

CONSTRUCCIÓ D'UN BRAÇ ROBÒTIC

Somni

0

MALSON ?

Jordi Garcia Tremosa

2n de Batxillerat

Tutor: Francesc Serra

15 de Desembre de 2017

Índex

1. Introducció	2
2. Recerca teòrica	3
2.1 Objectiu	4
2.2 Abast del treball	4
2.3 Antecedents històrics	5
2.4 Estudi d'alternatives	9
2.5 Descripció del prototip	13
2.6 Arduino	15
2.6.1 Que es Arduino?	15
2.6.2 Placa	15
2.6.3 Programació en Arduino	18
2.6.3.1 Diagrama de flux	20
2.6.3.2 Codi del robot	22
2.6.3.3 Evolució del programa	29
2.6.3.4 Funcionament dels elements controlats per la placa	30
3. Recerca experimental	37
3.1 Mecànica	38
3.1.1 Disseny bàsic	38
3.1.2 Primer prototip	39
3.1.3 Segon prototip	40
3.1.4 Tercer prototip	43
3.1.4.1 Millores aplicades	44
3.1.5 Quart prototip	45
3.1.5.1 Millores aplicades	47
3.2 Instal·lació elèctrica	52
3.2.1 Evolució del sistema elèctric	53
3.2.2 Esquema elèctric	54
4. Conclusions	56
5. Agraïments	56
6. Bibliografia	57
7. Annex.	

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

1. Introducció:

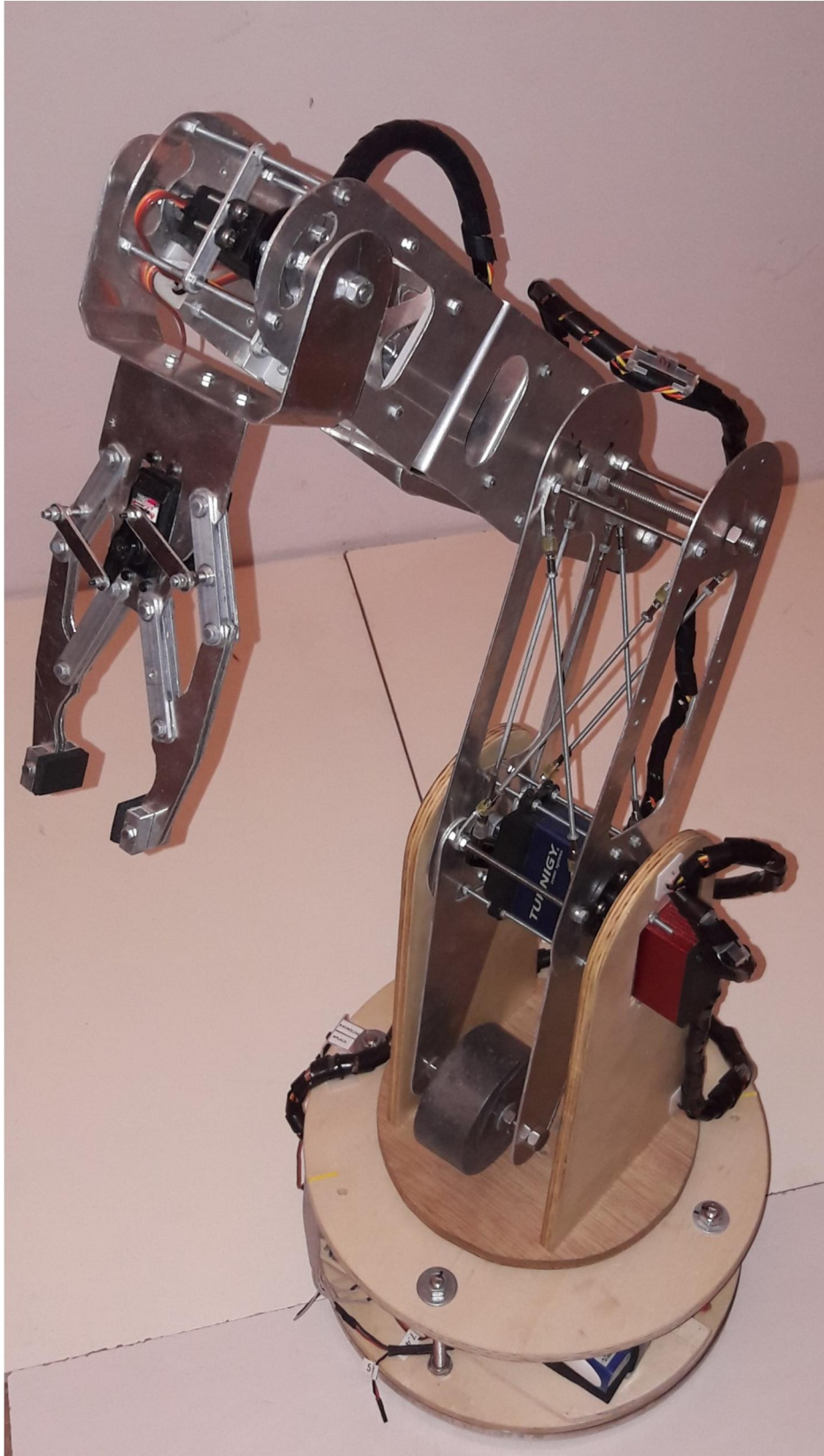
Avui en dia vivim a una societat robotitzada, una societat, que des de la revolució Industrial solament es dedica a la producció ja que es una societat de consum. Aquesta producció, al ser tan competitiva entre diferents empreses, ha donat lloc a la necessitat d'uns treballadors que siguin capaços de produir sense parar, sense errors, que no es posin malalts, que no cobrin i que sobretot no es queixin. Es a dir, les màquines.

Amb l'origen en la màquina de vapor, la tecnologia ha anat evolucionant per crear màquines més perfectes, ràpides i precises, cadascuna més complexa que l'anterior mitjançant diferents materials i sensors. Aquestes màquines han acabat derivant en robots industrials, utilitzats avui en dia en els processos de fabricació. Però no acaba tot aquí sinó que a aquests robots també els hem obert les portes de les nostres cases, perquè un robot realment és una màquina que està dirigida a fer una funció automàticament una vegada s'activa.

Per aquest motiu, sense adonar-nos, els electrodomèstics que tenim a casa també són robots que estan destinats a fer funcions predeterminades. Des de l'assecador de cabell, que té un sistema electrònic que regula la temperatura a la que surt l'aire, fins robots que són capaços de cuinar qualsevol plat tan sols introduint-hi els ingredients necessaris i seleccionant la recepta.

Ha evolucionat tant l'àmbit de la robòtica que es poden arribar a trobar robots humanoides de la nostra mida, que són capaços d'aprendre, adaptar-se a l'entorn que els rodeja i tornar-se a aixecar en cas de caiguda. Per aquest motiu és un món fascinant que caldrà tenir en compte, ja que tindrà un pes significatiu al món d'aquí en endavant.

2. Recerca teòrica:



Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

2.1. Objectiu:

L'objectiu d'aquest treball és construir un braç robot capaç de classificar objectes, en funció del material del qual estan fets. Per assolir aquest objectiu s'utilitzarà el conjunt format per un braç robot i una cinta transportadora. Quan es dipositi l'objecte a la cinta transportadora, aquesta es posarà en funcionament, i portarà l'objecte fins a la posició de recollida, on el braç robot l'agafarà i el portarà fins a un sensor inductiu que el discriminarà segons el material de què estigui fet, per posteriorment depositar-lo al contenidor corresponent.

2.2. Abast del treball:

L'abast d'aquest projecte inclou el disseny, tenint en compte les propietats dels materials, la construcció, la programació i posada en funcionament d'un braç robot capaç d'assolir l'objectiu esmentat.



Aquesta imatge és un exemple del robot de tipus industrial que es volia aconseguir.

2.3. Antecedents històrics:

L'origen etimològic de la paraula robòtica es troba en el txec. En concret en la unió de dues paraules: “robota” que es pot definir com a “treballs forçats” i “rabota” que es sinònim de “servitud”. De la mateixa forma cal subratllar que la primera referència a la paraula “robot” va ser el 1920 en l'obra de Karel Capek titulada “Els robots universals de Rossum”.

Actualment aquesta paraula està recollida en el diccionari amb la següent definició:

robot

1 1 m. [EI] [LC] [IN] Màquina que pot realitzar automàticament una sèrie de moviments i tasques que normalment fan persones.

1 2 m. [EI] Giny programable de control no estrictament seqüencial que pot variar amb gran flexibilitat els moviments i les tasques que realitza.

Les bases fonamentals de la robòtica es troben en la història de la tecnologia, formada per tres períodes principals: era agrícola, era industrial i era de la informació, en què ens trobem avui dia. El desenvolupament dels robots es pot considerar un pas lògic i important en la història. A través de la història de la tecnologia, cada època ha influït en la vida quotidiana de la societat. Els productes disponibles i l'ocupació han estat dictats per la tecnologia disponible, per exemple: en l'era agrícola les eines eren primitives, però eren les més modernes, com a conseqüència la majoria de la població era agricultora i tot era fet amb força humana o animal.

A mitjan segle XVIII, els molins, la màquina de vapor i altres transformadors d'energia van substituir la força humana i animal. Les màquines van impulsar el creixement de la indústria, per tant gran part de la població treballava en fàbriques. Els béns es produïen més ràpidament i millor, cosa que va fer augmentar la qualitat de vida. Els canvis van succeir tan ràpidament que a aquest període es va anomenar “La revolució industrial”.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

A continuació, a mitjan segle XX sorgeixen les indústries basades en la ciència. Les millores tecnològiques. L'electrònica va fer possible l'ordinador, aquest constitueix el desenvolupament més important, va aportar l'era de la informàtica amb l'aparició de les computadores personals. Com a resultat, la informació s'ha convertit en el bé més important de la nostra era "post-industrial". La tecnologia de la informació té un gran impacte en la societat: ordinadors, fibra òptica, televisió i satèl·lits de comunicació són només exemples de dispositius que tenen un enorme efecte sobre la nostra vida i economia.

Un gran percentatge de treballs requereixen "treballadors informàtics" i cada vegada menys "treballadors de producció". La tecnologia de la informació ha estat responsable de l'increïble creixement de la robòtica, i amb els nous reptes de la indústria, que cada vegada més treballs físics siguin fets per robots.

Els robots no van aparèixer tal i com els coneixem en l'actualitat, ja que no existeix un robot amb una funcionalitat completa. Els robots d'avui dia han revolucionat els llocs de feina tot i que no s'assemblen a l'ideal de l'androide amb forma humana, sinó que la gran majoria són manipuladors, amb mans i braços.

Després de la seva menció en l'obra de Karel Capek titulada *Els robots universals de Rossum*. Isaac Asimov va publicar les tres lleis de la robòtica. Unes lleis que marquen la supeditació dels robots a la voluntat humana. Aquestes lleis es van posar de moda en el segle XX, en introduir la robòtica en les llars i plantejar-se un problema ètic i de seguretat civil. Les lleis són:

1. Un robot no farà mal a un ésser humà o, per inacció, permetre que un ésser humà pateixi mal.
2. Un robot ha d'obeir les ordres d'un ésser humà excepte si aquestes entren en conflicte amb la primera llei.
3. Un robot ha de protegir la seva pròpia existència en la mesura que aquesta protecció no entri en conflicte amb la primera i segona llei.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

La primera aparició va ser quan amb l'objectiu de dissenyar una màquina flexible, adaptable a l'entorn i de fàcil control, George Devol, pioner en la robòtica industrial, va patentar el 1948 un robot manipulador programable, que va ser el gran germen de la robòtica industrial. En aquest mateix any R.C. Goertz del *Argonne National Laboratory*, va desenvolupar, amb la finalitat de manipular objectes radioactius sense risc per a l'operari, el primer robot telemanipulador. Aquest invent consistia en un dispositiu mestre-esclau. El manipulador esclau reproduïa fidelment els moviments del dispositiu mestre. L'operador es trobava darrere un vidre gruixut des d'on observava el resultat de les seves accions i sentia a través del primer dispositiu les forces que feia el segon sobre l'entorn.



George Devol al costat del primer manipulador programable.

Anys més tard, el 1954, Goertz va fer ús de la tecnologia i el servocontrol substituint la transmissió mecànica per l'elèctrica i desenvolupà així el primer robot amb servocontrol bilateral. Ralph Mosher, enginyer de la *General Elèctric*, utilitzant aquest mateix mètode, va crear en 1958 el “ Handy-Man”, consistent en dos braços mecànics tele operats per un exosquelet.

A aquest interès s'afegeix la indústria espacial als anys setanta. L'evolució dels teleoperadors ha estat tan increïble com la dels robots, malauradament sempre han estat en un mercat més selecte i limitat. Però els teleoperadors necessiten de la contínua

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

presència d'un operari, per això es va investigar per aconseguir substituir l'operador per un programa d'ordinador que controlés els moviments, cosa que donava pas al concepte de robot.

La primera patent d'un dispositiu robòtic es va fer el març de 1954, per l'inventor britànic C.W. Kenward. Aquesta va ser emesa al Regne Unit en 1975. Encara així, la persona que va marcar les bases del robot industrial modern va ser George C. Devol, enginyer nord-americà, que va patentar la transferència d'articles programada en 1961.

El 1956 Joseph F. Engelberger va treballar en la utilització industrial de les seves màquines i va fundar "Consolidated Controls Corporation" que més tard es convertiria en *Unimation* va instal·lar *Unimate*, la seva primera màquina a la fàbrica general de motors Trenton, Nova Jersey, a una aplicació de fundició per injecció. Devol va predir que "el robot industrial ajudaria el treballador del mateix mode que les màquines d'ofimàtica van ajudar l'oficinista". Des d'aleshores la idea de la fàbrica del futur va experimentar un gran *boom*, malgrat que l'intent i la viabilitat econòmica eren desastrosos.



Primer robot industrial, treballant en una aplicació de fundició per injecció

2.4. Estudi d'alternatives:

Existeixen certes dificultats per a concretar una definició formal d'un robot descrivint-ne les capacitats, ja que fins i tot en un inici no es tenia el mateix concepte de robot al mercat japonès que a l'euro-americà, per als japonesos un robot industrial era qualsevol dispositiu mecànic dotat d'articulacions mòbils destinat a la manipulació de matèries.

En canvi el mercat occidental era més restrictiu, ja que una major complexitat, sobretot en el control. Per altra banda, encara que al mercat occidental existeixi la idea de robot industrial, ja definida a l'apartat anterior, no és fàcil establir una idea comú per a aquesta definició, tenint en compte l'evolució de la robòtica, cosa que obliga a fer diferents actualitzacions de la definició.

La definició més comunament acceptada al mercat és aquesta: Manipulador multifuncional reprogramable, capaç de moure matèries, peces, eines o dispositius especials, segons trajectòries variables, programades per a fer realitzar diverses tasques.

La maquinària per a l'automatització rígida va donar pas al robot amb el desenvolupament de controladors ràpids, basats en microprocessadors, així com el funcionament de servos en un cicle tancat, que permetien establir amb exactitud la posició real dels elements del robot i establir l'error amb la posició desitjada. Aquesta evolució ha originat dos tipus de robots, explicats a continuació.

Manipuladors:

S'els defineix com a mecanisme de "Tipus A", i generalment els formen elements en sèrie, articulats entre si, destinats captar i transportar objectes. Són multifuncionals i poden ser governats directament per un operari o per mitjà d'un dispositiu lògic.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

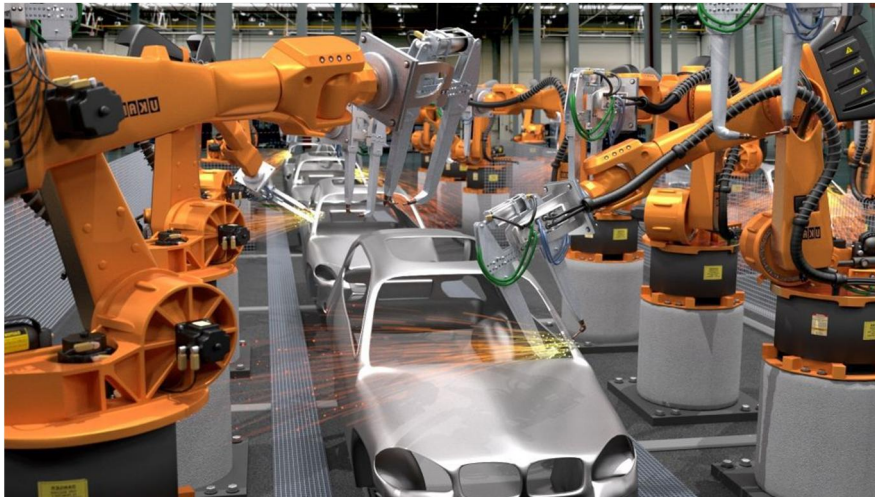
Robots:

A aquesta classe de maquinària se la descriu com a manipulador servo-controlat, reprogramable, polivalent, capaç de posicionar i orientar peces, útils o dispositius especials, seguint trajectòries variables reprogramables, per a fer diferents funcions.

La unitat de control conté un dispositiu de memòria i ocasionalment de percepció de l'entorn. Normalment s'empren per a fer una tasca de forma cíclica, es poden adaptar o no a l'entorn material. Dins d'aquest camp de màquines més complexes trobem els robots :

Robots d'aprenentatge:

Manipuladors de "Tipus B" que es limiten a repetir un seqüència de moviments prèviament executada per un operador humà en una primera fase d'aprenentatge, usant d'un controlador manual o un dispositiu auxiliar. Aquests són els més coneguts en la indústria i són popularment denominats "gestuals".



Robots d'aprenentatge realitzant un procés de muntatge.

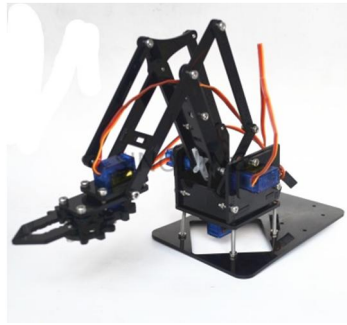
Robots amb control per computador:

Són manipuladors o sistemes mecànics multifuncionals, de "Tipus C", que són controlats per un microordinador. En aquest procés realment el programador no necessita cap element de la màquina, quan la prepara per fer una feina.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Micro-robots:

Amb fins educacionals, d'entreteniment o investigació existeixen nombrosos robots de formació o micro-robots a un preu molt assequible els quals disseny i funcionament són molt similars als d'ús industrial.



Robot educacional, de venda per internet.

Per finalitzar la classificació dels diferents tipus de robot; es classifiquen en tres generacions, segons la seva complexitat:

1^a Generació: aquests dispositius repeteixen una acció seqüencialment, sense tenir en compte les possibles alteracions del seu entorn.

2^a Generació: són aquells que adquireixen una informació limitada del seu entorn i actuen en conseqüència.

3^a Generació: la seva programació es realitza mitjançant el treball d'un llenguatge natural i conté la capacitat per la planificació automàtica de les seves tasques.

2.5. Descripció del prototip:

Per a aquest treball s'ha escollit un disseny de tipus B, ja que és el sistema més assequible per al projecte, és a dir, un robot d'aprenentatge de 2^a generació, comandat per una targeta Arduino Mega R3, que duu incorporat el programa que controla el prototip, escrit en el llenguatge de codi lliure Arduino.

Aquesta placa governa un sistema de llaç tancat format per diferents components, que són sis servo-motors, un relé, un sensor inductiu, normalment obert, un sensor d'ultrasò i una cinta transportadora controlada per un motor de tot o res.

El disseny inicial del robot està enfocat en la imitació d'un braç humà, està construït amb diferents materials: amb alumini per al braç com a tal, però amb fusta per a les seccions fixes com ara la base sobre la qual es recolza el prototip, la taula sobre la qual actua i la cinta amb que es transporten els elements a la posició destinada. El moviment de l'artefacte consta de sis graus de llibertat, que s'articulen com un braç humà, per mitjà servo-motors i fent ús de transmissions directes per a tenir un control més acurat dels moviments.

El sistema està format per quatre seccions principals amb les seves respectives articulacions. La part principal, anomenada base, és l'encarregada de suportar l'estructura sobre la qual gira sobre si mateix el braç i on s'emmagatzema el sistema d'alimentació per bateries i el dispositiu de control. Aquest sistema està compost per un circuit de control, un circuit de sensors i un circuit de potència amb voltatges de 7.4, 5 i 6 volts respectivament.

