

Facultatea *IIR*
Specializarea *IAII*



Proiect

Sisteme mecatronice

Nume si prenume: Aniței Emanuela

Indrumator: Stanescu Vlad

Grupa: 631AD

An universitar 2024-2025

Licenta III

Cuprins

1. Introducere.....	3
2. Stadiul actual al soluțiilor existente.....	3
3. Stadiul conceptual.....	4
a. Prezentarea diferitelor soluții constructive și alegerea celei optime din punct de vedere mecanic.....	4
b. Prezentarea diferiților senzori care puteau fi folosiți și alegerea celor optimi pentru proiectul propriu.....	5
4. Calculul mecanic.....	7
5. Proiectarea mecanică.....	8
6. Proiectarea electrică.....	11
a. Realizarea unei scheme de legături a componentelor.....	11
b. Realizarea unei scheme de alimentare a componentelor.....	12
7. Schema logică a programului.....	14
8. Desene de execuție.....	16

Robot mobil care desenează

1. Introducere

Proiectul propune dezvoltarea unui robot mobil care desenează, capabil să se deplaseze autonom și să creeze modele grafice pe o suprafață plană. Acest robot îmbină funcții mecanice și electronice pentru a controla mișcarea și trasarea desenelor, având rolul de a demonstra aplicabilitatea tehnologiei în domenii creative și educaționale. În figura 1.1 este prezentat ansamblul complet al robotului.

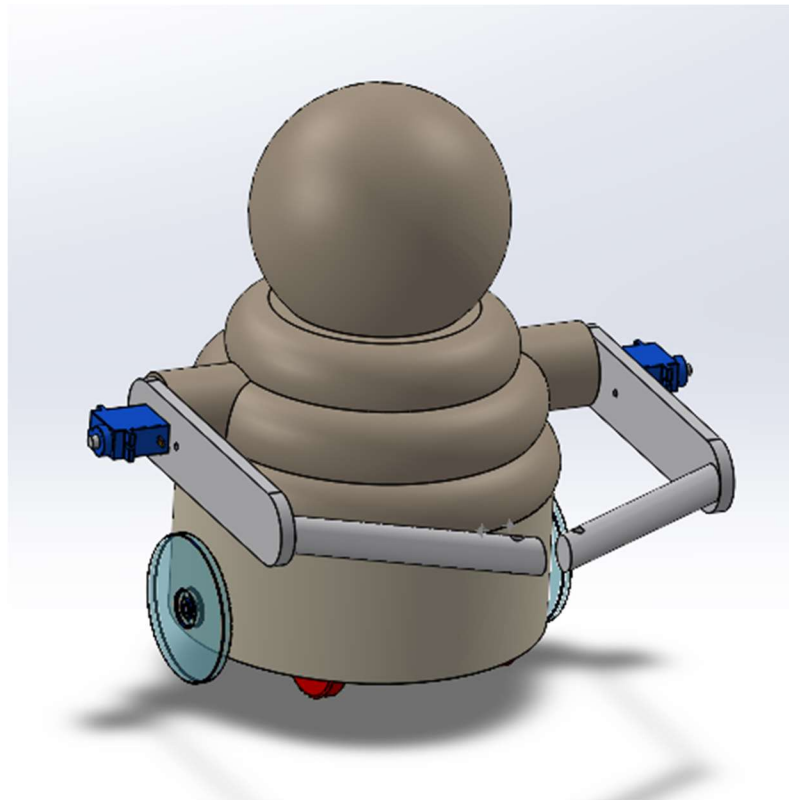


Fig. 1.1 Ansamblul complet al robotului

2. Stadiul actual al soluțiilor existente

În prezent, există diverse soluții care integrează roboți mobili pentru sarcini creative, inclusiv desen. Acestea variază de la proiecte educaționale simple, realizate cu kituri de robotică, până la sisteme avansate utilizate în industrie și artă. Printre cele mai comune exemple se numără:

- Roboți educaționali: Platforme precum LEGO Mindstorms sau Arduino sunt utilizate pentru a construi roboți simpli care desenează forme geometrice de bază. Aceste soluții sunt accesibile și ușor de personalizat, fiind utilizate frecvent în școli și universități.

- Brațe robotice fixe cu funcție de desen: Roboți industriali, precum cei produși de ABB sau KUKA, sunt programați să realizeze desene complexe, însă sunt fixați într-un singur punct și nu oferă mobilitate.
- Roboți mobili avansați: Proiecte precum TurtleBot sau mDrawBot oferă roboți care combină navigația autonomă cu capacitatea de a desena modele mai elaborate. Aceștia folosesc senzori și algoritmi pentru a urmări traiectorii precise.

Deși aceste soluții sunt diverse, multe dintre ele fie se concentrează pe mobilitate fără o componentă artistică avansată, fie pe desen fără deplasare autonomă. Astfel, există un potențial semnificativ pentru îmbunătățirea funcționalităților integrate și extinderea aplicabilităților.

