogique utilisable. [22]

Caractéristiques

- ✓ Sensibilité à la présence d'objets diélectriques ou conducteurs (tels que les métaux).
- ✓ Fonctionnement sans contact physique direct.
- ✓ Détection des objets qui traversent des matériaux non métalliques tels que le plastique, le verre ou le bois.
- ✓ Bonne immunité aux conditions environnementales comme la poussière, la saleté ou l'humidité.
- ✓ Haute répétabilité et précision dans la détection.

Applications [22]

Les capteurs de proximité capacitifs sont largement utilisés dans divers domaines pour des applications telles que:

- ✓ Contrôle de présence pour les écrans tactiles et les interfaces utilisateur.
- ✓ Détection de niveau dans les réservoirs ou conteneurs (liquides ou solides).
- ✓ Contrôle d'accès et sécurité (détection de personnes ou d'objets à proximité)
- ✓ Automatisation industrielle (détection de pièces sur les lignes de production).
- ✓ Systèmes de positionnement et de détection pour le robotique.

Avantages

- ✓ Fonctionnement fiable et précis.
- ✓ Adaptabilité à une variété de matériaux et d'environnements.
- ✓ Faible consommation d'énergie.
- ✓ Réponse rapide et temps de détection court.

1.5.2 Capteur de proximité inductif

Les capteurs de proximité inductifs sont des dispositifs utilisés pour détecter la présence d'objets métalliques sans contact physique direct. Ils travaillent sur le principe de l'induction électromagnétique pour détecter les changements du champ magnétique causés par la proximité d'un matériau conducteur. [22]



Figure I-14: Capteur de proximité inductif. [24]

Fonctionnement

Les capteurs inductifs émettent un champ magnétique à partir d'une bobine électrique oscillante à haute fréquence. Lorsqu'un objet métallique entre dans ce champ magnétique, il perturbe le champ et induit un courant électrique dans la bobine du capteur. Ce changement est détecté électroniquement pour signaler la présence de l'objet. [22]

Caractéristiques

- ✓ Sensibilité à la présence de matériaux conducteurs (généralement des métaux).
- ✓ Opération sans contact physique.
- ✓ Immunité aux conditions environnementales telles que la poussière, la saleté ou l'humidité.
- ✓ Haute répétabilité et durabilité.

Applications [22]

Les capteurs de proximité inductifs sont largement utilisés dans de nombreux domaines industriels pour des applications telles que:

- ✓ Détection de la position des pièces sur les convoyeurs.
- ✓ Contrôle de la présence d'objets sur les lignes de production.
- ✓ Détection de limite pour machines et robots.
- ✓ Sécurité des portes et des ascenseurs.
- ✓ Systèmes d'automatisation et de contrôle

Avantages

- ✓ Fiabilité élevée due à l'absence de pièces mobiles.
- ✓ Longue durée de vie et entretien réduit.

- ✓ Détection rapide et temps de réponse courts.
- ✓ Adaptabilité à divers environnements industriels.

1.6 Conclusion

La classification des capteurs en types actifs et passifs met en évidence leurs divers principes de fonctionnement et applications. Les capteurs actifs nécessitent une source d'alimentation externe et envoient activement des signaux pour détecter les changements, tandis que les capteurs passifs fonctionnent sans alimentation supplémentaire, réagissant aux stimuli environnementaux.

Chaque type de capteur a des caractéristiques uniques et est adapté à des applications spécifiques, allant de la mesure de quantités physiques comme la pression et la température à la détection de la lumière et de la proximité.

Chapitre II

Informations générales sur les composants

2.1 Introduction

Les composants électroniques jouent un rôle crucial dans le fonctionnement et les performances de divers appareils et systèmes électriques. Parmi ces composants, certains sont essentiels pour convertir, réguler et afficher les signaux électriques. Ce chapitre se concentre sur plusieurs dispositifs électroniques clés, tel que le transformateur monophasé, le régulateur, l'afficheur, le multivibrateur et les amplificateurs opérationnels. Chaque composants possède des caractéristiques et des fonctions spécifiques qui les rendent indispensables dans leurs domaines respectifs, allant de l'adaptation des niveaux de tension à la stabilisation des alimentations électriques, en passant par l'affichage des niveaux de tension et l'amplification des signaux.

2.2 Le transformateur monophasé

2.2.1 Définition

Le transformateur monophasé est un convertisseur alternatif. Son rôle est de modifier les amplitudes des grandeurs alternantes (tensions, courants) en maintenant la fréquence et la forme d'onde inchangées afin d'adapter le récepteur (charge) au réseau électrique.

2.2.2 Construction

Un transformateur monophasé est composé de deux bobines de fil conducteur, généralement en cuivre, enroulées autour d'un noyau de matériau magnétique, tel que le fer laminé. Ces enroulements sont appelés enroulements primaires et enroulements secondaires.

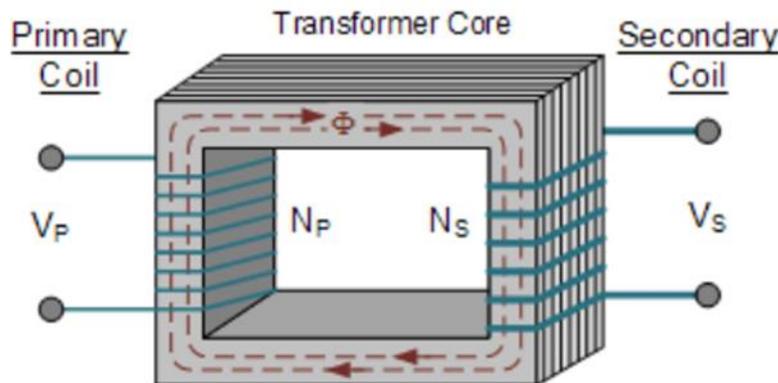


Figure II-1: Transformateur monophasé. [26]

L'enroulement primaire prend l'énergie électrique générée par une source électrique et produit le flux magnétique. [19]

Enroulement secondaire: fournit la tension de sortie souhaitée en raison de l'induction mutuelle dans le transformateur. [19]

2.2.3 Caractéristiques

- ✓ **Tension d'entrée et de sortie:** Le transformateur monophasé convertit la tension AC d'entrée d'une phase en une tension AC de sortie différente.
- ✓ **Fréquence :** 50Hz
- ✓ **Puissance nominale:** peut être exprimée en voltamps (VA) ou kilovolt-amps (kVA).
- ✓ **Le rapport de transformation d'un transformateur monophasé :** est le rapport entre la tension primaire (V_{in}) et la tension secondaire (V_{out}). Il est déterminé par le nombre de tours dans les enroulements primaire (N_1) et secondaire (N_2).

$$m = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_1}{U_2} \quad (2.1)$$

m : est le rapport de transformation.

N_1 : nombre de tours primaires.

N_2 : nombre de tours secondaires.

U_1 : tension appliquée au primaire.

U_2 : tension appliquée au secondaire.

- ✓ **Dimensions et poids:** Il existe une variété de tailles (formes) et de poids pour les transformateurs monophasés, en fonction de leur puissance nominale.

2.2.4 Fonctionnement

Lorsqu'une tension alternative est appliquée au primaire, un courant magnétique est induit dans le cœur, ce qui génère un champ magnétique. Ce champ magnétique induit à son tour une tension dans le secondaire en fonction des rapports de tension de transformation du transformateur. [25]

Avec l'équation (2.1), on peut définir les types de transformateurs. Si le rapport m : [28]

- ✓ Est plus grand que 1, alors on dit que le transformateur est élévateur
- ✓ Est égal à 1, le transformateur est utilisé pour effectuer la séparation des circuits.
- ✓ Est inférieur à 1, alors le transformateur est un abaisseur.

2.3 Le LM317

Le LM317 est un circuit intégré TO-220 comprenant un régulateur de tension positif permettant le réglage de la tension de sortie. Ce régulateur de tension permet de fournir une tension aussi stable que possible, et qui est largement utilisée dans de nombreux assemblages électroniques. Un régulateur de tension compose d'un ensemble de semi-conducteurs, et sont conçus pour supporter un courant de sortie supérieur à 1,5A (courant de charge).



Figure II-2: LM317 [29]

2.3.1 Construction

LM317 est composé d'un ensemble de composants : Transistor, condensateur, résistance et diode Zener.

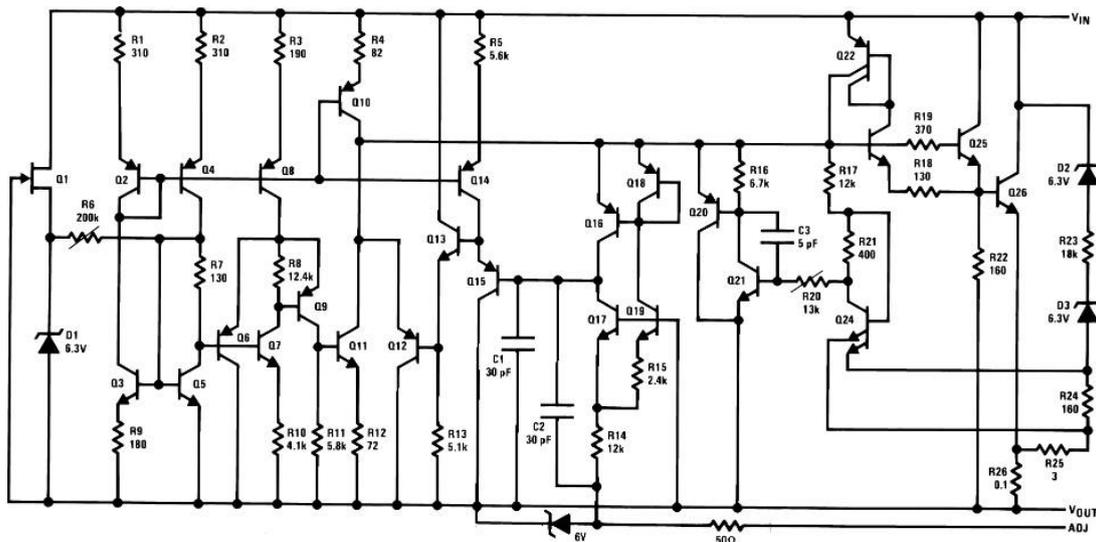


Figure II-3: Circuit interne de LM317 Datasheet [29]

2.3.2 Caractéristiques [29]

- ✓ **Tension de sortie réglable:** Le LM317 régule une tension de sortie variable, généralement comprise entre 1,25 volts et un maximum de 37 volts, en fonction de la configuration et des composants externes utilisés
- ✓ **Courant de sortie élevé:** ce régulateur peut fournir jusqu'à 1,5 ampère de courant de sortie, ce qui le rend adapté à de nombreuses applications électroniques.
- ✓ **Basse tension de décharge:** La différence de tension entre la tension d'entrée et la tension de sortie, appelée tension de décharge, est généralement très faible (environ 2 volts), ce qui signifie qu'elle est efficace même lorsque la tension d'entrée est proche de la tension de sortie.
- ✓ **Protection thermique intégrée:** Le LM317 intègre des dispositifs de protection thermique qui désactivent le régulateur en cas de surchauffe, protégeant ainsi le composant.
- ✓ **Facilité d'utilisation:** Le LM317 est disponible dans un boîtier TO-220, ce qui le rend facile à monter sur un dissipateur thermique pour une dissipation efficace de la chaleur.

