

# NASTANAK I RAZVOJ ROBOTA

---

## 1. Početna ideja i vizija

Projekt je započeo s jasnom idejom i željom za sudjelovanjem na natjecanju iz robotike, no od samog početka oblikovala se i jedna važnija vodilja: robot Recycler ne bi smio biti samo funkcionalan, već i odgovoran prema okolišu. Tema natjecanja o recikliranju otpada inspirirala nas je da načela kružnog gospodarstva primijenimo i na samu izradu robota, a ne samo na zadatak koji obavlja.

Od početka smo svjesno birali pristup koji smanjuje troškove, otpad i potrošnju novih resursa. Koračne motore skinuli smo sa starih 3D printera koji bi inače završili u smeću, čime smo ujedno uštedjeli novac i dali novi život već postojećim dijelovima. Većinu mehaničkih dijelova kao što su: kućišta motora, držači senzora, kućište baterije i držači za otpad na robotskoj ruci, izradili smo 3D printanjem od PETG materijala. PETG je visoko reciklabilan i otporniji na udarce i toplinu od običnog PLA plastike. Vlastite PCB pločice glodali smo sami u školi, što znači da nismo morali naručiti industrijsku izradu, a uz to smo naučili vještinu koja nam ostaje za sve buduće projekte.

Bazu robota osmislili smo modularno, što znači da H konstrukcija nije vezana samo za ovaj projekt nego se može prilagoditi i koristiti u budućim projektima ili natjecanjima. Isti princip vrijedi i za elektroniku jer su ploče dizajnirane kao zasebni, zamjenjivi moduli koji se lako mogu popraviti ili nadograditi.

Dok smo čekali na konačni model natjecateljskog zadatka, razmatrali smo različite koncepte kretanja i upravljanja. Uvijek smo imali na umu da rješenje bude što jednostavnije za izradu i popravak, jer robot koji se može popraviti ne postaje otpad.

## 2. Mehanička konstrukcija

### 2.1. Baza robota i omniwheel kotači

Za pogon robota odlučili smo se za omniwheel kotače koji omogućuju translacijsko i rotacijsko gibanje cijelog robota. Prvotno smo izradili jednu bazu, no kada su kotači stigli, pokazalo se da nisu kompatibilni s X konfiguracijom na kojoj je baza bila zasnovana.

Kao rješenje, izradili smo novu bazu u obliku slova H koja je bila lako prilagodljiva različitim konfiguracijama. Ovakav dizajn pokazao se kao puno fleksibilnije rješenje koje smo mogli prilagoditi potrebama natjecanja.

## 2.2. Pogonski motori

Za pogon kotača koristili smo koračne motore skinute sa starih 3D printera. Ovakav pristup bio je troškovno učinkovit i ekološki prihvatljiv. Za svaki motor izradili smo kućišta koja su 3D printana.

Nakon dolaska omniwheel kotača, izradili smo spojke koji su nam omogućili pričvršćivanje kotača na osovine motora. Spojke su bile precizno dizajnirane kako bi osigurali čvrstu vezu bez proklizavanja.



Slika 3. Izrađena spojka od aluminija



Slika 4. Izrada spojke na troosnoj glodalici

## 2.3. Robotska ruka i griper

Paralelno s razvojem baze, radili smo na robotskoj ruci i griperu. Za zglobove robotske ruke odabrali smo servo motore koji pružaju precizno upravljanje položajem. Griper je pokretan jednim manjim, ali dovoljno snažnim servo motorom koji može obavljati zadatak hvatanja i puštanja predmeta.

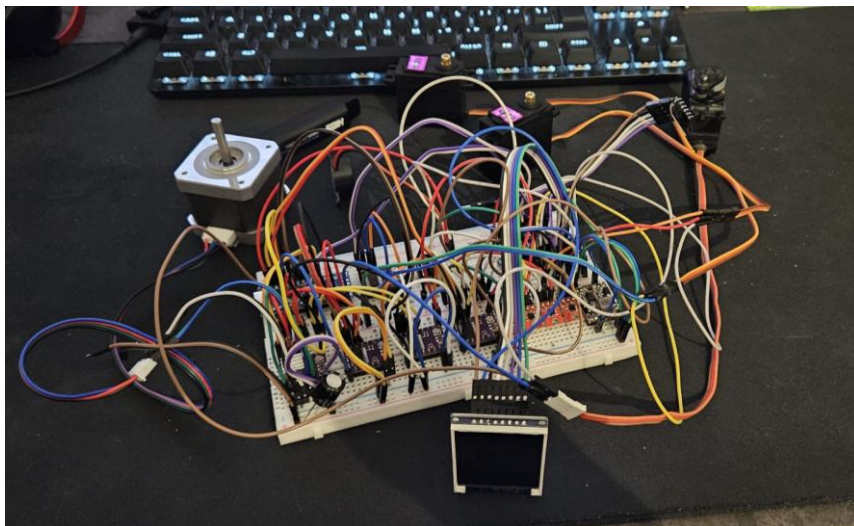
Za rotaciju cijele robotske ruke ugrađen je koračni motor, također recikliran sa starih 3D printera, što je osiguralo precizno i kontrolirano okretanje.

