



Pametni prometni znaki

RAZISKOVALNA NALOGA S PODROČJA ROBOTIKE IN ELEKTROTEHNIKE

mentor: Tomaž Kušar

avtor: Rok Starič

Mokronog, 2020

Zahvala

Najbolj sem hvaležen učitelju in mentorju Tomažu Kušarju, ki mi je pomagal pri začetni ideji in razvijanju. Zahvaljujem se mu za vso novo pridobljeno znanje in čas, ki mi ga je namenil. V veliko pomoč in podporo sta mi bila tudi starša in moja sestra, saj so mi svetovali in bili potrpežljivi pri mojih eksperimentih, zato se jim moram še posebej zahvaliti. Prav tako se zahvaljujem tudi učiteljici Cilki Zupančič, ki je pregledala in popravila angleški povzetek

Povzetek

Promet je definiran kot prevoz oseb, tovora in informacij na določeni razdalji. Obsega promet blaga, ljudi, informacij, surovin in podobno. Rdeča nit te raziskovalne naloge je bila izdelati model prometnega znaka, s katerim bi čim bolj učinkovito in cenovno ugodno realizirali sistem za omejevanje hitrosti avtomobilov v naseljih oziroma na posameznih odsekih cest.

V uvodnem delu je na kratko pojasnjen pojem prometa. Navedenih je nekaj pomembnih dejstev, ki opisujejo dejansko stanje na Slovenskih cestah. Glede na to, da živimo v svetu sodobne tehnologije, ko se pogovarjamo o potovanjih na luno ali celo na druge planete, se nam morda zdi nerazumljivo, da se na cestah še vedno zgodijo hude prometne nesreče, ki imajo mnogokrat hude telesne posledice. Ob vsej tej sodobni tehnologiji bi pričakovali, da bi nas le ta morda lahko pred tem obvarovala.

Glavni cilj te raziskovalne naloge je bil zasnovati in preizkusiti sistem za omejevanje hitrosti avtomobilov s pametnimi prometnimi znaki. Opisan je postopek izdelave modela pametnega prometnega znaka kot tudi model električnega avtomobila. V nadaljevanju je opisan eksperiment, s katerim je bil ta sistem znakov in avtomobila preizkušen. Raziskovalna naloga se zaključuje z ugotovitvami in predlogi, s katerimi bi morda takšen oziroma podoben sistem lahko zaživel na Slovenskih cestah.

Abstract

Traffic is defined as transport of people, cargo and information at a certain distance. It covers the transport of goods, people, information, raw materials and likewise. The main thread of this research paper was to elaborate a traffic sign model, which would enable car speed limit system in neighborhoods or on individual road segments be as efficient and affordable as possible.

Introductory part briefly clarifies the notion of traffic. Some important facts that describe the actual situation on Slovenian roads are stated. Given that we live in a world of modern technology when voyages to the moon and other planets are an everyday fact, it may seem incomprehensible that severe traffic accidents still occur on our roads, most often with severe body consequences. With all this modern technology at hand we would expect it to protect us.

The main objective of this research paper was to design and test the car speed limit system by using smart traffic signs. The processes of making a smart traffic sign model and an electric car model are described. In continuation, an experiment of sign and car testing system is detailed. The research paper concludes with the findings and suggestions which might enable this or similar system be brought to life on Slovenian roads.

