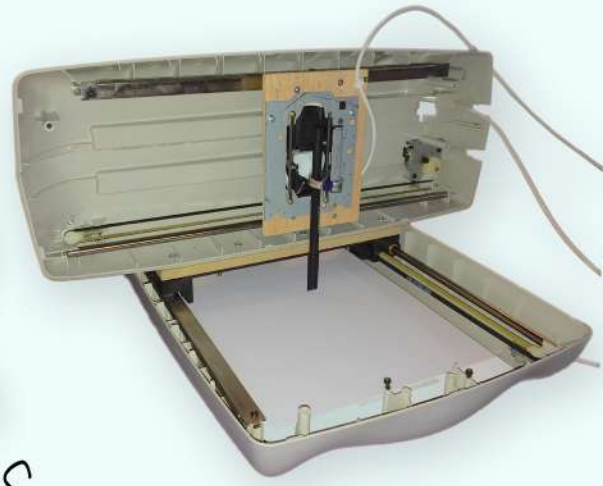
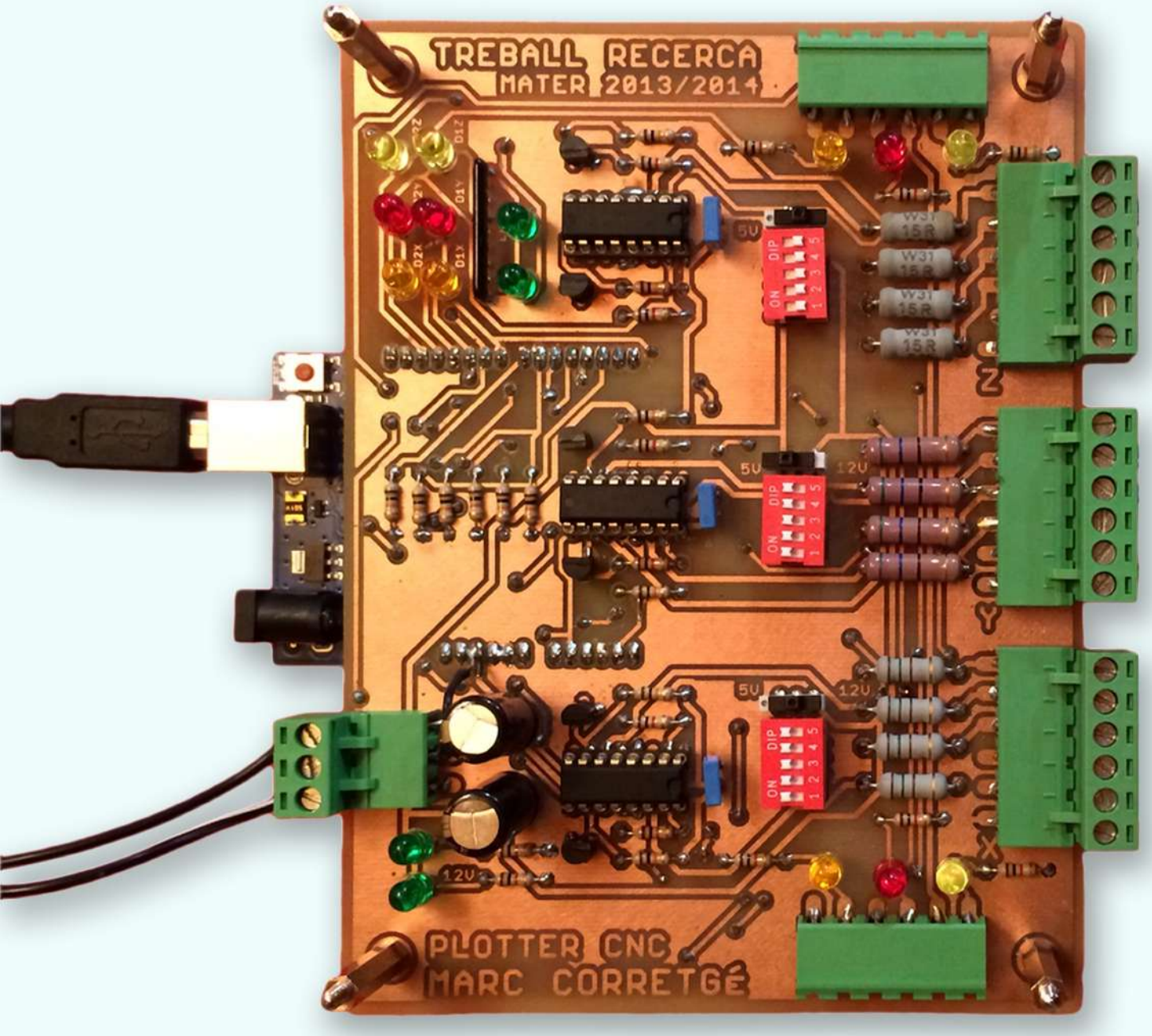
Construcció d'un PLOTTER

a partir de materials reciclats





Marc Corretgé Gilart
2n. de Batxillerat
Tutor: José Antonio Salse
Gener 2014

Agraïments

Vull agrair molt especialment la dedicació i l'esforç del meu tutor de recerca i professor de Tecnologia, José Antonio Salse, per haver-me ajudat, en tot moment, en la idea, en el desenvolupament del projecte i en el subministrament d'algun material.

En segon lloc, voldria agrair al col·legi el fet d'haver-me deixat classes per guardar el material i treballar en horaris extraescolars.

En tercer lloc, al Toni Mayoral, professor del col·legi, per la seva donació d'un escàner que ja no utilitzava i que em va servir com a base del projecte.

I, també, als amics i familiars que em van donar material que no feien servir per a desmuntar-lo i buscar les peces que necessitava.

Un agraïment, també, als meus pares per tot el suport i per tot el material que m'han anant comprant.

Índex

1a. Part: Introducció teòrica

1. INTRODUCCIÓ 1

2. MOTORS ELÈCTRICS 3

2.1. MOTORS DE CC (CORRENT CONTINU) 3
2.2. MOTORS DE CA (CORRENT ALTERN) 3
2.3. MOTORS D'INDUCCIÓ TRIFÀSICS 4
2.4. MOTOR SÍNCRONS TRIFÀSICS 6
2.5. MOTORS DE CORRENT ALTERN MONOFÀSICS 6
2.6. MOTORS PAS A PAS 7
2.6.1 FUNCIONAMENT DEL MOTOR PAS A PAS 9
2.6.2. COM FUNCIONEN ELS PASSOS EN UN MOTOR PAS A PAS 10
2.6.3. IDENTIFICACIÓ D'UN MOTOR PAS A PAS 11
2.6.4. TIPUS 12
2.6.4.1. Unipolars 12
2.6.4.2. Bipolars 14
2.6.5. CONTROL DELS MOTORS 15
2.6.5.1. Pont H 15
2.6.5.2. L293D 16

3. EL CNC 18

3.1. PRINCIPI DE FUNCIONAMENT 19
3.2. TIPUS DE CNC 20
3.2.1. CONTROL NUMÈRIC PUNT A PUNT 20
3.2.2. CONTROL NUMÈRIC PARAXIAL 20
3.2.3. CONTROL NUMÈRIC CONTINU 21
3.3. AVANTATGES I DESAVANTATGES DEL CNC 22

4. EXEMPLE DE CNC 24

4.1. PROCÉS DE FUNCIONAMENT 24
4.2. COMPONENTS 27

5. ARDUINO 30

5.1. QUÈ ÉS ARDUINO? 30
5.2. ARDUINO UNO 31
5.2.1. ESQUEMA 32

2a. Part: Desenvolupament Pràctic

6. PROCÉS DE DESENVOLUPAMENT DEL *PLOTTER* 35

7. MOTORS 45

7.1. Motor X , Motor Y 45

7.1.1. Bobines 45

7.1.2. Característiques 46

7.2. Motor Z 47

7.2.1. Bobines 47

7.2.2. Característiques 48

8. MATERIAL NECESSARI PER A CONSTRUIR EL *PLOTTER* 49

9. MATERIAL COMPRAT PER A CONSTRUIR EL *PLOTTER* 51

10. COMPONENTS ELECTRÒNICS PER CONSTRUIR LA PLACA ELECTRÒNICA 53

11. DESPESES 63

12. QUÈ S'HA DE FER PER PODER CONTROLAR AQUEST CNC? 64

12.1. Preparar l'Arduino 64

12.2. Instal·lar Linux-Ubuntu 64

12.3. Instal·lar Gambas3 i executar el TxapuCNC 65

12.3.1. Interfície Txapu_CNCTX 67

13. PROCÉS DE MECANITZACIÓ A PARTIR D'UNA IMATGE 68

13.1. Si vectoritzem el dibuix amb l'Autocad 68

13.2. A partir d'una imatge .jpg (o altres) amb Inkscape 69

13.3. Si creem el dibuix directament amb l'Inkscape 69

14. CONCLUSIONS 74

15. BIBLIOGRAFIA 75

16. ANNEXES 77

1a. Part: Introducció teòrica

1. Introducció

Quan va ser el moment de triar el tema del treball de recerca, no acabava de decidir-me. Va ser el meu tutor José Antonio Salse qui em va proposar fer un *plotter*.

De seguida ho vaig trobar molt interessant perquè, com deia Steve Jobs, fundador d'Apple:

"*El único modo de hacer un gran trabajo es amar lo que haces. Si no lo has encontrado todavía, sigue buscando. No te conformes. Como en todo lo que es propio del corazón, lo sabrás cuando lo encuentres*"

I jo sabia que si hi havia un tema amb el qual podia disfrutar era aquest, perquè a mi sempre m'ha agradat fer coses relacionades amb l'electrònica, però mai havia pogut fer un projecte tan complex com aquest (per a mi).

El treball que duré a terme comprendrà el procés de disseny, desenvolupament i funcionament d'un *plotter*, que construiré a partir de materials reciclats.

Aquest treball sé que em durà moltes hores de feina i esforç i espero que, al final, funcioni. Consistirà en reciclar material electrònic en desús i aprofitar el màxim de cada aparell, ja siguin motors, guies, carcasses, etc. i donar-li un altre ús.

Jo sé que tinc a la meva disposició tot tipus de fustes, que em permetrà solucionar problemes futurs de suport per als motors, estructures, etc.

Pel que fa al material que necessitaré, a banda del reciclat i fustes, el podré comprar, sense cap problema, per Internet i a les botigues especialitzades de Lleida.

Els objectius que em proposo són:

1. Trobar els components que funcionin i s'adeqüin a les meves necessitats, a partir d'aparells electrònics obsolets (impressores, escàners, DVD...).
2. Dur a terme el procés de construcció amb el material aconseguit.
3. Construir una placa base que permeti controlar el meu *plotter* i qualsevol altre.

4. Aconseguir moure els tres eixos del *plotter*.
5. Aconseguir la màxima precisió i fiabilitat.
6. Aconseguir fer un dibuix complet.

Aquest treball el dividiré en dos grans apartats: la introducció teòrica i el desenvolupament pràctic.

La part teòrica comprendrà l'explicació detallada de tots els tipus de motors elèctrics, màquines CNC i l'Arduino.

La pràctica comprendrà tota l'explicació detallada del procés de construcció del *plotter*, des del moment de buscar les màquines obsoletes que necessitava, fins al moment en què el *plotter* reprodueix les meves ordres.

A l'exposició del treball de recerca podreu veure materialitzat tot el que aquí explicaré.

La informació que he utilitzat en aquest treball l'he extret, bàsicament, d'Internet, ja que aquests temes són més difícils de trobar en una biblioteca.

2. Motors elèctrics

Els motors elèctrics són convertidors electromecànics que transformen l'energia elèctrica que reben a través dels seus borns en energia mecànica que subministren a traves de l'eix del motor.

D'acord amb l'energia elèctrica utilitzada els motors elèctrics els podem classificar en motors CC (corrent continu) o motors CA (corrent altern).

2.1. Motors de CC (corrent continu)

Els motors de CC transformen l'energia elèctrica que reben a traves dels borns, en forma de CC, en energia mecànica que cedeix a l'eix.

Els motors CNC es classifiquen segons la forma que estan connectades les bobines inductores e inductives entre sí. La classificació és:

- Motor d'excitació independent.
- Motor en sèrie.
- Motor en derivació o *shunt*.
- Motor *compound.*

2.2. Motors de CA (corrent altern)

Els motors de CA transformen l'energia que reben a través dels seus borns, en forma de CA, en energia mecànica que cedeixen a l'eix.

D'acord amb el principi de funcionament es classifiquen en motors síncrons i asíncrons.

- **Motors síncrons**. Es fonamenten en la reversibilitat de l'alternador i es caracteritzen perquè el seu rotor gira a la velocitat de sincronisme $n_s = \frac{f}{p}(s^{-1})$.

- **Motors asíncrons**. Es fonamenten en l'acció que exerceix el camp magnètic giratori de l'estator sobre els corrents que indueix en el rotor, per aquest motiu s'anomenen motors d'inducció. Es caracteritzen perquè el seu rotor gira a una velocitat n inferior a la de sincronisme n_s.

Pel nombre de fases d'enrotllament estatòric, tenim motors trifàsics i motors monofàsics, ja que la distribució d'energia elèctrica es fa en CA trifàsic.

2.3. Motors d'inducció trifàsics

El motor asíncron trifàsic és el motor industrial per excel·lència. La seva construcció senzilla i robusta, l'absència de col·lector i l'adaptació del seu funcionament a les variacions brusques de càrrega mantenint una velocitat pràcticament constant, fan del motor asíncron una màquina de funcionament molt fiable.

Com qualsevol motor, les parts essencials d'un motor d'inducció són l'estator i el rotor.

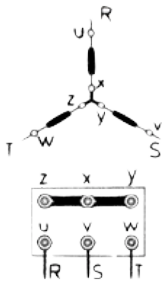
L'estator conté el sistema inductor. És format per la carcassa, el nucli magnètic, el bobinatge inductor i la caixa de borns.

- La carcassa té la funció de servir de suport als diferents òrgans i constitueix l'estructura del motor.

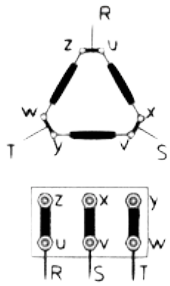
- El nucli magnètic va fixat a la carcassa i està construït amb un paquet de xapa magnètica en forma de corona i amb ranures longitudinals per allotjar-hi el bobinatge inductor.

- El bobinatge inductor té la funció de produir el camp giratori. Està format per 3 enrotllaments de fil o platines de coure.

- La caixa de borns serveix per connectar el motor a la xarxa elèctrica. Disposa de 6 borns on van connectats els principis i els finals de cada enrotllament. Hi han diferent tipus de connexions en les caixes de borns. Poden ser en connexió d'estrella o connexió de triangle.



Caixa de borns.
Connexió d'estrella

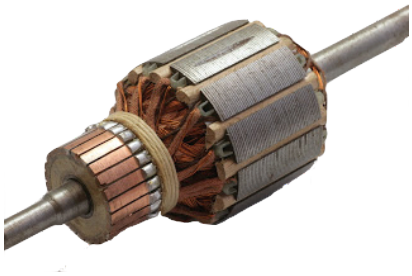


Caixa de borns.
Connexió de triangle

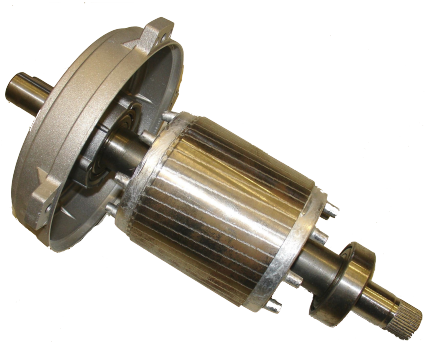
El rotor constitueix el sistema induït. Bàsicament és format per un eix, suportat per coixinets, i un paquet cilíndric de xapa magnètica, amb ranures longitudinals per allotjar-hi els conductors del bobinatge induït. D'acord amb el tipus de bobinatge, poden ser de gàbia d'esquirol o bobinats.

- El rotor de gàbia d'esquirol o en curtcircuit. Es construeix amb barres de coure o alumini, amb els extrems curtcircuitats amb anells del mateix material. A partir de 3CV de potència s'acostumen a construir amb el doble gàbia d'esquirol o amb ranures profundes, ja que es millora el procés d'engegada del motor. Els motors amb rotor de gàbia d'esquirol són els més utilitzats industrialment perquè son econòmics i requereixen poc manteniment.

- Rotor bobinat. Porta un bobinatge trifàsic de fil de coure, connectat en estrella; els tres extrems lliures es connecten a tres anells de bronze o llautó, disposats sobre l'eix, i mitjançant les escombretes es tanca el circuit rotòric amb unes resistències que constitueixen el reòstat d'engegada del motor. Els motors amb rotor bobinat milloren les característiques d'engegada (parell elevat i corrent moderat), permeten una certa regulació de la velocitat, però són més voluminosos, més cars i requereixen més manteniment que els de gàbia d'esquirol.



Rotor bobinat



Rotor de gàbia d'esquirol

2.4. Motor síncrons trifàsics

El funcionament d'un motor síncron es fonamenta en la reversibilitat de l'alternador. Si alimentem l'estretor d'un alternador trifàsic amb un CA trifàsic engendrarà un camp magnètic giratori de velocitat n_s.
Si impulsem el rotor en el sentit del camp magnètic giratori, s'orientarà dins del camp de la manera que en tot moment el camp resultant sigui màxim; per tant, girarà a la mateixa velocitat que la del camp giratori n_s, o velocitat de sincronisme.

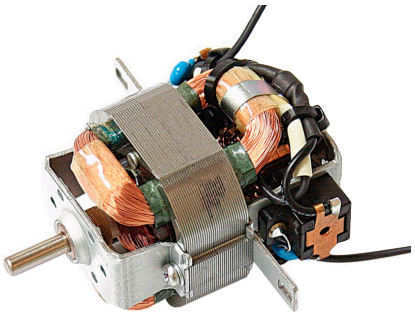
2.5. Motors de corrent altern monofàsics

Els motors monofàsics són els motors de poca potència, normalment inferior a 1KW, i el seu gran camp d'aplicació és el sector dels electrodomèstics i el de les màquines eina portàtil. Hi ha molts tipus de motors monofàsics, però em limitaré a explicar-ne els més utilitzats:

- El motor d'inducció amb bobinatge auxiliar. La constitució dels motors d'inducció monofàsics és molt semblant a la d'un motor d'inducció trifàsic, amb el bobinatge inductor a l'estator i un induït en curtcircuit (gàbia d'esquirol) al rotor. El principal problema dels motors d'inducció monofàsics és que el rotor no es pot posar a girar només amb l'acció del camp magnètic creat per l'inductor. És necessari l'ajut manual, l'has de posar tu mateix en marxa perquè comenci a funcionar i no pararà fins que es desconnecti de la xarxa.

Per tant, la solució consisteix en què aquest camp magnètic giratori es creï en el moment d'engegar el motor sense necessitat d'impulsar-lo manualment. Per això, s'utilitza un bobinatge auxiliar d'arrancada col·locat a l'extractor en paral·lel amb el bobinatge inductor principal desfasat respecte d'aquesta, de manera que el camp magnètic creat en l'inductor auxiliar i en el principal quedin desplaçats. D'aquesta manera es crearà un camp magnètic giratori semblant als del monofàsic. Segons la forma d'obtenció del camp giratori quan engeguem, els motors d'inducció poden ser de fase de partida o de condensador.

- Motor universal. El motor universal és aquell que pot funcionar tant en CA com en CC sense que les seves característiques de funcionament, com la velocitat, parell, potència, etc. es vegin afectats. Aquests tipus de motors es troben en aparells com aspiradores, trepants portàtils i altres eines portàtils.



Motor universal

2.6. Motors pas a pas

Un motor pas a pas és un dispositiu electromecànic que, a partir d'uns impulsos elèctrics, és capaç d'avançar una sèrie de graus anomenats passos.

Els motors pas a pas són els més adequats en aplicacions en les quals es necessita un control precís de la posició i/o una regulació excel·lent de les velocitats del rotor.

Avui en dia els motor pas a pas tenen una àmplia gama daplicacions, degut a aquesta precisió que tenen i que hem comentat. La precisió es medeix en graus (º). Un motor pot girar en un sol impuls elèctric 1,8 º, 7,5º, etc., per tant per donar una sola volta poden ser necessaris fins a 200 passos, que equivaldrien a 200 impulsos elèctrics, només enviant la xifra 1 o 0.

