

ZILELE EDUCAȚIEI MECATRONICE

București 23-26 aprilie 2024

**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie
POLITEHNICA BUCUREȘTI**

REGULAMENT

- Secțiunea Roboți mobili -

Obiectiv

Concursul de roboți mobili urmărește identificarea și premiarea celor mai bune echipe studențești de proiectanți și programatori de platforme mobile autonome (roboți mobili). O echipă se va prezenta în concurs cu un singur tip de platformă cu care va participa la toate probele. Echipele trebuie să proiecteze, să realizeze și să programeze aceste platforme, respectiv trebuie să implementeze cele mai adecvate strategii de control pentru a putea parcurge obstacolele de pe trasee în mod optim. Se interzice achiziționarea platformelor dedicate, de tipul *line-follower* sau de software dedicat.

Concursul este adresat studenților de la specializările de Mecatronică, nivel licență și master. Fiecare universitate poate participa cu o singură echipă în concurs. Selecția echipelor reprezentante revine departamentelor de specialitate care conduc aceste specializări.

Descriere secțiune

Echipele trebuie să proiecteze o platformă integrată (robot mobil) care să parcurgă două probe: traseul de viteză (P₁) și traseul cu obstacole (P₂). Fiecare probă va avea câte 2 manșe, dintre care se va lua în considerare manșa cu cel mai mare punctaj. În cadrul probei P₂ este permisă echiparea suplimentară a platformelor cu anumite accesorii necesare identificării obstacolelor de pe trasee. Rămâne la alegerea echipelor să stabilească strategiile de control și arhitectura platformelor.

Regulament de participare

1. Platformele mobile autonome trebuie să fie realizate de echipele din concurs.

- Este permisă utilizarea oricărui senzor, actuator, placă de dezvoltare cu microcontroler, cameră sau alt element de circuit, singura cerință impusă fiind aceea de concepție a arhitecturii platformei.
- Poate fi implementat orice sistem de control, atâta timp cât acesta este în interiorul robotului și nu interacționează cu un sistem de control exterior (om, mașină sau oricare altul). În cazul în care este utilizat un controller sau modul cu capabilități radio, antena acestuia va fi înlăturată pe toată durata probelor.
- Nu se admite utilizarea de plăci cu drivere de motoare achiziționate din comerț, singura placă permisă a fi achiziționată fiind placa de dezvoltare cu microcontroler.
- Este interzisă utilizarea roboților obținuți prin modificarea unor produse comerciale de același tip.

- Robotul nu poate conține în structura sa următoarele componente:
 - Plăci achiziționate cu microcontrolere care conțin drivere pentru orice fel de sisteme de acționare,
 - Module achiziționate care conțin drivere pentru orice fel de sisteme de acționare.
- Se acceptă cablaje imprimate manufacturate (inclusiv cele realizate pe echipamente specializate) pe care lipirea componentelor să fie executată manual de către concurenți.
- Sunt acceptate module de tip regulator de tensiune achiziționate din comerț.
- Orice cablaj imprimat manufacturat trebuie să aibă inscripționat din cupru, pe placă, acronimul concursului și anul desfășurării acestuia (**ZEM 2024**). Face excepție orice cablaj de tip breadboard sau de tip cablaj de test.
- Orice modul de cablaj imprimat va fi plasat pe robot astfel încât să poată fi citită cu ușurință inscripția de mai sus.
- Fiecare robot trebuie să fie pregătit pentru conectarea, înaintea concursului, a cel puțin doi senzori suplimentari (unul de tip digital și unul de tip analogic).
- Fiecare robot trebuie să dispună de două led-uri de culori diferite, plasate astfel încât să fie vizibile pe parcursul desfășurării probei și care să poată fi comandate în funcție de sarcinile de concurs.

Comisia va verifica și aproba intrarea în concurs a fiecărei platforme/robot în parte.

2. Fiecare echipă participantă va fi constituită din 2 membri. În cadrul unei echipe se admite participarea unui masterand, cu condiția respectării limitei de vârstă (1 membru cu vârsta până la maxim 25 de ani și 1 membru cu vârsta sub 24 de ani).

