

Universitatea “Politehnica” din București
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

METODE DE DEPLASARE PENTRU ROBOȚI PĂȘITORI

Proiect de diplomă

prezentat ca cerință parțială pentru obținerea titlului de

Inginer în domeniul Electronică și Telecomunicații

programul de studii de licență *Electronică Aplicată*

Conducător științific

Conf. Dr. Ing. HORIA CUCU

Absolvent

Augustin-Mihail Crăciun

Anul 2019

Declarație de onestitate academică

Prin prezenta declar că lucrarea cu titlul “*Metode de deplasare pentru roboți pășitori*”, prezentată în cadrul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației a Universității “Politehnica” din București ca cerință parțială pentru obținerea titlului de *Inginer* în domeniul *Electronică și Telecomunicații*, programul de studii *Electronică Aplicată* este scrisă de mine și nu a mai fost prezentată niciodată la o facultate sau instituție de învățământ superior din țară sau străinătate.

Declar că toate sursele utilizate, inclusiv cele de pe Internet, sunt indicate în lucrare, ca referințe bibliografice. Fragmentele de text din alte surse, reproduse exact, chiar și în traducere proprie din altă limbă, sunt scrise între ghilimele și fac referință la sursă. Reformularea în cuvinte proprii a textelor scrise de către alți autori face referință la sursă. Înțeleg că plagiatul constituie infracțiune și se sancționează conform legilor în vigoare.

Declar că toate rezultatele simulărilor, experimentelor și măsurărilor pe care le prezint ca fiind făcute de mine, precum și metodele prin care au fost obținute, sunt reale și provin din respectivele simulări, experimente și măsurători. Înțeleg că falsificarea datelor și rezultatelor constituie fraudă și se sancționează conform regulamentelor în vigoare.

București, 2019

Absolvent

Augustin-Mihail Craciun

Anexa 1

CUPRINS

Cuprins	7
Lista Tabelelor si figurilor.....	9
Lista Acronimelor	11
Capitolul 1 Introducere.....	13
1.1 Motivația Lucrării	13
1.2. Obiectivele Lucrării.....	14
1.3. Descrierea generală a conținutului lucrării	14
Capitolul 2 Robotul Hexapod PhantomX.....	15
2.1 Roboți Pășitori.....	15
2.2 Structura hardware	16
2.2.1 Controlerul Robotului Arbotix-M	16
2.2.2 Actuatorul DYNAMIXEL AX-12A.....	18
2.2.3 Acumulatorul LiPo	19
Capitolul 3 Exemple Roboți Bipezi	21
3.1.Descrierea roboților pășitori	21
3.2.Roboți de tip pășitori	22
Capitolul 4 Imprimare 3D	27
4.1 Introducere	27

4.2. Tehnologii de printare 3D.....	28
Capitolul 5 Robot biped, Soluție proprie.....	37
5.1 Descriere	37
5.2 Hardware.....	39
5.3. Software.....	40
5.3.1.Diagrama de UML.....	41
Capitolul 6.....	43
6.1 Concluzii Generale.....	43
6.2 Contribuții Personale	43
6.3 Dezvoltări ulterioare.....	44
Referințe	45
ANEXE	45

LISTA TABELELOR SI FIGURILOR

Figura 2.1.....	15
Figura 2.2.....	16
Figura 2.3.....	17
Figura 2.4.....	18
Figura 2.5.....	19
Figura 2.6.....	20
Figura 2.7.....	20
Figura 3.1.....	22
Figura 3.2.....	23
Figura 3.3.....	24
Figura 3.4.....	26
Figura 4.1.....	28
Figura 4.2.....	28
Figura 4.3.....	29
Figura 4.4.....	31
Figura 4.5.....	32
Figura 4.6.....	33

Figura 4.7.....	34
Figura 4.8.....	35
Figura 5.1.....	38
Figura 5.2.....	38
Figura 5.3.....	38
Figura 5.4.....	38
Figura 5.5.....	38
Figura 5.6.....	38
Figura 5.7.....	39
Figura 5.8.....	41

LISTA ACRONIMELOR

ABS-Acrylonitrile butadiene styrene

DLP-Digital Light Processing

FDM-Fused Deposition Modeling

LOM-Laminated Object Manufacturing

PC-Policarbonat

PLA-Polylactic acid

PJP-PolyJet Printing

SLS-Selective Laser Sintering

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

1.1 MOTIVAȚIA LUCRĂRII

Dezvoltarea importantă din ultimii ani a utilizării roboților, în principal s-a datorat flexibilității acestora. La început, roboții și-au făcut apariția în industrie ca roboți industriali. În timp, acești roboți au câștigat noi grade de libertate prin adăugarea unor platforme mobile pe roți. Astfel au apărut primii roboți mobili. Conceptul de robot mobil nu are legătură neapărat cu robotul industrial. Acesta este, înainte de toate, un vehicul cu un oarecare grad de autonomie la nivel motric și decizional. El poate deplasa un robot industrial, având și rolul de suport de integrare, dacă este asistat de perceperea mediului, procesarea semnalelor și inteligență artificială.

1.2. Obiectivele Lucrării

Acest proiect își propune realizarea de noi tipuri de mișcări pentru doi roboți pășitori, platforma mobilă PhantomX MarkII și un robot biped proiectat și construit în cadrul laboratorului SpeedD. Proiectarea pieselor se va realiza în Solidworks iar printarea se va realiza cu o imprimantă ProJet 1500. Motoarele folosite sunt Dynamixel AX-12A ce vor fi controlate de placa de dezvoltare ArbotiX-M. Sistemul se va alimenta de la o baterie LiPo de 11.1V.

1.3. Descrierea generală a conținutului lucrării

Structura acestei lucrări este realizată după cum urmează

Capitolul 2 descrie tehnologiile hardware folosite pentru implementarea proiectului. În acest capitol este prezentat robotul PhantomX MarkII și motoarele Dynamixel AX-12A

Capitolul 3 prezintă mai multe modele existente de roboți pășitori și modul în care aceștia realizează deplasarea. Totodată sunt prezentate avantajele și dezavantajele fiecărui robot.

Capitolul 4 descrie tehnologiile de printare 3D împreună cu avantajele și dezavantajele acestora.

Capitolul 5 este prezentat Robotul biped, proiectat în SolidWorks și printat cu imprimantă 3D ProJet 1500.

CAPITOLUL 2

ROBOTUL HEXAPOD PHANTOMX

2.1 ROBOȚI PĂȘITORI

Un robot pășitor reprezintă un sistem mecanic și electronic capabil să se deplaseze pe suprafețe accidentate. Robotul Hexapod PhantomX prezintă o mai bună stabilitate în comparație cu roboții pășitori cu două, trei sau patru picioare. Mișcarea unui robot Hexapod este mult mai complexă datorită celor șase picioare. Acest robot a fost creat pentru a permite accesul în locuri greu accesibile (zone periculoase, teren accidentat). MIT a debutat în 1989 cu robotul său hexapodal Genghis. Constând în 4 microprocesoare, 22 de senzori și 12 servomotoare, capacitatea lui Genghis a fost revoluționară pentru vremea sa.



Fig 2.1

2.2 STRUCTURA HARDWARE

PhantomX este o Platformă robotică creat în cadrul Interbotix Labs. Acest robot prezintă o complexitate medie având dimensiunile 240x120x39 mm. Robotul este un kit de dezvoltare software asamblat în cadrul laboratorului Speed (Speech and Dialogue Research Laboratory). Robotul este alcătuit din Placa de dezvoltare Arbotix-M, 18 motoare inteligente Dynamixel AX-12A și un dispozitiv Arbotix Commander cu ajutorul căruia robotul primește comenzi de la operator. [2]

2.2.1 Controlerul Robotului Arbotix-M

Placa de dezvoltare ce are la bază arhitectura ARV, cu o frecvență de tact de 16MHz (ATMEGA 644p). Robocontrollerul este dotat cu 2 porturi seriale, unul folosit de motoarele Dynamixel și unul este utilizat pentru modulul radio XBEE. Prezintă 28 pini digitali de intrare/ieșire iar 8 pot fi utilizați atât ca pini digitali cât și ca pini analogici, 3 pini pentru GND, VCC și semnal. [5]

Acesta placă de dezvoltare este una compatibilă Arduino, beneficiază de numeroase librării și exemple open-source. Versiunea folosită pe Hexapodul PhantomX este versiunea “mini” care este cu 25% mai mică decât versiunea originală.

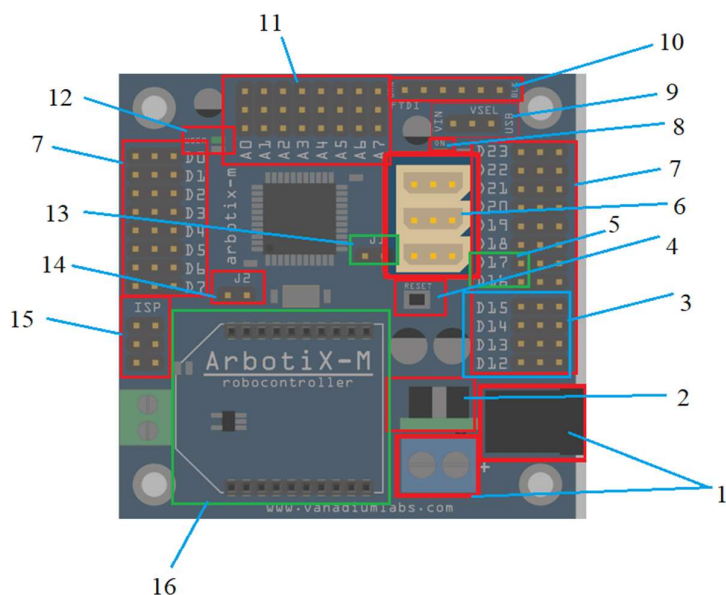


Fig 2.2

Caracteristici Hardware ale Arbotix-M.

1 - Mufă de alimentare cu curent continuu

Placa de dezvoltare este alimentată de la un acumulator Li-Po de 11.1V. Aceasta dispune de 2 jack-uri pentru alimentare. Alimentarea se poate realiza fie cu două fire de la baterie fie cu ajutorul unui Jack DC de 2.1x55mm. Robocontrollerul este alimentat la 11-12V deoarece aceasta este tensiunea la care lucrează motoarele Dynamixel. Pentru alimentarea microcontrollerului avem un regulator de tensiune de 5V.

2 - Regulator de tensiune

Utilizat pentru a duce o tensiune stabilă la controllerul ATMEGA644P și celelalte componente. Poate funcționa la tensiuni de 7-30V iar tensiunea de ieșire poate varia între 1.5V și 5V.

3 - Conectori digitali I/O

4 - Buton pentru resetare

Repornește și resetează programul încărcat pe microcontroller.

