

Disseny, construcció i automatització d'una mànega pastissera a partir de la modificació d'una impressora 3D

Sergi Hernandez i Cort
2n Batxillerat Grup A

Tutor: Joan Bosch
Institut Santa Eugènia
9 de Novembre de 2018

“L’investigador pateix decepcions, els llargs mesos passats en una direcció equivocada, els fracassos. Però els fracassos són també útils, perquè, ben analitzats, poden conduir a l’èxit.”

-Sir Alexander Fleming

INDEX

1.Introducció.....	4
1.1 Justificació del tema escollit.....	4
1.2 Descripció de la metodologia emprada.....	5
2. Marc teòric.....	6
2.1 Introducció.....	6
2.2. Impressió 3D.....	6
2.2.1 Introducció.....	6
2.2.2 Tipus d'impressores.....	7
2.2.3 Parts de la impressora.....	7
2.2.4 Principi de funcionament.....	7
2.2.5 Procés de fabricació d'una peça.....	8
2.3 Dibuix assistit per ordinador (DAO): Inkscape, Freecad i Cura.....	8
2.3.1 Inkscape.....	8
2.3.2 FreeCAD.....	9
2.3.3 Cura.....	12
2.4 Electrònica i electricitat.....	13
2.4.1 Arduino.....	13
2.5 Programació: Gcode i ArduinoBlocks.....	15
2.5.1 Gcode.....	15
2.5.2 ArduinoBlocks.....	17
2.6 Viscositat i densitat del producte a injectar.....	21
3. Desenvolupament del Projecte.....	22
3.1 Descripció del problema i requeriments.....	22
3.2 Disseny	22
3.2.1 Extrusor.....	22
3.2.2 Preescalfador.....	24
3.3 Planificació.....	24
3.3.1 Pressupost.....	25
3.4 Realització.....	27
3.4.1 Construcció.....	27
3.4.1.1 Principis de funcionament del maquinari.....	28

3.4.1.1.1 Extrusor.....	28
3.4.1.1.2 Preescalfador.....	31
3.4.2 Programació.....	37
4. Revisió.....	40
4.1 Consideracions sobre la temperatura de l'extrusor.....	40
4.2 Us del joystick per pujar i baixar el sistema d'injecció.....	40
4.3 Govern del motor pas a pas.....	40
4.4 Accionament de l'injector per anàlisi pulsos d'una sortida d'extrusor.....	41
4.4.1 Modificació del motor 28byj-48 unipolar per que funcioni com a bipolar.....	43
4.4.2 Motor unipolar amb identificació de la seqüència de pulsos de sortida de l'extrusor.....	44
4.5 Mòdul d'escalfament de la xeringa.....	45
4.6 Programa total.....	46
5. Avaluació i conclusions.....	51
6 Agraïments.....	52
7. Webgrafia.....	53

1. Introducció.

Portar a terme un treball de recerca suposa feina i moltes hores de dedicació. És evident, doncs, que amb aquests supòsits valgui la pena triar un tema que, a més d'obligar-te a buscar informació, seleccionar-la i donar-li forma, t'aporti nous coneixements, et permeti un enriquiment personal, t'obligui a superar dificultats i a trobar solucions als problemes que es poden presentar mentre s'està desenvolupant el treball.

1.1 Justificació del tema escollit.

El tema escollit, com podeu veure al títol, és el "Disseny, construcció i automatització d'una mànega pastissera a partir de la modificació d'una impressora 3D", però arribar a aquest títol va ser un procés llarg que descriuré als següents paràgrafs.

Dit això, quan se'm va plantejar de realitzar el treball de recerca encara no tenia clar el tema a escollir i, per tant, vaig pensar un títol genèric, "Automatització d'un procés industrial", que donava un extens ventall de possibilitats, sobretot a l'hora d'escollir el tema i el títol definitiu.

Donada la provisionalitat del títol, uns dies més tard, comprant la mona de pasqua, em van cridar l'atenció les figures de xocolata de sobre els pastissos. I encara em va cridar més l'atenció, el preu tan elevat d'aquests productes. En aquell moment se'm va encendre la llumeta i vaig preguntar-me tres coses:

- Per què no fabricar una mànega pastissera automàtica que realitzés les figures i lletres d'ornament dels pastissos?
- I, si fos el cas que es pogués fabricar, es podria comercialitzar com un electrodomèstic similar a la cafetera automàtica tipus "Nespresso"?
- En cas de comercialitzar-la, la idea és que només fabrico la màquina. Les càrregues amb xocolata, gelatina, nata o d'altres productes injectables les desenvoluparan empreses externes.

Finalment, després d'uns dies donant-li voltes, va haver-hi dos fets que, junts, van animar-me a continuar treballant la solució:

D'una banda, l'observació del funcionament d'una impressora 3D que diposita capes de plàstic per formar la peça.

D'altra banda, va aparèixer una notícia que va ser determinant per engrescar-me: tractava sobre una màquina 3D que imprimia cèl·lules vives per tal de generar òrgans; això va fer que em preguntés a mi mateix: si amb una impressora 3D es poden imprimir cèl·lules vives per fer òrgans no serà tant difícil imprimir figures de xocolata, nata o gelatina?

En conclusió, si poguéssim canviar l'extrusor per tal de substituir la injecció de plàstic per un producte alimentari dels citats anteriorment tindríem resolt el maquinari.

En tractar-se d'un projecte tecnològic, on la construcció és una de les parts essencials del treball, i donat que, utilitzaré la metodologia del procés tecnològic per portar-lo a terme; les hipòtesis del treball les formulo a partir dels requeriments referenciats a l'apartat 3.1.

1.2 Descripció de la metodologia emprada

Per desenvolupar el treball utilitzaré l'eina pròpia de la tecnologia, que és el procés tecnològic.

Les fases del procés tecnològic són:

- **Plantejament del problema:** consisteix a identificar el problema en qüestió i quines condicions ha de complir.
- **Recerca d'informació:** un cop definit el problema, s'ha de buscar informació a tots els mitjans que es pugui: internet, llibres, revistes especialitzades, preguntar a persones del nostre entorn, demanar opinió als experts...
- **Disseny:** abans de començar a pensar en els materials amb què es construirà l'objecte, s'han de dissenyar i crear els plànols
- **Planificació:** un cop s'ha escollit la idea i s'han dissenyat els plànols, s'han d'ordenar, indicar els materials i les eines utilitzades, les etapes que s'han de seguir, calcular el pressupost, entre moltes altres coses.
- **Realització:** s'ha de seguir pas a pas la planificació, anotant les incidències i problemes que hi pugui haver i altres coses relacionades amb la construcció, programació, creació i resolució del problema de l'objecte.
- **Avaluació i conclusions:** després de l'etapa anterior, només cal veure si l'objecte fabricat compleix la seva funció. Ens podem trobar dos casos: que l'objecte funcioni adequadament (passarem directament a la següent etapa), o que l'objecte no funcioni (es tornaran a revisar tots els punts anteriors per veure on hi ha l'error).
- **Divulgació:** l'objectiu de la tecnologia consisteix a satisfer les necessitats de l'ésser humà.

Si es fabrica un objecte, producte o giny que ho compleix, és lògic difondre'l perquè tota la societat en tregui benefici. Per això fem ús de la "Memòria Tècnica" i la publicació en premsa i revistes especialitzades.

Durant qualsevol de les fases que formen el procés és molt possible que apareguin dubtes o problemes que s'hauran de solucionar tornant a la fase de recerca d'informació.

2. Marc teòric

2.1 Introducció

Aquest projecte requereix l'especialització en alguns continguts de dos àmbits de coneixement, el científic i el tecnològic, d'aquí la seva interdisciplinarietat i la seva complexitat.

Concretament hi ha cinc camps de coneixement sobre els quals hem de fer recerca i aplicar-ne els coneixements al treball.

- Impressió 3D
- Dibuix assistit per ordinador (DAO): Inkscape, Freecad i CURA
- Electrònica i electricitat
- Programació: gcode i Arduinoblocks
- Viscositat del producte a injectar

2.2 Impressió 3D

2.2.1 Introducció

Una impressora 3D és una màquina que serveix per produir representacions 3D físiques de models creats per ordinador, mitjançant una tècnica anomenada fabricació additiva.

2.2.2 Tipus d'impressores

Actualment hi ha dos tipus de models comercials:

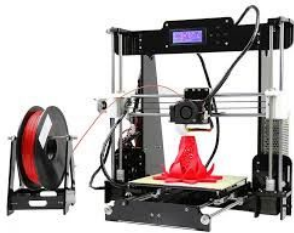
- De compactació, que es basa en una massa de pols compacta per estrats. D'aquestes hi ha d'injecció de tinta o làser.
- D'addició o d'injecció de polímers, en què la matèria és afegida per capes.

2.2.3 Parts de la impressora

L'estructura és bàsicament plàstic i algun cilindre metàl·lic que dona més fermesa als eixos x, y i z, que necessiten suportar més esforços.

La font d'alimentació transforma la tensió de 230 o 110 V a 5 volts per tal d'alimentar la placa controladora que a la vegada alimenta i interpreta els moviments dels motors pas a pas dels eixos citats anteriorment.

La placa controladora té diverses funcions:



- Interpreta l'arxiu gcode que li arriba a través del cable usb des de l'ordinador o de la targeta microusb.
- És l'encarregada de transmetre les ordres sobre els eixos a través de diversos motors pas a pas, així com escalfar l'extrusor i, si és el cas, escalfar la placa on es diposita el plàstic.
- Controlar i emmagatzemar les dades de calibració a través dels finals de carrera que tenim a cada eix.

Anet A8

Extrusor i topall de l'extrusor: l'extrusor és l'encarregat d'escalfar el plàstic a la temperatura de fusió per tal de dipositar el fluid sobre la superfície. El diàmetre d'extrusió és 0,4 mm.

Dins l'extrusor hi ha un topall que és de tefló per tal que no s'adhereix el plàstic sobre el metall interior. També s'ha de dir que el plàstic l'impulsa un sistema d'engrenatge solidari a l'eix motor amb una politja que el pressiona.

2.2.4 Principi de funcionament

Es tracta de descomposar el moviment tridimensional en 3 eixos de coordenades clàssics perpendiculars entre ells (x, y, z). El moviment d'aquests eixos coordinats fa que es mogui l'extrusor que és l'encarregat d'injectar el material sobre el llit.

2.2.5 Procés de fabricació d'una peça

1- Ens podem baixar directament els arxius CAD, .FCStd, .stl. des de una pàgina web anomenada thingivers.com, o bé amb el programa FreeCAD(local) o tinkercad(on-line) dissenyem la peça; ens la desa amb el format .FCStd i l'exportem en format .stl.

2- Amb el programa CURA passem del format .stl a gcode (que és l'únic llenguatge que entén la impressora (són unes instruccions de trajectòria que el que fan és laminar la nostra peça).

Dins el programa Cura, si volem multiplicar objectes i imprimir-ne més d'un a la vegada, escrivim el número que en volem. També podem moure les peces distribuint-les sobre la superfície al nostre gust.

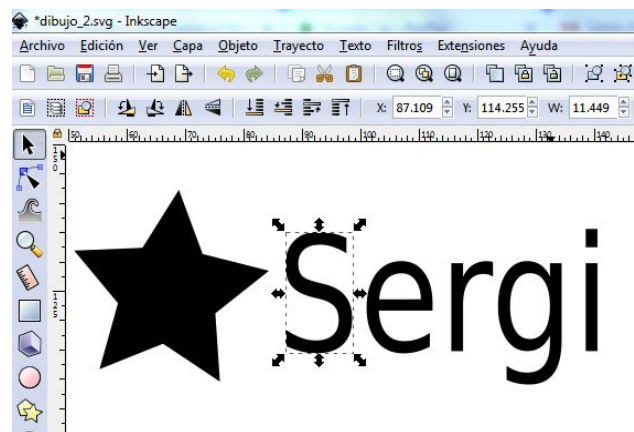
2.3 Dibuix assistit per ordinador (DAO): Inkscape, Freecad i Cura.

2.3.1 Inkscape

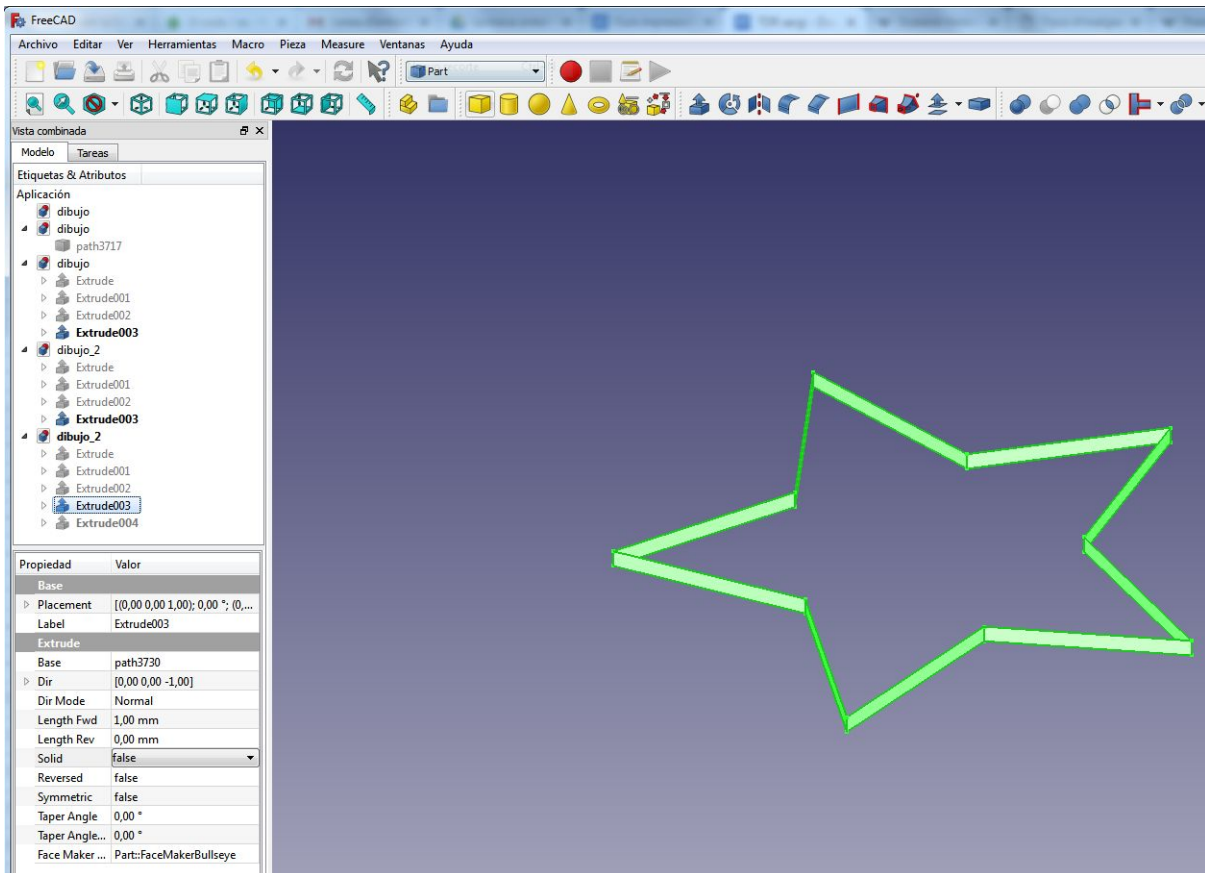
L'Inkscape és una programa informàtic de codi lliure dissenyat per al dibuix de gràfics vectorials.