Kazalo

1	UVOD.....	5
2	NAMEN IN CILJ	5
3	HIPOTEZE:	5
4	PROMETNE NESREČE IN POSLEDICE	6
5	UMIRJANJE PROMETA	6
5.1	SISTEMI ZA UMIRJANJE PROMETA	6
6	DRUGI NAČINI OMEJEVANJA HITROSTI	8
6.1	APLIKACIJA DRAJV	8
6.2	TOYOTA- AKTIVNE TEHNOLOGIJE	8
6.2.1	<i>Vrste zaznavanja</i>	<i>9</i>
6.2.2	<i>Intelligent Speed Assistance (ISA).....</i>	<i>9</i>
6.2.3	<i>Pametna prometna infrastruktura</i>	<i>10</i>
6.2.4	<i>Opozorilnik prekoračitve hitrosti s sistemom za prepoznavo prometnih znakov</i>	<i>10</i>
7	GRADIVA IN METODE.....	12
8	SUBJEKT PROUČEVANJA	12
8.1	MODEL AVTOMOBILA	12
8.2	KRMILJE AVTOMOBILA	13
8.3	REGULACIJA HITROSTI AVTOMOBILA	13
8.4	SPREJEMNI MODUL TSOP 1138	14
8.5	MODEL PROMETNEGA ZNAKA.....	14
8.6	ODDAJNI MODUL – PROMETNI ZNAK.....	14
8.7	KOMUNIKACIJSKI MODUL	15
8.8	SERIJSKA KOMUNIKACIJA PREKO UART VMESNIKA.....	15
9	NAČRTOVANJE EKSPERIMENTA IN DOLOČITEV PRAVIL DELOVANJA SISTEMA	17
9.1	ALGORITEM ODDAJANJA SIGNALA.....	18
9.2	ALGORITEM SPREJEMNEGA MODULA	19
10	PREIZKUŠANJE	20
10.1	PRVI KORAK: PREIZKUS KOMUNIKACIJE Z ENIM ZNAKOM.....	20
10.2	DRUGI KORAK: DVA ZNAKA ZAPOREDNO	21
10.3	TRETJI KARAK: ŠTIRJE ZNAKI.....	22
11	DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK.....	24
12	VIRI IN LITERATURA	25

1 Uvod

Promet je prevoz oseb, tovora in informacij na določeni razdalji [1]. Obsega promet blaga in ljudi, promet z informacijami, surovinami in podobno. Promet je del nas in nas spremlja na vsakem koraku.

Cestni promet urejajo prometna pravila, ki skupaj s predpisi o cestah predstavljajo pravila, ki so se razvila skozi čas, da bi omogočila pravilen, primeren in dober pretok prometa. Udeleženci cestnega prometa morajo ravnati tako, da poteka promet nemoteno, umirjeno in varno in da ne ovirajo ali ogrožajo drugih udeležencev ali jim povzročajo škode. Prav tako pa udeleženci v cestnem prometu pričakujejo, da bodo vsi, ki so dolžni skrbeti za ceste in prometno ureditev na cestah, ravnali v skladu s predpisi o pravilih cestnega prometa, voznikih, motornih vozilih ter s predpisi o cestah. Čeprav so predpisi o cestnem prometu zelo jasni, jih udeleženci prometa še vedno kršijo. Kršenje prometnih predpisov je lahko tudi vzrok prometnih nesreč in posledično tudi smrtnih žrtev.

Večina nesreč se dogaja zaradi prehitre vožnje, kar je tudi glavna tema in problem moje raziskovalne naloge. Razmišljal sem o načinih, kako bi voznikom preprečili vožnjo s prekomerno hitrostjo in tako zmanjšali nevarnosti v vsakodnevnem cestnem prometu.

2 Namen in cilj

Namen naloge je raziskati možnosti enostavne, učinkovite in pametne prometne signalizacije za omejitev hitrosti, ki bi voznikom dejansko preprečila kršitve prekoračitve hitrosti, ter raziskati možnosti montaže takšnih znakov oziroma signalizacije na ceste.

Zastavil sem si naslednje cilje:

- Sestaviti model pametnega prometnega znaka za omejevanje hitrosti.
- Prikazati oziroma raziskati način, kako krmiliti hitrost električnega vozila glede na omejitve hitrosti oziroma s pametnim prometnim znakom.
- Raziskati možnosti za izgradnjo cenovno ugodnega sistema za omejevanje hitrosti avtomobilov, ki bo še vedno zanesljiv, varen in učinkovit, ter skladen z **GDPR** (GDPR je kratica za General Data Protection Regulation oz. za splošno uredbo EU o varstvu podatkov), ki določa nova pravila glede varstva osebnih podatkov).

