

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1 –
Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales
Département de construction aéronautique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME : MASTER
OPTION : AVIONIQUE

THEME

Conception et réalisation d'un drone quadri rotor

Réalisé par

SIDI ALI Khaoula

ZEMOURI Amira

Encadré par

Dr. AMRI Rhéda

Pr. LAGHA Mohand

Promotion : 2018 / 2019

Remerciements

*Nous adressons notre gratitude en premier lieu au dieu
- le plus puissant - de nous avoir donné : la santé, le courage, la volonté,
la patience et la force pour affronter tous les obstacles, qui se sont surmontés
durant tout notre cursus.*

*Nous tenons à exprimer notre respect et reconnaissance à notre promoteur
Dr. AMRI Rhéda qui nous a proposé ce thème et qui s'est montré très
disponible au long de la réalisation de ce mémoire ainsi pour l'aide
et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

*Nous remercions également le Pr. LAJHA Mohand notre
Co-promoteur de nous avoir accordé un sujet pareil, de nous avoir toujours
écouté et dirigé malgré ses nombreuses occupations aussi pour son soutien
et ses encouragements.*

*Nous adressons l'expression de notre sincère reconnaissance aux membres
du jury d'examen, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.*

*Enfin nous tenons à remercier vivement nos familles formidables,
notre première audience « Nour » ainsi toute personne ayant contribué
à l'élaboration de cette réalisation de près ou de loin,
nous citons particulièrement : Soumia, M. Djalel, M. Bilel,
Youssef et Adem.*

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Ma famille qui m'a doté d'une éducation digne
qui son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui et qui
n'ont jamais cessé de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

A mon cher père

*Celui qui a fait naître en moi l'ambition, l'amour d'apprendre et la force pour affronter les
difficultés.*

A ma chère mère

*Celle qui m'a soutenu et encouragé durant toutes ces années d'études
Merci maman pour l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre
bénédictioin m'accompagne toujours.*

A ma grande mère pour ces prières.

A mes sœurs Cyrine et Rania.

A mes chères ami(e)s.

A tous ceux et celles qui me sont chers

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

A tous ceux qui par un mot m'ont donné la force de continuer

A.M.P.A

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents

Ma famille précieuse

Toute personne ayant prié pour moi

Tous les gens qui m'ont sincèrement souhaité la réussite

Nour

KHOUSSA

Résumé

La technologie actuelle tend à rendre les systèmes de plus en plus digitaux et informatisés, le monde des drones s'est bénéficié énormément, ces formidables engins sans pilote télécommandés ou programmés à priori. Dans ce mémoire de fin d'études on s'intéresse à la conception et à la réalisation d'un drone quadri rotor. On effectue un système de contrôle des éléments constitutifs à la base d'une programmation de microcontrôleurs où le coté informatique est un programme MickroC, la simulation électronique par logiciel proteus. Suivi par une réalisation accompagnée de tests incluant l'environnement de développement labView. Notre but est d'arriver à présenter un travail 100% fait à la main avec maitrise d'outils utilisés.

Mots Clés : Quadri rotor, système de control, logiciel, programmation, conception, simulation, réalisation.

Abstract

Nowadays technology tends to make digitalization takes over systems .UAVs world has been touched enormously, these fabulous vehicles using remote control system or a beforehand programmed one .In this graduation thesis we show interest in UAV quadri rotor conception and realization. The control system of various components deals with programming microcontrollers .computing side is performed in Mickro C , simulation is made with Proteus software , arriving to realization along tests where we use labView in some of our experiments .Our purpose is to present a 100% handmade task while mastering the whole process.

Keywords: Quadri rotor, control system, software, programming, conception, simulation, realization.

الملخص

ان التكنولوجيا الحديثة تميل الى جعل الانظمة اكثر رقمنة و معلوماتية.عالم الطائرات بدون طيار استفاد من ذلك كثيرا , هذه الالات الرائعة التي لا تحتاج طيارا وتقاد اما بواسطة التحكم عن بعد او عن طريق البرمجة المسبقة. في مشروع نهاية الدراسة الخاص بنا, نحن نهتم بتصميم وإنشاء طائرة بدون طيار رباعية المراوح. بحيث نقوم بتنفيذ نظام التحكم لمختلف العناصر انطلاقا من برمجة الميكروكنترولر. تكمن النسخة المعلوماتية في شكل برنامج MickroC بينما تقوم المحاكاة الالكترونية على استخدام برنامج Proteus. تأتي بعد ذلك مرحلة الصنع متبوعة بالاختبارات, هذه الاخيرة التي استعملنا في بعضها بيئة التطوير LabVIEW . هدفنا هو تقديم عمل 100 % من صنع ايدينا مع التمكن من الادوات المستعملة .

الكلمات المفتاحية : طائرة رباعية المراوح, نظام التحكم, البرمجيات, البرمجة, التصميم, المحاكاة, الانشاء.

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Glossaire

Introduction générale

Sommaire du chapitre 1 : Drones et méthodes de controle 1

1-1 Introduction 2

1-2 Historique..... 2

1-3 Statut réglementaire..... 3

1-4 classification des drones..... 5

1-5 Domaine d'application 9

1-6 Technologies de capteurs pour la localisation des drones 11

1-7 Carte du contrôle d'un drone..... 11

1-8 Conclusion..... 13

Sommaire du chapitre 2 : Description et conception des commandes 14

2-1 Introduction 15

2-2 Constitution du drone 15

2-3 Le Microcontrôleur 22

2-4 Arduino 29

2-5 Le logiciel « Proteus » 32

2-6 Conclusion..... 33

Sommaire du chapitre 3 : contrôle du drone 34

3-1 Introduction 35
3-2 cahier de charge..... 35
3-3 matériels utilisés 35
3-4 Travail réalisé 51
3-5 Conclusion..... 69

Sommaire du chapitre 4 : Réalisation et assemblage 70

4-1 Introduction 71
4-2 Choix du matériau et du design 71
4-3 Découpage et assemblage du cadre..... 73
4-4 Circuit imprimé 75
4-5 Assemblage..... 85
4-6 Diagramme de notre travail 86
4-7 Conclusion..... 87
Conclusion et perspectives 88

Bibliographie

Annexe

Table des figures

Chapitre 1 : Drone et méthodes de contrôle

Figure 1-1 : Vue aérienne de Labrugière en 1889	2
Figure 1-2 : Fusées Vergeltungswaffe 1,2.....	3
Figure 1-3 : Aperçu global de l'état actuel de la réglementation des véhicules aériens sans pilote avec une résolution au niveau du pays (statut : octobre 2016).....	4
Figure 1-4 : Exdrone.....	6
Figure 1-5 : Exemple de drones a voilure tournante	7
Figure 1-6 : Drone quadri rotor	7
Figure 1-7 : Mouvement du drone en fonction de la vitesse des rotors.....	9
Figure 1-8 : Contrôleurs de vol.....	12

Chapitre 2 : Description et conception des commandes

Figure 2-1 : Exemple de Moteurs	16
Figure 2- 2 : Hélice	16
Figure 2-3 : Contrôleurs de vitesses électroniques.....	17
Figure 2-4 : Batteries	17
Figure 2-5 : Capteur GPS	18
Figure 2-6 : Capteur Accéléromètre	18
Figure 2-7 : Capteur Gyroscope	19
Figure 2-8 : Capteur Ultrason.....	19
Figure 2-9 : Capteur Baromètre.....	19
Figure 2-10 : Capteur Magnétomètre	20
Figure 2-11 : Radiocommande	21
Figure 2-12 : Camera.....	21
Figure 2-13 : Architectures du microcontrôleur	22
Figure 2-14 : Structure externe du Pic 16F877A.....	24
Figure 2-15 : Ports I/O du PIC 16F877A	25
Figure 2-16 : Structure interne du PIC 16F877A	26
Figure 2-17 : Carte Arduino	30
Figure 2-18 : Différentes parties d'une carte Arduino (UNO)	30
Figure 2-19 : Interface du logiciel Proteus	33

Chapitre 3 : Contrôle du drone

Figure 3-1 : Moteur BRUSHLESS A2212/13T 1000KV	36
Figure 3-2 : Constitution d'un moteur BRUSHLESS	36
Figure 3-3 : Branchement d'un BLDC.....	38
Figure 3-4 : hélice modèle : 10 x 4.5	38
Figure 3-5 : Installation de l'hélice.....	39

Figure 3-6 : BLDC ESC (<i>HobbyWing</i> 30A).....	40
Figure 3-7 : Branchement du BLDC ESC	41
Figure 3-8 : Branchement d'un potentiomètre	41
Figure 3-9 : LCDs utilisés	42
Figure 3-10 : Branchement d'un LCD.....	43
Figure 3-11 : LOAD CELL avec module HX711	43
Figure 3-12 : Branchement du LOAD CELL avec le HX711	44
Figure 3-13 : Capteur GPS NEO-6M	44
Figure 3-14 : Branchement du GPS NEO-6M.....	45
Figure 3-15 : ADXL 335	46
Figure 3-16 : Branchement de l'ADXL.....	47
Figure 3-17 : Moteur PM42S-096	47
Figure 3-18 : Branchement d'un moteur pas à pas à 5 fils	48
Figure 3-19 : émetteur et récepteur RF (433 Mhz).....	48
Figure 3-20 : Branchement de l'émetteur / récepteur RF.....	49
Figure 3-21 : FTDI232	50
Figure 3-22 : Signal de contrôle moteur.....	52
Figure 3-23 : Simulation moteur	53
Figure 3-24 : Essais moteur	53
Figure 3-25 : Essai contrôle moteur en Arduino	54
Figure 3-26 : Schéma électronique de programmation du Load cell	55
Figure 3-27 : Essai Load cell +ADXL.....	55
Figure 3-28 : Essai Load cell+HX711 en Arduino.....	56
Figure 3-29 : Schéma électronique de mesure de pesée et portance	56
Figure 3-30 : Réalisation de circuit de mesure de portance	57
Figure 3-31 : Schéma électronique de Mesure d'accélération et d'angles de rotation	58
Figure 3-32 : Expérience et affichage de données d'accélération et d'angles de rotation.....	58
Figure 3-33 : Mesure d'accélération avec Arduino	59
Figure 3-34 : Schéma électronique d'acquisition de données GPS.....	60
Figure 3-35 : Données GPS affichées sur un LCD	60
Figure 3-36 : Affichage données GPS sur PC	61
Figure 3-37 : Acquisition de données GPS avec carte arduino	62
Figure 3-38 : données de positionnement sur le NET	62
Figure 3-39 : Logo du logiciel « LabVIEW »	63
Figure 3-40 : Interface de contrôle moteur.....	64
Figure 3-41 : Schéma électronique de l'émetteur /récepteur.....	65
Figure 3-42 : Réalisation d'un circuit émetteur /récepteur	66
Figure 3-43 : Schéma électronique du Control « moteur pas à pas ».....	67
Figure 3-44 : Réalisation du control moteur pas à pas	67
Figure 3-45 : Essai 4 moteur + hélices + moteur pas à pas	68
Figure 3-46 : Essai GPS + ADXL 335	68

Chapitre 4 : Réalisation et assemblage

Figure 4-1: Notre drone schématisé avec le « SolidWorks »	71
---	----

Figure 4-2: Fixation des moteurs.....	72
Figure 4-3 : Structure du cadre	73
Figure 4-4: Assemblage à mis-tube avec vis	74
Figure 4-5: Découpage et assemblage à mis tube.....	74
Figure 4-6 : Perçage de structure.....	75
Figure 4-7 : Châssis prêt.....	75
Figure 4-8: Schéma constitutif d'une plaque d'époxy.....	76
Figure 4-9 : Insoleuse	77
Figure 4-10 : Circuit d'émetteur.....	77
Figure 4-11: Circuit de la première carte implémentée	78
Figure 4-12 : Circuit de la deuxième carte implémentée.....	78
Figure 4-13: Schéma du PCB d'émetteur.....	78
Figure 4-14 : Schéma du PCB de la première carte implémentée.....	79
Figure 4-15: Schéma du PCB de la deuxième carte implémentée	79
Figure 4-16 : PCB de l'émetteur.....	82
Figure 4-17: Premier PCB implementé	83
Figure 4-18: Deuxieme PCB implementé	83
Figure 4-19 : Fixation des 2 PCB implementes sur notre drone	85
Figure 4-20 : Fixation des moteurs et d'ESC	85

Liste de tableaux

Chapitre 1 : Drone et méthodes de contrôle

Tableau 1- 1 : Classification des drones	5
--	---

Chapitre 3 : Contrôle du drone

Tableau 3-1 : caractéristiques du moteur BRUSHLESS A2212/13T 1000KV	37
Tableau 3-2 : caractéristiques de l'hélice	39
Tableau 3-3 : caractéristiques de l'ESC HW 30A.....	40
Tableau 3-4 : Caracteristiques d'un LCD TM164A-1.....	42
Tableau 3-5 : Caracteristiques d'un LCD TM204A-1.....	42
Tableau 3-6 : Caractéristiques du GPS NEO-6M.....	45
Tableau 3-7 : Caractéristiques du PM42S-096.....	48

Chapitre 4 : Réalisation et assemblage

Tableau 4-1 : Etapes de réalisation du circuit imprimé	80
Tableau 4-2: Dimensions du perçage	81

Glossaire

Acronymes

ADC: Analog-to-Digital Converter
AM: Amplitude Modulation
BEC: Battery eliminator circuit
BLDC: Brushless Direct Current
BW: Bandwidth
CA : Courant Alternative (AC en anglais)
CAA: Civil Aviation Authority
CAN: Convertisseur Analogique Numérique
CBUS: Control Bus
CC: Courant Continu (DC en anglais)
CCP: Capture Compare PWM
COM: Component Object Model
CR: Close Range
CS: Chip Select
DDC: Direct Digital Controller
DDL : Degrés De Liberté
DEC: Decoy
DLL: Dynamic Link Library
EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EMI: Electromagnetic Interference
EN: Endurance
EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory
ESC: Electronic Speed Controller
EuroUVS: European Association of Unmanned Vehicles Systems
FAA: Federal Aviation Administration
FM: Frequency Modulation
FPV: First Person View
FTDI: Future Technology Devices International
GPIO: General Purpose Interface Bus
GPS: Global Positioning System
HALE: Haute Altitude Longue Endurance
HF: High Frequency
HS: High Speed
I/O: Input /Output
IDE: Integrated Development Environment
LCD: Liquid Cristal Display
LED: Light-Emitting Diode
LET: Létal
LFCSP: Lead Frame Chip Scale Package

LiPo: Lithium Polymer
LP: Low Power
LR: Long Range
MALE: Moyenne Altitude Longue Endurance
MAV: Micro Air Vehicle
MCLR: Master Clear
MCU: Micro controller unit
MEMS: Micro-Electro-Mechanical Systems
MR: Medium Range
MSAP : Moteur Synchrone à Aimants Permanents
NBC : Nucléaire Biologique, Chimique
NI: National Instruments
PC: Personal Computer
PCB: Printed Circuit Board
PM: Permanent Magnet,
PSA: Prescaler Assignment bit
PSP: Parallel Slave Port
PWM: Pulse Width Modulation
RAM: Random Access Memory
RC: Resistor–Capacitor Circuit
RD: Read
RF: Radio Frequency
RISC: Reduced Instruction Set Computer
RoHs: Restriction of Hazardous Substances
RPM: Revolution per Minute
RPM: Revolution per Minute
RX: Receive
SPI: Serial Peripheral Interface
SR: Short Range
STRATO EXO: EXO-STRATOsphérique
T0CKI: Timer0 external CLOCK Input.
T0CS: TMR0 CLOCK Source Select bit
T0IE: TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
T0IF: TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
T1CKI: Timer1 external CLOCK Input
T1CON: TIMER1 CONTROL register
T1OSC:TMR1 OSCILLATOR bit
T1OSCEN: Timer1 OSCILLATOR ENABLE Control bit
T1SYNC: Timer1 External Clock Input SYNCHRONIZATION Control bit
TMR1CS: Timer1 Clock Source Select bit
TMR1H: TRM1 High register
TMR1IE: TMR1 Overflow Interrupt Enable bit
TMR1IF: TMR1 Overflow Interrupt Flag bit
TMR1L: TRM1 Low register

TTL: Transistor-Transistor Logic
TX: Transmit
UART: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
UAV: Unmanned Aerial Vehicle
USB: Universal Serial Bus
UVS: Unmanned Vehicle Systems
VAA: Véhicule Aérien Autonome
VI: Virtual Instrument
VTOL: Vertical Take Off and Landing
WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment directive
WR: Write

Notations

GND : Contact de masse

Vcc : Borne positive d'alimentation pour un circuit TTL

Vdd : Borne positive d'alimentation pour un circuit CMOS

KV: motor velocity constant

g : Accélération gravitationnelle

Nd : Néodyme

Fe : Fer

B : Bore

S : Une cellule batterie en série

N : Nord

E : Est

L : Longueur

l : Largeur

H : Hauteur

D : Dimensions

R: Right

L: Left

Unités de mesure

MA : Milliampère (unité d'intensité de courant électrique)

μ A : Microampère (unité d'intensité de courant électrique)

A : Ampère (unité d'intensité de courant électrique)

V : Volt (unité de différence de potentiel)

W : Watt (unité de puissance)

MAH : Milliampère-heure (unité de charge électrique)

$^{\circ}$ C : Degré Celsius

Mhz : Mégahertz (unité de fréquence)

GHz : Gigahertz (unité de fréquence)

s : Seconde (unité de temps)

h : heure (unité de temps)

mm : Millimètre (unité de longueur)

cm : Centimètre (unité de longueur)

Km : kilo mètre (unité de longueur)

" : Pouce (unité de longueur)

m/s^2 : Mètre par seconde carré (unité d'accélération)

g : gramme (unité de masse)

Kg : Kilogramme (unité de masse)

Lb : pound (unité de masse)

dB : décibel (unité logarithmique de mesure de rapport entre deux puissance)

dBm : décibel par rapport au milliwatt (unité de niveau absolu référé à la puissance de 1 mW)

Bit : (unité de base de taille de la mémoire et d'information numérique)

Octet : (unité de taille de la mémoire et d'information numérique)

Introduction générale



Introduction générale

De nos jours la technologie ne cesse pas à avancer, parallèlement l'industrie. La contribution des drones dans le marché se fait de plus en plus remarquer. Une étude montre même une estimation à 127 milliards de dollars en 2020 pour un marché mondial de drone à utilisation commerciale à condition d'élaboration de réglementation ainsi qu'un système de gestion du trafic aérien pour ces engins [1]. Bien évidemment : La robotique ,le big data et l'intelligence artificielle sont à l'origine des nouvelles performances que caractérisent le drone d'aujourd'hui de point de vue autonomie ,vitesse ,distance , stabilité au vent et collecte de données selon la demande et le type de mission attachée. Cependant on se trouve maintenant face à trois difficultés à surmonter : la sécurité, l'assurance et la protection de la vie privée.

Il nous a semblé nécessaire de participer et de partager une expérience académique qui touche a cet aspect, c'est la raison pour la quelle on aborde ce mémoire qui consiste au développement d'un système de contrôle d'un petit avion /drone.

L'objectif de notre travail est de pouvoir contrôler les équipements électroniques, les différentes parties constitutifs et de faire l'acquisition des données en partant d'une programmation avec microcontrôleur, sans utilisation de cartes intelligentes. Et donc une mise en œuvre totale de la partie informatique et électronique, aussi de faire la conception et la réalisation de l'ensemble. Le mémoire fait rentrer dans le cadre de création d'un laboratoire avionique au niveau de l'institut d'aéronautique et des études spatiales .De ce fait on vise à offrir un travail de base et de faire introduire le principe en détail pour qu'il soit facile de développer et de compléter l'étude de stabilité à n'importe quelle occasion aussi d'encourager les étudiants à s'engager à la pratique.

Le manuscrit est organisé en quatre chapitres :

- ✈ Un premier chapitre : qui englobe une vision générale sur les drones, une étude des quadri rotors, de plus il touche une petite partie explicative qui concerne les deux tendances actuelles de contrôle.
- ✈ Un deuxième chapitre : qui constitue une véritable mine d'informations concernant les éléments constitutifs d'un drone .une présentation du principe sur le quel repose la partie « soft » utilisée au cours de notre travail y est également détaillées.
- ✈ Un troisième chapitre : qui entame la partie conception, où on effectue le contrôle selon le matériel de cahier de charge, de même la réalisation des essais élémentaires.
- ✈ Un quatrième et dernier chapitre qui finalise notre travail .il regroupe la fabrication du châssis, des PCB, l'implémentation et l'essai final.

Enfin nous terminons par une conclusion générale et des perspectives de travail.

Chapitre 1



Drones et méthodes de contrôle

Sommaire du chapitre 1

Sommaire du chapitre 1	1
1-1 Introduction	2
1-2 Historique	2
1-3 Statut réglementaire	3
1-4 classification des drones	5
1-4-1 Principales catégories de drone	5
1-4-2 Classification selon le type de voilure.....	6
1-4-3 Les quadri rotors.....	7
1-5 Domaine d'application	9
1-5-1 Drone militaire et policier	9
1-5-2 Drone civile	10
1-6 Technologies de capteurs pour la localisation des drones	11
1-7 Carte du contrôle d'un drone	12
1-8 Conclusion	13

1-1 Introduction

Connu aussi comme UAV (de l'anglais : Unmanned Aerial vehicle), le drone est un aéronef sans pilote à son bord, capable de mener à bien une mission de façon plus ou moins autonome.

Au fil des temps différentes définitions du terme drone ont été proposées, un groupe de travail de la FAA a définis le drone comme : « *un aéronef capable de voler hors de la ligne de mire sous contrôle distant ou autonome à des fins civiles. Un UAV n'est pas utilisé pour le sport ou les loisirs et ne transporte ni passagers ni équipage* » [2].

Une autre définition introduite par le secrétaire de la défense américaine se lit ainsi : « *Un véhicule aérien motorisé qui ne comporte pas d'opérateur humain, utilisant des forces aérodynamiques pour assurer la portance du véhicule, pouvant voler de manière autonome ou piloté à distance, il peut être consommable ou récupérable, et peut transporter une charge utile létale ou non létale. Les véhicules balistiques ou semi-balistiques, les missiles de croisière et les projectiles d'artillerie ne sont pas considérés comme UAVs* » [3].

L'autorité de l'aviation civile du Royaume Uni (CAA), a donné de sa part une troisième et plus récente définition :

« *Un aéronef conçu pour opérer sans pilote humain a bord dont il ne transporte pas de personnel. De plus, un UAV est capable de vol soutenu par des moyens aérodynamiques ; piloté à distance ou vole automatiquement un profil de vol préprogrammé* » [4]

1-2 Historique

L'histoire des UAVs commence en 1883 quand Douglas Archibald attacha un anémomètre à un cerf-volant. Il réussit à mesurer la vitesse du vent à des altitudes de 400 m [5]. Cinq ans plus tard, Arthur Batut équipa un cerf-volant d'un appareil photo et réussit la première photo aérienne le 20 juin 1888 à Paris [6]. Ce furent les premiers engins volants équipés pour la surveillance ou la détection.



Figure 1-1 : Vue aérienne de Labrugière en 1889 [7]

Au cours de l'histoire ce sont les conflits armés qui ont révélé l'utilité des drones et ont ainsi amplifié leurs intérêts sur le champ de bataille. Le premier grand essor du concept de drone a été connu durant la seconde guerre mondiale par l'apparition des fusées V1 et V2 (de l'allemand Vergeltungswaffe 1,2 respectivement : « arme de représailles »).



Figure 1-2 : Fusées Vergeltungswaffe 1,2

C'est ensuite sous le contexte de la « guerre froide » durant les guerres de Corée et du Vietnam que les VAA (véhicules aériens autonomes) ont été développés secrètement et ont permis l'espionnage afin de limiter les risques humains au cours des interventions militaires.

Les innovations technologiques en automatique, télécommunications, systèmes de navigation, avionique et systèmes embarqués qui ont permis un développement actif et continu dans le domaine de recherche liée au drone tant pour les applications civiles que militaires. Toutefois, seuls les drones militaires sont actuellement intégrés dans l'espace aérien.

1-3 Statut réglementaire

Les améliorations technologiques récentes et les capacités opérationnelles croissantes posent certains problèmes aux opérateurs aériens et aux autorités d'aviation en termes de confidentialité, protection des données et sécurité publique.

Afin de minimiser les risques d'incidents ou d'accidents causés par les UAV, un nombre croissant d'autorités nationales et internationales ont introduit des provisions légales. De telles réglementations ont un impact significatif sur la manière dont, où et quand les données peuvent être collectées et sur la diffusion de la technologie dans un contexte national.

En raison de l'émergence rapide de cette technologie, la législation et l'élaboration de politique relatives aux UAV restent encore derrière la technologie et une hétérogénéité de réglementations nationales et des niveaux de mise en œuvre variables peuvent être

observés. Cela a créé un obstacle important à la recherche et au développement et à l'exploitation des opportunités de marché.

Les UAVs étant un nouvel objet dans l'espace aérien, ils représentent un risque potentiel pour les autres utilisateurs de l'espace aérien ainsi que pour les tiers au sol. Par conséquent, et pour minimiser ce risque un nombre croissant de pays mettent en place des réglementations.

Les résultats révèlent que les réglementations relatives aux UAVs sont soumises à la législation nationale et se concentrent sur trois aspects essentiels :

- ✈ cibler l'utilisation réglementée de l'espace aérien par les UAVs car ils posent un grave danger pour les aéronefs pilotés.
- ✈ fixer des limites opérationnelles afin d'assurer des vols appropriés.
- ✈ aborder les procédures administratives des autorisations de vol, des licences de pilote et des autorisations de collecte de données.

L'aperçu mondial de la réglementation relative aux UAVs en octobre 2016 révèle que près du tiers des pays ont mis en place des documents réglementaires. Environ la moitié des pays ne fournissent aucune information concernant l'utilisation des UAV pour des applications civiles (ni une interdiction ni une autorisation de vol n'est signifiée).

Des notices concernant la réglementation en cours ont été trouvées dans 15 pays. À cet égard, certains pays -le Kenya par exemple- ont déjà publié des versions provisoires.

À Cuba, en Égypte et en Ouzbékistan, les drones sont officiellement interdits, et donc une interdiction d'utilisation de cette plate-forme.

Dans 13 cas, les informations des listes précompilées n'ont pas pu être validées et aucun document qui prouve l'existence de réglementations particulières n'a été trouvé. [8]

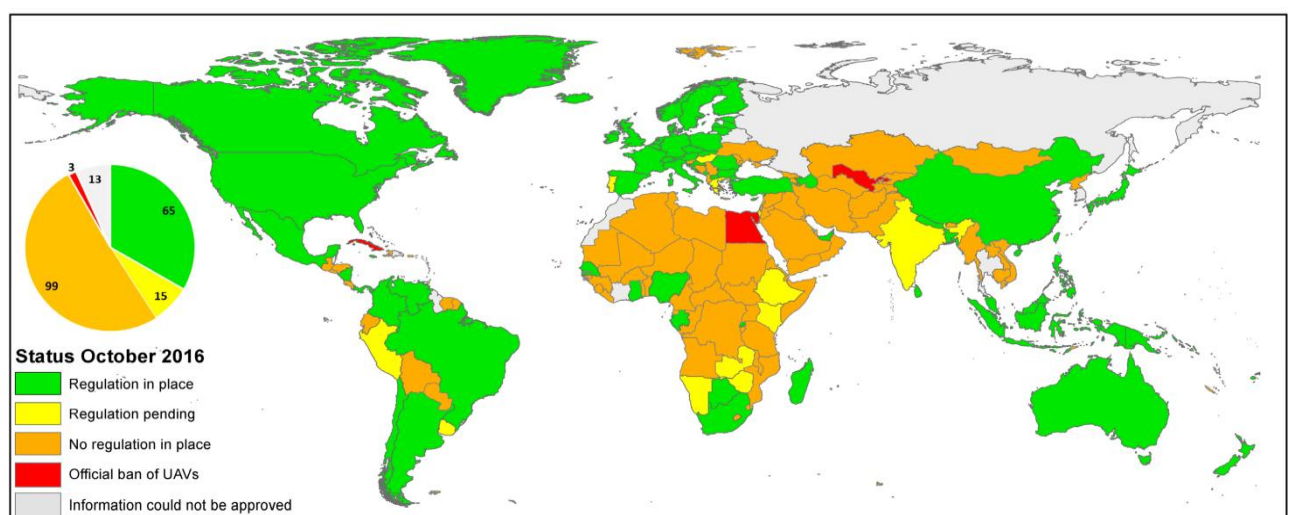


Figure 1-3 : Aperçu global de l'état actuel de la réglementation des véhicules aériens sans pilote avec une résolution au niveau du pays (statut : octobre 2016)

1-4 classification des drones

1-4-1 Principales catégories de drone

La classification de drone peut dépendre de nombreux paramètres : la taille, le poids, la portée de la télémétrie, type de voilure (il s'agit de l'architecture aéromécanique), l'endurance (temps de vol de l'aéronef), l'altitude d'opération... etc.

L'EUROUVS (European Association of Unmanned Vehicles Systems) devenue plus tard UVS International (l'Unmanned Vehicles Systems International) a proposé une classification intéressante selon des critères différents : le poids maximum au décollage, l'altitude maximale et le temps de vol maximum. Le Tableau ci dessous résume les quatre principales catégories de drone et leurs acronymes

Catégorie	Acronyme	Poids maximum au décollage (Kg)	Altitude de vol maximale (Km)	Endurance (h)	Exemple
Micro/Mini drones	MAV	0.10	0.25	1	Microbat
	Mini	<30	0.15-0.3	< 2	Aladin
Drones tactiques	CR	150	3	2-4	R-Max
	SR	200	3	3-6	Phantom
	MR	150-500	3-5	6-10	Hunter B
	LR	–	5	6-13	Vigilante 502
	EN	500-1500	5-8	12-24	Aerosonde
	MALE	1000-1500	5-8	24-48	Predator -IT
Drones stratégiques	HALE	2500-12500	15-20	24-48	GlobalHawk
Drones spécialisés	LET	250	3-4	3-4	Harpy
	DEC	250	0.05-5	< 4	Nulka
	STRATO	A déterminer	20-30	> 48	Pegasus
	EXO	A déterminer	> 30	A déterminer	Mars Flyer

Tableau1- 1 : Classification des drones

1-4-2 Classification selon le type de voilure

Selon le fonctionnement aérodynamique les drones peuvent être structurés, ainsi on peut distinguer deux modes de déplacement principaux :

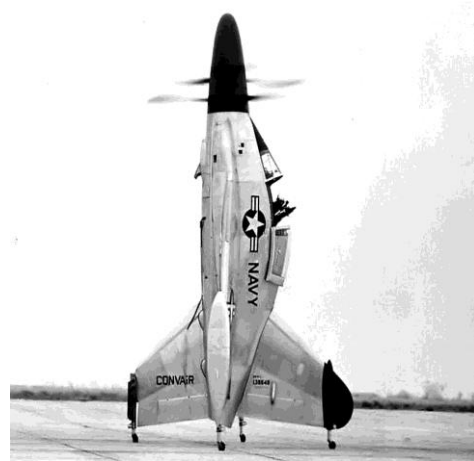
- ✈ le vol d'avancement propre aux drones à ailes fixes , ils sont destinés à des missions de plus grande portée (plusieurs centaines de kilomètres) où le véhicule a besoin d'une forme aérodynamique lui permettant de minimiser sa dépense d'énergie pour atteindre son but et revenir.



Figure 1-4 : Exdrone

- ✈ le vol stationnaire propre aux drones à voilure tournante, caractérisés par un décollage et un atterrissage vertical- groupe « VTOL : vertical take off and landing ». Cela permet l'évolution dans les espaces limités avec une aptitude de se mouvoir à travers des rues en évitant tous les obstacles, de se positionner au-dessus d'une zone d'intérêt, de rentrer dans des pièces pour les inspecter, de retransmettre toutes les données en temps réel et enfin de revenir à leur point de départ . Ils utilisent un (ou des) rotors(s) pour se sustenter et se propulser.

Plusieurs configurations de cellules à voilures tournantes peuvent être trouvées : les hélicoptères classiques, birotors contrarotatifs, Les rotors coaxiaux, Les convertibles, Les rotors multiples et bien d'autres.



Drone à rotors coaxiaux Dragon_y 53 XFY Pogo (configuration convertible)



Hexa rotor (rotors multiples)

Sikorsky Cypher II UAV (birotors)

Figure 1-5 : Exemple de drones a voilure tournante

1-4-3 Les quadri rotors

Un quadri rotor est un engin à voilure tournante qui consiste en une armature en croix symétrique avec des moteurs et des rotors aux extrémités de chaque tige. la partie électronique est habituellement située au centre de la croix et les rotors sont diamétralement opposés tournent dans le même sens Pour pouvoir diriger l'appareil. Ce robot aérien est défini dans l'espace par six degrés de liberté (6DDL).



Figure 1-6 : Drone quadri rotor

Pour diriger le quadri rotor il est nécessaire que les rotors avant et arrière tournent dans le sens contraire des rotors latéraux pour éliminer l'effet du couple afin d'éviter à l'appareil de tourner sur lui même sur son axe de lacet. Le pilotage en tangage, roulis, lacet ainsi que le mouvement vertical sont réalisés par la différence de vitesse de rotation des quatre moteurs.

Translation Verticale

Le contrôle vertical se fait par variation de la vitesse de rotation des rotors. Pour un vol stationnaire, la vitesse de rotation est la même pour les 4 rotors, de façon à ce que la poussée globale des quatre rotors compense le poids de l'appareil. Pour changer l'altitude, on fait varier identiquement la vitesse de rotation des 4 rotors.