5 - Pini IIC

6 - Port 3x3 pin pentru Dynamixel (TTL)

Arbotix-M conține 3 porturi TTL pentru conectarea motoarelor DYNAMIXEL. Motoarele pot fi conectate în serie și astfel mai multe motoare pot folosi același port sau se poate folosi un “Power Hub” și astfel se mărește numărul de porturi.

7 - Conectori digitali de I/O

8 - Led de alimentare

9 - Jumper pentru selectarea alimentării

Utilizat pentru alegerea sursei de alimentare. Fie prin alimentarea de la regulatorul de tensiune fie alimentarea de la USB prin intermediul unui cablu FTDI.

10 - Port serial FTDI / Port pentru programare

Portul FTDI este atât un port serial cât și de programare. Conectând un dispozitiv FTDI (cum ar fi un cablu FTDI, sau UartSBee) se poate programa plăcută ArbotiX și poți face schimb de comunicații seriale.

Acest port permite de asemenea calculatorului care este conectat să reseteze plăcută ArbotiX. Această caracteristică este folositoare atunci când programezi sau începi comunicarea cu plăcută ArbotiX. Pentru a dezactiva această utilitate, se poate înlătura jumper-ul J2.

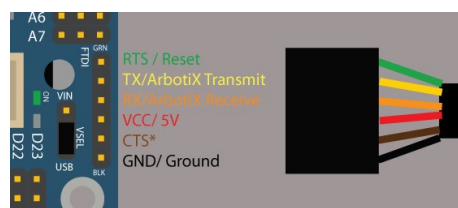


Fig 2.3

11 - Pini analogi de intrare

12 - Led pentru utilizator

13 - Jumper serial (J1)

14 - Jumper pentru reset (J2)

15 - Port programare ISP

Utilizat pentru încărcarea programului în microcontroller, nu avem nevoie de o conexiune serială în comparație cu programarea prin portul FTDI.

2.2.2 Actuatorul DYNAMIXEL AX-12A



Fig. 2.4 Motor Dynamixel AX-12A

Servo motorul Dynamixel este un motor inteligent, realizat pentru controlul mișcării roboților. Acesta nu funcționează doar ca un simplu motor, este capabil să funcționeze ca un senzor inteligent. Motorul este controlat de un microcontroler (MCU). [3]

Specificații :

- Greutate : 54.6g (AX-12A)
- Dimensiuni : 32mm * 50mm * 40mm
- Rezoluție : 0.29°
- Scară de reducere a vitezelor : 254 : 1
- Momentul de cuplu : 1.5N.m (at 12.0V, 1.5A)
- Viteză fără sarcină : 59rpm (at 12V)
- Unghiul de funcționare 0° ~ 300°
- Rotire fără întrerupere
- Temperatura de funcționare : -5°C ~ +70°C
- Voltaj : 9 ~ 12V (Recommended Voltage 11.1V)
- Semnalul de comandă : Digital Packet
- Tipul Protocolului : Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit, 1stop, No Parity)
- Conectarea (Fizică) : TTL Level Mulți Drop (daisy chain type Connector)
- Număr identificare : 254 ID (0~253)
- Viteză de comunicare : 7343bps ~ 1 Mbps
- Feedback : Position, Temperature, Load, Input Voltage, etc.
- Material : Plastic

Zona pe care motorul se poate deplasa este cuprinsă între 0 și 300 grade. Limitele unghiulare asigură restricționarea mișcării motorului. Dacă ambele valori ale CW și CCW sunt setate 0, motorul intră în modul „Wheel Mode” în care este capabil să se rotească continuu, spre deosebire de situația

în care atât CW cât și CCW sunt diferite de 0, moment în care, motorul intră în modul „Joint Mode”, astfel robotul se deplasează în funcție de anumite unghiuri.

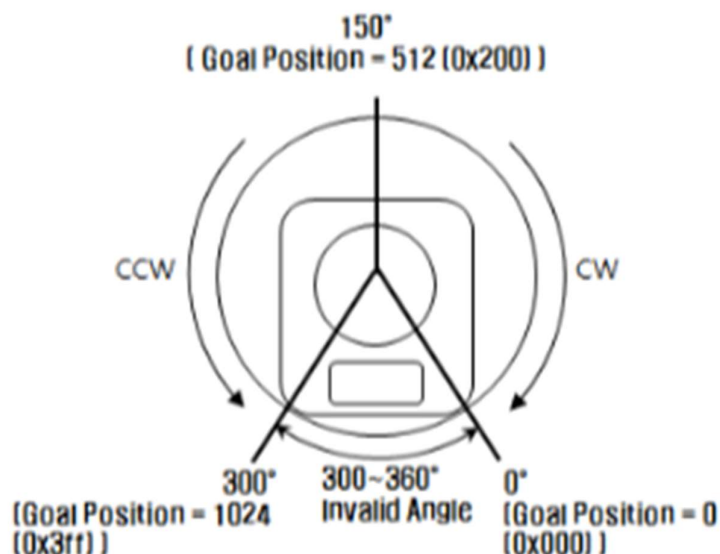


Fig 2.5

Deși este un motor mic, ca dimensiuni, este capabil să producă o tracțiune bună și poate dezvolta viteze mari, cu costul unui consum mare de energie (vezi specificațiile). Consumul de curent al unui singur motor în modul de așteptare nu trebuie să fie mai mare de 50 mA (după specificațiile producătorului), dar în timpul deplasării robotului valorile consumului de curent poate varia între 50 și 1500 mA. Această valoare depinde în special de diferența dintre poziția curentă și poziția dorită a motorului, de aceea timpul în care robotul realizează operațiile dorite este mai scurt în cazul în care este alimentat de la o baterie.

Una dintre probleme, este aceea că robotul consumă energie nu doar atunci când se deplasează, ci și atunci când stă pe loc, deoarece motoarele trebuie să rămână în poziția setată ca poziție dorită. Cantitatea necesară de energie poate fi chiar mai mare, dacă toate motoarele funcționează în același timp.

2.2.3 Acumulatorul LiPo

Acest tipuri de baterii sunt utilizate pentru o gamă largă de dispozitive electronice. Au devenit foarte populare în industria de radio control datorită puterii de care dispun.

Platforma mobilă PhantomX MarkII utilizează o baterie LiPo ce este formată din trei celule de 3.7V.

2.2.4 Modulul XBee

Dispozitiv de radio frecvență care transmite și recepționează date. Este esențială capabilitatea de funcționare fără fire pentru dispozitivele controlate la distanță.

Comunicația dintre PhantomX Mark II și Arbotix Commander

Comanda robotului se realizează cu ajutorul a două dispozitive Xbee. Un modul este plasat pe robot iar celălalt pe maneta Arbotix Commander.

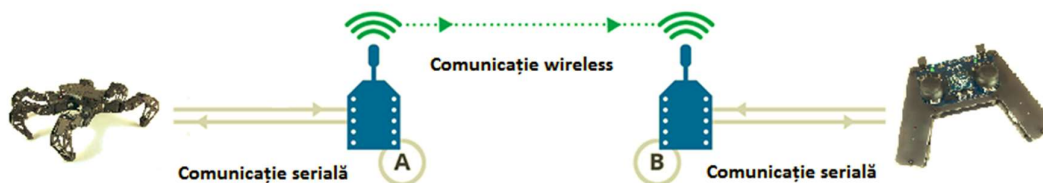


Fig 2.6

Încărcarea codului sursă pe robotul PhantomX Mark II [7]:

1. Deoarece pentru încărcarea programului avem nevoie de un port serial o să decuplăm modulul Xbee de comandă de pe Hexapod.
2. Se modifică Jumper-ul de alimentare la poziția 2 în care placa de dezvoltare este alimentată prin intermediul cablului FTDI.
3. Placa de dezvoltare este conectată la calculator prin intermediul unui cablu FTDI și a unui adaptor USB-serial
4. Din programul Arduino este selectat modelul de placă de dezvoltare corect și se încarcă codul sursă.

În figura de mai jos este prezentat modul de conectare al plăcii de dezvoltare la calculator.

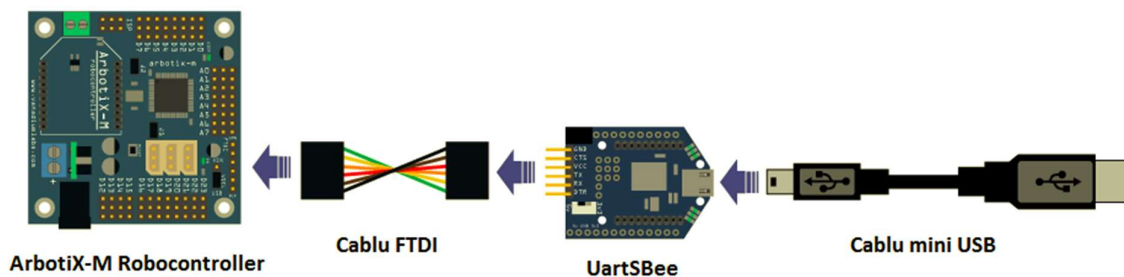


Fig 2.7

CAPITOLUL 3

EXEMPLE ROBOȚI BIPEZI

3.1.DESCRIEREA ROBOȚILOR PĂȘITORI

Roboți mobili pășitori – acești roboți sunt concepuți pentru a încerca să se reproducă modul în care se deplasează animalele; au fost studiate și dezvoltate modele matematice care imită pășirea insectelor, patrupedelor dar și a bipedelor. În acest fel, s-a reușit realizarea unor roboți care au posibilitatea de a se deplasa în medii cu terenuri accidentate, bineînțeles, în anumite limite.

Sistemul nostru de pășire în două picioare, poate fi asemănat cu un poligon care se rostogolește, cu laturile de lungime d , egale cu deschiderea dintre cele două membre. În timp ce lungimea pasului descrește, poligonul aproape devine un cerc, sau respectiv, roată.

Roboții pășitori care utilizează tehnica de locomoție statică sunt mereu în echilibru. Centrul lor de greutate este pe suprafața lor de contact cu solul. Această tehnică este mai simplă și a permis realizarea de numeroase soluții de roboți pășitori, dar și cu roți. Controlul este ușor de realizat, ceea ce o face o soluție viabilă. Soluția statică este însă inefficientă din punct de vedere energetic, elementele de acționare consumând energie în orice moment al mișcării, ceea ce o face asemănătoare deplasării cu roți.

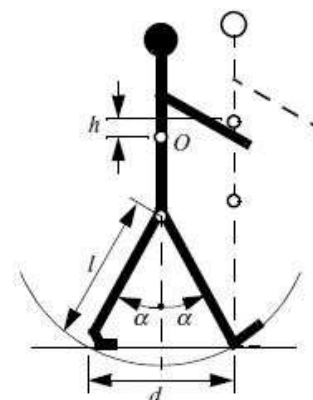


Fig 3.1

3.2.ROBOȚI DE TIP PĂȘITORI

3.2.1.Robotul iCub

Robotul iCub, montat pe un cadru de sprijin, are o înălțime de 104 cm și o greutate de aprox. 22 kg. El, reprezintă mărturia vie a unei platforme gratuite, ușor accesibilă utilizatorilor, pentru testarea inteligenței artificiale și cognitive umane prin intermediul robotului de tip umanoid.