Són els més utilitzats en els sistemes de CNC, en robòtica, en sistemes informàtics (control de les unitats de disc, CD, DVD, impressores, *plotters*...) i en la manipulació i posicionament d'eines i peces en general.

Bàsicament són formats per una part fixa, l'estator, constituït per bobines que, excitades adequadament crearan un camp magnètic giratori, i una part mòbil, el rotor, que és un imant permanent que seguirà el camp magnètic giratori de l'estator.

En aquests motors el rotor pot quedar enclavat en una posició. Es manté si l'impulsen alguna de les bobines de l'estator, en cas contrari el rotor quedarà lliure.

Els motors pas a pas es poden considerar un tipus de motor síncron dissenyat per girar un nombre determinat de graus α (anomenats pas) cada vegada que s'aplica un impuls elèctric adequat a les bobines de l'estator. Aquest pas pot variar des de 90° fins tant sols 0,72°. En el primer cas només necessitem 4 passos per fer una volta sencera del rotor, en canvi 500 passos en el segon. S'alimenten per mitjà d'una font de CC i un circuit electrònic, que es controla a través d'impulsos i el sentit del corrent a les bobines de l'estretor.

En realitat els motors pas a pas són conversors D/A ja que converteixen la informació digital (impulsos elèctrics) proporcionada a l'estator en moviments de gir proporcionats i controlats en el rotor; així doncs, el podem fer girar en els 2 sentits i el nombre de passos que vulguem.

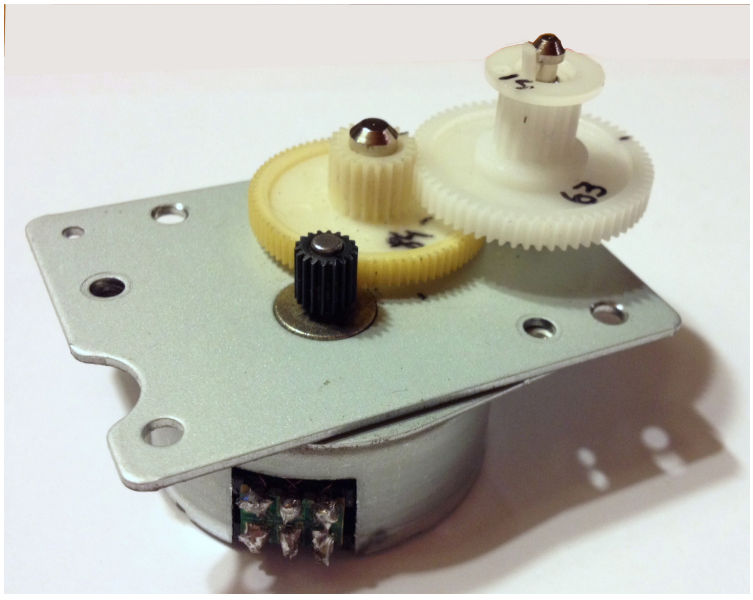
Com que és el tipus de motor que he utilitzat jo, explicaré el seu funcionament:

2.6.1 Funcionament del motor pas a pas

Aquest tipus de motors posseeixen qualitats especials pel fet de poder-los moure un pas fins una seqüència interminable de passos depenent de la quantitat de polsos que apliquem. És per això que aquests tipus de motors són tan utilitzats, ja que poden moure's a desig de l'usuari segons la seqüència que se li indiqui a través del microcontrolador.

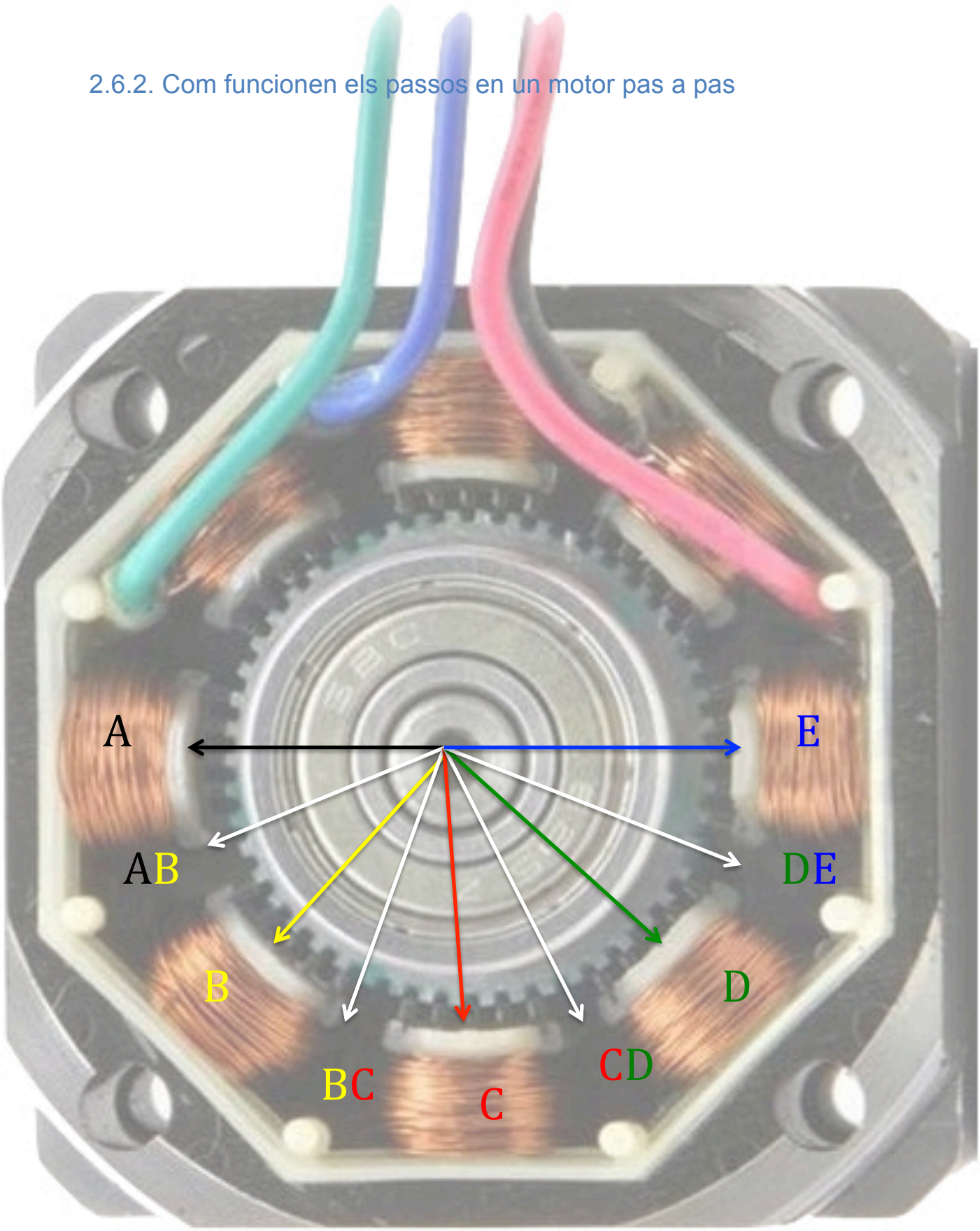
Aquesta classe de motors posseeixen l'habilitat de poder-se quedar clavats en una posició si una o més de les seves bobines queden energitzades o bé si queden totalment lliures sense cap càrrega electromagnètica. Bàsicament estan formats per un rotor sobre el que es troben diferents imants permanents i un número de bobines en l'estator. Les bobines són part de l'estator i el rotor és un imant permanent. Tota la commutació (o excitació de les bobines) ha de ser controlada externament per un controlador.

Existeixen 2 tipus de motors pas a pas d'imant permanent, que són els més utilitzats en la robòtica: unipolars i bipolars. A continuació, es mostra una descripció d'aquests 2 tipus de motors i una foto del motor unipolar que he utilitzat jo en aquest projecte de construcció d'un *plotter*.



Motor unipolar amb reductor

2.6.2. Com funcionen els passos en un motor pas a pas



Esquema intern d'un motor pas a pas i el seu funcionament

A activat. El rotor està en la posició inicial 0º
A i B activats. El rotor està en la posició intermitja 22,5º
B activat. El rotor està a 45º
B i C activats. El rotor torna a la posició intermitja a 67,5º
C activat. El rotor arriba a 90º
… I així continuem fins que nosaltres desitgem.

Cada moviment del rotor equival a 1 pas. Per tant, aquest motor és de 16 passos = $\frac{360º}{16\ pasos} = 22{,}5º$. D'aquesta manera podem calcular la precisió, que és de 22,5º.

2.6.3. Identificació d'un motor pas a pas

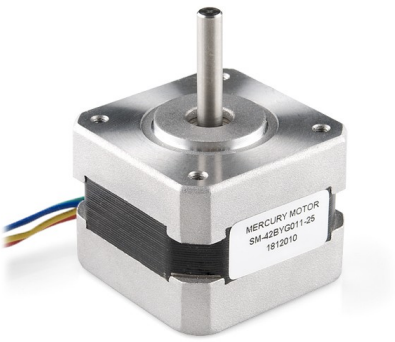
Per començar, hem de saber diferenciar els motors pas a pas de la resta.

Per saber si un motor és pas a pas realitzarem la prova següent: girem manualment l'eix del motor i, si notem que no gira amb suavitat, sinó que ho fa amb "trompicons", vol dir que estem davant d'un motor pas a pas i això qu e notem són els passos del motor.

En cada intent de gir que fem, movem l'eix un pas i, així, podem arribar a saber quants passos té i la precisió.

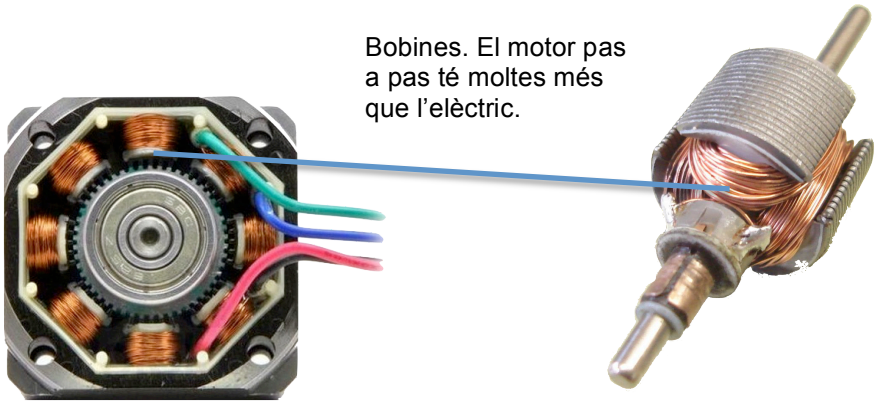
Si fessin el mateix amb un altre motor, per exemple un motor de cotxe, l'eix giraria suaument, sense cops. Aquests motors giren sense precisió, cosa que els diferencia notablement.

Visualment, es bastant fàcil diferenciar un motor pas a pas d'un motor clàssic, però la prova segura és la que he explicat abans.



Motor pas a pas

Motor elèctric



Bobines. El motor pas a pas té moltes més que l'elèctric.

2.6.4. Tipus

2.6.4.1. Unipolars

Aquests motors normalment tenen 5 o 6 cables de sortida, depenent de la seva connexió interna, que sol ser normalment de 4 cables, pels quals rep els polsos que indiquen al motor la seqüència i duració dels passos que ha de fer, i la resta com alimentació del motor.

El corrent que passa per les bobines d'aquest motor sempre gira en la mateixa direcció. Per canviar la direcció de rotació de l'eix és necessari polaritzar certes parts de l'embobinat.

- *Seqüències pel maneig dels motors pas a pas unipolars*

Existeixen tres seqüències possibles per aquest tipus de motor les quals detallaré a continuació. Totes les seqüències comencen novament pel pas 1 una vegada arribat el punt final (4 o 8). Per a invertir el sentit s'inverteix l'ordre de la seqüència.

- Seqüència normal

Amb aquesta seqüència el motor avança un pas cada vegada i, degut a què sempre hi ha, almenys, dos bobines activades, s'obté un alt par de cada pas del motor i de retenció. En la taula següent es mostren els valors de voltatge que s'han de subministrar al motor per a la realització dels passos:

Pas	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4
1	+V	+V	-V	-V
2	-V	+V	+V	-V
3	-V	-V	+V	+V
4	+V	-V	-V	+V

- Seqüència del tipus *wave drive*

En aquesta seqüència s'activa únicament una bobina a la vegada. En alguns motors això ofereix un funcionament més suau però, per altra banda, a l'estar solament una bobina activada, el par i la retenció són menors. En la taula següent es mostren els valors que s'han de subministrar al motor:

Pas	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4
1	+V	-V	-V	-V
2	-V	+V	-V	-V
3	-V	-V	+V	-V
4	-V	-V	-V	+V

- Seqüència del tipus mig pas

En aquesta seqüència s'activen les bobines de tal forma que es duu a terme un moviment igual a la meitat del pas real. Per això, s'activen primer 2 bobines i després només 1 i, així, successivament. En la taula següents es pot veure la seqüència completa que consta de 8 moviments:

Pas	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4
1	+V	-V	-V	-V
2	+V	+V	-V	-V
3	-V	+V	-V	-V
4	-V	+V	+V	-V
5	-V	-V	+V	-V
6	-V	-V	+V	+V
7	-V	-V	-V	+V
8	+V	-V	-V	+V

2.6.4.2. Bipolars

Aquests tipus de motors tenen, generalment, quatre cables de sortida. Necessiten certes manipulacions per a ser controlats, degut a què requereixen un canvi de direcció del corrent.

Per controlar un motor de pas a pas de 4 cables (2 bobines) es necessita utilitzar dos ponts en H.

- Seqüències pel maneig dels motors pas a pas unipolars

Com s'ha dit anteriorment, aquests motors necessiten una inversió del corrent que circula per les seves bobines. Cada inversió de la polaritat provoca un pas. El sentit d'aquest pas està determinat per la següent taula:

Pas	Bobina 1	Bobina 2	Bobina 3	Bobina 4
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

2.6.5. Control dels motors

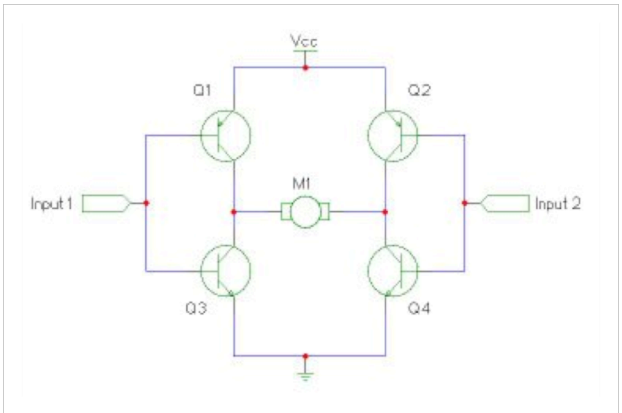
Per controlar aquests motors es necessita un control determinat, depenent del motor utilitzat.

Per controlar-los n´hi ha uns quants però jo em centraré en els més habituals:

2.6.5.1. Pont H

Els motors pas a pas requereixen del canvi de direcció del corrent a través de les seves bobines i, per fer-ho, és necessari utilitzar la seqüència correcta.

Com el corrent que circula per aquest microcontrolador és molt elevat pel que pot suportar, és necessari utilitzar un pont H per cada bobina del motor. Un pont H inverteix el corrent de cada bobina, cosa que permet que una bobina estigui oberta o tancada.



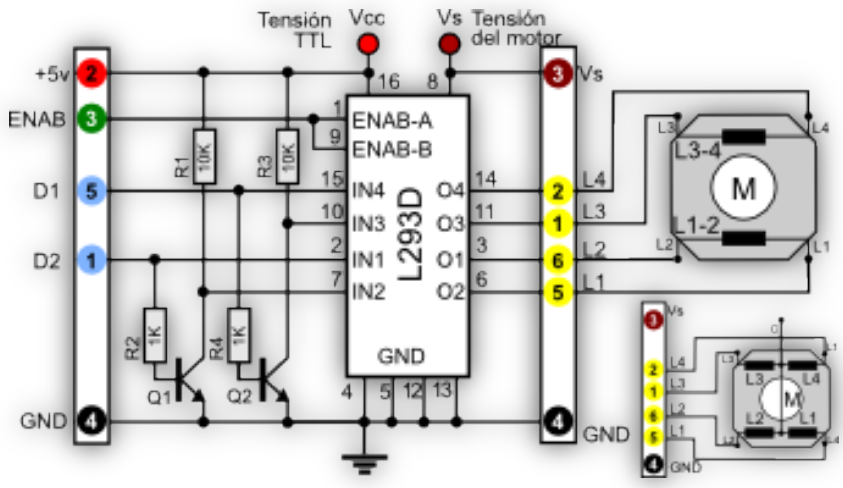
Esquema del pont H

En aquest esquema es pot observar com es duu a terme la inversió del sentit del corrent. Quan Q1 i Q4 estan inactives, el sentit del corrent circula de Q2 a Q3, per tant, en un sentit. En canvi, quan Q2 i Q3 estan inactives varia el sentit del corrent.

2.6.5.2. L293D

Aquest és un *driver* de potència que serveix per als motors pas a pas ja que inverteix el corrent. Utilitza ponts en H dins del *driver*.

Aquest és l'esquema del *driver* connectat a les entrades i a les sortides del motor.



Esquema del *driver* de potència L293D

En aquest esquema es pot veure de manera clara com es fa inversió del corrent. Com que aquesta configuració és la que he utilitzat, l'explicaré més detalladament.

A l'esquerra veiem les entrades: la d'alimentació (2) i la base (4). Els punts 5 i 1 fan referència a què en aquest *driver*, amb dos senyals (en aquest cas 1,0), pots fer girar el motor. Per això, s'ha d'utilitzar la sèrie del quadre que podeu trobar a l'apartat de motors unipolars, seqüència normal. Observeu que, en aquesta taula, els senyals 1 i 2 sempre són els contraris al 3 i 4 respectivament. Aquesta és la funció que fa aquest *driver*.

Quan a l'entrada 5 li donem senyal (per tant, 1) i a l'entrada 1 no li donem senyal (per tant, 0), aconseguim la seqüència 1,0...

Per saber la continuació mirem el dibuix. El punt 5 entra al pin15 del *driver* i surt pel pin14 i se'n va al motor al L4 (aquest serà 1), però veiem que el camí del 5 té una bifurcació cap a baix fins arribar a un transistor amb una resistència, cosa que provoca que el transistor es tanqui (quan es tanca vol dir que el punt 2 i el 4 es troben i es transforma en 0). Una vegada feta la inversió fem que al pin10 li entri el valor 0 i l'enviï al pin11 i, d'aquí, al L3 (aquest serà 0).

Ara fem el mateix amb el punt 1 i veurem que L2 serà 0 i L1 serà 1.
La combinació final queda:

L1 = 1
L2 = 0
L3 = 0
L4 = 1

Podem observar que compleix la taula i que del 1,0 passem al 1,0,0,1.

D'aquesta manera, simplement amb 2 senyals podem moure un motor unipolar com el que jo he utilitzat. Amb 3 *drivers* L293D podem moure els 3 motors utilitzats.

3. El CNC

CNC significa control numèric computeritzat i es defineix com un sistema que automatitza i controla les accions d'una màquina. El seu ús s'ha imposat i generalitzat en el mecanitzat modern per a completar diverses feines de fabricació en la indústria en general.

Quan, al 1942, la companyia Bendix Corporation no podia construir un perfil tridimensional amb les màquines-eina que tenia, va decidir que fos un sistema automàtic el que controlés el moviment dels eixos de coordenades de la màquina. I aquest fet va comportar una revolució en totes les màquines en general i en les maquines-eina, en particular.

Per tant, les primeres màquines de control numèric es van construir als anys 1940, basades en les màquines existents en aquells moments, amb motors modificats, els comandaments de les quals s'accionaven automàticament seguint les instruccions que donava un sistema de targeta perforada. Aquests servomecanismes inicials es van desenvolupar ràpidament amb equips analògics i digitals.

Més endavant, l'abaratiment i la miniaturització dels microprocessadors ha generalitzat l'electrònica digital en les màquines-eina i als anys 70 es començà a parlar del control numèric (CNC).

Un CNC pot controlar el moviment de desplaçament dels carros, el gir d'una eina, els canvis d'eina i les condicions de treball (lubricació, alimentació automàtica, etc.).

Des dels orígens del control numèric tots els esforços s'han encaminat a incrementar la productivitat, precisió, rapidesa i flexibilitat de les màquines-eina. El seu ús ha permès la mecanització de peces molt complexes que, difícilment s'haguessin pogut fabricar de forma manual.

