

Robotika kao znanstvena disciplina sveprisutna je u učionicama, radionicama i kućanstvima. Dostupnost svim zainteresiranim dobnim skupinama mladih potiče iznimnu znatiželju za razumijevanje principa rada različitih strojeva, robotiziranih i automatiziranih sustava. Edukativni modeli robotskih vozila kompaktne su konstrukcije, programabilni i potpuno funkcionalni te učenicima pružaju nezaboravno iskustvo u razumijevanju načina njihova rada.

Ručnim upravljanjem robota u školskom okruženju dobiva se niz konkretnih obrazovnih prednosti koje je nemoguće usvojiti isključivo autonomnim sustavima. Učenici imaju neposrednu kontrolu nad robotom, što ubrzava razumijevanje uzročno-posljedičnih veza. Kada učenik pritisne tipku ili pomakne joystick i odmah vidi reakciju robota, lakše shvaća kako naredbe utječu na kretanje i ponašanje robotiziranog sustava. Potiče razvoj fine motorike i koordinacije jer upravljanje robotom zahtijeva preciznost, usklađivanje pokreta ruku i vida te brzu prilagodbu. Povećava angažiranost i motivaciju jer ručno upravljanje djeluje poput igre, pa učenici aktivnije sudjeluju, eksperimentiraju i duže zadržavaju pažnju tijekom nastave. Učenici lakše usvajaju osnove tehničkih i inženjerskih koncepata jer upravljanjem robotičkim modelom uče o smjerovima kretanja, brzini gibanja, koordinatama usvajanjem osnovnih fizikalnih pojmova (sila i trenje). Ručni način rada omogućuje brzo testiranje robotiziranog sustava i ispravljanje pogrešaka pri čemu učenici vide učinak i njegovu funkciju bez čekanja na kompleksniju izradu programskog rješenja. Dobrobit ovakvog pristupa potiče razvoj timskog rada i poboljšava komunikaciju kada jedan član tima upravlja robotom, a drugi daje upute ili analizira situaciju, što potiče suradnju te razmjenu različitih pogleda i idejnih rješenja. Ručno upravljanje predstavlja izvrstan uvod u principe rada autonomnih robotiziranih sustava. Učenici razumiju kako robot reagira na naredbe što im omogućuje lakši prijelaz na programiranje i automatizaciju gibanja robota. Ručno upravljanje robotima u školama čini učenje konkretnim, interaktivnim i pristupačnim, posebno u početnim fazama tehničkog obrazovanja. Ručno upravljanje osigurava izravnu komunikaciju povratnih informacija između djeteta i stroja te utječe na razvoj:

Tehničkih vještina – Kada dijete samo upravlja vozilom mora razumjeti što se uistinu događa te kako motor reagira na ulazni signal i što senzori detektiraju. Greška je odmah vidljiva – vozilo je udarilo u zid ili nije prošlo prepreku. Programiranje upravljačke logike postaje smisljeno jer dijete odmah testira kod programa. Nasuprot tome autonomni sustavi dijete postavljaju u ulogu pasivnog promatrača.

Logičkog razmišljanja i percepcije prostora – Ručno upravljanje zahtijeva kontinuirano odlučivanje: procjenu udaljenosti, predviđanje trajektorije, reagiranje na promjene poligona. Aktivno upravljanje robotskim vozilom razvija mentalnu aktivnost rotacijom različitih objekata i prostornu intuiciju brže od pasivnog promatranja. Autonomni roboti ne razvijaju kod djece mentalnu aktivnost i sposobnost percepcije okoline.

Motoričke vještine i reakcijsko vrijeme – Za mlađu djecu (6–12 godina) ručno upravljanje joystickom potiče razvoj fine motorike prstiju i koordinaciju lokomotornog sustava (ruka – oko). Tako razvijene

motoričke vještine temelj su za sposobnost upravljanja složenijim alatima, od laboratorijskog pribora do kirurških instrumenata.

Ručno upravljanje potiče aktivnost učenika koji samostalno donosi odluke, što zahtijeva njegovu odgovornost. Ovime se izgrađuje samopouzdanje i otpornost na neuspjeh te jača učenikove kompetencije.