El circuit de control és l'encarregat de fer funcionar el sistema i consta de la placa Arduino Mega, que és l'encarregada de recollir la informació que capten els sensors i per mitjà del variacions en el voltatge, controlar els diferents servo-motors i el relé, que és l'interruptor de l'alimentació per al motor connectat a la cinta transportadora.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

En canvi el circuit de potència té com a funció principal alimentar els diferents elements que componen el sistema, 6 volts per als servo-motors i 5 volts per als sensors.

A continuació es troba la part anomenada espatlla, que és on recolza la primera secció del prototip, anomenada braç, controlada des d'un servo de gran potència de gir. El braç és l'element on resideix la transmissió de la segona secció del sistema, reforçat amb quatre tirants fets de barra roscada rígida en forma de creu per a evitar flexions i un contrapès de plom que compensa les forces que actuen sobre el robot i així evitar que els servo-motors facin esforços innecessaris.

La segona secció, anomenada avantbraç, va penjada de la transmissió del servo-motor que fa la funció de colze on es troba un segon contrapès de plom, menor que el primer, que compensa el pes de la pinça; està dividida en dos segments per a originar el moviment que en un braç humà equival al gir de canell sobre si mateix, controlat per un servo que té un eix amb gir lliure que travessa la primera divisió, però és solidari amb la segona: per tant en la segona divisió de l'avantbraç és mòbil i és on es controla el gir del canell, fent símil amb un braç humà, per on passa un eix solidari amb la secció final del robot que és la pinça.

Aquesta pinça té un disseny format per dues mordasses paral·leles, sobre les quals actuen quatre vincles, dos de passius, situats en la part anterior, i dos d'impulsors, situats en la posterior, equivalent a dos dits, índex i polze, en una mà humana.

2.6. Arduino:

2.6.1. Què és Arduino?

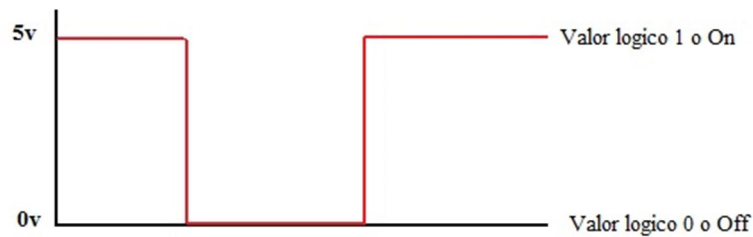
Arduino és una plataforma de prototips electrònics de codi obert, disponible per a tothom qui descarregui el programa, de forma totalment gratuïta, basada en el hardware i software flexible i fàcil d'utilitzar. Pensat per a captar l'entorn amb una gran quantitat d'entrades i sortides on connectar els sensors i actuadors necessaris.

2.6.2. Placa:

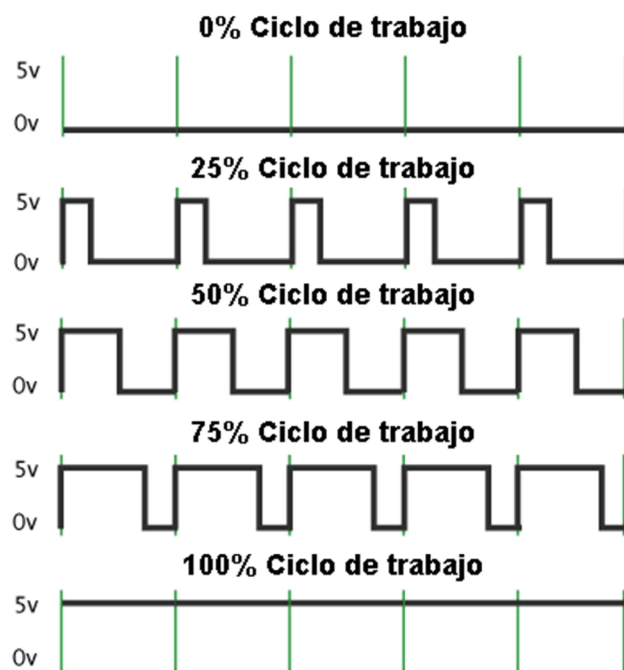
Per a aquest treball, es necessari l'ús d'una targeta Arduino Mega basada en el microprocessador Atmega2560. Aquesta targeta està formada per cinquanta-quatre pins, que es divideixen en entrades analògiques, entrades/sortides digitals i catorze sortides analògiques PWM (*pulse with modulation*). La targeta es programa per ordinador mitjançant un cable USB – ICSP connectat a l'ordinador i a la placa Arduino respectivament, que té la funció d'entrada i sortida d'informació per a la programació.

Els pins d'entrada o sortida digitals són ports on la informació es transmet bit a bit, ja que tenen la característica de poder activar o desactivar el voltatge entre cinc volts o zero volts. És el símil d'enviar 1 en el moment en que el voltatge està activat i 0 quan no ho està. A diferència d'aquests, els pins PWM, encara que es puguin utilitzar també com a entrades o sortides digitals, se solen fer servir per a enviar un senyal determinat que ens permet enviar informació a un dispositiu amb un senyal quadrat. Com s'ha mencionat anteriorment, els pins només són capaços de variar entre els estats 1 o 0, per tant en poder canviar d'estat entre 1 o 0 mesurant-ne el temps que es troba activat s'aconsegueix una ona quadrada en què el temps que es troba el pin activat serà l'amplitud del pols. La relació entre aquests dos temps s'anomena cicle de treball, expressant amb un percentatge que ens indica els temps que el senyal està en màxim, respecte al temps que està en mínim.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?



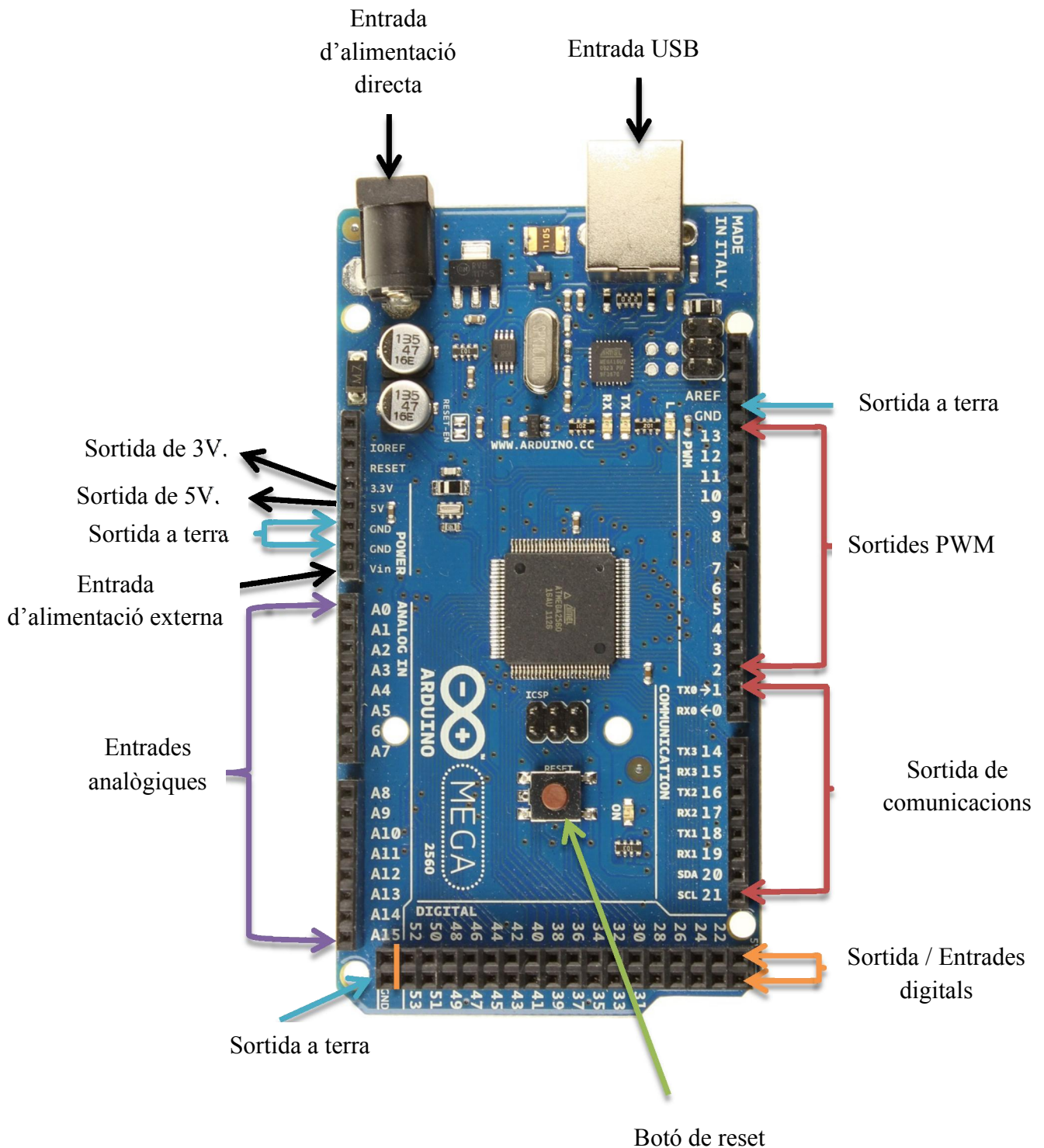
Gràfic d'una sortida digital



Gràfic del funcionament d'una sortida PWM

La placa admet una alimentació d'entre set i dotze volts, però té dues sortides d'alimentació on, depenent del que s'hi vulgui connectar, es pot escollir entre els tres i els cinc volts i un amperatge d'entre quaranta i cinquanta mili ampers respectivament. En conseqüència la placa no pot ser l'encarregada d'alimentar el sistema per a tasques amb molt de consum, per a aquest motiu el robot té un circuit per l'electrònica i un segon circuit per a l'alimentació.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?



Tarjeta Arduino Mega

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

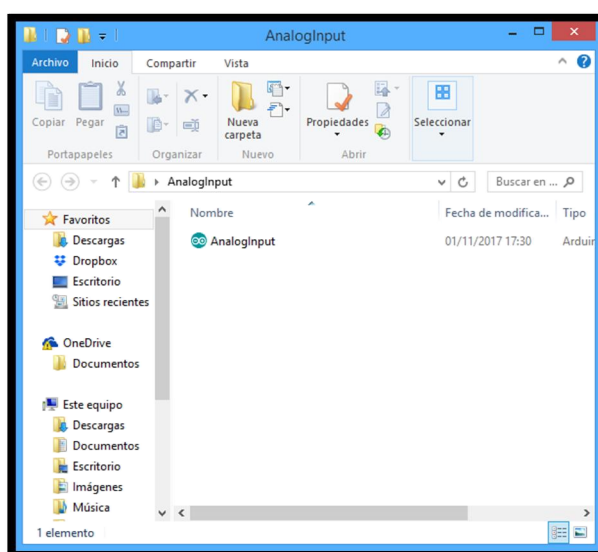
2.6.3. Programació en Arduino:

La programació en Arduino consisteix en la programació d'un microcontrolador. Programar és un símil a parlar un idioma, l'idioma de la tecnologia. Actualment existeixen varies formes de programar com per exemple : C, Java, C++, Python, C# i Arduino. A continuació es pot trobar el funcionament de la programació en Arduino ja que és la que s'ha utilitzat en aquest projecte.

Programar consisteix a traduir a línies de codi les tasques que es volen automatitzar i que es velen endegar, llegint diferents tipus de sensors i tenint en compte les condicions de l'entorn per a controlar una sèrie d'actuadors encarregats d'interactuar amb el món exterior. Per a aquest fet en aquest treball s'ha escollit Arduino, perquè proporciona un entorn clar i potent per a programar i les eines necessàries per compilar el programa, traduint-lo per al microcontrolador, i així substituir-ne l'anterior en cas que aparegui la necessitat de programar-lo de nou en la memòria flash, un dispositiu en forma de targeta destinat a guardar gran quantitats d'informació en un espai reduït, gràcies a impulsos elèctrics, cosa que permet una gran velocitat de funcionament.

Cada programa s'anomena "sketch" i a l'ordinador es registra amb l'extensió *.ino*.

Un fet important que cal recalcar per al correcte funcionament del sketch, el nom del fitxer ha de ser el mateix del de la carpeta on es troba a l'ordinador.



Carpeta amb un sketch d'entrada analògica on tant carpeta com programa tenen el mateix nom.

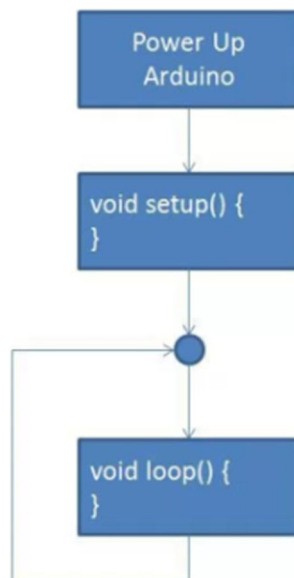
Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Els sketches d'Arduino tenen una estructura bàsica composta almenys per dues parts obligatòries, ja que aquestes contenen els blocs amb els estaments del programa.

Aquestes dues parts són el *void setup()* i *void loop()*. La primera funció s'activa una sola vegada quan el programa s'inicia o s'ha fet un *reset* de la placa, té com a funció iniciar variables, establir l'ordre i funció dels pins que es facin servir i fer ús de llibreries Arduino i uns programes predissenyats per a poder controlar els sensors o actuadors de forma simplificada. A diferència del primer, el *void loop()* és el cicle constant d'accions a seguir.

```
1 void setup() {  
2   // put your setup code here, to run once:  
3 }  
4  
5 void loop() {  
6   // put your main code here, to run repeatedly:  
7 }
```

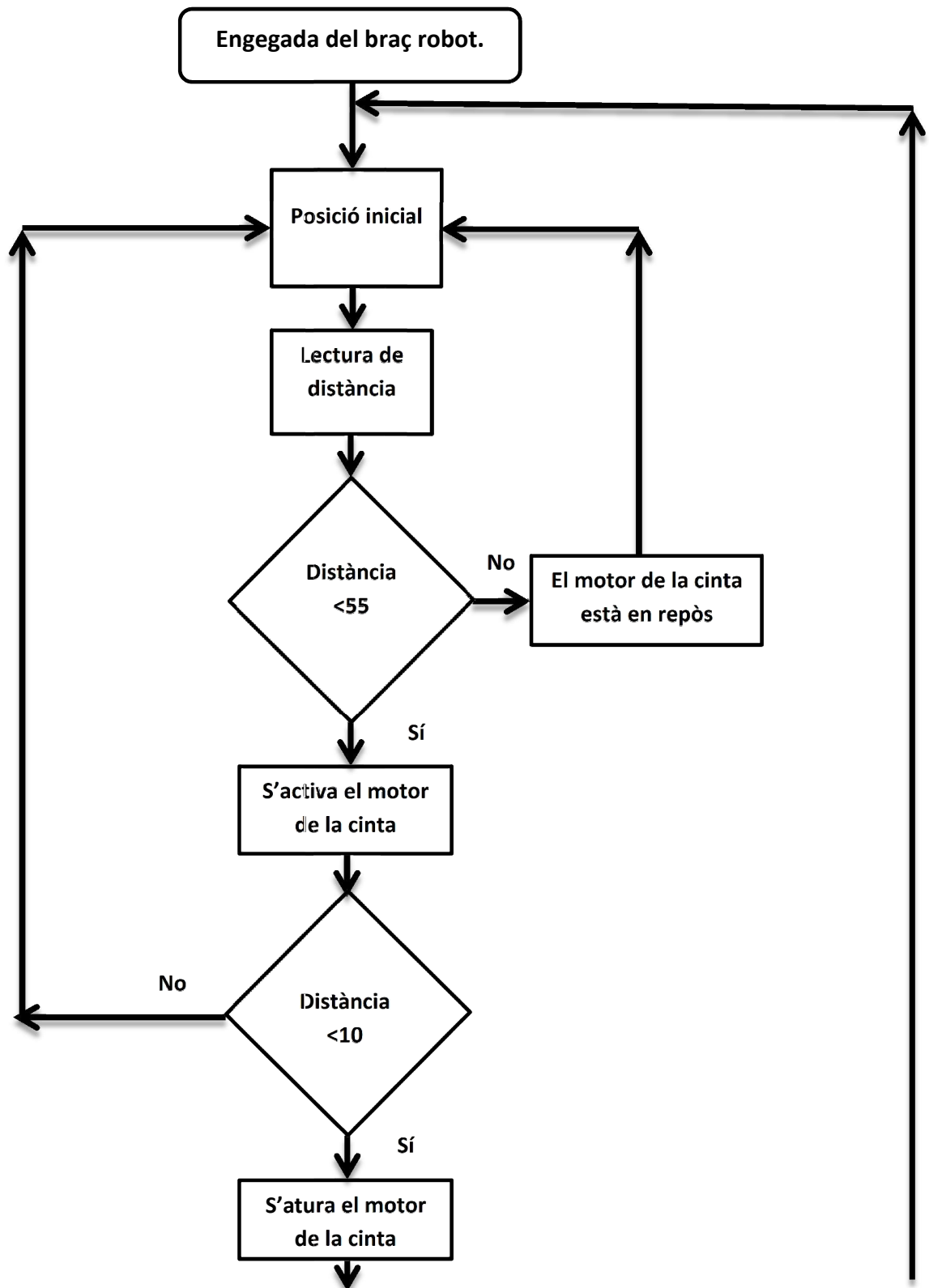
Blocs necessaris per la construcció d'un sketch en Arduino.

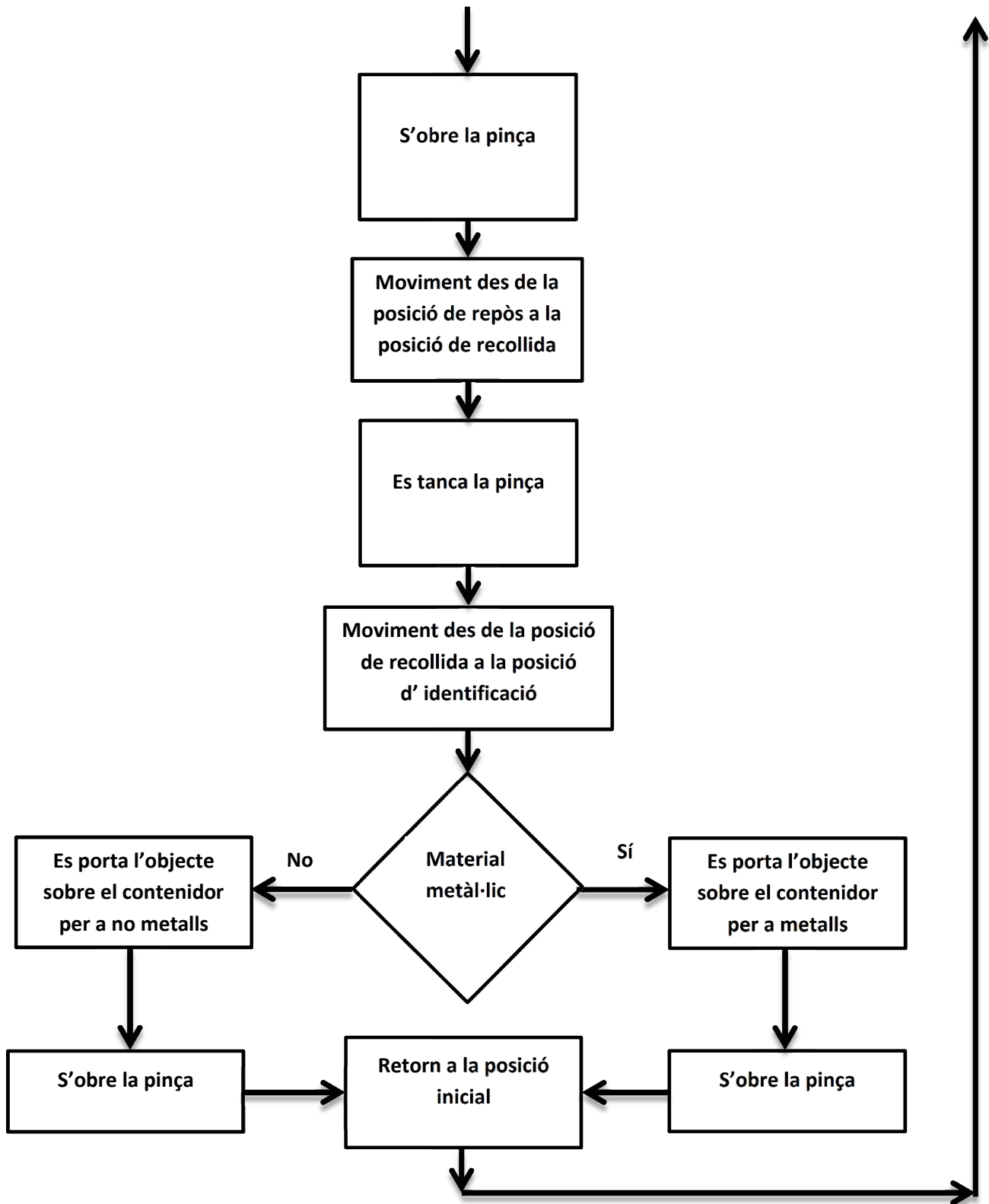


Esquema del funcionament dels blocs principals.

