

# *Construcció d'un braç robot amb sis graus de llibertat.*



Tecnologia

2n Batxillerat "B"

Gener 2011

IES MOIANÈS

# Construcció d'un braç robot

## Construcció d'un braç robot

### **ÍNDEX:**

1-	INTRODUCCIÓ.....	5
1.1	Hipòtesi.....	6
2-	RECERCA D'INFORMACIÓ.....	7
3-	PROCEDIMENT.....	8
3.1	Procés de construcció del prototip.....	8
3.2	Procés de construcció mecànica.....	11
3.3	Procés de construcció electrònica.....	34
3.3.1	Disseny del circuit electrònic.....	34
3.3.2	Construcció de la placa.....	47
4-	PETITS RETOCS.....	62
5-	FUNCIONAMENT.....	64
6-	APLICACIONS.....	70
7-	CONSTRUCCIÓ DE LA FONT D'ALIMENTACIÓ.....	71
8-	CONCLUSIONS.....	79
ANNEXOS:	.....	81
·Annex 1:	Explicació dels materials emprats.....	82
·Annex 2:	Plànols.....	92
·Annex 3:	Facturació del projecte.....	99
BIBLIOGRAFIA.....		101

## Construcció d'un braç robot

### **AGRAÏMENTS :**

Agraïm la col·laboració a les següents persones per ajudar-nos a realitzar el nostre treball de recerca de la construcció del braç robot.

Li agraïm a el tutor, per tutoritzar-nos el treball i ajudar-nos a solucionar els problemes que hem tingut en la construcció del projecte.

També agraïm la col·laboració en el nostre treball de recerca a la "Fusteria ebenisteria Tot bo". Ja que ens van proporcionar totes les fustes i coles per construir el braç robot.



## **1-INTRODUCCIÓ:**

Primer de tot cal dir que som dos estudiants de segon del batxillerat tecnològic, i que ens vam unir per fer el treball de recerca ja que varem veure que teníem les mateixes expectatives i que junts podríem augmentar molt el potencial comú per arribar a fer un treball més complex i a l'hora innovador. La primera pregunta que ens vam plantejar va ésser; ¿que podem fer com a treball de recerca?. Bé els dos teníem moltes ganes de construir alguna mena d'aparell i així poder combinar les dues branques de la tecnologia que ens atrauen més; l'electrònica i la mecànica. Després d'estar uns dies buscant idees. En van sorgir diverses, en primer lloc, vam pensar de fer un rellotge digital, però vam veure que li faltava la part mecànica que nosaltres buscàvem. També se'ns va acudir de construir quelcom semblant a una grua, amb més mobilitats ja que tindria rodes per el desplaçament i més llibertat que una grua d'obra. Ens va semblar bastant bona idea ja que combinava l'aspecte de construcció mecànica de la grua, i el disseny de un circuit electrònic per poder-la controlar.

Després d'estar donant-hi voltes, perfilant l'última idea, va sorgir una idea encara més interessant, un braç robot. ¿Què volem dir amb braç robot?. La nostra idea del braç robot no era fer un braç biònic si no un braç mecànic per un ús industrial. Evidentment no podia ser a escala real ni tenir les mateixes prestacions físiques, però havia d'assemblar-s'hi linealment. Primer vam pensar que podria estar controlat per ordinador i així de pas també aprendríem programació. No obstant vam veure que seria molt car per diferents factors relacionats amb els components informàtics i electrònics. Així que varem decidir de que funcionés analògicament, és a dir mitjançant algun sistema de control que encara havíem de pensar.

## Construcció d'un braç robot

Volíem que el braç tingués sis graus de llibertat, i per cada un dels graus de llibertat necessitàvem un motor. Els motors havien de ser una mica especials, havien de ésser servomotors, el perquè ja el mencionarem més endavant, no ens avancem als coneixements. Així doncs ja teníem la idea definitiva del nostre treball de recerca.

### **1.1 Hipòtesi:**

Serem capaços de construir un braç robot amb sis graus de llibertat i un funcionament analògic, i comprendre'n el funcionament per tal de optimitzar-lo al màxim?

## **2-RECERCA D'INFORMACIÓ:**

El primer que havíem de fer, va ser buscar informació a través d'Internet. Buscant, vam trobar un prototip que s'ajustava molt al que volíem fer, així que el vam fer servir d'inspiració en la part mecànica, perquè en l'electrònica, aquest prototip estava controlat per ordinador i, com ja hem dit anteriorment, això no ens interessava i per això necessitàvem dissenyar la part electrònica.

Amb algunes indicacions del tutor ens vam posar a buscar com fer la part electrònica per tal de que el robot funcionés analògicament. També calia buscar com es feia una placa electrònica en si. Després de recercar i intentar entendre com funcionava el circuit integrat *timer 555* ja estàvem apunt de començar a construir.

### **3-PROCEDIMENT:**

#### **3.1 Procés de construcció del prototip:**

Un cop ja teníem la idea de com havia de ser el nostre braç robot, ens vam posar a fer una primera maqueta de cartró.

Tot seguit vam reunir els materials que necessitàvem per a l'elaboració de la nostra maqueta. Els materials que varem emprar foren els següents:

- En primer lloc, necessitàvem un material que fos fàcil de manipular i de poc cost. Tenint en compte aquestes condicions pensar que el millor material possible per a fer la primera maqueta del nostre projecte fora el cartró.
- En segon lloc, necessitàvem quelcom que ens simulés els eixos d'unió entre les peces, finalment vam fer servir escuradents per ajuntar les diferents parts de la maqueta, i cinta adhesiva que ens permetés unir les diferents peces.



Figura 1. Construcció del prototip.

## Construcció d'un braç robot

Un cop vam tenir tot el material, començarem la construcció de la maqueta seguin els següent passos: Primer vam retallar les diferents peces de cartró, tot seguit vam començar, ajuntant les peces de la base, vam seguir ajuntant les diferents parts del braç per separat, fins arribar a la pinça. Un cop teníem les parts, les vam ajuntar introduint els escuradents en els llocs pertinents, ja que necessitàvem que l' escuradents anés enganxat al servomotor, però com que no teníem els servomotors, vam simular-los amb unes petites caixetes de cartró. Com que la part de la punta pesava massa, necessitàvem un contrapès que contrarestes les forces. Així que vam posar un tros de fusta de contrapès.



Figura 2. Construcció acabada del prototip.

## Construcció d'un braç robot

Després de fer la maqueta i tenir un prototip físic per poder inspirar-nos i acotar bé les proporcions, vam començar a fer un disseny del nostre projecte amb el Google Sketch Up <sup>7</sup>.

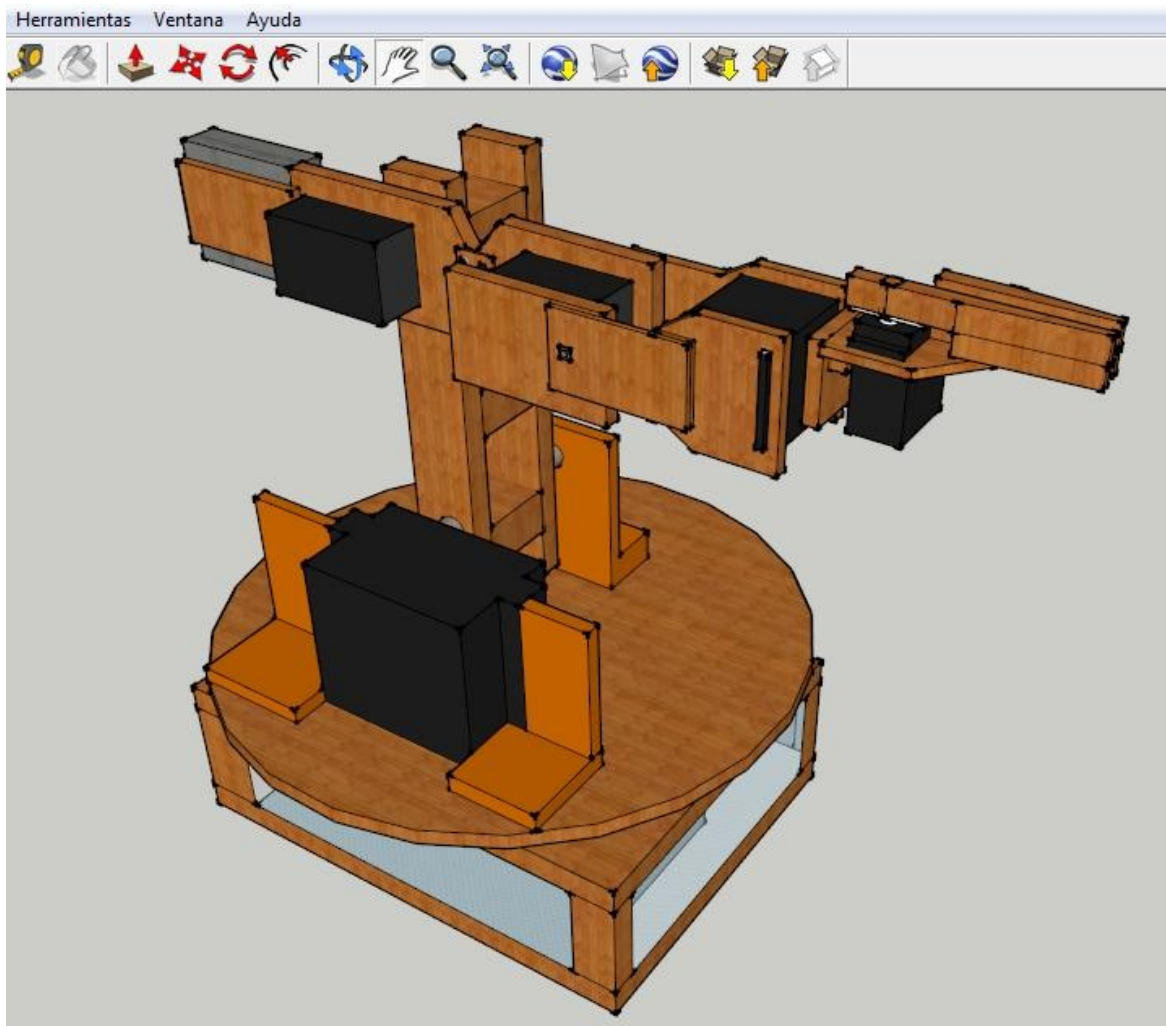


Figura 3. Disseny fet amb el Google Sketch Up 7.

Al principi ens va costar adaptar-nos al programa i al seu sistema de control, ja que no l'havíem fet servir mai, tot hi això un cop el vam aprendre a fer servir va ser com bufar i fer

1. És un programa informàtic que ens vam descarregar gratuïtament que serveix per fer dibuixos tridimensionals de manera fàcil.

## Construcció d'un braç robot

ampolles. Un cop el vam tenir dissenyat el vam comparar amb el prototip anterior que havíem trobat a Internet. El disseny era semblant, però amb algunes millores respecte el prototip anomenat anteriorment, per aquesta raó vam aprofitar bona part dels planells que hi havia del prototip, tot hi així vam necessitar fer-hi alguns retocs.

### **3.2 Procés de construcció mecànica:**

Tot seguit, ens vam preguntar quin seria el material emprat en la construcció del braç robot real. Havia de ser un material sobretot lleuger i resistent, vam pensar que un material metàl·lic no ens aniria gaire bé. Perquè els metalls no es poden manipular fàcilment. També, al unir-lo sigui amb ell mateix o amb els servos vam pensar que seria una opció difícil d'emprar. Per aquest motiu, vam descartar qualsevol tipus de material metàl·lic. Així que ens vam decantar per la fusta, que era el material més òptim, tant per la seva manipulació, pel seu pes i també pel seu grau econòmic, ja que ho és molt més que no pas el metall.

Però existeixen molts tipus de fustes, així que ens vam informar dels diferents tipus de fusta per poder triar-ne una. La que ens va semblar la millor per la nostre construcció va ser la fusta de fibres sintètiques o DM, perquè era la més resistent i, a més, no s'estellava com les altres fustes, ja que està feta de fibres i les altres, al ser contraplacades, al foradar-les s'estellarien. A més, el DM presentava una característica molt interessant, el color uniforme, ja que si ho haguéssim fet d'un altre tipus de fusta com podria ser la contraplacada, entre altres, al llimar-la ens trobaríem una placa més fosca, l'altre més clara i, per tant, el DM era la fusta perfecte per emprar en el nostre braç robot.

## Construcció d'un braç robot

Un altre avantatge del DM és la varietat en el gruixos, ja que per la nostre construcció, no necessitem els mateixos gruixos de fusta a tot arreu, sinó que van en funció del pes que han de suportar, com més pes, més gruixudes han de ser les fustes. A més el DM el podríem aconseguir, amb sort, de la deixalleria i això ens faria fer un treball més econòmic i reciclat, finalment al no trobar restes de DM a la deixalleria les vam tenir que comprar.

Un cop vam tenir les fustes, ens vam dedicar a marcar-les per poder tallar-les després. No va ser un procés tan fàcil com sembla, ja que algunes de les peces utilitzades pel braç robot son d'una mida petita i algunes també tenen unes formes complexes. Per tallar-les, vam utilitzar diferents eines de fusteria, que son les següents: serra de costella, serra d'arquet o marqueteria i la polidora de banda, les quals ens les va proporcionar la fusteria ebenisteria "Tot bo".

Amb molta paciència, vam començar a tallar-les. Al principi, no ens quedaven uns talls del tot uniformes, per això les vam haver de repetir uns quants cops, tot i així quedaven petites imperfeccions de tall que vam corregir mitjançant la polidora de banda, que ens va permetre, per exemple, anivellar totes les peces que havien de ser iguals al mil·límetre. Aquesta màquina ens anava molt bé, ja que necessitàvem ser molt precisos amb les fustes perquè encaixessin.

Fent tot aquest procés amb cada una de les peces, vam aconseguir un bon resultat final com es pot comprovar en el bon acabat del treball pràctic.

Un cop vam tenir totes les fustes tallades amb les mides corresponents, vam començar a construir el braç robot. En començar a fer la base, no ens vam trobar amb gaires problemes, ja que no és gaire complexa. On vam haver de pensar més, va ser



## Construcció d'un braç robot

com col·locar el primer servomotor, sabíem on anava situat, però al no haver-ne posat mai cap, no sabíem com enganxar-lo amb la fusta sense que es mogués gens. Inspirant-nos amb el prototip d'Internet, vam veure una possible manera d'enganxar-los i, la vam trobar correcte ja que al utilitzar aquest mètode el servomotor quedava immòbil, tot i que la vam millorar.

El mètode consistia en col·locar el servomotor al lloc desitjat, i, amb els visos que portava incorporats, enroscar-los a la fusta al qual va enganxat i, a sota la fusta posar-hi un tros de llistó per cada banda perquè així el cargol no sortís per la part inferior i així quedés molt més ben fixat.

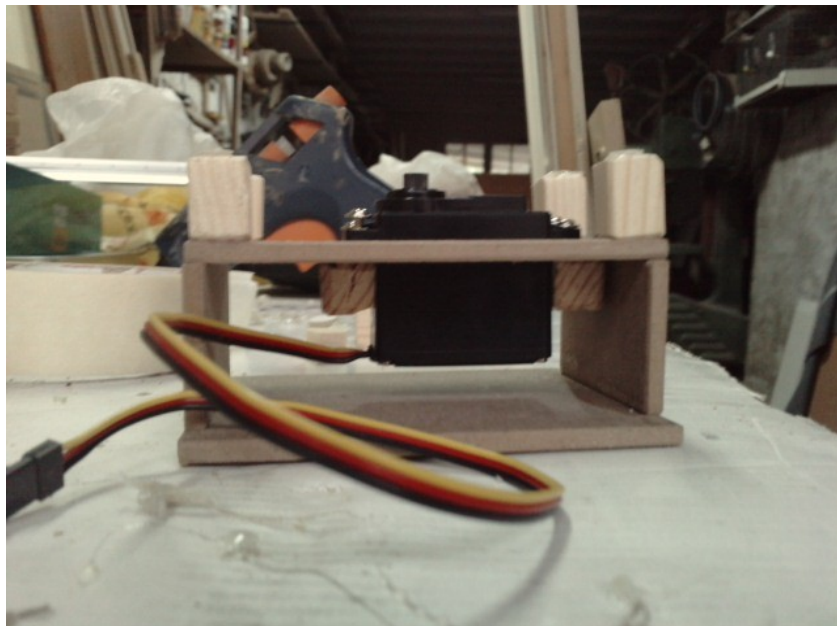


Figura 4. Base braç robot vista pel costat.

Un punt important a la col·locació de cada servomotor, va ser escollir el tipus d'aspa que hi aniria, ja que a la caixa d'un servomotor hi van incorporades moltes aspes i, vam haver de triar en cada cas quina d'aquestes utilitzàvem. Per fer aquesta tria, ens vam basar, en dos aspectes.

El primer dels aspectes que vam haver de tenir en comte va ésser la quantitat d'espai que havia d'ocupar l'aspa, si podia ocupar

## Construcció d'un braç robot

molt espai posàvem una aspa gran i, si no era el cas, vam haver de posar les aspes que s'adaptessin més a l'espai que teníem.

El segon aspecte, i no menys important a l'hora d'escollir les aspes, va ser la força que havien de fer, si havien de fer molta força, hi posàvem aspes rodones i, en el cas de la base, vam posar l'aspa en forma de creu de color vermell, ja que hi ha molt d'espai i és la que ha d'aguantar tota l'estructura del braç robot.

Un altre apunt molt important va ser el tipus de cola que calia emprar per enganxar cada peça, ja que si volíem que una peça s'enganxés ràpidament, vam haver d'utilitzar una cola i, si volíem enganxar metall o els servomotors amb la fusta en necessitàvem un altre.

Començarem explicant la primera cola que vam fer servir, la cola blanca o bé cola de fuster. Aquesta cola és molt utilitzada per enganxar fusta amb fusta i, ja que el nostre braç conté molta fusta, la cola blanca ens va ser de molta utilitat, ja que la vam utilitzar en molts llocs com per exemple, en la caixa que està situat el servomotor de la figura 4, les juntes estan enganxades amb cola blanca i, els llistons que sobresurten de la caixa també hi estan. Però aquesta cola, la blanca, no s'asseca ràpidament, tarda un temps, i, per això vam haver de deixar les peces enganxades amb aquesta cola un temps perquè s'assequessin i quedessin ben compactes.

## Construcció d'un braç robot



Figura 5. Base braç robot vista per dalt

Un cop enganxat el primer servomotor, ja vam tenir molt de guanyat, ja que ja sabíem el mètode per poder enganxar els servomotors restants. Un cop feta la caixa on es situa el primer servomotor, havíem de fer una tasca que ens va resultar difícil, enganxar el que en podríem dir el tronc del braç.

Ens va resultar difícil ja que el tronc no pot estar fix, si no que s'ha de moure, ha de girar  $180^\circ$ . Per enganxar-lo a la base giratòria, havíem de fer travessar un eix per la part més pròxima a la base del tronc. Aquest eix havia d'anar enganxat a la base giratòria. L'eix el vam enganxar a la base giratòria, amb unes peces de metall que tenen forma de lletra "L", ja que posant-ne una a cada costat del tronc, podíem fer-hi aguantar l'eix que travessa al tronc.

## Construcció d'un braç robot

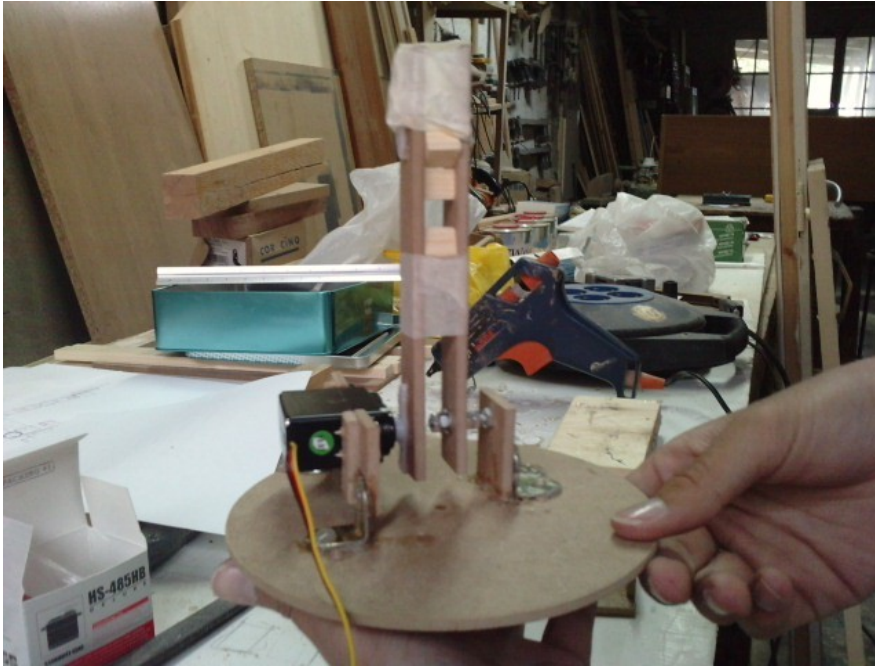


Figura 6. Base giratòria i tronc del braç robot.

Però l'eix no havia de travessar tot el tronc com hem dit anteriorment, si no que només n'ha de travessar la meitat, ja que per l'altra banda del tronc hi ha el servomotor que fa girar-lo i, l'eix només pot travessar el tronc fins la meitat i, l'altura de l'eix ha de ser la mateixa altura a la qual està enganxat el servomotor, ja que si no fos així, el servomotor, al haver de fer un treball en una mala posició, s'acabaria cremant. D'aquesta manera, ens ha quedat el tronc alçat i amb la mobilitat que desitjàvem.

En aquest cas, l'aspa que vam utilitzar, com es pot veure en la figura 6, és una aspa que és allargada pels dos costats. Aquesta aspa, la vam triar en aquest cas perquè l'estructura del tronc és allargada i, l'aspa que hi vam posar és la que s'adapta més a la forma del tronc. Aquesta aspa no fa tanta força com, per exemple una de rodona, però aquí, una aspa rodona sortia pels dos costats de l'estructura del tronc i no quedava bé, per això, vam triar l'aspa allargada pels dos costats.

## Construcció d'un braç robot

En la figura 6, es pot veure la base del tronc i el tronc, la cola utilitzada per a enganxar les "L" de metall a la fusta no va ser cola blanca, si no que va ser la cola tèrmica<sup>2</sup>. Aquesta cola té la capacitat d'enganxar la fusta amb el metall i, gràcies a això vam poder enganxar les peces i fer que les "L" de metall quedessin ben fixes a sobre de la base circular del tronc.



Figura 7. Cola tèrmica.

Després de la construcció del tronc, vam passar a la part superior del braç, la qual té les peces més petites i per tant, n'és més complexa la seva construcció.

---

<sup>2</sup> . La cola tèrmica no va amb un pot i s'aboca com la cola blanca, per exemple. La cola de tèrmica va disparada amb una pistola, com més prems el gallet, més cola surt. A la pistola, s'hi injecten cilindres de silicona en estat sòlid i, quan la pistola s'ha escalfat gràcies a estar una estona endollada a l'electricitat, en prémer el gallet surt de la pistola la cola en estat líquid ja que és escalfada a l'interior de la pistola.

## Construcció d'un braç robot

Vam començar enganxant el servomotor corresponent a la fusta que li tocava seguint el mètode que s'ha explicat en la col·locació del primer servomotor, però en aquesta part, ja que no quedava bé posar un tros de llistó a cada costat del servomotor, vam decidir, que en lloc de posar els dos llistons, podríem posar-hi al seu lloc les fustes que s'enllacen amb la fusta que conté el servomotor, i així ho vam fer en aquesta part.

Tot seguit, a aquesta fusta que hi vam col·locar el servomotor, la vam allargar per la part del darrera, ja que hi havia d'anar un contrapès que contrarestés el pes que hi havia a la part de davant del tronc, però el contrapès no el vam col·locar fins que no vam tenir el braç enllestit, ja que així vam poder saber quin pes necessitàvem.

Per la col·locació d'aquest servomotor, vam haver de triar la seva corresponent aspa. En aquest cas, vam haver de triar l'aspa allargada pels dos costats, com en l'anterior servomotor.

Aquesta aspa havia d'estar enganxada a la part superior del tronc. Com ja sabem, el tronc és allargat i estret, per la qual cosa, una aspa rodona o més gran, no hi cabia. Per aquest motiu vam decidir de posar-hi l'aspa allargada pels dos costats, ja que encaixa perfectament amb la forma de l'estructura del tronc. Vam estar pensant de posar-hi una aspa rodona, ja que aquest servomotor ha de fer molta força però no quedava gens bé i, per aquests dos motius dits anteriorment, vam decidir que finalment hi posaríem l'aspa allargada pels dos costats.



