

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur Et de la
Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département : Maintenance Industrielle

Option : Génie Electrique

Spécialité : Automatique



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention
du diplôme master

Thème

Contribution a l'étude d'une commande
d'un actionneur dans un module d'une
plateforme micro-fluidique

Réalisé par :

- **Mlle KOUFI Djamila**
- **Mlle AMROUNI Norimen**

Proposé par :

Mr.N.Derguini

Suivi par :

Mr.S.Fallag

2015-2016

Remerciements

Louange à Dieu le clément, le miséricordieux, qui nous a donné le courage et la Patience de mener à bien ce travail.

*C'est ainsi nous exprimons notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur **Mr Nour eddin.DERGUINI**, pour ses orientations et ses conseils judicieux lors de notre intégration au projet qui nous a trop aidés à maintenir le projet.*

*De même on tient à remercier notre promoteur de l'université **Mr Sid Ali Fellag** a qui nous adressons un hommage particulier pour sa disponibilité, ses remarques et ses suggestions.*

Que les membres du jury trouvent ici l'expression de notre reconnaissance pour avoir accepté de juger notre travail.

*On souhaite spécialement exprimer notre sincère considération et nos profonds remerciements pour notre ami et frère **TONTON RABIE** à qui on doit beaucoup au cours de la réalisation du projet.*

On n'oserai oublier de remercier tout le corps professoral et administratif de la faculté d'ingénieur et surtout les enseignants de génie électrique pour le travail énorme qu'ils effectuent pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études, sans oublier toute l'équipe des agents de sécurité.

Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A mes parents : Mon père, qui peut être fier et trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Ma mère, qui a oeuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de vous.

A la mémoire de mes cher et mes exemplaires dans la vie :

Mon grand-père vava Ahmed, Mon cher enseignant Monsieur BENAÏSSA, et Ma grand-mère 'Mani' votre absence est un vide très profond qu'il me faudra surmonter à tous les jours.

A ma grand-mère Yamafa et ses filles Lila et Bahia

A ma soeur Leticia et mes frères Massi et Samir : vous vous êtes dépensés pour moi sans compter. En reconnaissances de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie

A mes petits Wissem, Mili et Riad, mes plus grande source de bonheur

A ma cher et ma sœur et aussi ma binôme Nina. Que le bon dieu te protège toujours

A mes formidables, mes perles et mes chères Razika et Lydia. vous être ma joie, mes fiertés mes soeurs pour toujours.

A mes amis DIDO et SAÏD

A mes amis Hicham, Mohammed, Ilyes et Bilal. Je vous remercie de votre patience et votre aide toujours

A mes amies Noubia, Amina, Siham, Thinhinane, Kahina et Warda . mes cousines Sabah et Rachida et son fils Arkan et son mari Khaled

A mes oncles, tantes, cousins et cousines affectueuses reconnaissances. Spécialement Nana Fatma et Nana Khira

A ma voisine Nana baya

A mes enseignants de l'école primaire jusqu'à l'université Spécialement madame Hamzaoui, madame Mokhfi et monsieur Kanoun dont les conseils précieux qui m'ont guidée; qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

*A toute la famille Koufi de loin ou de proche
A la famille de ma binôme Tata, Asma, Nafafil, Idriss à qui je souhaite la réussite et Tonton.*

A tous mes connaissances

A mes camarades de la faculté d'ingénieur de l'université de Boumerdes et à leurs familles.

DJAMILA

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers :

Au meilleur père et à ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours, que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux sans formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, puisse dieu, le très haut vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A la mémoire de АҮІ et БАБАЧИКҲ

Ce travail est dédié à ma seconde mère АҮІ et mon deuxième père Babachikhi ; qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études

J'espère que, du dieu qui est leur maintenant ils apprécient cet humble geste comme preuve de reconnaissances de la part de leur fille qui a toujours prié pour le salut de leur âme, puisse dieu tout puissant, les avoir en sa sainte miséricorde

À mes très chère et meilleure frère et sœur au monde idriss, asma et anfal, que dieu vous garde pour moi

À ma très chère jiji avec qui j'ai vécu une vie incroyablement merveilleuse, tu es la meilleur amie que j'ai au monde, que dieu te protégé et te garde pour moi.

À mon très cher DIDO

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, le respect, et la reconnaissance, merci pour ton grand Cœur et ton sense de l'humour, toutes tes qualités qui seraient trop longues à énuméré. ma vie ne serait pas aussi magique sans ta présence et ton amour

À tous mes amis avec qui j'ai partagé des moments inoubliables et surtout TITI, NADIR, OUSSAMA et TADJO.

Norimen

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Notation

Introduction Générale

Chapitre I. Etat de l’art de la plateforme micro-fluidique

I.1.Introduction.....	3
I.2.Microsystème.....	3
I.1.1. Définition	3
I.2 .2 .Production des MEMS	3
I.2.3. Principe de fabrication des micros systèmes.....	3
I.2.4.Domain d’application.....	4
I.3.Micro fluidique	5
I.3.1.Définition	5
I.3.2.Développement de la micro fluidique	5
I.4.la plateforme micro fluidique.....	6
I.4.1.Définition	6
I.4.2.Micros canaux	6
I.4.2.1.Définition.....	6
I.4.2.2.Fabrication des micros canaux	7
I.5.Les concepts physiques de la Micro fluidique.....	7
I.5.1. Les effets électrocinétiques	8
I.5.2.L’utilisation	8
I.6.Problématiques.....	8
I.6.1.Introduction	8
I.6.2.Problème.....	8
I.6.3.Solution	9
I.6.4.L’objectif du projet.....	9
I.6.5.Champ d'application.....	10
I.7.Conclusion	10
II.1. Introduction:	11

Chapitre II Etude conceptuelle du dispositif de contrôle

II.2. Chaîne synoptique du dispositif de commande électronique	11
II.3. Etude de l'alimentation.....	12
II.3.1. Transformateur.....	12
II.3.1.1. Définition	12
II.3.1.2. Description	13
II.3.2. Le Redresseur.....	13
II.3.2.1. Définition	13
II.3.2.2. Fonctionnement de redresseur.....	13
II.3.3. Filtrage	14
II.3.3.1. Définition	14
II.3.3.2. Fonctionnement de filtrage.....	14
II.3.4. Régulateur	14
II.4. Carte Arduino	15
II.4.1. Définition d'Arduino	15
II.4.2. gammes de la carte Arduino	15
II.4.3. choix de l'Arduino UNO	16
II.4.4. La constitution de la carte Arduino UNO	17
II.4.4.1. Partie expérimentale	17
II.4.4.2. Partie programme	20
II.4.5. Architecture interne d'Arduino UNO	20
II.5. Motorisation.....	21
II.5.1. Moteur à courant continu	21
II.5.1.1. Description du moteur C.C.....	22
II.5.1.2. fonctionnement.....	22
II.5.1.3. le moteur.....	22
II.6. L'afficheur LCD.....	23
II.6.1. Définition LCD	23
II.6.2. LCD 16 x 2.....	23
II.6.3. Caractéristique de l'afficheur.....	24
II.6.4. Le différent branchement des branches de LCD 16 x 2.....	25
Chapitre III Commande de prototype	
II.7. Conclusion	25

III.1.Introduction	26
III.2.Principe de variation de vitesse d'un moteur à courant continu.....	26
III.2.1.PMW : Pulse Width Modulation (Modalisation en largeur d'Impulsions) :	26
III.2.1.1. Définition :	26
III.2.1.2.Rapport cyclique :	27
III.2.1.3.commande du moteur par PWM :	27
III.2.2.Capteur à effet de hall.....	28
III.2.2.1. Définition	28
III.2.2.2.Principe de fonctionnement	28
III.2.2.3.L'utilisation.....	29
III.2.3. Le clavier	29
III.2.3.1.Définition du clavier analogique.....	29
III.2.3.2.Les intervalles de clavier.....	30
III.2.3.3.Fonctionnement de clavier	31
III.3.Commande la rotation d'un moteur	31
III.3.1.Le pont H :	31
III.3.1.1.Le circuit L298D :	31
III.3.1.2.Diodes anti retour.....	32
III.3.1.3. Table de vérité.....	32
III.3.2.Capteur de température LM35.....	33
III.3.2.1.Definition	33
III.3.2.2.L'initialisation générale pour le capteur analogique.....	33
III.3.2.3.La lecture de la température.....	33
III.4.Manipulation de la seringue	34
III.4.1.Définition.....	34
III.4.2.Fonctionnement	34
III.5.Logiciels utilisés.....	34
III.5.1.Arduino IDE	34
III.5.2.Le logiciel de simulation proteus.....	35
III.5.2.1.Le proteus.....	35
III.5.2.2.Presentation de ISIS	36
III.5.2.3.Présentation de ARES	36
III.5.3.4.Présentation EaGle (Easily Applicable GraphicalLayout Editor)	36

III.6.l'oigranigramme général du programme D'Arduino	37
III.7.Schéma de projet :	38
III.8.Conclusion.....	38

Chapitre IV Programmation et réalisation

IV.1. Introduction	40
IV.2. Les étapes de la réalisation.....	40
IV.2.1.Simulation avec proteus	40
IV.2.2.Simulation par Eagl	41
III.2.3.Impression	42
IV.2.4.Insoleuse UV	42
IV.2.5.Révélation.....	43
IV.2.6.Perchlorure de fer	43
IV.2.7.Démonstration de perçage	44
IV.2.8.Placement des composants	44
IV.2.8.1.A l'intérieur du boîtier	44
IV.2.8.2.A l'extérieur de boîtier.....	46
IV.2.9.Placement de la seringue	46
IV.2.10.Programmation	47
IV.3.Le coût de projet	47
IV.4. Conclusion	48
Conclusion Générale	49

Bibliographie

Annexe A

Annexe B

Liste des figures

Chapitre I Etat de l'art de la plateforme micro-fluidique

Figure (I.1) : L'organigramme des étapes technologiques de fabrication des microsystèmes.	4
Figure(I.2) : L'échelle submillimétrique [22]	5
Figure (I.3) : Une plateforme micro fluidique.....	6
Figure(I.4) : photo d'objectif du projet.....	9

Chapitre II Etude conceptuelle du dispositif de contrôle

Figure(II.1) :Chaîne synoptique du dispositif de la commande	11
Figure (II .2) Diagramme de passage d'alimentation.....	12
Figure (II.3) Transformateur monophasé	13
Figure (II.4) : Le redressement du signale alternatif, (a) Alternance positive (b) Alternance négative.	14
Figure(II.5) : Le circuit et le signal de filtrage.....	14
Figure (II .6) : Circuit de branchement des régulateurs	15
Figure (II.7) : photo de la carte arduino.....	17
Figure(II.8) : photo Microcontrôleur AT-Mega328.....	18
Figure (II.9) :Structure interne de la carte arduino.....	21
Figure (II.10) : La structure d'un moteur C.C.....	22
Figure (II.11) : Photo Moteur CC JEI	23
Figure (II.12) : L'afficheur LCD 16*2	24

Chapitre III Commande de prototype

Figure(III.1) : Graphe d'une MLI	27
Figure(III.2) : Graphe de Rapport cyclique.....	27
Figure (III.3) : La commande d'un moteur avec PWM	28
Figure(III.4) : L'emplacement de capteur à effet hall	29
Figure(III.5) : Le clavier analogique avec bouton poussoir	30
Figure(III.6) : Les deux sens de rotation d'un moteur	31
Figure (III.7) : Circuit intégré de L298D	32
Figure(III.8) : Logiciel Arduino IDE	35
Figure(III.9) :Logiciel proteus Versiob 8.1	36

Liste de figure

Figure (III .10) : Logiciel Eagl Version.5	37
La figure(III.11) : L’organigramme général de la commande de la vitesse et la température. 38	
Figure(III.12) : schéma électronique de simulation	39

Chapitre IV Programmation et réalisation

Figure(IV.1) : Le schéma électrique de simulation.....	41
Figure (IV.2) : Schéma de circuit de commande dans Eagle.	41
Figure (IV.3) :Schéma de PCB	42
Figure (IV.4) :Circuit de commande sur le papier transparent.....	42
Figure (IV.5) : Carte de la commande sur le typon.....	43
Figure (IV.6) : La mini perceuse	44
Figure(IV.7) : Le boîtier du projet et leurs différentes parties	45
Figure (IV.8) : La carte de commande de puissance.....	45
Figure(IV.9) : Boîtier final	46
Figure (IV.10). La seringue avec le système mécanique	47

Liste des tableaux

Chapitre II : Etude conceptuelle du dispositif de contrôle

Tableau(II.1) : branchement des pins 26

Chapitre III : commande de prototype

Tableau(III.1) : les tensions correspondant à chaque bouton poussoir 30

Tableau(III.2) : les cas de fonctionnement des transistors 32

Notation

MEMS: Micro Electro Mechanical Systems.

MST : Micro système Technologie.

MMT : Micro Machining Technology.

UV : Ultra-violet.

CDTA : Centre de Développement des Technologie Avancées.

C.C : Courant Continu

LCD : liquide Crystal Display.

LM35 : Capteur de température.

L298D : le pont H.

PWM : Pulse Width Modulation.

HEX : hexadécimale.

IDE: Integrated Drive Electronics.

SPI : Interface Série Périphérique.

UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter ; un émetteur-récepteur asynchrone universel.

TTL: Transistor-Transistor Logic.

EAGLE: Easily Applicable Graphics Layout Editor.

PCB : *printed circuit board*.

PC : personal computer.

DRL : diode de roue libre.

E/S : entrée / sortie.

LED : Light Emitter diode.

SRAM : Static Random Access Memory

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

DDRAM : Display Data RAM

RAM : Random Access Memorie.

CGRAM : Character Generator RAM.

INTRODUCTION
GENERAL

Introduction Générale

L'étude sera consacrée pour le développement d'un système micro-fluidique à débit contrôlé, en tenant compte de la température du fluide circulant dans le micro-canal. Avec ce point de vue à l'esprit, la conception d'un mécanisme qui aiderait l'exécution des tâches physiques, Plus précisément, le développement d'un système pour contrôler via un actionneur dont la commande implémenté dans la carte Arduino, est couplée à un capteur de température.

Dans le contexte de contrôle de débit dédié La micro fluidique est un domaine multidisciplinaire coupant l'ingénierie, la physique, la chimie, la biochimie, la nanotechnologie et la biotechnologie, avec des applications pratiques à la conception de systèmes dans lesquels de petits volumes de fluides seront traités. Elle traite avec le comportement, un contrôle précis et la manipulation des fluides qui sont géométriquement limitée à une petite échelle submillimétrique. Les fluides sont déplacés, mélangés, séparés ou autrement travaillées. D'autre part les dispositifs micro fluidiques sont devenus des axes de recherche intéressante pour leur capacité à créer un haut débit d'analyse chimique et d'autres fonctions. Un tel dispositif utilise le débit pour déplacer les supports d'écoulement à travers la seringue. Les dispositifs micro fluidiques conduisent le débit, ces derniers sont importants dans certaines applications. Ils peuvent être utilisés dans des études telles que la spectroscopie d'impédance pour mesurer la phase et l'ampleur des changements en micro fluidique où le contrôle du débit est important. A la plateforme micro fluidique, on a envisagé d'aller ver éventuelle étude, conception et réalisation d'un système comportant une seringue et un moteur C.C, permet la commande de manipulation de la seringue. Cette partie de commander lié au contrôle, à la synchronisation des taches et bon fonctionnement du système, nous a été confié, et fait l'objet de ce projet qui rentre dans le cadre des activités de développement relatif à l'ingénieur des systèmes mécanique et autres...

Pour mener à bien le travail demander, la prise en considération des contraintes suivantes est indispensable :

- Le contrôle de débit injecter ou prélever par la seringue.
- La vitesse doit être contrôlée.
- La température doit être contrôlée.

Introduction Générale

- Le système de contrôle doit être évolutif.
- L'affichage en temps réel des données (vitesse et température).
- La synchronisation des tâches à réaliser.

Afin de reprendre aux objectifs et ou besoin exigé dans le cahier de charge, nous avons bien cerné la problématique donnée et organisé notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre passe en revue l'état de l'art de la plateforme micro fluidique.

Le deuxième chapitre consiste à proposer une étude conceptuelle de système de contrôle et de synchronisation des tâches du système.

Le troisième chapitre présente la commande de prototype qui comporte les différents composants de commande.

Le quatrième chapitre est consacré à la réalisation de la partie commande et le passage vers la phase de test de fonctionnement et l'exploitation des résultats.

Finalement la conclusion général fait la synthèse de cette étude et revient sur les résultats obtenus.

CHAPITRE I

*ETAT DE L'ART DE
PLATEFORME*

I.1.Introduction

Dans ce premier chapitre, afin de replacer notre travail dans un contexte en plein expansion, nous présentons un état de l'art portant sur les microsystèmes et ses applications dans les différents domaines. Nous mettrons d'abord l'accent sur les MEMS dans un contexte général, et la micro fluidique dans un contexte plus précis, ensuite nous citerons les différentes technologies utilisées pour la réalisation d'une plateforme micro fluidique.

A la fin de ce chapitre, nous exposerons la problématique et les solutions proposées afin de réaliser notre système de commande.