Les imatges vectorials estan formades per un conjunt de vectors, aquests poden ser rectes o curvilinis. Els diferents vectors es connecten a través nodes, formant la imatge. Tenen l'avantatge, en el nostre cas, que l'extensió svg Scalable Vector Graphics (SVG, en català gràfics vectorials escalables) que proporciona

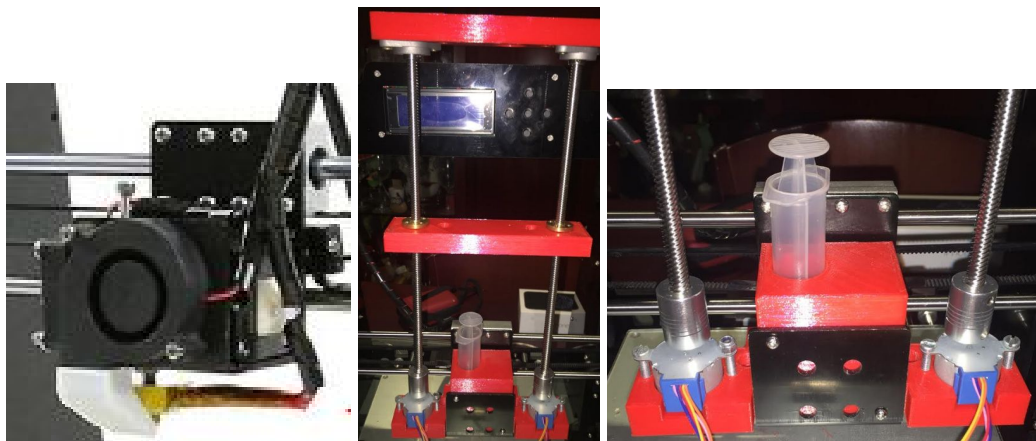
l'Inkscape és un format que reconeix el programa FreeCAD. I, a la vegada, el programa freeCAD és l'encarregat d'extrudir la figura per transformar-la a 3D.



2.3.2 FreeCAD



El FreeCAD és un modelador CAD 3D paramètric de software lliure, orientat al disseny industrial, l'enginyeria i l'arquitectura. En el meu projecte és ideal per dissenyar les peces que necessito per substituir l'extrusor de la impressora original pel de la mànega pastissera.



Extrusor modificat.

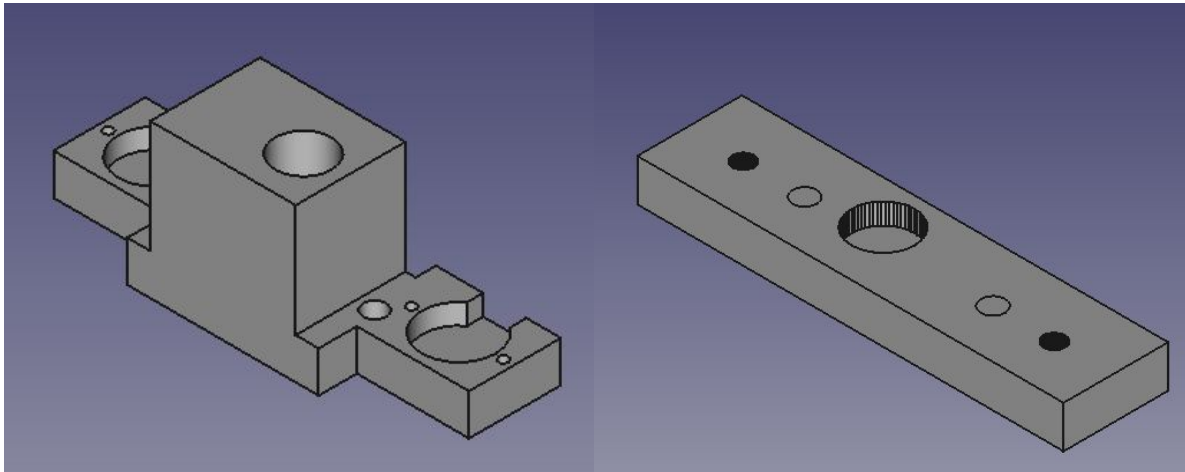


Fig: Disseny de les parts de l'extrussor


Per realitzar les figures que formen el nou sistema d'extrusió i l'estrella i el nom importats del Inkscape he necessitat conèixer algunes eines bàsiques del programa FreeCAD que esmento a continuació de manera telegràfica:

- ❖ Treballar amb l'escenari "**Part**" per inserir figures bàsiques 3d sòlides (cilindre, prisma, conus, piràmides, toroides,...)



- ❖ Operacions boleanes entre dues formes: tall i unió de figures tridimensionals (seleccionar figura1 i amb el control clicat seleccionar figura2 i procedir amb el tall o unió)
- ❖ Duplicar figures al menú editar > duplicar selecció.
- ❖ Amagar les figures o tornar a mostrar clicant l'espai.



- ❖ Treballar amb l'escenari "**part design**" i  crear nou croquis.
- ❖ El croquis pot ser sobre plànols naturals o sobre una de les cares d'una figura.
- ❖ Dibuixos en 2d per ordre:






- ❖ Crear punt, línia, arc, circumferència, còniques, **polilínia**, rectangles, polígons, xamfrà, retalls d'arestes, aresta vinculada d'una figura 3d, línies secundàries que nos són pròpiament del croquis.
- ❖ Restriccions:



- ❖ Punts coincidents, fixar punt sobre objecte, paral·leles vertical i horitzontals,

perpendiculars, tangents, igualtat, simetria, fixar, cota horitzontal vertical i qualsevol direcció, fixa radi, angle.

- ❖   Extrudim el croquis o bé realitzem un "pocket" per retallar sobre una altra figura 3d.
- ❖ Cossos de revolució:  realitzem el croquis i revolucionem en un dels eixos.

Els arxius resultants s'exporten amb stl (stereolithography); és un format estàndard per a tecnologies de fabricació additiva. Utilitza una malla de triangles tancats per definir l'objecte.



Fig: Objectes stl d'esquerra a dreta de més resolució a menys

2.3.3 Cura

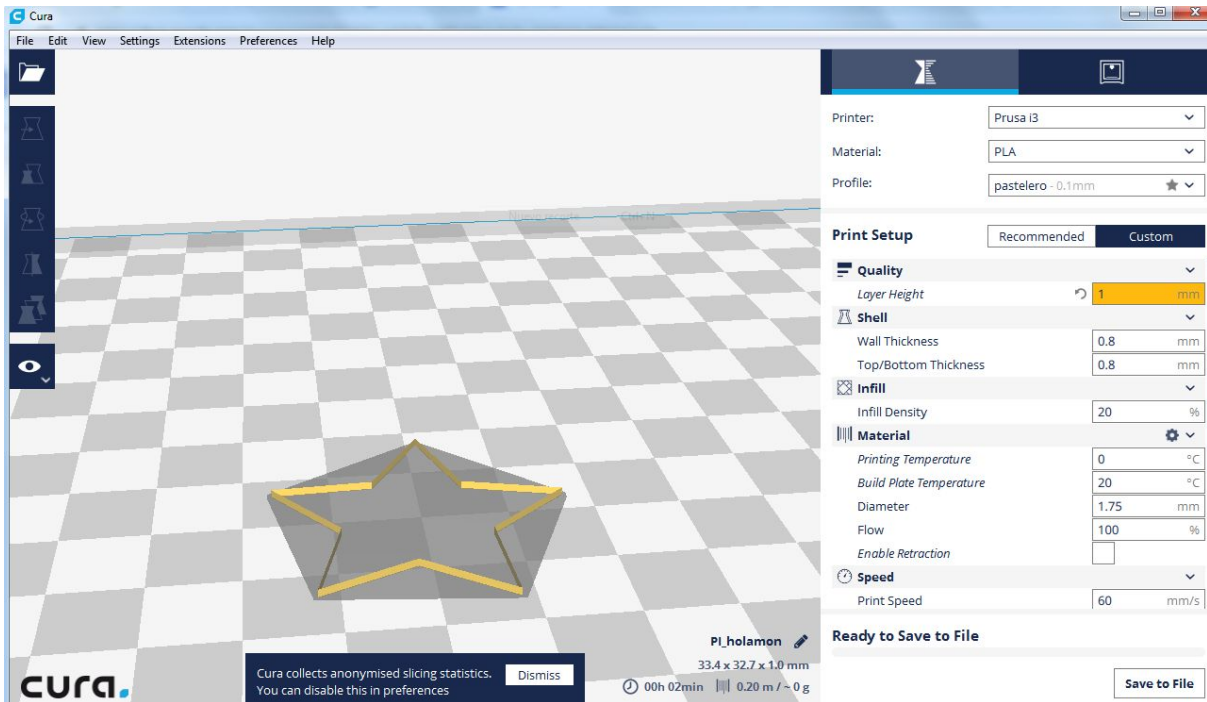


Fig: Ultimaker Cura

La funció del programa CURA és preparar el model que surt de FreeCAD perquè sigui reconegut per la impressora.

Aquest programa és un programa de laminació. Dit d'una altra manera, es trosseja la figura seguint l'eix vertical en fines làmines que són les capes de material, plàstic o xocolata, que dipositarà la nostra impressora segons l'extrusor que hi hagi muntat.

Per tant, aquest procés és l'encarregat de transformar l'arxiu stl a un arxiu gcode que és el propi de control numèric (CNC) i l'únic que reconeix la impressora.

D'altra banda, el programa CURA té infinitat de propietats que podem definir, però, al nostre cas per imprimir amb xocolata hem de tenir en compte la velocitat d'impressió, l'alçada de capa dipositada i la temperatura d'extrusió de 0° perquè hem desconnectat termistor de l'extrusor original.

Aquests paràmetres els hem ajustat per assaig i error establint una velocitat d'impressió de 600 mm/s, 2 mm per capa, temperatura de l'extrusor de 0° i la temperatura de la xocolata de 50°.

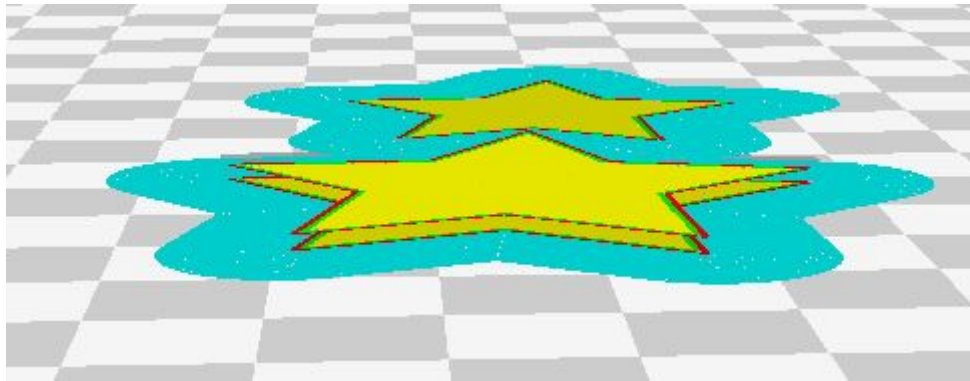


Fig: Visió de les capes de xocolata

2.4 Electrònica i electricitat

2.4.1 Arduino:



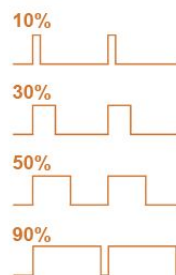
L'*Arduino* és un petit autòmat del tipus microcontrolador que té un Circuit Integrat Digital d'altíssim nivell d'integració de components.

Un autòmat programable o PLC (Programming Logic Control) és un element que disposa, bàsicament, d'unes entrades, unes sortides, que fan que es comuniqui amb l'exterior, i un xip programable. El seu funcionament es basa en gestionar l'estat de les sortides depenent de les condicions de les entrades d'acord amb el programa introduït al xip.

Parts:

- La unitat central de processament o CPU (Central Processing Unit) és el principal component de l'*Arduino*, es tracta del xip ATmega328 que s'encarrega d'interpretar les instruccions contingudes als programes i en processa les dades.
- El cristall de quars és l'element que genera el senyal de "clock" del sistema de 16 Mhz.
- Totes les entrades mesuren tensions, de fet, l'*Arduino* només mesura tensions.

- Les entrades i sortides digitals tenen dos possibles estats, 1 o 0; són del tipus “tot i res”, és a dir, activades o desactivades, dit d'una altra manera, hi ha voltatge o no.
- Les entrades analògiques mesuren tensions d'entrada dins un rang de 0 a 5V amb una resolució de 10 bits, el que suposa poder llegir el senyal en 1024 nivells de tensió amb una precisió de 2,44 mV.
- Les sortides analògiques són del tipus PWN (Pulse Width Modulation), és a dir, no són valors reals constants sinó que el que es fa és enviar un pols d'un temps determinat cada cicle de temps. D'aquesta manera, si el pols és repetitiu i perllongat en el temps, la sortida analògica tindrà un valor elevat, perquè la mitjana de valors de tensió al cicle serà elevat, i si és poc repetitiu al llarg del temps correspondrà a un valor baix.



