

**[ROBOTUL]**

Documentația Proiectului pentru Concursul InfoEducatie

## Cuprins

---

### **I. Utilitate practică**

- I.1. Activități îndeplinite de robot
- I.2. Eficiența robotului și a sistemelor acestuia în cazuri particulare

### **II. Mecanică**

- II.1. Sistem de deplasare omni-direcțional
- II.2. PID Control
- II.3. Sistemul de identificare a culorilor
- II.4. Sistemul de glisieră
- II.5. Sistemul de colectare
- II.6. Depozitarea obiectelor în interiorul robotului
- II.7. Piese printate 3D

### **III. Electronică**

- III.1. Schema electrică
- III.2. Probleme și eficientizări

### **IV. Software**

- IV.1. Control manual
- IV.2. Cod-sursă

## ***Capitolul I. Utilitate practică***

### ***I.1. Activități îndeplinite de robot***

---

În interfața grafică a robotului, există mai multe variante de programe autonome pentru diferite activități, având trasee predefinite. (Vezi *Schema\_1*)

Prin diferite sisteme unitare, robotul poate îndeplini diferite funcții:

1. Colectarea obiectelor care se încadrează în dimensiunile sistemului de colectare
2. Plasarea obiectelor una deasupra celeilalte într-un spațiu destinat depozitării
3. Recunoașterea unui set de culori și identificarea obiectului ce trebuie mutat, urmând să miște obiectul respectiv utilizând un sistem servo-motor
4. Deplasarea obiectelor și plasarea acestora cu o orientare precisă, folosind un șasiu alcătuit din roți omni-direcționale

## I.2. Eficiența robotului și a sistemelor acestuia în cazuri particulare

În ansamblu, este dată de folosirea spațiului disponibil din interiorul acestuia în mod eficient (astfel că robotul de dimensiuni relativ mici are o capacitate de depozitare mare), de precizia activităților realizate în modul autonom, de durabilitatea materialelor folosite care pot susține obiecte de greutate mari și de asemenea de dificultatea redusă a folosirii interfeței grafice și a modului telecomandat care permit persoanelor fără experiență să folosească robotul.

### 1. Eficiența sistemului de deplasare (șasiul)

Roțile de tip mecanum (omni-direcțional) permit robotului să se deplaseze lateral, asigurând precizie în plasarea obiectelor în spații de mici dimensiuni. Aceste roți oferă de asemenea capabilități omnidirecționale autonome, în timp ce autonomia roboților care folosesc roți obișnuite nu oferă posibilitatea de deplasare orizontală sau în diagonală. De asemenea, pentru modul de telecomandare, roțile mecanum fac robotul extrem de manevrabil, ceea ce este foarte util pentru a realiza activități într-un timp eficient. În plus, în comparație cu roțile obișnuite, roțile mecanum nu au frecare suplimentară la rotire, ceea ce oferă precizie atât pentru autonomie, cât și pentru manevrare de către persoane.

Sistemul de roți omni-direcționale oferă o gamă largă de avantaje. Dimensiunea și modul în care sunt proiectate permit robotului să urce denivelări sau rampe. Mecanum-urile sunt, de asemenea, mai eficiente în direcții înainte și invers (decât o roată normală), în timp ce oferă totuși mobilitate laterală.

Robotul merge drept, fără abateri, marja de eroare fiind neglijabilă. Datorită acestui fapt, programul robotului poate fi ajustat cu ușurință pentru nevoile oamenilor, fără a se pune problema erorilor care apar din cauze mecanice. Poziționarea a patru roți mecanum, una la fiecare colț al șasiului (două perechi oglindite), permite formarea forțelor vectoriale în direcțiile  $x$ ,  $y$  și de rotație. (Vezi *Schema\_2*)

### 2. Sistem de colectare

Sistemul de colectare al obiectelor folosește senile prinse pe arcuri, un mare avantaj al acestui sistem fiind faptul că acestea nu au o poziție determinată, astfel încât spațiul dintre cele două piese se va modifica independent în funcție de dimensiunea obiectului, astfel oferind posibilitatea de a colecta obiecte dintr-o gamă largă de dimensiuni.

### 3. Sistem de glisier

Glisierele sunt un mecanism foarte eficient de extindere sau de ridicare, cel mai des întâlnit în construcția pieselor de mobilier. Acest sistem este compus din diverse lamele care sunt trase de o sfoară, atașate la o bobină alimentată de un motor. Glisierele au avantajul controlului precis și fixat al înălțimii. De asemenea, pot ajunge mai sus sau mai departe, în locuri înguste, decât brațele oamenilor.

