

# Convertidor universal de comandament de dron.

David Ferran Hernandez

**Resum**—Resum del projecte, màxim 10 línies.

Una aeronau és un vehicle que es desplaça per l'aire. En el cas dels drons, la seva principal característica és que no són tripulats: és a dir, no transporten persones. Els drons, per tant, es manegen a distància a través d'un controlador.

Crear un comandament universal de drons implica diversos àmbits; per una part, es presenta la programació per a poder enllaçar el nostre vehicle al comandament, també és la creació des de zero del comandament, i finalment el tacte amb les xarxes, ja que per a la connexió entre el comandament i el vehicle s'han de fer servir tot un conjunt de protocols i llibreries per a poder fer correctament la seva sincronització. Un dels avantatges de la creació d'un controlador universal, és el fet de que no es necessitarà un controlador per a cada dron adquirit, és a dir, amb un únic controlador podrem controlar diversos drons.

**Paraules clau**—Paraules clau del projecte, màxim 2 línies. **Drons, Comandament, Universal, Radiofreqüència**

**Abstract**—Versió en anglès del resum.

An aircraft is a vehicle that moves through the air. In the case of drones, their main characteristic is that they are not manned, they don't transport people. The drones, therefore, are handled remotely through a controller.

Creating a universal command of drones involves several fields; On the one hand, the programming is presented to be able to link our vehicle to the control, also it is the creation from zero of the control, and finally the tact with the networks, since for the connection between the control and the vehicle they have to use a whole set of protocols and libraries to be able to correctly synchronize. One of the advantages of creating a universal controller is the fact that you will not need a controller for each dron that is acquired, that is, with a single controller we will be able to control several drones.

**Index Terms**—Versió en anglès de les paraules clau **Drone, Command, Universal, Radiofrequency.**



- 
- *E-mail de contacte: David.ferranh@e-campus.uab.cat*
  - *Menció realitzada: Enginyeria de Computadors*
  - *Treball tutoritzat per: Dolores Isabel Rexachs del Rosario*
  - *Curs 2017/18*

## 1 INTRODUCCIÓ

Un dron és un vehicle aeri que vola sense tripulació. El seu nom es deriva de l'anglès drone, que significa "abella mascle". Hi ha drons de diverses mides i amb diferents finalitats. No obstant això, és important indicar que aquest tipus de màquines existeixen des de fa molt temps, tot i que la seva fabricació resultava una mica costosa i que tampoc es comptava amb les característiques que es tenen actualment. [1]

El terme vehicle aeri no tripulat es va fer comú en els anys 90 per descriure les aeronaus robòtiques i va substituir el terme vehicle aeri pilotat remotament (Vehicle Pilot remot, RPY), el qual va ser utilitzat durant la guerra de Vietnam.

L'any 2011 l'organització d'Aviació Civil Internacional, organisme especialitzat de Nacions Unides per a l'aviació civil i de la qual Espanya forma part al subscriure's al Conveni de Chicago de 1944, va publicar la seva Circular 328 en la qual per primera vegada es van reconèixer a les aeronaus no tripulades com a aeronaus, amb tot el que això comporta, i entre totes les possibles tipologies es tria a les que es pilotan de manera remota per ser considerada com aptes per a l'aviació civil, i no altres tipus (com podrien ser les autònomes).

Així s'han creat els termes que es detallen a continuació, i que tenen avui dia una validesa i aplicació internacional i gairebé única en tots els àmbits:

- Aeronau pilotada remotament (aeronau remotament pilotada, **RPA**): una aeronau en la que el pilot comandant no hi és a bord (ver Figura 1. Dron o RPA).
- Sistema d'aeronau pilotada remotament (Sistema d'aerolínia remotament pilotada, **RPAS**): un conjunt d'elements configurables format per un RPA, la seva estació de pilotatge remota associada (RPS - Estació Pilot Remota), el sistema requerit d'enllaç de comandament i control i qualsevol altre element requerit en qualsevol moment durant la operació del vol.



