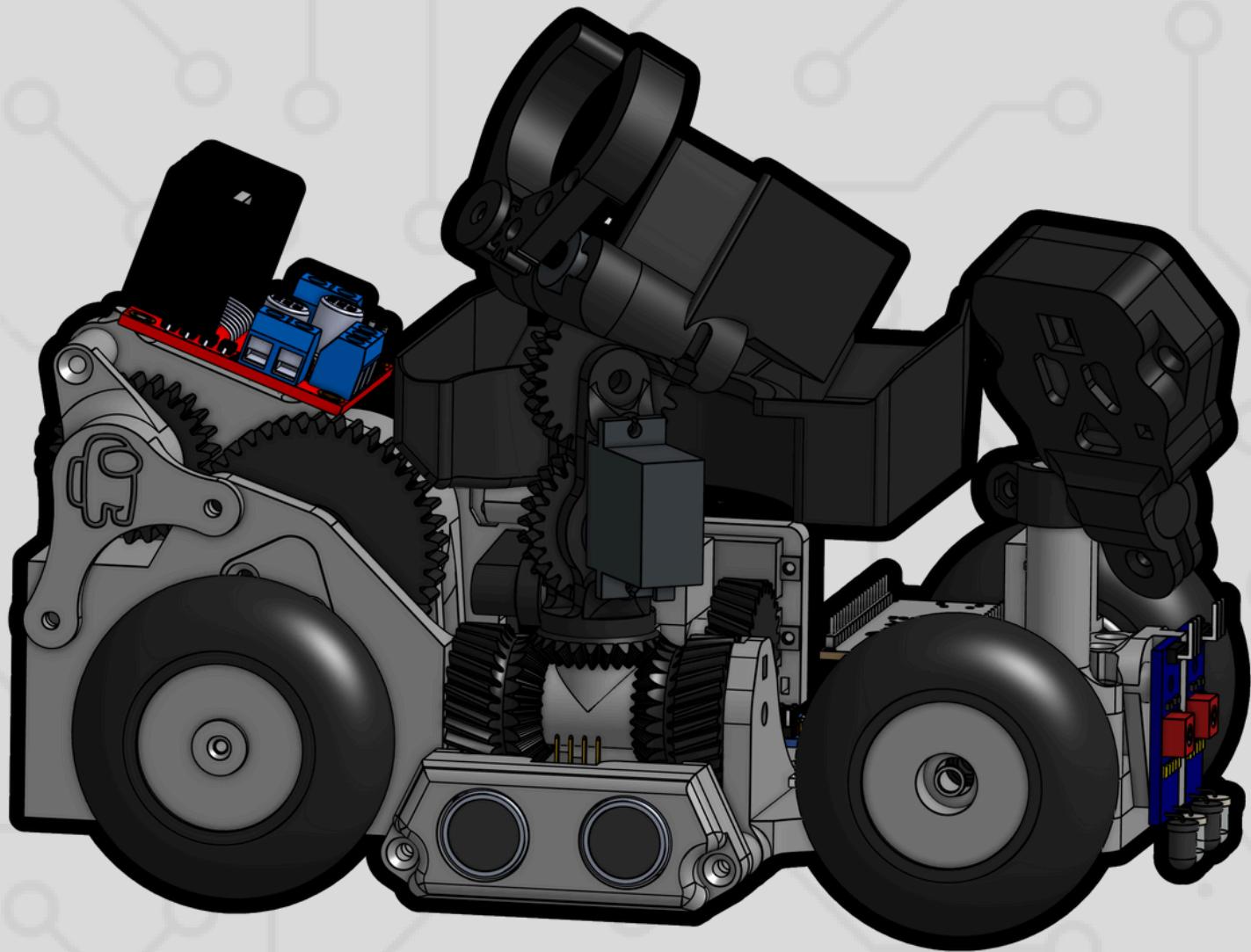


# **SortoBot**

**Robot autonom pentru sortarea deșeurilor**



**Bursa SAB  
-2025-**

**Realizat de:**

**Lupu Sebastian**

**Lensu Alexandru**

**Boghean Rares-Gabriel**

# Cuprins

<b>Utilitate practică.....</b>	<b>5</b>
<b>Mecanică.....</b>	<b>6</b>
• <b>Şasiul .....</b>	<b>6</b>
• <b>Angrenajul roţilor din spate .....</b>	<b>7</b>
• <b>Diferenţialul .....</b>	<b>8</b>
• <b>Braţul robotic .....</b>	<b>9</b>
• <b>Descărcarea gunoaielor.....</b>	<b>10</b>
• <b>Steering.....</b>	<b>11</b>
<b>Electronică.....</b>	<b>12</b>
• <b>Microprocesoare.....</b>	<b>12</b>
• <b>Alimentare.....</b>	<b>13</b>
• <b>PCA9685 - servo driver.....</b>	<b>14</b>
• <b>L298n - Motor driver.....</b>	<b>15</b>
• <b>Senzori.....</b>	<b>16</b>
• <b>LED-uri şi voltmetre digitale.....</b>	<b>18</b>
• <b>Schema electrică.....</b>	<b>19</b>
<b>Software.....</b>	<b>20</b>
• <b>Cod general al robotului.....</b>	<b>20</b>
• <b>Comunicare client-server.....</b>	<b>21</b>
• <b>Computer Vision.....</b>	<b>22</b>
• <b>Simularea unei hărţi.....</b>	<b>23</b>
<b>Design Industrial.....</b>	<b>24</b>



# Utilitate practică

**SortoBot** este un robot autonom pentru gestionarea deșeurilor reciclabile, care sortează coșurile de gunoi colorate folosite la colectarea selectivă. În orașe, coșurile au culori diferite pentru fiecare tip de deșeu:

- Galben: plastic (PET)
- Verde: sticlă
- Albastru: hârtie și carton

Robotul recunoaște coșurile diferite cu ajutorul unei camere și sortează deșeurile în compartimente speciale, corespunzătoare fiecărui tip de material. Astfel, SortoBot ajută la un proces mai rapid și mai eficient de reciclare.

SortoBot este o replică la scară redusă a unui robot care, în condiții reale, ar putea automatiza procesul de sortare a deșeurilor în orașe. Deși prototipul nu este o mașină complet funcțională pentru medii urbane, el demonstrează principiile de bază ale recunoașterii gunoaielor și sortării automate.