### 4. Eficiența printării 3D a pieselor

O multitudine de piese care se regăsesc pe robot sunt proiectate și confecționate într-o imprimantă 3D, care folosește un material numit PLA. Este o resursă regenerabilă și biodegradabilă, non-toxică și are un miros plăcut la imprimare. Filamentul PLA vine într-o gamă largă de culori, fapt ce dă un aspect plăcut robotului, care se integrează ușor în viața oamenilor ne-familiari cu mașinăriile autonome.

## *Capitolu II. Mecanică*

### *II.1. Sistem de deplasare omni-direcțional*

---

Deplasarea tuturor celor patru roți în aceeași direcție provoacă mișcare înainte sau înapoi, rularea roților de pe o parte în sens opus celor de pe cealaltă parte provoacă rotirea robotului și rularea roților pe o diagonală în sens opus celor din cealaltă diagonală provoacă mișcarea laterală. Combinațiile acestor mișcări ale roții permit mișcarea robotului în orice direcție cu orice rotație a robotului (*Vezi Schema\_3*).

Roțile Mecanum apasă pe sol cu o forță diferită față de roțile obișnuite. Acest lucru permite formarea unui spațiu vectorial de calcul al direcției de deplasare (*Vezi Schema\_4*).

Modificând viteza individuală a fiecărei roți, putem realiza orice traseu în sistemul de coordate xOy astfel (*Vezi Schema\_5*):

1. Când robotul merge drept înainte, toate roțile merg drept.
2. Când robotul merge înapoi, toate roțile merg înapoi.
3. Când robotul merge lateral, roata din față-stânga merge imediat, roata din față-dreapta merge înapoi, cea din spate-stânga merge înapoi și cea din spate-dreapta drept înainte.
4. Când robotul merge pe axa diagonală, roata față-stânga și cea din spate-dreapta se mișcă drept înainte, iar celelalte roți nu se mișcă. În caz contrar, roata față-dreapta și partea din spate-stânga se mișcă înainte, în timp ce celelalte roți nu se mișcă, în funcție de direcția în care vă deplasați în diagonală.

Un robot trebuie să aibă două perechi de roți identice pentru a face un sistem de cerc perfect. Marginile lor trebuie să fie orientate spre centrul corpului principal (*Vezi Schema\_6*).

## ***II.2. PID Control***

---

PID este un mecanism de feedback de control care optimizează situațiile variabile măsurabile, spre exemplu viteza motorului și o variabilă separată pentru controlul vitezei sau puterea motorului. Controlul PID are ca data de intrare semnalul de eroare, diferența între viteza reală și dorită a motorului și o serie de constante de reglare. Controlul PID emite apoi variabila  $O(t)$  obținută. Pentru forma ecuației PID folosite, *vezi Schema\_7*.

## ***II.3. Sistemul de identificare a culorilor***

---

Acest sistem este independent de structura robotului, care poate sta nemișcat în timpul funcționării acestei acțiuni. Robotul dispune de o extensie metalică, atașată de un servo-motor, care a fost pre-programat să urce și să coboare atunci când robotul este autonom. Servo-ul se mișcă în 2 etape, având 2 poziții: la 90 de grade sau la 180. Astfel, folosind un senzor de culoare, identifică un obiect care trebuie deplasat (în direcția în care dispune de loc liber) în funcție de o setare pre-programată. Pe partea superioară a părții metalice este atașată o altă piesă, printată 3D (*Vezi Imaginea\_1*). Pentru a impune limitele mecanice ale servo-ului, am folosit un dispozitiv numit programator de servo, care permite setarea mecanică, folosind 3 butoane, a celor 2 poziții pe care servo-ul le ia în funcție de valorile setate în codul implementat, care folosește modulul OpenCV pentru a permite robotului să identifice culorile în mod autonom.

## ***II.4. Sistemul de glisier***

---

Ideea de glisare vine din dorința de a avea mai multe etape pe parcursul cărora sistemul se extinde la diferite niveluri (*Vezi Imaginea\_2*). Fiecare nivel este atașat la o piesă care ține un rulment. Când scripetele se rotește, sfoara se strânge, care apoi trage componentele glisante în etape împreună cu acesta. Glisierele permit mișcarea pe o linie dreaptă, similar cu ceea ce face un sertar (sertarele de birou le au adesea). Etapele de glisare constau dintr-o platformă care se mișcă relativ la o bază. Platforma și baza sunt unite printr-o formă care restricționează mișcarea platformei la o singură etapă.