Figura 1. Dron o RPA

La característica més important d'un dron és que el seu vol és controlat per control remot, encara que existeixen alguns que es condueixen mitjançant l'intervenció d'un programari i no de manera directa per un pilot des de

terra. En la Figura 2 noms aplicats a les naus no tripulades desde l'any 1890 fins al 2010 [2], es mostra els noms aplicats a les naus no tripulades desde l'any 1890 fins al 2010.

Els drons poden ser de dos tipus: els que s'assemblen a un avió i els que semblen un helicòpter, els quals poden mantenir-se de forma estàtica en l'aire.

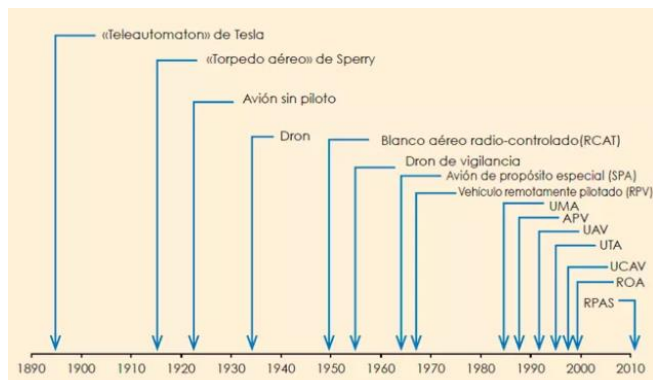


Figura 2 noms aplicats a les naus no tripulades desde l'any 1890 fins al 2010 [2]

Aquests artefactes tenen el seu origen en el context militar, ja que va ser allà on es va dissenyar aquest tipus de robot aeronàutic amb càmeres, GPS i tot tipus de sensors, per ser usat com a arma, per a combat o vigilància de missions. No obstant això, en l'actualitat l'ús d'aquests avions, va més enllà de buscar una fi bèl·lica, la seva venda i distribució està orientada a diversos usos, com per exemple:

- **En events.** com avantatge pot volar més baix i més a prop de la gent que un helicòpter real i té moltes més possibilitats de maniobra que un braç de grua.
- **En situacions d'emergència.** Els drons destaquen per la seva efectivitat en situacions límits, especialment en àrees que van quedar aïllades o de difícil accés. Es demostra la importància de la seva utilització per exemple, en zones que van ser castigades per desastres naturals. La seva velocitat de vol permet recórrer enormes àrees en molt poc temps.
- **Com a repartidors.** A Rússia i Israel els drons fins i tot arriben a fer enviaments de pizza. A Xina, l'empresa de correu SF Express realitza enviaments a través dels petits helicòpters.

Són capaços també de poder transmetre informació molt detallada a satèl·lits, que després són retransmesos al control de terra, tot això en tan sols una fracció de segon.

També posseeixen la maravellosa capacitat de poder sobrevolar a una altitud molt superior a la de qualsevol

aeronau, gràcies a la seva última tecnologia, aquests aparells, aconsegueixen evitar fins i tot radars.

Aquests extraordinaris vigilants de l'aire es componen de dos parts importants:

- L'aeronau voladora, té diferents dimensions que van des del palmell d'una mà, fins a la mida d'una aeronau mitjana i es mou entorn als objectes, utilitzant una avançada tecnologia per comunicar-se en terra.
- Sistema de control, que fa que estant a terra, el dron pugui enviar informació i també rep ordres. De forma remota, es pot controlar gairebé qualsevol acció, des de canviar la trajectòria de l'aeronau fins a disparar missils (ús militar) [3]. És en aquest component en el que es centrarà aquest projecte.

En el sistema de control intervenen:

- **Emissora RC:** L'Emissora és el control remot del dron i la que estableix la comunicació entre el pilot i el Drone de forma bidireccional: el pilot dóna instruccions de vol al dron i el dron dóna informació rellevant sobre el seu estat al pilot com ara l'estat de la bateria o la seva posició GPS. Requereix una comunicació sense fils. AM; FM; 2,4Ghz. Sent la 2,4 Ghz la més freqüent en aeromodelisme perquè termina amb els problemes d'interferències.
- **Canals de l'emissora:** Cada un dels canals gestiona una funció del dron mitjançant servos electrònics. Exemples de canals són: el canal de potència, d'elevació, de timó, etc.
- **Pantalla:** Mostra tota la informació rellevant sobre l'estat del dron al pilot: consum de les bateries, coordenades de posició, estat i qualitat del senyal, FPV, etc.