## Construcció d'un braç robot

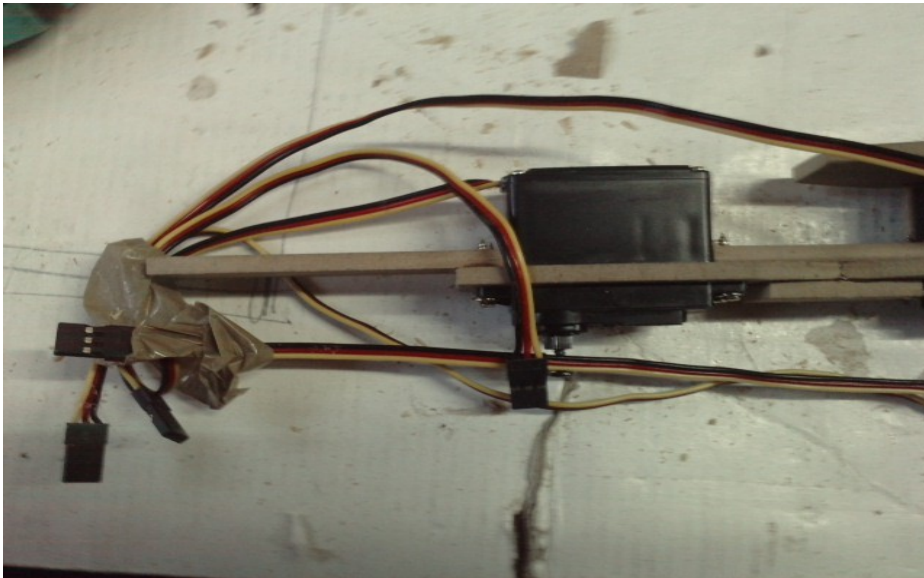


Figura 8. Part que fa la funció de colze del braç robot.

Aquestes fustes, ja que les teníem totes tallades fins a la pinça, per no perdre hores esperant que s'assequés la cola blanca, vam pensar un altre mètode per enganxar-les i que s'asseguessin més ràpidament, a l'instant. Pensant i buscant, vam trobar un loctite amb catalitzador<sup>3</sup>. Aquest loctite, enganxa molt més ràpid que la cola blanca, ja que s'asseca a l'instant i, fins i tot més ràpida que la cola tèrmica, un cop posada al lloc desitjat, tens uns segons per acabar de col·locar bé la peça encolada i, amb el loctite amb catalitzador s'ha de ser molt precís a l'hora de col·locar la peça, ja que s'asseca a

---

3. La loctite amb catalitzador està format per dues peces, el que és el pot de loctite i, el pot d'esprai que conté el catalitzador. El catalitzador, és una substància química que incrementa la velocitat d'una reacció química, però que no es consumeix en la reacció. El catalitzador utilitzat en aquest loctite és un catalitzador que reacciona quan hi apliquem un altra substància, en aquest cas, el loctite. En posar-se en contacte, reaccionen i fa que enganxin molt fort les peces i molt ràpidament on s'ha aplicat el loctite i el catalitzador.

## Construcció d'un braç robot

l'instant i no hi ha temps de maniobra, on s'ha col·locat la peça, ja no es pot moure perquè la cola enganxa molt fort.

El funcionament d'aquesta loctite amb catalitzador consisteix en agafar les dues fustes que es volen ajuntar, en una s'hi aplica el loctite i, a l'altra fusta s'hi aplica el catalitzador i, al ajuntar les dues fustes, reaccionen el loctite amb el catalitzador i queden perfectament unides a l'instant.

En la següent imatge, es veu el pot de el loctite i el corresponent pot d'esprai catalitzador al costat.



Figura 9. loctite amb catalitzador, a l'esquerra, l'esprai catalitzador i, el pot de la dreta és el pot de loctite.

Tot seguit, a la fusta que hi vam posar el servomotor que va enganxat al tronc, el vam allargar, posant-hi una altra fusta igual que l'anterior però del revés, ja que així encaixen i queda estèticament més bé. En aquesta fusta, també hi va col·locat un altre servomotor, el qual el vam tancar amb una caixa a la mida de la seva amplada però amb mig centímetre més de profunditat, perquè d'aquesta manera ens quedés espai per



## Construcció d'un braç robot

poder-hi posar un cargol que fes d'eix per enganxar la pròxima fusta que enllaça amb el penúltim servomotor, el qual ens va portar una sèrie de problemes al enganxar-lo que ja explicarem després d'explicar la construcció del quart servomotor.

Aquest sistema de posar el cargol el vam haver de pensar molt abans de posar-lo en pràctica, ja que no se'ns acudia res perquè pogués fer d'eix fins que, després d'una sèrie de proves fracassades, deixant aquest espai a darrera del servomotor, hi vam poder posar el cargol que ens permet la mobilitat de la fusta que travessa, la qual va a parar al cinquè i penúltim servomotor.

Per enganxar aquest servomotor, vam tornar a utilitzar la cola de tèrmica, explicada anteriorment, ja que vam haver d'enganxar-lo amb la caixa de fusta que el contenia. Com sabem, la cola tèrmica enganxa la fusta amb molts altres materials, com per exemple, en enganxar les peces de metall en forma de "L" a la base circular giratòria. En aquest cas, utilitzarem la cola de silicona per enganxar el servomotor amb la caixa de fusta on està situat, ja que com hem dit, aquest tipus de cola enganxa la fusta amb molts altres materials i, en aquest cas, em fet que enganxi la fusta amb el plàstic del servomotor i s'ha enganxat correctament.

En la l'elecció d'aquesta aspa, vam tenir molts problemes, ja que primer de tot, hi vam posar una aspa que encara no havíem fet servir, era com l'aspa feta servir en els dos últims casos, però només allargada per un costat, ja que aquesta forma d'aspa era la que s'adaptava més a la fusta que anava enganxada. Aquesta aspa, havia d'aguantar molt de pes, ja que havia de suportar tot el pes del cinquè i sisè servomotor, que aquest últim està compost per tot el pes de la pinça. L'aspa que vam triar de només allargada per un costat, no aguanta tant de pes

## Construcció d'un braç robot

com una rodona, ja que aquesta té més superfície i per tant, pot aixecar més bé el pes. Per aquest motiu, vam escollir finalment l'aspa rodona.

Aquesta aspa, no quedava tant bé com la que és allargada per un costat, però en aquest cas era necessari posar l'aspa rodona, ja que amb l'altra aspa no haguéssim pogut aguantar tant de pes com amb la que vam escollir finalment, l'aspa rodona, tot i que aquesta sobre surt un tros de rodona de la fusta, com ja hem dit, era necessària posar aquesta aspa perquè d'aquesta manera s'aprofita més el potencial que ens ofereix el corresponent servomotor. Cal dir que en la figura 10 l'aspa que es veu és la allargada perquè encara no ens havíem adonat que no aguantaria bé el pes, després ens en vam adonar i la vam canviar.



Figura 10. La part de l'esquerra, és la primera part del canell del braç, conté el quart servomotor.

Quan vam procedir a la col·locació del cinquè servomotor, ja que havia de tenir moviment tot el suport que l'aguantava, pels dos costats de l'aparell, per on hi ha l'aspa cap problema ja que ja es mou gràcies al la força del servomotor. Però s'havia

## Construcció d'un braç robot

d'aguantar també per la part contrària i, vam haver d'utilitzar el cargol, molt petit, que enganxant-lo a la caixa del servomotor anterior, com s'ha explicat anteriorment, ens servís com a eix per poder fer girar amunt i avall la caixa que conté el penúltim servomotor.

De l'aspa del servomotor i del cargol que feia d'eix al costat oposat de l'aspa, en surten unes fustes a cada costat, al llarg d'aquestes, és on hi ha enganxat el servomotor, el cinquè servomotor, el qual està situat en una posició girada 90° dels dos servomotors anteriors, ja que així vam poder fer que encaixés d'una millor manera amb tot el sistema de la pinça, que vindrà a continuació.

Aquest servomotor, com l'anterior, també el vam enganxar amb la cola de silicona, ja que també va enganxat el plàstic del servomotor amb les fustes que té a cada costat procedents del sistema del servomotor anterior i, en aquests casos, la cola tèrmica és la millor que vam poder emprar.

En aquest servomotor, també vam haver d'escollir quin tipus d'aspa necessitàvem, com en tots els altres servomotors.

En aquest cas, l'aspa del cinquè servomotor no havia d'aguantar tant pes com totes les aspes dels servomotors anteriors, ja que aquesta aspa tant sols havia d'aguantar el pes de la pinça. Per això, haguéssim pogut posar-hi el tipus d'aspa que haguéssim volgut. Però, com es pot veure en la fotografia següent, l'aspa d'aquest cinquè servomotor va enganxada a una fusta amb prou superfície en la qual hi cap l'aspa rodona i, ja que aquesta aspa aprofita més la potència del servomotor, i, com que quedava bé perquè no sobre sortia per cap dels costats de la fusta, vam decidir finalment de posar-hi l'aspa rodona, en aquest servomotor, com podem veure en l'aspa del servomotor de més a l'esquerra de la Fig 11, ja que n'és el cinquè.

## Construcció d'un braç robot



Figura 11. Part superior del braç robot, menys la part de la pinça, que anirà enganxada a l'esquerra de la figura.

Un cop fet tot aquest llarg procés, vam passar a fer la pinça, va ser una cosa complicada de construir, de les més complicades de la part mecànica, ja que havíem de construir una espècie de mà, amb una pinça com a dits. El primer que vam fer va ser enganxar a la part de darrera de la base de la pinça, una fusta amb la suficient superfície perquè pogués ser enganxada a l'aspa del penúltim servomotor com ja s'ha explicat anteriorment.

En aquest servomotor, com es veu en la següent fotografia, vam utilitzar l'aspa allargada pels dos costats, ja que tenint en compte l'espai que hi havia per posar l'aspa, era la que hi encaixava més bé. En aquest cas, no ens vam proposar el tema de posar-hi una aspa rodona, tot i que aquesta podria tenir una mica més de força, però en el cas de la pinça, no ens cal que faci molta força, amb la que obtenim, ja en tenim prou.

## Construcció d'un braç robot

Cal dir també que el fet de posar una aspa rodona o allargada, fa canviar una mica la força del motor, però no és molt gran aquesta diferència i, per tots aquests motius, vam escollir aquest tipus d'aspa en el servomotor de la pinça.

Com es pot veure també, per enganxar cada una de les aspes, vam utilitzar la cola tèrmica ja que aquest tipus de cola ens permet enganxar qualsevol tipus de fusta amb molta varietat de materials i, ja que les aspes son de plàstic, amb la cola de silicona s'enganxen molt bé amb la fusta.

Tot seguit, fan col·locar el servomotor de la pinça a la pinça i, sabent que la pinça té dos dits, un de fix i un de mòbil, vam col·locar el dit mòbil a sobre l'aspa del servomotor perquè obtingués la seva mobilitat i, això ens va quedar a una certa altura de la base de la pinça i, per això, mitjançant trossos petits de fusta vam alçar el dit immòbil fins a la mateixa altura que el dit mòbil, perquè si no ho haguéssim fet, no hagués quedat estèticament bé, ni al funcionar el braç la pinça hagués pogut realitzar bé la seva funció, ja que no podria agafar bé els materials que hagués d'agafar.

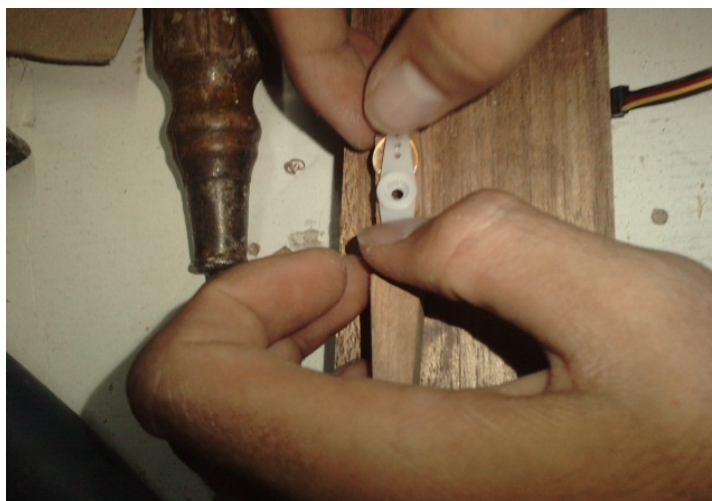


Figura 12. Col·locació de l'aspa del servomotor de la pinça.

## Construcció d'un braç robot

Un altre problema que ens vam trobar, va ser que els dits, quedaven molt prim i, per això vam pensar de posar-hi un altre llistó idèntic al dels dits enganxat a sota d'aquests. D'aquesta manera, els dits ens van quedar més gruixuts i, així poden agafar més objectes.

Per a fer la pinça, vam utilitzar el loctite amb catalitzador un altre cop, ja que a la pinça, només vam haver d'enganxar fusta amb fusta i, per a fer això, el loctite amb catalitzador és el millor que podíem utilitzar, ja que s'asseca a l'instant i podíem treballar amb els materials acabats d'encolar un instant després d'encolar-los i, aquesta cola enganxa molt fort fusta amb fusta.



Figura 13. Pinça del braç robot vista des de dalt.

En tenir tot el nostre projecte del braç robot finalitzat, ens vam trobar amb uns petits problemes que, citarem a continuació.

## Construcció d'un braç robot

El primer d'ells va ser que, al ajuntar totes les peces del braç robot, la base amb el tronc i aquest amb la part superior del braç, la part superior del braç robot, no s'aguantava recte, si no que es deixava caure. Això era pel pes que feia el cinquè servomotor i tota la pinça. El servomotor que no aguantava era el quart, però, quan el vam connectar a una placa protoboard<sup>4</sup>, vam comprovar que al connectar el servomotor amb la placa, al passar el corrent ja es posava recte i, lògicament, a la posició que desitjàvem.

Un altre problema que se'ns va plantejar va ser el tema del contrapès. El contrapès el vam haver de mesurar al final de la construcció, ja que així sabíem quan pes fa a la part del davant i, així mesurar quant de pes necessitàvem per la part del darrera i vam calcular el que tenia la part del tronc fins a la punta dels dits i, vam pensar que era aquest pes el que havia d'anar com a contrapès. Però al posar tot aquest pes, amb una peça de metall tallada a mida, vam veure que era massa pes, ja que amb el contrapès tota l'estructura del braç robot tenia molt joc i, no era tan estable. Per això que vam provar de posar-hi menys pes i, el vam haver de reduir força, fins a la meitat del pes que teníem al principi, fins al pes final de 125 grams. Amb aquest nou contrapès, el braç ens va quedar totalment equilibrat i, molt més estable, ja que aquest pes era més adient per l'estructura del nostre projecte.

Quan ja vam tenir acabada la construcció del braç robot explicada anteriorment, vam veure que amb la base que havíem fet no era suficient per aguantar tot l'equilibri del braç, ja que

---

<sup>4</sup> que és una placa de prova del circuit electrònic, que no cal soldar els components i te un sistema que permet posar i treure components electrònics per tal de fer servir la placa tants cops com sigui necessari.

## Construcció d'un braç robot

era massa petita i, al posar-la dreta, queia cap a qualsevol costat o bé, cap a endavant o cap a darrera.

Per això, vam decidir posar-hi unes fustes paral·leles que tenen la funció de fer de guies del braç robot i també la funció d'aguantar el seu equilibri.

Hem dit que serveixen de guies, ja que el braç, no el podíem enganxar a una base major i immòbil, perquè si algun dia hi passava algun problema, no el podríem desenganxar fàcilment, ja que estaria enganxat amb cola. Per aquest motiu ens vam idear unes guies que aquestes si que anirien enganxades a la base major feta de lacat dm, aquestes guies si que poden anar totalment enganxades a la base gran, ja que el braç pot entrar i sortir d'aquestes guies quan sigui necessari.

Per fer aquest procés, necessitàvem que les guies encaixessin perfectament amb la base petita del braç robot, ja que així ens assegurem de que no hi hagi el més mínim trontolleig possible de la base del braç quan aquest està en moviment, per això vam haver de ser molt precisos a l'hora de fer les guies.

Un cop vam posar tota l'estructura del braç a les guies, vam trobar-nos en que no lliscava l'estructura per les guies, es quedava quasi bé immòbil. Veient això, vam buscar què posar-hi perquè llisqués més bé. Com a resultat d'això, vam trobar una espècie de cera, anomenada parafina<sup>5</sup>. Aquesta cera ens va ajudar en que l'estructura del braç llisqués molt més bé per les guies.

Per fer les guies, vam utilitzar una fusta que encara no havíem utilitzat en cap altre procés explicat anteriorment. Aquesta fusta és anomenada fusta de niangó<sup>6</sup>.

---

5. Està feta a partir de petroli o de carbó.

6. És una fusta tropical, que no és gaire pesada i és bastant dura. La seva xapa ens mostra unes bones actituds per treballar-



## Construcció d'un braç robot

Aquesta estructura de les guies, com ja hem dit anteriorment, va enganxada a la fusta base, la qual és el DM lacat<sup>7</sup>.



Figura 14. Vista detallada de les guies que subjecten el braç robot.

Les guies van enganxades a aquesta base, aquest procés d'enganxar-les, va ser molt difícil, ja que unes guies han d'estar totalment paral·leles perquè el seu funcionament sigui òptim. Per aquest motiu, les vam enganxar amb visos, ja que d'aquesta manera podem ser més precisos que si les haguéssim enganxat amb qualsevol de les coles fetes servir al llarg de la construcció del braç robot.

---

hi i és difícil de trencar-la.

7. El DM lacat, té una capa de laca estampada a les seves cares exteriors i, així queda estèticament més bé, ja que tot el braç robot està construït de DM, amb el DM contraplacat lacat, queda molt bé el contrast que es produeix entre el DM normal i el blanc del DM contraplacat lacat.

## Construcció d'un braç robot

Un cop enllestit tot el que s'ha dit en els passos anteriors, vam veure que ens faltava construir una cosa. Aquesta cosa que ens faltava era una caixa per posar els potenciòmetres o resistències variables, que aquestes encaixessin perfectament amb la caixa, ja que així quedaria com un panell de control del braç robot, equivaldria a ser un comandament del braç robot. Quan vam tenir el disseny de la caixa i els potenciòmetres, vam veure que aquests eren massa llargs, ja que estan formats per una base rodona, de la que en surt un cilindre de metall llarg, d'uns 4 centímetres. Vam trobar que no calia que fossin tan llargs i per això, vam anar a un ferrer a que ens els tallés a la mida que volíem, uns 2 centímetres i mig menys de que eren abans.

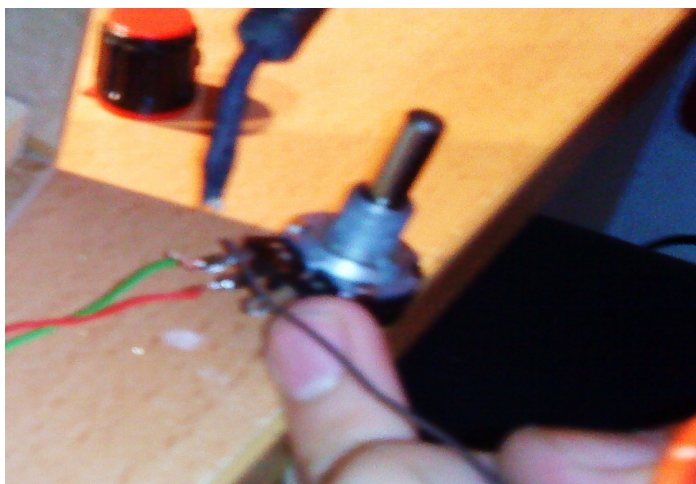


Figura 15. Potenciòmetre tal i com va quedar després de tallar-ne un tros.

Fer la caixa per posar-hi els potenciòmetres no va ser tan fàcil com sembla, ja que havíem de pensar un mètode perquè poguéssim treure els potenciòmetres quan fes falta, per exemple, si se n'espatllés algun, s'hauria de treure i, per això, vam pensar que la millor idea seria posar uns llistons a l'interior de la caixa, enganxats amb cola als laterals de la caixa i que en aquests s'hi enganxés la tapa de sota de la caixa amb uns visos.

## Construcció d'un braç robot

Així, si volíem treure la tapa per treure els potenciòmetres, tan sols hauríem de desenroscar la tapa i llestos.

La caixa la vam construir amb la fusta emprada en la construcció de la majoria de les parts del braç robot, ja que així fa joc amb el color de la fusta del braç, ja que és la mateixa i del mateix color.



Figura 16. Caixa dels potenciòmetres vista per la part de baix, sense la tapa.

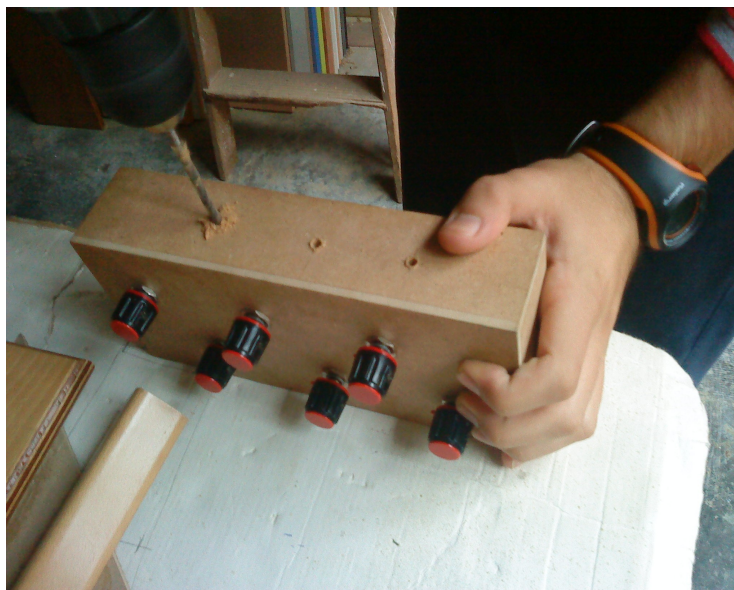


Figura 17. Caixa dels potenciòmetres acabada.

## Construcció d'un braç robot

Finalment, en aquesta caixa en la que hi van situats els sis potenciòmetres, sabíem que no gaire lluny, si no que enganxada a la caixa hi havia d'anar la placa on hi hauran soldats tots els components.

El procés de com la vam construir l'explicarem més endavant. Però havíem de fer un suport que anés enganxat a la caixa dels potenciòmetres i que pogués aguantar la placa. Per això ens vam imaginar una fusta, la qual tindria forma de la lletra "E", ja que havia de tenir dos forats, un per posar-hi la placa i l'altre per posar-hi un plàstic a sobre d'aquesta, per protegir-la. Aquesta "E" havia de ser alta com la caixa dels potenciòmetres i llarga com l'amplada de la caixa més l'amplada de la placa. En vam haver de construir dues, ja que havia d'anar una a cada costat de la caixa enganxades amb cola blanca.

Aquestes peces en forma de "E" les vam fer amb el dm lacat, ja que aquest tipus de fusta té més fondària i vam poder fer la forma de "E" sense travessar tota la fondària de les peces i així quedava més bé, tal i com es pot veure en la Fig 18.

## Construcció d'un braç robot

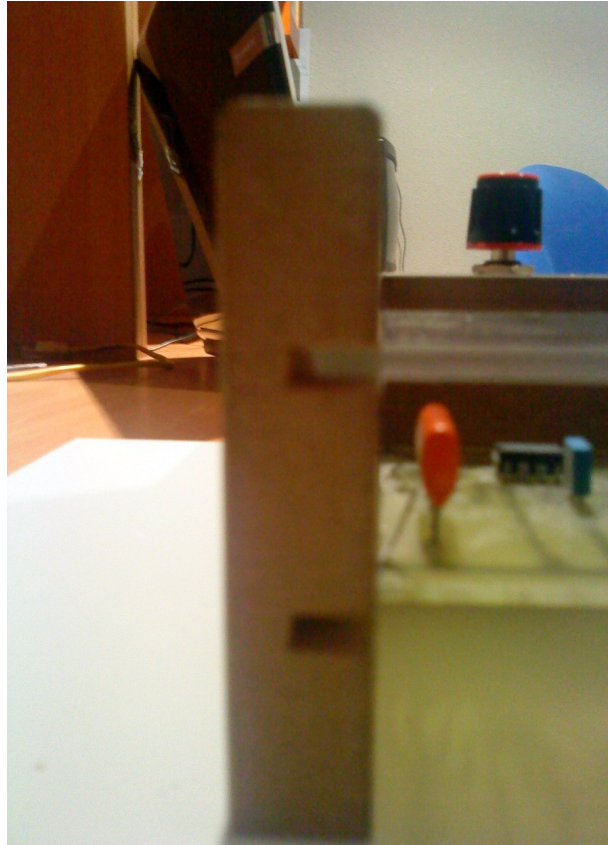


Figura 18. Peça en forma de "E"

Un cop vam acabar de construir el projecte , seguint el procés explicat anteriorment i resolent totes els problemes que se'ns van plantejar, vam donar la construcció mecànica del braç robot per bona i finalitzada, seguidament ja vam iniciar-nos a l'electrònica per poder fer tota la part electrònica del nostre projecte, primer fent els càlculs del circuit que necessitàvem i, després el vam haver de dissenyar-lo i fer-lo a la placa, tot seguint el procés que ens trobem a continuació.

