

Imprimantă 3D în sistem cartezian

Proiect de diplomă

prezentat ca cerință parțială pentru obținerea titlului de Inginer în domeniul
Inginerie Electronică și Telecomunicații, programul de studii Microelectronică,
Optoelectronică și Nanotehnologii

Coordonatori științifici :

As. S.I. Dr. Ing. Horia Cucu

Prof. Dr. Ing. Corneliu Burileanu

Student:

Ghiniță Dana-Silvia

ANEXA 1

Universitatea "Politehnica" din București
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
Departamentul Dispozitive, Circuite și Aparatură Electronică


Aprobat Director de Departament :
Prof. Dr. Ing. Claudius Dan

TEMA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ a studentei Ghiniță Dana Silvia, grupa 443 E

1. Titlul temei: **Imprimantă 3D în sistem cartezian**
2. Contribuția practică, originală a studentului va consta în:
Proiectul de diplomă își propune realizarea unei imprimante 3D funcționale ce folosește ca metodă de imprimare tehnica imprimării prin extrudare. Lucrarea urmărește ca principale etape :
 - Proiectarea modelului 3D și realizarea mecanică a imprimantei
 - Integrarea părții electronice în sistemul fizic realizat și conectarea componentelor necesare pentru funcționare
 - Interfațarea între sistemul realizat și calculator printr-un software specific
3. Proiectul se bazează pe cunoștințe dobândite în principal la următoarele 3-4 discipline:
Microcontrolere, Programarea Calculatoarelor, Programarea Orientată pe Obiecte
4. Proprietatea intelectuală asupra proiectului aparține: *Laboratorului de cercetare Speech and Dialogue*
5. Locul de desfășurare a activității: *UPB, Centrul CAMPUS*
6. Realizarea practică/ proiectul rămân în proprietatea: *Laboratorului de cercetare Speech and Dialogue*
7. Data eliberării temei: *01.12.2015*

CONDUCATOR LUCRARE:

Ș.L. Horia Cucu

Prof. Dr. Ing. Corneliu Burileanu

STUDENT:

Ghiniță Dana-Silvia

**DECLARAȚIE DE ORIGINALITATE A
PROIECTULUI DE DIPLOMĂ/LUCRĂRII DE DISERTAȚIE¹⁾
(MODEL)**

Subsemnatul GHINIȚĂ DANA-SILVIA²⁾, posesor al
B.I./C.I./pașaport seria RT, nr. 834381, având CNP 2931125046216,
am întocmit proiectul de absolvire/diplomă/lucrarea de disertație cu
tema:³⁾ IMPRIMANTĂ 3D ÎN SISTEM CARTEZIAN

în vederea susținerii examenului de finalizare a studiilor universitare de licență/masterat organizat de către Facultatea de ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA INFORMATICĂ Departamentul MICROELECTRONICĂ, OPTOELECTRONICĂ ȘI NANOTEHNOLOGII din cadrul Universității POLITEHNICA din București, sesiunea IULIE 2016, anul universitar 2015-2016.

Luând în considerare conținutul art. 143 din Legea Educației Naționale nr. 1/2011 al. (4) „Îndrumătorii proiectelor de diplomă/lucrărilor de disertație răspund în solidar cu autorii acestora de asigurarea originalității conținutului acestora” și al. (5) „Este interzisă comercializarea de lucrări științifice în vederea facilitării falsificării de către cumpărător a calității de autor al unui/unei proiect de diplomă/lucrări de disertație”, declar pe proprie răspundere, că acest/această proiect/lucrare este original(ă), fiind rezultatul propriei activități intelectuale, nu conține porțiuni plagiate, iar sursele bibliografice au fost folosite cu respectarea legislației în vigoare.

Cunosc faptul că plagiatul sau prezentarea unui/unei proiect/lucrări, elaborat(ă) de alt absolvent sau preluată de pe internet, din manuale și cărți, fără precizarea sursei constituie infracțiune (furt intelectual și nerespectarea dreptului de autor și a proprietății intelectuale) și atrage după sine anularea examenului de diplomă/disertație, precum și răspunderea penală.

Data: 24.06.2016

Semnătura: Silvia Ghiniță
(în original)

¹⁾ Declarația se completează „de mână” și reprezintă un document care se depune la înscrierea pentru susținerea examenului de finalizare a studiilor.

²⁾ Numele, inițiala prenumelui tatălui și prenumele, cu majuscule.

³⁾ Denumirea proiectului de diplomă/lucrării de disertație, cu majuscule.

CUPRINS

Cuprins	7
Listă figuri	9
Listă acronime	11
CAPITOLUL 1 Introducere.....	12
1.1 Scopul lucrării	12
1.2 Definiție.....	13
1.3 Istorie.....	13
CAPITOLUL 2 Metode de printare 3D.....	14
2.1 Stereolitografia	14
2.2 Sinterizarea selectivă cu laser	15
2.3 Modelarea cu filament topit	16
2.4 Pulverizarea cu fotopolimer	17
2.4 Alte metode de printare 3D	18
CAPITOLUL 3 Principiile generale ale printării 3D	21
3.1 Modelarea.....	22
3.2 Printarea	22
3.3 Finalizarea	23
CAPITOLUL 4 Sisteme de control tridimensional	24
4.3 Sistem cartezian.....	25
4.3 Sistem polar.....	26

4.3	Sistem delta	26
CAPITOLUL 5 Componente folosite pentru construirea imprimantei		27
5.1	Motoare pas cu pas.....	28
5.2	Drivere de motoare.....	28
5.3	Placa Arduino MEGA2560	29
5.4	Modulul RAMPS	30
5.5	Senzori	31
5.6	Sistem de extrudare	32
5.7	Suprafață de printare	33
5.8	Sursă de alimentare	34
5.9	Componenta software	34
5.10	Schema bloc	35
CAPITOLUL 6 Componente realizate pentru construirea imprimantei		36
6.1	Modelarea 3D a pieselor	36
6.2	Realizarea pieselor	39
CAPITOLUL 7 Concluzii		41
3.1	Concluzii generale.....	41
3.1	Contribuții personale.....	42
3.1	Posibilități viitoare de dezvoltare.....	43
Bibliografie		45

LISTĂ FIGURI

Figura 2.1 Tehnica de printare SLA	14
Figura 2.2 Printarea de tip SLS	15
Figura 2.3 Principiul imprimantelor de tip FDM/FFF	16
Figura 2.4 Tehnologia pulverizării cu fotopolimer.....	16
Figura 2.5 Obiect realizat prin tehnica LOM.....	17
Figura 3.1 Model 3D proiectat cu programul Inventor.....	19
Figura 3.2 Obiect modelat 3D cu suport.....	20
Figura 4.1 Imprimanta 3D cu sistem de deplasare cartezian	23
Figura 4.2 Imprimanta 3D în sistem polar	24
Figura 4.3 Imprimanta 3D în sistem delta	25
Figura 5.1 Motor NEMA 17 (a) și modul de conectare al acestuia (b)	27
Figura 5.2 Schema de interconectare pentru driver	27
Figura 5.3 Placa de dezvoltare Arduino MEGA2560	28
Figura 5.4 Modul RAMPS 1.4.....	29
Figura 5.5 Limitator mecanic pentru axa X	30
Figura 5.6 Element termic de încălzire	31
Figura 5.7 Radiatorul și cavitatea termică	32
Figura 5.8 Suprafața de printare.....	33
Figura 5.9 Schema bloc a componentelor imprimantei 3D carteziene	34

Figura 6.1 Mecanism de translație pe axa Z	36
Figura 6.2 Mecanismul de împingere și fixare a filamentului.....	37
Figura 6.3 Suport ventilator	37
Figura 6.4 Sistemul de tensionare a curelei de transmisie.....	38
Figura 6.5 Radiator din aluminiu.....	39
Figura 6.6 Sistemul de extrudare	39

LISTĂ ACRONIME

SLA	– Stereolitografie (Stereolithography)
SLS	– Sinterizare selectivă cu laser (Selective Laser Sintering)
FDM	– Modelare cu filament topit (Fused Deposition Modeling)
FFF	– Fabricare cu filament topit (Fused Filament Fabrication)
ABS	– Acrilonitril butadien stiren (Acrylonitrile Butadiene Styrene)
UV	– Ultraviolete (Ultraviolet)
STL	– Fișier în format sterolitografic (Sterolithography File Format)
PC	– Policarbonat (Polycarbonate)
PEI	– Politermide (Polyetherimide)
ISO	– Organizația mondială pentru standardizare
J-P	– Fotopolimer pulverizat (Polyjet or Jetted Photopolymer)
NEMA	– Asociația națională a manufacturii electrice
LOM	– Fabricarea obiectelor laminate
SLM	– Topirea selectivă cu laser
DLP	– Expunerea digitală la lumina
CAD	– Proiectare asistată de calculator
IDE	– Mediu de dezvoltare Integrat

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1 SCOPUL LUCRĂRII

Tehnica de printare 3D este o latură relativ nouă a tehnologiei ce a cunoscut o evoluție importantă în ultimii ani. Până nu de mult părea imposibil ca orice obiect gândit și proiectat de om să fie realizat prin aparatura la îndemâna consumatorului, dar odată cu trecerea timpului a devenit din ce în ce mai ușor. Creșterea interesului pentru domeniul printării 3D este vizibil atât în rândul pasionaților de tehnologie, cât și în rândul consumatorului obișnuit. Ca urmare a acestui interes și a creșterii cererii de piață, a devenit din ce în ce mai simplu realizarea unei imprimante 3D cu preț redus.

Lucrarea de față are drept scop evidențierea pașilor tehnologici de realizare a unei imprimante 3D cu ajutorul unor dispozitive și tehnologii accesibile, folosind cunoștințele dobândite în facultate dar și experiența realizării unor proiecte anterioare.

Motivația personală pentru realizarea acestei lucrări a pornit de la dorința de a construi o imprimantă 3D în sistem cartezian cu dimensiuni reduse, ce poate fi portabilă în funcție de situație și care să îndeplinească cerințele unei imprimante 3D carteziene profesionale, folosind componente la îndemâna unui utilizator obișnuit. Astfel, proiectul integral reprezintă un pas important în industria imprimantelor 3D portabile, ce pot fi montate cu ușurință în orice laborator, birou, sau chiar în locuința personală, fără a ocupa un spațiu mare.

1.2 DEFINIȚIE

Printarea 3D sau depunerea strat cu strat este un proces de realizarea a unui obiect tridimensional de orice formă proiectat digital. Obiectul 3D este efectuat printr-un proces aditiv în care straturi succesive de material sunt depuse în diferite forme. Diferența dintre tehnica de printare 3D și metoda tradițională de fabricare a obiectelor este ca în loc să se elimine materialul în exces, materialul este depus în formă dorită încă de la început, fără a mai fi nevoie de prelucrări ulterioare.

1.3 ISTORIE

Începutul printării 3D a avut loc în anul 1976, când imprimanta cu tuș a fost inventată. În 1984 au avut loc adaptări și progrese a conceptului de printare ce a evoluat de la printarea cu cerneală la printarea cu o gamă diversă de materiale. În deceniile ce au urmat, o varietate de aplicații 3D au fost dezvoltate în mai multe domenii industriale, dar nu numai. Prima imprimantă 3D a fost creată de Charles Hull în 1984, ceea ce a permis crearea de obiecte reale pe baza datelor proiectate digital. Această evoluție a dus la crearea unui avantaj în testarea prototipurilor înainte de începerea producției în masă, astfel economisind mult capital.[1]

În anii 90, primul mecanism SLA (Stereolitografie) a fost produs de 3D System, sistem ce a dovedit că piese complexe pot fi realizate în câteva ore. Odată cu evoluția tehnologică, au apărut imprimante 3D ce pot printa chiar și organe din țesut celular, ceea ce duce la o dezvoltare a industriei medicale. Dar revoluția printării 3D nu se oprește aici, atât domeniile transporturilor, electronicii, fabricației, comercial au cunoscut o îmbunătățire datorită acestei noi tehnici, fapt ce ne convinge că imprimantele 3D vor deveni din ce în ce mai necesare.

În anul 2008 a apărut prima imprimantă 3D cu capacitate de a-și printa o mare majoritate a părților sale componente. Dispozitivul a fost lansat ca parte din proiectul RepRap sub denumirea de Darwin și a condus industria spre domeniul creării unor imprimante ce se pot auto-replica.

Începând cu anul 2009 au fost disponibile pe piață o varietate de kit-uri ce au permis construirea unei imprimante 3D la cost redus și într-un timp relativ scurt.

Anul 2011 a reprezentat pentru industria printării 3D un pas important în evoluția imprimantelor 3D în domeniul medicinei. O echipă de cercetători împreună cu medicii unui spital din Statele Unite ale Americii au prezentat un prototip de rinichi funcțional ce a fost printat 3D în totalitate și care poate rezolva problema transplantului pentru peste 92 000 de persoane înscrise pe listele de așteptare. Chiar și în prezent se lucrează intens la perfecționarea sistemului de printare astfel încât tehnologia să fie sigură pentru pacienți, dar și accesibilă ca preț astfel încât un mare număr de oameni să poată beneficia de această soluție.

În capitoul ce urmează vom analiza în detaliu mai multe categorii de imprimante 3D, ce diferă prin tehnica de printare utilizată în procesul de fabricație. Toate imprimantele 3D aparțin clasei de aparaturi de fabricare aditivă, dar se pot împărți în mai multe categorii în funcție de procesul de realizare al obiectului tridimensional final. În următorul capitol vor fi prezentate mai multe tipuri de imprimante 3D și detalii în legătură cu producerea pieselor proiectate digital.

CAPITOLUL 2

METODE DE PRINTARE 3D

2.1 STEREOLITOGRAFIA

Folosind proprietățile rășinii lichide de a fi solidificată la o anumită lungime de undă, o imprimantă 3D de tip SLA funcționează prin concentrarea unui fascicul de lumină UV pe suprafața unui recipient umplut cu rășină lichidă. Un strat subțire este tras cu fasciculul UV la un moment dat și un obiect va fi construit strat cu strat, straturi ce vor fi în final lipite împreună prin tehnologia cu laser. După aceea, un model plin, cu rezoluție foarte ridicată va fi ridicat din recipientul de suport. Rășina lichidă nefolosită poate fi recolectată pentru un alt proiect de printare ulterior. Această metodă a fost folosită la prima imprimantă 3D disponibilă comercial, inventată de Charles Hull în 1986. La vremea aceea nu era vândută sub denumirea de imprimantă 3D și era folosită pentru a demonstra idei și a testa diverse modele. [3]

Prin această metodă putem realiza prototipuri funcționale și ansambluri, modele de turnare, tipare, piese optimizate pentru mașinării și multe alte modele. Cu toate acestea, materialul folosit poate fi doar polimer epoxi flexibil sau rigid, ceea ce rezultă un domeniu limitat de materiale ce pot fi utilizate.