3. Stadiul conceptual

a. Prezentarea diferitelor soluții constructive și alegerea celei optime din punct de

vedere mecanic

Pentru dezvoltarea unui robot mobil care desenează, soluțiile constructive pot fi clasificate în funcție de mecanismul de deplasare, sistemul de trasare și integrarea componentelor. Principalele opțiuni constructive includ:

- Robot mobil pe roți cu mecanism simplu de trasare- utilizează două roți motorizate pentru deplasare și un instrument fix (marker sau stilou) atașat în partea inferioară. Robotul poate desena prin controlul direcției și poziției pe suprafață.
 - Avantaje: Simplu de construit, cost redus, potrivit pentru forme geometrice de bază.
 - Dezavantaje: Precizie limitată și dificultăți în trasarea liniilor complexe.
- Robot mobil cu mecanism pivotant pentru instrumentul de desen- integrează un sistem pivotant pentru controlul instrumentului de desen, oferind flexibilitate în schimbarea unghiului și a presiunii markerului.
 - Avantaje: Permite desene mai complexe și linii mai fluide.
 - Dezavantaje: Necesită un sistem de control mai complex și piese suplimentare.
- Robot mobil tip plotter- funcționează pe principiul unui plotter, având două motoare pas cu pas pentru deplasarea în direcțiile X și Y. Instrumentul de desen este ridicat sau coborât pentru a controla momentul desenării.
 - Avantaje: Precizie ridicată, ideal pentru modele detaliate.
 - Dezavantaje: Construcție mai complexă și restricții în deplasarea liberă.

- Robot mobil omnidirecțional-utilizează roți omnidirecționale pentru deplasarea în orice direcție fără rotații suplimentare ale corpului. Instrumentul de desen poate fi fix sau mobil.

- Avantaje: Flexibilitate maximă în deplasare, desene complexe pe suprafețe mari.

- Dezavantaje: Cost ridicat și complexitate mecanică crescută.

Alegerea Soluției Optime din Punct de Vedere Mecanic

Pentru acest proiect, soluția: robot mobil pe roți cu mecanism simplu de trasare, a fost aleasă ca fiind cea mai potrivită. Motivele selecției includ:

- Simplitatea designului, ceea ce facilitează realizarea și întreținerea.
- Costuri accesibile, folosind componente standard disponibile.
- Posibilitatea de a implementa trasee predefinite fără a compromite precizia.
- Este o soluție ideală pentru proiecte educaționale și pentru explorarea conceptelor de bază din robotică.

Această soluție va fi implementată în proiect, ținând cont de cerințele mecanice și funcționale.

b. Prezentarea diferiților senzori care puteau fi folosiți și alegerea celor optimi

pentru proiectul propriu

Pentru realizarea unui robot mobil care desenează, senzorii joacă un rol esențial în asigurarea funcționării corecte și a preciziei. Aceștia pot fi folosiți pentru a detecta mediul, a controla mișcarea robotului și a monitoriza desenul. Mai jos sunt prezentați principalii senzori care ar putea fi utilizați, alături de criteriile pentru alegerea celor mai potriviți.

- Senzori de poziție și orientare-Acești senzori sunt esențiali pentru navigație și pentru controlul precis al mișcării robotului.

- Encodere pe motoare: Măsoară rotațiile motoarelor pentru a calcula distanța parcursă și orientarea.
 - Avantaje: Precizie ridicată, cost redus.
 - Dezavantaje: Necesită calibrare pentru a reduce erorile cumulative.

Alegerea principală pentru acest proiect datorită raportului excelent între funcționalitate și cost.

- Giroscop și accelerometru (IMU - Inertial Measurement Unit): Determină orientarea și accelerația robotului.
 - Avantaje: Oferă informații precise despre rotație și înclinare.
 - Dezavantaje: Poate introduce erori în timp (deriva giroscopului).

Eliminat, deoarece encoderele sunt suficiente pentru controlul mișcării.

- Senzori de proximitate și obstacole-Acești senzori ajută robotul să evite coliziunile cu obiectele din jur.

- Senzori cu ultrasunete:Detectează obstacole prin măsurarea timpului de întoarcere a undelor sonore.
 - Avantaje: Bună precizie la distanțe scurte și medii, rezistenți la lumină.
 - Dezavantaje: Posibile erori pe suprafețe foarte netede sau aspre.

Eliminat pentru a simplifica proiectul.

- Senzori cu infraroșu (IR):Detectează obstacole prin măsurarea reflexiei luminii infraroșii.
 - Avantaje: Compact și ieftin.
 - Dezavantaje: Sensibil la condiții de lumină variabilă.

Eliminat datorită mediului controlat al proiectului.

- Lidar (Light Detection and Ranging): Creează o hartă detaliată a mediului prin scanarea cu laser.
 - Avantaje: Precizie foarte mare, ideal pentru navigație avansată.
 - Dezavantaje: Cost ridicat.

Eliminat pentru a simplifica proiectul.

- Senzori pentru trasarea desenului- Acești senzori verifică dacă instrumentul de desen funcționează corect și poate monitoriza desenul creat.

- Senzori de contact (switch):Detectează dacă markerul atinge suprafața de desen.
 - Avantaje: Simpli și eficienți.
 - Dezavantaje: Nu oferă informații detaliate.

Eliminat, poziția markerului fiind stabilită mecanic pentru simplitate.

- Camera video sau modul de procesare a imaginii:Monitorizează desenul și compară cu modelul dorit.
 - Avantaje: Posibilitate de feedback vizual.
 - Dezavantaje: Necesită putere de calcul ridicată și procesare complexă.

Eliminat datorită complexității și cerințelor reduse ale proiectului.

- Senzori pentru detecția suprafeței de desen- Robotul trebuie să știe dacă se află pe suprafața corectă de lucru.

- Senzori de culoare: Detectează schimbări de culoare pentru a diferenția între suprafața de lucru și margini.
 - Avantaje: Pot fi folosiți și pentru urmărirea unei linii.
 - Dezavantaje: Sensibili la iluminarea ambientală.

Eliminat deoarece robotul va urma trasee preprogramate.