### ***II.5. Sistemul de colectare***

---

Sistemul de colectare este construit din 2 structuri în oglindă (*Vezi Imaginea\_3*), care sunt acționate de 2 motoare, aderența suprafeței acestora permițând colectarea obiectelor de diferite materiale, în timp ce lungimea șenilelor permite robotului să colecteze obiecte din spații înguste. De asemenea, acesta poate fi acționat și ca sistem de plasare a obiectelor, persoana care conduce robotul având opțiunea de a inversa direcția șenilelor.

### ***II.6. Depozitarea obiectelor în interiorul robotului***

---

În centrul robotului este montată o platformă metalică pe care vor ajunge obiectele după colectare. Plasarea precisă a acestora este permisă de cele două plăci laterale care sunt acționate de un servo-motor montat pe spatele platformei (*Vezi Imaginea\_4*) pentru a strânge obiectele astfel încât, atunci când platforma se ridică pentru a le plasa pe sol sau unul peste altul, acestea să nu cadă în momentul mișcării platformei, ci să permită eliberarea obiectelor la un moment precis, fie stabilit în programul pentru o funcție autonomă, fie decis pe moment de cel care controlează robotul.

### ***II.7. Piese printate 3D***

---

O multitudine din piesele robotului sunt proiectate și printate special pentru fiecare funcție îndeplinită de robot:

- ❖ Pentru design-ul robotului, *vezi Proiect\_1*
- ❖ Pentru design-ul șenilei, *vezi Proiect\_2*
- ❖ Pentru modelul scripetelui din glisieră, *vezi Proiect\_3*
- ❖ Pentru modelul suportului de motor, *vezi Proiect\_4*
- ❖ Pentru modelul suportului de baterie, *vezi Proiect\_5*
- ❖ Pentru ansamblul sistemului de depozitare și de plasare, *vezi Proiect\_6*



## Capitol III. Electronică

### III.1. Schema electrică (Vezi Schema\_8)

---

În centrul circuitului se află distribuția principală a puterii, care este principalul nucleu care controlează totul pe robot. Cu cablul USB sunt conectate Core Device Interface care adună date de la toți senzorii, Core Servo Controller care controlează 2 servo-uri, 4 dispozitive Core Motor Controller care controlează fiecare 2 motoare orbitale de 20. În distribuția principal de putere este conectată și bateria (NiMH de 12v)

Distribuția principal este conectată la un telefon (prin cablu USB sau USB-C), telefon care susține interfața pentru utilizator pentru pornirea și oprirea robotului jucând rol de procesor, traducând programul de autonomie pentru robot și colectând date atunci când robotul este controlat manual. Un al doilea telefon este conectat prin Wi-Fi direct la primul, comunicând prin intermediul unei aplicații. Cel de-al doilea telefon este principala modalitate de selectare a programelor diferite și de asemenea se conectează printr-un mini hub USB la un controller Logitech prin intermediul căruia robotul poate fi controlat manual.

#### 1. Fluxul de date în mod autonom

Core Device Interface primește date de la senzori și le trimite mai departe prin distribuția principal de putere către telefon, apoi programul analizează datele și transmite comenzile specifice distribuției principale, care le trimite către fiecare controller specific pentru a realiza o acțiune.

#### 2. Fluxul de date în controlul manual

Telefonul secundar primește date de la joystick, le trimite telefonului de pe robot și aceste date sunt analizate de program, de unde pleacă comenzi specifice către distribuția principală, care dă mai departe impulsul spre componenta necesară realizării acțiunii.

#### 3. Core Device Interface

Core Device Interface (CDI) conectează senzorii externi și alte dispozitive la un dispozitiv Android. Porturi: PWM, I2C, intrare analogică, intrare / ieșire digitală și ieșire analogică. (Vezi Dispozitiv\_8). Cele șase porturi I2C se află pe o magistrală comună, astfel încât fiecare dispozitiv I2C trebuie să aibă o adresă I2C diferită (Vezi Dispozitiv\_1).

Cele 8 porturi de intrare/ieșire digitale sunt D7 - D0. Fiecare port poate fi setat individual ca intrare sau ieșire (Vezi Dispozitiv\_2).

Porturile de ieșire PWM, P0 și P1 pot fi controlate individual, iar timpul de ieșir și perioada pot fi setate manual (*Vezi Dispozitiv\_3*).