Glavno raziskovalno vprašanje je naslednje:

- Kako s sodobno elektroniko učinkovito in enostavno omejiti hitrost avtomobilov v naseljih in nevarnih cestnih odsekih in s tem zmanjšati število nesreč.

3 Hipoteze:

- Predpostavljam, da je možno izdelati pametni prometni znak, ki bi lahko oddajal ustrezne signale, ki bi jih avtomobil zaznal in samodejno omejil hitrost vožnje.
- S pametno signalizacijo bi lahko teoretično učinkovito omejili oziroma določili hitrost vožnje skoraj na vseh pomembnih cestah oziroma odsekih cest, nenazadnje tudi na avtocestah.
- Menim da bi sistem takšne signalizacije lahko bil zelo učinkovit, v kolikor bi bila komunikacija med avtomobilom in znakom 100% zanesljiva in uspešna.

4 Prometne nesreče in posledice

Prometne nesreče so nesreče, ki se dogajajo v prometu, katerih vzrok so največkrat neprilagojena hitrost, nepravilna stran vožnje, smer vožnje, nepravilno prehitevanje ter vožnja pod vplivom alkohola. Posledice prometnih nesreč so materialna škoda in telesne poškodbe ter posledično smrtne žrtve. Spodnja tabela prikazuje primerjavo med letoma 2017 in 2018 o številu prometnih nesreč in številu posledic (poškodb). Kot je razvidno iz tabele se je število prometnih nesreč v letu 2018 povečalo in to kar za 3,8%. Kljub temu pa se je število prometnih nesreč s telesno poškodbo in smrtnim izidom zmanjšalo, kar za -2,8%, kar je velik napredek [2].

Tabela 1: Prikaz prometnih nesreč in posledic

Leto	Št. prometnih nesreč	Št. prometnih nesreč s telesno poškodbo in smrtnim izidom	Posledice (poškodbe)			Skupaj poškodbe
			Smrt	Huda tel. poškodba	Lažja tel. poškodba	
2017	17584	6185	104	851	7050	7901
2018	18248	6014	91	821	6867	7688
primerjava 18/17	3,8%	-2,8%	-12,5%	-3,5%	-2,6%	-2,7%

Najpogostejši vzroki za nastanek prometnih nesreč s smrtnim izidom v letu 2018 so bili neprilagojena hitrost, nepravilna stran vožnje in neupoštevanje pravil. Zanimiv pa je podatek, da največje zmanjšanje med vzroki za nastanek prometnih nesreč s smrtnim izidom bilo ravno na področju neprilagojene hitrosti in sicer je v letu 2017 umrlo 46 udeležencev, v letu 2018 pa 37 udeležencev.

V letu 2019 sta na slovenskih cestah umrla 102 udeleženca cestnega prometa, kar je 12 % več v primerjavi z letom 2018. V letu 2019 je prometnim nesrečam s smrtnim izidom botrovala predvsem neprilagojena hitrost, zaradi katere je življenje izgubilo 49 oseb, nepravilna stran oziroma smer vožnje, ki je botrovala 23 smrtnim žrtvam in izsiljevanje prednosti, zaradi katerega je umrlo 12 oseb. Tem trem vzrokom pripisujemo kar 83 % vseh umrlih udeležencev [3].

Glede na vsa tri leta, ki sem jih navedel v nalogi, lahko rečem, da ni opaziti drastičnega zmanjšanja nesreč. Te se še vedno pojavljajo, kljub tehniki, ki je na voljo, je hitrost še vedno eden od vzrokov za nesreče.

5 Umirjanje prometa

Umirjanje prometa je kombinacija fizičnih ukrepov za zmanjšanje negativnih posledic motornega prometa, ukrepov, ki spreminjajo obnašanje voznikov in ukrepov, ki izboljšujejo pogoje za ne motorizirani promet. V nadaljevanju navajam nekaj učinkovitih in preverjenih sistemov za umirjanje prometa [4] [5].