El mercat dels drons avarca una gran quantitat de marques i models de drons utilitzats des de a un us mèdic, fins a usos per a rescats, drons de carreres, drons per a imatge i fotografia fins a els drons de joguina que qualsevol nen pot adquirir. Aquests drons estan compostos per dos parts (Figura 3 Dron i comandament):

- El dron (vehicle) que serà pilotat.
- El comandament pel qual se li enviaran les ordres de moviment al dron.

Al mercat trobem diferents fabricants de drons i d'emissors de ràdio control. Tots no són compatibles entre ells, perquè els receptors moltes vegades són específics, per això en aquest treball es proposa el disseny d'un dispositiu que permeti compatibilitzar diferents drons amb diferents emissores.



*Figura 3 Dron i comandament*

L'informe està estructurat en els següents apartats: en l'apartat 2 es descriuen els objectius generals i específics del treball.

En l'apartat 3 descriurem l'estat de l'art que és una recopilació de resultats d'altres investigacions que s'han realitzat sobre el tema de recerca escollit. Es tracta d'establir què s'ha fet recentment sobre el tema seleccionat.

A l'apartat 4 es mostrarà el disseny del sistema de comandament on s'esmentaran les passes realitzades al projecte.

En l'apartat 5 s'explicarà la metodologia utilitzada al llarg del projecte: la metodologia en espiral.

Seguidament a l'apartat 6 s'explicarà com s'ha anat construint el comandament pas a pas.

Finalment es mostrarà una conclusió del projecte i els agraïments a les persones implicades.

## 2 OBJECTIUS

L'objectiu general del projecte és facilitar el pilotatge de diferents drons utilitzant una única emissora de ràdio control.

L'objectiu d'aquest treball és doncs, que a través de qualsevol marca i model de dron, construint un comandament creat per nosaltres, a través d'arduino i dels components adients, siguem capaços de poder controlar una gran varietat d'aquests drons.

En concret l'objecte general és crear un comandament universal de drons

Com a objectius específics:

- Disseny i implementació d'una emissora de ràdio control per a drons, per la familiarització amb protocols de comunicació i mòduls de radiofreqüència.
- Sistema de interface que permeti adaptar el protocol del controlador utilitzat al dron específic.

### 3 ESTAT DE L'ART

La indústria dels drons ha estat subjecte d'un creixement notable durant els últims anys. A més de l'augment de popularitat entre els consumidors, la vinculació d'aquesta sèrie de productes a projectes de gran calibre encapçalats per empreses com Amazon o Google li ha proporcionat una major visibilitat i ha destapat un futur ple de possibilitats.

Davant tals possibilitats, la indústria del dron ha patit un augment progressiu de vendes durant els últims anys. Només en 2015, la signatura Juniter Research estimava quatre milions d'unitats venudes al voltant del món. Segons les seves prediccions, durant els propers quatre anys, el creixement serà constant fins a arribar als 16 milions al 2020.

Un dels problemes que es contemplen del drons és, que per a cada marca i model de dron, té el seu controlador assignat, és a dir per a un dron A només funciona si té el seu controlador A.

Si és cert que a través de moduls de radiofreqüència es pot canviar aquest aspecte. Per exemple en 2013 al blog *DZL's Evil Genius Lair* [4] a través d'un controlador, i del microprocessador Arduino, va aconseguir el codi que feia possible la connexió amb el dron Sky Walker i controlar el dron mitjançant els moviments de les mans procesats per Kinect.

La diferència del nostre projecte amb el seu, és que el controlador serà construït des de zero, i no serà una modificació de cap controlador ja existent.

També es pot trobar projectes com l'esmentat en [5] on l'objectiu és controlar un dron mitjançant el moviment de la mà, reemplaçant així l'utilització d'un controlador convencional.

