

Universitatea
Transilvania
din Brașov

FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ
ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR

PROIECT DE DIPLOMĂ

Conducător științific:

Conf. Dr. Ing. COCIAȘ Tiberiu Teodor

Absolvent:

Negru Rareș Mihai

BRAȘOV, 2023

Departamentul Automatică și Tehnologia Informației

Programul de studii: Robotică

NEGRU Rareș Mihai


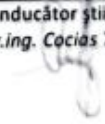

Robot de tipul "pick and place" folosit pe o linie de producție





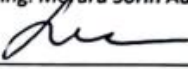
Conducător științific:

Conf. Dr. Ing. COCIAȘ Tiberiu Teodor

Brașov, 2023

FIȘA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ

Universitatea Transilvania din Brașov	Lucrare de licență/ proiect de diplomă/ disertație nr.
Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor	
Departamentul Automatică și Tehnologia Informației	Viza facultății
Programul de studii ROBOTICĂ	Anul universitar 2022-2023
Candidat Negru M. Rareș Mihai	Promoția vară 2023
Conducător științific Conf.dr.ing. Cocias Tiberiu Teodor	Grupa 4LF891
PROIECT DE DIPLOMĂ	
Titlul lucrării: Robot de tipul "pick and place" folosit pe o linie de producție	
Problemele principale tratate: Problemele principale care vor fi tratate: 1. Studiul actual al cercetării 2. Descrierea sistemului 3. Implementarea software 4. Proiectarea și simularea sistemului Concluzii și cercetări viitoare	
Locul și durata practicii: Corp V, Laborator V III 15, 60 ore	
Bibliografie: [1] Macesanu G, Cocias T.T., Grigorescu S.M., Sisteme de vedere artificială : Îndrumar de laborator, 2013 [2] Massimo Banzi, Getting Started with Arduino (Make: Projects), 2009 [3] Paul Viola Michael J. Jones, Robust Real-Time Face Detection , 2004	
Aspecte particulare: - Nu sunt	
Primit tema la data de: 03.10.2022	
Data predării lucrării: 15.06.23	
Director departament, Prof. dr. ing. Moraru Ștefan Aurel 	Conducător științific, Conf.dr.ing. Cocias Tiberiu Teodor 
Candidat, Negru M. Rareș Mihai 	

PROIECT DE DIPLOMĂ – VIZE –		
Data vizei	Capitole/ problemele analizate	Semnătura conducătorului științific
14.12.2022	Studiu asupra stadiului actual în domeniul și tema vizată; livrabil: raport	
15.03.2023	Proiectare / Arhitecturi, tehnologii, limbaje de programare, algoritmi de utilizat etc; livrabil: raport, document editat	
26.04.2023	Demonstrator / Proof of Concept / Aplicație; livrabil: prototip	
5.06.2023	Documentație; livrabil: document în formatul de proiect de pe situl ATI	
APRECIEREA ȘI AVIZUL CADRULUI DIDACTIC ÎNDRUMĂTOR		
<p>Lucrarea îndeplinește criteriile de calitate pentru a putea fi susținută. Candidatul a prezentat progres remarcabil de-a lungul întregului semestru. Rezultatele experimentale obținute m-au convins să îmi dau acordul pentru susținerea lucrării de licență în cadrul sesiunii vară 2023</p>		
Data: 05.06.2023	ADMIS pentru susținere/ RESPINS	CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC Conf.dr.ing. Cocias Tiberiu Teodor 
AVIZUL DIRECTORULUI DE DEPARTAMENT		
Data: 15.06.2023	ADMIS pentru susținere/ RESPINS	Director departament Prof. dr. ing. Moșaru Sorin Aurel 
SUSȚINEREA PROIECTULUI DE DIPLOMĂ		
Sesiunea Vară 2023		
Rezultatul susținerii	PROMOVAT cu media:	
	RESPINS cu refacerea lucrării	
	RESPINS fără refacerea lucrării	
PREȘEDINTE COMISIE Prof. dr. ing. Grigorescu Sorin Mihai		

LISTA DE FIGURI , TABELE ȘI CODURI SURSĂ	7
LISTĂ DE ACRONIME	9
1. INTRODUCERE	10
1.1. ROBOȚII MOBILI.....	11
1.2. SCOPUL LUCRĂRII	14
1.3. OBIECTIVELE LUCRĂRII	14
1.4. MOTIVAȚIA LUCRĂRII.....	15
1.5. METODOLOGIE ȘI ABORDARE.....	16
1.6. STADIUL ACTUAL	17
1.7. STRUCTURA LUCRĂRII	19
2. ROBOȚI MANIPULATORI.....	21
2.1. BRAȚUL ROBOTIC	21
2.2. COMPANII RENUMITE IN DOMENIUL ROBOTICII.....	24
2.3. TIPURI DE BRAȚE ROBOTIZATE.....	25
2.4. MODURI DE FUNCȚIONARE A BRAȚELOR ROBOTIZATE	27
2.5. INDUSTRII ȘI APLICAȚII PENTRU BRAȚELE ROBOTIZATE	28
2.6. COMPONENTE ȘI ARHITECTURA UNUI BRAȚ ROBOTIC	29
2.7. INFORMAȚII GENERALE DESPRE ALGORITMI DE CONTROL.....	30
2.8. GENERAREA DE TRAIECTORII.....	31
2.8.1. <i>Cinematică directă</i>	32
3. BRAȚ ROBOTIC PENTRU MANIPULAREA OBIECTELOR.....	35
3.1. STRUCTURA BRAȚULUI ROBOTIC	35
3.1.1. <i>Articulații și mecanisme de acționare</i>	38
3.1.2. <i>Senzori și feedback</i>	40
3.1.3. <i>Acționări și transmisii</i>	40
3.1.4. <i>Sistemul de control</i>	41
3.2. IMPLEMENTAREA SISTEMULUI HARDWARE A BRAȚULUI ROBOTIC	42
3.2.1. <i>Servomotor 996r 180 grade</i>	42
3.2.2. <i>Arduino UNO Mega</i>	43
3.2.3. <i>Sursa de alimentare</i>	43
3.2.4. <i>Modul senzor de culoare</i>	44
3.2.5. <i>Schema componentelor electronice</i>	45
3.3. COMPONENTELE MECANICE.....	46
3.3.1. <i>Placă de lemn</i>	46
3.3.2. <i>Bile oțel de diamtru 6mm</i>	46
3.3.3. <i>Rulment 606-2RS C3</i>	47
3.3.4. <i>Șuruburi folosite pentru asamblarea brațului robotic</i>	48
3.4. PRINTAREA 3D	48

3.4.1.	<i>Informații despre imprimarea 3D.....</i>	<i>48</i>
3.4.2.	<i>Avantaje și dezavantaje ale imprimării 3D.....</i>	<i>49</i>
3.4.3.	<i>Echipamentul de printare folosit</i>	<i>50</i>
3.5.	ASAMBLAREA BRAȚULUI ROBOTIC.....	53
3.6.	PROGRAMAREA ÎN MATLAB.....	54
3.7.	CONSTRUCȚIA BRAȚULUI ROBOTIC.....	55
4.	REZULTATE EXPERIMENTALE.....	57
4.1.	DESCOPERIREA OBIECTULUI FOLOSIBIL PENTRU PREHENSOR	57
4.2.	DETECTAREA CUBULUI ȘI DIMENSIUNEA SA PENTRU PREHENSOR	58
5.	CONCLUZII	59
5.1.	CONCLUZII GENERALE.....	59
5.2.	CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	59
5.3.	VIITOARE ÎMBUNĂȚĂȚIRI ALE BRAȚULUI ROBOTIC	59
6.	BIBLIOGRAFIE	62
	REZUMAT.....	65
	ABSTRACT	66

Lista de figuri , Tabele și Coduri sursă

Fig. 1.1.1 Robot industrial

Fig. 1.6.1 Influența roboticii

Fig. 2.1.1 Braț robotic

Fig. 2.1.2 Sistemele unui robot industrial

Fig.2.2.1 Roboți KUKA folosiți într-o linie de producție

Fig. 2.6.1. Componentele principale ale sistemului mecanic

Fig. 2.8.1.1 Atribuirea cadrelor pentru brațul robotic articulată

Fig. 3.2.1. Structura brațului robotic

Fig. 3.2.1.1. Tipuri de articulații

Fig 3.2.1.2. Articulațiile brațului robotic

Fig. 3.3.1.1. Servomotor 996r

Tabel 1. Specificații tehnice pentru Servomotor 996r

Fig. 3.3.2.1. Arduino UNO Mega

Fig. 3.3.3.1. Alimentator 5V 3A

Fig 3.3.4.1 Modul senzor de culoare

Fig 3.3.4.2. Schema electrică a modulului senzor de culoare

Fig. 3.3.5.1. Schema electrică a componentelor electronice

Fig 3.4.2.1. Utilizarea bilelor de oțel

Fig 3.4.3.1 Rulment 606-2RS C3

Tabel3. Specificații tehnice rulment 606-2RS C3

Fig 3.4.4.1 Șuruburi folosite în asamblarea brațului robotic

Fig.3.5.1.1. Prima imprimantă 3D, inventată de către Chuck Hull

Fig. 3.5.2.1. Model cu trei tipuri de volume diferite

Fig. 3.5.3.1 Stânga – Prusa Mk3s ; Dreapta – Prusa Mini

Fig.3.5.3.2 Printarea bazei brațului robotic

Tabel 4. Specificații ale materialului Fiberlogy EASY PETG

Fig 3.5.3.3 Filament Fiberlogy EASY PETG

Fig 3.6.1. Asamblarea bazei brațului robotic

Fig. 3.7.1. Poziția cuplelor în cinematica directă

Fig 3.7.2. Calcularea matricilor de transformare

Fig 3.8.1 Asamblarea brațului robotic

Fig 4.1.1. Capac băutură cabogazoasă

Fig. 4.2.1 Dimensiunea optimă a cubului

Fig. 4.2.2. Model de cub folosit pentru brațul robotic

Fig. 5.3.1 Servomotor DYNAMIXEL AX-12

Fig 5.3.2. Ecran LCD

LISTĂ DE ACRONIME

- AGV – Vehicule cu ghid automat (eng. Automated Guided Vehicles)
- AMR– Roboți mobili autonomi (eng. Autonomous Mobile Robots)
- FDM- Modelare prin depunere prin fuziune (eng. Fusion deposition modeling)
- LCD- Afișaj cu cristale lichide (eng.liquid crystal display)
- MATLAB- MatLab (eng. matrix laboratory)
- PETG- Glicol de polietilenă tereftalat (eng polyethylene terephtalate glycol)
- SCARA –Braț robotic cu selecție și conformare pentru asamblare (eng. Selective Compliance Assembly Robot Arm)
- SLA – Stereolitografie (eng. stereolithography)
- UV- Radiații ultraviolete (eng. ultraviolet radiatio)

1. Introducere

Scopul lucrării

Obiectivele lucrării

Motivația lucrării

Metodologie și abordare

Stadiul actual

Structura lucrării

În ultimele decenii, tehnologia robotică a avansat în mod considerabil, având un impact semnificativ asupra diverselor domenii ale vieții umane. De la mașini simple și programabile, roboții au evoluat către sisteme inteligente și autonome, capabile să interacționeze cu mediul înconjurător și să îndeplinească sarcini complexe. Această evoluție a deschis noi oportunități în industrii precum producția, medicina, explorarea spațială și multe altele [1].

Automatizarea industrială a devenit un element cheie în optimizarea proceselor de producție. Ca parte a acestei evoluții, roboții industriali sunt din ce în ce mai utilizați pentru a efectua sarcini repetitive și laborioase, sporind eficiența și productivitatea într-o gamă largă de industrii. Un exemplu comun de roboți utilizați în medii de producție este reprezentat de roboții pick-and-place. [1]

Această lucrare are ca scop studierea și dezvoltarea unui sistem robotic bazat pe un robot de preluare și plasare adaptat pentru o anumită linie de producție. Sistemul urmărește să preia rapid și eficient obiecte de pe o bandă transportoare și să le plaseze cu precizie în locurile corespunzătoare.

Lucrarea se concentrează pe aspecte-cheie ale dezvoltării unui astfel de sistem robotic, incluzând selecția și configurarea adecvată a roboților, analiza și optimizarea traiectoriilor de mișcare, dezvoltarea unui sistem de viziune artificială pentru recunoașterea și

localizarea obiectelor, precum și implementarea algoritmilor de control necesari pentru coordonarea mișcării roboților în timpul proceselor de preluare și plasare.

În cadrul lucrării, se va pune accentul pe aspectele practice ale implementării sistemului și evaluarea performanțelor acestuia în ceea ce privește precizia, viteza și fiabilitatea operațiunilor de căutare și poziționare. Totodată, se vor analiza beneficiile și potențialele provocări asociate cu utilizarea roboților de preluare și plasare în contextul liniei de producție studiate.

Scopul final al lucrării este de a înțelege mai în profunzime tehnologiile și metodologiile implicate în dezvoltarea unui sistem robotizat de preluare și plasare, contribuind astfel la eficientizarea proceselor de producție și optimizarea operațiunilor industriale.