I.2.Microsystème

I.1.1. Définition

Un microsystème est avant tout un "système" : il est conçu pour assurer un certain nombre de fonctions telles que perception de l'environnement, analyse et Traitement des données recueillies, prise de décision, communication avec le monde extérieur, ou action sur l'environnement. Il est "micro" par sa dimension technologique importante. [1]

Ce concept est défini de différentes manières. En Europe, le (micro système Technologie) 'MST' est un dispositif miniaturisé avec capteurs et/ou actionneurs, doté d'une électronique pour le traitement d'information. Au japon (Micro Machining Technology) 'MMT' est défini comme un dispositif réalisant des tâches complexe à l'échelle microscopique. Aux Etats-Unis (Micro Electro Mechanical Systems) 'MEMS' désigne des systèmes miniaturisé fabriqué en technologie microélectronique. [2]

I.2 .2 .Production des MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

Les étapes de fabrication des technologies MEMS sont calquées sur celle de la production des circuits intégrés et s'appuient sur les procédés de photolithographie (insolation UV de résine photosensible). Des procédés de gravure et de structuration du silicium (substrat) ont été développés afin d'intégrer des fonctions mécaniques à des fonctions électriques. [3]

I.2.3. Principe de fabrication des micros systèmes

Le principe de fabrication repose sur une série d'étape technologique.la réalisation de structures sur ou dans substrat passe par le dépôt de couches minces qui vont servir soit de

masque de gravure ou de structures de base de type poutres, ponts, membranes.....etc .le diagramme ci-dessous présente les différents étapes de fabrication.

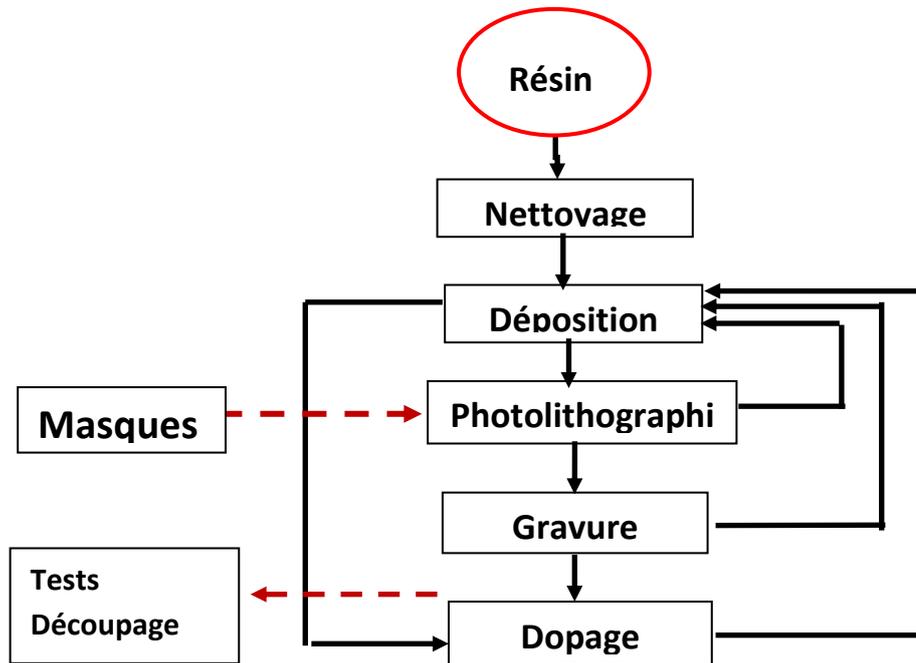


Figure (I.1) :L'organigramme des étapes technologiques de fabrication des microsystèmes.

I.2.4.Domains d'applications

Le développement des microsystèmes a connu une involution de jour à autre c'est pour cela on les trouve dans les différents domaines citant quelques exemples d'application :

- les injecteurs pour imprimantes à jet d'encre ;
- les matrices de micro-miroirs qui définissent les pixels de certains modèles de vidéoprojecteurs ou les micro-miroirs analogiques ;
- la première projection cinéma numérique publique d'Europe (2000) réalisée par Philippe Binant reposait sur l'utilisation d'un MEMS optique ;
- les MEMS inertiels, comme les accéléromètres et les gyroscopes, destinés à des domaines divers tels que l'automobile ou plus récemment le jeu vidéo, comme la manette à détection de mouvement des console de jeu ou des smart phones ;
- les vannes de contrôle micro fluidiques ;
- les micro-relais, le plus souvent à actionnement capacitif;
- les émetteurs/récepteurs acoustiques (piézoélectriques) ;
- les capteurs de pression ;

- les filtres électromécaniques, qui isolent une fréquence du signal d'entrée en utilisant la résonance d'un système masse-ressort.
- les commutateurs électro-holographiques utilisés en télécommunication optique pour isoler les longueurs d'ondes, pour le démultiplexage fréquentiel.
- les micros pinces

Pour notre projet on s'intéresse à l'application dans le domaine de la Micro- fluide

I.3.Micro fluidique

I.3.1.Définition

La micro fluidique, ou l'art de manipuler des petits volumes à l'échelle micrométrique, peut être définie comme la science étudiant le transport des fluides de l'échelle de quelques microns à quelques centaines de microns.

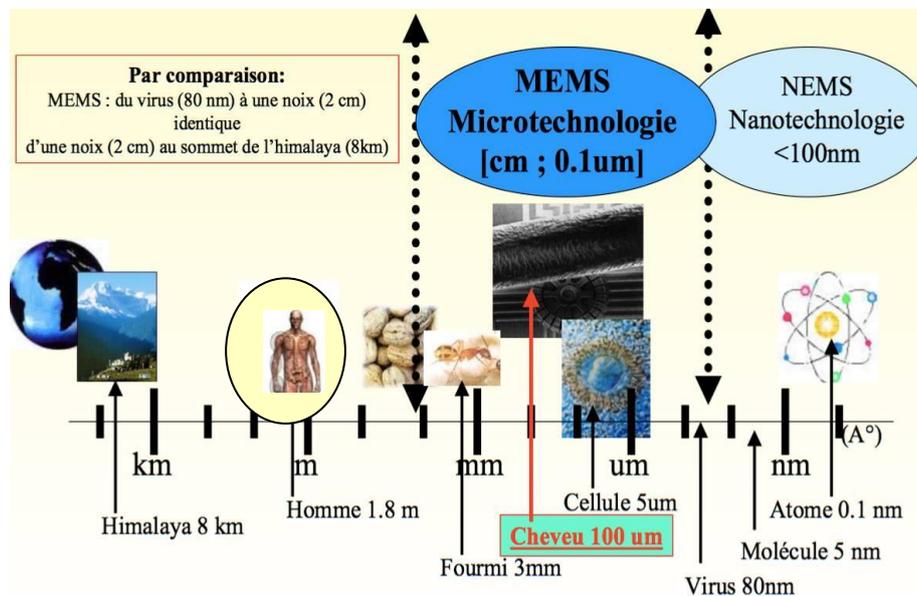


Figure (I.2) : L'échelle submillimétrique [22]

I.3.2.Développement de la micro fluidique

La micro fluidique traite la conception et le développement de dispositifs miniatures qui peuvent détecter, pompé, mélangé, surveillé et contrôlé les petits volumes de fluides. Les Systèmes micro fluidiques ont des applications potentielles diverses et répandues.

Quelques exemples de systèmes et processus qui pourraient employer cette technologie comprennent des imprimantes à jet d'encre, l'équipement de cellules sanguines de séparation, des analyses biochimiques, la synthèse chimique, l'analyse génétique, le dépistage des drogues, la chromatographie électro, micro-usinage de surface, ablation laser, et micro

fraisage mécanique. Sans surprise, l'industrie médicale a montré un vif intérêt dans la technologie micro fluidique.

I.4.1a plateforme micro fluidique

I.4.1.Définition

C'est une puce à film collé personnalisée est fabriquée en tant que plaque micro-filtre moulée monolithique ayant une transparence optique, elle combine des macrostructures, des microstructures de haute précision et des structures filtrantes pour parvenir à l'ultra-sensibilité du système Evaluation. La plateforme est composée des canaux pour la circulation du fluide à l'échelle micro.la figure ci-dessous présente une plateforme sous microscope

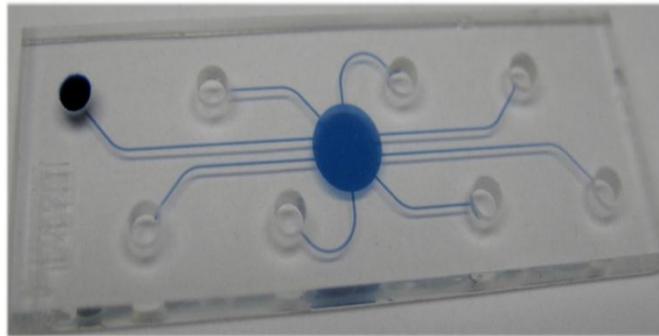


Figure (I.3) : Une plateforme micro fluidique

I.4.2.Micros canaux

I.4.2.1.Définition

Dans le domaine de la micro-fluidique, les structures les plus essentielles dans les systèmes sont les micro-canaux Leurs intérêts et leurs différentes applications sont diverses comme pour des colonnes de séparation pour différents types de chromatographie. Ces micro-canaux sont réalisés soit sur des substrats dits « durs » comme le silicium et le verre, soit sur des substrats dits « mous » comme les polymères : PDMS (Poly Di-MéthyleSiloxane), PC (Poly Carbonate) ou PMMA (poly méthacrylate de méthyle) par plusieurs techniques de micro-fabrication : micro-usinage [4], collage (bonding) [5] ou d'autres techniques basées sur des phénomènes physiques comme la migration des atomes. Associés avec des micros capteurs, ils permettent de réaliser des « labs on chip » pour l'analyse biomédicale.

I.4.2.2.Fabrication des micros canaux

Le procédé de fabrication utilisé dans cette étude comporte cinq étapes :

➤ **La première étape** : consiste à déposer une couche sacrificielle d'oxyde de silicium SiO_x par pulvérisation cathodique radiofréquence sur un wafer de silicium. Lorsque la vitesse de gravure d'oxyde de silicium augmente et la pression de dépôt augmente. Cela s'explique par le fait que l'oxyde de silicium devient moins dense lorsque la pression de dépôt augmente.

➤ **La deuxième étape** : consiste à déposer une couche du nitrure de silicium d'épaisseur 100 nm par LPCVD (Low Pressure Chemical Vapour Deposition) à 600°C en présence de silane (SiH_4) comme source de silicium et l'ammoniac (NH_3) comme source d'azote. Cette couche joue un rôle de protection pour la couche du dessous. En l'occurrence, cette couche doit avoir une bonne tenue mécanique pour permettre la création du canal lors de gravure l'oxyde de silicium.

➤ **La troisième étape** : consiste à créer des ouvertures sur la couche du nitrure de silicium par photolithographie et gravure R.I.E (Reactive Ion Etching). La quatrième étape est la gravure de la couche sacrificielle, soit l'oxyde de silicium, dans une solution d'HF à 2%. La largeur des canaux dépend du temps de gravure.

➤ **La dernière étape** : consiste à reboucher les ouvertures. Dans ce travail différents matériaux de rebouchage comme l'aluminium déposé par évaporation thermique et le nitrure de silicium déposé par PECVD (plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) à 150°C en mélangeant le silane [6].

I.5. Les concepts physiques de la Micro fluidique

Les physiciens ont caractérisé les propriétés qui vont régissent la micro fluidique :

- **La laminarité**

La petite taille des canaux supprime les instabilités d'écoulements omniprésents dans les systèmes de taille « ordinaire ».

- **La capillarité**

Dans le « petit monde » les fluides sont assujettis aux forces capillaires.

- **La mouillabilité**

Le comportement des fluides sur une surface dépend énormément de son caractère hydrophile/hydrophobe.

- **La conduction de la chaleur**

Les systèmes micro fluidiques évacuent très efficacement la chaleur. L'homogénéisation de la température est aussi très bien réalisée [21].

I.5.1. Les effets électrocinétiques

Comme le champ électrique créé par l'application d'une tension est inversement proportionnel à la distance inter électrodes, il augmente fortement lorsque cette distance diminue [21].

I.5.2.L'utilisation

En utilisant ces cinq grands concepts, on peut créer tous les systèmes micro fluidiques imaginables et aboutir ainsi à tout un éventail d'applications utilisées pour la recherche dans des domaines aussi différents que la chimie, la santé ou la production d'énergie, commercialisées ou en passe de l'être

I.6.Problématiques

I.6.1.Introduction

Notre projet, il est visé l'implémentation via la carte Arduino, la commande d'un actionneur dans une plateforme micro-fluidique.

Ce projet rentre dans le cadre des activités de soutien technique aux projets de recherche de la division Microélectronique du centre de Développement des Technologie Avancées.

Le CDTA est un Etablissement public à caractère scientifique et Technologique sous tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique. Par sa vocation, CDTA contribue au développement socio-économique de pays en effectuant des travaux de recherche scientifique et de développement technologique, de valorisation des compétences et des produits et résultats de la recherche, ainsi que de formation par la recherche, dans différents domaines des technologies avancées.

I.6.2.Problème

La plateforme micro fluidique est composée des micros canaux et des trous dont lesquels on peut injecter le fluide nécessaire, mais les problèmes qui se posent sont comme suite:

- Connaitre comment contrôler le volume de débit à injecter dans les micros canaux.

- Un contrôle précis du micro actionneur est l'élément clé pour assurer le débit homogène de fluide à l'intérieur du canal.
- Assurer des débits différents qui seront disponibles dans le même appareil. ceci nécessite une mise au point d'une unité de commande.

I.6.3.Solution proposé

La figure I.6 montre la conception globale de remplissage des micros canaux avec un débit précis de fluide qui constitue la plateforme micro fluidique. Il existe différentes méthodes de contrôle de débit à injecter ou à prélever. Dans notre cas on s'intéresse à la partie commande avec une proposition d'une solution technique permettant de contrôler le débit qui traverse les micros canaux.

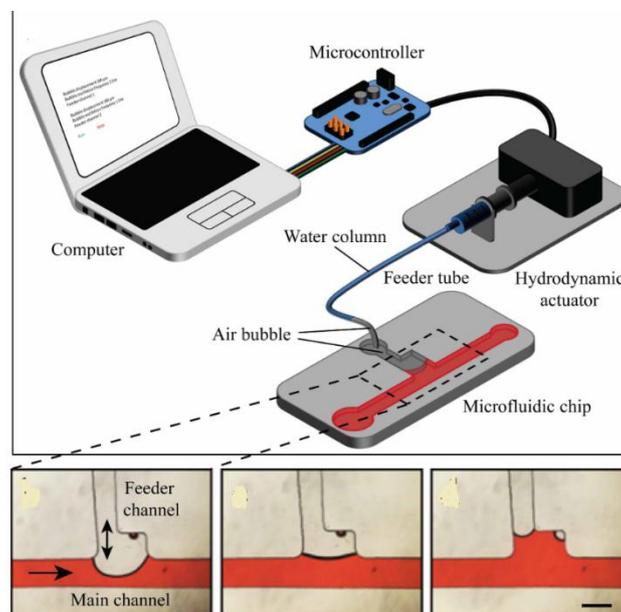


Figure (I.4) : photo d'objectif du projet

I.6.4.L'objectif du projet

Les objectifs du projet sont les suivants:

- contrôler le débit à injecter dans les micros canaux avec une seringue via un microcontrôleur (Arduino).
- concevoir et implémenté une unité de commande avec une interface dans le système, afin de permettre le contrôle des débits multiples.

I.6.5.Champ d'application

En outre, la réalisation d'un circuit électronique avec moins de composants.

Intégrer l'unité de commande afin de contrôler le débit multiple et d'offrir de petits volumes de fluide.

Étant donné que la quasi-totalité des réactions biochimiques et des mécanismes biologiques se passent en solution aqueuse, toute technologie (nano ou non) liée à la biologie comportera une part importante de "fluidique", c'est-à-dire de manipulation de fluides, et d'opérations sur ces fluides telles que mélange, séparation, contrôle de la température, mise en mouvement...

Dans le cadre des nano biotechnologies, les chercheurs travailleront souvent dans des structures de faibles dimensions, par exemple des capillaires de l'ordre de la centaine de microns ou moins. Ceci caractérise la micro fluidique [22].

I.7.Conclusion

La micro fluidique, qui est au cœur de cette évolution, offre aujourd'hui un large panel de techniques, de matériaux et d'outils permettant la miniaturisation de nombreuses méthodes d'analyse.

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence les différentes parties constituant un microsysteme et plus précisément les plateformes micro fluidique, partant du principe de fabrication, passant par les micros canaux et arrivant enfin à l'injection de fluide.

CHAPITRE II

Etude conceptuelle du dispositif de contrôle

II.1. Introduction:

Afin de mener à bien la conception de notre projet et réussir sa réalisation nous allons introduire et définir toutes les parties de contrôle de notre actionneur. Ces parties doivent être adaptées à notre commande. Elles visent à répondre aux besoins et aux exigences du cahier de charge dont les fonctions de service à assurer, se résument :

- Manipulation d'une seringue suivant le sens de rotation d'un moteur à C.C.
- Contrôle d'un débit de fluide dû à la variation de la vitesse.
- L'affichage des résultats.

II.2. Chaîne synoptique du dispositif de commande électronique

La figure II .1 représente le concept architectural du dispositif de commande de la vitesse et le sens de rotation du moteur à courant continu.

