

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université-Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Electronique et Télécommunications



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :Electronique
Domaine : SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Filière : ELECTRONIQUE
Spécialité : INSTRUMENTATION
Thème

Conception d'un capteur intelligent de recul pour un véhicule

Présenté Par :

- 1) Mr. BENCHERIF Tarek
- 2) Mr. MOULFI Mouad

Devant le jury composé de :

Dr.GHEZALI Sanaa	MCB	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Présidente
Dr.KHAOUANI Mohammed	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examinateur
Pr. BENCHERIF Kaddour	Pr	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année universitaire 2025/2026



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة عين تموشنت - بلحاج بوشعيب
Université Ain Témouchent- Belhadj Bouchaib -
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



Formulaire de déclaration sur l'honneur
Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité
scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigné,

Etudiant, **M.BENCHERIF Tarek**

Détenteur d'une carte d'étudiant N° : **181937069867**, délivrée le : **2025** à **Ain Témouchent**

Inscrit à la faculté : **Sciences et de Technologie**

Département : **Electronique et Télécommunications**

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'études Master 2 en **Instrumentation**

Intitulé : « **Conception d'un capteur intelligent de recul pour un véhicule** »

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

Conception d'un capteur intelligent de recul pour un véhicule

À Ain Temouchent, le : **06 /06/2026**

Signature

Formulaire de déclaration sur l'honneur

Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigné,

Etudiant, **M.MOULFI Mouad**

Détenteur d'une carte d'étudiant N° : **212137076091**, délivrée le : **2025** à **Ain Témouchent**

Inscrit à la faculté : **Sciences et de Technologie**

Département : **Electronique et Télécommunications**

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'études Master 2 en **Instrumentation**

Intitulé : « **Conception d'un capteur intelligent de recul pour un véhicule** »

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans l'élaboration du projet de recherche suscité.

Conception d'un capteur intelligent de recul pour un véhicule

À Ain Témouchent, le : 06 /06/2026

Signature



Remerciements

En premier lieu, on remercie DIEU de nous avoir aidé et donner la force et la volonté pour achever ce modeste travail

*Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Je souhaite particulièrement remercier notre directeur de mémoire, le Professeur **BENCHERIF Kaddour**, pour le temps et les compétences qu'il a consacrés à nous aider dans la conduite de nos recherches. Sa rigueur et son exigence ont stimulé et permis d'approfondir nos connaissances.*

*Nos précieux remerciements vont également à la présidente du jury Docteur **GHEZALI Sanaa** et l'examineur Docteur **KHAOUANI Mohammed** pour avoir accepté de faire partie de notre jury et de juger et d'évaluer notre travail.*

Nos remerciements sont également adressés à tous les techniciens du Laboratoire de Département d'Electronique et des Télécommunications pour leur aide et soutien pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions aussi nos familles pour leur encouragement sans limite et nos grands remerciements s'adressent à tous les enseignants de Département d'Electronique et des Télécommunications et de la filière Electronique ; Spécialité «Instrumentation » pour leurs contribution à notre formation.

Dédicaces 1

Avec un énorme plaisir, une immense joie.

Je dédie ce modeste travail

A Mes chers parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours prodigué, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Que Dieu leur accorde une santé florissante et une félicité sans pareille.

À mes chers frères Ilies et Adem, et à ma chère sœur asya, à qui je souhaite un avenir radieux couronné de succès.

À toute ma famille

À mon cher binôme Tarek

A tous mes amies

À tous mes collègues de la promotion master 2 instrumentation

A tout ce que j'ai connu de près ou loin.

Mouad MOULFI

Dédicaces 2

Je dédie ce modeste travail :

- ☐ *A ma chère mère, qui m'a donnée le courage à aller de l'avant et qui m'a aidée par son invocation et son bénédiction durant toute ma vie*
- ☐ *A mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privation pour m'aider à avancer dans la vie*
 - ☐ *À ma grande mère Paternelle : OUAFI Khadîdja*
- ☐ *A mes adorables sœurs : Hadjer, Widad et Hadil pour leurs soutiens morales et leurs précieux conseils au long de mes études.*
- ☐ *A mes beaux-frères : MESSAADI Fayçal et DJEBBOUR Said*
- ☐ *À mes neveux : DJEBBOUR Racim Djoud Adlen & MESSAADI Adam*
- ☐ *A mes nièces : MESSAADI Meriem Dima & DJEBBOUR Nouran Ranim*
- ☐ *A mes beaux-frères : MESSAADI Fayçal et DJEBBOUR Said*
- ☐ *A mes amies qui m'ont supporté dans les moments difficiles.*
 - ☐ *toutes les personnes qui m'aiment.*

Tarek BENCHERIF

Résumé, ملخص , Abstract

Résumé

Le radar de recul qui est basé sur un capteur intelligent et qu'il est destiné pour surveiller le recul arrière ou l'aide au parking est un système permettant au conducteur d'estimer la distance séparant son véhicule d'un obstacle, lors des manœuvres à faible vitesse.

Ce projet a pour but de réaliser un radar de recule Automobile à base de la carte Arduino et Processing, capable de détecter des objets fixes et mobiles, le travail consiste à faire une étude générale sur la théorie des Radars de recule, sur les cartes électroniques d'une part et d'autre part sur le langage de programmation Processing en utilisant une carte d'Arduino YUN Rev2, un capteur ultrason, avertisseur sonore, résistances et des LED ; la conception du circuit électronique est effectuée sous environnement du logiciel Proteus ISIS et ARES avec la visualisation du maquette sous Fritzing. Et suite aux résultats positifs par simulation en passera à la réalisation pratique. A la fin de ce travail, un dispositif radar de recul a été conçu, et testé sur des cibles réelles.

Mots clés : Arduino YUN Rev2, Capteur ultrason, Afficheur LCD, Radar de recul .

ملخص

The reversing radar, based on a smart sensor and designed to monitor reversing or assist with parking, is a system that allows the driver to estimate the distance between their vehicle and an obstacle during low-speed maneuvers.

This project aims to create an automotive reversing radar using an Arduino board and Processing, capable of detecting both stationary and moving objects. The work involves a general study of reversing radar theory, electronic boards, and the Processing programming language, using an Arduino YUN Rev2 board, an ultrasonic sensor, a buzzer, resistors, and LEDs. The electronic circuit design is carried out using Proteus ISIS and ARES software, with the prototype visualized in Fritzing. Following positive simulation results, the project will proceed to practical implementation. At the end of this project, a reversing radar device will be designed and tested on real-world targets.

Key words: Arduino YUN Rev2, Ultrasonic sensor, LCD display,

Abstract

يُعدّ رادار الرجوع للخلف، المُصمّم لمراقبة الرجوع للخلف أو المساعدة في ركن السيارة، نظامًا يعتمد على مستشعر ذكي، ويُمكن السائق من تقدير المسافة بين سيارته والعوائق أثناء المناورات البطيئة.

يهدف هذا المشروع إلى ابتكار رادار رجوع للخلف للسيارات باستخدام لوحة أردوينو ولغة برمجة بروسيسينج، قادر على رصد الأجسام الثابتة والمتحركة. يتضمن العمل دراسة شاملة لنظرية رادار الرجوع للخلف، واللوحات الإلكترونية، ولغة برمجة بروسيسينج، باستخدام لوحة أردوينو YUN Rev2، ومستشعر فوق صوتي، وجهاز تنبيه، ومقاومات، ومصابيح LED. تم تصميم الدائرة الإلكترونية باستخدام برنامجي Proteus ISIS و ARES، مع عرض النموذج الأولي في برنامج Fritzing. بعد الحصول على نتائج محاكاة إيجابية، سينتقل المشروع إلى مرحلة التنفيذ العملي. في نهاية هذا المشروع، سيتم تصميم جهاز رادار الرجوع للخلف واختباره على أهداف واقعية.

كلمات المفتاحية: أردوينو YUN Rev2، مستشعر الموجات فوق الصوتية، شاشة LCD، رادار الرجوع للخلف

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Résumé.....	III.
Tables des matières.....	VI
Liste des figures.....	X
Introduction générale	2
Chapitre I : Généralités sur les capteurs ultrasons	
I-1-Introduction :	4
I-2- Généralités sur les capteurs.....	4
I-2-1- Définitions :	4
I-2-2- Les différents types de capteur.....	4
I-2-2-1-Capteur passif.....	4
I-2-2-2-Capteur actif.....	5
I-2-2-3-Capteur intelligent.....	5
I-2-2-4-Capteur composite.....	5
I-2-2-5-Capteur analogique.....	6
I-2-2-6-Capteur numérique.....	6
I-3-Caractéristiques d'entrée sortie statique.....	6
I-3-1-Les erreurs.....	6
I-3-2-Etalonnage.....	6
I-3-3-Limites d'utilisation.....	6
I-3-4-Sensibilité	7
I-3-5-Rapidité _ temps de réponse	7
I-3-6-Finesse	7
I.4. Capteurs à ultrasons	7
I.5. Production et détection des ultrasons	7
I.5.1. Production	7

I.5.1.1. La Piézoélectricité	7
I.5.1.2. Emetteur à magnétostriction	7
I.6. Émission et réception de l'onde ultrasonore	8
I.6.1 Réfraction de l'onde ultrasonore	9
I.6.2 Diffusion de l'onde ultrasonore.....	9
I.7. Applications des ultrasons	9
I.7.1. Le repérage d'obstacles	10
I.7.2. L'utilisation industrielle	10
I.7.3 . Applications aux télécommunications	10
I.8. Capteurs à ultrasons pour véhicules	11
I.8.1 . Capteurs de niveau d'essence	11
I.8.2 .Capteurs d'ABS	11
Chapitre II : Matériels utilisés	
II.1. Capteur ultrason.....	14
II.1.1. Etude du fonctionnement du capteur.....	14
II.1.1.1. Principe de fonctionnement.....	14
II.1.1.2 Facteurs d'influence.....	14
II.1.1.3 Utilisation industrielle.....	15
II.1.1.4. HC-SR04.....	15
II.1.1.4.1. Caractéristiques.....	15
II.1.1.4.2. Branchement.....	16
II.2. Capteur de distance Infrarouge pour Arduino.....	17
II.2.1. Caractéristiques.....	18
II.2.2 Emetteur et récepteur infrarouge.....	18
II.2.2.1 Infrarouge.....	18
II.2.2.2 Emetteur / récepteur	18
II.3. Définition du module Arduino	19

II.3.1. La carte Arduino Mega 2560	19
II.3.2. La carte Arduino Nano	20
II.3.2.1. Caractéristiques principales	21
II.3.3 La carte Arduino UNO	21
II.3.3.1. Caractéristiques de la carte Arduino UNO	22
II.3.3.2. Avantage de la carte Arduino UNO	23
II.3.3.3. Carte Arduino YUN Rev2	23
II.4. Conclusion	26
 Chapitre III Conception et la réalisation de la carte d'électronique	
III.1 Introduction	28
III.2 Description générale des logiciels utilisés	28
III.2.1 Proteus	28
III.2.2 ISIS	28
III.2.3 ARES	28
III.2.4 Fritzing	29
III.3 Etude du circuit	30
III.3.1 La carte arduino	30
III.3.1.1 Les différents éléments qui composent la carte Arduino Uno	30
a-Prise jack	30
b-Microc	31
c-6 entrées analogiques contrôleur	31
d-14 entrées et sorties numériques (digital)	31
e-Un cristal à 16 MHz	31
f-Un en-tête ICSP	31
III.4 Conception du circuit électronique	31
III.4.1 Liste des matériels	31
III.4.2 Conception du circuit électronique sous Proteus	32

III.4.3 La simulation	37
III.4.4 Conception du circuit sous logiciel FRITZING	39
III.5 Réalisation pratique	40
III.5.1 Réalisation	40
III.5.2 Résultats et discussion	45
III.6 Conclusion	46
Conclusion Générale.....	48
Références bibliographiques	49
Annexes	51

CHAPITRE.I

Figure .I. 1: Structure d'un capteur composite

Figure .I.2 : Ligne à retard avec émetteur et récepteur d'ultrasons magnétostrictifs

Figure I.3 : Emission et réception des ultrasons

Figure I.4 : Réflexion et réfraction des ondes ultrasonores

Figure I.5 : Phénomène de Diffusion

Figure I.6 : Capteurs à ultrasons pour véhicules

CHAPITRE.II

Figure II.1 : capteur ultrason

Figure. II.2 :branchement HC-SR04 avec PICAXE

Figure II.3: Module du capteur à distance infrarouge

Figure II.4 : Schéma du capteur à distance infrarouge

Figure II.5: Spectre de la lumière visible

Figure II.6: Schéma d'un émetteur-récepteur

Figure II.7: Description de la carte Arduino MEGA 2560

Figure II.8 : Arduino nano

Figure II.9: La carte Arduino UNO

Figure II.10 :. Différents éléments de la carte arduino YUN Rev2

Figure II.11: Carte Arduino YUN Rev2

Figure II.12: Les différents boutons de la carte Arduino YUN Rev2

CHAPITRE.III

Figure(III.1) : Proteus V8.0. ISIS et ARES

Figure(III.2) : Exemple pour Construire un circuit

Figure (III.3) : Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ISIS .V8.0

Figure (III.4) : Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ares .V8.0

Figure (III.5) : circuit imprimés Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ares .V8.0

Figure (III.6) : Réalisation d'une alimentation stabilisée de 05V première partie

Figure (III.7) : Réalisation d'une alimentation stabilisée de 05V deuxième partie

Figure (III.8) : Circuit électronique de contrôle distance sous Proteus ISIS .V8.0

Figure (III.9) : Circuit électronique de contrôle distance sous Proteus ares .V8.0

Figure (III.10) : Circuit imprimé de contrôle distance sous Proteus ares .V8.0

Figure (III.11) : Conception du circuit sous logiciel FRITZING

Figure (III.12) : Première étape de réalisation pratique

Figure (III.13) : Deuxième étape de réalisation pratique

Figure (III.14) : Troisième étape de réalisation pratique

Figure (III.15) : Première essais pratique

Figure (III.16) : Deuxième essais pratique

Figure (III.17) : Troisième essais pratique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Le radar de recul qui est basé sur un capteur intelligent et qu'il est destiné pour surveiller le recul arrière ou l'aide au parking est un système permettant au conducteur d'estimer la distance séparant son véhicule d'un obstacle, lors des manœuvres à faible vitesse.

Le terme « radar » est souvent utilisé mais en réalité le système repose sur des capteurs à ultrason. Les capteurs ultrasons sont positionnés sur les boucliers du véhicule. Chaque capteur est capable d'émettre et de recevoir des ondes ultrasoniques. Lorsqu'un obstacle est présent face à un capteur, le délai entre l'émission et la réception de l'onde permet au système d'estimer la distance qui sépare le capteur de l'obstacle. Lorsqu'un obstacle est détecté, le système peut avertir l'utilisateur par des bips sonores.

Le système ne peut capter que des obstacles en face des capteurs, leur position détermine donc la précision de ce qui peut être détecté.

De nos jours, l'électronique est devenue très importante dans la conception et la réalisation des véhicules, du fait de l'explosion du nombre des fonctions électroniques dans une automobile. L'objectif de l'électronique automobile est d'améliorer le fonctionnement des systèmes mécaniques, augmenter la sécurité et le confort. Les applications se répartissent surtout dans les systèmes de sécurité notamment dans les radars de recul.

La mesure à distance sans contact est devenue très demandée pour assurer la distanciation entre les citoyens et les utilisateurs des appareils. Le principe est inspiré de la chauvesouris et qui consiste à envoyer une salve d'ultrasons vers un objet les réfléchissant. On accède à la distance séparant le télémètre de cet objet en mesurant le temps que met l'écho pour revenir au télémètre. Les avantages de ces appareils de mesure sont multiples. La mesure est rapide et on peut sans risque, mesurer des distances difficiles d'accès.

Les nouvelles exigences imposées aux systèmes industriels dans leur fonctionnement et dans la qualité de leur production, nécessitent l'utilisation des capteurs et les cartes Arduino avec une stratégie très élaborée dans la maîtrise de ces installations. Toute la difficulté est de posséder des informations pertinentes et fiables qui permettent de générer une action correctrice efficace.

Actuellement les capteurs Ultrasons sont très utilisés pour la réalisation des Télémètres afin que les mesures de la distance soient très fiables.