- Senzori optici (de urmărire): Detectează texturi sau margini pentru a rămâne pe suprafața de lucru.
 - Avantaje: Precizie ridicată.
 - Dezavantaje: Pot fi influențați de suprafețe foarte lucioase.

Eliminat deoarece robotul va urma trasee preprogramate.

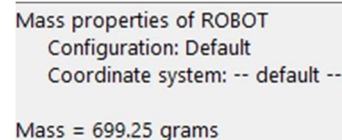
Alegerea Finală a Senzorilor Optimi pentru Proiect:

Encodere pe motoare: permite măsurarea distanței parcurse și ajustarea mișcărilor pentru a desena modele precise.

Această abordare minimalistă asigură un echilibru între funcționalitate și complexitate.

4. Calculul mecanic

Se consideră masa vehiculului obținută din SolidWorks, $m=0.69925$ kg (fig.4.1), o accelerație dorită de $a=0.4$ m/s² și o viteză de deplasare dorită de $v=0.2$ m/s.



Mass properties of ROBOT
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --

Mass = 699.25 grams

Fig. 4.1 Masa robotului

1) Calculul forței de tracțiune

Forța de tracțiune reprezintă forța pe care motoarele trebuie să o genereze pentru a accelera robotul.

Aceasta se calculează utilizând formula: $F = m * a$, unde: $m=0.69925$ kg este masa robotului, $a=0.4$ m/s² este accelerația dorită.

$$F = 0.69925 * 0.4 = 0.28N$$

Motoarele trebuie să genereze o forță de tracțiune de 0.28 N pentru a accelera robotul.

2) Calculul forței de frecare

Forța de frecare reprezintă o rezistență la mișcare care trebuie învinsă pentru ca robotul să se deplaseze.

Aceasta se calculează cu formula: $F = \mu * m * g$, unde: $\mu=0.6$ este coeficientul de frecare între roți și suprafață, $m=0.69925$ kg este masa robotului, $g=10$ m/s² este accelerația gravitațională.

$$F_{frecare} = 0.6 * 0.69925 * 10 = 4.2N$$

Forța de frecare este estimată la 4.2N.

3) Calculul forței totale necesare

Forța totală necesară pentru deplasarea robotului se obține prin suma forței de tracțiune și a forței de frecare: $F_{total} = F_{frecare} + F$

$$F_{total} = 4.2 + 0.28 = 4.48N$$

Motoarele trebuie să fie capabile să genereze o forță totală de 4.48N.

4) *Calculul puterii necesare*

Puterea motoarelor depinde de forța totală necesară și de viteza robotului. Formula utilizată este: $P = F_{total} * v$, unde: $F_{total} = 4.48N$, $v=0.2m/s$ reprezintă viteza de deplasare dorită.

$$P = 4.48 * 0.2 = 0.896W$$

Puterea totală necesară este de $0.896W$, iar fiecare motor trebuie să genereze:

$$P_{motor} = \frac{P}{2} = \frac{0.896}{2} = 0.448W$$

5) *Calculul cuplului la roți*

Cuplul la roți se calculează în funcție de forța totală și braț (raza roților). Formula utilizată este: $M_{roți} = F_{total} * r$, unde: $F_{total} = 4.48N$, $r=0.03m$ și reprezintă raza roților.

$$M_{roți} = 4.48 * 0.03 = 0.1344Nm$$

Fiecare motor trebuie să fie capabil să genereze un cuplu minim de $0.1344Nm$

6) *Calcul mecanic pentru brațe*

Se consideră masa brațului obținută din SolidWorks, $m=0.04077\text{ kg}$ (fig.4.2), lungimea brațului de 15 cm și accelerația gravitațională $g=10m/s^2$.

Mass properties of art2
Configuration: Default
Coordinate system: -- default --
Density = 0.00 grams per cubic millimeter
Mass = 40.77 grams

Fig. 4.2 Masa brațului

Momentul brațului se calculează după formula:

$$M_b = m * g * L = 0.04077 * 10 * 0.15 = 0.06Nm$$

Calculul confirmă că robotul proiectat este capabil să funcționeze conform cerințelor dacă motoarele alese îndeplinesc specificațiile calculate (forță, putere și cuplu). În cazul în care motoarele utilizate generează valori mai mici decât cele calculate, este posibil ca robotul să nu poată atinge accelerația dorită sau să nu depășească frecarea suprafeței.

5. Proiectarea mecanică

Proiectarea mecanică a unui robot mobil care desenează implică realizarea unei structuri robuste și funcționale care să integreze toate componentele necesare pentru deplasare și desen. Aceasta include alegerea materialelor, configurarea sistemelor de deplasare și trasare, precum și integrarea senzorilor și a componentelor electronice.

1. Structura de bază

Materiale utilizate:

Placă de bază(Fig. 1.2): Plastic dur (ex. ABS, acrilic) sau metal ușor (aluminiu), rezistent pentru a susține greutatea componentelor și a preveni flexarea.

Prinderi pentru brațe și roți: Elemente tipărite 3D sau fabricate din aluminiu pentru o prindere sigură.

Dimensiuni: Robotul are o formă compactă, cu o bază circulară, aproximativ 35 cm x 25 cm, oferind suficient spațiu pentru sistemul de roți, brațe și componente electronice.