3. Fiecare echipă participă la această secțiune cu un singur robot care trebuie să parcurgă toate probele concursului. Se admite ca fiecare echipă să dețină și un robot de rezervă, realizat în construcție identică. Dacă un robot cedează pe perioada testelor se poate continua concursul cu rezerva (un robot identic). Dacă robotul cedează în timpul probelor, se va cuantifica punctajul obținut în manșa respectivă, iar la manșa următoare se va înlocui robotul cu rezerva lui.

4. Comisia de concurs este formată dintr-un cadru didactic, reprezentant al fiecărei universități participante. Orice decizie a comisiei se adoptă prin votul majorității membrilor săi (50%+1). Comisia stabilește echipa de arbitri și validează rezultatele concursului. Echipa de arbitri este formată din 2 persoane neutre. Arbitrii supraveghează buna desfășurare a concursului, respectarea regulamentului și decide acordarea penalizărilor.

5. Secțiunea roboți mobili este compusă din 2 probe: traseu de viteză (P₁) și traseu cu obstacole (P₂). Fiecare probă va avea câte 2 manșe. Pentru calculul punctajului probei se va lua în considerare manșa cu cel mai mare punctaj, a fiecărei echipe. Fiecare probă se punctează de la 0 la 100 puncte. Punctajul final (P) se calculează pe baza relației:

$$P = 0,3 \cdot P_1 + 0,7 \cdot P_2$$

Cu o oră înainte de începerea probei cu obstacole echipele vor efectua reprogramarea robotului și conectarea senzorilor auxiliari (suplimentari) în vederea îndeplinirii unei sarcini auxiliare.

Proba 1 - Traseul de viteză (P1)

Echipa va programa robotul pentru a urmări un traseu format din linii drepte, arce cu raza minimă de 100 mm și fără intersecții. Traseul este marcat cu negru pe o suprafață albă și are lățimea de 15 mm. Distanța minimă dintre 2 linii alăturate ale traseului este de 200 mm. Robotul trebuie să parcurgă circuitul de la linia de START la linia de SOSIRE, în mod autonom și să nu se abată de la traseu. Proba se desfășoară contra cronometru. Traseul este stabilit de comisia de concurs, înaintea concursului.

Acordarea punctajului

Echipele vor fi punctate în funcție de timpul obținut și de penalizări. Echipa care realizează cel mai bun timp, din cele 2 manșe ale probei, va obține punctajul maxim de 100 de puncte (din care se vor scădea eventualele penalizări), iar timpul realizat de ea va fi considerat timpul de referință (t_r). Celelalte echipe vor obține un punctaj proporțional cu timpul realizat, calculat pentru fiecare manșă cu relația:

$$p_{ni} = (t_r/t_{ni}) \cdot 100$$

unde : t_r – timp de referință (cel mai bun timp realizat de o echipă, în cele 2 manșe);

t_{ni} – timpul realizat de echipa „n” în manșa „i = 1,2”;

p_{ni} – punctajul aferent timpului obținut de echipa „n” în manșa „i = 1,2”;

La punctajul obținut în urma timpului realizat se aplică penalizările corespunzătoare evoluției din manșa respectivă.

Penalizări

- Dacă robotul părăsește traseul/linia, echipa va fi penalizată cu 10 puncte și trebuie să intervină pentru a re poziționa robotul pe linie, în locul în care acesta a ieșit;
- Orice altă intervenție asupra robotului va fi penalizată cu 10 puncte;
- O echipă poate interveni asupra robotului de maxim 3 ori pe parcursul unei manșe. La a patra intervenție, timpul de parcurgere a traseului, în manșa respectivă, nu este luat în considerare, iar punctajul este 0.

Dacă în urma contorizării penalităților va rezulta o valoare negativă, atunci punctajul acordat echipei pentru proba P1 va fi 0.

Proba 2 - Traseul cu obstacole (P2)

Echipa va programa robotul pentru a urmări un traseu marcat cu obstacole, care trebuie tratate conform prezentului regulament. Traseul este marcat cu negru pe o suprafață albă, are lățimea de 15 mm, este format din linii drepte, arce cu raza minimă de 100 mm și obstacole. Distanța minimă între 2 linii alăturate ale traseului este de 200 mm. Robotul trebuie să parcurgă circuitul de la linia de START la linia de SOSIRE, în mod autonom, să nu se abată de la traseu și să parcurgă fiecare obstacol, în ordinea apariției lui pe traseu.