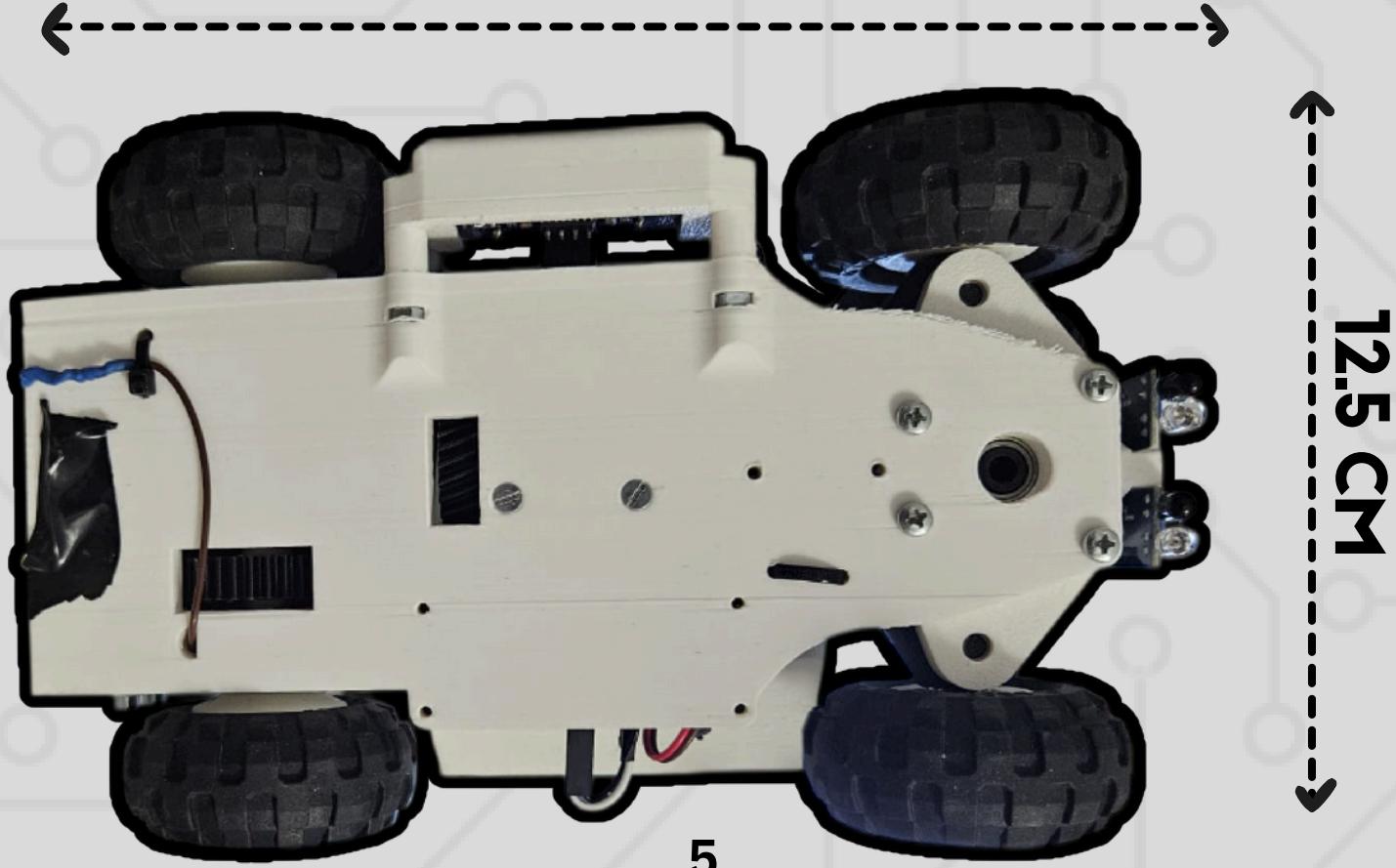


# Mecanică

## Şasiul

- Dimensiuni: 12.5 × 21.5 cm
- Materiale: PLA și PETG, printate 3D
- Toate componentele structurale sunt printate 3D
- Asamblare: șuruburi, piulițe și rulmenți
- Construcție modulară – piesele se pot înlocui ușor
- Greutate totală robot: ~700g
- Design compact pentru integrarea optimă a componentelor
- Baterii: RCR123A reîncărcabile
- Roți: imprimate 3D cu cauciucuri provenite din set LEGO
- Structură solidă și stabilă în timpul mersului

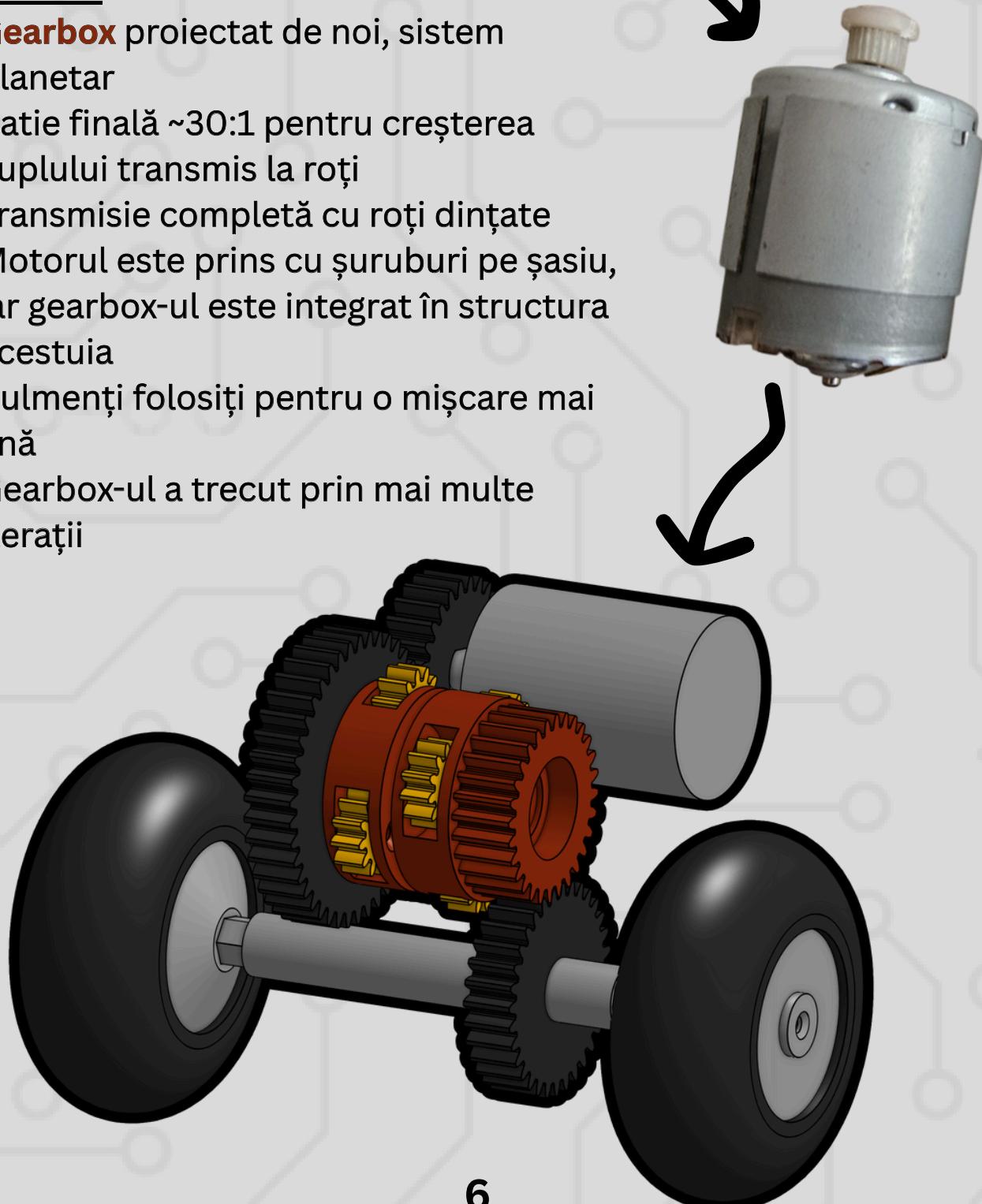
**21.5 CM**



# Mecanică

## Angrenajul roților din spate

- Motor DC reciclat din imprimantă defectă
- **Gearbox** proiectat de noi, sistem planetar
- Ratie finală ~30:1 pentru creșterea cuplului transmis la roți
- Transmisie completă cu roți dințate
- Motorul este prins cu șuruburi pe șasiu, iar gearbox-ul este integrat în structura acestuia
- Rulmenți folosiți pentru o mișcare mai lină
- Gearbox-ul a trecut prin mai multe iterării