În figura 2.1 este prezentată tehnica SLA de printare 3D, folosind un laser UV, un sistem de scanare, rășină lichidă, platformă și un piston. După introducerea unui model în imprimantă, pe fiecare strat, fasciculul laser urmărește un tipar în secțiune transversală pe suprafața rășinii

lichide. Pistonul controlează platforma ce se deplasează în sus și în jos pentru a asigura construcția straturilor până ce obiectul este finalizat. Obiectul astfel rezultat trebuie curățat, eliminând straturile de suport și orice alt material în plus, după care obiectul trebuie întărit prin punerea acestuia într-un cuptor UV. În final, obiectul brut este terminat și gata pentru finisare și montaj.

Un avantaj al folosirii tehnici SLA este că se pot realiza obiecte cu modele geometrice complexe și mai ales cu suprafețe de printare fără imperfecțiuni, chiar și la obiecte de dimensiuni reduse. Aceste avantaje sunt contracarate de un dezavantaj major, și anume, costul foarte mare de realizare a unei astfel de imprimante.

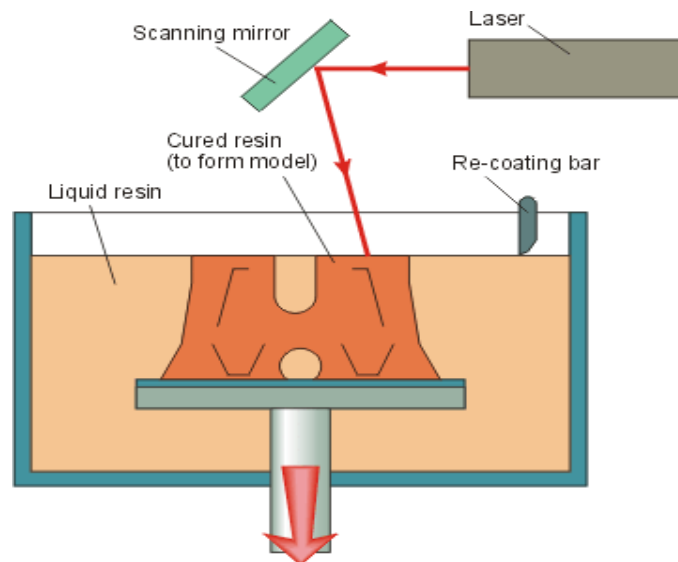


Figura 2.1 Tehnică de printare SLA [2]

2.2 SINTERIZAREA SELECTIVĂ CU LASER

Sinterizarea selectivă cu laser (SLS) este o combinație între printarea 3D tradițională și printarea 3D cu laser. Întregul proces este similar cu SLA cu excepția faptului că fasciculul UV este înlocuit de un laser și recipientul cu rășină este înlocuit de o bază sub formă de pudră, formată din : polistiren, ceramică, sticlă, nailon, dar chiar și metale precum : titan, aluminiu, argint și oțel. Acesta este un mare avantaj al SLS deoarece oferă posibilitatea de a produce obiecte într-o varietate mare de materiale. Această metodă folosește fasciculul laser pentru a încălzi pudra de material, iar pulberea este topită la un anumit punct (sinterizată). Pudra ce nu a fost sinterizată devine structură de suport pentru piesă. Nu există pierderi de material atunci când obiectul este finalizat, deoarece surplusul de material poate fi folosit la următorul proces de printare. SLS a fost inventat de Carl Deckard și colegii săi de la Universitatea din Texas, Austin în anul 1980. [4]

Figura 2.2 ilustrează construcția unei imprimante 3D de tip SLS. În afară de laser, sistemul de scanare, platformă și piston, datorită proprietăților de material a pulberii folosite, se va mai adăuga încă un sistem pentru fixarea materialului. Configurația constă într-o platformă de pulbere, un piston și un cilindru de presare, după cum se poate observa în figura 2.2. Pistonul este împins în jos în timpul procesului în timp ce pulberea este împinsă în partea opusă. Cilindru conduce pudra în secțiunea de fabricație pentru a livra materialul până ce obiectul este realizat complet. În interiorul unei mașinării SLS se afla cuptorul necesar pentru încălzirea materialului

la o temperatură aproximativă temperaturii de topire. Acest material, aproape topit, va fi încălzit selectiv de către fasciculul laser înainte de a fi lipit. Când obiectul este finalizat, este necesar un timp de așteptare până când materialul se răcește și se poate îndepărta, împreună cu stratul de sacrificiu ce se află la contactul cu suprafața de printare. După acest pas, obiectul este finalizat și pregătit pentru utilizare. [5]

Printre dezavantajele alegerii acestui tip de metodă de printare 3D, putem enumera în principal dimensiunea mare a sistemului de printare final, ceea ce presupune și costuri mai mari privind componentele mecanice conținute dar și imposibilitatea realizării unei astfel de imprimante de către un amator din pricina costului mare al materialelor consumabile.

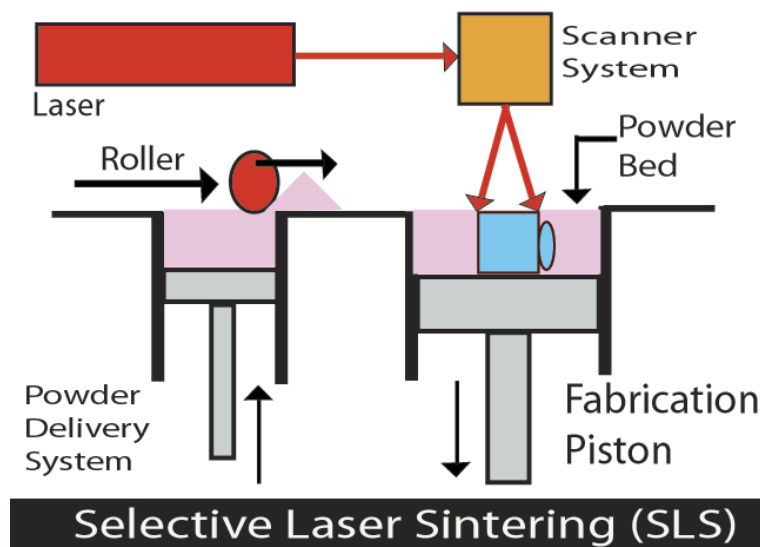


Figura 2.2 Printarea de tip SLS [6]

2.3 MODELAREA CU FILAMENT TOPIT

Dintre toate tipurile de imprimante 3D, această metodă are marele avantaj al prețului redus, atât al materialelor folosite pentru printarea propriu-zisă a componentelor imprimantei 3D, cât și a consumabilelor. De asemenea, este metoda folosită cel mai des pentru realizarea imprimantelor 3D de către persoanele pasionate în cadrul locuinței proprii, cu materiale ușor de procurat și la preț relativ redus. Cu ajutorul acestei metode, un filament dintr-un material termoplastice topit este extrudat prin duza aflată la capătul sistemului de scoatere a filamentului, pe suprafața de printare în straturi pentru a realiza obiectele proiectate. Fiecare nou strat va fi depus deasupra unui alt strat și alipit acestuia deoarece materialul extrudat se întărește aproape imediat după ce a fost scos prin duză. În mod uzual, imprimantele FDM folosesc plastic ABS, PLA, polimeri biodegradabili, iar unele mai "excentrice" folosesc chiar beton, ciocolată, zahăr sau alte alimente neobișnuite. Tehnica FDM a fost inventată în anii 1980 de către cercetătorul Scott Crump, fondatorul companiei Stratasys, companie ce se află în topul companiilor industriei de printare 3D. FDM este un termen provenit de la Fused Filament Modelling (Modelare cu filament topit), iar FFF reprezintă Fused Filament Fabrication (Fabricare cu filament topit). În cazul tehnicii FFF, un întreg tub, față de o duză, este folosit în procesul de alimentare cu material. Figura 2.3 descrie procesul de printare cu tehnica FDM/FFF. Straturile sunt suprapuse unul câte unul prin scoaterea materialului topit prin vârful extruderului. Filamentul de ABS este introdus de un mecanism ce are în componența role dințate și este topit în timp ce se află în sistemul de

extrudare, mai precis în cavitatea termică.[7]

Principalul dezavantaj al tehnicii FDM este că în cazul unor modele cu o complexitate ridicată din punct de vedere geometric, viteza de realizare a obiectului real crește semnificativ dar poate duce și la crearea unor mici imperfecțiuni de suprafață din cauza lipirii imperfecte a unor straturi. De asemenea, în cazul pieselor de dimensiuni reduse, rezoluția nu este la fel de bună ca în cazul pieselor de dimensiuni relativ mari.

Aplicațiile principale ale modelării de tip FDM sunt : realizarea prototipurilor în diverse domenii cu scopul testării, realizarea de ansamble și subansamble rezistente, proiectare conceptuală, producerea obiectelor de uz casnic și multe altele.

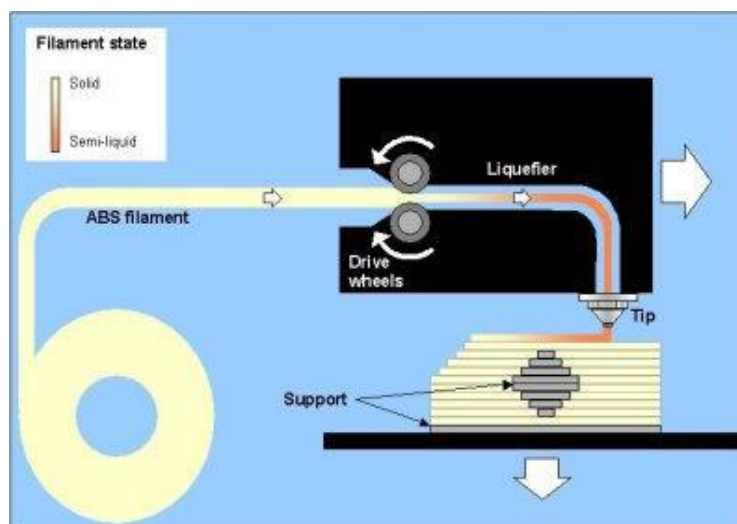


Figura 2.3 Principiul imprimantelor de tip FDM/FFF[8]

2.4 PULVERIZAREA CU FOTOPOLIMER

Această metodă este cea mai apropiată metodei de printare tradițională cu cerneală. Lichidul polimer este pulverizat afară în mod precis și întărit cu ajutorul luminii UV. Straturile sunt depuse succesiv până ce obiectul este finalizat. Această metodă are diverse avantaje : poate crea obiecte de constituție elastică și permite folosirea mai multor materiale și culori pentru a putea fi încorporate într-un singur obiect de o rezoluție înaltă. Această tehnologie a fost dezvoltată de Objet, companie ce acum face parte din Stratasys.[9]

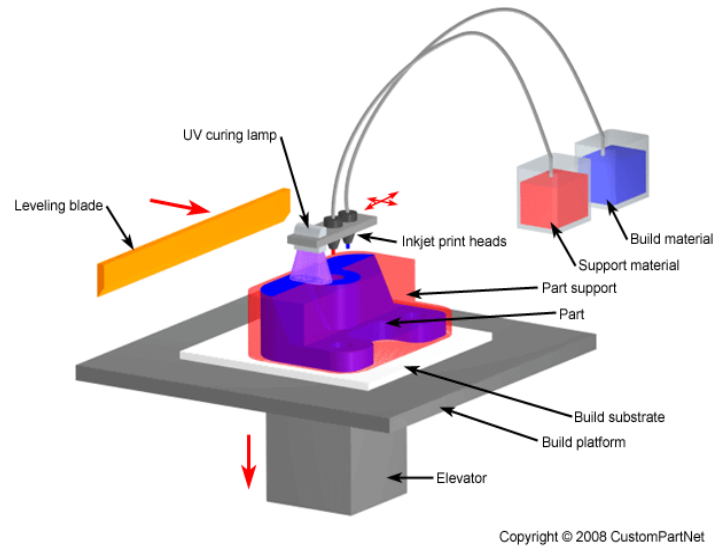


Figura 2.4 Tehnologia pulverizării cu fotopolimer [10]

2.5 ALTE METODE DE PRINTARE 3D

Există o varietate de metode de printare 3D în afara celor patru metode menționate anterior. De exemplu, extrudarea prin seringă poate fi folosită pentru printarea 3D, folosind aproape orice material ce poate fi încălzit. Astfel, ciocolata, brânza, argila, cimentul pot fi utilizate prin această tehnică neobișnuită.

SLM (Selective Laser Melting) – topirea selectivă cu laser este o metodă similară cu SLS ce topește complet pulberea de material înloc să o încălzească la temperatură apropiată temperaturii de topire. Este similară cu EBM, ce folosește fascicule de electroni în locul fasciculelor UV în timpul procesului de fabricație. Încă o metodă, numită LOM (Laminated Object Manufacturing) – fabricarea de obiecte laminate, metodă în care mii de straturi de material fabricate din hârtie adezivă pe ambele părți, plastic sau metal laminat, sunt lipite împreună în mod succesiv și tăiate în forma dorită cu ajutorul unei lame de cuțit sau a unui laser. Obiectul poate căpăta aspect precum lemnul, simulând inelele din interiorul tulpinei unui copac. În figura 2.5 avem o reprezentare a unui obiect produs prin tehnica LOM. Principalul dezavantaj al tehnicii LOM este varietatea mică de materiale ce pot fi folosite în fabricație, dar are ca avantaj rezoluția foarte bună și de asemea posibilitatea de a printa în culori foarte diverse. Aplicațiile principale în care se poate folosi LOM sunt : testarea formei modelelor fizice, printarea de piese color, realizarea de modele 3D de dimensiuni mari pentru un preț relativ scăzut în comparație cu alte metode de printare. [11]



Figura 2.5 Obiect realizat prin tehnica LOM [12]

Expunerea digitală la lumină (DLP) este un alt tip de tehnologie folosită în printarea 3D. DLP este un proces de fabricare aditivă ce prin intermediul unui fascicul UV se solidifica diverse tipuri de rășini polimerice lichide necesare aplicației. Avantajul acestei metode este calitatea produsului final obținut, obiectele fiind precise, cu suprafețe fine, indiferent de dimensiunea lor. Ca dezavantaj al metodei DLP putem menționa prețul ridicat atât în ce costă costul final al producerii piesei cât și costul de realizare al imprimantei 3D propriu-zise. Cu toate acestea, imprimantele 3D cu sistem de printare de tip DLP sunt folosite în testarea funcțională a prototipurilor pentru o diversitate de domenii industriale, dar și pentru realizarea obiectelor ce necesită precizie foarte mare, precum modele din industria medicală, electronică și industria automobilelor. [13]

CAPITOLUL 3

PRINCIPIILE GENERALE ALE PRINTĂRII 3D

3.1 MODELAREA

Modelele printabile 3D pot fi create cu un software de proiectare 3D sau printr-o scanare 3D. Procesul manual de modelare pentru realizarea datelor geometrice pentru grafica 3D computerizată este similară cu același proces în domeniul artelor plastice, spre exemplu sculptarea. Scanarea 3D este un proces de analiză și colectare de date digitalizate despre forma și aspectul unui obiect real. Pe baza acestor date, modele tridimensionale ale obiectelor scanate prin programe specializate pot fi reproduse.