- Memòria EEPROM: permet emmagatzemar el programa de manera permanent tot i que hi hagi talls d'alimentació.
- Memòria RAM: guardem els valors de les dades provisionals quan el sistema està alimentat i funcionant.

He escollit la placa *Arduino UNO*: les característiques són suficients per tal que funcioni el sistema correctament.

Microcontrolador	Atmega168
Voltatge operatiu	5 volts
Voltatge d'entrada (recomanat)	7-12 volts
Voltatge d'entrada (límit)	6-20 volts
Pins d'entrada/sortida digital	14 (6 proporcionen PWM)
Pins d'entrada analògics	6
DC pels pins d'entrada/sortida	40mA
Memòria Flash	16KB (2KB pel bootloader)
SRAM	1 KB
EEPROM	512 bytes
Velocitat de rellotge	16 Mhz

Característiques *ARDUINO-UNO* font: www.wikipedia.org

Així doncs, connectem els diferents sensors - entrades (NTC,...) i els actuadors a les sortides (leds, pantalla LCD, motors pas a pas,...)

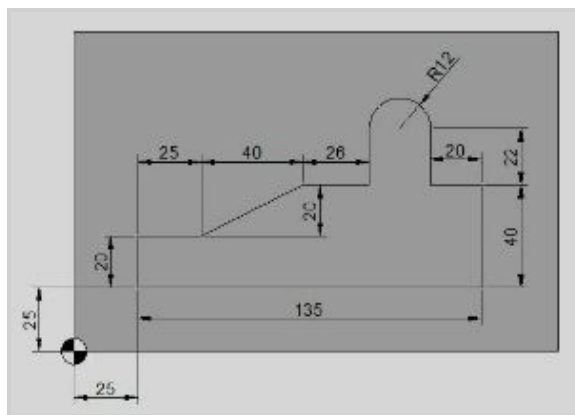
2.5 Programació: Gcode i Arduinoblocks

2.5.1 Gcode

A la pàgina web de rerap (reprap.org/wiki/G-code) hi ha les referències a maniobres i funcions de CNC.

Per fer-nos una idea de com funciona explicaré un petit exemple bàsic comentant el que fan algunes de les línies de codi.

```
N10 F1000 (Velocitat del carro)
N20 G90 (Coordenades absolutes)
N30 G0 Z5 (Coordenades absolutes
mou Z 5 mm)
N40 G0 X25 Y25 (Coordenades
absolutes mou X i Y 25 mm)
N50 G1 Z-3 ( baixa 3 mm o sigui
estava a 5 mm i respecte la posició
baixa 3 mm)
N60 G91 (Coordenades relatives)
N70 G1 X135 (mou 135 a l'eix x
respecte la posició anterior que era 25)
N80 G1 Y40 (mou 40 a l'eix y respecte
el punt anterior (Y25))
N90 G1 X-20 ...
N100 G1 Y22
N110 G3 X-24 Y0 R12 (radi de
curvatura 12)
N120 G1 Y-22
N130 G1 X-26
N140 G1 X-40 Y-20
N150 G1 X-25
N160 G1 Y-20
N170 G0 Z5
N180 M30 (fi de programa)
```



L'arxiu amb extensió "gcode" que vam obtenir del programa de laminació CURA té dos problemes, el primer és que imprimeix arran de la base de la impressora i, l'altre, que el carro de l'eix z no puja per poder treure el pastís amb facilitat.

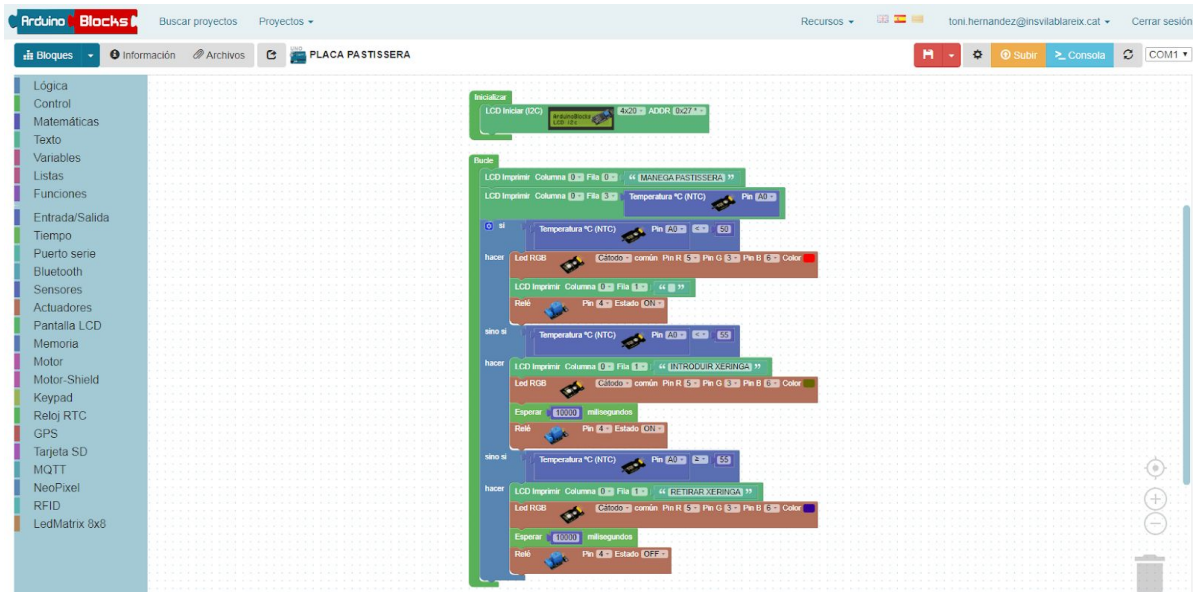
Per solucionar això, el que fem és editar l'arxiu "gcode" amb el bloc de notes de windows o amb un editor de codi, com per exemple el visual studio code, i el modifiquem manualment.

- Canviem el valor de Z la línia 23 per 50, això fa que imprimeixi sobre un pastís de 5 cm d'alt. (G0 F3600 X86.211 Y88.59 Z50)
- Afegim un valor de Z de 120 a la línia 4143 abans de TIME_ELAPSED, això farà que el carro pugui 12 cm per poder treure bé el pastís. (G0 F7200 X92.948 Y96.141 Z120)

```
1 ;FLAVOR:RepRap
2 ;TIME:410
3 ;Generated with Cura_SteamEngine 2.
4 M190 S20
5 M109 S0
6 G21 ;metric values
7 G90 ;absolute positioning
8 M82 ;set extruder to absolute mode
9 M107 ;start with the fan off
10 G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endstops
11 G28 Z0 ;move Z to min endstops
12 G1 Z15.0 F9000 ;move the platform d
13 G92 E0 ;zero the extruded length
14 G1 F200 E3 ;extrude 3mm of feed sto
15 G92 E0 ;zero the extruded length ag
16 G1 F9000
17 ;Put printing message on LCD screen
18 M117 Printing...
19 ;LAYER_COUNT:8
20 ;LAYER:0
21 M107
22
23 G0 F3600 X86.211 Y88.59 Z50
24 ;TYPE:SKIRT
25 G1 F1800 X86.825 Y88.093 E0.03928
```

```
4143 G0 F7200 X92.948 Y96.141 Z120
4144 ;TIME_ELAPSED:410.341196
4145 M104 S0 ;extruder heater off
4146 M140 S0 ;heated bed heater off (
4147 G91 ;relative positioning
4148 G1 E-1 F300 ;retract the filame
4149 G1 Z+0.5 E-5 X-20 Y-20 F9000 ;mo
4150 G28 X0 Y0 ;move X/Y to min endst
4151 M84 ;steppers off
4152 G90 ;absolute positioning
4153 ;End of Gcode
4154 ;SETTING_3 {"global_quality": "[
4155 ;SETTING_3 on = prusa_i3\\n\\n[m
4156 ;SETTING_3 y_changes\\n\\n[value
4157 ;SETTING_3 emperature = 0\\nmate
4158 ;SETTING_3 False\\n\\n"}
4159
```

2.5.2 Arduinoblocks

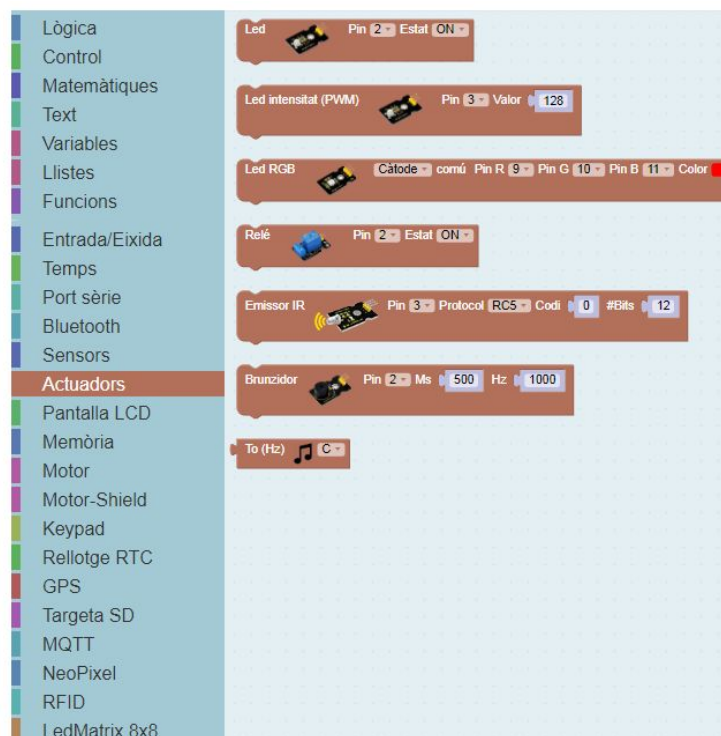


A través d'aquesta web (www.arduinoblocks.com) podem programar de manera fàcil l'Arduino per escalfar la xeringa on està la xocolata i fer un control de temperatura.

Aquest programa és molt intuïtiu ja que funciona amb blocs tipus “drap and drop”, os sigui, arrossega l'element i deixa anar al lloc que vulguis.

A la part esquerra de la interfície d'usuari trobem el menú d'elements a escollir.

- Dels actuadors he utilitzat el led i el relé:



- Del grup dels sensors he utilitzat el NTC:

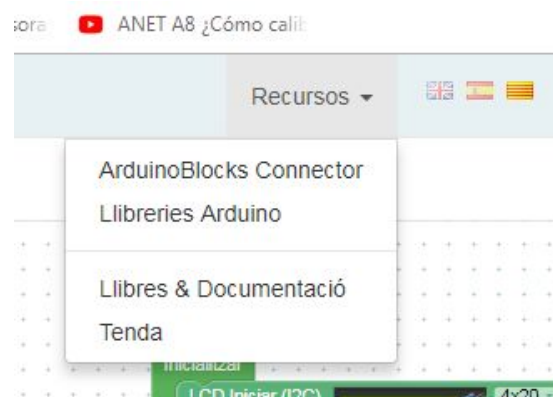


- Dels LCD he escollit el I2C que només ocupa dos pins de sortida:

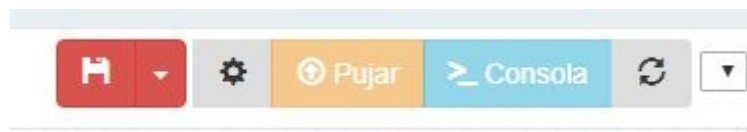


A la part superior hi ha els recursos que podem fer servir.

- Connector *Arduino*: és el programa que enllaça l'ordinador amb l'*Arduino* per poder introduir el programa a l'*Arduino*.
- També hi ha les llibreries que s'utilitzen quan un sensor o actuator no vingui creat per defecte.
- Hi ha un apartat que es proposa llibres.



A la part dreta de la interfície tenim el botó que permet pujar el programa a l'*Arduino*



Funcionament del programa:

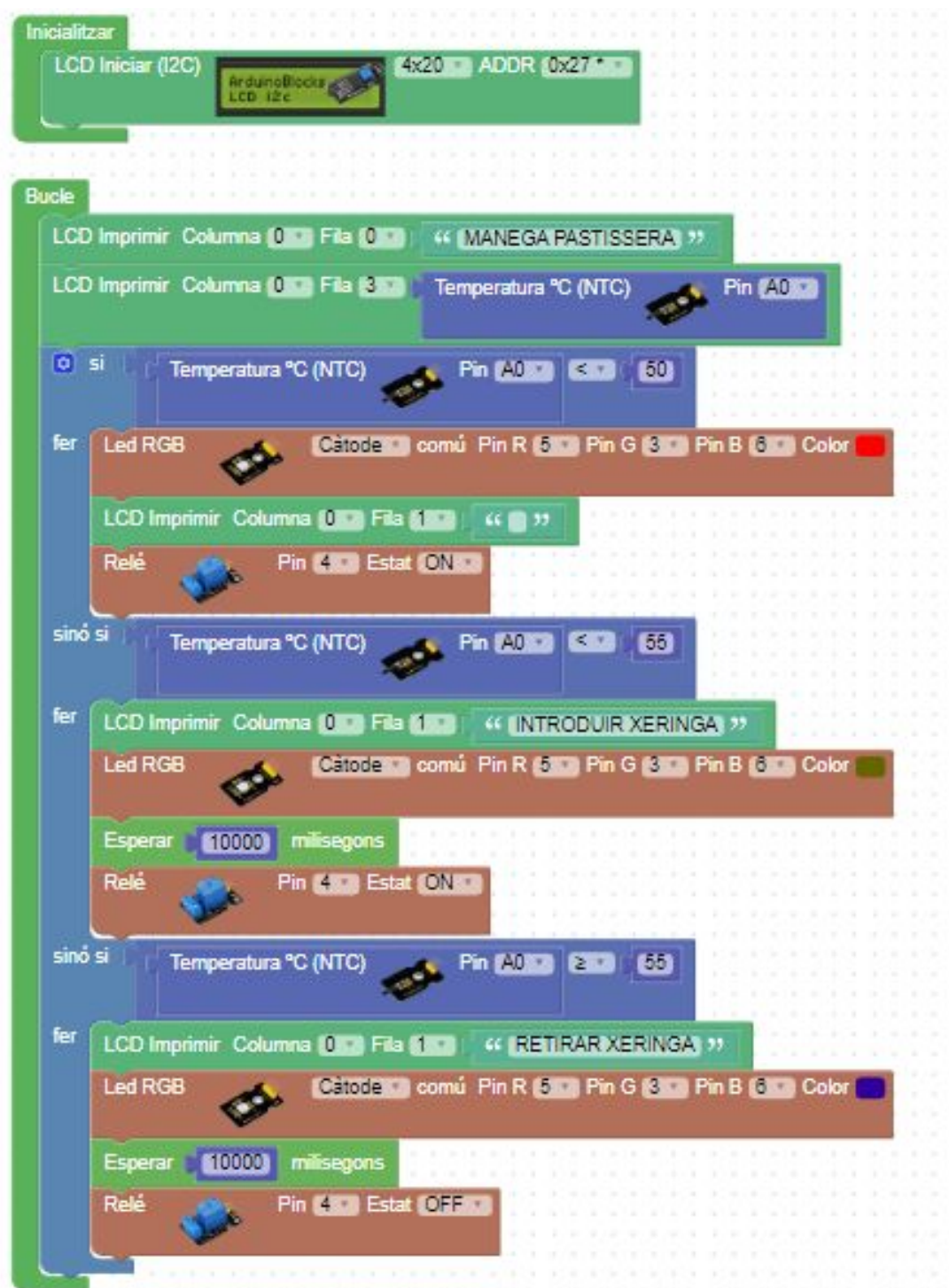
El programa que trobem a continuació és el que controla la placa preescalfadora. Si us fixeu el bloc de inicialitzar el que fa és posar en marxa el LCD, que es de 4x20, o sigui, 4 línies i 20 caràcters per línia.