Translation horizontale

On fait varier l'assiette de l'appareil, par inclinaison de cône rotor ce qui permet de modifier le vecteur translation en grandeur et en direction de chaque rotor. c.à.d. qu'il faut juste garder une vitesse moyenne pour deux rotors opposés et faire varier la vitesse entre les deux restants. De cette manière la translation se fait dans le sens du rotor avec la plus faible force de poussée.

Lacet

Le lacet s'obtient par la différence de couple de frottement créée au niveau des rotors. Il suffit donc d'augmenter la vitesse de rotation de deux moteurs diamétralement opposés et diminuer la vitesse des deux autres moteurs. Ainsi la poussée globale est maintenue, mais il y a apparition d'un couple résultant.

Roulis & tangage

Le roulis et le tangage à altitude constante sont obtenus de la façon suivante : il faut faire varier la vitesse des moteurs des rotors diamétralement opposés. On augmente la vitesse de l'un et on diminue la vitesse de l'autre (On conserve la force globale opposée au poids). Le quadri rotor s'incline du côté où l'on a ralenti la vitesse du moteur et part dans cette direction. [9]

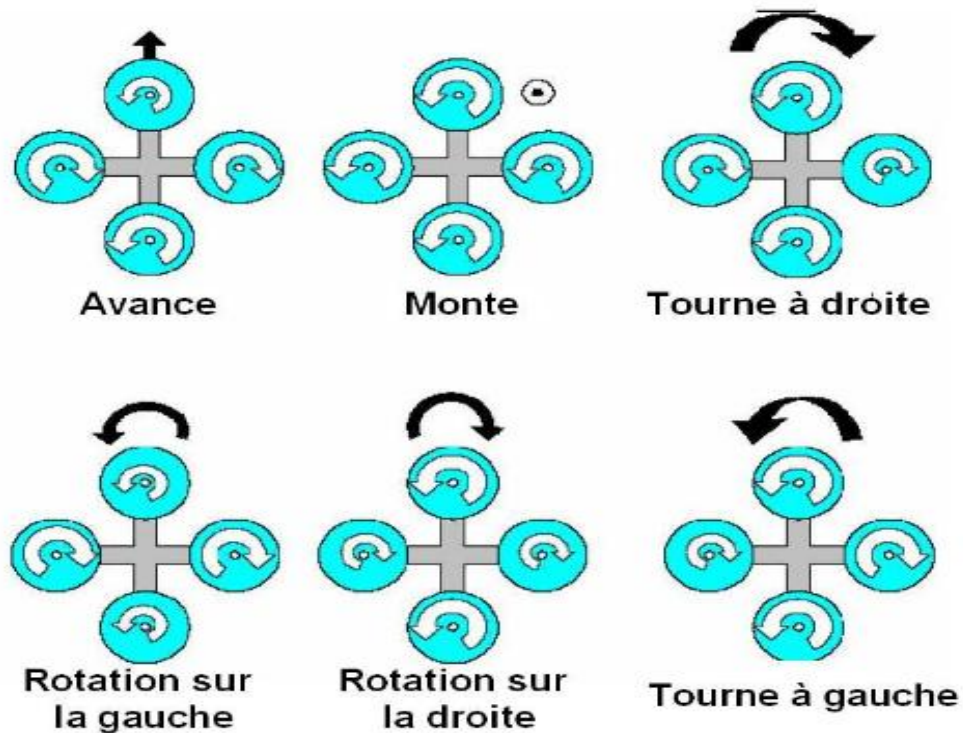


Figure 1-7 : Mouvement du drone en fonction de la vitesse des rotors

1-5 Domaine d'application

L'utilité et l'efficacité des drones pour effectuer certains types de missions ne sont plus à démontrer. Les drones civils à usage professionnel et industriel, connaissent un essor qui semble désormais faire d'eux des outils indispensables dans de nombreux domaines.

1-5-1 Drone militaire et policier

Les applications militaires aéronautique impliquant l'utilisation de drone comme tout autre domaine ont donné naissance aux recherches avancées vers de nouvelles technologies qui se reflètent par la suite sur les activités civiles. Les missions des drones militaires sont axées principalement sur : la surveillance, le renseignement, le transport de matériel, et également les missions offensives. [10]

Dans la marine

- Ombre des flottes ennemies
- Protection des ports contre les attaques en mer
- Placement et surveillance des bouées de sonar et éventuellement d'autres formes de guerre anti-marine

Dans l'armée

- ✈ Surveillance de l'activité de l'ennemi
- ✈ Surveillance de la contamination nucléaire, biologique ou chimique (NBC)
- ✈ Désignation et suivi des objectifs
- ✈ Localisation et destruction des mines terrestres
- ✈ arme de combat : Le pilotage des drones peut s'effectuer à partir de sites distants de plusieurs milliers de kilomètres de l'avion

Dans l'aviation

- ✈ Surveillance longue distance et haute altitude
- ✈ Brouillage et destruction du système radar
- ✈ Sécurité de base d'aérodrome
- ✈ Evaluation des dégâts d'aérodrome
- ✈ Elimination des bombes non explosées

La police

- ✈ La police est équipée du drone caméra ELSA et DJI, afin de filmer les manifestations et de pouvoir lutter plus efficacement contre les violences urbaines, transformant ces appareils en caméra de surveillance volante

1-5-2 Drone civile

De nos jours Les drones à activité civile sont de plus en plus utilisés :

Surveillance civile

- ✈ la maintenance : pour la détection de problèmes sur des lignes électriques et l'intervention dans des zones difficiles d'accès.
- ✈ le contrôle d'infrastructures (tels que les ponts ou les viaducs) : Ils permettent de détecter des fissures, des problèmes de structure, de suivre l'évolution des dégradations et de faire des relevés
- ✈ la surveillance de matériel, La vérification l'état du réseau de rails et la lutte contre les vols de métaux
- ✈ la Surveillance du trafic et de l'espace aérien.

Sécurité civile

- ✈ détection et le suivi de feux de végétation.
- ✈ la recherche et le sauvetage en condition atmosphérique extrême
- ✈ Gestions d'urgences et de désastres : Tremblement de terre, Inondations, Désastres nucléaires, Déversements de pétrole

Application dans l'industrie

- ➔ Épandage des récoltes
- ➔ Cinéma, Photo aérienne, Publicité aérienne
- ➔ cartographie de zones agricoles ou urbaines
- ➔ Reportage pour les canaux de nouvelles
- ➔ Transport de fret

Opérations maritimes

- ➔ support au feu
- ➔ acquisition de cibles au-delà de l'horizon
- ➔ classification de navire

Aussi pour l'étude scientifique, protection de l'environnement et la prospection pétrolière.

1-6 Technologies de capteurs pour la localisation des drones

Tous les capteurs utilisés dans le domaine de la robotique mobile fournissent des informations appartenant à l'une des deux grandes catégories d'informations : les informations proprioceptives et les informations extéroceptives. [11,12]

La mesure de l'information relative au mouvement de l'appareil par rapport à son état de référence représente une information proprioceptive simple de manipulation et ne dépendant pas des conditions environnementales dans lesquelles évolue l'engin, elle renseigne du déplacement du véhicule dans l'espace mais nécessite un recalage au cours du temps.

Le Gyroscope est un exemple de ces capteurs proprioceptifs, c'est un appareil qui permet d'effectuer une mesure de la rotation absolue d'un appareil - dont il est fixé- autour d'un axe. Par conséquent, trois gyroscopes sont nécessaire pour les 3 axes roulis, lacet et tangage. Il exploite le principe de conservation du moment angulaire, ou effet gyroscopique tout comme une toupie, afin de mesurer l'orientation absolue d'un objet.

La mesure de l'information obtenu par l'observation de points de repère naturels ou artificiels dont la situation est connue dans un référentiel attaché à l'environnement représente une information extéroceptive, indépendante des déplacements et pourra donc être acquise quelle que soit l'erreur accumulée.

Un exemple de ces capteurs : le GPS l'un des systèmes de positionnement par satellite. La position est donnée en termes de latitude, longitude et d'altitude, avec une précision d'une dizaine de mètres.il est composé de trois parties distinctes, appelées segments : le segment spatial, de commande et utilisateur. Le segment spatial est constitué d'un ensemble de 24 satellites tournant autour de la Terre à une altitude de 20000 kilomètres et répartis sur six plans orbitaux de manière à ce qu'il y ait toujours au moins quatre satellites détectables

par les navigateurs GPS, condition sine qua non au bon fonctionnement du système. Le segment de commande est formé de plusieurs stations au sol dont l'objectif est de piloter et de surveiller le système.

1-7 Carte du contrôle d'un drone

Suivant le type de drones, leurs configurations. Le contrôleur de vol représente la partie fondamentale qui effectue le contrôle de ces UAVs.

Un contrôleur de vol est un circuit intégré généralement composé d'un microprocesseur, de capteurs et de broches d'entrée/sortie. Certains paramètres de configuration doivent être définis dans un logiciel et, une fois cela est fait, cette configuration est ensuite transférée sur la carte.

Les familles de microcontrôleurs : Les 8051/ AVR/ PIC/ ARM constituent la base de la plupart des contrôleurs de vol actuels.

Les Microcontrôleurs sont les cerveaux des robots. Ils permettent d'établir des liens de communication entre différents capteurs et pièces électroniques ainsi que toutes autres composantes nécessaires en plus de gérer l'intelligence du robot.

Quant aux cartes Arduino, elles possèdent un microcontrôleur facilement programmable ainsi que de nombreuses entrées-sorties, elles se programment en C++ à l'aide d'un logiciel de programmation gratuit et open-source. Arduino est à base d'AVR (ATmel). [13]

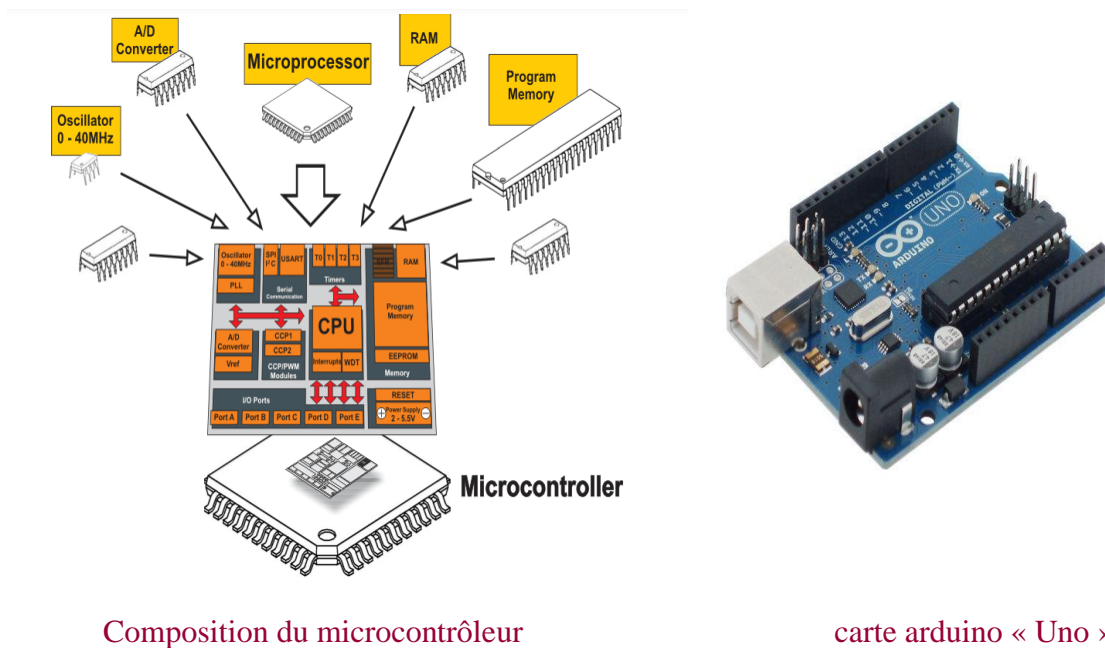


Figure 1-8 : Contrôleurs de vol

Le grand avantage que offre l'Arduino est bien le montage des composants et le mode de manipulation facile sans oublier la grande communauté d'utilisateurs, les guides d'utilisation et les forums d'entraide. [14,15]

Toutefois cette électronique programmée se mit face à des inconvénients remarquables :

- Point de vue optimisation : l'impossibilité de choisir quoi monté sur la carte
- point de vue développement : le code ne sera portable que sur des cartes de type Arduino.

Les optimisations qui manquent l'Arduino se retrouvent à la programmation des microcontrôleurs car ces derniers offrent une variété d'options comme ils personnalisent le travail :

- Taille diminuée et Encombrement réduit
- Gain de poids
- consommation électrique minimisée
- Meilleure régulation de chaleur
- Optimisation adaptée au projet
- La possibilité de programmation avec plusieurs langages : C, mikroBasic, Assembleur...

Cependant rien n'est parfait, on peut même citer les inconvenants suivants :

- manipulation fragile
- Système de développement onéreux
- Programmation nécessitant un matériel adapté
- nécessité de circuit de Protection
- une demande en matière de temps
- plus de complexité
- nécessité d'expérience en électronique

1-8 Conclusion

Dans ce chapitre Nous avons abordé des généralités sur les drones, les différentes voilures ainsi que les capteurs et les contrôleurs du vol.

Nous avons d'ailleurs mentionné que les améliorations technologiques ont permis tant de véhicules pour tant de missions et de caractéristiques .De même on a souligné de la part de chaque outils de contrôle les avantages et les inconvénients pour qu'il soit facile de bien choisir l'option appropriée selon le type de travail .

Une présentation détaillée sur la constitution de drone et le contrôle fera l'objet du chapitre prochain.

Chapitre 2



Description et conception des commandes

Sommaire du chapitre 2

Sommaire du chapitre 2	14
2-1 Introduction	15
2-2 Constitution du drone	15
2-2-1 Châssis.....	15
2-2-2 Système de propulsion	15
2-2-3 Contrôleur du vol	17
2-2-4 Les capteurs.....	18
2-2-5 La radiocommande.....	20
2-2-6 Caméra	21
2-3 Le Microcontrôleur	22
2-3-1 Microcontrôleur PIC	23
2-3-2 PIC 16F877A.....	23
2-3-3 La famille des PIC 18F.....	29
2-4 Arduino	29
2-5 Le logiciel « Proteus »	32
2-6 Conclusion	33

2-1 Introduction

Depuis que l'homme existe sur la planète, l'industrie de la construction existe sous une forme ou une autre et touche tous les domaines dont l'aéronautique fait une grande partie surtout avec le développement croissant et rapide des drones qui sont devenus de plus en plus utilisables et indispensables.

La constitution des drones dépend de leurs utilisations mais repose toujours sur la même structure basique qu'après on rajoute des composants selon le besoin.

Dans ce chapitre on présente brièvement les différentes parties d'un drone quadri rotor ainsi les composants nécessaires pour sa constitution.

2-2 Constitution du drone

Les drones connaissent un développement progressif assez rapide dû au développement des cartes électroniques et des batteries qui sont de plus en plus légers.

2-2-1 Châssis

Le châssis est tout simplement la base ou le squelette du drone. Également appelé frame.

Le châssis peut avoir différentes formes et différentes caractéristiques .on distingue notamment les différents châssis par leurs nombres de bras :

- Le tricoptère (3 bras)
- Le quadricoptère (4 bras)
- L'hexacoptère (6 bras)
- Le modèle Y6 (3 bras doubles)
- L'octocoptère (8 bras)
- Le modèle X8 (4 bras doubles)

Le choix du matériau est important .Le châssis Peut être conçu du plastique, d'aluminium ou de fibre de carbone selon l'utilisation souhaitée ; un châssis en bois sera plus couteux et un châssis en fibre de carbone sera plus léger et plus résistant.

2-2-2 Système de propulsion

Comme la majorité des petits drones multi rotors sont électriques, leurs système de propulsion est caractérisé par une mise en œuvre électrique et est constitué de plusieurs éléments :

2-2-2-1 Moteur

Les UAVs utilisent des moyens de propulsion comme le moteur électrique ou le moteur thermique.

Le moteur électrique

Les drones sont actionnés par des moteurs électrique qui peuvent être a balais (Brushed) alimentés par des courants continus ou sans balais (Brushless).

Grace aux progrès de l'électronique de puissance et de l'informatique, ainsi qu'à l'apparition d'aimants performants, le Moteur Synchrone à Aimants Permanents (MSAP OU AC-brushless en anglais) a pu s'imposer dans les systèmes d'entraînement et particulièrement dans la propulsion des engins miniatures. [16]



Figure 2-1 : Exemple de Moteurs

Le moteur thermique

Un moteur à combustion ou moteur thermique est un moteur permettant d'exercer un travail, ou une poussée de gaz, à l'aide d'un processus de combustion. Le principal inconvénient de ce type de moteur pour son utilisation dans des modes réduits est sa signature acoustique très importante, ce qui est très préjudiciable pour un véhicule qui se veut discret. De plus, son utilisation s'accompagne d'une pollution atmosphérique locale qui par exemples, peut perturber une mission se déroulant dans des espaces confinés. [17]

2-2-2-2 Hélices

Les hélices sont souvent en matière plastique mais aussi parfois en matériaux composites. Elles sont identifiées par leur diamètre et leur pas est indiqué en pouces. Sur un drone quadri rotor, il faut 2 hélices à sens horaires et 2 hélices à sens anti horaire.



Figure 2- 2 : Hélice

2-2-2-3 Contrôleurs de vitesses électroniques (ESC)

Les moteurs sont commandés par des interfaces de puissance appelées Contrôleurs (ESC ou Electronic Speed Controller en anglais). Ce sont des circuits électroniques qui gèrent la vitesse, la direction et la rotation des moteurs, permettent de faire varier la vitesse de rotation des moteurs, à partir du courant délivré par la batterie. Ils sont caractérisés par une valeur en ampères qui indique l'intensité maximale qu'ils peuvent encaisser pendant le vol.

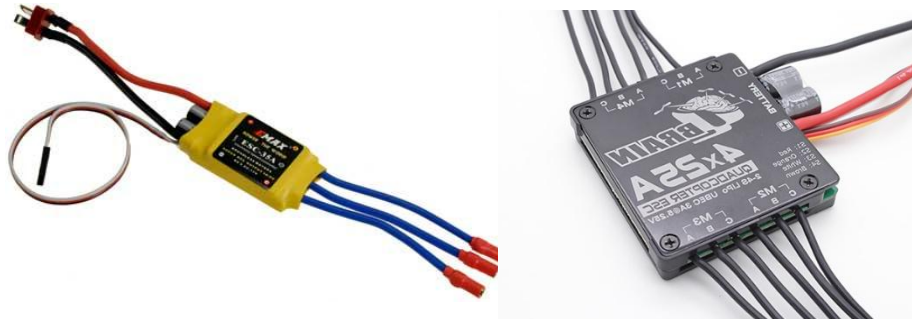


Figure 2-3 : Contrôleurs de vitesses électroniques

2-2-2-4 Batteries

Les batteries utilisées sur un drone multi rotor sont essentiellement des « Lithium Polymère ». Elles sont issues d'une technologie qui permet d'avoir un très bon rapport poids/puissance. Un élément LiPo (1S) fournit une tension de 3,7V. Sur un drone, on utilise en général des batteries à 3 ou 4 éléments (3S ou 4S). L'intensité est aussi un critère de choix. Une batterie de 3000mAh aura une meilleure autonomie qu'une batterie de 2200mAh. Un chargeur spécifique est à prévoir ainsi que des règles de sécurité très strictes car ces batteries peuvent exploser en cas de mauvaise manipulation.



Figure 2-4 : Batteries

2-2-3 Contrôleur du vol

Le drone doit pouvoir être contrôlé afin de voler. Le contrôleur de vol est donc le troisième composant important d'un drone radiocommandé. Il est lui-même composé d'un circuit intégré avec un microprocesseur, des capteurs et des broches d'entrée et de sortie.

Pour pouvoir configurer le drone, il est nécessaire d'utiliser un logiciel pour transférer les données sur la carte du contrôleur.

2-2-4 Les capteurs

Plusieurs capteurs peuvent être exploités sur un UAV suivant la mission, la zone d'utilisation, aussi le type de matériels utilisés afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ensemble.

2-2-4-1 Capteur GPS

Ce capteur est un récepteur de positionnement, un circuit électronique qui fournit la position, la vitesse, l'altitude et d'autres paramètres liés au drone.



Figure 2-5 : Capteur GPS

2-2-4-2 Capteur Accéléromètre

L'accéléromètre est un circuit électronique qui mesure la variation de la vitesse du drone. C'est un capteur fixé qui sert à mesurer l'accélération. Bien que l'accélération soit définie en m/s^2 (SI), la majorité des documentations sur ces capteurs expriment l'accélération en «g» (accélération causée par la gravitation terrestre, soit $g = 9,80 m/s^2$).



Figure 2-6 : Capteur Accéléromètre

2-2-4-3 Capteur Gyroscope

C'est un circuit électronique qui permet de fournir une information sur la vitesse de rotation selon les axes ; c.à.d. le degré de rotation en unité de temps. Il est très utilisé en robotique, également au système de pilotage autonome.

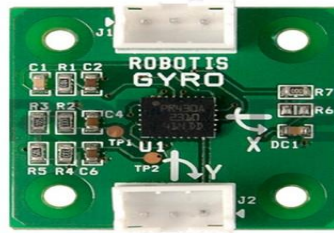


Figure 2-7 : Capteur Gyroscopie

2-2-4-4 Capteur Ultrason

Un capteur à ultrasons émet à intervalles réguliers de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance le séparant de la cible sur la base du temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho (dans notre cas : la distance entre le drone et le sol).



Figure 2-8 : Capteur Ultrason

2-2-4-5 Capteur Baromètre

Un capteur qui permet une mesure barométrique (de pression) ainsi qu'une mesure de température avec des marges et des précisions bien spécifiées propre à chaque utilisation. Et Comme la pression varie avec l'altitude, une mesurer l'altitude est estimé ; c'est le cas pour les drones.



Figure 2-9 : Capteur Baromètre

2-2-4-6 Capteur Magnétomètre

Le Capteur Magnétomètre est un circuit électronique qui permet de contrôler le cap et de donner l'orientation du drone car il a la capacité de mesurer la direction et l'intensité d'un champ magnétique.

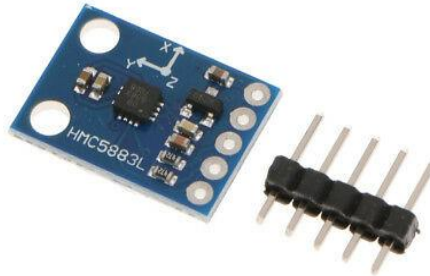


Figure 2-10 : Capteur Magnétomètre

2-2-4-7 Carte intelligente

La carte intelligente est une carte qui contrôle et gère tous les capteurs montés sur le drone.

2-2-5 La radiocommande

Pour piloter le drone, il faut un émetteur radio pour le pilote et un récepteur au drone. Il existe plusieurs technologies pour les radiocommandes, les radios FM (de moins en moins utilisées) et les radios en 2,4GHz souvent programmables pour s'adapter à chaque appareil radiocommandé.

Une radiocommande doit idéalement comporter 6 voies pour piloter un drone, 4 voies sur les manettes et 2 voies sur des interrupteurs pour actionner certaines fonctions. Il existe deux modes de configuration des manettes, le Mode « 1 » dans lequel les gaz sont à droite et le mode « 2 » où les gaz sont à gauche.

Certaines radios fonctionnent dans les deux sens, c'est-à-dire qu'elles peuvent envoyer des ordres à l'émetteur mais aussi recevoir des informations de celui-ci (tension de la batterie,...).



Figure 2-11 : Radiocommande

2-2-6 Caméra

Bien que facultatif, de nombreux pilotes deviennent adeptes du FPV (First Person View) c'est-à-dire du vol en immersion. Pour permettre l'immersion et la prise de vue aérienne, le drone doit donc être composé d'une mini caméra (ou caméra GoPro) avec émetteur vidéo. La qualité de la prise de vue et des photos aériennes dépendra évidemment de la qualité de la caméra embarquée.

Pour pouvoir visualiser en temps réel ce que la caméra du drone capture, il est également nécessaire de posséder un récepteur vidéo ainsi qu'un appareil permettant l'affichage vidéo. Il peut s'agir :

- ✈ D'un moniteur LCD : de taille et de qualité variable selon les modèles, le moniteur LCD est bien souvent relié à une station de base (poste permettant de faciliter les différents réglages avant le vol).
- ✈ De lunettes FPV : pour plus d'immersion, des lunettes ou casques peuvent être connectés. Posséder plusieurs casques permet notamment de faire suivre le vol à un groupe.
- ✈ D'autres appareils mobiles : l'affichage peut également s'opérer sur des appareils intelligents tels qu'un Smartphone, une tablette ou un ordinateur portable.



Figure 2-12 : Camera

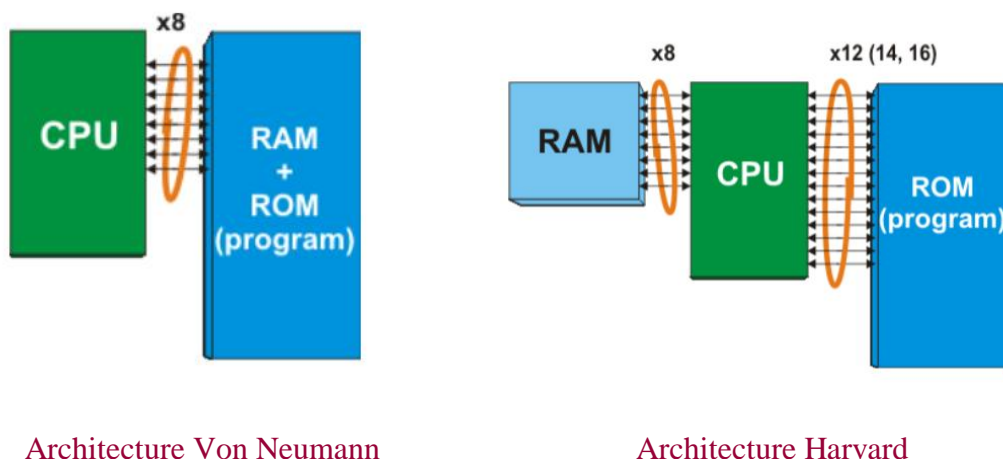
2-3 Le Microcontrôleur

Un microcontrôleur est un circuit intégré compact conçu pour régir une opération spécifique dans un système embarqué comme : les contrôleurs des moteurs automobiles, électroménagers et la téléphonie mobile ...etc. Il comprend un processeur, une mémoire et des périphériques d'entrée/ sortie (E/S) sur une seule puce.

Le processeur varie selon l'application, les options vont de simples processeurs à 4 bits ,8 bits ou 16 bits au plus complexes à 32 bits ou 64 bits.

En terme de mémoire, les microcontrôleurs peuvent utiliser la mémoire aléatoire (RAM), la mémoire flash, EPROM ou EEPROM. Généralement les microcontrôleurs sont conçus pour être facilement utilisables sans composants informatiques supplémentaires car ils sont conçus avec une mémoire embarquée suffisante et offrent des bronches pour les opérations générales d'E/S, afin qu'ils puissent interagir directement avec les capteurs et d'autres composants.

L'architecture du microcontrôleur peut être basée sur l'architecture de Harvard ou sur l'architecture de Von Neumann, toutes les deux offrant différentes méthodes d'échange de données entre le processeur et la mémoire. Avec une architecture Harvard, le bus de données et l'instruction sont séparés, permettant des transferts simultanés. Avec une architecture Von Neumann un bus est utilisé pour les données et les instructions.



Architecture Von Neumann

Architecture Harvard

Figure 2-13 : Architectures du microcontrôleur

Lorsqu'ils sont devenus disponibles, les microcontrôleurs utilisaient uniquement le langage d'assemblage. Désormais, on utilise de plus en plus des langages de haut niveau, notamment le langage C qui a facilité la programmation grâce à sa grande variété des helps, supports et d'outils.

Les MCU communs comprennent : le MCS-51 Intel, souvent appelé microcontrôleur 8051, qui a été développé pour la première fois en 1985, le microcontrôleur AVR développé par Atmel en 1996, le contrôleur d'interface programmable (PIC) de Microship Technologie et divers microcontrôleurs ARM sous licence. Plusieurs autres entreprises fabriquent et vendent des microcontrôleurs dont NXP Semi Conductor, Renesas Electronic, Silicon Labs et Texas Instruments.

2-3-1 Microcontrôleur PIC

Un Pic est un microcontrôleur développé par Microchip Technologie. Il fait partie de la famille des circuits RISC caractérisés par leurs vitesses d'exécution et leurs jeux d'instructions réduits où le décodage est plus rapide et plus facile lorsqu'on réduit le nombre d'instructions.

Il existe trois familles des Pics :

- Base-Line : les instructions sont codées sur 12 bits
- Mid-Line : les instructions sont codées sur 14 bits
- High-End : les instructions sont codées sur 16 bits

Un Pic est identifié par un numéro de la forme NN LL XXX

- NN : La famille du composant (12, 14, 16, 17,18).
- LL : Type de mémoire de programme
 - ✦ C : EPROM ou EEPROM
 - ✦ CR : PROM
 - ✦ F : FLASH
- XXX : Identification ou référence du circuit.

EXEMPLES

18F4550

18 **F** **455**
 HIGH END FLASH TYPE

16F877A

16 **F** **887**
 MID RANG FLASH TYPE

2-3-2 PIC 16F877A

Le PIC16F877 est un circuit intégré de 40 broches :

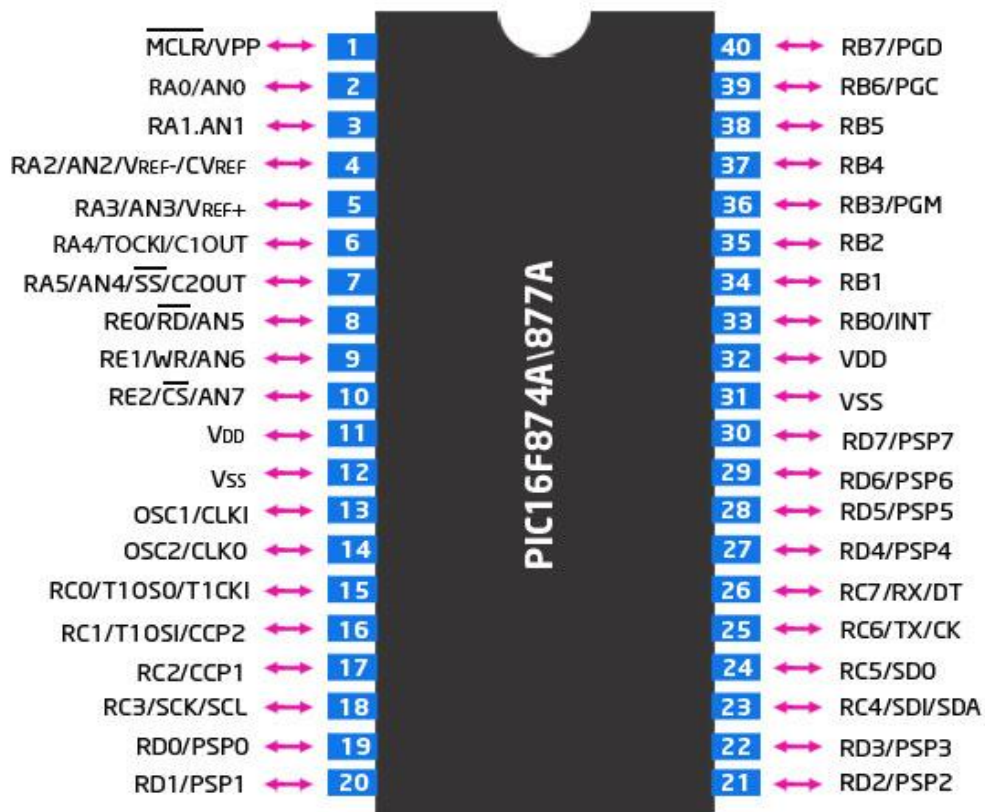


Figure 2-14 : Structure externe du Pic 16F877A

2-3-2-1 Structure externe du PIC 16F877A

Alimentation

L'alimentation du circuit est assurée par les pattes VDD et VSS. Elles permettent à l'ensemble des composants électroniques du PIC de fonctionner. Pour cela on relie VSS (patte 12) à la masse (0 Volt) et VDD (patte 11) à la borne positive de l'alimentation qui doit délivrer une tension continue comprise entre 3 et 6 Volts.

Cadencement du PIC

Le PIC 16F877A peut fonctionner en 4 modes d'oscillateur.

- LP : Low Power crystal : quartz à faible puissance
- XT : Crystal/Resonator : quartz/résonateur en céramique
- HS : High Speed crystal/resonator : quartz à haute fréquence/résonateur en céramique HF
- RC : Circuit RC (oscillateur externe)

Dans le cas du 16F877, on peut utiliser un quartz allant jusqu'à 20Mhz relié avec deux condensateurs de découplage, du fait de la fréquence importante du quartz utilisé. Quelque soit l'oscillateur utilisé, l'horloge système dite aussi horloge instruction est obtenue en divisant la fréquence par 4. Avec un quartz de 4 MHz, on obtient une horloge instruction de 1 MHz, soit le temps pour exécuter une instruction de 1µs.

Circuit Reset MCLR

La broche MCLR (Master Clear) a pour effet de provoquer la réinitialisation du microprocesseur lorsqu'elle est connectée à 0. Lorsque le signal de "RESET" est activé, tous les registres sont initialisés et le compteur programme se place à une adresse spécifique appelée "Vecteur de RESET".