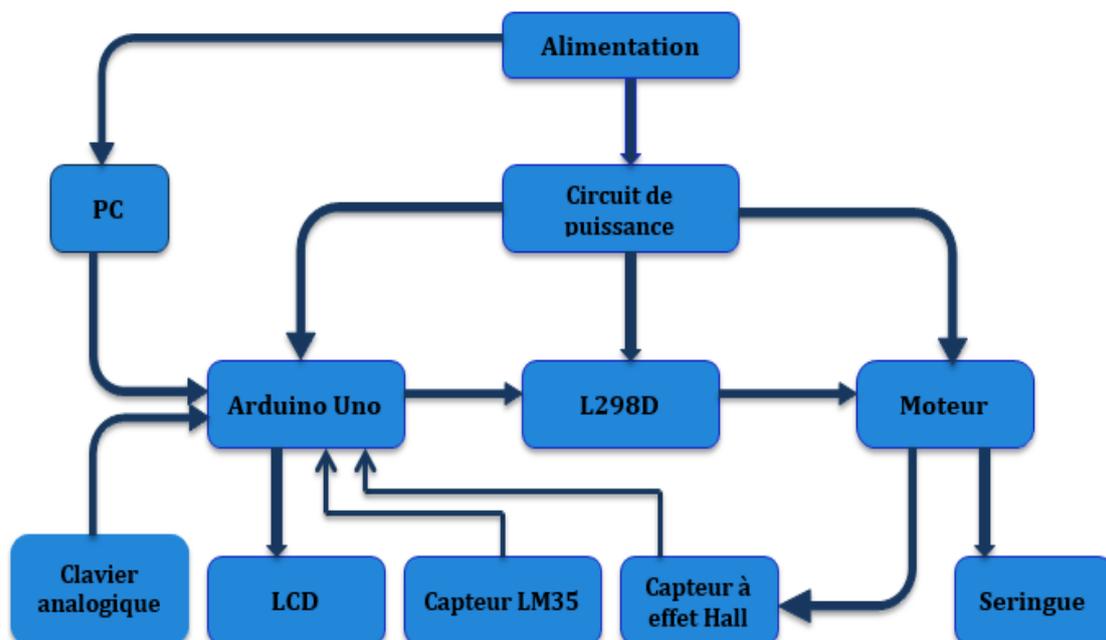


Figure (II.1) : Chaîne synoptique du dispositif de la commande

Ce schéma synoptique est constitué de plusieurs blocs:

1. L'alimentation: alimente l'ordinateur et le circuit de puissance.

2. Le circuit de puissance: alimente les différents organes de la commande
3. La carte de puissance (L298D): assure la commande du moteur- sens de rotation.
4. Le Moteur (actionneur): exécute les commandes.
5. LCD: sert à afficher les données (issues de l'arduino) (la température et le sens de rotation).
6. Les capteurs: LM35- Capteur de température pour commander la rotation du moteur , capteur à effet hall détecte la vitesse de moteur
7. Clavier: outil qui permet de saisir nos données.
8. L'ordinateur: via un moyen graphique qui grâce a un langage de programmation permet de programmer et d'envoyer le programme à la carte Arduino où il sera exécuté.
9. Une seringue qui donne un débit de fluide pour la plateforme micro-fluidique.

II.3. Etude de l'alimentation

Dans notre travail nous aviez besoin d'une source continue de 12 et 5 v. Pour nous le disponible était une source de tension de 220 v en alternatif, ce qui nous a posé un problème. Pour passer du courant alternatif vers le courant continu, pour cela on a utilisé un transformateur monophasé pour abaisser la tension à 12 v alternative, puis nous avons utilisé un redresseur pour éliminer les alternances négatives, plus un circuit filtrage - lissage et à la fin on a obtenu une tension continue réglable a l'aide de 02 régulateurs (voir ci-dessous) .

Les étapes réalisées sont montrées par le schéma suivant :



Figure (II .2) : Diagramme de passage d'alimentation

La description des éléments constituant l'alimentation est comme suit :

II.3.1. Transformateur

II.3.1.1. Définition

Le transformateur électrique est une machine électrique statique, permettant de modifier les valeurs de tension et d'intensité du courant délivré par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension et de courant de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.

II.3.1.2. Description

Un transformateur (Figure II.2) comprend deux bobines différentes couplées par un cadre magnétique fermé. Il comporte un circuit primaire et un circuit secondaire. Le circuit primaire correspond à la bobine alimentée par la tension que l'on veut modifier.

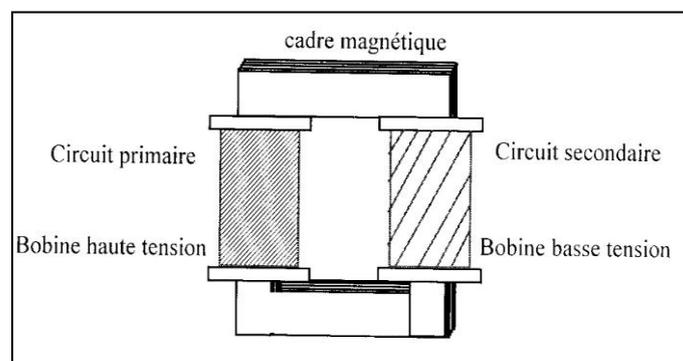


Figure (II.3) : Transformateur monophasé

Le cadre magnétique sert à canaliser et à transmettre le champ magnétique créé par la première bobine à celle du secondaire. Il apparaît alors dans la seconde bobine un courant électrique induit.

II.3.2. Le Redresseur

II.3.2.1. Définition

Le Redresseur utilisé dans notre montage est un circuit électrique qui se compose de plusieurs diodes qui transforment les alternances négatives aux alternances positives.

II.3.2.2. Fonctionnement de Redresseur

La tension alternative qui alimente le pont de Grutez a deux alternances ; une positive et l'autre négative. Lorsque l'alternance positive passe dans le pont de Grutez , les deux diodes qu'elle polarise indirectement seront bloquées et deux autres seront passantes alors la tension de sortie $U_s = U_e$, la tension d'entrée.

C'est où l'alternance négative se met au borne de pont de Grutez les deux diodes qu'elle polarise indirectement seront passantes et la tension de sortie $U_s = -U_e$, la tension d'entrée et les deux autres diodes seront bloquées.

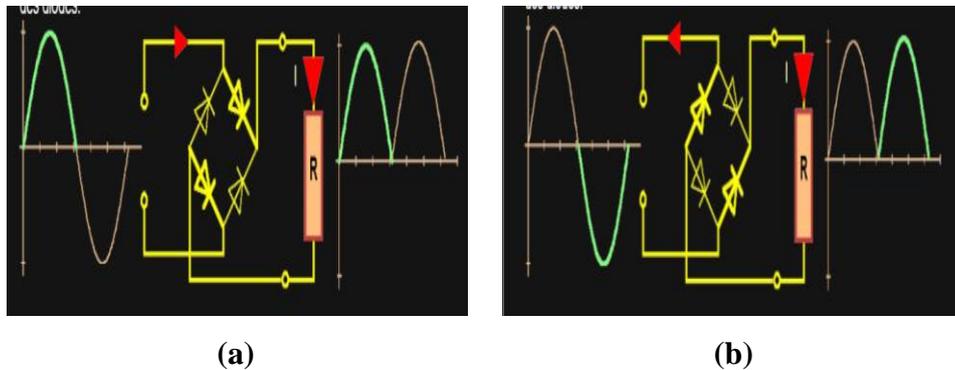


Figure (II.4) : Le redressement du signal alternatif, **(a)** Alternance positive **(b)** Alternance négative.

II.3.3.Filtrage

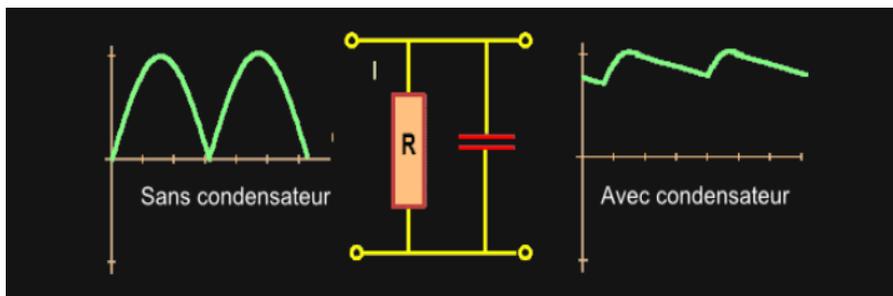
II.3.3.1.Définition

C'est un circuit électrique qui se compose d'un condensateur et une résistance mettent en parallèle avec redresseur.

II.3.3.2.Fonctionnement de filtrage

Après les étapes précédentes on avait une tension qui garde toujours la même polarité, mais elle varie beaucoup. En ajoutant un condensateur en parallèle avec notre résistance de charge permettra d'atténuer cette oscillation.

Le condensateur se charge lorsque la tension d'entrée est grande et, lorsqu'elle est faible, il se décharge lentement.



Figure(II.5) : Le circuit et le signal de filtrage

II.3.4.Régulateur

A la fin, on a utilisé un régulateur de tension, élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour notre montage électronique car on a besoin d'une tension qui ne fluctue pas. Pour l'appliquer dans les différents blocs qu'on a, on a besoin d'une tension $V1=5V$ qui alimente le LCD, le capteur de température, le capteur à effet hall et le circuit de puissance L298D, et une tension $V2=12V$ qui alimente le moteur à courant continu. La figure ci-dessous montre le circuit de régulation avec les différentes tensions qu'on a.

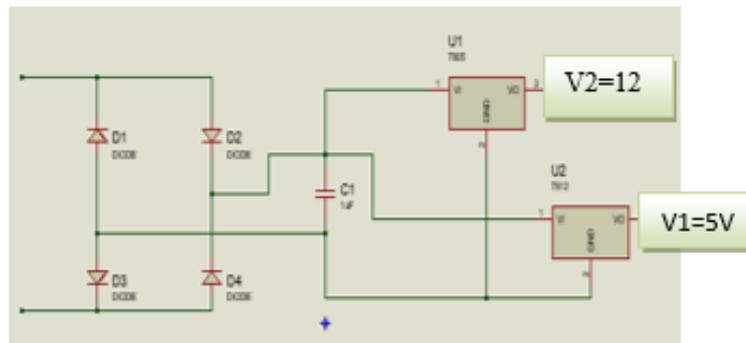


Figure (II .6) : Circuit de branchement des régulateurs

Dans ce circuit on utilise des régulateurs de type 78XX .C'est un circuit intégré, composé d'une diode de Zener et un transistor de tension, qui nous donne une tension de sortie fixe quel que soit la tension d'entrée.

II.4.Carte Arduino

Dans notre projet nous visons de commander la vitesse et le sens de rotation du moteur à courant continu par une carte de circuit imprimé supportant un microcontrôleur appelé **Arduino**.

II.4.1.Définition d'Arduino

Arduino est un circuit imprimé qualifié d'open-source, sur l'arduino se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.si on branche des capteurs, le programme de l'arduino traite les informations données par le capteur et déclenche des actions.

Il peut être utilisé pour effectuer des tâches très diverses comme la charge de batterie, la domotique, le pilotage d'un moteur électriqueetc.

II.4.2. Gammes de la carte Arduino

De nos jours, il existe plus de 20 versions de module Arduino, nous citons quelques-uns afin de montrer l'évolution de ces cartes.

- Le NG d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un ATmega8.
- L'extrémité d'Arduino, avec une interface d'USB pour programmer et usage d'un Microcontrôleur ATmega8.
- L'Arduino Mini, une version miniature de l'Arduino en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Bluetooth, avec une interface de Bluetooth pour Programmer en utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Mega, en utilisant un microcontrôleur ATmega1280 pour I/O additionnel et mémoire.
- L'ArduinoUNO, utilisations Microcontrôleur ATmega328.
- L'Arduino Leonardo, avec un morceau ATmega328 qui élimine le besoin de raccordement d'USB et peut être employé comme clavier.
- L'Arduino Mega2560, utilisations un Microcontrôleur ATmega2560,et possède toute la mémoire à 256 KBS. Elle incorpore également le nouvel ATmega8U2 .

II.4.3. choix de l'Arduino UNO

Parmi ces types, nous avons choisi une carte Arduino UNO. L'intérêt principal de cette carte est de faciliter la mise en œuvre d'une telle commande qui sera détaillée par la suite. L'Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source comme interface de programmation. L'injection du programme déjà converti par l'environnement sous forme d'un code « HEX » dans la mémoire du microcontrôleur se fait d'une façon très simple par la liaison USB. Cette carte est basée sur un microcontrôleur ATmega 328 et des composants complémentaires. La carte Arduino contient une mémoire morte de 1 kilo. Elle est dotée de 14 entrées/sorties digitales (dont 6 peuvent être utilisées en tant que sortie PWM), 6 entrées analogiques et un cristal à 16 MHz, une connexion USB et possède un bouton de remise à zéro et une prise jack d'alimentation. [8] La carte est illustrée dans la figure ci-dessous.

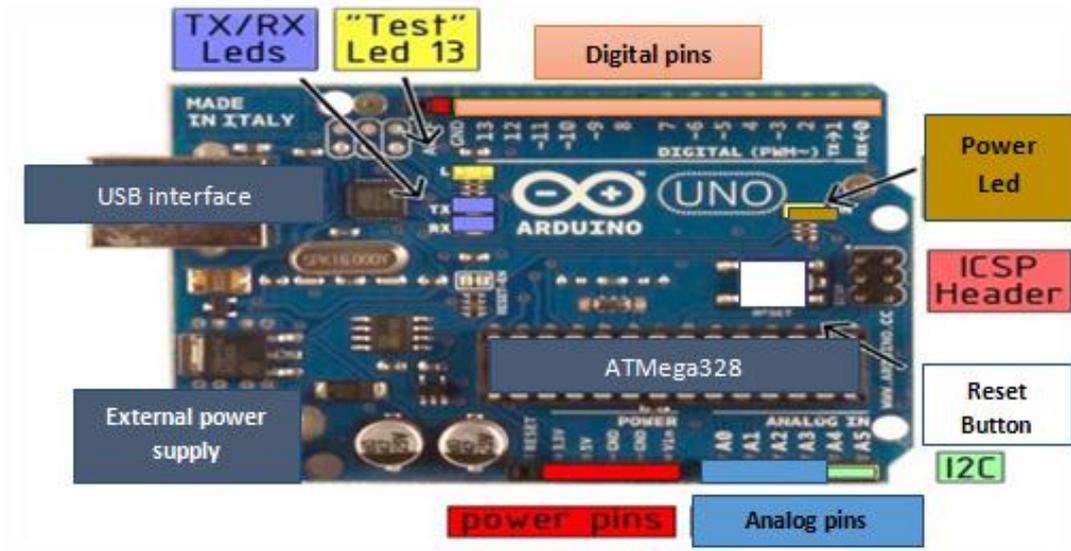


Figure (II.7) : photo de la carte arduino

Les avantages de la carte Arduino UNO sont comme suit:

- **Le prix (réduit):** les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino c'est arduino uno.
- **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.

II.4.4.La constitution de la carte Arduino UNO

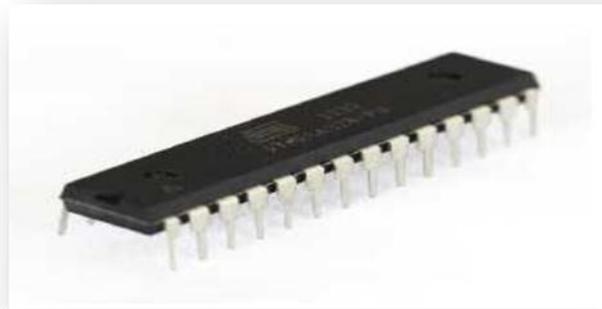
Un module Arduino est généralement construit autour d'un microcontrôleur ATMEL AVR, et de composants complémentaires qui facilitent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque module possède au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz 16 MHz . Le microcontrôleur est préprogrammé avec un boot loader de façon à ce qu'un programmeur ne soit pas nécessaire.

II.4.4.1.Partie expérimentale

II.4.4.1.1.Microcontrôleur

Un microcontrôleur ATmega328 est un circuit intégré qui rassemble sur une puce plusieurs éléments complexes dans un espace réduit.

Aujourd'hui, en soudant un grand nombre de composants , tels que les transistors, les résistances et les condensateurs tout peut loger dans un petit boîtier en plastique noir muni d'un certain nombre de broches. La figure (II .8) montre un microcontrôleur ATmega 328 .



Figure(II.8) : Photo du Microcontrôleur AT-Mega328.

Le microcontrôleur ATmega328 est constitué par un ensemble des broches. Certaines de ces broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation. Il est en fait constitué des mêmes éléments que sur la carte mère d'un ordinateur. Globalement, l'architecture interne de cette carte UNO se compose essentiellement par :

- **La mémoire Flash:** Elle est de 32 ko dont 0,5 ko sont utilisés pour le *bootloader*, son programme de démarrage. Cette mémoire est l'équivalent du disque dur pour l'ordinateur. C'est la place que nous avons pour stocker le programme.
- **SRAM:** Équivalent à la mémoire RAM, elle sert à stocker le résultat des variables. Sa taille est de 2 ko. Comme la RAM, cette mémoire est volatile, à l'extinction de la carte, les valeurs disparaissent.
- **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, sa capacité est 1 Ko. [9]

II.4.4.1.2 Les sources de l'alimentation de la carte Arduino

On peut distinguer deux genres de sources d'alimentation (entrée, sortie) se présentent comme suit :

- **VIN.** La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe. La tension qui fait fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte est de 5V. Cette tension provient soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB.
- **3V3.** Une alimentation de 3.3 V fournie par le circuit intégré **FTDI** 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 50 mA

II.4.4.1.3. entrées & sorties de la carte arduino

Cette carte possède 14 broches numériques (numérotées de 0 à 13). Elle 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. Cette dernière s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `DigitalWrite`.