### 4 DISENY DEL SISTEMA DE COMANDAMENT

En el projecte s'han recaptat tots els requisits indispensables per a la construcció del comandament que dirigirà el dron.

Seguidament s'ha analitzat i provat amb un dron el seu funcionament, temps de resposta, tema de sincronització amb el control, per així poder entendre teòricament com funciona un dron.

Per al disseny seguirem els següents passos:

1. Primerament triarem els components necessaris per a poder construir el comandament que controlarà el dron.
2. Es buscarà informació sobre els protocols i tots els elements que intervindran al nostre projecte.

3. Un cop arribin els components s'aniran adaptant poc a poc a la placa i es comprovarà que funcionin correctament.

4. Un cop comprovat que el comandament funciona, començar a introduir tot el seguit de llibreries amb les que poder aconseguir el control dels drons, començant un a un, i comprovant que per a "X" marca amb les llibreries introduïdes, el nostre comandament és capaç de controlar aquest dron.

5. Un cop comprovat que aquesta implementació és correcta i funciona es continuarà amb més marques i models de dron.

### 5. METODOLOGIA

Més internament el funcionament del projecte serà el fet que es treballarà tan la part software com la part hardware per separat, es realitzaran les implementacions corresponents i després es tornarà a unir ambdues parts per a fer una valoració i testeig del funcionament, com es mostra en la Figura 4. Metodologia [6].

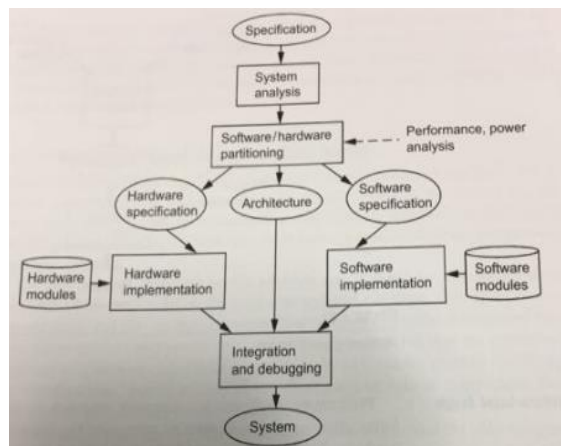


Figura 4. Metodologia [6]

El diagrama bàsic del sistema és el mostrat en la Figura 5. Diagrama bàsic.



Figura 5. Diagrama bàsic

El nostre codi serà carregat a la placa, que li enviarà a

partir de totes les connexions realitzades (joysticks, mòdul TX, etc..) al dron per a que aquest interactuï amb la nostra placa.

Un cop el primer prototip de control estava connectat i funcionalment es correcte, el següent pas va ser el fet d'informar-se sobre el protocol que utilitzariem per a la sincronització del nostre dron amb el controlador, en aquest cas utilitzariem OPENTX.

En aquest cas utilitzariem la modulació PPM (Modulació de posició per punts) mostrada a la figura 6. Aquest sistema conegut com PPM té l'avantatge que només s'utilitza un cable per al senyal de diversos canals.

Només amb el positiu i negatiu juntament amb el cable de senyal serà suficient per a que els diferents canals funcionin.

Els senyals que passen a través del cable de senyal estan basats en PWM però modulades de forma diferent.

El senyal segueix sent analògic i la diferència amb la modulació PWM és que aquestes senyals es manen una rere l'altra pel mateix cable.

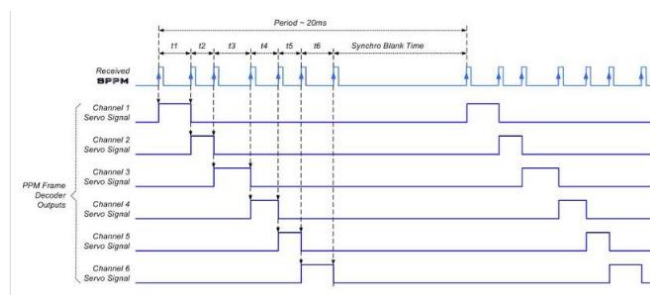
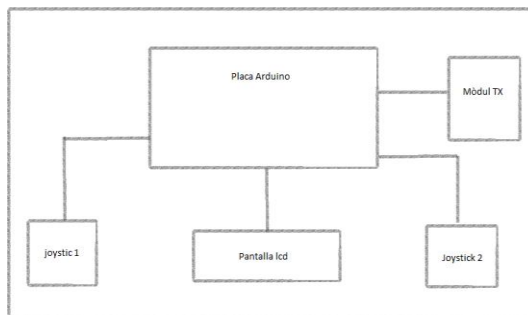