2.3.3 Fonctionnement

Le LM317 utilise un mécanisme de régulation linéaire pour maintenir une tension de sortie constante, indépendamment de la variation de la tension d'entrée ou de la charge connectée à la sortie. Il utilise une référence de tension interne, généralement 1,25Volts, entre la broche de réglage (Adj) et la broche de sortie (Vout). La tension de sortie est déterminée par une résistance externe connectée entre la broche de réglage (Adj) et la broche de sortie (Vout). [30]

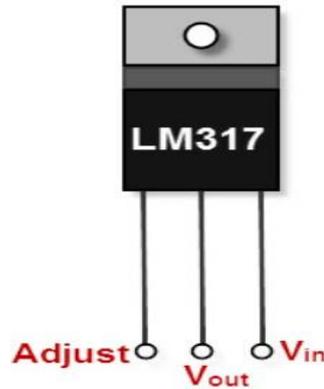


Figure III-4: Brochure de LM317 [31]

2.4 Le LM3914

Le LM3914 est un circuit intégré qui montre visuellement l'ampleur d'une tension d'entrée analogique linéaire. Nous pouvons voir visuellement l'importance de ces signaux de la tension de fonctionnement du circuit intégré LM3914. La sortie IC peut fournir des LED. Il est important de noter que lors de l'utilisation d'un LM3914, il n'est pas nécessaire d'utiliser une seule résistance. Puisque l'alimentation actuelle des LED d'affichage est programmable et réglée, nous avons besoin de plus d'une résistance. Cette caractéristique unique permet à ce circuit intégré de fonctionner avec moins de 3V.[32]

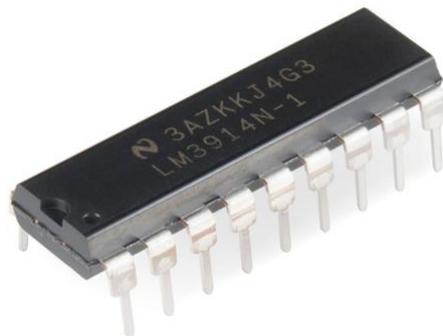


Figure III-5: LM3914 [34]

2.4.1 Construction

Le LM3914 est composé d'un ensemble de composants : Résistances, Diode, Comparateurs, Amplificateur de sélection de mode, Source de tension de référence et buffer.

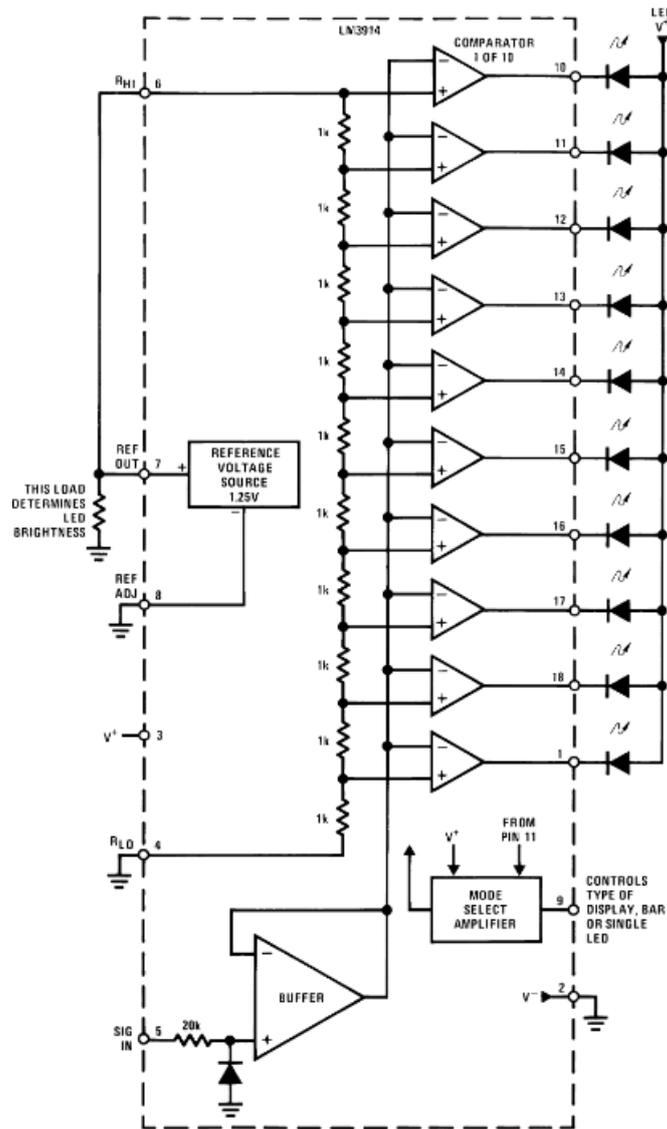


Figure II-6: Circuit interne de LM3914 Datasheet [33]

2.4.2 Caractéristiques [33]

- ✓ **Nombre de LED/segments:** peut alimenter jusqu'à 10 LED ou segments d'affichage à barres (sortie linéaire)
- ✓ **Plage de tension d'alimentation :** généralement de 3 V à 25 V.
- ✓ **Sortie en cascade:** permet à plusieurs circuits LM3914 d'être montés en cascade pour augmenter le nombre de LED ou de segments affichés.
- ✓ **Mode de fonctionnement sélectionnable:** Peut-être configure pour fonctionner en mode point, ou barre graphe.
- ✓ **Faible courant de repos:** Consomme très peu de courant lorsqu'il n'y a pas de signal d'entrée
- ✓ **Fonctionnement sans oscillation:** Conçu pour prévenir les oscillations indésirables.

2.4.3 Fonctionnement

Le LM3914 agit essentiellement comme une série de comparateurs de tension. Il prend une tension analogique comme entrée et la compare aux niveaux de tension de référence interne. Selon la relation entre la tension d'entrée et les niveaux de référence, le LM3914 allume ou éteint une série de LED connectées à ses sorties, créant une indication visuelle de la tension ou du niveau du signal. [32]

2.5 Le CD4538

Le CD4538 est un multivibrateur monostable double précision avec des commandes indépendantes de déclenchement et de réinitialisation. Le dispositif peut être relance et réinitialise, et les entrées de contrôle sont verrouillées en interne. Le CD4538 IC a un large éventail de conditions de travail, et s'interface directement avec des configurations de CMOS, de NMOS, et de TTL. La sortie de l'IC vient toujours en TTL qui le rend facile de travailler avec d'autres dispositifs et microcontrôleurs de TTL. L'IC offre également des caractéristiques telles que l'interdiction d'ESD et la sécurité thermique de surcharge. CD4538 appartient à la famille de circuits intégrés (IC) CMOS série 4000 construite avec des transistors de mode d'amélioration de canal N et P.[35]



Figure II-7: Brochage CD4538 [36]

2.5.1 Construction

Le CD4538 est composé de porte logique NOR et bascules

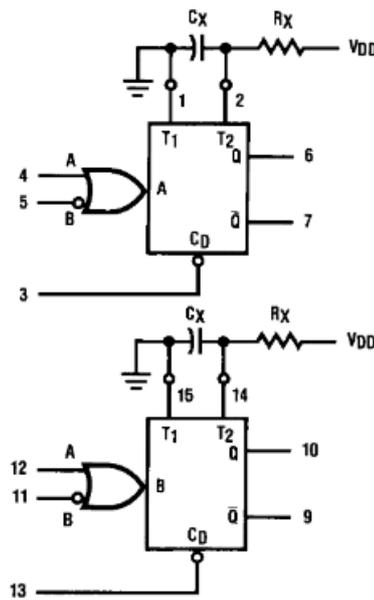


Figure II-8: Circuit interne du CD4538 datasheet [35]

2.5.2 Caractéristiques: [35]

- ✓ Mode monostable.
- ✓ Plage de tension d'alimentation: généralement de 3 V à 15 V.
- ✓ Température de fonctionnement: Plage de température de fonctionnement étendue, généralement de -55 °C à +125 °C.
- ✓ Large plage de largeur d'impulsion: 1 us l'infini.
- ✓ Séparer les entrées de réinitialisation verrouillées
- ✓ Entrées et sorties compatibles TTL.
- ✓ Fiabilité et stabilité opérationnelle élevées.

2.5.3 Fonctionnement

Le CD4538 agit comme un générateur d'impulsions à une seule prise. Il génère une impulsion de sortie unique en réponse à un signal de déclenchement. Lorsqu'un signal de déclenchement est appliqué à l'entrée Trigger (broche 5), la sortie (broche 6) est élevée pendant une durée déterminée par une résistance externe et un condensateur. Le signal de déclenchement peut être une transition positive ou négative, selon la configuration. Une fois la durée de l'impulsion écoulée, la sortie revient à son état stable jusqu'à nouveau déclenchée.

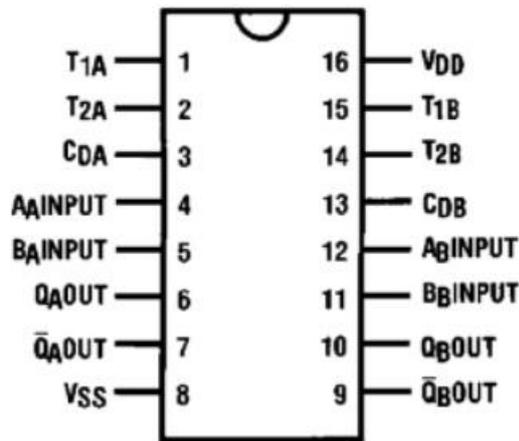


Figure II-9: Brochure de CD4538 [37]

2.5.4 Théorie

La durée d'impulsion (t) est donnée par la formule :

$$T = 1.1 * R * C [35]$$

2.6 Le LM741

2.6.1 Définition

Le LM741 est un circuit intégré, plus précisément un amplificateur opérationnel (également appelé un amplificateur opérationnel). Il est conçu pour amplifier les signaux électriques, les rendant plus forts sans changer leur forme. Le LM741 op-amp est conçu pour fonctionner avec une large gamme de tensions d'alimentation, généralement symétriques. Il est utilisé dans une variété d'applications telles que les amplificateurs audio, amplificateurs de mesure, filtres actifs, régulateurs de tension, comparateurs, et beaucoup plus.

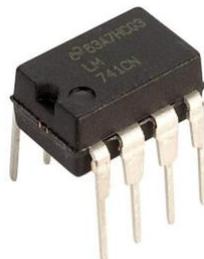


Figure II-10: Boitier de LM741 [38]

2.6.2 Construction

Le LM741 est composé d'un ensemble de composants : Transistor, condensateur, résistance.

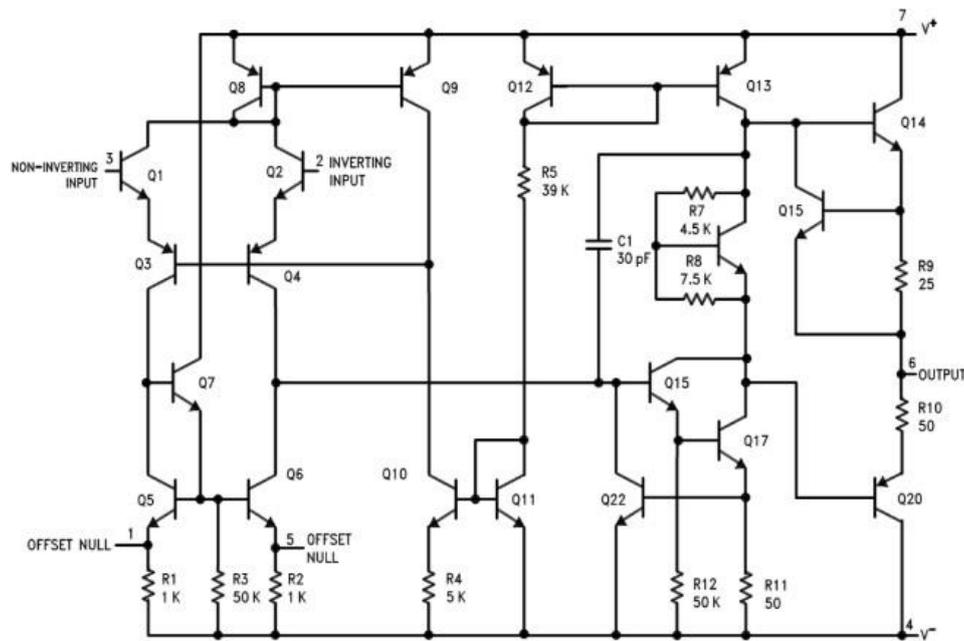


Figure II-11: Circuit interne de LM741 Datasheet [40]

2.6.3 Caractéristiques [40]

Voici quelques-unes de ses principales caractéristiques :

- ✓ **Alimentation** : Tension d'alimentation bipolaire typique de 15 V.
- ✓ **Plage de fréquences** : Sa largeur de bande typique est d'environ 1 MHz.
- ✓ **Impédance d'entrée** : Elevée Généralement très élevée ($\sim 2 \text{ M}\Omega$).
- ✓ **Gain en boucle ouverte** : Elevé (généralement 100 dB).
- ✓ **Impédance de sortie** : Faible (généralement 75Ω).
- ✓ **Température de fonctionnement** : Sa plage de température de fonctionnement typique est entre -55°C et $+125^\circ\text{C}$.
- ✓ **Faible distorsion** : Le LM741 offre généralement une distorsion harmonique relativement faible en utilisation normale.

