

## Treball final de grau

**Estudi:** Grau en Enginyeria Informàtica

**Títol:** Quadcopter Arduino

**Document:** Resum de la memòria del Treball de Fi de Grau

**Alumne:** Joaquim Pascual Solà

**Tutor:** Antonio Bueno Delgado

**Departament:** Arquitectura i Tecnologia de Computadors

**Àrea:** Arquitectura i Tecnologia de Computadors

**Convocatòria (mes/any):** 12/2020

# 1. Introducció, motivacions, propòsit i objectius del projecte

Des de fa uns anys podem observar un dels elements que més a cridat l'atenció dins el mercat tecnològic han sigut els drons, tant per un ús recreatiu com professional (per exemple en el sector audiovisual ja que permeten gravar plans que abans era molt difícil i car aconseguir).

Si ens centrem en l'ús recreatiu podem trobar una gran varietat de drons al mercat, des de drons molt senzills amb preus que no superen els 100 euros fins a drons amb molt bones característiques amb preus per sobre dels 1.000 euros. També trobem la opció de comprar les diferents peces que formen un dron per separat per tal de muntar el nostre propi dron amb les característiques desitjades i aprendre més sobre el hardware d'aquests.

La idea d'aquest projecte és anar un pas més enllà i, no només muntar un dron, sinó també programar el seu controlador mitjançant la plataforma Arduino. El dron que muntarem serà de iniciació per aprendre, serà gran i fàcil de manejar, muntar, canviar components a posteriori, etc.

L'objectiu que espero assolir en aquest treball final de grau és realitzar el muntatge d'un dron, més concretament d'un quadcopter, desenvolupar el seu controlador sota una llicència Open Source i documentar-ho amb l'objectiu que qualsevol persona amb un mínim coneixement en Arduino i electrònica pugui aconseguir fer-se el seu propi dron i entendre els conceptes següents:

- Com funciona un dron a nivell de hardware i entendre cada component per separat.
- Com desenvolupar el controlador que permetrà que un dron pugui volar de forma controlada i segura.
- Saber més sobre la legislació vigent sobre drons.

Aquest projecte pot servir tan a nivell educatiu per ensenyar diferents temes relacionats amb l'electrònica i els drons com a persones que estiguin interessades en fer el seu propi dron per tenir una base on llavors poder desenvolupar les funcionalitats específiques que desitgin.

## 2. Requisits del sistema

Els requisits que hem d'assolir per tal d'aconseguir el nostre objectiu en aquest projecte serien els següents:

- Aprendre el funcionament bàsic d'un dron i com es controla mitjançant un comandament RC.
- Explicar la legislació vigent sobre drons a Espanya.
- Aprendre quins són els components bàsics que formen un quadcopter.
- Fer un programa de test que rebi la senyal del comandament RC correctament.
- Llegir els angles sobre els eixos X i Y de la IMU mitjançant només el giroscopi.
- Llegir els angles sobre els eixos X i Y de la IMU mitjançant només l'acceleròmetre.
- Llegir els angles sobre els eixos X i Y de la IMU mitjançant el giroscopi i l'acceleròmetre a la vegada per tal de resoldre els problemes que puguem trobar en els dos punts anteriors.
- Calibrar i poder controlar mitjançant el comandament RC un motor.
- Realitzar un controlador PID senzill de només un eix de rotació per tal d'experimentar les seves diferents constants i veure el seu comportament.
- Llegir el voltatge de la bateria a través d'Arduino.
- Realitzar el muntatge d'un quadcopter.
- Ajuntar totes les proves sobre els components fetes anteriorment per tal de desenvolupar un controlador que ens permeti:
  - Controlar amb el comandament RC els moviments bàsics d'un quadcopter.
  - S'encarregui de que el quadcopter per tal que aquest voli en mode estable, és a dir que corregeixi la seva inclinació.

### 3. Desenvolupament

Per realitzar el desenvolupament del projecte primer de tot ens hem informat sobre que és un dron, quins tipus hi ha i per a que es fan servir. Llavors hem vist la classificació que es fa dels drons segons la seva estructura: tenim els de ala fixa que tenen formà d'avió i els d'ala rotatòria que consten d'una estructura de braços i un cert número d'hèlixs per poder volar. A partir d'aquí hem decidit que la millor opció era desenvolupar un quadcopter: un dron amb quatre braços.

Un cop decidit que desenvoluparem un quadcopter hem vist quin és el seu funcionament bàsic: els moviments que ens permet fer, com actuen els motors en cada moviment, com podem controlar-lo mitjançant un comandament RC i quins modes de vol té.

