



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abbes Laghrour Khenchela

Faculté Des Sciences et de Technologies

Département De Génie Industriel

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

Spécialité : Automatique et informatique industriel

Thème :

Réalisation et conception d'un véhicule électrique à base de carte arduino

Réaliser par :

-Melle : BOUALLEG IMEN

-Mr : RAHALI HADJER

Encadré par :

Pr : BOUOUDEN Sofiane

Avant jury :

FOUAD ALLOUANI	MCA	Président
BENFERROUDJ HAFIZA	MAA	Examinatrice
BOUDEN SOFIANE	PR	Encadreur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2021-2022

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur BOUOUDEN SOFIANE qui nous ont donné le meilleur de lui même en contribuant à augmenter notre savoir durant nos études .

Sans oublier nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur Patience .

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire .

Merci à tous .

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents pour leur soutien infaillible durant toutes mes années d'études
- Mes frères et mes sœurs
- Toute ma famille sans exception
- Mon professeur BOUOUDEN SOFIANE
- Tous ceux qui m'aiment
- Mon binôme HADJER
- Toute la promotion d'instrumentation 2022_2023

BOUALLAG IMANE.

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents pour leur soutien infaillible durant toutes mes années d'études
- Mes frères et mes sœurs
- Toute ma famille sans exception
- Mon professeur BOUOUDEN SOFIANE
- Tous ceux qui m'aiment
- Mon binôme IMANE
- Toute la promotion d'instrumentation 2022_2023

RAHALI HADJER.

سمح لنا هذا المشروع بالربط بين الدراسة النظرية للتجميع الإلكتروني وإدراكها العملي. لقد أدركنا أن مركبة تتبع الخط ، كما يوحي اسمها ، هي مركبة ذاتية التوجيه موجهة تلقائيًا تتبع مسارًا مرئيًا محددًا بدقة. إنها مفيدة جدًا لأنها يمكن أن تعمل دون رقابة، أي. هم بمثابة مركبات ذاتية التوجيه. قدمنا و صفا نظريًا للمكونات المستخدمة ومواقعها، ورأينا أن المستشعرات تلعب دورًا مهمًا في الكشف الفوري عن الخط الذي يجب إتباعه، مما يسمح للمركبة بإتباع مسارها بشكل مثالي. يتم استخدامها أيضًا في التطبيقات العسكرية ، لأغراض المساعدة الإنسانية ، وخدمات التوصيل ، وما إلى ذلك

Résumé :

Ce projet nous a permis de lier l'étude théorique de l'assemblage électronique à sa réalisation pratique. On s'est rendu compte qu'un véhicule suiveur de ligne est, comme son nom l'indique, un véhicule autoguidé, autoguidé qui suit un parcours visuel précisément défini. Ils sont très utiles car ils peuvent fonctionner sans surveillance, c'est-à-dire. Ce sont des véhicules autoguidés. Nous avons fourni une description théorique des composants utilisés et de leurs emplacements, et avons vu que les capteurs jouent un rôle important en détectant instantanément la voie à suivre, permettant au véhicule de suivre parfaitement sa trajectoire. Ils sont également utilisés dans des applications militaires, à des fins d'aide humanitaire, de services de livraison, etc..

Abstract

This project allowed us to link the theoretical study of electronic assembly with its practical realization. We have come to realize that a line-following vehicle is, as its name suggests, a self-guided, self-guided vehicle that follows a precisely defined visual path. They are very useful because they can operate without supervision, ie. They are self-guided vehicles. We provided a theoretical description of the components used and their locations, and saw that the sensors play an important role in instantly detecting which lane to follow, allowing the vehicle to follow its course perfectly. They are also used in military applications, for humanitarian aid

Sommaire :

Sommaire :

Introduction générale 1

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

I-1-Introduction :	3
I-2-Historique de l'Arduino	4
I-3-Définition de Arduino.....	4
I-4-Propriétés de système Arduino :	5
I-5-Les utilisateurs d'Arduino :	5
I-6-Domaine d'utilisation	5
I-7-Description de la carte :	6
I-7-1- Power USB :	6
I-7-2-Crystal Oscillator :	6
I-7-3-Régulateur de tension :	6
I-7-4-Power (Barrel Jack)	7
I-7-5-Arduino Reset	7
I-7-6-Pin (3.3)	7
I-7-7-Pin (5)	7
I-7-8-Pin (GND).....	7
I-7-9-Pin (Vin)	7
I-7-10-Analog pins	7
I-7-11-Pin ICSP	7
I-7-12-Indicateur d'alimentation LED	8
I-7-13-LEDs TX et RX	8
I-7-14-E/S numérique	8
I-7-15-AREF	8
I-7-16-Arduino Reset	8
I-7-17-Microcontrôleur	8
I-8-Les différentes cartes ARDUINO.....	9
I-8-1-La carte Arduino uno	9
I-8-1-1- <i>Caractéristiques techniques</i>	10
I-8-1-2- Le Microcontrôleur ATmega328	11
I-8-1-2-1 Description	11
I-8-1-2-2- Caractéristique.....	12
I-8-1-2-3- Alimentation de carte arduino	13
I-8-1-3- Les entrées /sorties	13
I-8-2- Carte arduino Mega 2560	15
I-8-2-1- Caractéristiques	16
I-8-3-Arduino Nano	16

I-8-4- Arduino Leonardo :	17
I-8-5-ARDUINO DUE.....	17
I-9-Avantage de la carte Arduino	18
I-10-Circuits additionnels.....	19
I-11-Conclusion :	20

Chapitre II: les composants du véhicule électrique

II-1- Introduction	21
II-2-Moteur a courant continu :	21
II-2-1-Définition	21
II-3-Destitution du moteur courant contuni :.....	21
II-3-1- L'inducteur	22
II-3-2-L'induit :.....	23
II-3-3-Le collecteur et balais.....	24
II-4-Principe de fonctionnement.....	25
II-5-Les types du moteur courant continu	25
II-5-1-1Le moteur à excitation parallèle (ou shunt) :.....	25
II-5-2- Le moteur à excitation en série.....	26
II-5-3-Moteur à excitation composée :	27
II-5-4-Moteur à excitation séparée.....	27
II-6-Les avantages et les inconvénients du moteur courant contuni	27
II-6-1-Les avantages	27
II-6-2-Les inconvénient.....	28
II-7 -Pont en H l298n.....	29
II-7-1-Définition	29
II-7-2-Description	29
II-7-3-Application de driver moteur L298N	30
II-7-4-Caractéristique.....	31
II-7-5-Principe de fonctionnement.....	32
II-8-Capture infrarouge FC-51 :	33
II-8-1-Définition :	33
II-8-2-Principe de fonctionnement.....	33
II-8-3-Les caractéristique	34
II-9-Fils.....	34
II-10-Câble USB.....	35
II-11-Batterie d'alimentation	36
II-12-Conclusion.....	36

CHAPITRE 03 : conception et réalisation du véhicule électrique.

III-1- Introduction :.....	37
III-2-Composants requis :.....	37
III-3-La conception de véhicule	37
III-3-1- La structure de véhicule	37
III-3-2 -Détail de chaque bloc :.....	38
III-3-2-1-les capteurs.....	38
III-3-2-1-1-Le capteur d'infrarouge	38
III-3-2-1-2-Le placement des capteur IR Sensor	38
III-3-2-1-3-Schéma du capteur IR Sens.....	39
III-3-2-1-4-fonctionnement du capture IR	39
III-3-2-1-5-Les caractéristiques de ce capteur	40
III-3-2-2-Le controleur (arduino uno).....	40
III-3-2-3- Les actionneurs	41
III-3-2-3-1- Les caractéristiques du moteur	41
III-4-Circuit de commande L289N.....	41
III-4-1-Le schéma du circuit de commande.....	42
III-5-La réalisation du véhicule	42
III-5-1-Les composants du véhicule	43
III-6-Travailler avec le robot suiveur de ligne Arduino :.....	43
III-7-Code	46
III-8-Remarque	49
III-9-Utilisations du robot suiveur de ligne :.....	49
III-10-Conclusion.....	49
Conclusion générale	50
Référence	

Liste des Figures :

chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

Figure 1-1: Premier module de la carte arduino.....	4
Figure 1-2: Description de carte arduino.....	6
Figure 1-3: carte Arduino	9
Figure 1-4: Microcontrôleur ATmega328	11
Figure 1-5: constitution de la carte arduino.....	15
Figure 1-7: Arduino Mega 2560.....	16
Figure 1-8: Arduino Nano	17
Figure 1-9: Arduino Leonardo	17
Figure 1-10: Arduino Due	18

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

Figure 2-1-: constitution de la machine à courant continu	22
figure 2-2 : parties principales de la machine a courant continu.....	22
figure 2-3: l'inducteur d'un moteur a courant continu	23
Figure 2-4 : Induit d'une machine à courant continu	23
Figure 2-5: collecteur	24
Figure 2-6: balais.....	25
Figure 2-7 : principe de fonctionnement de moteur a courant continu	25
Figure 2-8 :schéma de moteur a excitation shunt.....	26
Figure 2-9- : schéma le moteur a excitation serie	26
Figure 2-10 : moteur a excitation composée	27
Figure2-11 : Schéma d'un moteur à excitation séparée	27
Figure 2 -12 : les composant du driver moteur l298n	29
Figure 2-13: Branchement l298n avec deux moteur DC.....	31
Figure 2-14: Branchement l298n avec l'Arduino et deux moteur et batterie.....	32
Figure 2-15 : capteur FC-51	33
Figure 2 -16:principe de fonctionnement capteur FC-51	33
Figure 2-17: Branchement capteur FC-51 avec Arduino	34
Figure 2-18 :Fils	35
Figure 2-19:Câble USB.....	35

Chapitre III : conception et réalisation du véhicule électrique

Figure 01 : la structure de véhicule	37
Figure 02:capteur IR.....	38
Figure 03 : le placement du capteur IR dans le véhicule.....	39
Figure 04 : schéma du capteur infra rouge	39
Figure 05 : Emission et réflexion des rayons infrarouge	41
Figure 07 : circuit de commande	42
Figure 08 : schéma de connexion des composants du véhicule	42
Figure 09 : les composants du véhicule.....	43

Figure 10 : travail des capteurs IR.....	44
Figure 11 : principe de fonctionnement du véhicule.....	44
figure 12 :réaliser montage de véhicule électrique	45

Liste des Tableaux :

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

Tableau -1: Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO	10
Tableau 1-2: caractéristique de Microcontrôleur ATmega328	12
Tableau 1-3 : Présentation des caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560.....	16

chapitre II : les composants du véhicule électrique

Tableau 2-1 : fonction des sorties et des entrées.....	30
Tableau 2-2: contrôle du sens de moteur droit	32
Tableau 2-3: contrôle du sens de moteur gauche	32
Tableau 2-4: Brochage du module Infrarouge	34
Tableau 2-5: :Alimentation des composants	36

List des Abbreviations :

USB : Universal Serial Bus

LED : Light Emitting Diode

PWM : Pulse Width Modulation

MDC: moteur a courant continu

TTL :Transistor Transistor Logic

I2C: Inter-Integrated Circuit

SPI :Interface Série Périphérique

Introduction générale

Introduction générale :

Les véhicules électriques, c'est-à-dire les véhicules à propulsion électrique, sont également appelés moteurs électriques. Les voitures électriques sont divisées en voitures électriques à courant alternatif et voitures électriques à courant continu. En général, un véhicule électrique utilise la batterie comme source d'alimentation et convertit l'énergie électrique en énergie mécanique par l'intermédiaire d'un contrôleur, d'un moteur et similaire pour contrôler le véhicule dont le volume de courant change rapidement. La première voiture électrique a été construite en 1881. L'inventeur était l'ingénieur français Gustave Troff, un tricycle alimenté par une batterie au plomb. Il était entraîné par un moteur à courant continu, et aujourd'hui les voitures électriques ont subi des changements massifs et se déclinent en différents types. . [1]

Vous pourriez penser que les voitures électriques sont une invention relativement nouvelle, mais en fait, les scientifiques explorent la possibilité d'utiliser l'électricité pour alimenter la voiture depuis le milieu du XIXe siècle. En 1828, un inventeur hongrois (Anos Jedlik) a inventé un type de moteur électrique qu'il a utilisé pour propulser un petit modèle de voiture. Pendant ce temps, l'invention de la voiture électrique a eu lieu entre (1832 et 1839 après JC), et l'écossais Robert Anderson est largement crédité d'avoir inventé une voiture électrique avec des batteries non rechargeables primitives. Le physicien Gaston Blunt en 1865, a inventé une batterie rechargeable qui ferait du moteur électrique une proposition plus pratique, les premières voitures électriques utilisées comme taxis sont apparues en 1897, lorsque la Philadelphia Electric Transportation Company a introduit 12 voitures à utiliser à New York, [2]

Et Parce que les voitures électriques ont précédé les voitures diesel et à essence pendant de nombreuses années, entre 1832 et 1839, l'inventeur écossais Robert Anderson a inventé la première voiture électrique, qui a fait le succès de ce type de voiture jusqu'en 1913, lorsqu'un constructeur automobile américain a inventé le démarreur électrique dans les moteurs à combustion interne, qui a conduit à la disparition des voitures électriques, puis au développement des voitures électriques, la possession de ces voitures étant passée de 1607 voitures en 1992 à 55 852 voitures en 2004. [3]

Les batteries des voitures électriques populaires telles que la Nissan Leaf, la Tesla Model S, la Renault Zoe et la BMW i3 peuvent être chargées à 80 % en 30 minutes environ.

Les véhicules électriques produits par Tesla, tels que la Tesla Model S et la Tesla Model X, peuvent parcourir 290 kilomètres après avoir chargé les batteries pendant 30 minutes.

Introduction générale

Le prix d'une voiture électrique dépend souvent du coût, des types et des capacités des batteries. Plus la durée de vie totale de la batterie et le temps nécessaire pour une charge complète. Le prix des batteries varie selon les technologies utilisées dans leur fabrication et les spécifications qu'elles fournissent. Il existe des types de batteries qui ne dépassent pas plusieurs milliers de dollars alors que les prix des batteries à haut rendement sont d'environ 50% du prix d'une voiture électrique, ce qui est la raison principale des prix plus élevés des voitures électriques par rapport à une voiture à base de combustibles fossiles. [4]

L'objectif principal de notre travail est de réaliser une voiture électrique à l'aide d'une carte électronique Arduino. La tâche principale de cette voiture est de détecter et de suivre la ligne noire.

Ce dernier doit suivre un chemin prédéterminé. Ce travail a ensuite été organisé en trois chapitres comme suit :

- Le premier chapitre présente la carte Arduino Uno et ses différents types.
- Le deuxième chapitre présente certains composants de la voiture tels que les capteurs, les actionneurs et d'autres concepts liés à leurs utilisations.
- Le troisième chapitre traite de la partie pratique.