Sastavljanje konstrukcije modela robotskog vozila izvodimo u koracima koji su određeni fazama izrade konstrukcije. Definiranje ciljeva i tehničkih karakteristika određuju dimenzije, oblik i terenski uvjeti na kojima će se robotsko vozilo upotrebljavati te funkcionalnost tijekom izvršavanja radnih zadataka. Dizajniranje robotskog vozila započinje crtanjem skice i tehničkih crteža, ovisno o namjeni, pri čemu upotrebljavamo program za izradu modela.

Suvremeni princip izvedbe ručnog upravljanja pomoću radiofrekvencijske komunikacije.

Radiofrekvencijsko (RF) upravljanje primjenom upravljačke konzole koja šalje signale na frekvencijama od 27 MHz, 40 MHz ili 2,4 GHz do prijemnika u robotskom vozilu. Suvremeni 2,4 GHz sustavi koriste naprednu tehnologiju automatskog vezivanja (*binding*) i FHSS/DSSS modulaciju radi otpornosti na smetnje.

Komponente radiofrekvencijske komunikacije:

- upravljačka konzola s joystickom
- prijemnik u robotskom vozilu
- motori koji pretvaraju električni signal u mehanički pokret (upravljačka konzola, kočnice)
- elektronički regulator brzine (ESC) koji kontrolira pogonski motor
- izvor napajanja (baterija) i energetski sustav robotskog vozila
- napredni elektronički sustavi (npr. Futaba S.BUS, Spektrum DSM2/DSMX) omogućuju povratnu vezu: napon baterije, temperatura motora i GPS podaci prosljeđuju se vozaču u realnom vremenu.

Prednosti ručnog upravljanja robotskim vozilom:

Vozač reagira na nepredvidive situacije koristeći vlastitu prosudbu i lako se prilagođava novim uvjetima na poligonu bez reprogramiranja. Iskusni vozač donosi odluke brže od algoritma u složenim situacijama. Manja uporaba programske opreme smanjuje vjerojatnost greške tijekom upravljanja (kvar). Manja cijena implementacije u odnosu na autonomni sustav upravljanja. Vozač trenutačno prepoznaje i ispravlja uočene nepravilnosti.

Ručno upravljanje robotskim vozilom

Model robotskog vozila izrađen je od gradivnih elemenata Fischertechnika, pogonskog mehanizma (elektromotora), prijenosnog mehanizma (getriba) i gonjenog mehanizma (kotača). Upravljanje robotskim vozilom omogućavaju dodirni senzori (tipkala) koji su spojeni vodičima s izvorom napajanja (baterija) i motorima.

Slika 1. RV_4M

Konstrukcija modela robotskog vozila izrađena je od gradivnih elemenata Fischertechnika, a njome upravljammo pomoću dodirnih senzora (tipkala). Izradu konstrukcije i kretanje vozila u svim smjerovima osigurava popis potrebnih konstrukcijskih blokova i način spajanja elektrotehničkih elemenata.

Slika 2. FT_elementi

Robotsko vozilo – izrada konstrukcije

Sastavljanje konstrukcije robotskog vozila, povezivanje vodičima sa spojnicama i spajanje dodirnih senzora i elektromotora za vrtnju kotača.

Konstrukcijski izazov pri sastavljanju modela je izraditi kompaktan raspored gradivnih elemenata robotskog vozila te uredan spoj elektrotehničkih elemenata s vodičima i izvorom napajanja (baterija).

Faze izrade konstrukcije robotskog modela:

- izrada konstrukcije robotskog vozila (četiri elektromotora)
- izrada upravljačkog sklopa s dodirnim senzorima (četiri tipkala)
- povezivanje električnih elemenata vodičima i s izvorom napajanja.

Napomena: Duljina vodiča sa spojnicama određena je udaljenošću električnih elemenata na robotskom vozilu od upravljačkog sklopa (četiri tipkala) i pozicijom izvora napajanja (baterija U = 9 V).

Model robotskog vozila građen je od četiri elektromotora i upravljačkog sklopa s četiri dodirna senzora (tipkala).

Konstrukcijski i inženjerski izazovi: gradivnim elementima izraditi funkcionalnu konstrukciju robotskog vozila s ručno upravljanjem sklopom i električne elemente povezati vodičima i s izvorom napajanja.