2.6.3.1. Diagrama de flux

A les següents pàgines es mostra gràficament la seqüència d'evolució i presa de decisions del procés.





2.6.3.2. Codi del robot:

/*En les següents pàgines es troba la programació en codi Arduino, amb la seva respectiva explicació, que utilitza el robot per dur a terme la funció per la qual ha estat dissenyat.

Per a una més bona comprensió de les pàgines següents, hi ha els comentaris del programa, assenyalats entre els signes "/*" i "*/" que en el llenguatge de programació simbolitzen que tot allò comprès entre aquests signes no afecta al programa.*/

```
#include<Servo.h>
/*En aquesta línia de programació s'afegeixen les llibreries dels
servo motors que permeten la seva programació */

Servo espatlla;      /*es determinen els noms dels servos */
Servo canell;
Servo avantbraç;
Servo colze;
Servo pinça;
Servo base;

/* Aquesta secció conté les variables dels diferents moviments que el
braç executa. En cada variable hi ha el nom del servo que la
representa i junt amb el nom es troba el nombre que correspon al total
de moviments ja fets per cada servo, es a dir, com més moviments hagi
fet major serà el seu nombre de moviments fets.*/

int avantbraç0 =90;
int base1 = 10;
int espatlla1 = 130;
int colze1 = 90;
int canell1 = 5;
int espatlla2 = 85;
int colze2 = 70;
int base2 = 38;
int colze3 = 90;
int canell2= 15;
int avantbraç1 =90;
int espatlla3 =130;
int espatlla41 = 65;
int base31 = 100;
int codo41 = 80;
int canell31 = 45;
int espatlla51 = 100;
int colze51 = 115;
int canell41 = 120;
int base41 = 113;
int espatlla42 = 65;
int base32 = 100;
int colze42 = 80;
int canell32 = 45;
int espatlla52 = 100;
int colze52 = 115;
int canell42 = 150;
int base42 = 136;
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
/*Aquí es poden trobar les variables dels sensor que en permeten a la
placa Arduino Mega per reconèixer-los. */
#define Pecho 12
/*Es determina el pin PWM 12 com a senyal d'eco, per on es captarà
l'ona ultrasonora. */
#define Ptrig 13
/*Es determina el pin PWM 13 com a senyal de trigger, per on s'emetrà
l'ona ultrasonora. */

long duració, distancia;
/*Les variables de duració i distància són establertes per a poder
operar-hi amb elles.*/

int relayPin=40;
/*S'identifica el relé en el pin digital número 40 de la placa
Arduino Mega*/

int induc = 35;
/*S'estableix el relé en el pin digital número 35 de la placa
Arduino Mega on anirà connectat el sensor inductiu*/

void setup() {

    Serial.begin (9600);
    /* inicialitza el port sèrie a 9600 baudis*/
    pinMode(Pecho, INPUT);
    /* defineix el pin 6 com entrada (echo del sensor d'ultrasò)*/
    pinMode(Ptrig, OUTPUT);
    /* defineix el pin 7 com sortida (trigger del sensor d'ultrasò)*/
    pinMode(relayPin,OUTPUT);
    /* defineix el pin 40 com sortida (relé)*/
    pinMode(35,INPUT);
    /* defineix el pin 35 com entrada (sensor inductiu)*/

    /* Es defineixen els pins PWM als que es connectarà cada servo-motors
i a continuació la seva posició de repòs.*/

    espatlla.attach(2);          /* espatlla correspon al pin PWM 2*/
    espatlla.write(130);
    canell.attach(3);           /*canell correspon al pin PWM 3*/
    canell.write(5);
    avantbraç.attach(4);        /*avantbraç correspon al pin PWM 4*/
    anvantbraç.write(100);
    colze.attach(5);            /*colze correspon al pin PWM 5*/
    colze.write(90);
    pinça.attach(6);            /*pinça correspon al pin PWM 6*/
    pinça.write(10);
    base.attach(7);             /*base correspon al pin PWM 7*/
    base.write(10);
}
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
void loop() {

    digitalWrite(Ptrig, LOW);
    /*Apaga el pols que s'encarrega de generar l'ona per evitar
    interferències.*/
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(Ptrig, HIGH);
    /*Genera un pols trigger durant 10 milisegons.*/
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Ptrig, LOW);
    /*Torna a desconnectar el pols per poder captar una ona nítida per
    mitjà de l'entrada d'eco.*/

    duració = pulseIn(Pecho, HIGH); /* Utilitzant les variables, el
    programa calcula la distància en centímetres
    */
    distancia = (duració/2) / 29;
    /* a partir de la duració que triga l'ona sonora a rebotar amb un
    objecte*/

    if (distancia >= 100 || distancia <=55){
    /* si la distancia es superior a 100cm o menor de 55 cm, el sistema no
    respon*/

    Serial.println(distancia);
    /* Envia el valor de la distancia pel port serial */
    digitalWrite(relayPin, LOW);
    espatlla.write(130);
    canell.write(5);
    avantbraç.write(100);
    colze.write(90);
    pinça.write(10);
    base.write(10);
    delay(10);
    }

    if (distancia <= 55 && distancia >= 10){ /* En cas de que la
    distància detectada pel sensor estigui entre 55 i 10 centímetres,
    significa que hi ha un objecte sobre la cinta i per tant s'activarà la
    cinta transportadora que l'aproparà a la posició de recollida, mentre
    el robot està en posició de repòs. */

    Serial.println(distancia);
    /* Envia el valor de la distancia pel port serial */
    digitalWrite(relayPin, HIGH);
    espatlla.write(130);
    canell.write(5);
    avantbraç.write(100);
    colze.write(90);
    pinça.write(10);
    base.write(10);
    delay(10);
    }
}
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
if (distancia <= 9 && distancia >= 7){
/* Quan la lectura de la cinta transportadora coincideix amb la
posició de recollida de l'objecte, s'activa el procés de recollida,
discriminació i classificació de l'objecte.*/

    Serial.println(distancia);
/* Envia el valor de la distancia pel port serial */

    Serial.println("posició");
/* Notifica que l'objecte es troba en posició de recollida pel port
serial. */

/*S' INICIA EL PROCÉS DE RECOLLIDA DE L'OBJECTE*/

    avantbraç.write(100);
    delay(50);
    pinça.write(160);
    delay(50);
    canell.write(5);
    delay(100);
    avantbraç.write(100);
    for(avantbraç1 = 100; avantbraç1 <= 100; aavantbraç1 += 1){
        avantbraç.write(avantbraç1);
        delay(70);
    }
    base.write(10);
    for (base1 = 10; base1 <= 38; base1 += 1){
        base.write(base1);
        delay(70);
    }
    colze.write(90);
    for (colze1 = 90; colze1 >= 70; colze1 -= 1){
        colze.write(colze1);
        delay(70);
    }
    espatlla.write(130);
    for (espatlla1= 130; espatlla1 >= 85; espatlla1 -= 1){
        espatlla.write(espatlla1);
        delay (70);
    }
    canell.write(5);
    for(canell1 = 5; canell1 <= 16; canell1 += 1){
        canell.write(canell1);
        delay(200);
    }
    pinça.write(50);
    delay(200);

/* EL ROBOT JA HA AGAFAT L'OBJECTE I ES DISPOSA A PORTAR-LO AL SENSOR
INDUCTIU*/
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
colze.write(110);
  for(codo2=70; codo2<=90; codo2 +=1){
    colze.write(codo2);
    delay(70);
  }
  espatlla.write(85);
  for(espatlla2=85; espatlla2<=130; espatlla2+=1){
    espatlla.write(espatlla2);
    delay(70);
  }
base.write(38);
  for(base2 = 38; base2 <= 100; base2 += 1){
    base.write(base2);
    delay(70);
  }
colze.write(90);
  for(colze3=90; colze3<=115; colze3 +=1){
    colze.write(codo3);
    delay(40);
  }
espatlla.write(130);
  for(espatlla3=130; espatlla3>=65; espatlla3-=1){
    espatlla.write(espatlla3);
    delay(60);
  }
  delay(100);
canell.write(15);
  for(canell2=15; canell2<=45; canell2+=1){
    canell.write(canell2);
    delay(70);
  }
  delay(2000);

/*EL CUB JA ÉS SOBRE EL SENSOR QUE EL DISCRIMINARÀ SEGONS SIGUI
METÀL·LIC O NO, PER A CLASSIFICAR-LO */

int induc = 0;
induc = digitalRead(35);
  Serial.println("classificació");

/*EL SENSOR ESTÀ ACTIVAT I ES DISPOSA A CLASSIFICAR L'OBJECTE ENTRE
METALL I NO METALL*/

if ( induc == HIGH ){

  /*EL SENSOR HA IDENTIFICAT L'OBJECTE COM A METÀL·LIC I EL POSARÀ EN
EL RECIPIENT CORRESPONENT*/
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
    espatlla.write(65);
    for(espatlla41 = 65; espatlla41 <=100 ; espatlla41 +=1){
        espatlla.write(espatlla41);
        delay(20);
    }
    delay(100);
    base.write(100);
    for (base31 = 100; base31 <= 113; base31 += 1){
        base.write(base31);
        delay(70);
    }
    canell.write(45);
    for(canell131 = 45; canell131<= 120; canell131 += 1){
        canell.write(canell131);
        delay(10);
    }
    delay(1000);
    pinça.write(160);
    delay(1000);
    pinça.write(10);
    delay(500);

/* L'OBJECTE HA ESTAT DIPOSITAT EN EL SEU RECIPIENT I EL
ROBOT TORNARÀ A LA SEVA POSICIÓ INICIAL */

    espatlla.write(100);
    for(espatlla51=100; espatlla51<=130; espatlla51 +=1){
        espatlla.write(espatlla51);
        delay(70);
    }
    colze.write(115);
    for(codo51 = 115; codo51>=90; codo51 -=1){
        colze.write(codo51);
        delay(70);
    }
    canell.write(120);
    for(canell41=120; canell41>=5; canell41 -= 1){
        canell.write(canell41);
        delay(20);
    }
    base.write(113);
    for(base41 = 113; base41 >= 10; base41 -= 1){
        base.write(base41);
        delay(70);
    }
} /*LA CLASSIFICACIÓ DE METALLS HA ACABAT I EL ROBOT ES TROBA EN
POSICIÓ DE REPÒS*/

else{ /*EL SENSOR HA IDENTIFICAT L'OBJECTE COM A NO METÀLIC I EL
POSARÀ EN EL RECIPIENT CORRESPONENT*/
```

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

```
    espatlla.write(65);
    for(espatlla42 = 65; espatlla42 <=100 ; espatlla42 +=1){
        espatlla.write(espatlla42);
        delay(70);
    }

    base.write(100);
    for(base32 = 100; base32 <= 136; base32 += 1){
        base.write(base32);
        delay(70);
    }
    canell.write(45);
    for(canell132 = 45; canell132<= 150; canell132 += 1){
        canell.write(canell132);
        delay(10);
    }
    delay(1000);
    pinça.write(160);
    delay(1000);
    pinça.write(10);
    delay(500);

    /* L'OBJECTE S'HA DIPOSITAT EN EL SEU RECIPIENT I EL ROBOT
    TORNARÀ A LA SEVA POSICIÓ INICIAL */

    espatlla.write(100);
    for(espatlla52=100; espatlla52<=130; espatlla52 +=1){
        espatlla.write(espatlla52);
        delay(70);
    }
    colze.write(115);
    for(codo52 = 115; codo52>=90; codo52 -=1){
        colze.write(codo52);
        delay(70);
    }
    canell.write(150);
    for(canell142=150; canell142>=5; canell142 -= 1){
        canell.write(canell142);
        delay(20);
    }
    base.write(136);
    for(base42 = 136; base42 >= 10; base42 -= 1){
        base.write(base42);
        delay(70);
    }

    }/* L'OBJECTE S'HA DIPOSITAT EN EL SEU RECIPIENT I EL ROBOT
    TORNARÀ A LA SEVA POSICIÓ INICIAL */

    }/* AQUÍ ACABA EL PROCÉS DE CLASSIFICACIÓ D'OBJECTES */

}/* AQUESTA ÚLTIMA LÍNIA ENVIA EL PROGRAMA A L'INICI DEL "void loop"
ON S'INICIARÀ EL CICLE DEL PROGRAMA*/
```

2.6.3.3. Evolució del programa:

Aquest programa ha passat per un procés d'elaboració molt extens ja que a l'inici del projecte, els coneixements de programació eren nuls i s'ha necessitat d'un aprenentatge a partir de diferents fonts d'informació.

Inicialment els servo-motors eren programats gràcies a llibreries d'Arduino, programes que habilitaven la programació com que quan es donava una ordre a un servo-motor, aquest anava a la posició desitjada tan ràpidament com era, molt brusquement, es va cercar un moviment més suau per mitjà de la creació de cicles de moviments per graus individuals, formant un moviment progressiu per a cada moviment de cada servo, que eren molt més favorables per la mecànica del braç robot.

Una vegada es va obtenir el moviment desitjat, es va programar el sensor de d'ultrasò, que mesurava la distància entre l'objecte en la cinta transportadora fins a la posició de recollida. Després d'una investigació en llibres d'Arduino, la seva pàgina web oficial i diferents webs de consulta entre aficionats a la programació, es va descobrir el codi a partir del qual extrauria la versió actual després d'un llarg perfeccionament.

L'últim element a ser inclòs en la programació va ser el sensor inductiu, que després de solucionar totes les complicacions en la instal·lació elèctrica, va permetre concloure la programació i així complir amb l'objectiu.

2.6.3.4. Funcionament dels elements controlats per la placa :

Servo-motors:

Un servo és un actuator molt popular en el món de l'electrònica. A diferència d'un motor elèctric, amb un servo-motor podem controlar l'angle de gir i aquest s'encarrega de posicionar-se en l'angle desitjat cosa que els fa molt còmodes d'utilitzar ja que amb altres motors aquesta funció s'ha fer de forma externa. La majoria de servos disposen d'un angle de gir de zero a cent vuitanta graus, per tant no són capaços de fer voltes completes, ja que en el seu mecanisme d'engranatges interior es troben finals de carrera interns que delimiten aquest rang.

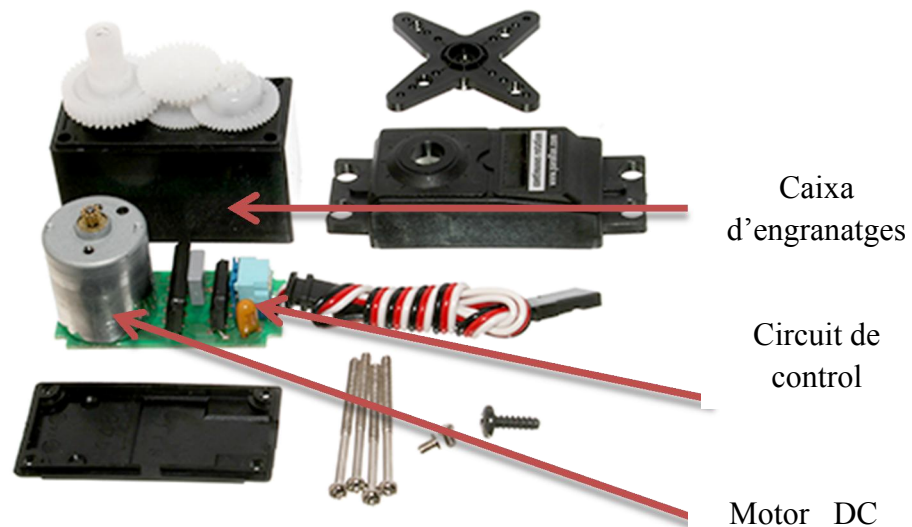
Internament un servo està constituït per un motor de corrent continu, acollat a un reductor per a reduir la velocitat de gir amb l'electrònica necessària per controlar-ne la posició que proporcionen un alt parell de forces i gran precisió que arriba a les dècimes de grau, però les velocitats de gir són petites respecte a altres motors de corrent continua. Els servos admeten una tensió d'entre quatre coma vuit i set coma dos volts però el voltatge amb que millor treballen és amb sis volts, amb una alimentació externa, com per exemple una bateria externa com és el cas del circuit de potència. El robot es troba alimentat per una bateria lipo de dos cel·les amb una tensió de set coma quatre volts i 3600 mAh , major de la requerida per evitar caigudes de tensió i limitada per un regulador de voltatge a sis volts per obtenir-ne la major eficàcia. En cas de no estar alimentats a sis volts, amb un voltatge inferior o no tenir l'amperatge necessari, aquests perden força i velocitat. Si es troben sobrealimentats tendeixen a oscil·lar excessivament cosa que els fa inestables.

Freqüentment es disposa d'un potenciòmetre unit a l'eix del servo que permet reconèixer la posició d'aquest. Aquesta informació és tractada per un controlador integrat que s'encarrega de ajustar el motor per aconseguir la posició desitjada. La comunicació de la posició es realitza mitjançant la transmissió d'una senyal de pols variable PWM des de la placa d 'Arduino, ja mencionada anteriorment, amb un període de vint mil·lisegons que determina la posició del servo.

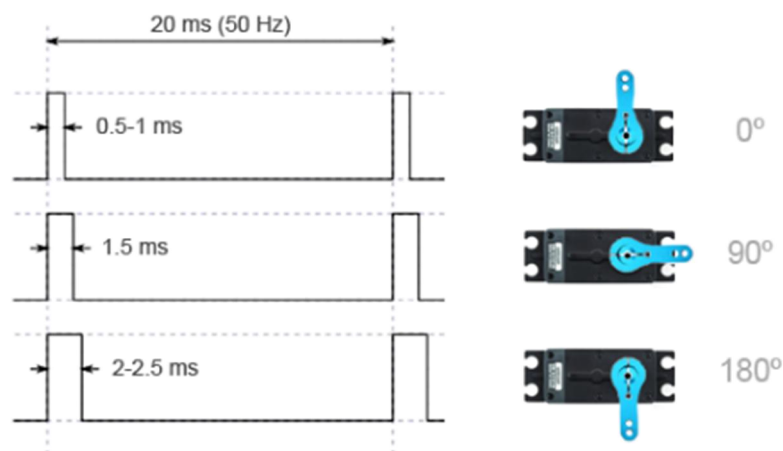
Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

La relació entre l'amplada del pols i l'angle depèn del model del motor, en aquest projecte els servos responen de la següent forma per als angles principals de zero, noranta i cent vuitanta graus:

- Un pols d'entre cinc-cents i mil microsegons correspon a zero graus.
- Un pols de mil cinc-cents microsegons correspon a noranta graus, l'angle de repòs.
- Un pols d'entre dos mil i dos mil cinc-cents microsegons correspon a cent vuitanta graus.



Servo-motor desmuntat per peces.



Variació dels graus d'un servo motor respecte la senyal PWM.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Sensor d'ultrasò:

Per al projecte s'ha fet servir un sensor d'ultrasò, majoritàriament utilitzat per a mesurar distàncies. El seu funcionament es basa en l'emissió d'ones d'alta freqüència, no audible per l'orella humana, durant un temps determinat, en aquest cas mil·lisegons. Per a una major comprensió, aquest sistema és similar a l'utilitzat per ratpenats per orientar-se a l'entorn. Aquest pols rebota als objectes propers i es reflexa en direcció al sensor, que disposa d'un micròfon adequat per la freqüència determinada del mateix sensor. Mesurant el temps entre polsos, coneixent la velocitat del so, podem estimar la distància de l'objecte contra la que ha rebotat l'impuls d'ones ultrasòniques.

