

Projektek az iparból

Felkészítő tanfolyam – autonóm mobilrobot építése

Szabályok • mechanika • szenzorok • vezérlés • RFID/képfeldolgozás • tesztelés



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

NTP-SZKOLL-25



Nemzeti Tehetség
Program

A verseny lényege

- A cél: a robot a kiindulási pontból a lehető leggyorsabban jusson ki a labirintusból.
- A gyorsaság mellett a design és konstrukció is értékelési szempont.
- A robot a pályán kizárólag autonóm módon működhet; külső irányítás és kommunikáció nem megengedett.

Fő cél

Gyors és megbízható autonóm navigáció

Plusz érték

Átgondolt mechanika, beágyazott rendszer és innováció

A legfontosabb műszaki korlátok

- Maximális robotméret: $280 \times 280 \times 150$ mm.
- A listán kívüli nagyobb alkatrészek összértéke legfeljebb 25 000 Ft.
- A pálya folyosója kb. $28,5 \pm 1$ cm széles, a falak 15 cm magasak.
- A pálya anyaga OSB – a tapadás és a szenzorreflexió tesztelendő.

Tervezési következmény

A robot legyen kompakt, alacsony súlypontú és könnyen szerelhető.

Kritikus pont

Ne csak „elférjen”: kanyarodáskor és szenzorkilógásnál is maradjon tartalék.

Kötelező előfeladatok

- A fő versenyszám előtt két feladatot kell teljesíteni.
- Egyenes szakasz: falérintés nélkül, önállóan Starttól Stopig.
- Kanyaros szakasz: legalább 2 jobb és 2 bal kanyar pontos végrehajtása.
- Az előfeladatokon nincs tájékozódási pont: falak alapján kell navigálni.

Mit tesztel?

Egyenesfutás, fal-követés, fordulás, stabil szabályozás.

Minimum cél

A robot először lassan, de ismételhetően teljesítsen.

A főpálya és a futamok

- A maximális pálya 16×16 blokkos, kb. $4,8 \times 4,8$ m; a demo pálya 12×12 .
- Két forduló között a labirintus átalakítható, egy fordulón belül változatlan.
- Minden csapat 2×2 alkalommal próbálkozhat; a jobb idő számít.
- A két forduló között minimális robotmódosítás lehetséges.

Stratégia

Az első futam legyen biztos teljesítés; utána lehet gyorsítani.

Fejlesztési elv

Paraméterezhető szoftver: sebesség, küszöbök, PID, fordulási idők.

Tájékoztatói lehetőségek

- Két hivatalos tájékoztatói mód: RFID és piktogram/képfeldolgozás.
- A jelzők START, STOP, zsákutca, jobbra és balra információt hordoznak.
- Irányváltásnál a legrövidebb út támogatására piktogram és RFID tag kerülhet a padlóra.
- A robot útjelzők nélkül is haladhat (START/STOP kivételével), de ez lassabb lehet.

RFID

Egyszerűbb feldolgozás, pontos tagfelismerés szükséges.

Kamera

Rugalmasabb, de fényviszonyokra és képfeldolgozásra érzékeny.

RFID-alapú megoldás

- Az RFID tag kör alakú matrica, mérete $2,5 \times 2,5$ cm.
- A szabályzat RC522/MFRC olvasót tartalmaz az alkatrészbázisban.
- A tag a padlón, a kereszteződés előtt helyezkedik el.
- A szoftver feladata: UID beolvasás → osztályozás → manőver kiválasztás.

Javasolt állapotgép

SEARCH → TAG_DETECTED → CLASSIFY →
TURN/STOP → CONTINUE

Mechanikai kérdés

Az olvasó legyen közel a padlóhoz és a robot nyomvonalához igazítva.

Piktogram-alapú megoldás

- A piktogramok mérete 5×5 cm, a padlón, kereszteződés előtt található.
- Jelek: kék START, piros STOP, zsákutca, jobbra és balra nyíl.
- Kamera esetén a látómezőnek időben észlelnie kell a jelet.
- Egyszerű pipeline: kép $\rightarrow$ ROI $\rightarrow$ szín/alak $\rightarrow$ osztály $\rightarrow$ navigációs parancs.