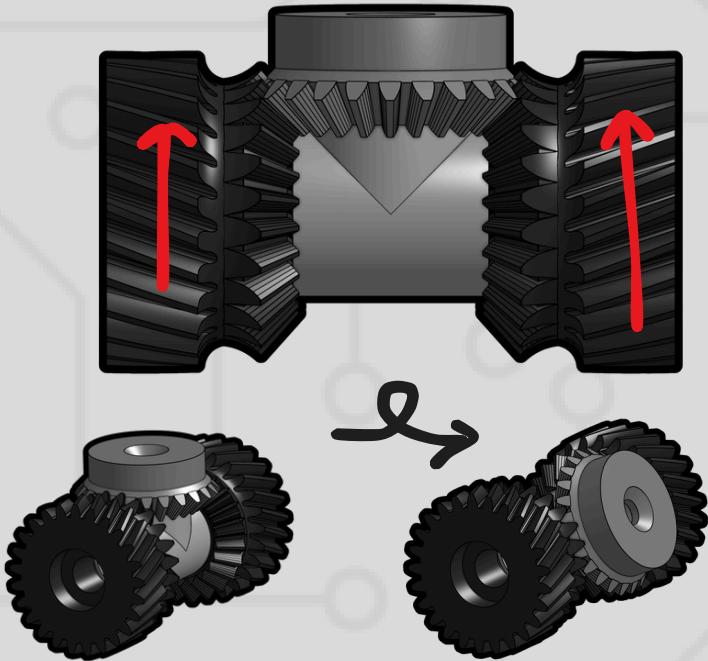


# Mecanică

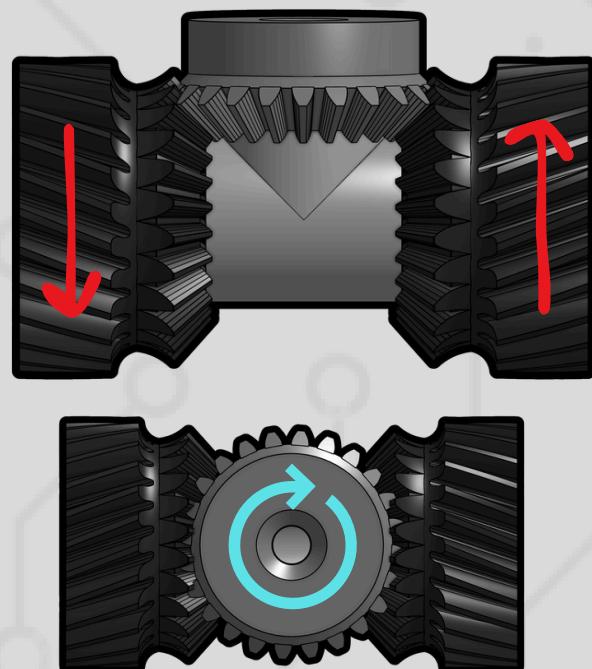
## Diferențialul

- Format din 3 roți bevel
- Acționat de 2 servo MG90S prin roți dințate
- Fixat rigid, cu backlash minim
- Design compact și eficient
- Diferențialul permite realizarea a **două tipuri de mișcare cu aceleași două servomotoare**, ceea ce castiga cuplu, viteză și

Când servo-urile se rotesc în același sens, roata centrală nu se rotește, dar sistemul transmite o mișcare oscilatorie (sus-jos).



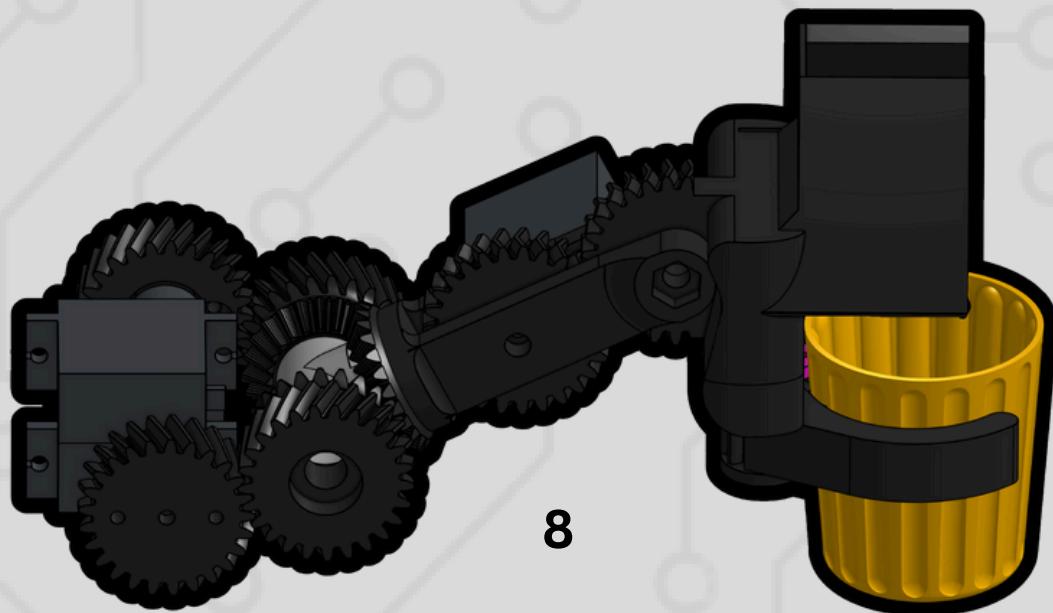
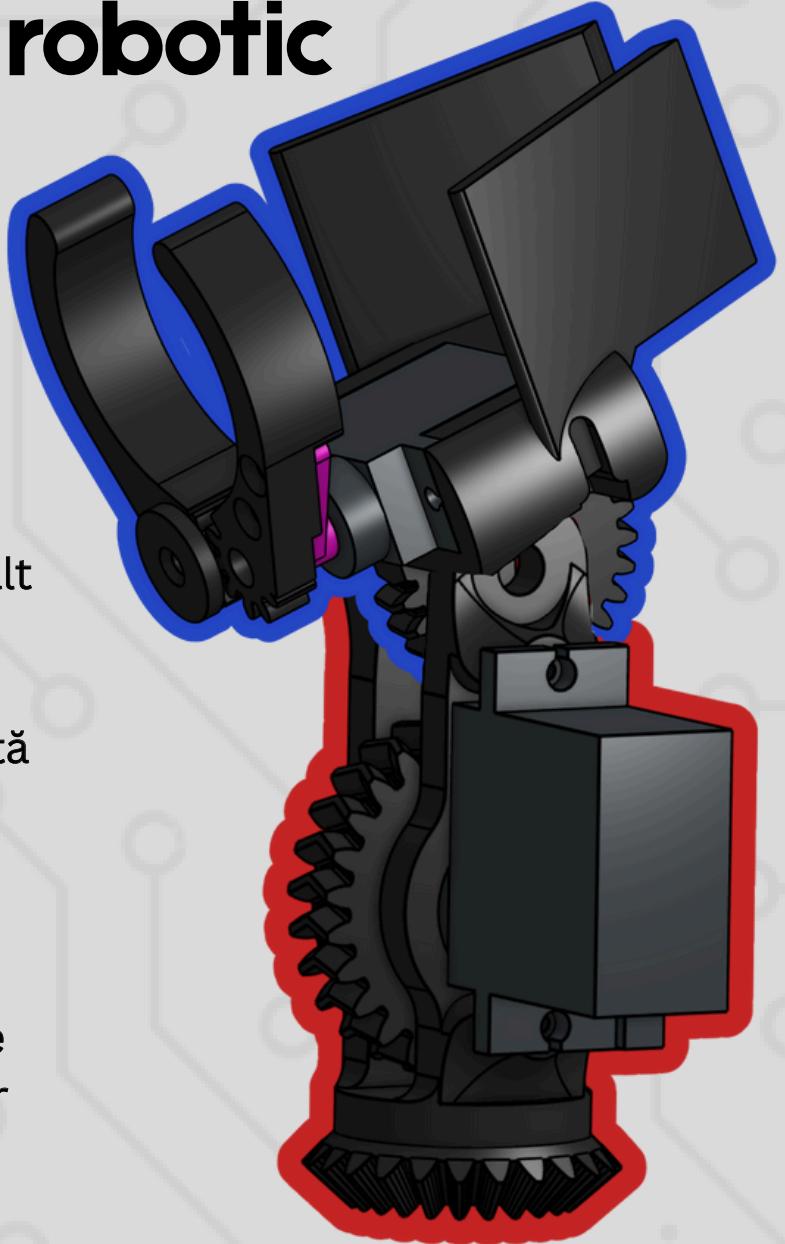
Când ambele roți dintate se rotesc în sens opus, roata centrală (de ieșire) se rotește.