Ce projet a pour but de réaliser un radar de recul Automobile à base de la carte Arduino YUN Rev2 et Processing, capable de détecter des objets fixes et mobiles, le travail consiste à faire une étude générale sur la théorie des Radars de recul, sur les cartes électroniques (Arduino) d'une part et d'autre part sur le langage de programmation Processing. A la fin de ce travail, un dispositif radar de recul a été conçu, et testé sur des cibles réelles.

Ce mémoire sera donc organisé en trois chapitres. Dans **le premier** on va donner des généralités sur les capteurs ultrasons où on va présenter des définitions, fonctionnement du système et le principe de l'émission d'une onde ultrasonore vers un objet massif ou un mur, la détection de l'écho renvoyé par cet obstacle nous permet de mesurer le temps de parcours de l'onde et la déduction de la distance entre le système émetteur-récepteur et l'obstacle.

Le **deuxième chapitre** est destiné pour les notions de base sur le matériel qui seront utilisés dans notre projet, notamment la carte Arduino YUN Rev2, les capteurs, les modules et les outils de développement.

Dans **le troisième chapitre** nous allons voir avec simulation et réalisation comment calculer la distance entre capteur et obstacle en utilisant une carte d'Arduino YUN Rev2.

Dans ce chapitre on va présenter les deux logiciels Proteus et Fritzing ainsi le programmeur d'Arduino après nous allons entamer l'étude et la conception des différentes parties du circuit en commençant par citer tous le matériel utilisé dans notre circuit et donner la description de chaque matériel, puis réaliser notre circuit final à l'aide du logiciel proteus. La partie expérimentale sera présentée par le biais de Fritzing.

En fin, on termine par une conclusion générale qui résume l'apport essentiel de notre projet.

CHAPITRE –1-

GENERALITES SUR LES CAPTEURS

ULTRASONS

I-1-Introduction :

Ce chapitre est consacré une étude générale sur les capteurs ultrasons

I-2- Généralités sur les capteurs

I-2-1- Définitions :

Le capteur est le dispositif qui soumit à l'action d'un mesurande non électrique présente une caractéristique de nature électrique (charge, courant, ou impédance) désignée par S et qui est fonction du mesurande : $S=F(m)$

S :Est la grandeur de sortie ou réponse de capteur.

m :Est la grandeur d'entrée où excitation(mesurande).[1]

Mesurande m :

C'est la grandeur physique en général non électrique que l'on veut mesurer (déplacement, température, pression, etc....) c'est la grandeur d'entrée du capteur ou l'excitation.

Mesurage :

C'est l'ensemble des opérations pour déterminer la valeur du mesurande expérimentales qui conduisent à la connaissance de m. [2]

La mesure :

C'est le résultat de mesurage. [3]

Le capteur est un dispositif qui convertit une quantité physique d'entrée appelée échelle en une quantité de sortie de signal électrique.[3]

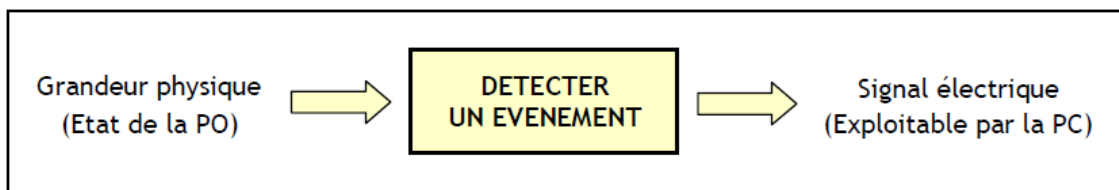


Figure II.1.rôle générale d'un capteur. [3]

I-2-2- Les différents types de capteur

I-2-2-1-Capteur passif :

Le capteur est un matériau utilisé en tant qu'impédance dont l'un des paramètres est sensible au mesurande, ils n'ont pas besoin d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner. Ce sont des capteurs

modélisable par une impédance une variation du phénomène physique étudié (mesuré) engendre une variation de l'impédance.

I-2-2-2-Capteur actif :

Fonctionnant en générateur, ils sont constitués d'un ou des ensembles des transducteurs alimentés .ce sont des capteurs que l'on pourrait modéliser par des générateurs comme les systèmes photovoltaïques et électromagnétique .Ainsi ils génèrent soit un courant, soit une tension, ces capteurs sont basés sur des effets physique permettant de transformer directement le mesurande en grandeur électrique. [4]

I-2-2-3-Capteur intelligent :

Deux définitions de capteur intelligent :

La première fait référence à la présence d'un microprocesseur embarqué. Celui-ci peut avoir comme objectif de modifier le comportement interne du capteur afin d'optimiser sa capacité à collecter les données [5].ou simplement pour effectuer localement des traitements et des calculs [6]. La seconde définition se focalise sur la capacité de communication bidirectionnelle du capteur, avec des systèmes extérieurs et des opérateurs humains. [7]

I-2-2-4-Capteur composite :

Pour des raisons de cout ou de facilité d'exploitation, on peut être amené à utiliser un capteur, non pas sensible au mesurande mais à l'un de ses effets .Le corps d'épreuve est le dispositif qui soumis au mesurande étudié en assure une première traduction en une autre grandeur physique non-électrique, le mesurande secondaire qu'un capteur adéquat traduit alors en grandeur électrique.

L'ensemble formé par le corps d'épreuve et un capteur actif ou passif constitue un capteur composite.

Les corps d'épreuve sont très utilisés pour la mesure de grandeurs mécaniques celles-ci imposent au corps d'épreuve des déformations ou des déplacements auxquels un capteur approprié est sensible. [1]

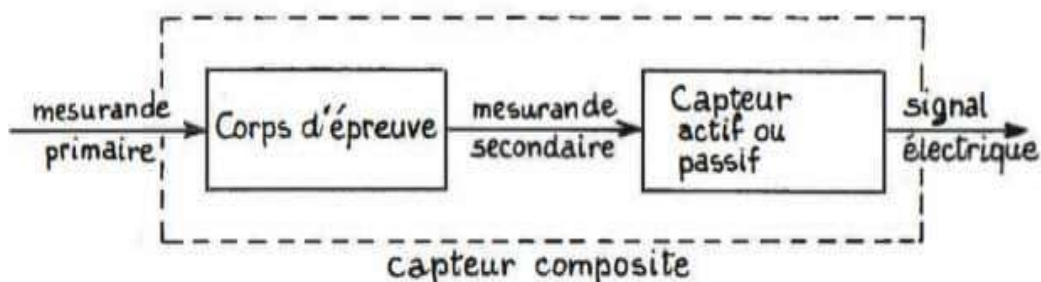


Figure I. 1. : Structure d'un capteur composite [1]

I-2-2-5-Capteur analogique :

Le signal des capteurs analogique peut être du type :

- Sortie tension
- Sortie courant
- Règle graduée

I-2-2-6-Capteur numérique :

Le signal des capteurs numériques peuvent être du type :

- Train d'impulsions
- Code numérique binaire
- Bus de train. [4]

I-3-Caractéristiques d'entrée sortie statique :

I-3-1-Les erreurs :

Le capteur et tous la chaîne de traitement de la mesure introduisent des erreurs : bruit, décalage, référence, linéarité...

L'erreur globale de mesure ne peut être qu'estimée. Une conception rigoureuse de la chaîne de mesure permet de réduire les erreurs et donc l'incertitude sur le résultat on parle de : fidélité, justesse, précision, incertitude, linéarité.

I-3-2-Etalonnage :

L'étalonnage permet d'ajuster et de déterminer, sous forme graphique ou algébrique, la relation entre le mesurande et la grandeur électrique de sortie. Très souvent l'étalonnage n'est valable que pour une seule situation d'utilisation du capteur.

I-3-3-Limites d'utilisation :

Les contraintes mécanique, thermique ou électrique auxquelles un capteur est soumis entraîne, lorsque leurs niveaux dépassent des seuils définis une modification des caractéristique du capteur au-dessus d'un certain seuil l'étalonnage n'est plus valable, au-dessus d'un autre plus grand le capteur risque d'être détruit.

I-3-4-Sensibilité :

Plus un capteur est sensible plus la mesure pourra être précise.

C'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation des mesures.

I-3-5-Rapidité _ temps de réponse :

La rapidité est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande.

I-3-6-Finesse :

C'est une spécification qui permet d'estimer l'influence de la présence du capteur et de ses liaisons sur la valeur du mesurande la finesse doit être la plus grande possible. [8]

I.4. Capteurs à ultrasons :

Ils ont été découverts en 1883 par le physiologiste anglais Francis Galton. A la différence de la lumière qui est une onde électromagnétique et qui, de ce fait, peut se propager dans le vide, le son est une onde mécanique qui va nécessiter un support matériel de propagation.

Les ultrasons sont des vibrations mécaniques de la matière à des fréquences inaudibles pour L'oreille humaine ($>20\,000\text{ Hz}$). Les ultrasons se propagent à une vitesse qui sera fonction de la nature du milieu, indépendamment de la fréquence de l'onde. Pour exemple, la célérité du son dans l'air n'est que de 300 m/s alors qu'elle est de 1500 m/s dans l'eau. Dans l'organisme humain, les ultrasons vont se propager à une vitesse proche de 1500 m/s selon la nature des organes qu'ils traversent.[9].

I.5. Production et détection des ultrasons :**I.5.1. Production :**

Le sifflet au travers duquel l'air est comprimé a été le premier mode de production d'ultrasons ; Mais même en lui apportant des améliorations, les ultrasons obtenus à l'aide de ce procédé n'étaient pas satisfaisants. Après avoir épuisé les possibilités de production d'ultrasons à l'aide de phénomènes mécaniques simples, les ingénieurs se sont penchés au début du XXème siècle sur l'utilisation de phénomènes électriques. [9].

I.5.1.1. La Piézoélectricité :

Les matériaux piézoélectriques, qui ont l'intrigante propriété de convertir directement de l'énergie électrique en énergie mécanique (et inversement), constituent aujourd'hui un nouveau domaine d'application qui se situe entre la mécanique et l'électronique est utilisé par exemple pour le rétro-éclairage des lampes fluorescentes cathode froide placées derrière un écran à cristaux liquide ou encore pour la génération de haute tension pour le nettoyage par ultrasons. [10]

I.5.1.2. Emetteur à magnétostriction :

Décrivons tout d'abord le phénomène utilisé pour cet autre mode de production d'ultrasons : Bobinons un enroulement conducteur autour d'un barreau cylindrique de nickel ; lorsque le courant passe, on constate une diminution de la longueur du cylindre. De même que pour l'émetteur piézoélectrique, on choisit pour ce phénomène les dimensions de l'émetteur et la fréquence de manière à bénéficier du phénomène de

résonance. L'utilisation de céramiques composées d'oxydes mixtes de fer, nickel, zinc et plomb, connues sous le nom de ferrites, a permis d'atteindre des fréquences avoisinant seulement les 100 kHz.

Après les nombreuses améliorations qui lui ont été apportées, l'émetteur utilisant l'effet piézoélectrique est capable, à titre de comparaison, d'atteindre des fréquences de plusieurs GHz, il n'est donc pas étonnant de constater que ce mode de production soit le plus courant actuellement. L'effet magnétostrictif permet de réaliser des transducteurs et des senseurs, notamment des émetteurs et récepteurs d'ondes acoustiques. Par exemple, on peut réaliser une ligne à retard par le système simple suivant (Figure 1). [9].

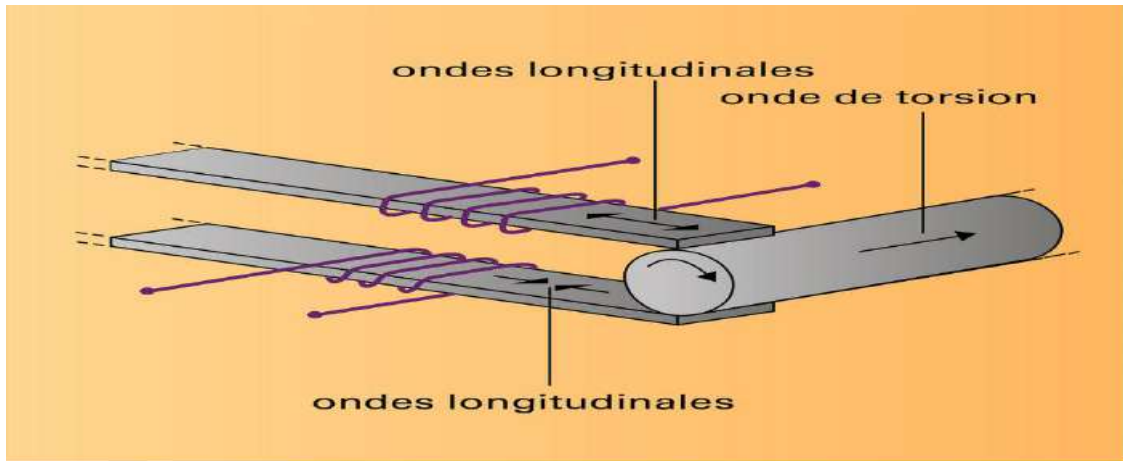


Figure I.2. Ligne à retard avec émetteur et récepteur d'ultrasons magnétostrictifs. [11]

I.6. Émission et réception de l'onde ultrasonore :

L'intensité d'une onde acoustique qui se propage dans les différents milieux s'atténue le long de son parcours. Plusieurs facteurs contribuent à cette atténuation telle que l'absorption, la réfraction, la réflexion et la diffusion. L'émission d'impulsions ultrasoniques dans un solide produit deux effets : un effet thermique qui dépend de la puissance acoustique de l'onde et qui engendre une propagation de la chaleur dans le milieu et un effet mécanique qui est la transmission figure .2. [11]

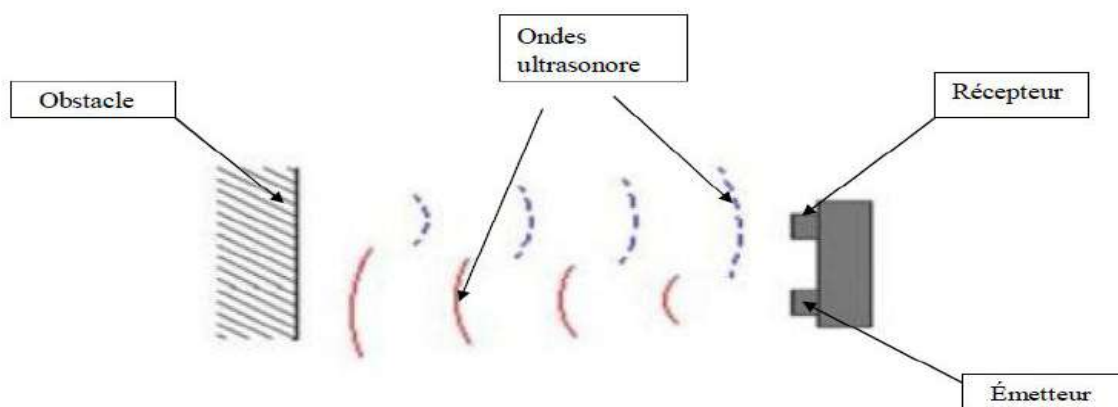


Figure I.3. Emission et réception des ultrasons. [11]

I.6.1 Réfraction de l'onde ultrasonore :

La réfraction correspond à une déviation de l'onde ultrasonore lorsqu'elle traverse un tissu ayant des propriétés acoustiques différentes. La réfraction survient seulement si l'incidence n'est pas perpendiculaire à l'interface. L'onde transmise subit une déviation, c'est la réfraction.

