

Šolski enter ptuj elektro in računalniška šola

Volkmerjeva cesta 19, 2250 Ptuj

Avtonomni robot z Arduino sistemom

(raziskovalna naloga)

Avtor:

Alen Cvetko, dijak

Mentor:

Franc Vrbančič, učitelj

Ptuj, februar 2020

Povzetek

Človeštvo že nekaj let poseduje in obvlada tehnologijo, s pomočjo katere je sposobno narediti avtomobil, ki se sposoben učinkovito in varno prepeljati tako človeka kot material. Kdaj bodo takšni avtomobili dosegljivi kupcem, je trenutno zgolj vprašanje časa.

Področje avtonomnosti je tudi moja glavna raziskovalna tema, v kateri bom to področje raziskal, izsledke pa uporabil za načrtovanje in izvedbo preprostega avtobota, ki bo "šibal" po mizi, iskal cesto— črno črto, ji sledil, se izogibal oviram in pazil, da ne pade v prepad.

Vse navedeno sem skušal izvesti s priporočili, ki veljajo za razvojno - raziskovalno delo. Potek dela in izsledke raziskave sem zapisali v tole poročilo

Ključne besede

Avtonomnost, algoritem delovanja, Arduino MEGA 2560

Abstract

For several years, people has possessed and mastered the technology by which it is capable of making a car capable of transporting both human and material efficiently and safely. When such cars will be available to customers is currently only a matter of time.

Autonomy is also my main research topic, in which I will explore this area, and use my findings to design and execute a simple autobot that will "whip" across the table, find the road - the black line on white board, follow it, avoid obstacles, and make sure does not fall into the abyss.

I tried to implement all of the above with recommendations that apply to R&D work. I have written the work progress and the findings of this research in this report.

Key words

Autonomy, algorithm, Arduino MEGA 2560

1	Vsebina	
2	UVOD	1
3	Opredelitev problema	2
3.1	Sledenje črni črti.....	2
3.2	Izogibanje oviram	2
3.3	Zaznavanje prepada	2
3.4	Načrt dela	3
3.5	Uporabljene metode	3
4	Izbira strojnih komponent	4
4.1	Arduino mikroprocesor	4
4.2	Ultrazvočni senzor	4
4.3	Fotoupor.....	5
4.4	LCD 1602 zaslon	5
4.5	L293D motor driver	6
4.6	Robotsko podvozje.....	6
4.7	Preizkušanje komponent.....	7
4.7.1	Preizkus ultrazvočnega senzorja / LCD zaslona.....	7
4.7.2	Preizkus fotoupora	8
5	Programska oprema.....	9
5.1	Algoritem robota	9
5.2	Opis programskih ukazov	10
6	Testiranje funkcij robota	11
6.1	Iskanje in sledenje cesti.....	11
6.2	Izogibanje oviram	11
6.3	Zaznavanje prepada	11
6.4	Končni sklep testiranja	11
7	Zaključek.....	12
8	Viri in literatura:.....	13
8.1	Viri slik.....	13

Kazalo slik

Slika 1: Idejna shema sistema.....	1
Slika 2:Arduino MEGA 2560	4
Slika 3:Ultrazvočni senzor.....	5
Slika 4:Photoresistor	5
Slika 5: LCD zaslon.....	6
Slika 6: L293D motor driver.....	6
Slika 7: Robotsko podvozje	7
Slika 8:Vežje 1 – Preizkus ultrazvočnega senzorja	7
Slika 9: Vežje 2 – Preizkušanje fotoupora.....	8
Slika 10: Algoritem robota	9