Design-ul, ideea ce stă la baza, aparține grupării RobotCub Consortium, ce activează în diferite universități din Europa, iar construirea acestui prototip se datorează Institutului Italian de Tehnologie în colaborare și cu suportul altor organizații precum ITALK.[10]

Fiind o platformă gratuită, întreagă documentație cât și planurile pentru proiectarea hardware-ului și software-ului a fost lansate sub o licență de tip GPL license.

Numele, la rândul lui, a fost ales că un acronim parțial, ‘Cub’ simbolizând Cognitive Universal Body sau în traducere liberă Corp Universal Cognitiv.

Fondurile inițiale, pentru un așa proiect masiv, au fost de 8.5 milioane de Euro provenite de la Unit E5- Cognitive Systems and Robotics-Programul Seventh Framework aparținând Comisiei Europene și a funcționat de la 1 Septembrie 2004 până la 31 Ianuarie 2010.[10]

Motivația din spatele acestui design remarcabil de tip umanoid este ‘teoria încapsulării inteligenței artificiale și a cunoașterii’ sau sub o altă denumire ‘Teoria inteligenței artificial cognitive’ ce relatează că manipularea joacă un rol vital pentru dezvoltarea cunoașterii și a inteligenței umane. Un copil, în primii ani de viață, învață și începe să stapneasca multe aptitudini cognitive prin interacțiunea fizică cu mediul înconjurător și alți oameni, utilizându-și membrele și simțurile, exemplu cel tactil. În consecință viziunea să internă asupra lumii înconjurătoare este determinată în mare parte de matricea corpului uman.[10]

Așadar, prototipul a fost conceput, tocmai pentru a testa acesta ipoteza permițând scenariilor învățării de tip cognitiv să fie puse în scenă de o reproducere exactă a sistemului de percepție și cel articular unui copil, în așa mod încât să poată interacționa cu lumea înconjurătoare așa cum o face un copil în lumea reală.

Specificații tehnice

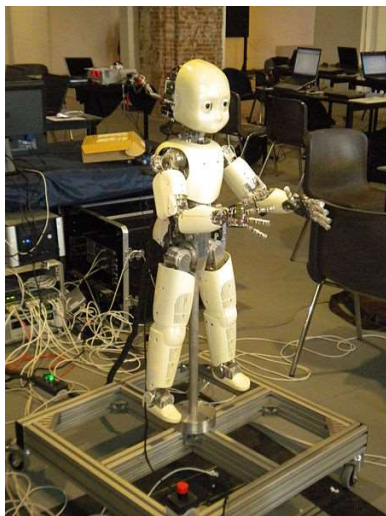


Fig 3.2

Dimensiunile sale sunt similare unui copil de 3 ani și jumătate, are un controller PC104 on-board ce comunică cu acumulatorii și senzorii săi utilizând sistemul CANBus.

Acesta utilizează articulații ce sunt conectate prin intermediul unui sistem de tip tendonal pentru umeri și mâini, cu degete ce se flexează cu ajutorul aceluiași sistem ce reproduce în de aproape sistemul uman de conectare a oaselor. Ele sunt realizate din cabluri izolate cu teflon ce trec prin tuburi din același material contrabalansat/contracarat de un arc de tip resort.

Unghiurile încheieturilor au fost măsurate cu ajutorul unor senzori cu un design nou, numit 'hall-effect' astfel încât prototipul să poată fi echipat cu senzori de cuplu. La rândul lor vârfurile degetelor pot fi și ele echipate cu senzori tactili, iar acum în dezvoltare fiind un sistem dermo-senzorial pentru acesta.

Din punct de vedere al soft-ului, codul este scris în C++ și utilizează YARP-ul pentru comunicarea externă via Gigabit Ethernet cu softul off-board, astfel implementându-se un nivel ridicat de functionabilitate - dezvoltare/development, ce a fost preluat acum de RobotCub Consortium .

Prototipul iCub nu a fost dezvoltat pentru a acționa în sistem autonom și de aceea nu este echipat cu baterii onboard sau un procesor specific unei asemenea acțiuni. În schimb, un cablu ombilical oferă energie și conexiune de rețea.

În versiunea sa finală, iCub are 53 grade de libertate de mișcare organizate după cum urmează:

- 7 în fiecare membru superior
- În fiecare mână (3 pentru degetul mare, 2 pentru index, 2 pentru degetul mijlociu, 1 pentru inelar și degetul mic, 1 pentru aducție/abducție)
- 6 în cap (3 pentru gât și 3 pentru camere)
- în tors/mijloc
- 6 în fiecare picior

Unde se localizează ochii, iCub este echipat cu camere de tip stereo într-un montaj pivotat astfel încât să poată reda mișcările oculare naturale omului, microfoane în loc de sistemul auditiv,

linii de culoare roșie, în spatele unui panel, realizate cu ajutorul LED-urilor pentru a marca poziția sprâncenelor și a gurii. Toate acestea încercând laolaltă a mimetiza expresiile faciale umane.

De la primul prototip, iCub a trecut prin mai multe stadii de revizie și îmbunătățire, de exemplu mâini mai mici ca dimensiuni, ce au o mai mare dexteritate [9], picioare mai robuste, dar în același timp mai ușoare cu un unghiuri mai bune ale încheieturilor ce permit deplasarea robotului în mod natural.

Capacitățile lui iCub[10]

A fost demonstrat că prototipul iCub are capacitatea să efectueze urmatoarele task-uri:

- Mers de-a bușilea folosind un ghidaj vizual cu un marker optic situat pe podea
- Găsirea unei soluții pentru un labirint 3D complex
- Tras cu arcul și acuratețea cu care se nimerește centrul panoului
- Imitarea expresiilor faciale umane, iCub reușit să își exprime emoțiile
- Stăpânirea forței corporale cu ajutorul senzorilor de cuplu
- Prinderea unor obiecte mici precum mingii sau sticle din plastic etc
- Evitarea coliziunilor cu alte obiecte într-un mediu non-static, dar și evitarea auto coliziunii.

Interacțiunea robotului cu lumea înconjurătoare

Aceste prototipuri denumite iCub au fost construite de Istituto Italiano di Tecnologia (IIT) în Genova și sunt folosite de mică comunitate de oameni de știință pentru a studia Teoria inteligenței artificiale cognitive. În lume se regăsesc aprox. 30 de astfel de roboți atât în America cât și în Europa. Primul om de știință cărui i s-a oferit oportunitatea de a lucra și de a deține un astfel de robot este Stephen E. Levinson pentru studii medicale ce au ca tematică modelele cumulative ale creierului și ale minții, de deprindere a limbajului.

3.2.2 Asimo - Honda robot

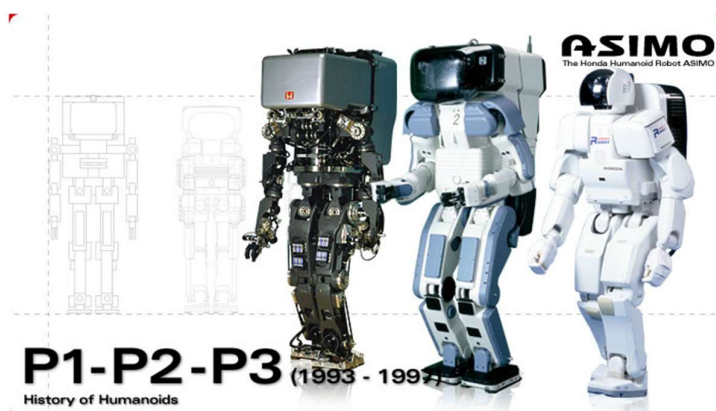


Fig 3.3

Despre proiectul celor de la Honda în realizarea unui robot de tip umanoid, putem spune că deține un lung istoric în domeniul cercetării și totodată reușind să atingă un punct important în provocarea tehnică pe care și-au propus-o și anume capacitatea robotului de a acționa independent.

Putem observa modelul P2 ce este un predecesor important al celui mai recent prototip denumit ASIMO (advanced step în innovative mobility), acesta având o greutate și înălțime mai mare decât a lui SDR-4X de 120cm și respectiv 52 kg. Toate acestea permițând o mai mare mobilitate în cotidianul uman și al acțiunilor simple precum urcarea scărilor și recunoaștea marginilor menținând totodată o postura naturală și normal.

Acest prototip fiind primul care să demonstreze urcarea/coborârea biometrică de tip biped astfel prototipurile celor de la Honda nu au fost concepute doar pentru a activă în domeniul divertismentului ci și pentru a ajuta societatea în acțiuni cotidiene. De exemplu echipa de cercetare a celor de la Honda, fac referire la înălțimea lui ASIMO că având impact minim astfel încât acestuia să i se permită să ducă la bun sfârșit acțiunile umane având ca exemplu deschiderea sau închiderea unui comutator de curent.

Specificații tehnice:

Viteză maximă : 2 km/h

Autonomie: 15 min

Greutate : 210 kg

Înălțime: 1.82 m

Gradele de libertate a membrelor superioare : 2 x 6

Gradele de libertate a membrelor inferioare : 2 x 7

3.2.3 Robotul Sony Dream Robot

Robotul Sony Dream Robot, model SDR-4X II reprezintă rezultatul unui studiu de cercetare ce avea ca obiectiv creerea unui robot ce putea activa în domeniul divertismentului prin activități de tipul dansului sau cântatului. Acesta a început în anul 1997 ca un robot cu 38 de grade de libertate încorporate, 7 microfoane pentru o fină localizare a sunetului, capacitatea de recunoaștere a persoanelor prin intermediul imaginilor, o hartă on-board pentru localizarea și reconstruirea adâncimii spațiului înconjurător, dar și o minimă recunoaștere vocală.

Având ca țel capacitatea robotului de a activă în domeniul divertismentului prin mișcări ce presupun fluiditate, cei de la Sony au depus un efort considerabil în design-ul unui sistem de aplicare a prototipurilor de mișcare ce lasă cercetătorilor libertatea creerii unor scripturi pentru dans într-o manieră straightforward. Trebuie totodată să ținem cont de faptul că SDR-4X II este un prototip de dimensiuni relativ mici cu o înălțime de 58 cm și 6.5 kg.