2.6.4 Fonctionnement

Sa fonction principale réside dans l'amplification de la tension qui apparait comme une différence entre ses deux entrées : l'entrée inverseur et l'entrée non inverseur. Cette amplification est ajustée en fonction des valeurs des résistances incorporées dans le circuit, ainsi que des caractéristiques spécifiques à cet amplificateur. Il peut être utilisé avec une alimentation bipolaire, c'est-à-dire une alimentation positive et négative, pour permettre un fonctionnement optimal sur une large plage de tension. Cependant, il est important de noter que le LM741 est également capable de fonctionner avec une seule alimentation, ce qui simplifie son intégration dans diverses applications électroniques. Sa polyvalence et ses performances en font un composant essentiel dans de nombreux circuits électroniques. [40]

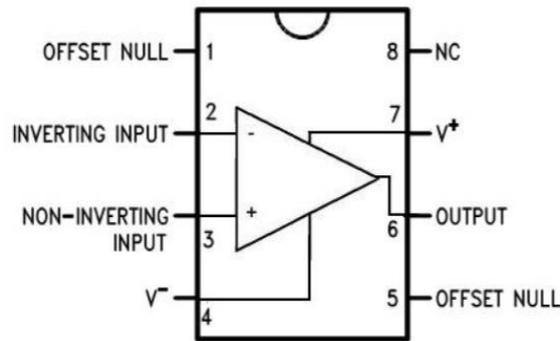


Figure II-12: Représentation des Pin de LM741 PIN [39]

2.6.5 Application [40]

- ✓ Amplification de la tension.
- ✓ Inversion de l'amplification.
- ✓ Amplificateur de sommation.
- ✓ Amplification du courant.
- ✓ Comparateur.
- ✓ Amplificateur DC offset.

2.7 Conclusion

En conclusion, les composants électroniques tels que le transformateur monophasé, le régulateur de tension LM317, l'afficheur de signal LM3914, le multivibrateur CD4538 et l'amplificateur opérationnel LM741 sont des éléments fondamentaux dans la conception et la mise en œuvre de nombreux systèmes électroniques. Chacun de ces composants offre des fonctionnalités essentielles : le transformateur monophasé adapte les niveaux de tension pour les charges, le régulateur LM317 régule la tension de sortie, le LM3914 affiche visuellement les niveaux de tension, le CD4538 génère des impulsions précises, et le LM741 amplifie les signaux électriques. Une compréhension approfondie de ces composants et de leur utilisation appropriée permet le développement de dispositifs électroniques plus efficaces, fiables et performants.

Chapitre III

Simulation sous ISIS et réalisation pratique

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons explorer la simulation sur ISIS et la réalisation pratique des circuits électroniques implique. La simulation sur ISIS permet de tester virtuellement les circuits avant de passer à leur implémentation physique, ce qui aide à identifier et corriger les erreurs potentielles sans risque de dommages matériels. Nous examinerons les différentes étapes de la réalisation pratique, en utilisant des composants spécifiques tels que le LM3914, le CD4538, et le LM741. Des figures illustratives seront utilisées pour montrer les résultats de pratique et les points de contact sur les composants.

3.2 Circuit description

Le montage s'agit d'un détecteur d'émotivité où la résistivité de la peau varie en fonction de l'émotion (si elle est recouverte plus ou moins forte de sébum). La détection dépend surtout de la mise en situation de la personne testée. Ce montage possède une visualisation à bar graphe à leds ou une visualisation avec une connexion éventuel sur un pc.

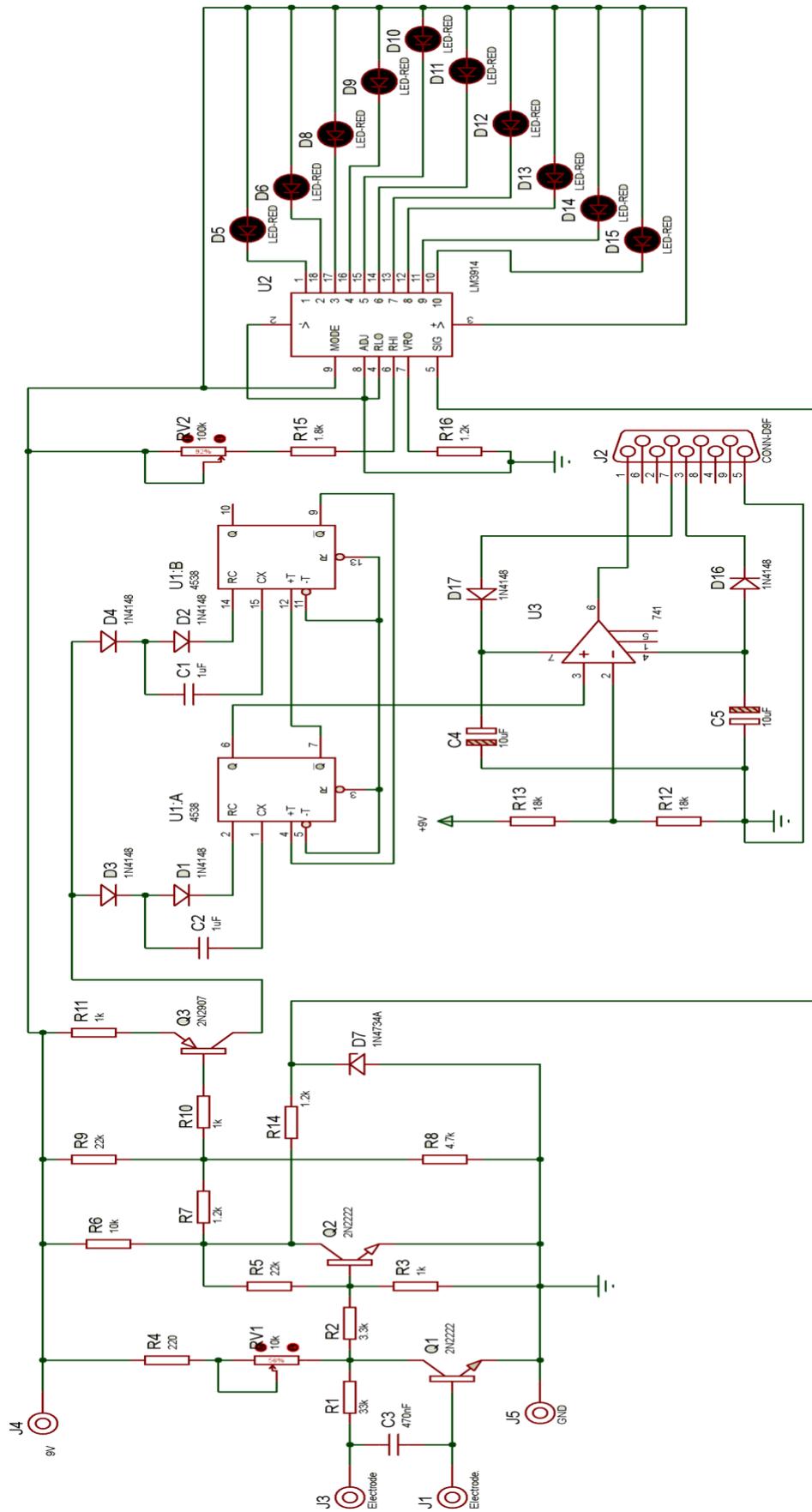


Figure III-1 : Circuit sous isis.

Le circuit de détecteur d'émotivité contient 3 blocs et une alimentation supplémentaire.

3.2.1 Bloc d'alimentation

Ce bloc contient un transformateur qui convertit la tension secteur de 230V en une tension alternative de 9V, un pont redresseur à diodes pour convertir la tension alternative en tension continue, et deux condensateurs de filtrage pour les hautes et basses fréquences. Il comprend également un régulateur de tension LM317 pour stabiliser la tension et un indicateur LED.

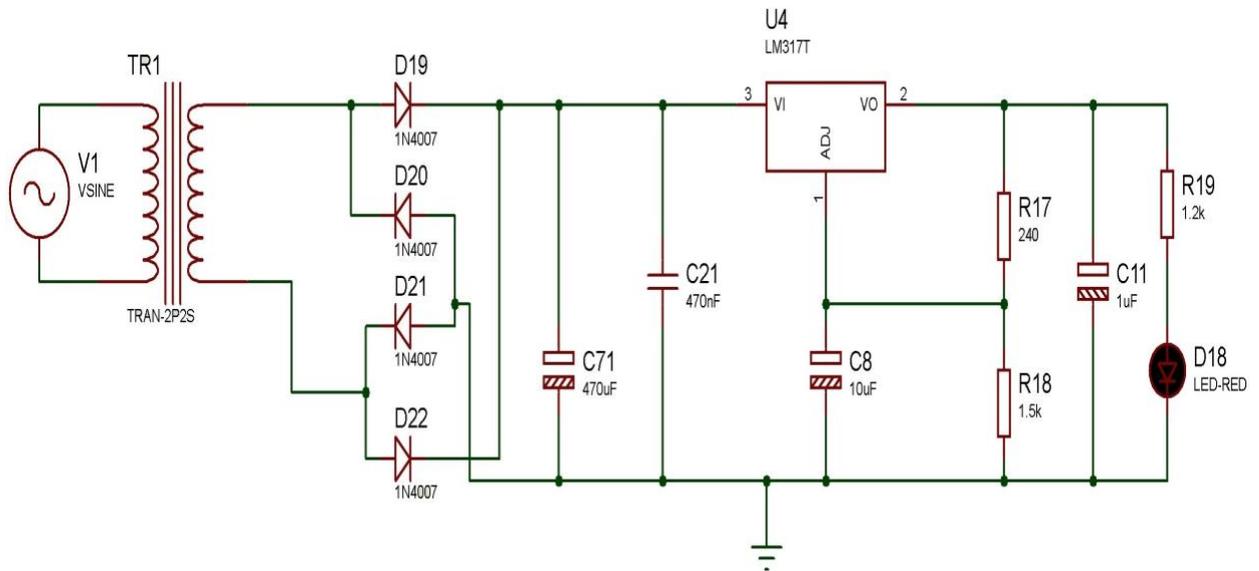


Figure III-2 : Bloc d'alimentation.

3.2.2 Bloc d'entrée

Ce bloc agit comme un amplificateur de courant. Contient deux transistors dans une configuration à émetteur commun. Le premier transistor amplifie le signal d'entrée en tension, et le deuxième transistor augmente la capacité de courant du signal amplifié. De plus, plusieurs résistances sont connectées aux transistors, une résistance variable pour faire varier le courant et un condensateur en parallèle avec les électrodes, qui agit comme un intégrateur.