3.1. Principi de funcionament

Cable de connexió RS232

Un control numèric està format bàsicament per una màquina-eina, un ordinador, una interfície, i un cable de connexió RS232 entre l'ordinador i la interfície, normalment incorporada a la mateixa màquina-eina. L'ordinador és l'encarregat de transmetre les ordres d'un programa informàtic, mitjançant la interfície, a la màquina-eina. La interfície converteix les ordres de programació en senyals elèctrics per fer funcionar els motors incorporats als mecanismes d'avanç, carros, torretes, etc., a més de controlar els motors que accionen els capçals.

Les màquines-eina que s'utilitzen en els controls numèrics han de tenir un disseny diferent, per això, moltes vegades, no es poden aprofitar les màquines-eina convencionals per incorporar-hi un CNC. Els aspectes més importants que s'han de destacar d'un CNC per aconseguir una màquina de gran precisió i, al mateix temps, de gran productivitat, són els següents:

- Els elements de transmissió no poden tenir joc i, alhora, han de ser molt lleugers. Això s'aconsegueix en utilitzar fusells de boles o guies de rodets.

- A causa de l'increment de les velocitats de tall i per evitar les vibracions, s'han dissenyat estructures noves (de xapa soldada i formigó), que les fan molt mes rígides.

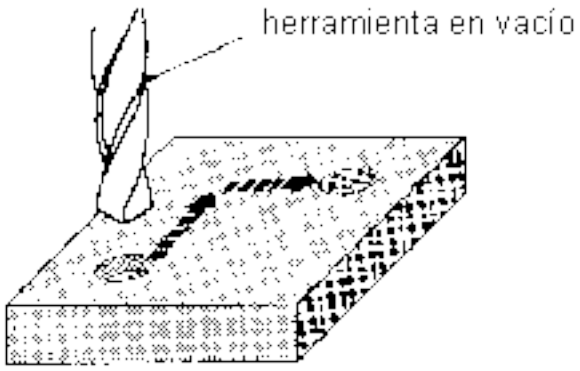
- Un altre canvi de la màquina es troba en la seva torreta de eines. Les màquines de control numèric disposen d'un armari on es guarden les eines codificades, de manera que la torreta de control numèric pugui fer el canvi automàticament. Els controls mes petits tenen torreta giratòria amb capacitat der unes 10 eines.

3.2. Tipus de CNC

Atenent la dificultat tecnològica del mecanitzat i els aspectes econòmics de les màquines a automatitzar, s'han desenvolupat molts tipus de CNC. Els més destacats són les següents:

3.2.1. Control numèric punt a punt

Aquest tipus de control s'utilitza per a posicionar l'eina en els successius punts on s'hagin de fer una o diverses mecanitzacions. La trajectòria per passar d'un punt a un altre no és controlat, ja que les funcions de posició i mecanitzat són diferents.



Trajectòria del control numèric punt a punt

3.2.2. Control numèric paraxial

Amb aquest tipus es pot governar de forma precisa tant la posició de l'element que es desplaça (eina o peça) com la trajectòria, segons la direcció d'algun dels eixos de coordenades.

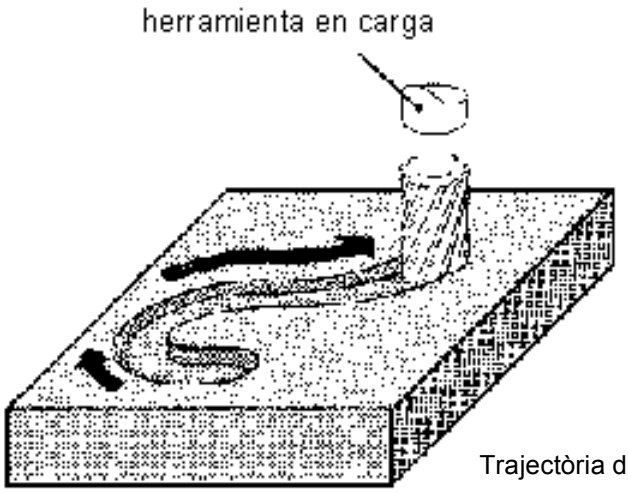
Aquest tipus de control millora el punt a punt, atès que podem controlar, també, la trajectòria que segueix, però sempre fent línies rectes paral·leles als eixos de màquina-eina.

Trajectòria del control numèric paraxial

3.2.3. Control numèric continu

Aquest sistema és el que més s'utilitza. Tots els desplaçaments i trajectòries són controlats, sempre, d'una forma precisa.

Aquest tipus de control es coneix com a 3D perquè pot governar el moviment dels tres eixos, al mateix temps.



Trajectòria del control numèric continu

3.3. Avantatges i desavantatges del CNC

El CNC té molts avantatges. Els principals són:

- Estalvi de les matèries primeres i reducció de la quantitat de matèries que es desperdicien i, per tant, les empreses poden augmentar els seus beneficis perquè fan un ús òptim de les matèries primeres.

- Estalvi de temps. Una vegada establert el procediment, la màquina pot produir, contínuament, els mateixos components, amb la mateixa qualitat, en menys temps. Per tant, les empreses poden escurçar els terminis de producció, fabricar més components i rebre més comandes.

- Seguretat. Els CNC automatitzen molts processos de manera que els operaris no han d'interactuar amb equips perillosos. Així, doncs, un entorn de treball més segur serà beneficiós tant per l'empresa com per l'operari.

- Reducció de treballadors altament qualificats. Un sol treballador qualificat és capaç de controlar diverses màquines i l'empresa pot reduir la despesa en el salaris.

- Fiabilitat. Poden treballar durant moltes hores seguides amb eficiència, precisió i fiabilitat. Les màquines només cal desactivar-les per a fer-los manteniments regulars. Les màquines solen estar equipades amb sistemes addicionals d'aturada automàtica si es produeix alguna errada en el procés.

Tot i que les màquines de CNC s'han utilitzat molt arreu del món, també tenen algun inconvenient, com són:

- Inversió inicial molt elevada. Les màquines de CNC són molt cares en comparació amb les màquines d'accionament manual al moment de comprar-les, tot i que, a llarg termini, resulten econòmiques.

- Desocupació. Quan una empresa inverteix en aquestes màquines, es poden quedar alguns operaris a l'atur, perquè amb la mecanització es necessita menys mà d'obra per fer la mateixa feina.

En resum, amb la velocitat i l'eficiència de les màquines de control numèric, la inversió en el mecanitzat CNC és molt recomanable per a les empreses, per seguir ser competitius i rendibles.

4. Exemple de CNC

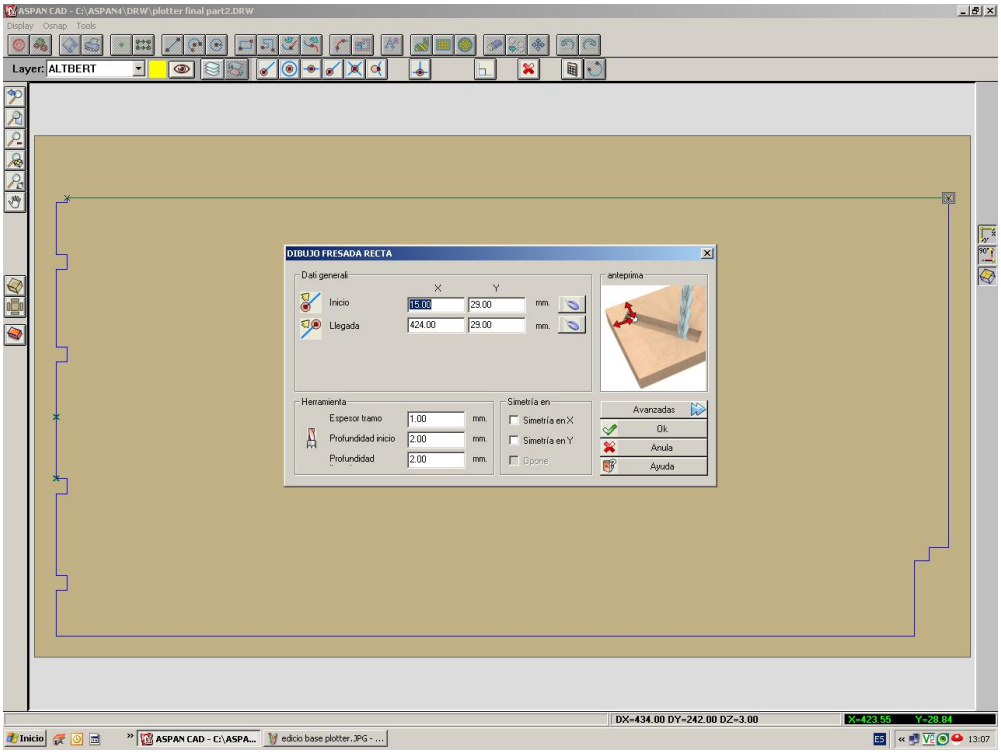
Un exemple de l'ús d'aquestes màquines CNC a la indústria és la SCM® Pratix N que he pogut observar molt a fons perquè el meu pare la té a la seva empresa de fusteria.

Aquesta màquina és un centre de treball genèric per al tall de fusta i la fabricació de mobles a mida.

4.1. Procés de funcionament

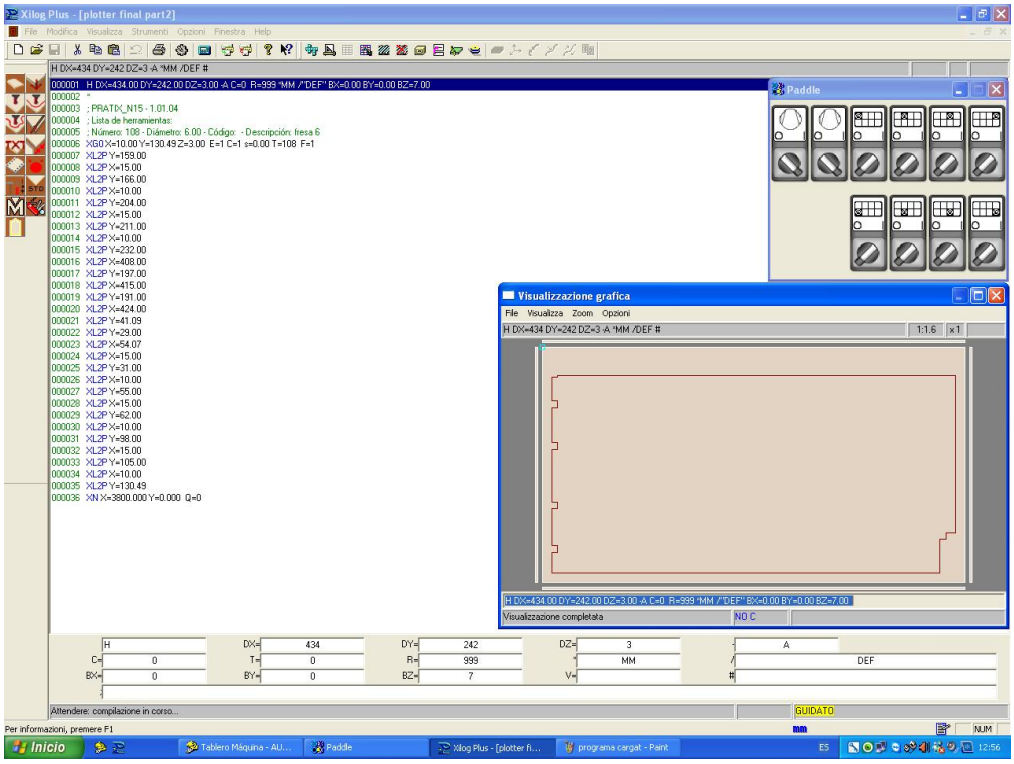
El funcionament d'aquesta màquina consta de diferents passos:

Disseny.
S'utilitza el programa anomenat ASPAN que serveix per dibuixar el projecte que vols materialitzar. En aquest programa es pot especificar tant el diàmetre de la broca, com la velocitat, profunditat, distància...



Codi.

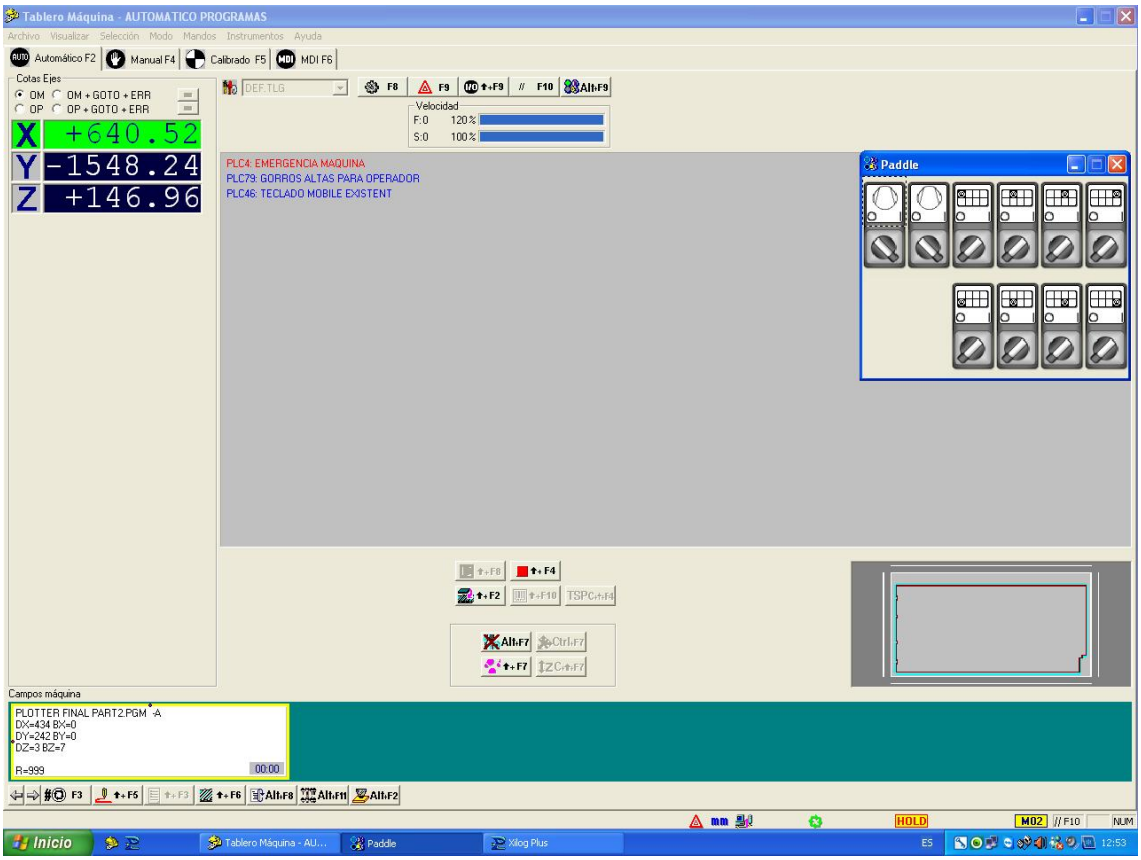
Una vegada decidit el dibuix, s'envia a la màquina CNC i allí es pot observar que s'ha convertit el dibuix en un codi. Aquest codi és el mateix que he utilitzat jo en aquest projecte de recerca. Això vol dir que el que pot fer la màquina del taller industrial també ho podria arribar a fer amb el meu *plotter*, fent, abans, algunes modificacions i, a la inversa, també.



Ordres que rebrà la màquina CNC

Interfície.

Aquí es pot visualitzar el punt actual on es situa la broca, la simulació del projecte, etc. Tot el que hi ha al software TXAPU_CNC, que veurem més endavant i que és el que jo he utilitzat, també ho podem trobar en aquest, tot i que a nivell més professional.



Interfície de control de la màquina

Màquina.

Una vegada executat, la màquina ja podrà començar a tallar les peces per dur a terme el projecte que hem dissenyat en el punt 1.

SCM PratixN

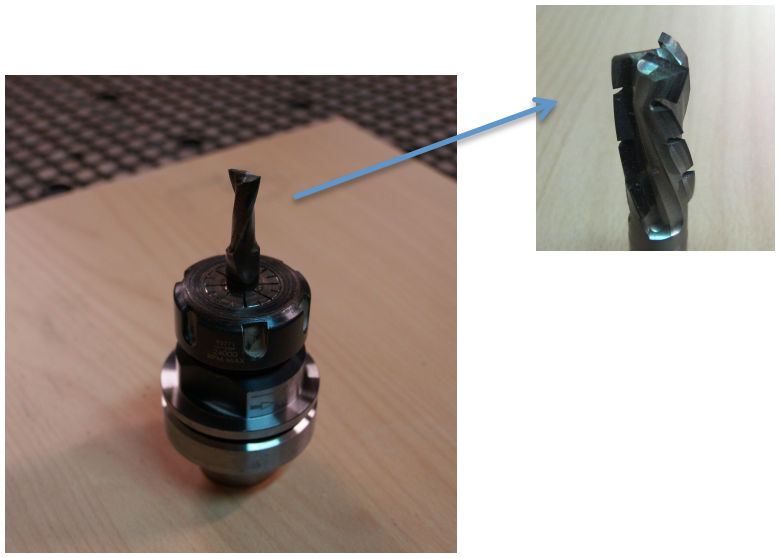
4.2. Components

Aquesta màquina de tall està formada per unes parts molt importants com són:

La broca.

La broca és especial. Està formada per microcristalls de diamant que permeten tallar qualsevol bloc de fusta per molt dura que sigui. Una broca normal es pot trobar amb fustes que no pot perforar, en canvi, amb aquesta no tindríem aquest inconvenient.

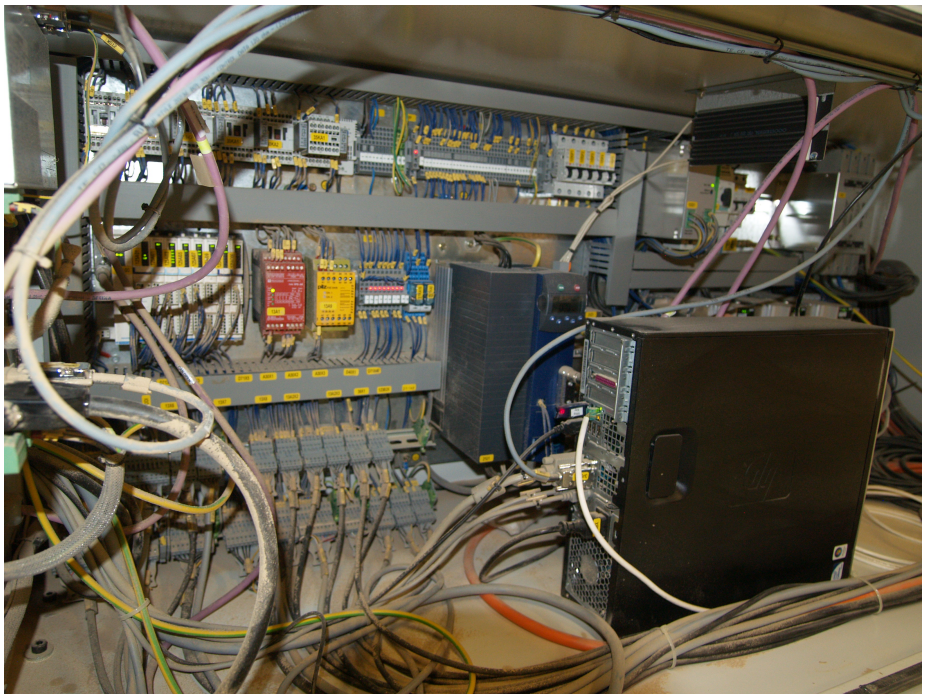
Però aquestes broques tenen, també, un desavantatge, que és el seu cost. Aquesta, exactament, costa uns 700 € cada una, preu molt superior a una broca convencional.



Broca de diamant

Cablejat de la màquina.

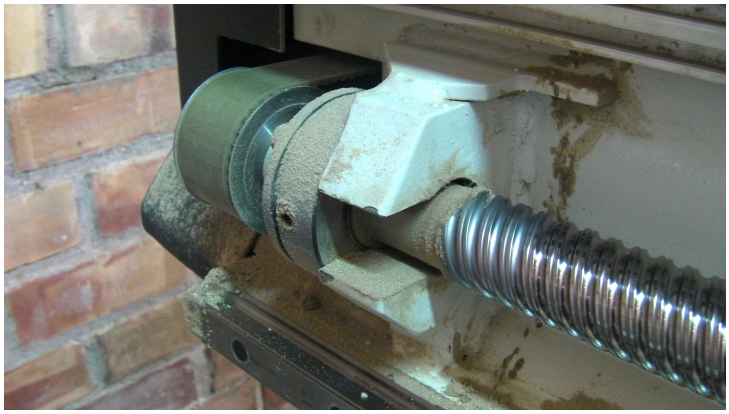
És la part on es concentra tot el cablejat d'aquesta màquina, des de les vàlvules d'aire fins al control dels motors.