Kako bismo uštedjeli na vremenu za vrijeme natjecanja, izradili smo posebne držače koji robotskoj ruci služe za privremeno odlaganje otpada. Ti držači omogućavaju prijenos više predmeta u jednom prolazu do mjesta za odlaganje.

## 3. Razvoj elektroničkog sustava

### 3.1. Prototipiranje na eksperimentalnoj pločici

Cijeli elektronički sklop je u prvoj fazi spojen na eksperimentalnu pločicu. Ovakav pristup omogućio nam je brzo testiranje različitih konfiguracija bez trajnih veza. Paralelno s tim pisali smo kod za pokretanje sklopa. U pisanju programskog koda pomagali smo se Claude chatbotom temeljenom na jezičnim modelima Opus 4.6 i Sonnet 4.6 koji nam je pomogao razjasniti dijelove s kojima se do tada nismo susreli.

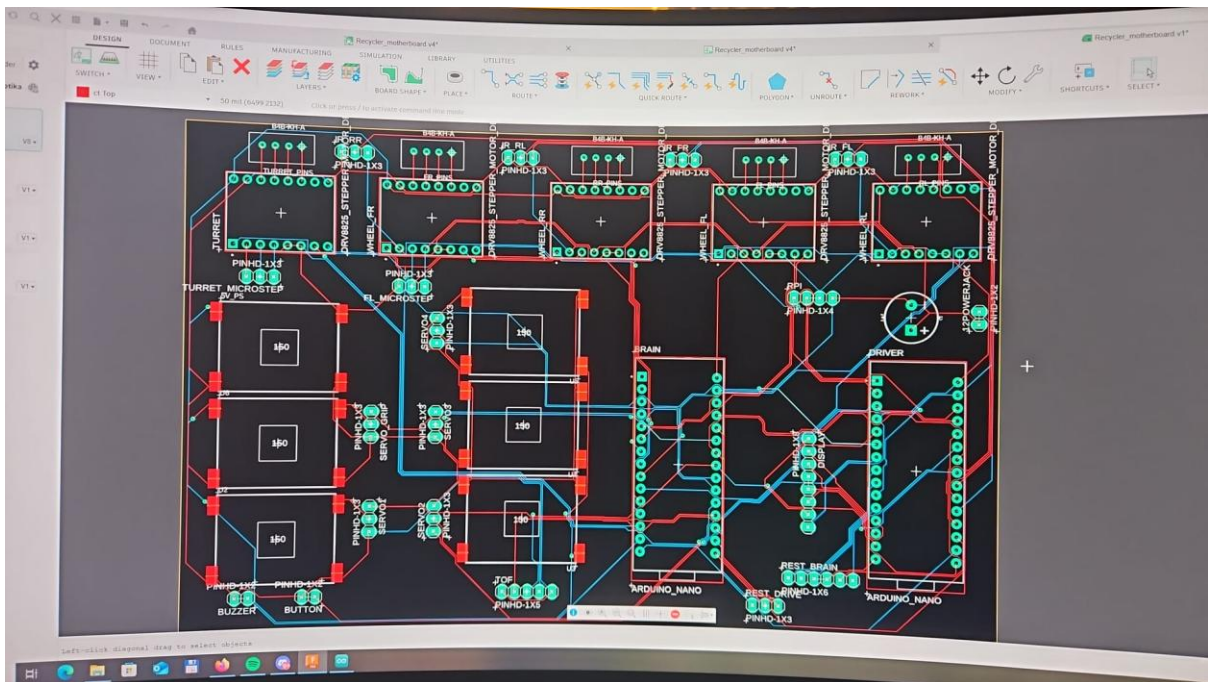


Slika 1. Izrada upravljačke ploče na eksperimentalnoj pločici

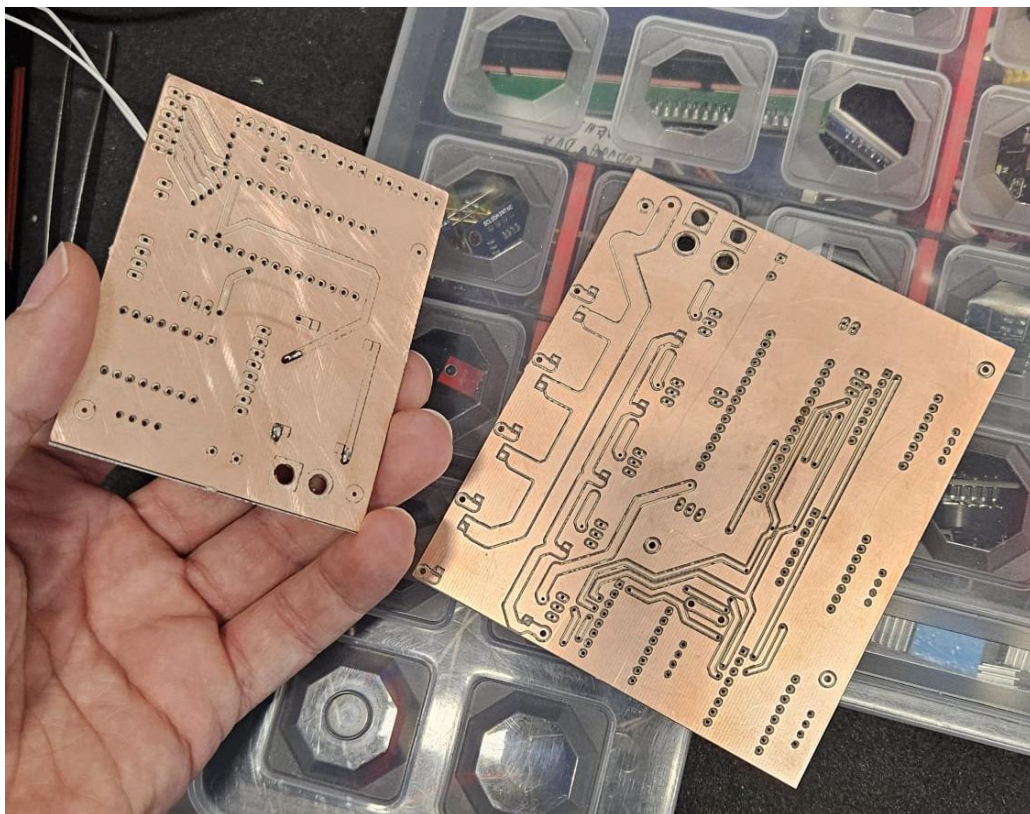