Slika 3. konstrukcijaA

Slika 4. konstrukcijaB

Slika 5. konstrukcijaC

Slika 6. konstrukcijaD

Mali crveni građevni blok sa spojnikom i tri provrta pozicionirajte na donji bočni utor i učvrstite jedan pored drugog između četiri elektromotora. Dodajte drugi identičan građevni blok. Pokretanje prijenosnog mehanizma osigurava elektromotor koji prenosi vrtnju na osovinu spoju na kotač. Dva građevna bloka spaja građevni element s osovinom (90 mm) koja prolazi kroz gornje provrte te ih međusobno povezuje. Umetnite dva mala crna građevna bloka s dva spojnika i postavite ih da se dodiruju između utora elektromotora. Na osovinu postavite graničnik koji osigurava potrebnu udaljenost radi nadogradnje i prijenosa rotacijskog gibanja pogonskog mehanizma.

Slika 7. konstrukcijaE

Slika 8. konstrukcijaF

Slika 9. konstrukcijaG

Dva elektromotora spojite u cjelinu bočnim smicanjem pazeći na položaj metalnih osovine koje moraju biti pozicionirane nasuprot. Na vanjski dio osovine umetnite valjkaste odstojnike i osigurajte s dva graničnika koji osiguravaju čvrstoću pomičnih elemenata. Spajanje zupčanika s dijelovima prijenosnog mehanizma odvija se preko osovine koja osigurava prijenos gibanja (rotaciju) na kotače vozila.

Slika 10. konstrukcijaH

Slika 11. konstrukcijaI

Slika 12. konstrukcijaJ

Slika 13. konstrukcijaK

Slika 14. konstrukcijaL

Umetnite dva velika crna građevna bloka na vanjske bočne stranice elektromotora tako da se dodiruju. Postavite u njihove utore dvije spojnice iste duljine. Na njih umetnite male crvene elemente s četiri utora. Preostala dva elektromotora spojite u cjelinu bočnim smicanjem pazeći na položaj metalnih osovine koje moraju biti pozicionirane nasuprot. Ovime je

osigurana simetričnost konstrukcije robotskog vozila i neovisnost rotacije sva četiri elektromotora.

Prijenos kružnog gibanja (rotacije) elektromotora na prijenosni mehanizam zupčanika ostvarena je zupčanicima koji su međusobno povezani. Pogonski elektromotor povezan je s prijenosnim mehanizmom koji osigurava promjenu smjera rotacije s pomoću dva povezana zupčanika različitih veličina. Uloga zupčanika je smanjivanje broja okretaja elektromotora i usporavanje vrtnje osovine na koju su spojeni kotači.

Napomena: Pozicija elektromotora definirana je izradom konstrukcije robotskog vozila. Točno podešavanje i simetrično pozicioniranje elektromotora s prijenosnim mehanizmima osigurava funkcionalnost robotskog vozila.

Slika 15. konstrukcijaLJ

Slika 16 konstrukcijaM

Slika 17.konstrukcijaN

Oplatu kotača spojite u cjelinu pazeći na položaj četvrtastih utora. U žljebove oplata kotača umetnite valjkaste elemente koji su sastavljeni na krajevima osovine s okruglim elementima spoja. Sastavljanje u cijelosti gonjenog elementa robotskog vozila olakšava njegovu rotaciju u svim smjerovima.

Slika 18. konstrukcijaNJ

Slika 19. konstrukcijaO

Slika 20. konstrukcijaP

Slika 21. konstrukcijaR

Slika 22. konstrukcijaS

Spajanje oplata kotača sa steznom maticom osigurava čvrsti spoj i njihovu rotaciju s robotskim vozilom. Ovime je osigurana kontinuirana rotacija zupčanika povezanog s osovinom kotača. Kotači su učvršćeni steznom maticama koje su okrenute prema van. **Napomena:** Čvrsto stegnuti steznu maticu na kotaču radi sigurnosti pri kretanju robotskog vozila tijekom promjene smjera gibanja. Krajnji položaj stezne matice na osovinu zupčanika omogućava čvrstoću spoja pri rotaciji kotača.

Slika 23. RV_4M1

Elektromotori osiguravaju neovisno pokretanje/zaustavljanje u omogućuju potpunu kontrolu pri upravljanju robotskim vozilom. Ovime je osigurana stabilnost tijekom gibanja i upravljanje robotskim vozilom u svim smjerovima. Postavite vodiče duljine približno dva metra i povežite ih s elektromotorima i upravljačkim sklopom.

Napomena: vodilica u obliku potkove olakšava uredno postavljanje vodiča i omogućava njihovu preglednost.