L'angle de l'onde transmise est donné par la loi de Snell.[11] : $c_1 \sin i = c_2 \sin t$

Avec :

i : l'angle de l'onde incidence

t : l'angle de l'onde transmise

c_1 et c_2 : la vitesse de l'onde dans les milieux 1 et 2 respectivement

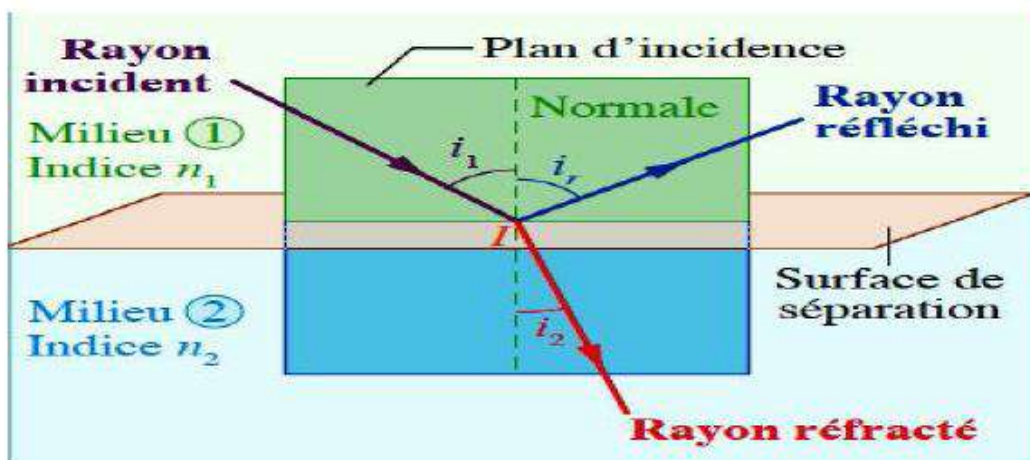


Figure I.4. Réflexion et réfraction des ondes ultrasonores. [11]

I.6.2 Diffusion de l'onde ultrasonore :

Ce phénomène se produit Lorsque les dimensions de l'interface rencontrée sont petites en comparaison avec la longueur d'onde, l'onde ultrasonore est absorbée dans ce cas puis réfléchiée dans toutes les directions (figure 3). [11]

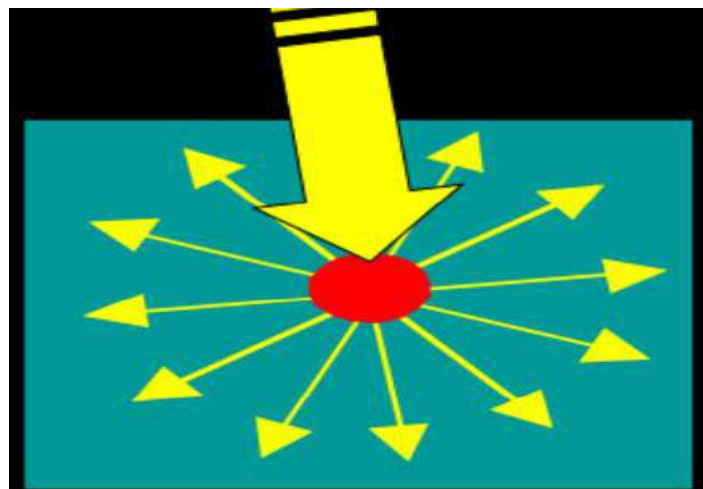


Figure I.5 : Phénomène de Diffusion.[11]

I.7. Applications des ultrasons :

I.7.1. Le repérage d'obstacles :

En 1917, Langevin met au point le premier projecteur ultrasonore permettant d'obtenir des faisceaux suffisamment intenses et bien dirigés ; cet appareil est destiné à détecter les sous-marins ennemis. Le principe de cette méthode est simple : les ultrasons se réfléchissent sur un obstacle et reviennent à leur point de départ en produisant un écho : connaissant, d'une part, le temps séparant l'émission de l'onde et la réception de l'écho, d'autre part la vitesse de l'ultrason dans l'eau de mer (environ 1 500 m/s), il est facile de déduire la distance de l'obstacle dans la direction du faisceau. Cette méthode a été adaptée à d'autres problèmes : repérage d'obstacles tels que les icebergs, sondage, téléphonie sous-marine, repérage des bancs de poissons. Lors de Laguerre de 1939-1945, le problème du repérage des sous-marins est redevenu d'actualité et de nombreux appareils appelés « asdics » puis « sonars » ont été construits.[11]

La formule pour réaliser ce calcul est la suivante :

$$D = (C * T) / 2$$

D : la distance de l'obstacle par rapport à l'émetteur en m.

C : la vitesse du son dans l'air en m/s.

T : le temps en s.

I.7.2. L'utilisation industrielle :

En métallurgie, les ultrasons sont utilisés pour le dégazage des métaux, la détection de défauts, pour l'usinage, et la soudure de certains matériaux. Un foret solidaire de la partie mobile d'un générateur d'ultrasons peut être utilisé pour le perçage, en effectuant des mouvements de va et vient à la fréquence des ultrasons. Une précision de quelques micromètres est obtenue, et ce même dans des matières extrêmement dures. Les ultrasons sont également employés pour la stérilisation de certains liquides, notamment du lait, la prospection de gisements minéraux, la déflagration d'explosifs commandée à distance, le nettoyage de certains corps, tels que les fûts de bois utilisé pour la fabrication du vin, et la soudure de matières plastiques. De nombreuses industries comme l'industrie pharmaceutique, automobile ou horlogère ont également recours aux ultrasons à des fins de nettoyage : différents objets peuvent ainsi être plongés dans des bains à ultrasons afin d'être débarrassés des impuretés qui s'y seraient logées ou accumulées. [11].

I.7.3 .Applications aux télécommunications :

Dans ce domaine, les ultrasons apparaissent de plus en plus dans nombreuses réalisations :

Téléphonie sous-marine. Modulation de lumière. Lignes à retard. [11].

1.8. Capteurs à ultrasons pour véhicules

Les capteurs à ultrasons détectent sans contact et avec une grande portée les objets en divers matériaux et les niveaux de remplissage de liquides et de matières en vrac. Y compris les objets transparents, fortement réfléchissants et très contrastés. Le capteur fonctionne selon le principe de la mesure du temps de vol des ondes ultrasoniques et résiste à l'encrassement [12].

Les capteurs à ultrasons détectent des objets ou des liquides en se servant des ondes ultrasoniques et calculent la distance par rapport à l'objet en se basant sur le principe de la mesure de la durée de parcours. On les utilise pour les grandes plages de détection. Le principe du détecteur à ultrasons résout les problèmes quand les capteurs optoélectroniques atteignent leurs limites. Ces capteurs détectent sûrement les objets transparents, très réfléchissants et contrastants selon le principe des ultrasons [12].

L'élimination des angles morts et l'amélioration de la visibilité du conducteur sont des préoccupations importantes des entreprises de véhicules routiers. Au cours des dernières années, des dispositifs de sécurité, notamment des rétroviseurs supplémentaires ou des systèmes de caméra-moniteur ayant un angle de vision plus grand, sont devenus courants et même obligatoires aux termes de la législation des angles morts. Toutefois, malgré une augmentation de la visibilité, les collisions avec d'autres véhicules, des objets fixes, des cyclistes, des travailleurs et même des piétons, restent encore trop nombreuses [13].

La détection des obstacles à l'aide de capteurs à ultrasons permet de réduire les dommages causés aux véhicules et les collisions avec les piétons ou les cyclistes. Conviennent parfaitement aux véhicules utilitaires travaillant dans des espaces confinés ou manœuvrant à faible vitesse. Le système de détection renseigne le conducteur sur la distance entre le véhicule et les obstacles, en mouvement ou immobiles. Un avertissement visuel et/ou sonore en cabine indique la distance ; d'autre part, en option, une alarme vocale externe peut alerter les cyclistes et les piétons que le véhicule va tourner. L'industrie d'automobile est fortement consommatrice de capteurs intelligents, et truffent les voitures de ces systèmes.

I.8.1 .Capteurs de niveau d'essence

Suspension active +ABS, Gaz d'échappement, ABS Direction assistée, Niveau d'essence ; Capteur traditionnel "Mesure de profondeur" ; Volume $\propto$ profondeur mais fonction monotone croissante de la profondeur ; Solution intelligente ; Mesure de profondeur + Microprocesseur pour calcul de la fonction

I.8.2 .Capteurs d'ABS

Mesure de la vitesse de rotations des roues (codeur) et de la vitesse du véhicule (effet Doppler) ; communication entre capteurs et superviseur ; Si non concordance entre les vitesses ; dérapage ; Communication entre capteurs et superviseur.[12]

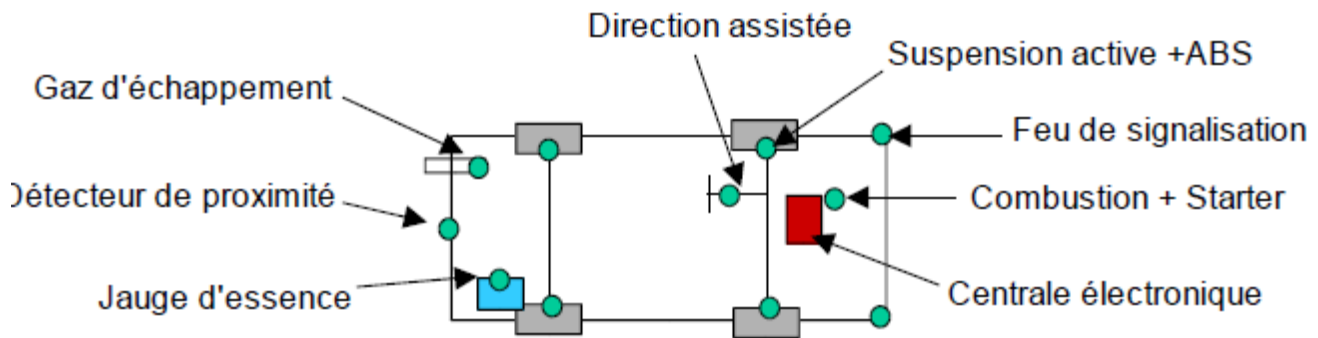


Figure I.6 : Capteurs à ultrasons pour véhicules.[12]

CHAPITRE –II–

MATERIELS UTILISES

II.1. Capteur ultrason

On principe de fonctionnement repose comme son nom l'indique sur l'utilisation des ultrasons. Ce sont des ondes acoustiques dont la fréquence est trop élevée pour être audible par l'être humain. Ici, on mesurera un niveau grâce au capteur ultrasonique. On peut utiliser d'autres moyens (la pression hydrostatique exercée par le fluide par exemple) pour déterminer le niveau d'un produit dans une cuve, mais la mesure de niveau par ultrasons permet d'effectuer une mesure sans contact avec le produit.[14]



Figure II.1 : capteur ultrason. [14]

II.1.1. Etude du fonctionnement du capteur :

II.1.1.1. Principe de fonctionnement :

L'expéditeur et le destinataire sont situés dans le même boîtier. L'émetteur envoie une série d'ondes qui sont réfléchies vers l'objet à détecter puis renvoyées à la source. Le temps nécessaire pour aller et venir permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet est long, plus il faut de temps pour que le signal revienne. Pour détecter le niveau (la distance d), on utilise l'équation :

$$v = d / t \text{ donc } d = v \cdot t$$

Tell que :

t : est le temps vu au-dessus entre le début de l'émission et le début de la réception

v : est la vitesse du son qui est de 330 m.s-1. [14]

II.1.1.2 Facteurs d'influence

Le capteur ultrasonique comporte certains inconvénients :

Il est très vite inopérant lorsqu'il y a présence d'échos parasites, en présence de poussière ou encore lorsque le niveau mesuré se trouve dans un endroit trop étroit.

Aucune opération n'est possible dans le vide.

Il y a une zone que l'on appelle zone morte et qui correspond à la distance minimum que doit avoir le niveau à détecter par rapport au capteur pour que celui-ci fonctionne correctement. [14]

II.1.1.3 Utilisation industrielle :

Dans l'usine de traitement de l'aluminium, la bobine d'aluminium laminée est desserrée sur le dérouleur avant le traitement de surface. Pour maintenir une certaine tension de maillage, la broche de la broche est retenue pendant que la canette est vidée. Cependant, la force de ce freinage doit être régulée en fonction du diamètre de la poulie pour que le couple reste constant.

Pour ce faire une mesure en continu du diamètre de bobine est nécessaire. Celle-ci se fera idéalement sans contact pour éviter de marquer l'aluminium. Dans ce contexte, un capteur à ultrason s'avère être la solution idéale. La mesure s'effectue sans contact en toute fiabilité même pour des variations très rapides jusqu'à plusieurs cm/s. [15]

II.1.4. HC-SR04 :

Le capteur HC-SR04 utilise les ultrasons pour déterminer la distance d'un objet. Il offre une excellente plage de détection sans contact, avec des mesures de haute précision et stables. Son fonctionnement n'est pas influencé par la lumière du soleil ou des matériaux sombres, bien que des matériaux comme les vêtements puissent être difficiles à détecter. [15]

II.1.4.1. Caractéristiques. [15] :

- Dimensions : 45 mm x 20 mm x 15 mm
- Plage de mesure : 2 cm à 400 cm
- Résolution de la mesure : 0.3 cm
- Angle de mesure efficace : 15 °
- Largeur d'impulsion sur l'entrée de déclenchement : 10 µs (Trigger Input Pulse width)

II.1.4.2. Branchement :

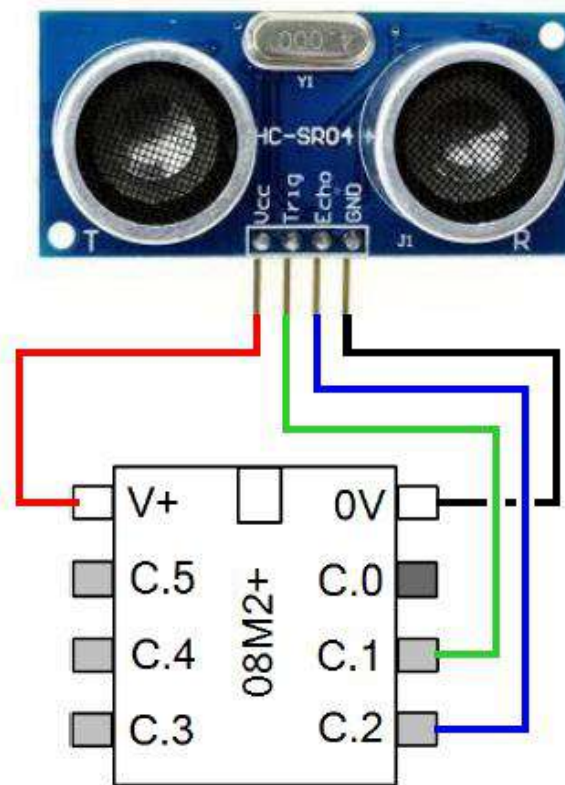


Figure. II.2 .branchement HC-SR04 avec PICAXE. [15]

Le branchement du capteur HC-SR04 sur un microcontrôleur PICAXE est des plus simples (le schéma ci-contre illustre l'utilisation d'un circuit 08 M 2).

Si les deux éléments sont alimentés en 5 V (ou 4.5 V), il suffit de relier les bornes d'alimentations +/- entre elles.

L'entrée "Trig" du capteur doit être reliée à une sortie du PICAXE.

Quant à la sortie "Echo" du capteur, il faut la relier à une entrée du PICAXE qui peut aussi être programmée en sortie si on désire mettre en œuvre l'exemple 2 de programme ci-dessous.

[16]

II.2. Capteur de distance Infrarouge pour Arduino :

Le capteur infrarouge permet de réceptionner les signaux émis par une télécommande infrarouge. Ce capteur est directement relié à la carte Arduino afin de traiter les signaux reçus. IL est composé d'une diode infrarouge (émetteur) et d'une photodiode (récepteur). [16]



Figure II.3. Module du capteur à distance infrarouge. [16]

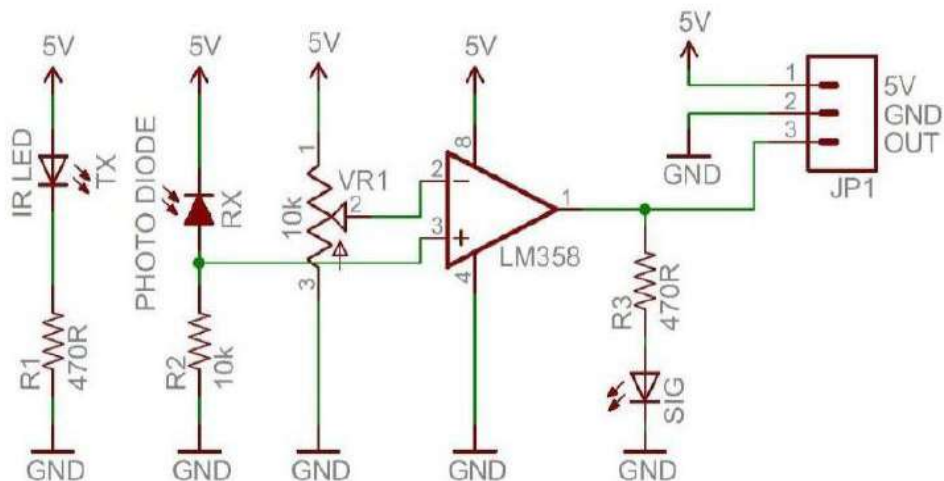


Figure II.4. Schéma du capteur à distance infrarouge. [16]

VCC : Tension externe de 3.3V-5V.