Cablejat

Eixos.

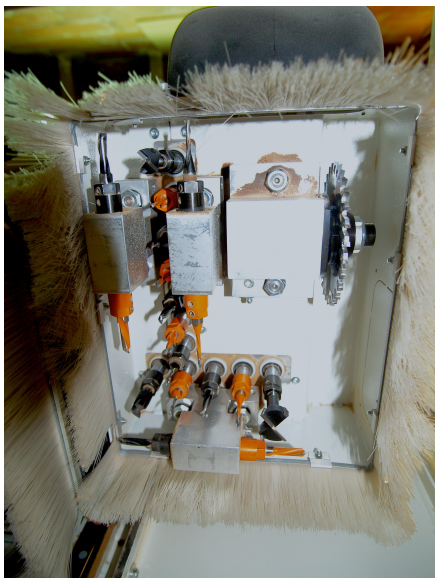
El CNC està format per 3 eixos (X, Y, Z) però en aquest cas tenen un mecanisme diferent al que jo he descrit en el meu *plotter*. El moviment es desplaça del motor pas a pas a una corretja i d'aquesta a un cargol sense fi, que és on va el carro.



Transmissió

Eines de tall.

Les eines de tall són les eines que conté l'eix Z. Fan la funció de tallar. En aquest cas l'eix Z disposa d'unes 17 eines.



Eines de tall de l'eix Z

5. Arduino

5.1. Què és Arduino?

De manera formal es pot dir que Arduino és una plataforma de realització de prototips electrònics, formada tant per *hardware* com per *software*.

Pel que fa al hardware, l'Arduino disposa d'una sèrie de targetes programables, composades, bàsicament, per un microcontrolador (basat en els ATMEGA8, ATMEGA168, ATmega328 d'Atmel o familiars d'aquests), un regulador linial de 5 volts i que ofereix un cert número d'entrades i sortides tant analògiques com digitals (pins d'entrada i de sortida). La velocitat de funcionament depèn de la sèrie de pulsos que emet l'oscilador.

Les entrades i sortides poden variar depenent del model.

De manera més informal i entenedora per qualsevol persona, definirem Arduino com un petit ordinador que es pot programar perquè interactuï amb el món real.

Per poder programar, Arduino utilitza un llenguatge propi, anomenat *Arduino programming Language*, que es basa en el llenguatge de programació *Wired*. El llenguatge de programació és de codi obert, inicialment destinat a l'aprenentatge i, actualment, s'utilitza per a múltiples propòsits, des de simulacions fins a disseny en 3D amb interactuació.

Per a obtenir informació del món exterior, Arduino utilitza les seves entrades de manera que rep impulsos elèctrics, mitjançant diferents elements que capten la realitat per transformar-la en corrent elèctric, com per exemple els acceleròmetres o els termòmetres. Això és el que es coneix com a sensors.

Per a proporcionar informació al món exterior tenim les sortides. Es poden utilitzar diferents mètodes, com els llums, motors, altaveus...

És a dir, les entrades reben informació i les sortides ens mostren la informació resultant.

El hardware que ofereix Arduino, juntament amb el seu entorn de programació, estan pensats per a ser usats per persones sense preparació específica de programació ni electrònica... bé, alguns coneixements, sí...

Existeixen diferents models d'Arduino, des de les més potents com l'Arduino Mega, amb 54 ports digitals d'entrada i sortida i 16 entrades analògiques i d'altres més petites fins arribar a l'Arduino mini, que normalment s'utilitza en peces de roba i complements, atès el seu reduït tamany.

També hi ha diferents mòduls, accessoris que permeten ampliar l'Arduino com, per exemple, mòduls wifi, mòduls bluetooh, joystick, etc. que permeten aportar més funcions a l'Arduino.

5.2. Arduino Uno

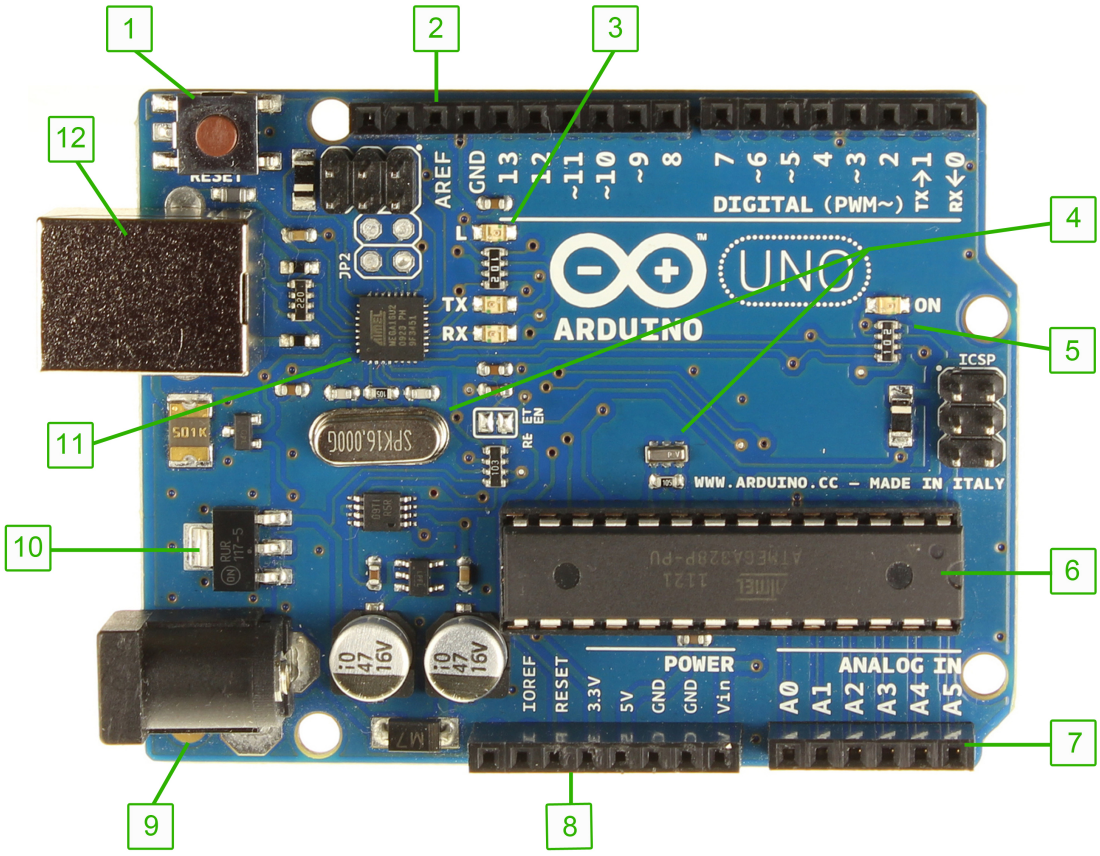
Aquest Arduino és el que he utilitzat en el meu projecte de recerca. És un dels models més utilitzats.

L'Arduino Uno és una placa microcontroladora, basada en ATmega328. Té 14 ports d'entrada i sortida digitals i 6 d'analògics. Té una memòria de 16 Kb i funciona a 16 MHz (velocitat de rellotge).

El voltatge de funcionament és de 5V.

5.2.1. Esquema

A continuació podeu veure l'esquema d'una placa d'Arduino Uno i la informació principal dels elements que conté:



Arduino UNO

1. Polsador de Reset: serveix per iniciar de nou el programa carregat al microcontrolador.

2. Ports d'entrada i sortida digitals: són els sòcols on es connecten els sensors i actuadors que necessiten senyals digitals.

3. Led pin13: és un led integrat a la placa que pot ser utilitzat. Correspon al pin13.

4. Rellotge oscil·lador: és un element oscil·lador que permet mantenir la freqüència del funcionament del microcontrolador. En aquest cas és 5 MHz.

5. Led d'encesa: aquest led s'il·lumina quan la placa està correctament alimentada.

6. Microcontrolador: és el cervell de la placa. És un ATMEGA328 d'ATMEL.

7. Entrades analògiques: sòcol amb diferents pins d'entrades analògiques, que permeten llegir entrades diferents als 1 i 0 digitals.

8. Sòcol de tensió: aquí trobem els pins amb els quals alimentarem el nostre circuit.

9. Port de corrent continu: s'utilitza per alimentar la placa en el cas que no sigui alimentada via USB.

10. Regulador de tensió: serveix per controlar la tensió que s'envia als terminals d'alimentació.

11. Xip d'interfície USB: és l'encarregat de controlar la comunicació del port USB.

12. Port USB: s'utilitza per connectar l'ordinador i transferir els programes al microcontrolador i per alimentar la placa.

2a. Part: Desenvolupament pràctic

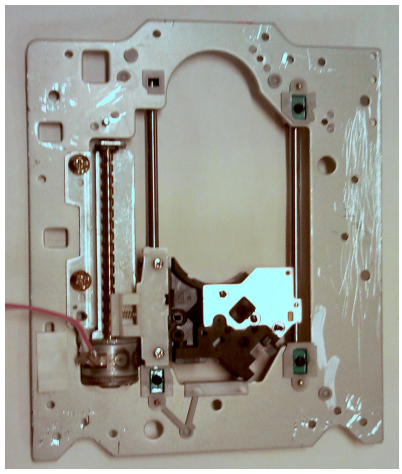
6. Procés de desenvolupament del *plotter*

El meu treball de recerca consisteix en la construcció d'un *plotter* utilitzant material electrònic reciclat.

Ja sabia que el material reciclat em podia donar algun que altre maldecap i només proposar-m'ho ja vaig presenciar el primer problema: com començar.

La meva primera idea era utilitzar un escàner com a eix X (la base de tot), una impressora com a eix Y i, finalment, com a eix Z un DVD-ROM.

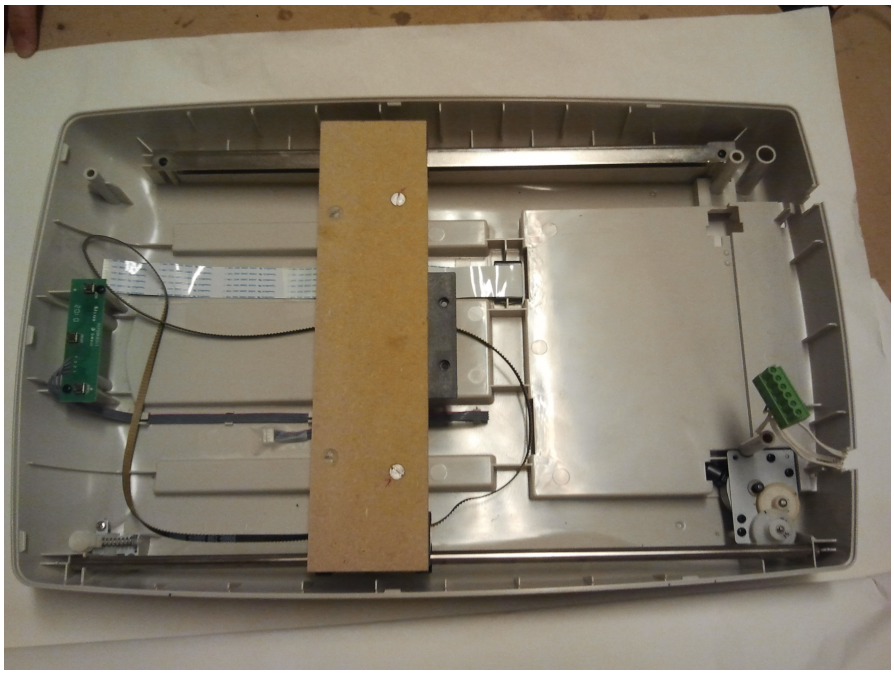
Però de tot això jo només necessitava els mecanismes interns, ja que els motors que jo volia (motors de pas a pas) es troben en aquests dispositius (o això era el que jo em pensava). Vaig començar a desmuntar el DVD-ROM i vaig veure que el seu mecanisme era molt simple.



Mecanisme del DVD-ROM

Després vaig desmuntar la impressora, però resulta que el motor que incorpora no és un motor pas a pas com jo em pensava d'un bon començament. Així que, ràpidament, vaig descartar d'utilitzar una impressora. Vaig desmuntar també l'escàner i aquest sí que era ideal ja que el motor era l'adient al que jo buscava i, a més a més, tenia molta més precisió i força, que qualsevol altre que m'hagués pogut trobar. Així que els eixos X i Z ja sabia més o menys amb quins motors els faria.

Per l'estructura del meu *plotter* vaig decidir aprofitar l'estructura de l'escàner perquè em feia la funció de suport i ja incorporava tots els mecanismes.



Estructura del *plotter* a partir d'un escàner

L'eix Y em va donar moltíssims problemes des d'un bon començament, a l'hora de subjectar-lo correctament a l'eix.

Vaig aconseguir extraure d'altres escàners que vaig descartar diversos motors pas a pas que funcionessin, per aprofitar-los com a eix Y. De la impressora vaig agafar una estructura metàl·lica que podia anar bé. L'únic que havia de fer és trobar un motor que tingués el mateix pas que la corretja (espai entre dent i dent de l'engranatge), perquè la corretja agafarà el carro on van les tintes d'una impressora i allí era on havia pensat enganxar el DVD-ROM (eix Z), atès que era una superfície més o menys plana. Per això, era important que la corretja fos del mateix pas que el motor.

De motors en vaig aconseguir molts però només 3 em servien perquè eren motors pas a pas.

Vaig posar-ne un a l'estructura que des d'un bon començament sospitava que no funcionaria bé.

Però és clar, aquest eix l'havia de posar damunt de l'eix X i que tingués prou força com per moure aquella peça que pesava bastant, i també havia de procurar que el carro de l'escàner (allí on va la llumeta de l'escàner quan està en funcionament) fos recte i enganxar l'eix X i Y per tal que quedés en 90º. Tot això no va donar cap problema perquè encara no ho havia provat de posar en funcionament. Pel que fa l'eix Z vaig decidir posar-lo al final de tot.

Ja feta l'estructura inicial, vaig construir un circuit en una *protoboard* (taula per simular circuit elèctrics) per comprovar que funcionessin correctament els motors. Una vegada fet aquest circuit vaig començar a provar els motors.

El primer posat a prova va ser el motor X, alimentat a 9V. El resultat va ser correcte, sense inconvenients. Aquest motor constava d'un reductor d'1/40 (40 voltes del motor equivalen a una volta de l'últim engranatge) que el feia guanyar moltíssima força i moltíssima precisió. Podia moure tot el carro que contenia l'eix Y. Vaig provar amb 5V i amb més velocitat i també va funcionar tot correctament, però els problemes mes importants van començar ara.

El motor de l'eix Y era un motor sense reductor i em va donar problemes perquè tenia poca força i poca precisió. Quan el vaig provar en el circuit va començar a fer tonteries perquè anava de dreta a esquerra tota l'estona, quan l'objectiu era que anés només en un sentit. Això era degut a què les bobines del motor estaven mal col·locades al circuit. Una vegada ben col·locades, que em va costar, el motor es movia bé però no tenia força, i això ho vaig comprovar al posar-lo a l'estructura metàl·lica i enganxar-lo a la corretja. Vaig observar que no es movia, per falta de força. Vaig descartar aquest motor i vaig optar per treballar amb un altre motor que tenia. I aquest sí que em va anar bé. I, fins i tot, podia moure el carro on anava la tinta abans. Vaig deixar de banda aquest eix Y perquè ja el tenia solucionat i em vaig dedicar al que em faltava, l'eix Z.

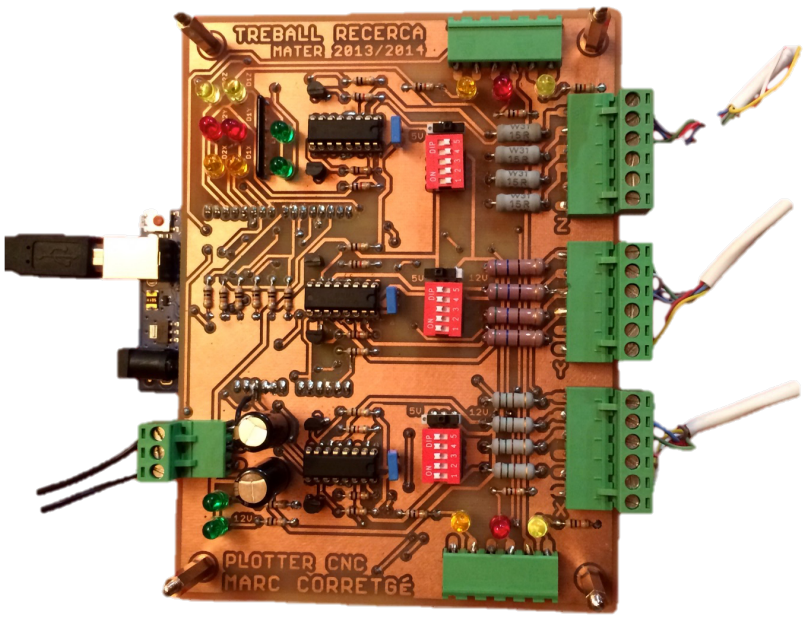
Només connectar els cables se'n va trencar un, i els vaig haver de tornar a soldar i, per seguretat (perquè no es tornessin a trencar) vaig posar-hi una gota de cola.

Vaig connectar el motor i, a la primera, em va funcionar bé ja que aquest motor era bipolar i només constava de 4 cables. Tenia menys possibilitats d'equivocar-me que en els altres eixos que utilitzaven motors unipolars i constaven de 5 o 6 cables, 2 dels quals eren comuns i, per tant, més difícil de trobar la combinació correcta, tot i que un tester t'ajuda en aquestes ocasions.

Ara ja sabia que els motors funcionaven bé i era hora de començar a fer la placa base. Això comportaria molta feina. S'havia de comprar tot el material, soldar-lo i, finalment, comprovar que funcionés.

Vaig comprar una placa positiva, que servia per fer el circuit mitjançant un procés químic i, quan ja estava, vaig perforar la placa per poder introduir-hi els components. Vaig soldar tots els components al lloc on tocava i, una vegada acabada (que no va ser fàcil), vaig haver de comprovar que totes les soldadures estiguessin ben fetes. En vaig detectar alguna que vaig haver de repetir.

A l'apartat d'annexes podreu trobar l'esquema del circuit electrònic d'aquesta placa.



Placa electrònica

Una vegada tota la placa estava correcta vaig provar de controlar els motors a través de la placa. El motor X va funcionar a la primera, l'únic complicat era trobar la combinació de cables, perquè has de saber quines són les bobines i quins els comuns. Una vegada trobat el motor X vaig provar el motor Y. Tots els cables estaven ben connectats però no es movia i no sabia el perquè. Per casualitat me'n vaig adonar que la corretja no tenia el mateix pas que el motor i, per tant, no podia girar. El que no acabo d'entendre és perquè no me'n vaig adonar abans d'aquest greu error. Així que vaig decidir agafar l'últim motor que em quedava.