1.1. Roboții mobili

Robotica este o ramură interdisciplinară a științei și ingineriei informatice. Robotica implică proiectarea, construcția, exploatarea și utilizarea roboților. Scopul roboticii este de a proiecta mașini care să ajute și să asiste oamenii. [1]

Primul robot modern a fost creat de George Devol, un inginer și inventator american care, împreună cu partenerul său de afaceri Joseph F. Engelberger, a dezvoltat primul robot industrial programabil, numit "Unimate", în anii 1950 [2]. Acest robot a fost conceput pentru a manipula obiecte și a efectua sarcini repetitive într-o fabrică. Unimate a fost utilizat pentru prima dată în 1961 într-o fabrică de mașini de turnătorie. Acest eveniment a marcat începutul unei revoluții în domeniul roboților industriali și a deschis calea pentru dezvoltarea ulterioară a tehnologiilor robotice [2]. De atunci, roboții au evoluat considerabil și au devenit din ce în ce mai sofisticați și mai versatili într-o gamă largă de aplicații.

Utilizarea roboticii este știința care se concentrează pe partea tehnologică, construcția și producerea de roboți. Pentru robotică sunt necesare noțiuni de electronică, mecanică și programare.

Robotica poate lua mai multe forme. Un robot poate semăna cu un om sau poate fi sub forma unei aplicații robotice, cum ar fi automatizarea robotică a proceselor, care simulează

modul în care oamenii interacționează cu un software pentru a îndeplini sarcini repetitive, bazate pe reguli.

Un robot este ca o mașină programabilă care poate îndeplini sarcini și activități în mod autonom sau sub controlul unei persoane. Acestea pot varia în ceea ce privește forma, dimensiunea și funcționalitatea.

Un robot este format din mai multe componente. Printre cele mai comune se numără:

- Senzori: Aceștia permit roboților să colecteze informații despre mediul lor înconjurător, precum vedere, atingere, sunet sau măsurători de temperatură.
- Actuatori: Aceștia permit roboților să execute mișcări și acțiuni. Exemple de actuatori includ motoarele, servomotoarele și pompele hidraulice.
- Controlere: Aceștia furnizează inteligență și funcționalitate roboților. Controlerele pot fi programate pentru a lua decizii și pentru a coordona mișcările și acțiunile roboților.

Există o varietate de tipuri de roboți specializați pentru diferite sarcini și domenii. Unele dintre cele mai cunoscute tipuri de roboți includ:

- Roboți industriali: Aceștia sunt utilizați în fabrici și linii de producție pentru sarcini precum asamblarea, sudura sau manipularea materialelor [3].
- Roboți de serviciu: Aceștia sunt proiectați pentru a interacționa cu oamenii și pentru a oferi asistență în diferite medii, cum ar fi hoteluri, magazine sau în gospodării [3].
- Roboți medicali: Aceștia sunt utilizați în domeniul medical pentru intervenții chirurgicale precise, terapie fizică sau administrarea medicamentelor [3].
- Roboți autonomi: Aceștia sunt programați să funcționeze complet autonom, fără intervenția umană. Exemplele includ roboții de explorare spațială sau roboții folosiți în cercetarea subacvatică [3].



Fig. 1.1.1 Robot industrial [3]

Printre tipurile de roboți se regăsesc următoarele tipuri:

- roboții mobili autonomi sau AMR¹;
- vehiculele cu ghidaj automat sau AGV²;
- robot articulată;
- robot umanoid;
- robot cobots;
- robot hibrid;

Aceste tipuri de roboți rezultă din urma studierii sursei [3].

Mulți roboți sunt dotați cu tehnologii de inteligență artificială care le permit să învețe, să se adapteze și să ia decizii pe baza informațiilor pe care le colectează. Aceasta include capacități precum învățarea automată, înțelegerea limbajului natural și recunoașterea modelelor.

Roboții au avut un impact semnificativ asupra societății, îmbunătățind eficiența și productivitatea, facilitând sarcinile periculoase și contribuind la progresul tehnologic. Cu toate acestea, dezvoltarea roboților ridică, de asemenea, provocări, cum ar fi impactul asupra pieței forței de muncă, etica utilizării roboților și responsabilitatea deciziilor autonome [3].

¹ AMR – Autonomous Mobile Robots

² AGV – Automated Guided Vehicles

1.2. Scopul lucrării

Scopul acestei lucrări este de a proiecta și dezvolta un sistem robotizat de preluare și plasare pentru a automatiza operațiunile de manipulare a obiectelor pe o linie de producție. Sistemul robotizat va fi proiectat pentru a îmbunătăți eficiența și productivitatea procesului de producție prin eliminarea intervenției umane în activitățile de preluare, deplasare și plasare a obiectelor.

Sistemul robotizat va fi conceput pentru a efectua operațiuni precise și consistente de preluare și plasare a obiectelor în conformitate cu cerințele specificate. Va fi proiectat pentru a opera într-un mod sigur și eficient, minimizând riscul de deteriorare a obiectelor și asigurând un flux de lucru optim pe linia de producție.

Prin implementarea acestui sistem robotizat, se urmărește eliminarea muncii repetitive și monotone a operatorilor umani, care poate duce la oboseală și la erori umane. Sistemul va fi capabil să manipuleze obiecte de diferite dimensiuni și forme, adaptându-se la nevoile specifice ale procesului de producție [4].

În concluzie, dezvoltarea acestui sistem robotizat de preluare și plasare are ca scop optimizarea operațiunilor de manipulare a obiectelor pe o linie de producție, ceea ce duce la o eficiență și o productivitate sporite. Implementarea acestui sistem va contribui la reducerea erorilor umane, la îmbunătățirea calității produselor și la utilizarea eficientă a resurselor umane disponibile.

1.3. Obiectivele lucrării

Analizarea necesităților specifice ale liniei de producție: Se va efectua o evaluare detaliată a operațiunilor existente pe linia de producție pentru a identifica cerințele specifice ale sistemului robotic "pick and place". Aceasta va include analiza dimensiunilor, greutatei și formei obiectelor, precum și a vitezei și a fluxului de producție.

Proiectarea sistemului robotic: Pe baza cerințelor identificate, se va realiza proiectarea detaliată a sistemului robotic "pick and place". Aceasta va implica selecția componentelor,

cum ar fi brațele robotice, senzorii și ventuzele, precum și dezvoltarea algoritmului de control necesar pentru a asigura ridicarea, deplasarea și plasarea precisă a obiectelor.

Implementarea și testarea sistemului robotic: După finalizarea proiectului, sistemul robotic va fi construit și integrat în linia de producție existentă. Se vor efectua teste pentru a evalua performanța sistemului în condiții reale de funcționare, cu accent pe precizie, viteză și fiabilitate.

Optimizarea și îmbunătățirea sistemului: Pe baza rezultatelor testelor, se vor identifica eventualele deficiențe și se vor propune îmbunătățiri pentru a optimiza funcționarea sistemului robotic. Aceasta poate include ajustarea algoritmului de control, optimizarea vitezei și eficienței mișcărilor, sau integrarea unor caracteristici suplimentare, cum ar fi vizionarea artificială pentru recunoașterea obiectelor.

Evaluarea performanțelor și compararea cu metodele tradiționale: Sistemul robotic "pick and place" va fi evaluat și comparat cu metodele tradiționale de manipulare a obiectelor pe linia de producție. Se vor analiza avantajele și dezavantajele utilizării sistemului robotic, precum și impactul acestuia asupra eficienței, calității și costurilor procesului de producție.

Lucrarea se va încheia prin prezentarea concluziilor acestui proiect și a recomandărilor pentru utilizarea și implementarea viitoare a sistemelor robotizate de preluare și plasare pe linii de producție similare.

1.4. Motivația lucrării

Motivația pentru utilizarea unui braț robotizat într-un sistem de preluare și plasare este puternică și se bazează pe necesitatea de a îmbunătăți eficiența, precizia și productivitatea operațiunilor de manipulare a obiectelor în diverse industrii.

Unul dintre motivele principale constă în efortul de a reduce activitățile repetitive și monotone ale forței de muncă umane, care pot cauza oboseală și erori. Utilizarea unui sistem de braț robotic pentru manipulare și plasare a obiectelor elimină necesitatea implicării personalului în astfel de sarcini repetitive. Aceasta permite resursele umane să

fie realocate către alte sarcini cu o valoare mai mare și mai complexe, contribuind astfel la sporirea eficienței și satisfacției profesionale [4].

Un alt aspect important constă în îmbunătățirea preciziei și consistenței în operațiunile de preluare și plasare a obiectelor. Brațele robotice sunt capabile să execute mișcări precise și repetitive, garantând astfel plasarea exactă a obiectelor în locațiile dorite. Această abordare elimină erorile umane și reduce riscul de deteriorare a obiectelor preluate sau a altor elemente din mediul înconjurător [4].

În concluzie, motivația pentru utilizarea unui braț robotizat într-un sistem de preluare și plasare se bazează pe creșterea eficienței, preciziei și productivității în manipularea obiectelor. Prin eliminarea muncii repetitive și plictisitoare a personalului uman, se eliberează resurse umane care pot fi redirecționate către alte activități mai valoroase. Brațele robotizate asigură o manipulare precisă și consecventă a obiectelor, reducând la minimum eroarea umană și riscul de deteriorare.

1.5. Metodologie și abordare

Pentru a atinge obiectele acestei teze, a fost necesar respectarea următorilor pași:

1. Definirea obiectivelor

În această etapă s-a stabilit obiectivul final al brațului robotic, acela de a face "pick and place" cu un cub de o anumită culoare, într-o anumită zonă pentru culoarea respectivă.

2. Studiul și cercetarea

Realizarea unei cercetări extinse în domeniul robotică, în special în ceea ce privește brațele robotice. Înțelegerea principiilor de bază, tehnologiile și metodele de control utilizate în brațele robotice.

3. Proiectarea și planificarea

Pe baza obiectivului menționat mai sus și a cercetării efectuate, a fost elaborat un plan de proiectare și dezvoltare a brațului robotic. Identificarea componentelor necesare și soluțiile tehnice adecvate.

4. Construcția și asamblarea

Construirea brațului robotic urmărind planul stabilit . Obținerea componențelor necesare și asamblarea structurii mecanice , urmând mai apoi conectarea sistemelor de acționare și senzorii corespunzători.

5. Programarea și controlul

Dezvoltarea software-ului necesar pentru controlul și mișcarea brațului robotic.

6. Testare și optimizare

Efectuarea testelor și evaluărilor brațului robotic pentru a verifica funcționalitatea și performanțele sale. Identificarea eventualelor probleme apărute sau îmbunătățirile necesare și ajustările sau optimizările necesare pentru a atinge rezultatele dorite.

7. Integrarea și aplicarea

Dupa testarea și optimizarea brațului robotic, este necesară integrarea în sistemul dorit pentru folosire și atingerea obiectivelor dorite.

Ordinea pașilor de lucru reprezintă și ordinea în care este recomandată realizarea sistemului. În cazul în care apar probleme pe parcurs atunci este posibilă întoarcerea la un pas anterior . Este posibil din cauza modificărilor realizate pașii care urmează din acel punct vor trebui reluați pentru a asigura performanțe cât mai bune.

1.6. Stadiul actual

Robotica a avut un impact semnificativ asupra societății actuale, devenind o componentă esențială în multe domenii [5].

În industria de producție, roboții industriali sunt adesea utilizați în fabrici și pe liniile de asamblare pentru a îndeplini sarcini repetitive și lucrări grele. Aceștia pot funcționa 24 de ore pe zi, îmbunătățind eficiența și productivitatea și reducând erorile umane. Roboții de preluare și plasare sunt utilizați pentru a prelua și plasa automat articole, reducând timpul și costurile de producție [5].

Robotica a adus multe inovații în domeniul medical. Chirurgia robotică permite proceduri precise, minim invazive, care oferă pacienților timpi de recuperare mai scurți. Roboții sunt, de asemenea, utilizați în terapia fizică și în reabilitarea medicală pentru a-i ajuta pe pacienți să-și recâștige mobilitatea și independența.

Robotica a avut un impact semnificativ asupra asistenței personale. Roboții de serviciu sunt utilizați în locuri precum hoteluri, restaurante și magazine pentru a furniza informații, a prelua comenzi sau a îndeplini sarcini simple. Roboții de asistență la domiciliu pot ajuta, de asemenea, persoanele în vârstă sau cu handicap să își desfășoare activitățile zilnice și să își mențină independența.

Robotica joacă un rol esențial în explorarea spațială. Roverele robotizate sunt folosite pentru a colecta date și mostre pe alte planete, cum ar fi Marte. Roboții subacvatici sunt, de asemenea, utilizați pentru a căuta în adâncurile oceanului, acolo unde accesul uman este dificil sau periculos.

Robotica este utilizată în educație pentru a stimula interesul elevilor pentru știință, tehnologie, inginerie și matematică. Copiii pot învăța să codifice și să construiască roboți, dezvoltând astfel competențe cheie pentru viitor. În cercetare, roboții sunt utilizați pentru a testa și dezvolta noi tehnologii, cum ar fi inteligența artificială și învățarea automată [6].



Fig. 1.6.1 Influența roboticii [7]

Acestea sunt doar câteva exemple ale impactului pe care robotica îl are în prezent. Progresele în domeniul roboticii vor continua cu siguranță să aibă un impact asupra multor aspecte ale vieții noastre în viitorul apropiat.

1.7. Structura lucrării

Capitolul 1 – în acest capitol se prezintă noțiunile generale, stadiul actual al roboților mobili autonomi precum și avantajele, obstacolele sau limitările acestora.

Capitolul 2 – stadiul actual al cercetării. Acest capitol are în vedere studiul algoritmilor de control folosiți în mișcările brațelor robotice.

- Brațul robotic. În acest subcapitol se prezintă informații generale despre brațul robotic.

- Companii renumite în domeniul roboticii. Prezentarea companiilor care au adus contribuții semnificative la dezvoltarea și avansarea tehnologiei robotice.