Els sensors d'ultrasò són barats i senzills d'utilitzar, en aquest cas el sensor HC-SR04 té un rang de mesurament teòric des de els dos centímetres, fins a quatre metres, però per obtenir una mesura molt més precisa només s'utilitza a la cinta, en una posició fixa per mesurar dels set centímetres fins als cinquanta. Per defecte aquests sensors són de baixa precisió i per tant l'orientació de la superfície pot provocar que l'ona es reflecteixi donant informació errònia, per aquest motiu la superfície de treball del sensor es troba completament lliure d'obstacles que puguin provocar interferències.

El funcionament del sensor es basa en mesurar el temps entre l'emissió i la recepció de l'impuls sonor. Al saber que la velocitat del so és de tres-cents quaranta-tres metres partit segon en condicions estàndards, és a dir: a vint graus, un cinquanta per cent d'humitat i pressió atmosfèrica a nivell del mar, podem transformar a els metres partit segon en centímetres partit segon utilitzant l'operació a continuació:

Velocitat en Sistema Internacional a centímetres/microsegon:

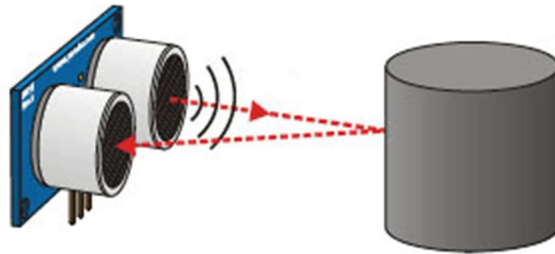
$$Velocitat = 343 \text{ m/s} \cdot 100 \text{ cm/m} \cdot 1/1000000 \text{ s}/\mu\text{s} = 1/29.2 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Per tant, el so tarda vint-i-nou coma dos microsegons en recórrer un centímetre. Finalment per obtenir la distància a partir del temps es necessitarà dividir el temps que es tarda en projectar i rebre el pols en dos (a sobre de la velocitat del so en les unitats apropiades que hem calculat anteriorment) perquè s'ha mesurat el temps que tarda el pols en anar i tornar, per tant la distància recorreguda pel pols és el doble de la que es necessita mesurar.

$$\text{Temps} = 2 * (\text{Distància} / \text{Velocitat})$$

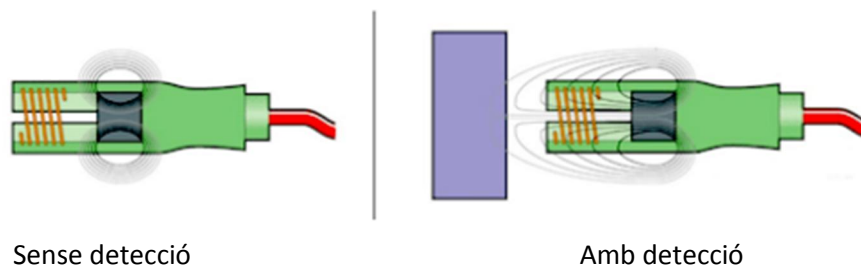
$$\text{Distància} = \text{Temps} \cdot \text{Velocitat} / 2$$



Representació del funcionament del sensor d'ultrasò.

Sensor inductiu:

Un sensor inductiu és un sensor de proximitat dissenyat per detectar objectes metàl·lics. Aquest tipus de sensors, internament disposen d'un generador de camp magnètic i una bobina inductora que detecta el camp generat pel propi sensor. La presència d'un objecte metàl·lic modifica el camp induït, ja que al tenir menys resistència magnètica (reluctància) el camp magnètic "s'allarga", incrementant la corrent induïda en la bobina sensora. Aquest camp magnètic és detectat per l'electrònica del sensor, activant així la senyal de sortida quan es detecta un metall. Al tenir dos estats, també són anomenats interruptors inductius de proximitat. En aquest projecte el sensor utilitzat és: XS1N05PA310. És de tipus normalment obert, es a dir, quan no hi ha detecció envia la senyal LOW i quan hi ha detecció envia la senyal HIGH.



El rang de detecció depèn del metall detectat, però generalment són rangs d'entre zero i dos mil·límetres. Aquest tipus de sensors són molt robustos en ambients industrials en presència de brutícia i pols, per aquest motiu són molt comuns en l'àmbit de les automatitzacions industrials.



⚠ En cas d'alimentar el sensor de forma externa al circuit de control cal complir els següents requisits:

- Cal connectar totes les senyals de negatiu, per tenir una senyal a terra comuna.
- Per a aquest sensor en concret és necessari connectar el negatiu i la senyal amb una resistència de 2 kOhms per descarregar totalment la senyal quan no hi ha detecció i obtenir una senyal fiable.

Relé:

Un relé és un dispositiu electromecànic que permet a un processador com Arduino controlar càrregues amb nivells de tensió i intensitat molt superiors a les que la seva electrònica pot suportar.

Les sortides del relé són molt freqüents en el camp de l'automatització de processos i pràcticament tots els autòmats inclouen sortides per relé per accionar càrregues com motors, bombes, climatitzadors, il·luminació o qualsevol tipus d'instal·lació o maquinària. Físicament un relé es comporta com un interruptor "convencional" però, que en lloc de accionar-se manualment, s'activa de forma electrònica. Els relés són aptes per accionar càrregues tant de corrent alterna com de corrent contínua.

El relé disposa de dos circuits:

- El circuit primari: es connecta a l'electrònica de baixa tensió, en aquest cas Arduino i rep la senyal d'encès i apagat.
- El circuit secundari: es l'interruptor d'encendre o apagar la càrrega.

Al ser dispositius electromecànics que requereixen el moviment de components interns per al seu funcionament, el temps de commutació d'un relé és elevat, es a dir 10 mil·lisegons.

Com a conseqüència els relés no poden utilitzar-se amb senyals PWM, ni cap altre tipus de freqüències mitjanes-altes. En cas de tenir la necessitat, cal utilitzar un altre dispositiu, com per exemple un transistor o un relé d'estat sòlid.

El funcionament d'un relé es basa en:

El circuit primari d'un relé, que rep la senyal de l'electrònica de baixa tensió, està format per una bobina enrotllada a un nucli metàl·lic, formant un electroimant.

El circuit secundari, encarregat d'alimentar la càrrega, està format per uns contactes elèctrics instal·lats en làmines de metall flexible.

Tots aquests elements es troben fixats a una base aïllant i rodejats d'un material evolvent, per impedir que hi hagi contacte elèctric entre els diferents terminals o amb l'exterior.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

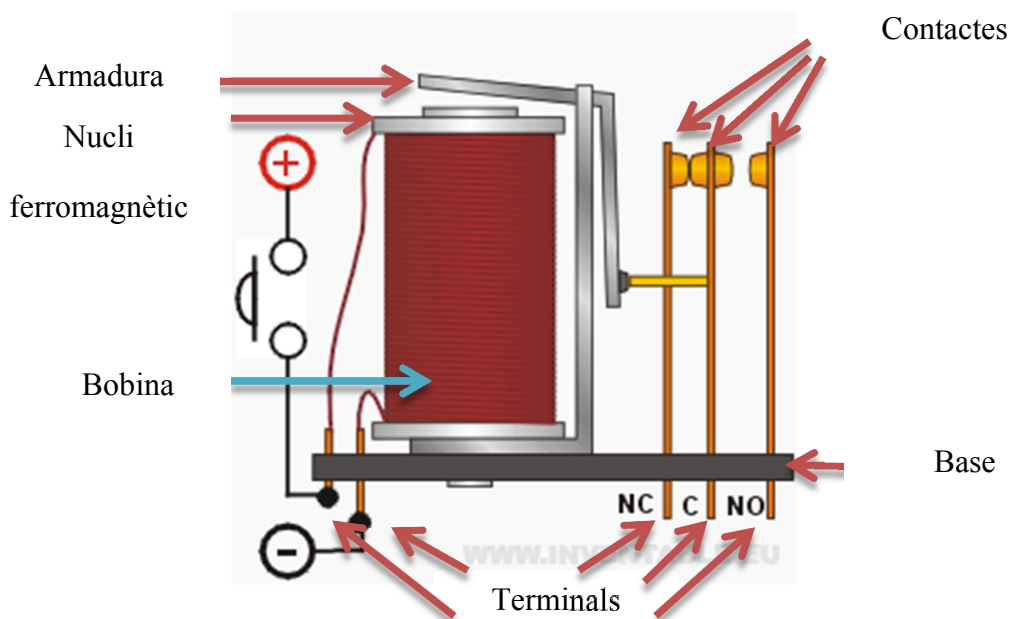
D'aquests contactes un o dos són contactes fixes, mentre que el restant és un contacte mòbil encarregat de tancar el circuit amb un dels contactes fixos.

Els relés normalment disposen de tres contactes en el circuit secundari: C (comú), NO (normalment obert) i NC (normalment tancat), encara que alguns models prescindeixin del terminal NC. Quan s'activa el relé, la corrent circula per la bobina del circuit primari generant un camp magnètic que fa pivotar una armadura, que al mateix temps desplaça el contacte mòbil, tancant el circuit amb el contacte NO, mentre es separa i obre el circuit NC.

Quan la corrent del circuit primari s'atura, el contacte mòbil retorna a la seva posició original, obrint el circuit NO i tancant el circuit amb NC.

Per tant per controlar la càrrega cal connectar un dels pols al contacte comú C i l'altre a un dels dos terminals NO o NC, en funció del circuit que vulguem obtenir.

- El terminal NO (normalment obert) es troba aïllat de C quan el relé està apagat i connectat quan el relé està encès.
- El terminal NC (normalment tancat) es troba connectat a C quan el relé està apagat i aïllat quan el relé està encès.



Imatge d'un relé amb la senyalització dels contactes que conté.

3. Recerca experimental:



Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

3.1. Mecànica.

3.1.1. Disseny bàsic:

El disseny inicial del projecte, es basava en un braç robot format per una base giratòria, i tres seccions articulades, les quals formarien el braç en sí i la pinça. Els requisits que es volien complir eren els següents:

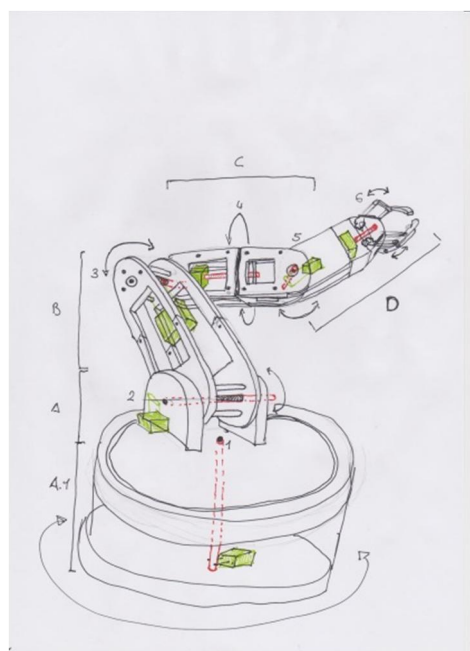
L'exterior del robot havia de ser tancat, de forma que contingués els diferents elements en el seu interior per motius de seguretat.

Els components que anaven a dotar de moviment al sistema en primer moment eren motors pas a pas, que mitjançant una transmissió per engranatges, tindrien la possibilitat de transmetre un moviment de 360° a les diferents seccions articulades.

Per aconseguir aquest rang de moviment, les seccions havien d'estar desalineades longitudinalment, es a dir, cada nou segment havia de trobar-se en el lateral de l'anterior.

La pinça original estava formada per tres mordasses que mogudes per un motor mitjançant un eix sense fi, donava lloc al moviment de les articulacions. Per assegurar la millor captació de l'objecte desitjat estarien situades a 120 graus cadascuna.

El conjunt de peces anaven a ser impreses en 3D, utilitzant d'impressora de l'institut. El material que anava a ser utilitzat era un polímer anomenat PLA.



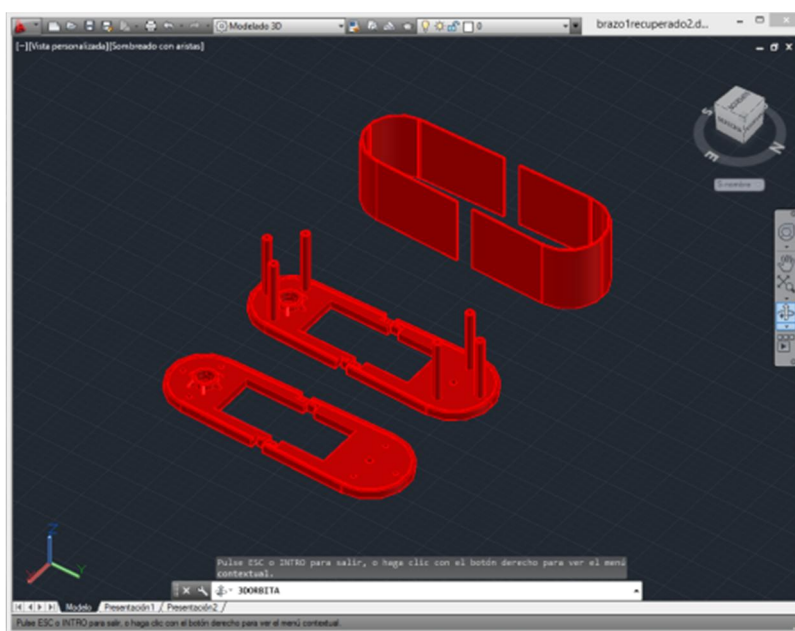
Esbós del disseny inicial.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

La construcció d'aquest robot s'ha dut a terme de forma empírica, es a dir, segons assaig-errada. Després d'una consulta exhaustiva de prototips i plànols de robots, no n'hi havia cap a l'abast del projecte que es volia crear i per tant tot el prototip s'ha creat des de zero.

3.1.2. Primer Prototip

El material inicial per la construcció del robot anava a ser un polímer anomenat PLA, àcid polilàctic, utilitzat a les impressores 3D, d'on es pretenia originar les peces. El disseny inicial va ser modificat, transformant l'exterior tancat a un exterior obert, format per dues plaques laterals i separadors, que facilitava l'accés als components del seu interior. Al dissenyar el robot mitjançant un programa informàtic, les plaques laterals incloïen les cavitats per als rodaments dels eixos de les transmissions. Les seccions del robot van ser reduïdes de tres a dos seccions, incloent en la segona el moviment axial. D'aquest disseny solament es van construir la primera secció del braç, que al ser de gran tamany va haver de ser impresa per seccions i el suport del primer servo. Els motius pels que es va descartar, van ser: el material no suportava les forces de flexió i torsió necessàries, ja que per a que les poguessin suportar havien de ser d'un gruix i pes excessiu, canviant el material a fusta.



Plànols del 1r prototip en AutoCad 3D



Peces impreses en 3D a partir dels plànols.

3.1.3. Segon Prototip

Amb la fusta es va aconseguir reproduir la primera i segona secció dels plànols, es a dir, les corresponents al braç i avant braç del disseny inicial. A les que es van afegir transmissions per engranatges amb els que mitjançant un mecanisme reductor, es pretenia obtenir un major parell de força. Per estalviar pes innecessari en els extrems i evitar parell de força, era necessari alleugerar la peça fent forats, fet que també posava en risc la integritat d'aquesta, descartant també els rodaments que havien de suportar els eixos.



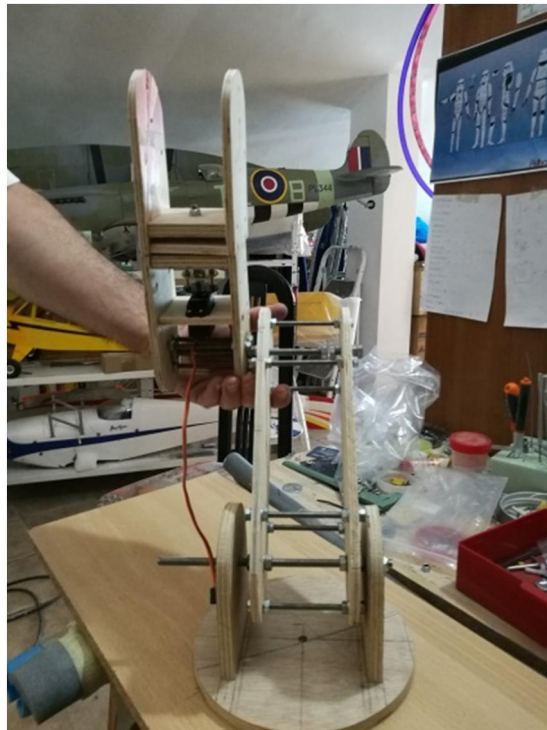
Suport del servo-motor imprès en 3D.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?



Evolució dels diferents suports dels servo-motors

Per protegir la fusta del fregament amb els eixos metàl·lics, que eren roscats i estaven en continu contacte amb aquesta, provocant un joc que podia desestabilitzar el robot, es van incorporar fundes metàl·liques.



Primera i segona secció del 2n prototip muntades.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

També van ser descartats els motors pas a pas perquè aquests pesaven més del compte, cada motor en particular necessitava el seu propi *driver* de control i al no tenir un suficient parell de força, també requerien d'una caixa d'engranatges per a la transmissió. Els motors pas a pas van ser substituïts per servo-motors, que encara que no tinguessin la capacitat de donar el mateix rang de gir, sí tenien un major parell motor, pesaven molt menys i ocupaven un espai molt més reduït.

Aquest segon disseny es va descartar per diferents motius: la fusta en qüestió era un contraplacat de diverses làmines de fusta, per tant la relació entre resistència de material i pes no era la òptima i no es podien formar peces amb formes complexes.



2n prototip amb transmissions d'engranatge i varetes.

3.1.4. Tercer Prototip

Finalment es va decidir que les seccions del braç es farien d'alumini, que es més resistent al desgast i la relació de la resistència mecànica amb el pes era molt més favorable. En un primer moment es van recrear totes les peces d'alumini segons els plànols afegint transmissions, suports de servos, inicialment de plàstic i travessers que mantenien la rigidesa de l'estructura. En canvi la secció de la base i l'espatlla es van construir en fusta, que és més gruixuda ja que no són peces mòbils i havien de suportar molt de pes. Posteriorment es van afegir servos, amb un parell de força de 12000 N·m. Aquests anaven fixats al braç en bancades metàl·liques que eren molt més lleugeres, substituint a les de fusta, que eren una evolució de les de plàstic. En el moment de transmetre el moviment entre les seccions, no hi havia resposta ja que eren capaços de deformar el mecanisme, fent saltar els engranatges abans de aconseguir moure les articulacions.

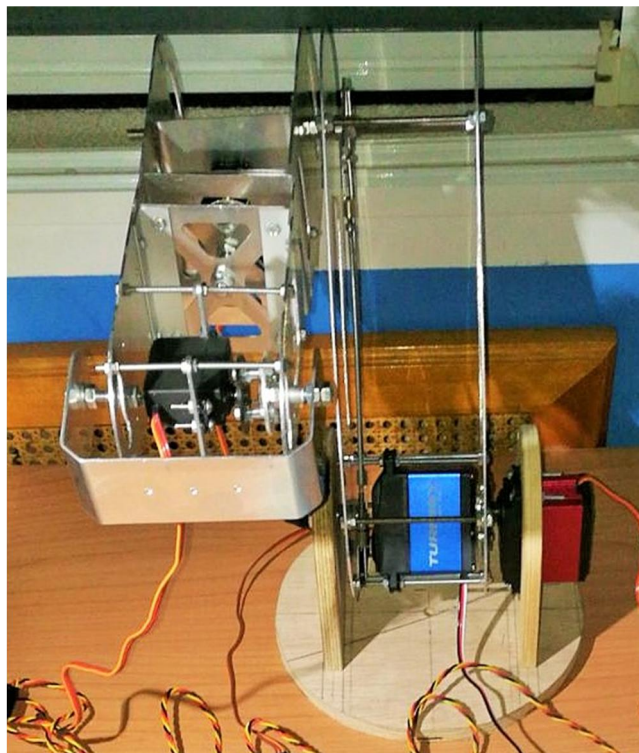


Imatges del primer prototip de pinça, incorporada al braç i en detall.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

3.1.4.1. Millores aplicades

A causa de que els primers servo motors de 12000 N·m , que van ser fixats directament a les seccions del braç, formant transmissions directes, no eren capaços de moure el braç es van substituir per tres servo-motors amb un parell de força de 35000 N·m cadascun, aconseguint un moviment fluid, utilitzant els eixos els nous servo-motors com a eixos de gir en l'espatlla i en la base, en canvi al colze, el servo està situat en la posició més baixa per evitar que el seu pes incrementés el parell de forces. En l'extrem del prototip, identificat com a canell, es va afegir la pinça. El disseny inicial de la pinça amb tres mordasses va ser substituït per un disseny amb una pinça de dues mordasses ja que no es disposava de les eines adequades per construir les peces amb la qualitat necessària per evitar el mal funcionament d'aquesta. El canvi al nou disseny era molt més senzill, on les mordasses es trobaven impulsades per una sola baula, gràcies a l'acció d'un servo motor. Aquesta pinça tenia un tancament axial, es a dir, a mesura que tancava la pinça les mordasses avançaven linealment i quan obria, aquestes retrocedien.