### **3.3 Procés de construcció electrònica:**

#### **3.3.1 Disseny del circuit electrònic:**

A diferència de la part mecànica, en l'electrònica teníem un problema bastant notable, teníem poca coneixement d'electrònica. Si que havíem fet circuits elèctrics simples i sabíem les lleis bàsiques de l'electricitat, però ni de lluny podíem aconseguir dissenyar un circuit que ens fabriques una senyal per fer anar un servomotor analògicament. Per tant vam demanar consell al tutor, aquest ens va dir que el circuit que volíem muntar es podria aconseguir mitjançant un circuit integrat que s'anomena 555.

Així doncs ens vam començar a endinsar en el món de l'electrònica i vam començar a buscar informació sobre els integrats 555. Entre moltes pàgines que explicaven el seu funcionament ens vam decantar per un plec d'informació que té la casa Texas Instruments el qual estan molt ben explicades les aplicacions del circuit integrat 555.

Evidentment el nostre circuit no podia constar d'un sol integrat 555 sinó que cada integrat necessita estar dintre d'un circuit concret i predeterminat segons el que volem que faci. Així doncs teníem dos circuits diferents que havíem d'ajuntar: un que ens passaria d'una tensió de 6 volts contínua, a una ona quadràtica amb una freqüència de 20ms o 50 Hz, un com tinguéssim la ona faríem variar el seu pic per tal d'aconseguir el moviment del servomotor. Anem-ho a veure més detalladament.



## Construcció d'un braç robot

### Circuit astable

Com ens mostra la imatge el circuit estable es un petit circuit que ens crea una senyal en forma de pics cap avall, que ens fan una ona quadràtica.

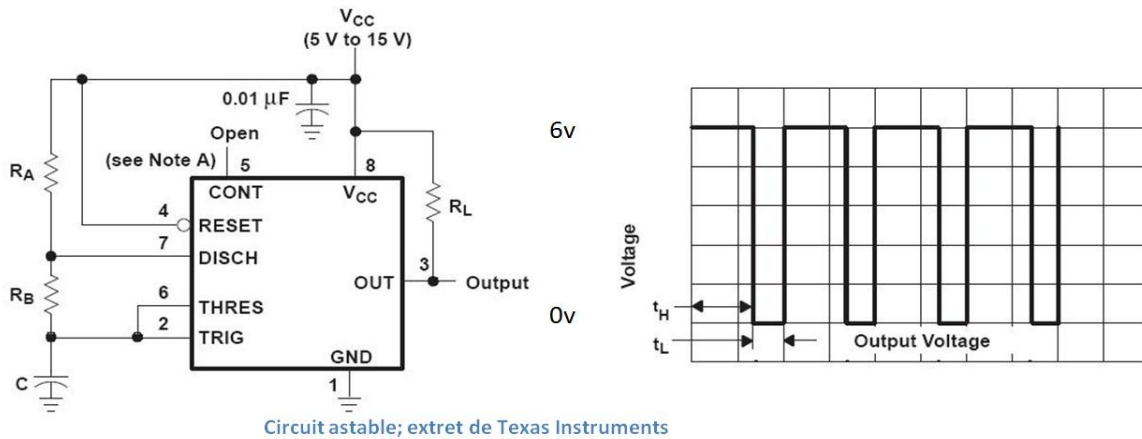


Figura 19. Circuit astable i la seva corresponent ona.

Si ens fixem en el circuit tenim uns condensadors que no varien i la resistència  $R_A$ ,  $R_B$  i el condensador  $C$  que si els canviem els faran variar diferents coses de la ona que crearà el circuit.

Per calcular les diferents variables comentades anteriorment el propi circuit ja té unes equacions definides les quals estan relacionades amb els  $t_H$  i  $t_L$  que veiem a la imatge. Els nostres servomotors treballen en un marge de 500 $\mu$ s i 2.500 $\mu$ s. Per tant la nostre  $t_L$  haurà de ésser lleugerament més petita per tal que després la podem eixamplar fins als 2.500 $\mu$ s.

Per tant hem fixat un valor de  $t_L=400\mu$ s. Evidentment  $t_L < t_H$  com podem apreciar en la imatge. Per trobar la nostre  $t_H$  contem que la freqüència ha d'ésser  $T=t_L+ t_H$  i com hem dit anteriorment  $T=20$ ms. Per tant ja ho tenim:  $T- t_L= t_H =20$ ms-0,4ms=19,6ms. Com podem apreciar el pic és molt petit respecte a la resta de la

## Construcció d'un braç robot

ona. Molt bé ara com ja sabem com ha de ésser la nostre ona passarem a trobar;  $R_A$ ,  $R_B$  i  $C$  mitjançant les següents equacions del circuit astable.

$$(1) t_H = 0,693 \cdot C \cdot (R_A + R_B)$$

$$(2) t_L = 0,963 \cdot C \cdot R_B$$

substituint ens queda:

$$(1) 19,6 \cdot 10^{-3} = 0,693 \cdot C \cdot (R_A + R_B)$$

$$(2) 400 \cdot 10^{-6} = 0,693 \cdot C \cdot R_B$$

Ara tenim que fixar algun valor, per fer això vam fer una taula amb un full de càlcul per mirar els diferents resultats que donaven, però al final ens varem decantar per posar a  $C$  el valor de  $C=180\text{nF}$ . Substituint primer a l'equació (2) i substituint després a l'equació (1) trobarem els valors de  $R_A$  i  $R_B$ .

$$(2) R_B = \frac{400 \cdot 10^{-6}}{0,693 \cdot 180 \cdot 10^{-9}} = R_B = 3.206,6 \Omega$$

$$(1) 19,6 \cdot 10^{-3} = 0,693 \cdot 180 \cdot 10^{-9} \cdot (R_A + 3.206,6 \Omega)$$

$$19,6 \cdot 10^{-3} = 1,2474 \cdot 10^{-7} \cdot R_A + 3,999 \cdot 10^{-4}$$

$$R_A = \frac{19,6 \cdot 10^{-3} - 3,999 \cdot 10^{-4}}{1,2474 \cdot 10^{-7}} = 153920,2 \Omega$$

Ara ja tenim els valors de la primera peça del nostre circuit, cal dir que podríem haver fixat qualsevol de les variables. Hem fixat el condensador perquè es el que té més marge d'error per defecte en la realitat. També és necessari dir que resistències amb els valors que hem trobat no les fabriquen, així que les haurem d'arrodonir a les que si que fabriquen així que en valors estàndard tenim:

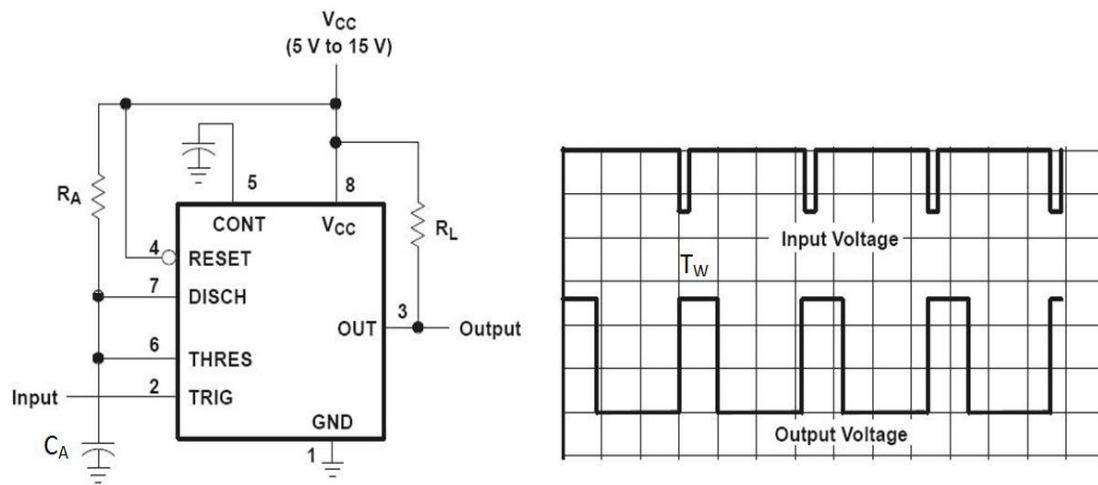
$$R_A = 3K3 \Omega$$



## Construcció d'un braç robot

$$R_B = 150 \text{ K}\Omega$$

$$C = 180 \text{ nF}$$



Circuit monoestable: extret de Texas Instruments

Figura 20. Circuit monoestable i la seva corresponent ona.

Hem aconseguit la ona base que necessitàvem amb el circuit astable ja podem passar al monoestable. El circuit monoestable té una característica principal i és que necessita que li entri una ona com la que hem construït prèviament, és a dir, que no podríem fer servir un monoestable directament si no que sempre necessitariem abans crear-li la ona amb el circuit astable. Vegem com està construït el circuit monoestable:

Com veiem en la figura 20 el circuit monoestable té dues variables a diferència del astable. Podem veure la senyal d'entrada que necessita, la qual és la ona quadràtica em pics cap avall que hem comentat abans i la de sortida que és amb un pic d'un temps  $T_W$  cap amunt. Aquesta ona de sortida amb els  $T_W$  correctes ja ens podran fer funcionar els servomotors. En el plec informatiu sobre els 555 de Texas Instrument, ja comentat anteriorment, es pot consultar a Internet i ens facilita una

## Construcció d'un braç robot

gràfica lineal que ens relaciona el valor que ha d'adaptar el condensador  $C_A$  en relació al  $T_W$ .

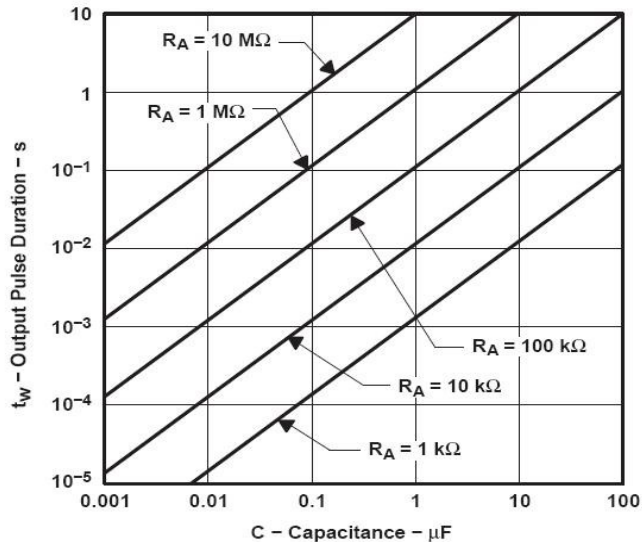


Figura 21. Gràfica que relaciona la resistència i el condensador del circuit monoestable. Extret de texas instruments.

La gràfica ens dona una idea dels valors que ens podrien arribar a donar, hem de buscar que els valors estiguin cap a la part de baix a l'esquerra ja que necessitem resistències que no superin els 1 M $\Omega$  ja que llavors tindriem que contar la resistència que fa l'aire i se'ns complicaria tot. Cal dir que hem donat el nom d' $R_{A2}$  a la variable resistència.

Llavors al intentar calcular ens vam trobar en un problema en el qual al trobar un valor per  $R_{A2}$  tindriem un  $T_W$  concret i per tant els servomotors només podrien adoptar una posició, llavors hauríem de fer variar la resistència per tal de que  $T_W$  avarques tot el ventall de posicions que poden fer els nostres servomotors.

Així que ens vam plantejar de posar una resistència variable en sèrie amb una resistència que faria el  $T_W$  mínim que pot avarca

## Construcció d'un braç robot

els nostres servos. Així a mesura que augmentéssim el valor de la resistència variable de  $[0, R_V]$  l'aspa dels servos aniria agafant tot el ventall de posicions de  $[0^\circ, 180^\circ]$  per tant com ja hem dit al principi haurem de calcular les variables quan  $T_W$  pren els valors  $500\mu s$  i  $2500\mu s$ . Així doncs anem a calcular els valors de les nostres variables amb la fórmula del circuit monoestable:

$$T_W = 1,1 \cdot R_{A2} \cdot C_A$$

A  $C_A$  li fem prendre el valor de  $82nF$  que després de fer una taula de possibilitats amb un full de càlcul dona els resultats més òptims. Per tant primer substituïm el  $T_W$  per el temps més petit i trobem  $R_{A2}$ :

$$R_{A2} = \frac{500 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 82 \cdot 10^{-9}} = 5543,2\Omega$$

Seguidament per el valor  $T_W$  més gran i trobem  $R_{A3}$ :

$$R_{A3} = \frac{2500 \cdot 10^{-6}}{1,1 \cdot 82 \cdot 10^{-9}} = 27716,2\Omega$$

Ara hem de calcular el valor que pren la resistència variable mitjançant l'expressió següent:

$$R_V = R_{A3} - R_{A2} = 27716,2 - 5543,2 = 22173\Omega$$

Al igual que abans hem d'estandarditzar els valors trobats i finalment obtenim:

$$C_A = 82nF$$

$$R_{A2} = 5K6\Omega$$

$$R_V = 22K\Omega$$

## Construcció d'un braç robot

Al final ens hem trobat que tenim igualment tres components al contrari del que havíem predit mirant la imatge del circuit monoestable, està clar que les imatges només son una aproximació ja que nosaltres hem fet alguns retocs per tal d'adaptar-lo a les nostres necessitats.

Molt bé ja tenim les peces del trencaclosques totes separades, ara fa falta ajuntar-les, està clar que com tenim sis servomotors necessitarem un circuit monoestable per cada servo i només un circuit astable per donar la senyal (ona quadràtica amb pics invertits) a tots els circuits monoestables.

Ajuntar les peces del trencaclosques no ens va portar problemes perquè simplement és connectar la sortida del circuit astable a la entrada del monoestable, amb una imatge ho veurem més clar.

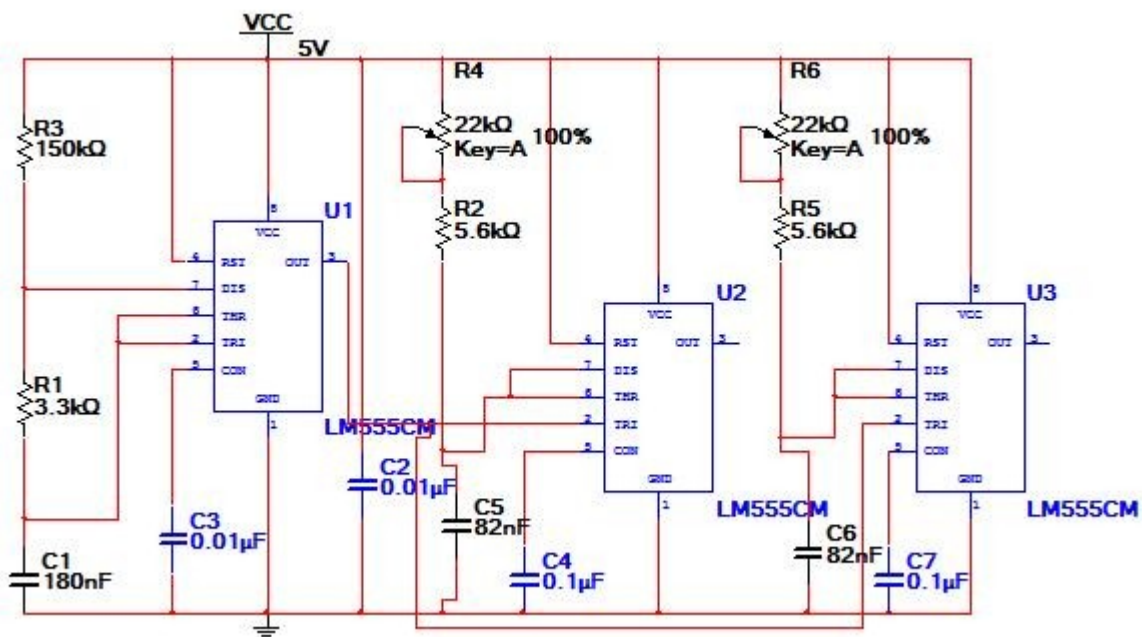


Figura 22. Fragment de l'esquema del circuit utilitzat, fet amb el programa "Multisim 11.0".

## Construcció d'un braç robot

Com podem veure a la figura 22, tenim el primer integrat que crea l'ona desitjada i seguidament vindrien sis integrats més que ens ajustarien l'ona a les nostres necessitats amb la resistència variable, cal dir que en la imatge només tenim dos dels sis integrats, però els que falten vindrien connectats exactament iguals.

Un cop teníem la placa estructurada i amb els valors fixats ens vam posar a provar si realment funcionaria utilitzant un oscil·loscopi virtual al circuit mostrat a la anterior imatge. Així doncs connectant la sortida del primer integrat i la alimentació al oscil·loscopi vam comprovar que la freqüència amb la que sortia,  $T_2 - T_1 = 20\text{ms}$ , tal hi com volíem. Això es pot veure en la següent il·lustració.

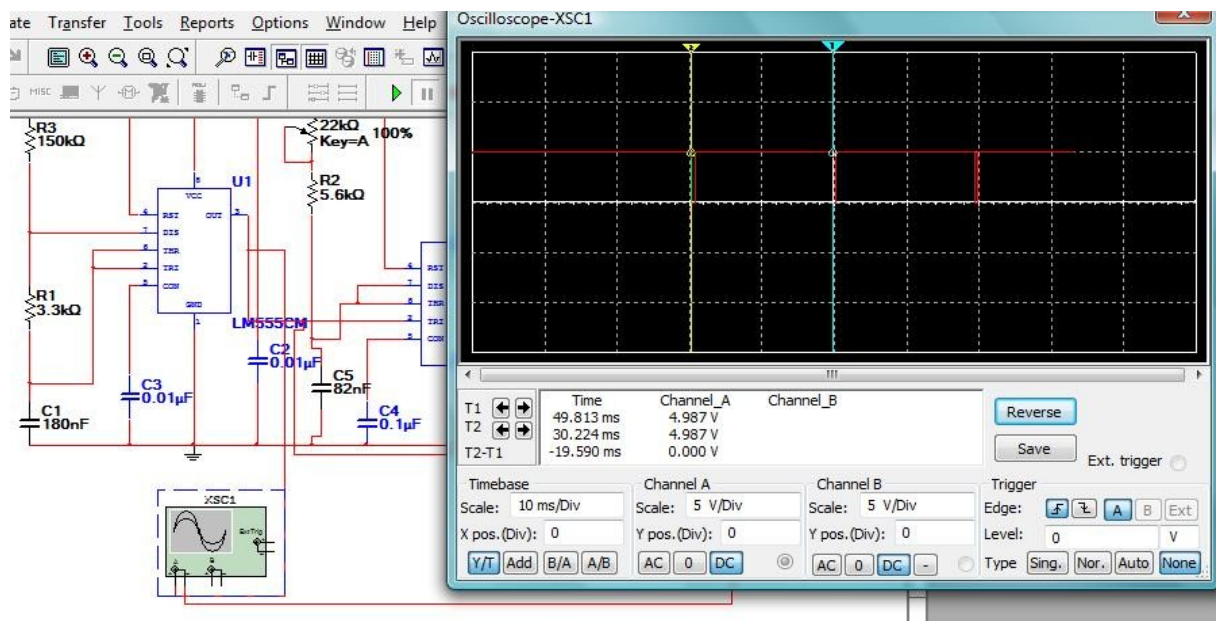


Figura 23. Fragment del circuit astable fet servir (part esquerra) i visió de l'ona de l'esquema (part dreta).

Un cop observat que el primer integrat funcionava correctament vam mirar els següents grups d'integrats per el valor màxim i mínim de la resistència variable.

## Construcció d'un braç robot

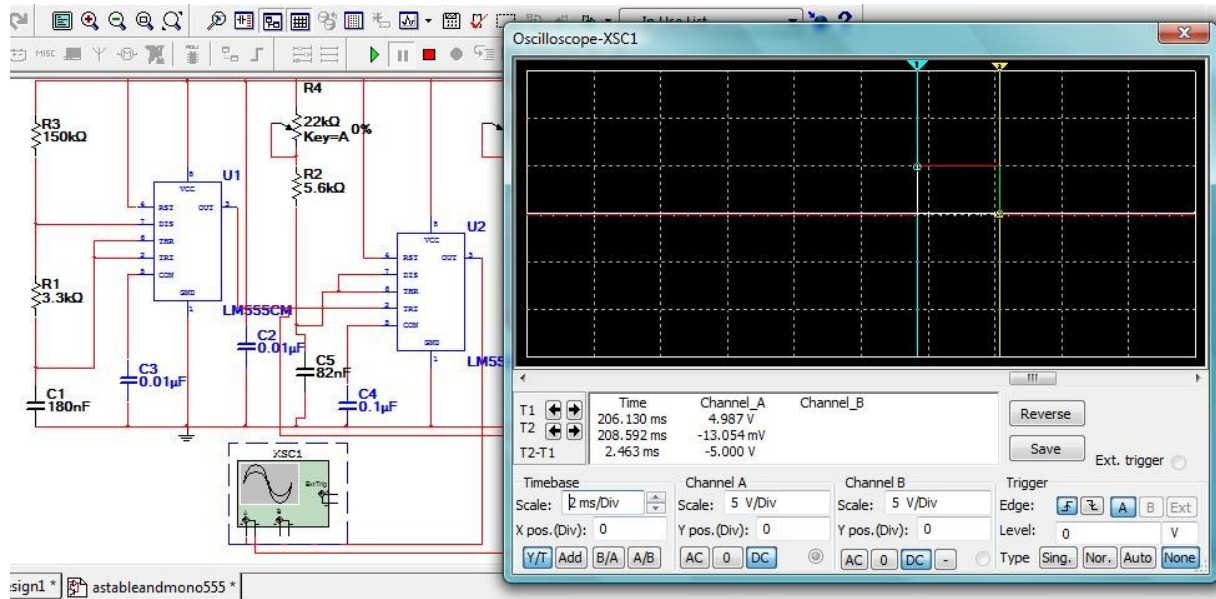


Figura 24. Fragment del circuit monoestable quan la resistència variable és al mínim fet servir (part esquerra) i visió de l'ona de l'esquema (part dreta).

Amb el valor mínim de la resistència variable el pols és màxim i té un període de 2500μs tal hi com desitjàvem.

## Construcció d'un braç robot

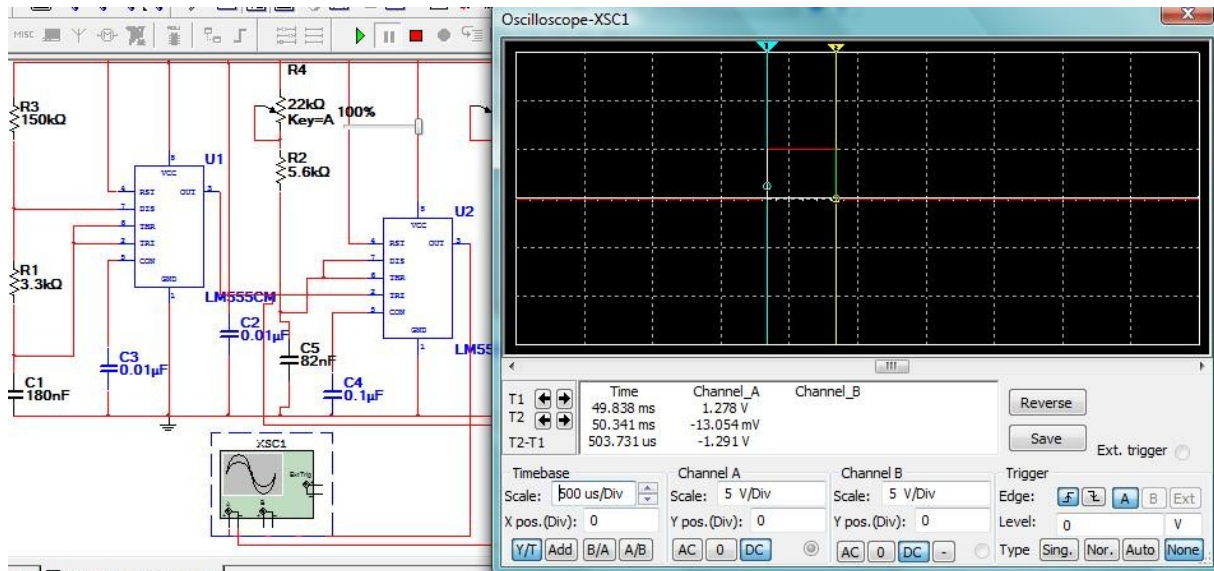


Figura 25. Fragment del circuit monoestable quan la resistència variable és al màxim fet servir (part esquerra) i visió de l'ona de l'esquema (part dreta).

En canvi quan la resistència variable tenia el valor màxim el pols era més estret i tal hi com era d'esperar d'uns 500μs.