5.1 Sistemi za umirjanje prometa

1. Grbine so primerna rešitev za umirjanje prometa predvsem na cestah v stanovanjskih naseljih (Slika 1). Hitrostne grbine omogočajo vozilom, da jih prevozijo s hitrostjo med 20 km/h in 30 km/h brez občutnega nelagodja, premetavanja tovora in stresa.



Slika 1: Montažne grbine [6]

2. Zmanjšanje širine vozišča (Slika 2) je eden pomembnejših dejavnikov pri umirjanju prometa, saj so za doseganje večjih hitrosti potrebne širše ceste. Na zoženih voziščih ima voznik slabši občutek in postane bolj previden, zato včasih tudi podzavestno zmanjša hitrost.



Slika 2: Zmanjšanje širine vozišč [7]

3. Poleg omenjenih znakov je mogoče za umirjanje prometa uporabiti tudi znake spremenljive vsebine. Najboljše rezultate dajejo znaki s povratno informacijo (Slika 3).



Slika 3: Znak spremenljive vsebine [8]

4. V zadnjem času se za zmanjšanje hitrosti v mestnih območjih uveljavlja tudi semafor, ki je povezan z detektorjem hitrosti. Ob preveliki hitrosti vozila se prižge rdeča luč in voznik mora ustaviti vozilo.
5. Merilnik hitrosti je naprava za merjenje hitrosti premikajočih se predmetov. Uporablja se pri izvajanju meritve premikajočih se vozil (Slika 4).



Slika 4: Radar [9]

6 Drugi načini omejevanja hitrosti

Poleg zgoraj naštetih načinov omejevanja hitrosti obstajajo še drugi bolj učinkoviti, oziroma vozniku bolj prijazni načini omejevanja hitrosti, kot so aplikacija Drajv, strojni vid, ki služi prepoznavanju znakov in opozorilniki prekoračitve hitrosti, ki so nameščeni v avtomobilih.

6.1 Aplikacija DRAJV

V Zavarovalnici Triglav, d.d., brezplačno in vsakomur ponujajo možnost uporabe mobilne aplikacije DRAJV, ki deluje na osnovi telematike. Z uporabo aplikacije DRAJV lahko vozniki analizirajo svoje vožnje, spremljajo vozne navade in jih izboljšujejo. Aplikacija je izredno preprosta za uporabo in omogoča takojšno povratno informacijo [10].

Aplikacija DRAJV se uporablja za zbiranje in prikaz podatkov o vožnji. Med vožnjo se izvaja proces zbiranja podatkov, ki ni moteč za voznika. Po končani vožnji aplikacija pripravi poročilo, ki vsebuje pregled poti, prekoračitve hitrosti in druge nepravilnosti, ki so se zgodile na poti, ter končni rezultat, ki določa kakovost in varnost vožnje.

Z aplikacijo Drajv si lahko voznik prisluži tudi popust pri zavarovanju avtomobilske odgovornosti, zavarovanja voznika in zavarovanje splošnega avtomobilskega kaska. Po vsaj 300 posnetih km v najmanj 10 vožnjah prinaša 5 % popusta pri avtomobilskem zavarovanju ali 50 % znižanje doplačila za mladega voznika. Po 300 km lahko s snemanjem dobrih voženj nadaljuješ ter vsak mesec popust povečaš še za 1% (oziroma 2 %) za prevoženih vsaj 200 km (oziroma 400 km) mesečno.

Pri zbiranju popustov mora biti skupni rezultat voženj vedno vsaj 90 točk. Maksimalni seštevek popusta je omejen na 25 %. Popust se prizna pri zavarovanju avtomobilske odgovornosti, zavarovanju voznika in zavarovanju splošnega avtomobilskega kaska.

6.2 Toyota- aktivne tehnologije

Namen paketa Toyota Safety Sense z novo razvitim kompletom štirih aktivnih tehnologij, in sicer sistemom za predhodno zaznavanje trka, sistemom opozarjanja ob menjavi voznega pasu, samodejnim uravnavanjem dolžine svetlobnega snopa, asistentom za prepoznavanje prometnih znakov (Slika 5), je

čim bolj zmanjšati število prometnih nezgod in tako prispevati k prometni varnosti ter voznike obenem podpirati pri vsakodnevni vožnji [11].