# Mecanică

## Brațul robotic

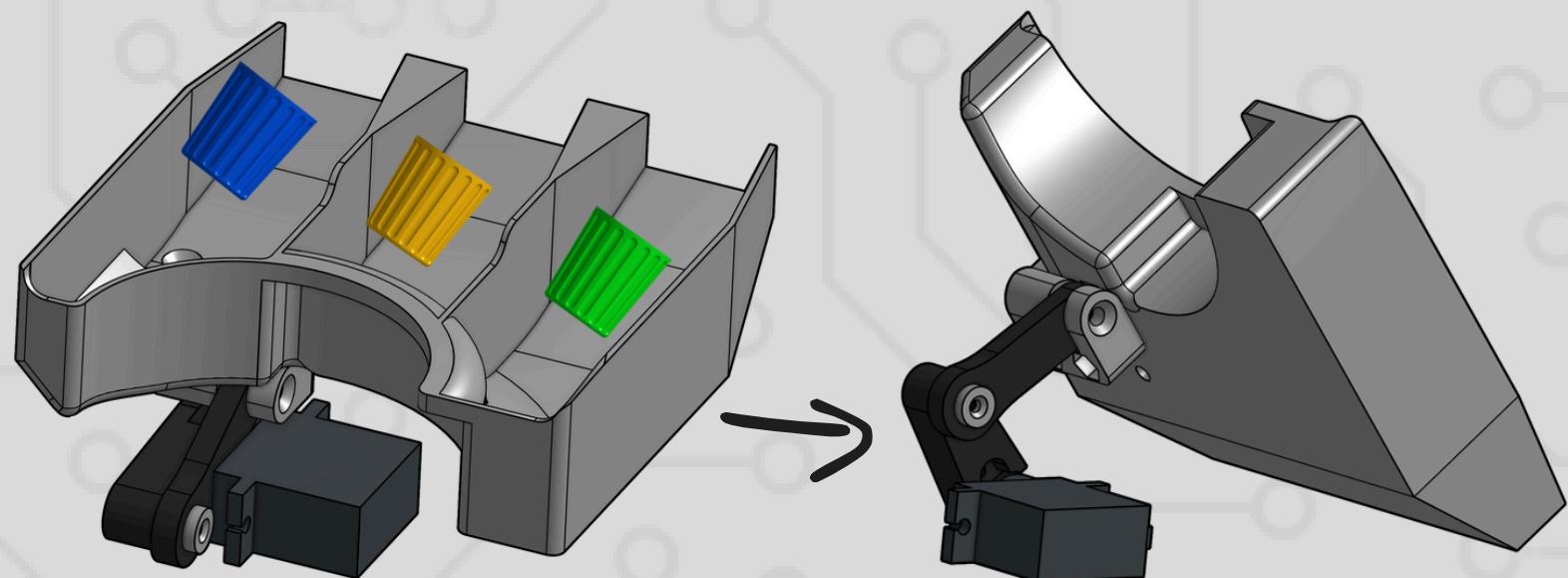
- Montat pe roata centrală a diferențialului (cea gri din imaginea de la pagina 8)
- **Wrist-ul** este acționat de un servo MG90S prin roți dințate, care mișcă **gheara** sus-jos
- **Gheara** este controlată de un alt servo MG90S, tot prin roți dințate
- La capătul **ghearei** este montată o pâlnie de ghidare pentru deșeuri
- Transmisiile sunt realizate cu roți dințate
- Backlash redus, cauzat doar de jocul intern al servomotoarelor
- Are un singur grad de libertate propriu (la încheietură – **wrist**)



# Mecanică

## Descărcarea gunoaielor

- Este de tip „dump truck”, împărțită în 3 compartimente pentru fiecare tip de deșeu
- Este fixată de șasiu cu o balama, poziționată orizontal în timpul traseului
- Înclinarea se face printr-un mecanism de tip linkage acționat de un servo MG90S
- Deșeurile cad gravitațional direct în locul potrivit
- În timpul funcționării, platforma rămâne stabilă, pregătită să primească gunoaie
- Se activează la finalul traseului, declanșând descărcarea simultană a gunoaielor, sortate, intr-un “centru de depozitare”.



### Cum functioneaza sortarea?

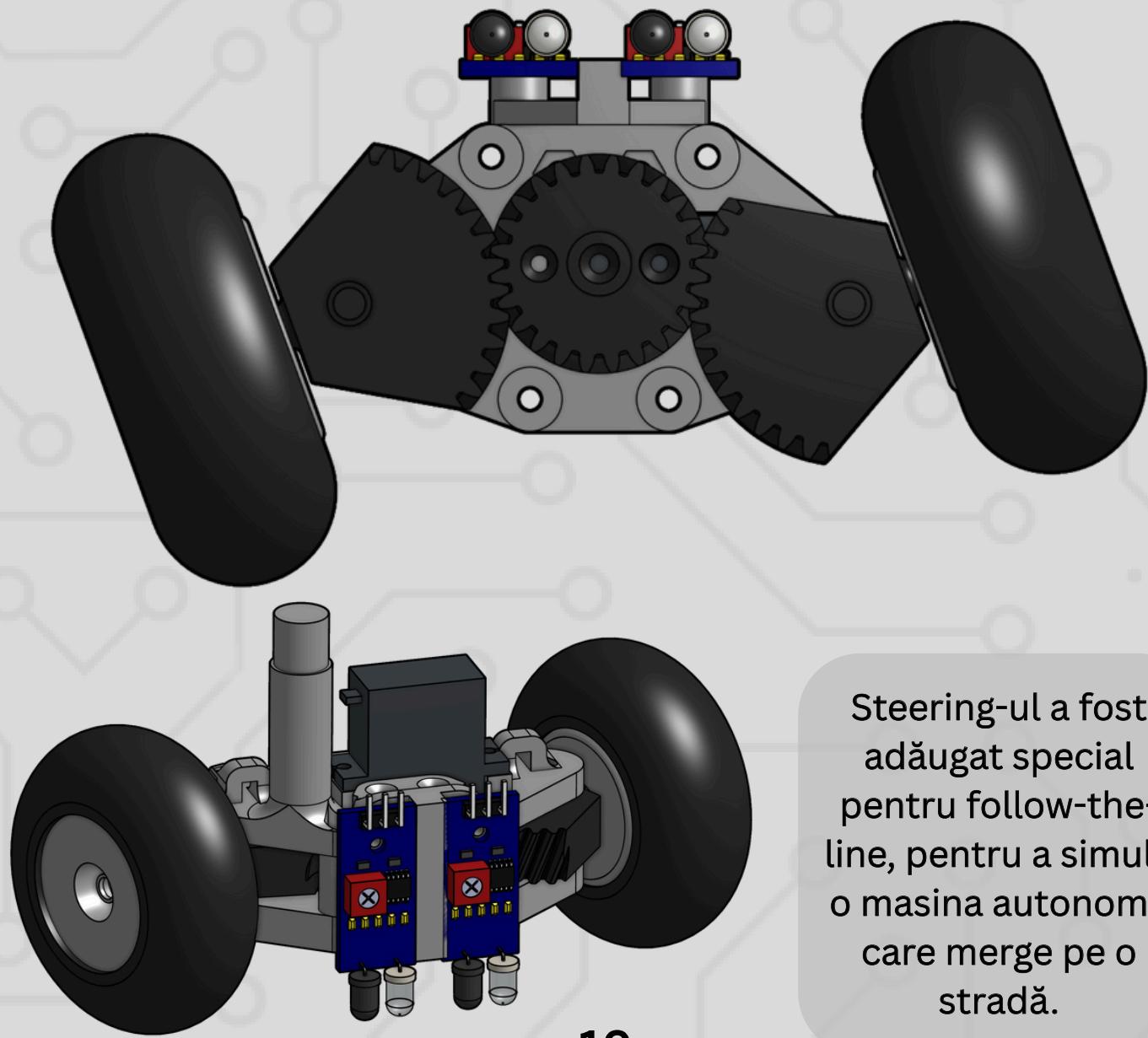
**Brațul** preia deșeurile de pe sol, le ridică și le rotește stânga-dreapta, cu ajutorul **diferențialului**, pentru a le plasa în compartimentul corespunzător.

Încheietura („wrist”-ul) înclină gheara pentru a descărca deșeurile gravitațional în partea din spate a robotului.

# Mecanică

## Steering

- 3 roți dințate în linie, gearul central acționat de un servomotor
- Gearurile laterale conectate la roți
- Rotile rămân mereu paralele între ele
- Mișcare precisă, backlash minim
- Montat frontal, cu rulmenți pentru stabilitate



Steering-ul a fost adăugat special pentru follow-the-line, pentru a simula o masina autonomă care merge pe o stradă.