Ambele procese de realizare de modele 3D, atât cel manual cât și cel automatic este destul de dificil pentru un consumator obișnuit. De aceea există nenumărate piețe de desfacere în acest domeniu, ce au apărut în ultimul deceniu, mai ales în mediul online. Printre cele mai cunoscute astfel de comunități se enumara : Thingiverse, Shapeways, MyMiniFactory, Threading, GrabCAD etc.

În figura 3.1. avem un model computerizat al imprimantei realizate cu ajutorul programului Autodesk Inventor. Schiță corespunde la scala obiectului real, toate dimensiunile fiind măsurate și proiectate astfel încât să ușureze munca în etapa de asamblare mecanică.

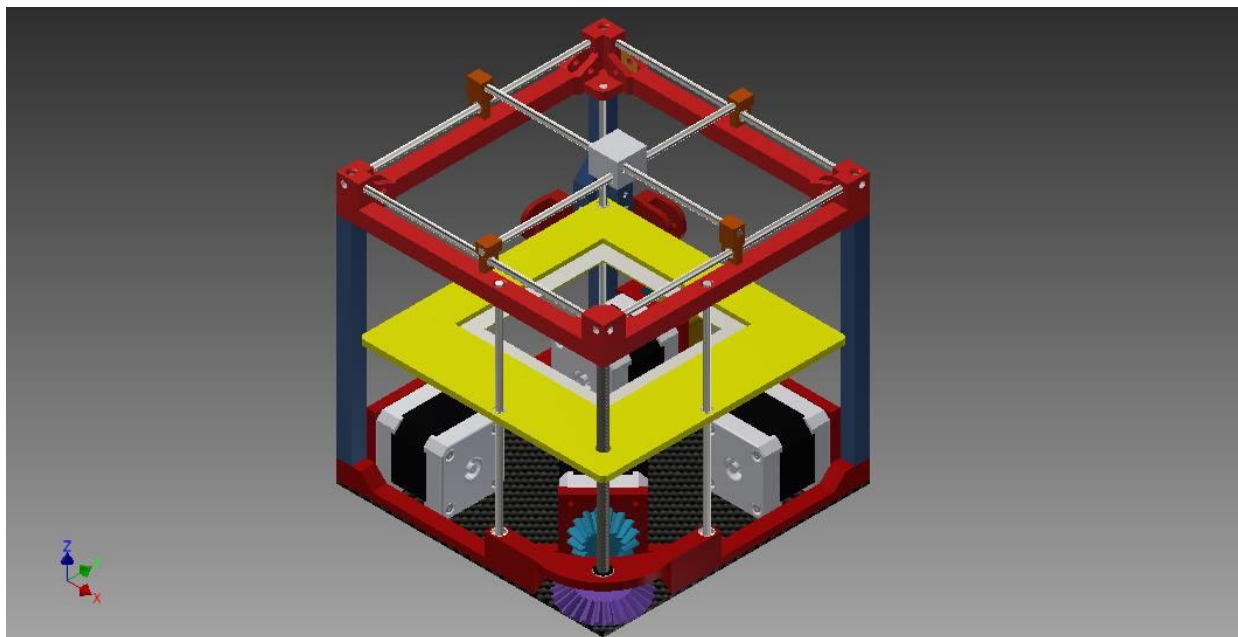


Figura 3.1 Model 3D proiectat cu programul Inventor

3.2 PRINTAREA

Înainte de a printa un model 3D dintr-un fișier de tip STL, trebuie în prealabil să fie procesat de un software, denumit în mod uzual “slicer”, ce convertește modelul într-o succesiune de straturi subțiri și produce o serie de comenzi de deplasare pe cele trei axe de deplasare și informații în legătură cu depunerea de material. Aceste comenzi formează G-Code (în cazul imprimantei studiate în această lucrare) dar denumirea poate diferi în funcție de imprimantă sau de software-ul utilizat. Există mai multe astfel de programe de tip “slicer” incluzând Skeinforge, Slic3r, KISSlicer, Cura, etc.

Imprimanta 3D urmează instrucțiunile din G-Code pentru a depune straturi succesive de material pentru a forma obiectul final. Aceste straturi, ce corespund cu secțiunile virtuale ale modelului CAD, sunt îmbinate automat și alipite, realizându-se astfel forma finală. Principalul avantaj al acestei tehnici este abilitatea de a crea aproape orice formă geometrică dorită.

Rezoluția imprimantei descrie grosimea stratului de material depus, rezoluția X-Y în număr de puncte per inch (dpi) sau micrometri (μm). Grosimea unui strat este în mod uzual în jurul valorii de $100\ \mu\text{m}$, adică 250 dpi, deși există imprimante ce pot realiza straturi de zeci de μm . Din software, putem modifica această grosime conform cu cerințele necesare aplicației. Rezoluția X-Y este comparabilă cu rezoluția în cazul imprimantelor tradiționale cu laser. Punctele sunt în jur de $50 - 100\ \mu\text{m}$ în diametru.

Construcția unui model prin metode contemporane poate lua de la câteva ore până la câteva zile, depinzând de metoda folosită, de mărimea și complexitatea modelului. Sistemele aditive pot reduce acest timp până la câteva ore, deși depinde de mașinăria folosită și de mărimea și numărul de modele produse simultan.

Tehnicile tradiționale precum injecția prototipurilor pot fi mai economice pentru fabricarea produșilor polimerici în cantități mari, dar fabricația aditivă este mai rapidă, mai flexibilă și mai ieftină când vine vorba de producerea unei cantități mici de obiecte. Imprimantele 3D dau proiectanților și echipelor de dezvoltatori conceptuali abilitatea de a produce prototipuri și obiecte de test cu o imprimantă de dimensiuni reduse.[14]

3.3 FINALIZAREA

Deși rezoluția realizată prin printare poate fi suficientă pentru o serie largă de aplicații, printarea unei versiuni de o dimensiune superioară a obiectului dorit în rezoluție standard și eliminarea materialului printr-un proces substractiv de rezoluție înaltă poate obține o precizie mai bună, necesară în anumite aplicații specifice.

Anumite tehnici de fabricare aditivă sunt capabile să utilizeze mai multe materiale în construirea unui obiect finit. Unele sunt capabile să printeze mai multe culori sau combinații de culori simultan. Unele utilizează o bază de suport în procesul de fabricare. Suportul este ușor de detașat sau, în unele cazuri, dizolvabil la finalizarea componentei, după cum se poate observa în figura 3.2. De asemenea, în figură putem sesiza o captură din programul software ce realizează conversia fișierelor de tip STL în fișier de comenzi interpretabile de imprimanta 3D. În cadrul acestui program putem configura mai mulți parametri precum grosimea stratului depus, modul de umplere a structurii, profilul, înclinarea, încadrarea modelului, etc.

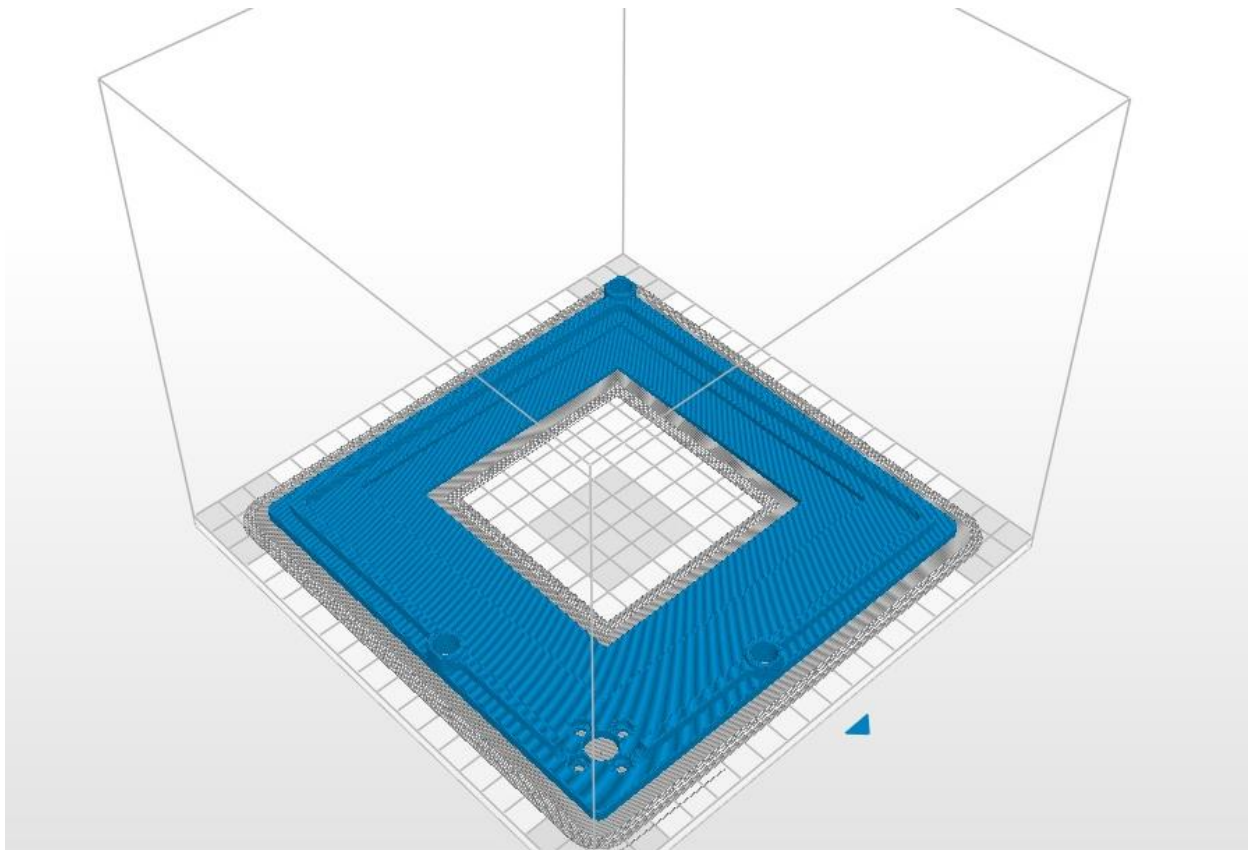


Figura 3.2 Obiect modelat 3D cu suport

În capitolul ce urmează sunt analizate principalele sisteme de descriere a deplasării în spațiu în cazul imprimantelor 3D și se realizează o comparație privind principalele avataje și dezavantaje a fiecărui sistem în parte precum și motivul alegerii sistemului cartezian în cadrul proiectului prezentat în această lucrare.

CAPITOLUL 4

SISTEME DE CONTROL TRIDIMENSIONAL

4.1 SISTEM CARTEZIAN

Imprimanta 3D cu sistem cartezian de deplasare este cel mai răspândit tip de model și de asemenea, modelul ales pentru imprimanta din această lucrare. Denumirea sa provine de la sistemul XYZ de coordonate folosit pentru deplasarea pe cele trei axe.

În general, pe axele X și Y se monteaza sistemul pentru extrudarea materialului, iar pe axa Z are loc deplasarea suprafeței de printare în sus sau în jos. Există și alte metode de montare a extrudării astfel încât proiectarea mecanică să fie mai ușoară. Principalul avantaj al alegerii modelului cartezian este simplitatea realizării unui astfel de sistem din punct de vedere mecanic dar, prezintă avantaje și din punct de vedere al utilizării software-ului ceea ce face ca acest sistem să fie ușor de realizat chiar și de către amatori. Dimensiunea unui astfel de imprimante cu sistem cartezian, se poate configura să fie oricât de mică sau de mare este necesar pentru aplicația în care este utilizată, păstrând aria de printare relativ proporțională cu mărimea imprimantei. Acest avantaj a condus la realizarea imprimantei descrise în această lucrare, ce are o dimensiune cu mult redusă față de alte imprimante 3D disponibile pe piață, dar aria de printare este suficientă pentru realizarea multor obiecte fizice.[2]

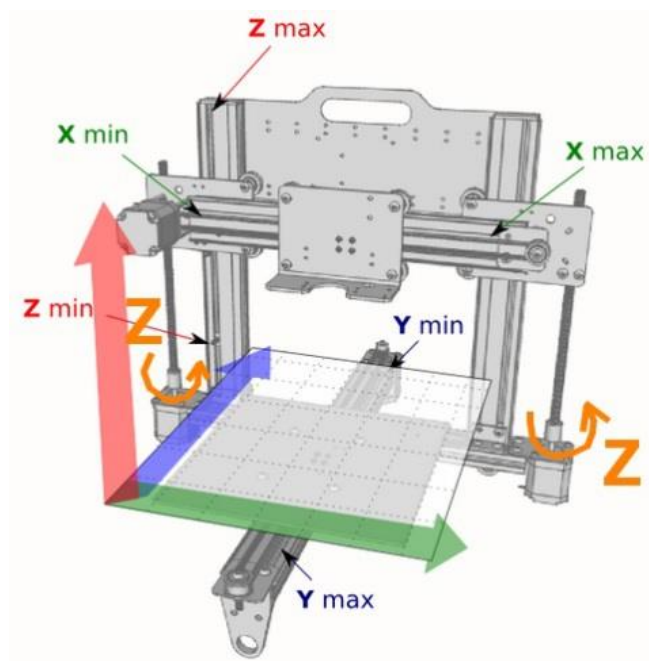


Figura 4.1 Imprimantă cu sistem de deplasare cartezian [15]

În figura 4.1 este prezentată o imprimantă 3D în sistem cartezian cu axele de deplasare aferente. Pe figură sunt reprezentate și minimele și maximele fiecărei axe, aceste valori sunt deosebit de importante deoarece fără ele nu am putea realiza o calibrare eficientă a imprimantei. De asemenea, în figură se poate observa faptul că pentru deplasarea pe axa Z au fost folosite două motoare, ceea ce prezintă un dezavantaj la sistemul de ghidaj cartezian deoarece duce la costuri suplimentare. În cadrul imprimantei descrise în această lucrare, acest dezavantaj a fost eliminat, implementând un sistem de deplasare pe axa Z folosind un singur motor.[14]

4.2 SISTEM POLAR

În general, imprimantele 3D construiesc un obiect prin mișcarea capului de printare pe suprafața de printare. În cazul unei imprimante 3D în sistem polar apare o inovație la nivel de deplasare pe cele trei axe, astfel nu extruderul este cel ce se mișcă pentru a atinge coordonatele XYZ dorite ci aria pe care obiectul este printat. Mișcarea ariei de printare este de asemenea diferită față de o imprimantă 3D tradițională, aceasta mișcându-se pe o traiectorie determinată de coordonate polare, sistem similar cu cel cartezian doar că aceste coordonate descriu puncte pe o traiectorie circulară, nu pe a o traiectorie rectangulară. Astfel, sistemul este format dintr-o suprafață de printare ce se învartește cu o viteză configurabilă și un capăt de printare ce are o deplasare sus-jos.[16]

Marele avantaj al acestei metode este faptul că se pot folosi doar două motoare pas cu pas în construcția imprimantei. Acest lucru determină un consum mai mic, un cost redus și o modalitate mai ușoară de configurare.