Dins el bucle trobem alguns blocs que imprimeixen missatges per pantalla del LCD com per exemple MANEGA PASTISSERA, INTRODUIR XERINGA, RETIRAR XERINGA o la temperatura que llegeix l'*Arduino* del sensor NTC.

També hi ha un led RGB que canviarà de color. Inicialment és vermell.

El que fa aquest programa és posar en marxa el relé que es el que alimenta a la resistència tèrmica fins que arriba a 50°C. Una vegada arriba a aquesta temperatura apareix un missatge que diu INTRODUIR XERINGA, el LED canvia de color a verd i seguim escalfant fins a 55° C.

En el moment que arriba a 55°C, apareix el missatge de RETIRAR XERINGA, el led canvia de color a blau i es temporitza la desconexió del relé en 10 segons.



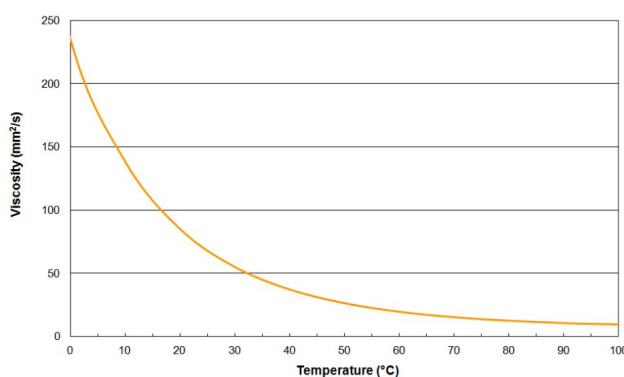
També es podria programar amb codi, tot i que és molt més fàcil amb blocs. L'extensió és "ino".

2.6 Viscositat del producte a injectar

La viscositat d'un fluid és la resistència que presenta a deformacions graduals, intuïtivament correspondria a l'"espessor".

Físicament, la viscositat depèn de dos factors: les forces de cohesió molecular i l'intercanvi de quantitat de moviment entre les pròpies molècules.

D'altra banda, quan incrementem la temperatura d'un líquid, les forces de cohesió molecular disminueixen més que l'augment de l'intercanvi de quantitat de moviment i, com a conseqüència, es redueix la viscositat de manera exponencial.



Quan les substàncies que injectem, són líquides però "espesses", les forces de cohesió entre molècules són elevades, al contrari que els gasos, sembla ser que és la raó de la seva elevada viscositat; per tant, al nostre projecte augmentarem la temperatura del fluid líquid per aconseguir disminuir la viscositat.

Tanmateix, el cas de la xocolata líquida a 50°C, quan la comprimim dins la xeringa, presenta una tendència tixotròpica, és a dir, una degradació de la seva estructura que, quan la comprimim a la xeringa fa que la viscositat disminueixi una mica segons un estudi de La Universitat Politècnica de Catalunya (Iniciativa Digital Politècnica, 10 de des. 2005 - 302 pàgines) fet per la doctora Mercè Raventós Santamaria.

3. Desenvolupament del Projecte

3.1 Descripció del problema i requeriments

El problema principal del treball és fabricar una mànega pastissera automàtica a partir de la modificació d'una impressora 3D.

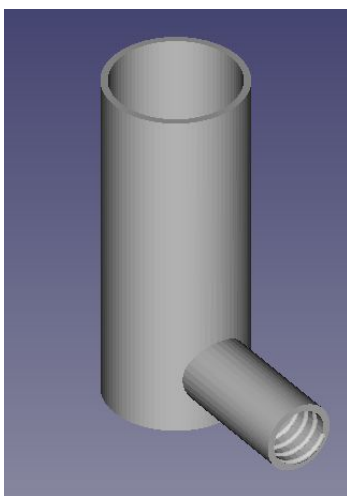
La màquina definitiva haurà de complir uns requeriments o unes condicions que són les següents:

1. Ser capaç d'imprimir una petita figura o alguna paraula amb xocolata sobre un pastís.
2. Tenir un sistema auxiliar de preescalfament de la xocolata fins 50 graus abans de començar la injecció sobre el pastís.

3.2 Disseny

Fent un petit anàlisi vaig arribar a la conclusió que havia de treballar dos aspectes en quant al disseny; un és la modificació de l'extrusor de la impressora 3D i, l'altra el disseny del tauler auxiliar de l'escalfador de la xeringa precarregada. Per tant, per dur a terme aquest projecte he hagut de dissenyar dues coses diferents: per una part l'extrusor de la mànega i per l'altre el preescalfador.

3.2.1 Extrusor

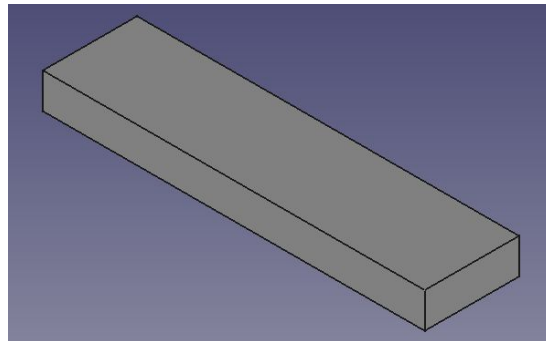
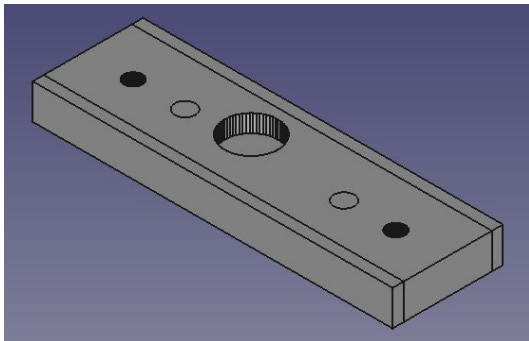
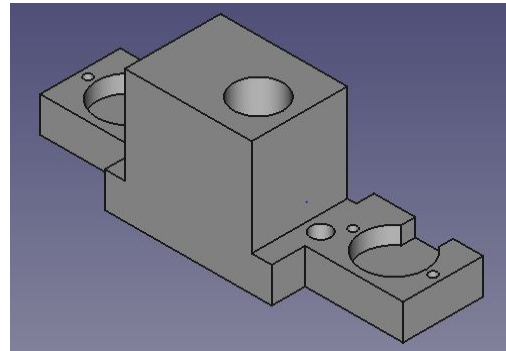


Per començar a treballar amb el disseny primer vaig realitzar un esbós que consistia en fer un dipòsit exterior i portar el fluid des d'aquest fins a l'extrusor. Un cop dissenyada, la vaig imprimir i la vaig provar. Van aparèixer dos grans inconvenients, per un costat, el tub que transportava el fluid fins l'extrusor era molt fi i quedava embussat amb facilitat i, l'altra inconvenient és que perdia producte per la junta de rosca. Així doncs, se'm va ocórrer un altre sistema d'extrusió descartant aquest.

Aquest nou sistema era molt més senzill i eficaç ja que la xeringa (portadora del fluid) anava incorporada a l'extrusor.

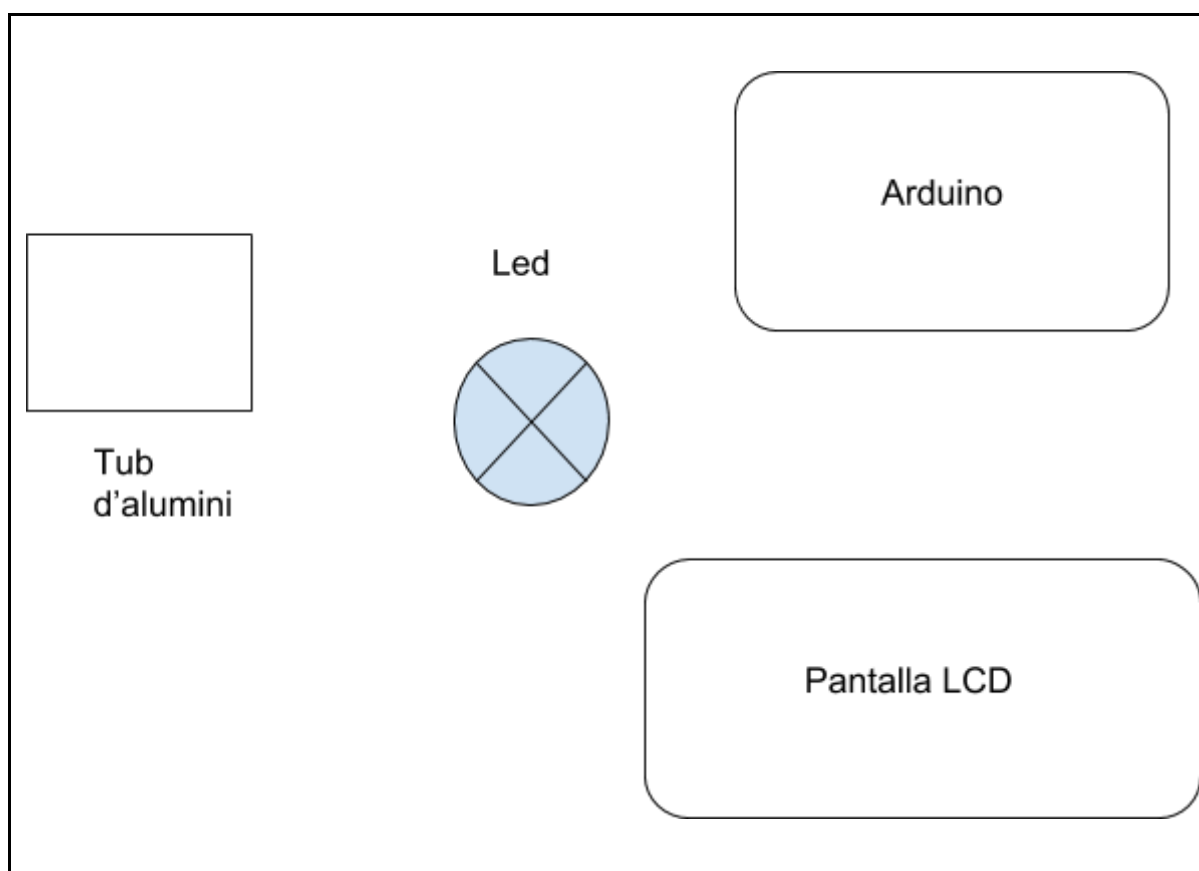
Com que aquest sistema el veia més adequat, vaig començar a fer un disseny tinguent en compte les mesures del capçal extrusor de la impressora. Un cop

fabricada la peça base, vaig prendre les mides per tal de fer amb precisió la peça intermitja, aquesta havia de ser una peça rectangular, on hi hauria d'haver dos forats alineats amb el rodament del motor pas a pas i, amb prou espai per acoblar una rosca a cada forat. Un cop acabades aquestes dos peces, necessitava una tercera que em donés consistència a l'estructura i fes de topall. Aquesta seria exactament igual que la peça intermitja però sense forats.



3.2.2 Preescalfador

Aquest és el sistema d'escalfament de la xeringa precarregada que vaig dissenyar amb un esbós molt simple que després vaig seguir amb el muntatge sobre una base de DM d'1,5 cm.





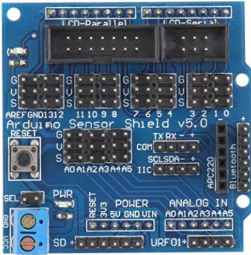



3.3 Planificació

Abans de començar a construir la màquina, s'ha d'aconseguir tot el material de construcció. Tot el material usat per dur a terme aquest projecte ha estat encarregat a amazon.es (una empresa encarregada de la distribució d'una gran diversitat de productes).

Aquesta llista es troba a l'apartat següent juntament amb el pressupost.