# Electronică

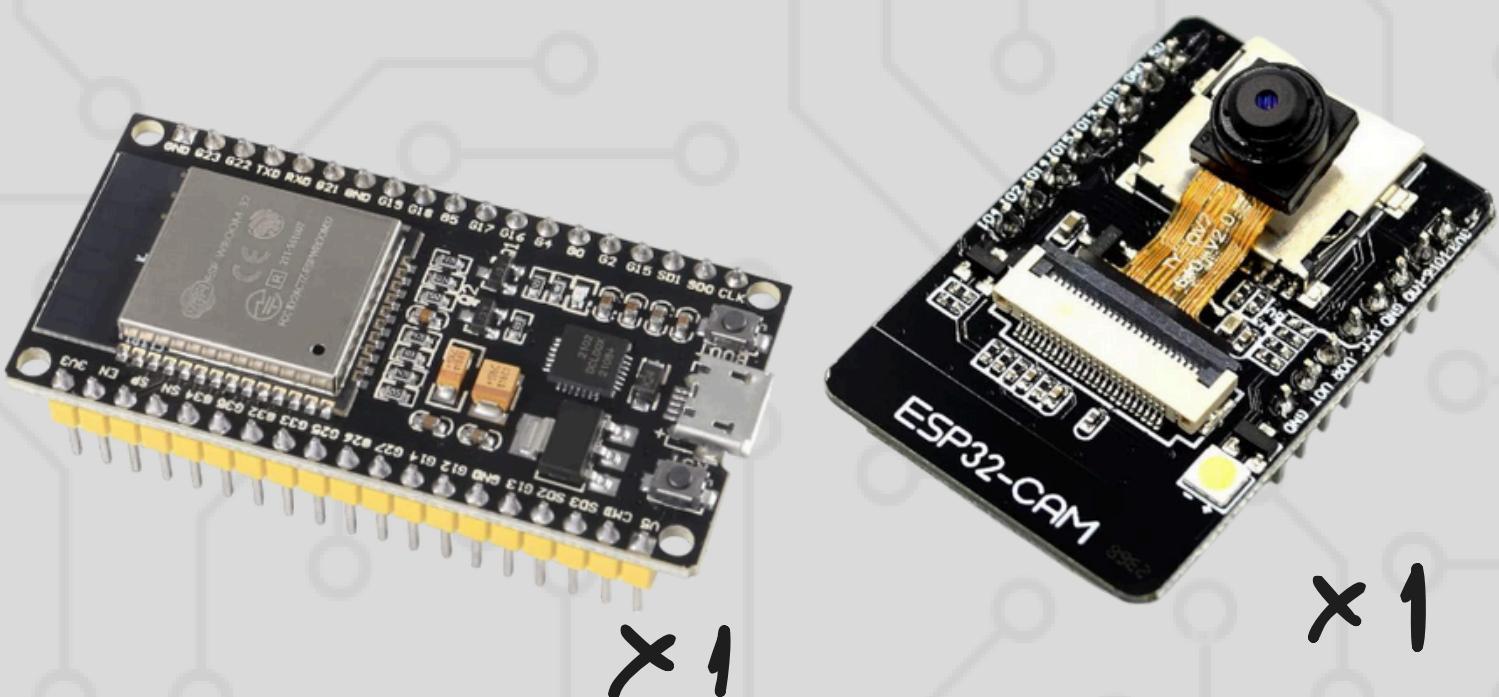
## Microprocesoare

### ESP32 WROOM

- Microcontroller principal al robotului.
- Controlează servomotoarele, senzorii și comunicația cu modulul camera.
- Alimentat la 5V printr-un buck converter pentru stabilitate.

### ESP32-CAM

- Modul foto integrat cu cameră și antenă Wi-Fi.
- Realizează capturarea imaginilor necesare pentru identificarea culorilor.
- Este declanșat de ESP32 printr-un pin digital.
- Alimentat la 5V pentru o funcționare optimă și stabilă.



# Electronică

## Alimentare

- Toate componentele sunt alimentate din aceeași sursă, dar prin reglaje de tensiune dedicate
- Alimentare ușor de replicat, fără surse speciale sau costisitoare
- Sistem de alimentare simplu, eficient și ușor de reprodus

3 baterii RCR123A (Li-ion), montate  
în serie – oferă ~12V total

Switch principal pentru pornirea  
întregului sistem



Două buck convertoare coboră tensiunea în mod eficient de la 12V la:

- 5V – alimentează ESP32 și ESP32-CAM
- 5.8V – pentru PCA9685 și toate servomotoarele



× 2

RCR123a

12



× 3

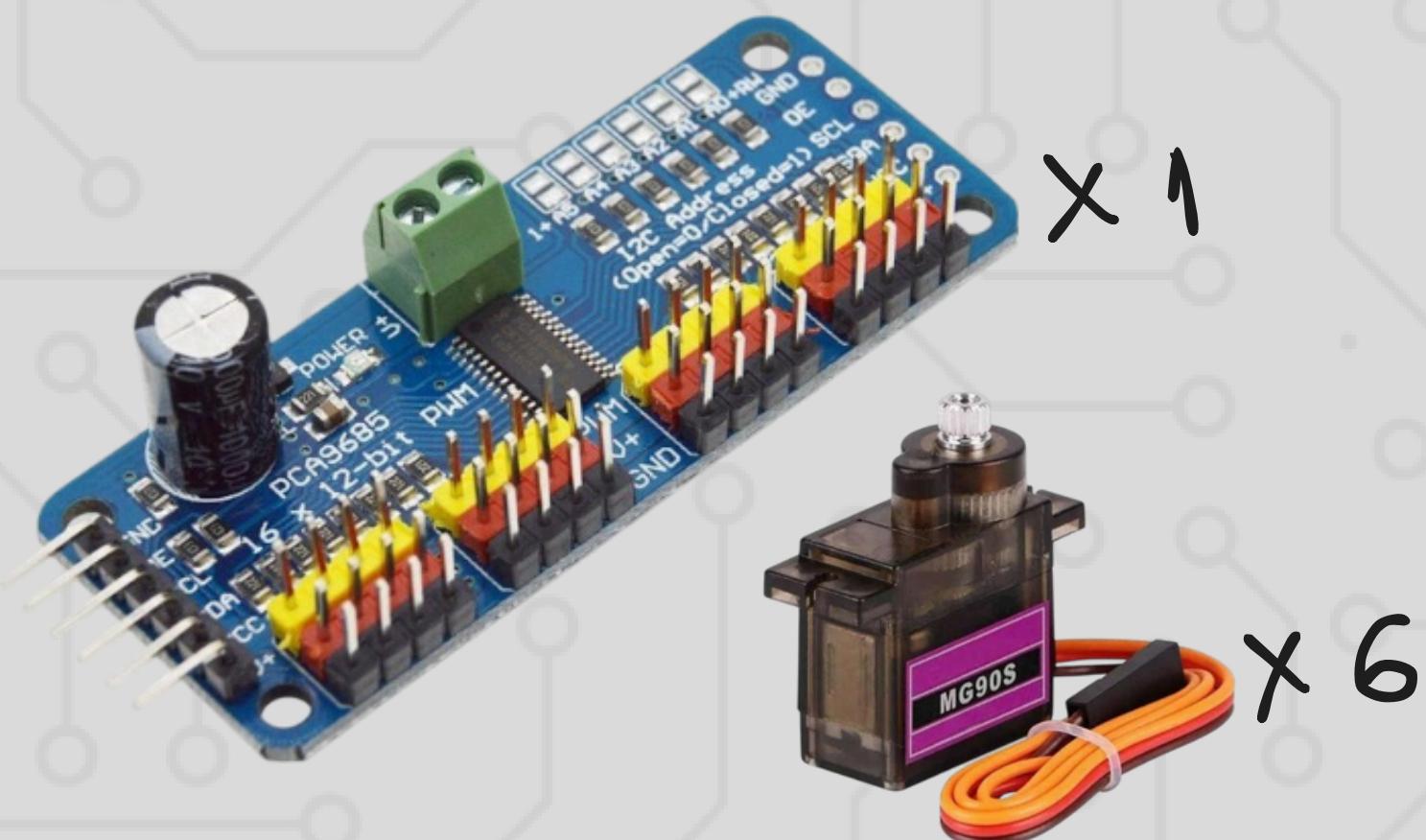
# Electronică

## PCA9685 - servo driver

- Toate cele șase servomotoare MG90S de pe robot sunt controlate prin PCA9685.
- Acest modul permite control PWM pe 16 canale, folosind doar 2 pini de la ESP32 (I2C).
- PCA-ul este alimentat de la un buck converter de 5.8V, ceea ce oferă suficient curent pentru toate servourile.