Tot seguit ens hem informat sobre la legislació vigent a Espanya pel que fa a drons: si necessitem llicència, quines condicions s'han de tenir en compte per utilitzar un dron per a ús recreatiu, com s'ha d'identificar un dron, que hem de tenir en compte si volem realitzar vols en zones urbanes i rurals a nivell professional, vols nocturns, vols en espais aeris controlats o vols fora de l'abast visual.

Ja tenim tots els conceptes previs sobre drons i, més en concret, sobre els quadcopters, és moment que estudiem com podem muntar el nostre propi quadcopter i desenvolupar el seu controlador. Per fer-ho primer de tot cal estudiar els components bàsics que són necessaris per realitzar el muntatge, són els següents:

- Frame o estructura. Hem escollit un frame d'una mida gran (450mm) per tal de que ens sigui més senzill treballar amb els components que haurem de instal·lar-hi.
- Comandament RC. Hem escollit un comandament que ens permetrà poder connectar varis receptors diferents, així si volem desenvolupar un altre aparell RC no haurem de compra un altre comandament.
- IMU. Ens hem quedat amb la MPU-6050, una IMU amb un preu molt competitiu ja que la podem trobar per poc més de 2€ i molt utilitzada en el món de l'electrònica, té molta fiabilitat i podem trobar molta documentació.
- Motors, ESC i hèlixs. Hem agafat un kit on ja ens ve el motor (amb un KV baix per tal que el nostre quadcopter no sigui gaire agressiu), hèlixs i l'ESC, així ens assegurem que siguin compatibles entre ells.
- Bateria. Hem escollit una bateria LiPo de 3 cel·les (voltatge nominal de 11.1V), 3000mAh de capacitat i 30C (capacitat de descàrrega).
- Controlador. Hem escollit utilitzar una Arduino Uno per temes de familiaritat, preu assequible, OpenSource i la gran comunitat que hi ha darrera on trobar informació.

Ara que ja sabem quins components necessitem i hem escollit quins farem servir analitzarem com podem connectar cada un dels components amb la nostra Arduino per posteriorment realitzar proves unitàries i entendre el seu funcionament. Quan tinguem clara la connexió de cada component dissenyarem l'esquema de connexions del nostre quadcopter.

A nivell de hardware ja tenim l'esquema de connexions, és moment de dissenyar com haurà de ser el nostre controlador per tal de mirar quines proves unitàries de cada component farem. L'esquema del nostre controlador ens queda de la següent manera:

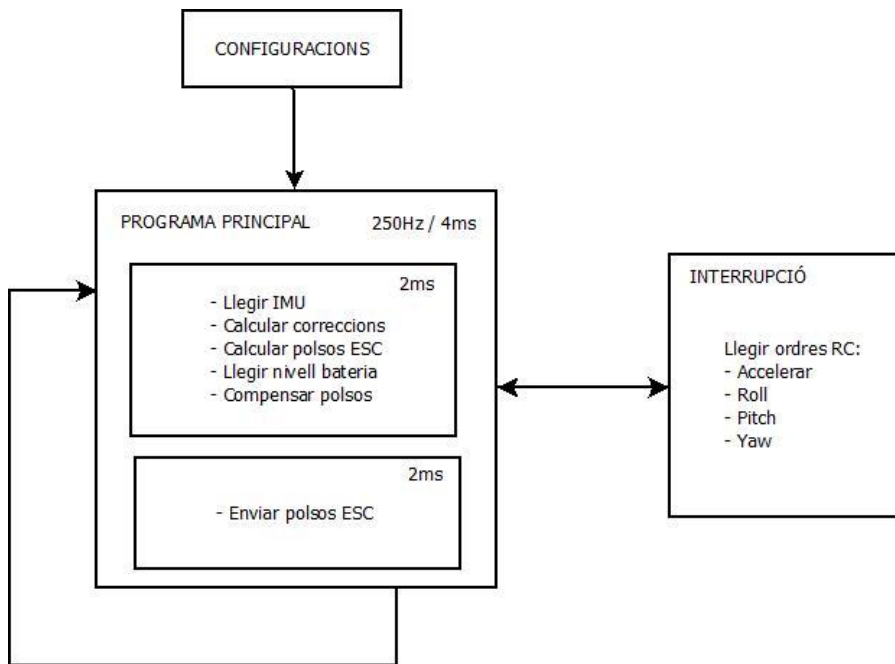


Figura 3. 1: Esquema del controlador.