3.3.1 Pressupost

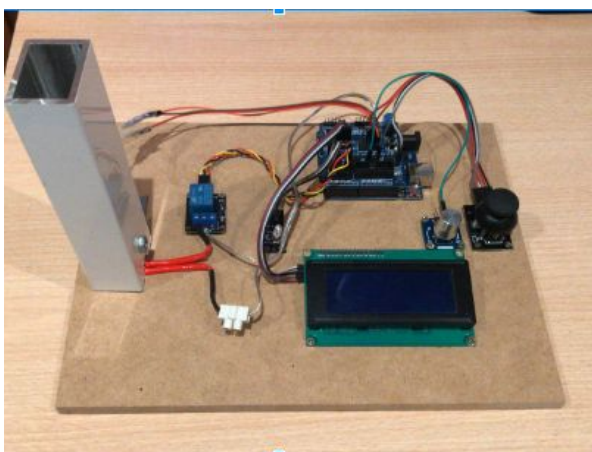
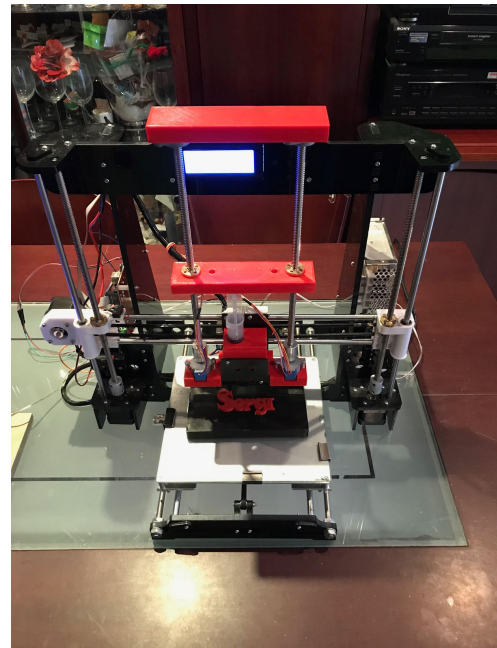
OBJECTE	IMATGE	NOMBRE D'UNITATS	PREU UNITARI	COST TOTAL
Arduino Uno R3.		2	20.9€	41.8€
Anet A8 prusa i3.		1	178.00€	178.00€
Motor pas a pas 28BYJ-48 amb driver ULN2003		2	2.40€	4,80€
Joystick sensor shield KY-023 PS2.		1	1.04€	1.04€
Cable per a Arduino.		Pack 17	1.98€	1.98€

<p>Display Module shield per <i>Arduino</i> uno R3 de 20x4.</p>		<p>1</p>	<p>16.88€</p>	<p>16.88€</p>
<p>Pack barra roscada de plom + rosca de coure + acoblador + amortidor.</p>		<p>2</p>	<p>10.99€</p>	<p>21.98€</p>
<p><i>Arduino</i> targeta d'expansió sensor shield v5.0.</p>		<p>2</p>	<p>7.00€</p>	<p>14.00€</p>
<p>Mòdul relé model SRD-05VDC- SL-C 5v per <i>Arduino</i>.</p>		<p>1</p>	<p>6.99€</p>	<p>6.99€</p>
<p>Led RGB per <i>Arduino</i>.</p>		<p>1</p>	<p>0.64€</p>	<p>0.64€</p>
<p>Cargoleria</p>		<p>1</p>	<p>1,00€</p>	<p>1.00€</p>
<p>TOTAL</p>				<p>289.11€</p>

3.4 Realització

3.4.1 Construcció

El primer que vaig fer va ser muntar la impressora, la qual em serviria més tard per imprimir les peces necessàries per fabricar el nou extrusor. Un cop vaig acabar de fer les peces, vaig muntar el meu extrusor, que consta de tres parts: la peça base, que és la encarregada de suportar tota l'estructura; la peça intermitja, que s'encarrega de comprimir la xeringa, i la peça que tanca l'estructura per la part de dalt. A la peça base, s'hi recolzen dos motors pas a pas (controlats per un *Arduino*) amb les respectives barres i la xeringa. A la peça intermitja, hi van fixades dues rosques que s'enrosquen amb les barres i permeten que la peça es pugui moure per dins de l'estructura. A la peça de dalt, hi van fixats dos acobladors amb moviment rotacional, aquesta peça és l'encarregada de subjectar i permetre el moviment de les barres roscades. Tot seguit vaig decidir desmuntar l'extrusor de la impressora i canviar-lo pel meu. Un cop canviat, vaig provar d'imprimir una lletra senzilla amb xocolata, però, tal i com jo sospitava,



perquè això funcionés, el material havia de sortir amb més fluïdesa i facilitat, així que se'm va ocórrer fer un preescalfador per tal de poder baixar la viscositat de la xocolata.

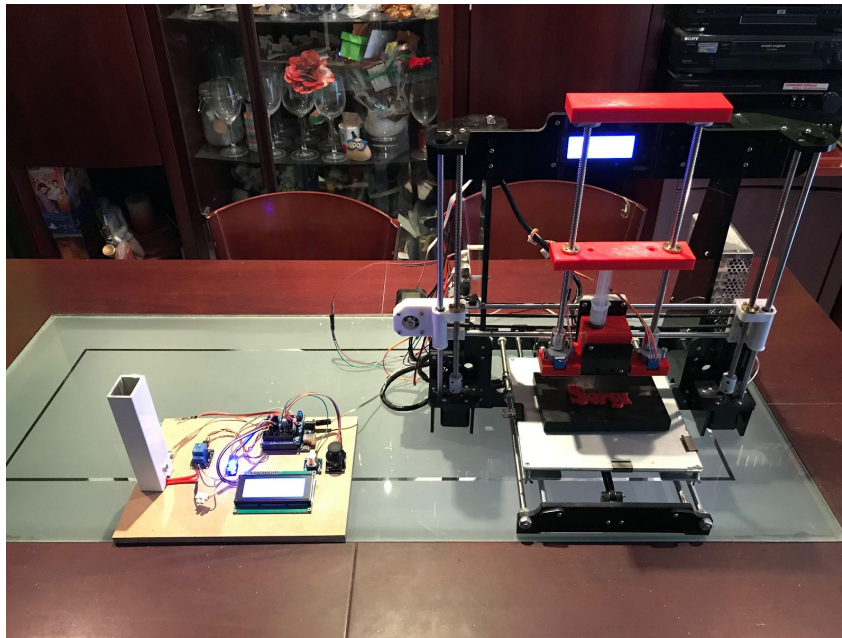
A partir d'aquí em vaig centrar en construir el preescalfador. Aquest consta d'un sistema automatitzat per l'*Arduino*. Aquest sistema esta format per:

una pantalla LCD, un relé, un led RGB, un joystick, un tub de base rectangular d'alumini, un prisma metàl·lic del hotend junt amb la resistència tèrmica, un

termistor i un divisor de tensió.

3.4.1.1 Principis de funcionament del maquinari.

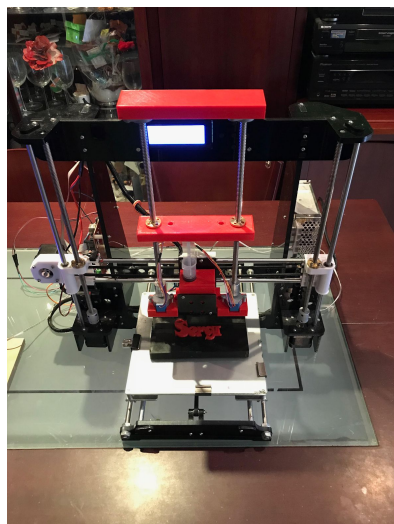
Aquest és el producte final:



Per arribar aquí he hagut d'utilitzar una gran quantitat de materials i objectes, dels quals tot seguit n'explicaré la seva funció.

3.4.1.1.1 Extrusor

Per tal de construir l'extrusor de la impressora he utilitzat el següent:

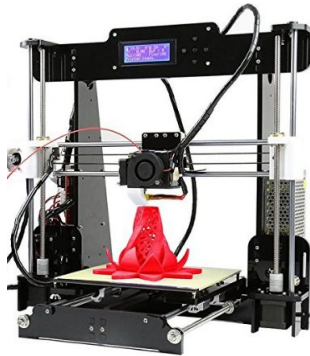


- **2 barres roscades**



Aquestes barres juntament amb les rosques de coure i els motors pas a pas les faré servir per fer baixar i pujar la peça encarregada de comprimir la xeringa.

- **Anet A8 prusa I3**



He utilitzat aquesta impressora 3d per fabricar la peça base, la peça compressora i la que subjecta tota l'estructura per dalt. També es la impressora amb la qual he fet el treball, canviant-li l'extrusor.

- **2 motors pas a pas**



Un motor pas a pas és un motor elèctric sincrònic sense escobretes, que pot dividir una rotació sencera en un gran nombre de passos, per exemple, 100 passos. Així, el motor es pot fer girar un angle precís.

Els dos motors pas a pas els farem servir per fer baixar i pujar la peça compressora, ja que faran girar les dues barres roscades que encaixen amb les rosques fent baixar o pujar la peça depenent del sentit en que girin.

- **2 rosques**



Aquestes rosques van fixades a la peça encarregada de comprimir la xeringa per dins. Quan el cargol que la travessa gira, la famella es desplaça cap a dalt o cap a baix, depenent del sentit de gir.

- **xeringa**



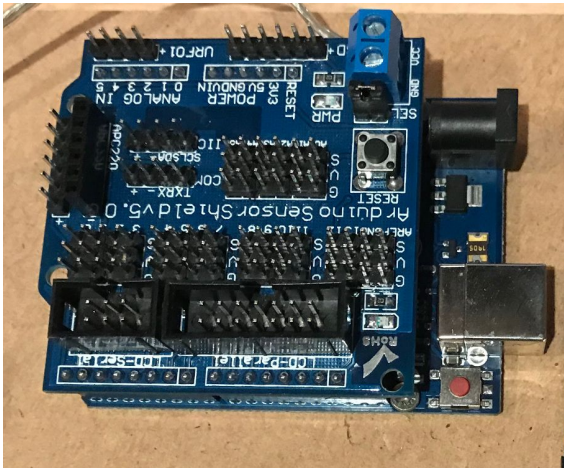
La xeringa és la portadora del material, aquesta serà comprimida per la peça compressora i traurà el material a pressió.

- **2 acobladors amb mobilitat rotatoria**



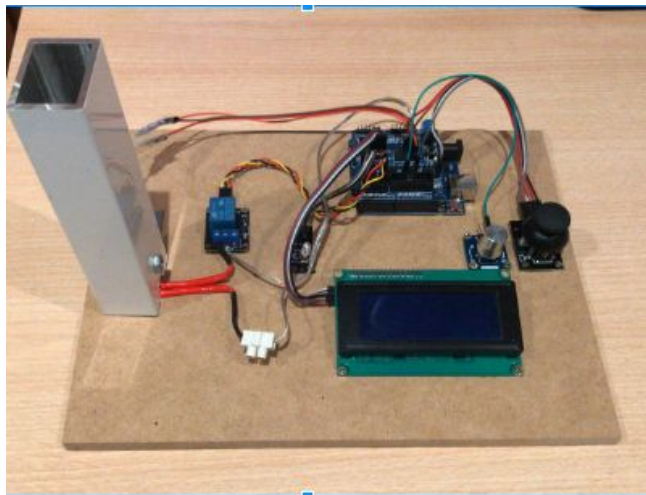
Aquests, juntament amb la peça de dalt de tot a la qual estan fixats, subjecten les dues barres roscades i tanquen l'estructura de l'extrusor.

- **1 Arduino uno R3 + "Display Module shield for Arduino uno R3"**



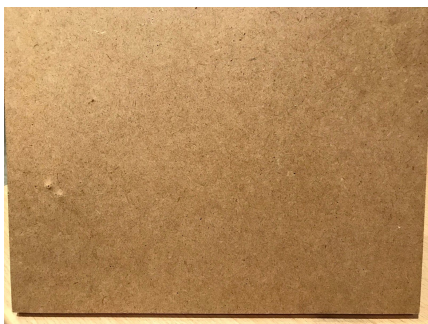
L'utilitzaré per controlar els motors pas a pas.

3.4.1.1.2 Preescalfador



Per tal de construir l'escalfador del producte el qual ha de ser injectat he utilitzat:

- 1 llistó de fusta de 29,1x28,3x1



- **1 Pantalla LCD 4X20**

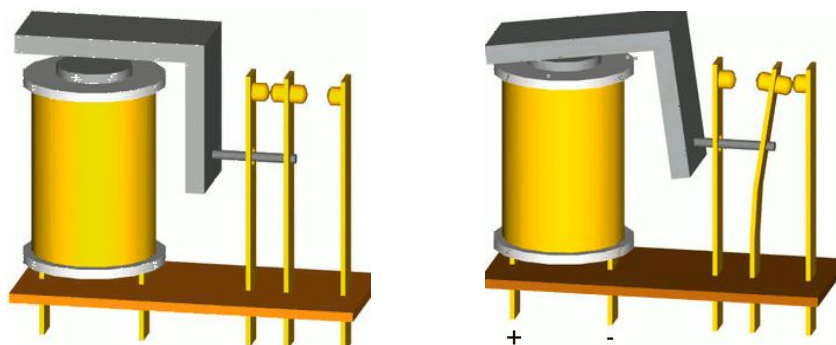


La pantalla ens anirà indicant la temperatura del tub, juntament amb les indicacions del què hem de fer. Pot mostrar 4 línies d'informació de 20 dígits cadascuna.

- **1 relé**



Un relé és un dispositiu electromagnètic. Consta d'una bobina i dos o més contactes de sortida. Quan s'excita la bobina, el camp magnètic creat actua sobre una placa metàl·lica que fa variar la posició dels contactes commutats de sortida.



Relé-Viquipedia <https://ca.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

- **Resistència tèrmica**

Per a la realització de la resistència tèrmica es fa servir un capçal tèrmic d'impressora 3D (Hotend) del qual s'aprofita el prisma metàl·lic, la resistència tèrmica i el termistor NTC. Funciona a 12 V i consumeix 3A (36 W), per la qual cosa s'ha d'actuar a partir d'un relé, perquè el senyal de sortida de l'Arduino està limitat a una tensió de 5 V i un corrent màxim de 40 mA.



- **1 led RGB**



És un led RGB, o sigui, són tres leds de colors vermell, verd i blau integrats en un mateix encapsulat que, quan es combinen, poden formar qualsevol color, tal i com ho fa un píxel a una pantalla LCD.