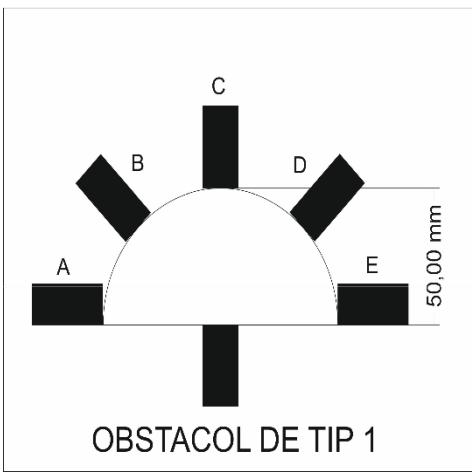
Traseul va include 6 obstacole predefinite conform Tabelului 1 (Obstacole predefinite), respectiv un obstacol „auxiliar”, definit de Comisia de concurs pe baza elementelor din Tabelul 2 (Listă elemente pentru configurare obstacol suplimentar). Ordinea și poziția pe traseu a celor 6 obstacole predefinite sunt stabilite de Comisia de concurs astfel încât toate elementele din Tabelul 1 să se regăsească pe traseu cel puțin o dată.

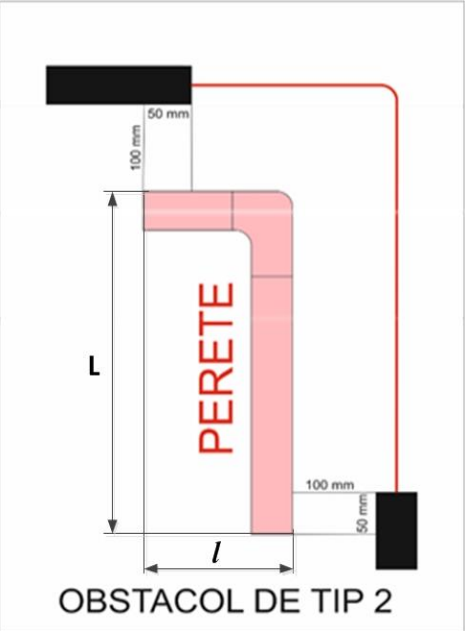
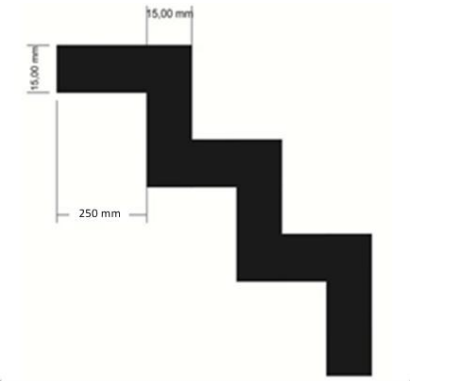
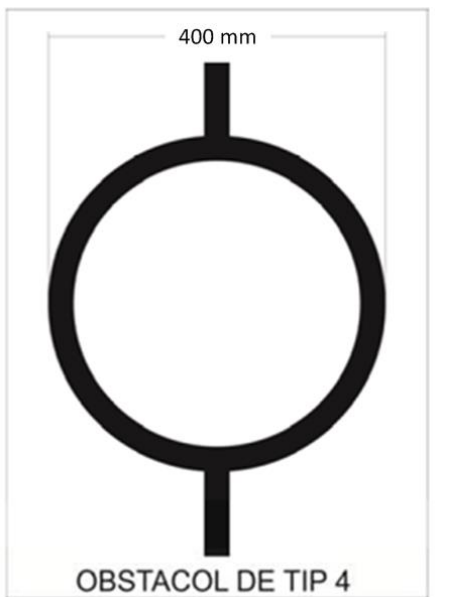
Obstacolul auxiliar. Poziția pe traseu și configurația obstacolului auxiliar sunt stabilite de Comisie doar în ziua desfășurării concursului și vor fi comunicate echipelor din concurs la debutul Probei nr.2 – Traseul cu obstacole. Obstacolul auxiliar trebuie identificat prin intermediul senzorilor auxiliari (suplimentari) selectați de Comisie la începutul probei de concurs. Sensorii auxiliari se vor fixa pe platforma de concurs prin intermediul elementelor din Tabelul 3, modalitatea de fixare fiind aleasă de fiecare echipă concurentă. Echipele vor avea la dispoziție 60 de minute pentru integrarea senzorilor, respectiv pentru realizarea unei aplicații software (auxiliare) ale cărei cerințe sunt comunicate în formă scrisă la debutul Probei nr.2 – Traseul cu obstacole.