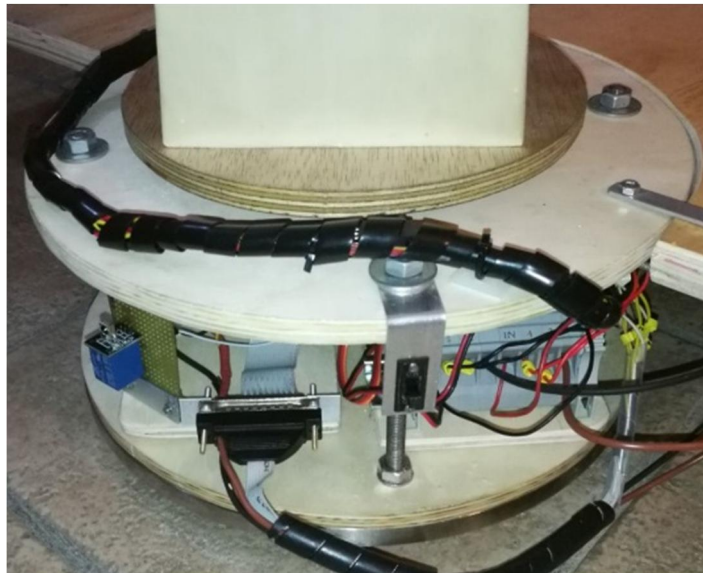


Imatge dels servo-motors de 35000N·m (blau i vermell a la dreta de la imatge)

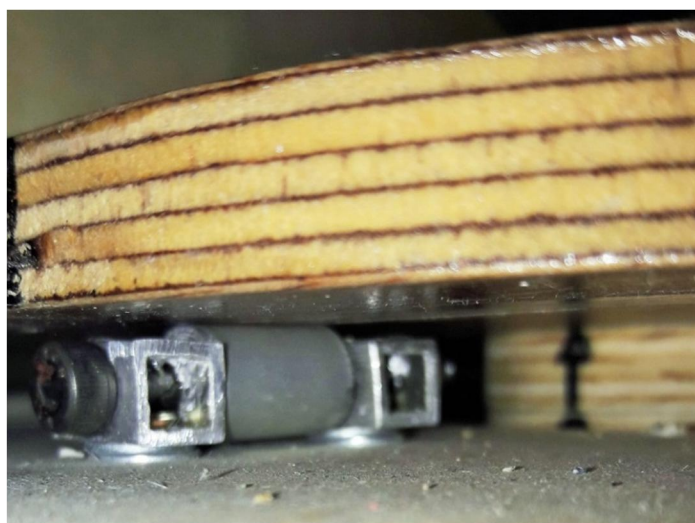
Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

3.1.5. Quart Prototip

Després d'una llarga evolució en el disseny del robot, es va construir la base sobre la que treballa. Està formada per tres discos de 28 centímetres de diàmetre: dos de fusta i un disc d'acer inoxidable de cinc quilograms. Aquests discs es troben units entre sí, amb quatre barres roscades i fixats mitjançant femelles als extrems de cada disc. La funcionalitat de cada disc és específica. El disc superior es l'encarregat de suportar l'estructura principal que gira sobre aquest gràcies a uns corròs d'alumini que no només faciliten el gir sinó que reparteixen el pes de l'estructura. El segon té com a funció contenir les diferents plaques amb els circuits elèctrics de control i potència. Finalment l'últim, és un disc d'acer el qual només s'utilitza per baixar el centre de gravetat, afegint pes a la base a l'altura més baixa possible i donar estabilitat al conjunt.



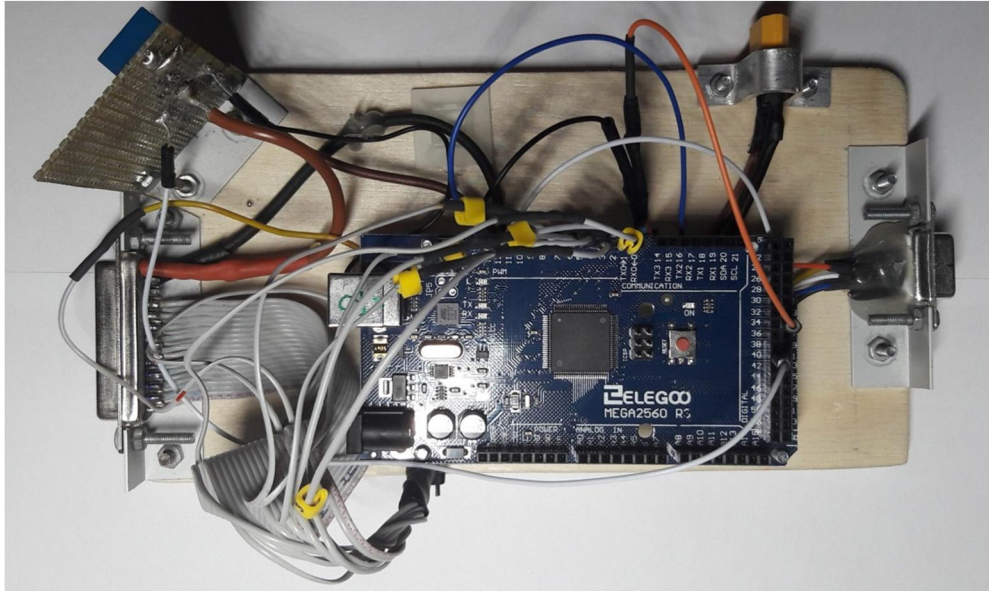
Imatge de les diferents parts de la base



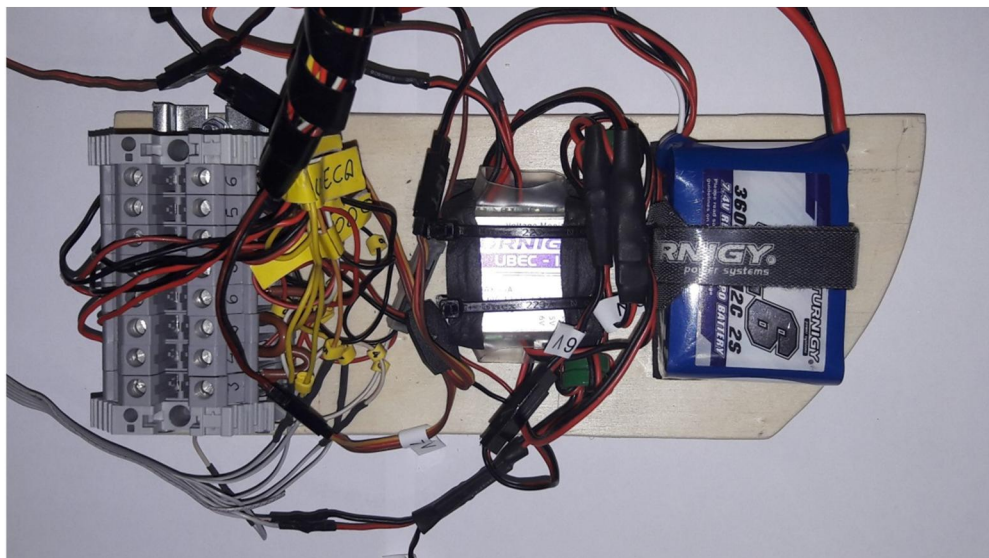
Imatge en detall d'un corró d'alumini.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Posteriorment es van afegir dues plaques, una de control i l'altra de potència. A la placa de control s'hi emmagatzemen els elements elèctrics que gestionen les senyals de comandament als servos, als sensors i al motor de la cinta transportadora. En canvi al circuit de potència s'hi concentren tots els elements que regulen i alimenten els diferents components del robot.



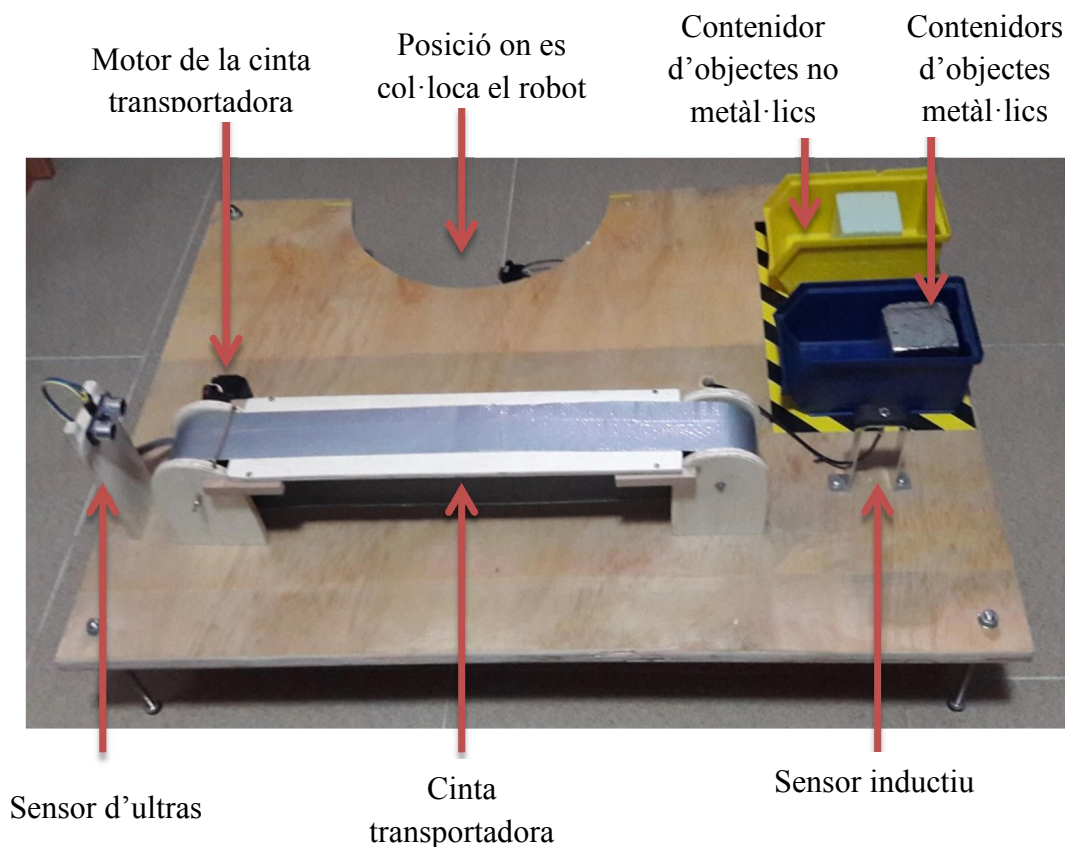
Fotografia de la placa de control del robot.



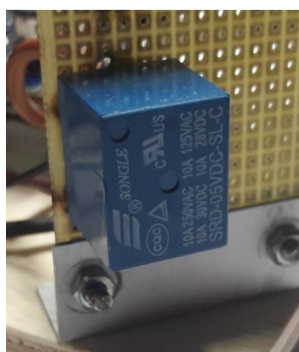
Imatge de la placa de potencia del robot.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Finalment es va incorporar una taula sobre la que el robot estava destinat a operar. Aquesta taula està modificada per tal que el robot tingui la major llibertat de moviment possible en el moment d'operar. En aquesta taula es troben diferents elements: una cinta transportadora que portarà els elements (cubs) al punt de recollida del braç, indicat pel sensor de distància, un suport amb un sensor inductiu encarregat de discriminar els objectes segons el seu material i dos contenidors en els que es farà la corresponent classificació.



Imatge de la taula sobre la que opera el robot.



Imatge en detall del relé que activa la cinta transportadora

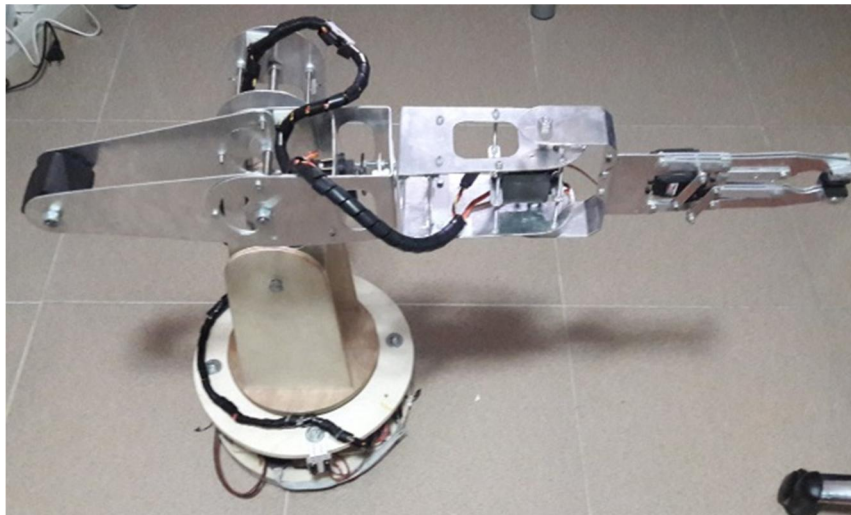
Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

3.1.5.1. Millores aplicades:

Les últimes modificacions del robot van ser:

- **Contrapesos:**

A les seccions del braç i del avantbraç, es van afegir contrapesos, ja que els servo-motors sofrien sobreesforços i un escalfament excessiu. Per aquest motiu, es va buscar el parell de força de cada secció individualment, en primer lloc del avantbraç i posteriorment del braç, tenint en compte el pes de l'avantbraç i el seu corresponent contrapès en un dels extrems, determinant la distància a la que s'havia de posar un contrapès de plom per reduir al mínim la suma de moments i així equilibrar el conjunt. Amb aquest equilibri en les seccions, els servos solament han de transmetre el moviment i per tant és més senzill mantenir l'estabilitat.



Imatge de l'avantbraç amb el seu contrapès.



Imatge dels contrapesos del braç i l'avantbraç.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

- **Tirants:**

Després d'afegir els contrapesos, les forces de flexió i torsió eren majors en la secció del braç principal, degut a que la segona secció es troba en un dels laterals. Per aquesta raó es van afegir tirants, que donen rigidesa, amb un pes mínim i es va substituir el seu eix de mètrica sis per un de mètrica vuit ja que ha de suportar les forces de flexió que provoca tot l'avantbraç.

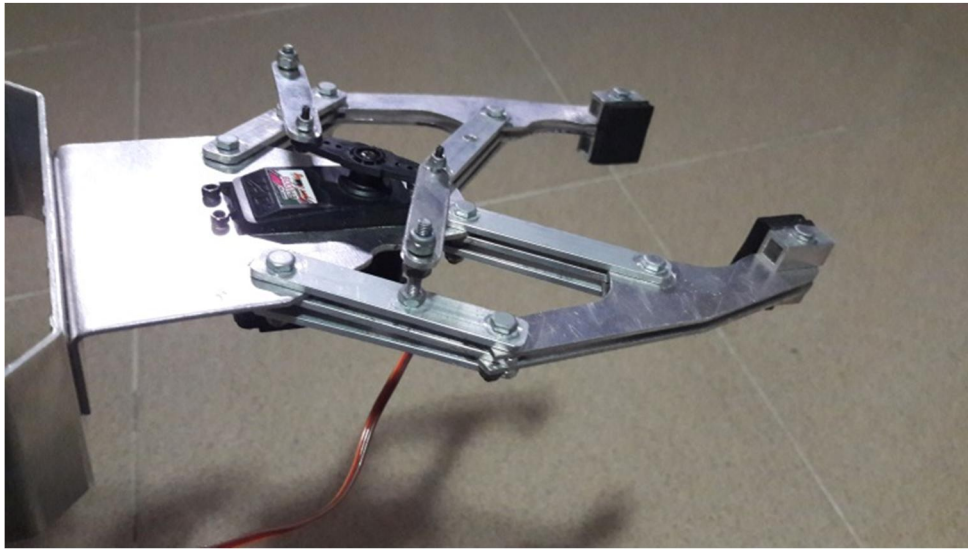


Imatge dels tirants que donen rigidesa a l'estructura.

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

- **Pinça:**

La pinça que es va instal·lar en un primer moment estava formada per làmines d'alumini d'un mil·límetre i mig de grossor que no eren pràctiques al moment d'agafar un objecte, a més, la pinça no tenia la capacitat de captar un objecte amb la fermesa suficient perquè estava accionada per una sola baula. Per evitar tots aquests inconvenients, es va remodelar per complet, creant un disseny en el que el servo-motor encarregat d'accionar la pinça transmetés el moviment amb una baula independent per a cada mordassa. Les mordasses també havien sigut remodelades i construïdes per dues làmines d'alumini amb una separació interna i als extrems s'hi han afegit extensions per augmentar al superfície de contacte de la mordassa amb els objectes (cubs). Per evitar fer malbé les superfícies dels objectes, les mordasses es troben recobertes d'espuma de neoprè.

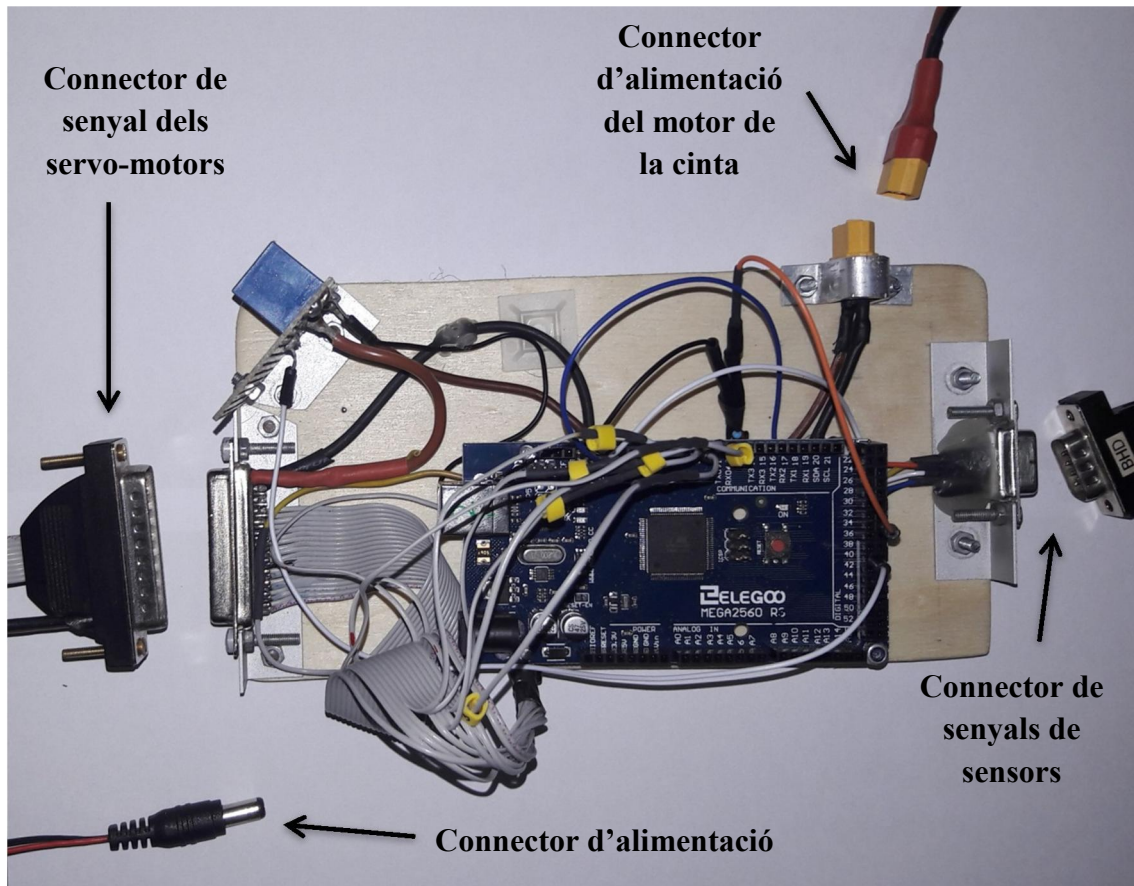


Imatge de la pinça del robot

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

- Connectors en les plàques:

Degut a la complexitat dels sistemes de cablat i a la necessitat d'una bona accessibilitat en cas d'averia, s'han donat a lloc la necessitat de que tot el sistema elèctric sigui modular, es a dir, està compost per diferents seccions que es troben unides per connectors, a través dels quals passen les senyals dels sensors, servo-motors, la placa Arduino Mega i els circuits de potència.