Majoritatea imprimantelor 3D cu sistem polar pot printa obiecte de dimensiuni mari, fără a necesita ca și imprimanta să aibă dimensiuni în deosebit de voluminoase, proiectarea sa putând fi optimizată astfel încât mărimea să fie redusă cât de mult posibil comparabil cu suprafața de printare.[17]

O astfel de imprimantă este prezentată în figura 4.2.

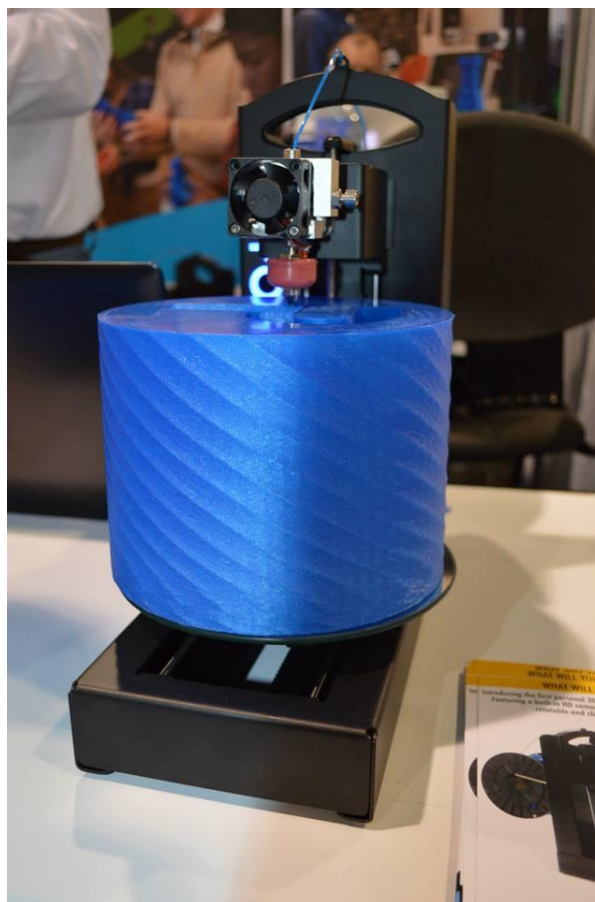


Figura 4.2 Imprimantă 3D în sistem polar [18]

4.3 SISTEM DELTA

Sistemul de control de tip delta este al doilea cel mai folosit sistem în industria imprimantelor 3D. Imprimantele 3D în sistem delta folosesc de asemenea, sistemul de coordonate cartezian, doar că un pic modificat. Mișcarea brațelor unei astfel de imprimante se face la un unghi fix, prestabilit, iar acest lucru crește foarte mult viteza de printare. De asemenea, suprafața de printare este fixă, aceasta nu se poate deplasa, fapt ce este folositor în cazul anumitor printuri. Pe lângă viteza de printare mult îmbunătățită, imprimanta 3D în sistem delta mai are ca avantaj important și înălțimea de printare mare pe axa verticală. Această înălțime este folosită pentru deplasarea brațelor de printare, dar poate fi folosită pentru a printa obiecte de înălțimi sau lățimi foarte mari.

În majoritatea cazurilor, imprimantele 3D în sistem delta au o suprafață de printare încălzită, circulară, dar există și modele ce prezintă o suprafață rectangulară. Avantajele suprafețelor de printare rectangulare sunt costul redus al acestora, gama variată de modele, ușurința în a alege și a monta suprafața în sistem dar și posibilitatea înlocuirii acesteia cu mai multă ușurință.[19]

În figura 4.3 avem schițată o imprimantă 3D de tip delta și principalele sale componente mecanice.

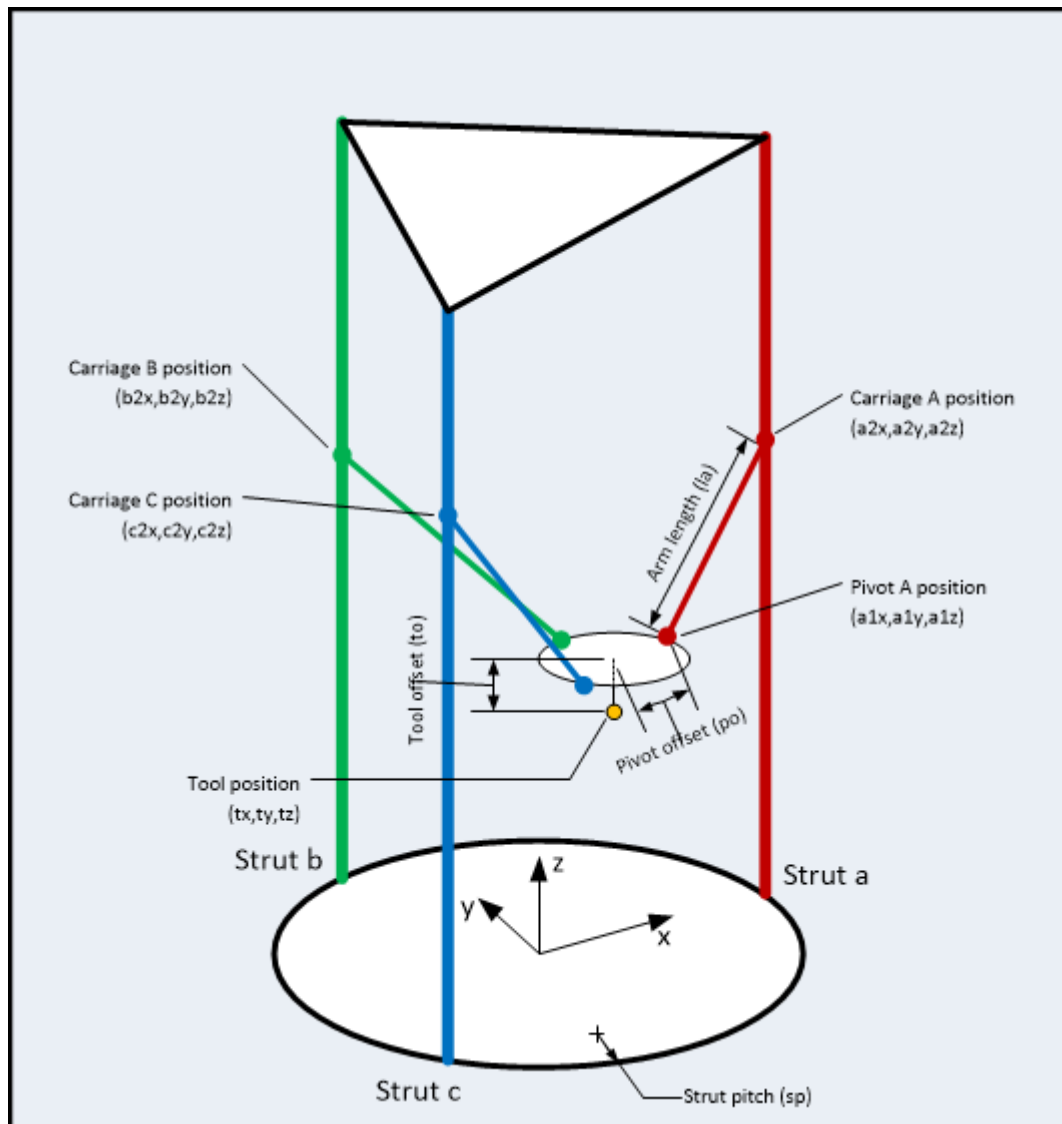


Figura 4.3 Imprimantă 3D în sistem delta [20]

În capitolul ce urmează sunt descrise componentele folosite în construirea imprimantei 3D în sistem cartezian. Deși aceste componente nu au fost realizate de mine ci, în mare parte, achiziționate, a existat un grad avansat de dificultate în utilizarea și interconectarea lor la întregul sistem, necesitând cunoștințe avansate de folosire a acestora, dar și o documentare amănunțită.

CAPITOLUL 5

COMPONENTE FOLOSITE PENTRU CONSTRUCȚIA IMPRIMANTEI

5.1 MOTOARE PAS CU PAS

Motoarele sunt probabil cele mai importante componente ale imprimantei deoarece ele determină deplasarea pe cele trei axe și direcționează filamentul prin sistemul de extrudare. Pentru această lucrare au fost alese motoare pas cu pas, din categoria motoarelor fără perii (“brushless”) ce au ca proprietate fundamentală faptul că o rotație completă poate fi împărțită într-un număr exact de pași. Motivele pentru care motorul pas cu pas a ajuns să fie folosit într-o gamă mare de aplicații este acuratețea, dar și repetabilitatea. Din cauza faptului că aceste motoare nu au un circuit de feedback trebuie ales cu grijă modelul de motor necesar aplicației, altfel încât să obținem pasul dorit. Modelul ales pentru această aplicație este motorul NEMA 17 (National Electrical Manufacturers Association), din categoria motoarelor pas cu pas unipolare. Un motor bipolar, are două bobine ce sunt permanent alimentate, cuplul obținut având o valoare optimă față de modelul unipolar unde doar una din cele două bobine este alimentată, astfel rezultă un cuplu redus. Motorul bipolar are patru fire de conectare, iar cel unipolar șase, și este comandat prin inversarea sensului curentului prin cele două bobine, pe rând. În figura 5.1(a) este

prezentat motorul NEMA 17, model 103H5208-10U41 care are următoarele caracteristici principale : pasul de 1.8° , tensiunea recomandată variabilă între valoare de 12 volți și 24 volți, curentul de fază de 2 amperi și cuplul de 59 Newton centimetri. Motoarele efectuează o rotație completă într-un număr de 200 de pași, la care se adaugă nivelul rezoluției dorite, iar înmulțind aceste două valori, vom obține numărul de pași efectivi ai unei rotații complete. [21]

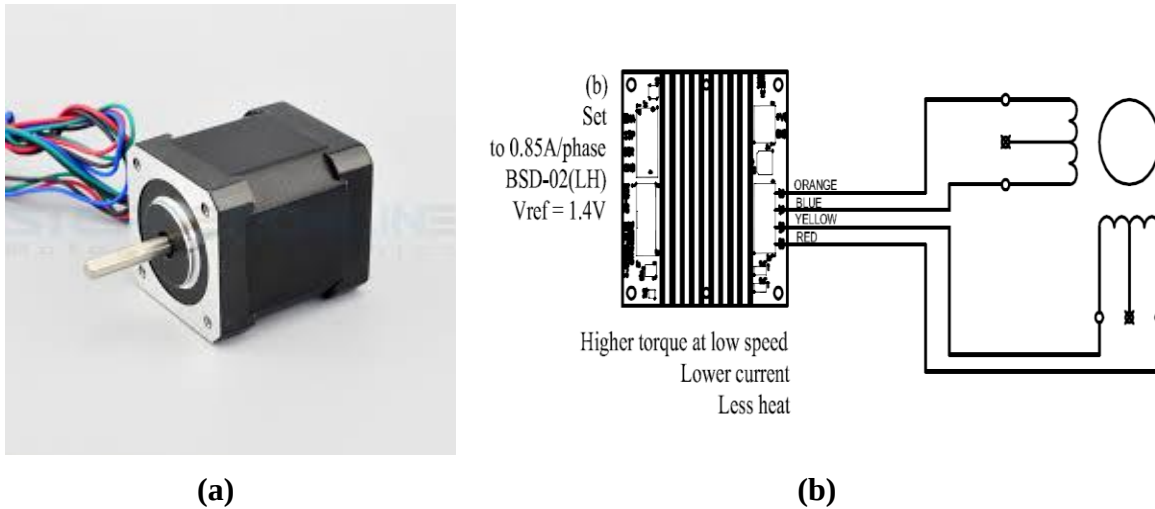


Figura 5.1 Motor NEMA 17 (a) și modul de conectare al acestuia (b) [22]

5.2 DRIVERE DE MOTOARE

Driverile de motoare sunt utilizate pentru controlul motoarelor prezentate în subcapitolul anterior. Modelul de driver ales este A4988 și a fost ales datorită interfeței de control ușor de folosit și gradului de configurare și interconectare facil. Schema de interconectare cu microcontrolerul și motorul pas cu pas este reprezentată în figura 5.2. Având în vedere că imprimanta folosește patru motoare, vor fi necesare patru astfel de drivere pentru controlul individual al fiecărui motor.

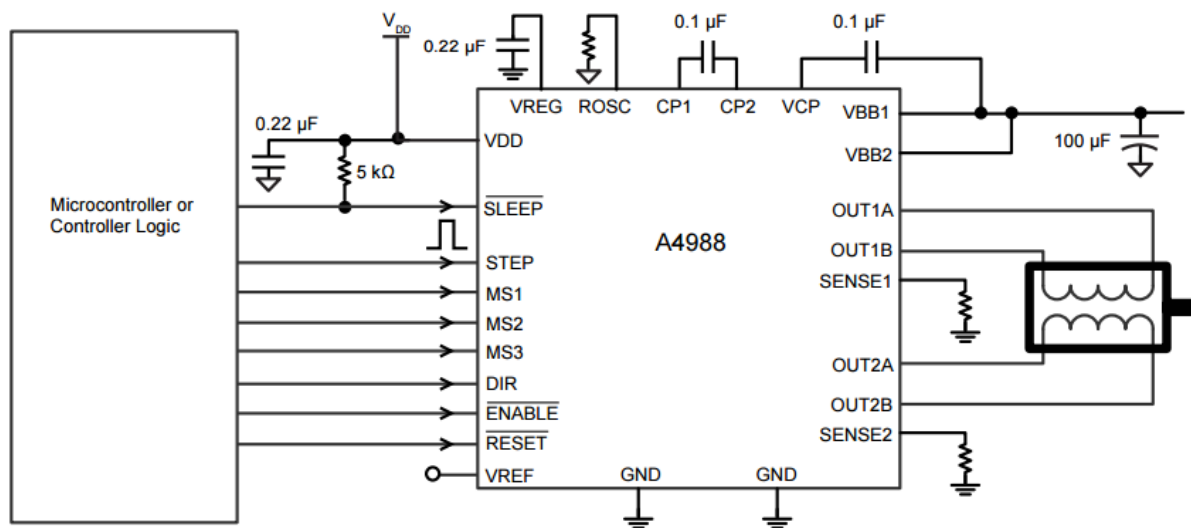


Figura 5.2 Schema de interconectare pentru driver [23]

Utilizarea driverului pentru controlul motorului presupune urmărirea a mai multor pași de configurare.