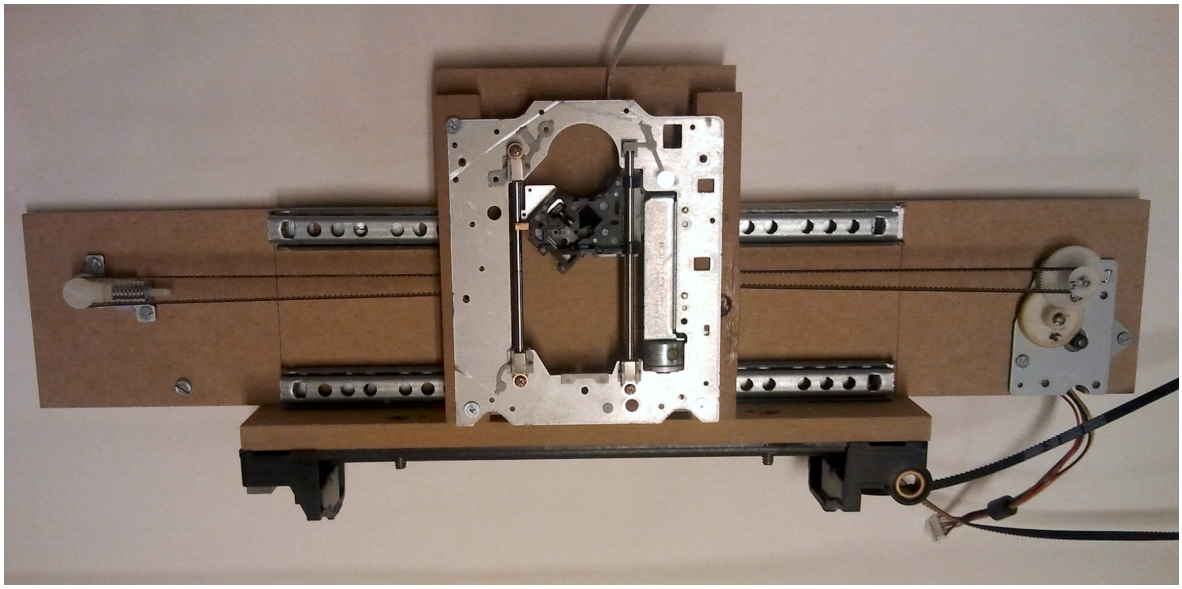
Aquest era el que més bona pinta feia però no l'havia agafat abans perquè era més complicat de treballar i d'instal·lar correctament a l'estructura que tenia feta. Aquest motor tenia més força i era més gran, era de 24V i, pel que feia al pas, aquesta vegada era el correcte. El vaig estar provant amb 5V com tots els altres, però el motor no es movia, només ho feia quan jo l'ajudava a moure's. Vaig pensar que 5V era poc comparat amb els 24V que podia suportar. Però tampoc es movia correctament (ho feia com i quan volia). Les combinacions dels cables estaven bé perquè les havia comprovat totes amb el tester i això significava que aquest últim motor que tenia tampoc em serviria perquè no funcionava. I m'havia d'afanyar a trobar-ne un de vàlid. Sabia que tenia 2 motors, un que funcionava, però que el pas era diferent , i un altre motor que li passava el contrari (que el pas era igual però no funcionava), així que vaig intentar substituir els eixos del motor. Era arriscat i, efectivament, no va funcionar i el motor que funcionava es va quedar sense eix. Per tant, ara sí que m'havia quedat sense cap motor.

Tot això va passar a finals de novembre de 2013, quan quedava poc més d'un mes per entregar el treball, així que sabia que m'havia d'espavilar, i encara havia de trobar un motor adient per l'eix Y i acabar de muntar l'eix Z. També em faltava provar que funcionés tot perquè era probable que algun motor o alguna connexió fallés.

Vaig aconseguir un escàner idèntic al que havia fet servir inicialment per l'eix X i que m'havia anat tan bé. Així que vaig decidir aprofitar aquell motor (del qual ja coneixia

els passos, la configuració, etc.) i d'aquesta manera podia avançar i m'evitaria tornar a comprovar la configuració del motor.

També vaig decidir canviar l'estructura metàl·lica (que pesava massa) per una estructura de fusta. Així que vaig refer l'eix Y amb un motor igual al de l'eix X
i el carro de tinta que havia utilitzat abans l'havia substituït per una peça de fusta, que anava sobre guies, cosa que permetia que anés en línia recta. Al principi en vaig posar 2, una a cada extrem del tros de fusta.

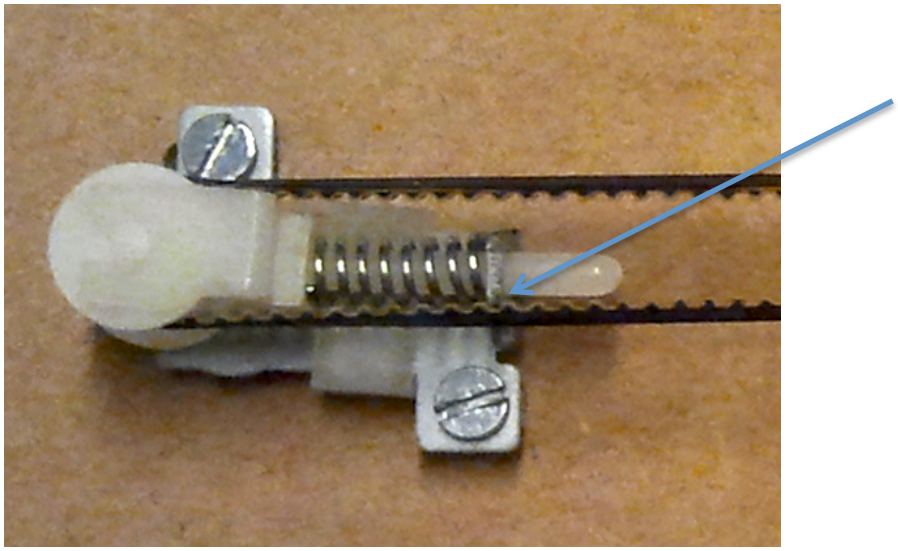


Eix Y i eix Z, sobre la peça de fusta

Quan ja vaig tindre tot l'eix Y instal·lat sobre l'eix X vaig provar-lo i no funcionava. No va funcionar i no sabia el motiu. Vaig imaginar-me que no tenia força, tot i que en aquest motor hi havia reductor com al de l'escàner, així que havia de descartar aquest problema. Vaig fer que la corretja quedés més tensada, però tampoc.

Finalment, em vaig adornar que la guia inferior estava uns mil·límetres torta i això feia que no es mogués. Vaig decidir quedar-me només amb una guia, ho vaig provar i, aquesta vegada sí que es movia.

Ara ja anava bé, tenia força i precisió, l'únic problema que observava era que la corretja anava torta, cosa que la feia patir i hi havia risc de trencar-se (quan arribava al punt màxim rascava i, a la llarga, es podia fer malbé). Em feia patir el pensar que es podia trencar perquè trobar corretges com aquesta és molt difícil.



Aquí es pot veure el punt on patia la corretja, amb el conseqüent perill de trencar-se

Vaig instal·lar ràpidament l'eix Z, que no em va costar gaire.

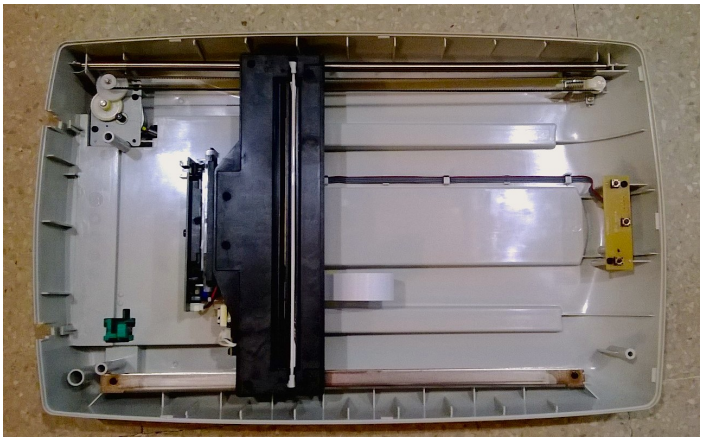
Vaig decidir deixar-ho tal i com estava provisionalment. Vaig fer totes les connexions a la placa i, quan estava a punt de començar a fer-ho funcionar, vaig veure que un cable del motor Z estava solt (resulta que s'havia dessoldat de l'interior del motor i aquí em vaig espantar perquè quedava poc temps per acabar el treball i, si no ho podia arreglar, no sabria què fer per aconseguir un altre motor com aquell). Vaig obrir el motor i el vaig soldar però se'm van soltar tots ja que la soldadura era mínima i qualsevol copet els podia soltar.

Al final, vaig esbrinar que encara que els motors semblaven iguals no ho eren ben bé, ja que aquest tenia les connexions superficials (que es podien veure) i, en canvi, l'altre, les tenia ben tapades i protegides amb un plàstic. Vaig aconseguir soldar-les però qualsevol cop faria que es trenquessin un altre cop.

Van arribar les vacances de Nadal i sabia que em quedava molta feina i poc temps perquè en un any encara no havia aconseguit que els tres motors funcionessin a la vegada. Així que vaig agafar el primer dia de vacances el *plotter* i vaig començar a fer-lo moure. Quan ja va funcionar tot i ho anava a executar vaig veure el que menys ganes tenia de veure: un cable que, novament, s'havia soltat i ara m'havia quedat una altra vegada sense motor Y ni eix Y. No sabia què fer.

Se'm va ocórrer la idea de comprar un altre escàner com aquell, ja seria el tercer. Vaig buscar per Internet i, la vigília de Nadal, vaig trobar un escàner de segona mà d'una senyora de Lleida, del mateix model que el primer que havia utilitzat (un HP SCANJET3400C), que el venia per poc menys de 10 € i aquell mateix dia el vaig anar a buscar. No podia desaprofitar aquesta ocasió perquè, en aquestes dates, esperar que arribés de fora, m'hagués fet perdre massa temps.

L'endemà, vaig tenir una idea brillant que ha estat la solució ideal i, alhora, la més simple: com que havia aconseguit dos estructures i mecanismes idèntics, podia fer que els eixos X i Y fossin iguals en tot i la única diferència seria l'amplada de l'eix Y, que seria una mica més estreta que l'eix X. Això ho vaig fer partint l'escàner en 2 parts amb una serra mecànica. Una vegada partit per la meitat, li vaig traure una mica d'altura i, després, ho vaig empegar amb cola, de manera que fos la mateixa estructura però més estreta. A continuació dues fotos on podeu veure l'abans i el després



Escàner de l'eix X

Escàner de l'eix Y, tallat per al meitat

Després, pel que fa al motor, aquesta vegada no vaig haver de desmuntar-lo i no em vaig arriscar a què es trenqués.

L'eix Y el vaig empegar al carro de l'eix X.

Vaig retallar a mida una placa de fusta per empegar-la a la base, atès que per dibuixar necessitava una superfície llisa. Per fer-ho, vaig utilitzar un *plotter* CNC de tall que té el meu pare a nivell industrial però que la teoria del seu funcionament és exacta al *plotter* que jo he construït.

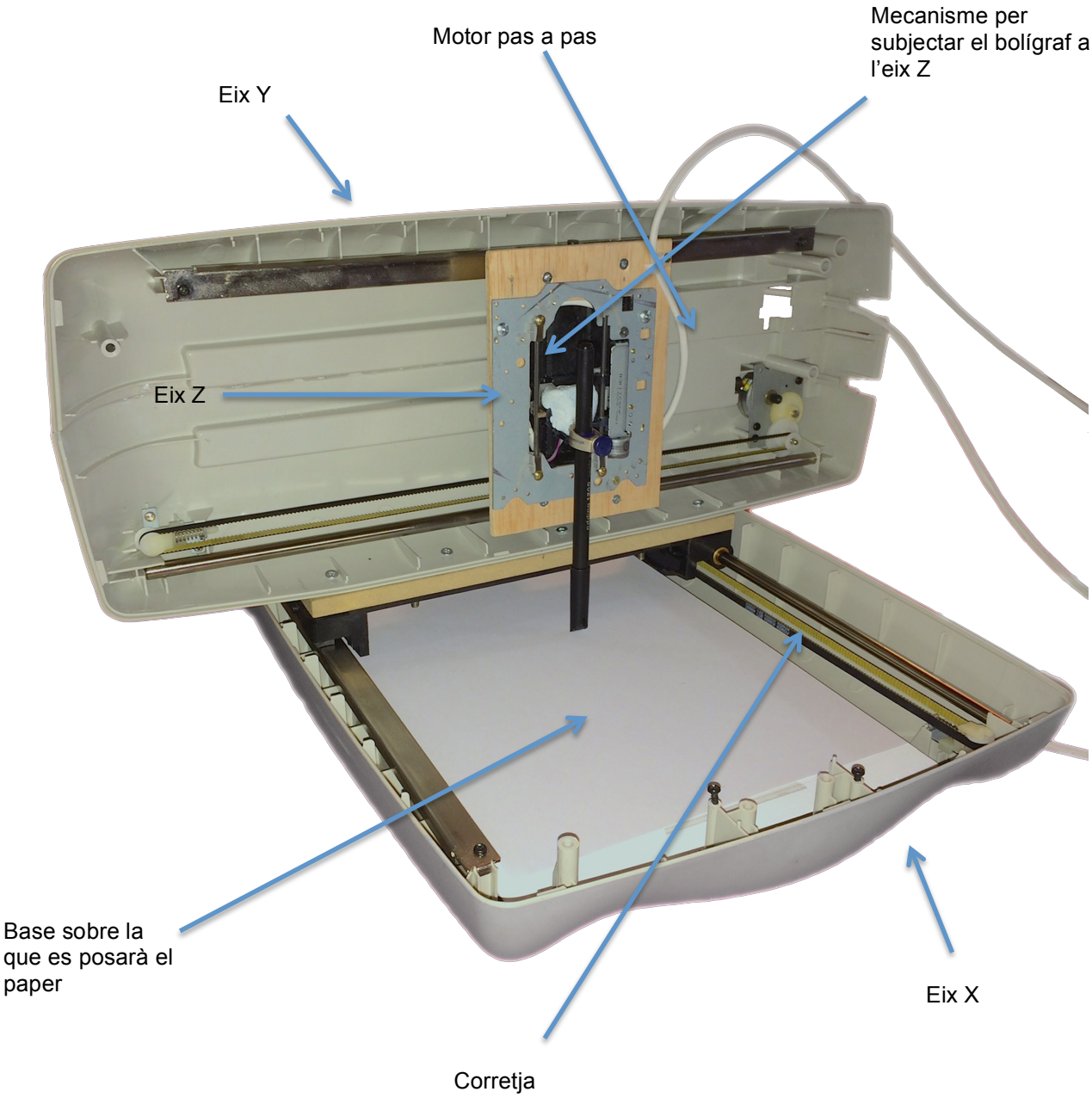
Ara ja podia dir que tenia, per fi, el *plotter* acabat. Vaig enganxar un suport per al bolígraf a l'eix Z amb una barrita arreglalotodo.

Vaig fer unes quantes ratlles en un paper. Era el primer dibuix que feien i van sortir perfectes. Més endavant, ja vaig anar fent traçats més complexos com, per exemple, un cercle, una paloma de la pau, el meu nom en lletres grans, etc.

I, finalment, he aconseguit que tot funcioni, després de tots els problemes que he tingut, sobretot amb l'eix Y.

Fer la part pràctica d'aquest treball de recerca no m'hagués imaginat mai que m'hagués comportat tants maldecaps, però, al final, l'esforç m'ha donat el seu fruit i estic content pel resultat final.

A continuació, a la següent pàgina podeu veure les principals parts del *plotter*.


Motor pas a pas
Mecanisme per subjectar el bolígraf a l'eix Z
Eix Y
Eix Z
Base sobre la que es posarà el paper
Eix X
Corretja

7. Motors

Una vegada ja tenim els motors que hem aprofitat de les màquines en desús hem de saber les seves característiques bàsiques. Per això, podem ajudar-nos d'Internet ja que allí podrem posar la referència de cada motor i segurament ens apareixerà bastant informació útil, com el pas, voltatge, corrent...
També necessitarem un tester per trobar les bobines.

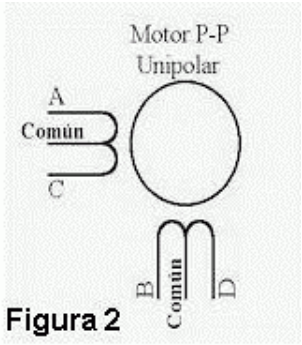
7.1. Motor X , Motor Y

Els eixos X i Y estan fets a partir de dos escàners iguals, marca HP, model Scanjet 3400C. Per tant, el motor i les característiques seran les mateixes.
Aquest motor és el EPOCH T1354827 (podeu trobar la imatge a la següent pàgina).
És un motor unipolar, ja que consta de 6 cables.

7.1.1. Bobines

Per detectar quins cables són comuns i quins són una bobina s'ha d'utilitzar un tester i tenir les idees molt clares de com està format un motor pas a pas.

En aquesta imatge podem trobar l'esquema intern d'un motor pas a pas, on AC és una bobina i DB és una altra bobina. També veiem 2 comuns.



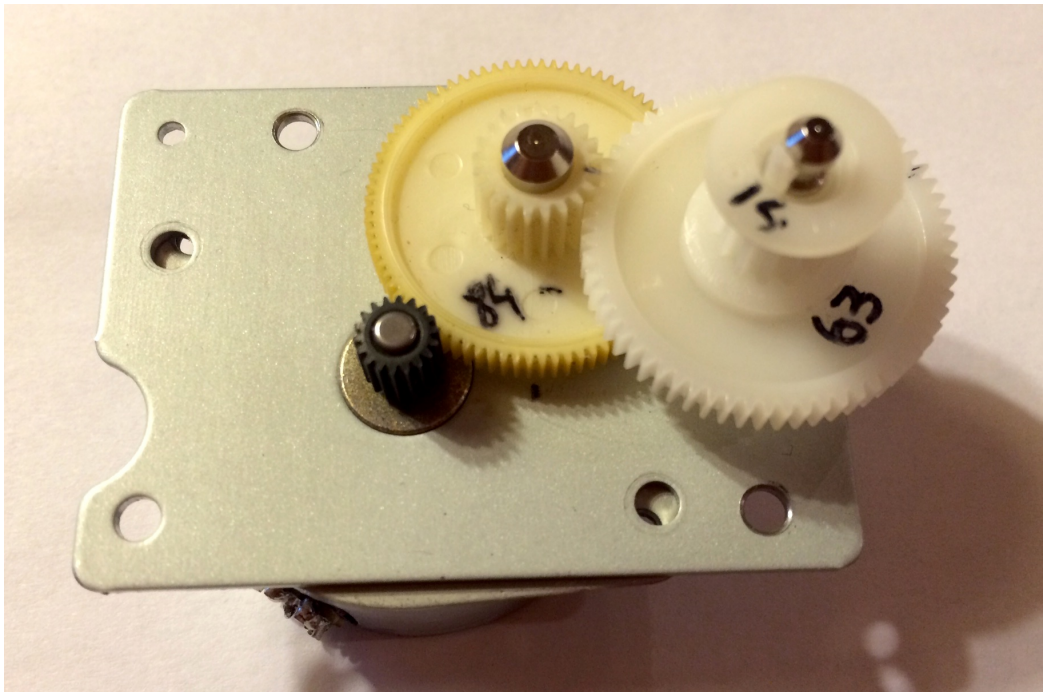
Esquema d'un motor unipolar

Si amb el tester posem la posició de resistència 200Ω, quan toquem una bobina (AC o DB) veurem que ens apareixerà la xifra 80, perquè es una bobina.

Per saber què és una bobina hem de trobar els 2 comuns. Per fer això, anirem testejant fins que trobem que un cable doni 40. Quan haguem trobat els 2 (de 40) ja tindrem localitzats els comuns (i aquests 2 s'hauran de connectar junts). Per trobar les bobines anem provant fins que vegem que es mou correctament. Llavors, ja ho tindrem tot preparat.

7.1.2. Característiques

Una part molt important és trobar les característiques principals dels motors: passos, diàmetre...
En aquest motor, per trobar la informació necessària, s'han fet les operacions següents:



Motor unipolar. El motor que jo he utilitzat
EPOCH T1354827

Núm. de dents dels engranatges reductors de l'eix X

Z_1 (motor) = 18

Z_2 = 84

Z_3 = 21

Z_4 (final) = 63

La relació de transmissió és: $i = \frac{impulsors}{impulsats} = \frac{18 \times 21}{84 \times 63} = \frac{1}{14} = 0{,}071$

La relació de transmissió és 1/14, cosa que significa que 14 voltes del primer engranatge equivalen a 1 volta de l'engranatge final.

Motor de 48 passos, és de 7,5°, s'ha d'alimentar a 5V o, si veiem que li costa, avançar 9V.

La intensitat màxima és de 0,125A. Si l'alimentem a 5V i la resistència interna es de 40Ω, la intensitat és de 0,125A, cosa que significa que no necessita resistència amb els 5V o, fins i tot, amb 9V.

7.2. Motor Z

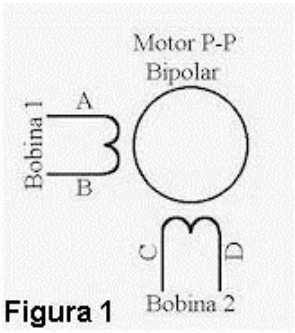
Aquest eix està fet a partir del mecanisme d'extracció d'un CD/DVD, que permet l'extracció del DVD i en aquest projecte s'encarregarà del moviment del bolígraf, llapis... Aquest motor és bipolar.