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) :** le SPI est également un bus de communication destiné à dialoguer avec les circuits périphériques. À la différence de l'I2C, il est bidirectionnel. Il permet aussi un débit de communication plus important. 4 broches sont employées pour le SPI, l'horloge, les données en sortie, les données en entrée et la sélection du circuit avec lequel l'Arduino veut dialoguer
- **I2C:** c'est un bus de communication disponibles pour dialoguer soit avec un autre Arduino soit avec des circuits périphériques disposant de ce bus. 2 broches sont employées pour l'I2C, l'horloge et l'adresse/donnée.[20]

- **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.[10]

II.4.4.1.4. 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). 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.[10]

II.4.4.2. Partie programme

Une telle carte d'acquisition qui se base sur sa construction sur un microcontrôleur doit être dotée d'une interface de programmation comme est le cas de notre carte. L'environnement de programmation open-source peut être téléchargé gratuitement (pour Mac OS X, Windows, et Linux).

II.4.4.2.1. l'environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information ce programme appelé IDE Arduino.

II.4.4.2.2. Structure générale du programme (IDE Arduino)

Comme n'importe quel langage de programmation, une interface souple et simple est exécutable sur n'importe quel système d'exploitation Arduino basé sur la programmation en C.

II.4.5. Architecture interne d'Arduino UNO

La carte Arduino n'est rien d'autre qu'un microcontrôleur de la famille AVR. Associé à une interface de programmation qui permet de communiquer simplement avec l'interface de développement.

Développé par ATMEL, l'Architecteur interne est très propre, contient 32 registre généraux et un jeu d'instruction RISC permettent une utilisation efficace pour un compilateur C [11] .figure (II.9) montre la présentation interne d'arduino.

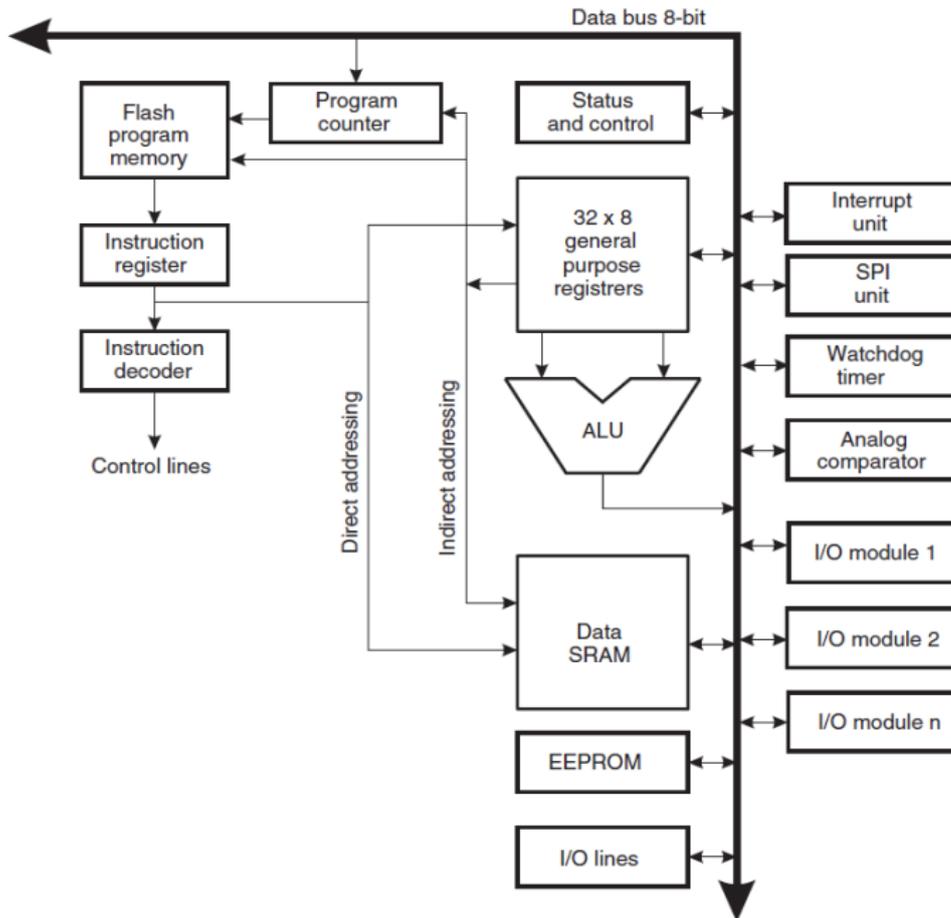


Figure (II.9) : Architecture interne de la carte arduino

II.5.Motorisation

Dans l'industrie, il existe plusieurs types de moteurs, dont le mode de fonctionnement diffère d'un type à un autre. Dans notre cas on a choisi moteur à courant continu qui répond aux besoins de notre projet.

II.5.1. Moteur à courant continu

Un moteur à courant continu est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique, d'où l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

II.5.1.1.Description du moteur C.C.

Un moteur électrique à courant continu est constitué :

D'un stator qui est à l'origine de la circulation d'un flux magnétique longitudinal fixe créé soit par des enroulements statiques (bobinage) soit par des aimants permanents. A l'arrière du stator, se trouve la partie porte balais et les balais assurant les contacts électriques avec le rotor. Il est aussi appelé inducteur. D'un rotor bobiné relié à un collecteur rotatif inversant la polarité dans chaque enroulement rotorique au moins une fois par tour de façon à faire circuler un flux magnétique transversal en quadrature avec le flux statorique. Les enroulements rotoriques sont aussi appelés enroulements d'induits, ou communément induit.

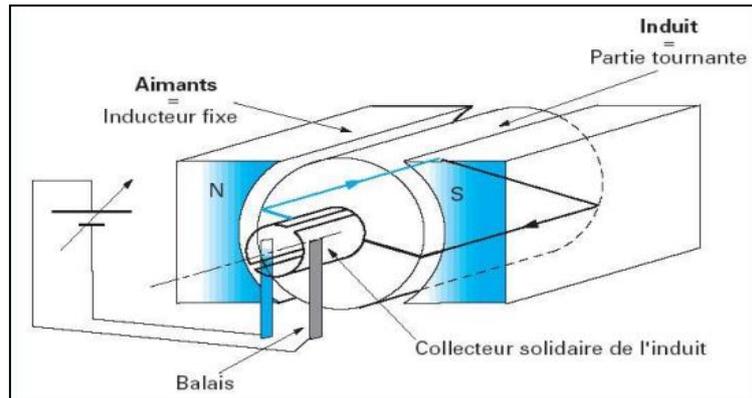


Figure (II.10) :schéma de principe d'un moteur C.C

II.5.1.2. fonctionnement

Lorsque l'inducteur est alimenté, il crée un champ magnétique radial (flux d'excitation) dans l'interfère, dirigé suivant les rayons de l'induit. Ce champ magnétique pénètre dans l'induit du côté du pôle Nord de l'inducteur et sort de l'induit du côté du pôle Sud de l'inducteur.

Quand l'induit est alimenté, ses conducteurs situés sous un même coté des balais sont parcourus par des courants de même sens et sont donc soumis à une force, d'après la loi de Laplace : $\vec{d\mathbf{f}} = I * \vec{B}$

Les conducteurs situés sous l'autre pôle sont soumis à une force de même intensité et de sens opposés deux forces créent un couple qui fait tourner l'induit du moteur.

II.5.1.3. le moteur

L'actionneur avec lequel on a travaillé, est un moteur JEI-104007 à courant continu alimenté avec 12v. On a choisi ce moteur par ce qu'il était disponible sur le marché.



Figure (II.11) : photo Moteur CC JEI

II.6.L'afficheur LCD

Afin d'afficher les résultats relatives à notre commande on a opté a un afficheur LCD.

II.6.1. Définition LCD

Les afficheurs à cristaux liquide, autrement appelés LCD (liquide Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu d'énergie (de 1 à 5mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité [12].

Plusieurs afficheur sont disponibles sur le marché et différent les un des autre, non seulement par leur dimension mais, aussi par leur caractéristique technique, et leur tension de service.

Pour notre projet nous avons choisi LCD 16 x 2 parce qu'il répond à l'affichage des données relevées de notre commande (vitesse, températures).

II.6.2.LCD 16 x 2

C'est un LCD qui a 2 lignes de 16 caractères intégrant un contrôleur Hitachi HD44780 . Il est quasiment normalisé au niveau des broches et des commandes. La structure interne montre les différents registres qui le constituent [13]. Figure (II.12) Présente l'afficheur LCD 16*2 et leurs différents pins.

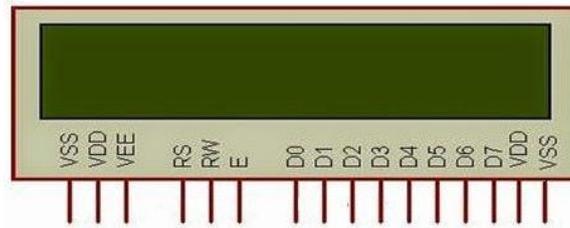


Figure (II.12) : L'afficheur LCD 16*2

II.6.3. Caractéristique de l'afficheur

Les différents registres qui constituent l'afficheur lcd et leurs différents rôles :

- **Display Data RAM –DDRAM** : en utilisant pour écrire dans la RAM les codes des caractères (chacun sur un octet) à afficher et donne des instructions pour l'affichage.
- **CharacterGenerator RAM –CGRAM** : ce registre se fait pour charger la RAM du générateur de caractère, avec les modèles qu'il a défini.
- **compteur d'adressage** : délivrent des adresses où les codes des caractères fournis par l'utilisateur soit ranger dans DDRAM.

Le contenu de ce compteur peut être :

- fixé par l'utilisateur à une valeur définie avec une instruction spécifique
- ou remis à 0 avec une instruction qui remplace également l'affichage dans sa position d'origine.
- **Le registre de données** : suivant la valeur que l'on met dedans l'afficheur peut afficher un caractère (code ASCII ou spécifique).[14]

II.6.4. Les différents branchements des pins de LCD 16 x 2

Dans le tableau ci-dessous on montre les différents branchements de LCD 16 x 2 que nous avons utilisé dans notre réalisation.

Tableau(II.1) : branchement des pins

N°	Nom	Rôle
1	Vss	Masse
2	Vdd	+5V
3	V0	Réglage du contraste
4	RS	Sélection du registre (commande ou donnée)
5	R/W	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 à D7	Bits de données
15	A	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode du rétroéclairage (masse)

II.7.Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté et défini les différentes parties de contrôle commençant par l'étude d'alimentation qui était une étape primordiale, ainsi que la carte d'Arduino, suivi par un choix d'un moteur cc qui répondait au cahier des charges. A la fin on a choisi un afficheur LCD pour l'affichage des résultats.

Le chapitre suivant va aborder les dispositifs de commande de l'actionneur.

CHAPITRE III

Commande de prototype

III.1.Introduction

Les moteurs à courant continu ont été pendant longtemps les seuls aptes à la vitesse variable. Les moteurs à courant continu ont donc fait l'objet de nombreuses améliorations, et beaucoup de produits sont aujourd'hui commercialisés.

Ce chapitre consiste donc à présenter les différentes parties de commande d'un moteur à courant continu en illustrant le contrôle de la variation de la vitesse avec un capteur à effet hall, qui va contrôler le débit de fluide qui va être injecté ou prélevé. Cela correspond au clavier analogique permettant l'envoi de la vitesse voulue, ainsi la commande du sens de rotation, due au mouvement de piston de la seringue proportionnellement à la température de fluide, qui est détecté par un capteur de température.

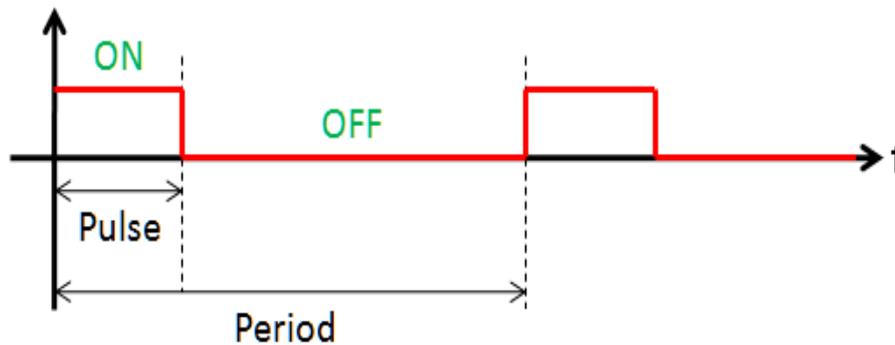
III.2.Principe de variation de vitesse d'un moteur à courant continu

Pour faire varier la vitesse d'un moteur on peut faire varier la tension d'alimentation à ses bornes. Mais dans ce cas une partie importante de l'énergie est consommée par le dispositif d'alimentation. Pour résoudre ce problème, il suffit de fournir au moteur une tension qui est toujours la même qui est la tension maximale. Cette tension ne sera appliquée que par très courtes périodes de temps donc d'une façon discontinue et cela grâce aux pins analogoutput d'arduino. Le circuit fait pour générer un signal périodique rectangulaire de fréquence relativement constante mais dont le rapport cyclique varie grâce aux pins PWM de l'arduino. cela permet de faire varier progressivement la vitesse.

III.2.1.PWM : Pulse Width Modulation (Modalisation en largeur d'Impulsions)

III.2.1.1. Définition

PWM est un signal rectangulaire périodique, dont on peut faire varier le rapport cyclique c à d le rapport de temps entre l'état du TH et du TB. Le niveau bas correspond généralement à 0 V. La période est notée T , la durée de l'impulsion pour laquelle la tension sera à l'état Haut est appelée TH. Quand le rapport cyclique change le signal devient pseudo périodique. La figure(III.1) montre un graphe d'une MLI

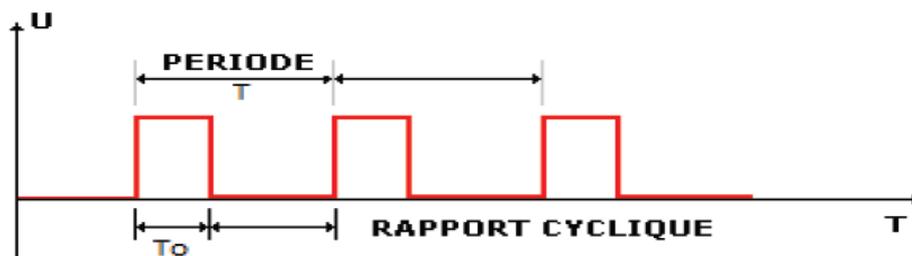


Figure(III.1) : Graphe d'une MLI

III.2.1.2. Rapport cyclique :

Le rapport cyclique c'est le rapport :

$$U_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt = \frac{1}{T} [U_{max} \cdot t] = U_{max} \cdot \frac{T_0}{T}$$



Figure(III.2) : Graphe de Rapport cyclique

Le rapport cyclique est exprimé en pourcentage.

Un rapport cyclique de 10% signifie que le signal reste 10% du TH et 90% du TB. Alors qu'un rapport cyclique de 80% signifie que le signal reste 80% du TH et 20% du TB.

III.2.1.3. commande du moteur par PWM :

Pour commander le moteur il faut envoyer le signal Numérique vers un amplificateur, et on varie la durée T_0 de l'impulsion, cela consiste à alimenter le moteur avec une tension en créneaux, alors la tension moyenne dépend du rapport cyclique T_0/T , donc la vitesse du moteur varie en fonction de cette tension moyenne. la Figure (III.3) présente la commande d'un moteur avec PWM qui sort d'une carte arduino uno.

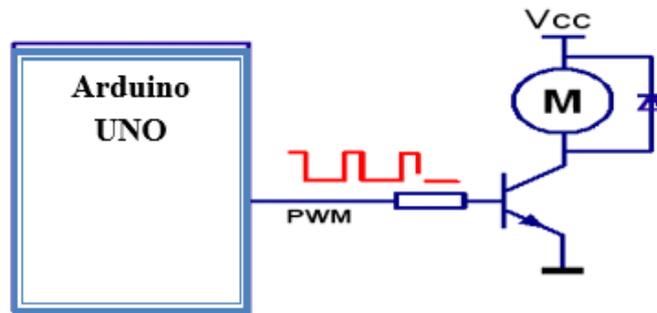


Figure (III.3) : La commande d'un moteur avec PWM

III.2.2. Capteur à effet hall

C'est un élément très sensible, qui est utilisé souvent dans des appareils très variés tels que les ampèremètres, les wattmètres, les capteurs de position, de niveau, de déplacement, il est basé sur l'effet Hall

III.2.2.1. Définition

Un capteur à effet hall donne un signal lorsqu'il détecte un champ magnétique ou une pièce métallique. La tension de Hall est amplifiée dans le capteur.