És necessari que sabeu que ens va costar aconseguir fer aquestes simulacions ja que al principi fèiem servir un altre programa, el crimarket, però no ens va resultar així que finalment vam utilitzar el multisim 11.0 i no vam tenir cap problema.

Després de saber que teòricament havia de funcionar el tutor va fer una protoboard per provar amb un oscil·loscopi real si realment funcionaria, evidentment els resultats van ésser positius i així doncs ja ens podíem començar a fer la nostra placa físicament. Però anem a mirar com van quedar les ones vistes per l'oscil·loscopi.

La primera ona que vam mirar va ser la de sortida, la que va cap al servomotor, amb el valor de la resistència variable nul.

L'oscil·loscopi està regulat perquè cada quadrat horitzontal valgui 5 mili segons i cada vertical valgui 2 volts.



## Construcció d'un braç robot



Figura 26. oscil·loscopi ona de 2,5ms

En la figura 26 podem veure l'oscil·loscopi i la ona, si ens hi fixem detingudament veurem que te algunes diferencies amb la de les simulacions.

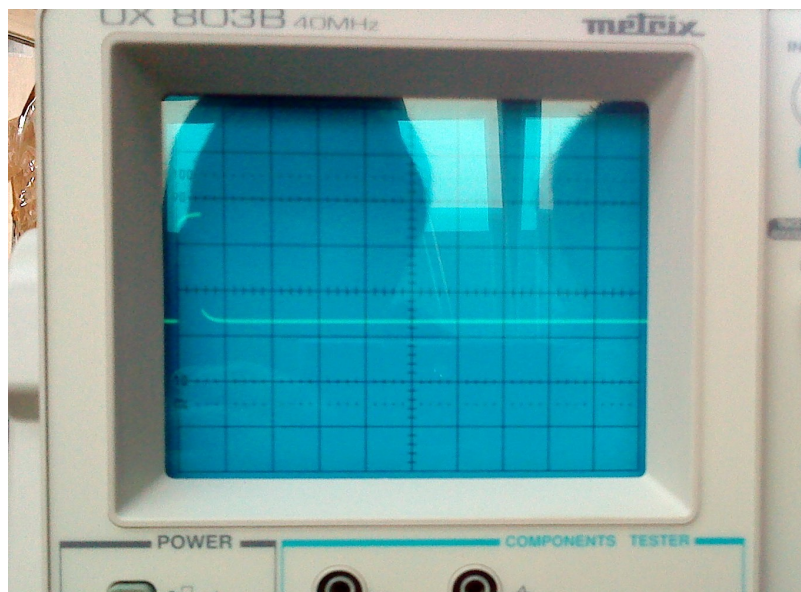


Figura 27. oscil·loscopi ona de 2,5ms ampliada.



## Construcció d'un braç robot

En la figura 27 veiem un pols de la nostre ona, pel que fa a l'amplada és més o menys correcte perquè com ja hem dit hauria de fer 2,5ms i més o menys ja és la meitat del quadrat que fa 5ms. L'alçada hauria de fer 3 quadrats ja que cada un fa 2v i el circuit està connectat a 6v. Així la diferència és en la forma de l'ona, ja que en la simulació la ona es ven bé quadràtica i en l'oscil·loscopi és lleugerament arrodonida, també es pot observar que salta de 0v fins quasi bé els 6v i després torna a saltar des de quasi bé els 6v fins a 0v altre cop. Això passa perquè com ja hem vist l'oscil·loscopi és un punt que es va movent i en els pics es produeixen asímptotes, quan l'oscil·loscopi capta la senyal abans del pic està a 0v i de cop ja està a quasi bé 6v.

També passa el mateix quan el valor de la resistència variable és màxim vegem ràpid una imatge.

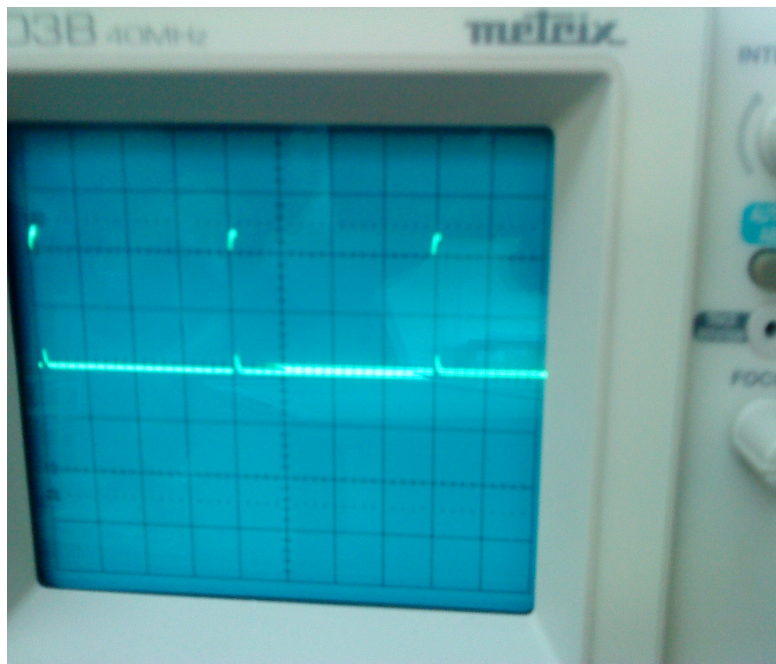


Figura 28. oscil·loscopi ona de 0,5ms

Finalment vam mirar també la ona de sortida del circuit astable. On podem apreciar la freqüència del circuit que son 20ms si contem quadrats són quatre quadrats per 5ms cada un ja ens fan els 20ms que volem, a més podem veure com els pics van avall

## Construcció d'un braç robot

però això ja és cosa del astable, perquè el monoestable necessita rebre una senyal d'aquesta tipologia.

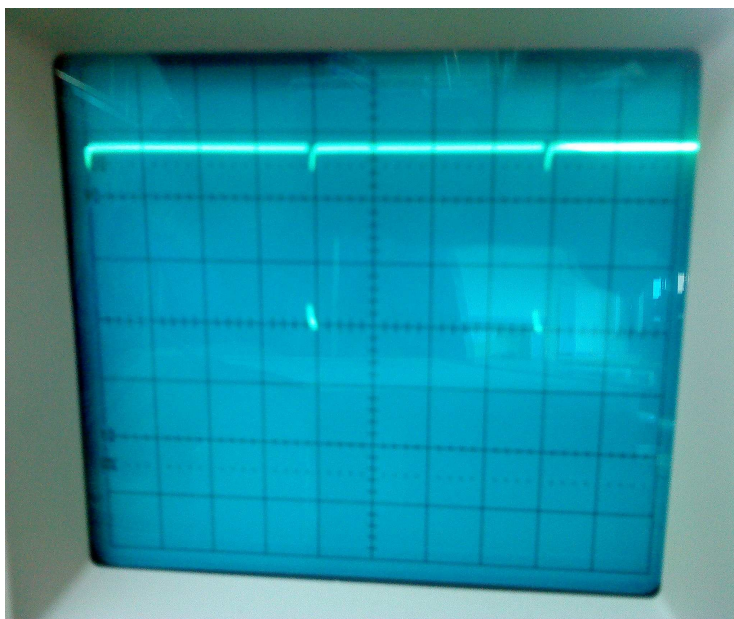


Figura 29. oscil·loscopi ona del circuit astable

Bé ara sabem perfectament que el circuit funciona, abans de fer un pas més i dissenyar la placa, farem una parada per estudiar el diagrama de blocs del circuit per fer una síntesi del que hem fet fins ara.

Bé el circuit primer de tot ha d'estar alimentat a un corrent continu de 6 volts. Aquest 6 volts els fa un generador i alimenta tant el circuit que crea la senyal en si com els servomotors. El primer que ens trobem és el circuit astable que ens transformara els 6 volts de corrent continu a una ona quadràtica de pics cap avall a una freqüència de 50Hz.

Aquesta primera senyal serà distribuïda a sis circuits monoestables que ens crearan un pic cap amunt amb l'ample desitjat per tal de fer canviar de posició cada un dels sis servomotors.

Finalment aprofitant els 6 volts de corrent continu que ens crea el generador també ens alimentarà els servomotors.

### **3.3.2 Construcció de la placa:**

Un cop vam saber com havia de funcionar vam passar a fer el disseny de la placa, és a dir mirar per on passarien totes les pistes i a on anirien soldats els components. Per fer-ho un primer intent va ser amb un programa anomenat EAGLE 5.10.0 però al tenir un circuit considerablement llarg, la dificultat d'us del programa i al no saber les mides dels components que hauríem de posar, al final vam optar per fer el circuit a mà.

El primer pas va ésser anar a comprar tots els components necessaris per fer el muntatge de la placa. Tal com: espadins, placa verge, resistències, integrats NE555 i NE556, condensadors i potenciòmetres o resistències variables. Al comprar els components el primer error va ser que ens van vendre uns potenciòmetres logarítmics i no pas lineals com els que necessitàvem. Apart d'això a l'hora de comprar no vam tenir problemes.

Un cop teníem els components tocava fer el disseny sobre paper del circuit, fer-ho cal dir que és laboriós. El procediment és el següent: es dibuixen els components a mida real sobre un paper mil·limetrat a una certa distancia uns dels altres, i poc a poc s'han d'anar fent les connexions però intentant que no es tinguin que fer ponts.

## Construcció d'un braç robot

Per aconseguir-ho es cal dir que es poden passar pistes per sota els components. Després d'unes hores ens va sortir un circuit que no hi havia ni un sol pont, així que el vam donar per bo. L'únic petit problema que tenia era que una pista passava entre les potes d'un integrat, però si es solda amb pressió no teníem perquè tenir problemes amb això. També cal dir que per estalviar espai vam fer servir tres NE556 en comptes dels sis NE555 com podem veure en la figura 30.

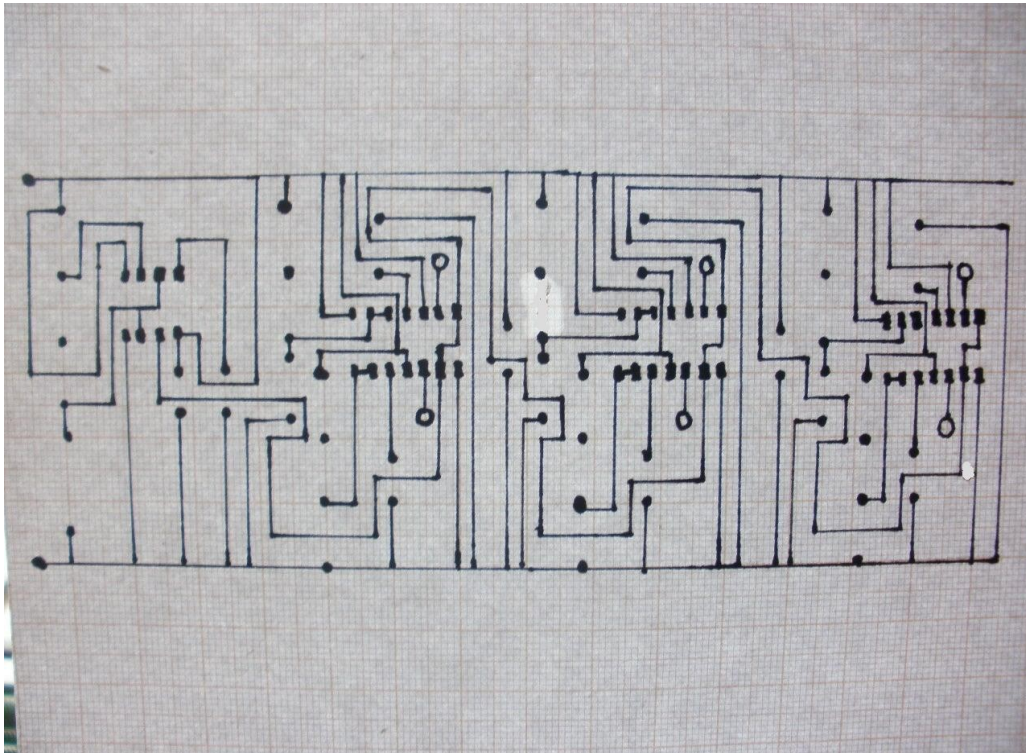


Figura 30. Disseny real de la placa.

Un primer intent va ser dibuixar directament el circuit a la placa, amb un retolador permanent però com veurem en l'apartat següent això no va funcionar. Podem veure com va quedar a la figura 31.



## Construcció d'un braç robot

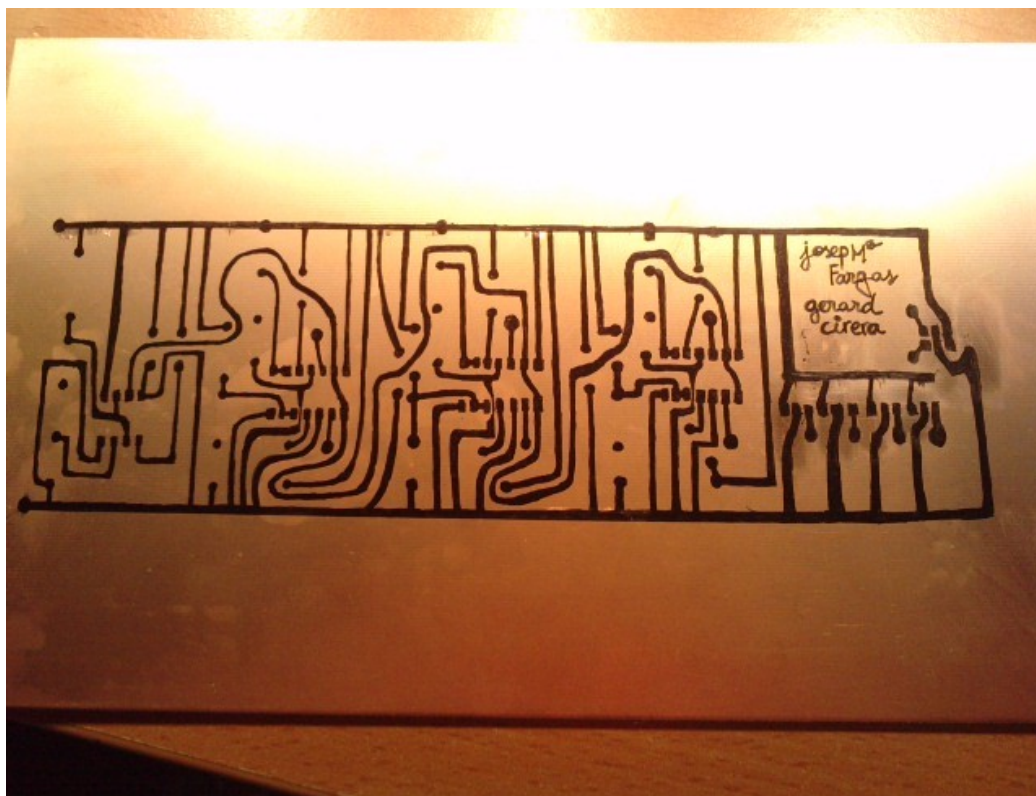


Figura 31. Disseny de la placa plasmat a la placa verge amb retolador permanent

Un cop fet el disseny, per arribar-lo a plagar a la placa el vam tenir que digitalitzar i deixar-lo perfecte amb el Photoshop, podem veure com va quedar en la figura 32.

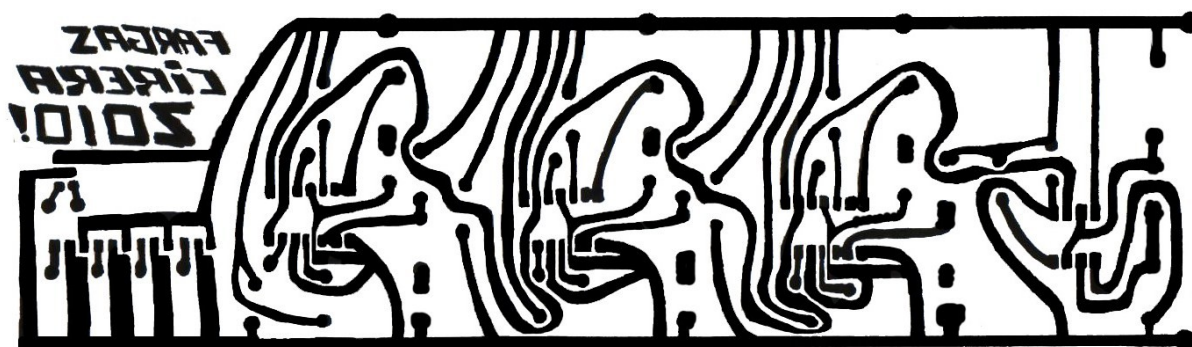


Figura 32. Disseny digitalitzat de la placa.

Un cop vam tenir enllestit tot el disseny de la placa explicat anteriorment, amb tots els càlculs i tots els components que necessitàvem, vam començar a construir la placa final.

## Construcció d'un braç robot

Aquest procés de la construcció de la placa, cal dir que no ens va sortir bé al primer intent, sinó que vam haver de fer dues plaques, la primera com ja hem dit, defectuosa i, la segona que aquesta sí que ens va sortir perfecte, tenint en compte que cap dels dos havíem construït mai una placa o alguna cosa similar.

Per començar aquest procés, començarem explicant com vam fer la primera placa. Per començar aquesta placa, vam agafar-la i, seguidament, vam començar a dibuixar-hi a mà, amb un retolador, el circuit que vam dissenyar anteriorment.

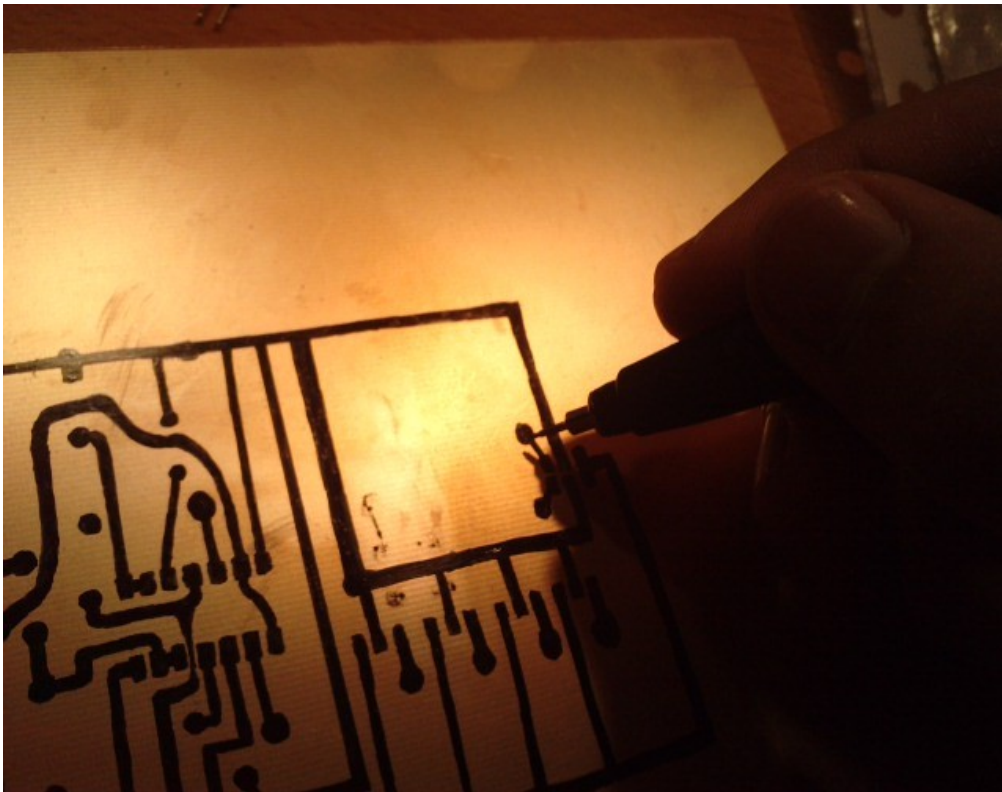


Figura 33. Disseny que vam copiar a mà a la primera placa.

Un cop vam tenir dibuixat tot aquest circuit que es mostra en la figura 31 a la placa i ben resseguit perquè així no es tallessin les pistes dibuixades, havíem de treure tot el coure de la placa verge on hi havia el dibuix de les pistes d'alguna manera.

## Construcció d'un braç robot

Buscant i buscant, vam trobar que el coure restant de la placa marxava d'aquesta submergint la placa en un recipient que contingués una barreja de aiguarràs i aigua oxigenada.

Quan vam tenir aquesta barreja feta en un recipient suficientment gros perquè hi cabés la placa, la vam submergir en aquest recipient i, un cop a dins, a anàvem movent una mica, així, l'aiguarràs es menjava el coure més ràpid.

Esperant i removent, va passar una bona estona fins que no es va acabar de menjar tot el coure que no estava pintat. Quan ja només quedava el coure que nosaltres havíem pintat amb el retolador, vam treure la placa. Aquí ja ens va estranyar una cosa, que tot aquest procés de submergir-la, havia tardat molt més del que en teoria havia de tardar, però vam seguir amb el procés.



Figura 34. Placa dolenta, al principi de submergir-la en la barreja d'aiguarràs i aigua oxigenada.

Després d'extreure la placa del recipient, havíem de treure la tinta del retolador, ja que a sota d'aquesta hi havia el coure que és el que ens interessava. Un cop extreta tota la tinta, vam trobar-nos que la barreja d'aiguarràs i aigua oxigenada s'havia menjat més coure del compte i les pistes quedaven tallades, ja

## Construcció d'un braç robot

que el coure d'algunes pistes estava tallat, ja que la barreja dels líquids se l'havia menjat.

Això ens va passar perquè, a part de que la vam deixar més temps del compte, vam posar-hi més aiguarràs que aigua oxigenada i, l'aiguarràs és el què fa que marxi el coure bàsicament i, per posar quantitats desproporcionades, va passar el que va passar, que el líquid es va menjar més coure del previst.

Aquesta placa que vam fer primer, no servia i, vam haver de tornar-ne a fer una. Ara, el disseny ja el teníem fet, però faltava trobar un altre mètode per fer-la, ja que aquest, la tinta del retolador no havia protegit prou bé les pistes que volíem i, per Internet vam trobar manuals de fer plaques.

En vam trobar un de molt bo i molt i fàcil d'entendre i el vam seguir pas a pas, així, en teoria ens havia de sortir la placa bé.

Per començar, sabíem que no la volíem tornar a fer dibuixant-la a mà a la placa amb un retolador, sinó que quedaria molt més bé si imprimíssim el circuit en un paper. Per fer això, vam escanejar el disseny del circuit a l'ordinador i, vam millorar la qualitat de la imatge del circuit i remarcant-lo amb un negre més intens i, perquè amb el retolador, quedaven imperfeccions que retocades amb el Photoshop van quedar perfecte per després poder-lo imprimir en millor qualitat. Però no el podíem imprimir amb una impressora normal ni en un paper normal, necessitàvem una impressora làser i un paper fotogràfic per impressores làser, perquè altres vegades, ja ho havíem provat de fer amb impressores normals d'injecció de tinta, però al planxar-ho, no s'enganyava el gravat del paper a la placa, que aquest és el següent pas. Per això i per recomanacions de llocs web vam imprimir el circuit amb una impressora làser i en un paper



## Construcció d'un braç robot

fotogràfic.

Un cop vam tenir el circuit imprès amb les condicions explicades anteriorment, vam retallar-lo amb les mides justes i també vam retallar la placa amb les mides justes també per recomanacions de la web, cosa que no havíem fet en la primera placa. Quan vam tenir el paper on hi havia el circuit imprès i la placa a la mateixa mida, vam agafar la placa, sense tocar-la amb els dits per no deixar-hi ditades, i la vam submergir amb un recipient amb aigua, i després la vam llimar amb un fragall d'alumini, ja que així el circuit s'hi enganxaria millor. Aquest procés el vam fer dos o tres cops.

Després la vam ben assecar i mullar-la una mica amb unes gotes d'alcohol etílic perquè quedi ben neta i a punt per fer-hi el gravat del circuit imprès.



Figura 35. Polint i netejant la placa amb el fragall d'alumini.

## Construcció d'un braç robot

Tot seguit passarem al gravat de la placa que, per poder-lo fer vam necessitar, a part de la placa i el circuit imprès, una planxa normal. Primer de tot, vam situar el circuit imprès sobre la placa, ben centrat i, tot seguit, vam començar a passar-hi la planxa per sobre, una bona estona perquè el circuit quedés ben marcat al coure de la placa. Vam estar planxant el circuit imprès a la placa durant uns set minuts aproximadament.



Figura 36. Planxant el circuit imprès a la placa.

Un cop vam tenir el circuit planxat a la placa, vam trobar-nos que a la placa hi quedaven trossos de paper, per treure'ls, vam haver de posar la placa en el recipient d'aigua usat al principi d'aquest apartat i raspallar-la amb un raspall de dents, suaument i, d'aquesta manera els trossos de paper van acabar marxant.

## Construcció d'un braç robot



Figura 37. Netejant la placa amb el raspall.