Fotografia dels diferents connectors que formen els mòduls del sistema.

3.2. Instal·lació elèctrica:

Aquest sistema es troba alimentat per una bateria de liti polímer (lipo) de dos cel·les de 3.7 volts, per tant dona un voltatge total de 7,4 volts i 36000 mAh de capacitat. Es compon per tres nivells de voltatge.

➤ **Circuits de 7,4 volts:**

Circuit de control:

La placa Arduino està alimentada directament des de la bateria, ja que aquesta li proporciona una alimentació òptima. És necessari alimentar-la de forma externa donat que durant l'etapa de programació era alimentada des de l'ordinador amb un voltatge de 5 volts fent que la placa no fos estable.

Circuit de potència:

Al motor de la cinta transportadora se li subministra corrent directament de la bateria degut a que requereix de gran consum, s'ha separat aquest element del circuit de potència de 6 volts per evitar interferències amb les senyals dels servo-motors. Per controlar el cicle de funcionament del motor, s'utilitza un relé com a interruptor del circuit controlat des de la placa Arduino.

➤ **Circuit de 6 volts:**

En aquest voltatge es troba alimentat el circuit de potència dels servo-motors que permeten el moviment al braç robot. Aquest circuit està compost per un interruptor de seguretat, que apaga tots els servo-motors en cas de que sigui necessari, un regulador de voltatge que redueix els 7,4 volts de la bateria a 6 volts estables, que és el nivell òptim per al seu funcionament i els sis servos.

➤ **Circuit de 5 volts:**

Aquest circuit comença des de la sortida del regulador de 6 volts a un segon regulador de 5 volts, que alimenta al sensor inductiu i al sensor d'ultrasò. Aquests es podrien trobar alimentats per la placa Arduino, que també té una sortida de voltatge a 5 volts però no té el suficient amperatge per als dos sensors ja que solament subministra 40 mAh.

3.2.1. Evolució del sistema elèctric:

Originalment el cablejat estava format per una placa Arduino Uno, sis servo-motors i un sensor de distància. El conjunt estava alimentat utilitzant el port sèrie de la targeta Arduino, que no era capaç de donar la suficient alimentació a tots els elements que es trobaven connectats.

Posteriorment, després de canviar la targeta Arduino Uno per una targeta Arduino Mega i d'aconseguir un conjunt de connectors amb els que alimentar tots els servos, els cables es cremaven degut a la intensitat aquests requerien i que no podien suportar. La placa Arduino Mega va haver de ser substituïda per una del mateix model ja que un dia en que s'estaven fent proves de programació de sobte va deixar de funcionar. També es de canviar el cablejat per on no passaven ni la intensitat ni voltatge suficient, es van soldar tots els cables als connectors, que al ser antics, van donar molts problemes amb les soldadures però després d'una sèrie d'intents es va aconseguir. Un pas molt important després de qualsevol soldadura era comprovar la continuïtat de la secció.

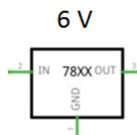
Després d'afegir la bateria que aconseguia alimentar el conjunt amb els reguladors corresponents a les noves plaques de potència, es va afegir el sensor inductiu, que per afegir dificultat al muntatge, no tenia cap tipus d'instrucció de muntatge, solament la indicació del cablejat. Aquest fet va provocar que en les posteriors proves de muntatge fossin errònies sempre i quan el *tester* no estigués connectat. Per tant solament va ser necessari connectar una resistència equivalent a la que produïa el *tester* entre els cables de negatiu i senyal per poder solucionar el problema (*veure explicació del sensor inductiu*).

Finalment, quan tot el cablejat es trobava instal·lat, els cables de senyal dels servo-motors i els cables que alimentaven el motor continu de la cinta transportadora estaven en contacte. Això va provocar que quan s'alimentava el motor de la cinta transportadora, mitjançant inducció, els servo-motors captaven senyals errònies. La solució va ser mantenir els cables d'alimentació, que podien portar aquest tipus de problemes, allunyats dels cables de senyal per aconseguir arribar al disseny actual.

3.2.2. Esquema elèctric:

A continuació es presenta la llegenda dels diferents elements de l'esquema elèctric que es troba a la pàgina següent.

1. Correspon al servo-motor que mou l'espatlla.
2. Correspon al servo-motor que mou el canell.
3. Correspon al servo-motor que mou l'avantbraç.
4. Correspon al servo-motor que mou el colze.
5. Correspon al servo-motor que mou la pinça.
6. Correspon al servo-motor que mou la base.

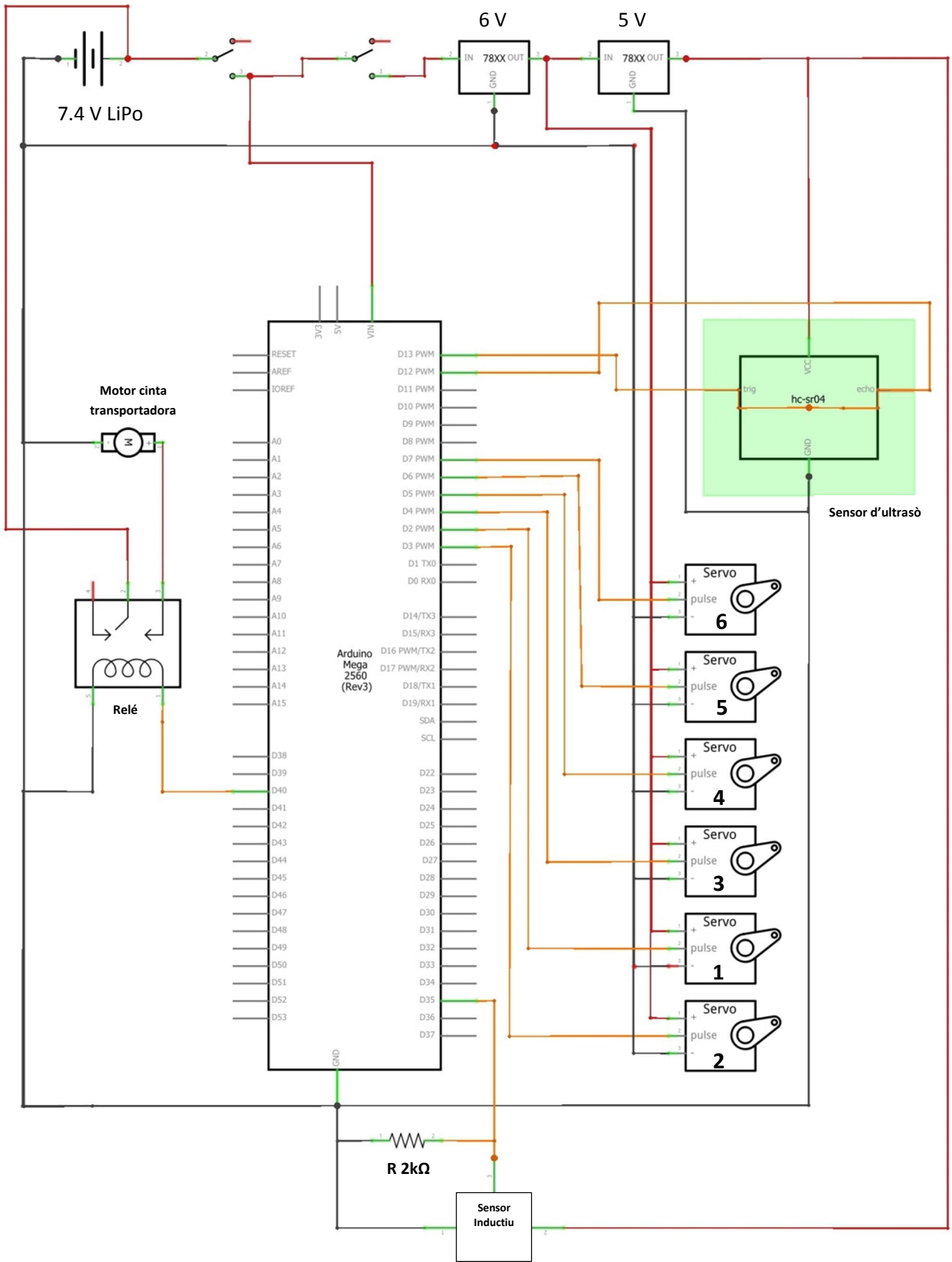


Regulador de voltatge seleccionable a 6 o 5 volts.

S'ha utilitzat l'aplicació Fritzing per elaborar l'esquema del cablejat de la forma més nítida possible, a les llibreries d'aquest programa es troben simbolitzats els diferents components elèctrics, només és necessari escollir-los i interconnectar-los.

En aquest cas no s'han trobat els símbols de tots els components utilitzats i per tant s'han utilitzat símbols genèrics per representar-los (reguladors de voltatge, sensor inductiu i relé).

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?



fritzing

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

4. Conclusió:

Aquest treball m'ha ensenyat que tot projecte comporta un esforç considerable i aquest treball en específic, sent majoritàriament pràctic, ha requerit de proves de manera continuada. Cosa que des d'un principi era totalment infravalorada per mi i que he anat valorant a base de repetició i repetició.

El títol "Construcció d'un braç robòtic, somni o malson" té origen en el procés de muntatge i programació. Durant aquest procés que literalment ha costat sang suor i llàgrimes, fa referència al "malson", on he après a apreciar el treball que realment comporta aconseguir qualsevol objectiu. Per altra banda el "somni" del títol, és el punt final on em trobo actualment, després d'haver aconseguit l'objectiu que m'havia proposat d'es d'un principi i del qual em sento orgullós.

Aquest projecte ha sigut una experiència totalment nova per mi. Durant tot el temps que he estat fent el treball, he estat aprenent de forma contínua sobre un àmbit que m'agrada, on em sento còmode i on espero, algun dia, poder trobar un ofici per dedicar-m'hi professionalment.

5. Agraïments:

A Angel Garcia, el meu pare, per haver-me ajudat durant el procés de muntatge amb els materials i eines utilitzades. Per tot el temps que ha estat al meu costat en el disseny del braç robòtic, com en la col·laboració amb d'instal·lació elèctrica gràcies als seus coneixements en electricitat. I no menys important, contrastar sempre el seu punt de vista amb el meu i ensenyar-me tot el que he necessitat aprendre per tal d'arribar on em trobo actualment.

A la meva mare, Montse Tremosa, per aconseguir la col·laboració de la Lidia Magrané i al meu tiet Lluís Tremosa per permetrem contactar amb Vicente Baz, que es dedica a la robòtica a nivell industrial, que em va clarificar alguns dels conceptes principals de la robòtica industrial i posar-me els peus a terra.

A la Lidia Magrané, haver-me ajudat en l'aprenentatge d'Arduino per poder-lo entendre i aconseguir així desenvolupar el meu propi programa.

A Enric Hernandez per aclarir-me conceptes elèctrics i ajudar-me a traspasar la programació d'Arduino al treball, mantenint la forma original per a la seva millor comprensió.

Al meu tiet, Josep A. Garcia, pel subministrament de material i coneixements elèctrics.

Al meu tutor, Francesc Serra per les primeres peces impreses en 3D, les correccions i suggeriments per millorar la presentació del treball.

6. Bibliografia:

<http://h30467.www3.hp.com/t5/Hardware-para-notebooks/Puedo-integrarle-una-tarjeta-grafica-a-mi-laptop/td-p/74969>

Instructables [en línia]. [consultat : 18 de Juny de 2017]. Disponible a internet:
<http://www.instructables.com/howto/robot/>

Arduino [en línia]. [consultat: 22 juny de 2107]. Disponible a internet:
<http://forum.arduino.cc/index.php?topic=256280.0>

Como hacer [en línia]. [consultat: 25 juny de 2017]. Disponible a internet:
<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

Arduino [en línia]. [consultat: 25 juny de 2107]. Disponible a internet::
<http://playground.arduino.cc/Es/Guias>

Arduino [en línia]. [consultat: 26 juny de 2107]. Disponible a internet:
<http://playground.arduino.cc/ArduinoNotebookTraduccion/Structure>

El profe garcia [en línia]. [consultat: 27juny de 2107]. Disponible a internet:
<http://elprofegarcia.com/>

Arduino [en línia]. [consultat: 27 juny de 2107]. Disponible a internet:
<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>

Arduino [en línia]. [consultat: 28 juny de 2107]. Disponible a internet:
<https://create.arduino.cc/projecthub/search?q=control+servo+by+distance+sensor>

Dropbox [en línia]. [consultat: 28 juny de 2107]. Disponible a internet:
[https://www.dropbox.com/s/1b09krmft6kuc7h/Sensor distancia Ultrasonido.txt](https://www.dropbox.com/s/1b09krmft6kuc7h/Sensor%20distancia%20Ultrasonido.txt)

Tu electrónica [en línia]. [consultat: 1 juliol de 2107]. Disponible a internet:
<http://www.tuelectronica.es/tutoriales/arduino/radar-con-arduino.html>

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Amazon [en línia]. [consultat: 2 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://www.amazon.es/Cablematic-giratoria-manual-Plataforma-rotatoria/dp/B00JFYFEQM/ref=lp_1383588031_1_3?s=electronics-accessories&ie=UTF8&qid=1498056931&sr=1-3-spons&psc=1

Cetronic [en línia]. [consultat: 3 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=151185018&cPath=1339>

Manueldelgadocrespo [en línia]. [consultat: 4 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://manueldelgadocrespo.blogspot.com.es/p/arduino-mega-2560.html>

Platea [en línia]. [consultat: 5 juliol de 2107]. Disponible a internet:

http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/historia.htm

Definición de [en línia]. [consultat: 5 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://definicion.de/robotica/>

Roboticspot [en línia]. [consultat: 6 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://www.roboticspot.com/especial/historia/his2004b.php>

Brazo robótico 2 [en línia]. [consultat: 6 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://brazorobotico2.blogspot.com.es/2015/08/evolucion-y-origen.html>

Wikipedia [en línia]. [consultat: 7 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://es.wikipedia.org/wiki/Tres_leyes_de_la_rob%C3%B3tica

Kio4 [en línia]. [consultat: 7 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://kio4.com/arduino/26infrarrojo.htm>

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Learn Adafruit [en línia]. [consultat: 7 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://learn.adafruit.com/ir-sensor/reading-ir-commands>

Tutorial cytron [en línia]. [consultat: 8 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://tutorial.cytron.io/2012/08/01/identify-terminal-pins-of-a-relay-without-reference-to-datasheet-2/>

Easyeda [en línia]. [consultat: 10 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://easyeda.com/component/RELAY_SRD_05VDC_SL_C_shield-75ae6b87fee34db2b043a5d0ba43fade

Tech yeesiang [en línia]. [consultat: 10 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://tech.yeesiang.com/control-real-devices-using-relay/>

Arduino [en línia]. [consultat: 12 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://www.arduino.cc/en/Reference/Goto>

Het-pro [en línia]. [consultat: 12 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-inductivo/>

Openwebinars [en línia]. [consultat: 13 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://openwebinars.net/blog/tutorial-arduino-entradas-analogicas-y-digitales/>

Google [en línia]. [consultat: 14 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://www.google.es/search?q=sensor+inductivo&rlz=1C1YUOF_esES739ES739&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjTwpqLypbXAhWJBsAKHdLUA4wQAUICigB&biw=1777&bih=882 - imgsrc=FSL4QAmh9RITMM:

Luis llamas [en línia]. [consultat: 16 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://www.luisllamas.es/detector-de-metales-con-arduino-y-sensor-inductivo/>

Construcció d'un braç robòtic, somni o malson?

Wikipedia [en línia]. [consultat: 18 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo

Arduino [en línia]. [consultat: 20 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=130245.0>

Google [en línia]. [consultat: 22 juliol de 2107]. Disponible a internet:

https://www.google.es/search?q=sensor+inductivo+en+arduino&rlz=1C1YUOF_esES739ES739&oq=sensor+inductivo+en+arduino&aqs=chrome.1.69i57j0l3.10198j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Luis llamas [en línia]. [consultat: 26 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>

Open circuit [en línia]. [consultat: 28 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000064/LJ12A3.pdf>

Sapiens man [en línia]. [consultat: 29 agost de 2107]. Disponible a internet:

http://www.sapiensman.com/tecnoficio/soldadura/soldadura_robotica1.php

Arduino [en línia]. [consultat: 29 juliol de 2107]. Disponible a internet:

<http://arduino.cl/que-es-arduino/>

Arduino [en línia]. [consultat: 27 desembre de 2107]. Disponible a internet:

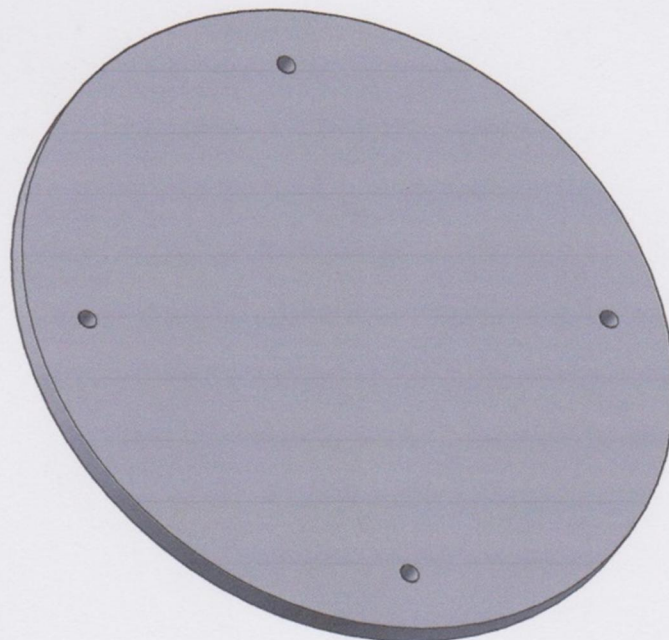
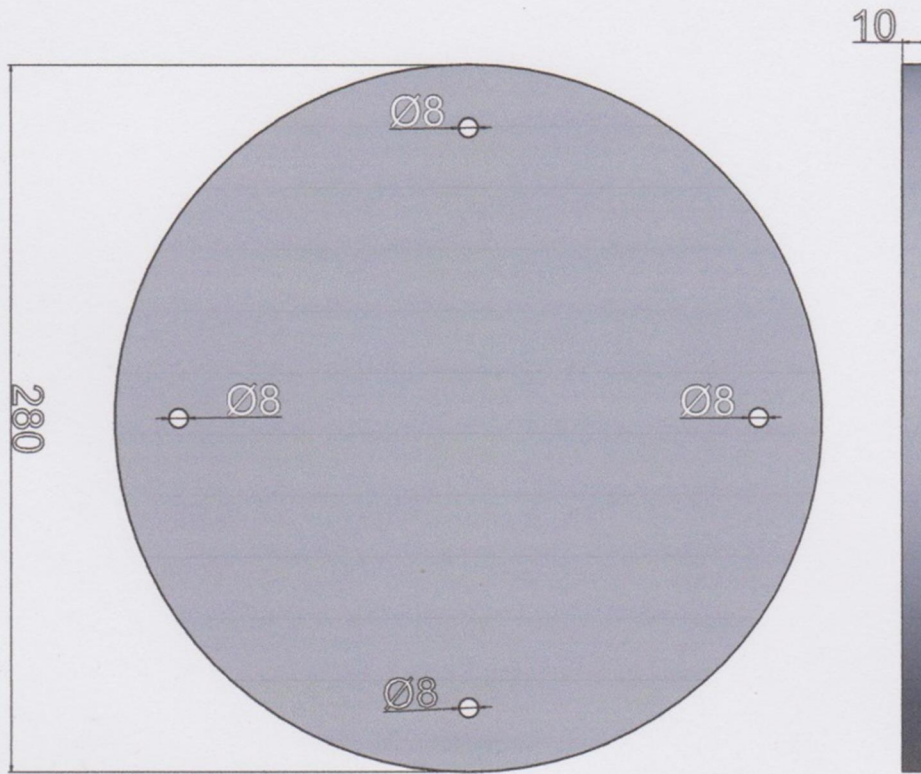
<https://programarfacil.com/podcast/26-arduino-entradas-y-salidas/>