Slika 5: Prikaz asistenta za prepoznavanje prometnih znakov [12]

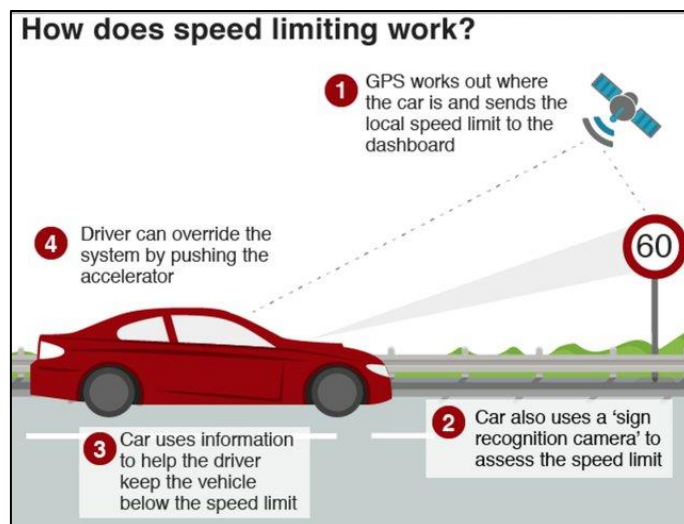
6.2.1 Vrste zaznavanja

Prometne znake lahko zaznavamo na veliko načinov, najbolj priljubljeno pa je zaznavanje z oblikami, prepoznavanjem barv ali kombinacija obojega. Poleg tega se lahko izvaja še prepoznavanje števil in besedila. V mojem primeru pridejo v poštev znaki, ki določajo hitrost, ki pa so vsi okrogli, z izjemo območja za hitrost, vendar je tam znak za hitrost narisan znotraj kvadrata. V poštev pridejo tudi znaki za naselja, ki so rumeni in pravokotne oblike.

Pri zaznavanju znaka z detekcijo barv mora biti znak močnih kontrastnih barv v primerjavi z okoljem, sicer je ta detekcija lahko napačna ali pa je znak nemogoče zaznati. Zaznavanje samo s pomočjo barve je težavno, ker nekateri znaki vsebujejo zelo malo določene barve, po kateri jih je možno prepoznati. To so na primer znaki za konec naselja, kjer je v popolnoma rumeni tabli z črnim napisom le par tankih diagonalnih rdečih črt, ki jih je težko zaznati, še posebej iz daljave. Tudi znaki za hitrost imajo le rob rdeče barve, ki je relativno ozek glede na celoten znak. Pri zaznavanju z barvami je torej treba zajeti barve, ki so v znakih, ostale barve pa poskušati izpustiti.

6.2.2 Intelligent Speed Assistance (ISA)

V Evropski uniji (EU) so določili novo vrsto obveznih varnostnih funkcij za nova vozila, vključno s tehnologijo, ki bi lahko omejila hitrost [13]. Tehnologija vključuje uvedbo inteligentne tehnologije za pomoč pri hitrosti ali (Intelligent Speed Assistance) ISA. S kombinacijo kamer in GPS, sistem zazna omejitve hitrosti na cesti, tehnologija pa zavira moč motorja, s čimer zagotavlja, da vozniki ne presežejo omejitev (Slika 6).



Slika 6: Sistem ISA [13]

6.2.3 Pametna prometna infrastruktura

V Las Vegasu so predstavili testni projekt V2I (Vehicle-to-Infrastructure), ki je v osnovi komunikacijski program med vozilom in semaforiziranimi križišči. Tehnologija, vgrajena v modela A4 in Q7 vas bo med vožnjo po igralniškem mestu informirala ali ste ujeli »zeleni val« ali pa boste pri naslednjem križišču morali počakati na zeleno luč ter koliko časa vam bo čakanje vzelo. Torej, odštevanje do zelene luči ne bo izpisano le na semaforju samem temveč tudi v vozilu. Pilotni projekt je eden večjih korakov na poti povezovanja pametne prometne infrastrukture ter inteligentnih vozil. Tehnologija bo kmalu testirana tudi na evropskih tleh, predpogoj pa je seveda nadgradnja prometne infrastrukture. Razvijalci trdijo, da informiranost voznika skrbi za bolj sproščeno vožnjo, večjo prometno pretočnost ter 15-odstotni prihranek goriva. [14]. Se pa na evropskih tleh pojavljajo razne pametne prometno-varnostne tehnologije [15].