7.2.1. Bobines

Aquest motor és un motor pas a pas bipolar, ja que està format per 4 cables, cosa que indica que no hi ha comuns, a diferència dels que he explicat abans.

Per tant, en aquest serà mes fàcil de trobar la combinació correcta. De bobines, igual que als altres, n'hi han 2.

Per trobar-les farem el mateix que he explicat abans, amb el tester. Una vegada trobades nomes caldrà connectar-les com abans, però sense comuns.



Esquema d'un motor bipolar

7.2.2. Característiques

És un motor molt simple, no porta reductors ni corretja. El moviment es transmet directament del motor al cargol sense fi.

Aquest motor suporta una corrent de 0,2A.

Ha d'anar alimentat amb 5V perquè sinó es podria cremar el motor, i això no convé. La resistència interna del motor és de 11,2Ω. Això fa que tinguem una corrent de 0,4A.

Necessitem posar-hi una resistència externa per protegir-lo. La resistència general, sense la interna del motor, és de 25Ω. Per tant, per saber la que necessitem restarem aquesta xifra de la interna (que era 11,2Ω). La resistència externa queda de 13,8Ω i de potència 0,5W (és la mes adient).

El motor pas a pas de l'eix Z és de 18º i de 20 passos.

Material electrònic necessari per poder construir una placa de CNC

Placa positiva	Minim de 144x260 mm. Doble cara, CI (circuit imprès)	1 u.
Placa Arduino Rev.3	Placa controladora Arduino Rev.3, que transformarà els G-code en impulsos per als motors.	1 u.
L293DNE	*Driver* de potència per transformar senyals analògiques en digitals	3 u.
Dissipador de calor	Dissipador de calor per L293DNE perquè no es sobreescalfi (l'utilitzarem si veiem que el *driver* crema)	3 u.
Connector mascle 3/6 (potes)	Connector mascle per poder connectar els motors a la placa fàcilment	1 u. / 5 u.
Connector femella 3/6 (potes)	Connector femmela per connectar els motors a la placa	1 u. / 5 u.
Interruptors DIP 4 punts	Interruptors DIP de 4 punts, que permeten canviar la potència del motor (amb o sense resistència)	3 u.
Interruptor 5/12v	Interruptor de 3 fases per pogue canviar la potencia de 5v a 12v	3 u.
Sòcol 16 potes	Sòcol per posar el L293DNE i el DIP per evitar la soldadura	6 u.
Sòcol linial per Arduino, de 8 potes	Sòcol linial per posar l'Arduino i ajuntar-lo a la placa	10 u.
USB tipus B	USB per connectar el PC amb l'Arduino	1 u.
Led vermell	Per visualitzar quan funciona cada motor i el seu pas	5 u.
Led verd	Per visualitzar quan funciona cada motor i el seu pas	5 u.
Led groc	Per visualitzar quan funciona cada motor i el seu pas	5 u.
Led taronja	Per visualitzar quan funciona cada motor i el seu pas	5 u.
Resistència 1KΩ,0,25W/10KΩ,0,25W/15Ω,3W/56Ω,2W/ 2,5Ω,1W	Resistències per protegir leds i altres/pel circuit/pel motor Z/pel motor Y/per fer bonic al circuit	min. 20/min. 20/4 u./4 u./ 4 u
Pack de resistència de 1KΩ	Per protegir els leds que indiquen cada pas dels motors corresponents	1 u.
Condensador 100nF	Serviran per protegir el *driver* de potència	3 u.
Condensador 680uF	Serviran per protegir la font d'alimentació	2 u.
Transistor BC547BTA	Fan la funció de pont en H. Invertiran el senyal	6 u.
Interruptors final de cursa	Interruptors de palanca per detectar el final de cursa del carro	4 u.
Separadors 20mm	Per separar la placa del terra i evitar el contacte amb planxes metàliques i espatllar la placa	8u.

Material per construir l'estructura del *plotter*

Escaner, amb motor pas a pas i preferiblement amb motor reductor	En el meu cas, aquest motor fara la funcio d'eix X i Y. El model que jo he utilitzat és HP Scanjet 3400 C	2 unitats
Peça de fusta	Mitjançant un tauler molt prim, construïrem la base sobre la que anirà el paper, per evitar una superfície irregular	1 unitat
DVD/CD-Rom	Farà d'eix Z. Necessitem el mecanisme sobre el qual es troba el lector del DVD, que permetrà pujar i baixar l'eina de dibuix	1 unitat
Barrita arreglatodo	Per subjectar el bolígraf o retolador a l'eix Z	1 unitat
Cargols	Serviran per subjectar firmement algunes parts com, per exemple, l'eix X a l'Y.	20 unitats
Cable termorretràctil	Per poder fer les unions dels cables perquè siguin resistents	1 unitat
Manguera amb 5 cables interiors	Per evitar que cada motor tingui els seus fils solts i per protegir-los	3 metres
Silicona o cola	Serviran per empegar parts importants, com la base de fusta o per reforçar alguna part	1 unitat

Material extra per dur a terme tots els pasos

Font d'alimentació	De 9V D/C mínim 10mA
Soldador	Per a soldar els components de la placa
Estany	Material necessari per fer les soldadures
Un laboratori o lloc amb eines	Xerrac, trepant, cargols, paper de vidre, tornavis, etc.
Moltes hores	Unes 250 per dur a terme tot el treball
Una màquina per imprimir CI a partir de negatius	És necessària per construir correctament la placa
Un ordinador amb connexió a Internet	Ens permetà buscar informació, programar la placa base i controlar el *plotter*

	Nom del producte	Descripció del producte	Lloc de compra	Referència	Quantitat	Preu unitat	Preu total
1	L293DNE	Ic, driver, peripheral, dual, 36V	farnell.com	1470423	3	2,98 €	8,94 €
2	Disipador de calor	ICK 14/16 L heat sink, dip, glue-on, 46ºC/W	farnell.com	4620902	3	0,52 €	1,56 €
3	Connector mascle	21,950M/6 - plug, free, 6way	farnell.com	9633073	5	2,22 €	11,10 €
4	Connector femella	21,95MH/6 - header, side entry, 6way	farnell.com	9633235	4	0,46 €	1,84 €
5	Interruptor DIP	MCDS05-switch, dil, 5 way	farnell.com	1255225	6	0,85 €	5,10 €
6	Interruptor 5/12V	Switch, 0,5A, 12V, pcb, black	farnell.com	674345	6	1,85 €	11,10 €
7	Pack resistència 1K	Resistor, network, 1K, 2%, 1/8W	farnell.com	1973138	10	0,15 €	1,54 €
8	Sòcol	Socket ic, soldrless, 16 way	farnell.com	1023048	1	0,92 €	0,92 €
9	Resistència 3W	Resistor 3W, 5%, 15R	farnell.com	1565227	5	0,17 €	0,87 €
10	Resistència 1K	Resistor 1K, 0,25W, 5%	farnell.com	9339051	50	0,02 €	0,90 €
11	Resistència 10K	Resistor 10K, 0,25W, 5%	farnell.com	9339060	50	0,02 €	0,90 €
12	Condensador 680uF	Capacitor, radial, 25V, 680uF	farnell.com	1848389	2	0,31 €	0,62 €
13	Transistor	BC547BTA, NPN, 45V, 0,1A	farnell.com	2101372	6	0,06 €	0,38 €
14	Sòcol arduino	Header, 1row, 8way	farnell.com	1022257	10	0,14 €	1,35 €
15	Usb B arduino	Lead usb certificated 2,0 a to 3M	farnell.com	1860313	1	1,27 €	1,27 €
16	Led vermell	Led, 5mm, he-red	farnell.com	1045479	10	0,09 €	0,86 €
17	Led verd	Led, 5mm, he-green	farnell.com	1045482	10	0,11 €	1,07 €
18	Led groc	Led, 5mm, 16º, yellow	farnell.com	1581147	10	0,20 €	2,00 €
19	Led taronga	Led, 5mm, 16º, orange	farnell.com	1581149	10	0,14 €	1,39 €
20	Interruptor fi cursa	Microswitch, spdt, 1A, long lever	farnell.com	1735367	4	0,34 €	1,36 €
21	Sòcol	Amp-816-ag11d-esl-lf-socket ic,dil,16 way	farnell.com	1077315	3	0,75 €	2,25 €

Preu total sense IVA ni el transport	57,32 €
Preu més el transport + 9,00€	66,32 €
Preu amb IVA	**80,24 €**

1	Placa Arduino	Placa controladora arduino uno REV3	ro-botica.com	2600	1	20,62 €	20,62 €

Preu total sense IVA ni el transport	20,62 €
Preu més transport + 9,00€	25,58 €
Preu amb IVA	**30,95 €**

Dte. 20%

1	Placa positiva	Placa positiva F.V.2C 144x260 mm	Telesa	700530	1	13,14 €	13,14 €	-
2	Resistència 56Ω 2W	Resistència carbo 2W 56Ω	Telesa	R2056	5	0,10 €	0,50 €	0,40 €
3	Sòcol 8 pins	Sòcol CI 8 way	Telesa	SOP8P	3	0,29 €	0,87 €	0,70 €
4	Connector mascle 6 pins	Regleta mascle pas 5mm i 6 way	Telesa	RHA06	2	1,35 €	2,70 €	2,16 €
5	Connector mascle 3 pins	Regleta mascle pas 5mm i 3 way	Telesa	RHA04	1	1,65 €	1,65 €	1,32 €
6	Connector femella 6 pins	Regleta femella pas 5mm i 6 way	Telesa	RDA06	2	2,73 €	5,45 €	4,36 €
7	Connector femella 3 pins	Regleta femella pas 5mm i 3 way	Telesa	RDA03	1	1,40 €	1,40 €	1,12 €
8	Resistència 2,5KΩ 1W	Resistència seguridad 2,5KΩ 1W	Telesa	RS1150	5	0,10 €	0,48 €	0,38 €
9	Separador 25mm	Separador 25mm metalic 3M	Telesa	900021	10	0,25 €	2,50 €	2,00 €
10	Cable termorretractil	Depèn del diametre del cable	Telesa	PGE12	1	1,65 €	1,65 €	1,32 €
11	Transformador	9V 1A	Telesa	TA110	1	11,90 €	11,90 €	9,52 €

sense dto.	42,24 €
amb dto.	36,42 €
Preu amb IVA	**44,07 €**

1	Barreta arreglatodo	Barrita Pattex arreglatodo 48g	Cifec		1	5,95 €	5,95 €

Preu sense IVA	5,95 €
Preu amb IVA	**7,20 €**

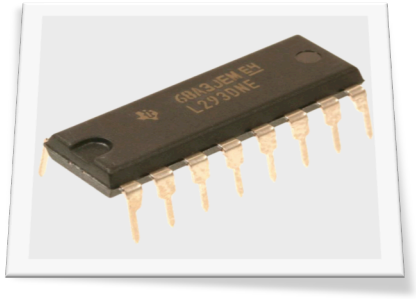
1	Escàner d'emergència	Escàner HP Scanjet 3400C, de 2a. mà	segundamano.es		1	8 €	8 €

Preu	**8 €**

Preu TOTAL	**170,46 €**

10. Components electrònics per construir la placa electrònica

L293DNE



L293 i L293D són *drivers* de potència per a motors pas a pas.

El L293 està dissenyat per proporcionar corrents bidireccionals, fins als 1A i de 4.5V als 36V. Per altra banda, el L293D deixa passar corrent fins als 600mA i el voltatge des de 4.5V fins 36V com el L293. El L293D té una característica que el diferencia de l'altre i és que conté díodes a l'interior, cosa que l'altre no i s'han de posar a part.

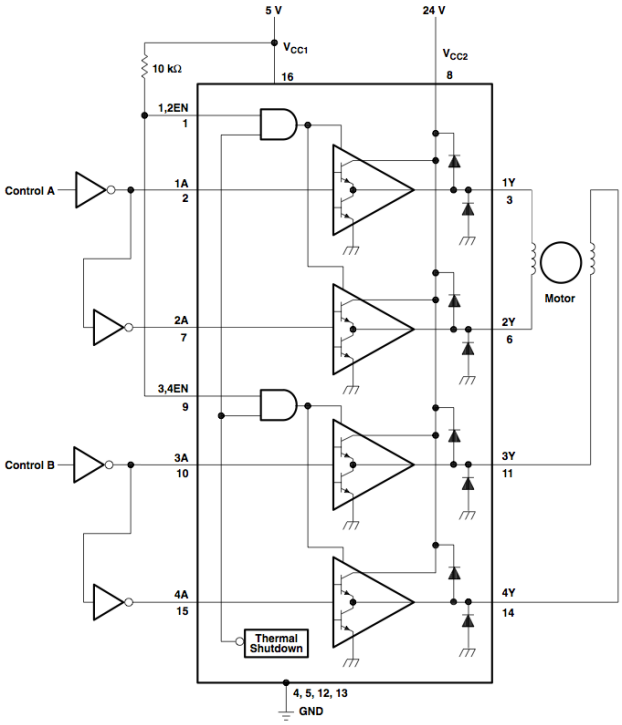
	Ampers	Voltatge	Diodes
L293	1A	4.5V – 36V	No
L293D	600mA	4.5V – 36V	Si

Aquest *driver* és adient per controlar motors pas a pas que són els que utilitzo jo en aquest treball per moure el *plotter*. Els motor pas a pas funcionen amb 1 i 0. Per a moure el motor ha de fer, com a mínim, 4 passos, que equival a una combinació de quatre 1 i 0 (exemple: 1001).

Per tant, la feina que ha de fer aquest *driver* és transformar el senyal de 2 dígits que li arriba a 4 dígits.

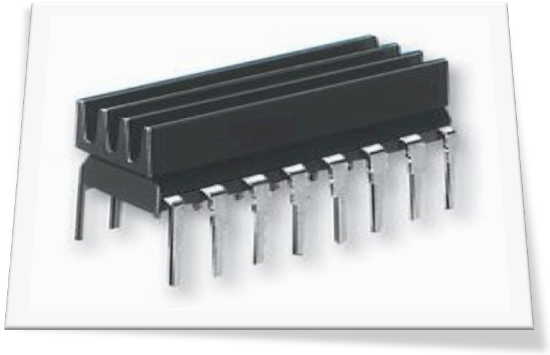
Es una de les parts més importants del circuit.

A la pàgina següent podeu trobar l'esquema intern d'un L293D



Esquema intern d'un L293D

Dissipador de calor

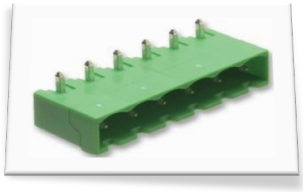


Un dissipador és un instrument que s'utilitza per baixar la temperatura d'alguns components electrònics que es poden escalfar durant el seu funcionament.

Un dissipador extrau la calor produïda pels components electrònics i l'evacua a l'exterior, en aquest cas, a l'aire. Per dissipar la calor necessita tenir una bona conducció de la calor. Es solen fabricar amb alumini per la seva lleugeresa, però també s'utilitza el coure (que és millor conductor de la calor). Per la seva funció, el més important és que sigui conductor de calor i també, i molt important, la seva lleugeresa. Per això, cada vegada es requereixen dissipadors més lleugers i, alhora, molt bon conductors.

De dissipadors n'hi ha d'alumini, com aquest, i altres que porten un ventilador, com els que solen incloure als ordinadors, però jo necessito un dissipador per un *driver* i, per tant, en tinc prou amb aquest.
Encara que jo no l'he utilitzat ja que el driver de potencia

Connector mascle i femella

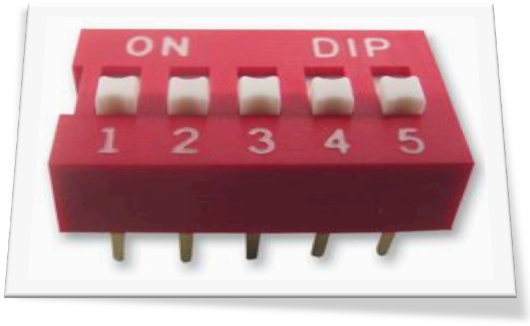


Els connectors serveixen per unir grups de cables de manera forta i segura de manera, evitant, així, haver de soldar cables.

A més, t'ofereixen l'avantatge que pots desconnectar-los i tornar-los a connectar les vegades que vulguis.

El connector femella (imatge de l'esquerra) està soldat a la placa i és el que està fixa. El connector mascle (imatge de la dreta) és el que va als cables que vols subjectar i és la part que queda solta.

Interruptor DIP



Un DIP és un conjunt d'interruptors elèctrics que presenten un format encapsulat denominat *Dual In-line Package.* En una unitat pots trobar diferentes varietats d'interruptors: 5 iguals al de la imatge, 10 interruptors petits…

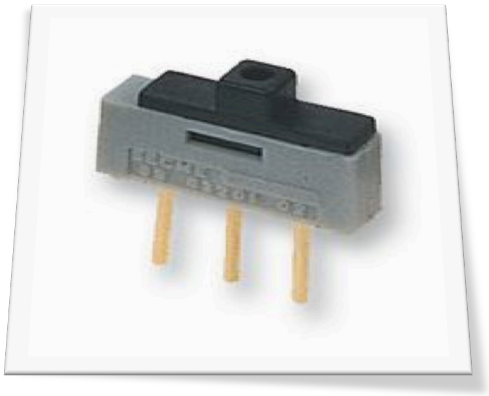
Aquest tipus d'interruptor està dissenyat per ser utilitzat en una placa de CI (Circuit imprès) juntament amb altres components electrònics i s'utilitza normalment per modificar o personalitzar el comportament d'un dispositiu electrònic.

Els interruptors DIP són una alternativa als *Jumper*. El seu principal avantatge és la rapidesa i facilitat en la configuración i canvis i que no existeix el perill de perdre cap peça.

Es pot considerar com un conjunt d'interruptors minúsculs per ser insertats al CI.

Interruptor simple

Un interruptor pot ser de diverses maneres.



- Magneto tèrmic
- Diferencial
- *Switch*
- Centrífug
- De transferència
- DIP
- *Hall-effect switch*
- D'acceleració
- De membrana
- De nivell
- De líquid
- Mercuri

Però jo he utilitzat: l'interruptor *switch*, en aquest cas de tres posicions.

El del mig és el comú, 0V. Aquest servirà per poder variar entre els 5V i els 9V, depenent del motor que hi hagui.

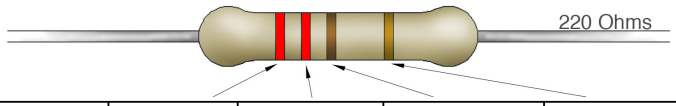
Resistències

S'anomena resistència a tot component electrònic dissenyat per a provocar una reducció d'intensitat elèctrica o per fer que el corrent es transformi en calor.

Hi ha diferents tipus de resistències: les electròniques, com les de la foto de dalt, i les altres, com les utilitzades a les planxes, calentadors, bombetes, etc., que s'empren fer a produir calor gràcies a l'efecte *Joule*.

El corrent màxim d'una resistència ve condicionada per la màxima potència que pot dissipar el seu cos. Aquesta potència es pot identificar visualment a partir del diàmetre sense que sigui necessària una altra indicació. Els valors més corrents són 0,25 W, 0,5 W i 1 W.

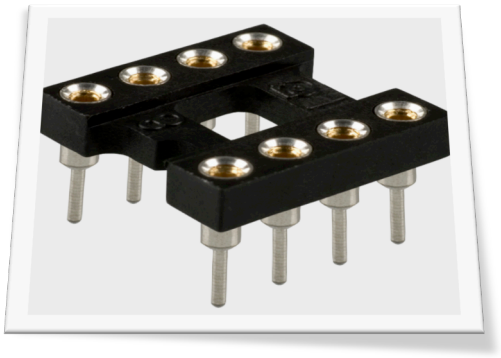
Per identificar les resistències de potència s'utilitza el diàmetre però per saber la resistència interna s'utilitzen els colors de cada resistència. Existeix una taula amb la numeració: que podeu veure a la pàgina següent.



	1er Digito	2º Digito	Multiplicador	Tolerancia
NEGRO	0	0	x 10^0	
MARRON	1	1	x 10^1	± 1%
ROJO	2	2	x 10^2	± 2%
NARANJA	3	3	x 10^3	
AMARILLO	4	4	x 10^4	
VERDE	5	5	x 10^5	± 0,5%
AZUL	6	6	x 10^6	± 0,25%
VIOLETA	7	7	x 10^7	± 0,1%
GRIS	8	8	x 10^8	± 0,05%
BLANCO	9	9	x 10^9	
DORADO			x 0,1	± 5%
PLATEADO			x 0,01	± 10%

.