Chapitre I :

Etude théorique de la carte ARDUINO UNO

I-1-Introduction :

Dans ce chapitre, nous découvrirons les différents composants de l'Arduino. Nous étudierons la carte Arduino UNO parce que c'est la carte la plus populaire de la famille Arduino. En outre, c'est la meilleure carte pour commencer avec l'électronique et le codage. Certaines cartes semblent un peu différentes de celles ci-dessous, mais la plupart des cartes Arduinos ont la majorité de ces composants en commun.

Grâce à son expérience utilisateur simple et accessible, Arduino a été utilisé dans des milliers de projets et d'applications différents. Le logiciel Arduino est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour les utilisateurs avancés. Il fonctionne sur Mac, Windows et Linux. Les enseignants et les étudiants l'utilisent pour construire des instruments scientifiques à faible coût, pour prouver les principes de chimie et de physique, ou pour se lancer dans la programmation et la robotique. Les designers et architectes construisent des prototypes interactifs, les musiciens et les artistes l'utilisent pour des installations et pour expérimenter de nouveaux instruments de musique. Les décideurs, bien sûr, l'utilisent pour construire de nombreux projets exposés à la Maker Faire, par exemple. Arduino est un outil clé pour apprendre de nouvelles choses.

Arduino simplifie également le processus de travail avec des microcontrôleurs, mais il offre un certain avantage aux enseignants, aux étudiants et aux amateurs intéressés par rapport aux autres systèmes:

Bon marché - Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses par rapport aux autres plates-formes de microcontrôleurs. La version la moins chère du module Arduino peut être assemblée à la main, et même les modules Arduino pré-assemblés coûtent moins de 50 \$

Multiplateforme - Le logiciel Arduino (IDE) fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh OSX et Linux. La plupart des systèmes de microcontrôleur sont limités à Windows.

Environnement de programmation simple et clair - Le logiciel Arduino (IDE) est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour que les utilisateurs avancés puissent également en profiter. Pour les enseignants, il est idéalement basé sur l'environnement de programmation de traitement, de sorte que les étudiants qui apprennent à programmer dans cet environnement seront familiarisés avec le fonctionnement de l'IDE Arduino. Logiciel open source et extensible - Le logiciel Arduino est publié sous forme

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

d'outils open source, disponibles pour extension par des programmeurs expérimentés. Le langage peut être étendu via des bibliothèques C ++, et les personnes souhaitant comprendre les détails techniques peuvent passer d'Arduino au langage de programmation AVR C sur lequel il est basé. De même, vous pouvez ajouter du code AVR-C directement dans vos programmes Arduino si vous le souhaitez. [5]

I-2-Historique de l'Arduino :

L'Arduino est à l'origine un projet d'étudiants de l'école de Design d'Interaction d'Ivrea en Italie. Au début des années 2000, les outils de conception de projets dans le domaine du design d'interaction étaient onéreux, proches d'une centaine d'euros. Ces outils étaient pour la plupart conçus pour le domaine de l'ingénierie et de la robotique. Maîtriser et utiliser ces composants demandait beaucoup de temps et d'apprentissage et ralentissait fortement le processus de création pour ces jeunes étudiants .

Il leur vient alors à l'idée de créer une plateforme plus abordable et plus simple à utiliser, reposant sur l'environnement de développement Processing mis au point en 2001 par des étudiants du MIT. C'est donc en 2003 que, pour un projet de fin d'études, fut conçue la carte Wiring, ancêtre de l'Arduino. Visant à rendre la plateforme toujours moins chère et plus accessible, une équipe d'étudiants et de professeurs finirent par concevoir la toute première Arduino en 2005. Entièrement open source, l'Arduino présentait l'avantage d'être multiplateforme et d'être en perpétuelle optimisation par la communauté d'utilisateurs[6].



Figure 1-1: Premier module de la carte arduino [7]

I-3-Définition de Arduino :

Le système Arduino est une plateforme open source basée sur une carte programmée à microcontrôleur et un environnement de développement permettant d'écrire, compiler et tester un programme. Les cartes et modules Arduino proposent une interface d'entrées-sorties simples qui peuvent recevoir des signaux de capteurs ou interrupteurs et peuvent commander

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

des moteurs, éclairages, etc. Les projets Arduino peuvent être autonomes ou communiquer avec un PC. Le logiciel de développement open-source peut être téléchargé gratuitement sur www.arduino.org et qui permet de programmer les cartes Arduino en C++ [8].

I-4-Propriétés de système Arduino :

Open source : La désignation open source, ou « code source ouvert », s'applique aux logiciels (et s'étend maintenant aux œuvres de l'esprit) dont la licence respecte des critères précisément établis par l'Open Source Initiative, c'est-à-dire les possibilités de libre redistribution, d'accès au code source et de création de travaux dérivés. Mis à la disposition du grand public, ce code source est généralement le résultat d'une collaboration entre programmeurs [8].

Open hardware : L'Open Hardware est un terme qui désigne les matériels dont la conception peut être reproduite, car toutes les informations nécessaires à leur construction sont en libre accès. Une ouverture qui est finalement l'équivalent de l'Open Source, mais non plus appliquées aux lignes de code d'un logiciel, mais aux plans de conception des objets [8].

I-5-Les utilisateurs d'Arduino :

Les utilisateurs d'arduino sont :

- ❖ des « bidouilleurs » dont beaucoup ont des connaissances très limitées en électronique ;
- ❖ des artistes qui ont besoin d'animer leurs oeuvres ou de créer des interactions avec elles ;
- ❖ des étudiants et des élèves (y compris de collègues). [9]

I-6-Domaine d'utilisation :

➤ **Physical computing** : Au sens large, construire des systèmes physiques interactifs qui utilisent des logiciels et du matériel pouvant s'interfacer avec des capteurs et des actionneurs.

- Électronique industrielle et embarquée
- Art / Spectacle
- Domotique
- Robotique
- Modélisme
- DIY (Do-It-Yourself), Hacker, Prototypage, Education, Etc.
- Contrôler les appareils domestiques

- Jeu de lumière ;
- Communiquer avec PC ;
- Télécommander un appareil mobile [10]

I-7-Description de la carte :

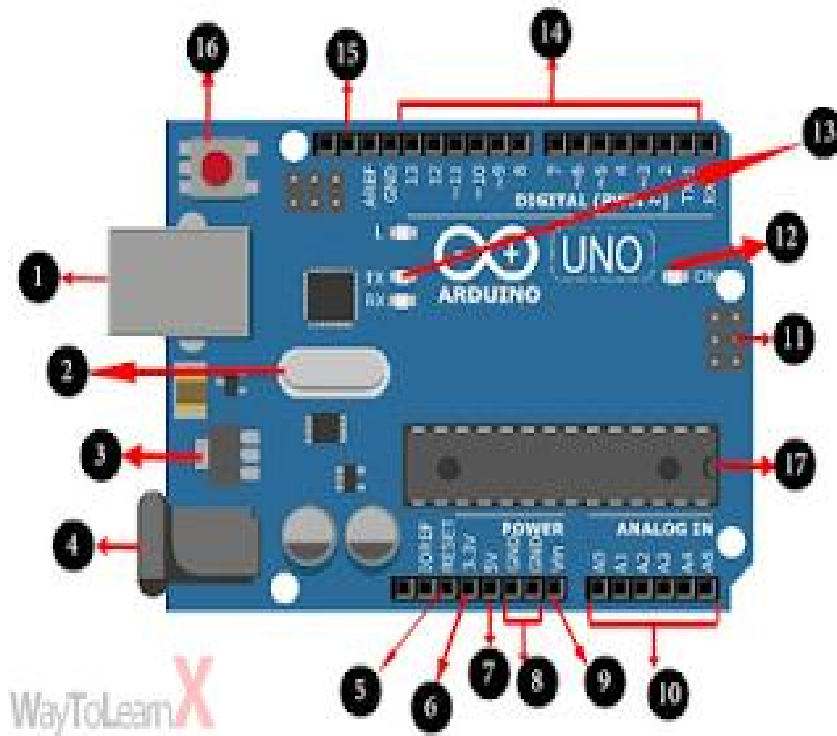


Figure 1-2: Description de carte arduino

Elle contient les éléments suivants :

I-7-1- Power USB :

(1) La carte Arduino peut être alimentée à l'aide du câble USB de votre ordinateur. Tout ce que vous devez faire est de connecter le câble USB à la connexion USB.

I-7-2-Crystal Oscillator :

(2) L'oscillateur aide Arduino à traiter les problèmes de temps. Comment Arduino calcule-t-il le temps? La réponse est, en utilisant l'oscillateur. Le nombre imprimé sur l'oscillateur Arduino est de 16.000H9H. Il nous dit que la fréquence est de 16 000 000 Hertz ou 16 MHz.

I-7-3-Régulateur de tension :

(3) La fonction du régulateur de tension est de contrôler la tension donnée à la carte Arduino

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

et de stabiliser les tensions continues utilisées par le processeur et d'autres éléments.

I-7-4-Power (Barrel Jack)

(4) Cartes Arduino peuvent être alimentés directement à partir de l'alimentation AC en le connectant à la prise.

I-7-5-Arduino Reset

(5) Vous pouvez réinitialiser votre carte Arduino, c'est-à-dire démarrer votre programme dès le début. Vous pouvez réinitialiser la carte UNO de deux façons. Tout d'abord, en utilisant le bouton de réinitialisation (16) sur la carte. Deuxièmement, vous pouvez connecter un bouton de réinitialisation externe à la broche Arduino identifiée RESET (5).

I-7-6-Pin (3.3)

(6) 3.3V – Sortie alimentation 3.3 volt

I-7-7-Pin (5)

- (7) 5V – Sortie alimentation 5 volt
- La plupart des composants utilisés avec la carte Arduino fonctionnent bien avec 3,3 volts et 5 volts.

I-7-8-Pin (GND)

(8) GND (Ground) – Il existe plusieurs broches GND sur l'Arduino, dont l'une peut être utilisée pour relier votre circuit.

I-7-9-Pin (Vin)

(9) Vin – Cette broche peut également être utilisée pour alimenter la carte Arduino à partir d'une source d'alimentation externe, comme l'alimentation secteur.

I-7-10-Analog pins

(10) La carte Arduino UNO comporte cinq broches d'entrée analogiques A0 à A5. Ces broches peuvent lire le signal d'un capteur analogique comme le capteur d'humidité ou le capteur de température et le convertir en une valeur numérique pouvant être lue par le microprocesseur.

I-7-11-Pin ICSP

(11) Principalement, ICSP (12) est un AVR, un petit en-tête de programmation pour Arduino composé de MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC et GND. Il est souvent appelé un SPI (Serial Peripheral Interface), qui pourrait être considéré comme une « expansion » de la sortie. En fait, vous débrouillez le périphérique de sortie sur le maître du bus SPI.

I-7-12-Indicateur d'alimentation LED

(12) Cette LED s'allume lorsque vous branchez votre Arduino dans une source d'alimentation pour indiquer que votre carte est sous tension correctement. Si cette lumière ne s'allume pas, il y a quelque chose qui ne va pas avec la connexion.

I-7-13-LEDs TX et RX

(13) Sur votre carte, vous trouverez deux étiquettes: TX (transmission) et RX (réception). Ils apparaissent en deux endroits sur la carte Arduino. Tout d'abord, au niveau des broches numériques 0 et 1, pour indiquer les broches responsables de la communication série.

Deuxièmement, la led TX et RX (14). La led TX clignote avec une vitesse différente lors de l'envoi des données en série. La vitesse de clignotement dépend du débit en bauds utilisé par le tableau. RX clignote pendant la réception.

I-7-14-E/S numérique

(14) La carte Arduino UNO comporte 14 broches d'E/S numériques (14) (dont 6 fournissent une sortie PWM (Modulation de largeur d'impulsion). Ces broches peuvent être configurées pour fonctionner comme broches numériques d'entrée pour lire les valeurs logiques (0 ou 1) ou comme numérique Des broches de sortie pour piloter différents modules comme les LED, les relais, etc. Les broches étiquetées «~» peuvent être utilisées pour générer PWM.

I-7-15-AREF

(15) AREF signifie Référence analogique. Il est parfois utilisé pour régler une tension de référence externe (entre 0 et 5 Volts) comme limite supérieure pour les broches d'entrée analogiques.

I-7-16-Arduino Reset

(16) Vous pouvez réinitialiser votre carte Arduino, c'est-à-dire démarrer votre programme dès le début. Vous pouvez réinitialiser la carte UNO de deux façons. Tout d'abord, en utilisant le bouton de réinitialisation (16) sur la carte. Deuxièmement, vous pouvez connecter un bouton de réinitialisation externe à la broche Arduino identifiée RESET (5).

I-7-17-Microcontrôleur

(17) Chaque carte Arduino possède son propre microcontrôleur (17). Vous pouvez l'assumer comme cerveau de votre carte Arduino. Le CI(circuit intégré) principal sur l'Arduino est légèrement différent de la carte. Les microcontrôleurs sont habituellement de la société ATMEL. Vous devez savoir quel type du CI sur votre carte avant de charger un nouveau programme de l'IDE Arduino. Cette information est disponible en haut du CI. Pour plus de détails sur la construction et les fonctions CI, vous pouvez consulter la fiche technique. [11]

I-8-Les différentes cartes ARDUINO:

Le système Arduino est une plateforme open source basée sur une carte programmée par microcontrôleur et un environnement de développement (SDK) , permettant d'écrire, compiler et tester un programme.

Les cartes et modules Arduino sont pourvus d'entrées-sorties qui peuvent recevoir des signaux de capteurs ou interrupteurs et peuvent commander des moteurs, éclairages, etc.«Arduino» n'est pas en soi un type de carte ou un microcontrôleur spécifique. Arduino désigne plutôt toute une famille. Choisir celle qui convient à votre projet n'est pas une mince affaire et il convient de réfléchir à celle que vous utiliserez. Dans cet article, nous allons en apprendre davantage sur les différents types de cartes Arduino et sur leurs utilisations. [12]

- Arduino uno
- Arduino nano
- Arduino due
- Arduino mega
- Arduino leonardo

I-8-1-La carte Arduino uno :

C'est une carte électronique basée autour d'un 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.. [13]

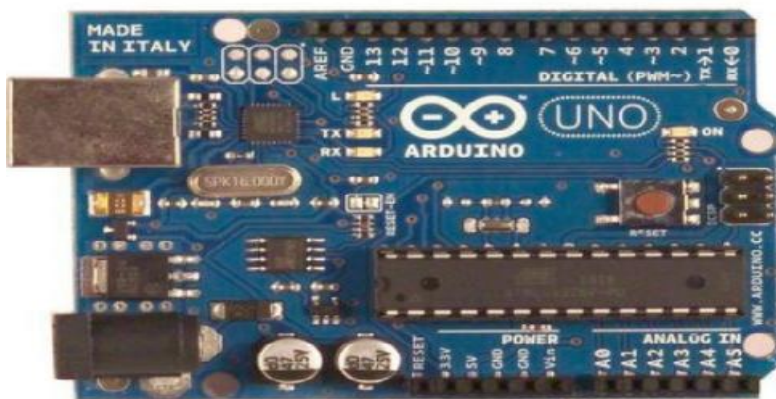


Figure 1-3: carte Arduino [14]

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

I-8-1-1-Caractéristiques techniques :

Microcontrôleur	ATmega 3 2 8 P
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
E / S numériques Pins	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM*)
PWM numérique E / S Pins	6
Pins d'entrée analogique	6
DC Courant par I O Pin /	20 mA
Courant DC pour 3.3V Pin	50 mA
Mémoire flash	32 KB (ATmega328P) dont 0,5 KB utilisé par bootloader**
SRAM	2 KB (ATmega328P)

EEPROM ***	1 KB (ATmega328P)
Vitesse de l'horloge	16 MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

Tableau 1-1: Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO [15]

I-8-1-2- Le Microcontrôleur ATmega328

I-8-1-2-1 Description :

Un microcontrôleur ATmega328 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit au temps des pionniers de l'électronique.

Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants encombrants ; tels que les transistors ; les résistances et les condensateurs tout peut être logé dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches dont la programmation peut être réalisée en langage C. la figure-12- montre un microcontrôleur ATmega 328, qu'on trouve sur la carte Arduino [16].



Figure 1-4: Microcontrôleur ATmega328

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement de :

- **La mémoire Flash:** C'est Celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko)
- **RAM:** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko.
- **EEPROM:** C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme [17].

I-8-1-2-2- Caractéristique [18]

Vitesse de processeur	16MHz
Taille de mémoire de programme	32KB
Taille de mémoire, RAM	2KB
Taille d'EEPROM	1KB
Nombre de broches	28
Type de boîtier MCU	DIP
Nombre d'E/S	20
Type d'interface embarquée	I2C, SPI, UART
Tension d'alimentation min	1.8V
Tension d'alimentation max	5.5 V
Type de packaging	Pièce

Tableau 1-2: caractéristique de Microcontrôleur ATmega328

I-8-1-2-3- Alimentation de carte arduino :

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (Entrée Sortie) et cela comme suit :

- **VIN** La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- **5V** La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- **3.3V** Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible: ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V. L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA [17].

I-8-1-3- Les entrées /sorties :

Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode`, `digitalWrite` et `digitalRead` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite` (broche, HIGH).

En plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- **Interruptions Externes :**

Broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur.

-Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée) :

Broches 3, 5, 6, 9, 10, et 11. Fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction `analogWrite`.

- **SPI** (Interface Série Périphérique): Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Mega.
- **I2C** : Broches 4 (SDA) et 5 (SCL). Supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils").
- **LED** : Broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13.

Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

La carte UNO dispose 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c.à.d. sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead` du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference` du langage Arduino.

La carte Arduino UNO intègre un fusible qui protège le port USB de l'ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité).

Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé [19].

- **Les ports de communications**

La carte Arduino UNO a de nombreuses possibilités de communications avec l'extérieur. L'Atmega328 possède une communication série UART TTL (5V), grâce aux broches numériques 0 (RX) et 1 (TX).

On utilise (RX) pour recevoir et (TX) transmettre (les données séries de niveau TTL).

Chapitre I : étude théorique de la carte ARDUINO UNO

Ces broches sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega328 programmé en convertisseur USB – vers – série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.

Comme un port de communication virtuel pour le logiciel sur l'ordinateur, La connexion série de l'Arduino est très pratique pour communiquer avec un PC, mais son inconvénient est le câble USB, pour éviter cela, il existe différentes méthodes pour utiliser ce dernier sans fil :

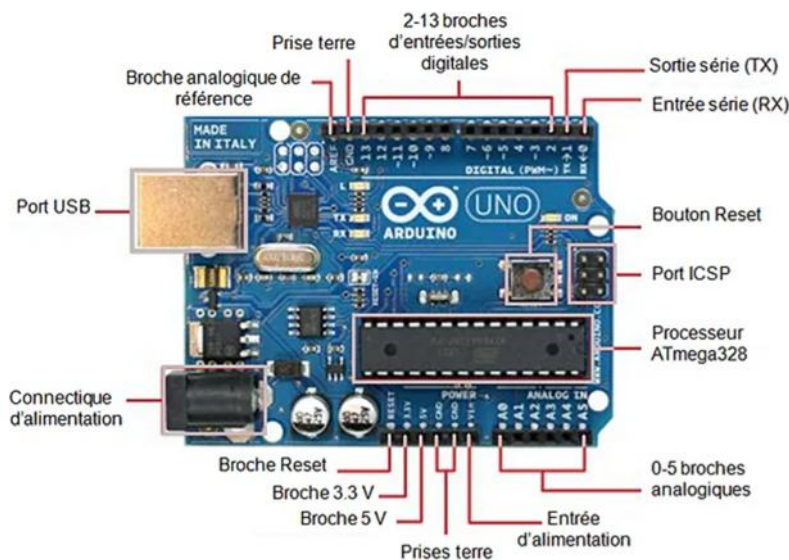


Figure1-6: constitution de la carte arduino

I-8-2- Carte arduino Mega 2560 :

La carte Arduino Mega 2560 est basée sur un ATmega2560 cadencé à 16 MHz. Elle dispose de 54 E/S dont 14 PWM, 16 analogiques et 4 UARTs. Elle est idéale pour des applications exigeant des caractéristiques plus complètes que l'uno. Des connecteurs situés sur les bords extérieurs du circuit imprimé permettent d'enfiler une série de modules complémentaires. Elle peut se programmer avec le logiciel Arduino. Le contrôleur ATmega2560 contient un bootloader qui permet de modifier le programme sans passer par un programmeur. Le logiciel est téléchargeable gratuitement [20].



Figure 1-7: Arduino Mega 2560

I-8-2-1- Caractéristiques

Parmi les caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560, on trouve :

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandé)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (dont 15 fournissent sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
DC Courant par I/O Pin	40 mA
Courant DC pour 3,3 Pin	50 mA
Mémoire Flash	256 Ko (ATmega2560) dont 8 Kb utilisé par Boot Loader
SRAM	8 Kb(ATmega2560)
EEPROM	4 Kb (ATmega2560)
Fréquence d'horloge	16 MHz

Tableau 1-3 : Présentation des caractéristiques de la carte Arduino Méga 2560

I-8-3-Arduino Nano :

C'est la version miniature de l'Arduino UNO (même microcontrôleur), spécialement adaptée aux breadboard ou à une intégration dans un petit boîtier.

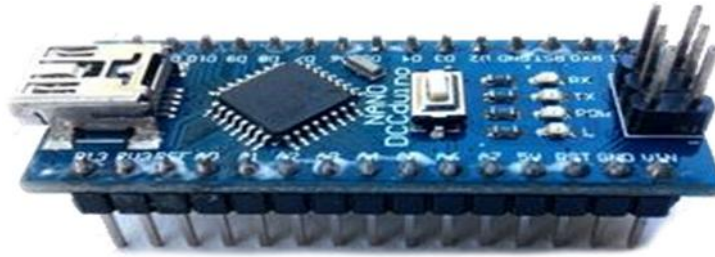


Figure 1-8: Arduino Nano

I-8-4- Arduino Leonardo :

Une évolution de l'Arduino Uno, il possède le même format, mais son microcontrôleur (ATMega32U4) gère directement l'USB, ce qui lui permet d'être reconnu comme un périphérique USB (clavier, souris, manette de jeu) par l'ordinateur. Cependant l'Arduino Uno reste indétrônable et n'a pas été remplacé par le Leonardo. [21]

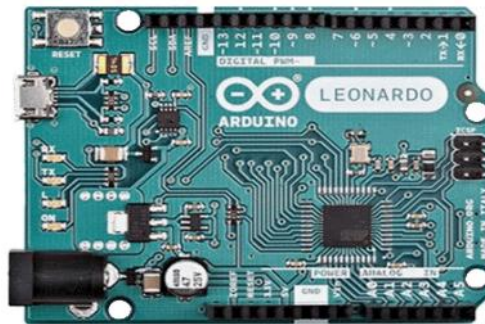


Figure 1-9: Arduino Leonardo

I-8-5-ARDUINO DUE

L'Arduino Due est l'une des cartes les plus grandes et la première carte Arduino à être alimentée par un processeur ARM. Alors que l'UNO et Nano fonctionnent à 5V, la DUO fonctionne en 3,3V – il est important de le noter, car une surtension endommagerait irrémédiablement la carte. Alimenté par un Cortex-M3 ATSAM3X8E cadencé à 84 MHz, le Due dispose de 512 Ko de ROM et de 96 Ko de RAM, de 54 broches d'E / S numériques, de 12 canaux PWM, de 12 entrées analogiques et de 2 sorties analogiques.

grand nombre d'en-têtes de broches pour la connexion aux nombreuses E / S numériques, il est également compatible avec les broches Arduino standard.[12]

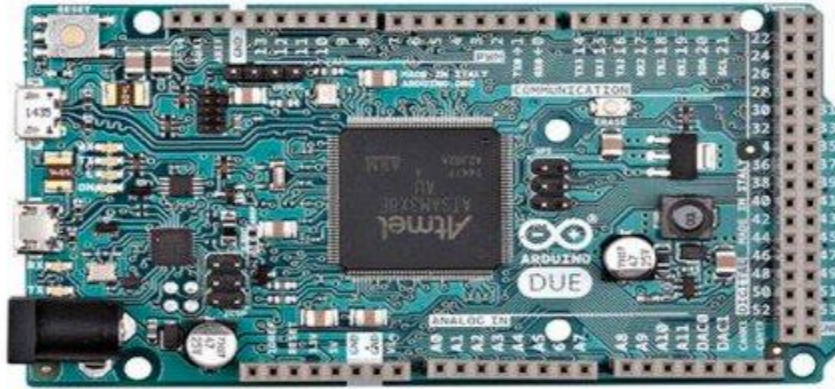


Figure 1-10: Arduino Due

I-9-Avantage de la carte Arduino :

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des 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 comparativement 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.
- Logiciel 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 les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement inexpérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût. [22]

I-10-Circuits additionnels :

Il est possible de spécialiser la carte Arduino en l'associant avec des circuits additionnels que l'on peut fabriquer soi-même ou acheter déjà montés.

Lorsqu'ils se branchent directement sur la carte, ces circuits s'appellent des « sheds » ou cartes d'extension. Ces circuits spécialisés apportent au système des fonctionnalités diverses et étendues dont voici quelques exemples :

- Ethernet : communication réseau ;
- Bluetooth ou zigbee : communication sans fil ;
- Pilotage de moteurs (pas à pas ou à courant continu) ;
- Pilotage de matrices de LEDs : pour piloter de nombreuses LEDs avec peu de sorties ;
- Ecran LCD : pour afficher des informations ;
- Lecteur de carte mémoire : lire ou stocker des données ;
- Lecteur de MP3 ;
- GPS : pour avoir une information de position géographique ;
- Joystick[23]

I-11-Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté le principe de fonctionnement et les caractéristiques de la plateforme de la carte Arduino, et les caractéristiques de la plateforme de la carte Arduino, et de son environnement, à travers ce chapitre nous avons vu la simplicité de combiner les performances de la programmation avec celles de l'électronique. Le grand avantage de l'électronique programmée est qu'elle simplifie grandement les schémas électroniques et donc le coût de production.

Enfin, nous avons décrit l'ensemble de la plateforme de la carte Arduino qui nous permet de concevoir le véhicule électrique.

Chapitre II :

Les composants du véhicule électrique

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

II-1- Introduction :

Le système de commande est un système dynamique qui contient un dispositif de commande entant que partie intégrante. Le but du contrôleur est de générer des signaux de commande , qui conduira le processus pour être contrôlé. Les actionneurs sont nécessaires pour effectuer les actions de contrôle ,les capteurs et transducteurs aussi sont nécessaires pour mesurer les signaux de sortie (réponses de processus) et de mesurer les signaux d'entrée pour la commande anticipatrice , et pour diverses autres fins) . parmi les différents types et les niveaux de signaux sont présents dans un système de contrôle , la modification du signale (y compris le conditionnement du signal et la conversion du signal) est en effet joue un rôle crucial à tout système de contrôle . en particulier, la modification du signal est une considération importante dans l'interfaçage des composants. Il est clair que le sujet du système de contrôle doit contenir des capteur ,des transducteur , actionneurs, modification du signal , et l'interconnexion des composants. En particulier ,le sujet de l'identification des composants du système de commande doit respecter les fonction, le fonctionnement et l'interaction, la bonne sélection et l'interfaçage de ces composant pour diverses application de contrôle . la sélection des paramètres (y compris les réglages du système) aussi est une étape importante. La conception est une partie nécessaire de l'instrumentation du système de contrôle, car c'est elle qui nous permet de construire un système de contrôle qui répond aux exigences de performance [24].

II-2-Moteur a courant continu :

II-2-1-Définition :

Une machine à courant continu est une machine électrique. C'est un convertisseur électromécanique donnant la possibilité la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un système mécanique.

Elle est aussi nommée dynamo.

En fonctionnement moteur, l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

En fonctionnement générateur, l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique. La machine se comporte comme un frein.