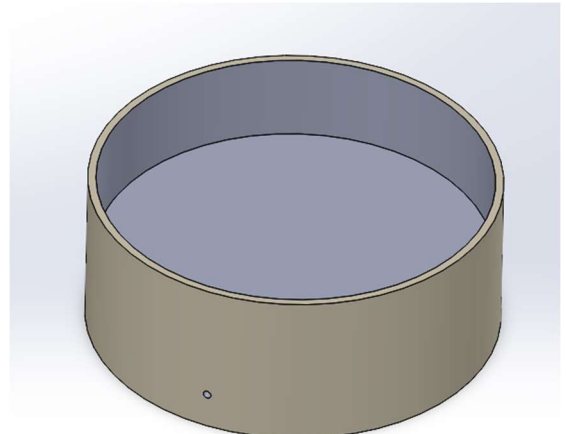


Fig. 1.2 Placa de baza

2. Sistemul de deplasare

Configurația roților:

Două roți motorizate mobile:

Plasate pe partea exterioară a robotului pentru a facilita mișcarea și trasarea precisă.

Material: Plastic dur sau metal, fără cauciuc, potrivit pentru suprafețe netede.

Patru roți de sprijin fixe:

Amplasate pe mijlocul plăcii de bază pentru stabilitate. Acestea suportă greutatea suplimentară și ajută la menținerea echilibrului.

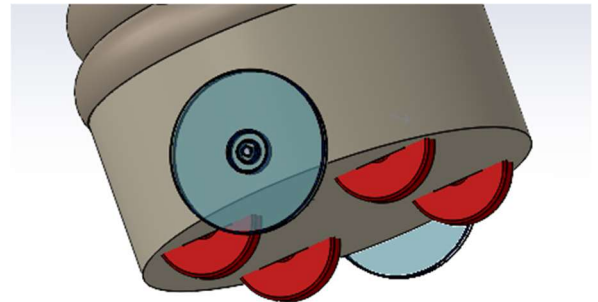


Fig. 1.3 Pozitionarea roților

În figura 1.3 sunt prezentate ambele tipuri de roți utilizate.

Specificații ale componentelor:

Motoare DC: Cuplu suficient pentru a deplasa robotul pe suprafețe plane și pentru a învinge frecarea generată de roțile de sprijin. (Fig 1.4)

Rotație sincronizată: Controlată prin encodere pentru a menține direcția corectă.

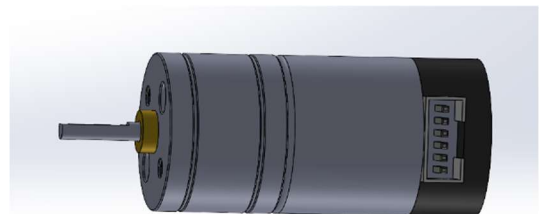


Fig. 1.4 Motor DC cu encoder

3. Sistemul de trasare

Controlul markerului prin brațe motorizate(Fig. 1.5):

Markerul este montat pe un sistem cu două brațe articulate, controlate de servomotoare.

Funcții:

Coborârea și ridicarea markerului.

Poziționarea markerului pentru trasarea precisă.

Fig. 1.5 Brațe motorizate

Avantaje: Permite trasarea precisă și ajustarea automată a poziției markerului.

Materiale și construcție:

Brațele sunt fabricate din plastic ușor sau aluminiu pentru a reduce greutatea pe servomotoare.

Markerul este prins cu un suport ajustabil, compatibil cu diferite instrumente de scris. 4. Integrarea componentelor electronice.

4. Compartimente pentru componente

Locații pentru electronice:

- Microcontroler (ex. Arduino): Montat central pentru acces ușor.
- Driver pentru motoare: Amplasat aproape de motoarele DC pentru a reduce lungimea cablurilor.
- Baterii: Amplasate sub placa de bază pentru a coborî centrul de greutate.

In figura 1.6 este ilustrata aranjarea componentelor pe placa de baza.

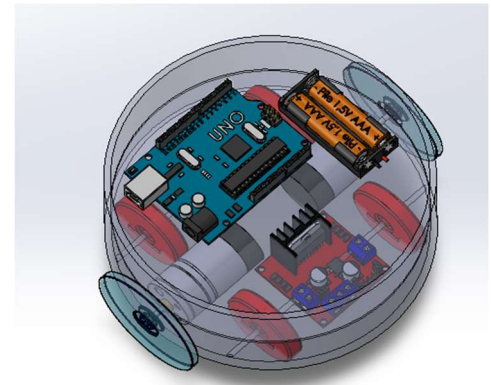


Fig. 1.6 Aranjarea componentelor pe placa de baza

5. Asigurarea stabilității

Distribuția greutății:

- Roțile de sprijin preiau uniform sarcina, asigurând stabilitate.

- Roțile motorizate sunt responsabile de mișcarea robotului, dar și de distribuirea forței.

Controlul mișcării: Motoarele DC asigură tracțiunea, în timp ce brațele și markerul sunt controlate de servomotoare, pentru independența mișcărilor de desen.