- **1 "joystick"**



Aquest joystick ens servirà per moure'ns pel menú.

- **1 tub rectangular d'alumini**



Dins d'aquest tub d'alumini de perfil rectangular s'introdueix la xeringa amb el material que es farà servir per imprimir. La seva finalitat és escalfar el material de la xeringa per tal que perdi la seva consistència i viscositat, possibilitant així que pugui ser extrusionat més fàcilment.

- **Prisma metàl·lic del hotend juntament amb la resistència tèrmica**



Aquests dos elements junts, collats a l'interior del perfil d'alumini, són els encarregats d'escalfar el producte de la xeringa fins a la temperatura adequada.

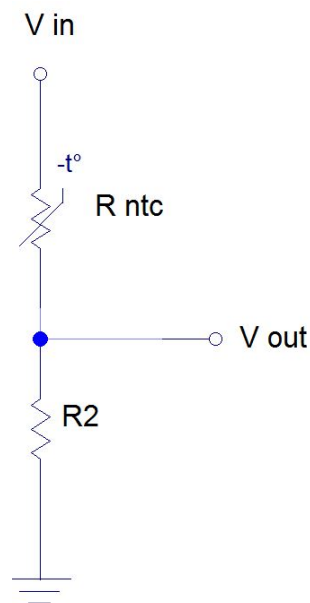
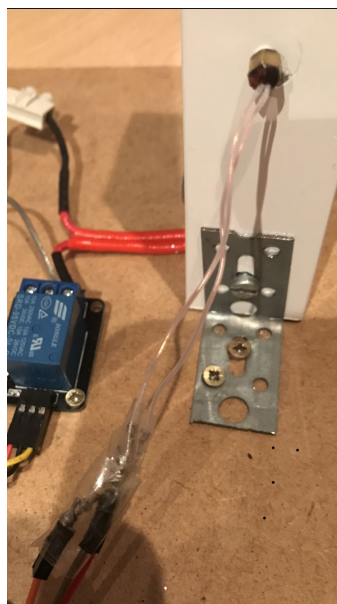
El fet d'aprofitar el prisma metàl·lic del hotend ens proporciona prou superfície de contacte entre les parets i el prisma per aconseguir augmentar la temperatura de manera eficient.

- **Termistor (NTC)**



El sensor tipus NTC (Negative Temperature Coefficient) és una resistència variable que disminueix el seu valor quan augmenta la temperatura del seu voltant. Aquest sensor s'aprofita del Hotend emprat per fer la resistència tèrmica, però ara es troba enroscat al tub metàl·lic i connectat a una entrada analògica de la placa Arduino per tal de realitzar el control de temperatura del tub.

- Divisor de tensió



Per tal d'efectuar la lectura de la temperatura del tub metàl·lic s'utilitza un divisor de tensió format per dues resistències, una d'elles una NTC.

Per tal d'aconseguir un voltatge centrat de la meitat del valor màxim de lectura de l'Arduino, el valor de la resistència $R2$ té el mateix valor que el mesurat a la resistència NTC a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtenint, així, $2,5\text{ V}$ de tensió de sortida del divisor de tensió

Si apliquem la llei d'Ohm entre V_{in} i V_{out} trobem:

$$V_{in} = (R_{ntc} + R2) \cdot I \quad (\text{eq. 1})$$

La caiguda de tensió a la $R2$ val:

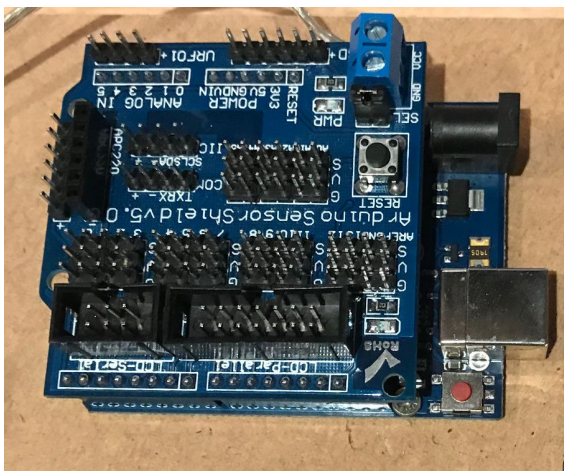
$$V_{out} = R2 \cdot I \quad (\text{eq.2})$$

L'objectiu és trobar la tensió a la sortida (V_{out}) en funció de variació de R_{ntc} ; per això, aïllem la intensitat de l'equació (1) i la substituïm a l'equació (2), llavors,

$$V_{out} = R2 \cdot V_{in} \div (R_{ntc} + R2) \quad (\text{eq.3})$$

Quan augmenta la temperatura, la resistència del NTC (R_{ntc}) disminueix i, com que es troba al denominador de l'equació 3, el valor de V_{out} augmenta. L'Arduino interpretarà aquest augment de tensió com un augment de temperatura i ho mostrarà per pantalla.

- **1 Arduino uno R3 + "Display Module shield for Arduino uno R3"**



L'Arduino és una placa de circuit imprès simple, basada en el microcontrolador de codi obert provinent de la plataforma de codi obert Wiring, amb l'objectiu de fer més simple i accessible el disseny de circuits electrònics amb microcontroladors. Consta de 14 entrades digitals configurables d'entrada i/o sortida que operen a 5 volts i 6 entrades analògiques, les

quals proporcionen una resolució de 10 bits. Els pins 3, 5, 6, 9, 10 i 11 poden proporcionar una sortida PWM (Pulse Width Modulation).

L'Arduino el faré servir per automatitzar tot el sistema de l'escalfador.

3.4.2 Programació

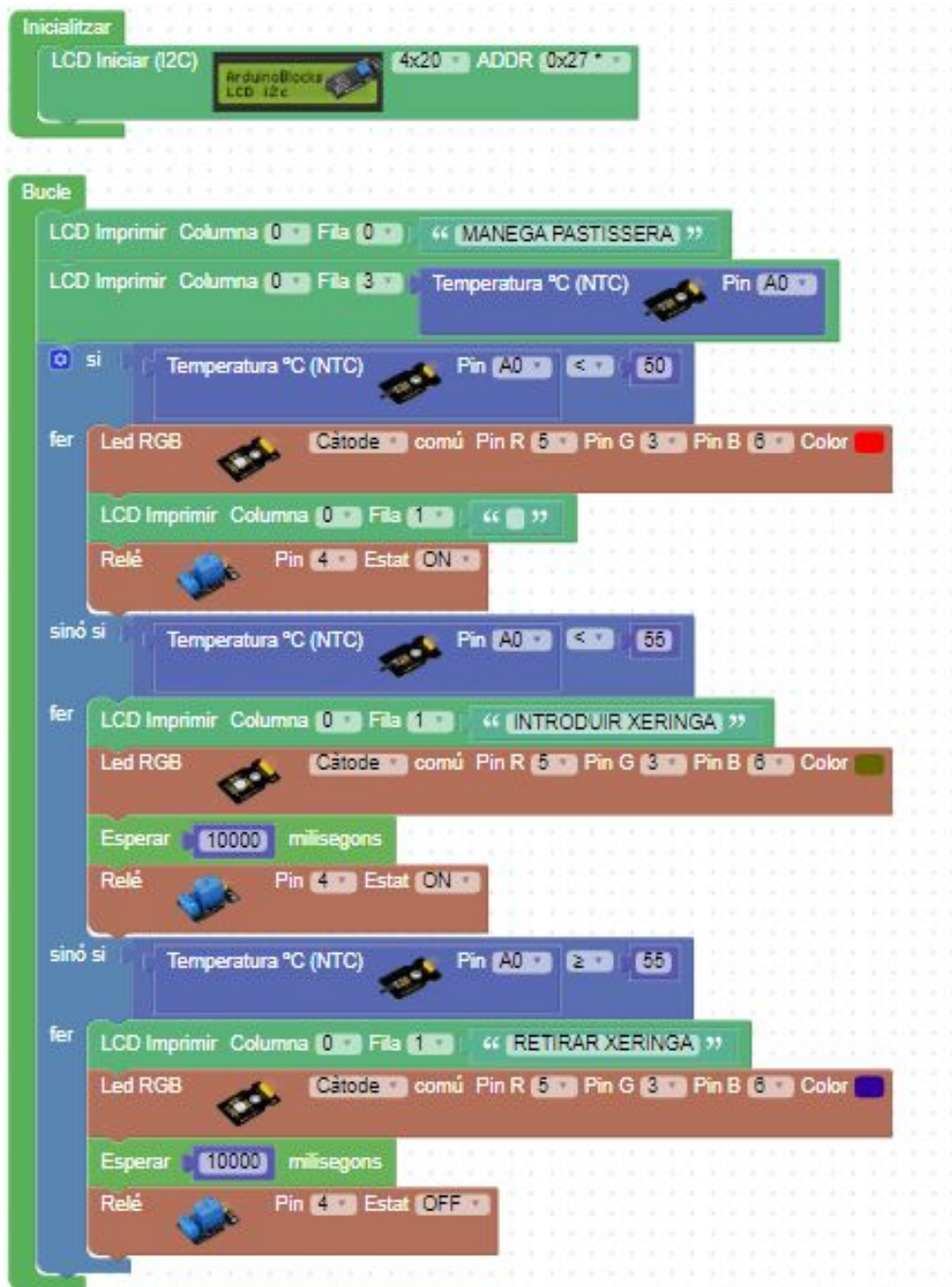
Programa comentat amb extensió .ino que controla el preescalfament del producte amb arduino UNO:

<pre>#include <Wire.h> #include "ABlocks_LiquidCrystal_I2C.h" #include <math.h> LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); double fnc_ntc(int _rawval) { double temp; temp = log(((10240000/_rawval) - 10000)); temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * temp * temp))* temp); temp = temp - 273.15; return temp; } void setup() { lcd.begin();lcd.noCursor();lcd.backligh t(); pinMode(A0, INPUT); pinMode(5, OUTPUT); pinMode(3, OUTPUT); pinMode(6, OUTPUT); pinMode(4, OUTPUT); } void loop() { lcd.setCursor(0, 0);</pre>	<p>-Aquestes tres primeres línies inclou les llibreries necessàries per fer funcionar els sensors i actuadors així com la l'objecte matemàtic.</p> <p>- Es sistema de LCD escollit ocupa 2 entrades analògiques la 11 i la 12. Definim que el LCD és de 4 files i 20 caràcters.</p> <p>-Es crea una variables que s'encarrega d'emmagatzemar el valor de temperatura que es mesura del NTC. Com que és una lectura de tensió, variable (rawval) hem de transformar-la al valor de temperatura (temp) La variable temp és la que es mostra per pantalla.</p> <p>-Es defineix la configuració (setup) dels pins d'entrada (input), de sortida (outputs) i es defineix que a la pantalla LCD no hi ha cursor, s'engega i que el fons és llum fosca.</p> <p>-El pin 0 és analògic i d'entrada. Correspon al sensor NTC</p> <p>-Pins 5, 3, 6 i 4 Sortides digitals.</p> <ul style="list-style-type: none">- 5,3 i 6 el fem servir pel LED RGB- 4 actua sobre el relé per activar la resistència tèrmica. <p>-Loop és un bucle, la part del programa que engloba estarà sempre en marxa.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<pre> lcd.print(String("MANEGA PASTISSERA")); lcd.setCursor(0, 3); lcd.print(fnc_ntc(analogRead(A0))); if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) < 50)) { analogWrite(5,255);analogWrite(3,0);ana logWrite(6,0); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(String("")); digitalWrite(4,HIGH); } else if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) < 55)) { lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(String("INTRODUIR XERINGA")); analogWrite(5,102);analogWrite(3,102);a nalogWrite(6,0); delay(10000); digitalWrite(4,HIGH); } else if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) >= 55)) { lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(String("RETIRAR XERINGA")); analogWrite(5,51);analogWrite(3,0);anal ogWrite(6,153); delay(10000); digitalWrite(4,LOW); } } }</pre>	<p>Imprimeix a la primera línia del display LCD "MANEGA PASTISSERA"</p> <p>Imprimeix per pantalla a la 4a línia el valor que llegeix el sensor NTC.</p> <p>1a condició si el valor de la temperatura es inferior a 50 executa:</p> <p>Borra la línia 2 per si hi ha quelcom escrit i activa la sortida 4 posant en marxa la resistència tèrmica accionada pel relé</p> <p>2a condició (else if) si s'està executant la condició anterior tot i que aquesta també es compleixi, queda sense efecte, per tant, entra en joc només quan la primera no es compleix) -si la temperatura és inferior a 55. - Imprimeix a la segona línia del LCD "INTRODUIR XERINGA". - Activem la sortida 4 per si ve de la condició 3 que com es veurà a continuació està aturat.</p> <p>3a condició només s'executa si la primera i la segona anteriors no es compleixen, en el moment que una les dues es compleixen queda sense efecte.</p> <p>Apareix per pantalla el missatge "RETIRAR XERINGA"</p> <p>Fem una pausa de 10000 ms (delay) abans que es desactivi la sortida 4 que governa la resistència tèrmica.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Aquesta pausa final és deguda a que quan assoleix la temperatura de 55° C pot fluctuar i podríem trobar que la sortida 4 s'activi i es desactivi contínuament. També, ens assegurem que el producte tingui la mateixa temperatura a tots els seus punts.

Programació per blocs del mateix programa explicat anteriorment amb codi: (comentat el funcionament al punt 2.5.2 del treball)



4. Revisió:

4.1 Consideracions sobre la temperatura de l'extrusor

Quan anem a injectar la xocolata s'ha de tenir en compte que si la temperatura no arriba a 175°C, el firmware de la màquina 3D no posa en marxa el motor pas a pas de l'extrusor. Per aconseguir això, instal·lem un potenciòmetre que simularà l'esmenada temperatura.