Découverte par Zénobe Gramme, c'était au départ un simple générateur de courant continu (pour applications galvanoplastiques, par exemple, les accumulateurs étant onéreux). Le moteur sans balais, qui l'a supplanté, est un perfectionnement de cette machine.[25]

II-3-Destitution du moteur courant contuni :

La machine à courant continu est réversible. La même machine peut fonctionner en moteur ou en génératrice, c'est-à-dire que la constitution d'une génératrice est identique à celle du moteur. La machine à courant continu comporte trois éléments essentiels (figure 2-1 et 2-2)[26]

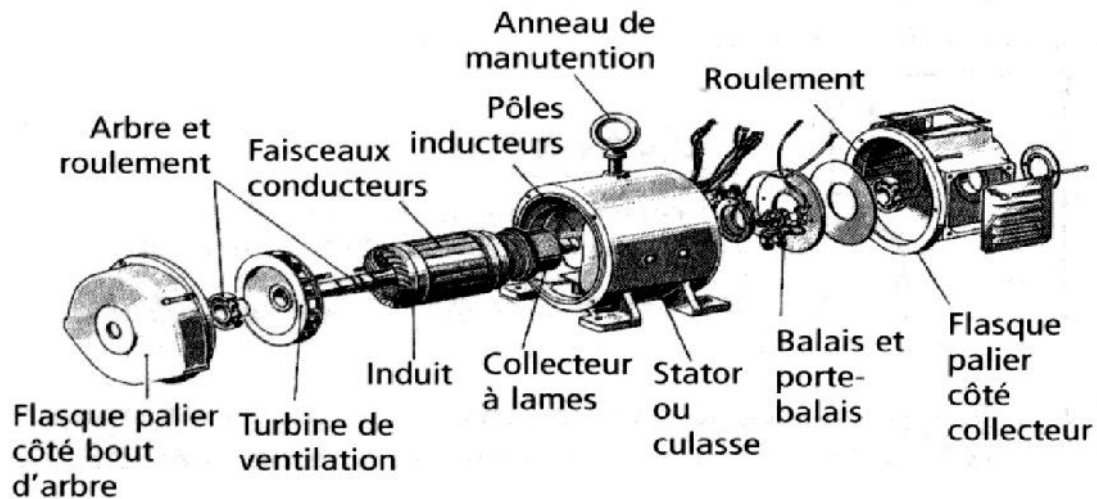


Figure2-1-: constitution de la machine à courant continu

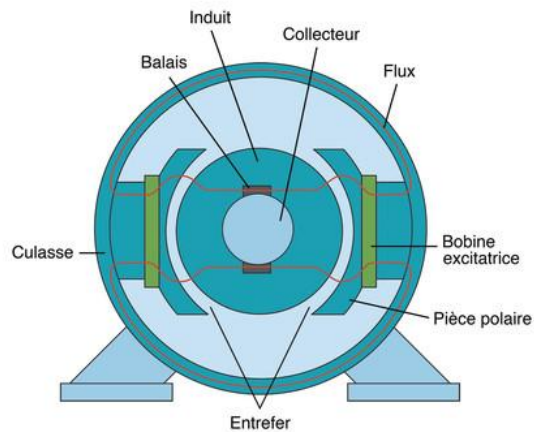


figure 2-2 : parties principales de la machine a courant continu[27]

II-3-1- L'inducteur

C'est la partie fixe du moteur(stator). Il se compose principalement :

- de la carcasse,
- des paliers,
- des flasques de palier,
- des portes balais.



figure 2-3: l'inducteur d'un moteur a courant continu.

Le cœur même du moteur comprend essentiellement :

- Un ensemble de paires de pôles constitué d'un empilement de tôles ferro-magnétiques.
- Les enroulements (ou bobinage en cuivre) destinés à créer le champ ou les champs magnétiques suivant le nombre de paires de pôles.

Pour des moteurs d'une certaine puissance, le nombre de paires de pôles est multiplié afin de mieux utiliser la matière, de diminuer les dimensions d'encombrement et d'optimiser la pénétration du flux magnétique dans l'induit[28].

II-3-2-L'induit :

C'est la partie mobile, qui comporte une ou plusieurs bobines tournantes dans le champ magnétique. Il est le siège d'une f.é.m. induite alternative (figure 2-4)[29].



Figure 2-4 : Induit d'une machine à courant continu

II-3-3-Le collecteur et balais

II-3-3-1-Collecteur :

(mobile avec le rotor), c'est un anneau formé de lames de cuivre isolées sur lesquelles frottent des balais. De ces balais en graphite partent les fils qui assurent la liaison électrique entre le rotor et l'extérieur de la machine.

Le collecteur a pour fonction d'assurer la commutation du courant d'alimentation dans les conducteurs de l'induit. Il est essentiellement constitué par une juxtaposition cylindrique de lames de cuivre séparées par des lames isolantes. Chaque lame est reliée électriquement au bobinage induit.

Le collecteur est le constituant critique des machines à courant continu car ses lames sont soumises aux efforts centrifuge et assemblées manuellement. Son usure consécutive du frottement des balais nécessite un démontage et un ré-usinage périodiques. De plus, il accroît de 20 à 30% la longueur totale de la machine. [30].

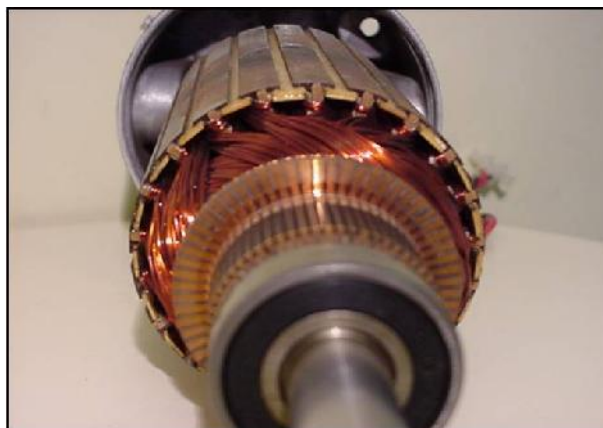


Figure 2-5: collecteur

II-3-3-2-Balais :

Les balais assurent la liaison électrique (contact glissant) entre la partie fixe et la partie tournante. Pour des machines de forte puissance, la mise en parallèle des balais est alors nécessaire. Pour des raisons d'économie, ils doivent avoir une durée de vie aussi longue que possible et assurer un bon contact électrique. Différentes technologies existent : les balais au charbon dur, les graphitiques, les électro-graphitiques, et les métallo-graphitiques. On peut considérer que dans un contact glissant les pertes sont de nature mécanique à 35% et de nature électrique à 65%.



Figure 2-6: balais

II-4-Principe de fonctionnement :

Lorsque la bobine d'inductance d'induit est alimentée en courant, sur le même principe qu'un aimant permanent, elle crée un champ magnétique (flux d'excitation) dans une direction nord-sud. Une bobine capable de tourner est placée sur l'axe de rotation dans le champ magnétique. De plus, chacun des deux conducteurs qui composent le coude est relié électriquement à un demi collecteur et alimenté en courant continu par deux balais.

Selon la loi de Laplace, tout conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force. Les conducteurs du moteur placés de chaque côté de l'axe de la brosse (la ligne neutre) sont soumis à des forces égales mais opposées, créant un couple pour le moteur, provoquant la rotation du moteur [31]

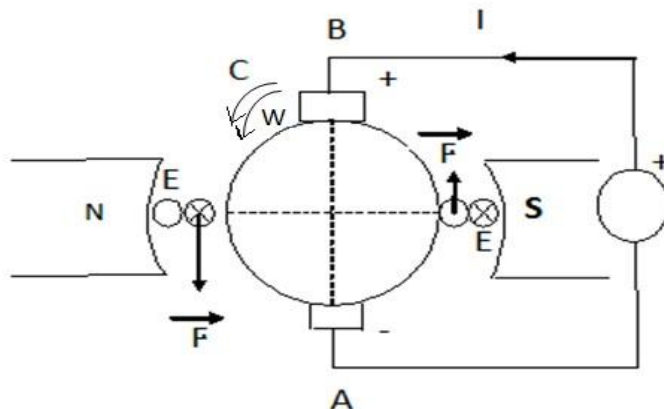


Figure 2-7 : principe de fonctionnement de moteur à courant continu

II-5-Les types du moteur courant continu :

II-5-1-Le moteur à excitation parallèle (ou shunt) :

Le moteur à excitation dérivée ou shunt est composé de deux enroulements : un enroulement autour du stator et un autour du rotor. Ils sont connectés en parallèle et sont donc parcourus par des courants d'amplitudes différentes. Schéma équivalent :

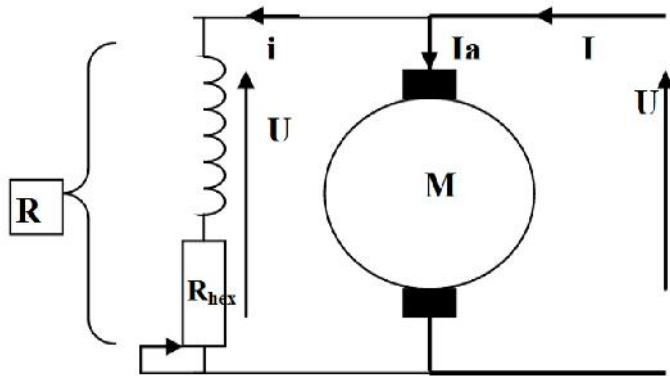


Figure 2-8 : schema de moteur a excitation shunt

Ce moteur présente beaucoup d'avantages. Sa vitesse est sensiblement constante et facile à régler. De plus, il suffit de changer le sens du courant pour changer sa vitesse de rotation. Ses utilisations sont diverses : machines outils, appareils de lavage, pompes, ventilateurs, etc...

Voici quelques unes de ses plus importantes propriétés :

- circuit inducteur et induit, alimenté sous la même tension
- proportionnalité entre fem et vitesse de rotation
- si U augmente, la vitesse augmente
- ne jamais couper le courant dans l'induit sinon le moteur s'emballe, en effet la vitesse du moteur est inversement proportionnelle à la tension dans le circuit induit.[32]

II-5-2- Le moteur à excitation en série

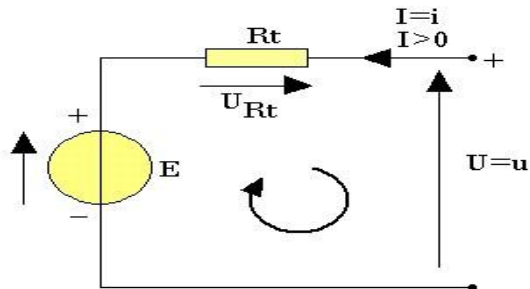


Figure 2-9- : schema le moteur a excitation serie

Ce type de moteur est caractérisé par le fait que le stator (inducteur) est raccordé en série avec le rotor (induit), ainsi la même tension traverse le stator et le rotor. Par conséquent, le sens de rotation ne change pas avec le sens du courant; il suffit de brancher le rotor et le stator dans l'autre sens. Et l'induit reçoit une puissance de

$$P_{em} = EI$$

Maintenant supposons que le flux utile sous un pôle est proportionnel au courant d'excitation I , ainsi $\Phi = k \cdot I$ avec $k = \text{constante}$. De plus, on a donc $E = K \Phi \Omega$ avec la vitesse angulaire Ω .

Voyons rapidement la puissance utile P_u de ce moteur. On a $P_u = P_{abs} - P_j - P_c$ avec P_{abs} la puissance absorbée ($P_{abs} = UI$), P_j la puissance perdue par effet joule ($P_j = R_t \times I^2$) et P_c les pertes collectives (pertes fer + pertes mécaniques). Ainsi le rendement de ce moteur est $\eta = P_u / P_{abs}$.

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

Le principal inconvénient de ce type de moteur est qu'il s'emballe à vide.

Ce type de moteur est utile dans l'électroménager par exemple ou dans les actions de traction ou de levage.[32]

II-5-3-Moteur à excitation composée :

Le moteur à excitation composée comporte un induit shunt ce genre de moteur peut être branché en longue dérivation ou en courte dérivation

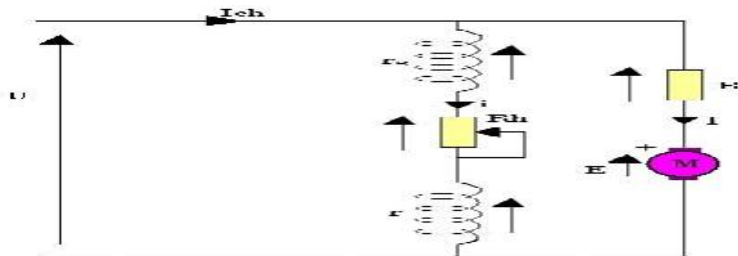


Figure 2-10 : moteur à excitation composée.

II-5-4-Moteur à excitation séparée :

Le moteur à excitation indépendante est constitué de deux enroulements induit et inducteur qui sont alimentés séparément par deux sources distinctes. L'inducteur qui comporte une résistance (R_f) et une inductance (L_f) est excité par une source continue de tension (V_f) et de courant (I_f), et l'induit qui est constitué d'une résistance, d'une inductance, et d'une force électromotrice (R_a, L_a, E), est excité par une source de tension (V_a), et de courant (I_a) [33]

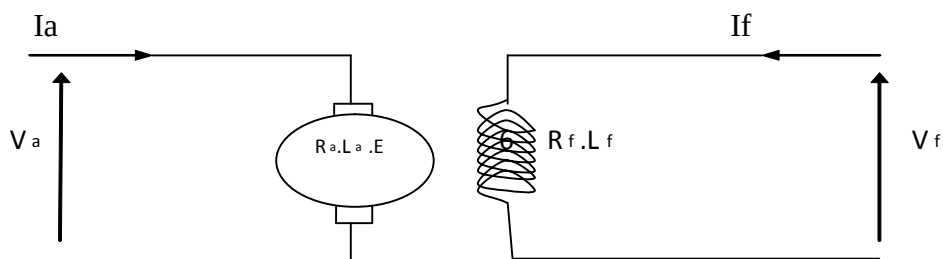


Figure2-11 : Schéma d'un moteur à excitation séparée

II-6-Les avantages et les inconvénients du moteur courant continu :

II-6-1-Les avantages :

- L'encombrement réduit permet de gagner de l'espace notablement, en permettant ainsi au constructeur des machines ou des installations productives de ne se faire empêcher par l'encombrement d'un moteur circulaire.
- Le stress mécanique du système est minimum, les accélérations et les décélérations sont très douces et progressives, ce que serait très difficile à atteindre à une certaine puissance par l'emploi de l'inverter et du moteur en courant continu.

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

- Le réglage de la vitesse à couple et puissance constants est très facile, y-étant aussi la possibilité de la régler soigneusement même à un faible régime des tours. A' la vitesse élevée le moteur en courant continu dans par exemple les machines pour le traitement du bois voir les machines à exfolier ou les machine pour le traitement de la tôle voir par exemple les enrouleurs et les dérouleurs peut modifier largement sa vitesse par désaturation à puissance constante même jusqu'à trois fois la vitesse de base. En fait en réduisant le diamètre primitif, la vitesse augmente et la couple diminue linéairement avec le flux en maintenant ainsi la puissance constante. Cette caractéristique le rend non-remplaçable par un moteur équivalent en courant alternatif qui n'ayant pas la même variation de la couple, ne peut pas garder la même performance vers la fin du cycle productive à les vitesses élevées.
- Le rendement élevé du groupe convertisseur-moteur se traduit en un épargne en énergie électrique qu'est plus significatif si on adopte un convertisseur bidirectionnel marchant sur quatre quadrants en réalisant ainsi l'épargne d'énergie.
- Par un programme simple et visant à l'entretien contrôlé le moteur peut marcher pour plusieurs ans et les économies de coûts seront considérables.
- La propagation du moteur en courant continu dans le monde permet de retrouver les pièces de rechange très facilement d'ici la réduction des arrêts de la machine.
- Absence des stresses qui soient liés à de surtensions sur l'enroulement du moteur et la vie des enroulements par rapport aux enroulements d'un moteur asynchrone sera majeure.[34]

II-6-2-Les inconvénient :

La commutation du moteur à balais nécessite la mise en œuvre d'un ensemble de pièces mécaniques (porte balais) permettant de réaliser la liaison par frottement entre les charbons et le collecteur. Il en découle que :

- plus la vitesse de rotation est élevée, plus la pression des balais doit augmenter pour rester en contact avec le collecteur donc plus le frottement est important,
- il est nécessaire de trouver la qualité de balais la mieux adaptée aux fonctionnements du moteur,
- L'usure des balais, la dégradation de l'état de surface des collecteurs, la pollution à la poussière de charbon sont des paramètres influents de manière négative sur le bon fonctionnement des moteurs courant continu[35].