Kazalo tabel

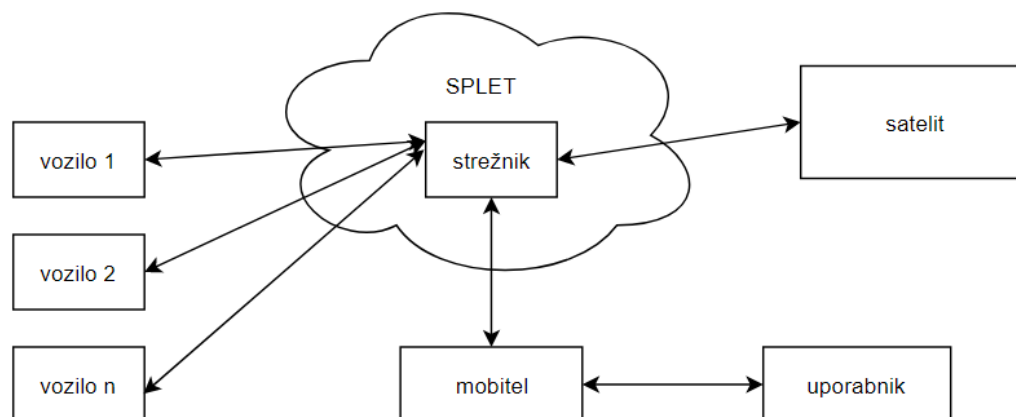
Tabela 1: Seznam uporabljenih programskih ukazov	10
--	----

2 UVOD

Tehnologija je danes tako napredovala, da nadomešča delo človeških rok že marsikje. Med delovanjem s procesorjem vodenih del, človeku ni potrebno kaj veliko posredovati. Eno izmed takšnih področij so tudi avtonomne naprave, med drugimi tudi v avtomobilski industriji. Večna želja le-te je priti do 100 % avtonomnega avtomobila, ki bi uporabnika pobral in ga samostojno pripeljal do želene destinacije.

V tem času na veliko potekajo preizkusi tovrstnih avtomobilov. A nobeno podjetje še ponudilo v prodaji tovrstnega avtomobila. Najbolj znano podjetje je Tesla, ki že ponuja pol avtonomne avtomobile, ki pa med vožnjo še vedno zahtevajo stalno pozornost voznika. Imamo drone, ki prepeljejo tovor na oddaljene destinacije ali celo traktorje, ki sami obdelujejo njivo in zaznajo, kje se nahaja plevel. Za tem se skriva veliko tehnologije, ki pa je mi, uporabniki ne vidimo. Od satelitskih povezav do milijon različnih senzorjev [1, 2, 3, 4].

V nalogi se bom lotil raziskave avtonomnega robota, ki bo s senzorji zaznaval okolico, se izogibal oviram, sledil cesti in pazil, da ne pade v prepad. Gre za del širše ideje, kjer bi imel sistem n robotov-vozil, ki se v celoti samostojno sporazumevajo med sabo, si delijo zbrane podatke in se med sabo koordinirajo, da vsak robot pride pravočasno in nepoškodovan na želen cilj (slika 1).



Slika 1: Idejna shema sistema

Za poenostavitev ideje z n roboti na eno vozilo, sem se odločil, ker bi drugače šlo za prevelik zalogaj, ki ga ne bi pravočasno končal oziroma bi se lahko zgodilo, da ga sploh ne bi končal. Ker kljub vsemu nalogo rabim tudi za dokončanje srednješolskega izobraževanja, sem se odločil, kot sem že omenil, za poenostavitev iz sistema n robotov na načrtovanje in izvedbo enega avtonomnega robota z Arduino sistemom.

3 Opredelitev problema

Za raziskovanje avtonomne mobilnosti sem si izbral projekt mobilnega robota, ki bo postavljen na svetlo mizo velikosti 2x1 meter in bo imel tri osnovne funkcije:

- sledenje črni črti,
- izmik oviram in
- zaznavanje prepada.

Torej **predpostavka raziskave** je:

"Načrtovati, izvesti in preizkusiti avtonomnega robota, ki najde in sledi cesti, se izogiba oviram in ne pade v prepad."