6.2.4 Opozorilnik prekoračitve hitrosti s sistemom za prepoznavo prometnih znakov

Ta sistem vas opozori, če prekoračite omejitev hitrosti. Sistem analizira podatke o prometnih znakih, ki jih zbira kamera, in vas takoj obvesti prek armaturne plošče in projekcijskega zaslona (Slika 7). Če se podatki, ki jih zazna kamera, razlikujejo od podatkov s sistemskih zemljevidov imajo prednost podatki, ki jih zazna kamera [16] [17].



Slika 7: Prikaz sistema za prepoznavanje znakov [18]

Vsi zgoraj naštetni sistemi omejevanja hitrosti in fizične rešitve omejevanja hitrosti so že v uporabi. Kot je že v samem opisu posameznih sistemov zapisano, so težave še vedno prisotne. Sistemi zaznavanja se seveda izpopolnjujejo, a narava ali pa okoliščine so pogosto nepredvidljive, zato je težko trditi, da

so 100% zanesljivi. Potrebno je poudariti, da tudi če so sistemi še tako zanesljivi in učinkoviti, vožnja voznikov in prometne nesreče tega ne potrjujejo. Nesreče se še vedno dogajajo. Če vozniki niso pod kontrolo, včasih vozijo nespametno, prehitro, nepremišljeno. Znakov in opozoril pogosto ne upoštevajo. Na nacionalnem spletnem portalu sem zasledil uraden podatek DARS-a in sicer da so štirje stacionarni policijski merilniki na primorskem kraku v letu 2015 zaznali le 1.463 prehitrih voznikov[9]. Celoletni podatki kažejo, da denimo radar pri Vrhniki prehitrega voznika ujame povprečno le vsak tretji dan. Vsi štirje radarji skupaj so tako v celem letu zaznali 1.463 prehitrih voznikov, kar pomeni, da je vsak med njimi v 24 urah povprečno zaznal le enega prehitrega voznika. Ob tem je vredno poudariti, da policija navaja, da ti štirje stacionarni radarji na primorski avtocesti delujejo 24 ur na dan in 365 dni v letu. Izjema so le krajša obdobja, ko se na merilnikih izvajajo letne overitve

Menim, da je ob tehnologiji, ki je dandanes na voljo, možno realizirati sistem, ki bi bil zelo učinkovit in bi preprečeval prekoračitve hitrosti. Torej, v nadaljevanju sem poskušal sestaviti prototipni model sistema, ki bi omejeval hitrosti avtomobilov na posameznih odsekih cest, med drugim tudi na avtocestah. Pri tem pa sem se poskušal izogniti sistemu, ki bi posegal v osebne podatke posameznika.

7 Gradiva in metode

Moja metoda raziskovalnega dela bo eksperimentalno delo. Sestavlil bom model avtomobila in prometnega znaka, ki bosta med seboj vzpostavila komunikacijo. Nato bom poskušal simulirati delovanje sistema in ga preučiti.