II-7 -Pont en H l298n :

driver moteur L298N a de nombreuses applications dans le domaine embarqué, en particulier du côté de la robotique. La plupart des microcontrôleurs fonctionnent à très basse tension (5v) et à courant alors que les moteurs nécessitent des tensions et des courants plus élevés. Ainsi, les microcontrôleurs ne peuvent pas leur fournir un courant aussi élevé. À cette fin, nous utilisons le pilote de moteur l298n[36]

II-7-1-Définition :

L'interface de puissance L298 est un module comportant un double pont en H capable de piloter deux moteurs à courant continu ou un moteur pas à pas sous 36 V et consommant 2 A, des diodes de roue libre pour protéger le L298, un régulateur de tension 5 V, des condensateurs de filtrage, des borniers à vis pour y brancher les moteurs et des broches pour y relier la carte Arduino. Le L298 possède trois entrées de commande par pont en H pour piloter le moteur.[37]

La figure suivante définit la forme générale du module l298n .

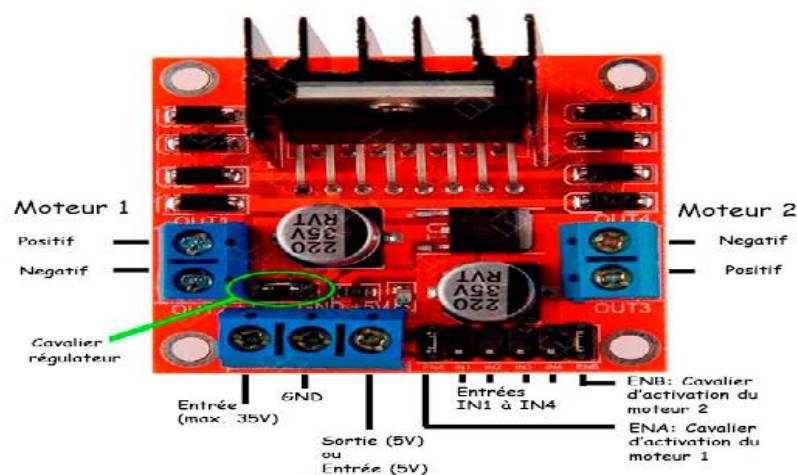


Figure 2 -12 : les composant du driver moteur l298n [38]

II-7-2-Description :

Léger, petit ;

- Des capacités hors-pair pour contrôle moteur ;
- Diodes de protections ;
- Un dissipateur (pour dissiper la chaleur en cas de forte charge) ;
- Un sélecteur pour sélectionner la source d'alimentation ;

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

- 4 Sélecteurs pour les résistances pull up ;
- Sortie pour 2 moteurs continu/ 1 moteur pas-à-pas (4 bobines, deux phases) ;
- Indicateur LED pour sens de rotation moteur ;
- Indicateur LED pour alimentation 5V ;

IN1 IN2	Broches de contrôle du sens de rotation du moteur A
IN3 IN4	Broches de contrôle du sens de rotation du moteur B
ENA	Contrôle du mouvement et de la vitesse du moteur A
ENB	Contrôle du mouvement et de la vitesse du moteur B
OUT1 OUT2	Bornes du moteur A
OUT3 OU4	Bornes du moteur B
12V	La borne d'alimentation positive supplémentaire, qui fait fonctionner les moteurs et fonctionne pour recevoir un courant allant de 5 à 35 v
5V	C'est la borne d'alimentation pour faire fonctionner l'unité et fonctionne pour fournir une tension de 5 volts à l'Arduino
GND	est la borne négatif Il est connecté au GND de la carte Arduino

- 4 trous de fixation standard.[39]

Tableau 2-1 : fonction des sorties et des entrées[40]

II-7-3-Application de driver moteur L298N :

Le circuit intégré de pilote de moteur L298N a de nombreuses applications dans le domaine embarqué, en particulier du côté de la robotique. La plupart des microcontrôleurs fonctionnent sur une tension et un courant très faibles (5v) tandis que les moteurs nécessitent des tensions

Chapitre II : les composants du véhicule électrique

et un courant plus élevés. Ainsi, les microcontrôleurs ne peuvent pas leur fournir un courant aussi plus élevé. Pour cela, nous utilisons des circuits intégrés de pilotage de moteur. Le pilote du moteur est un petit amplificateur de courant ou de tension. Il prend un signal de courant faible et émet un signal de courant élevé qui peut entraîner un moteur. Il peut également contrôler la direction du moteur. Les entraînements de moteur sont de nombreux types en fonction de la tension d'alimentation maximale, du courant de sortie maximal, de la dissipation de puissance nominale, de la tension de charge et du nombre de sorties, etc. Nous allons ici discuter du pilote de moteur L298N. Il est utilisé dans le projet de contrôle de la vitesse du moteur à courant continu et vous pouvez facilement interfacer le moteur à courant continu avec le microcontrôleur à l'aide de ce pilote de moteur. Et aussi dans un robot contrôlé par Bluetooth utilisant un microcontrôleur pic[41]

II-7-4-Caractéristique :

- Utilisation du signal de niveau logique standard pour contrôler.
- Deux ponts en H intégrés, haute tension, grand courant, pilote de pont complet, qui peuvent être utilisés pour entraîner des moteurs à courant continu, des moteurs pas à pas, des bobines de relais et d'autres charges inductives.
- Adoptez un condensateur de filtre haute capacité et une diode de roue libre qui protège les appareils du circuit contre les dommages causés par le courant inverse d'une charge inductive, améliorant ainsi la fiabilité
- Le module peut utiliser le tube stabilisateur 78M05 intégré pour obtenir 5 V de l'alimentation. Mais pour protéger la puce du 78M05 contre les dommages, lorsque la tension du variateur est supérieure à 12v, une alimentation logique externe 5v doit être utilisée.[41]
- Il peut contrôler deux moteurs en même temps, la vitesse et la direction du moteur
- Il peut contrôler un moteur qui fonctionne sur 35 v
- Il peut réguler 5 volts vers Arduino avec un régulateur de tension

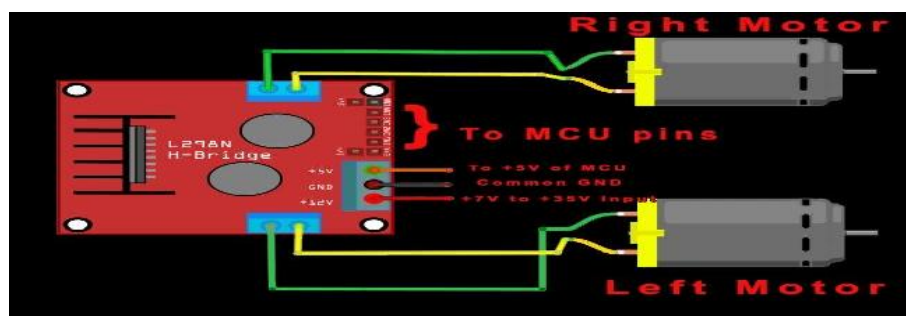


Figure 2-13: Branchement l298n avec deux moteur DC[42]

II-7-5-Principe de fonctionnement :

Les broches EN A et EN B sont utilisées pour activer et contrôler la vitesse du moteur. Si un cavalier est présent sur cette broche, le moteur sera activé et fonctionnera à la vitesse maximale, et si nous retirons le cavalier, nous pouvons connecter une entrée PWM à cette broche et ainsi contrôler la vitesse du moteur

Ensuite, les broches d'entrée 1 et d'entrée 2 sont utilisées pour contrôler le sens de rotation du moteur A, et les entrées 3 et 4 du moteur B. Avec ces broches, nous contrôlons en fait les commutateurs H-Bridge à l'intérieur du L298N . Si l'entrée 1 est basse et l'entrée 2 est haute, le moteur avancera, et vice versa, si l'entrée 1 est haute et l'entrée 2 est basse, le moteur reculera. Si les entrées sont les mêmes, le moteur s'arrêtera à l'état bas ou haut. Il en va de même pour les entrées 3 et 4 et le moteur B. [43]

Contrôle du sens de moteur droit A[39]

	Sens avant	Sens arriere
IN1	Bas	Haut
IN2	Haut	Bas

Tableau 2-2: contrôle du sens de moteur droit

Contrôle du sens de moteur gauche B

	Sens avant	Sens arriere
IN3	Bas	Bas
IN4	Haut	Haut

Tableau 2-3: contrôle du sens de moteur gauche

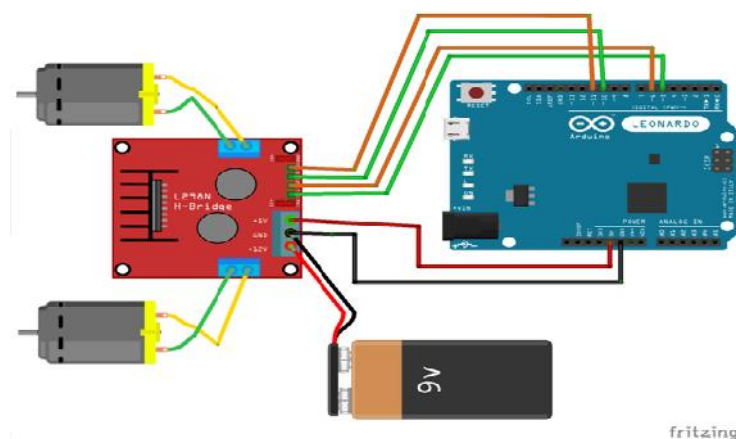


Figure 2-14: Branchement l298n avec l'Arduino et deux moteur et batterie [44]

II-8-Capture infrarouge FC-51 :

II-8-1-Définition :

Un capteur infrarouge est un appareil électronique qui émet afin de détecter certains aspects de l'environnement. Un capteur infrarouge peut mesurer la chaleur d'un objet et détecter le mouvement. Ces types de capteurs ne mesurent que le rayonnement infrarouge [45]

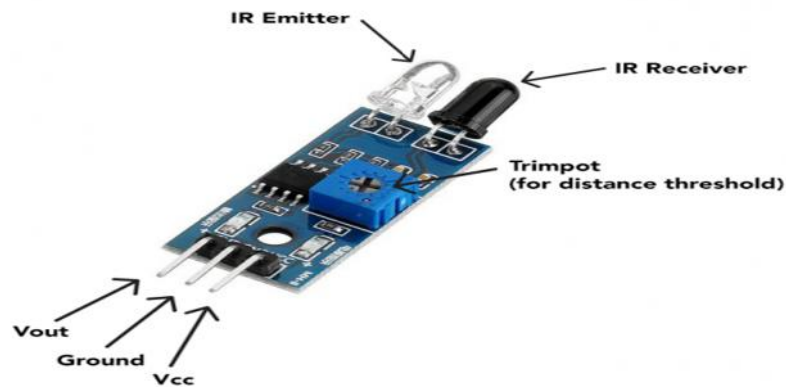


Figure 2-15 : capteur FC-51[46]

II-8-2-Principe de fonctionnement

Généralement les rayons IR se traduira par une surface blanche tandis que la surface noire va absorber les rayons IR. Dans le suiveur de ligne que nous allons construire, les deux capteurs IR seront mis sur la surface blanche. Rayons IR seront émises et réfléchies de retour qui sera détecté par la photodiode, dans cet État l'IR capteur envoie un signal numérique haut (1) à l'Arduino. de même, lorsque le capteur est sur un rayons de surface noire IR retentit et ne seront pas répercutées en arrière qui sera absorbée par la surface noire, ce capteur État l'IR enverra faible signal numérique (0), Donc avec ces valeurs numériques 1 et 0, nous pouvons facilement identifier l'état des capteurs [47]

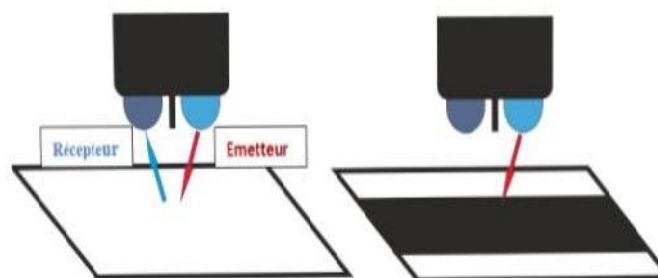


Figure 2 -16:principe de fonctiinnement capteur FC-51[39]

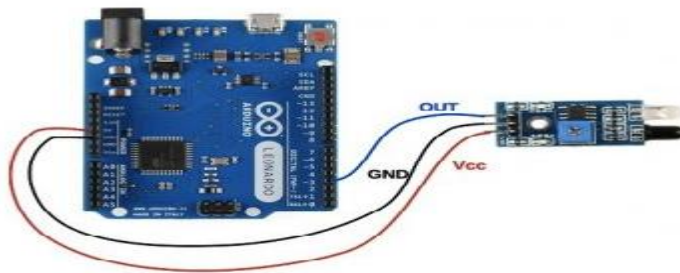


Figure 2-17: Branchement capteur FC-51 avec Arduino[48]

II-8-3-Les caractéristique :

Haute sensibilité ;

- La sensibilité est réglable par un potentiomètre ;
- Tension de service : 3.3 V - 5 V ;
- Courant de service : 20 mA ;
- Sortie de commutation numérique (0 et 1) ;
- 2 trous de fixation pour une installation facile ;
- CI de petite taille : 42 x 10.5 mm ;
- LED d'alimentation (rouge) et indicateur de sortie de commutation numérique (vert) ;[41]
- La distance de détection de ce module est de 2 à 30 cm (ou plus selon les modèles), l'angle de détection est de 35°.
- Cette distance de détection peut être contrôlée par le potentiomètre, il faut tourner le potentiomètre
 - dans le sens horaire pour augmenter la distance de détection,
 - dans le sens anti-horaire, la distance de détection diminue.[49]

PIN	Fonction
1	Vcc :alimentation qui sera connecte sur le 5v de l'Arduino
2	GND : la masse
3	OUT :pour la communication (liaison série)

Tableau 2-4: Brochage du module Infrarouge[39]

II-9-Fils :

Les fils de contact colorés sont les pièces dont nous avons besoin pour pouvoir connecter les composants électriques entre eux



Figure 2-18 :Fils



II-10-Câble USB :

Ce câble USB permet à la fois l'alimentation de la carte Arduino et le chargement des programmes nécessaires au fonctionnement des cartes programmables à travers IDE-Arduino.

