

Robota koji hodaju kako „uče“ raditi prve korake?

Roboti koji hodaju su sadašnjost i budućnost razvoja tehnologije jer se mogu kretati svugdje gdje se kreću ljudi.

Vrste robota koji hodaju primjenjuju primjere iz prirodnog okruženja od kukaca do humanoida. U robotici broj nogu diktira koliko je robot stabilan i koliko ga je zahtjevno programirati. U osnovnoj školi najčešće se susrećemo s tri vrste robotičkih modela:

Bipedalni roboti (Dvonošci / Humanoidi): Hodaju na dvije noge kao ljudi i najveći izazov su za inženjere. Zašto? Pokušajte stajati na jednoj nozi zatvorenih očiju – zahtjeva vještinu i koncentraciju je. Robotički modeli s dvije moraju u svakoj milisekundi računati gdje im se nalazi centar mase kako ne bi pali.

Kvadruped (Četveronošci) izgledaju poput mehaničkih pasa. Vrlo su stabilni jer u hodu gotovo uvijek imaju tri noge na tlu dok jedna radi korak.

Heksapod (Šesteronošci) su roboti koji oponašaju kukce i vrlo su stabilni tijekom gibanja. Dok hodaju, podižu tri noge istovremeno (trokut), dok preostale tri čvrsto drže ravnotežu na tlu.

Primjena robota u različitim opasnim i teškim poslovima za ljude je sveprisutna u svijetu. Spašavanje u katastrofama nakon potresa ili eksplozija, četveronožni roboti mogu ući u ruševine zgrada, penjati se preko greda i tražiti preživjele s pomoću termalnih kamera. Dostava namirnica i pomoć u kući s humanoidnim robotima u budućnosti koji će nositi teret i pakete uz stepenice ili pomagati starijim osobama tijekom kretanja.

Izrada funkcionalne konstrukcije robota koji hoda u školskom laboratoriju ili u sklopu tehničke kulture izvrstan je projekt za učenike viših razreda. Za izradu konstrukcije tijela i noge robota koristimo komponente iz Fischertechnik setova uporabom Fischertechnik dijelove, ili ih možete sami dizajnirati i izrezati od lagane šperploče, plastike, pa čak i isprintati na 3D printeru. Važno je izraditi laganu robotičku konstrukciju kako bi motor koji pokreću mehanizam prijenosa mogao odraditi isti.

Anatomija robotske noge po uzoru na stvarna bića sastoji se od prijenosnog mehanizma (zglobovi) i motora. U robotici, zglobove pokreću motori koji se zovu servo motori ili motori sa servomehanizmom. Za razliku od običnih elektromotora koji se samo vrte ukруг, servo motoru možete odrediti precizno kut zakretanja, npr. "Okreni se za 45 stupnjeva i stani!".

Pokretanje jednog zgloba noge vršimo s pomoću servo motor koji miče nogu naprijed-natrag. Robot se tada više "vuče" nego što hoda.

Napredna varijanta pokretanja noge robota s dva ili tri zgloba oponaša kuk i koljeno. Jedan motor pomiče nogu naprijed-natrag, a drugi gore-dolje. To omogućuje robotu da zapravo podigne nogu s poda, zakorači i spusti je.

Programiranje hoda iznimno je kompleksno i sastoji se od programiranja pojedinih sekvenci (niza) pokreta. Najlakše je početi u blokovskom programiranju (poput Scratcha ili LEGO aplikacije), a napredniji učenici mogu koristiti Python ili C++ (Arduino).

Koncept "Vremenske crte" (Timeline) olakšava razumijevanje pokretanja, hodanja i zaustavljanja robota koji hoda. Da bi robot pravilno hodao, njegovi motori moraju raditi u savršenom ritmu.

Tripod hod za dekapodnog robota (primjer i objašnjenje kretanja):

Podizanje: Motori skupine A (prednja lijeva, srednja desna, stražnja lijeva) podižu se u zrak s pomoću servo motora.

Zamah: Istovremeno, motori skupine A zakreću se prema naprijed. Za to vrijeme, motori skupine B miruje na tlu i guraju robota naprijed.