8 Subjekt proučevanja

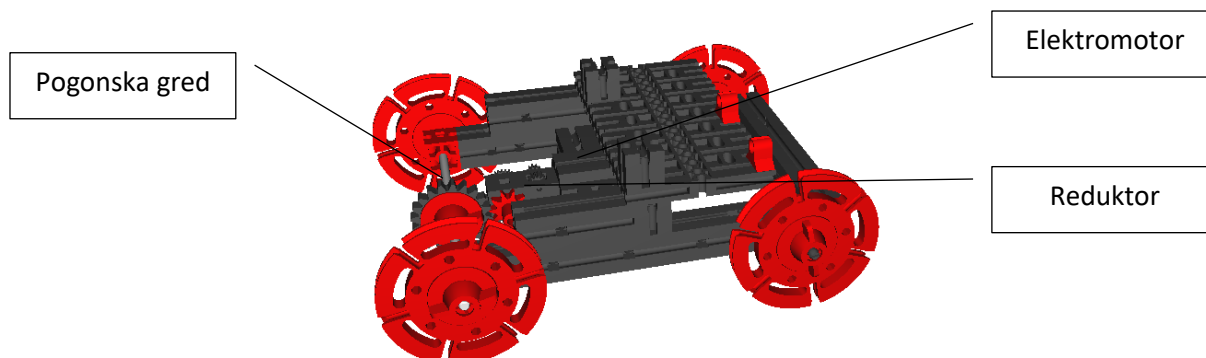
Za potrebe eksperimenta oziroma kot osnovo sem sestavlil model električnega avtomobila in model pametnega prometnega znaka. Uporabil sem konstrukcijske zbirke Fischertechnik, ki so se mi zdele zelo primerne za realizacijo modela. Z njimi se hitro sestavi model, hkrati so meni tudi zelo dostopne, saj jih imamo v šoli.

8.1 Model avtomobila

Avtomobil sem za namen eksperimenta zelo poenostavil, saj nima krmila. Poganja ga samo en elektromotor na sprednjem delu (Slika 8).

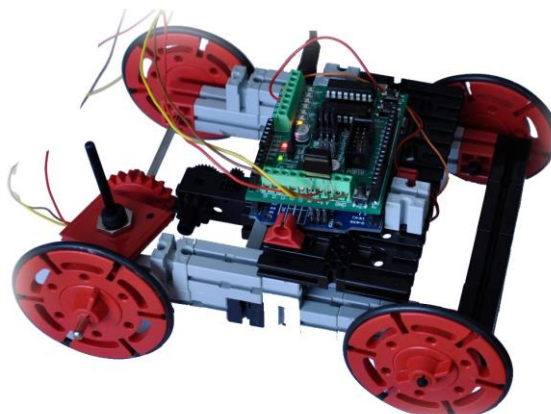
Avtomobil ima naslednje funkcionalnosti:

- Vozi se naprej, pri čemer mu lahko nastavljamo /reguliramo hitrost vožnje.
- Avtomobil lahko sprejema sporočila preko IR sprejemnega modula.
- Avtomobil lahko vozi le naravnost naprej.



Slika 8: 3D model avtomobila, izrisan z računalniškim programom FT designer [Lasten vir]

Avtomobil sem opremil s krmilnim vezjem (Slika 9).



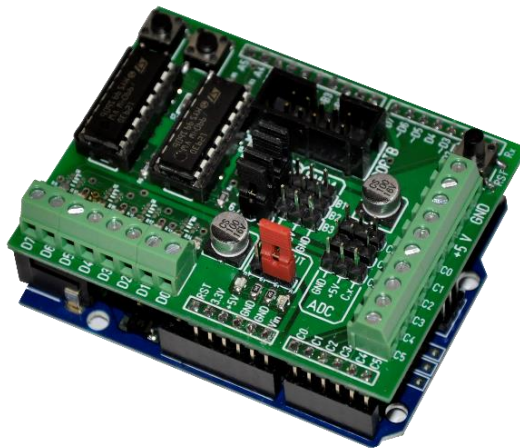
Slika 9: Slika modela avtomobila s krmilnim vezjem

Poleg avtomobila sem sestavil tudi model prometnega znaka, ki ima naslednje funkcionalnosti:

- Znak lahko preko IR svetleče diode oddaja sporočila, oziroma signale.
- Znak je programabilen, kar pomeni da ga lahko po želji sprogramiramo in mu določimo funkcije.

8.2 Krmilje avtomobila

Za krmiljenje avtomobila sem uporabil vmesnik Arduino UNO in rezino RobDuino (Slika 10), ki vsebuje integrirano vezje L293D za krmiljenje enosmernih elektromotorjev.