III.2.2.2. Principe de fonctionnement

Un barreau de semi-conducteur soumis à un champ magnétique uniforme B est traversé par un courant I , est le siège d'une force électromotrice U_h sur deux de ses faces. La tension de Hall U_h est définie par la relation ci-dessous [15].

$$U_h = Rh \frac{I \cdot B}{e}$$

Tell que :

RH: constante de Hall (dépend du semi-conducteur)

I: intensité de la source de courant (A)

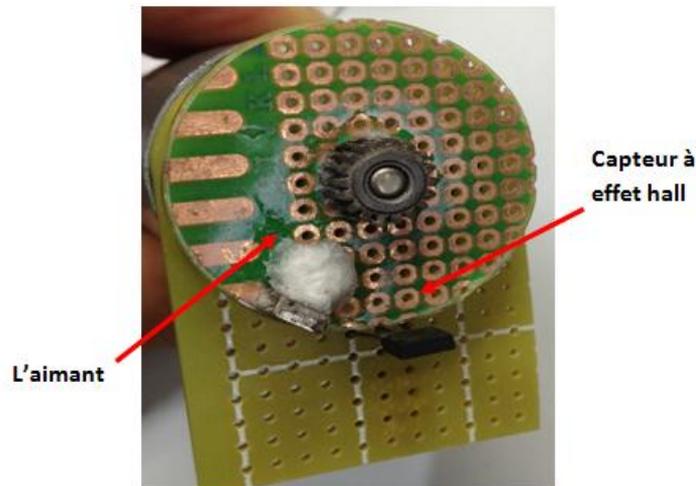
B: intensité du champ magnétique (T)

e: épaisseur du barreau de silicium.

III.2.2.3. L'utilisation

Dans notre projet on a utilisé le capteur à effet hall, pour calculer la vitesse de rotation du moteur à C.C. Au début on a fixé le capteur et l'aimant sur deux typons séparés, qui sont de

mêmes dimensions, et ensuite on a collé le typon qui contient l'aimant sur l'arbre de rotation du moteur et l'autre typon juste à côté du moteur. La figure ci-dessous représente l'emplacement du capteur à effet hall.



Figure(III.4) : L'emplacement de capteur à effet hall

Dès que le moteur tourne l'aimant aussi tourne et une fois passé à côté de capteur à effet hall, ça va créer un changement d'état. Qui laisse le capteur à effet hall envoyer un signal à la carte arduino, qu'il va faire des interruptions.

A la fin on est passé à la programmation, nous avons créé un compteur, qui compte les interruptions correspondant au changement d'état, et une fonction qui donne la vitesse de rotation.

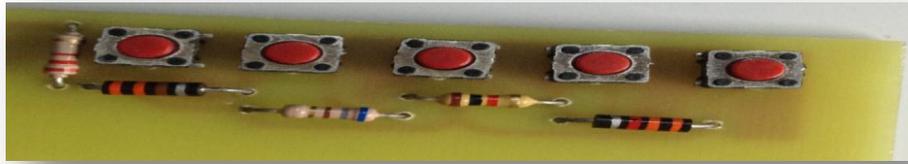
III.2.3. Le clavier

C'est un outil qui nous permet de saisir les valeurs de la vitesse avec lesquelles le moteur va tourner. Au marché on en trouve plusieurs types comme les claviers digitaux, claviers à bouton...etc., mais dans notre cas on a choisi d'utiliser le clavier analogique afin de minimiser les pins d'arduino.

III.2.3.1. Définition du clavier analogique

Le clavier analogique est un type des claviers qui est basé sur le diviseur de tension, on le trouve souvent dans les réalisations dans le but d'économiser les pins. Il se compose par des boutons poussoir et des résistances. Dans notre projet on l'a utilisé comme une solution au manque des pins qu'on a dans l'arduino.

La figure ci-dessous montre la surface de notre clavier



Figure(III.5) : Le clavier analogique avec bouton poussoir

III.2.3.2. Les intervalles de clavier

Avant que le clavier commence à fonctionner, il faut d'abord trouver des intervalles de tension par lesquelles on peut programmer notre arduino. Pour cela on a choisi des différentes valeurs des résistances pour avoir des valeurs de tensions différentes. On a pris $V_{cc}=5V$ et $R1=3.3K\Omega, R2=1K, R3=680\Omega, R4=330\Omega$.

Pour calculer la tension au borne des résistances suivant on a utilisé le diviseur de tension

$$V = \frac{R}{R+R'} V_{CC} .$$

La tension entre les bornes de la résistance 1 = 3V

La tension entre les bornes de la résistance 2=1.56V

La tension entre les bornes de la résistance 3=1.18V

La tension entre les bornes de la résistance 4=0.56V

La tension entre les bornes de bouton poussoir=0V

Avec la loi de diviseur de tension on a calculé la tension de chaque résistance qui est relié à un bouton poussoir. Le tableau ci-dessous présente les différentes valeurs qu'on a obtenues.

Tableau(III.1) : les tensions correspondant à chaque bouton poussoir

Le bouton poussoir	La tension	Le Rôle de bouton poussoir
Select (entrée)	3	Sélectionner la température
Hight	1,56	Décrémenter la variable
Left	1,18	Sortie de modification de la variable
UP	0	Incrémenter
Down	0,65	Sélectionner la vitesse

III.2.3.3. Fonctionnement de clavier

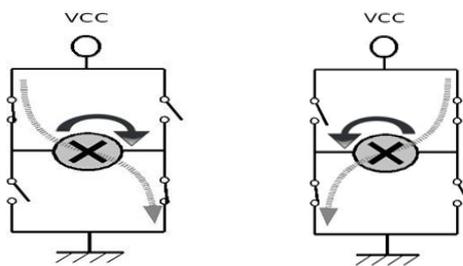
Pour le fonctionnement de notre clavier, Au début on a initialisé chaque bouton poussoir dans le programme de l'arduino, après on a choisi les intervalles de fonctionnent, A la fin on a déclaré le rôle de chaque bouton.

III.3. Commande la rotation d'un moteur

Le Changement du sens de rotation d'un moteur à courant continu se fait à l'aide des transistors, il est possible de concevoir un montage à base des relais, permettant de réaliser un inverseur pour inverser la polarisation aux bornes du moteur

III.3.1. Le pont H :

C'est un circuit électrique qui se compose par quatre transistors (2 PNP et 2 NPN) monté de telle façon que le courant puisse passer soit dans un sens, soit dans l'autre au travers d'un moteur à courant continu. La figure ci-dessous présente les deux sens de rotation.



Figure(III.6) : Les deux sens de rotation d'un moteur

III.3.1.1. Le circuit L298D :

Le L298D un circuit intégré monolithique, à haut voltage, grand courant et 4 canaux. Cela veut dire que ce circuit intégré peut être utilisé pour des moteurs DC alimentés jusqu'à 36 V. le circuit peut fournir un maximum de 600mA par canal. Le L298D est aussi connu pour être un excellent Pont-H facile à mettre en pratique. Avec deux signaux de commande Input 1 et Input 2 fournis par Arduino, il est possible d'inverser la direction du courant dans le pont-H et donc inverser le sens de rotation du moteur qui y est raccordé [16]. La Figure(III.7) représente le circuit intégré de L298D

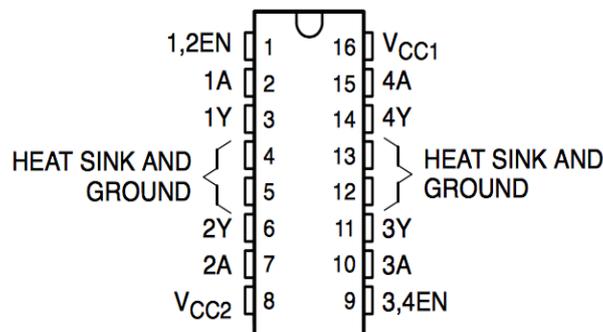


Figure (III.7) : Circuit intégré de L298D

III.3.1.2. Diodes anti retour

Comme déjà précisé un pont H est constitué des transistors. En règle générale lorsque l'on utilise des relais au moteur avec un transistor, il faut protéger le transistor avec une diode anti retour.

La diode a pour but de renvoyer à la masse les surtensions induites par les effets transitoires (lors de déclenchement de bobinage du moteur).

Sans cette diode (roue libre) le transistor ne survit pas bien longtemps. Un pont H étant constitué de transistor et un moteur étant le siège d'effets transitoire, les différents transistors doivent être protégés à l'aide des diodes

III.3.1.3. Table de vérité

Le tableau ci-dessous montre le fonctionnement des quatre transistors qui contiennent le circuit intégré L298D. On a obtenu les cas possibles de bon fonctionnement de notre moteur à courant continu. Le tableau (III.2) présente les différents cas possible transistor.

Tableau(III.2) : les cas de fonctionnement des transistors

Transistor1	Transistor2	Transistor3	Transistor4	Moteur
0	0	0	0	floating
1	1	0	0	X
0	0	1	1	X
1	0	0	1	CW
0	1	1	0	CCW
1	0	1	0	break
1	1	1	1	X

III.3.2. Capteur de température LM35

Pour notre projet on a utilisé le capteur de température pour changer le sens de la rotation du moteur pour satisfaire les besoins de cahier de charge. Pour cela on a choisi d'initialiser des valeurs de la température pour faire notre commande. Quand la température sera inférieure à 30°C, le moteur ne va pas tourner et si elle sera entre 30-40 le moteur va tourner dans un sens et si elle sera plus que 40 il tourne dans le sens contraire.

III.3.2.1. Définition

Le capteur LM35 est un semi-conducteur sensible à la température. Il est composé des transistors et des résistances mais il est basé sur la diode ziner, les caractéristiques de capteur LM35 changent en fonction de la température, et cela revient en avantage et désirable sur beaucoup de systèmes. La tension de sortie du capteur LM35 est linéairement proportionnelle à la température en degrés Celsius. Ce capteur ne nécessite pas de calibrage externe pour fournir une précision de $\pm 0.1^\circ\text{C}$ sur une gamme de température de -55°C à $+150^\circ\text{C}$. Son coefficient est de $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ et dans notre cas le capteur est alimenté en 0-5V, on ne peut mesurer par conséquent que des températures positives.

III.3.2.2.L'initialisation générale pour le capteur analogique

Le capteur étant analogique un convertisseur analogique - numérique est nécessaire pour traiter et afficher la température. Le convertisseur CAN de l'arduino doit donc être configuré. La sortie du capteur se trouve à la broche A0 d'Arduino qui est donc configurée en entrée analogique. De plus le résultat de la conversion est sur 10 bits. Une fréquence d'échantillonnage doit être aussi choisie, elle est égale ici à la fréquence du quartz. Le convertisseur est mis en service quand le bit 'ADON' est à l'état '1'. Après une temporisation de $250\mu\text{s}$, une conversion peut être lancée en mettant à l'état '1' le bit 'ADGO'.

III.3.2.3.La lecture de la température

Afin de lire une température correcte issue du capteur analogique, l'attente de la fin de la conversion du CAN est indispensable. Une conversion est finie quand le bit 'ADGO' est repassé à l'état '0'. Après la lecture des registres ADRESH et ADREHL, une nouvelle conversion peut alors être lancée. La pleine échelle du convertisseur correspond pour une tension de 5V à la valeur '0x3FF' car le résultat est sur 10 bits.

III.4.Manipulation de la seringue

Pour la réalisation de notre projet nous n'avons pas utilisé une seringue destinée à la micro-fluidique pour ses exigences en terme d'utilisation. Par contre nous avons opté pour une simple seringue en plastique de capacité 5ml facilement trouvée sur le marché mais qui répond aux besoins de notre prototype.

III.4.1. Définition

La seringue est une pompe cylindrique faite le plus souvent en verre ou en matière plastique destinée à injecter ou à prélever des liquides par l'intermédiaire d'une aiguille.

III.4.2. Fonctionnement

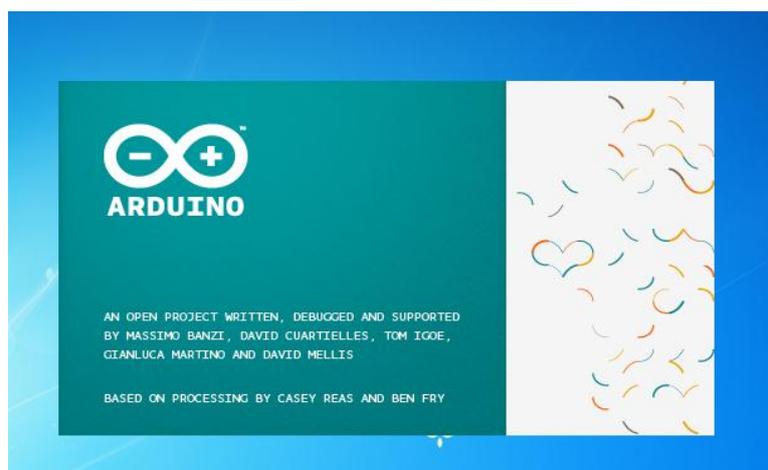
Les fonctions principales de la seringue est d'injecter et prélever le liquide, grâce à une force appliquée sur sa tige, qui dépend de la vitesse de rotation du moteur. Ce dernier produit un mouvement rotatif qui sera converti à un mouvement axial grâce à un système mécanique. Ce mouvement axial permet la production d'une force en fonction de la vitesse de rotation du moteur qui est elle-même responsable de l'injection ou prélèvement de liquide dont le débit dépend de la force appliquer.

III.5. Logiciels utilisés

Avant d'entamer la réalisation, la simulation et la programmation, sont des étapes indispensable, pour cela on a choisi des logiciels qui nous convient. Parmi ces logiciels :

III.5.1. Arduino IDE

C'est un langage de programmation, qui est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++, le Java . Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée. La fonction setup contiendra toutes les opérations nécessaires à la configuration de la carte (directions des entrées sorties, débits de communications série, etc.)[17].



Figure(III.8) : Logiciel Arduino IDE

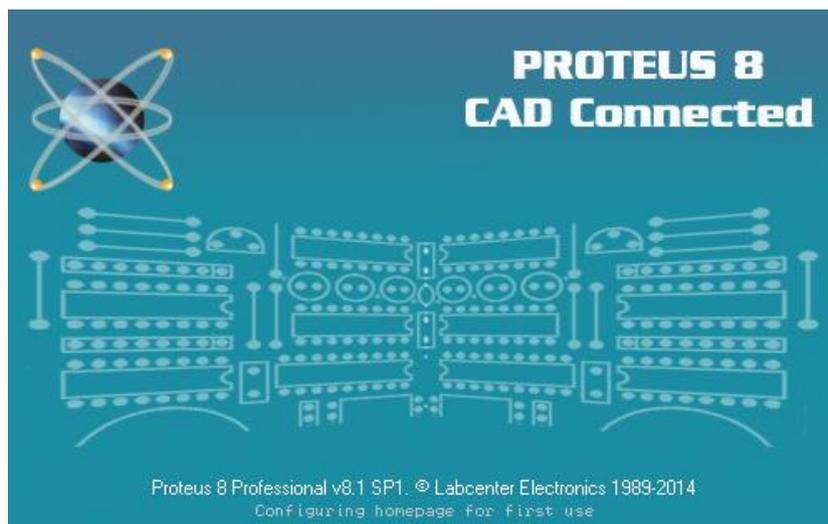
A. Le logiciel de simulation proteus

III.5.2. Proteus

Le proteus est un logiciel de simulation destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter-Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES, PROSPICE et VSM.[18]

Cet logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent ces logiciels. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et utiliser
- Le support technique est performant
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet



Figure(III.9) :Logiciel proteus Versiob 8.1

III.5.2.1. Présentation de ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques 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.[18]

III.5.2.2. Présentation de ARES

Le logiciel 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 réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement. [18]

III.5.3. Présentation EaGle (Easily Applicable Graphical Layout Editor)

EAGLE est un logiciel fourni par la société CADSOFT, qui permet la réalisation de typons en vue de construire une carte électronique. La version gratuite disponible sur le site de CADSOFT a pour seule limitation la taille des typons. Le logiciel qui anciennement fonctionnait sous DOS travaille maintenant dans l'environnement WINDOWS sur PC (également sous LINUX et Mac OS X). [19]