6. Proiectarea electrică

Proiectarea electrică include realizarea schemelor de legături și alimentare ale componentelor pentru robotul mobil care desenează. Acestea sunt necesare pentru a integra toate subsistemele și pentru a asigura funcționarea corectă.

a) Realizarea unei scheme de legături a componentelor

- Conexiunile între componentele principale sunt realizate conform configurației următoare:
- Baterie (sursa de alimentare):
- Polul pozitiv (+) este conectat la VIN al driverului de motoare (L298N) și la VIN al Arduino.
- Polul negativ (–) este conectat la masa comună (GND), care include toate componentele.
- Driverul de motoare (L298N):
 - OUT1 și OUT2: Conectate la motorul 1 (U3).
 - OUT3 și OUT4: Conectate la motorul 2 (U2).
 - ENA și ENB: Conectate la pinii PWM de pe Arduino (D6 și D11).
 - IN1 și IN2: Conectate la pinii digitali D4 și D5 ai Arduino pentru motorul 1.
 - IN3 și IN4: Conectate la pinii digitali D7 și D8 ai Arduino pentru motorul 2.
- Motoare DC: Fiecare motor este conectat la ieșirile corespunzătoare ale driverului:
 - Motor 1 → OUT1 și OUT2.
 - Motor 2 → OUT3 și OUT4.
- Encoderele motoarelor:
 - Encoderul motorului 1:
 - Semnal A → D2 (Arduino).
 - Semnal B → D3 (Arduino).
 - VCC → 5V (Arduino).
 - GND → GND comun.
 - Encoderul motorului 2:
 - Semnal A → D9 (Arduino).
 - Semnal B → D10 (Arduino).
 - VCC → 5V (Arduino).
 - GND → GND comun.
- Servomotoare:
 - Servomotor 1:
 - Signal (S): Conectat la pinul PWM D12.
 - VCC: Conectat la linia de 5V.
 - GND: Conectat la masa comună.
 - Servomotor 2:
 - Signal (S): Conectat la pinul PWM D13.
 - VCC: Conectat la linia de 5V.
 - GND: Conectat la masa comună.

➤ Arduino:

- VIN: Conectat la polul pozitiv al bateriei.
- GND: Conectat la masa comună.
- Pinii digitali și PWM: Conexiunile descrise mai sus.

În figura 1.7 este prezentată schema de legatură a componentelor.

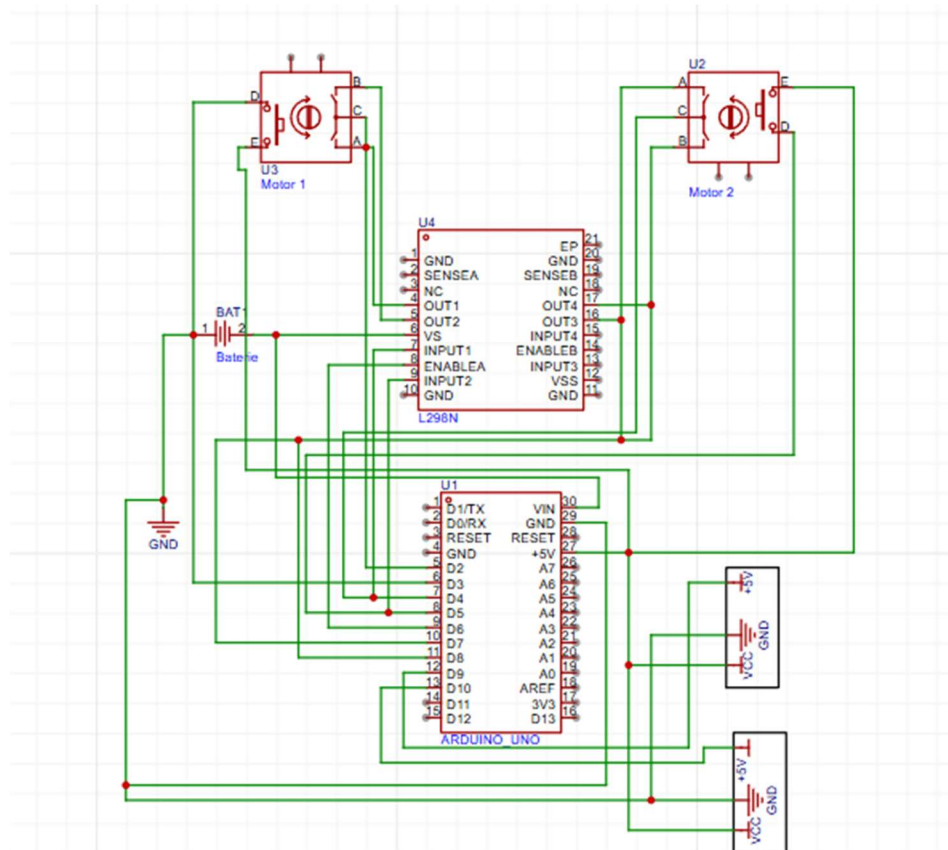


Fig 1.7 Schema de legatura a componentelor

b. Realizarea unei scheme de alimentare a componentelor

Pentru realizarea schemei de alimentare a robotului mobil care desenează, schema trebuie să asigure alimentarea corectă a tuturor componentelor, incluzând bateria, driverul de motoare, Arduino, motoarele DC, encodelele și servomotoarele (dacă sunt incluse). Iată pașii pentru completarea acestui punct:

1. Structura generală a schemei de alimentare

- Alimentarea provine de la o baterie principală și este distribuită astfel:
 - Driver L298N: Primește tensiune direct de la baterie pentru alimentarea motoarelor.

- Arduino UNO: Alimentat de la aceeași baterie prin pinul VIN. Furnizează 5V pentru encodere și servomotoare.
- Encoderele motoarelor: Alimentate cu 5V și GND de la Arduino.
- Servomotoare: Alimentate direct de la o sursă externă de 5V.

2. Realizarea conexiunilor în schema de alimentare

- Bateria:
 - Polul pozitiv (+):

-Conectat la pinul VS al driverului L298N.

-Conectat la pinul VIN al Arduino pentru a alimenta microcontrolerul.