În primul rând trebuie ca pinul ENABLE, care funcționează în logică inversă, să fie conectat la masă pentru a putea fi activat cipul. Conectarea sa la tensiunea de alimentare (VCC) conduce la dezactivarea cipului. De asemenea, pinul RESET și pinul SLEEP vor fi și ei conectați la masa printr-o rezistență.

În al doilea rând trebuie configurată rezoluția pasului, astfel se conectează pinii MS1, MS2, MS3 la alimentare prin intermediul unor întrerupătoare electrice. În cazul în care cei trei pini sunt neconectați, driverul va lucra la numărul de pași maxim permis de motor. În celelalte cazuri, vom putea seta nivele intermediare corespunzătoare unor rezoluții cu valori cuprinse între $\frac{1}{2}$ și $\frac{1}{32}$.

În ultimul rând, trebuie conectat motorul la pinii OUT1A, OUT2A, OUT1B, OUT2B. Pentru a evita arderea cipului, este recomandat ca motoarele să nu fie conectate sau deconectate de la driver în timp ce acesta este alimentat.

În urma acesor trei pași de setare a driverului, motorul poate fi controlat doar prin intermediul a trei semnale : cel de pornire, semnalul de control al rezoluției și semnalul de control al direcției. Astfel, dacă pe pinul STEP al driverului este primit un impuls, acesta corespunde unui pas al motorului într-o direcție ce va fi dată de pinul de direcție(DIR) cu o rezoluție presetată. În cazul în care pinul de direcție este lăsat în aer, motorul va efectua rotațiile într-o singură direcție.

5.3 PLACA ARDUINO MEGA 2560

Această placă de dezvoltare are montat un microcontroller Atmega2560, ce funcționează la o tensiune de alimentare în intervalul 7-12 volți și care prezintă o memorie de program suficient de mare pentru încărcarea și rularea programului. Această placă de dezvoltare are 54 de intrări/ieșiri digitale (din care 14 pot fi folosite ca ieșiri PWM), 16 intrări analogice, 4 UART (porturi seriale, seriale hardware), un oscilator de 16 MHz și un buton de resetare. Aceasta conține tot ceea ce este necesar pentru a susține un microcontroller. Placa se conectează la portul USB al calculatorului folosind un cablu de tip USB. Poate fi alimentată extern (din priză) folosind un alimentator extern. Figura 5.3 prezintă placa de dezvoltare Arduino MEGA 2560.

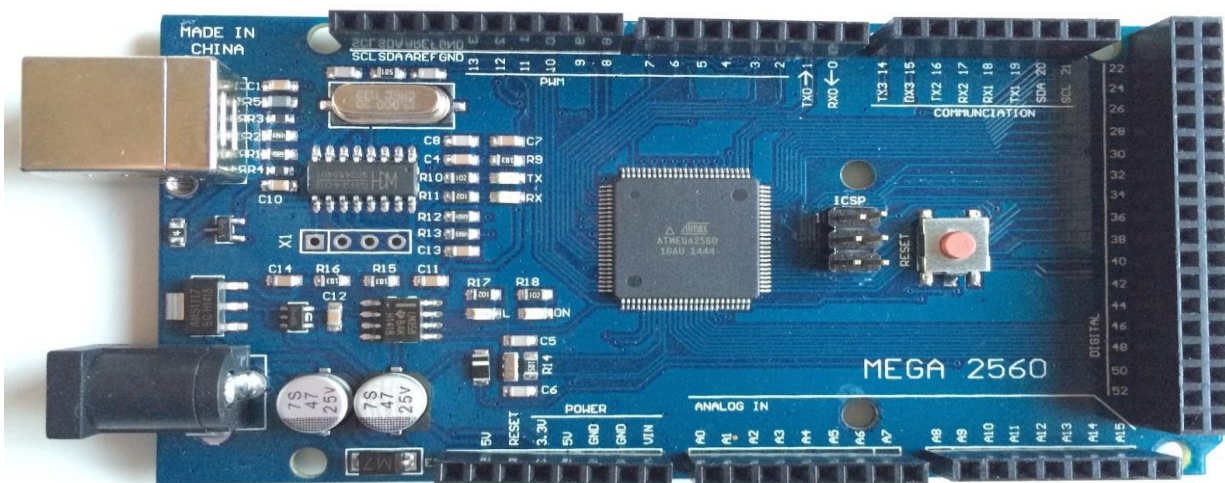


Figura 5.3 Placa de dezvoltare Arduino MEGA2560 [24]

Placa de dezvoltare Arduino MEGA2560 are următoarele specificații :

- Microcontroler: ATmega2560;
- Tensiunea de operare: 5V;
- Pini digitali I/O: 54 (din care 14 pot fi folosiți ca PWM);
- Pini analogi de intrare: 16;
- Memoria: 256 KB din care 8 KB utilizați de bootloader;
- Memoria SRAM: 8KB;
- Memoria EEPROM: 4KB;

5.4 MODULUL RAMPS

Modulul RAMPS (Reprap Mega Polulu Shield) este special conceput pentru realizarea de imprimante 3D de mai multe categorii. Este ușor de interfațat cu placa de dezvoltare Arduino Mega2560 și este conceput special pentru controlul componentelor electronice necesare imprimantelor 3D sau altor mașinării asemănătoare. Prin intermediul acestui modul putem conecta driverele motoarelor și extruderul, dar și alte componente suplimentare, deoarece fiind o placă de extensie a unei plăci principale, este special realizată pentru conectarea mai multor elemente. Placa prezintă trei tranzistoare de mare putere MOSFET, conectori de putere, spațiu de conectare pentru maxim cinci drivere de motoare de tip pas cu pas, motoare pas cu pas cu precizia pasului de 1/16, două extrudere, o suprafață de printare încălzită, un ventilator, o sursă de alimentare de 12 volți, până la trei termistori, șase limitatoare mecanice și multe alte funcționalități suplimentare. Figura 5.4 prezintă modulul descris anterior. Modulul RAMPS 1.4 se conectează direct la placa de dezvoltare Arduino MEGA2560, atâșand-o fix deasupra plăcii, având grijă să se realizeze toate conexiunile cu pinii.

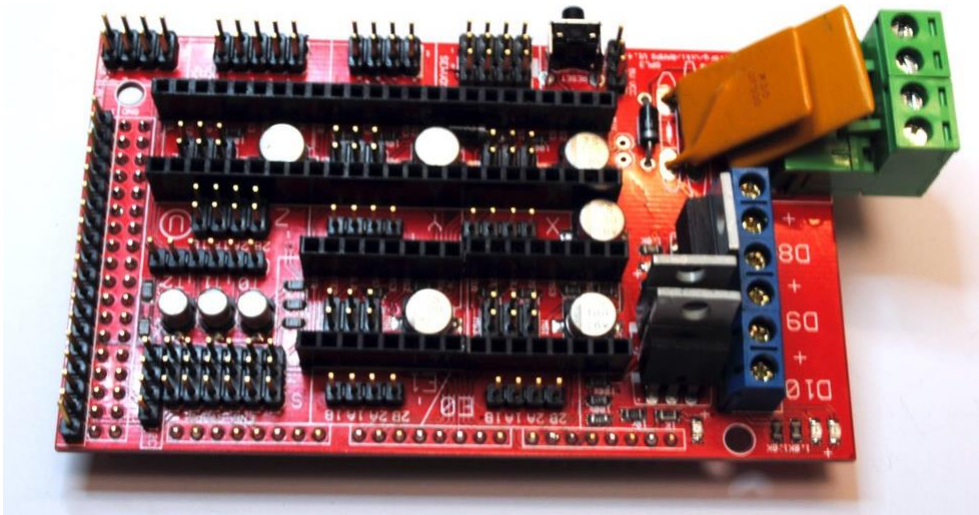


Figura 5.4 Modul RAMPS 1.4 [25]

5.5 SENZORI

În cadrul imprimantei 3D în sistem cartezian din această lucrare există două categorii de senzori importanți utilizați pentru controlul și monitorizarea funcționării corecte a întregului proiect, și anume : senzorul de temperatură și senzorii de proximitate. Acești senzori reprezintă intrările în sistem, deoarece prin citirea termistorului (senzorul de temperatură) și a limitatoarelor mecanice (senzorii de proximitate) putem lua decizii importante la nivel de ansamblu. Senzorii sunt conectați la porturile modului RAMPS 1.4 ce comunică mai departe cu placa de dezvoltare Arduino MEGA2560.

Limitatoarele sunt esențiale în procesul inițial de calibrare pe cele trei axe de deplasare a imprimantei 3D. Astfel, prima funcție realizată în momentul începerii printării este mișcarea pe cele trei axe până la atingerea limitatoarelor.

Limitatoare mecanice sunt senzori de proximitate ce ajută la identificarea atingerii poziției de minim sau maxim pe axele de deplasare ale sistemului de ghidaj. Deși există mai multe tipuri de astfel de limitatoare (optice, magnetice, etc), în această lucrare am optat pentru cele din categoria mecanică, acestea fiind cele mai simple, conținând doar două fire ce au comportament de întrerupător. Putem alege între două moduri de conectare, în funcție de configurarea conexiunii : în primul mod, prin atingerea limitatorului se realizează legătura între cele două fire, iar în al doilea mod legătura între fire este realizată atunci când limitatorul nu este acționat. Al doilea mod de conectare este folosit, astfel unul din fire este conectat la masă iar celălalt la microcontroler. Componenta software face citirea limitatorului, iar când acesta este acționat se va realiza conexiunea cu masa rezultând un nivel logic de 0.

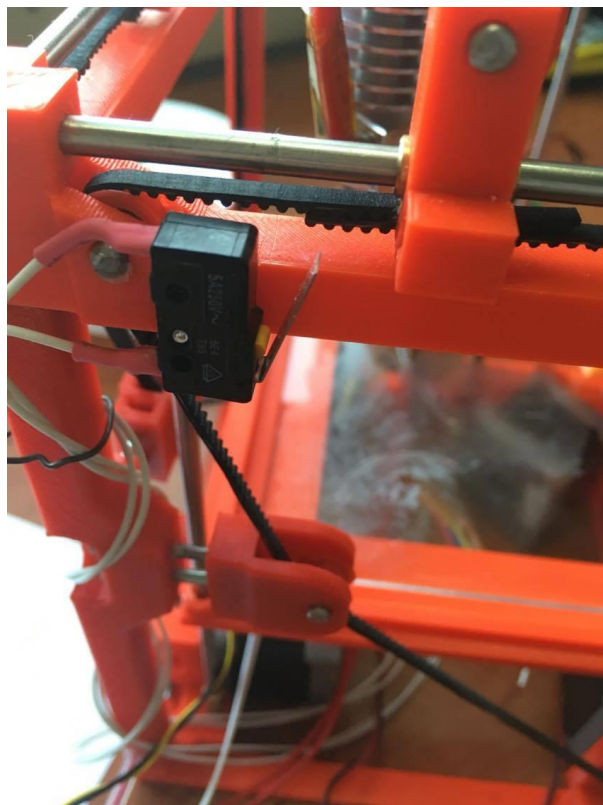


Figura 5.5 Limitatorul mecanic pentru axa X

Senzorul de temperatură este un termistor de tip NTC (Negative Temperature Coefficient) adică, cu coeficient de temperatură negativ, a cărui rezistență scade odată cu creșterea temperaturii măsurate. Senzorul realizează funcția de control al temperaturii cavității de extrudare pentru a nu depăși o temperatură critică ce poate duce la distrugerea unor componente importante. Deși măsurarea temperaturii cu ajutorul unui termistor este mai complicată, presupunând anumite calcule suplimentare și o implementare software mai greoaie, termistorul este de preferat în această aplicație datorită dimensiunilor reduse, modului ușor de montare în sistemul mecanic și preciziei suficient de bune.

5.6 SISTEM DE EXTRUDARE

Întregul sistem de extrudare de filament este format din mai multe entități diferite, cu roluri bine definite și greu de realizat cu obiecte la îndemâna oricărui utilizator. De aceea am optat pentru procurarea unui astfel de sistem, iar montarea și calibrarea acestuia țin de contribuția mea personală în această caz.

Entitatea ce se ocupă cu introducerea sau retragerea de filament este formată din două role metalice, una din ele are rolul de a presa filamentul, asigurând faptul că acesta rămâne într-o poziție fixă, dorită, fără riscul de a se îndoi sau rupe, iar cealaltă rolă ajută la deplasarea filamentului de plastic spre capătul de printat. Aceste role sunt acționate de un motor de tip pas cu pas, descris în subcapitolul 5.1, cu un pas suficient de mic astfel încât să se sincronizeze cu viteza de printare, adică depunerea efectivă a staturilor de filament topit, retrăgând sau împingând filamentul atunci când este necesar. Pentru a determina numărul de pași necesari pentru extrudarea unui milimetru de filament împărțim numărul de pași pentru o rotație completă la numărul de milimetri de filament de plastic introdus. Desigur, numărul de pași pentru o rotație completă va fi determinat prin înmulțirea rezoluției cu numărul de pași ai unei rotații, adică 200. În urma acestor calcule vom obține un număr teoretic, care nu va reprezenta valoarea exactă, reală. De aceea, este necesară o etapă de calibrarea pentru a determina cât mai precis această valoare.

Entitatea sistemului de extrudare ce se ocupă de topirea filamentului reprezintă partea activă a sistemului. Aceasta are în vârf o duză de dimensiuni reduse, pentru a permite doar trecerea firului de plastic topit, cu o deschidere de 0.3 milimetri. Cavitățile în care filamentul este propriu-zis topit se numesc camere termice și este componenta ce consumă cel mai mult curent deoarece se încălzește până la temperaturi de aproximativ 300 de grade Celsius prin intermediul cartușului ceramic termic. De asemenea, tot din cauza temperaturii ridicate a componentei, trebuie prevăzut și un sistem de răcire. În acest scop a fost montat un radiator și un ventilator, adiacente la camera termică.

Camera termică este prevăzută cu o cavitate de montare a senzorului de temperatură pentru a citi temperatura și a comanda printarea din cadrul componentei software, dar și cu o altă cavitate pentru conectarea elementului de încălzire prezentat în figura 5.6.



