

Šolski enter ptuj elektro in računalniška šola

Volkmerjeva cesta 19, 2250 Ptuj

Avtonomno vozilo

Področje: Elektrotehnika elektronika ali robotika

(raziskovalna naloga)

Avtor:

Žiga Belšak, dijak, 1. letnik

Mentor:

Franc Vrbančič, učitelj

Ptuj, marec 2020

Zahvala

Hvala mentorju Francu Vrbančiču in vsem, ki so kakorkoli pripomogli k raziskavi.

Povzetek

Avtonomnost v osnovi pomeni gibanje v 3D prostoru in času. Trenutno človeštvo, predvsem avtomobilska industrija, kar precej truda in denarja namenja tovrstnim raziskavam. Želijo čimprej narediti in kupcu ponuditi docela avtonomno vozilo. Določena avtonomnost je sicer že dosežena in se uporablja npr. v logistiki (skladišča, razkladanje ladij) in kmetijstvu. Povsem pa problem še ni zadovoljivo rešen.

V nalogi raziskujemo načrtovanje in izdelavo ter testiranje avtonomnega vozila. Podlaga za strojni nivo je Arduino sistem, ki je krmiljen z algoritmom napisanim v C++ programskem jeziku. Naš sistem obvlada naloge izogibanja oviram, odmikanje od roba mize, vklop luči in sledenje cesti (črti).

Glede na predznanje je bila naloga precej zahtevna, a smo jo kar zadovoljivo rešili. Testiranje posameznih nalog vozila so ocenjena uspešno, a izdelek kot celota je ocenjen z neuspešno. Algoritmov reševanja posameznih nalog pač nismo znali integrirati v izdelek tako, da bi reševanje posameznih nalog potekalo hkratno.

Ključne besede: avtonomno vozilo, sistem Arduino, algoritem delovanja, raziskovalno delo

Abstract

Autonomy basically means mastering 3D space and time. At present, humanity, especially the car industry, is investing a great deal of effort and money into this kind of research. They want to make it as soon as possible and offer the customer a fully autonomous vehicle. Some autonomy has already been achieved and is used for example. in logistics (warehouses, ship unloading) and agriculture but today the problem is still not satisfactorily resolved.

This research is exploring the design and manufacture and testing of an autonomous vehicle. The basis for the hardware level is the Arduino system, which is controlled by an algorithm written in the C++ programming language. Our system handles the tasks of avoiding obstacles, moving away from the edge of the table, turning on the lights and following the road (line).

Given the background, the task was quite demanding, but we solved it satisfactorily. Testing of individual vehicle tasks has been evaluated successfully, but the product as a whole has been evaluated as unsuccessful. We just didn't know how to integrate algorithms for solving individual tasks into a product so that solving individual tasks would be done simultaneously

Key words: autonomous vehicle, Arduino system, algorithm of operation, research work

STROKOVNA TERMINOLOGIJA

Kratica, tujka ali pojem	Prevod, sinonim	Kratek opis
LED	Svetleča dioda	Polprevodniški elektronski element
Microprocessor	Mikroprocesor	Mikroprocesor obdeluje (procesira) in nadzira podatke, ter upravlja ostale enote.
Algorithm	Algoritem	Je končno zaporedje ukazov, s katerimi opravimo določeno nalogo
LCD	Tekoče-kristalni zaslon	Zaslon izdelan iz tekočih kristalov
Integrated circuit	Integrirano vezje	Skupek elektronski komponent v celoto in opremljen s priključki – pini.
Pin	Priključek	Priključek na integriranem vezju.

Kazalo vsebine

1	UVOD	8
2	Podrobnejša razlaga raziskave	9
2.1	Načrt raziskave	9
2.2	Avtonomija vozila – globalni pogled	9
2.3	Avtonomija vozila – pogled v raziskavi	9
2.4	Ideja raziskave	10
2.5	Načrt preizkušanja vozila z razlago preizkusov	10
2.6	Uporabljene metode	12
2.6.1	Metode teoretičnega dela	12
2.6.2	Metode praktičnega dela	12
2.6.3	Omejitve raziskave	12
3	STROJNA OPREMA - TEORIJA	13
3.1	Mikrokrmilnik Arduino (mikro PLC)	13
3.2	Ostale električne komponente	13
4	Programska oprema	15
4.1	Algoritem delovanja vozila	16
4.2	Opis pomembnejših programskih ukazov	16
5	Preizkus naprave, dognanja in ocenitev izvedbe ideje raziskave	18
5.1	Testiranje posameznih nalog	18
5.2	Končni sklep preizkušanja naprave	19
6	Zaključek	20
7	Literatura	21

Kazalo slik

Slika 1: Idejna shema obvladovanja sistema n vozil	8
Slika 2: Blok zgradba avtonomnega vozila	10
Slika 3: Ultrazvočni senzor merjenja razdalje	14
Slika 4: Fotoupor	14
Slika 5: Enosmerni motor (prednji in zadnji pogled)	15
Slika 6: Folijska tipkovnica	15
Slika 7: Algoritem delovanja avtonomnega vozila.....	16