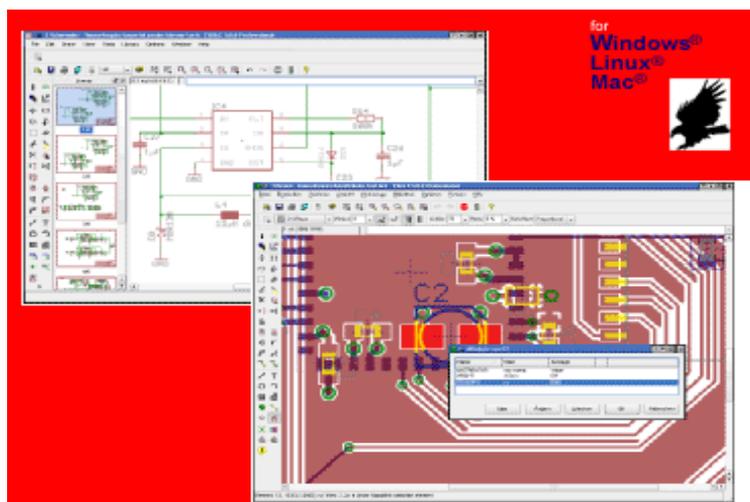
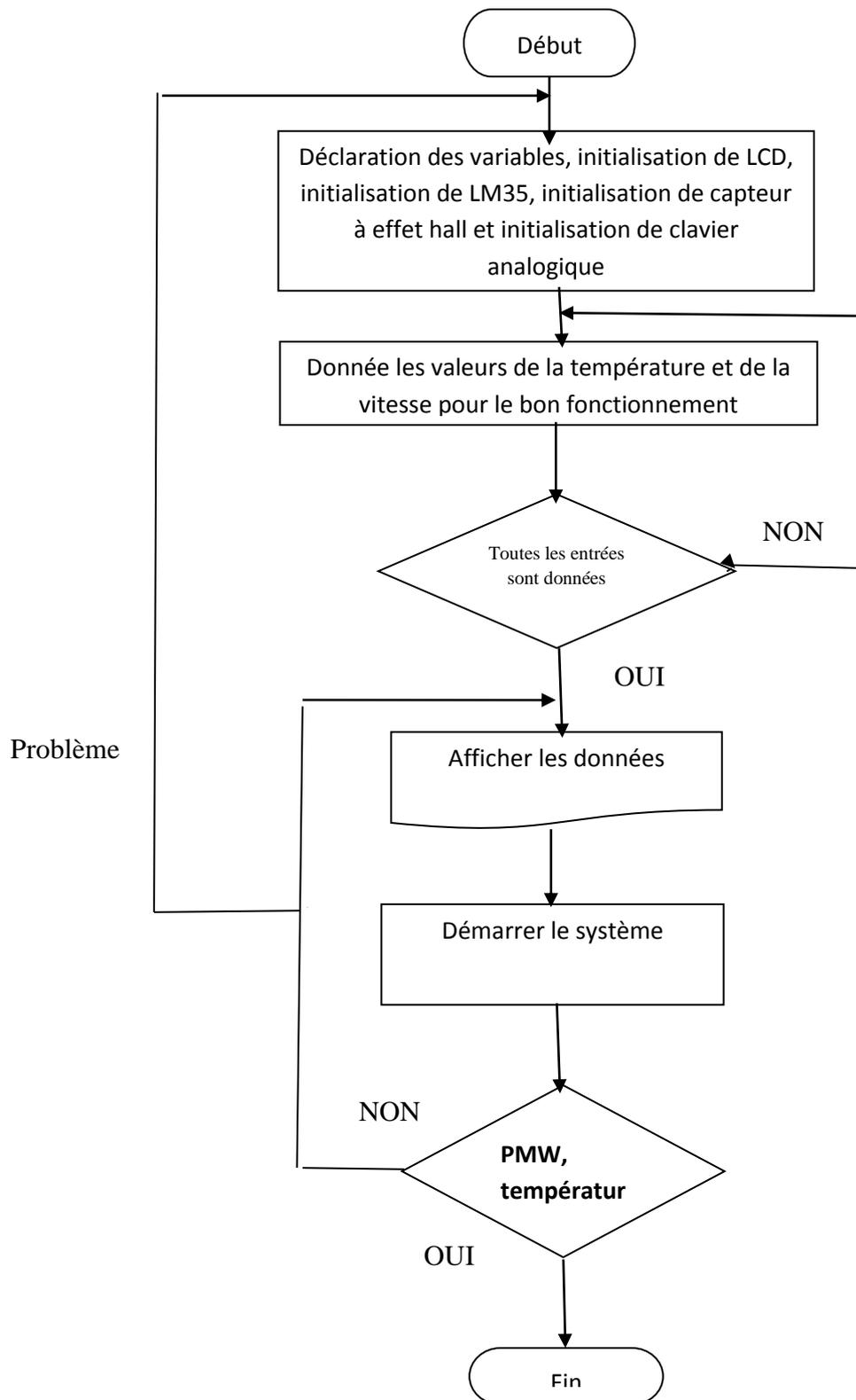


Figure (III .10) : Logiciel Eagl Version.5

III.6. L'organigramme général du programme d'Arduino

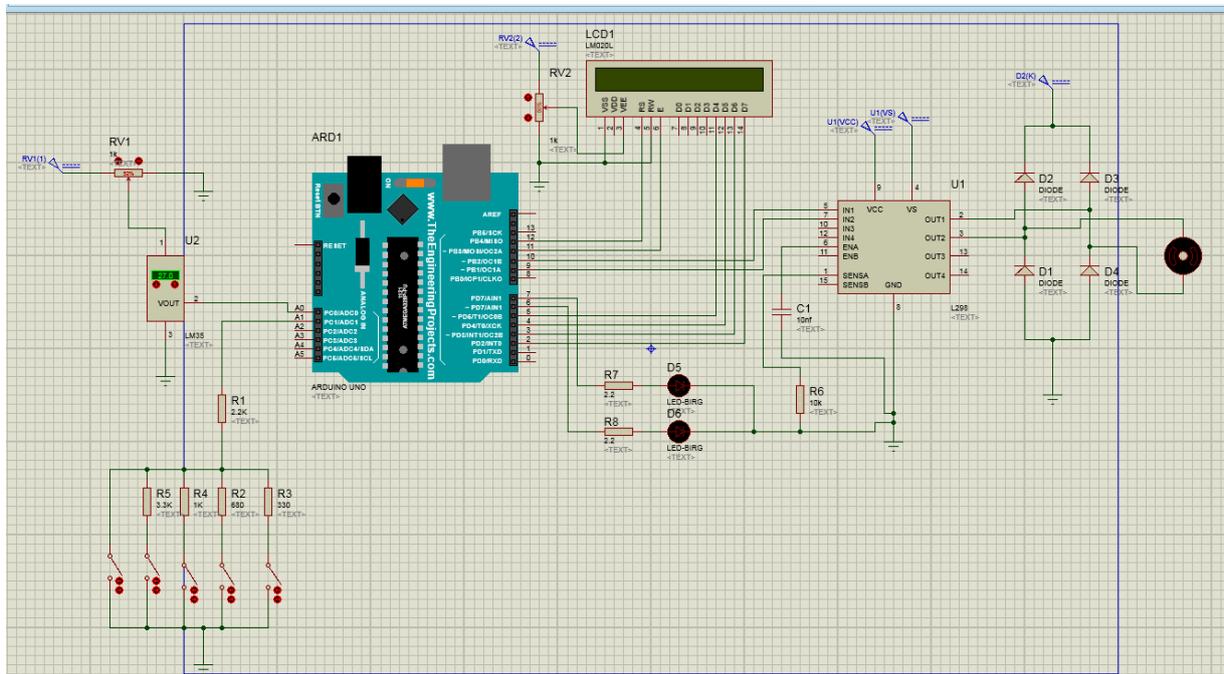
L'organigramme est une représentation schématique de projet, il est indispensable pour la réalisation. Dans notre projet on a fait un organigramme qui suit les besoins de cahier de charges. La figure ci-dessous montre les différentes tâches dont on aura besoin pour aboutir au résultat final.



La figure(III.11) : L'organigramme général de la commande de la vitesse et la température

III.7.Schéma de projet

Grace à proteus on est arrivée à faire notre système de commande. Le passage par proteus était étape importante pour nous. La figure ci dessous présente le schéma électrique de la simulation.



Figure(III.12) : Schéma électronique de simulation

III.8. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était de pouvoir commander la vitesse et le sens de rotation d'un moteur à courant continu, pour cela on a commencé notre étude par la partie puissance, et en choisissant ses différents composants, de suite on a adapté dans notre projet le capteur de température pour faire influencer la rotation du moteur, et enfin la mise en pratique de toute cette étude théorique par la programmation de la commande de la vitesse du moteur à courant continu.

En ce sens notre objectif est atteint, et dans le suivant chapitre, on va expliquer davantage les différentes étapes de la réalisation de ce projet et on dévoile notre réalisation on exposant l'illustration de ces différentes interfaces.

CHAPITRE IV

*Programmation et
réalisation*

IV.1. Introduction

La plateforme micro-fluidique est une plaque microscopique constituée d'un semi-conducteur sélénium ou germanium. Ces plateformes ont connu un développement évolutif concernant l'injection de fluide dans les micros canaux constituant la plateforme. Dans ce qui suit, nous nous intéresserons seulement à la partie commande et contrôle compte tenu de notre profil d'automaticiennes.

Le contrôle automatique de débit injecté et prélevé par la seringue de liquide était l'objet de notre projet pour l'appliquer sur des plateformes micro-fluidique. Pour cela nous avons développé un système prêt à être commandé et utilisé.

Dans ce chapitre on parlera des étapes nécessaires et des tests qu'on a fait pour assurer un bon fonctionnement du système.

IV.2. Les étapes de la réalisation

Pour commencer la réalisation on est passé d'abord par la simulation avec différents langages comme proteus, Eagl et Arduino, ensuite, on a entamé l'étape la plus importante qui est la réalisation.

IV.2.1.Simulation avec proteus

Au début nous avons réalisé notre circuit dans proteus qu'il était un outil facile pour nous éclaircir le projet. On a adapté et étudié tous les composants dans ce dernier. On a commencé par un circuit électronique qui est composé d'une carte arduino constituant la partie numérique qui relie à deux leds témoins. Elle nous indique le passage de courant vers le circuit intégré L298D et lui-même, il fait tourner le moteur C.C et d'un LCD pour l'affichage des résultats. Pour la partie analogique on a met un capteur de température qui va nous donner la température de fluide, et aussi un capteur a effet hall, ainsi que le clavier analogique permettant de saisir les besoin de cahier de charges. A la fin nous avons élaboré un programme dans IDE. Une fois le programme s'exécute on l'envoie dans l'arduino.

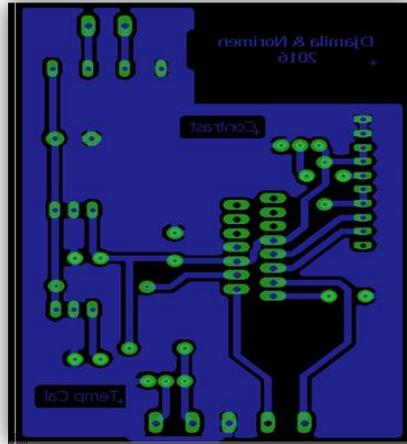


Figure (IV.3) : Schéma de PCB

III.2.3. Impression

Dès qu'on a terminé avec l'Eagl, nous avons branché le Pc avec une imprimante laser permettant une impression de haute qualité sur support papier optique (papier transparent spécial).

Le résultat obtenu est démontré sur la figure ci-dessous :

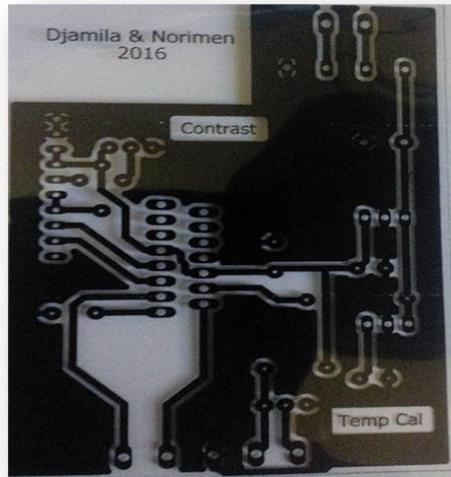


Figure (IV.4) : Circuit de commande sur le papier transparent

IV.2.4. Insoleuse UV

D'abord on a découpé à l'aide d'une scie, la plaque époxy/cuivre aux dimensions du circuit imprimé. Ensuite on l'a mise dans l'insoleuse en vérifiant bien son sens pour que l'insolation puisse s'effectuer. Il fallait le retirer l'adhésif opaque qui protégeait la couche photosensible des rayons ultra-violets de la lumière ambiante. Une fois l'adhésif retiré, on a

placé la plaque présensibilisée dans l'insoleuse, avec le typon coté cuivre. De plus on a fermé le capot protecteur de l'insoleuse et régler la minuterie sur 1min 50 sec. Les ultra-violets émis par les tubes de l'insoleuse avaient détruit la couche photosensible aux endroits non protégés par le tracé de typon. Lorsque la minuterie s'est arrêtée on a ouvert le capot protecteur de l'insoleuse et on a sorti la plaque photosensibilité. On a pu observer le tracé des pistes imprimé sur la résine. La figure ci-dessous montre le circuit qu'on a obtenu.



Figure (IV. 5) : Carte de la commande sur le typon

IV.2.5.Révélation

C'est une solution chimique composé d'une poudre déboucheur dilué avec de l'eau .pour que notre circuit soit fini on le trompe directement dans le bain révélateur suivant bien les consignes de sécurités. Après quelque seconde on a vu le tracé de circuit imprimé, une fois bien visible et noir on le retire de la solution rapidement et le rincer avec l'eau douce.

IV.2.6.Perchlorure de fer

Le perchlorure de fer décomposait de cuivre qui n'était pas protégé à la couche photosensible, le cuivre serait donc éliminé sur toute la plaque sauf sur les pistes tracées sur le typon et cela en agitant pendant 20min.si on est satisfait du résultat on la lave bien.

IV.2.7. Démonstration de perçage

Une fois le graveur était terminé on a obtenu sur la plaque des pistes de cuivre représentant le tracer de typon. Il fallait percer la plaque aux points où devront être introduits et soudés les composants. Pour cela on utilise une mini perceuse à colonne, et on a choisi les mèches qui convenaient.

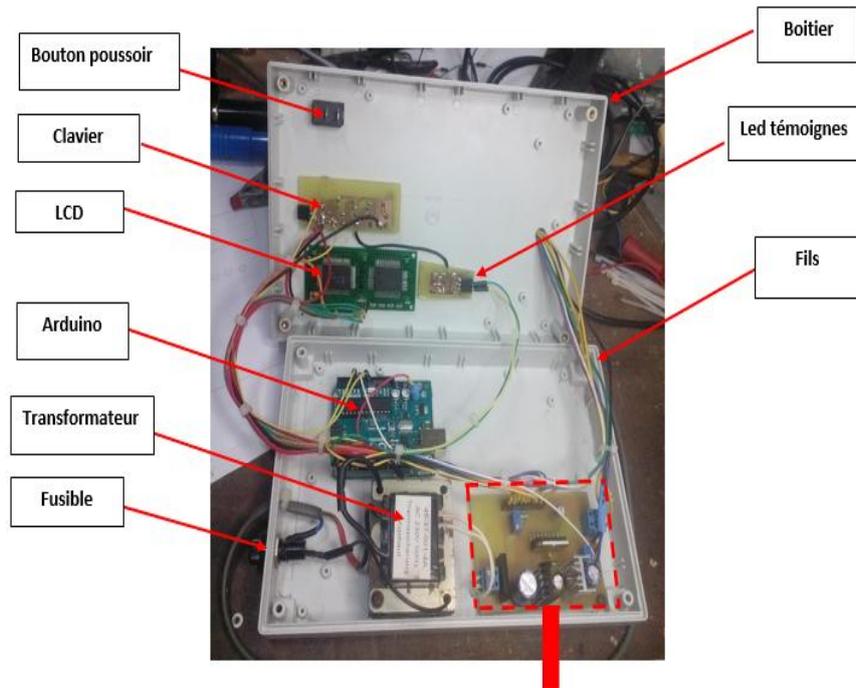


Figure (IV.6) : La mini perceuse

IV.2.8. Placement des composants

IV.2.8.1. A l'intérieur du boîtier

Après avoir bien percé le circuit imprimé, pour mettre les composants électroniques nécessitant le circuit, on les a soudé chacun dans son trou percé et finalement on a obtenu un circuit rempli de composants soudés. Pour mettre toutes les plaques dont on aura besoin nous avons choisi un boîtier correspond au projet. La figure ci-dessous représente les différents circuits qui contiennent le projet.