- Tipuri de brațe robotizate. Prezentarea tipurilor de brațe robotizate și discutarea acestora.

- Moduri de funcționare a brațelor robotizate. În acest subcapitol se prezintă modul de funcționare al brațelor robotizate menționate în subcapitolul anterior.

- Industрии și aplicații pentru brațele robotizate. Enumerarea și prezentarea industriilor în care se utilizează brațele robotice, de asemenea și aplicațiile unde se folosesc cel mai mult brațele robotizate.

- Informații generale despre algoritmi de control. În acest subcapitol sunt prezentate informații generale despre algoritmi de control și sunt explicați detaliat.

- Generarea de traiectorii. În acest subcapitol se prezintă informațiile generale pentru realizarea unei traiectorii, de asemenea sunt enumerate și metodele folosite pentru a genera traiectorii. Prezentarea unui algoritm întâlnit în cinematica directă, acela fiind algoritmul Denavit-Hartenberg (D-H). Sunt prezentate și matricile de transformare omogenă a cuplurilor de rotație.

Capitolul 3 – În acest capitol se va prezenta sistemul de control, detecția cuburilor și poziționarea acestora în spațiul destinat.

- Structura brațului robotic – În acest subcapitol se va prezenta conceperea brațului robotic, și elementele acestuia.

- Implementarea sistemului hardware a brațului robotic – Prezentarea componentelor hardware ale brațului robotic, specificații tehnice ale acestora.

- Componentele mecanice – Prezentarea tuturor componentele mecanice care fac parte din implementarea acestui braț robotic.

- Printarea 3D – Informații despre utilizarea imprimării 3D, avantaje și dezavantaje ale acesteia, informații despre echipamentele utilizate.

- Programarea în MatLab – Cu ajutorul programului MatLab s-a realizat aflarea coordonatelor pozițiilor brațului robotic

Capitolul 4 – În acest capitol vor fi prezentate rezultate experimentale ale brațului robotic.

- În acest capitol se vor teste realizate asupra brațului robotic pentru a găsi cele mai bune soluții atât hardware cât și software. Se va prezenta rezultatul testării dimensiunii ideale pentru cub.

Capitolul 5 – În capitolul 5 vor fi prezentate concluziile, posibile viitoare îmbunătățiri ale brațului robotic și contribuția personală.

- Prezentarea concluziilor generale, la care s-a ajuns după finalizarea tuturor etapelor implementate, atât hardware cât și software și testarea întregului ansamblu.

- Propunerea îmbunătățirilor viitoare prin diverse idei, fie hardware sau software.

2. Roboți manipulatori

Brațul robotic

Companii renumite în domeniul roboticii

Tipuri de brațe robotizate

Moduri de funcționare a brațelor robotizate

Industrii și aplicații pentru brațele robotizate

Componente și arhitectura unui braț robotic

Informații generale despre algoritmi de control

Generarea de traiectorii

Cinematica directă

2.1. Brațul robotic

Brațele robotice sunt sisteme mecanice complexe și versatile care reproduc și extind abilitățile și mișcările unui braț uman. Acestea reprezintă o componentă de bază în robotică și sunt utilizate în nenumărate aplicații industriale, medicale, de cercetare și chiar în viața de zi cu zi. Această lucrare se concentrează pe tehnologia și aplicațiile brațelor robotice, evidențiind caracteristicile, modurile de funcționare și beneficiile acestora în diferite domenii [3].

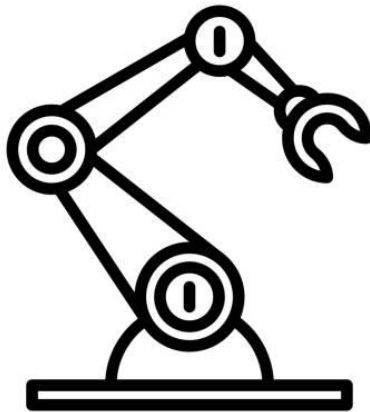


Fig. 2.1.1 Braț robotic [8]

Există o varietate de tehnologii disponibile pentru dezvoltarea și utilizarea roboților în diferite aplicații.

Roboții industriali sunt utilizați în fabrici și în liniile de producție pentru a îndeplini sarcini repetitive și grele. Aceștia pot fi programabili sau pot funcționa cu ajutorul senzorilor și al algoritmilor de control pentru a efectua operațiuni complexe, cum ar fi asamblarea, ridicarea, sudarea, ambalarea etc [4].

Inteligența artificială joacă un rol important în dezvoltarea roboților autonomi și a celor care învață. Algoritmii de învățare automată, cum ar fi învățarea supravegheată sau învățarea prin recompensă, sunt utilizați pentru a permite roboților să învețe și să se adapteze la mediul și sarcinile lor [9].

Senzorii sunt utilizați pentru a permite roboților să interacționeze cu mediul lor. Aceștia pot include camere, lidar, senzori tactili, senzori de forță și alți senzori specializați. Senzorii furnizează informații despre mediul înconjurător, permițând roboților să detecteze și să măsoare lucruri precum obiectele, mișcarea, distanța, presiunea și temperatura.

Tehnologia de viziune artificială utilizează camere și algoritmi de procesare a imaginilor pentru a le permite roboților să recunoască și să localizeze obiectele din mediul

înconjurător. Acest lucru le permite să îndeplinească sarcini precum sortarea, identificarea și urmărirea obiectelor [9].

Roboții colaborativi sunt concepuți să lucreze în apropierea oamenilor și să colaboreze cu aceștia într-un mod sigur și eficient. Aceștia sunt dotați cu senzori de siguranță și tehnologii de detectare a prezenței umane pentru a evita coliziunile și pentru a permite interacțiunea directă cu operatorii umani.

Roboții mobili sunt capabili să se deplaseze în mod autonom sau să fie ghidați în diferite medii. Aceștia pot fi utilizați în aplicații precum logistica, serviciile de curățenie, monitorizarea și inspecția.

Integrarea roboților cu IoT permite colectarea și partajarea datelor în timp real, deschizând noi posibilități de interacțiune și cooperare între roboți și alte dispozitive conectate.

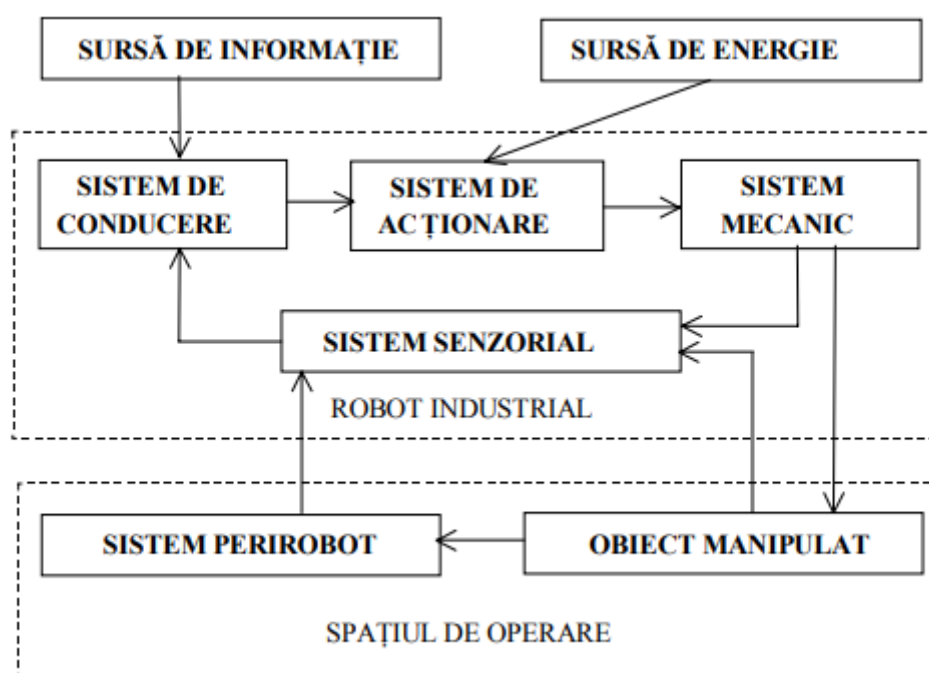


Fig. 2.1.2 Sistemele unui robot industrial [1]

2.2. Companii renumite în domeniul roboticii

Există mai multe companii de robotică renumite care au adus contribuții semnificative la dezvoltarea și avansarea tehnologiei robotice. Câteva dintre cele mai cunoscute:

1. Boston Dynamics: Este o companie americană specializată în dezvoltarea de roboți avansați. Sunt cunoscuți pentru creațiile lor remarcabile, cum ar fi roboții umanoizi Atlas și Spot, care au abilități extraordinare de echilibru și mișcare [10].

2. ABB: ABB este un lider mondial în domeniul tehnologiei roboticii industriale. Compania oferă o gamă largă de roboți industriali și sisteme automatizate pentru diverse aplicații industriale, cum ar fi producția, sudarea, ambalarea și manipularea materialelor [11].

3. Fanuc: Este o companie japoneză specializată în producția de roboți industriali și sisteme CNC (Computer Numerical Control). Fanuc produce roboți pentru o gamă largă de aplicații industriale și este unul dintre cei mai mari producători de roboți industriali din lume [12].

4. KUKA: Compania germană KUKA este un alt lider global în industria robotică. Aceasta produce o varietate de roboți industriali și soluții automatizate pentru diverse sectoare, inclusiv pentru industria auto, aeronautică, electronică și logistică [13].

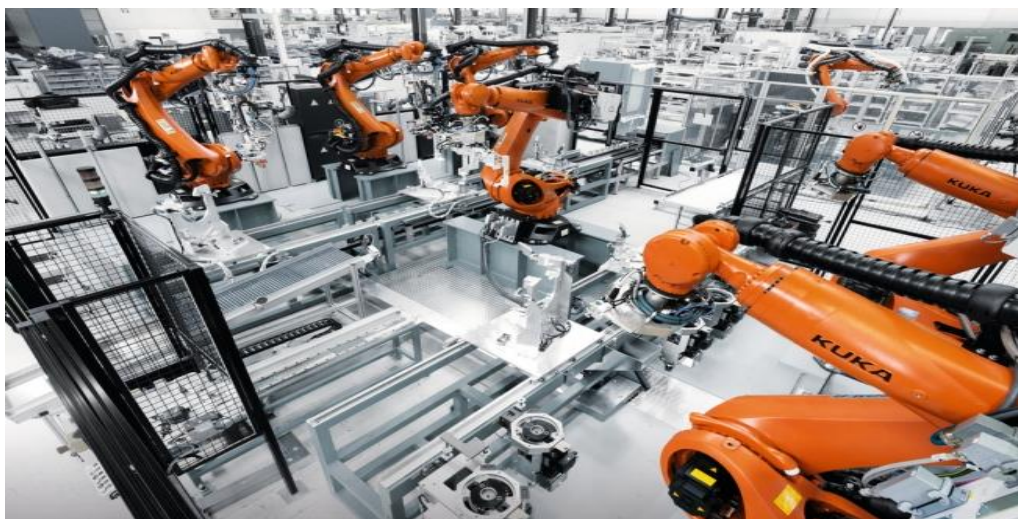


Fig.2.2.1 Roboți KUKA folosiți într-o linie de producție [13].

5. Universal Robots: Universal Robots: Este un producător danez de roboți colaborativi (coboti). Sunt specializați în dezvoltarea de roboți care pot lucra în colaborare cu oamenii în aceeași zonă de lucru, fără a necesita măsuri de siguranță suplimentare [14].

6. SoftBank Robotics: SoftBank Robotics este cunoscută pentru crearea robotului umanoid Pepper. Acest robot social poate interacționa cu oamenii și este utilizat în domenii precum serviciul clienți, educație și divertisment [15].

Acestea sunt doar câteva exemple de companii cunoscute din industria robotică. Există și alte companii și institute de cercetare care aduc contribuții semnificative în acest domeniu, iar domeniul se dezvoltă rapid datorită progreselor tehnologice.

2.3. Tipuri de brațe robotizate

Termenul "braț robotic" descrie, în sens larg, un grup de mecanisme robotice. Aceste tipuri diferite de roboți tind să aibă aplicații similare. Cu toate acestea, fiecare tip are distincții care, de obicei, îl fac să fie optimizat pentru anumite sarcini în raport cu alte brațe robotizate. Tipurile de brațe robotizate includ:

- Braț articulat
- Braț cu șase axe
- Robot colaborativ
- SCARA
- Cartesian
- Cilindric
- Sferic/Polar
- Paralelă/Delta
- Antropomorfă

Aceste tipuri de roboți rezultă din studierea sursei [16].

Brațele articulate sunt brațe robotice de uz general cu 5 sau mai multe articulații sau grade de libertate. Brațul articulat este un termen generic pentru multe alte tipuri de roboți.

De exemplu, un robot cu șase axe este un braț articulat cu șase grade de libertate. Brațele articulate acoperă cea mai largă gamă de tipuri de roboți utilizați în industrie și includ roboții cu șase axe și roboții colaborativi. Veți găsi un exemplu al acestui tip de robot în imaginea din bannerul acestui articol [16].

Roboții cu șase axe sunt cei mai comuni brațe articulate. Acest lucru îi face, de asemenea, să fie cel mai comun braț robotic utilizat în industrie în prezent. Datorită flexibilității lor, sunt un braț robotic de uz general excelent. Acest lucru îi conferă roboților cu șase axe o listă impresionantă de utilizări. Robotul cu șase axe este cel mai ușor de identificat robot industrial.