La longueur du câble est d'environ 1 m[50]

Figure 2-19:Câble USB

II-11-Batterie d'alimentation :

Les tensions d'alimentation des différents modules sont données dans le tableau suivant [39]

Composant	Alimentation
Moteur à courant continu	5v/1A
L298n	5v/25mA
Capteur	3,3v/20mA
Arduino	5v/20mA

Tableau 2-5: :Alimentation des composants

II-12-Conclusion :

Dans chaque véhicule électrique, les systèmes de contrôle sont essentiels pour gérer ses différents mouvements autour son environnement. Dans ce chapitre nous avons présenté l'un des éléments le plus important dans la conception du véhicule électrique celui du moteur à courant continu, et leur principe de fonctionnement et ses différents types. Ensuite nous avons présenté les différents composants du véhicule électrique notamment les capteurs et les actionneurs.

Chapitre III :

Conception et réalisation du véhicule électrique

III-1- Introduction :

Un véhicule suiveur de ligne est, comme son nom l'indique, un véhicule guidé automatisé qui suit une ligne visuelle intégrée dans le plancher ou le plafond. Normalement, la ligne visuelle est le chemin où va le véhicule de suivi de ligne et ce sera une ligne noire sur une surface blanche, mais l'inverse (ligne blanche sur une surface noire) est également possible. Certains robots suiveurs de ligne avancés utilisent des champs magnétiques invisibles comme chemins. Les grands robots suiveurs de ligne sont couramment utilisés dans les industries pour faciliter le processus de production automatisé. Ils sont également utilisés dans des applications militaires, à des fins d'aide humanitaire, des services de livraison, etc. Le robot suiveur de ligne est l'un des premiers robots avec lesquels les débutants et les étudiants feraient leur première expérience de robot. Dans ce projet, nous avons conçu un robot suiveur de ligne simple utilisant Arduino et quelques autres composants. [51]

III-2-Composants requis : ARDUINO UNO

- Pilote de moteur L298N
- Moteurs à courant continu x 2
- Châssis de véhicule
- Module de capteur IR x 2
- Ruban noir
- Fils de connexion
- batterie

III-3-La conception de véhicule :

III-3-1- La structure de véhicule :

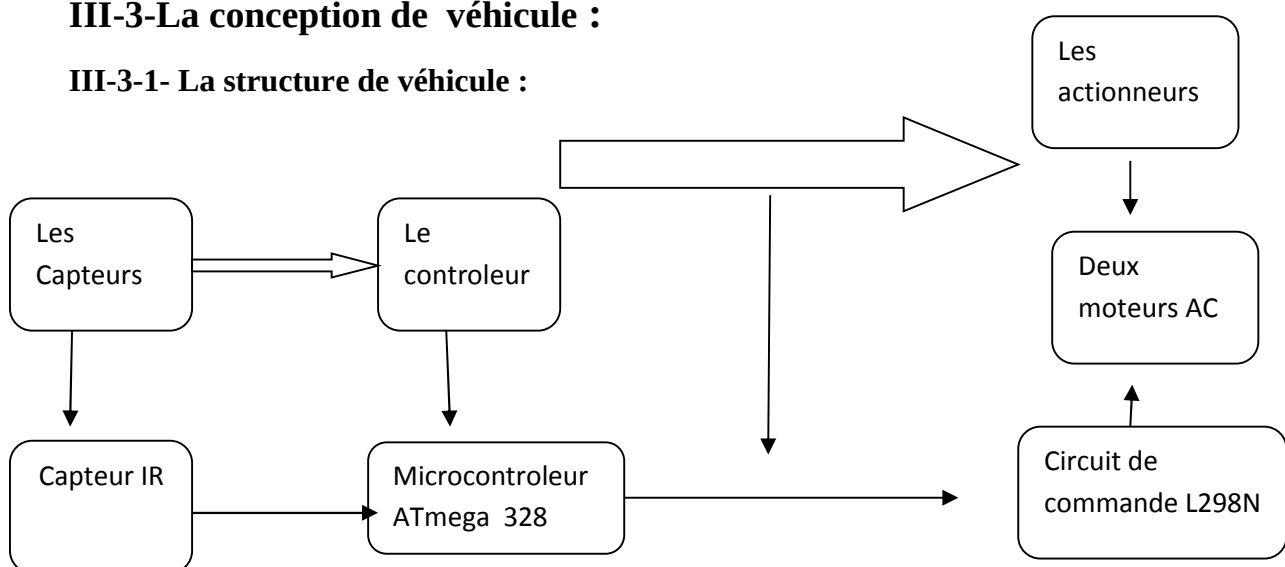


Figure 01 : la structure de véhicule [52]

III-3-2 -Détail de chaque bloc :

III-3-2-1- les capteurs :

Tout d'abord et puisque la tâche principale de cette véhicule c'est la détection et de suivre la ligne noire, elle a besoin d'un capteur à infra rouge

Le problème qui se pose comment il se sent détecter cette ligne ?

III-3-2-1-1-Le capteur d'infrarouge ;

qu'on va les utiliser dans notre projet est composé d'un émetteur (LED infrarouge) et un récepteur (phototransistor). Il peut convertir les ondes infrarouges en une tension proportionnelle. Ces rayons infrarouges sont invisible par l'œil humain parce que la longueur d'ondes λ est inférieure à 800(nm) or l'être humaine peut voir un spectre entre 400nm et 800nm [53]

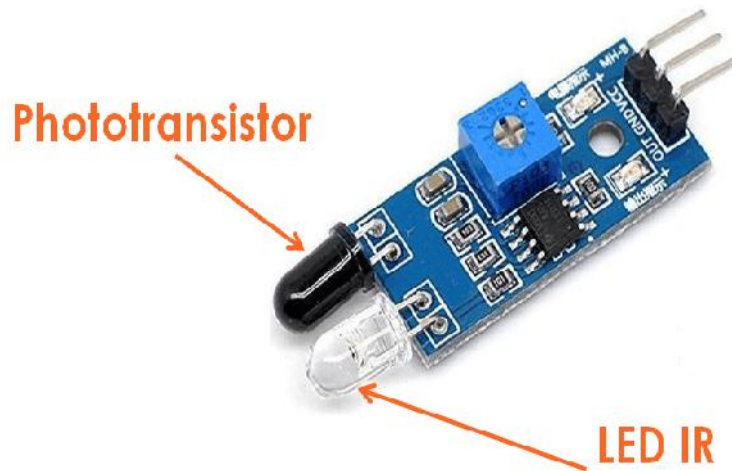


Figure 02 : capteur IR.[54]

III-3-2-1-2- le placement des captures IR Sensor :

On a utilisé deux capteurs à l'avant de véhicule , le premier capteur pour détecté la ligne noire à gauche , et le deuxième pour détecté la ligne noire à la droite par la mesure de l'intensité de la lumière dans l'existence de la ligne (au début de démarrage),

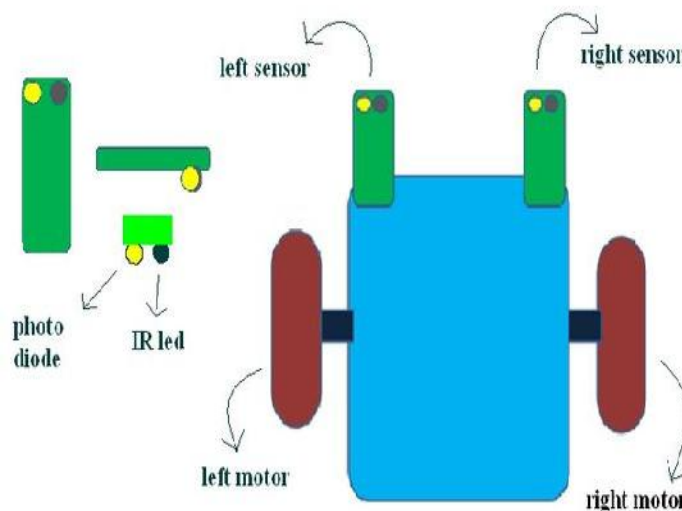


Figure 03 : le placement du capteur IR dans le véhicule [63]

III-3-2-1-3- Schéma du capteur IR Sensor :

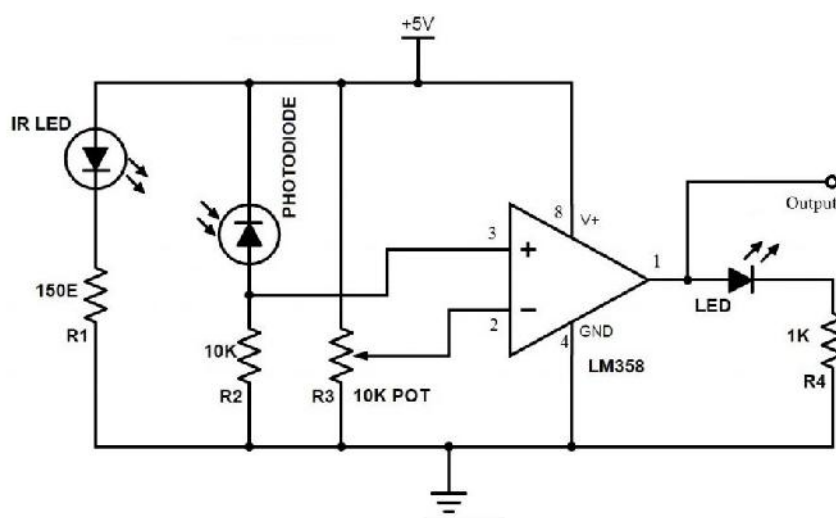


Figure 04 : schéma du capteur infra rouge[64]

III-3-2-1-4- Fonctionnement du capture IR :

Généralement les rayons IR se traduira par une surface blanche tandis que la surface noire va absorber les rayons IR. Dans le suiveur de ligne que nous allons construire, les deux capteurs IR seront mis sur la surface blanche. Rayons IR seront émises et réfléchies de retour qui sera détecté par la photodiode, dans cet État l'IR capteur envoie un signal numérique haut ("1"). de même, lorsque le capteur est sur un rayons de surface noire IR retentit et ne seront pas répercutées en arrière qui sera absorbée par la surface noire, ce capteur État l'IR enverra

faible signal numérique ("0"). Donc avec ces valeurs numériques 1 et 0, nous pouvons facilement identifier l'état des capteurs. [57]

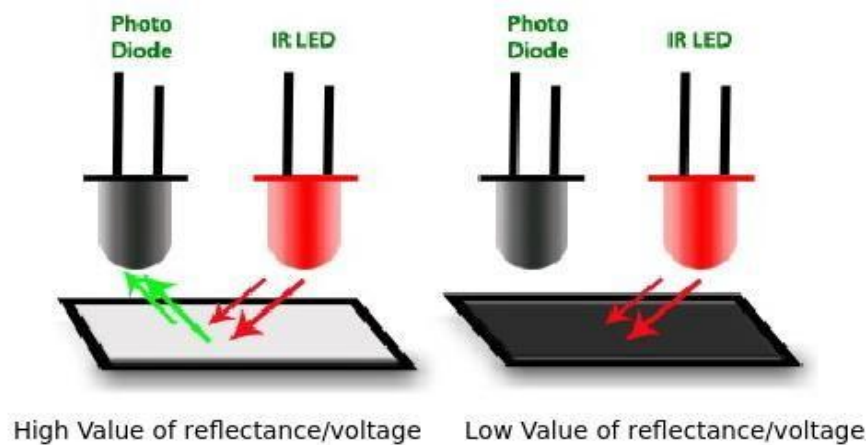


Figure 05 : Emission et réflexion des rayons infrarouge.[65]

ceci est tout sur la première partie du véhicule qui est les capteurs , qui représente leur sens. Mais la partie suivante est le cerveau de véhicule , que nous allons parler maintenant .

III-3-2-1-5-Les caractéristiques de ce capteur :

- Pour l'émetteur : il a une tension nominale d'alimentation de 1.25V et un courant d'alimentation de 50 Ma.

Pour le récepteur : il a une tension de sortie nominale de 5V et un courant de sortie nominal de 100uA. [58]

III-3-2-2- Le Contrôleur (Arduino UNO) :

Le contrôleur principal du projet. Les données des capteurs (capteurs infrarouges) sont transmises à l'Arduino et donnent les signaux correspondants au circuit intégré du pilote du moteur .un microcontrôleur ATMEL de référence ATMega328. L'ATMega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C/C++. L'intérêt principal des cartes ARDUINO (d'autres modèles existent : Mega, Nano...) est leur facilité de mise en œuvres X. [59]

voilà tout ce que nous pouvons dire sur le controleur , maintenant nous passons à la partie qui permet ou véhicule de réagir selon les information qu'il recoit de l'environnement à partir de ses capteur , les résultats de traitement de ces informations. cette partie représente les actionneurs.

III-3-2-3- Les actionneurs :

Afin que le véhicule soit capable de se déplacer il est nécessaire d'utiliser les moteurs et parce qu'on est décidé de réaliser un véhicule électrique on utilise deux moteurs à courant continu pour commander les deux roues arrière. L'utilisation de deux moteurs a été causé par le coût n'est pas cher .[60]



Figure 06 : moteur à courant continu[66]

III-3-2-3-1- Les caractéristiques du moteur :

Alors nous allons choisir un petit moteur à courant continu qui a les caractéristiques suivantes :

Tension nominale: 3 Volts/6 Volts.

– Courant: ≤ 180 Ma.

– Couple: $0,45 \pm 10\%$ Nm.