Kazalo tabel

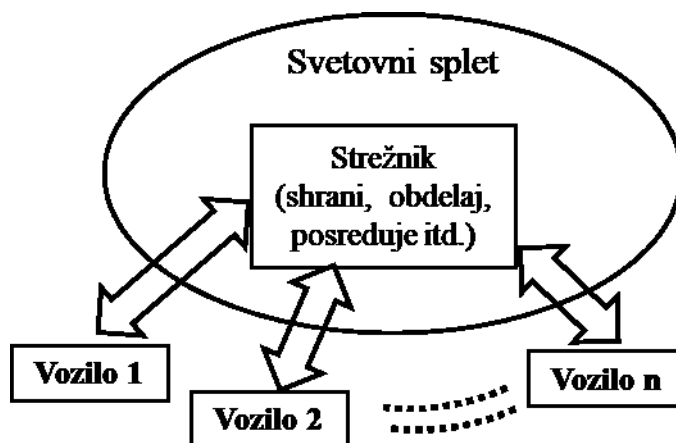
Tabela 1: Seznam pomembnejših ukazov z opisom delovanja.....	17
Tabela 2: Rezultati testiranja posameznih nalog vozila	18

1 UVOD

Avtonomnost je v osnovnem pomenu pravica in sposobnost načrtovanega gibanja. V našem primeru pa, sposobnost načrtovati in izvesti tehnični izdelek, ki samostojno opravi gibanje med dvema točkama. Zadnji nekaj let je ta tema zelo zanimiva za raziskovalce predvsem avtomobilske industrije. Želijo realizirati in kupcem ponuditi popolno avtonomni avtomobil, ki ne bo rabil posredovanja voznika.

Še posebej zanimivo postane, če se v nekem prostoru giba in vozil. Če nočemo trčenj, se morajo prostorske koordinate vseh vozil v vsakem časovnem trenutku dovolj razlikovati (pač glede na dimenzije in smer vozila). Sistem obvladovanja in vozil v prostoru je prikazan na sliki

1. Vsako vozilo bi moralo ves čas delovanja zbirati podatke o legi glede na referenčno točko (ista za vsa vozila) ter o hitrosti in smeri gibanja vozila. Vozila bi podatke pošiljala v centralni register (strežnik), kjer bi se hranili, obdelali, varovali itd. Centralni register bi vozilom vračal podatke o legi vseh bližnjih vozil. V vozilu zbrani in od registra prejeti podatki bi bili osnova za določanje hitrosti in smeri gibanja posameznega vozila [1, 2].



Slika 1: Idejna shema obvladovanja sistema n vozil

Opisano temo - avtonomen premik vozila med dvema točkama v prostoru - smo si izbrali za našo raziskavo. Za uspešno izvedbo raziskave bomo morali področje podrobneje raziskati ter ga izvesti tako na strojnem kot na programskem področju.

2 Podrobnejša razlaga raziskave

Na izvedbeni ravni moramo načrtovati in izvesti strojno - programsko napravo, ki bo sposobna zadovoljivo izvesti opisana opravila. A najprej naredimo načrt raziskave.

2.1 Načrt raziskave

Časovni vsebinski načrt naše raziskave je:

- dobiti in posvojiti idejo (že izvedeno),
- načrt raziskave,
- opredelitev avtonomije,
- ideja raziskave,
- načrt preizkušanja naprave,
- izvedba strojne in programske opreme raziskave,
- preizkus naprave in
- zapis poročila (se izvaja ves čas raziskave).

2.2 Avtonomija vozila – globalni pogled

Do neke mere se deloma avtonomne naprave že uporabljajo in sicer na področju kmetijstva, prometa, avtomatskega razkladanja in skladiščenja ipd. Bolj ali manj gre za avtonomnost vezano na določeno referenčno točko, ki jo vozilo pridobi preko GPS sistema ali preko v tla vgrajene žice ipd. Docela avtonomni avtomobili so sicer že razviti in so v zadnji fazi testiranja. Tako vsaj trdijo razvijalci te tehnologije [1, 2, 3, 4].

Po podatkih so v prodaji dosegljivi avtomobili kjer dosegamo med 70 in 80 odstotki avtonomije [1]. Današnji avtomobili z vgrajeno "tehnologijo avtonomnosti" znajo sami parkirati, zaznavati razdaljo do predmeta pred ali za avtomobilom, po potrebi samostojno pospeševati ali zavirati, vklopiti luči in celo držati vozilo na voznem pasu [2, 3]. Še vedno pa se pri vožnji tovrstnega vozila zahteva aktivno sodelovanje voznika.

Evropska unija napoveduje, da bodo "samo vozeči avtomobili v Evropi" realnost že v letu 2020. Seveda se odpirajo etična vprašanja, vprašanja infrastrukture, itd. Najbolj pa vprašanje, kdo bo kriv in kdo bo pokrila nastalo škodo, ko bo prišlo do prve človeške poškodbe zaradi nepravilno delujočega sistema avtonomne vožnje [4].