Fritzing [en línia]. [consultat: 28 octubre de 2107]. Disponible a internet:

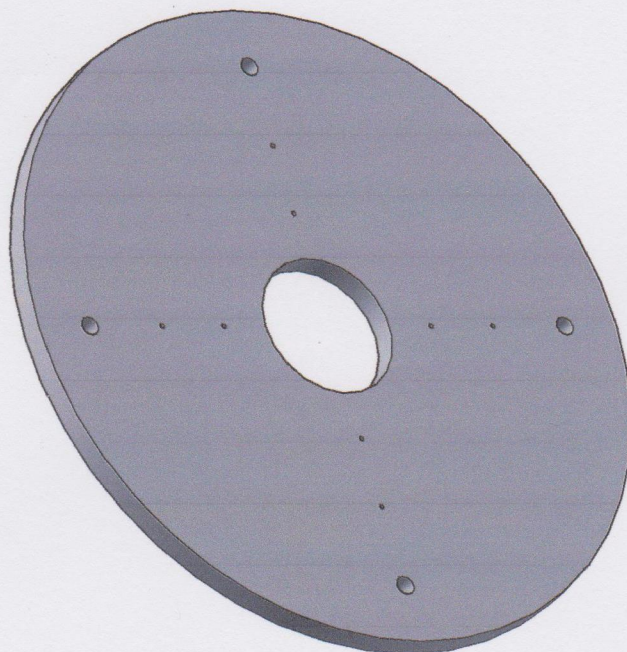
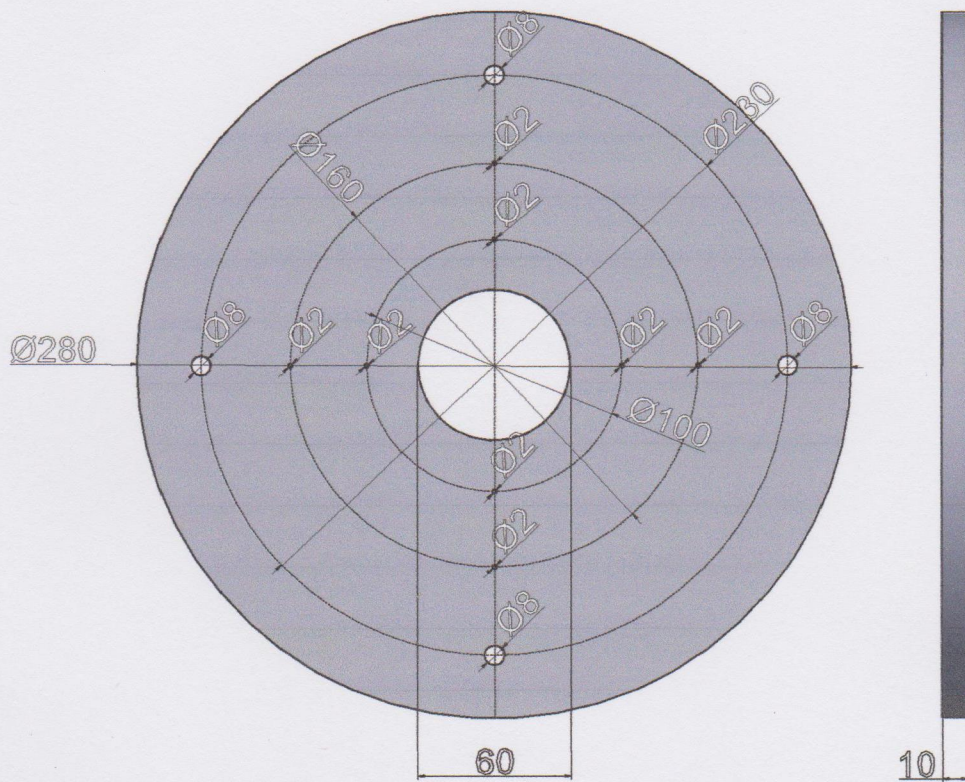
<http://fritzing.org/download/?donation=0>

7. ANNEX:

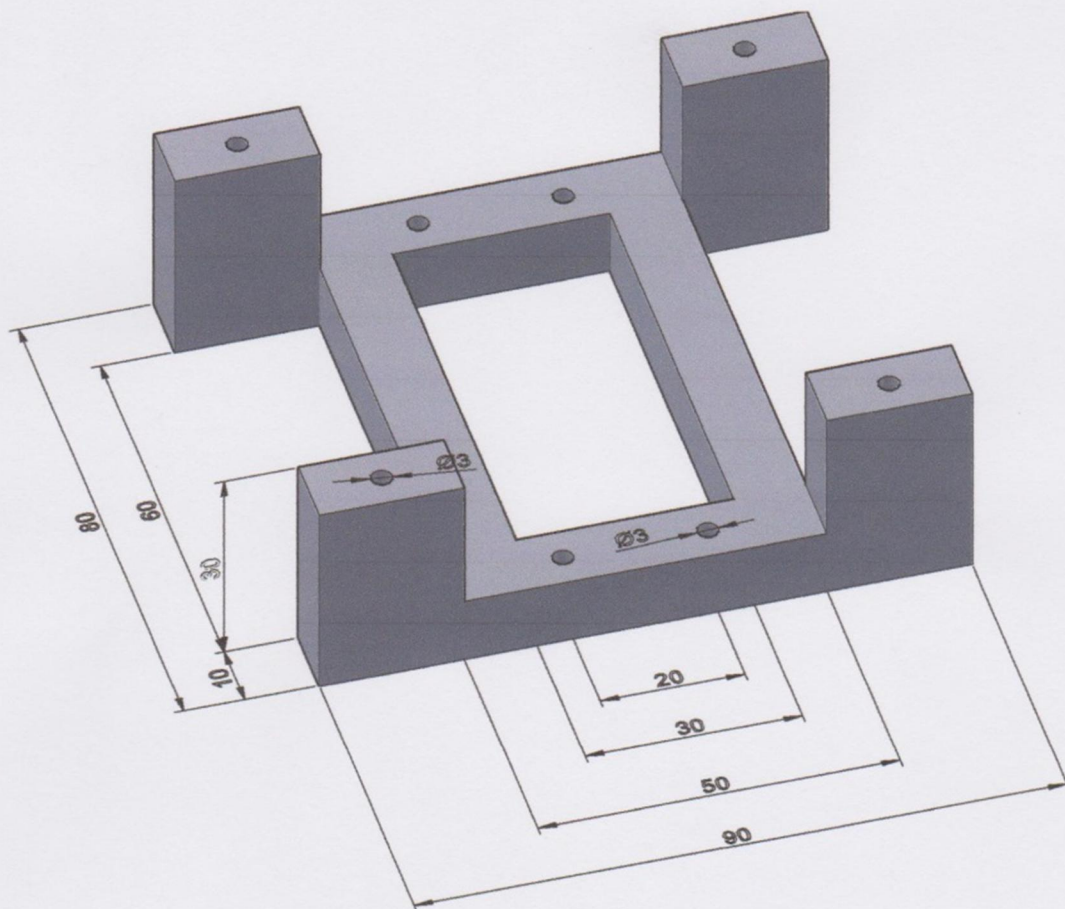
PLÀNOLS



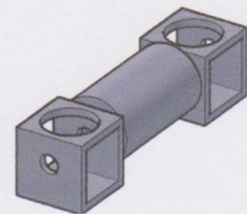
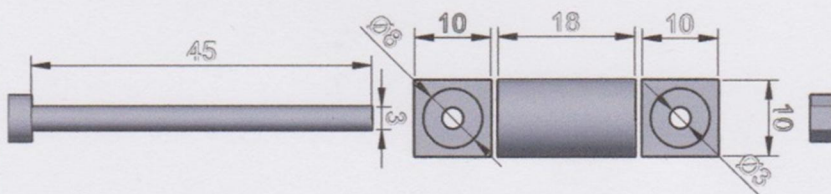
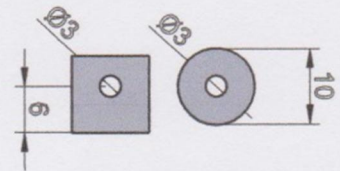
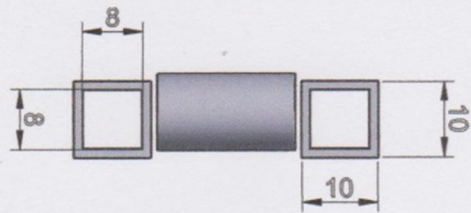
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Disc de la primera i segona base			Número 1
1:3				Substitueix
				Substituït per



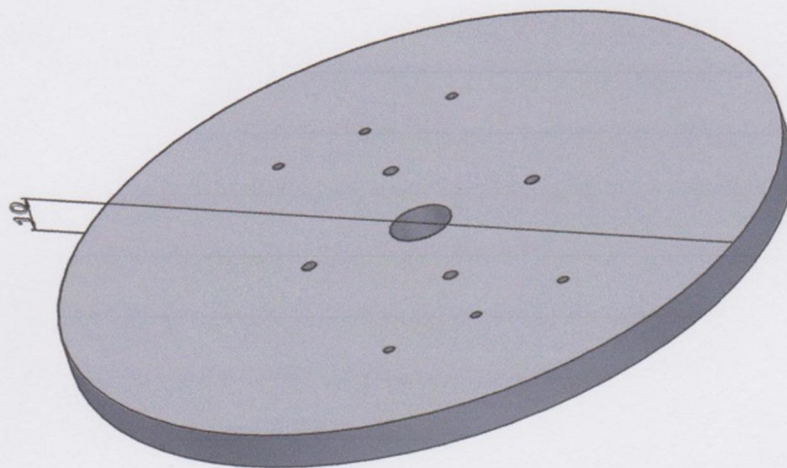
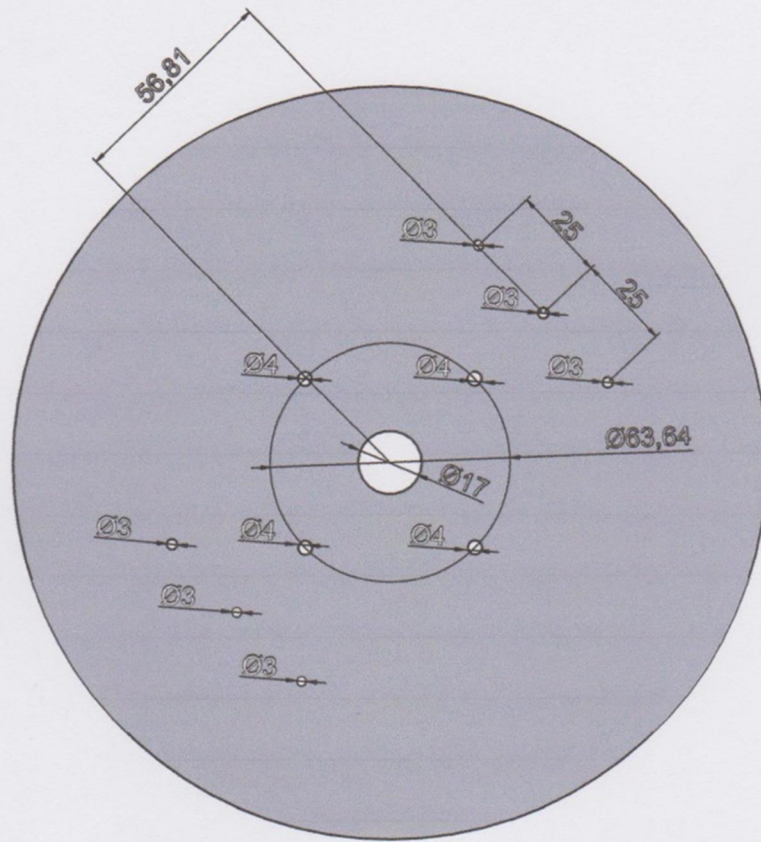
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBOTIC SOMNI O MALSON? Base superior			Número 2
1:3				Substítueix
				Substítuït per



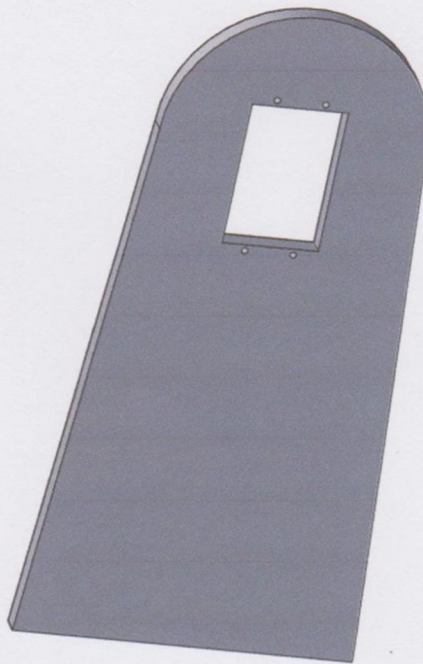
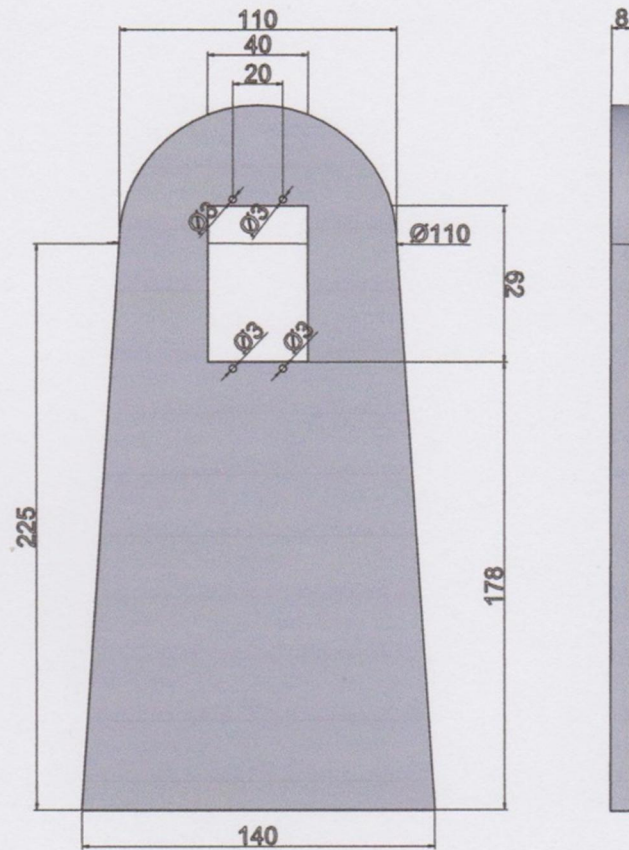
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Suport del servo-motor de la base			Número 3
1:1				Substitueix
				Substituït per



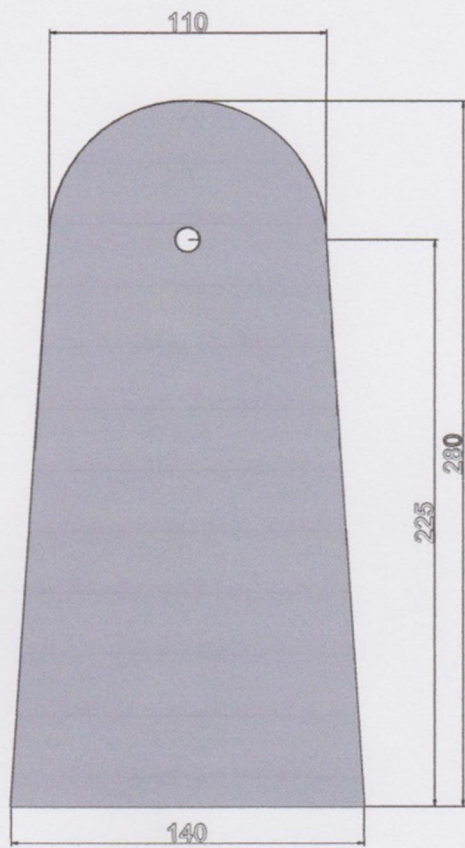
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	'BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Corró			Número 4
1:1				Substitueix
				Substituït per



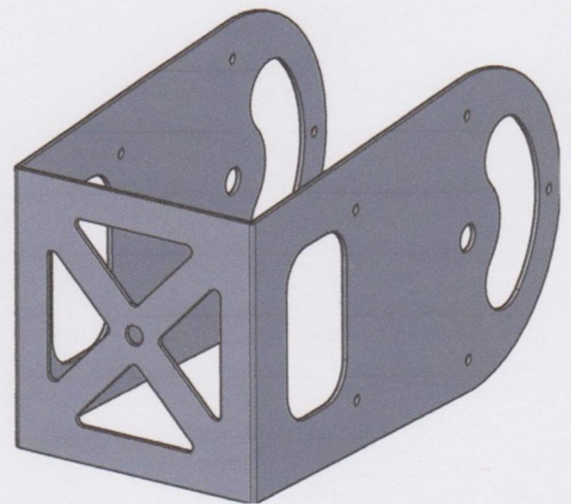
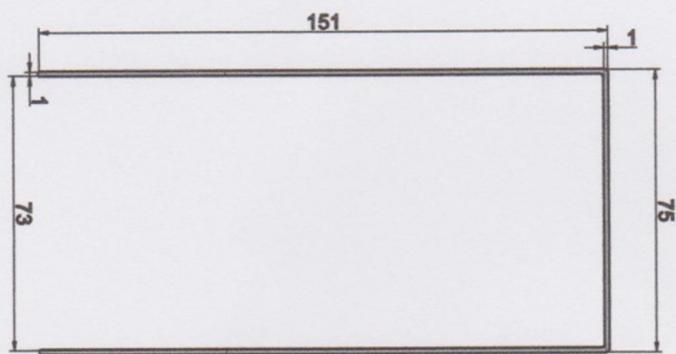
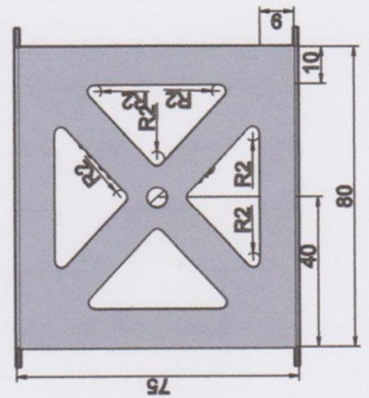
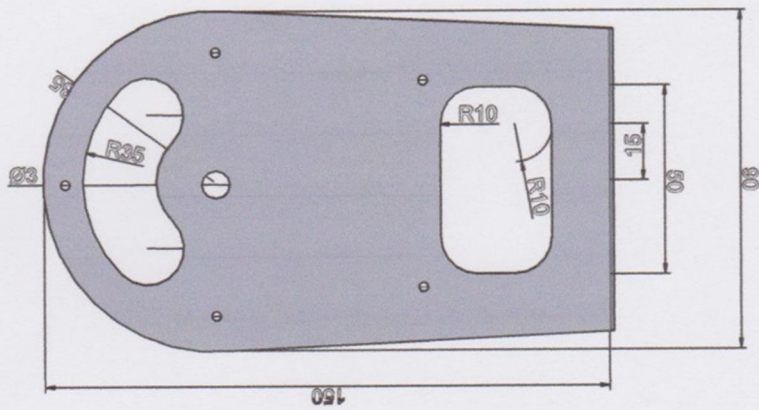
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert	
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia			
Comprovat					
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Base mòbil de l'espatlla			Número	5
1:2				Substítueix	
				Substítuït per	