– Vitesse 330 tr/min à 4.2 V. [61]

III-4-Circuit de commande L289N :

Le contrôleur de moteur L298N est un contrôleur qui utilise un pont en H pour contrôler facilement la direction et la vitesse de jusqu'à 2 moteurs à courant continu. [62]

III-4-1-Le schéma du circuit de commande :

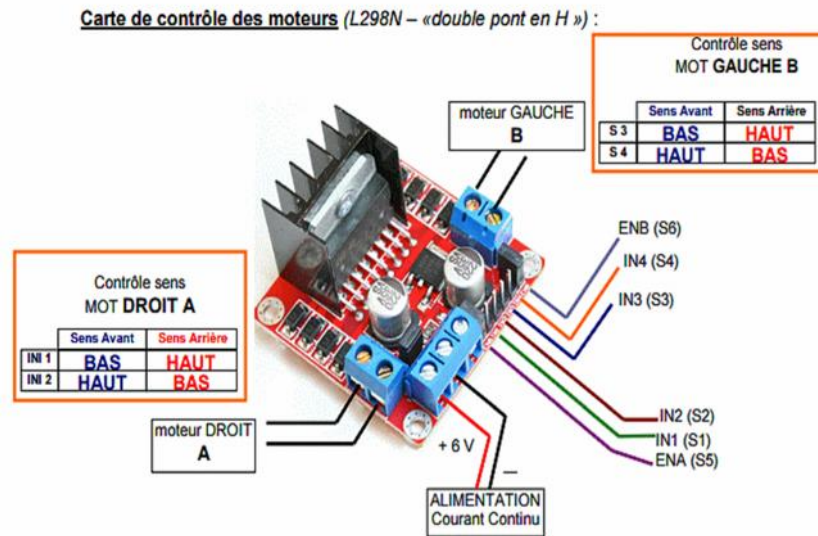


Figure 07 : circuit de commande .[67]

III-5-La réalisation du véhicule :

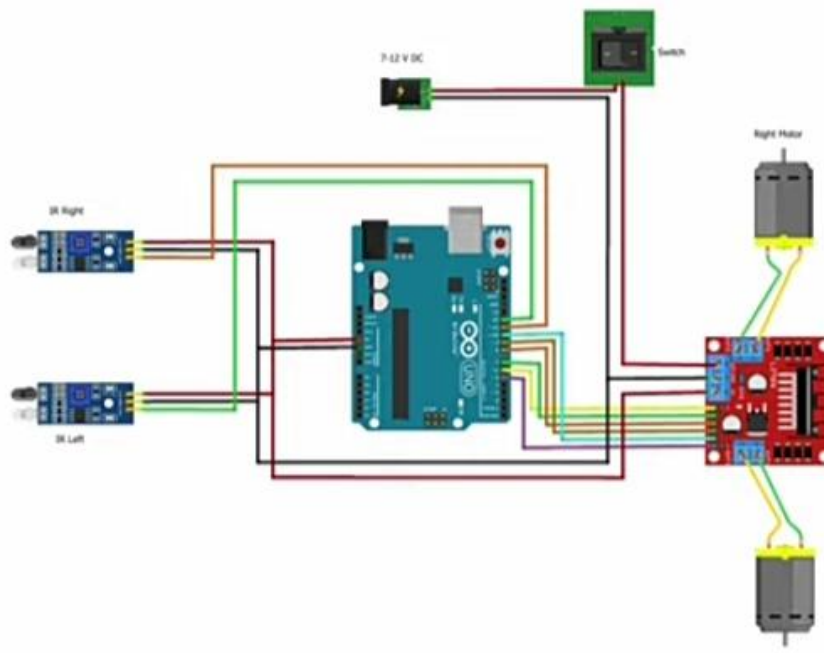


Figure 08 : schéma de connexion des composants du véhicule[68]

III-5-1-Les composants du véhicule :

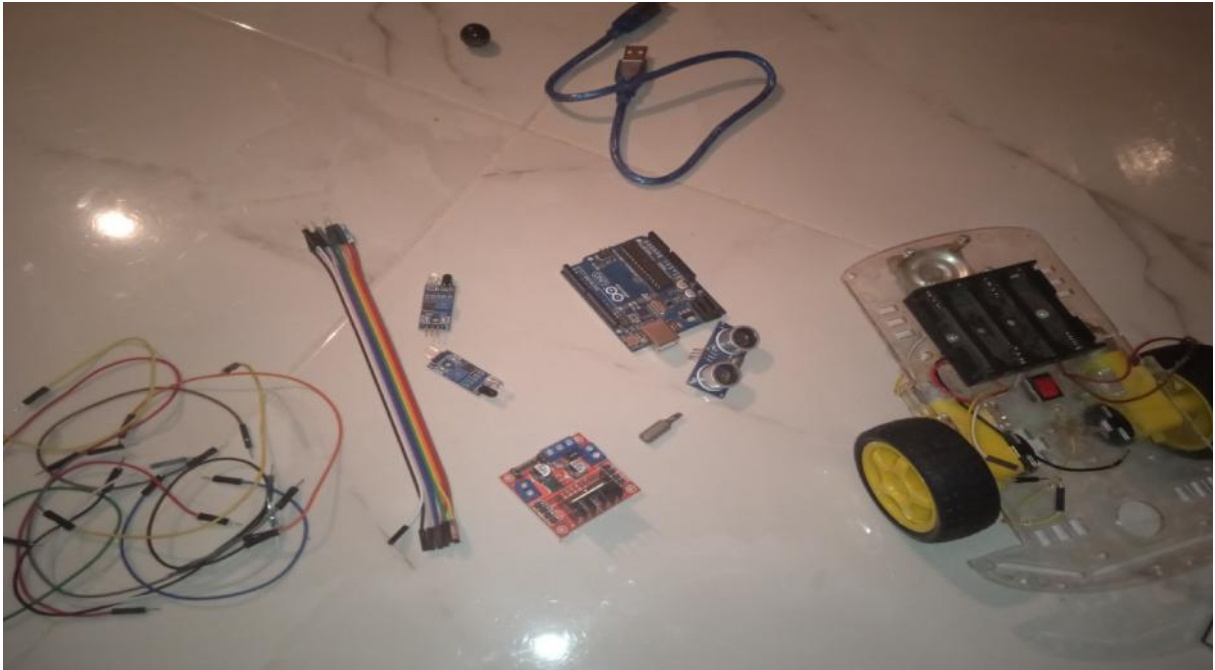
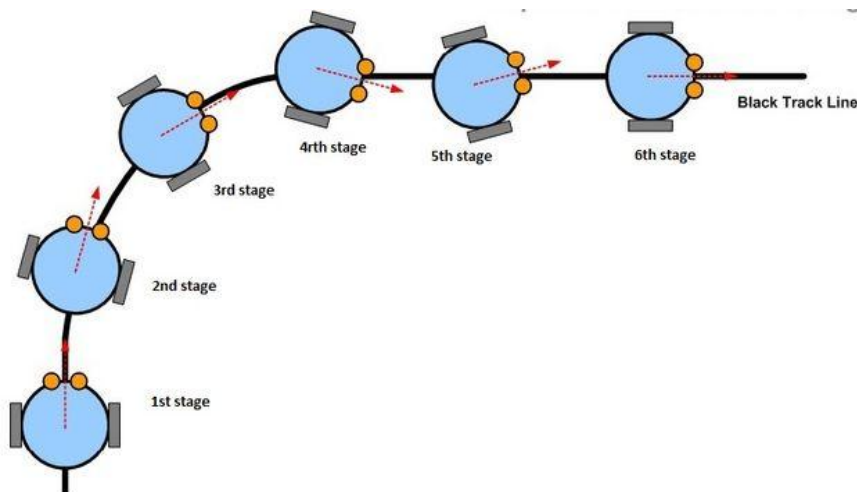


Figure 09 : les composants du véhicule [69]

III-6-Travailler avec le robot suiveur de ligne Arduino :

Dans ce projet, nous avons conçu un robot suiveur de ligne basé sur Arduino. Le travail du projet est assez simple: détecter la ligne noire sur la surface et se déplacer le long de cette ligne. Le traitement détaillé est expliqué ici.[61]



LEFT SENSOR	RIGHT SENSOR	POSITION
HIGH	HIGH	ON THE LINE
HIGH	LOW	OFF THE LINE, LEFT SIDE OF THE LINE
LOW	HIGH	OFF THE LINE, RIGHT SIDE OF THE LINE

Figure 10 : travail des capteurs IR[70]

nous avons besoin de capteurs pour détecter la ligne. Pour la logique de détection de ligne, nous avons utilisé deux capteurs IR, qui se composent d'une LED IR et d'une photodiode. Ils sont placés de manière réfléchissante, c'est à dire. côte à côte, de sorte que lorsqu'ils pénètrent près d'une surface réfléchissante, la lumière émise par la LED IR sera détectée par la photodiode.

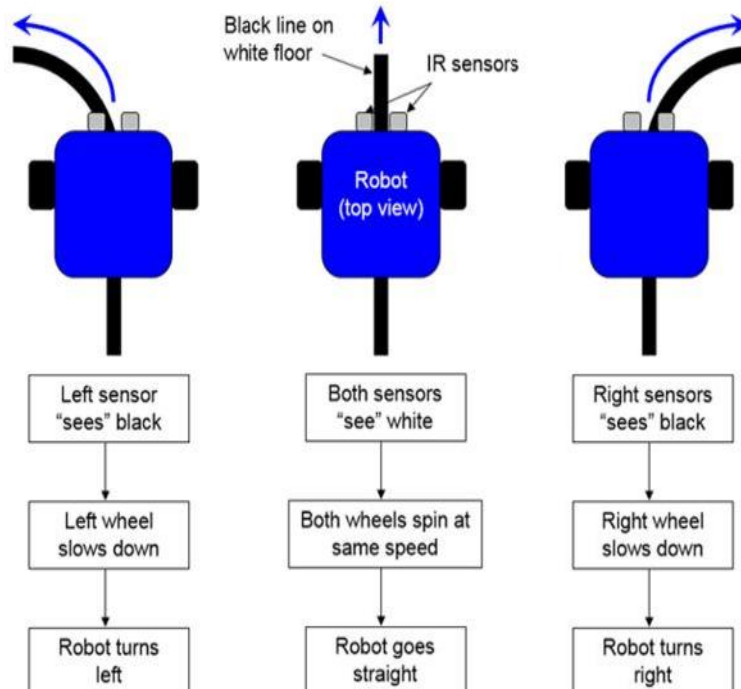


Figure 11 : principe de fonctionnement du véhicule .[71]

Chapitre 03 : conception et réalisation du véhicule électrique

En utilisant le même principe, nous allons régler les capteurs infrarouges sur le robot suiveur de ligne afin que les deux capteurs infrarouges soient de chaque côté de la ligne noire au sol. La configuration est illustrée ci-dessous.

Au fur et à mesure que le robot avance, les deux capteurs attendent que la ligne soit détectée. Par exemple, si le capteur IR 1 de l'image ci-dessus détecte la ligne noire, cela signifie qu'il y a une courbe droite (ou un virage) devant.

L'ARDUINO UNO détecte ce changement et envoie le signal au pilote du moteur en conséquence. Pour tourner à droite, le moteur du côté droit du robot est abaissé en utilisant PWM, tandis que le moteur du côté gauche tourne à vitesse normale

Lorsque le capteur infrarouge 2 détecte pour la première fois la ligne noire, cela signifie également qu'il y a une courbe gauche devant et que le robot doit tourner à gauche. Pour que le robot tourne à gauche, le moteur du côté gauche du robot est abaissé (ou peut être arrêté complètement ou peut être tourné dans le sens opposé), et le moteur du côté droit tourne à vitesse normale. L'ARDUINO UNO surveille en permanence les données des deux capteurs et fait pivoter le robot en fonction de la ligne détectée par eux. [61]

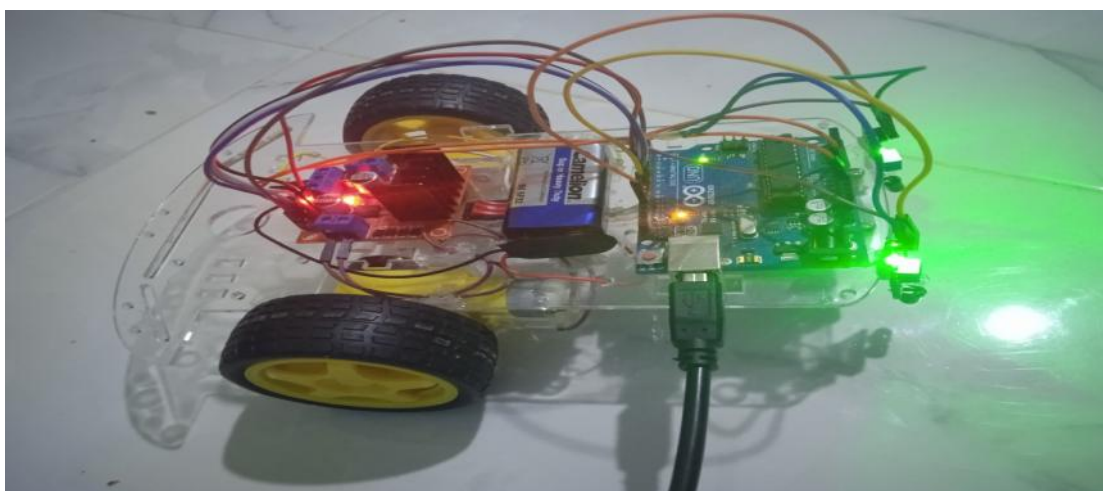
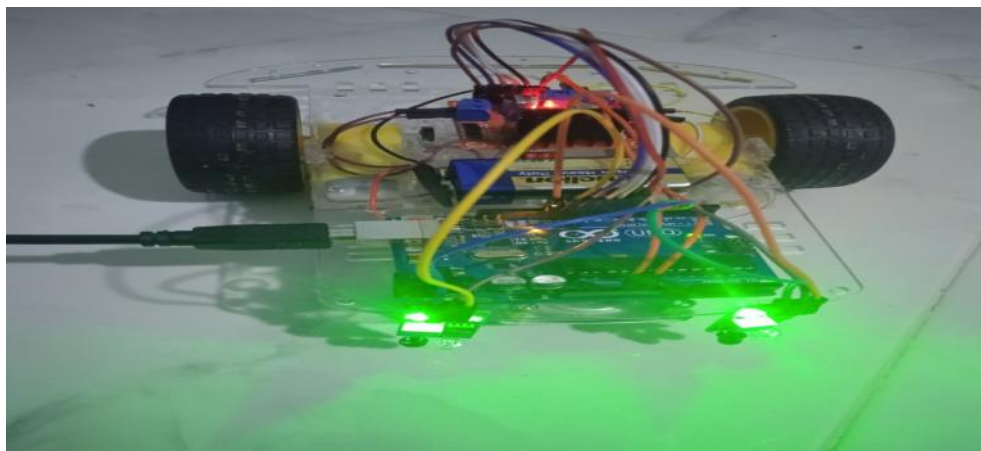