Quan vam tenir la placa ben neta i amb el circuit gravat sobre d'aquesta, vam procedir a submergir la placa amb l'àcid. Aquest àcid, com ja hem dit explicant la primera placa, el vam fer amb la barreja d'aiguarràs i aigua oxigenada.

Al submergir la placa dins del recipient amb l'àcid, vam poder veure que aquest àcid es menjava molt més ràpid el coure que no estava gravat amb el circuit, ja que com s'ha dit anteriorment, els llocs de la placa on hi ha un gravat, sigui amb el retolador o imprès, però imprès queda molt més ben marcat. Cal dir que l'àcid es menjava més ràpid el coure perquè la mida de la placa era més petita que la primera i, per això vam estar menys estona, tant sols uns quinze minuts.



## Construcció d'un braç robot



Figura 38. Placa submergida en l'àcid.

Quan van passar els quinze minuts, la placa va quedar d'un color verd, ja que la solució s'havia menjat tot el coure menys els trossos on hi havia gravat el circuit imprès com es pot veure en la següent figura.

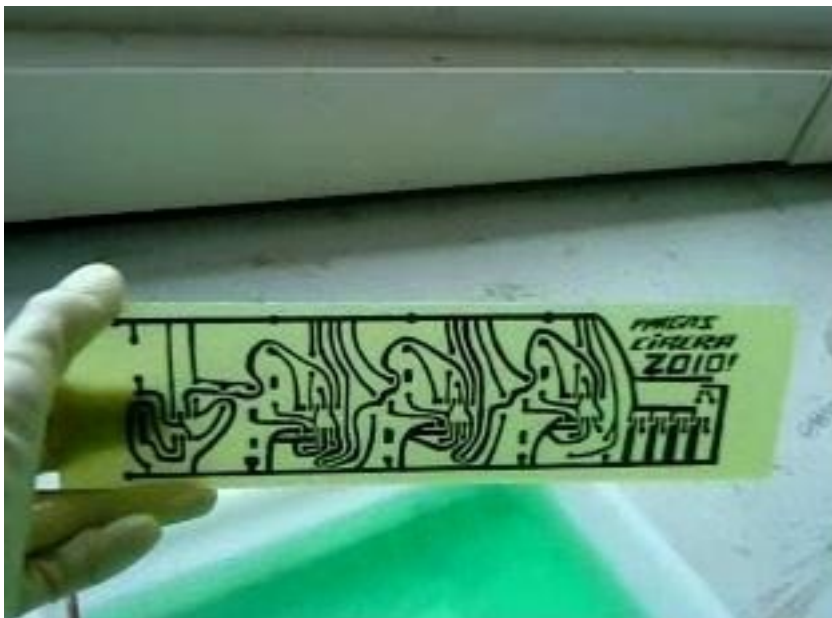


Figura 39. Placa acabada de passar per l'àcid.

## Construcció d'un braç robot

Després d'extreure la placa de l'àcid, la vam submergir en el recipient usat anteriorment d'aigua, per netejar-la de l'àcid ja que aquest conté aigüarràs que és una substància tòxica.

Quan ja la vam tenir ven neta, havíem de fer marxar d'alguna manera el circuit imprès sobre la placa, ja que a sota d'aquest, hi havia el coure amb la forma del circuit, que era el que ens interessava. Per fer això, vam fregar la placa amb el fregall d'alumini i mentre fregàvem, també hi anàvem tirant gotes d'alcohol etílic.

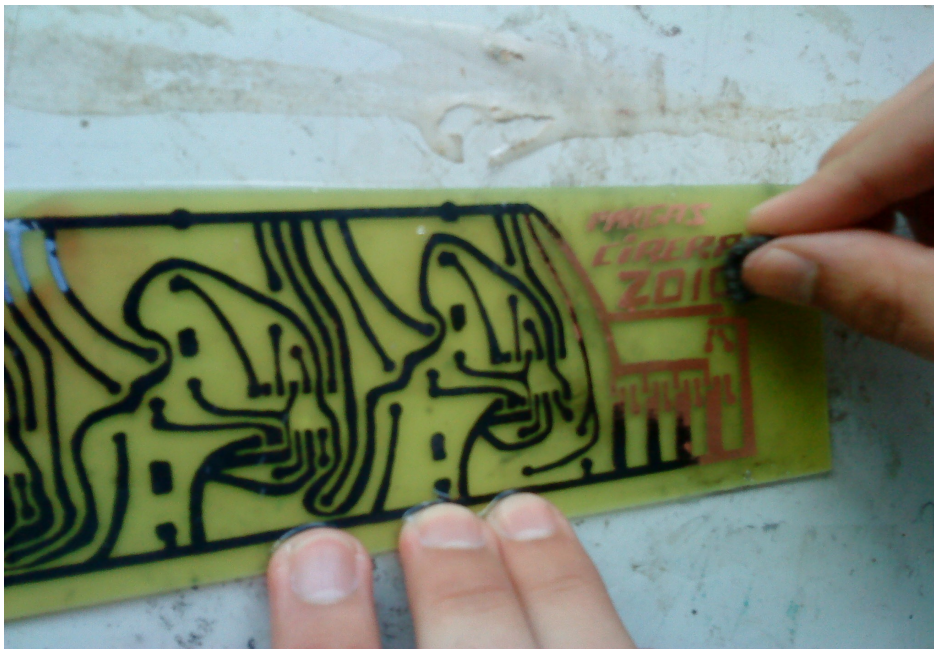


Figura 40. Extraient el circuit gravat a la placa amb el fregall d'alumini i l'alcohol etílic.

D'aquesta manera, va marxar el circuit imprès gravat a la placa i tant sols i quedava el coure amb a forma del circuit.

Finalment, la placa va quedar tal i com es pot veure en la figura 41.

## Construcció d'un braç robot

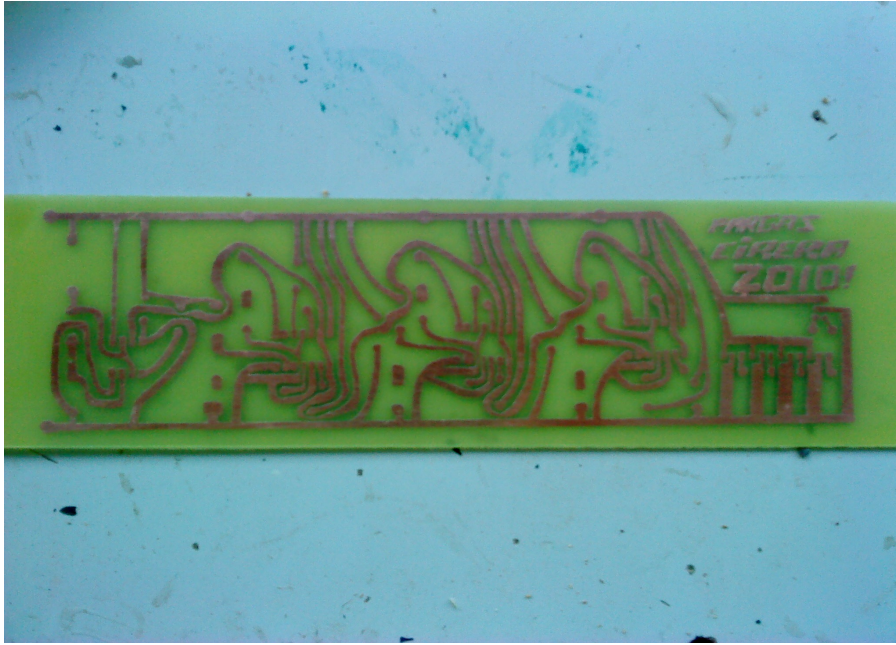


Figura 41. Acabat final de la placa, llesta per fer els forats i soldar-hi els components.

Un cop vam tenir la placa tal i com es pot veure en la figura 41 havíem de soldar-hi els components. Per fer aquesta tasca, primer de tot havíem de foradar la placa en els llocs on hi havien d'anar els components, aquests llocs els sabíem gràcies als esquemes fets anteriorment del circuit electrònic.

Al foradar la placa, havíem d'anar molt en compte perquè no se'ns trenqués la broca del trepant portàtil, ja que vam haver de fer forats molt petits amb una broca molt prima.



Figura 42. Foradant la placa amb el trepant portàtil.

En segon lloc, quan vam tenir tota la placa amb els seus corresponents forats, vam procedir a estanyar la placa. Abans d'això, vam haver de passar un flux<sup>8</sup>. Aquest flux ens facilitarà la soldadura de la placa i farà que no s'oxidi el coure.

Quan vam haver posat tot aquest flux al llarg de les pistes, vam procedir a estanyar totes les pistes de la placa com es pot veure en la figura 43.

---

<sup>8</sup> És una resina.



## Construcció d'un braç robot



Figura 43. Estanyant la placa.

El resultat final, és tal i com es pot veure en la figura 44.



Figura 44. Placa estanyada.

En tercer lloc, quan ja teníem la placa estanyada del tot, vam procedir a col·locar i soldar cada component al seu lloc de la placa. És una feina molt entretinguda, ja que cada component té



## Construcció d'un braç robot

dues potes com a mínim i és molt petit, cosa que fa que el procés de soldar-los sigui lent.

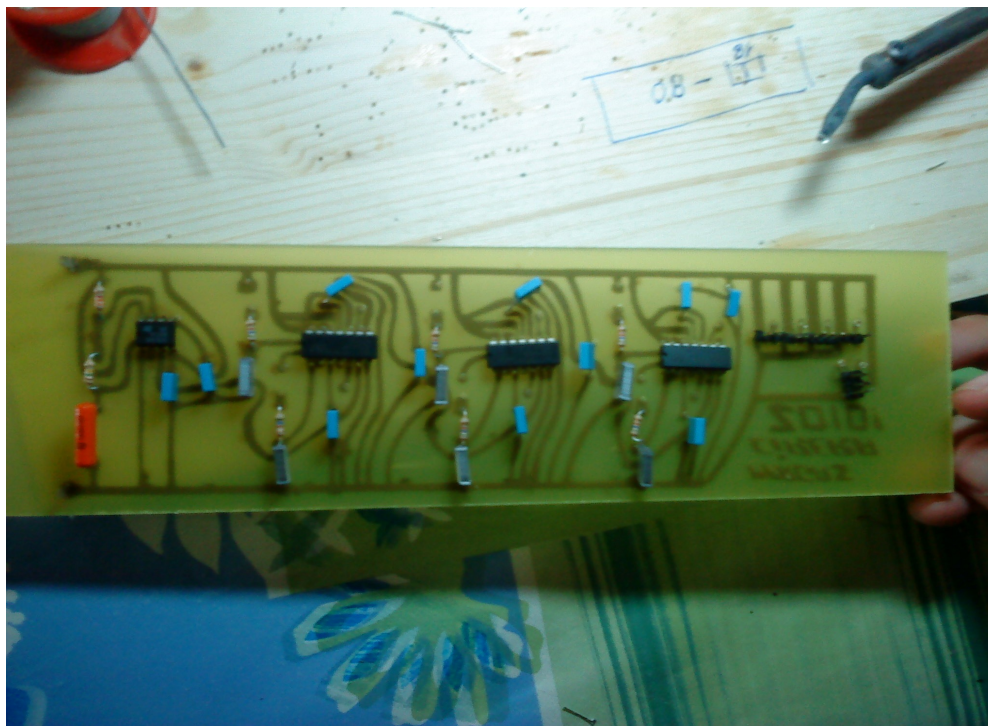


Figura 45. Components soldats a la placa.

Cal dir que aquestes peces que surten de la placa a la part dreta de la figura 45 són les entrades dels servomotors, que els vam extreure d'una placa base d'un ordinador vell. Però al final, no els vam fer servir i els vam treure, ja que això són uns mascles que estan posats amb la finalitat d'encaixar-hi l'entrada dels servomotors. Però no vam tenir en compte que aquestes entrades dels servomotors les havíem d'allargar i vam soldar directament els cables dels servomotors a la placa. Un cop seguits tots aquests passos, ja vam tenir la placa electrònica enllestida.

#### **4- PETITS RETOCS:**

Un cop vam tenir acabat tot el braç robot, incloent tota la part mecànica i tota l'electrònica, ens vam trobar amb un problema.

Quan volíem endollar els cables dels servomotors a la placa, ens vam trobar en que aquests cables no arribaven a la placa, eren massa curts. Tan sols arribava el cable procedent del servomotor de la base, ja que aquesta està situada al costat de la placa. Per a tots els altres cables vam haver-los d'allargar, connectant les sortides femelles dels servomotors amb uns mascles que estaven enganxats a uns cables més llargs, els quals si que van arribar a la placa encara que el braç robot estigués a la posició més llunyana.

Un altre problema que ens vam trobar, va ser que un cop vam posar tots aquests cables, ens vam quedar tots separats i quedaven molt malament, ja que estaven tots dispersats. Per això, vam comprar un tub espiral, que la seva funció és contenir tots aquests cables i, així estan tots els cables dins d'aquest tub i queden molt bé, tal i com es veu en la figura 46.

Cal dir també que quan vam situar la placa en la peça en forma de "E" que és la de la figura 18, en el calaix de dalt hi vam situar una peça de metraquilat perquè així protegia la placa, que va al calaix de sota.

## Construcció d'un braç robot

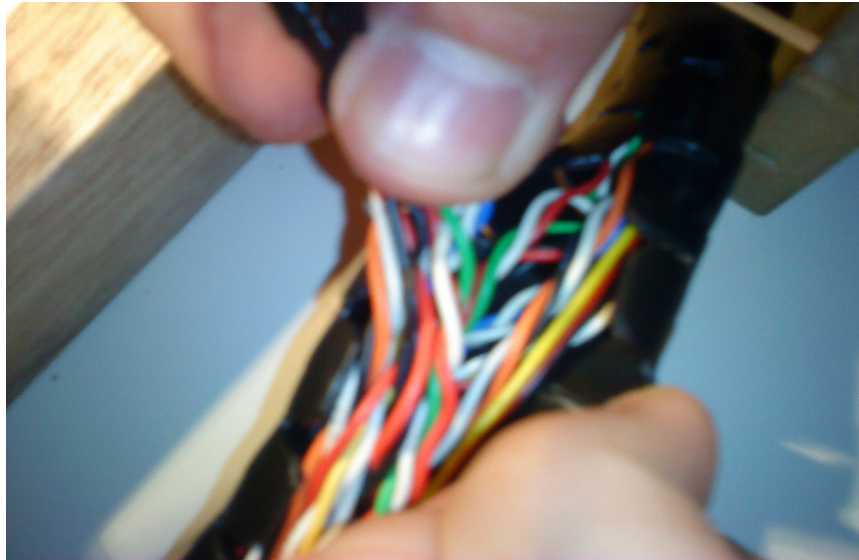


Figura 46. Posant els cables dins el tub espiral

Un cop vam tenir tots els cables dins aquest tub, la sortida d'aquest tub la vam posar el més a prop possible de la placa, on anaven soldats tots els cables que contenia el tub.

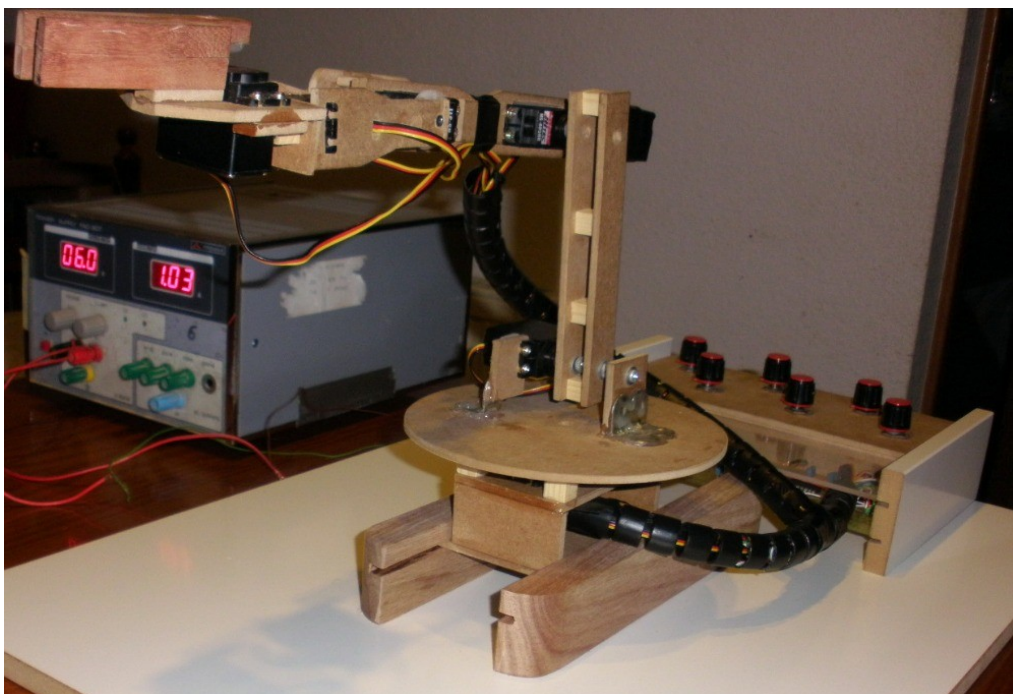


Figura 47. Aquí es pot veure l'acabat final del projecte.

## 5-FUNCIONAMENT :

En aquest apartat explicarem el funcionament en conjunt del braç robot i el seu comandament. Per entendre com funciona el seu sistema de control, és a dir, el conjunt de potenciòmetres per controlar-lo hem inventat una simbologia per definir cada potenciòmetre i a més les frange de gir dels potenciòmetres.

Abans d'entrar en el nostre tauler de control explicarem per separat un potenciòmetre perquè es pugui entendre el sistema.

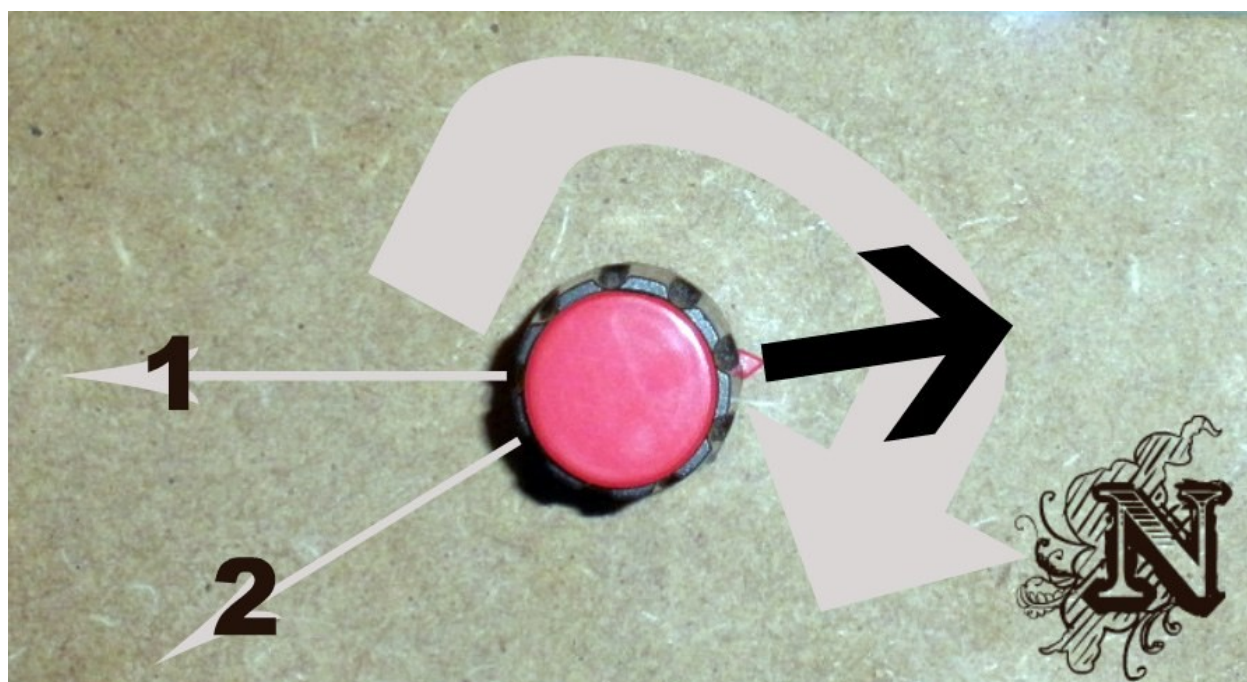


Figura 48. Potenciòmetre numero N

En la figura 48. Tenim un potenciòmetre individual, a costat de cada potenciòmetre hi ha un nombre en aquest cas com és genèric és el potenciòmetre N. Seguidament podem veure l'àrea de gir del potenciòmetre, es a dir, el potenciòmetre pot girar des de 1 fins a 2. Com ja hem explicat anteriorment; si el potenciòmetre està en el punt 1 tindrà la posició mínima ja pot ser  $0^\circ$  o  $180^\circ$  i si està en el punt 2 evidentment tindrà la posició màxima, és a dir, si estava a  $0^\circ$  passara a  $180^\circ$  i a la inversa. Cal dir que això es compleix en tots els nostres potenciòmetres del taulell.

També podem veure que sobresurt un triangle petit del potenciòmetre del qual hi hem dibuixat una fletxa per veure'l



## Construcció d'un braç robot

millor. És clar que on apunta la fletxa és on apunta el potenciòmetre i per tant ens marca la posició del servomotor al qual està relacionat.

Ara que ja coneixem la simbologia que utilitzem anem a veure el taulell de control. Aquest consta de sis potenciòmetres un per a cada servomotors. A més estan ordenats de l'u al sis, de la base a la pinça respectivament. Així doncs el numero u fa referència a la base que gira sobre el pla horitzontal, el numero dos fa referència al servo que mou el tronc per la part inferior en altres paraules l'ombro, el tres fa referència a l'articulació de dalt del tronc també dit el colze, el quatre fa referència al moviment vertical del canell, el cinc fa referència al gir sobre el pla vertical del canell i finalment el sis que fa referència a la pinça.

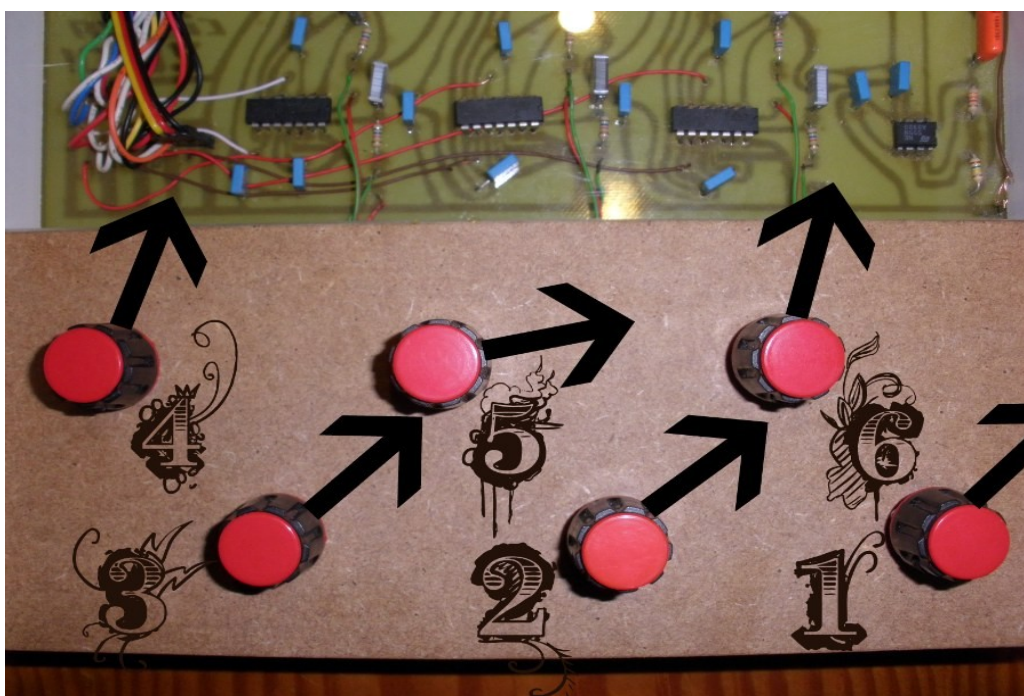


Figura 49. Estat de repòs dels potenciòmetres i simbologia.

Així doncs com podem veure en la figura 49 els potenciòmetres estan apuntant en direccions diferents. Aquestes direccions que es mostren en la figura 49 són les direccions d'estat de repòs. Sempre que encenem o parem el braç necessitem que els potenciòmetres estiguin en les posicions d'estat de repòs, ja que sinó podrem trencar-lo. La posició d'estat de repòs és la que podem veure en la figura 50.