- Polul negativ (-):

-Conectat la GND comun al driverului, Arduino și tuturor componentelor.

- Driverul L298N:

-VS: Primește tensiunea de la baterie.

-GND: Conectat la masa comună.

-Furnizează tensiunea motoarelor prin ieșirile OUT1, OUT2 (motor 1) și OUT3, OUT4 (motor 2).

- Arduino UNO:

-VIN: Primește tensiune direct de la baterie.

-GND: Conectat la masa comună.

-Pinul 5V: Furnizează alimentare pentru encodere și, opțional, pentru servomotoare.

- Encodere motoare:

-VCC: Conectat la pinul 5V al Arduino.

-GND: Conectat la masa comună.

-Semnalele A și B sunt conectate la pinii digitali ai Arduino pentru citirea rotațiilor.

- Servomotoare:

- Conectează VCC la o sursă externă stabilizată de 5V.
- Conectează GND la masa comună.
- Semnalul PWM este controlat de pinii digitali (PWM) ai Arduino (ex. D12 și D13).

În figura 1.8 este prezentată schema de alimentare a componentelor.

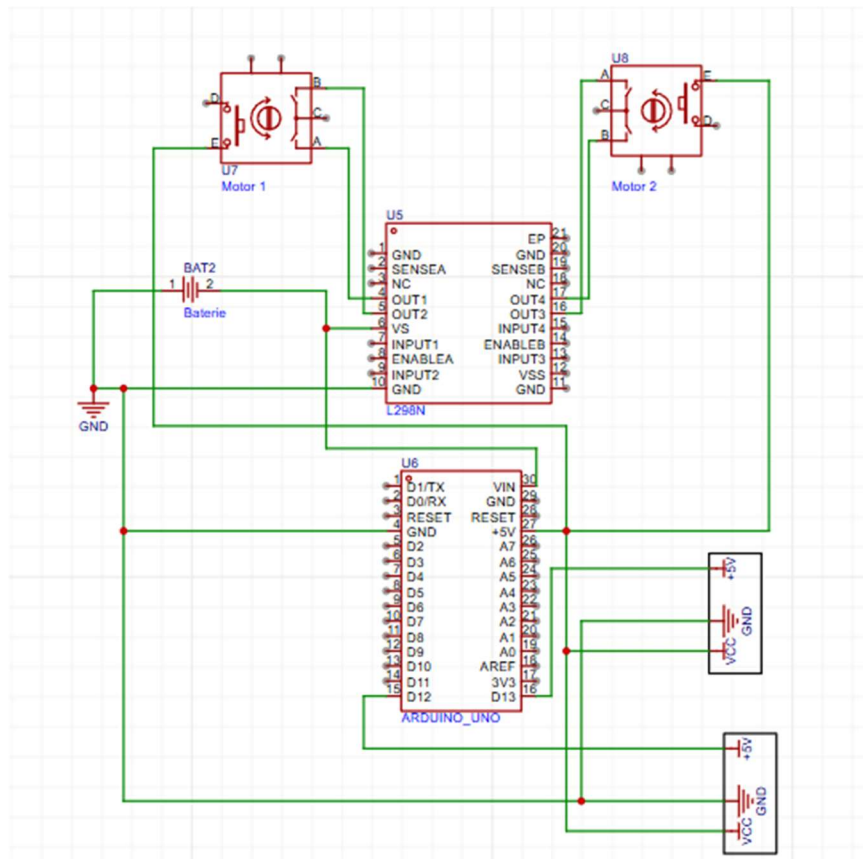


Fig. 1.8 Schema de alimentare a componentelor

7. Schema logică a programului

Implementarea software reprezintă o etapă esențială în realizarea robotului mobil care desenează, fiind responsabilă de integrarea și coordonarea tuturor componentelor hardware. Aceasta presupune dezvoltarea unui program care controlează motoarele, citește datele de la encodere, gestionează mișcările robotului pe traiectorii predefinite și manipulează servomotoarele pentru a ridica sau coborî markerul de desen.

Pentru a asigura o funcționare corectă și precisă a robotului, implementarea software este împărțită în următoarele componente esențiale:

1. Inițializarea componentelor: Configurarea pinii și a modulelor necesare pentru controlul motoarelor, encoderelor și servomotoarelor.
2. Citirea datelor de la encodere: Monitorizarea rotațiilor motoarelor pentru a calcula distanța parcursă și pentru a ajusta mișcările robotului în timp real.
3. Controlul motoarelor: Dezvoltarea funcțiilor care permit setarea vitezei și direcției de deplasare pentru motoarele DC, utilizând driverul de motoare.
4. Controlul traiectoriei: Implementarea algoritmilor care permit robotului să urmeze traiectorii predefinite, precum linii drepte, curbe sau forme geometrice simple.
5. Controlul servomotoarelor: Funcții specifice pentru ridicarea și coborârea markerului de desen, utilizând servomotoare controlate prin semnale PWM.

Fiecare dintre aceste etape contribuie la realizarea unui sistem integrat, capabil să deplaseze robotul pe o suprafață plană, să deseneze modele precise și să răspundă în mod adaptativ la traseele specificate. Această structură modulară a software-ului permite o flexibilitate sporită în configurarea traseelor și extinderea funcționalităților robotului.

Diagrama de mai jos (Fig.1.9) prezintă schema logică a programului implementat. Schema logică oferă o imagine clară a proceselor din program și a modului în care robotul ia decizii.