2.3 Avtonomija vozila – pogled v raziskavi

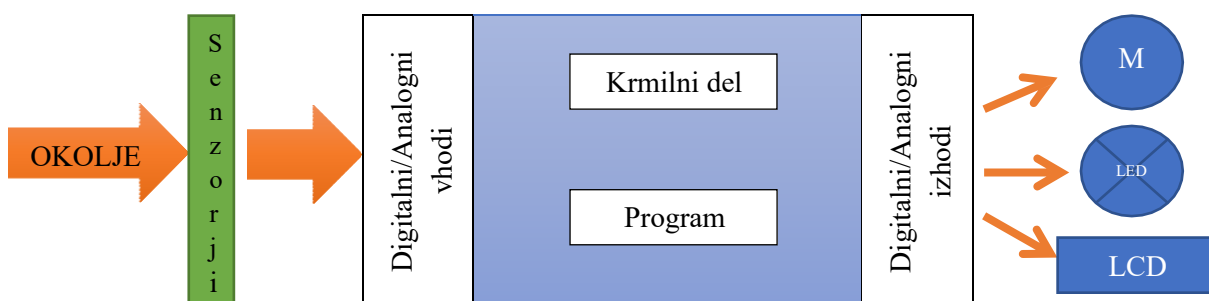
Premikanje vozila iz točke A v točko B je v osnovi razumevanje in delovanje v 3 - razsežnostnem okolju z dodatkom časa. Torej moramo ves čas gibanja obvladovati tri geometrijske in eno časovno fizikalno veličino. Obvladovanje pomeni, da znamo te veličine meriti, z ustreznim algoritmom obdelati in rezultate uporabiti za varen premik vozila. Tehnično gledano gre pri premikanju med dvema točka za ponavljanje opravil (dokler ne dosežemo cilja): meri, obdelaj, varno premakni.

Zaradi omejenih finančnih virov za raziskavo določimo naslednje pogoje avtonomije:

- 2D površina dimenzij vsaj 1.5 m x 1 m, na kateri bo sočasno le ena premikajoča naprava,
- cesto simuliramo s črnim trakom širine vsaj 1 cm,
- ovira bo simulirana z geometrijskim likom kvadratnih oblik, kjer posamezna dimenzija ni krajša od 5 cm,

- strojna oprema bo izvedena na Arduino sistemu (poceni in enostavno dosegljive elektronske komponente in znanje o izvedbi algoritma/programa za delovanje posameznih komponent,
- naloge naprave so: ne pade z mize, zazna črno črto in ji sledi, v temi vklopi luči in se zna izogniti oviri,
- čas ni ovira.

Blok shema avtonomnega vozila po podanih kriterijih je prikazana na sliki 2. Vozilo bo s senzorji merilo fizikalni veličini svetlobo in čas potovanja zvoka do ovire in nazaj. Z ustreznimi programskimi algoritmi bomo veličine obdelali in jih uporabili za zaznavanje roba mize, črne črte, ovire in teme. Obdelane informacije bodo podlaga za izvedbo opravil: odmik od roba, sledi črti, izogni se oviri in vklopi luči.



Slika 2: Blok zgradba avtonomnega vozila

2.4 Ideja raziskave

Ideja raziskave je

"Načrtuj, izvedi in testiraj avtonomno vozilo glede na podane pogoje avtonomije."

Pogoji avtonomije so, da mora vozilo brez napak zaznati rob mize ter izvesti postopke odmikanja od le tega, zaznati črno črto in ji slediti, vklopiti luči v temi in zaznati ovire ter jih zaobiti.

2.5 Načrt preizkušanja vozila z razlago preizkusov

Vozilo, ki ga bomo načrtovali in izvedli mora biti sposobno izvesti naloge:

- Odmik od roba mize – rob bomo zaznavali s pomočjo odbite svetlobe. Senzor bo vsaj 5 cm pred vozilom. Ko bo vozilo prišlo do roba mize, bo senzor zaznal drugačno vrednost odbite svetlobe, kar bo sprožilo algoritem obračanja in odmikanja vozila od roba mize. Preizkus bo v dveh delih.
 - Najprej bomo vozilo ročno pomikali na robu mize ter s tem dobili referenčno vrednost odboja svetlobe z mize in odboja svetloba mimo mize. Za večjo občutljivost bo v senzorju svetlobe tudi LED dioda, ki bo z belo svetlobo osvetljevala mizo. S tem bomo omejili zunanje svetlobne vplive. Izvedli bomo