Robotul colaborativ este un braț robotic construit special pentru munca hibridă. Acest lucru înseamnă că este conceput pentru a lucra în apropierea oamenilor. Anumite caracteristici de siguranță permit reducerea semnificativă a riscurilor în mediile de lucru hibride. Acesta este un tip de robot relativ nou, iar utilizările sale sunt încă în curs de explorare. Roboții colaborativi devin din ce în ce mai proeminenți în industrie, deoarece tot mai mulți producători sunt expuși la beneficiile lor. Viitorul este interesant pentru roboții colaborativi [16].

Roboții SCARA sunt brațe robotizate care se conformează selectiv. Acest lucru înseamnă că nu au aceeași flexibilitate oferită de brațele articulate. Acest lucru îi limitează în anumite privințe, dar le oferă anumite avantaje față de tipurile de brațe articulate.

Roboții cartezieni sunt sisteme rigide care se deplasează într-un plan de coordonate 3D. Acești roboți sunt construiți de obicei din 3 actuatori liniari. Un actuator se deplasează la stânga și la dreapta pe axa x. Un actuator suplimentar este atașat la actuatorul de pe axa x. Acest actuator se deplasează în sus și în jos în planul axei y. Un ultim actuator este atașat la membrul de pe axa y și se mișcă înainte și înapoi în planul axei z. Roboții cartezieni sunt poziționați pentru aplicații mici.

Brațele roboților cilindrici sunt proiectate în jurul unui singur braț care se deplasează în sus și în jos pe un membru vertical. Acest membru vertical rotește brațul în plan orizontal. Brațul se poate extinde și retrage pentru a-și îndeplini sarcina. Acești roboți sunt foarte compacti și sunt amplasați pentru sarcini mici și simple.

Primul robot industrial modern a fost un robot sferic (polar). Acest tip de robot are un design simplu, care nu mai este atât de comun în prezent cum era odată. Roboții sferici sunt asemănători cu roboții cilindrici, cu excepția faptului că schimbă axa liniară verticală cu o axă rotativă suplimentară. Această axă îi permite să se rotească pe verticală. A fost proiectat pentru sarcini simple care nu necesită viteză mare sau mișcări complexe [2].

Roboții paraleli/Delta sunt opțiuni de mare viteză pentru automatizarea robotică. Designul unic al acestor roboți le permite să atingă rate de viteză incredibile. Robotul delta este o alegere excelentă pentru sarcini de mare viteză și ușoare.

Roboții antropomorfi sunt o apariție rară în mediile industriale. Acești roboți se mândresc cu două sau mai multe brațe și o față prietenoasă. Aceștia sunt adesea implementați în medii de colaborare în care lucrează în imediata apropiere a operatorilor umani.

2.4. Moduri de funcționare a brațelor robotizate

Brațele robotice pot fi programate să execute mișcări și sarcini specifice utilizând algoritmi predefiniți. Aceasta implică programarea în prealabil a rutinelor și a traiectoriilor.

Controlul prin învățare: Utilizând tehnici de învățare automată, brațele robotice pot învăța mișcările și comportamentele necesare pentru a îndeplini sarcini specifice. Acest lucru permite adaptabilitate și flexibilitate în fața schimbărilor de mediu sau a unor noi cerințe [16].

Unele brațe robotizate sunt concepute pentru a fi controlate direct de un operator uman, care utilizează dispozitive precum joystick-uri sau exoschelete pentru a ghida mișcarea.

Brațele robotizate au un loc atât de comun în industrie datorită capacității lor de a îndeplini bine majoritatea sarcinilor. Există anumite caracteristici ale aplicațiilor care permit brațelor robotizate să exceleze în mod special față de alte tipuri de roboți. Unele caracteristici ale unui braț robotizat sunt:

- Necesitatea nivelurilor ridicate de dexteritate;
- Necesitatea unei capacități mare de încărcare și o rază de acțiune mare;

- Mediu de lucru hibrid.

Dexteritatea este un design distinctiv al tipurilor de brațe articulate. Aplicațiile care necesită ca o mașină să se răsucescă și să manipuleze produsul în unghiuri ciudate pot fi o potrivire bună pentru brațele robotizate. În mod specific, brațele articulate sunt ca și cele cu șase axe și colaborative. Exemple de acest tip de aplicații includ sudarea robotizată. Această sarcină necesită adesea ca robotul să se deplaseze în unghiuri în mai multe planuri diferite. Acest lucru este dificil sau imposibil de realizat pentru majoritatea celorlalte tipuri de roboți.

Brațele robotizate au adesea un bun echilibru între capacitatea de încărcare utilă și raza de acțiune, fără a sacrifica prea multă viteză. Acest lucru le permite să preia sarcini grele care necesită ambele caracteristici. Un bun exemplu în acest sens este paletizarea. Aplicația de paletizare necesită adesea ca robotul să acopere o gamă largă de mișcări pentru a alege cutii și a umple un palet. Cutiile pline pot avea o greutate considerabilă [16].

Mediile de lucru hibride reprezintă provocări unice pentru roboți. Tehnologia robotică prezintă anumite pericole pentru operatorii umani și, în mod tradițional, trebuie să fie izolată de mediul de lucru exterior. Unele aplicații necesită o combinație om-robot pentru a funcționa la eficiență maximă. Roboții colaborativi sunt poziționați pentru a face față acestor tipuri de aplicații. Aplicațiile de manipulare a materialelor utilizează adesea tehnologia roboților colaborativi. Aceasta înseamnă că un operator uman poate încărca materiile prime într-o zonă de pregătire în apropierea cobotului, în timp ce robotul se ocupă de încărcarea și descărcarea materialului într-o mașină. Această încărcare și descărcare ar putea fi periculoasă pentru oameni. Eliminarea acestora din pericol creează un mediu de lucru mai sigur.

2.5. Industrii și aplicații pentru brațele robotizate

Industriile și aplicațiile pentru aceste tipuri de roboți variază foarte mult. Aceasta este o dovadă a numărului mare de utilizări ale brațelor robotizate în industrie. Printre industriile comune se numără:

- Industria aerospațială

- Automobile
- Metale
- Alimente și băuturi
- Produse farmaceutice
- Materiale plastice
- Științe ale sănătății
- Electronică

Aceste tipuri de industrii reies din consultarea sursei [17].

Este ușor de înțeles că, datorită gamei largi de industrii, și numărul de aplicații ar varia foarte mult. Unele dintre cele mai comune aplicații includ:

- Ambalaje
- Paletizare
- Manipularea materialelor
- Vopsire
- Sudură
- Asamblare
- Inspecție
- Tăiere
- Distribuție

Aceste aplicații pentru brațele robotice reies din consultarea sursei [17].

2.6. Componente și arhitectura unui braț robotic

Un robot este un sistem construit din mai multe subsisteme. Aceste subsisteme interacționează între ele și cu spațiul de lucru, cum ar fi o linie de asamblare, pentru a îndeplini sarcini specifice [3].

Există cinci componente principale ale unui braț robotizat.

1. Brațul manipulator
2. Efectori finali
3. Acționări și transmisie

4. Controler

5. Senzori

Robotul/brațul robotic este montat, de obicei, pe o bază fixă sau mobilă.

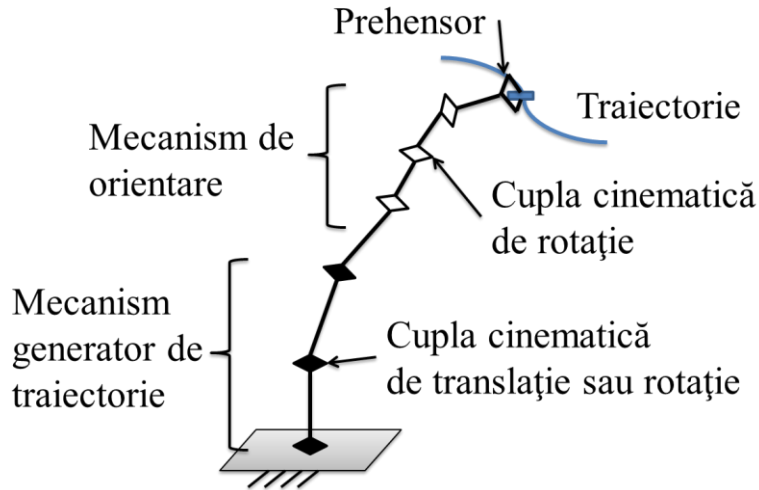


Fig. 2.6.1. Componentele principale ale sistemului mecanic [18]

2.7. Informații generale despre algoritmii de control

Există diverși algoritmi de control care pot fi utilizați pentru a controla mișcarea unui braț robotic. Unul dintre cei mai frecvent utilizați este controlul PID (Proportional-Integral-Derivative), care utilizează feedback pentru a ajusta și controla poziția și mișcarea brațului în funcție de problemele apărute. În plus, există și alte metode de control, precum planificarea traiectoriilor, controlul cinematicii inverse sau algoritmi mai avansați, cum ar fi controlul adaptiv sau controlul predictiv.

Cinematica directă este o formulă utilizată pentru a cunoaște poziția și orientarea vârfului brațului robotic (end-effector) în funcție de unghiurile sau lungimile articulațiilor. Aceasta implică calculul transformărilor geometrice și este adesea cunoscută sub formă de matrice de transformare. Cinematica directă se bazează pe parametrii geometrici ai brațului și pe unghiurile articulațiilor respective [4].

Cinematica inversă joacă un rol esențial în programarea și controlul brațelor robotice, oferind o metodă pentru a determina unghiurile sau lungimile articulațiilor în funcție de poziția și orientarea dorită a vârfului brațului robotic [4].

Pentru a rezolva problema cinematicii inverse, sunt utilizate metode numerice și algoritmi de optimizare. Acestea ajută la găsirea soluțiilor adecvate, iar tehnicile suplimentare, cum ar fi limitarea mișcărilor sau evitarea coliziunilor, pot fi adăugate pentru a asigura funcționarea eficientă și sigură a brațului robotic [4].

În concluzie, cinematica inversă reprezintă un aspect important în controlul brațelor robotice, permițând determinarea parametrilor articulațiilor în funcție de poziția și orientarea dorită a vârfului. Aceasta implică aspecte matematice complexe și necesită utilizarea unor algoritmi și metode potrivite pentru a obține soluții exacte și funcționale, pentru a putea îndeplini cerințele specifice ale aplicației.

2.8. Generarea de traiectorii

Generarea traiectoriilor implică planificarea și crearea unei serii de puncte în spațiu, cunoscute sub denumirea de puncte de pe traiectorie, pentru a dirija mișcarea unui obiect sau a sistemului robotic într-un mod specific și controlat în timp. Traectoria reprezintă un traseu sau o cale pe care obiectul sau sistemul robotic se deplasează.

Scopul generării traiectoriilor este de a controla mișcarea obiectului sau a brațului robotic într-un mod fluent, eficient și conform anumitor cerințe. Cerințele pot include obținerea unei mișcări precise, evitarea coliziunilor cu obstacole, optimizarea timpului de deplasare sau realizarea unor caracteristici specifice ale mișcării, cum ar fi accelerația și decelerația uniforme.

Generarea de traiectorii necesită diverse metode și algoritmi, precum interpolarea liniară, utilizarea spline-urilor, algoritmi de planificare a traiectoriilor sau combinații ale acestora. Aceste metode iau în considerare parametri specifici ai obiectului sau ai brațului robotic, cum ar fi poziția și orientarea inițială și finală, limitele de viteză și accelerație, restricțiile de mișcare și altele, pentru a crea o traiectorie adecvată [4].

Generarea traiectoriilor are o importanță fundamentală în domeniul de robotică și automatizare și este folosită într-o gamă largă de aplicații, inclusiv roboți industriali, roboți colaborativi, vehicule autonome, jocuri video și multe altele. Aceasta permite controlul precis și ghidarea mișcării, deschizând calea către o varietate de funcționalități și aplicații complexe [4].

2.8.1. Cinematică directă

Cinematica directă se referă la determinarea poziției și orientării unui robot în funcție de valorile parametrilor săi. În esență, acest domeniu se ocupă de relația dintre variabilele de intrare ale robotului (cum ar fi lungimea brațului sau unghiurile articulațiilor) și poziția sau orientarea finală a robotului în spațiu [4].

Pentru a analiza cinematica directă a unui robot, este esențial să se cunoască geometria și structura acestuia, inclusiv numărul de articulații și modul în care acestea sunt conectate.

Există diverse metode și algoritmi utilizați pentru a calcula cinematica directă, care se bazează pe structura specifică a robotului. Un algoritm utilizat în mod obișnuit în cinematica directă este algoritmul Denavit-Hartenberg (D-H). Acest algoritm utilizează parametrii numiți parametri D-H pentru a descrie relațiile dintre articulații și elementele de legătură și pentru a calcula matricea de transformare a coordonatelor dintre articulații. Matricea de transformare rezultată poate fi apoi utilizată pentru a determina poziția și orientarea robotului într-un sistem global de coordonate [19].

Cinematica directă este un concept fundamental în planificarea și controlul mișcărilor robotului, deoarece oferă informații despre poziția și orientarea robotului la un moment dat. Aceste informații pot fi apoi utilizate pentru a planifica și controla mișcările robotului în vederea atingerii unor obiective specifice sau a îndeplinirii unor sarcini specifice.