GND : GND Externe.

OUT : Interfaces de sortie numérique de petite carte (0 et 1).

II.2.1. Caractéristiques :

Distance de détection : de 2 à 30 cm.

- ❖ Angle de détection : 35 °.
- ❖ Poids (kg) : 0.034.
- ❖ Dimensions : 3.1 cm * 1.5 cm
- ❖ Alimentation ou la tension de fonctionnement : 3.3 – 5 V.
- ❖ OUT : interface de sortie numérique de la carte (0 si détection, et 1 si aucune détection).

Il est à noter que lors du branchement, une LED verte s'allume sur le capteur si un obstacle est détecté. Celle-ci permet de savoir si votre capteur est en état de fonctionnement ou non. La distance de détection peut être ajustée à l'aide d'un potentiomètre disponible sur le capteur. [16]

II.2.2 Emetteur et récepteur infrarouge :

II.2.2.1 Infrarouge :

L'émission et la réception d'un faisceau infrarouge sont réalisés avec une longueur d'onde supérieure à celle de la lumière visible (950nm), les faisceaux IR sont invisibles à l'œil. [17]



Figure II.5. Spectre de la lumière visible. [17]

II.2.2.2 Emetteur / récepteur :

Un système de détection infrarouge.

Ce système est composé de deux parties essentielles : une partie d'émission et la deuxième partie celle de la réception comme l'illustre le schéma ci-dessous.

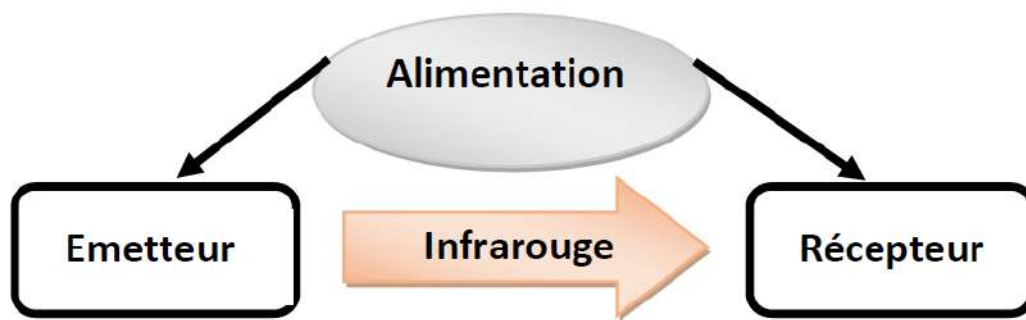


Figure II.6. Schéma d'un émetteur-récepteur. [18]

L'émetteur permet la génération d'un faisceau lumineux infrarouge tandis que le récepteur permet l'identification de la liaison optoélectronique avec l'émetteur à travers l'allumage d'une LED témoin, le franchissement de la barrière se traduit par la coupure du faisceau entre l'émetteur et le récepteur et par la suite la LED témoin s'éteint. [18]

II.3. Définition du module Arduino :

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre, issu du travail d'une équipe d'enseignants et d'étudiants de l'école de Désigne d'interaction d'ivrea, les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte, comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre.

Les projets Arduino peuvent être autonomes, comme ils peuvent communiquer avec d'autres logiciels installés sur l'ordinateur tel que Flash, processing ou MaxMPS, Matlab. [18]

II.3.1. La carte Arduino Mega 2560 :

La carte Arduino Mega 2560 est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560. Cette carte dispose :

- De 54 broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (MLI : Modulation de largeur d'impulsion)).
- De 16 entrées analogiques (qui peuvent être utilisées en broches entrées/sorties numériques).
- De 4 UART (port série matériel).
- D'un quartz de 16Mhz.
- D'une connexion USB.

- D'un connecteur d'alimentation jack.
- D'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit").
- D'un bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ; Pour pouvoir l'utiliser, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable l'alimentation étant fournie par le port USB). La carte Arduino Mega 2560 est compatible avec les circuits imprimés prévus pour les cartes Arduino Uno.[19]

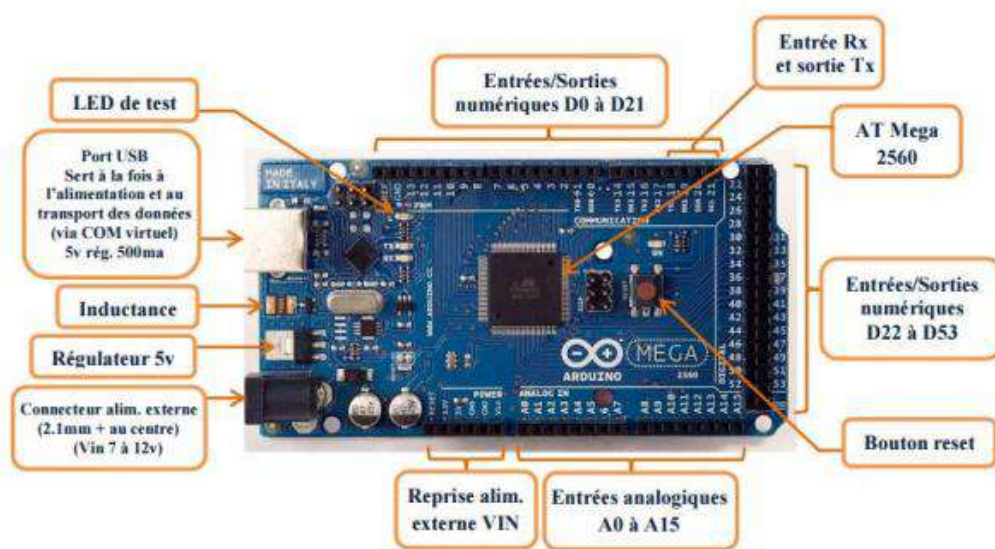


Figure II.7.Description de la carte Arduino MEGA 2560.[20]

II.3.2. La carte Arduino Nano :

La carte Arduino Nano est basée sur ATmega328 cadencée à 16 MHz. Sa mémoire de 32 Ko et son grand nombre de ports d'E / S rendent ce circuit compatible DIL30 idéal pour les systèmes embarqués ou pour les applications robotiques nécessitant le multitâche. Nano 3.0 peut être programmé avec le logiciel Arduino. La console ATmega328 dispose d'un bootloader qui vous permet de modifier le programme sans passer par un programmeur . [21]

II.3.2.1. Caractéristiques principales

- Alimentation via port USB ou 5 Vcc régulée sur broche 27 ou 6 à 20 V non régulée sur broche 30
- Microprocesseur : ATmega328
- Mémoire flash: 32 kB
- Mémoire SRAM: 2 kB
- mémoire EEPROM: 1 kB
- 14 broches d'E/S dont 6 PWM
- 8 entrées analogiques 10 bits
- intensité par E/S: 40 mA
- cadencement: 16 MHz
- bus série, I2C et SPI
- gestion des interruptions
- fiche USB: mini-USB B
- boîtier DIL30
- dimensions: 45 x 18 x 18 mm. [21]

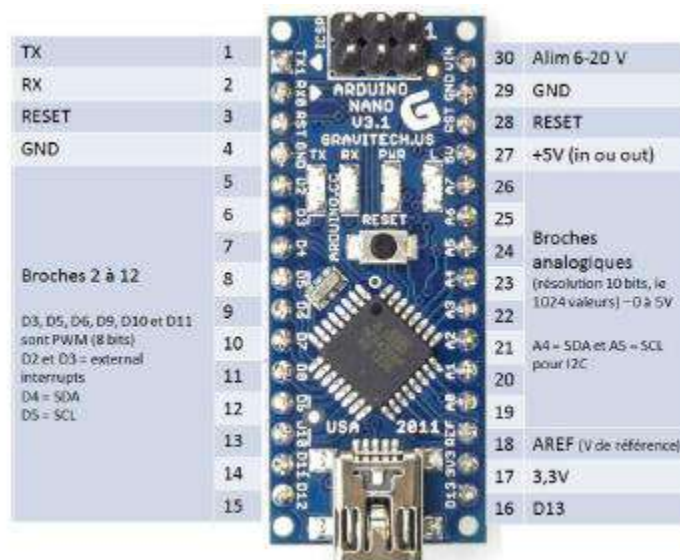


Figure II.8.Arduino nano.[21]

II.3.3 La carte Arduino UNO

C'est une carte électronique basée sur le microcontrôleur ATmega du fabricant ATMEL, Le système Arduino donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique. Plus précisément, pour programmer des systèmes électroniques.

Dans notre projet nous utiliserons La carte Arduino UNO, est un microcontrôleur ATmega 328 programmable permettant de faire fonctionner des composants (moteur, LED...). Elle possède des «ports» permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter. [22]



Figure II.9. La carte Arduino UNO.[22]

II.3.3.1. Caractéristiques de la carte Arduino UNO :

Microcontrôleur	ATmega328
Tension d'alimentation interne	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7 à 12V, limites = 6 à 20 V
Entrées/sorties numériques	14 dont 6 sorties PWM
Entrées analogiques	6
Courant max par broches E/S	40 mA
Courant max sur sortie 3,3V	50mA
Mémoire Flash	32 KB dont 0.5 KB utilisée par le bootloader
Mémoire SRAM	2 KB
Mémoire EEPROM	1 KB
Fréquence horloge	16 MHz

Tableaux. II.3 : Caractéristiques de la carte Arduino UNO. [22]

II.3.3.2. Avantage de la carte Arduino UNO :

Il existe de nombreuses cartes électroniques basées sur des plates-formes Microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant aux personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit :

Le prix (Réduit) : Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses par rapport aux autres plates-formes.

Multi plateforme : Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

Un environnement de programmation clair et simple : L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.

Le logiciel est open source et extensible : Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmeurs expérimentés. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (Fonctionne sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme à travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

Matériel open source et extensible : Les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs ATMEL, ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328, les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en Le compléter et l'améliorer. Même des utilisateurs relativement inexpérimentés.

La version de la carte de test peut être fabriquée à partir de la carte Arduino, dont le but est Comprendre comment cela fonctionne pour réduire les coûts. [23].

II.3.3.3. Carte Arduino YUN Rev2 :

La carte Arduino Yun est bâtie sur la base d'un Arduino Leonardo (utilisation de l'ATmega32U4) auquel a été rajouté en parallèle un processeur Atheros AR9331 qui fait tourner la distribution Linux Linino, basé sur OpenWrt.

L'environnement arduino (processeur Atheros AR9331) permet de contrôler des entrées/sorties logiques ou analogiques. Et l'environnement linux (Atheros AR9331+ linino)

permet de récupérer les données des entrées/sorties pour les afficher ou les contrôler depuis un site WEB qui sera stocké sur une carte SD. Aucune installation de serveur WEB n'est nécessaire. Le serveur web est déjà installé sur la carte.

L'avantage de cette carte par rapport à l'association d'une carte arduino uno et d'un shield ethernet (par exemple) est une plus grande rapidité d'exécution et surtout une plus grande capacité de stockage de pages WEB. En effet une association (arduino uno + shield ethernet) est limitée par l'espace de la mémoire RAM. Et les sites produits ne peuvent être donc que sommaires. De plus une carte arduino Yun permet de faire des sites dynamiques, de commander une caméra pour des prises d'images ou de captures de vidéos (Le processeur communique avec le microcontrôleur par le Bridge).

Une carte SD permet de stocker les sites WEB et les données.

La carte Yun peut fonctionner en ethernet ou en WIFI.

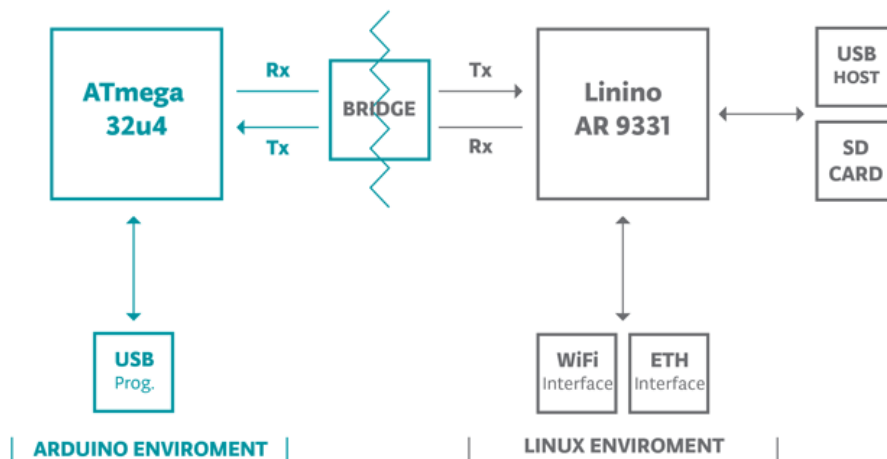


Figure II.10. Différents éléments de la carte arduino YUN Rev2. [24-25]

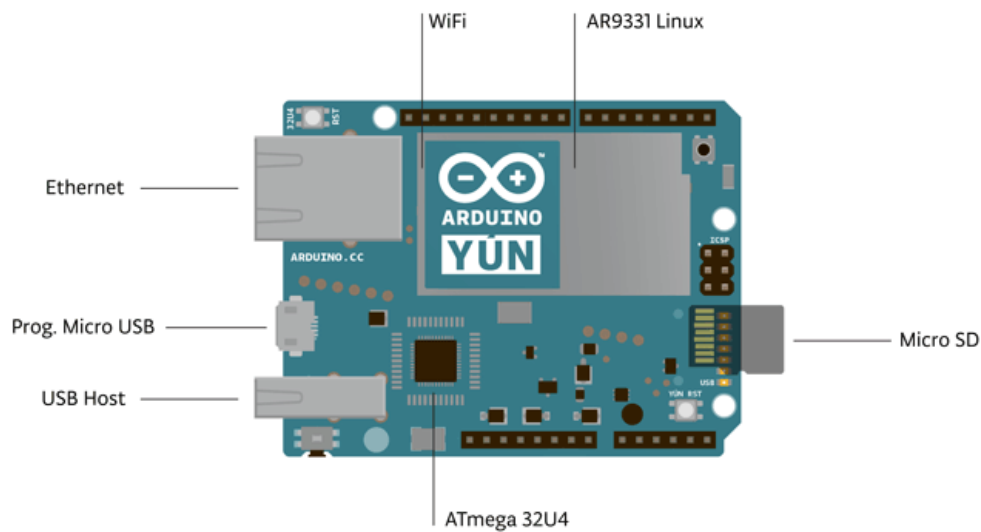


Figure II.11. Carte Arduino YUN Rev2. [24-25]

Le connecteur hôte USB de type A permet de stocker des données sur une clé USB, par exemple.

Le connecteur micro-USB de type B permet d'alimenter la carte à partir d'une alimentation 5V. Dans ce cas-là les transferts des programmes se feront par la liaison ethernet ou en WIFI. Ce port peut également être relié directement à un port USB de l'ordinateur sur lequel on programme (conseillé).