Kihívás

Megvilágítás, perspektíva, mozgási elmosódás.

Tipp

Először kis sebességnél validáljátok a felismerést, csak utána gyorsítatok.

Szenzorok a fal-követéshez

- A szabályzat HC-SR04 ultrahangos és több IR távolságérzékelőt is felsorol.
- Legalább az elülső akadály és az oldalfal távolságának megbízható mérése szükséges.
- Egy szenzorral működhet egyszerű szabályozás; több szenzorral becsülhető a robot szöge is.
- Minden szenzort a valós OSB pályán kell kalibrálni.

Minimum

Front + bal vagy jobb oldali távolságmérés.

Jobb megoldás

Két oldalsó mérés → távolság + orientáció becslése.

Mozgásvezérlés: ne időzítésre építs!

- A két motor tényleges fordulatszáma ritkán azonos.
- A nyílt hurkú „motor 120 PWM 500 ms-ig” megoldás akkufeszültséggel és tapadással változik.
- Encoderrel és/vagy IMU-val zártabb szabályozási kör alakítható ki.
- A szabályzat encoder/opto és MPU6050 modult is tartalmaz.

Alapelv

Mérj → hasonlíts → korrigálj.

Cél

Ismételhető 90°-os fordulás és egyenesfutás.

Fal-követő szabályozás

- Definiáljuk a kívánt oldaltávolságot: d_{ref} .
- Hiba: $e = d_{ref} - d_{measured}$.
- Egyszerű P-szabályozás: $\Delta PWM = K_p \cdot e$.
- A két motor parancsa: $PWM_L = base - \Delta PWM$, $PWM_R = base + \Delta PWM$.
- Ha oszcillál: K_p túl nagy; ha lassan tér vissza: K_p túl kicsi.

Továbbfejlesztés

PD/PID, sebességfüggő paraméterek, szenzorfüzió.

Teszt

Hosszú egyenes szakaszon logoljátok a hibát és a korrekciót.

Fordulás és kereszteződés-kezelés

- A fordulás legyen külön állapot, ne a fal-követő rutin része.
- Lépések: lassítás → jel/kereszteződés detektálás → fordulás → új fal megtalálása → stabilizálás.
- A 90°-os fordulat encoderrel vagy giroszkóppal pontosítható.
- Legyen timeout és hibakezelés, ha a várt fal/jel nem jelenik meg.

Állapotgép

FOLLOW_WALL → APPROACH → TURN →
REACQUIRE → FOLLOW_WALL

Robusztusság

Minden állapotnak legyen kilépési feltétele és időkorlátja.

Javasolt szoftverarchitektúra

- HAL / driverek: motor, encoder, távolságmérő, RFID/kamera, IMU.
- Percepció: távolságok, jelazonosítás, kereszteződés-detektálás.
- Döntés: állapotgép és útvonal-logika.
- Vezérlés: sebesség- és irányszabályozás.
- Diagnosztika: soros log, tesztmódok, kalibrációs paraméterek.

Fontos

A modulok külön-külön legyenek tesztelhetők.

Kerüljétek

Egyetlen hosszú loop() tele delay()-jel és egymásba ágyazott if-ekkel.

Alkatrészbázis – mire építhettek?

- Fejlesztőlapok: Arduino UNO/NANO, opcionálisan NodeMCU és ESP32-CAM.
- Motorvezérlés: H-bridge meghajtó vagy motorvezérlő shield.
- Érzékelés: RC522 RFID, HC-SR04, IR szenzorok, opcionális MPU6050.
- Tápellátás: 18650 cellák, tartó, TP4056 töltőmodul, opcionális step-up.
- Prototípus: próbapanel, prototípus shield, univerzális NYÁK.

Választási szempont

Ne a legtöbb modult építsétek be, hanem a szükségeseket megbízhatóan.

Integráció

Külön teszt után fokozatosan integráljátok a modulokat.