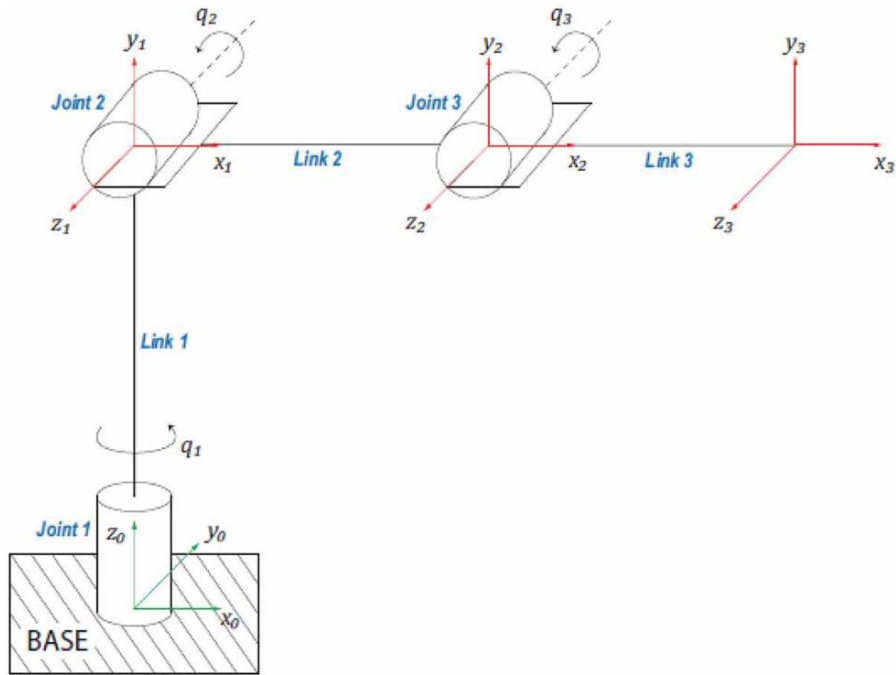


Fig. 2.8.1.1 Atribuirea cadrelor pentru brațul robotic articulată [20]

Matricile de transformare omogenă a cuplelor de rotație

$${}^0_1T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_x \\ 0 & cq_1 & -sq_1 & 0.5 \\ 0 & sq_1 & cq_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8.1.2)$$

$${}^1_2T = \begin{bmatrix} cq_2 & 0 & sq_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_y \\ sq_2 & 0 & cq_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8.1.3)$$

$${}^2_3T = \begin{bmatrix} cq_2 & 0 & sq_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_y \\ sq_2 & 0 & cq_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8.1.4)$$

$${}^3_E T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.8.1.5)$$

$${}^0T_E = \begin{bmatrix} c_{q2} * c_{q3} - s_{q2} * s_{q3} & 0 & s_{q2} * s_{q3} + c_{q2} + s_{q2} & l_1^2 \\ s_{q2} * s_{q1} * c_{q3} + c_{q2} + s_{q1} + s_{q3} & c_{q1} & s_{q2}^2 * s_{q1} - c_{q2} * s_{q1} * c_{q3} & l_2 c_{q1} + l_3 c_{q1} \\ -s_{q2} * c_{q1} * c_{q3} - c_{q2} * c_{q1} * s_{q3} & -s_{q1} & c_{q2} * c_{q1} * c_{q3} - s_{q2}^2(q_2) c_{q1} & -l_2 s_{q1} - l_3 s_{q1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(2.8.1.6)

Aceste matrici reies din consultarea sursei [4].

3. Braț robotic pentru manipularea obiectelor

Structura brațului robotic

Implementarea sistemului hardware a brațului robotic

Asamblarea brațului robotic

Componentele mecanice

Printarea 3D

Asamblarea brațului robotic

Programarea în MatLab

În ceea ce privește alegerea de a realiza un proiect de licență pe tema unui braț robotic , este o opțiune fascinantă și provocatoare. Alegerea unei astfel de teme indică pasiunea mea pentru robotică și dorința de a explora domeniul tehnologiei avansate.

În plus , posibilitățile de cercetare și inovare în ceea ce privește brațele robotice sunt nelimitate. Există o mulțime de aspecte pe care le pot explora în cadrul acestui proiect. Alegând acest subiect, am șansa de a contribui la dezvoltarea și îmbunătățirea tehnologiilor existente sau de a deschide noi direcții de cercetare în acest domeniu.

3.1. Structura brațului robotic

Brațele robotice sunt alcătuite din mai multe axe și articulații care permit mișcarea în diferite grade de libertate. Printre exemple se numără axele rotative, axele liniare și articulațiile sferice.

Acționările, cum ar fi motoarele electrice sau hidraulice, furnizează energia necesară pentru a mișca brațul robotic și pentru a îndeplini sarcini specifice.

Senzorii sunt utilizați pentru a furniza informații despre poziția, viteza, accelerația și alte caracteristici ale brațului robotizat. Aceste date sunt utilizate pentru controlul monitorizarea mișcării.

Efectorul final este componenta care interacționează direct cu obiectele sau cu mediul înconjurător. Acesta poate fi o gheară, o ventuză, un instrument de măsurare sau orice alt dispozitiv specializat, în funcție de aplicație. Termenul său popular fiind gripper.

În industrii și laboratoare, brațele robotizate sunt utilizate în mod obișnuit. La fel ca și alți roboți, brațele robotice au mai multe componente distincte care lucrează împreună pentru a se asigura că acestea funcționează eficient [3].

Controlerele sunt procesoarele principale ale brațelor robotice și funcționează ca și creierul acestora. Ele pot fi setate să se comporte automat sau pot fi acționate manual, primind instrucțiuni de la un specialist. Ele reprezintă consolele de control pentru brațele mecanice și sunt disponibile în mai multe forme, în funcție de puterea de calcul necesară.

Brațul care este alcătuit din trei părți principale: umărul, cotul și încheietura mâinii, reprezintă partea principală a brațului robotic. Umărul, care se află la baza brațului și este în mod normal atașat la controler, se poate deplasa înainte, înapoi sau se poate roti. Cotul este situat în centrul brațului, permițând părții superioare să se deplaseze înainte și înapoi independent de secțiunea inferioară. În cele din urmă, încheietura mâinii se conectează la efectorul final, chiar la capătul brațului superior.



Fig. 3.2.1. Structura brațului robotic

Elementul încercuit cu albastru reprezintă "umărul" robotului.

Elementul încercuit cu negru reprezintă "cotul" robotului.

Elementul încercuit cu roșu reprezintă "încheietura" robotului, cunoscut ca și end efector.

Efectorul final servește drept mână a brațului robotic. De obicei, are două gheare, dar poate avea și trei, care se pot deschide și închide la cerere. De asemenea, poate fi rotit la încheietura mâinii, ceea ce simplifică deplasarea materialelor și a echipamentelor.

Aționările sunt motoarele care reglează mișcarea și manevrele între articulații. Unele modele utilizează curele comparabile cu cele întâlnite la motoarele de automobile.

Roboții avansați au mai multe șanse de a avea senzori. Unii sunt dotați cu senzori care le permit să detecteze și să reacționeze la mediul înconjurător. Aceștia pot, de exemplu, să

evite accidentele între doi roboți care operează în apropiere (utilizând o inteligență artificială foarte complexă) sau să permită unui robot să își modifice poziția pe un obiect delicat pentru a evita rănirea acestuia (în funcție de efectorul final atașat).

3.1.1. Articulații și mecanisme de acționare

1. Articulația revolută (R): are un grad de libertate, permițând mișcarea de rotație relativă a legăturii de ieșire cu axa de rotație perpendiculară pe axa legăturii de intrare și de ieșire.

2. Articulație prismatică (P): are un grad de libertate, permițând o mișcare de alunecare translațională între veriga de intrare și cea de ieșire. Axele celor două verigi sunt paralele.

3. Articulație elicoidală (H): are un grad de libertate, permițând o mișcare de rotație a articulației de ieșire în timp ce se deplasează în translație în jurul unei axe de șurub perpendiculară pe axa articulației de intrare [21].

4. Articulația cilindrică (C): are două grade de libertate - primul este rotația verigii de ieșire, cu o axă de rotație perpendiculară pe axa verigii de intrare. Al doilea grad de libertate este mișcarea de alunecare translațională a articulației de ieșire de-a lungul axei perpendiculare pe axa articulației de intrare [21].

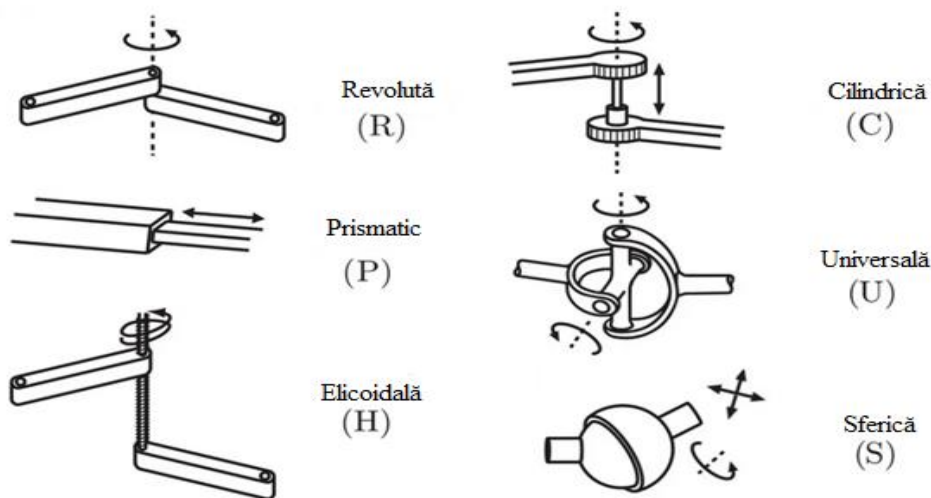


Fig. 3.2.1.1. Tipuri de articulații [21]

5. Articulația universală (S): are două grade de libertate - primul este rotația articulației de ieșire în jurul axei perpendiculare pe axa articulației de intrare. Al doilea este rotația articulației de intrare în jurul axei perpendiculare pe axa articulației de ieșire [21].

6. Articulația sferică (S): are trei grade de libertate - primul este mișcarea de rotație a articulației de ieșire în jurul propriei axe. Celelalte două includ mișcarea de translație a articulației de ieșire în jurul axei perpendiculare pe axa articulației de intrare [21].

Roboții industriali sunt proiectați în principal într-o configurație corp-încheietură. Într-un braț robotic cu 6 grade de libertate, trei verigi constituie corpul care plasează dispozitivul final în locația dorită în spațiul de lucru, iar trei verigi formează încheietura mâinii manipulatorului care plasează dispozitivul final în orientarea dorită.

Articulațiile rotative și prismatice conectează majoritatea verigilor din brațul manipulatorului.

Pentru articulațiile brațului robotic, au fost alese cele de tipul rotație.



Fig 3.2.1.2. Articulațiile brațului robotic

3.1.2. Senzori si feedback

Senzorii interacționează cu spațiul de lucru al robotului și evaluează mișcarea și orientarea brațului manipulatorului și a dispozitivului de acționare. Controlerul ia apoi în considerare acțiunile ulterioare.

În construcția roboților industriali se utilizează două tipuri de senzori: tactili și non-tactili. Senzorii tactili realizează un contact fizic pentru detectare, generând semnale analogice sau digitale proporțional cu măsurarea cantității fizice dorite.

Efactorul final este dispozitivul de prindere sau unealta de braț montată pe încheietura mâinii brațului manipulator. În funcție de sarcina robotului sau a aplicației robotice, la încheietura mâinii se atașează un anumit dispozitiv de acționare. De exemplu, există diferite efectoare terminale pentru sarcini legate de manipularea și prelucrarea materialelor.

Pot exista, de asemenea, efecte finale diferite pentru aceeași sarcină. De exemplu, prinderea se poate face în mai multe moduri, cum ar fi prinderea mecanică, prinderea magnetică sau prinderea prin aspirație. Fiecare metodă utilizează un tip diferit de efector final.

3.1.3. Acționări și transmisii

Acționările sau transmisiile sunt necesare pentru a mișca verigile în jurul articulațiilor. Mișcarea are loc în timp ce robotul transportă o sarcină utilă dorită. Sarcina utilă poate fi o sculă de braț sau o piesă de lucru.

Există trei tipuri de acționare sau transmisii utilizate pentru construirea roboților industriali.

1. Acționări pneumatice: Aceste actuatoare utilizează aer comprimat pentru a mișca veriga în jurul articulației. Mișcarea poate fi de translație sau de rotație. Acționările pneumatice sunt utilizate de obicei pentru mișcări liniare sau de translație. Ele sunt simple în construcție, rentabile, rapide și fiabile. Cu toate acestea, acționările sunt potrivite doar pentru sarcini utile mici și ușoare, deoarece uneori pot exista mișcări întârziate și o repetabilitate redusă [22].

2. Acționări hidraulice: Aceste acționări utilizează ulei pentru a deplasa veriga în jurul articulației. Uleiul este pompat de la un rezervor la acționarea hidraulică prin intermediul unei supape de control. Atât mișcarea liniară, cât și cea de rotație pot fi acționate prin aceste actuatoare. Acționările hidraulice pot deplasa sarcini utile grele și sunt ușor de întreținut. Ele sunt costisitoare și nu sunt întotdeauna la fel de precise ca alte tipuri de acționări [22].

3. Acționări electrice: Acestea sunt motoarele electrice utilizate pentru a mișca veriga în jurul articulației. Există multe tipuri diferite de motoare electrice, inclusiv motoare de curent continuu fără perii, motoare pas cu pas, servomotoare de curent continuu și servomotoare reversibile de curent alternativ. Cel utilizat se bazează pe mișcarea dorită a articulației și pe controlul și repetabilitatea necesare. Motoarele electrice sunt foarte precise, fiabile și pot gestiona multe sarcini utile. Motoarele vin cu diferite prețuri, în funcție de caracteristicile și aplicația dată [22].