Spuštanje: Motori skupina A spuštaju natrag na tlo.

Ponavljanje za drugu stranu: Sada motori skupine B rade isto i podiže se, zamahuje prema naprijed i spušta.

Ponavljaj zauvijek:
Digni Grup A -> Pomakni Grup A naprijed -> Spusti Grup A

Digni Grup B -> Pomakni Grup B naprijed -> Spusti Grup B

Senzori omogućuju robotu prepoznavanje okoline te su oči i uši našeg robota kojeg pokrećemo s pomoću programa i upravljamo uključivanjem i isključivanjem senzora:

Ultrazvučni senzor (senzor udaljenosti): Postavlja se na "glavu" robota. Ako senzor očita da je zid bliže od 20 cm, program za hodanje naprijed se zaustavlja i pokreće se program za okretanje u stranu.

Žiro-senzor kontrolira nagib robota (senzor ravnoteže) i ako se robot previše nagne na jednu stranu, žiro-senzor detektira promjenu položaja i javi računalu, koje onda naredi motorima na toj strani da se ispruže i spriječe pad.

Izrada robota koji hoda zahtijeva pažljivo čitanje uputa s nacrtima i shemama spajanje na kontroler. Izrada funkcionalne konstrukcije robotskih nogu iziskuje poznavanje osnovnih geometrijskih principa i primjenu fizikalnih zakonitosti uporabom računalnog programa.

Izrada konstrukcije robota koji hodaju veliki je izazov za inženjere radi složenosti kretanja nogu i nužne sinkronizacije tijekom gibanja na površini koja je različitog nagiba i konfiguracije. Smještaj pokretnih i nepokretnih dijelova koji omogućavaju gibanje uz pravilnu raspodjelu težišta veliki je izazov za inženjere koji konstruiraju humanoidne robote. Mobilne robote pokretane nogama dijelimo prema fizičkim karakteristikama i broju nogu. Izazovi i problemske situacije pri konstruiranju i upravljanju humanoidnih robota najčešće crpe rješenja iz stvarnog svijeta. Robot izrađen po uzoru na konstrukciju čovjeka omogućava lakše razumijevanje i učenje jednostavnih i složenih pokreta.

Dodatni izazov je kako riješiti težište pri kretanju robota koji ima dvije noge. U trenutku dok robot hoda sva njegova masa mora biti raspoređena na stajnoj nozi koja je na podlozi.

Slika1_Walker
Model robota hodača napravljen s pomoću različitih FischerTechnik elemenata sadrži potrebit broj elemenata i građevnih blokova. Tijekom izrade konstrukcije robotičkog modela nužno je smanjiti masu robota minimiziranjem građevnih blokova.

Izrada konstrukcije, povezivanje vodičima modela robota hodača s pomoću međusklopa (izrada programskog rješenja za pokretanje elektromotora, lampica, tipkala i ultrazvučnog senzora).

Modela robota hodača zahtjeva izradu funkcionalne konstrukcije iz FischerTechnik elemenata.

Slika2_FT_elementi

Konstruirat ćemo model robota koji hoda na dvije noge s pomoću tipkala (I1, I2) kojim ručno upravljamo. Model robota se giba naprijed pritiskom na tipkalo1 (I1), odnosno unazad na tipkalo2 (I2).

Izazovi koje trebamo riješiti zahtijevaju poznavanje osnovnih pravila pri hodanju i stavljanje težišta modela robota u najnižu točku. Dodatno je potrebno podesiti i pričvrstiti osovinu sa zupčanikom u centralnom dijelu postolja hodača. Na krajnji dio osovine stavljamo kurbu (ručku) čime osiguravamo nepomičnost, postojanost i početnu poziciju nogu modela robota.

Slika3_konstrukcijaA
Slika4_konstrukcijaB

Dodatni izazov je kako riješiti težište pri kretanju robota koji ima dvije noge. U trenutku dok robot hoda sva njegova masa mora biti raspoređena na stajnoj nozi koja je na podlozi.