Ports d'entrées/sortie

Le PIC 16F877 dispose de 5 ports :

- Port A : 6 pins I/O numérotées de RA0 à RA5
- Port B : 8 pins I/O numérotées de RB0 à RB7
- Port C : 8 pins I/O numérotées de RC0 à RC7
- Port D : 8 pins I/O numérotées de RD0 à RD7
- Port E : 3 pins I/O numérotées de RE0 à RE2

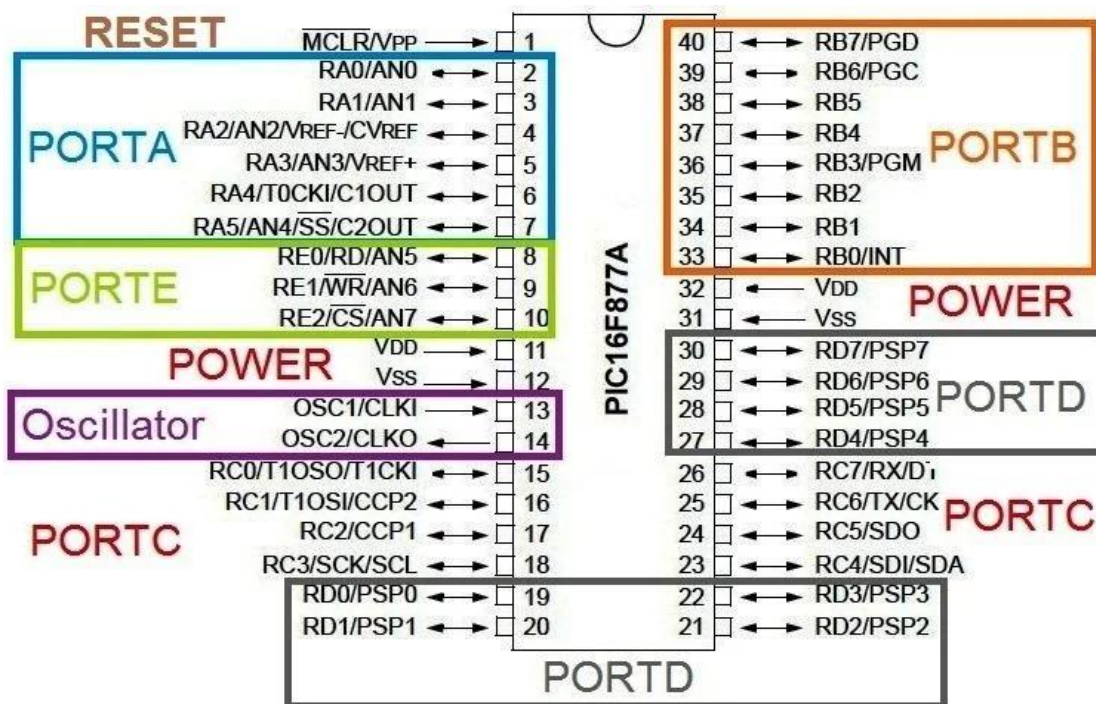


Figure 2-15 : Ports I/O du PIC 16F877A

Chaque port correspond à deux registres, Un registre direction pour programmer les lignes soit en entrée, soit en sortie TRIS(X) et un registre de données pour lire ou modifier l'état des broches PORT(X).

Pour déterminer les modes des ports (I/O), il faut sélectionner leurs registres TRIS(X) :

- Le positionnement d'un bit à « 1 » place le pin en entrée.
- Le positionnement de ce bit à « 0 » place le pin en sortie.

Les ports sont les liens physiques du programme avec l'environnement extérieur.

1. Port A

Les broches port A, à l'exception de RA4, sont multiplexées, avec les entrées du convertisseur analogique numérique (AN0 ... AN4). La broche RA4 est multiplexée avec l'entrée d'horloge externe du timer0 (RA4/T0CKI).

2. Port B

Le port B peut être programmé pour un tirage à 5V (pull up) de toutes ses lignes que l'on peut mettre ou non en service en mode entrée uniquement. Elles sont automatiquement désactivées quand le port est configuré en sortie. En mode entrée, chaque broche du PORT B doit être maintenue à un niveau haut par l'intermédiaire de résistances de 10 k pour ne pas déclencher d'interruptions imprévues. Cette possibilité d'interruption sur un changement d'état associé à la fonction de tirage configurable sur ces 4 broches, permet l'interfaçage facile avec un clavier. Cela rend possible le réveil du PIC en mode SLEEP par un appui sur une touche du clavier.

3. Port C

Le port C est partagé avec liaisons, les timers 1 et 2 et les modules CCP.

4. Port D et E

En plus de leur utilisation comme ports E/S, les ports D et E, permettent au microcontrôleur de travailler en mode PSP (Parallel Slave Port) c'est-à-dire, qu'il peut être interfacé avec un autre microprocesseur. Dans ce cas le port D représente le bus de données et le port E les signaux de contrôle (RD, WR et CS). Le port E peut être aussi, configuré en mode analogique pour former avec le port A les 8 entrées du convertisseur analogique numérique. Par défaut, le port E est configuré comme port analogique, et donc comme pour le port A.

2-3-2-2 Structure interne du PIC 16F877A

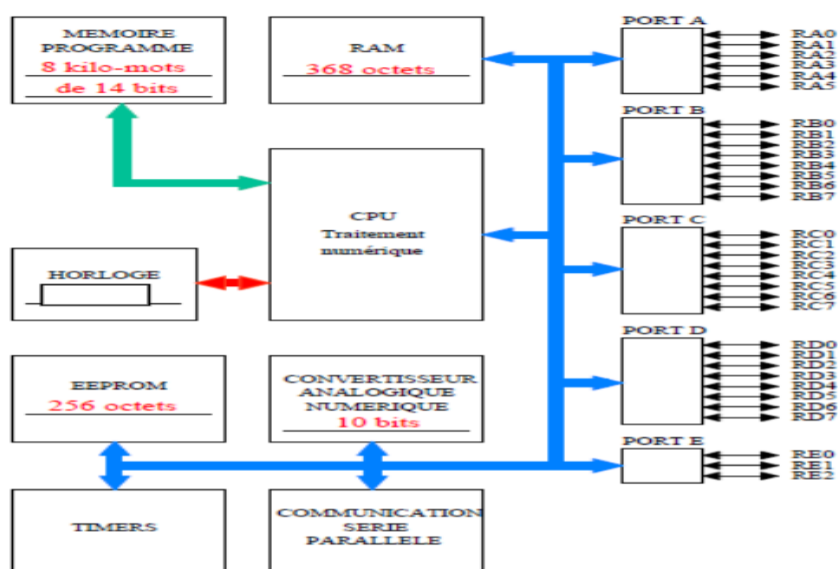


Figure 2-16 : Structure interne du PIC 16F877A

CPU

La CPU exécute les instructions du programme (codées sur 14 bits), traite et produit des opérations sur des informations numériques.

Mémoire vive (RAM)

Cette mémoire est de 368 octets et utilisée pour le stockage temporaire des données et résultats.

Mémoire morte (EEPROM)

L'EEPROM est de 256 octets, permet de conserver des données très utiles de manière semi-permanente.

Mémoire FLASH

La Mémoire FLASH est de 8k x 14 bits, permet de stocker le programme (les instructions).

L'horloge

Génère le signal qui cadence l'exécution des instructions.

CAN

Un convertisseur analogique/numérique de 10 bits - 8 entrées disponibles de 0 à 5 v, les résultats des conversions sont stockés dans des registres internes.

Les timers

Comme leur nom l'indique, ils servent à mesurer l'heure ou à générer le délai précis. Le microcontrôleur peut également générer / mesurer les retards de temps requis en exécutant des boucles, mais le temporisateur décharge le processeur de cette tâche redondante et répétitive, ce qui lui permet d'allouer un temps de traitement maximal pour d'autres tâches.

La minuterie n'est rien d'autre qu'un simple compteur binaire pouvant être configuré pour compter les impulsions d'horloge (internes / externes). Une fois qu'il atteint la valeur Maximale, il reviendra à zéro en configurant un indicateur Overflow et générera l'interruption si activé.

A. Timer 0

A-1 Caractéristiques

- Minuterie / compteur 8 bits
- Lisible et inscriptible
- Prescaler de 8 bits programmable
- Horloge interne ou externe sélectionnée
- Interruption en cas de débordement de FFh à 00h
- Edge select pour horloge externe

A-2 Principe de fonctionnement

Le Timer 0 est incrémenté en permanence par l'horloge interne ou externe. Le choix de l'horloge se fait à l'aide du bit TOCS d'OPTION REGISTER.

- TOCS = 0 : horloge interne Focs/4
- TOCS = 1 : horloge externe appliquée sur RA4

Le TOCS permet de choisir le front sur lequel le TIMER s'incrémente et cela dans le cas d'horloge externe seulement.

- TOCS = 0 : s'incrémente sur le front montant
- TOCS = 1 : s'incrémente sur le front descendant

L'affectation ou non du prédiseur se fait à l'aide du bit PSA d'OPTION REGISTER et sa valeur est fixée par les bits PS0, PS1 et PS2.

- PSA = 0 prédiseur attribue au TMR0
- PSA = 1 prédiseur attribue au chien de garde

Une interruption peut être engendrée par le TMR0 lors d'un débordement de FFh à 00h, à chaque fois que le compteur complète un tour, le drapeau TOIF se lève car le débordement met à '1' le bit TOIF pour signaler l'interruption qui va être remise à zéro par le soft à l'aide du bit TOIE qu'on doit mettre à '0' pour qu'il désactive l'interruption.

B. TIMER 1

B-1 Caractéristiques

- Temporisateur/compteur 16 bits avec deux registres 8 bits TMR1H et TMR1L
- Lisible et inscriptible
- Prescaler programmable par logiciel jusqu'à 1/8
- Horloge interne ou externe sélectionnée
- Interruption en cas de débordement de FFFFh à 00h
- Edge select pour horloge externe

B-2 Principe de fonctionnement

Le TMR1 peut être utilisé comme compteur ou timer, calé selon la configuration du TMR1CS du T1CON REGISTER

- TMR1CS = 0 : Timer
- TMR1CS = 1 : compteur

Dans le cas Timer le T1SYNC n'a pas d'effet car l'horloge Fosc/4 est toujours synchronisée sur l'horloge du système mais dans le cas Compteur le TMR1

est incrémenté à chaque front montant du T1CKI (horloge externe) ou T1OSC (horloge généré par l'oscillateur) avec le bit T10SCEN qui doit être mis à '1' et un quartz qui doit être branché entre les broches RC0 et RC1, dans ce cas le T1SYNC joue sur la synchronisation du compteur.

- ➔ T1SYNC = 0 : synchrone
- ➔ T1SYNC = 1 : asynchrone

Le Timer 1 a un registre appelé TMR1 REGISTER, qui a une taille de 16 bits. En réalité, le TMR1 est constitué de deux registres de 8 bits :

- ➔ TMR1H
- ➔ TMR1L

Il incrémente de 0000h à la valeur maximale de 0xFFFFh (ou 65 535 décimale). A son débordement le drapeau est positionné par le bit TMR1IF du PIR1 REGISTER, ce qui peut déclencher l'interruption périphérique si elle est validée par son bit de validation TMR1IE du même registre.[18]

2-3-3 La famille des PIC 18F

La famille PIC 18F est une famille de microcontrôleurs qui offre des performances plus étendues par rapport à la famille de périphériques PIC16F. elle peut même fonctionner à une vitesse allant jusqu'à 12 MIPS. elle se caractérise par sa vitesse de calcul rapide des algorithmes. cette famille possède des variantes qui existent déjà dans les PIC 16F et d'autres spéciales (des variantes avec des périphériques de contrôle moteur notamment le PWM et une interface de codeur en quadrature (QEI))

les PIC 18F possède la possibilité d'accueillir facilement le code source développé pour la famille de périphériques PIC16F, et communiquent avec les interfaces : USART, SPI, I²C, CAN et USB.

2-4 Arduino

Le projet Arduino a été initié par une équipe de développeurs : Massimo Banzi, David Cuartielles, Ton Igoe, Gianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti qui ont pu mettre en œuvre une petite carte électronique programmable et un logiciel multiplateformes accessible dans le but de créer facilement des systèmes électroniques.

Un module Arduino est construit autour d'un microcontrôleur généralement Atmel AVR et des composants facilitant la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits.



Figure 2-17 : Carte Arduino

Le microcontrôleur est programmé pour analyser et produire des signaux électriques d'où on branche des capteurs, le programme de l'Arduino traite les informations délivrées et déclenche une série d'actions. De même, il peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels.[19]

Il existe plusieurs cartes arduino à des : tailles , performances, prix différents , la plus répandue et la plus simple à utiliser est connue avec le nom UNO.

La figure ci-dessous montre les différentes parties de la carte UNO qu'on décrira en détail :

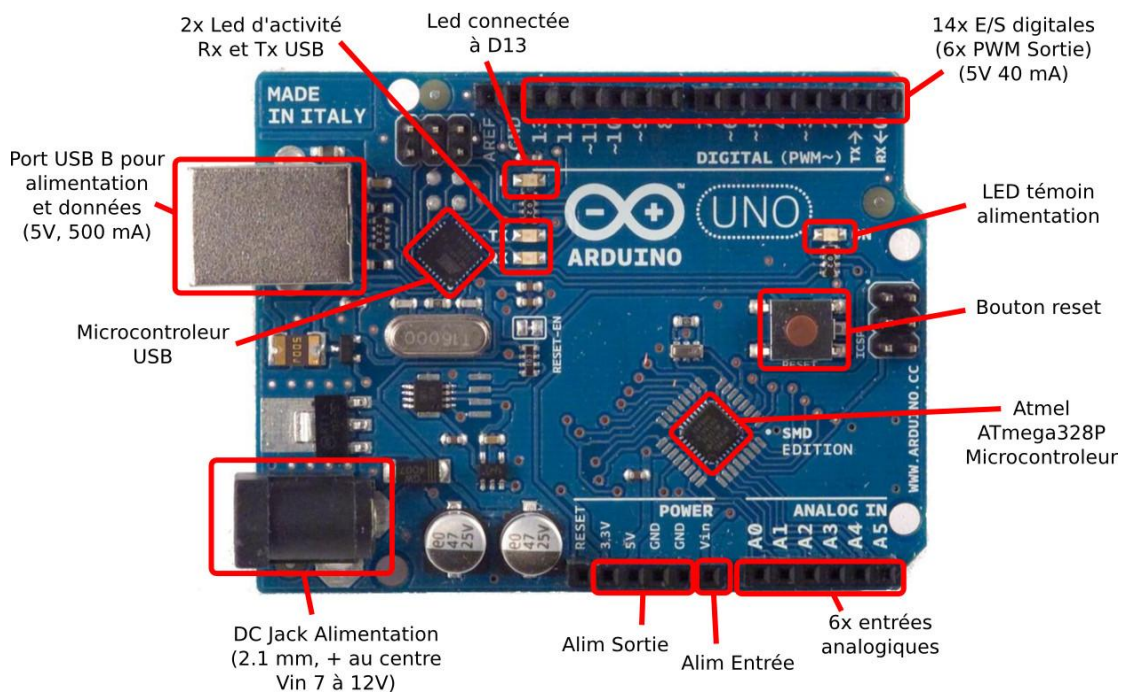


Figure 2-18 : Différentes parties d'une carte Arduino (UNO)

Port USB

Il s'agit d'un port USB d'imprimante utilisée pour charger un programme de l'IDE Arduino sur la carte Arduino. La carte peut également être alimentée via ce port.

Port d'alimentation

La carte Arduino peut être alimentée via un adaptateur CA / CC ou une batterie. La source d'alimentation peut être connectée en branchant une fiche centrale positive de 2,1mm dans la prise d'alimentation de la carte.

Microcontrôleur

Le microcontrôleur est la puce rectangulaire noire la plus en vue avec 28 broches. Le microcontrôleur utilisé sur la carte UNO est Atmega328P d'Atmel qui contient les composants suivants :

- Mémoire flash de 32Ko. Le programme chargé à partir de l'IDE Arduino est stocké à ce niveau
- RAM de 2 Ko, ceci est une mémoire d'exécution
- CPU : Il contrôle tout ce qui se passe dans l'appareil. Il récupère les instructions du programme à partir de la mémoire flash et les exécute à l'aide de la RAM
- Mémoire en lecture seule programmable effaçable électriquement (EEPROM) de 1 Ko. Il s'agit d'un type de mémoire non volatile, qui conserve les données même après le redémarrage et la réinitialisation du périphérique

Atmega328P est préprogrammé avec bootloader. Cela permet de télécharger directement un nouveau programme Arduino dans le périphérique, sans utiliser de programmeur matériel externe, ce qui rend la carte Arduino UNO facile à utiliser.

Les pins analogiques

La carte Arduino UNO possède 6 broches d'entrées analogiques, appelées « Analog 0 à 5 ». Ces broches peuvent lire le signal d'un capteur analogique, tel qu'un capteur de température, et le convertir en valeur numérique afin que le système comprenne bien. Ces broches mesurent uniquement la tension et non le courant car elles ont une résistance interne très élevée. Par conséquent, seule une petite quantité de courant circule à travers ces broches.

Bien que ces broches soient des entrées analogiques par défaut, elles peuvent également être utilisées pour des entrées ou des sorties numériques.

Les pins numériques

Les broches numériques sont de 0 à 13 et peuvent être utilisées comme broches d'entrée ou de sortie.

Lorsqu'elles sont utilisées en sortie, ces broches servent de source d'alimentation pour les composants qui leur sont connectés. Lorsqu'elles sont utilisées comme broches d'entrée, elles lisent les signaux du composant qui leur est connecté.

Lorsque les broches numériques sont utilisées en tant que broches de sortie, elles fournissent 40 mA de courant à 5 volts, ce qui est plus que suffisant pour allumer une LED.

Certaines des broches numériques sont étiquetées avec le symbole tilde (~) à côté des numéros de broches (numéros de broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11). Ces broches agissent comme des broches numériques normales, mais peuvent également être utilisées pour la modulation de largeur d'impulsion (PWM).

Le bouton reset

Lorsque ce commutateur est cliqué, il envoie une impulsion logique à la broche de réinitialisation du microcontrôleur et exécute à nouveau le programme depuis le début. Cela peut être très utile si le code ne se répète pas, mais qu'on souhaite le tester plusieurs fois.

Oscillateur à cristal

Il s'agit d'un oscillateur à quartz qui déclenche 16 millions de fois par seconde. A chaque tick, le microcontrôleur effectue une opération, par exemple : addition, soustraction... etc.

Puce d'interface USB

Cette puce est comme un traducteur de signal. Il convertit les signaux au niveau USB en un niveau compris par une carte Arduino UNO.

Indicateur TX-RX : TX correspond à transmettre et RX à recevoir. Ce sont des voyants qui clignotent chaque fois que la carte UNO transmet ou reçoit des données.

2-5 Le logiciel « Proteus »

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronic, il se compose de deux logiciels principaux ISIS et ARES.

Le logiciel ISIS permet d'éditer des schémas et les simuler ce qui permet de déceler certaines erreurs dans l'étape de conception. Les circuits électroniques conçus peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage, le schéma électrique réalisé sur ISIS peut être importé sur ARES pour réaliser un circuit imprimé.

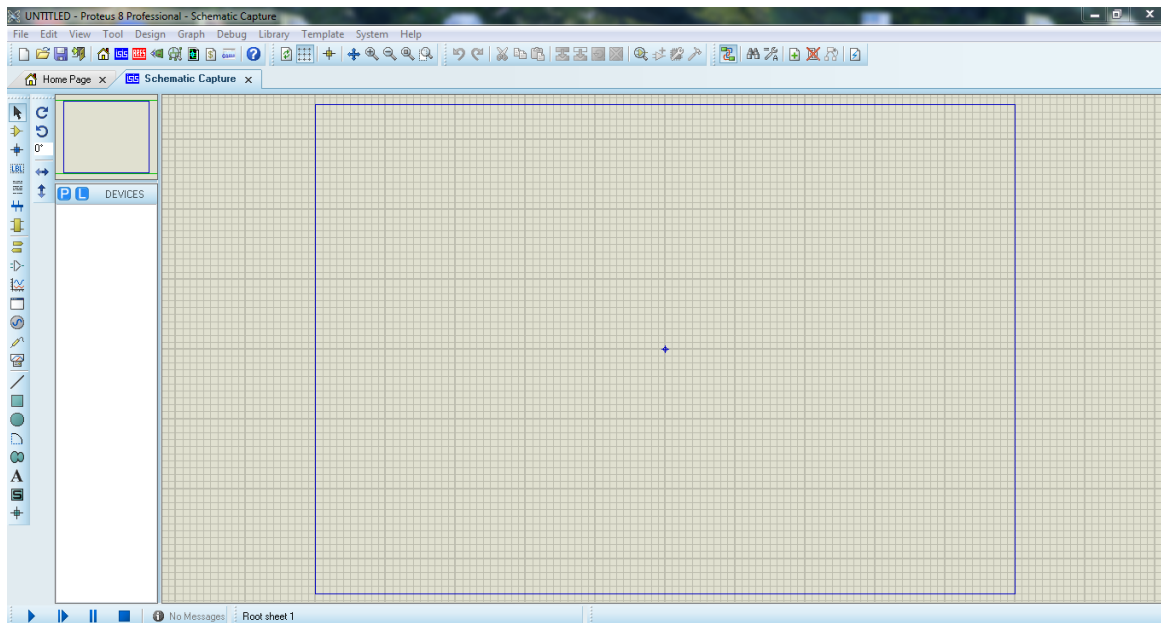


Figure 1-19 Interface du logiciel Proteus

2-6 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons présenté les différentes parties d'un drone quadri rotor. Nous avons également donné une petite description des microcontrôleurs, carte Arduino et de logiciel Proteus qui seront utilisés par la suite dans notre projet de fin d'études, le chapitre suivant développe notre méthode de travail.

Chapitre 3



Contrôle du drone

Sommaire du chapitre 3

Sommaire du chapitre 3	34
3-1 Introduction.....	35
3-2 cahier de charge.....	35
3-3 matériels utilisés	35
3-3-1 Moteur	35
3-3-2 Hélice.....	38
3-3-3 Contrôleur de vitesse	40
3-3-4 Potentiomètre.....	41
3-3-5 LCD.....	42
3-3-6 Capteur balance « Load cell ».....	43
3-3-7 Module GPS	44
3-3-8 Capteur « Accéléromètre »	46
3-3-9 Moteur pas à pas	47
3-3-10 Module de transmission radiofréquence.....	48
3-3-11 Le FTDI 232	50
3-3-12 Autres composants.....	51
3-4 Travail réalisé	51
3-4-1 Le contrôle « moteur ».....	51
3-4-2 Programmation du Load cell.....	54
3-4-3 Mesure de « pesée et portance »	56
3-4-4 Mesure d'accélération et d'angles de rotation	57
3-4-5 Acquisition de données de navigation « control GPS »	59
3-4-6 contrôle par pc	63
3-4-7 Control RF (Radio Commande).....	65
3-4-8 Control du moteur pas à pas.....	66
3-4-9 Essais collectifs.....	68
3-5 Conclusion.....	69

3-1 Introduction

Afin que le drone soit en un bon état de fonctionnement un contrôle de différentes parties doit être établi en prenant en compte toutes les caractéristiques du matériel utilisé .cette étape précède la commande et elle a pour but d'assurer la sécurité et le fonctionnement adéquat ainsi que la compatibilité entre composants.

3-2 cahier de charge

On a pour but de réaliser un drone quadri rotor à l'aide de quatre moteurs électriques du type BRUSHLESS dont on peut savoir la force de sustentation qu'ils créent grâce au module HX711.

La structure est réalisée à la base de deux tubes en croix et deux plaques carrées en aluminium.

La carte de contrôle est basée sur des microcontrôleurs de famille : 16F et 18F de la société « Microship » dans lesquels on intègre des programmes développés en langage C.

Le logiciel « Proteus » est utilisé pour le traçage des schémas électroniques et la simulation des commandes avant toute réalisation .Aussi pour la création des circuits imprimés qui regroupent les éléments constitutifs de notre drone.

Un bloc de capteurs qui contient un GPS et un accéléromètre utilisé pour obtenir des informations de position, vitesse, accélération, altitude ...etc.

Il est convenu de noter qu'une carte Arduino du type UNO a été utilisée dans les essais pour comparer les résultats trouvés avec ceux de PIC.

3-3 matériels utilisés

3-3-1 Moteur

Modèle : « BRUSHLESS : A2212/13T 1000KV »

- ✈ BRUSHLESS : contraire de BRUSHED ; et qui signifie sans balais.
- ✈ 22 : signifie le diamètre du moteur (22mm).
- ✈ 12 : signifie la hauteur du moteur (12mm).
- ✈ 13T : signifie le nombre de tours par pole (plus le nombre de tours est élevé, plus est le torque, moins est la vitesse).
- ✈ 1000KV : signifie le nombre de révolutions par volt d'alimentation aussi connu comme le coefficient RPM/V (1000 révolutions/ volt). Plus le KV est élevé, plus est la poussée.



Figure 3- 1 : Moteur BRUSHLESS A2212/13T 1000KV

3-3-1-1 Description

Moteur brushless ou encore BLDC comme son nom l'indique est un moteur sans balais, synchrone qui tourne à la même vitesse que le système de tensions qui l'alimente. Tant que le couple moteur est supérieur à la charge à entraîner, la rotation du rotor est synchronisée avec le champ magnétique.

Il est constitué d'aimants permanents sur le rotor et d'un bobinage généralement triphasé sur le stator (3 groupes de bobines reliées entre elles). En alimentant successivement les groupes de bobines un champ magnétique tournant à la même fréquence que les tensions d'alimentation est créé, et le rotor s'aligne sur les champs et tourne. [20,21]

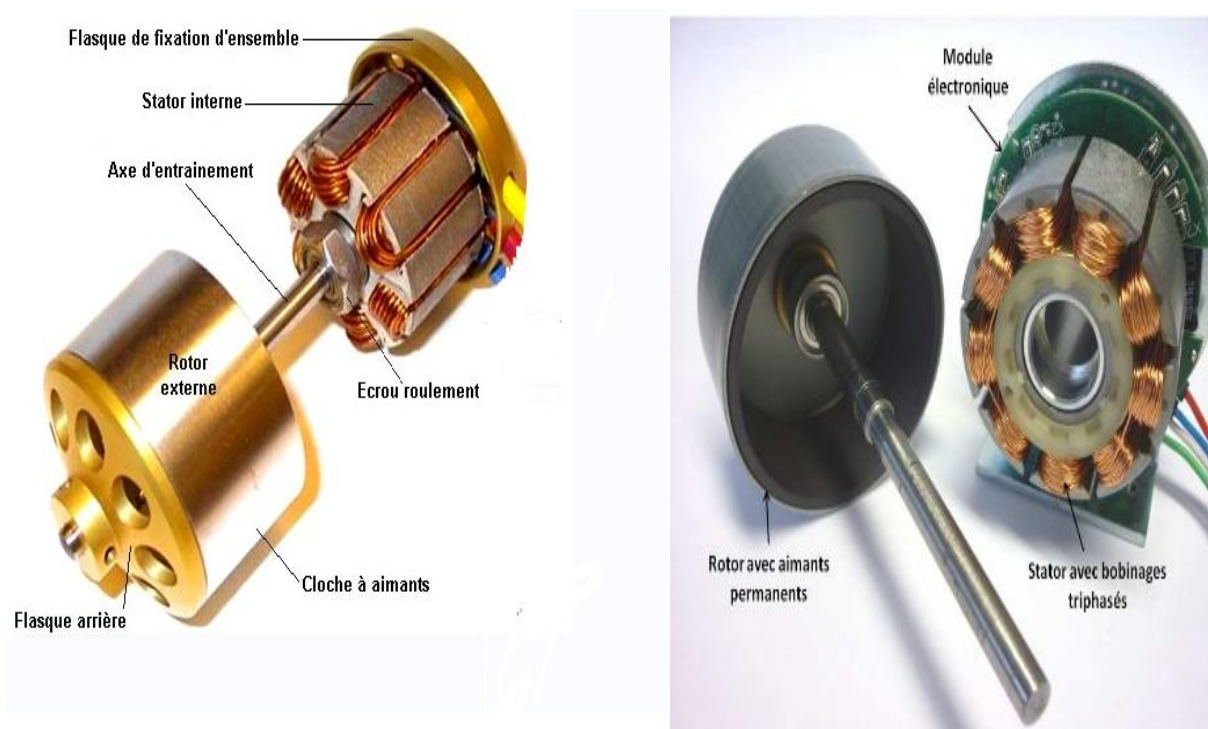


Figure 3-2 : Constitution d'un moteur BRUSHLESS

La commutation qui permet de faire passer le courant successivement dans les bobinages se fait électriquement et non pas mécaniquement par l'intermédiaire des lamelles du collecteur. En effet, il faut connaître à chaque instant la position du rotor et envoyer le courant dans les groupes de bobines. Celle-ci transforme le courant continu en courant triphasé à fréquence variable et alimente successivement les bobines (enroulements) pour créer un champ tournant et donc la rotation. Le module électronique est également capable de régler en permanence le courant pour que le moteur fonctionne dans sa zone de rendement maximum.

3-3-1-2 Caractéristiques

Nombre de cellules « Lipo »	2S -3S (7.2 V - 12 V)
KV	1000RPM/V
Efficacité maximale	80%
Courant efficace maximal	4-10 A
Courant maximale	13 A pour 60 s
Courant à vide	0.5 A
Watts maximal	150 W
Poids du moteur	52.7 g

Tableau 3-1 : Caractéristiques du moteur BRUSHLESS A2212/13T 1000KV

3-3-1-3 Applications et avantages

Comme les moteurs sans balais ne s'usent pas, ils représentent un énorme progrès technologique .ils ont une efficacité et des performances nettement supérieures et une susceptibilité moindre à l'usure mécanique que leurs homologues brossés .Ils offrent aussi plusieurs avantages notamment :

- Un Rapport couple / poids plus élevé
- Meilleure Fiabilité et exigences de maintenance réduites
- Bruit opérationnel et mécanique réduit
- Durée de vie plus longue
- Presque élimination des interférences électromagnétiques (EMI)
- plus léger et compact
- Possibilité de Variation de débit et d'asservissement : le module électronique offre une possibilité de variation de vitesse Avec une plage plus étendue en maintien du couple
- Moins de Consommation électrique car leurs rendement est bien supérieur à celui des moteurs DC traditionnels

C'est pour cela ils sont utilisés dans plusieurs domaines :

- Aérospatiale et Défense : l'exploration spatiale, les vols, les satellites ...
- Fabrication et industriel : pour la production d'électricité, l'énergie éolienne, les aspirateurs, les plastiques et la production d'acier.
- Appareillage Médical : production de tout équipement médical sensible
- Transport : véhicules électriques et hybride, Vélos électriques....
- Aéromodélisme : hélicoptères et drones

3-3-1-4 Branchement

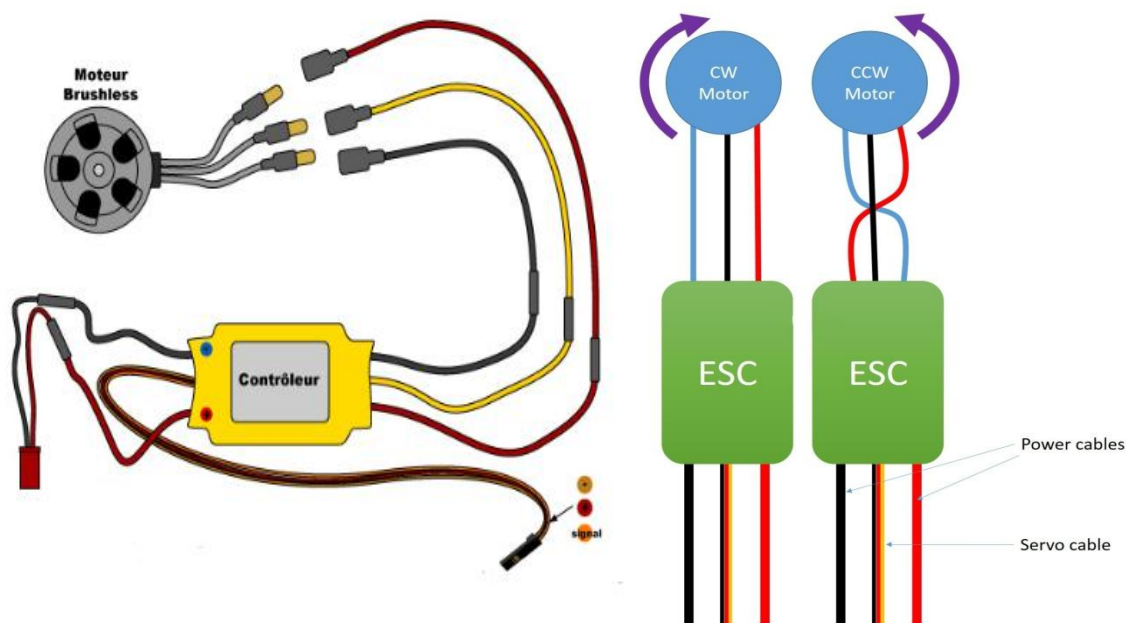


Figure 3-3 : Branchement d'un BLDC

3-3-2 Hélice

Modèles : hélice 10 x 4.5L /254 x 114 mm et hélice 10 x 4.5R /254 x 114 mm



Figure 3-4 : hélice modèle : 10 x 4.5

3-3-2-1 Caractéristiques

Longueur totale (diamètre de rotation)	254 mm / 10 "
Pas	114mm / 4.5 "
Diamètre de l'arbre moteur	6mm / 0.24 "
L'épaisseur du hub	10mm / 0.4"
Matériel	Plastic
Poids	8g

Tableau 3-2 : Caractéristiques de l'hélice

*Le pas : c'est la distance d'avancement en une révolution

3-3-2-2 Installation

L'installation se fait à l'aide d'adaptateurs très légers et solides souvent en aluminium montés de la manière illustrée suivante :



Figure 3-5 : Installation de l'hélice

3-3-3 Contrôleur de vitesse

Modèle : Contrôleur de Vitesse Électronique de type 30A BLDC ESC (HW30A)

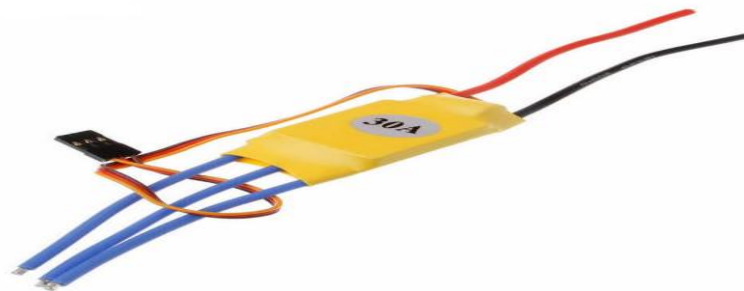


Figure 3-6 : BLDC ESC (HobbyWing 30A)

3-3-3-1 L'ESC et quelques opérations

Un variateur de vitesse permet plusieurs opérations sous forme de procédures de démarrage, réglage.... Ou bien des opérations de programmation de plusieurs paramètres tels que : le mode timing, la fréquence de contrôle, la force de lancement....