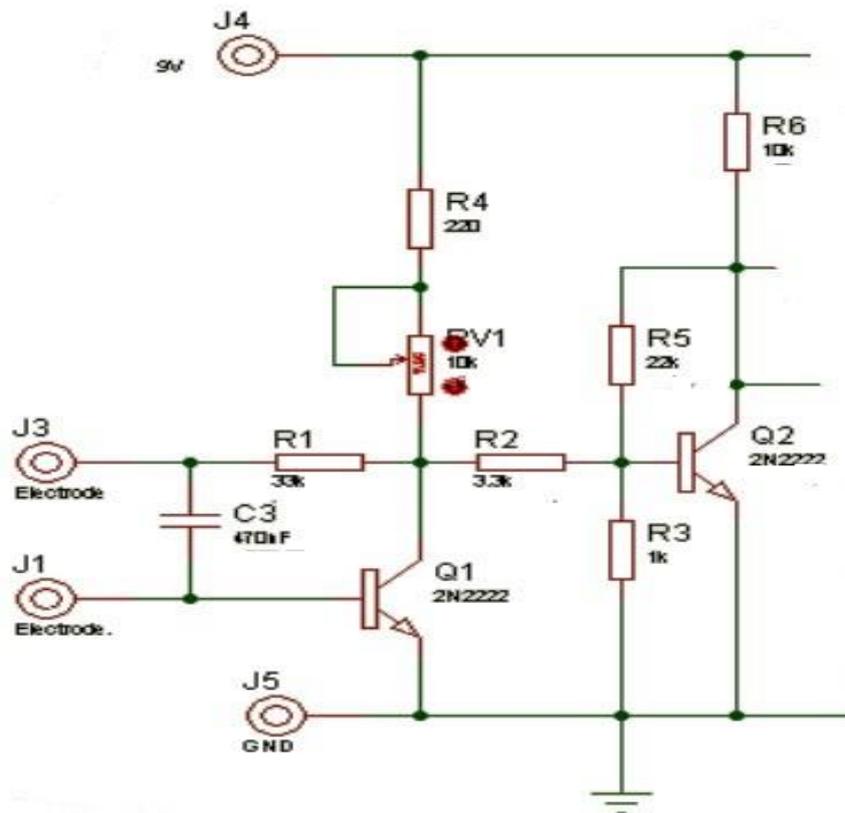


Figure III-3: Bloc d'entrée sur ISIS.

3.2.3 Bloc d'affichage LED

Cette configuration s'appuie sur un circuit intégré spécifique, le LM3914, utilisé comme indicateur de VU mètre. Il est relié à deux résistances pour limiter le courant interne et à une autre résistance variable pour ajuster la tension de seuil haut.

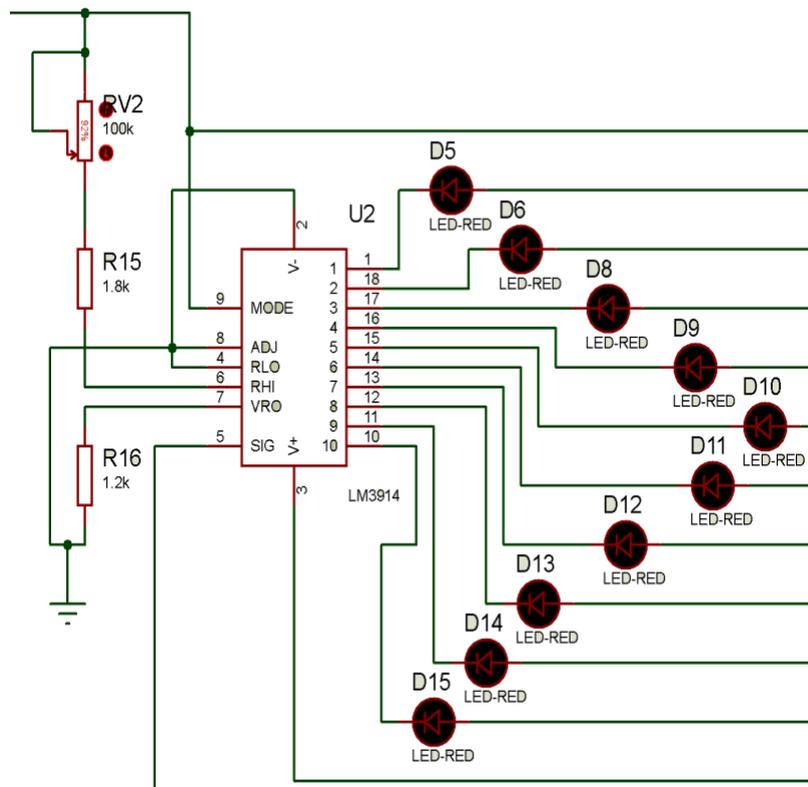


Figure III-4: *Bloc d'affichage à LED.*

3.2.4 Bloc interface PC

Ce bloc sert de lien entre le bloc d'entrée et le PC. Il comprend des résistances connectées à un transistor PNP qui convertit la tension mesurée en courant de charge. Le bloc comporte également un double circuit intégré monostable CD4538 configuré en boucle pour former un oscillateur, lié à des condensateurs déterminant la constante de temps. Ce CI est directement connecté à un amplificateur opérationnel LM741, qui ajuste la tension pour l'interface RS232.

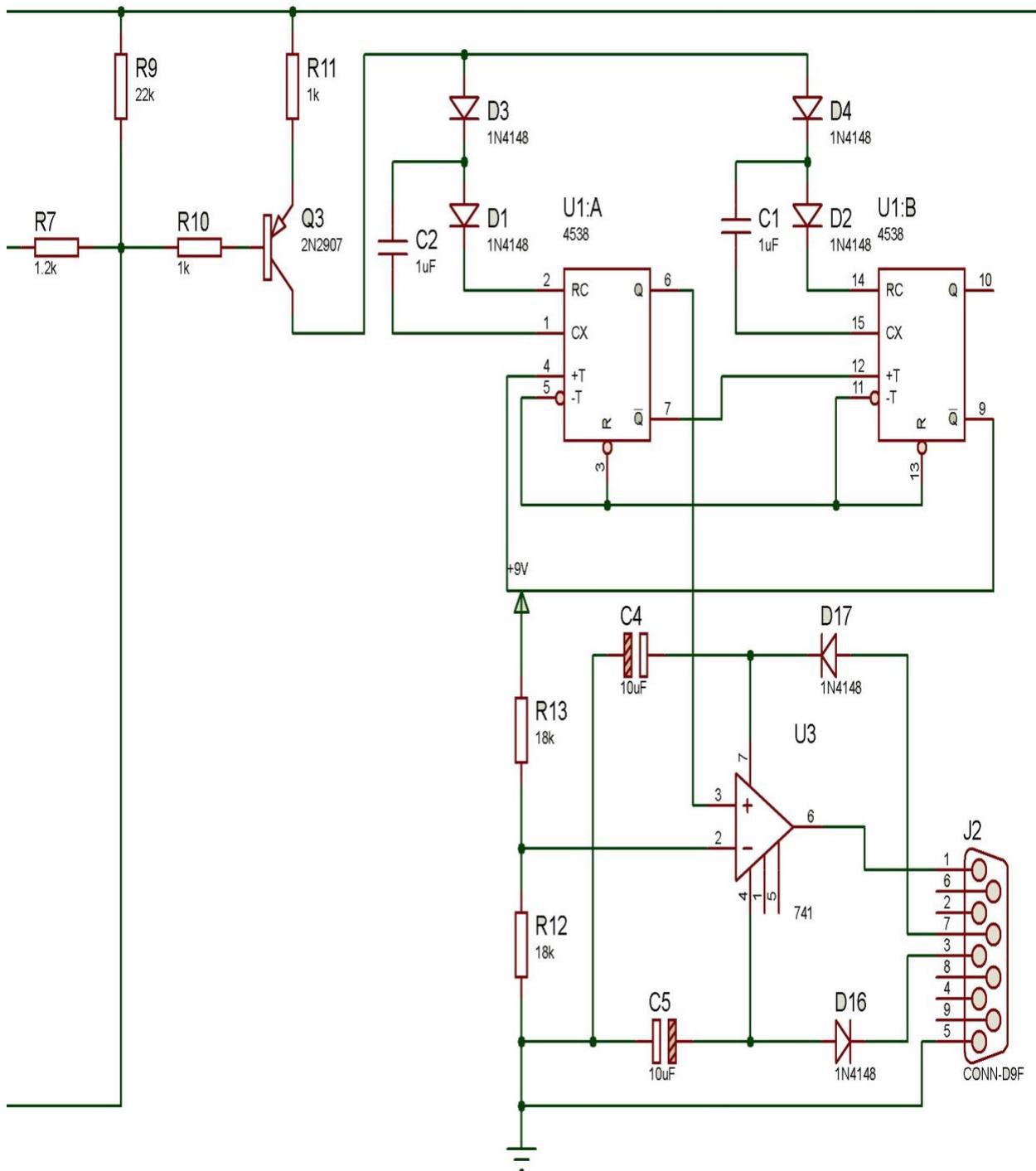


Figure III-5: Bloc interface PC.

3.3 Fonctionnement

3.3.1 Alimentation

Tout d'abord, le transformateur réduit la tension du secteur de 230V à une tension alternative plus basse de 9V. Cette tension alternative de 9V est ensuite redressée par un pont de diodes, convertissant l'AC en courant continu (DC) pulsant. Pour lisser les ondulations et obtenir une tension continue plus stable, des condensateurs de filtrage sont utilisés. La tension continue filtrée passe ensuite par un régulateur de tension LM317, qui ajuste la tension à un 9V précis et stable. Le régulateur LM317 est souvent accompagné de condensateurs supplémentaires pour améliorer la stabilité et la réponse aux variations de charge. Enfin, une LED indicatrice, couplée avec une résistance appropriée, est connectée à la sortie pour montrer que l'alimentation fonctionne et fournit la tension correcte.

3.3.2 Circuit détecteur

L'amplificateur de courant est constituée de deux transistors Q_1 et Q_2 , auxquels sont associées quelques résistances et condensateurs. Le condensateur C_3 placé en parallèle sur les entrées d'électrodes agit comme intégrateur, et a pour rôle de ralentir un peu les variations de tension afin d'éviter de brusques changements. Le potentiomètre RV_1 ajuste la sensibilité, qui dépend largement du sujet et du type d'électrodes employées. Au repos (électrodes en l'air), aucun courant ne circule à la base du transistor Q_1 , qui reste bloqué. Dans ces conditions, le transistor Q_2 reçoit un courant suffisant au travers des résistances R_2 , R_4 et RV_1 , devenant ainsi conducteur. La tension présente au collecteur de Q_2 est à cet instant très faible. Lorsque les électrodes sont placées sur la peau, un courant va circuler à travers le corps. Ce courant est suffisamment faible pour ne présenter aucun danger. Plus le courant sera élevé, plus le transistor Q_1 va conduire, et plus la tension présente sur son collecteur va chuter. Cette chute de tension se traduira par une diminution du courant de base de Q_2 , ce dernier devenant alors de moins en moins conducteur, sa tension de collecteur augmentant alors en conséquence.

Le CI LM 3914 est le moyen d'affichage En allumant des LED par la tension d'entrée dans la cathode de diode Zener. La résistance dans la pin 7 fixe la limitation interne de courant à 10mA, Le seuil bas est fixé à 0 v et le potentiomètre RV_2 ajuste le seuil haut La broche 9 permet de déterminer le mode d'affichage des LED : raccordée au +9V , l'affichage se fait en mode barographe. Laisser en l'air, l'affichage se ferait en mode point.