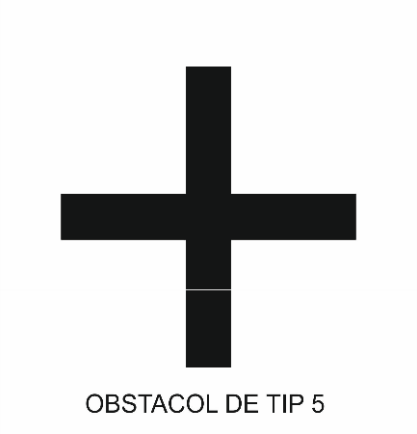
Aplicația software auxiliară. Vine să completeze aplicația de bază realizată de fiecare echipă pentru parcurgerea traseului cu obstacole. Aplicația auxiliară trebuie realizată la fața locului de către fiecare echipă din concurs. Timpul alocat realizării ei este de 60 min. Aplicația va prelua datele de intrare exclusiv prin senzorii auxiliari selectați de Comisie și va comanda exclusiv ieșirile de tip LED, într-un mod care va fi descris în subiectele de concurs. Aplicația auxiliară trebuie integrată în aplicația de bază astfel încât să poată fi testat comportamentul platformei mobile pentru toate obstacolele de pe traseu: obstacole predefinite și obstacol auxiliar.

Subiectele de concurs (aferețe Probei nr.2). Subiectele sunt realizate de Comisia de concurs înaintea Probei nr.2 – Traseul cu obstacole. Prin tragere la sorți se va stabili care dintre cele 3 elemente de bază din Tabelul 2 vor fi folosite pentru configurarea obstacolului auxiliar. Pe baza propunerilor realizate la fața locului de către membrii comisiei, respectiv pe bază de vot majoritar, se va hotărî care va fi configurația obstacolului auxiliar, respectiv cerințele aplicației software auxiliare.

Tabel 1. Obstacole predefinite

1	 <p style="text-align: center;">OBSTACOL DE TIP 1</p>	<p>Obstacol 1 – Linie întreruptă</p> <p><i>Descriere:</i> Traseul/linia este întreruptă, dimensiunea întreruperii fiind de max. 50 mm. Continuarea traseului/liniei întrerupte se face prin una din variantele A, B, C, D sau E pe traseu fiind desenată NUMAI una din cele 5 variante corespunzătoare ieșirii (vezi figura alăturată). Obstacolul are o intrare și o singură ieșire. Robotul trebuie să depășească obstacolul în mod autonom.</p>
---	--	---

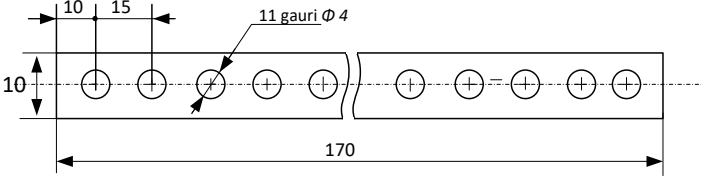
2	 <p>OBSTACOL DE TIP 2</p>	<p>Obstacol 2 – Linie întreruptă – perete ajutător</p> <p><i>Descriere:</i> Traseul/linia este întreruptă, dimensiunea întreruperii fiind necunoscută. Regăsirea linei/traseului se face prin urmărirea unui perete continuu, situat la 100 mm de marginea liniei. Peretele se petrece cu linia, atât la intrare, cât și la ieșire, pe o porțiune liniară de minim 50 mm (vezi figura alăturată). Forma și lungimea peretelui sunt stabilite de Comisia de concurs, obstacolul având obligatoriu o intrare și o singură ieșire. Înălțimea peretelui trebuie să fie de minim 200 mm. Robotul trebuie să depășească obstacolul în mod autonom. Dimensiunea minima a peretelui este de $L=700$ mm (minim), respectiv $l=400$ mm (minim). Obstacolul se parcurge pe exteriorul peretelui.</p>
3	 <p>OBSTACOL DE TIP 3</p>	<p>Obstacol 3 – Linie zigzag</p> <p><i>Descriere:</i> Traseul/linia este frântă alternativ, la unghiuri de 90 de grade. Geometria obstacolului este descrisă în figura alăturată. Numărul de trepte ale obstacolului este stabilit de comisia de concurs, acesta având obligatoriu o intrare și o singură ieșire. Dimensiunea unei trepte este de 250 mm. Robotul trebuie să depășească obstacolul în mod autonom.</p>
4	 <p>OBSTACOL DE TIP 4</p>	<p>Obstacol 4 – Sens giratoriu</p> <p><i>Descriere:</i> Traseul este descris în figura alăturată, obstacolul având obligatoriu o intrare și o singură ieșire. Obstacolul are formă de inel circular cu diametrul exterior de 400 mm. Robotul trebuie să depășească obstacolul în mod autonom, prin parcurgerea liniei (prin stânga sau dreapta) și nu prin salt direct către ieșirea obstacolului.</p>