Figura 6. PPM

## 6. CONSTRUCCIÓ DEL COMANDAMENT.

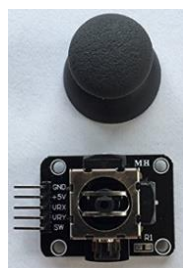
El diagrama de blocs final serà el següent



En aquesta secció es mostrarà el procediment de construcció i testeig pas a pas del que ha sigut el disseny i la implementació d'un controlador de drons. La idea principal constava dels següents elements:



Primerament la placa utilitzada que ha sigut la Arduino UNO que farà la funció de central de comandament i enviament d'ordres. S'ha seleccionat aquesta placa per la seva popularitat, la gran informació disponible i el seu baix cost.



Seguidament per a poder donar instruccions als nostres drons, s'han utilitzat dos joysticks MH.



També és imprescindible la funció del mòdul TX, que serà l'encarregat d'enviar totes les seqüències de comunicació i sincronització amb el dron.



També s'ha integrat una pantalla lcd de 16x2 per a la navegació i elecció del model de dron que es vol comandar.

El primer pas a la integració a la placa va ser la dels joysticks per a comandar el dron. Primerament es va fer l'integració d'un d'ells amb el testeig corresponent.

Aquest testeig consisteix en, a partir de que el joystick es movia, per el monitor de l'IDE d'Arduino, mostrar el valor de les cordenades que en aquest cas corresponien a X i Y. Com es mostra a la Figura 7. Valor de les cordenades

```

X=0
Y=514

X=506
Y=0

X=506
Y=514

X=1024
Y=514

X=506
Y=1023

```

Figura 7. Valor de les cordenades

Els resultats van ser anotats per a poder implementar un segon joystick i aplicar el mateix procediment per a la seva implementació.

El diagrama de connexions dels dos joysticks ja implementats a la placa va ser el mostrat en la Figura 8. Diagrama de connexions dels dos joysticks:

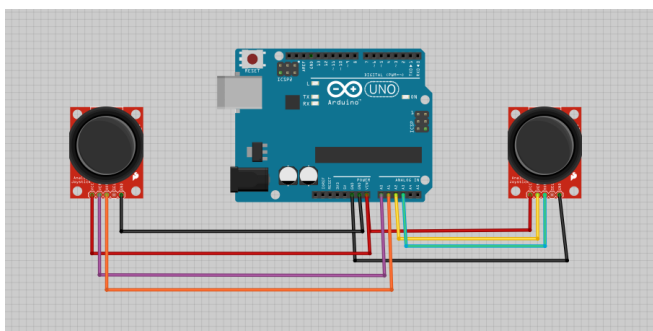


Figura 8. Diagrama de connexions dels dos joysticks

Seguidament un cop es va comprovar que els joysticks funcionaven correctament, es va procedir a incorporar el mòdul TX.

Aquest mòdul és utilitzat com a comodí en els comandaments actuals. El mòdul és incorporat al control del dron, i té la possibilitat d'enviar informació de sincronització per a poder controlar amb un comandament, diversos drons.

Els comandaments actuals, disposen d'entrades ja pensades per a la introducció d'aquest mòdul. Un exemple

és el control de Taranis [7]. Al següent enllaç es pot veure l'implementació i creació d'un model dintre d'un dels controls.

En el nostre cas, hem incorporat el mòdul al nostre comandaments, i hem creat les funcions per a poder sincronitzar el nostre control amb el dron E010.