Tápellátás és elektromos megbízhatóság

- A motorok áramlökései zavart okozhatnak a mikrokontroller és a szenzorok tápján.
- Legyen közös GND, megfelelő vezeték-keresztmetszet és stabil csatlakozás.
- A motor és a logika tápútját érdemes szétválasztani/szűrni, ahol lehet.
- A verseny előtt teljesen feltöltött, azonos állapotú akkumulátorral teszteljetelek.

Tipikus hiba

Reset vagy téves szenzorérték motorindításkor.

Megelőzés

Tápfeszültség mérés, kondenzátorok, rendezett kábelezés, terheléses teszt.

Tesztelési terv

- 1. Motorok külön: irány, PWM, minimális indulási érték.
- 2. Szenzorok külön: tartomány, zaj, holtter, frissítési idő.
- 3. Egyenesfutás és fal-követés.
- 4. 90°-os fordulás mindkét irányba.
- 5. RFID/piktogram felismerés álló, majd mozgó robotnál.
- 6. Előfeladatok teljesítése 10/10 alkalommal.
- 7. Komplet pály: lassú stabil mód → gyorsítás.

Mérőszám

Ne csak azt írjátok fel, hogy „működött”: idő, hiba, sikerráta.

Release gate

Csak stabil funkcióra építsetek új funkciót.

Versenysztratégia

- A megbízható robot általában többet ér, mint a papíron gyors, de bizonytalan megoldás.
- Legyen SAFE és FAST paraméterkészlet.
- Az első futam célja: érvényes teljesítés és pályatapasztalat.
- A két forduló közötti módosítás legyen előre tervezett: paraméterezés, ne nagy átépítés.
- SPRINT esetén külön optimalizálható az egyenesfutás és a sebesség.

SAFE

Nagyobb tartalékok, kisebb sebesség, konzervatív küszöbök.

FAST

Csak akkor, ha a SAFE mód ismételterően teljesít.

Gyakori hibák

- Túl nagy robot, amely elméletben befér, de kanyarban problémás.
- Csak időalapú fordulás visszacsatolás nélkül.
- Szenzorok kalibrálása asztalon, de nem a pálya anyagán.
- Blokkoló delay()-ek miatt késői szenzorreakció.
- Laza kábelek és breadboard-kontakt hibák.
- Túl sok új funkció az utolsó héten.

Ellenszer

Egyszerű architektúra + mérés + ismételhető teszt.

Aranyszabály

A verseny előtt már ne fejlesszettek alapfunkciót – csak finomhangoljatok.

Javasolt fejlesztési mérföldkövek

- M1 – gördülő platform, stabil táp, motorvezérlés.
- M2 – falérzékelés és egyenesfutás.
- M3 – bal/jobbs fordulás + kanyaros előfeladat.
- M4 – RFID vagy képfeldolgozás integráció.
- M5 – teljes állapotgép és hibakezelés.
- M6 – versenyszerű tesztek, időmérés, gyorsítás.
- M7 – kábelezés rögzítése, dokumentáció, tartalék alkatrészek.

Projektvezetés

Minden mérföldkő végén legyen működő demonstráció.

Csapatmunka

Mechanika, elektronika és szoftver párhuzamosan haladhat, de interfészeket előre rögzítsetek.

Záró ellenőrzőlista

- Robotméret és alkatrész költség megfelel?
- Teljesen autonóm, nincs külső kommunikáció?
- Egyenes és kanyaros előfeladat stabilan megy?
- START/STOP kezelése biztos?
- A választott tájékozási mód működik mozgás közben?
- Akkumulátor, csatlakozók, mechanikai rögzítések rendben?
- Van SAFE konfiguráció és gyors visszaállítási lehetőség?

Cél

Ne egy egyszer működő prototípust, hanem reprodukálható versenyrobotot vigyetek.

Következő lépés

Építsetek minimális működő robotot, majd mérés alapján iteráljatok.

Köszönöm a figyelmet!



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

NTP-SZKOLL-25



Nemzeti Tehetség
Program