5		<p>Obstacol 5 – Intersecție în cruce</p> <p><i>Descriere:</i> Intersecție la 90 de grade a traseului. Robotul trebuie să-și continue deplasarea pe direcția „înainte” fără a fi influențat de intersecție. Intrarea și ieșirea în linie dreaptă vor fi de minim 300 mm, iar linia de intersecție va depăși traseul în stânga, respectiv dreapta cu minim 100 mm. Robotul trebuie să depășească obstacolul în mod autonom</p>
---	---	---

Tabel 2. Listă elemente pentru configurarea obstacolului suplimentar

Nr.crt	Element	Observații
1.	Bandă adezivă de culoare neagră <i>lățime=15 mm (valoare aproximativă)</i> <i>material: polipropilenă</i>	Toate elementele utilizate pentru configurarea obstacolului suplimentar trebuie să poată fi identificate prin sistemul senzorial atașat suplimentar.
2.	Piese paralelipipedice din lemn Caracteristici geometrice de referință (<i>val. aproximative</i>): <i>înălțime=100 mm, lungime=50 mm, lățime=30 mm</i> <i>înălțime=50 mm, lungime=50 mm, lățime=15 mm</i>	
3.	Piese lamelare din material plastic Caracteristici geometrice de referință (<i>val. aproximative</i>): <i>înălțime=2 mm</i> <i>lungime=100 mm</i> <i>lățime=30mm</i>	
4.	Magnet paralelipipedic Neodim 30x6x2 https://www.optimusdigital.ro/ro/magnei-paralelipipedic-din-neodim/10791-magnet-paralelipipedic-din-neodim-30x6x2-mm-n38.html	

Tabel 3. Listă elemente suport pentru fixarea sistemului senzorial suplimentar

Nr.crt	Element	Observații
1	<p>Lamele metalice maleabile Configurație geometrică de referință (mm):</p>  <p>Grosime aproximativă:0.5 mm</p>	<p>- Comisia de concurs stabilește numărul de lamele necesar fixării sistemului senzorial suplimentar.</p> <p>- Fiecare echipă primește aceleași resurse (lamele, șuruburi, piulițe, bandă adezivă)</p>

2	Șuruburi și piulițe M4	- Se recomandă ca fiecare echipă să aibă în dotare un clește/foarfecă pentru redimensionarea lamelor metalice, dacă consideră oportun acest lucru.
3	Bandă adezivă izolantă	

Senzorii auxiliari. Tipul și caracteristicile acestor senzori sunt specificați în Anexa 1 – Listă senzori auxiliari. Comisia de concurs va stabili în ziua de concurs ce tipuri de senzori vor fi folosiți pentru dezvoltarea aplicației auxiliare, locurile de pe traseu și distanțele unde se va plasa obstacolul suplimentar.

Platforma de concurs trebuie să fie prevăzută cu 2 găuri cu diametrul de 4 mm, dispuse simetric față de axa de deplasare a robotului, între punțile față și spate ale platformei mobile, ce vor fi utilizate pentru montarea elementelor suport din Tabelul 3 în vederea poziționării senzorilor auxiliari.