-
- vsaj deset meritev in le te uporabili za kalibracijo merjenja odbite svetlobe, ko senzor ni nad površino mize;
- Ko bo vozilo opremljeno z algoritmom zaznavanja roba mize, ga bomo vsaj 10 krat usmerili proti robu mize ter opazovali, kaj se dogaja z vozilom na robu mize. Toleranca za napako je nič. Če vozilo ne bo v vseh poskusih zaznalo roba mize in izvedlo algoritem odmikanja od roba, bomo test te naloge označili kot **neuspešen**;
 - Vklon luči – osvetljenost prostora bomo zaznavali s senzorjem svetlobe. Ko bo merjena vrednost padla pod določeno referenčno vrednost, bomo na vozilu vklopilibe in rdeče diode-luči. Noč dan bomo simulirali s tunelom oziroma zasenčevanjem senzorjev za zaznavo noči/dneva. Postavimo si ničto tolerance napake. Poskus bomo izvedli vsaj deset krat. Drugače bo ta naloga neuspešno izvedena;
 - Sledenje črti = cesti - črna črta širine vsaj 1 cm bo simulacija ceste. Ko jo vozilo najde, ji mora slediti. Nekje na na črti je ena ovira. Črna črta se spet pojavi na drugi strani ovire. Črno črto bomo zaznavali z istim senzorjem kot rob mize in sicer preko odboja svetlobe od črne črte oziroma mize. Smatramo, da bo vrednost odbite svetlobe od črne črte drugačna kot odbita svetloba od površine mize, kjer ni črte. Poskus bomo izvedli v dveh delih na enak način kot preizkus roba mize.
 - Najprej bomo vozilo ročno pomikali med črto in mizo s tem dobili referenčno vrednost odboja svetlobe med mizo in črno črto. Izvedli bomo vsaj deset meritev in le te uporabili za kalibracijo merjenja odbite svetlobe od mize in črte ter za pridobitev informacije, koliko odmakniti senzor svetlobe od površine mize;
 - Ko bo vozilo opremljeno z algoritmom zaznavanja črte, ga bomo vsaj 10 krat usmerili proti črni črti ter opazovali, kaj se dogaja z vozilom na črti. Velja ničta tolerance napake zaznavanja črte. Če vozilo ne bo v vseh poskusih zaznalo roba mize in izvedlo algoritem odmikanja od roba, ta test in posledično to nalogo označili kot **neuspešno**;
 - Izogibanje oviri – nekje na črni črti je ovira pravokotnih dimenzij vsaj 5 cm x 5 cm x 5 cm. zaznavamo jo s soničnim senzorjem, ki oddaja zvok 40 kHz. Razdaljo do ovire izračunamo iz izmerjenega časa odboja zvoka ob predpostavki, da poznamo hitrost zvoka v zraku. Za naše namene privzamemo hitrost 340 m/s in zanemarimo, da je hitrost zvoka v zraku tesno povezana s parametri kot so vlaga, temperatura itd. Poskus izvedemo v dveh delih. Najprej vozilo postavimo v različne razdalje od ovire, ter primerjamo z ravnilom izmerjeno razdaljo in razdaljo, kot jo izmerimo z vozilom. Ponovimo vsaj na deset različni razdaljah. Razdalje se morajo ujemati vsaj na pol centimetra natančno. Te meritve uporabimo za dodatno kalibracijo računanja razdalje iz časa odbitega zvoka. Sledi vsaj deset meritev, ali vozilo zazna in se izogne oviri, med delovanjem vozila. Veli bomo ničto tolerance napake, kar pomeni, da mora v vseh poskusih vozilo zaznati in obvoziti oviro, drugače poskus te naloge in samo nalogo označimo kot **neuspešno**;
 - Ko bo vozilo opremljeno z vsemi algoritmi in vso potrebno strojno opremo, bomo vsaj 30 minut opazovali delovanje vozila na testni površini – predvsem dogajanje na robu mize, vklop luči, sledenje črti in izogibanje oviri. Pričakujemo delovanje, kot smo ga opisali. Toleranca za vsa opravila je nič napak, drugače bomo posamezno opravilo

označili kot neuspešno. Posledično bo delovanje izdelka kot celote, ocenjeno z neuspešno.

2.6 Uporabljene metode

Za načrtovanje in izvedbo raziskave bomo uporabili metode, kot so opisane v nadaljevanju.

2.6.1 Metode teoretičnega dela

S pomočjo spletnih iskalnikov sem na daljavo preiskal zbirke podatkov. Iskalne besede so bile: avtonomnost, strategija razvoja vozil, raziskovalno delo, raziskovalni načrt, raziskovalno poročilo, Arduino, električna veza in sistemi, vezalni načrt, diagram poteka, algoritem, merjenje svetlobe, testiranje izdelka in programiranje v C/C++. Iskal sem s slovensko in angleško obliko besed. Zbrane podatke sem uporabil za načrtovanje, izvedbo in testiranje izdelka ter pri pisanju poročila.

2.6.2 Metode praktičnega dela

S pomočjo električnih komponent in mikrokrmilnika Arduino, sem izdelal avtonomno vozilo ter na empirični način preizkusil pravilnost njegovega delovanja [6, 7, 8, 9].

2.6.3 Omejitve raziskave

Omejitve raziskave smo deloma omenili že v poglavju 2.3, ko smo opisali pojem avtonomije, ki smo ga uporabili v naši raziskavi. Dodatno bi omenili, da smo se v raziskavi omejili zgolj na interakcijo enega avtonomnega vozila v opisnih pogojih. V prihodnosti bi lahko nalogo nadgradili v interakcijo več avtonomnih vozil v istem časovnem in geografskem prostoru. Mogoče bi lahko dodali še tretjo dimenzijo ter raziskali 3D multi-interakcijo med n vozili v nekem časovnem prostorskem trenutku.