3.1 Sledenje črni črti

Robot bo sledil črni črti, ki bo uprizarjala cesto. Črta bo narejena iz črnega lepilnega traka, širine vsaj 2 centimetra. Robot jo bo zaznal in ji sledil. V primeru, da je robot izven ceste, jo bo iskal, dokler je ne najde.

Test te funkcije, bo potekal tako, da bom robota postavil na naključno izhodiščno mesto 30-krat in opazoval dogajanje. Ko bo robot prišel do črte, jo mora vselej zaznati in ji slediti, drugače test označim za neuspešnega. Meja neuspešnosti je en spodrseljaj.

3.2 Izogibanje oviram

Na črti bo postavljeno telo pravokotne oblike, ki bo uprizarjalo oviro na cesti, ki jo mora robot zaznati in obvoziti.

Test - Na črto bom postavil oviro, če jo bo robot zaznal in jo obvozil, bo test uspešen. Poskus bom ponovil večkrat a ne manj kot deset krat. Dovolj je en neuspešen start robota in bo preizkus te funkcije označen kot neuspešen.

3.3 Zaznavanje prepada

Robot bo zaznal rob mize, se ustavil, nato se bo obrnil in nadaljeval z iskanjem ceste.

Test - Robota bom pustil 20 minut na mizi. Če v 20 minutah ne bo padel iz mize, bo pomenilo, da funkcija deluje brez napak (vsaj dvajset minut) in jo bom označil z uspešno izvedeno. Drugače bo stroje-lom in oznaka neuspešno.

3.4 Načrt dela

Nalogo bom opravil v zaporedju:

- izbiranje idej in komponent, za sestavo robota in načrtovanje algoritma,
- nabava komponent,
- preizkušanje delovanja posameznih komponent,
- sestava vseh komponent in vezava na Arduino ploščo,
- montaža Arduino plošče in senzorjev na podvozje,
- programiranje sistema z načrtovanim algoritmom,
- preizkušanje robota oziroma njegovih funkcij.

3.5 Uporabljene metode

V raziskavi bom uporabil metodo študije pisnih in e-virov. Pridobljeno znanje in informacije bom uporabil za opis delovanja elementov, za povezovanje elementov v robota, za zapis algoritma in kode delovanja robota, za zapis in urejanje poročila, za pripravo načrta in izvedbo testiranja robota ter za pripravo in izvedbo zagovora poročila.

Z empiričnim preizkusom delovanja robota bom preizkusil delovanje posameznih funkcij robota preizkusnem poligonu.

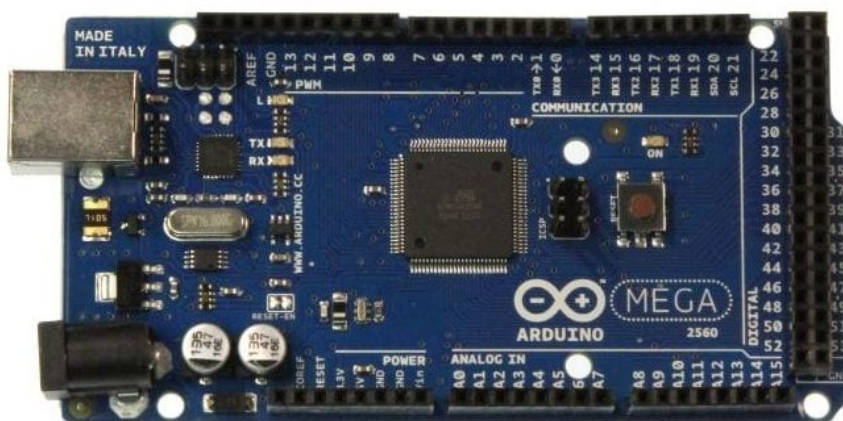
4 Izbira strojnih komponent

Ključni faktor za izbiro komponent robota je bila cena. Zato sem se odločil za uporabo Arduino mikroprocesorja MEGA 2560 saj je zelo razširljiv, cenovno ugoden, ima veliko vhodov ter študij o njem. Zraven sem izbral ultrazvočni senzor in fotoupor, ki omogočata merjenje razdalje in osvetljenosti v okolici sensorja. Izmerjene vrednosti bom prikazoval na LCD zaslonu. Pogon bo izveden z enosmernimi motorji na ustreznem podvozju.