Desfășurarea probei. Proba nr.2 este compusă din două părți.

Partea I: Integrarea senzorilor auxiliari și realizarea aplicației software auxiliare. Timp alocat: 60 min. Această parte se desfășoară simultan pentru toate echipele aflate în concurs, astfel:

- fiecare echipă primește subiectele de concurs și elementele necesare montării senzorilor pe platforma mobilă, respectiv o suprafață din materialul folosit pentru traseul de concurs pe care poate fi construit obstacolul auxiliar și testat robotul;
- odată cu fluierul de start fiecare echipă are la dispoziție 60 min pentru rezolvarea subiectelor primite;
- fiecare echipă poate utiliza doar resursele primite pentru testarea aplicației realizate;
- pe perioada celor 60 min echipele nu au acces la traseul de concurs.
- la finalizarea celor 60 min alocate toate echipele se vor opri din programare, respectiv vor încărca pe platforma mobilă aplicația finală.

Partea a II-a: Rularea platformei pe traseul cu obstacole. Această parte se desfășoară succesiv pentru echipele aflate în concurs. Ordinea intrării în concurs este descrisă la punctul 7 al prezentului regulament. Robotul trebuie să parcurgă circuitul de la linia de START la linia de SOSIRE, în mod autonom, să nu se abată de la traseu și să parcurgă fiecare obstacol, în ordinea apariției lui pe traseu. Membrii echipei pot interveni în situația în care robotul se abate de la traseu sau nu a parcurs cu succes un anumit obstacol. Orice intervenție este penalizată, iar robotul va fi repositionat pe traseu în locul în care a ieșit sau înaintea obstacolului care nu a putut fi depășit.

Acordarea punctajului

Punctajul alocat probei este de maxim 100 de puncte și depinde de numărul de obstacole parcurse corespunzător, numărul de penalizări și timpul necesar parcurgerii probei. Punctajul se va acorda în modul următor:

- **Număr de obstacole parcurse corespunzător:** se acordă 10 puncte pentru parcurgerea corespunzătoare a fiecărui obstacol și 20 puncte pentru îndeplinirea sarcinii auxiliare. Parcurgerea cu succes a întregului traseu și rezolvarea sarcinii auxiliare (suplimentare) se punctează cu **80 de puncte**, dacă nu au existat penalizări. O echipă poate renunța la parcurgerea unui obstacol, cu pierderea celor 10 puncte aferente acestuia și o penalizare, pentru intervenția de plasare a robotului, pe traseu, după obstacol.

- **Penalizări:** fiecare intervenție asupra robotului se penalizează cu **5 puncte** fiind admis un număr de maxim 5 intervenții/penalizări, pe tot traseul. Membrii echipei pot interveni în situația în care robotul se abate de la traseu sau nu a parcurs corespunzător un anumit obstacol. Orice intervenție este penalizată, iar robotul va fi re poziționat pe traseu în locul în care a ieșit sau înaintea obstacolului care nu a putut fi depășit corespunzător, dacă echipa nu abandonează depășirea obstacolului respectiv.
- **Timpul de parcurgere a traseului.** În cazul în care un robot **parcurge întreg traseul** cu obstacole, îndeplinește sarcina surpriză și **trece de linia de sosire**, se vor acorda suplimentar un număr de maxim **20 de puncte**, în funcție de timpul realizat, astfel:
 - o Se acordă 20 de puncte robotului care a realizat cel mai bun timp de parcurgere integrală a traseului, în cele 2 manșe, iar timpul realizat va fi considerat timp de referință (t_r);
 - o Celelalte echipe, care parcurg integral traseul, vor obține un punctaj proporțional cu timpul realizat, pentru fiecare manșă, calculat cu relația:

$$p_{ni} = (t_r/t_{ni}) \cdot 20$$

unde :

t_r – timp de referință (cel mai bun timp realizat de o echipă, în cele 2 manșe);

t_{ni} – timpul realizat de echipa „n” în manșa „i = 1,2”;

p_{ni} – punctajul aferent parcurgerii corecte a traseului , obținut de echipa „n” în manșa „i = 1,2”;

Dacă în urma contorizării penalităților va rezulta o valoare negativă, atunci punctajul acordat echipei pentru proba P2 va fi 0.