Tenim els components bàsics d'un quadcopter, l'esquema de connexions de cada component individual i també del quadcopter sencer i el disseny del nostre controlador on hem vist quines proves unitàries podem fer de cada component per entendre el seu funcionament i acabar desenvolupant el controlador.

Les proves que realitzarem seran les següents:

- Llegir correctament la senyal del comandament RC amb Arduino utilitzant interrupcions.
- Llegir l'angle d'inclinació en l'eix X i Y de la nostra IMU.
- Calibrar un ESC per tal de controlar la velocitat d'un motor mitjançant el comandament RC.
- Fer un controlador PID per estabilitzar i veure les diferents reaccions al canviar els paràmetres del PID utilitzant una estructura on només tenim un eix de rotació.
- Llegir la tensió actual de la bateria mitjançant els pins analògics de l'Arduino i un divisor de tensió.

Un cop assolides totes aquestes proves és el moment de realitzar el muntatge del quadcopter, el seu muntatge és una mica lliure ja que cadascú ho ha de fer com li sembli millor i es vegi més còmode. Les úniques recomanacions importants a tenir en compte són:

- Hem de col·locar la nostra IMU a un lloc on pugui rebre poques vibracions, per tant com més al centre del quadcopter estigui millor.
- És probable que algun cop se'ns espantlli algun component com un motor, un ESC, etc. És per això que hauríem d'utilitzar connexions que siguin robustes (que no es deixin anar amb facilitat) però que ens permetin canviar els components amb facilitat.

- La nostra IMU ha d'estar col·locada de manera que l'eix X miri cap a la part davanter del quadcopter i l'eix Y miri cap a la part dreta (en cas que no sigui així haurem de comprovar a quin eix hem assignat la rotació roll i la rotació pitch).

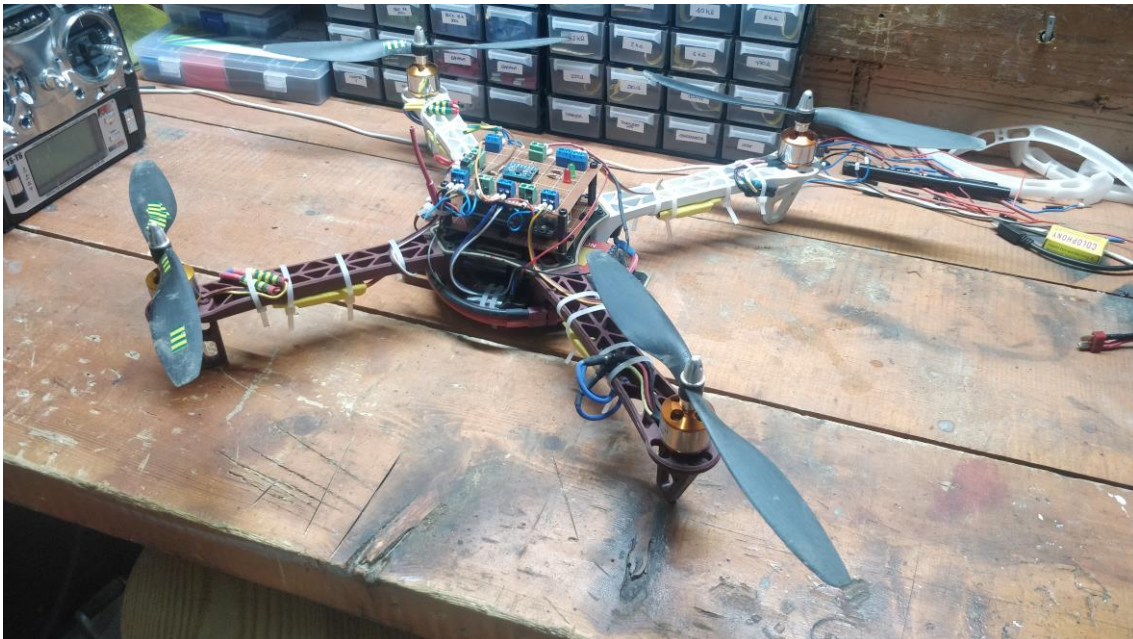


Figura 3. 2: Muntatge del quadcopter finalitzat.

Un cop muntat el quadcopter és moment de desenvolupar el controlador, hem afegit dos modificacions al disseny analitzat anteriorment:

1. Poder engegar i parar els motors mitjançant el comandament RC per evitar accidents i comoditat d'ús.
2. Utilitzar el temps d'espera al enviar la senyal PWM als ESC per llegir les dades de la IMU.