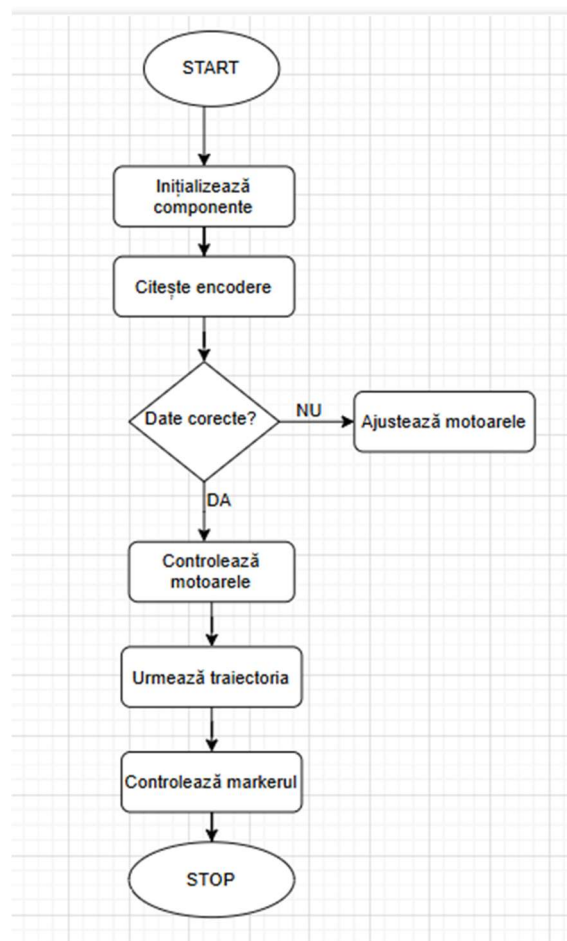


Fig. 1.9 Schema logică a programului

8. Desene de execuție

Desenele de execuție reprezintă documentația tehnică necesară pentru fabricarea și asamblarea robotului mobil care desenează. În această secțiune sunt prezentate schițele pentru ansamblu și pentru componentele individuale esențiale.

Figura 8 ilustrează ansamblul complet al robotului mobil. Sunt evidențiate toate componentele principale, inclusiv roțile, brațele și suporturile, precum și modul de fixare a acestora, pentru a asigura o funcționare optimă și stabilă a întregului sistem.

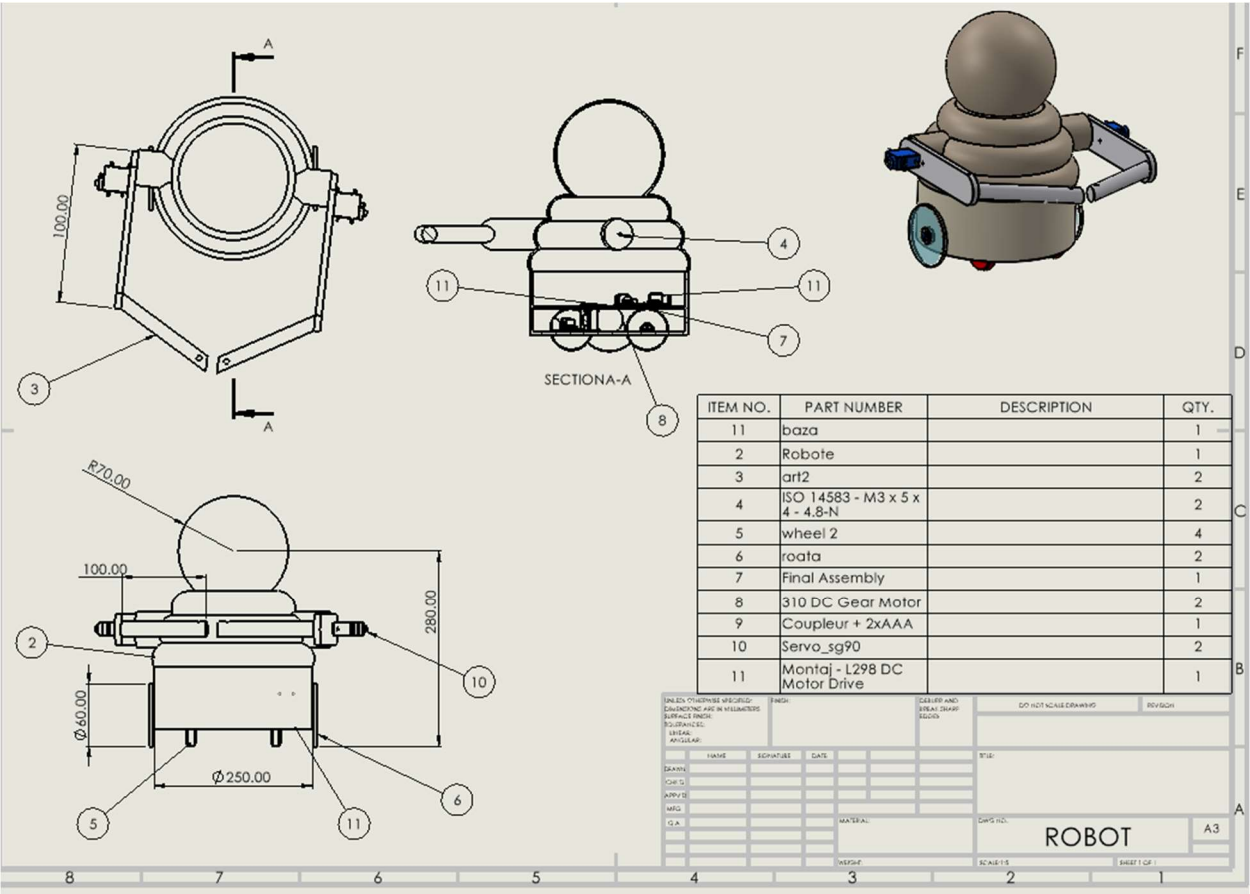


Fig. 8 Desenul de ansamblu

În figura 8.1 este prezentat desenul de execuție al corpului robotului.