### 3.2. Izrada PCB pločice

Nakon što smo ustanovili i testirali način spajanja, krenuli smo u izradu PCB pločice u aplikaciji Autodesk Fusion. Pločica je uz pomoć mentora pripremljena za glodanje u programu EstlCAM.

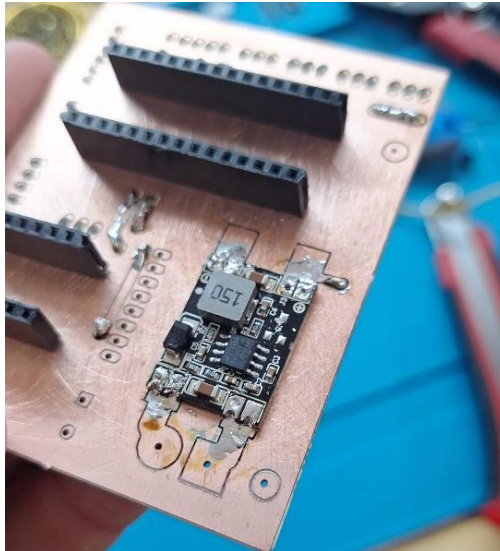
Izradili smo dvije pločice. Prva je bila zadovoljavajuća za naše potrebe, dok je druga trebala izmjene te je ponovo glodana. Nakon uspješnog glodanja, zalemili smo sve komponente na pločice i započeli s izradom svih potrebnih kablova te spajanjem i povezivanjem svega u jednu cjelinu.



Slika 5. Upravljačka ploča u Autodesk Fusion programu



Slika 6. Izrađene upravljačke ploče



Slika 2. Lemljenje komponenta na upravljačke pločice

### 3.3. Napajanje robota

Za napajanje robota odlučili smo se za 20 V bateriju s Bosch bušilice. Ovo rješenje odabrali smo jer je sigurno (smanjena mogućnost zapaljenja u odnosu na LiPo baterije), lako dostupno i praktično za punjenje i zamjenu te ne zahtijeva elektroniku i dodatnu zaštitu od prepražnjenja. Izradili smo 3D printano kućište za bateriju i pritegnuli ga na bazu robota.