Upravljački sklop

Funkcionalnost konstrukcije upravljačkog sklopa definira projektni inženjer.

Upravljački sklop – izrada konstrukcije

Elementi konstrukcije upravljačkog sklopa (četiri tipkala, izvor napajanja – baterija i vodiči) povezani su međusobno u cjelinu čime je osigurana funkcionalnost i upravljanje tijekom vožnje robotskog vozila. Baterija je smještena ispod upravljačkog sklopa.

Napomena: Izvor napajanja (bateriju) moguće je brzo zamijeniti u trenutku kada napon padne ispod (U = 9 V).

Slika 24. US1

Postavljanjem četiri tipkala u prikladan položaj osigurana je dobra ergonomija tijekom upravljanja robotskim vozilom. Udaljenost između dodirnih

senzora određena je pozicijom spajanja vodiča sa spojnicama na upravljačkom sklopu. Nakon što su tipkala i baterija postavljeni i povezani, provjerite jesu li svi dijelovi ispravno spojeni. Testirajte tipkala i provjerite njegovu funkcionalnost kada ga pritisnemo. Provjerite vodiče koji povezuju bateriju s upravljačkim sklopom i izmjerite napon baterije pod opterećenjem.

Elektrotehnički elementi (elektromotori M1 – M4) uvijek se povezuju s lijeve na desnu stranu robotskog vozila. Pravilan način spajanja vodiča olakšava podešavanje i kontrolu ispravnosti elektrotehničkih elemenata tijekom provjere.

Upravljački sklop – ručno upravljanje

Povezivanje elektroničkih elemenata s upravljačkim sklopom:

- dodirni senzori: robotsko vozilo NAPRIJED (I1 – lijevi, I4 – desni)
- robotsko vozilo NATRAG (I2 – lijevi, I3 – desni)
- elektromotori (M1, M3 – lijevi, M2, M4 – desni) s upravljačkim sklopom
- izvor napajanja – baterija (U = 9 V) s upravljačkim sklopom.

Napomena: Podešavanje duljine vodiča na prikladnu duljinu omogućava uštedu materijala i bolju preglednost spojeva vodiča. Uredno spajanje vodiča i njihovo grupiranje onemogućava uplitanje u rotirajuće pogonske elemente (kotači i zupčanici) robotskog vozila.

Slika 25. US2

Kontrola i provjera prije pokretanja robotskog vozila:

- vizualno pregledati robotsko vozilo i ispraviti uočene nedostatke
- provjeriti vodiče i spojnice s izvorom napajanja (baterijom U = 9 V)
- provjeriti rad elektrotehničkih elemenata (elektromotora) i dodirnih senzora (tipkala).

Tipkala		MOTORI			
I1	I2	I3	I4	M1, M3	M2, M4
(lijevi)	(lijevi)	(desni)	(desni)	(lijevi)	(desni)
1	0	0	1	cw (naprijed)	cw (naprijed)
1	0	1	0	cw (naprijed)	ccw (nazad)
0	1	0	1	ccw (nazad)	cw (naprijed)
0	1	1	0	ccw (nazad)	ccw (nazad)

Tablica stanja ulaznih/izlaznih elemenata

Zadatak_1: Konstruiraj model robotskog vozila i izradi upravljački sklop s četiri tipkala koji omogućava upravljanje robotskim vozilom u svim smjerovima. Tipkala i bateriju izradi modularno radi jednostavne izmjene baterije. Robotizirani model vozila mora se kretati u svim smjerovima (naprijed, natrag, lijevo, desno, okret lijevo, okret desno).