Amb aquestes dos modificacions el flux del nostre controlador ha quedat de la següent forma:

1. Calibrar senyals del comandament RC (només calibrar ja que de llegir-les se'n encarrega la interrupció).
2. Calcular l'angle del quadcopter.
3. Comprovar si s'ha donat l'ordre de parar / engegar els motors.
4. Calcular *setpoint* del PID.
5. Calcular PID.
6. Llegir tensió bateria i engegar leds segons el nivell de càrrega.
7. Definir els valors dels quatre ESC.
8. Esperem que el *loop* porti 4m per començar un nou cicle.
9. Enviar polsos ESC i llegir dades IMU.



**Important: En aquest punt desmuntarem les hèlixs, no les tornarem a posar fins que no haguem provat el controlador i veiem que ens dona els resultats esperats.**

Un cop desenvolupat el controlador els valors de les constants del PID encara no les sabem, les buscarem més endavant, de moment podem posar valor 1 a totes les constants P i 0 a les D i I ja que abans hem de fer varies comprovacions per assegurar-nos que el quadcopter respon correctament, per fer-ho utilitzarem el monitor *Serial* d'Arduino assegurant-nos que en cap moment el nostre programa excedeix els 250Hz de freqüència (podem fer un print diferent a cada cicle per no excedir-nos en el temps).

Les comprovacions a fer són les següents:

1. Comprovarem que rebem les senyals correctes del nostre RC i que aquestes estan ben calibrades (els valors estan entre 1000 i 2000 microsegons).
2. Els motors es poden engegar i parar mitjançant el comandament RC.
3. Els angles roll i pitch s'han de calcular correctament.
4. El valor dels quatre ESC s'ha de correspondre amb els moviments que simulem al quadcopter, farem dos tipus de proves:
  - a. Comprovar que els ESC agafin el valor correcte quan donem ordres amb el comandament RC.
  - b. Comprovar que, deixant el comandament RC amb tots els controls al valor mig (1500 microsegons), si inclinem el quadcopter aquest augmenta o disminueix el valor d'alguns ESC per compensar correctament la inclinació.
5. Comprovar que es llegeix correctament el nivell de la bateria i es fa bé la compensació dels motors.

Si ja hem fet aquestes comprovacions podem **montar les hèlixs** i tornar a realitzar les proves del punt 4 aguantat i aixecant el quadcopter per la part central amb la mà i accelerant els motors fins el punt que veiem que ja no hem de fer gaire força per sostenir-lo.

**En aquest punt hem de tenir molt de compte ja que les hèlixs giren molt ràpid, és molt recomanable utilitzar proteccions com guants i ulleres.**

Finalment només ens queda buscar els paràmetres del nostre PID per tal d'aconseguir que el dron voli de manera controlada i estable. Un cop trobats ja tindrem el nostre quadcopter apunt per volar.



Figura 3. 3: Quadcopter finalitzat.

## 4. Conclusions

Com a conclusions d'aquest projecte podem estar satisfets ja que s'han assolit tots els requisits que s'estableixen a l'[apartat 2](#). Hem après quin és el funcionament bàsic d'un quadcopter i com funciona cada component per separat. Finalment hem estat capaços de muntar el dron correctament, desenvolupar el seu controlador i trobar els paràmetres del controlador PID que ens permeten que voli de forma estable i controlada.

Finalment seguint aquesta memòria podem aconseguir un dron per un preu inferior a 200€ que està realment bé i val la pena si llavors volem realitzar-hi millores i personalitzacions com afegir una càmera, fer algun canvi de hardware, afegir funcionalitats de software, etc. En cas que no sigui així podem trobar altres drons al mercat per un preu similar que tenen funcionalitats semblants al que acabem de desenvolupar i que realment poden ser una bona opció segons quina sigui la nostra finalitat.

Cal remarcar que en tots els casos (tan si fem el nostre propi dron com si en comprem un) és molt important que ens informem i prenem consciència de la legislació vigent sobre drons ja que molta gent no té constància dels llocs on es pot i no es pot fer volar un dron i posen en perill a persones i béns materials.

Aquest projecte també venia en part motivat a que a l'assignatura de Sistemes Emportats que es realitza a quart d'Enginyeria Informàtica un company i jo vam provar de fer el muntatge i desenvolupament d'un quadcopter ja que no ens semblava tan complicat com esperàvem, finalment per la falta de temps i per haver subestimat la feina que realment comportava no vam aconseguir-ho. Això em va fer pensar que seria un bon projecte per fer com a Treball de Final de Grau.