Throttle rang setting est une procédure qu'on a déjà utilisée au cours de notre travail pour le réglage de la marge du régime, le protocole est comme suit :

- Allumer l'émetteur
- Déplacer la manette des gaz vers la plus haute position
- Connecter la batterie à l'ESC
- Le son de deux bips doit être entendu cela veut dire que le point représentant le plus grand régime a été confirmé et enregistré
- Déplacer la manette des gaz vers la plus basse position (dans 2 secondes), un bip long doit être émis pour annoncer la détection du point représentant le plus faible régime
- Cela est suivi par l'émission de plusieurs bips sonores indiquant le nombre de cellules batterie utilisées
- Juste après la fin du test une mélodie est entendu ; la manette des gaz est donc prête pour l'utilisation

3-3-3-2 Caractéristiques

ESC	HW 30A
Courant continu	30A
Courant d'éclatement	40A
Li-xxbatterie (cellules)	3
Dimensions : L x l x H (mm)	47 x 24 x 9
Poids avec fils	25
BEC	2 A

Tableau 3-3 : caractéristiques de l'ESC HW 30A

3-3-3-3 Branchement

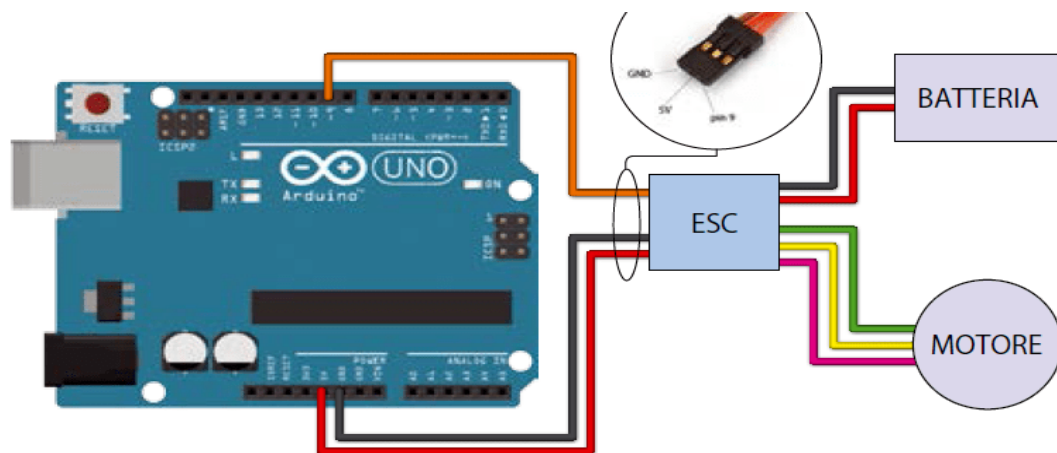


Figure 3-7 : Branchement du BLDC ESC

3-3-4 Potentiomètre

Modèle : Potentiomètre à 10K Ohm

3-3-4-1 Description

Constitué de trois bornes, le potentiomètre représente une résistance variable, d'où la borne centrale est reliée à un curseur qui se déplace sur une piste résistante indiquée par les deux bornes extrêmes. C'est un système qui permet de recueillir une tension qui dépend de la tension à laquelle est soumise la résistance aussi de la position du curseur.

3-3-4-2 Utilisation

Les potentiomètres sont utilisés dans les circuits électroniques pour des fins divers :

- ➔ Le contrôle du volume
- ➔ L'ajustement précis
- ➔ Operations pareilles à la transduction vue qu'ils convertissent la position en tension

3-3-4-3 Branchement

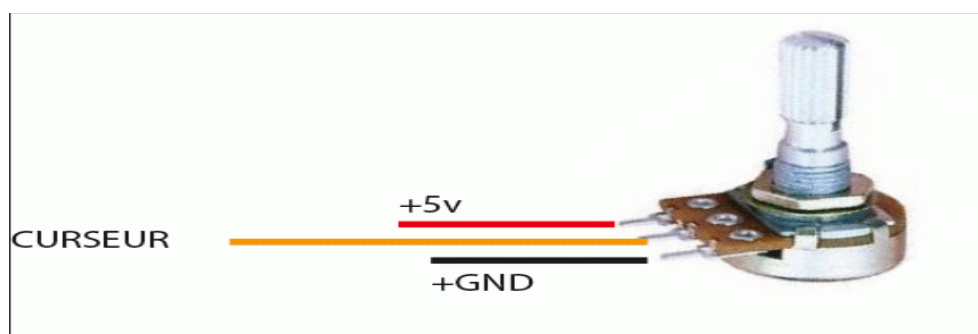


Figure 3- 8 : Branchement d'un potentiomètre

3-3-5 LCD

Modèles : LCD TM164A-1 et LCD TM204A-1

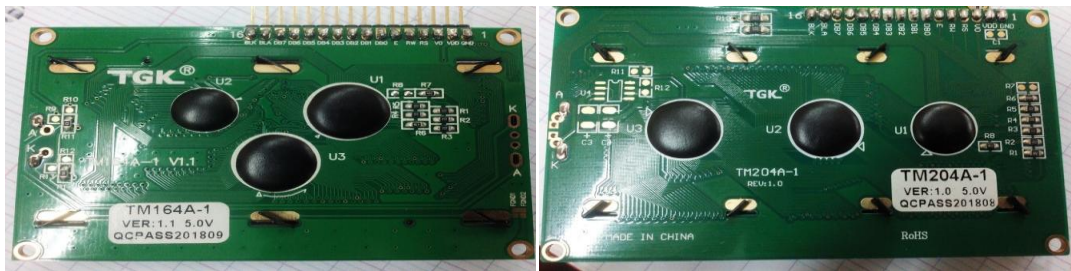


Figure 3- 9 : LCDs utilisés

3-3-5-1 Description

La nomination LCD provient de l’anglais « Liquid Cristal Display » qui signifie un écran à cristaux liquides. C’est un écran à affichage numérique utilisé dans presque tous les équipements nécessitant un affichage électroniques. De point de vue optique, c’est un dispositif passif de transparence variable c'est-à-dire qu’il disposer d'un éclairage mais n’émet pas de lumière.

Le cristal liquide - qui est un état de matière qui combine des propriétés d'un liquide conventionnel et celles d'un solide cristallisé – est emprisonné entre deux plaques de verres polarisées par des électrodes , son déplacement engendre la formation de l’image. L’ensemble de ces cristaux permettent la création d’un écran plat à consommation électrique faible.

3-3-5-2 Caractéristiques

LCD TM164A-1	
Format	16 Caractères x 4 Lignes
VDD	5V
Taille : L x l x H (mm)	87.0x60.0x9.5
Taille de visualisation : L x l (mm)	61.7x25.2
Taille de caractère (mm)	2.95x4.75
Taille de pointiller (mm)	0.55x0.55

Tableau 3- 4 : Caracteristiques d’un LCD TM164A-1

LCD TM204A-1	
Format	20 Caractères x 4 Lignes
VDD	5V
Taille : L x l x H (mm)	98.0x60.0x11.0
Taille de visualisation : L x l (mm)	76.0x25.2
Taille de caractère (mm)	2.95x4.75
Taille de pointiller (mm)	0.55x0.55

Tableau 3- 5 : Caracteristiques d’un LCD TM204A-1

3-3-5-3 Branchement

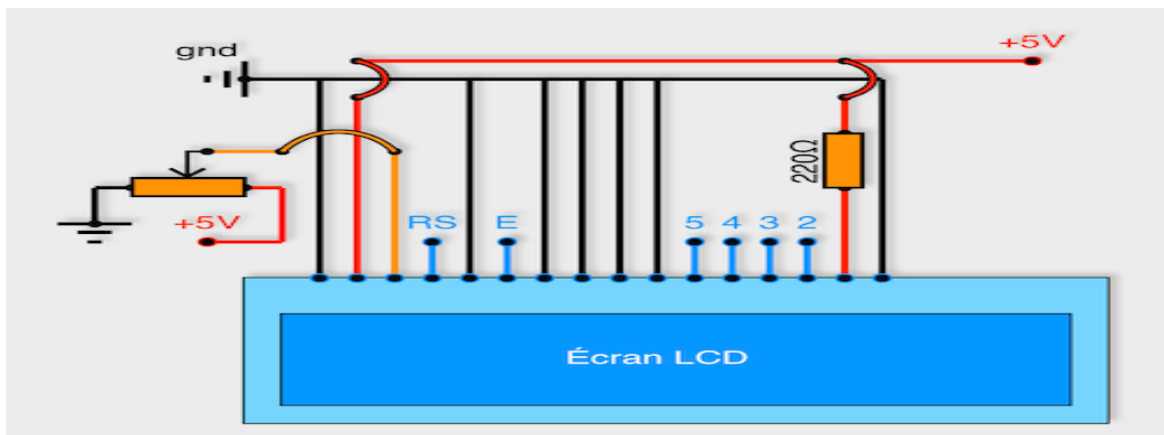


Figure 3-10 : Branchement d'un LCD

3-3-6 Capteur balance « Load cell »

Le Load cell est un capteur de pesage - le même que celui de la Balance de cuisine électronique - associé avec un module appelé HX711.

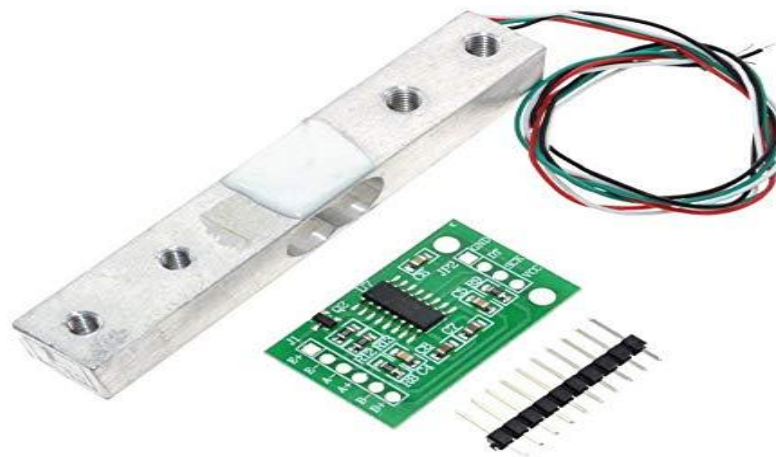


Figure 3-11 : LOAD CELL avec module HX711

3-3-6-1 Description

Le principe du capteur est très simple, la force appliquée dans le sens indiqué sur l'étiquette est directement émise en tant que signal de changement de tension.

Le HX711 est en effet un convertisseur analogique numérique de 24 bits .C'est un ADC très précis fait spécialement pour les balances de pesage permettant de les interconnecter.

Il est constitué de Deux entrées différentielles au choix, un bruit faible et un gain sélectionnable de 32, 64 et 128.

3-3-6-2 Caractéristiques

HX711

- Courant de fonctionnement normal $< 1,5\text{mA}$
- Mise hors tension $< 1\mu\text{A}$
- Plage de tension d'alimentation : $2,6 \sim 5,5\text{ V}$
- Plage de température de fonctionnement : $- 40 \sim + 85$

Capteur balance

- Plage de tension de commande : $5\text{-}10\text{V}$ appliquée
- Dimensions : $12,7\text{ mm} \times 12,7\text{ mm} \times 80\text{ mm}$
- Charge nominale : $3\text{Kg} / 6.6\text{Lb}$
- Matériau : Alliage aluminium

3-3-6-3 Branchement

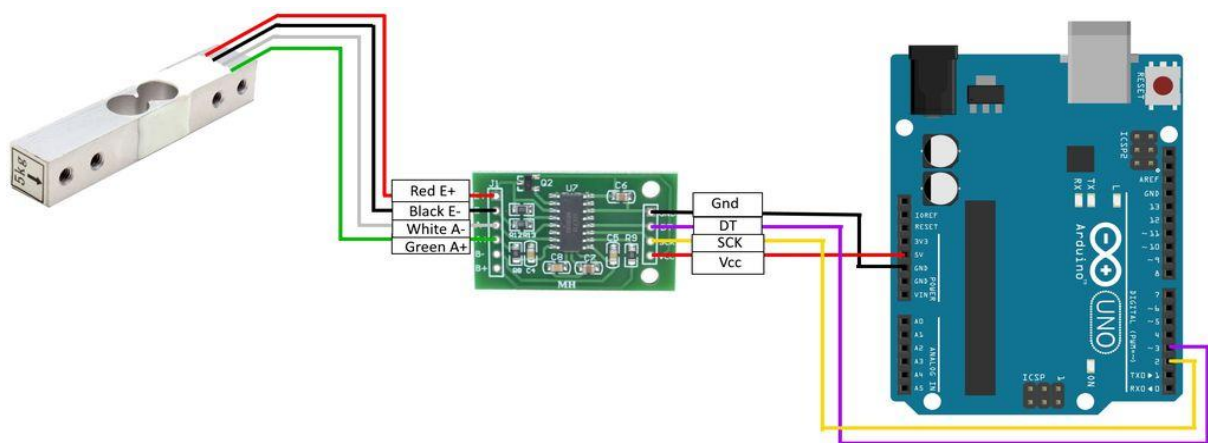


Figure 3-12 : Branchement du LOAD CELL avec le HX711

3-3-7 Module GPS

Modèle : module GPS NEO-6M



Figure 3-13 : Capteur GPS NEO-6M

3-3-7-1 Description

Le capteur fait partie à une famille de récepteurs GPS autonomes dotés d'un moteur de positionnement « Ublox NEO-6M » qui possède une sortie binaire de haute précision et d'une sensibilité élevée pour les applications intérieures. Ces récepteurs offrent de nombreuses options de connectivité dans un boîtier miniature qui disposent d'une batterie pour l'alimentation de secours et d'un EEPROM pour le stockage des paramètres de configuration.

L'antenne est connectée au module via un câble UFL, de sorte qu'elle voit toujours le ciel pour une performance optimale. Cela le rend puissant à utiliser avec les voitures, drones et d'autres applications mobiles surtout que le récepteur GPS est conçu avec une technologie innovante supprimant les sources de brouillage et atténuant les effets de trajets multiples.

3-3-7-2 Caractéristiques

Tension d'alimentation	2,7 V à 3,6 V
Courant d'alimentation	67mA
Type d'antenne	passive et active
Gain d'antenne	50 dB
Sensibilité (Suivi, navigation, Pré-acquisition)	-160dBm
Température de fonctionnement	- ° 40 à 85 ° C
Poids	12 g
Interfaces	UART, USB, SPI, DDC

Tableau 3-6 : Caractéristiques du GPS NEO-6M

3-3-7-3 Branchement

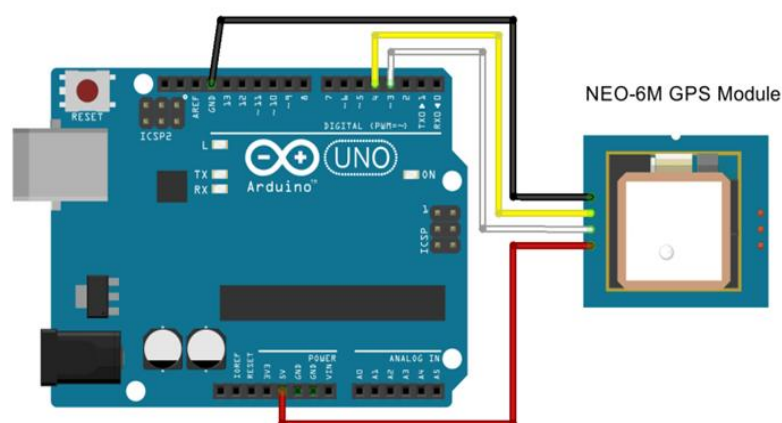


Figure 3-14 : Branchement du GPS NEO-6M

3-3-8 Capteur « Accéléromètre »

Modèle : Accéléromètre ADXL 335

3-3-8-1 Description

L'ADXL 335 est un accéléromètre à 3 axes avec des sorties de signal conditionné. Il peut mesurer des accélérations dans la plage de ± 3 g dans les axes X, Y et Z. C'est le plus utilisé pour la mesure des accélérations statiques avec une grande résolution. Utilisé aussi pour la mesure des accélérations modérées au cours du mouvement, des chocs ou des vibrations.

Ce senseur peut être également utilisé pour détecter l'orientation du breakout par rapport à la terre étant donné que celle dispose une accélération gravitationnelle de 1g.

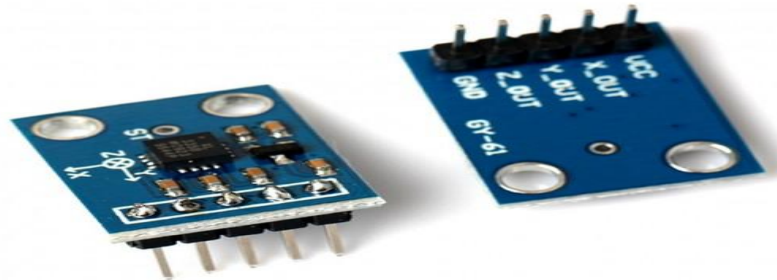


Figure 3- 15 : ADXL 335

3-3-8-2 Fonctionnement

Le module dont on parle est basé sur la technologie MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), il est constitué d'une structure micro-usinée posée sur une gaufre en silicium. La structure peut être déviée lorsqu'elle subit une accélération dans les trois axes X, Y et Z car elle est suspendue sur des ressorts en Poly Silicium. La déviation de cette structure provoque la modification de la capacitance qui va être convertie en tension de sortie proportionnelle à l'accélération subite.

3-3-8-3 Caractéristiques

- Détection à 3 axes
- Boîtier compact : LFCSP de 4 mm x 4 mm x 1,45 mm
- Basse courant : 350 μ A
- Tension d'alimentation : 1,8 V à 3,6V
- Réglage BW avec un seul condensateur par axe.
- Conforme RoHs/WEEE sans plomb

3-3-8-4 Branchement

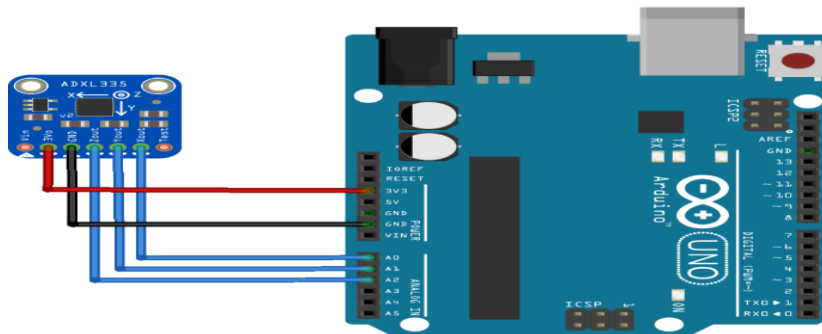


Figure 3-16 : Branchement de l'ADXL

3-3-9 Moteur pas à pas

Modèle : PM42S-096



Figure 3-17 : Moteur PM42S-096

3-3-9-1 Description

Les moteurs pas à pas « PM » signifiant : permanent magnet, sont des moteurs DC tournant à angle fixe en fonction de l'impulsion électrique reçue au niveau des bobinages. L'angle de rotation minimal entre deux modifications d'impulsions électriques s'appelle un pas.

Ce moteur est composé d'une boussole qui représente un aimant permanent solidaire au rotor, et de 4 bobines excitatrices placées sur le stator. L'alimentation de ces bobines fait tourner l'aimant suivant le champ magnétique créé

On caractérise un moteur de ce type par le nombre de pas par tour (c'est à dire chaque 360°)

3-3-9-2 Caractéristiques :

moteur	PM42S-096
Nombre de pas /rotation	96 soit (3.75deg/pas)
Méthode d'entraînement	2-2 phase
Matériau de l'aimant	Nd-Fe-B
Resistance s'isolation	100M [Ω] MIN
Température opérationnelle	-30°C ~ 80°C

Tableau 3-7 : Caractéristiques du PM42S-096

3-3-9-3 Branchement

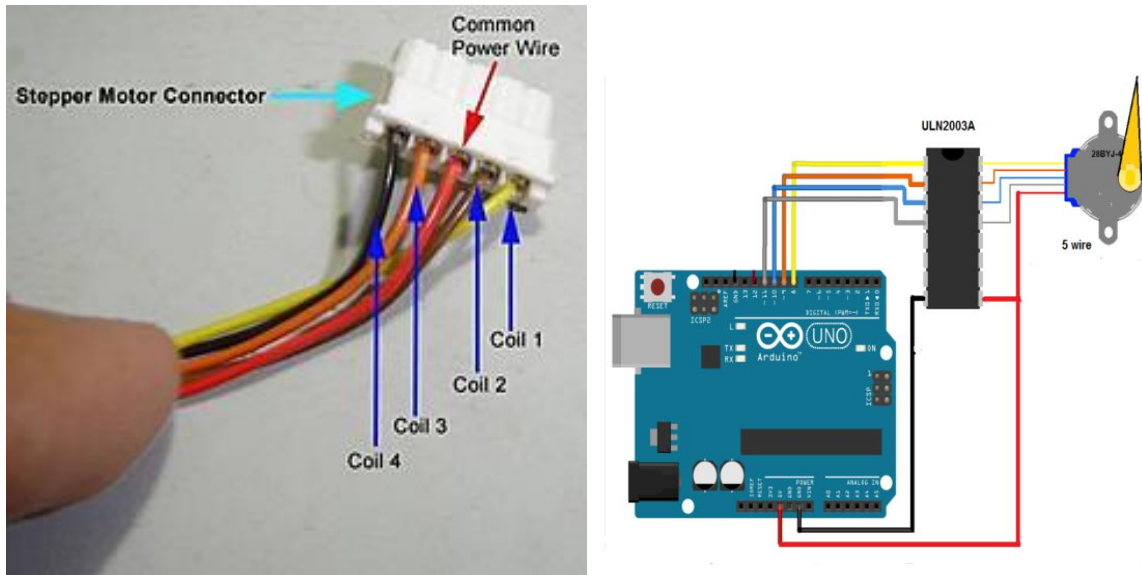


Figure 18 : Branchement d'un moteur pas à pas à 5 fils

3-3-10 Module de transmission radiofréquence

Modèle : module de transmission radiofréquence RF, 433 Mhz (émetteur et récepteur)

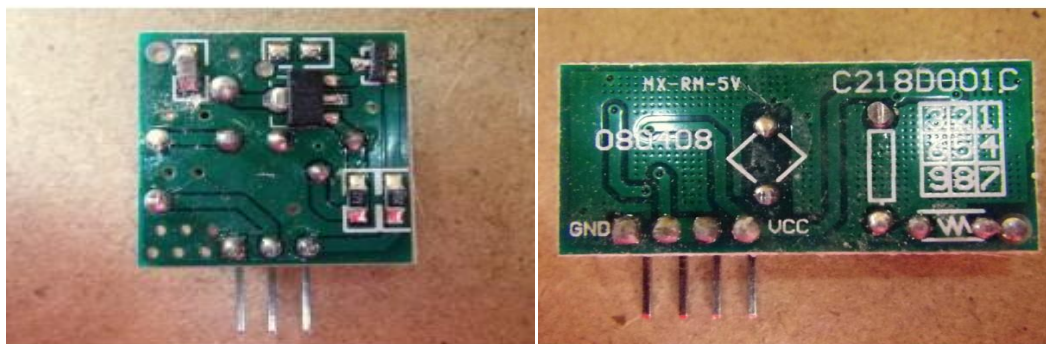


Figure 3-19 : émetteur et récepteur RF (433 Mhz)

3-3-10-1 Caractéristiques

Emetteur

- ➔ Fréquence de travail : 433,92 MHz
- ➔ Type de modulation : AM
- ➔ Plage de Tension : 3.5 V à 12 V
- ➔ Plage de Courant : 20-28 mA
- ➔ Plage de Température : -10°C à + 70° C
- ➔ Antenne de 25cm

Récepteur :

- ➔ Fréquence : 315 Mhz, 433,92 MHz
- ➔ Type de modulation : AM
- ➔ Tension de fonctionnement : 5 V
- ➔ Courant statique : 4 mA
- ➔ Plage de Température : -10°C à + 70° C
- ➔ Antenne de 32cm

3-3-10-2 Utilisations

- ➔ Le contrôle distant
- ➔ les radiocommandes et la commande à distance
- ➔ Les alarmes
- ➔ Les portails, portes coulissantes, électroniques ...
- ➔ Les réalisations robotiques et jouets

3-3-10-3 Branchement

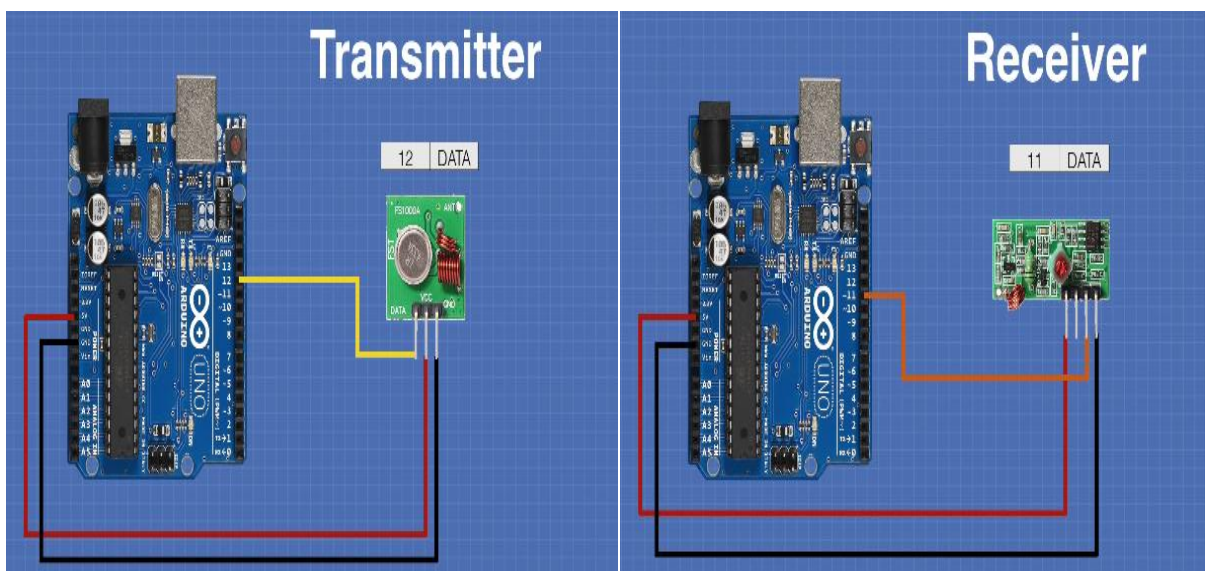


Figure 3-20 : Branchement de l'émetteur / récepteur RF

3-3-11 Le FTDI 232

Type : Circuit intégré

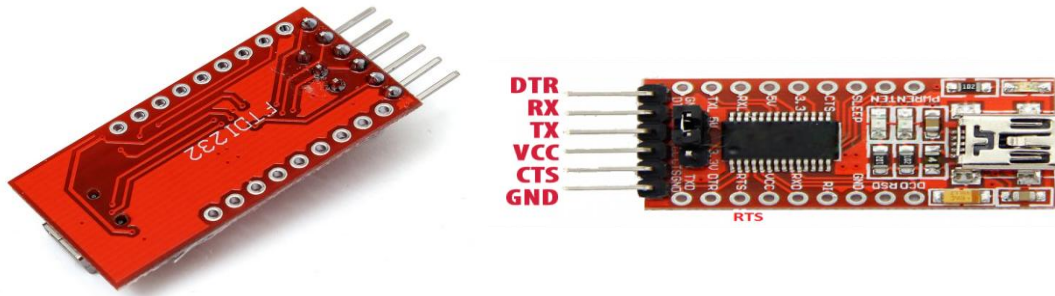


Figure 3-21 : FTDI232

3-3-11-1 Description

Conçu par la société écossaise de semi-conducteurs FTDI (Future Technology Devices International) spécialisée dans l'interfaçage USB, le FT232R représente un périphérique qui simplifie la conception USB vers série pour des fins d'adaptations en réduisant le nombre de composants externes, le pilote permet d'émuler un port COM.

Le FTDI est utilisé avec des microcontrôleurs permettant de les commander depuis un ordinateur via USB et il est disponible pour les plateformes Windows (XP, 7, 8, 10, vista...) Windows CE, Mac OS X, Androïde et Linux.