## Construcció d'un braç robot

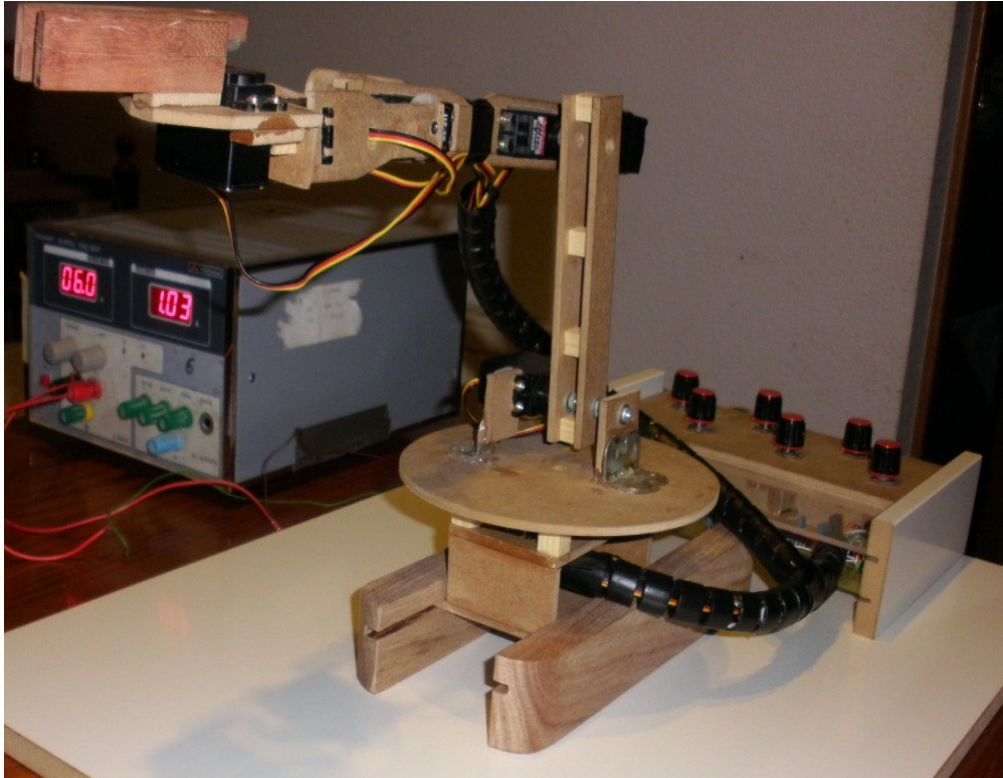


Figura 50. Posició de repòs del braç robot.

Un cop tenim el braç robot en la posició de repòs podem començar a moure'l, com ja sabem a la que girem el potenciòmetre girara el servomotor. Anem a analitzar la direcció que fa girar cada servomotor el braç robot. Comencem per al numero 1, ho veurem molt clar i ràpid amb la figura 51.

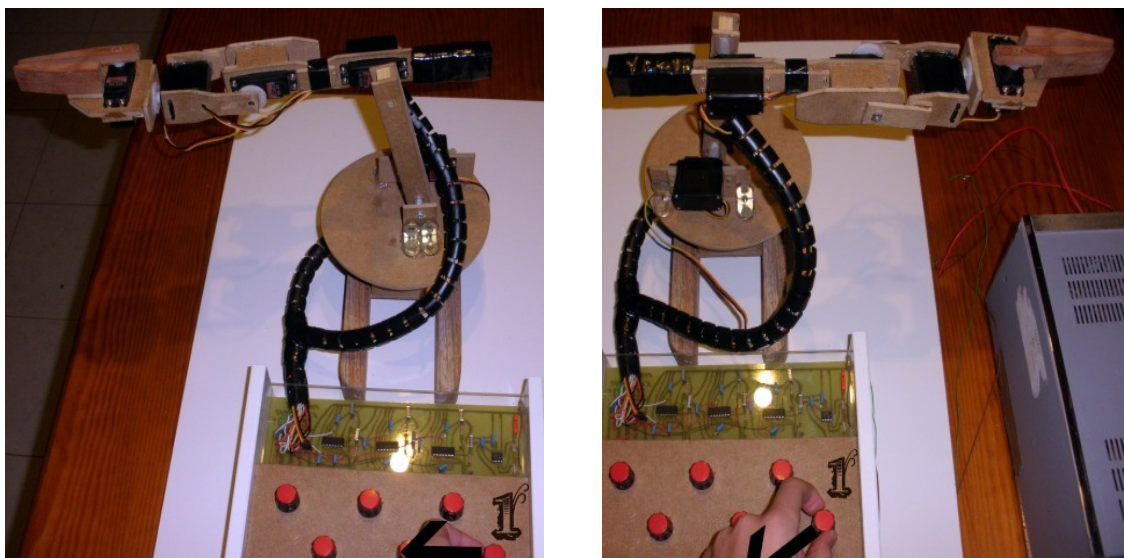


Figura 51. Posicions del servomotor numero 1



## Construcció d'un braç robot

És evident que el servomotor es pot deixar en qualsevol de les posicions que hi ha entre les dues imatges de la figura 51. Seguim amb al numero 2, ho podem veure en la figura 52.

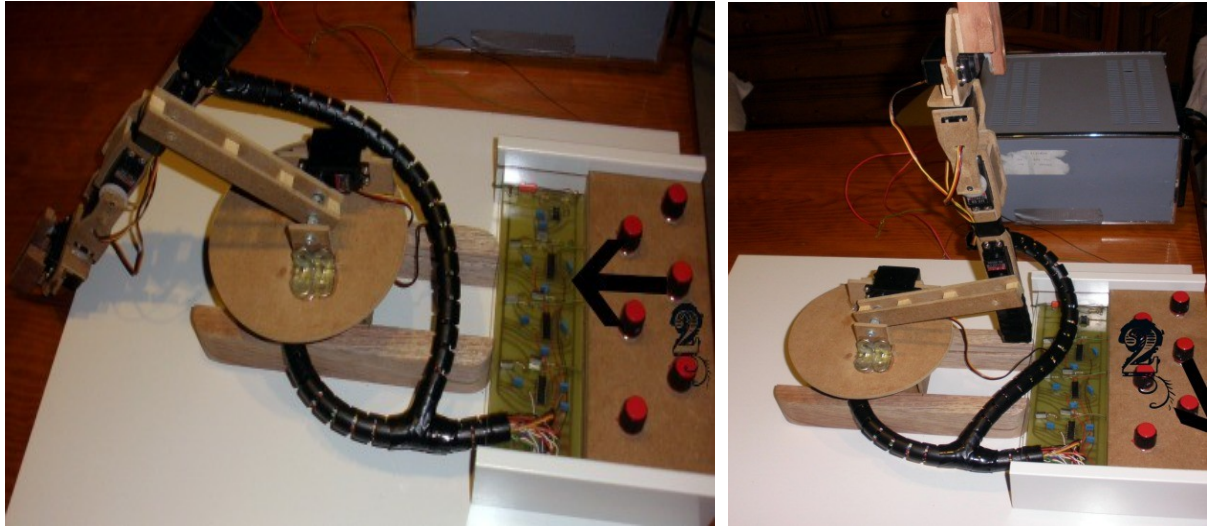


Figura 52. Posicions del servomotor numero 2

En aquest cas ens trobem amb un problema, el servomotor no pot arribar a la posició 1 perquè abans ja toca la plataforma, per poder arribar a la posició 1 hauríem de combinar altres servomotors, però de moment només estem jugant amb la posició de repòs i variant d'un amb un cada un dels servomotors.

Seguidament passem a veure les posicions del numero 3, en la figura 53.

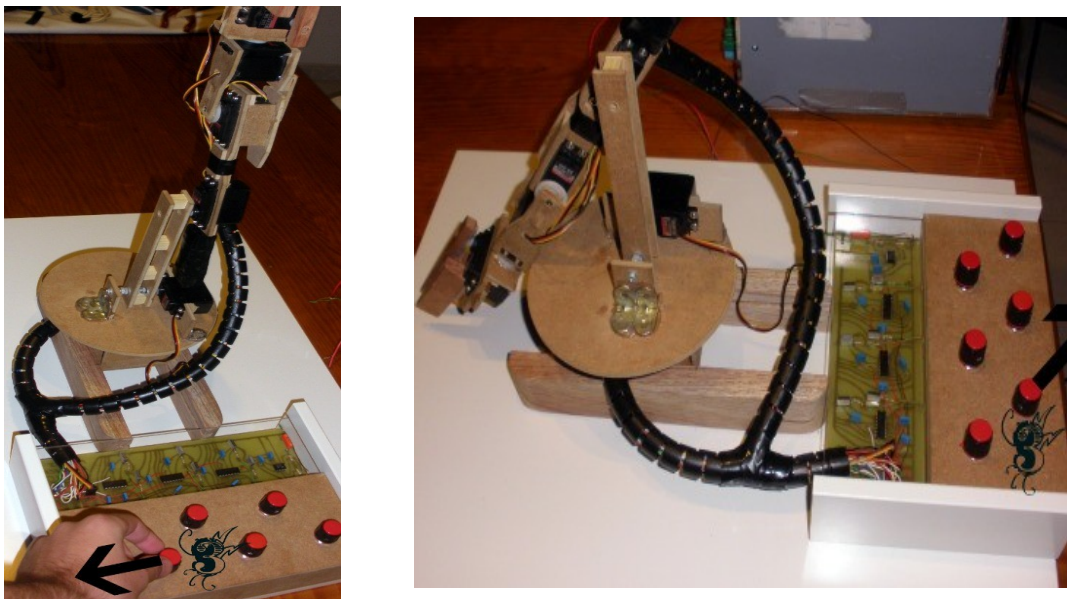


Figura 53. Posicions del servomotor numero 3



## Construcció d'un braç robot

En el conjunt potenciòmetre i servomotor numero 3 ens trobem que al intentar anar cap al punt dos al poc recorregut la pinça ja ens toca la plataforma així que no podem arribar fins el numero 2. Continuem per al numero 4, ho veurem en la figura 54.



Figura 54. Posicions del servomotor numero 4

Altre cop podem veure que el potenciòmetre no pot arribar a la posició 2 perquè a la meitat del trajecte ja toca amb la base giratòria. Evidentment si no estigues en la posició de repòs si que es podria arribar al punt 2 però no és el cas.

El següent, el numero 5, és el canell que gira en el pla vertical.

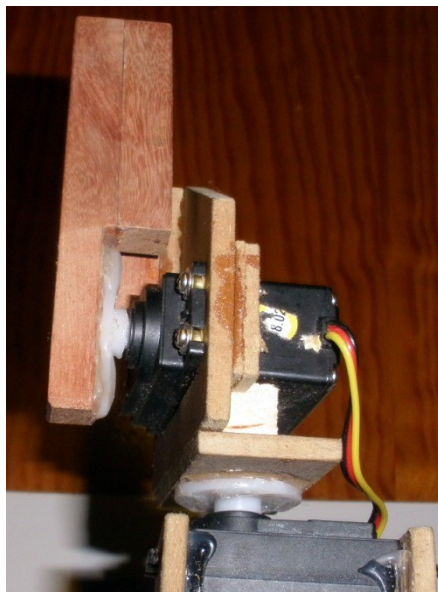


Figura 55. Posició del servomotor numero 5 quan el potenciòmetre està en la posició 2.

## Construcció d'un braç robot

Quan tenim el potenciòmetre en la posició 1 el servomotor està al contrari que la figura 55 i quan esta a la posició està com en la figura.

Finalment anem a fer una ullada al numero 6, com veiem en la figura 56 quan el potenciòmetre està en la posició 1 la pinça està trencada i fent força i en canvi en la posició 2 està oberta.

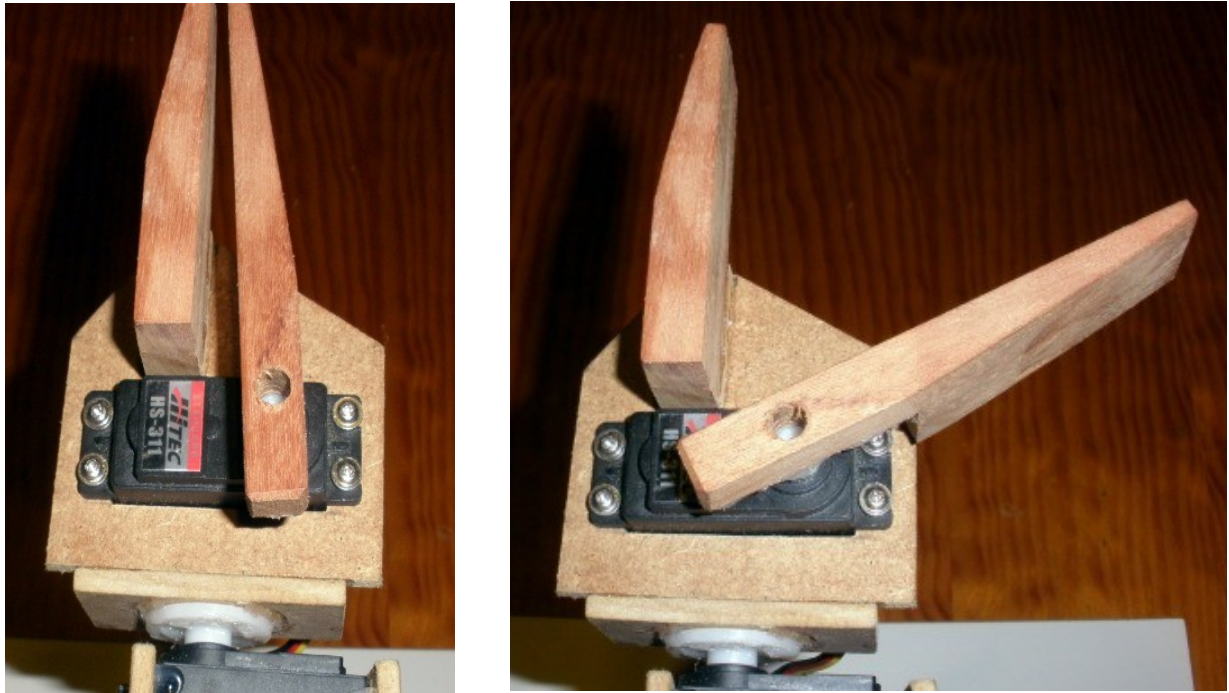


Figura 56. Posicions de la pinça respecte a les posicions 1 i 2 del potenciòmetre 6, respectivament

## **6-APLICACIONS:**

Finalment, un cop vam tenir acabat el nostre projecte, vam pensar quines aplicacions podria tenir el braç robot. Pensant i buscant i buscant, vam veure que en totes les cadenes industrials hi ha molts braços robot. Observant tot això, vam arribar a la conclusió que els braços robot són la base per a la fabricació de molts dels objectes que es venen actualment, des de la més petita joguina per a un nen petit, fins a grans vehicles molt pesants.

Quan vam soldar els components a la placa, abans de fer-ho, vam buscar per Internet com es feia aquest procés i, vam veure que a les fàbriques on fan plaques electròniques, hi ha braços robot que estan programats per fer la funció de soldar els components a la placa i que a més, ho fan molt ràpidament i sense cap imperfecció. En aquestes cadenes industrials, hi pot haver-hi molts braços robot. N'hi pot haver un que, per exemple, gira la peça, l'altre que tot seguit la forada, l'altre que li posa qualsevol complement, un altre que l'enganxa amb qualsevol altre cosa, entre moltes altres coses, els braços robots tenen moltes aplicacions.

Una altre aplicació que li podríem trobar, és una tasca domèstica. Per exemple, per a les persones de baixa estatura, a les que els hi costa arribar als llocs més alts de les seves llars, els hi aniria molt bé tenir un braç robot perquè aquest els podria ajudar a agafar els objectes que no estan al seu abast. Amb el braç robot a casa seva, podrien arribar a tots aquest llocs i se'ls hi acabarien aquest tipus de problemes.

## **7- Construcció de la font d'alimentació:**

Un cop acabada la part electrònica i la mecànica, ens vam plantejar el següent problema: El braç robot necessitava la font d'alimentació que ens havia deixat l'institut per a funcionar, i evidentment l'institut no ens la podia deixar indefinidament, així que si el volíem fer servir d'aquí a uns anys, no ho podríem fer.

Haviem escrit tot el treball contant que la font que faríem servir era la del institut. És més en la majoria de fotos es veu aquesta font d'alimentació. Ara bé, seria gaire complicat fer una font d'alimentació que tingués una tensió de sis volts?. Bé de fet, només havíem de fer una placa electrònica més, i amb la experiència que ja tenim de fer l'altre, vam suposar que no ens costaria gaire.

Com a fonts d'informació vam agafar primer, un arxiu en format pdf que explicava el funcionament del integrat LM317 i també el llibre d'electrotècnia que tenim aquest any.

En síntesi vam veure que el circuit tenia quatre bolcs. Transformació, rectificació, filtratge i estabilització.

Primer calia transformar la tensió que tenim a casa a 220v fins a uns 9 volts. Com? Amb un simple transformador. Seguidament s'ha de rectificar la ona per quedant-se només amb la part positiva com podem veure en la figura 57. Això es fa amb un pont de díodes.

## Construcció d'un braç robot

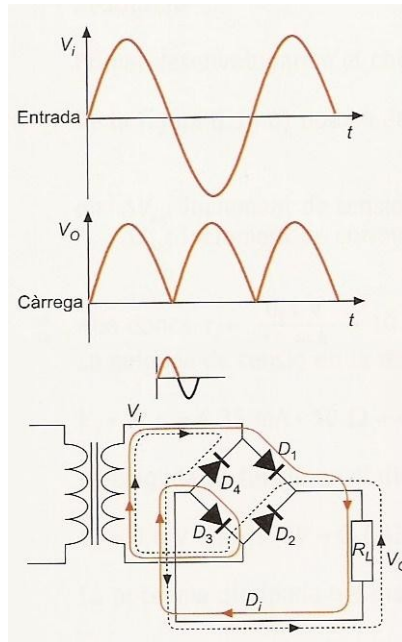


Figura 57. Transformació i rectificació de l'ona

Un cop transformada i rectificada, per arribar a tenir una ona el màxim semblant al corrent continu cal filtrar-la amb un condensador com podem veure a la figura 58.

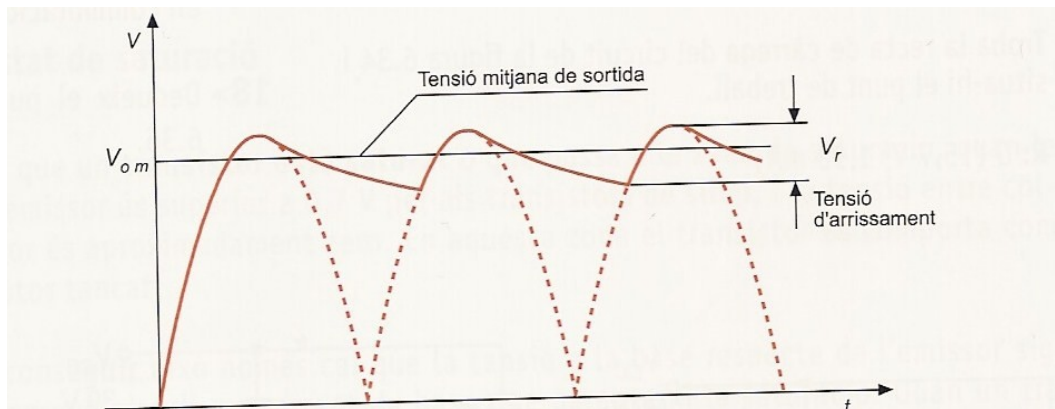


Figura 58. Filtratge de l'ona mitjançant un condensador.

Amb això aconseguim una ona molt més continua, finalment es necessari establir la ona amb l'ajuda del integrat LM317. Aquest posat en un circuit concret estabilitza.

## Construcció d'un braç robot

Així doncs l'únic que hem de fer és muntar un circuit amb aquests quatre blocs.

El bloc més complicat va ser l'estabilitzador, ja que necessitava d'altres components passius a part de l'integrat LM317. Per això vam contrastar diferents fonts d'informació per mirar com havia de ser aquest circuit. Finalment, ens vam quedar amb el circuit que es veu a la figura 59, que és el circuit estàndard d'estabilització de l'integrat.

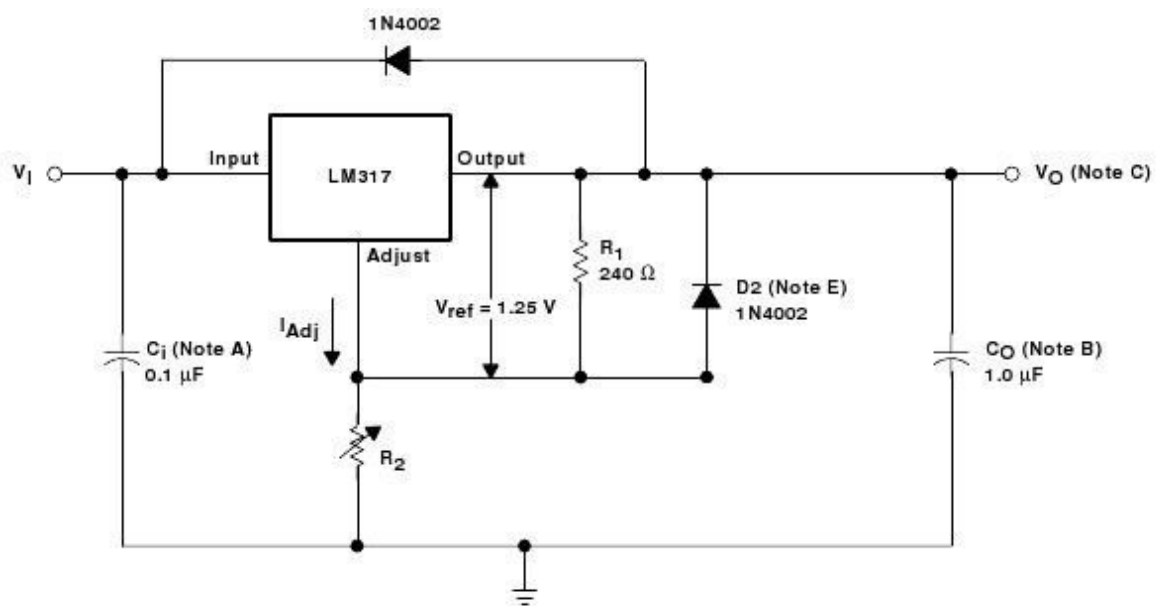


Figura 59. Circuit extret de Texas Instruments, LM317.

Aquest circuit és ajustable, ja que té una resistència variable de 5 KΩ. Per això, aconseguir 6v, el transformador havia de ser com a mínim de 9v. Suposant que la ona d'entrada del nostre circuit era una ona sinusoidal a 9v i una freqüència de 50Hz, vam simular el circuit en el programa multisim 11.0 com hem fet altres cops al llarg del treball. Això ho podem veure a la figura 60.



## Construcció d'un braç robot

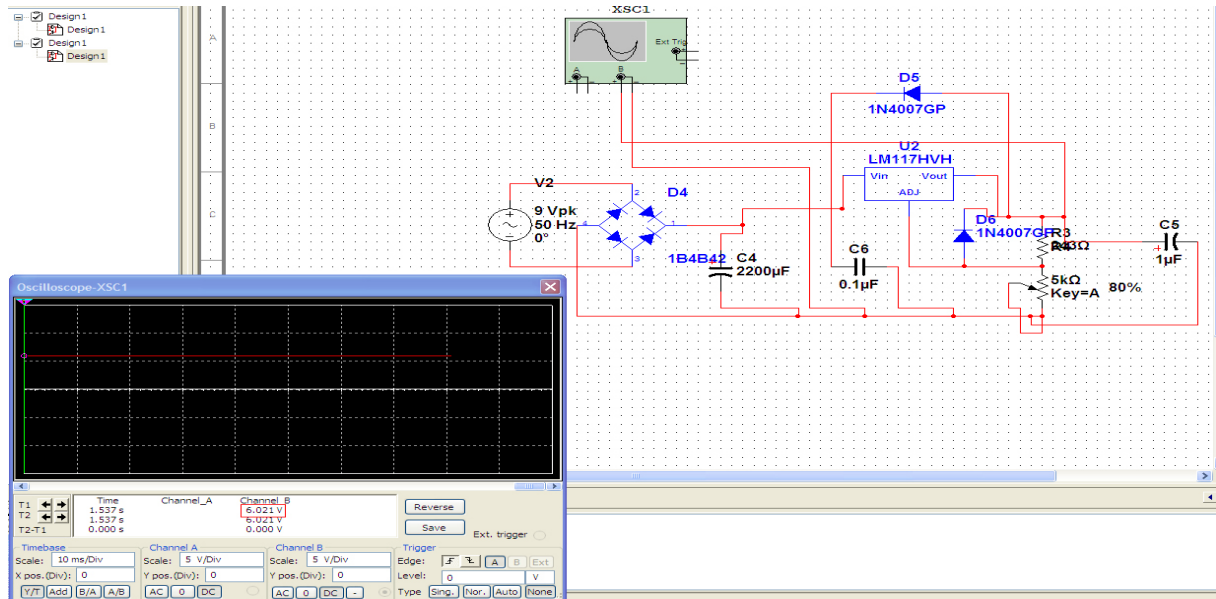


Figura 60. Simulació del circuit al programa multisim 11.0.