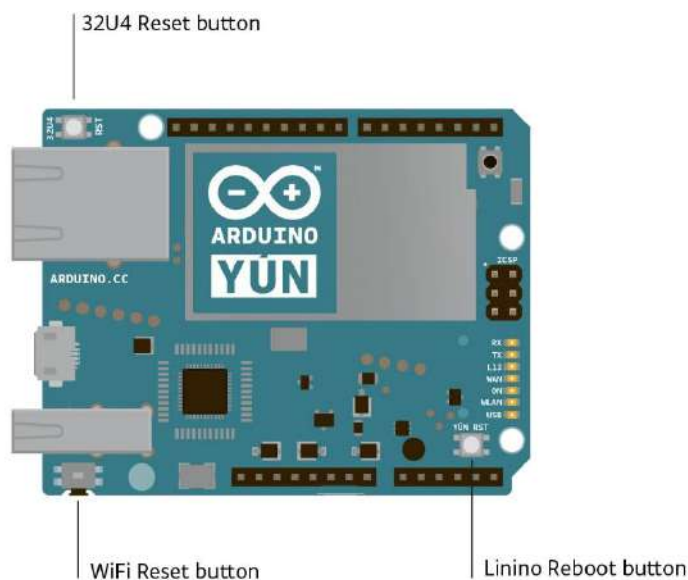


Figure II.12. Les différents boutons de la carte Arduino YUN Rev2. [24-25]

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre on a entamé le matériel important qu'il devra être utilisé dans notre projet et aussi on a montré l'avantage de la carte Arduino YUN Rev2 par rapport à celle de l'Arduino Uno surtout dans la rapidité d'exécution et la capacité de stockage de pages WEB. En effet une association (Arduino Uno + shield ethernet) est limitée par l'espace de la mémoire RAM. Et les sites produits ne peuvent être donc que sommaires. De plus une carte Arduino Yun permet de faire des sites dynamiques, de commander une caméra pour des prises d'images ou de captures de vidéos (Le processeur communique avec le microcontrôleur par le Bridge.

CHAPITRE –III-

CONCEPTION ET LA REALISATION DE LA

CARTE D'ELECTRONIQUE

III.1 Introduction :

Dans ce présent chapitre nous allons voir avec simulation et réalisation comment calculer la distance entre capteur et obstacle en utilisant une carte d'Arduino.

Dans ce chapitre on va présenter les deux logiciels Proteus et Fritzing ainsi le programmeur d'Arduino après nous allons entamer l'étude et la conception des différentes parties du circuit en commençant par citer tous le matériel utilisé dans notre circuit et donner la description de chaque matériel, puis réaliser notre circuit final à l'aide du logiciel proteus. La partie expérimentale sera présentée par le biais de Fritzing.[26]

III.2 Description générale des logiciels utilisés :

III.2.1 Proteus :

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. Elle est utilisée dans de nombreuses entreprises et organismes de formation.

Proteus possède de nombreux avantages :

Pack contenant des logiciels faciles et rapides à comprendre et à utiliser

Support technique performant

Outil de création de prototype virtuel permettant de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la conception d'un projet .[27]

III.2.2 ISIS

Le module ISIS de proteus est principalement utilisé pour éditer un schéma structurel d'un circuit électronique (assemblage de composants électroniques dont on fixe les valeurs et les références)

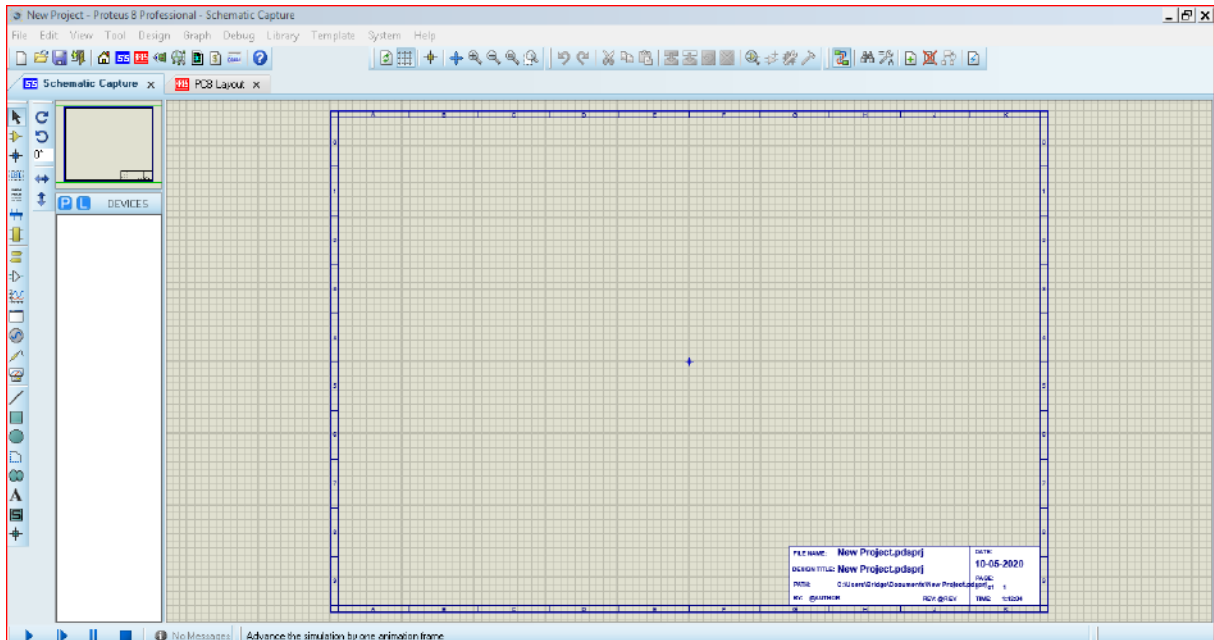
Reliés par des connexions électriques (fils). Par ailleurs, le logiciel permet également d'émuler les différents types de montage ce qui permet de détecter certaines erreurs dès l'étape de conception.

Indirectement, les circuits électroniques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits. La figure ci-dessous montre la fenêtre du module de simulation proteus ISIS.[27]

III.2.3 ARES

Le module ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace

lorsqu'elle est réalisé manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. la figure ci-dessous montre la fenêtre du module de simulation Proteus ARES.[27]



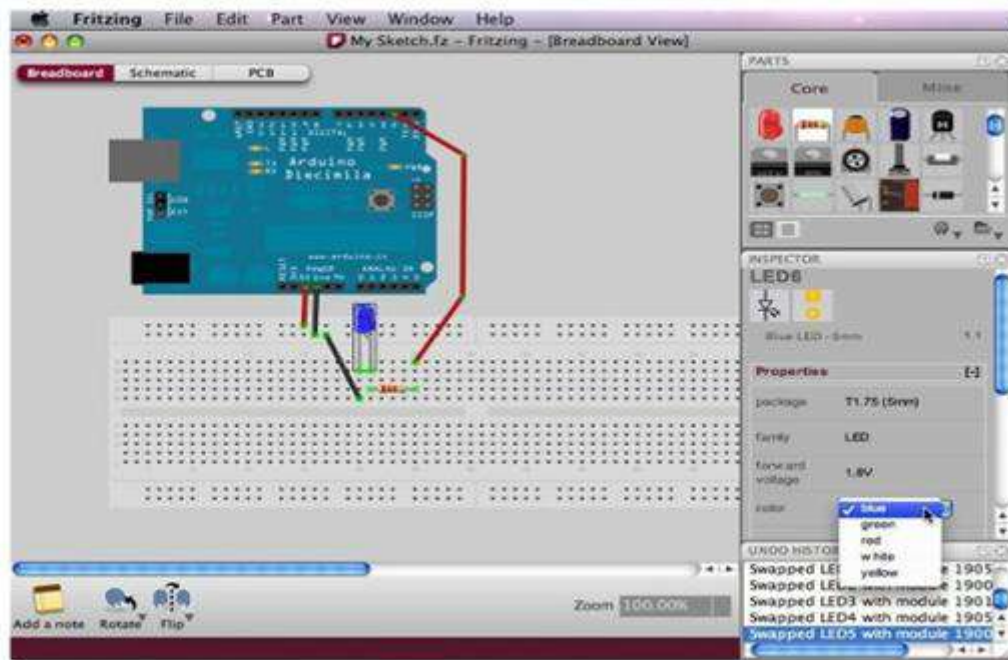
Figure(III.1) : Proteus V8.0. ISIS et ARES.[26]

III.2.4 Fritzing :

Fritzing est un programme gratuit de conception de circuits imprimés qui vous permet de concevoir complètement le graphe de circuit et d'imprimer des illustrations [38-41]. L'offre de circuits imprimés de Fritzing vous permet de concevoir et d'exporter des circuits imprimés simple ou double face. Vous pouvez également exporter vos fichiers "Gerber" pour votre PCB et les envoyer à un service professionnel de fabrication de PCB. Lorsque vous vous familiariserez avec les outils et capacités de conception de Fritzing, la création de magnifiques circuits imprimés sera encore plus facile. Le programme s'améliore constamment pour rendre cette tâche plus facile. Gardez à l'esprit qu'un plantage est toujours possible ...Pour apprendre à utiliser les outils de conception de circuit imprimé de Fritzing, suivez les étapes et les conseils suivants.

1. La vue du circuit imprimé.
2. Organisation des composants sur la platine.
3. L'auto routage ; Routage manuel ; Recommandations pour un meilleur routage.

4. L'édition des pistes ; Les options d'exportation.[26]



Figure(III.2) : Exemple pour Construire un circuit.[26]

III.3 Etude du circuit :

III.3.1 La carte arduino :

Arduino est une marque de couverture qui est physiquement libre d'utilisation Trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour l'analyse et la production Signaux électriques, afin d'effectuer une variété de tâches telles que Domotique (contrôle des appareils électroménagers - éclairage, chauffage, etc.), expérimentation Robot, informatique embarquée, etc. ...Programmer la carte Arduino, c'est donner des instructions au circuit intégré (le petit ordinateur qui est le cœur de la carte) pour qu'il traite les informations qu'il a fournies

Les capteurs envoient des informations aux actionneurs qui fonctionneront sur le monde physique. C'est une plate-forme qui repose sur une interface d'E / S simple.

III.3.1.1 Les différents éléments qui composent la carte Arduino Uno :

a) Prise jack :

- Permet de brancher une alimentation (pile, batterie, adaptateur secteur).

- Porte USB : Il suffit simplement de connecter la carte à un ordinateur.

b) Microcontrôleur :

le cœur de la carte d'Arduino qui permet de stocker le programme et de l'exécuter.

c) 6 entrées analogiques :

- Permet de brancher des capteurs et des détecteurs analogiques.
- Ces six entrées peuvent admettre 1024 valeurs analogiques comprises entre 0 et 5 Volts.

d) 14 entrées et sorties numériques (digital) : sont connectées à +5 volts ou à la masse ; ils ont deux actions de connecteurs :

- brancher des actionneurs.
- brancher des détecteurs.

e) Un cristal à 16 MHz :

C'est horloge de l'Arduino, il cadence son fonctionnement.

f) Un en-tête ICSP :

Permet à l'Arduino de communiquer avec des composants externes via le protocole SPI (Serial Paraphera Interface).

Un bouton de réinitialisation (reset) : Permet de réinitialiser la carte Arduino[26].

III.4 Conception du circuit électronique :

III.4.1 Liste des matériels :

Notre circuit électronique contient les éléments suivants :

- Carte Arduino (Carte Arduino YUN Rev2) et son câble USB
- Capteur de distance HC-SR04
- Régulateur de 5V (7805)
- Circuit Intégré PCF 8574
- Led Rouge ;
- Led Vert ;
- Led Jaune ;
- 3Résistance de 220Ω ;
- Résistance de $10K\ \Omega$
- Buzzer
- Afficheur LCD LM016L
- Led Rouge

- Transformateur (220V-15V)
- Pont de Diodes
- Capacité Electrolétique 1000 μ F et 10 μ F
- Capacité Céramique 10PF

III.4.2 Conception du circuit électronique sous Proteus :

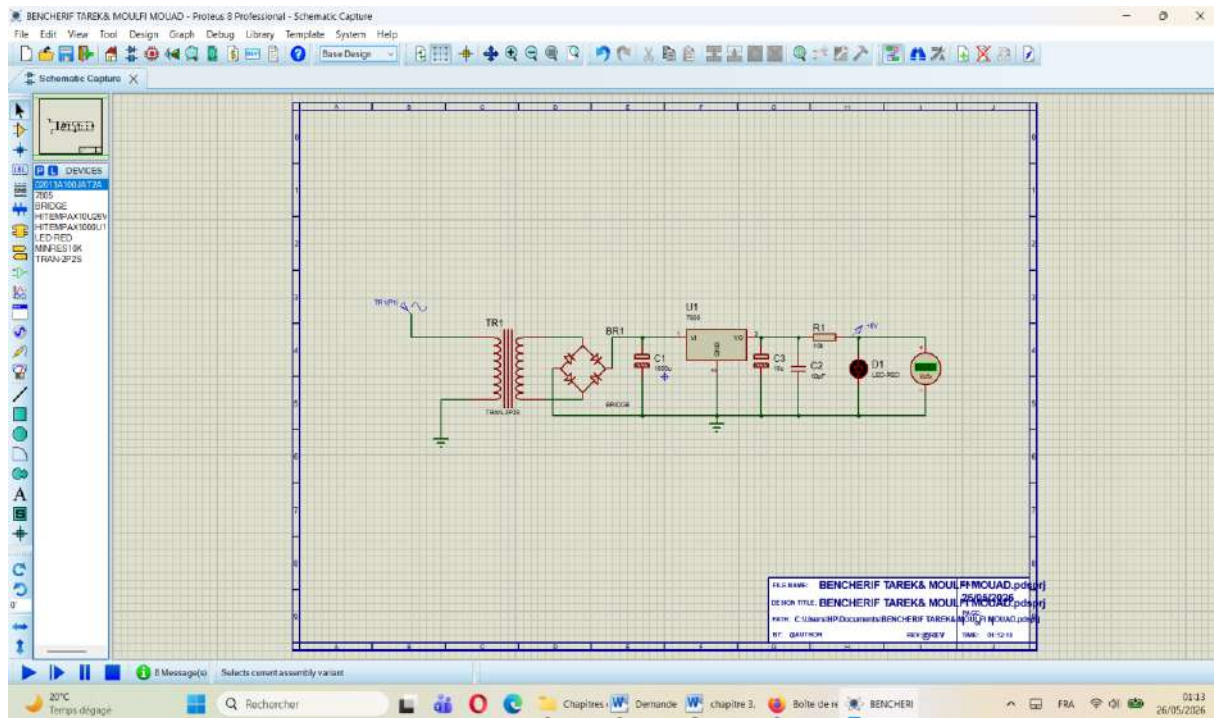


Figure (III.3) : Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ISIS .V8.0



Figure (III.4) : Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ares .V8.0

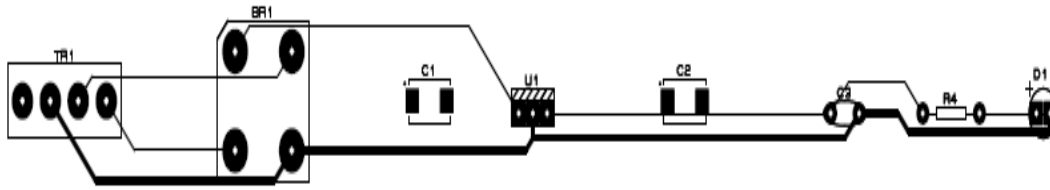


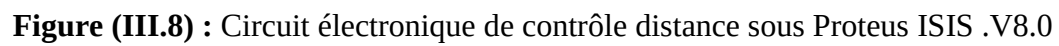
Figure (III.5) : circuit imprimés Alimentation stabilisée de 5V sous Proteus ares .V8.0



Figure (III.6) : Réalisation d'une alimentation stabilisée de 05V première partie



Figure (III.7) : Réalisation d'une alimentation stabilisée de 05V deuxième partie