3-3-11-2 Caractéristiques

- Une Interface de transfert USB aux données série asynchrone à puce unique
- Intégration entière d'EEPROM de 1024 bits qui les descripteurs de périphérique et la configuration des E / S CBUS
- Taux de transfert de données allant de 300 bauds à 3 Mbauds (RS422, RS485, RS232) aux niveaux TTL.
- Un numéro de série USB unique pour chaque Périphérique préprogrammé
- Option d'inversion du signal UART.
- Une seule opération d'alimentation de + 3,3 V (avec oscillateur externe) à + 5,25 V (oscillateur interne)
- Une consommation minimale de bande passante USB
- Plage de températures de fonctionnement étendue de 40 ° C à 85 ° C
- Intégration complète d'une EEPROM externe, des résistances, et d'un circuit d'horloge sans cristal externe

3-3-11-3 Branchement

- Le GND pour la masse
- Le VCC pour l'alimentation
- Ports Rx et Tx pour l'échange de données
- Câble reliant le PC au FTDI 232

3-3-12 Autres composants

Notre travail ne peut être réalisé sans rajouter le matériel électronique qu'on décrit basique, il regroupe :

- Bread Board
- Resistances
- Capacités
- Transistors
- Boutons
- Crystal
- LEDs
- Fils de raccordement
- Adaptateurs

3-4 Travail réalisé

Notre travail est structuré de sorte que toutes les expériences élémentaires suivent l'enchaînement des étapes suivant :

1. choisir un microcontrôleur pour pouvoir effectuer le Contrôle désiré
2. dessiner le schéma électronique et Simuler avec le logiciel PROTEUS ISIS si c'est possible. Il est à noter que le PROTEUS ISIS est - à un certain point - limité de point de vue bibliothèque.
3. Réaliser le circuit et faire les essais

3-4-1 Le contrôle « moteur »

3-4-1-1 Matériels

- Moteurs BRUSHLESS : A2212/13T 1000KV
- ESC 30A
- Microcontrôleur « pic 16f877A »
- Potentiomètre
- Hélice
- LCD

- ➔ LED
- ➔ Alimentation 12Vet 5V

3-4-1-2 Signal de commande

L'ESC est utilisée pour générer la séquence et le timing du signal de sortie pwm qui génère 3 phases AC, aussi pour le control des moteurs. Le signal de control standard est un 50 HZ PWM signal (pulse width modulation), cela implique 1-2 ms chaque 20ms (un RPM minimal, un RPM maximal respectivement)

$$T=1/50\text{hz}=20\text{ms}$$

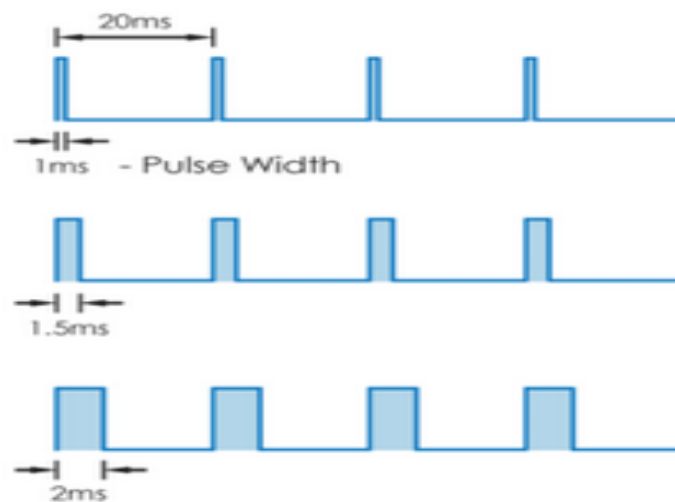


Figure 3- 22 : Signal de contrôle moteur [22]

3-4-1-3 Programme

Le cœur de la commande est un programme mikroC intégré au sein de PROTEUS ISIS pour des fins de simulation, il comporte les ordres suivants [23] :

TRIS : configuration des ports et des pins

ADCON : configuration ADC

ADC_INIT : initialisation ADC

OPTION_REG : configuration du timer

LCD_INIT : initialisation LCD

LCD_OUT : affichage LCD

3-4-1-4 simulation

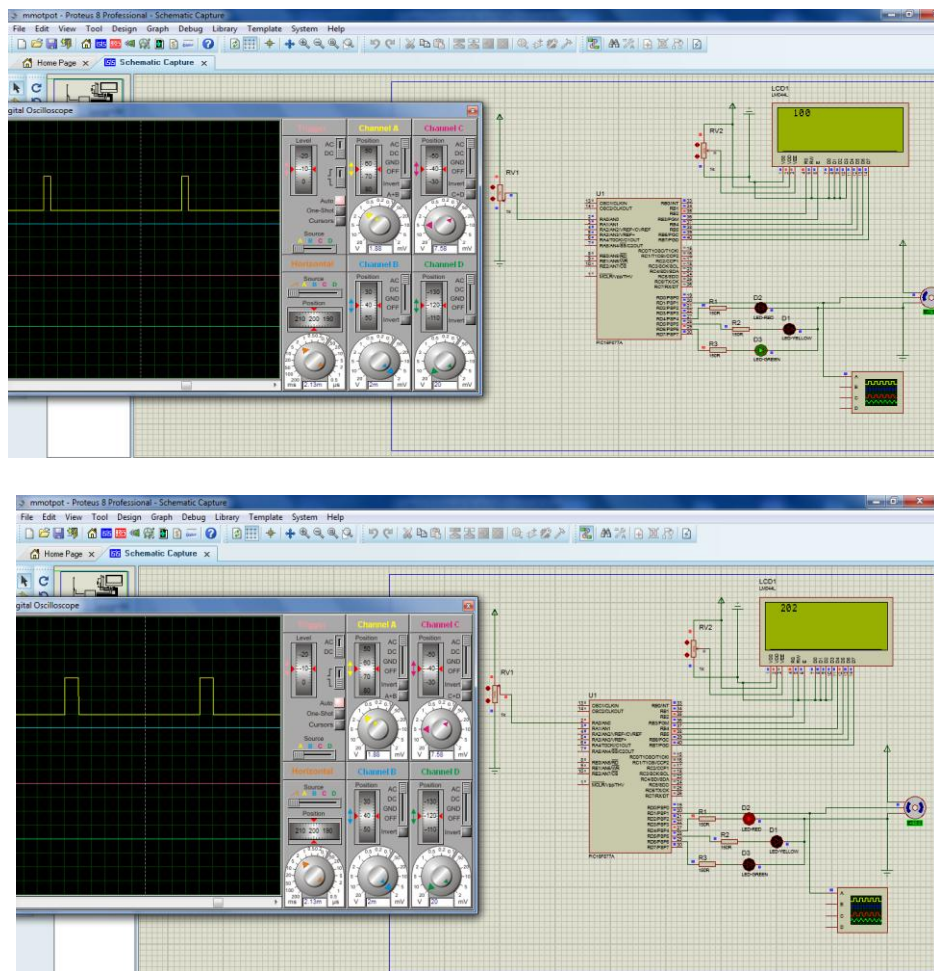


Figure 3-23 : Simulation moteur

3-4-1-5 Réalisation

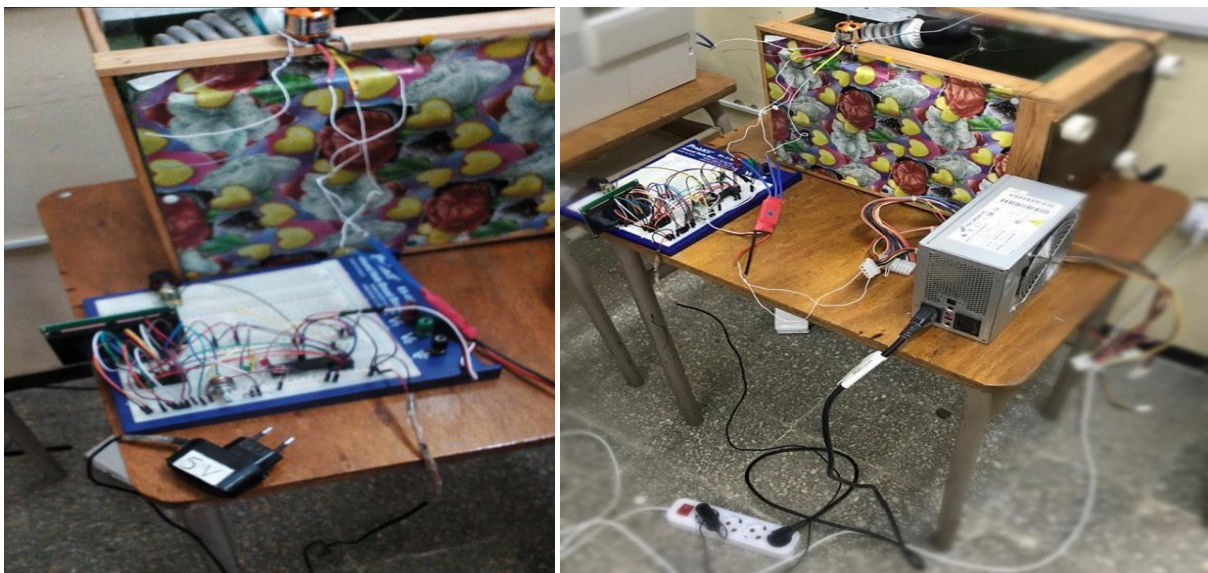


Figure 3-24 : Essais moteur

3-4-1-6 Commentaire

Dans cette expérience nous arrivons à contrôler le moteur a travers le potentiomètre en changeant les valeurs de ce denier .Le régime moteur change suivant le positionnement du 2^e borne sur une plage allant de l'arrêt jusqu'au régime maximal, il suffit d'inverser l'alimentation pour avoir un sens de rotation opposé. Des LEDs à 3 couleurs différentes sont utilisées pour indiquer la marge du régime (faible –moyen –fort).

Nous reproduisons cette expérience également en Arduino pour une métrise assurée de la technique.

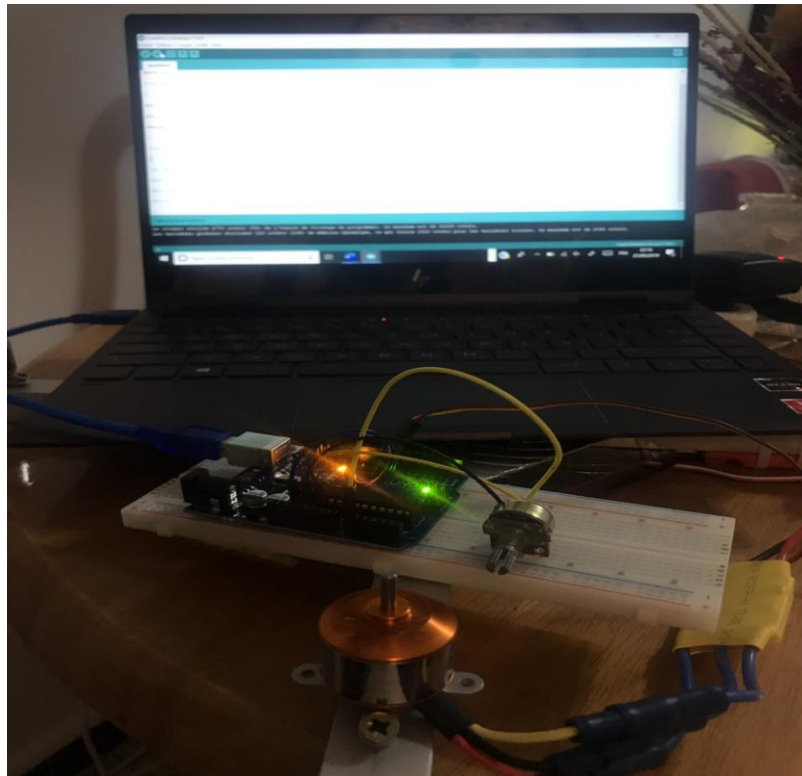


Figure 3- 25 : Essai contrôle moteur en Arduino

3-4-2 Programmation du Load cell

3-4-2-1Matériels

- Microcontrôleur « pic 18f4550 » [voir annexe 1]
- Load cell + driver hx711
- Potentiomètre
- bouton
- LCD
- LED
- Alimentation 5V

3-4-2-2 Programme

Il inclut l'ensemble des instructions :

TRIS, LCD_INIT, LCD_OUT et OPTION_REG

3-4-2-3 Schéma électronique

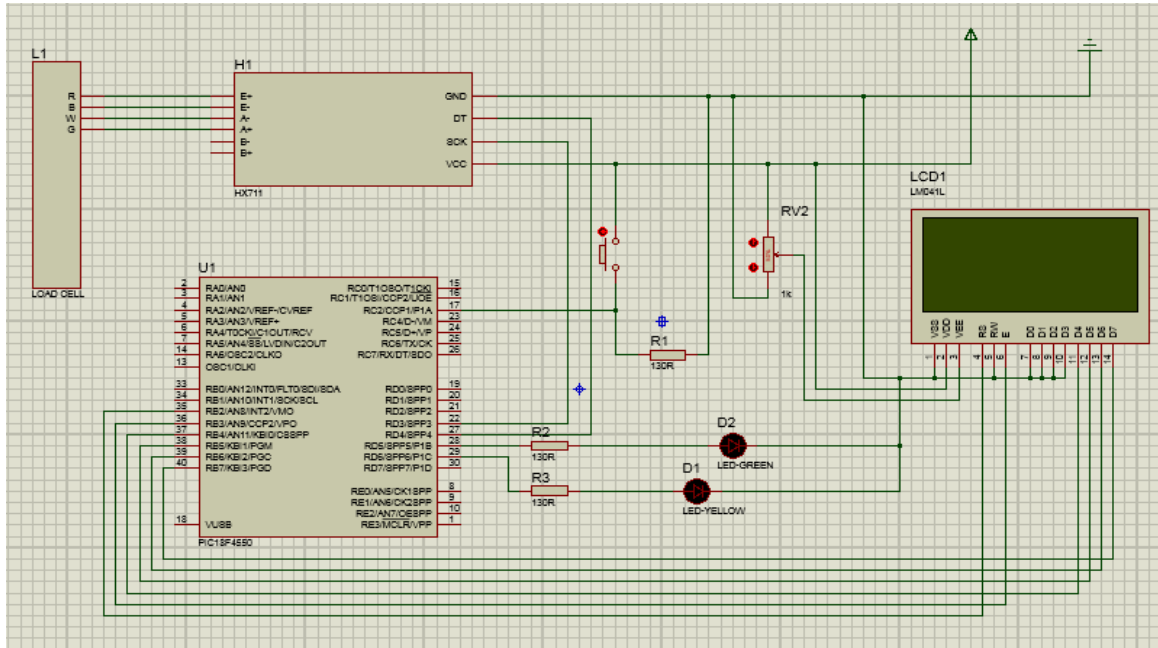


Figure 3-26 : Schéma électronique de programmation du Load cell

3-4-2-4 Réalisation

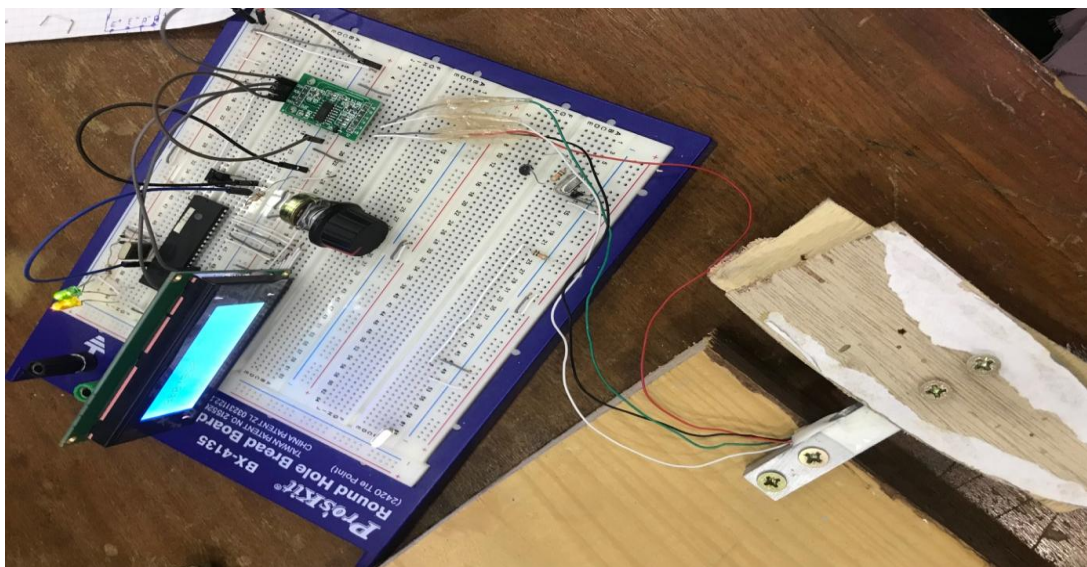


Figure 3-27 : Essai Load cell +ADXL

3-4-2-5 Commentaire

Nous arrivons à réaliser dans cette expérience une balance qui permet une mesure de pesée que subissent le LOAD CELL et un affichage de valeur correspondante même sous forme de poids.

La reproduction en Arduino a confirmé les résultats trouvés .Mais il y'avait fallu une calibration.

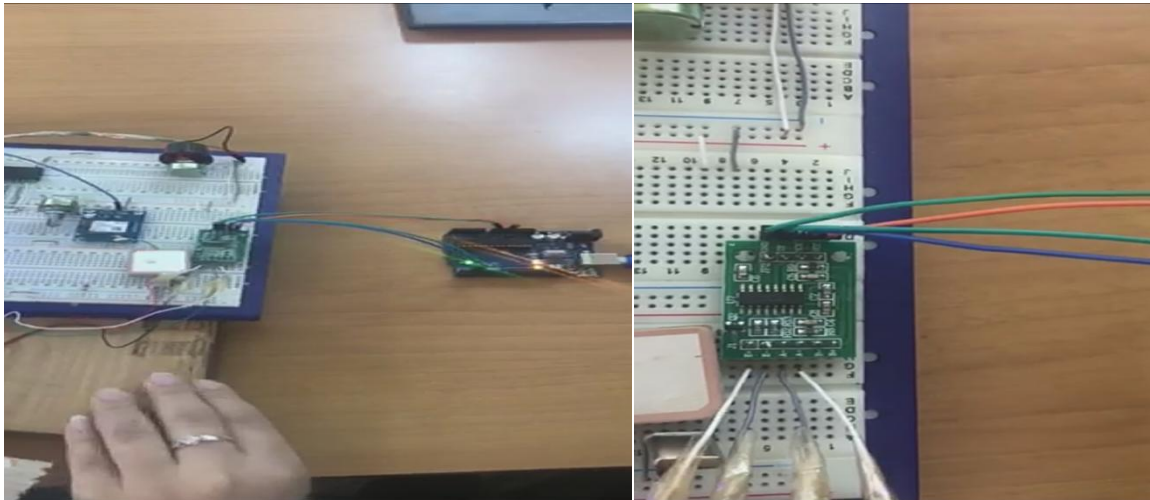


Figure 3-28 : Essai Load cell+HX711 en Arduino

3-4-3 Mesure de « pesée et portance »

Ce programme se base sur l'expérience précédente en changeant seulement l'objet pesé par un moteur avec son hélice et en inversant le sens du capteur pour avoir un calcul de portance et non pas de poids, un microcontrôleur « pic 16F877A », un potentiomètre et un ESC sont également ajoutés.

3-4-3-1 Schéma électronique

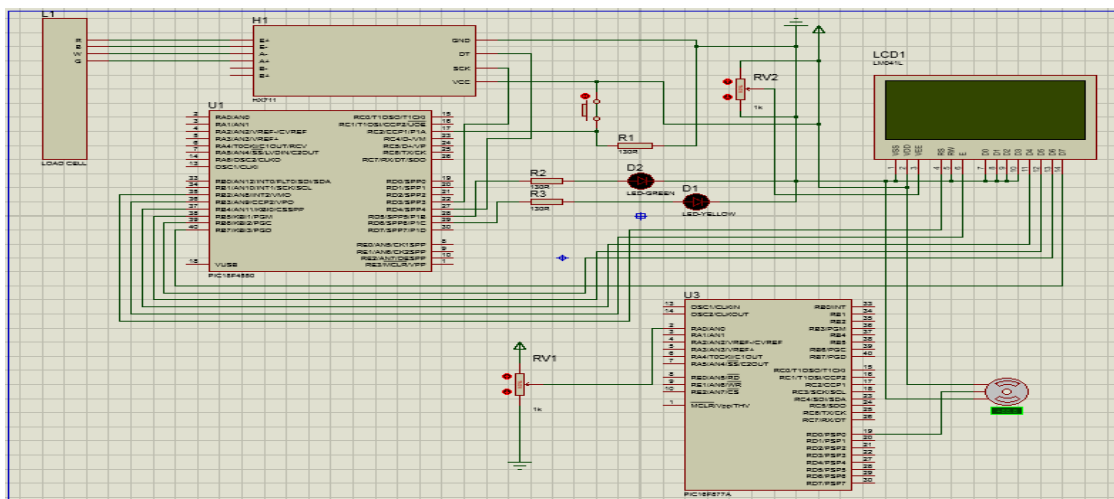


Figure 3-29 : Schéma électronique de mesure de pesée et portance

3-4-3-2 Réalisation

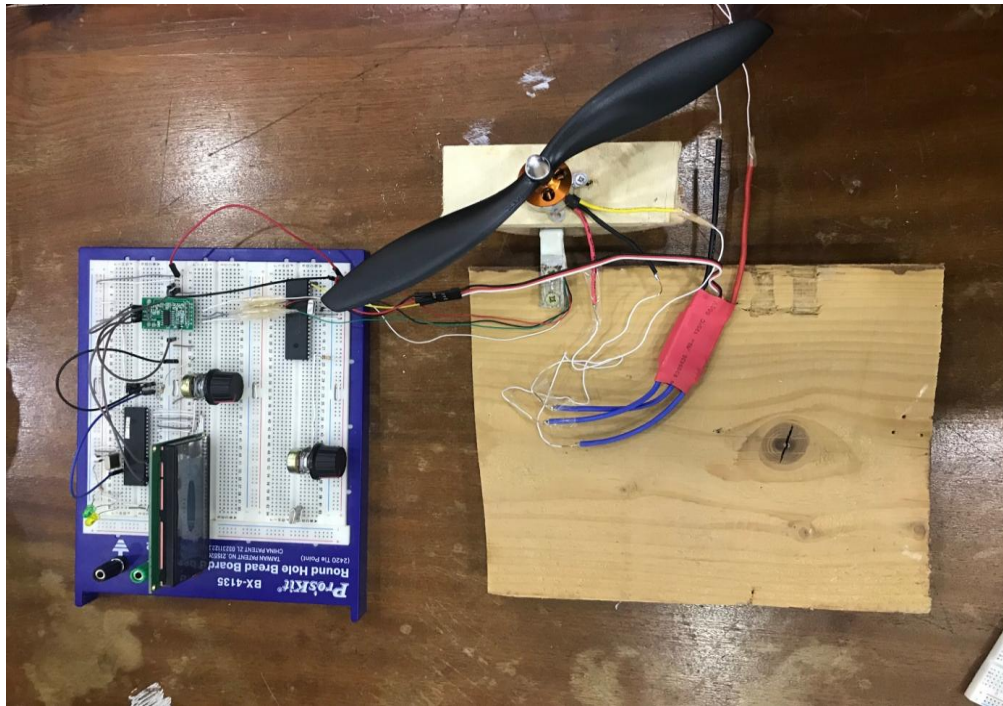


Figure 3-30 : Réalisation de circuit de mesure de portance

3-4-3-3 commentaire

En variant la position du potentiomètre le régime moteur change de même la portance, cette expérience nous a permis de savoir le poids maximal que notre drone peut supporter.

3-4-4 Mesure d'accélération et d'angles de rotation

3-4-4-1 Matériels

- ➔ ADXL335
- ➔ Microcontrôleur « pic 16f877A »
- ➔ FTDI 232
- ➔ LEDs
- ➔ Logiciel LabVIEW sur PC

3-4-4-2 Programme

Notre programme rassemble les instructions :

TRIS - ADCON - ADC_INIT et UART : pour connecter le microcontrôleur au PC

3-4-4-3 Schéma électronique

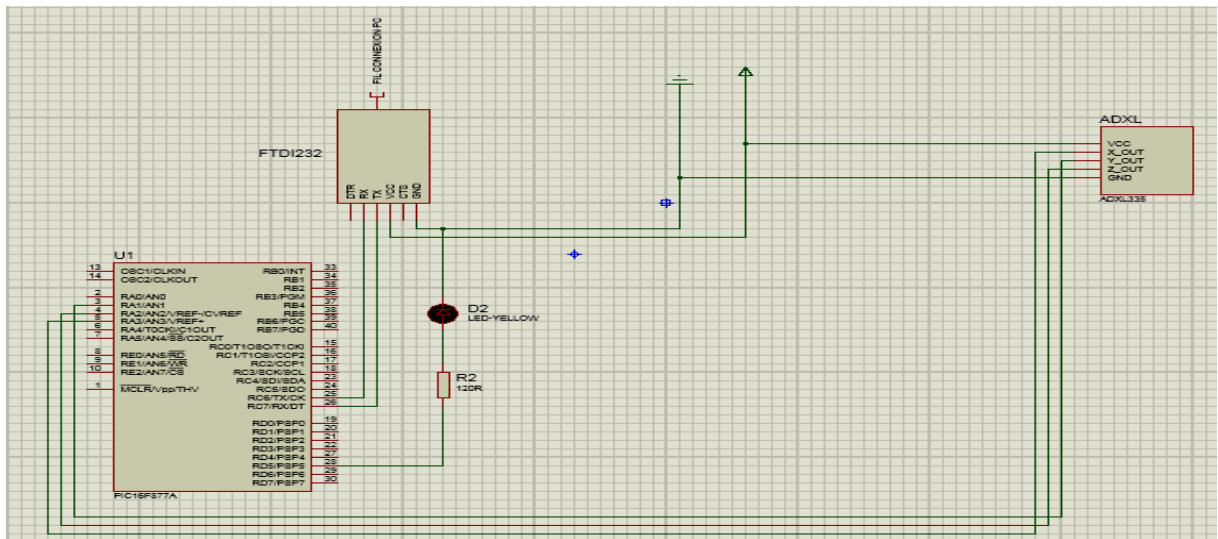


Figure 3-31 : Schéma électronique de Mesure d'accélération et d'angles de rotation

3-4-4-3 Réalisation

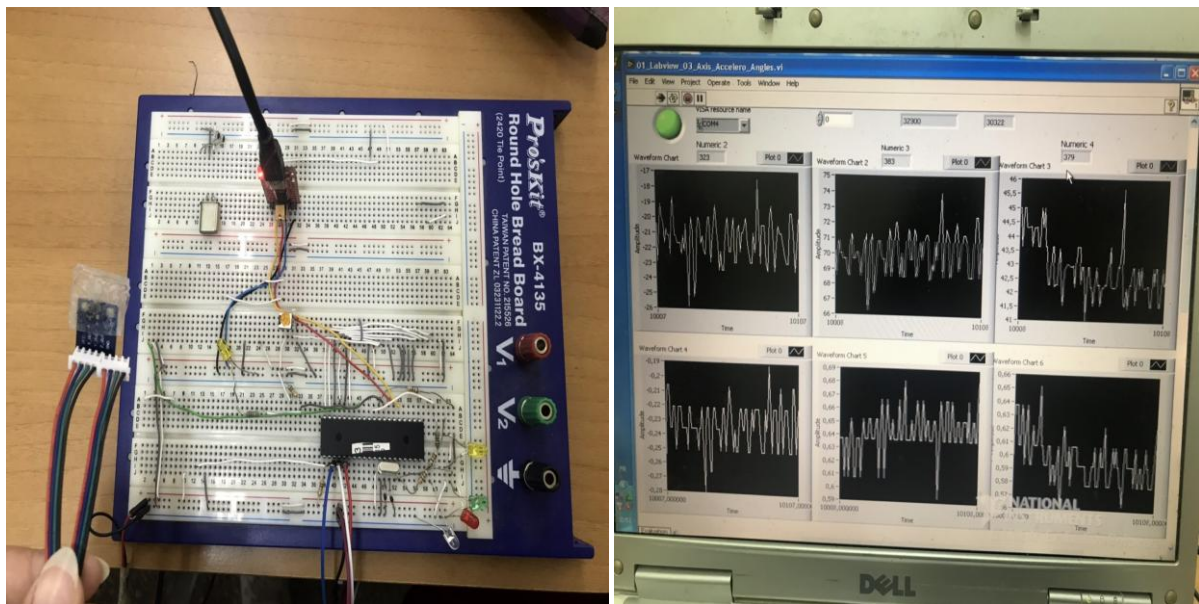


Figure 3-32 : Expérience et affichage de données d'accélération et d'angles de rotation

3-4-4-4 Commentaire

Grace au FTDI toute donnée reçue par l'ADXL est transféré au PC après avoir entré au pic, le logiciel LabVIEW permet l'exploitation de ces données sous forme d'une application d'interface. les graphs traitent les angles et les accélérations sur les 3 axes.

De cette manière notre pratique rend plus facile le suivis et l'étude.

Remarque : Le paragraphe « 3-4-6-1 » détaillera par la suite les spécifications de ce logiciel.

On refait la même expérience avec Arduino pour s'assurer des valeurs d'accélération obtenues.

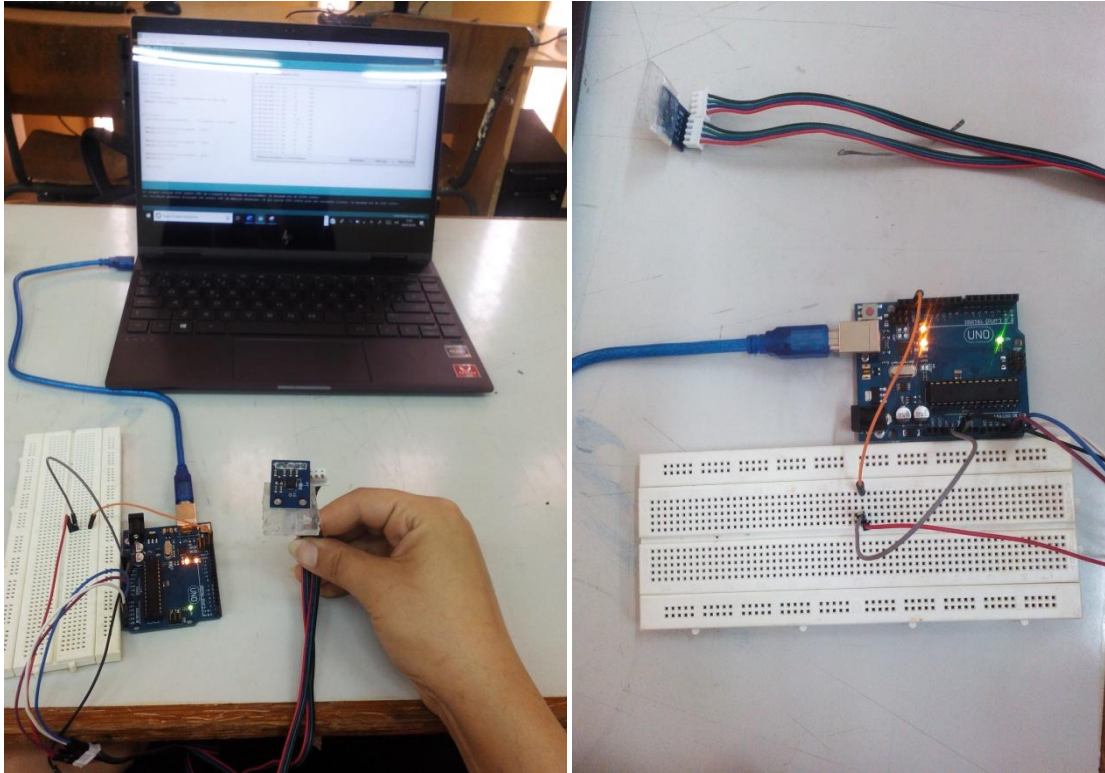


Figure 3-33 : Mesure d'accélération avec Arduino

3-4-5 Acquisition de données de navigation « control GPS »

3-4-5-1 Matériels

- GPS NEO 6M
- Microcontrôleur « PIC18F4520 » [voir annexe 2]
- potentiomètre
- LCD
- FTDI 232

3-4-5-2 Programme

Le programme regroupe les instructions : TRIS, LCD_INIT, LCD_OUT et UART

3-4-5-3 Schéma électronique

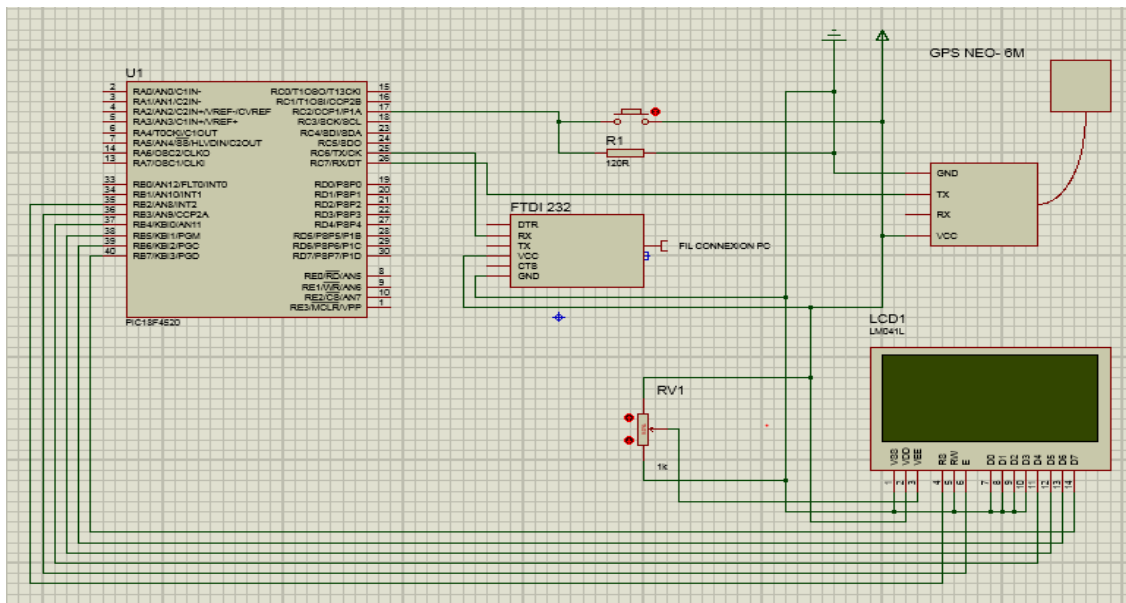


Figure 3-34 : Schéma électronique d'acquisition de données GPS

3-4-5-4 Réalisation

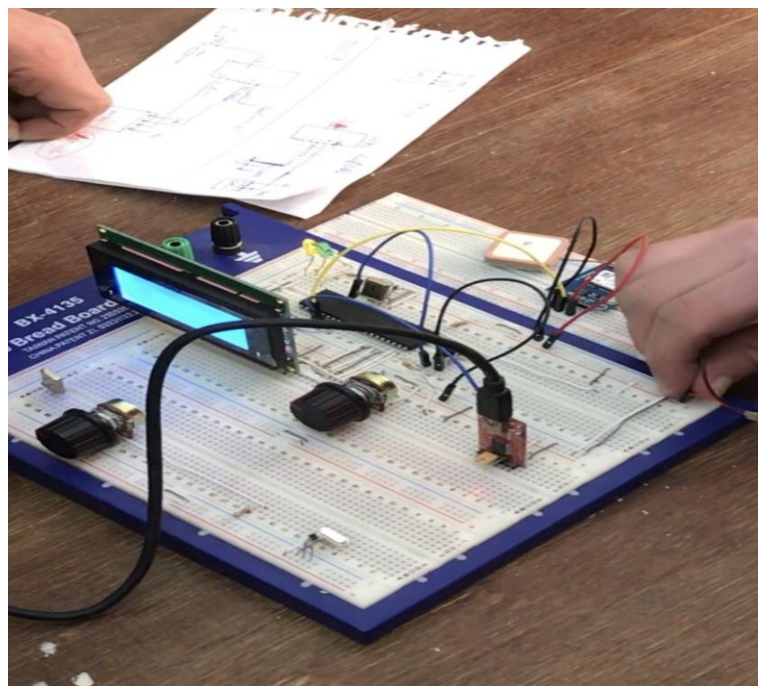


Figure 3-35 : Donnés GPS affichées sur un LCD

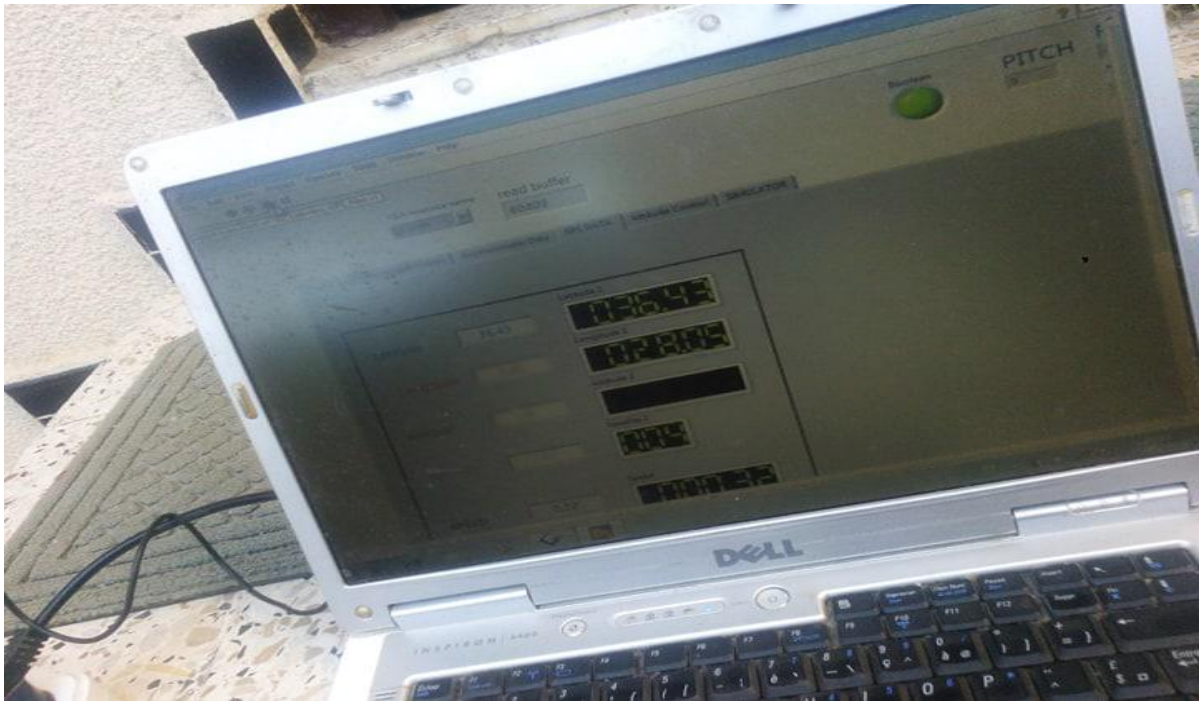


Figure 3-36 : Affichage données GPS sur PC

3-4-5-5 Commentaire

À travers cet essai nous arrivons à récupérer les données de navigation. Le programme intégré au le PIC permet l'affichage de certaines données sur LCD comme une lecture plus détaillée sur l'ordinateur grâce au module FT232RL.