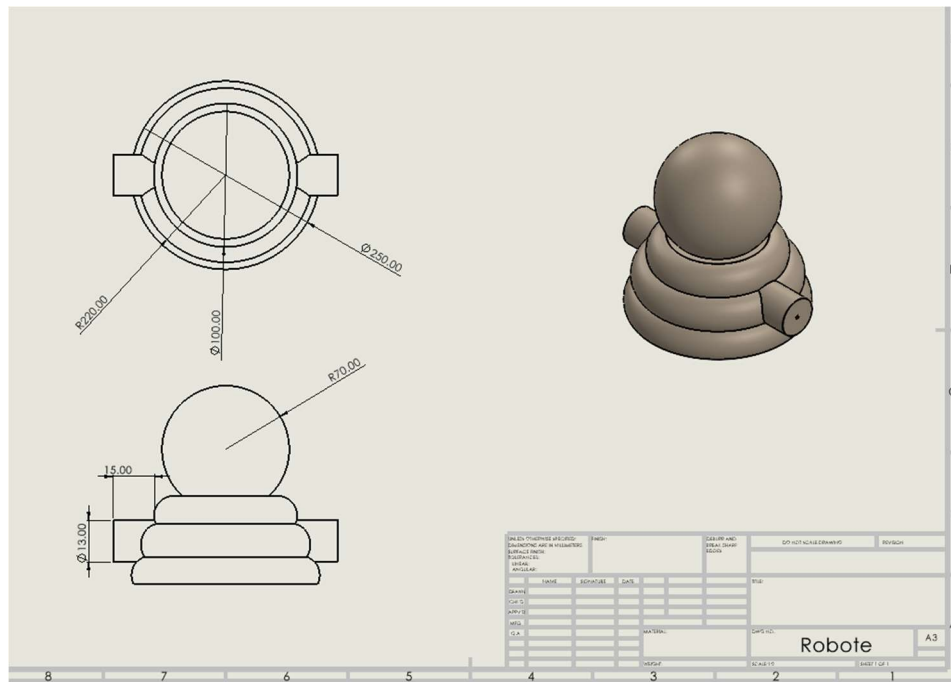


Fig. 8.1 Desen de execuție al corpului robotului

Figura 8.2 ilustrează desenul de execuție al plăcii de bază, care asigură fixarea componentelor motoare și a roților.

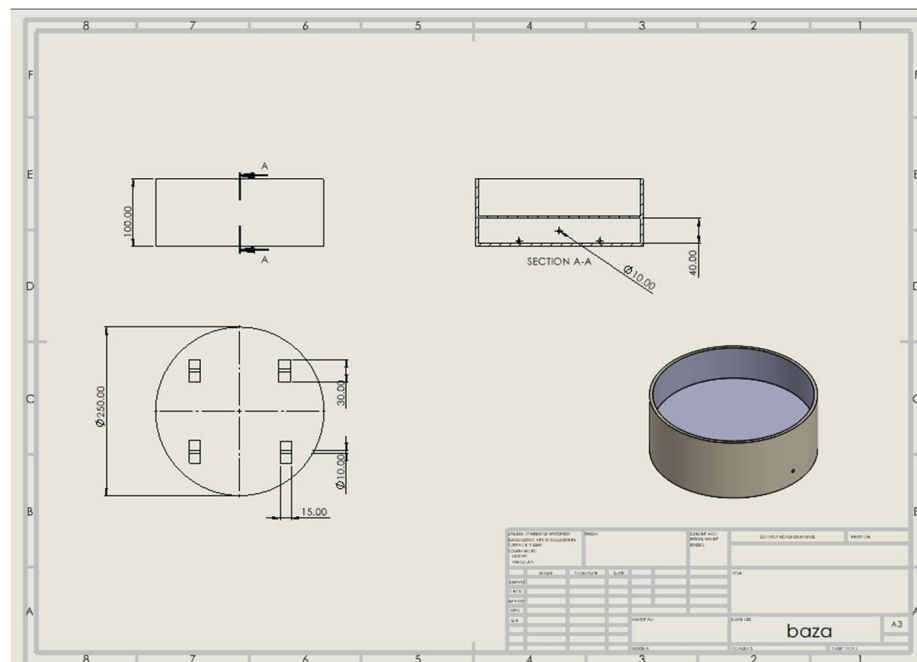


Fig. 8.2 Desenul de execuție al plăcii de bază

Proiectul realizat a demonstrat cu succes dezvoltarea unui robot mobil capabil să combine mișcarea autonomă cu trasarea precisă de modele grafice. Prin utilizarea unor componente mecanice, electronice și software integrate, robotul a fost proiectat să îndeplinească cerințele propuse, oferind o soluție funcțională și versatilă pentru sarcini creative și educaționale.

Acest proiect a oferit posibilitatea de a explora și aplica în mod practic concepte teoretice din domenii precum robotică, automatizare și programare. Rezultatul final reflectă un echilibru între inovație tehnologică și simplitate constructivă, deschizând perspective pentru dezvoltări ulterioare în proiectarea roboților mobili multifuncționali.