#### 4. Distribuția principală de putere

Modulul încorporează un hub USB cu 7 porturi, cu conectori Anderson PowerPole. Distribuția principală de putere oferă un mod convenabil și sigur de a conecta alimentarea cu toate motoarele, servo-motoarele și alte module care necesită energie. Toate modulele sunt protejate de o siguranță înlocuibilă de 20A și de un întrerupător de pornire/oprire integrat (*Vezi Dispozitiv\_4*).

12V – Indică faptul că alimentarea de 12v este conectată și întrerupătorul de alimentare este pornit.

5V - Indică alimentarea de 5v care funcționează și transmite 5v la porturile USB.

3.3V - Indică alimentarea de 3,3 a electronicelor interne care funcționează.

USB activat - indică faptul că un dispozitiv-gazdă este conectat la portul de intrare USB.

#### 5. Senzorul de culoare

Senzorul de culoare detectează culoarea unei ținte și returnează valori care identifică culoarea. LED-ul intern furnizează sursa de lumină pentru detectarea culorii vizate. Cele mai bune rezultate sunt obținute atunci când ținta se află la aproximativ 7 cm de senzorul de culoare. (*Vezi Dispozitiv\_5*).

#### 6. CORE Servo Controller

Core Servo Controller are șase porturi pentru servo-motoare digitale sau analogice de 6 volți. Poziția fiecărui servo poate fi setată independent și, odată setată, servo-ul se va muta în poziția dorită. (*Vezi Dispozitiv\_6*)

#### 7. CORE Motor Controller

Core Motor Controller este alimentat de modulul de distribuție a energiei core utilizând cablul de alimentare furnizat și comunică cu dispozitivul Android prin USB. Fiecare port are un codificator pentru feedback (*Vezi Dispozitiv\_7*).

#### 8. Servo-motoare (*Vezi Schema\_9*)

### *III.2. Probleme și eficientizări*

---

#### 1. Probleme de cablare

Există mai multe probleme potențiale care pot apărea cu hardware-ul de cablare. Această secțiune va detalia aceste probleme. Problema conexiunilor bateriei: Mufa bateriei este un conector de tip Tamiya. Conectorii Tamiya oferă un mod rapid și ușor de a schimba o baterie. Din păcate, acești nu sunt potriviți pentru un uz prelungat. Sunt fiabili doar pentru câteva zeci de cicluri - după cicluri suplimentare, contactele interne se pot deforma și pot face ca robotul să sufere de deconectări intermitente.

Soluție: Le-am înlocuit, deoarece este singura opțiune fiabilă pentru rezolvarea problemelor cauzate de conectorii Tamiya. Conectorii pot fi îndepărtați și înlocuiți cu o opțiune de deconectare rapidă, cum ar fi un Anderson Powerpole.

#### 2. Descărcare electro-statică

Dacă robotul experimentează mult prea multă descărcare electro-statică, acest fapt va împiedica funcționarea eficientă de lungă durată a acestuia.

Soluție: Adăugarea unui protector de supratensiune la distribuția principal de putere și la cablul USB al telefonului pare să funcționeze foarte bine pentru reducerea efectelor descărcărilor electro-statice.

#### 3. Cable Management

Multitudinea fire din robot poate afecta părțile mobile în timpul funcționării.

Soluție: Am folosit legături cu fermoar pentru a realiza 2 circuite principale de cabluri care permit un flux convenabil de energie electrică și de putere pentru toate componentele.

## ***Capitolul IV. Software***

### ***IV.1. Control manual***

---

Controlul manual se realizează prin intermediul unui controller Logitech.

Pentru a iniția controlul manual, Se vor apăsa simultan butoanele „Start” și „A” (*Vezi Control\_1.1 și Control\_1.2*)

Există 2 funcții pentru cele doua butoane principale. Thumbstick 1 funcționează în față, înapoi, deplasare laterală, în timp ce thumbstick 2 operează rotirea spre stânga sau spre dreapta (*Vezi Control\_2*).

Butoanele de tip D-PAD operează colectarea (1), respectiv aruncarea obiectelor (2) (*Vezi Control\_3*)

Butoanele A, B, X, Y operează platforma de depozitare si ridicarea/orientarea acesteia. (*Vezi Control\_4*)

Butoanele de tip Bumper operează sistemul de glisare. Bumper 1 este extinderea brațului, iar Bumper 2 este asociat retragerii (*Vezi Control\_5*).

### ***IV.2. Cod-sursă***

---

Robotul este programat în Java, în Android Studio. Pentru codul-sursă, *vezi resurse\_cod*.