4.1 Arduino mikroprocesor

Arduino je odprtokodna strojna platforma, ki je zelo razširljiva in prilagodljiva uporabniku. Na njo lahko priključimo različne senzorje in motorje. Arduino mikroprocesorji so v različnih izvodih, najbolj znani so Arduino UNO, Mini, Mega 2560, ipd. ključno pa se razlikujejo v velikosti in številu vhodov in izhodov. Sprogramiramo ga s pomočjo programske opreme Arduino IDE, ki je dostopen brezplačno na njihovi spletni strani. S to programsko opremo lahko sprogramiramo ploščo po naših željah in potrebah.

Za svojega robota sem izbral Arduino MEGA 2560, ker je zelo zmogljiv, cenovno ugoden in ima zadostno število vhodov. Sprogramiral sem ga v programu Arduino IDE, ki uporablja jezik podoben kot C++, ki pa smo se ga učili v šoli in mi je zato še lažje. Program prenesemo na ploščo preko priloženega USB kabla.



Slika 2: Arduino MEGA 2560

(vir: www.google.si)

4.2 Ultrazvočni senzor

Senzor se uporablja za branje razdalje na podlagi ultrazvočnih valov. Vezje ima 4 priključke in sicer GND (negativni pol napajanja), VCC (pozitivni pol napajanja), Trig, ter Echo. Na izhodu

Trig pošljemo zvočni impulz ter vklopimo merjenje časa. Ko na vhodu Echo dobimo odbojni impulz, nehamo meriti čas. Za mirujoče ovire velja, da je dvojna pot (pot zvoka do ovire in nazaj) sorazmerna produktu hitrosti zvoka in izmerjenega časa.

S pomočjo ultrazvočnega senzorja bo lahko robot opazil, če je pred njim ovira in se potem temu umaknil.

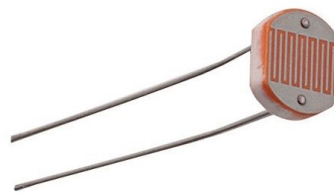


Slika 3: Ultrazvočni senzor

(vir: www.ebay.com)

4.3 Fotoupor

Fotoupor je spremenljiv upor s svetlobnim nadzorom. Upor foto-upornika se zmanjšuje s povečanjem intenzivnosti vpadne svetlobe. Intenzivnost svetlobe vrača v vmesnik s številci od 0 do 1024. Fotoupor je mogoče uporabiti v detektorskih vezjih, občutljivih na svetlobo in svetlobnih stikalnih vezjih. Robotu bo javil, kje je največ oziroma najmanj svetlobe. Tako bo robot ugotovil, kje poteka črna črta ter zaznal konec mize.

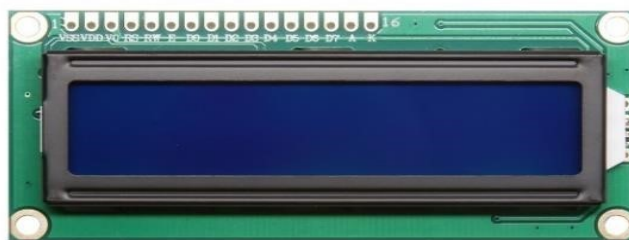


Slika 4: Photoresistor

(vir: www.instructables.com)

4.4 LCD 1602 zaslon

Za izpisovanje podatkov sem se odločil, da bom uporabil LCD 1602 zaslon, ki komunicira preko I²C protokola, z vsebovanim standardnim formatom 2x16, kar sta 2 vrstici po 16 znakov. VCC in GND sta pozitivni in negativni pol napajanja (5 V), SDA je podatkovna linija, SCL je časovna linija. Prikluči se na enako označene priključke na Arduino razvojno ploščo.