3 STROJNA OPREMA - TEORIJA

Za pridobitev željenih rezultatov, potrditev ugotovitve in vizualno uprizoritev, sem uporabil mikrokontroler Arduino na katerega sem s pomočjo napisanega programa, vhodnih enot (fotopora, senzor oddaljenosti) in izhodnih enot (LED prikazovalnik, LED luči in elektro motorček) ponazoril delovanje avtonomnih naprav, ki so lahko integrirana, v našem primeru, v naše vozilo. Kot že omenjeno sem ponazoril le nekaj osnovnih funkcij, ki mi jih omogoča avtonomnost naprav. Z naprednejšim kontrolerom in natančnejšimi električnimi komponentami, ter na primer z izdelavo robotskega vozila, bi lahko tudi prikazal skoraj popolno avtonomnost vozil, k čemur stremi vsa avtomobilska industrija.

V nadaljevanju sem opisal posamezne uporabljene komponente in njihovo delovanje, s katerimi sem dobil željene rezultate.

3.1 Mikrokontroler Arduino

Arduino je odprtokodna strojna platforma, na katerega lahko priključimo različne senzore za, servo-motorje, ethernet modul, WiFi modul, različne prikazovalnike ter še veliko drugih stvari. Programiramo ga s pomočjo programske opreme Arduino IDE tako, da s pomočjo logičnih operacij oz. ukazov, ki so dela napisanega programa, izvaja določene funkcije. Kontroler je na voljo v različnih izvedbah. Najbolj znani modeli so: Arduino Uno, Leonardo in Mega 2560. Različne Arduino ploščice imajo različne mikrokontrolere. Razlikujejo se po pomnilniku, hitrosti in številu vhodov ter izhodov [10].

Za svoj projekt smo si izbrali Arduino Mega. To je mikrokontroler, ki vsebuje 8-bitni Atmelov čip Atmega 2560 z 256KB flash, 4 KB EEPROM in 8 KB SRAM pomnilnika. Ima 54 digitalnih vhodno-izhodnih (I/O) priključkov, od teh jih 15 podpira PWM, 16 analognih vhodov, ki jih lahko uporabimo tudi kot digitalne ter 16 MHz oscilator. Deluje na 5 V, kot vir napetosti pa zraven teh 5 V nudi še izhodno napetost 3.3 V. Kot že omenjeno, se programira s programom Arduino IDE, ki ga naložimo na osebni računalnik in nato s pomočjo USB vrat na PC in mikrokontroler ter USB - kabla prenesemo na kontroler Arduino.

3.2 Ostale električne komponente

Ultrazvočni senzor razdalje - Ultrazvočni senzor je senzor, s katerim lahko merimo razdalje oziroma zaznavamo oddaljenost bližnjih predmetov. Z omenjenim senzorjem lahko zaznavamo predmete oddaljene od 2 cm pa do 4m. Njegova uporaba pa je zelo enostavna. Senzor meri čas odboja zvoka. Iz enačbe, pot je enaka produktu hitrosti in časa, lahko, iz znane hitrosti zvoka v zraku, izračunamo razdaljo do ovire.



Slika 3: Ultrazvočni senzor merjenja razdalje

LCD 1602 zaslon - LCD zaslon (angl. Liquid Crystal Display) ali zaslon s tekočimi kristali je zaslon, ki za prikazovanje slike uporablja tehnologijo tekočih kristalov.

Slika na LCD zaslonu je zrnata, če jo pogledamo od blizu. Sestavljajo jo rdeči, zeleni in modri slikovni elementi ter izključeni slikovni elementi, ki so črni.

Naš zaslon, z vsebovanim standardnim formatom 2x16, kar sta 2 vrstici s po 16 znaki, lahko prikaže 32 znakov hkrati. Zaslon komunicira preko I²C protokola. VCC je napajalni priključek za 5 volti, SDA je podatkovna linija, SCL je časovna linija in GND je ozemljitev.



Slika: LCD Zaslon, 2x16
(vir: www.amazon.com)

Fotoupor – Fotoupornik (ali fotoupor) je upornik, katerega upornost se spreminja v odvisnosti od intenzitete vpadle svetlobe.



Slika 4: Fotoupor

Elektro motor - Motorji na enosmerne napetosti so namenjeni priključitvi na vir enosmerne napetosti. Poznamo različne izvedbe tovrstnih motorjev. Glavni sestavni deli naših motorjev so:

- stator (nepomični del motorja),
- rotor (vrteči se del),
- komutator, ki je del rotorja in predstavlja mehanski usmernik,
- ščetke oz. krtačke, ki se dotikajo komutatorja in služijo prevajanju toka

Hitrost in smer enosmernih motorjev krmilimo s spreminjanjem polaritete in velikosti priključene napetosti.



Slika 5: Enosmerni motor (pogled od spredaj in zadaj)

Folijska tipkovnica - Folijska tipkovnica deluje po rastrskem principu – vsaka tipka je priključena na natanko eno vodoravno in eno navpično žico. S časovnim multipleksom nekaj sto krat na sekundo preverimo, katera tipka je aktivna. Poljubno vrstico priključimo na napetost in po stolpcih preverimo, če smo v katerem zaznali napetost. Napetost se pojavi v tistem stolpcu, kjer je tipka aktivna. Postopek ponovimo za vse kombinacija vrstic in stolpcev. Če je aktivna le ena tipka, jo upoštevamo, drugače rezultat zavržemo.