Sòcol



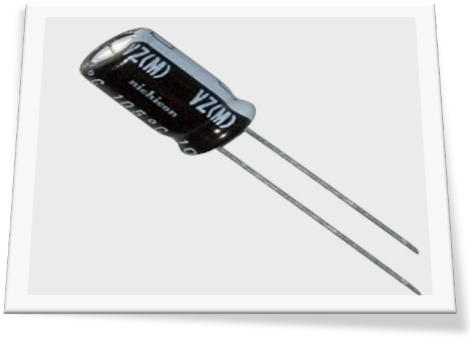
Un sòcol serveix per poder introduir-hi altres components electrònics de tal manera que siguin de fàcil introducció i extracció si és necessari substituir-los.

El sòcol va soldat a la placa de forma que el component de sobre no s'hagi de soldar.

En el meu cas n'he utilitzat de 8 pins (potes totals) perquè el L293DNE en té 8, però se'n poden trobar de molt diferents.

També n'he utilitzat pels interruptors DIP ja que al construir la placa em vaig equivocar i vaig posar 8 forats quan el DIP en tenia 10. Llavors, un interruptor queda a l'aire, però no és necessari perquè amb 4 n'havia prou.

Condensador

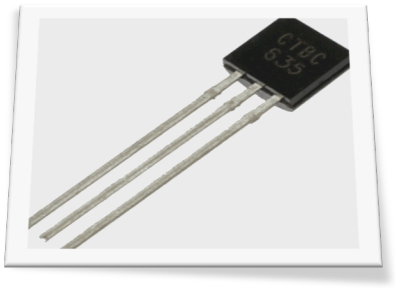


Un condensador és un dispositiu passiu, utilitzat moltíssim en l'electrònica. La funció d'aquest dispositiu és guardar energia.

Moltes vegades també fan la funció de protegir i evitar que es creïn camps elèctrics dolents pel dispositiu.

En el meu cas, el condensador protegeix els *drivers* de potència abans esmentats.

Transistor



Un transistor és un dels elements més importants de l'electrònica. Quan es va inventar va revolucionar l'electrònica.

Aquest és un tema molt ampli que comprèn molts aspectes i molts tipus.

El transistor és un dispositiu electrònic semiconductor utilitzat per produir un senyal de sortida en resposta d'una altra d'entrada. Pot complir diferents funcions: oscil·lador, commutador o rectificador. Actualment, es poden trobar pràcticament en tots els aparells electrònics d'ús diari: ràdios, televisors, etc.

USB tipus B

Un USB és un cable connector que serveix per transmetre i intercanviar informació d'un lloc a un altre.

D'USB n'hi ha de dos tipus: el de tipus A (que tenen la sortida rectangular) i l'USB de tipus B (foto superior) que són especials. En aquest cas jo utilitzo el de tipus B, ja que l'Arduino s'alimenta d'aquest.

A la pàgina següent podeu veure una taula amb tots els tipus d'USB:

	Tipo A		Tipo B	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra
USB estándar				
Mini USB 5 pines				
Mini USB 8 pines				
Micro USB				
USB 3.0 estándar				
Micro USB 3.0				

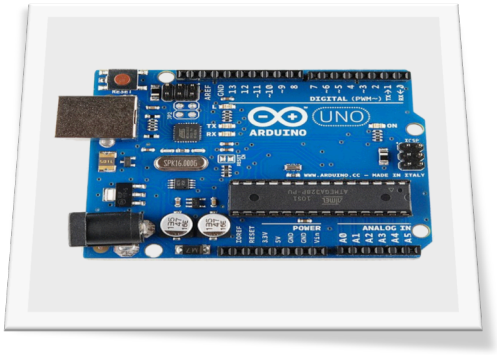
LED

LED significa *Light-Emitting Diode* (díode emissor de llum). Avui en dia aquest component està a tot arreu i cada vegada s'està estenent més perquè consumeix poquíssim i la seva durabilitat és molt elevada.

He utilitzat leds en aquest projecte perquè pensava que fer un projecte electrònic sense leds no seria el mateix i li donava un toc de color.

Aquests leds fan la funció d'indicadors de final de cursa (aquell punt on ja no es pot avançar més) i d'indicadors de passos. En el meu projecte podem veure els passos que en qualsevol moment estan fent els motors, gràcies a aquests leds.

Arduino UNO Rev3



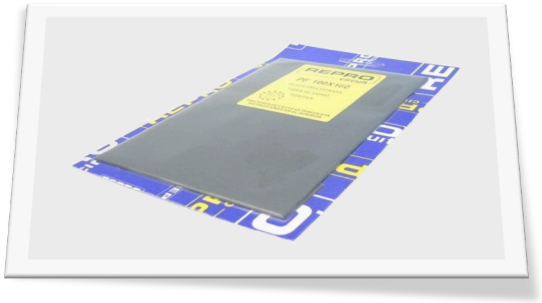
Arduino és una plataforma de *software* lliure, basada en una placa amb un microcontrolador i un entorn de desenvolupament, dissenyada per facilitar lús de l'electrònica en projectes multidisciplinaris.

Hi ha diferents models i un d'ells és el que he utilitzat jo. L'Arduino UNO

Arduino permet programar qualsevol component electrònic que hi connectis (fa la funció de microordinador).

Amb això es poden arribar a fer robots molt complexos i avançats. En el meu cas aquesta part és primordial ja que transformarà les coordenades que rebrà en passos.

Placa positiva



Una placa positiva ens permetrà crear qualsevol circuit de coure amb una impressió en negatiu. Amb una màquina d'infrarojos podrem cremar el coure restant de manera que només quedi el coure de les vies.

També són necessaris productes químics per endurir la placa i perquè no es soltin aquestes vies.

Cable termoretràctil

El cable termoretràctil és una mena de funda protectora que es posa als cables per ajuntar-los firmament.

És un material que es contrau, amb el contacte amb la calor i es queda enganxat als cables per evitar curtcircuits.

11. Despeses

Les despeses de confecció del meu *plotter* han estat relativament baixes, ja que tota la part mecànica l'he aconseguit de màquines velles o reciclades i no m'ha suposat cap despesa, excepte un escàner de segona mà que vaig haver de comprar a darrera hora.

La despesa més important ha estat en la part electrònica, ja que consta d'una placa base, que controla tot el *plotter*. Vaig voler que aquesta placa funcionés, també, en altres *plotters* i fos programable, cosa que va suposar que el pressupost augmentés.

La mà d'obra ha estat la inversió més important, tot i que és impossible calcular-la.

M'és impossible calcular el cost de l'electricitat pel funcionament de l'ordinador i la il·luminació de l'aula de treball, la calefacció i altres despeses de les hores que he treballat al centre.

A continuació, us adjunto una detallada graella on es pot veure tota la inversió que he fet perquè aquest *plotter* avui pugui funcionar.

12. Què s'ha de fer per poder controlar aquest CNC?

12.1. Preparar l'Arduino

Per poder programar aquest *plotter* necessitem un *kit* didàctic electrònic (Arduino Uno) que ens transformarà les coordenades que nosaltres li fiquem en senyals digitals per als motors, perquè es puguin moure.

Per començar és necessari tenir l'Arduino Uno i el *software* per poder-lo programar. Aquest *software* es pot trobar a arduino.cc/es/Main/Software. Després d'instal·lar-lo hem de baixar una carpeta anomenada TxapuCNC software 10, que trobarem a: https://skydrive.live.com/?cid=b625350fa60e2d43&id=B625350FA60E2D43%21141

Dins d'aquesta carpeta veiem la carpeta TxapuCNC_RX01 i executem amb l'Arduino qualsevol dels quatre fitxers.

En aquest programa haurem de canviar les preferències predefinides per les característiques dels nostres motors. Quan estigui això configurat el compilarem i l'enviarem a l'Arduino mitjançant un USB. Una vegada compilat el software de l'Arduino ens servirà fins que canviem a nous motors.

12.2. Instal·lar Linux-Ubuntu

El següent pas serà instal·lar un programa que generarà les coordenades que més tard enviarà a l'Arduino. Per instal·lar-lo necessitarem tenir Linux-Ubuntu al nostre ordinador.

L'Ubuntu el podem trobar a ubuntu.com/download. Quan descarreguem l'Ubuntu se'ns obrirà una imatge ISO.

Un cop descarregat l'haurem de posar en un llapis de memòria USB però, abans, haurem de posar un *bootable* a l'USB que permetrà iniciar l'ordinador des de l'USB.

En aquest cas, s'executarà l'Ubuntu en iniciar l'ordinador. Aquest programa el trobem a ubuntu.com/download/desktop/create-a-usb-stick-on-windows. En aquesta pàgina es mostra informació de com s'instal·la. Es recomana que l'USB sigui de més de 2GB.

Una vegada l'USB ja contingui el *bootable* amb l'Ubuntu, treiem l'USB de l'ordinador, el reiniciem i, abans que es torni a obrir, introduïm, novament, l'USB perquè arranqui directament amb l'Ubuntu.

L'Ubuntu trigarà una estona a carregar-se, ens demanarà dades (correu, nom i cognoms, etc.) i, més endavant, ens demanara fer una particio del PC. Hem de fer dos particions, una per al Linux i l'altra pel SWAP (a Internet trobarem informació sobre com fer una partició). Una vegada fetes les particions només caldrà instal·lar-lo.

12.3. Instal·lar Gambas3 i executar el TxapuCNC

Quan l'Ubuntu ja funcioni correctament entrarem a la tenda d'aplicacions (Ubuntu Software Center) i allí busquem l'aplicació Gambas3 (i, si no la trobem, Gambas2). Aquesta aplicació ens llegirà, més endavant, la interfície de funcionament del *plotter*, anomenada TxapuTX.

Ja instal·lat el Gambas anem a Internet i entrem a:
http://txapuzas.blogspot.com.es/2009/12/txapu-cnc-software.html i veurem un enllaç, a l'apartat de descàrregues (punt 4 de la pàgina web), l'obrim i fem cap a:
https://skydrive.live.com/?cid=b625350fa60e2d43&id=B625350FA60E2D43%21124.

Dins d'aquesta pàgina veiem que hi ha molts arxius per descarregar. A nosaltres ens interessa descarregar el 20e TxapuCNC Software(gambas3) si tenim el gambas3.

Quan el tenim descarregat a l'escriptori, el descomprimim, executem l'aplicació Gambas3, obrim un projecte, busquem al directori de la carpeta que hem descarregat abans.
TxapuCNC software10→ TxapuCNC_TX10c (gambas3).
→ (a la dreta, veurem un desplegable amb carpetes i arxius), cliquem a "d'acord".
Ens apareixerà un codi de programació.

A l'esquerra veurem el directori que hem obert abans, fem doble click a "FMain" i aquí podem veure la interfície del software que ens servirà per a programar el *plotter* i podem canviar la interfície al nostre gust (però millor no tocar-ho).

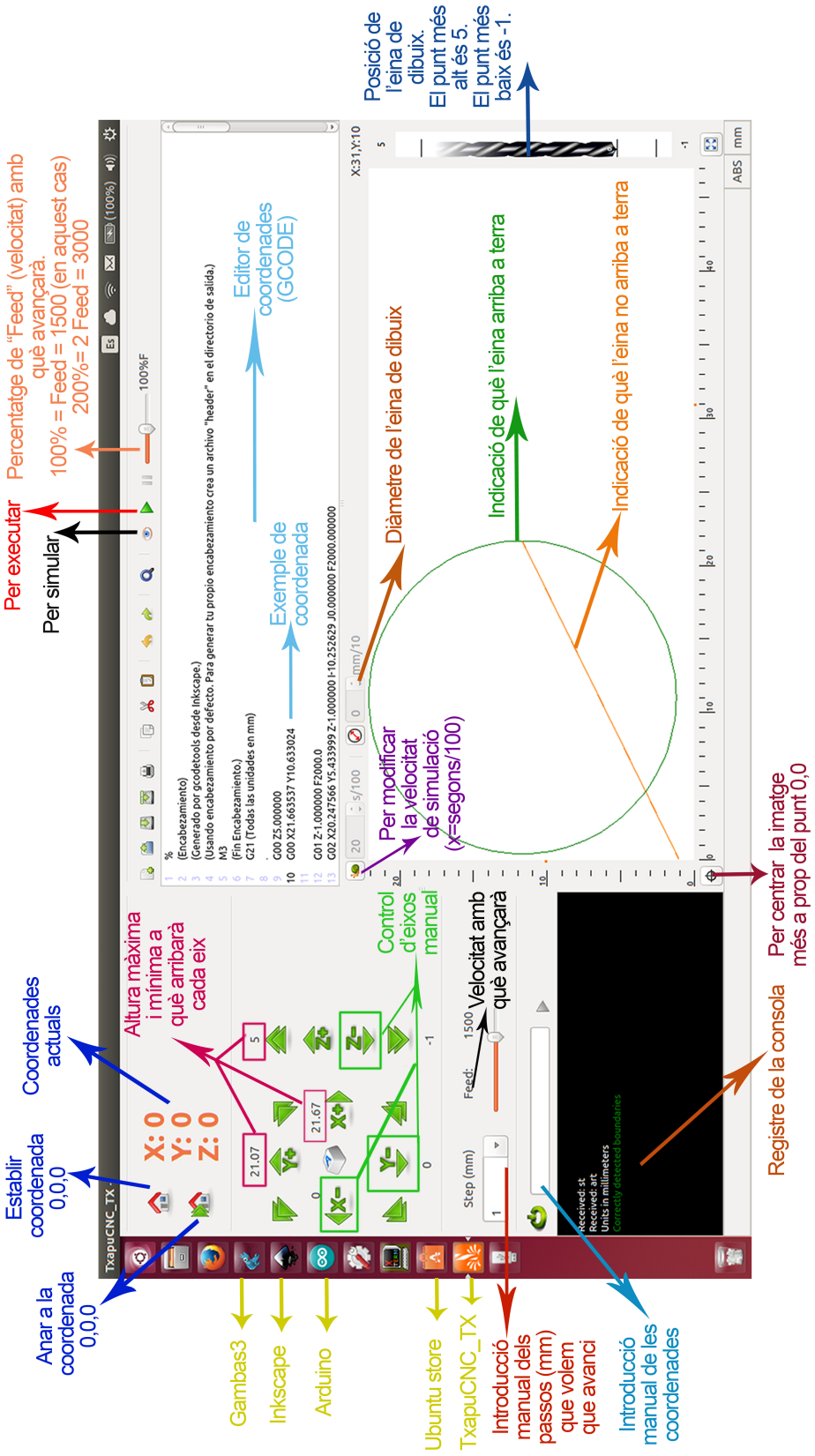
Si cliquem el botó "play" de la barra superior, podem accedir al software. Però per no haver de repetir aquest procediment cada vegada l'hem de compilar i crear un executable del software final.

Si executem l'executable que hem creat abans sense tenir l'USB amb l'Arduino connectat, ens apareixerà un error. Cliquem OK i ens apareixerà la interfície del software amb les fletxes de color gris, cosa que ens indica que no podem treballar-hi, hem de connectar l'Arduino amb un USB.

Connectem l'USB → "preferences" → "serial port" → (ens apareixerà una finestra) port: (introduïm) /dev/ttyACM0 → "OK"

A partir d'ara ja podem veure les fletxes de color verd, cosa que significa que ja funciona.

12.3.1. Interfície Txapu_CNCTX



Explicació detallada de la interfície del *software* Txapu_CNC

13. Procés de mecanització a partir d'una imatge

Per convertir qualsevol dibuix en un format .ngc o codigoG (GCODE), que podrà llegir i interpretar el *plotter*, hem de vectoritzar el traçat de la imatge i donar la informació de les dimensions que utilitzarem a un simulador.

Nosaltres utilitzarem tres formes diferents d'aconseguir transformar un dibuix qualsevol en un llistat de coordenades:

1. La primera forma és vectoritzant un dibuix amb l'Autocad (o altres programes CAD que puguin generar .pdf o imatges).
2. La segon forma és a partir d'una imatge .jpg, .png o altres.
3. La tercera, directament amb l'ús de les eines d'Inkscape.

Perquè puguem transformar-ho a GCODE necessitem unes extensions que haurem de descarregar d'Internet, des de l'enllaç:
http://dl.dropbox.com/u/23923366/gcodetools_es_00.zip.
El .pdf que ens baixarà ens servirà d'ajuda per poder utilitzar les extensions del GCODE a l'Inkscape i ens explica amb detall com funciona.

13.1. Si vectoritzem el dibuix amb l'Autocad [1]

Partim del dibuix que volem que imprimeixi el *plotter,* en aquest cas, volem fer l'escut del nostre col·legi Mater. Per vectoritzar aquest escut, utilitzem l'eina anomenada "spline" del programa Autocad.

Repassem el contorn de l'escut i, així, ens quedarà dibuixat amb vectors.
Pintem els vectors amb un color que no sigui blanc ni semblant i guardem el dibuix en format .pdf.

[1] Si utilitzem aquesta opció haurem de seguir els passos dels punts 1, 2 i 3.

El nostre objectiu és aconseguir la imatge en format .jpg o .png per obrir-la amb el programa Inkscape, que podem descarregar des de la botiga d'aplicacions d'Ubuntu o d'Internet.

13.2. A partir d'una imatge .jpg (o altres) amb Inkscape [2]

Creem un nou document sense bordes (noborders). Importem la imatge prèviament creada. Ens apareixerà una finestra amb dos opcions (embed o link), cliquem la primera, anem a "path"→"trace bitmap" (Shift+Alt+B), seleccionem "gray"", i amb la imatge seleccionada apretem "Update". Quan vegem la nostra imatge a sobre cliquem l'ok. Tanquem aquesta finestra i movem cap a un costat la imatge. Veurem que davall en surt una altra. La seleccionem i l´eliminem. Per tant, ens quedem amb la imatge de sobre.
La seleccionem i apretem Shift+Ctrl+C i després Ctrl+J.

13.3. Si creem el dibuix directament amb l'Inkscape [3]

Ara anem a extensions→Gcodetools(que prèviament haurem inclòs, ja que no ve de sèrie)→puntos de orientacion i Apply. Apareixerà una pantalla durant uns pocs segons i desapareixerà. Ara ja podem tancar la finestra (si a la finestra ha sortit un error o l'hem hagut de tancar, és que alguna cosa hem fet malament i haurem de repetir tot el procés).

Superficie Z ens indicarà la coordenada on situem el material on volem que dibuixi. Hi posarem 0,0000. Profundidad Z és la profunditat a la que baixarà l'eina. En aquest cas, posarem -2,0000 perquè volem que baixi una mica més per assegurar-nos que toca la superfície a dibuixar.

[2] Si utilitzem aquesta opció haurem de seguir els passos dels punts 2 i 3.
[3] Si utilitzem aquesta opció haurem de seguir només aquest darrer punt.

Quan tanquem la finestra, veurem que a la part inferior està la posició inicial indicada amb coordenades. Si el dibuix queda allunyat de les coordenades 0,0,0 podem situar-lo correctament, apretem F1 i desplacem la imatge perquè es situï a prop del punt inicial.

A continuació: Extensions→Gcodetools→Biblioteca de herramientas... .
Sortirà un llistat de tipus de talls (per exemple, “plasma” és tall amb làser, “cuchilla” és tall amb una serra, etc.).

Nosaltres utilitzarem un bolígraf i, per això, hem de triar l’opció “defecto”.

Marquem “defecto” i “apply” i, igual que abans, apareixerà una finestra emergent.

Ara, veurem una finestra verda on hi posarem característiques de la fresa. En aquest cas, serà un bolígraf. Per modificar-ho haurem d’apretar F8 o l’eina d’escriure i canviarem els dígits segons ens convingui.

1. “Diameter” → És el diàmetre de l’eina. Nosaltres posarem la xifra que surt per defecte (10.0) i, si no ens va com volem, la modifiquem.
2. “Feed”→ És la velocitat amb què treballarà el *plotter* . La velocitat més eficient és 2000.0.
3. “Penetration feed” → És la velocitat amb què l’eix Z baixarà fins al punt més baix. Per aconseguir una velocitat constant ficarem 2000.0.
4. “Passing feed” → És la velocitat amb què funcionarà l’eina, quan l’eix Z estigui en el punt més baix. Per aconseguir una velocitat constant ficarem 2000.0.

Generalment, només modifiquem el aquests tres últims paràmetres.

Una vegada ja ho tinguem per acabar anem a Extensions→Gcodetools→Trayecto a Gcode. Dins del menú anem a la pestanya de “preferencias”. On posa “archivo” posem el nom que volem donar a l’arxiu, amb l’extensió .ngc (que és el nom de l’arxiu GCODE i que normalment ja ve per defecte).