Com podem veure a la figura 60, quan tenim la resistència variable al 80%, obtenim els 6v de sortida a corrent continu. Sabent això i que funcionava, vam comprar tots els components necessaris per construir aquest circuit.

Un cop vam tenir tots els components, vam procurar que les pistes no es creuessin entre elles mateixes, fent-les passar algunes per sota les potes d'alguns components. Fins que finalment, vam arribar al disseny final del circuit, tal i com es pot veure a la figura 61.

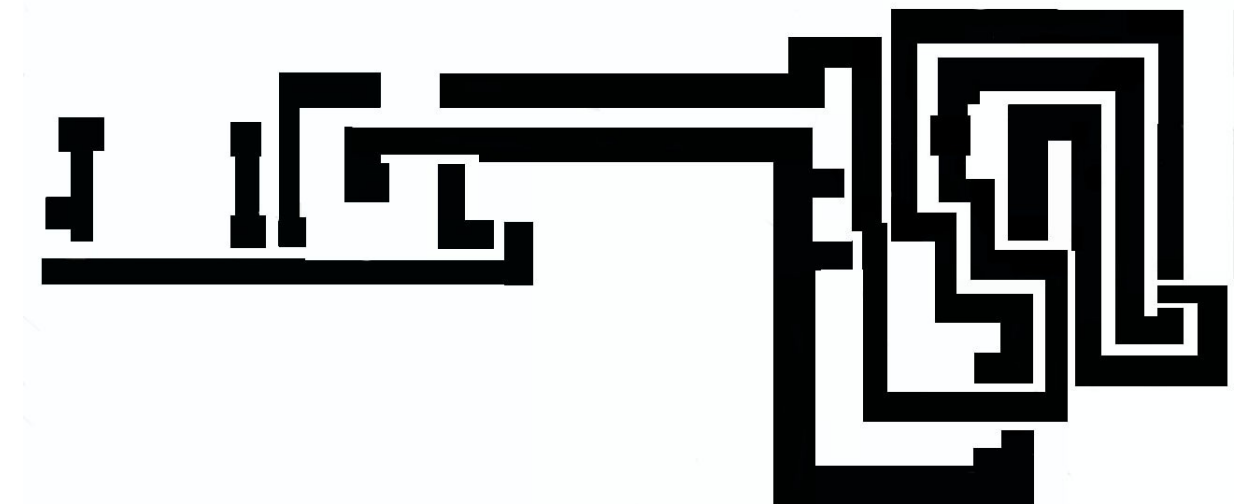


Figura 61. Disseny final del circuit electrònic.

## Construcció d'un braç robot

Un cop vam tenir aquest disseny enllestit, ja vam poder iniciar la construcció de la placa amb el mateix mètode com vam fer la placa de tot el circuit del braç robot.

Per començar, el circuit que havíem dissenyat a mà, el vam haver d'escanejar per tenir-lo a l'ordinador, d'aquesta manera, el vam poder retocar amb el photoshop fent les línies més rectes i sobretot remarcant les pistes amb un negre intens i els trossos blancs també els vam remarcar amb blanc. D'aquesta manera, van quedar les pistes molt marcades perquè així ens va ser molt més còmode per dur a terme els següents passos, que són els de neteja de la placa, llimant-la i remullant-la amb aigua perquè es pugui planxar posteriorment.

Un cop vam tenir el circuit planxat a la placa, vam haver d'eliminar el coure restant de la placa, per fer-ho, com ja vam explicar en l'apartat 3.3.2, submergint la placa en una barreja d'aiguarràs i aigua oxigenada, d'aquesta manera, ha quedat coure només als llocs on hi havia planxat el circuit tal i com es veu en la figura 62.

## Construcció d'un braç robot

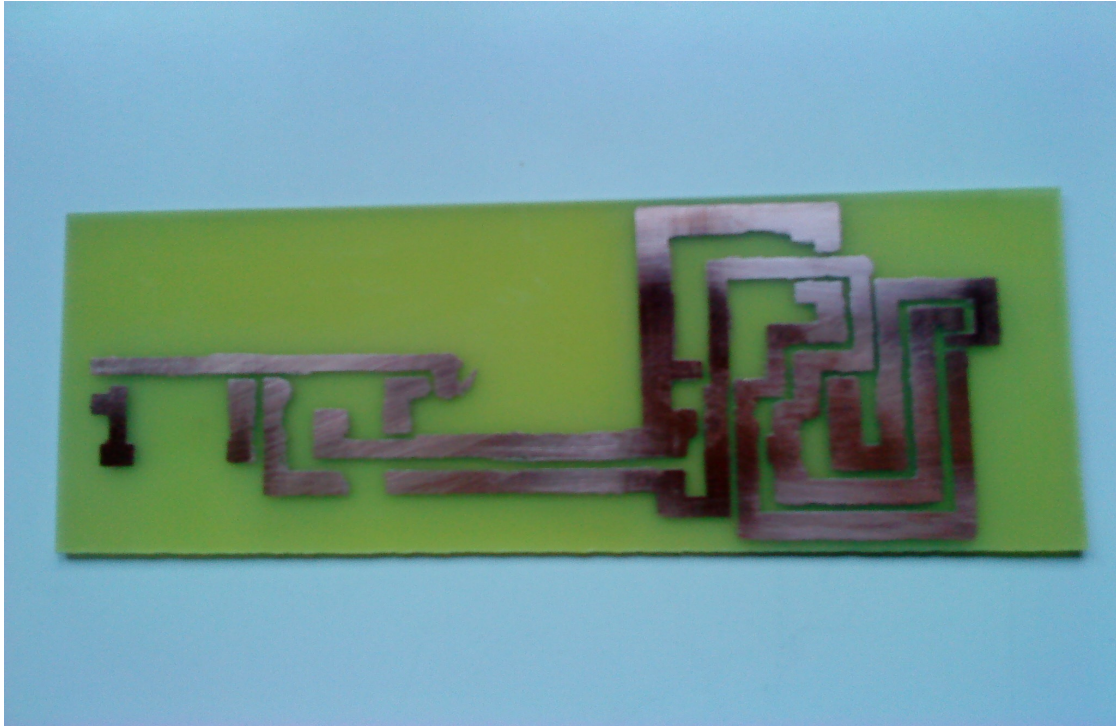


Figura 62. Circuit gravat a la placa.

Un cop vam tenir la placa tal i com es veu a la figura 62, només quedava estanyar-la i, tot seguit soldar-hi els components de la mateixa manera com vam explicar en l'apartat 3.3.2 en la construcció de la placa per a tot el projecte. Però en aquesta segona placa, hi havia un transformador, i aquest no em podem soldar, ja que és molt gros i no va soldat, sinó que va collat amb un cargol per cada banda a la placa tal i com es pot veure a la figura 63.



Figura 63. Collant el transformador amb els cargols a la placa.

Pel què fa la resta de components, com ja hem dit, els vam soldar a la placa.

Finalment, la placa que havia de fer la funció d'una font d'alimentació, ens va quedar com es mostra a la figura 64.

Així doncs que primer la vam provar sense endollar el braç i efectivament ajustant la resistència variable ens donava 6v. El problema va venir al endollar el braç robot, que la tensió dequeia fins a 1,5v i el braç no donava senyals de moviment. Anava tot massa bé, al veure que no funcionava vam fer mesures a la entrada i sortida del transformador obtenint d'entrada 234v i de sortida 10v, això era correcte. després a la sortida del pont



## Construcció d'un braç robot

de díodes havíem de tenir  $10 \cdot 2^{1/2} = 14,14\text{v}$ . Que és més o menys el que donava. D'això vam deduir que el problema estava en el bloc del integrat i efectivament, ens aviem equivocat en el lloc d'on agafar els 6v finals, rectificat això, vam provar amb una bombeta de 6v i funcionava perfectament com podem veure en la figura 65.



Figura 65. font d'alimentació on fem funcionar una bombeta a 6v.

## **8-CONCLUSIONS:**

A l'hora de realitzar el nostre treball ens hem trobat amb diverses dificultats.

Primerament, la primera dificultat la vam tenir a l'hora de decidir del tot quin era el projecte final del nostre treball de recerca, ja que com hem dit a la introducció, teníem diverses opcions per construir, fins que al final ens vam decidir per aquest braç robot.

En segon lloc, un cop ja teníem tot el projecte decidit, vam tenir alguna dificultat a l'hora de comprar els materials, ja que mai cap dels dos havia comprat materials d'aquest tipus i no sabíem on anar-los a comprar en un principi. Primer de tot, els volíem comprar per Internet, però vam trobar que en una botiga de Manresa els tenien i els vam extreure d'aquest lloc finalment. Per comprar la resta de materials, per exemple, la fusta dm o els altres, no hi va haver problema. Tot i que a l'hora de comprar els components per soldar a la placa i aquesta, vam haver de tornar a Manresa a comparar-los.

Un cop vam tenir tots els materials, vam tenir algun problema a l'hora de construir el nostre projecte, però els vam anar solucionant, com per exemple quan la part del cinquè i sisè servomotors, que no s'aguantaven rectes amb el braç sense corrent i, vam veure que al donar corrent al braç robot, ja s'aixecava i es posava recte gràcies al treball dels servomotors corresponents.

També, a l'hora de dissenyar el circuit electrònic, ens va costar enllaçar totes les pistes del circuit, ja que no es poden creuar entre elles i vam haver d'idear maneres perquè no es creuessin i poguessin passar per on fés falta per arribar al seu destí.



## Construcció d'un braç robot

Un altre problema que vam tenir, va ser al fer la placa, que com ja hem explicat en el seu moment, la vam haver de fer dues vegades perquè a la primera no ens va sortir bé, l'àcid es va menjar més coure del compte.

Un cop finalitzat la construcció del braç robot, ens vam trobar que els cables dels servos, com ja hem dit en l'apartat de petits retocs, quedaven molt dispersats. Vam estar uns dies pensant què hi podíem posar, fins que vam trobar que el tub d'espiral, on hi vam posar tots els cables i així van quedar tots en un sol tub.

Finalment, afirmem que la nostre hipòtesi que teníem al principi del treball la hem pogut realitzar per complet, ja que hem pogut construir el braç robot amb sis graus de llibertat i un funcionament analògic, tal i com ens vam plantejar en la hipòtesi, i comprendre'n el funcionament per tal de optimitzar-lo al màxim. Això és la nostre hipòtesi i, tal i com es veu al llarg del treball, l'hem pogut realitzar del tot i ben feta. Per tant, podem dir en conclusió que sí que hem pogut fer realitat la nostre hipòtesi plantejada al principi del treball de recerca.

## **ANNEXOS**

**Annex 1: explicació dels materials emprats.**

**Annex 2: Plànols.**

**Annex 3: facturació del projecte.**

## **ANNEXOS:**

### **Annex 1: explicació dels materials emprats.**

#### **El DM:**

El principal material que vam utilitzar per a la construcció del nostre braç robot va ésser el tauler de fibres DM, aquest material, descrit a continuació, ens ha donat bons resultats.

És una fusta artificial formada a partir de fibres de fusta molt fines, gairebé en pols, premsades en sec i encolades amb resina sintètica formant làmines que després es tornen a premsar en calent.

Aquest tauler és força dur, amb una textura molt fina i homogènia que en permet una bona mecanització, fins i tot el perfilat dels cantells, i un bon acabat. En funció del tipus de resina utilitzada, pot ser més o menys resistent a la humitat i a la intempèrie. DM són les inicials de densitat mitjana. El seu procés de fabricació és similar al de l'aglomerat, que es fabrica amb encenalls més gruixuts, és més rugós i porós i té una densitat menor que la del DM.



Figura 65. DM



## Construcció d'un braç robot

També hem utilitzat un altre tipus de fusta DM, el DM contraplacat lacat, que està fet de la mateixa manera i té les mateixes característiques que el DM normal, que hem explicat anteriorment. La diferència entre aquests dos estils de DM, és simplement que el DM lacat, té una capa de laca estampada a les seves cares exteriors i, així queda estèticament més bé, ja que tot el braç robot està construït de DM, amb el DM contraplacat lacat, queda molt bé el contrast que es produeix entre el DM normal i el blanc del DM contraplacat lacat.

### Servomotor

El servomotor o servo és un objecte petit semblant a un motor elèctric normal i corrent, amb la diferència que l'eix de rotació està controlat amb un cable extra, apart dels d'alimentació, anomenat cable de control. Com ja hem dit el servomotor té tres cables, positiu, negatiu i control normalment són dels colors vermell, negre i groc, respectivament. El servomotor consta d'uns engranatges de dins



Figura 66. Servomotor vist per dins retenció que augmenten la força. Al eix s'hi poden adjuntar diferents peces amb forma d'aspes d'una a quatre o una circumferència, que estan collades amb engranatges i un cargol per tal de que no puguin relliscar. Els servomotors s'organitzen per la força que poden fer respecte al voltatge i la mida. Però com funciona?. A diferència d'un motor elèctric el servomotor té una placa electrònica integrada dintre seu que el fa funcionar. El funcionament és simple; el servomotor rep una senyal amb una durada concreta, en funció del temps que ha estat arribant la

## Construcció d'un braç robot

senyal el servomotor efectua un moviment angular concret, que depèn del model del servomotor. Cal dir que la majoria de servos només poden girar  $180^\circ$ .

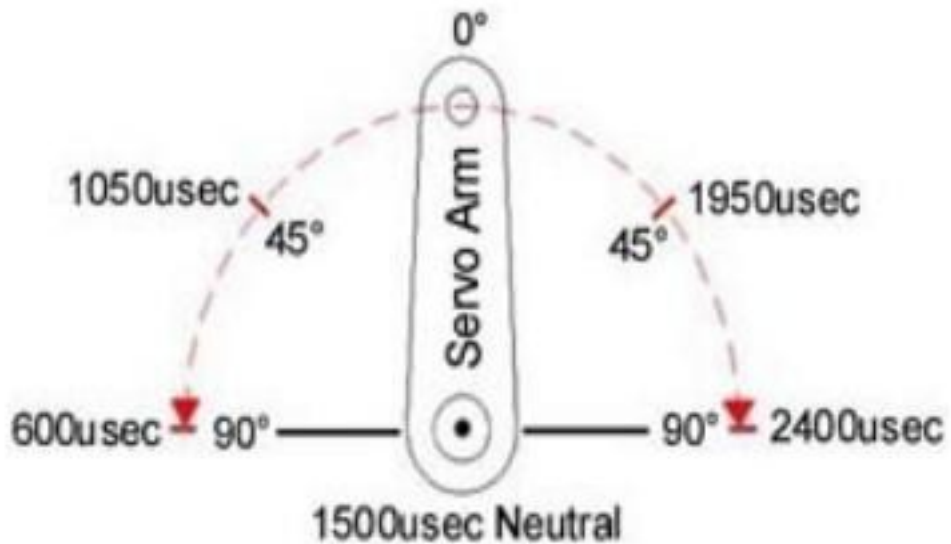


Figura 67. Relació entre el temps del pic i la posició de l'aspa en els hitec hs-311 i hs-485.

## Construcció d'un braç robot

A continuació, vegem un exemple:

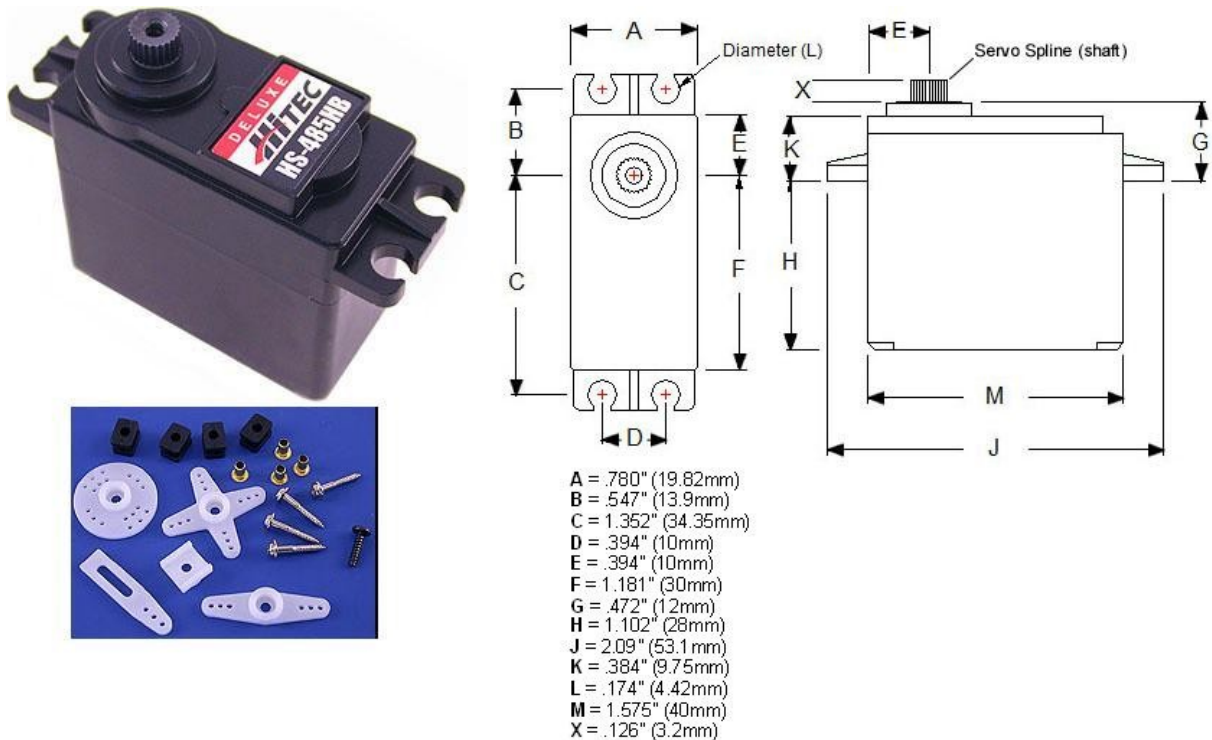


Figura 68. Vista detallada del hitec hs-485hb amb les seves mides i les diferents aspes que s'hi poden posar.

Tenim un hitec hs-485hb i volem que efectuï un moviment de la posició neutre  $0^\circ$  fins als  $90^\circ$  cap a la dreta. Tots els servos que hem emprat son de la casa hitec i per sort tots necessiten la mateixa ona per funcionar, una ona quadràtica amb una freqüència de 20ms o el que és el mateix 50hz. Partint d'aquesta ona base que ha de tenir un pic mínim de 600u sec si fem variar l'amplada del pic fins a 1500u sec el servo farà girar l'aspa fins a la posició inicial neutre. Si tornem a variar l'amplada del pic fins a 2400u sec, l'aspa girarà fins als  $90^\circ$  cap a la dreta, segons la imatge del fabricant que ens relaciona angle amb temps.

Per fer el nostre projecte, hem emprat sis servomotors: tres hitec hs-485hb que tenen  $6,0 \text{ kg}\cdot\text{cm}$  a 6V i tres hitec hs-311 que tenen  $3,7 \text{ kg}\cdot\text{cm}$  a 6V. Com es pot veure els hitecs hs-311 i el hs-485hb son pràcticament iguals tant en mida color i



## Construcció d'un braç robot

complements, la diferencia més notable es que un té casi el doble de força que l'altre.

### **Placa verge:**

És una lamina de fibra amb una capa molt prima de coure per una cara. Es fa servir en electrònica per fer les plaques. Per fer-ho es plasma el circuit a la placa i llavors es posa en acid, de manera que l'acid es menja tot el coure que no està marcat i només queden les pistes de la placa. Existeixen diferents maneres de marcar la placa com per exemple per insolació, o marcant la amb tinta com ha sigut el nostre cas.

### **El soldador:**

El soldador és l'eina que s'empra per fer el procés de la soldadura, com el seu nom indica. La soldadura consisteix en fer adherir dos materials (normalment metalls) a partir d'escalfar-los i afegir un tercer fos el qual té un punt de fusió més baix això s'anomena també coalescència. Per tant el soldador és el que ens farà escalfar els dos metalls, en el nostre cas, i fer fondre el tercer que serà l'estany.

### **Estany:**

L'estany és un element químic de nombre atòmic 50. El seu símbol és Sn. Aquest metall platejat és mal·leable i no s'oxida fàcilment amb l'aire per això s'utilitza per recobrir altres metalls protegint-los de la corrosió, en el nostre cas el coure. Com que el seu punt de fusió és a 505,08 K és molt útil per fer-lo servir com a material per soldar les pistes amb els components.

## Construcció d'un braç robot



Figura 69. Estany i soldador

### Font d'alimentació:

Una font d'alimentació és un sistema que transforma el corrent altern de la xarxa de distribució d'energia elèctrica en un altre tipus de corrent adequat. En el nostre cas volíem una tensió de 6 volts a corrent continu. Normalment tenen a l'entrada una tensió alterna provinent de la xarxa elèctrica i a la sortida un tensió corrent continues amb un nivell de rissat mínim.



Figura 70. Font d'alimentació.

## Construcció d'un braç robot

### Circuit integrat 555:

Les característiques del circuit integrat 555 són: elevada estabilitat tèrmica, ampli marge de tensió d'alimentació (de 4,5 a 18V), compatibilitat amb les tecnologies TTL (transistor lògic) i CMOS (complementary metal oxide semiconductor), corrent i impedència de sortida molt petites (200mA com a màxim,  $Z=10$  ohms) i resposta ràpida (100 ns) treballant amb freqüències superiors a 500 kHz.

El circuit integrat 555 el podem trobar en diferents encapsulats, el mindip (mini dual in-line package) de 8 pins és el més habitual (8-pin SOIC, 8-pin MSOP, 8-pin MDIP).

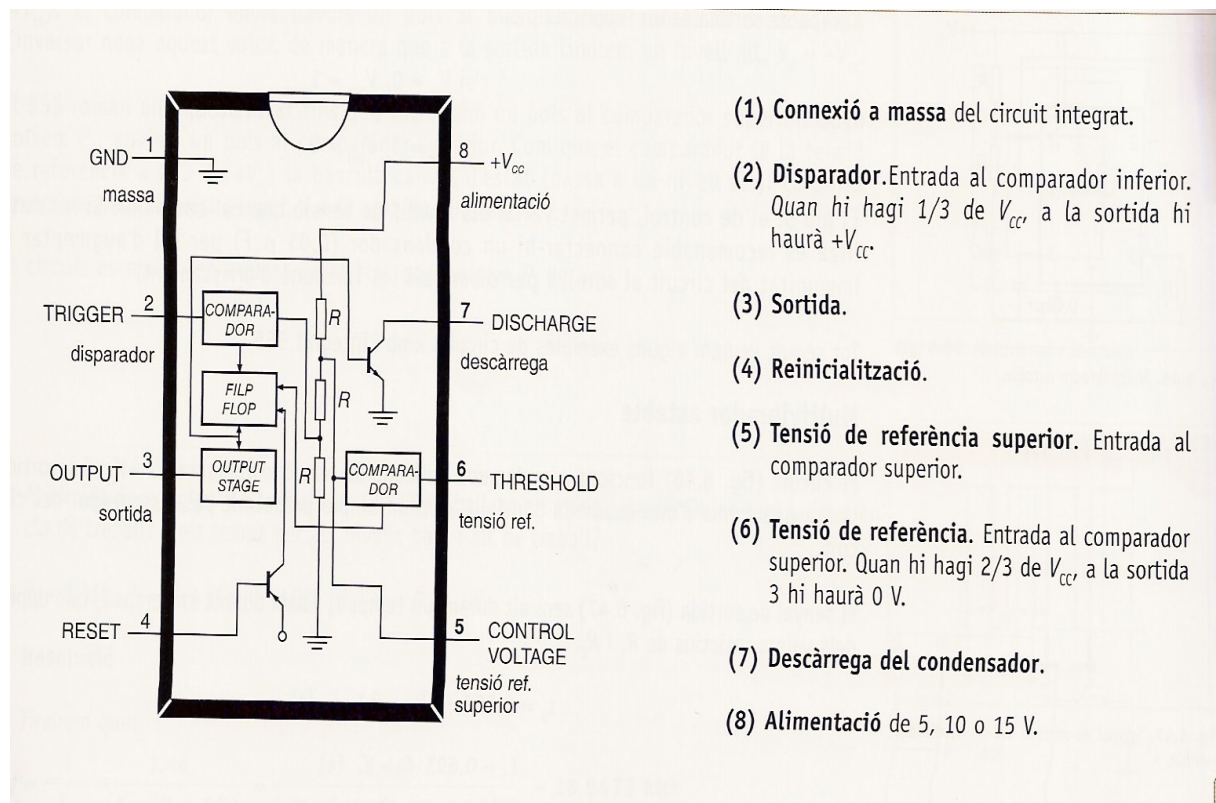


Figura 71. Disposició de pins del circuit integrat 555.