Odabir i povezivanje elemenata konstrukcije, njihovo spajanje s prijenosnim mehanizmom i elektromotorom te pužnim prijenosom osiguravamo usporavanje vrtnje elektromotora. Pozicija pogonskog mehanizma elektromotora u odnosu na mehanizam prijenosa omogućava gibanje nogu modela robota.

Slika5_konstrukcijaC
Slika6_konstrukcijaD

Prednja strana postolja na koji je pričvršćen prijenosni mehanizam upotrebljava se za izgradnju nosača koji svojom konstrukcijom omogućava dodatnu stabilnost i olakšava povezivanje tijela modela hodača sa nogama robota. Dodatno učvršćivanje ovih lakših građevnih blokova osigurava izgradnju modela manje mase. Ovo je osnovni preduvjet za uspjeh i funkcionalnost svih dijelova i mehanizama.

Slika7_konstrukcijaE
Slika8_konstrukcijaF

Ručice spojene s osovinom na koju je učvršćen zupčanik povezan s punim prijenosom i elektromotorom omogućavaju nastavak izgradnje konstrukcije koja je važan dio nogu modela robota.

Slika8_konstrukcijaF
Slika9_konstrukcijaG

Umetanje i povezivanje metalnih osovina s gornjom prednjom konstrukcijom i dijelovima povezanim s ručicama hodača postavljaju model na noge, čime je osigurana potpuna stabilnost i funkcionalnost nogu našeg modela.

Napomena: pravilna pozicija gornjih i donjih spojnih elemenata je osnovni preduvjet za potpunu funkcionalnost nogu.

Slika10_konstrukcijaH
Slika11_konstrukcijaI

Napomena: precizno podešavanje i pozicioniranje spojnih dijelova osigurava nesmetano gibanje tijela i nogu modela robota hodača.

Slika12_konstrukcijaJ
Slika13_konstrukcijaK

Napomena: podešavanje razmaka između donjeg dijela nogu je nužan uvjet za potpunu funkcionalnost robota.

Slika14_konstrukcijaL

Napomena: položaj nogu mora biti dijametralno suprotan čime je osigurana potpuna stabilnost modela.

Napomena: Prije pokretanja robota hodača podesite, provjerite i po pričvrstite sve spojne elemente modela hodača.

Slika15_konstrukcijaLJ

Napomena: postavljanje i montaža izvora napajanja (baterije) i međusklopa nije izvedivo na model hodača radi prevelike mase i promjene težišta robota.

Dodatni elementi: LED lampice (O3, O4) i ultrazvučni senzor (I8) koji povećavaju funkcionalnost modela

postavljamo na prednji dio modela. Ovine je osigurana veća interakcija sa okolinom i funkcionalnost hodača. Konstrukciji dodamo dva izmjenična tipkala, dvije lampice, ultrazvučni senzor, spojnice za vodiče i izvor napajanja.

Slika16_konstrukcijaM
Slika17_konstrukcijaN
Slika18_konstrukcijaNI
Slika19_konstrukcijaO
Slika20_konstrukcijaP

Povezivanje elemenata (elektromotor, 2 LED lampice, 2 tipkala, ultrazvučni senzor) s vodičima, TXT sučeljem i izvorom napajanja (baterija, U = 9 V).

Slika21_FT_shema

Shema spajanja elemenata s TXT sučeljem: elektromotor spajamo na (M1) izlaz, lampice (O3 - lijeva, O4 - desna), tipkala (I1 – lijevi, I2 - desni) i ultrazvučni (I8) na ulaze kao na Slici 17. Tipkala spajamo vodičima na digitalne ulaze I1,I2 (crveno) i drugim u uzemljenje (L, zeleno). Potrebno je paziti na poštivanje boja spojnica, urednost i prilagoditi dužinu vodiča.

Ultrazvučni senzor spajamo pazeći na boje vodiča: I8 (crna), uzemljenje (L, zelena), izlaz 9 V (+, crvena). Ovo je potrebno zbog dodatnog napajanje ultrazvučnog senzora.

Napomena: povezivanje svih elektroničkih elemenata radimo prije spajanja izvora napajanja (baterija, U = 9 V).