Le transistor Q3 et les résistances R₇ R₉ R₁₀ R₁₁ tension de mesure en courant de charge, le CI CD4538 convertir la tension en fréquence , les double monostable bouclés forment un oscillateur , et le condensateur déterminant la constante de temps est chargé par un courant dont la valeur est déterminée par la tension de d'entrée issue de l'étage d'entrée .La fréquence obtenue en sortie des mono- stables est 70Hz au repos, et 300 Hz quand les électrodes sont en court-circuit. La plage de variation malgré elle n'est pas grande, mais elle est largement suffisante pour l'application qui nous intéresse, et les fréquences mises en œuvre sont suffisamment basses pour rester compatibles avec une grande variété d'ordinateurs. L'amplificateur opérationnel lm 741 transformer l'amplitude de créneaux 0V et +9V de signal oscillant que est disponible sur la pin 6 de cd 4538 en respectivement -12V et +12V. L'AOP est alimenté par le port RS232, la ligne TX du port RS232 alimenter la borne négative de l'AOP, et la ligne RTS alimenter la borne positive. Une fois le port com ouvert, la ligne TX fournira du -12V, et la ligne RTS fournira le +12V. La diode et le condensateur placés sur le trajet de chacune des deux lignes d'alimentation de l'AOP permettent la protection de l'AOP contre toute polarité incorrecte, et d'assurer un filtrage minimum. l'AOP est monté en comparateur, le signal à transmettre via la broche non inverseuse 3. Et la tension de comparaison est appliquée à la broche inverseuse 2, le pont diviseur R₁₂/R₁₃ fixé le seuil à environ 4,5V. Ainsi, à chaque fois que le signal oscillant passe de 0 à +9V à l'entrée de l'AOP, la sortie de l'AOP passera de -12V à +12V. La conversion en niveaux de tension RS232 est bien assurée. la ligne DCD récupérer le signal oscillant sur le PC.

3.4 Signaux de différentes broches de circuit

Le signal d'alimentation est un signal continu avec une amplitude de 9,4 v.

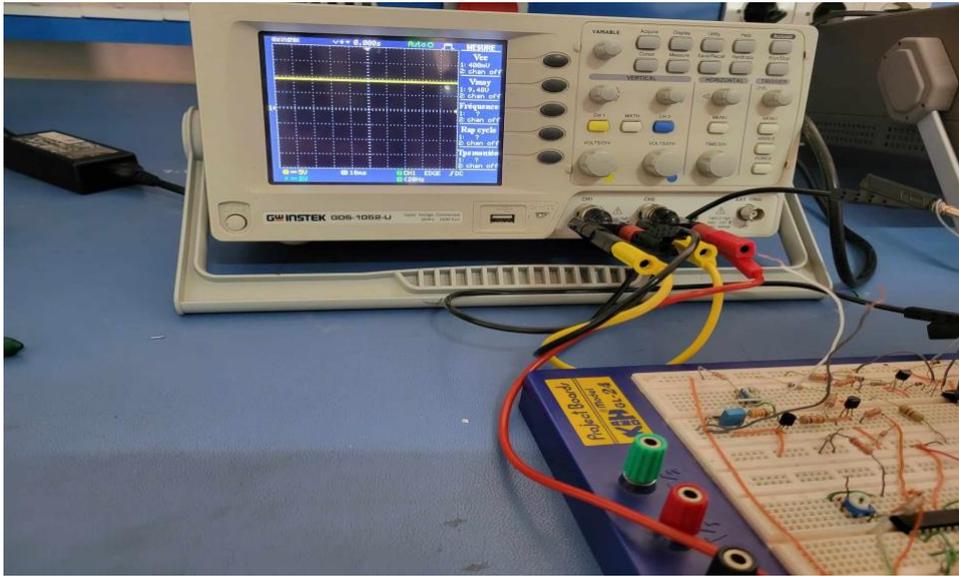


Image III-1: Signal d'alimentation.

Le signal jaune est la base du transistor Q_1 et le bleu est le collecteur.

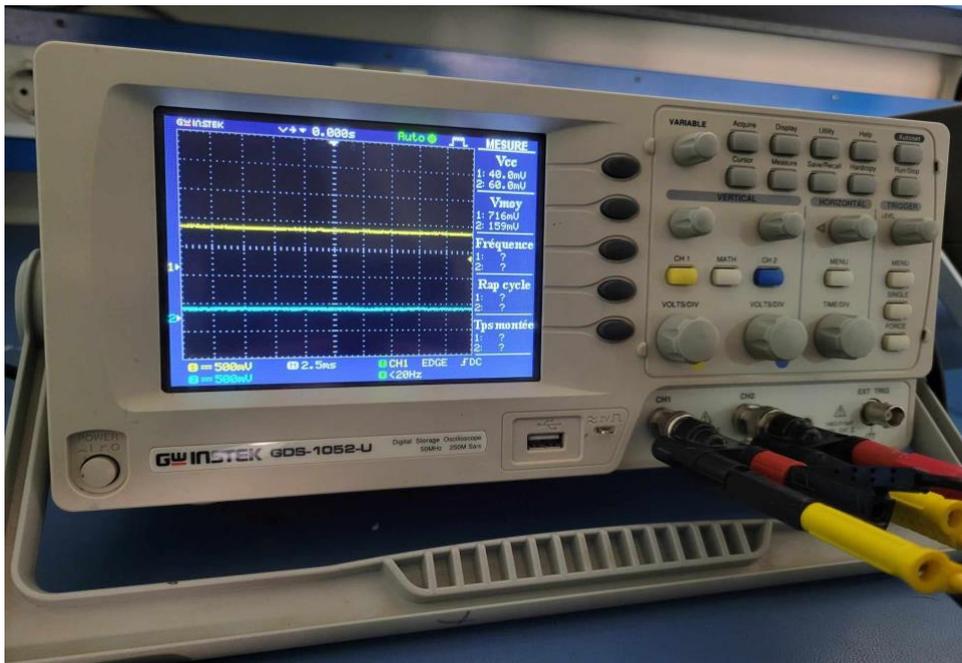


Image III-2: Sans contact.

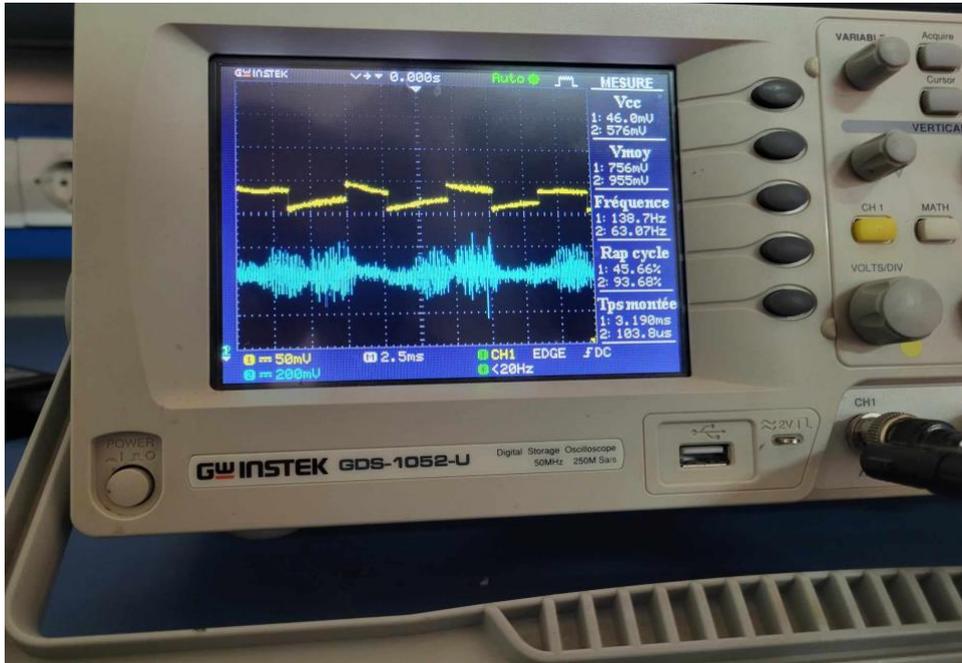


Image III-2: Avec contact.

Le signal jaune est la base du transistor Q₂ et le bleu est le collecteur

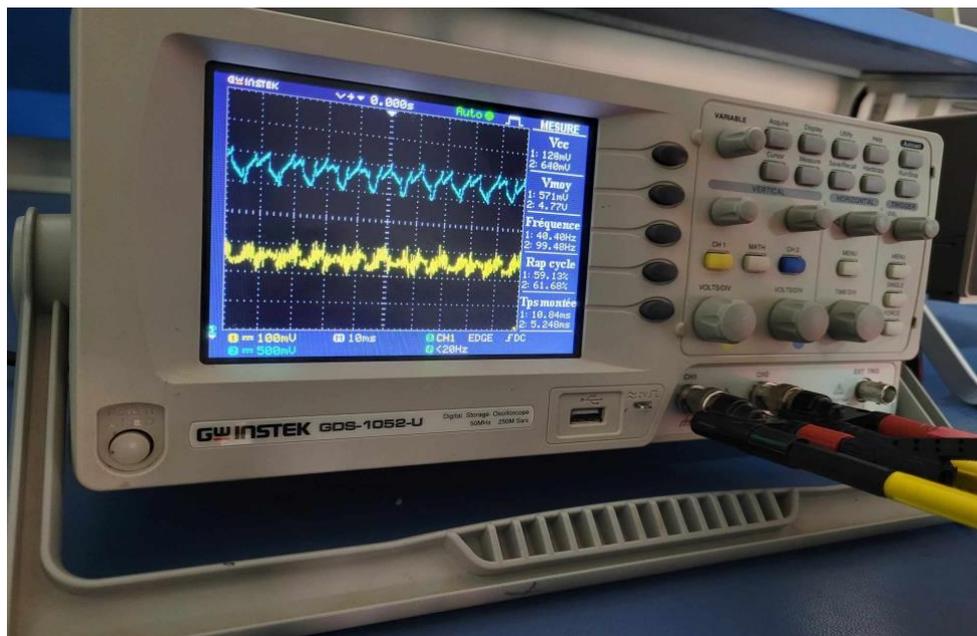


Image III-3: Avec contact.

Le signal jaune est la base du transistor Q₃ et le bleu est le collecteur, de différent pourcentage.

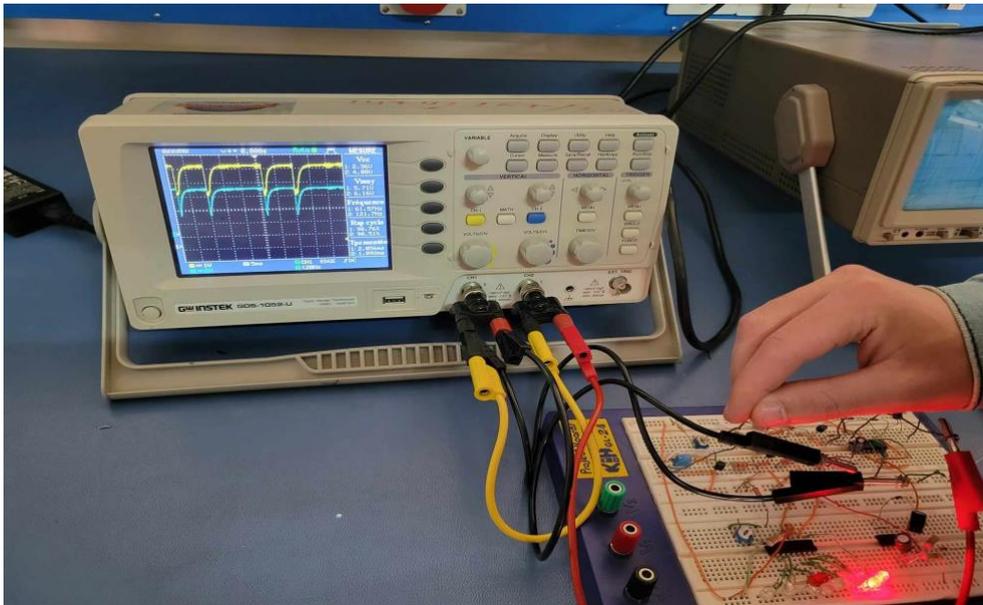


Image III-4: 20%.