Slika 5: LCD zaslon

(dotblogs.com.tw)

4.5 L293D motor driver

Motorji so pomemben del mnogih projektov robotike in elektrotehnike in obstajajo različne vrste, za različne potrebe. Poznamo DC motorje, koračne motorje in servo motorje. Vendar teh motorjev ne moremo neposredno povezati z mikrokontrolerji ali krmilno ploščo, kot je Arduino, da bi jih nadzirali, saj morda potrebujejo več toka, kot ga lahko poganja mikrokontroler, zato potrebujemo gonilnike. Driver je vmesno vezje med motorjem in krmilno enoto za lažjo krmiljenje motorjev. Za mojega robota sem izbral L293D vezje, saj na njega lahko hkrati priklopimo do 4 DC motorjev in 2 servo ali koračna motorja [5].



Slika 6: L293D motor driver

(www.ebay.com)

4.6 Robotsko podvozje

Robotsko podvozje služi premikanju robota z dvema DC motorjema, katera lahko damo pod napetost od 3 - 9V. Na njem je tudi stikalo za vklop napajanja in nosilec za baterije. Na sprednji strani je kolo, ki bo služilo vsestranskem premikanju brez sprednjega motorja [6].



Slika 7: Robotsko podvozje

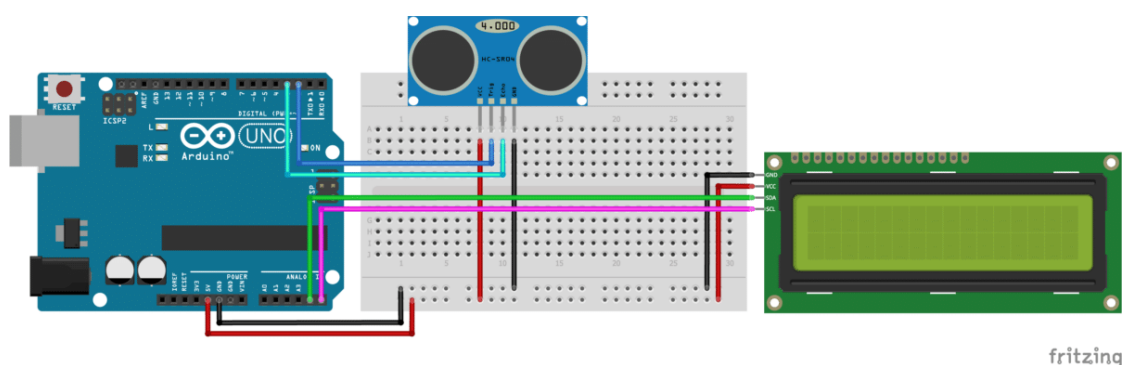
(www.conrad.si)

4.7 Preizkušanje komponent

Po nabavi komponent ima velik pomen preizkušanje le teh, saj se lahko zgodi, da katera ne deluje in jo je potrebno zamenjati. S preizkusom lahko tudi eksperimentiramo z različnimi kombinacijami senzorjev za nove ideje.

4.7.1 Preizkus ultrazvočnega senzorja / LCD zaslona

Ker ultrazvočni senzor deluje na principu razdalje od premetov, sem ga testiral tako, da sem ga povezal z Arduino ploščo na kateri je bil tudi LCD zaslon, ki je izpisoval razdaljo v centimetrih. Pred senzor sem postavil predmet in ga premikal. Nekajkrat sem izmeril razdaljo z metrom in sem ugotovil, da senzor brezhibno deluje.