En “directorio” escrivim: /home/(el teu nom d’usuari)/ (amb la ruta del lloc on vols guardar-ho).

En cas de fer-ho amb Windows, substituïm /home/ per c:\

Per saber quin és el directori vas a la carpeta on vols que es guardi, botó dret→preferències i allí trobes l’enllaç on vols que es guardi.

“Altura segura Z para movimiento en vacío G00” és l’alçada on es mourà l’eix Z mentre no toqui el paper. No cal que hi posem una xifra gran. Amb 3,000 n’hi ha prou.

La pestanya de “opciones”.

“Escala del eje Z” ha de ser sempre 1,000.

“Desplazamiento del eje Z”. És la posició on s’iniciarà el procés de dibuixat. Preferentment serà 0,000. D’aquesta manera tots els eixos estaran a l’eix de les coordenades inicial 0,0,0.

Abans de clicar a “Apply” tornem a la pestanya de “trayecto” a “gcode” (sinó ens donarà un problema). Pitgem “Apply”, ens sortirà una finestra on s’indicarà que no s’ha seleccionat cap trajecte. El seleccionem manualment o cliquem OK.

Quan ja estigui podrem tancar la finestra i observarem que el dibuix està repassat amb unes fletxes, que és el trajecte que marcarà el bolígraf.

Ara el “gcode” ja està creat i guardat.

Tanquem l’Inkscape.

Obrim el programa Txapu_Tx que hem instal·lat prèviament.

File→ Open → (i busquem el directori que hem escrit abans amb l'extensió .ngc) → D'acord.

Ara veurem la imatge repassada en traços de color verd (són els traços que repassarà) i de color taronja (són els traços que permetran desplaçar-se sense tocar el paper).

Abans d'executar-lo, farem servir el simulador per assegurar-nos que funciona correctament.

Farem clic en un cargol que apareix al centre de la pantalla i canviarem el valor (com més petit, més ràpid).

El botó de la dreta serveix per a posar el valor del diàmetre de l'eina de dibuix (depenent de l'eina, ens interessarà un diàmetre més gruixut o menys).

Per a simular, fem clic a l'ull que hi ha a la part superior i observem com s'executa la simulació.

Abans d'executar-ho físicament haurem de modificar la velocitat amb què volem que vagi.

A l'esquerra, podem veure una línia ("feed"). Aquest valor correspon a la velocitat, aquí haurem d'introduir, preferentment, la xifra que hem introduït anteriorment a l'Inkscape → "extensions" → "Gcodetools" →"biblioteca de herramientas"→ "feed".

Normalment, la velocitat serà 2000, que és la velocitat més adequada. Si nosaltres la volem augmentar no podrem fer-ho des de la barra de "Feed", haurem de fer-ho des de la barra superior, a la dreta, on podem veure un "100%F".

Si volem duplicar el "Feed" posarem "200%F". Si volem reduir-ho a la meitat, posarem "50%F".

Podem arribar a multiplicar per 20 la velocitat que haguem introduït.

Finalment, podem mecanitzar-ho. Per a fer-ho, cliquem al botó “Play” de la part superior i podrem veure com apareix una barra de procés. Podrem observar al simulador com es mou fins a situar-se a la posició inicial i com comença a dibuixar.

En acabar, tornarà a la posició des de la qual ha començat.

Si en mig del procés algun extrem de qualsevol eix toqués els interruptors (que determinaran els punts màxims i mínims als que pot arribar cada eix), aquest procés s’aturaria. Per evitar-ho s’ha de comprovar, abans, que les dimensions del dibuix siguin les més adients dins de les dimensions del *plotter*. Aquestes dimensions les podem visualitzar al simulador, en el gràfic del dibuix.

14. Conclusions

Amb aquest treball he volgut construir un plotter partint de zero, amb la utilització de materials reciclats.

Quan em vaig proposar aquest treball m'esperava una feina amb menys dificultats de les que realment m'he trobat al llarg d'aquest any que hi he treballat, però, amb ganes i esforç, les he anat superant, fins aconseguir l'objectiu.

Durant tot el projecte he comptat amb el suport del meu tutor sempre que l'he necessitat i, al final, he aconseguit que la màquina funcioni correctament.

Amb la realització d'aquest treball de recerca he après que una feina complexa i laboriosa com aquesta s'ha de fer amb molta constància i resolent els inconvenients que van sorgint, pas a pas.

Gràcies a aquest treball he enriquit els meus coneixements d'electrònica i he corroborat la meva idea del què m'agradaria fer en un futur, un cop acabat el Batxillerat, ja que això sempre m'ha apassionat però no havia tingut la possibilitat d'experimentar-ho a fons com ara.

Ha estat una experiència molt interessant, crec que les gairebé 250 hores que hi he invertit han valgut molt la pena.

15. Bibliografia

Llibres:

- JOSEPH, Joan. *Tecnologia Industrial 2.* Editorial McGraw-Hill. “Sèrie Fluvià”. Aravaca (Madrid). Any 2011. ISBN: 978-84-481-6157-6.
- RIBAS LEQUERICA, Joan. *Arduino Práctico.* Editorial Anaya. “Manuales imprescindibles”. Any 2013. ISBN: 978-84-415-3419-3

Pàgines web:

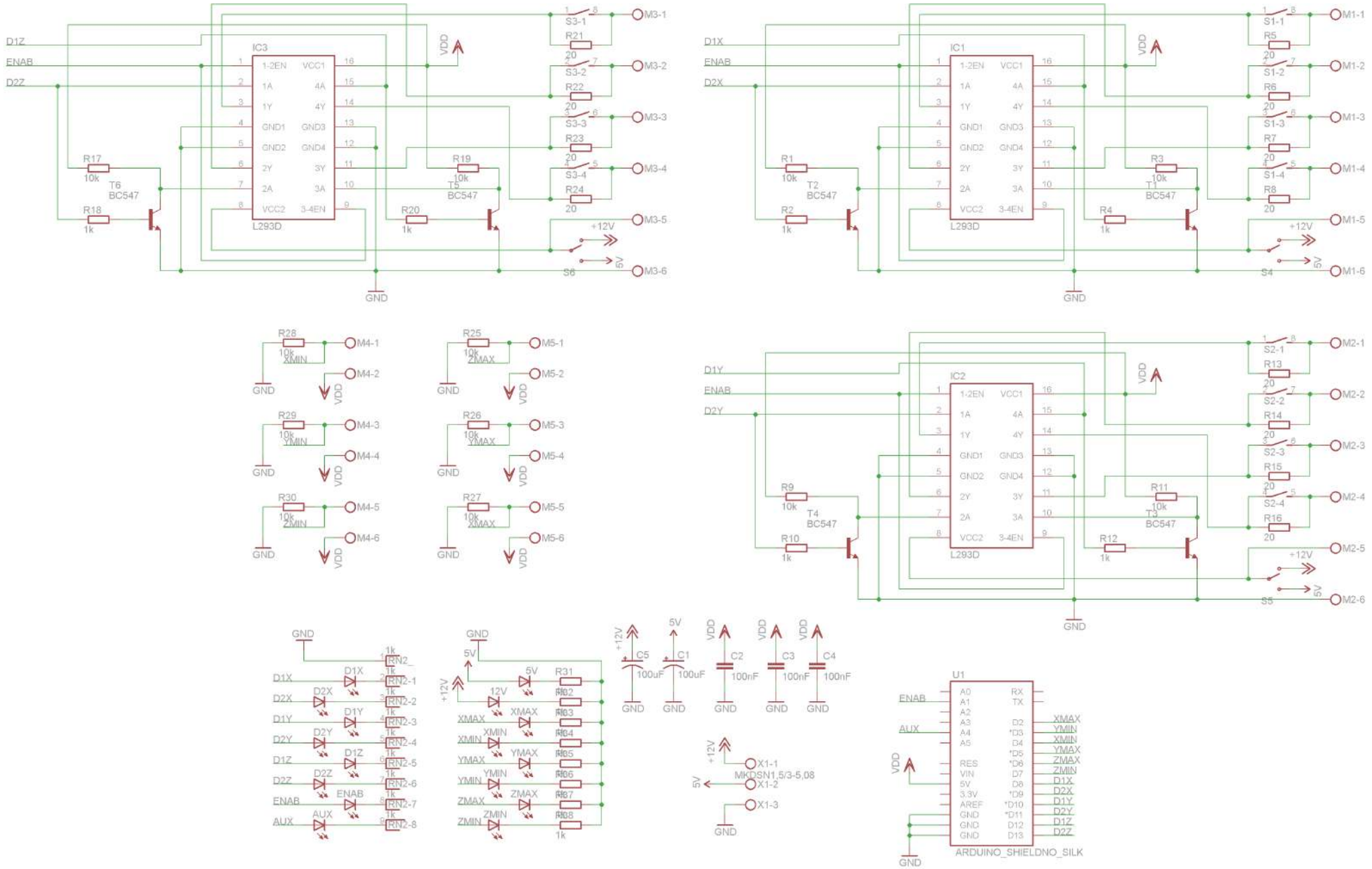
- http://txapuzas.blogspot.com.es/ (bloc de projectes).
- http://wikipedia.es (enciclopèdia lliure).
- http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm (pàgina de projectes i tutorials).
- http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/maqeinstelectricas/MOTOR%20PASO%20A%20PASO.pdf (web de la Facultat d’Enginyeria de la Universistat Nacional de la Patagonia San Juan Bosco).
- http://es.scribd.com/doc/92470626/Motor-Paso-a-Paso-Historia (llibreria de documents digitals)
- http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2010/02/motores-electricos-parte-ii.pdf (bloc d’aprenentatge de tecnologia).
- http://en.nanotec.com/support/tutorials/stepper-motor-and-bldc-motors-animation/ (botiga de productes electronics)
- http://www.monografias.com/trabajos37/motores/motores2.shtml (web de monografies, publicades per categories)
- http://arduino.cc/es/Main/Software (plataforma de software lliure)
- https://skydrive.live.com/?cid=b625350fa60e2d43&id=B625350FA60E2D43%21124 (núvol d’arxius descarregables)
- http://tallerdedalo.es (web d’aeromodelisme, electronica i CNC)

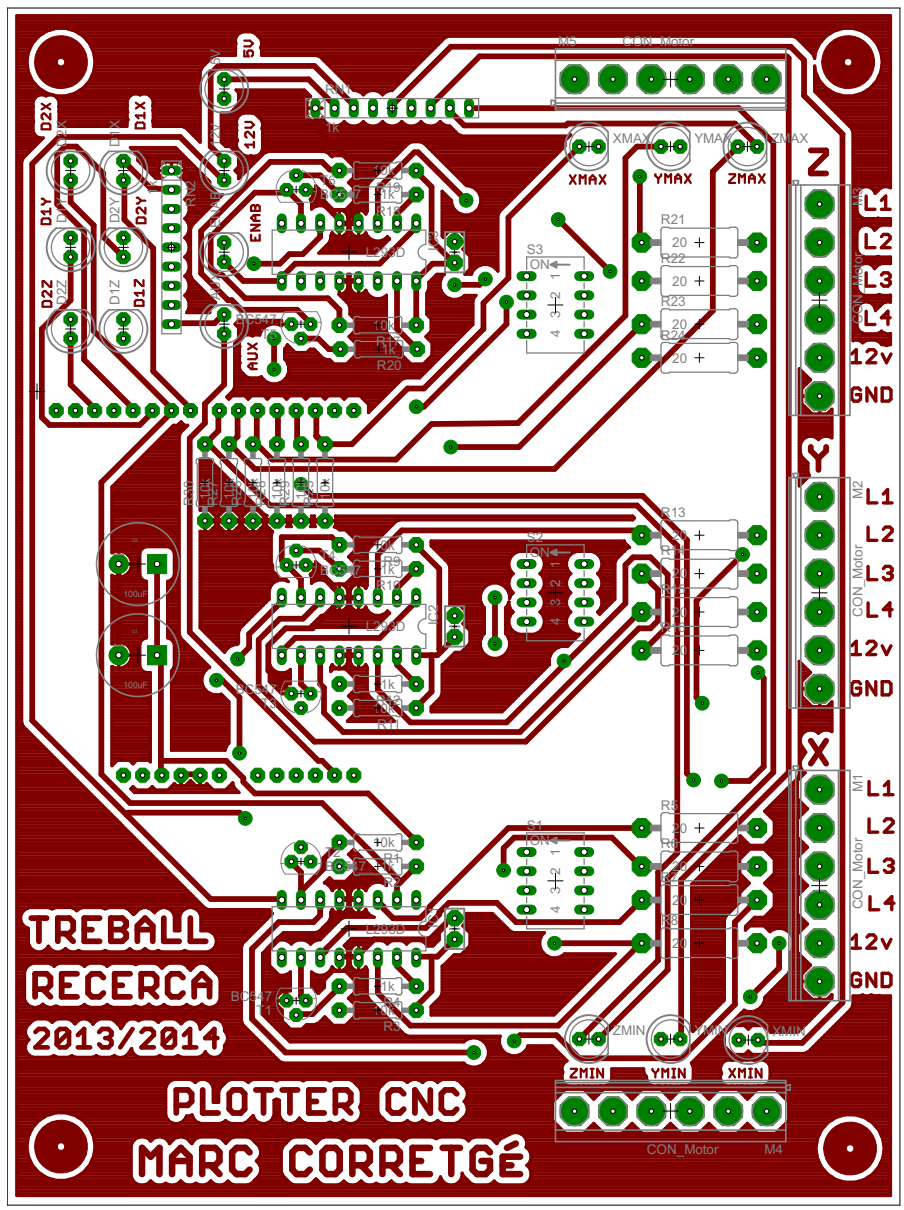
- http://www.ehowenespanol.com/generar-gcode-jpg-pcb-como_215501/ (cercador de preguntes i respostes)
- http://inkscape.org (editor de vectors). És necessari descarregar el plugin= http://www.cnc-club.ru/forum/viewtopic.php?t=35
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/hernandez_b_ii/capitulo3.pdf (document sobre motors pas a pas)
- http://sabermas.co (pàgina amb articles de temàtica diversa)
- https://sites.google.com/site/634mantenimiento/ (web de conceptes tecnològics)

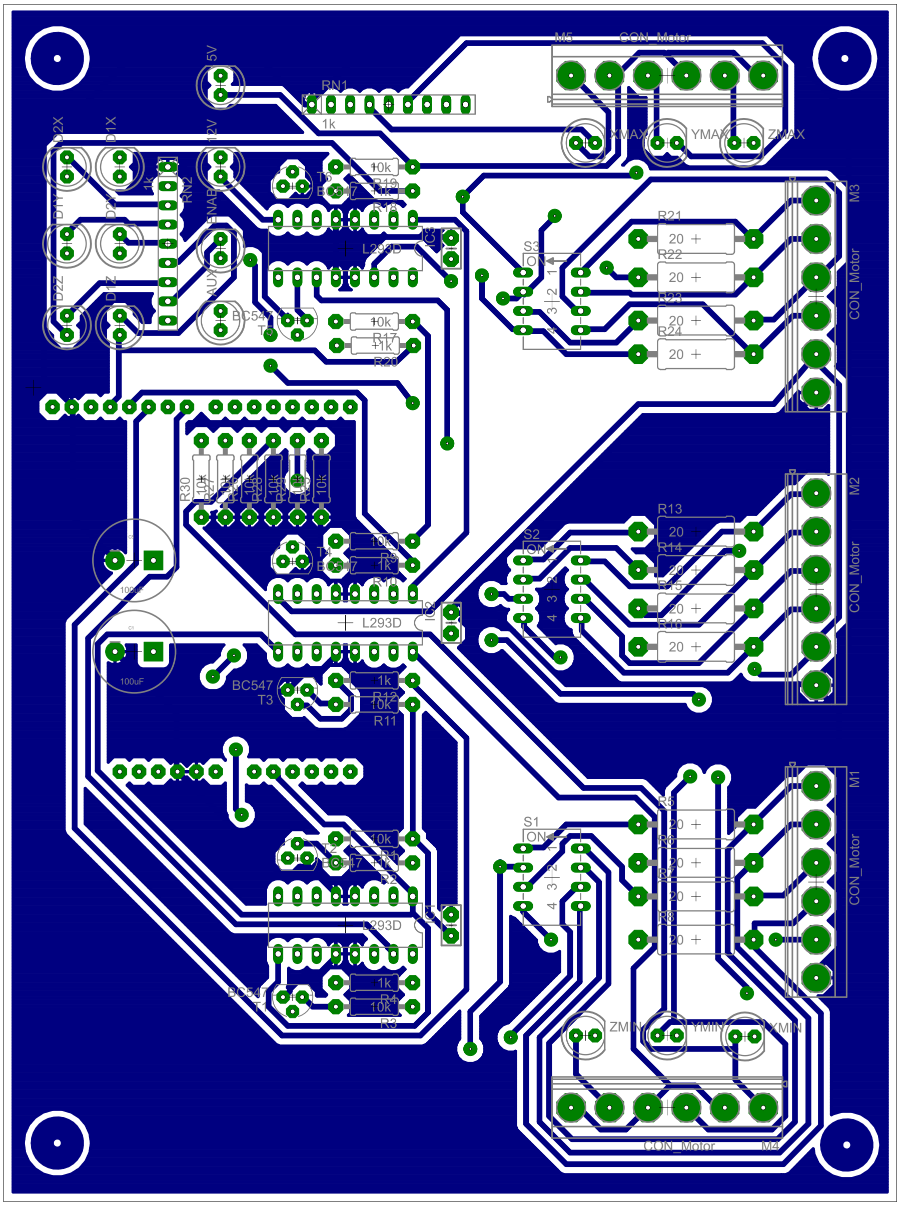
16. Annexes

En els següents documents, trobareu:

1. Esquema del circuit electrònic i les seves parts.
2. Impressió a doble cara reproduint el circuit imprès de la placa.


D1Z
ENAB
D2Z
IC3
L293D
1-2EN
VCC1
1A
4A
1Y
4Y
GND1
GND3
GND2
GND4
2Y
3Y
2A
3A
VCC2
3-4EN
VDD
R17
10k
T6
BC547
R18
1k
R19
10k
T5
BC547
R20
1k
S3-1
S3-2
S3-3
S3-4
R21
R22
R23
R24
20
M3-1
M3-2
M3-3
M3-4
M3-5
M3-6
+12V
5V
S6
GND
D1X
ENAB
D2X
IC1
R1
10k
T2
BC547
R2
1k
R3
10k
T1
BC547
R4
1k
S1-1
S1-2
S1-3
S1-4
R5
R6
R7
R8
M1-1
M1-2
M1-3
M1-4
M1-5
M1-6
S4
R28
10k
XMIN
M4-1
M4-2
R29
YMIN
M4-3
M4-4
R30
ZMIN
M4-5
M4-6
R25
ZMAX
M5-1
M5-2
R26
YMAX
M5-3
M5-4
R27
XMAX
M5-5
M5-6
D1Y
D2Y
IC2
R9
T4
R10
R11
T3
R12
S2-1
S2-2
S2-3
S2-4
R13
R14
R15
R16
M2-1
M2-2
M2-3
M2-4
M2-5
M2-6
S5
D1X
D2X
D1Y
D2Y
D1Z
D2Z
ENAB
AUX
RN2-1
RN2-2
RN2-3
RN2-4
RN2-5
RN2-6
RN2-7
RN2-8
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
R38
C5
C1
C2
C3
C4
100uF
100nF
X1-1
X1-2
X1-3
MKDSN1,5/3-5,08
U1
ARDUINO_SHIELDNO_SILK
RX
TX
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D13
XMAX
YMIN
XMIN
YMAX
ZMAX
ZMIN
D1X
D2X
D1Y
D2Y
D1Z
D2Z


TREBALL
RECERCA
2013/2014
PLOTTER CNC
MARC CORRETGÉ
5V
12V
ENAB
AUX
D1X
D2X
D1Y
D2Y
D1Z
D2Z
XMAX
YMAX
ZMAX
XMIN
YMIN
ZMIN
CON_Motor
M5
M4
M3
M2
M1
L1
L2
L3
L4
12v
GND
Z
Y
X
L293D
100uF


M5
CON_Motor
RN1
1k
5V
12V
XMAX
YMAX
ZMAX
M3
CON_Motor
R21
R22
R23
R24
S3
ON
L293D
BC547
T3
100uF
M2
CON_Motor
R13
R14
R15
R16
S2
M1
CON_Motor
S1
ZMIN
YMIN
XMIN
CON_Motor
M4