7. Ordinea intrării în concurs. Ordinea de intrare în concurs a echipelor se stabilește diferențiat pentru fiecare probă în parte, astfel:

- Proba P₁ – ordinea este stabilită prin tragere la sorți la debutul probei. Procesul este condus de echipa de arbitri. Fiecare echipă va parcurge câte o manșă în ordinea stabilită prin tragerea la sorți. Manșa a doua se va desfășura în aceeași ordine, pauza între manșe fiind de 20 de minute.
- Proba P₂ – ordinea este stabilită de punctajele obținute la prima probă, echipa cu cel mai mic punctaj intră prima, iar echipa cu cel mai mare punctaj intră ultima în concurs. Toate echipele vor parcurge o primă manșă în această ordine. Manșa a doua se va desfășura în aceeași ordine, pauza între manșe fiind de 20 de minute. Probele P₁ și P₂ se vor desfășura la un interval minim de 2 ore.
- Dacă o echipă nu poate intra în concurs la momentul corespunzător tragerii la sorți, ea semnalând apariția unei defecțiuni, aceasta are la dispoziție 5 minute pentru a remedia problema, timp în care concursul se oprește. După cele 5 minute echipa pierde dreptul de a concura în acea manșă.

8. Măsurarea timpului. Timpul de parcurgere a traseelor va fi măsurat prin intermediul unui sistem optoelectronic. Acesta va declanșa măsurarea timpului atunci când partea frontală a unui robot trece de linia de start, respectiv se va opri automat în momentul în care partea frontală a robotului trece de linia de sosire.

Sistemul electronic va afișa permanent timpul pe un ecran (tabela electronică), astfel încât fiecare echipă va putea verifica timpul celorlalte echipe competitori. Setarea pe zero a sistemului de măsurare se va face doar de echipa de arbitri. În paralel cu măsurarea electronică a timpului, arbitrii vor cronometra evoluția fiecărui robot pentru confirmarea timpului de pe tabela electronică. Timpul

oficial este cel măsurat de sistemul electronic, însă trebuie validat de arbitri. În caz de defecțiune a sistemului electronic, timpul se va măsura de arbitri cu ajutorul a două cronometre.

Considerații finale

În concluzie, se vor avea în vedere următoarele considerații:

- Competiția urmărește să promoveze capacitatea echipelor de a construi și programa platforme și nu de a utiliza platformele altor producători. Se interzice utilizarea de platforme dedicate de tipul *line-follower*;
- Dimensiunea roboților nu trebuie să depășească dimensiunea obstacolelor. Dimensiunea maximă permisă pe cele 3 direcții este de 200 mm;
- Echipele pot alege orice senzori pentru roboți, dar trebuie să ia în calcul prezența audienței în apropierea zonei de concurs (zgomot, lumini, blitz-uri încorporate, camere video, camere foto etc.).

LISTA SENZORILOR AUXILIARI

Senzorii auxiliari pe care va trebui să-i aibă fiecare echipă în dotare sunt următorii:

1. Modul cu Senzor Hall A44E

https://www.optimusdigital.ro/ro/senzori-senzori-hall/250-modul-cu-senzor-hall-a44e.html?gclid=CjwKCAiAtt2tBhBDEiwALZuhAFNU12UNlaxBrjtibxLSUkYLEt-dC7xBgpITde_cOPSKWS02ksMHiRoCP38QAvD_BwE

2. Senzor ultrasonic HC-SR04

<https://www.optimusdigital.ro/senzori-senzori-ultrasonici/9-senzor-ultrasonic-hc-sr04-.html>

3. Senzor Infraroșu Reflectiv QTR-1A

<https://www.optimusdigital.ro/senzori-senzori-optici/1028-senzor-infrarou-reflectiv-qtr-1a-pachet-de-2.html>

4. Senzor de distanță, Infraroșu 10-80cm model GP2Y0A21YK0F

<https://www.optimusdigital.ro/senzori-senzori-de-distanta/474-senzor-de-distantainfrarosu-10-80-cm-gp2y0a21yk0f.html>

Link-urile sunt date pentru identificarea modelelor de senzori și a caracteristicilor acestora. Senzorii nu pot fi înlocuiți cu alte modele echivalente.