Slika 6: Folijska tipkovnica
(vir: thymademecreateablog.blogspot.com)

4 Programska oprema

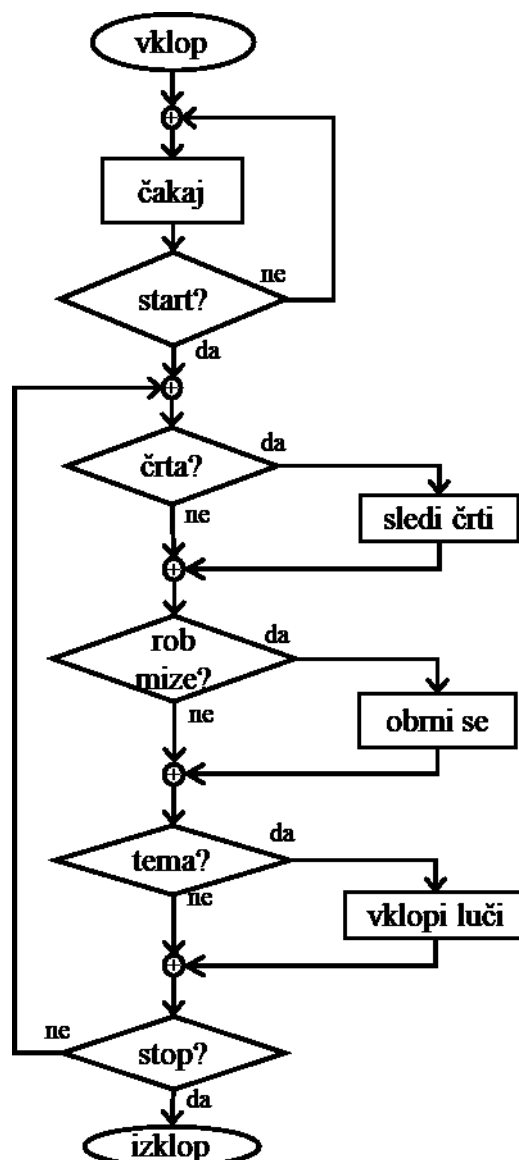
Program za akustični vmesnik smo programirali v okolju Arduino IDE 1.8.7 [10, 11, 12, 13].

4.1 Algoritem delovanja vozila

Algoritem je navodilo, s katerim se rešuje nek problem. Zapisan je po seznamu točno določenih korakov, ki pripeljejo do rešitve problema. Značilnosti algoritma so: ima podatke, vrne rezultat, je natančno določen, se vedno konča in ga je mogoče opraviti [12, 13].

Delovanje avtonomnega vozila poteka po naslednjem algoritmu:

- vozilo vklopimo s pritiskom na gumb vklop.
- vozilo po vrsti preverja podatke na senzorjih,
- glede na prisotnost in vrednost podatkov, se izvedejo ustrezna opravila – vozilo sledi črti, vozilo se obrne, vklopimo luči vozil,
- z gumbom za izklop se delovanje vozila lahko ustavi.



Slika 7: Algoritem delovanja avtonomnega vozila

4.2 Opis pomembnejših programskih ukazov

V tabeli 1 smo našli ter kratko opisali pomembnejše programske ukaze, ki smo jih uporabili pri programiranju naše naprave [8, 9, 10].

Tabela 1: Seznam pomembnejših ukazov z opisom delovanja

Ukaz	Opis
<pre>for(short i=1;i<20;i=i+1) { //blok ukazov }</pre>	Ukaz za ponavljanje – for zanka. Dvajsetkrat ponovimo blok ukazov
<pre>long vrednostFoto; vrednostFoto=analog.Read(A2) if(vrednostFoto <250) { //blok ukazov 1 }else { //blok ukazov 2 }</pre>	Ukaz odločitve – if stavek. Čitaj vrednost s foto upora. Izberi en blok ukazov med dvema enakovrednima.
<pre>void setup() { //inicijalizacija naprave in njenih delov }</pre>	Inicijalizacija 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.
<pre>lcd.print(izpis);</pre>	Izpis teksta ali števila ali vrednosti pomnilnik na LCD zaslon.
<pre>pulseIn(echo, HIGH);</pre>	Branje vrednosti razdalje iz ultrazvočnega senzorja.
<pre>tipka = customKeypad.getKey();</pre>	Čitanje s folijske tipkovnice.
<pre>const byte ROWS = 4; const byte COLS = 4; char hexaKeys[ROWS][COLS] = { {'1','2','3','A'}, {'4','5','6','B'}, {'7','8','9','C'}, {'*','0','#','D'} };</pre>	Določanje dimenzij tipkovnice 4vrstice, 4stolpci. Matrika tipkovnice – lega in pomen simbola v matriki 4x4.
<pre>//Komentar</pre>	To je komentar, procesor ga ignorira.
<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.