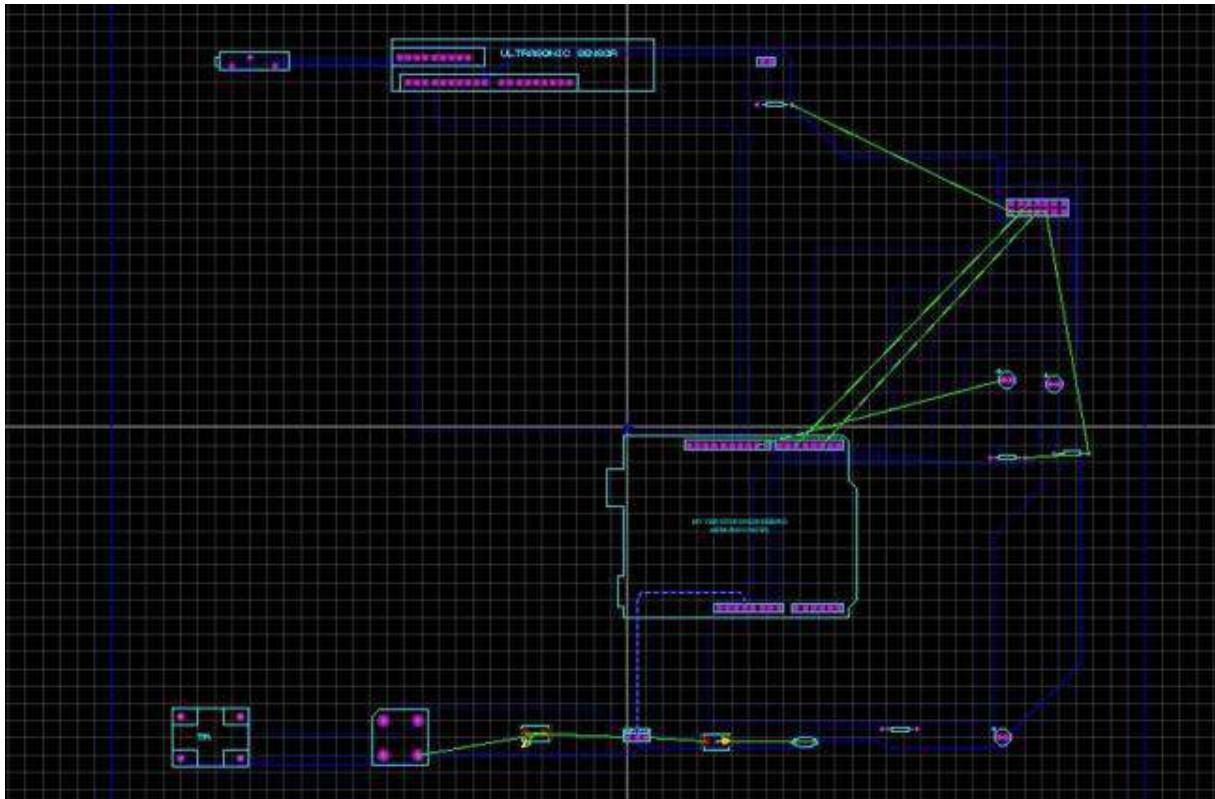


Figure (III.9) : Circuit électronique de contrôle distance sous Proteus .V8.0

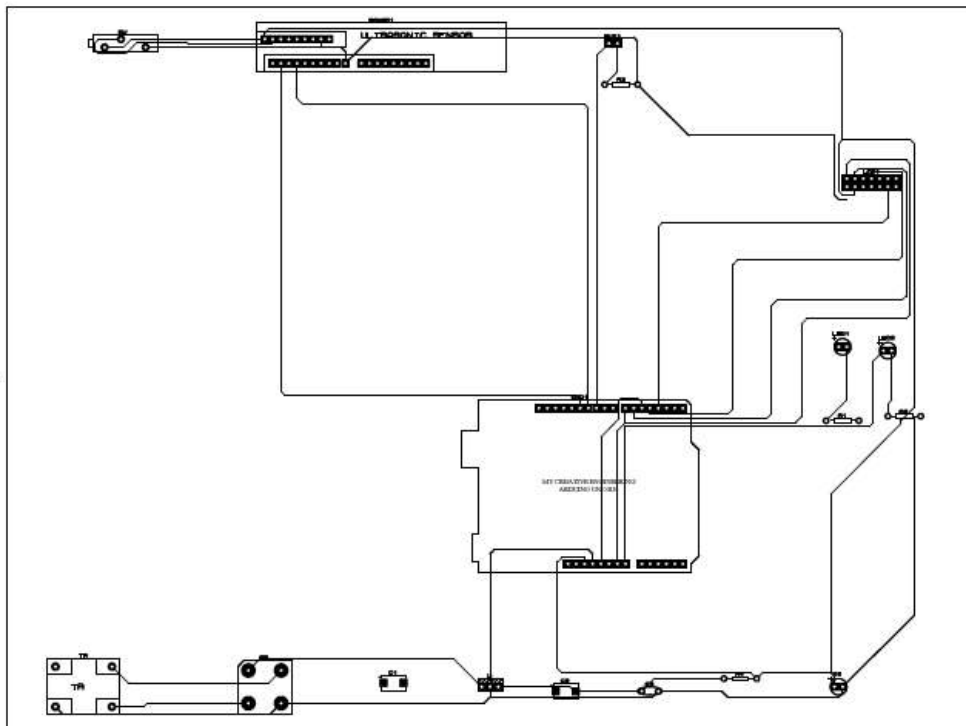


Figure (III.10) : Circuit imprimé de contrôle distance sous Proteus .V8.0

III.4.3 La simulation :

```
#include <LiquidCrystal.h>
// LCD (RS, E, D4, D5, D6, D7)
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
// Capteur ultrason
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 8;
// LEDs
const int ledVert = 6;
const int ledJaune = 7;
const int ledRouge = 10;
// Buzzer
const int buzzer = 13;
long duration;
int distance;
void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(ledVert, OUTPUT);
  pinMode(ledJaune, OUTPUT);
  pinMode(ledRouge, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Radar Recul");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}
void loop() {
  // Mesure distance
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
```

```
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = duration * 0.034 / 2;
// Affichage distance
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Distance: ");
lcd.print(distance);
lcd.print("cm  ");
// Barre graphique
lcd.setCursor(0,1);
int bars = map(distance, 0, 150, 16, 0);
for(int i=0; i<bars; i++) lcd.print("|");
for(int i=bars; i<16; i++) lcd.print(" ");
// Reset LEDs
digitalWrite(ledVert, LOW);
digitalWrite(ledJaune, LOW);
digitalWrite(ledRouge, LOW);
noTone(buzzer);
// □ Zones
if(distance <= 150 && distance > 100) {
    digitalWrite(ledVert, HIGH);
    tone(buzzer, 1000);
    delay(500);
    noTone(buzzer);
    delay(500);
}
else if(distance <= 100 && distance > 50) {
    digitalWrite(ledJaune, HIGH);
    tone(buzzer, 1500);
    delay(250);
    noTone(buzzer);
    delay(250);
}
```

```
else if(distance <= 50) {  
    digitalWrite(ledRouge, HIGH);  
    tone(buzzer, 2000);  
}  
delay(100);  
}
```

III.4.4 Conception du circuit sous logiciel FRITZING :

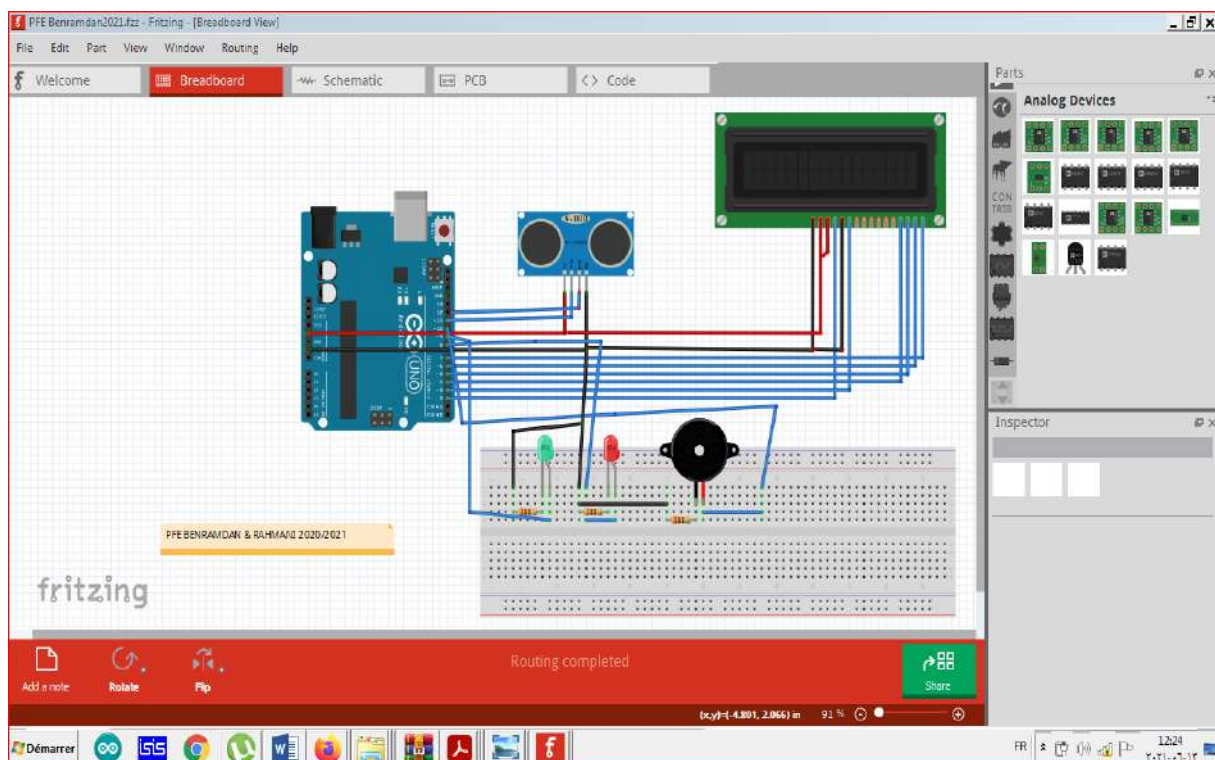


Figure (III.11) : Conception du circuit sous logiciel FRITZING

III.5 Réalisation pratique :