Avantajele utilizării acestui modul sunt:

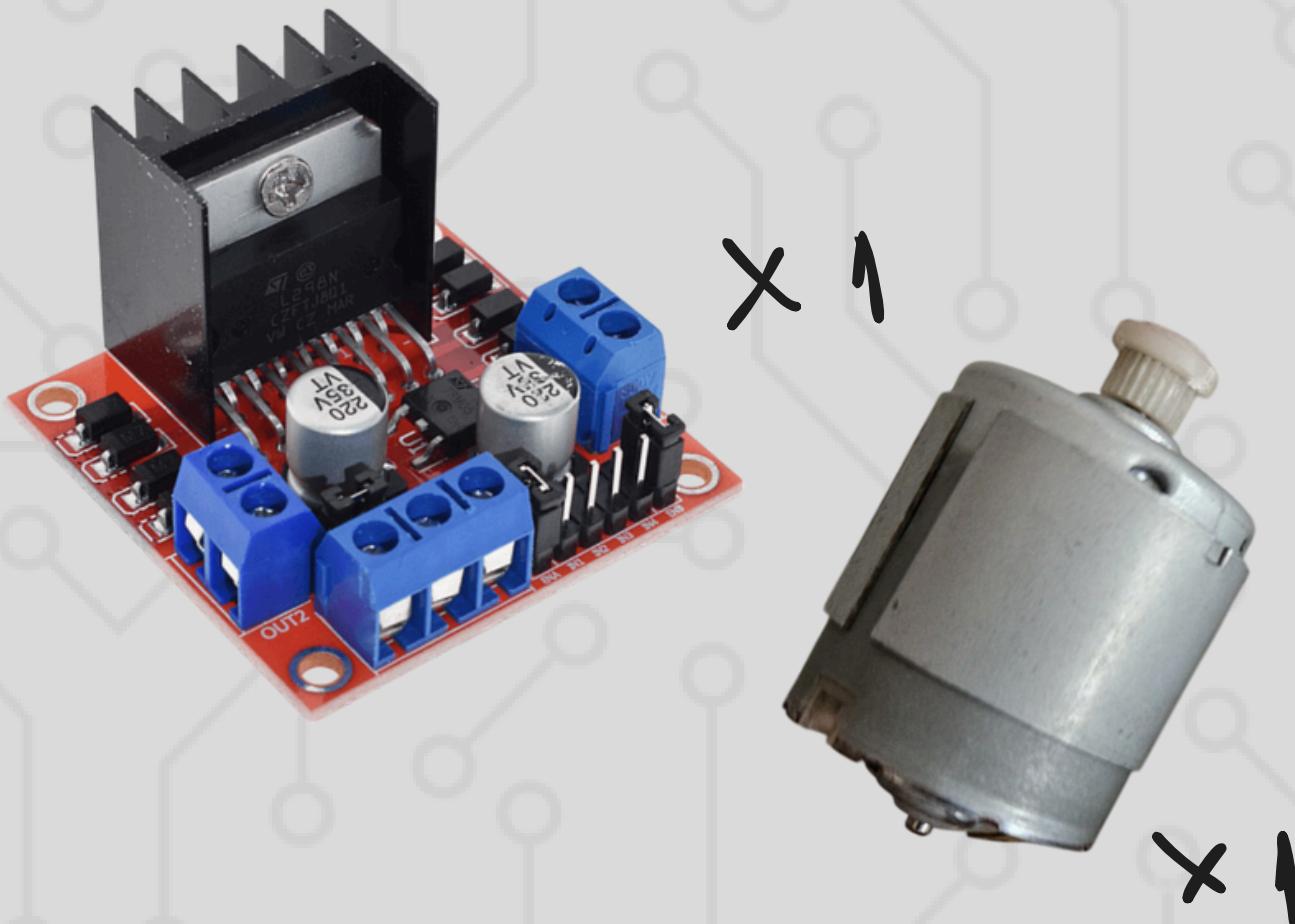
- Economisirea pinilor digitali
- Control simultan și independent al servourilor
- Stabilitate mai mare față de conectarea directă la ESP32



# Electronică

## L298n - Motor driver

- Motorul DC responsabil cu tractiunea este controlat de un driver L298N.
- ESP32 trimite semnale digitale către L298N pentru a controla sensul și viteza de rotație.
- Modulul este alimentat, direct de la bateria de 12V.
- L298N este un driver dual H-bridge, dar pe SortoBot este folosit doar un canal.
- Nu este folosit pentru conversii de tensiune – alimentarea e gestionată extern prin buck convertor.

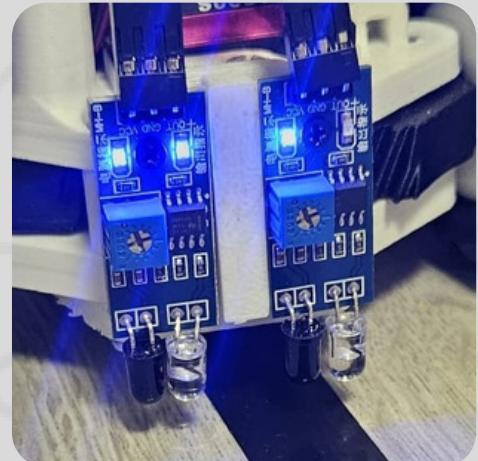


# Electronică

## Senzori

### Senzorii IR (follow the line)

- Urmăresc linia trasată pe traseu
- Alimentați cu 3.3V de pe ESP32
- Conectați direct la pini digitali pentru citire

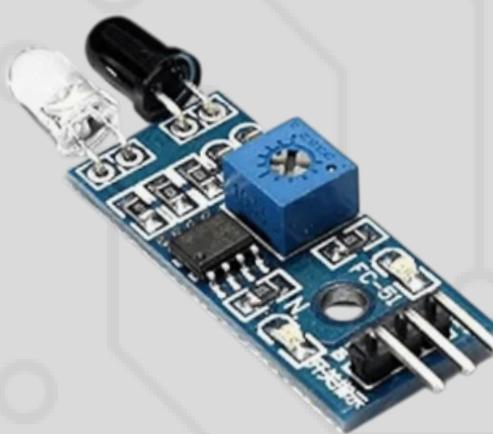


### Senzorul ultrasonic HC-SR04

- Detectează prezența coșului de gunoi în față
- Oprește robotul când obstacolul e aproape
- Comunicarea este prin semnale de tensiune



X 1



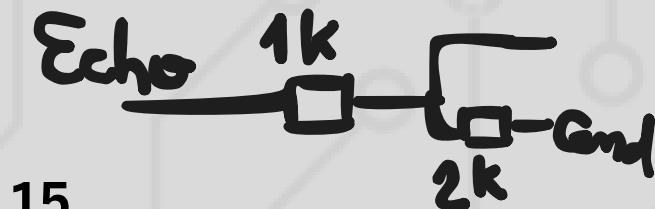
x2

**Senzorul ultrasonic** trimite **5V** pe pinul Echo, însă ESP32 suportă **maxim 3.3V**.

Ca să protejăm placă, am realizat un divizor de tensiune simplu:

- Rezistență de  $1k\Omega$  între pinul Echo și pinul ESP32
- Rezistență de  $2k\Omega$  între pinul ESP32 și GND

Astfel, voltajul este redus la un nivel sigur pentru ESP32.