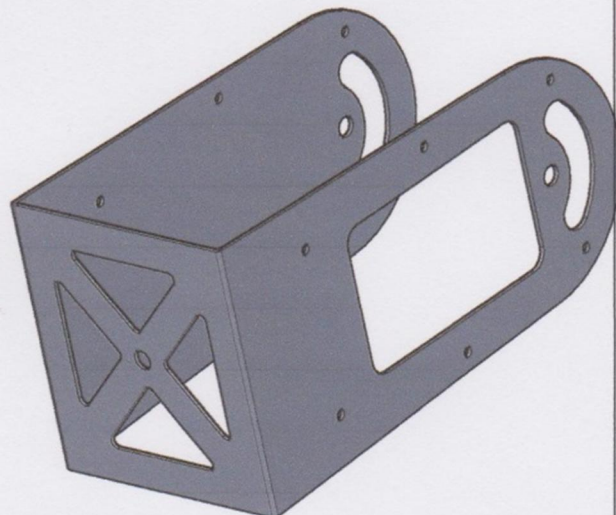
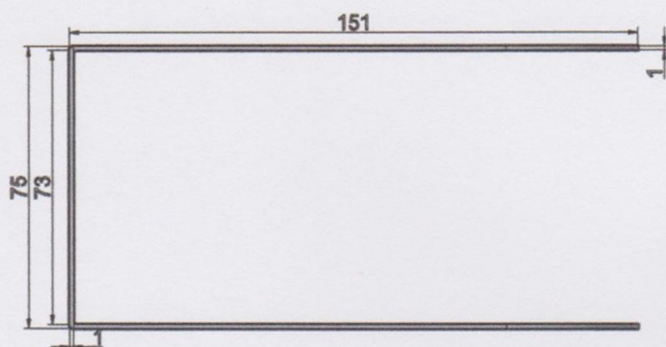
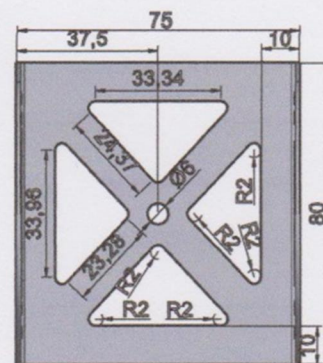
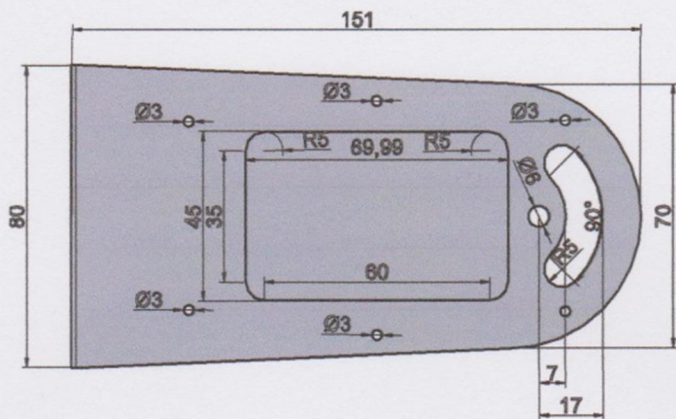
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert	
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia			
Comprovat					
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Estatlla amb support del servo-motor			Número	6
1:2				Substítueix	
				Substítuït per	



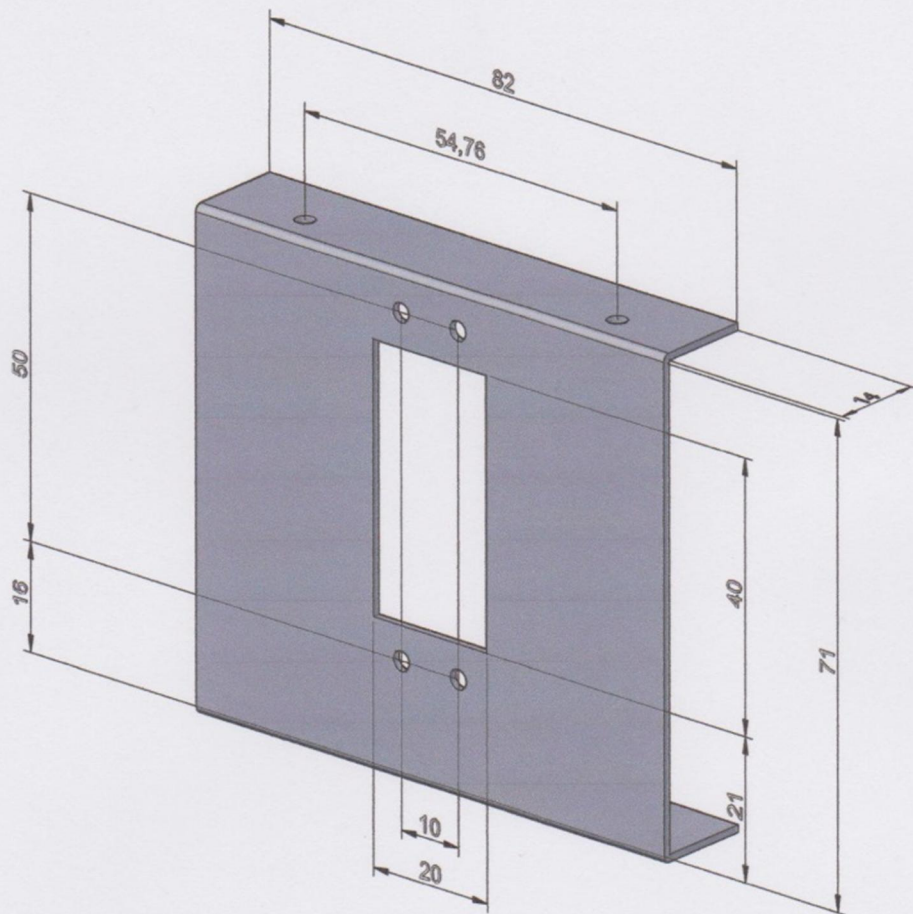
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Estatlla complementaria			Número 7
1:3				Substítueix
				Substítuït per



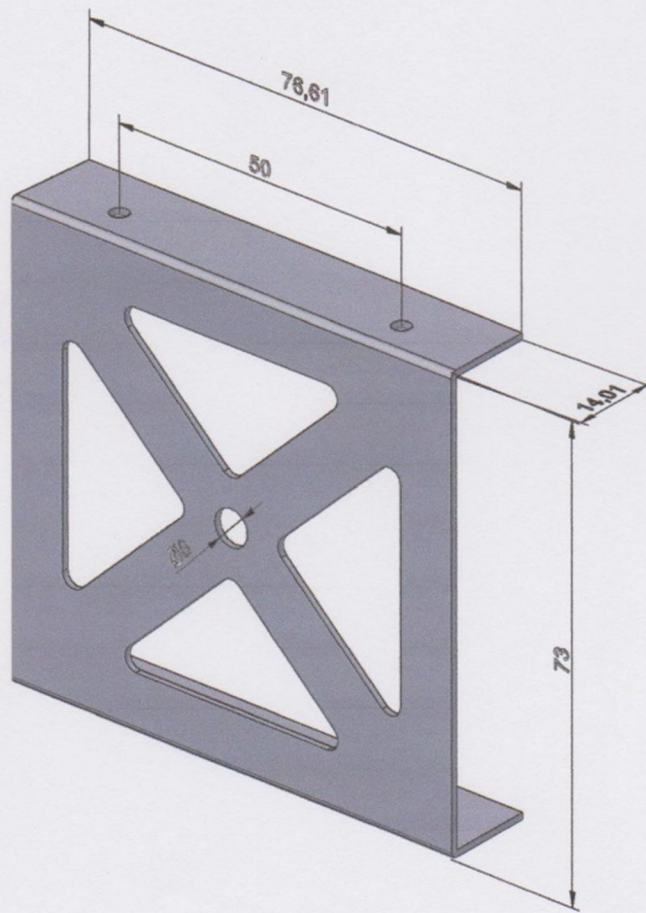
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Primera secció de l'avantbraç			Número 9
1:2				Substítueix
				Substituit per



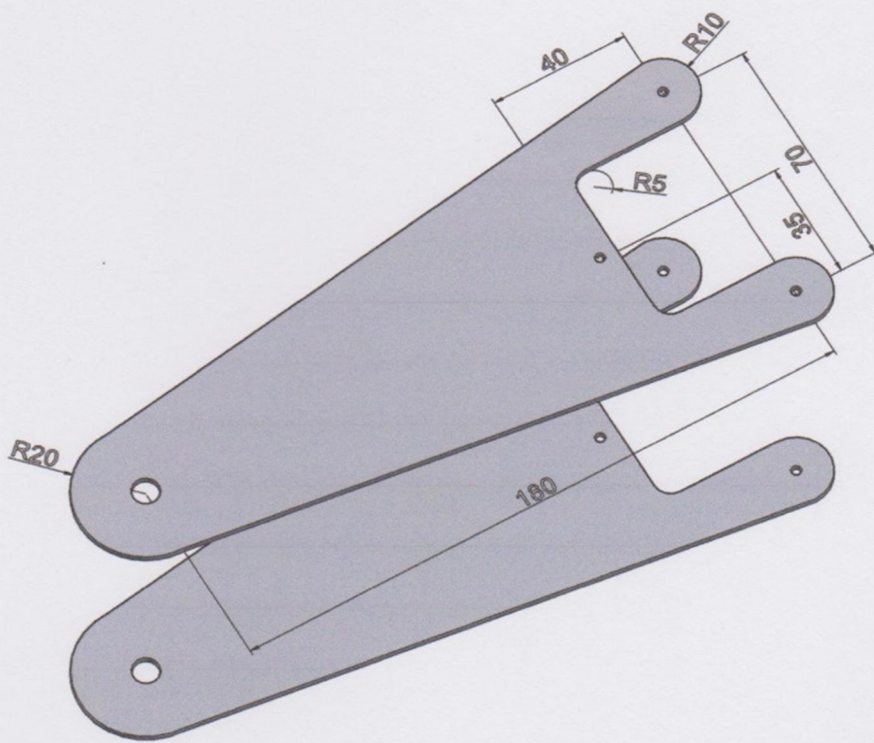
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Segona secció de l'avantbraç			Número 10
1:2				Substitueix
				Substituit per



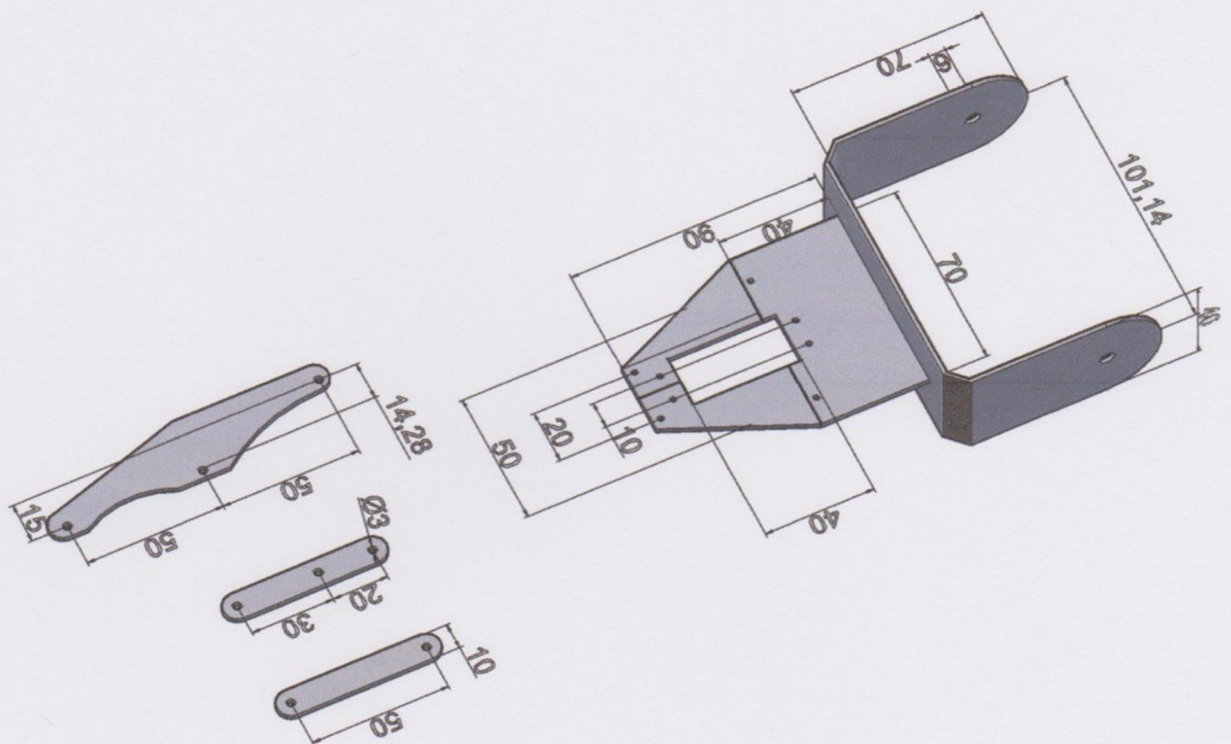
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	'BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Costella de la primera secció de l'avantbraç			Número 11
1:1				Substitueix
				Substituit per



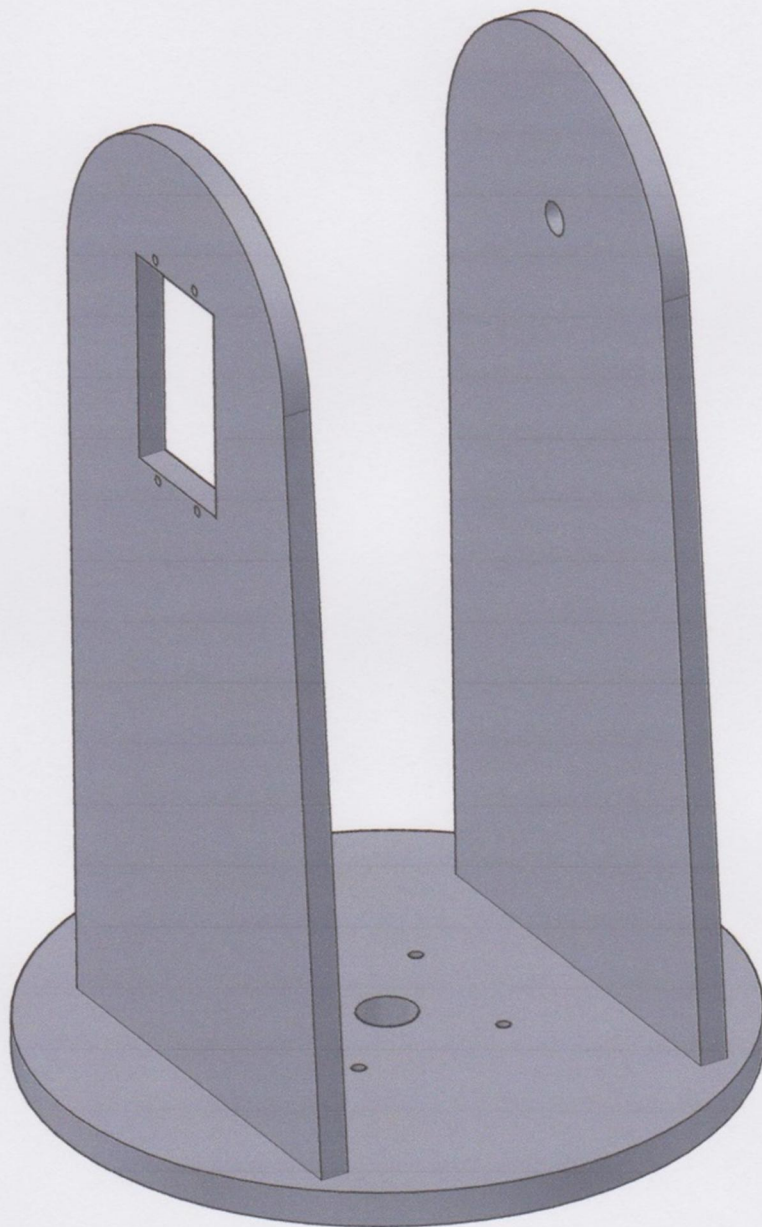
	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert	
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia			
Comprovat					
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Costella de la segona secció de l'avantbraç			Número	12
1:1				Substitueix	
				Substituit per	



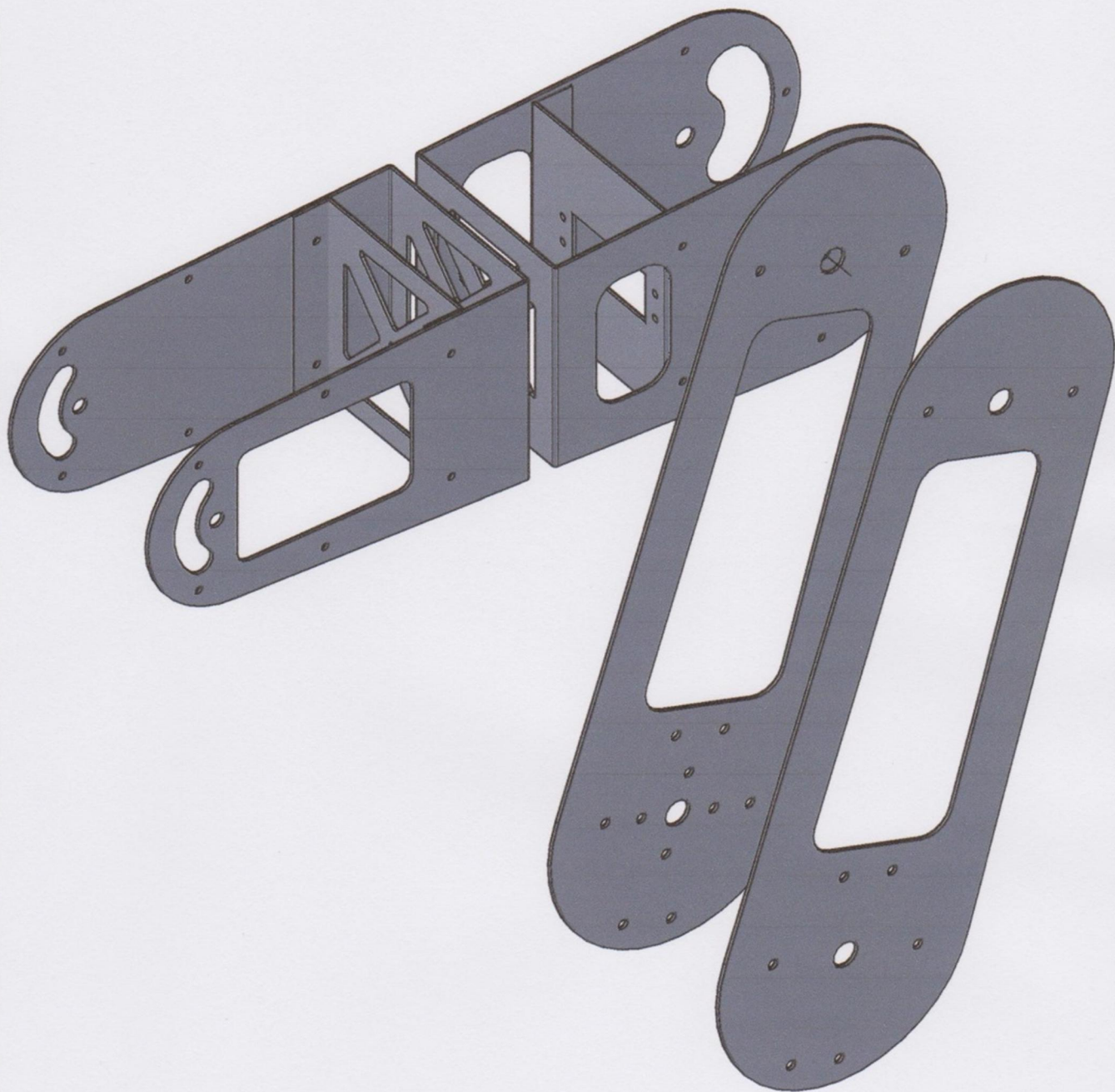
	Data	Nom	Firmes		
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		Ins Joan Guinjoan i Gispert	
Comprovat					
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Contrapès del braç i l'avantbraç			Número	13
1:2				Substitueix	
				Substituint per	



	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Parts de la pinça			Número 14
1:2.5				Substitueix
				Substituït per



	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert	
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia			
Comprovat					
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Conjunt de l'espatlla			Número	15
1:2.				Substítueix	
				Substituit per	



	Data	Nom	Firmes	Ins Joan Guinjoan i Gispert
Dibuixat	14/12/2017	J.Garcia		
Comprovat				
Escala	BRAÇ ROBÒTIC SOMNI O MALSON? Conjunt del braç i l'avantbraç			Número 16
1:2				Substitueix
				Substituit per