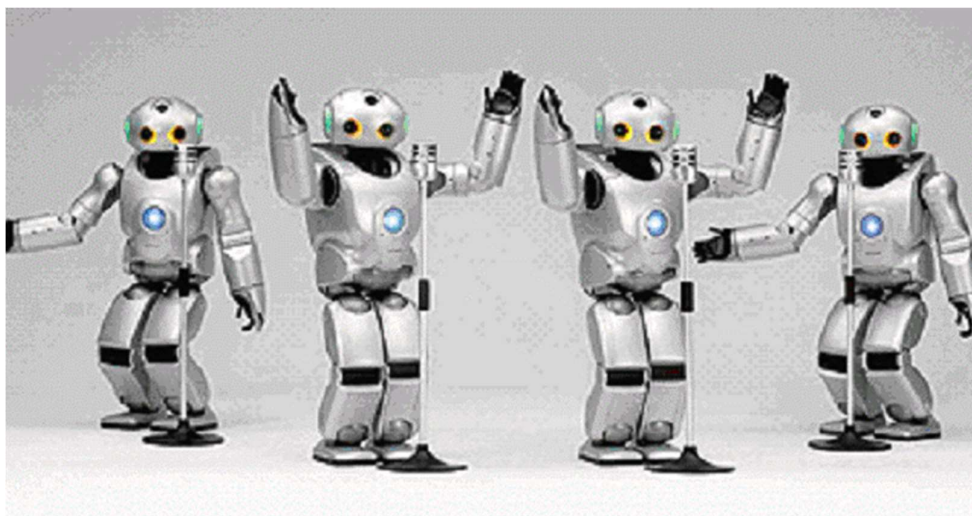


Fig. 3.4

Greutate : 7 kg

Înălțime: 58 cm

Gradele de libertate a gâtului : 4

Gradele de libertate a corpului : 2

Gradele de libertate a membrelor superioare : 2 x 5

Gradele de libertate a membrelor inferioare : 2 x 6

CAPITOLUL 4

IMPRIMARE 3D

4.1 INTRODUCERE

Imprimarea 3D reprezintă procesul de construire al unui obiect printr-un proces aditiv. Mai multe straturi de material sunt suprapuse pentru a forma diferite forme. Este un proces apărut în anii '80 ce poartă numele de „Prototipare rapidă”. Inițial a fost folosit în industria aerospațială sau de echipele de Formula 1.

Imprimantele 3D sunt utilizate și în medicină prin procesul de „bio-printare”. Principiul de printare este cel clasic dar aici straturile sunt formate din celule. Probleme întâlnite sunt durata de viața a celulelor dar și faptul că un organ trebuie să fie vascularizat, avem nevoie de mai multe tipuri de celule.

Tot în medicină imprimanta 3D ne oferă o soluție pentru persoanele cu dizabilități. Până acum producerea de proteze impune o aparatură foarte avansată și costisitoare.

În construcții sunt utilizate imprimante 3D la o scară foarte mare iar materialul utilizat pentru realizarea straturilor este betonul. Această metodă este mai puțin eficientă decât construcția normală a unei locuințe dar se pot realiza construcții în medii nefavorabile.

4.2. TEHNOLOGII DE PRINTARE 3D

Pentru printarea 3D au apărut mai multe tehnologii fiecare având avantaje și dezavantaje. Utilizarea unei anumite tehnologii de printare se alege în funcție de aplicație.

4.2.1. FDM-Modelare prin Extrudare

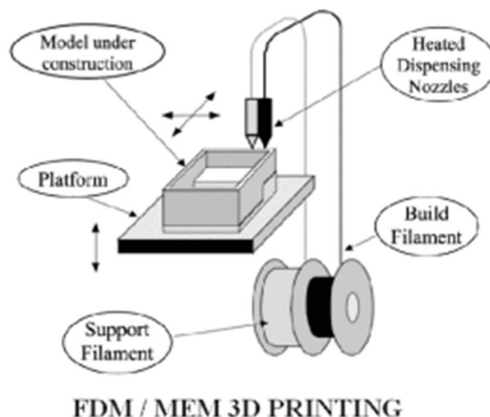


Fig 4.1

Cea mai utilizată metodă datorită simplității și accesibilității. Modelul 3D dorit pentru printare este „feliat” cu ajutorul unei aplicații software. Tehnologia constă în topirea unui filament material plastic și depunerea acestuia în straturi conform fișierului CAD. Pentru a preveni deformarea pieselor, camera de printare este închisă și încălzită la o temperatură ridicată pentru ca temperatura pieselor să scadă treptat. [9]

Acuratețe: Medie

Finisare: Slabă

Viteză: Scăzută

Materiale: ABS, PLA, PVA, PC, polietilenă HDPE, polipropilenă, elastomer, ceară de turnare

Avantaje: Tehnologie silențioasă și sigură, preț accesibil atât pentru imprimantă cât și pentru materialul utilizat.

Dezavantaje: Viteză mică în cazul pieselor complexe, rezoluție și acuratețe slabă pentru detalii fine.

4.2.2 SLA-Stereolitografie

Tehnologie de printare 3D utilizată la scară largă în mediul industrial. Implică folosirea unui fascicul laser cu lumină ultravioletă pentru solidificarea unei rășini fotopolimerice lichide. Sub acțiunea luminii laser, această rășină se solidifică, obținându-se un strat solid care se adaugă la stratul precedent construit.



Fig 4.2

Dupa finalizare modelul, modelul 3D obtinut este imersat intr-o baie chimica separata, pentru indepartarea excesului de rasina dupa care este tratat intr-un cuptor cu radiatii ultraviolete pentru intarirea finala.

Tehnologia aplicata este destul de scumpa, lucru ce duce la costuri destul de mari pentru printerele de tip SLA (pornind de la 40-50000EUR). [9]

Acuratetea: foarte buna

Finisarea: foarte buna

Viteza de printare: foarte buna;

Materiale utilizate: rasini lichide foto-sensibile

Avantaje tehnologie SLA: Prototiparea de piese de geometrii complexe si extrem de detaliate, suprafete printate foarte fine si precise, marimi mari de constructie a pieselor, piesele printate pot fi utilizate ca matrita master pentru industriile de turnare prin injectie (injection molding), termoformare, turnare metale, rezistenta la temperaturi inalte a pieselor fabricate.

Dezavantaje tehnologie SLA: Rezistenta medie la prelucrari mecanice, nedurabilitate in timp, expunerea lunga la soare deterioreaza piesele care devin fragile si casante, necesita operatiuni deranjante de post-procesare (cu substante chimice posibil periculoase).

Cost mare al printerului, suprafata nu este extrem de finisata (in comparatie cu SLA), detalii nu extrem de fine (in comparatie cu SLA). Rasinile lichide pot fi toxice, ventilatie obligatorie. [9]

4.2.3. DLP-Expunere digitală a luminii

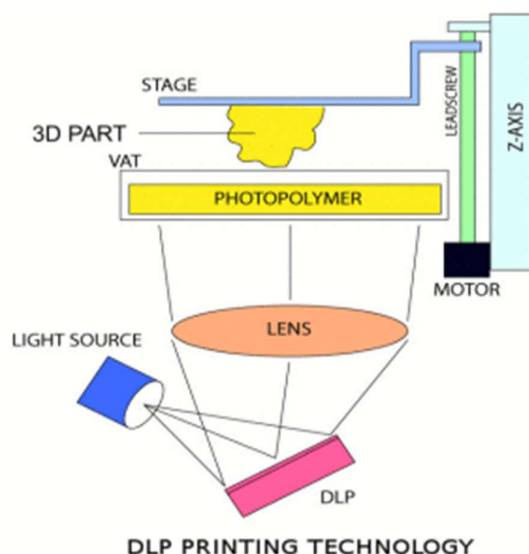


Fig 4.3

Tehnologia de printare DLP (Digital Light Processing) reprezintă un proces de fabricare aditivă bazat pe utilizarea luminii UV pentru solidificarea unor rășini polimerice lichide. Dezvoltată de Texas Instruments, tehnologia DLP are ca element principal cipul DMD (Digital Micromirror Device) – o matrice de micro-oglinzi folosite pentru modularea spațială rapidă a luminii.

Inițial, modelul 3D CAD este convertit de aplicatia software a printerului 3D în secțiuni transversale (felii) ale obiectului, apoi informațiile sunt trimise către imprimantă și cipul DMD.

Pentru fiecare secțiune transversală a modelului 3D CAD, lumina UV emisă de un proiector este modulată și proiectată prin intermediul cipului pe suprafața rășinii polimerice aflată în cuva de construcție.

Fiecare micro-oglinda individuală a cipului DMD proiectează pixeli din secțiunea transversală a modelului 3D. Sub acțiunea luminii UV, rășină lichidă fotoreactivă (sensibilă la lumină ultravioletă) se solidifică în straturi succesive.

Deoarece întreaga secțiune transversală este proiectată într-un singură expunere, viteza de construcție a unui layer (secțiune) este constantă indiferent de complexitatea geometriei. Indiferent că se printează o piesă simplă sau simultan 10 piese complexe, viteza de printare rămâne constantă.

Obiectele 3D de geometrii mai complexe sunt printate cu ajutorul materialelor suport care sunt ulterior îndepărtate. Rășină rămasă în cuva de construcție poate fi reutilizată la printările ulterioare. Anumite materiale de printare pot necesita procese ulterioare de întărire în cuptoare UV.

Costurile tehnologiei DLP sunt superioare față de FDM, și pornesc de la 15-20.000EUR pentru printare cu volume mici de construcție. [9]

Acuratețea pieselor printate: Foarte bună

Finisarea suprafețelor printate: Foarte bună

Viteză de printare: bună (pt obiecte multiple și geometrii complexe)

Materiale utilizate: rășini, fotopolimeri, rășini transparente, polimeri pe bază de ceară

Avantaje tehnologie DLP:

Suprafețe printate fine și precise (utilizare în industria bijuteriilor, tehnică dentară, electronică), prototipuri destul de rezistente pentru prelucrare, gama diversă de rășini inclusiv materiale bio-medicale (certificate pentru utilizare în domeniul medical) și rășini transparente (prototipuri în industria ambalajelor), printare stabile cu puține părți în mișcare. Tehnologia permite prototipare piese de geometrii complexe și detaliate, viteza mare de printare pentru geometrii complexe și printare simultană a mai multor piese (productivitate mare). Piese printate pot fi utilizate ca matrițe master pentru industriile de turnare prin injecție (injection molding), termoformare, turnare metale

Dezavantaje tehnologie DLP:

Materiale de construcție mai scumpe, preț printare mai mare (pentru volume mari), necesită operații de post-procesare (întărire UV, îndepărtare material suport), necesită manipularea rășinilor (deranj în mediul office).