Sur PC

Latitude : 36.43.N

Longitude : 28.05.E

Le nombre de satellite : 4

Affichage LCD

Latitude : 360.6173.N

Longitude : 282.6698.698.E

Le nombre de satellite : 4

Remarque : le décalage des virgules est lié au démarrage du module GPS

La reproduction en Arduino a confirmé les résultats trouvés et qui étaient aussi identiques à ceux qu'on trouve sur le NET.

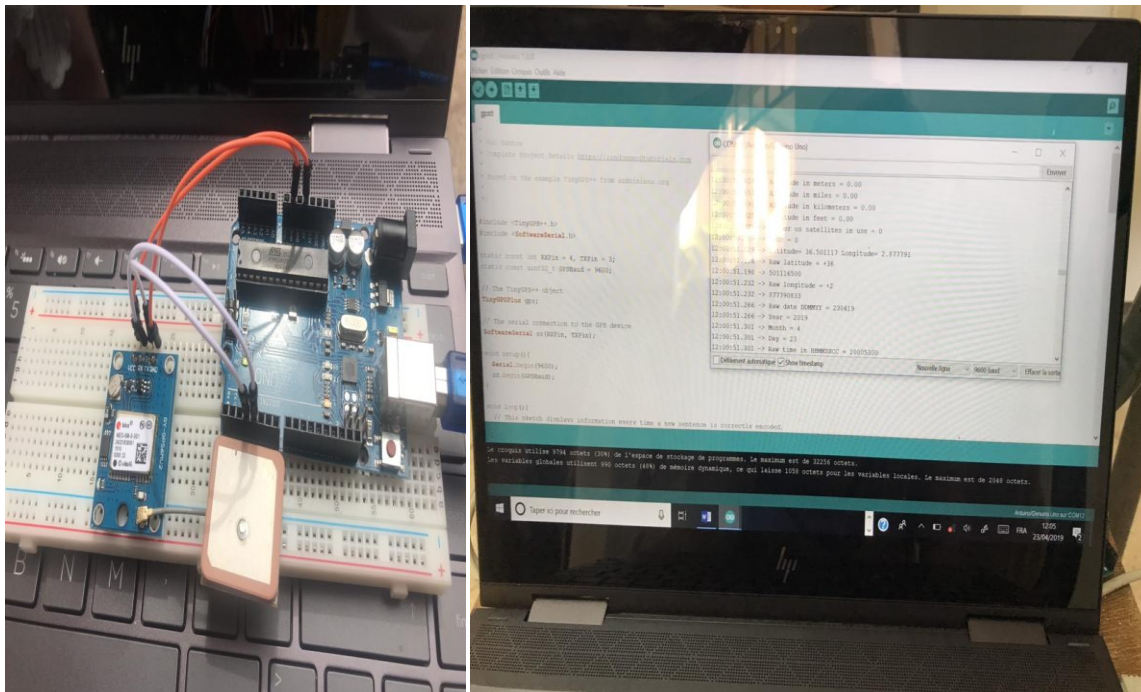


Figure 3-37 : Acquisition de données GPS avec carte arduino

Données affichées

Latitude : 36.501117

Raw longitude : + 2

Longitude : 2.877791

Raw date DDMYY : 230419

Raw latitude : + 36

Raw time in HHMMSSCC : 10005300

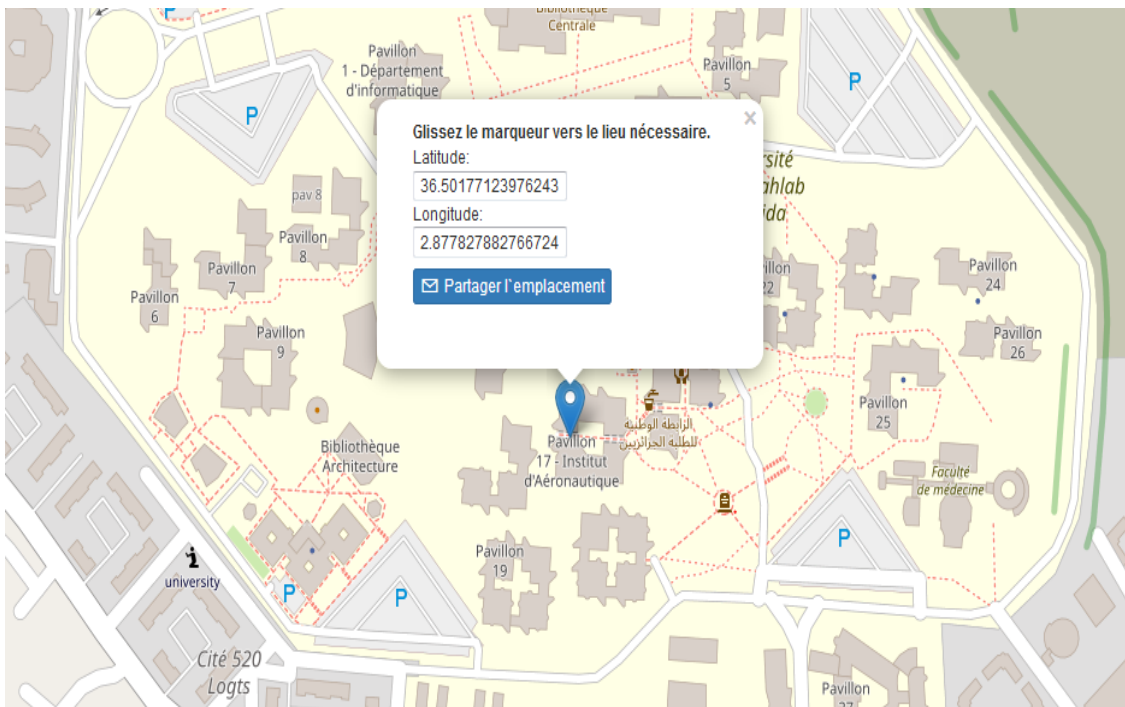


Figure 3-38 : données de positionnement sur le NET

3-4-6 contrôle par pc

Cette partie consiste à contrôler le matériel à partir d'une interface reliée à nos circuits a travers le module FT232RL. Conçues spécialement selon l'application.

L'interface de contrôle est développée sur le logiciel LABVIEW.

3-4-6-1 Le logiciel LabVIEW

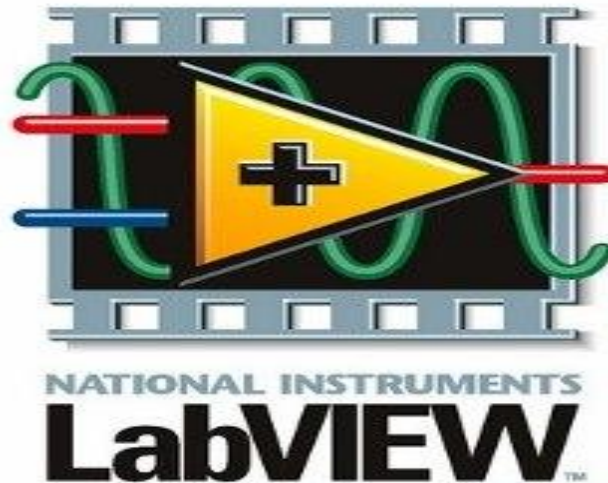


Figure 3-39 : Logo du logiciel « LabVIEW »

Abrégé de l'anglais « Laboratory Virtual Instrument Engineering WorkBench », spécialisé en informatique industrielle et scientifique, le LabVIEW est un environnement de développement fourni par l'entreprise américaine National Instruments « NI ». Offrant une approche de programmation graphique Fondée sur le langage « G », utilisé pour le développement des logiciels sur Windows, UNIX/Linux, Mac, Pocket PC, Windows Mobile, le développement des bibliothèques (DLL, Active X, .NET) et d'autres applications, ce logiciel assure : le contrôle d'instruments, l'analyse et le traitement, l'affichage et le stockage des données.

LabVIEW offre de larges possibilités de communication entre ordinateur et monde physique par : des cartes d'acquisitions analogiques ou numériques, cartes GPIB, réseau, liaisons série et parallèles, USB ...etc. grâce a ses bibliothèques de fonctions dédiées à : l'acquisition de données, l'instrumentation, l'analyse mathématique de mesures, grâce à la création rapide d'interfaces graphiques de qualité et le codage simplifié aussi, il permet de créer des logiciels complexes tout en facilitant la programmation et donc de diminuer les délais de développement,

Son idée est de remplacer les instruments de mesures et d'analyse d'un laboratoire par un ordinateur muni de cartes spécifiques et d'un logiciel approprié. Dans le cadre de la mesure, les cartes permettent de convertir des signaux électriques provenant de capteurs, en données numériques. Ainsi, un seul ordinateur muni d'une carte d'acquisition analogique et de LabVIEW est capable de remplacer un voltmètre, un fréquencemètre ou un oscilloscope.

De plus, on pourra traiter, Analyser et archiver sur disque automatiquement les mesures effectuées.

Toute application développée sous LabVIEW se compose de :

- ➔ une face avant qui contient un ensemble de composants (boutons, interrupteurs, potentiomètres.....) constituant une interface utilisateur
- ➔ une sortie sous forme de : graphes, voyants, zones de texte....
- ➔ un diagramme qui inclut le code source, permettant d'effectuer des traitements sur les entrées/sorties créées dans la face avant

Et elle est surnommée « VI » (Virtual Instrument)

3-4-6-2 Interface de contrôle moteur

Elle permet de Contrôler le régime moteur directement à partir de PC sans faire tourner le potentiomètre manuellement, cette application va être intégré et modifié par la suite dans les expériences qui arrivent selon le besoin.

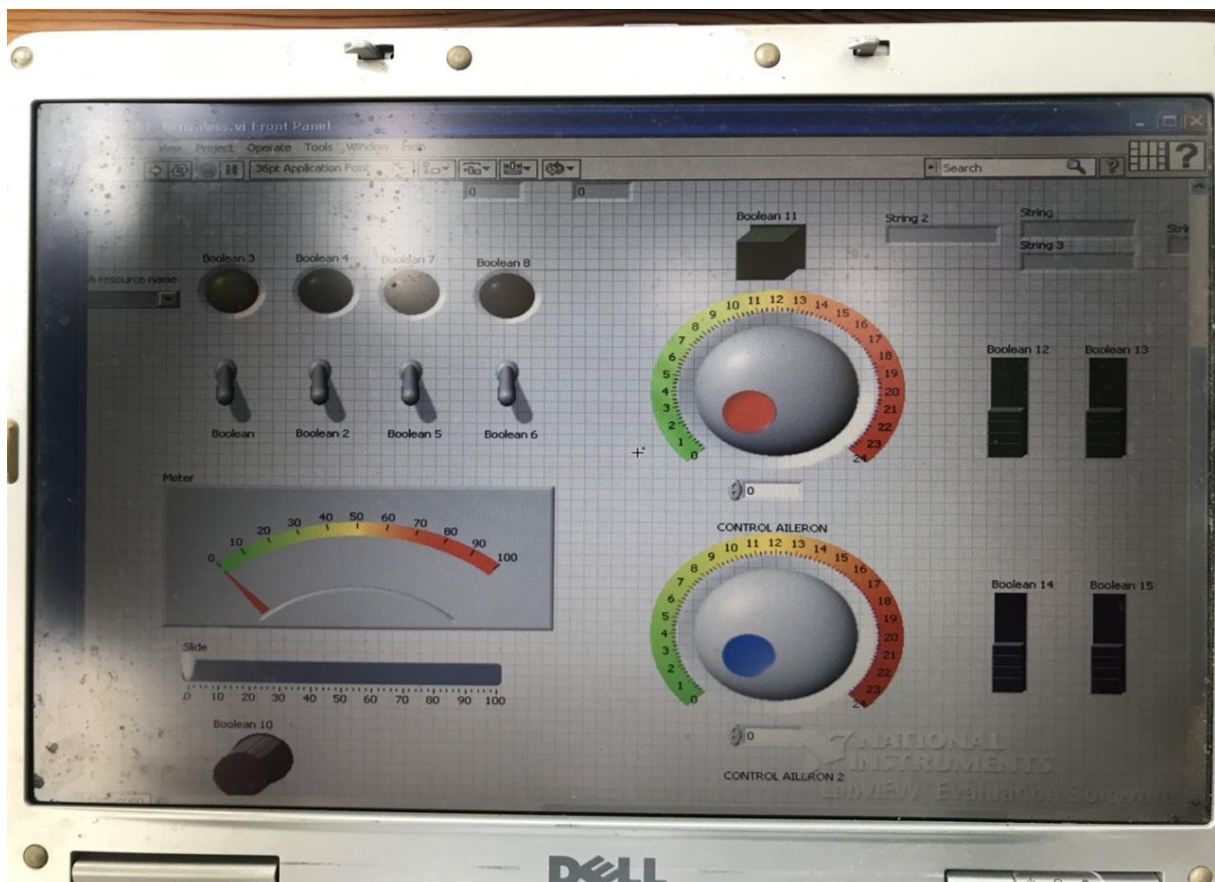


Figure 3-40 : Interface de contrôle moteur

3-4-7 Control RF (Radio Commande)

3-4-7-1 Matériels

- Microcontrôleur « PIC18F4550 »
- Microcontrôleur « PIC16F877A »
- Module de transmission radiofréquence RF, 433 Mhz
- FTDI 232
- Moteurs BRUSHLESS : A2212/13T 1000KV
- ESC 30A
- Transistor
- LCD

3-4-7-2 Programme

TRIS, LCD_INIT, LCD_OUT, UART, ADCON, ADC_INIT, OPTION_REG.

3-4-7-3 Schéma électronique

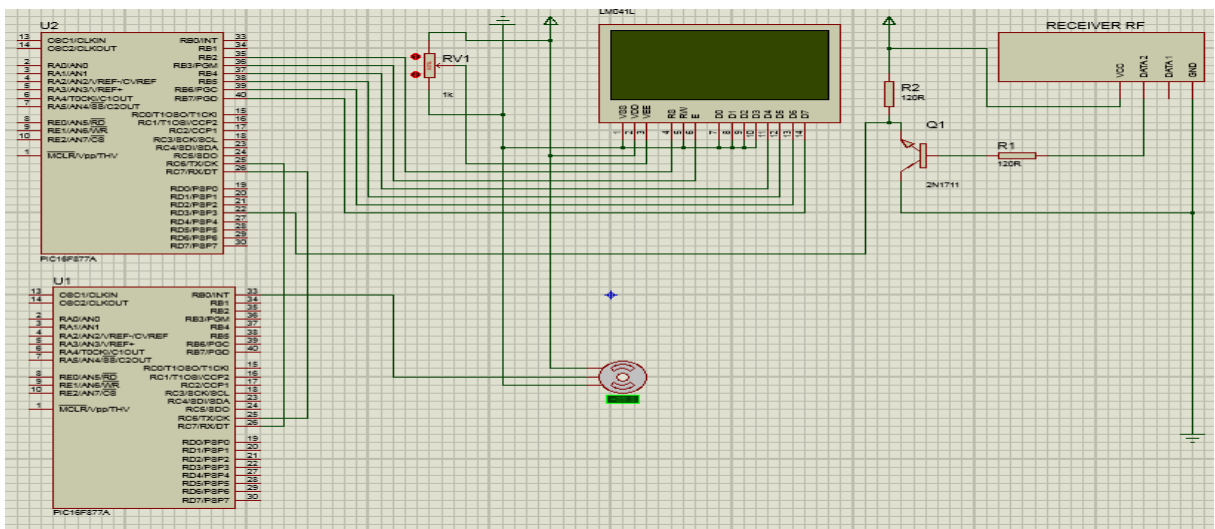
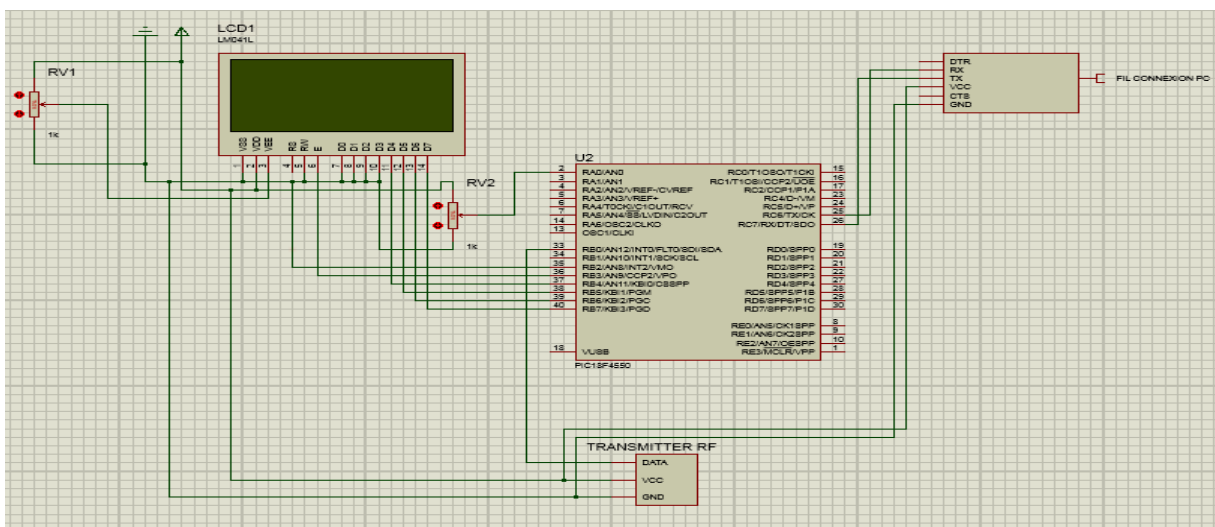


Figure 3-41 : Schéma électronique de l'émetteur /récepteur

3-4-7-4 Réalisation

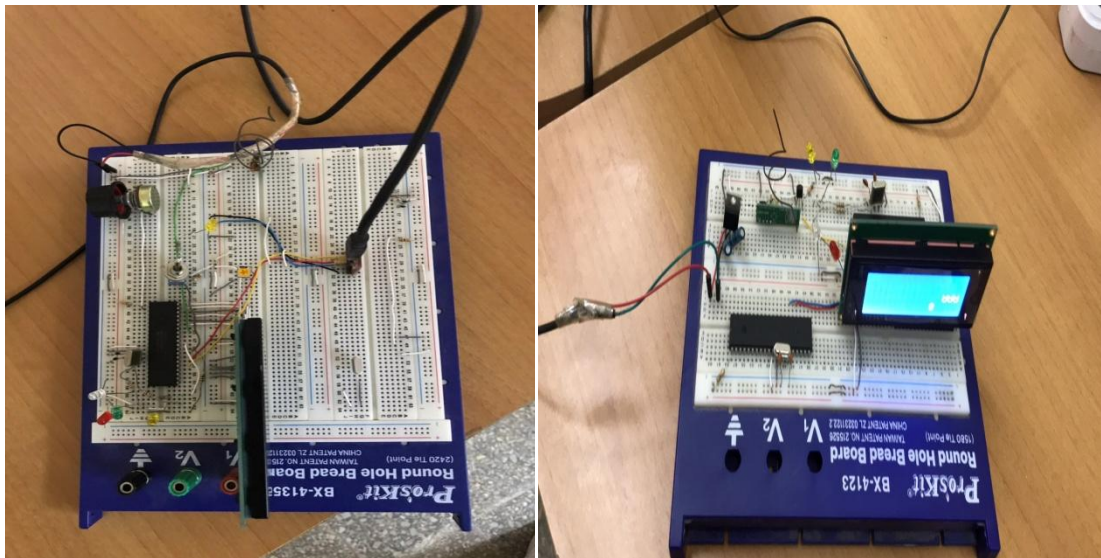


Figure 3-42 : Realisation d'un circuit émetteur /récepteur

En réalisant notre circuit on arrive à commander le moteur de loin, une fois qu'on le connecte au circuit, le régime moteur suit la variation de la position du potentiomètre au niveau de l'émetteur (circuit ou sur PC) que l'on peut visualiser également sur LCD. L'un des microcontrôleurs sur le circuit récepteur est dédié à la réception des données bien que l'autre au traitement et à l'exécution .ce genre de module est à débit de transmission limité mais suffisant pour notre opération.

3-4-8 Control du moteur pas à pas

3-4-8-1 Matériels

- ➔ Microcontrôleur « PIC16F877A »
- ➔ Microcontrôleur « ULN 2003A » [voir annexe 3]
- ➔ Module de transmission radiofréquence RF, 433 Mhz
- ➔ FTDI 232
- ➔ Transistor
- ➔ moteur pas à pas « PM42S-096 »

3-4-8-2 Programme

TRIS, LCD_INIT, LCD_OUT, UART, ADCON, ADC_INIT, OPTION_REG.

3-4-8-3 Schéma électronique

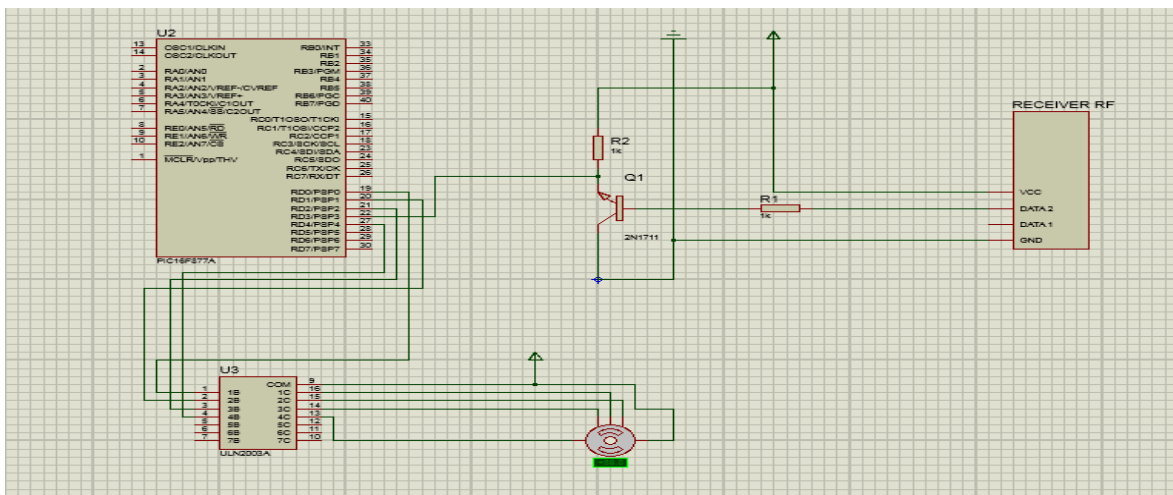
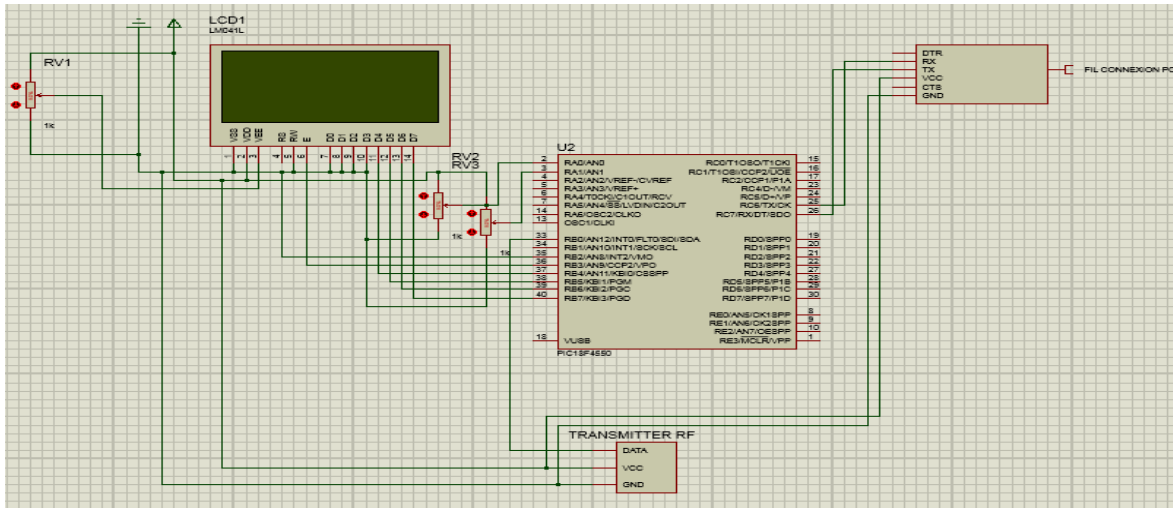


Figure 3-43 : Schéma électronique du Control « moteur pas à pas »

3-4-8-3 Réalisation

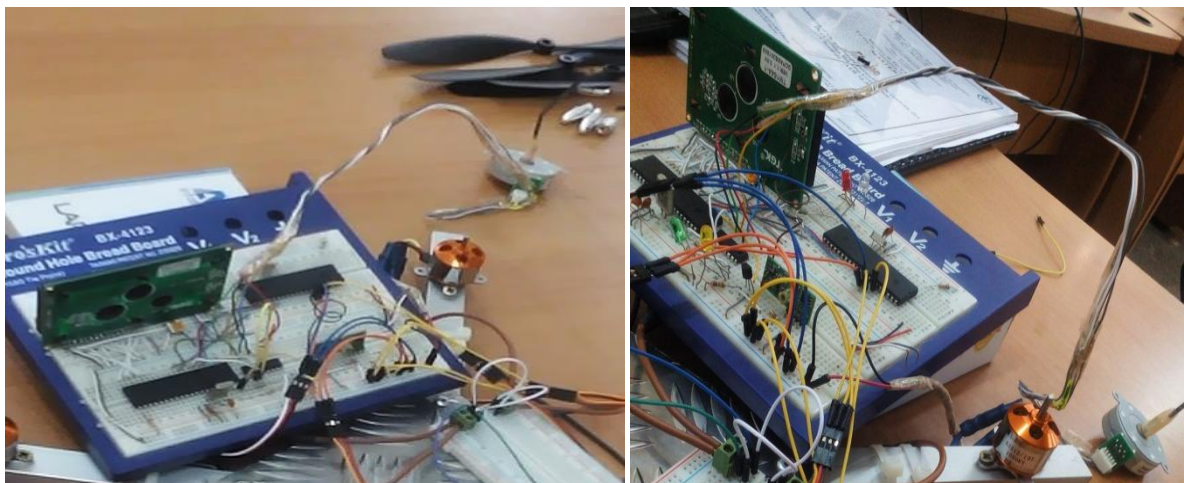


Figure 3-44 : Réalisation du control moteur pas à pas

3-4-8-4 Commentaire

A ce niveau là on arrive à réaliser un circuit qui permet la rotation de notre moteur pas à pas dans les deux sens, celui-ci est utilisé pour fixer n'importe quel appareil ayant besoin de balayer une couverture qui arrive jusqu'à 360 degrés, un simple exemple c'est de fixer une camera pour avoir prise de vue dans n'importe quelle direction souhaitée.

3-4-9 Essais collectifs



Figure 3-45 : Essai 4 moteur + hélices + moteur pas à pas

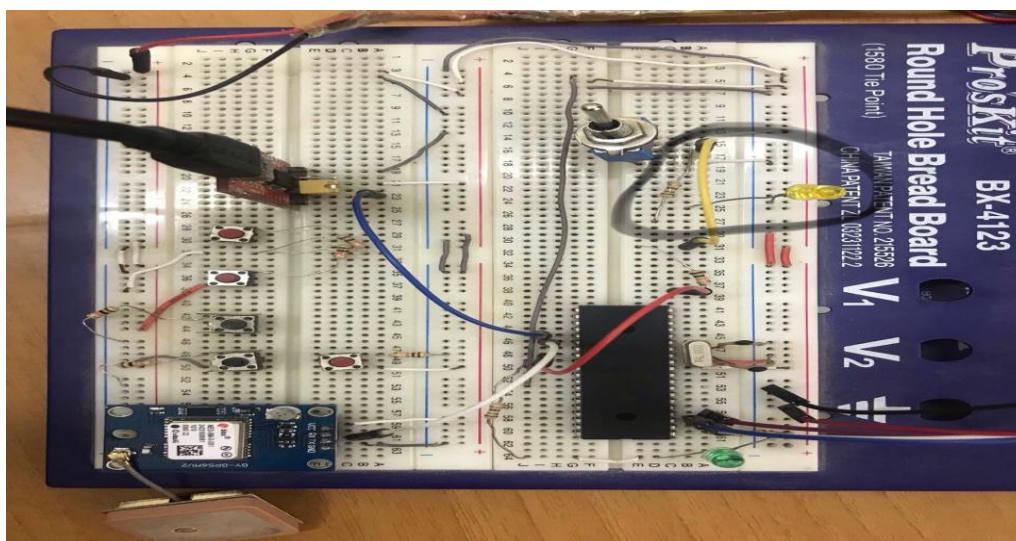


Figure 3-46 : Essai GPS + ADXL 335

3-5 Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons fait un ensemble d'expériences allant de la conception jusqu'à la réalisation en partant toujours d'une étude de caractéristiques et de compatibilité.

Pour une réalisation correcte une simulation correcte est nécessaire mais n'est jamais suffisante, des modifications doivent être apportées afin d'ajuster notre circuit à la réalité. Parfois et même avec ces modifications l'expérience ne donne plus de résultats ou donne plutôt des résultats erronés, celui-ci peut être dû au : montage, bread bord, composant défectueux ou bien encore un milieu de travail non convenable au type d'expérience. Une recherche par élimination doit être établie pour limiter les options et faciliter la tâche.

Tout un objectif doit être rapproché en commençant toujours par des parties élémentaires puis des essais collectifs, l'opération inverse rend l'analyse plus difficile et la recherche de panne plus compliquée.

Le prochain chapitre dévoile par la suite la dernière partie de notre travail.

Chapitre 4



Réalisation et assemblage

Sommaire du chapitre 4

Sommaire du chapitre 4	70
4-1 Introduction	71
4-2 Choix du matériau et du design	71
4-2-1 Choix du matériau du cadre	71
4-2-2 Calcul des dimensions du cadre	71
4-2-3 Structure générale et matériel	73
4-3 Découpage et assemblage du cadre	73
4-4 Circuit imprimé	75
4-4-1 Différentes méthodes du traçage	76
4-4-2 Méthode de réalisation	76
4-4-3 Réalisation de nos circuits	77
4-4-4 Implantation des composants et soudure	81
4-5 Assemblage	85
4-5-1 Fixation des circuits imprimés	85
4-5-2 Fixation des moteurs/ ESC	85
4-6 Diagramme de notre travail	86
4-7 Conclusion	87

4-1 Introduction

De nos jours la technologie se développe d'une rapidité spectaculaire, les drones aussi font partie de cette technologie qui n'arrête pas à surprendre le public. De ce fait nous essayons de contribuer à ce développement en créant des programmes qui nous permettent de faire fonctionner, contrôler, visualiser et lire les données des différents composants du drone. Nous décidons également d'aller un peu plus loin et de réaliser la structure, les circuits imprimés et de gérer l'ensemble de notre drone en réalité.

4-2 Choix du matériau et du design

4-2-1 Choix du matériau du cadre

Le cadre est le squelette du drone, c'est là-dessus ou tous les éléments vont être fixés. Il peut avoir une variété des formes et être construit avec différents matériaux comme le bois, le Carbone, l'Aluminium ou le plastique.

Le choix du matériau est très important car le cadre va être influencé par les vibrations générées par les moteurs. On pourrait penser que le bois est un bon compromis entre légèreté et solidité mais en la réalité c'est un piètre candidat. C'est pour cela qu'on a orienté notre choix vers Aluminium, tout simplement parce qu'il a un bon rapport poids/rigidité et un avantage d'être relativement : léger, facilement travaillable et pas cher comparé au Carbone et au plastique qui est utilisable pour l'impression 3D.

4-2-2 Calcul des dimensions du cadre

Notre objectif est de réaliser un drone en X avec des axes orthogonaux de même longueur, avec des hélices de 10'' (25,4 cm).