III.5.1 Réalisation

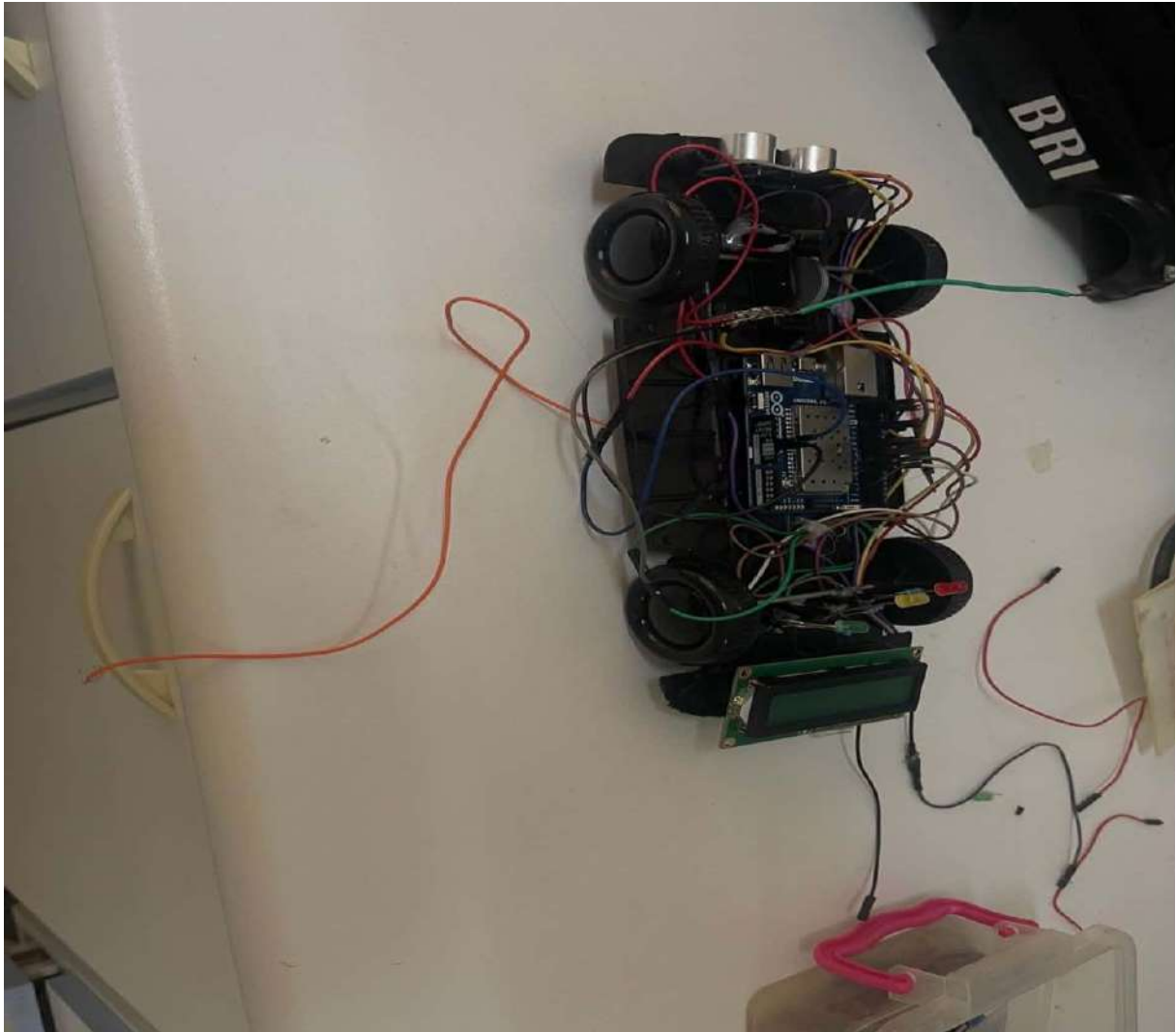


Figure (III.12) : Première étape de réalisation pratique

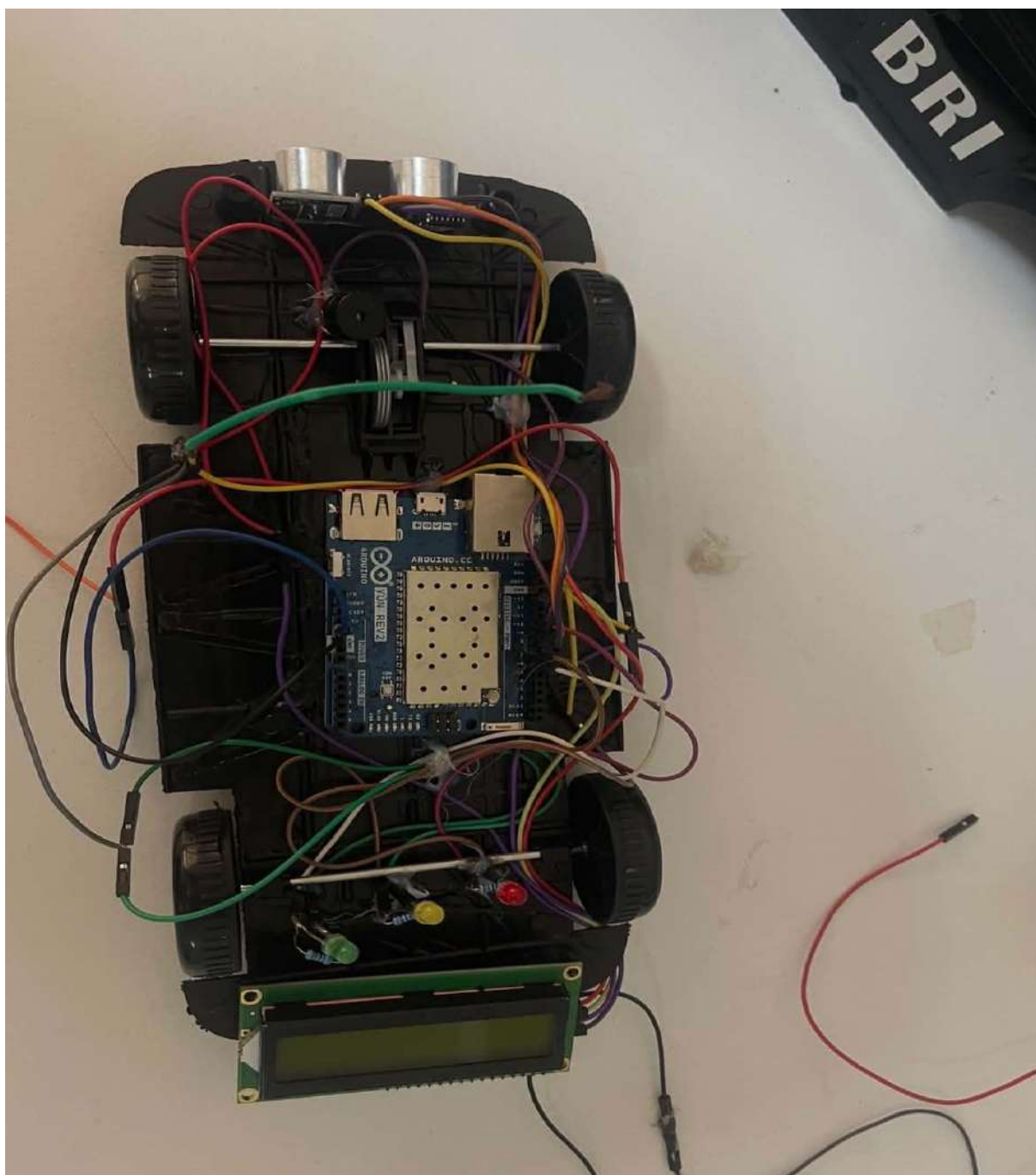


Figure (III.13) : Deuxième étape de réalisation pratique

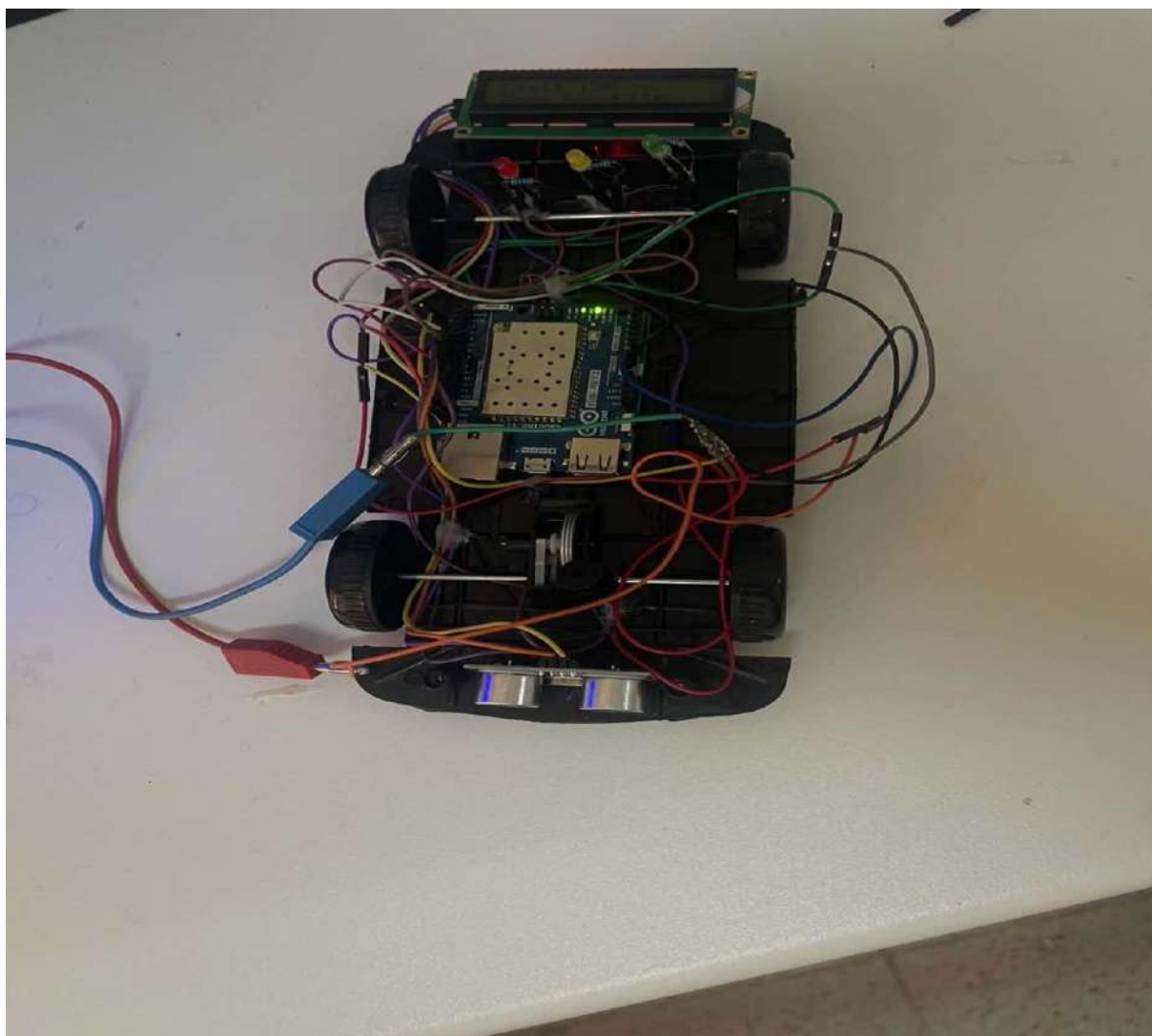


Figure (III.14) : Troisième étape de réalisation pratique

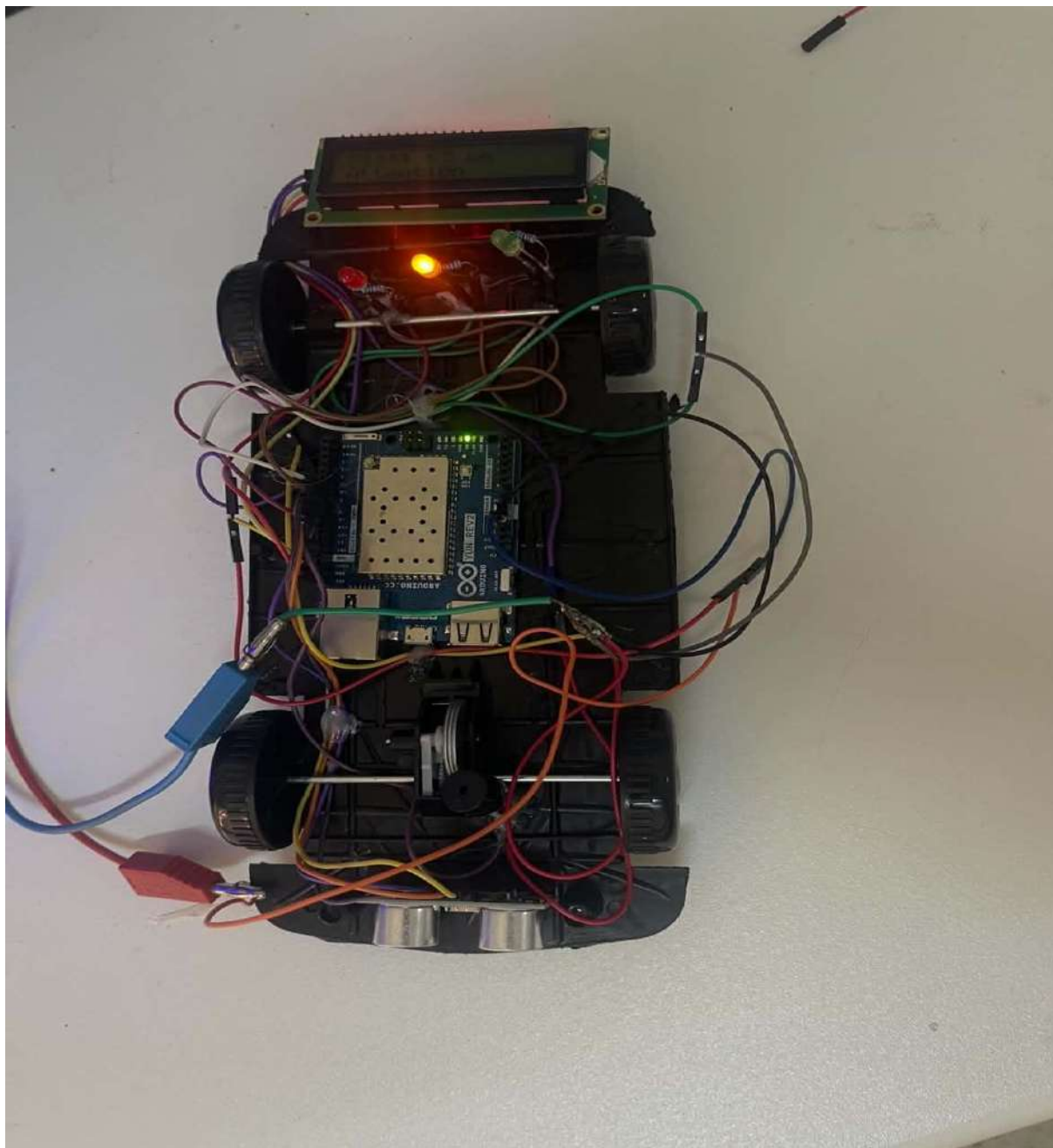


Figure (III.15) : Première essais pratique

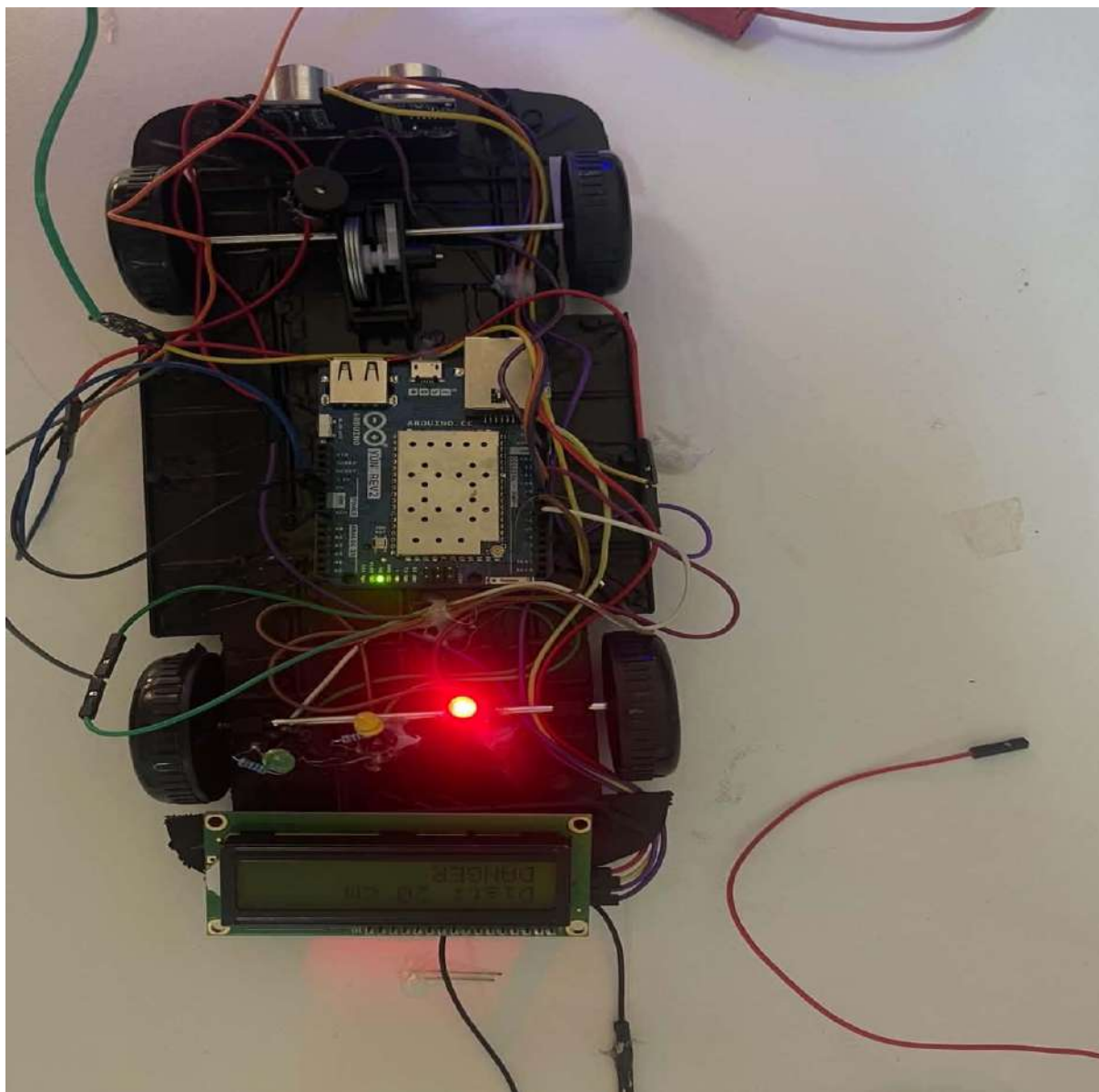


Figure (III.16) : Deuxième essais pratique

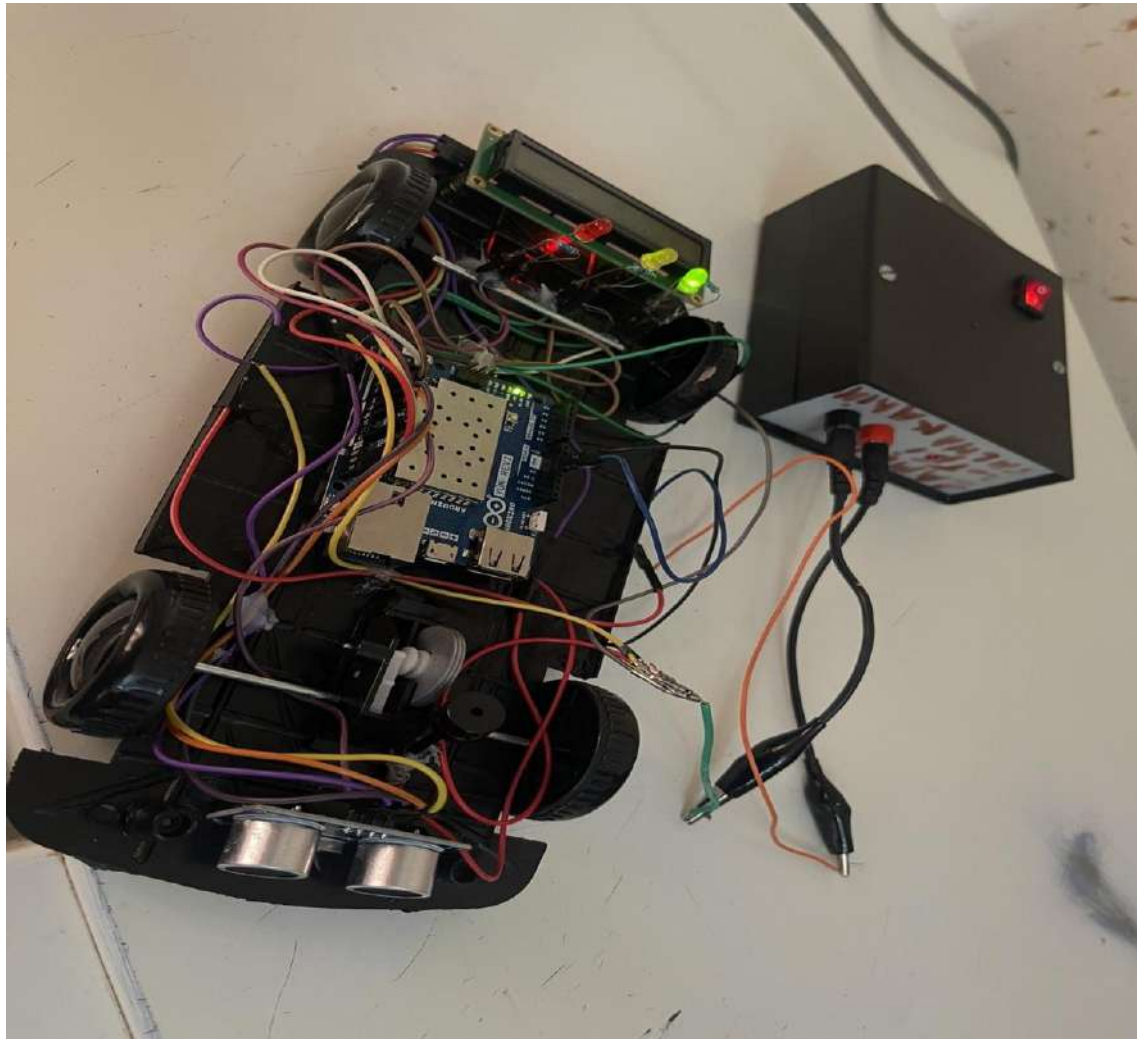


Figure (III.17) : Troisième essais pratique

III.5.2 Résultats et discussion

Distance mesure (cm)	LED ROUGE	LED ORANGE	LED VERTE	BUZZER
0-50	Allume	Eteinte	Eteinte	Fort
50-100	Eteinte	Allume	Eteinte	faible
100-150	Eteinte	Eteinte	Allume	moins faible
≥ 150	Eteinte	Eteinte	Eteinte	Eteint

Tableau(III.1) .Mesure pratique de distance capteur hc-sr04

III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté la partie qui concerne la conception du circuit électronique en utilise logiciel Proteus ISIS, la plaque d'essai a été réalisé par le logiciel Fritzing, La programmation du microcontrôleur par le logiciel arduino 1.6.8 La simulation est préparée en langage C suivant les instructions de notre maquette, le logiciel arduino 1.6.8 nous à aider de faire convertir le programme en langage C vers système binaire pour le fonctionnement de la carte Arduino et fait des résultats de distance et déduire dans le tableau(III.1).

CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale :

L'objet de notre projet était une contribution à la conception et la réalisation d'une carte d'un radar de recul Automobile à base de la carte Arduino YUN Rev2 et Processing, capable de détecter des objets fixes et mobiles, Le radar de recul qui est basé sur un capteur intelligent et qu'il est destiné pour surveiller le recul arrière ou l'aide au parking est un système permettant au conducteur d'estimer la distance séparant son véhicule d'un obstacle, lors des manœuvres à faible vitesse

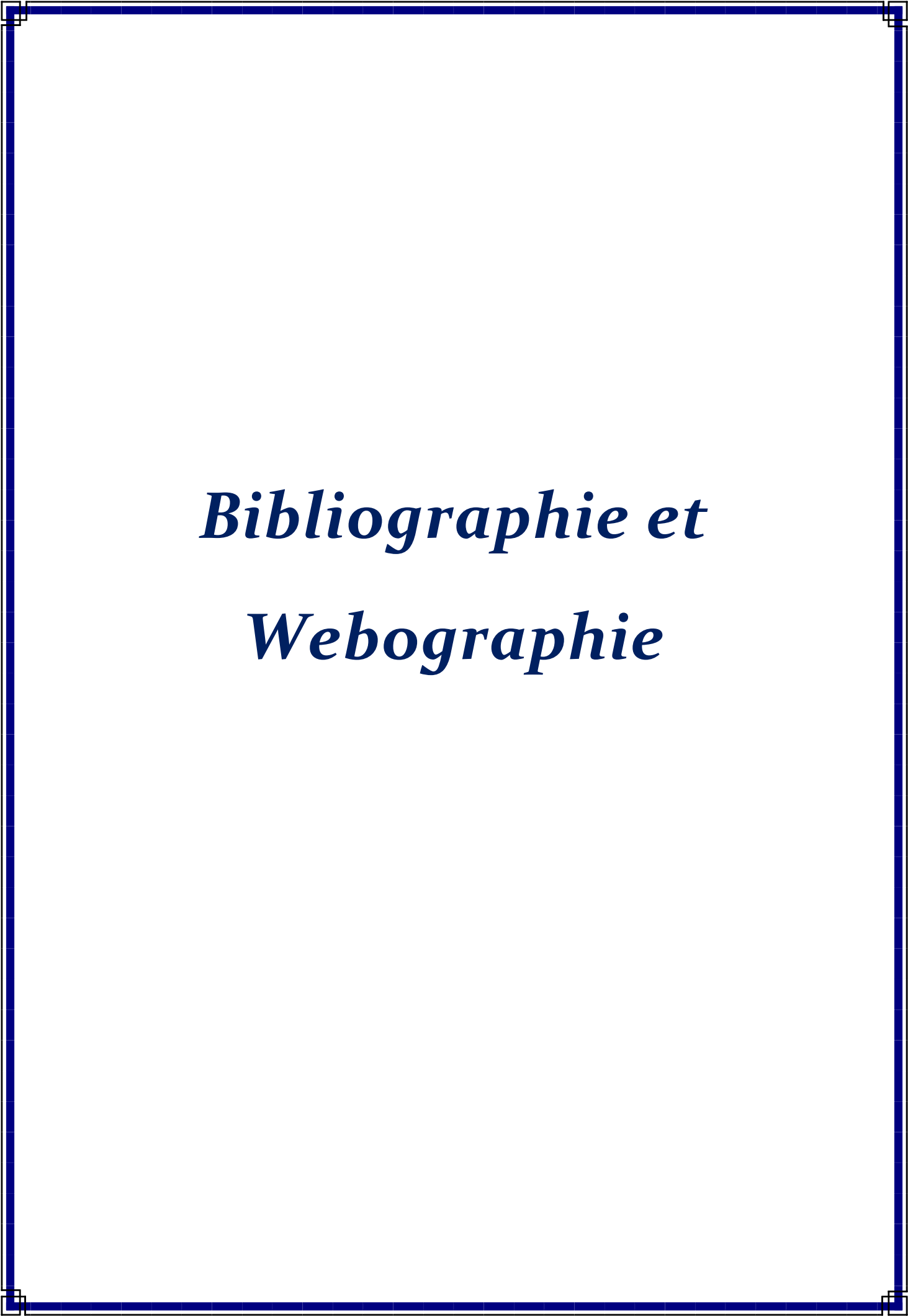
Le circuit électronique a été testé et étalonné respectivement sous Proteus ISIS et ARES ; pour l'efficacité des résultats on a utilisé une carte d'Arduino YUN Rev2 et un capteur ultrason ; la programmation a été effectuée avec le logicielarduino1.6.8.

Nous avons étudié les différents types des capteurs et le principe de fonctionnement des capteurs ultrason. Ce projet nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine d'électronique et bien comprendre le fonctionnement des différents composants à savoir le régulateur 7805,La carte d'Arduino YUN Rev2, Capteur ultrason , LED et l'afficheur LCD . Le logiciel Fritzing nous a permet a réalisé une maquette très proche de la réalité.

Pour la vérification du bon fonctionnement de notre circuit nous avons procédé à des tests et ceci pour le but de déterminer la limite d'utilisation et aussi la qualité des composants utilisés.

Nous espérons que notre maquette sera prise en considération et utilisée dans les usines qui fabriquent les automobiles ; Comme nous souhaitons aussi que ce travail soit amélioré par d'autres étudiants dans l'avenir.

.



Bibliographie et Webographie

- [1] les capteurs en instrumentation industrielle. BGEOGES ASCH Bernard poussery
- [2] POLYTECH ‘ Marseille_ département Mécanique Énergétique
- [3] Http s: // Fr.m wikiversity.org
- [4] Master thème_ Réalisation d’une station météorologique à base d’arduino UNO
- [5] J.E .Brignell, “the future of intelligent sensors: A problem of technology or ethics ?,”sensors and actuators A- physical,vol.56,pp.11-15,1996
- [6] H, schodel ,”utilization of fuzzy technique in intelligent sensors , “fuzzy sets and systems , vol.63 , ppn.271-192 , 1994
- [7] AFNOR ? NFEN 60770-3 transmetteurs utilisés dans les systèmes de conduit des processus industriels
- Partie 3 : Méthodes pour l’évaluation des performances des transmetteurs intelligents. Norme AFNOR ? 2006
- [8] 1/9/97 C claudeDivoux, 1999
- [9] . « « Etude et réalisation d’un télémètre à ultrasons » », Dirigé par : Mr. AIT KAKI.ABDELAZIZ , UNIVERSITE LARBI BEN M’HIDI DE OUM EL BOUAGHI,memoire, 2012-2013 .
- [10] . « « Applications des éléments piézoélectriques en électronique de puissance » », Dirigé par : Dejan VASIC Maître de conférences à l'université de Cergy-Pontoise, Chercheur au laboratoire SATIE ENS Cachan
- François COSTA Professeur à l'université de Paris Est Créteil, Chercheur au laboratoire SATIE ENS Cachan , universite de toulouse bu sciences ;document, 14/12/2012 .
- [11]https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/cours_20_21/Physique/Son_ultrason.pdf
- [12].https://autosen.com/fr/Detecteurs-de-Position/Detecteurs-a-ultrasons?srsId=AfmBOorWrqD7LuFz1cmPUU1S_twKtp701hdG8-8ochHspVCCoD084s4-
- [13]. <https://brigade-electronics.com/fr/systemes-de-detection/capteurs-a-ultrasons/>
- [14].WEB.https://cira-descartes.etab.ac-yon.fr/spip/IMG/pdf/Capteur_ultrasonique_Li2oc.pdf
- [15].WEB[022]. <https://www.gotronic.fr/pj2-hc-sr04-utilisation-avec-picaxe-1343.pdf>
- [16]. ELATTARI Farah, ALIANE Zoubida ; Mémoire de Fin d’Etude : Contrôle à distance des moteurs des lève-vitres d’un véhicule ; UATBB ; Année : 2019/2020.

- [17]. « « Etude et réalisation d'un émetteur- récepteur infrarouge » », dirigé par : SERIARI KHADIDJA , KAHOUADJI FATIMA ZOHRA , Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 2014 – 2015 .
- [18]. « « Réalisation d'un module de distribution d'énergie à base d'une carte Arduino méga 2560 » », Réalisé par IABBADEN Zinedine et LAHLOU Farid , UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU, 2016-2017 .
- [19] « CONCEPTION ET REALISATION D'UN SYSTEME DE PROTECTION ET DE SUPERVISION D'UN BATIMENT AVICOLE EN UTILISANT UNE TRANSMISSION GSM ET NRF RADIO » » DIRIGÉ PAR : MR YEFSAH RABAH ET MME ZIANE LOUISA, UNIVERSITE MOULOUD MAAMER TIZI OUZOU, 2017 2018.
- [20] « Conception et Réalisation d'un Radar de Recul Automobile à base d'Arduino et Processing » », dirigé par : AIT MOHAMMED WALID, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, mémoire, 2017/2018 .
- [21]. « « Conception et réalisation d'un système Domotique par GSM » », dirigé par : Mlle INGUEL MALHA , Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou , mémoire, 17/09/2017.
- [22]. « « Un Radar De Recul à Ultrason » », dirigé par : Kafi Mohammed Mustafa, Houamed Abdelhak, UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA , mémoire, 2017/2018
- [23] <https://learn.adafruit.com/downloads/pdf/wireless-security-camera-arduino-yun.pdf>)
- [24]. <https://www.lextronic.fr/arduino-yun-rev2-abx00020-39831.html>
- [25] http://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/eXeL/SIN/08/ArduinoYun/diffrentes_applications_web.html
- [26] <https://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/guide%20proteusv7.pdf>
- [27] <https://fr.scribd.com/document/793343322/TP-1-Proteus-ISIS>

Annexes

Arduino Yun 2

The Arduino Yún Rev 2 combines an AVR Arduino microcontroller with a Linux processor and enables advanced network connections and applications. It has 20 digital I/O pins, 12 analogue inputs, Ethernet

Product number ABX00020

Weight 0.034kg



Product description

Arduino Yún Rev 2

The Arduino Yún Rev 2 combines the power of a Linux-based system that enables advanced network connections and applications. Connecting to your WiFi or wired network is easy thanks to the Yún Web Panel and the special "YunFirstConfig" sketch. The web panel allows you to manage your shield settings and upload your sketch. The Yún Rev 2 utilises the Bridge library, extending the board's capabilities by using the Linux processor. As always, all elements of the platform - hardware, software and documentation - are freely available and open-source. This means you can learn exactly how it is made and use the design as a starting point for your own projects.

Features at a glance

- Combines an AVR Arduino microcontroller and a Linux microprocessor
- Easy management and configuration via the Yún web panel
- Advanced network connectivity through WiFi and Ethernet
- Open source hardware, software and documentation

Technical specifications

- Microcontroller: ATmega32U4
- Operating voltage: 5V
- Input voltage: 5V
- Digital I/O pins: 20
- PWM outputs: 7
- Analogue I/O pins: 12
- Direct current per I/O pin: 40 mA on I/O pins; 50 mA on 3.3V pin
- Flash memory: 32 KB (of which 4 KB is used by the bootloader)
- SRAM: 2.5 KB
- EEPROM: 1 KB
- Clock frequency: 16 MHz
- Processor: Atheros AR9331
- Architecture: MIPS
- Operating voltage: 3.3V
- Ethernet: 802.3 10/100Mbit/s
- WiFi: 802.11b/g/n 2.4 GHz
- USB type: 2.0 Host
- Card reader: Micro-SD
- RAM: 64 MB DDR2
- Flash memory: 16 MB
- Clock frequency: 400 MHz

Scope of delivery

- 1x Arduino Yún Rev 2

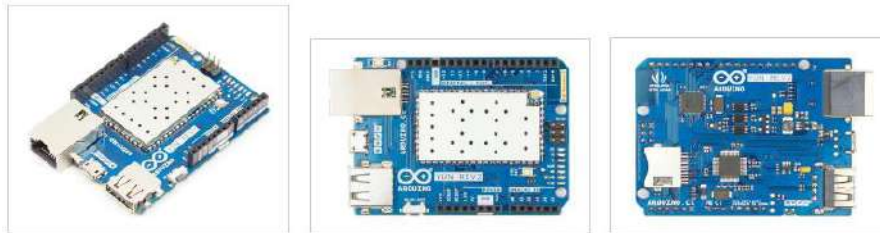
Links

- Schematics
- [To the BerryBase Blog](#)

Product properties

Gross Weight (kg)	0.034
Zolltarifnummer	85423990
Brand	Arduino
Country of Origin	Italy
Product ID	ABX00020
EAN	7630049200029
Manufacturer ID	ABX00020

More images



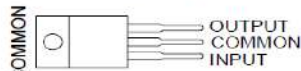
μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

SLVS056J – MAY 1975 – REVISED MAY 2003

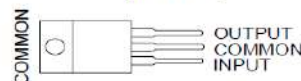
- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection

- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

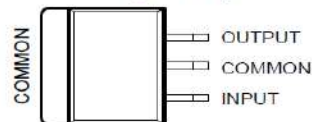
KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)



KTE PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 1.5 A of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents, and also can be used as the power-pass element in precision regulators.

ORDERING INFORMATION

T _J	V _{O(NOM)} (V)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 125°C	5	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7805CKTER	μA7805C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7805CKC	μA7805C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7805CKCS	
	8	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7808CKTER	μA7808C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7808CKC	μA7808C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7808CKCS	
	10	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7810CKTER	μA7810C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7810CKC	μA7810C
		POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7812CKTER	μA7812C
	12	TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7812CKC	μA7812C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7812CKCS	
	15	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7815CKTER	μA7815C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7815CKC	μA7815C
		TO-220, short shoulder (KCS)	Tube of 20	μA7815CKCS	
	24	POWER-FLEX (KTE)	Reel of 2000	μA7824CKTER	μA7824C
		TO-220 (KC)	Tube of 50	μA7824CKC	μA7824C

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

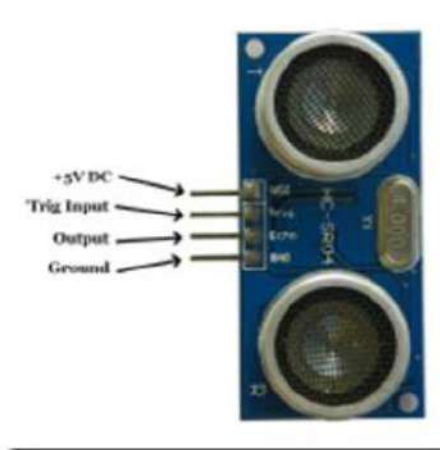
Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

1

Les caractéristiques techniques du module sont les suivantes :

- Alimentation : 5v.
- Consommation en utilisation : 15 mA.
- Gamme de distance : 2 cm à 5 m.
- Résolution : 0.3 cm.
- Angle de mesure : $< 15^\circ$.

Le brochage du module est le suivant :



Le fonctionnement du module est le suivant :

Il faut envoyer une impulsion niveau haut (à + 5v) pendant au moins 10 μ s sur la broche 'Trig Input'; cela déclenche la mesure. En retour la sortie 'Output' ou 'Echo', va fournir une impulsion + 5v dont la durée est proportionnelle à la distance si le module détecte un objet.

Voici une représentation graphique de la séquence de fonctionnement du module :