4.2.4.SLS– Sinterizare Laser Selectiva

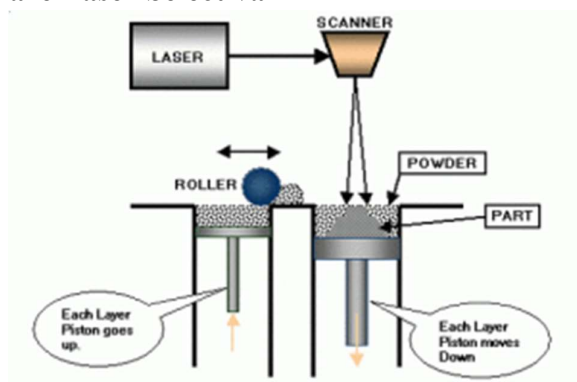


Fig 4.4

Tehnologia de prototipare rapidă SLS (Selective Laser Sintering), tradusă prin Sinterizare Laser Selectivă, a fost patentată la sfârșitul anilor 1980 și este apropiată de SLA. Pe lângă denumirea SLS se folosește pe scară largă și denumirea generică LS (Laser Sintering), sau Sinterizare Laser.

Tehnologia SLS implică folosirea unui fascicul laser de mare putere (ex. Un laser CO2) pentru topirea (sinterizarea) unor pulberi în straturi succesive obținându-se astfel modelul 3D dorit.

Modelul 3D dorit este convertit inițial în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și trimise apoi printerului. Pe baza informațiilor primite, fasciculul mobil al laserului topește (sinterizează) selectiv stratul de pulbere aflat pe platforma de construcție din interiorul cuvei, conform fiecărei secțiuni transversale.

După finalizarea secțiunii, platforma pe care sunt construite modelele 3D este coroborată înăuntru cuvei cât să poată fi realizată următoarea secțiune transversală. Se aplică un nou strat de pulbere care este apoi uniformizată după care procesul se repetă până la finalizarea întregului model 3D conform fișierului CAD. [9]

În timpul printării, modelul 3D este în permanentă încadrat în pulberea de construcție, ceea ce permite printarea unor geometrii extrem de complexe fără material suport. Pulberea rămasă în cuva de construcție poate fi reutilizată la printările ulterioare.

Obiectele 3D obținute prin sinterizarea laser sunt poroase și nu necesită finisare ulterioară decât dacă se dorește întărirea acestora prin infiltrare

Tehnologia sinterizării laser implică componente scumpe ceea ce duce la costuri ridicate ale printerelelor de tip SLS (peste 90.000EUR)

Acuratețea pieselor printate: bună

Finisarea suprafețelor printate: bună spre foarte bună

Viteză de printare: medie spre superioară;

Materiale utilizate: pulberi (termo) plastice (nylon, polyamida, polystyren; elastomeri; compoziți), pulberi metalice (oțel, titan, aliaje), pulberi ceramice, pulberi din sticlă

Avantaje tehnologie SLS/LS:

Acuratețea bună a modelului 3D, paletă largă de materiale, piese fabricate rezistențe, posibilitatea construcției unor geometrii extrem de complexe fără material suport, flexibilitate a modelelor printate (pot fi utilizate ca modele finale sau modele de testare), (unele materiale) nu necesită post-procesare, Piese fabricate rezistențe la temperaturi înalte. Nu necesită operațiuni de post procesare (întărire, îndepărtare suport, etc) dacă nu se dorește întărirea mecanică. [9]

Dezavantaje tehnologie SLS/LS:

Tehnologie scumpă care se traduce în cost mare și dimensiuni mai mari ale printerului, materiale de printare scumpe, suprafața mediu finisată (în comparație cu SLA), detalii medii ca finețe (în comparație cu SLA), prototipuri poroase care pot necesita operațiuni adiționale de întărire. Timp de răcire mare după printare pentru obiecte mari.

4.2.5.SLM – Sinterizare directă (Topire) Laser a Metalelor

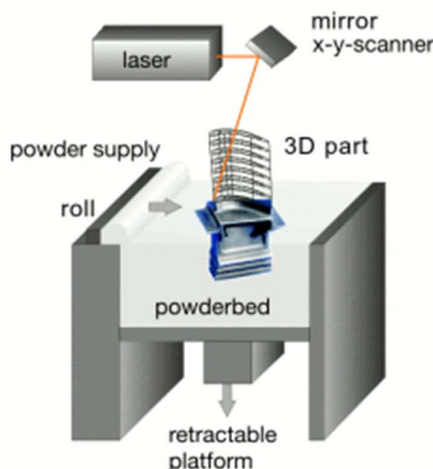


Fig 4.5

Tehnologia SLM (Selective Laser Melting) sau Sinterizarea (Topirea) Laser a Metalelor, este o subramura a tehnologiei SLS cu un procedeu de fabricație aditivă similar. Tehnologia mai poartă numele de DMLS (Direct Metal Laser Sintering) sau LaserCusing. [9]

Spre deosebire de Sinterizarea Laser Selectivă, tehnologia SLM utilizează pulberi metalice drept material de construcție care sunt topite și sudate împreună cu ajutorul unui laser de mare putere. Straturile subțiri de pulbere metalică atomizată sunt succesiv topite și solidificate la nivel microscopic în interiorul unei camere de construcție închisă ce conține gaz inert (argon sau azot) în cantități controlate strict, la un anumit nivel de oxigen. După terminare, piesa 3D este scoasă din camera de construcție și supusă unui tratament termic și de finisare în funcție de aplicație.

Cu o utilizare industrială specializată, tehnologia SLM Selective Laser Melting poate fi încadrată mai degrabă în domeniul prototipării rapide decât în cel al printării 3D. Echipamentele sunt extrem de scumpe depășind în general 100.000EUR. [9]

O tehnologie similară este EBM (Electron Beam Melting), care utilizează un fascicul de electroni ca sursă de energie

Acuratețea pieselor printate: bună

Finisarea suprafețelor printate: bună spre foarte bună

Viteză de printare: medie spre superioară;

Materiale utilizate: pulberi metalice din oțel inoxidabil, oțel de scule, cobalt crom, titan și aluminiu.

Avantaje tehnologie SLM/DMLS:

Acuratețea bună a modelului 3D, paletă de materiale speciale metalice, piese fabricate rezistențe, posibilitatea construcției unor geometrii organice sau extrem de complexe, piese ușoare (industria aerospațială, medicină), flexibilitate a modelelor printate (pot fi utilizate ca modele finale sau modele de testare).

Dezavantaje tehnologie SLM/DMLS:

Tehnologie scumpă care se traduce în cost mare și dimensiuni mai mari ale printerului, materiale de printare speciale și scumpe, prototipuri care pot necesita operațiuni adiționale de întărire. Timp de răcire mare după printare pentru obiecte mari[9]

4.2.6. 3DP– Printare inkjet tridimensională

Tehnologia de printare tridimensională 3DP (Three-Dimensional Printing) mai poartă și numele de 3D inkjet printing sau Plaster-based 3D printing (PP). Printarea tridimensională a fost printre primele tehnologii 3D pătrunse în România și reprezintă încă tehnologia favorită în domenii precum arhitectura și designul. Până la apariția tehnologiei LOM cu hârtie, 3DP era singură tehnologie care permitea printarea 3D color.

Printarea tridimensională 3DP implică utilizarea tehnologiei de printare inkjet pentru solidificarea unei pulberi introdusă camera de construcție (fabricare) a imprimantei prin lipirea particulelor cu ajutorul unui material liant.

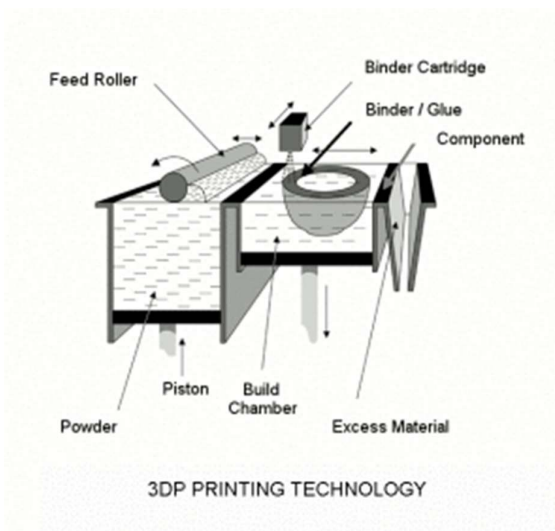


Fig. 4.6

Inițial, modelul 3D CAD este convertit în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și trimise apoi imprimantei. Un strat subțire de pulbere este introdus în platformă de construcție după care este întins, distribuit și compresat uniform cu ajutorul unei role speciale. Capul de printare aplică apoi jetul de material liant urmând structura (felia) proiectată a modelului 3D și rezultând astfel un layer al obiectului 3D din pulbere solidificată cu liant. Odată ce un layer este finalizat, platformă de construcție coboară cu exact grosimea unui layer, după care procesul de printare este reluat. [9]

Prin repetarea operațiunii se vor construi layere succesive, unul deasupra celuilalt, până la realizarea piesei finale. Pe măsură ce procesul avansează, piesă este cufundată în pulbere, ceea ce constituie un suport natural pentru geometriile mai complexe.

După finalizare și scoatere din camera de construcție, piesă finală se introduce într-o cuvă pentru îndepărtarea prin suflare a pulberii rămase în diversele cavități și goluri. În cursul printării liantului pot fi adăugate și culori, rezultând obiecte 3D color cu aplicabilitate în multe domenii.

În cazul pulberilor de amidon sau ipsos, piesele 3D printate sunt de obicei infiltrate cu material de etanșare sau cu intariotir pentru îmbunătățirea durității și calității suprafeței. Pulberea rămasă în camera de construcție poate fi reutilizată la printările ulterioare.

Costul echipamentelor bazate pe tehnologia 3DP/3D inkjet printing începe de la aproximativ 20000EUR însă pentru echipamentele industriale (pulberi PMMA și volume mari de construcție) poate depăși 150.000EUR

O altă tehnologie nouă, numită 3D paper printing, îmbină printarea inkjet cu tehnologia LOM. Straturi succesive de hârtie sunt decupate în formă secțiunii transversale formând layeremodelului

3D, iar acestea sunt lipite unul peste altul cu ajutorul unui cap de printare care aplică un jet de material adeziv. Tehnologia permite de asemenea printarea color a modelului 3D dorit utilizând cerneală inkjet obișnuită. [9]

Acuratețea piese printate: medie spre bună

Finisarea suprafețelor printate: medie spre bună, aspect estetic (color)

Viteză de printare: foarte bună

Materiale utilizate: pulberi (amidon, ipsos, pulberi plastice PMMA, alte tipuri)

Avantaje tehnologie 3DP/3D inkjet printing:

Viteza mare de printare, materiale nu foarte scumpe; prototipuri 3D printate full color cu impact vizual maxim. Funcționare silențioasă a printerelor 3D, echipamentele pretabile în mediul office

Dezavantaje tehnologie 3DP/3D inkjet printing:

Modele 3D destul de fragile, necesită întărire prin infiltrare pentru îmbunătățirea rezistenței mecanice. Rezoluție și suprafața medii ca nivel de finisare. Gama de materiale limitată.