Figure(IV.7) : Le boîtier du projet et leurs différentes parties
Le Circuit imprimé est illustré dans la Figure suivante :

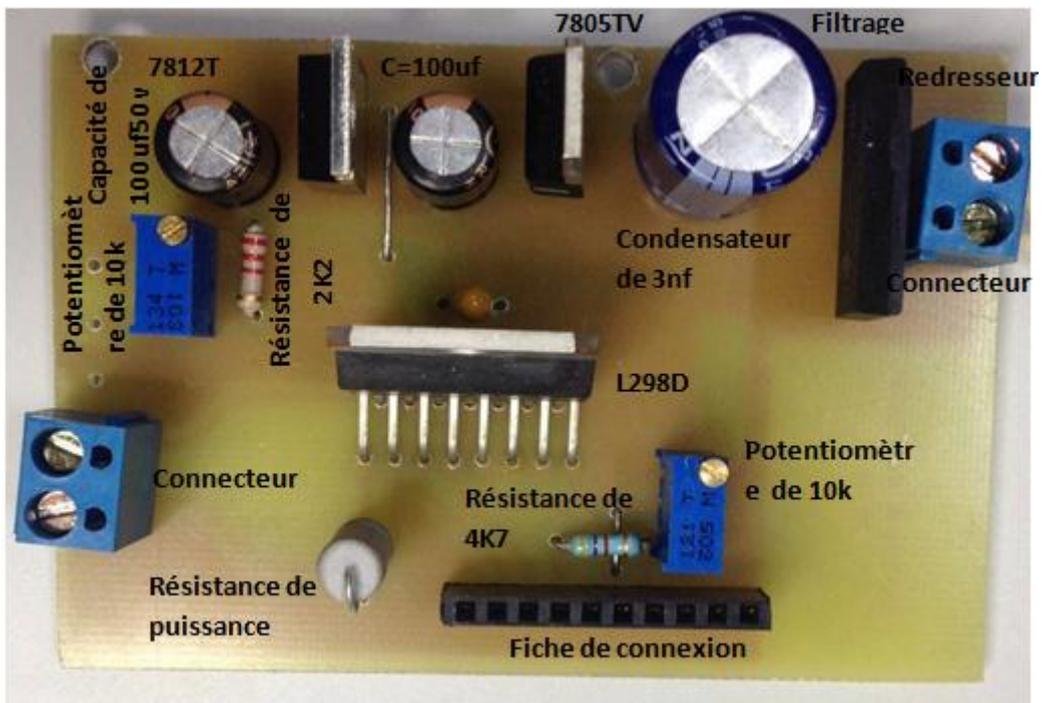
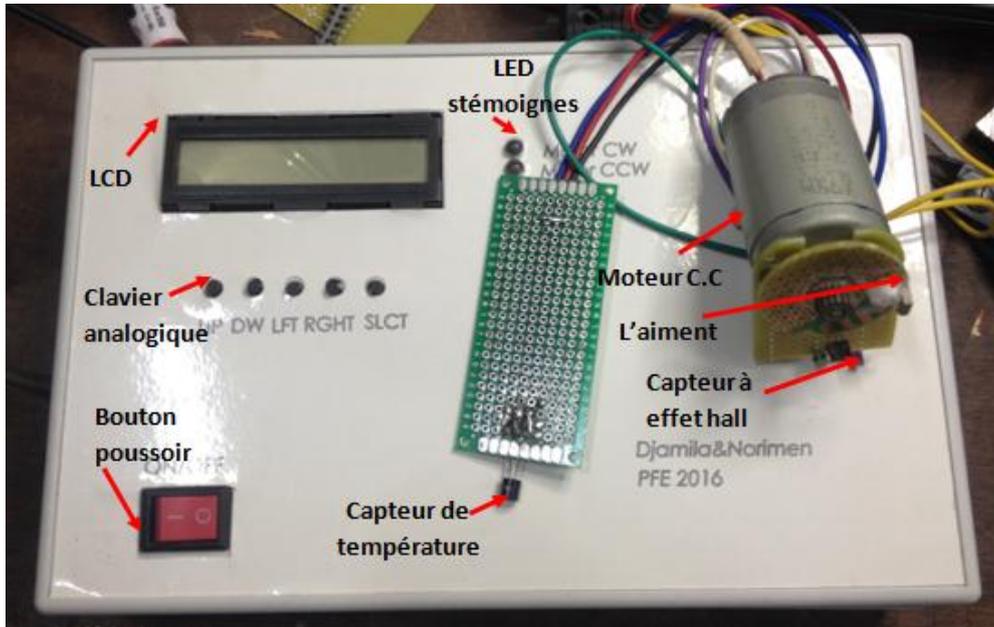


Figure (IV.8) : La carte de commande de puissance

IV.2.8.2.A l'extérieur de boîtier

On a mis à l'extérieur les éléments nécessaires pour assurer une communication directe, notamment le moteur, l'afficheur LCD, le clavier analogique, le capteur LM 35, le bouton poussoir, le capteur à effet hall, les deux Led témoins et une seringue dédiée a l'utilisation dans la Plateforme micro-fluidique. (Figure IV.12) montre le boîtier final



Figure(IV.9) : Boitier final

IV.2.9.Placement de la seringue

Pour que le projet soit finalisé, il fallait placer une seringue au Bout de moteur. Mais le problème qu'on a trouvé c'est que le moteur a un mouvement rotatif et la seringue a besoin d'un mouvement axial pour se déplacer. Pour cela on a pensé de faire un petit système mécanique que transforme le mouvement rotatif en mouvement axial. Qui laisse la tige de la seringue se déplacé avec le mouvement souhaité.



Figure (IV.10) : La seringue avec le système mécanique

IV.2.10.Programmation

Une fois qu'on a terminé la fabrication de circuit, et le programme écrit et exécuté, nous l'avons envoyé via un câble USB qui est relié à une carte arduino. (Voir annexe A)

IV.3.Le coût de projet

Tableau(IV.1) : liste des composantes

Composant	Prix (DA)
La carte Arduino	4000
Redresseur	200
Capacités*4	40
Régulateurs 78XX *2	1000
L298D	600
LM35	280
Capteur à effet hall	750
Les résistances*10	100
Les potentiomètres*2	150
Hitsing*2	200
Afficheur lcd	1800
Porte fusible +fusible	90
Boitier	600
Bouton poussoir	30
Les petits boutons poussoir *5	50
Moteur à C.C	700
L'aimant	50
Seringue	40
Typon	700
Les connecteurs	200
Led*2	20
Papiers transparent /adhésif	300
L'encre	2800
Les fils/les attaches/les gaines	200

Révélateur/perchlorure de fer	250
Total	15150

On a remarqué que le coût de projet est un peu élevé et ça revient au manque de matériels électroniques en Algérie.

IV.4. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes constituant le projet, au début on a commencé par un organigramme général qui nous a aidé à comprendre toutes les tâches à accomplir, ensuite nous avons expliqué précisément la procédure de la réalisation.

Finalement, on a un moteur capable de tourner dans deux sens différents avec changement de vitesse. Cette dernière peut manipuler le mouvement de piston de seringue qui injecté et prélève un débit de fluide suivant une vitesse précise par le cahier des charges, et le sens de rotation due au changement de la température de fluide détecté par le capteur de température et avec lui-même qu'on a pu commander le sens de rotation du moteur à C.C .

Notre objectif est atteint et on a réussi à répondre aux besoins de cahier des charges qu'était proposé par la division micro-électronique de CDTA.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail qui s'inscrit dans la division microélectronique du CDTA, et dont l'objectif était la contribution à l'étude de la commande de pilotage d'un actionneur dans une plateforme micro fluidique.

En premier lieu nous avons mis en évidence les différentes parties constituant un microsysteme et plus précisément les plateformes micro fluidique, partant du principe de fabrication, passant par les micros canaux et arrivant enfin à l'injection de fluide.

Ensuite, nous sommes passés vers le choix d'une solution Technologique de la partie commande. Cette commande est implémentée dans la carte Arduino qui permet à l'opérateur d'introduire les données (température et vitesse) via un clavier analogique pour contrôler le débit injecté ou prélevé par la seringue.

De même nous avons illustré la méthode utilisée pour commander le moteur à C.C responsable de la manipulation de la seringue ainsi que la configuration nécessaire pour le fonctionnement des capteurs.

A la fin, nous avons établi en premier lieu une programmation, et une simulation de notre système passant par l'utilisation d'une série de logiciel, pour finalement arrivé à la réalisation souhaitée.

En perspective nous proposons une étude et le développement d'un système pour contrôler, synchroniser et de coordonner plusieurs micro vannes haute performance sans fil. Dans le but est de réaliser un système qui permet de contrôler les micros vannes en envoyant une commande spécifique à partir d'une interface utilisateur graphique. Il sera extrêmement efficace pour fournir des fonctions automatiques pour optimiser les performances du système. En prenant en considération certaines restrictions pour contrôler la pression ou le débit automatique qui peuvent être utilisées pour garantir les conditions d'exigence qui assurent que le débit ou la pression ne dépassera pas une vitesse souhaitée.

BIBIOGRAPHIE

Bibliographie

[1] http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/12679/146_1193.pdf?sequenc

[2] <http://www.micromotive.de/ggl/en/index.php>

[3] <http://5microns.de/?gclid=CJuFnYLqwm0CFdYK0wodE74AiA>

[4] Meint J. de Boer, R. Willem Tjerkstra, J. W. (Erwin) Berenschot, Henri V. Jansen, G. J. Burger, J. G. E. (Han) Gardeniers, Miko Elwenspoek, and Albert van den Berg, "Micromachining of Buried Micro Channels in Silicon", *JMEMS*, vol 9, N°1, 94-102, 2000.

[5] R. W. Tjerkstra, M. de boer, E. Berenschot, J. G. E. Gardeniers, A. van den Berg and M. C. Elwenspoek, "Etching technology for chromatography microchannels", *Electrochem.*, vol 42 N° 20-22 pp 3399-3406, 1997.

[6] http://www.academia.edu/13888071/R%C3%A9alisation_de_microcanaux_sur_substrats_de_Silicium

[7] <http://www.appersolaire.org/Pages/Fiches/Regulations%20Autres/Arduino%20c%20est%20quoi/index.pdf>

[8] ARDUINO : PREMIERS PAS EN INFORMATIQUE EMBARQUEE (Eskimon,olyte)

19février 2016

[9] maitrisez les microcontrôleurs à l'aide d'Arduino (Clemens Valens).

[10] <http://blogsdelagente.com/dsuckableg/maitrisez-les-microcontrolleurs-a-laide-darduino-pdf-telecharger/>

[11] <http://www.labsud.org/arduino-est-il-la-reponse>

[12] <https://www.aurel32.net/elec/lcd.php>

[13] http://bedenes.vvv.enseirb-matmeca.fr/Microchip/Commande_afficheur_cristaux_liquides.pdf

[14] http://bedenes.vvv.enseirb-matmeca.fr/Microchip/Commande_afficheur_cristaux_liquides.pdf

Bibliographie

- [15] http://gte.univ-littoral.fr/sections/documents-pdagogiques/chapitre-8-mesure/downloadFile/file/Les_capteurs.pdf?nocache=1289041293.82
- [16] <http://www.selectronic.fr/carte-de-contrle-a-l298-pour-2-moteurs-dc.html>
- [17] <https://www.arduino.cc/en/Main/OldSoftwareReleases>
- [18] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.phps>
- [19] Logiciel Eagle 4.11 Initiation au routage (Club RoboInsat 2007/2008)
- [20] Article les entrées sorties de l'arduino Le 12 novembre 2014. Par : Dominique, Guillaume, Jean-Luc
- [21] http://www.institut-pgg.fr/Comprendre-la-Microfluidique_65.html
- [22] Pierre Puget et Yves Fouillet Direction de la recherche technologique CEA-Leti centre de Grenoble "La microfluidique ou l'art de manipuler des petits volumes de liquides", p.107-110, CLEFS CEA - N° 52 - ÉTÉ 2005

ANNEXE A

Programme sur l'interface d'arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <PWM.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 6, 5, 4, 3);
#define btnRIGHT 0
#define btnUP 1
#define btnDOWN 2
#define btnLEFT 3
#define btnENTER 4
#define btnNONE 5

float rawvoltage = 0.0;
float millivolts = 0.0;
float celsius = 0.0;
float Key_in = 0; //the variable to store the keypad values
volatile int counter = 0; //used for RPM calculation
int ledCW = 0; //LED to indicate motor is spinning in CW direction
int ledCCW = 1; //LED to indicate motor is spinning in CCW
direction
int motorSens1 = 9; //Motor CW/PWM direction pin
int motorSens2 = 10; //Motor CCW/PWM direction pin
int keyPin = A1; //Keypad input pin
int tempPin = A0; //Temp Sensor input pin
int hallpin = 2; //Hall Effect input pin, which corresponds to INTO
int speedCW = 0; //PWM value for CW speed
int speedCCW = 0; //PWM value for CCW speed
int lastBtn = 5;
int lowTemp = 0;
int midTemp = 0;
int highTemp = 0;
int key = 10;
void setup()
{
  pinMode (ledCW, OUTPUT); //Setting ledCW,
  pinMode (ledCCW, OUTPUT); //ledCCW, motorSens1 and
  pinMode (motorSens1, OUTPUT); //motorSens2 as output
  pinMode (motorSens2, OUTPUT);
  //-----
  digitalWrite(motorSens1, LOW); //Initialize variables with 0 as a value
  digitalWrite(motorSens2, LOW);
  digitalWrite(ledCW, LOW);
  digitalWrite(ledCCW, LOW);
  //-----
  lowTemp = 0; //Default values for temperature threshold
  midTemp = 30;
```

```

highTemp = 40;
speedCW = 70; //Default values for CW/CCW PWM
speedCCW = 130;
//-----
delay(100);
lcd.begin(16, 1); //Initializing LCD display
lcd.clear(); //Clears the LCD
lcd.print("LCD init OK");
digitalWrite(ledCW, HIGH);
delay(2000);
digitalWrite(ledCW, LOW);
lcd.clear();
InitTimersSafe(); //Initialize PWM module
bool success1 = SetPinFrequencySafe(motorSens1, 10000);
bool success2 = SetPinFrequencySafe(motorSens2, 10000);
if (success1 && success2){
  lcd.print("PWM init OK");
  digitalWrite(ledCCW, HIGH);
  delay(2000);
  digitalWrite(ledCCW, LOW);
  lcd.clear();
}
//----- calculi de la temperature
}
//main loop
void loop()
{
  rawvoltage = analogRead(tempPin); //Read the temp Sensor -LM335-
  millivolts = (rawvoltage / 1024.0) * 5010; //5010 is the voltage at 5V output of the
  arduino board
  celsius = (millivolts / 10) - 273.15; //Convert the reading from Kelvin to Celcius
  //-----
  if ( celsius > lowTemp && celsius < midTemp ) {
    delay(300);
    digitalWrite(ledCW, LOW);
    digitalWrite(ledCCW, LOW);
    digitalWrite(motorSens1, LOW);
    digitalWrite(motorSens2, LOW);
  }
  if ( celsius >= midTemp && celsius < highTemp) {
    delay(300);
    digitalWrite(ledCW, HIGH);
    digitalWrite(ledCCW, LOW);
    pwmWrite(motorSens1, speedCW);
    digitalWrite(motorSens2, LOW);
  }
  if (celsius >= highTemp) {
    delay(300);
    digitalWrite(ledCW, LOW);
    digitalWrite(ledCCW, HIGH);
  }
}

```

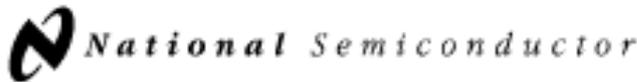
```