5 Preizkus naprave, dognanja in ocenitev izvedbe ideje raziskave

Avtonomno vozilo opravlja naloge: ne pade z mize, po potrebi vklopi luči, išče in sledi cesti (črti) ter se izogiba oviram [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Vozilo podatke zbere s pomočjo senzorjev svetlobe in senzorja razdalje. Vsako nalogo smo preverili dvostopenjsko. Najprej "ročno" testiranje posameznih nalog nato 30 minutno opazovanje delovanje naprave kot celote.

5.1 Testiranje posameznih nalog

Posamezne naloge smo preizkusili z delnimi preizkusi, kar pomeni, da smo preizkušali izvajanje dotične naloge. Preizkusi so podrobneje opisani v načrtu preizkušanja vozila v poglavju 2.5. Pri vseh preizkusih smo zastavili ničelno tolerance napake. Rezultati testov so podani v tabeli 2.

Tabela 2: Rezultati testiranja posameznih nalog vozila

Vsebina preizkusa	Opis in dognanja preizkusa
<p>Zaznava roba mize</p> <p>Deset poskusov, vozilo usmerimo proti robu mize. Če rob zazna in se obrne je uspešno izvedlo trenutni preizkus. Če uspešno izvede vse poskuse, je ta naloga uspešno opravljena.</p>	<p>Opravili smo deset poskusov, pri čemer smo vozilo z različnih razdalj usmerjali proti robu mize. Pot do roba smo izbirali tako, da na poti ni bilo ovir in ne cest. Razdalje so bile med 5 cm in 50 cm od roba mize. V vseh desetih poskusih je vozilo rob mize zaznalo, se ustavilo, obrnilo in nadaljevalo z vožnjo. Ocenimo, da je to nalogo vozilo opravilo uspešno.</p>
<p>Vklop luči v temi</p> <p>Opravili smo deset poskusov. V temi se morajo vklopiti prednje in zadnje luči. Temo smo simulirali s pokritjem ustreznega senzorja.</p>	<p>Opravili smo deset poskusov. V vseh poskusih so se ob pokritju senzorja vklopile prednje in zadnje luči vozila. Preizkus vklopa luči ocenimo kot uspešno.</p>
<p>Iskanje in sledenje cesti</p> <p>Cesto je predstavljal črn trak širine 1.5 cm na svetli površini mize. Vozilo smo desetkrat usmerili proti črti. Vozilo je moralo zaznati črto in ji slediti. Izbirali smo različne oddaljenosti od črte (od 2 cm do 50 cm) ter različne kote med vozilom in črto (od 20 do 90 stopinj).</p>	<p>Vozilo je v vseh desetih poskusih zaznalo cesto in ji sledilo. Nalogo iskanja in sledenja črti označimo kot uspešno.</p>
<p>Zaznava in izogibanje oviri</p> <p>Oviro je predstavljala kartonska škatla od čevljev postavljena z daljšo stranico v višino. Vozilo mora škatlo zaznati in jo obvoziti. Deset poskusov.</p>	<p>Vozilo smo za različnih oddaljenosti pošiljali v smeri ovire, ki je bila na črni črti. V vseh poskusih je vozilo oviro zaznalo in obvozilo. Preizkus te naloge ocenjujemo kot uspešen.</p>

<p>Preizkus delovanja vozila kot celota</p> <p>Načrtovali smo, da bomo ta preizkus opravili, ko bomo imeli končni algoritem delovanja naprave. Zaradi premalo znanja s s področja programiranja, tega programa nismo uspeli izvesti.</p>	<p>Dokončani so delni programi za opravljanje posameznih nalog. Delnih programov nismo znali združiti v homogen program, zato tega 30 minutnega preizkusa delovanja vozila kot celota, nismo opravili. Preizkus je neuspešen</p>
---	---

5.2 Končni sklep preizkušanja naprave

Vozilo je posamezen naloge opravilo uspešno, ker pa še nismo osvojili dovolj znanja o združevanju delnih algoritmov v končni algoritem, časovnega preizkusa delovanja vozila kot celota, nismo opravili. Končni sklep je, da produkt ni dokončan torej ideja raziskave, ki je

"Načrtuj, izvedi in testiraj avtonomno vozilo glede na podane pogoje avtonomije,"

označimo kot **neuspešno**.

6 Zaključek

Smo v obdobju, kjer smo na tehničnem področju v zadnjih petdesetih letih naredili več, kot tisočletja prej. Z razvojem so se odprla tudi nova vprašanja, ki so bila prej nesmiselna, saj nismo poznali tehnologije, da bi jih lahko uresničili. Eno izmed takšnih področij je tudi načrtovanje in izvedba povsem avtonomnih naprav. Čeprav, predvsem avtomobilska industrija, vlaga veliko truda in denarja v rešitev, še vedno ni zadovoljivo in docela rešeno.

Smo si pa ga izbrali za našo raziskavo. Seveda v precej enostavnejši verziji, saj smo od naše naprave zahtevali zgolj, da najde cesto in ji sledi, v temi vklopi luči, zazna in se izogne oviram ter ne pade v morebitno jamo, kar je v našem primeru rob mize.