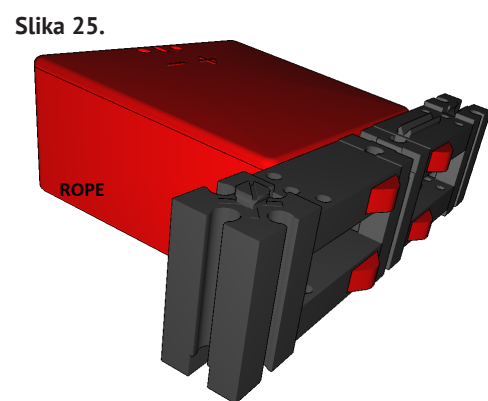
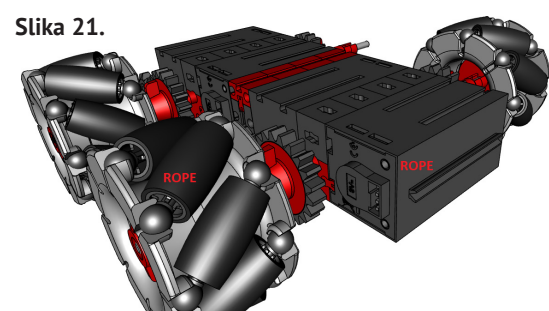
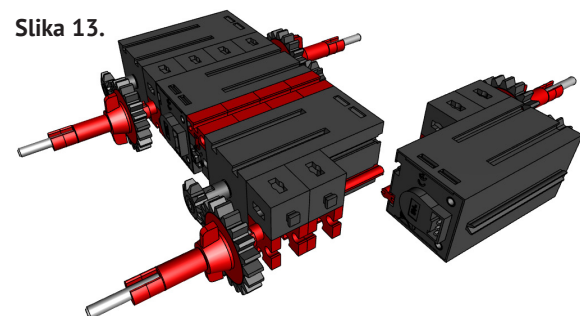
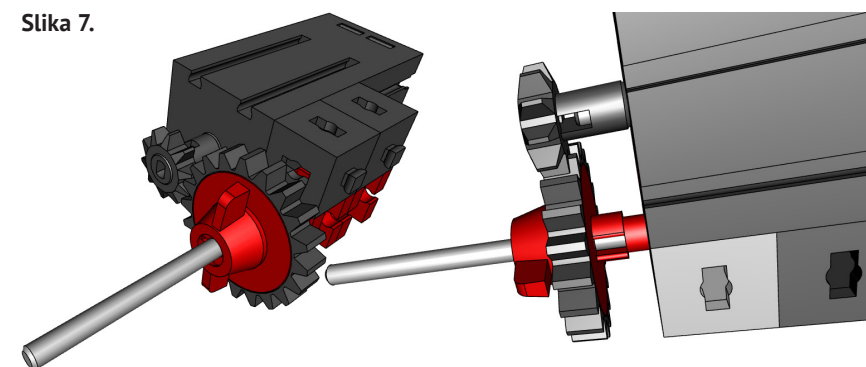
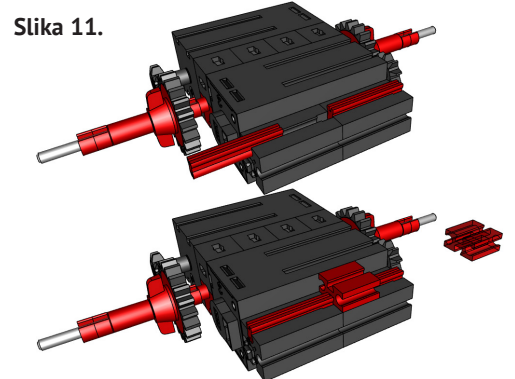
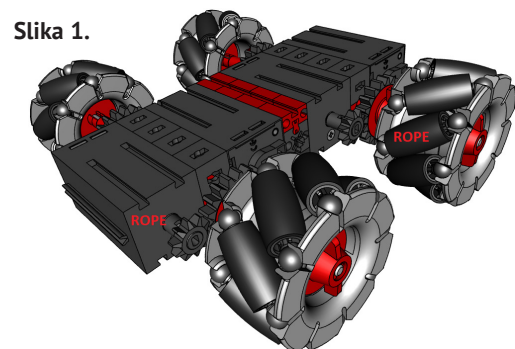
Upravljanje robotskim vozilom omogućavaju četiri tipkala povezana dugačkim vodičima s upravljačkim sklopom.

Napomena: Prikladna duljina vodiča (2 m) kojima su spojeni elektromotori omogućava jednostavno gibanje u svim smjerovima robotskog vozila.

Upravljački sklop (način rada):

- pritiskom tipkala (I1 i I4) robot se giba naprijed
- pritiskom tipkala (I2 i I3) robot se giba natrag
- pritiskom tipkala (I1 ili I3) robot skreće desno
- pritiskom tipkala (I2 ili I4) robot skreće lijevo.