Al codi gcode surt: M104 S175
M109 S175

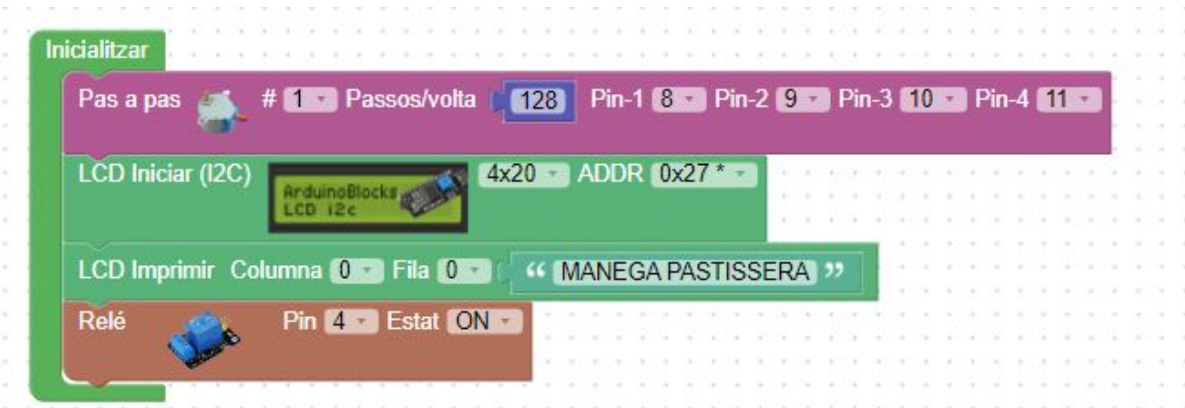
4.2 Us del joystick per pujar i baixar el sistema d'injecció

Quan el Joystick està a la posició de repòs marca un senyal analògic a través de l'entrada A1 de 50 en % sobre l'eix Y. 0 i 100 quan desplacem el joystick cap a els dos extrems de Y.

La condició que farem servir per si la posició intermitja fluctua és que si passa de 55 baixem i si baixa de 45 pujem.

4.3 Govern del motor pas a pas

Es defineix el motor pas a pas com a motor 1 (tot i que impulsarà dos alhora) i assignem 4 sortides (pins del 8 al 11).



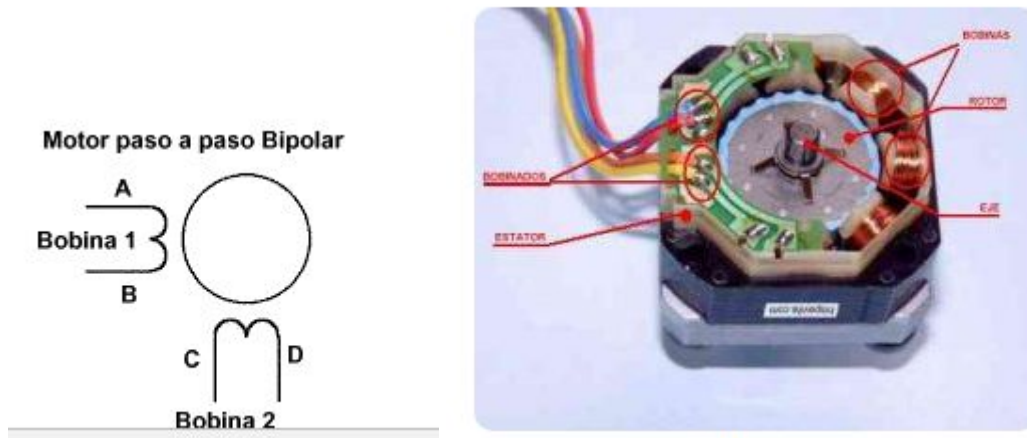
La condició de pujada i de baixada dependrà del valor de Y, executant la condició addient a cada cas.

nota: La velocitat del motor i els passos que fa cada vegada estan definits a continuació.



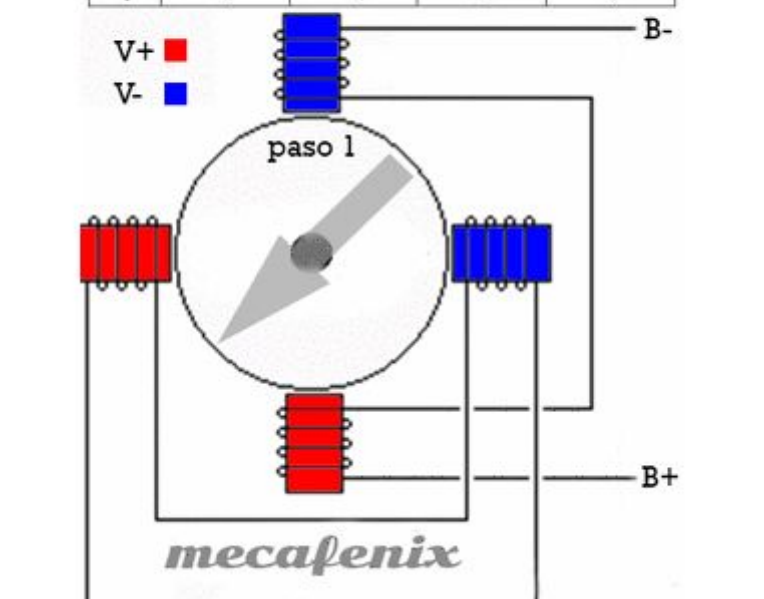
4.4 Accionament de l'injector per anàlisi de pulsos d'una sortida de l'extrusor

La sortida que governa l'extrusor de màquina 3D està dissenyada per un motor bipolar amb 2 bobines interiors que té una seqüència determinada.



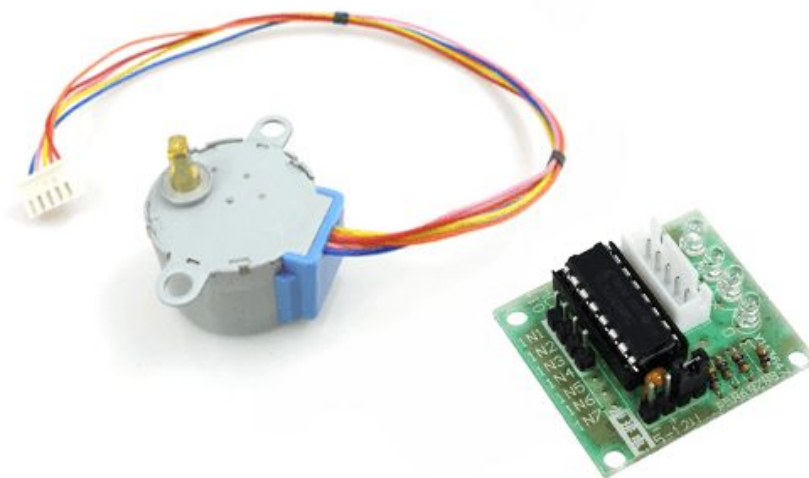
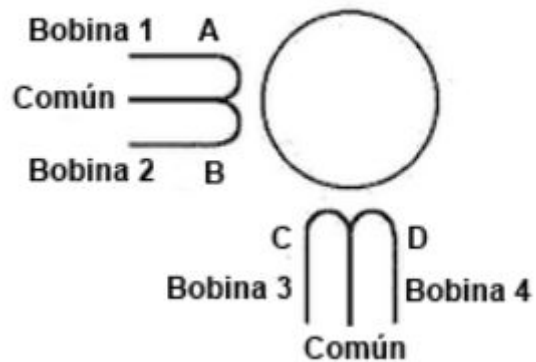
Seqüència de funcionament 4 fils:

Paso	A+	A-	B+	B-
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V



Però, els motors encarregats de empènyer l'èmbol de la xeringa són unipolars de 5 fils. Constructivament són iguals que els anteriors però tenen curtcircuitades les dues bobines separant-les en dues. L'altra característica és que té una reducció mecànica.

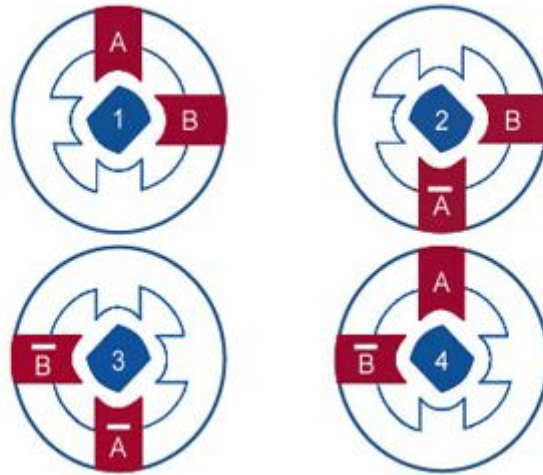
Motor paso a paso unipolar



motor-paso-paso-28byj-48-arduino-driver-uln2003

Hi ha tres possibles seqüències la que ens interessa és la que dongui un bon parell de torsió i millor comportament, el consum magnètic però és alt ja que, activa dos pols alhora sempre. (<https://www.luisllamas.es/motor-paso-paso-28byj-48-arduino-driver-uln2003/>)

e

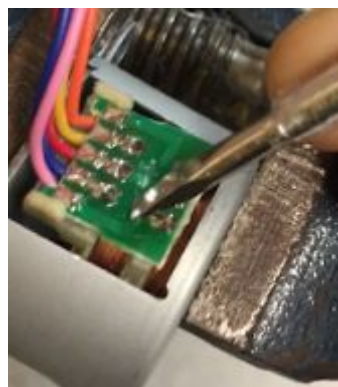


Paso	A	B	A'	B'
1	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

Arribat a aquest punt tenim dues possibilitats: podem utilitzar el motor unipolar com bipolar trencant el pont que curtcircuita les dues bobines i connectar els 4 cables directes del motor a la impressora 3D. O bé, analitzar els pulsos de baixada que envia la impressora per moure el motor pas a pas bipolar i “traduir-lo” amb l'arduino a la seqüència d'un motor unipolar amb a través del driver uln2003.

4.4.1 Modificació del motor 28byj-48 unipolar per que funcioni com a bipolar

Ruptura del pont que curtcircuita les dues bobines:



Els següent pas és eliminar el cable comú que és el vermell i amb el tester comprobo que el cable blau i el rosa són els extrems A i B de la bobina 1 i que el groc i el taronja són els extrems C i D de l'altra.

D'aquesta manera, puc connectar els motors directes en paral·lel a la sortida de la impressora 3D.

4.4.2 Motor unipolar amb identificació de la seqüència de pulsos de sortida de l'extrusor. (solució escollida)

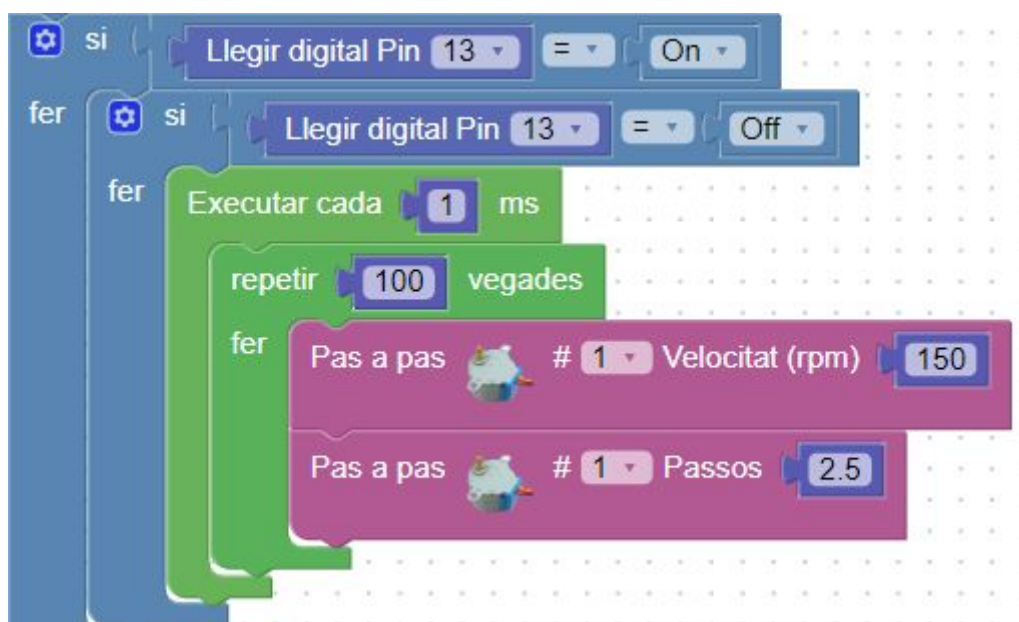
Com que quan la placa de la impressora 3D envia la seqüència que fa girar el motor de l'extrusor original que hem definit a la taula de funcionament d'un motor bipolar. Aleshores, la meua suposició és que quan el motor estigui en moviment les 4 sortides que accionen el motor canviarà d'un estat activat (1) a 0 i a l'inrevés.

Com que analitzar els 4 senyals de sortida de manera acurada seria molt complicat he simplificat el sistema i només he observat una de les sortides. De les quatre possibilitats, hi ha dues que quasi sempre envien un 1 tot i que la màquina estigui en repòs (motor frenat): així manté el motor amb força. (comprovat amb el tester). Aquestes les descartem i analitzem una de les altres dues.



Cal dir també, que aquestes sortides funcionen a 12V, aquest voltatge pot malmetre l'arduino i per tant solucionem aquest problema amb un divisor de tensió, aconseguint baixar la tensió que arriba a l'arduino fins a 5V.