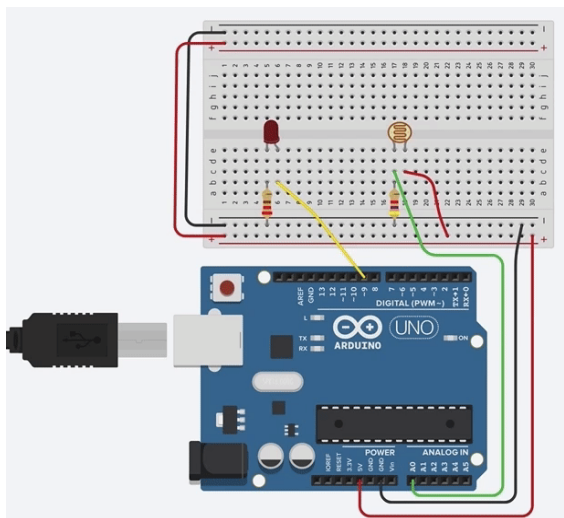


Slika 8: Vezje 1 – Preizkus ultrazvočnega senzorja

(www.makerguides.com)

4.7.2 Preizkus fotoupora

Fotoupor sem preizkusil tako, da sem zraven dodal še belo led diodo in fotoupor postavil nad različne podlage. Preizkusil sem na lepilnem traku ki ponazarja »cesto«, navadni mizni površini ter na robu mize.



Slika 9: Vezje 2 – Preizkušanje fotoupora

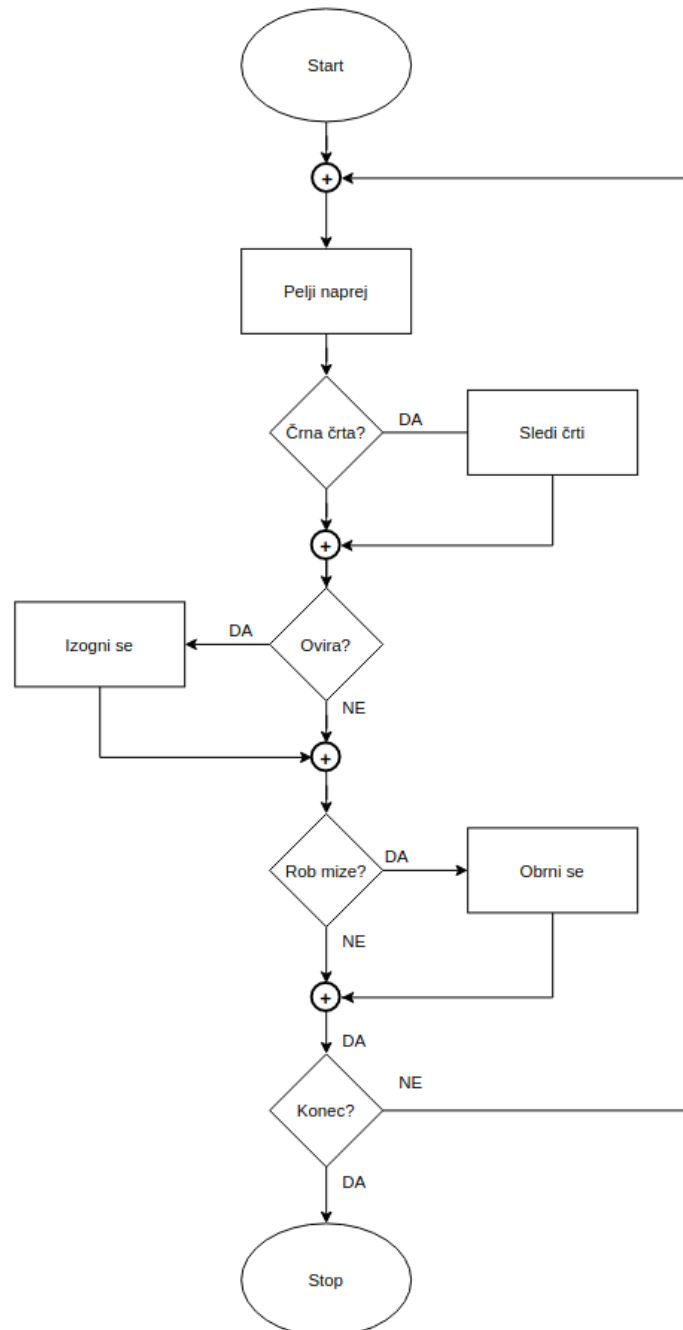
(www.instructables.com)

5 Programska oprema

Programsko okolje v katerem sem programiral je Arduino IDE 1.8.12.