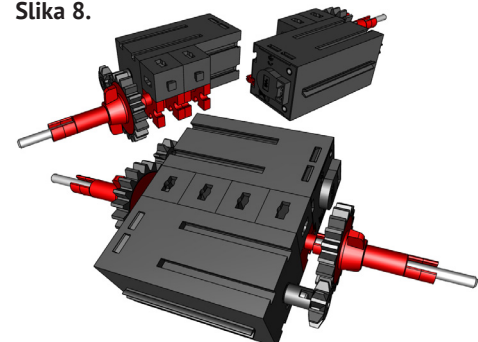
Napomena: provjerom rada dodirnih senzora kontroliramo smjer vrtnje elektromotora prije vožnje. Ako je smjer vrtnje elektromotora suprotan, moramo



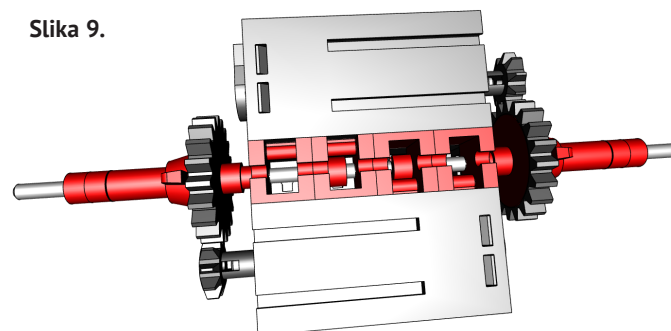
Slika 2.

1	8x		4x	5	4x		8x	8	2x		4x	17	4x		2x
2	4x		4x	7	2x	12	4x		2x	13	28x		14x		
3	4x		4x		4x	11	2x		2x	15	1x		1x		
4	4x		4x		4x	14	1x		1x	16	2x		2x		
18	28x		14x	19	1x		1x	20	1x		1x				

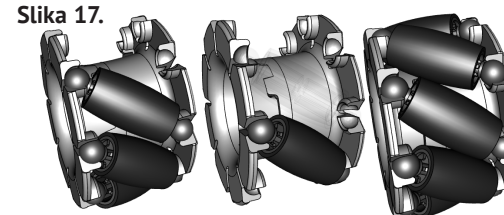
Slika 8.



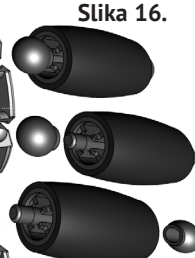
Slika 9.



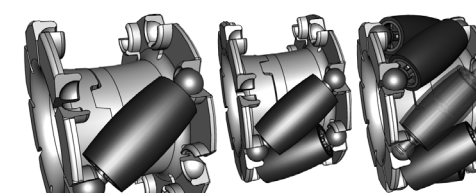
Slika 17.



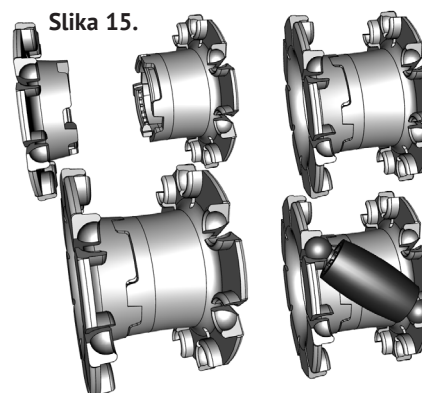
Slika 16.



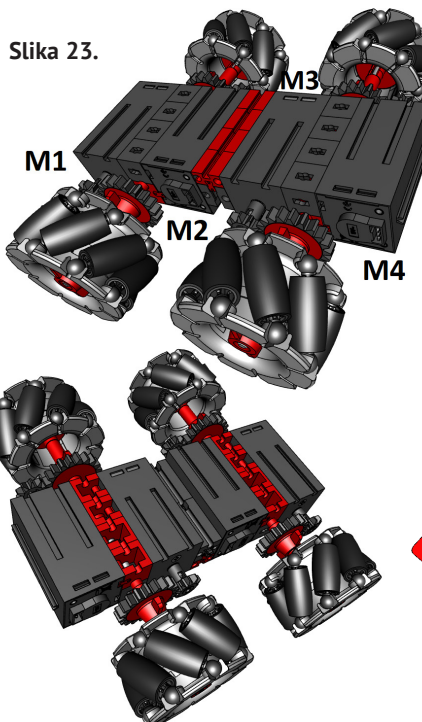
Slika 20.