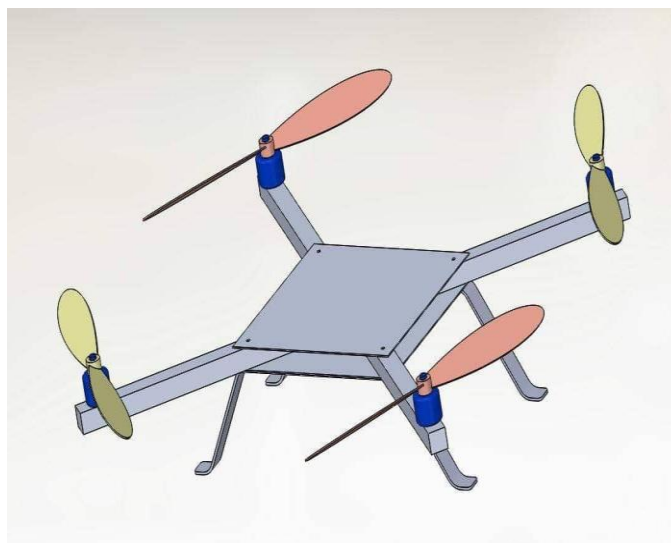


Figure 4-1: Notre drone schématisé avec le « SolidWorks »

Ci-dessous un schéma simplifié du drone que nous utilisons pour le calcul :

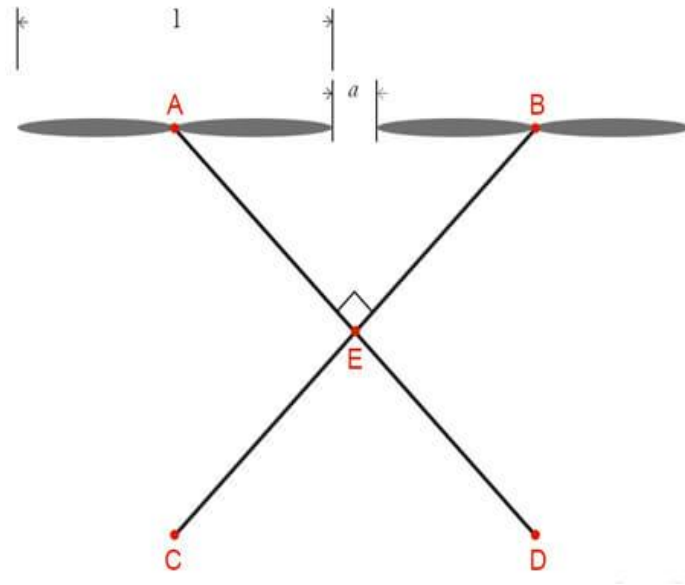


Figure 4-2: Fixation des moteurs

- ✈ La longueur 'a' : correspond à l'espace entre les deux hélices
- ✈ La longueur 'l' : correspond à la longueur de l'hélice
- ✈ La longueur AB qui est donc défini par : $AB=l+a$.
- ✈ tous les bras sont de la même longueur $\Rightarrow AE=BE=CE=DE$.

D'après la loi de Pythagore on a :

$$AB^2=AE^2+BE^2$$

$$AB^2=2 \times AE^2$$

$$AE=\frac{AB}{\sqrt{2}}$$

Les points A, B, C et D représentent les axes de rotation des moteurs donc il nous faut laisser une marge de distance Δm , ce qui nous ramène à l'expression finale suivante :

$$AE=\frac{AB}{\sqrt{2}} + \Delta m$$

$$\Rightarrow AE = \frac{(a+l)}{\sqrt{2}} + \Delta m$$

Application numérique

- ✈ Nos hélices sont de 10'' de longueur (25,4 cm)
- ✈ on prévoit 6,5cm d'espacement entre les hélices
- ✈ on prévoit 52cm de marge pour les supports moteurs

L'expression devient :

$$AE = \frac{(25.4 + 6.5)}{\sqrt{2}} + 2$$

$$\boxed{AE=24,5 \text{ cm}}$$

Au total les tubes d'Aluminium sont de : $2 \times 24,5 = \boxed{49 \text{ cm de longueur}}$

4-2-3 Structure générale et matériel

Le drone va être fabriqué avec deux tubes en Aluminium creux à section carrée de 2 cm et d'une longueur de 49 cm par tube, qui seront prisent en sandwich entre deux plaques minces en Aluminium de dimensions : 15 x 15 cm. Le Tous va être serré fermement avec des vis et des rivets. Des PCB seront placés sur la plaque supérieure du drone.

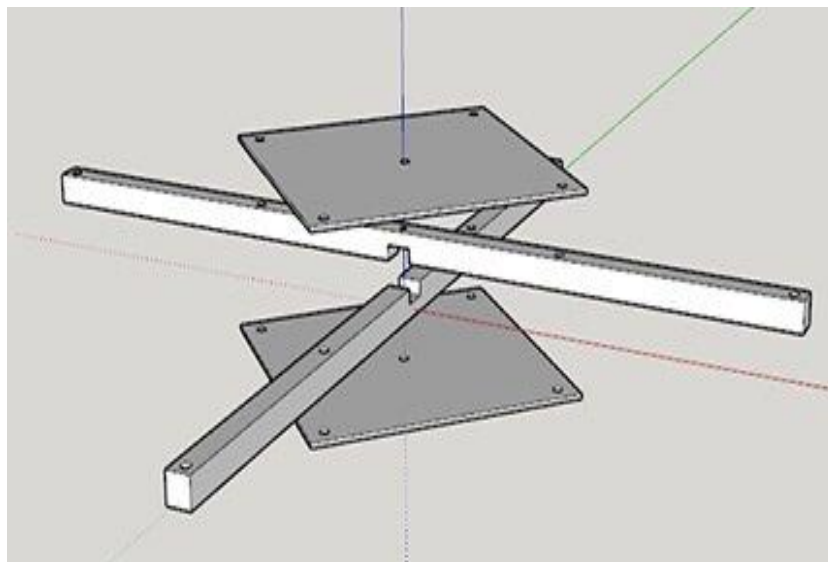


Figure 4-3 : Structure du cadre

4-3 Découpage et assemblage du cadre

Dans cette partie nous décrivons les différentes étapes d'assemblage du cadre après avoir construit chacune des pièces.

Première étape

Pour réaliser la structure en croix, nous effectuons un assemblage à mi-tube avec vis.

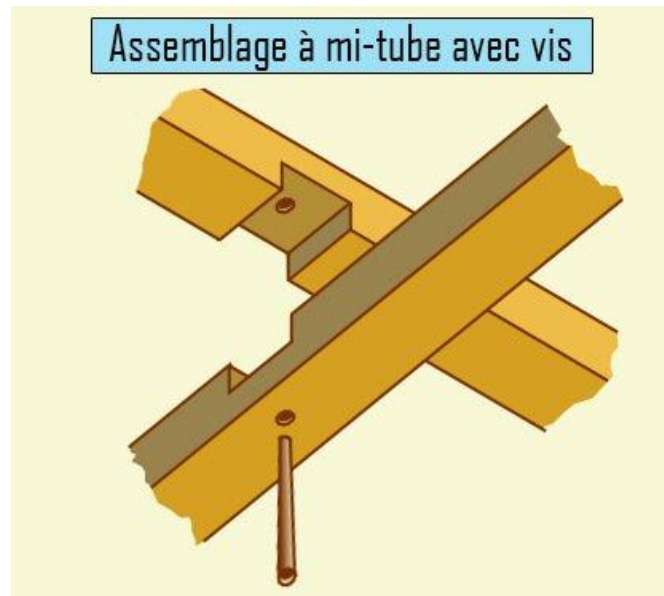


Figure 4-4: Assemblage à mis-tube avec vis

- Tout d'abord on coupe nos tubes à la bonne longueur « 49cm »
- On marque le milieu
- On coupe un carré de 2 x 2 cm de dimensions avec d'une épaisseur de 1 cm
- On perce le trou central



Figure 4-5: Découpage et assemblage à mis tube

Seconde étape

On découpe deux plaques d'Aluminium de dimension 15 x 15 cm, puis on perce quatre trous aux extrémités et un trou central.



Figure 4-6 : Perçage de structure

Troisième étape

Après avoir découpé l'Aluminium, nous tenons bien les bras et les plaques à l'aide d'un visse au centre et de huit rivets aux extrémités.



Figure 4-7 : Châssis prêt

4-4 Circuit imprimé

Un circuit électronique est un ensemble constitué de composants reliés électriquement entre eux. Pour le réaliser on utilise un support isolant sur lequel des pistes de cuivre réalisent la quasi-totalité des connexions entre les composants. Le matériau utilisé est presque toujours du verre époxy qui est un isolant à base de fibre de verre compressée et imprégnée de résine époxy.

Les pistes non dessinées sur la pellicule de cuivre de moins de 100µm qui est fortement collée sur le support, seront éliminées soit par détournage à l'aide d'une fraise soit par une réaction chimique.

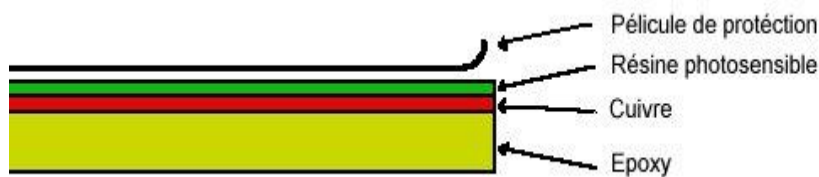


Figure 4-8: Schéma constitutif d'une plaque d'époxy

4-4-1 Différentes méthodes du traçage

4-4-1-1 Tracé manuel

La création d'un circuit imprimé consiste à supprimer le cuivre de partout sauf à l'endroit représentant des pistes de connexion, en partant d'une plaque entièrement recouverte de cuivre à l'origine.

Le cuivre est éliminé par une réaction chimique qui s'appelle la gravure. La difficulté de travail se pose à ce niveau là car il faut protéger le cuivre qui relie les composants. Pour cela on peut utiliser un feutre permanent mais le traçage doit être fait à la main, ce qui ne convient pas pour les circuits trop compliqués. De plus on ne peut pas réaliser de cette manière des circuits imprimés en série.

4-4-1-2 Réalisation d'un typon

Cette méthode consiste à utiliser un typon représentant le tracé des pistes qu'on veut faire apparaître. Ce typon peut être dessiné à la main sur une feuille de papier calque ou tracé directement sur un logiciel comme : PROTEUS, ALTIUM, EAGLE...etc. puis imprimé sur un papier magazine ou papier transparent. Et c'est le meilleur car on peut même fabriquer des circuits complexes et en séries.

4-4-2 Méthode de réalisation

4-4-2-1 Gravure par rayons ultraviolets

Cette méthode permet de transposer un circuit électronique sur la carte. Les étapes du procédé sont simples il suffit de mettre le papier transparent sur lequel on a imprimé le circuit sur la plaque d'époxy de la même dimension, le bloquer et le mettre dans l'insoleuse ; la machine qui projette les rayons ultraviolets.

L'opération est très rapide, elle dure de deux à trois minutes seulement, mais le matériel coûte assez cher.



Figure 4-9 : Insoleuse

4-4-2-2 Gravure a l'aide d'un fer à repasser

La méthode est très simple, après avoir découpé l'époxy selon nos dimensions, on imprime le circuit à l'envers sur du papier magazine puis on pose le recto sur la face cuivrée de la carte en veillant à aligner les deux pièces. On prend par la suite notre fer à repasser et on le pose sur le typon une fois qu'il est bien chauffé et on le laisse de 2 à 3 minutes selon la fonction du pouvoir chauffant du fer.

4-4-3 Réalisation de nos circuits

4-4-3-1 conception des circuits sur logiciel

Après toutes les réalisations et les tests des circuits indépendamment dans le chapitre précédent on arrive à regrouper le tous dans trois circuits imprimés.

On établie une conversion des circuits électroniques de Proteus ISIS vers Proteus ARES avec plusieurs retouches afin d'obtenir le schéma final de la carte imprimée voulue.

Le fait que les bibliothèques de proteus sont limitées, la création des composants sur proteus affecte l'ARES. De cette manière les vraies dimensions de chaque composant crée doivent être prises en considération pour qu'on puisse les implémenter après la réalisation.

Les circuits finaux sur « Proteus ISIS » :

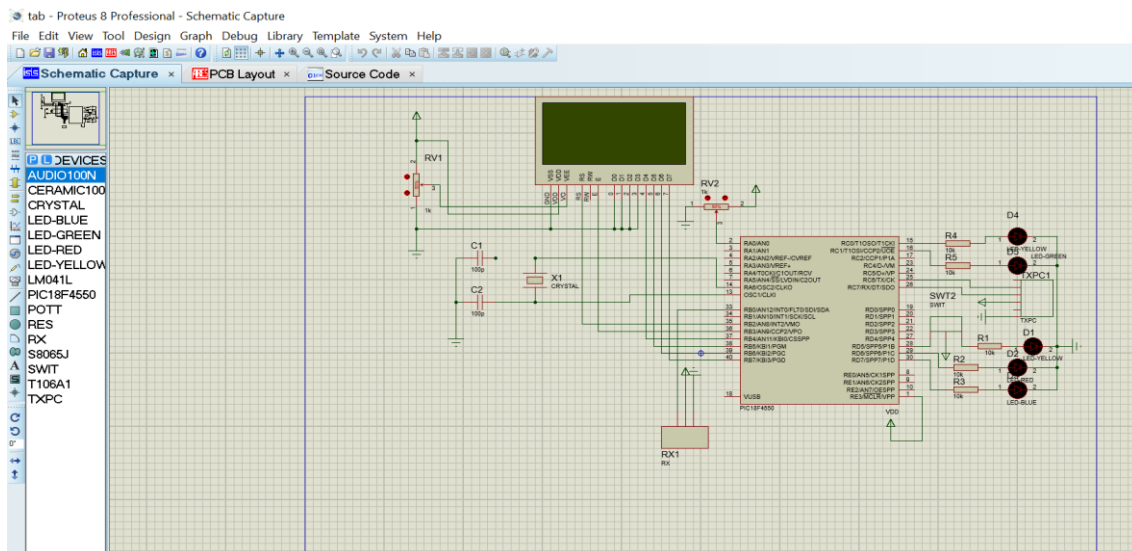


Figure 4-10 : Circuit d'émetteur

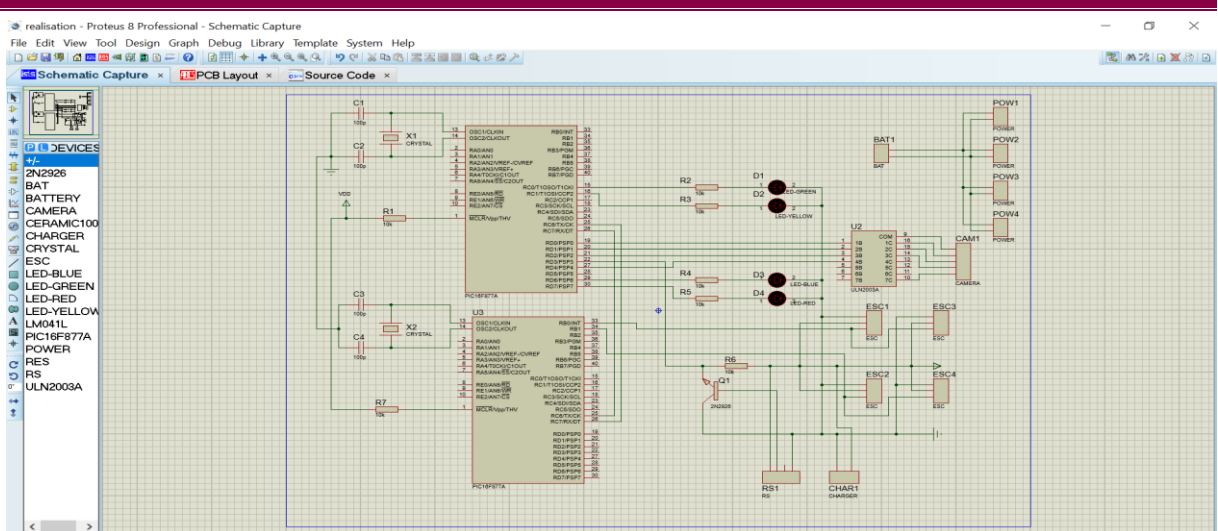


Figure 4-11: Circuit de la première carte implémentée

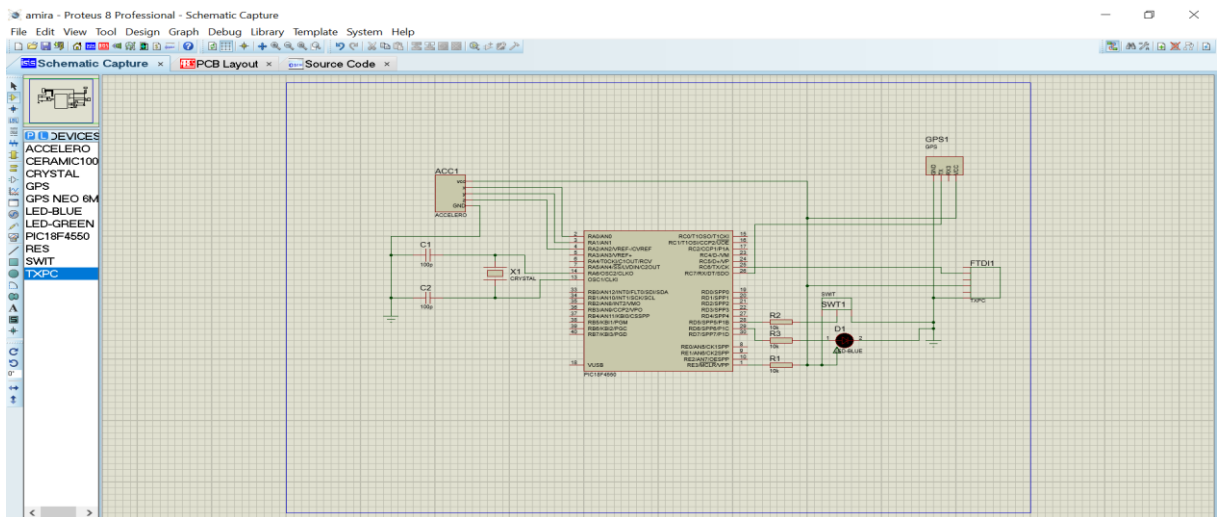


Figure 4-12 : Circuit de la deuxième carte implémentée

Les circuits finaux sur Proteus ARES :

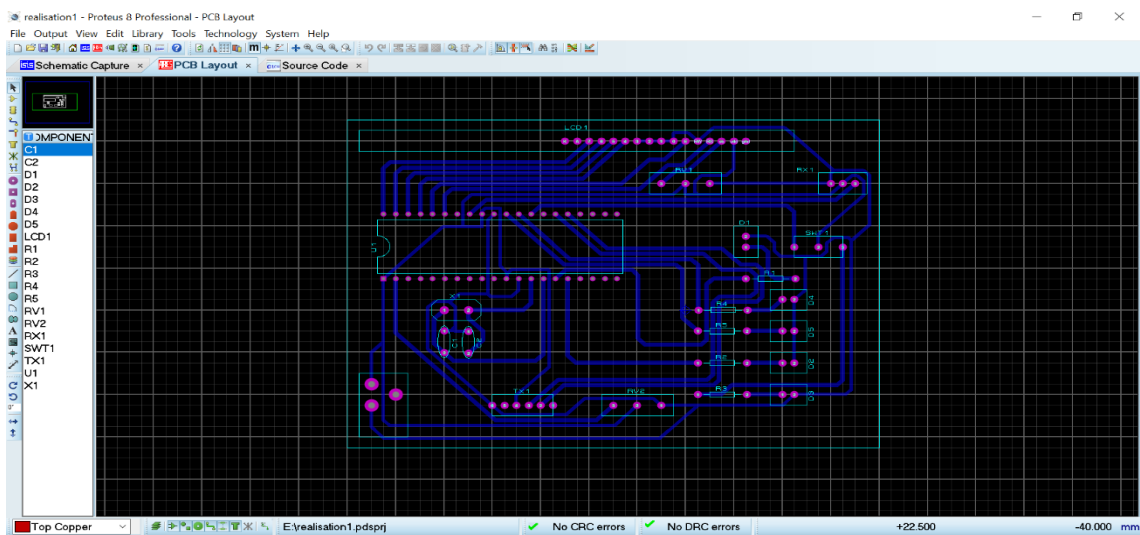


Figure 4-13: Schéma du PCB d'émetteur

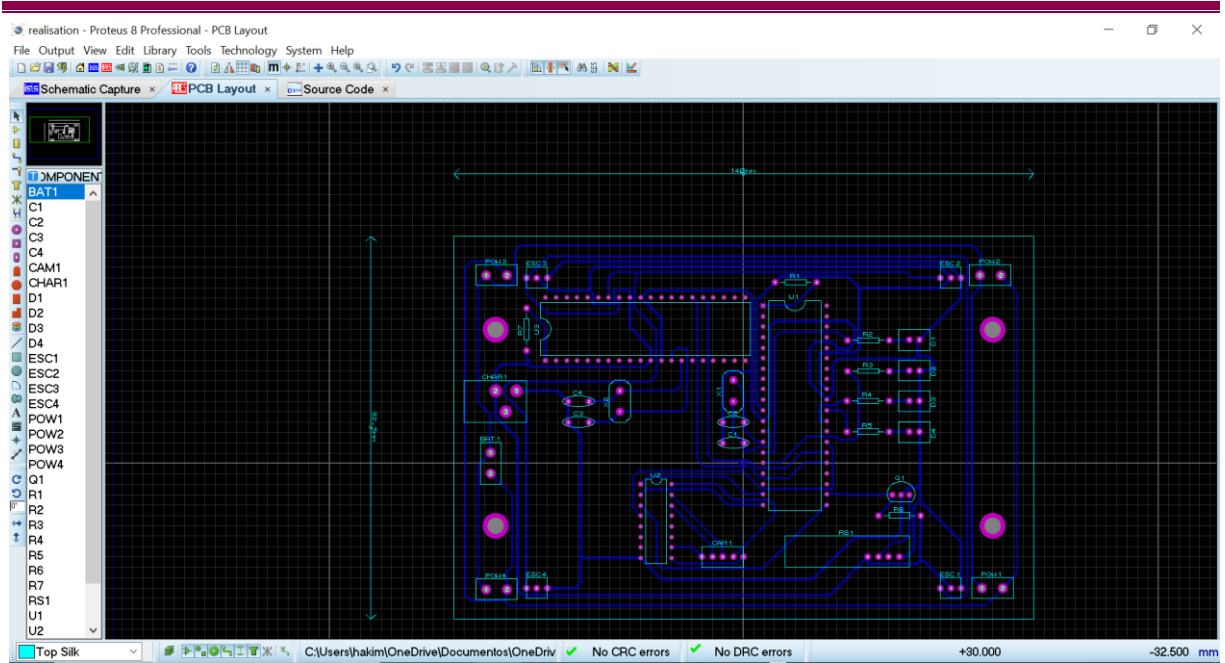


Figure 4-14 : Schéma du PCB de la première carte implémentée

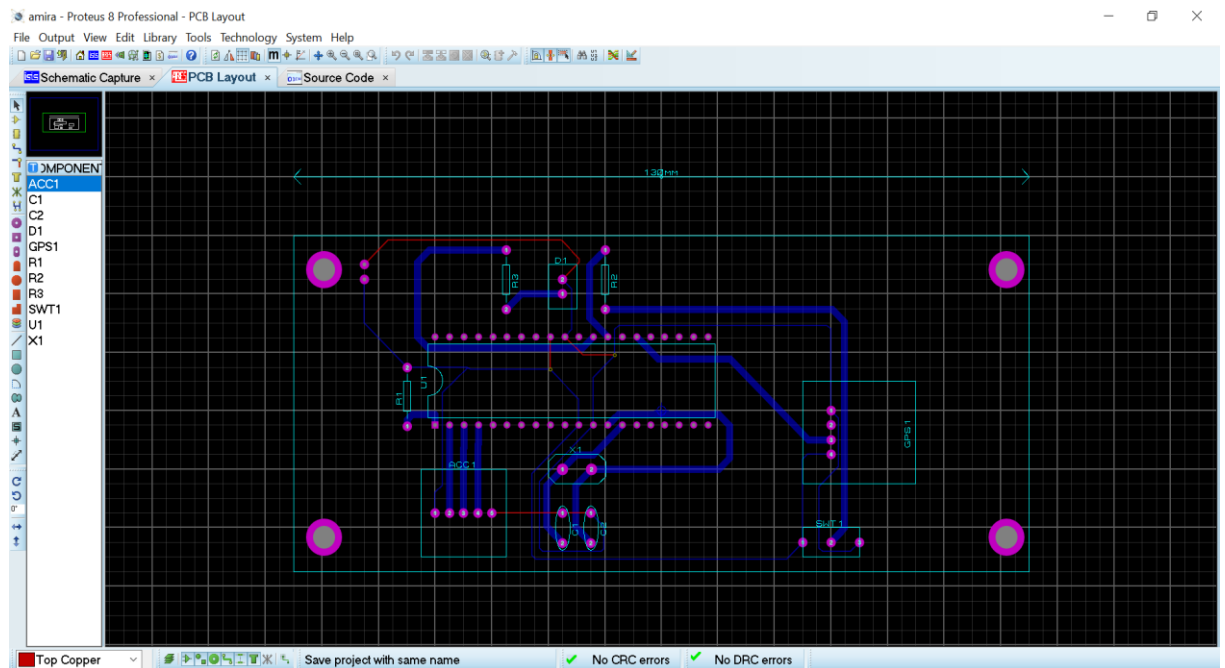
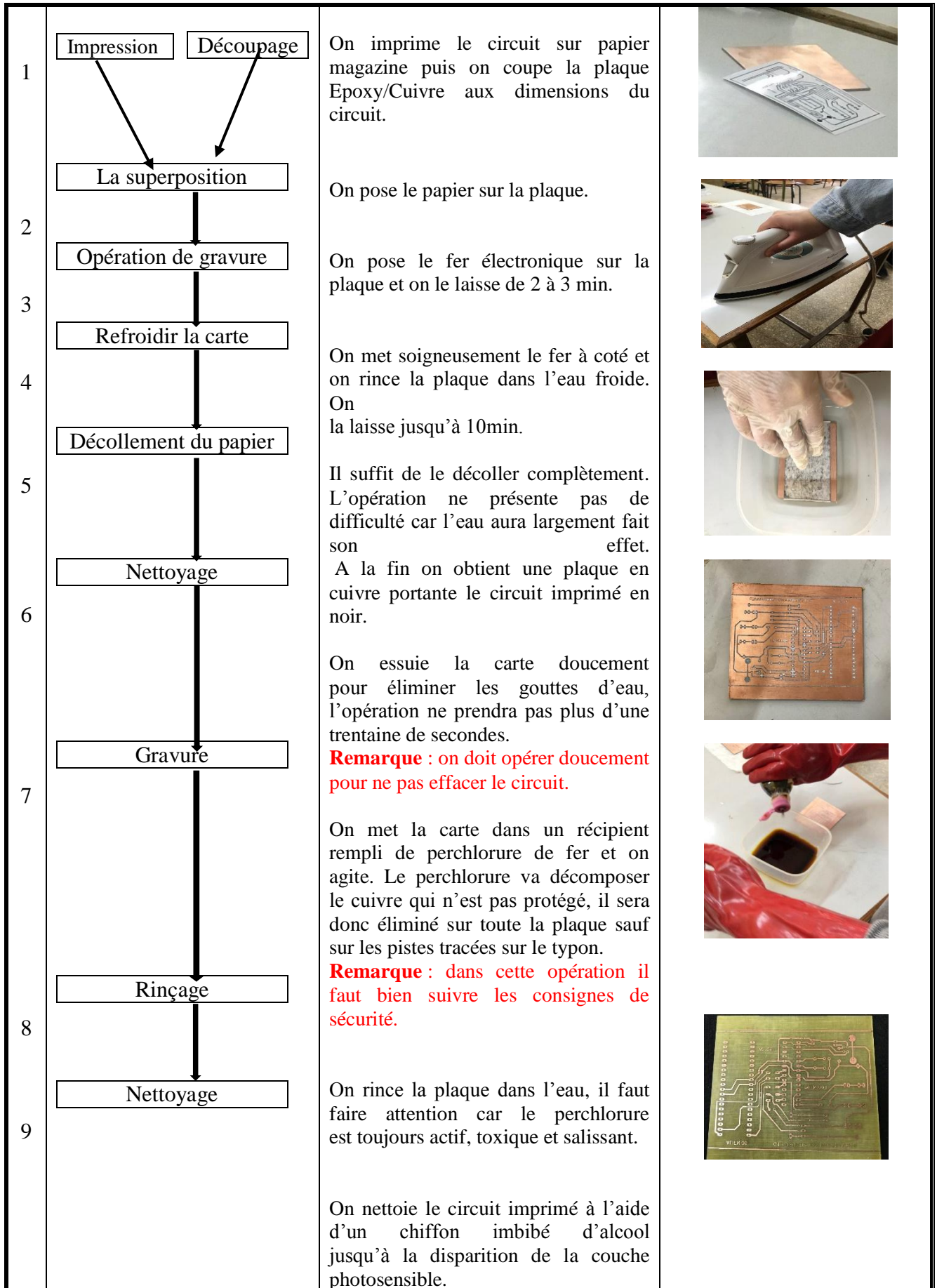


Figure 4-15: Schéma du PCB de la deuxième carte implémentée

4-4-3-2 Réalisation des circuits sur le plan réel

La méthode qu'on a adopté pour réaliser nos circuits imprimés est : « la gravure à l'aide du fer électronique » qu'on a déjà expliqué précédemment .ci dessous les étapes représentant le mode opératoire à suivre pour la réalisation : (Tableau 4-1 : Etapes de réalisation du circuit imprimé)



Mesure de sécurité

Comme nous avons utilisé dans notre réalisation le perchlore de fer qui est un acide, il est obligatoire de suivre les consignes de sécurité qui sont les suivantes :

- ➔ L'utilisation d'un récipient en plastique car d'autres matières peuvent engendrer des réactions chimiques avec le perchlore.
- ➔ Toujours verser l'acide dans de l'eau et pas l'inverse car il y a risque d'éclaboussure.
- ➔ Le perchlore est un produit dangereux, il est à manier avec des protections adaptées :
 - ✂ Protection des mains obligatoire par des gants.
 - ✂ Protection des yeux obligatoire par des lunettes.
 - ✓ Seule la personne équipée peut manipuler les bouteilles et ustensiles.
- ➔ Attention à ne pas renverser de réactif.
- ➔ Avoir une bonne aération de la salle ou de milieu de travail, il ne faut pas respirer les émanations résultantes de la réaction.

4-4-4 Implantation des composants et soudure

4-4-4-1 Perçage du circuit imprimé

Après l'opération de gravure, on obtient un circuit imprimé bien tracé qu'il faut par la suite le percer aux points où les composants doivent être introduits et soudés.

Le tableau suivant indique les dimensions du perçage selon les composants :

Taille des composants	Dimension du perçage	Exemple
Petits composants	De 0.6 mm à 0.8mm	Circuits imprimés fils
Composants moyens	De 0.8 mm à 1mm	Résistances Condensateurs LED Diode
Gros composants	De 1mm à 1.2mm	Relais Bornier de raccordement

Tableau 4-2: Dimensions du perçage

4-4-4-2 Le soudage

Le soudage des composants sur le circuit imprimé doit absolument être réalisé avec soin, pour cela il faut respecter plusieurs règles pour que la soudure se mélange au cuivre de la piste d'une part et se mélange à la broche du composant d'autre part.

- Tout d'abord, il convient d'étamer le fer, c'est à dire de déposer de la soudure sur la panne chaude sur environ deux centimètres puis d'enlever l'excès de soudure à l'aide d'une éponge humide. Avant d'effectuer une soudure, il faut toujours débarrasser la panne de l'étain oxydé (aspect terne) : rajouter de la soudure sur le fer, le secouer et le nettoyer à l'aide d'une éponge (ou d'un chiffon) humide. La panne redevient comme neuve.
- Appliquer l'extrémité de la panne à la fois contre la pastille cuivrée et la base de la patte du composant afin de les chauffer simultanément. Attention, il ne faut pas appuyer sur la pastille, sinon en chauffant elle pourrait se décoller du support.
- Appliquer la soudure d'étain de l'autre côté de la panne. Il y a fusion au contact du cuivre puis jusqu'à la panne. Retirer alors le fil de soudure puis le fer.