Provjera rada elektroničkih elemenata provodi se prije izrade algoritma i programa:

- ispravak uočenih nedostataka i dodatno podešavanje razmaka između elemenata donjeg dijela nogu
- povezivanje TXT sučelja s računalom (USB, Bluetooth)
- provjera rada spojenih elemenata: motor, lampice, tipkala, ultrazvučni senzor.

Ovim korakom dobili smo potpunu funkcionalnost modela robota pokretanog s dvije noge.

Slika22_Walker1

Zadatak_1: Napiši algoritam i dijagram tijeka (program) koji omogućava robotu hodaču kretanje prema naprijed, nazad i zaustavljanje.

Slika23_FT_WP

Ručnim upravljanjem pokrenimo model robota koji hoda na dvije noge uz pomoć jednog elektromotora i dva izmjenična tipkala.

Prijenos programa u TXT međusklop omogućava alat koji je neizostavni dio RoboPro programskog jezika. Prije prijenosa programa obavezno spremite programsko rješenje na tvrdi disk računala.

Podešavanje pojedinih elektroničkih elemenata programa (LED lampica, motora, tipkala i ultrazvučnog senzora) radimo uporabom desne tipke miša.

Zadatak_2: Napiši algoritam i dijagram tijeka(program) koji omogućava robotu hodaču kretanje prema naprijed, nazad i zaustavljanje uz istovremeni rad lampica koje se uključuju i isključuju u ovisnosti o kretanju robota (vidi tablicu stanja).

Slika24_FT_WPP1

TIPKALA		MOTOR	LED LAMPICE	
I1 (lijevo)	I2 (desno)	M1	O3 (lijeva)	O4 (desna)
1	1	stop	0	0
1	0	cw (naprijed)	1	0
0	1	ccw (nazad)	0	1
0	0	stop	0	0

Tablica stanja ulaznih/izlaznih elemenata

Napomena: Pritiskom na oba tipkala istovremeno ili mirovanjem tipkala motor (M1) ne radi i LED lampice (O3, O4) ne svijetle. Pritiskom na lijevo tipkalo (I1) motor pokreće model robota prema naprijed i crvena lampica

(O3) svijetli. U trenutku kada pritisnemo desno tipkalo (I2) robot ide nazad i zelena lampica (O4) svijetli.

Izrada i povezivanje s upravljačkim sklopom - pokretanje robota hodača omogućava izrada programskog rješenja s pomoću potprograma.

Potprogrami

Potprogram je neizostavni dio programa koji osigurava nesmetani rad i olakšava rad glavnog programa te pojednostavljuje njegovu izvedbu.

Potprogrami osiguravaju preglednost i jednostavno snalaženje u programskim rješenjima koja su kompleksna i velika.

Postupak izrade potprograma primjenjuje se za podešavanje programskih elemenata i obavezan je korak pri izradi algoritma.

Zadatak_3: Napiši algoritam i dijagram tijeka (program) koji omogućava robotu hodaču kretanje prema naprijed, nazad i zaustavljanje uz istovremeni rad lampica koje se uključuju i isključuju u ovisnosti o kretanju robota. Ultrazvučni senzor osigurava pravovremeno detektiranje prepreke i uključivanje lampica (O3 i O4) koje se zajedno uključuju i isključuju u periodu od jedne sekunde i javlja prisustvo prepreke.

Napomena: Nedostatak – nema mogućnost manevriranja (skretanje).

Prednost – jednostavnost izrade konstrukcije.