De exemplu, un motor ar putea avea o ieșire cu turație mare, dar turația sa trebuie redusă sau convertită în cuplu echivalent. Un alt caz în care este necesară o transmisie între dispozitivul de acționare și verigă este atunci când dispozitivul de acționare este prea mare pentru a încăpea de-a lungul verigii. În astfel de cazuri, cu o transmisie adecvată, dispozitivul de acționare este plasat într-un loc adecvat în jurul verigii, iar orice conflict între mișcarea verigilor interconectate este rezolvat.

3.1.4. Sistemul de control

Un controler este o unitate de calcul care controlează mișcarea legăturilor într-un mod programabil. Controlerul poate fi un microcontroler, un controler specializat sau un calculator.

Controlerul preia feedback-ul de la senzori, controlând ieșirile actuatorilor astfel încât robotul să se deplaseze secvențial pentru a-și îndeplini sarcina. Senzorii și actuatoarele sunt conectate la controler prin intermediul unor interfețe hardware. Controlerele pot avea, de asemenea, o interfață cu utilizatorul pentru reprogramare sau intrări umane.

3.2. Implementarea sistemului hardware a brațului robotic

3.2.1. Servomotor 996r 180 grade .



Fig. 3.3.1.1. Servomotor 996r [23]

Motoarele alese reprezintă componenta activă a sistemului de acționare. Axul filetat și dințat permit instalarea diferitelor accesorii, sau alte componente mecanice și electrice.

Tabel 1. Specificații tehnice pentru Servomotor 996r [23]

Specificatii	Valori
Tensiune alimentare	4.8V ~ 6.6 V
Cuplu	13kg/cm la 6V
Consum maxim	2.5A
Greutate	55g
Unghi efectiv	180°
Dimensiuni mm	40.7 x 19.7 x 42.9

3.2.2. Arduino UNO Mega

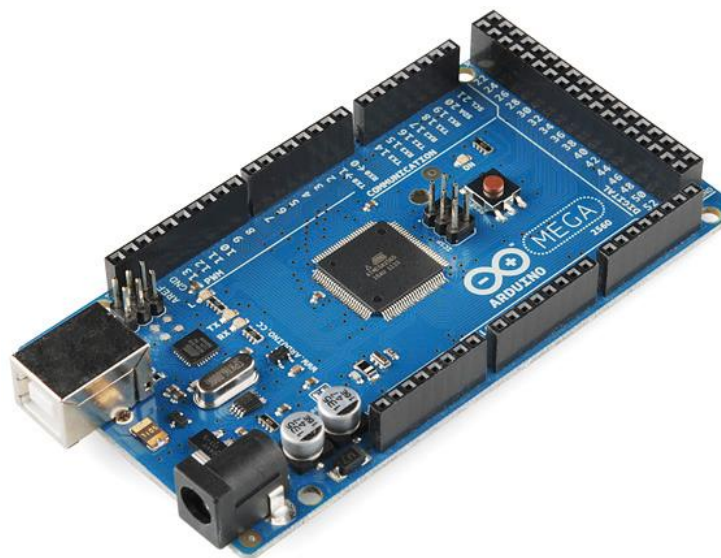


Fig. 3.3.2.1. Arduino UNO Mega [24]

Tabel2. Specificații tehnice ale plăcuței Arduino UNO Mega [24]

Caracteristici tehnice	Valori
Tensiune alimentare	5V
Pini Digital Input/Output	54(din care 14 oferă ieșire PWM)
Curent DC pe Input/Output	40 mA
Curent DC pentru Pinul 3.3V	50 mA
Memorie FLASH	256 KB
Frecvență	16MHz

3.2.3. Sursa de alimentare

Sursa de alimentare este una generică de 5V cu 3A. Puterea totală produsă este suficientă pentru alimentarea tuturor componentelor.



Fig. 3.3.3.1. Alimentator 5V 3A [25]

3.2.4. Modul senzor de culoare



Fig 3.3.4.1 Modul senzor de culoare [26]

Această componentă utilizează o matrice de 8 x 8 fotodiode pentru a detecta și capta lumina colorată. Apoi, prin intermediul unui convertor curent-frecvență, citirile de la fotodiode sunt convertite într-un semnal dreptunghiular cu o frecvență proporțională cu intensitatea luminii. Cu ajutorul plăcii de dezvoltare Arduino, putem citi semnalul rezultat și putem obține informații despre culoare. [26]

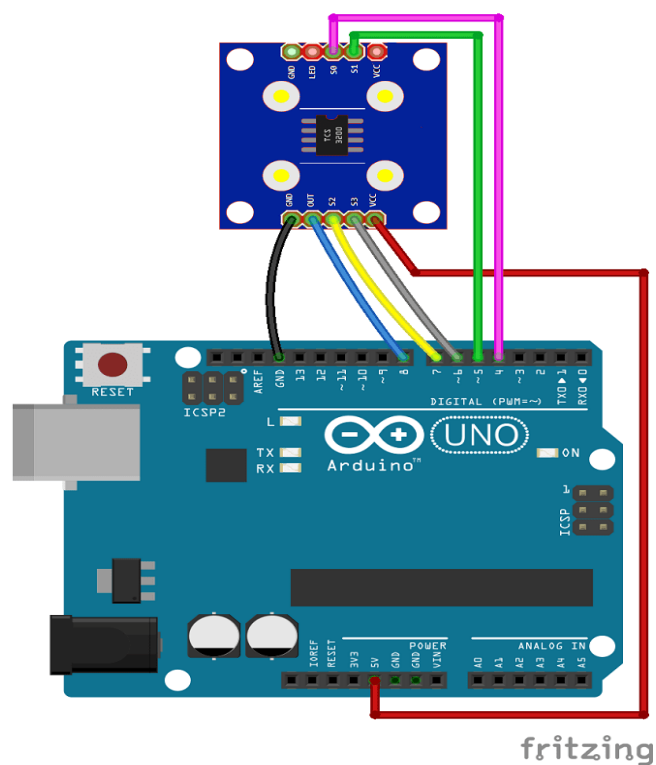


Fig 3.3.4.2. Schema electrică a modului sensor de culoare.

3.2.5. Schema componentelor electronice

În figura de mai jos se poate observa cablajul componentelor electronice folosite pentru a putea controla brațul robotic. Se pot observa 3 servomotoare 996R , un servomotor SG90 conectate și un senzor de culoare TCS3200 conectate la o placă de prototipare și placa Arduino Mega.

Schema electronică a fost realizată cu ajutorul aplicației Fritzing .

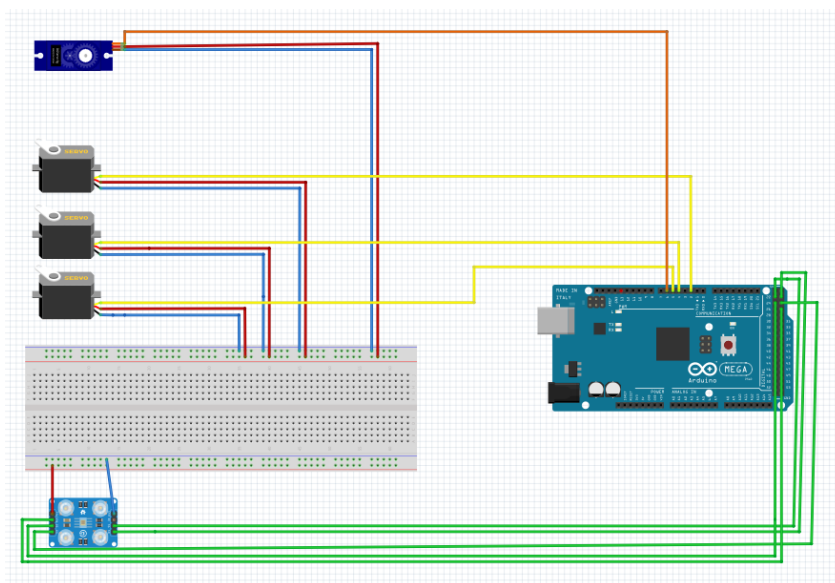


Fig. 3.3.5.1. Schema electrică a componentelor electronice

3.3. Componentele mecanice

3.3.1. Placă de lemn

Acest element este folosit ca o bază pe care toate piesele să fie prinse.

3.3.2. Bile oțel de diamtru 6mm

Acestea se pun in spațiul destinat din interiorul bazei pentru a putea ajuta la rotirea întregului braț robotic. Acestea au un diametru de 6mm, iar pentru a umple spațiul destinat lor a fost nevoie de aproximativ 30 de bile.

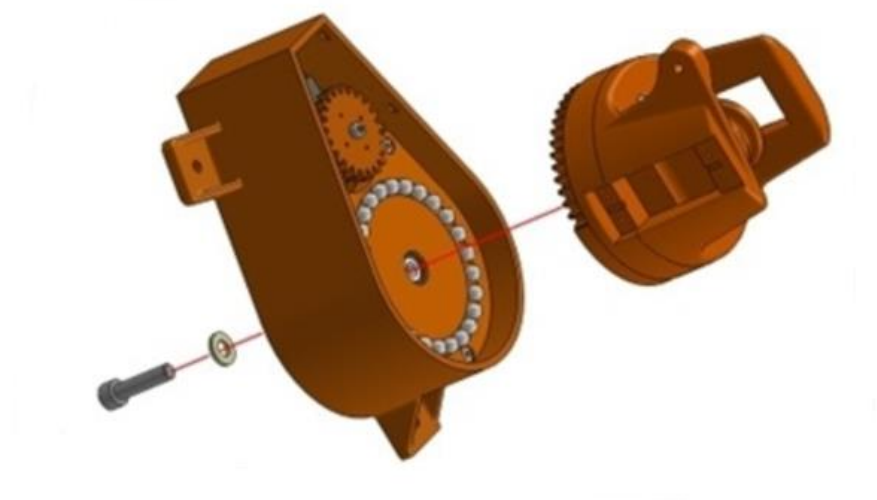


Fig 3.4.2.1. Utilizarea bilelor de oțel [27]

3.3.3. Rulment 606-2RS C3

Am ales acest rulment pentru a îndeplini specificațiile tehnice. Referirea se face la diametrul interior, acela fiind de 6mm, apoi a fost nevoie de un diametru exterior de 17, acesta satisfăcând și această cerință.



Fig 3.4.3.1 Rulment 606-2RS C3 [28]

Tabel3. Specificații tehnice rulment 606-2RS C3 [28]

Numar produs:	606-2rs-craft
Diametrul int (mm) d:	6
Diametrul ext (mm) D:	17
Latimea (mm) L:	6
Producător:	CRAFT
Tip rulment:	Rulment miniatural

3.3.4. Șuruburi folosite pentru asamblarea brațului robotic

Cele mai folosite șuruburi pentru asamblarea brațului robotic au fost cele cu cap imbus din oțel, metric 3 și 4 iar dimensiune variabilă între 10-35 mm.



Fig 3.4.4.1 Șuruburi folosite în asamblarea brațului robotic [29]

3.4. Printarea 3D

3.4.1. Informații despre imprimarea 3D

Imprimarea 3D sau manufacturarea aditivă este procesul de construcție al unui obiect tri-dimensional dintr-un fișier CAD sau alte formate digitale. Acest proces poate fi realizat în mai multe feluri, fie prin depunere, îmbinare sau solidificarea unor materiale (cum ar fi materialele plastice, lichide, sau peleti de material topit), de obicei strat cu strat.

La momentul conceperii ei, în anii 1980, tehnicile de imprimare 3D erau considerate potrivite doar pentru producerea de prototipuri funcționale sau estetice, iar un termen mai potrivit pentru aceasta la acea vreme era prototiparea rapidă. În ultimii ani precizia, repetabilitatea și calitatea materialelor imprimate 3D a crescut până în punctul în care este considerată o metoda viabilă și tehnologie de producție industrială, până în punctul în care manufacturarea aditivă a devenit sinonimă imprimarea 3D [30].



Fig.3.5.1.1. Prima imprimanta 3D, inventată de către Chuck Hull [30]

3.4.2. Avantaje și dezavantaje ale imprimării 3D

Principalul avantaj în favoarea imprimării 3D este producția aditivă, prin care materialul este depus strat cu strat pentru a crea un obiect. Acest proces este mult mai eficient decât manufacturarea substractivă prin care un bloc de material, fie metal lemn sau plastic, este găurit, frezat și șlefuit până când forma dorită este formată, care întotdeauna rezulta în foarte mult material pierdut și foarte greu de reciclat. Datorită naturii manufacturării aditive, prin care un strat de material trebuie mereu depus peste un alt strat de material, este necesară folosirea unor tip de structuri numite „suporturi” care la rândul lor semnifică pierderi de material în urma producerii unui model, însă cantitatea este considerabil mai mică și există multiple feluri de optimizare a modului de lucru care poate scădea această cantitate și mai mult [30].



Fig. 3.5.2.1. Model cu trei tipuri de volume diferite [30]

Accesibilitatea la nivel de consumator este foarte ridicată datorită faptului că imprimantele 3D în sine cât și o varietate mare de materiale disponibile pe piață se pot găsi la prețuri foarte rezonabile, iar tipurile de plastic și rășini folosite sunt de cele mai multe ori ușor reciclabile.

Procesul nu este însă lipsit de dezavantaje. Deși se pot găsi multe tipuri de materiale accesibile, foarte multe dintre ele fac compromisuri între rigiditate, rezistență la temperatură, rezistență mecanică și condiții dificile de printat, însă pentru majoritatea aplicațiilor, cum este cea prezentată, proprietățile acestor tipuri de plastic sunt suficiente. De asemenea pentru piese voluminoase timpul de prelucrare crește substanțial.