Figura 5.6 Element termic de încălzire [26]

Radiatorul are dublu rol în sistem. În primul rând, disipă căldura provenită din camera termică, iar în al doilea rând este prevăzut cu locuri speciale pentru montarea barelor de glisare pe axele X și Y ajutând astfel la sistemul de ghidaj.

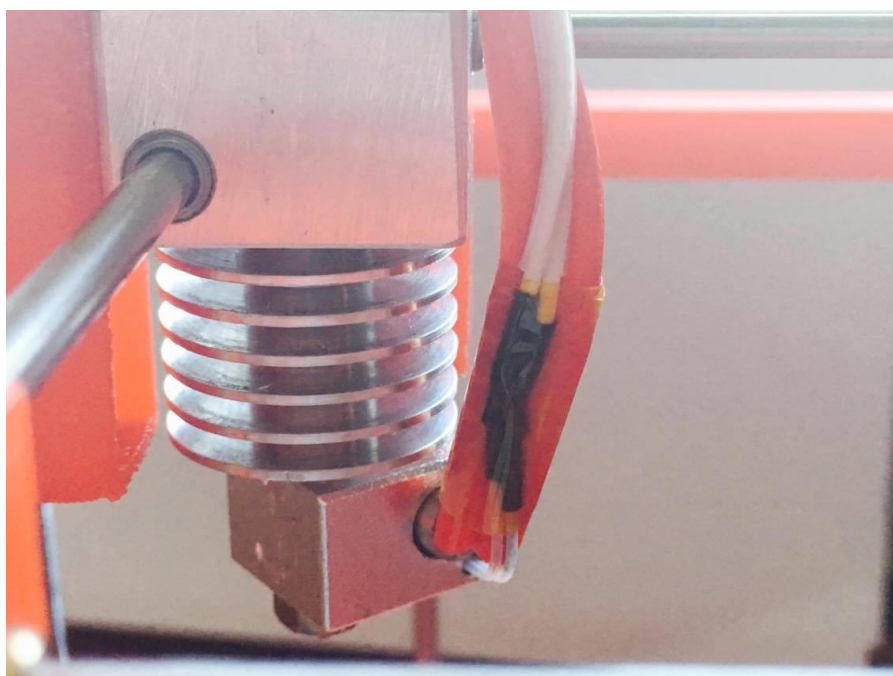


Figura 5.7 Radiatorul și cavitatea termică

Acest mod de realizare a sistemului de extrudare este cel mai des întâlnit model, apare atât la imprimantele profesionale cât și la cele realizate de utilizatorii pasionați de domeniul printării 3D, acesta fiind motivul principal pentru care l-am ales în imprimanta 3D realizată.

5.7 SUPRAFAȚA DE PRINTARE

Pentru a simplifica dificultatea, a reduce costul și consumul, în loc de o suprafață de printare cu încălzire, am optat pentru o suprafață de sticlă, fără încălzire. Această metodă are o serie de avantaje din punct de vedere al prețului redus al componentei, a ușurii cu care se poate înlocui și monta geamul, dar prezintă un dezavantaj în ceea ce privește aderența plasticului pe suprafața sticlei. Din aceasta cauză, ca soluție de compromis, înaintea începerii procesului de printare,

suprafața de sticlă trebuie să fie acoperită cu un strat de lipici pentru ca plasticul să adere fără probleme încă de la primul strat. Această metodă, deși nu optimă din punct de vedere estetic, este eficientă, dar conduce la o problemă suplimentară, și anume, îndepărtarea dificilă a obiectului de pe aria de printare și curățarea acesteia.

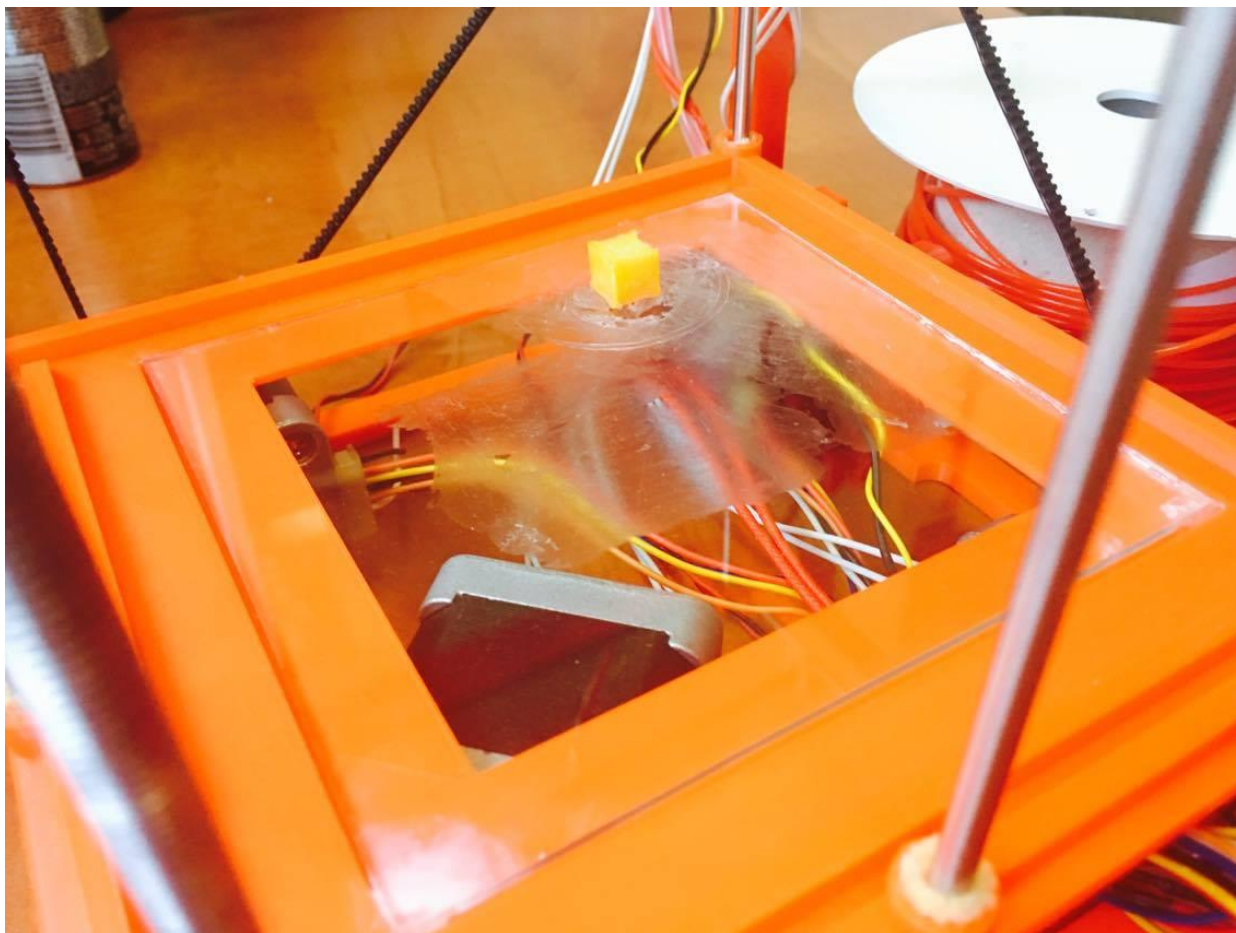


Figura 5.8 Suprafața de printare

5.8 SURSA DE ALIMENTARE

Pentru alimentarea imprimantei este necesară o sursă cu cerințe precise, și anume o tensiune de 12 volți și un amperaj de minim 5 amperi. Motivul pentru care consumul este atât de ridicat este în principal datorat cavității termice ce consumă foarte mult pentru a putea reuși să încălzească și topi filamentul de plastic, adăugând la acest consum și consumul motoarelor și al restului de componente.

5.9 COMPONENTA SOFTWARE

Componenta software poate fi împărțită în două entități discrete, și anume, codul Arduino încărcat pe microcontrolerul de pe placa de dezvoltare și interfața software de configurare ce este instalată pe laptop. Software-ul realizează citirea și împărțirea modelului 3D în straturi de dimensiuni fixe, transformarea instrucțiunilor în comenzi ușor de interpretat, fără a fi necesar ca utilizatorul să mai scrie cod suplimentar pentru funcționare. Desigur, există opțiunea de optimizare a codului și de introducere a unor funcții noi pentru control și monitorizare. De

asemenea, software-ul este gratuit, poate fi descărcat și instalat pe orice sistem de operare și nu necesită alte cerințe suplimentare.

Firmware-ul este programul ce se află pe plăcuța de dezvoltare, încărcat pe microcontrolerul Atmega2560. Firmware-ul reprezintă legătura dintre componenta software și componenta hardware, el interpretând comenzile din formatul dat de fișierul generat de software și gestionează comenzile în mișcări corespondente. Configurarea firmware-ului este unică pentru fiecare imprimantă în parte, astfel trebuiesc setate dimensiunile, precizia printării, proprietățile de printare, funcțiile suplimentare sau lipsa altor opțiuni.

Arduino IDE (Integrated Development Environment) se folosește pentru programarea plăcuței Arduino MEGA2560. Din codul scris în arduino putem configura sau modifica mai multe setări, cele generale, legate de rata de transfer, placa de dezvoltare folosită, numărul de extrudere utilizate, se pot modifica și setările termice, legate de temperaturile maxime și minime de operare, setările mecanice, ce presupun configurarea motoarelor, senzorilor de proximitate, arii de printare, etc.

În această lucrare, programul folosit pentru printarea 3D este Repetier, un program gratuit, cu o interfață ușor de folosit și cu funcționalități complete pentru a realiza definirea întregului sistem creat.

5.10 SCHEMA BLOC

În figura 5. este prezentată schema bloc a sistemului realizat cu principalele componente ale sale. Placa Arduino MEGA2560 este placa de suport pentru

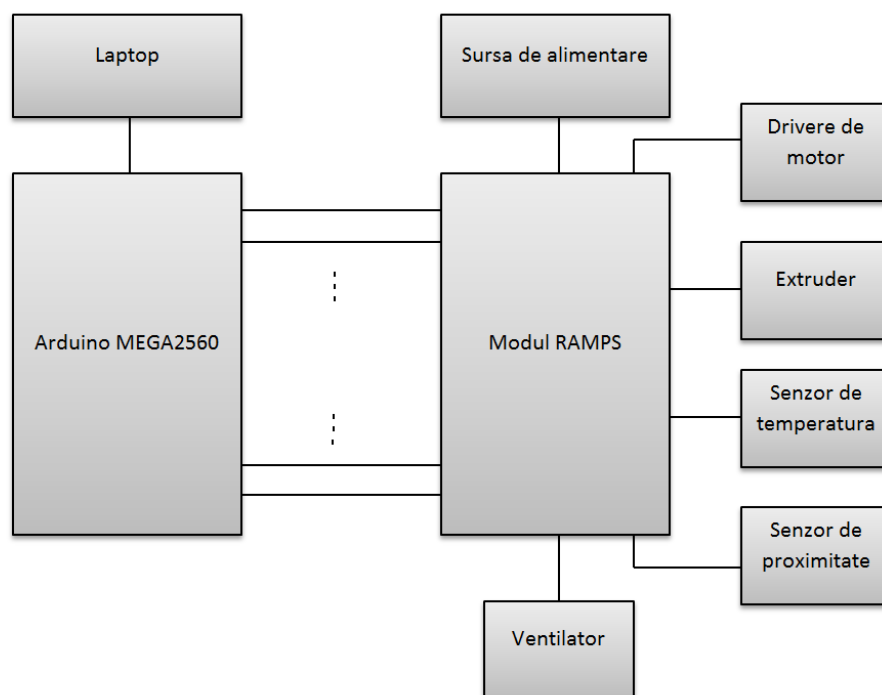


Figura 5.9 Schema bloc a componentelor imprimantei 3D carteziane

CAPITOLUL 6

COMPONENTE REALIZATE PENTRU CONSTRUCTIA IMPRIMANTEI

6.1 MODELAREA 3D A PIESELOR

Modelarea tridimensională a obiectelor se realizează cu un program CAD. Există mai multe astfel de programe disponibile : SolidWorks, CATIA, AutoCAD, etc. Am optat pentru programul Autodesk Inventor, versiunea 2015, varianta gratuită pentru studenți deoarece este un program complet, cu multe funcționalități și modalități de configurare.

Un obiect tridimensional este un model geometric ce descrie matematic toate relațiile dintre suprafețe, plane, puncte și realizează legături, sau constrângeri între acestea pentru a defini complet întregul model. Un astfel de obiect poate fi realizat atât prin procese de modelare

procedurală, cât și prin procese de scanare tridimensională cu aparatură special concepută în acest scop.

Procesul de modelare tridimensională procedurală oferă o multitudine de avantaje, principalul fiind acela că, având cunoștințele necesare de proiectare, putem crea orice obiect ne putem imagina, fără alte constrângeri suplimentare.

Proiectarea componentelor imprimantei 3D carteziene a avut ca prim pas documentarea și cercetarea a mai multor tipuri de modele și configurații disponibile. Pornind de la un standard deja consacrat în industria imprimantelor 3D am decis să aduc o îmbunătățire prin crearea unei astfel de imprimante la dimensiuni reduse, păstrând totuși o arie de printare suficient de mare pentru realizarea unei game largi de obiecte. De asemenea, am considerat că aria de printare este cel mai important aspect al imprimantei de aceea dimensiunea, modul simplu de realizare, ușurința mentenanței dar și costul redus au fost principalele criterii de care am ținut cont în vederea proiectării tridimensionale. Mecanismul de suport al suprafeței, dar și cel de suport al motoarelor și sistemului de deplasare, a fost proiectat ținând cont de constrângerile dimensiunilor componentelor, obținând astfel un aspect foarte compact al imprimantei prin minimizarea distanțelor dintre componente.

În principal, imprimanta 3D carteziană realizată pentru lucrarea de față, prezintă trei componente importante : baza, partea superioară și pilonii de legătura.

Baza imprimantei este compusă din sistemul de prindere al motoarelor, sistemul de translație pe axa Z, suportul pentru barele de glisare și sistemul de presare a filamentului. Toate elementele au fost proiectate astfel încât să realizeze o bună conectare și încapsulare a sistemului. Pentru sistemul de deplasare pe axa Z s-a folosit un mecanism format dintr-un motor pas cu pas, o bară filetată și două roți dințite. Astfel, prin mișcarea motorului într-o anumită direcție setată din software, roata dințată conectată direct la motor se va învârti și aceasta va transmite rotația către roata dințată montată pe baza imprimantei. Prin mișcarea roții de pe baza, bara filetată se va roti, deoarece aceasta este fixată prin intermediul unui filet direct pe roată. În figura 6.1 este prezentat acest mecanism.