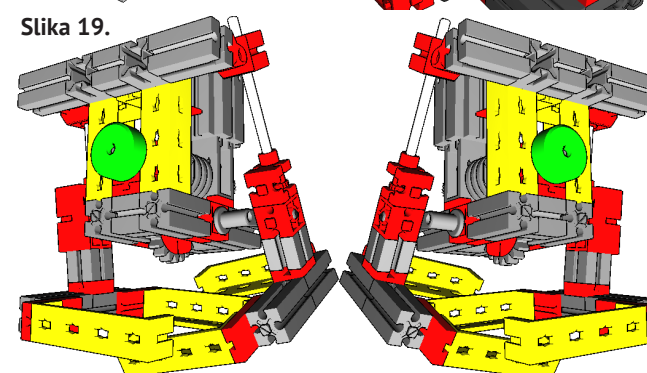
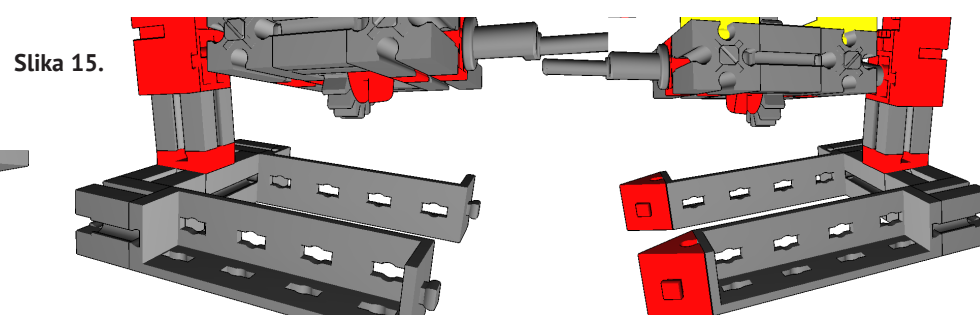
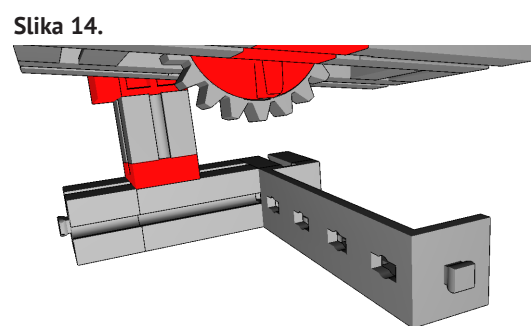
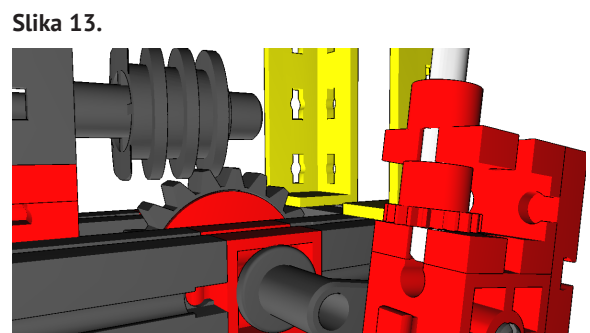
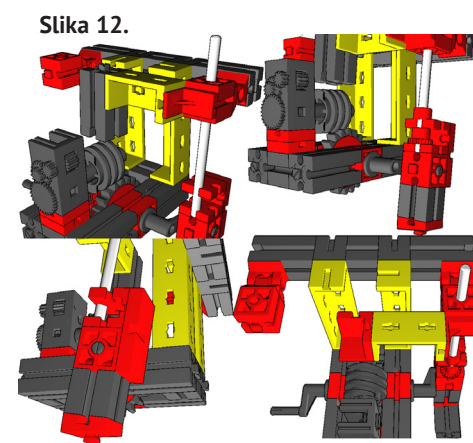
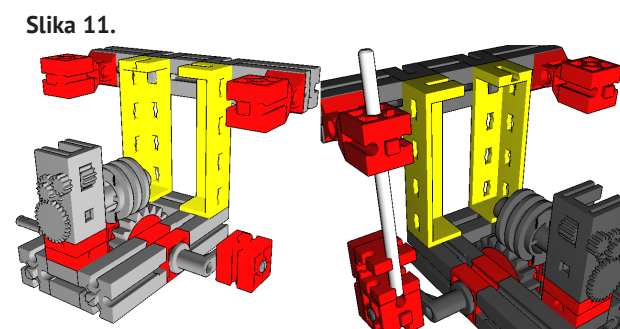
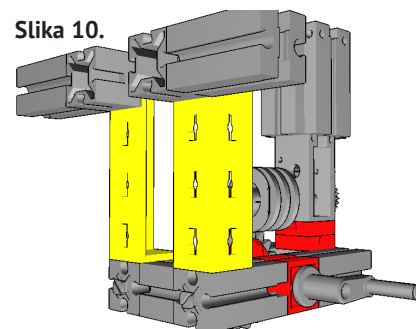
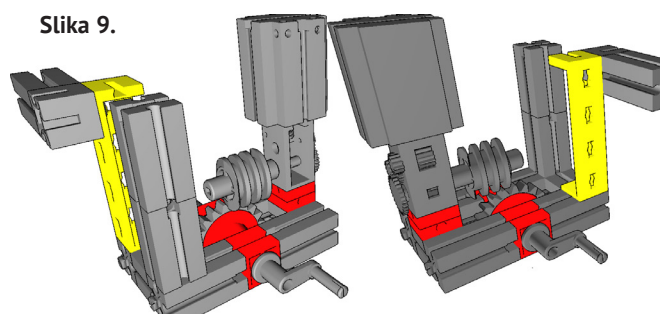
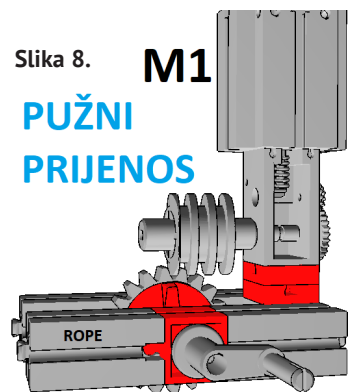
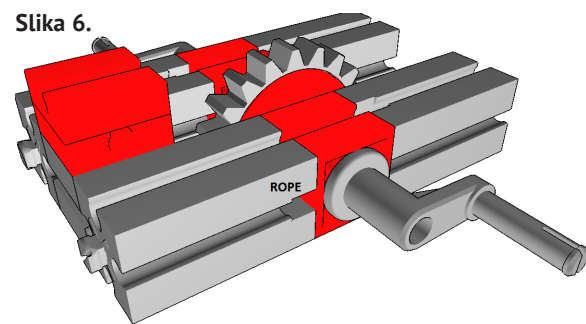
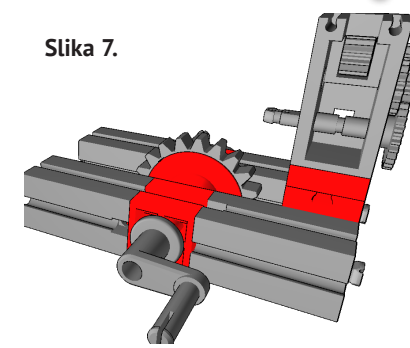
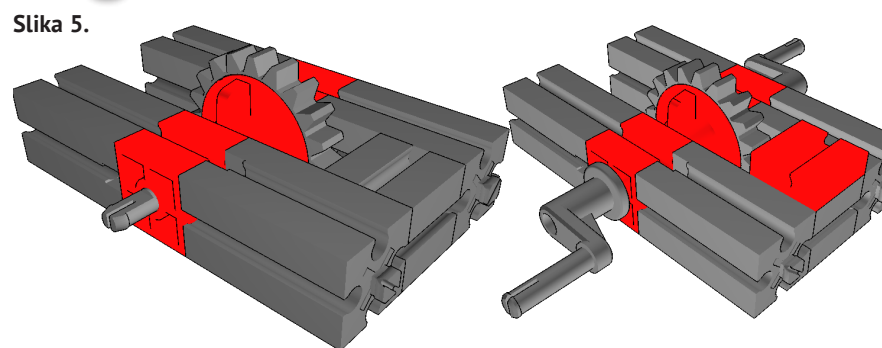