Manipularea pulberilor, curățarea piesei și infiltrarea pentru întărire pot genera praf și deranj în mediul office.

4.2.7. LOM – Fabricarea Stratificata prin Laminare

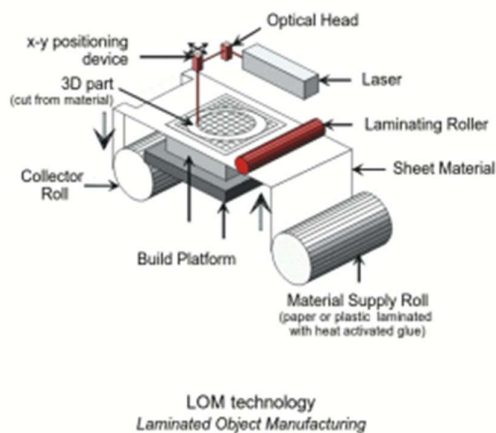


Fig. 4.7

Tehnologia LOM (Laminated Object Manufacturing) sau Fabricarea Stratificată prin Laminare este o tehnologie mai puțin cunoscută, cu toate că primul sistem de fabricare LOM a fost dezvoltat încă din 1991 de compania Helisys Inc. [9]

Tehnologia LOM permite fabricarea stratificată a obiectului 3D din straturi de hârtie sau plastic care sunt lipite împreună, unul peste altul, și decupate cu ajutorul unui cuțit sau al unui laser. Materialul de printare folosit poate fi furnizat atât în rolă (plastic) cât și în foi sau coli (hârtie).

Inițial, modelul 3D CAD este convertit în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și trimise apoi imprimantei. Cu ajutorul unei surse laser sau unui cuțit, printerul decupează din foaia de material solid straturile care vor compune piesa 3D. Restul de materialul nefolosit în urmă decupării este caroiat mărunț de cuțit (sau sursa laser) pentru ca la sfârșitul procesului să poată fi îndepărtat

manual. Stratul finalizat este lipit de stratul anterior cu ajutorul unui adeziv aplicat pe partea inferioară a foi. [9]

Tot timpul construcției, piesa 3D este încadrată (împachetată) în materialul de construcție ceea ce permite printarea unor geometrii complicate fără material suport. La finalul procesului, piesa 3D apare împachetată în materialul în exces care va fi îndepărtat manual. Restul de material este aruncat neputând fi utilizat la printări ulterioare.

O tehnologie nouă denumită 3D paper printing, îmbină printarea inkjet cu tehnologia LOM. Secțiunile transversale din hârtie sunt întâi printate color utilizând tehnologia inkjet obișnuită și apoi decupate în layere, rezultând un model 3D cu rezoluție full-color.

Costul echipamentelor ce utilizează această tehnologie este de 10-25000EUR fără TVA însă ele au marele avantaj al utilizării unor consumabilele extrem de ieftine (hârtia obișnuită).

Acuratețea pieselor printate: medie spre bună

Finisarea suprafețelor printate: medie spre bună, aspect estetic (color)

Viteză de printare: medie

Materiale utilizate: hârtie (foi obișnuite), plastic (role)

Avantaje tehnologie LOM:

Materiale de printare foarte ieftine (hârtie A4 obișnuită); acuratețe și precizie destul de bună, permite printarea modelelor mai mari care nu au detalii complicate. Prototipuri 3D printate full color cu impact vizual maxim. Echipamentele pretabile în mediul office (fără praf, substanțe chimice, operațiuni periculoase de post-procesare).

Dezavantaje tehnologie LOM:

Gama limitată de materiale, proprietăți slabe ale materialelor, materialul nefolosit trebuie îndepărtat manual, pierderi de material destul de mari (restul neutilizat al colii se aruncă). Volume de printare limitate.

4.2.8. PJP-Printare PolyJet cu Fotopolimeri

Tehnologia de printare 3D PJP (PolyJet Printing), întâlnită și sub numele de Jetted Photopolymer, sau sub denumirea de MultiJet Printing (MJP) este o altă tehnologie de fabricare aditivă, similară oarecum cu stereolitografia (SLA) deoarece utilizează tot foto-solidificarea unui fotopolimer lichid. Tehnologia PolyJet este însă similară și cu tehnologia de printare inkjet obișnuită. Spre deosebire de imprimantele de birou care spreiază un jet de cerneală, printerele 3D PolyJet emit un jet de fotopolimeri lichizi care sunt ulterior întăriți la lumina UV. [9]

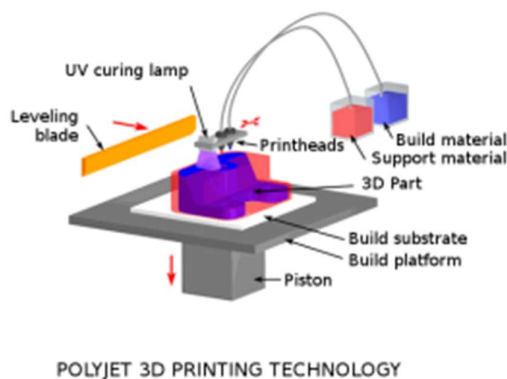


Fig. 4.8

Modelul 3D CAD este inițial convertit în secțiuni transversale (felii) ale obiectului și transmise apoi imprimantei. Capul de printare spreiază un jet de fotopolimeri lichizi cu care proiectează o secțiune transversală extrem de subțire pe platformă de construcție. Această secțiune este apoi întărită cu ajutorul luminii UV, după care procesul se repetă strat după strat creând modelul 3D final. Modelele complet întărite pot fi manipulate și utilizate imediat, fără operații suplimentare de post-procesare.

În cazul geometriilor complicate sau al consolelor, imprimanta utilizează un material suport de consistență similară gelului, ca susținere a geometriei. Acesta poate fi ulterior îndepărtat manual cu ajutorul unui jet de apă.

Printerele pot avea 2 sau mai multe capete de printare, unul pentru fotopolimerul de construcție și celalalt pentru materialul solubil (gel). Utilizând capete multiple, tehnologia PolyJet permite inclusiv printarea cu 2 materiale diferite în cadrul aceluiași proces de construcție. Se pot astfel obține prototipuri printate din diverse materiale cu diverse proprietăți fizice

Costul echipamentelor ce utilizează această tehnologia PolyJet pornește de la circa 18000EUR fără TVA pentru modelele desktop însă pentru printerele profesionale costurile pot ajunge la 100.000EUR

Acuratețea pieselor printate: foarte bună

Finisarea suprafețelor printate: foarte bună

Viteză de printare: medie spre bună

Materiale utilizate: fotopolimeri de diverse tipuri (rigizi, maleabili, transparenti, opăci, bio-compatibili, elastomeri)

Avantaje tehnologie PolyJet:

Acuratețe și precizie extrem de bună, suprafețe printate fine și precise ce nu mai necesită prelucrare ulterioară, modele 3D cu detalii complexe, prototipuri 3D printate din materiale multiple cu proprietăți fizico-mecanice multiple. Gama variată de materiale de printare cu proprietăți mecanice diferite. Echipamentele pretabile în mediul office (fără praf, substanțe chimice, operațiuni periculoase de post-procesare). Tehnologie eficientă din punct de vedere al costurilor pentru piese mici. [9]

Nu necesită operațiuni ulterioare de întărire a modelului 3D printat. Operațiuni ușoare de post-procesare (îndepărtarea materialului suport)

Dezavantaje tehnologie PolyJet:

Piesele nu rezistă bine la temperatură; cost destul de mare al materialului de construcție, neficient economic pentru piese de dimensiuni mai mari. Operațiunile ulterioare de îndepărtarea materialului suport nu sunt atât de curate și nu se pretează în mediul office

CAPITOLUL 5

ROBOT BIPED, SOLUȚIE PROPRIE

5.1 DESCRIERE

Am ales să proiectez folosind software-ul Solidworks un robot pasitor cu două picioare, pe fiecare picior având 3 articulații cu mișcări de rotație care ajută la deplasarea robotului. Mișcarea se realizează cu ajutorul unor servo-motoare, acționate prin intermediul unei plăci de dezvoltare.

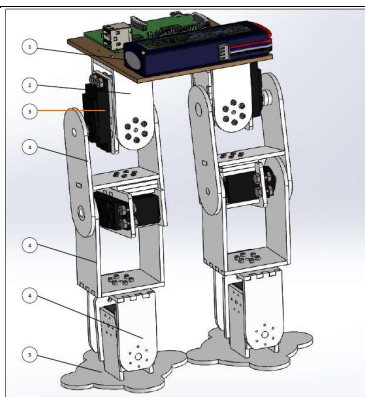


Fig. 5.1

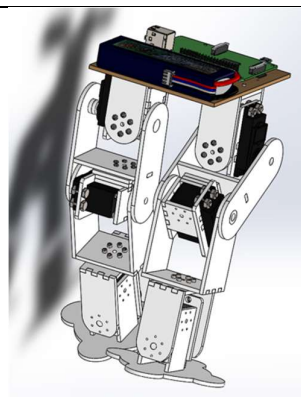


Fig. 5.2

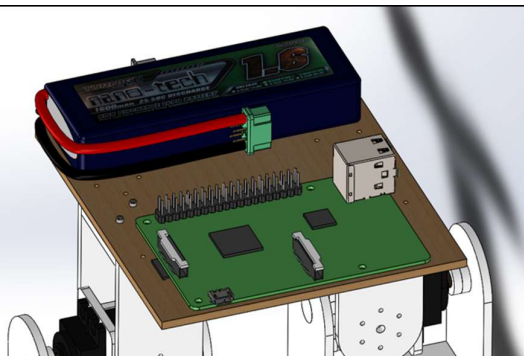


Fig. 5.3

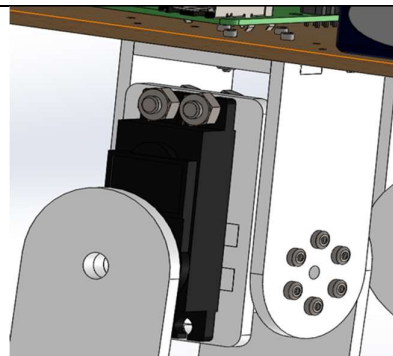


Fig. 5.4

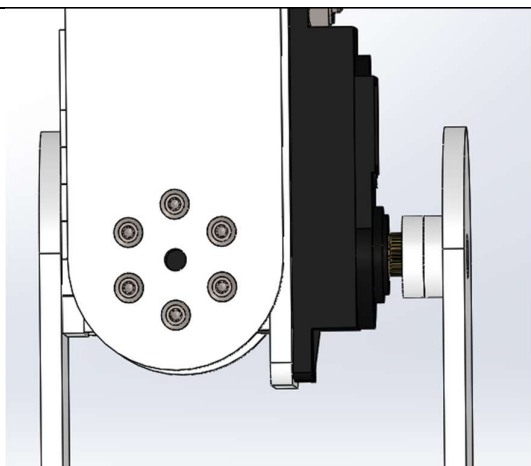


Fig. 5.5

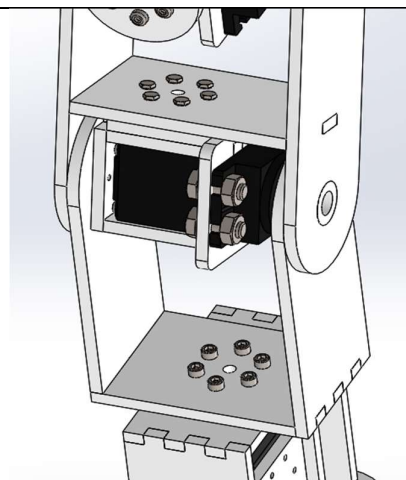


Fig. 5.6

În figurile 5.1 și 5.2 se poate observa ansablul final al robotului

Placa suport are rol de susținere a microcontrollerului ArbotiX-M și a bateriei. Ea este legată de motoare prin intermediul unei piese de prindere. (Fig. 5.3)

În figura 5.5 se poate observa prinderea flanșei de către arborele motorului, care se realizează prin intermediul a două bucșe. Se folosesc două bucșe și nu una, pentru că în ansablul următor, de la genunchi, vor fi două piese legate la arborele motorului și se dorește simetria dintre extremitățile flanșei care leagă cele două motoare.