3.4.3. Echipamentul de printare folosit

Pentru realizarea proiectului am ales să folosim imprimante FDM (fusion deposition modeling) din gama Prusa, și anume modelele Prusa Mk3s și Prusa Mini. Spre deosebire de imprimantele SLA (stereolitografie), care funcționează prin polimerizarea selectivă a unei rășini lichide reactive la UV într-un rezervor transparent, imprimantele FDM folosesc filamente solide de rășină alimentate printr-un cap de imprimare numit hotend, unde materialul este încălzit la temperaturi începând de la 200 de grade Celsius.

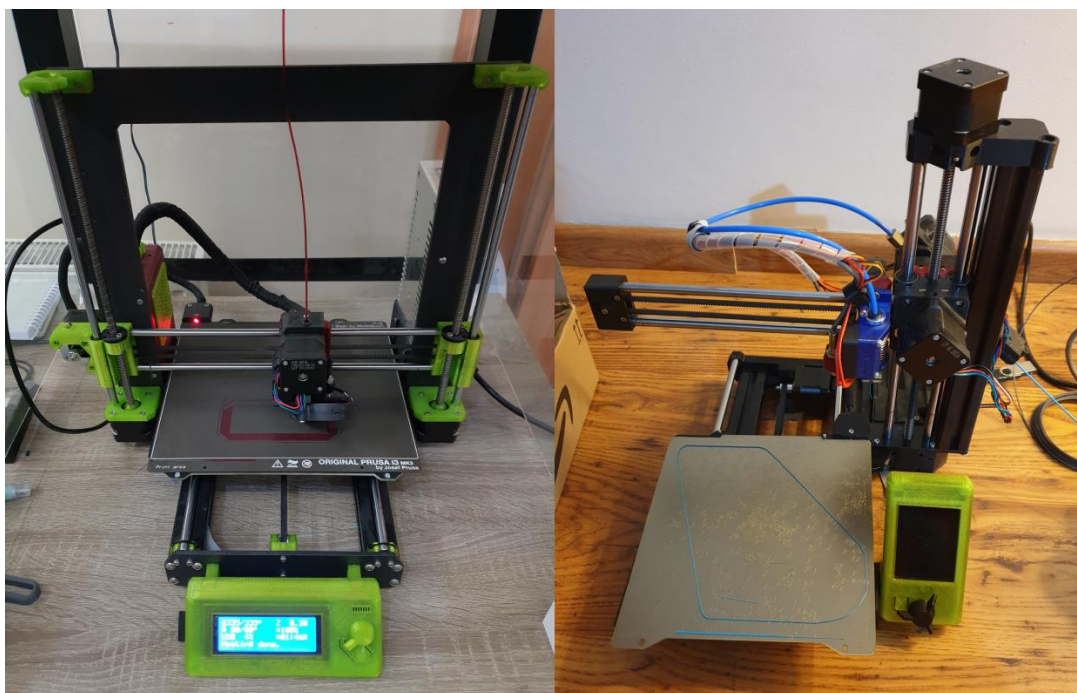


Fig. 3.5.3.1 Stânga – Prusa Mk3s ; Dreapta – Prusa Mini

Aceste două imprimante au fost alese pentru capacitatea lor de a imprima cu filament PETG, un plastic cu rezistență ridicată la temperaturi ridicate, expunere la substanțe chimice corozive, un bun modul de elasticitate și proprietăți structurale foarte bune pentru piesele imprimate 3D.

În figura de mai jos se poate observa cum am folosit imprimanta 3D Prusa MK3s pentru a printa baza brațului robotic.

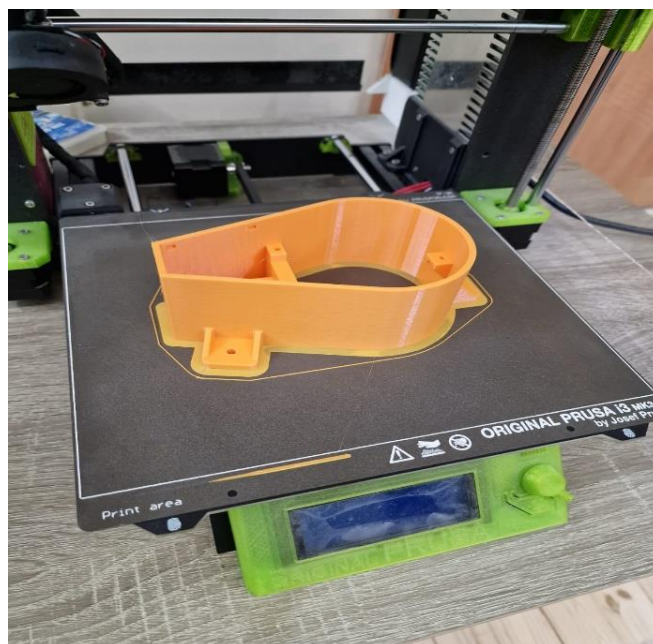


Fig.3.5.3.2 Printarea bazei brațului robotic

Informații tehnice despre filamentul Fiberlogy EASY PETG :

- Diametru : 1.75mm
- Toleranță de diametru : +/- 0.02mm
- Rotunjire medie: +0.01 mm
- Greutate neta per rolă: 0.85kg
- Temperatură de printare la hotend : 220°C - 250 °C

Tabel 4.Specificații ale materialului Fiberlogy EASY PETG [31]

Proprietate fizica	Standard ISO	Unitate de masura	Valoare
Densitate	IOS 1183	g/cm ³	1.27
Rezistenta de tractiune la cedare	ISO 527	MPa	51
Rezistenta de tractiune la rupere	ISO 527	MPa	51
Modul de tensiune	ISO 527	MPa	2800
Elongatie la cedare	ISO 527	%	4
Elongatie la rupere	ISO 527	%	29
Rezistenta la indoire	ISO 178	MPa	70
Modulul rezistentei	ISO 178	MPa	2000
Temperatura de tranzitie sticloasa	DSC	°C	82
Temperatura de tranzitie Vicat	DSC	°C	78



Fig 3.5.3.3 Filament Fiberlogy EASY PETG [31]

3.5. Asamblarea brațului robotic

Mai jos se poate observa o figură în care este arătat modul în care se assemblează baza robotului. Ca elemente în figură se regăsesc șuruburi M3 de diferite lungimi, bile de oțel de diametru 6mm, un servomotor 996r și un rulment 606zz.

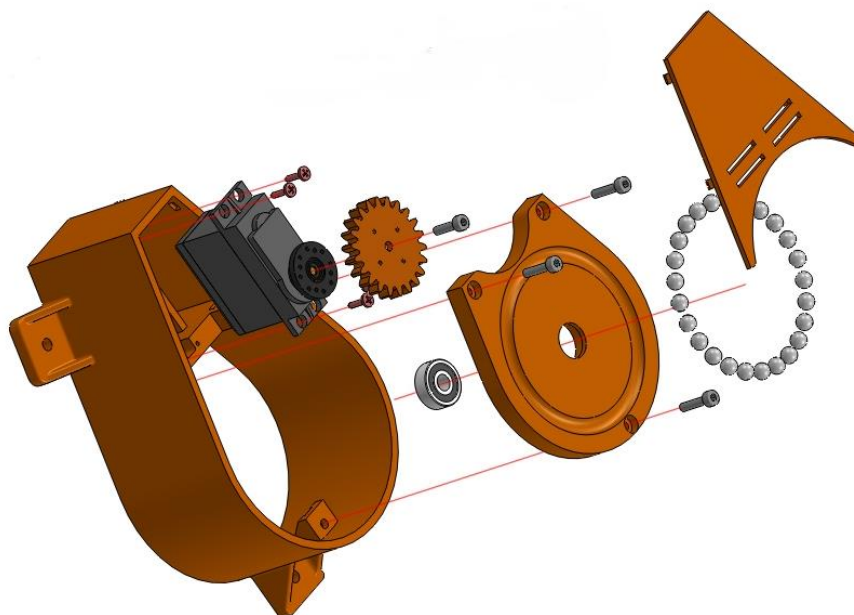


Fig 3.6.1. Asamblarea bazei brațului robotic [27]

3.6. Programarea în MatLab

MATLAB (Matrix Laboratory) este un mediu de dezvoltare software și un limbaj de programare specializat în calculul numeric și analiza datelor. Este utilizat pe scară largă în știință, inginerie și matematică datorită capacităților sale puternice de manipulare a matricelor și vectorilor. MATLAB oferă o sintaxă ușor de învățat și un set extins de caracteristici, ceea ce îl face un instrument ideal pentru rezolvarea problemelor matematice și științifice complexe.

Calcularea poziției de cuplu a unui braț robotic este o problemă critică în robotică și automatizare. MATLAB oferă un set extins de funcționalități și instrumente specializate pentru a rezolva această problemă în mod eficient și precis. De la modelarea geometrică și cinematică a brațului robotizat la soluția cinematică inversă și simularea rezultatelor, MATLAB facilitează procesul de dezvoltare și control al brațelor robotizate. Utilizarea MATLAB pentru a calcula poziția cuplajelor brațului robotizat adaugă acuratețe, eficiență și flexibilitate la proiectarea și implementarea sistemelor robotice moderne.

Cu ajutorul programului MatLab s-a reușit calcularea pozițiilor cuplelor brațului robotic.

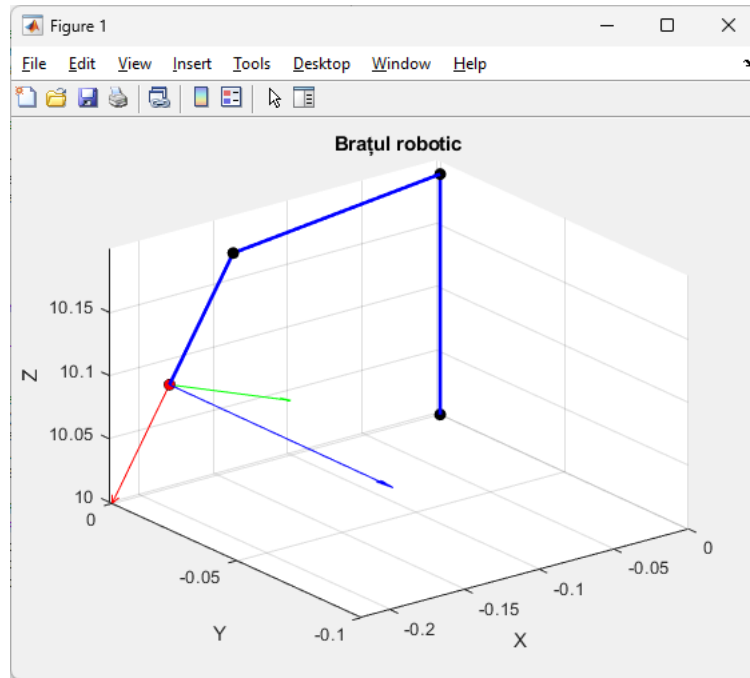


Fig. 3.7.1. Poziția cuplelor în cinematica directă

De asemenea am utilizat programul MatLab pentru calcularea matricilor de transformare. Acestea se pot observa în figura de mai jos.

```

Command Window

>> Calcule
Matricea de transformare T1:
    1.0000         0         0         0
         0    0.0000   -1.0000         0
         0    1.0000    0.0000   10.0000
         0         0         0    1.0000

-----
Matricea de transformare T2:
    0.8660   -0.5000         0    0.2598
    0.0000    0.0000   -1.0000    0.0000
    0.5000    0.8660    0.0000   10.1500
         0         0         0    1.0000

-----
Matricea de transformare T3:
   -0.5000   -0.8660         0    0.1098
    0.0000   -0.0000   -1.0000    0.0000
    0.8660   -0.5000    0.0000   10.4098
         0         0         0    1.0000

-----
Matricea de transformare T4:
   -0.8660    0.5000         0   -0.2366
   -0.0000   -0.0000   -1.0000    0.0000
   -0.5000   -0.8660    0.0000   10.2098
         0         0         0    1.0000

```

Fig 3.7.2. Calcularea matricilor de transformare

3.7. Construcția brațului robotic

În figura prezentată mai jos se poate observa ansamblul brațului robotic. Se poate observa întreg brațul robotic și de asemenea partea elementele electronice care fac posibilă îndeplinirea sarcinilor.



Fig 3.8.1 Asamblarea brațului robotic

4. Rezultate experimentale

Descoperirea obiectului folosibil pentru prehensor

Detectarea cubului și dimensiunea sa pentru prehensor

4.1. Descoperirea obiectului folosibil pentru prehensor

Prima oară s-a folosit un cap de diverse culori de la anumite băuturi carbogazoase.

Dar acestea nu au putut fi prinse de prehensor deoarece forma lor rotunda nu oferea puncte pe care prehensorul să le poată folosi. De asemenea nici detectarea capacului nu era una suficient de bună.



Fig 4.1.1. Capac băutură cabogazoasă [32]

Prin urmare, s-a descoperit obiectul ideal pentru folosire, acela fiind un cub. Acesta oferea suficiente puncte prehensorului pe care acesta putea aplica presiune astfel încât să îl poată ridica.

4.2. Detectarea cubului și dimensiunea sa pentru prehensor

Dupa mai multe experimente am descoperit faptul că cea mai optimă dimensiune a cubului pentru a putea fi ridicată de prehensor și pentru detectarea sa a fost varianta de 20x20 mm.