4-4-4-3 Circuits finaux

Une fois qu'on a terminé le soudage des composants on obtient nos circuits imprimés prêts à être utilisés

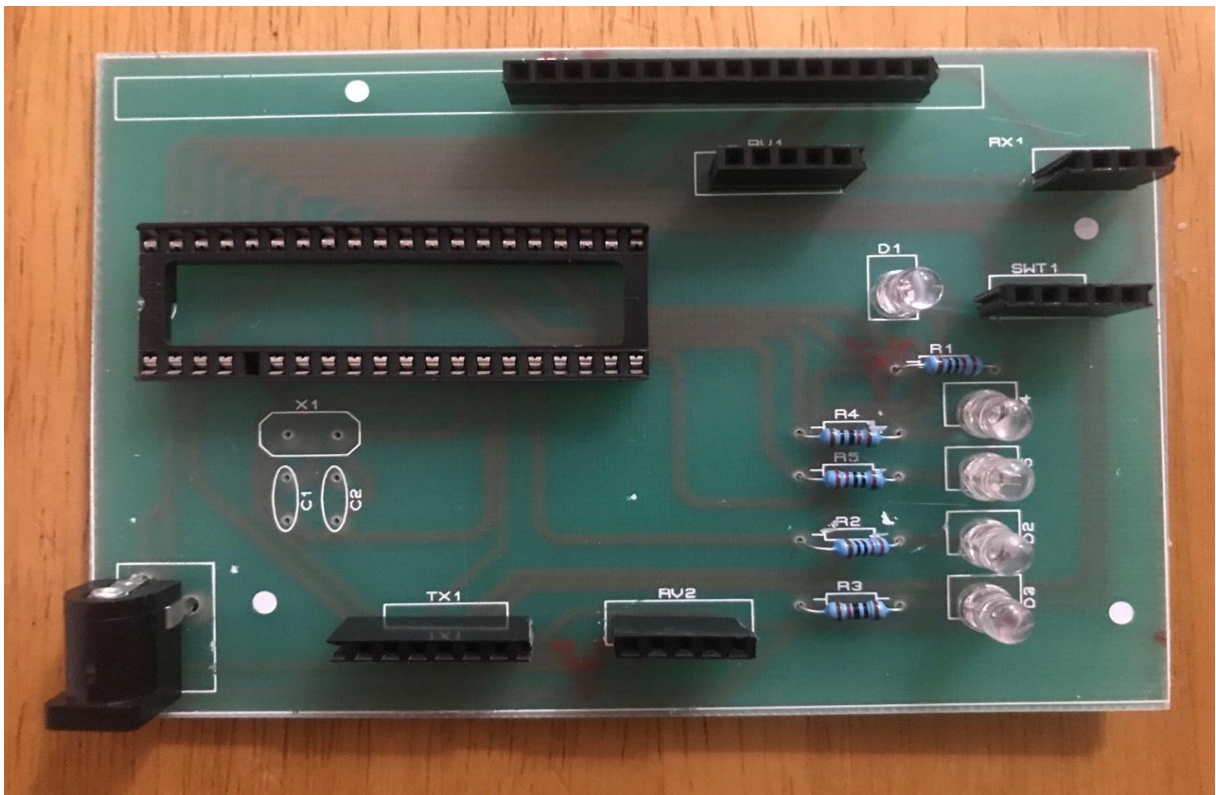


Figure 4-16 : PCB de l'émetteur

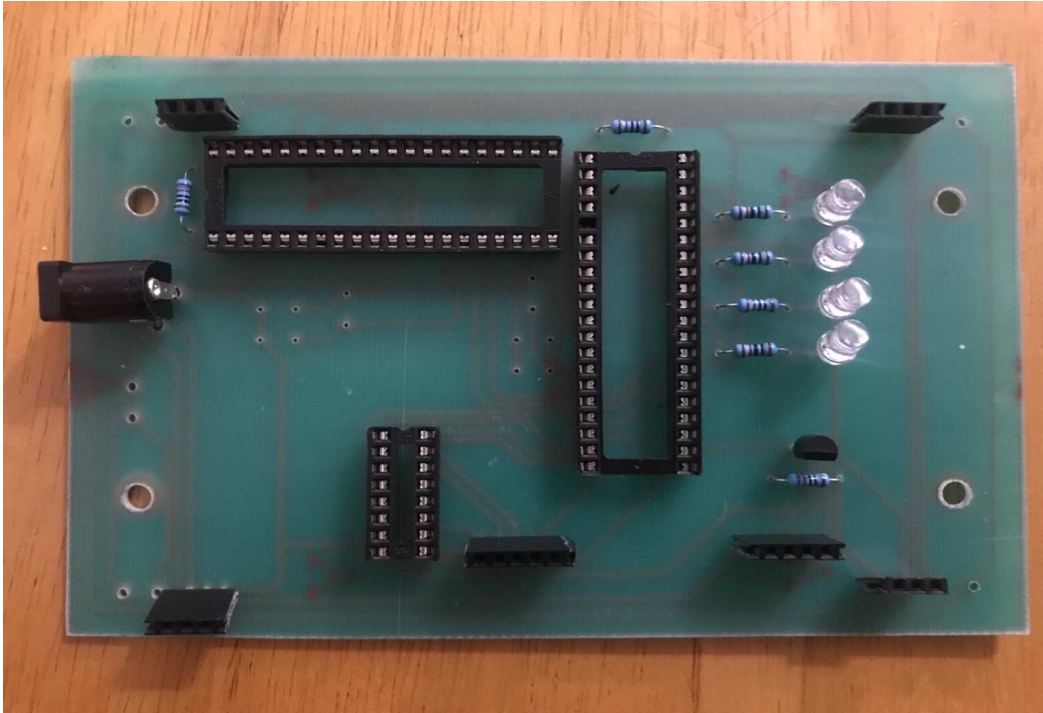


Figure 4-1: Premier PCB implementé

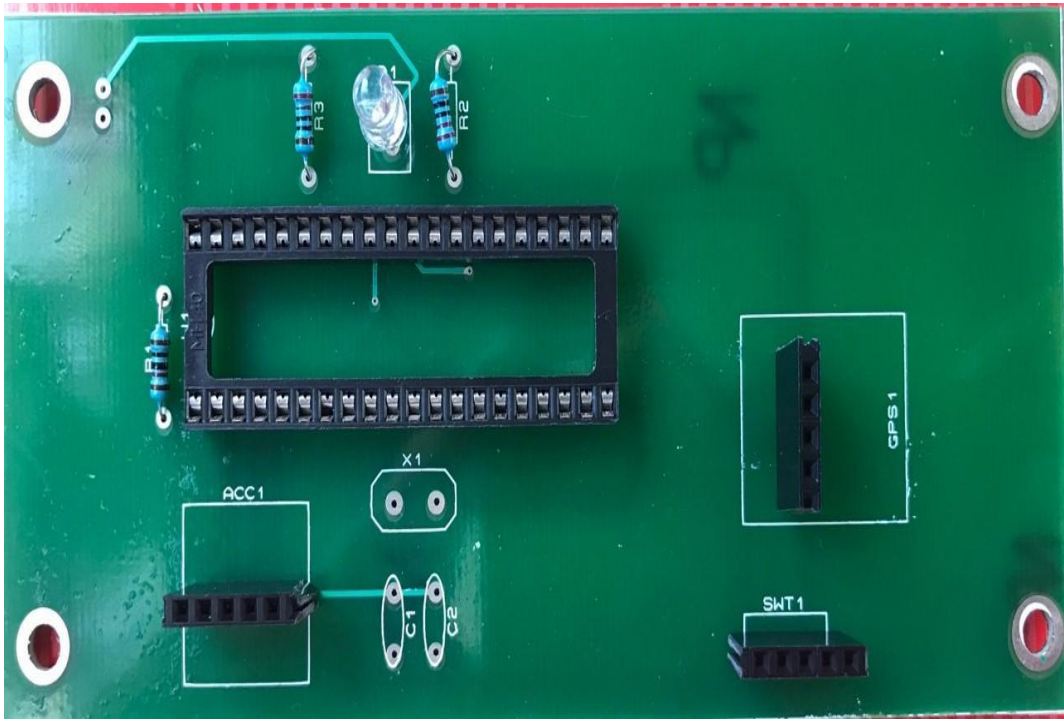


Figure 4-2: Deuxieme PCB implementé

Nomenclature de composant et spécification de caractéristiques**PCB de l'émetteur**

5 résistances de 150 Ω	LCD TM164A-1
5 LED	Alimentation 5v
FTDI 232	2 potentiomètres 10k Ω
Transmitter RF 433Mhz	Cristal 4Mhz
Microcontrôleur PIC16F877A	2 Condensateurs 33 pF

Premier PCB implementé

4 résistances de 150 Ω	Receiver
3 résistances de 10K Ω	Transmitter RF
Transistor NPN	FTDI 232
Microcontrôleurs PIC16F877A et PIC18F4550 et ULN 2003A	Alimentation 5v et 12v
4 LED	2 potentiomètres 10 k Ω
Cristal 4Mhz et 20 Mhz	Moteur PM pas à pas « PM42S-096 »
4 Condensateurs 33 pF	4 moteurs Brushless A2212/13T 1000KV

Deuxième PCB implementé

LED	Cristal 4Mhz
2 résistances 150 Ω	2 Condensateurs 33 pF
Resistance 1K Ω	Switch
Microcontrôleur PIC16F877A	GPS NEO 6M
Accéléromètre ADXL335	

4-5 Assemblage

4-5-1 Fixation des circuits imprimés



Figure 4-19 : Fixation des 2 PCB implementes sur notre drone

4-5-2 Fixation des moteurs/ ESC

La taille des hélices déterminent le choix des moteurs, des ESC et leurs emplacements aussi. Dans notre cas on utilise des hélices de 10" (25,4cm), alors pour qu'elles ne se touchent pas il faut que la distance entre moteurs soit supérieure à 25,4 cm, nous choisissons une distance de 29 cm en prenant en considération une petite marge.

Après avoir percé le cadre, on commence par visser les moteurs et les orienté dans le bon sens, pour avoir une orientation des fils d'alimentation vers l'intérieur du cadre, on branche les moteurs avec les ESC et on soude les fils d'alimentation de ce dernier sur les PCB après l'avoir fixé sous les bras avec des serre-câbles.

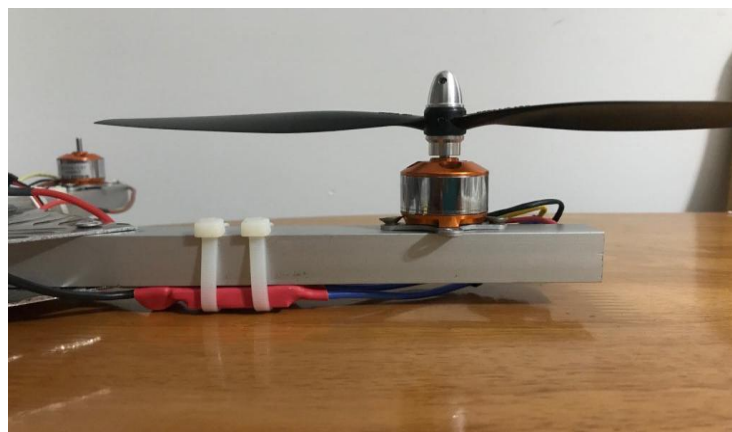
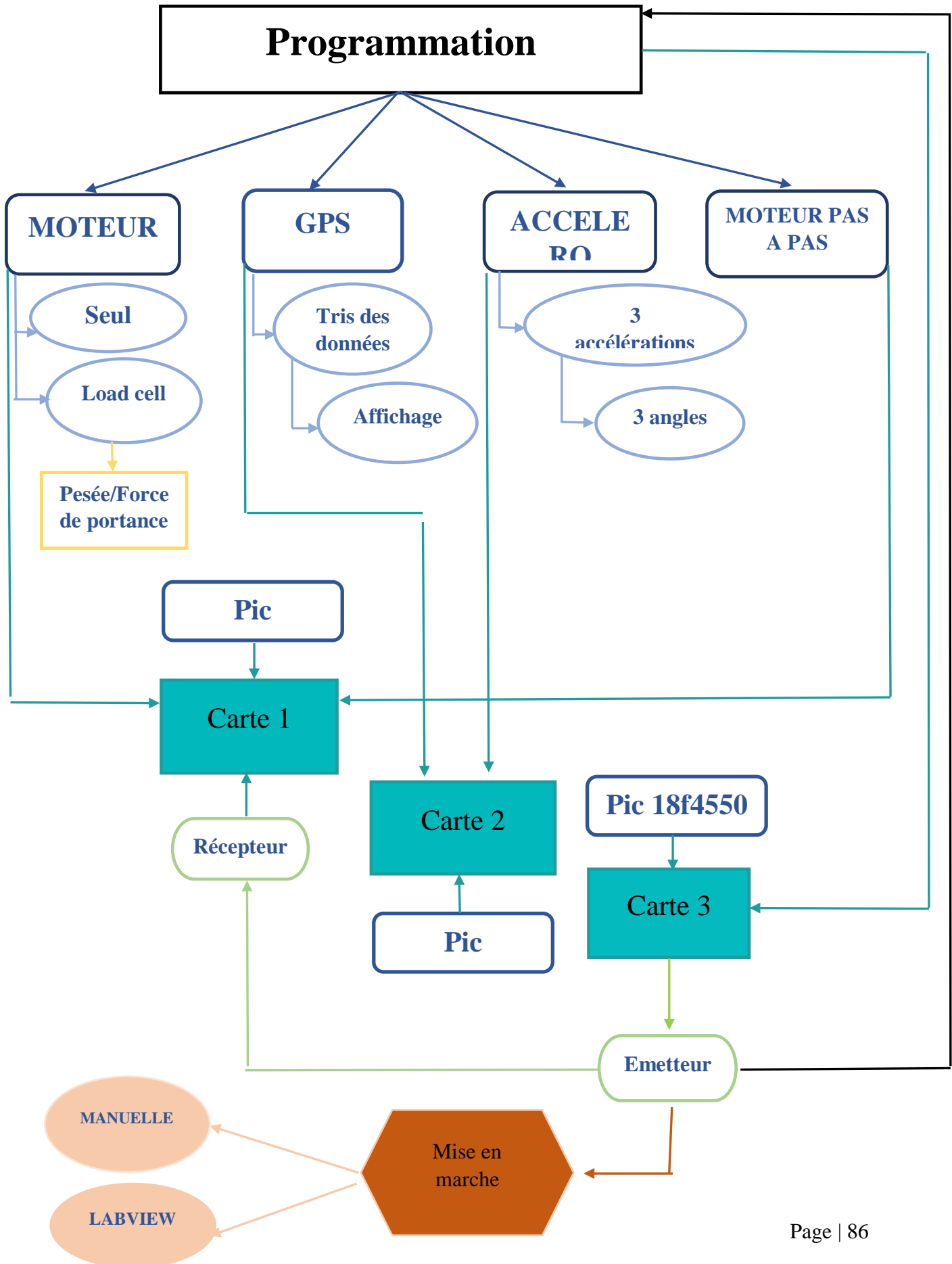


Figure 4-20 : Fixation des moteurs et d'ESC

4-6 Diagramme de notre travail



4-7 Conclusion

Dans ce chapitre on est arrivé à compléter la réalisation de notre drone. On a réussi à fabriquer le châssis selon nos critères, les circuits imprimés selon les composants et les programmes et enfin le montage globale.

Conclusion et perspectives



Conclusion et perspectives

Dans ce mémoire nous sommes intéressées au monde des drones, plus précisément les quadri rotors, Notre contribution consiste à élaborer un système de contrôle pour les différents éléments constitutifs.

Ce travail nous a permis de confronter à de nombreux défis multidisciplinaires d'où la vraie interaction avec l'avionique. C'est à ce niveau là où on est arrivées à découvrir cet environnement attrayant et passionnant. Notre approche est basée sur la programmation des microcontrôleurs afin d'obtenir une application de contrôle personnalisée selon le besoin, en exploitant les connaissances acquises en informatique, électronique ainsi en découvrant de nouveaux aspects de travail. La fusion entre la pratique et la théorie est la partie la plus enrichissante et formatrice, nous avons interagi avec des logiciels professionnels tel que : Proteus, MikroC, LabView...pour la conception, la simulation, la réalisation et les tests. Nous avons également fait une étude de structure suivie par une réalisation, cette dernière qui touchait même les circuits imprimés.

Durant toute la période du projet, nous avons travaillé au niveau de l'Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales sans avoir ni un lieu fixe de travail ni un matériel propre, ni un vrai financement pour le projet. Malgré tout, on a pu surmonter toutes les difficultés et on est arrivé quand même à présenter ce travail modeste.

D'après notre expérience nous avons constaté que :

- ➔ un travail de réalisation a besoin de temps et de patience
- ➔ le matériel électronique est très sensible et fragile, une mauvaise manipulation peut même griller tout un circuit
- ➔ avant toute réalisation une étude de caractéristiques des éléments est obligatoire, une simulation est nécessaire mais n'est jamais suffisante
- ➔ un travail avec un petit groupe multidisciplinaire est plus efficace et fructueux

Ce que nous avons acquis au cours de notre travail ne se délimite pas au coté pratique des choses mais touche pareillement à la théorie, aux connaissances générales et à la manière de voir les choses.

Certes notre travail n'est ni complet, ni parfait, nous avons travaillé selon le matériel disponible aux conditions réelles existantes. Plusieurs modifications peuvent lui être apportées, une miniaturisation de système peut être même adaptée, une partie de stabilité peut aussi lui être ajoutée. Il se peut qu'il fait l'objet d'un thème de développement, tout simplement parce qu'il n'est qu'une mise en œuvre humaine.

Bibliographie



Bibliographie

- [1] Neuilly-sur-Seine, Communiqué de presse de l'étude de PwC « Clarity from above » du 12 mai 2016
- [2] Federal Aviation Administration (1994, p : 1.2)
- [3] Office of the Secretary of Defense (U.S.) (2005, p : 1)
- [4] Civil Aviation Authority (CAA) (U.K.) (2010, p : 3)
- [5] J.M. Bacon (1846-1904), "The Dominion of the Air : The Story of Aerial Navigation", The World Wide School, Nov. 1997
- [6] A. Batut, "Photographie aérienne par cerf-volant", La Nature, Volume 1897, Vingt cinquième année, premier semestre : n° 1227 à 1252, pp. 69-70
- [7] Site web : <http://arch.ced.berkeley.edu/kap/background/history1.html>
- [8] La revue « Current State of UAV Regulations » écrite par Claudia Stöcker avec contribution de la part de Rohan Bennett, Francesco Nex, Markus Gerke, et Jaap Zevenbergen , publié le 9 May 2017
- [9] « Commande d'un drone en vue de la conversion vol rapide - vol stationnaire » par Damien Poinot .Thèse de doctorat année 2008
- [10] Austin, Reg Unmanned aircraft systems: UAVS design, developement and deployment, John Wiley & Sons , 2010.
- [11] H. R. Everett, Sensors for Mobile Robots : Theory and Application. A K Peters, 1995.
- [12] M. J. Aldon, « Capteurs et Méthodes pour la Localisation des Robot Mobiles », Techniques De l'ingénieur, S7852, 2001.
- [13] Michael McRoberts- Beginning Arduino -Apress ,2010.
- [14] Site web http://www.unilim.fr/pages_perso/deneuille/docs/Info2PC/Cours4handout.pdf
- [15] Site web <https://blog.nathanaelcherrier.com/fr/arduino-ou-circuit-homemade/>
- [16] « Identification et commande de moteur ». Farah SALAMEH. Mémoire 2012/2013
- [17] « Etude d'un drone,analyse de commande par la methode Neuro-Floue, simulation par Matlab/ Simulink ». Mémoire 2016/2017

Bibliographie

[18] PIC16F87XA Data Sheet- Microchip

[19] Site web : <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/03/28/descripcion-de-hw-arduino/>

[20] Site web <http://moteurindustrie.com/brushless/technique.html>

[21] Site web : https://www.lmdindustrie.com/content/guides/technique/KNF_techno36_1204.pdf

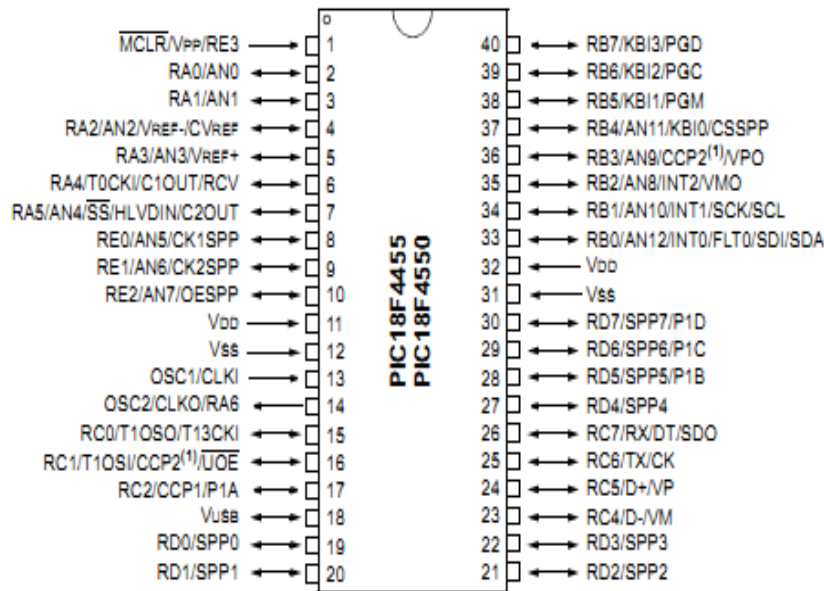
[22] Site web : <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-brushless-motor-control-tutorial-esc-bldc/>

[23] chaîne youtube : <https://www.youtube.com/user/hichambbb1/channels>

Annexe



1/- PIC 18F4550



PIC18F2455/2550/4455/4550

9.2 INTCON Registers

The INTCON registers are readable and writable registers which contain various enable, priority and flag bits.

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global interrupt enable bit. User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt. This feature allows for software polling.

REGISTER 9-1: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF ⁽¹⁾
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared
		x = Bit is unknown

- bit 7 **GIE/GIEH:** Global Interrupt Enable bit
 When IPEN = 0:
 1 = Enables all unmasked interrupts
 0 = Disables all interrupts
 When IPEN = 1:
 1 = Enables all high priority interrupts
 0 = Disables all high priority interrupts
- bit 6 **PEIE/GIEL:** Peripheral Interrupt Enable bit
 When IPEN = 0:
 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts
 0 = Disables all peripheral interrupts
 When IPEN = 1:
 1 = Enables all low priority peripheral interrupts
 0 = Disables all low priority peripheral interrupts
- bit 5 **TMR0IE:** TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
 1 = Enables the TMR0 overflow interrupt
 0 = Disables the TMR0 overflow interrupt
- bit 4 **INT0IE:** INTO External Interrupt Enable bit
 1 = Enables the INTO external interrupt
 0 = Disables the INTO external interrupt
- bit 3 **RBIE:** RB Port Change Interrupt Enable bit
 1 = Enables the RB port change interrupt
 0 = Disables the RB port change interrupt
- bit 2 **TMR0IF:** TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)
 0 = TMR0 register did not overflow
- bit 1 **INT0IF:** INTO External Interrupt Flag bit
 1 = The INTO external interrupt occurred (must be cleared in software)
 0 = The INTO external interrupt did not occur
- bit 0 **RBIF:** RB Port Change Interrupt Flag bit⁽¹⁾
 1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)
 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

Note 1: A mismatch condition will continue to set this bit. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow the bit to be cleared.

PIC18F2455/2550/4455/4550

REGISTER 9-2: INTCON2: INTERRUPT CONTROL REGISTER 2

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	U-0	R/W-1	U-0	R/W-1
RBP _U	INTEDG0	INTEDG1	INTEDG2	—	TMR0IP	—	RBIP
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 -n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

- bit 7 **RBP_U**: PORTB Pull-up Enable bit
 1 = All PORTB pull-ups are disabled
 0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values
- bit 6 **INTEDG0**: External Interrupt 0 Edge Select bit
 1 = Interrupt on rising edge
 0 = Interrupt on falling edge
- bit 5 **INTEDG1**: External Interrupt 1 Edge Select bit
 1 = Interrupt on rising edge
 0 = Interrupt on falling edge
- bit 4 **INTEDG2**: External Interrupt 2 Edge Select bit
 1 = Interrupt on rising edge
 0 = Interrupt on falling edge
- bit 3 **Unimplemented**: Read as '0'
- bit 2 **TMR0IP**: TMR0 Overflow Interrupt Priority bit
 1 = High priority
 0 = Low priority
- bit 1 **Unimplemented**: Read as '0'
- bit 0 **RBIP**: RB Port Change Interrupt Priority bit
 1 = High priority
 0 = Low priority

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global interrupt enable bit. User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt. This feature allows for software polling.

PIC18F2455/2550/4455/4550

REGISTER 9-3: INTCON3: INTERRUPT CONTROL REGISTER 3

R/W-1	R/W-1	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
INT2IP	INT1IP	—	INT2IE	INT1IE	—	INT2IF	INT1IF
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

bit 7	INT2IP: INT2 External Interrupt Priority bit 1 = High priority 0 = Low priority
bit 6	INT1IP: INT1 External Interrupt Priority bit 1 = High priority 0 = Low priority
bit 5	Unimplemented: Read as '0'
bit 4	INT2IE: INT2 External Interrupt Enable bit 1 = Enables the INT2 external interrupt 0 = Disables the INT2 external interrupt
bit 3	INT1IE: INT1 External Interrupt Enable bit 1 = Enables the INT1 external interrupt 0 = Disables the INT1 external interrupt
bit 2	Unimplemented: Read as '0'
bit 1	INT2IF: INT2 External Interrupt Flag bit 1 = The INT2 external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The INT2 external interrupt did not occur
bit 0	INT1IF: INT1 External Interrupt Flag bit 1 = The INT1 external interrupt occurred (must be cleared in software) 0 = The INT1 external interrupt did not occur

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global interrupt enable bit. User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt. This feature allows for software polling.

PIC18F2455/2550/4455/4550

11.0 TIMER0 MODULE

The Timer0 module incorporates the following features:

- Software selectable operation as a timer or counter in both 8-bit or 16-bit modes
- Readable and writable registers
- Dedicated 8-bit, software programmable prescaler
- Selectable clock source (internal or external)
- Edge select for external clock
- Interrupt on overflow

The T0CON register (Register 11-1) controls all aspects of the module's operation, including the prescale selection. It is both readable and writable.

A simplified block diagram of the Timer0 module in 8-bit mode is shown in Figure 11-1. Figure 11-2 shows a simplified block diagram of the Timer0 module in 16-bit mode.

REGISTER 11-1: T0CON: TIMER0 CONTROL REGISTER

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0PS0
bit 7							bit 0

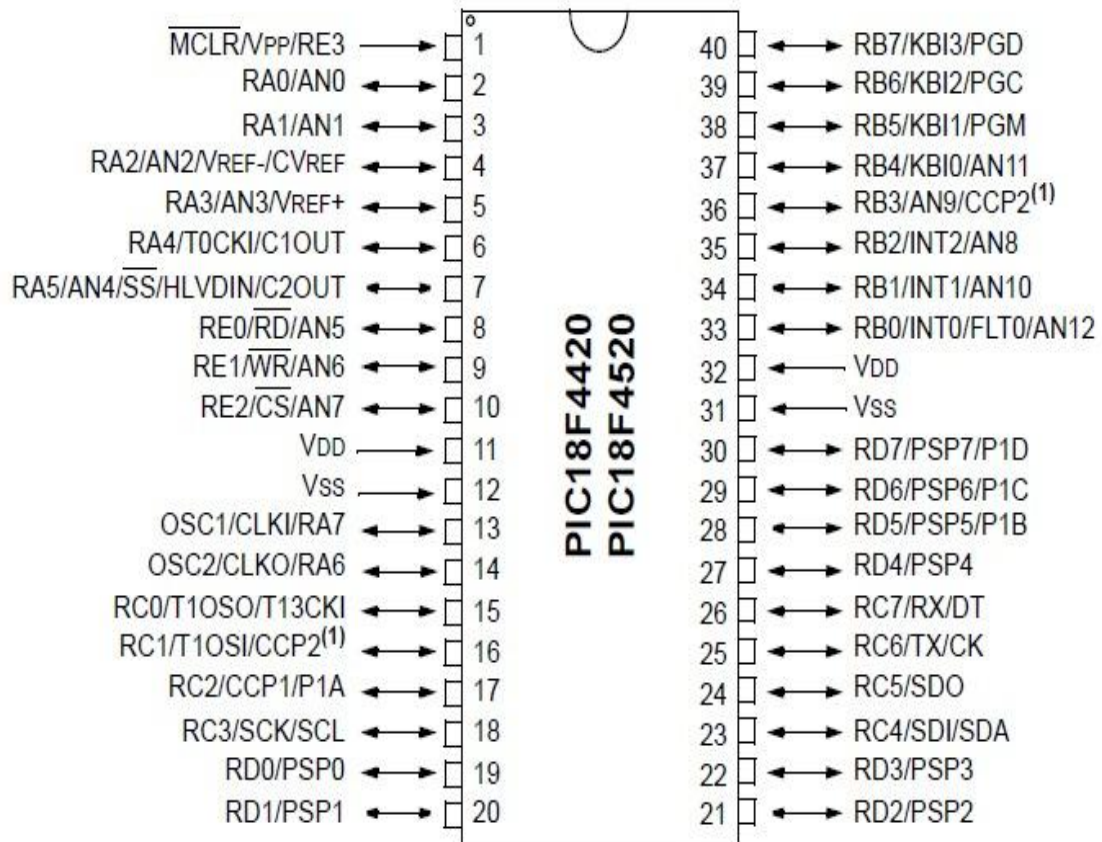
Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared
		x = Bit is unknown

bit 7	TMR0ON: Timer0 On/Off Control bit 1 = Enables Timer0 0 = Stops Timer0
bit 6	T08BIT: Timer0 8-Bit/16-Bit Control bit 1 = Timer0 is configured as an 8-bit timer/counter 0 = Timer0 is configured as a 16-bit timer/counter
bit 5	T0CS: Timer0 Clock Source Select bit 1 = Transition on T0CKI pin 0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)
bit 4	T0SE: Timer0 Source Edge Select bit 1 = Increment on high-to-low transition on T0CKI pin 0 = Increment on low-to-high transition on T0CKI pin
bit 3	PSA: Timer0 Prescaler Assignment bit 1 = Timer0 prescaler is NOT assigned. Timer0 clock input bypasses prescaler. 0 = Timer0 prescaler is assigned. Timer0 clock input comes from prescaler output.
bit 2-0	T0PS2:T0PS0: Timer0 Prescaler Select bits 111 = 1:256 Prescale value 110 = 1:128 Prescale value 101 = 1:64 Prescale value 100 = 1:32 Prescale value 011 = 1:16 Prescale value 010 = 1:8 Prescale value 001 = 1:4 Prescale value 000 = 1:2 Prescale value

Annexe

2/- PIC 18F4520



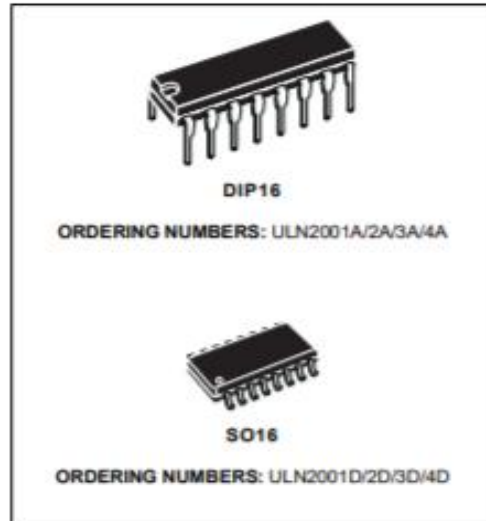
3/ - ULN 2003A



**ULN2001A-ULN2002A
ULN2003A-ULN2004A**

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT



DESCRIPTION

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

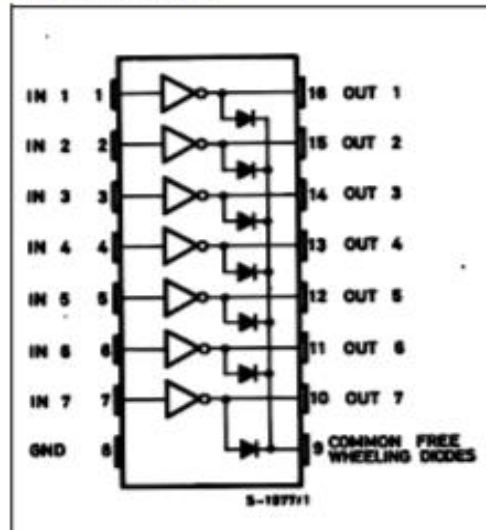
The four versions interface to all common logic families :

ULN2001A	General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS
ULN2002A	14-25V PMOS
ULN2003A	5V TTL, CMOS
ULN2004A	6-15V CMOS, PMOS

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

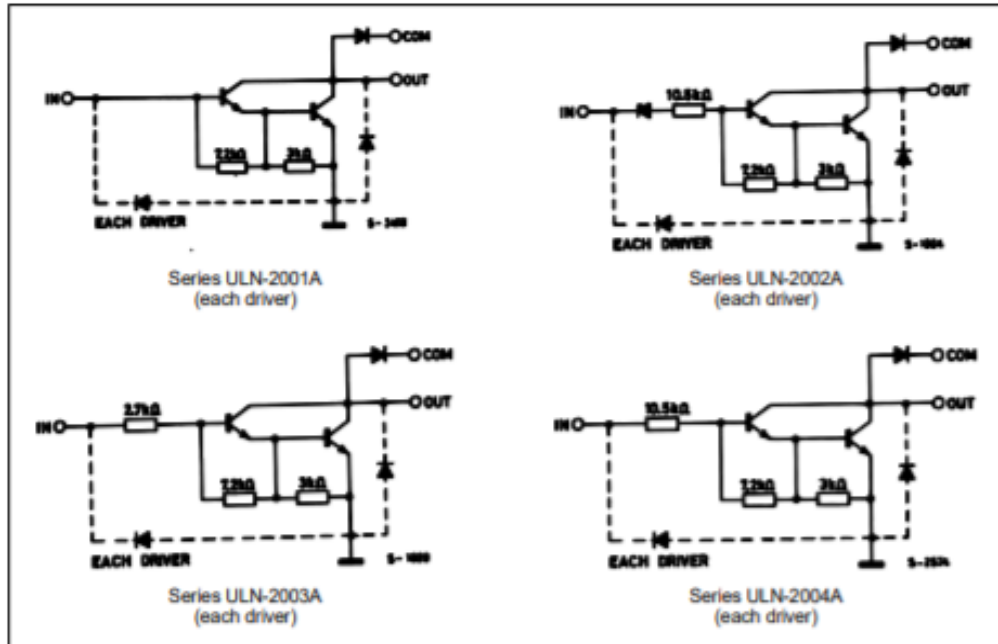
The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.

PIN CONNECTION



ULN2001A - ULN2002A - ULN2003A - ULN2004A

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_o	Output Voltage	50	V
V_{in}	Input Voltage (for ULN2002A/D - 2003A/D - 2004A/D)	30	V
I_c	Continuous Collector Current	500	mA
I_b	Continuous Base Current	25	mA
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 55 to 150	°C
T_j	Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP16	SO16	Unit
$R_{th j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 70	120	°C/W