Prinderea ansablului genunchi de ansablu talpă se face, suprapunând două piese identice, una dintre ele rotită cu un unghi de 90 de grade, pentru a schimba axa de rotație (Fig 5.6)

5.2 HARDWARE

Din punct de vedere al elementelor hardware este format din:

1. Controllerul ArbotiX (descriere în capitolul 2)
2. Servomotoare Dynamixel AX-12A
Servomotoare uzuale folosite pentru prototipuri, se conectează printr-o magistrală serială iar fiecare dispozitiv are un ID unic. Aceste servomotoare nu primesc semnal PWM, conțin o zonă de memorie care sunt scrise prin protocolul serial (descriere în capitolul 2)
3. Baterie LiPo 11.1V (descriere în capitolul 2)
4. Elemente structurale realizate prin imprimare 3D

Schema de conectare a motoarelor:

Cele 6 servo-motoare Dynamixel AX12-A se conectează astfel:

Primele 2 motoare, poziționate cel mai aproape lângă placă de dezvoltare ArbotiX-M se leagă fiecare la această prin Port 3x3 pentru Dynamixel (TTL).

Cum servo-motoarele Dynamixel au 2 porturi a câte 3 pini pentru conectare, este posibilă conectarea serială, ca în figura de mai jos.

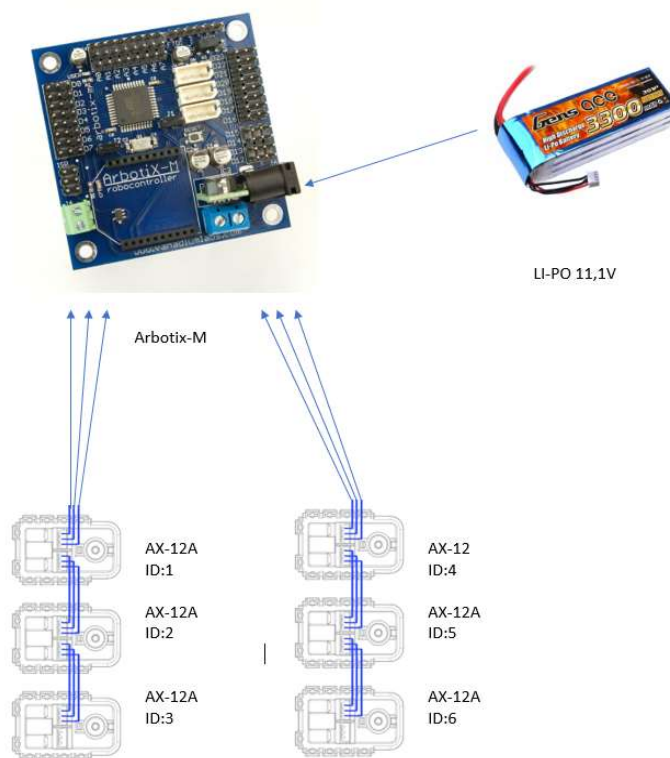


Fig. 5.7

5.3. SOFTWARE

Pentru simplitate și eficiență am ales să folosesc librăria BioloidController în modul „Poziții”. În prima etapă sunt înregistrate pozițiile motoarelor în anumite faze ale mișcării.

PROGMEM prog_uint16_t poz1[] = {6, 527, 482, 869, 503, 797, 173};

Ulterior aceste poziti sunt redate succesiv, fiecare trecere de la o poziție la altă implică un timp diferit.

PROGMEM transition_t mers1[] = {{0,66}, {stand, 800}, {poz1,900}, {poz2,1300}, {poz3,600}, {poz3a, 800}} [4]

Toate aceste poziții ale mișcării sunt incluse într-o bibliotecă „mers.h” care este ulterior adăugată în proiectul principal.

Prin comanda de mai jos, valorile pozițiilor din biblioteca „mers.h” sunt încărcare într-un buffer urmând să fie transmise către registrele de memorie din servomotore

Bioloid. LoadPose (stand);

Linia următoare transmite robotului comanda de scriere a pozițiilor din buffer în locațiile de memorie iar servomotoarele sunt aduse la poziția inițială cea de start.

Realizarea efectivă a mersului se realizează prin comanda următoare.

Bioloid. PlaySeq (mers1);

Codul sursa complet este prezentat în Anexa 2.

5.3.1.DIAGRAMA DE UML

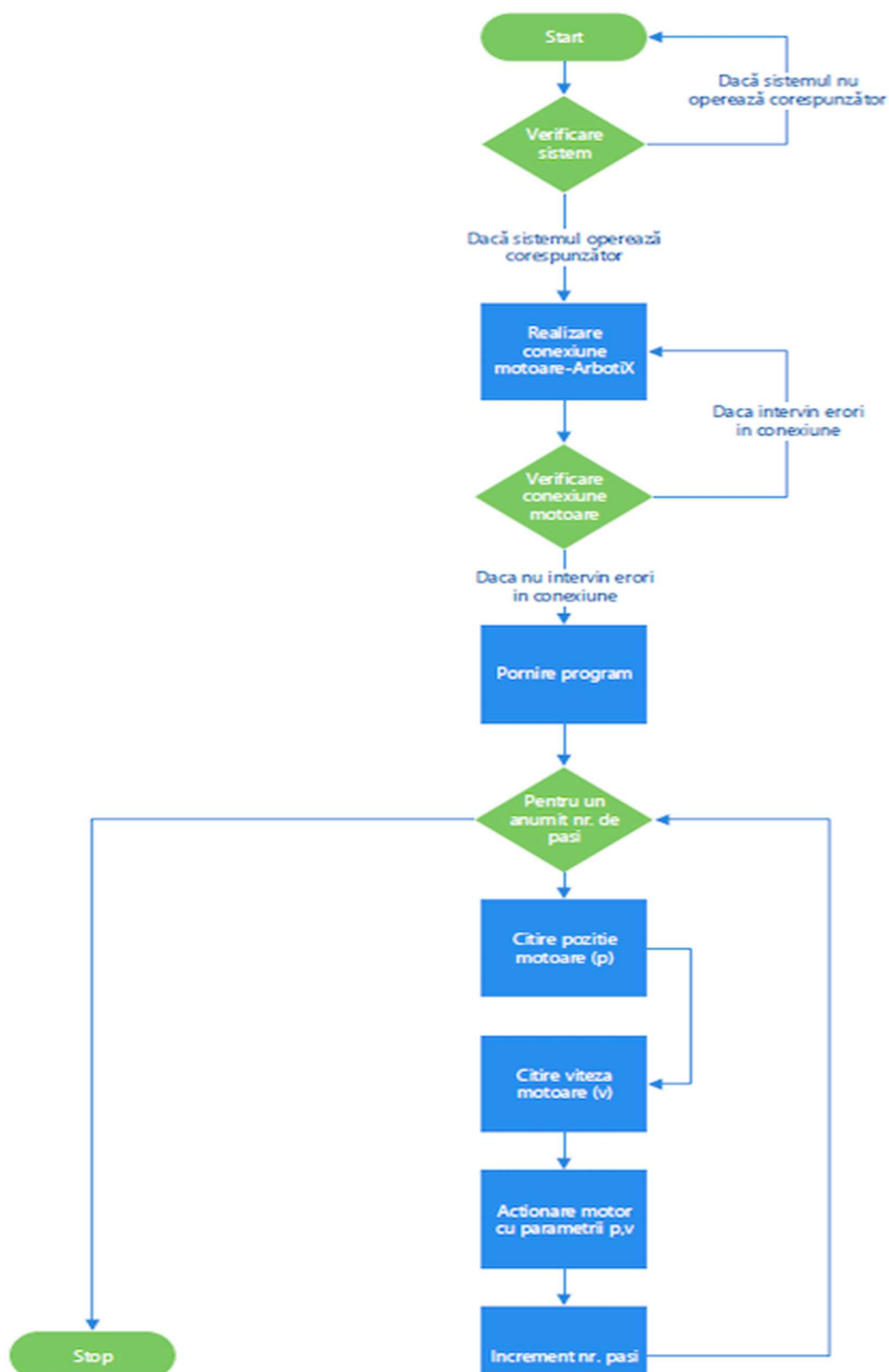


Fig 5.8

În figura de mai sus este explicat modul de acționare al sistemului biped, în prima etapă avem verificarea de sistem. Dacă sistemul operează corespunzător Controllerul Arbotix realizează conexiunea cu motoarele Dynamixel prin intermediul comunicației seriale. Din acest moment începe modul de deplasare selectat.

Capitolul 6

6.1 Concluzii Generale

În cadrul acestei lucrări prezentate, am cercetat și implementat moduri de deplasare pentru roboți pășitori. Implementarea s-a realizat pe platforma mobilă PhantomX MarkII și pe un robot biped proiectat și construit. În cadrul proiectului am utilizat placa de dezvoltare ArbotiX-M care asigură controlul motoarelor, servomotoarele Dynamixel AX-12A, Imprimanta 3D ProJet 1500.

Obiectivul final al proiectului a fost atins, robotul fiind capabil de deplasare.

6.2 Contribuții Personale

Contribuțiile personale aduse acestei lucrări sunt prezentate în capitolul 5.