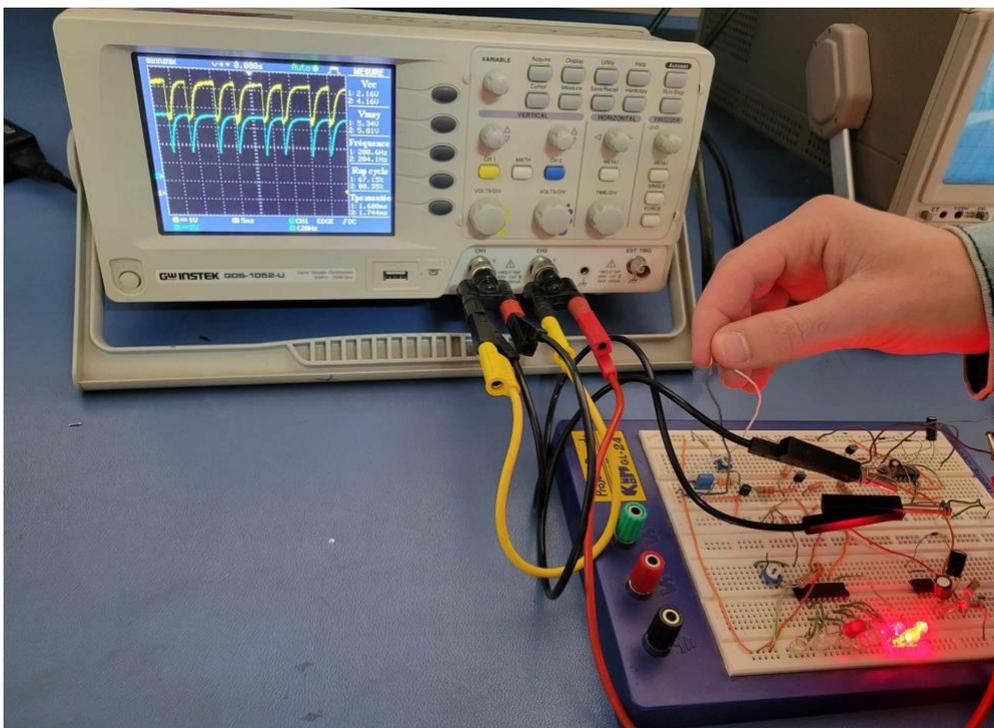


Image III-5: 40%.

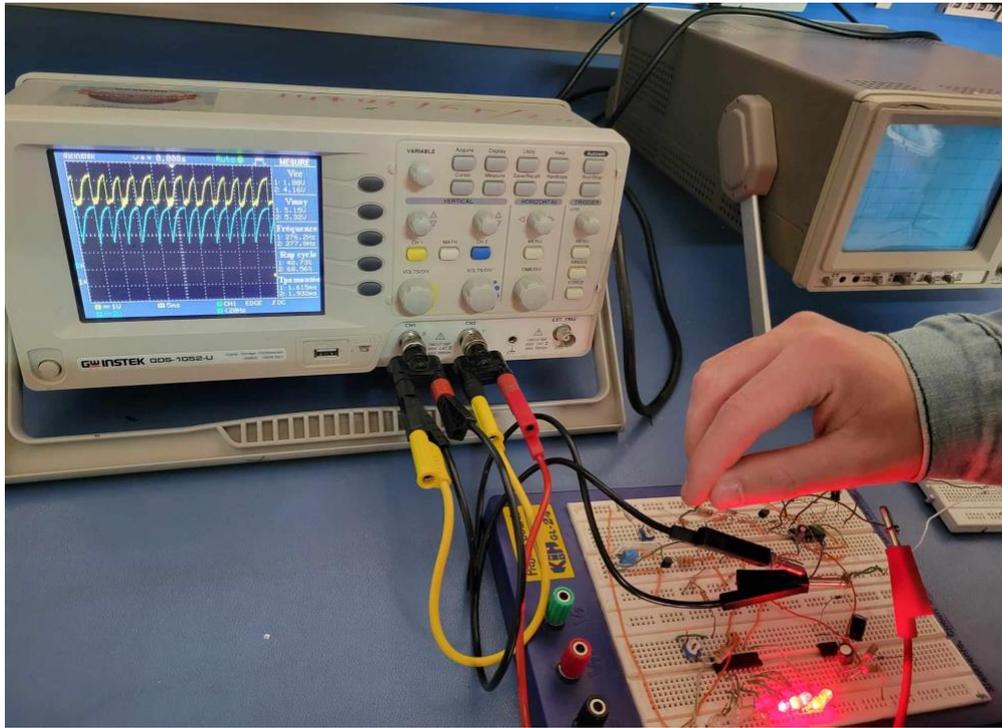


Image III-6: 70%.

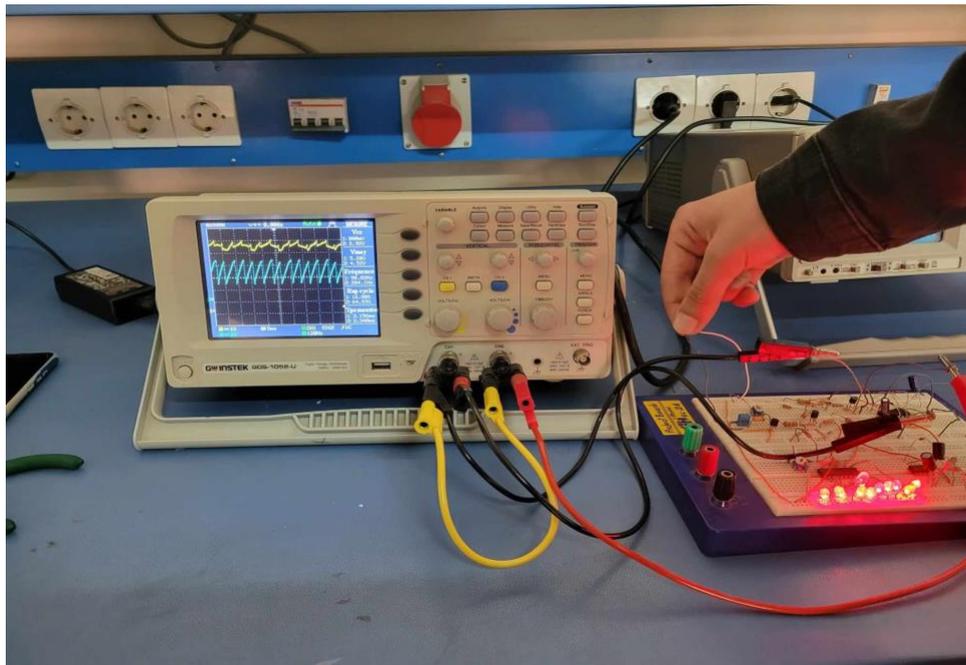


Image III-7: 100%.

Le Pin 5 de LM3914:

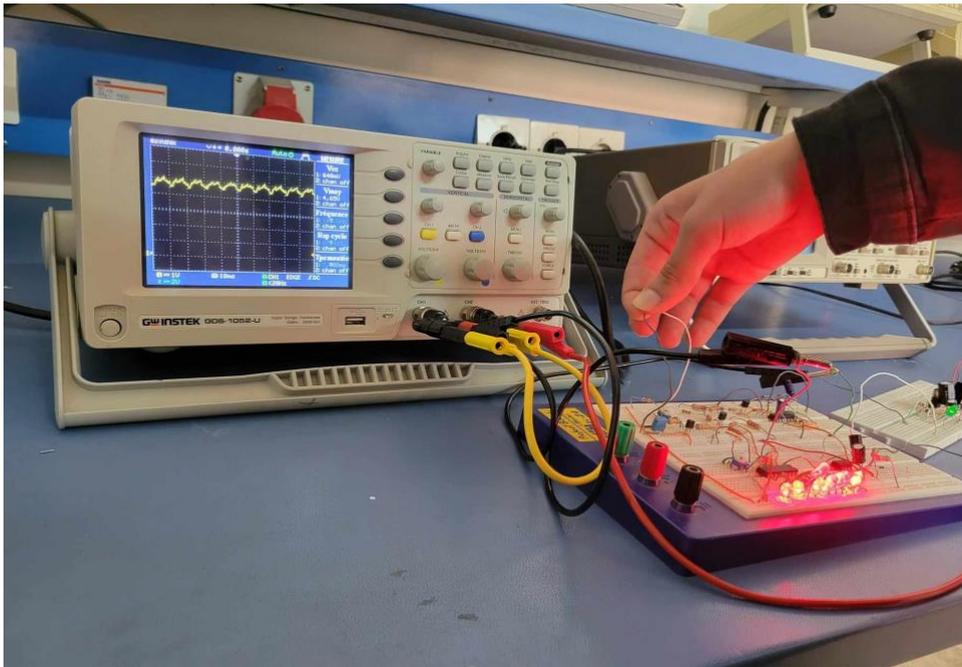


Image III-8: Pin 5 de LM3914.

Pin 1 de CD4538 :

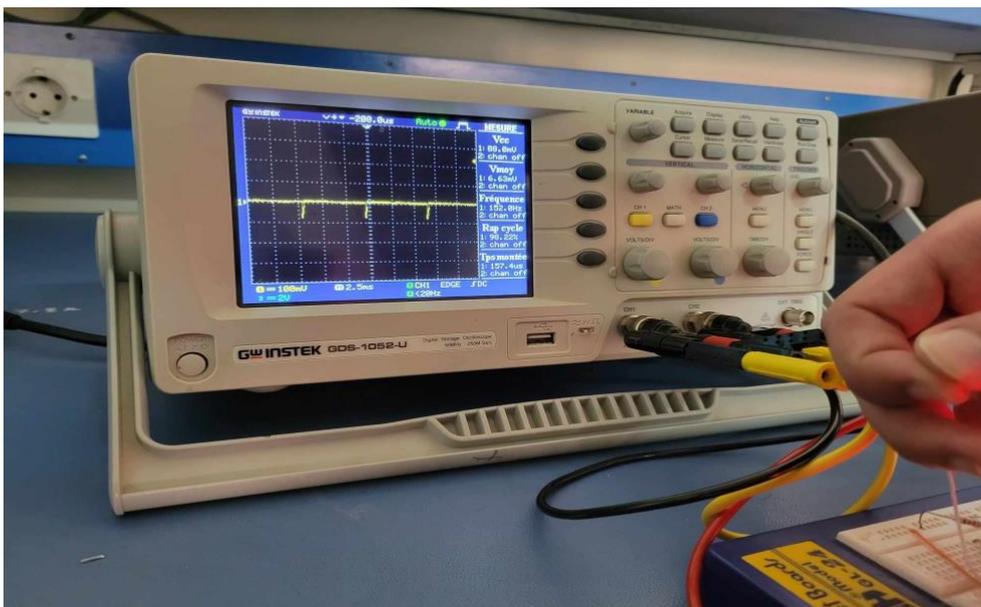


Image III-9: Pin1 de CD4538.