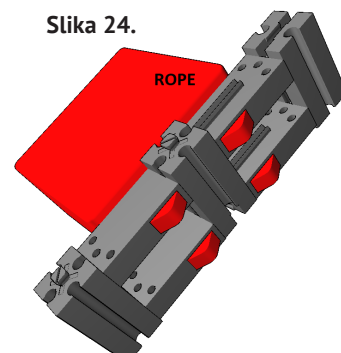
Slika 15.



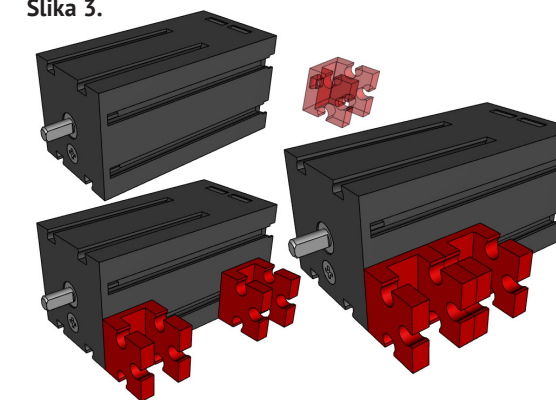
Slika 23.



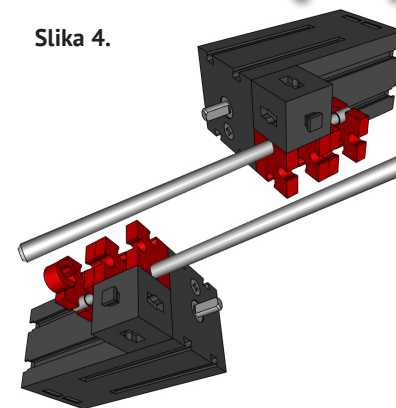
Slika 24.



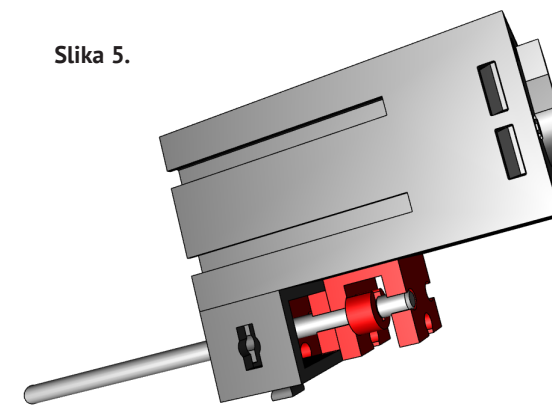
Slika 3.



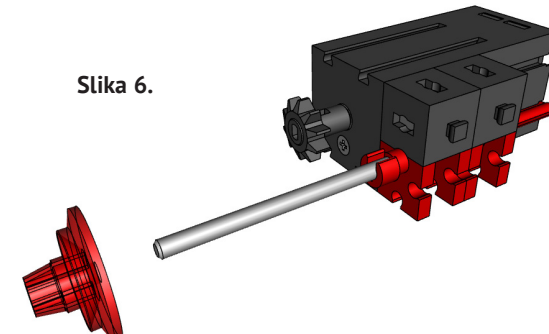
Slika 4.



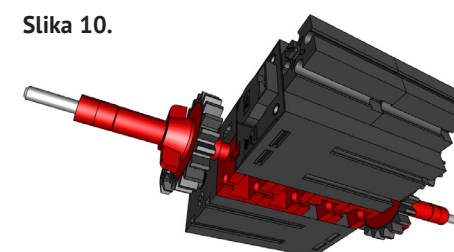
Slika 5.



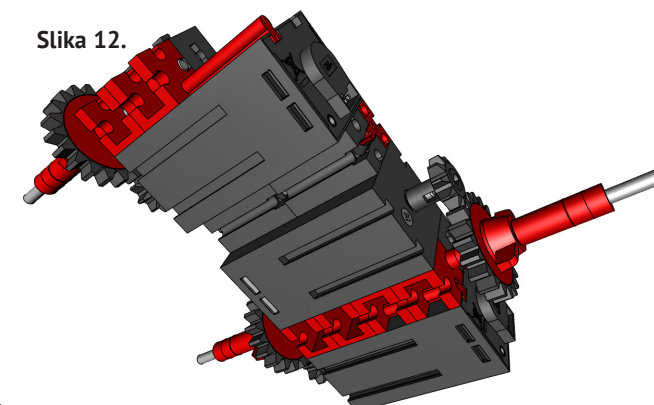
Slika 6.