- Implementarea de mișcări pentru platforma mobilă PhantomX MarkII
- Proiectarea Componentelor structurale pentru un robot biped.
- Printarea de piese cu ajutorul Imprimantei 3D ProJet 1500.
- Controlarea motoarelor inteligente Dynamixel AX-12A.
- Realizare de mișcări pentru robotul biped.

6.3 Dezvoltări ulterioare

Ca etape viitoare în cadrul proiectului avem:

- Implementarea de noi tipuri de mișcări pentru robotul biped.
- Adăugarea de senzori de distanță pentru deplasarea autonomă a robotului.
- Proiectarea și construirea de membre superioare.

REFERINȚE

[1] Kitul de dezvoltare PhantomX Mark II:

<http://www.trossenrobotics.com/phantomx-ax-hexapod.aspx>

[2] Hardware ArbotiX-M:

<http://learn.trossenrobotics.com/arbotix/arbotix-getting-started/38-arbotix-m-hardwareoverview.html#&panel1-12>

[3] Motorul Dynamixel AX-12A:

http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm

[4] Arduino:

<http://www.instructables.com/id/Intro-to-Arduino/?ALLSTEPS>

[5] ArbotiX Robocontroller:

<http://www.generationrobots.com/media/ArbotiX-M/arbotix-manual-draft2.pdf>

[6] ArbotiX Commander:

<http://vanadiumlabs.com/docs/commander-manual.pdf>

[7] Modulul Xbee:

http://www.digi.com/resources/documentation/Digidocs/90001456-13/Default.htm#concepts/c_introduction_to_xbee_modules.htm%3FTocPath%3D3

[8] Proiect-1500

<https://agile-manufacturing.com/files/products/projet-1500-583136.pdf>

[9] 3D-Printing

<https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

[10] Roboti Pasitori

https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-2204-2_29

ANEXE

Anexa 1. Cod Sursa Hexapod PhantomX MarkII

```
#include <ax12.h>
#include <BioloidController.h>
#include <Commander.h>
#include "nuke.h"
#include "DEMO.h"

#define AX12_HEXAPOD

Commander command = Commander();
int multiplier;

#define RIPPLE_SPEED      1
#define AMBLE_SPEED       3
#define TRIPOD_SPEED      5

#ifdef AX12_HEXAPOD
#define TOP_SPEED          10
#endif

#ifdef AX18_HEXAPOD
#define TOP_SPEED          12
#endif
```

```

void setup(){
  pinMode(0,OUTPUT);
  setupIK();
  gaitSelect(AMBLE_SMOOTH);
  Serial.begin(38400);
  delay(1000);
  float voltage = (ax12GetRegister(1, AX_PRESENT_VOLTAGE, 1)) /
10.0;
  Serial.print("System Voltage: ");
  Serial.print(voltage);
  Serial.println(" volts.");
  if (voltage < 10.0)
    while(1);
  bioloid.poseSize = 18;
  bioloid.readPose();
  doIK();
  bioloid.interpolateSetup(1000);
  while(bioloid.interpolating > 0){
    bioloid.interpolateStep();
    delay(3);
  }
  multiplier = AMBLE_SPEED;
}

void loop(){
  // take commands
  if(command.ReadMsgs() > 0){
    digitalWrite(0,HIGH-digitalRead(0));
    // select gaits
    if(command.buttons&BUT_R1){
      delay(100); // recommended pause
      bioloid.loadPose(pos0);
      bioloid.readPose();
      bioloid.interpolateSetup(700);
      while(bioloid.interpolating > 0)
        bioloid.interpolateStep();
      bioloid.loadPose(pos1);
    }
  }
}

```

```
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(700);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos2);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(700);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos0);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos3);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos4);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos5);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos0);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos6);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
```



```

while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos7);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos8);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos9);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(100);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos10);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(100);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pos11);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(100);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();
bioloid.loadPose(pose12);
bioloid.readPose();
bioloid.interpolateSetup(500);
while(bioloid.interpolating > 0)
bioloid.interpolateStep();

bioloid.loadPose(pos13);
bioloid.readPose();

```

```

    bioloid.interpolateSetup(500);
    while(bioloid.interpolating > 0)
    bioloid.interpolateStep();
    bioloid.loadPose(pose12);
    bioloid.readPose();
    bioloid.interpolateSetup(500);
    while(bioloid.interpolating > 0)
    bioloid.interpolateStep();
    bioloid.loadPose(pos13);
    bioloid.readPose();
    bioloid.interpolateSetup(500);
    while(bioloid.interpolating > 0)
    bioloid.interpolateStep();
    bioloid.loadPose(pos14);
    bioloid.readPose();
    bioloid.interpolateSetup(900);
    while(bioloid.interpolating > 0)
    bioloid.interpolateStep();
    bioloid.loadPose(pos0);
    bioloid.readPose();
    bioloid.interpolateSetup(200);
    while(bioloid.interpolating > 0)
    bioloid.interpolateStep();
}

if(command.buttons&BUT_R2){
    gaitSelect(AMBLE_SMOOTH);
    multiplier=AMBLE_SPEED;
}

if(command.buttons&BUT_R3){
    gaitSelect(RIPPLE);
    multiplier=RIPPLE_SPEED;
}

if(command.buttons&BUT_L4){
    gaitSelect(AMBLE);
    multiplier=AMBLE_SPEED;
}

if(command.buttons&BUT_L5){

```

```

    gaitSelect(TRIPOD);
    multiplier=TRIPOD_SPEED;
}
if(command.buttons&BUT_L6){
    gaitSelect(TRIPOD);
    multiplier=TOP_SPEED;
}
// set movement speed
if((command.walkV) > 5 || (command.walkV < -5) ){
    Xspeed = (multiplier*command.walkV)/2;
}
else
{
    Xspeed = 0;
}

if((command.walkH) > 5 || (command.walkH < -5) ){
    Yspeed = (multiplier*command.walkH)/2;
}
else
{
    Yspeed = 0;
}

if((command.lookH) > 5 || (command.lookH < -5) ){
    Rspeed = -(command.lookH)/100.0;
}
else
{
    Rspeed = 0;
}
if(bioloid.interpolating == 0){
    doIK();
    bioloid.interpolateSetup(tranTime);
}
bioloid.interpolateStep();
}

```

Fisier „mers.h”

```
#ifndef AX12_POSES
#define AX12_POSES

#include <avr/pgmspace.h>

PROGMEM prog_uint16_t rotire0[] = {18, 158, 169, 624, 397, 482, 542,
161, 161, 640, 384, 496, 510, 176, 171, 630, 389, 486, 514};
PROGMEM prog_uint16_t rotire1[] = {18, 858, 866, 627, 399, 482, 542,
855, 859, 640, 385, 496, 513, 852, 853, 629, 390, 488, 515};
PROGMEM prog_uint16_t stand[] = {18, 503, 501, 629, 397, 484, 542,
519, 514, 644, 384, 499, 513, 517, 496, 631, 389, 488, 515};

PROGMEM transition_t rotire[] = {{0,3} ,{rotire0,800} ,{stand,800}
,{rotire1,800} };

#endif
```

Anexa 2. Cod sursa Robot Biped

Fisier „main.ino”

```
#include <ax12.h>
#include <BioloidController.h>
#include "mers.h"

BioloidController bioloid = BioloidController(1000000);

void setup(){
    // stand up slowly
    delay(100);
    bioloid.loadPose(stand);
    bioloid.readPose();
    bioloid.interpolateSetup(500);
    while(bioloid.interpolating > 0){
        bioloid.interpolateStep();
        delay(30);
    }
    bioloid.playSeq(mers1);
}
```

```

}
void loop(){
    bioloid.play();
}

```

Fisier „mers.h”

```

#ifndef MERS3_POSES
#define MERS3_POSES

```

```

#include <avr/pgmspace.h>

```

```

PROGMEM prog_uint16_t poz1[] = {6, 527, 482, 869, 503, 797, 173};
PROGMEM prog_uint16_t poz3[] = {6, 609, 436, 863, 532, 779, 148};
PROGMEM prog_uint16_t poz2[] = {6, 548, 437, 866, 529, 797, 136};
PROGMEM prog_uint16_t poz5[] = {6, 609, 434, 819, 527, 762, 211};
PROGMEM prog_uint16_t poz4[] = {6, 607, 436, 863, 529, 771, 175};
PROGMEM prog_uint16_t poz7[] = {6, 603, 432, 894, 489, 789, 161};
PROGMEM prog_uint16_t poz6[] = {6, 604, 433, 858, 491, 790, 152};
PROGMEM prog_uint16_t poz9[] = {6, 625, 416, 849, 368, 901, 161};
PROGMEM prog_uint16_t poz8[] = {6, 623, 416, 879, 367, 901, 161};
PROGMEM prog_uint16_t poz8a[] = {6, 627, 416, 868, 368, 899, 131};
PROGMEM prog_uint16_t stand[] = {6, 529, 482, 814, 507, 799, 204};
PROGMEM prog_uint16_t poz3a[] = {6, 606, 435, 891, 528, 764, 157};
PROGMEM prog_uint16_t poz10[] = {6, 609, 419, 820, 438, 861, 204};

PROGMEM transition_t mers1[] = {{0,66} ,{stand,800} ,{poz1,900}
,{poz2,1300} ,{poz3,600} ,{poz3a,800} ,{poz4,800} ,{poz5,800}
,{poz6,800} ,{poz7,800} ,{poz8,500} ,{poz8a,800} ,{poz9,600}
,{poz10,600},{stand,800} ,{poz1,900} ,{poz2,1300} ,{poz3,600}
,{poz3a,800} ,{poz4,800} ,{poz5,800} ,{poz6,800} ,{poz7,800}
,{poz8,500} ,{poz8a,800} ,{poz9,600} ,{poz10,600},{stand,800}
,{poz1,900} ,{poz2,1300} ,{poz3,600} ,{poz3a,800} ,{poz4,800}
,{poz5,800} ,{poz6,800} ,{poz7,800} ,{poz8,500} ,{poz8a,800}
,{poz9,600} ,{poz10,600},{stand,800} ,{poz1,900} ,{poz2,1300}
,{poz3,600} ,{poz3a,800} ,{poz4,800} ,{poz5,800} ,{poz6,800}
,{poz7,800} ,{poz8,500} ,{poz8a,800} ,{poz9,600}
,{poz10,600},{stand,800} ,{poz1,900} ,{poz2,1300} ,{poz3,600}
,{poz3a,800} ,{poz4,800} ,{poz5,800} ,{poz6,800} ,{poz7,800}
,{poz8,500} ,{poz8a,800} ,{poz9,600} ,{poz10,600},{stand,800}
,{poz1,900} ,{poz2,1300} ,{poz3,600} ,{poz3a,800} ,{poz4,800}
,{poz5,800} ,{poz6,800} ,{poz7,800} ,{poz8,500} ,{poz8a,800}
,{poz9,600} ,{poz10,600},{stand,800} };

```

```

#endif

```