5.1 Algoritem robota

Algoritem delovanja robota je prikazan na sliki 10. Po vklopu robota, le-ta preverja, če smo našli prepad, cesto ali oviro ter ustrezno ukrepa. Drugače vozi naravnost.



Slika 10: Algoritem robota

5.2 Opis programskih ukazov

Programski ukazi omogočajo robotu, da ve, kaj narediti v določeni situaciji. V tabeli so opisani pomembnejši programski ukazi za izvedbo programa delovanja robota.

Tabela 1: Seznam uporabljenih programskih ukazov

Ukaz	Opis
<pre>for(short i=1;i<10;i=i+1) { //blok ukazov }</pre>	Ukaz za ponavljanje – for zanka.
<pre>void setup() { //inicializacija naprave in njenih delov }</pre>	Inicializacija naprave – postavitve začetnega stanja naprave in njenih delov. Ta del kode, se izvede samo enkrat ob vklopu naprave.
<pre>void loop() { //koda delovanja naprave=algoritem delovanja }</pre>	Kodni algoritem delovanja naprave, ki se izvaja v neskončni zanki.
<code>digitalWrite(motorPin, HIGH)</code>	Ukaz za vrtenje motorja.
<code>lcd.print(izpis);</code>	Izpis teksta ali števila ali vrednosti pomnilnik na LCD zaslon.
<code>pulseIn(echo, HIGH);</code>	Branje vrednosti razdalje iz ultrazvočnega senzorja.
<pre>#include <LiquidCrystal_I2C.h> LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); lcd.setCursor(0,0); //Prva vrsta lcd.print("I2C LCD Vaja");//izpis v prvo vrsto</pre>	Knjižnica za LCD zaslon Povezovanje LCD zaslona z arduino sistemom. Lega izpisa na LCD – prva vrsta, prvi znak. Izpis besedila na LCD zaslon.
<code>//Komentar</code>	To je komentar, procesor ga ignorira.

6 Testiranje funkcij robota

Predpostavka raziskave je bila :

"Načrtovati, izvesti in preizkusiti avtonomnega robota, ki najde in sledi cesti, se izogiba oviram in ne pade v prepad."

Zato je treba testirati posamezne funkcije robota. Za testiranje sem uporabili testni poligon, ki sem ga naredil iz mize 2x1 m bele površine. Cesto sem naredil iz 2 cm debelega črnega traka, ki sem ga napeljal po mizi. Cesta je bila vsaj 10 cm oddaljena od roba mize. Ovira je bila plastična škatla dimenzij cca 30x20x10 cm.

6.1 Iskanje in sledenje cesti

Cesto je predstavljal črn trak debeline 2 cm. Robota sem tridesetkrat naključno postavil na testni poligon in opazovali dogajanje, ko robot najde cesto. V vseh tridesetih poskusih je robot cesto zaznal in ji sledil, tako to funkcijo smatram kot **uspešno** izvedeno.

6.2 Izogibanje oviram

Na cesto sem postavil oviro robota. Robota sem deset krat poslal proti oviri. V vseh desetih poskusih je robot oviro zaznal in jo obvozil. Test funkcije označim za **uspešen**.

6.3 Zaznavanje prepada

Prepad je predstavljal rob mize. Robota sem pustil 20 minut voziti po poligonu, pri čemer sem odstranil oviro in izklopil zaznavanje ceste. Po tem času je bil robot še vedno na mizi, tako tudi to funkcijo označim kot **uspešno**.