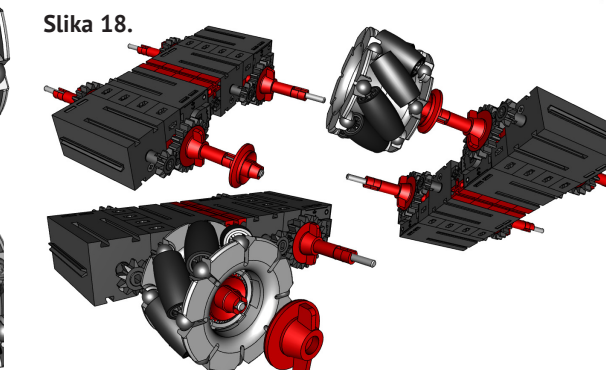
Slika 10.



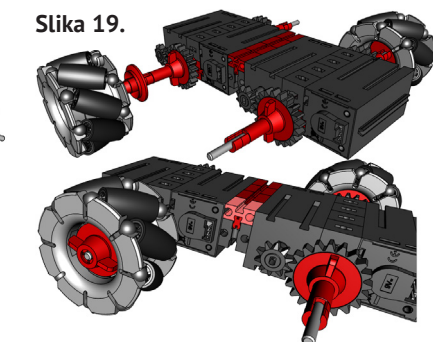
Slika 12.



Slika 18.



Slika 19.



zamijeniti mjesta vodičima (polaritet) na jednom elektromotoru.

Upravljački sklop – autonomno upravljanje

Poveži elektroničke elemente s TXT međusklopom i testiraj programski rad spojenih elemenata.

DODIRNI SENZORI (tipkala)				AKTUATORI (motori)			
I1	I2	I3	I4	M1, M3 (lijevi)	M2, M4 (desni)		
1	0	0	1	cw (naprijed)	cw (naprijed)		
1	0	0	0	cw (naprijed)	ccw (natrag)		
0	0	0	1	ccw (natrag)	cw (naprijed)		
0	1	1	0	ccw (natrag)	ccw (natrag)		

Tablica stanja ulaznih/izlaznih elemenata

Zadatak 2: Konstruiraj model robotskog vozila, napiši algoritam i dijagram tijeka (program) koji omogućava upravljanje robotskim vozilom upravljačkim sklopom s četiri tipkala. Robotizirani model vozila može se kretati u svim smjerovima (naprijed, natrag, lijevo, desno, okret lijevo, okret desno). Izradi algoritam gibanja robota i program kojim pritiskom tipkala I1, I4 pokreću motore naprijed, a pritiskom tipkala I2, I3 pokreću motore natrag. Prilagodi i smanji brzinu vrtnje motora ($v = 5$).

Vježbe upravljanja robotskim vozilom:

Vježba 1. Postavite na čvrstu podlogu usporedno dvije crne izolirane trake duljine trideset centimetra, međusobno udalje-

ne četrdeset centimetra. Upravlajte robotskim vozilom prema naprijed bez dodirivanja kotačima rubova izolirane trake. Prilagodite programski brzinu robota. Prenesite program na TXT međusklop i pokrenite robotsko vozilo.

Vježba 2. Na istoj stazi upravljajte robotskim vozilom prema natrag bez dodirivanja kotačima rubova izolirane trake. Ako je potrebno, programski prilagodite brzinu. Prenesite program na TXT međusklop i pokrenite robotsko vozilo.

Vježba 3. Postavite na čvrstu podlogu dvije crne izolirane trake proizvoljne duljine, usporedno u obliku broja osam međusobno udaljene pedeset centimetra. Upravlajte robotskim vozilom prema naprijed bez dodirivanja rubova izolirane trake. Ako je potrebno, prilagodite programski brzinu robota. Prenesite program na TXT međusklop i pokrenite robotsko vozilo.

Vježba 4. Postavite na čvrstu podlogu crnu izoliranu traku koja će opisati elipsu ili kružnicu promjera četrdeset centimetra. Upravlajte robotskim vozilom prema naprijed tako da desni kotač uvijek dodiruje crnu izoliranu traku. Prenesite program na TXT međusklop i pokrenite robotsko vozilo.

Petar Dobrić, prof.