Strojni nivo smo izvedli z Arduino mikroprocesorsko ploščico, algoritem delovanja pa s c++ programskim jezikom in knjižnicami za Arduino sisteme.

Tehnični del izvedbe naloge "načrtuj, izvedi in testiraj avtonomno vozilo glede na podane pogoje avtonomije" smo sicer ocenili kot neuspešno izvedeno. Namreč, kljub temu, da smo znali izvesti strojni in programski nivo za posamezen nalogo, le teh nismo znali združiti v enovit program. Pač premalo znanja. Drugače nam ni žal, ker smo pridobili znanje postopkov raziskovalnega dela, kar je v osnovi vsako delo, v katerem načrtujemo, izvedemo in preizkušamo tehnični izdelek. To pa tudi nekaj šteje ali ne? Zraven tega, kdo pa sploh trdi, da se morajo prav vse raziskave končati kot uspešno izvedene?

7 Literatura

- [1] Človeška stran avtonomnih avtomobilov, (online), obiskano december 2019, dosegljivo na <https://svetkapitala.delo.si/mobilnost/cloveska-stran-avtonomnih-avtomobilov-159237>
- [2] Ali res lahko že rečemo, da je avtomobil avtonomen, (online), obiskano december 2019, dosegljivo na <https://www.rtv slo.si/zivljenjski-slog/avtomobilnost/ali-res-lahko-ze-recemo-da-je-avtomobil-avtonomen/483993>
- [3] Avtonomni avtomobili: premikaj se hitro in lomi vse pred seboj, (online), obiskano december 2019, dosegljivo na <https://avto-magazin.metropolitan.si/aktualno/avtonomni-avtomobili-premikaj-se-hitro-in-lomi-vse-pred-sabo/>
- [4] Samovozeči avtomobili v Evropi: od znanstvene fantastike do realnosti, (online), obiskano december 2019, dosegljivo na <https://www.europarl.europa.eu/news/sl/headlines/economy/20190110STO23102/samovozec-i-avtomobili-v-evropi-od-znanstvene-fantastike-do-realnosti>
- [5] Random nerd: Complete Guide for Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino, Random nerd tutorials, (online), obiskano oktober 2018, citirano november 2018, dosegljivo na <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04>.
- [6] Project HUB: Using 4×4 Keypad With Arduino, Arduino,(online), obiskano oktober 2018, citirano oktober 2018, citirano december 2018, dosegljivo na <https://create.arduino.cc/projecthub/techmirtz/using-4x4-keypad-with-arduino-2d22e9>.
- [7] Riyaz J.: How to Connect I2C Lcd Display to Arduino Uno, Instructable, (online), obiskano oktober 2018, citirano november 2018, dosegljivo na <https://www.instructables.com/id/How-to-Connect-I2C-Lcd-Display-to-Arduino-Uno>. [31] eBay: Spletna platforma za nakupe, (online), obiskano september 2018, dosegljivo na <https://www.ebay.de/>, <https://www.ebay.co.uk/>.
- [8] TkkrLab: Arduino KY-038 Microphone sound sensor module, TkkrLab, (online), obiskano september 2018, citirano oktober 2018, dosegljivo na https://tkkrlab.nl/wiki/Arduino_KY-038_Microphone_sound_sensor_module.
- [9] Dejan: How To Control WS2812B Individually Addressable LEDs using Arduino, HowToMechatronics, (online), obiskano oktober 2018, citirano oktober 2018, dosegljivo na <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-control-ws2812b-individually-addressable-leds-using-arduino>.
- [10] Arduino: Download the Arduino IDE, Arduino, (online), obiskano november 2018, citirano november 2019, dosegljivo na <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
- [11] ISO/IEC 9126-1: 2001 Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model, ISO, 2001.
- [12] ISO 9241-11:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability, ISO, 1998. ISO9241 part11, p. 6.
- [13] Abran A., Khelifi A., Suryan W., Rilling J., A. Seffah.: Consolidating the ISO Usability Models. In submitted to the 11th International Software Quality Management Conference and the 8th Annual, 2003.
- [14] Nielsen J.: Quantitative Studies: How Many Users to Test?, (online), dosegljivo na http://www.useit.com/alertbox/quantitative_testing.html.

- [15] Nielsen J.: The Usability Engineering Life Cycle, COMPUTER, marec 1992, str. 12-22.

-
- [16] eBay: Spletna platforma za nakupe, (online), obiskano september 2019, dosegljivo na <https://www.ebay.de/>, <https://www.ebay.co.uk/>.
- [17] Viktorija S., Studio za glasbo in svetlobne efekte: področje Elektrotehnika, elektronika in robotika, raziskovalno poročilo, Ptuj: Šolski center, Elektro in računalniška šola, 2018, COBISS.SI-ID: 17031731.
- [18] Arduino: Getting Started with Arduino and Genuino products, Arduino, (online), obiskano oktober 2019, citirano oktober 2019, dosegljivo na <https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>.
- [19] Arduino: Language Reference, Arduino, (online), obiskano oktober 2019, citirano oktober 2019, <https://www.arduino.cc/reference/en/>.