6.4 Končni sklep testiranja

Ker so bile testiranja posameznih funkcij uspešna, sklenem, da je predpostavka raziskave, ki je bila "Načrtovati, izvesti in preizkusiti avtonomnega robota, ki najde in sledi cesti, se izogiba oviram in ne pade v prepad", **uspešno izvedena torej potrjena**.

7 Zaključek

V nalogi sem se lotil raziskovanja avtonomnega robota. Seveda v poenostavljeni verziji. Od robota sem pričakoval, da bo avtonomno zaznal cesto, se izogibal oviram in pazil, da ne pade v prepad.

Drugače se v tovrstne raziskave, z namenom narediti popolnoma avtonomna vozila, vlaga veliko finančni sredstev in raziskovalnih ur. S tem se ukvarjajo tako proizvajalci letalnikov (dronov) kot proizvajalci avtomobilov. Verjetno bo prvi ponudnik popolnoma samostojnega in varnega vozila, požel tako slavo kot denar.

Strojni del sem izvedel na Arduino MEGA 2560 platformi. Programski del je izveden s C++ programskim jezikom in knjižnicami za Arduino sisteme.

Raziskavo ocenjujemo pozitivno(uspešno) tako s stališča izdelka kot s stališča pridobljenega znanja.

Priporočam nadgradnjo naloge na načrtovanje in izgradnjo programske strojnega sistema n vozil, ki bi v medsebojnem sodelovanju vseh vozil, skrbel, da vsako vozilo varno in pravočasno pripelje tovor na zelen cilj.

8 Viri in literatura:

- [1] Tesla kmalu s povsem avtonomno vožnjo. Pridobljeno februar 2020, citirano februar 2020, dosegljivo na <https://www.dnevnik.si/1042825363>
- [2] Švica uporablja drone za dostavo. Pridobljeno januar 2020, citirano februar 2020, dosegljivo na <https://www.theverge.com/2020/1/23/21078712/switzerland-swiss-air-matternet-hospital-drone-delivery-program-resume>
- [3] Nemčija - dostava z droni. Pridobljeno februar 2020, citirano februar 2020, dosegljivo na <https://techcrunch.com/2020/02/05/german-drone-delivery-trial-paves-the-way-to-replacing-trucks-for-inter-office-deliveries/>
- [4] Avtonomnost v traktorjih. Pridobljeno januar 2020, citirano januar 2020, dosegljivo na <https://avto.finance.si/8848548/Kam-gre-ta-svet-poleg-avtov-bodo-sami-vozili-se-traktorji>
- [5] Motor driver shield. Pridobljeno december 2019, citirano januar 2020, dosegljivo na <https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/arduino-l293d-motor-driver-shield-tutorial-c1ac9b>
- [6] Arduino plošče. Pridobljeno februar 2020, citirano februar 2020, dosegljivo na <https://www.arduino.cc/en/main/boards>

8.1 Viri slik

- Ultrasonic-sensor. Pridobljeno 20. 2. 2020 iz <https://www.ebay.com/itm/1pcs-Ultrasonic-Module-HC-SR04-Distance-Measuring-Transducer-Sensor-for-Arduino/400985326881?hash=item5d5c968521:g:kLQAAOxyNyFS-xFw>
- Fotoupor. Pridobljeno 20. 2. 2020 iz <https://www.instructables.com/id/How-to-use-a-photoresistor-or-photocell-Arduino-Tu/>
- LCD-zaslon. Pridobljeno 20. 2. 2020 iz <https://dotblogs.com.tw/jwpl102216/2016/12/10/213049>
- Motor shield. Pridobljeno 20. 2. 2020 iz <https://www.ebay.com/itm/Arduino-Steuerung-fur-2-Schritt-oder-4-DC-Motoren-Motor-Driver-Shield-L293D/162730256676?hash=item25e37aa924:g:VB0AAOSwevlZ9pUD>

- Podvozje. Pridobljeno 20. 2. 2020 iz <https://www.conrad.si/joy-it-roborsko-podvozje-model%3a-komplet-za-sestavljanje-1>