figure 12:réaliser montage de véhicule électrique

III-7-Code :

```
#define IR_SENSOR_RIGHT 11
#define IR_SENSOR_LEFT 12
#define MOTOR_SPEED 250

//Right motor
int enableRightMotor = 6;
int rightMotorPin1 = 7;
int rightMotorPin2 = 8;

//Left motor
int enableLeftMotor = 5;
int leftMotorPin1 = 9;
int leftMotorPin2 = 10;

void setup()
{
    //the problem with TT gear motors is that ,at very low PWM value it does not even rotate.
    //if we increase the PWM value then it rotates faster and our robot is not controlled in that
    speed and goes out of line.
    //for that we need to increase the frequency of analogWrite.
    //Below line is important to change the frequency of PWM signal on pin D5and D6
    //Because of this , motor runs in controlled manner( lower speed )at high pwm value .
    //this sets frequency as 7812.5 hz .
    TCCR0B = TCCR0B & B11111000 | B00000010 ;

    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(enableRightMotor, OUTPUT);
    pinMode(rightMotorPin1, OUTPUT);
    pinMode(rightMotorPin2, OUTPUT);
    pinMode(enableLeftMotor, OUTPUT);
    pinMode(leftMotorPin1, OUTPUT);
    pinMode(leftMotorPin2, OUTPUT);
    pinMode(IR_SENSOR_RIGHT, INPUT);
    pinMode(IR_SENSOR_LEFT, INPUT);
    rotateMotor(0,0);
```

```
}  
void loop()  
{  
    int rightIRSensorValue = digitalRead(IR_SENSOR_RIGHT);  
    int leftIRSensorValue = digitalRead(IR_SENSOR_LEFT);  
    //If none of the sensors detects black line, then go straight  
    if (rightIRSensorValue == LOW && leftIRSensorValue == LOW)  
    {  
        rotateMotor(MOTOR_SPEED, MOTOR_SPEED);  
    }  
    //If right sensor detects black line, then turn right  
    else if (rightIRSensorValue == HIGH && leftIRSensorValue == LOW )  
    {  
        rotateMotor(-MOTOR_SPEED, MOTOR_SPEED);  
    }  
    //If left sensor detects black line, then turn left  
    else if (rightIRSensorValue == LOW && leftIRSensorValue == HIGH )  
    {  
        rotateMotor(MOTOR_SPEED, -MOTOR_SPEED);  
    }  
    //If both the sensors detect black line, then stop  
    else  
    {  
        rotateMotor(0, 0);  
    }  
}  
void rotateMotor(int rightMotorSpeed, int leftMotorSpeed)  
{  
    if (rightMotorSpeed < 0)  
    {  
        digitalWrite(rightMotorPin1,LOW);  
        digitalWrite(rightMotorPin2,HIGH);  
    }  
}
```

```
else if (rightMotorSpeed > 0)
{
    digitalWrite(rightMotorPin1,HIGH);
    digitalWrite(rightMotorPin2,LOW);
}

else
{
    digitalWrite(rightMotorPin1,LOW);
    digitalWrite(rightMotorPin2,LOW);
}

if (leftMotorSpeed < 0)
{
    digitalWrite(leftMotorPin1,LOW);
    digitalWrite(leftMotorPin2,HIGH);
}

else if (leftMotorSpeed > 0)
{
    digitalWrite(leftMotorPin1,HIGH);
    digitalWrite(leftMotorPin2,LOW);
}

else
{
    digitalWrite(leftMotorPin1,LOW);
    digitalWrite(leftMotorPin2,LOW);
}

analogWrite(enableRightMotor, abs(rightMotorSpeed));
analogWrite(enableLeftMotor, abs(leftMotorSpeed));
}
```

III-8-Remarque :

Après assemblage du véhicule, et le test nous avons trouvé deux problèmes dans son fonctionnement qui sont :

- il ne suit pas la ligne noire avec précision
- problème d'alimentation je ne trouve pas une Batterie qui alimente tous les composants qui permettent de démarrer notre véhicule automatiquement

III-9-Utilisations du robot suiveur de ligne :

- Les robots suiveurs de ligne sont souvent utilisés pour les processus d'automatisation dans les industries, les applications militaires et les applications grand public.
- Ils sont très utiles car ils peuvent fonctionner sans surveillance, c'est à dire. ils agissent comme des véhicules à direction automatique.
- Avec des fonctionnalités supplémentaires telles que la prévention des obstacles et d'autres mesures de sécurité, les robots de suivi de ligne peuvent être utilisés dans les petits conducteurs.[62]

III-10-Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, nous avons explicité les différentes étapes qui ont permis de réaliser Ce véhicule , ces composants utilisés et leurs tâches , on a présenté aussi une description générale du programme ARDUINO implémenté sur la carte électronique .

Conclusion générale

Conclusion générale :

Les véhicules électriques suiveurs de ligne sont souvent utilisés pour les processus d'automatisation dans les industries, les applications militaires et les applications grand public. Ils sont très utiles car ils peuvent fonctionner sans surveillance, c'est à dire. ils agissent comme des véhicules à direction automatique.

Avec des fonctionnalités supplémentaires telles que la prévention des obstacles et d'autres mesures de sécurité, les véhicules électriques de suivi de ligne peuvent être utilisés dans les petits conducteurs.

Ce projet nous a permis de faire le lien entre l'étude théorique d'un montage électronique et sa réalisation pratique avec un aspect pluridisciplinaire qui englobe l'électronique embarqué et l'automatique industrielle. Pour développer cette application, plusieurs étapes progressives ont été entamées, puis finalisées par l'application globale

Dans la première partie, nous avons étudié de manière détaillée toute la partie matérielle (HARD) où nous avons décrit les critères du choix de la carte programmable à adopter pour notre système, c'était la carte Arduino. Ensuite nous avons présenté tous les composants utilisés.

Ensuite nous avons présenté une description théorique des composants utilisés et de leurs emplacements, nous avons vu que les capteurs jouent un rôle important pour détecter instantanément la ligne à suivre, ce qui permet au véhicule de suivre parfaitement sa trajectoire.

Comme travail futur, nous envisagerons d'améliorer les performances de l'application en introduisant, d'autres capteurs de calibrage plus sophistiqués, la communication sans fil pour se connecter à un réseau local via un module Ethernet. Ainsi que la minimisation d'énergie pour un fonctionnement plus durable, tout en réduisant le coût dans le but d'avoir une application réalisable dans l'industrie.

Bibliographie

Bibliographie

[1] : <https://sa.chinascooters.net/news/electric-vehicle-introduction-and-economic-contribution.html>

[2] :

<https://e3arabi.com/%D8%A7%D9%84%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85/%D9%82%D8%B5%D8%A9-%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B9-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B1%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D8%A8%D8%A7%D8%A6%D9%8A%D8%A9/>

[3] : <https://sotor.com/%D9%85%D8%B9%D9%84%D9%88%D9%85%D8%A7%D8%AA-%D8%B9%D9%86-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%>

[4] : <https://www.magltk.com/electric-cars/>

[5]Cours gratuits » Cours électronique » Cours Arduino » Tutoriel avancé d'Arduino labview ,Tutoriel avancé d'Arduino labview

[6] le grand livre d'arduino

[7]Carte électronique programmable « Arduino » ou la nouvelle manière simple de concevoir des systèmes électroniques complexe

septembre 10, 2015

[8]FerroudjAbdelghani, Réalisation d'un système de télésurveillance médicale, Université de Khenchela, 2017

[9] **Guy SINNIG** : guy@sinnig.fr **Diaporama présentation**

[10] Constitiion GUENAOUA LILIA, "Commande en position du a MCC par Arduino", Université Badji Mokhtar Annaba, 2017

[11]Programmer l'Arduino – Description de la carte Arduino avril 30, 2017

[12]«Les Différentes Cartes Arduino - Domotics PDF »You Ssef Date du transfert le Jul 15, 2020

[13]Generation Robot.Arduino la technologie LDY . Consulter le mars 2015

[14]Arduino : premiers pas en informatique embarquée 1er février 2020

[15]MALHA, Mlle INGUEL. Mémoire de Fin d'étude de MASTER ACADÉMIQUE,Conception et réalisation d'un système Domotique par GSM . Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou : s.n., 2017.

Bibliographie

- [16] C. Tavernier, « Arduino applications avancées ». Version Dunod
- [17] S.V.D.Reyvanth, G.Shirish, « PID controller using Arduino »
- [18] www.itechnofrance.wordpress.com consulter le : Juillet/2017
- [19]<http://www.generationrobots.com/fr/152-arduino>. consulter le : mars 2015
- [20]<http://www.techmania.fr/> consulté le 05/05/2019
- [21]<https://domolex.fr/>
- [22]X. HINAULT - 2010 -2012. Adapte par David Golbert, powered by Pm wiki
- [23] H.KHOUIDMI<<TP : Systèmes Embarqués & Systèmes Temps Réel>>NIVEAU: M1 Automatique & Informatique Industrielle ,2018
- [24] Hocine TAKHI « conception et realisation d'un robot mobile a base arduino » Universite Amar telidji Instrumentation 2014
- [25] Mikhail Kostenko et Ludvik Piotrovski, Machines électriques, Tome I, «Machines à courant continu, transformateurs», Éditions de Moscou (MIR), 1969, 3e édition, 1979, 766 p.
- [26] HAMITOUCHE,SELMANI,ZAMOUMI (identification par algorithmes genetique des pertes dans un moteur a courant continu a excitation separe) mémoire de fon d'eture d'ingenier ,Universite Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou
- [27] Mohamed Benhaddadi, François Escalmel moteur a coura continu 2019
- [28]. [energieplus-lesite.be /techniques/ascenseurs7/moteur-a-courant-continu/](http://energieplus-lesite.be/techniques/ascenseurs7/moteur-a-courant-continu/) 25 septembre 2007 courant countinu
- [29] C. Chevassu, "Machines Electriques", Manuel libre sur <http://mach.elec.free.fr>. Janvier 2012.
- [30]webmaster joel.vampouille chez ac-grenoble.fr 2016 may description de la machine a courant countini
- [31] M. Hadjeras, M. Belbey, "Etude des caractéristiques d'un moteur à c.c à différents types d'excitation", Mémoire de fin d'étude de licence Professionnelle en Electrotechnique Industrielle, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- [32] (Craste ,Khatchadourian ,Rodrigue, Cuvilliez) Projet de Physique P6 STPI / P6 / 2017 – 033 (LE MOTEUR À COURANT CONTINU)
- [33] <https://www.mongosukulu.com/index.php/contenu/genie-electrique4/machines-electriques/495-moteur-compound>
- [34] <http://www.stipaf.com/fr/products-sep/les-avantages-du-moteur-en-courant-continu>

Bibliographie

- [35] <https://www.techniquassistance.com/moteur-synchrone-asynchrone-courant-continu/moteur-courant-continu>
- [36] https://microcontrollerslab.com/l298n-motor-driver-circuit/#PIN_DESCRIPTION_of_L298N_module
- [37] <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/copie-de-le-detecteur-a-ultrasons-h>
- [38] <https://ledisrupteurdimensionnel.com/arduino/module-de-pilotage-de-moteurs-l298n-pour-arduino/>
- [39] BEDADI « Etude et réalisation d'un véhicule autonome » mémoire présente en vue de l'obtention du diplôme de master Université Badji Mokhtar Annaba 2019
- [40] <https://www.electronics212.com> › l2.L298N Motor Driver Module
- [41] **Ben Tata,Boukallaba ``Developpement d'une voiture telecommandee a base dArduino''**
Universite sidi Mohamed Ben AbdElh fes 2021
- [42] <<How to Use L298N Motor Driver >>Roland Pelayo
- [43] «L298N Motor Driver – Arduino Interface, How It Works, Codes, Schematics
Photo of author »by Dejan
- [44] «Piloter deux moteurs avec un driver L298 – Arduino
Arduino »4 février 2019
- [45]-is-parede.pt/what-<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://fr.jf-ir-an.usg=AOvVaw&sensor&ved=2ahUKEwj4om7pLX4AhWVgv0HHQf5ATsQFnoECAYQAQDqYFudUrfAbiP6ueQUE293>
- [46] <https://ciksiti.com/fr/chapters/11252-how-to-interface-ir-module-with-arduino-uno>
- [47] ...de-<https://www.tubefr.com> › suiveurSuiveur de ligne sans microcontrôleur - tubefr.com
- [58] Detecteur infra-rouge FC-51 mercredi 16 décembre 2015, par thebault
- [49]G. Ruscasié -Ac.Toulouse – juillet 2016
- [50] Diracca C. (1986). Etude comparative de PID numériques auto-ajustables : applications à la commande d'un télépointeur. Thèse de Doctorat, Nice.
- [51] : <https://humbot.io/robot-suiveur-de-ligne-arduino-mbot-robot-mblock-robot>
- [53] : <https://gootrio.com/realiser-un-robot-suiveur-de-ligne-avec-une-carte-arduino-uno/>

Bibliographie

[57] : https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://sites.google.com/site/neroncycle4/programme-de-4/coupe-de-robotique-de-guyane-2019/6-utiliser-le-capteur-suiveur-de-ligne&ved=2ahUKEwjJ6tG3yKz4AhVxh_0HHXSyBpoQFnoECDMQBQ&usg=AOvVaw0XnP09-FuPHQ29ZZtj-sly

[58] : <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.electronique-mixte.fr/formation-pdf/formation-pdf-microcontrolleurs-microprocesseurs/cours-14-carte-arduino-uno-microcontrolleur-atmega328/&ved=2ahUKEwjJ2PDah634AhUBr6QKHQaHBboQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw0EYWv6hNBssc0oWkmpdHkS>.

[59] : <https://gootrio.com/realiser-un-robot-suiveur-de-ligne-avec-une-carte-arduino-uno/>

[60] https://www.academia.edu/30325219/Conception_et_r%C3%A9alisation_dun_robot_mobile_%C3%A0_base_dArduino

[61] : <https://gootrio.com/realiser-un-robot-suiveur-de-ligne-avec-une-carte-arduino-uno/>

[62] :

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://create.arduino.cc/projecthub/ryanchan/how-to-use-the-l298n-motor-driver-b124c5&ved=2ahUKEwiw37CBra34AhU3g_0HHXv4BVcQtwJ6BAgIEAE&usg=AOvVaw2_2LAeie6L9UtNHnuo1Dp6

[61]: <https://humbot.io/robot-suiveur-de-ligne-arduino-mbot-robot-mblock-robot> .

[62] : <https://humbot.io/robot-suiveur-de-ligne-arduino-mbot-robot-mblock-robot>

[52] : Figure 01 : la structure de véhicule

[54] Figure 02 : capteur IR <https://gootrio.com/realiser-un-robot-suiveur-de-ligne-avec-une-carte-arduino-uno/>

[63] : Figure 03 : le placement du capteur IR dans le véhicule https://www.tubefr.com/suiveur-de-ligne-sans-microcontrolleur_5.html

[64] : Figure 04 : schéma du capteur infra rouge <https://humbot.io/robot-suiveur-de-ligne-arduino-mbot-robot-mblock-robot>

[65] : Figure 05 : Emission et réflexion des rayons infrarouge <https://www.tubefr.com/suiveur-de-ligne-sans-microcontrolleur.html>

Bibliographie

[66] :Figure 06 : moteur à courant continu

[67] : Figure 07 : circuit de commande <http://appliweb.exponum.com/uploads...fichier.pdf>
[Fichier.pdf](#)

[68] :Figure 08 : schéma de connexion des composants du véhicule

[69] : Figure 09 : les composants du véhicule .

[70] : Figure 10 : travail du capture IR https://www.tubefr.com/suiveur-de-ligne-sans-microcontroleur_5.html

[71] : Figure 11 : principe de fonctionnement du véhicule https://www.tubefr.com/suiveur-de-ligne-sans-microcontroleur_5.html

[72] : Figure 12 : la réalisation du véhicule