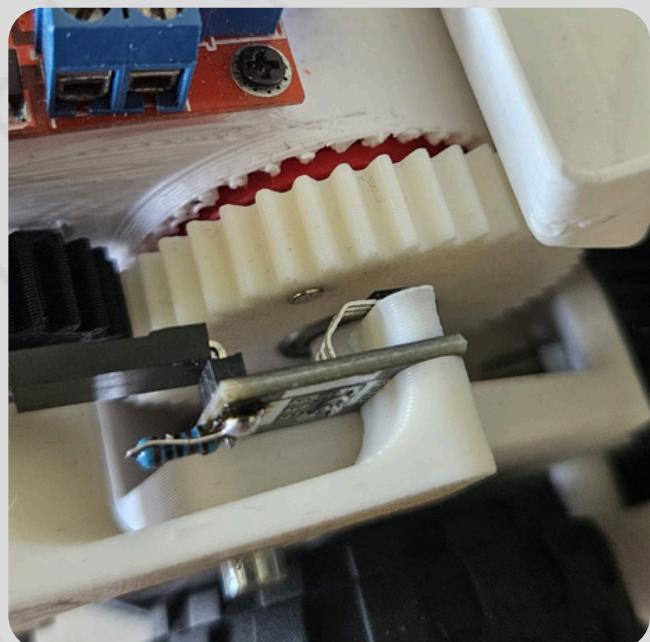
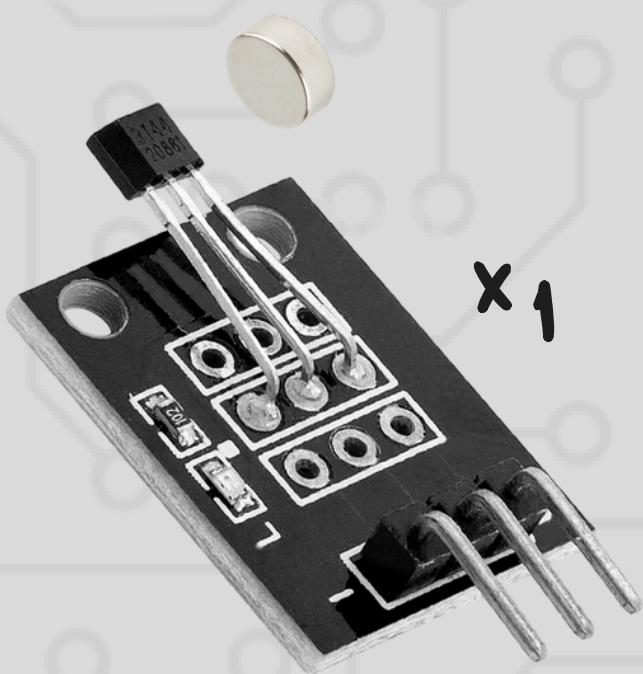


# Electronică

## Senzori

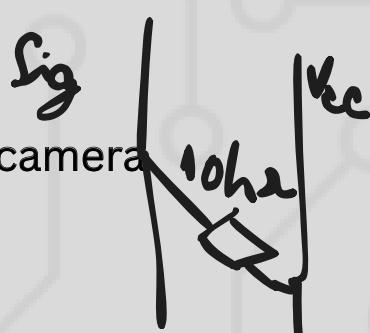
### Senzorul electromagnetic (encoder RPM)

- Măsoară turația motorului prin impulsuri
- Conectat la pinul 34 (citire digitală)
- În setup(), PWM-ul este crescut treptat până la un RPM prestabilit
- PWM-ul găsit este salvat și folosit constant în loop()
- Asigură o viteză stabilă, indiferent de variațiile de tensiune



Înțial, semnalul citit de la senzor era instabil din cauza zgomotului electric. Pentru a stabiliza fluxul de date și a obține o citire mai precisă a RPM-ului, am adăugat un rezistor de 10 kohm între pinul SIG și VCC.

Similar am procedat și pentru pinul care acționează camera



# Electronică

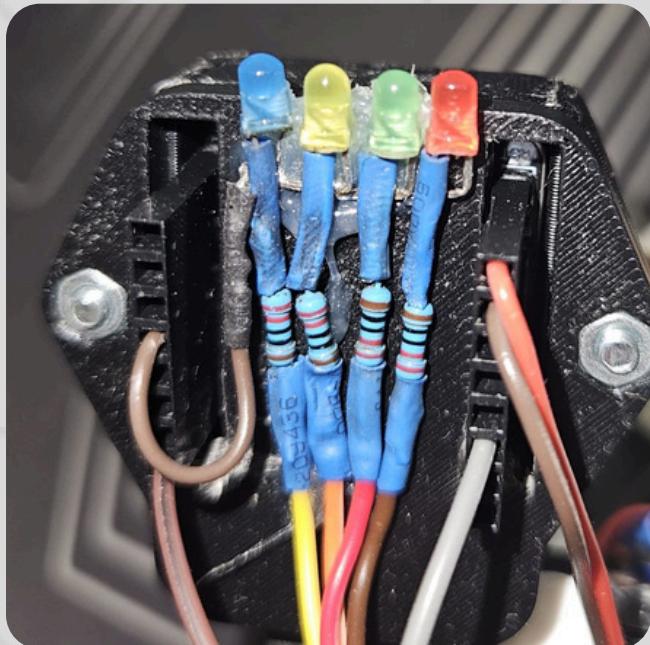
## LED-uri și voltmetre digitale

LED-urile colorate:

- feedback vizual despre tipul de deșeu detectat (ex: LED albastru = PET albastru)
- Sunt conectate la pinii digitali ai ESP32.

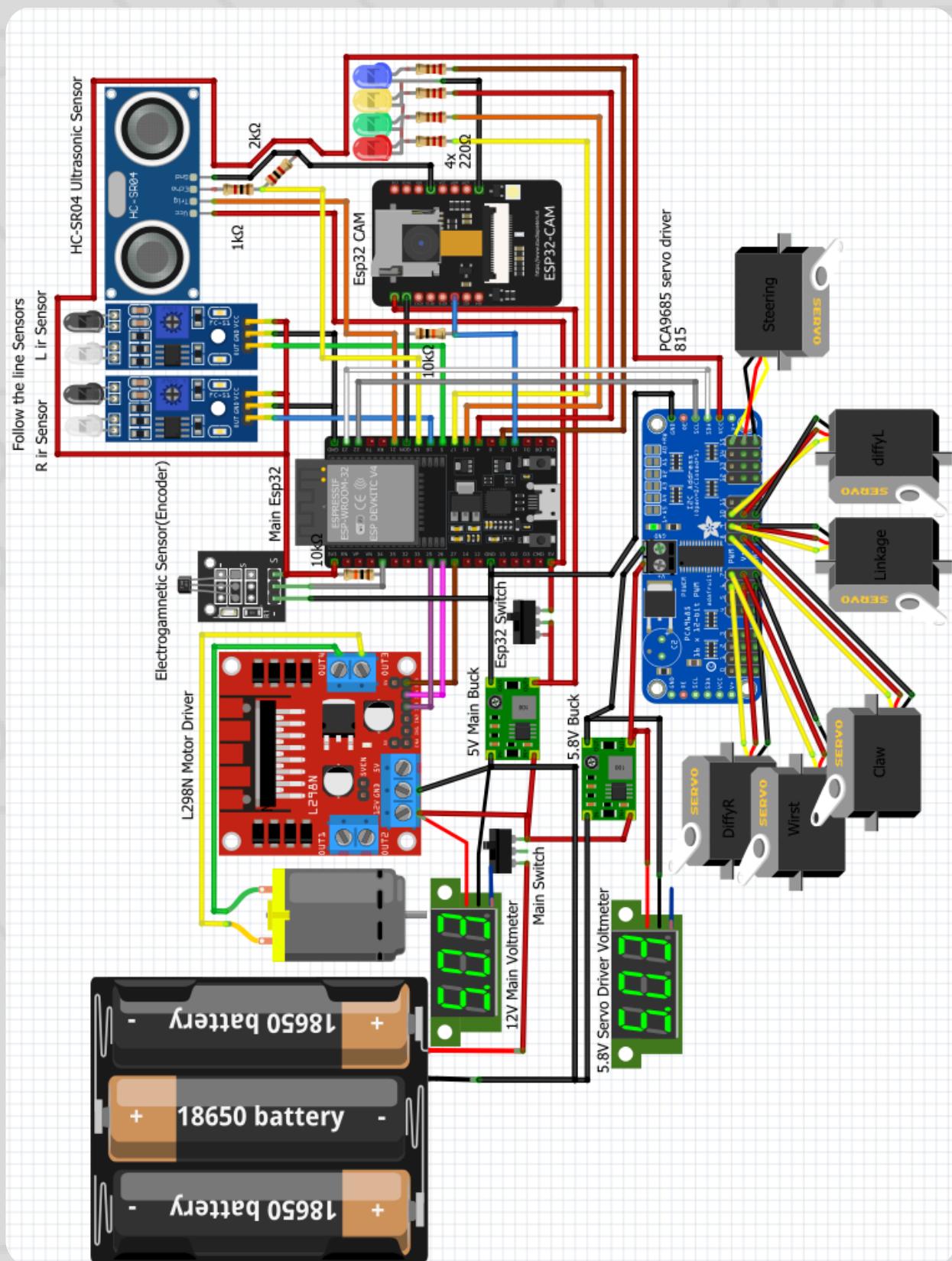
Două voltmetre digitale afișează:

- Tensiunea sursei principale (12V).
- Tensiunea convertorului pentru servomotoare (5.8V).
- Ajută la monitorizarea stării alimentării în timp real.