L'esquematic és el mostrat en la figura 9:

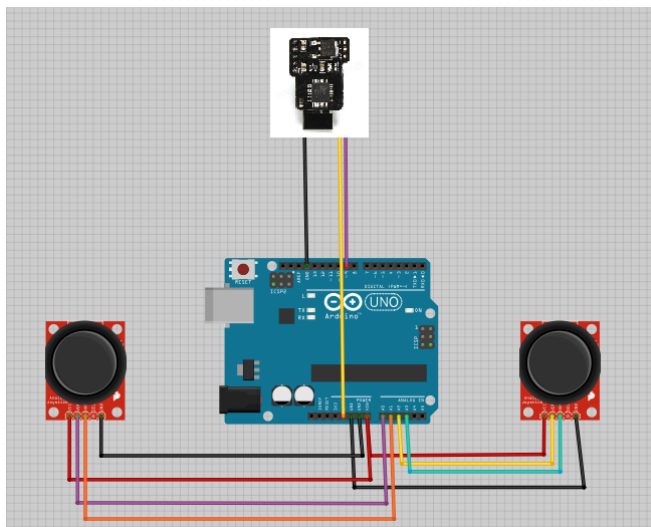


Figura 9 Inclusió del mòdul multiprotocol TX

Per a la sincronització de qualsevol dron és necessari un conjunt de passos a seguir, en aquest cas la sincronització s'hauria de fer a través dels joysticks implementats al control, però de moment, els paràmetres necessaris per a la sincronització, són introduïts directament al codi com es mostra a l'imatge:

```

void setup(){
  //initialize default ppm values
  ppm[0]= 1900;
  ppm[1]= 1100;
  ppm[2]= 1100;
  ppm[3]= 1900;
  for(int i=4; i<chanel_number; i++){
    ppm[i]= default_servo_value;
  }
}

```

Aquesta és la seqüència que necessitem si volem sincronitzar qualsevol tipus de dron, aquests quatre valors corresponen als següents termes:

**RUDDER:** gira el quadcopter accelerant tots els rotors girant cap a la direcció i ralentint tots els rotors girant a la direcció oposada.

**AILERON:** inclina el quadcopter a l'esquerra i a la dreta accelerant els rotors cap a un costat i reduint-los a l'altre.

**ELEVATOR:** inclina el quadricopter cap endavant i cap enrere.

**THROTEL:** Fa que el quadricopter s'elevi o descendeixi a una velocitat proporcionalment al valor enviat.

Un cop hem aconseguit que el nostre dron sincronitzi correctament, incorporarem un element esmentat anteriorment; la pantalla LCD de 16x2.

Aquesta pantalla ens permetrà seleccionar el model de dron que volem sincronitzar. Aquesta especificació consistirà en la navegació per pantalla visualitzant els models de dron disponibles per a sincronitzar.



Un cop trobat el model desitjat es tractarà de seleccionar-lo i automàticament començarà la sincronització amb el dron.

Un cop sincronitzat, ja podrem controlar el nostre dron amb normalitat.

## CONCLUSIÓ

Personalment aquest projecte, com bé he esmentat a l'inici, m'ha servit per englobar una mica tots els conceptes que he anat aprenent durant la carrera, tant a nivell de planificació i organització, com a nivell de programació software i per a adquirir els coneixements necessaris per a poder construir un comandament a través d'un microprocessador i els seus complements.

Si és cert que la part que més complicada he trobat ha estat a l'hora de poder sincronitzar el nostre comandament al dron ja que el codi ha de ser molt exacte, ja que una variació per mínima que sigui pot portar a que el dron no sincronitzi correctament.

Com a via de futur i de millora, la qüestió seria afegir moltes més marques amb tots els codis de sincronització adients, que suportés la nostra placa per així fer que el nostre comandament abastés una gran quantitat de marques per a controlar.

## AGRAÏMENTS

Principalment vull agrair a la meua tutora de projecte Dolores Isabel Rexachs del Rosario per la seva infinita paciència i per transmetrem des de que la vaig conèixer a l'assignatura de microprocessadors i perifèrics, les ganes i l'ambició de voler conèixer molt més el món dels microprocessadors i com poder treballar amb ells de forma correcta i eficient.