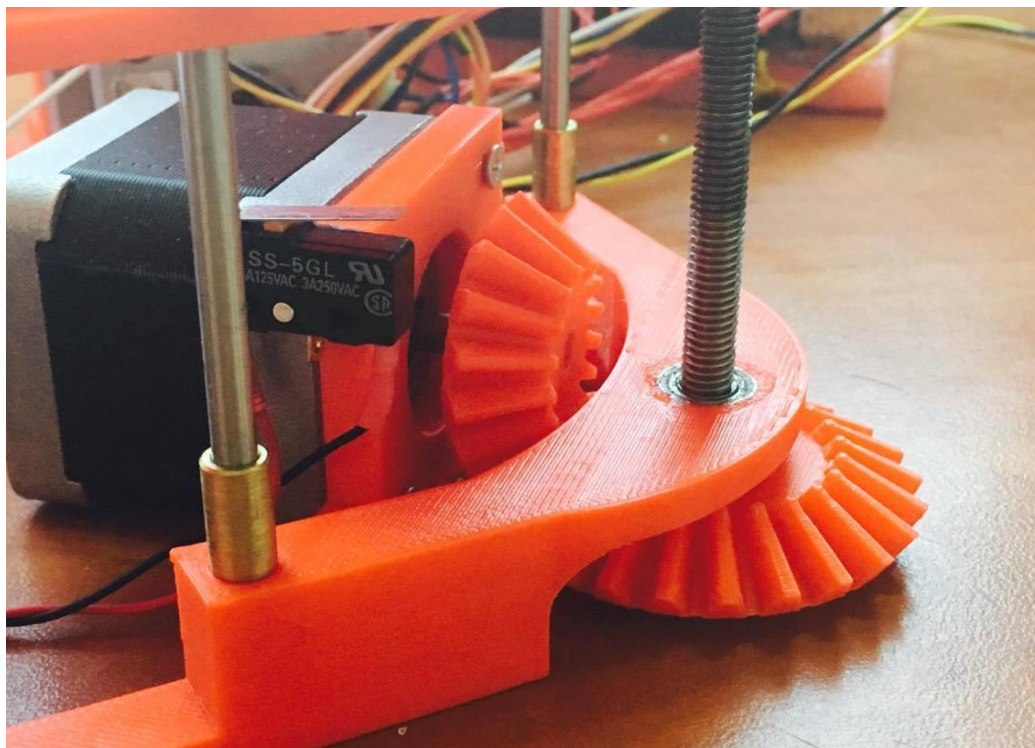


Figura 6.1. Mecanism de translație pe axa Z

Subsistemul responsabil cu introducerea sau retractarea filamentului este prezentat în figura 6.2. Observăm că prin cele două role se fixează și presează filamentul, una dintre aceste role, cea conectată la motor, se mișcă astfel încât să deplaseze filamentul de plastic prin tubul conectat la sistemul de extrudare montat pe partea superioară.

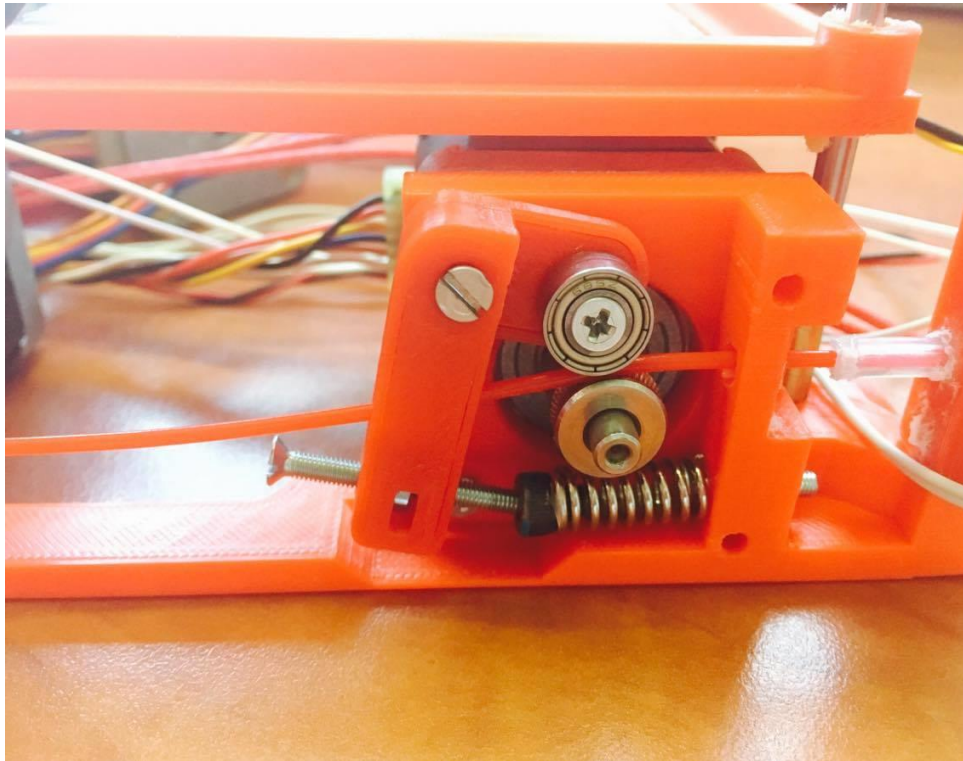


Figura 6.2 Mecanismul de împingere și fixare a filamentului

Partea superioară a imprimantei conține barele de ghidaj pentru deplasarea extruderului pe axele X și Y, sistemul de scripete pentru fixarea curelei de transmisie dar și suportul pentru ventilatorul ce are ca scop răcirea radiatorului.

Suportul pentru ventilator este prezentat în figura 6.3 și a fost special proiectat pentru răcirea radiatorului.



Figura 6.3 Suport ventilator

Pilonii de susținere sunt cei ce conectează partea superioară de baza imprimantei. Au rol de a fixa înălțimea imprimantei, de a oferi susținerea părții superioare și de asemenea, pe acești piloni sunt fixate și componentele de tensionare a curelelor de transmisie. Aceste componente au rolul de a asigura o mișcare fină, de translație, care să transforme rotirea motorului pas cu pas în mișcare pe una din axele de deplasare : X sau Y.

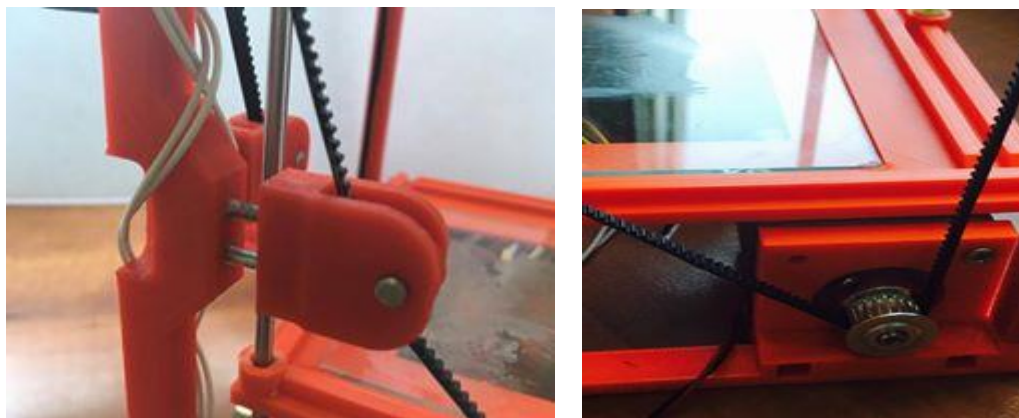


Figura 6.4 Sistemul de tensionare a curelei

6.2 REALIZAREA PIESELOR

Realizarea fizică a pieselor din plastic a fost efectuată cu ajutorul unei alte imprimantei 3D carteziene. Piese proiectate de către programul CAD au fost salvate ca fișiere cu extensia “.stl”, provenită de la termenul de stereolitografie, și mai apoi încărcate în software-ul ce se ocupă cu împărțirea modelului în straturi succesive de material, de grosime configurabilă, și convertirea acestuia într-un fișier cu extensia “.zcode”, similar fișierului tip G code discutat în capitolul 5.9, fișier ce trebuie încărcat în memoria imprimantei și selectat din meniul de comandă. Fișierul Z-code conține comenzi de deplasare pe axele X, Y și Z și informații în legătură cu cantitatea de material ce trebuie depus la fiecare moment de timp. Aceste comenzi sunt înțelese și interpretate de firmwareul imprimantei, urmând ca în urma selecției fișierului dorit, imprimanta să înceapă efectiv printarea 3D, apelând mai înainte de orice funcția de autocalibrare.

În procesul de printare a pieselor, pentru a obține o mai bună aderență la suprafața de printare și o latură adiacentă la această suprafață cât mai precisă, s-a adăugat un strat suplimentar de suport pentru obiectul modelat, un a zis strat de sacrificiu, ce în etapa de finalizare a piesei va fi eliminat.

Durata de printare a fiecărei piese diferă în funcție de complexitatea obiectului, de modul de umplere, de viteza setată și de mulți alți parametri. Cu aproximație, în jur de douăzeci de ore au fost consumate pentru a printa sau reprinta piesele componente ale imprimantei prezentate. Unele piese necesare acestui proiect au trebuit reprintate de câteva ori din cauza întâmpinării unor probleme de natură mecanică sau electrică.

Realizarea fizică a pieselor metalice proiectate 3D, și anume a radiatorului și a barelor metalice componente ale sistemului de glisare pe axele X și Y a presupus trimiterea schițelor unui atelier de prelucrare specializat. Avantajul principal al pieselor este greutatea redusă deoarece ca material s-a ales aluminiul.

În figura 6.2 este prezentat radiatorul, parte componentă a sistemului de extrudare.



Figura 6.5 Radiator din aluminiu

Figura 6.6 detaliază modul de prindere a radiatorului la cavitatea termică în cadrul sistemului de extrudare. Cele două fire conectate în cavitatea termică sunt termistorul utilizat pentru măsurarea temperaturii și elementul ceramic de încălzire.

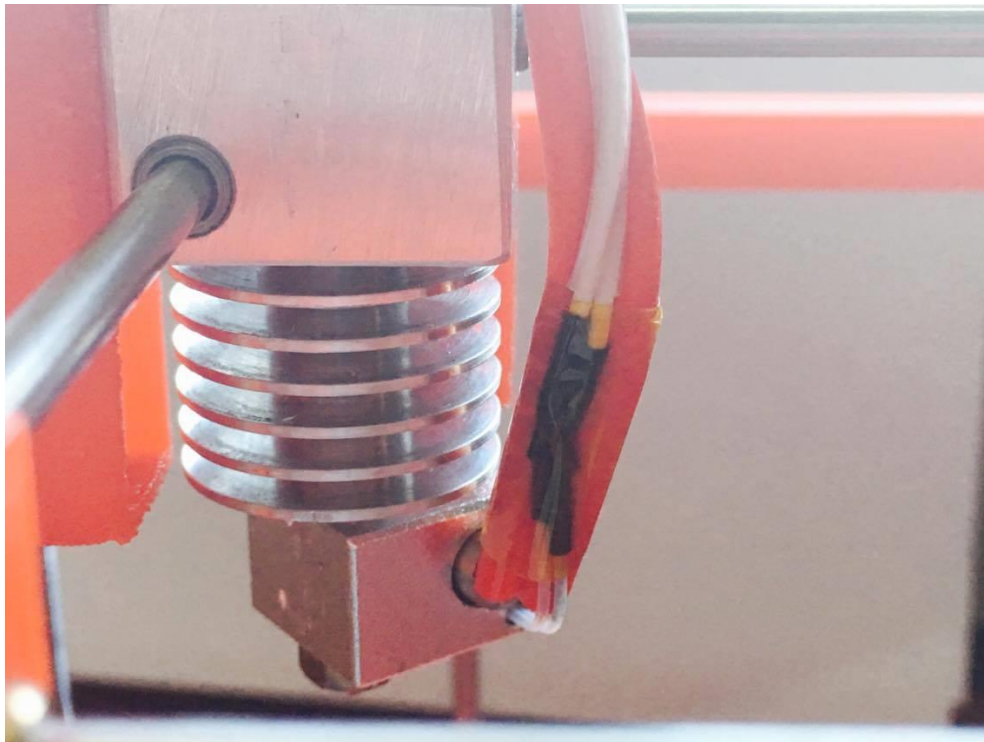


Figura 6.6 Sistemul de extrudare

În capitolul ce urmează sunt prezentate concluziile lucrării dar și o serie de eventuale îmbunătățiri ce se pot realiza în cadrul proiectului descris. Aceste îmbunătățiri țin de natura aplicațiilor de utilizare a imprimantei și a modului preferat de printare, nu de calitatea printării obiectelor 3D modelate. Modul de realizare actual este suficient pentru obținerea unor piese printate de precizie bună și îmbunătățirea performanțelor ce țin de acuratețea printării poate fi făcută doar prin alegerea unor componente electronice sau mecanice cu specificații mai bune. Acest fapt va conduce desigur la un cost ridicat al procesului de fabricare a imprimantei 3D.

CAPITOLUL 7

CONCLUZII

7.1 CONCLUZII GENERALE

În această lucrare am evidențiat atât cele mai importante aspecte cu privire la industria printării 3D cât și etapele principale ce trebuiesc urmate pentru construirea unei astfel de imprimante, în sistem cartezian cu componente la îndemâna oricărui utilizator.

Prezentarea principalelor metode de printare disponibile la momentul actual în industrie și evidențierea avantajelor și dezavantajelor fiecărei metode în parte are ca scop încapsularea acestor informații astfel încât, luarea unei decizii privind alegerea optimă a metodei de printare să fie un proces facil.

Prin descrierea principiilor generale ale printării 3D am evidențiat principalele procese ce trebuiesc urmate atunci când se dorește obținerea unui obiect real prin tehnica de printare 3D. Aceste procese stau la baza realizării unui obiect tridimensional, indiferent de metoda de printare sau de modelare aleasă.

Având în vedere că orice imprimantă 3D trebuie să desfășoare o deplasare în spațiul tridimensional, în această lucrare s-au prezentat cele mai populare sisteme de control a mișcării tridimensionale. Astfel, sistemul cartezian, polar și delta au fost analizate în detaliu pentru a

expune avantajele și dezavantajele fiecărui sistem în parte. Am motivat de asemenea și alegerea sistemului cartezian de translație pe axele XYZ în proiectul practic.