## 4. Softver i umjetna inteligencija

### 4.1. Detekcija otpada — YOLOE model

Za detekciju i prepoznavanje vrste otpada na stazi koristimo YOLOE model razvijen od tvrtke Ultralytics. Model je pokrenut na jednopločnom računalu Raspberry Pi 5 u kombinaciji s kamerom. Sustav u stvarnom vremenu detektira i klasificira otpad te čita QR kodove što robotu omogućuje odlučivanje o načinu rukovanja s pojedinim predmetom.

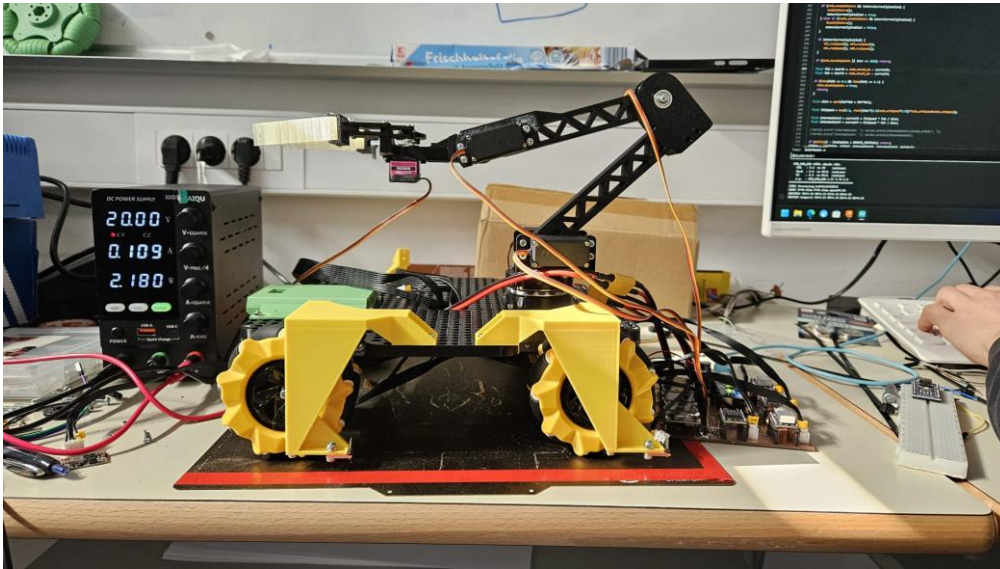
### 4.2. Inverzna kinematika robotske ruke

Upravljanje robotskom rukom temelji se na inverznoj kinematici izrađenoj pomoću Jakobijanske matrice. Ovaj matematički pristup omogućava precizno pozicioniranje gripera u trodimenzionalnom prostoru na temelju zadane ciljne pozicije.

### 4.3. Senzori

Robot je opremljen IR sensorima za detekciju podloge i prepreka, te laserskim TOF sensorom za mjerenje udaljenosti od objekta. Izradili smo 3D printane držače za IR senzore i TOF sensor koji su potom montirani na robota.

## 5. Testiranje i pripreme za natjecanje



Slika 5. Programiranje i usavršavanje robota

Kako bismo mogli testirati robota u stvarnim uvjetima, izradili smo dio staze koja simulira natjecateljsku stazu. Na toj smo stazi provodili testiranja svih sustava — kretanja, detekcije otpada, hvatanja i odlaganja. Testiranja su nam otkrila nekoliko problema koji su zatim riješeni prije završne pripreme za natjecanje.

## 6. Izazovi i zaključak

Kao prvi tim iz naše škole na ovom natjecanju, suočili smo se s nizom izazova:

- Kretanje od nule bez prethodnih resursa ili iskustva tima
- Nekompatibilnost prvih kotača s planiranom konfiguracijom baze
- Potreba za ponovnim glodanjem PCB pločice zbog pogrešaka
- Učenje novih tehnologija (inverzna kinematika, YOLOE, PCB dizajn)
- Vremenski pritisak koji je zahtijevao rad vikendom i nakon nastave

Unatoč svim izazovima, tim je uspješno izradio funkcionalnog robota sposobnog za obavljanje zadatka natjecanja. Ovo iskustvo pružilo nam je neprocjenjivo znanje i temelj za buduće sudjelovanje na natjecanjima.