# Electronică

## Schema electrică



# Software

## Cod general al robotului

- Codul principal al robotului SortoBot a fost scris în limbajul C++ și rulat pe microcontrolerul ESP32.
- Semnalele de la senzori sunt citite în timp real și declanșează acțiuni precum oprirea, virarea și inițierea recunoașterii vizuale.
- Toate acțiunile sunt sincronizate într-o buclă principală (loop()), iar logica decizională este implementată în funcții
- Fiecare funcție reprezintă o automatizare a unui mecanism/procesare a unui input (de la senzori sau cameră)
- Funcțiile sunt apelate secvențial sub anumite condiții pentru derularea acțiunilor într-un mod eficient

### Mod de structurare al codului

```
+void letbin() { ... }

+void outtake() { ... }

+void photo() { ... }
| 
+void handleLED() { ... }

// ===== SETUP & LOOP =====
+void setup() { ... }

+void loop() { ... }
```

# Software

## Comunicare client-server

### ESP32-CAM:

- Se conectează la o rețea Wi-Fi locală.
- Primește comanda de captură de la ESP32 principal.
- Face poza și pornește blițul.
- Trimitе imaginea către laptop prin WebSocket.

### Laptop (Node.js):

- Rulează un server WebSocket care primește imaginile.
- Salvează pozele pentru procesare.
- Trimitе culoarea recunoscută înapoi la ESP32 prin HTTP.

### Avantaje WebSocket:

- Comunicare rapidă și eficientă.
- Consum redus de energie și date.

**ESP32-CAM**

**WebSocket**

**Laptop (Node.js)**

# Software

## Computer Vision

- Pentru procesarea imaginilor primite, am folosit un model de detectie bazat pe rețele neuronale de tip YOLO (You Only Look Once) și librăria OpenCV pentru detectia culorii cosurilor.
- Este o implementare eficientă din punct de vedere al resurselor necesare rulării și acurateții.
- Modelul este antrenat cu ajutorul datelor culese manual acestea fiind poze din perspective diferite pentru a generaliza detectia. Datele culese sunt poze cu 3 tipuri de coșuri dar și poze în care coșul este absent.
- Datorită acestei structuri de detectie (YOLO+OpenCV) avem o verificare dublă a coșului fapt care reduce semnificativ erorile.



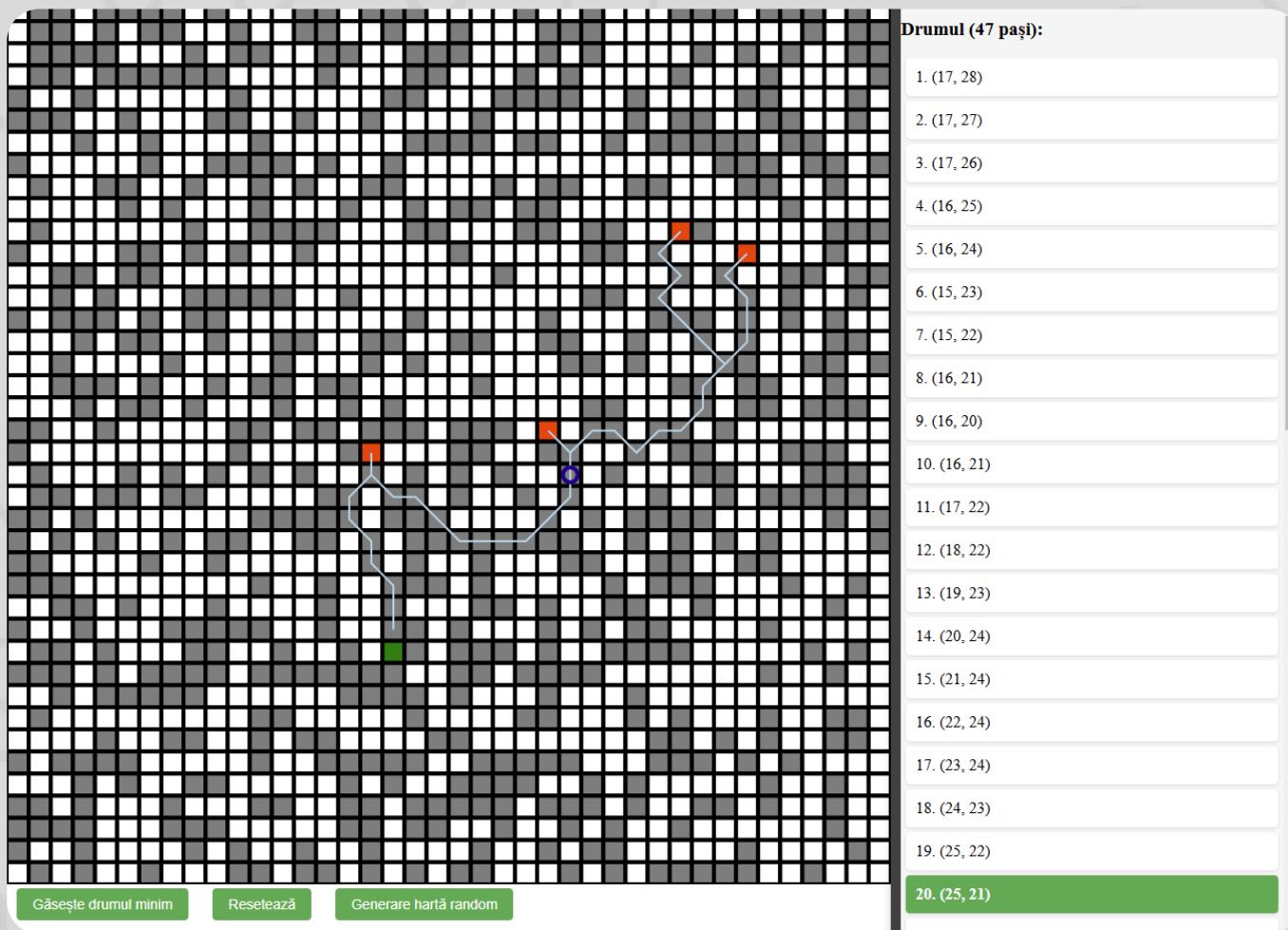
# Software

## Simularea unei hărți

SortoBot este un prototip conceput să funcționeze autonom pe străzile orașelor, colectând și sortând gunoaiele din coșuri.

Am creat o interfață care simulează harta orașului și traseul robotului:

- Gri = străzi
- Verde = locul de start
- Roșu = străzi cu gunoaie



Interfața este realizată în HTML, CSS și JavaScript.

- Traseul este calculat cu algoritmul Dijkstra, pentru a minimiza distanța și consumul de energie.

# Design industrial

**SortoBot** este un robot gândit complet de la zero, cu un design original și funcțional, creat special pentru sortarea deșeurilor. Scopul său este să poată fi adaptat în viitor pentru utilizare reală la scară largă.

- Design original și scalabil
- Întregul robot a fost proiectat de la zero în Onshape, ținând cont de ușurința în fabricare și asamblare. Nu este o replică, ci o idee nouă, care poate deveni o soluție practică reală.
- Construit cu gândul la producție
- Toate piesele au forme simple, pot fi imprimate 3D sau realizate cu unelte de bază. Componentele sunt prinse cu șuruburi și pot fi montate rapid, fără intervenții complexe.
- Mecanismele principale (brațul, platforma de sortare, sistemul de direcție) sunt independente și pot fi înlocuite sau îmbunătățite ușor. Construcția permite depanare rapidă.
- Designul evită forme complicate sau lipituri permanente. Toate piesele sunt simetrice, aliniate logic și compatibile cu producția în serie.