Orice imprimantă 3D conține o serie de componente atât de natură mecanică sau electronică cât și de natură software, astfel încât am enumerat toate piesele pe care le-am utilizat în construcția imprimantei precum și etapele în care au fost folosite. Pe lângă descrierea modului de utilizare și conectare a acestora am prezentat și motivul pentru care fiecare componentă a fost aleasă, precizând specificațiile din documentația de specialitate ce m-au determinat să aleg piesa respectivă.

În concluzie, întreaga lucrare a fost structurată astfel încât informațiile cu privire la tehnicile de printare și realizare a unei imprimante 3D în sistem cartezian să fie înțelese de orice cititor dornic să își îmbunătățească cunoștințele într-un domeniu nou, interesant și din ce în ce mai popular și anume, domeniul printării tridimensionale.

7.2 CONTRIBUȚII PERSONALE

În construcția imprimantei 3D în sistem cartezian s-au folosit o gamă variată de componente de natură mecanică, electrică sau software. Cu toate că din punct de vedere al componentei software nu au fost aduse îmbunătățiri personale, modul de utilizare, de identificare și rezolvarea a erorilor aparute pe parcurs, configurare a parametrilor și descriere a pașilor ce trebuiesc urmați pentru a realiza funcționarea programului au semnat o contribuție personală importantă.

Partea electronică a proiectului poate fi împartită în două categorii din punct de vedere al contribuțiilor aduse în acest proiect, și anume : în primul rând partea de alegere și de interconectare a tuturor componentelor electronice, împreună cu găsirea unor soluții optime pentru integrarea acestora în proiectul realizat, acesta având dimensiuni reduse față de majoritatea imprimantelor 3D disponibile pe piață, iar în al doilea rând partea de mentenanță și de rezolvare a problemelor de natură electrică aparute pe parcursul realizării imprimantei.

Cea mai semnificativă contribuție personală adusă în domeniul imprimantelor 3D este de departe proiectarea și modelarea tridimensională a întregului dispozitiv, incluzând atât mecanismele de deplasare cât și sistemele de susținere, de extrudare, de încălzire și de fixare. Astfel, s-a reușit realizarea unei imprimante de dimensiuni reduse, care are mare avantaj că poate fi portabilă și utilizabilă și în spații mai mici, dar care include o arie de printare suficient de mare pentru printarea unei game variate de obiecte. În industria fabricării imprimantelor 3D, încă nu s-au dezvoltat suficiente dispozitive de dimensiuni atât de mici, asadar putem considera că prin acest proiect s-a realizat un pas important în domeniul imprimantelor 3D în sistem cartezian portabile.

7.3 POSIBILITĂȚI VIITOARE DE DEZVOLTARE

Pentru a îmbunătăți imprimanta 3D din punct de vedere al portabilității și ușurinței de transport se poate realiza un cablaj imprimat ce să conțină toate funcționalitățile și toate componentele modului RAMPS 1.4 împreună cu cele de pe placa de dezvoltare Arduino MEGA2560. Astfel, vom obține o placă integrată ce poate fi ușor montată în structura actuală a imprimantei.

O altă îmbunătățire poate fi adusă prin montarea unui modul de afișaj ce să poată oferi informații în legătură cu starea printării. Acest afișaj poate fi conectat tot la placa RAMPS și controlat prin intermediul funcțiilor deja implementate în limbajul arduino. De asemenea, prin

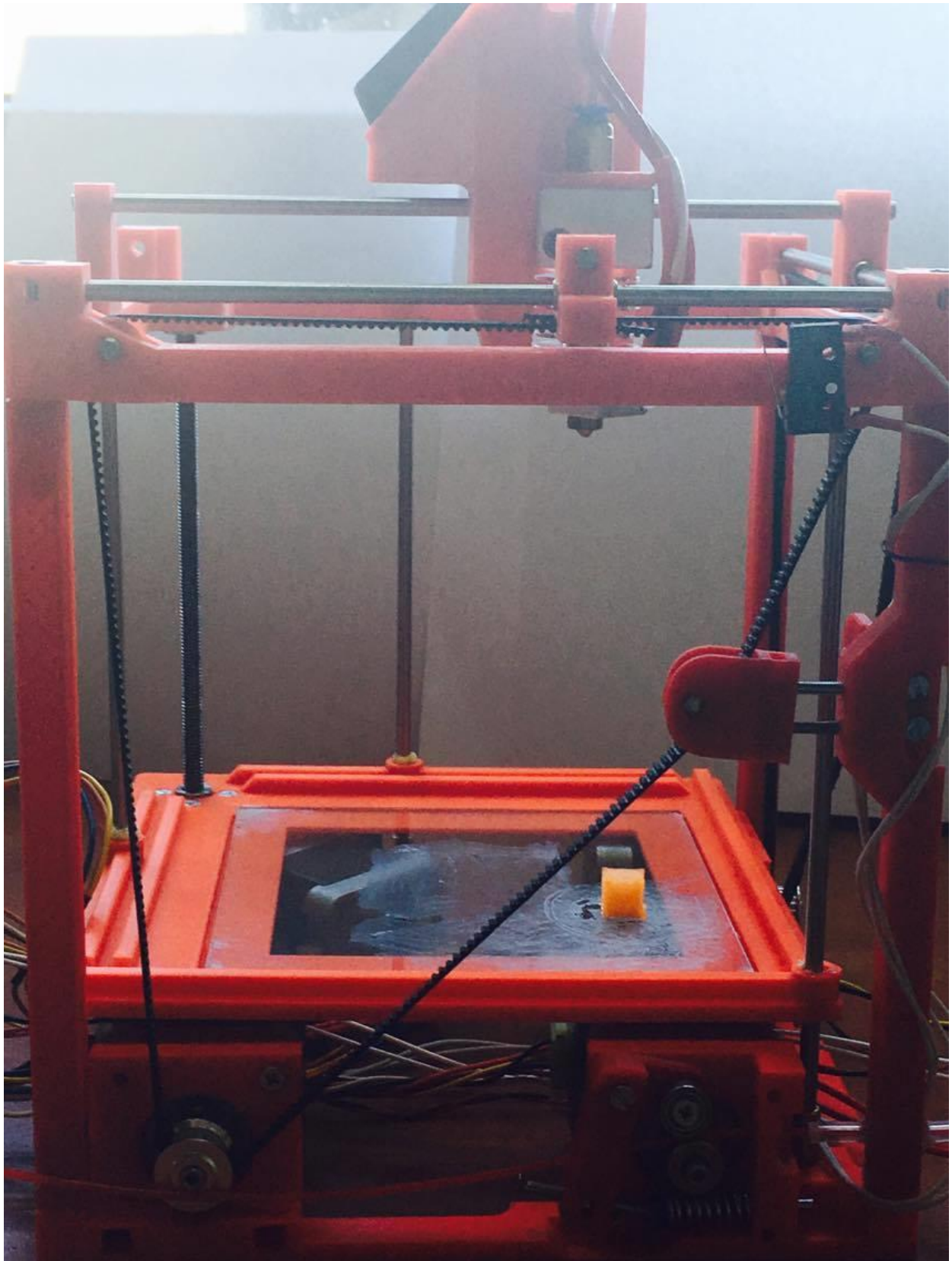
adăugarea unui sistem de fixare a rolei de filament și control al introducerii filamentului prin tub se poate asigura o compactibilitatea și mai ridicată a imprimantei.

Motivul pentru care aceste îmbunătățiri nu au fost realizate în cazul proiectului de față este prețul ridicat al componentelor, ce ar ridica astfel foarte mult costul de realizare al imprimantei fără a se justifica acest preț în calitate, acuratețea sau precizia obiectului printat. De asemenea, se poate justifica și un timp suplimentar necesar pentru modificarea și impelentarea tuturor acestor îmbunătățiri, timp care s-ar apropia de numărul de ore depuse pentru construcția propriu-zisă a imprimantei 3D în sistem cartezian.

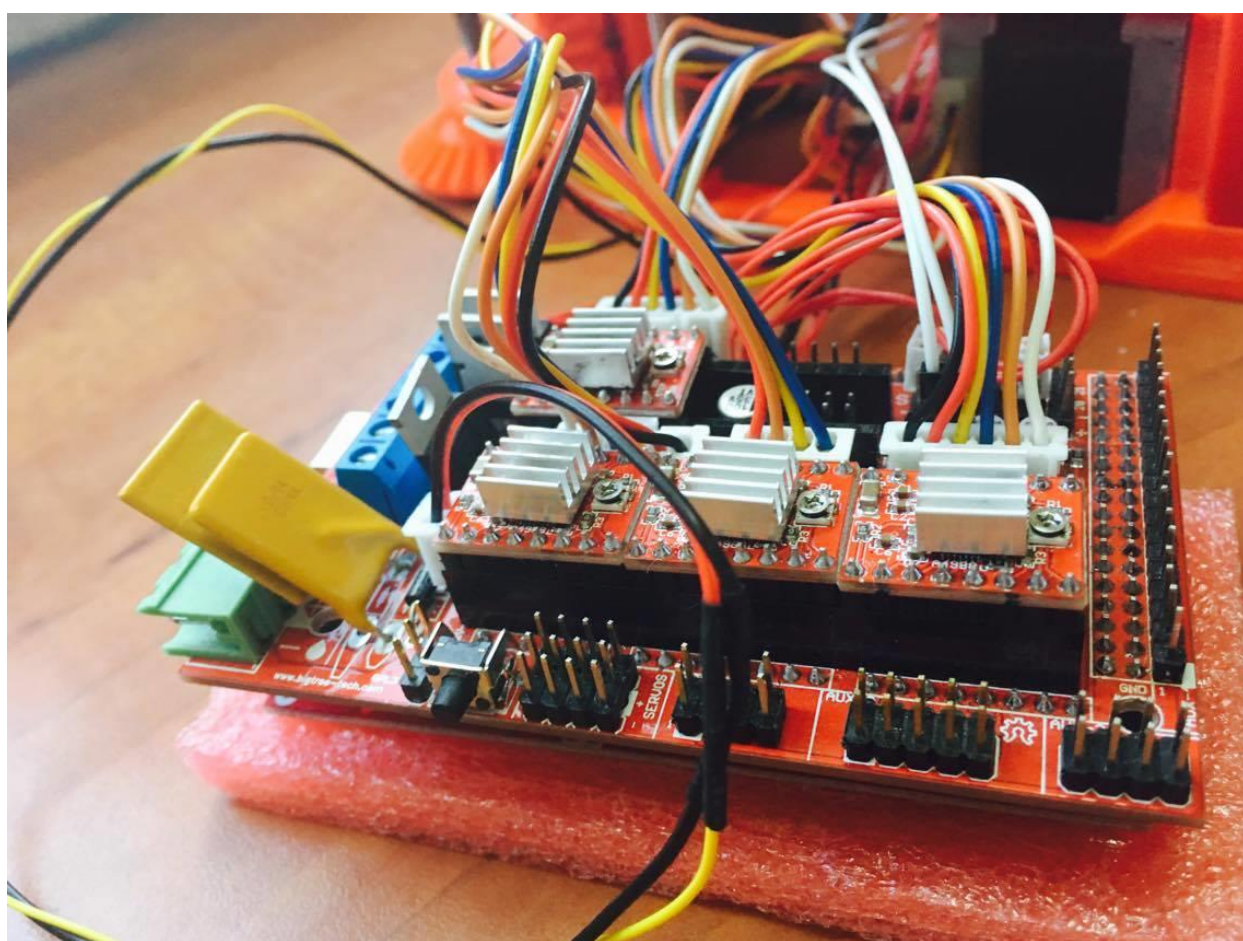
BIBLIOGRAFIE

- [1] <http://wermutham.com/pdf/The%20Third%20Industrial%20Revolution.pdf> accesat la data 17.06.2016
- [2] <http://www.3dprinting.lighting/3d-printing-technologies/stereolithography> accesat la data 17.06.2016
- [3] <http://www.createitreal.com/index.php/technology/process> accesat la data 17.06.2016
- [4] Lee, K.W., Wang, S., Fox, B.C., Ritman, E.L., Yaszemski, M.J., Lu, L., 2007. "Poly bone tissue engineering scaffold fabrication using stereo lithography: effects of resin formulations and laser parameters. Bio macromolecules"
- [5] C.L., Leong, K.F., Chua, C.K., Du, Z., 2001. "Dual material rapid prototyping techniques for the development of biomedical devices. Part I. Space creation"
- [6] <http://dorotheacarney.com/picsnda/selective-laser-sintering> accesat la data 17.06.2016
- [7] <http://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html> accesat la data 17.06.2016
- [8] <http://3devo.eu/guide-fdm-printable-plastics-3d-printing-filament/> accesat la data 17.06.2016
- [9] <http://goo.gl/Nl5kmO> accesat la data 30.06.2016
- [10] <http://www.custompartnet.com/wu/jetted-photopolymer> accesat la data 17.06.2016
- [11] <http://goo.gl/c2sPOu> accesat la data 30.06.2016
- [12] <http://replicatorinc.com/blog/2009/11/5000-printer-available-now-for-a-limited-time> accesat la data 17.06.2016
- [13] <https://www.sculpteo.com/en/glossary/lom-definition/> accesat la data 19.06.2016
- [14] F.Rengier, A.Mehndiratta, H.von Tengg-Kobligk, C.M.Zechman, R.Unterhinninghofen, H.U.Kauczor, F.L. Giesel, 2010, "3D printing based on imaging data: review of medical applications"
- [15] <http://www.makerslide-machines.com/co/page-z-axis-cartesian-3d-printer.html> accesat la data 19.06.2016
- [16] <http://polar3d.com/smarty-simple-polar-vs-cartesian-3d-print/>
- [17] <http://polar3d.com/how-to-tell-the-difference-between-polar-3d-cartesian-and-delta-printers/>
- [18] <https://3dprint.com/35656/polar-3d-printer-ces-2015/> accesat la data 17.06.2016
- [19] <http://richrap.github.io/3DR-Delta-Printer/> accesat la data 17.06.2016
- [20] <http://robinsonia.com/wp/?p=161> accesat la data 17.06.2016
- [21] <http://goo.gl/h3Xb5U> accesat la data 17.06.2016
- [22] <http://goo.gl/2z1FbW> accesat la data 17.06.2016
- [23] <https://www.pololu.com/product/1182> accesat la data 17.06.2016
- [24] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560> accesat la data 17.06.2016
- [25] http://reprap.org/wiki/File:RAMPS_1.4.2.jpg accesat la data 17.06.2016
- [26] <http://goo.gl/hFb0rY> accesat la data 17.06.2016

ANEXA 1 : IMPRIMANTĂ 3D ÎN SISTEM CARTEZIAN



ANEXA 2 : CONEXIUNEA PLĂCUȚEI DE DEZVOLTARE CU MODULUL RAMPS



ANEXA 3 : OBIECT PRINTAT CU IMPRIMANTA 3D ÎN SISTEM CARTEZIAN