També volia agrair a David, peça fonamental en el meu projecte, la seva ajuda en el muntatge i paciència a l'hora de transmetre tot tipus de coneixements envers als drons ja que sense ell, la realització del projecte no hagués sigut possible, per la seva paciència a l'hora de testejar el projecte, tant com totes les tardes que ens hem passat donant voltes a com podiem tirar endavant el projecte.

Finalment m'agradaria agrair a la meua família i amics per tot el recolzament donat al llarg de la realització del projecte, que sense ells no hagués estat possible.

## ÍNDEX DE FIGURES.

[Figura 6.]. Dron o RPA

[Figura 2] Noms aplicats a les naus no tripulades desde l'any 1890 fins al 2010

[Figura 3.] Dron i comandament

[Figura 4.] Metodologia

[Figura 5.] Diagrama bàsic del projecte

[Figura 6.] Esquema de la modulació PPM

[Figura 7.] Valor de les coordenades

[Figura 8.] Diagrama de connexions dels dos joysticks

[Figura 9.] Inclusió del mòdul multiprotocol TX

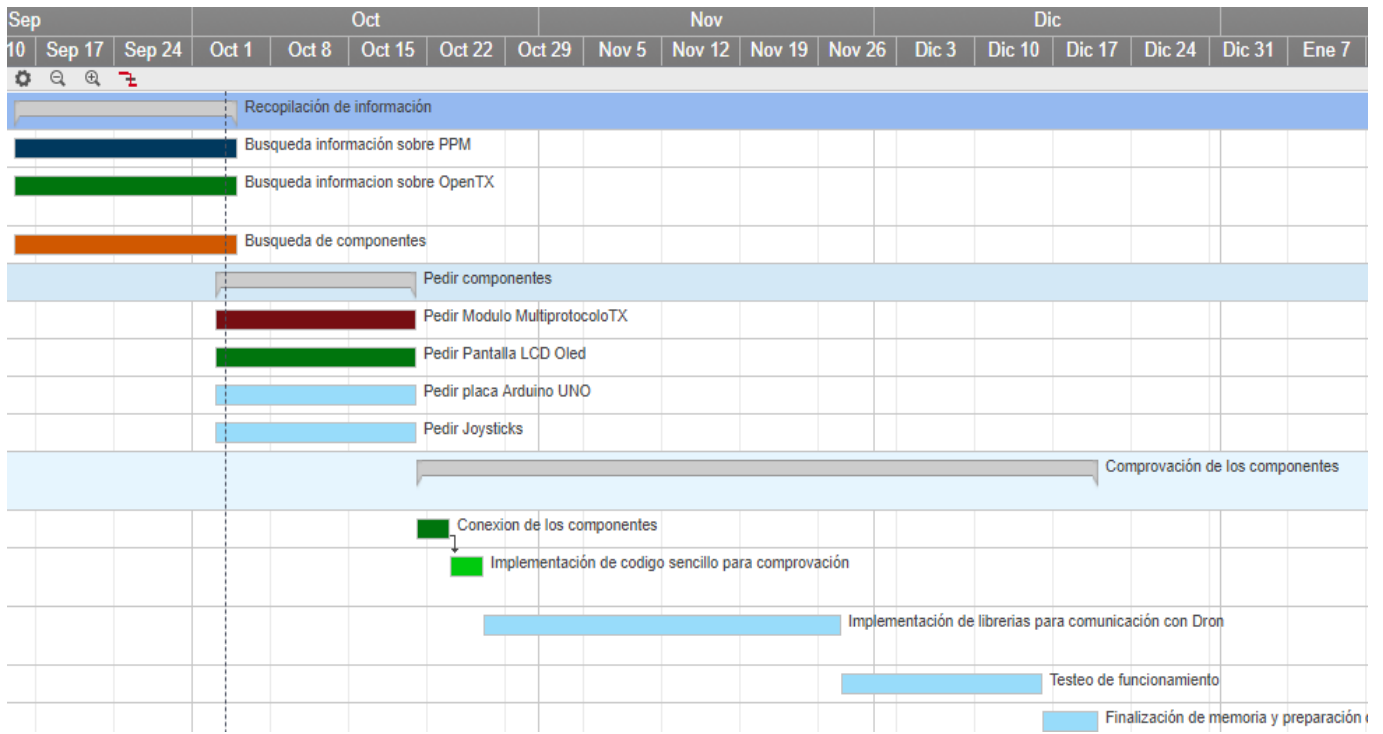
## BIBLIOGRAFIA

- [1] Definició de dron. Publicat el 30 de novembre de 2016. <http://conceptodefinicion.de/dron/>
- [2] Figura 2. Imatge de l'evolució dels noms de les aeronaus (9 de juliol de 2015). <http://drones.uv.es/origen-y-desarrollo-de-los-drones/>
- [3] Característiques dels drons. *Miguel Angel Navas (4 de març del 2016)*. <https://www.profesionalreview.com/2016/03/04/que-son-los-drones-toda-la-informacion/>

- [4] [Dzl's Evil Genius Lair: Controlling toy quadcopter(s) with Arduino (12 de Novembre de 2013). Última consulta 15 de Septiembre de 2015, recuperat de <http://dzelvilgeniuslair.blogspot.dk/2013/11/more-toy-quadcopter-hacking.html>
  
- [5] Jesus Mario Calleja. Projecte final (2015-2016). [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/88658/jesus-mario-calleja\\_113968.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/88658/jesus-mario-calleja_113968.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  