    digitalWrite(motorSens1, LOW);
    pwmWrite(motorSens2, speedCCW);
}
//-----
lcd.setCursor(0, 0);           //
lcd.print ("T: ");           // Display the temperature
delay(100);                   //
lcd.print(celsius);          // on the LCD
//-----
lcd.setCursor(9, 0);         //
lcd.print ("R: ");           // Display the temperature
lcd.print("  ");             //
attachInterrupt(0,count,FALLING); //Attach INT0 to "count" ISR
delay(1000);                  //
lcd.setCursor(11, 0);        //
lcd.print(counter*60);       // Counter/2 * 60 seconds. divide by 2 because
the propeller has 2 blades
counter = 0;
detachInterrupt(0);          //dettach INT0 to "count" ISR
//----- Reading Keypad and entering Menue Mode -----
if (read_keyboard() == btnENTER) { // If Enter button is pressed for the first time
// then enter "Setting Low Temp menue"
delay(150);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Set lowTemp: ");
while (1) {
    key = read_keyboard();
    delay(150);
    if (key == btnUP) {
        delay(150);
        lowTemp += 1;
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Set lowTemp: ");
        lcd.setCursor(12, 0);
        lcd.print(" ");
        delay(150);
        lcd.setCursor(12, 0);
        lcd.print(lowTemp);
    }
    if (key == btnDOWN) {
        delay(150);
        lowTemp -= 1;
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Set lowTemp: ");
        lcd.setCursor(12, 0);
        lcd.print(" ");
        delay(150);
    }
}
}

```

ANNEXE B

Le datasheet de capture de la température LM35



February 1995

LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A Precision Temperature Sensors

General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at $+10 \text{ mV/}^\circ\text{K}$. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of $400 \mu\text{A}$ to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

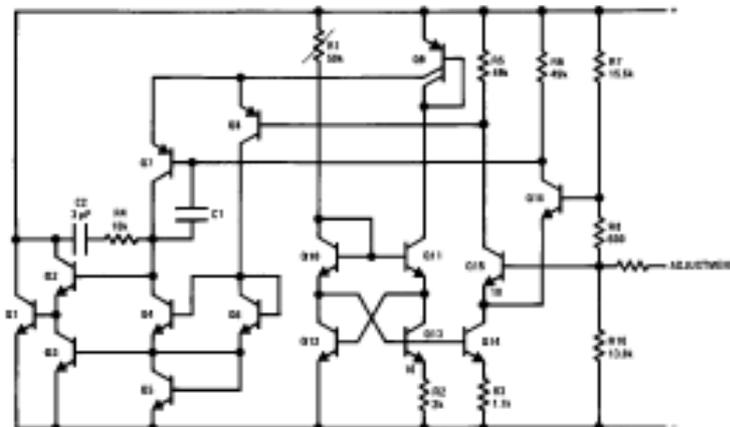
The LM135 operates over a -55°C to $+150^\circ\text{C}$ temperature range while the LM235 operates over a -40°C to $+125^\circ\text{C}$

temperature range. The LM335 operates from -40°C to $+100^\circ\text{C}$. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

Features

- Directly calibrated in $^\circ\text{Kelvin}$
- 1°C initial accuracy available
- Operates from $400 \mu\text{A}$ to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

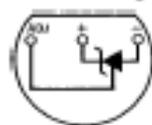
Schematic Diagram



TL145696-1

Connection Diagrams

TO-92
Plastic Package

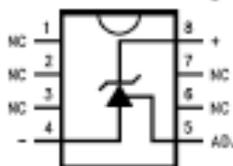


Bottom View

TL145696-6

Order Number LM335Z or LM335AZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Surface Mount Package



TL145696-25

Order Number LM335M or
LM335AM
See NS Package Number M08A

TO-46
Metal Can Package*



Bottom View

TL145696-26

*Case is connected to negative pin
Order Number LM135H,
LM135H-ML, LM235H, LM335H,
LM135AH, LM235AH or LM335AH
See NS Package Number H03H

Le datasheet de LCD

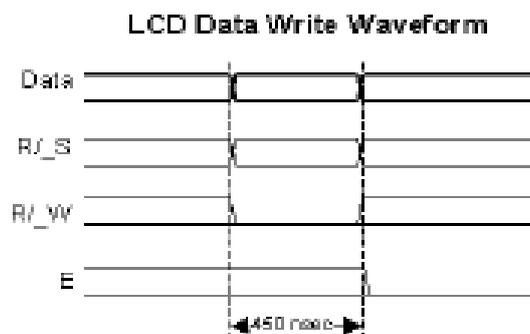
LCD Interfacing using HD44780 Hitachi chipset compatible LCD's

Most alphanumeric LCD displays have HD44780 compatible driver chipsets that follow the original Hitachi commands to control the LCD.

The most common connectors for alphanumeric LCD's are either 14-pin single row or 2X7 pins dual row connectors.

Pin	Description
1	GND (Ground)
2	Vcc (Supply Voltage)
3	Vee (Contrast Voltage)
4	R/S (Instruction/Register Select)
5	R/W (Read/Write)
6	E (Clock)
7	D0 (Data0)
8	D1 (Data1)
9	D2 (Data2)
10	D3 (Data3)
11	D4 (Data4)
12	D5 (Data5)
13	D6 (Data6)
14	D7 (Data7)

A typical LCD write operation takes place as shown in the following timing waveform:



Le Datasheet de capteur à effet hall

Description:

These Hall-effect devices contain a monolithic integrated circuit which incorporates a Hall element, a linear amplifier, a threshold amplifier, and Schmitt trigger on a single Hallogio® silicon chip. Included on-chip is a band gap voltage regulator to allow operation with a wide range of supply voltages. These devices feature logic level output and provide up to 21 mA of sink current. This allows direct driving of more than 7 TTL loads or any standard logic family using power supplies ranging from 4.5 to 24 volts. Output amplitude is constant at switching frequencies from DC to over 200 kHz.

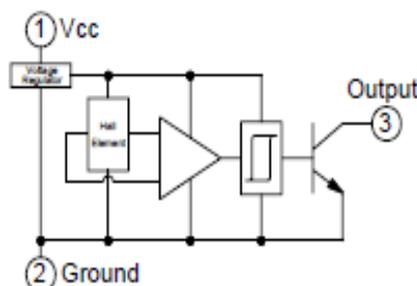
The Uni-Polar turns on with a (logic level "0") after a sufficient magnetic field from the south pole of a magnet approached the symbolized face of the device (Operating Point) and turns off (logic level "1") after the magnetic field reached a minimum value. The Bi-Polar latch device turns on (logic level "0") in the presence of a magnetic south pole and turn off (logic level "1") when subjected to a magnetic north pole. Both magnetic poles are necessary for operation for Bi-Polar devices. This feature makes these sensors ideal for applications in non-contact switching operations, brushless DC motors and for use with multiple pole magnets.

Applications:

- Non-contact reflective object sensor
- Assembly line automation
- Machine automation
- Machine safety
- End of travel sensor
- Door sensor

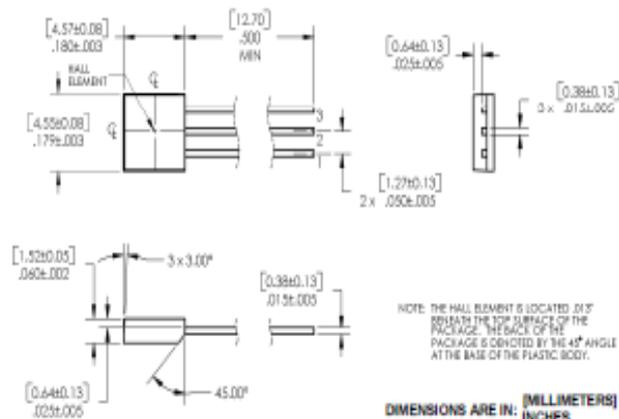
Ordering Information	
OH090U, OH180U, OH360U OH3013U, OH3113U OHN3019U, OHS3019U, OHN3119U, OHS3119U OHN3020U, OHS3020U, OHN3120U, OHS3120U OHN3030U, OHS3030U, OHN3130U, OHS3130U OHN3131U, OHS3131U OHN3040U, OHS3040U, OHN3140U, OHS3140U	Unipolar non-latching
OH3075U, OHS3075U, OHN3175U, OHS3175U OHN3177U, OHS3177U	Bi-Polar latching

Pin #	Transistor
1	V _{CC}
2	Ground
3	Output



RoHS

OPTEK reserves the right to make changes at any time in order to improve design and to supply the best product possible.



DIMENSIONS ARE IN: [MILLIMETERS]
INCHES

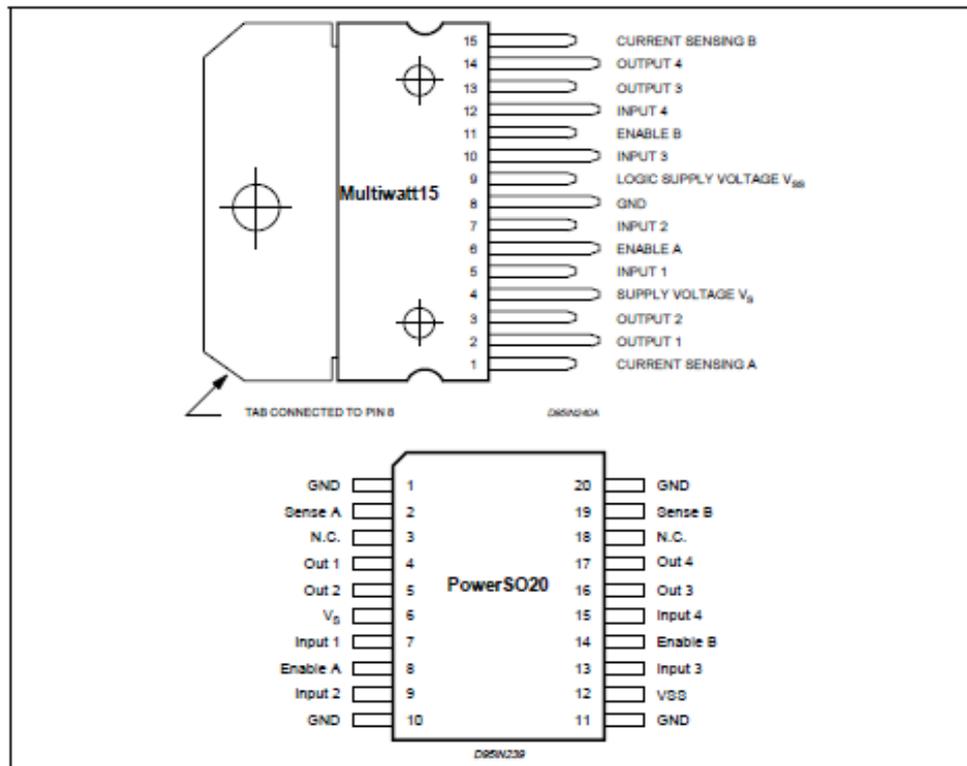
Le Datasheet du circuit L298D

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) - Non Repetitive ($t = 100\mu s$) - Repetitive (80% on -20% off, $t_{on} = 10ms$) - DC Operation	3 2.5 2	A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Datasheet d'arduino UNO

AIAA OC Rocketry (Revision 3 April 27, 2014 - <http://aiaacrocketry.org>)

APPENDIX A

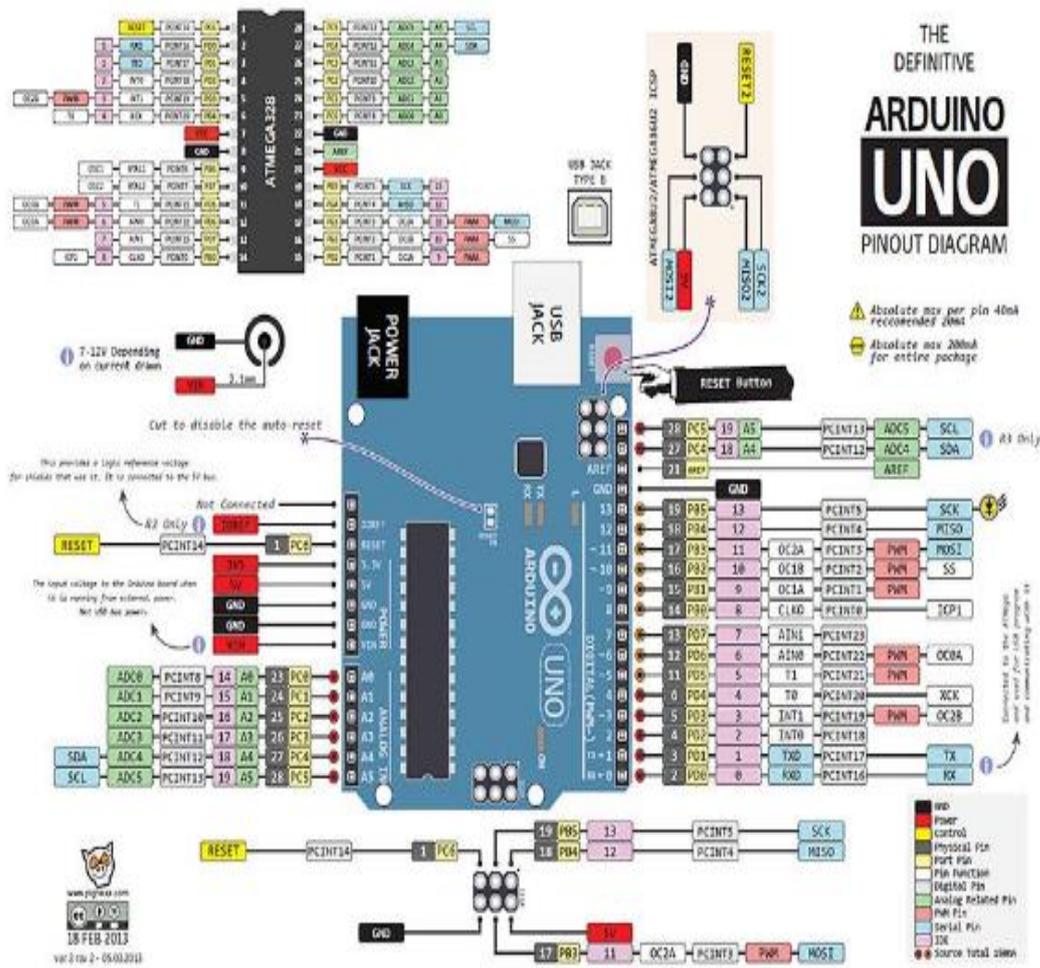
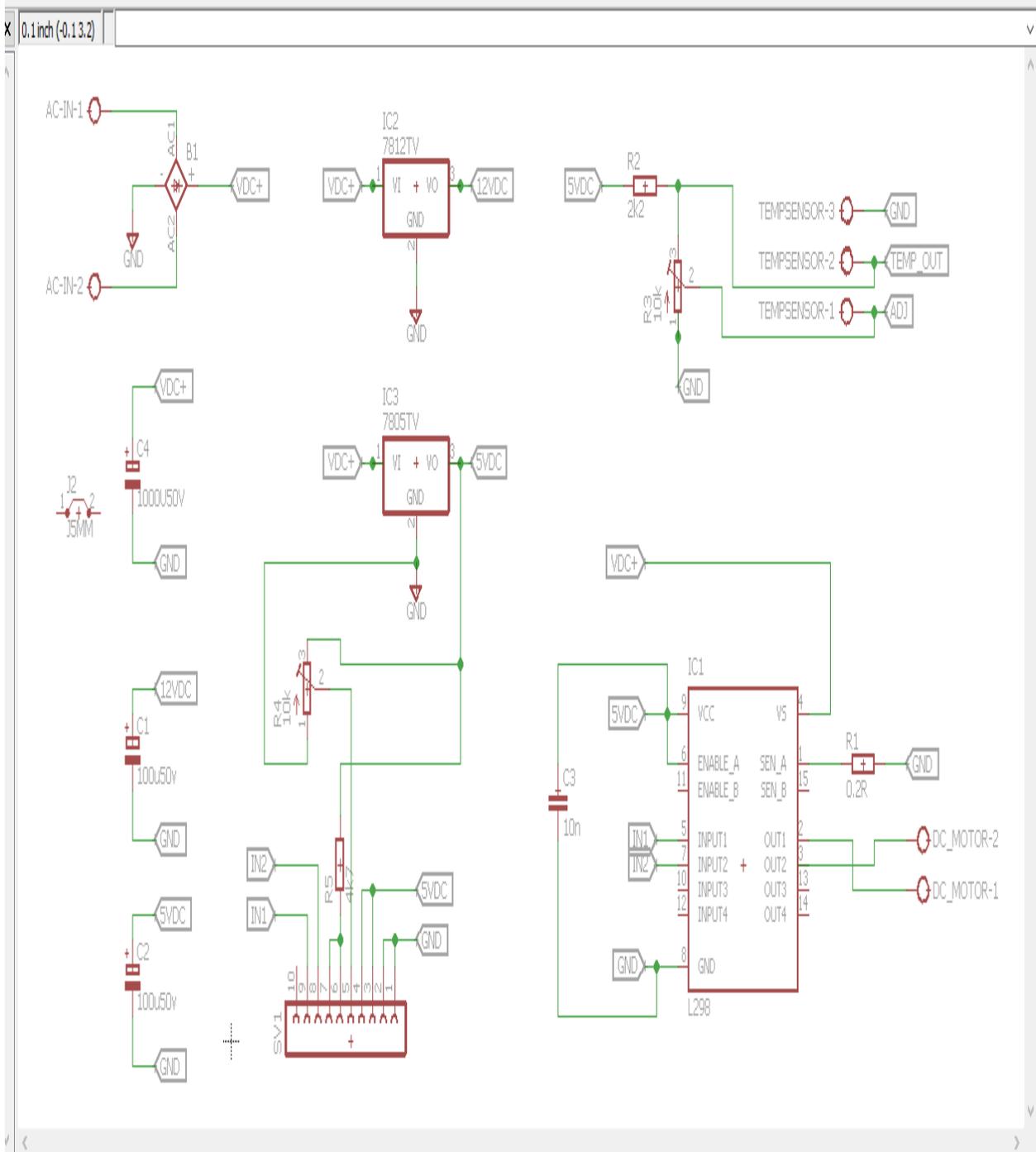


Diagram from: http://arduino.info.wikispaces.com/File:View/ArduinoUNO_000.jpg/47149535/ArduinoUNO_000.jpg

Schéma sur EAGL



المخلص

هذا المشروع يعمل على التحكم و السيطرة على حقنة موصولة بمحرك التيار المستمر مخصصة لمنصة الموائعية الصغيرة . ولمعالجة هذه المسألة وضعنا الدراسة الدقيقة لكل عنصر يشكل المشروع ، ثم تصميم نظام التحكم عن طريق اختيار بعناية أسلوب التحكم في استخدام وبرمجة لوحة التحكم التي توفر وظائف الخدمة التي تم تعريفها في المواصفات. وأخيرا سوف نناقش الجزء الثاني الذي هو الأكثر أهمية، تحقيق و تشغيل المشروع. مع الإختبارات و الحصول على النتائج

كلمات

منصة ميكروفلويديك - تأثير القاعة- لوحة التحكم-جهاز استشعار درجة الحرارة -شاشة ل سي دي

Résumé

Ce projet consiste a faire l'étude et la conception ainsi que la réalisation de la partie commande d'une seringue à l'aide d'un moteur a courant continue dédié à la plateforme micro fluide. pour répondre à la problématique nous avons élaboré une étude bien précise de chaque composant constituant le projet ,ensuite une conception du système de commande en choisissant bien la méthode de commande à utiliser ,puis une programmation de la carte de commande qui assure les fonctions de services qui sont défini dans le cahier des charges. Enfin nous aborderons la deuxième partie qui est la plus importante, cela consiste la réalisation et le fonctionnement du projet, avec la phase des tests et obtention des résultats.

Mots clés : LM35 – Arduino - effet hall - clavier analogique- micro fluide afficheur lcd -commande MLI

Abstract

This project is to make the study and design as well as the realization of the control part of a syringe with a motor machine dedicated to the microfluidic platform. to address the problem we developed a precise study of each component constituting the project, then a design of the control system by choosing both the control method to use and programming of the control board that provides the service functions that are defined in the specification. Finally we will discuss the second part that is the most important, it is the realization and operation of the project, with the phase of tests and obtaining results

Keywords : microfluidic platform -LM35 – Arduino - hall efect analog keyboard - lcd display - PWM control