Pin 6 de CD4538 dans différent pourcentages de contact :

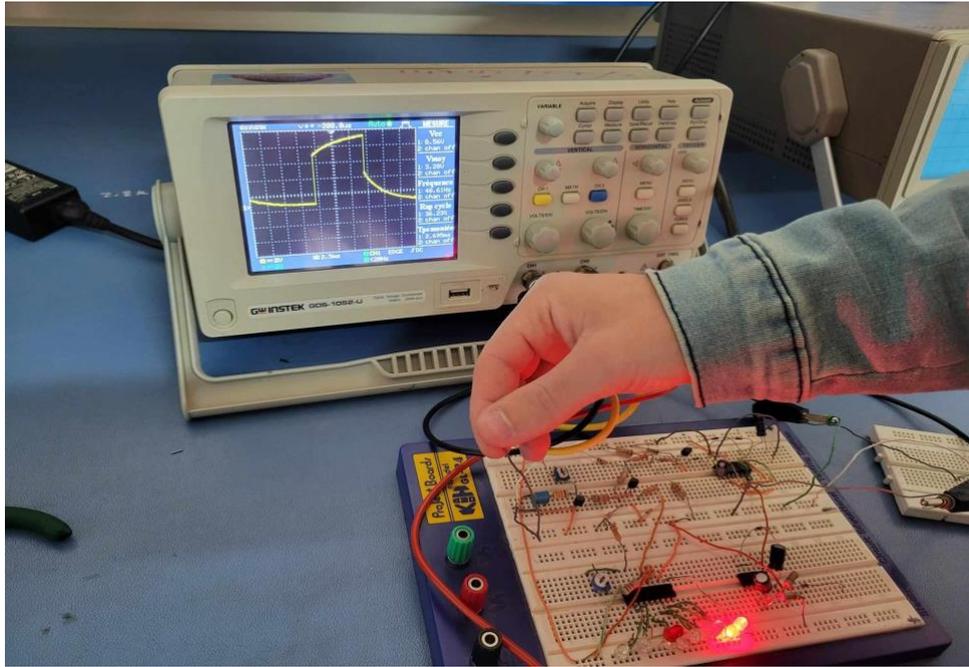


Image III-10: 20%.

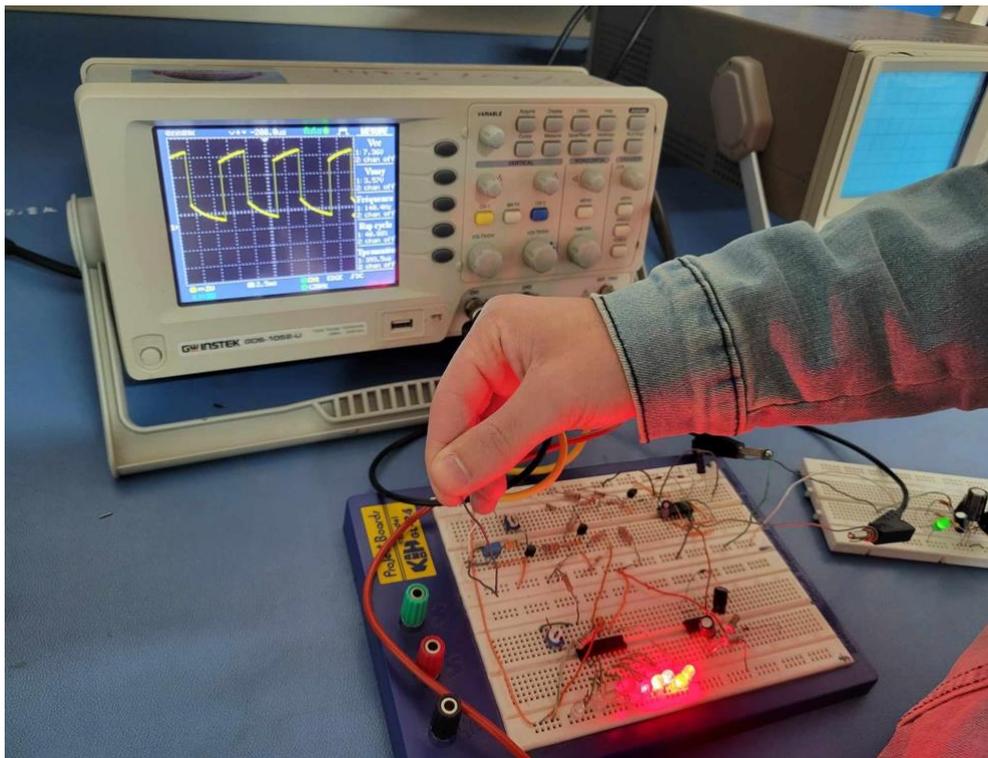


Image III-11: 70%.

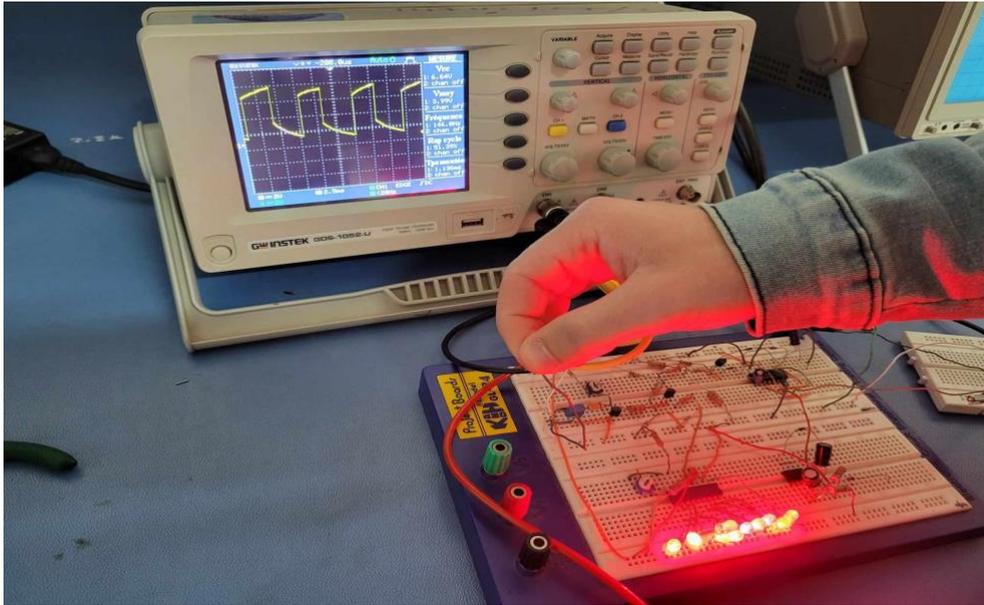


Image III-12: 100%.

Pin 6 de LM741 :

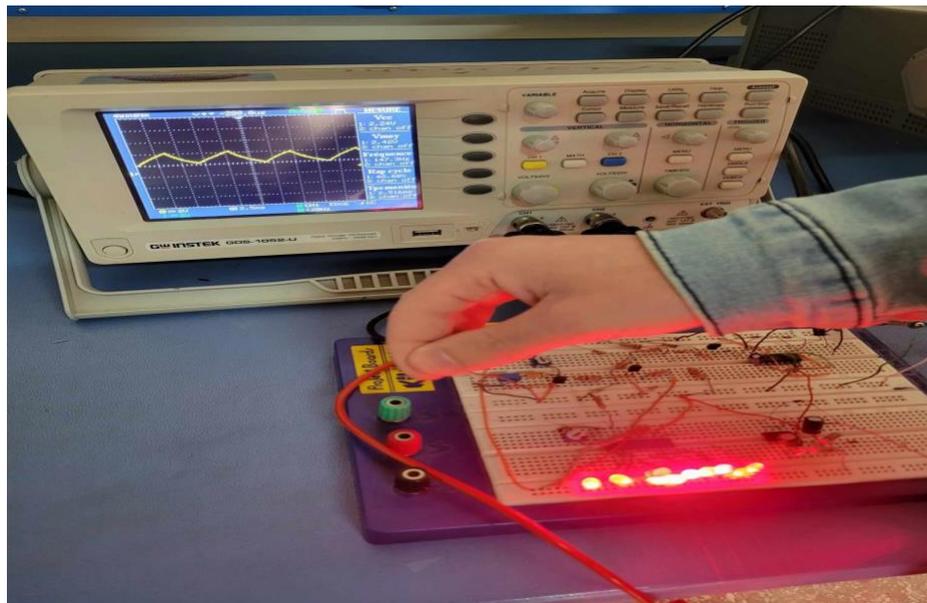


Image III-13: Pin6 de LM741 en contact.

3.5 Plaque d'essai

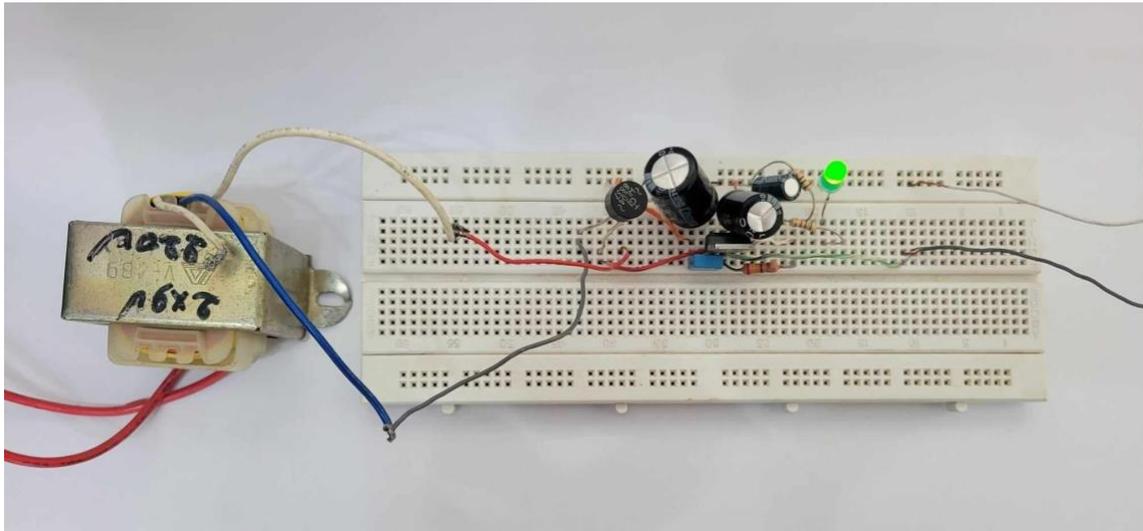


Image III-14: Alimentation sous plaque d'essai.