- [6] *Marilyn Wolf. High-Performance Embedded computing. Applications in cyber-physical Systems and Mobile Computing.* Second Edition (2014).
  
- [7] Video del funcionament del multiprotocol TX a un comandament de Taranis: <https://www.youtube.com/watch?v=VlocpXb2W7Y>

# APÈNDIX

## ANNEX: PLANIFICACIÓ TEMPORAL



[Figura 1]

Listo	Nombre de la tarea	Fecha de Inicio	Fecha final	Asignado a	% Cumpfl...	Dura...	Predecesores
<input type="checkbox"/>	<b>Recopilación de información</b>	15/09/17	04/10/17			14d	
<input type="checkbox"/>	Busqueda información sobre PPM	15/09/17	04/10/17			14d	
<input checked="" type="checkbox"/>	Busqueda informacion sobre OpenTX	15/09/17	04/10/17			14d	
<input checked="" type="checkbox"/>	Busqueda de componentes	15/09/17	04/10/17			14d	
<input type="checkbox"/>	<b>Pedir componentes</b>	03/10/17	30/10/17			20d	
<input type="checkbox"/>	Pedir Modulo MultiprotocoloTX	03/10/17	30/10/17			20d	
<input type="checkbox"/>	Pedir Pantalla LCD Oled	03/10/17	27/10/17			19d	
<input type="checkbox"/>	Pedir placa Arduino UNO	03/10/17	27/10/17			19d	
<input type="checkbox"/>	Pedir Joysticks	03/10/17	27/10/17			19d	
<input type="checkbox"/>	<b>Comprovação de los componentes</b>	09/11/17	16/01/18			49d	
<input type="checkbox"/>	Conexion de los componentes	09/11/17	23/11/17			11d	
<input type="checkbox"/>	Implementación de codigo sencillo para comprobación	09/11/17	23/11/17			11d	
<input type="checkbox"/>	Implementación de librerias para comunicación con Dron	24/11/17	25/12/17			22d	
<input type="checkbox"/>	Testeo de funcionamiento	28/12/17	16/01/18			14d	
<input type="checkbox"/>	Finalización de memoria y ..	16/12/17	20/12/17			4d	

[Figura 2]

El cost del projecte ha sigut el mostrat en la taula:

Element	Preu
Placa Arduino UNO	24,50€
Modul Multiprotocol TX	6,48€
Joysticks	1,26€
Pantalla LCD	14,70€
Cables	7,00€
<b>TOTAL</b>	<b>54,57€</b>