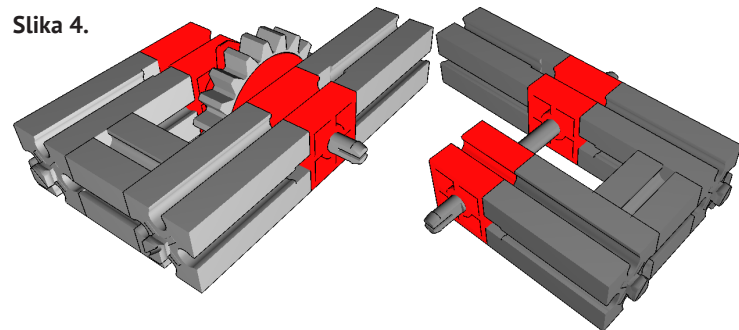
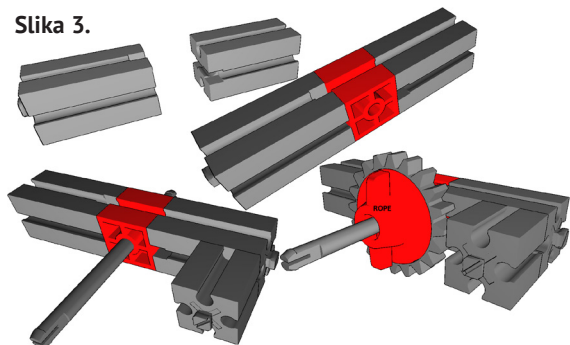
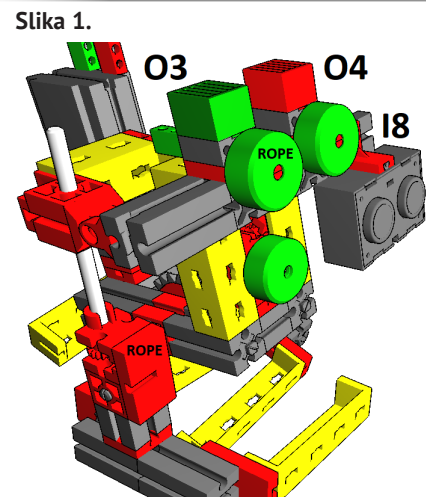
Zadatak_4: Napiši algoritam i dijagram tijeka (program) koji omogućava robotu hodaču kretanje prema naprijed u tunelu koji je zatrpan. Ultrazvučni senzor omogućava pravovremeno detektiranje prepreke (zid) i uključivanje LED lampica (O3 i O4) koje se naizmjenično isključuju/ uključuju u periodu od jednesekunde. Robot nailaskom na prepreku se zaustavlja i počinje kretati u suprotnom smjeru (nazad).