## Construcció d'un braç robot

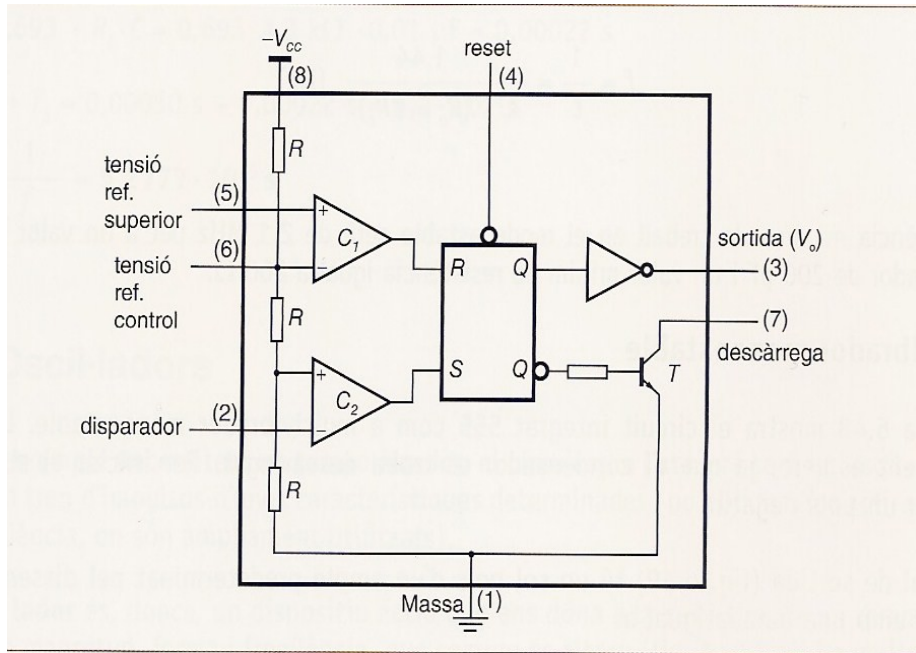


Figura 72. Circuit integrat 555.

La figura 64 mostra que el 555, internament, entre el piu 8 i l'1, disposen d'un divisor amb tres resistències idèntiques de 5kOhms, que juntament amb els comparadors superior i inferior són la part fonamental del funcionament d'aquest integrat. Els comparadors tenen ben diferenciats els seus dos estats de funcionament i, en funció de les tensions aplicades a les entrades, les sortides seran les següents:

Si  $V(+)>V(-)$ : la sortida tindrà un nivell alt.

Si  $V(+)<V(-)$ : la sortida tindrà un nivell baix.

L'etapa de sortida és un inversor típic:

Si  $V_{in} = 0$ ,  $V_{out} = 1$

Si  $V_{in} = 1$ ,  $V_{out} = 0$

El piu 5, el de control, permet variar els nivells de tensió que cal comparar. Si no s'utilitza és recomanable connectar-hi un

## Construcció d'un braç robot

condensador ( $0,01 \times 10^{-6}$  F) per tal d'augmentar la immunitat del circuit al soroll i per disminuir les tensions d'arrissament.

### **Circuit integrat 556:**

El circuit integrat 556, fa la mateixa funció que el 555, però amb l'única diferència de que quan es necessita posar varis 555, es posa un 556 per cada dos 555, ja que el 556 da la funció de dos circuits integrats 555 a la vegada i comparteixen les potes d'alimentació, per tant els 556 tenen 14 potes.

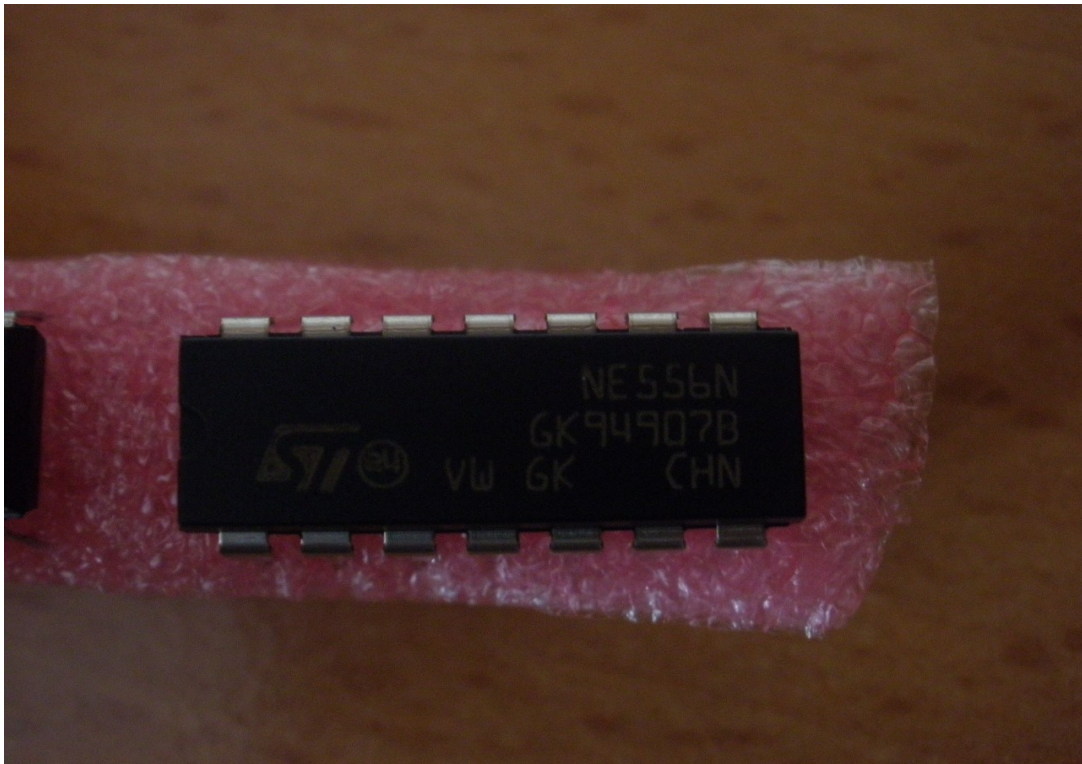


Figura 73. NE556.

### **Circuit integrat LM 317:**

El LM-317 és un regulador de tensió integrat ajustable de tres terminals capaç de subministrar més de 1,5 A en un rang d'entre 1,2 V fins a 37 V d'ús senzill, només requereix dues resistències exteriors per aconseguir el valor de sortida. De fet la línia de càrrega i regulació de 1,5 A és superior a la dels reguladors fixos de 1 A. A més de les millors característiques pel que fa als reguladors fixos, disposa de protecció per limitació de corrent i excés de temperatura, i la protecció per sobrecàrrega funciona fins i tot si el terminal de regulació està desconnectat.

Atès que és un regulador flotant i només veu l'entrada a la sortida del voltatge diferencial, es pot utilitzar per regular altes tensions mentre no se superi el diferencial d'entrada/sortida.

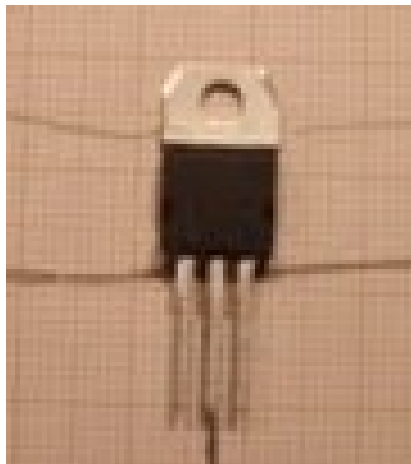
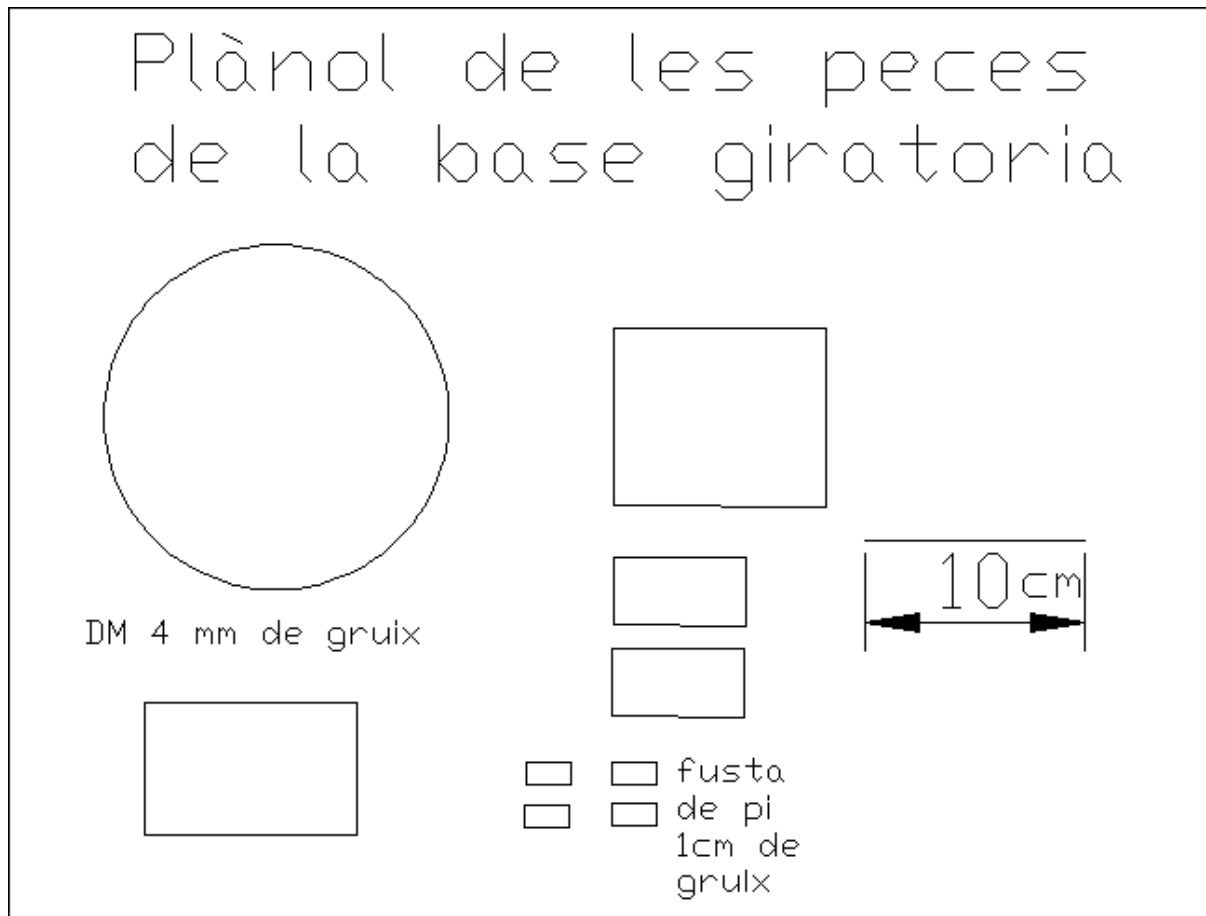


Figura 74. Circuit integrat LM 317.

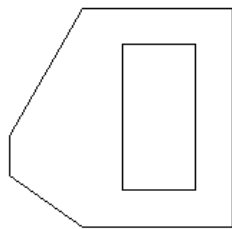


**Annex 2: Plànols.**



# Plànol de les peces de la ma

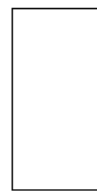
5 mm de gruix



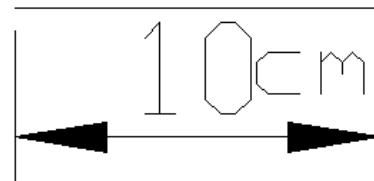
1 cm de gruix



3 cm de gruix

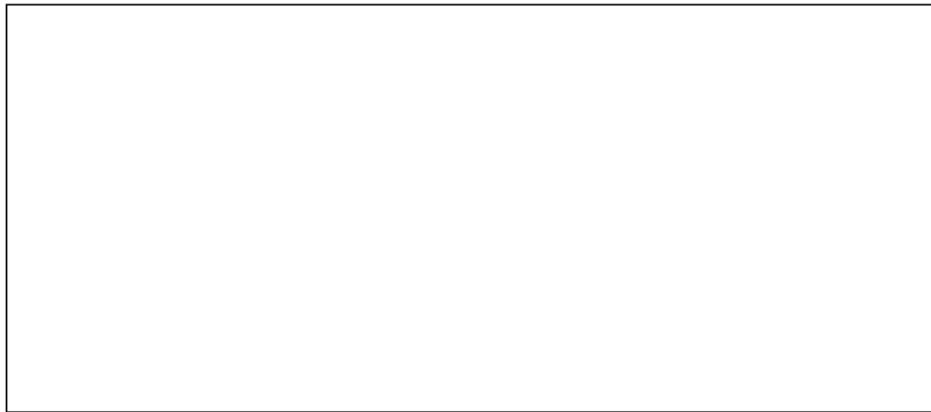


4 mm de gruix

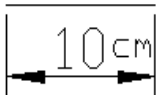


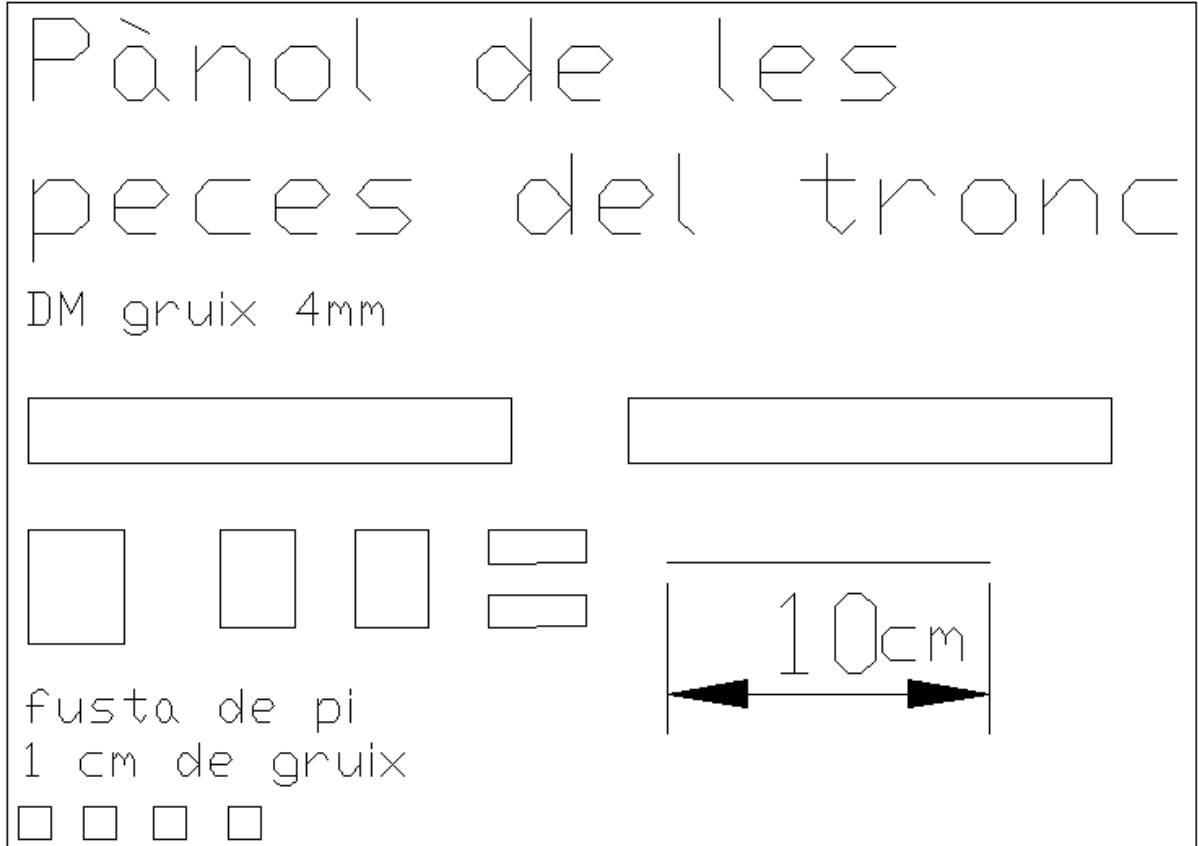
# Construcció d'un braç robot

Plànols de la plataforma de DM lacat



gruix 1 cm

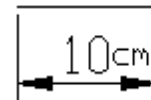
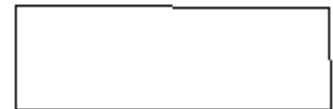




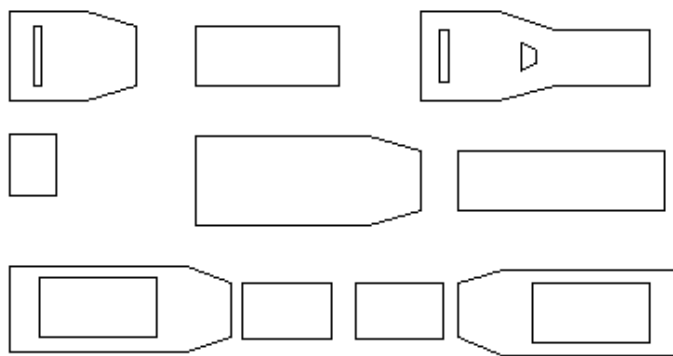
## Plànols de la caixa dels potenciòmetres

gruix 4 mm  
material DM

Peça de  
metraqullat

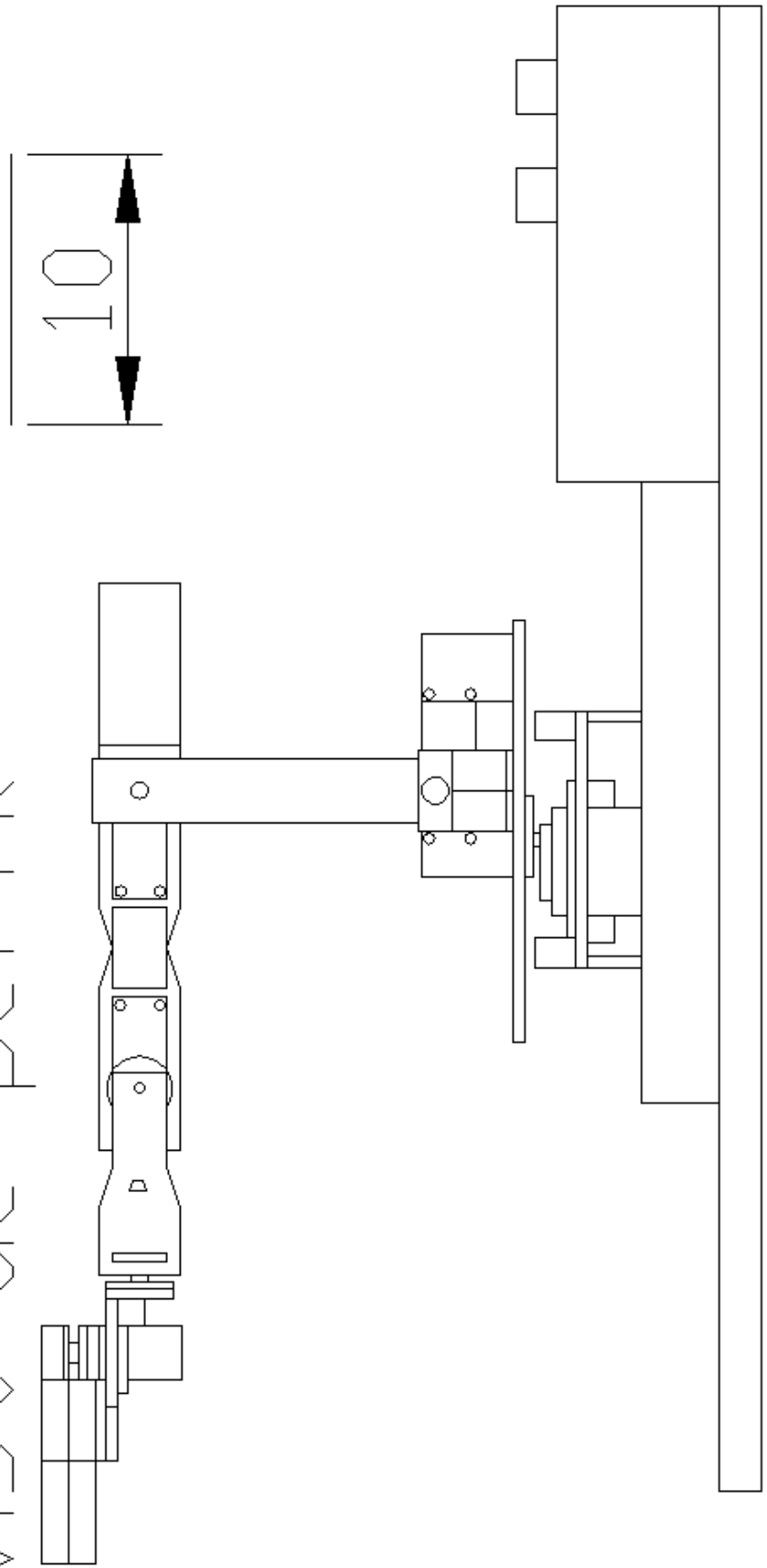


Plànol de les  
peces colze  
i canell





# Plànol del braç robot Vist de perfil



## Construcció d'un braç robot

### Annex 3: facturació del projecte:

Cal dir que les fustes, coles, màquines, soldador, metraquilat, etc. En resum, tots els materials que no són nombrats a la factura següent, ens les va proporcionar la fusteria ebenisteria "Tot bo" gratuïtament.

<b>Descripció material</b>	<b>Quantitat</b>	<b>Preu unitat (€)</b>	<b>Import (€)</b>
Hitec HS-485HB	3	18,75	56,25
Hitec HS-311	3	9,5	28,5
Circuit integrat NE555	1	0,5	0,5
Circuit integrat NE556	3	0,83	2,25
Placa fibra 144x260	2	4,99	9,98
Terminal espadín c.i.	2	0,09	0,18
Cond. Poli. MKT 82K 250V	6	0,12	0,66
Cond. Poli. MKT 150K 250V	1	0,24	0,24
Cond. Ceràmic 120K 250V	14	0,12	1,55
Resistència carbon 150KΩ ¼ W. 5%	1	0,01	0,01
Resistència carbon 3K3Ω ¼ W. 5%	1	0,01	0,01
Resistència carbon 5K6Ω ¼ W. 5%	6	0,01	0,07
Potenciòmetre lin. 20KΩ/22KΩ s/i E6	6	1,91	10,32
Botó 2483=T6 7600-19N	6	1,18	6,4
Cond. Poliester 180K 250V	1	0,39	0,3
Portafusibles HUESO	1	0,17	0,17

### Construcció d'un braç robot

Fusible standard 200mA	1	0,1	0,1
Clavilla red super 1024/184 blanca	1	0,89	0,89
Circuit integrat LM 317 T	1	0,66	0,66
Diodo rectificador 1A	2	0,06	0,12
Pot. Ajustable 10LV 5K $\Omega$	1	0,22	0,22
Resistència carbon 240 $\Omega$	1	0,01	0,01
Cond. Poly. Pla 100K 400V	1	0,15	0,15
Cond. Tantalo 1mF 25V	1	0,22	0,22
Transformador 220/9V 2A	1	12,08	12,08
Pont rect. KBPC 106 3A 600V	1	1,35	1,35
Cond. Electrol. Rad 2200/25	1	0,47	0,47
Dissipador	2	1,5	3
<b>TOTAL</b>			<b>136,75</b>

**BIBLIOGRAFIA i WEBGRAFIA:**

**Llibres:**

Llibre d'electrotèctina de segon de batxillerat

Autors: Miquel Guasch, Marina Borrego i Jordi Jordan.

Editorial: McGraw-Hill.

**Fonts informàtiques:**

-Lloc web d'on vam extreure'n la idea que després vam perfeccionar.

<http://gidesa.altervista.org/roboticarm.php>

-Texas instruments, lloc web d'on vam extreure tota la informació sobre el NE555 i del LM317.

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>

[https://docs.google.com/viewer?  
a=v&pid=gmail&attid=0.2&thid=12d48b65ff7263e0&mt=application/pdf  
&url=https://mail.google.com/mail/?ui%3D2%26ik%3Dc619dfaa9f  
%26view%3Datt%26th%3D12d48b65ff7263e0%26attid%3D0.2%26disp  
%3Dattd%26realattid  
%3Df\\_gigh4ylt1%26zw&sig=AHIEtbQtzDRypX3twvz19r92BDgFX9psPQ](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.2&thid=12d48b65ff7263e0&mt=application/pdf&url=https://mail.google.com/mail/?ui%3D2%26ik%3Dc619dfaa9f%26view%3Datt%26th%3D12d48b65ff7263e0%26attid%3D0.2%26disp%3Dattd%26realattid%3Df_gigh4ylt1%26zw&sig=AHIEtbQtzDRypX3twvz19r92BDgFX9psPQ)

-Procés que vam seguir per fer la placa bona.

[http://www.tinet.cat/~fmco/download/Tutorial\\_placas.pdf](http://www.tinet.cat/~fmco/download/Tutorial_placas.pdf)

-Viquipèdia, per la consulta d'alguns materials.

<http://ca.wikipedia.org>

## Construcció d'un braç robot