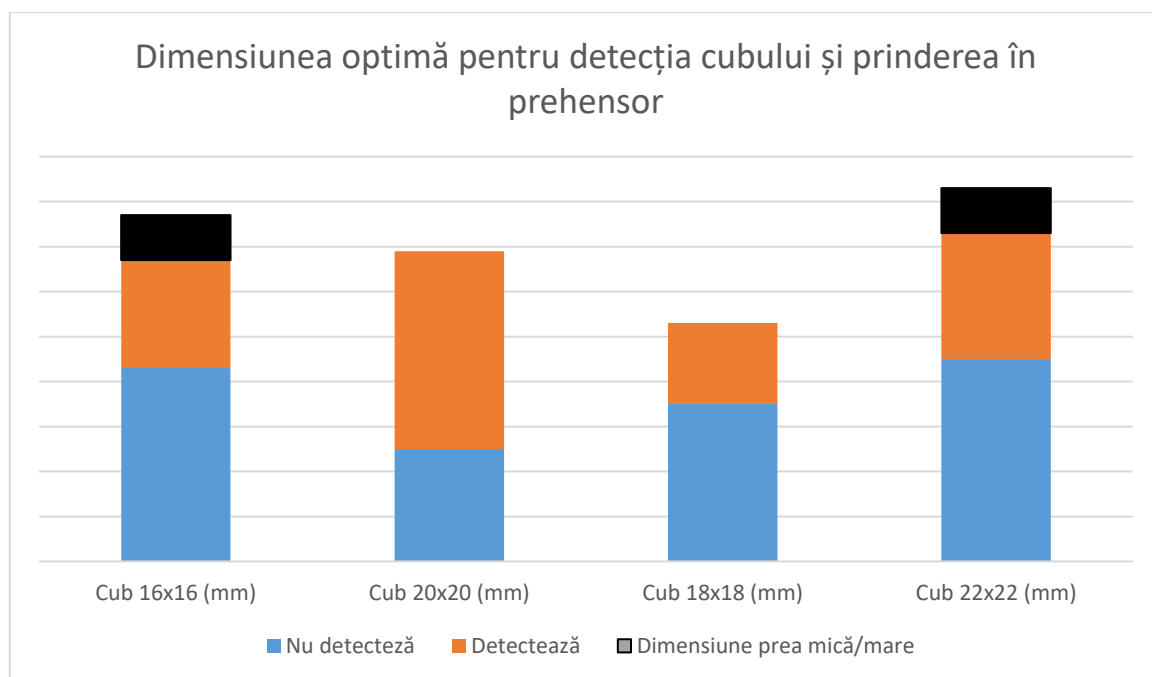


Fig. 4.2.1 Dimensiunea optimă a cubului

În figura de mai jos se poate observa cum arată cubul printat în realitate.



Fig. 4.2.2. Model de cub folosit pentru brațul robotic

5. Concluzii

5.1. Concluzii generale

În final, robotul de pick and place reprezintă o soluție eficientă pentru sortarea cuburilor sau a altor materiale de diferite culori. Scopul acestuia fiind de a eficientiza procesul, pentru a realiza totul mult mai repede decât ar putea face acest lucru un om. Iar personal ar putea fi folosit pentru alte activități pe care încă un braț robotizat nu le poate face, cum ar fi luarea unor decizii care au nevoie de o gândire umană.

5.2. Contribuția personală

Contribuția personală adusă acestui proiect este adoptarea și optimizarea proceselor utilizate în domeniul actual (detectarea cubului, calcularea pozițiilor brațului robotic, controlul robotului eficient), acestea au fost îmbinate într-un program funcțional și testate.

5.3. Viitoare îmbunătățiri ale brațului robotic

Înlocuirea servomotoarelor actuale cu unele mai performante care pot diminua jocul acestora . Acest joc este un fenomen care este dat de calitatea servomotorului , în sensul în care un sistem mecanic poate fi deplasat într-o direcție fără a aplica o forță sau o mișcare apreciabilă la următoarea piesă din secvența mecanică. Acestea pot duce la erori care afeceaza poziția curentă sau viitoare a brațului robotic.

Un exemplu concret care poate face acest lucru este servomotorul DYNAMIXEL AX-12, acesta diminuează jocul ceea ce duce la erori mult mai mici care nu afectează atât de mult poziția brațului robotic.



Fig. 5.3.1 Servomotor DYNAMIXEL AX-12 [33]

O altă îmbunătățire a acestui braț ar putea fi dată de un senzor care să verifice dacă brațul robotic a ridicat cubul din poziția sa.

Principiul ar funcționa în felul următor; dacă robotul a prins cubul în prehensor acesta să își continue sarcina iar dacă nu, acesta să meargă înapoi la poziția de ridicare a cubului și să execute din nou operațiunea.

De asemenea , folosirea unui ecran pentru a afișa informații despre cubul ridicat. Acestea ar putea fi greutatea cubului, culoarea cubului ar fi altă îmbunătățire.

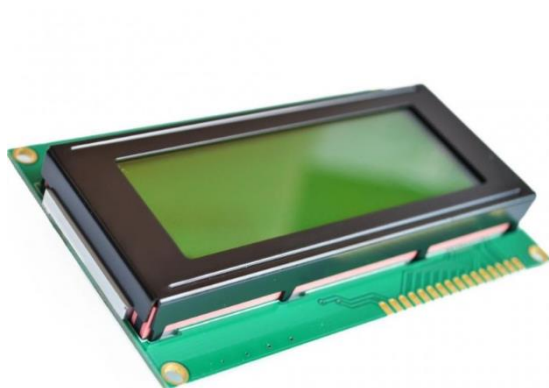


Fig 5.3.2. Ecran LCD [34]

Implementarea unei aplicații de telefon . Aplicația are putea fi utilă pentru a analiza și observa în timp real mișcările robotului. De asemenea pornirea și oprirea aplicației ar fi un alt punct forte, această putând fi realizată și de la distanță.

Totodată ar putea fi înștiințat personalul responsabil de brațul robotic când sarcina a fost terminată cu succes, nefiind nevoie să verifice personal treaba aceasta.

6. Bibliografie

- [1] G. L. Mogan, Proiectarea Constructivă a sistemelor mecanice ale produselor mecatronice "Roboți industriali", Universitatea "Transilvania", 2003.
- [2] Wikipedia, „https://en.wikipedia.org/wiki/George_Devol,” [Interactiv].
- [3] „<https://ro.wikipedia.org/wiki/Robot>,” [Interactiv].
- [4] P. Cladiu, Comanda și controlul roboților industriali, Brasov: CIT 2000, 2000.
- [5] „<https://inaco.ro/impactul-digitalizarii-asupra-fortei-de-munca/>,” [Interactiv].
- [6] „<https://www.gadgetway.ro/gadgetway/robotii-educationali-care-sunt-beneficiile-pe-care-copiii-le-obtin/>,” [Interactiv].
- [7] „<https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/top-emerging-technologies-2019>,” [Interactiv].
- [8] „<https://www.ttonline.ro/revista/roboti/brate-robotice-dotate-cu-prehensoare-antropomorfe-pentru-robotizarea-proceselor-tehnologice-de-fabricatie-si-asamblare-i>,” [Interactiv].
- [9] „<http://iota.ee.tuiasi.ro/~mpobor/doc/Cursuri/RIcurs1.pdf>,” [Interactiv].
- [10] „<https://www.bostondynamics.com/>,” [Interactiv].
- [11] „<https://new.abb.com/ro>,” [Interactiv].
- [12] „<https://www.fanuc.eu/ro/ro>,” [Interactiv].
- [13] „<https://www.kuka.com/>,” [Interactiv].
- [14] „<https://www.universal-robots.com/>,” [Interactiv].
- [15] „<https://www.softbankrobotics.com/>,” [Interactiv].

-
- [16] „https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_arm,” [Interactiv].
- [17] „<https://ie.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/robotic-arms-guide>,” [Interactiv].
- [18] „<https://www.nanotech.md/ro/page/20/rezultate-semnificative-ale-institutului-de-inginerie-electronica-si-nanotehnologii-dghitu-in-anul-2013>,” [Interactiv].
- [19] „https://en.wikipedia.org/wiki/Denavit%E2%80%93Hartenberg_parameters,” [Interactiv].
- [20] „<https://www.semanticscholar.org/paper/Dynamic-Modeling-and-Simulation-of-Robot-The-H%C3%B8if%C3%B8dt/ca9df779eca5dc96f60da586c61e2fff621061eb>,” [Interactiv].
- [21] „https://medium.com/@khalil_idrissi/degrees-of-freedom-of-a-robot-c21624060d25,” [Interactiv].
- [22] „<https://www.scribd.com/document/23974541/ACTIONARI-ELECTRICE-1#>,” [Interactiv].
- [23] „<https://cleste.ro/motor-servo-mg996-13kg-360g.html>,” [Interactiv].
- [24] „<https://www.robofun.ro/platforme-de-dezvoltare/arduino-mega2560-v3.html>,” [Interactiv].
- [25] „<https://www.sigmanortec.ro/Sursa-alimentare-12V-2A-mufa-5-5x2-1-p136264881>,” [Interactiv].
- [26] „<https://cleste.ro/modul-senzor-de-culoare.html>,” [Interactiv].
- [27] „<https://cad.onshape.com/documents/f58a2aee8466a4600bb37dcb/w/8399f8413619f03bdf308f14/e/095a94645afa4529a8ea68b7>,” [Interactiv].
- [28] „<https://www.rulmentcamion.ro/en-gb/606-2rs-c3-ezo.html>,” [Interactiv].

- [29] „<https://www.utilul.ro/suruburi/suruburi-piulite-si-saibe/suruburi-cu-filet-metric/surub-metric-cap-cilindric-din-912-m10x90-32-inox-a2-50-buc-p31209/>,” [Interactiv].
- [30] „https://ro.wikipedia.org/wiki/Imprimare_3D,” [Interactiv].
- [31] „<https://fiberlogy.com/en/fiberlogy-filaments/easy-pet-g/>,” [Interactiv].
- [32] „https://colnect.com/ro/bottlecaps/bottlecap/40566-Pepsi-Jermuk_International_Pepsi-Cola_Bottler-Armenia,” [Interactiv].
- [33] „<https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-12a/>,” [Interactiv].
- [34] „<https://euro-makers.com/fr/ecrans-et-accessoires-lcd/2585-ard-lcd2004.html>,” [Interactiv].

Rezumat

Lucrarea de cercetare prezentată are scopul de a construi un braț robotic a cărui sarcină este de a sorteze cuburi pe baza culorii. În lucrarea prezentată s-au abordat următoarele subiecte: studiul algoritmilor, construirea brațului robotic, controlul robotului pentru a reuși sarcinile necesare și testarea acestuia.

În cadrul studiului de algoritmi a fost prezentată metoda aleasă, aceea fiind de calculare a cinematicii directe. Calcularea matricilor de transformare omogenă pentru fiecare cuplă a fost realizată cu ajutorul programului MatLab. Următorul pas a fost de a testa rezultatele obținute, iar după ce acestea au fost verificate dacă îndeplinesc cerințele necesare.

Pe perioada testării brațului robotic, acesta a fost supus mai multor teste pentru a verifica dacă brațul robotic are comportamentul dorit în mai multe situații.

În final, în lucrarea de cercetare s-au prezentat mai multe aspecte, acelea fiind : construcția robotului, implementarea hardware și software a unui braț robotic autonom, responsabil cu sortarea cuburilor de diferite culori.

Abstract

The presented research work aims to build a robotic arm whose task is to sort cubes based on colour. In the presented work, the following topics were addressed: study of algorithms, construction of the robotic arm, control of the robot to succeed in the required tasks and testing of the robot.

In the study of algorithms the chosen method was presented, that is the calculation of direct kinematics. The calculation of homogeneous transformation matrices for each coupling was performed using the MatLab program. The next step was to test the obtained results , and after they were checked if they meet the necessary requirements.

During the testing of the robotic arm , it was subjected to several tests to check if the robotic arm has the desired behaviour in several situations.

Finally, in the research paper several aspects were presented, those being: the construction of the robot, the hardware and software implementation of an autonomous robotic arm responsible for sorting cubes of different colours.

**DECLARAȚIE PRIVIND ORIGINALITATEA
LUCRĂRII DE LICENȚĂ / PROIECTULUI DE DIPLOMĂ / DISERTAȚIEI**

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV
FACULTATEA INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR
PROGRAMUL DE STUDII Robotică
NUMELE ȘI PRENUMELE Negru Rareș Mihai
PROMOȚIA 2019-2023
SESIUNEA Vară 2023
TEMA LUCRĂRII / PROIECTULUI/ DISERTAȚIEI
Robot de tipul "pick and place" folosit pe o linie de producție.
.....
CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC Conf. Dr. Ing. Cociăș Tiberiu Teodor

Declar pe propria răspundere că lucrarea de față este rezultatul muncii proprii, pe baza cercetărilor proprii și pe baza informațiilor obținute din surse care au fost citate și indicate conform normelor etice, în textul lucrării/proiectului, în note și în bibliografie.

Declar că nu s-a folosit în mod tacit sau ilegal munca altora și că nici o parte din teză/proiect nu încalcă drepturile de proprietate intelectuală ale altcuiva, persoană fizică sau juridică.

Declar că lucrarea/ proiectul nu a mai fost prezentat(ă) sub această formă vreunei instituții de învățământ superior în vederea obținerii unui grad sau titlu științific ori didactic.

În cazul constatării ulterioare a unor declarații false, voi suporta rigorile legii.

Data: 21.06.2023

Absolvent
Negru Rareș Mihai

Negru

(nume, prenume, semnătură)