Zadatak_5: Izradi funkcionalni model robota s dvije noge uz pomoć dva elektromotora i četiri tipkala (upravljanje). Model nadogradi s četiri LED lampice koje svijetle u ovisnosti o kretanju modela (lijevo, desno, naprijed, nazad). Spojene elemente poveži vodičima s TXT sučeljem. Provjeri rad svih spojenih elemenata, napiši algoritam i izradi dijagram tijeka (program). Pohrani program na tvrdi disk računala, prenesi na sučelje, odspoji s računala i pokreni model robota koji hoda.

Zadatak_6: Izradi funkcionalni model robota s dvije noge uz pomoć dva elektromotora i četiri tipkala (upravljanje). Model nadogradi s četiri LED lampice koje svijetle u ovisnosti o kretanju modela (lijevo, desno, naprijed, nazad). Ultrazvučni senzor omogućava pravovremeno detektiranje prepreke (zid) i uključivanje LED lampica (O3 i O4) koje se naizmjenično isključuju/uključuju u periodu od jedne sekunde. Robot nailaskom na prepreku se zaustavlja i počinje proizvoditi isprekidani zvučni signal u periodu od pola sekunde bez nastavka kretanja u bilo kojem smjeru. Spojene elemente poveži vodičima s TXT sučeljem. Provjeri rad svih spojenih elemenata, napiši algoritam i izradi dijagram tijeka (program). Pohrani program na tvrdi disk računala, prenesi na sučelje, odspoji s računala i pokreni model robota koji hoda.

Petar Dobrić, prof.

PRILOG ČASOPISA "ABC tehnike" BR. 9 (695), ŠK. GOD. 2025./2026.



ABC tehnike