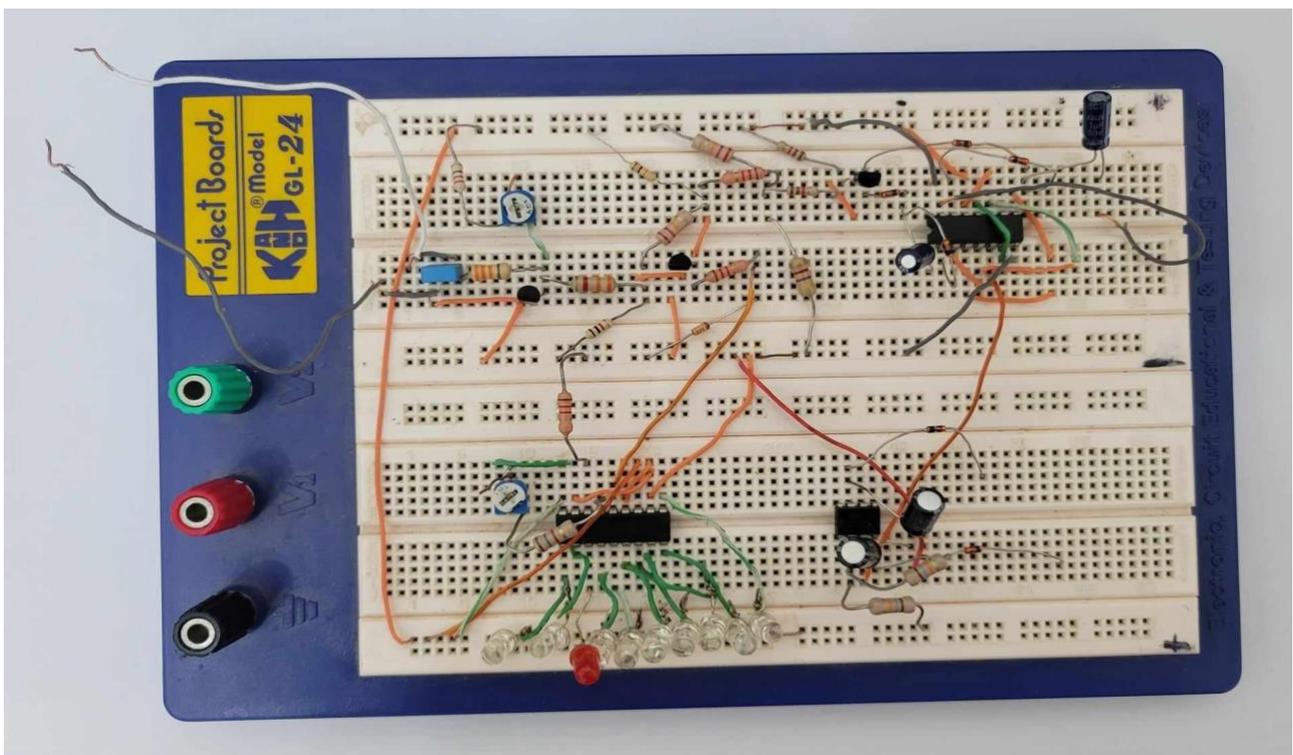


Image III-15: Circuit de détecteur sous plaque d'essai.

3.6 Circuit sur Ares

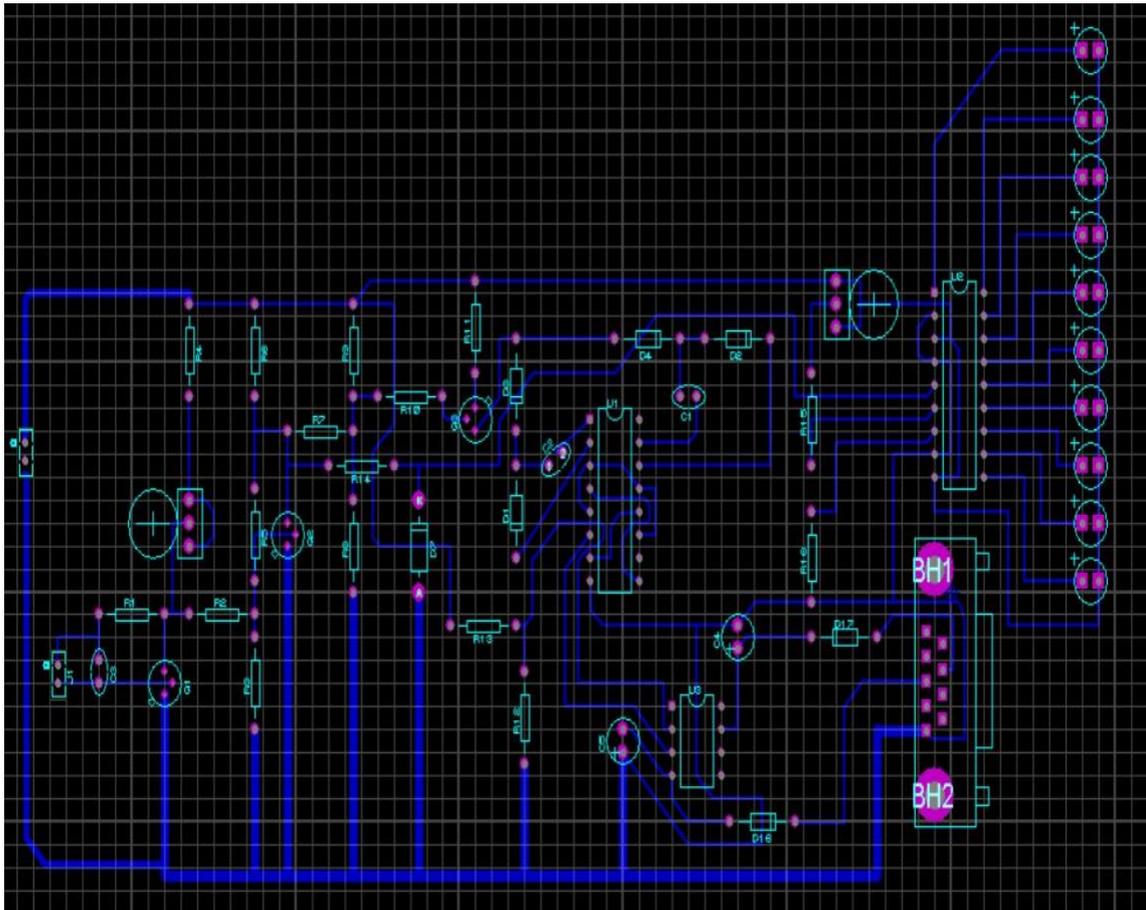


Figure III-6: *Circuit électrique sous Ares.*

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, on a étudié et réalisé le détecteur d'émotions dans le logiciel ISIS et en pratique (plaque d'essai). On a détaillé son fonctionnement et présenté les signaux des différentes broches du montage.

Conclusion générale

Notre étude sur le détecteur d'émotivité a mis en lumière l'importance des capteurs dans la technologie moderne. En particulier, nous avons exploré la conception d'un détecteur d'humidité de la peau utilisant un capteur capacitif, et la manière dont il peut être intégré à un circuit comprenant un vu-mètre LM3914 pour afficher les données sur des LED ou sur un PC via un circuit intégré 4538 et un port RS232. Ce projet nous a permis de comprendre en profondeur le fonctionnement de ce capteur et des composants électroniques essentiels impliqués dans la réalisation pratique de ce détecteur d'émotivité. Nous avons également constaté que les capteurs jouent un rôle crucial dans la détection et le traitement des stimuli, qu'ils soient physiques ou chimiques. Leur capacité à convertir ces stimuli en signaux exploitables est essentielle pour alimenter les systèmes intelligents dans divers domaines, y compris ceux liés à la santé et au bien-être, comme notre détecteur d'émotivité. Ce mémoire a permis de mettre en évidence l'importance des capteurs dans le domaine de la technologie, en mettant en pratique nos connaissances théoriques à travers la conception et la réalisation d'un détecteur d'émotivité. Ce projet représente une étape significative dans notre compréhension des capteurs et de leur application dans des dispositifs concrets, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles possibilités d'innovation et de développement dans ce domaine.

Résumé

Notre projet est de faire un Etude sur un détecteur d'émotivité que détecte l'humidité de la peau a bas d'un capteur capacitif, Puis l'affiche à l'aide d'un vu-mètre lm 3914 sur des LED ou sur PC par un CI CD4538 et un port RS232.

Dans ce mémoire on a étudié les capteurs en général, Et fait une présentation sur les différents composants essentiel de ce circuit, et une réalisation pratique.

Mots clés : Régulateur : LM 317, Amplificateur de courant, Vu-mètre : LM3914, multivibrateur : CD453.

Abstract

Our project is to conduct a study on an emotivity detector that detects skin humidity using a capacitive sensor , And then displays it using an LM3914 LED bar graph or on a PC via a CD4538 IC and an RS232 port.

In this thesis we have studied sensors in general, Presented the various essential components of this circuit, And implemented a practical application.

Keywords : Regulator : LM 317, Current amplifier, VU meter : LM3914, multivibrator : CD453.

ملخص

مشروعنا هو القيام بدراسة كاشف عاطفي يكتشف رطوبة الجلد بناءً على التقاط سعوي، ثم يعرضها باستخدام مقياس lm 3914 على مصابيح LED او على كمبيوتر باستخدام CD 4538 و منفذ RS232 .
في هذه الاطروحة قمنا بدراسة المستشعرات بشكل عام، وتقديم عرض حول المكونات الأساسية المختلفة لهذه الدائرة وتطبيقها عملياً.
الكلمات المفتاحية : المنظم : LM 317 ، مضخم التيار، مقياس مرئي : LM 3914، الهزاز المتعدد: CD 4538.

Bibliographies

- [1] <https://www.hbm.com/fr/7646/definition-dun-capteur-de-pression- comment-ca-marche/>
- [2] <https://fr.egfueldispenser.com/news/active-vs-passive-sensors- 51660425.html>
- [3] <https://www.teachwithict.com/hcsr045v.html>
- [4] <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html>
- [5] <https://www.electronics-notes.com/articles>
- [6] <https://components101.com/article/different-types-of-sensors-and-sensing- technologies>
- [7] <https://www.fujielectric.fr/blog/capteur-de-pression-definition/>
- [8] <https://sensel-measurement.fr/fr/16-mesure-de-pression>
- [9] <https://www.swagelok.com.mx/downloads/WebCatalogs/FR/MS-02-225.pdf>
- [10] <https://www.mga-technologies.fr/capteur-effet-hall/>
- [11] <https://www.factoryfuture.fr/capteur-effet-hall/>
- [12] <https://www.microsonic.de/fr/support/capteurs-C3A0-ultrasons/principe.htm>
- [13] <https://www.sparkfun.com/products/15569>
- [14] <https://www.smart-cube.biz/produit/capteur-de-distance-ultrason-hc-sr04/>
- [15] <https://for-ge.blogspot.com/2015/05/la-photoresistance-ldr.html?m=1>
- [16] <https://techdelivers.com/LDR-5mm-Photocell>
- [17] <https://www.smart-cube.biz/produit/capteur-ldr-5mm/>
- [18] <https://for-ge.blogspot.com/2015/07/thermistance.html?m=1>
- [19] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/ /les-transformateurs>
- [20] <http://fr.led-diode.com/thermistor/ntc-thermistor-5d-13.html>
- [21] <https://circuitspedia.com/what-is-photodiode-and-avalanche-photodiode/>
- [22] <https://www.geya.net/fr/different-types-of-proximity-sensors/>
- [23] <https://www.indiamart.com/proddetail/capacitive-proximity-sensor- 2850806070373.html>
- [24] <https://www.wolfautomation.com/inductive-proximity-sensor-18mm-dc-npn->
- [25] <https://www.studysmarter.fr/resumes/physique-chimie/physique/transformateur- electrique/>
- [26] <https://www.gopracticals.com/electrical/basic-electrical/open-short-circuit-test- transformer/>

- [27] <https://www.transfosmary.com/produit/m150-22152-fr/>
- [28] <https://www.one-elec.com/blog/comment-calculer-le-rapport-de-transformation-d-un-transformateur-one-elec.html>
- [29] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1147586/ARTSCHIP/LM317.html>
- [30] <https://youpilab.com/components/product/regulateur-de-tension-lm317>
- [31] <https://www.indiamart.com/proddetail/lm317-3-terminal-adjustable-regulator-20285661873.html>
- [32] <https://ourpcbfr.com/lm3914.html>
- [33] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/524103/TI1/LM3914N-1.html>
- [34] <https://www.electroniccomp.com/lm3914-dot-bar-display-driver-ic-dip-18-package>
- [35] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50871/FAIRCHILD/CD4538.html>
- [36] <https://electronic-studio.com/CD-4538-MC-14538BCP-Dual-Precision-Monostable-Multivibrators-with-independent-trigger-and-reset-controls>
- [37] <https://robocraze.com/products/dual-precision-monostable-multivibrator-ic-cd4538>
- [38] <https://www.amazon.in/ROBOBULLS-ELECTRONICS-741-Amp-Operational/dp/B084M5WT6Q>
- [39] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/53589/FAIRCHILD/LM741.html>
- [40] <https://www.learningaboutelectronics.com/Articles/LM741-op-amp-pinout-connections>