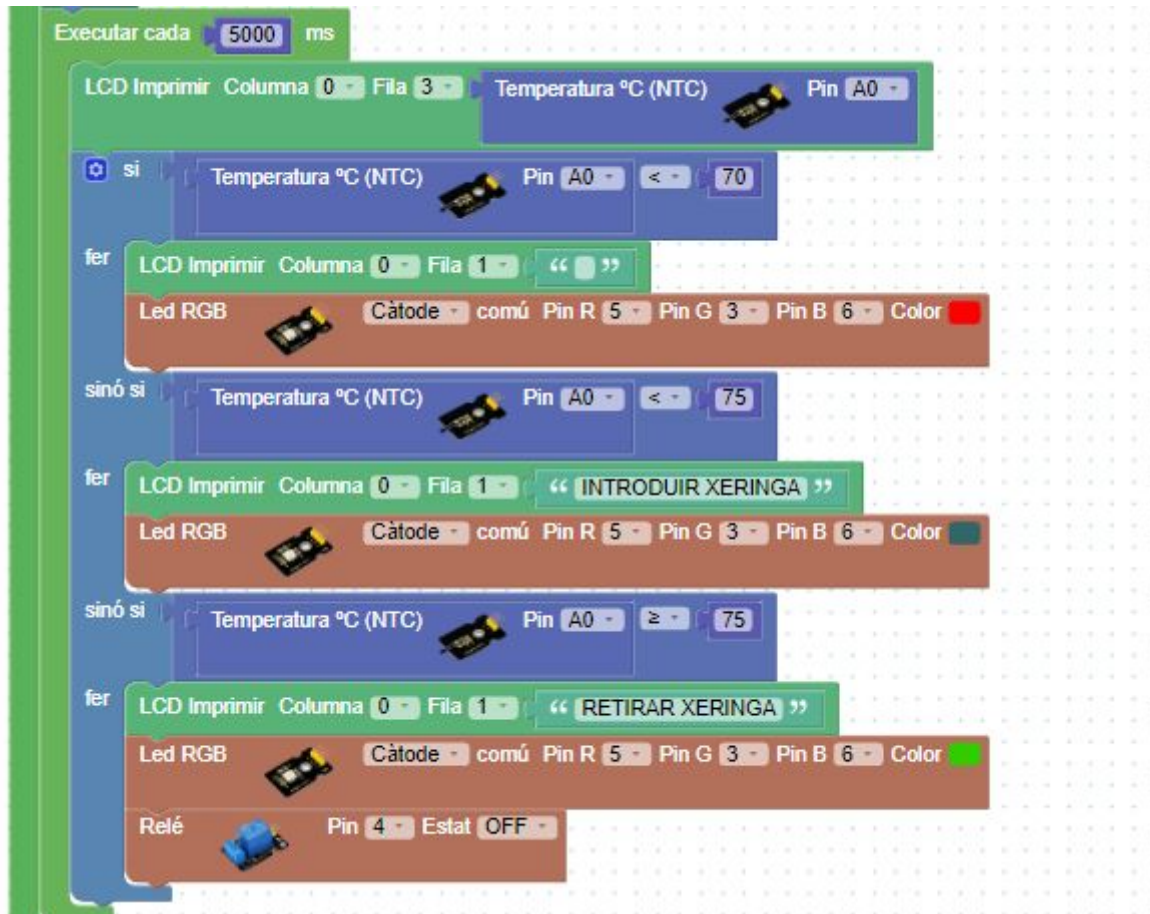
Finalment, he considerat que quan la sortida escollida passi d'un 1 a un 0 (flanc de baixada) en un interval de temps determinat el motor estarà movent-se i enviarem la seqüència de moviment al motor 28byj-48 a través del driver driver-uln2003. (Aclariment, com que aquestes sortides 12V d'aquestes senyals hem realitzat un divisor de sensió per baixar el voltatge que llegirà la placa arduino per tal de no fer-la malbé)



4.5 Mòdul d'escalfament de la xeringa

Al bucle o loop del treball vaig imposar que a cada moment s'actualitzés el valor de la temperatura del NTC i es visualitzés per LCD, però l'arduino, no podia realitzar aquesta acció i d'altres a l'hora. Per exemple, quan havia d'injectar la xocolata tenia tanta "feina" en mirar la temperatura que deixava d'accionar els motors d'injecció.

La solució va ser mesurar i actualitzar la temperatura al LCD cada 5 segons.



L'altra ajust és que el relé funcionarà fins la temperatura de 75 °C i deixarà de funcionar fins que no realitzem un reset a l'arduino.

La temperatura l'hem pujat fins a 75 °C per aconseguir segur els 55° C necessaris a l'interior de la xeringa segons els estudis de viscositat.

4.6 Programa total

```
#include <Stepper.h>
#include <Wire.h>
#include "ABlocks_LiquidCrystal_I2C.h"
#include <math.h>
```

```
double posicio_inicial;
double posicio_joystick;

String s_varText;

Stepper stepper_1(128,8,10,9,11);

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
unsigned long task_time_ms=0;

unsigned long task_time_ms2=0;

unsigned long task_time_ms3=0;

unsigned long task_time_ms4=0;

double fnc_ntc(int _rawval)
{
    double temp;
    temp = log(((10240000/_rawval) - 10000));
    temp = 1 / (0.001129148 + (0.000234125 + (0.0000000876741 * temp * temp ))*
temp );
    temp = temp - 273.15;
    return temp;
}

void fnc_interruptHandler_2(){

}

void setup()
{
    lcd.begin();lcd.noCursor();lcd.backlight();
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(13, INPUT);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(2, INPUT);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),fnc_interruptHandler_2,CHANGE);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(String("MANEGA PASTISSERA"));
    digitalWrite(4,HIGH);
}
```



```
void loop()
{
    posicio_joystick = map(analogRead(A1),0,1023,0,100);
    if ((posicio_joystick > 55)) {
        if((millis()-task_time_ms)>=1){
            task_time_ms=millis();
            stepper_1.setSpeed(150);
            stepper_1.step(120);
        }
        s_varText = String("baixa");
    } else if ((posicio_joystick < 45)) {
        if((millis()-task_time_ms2)>=1){
            task_time_ms2=millis();
            stepper_1.setSpeed(120);
            stepper_1.step((-120));
        }
        s_varText = String("puja");
    }
    if ((digitalRead(13) == true)) {
        if ((digitalRead(13) == false)) {
            if((millis()-task_time_ms3)>=1){
                task_time_ms3=millis();
                for (int count = 0; count < 100; count++) {
                    stepper_1.setSpeed(150);
                    stepper_1.step(2.5);
                }
            }
        }
    }
}

if((millis()-task_time_ms4)>=5000){
    task_time_ms4=millis();
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print(fnc_ntc(analogRead(A0)));
    if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) < 70)) {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(String(""));
        analogWrite(5,255);analogWrite(3,0);analogWrite(6,0);
    } else if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) < 75)) {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(String("INTRODUIR XERINGA"));
        analogWrite(5,51);analogWrite(3,102);analogWrite(6,102);
    } else if ((fnc_ntc(analogRead(A0)) >= 75)) {
        lcd.setCursor(0, 1);
```

```
    lcd.print(String("RETIRAR XERINGA"));  
    analogWrite(5,51);analogWrite(3,204);analogWrite(6,0);  
    digitalWrite(4,LOW);  
  }  
}
```

Mateix programa amb blocs:

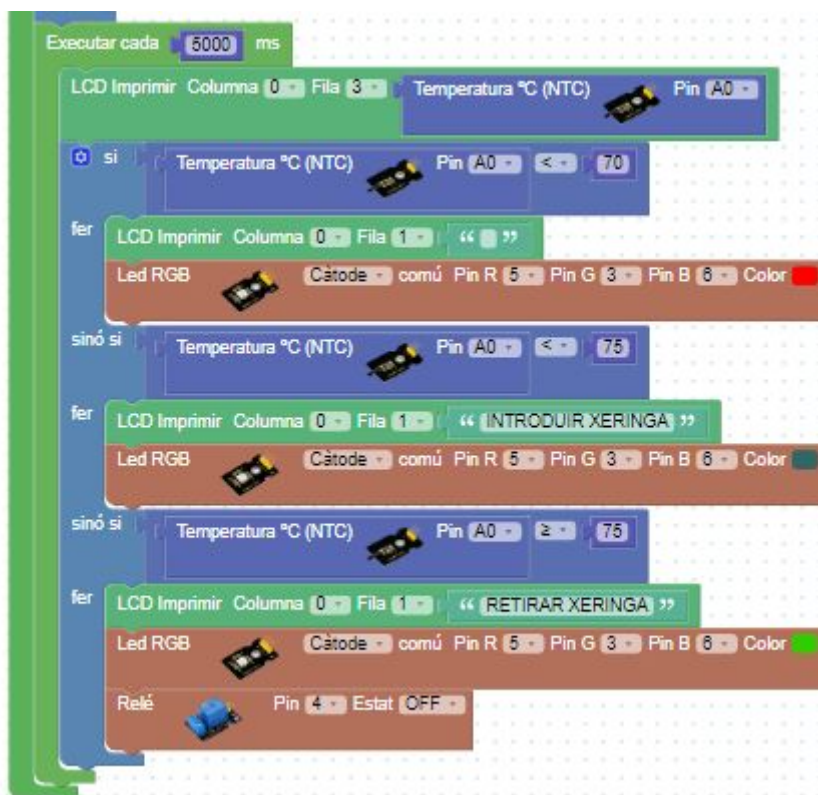
The image shows a block-based programming interface for an Arduino project. The main block is 'Inicialitzar' (Initialize), which contains four sub-blocks:

- Pas a pas** (Stepper): # 1, Passos/volta 128, Pin-1 8, Pin-2 9, Pin-3 10, Pin-4 11.
- LCD Iniciar (I2C)**: 4x20, ADDR 0x27 *.
- LCD Imprimir**: Columna 0, Fila 0, "MANEGA PASTISSERA".
- Relé**: Pin 4, Estat ON.

The image displays two segments of Scratch code. The first segment is a 'Bucle' (Loop) block that reads the 'posicio_joystick' variable. It contains two conditional 'si' (if) blocks. The first 'si' block checks if 'posicio_joystick' is greater than 55. If true, it enters a 'fer' (do) loop that runs every 1 ms, containing two 'Pas a pas' (Step by step) blocks: one for 'Velocitat (rpm)' set to 150 and another for 'Passos' set to 120. It also includes an 'Establir varText' (Set variable) block to 'baixa'. The second 'si' block checks if 'posicio_joystick' is less than 45. If true, it enters a 'fer' loop with 'Velocitat (rpm)' set to 120 and 'Passos' set to -120, and sets 'varText' to 'puja'. The second segment is another 'si' block that checks if digital pin 13 is 'On'. If 'On', it enters a 'fer' loop that checks if pin 13 is 'Off'. If 'Off', it enters a 'fer' loop that runs every 1 ms, containing a 'repetir' (repeat) block for 100 times, which itself contains a 'fer' loop with 'Velocitat (rpm)' set to 15 and 'Passos' set to 2.5.

```
graph TD
    subgraph "Bucle"
        A[Establir posicio_joystick = Posició del Joystick Pin A1 Y %]
        B[si posicio_joystick > 55]
        C[fer Executar cada 1 ms]
        D1[Pas a pas # 1 Velocitat rpm 150]
        D2[Pas a pas # 1 Passos 120]
        E[Establir varText = "baixa"]
        F[sinó si posicio_joystick < 45]
        G[fer Executar cada 1 ms]
        H1[Pas a pas # 1 Velocitat rpm 120]
        H2[Pas a pas # 1 Passos -120]
        I[Establir varText = "puja"]
    end

    subgraph "Digital Pin"
        J[si Llegir digital Pin 13 = On]
        K[fer si Llegir digital Pin 13 = Off]
        L[fer Executar cada 1 ms]
        M[repetir 100 vegades]
        N[fer Pas a pas # 1 Velocitat rpm 15]
        O[Pas a pas # 1 Passos 2.5]
    end
```



5 Avaluació i conclusions

Primer de tot m'agradaria destacar que he aconseguit que la màquina compleixi els requeriments que vaig plantejar inicialment. En primer lloc he aconseguit imprimir una petita figura i el meu nom amb xocolata sobre un pastís. Això ha estat possible gràcies a que també he aconseguit fabricar un preescalfador funcional. Sobretot m'agradaria remarcar el preescalfador, ja que és essencial per poder dur a terme la impressió amb xocolata per aconseguir reduir la viscositat i, per tant, per acomplir l'objectiu principal.

Per altra banda, possiblement, el model d'impressora usat no és del tot adient per al projecte ja que ocupa molt d'espai. Si plantejés el projecte ara compraria la Delta sinis T1 que és molt estreta. El que modificaria en aquest cas, a part de l'extrusor, és l'alçada ja que de sèrie és molt alta.



Si he fet aquest treball és perquè crec que el que he fet té futur ja que un dia o altre, la tecnologia influenciarà fortament la rebosteria, gastronomia, etc. De fet, crec que la meua mànegua, si tingués una mida més petita tipus cafetera

Nespresso o Termomix seria fins i tot útil a les llars, les pastisseries, etc, i, per tant, es podria comercialitzar.

Per realitzar aquest projecte, he hagut d'adquirir coneixements d'electrònica, de programes informàtics per crear figures 3D, he hagut d'aprendre el funcionament de les impressores 3D, el funcionament del gcode, a programar amb Arduino i sobretot a desenvolupar un projecte.

Tot i que sembli que aquest projecte ha anat sobre rodes no és cert; ha estat un projecte que ha tingut dificultats durant el procés, coses que no funcionaven, coses que s'han hagut de canviar i molts altres inconvenients que he anat trobant.

Finalment, estic molt satisfet amb els resultats obtinguts en aquest treball, ja que, a part que la màquina, ha funcionat, el treball m'ha aportat nous coneixements i experiències, i l'oportunitat de dirigir un projecte.

6. Agraïments

Primer de tot, voldria donar les gràcies al meu tutor, Joan Bosch, per donar-me suport en tot moment, ajudar-me en els aspectes que necessitava i sempre ser tan positiu.

També, agrair a la meua família el seu suport, tant anímic com econòmic. Sense ells no hauria estat possible realitzar aquest projecte.

7. WEBGRAFIA

LLAMAS, LUIS. Ingenieria, informática i diseño

www.luisllamas.es/maquina-de-estados-finitos-arduino/

WIKIPEDIA. La enciclopedia libre www.wikipedia.org

VICKIPEDIA. L'enciclopedia lliure www.wikipedia.org

R3ALD. Innovation for real 3D prints www.r3ald.com/que-es-un-fichero-stl

GONZÁLEZ, JUAN. Curso de Introducción del diseño 3D en FreeCad

<http://diwo.bq.com/course/curso-de-introduccion-a-freecad/>

PADI cnc. http://padicnc.com/index.php?link=G-Code/106_CorteSiluetaSimple

AMAZON. Distribuidor de productos <https://www.amazon.es/>

POLARIDAD.ES. Crear G-Code con Cura <https://polaridad.es/gcode-cura-imprimir-3d/>

DIDAC. Diccionari de català <http://www.dicdidac.cat/>

<https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/motores-bipolares>

<http://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

<http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/>