Slika 10: Krmilno modul Arduino UNO z rezino RobDuino

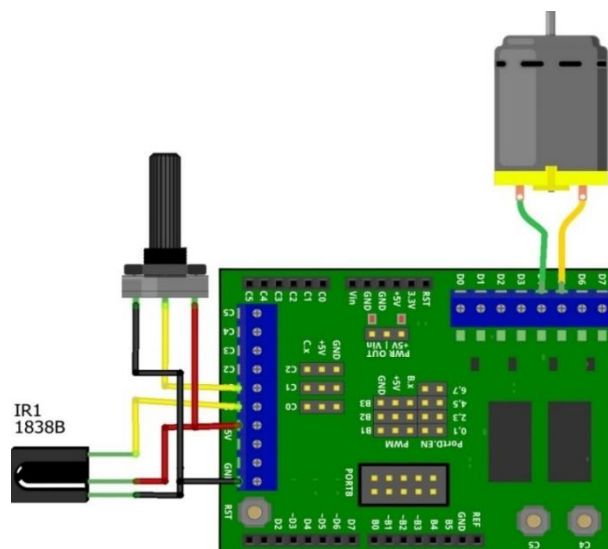
Za vmesnik Arduino sem se odločil, ker je zelo razširjen in je z njim zelo enostavno realizirati precej kompleksna vezja. Srce vmesnika Arduino UNO je AVR mikrokontroler ATmega328p. Omenjeni mikrokontroler ima dovolj perifernih enot, ki sem jih potreboval za model avtomobila, kot tudi znaka.

8.3 Regulacija hitrosti avtomobila

Za regulacijo hitrosti avtomobila sem uporabil linearni potenciometer (nastavljivi upor), ki sem ga povezal z analognim vhodom. Vrednost na analognem vhodu poenostavljeno predstavlja končno hitrost avtomobila, torej hitrost, ki jo voznik regulira med vožnjo preko stopalke (Slika 11).

Hitrost enosmernega motorja sem krmilil s pulzno širinsko modulacijo izhodnega signala. Širino PWM signala je določala prav vrednost na analognem vhodu.

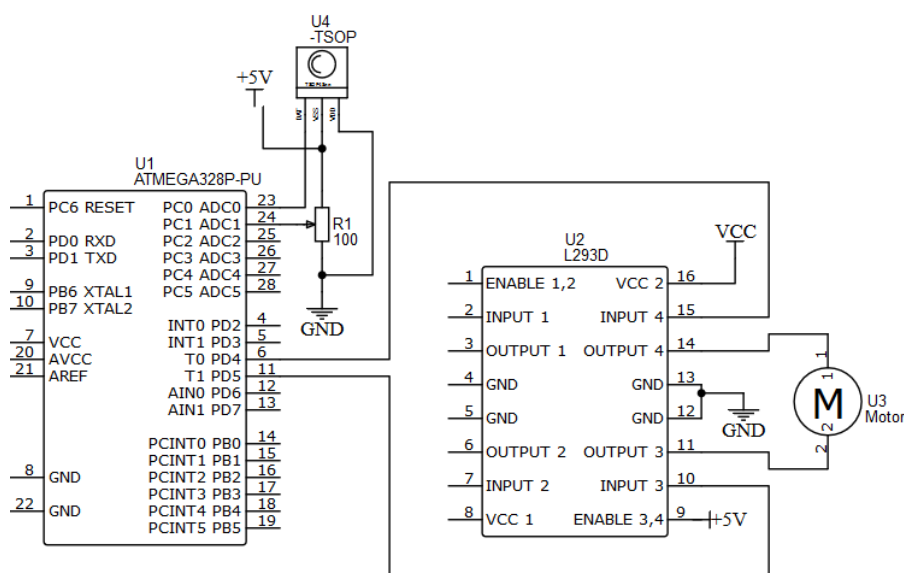
Pri samem programiranju oziroma krmiljenju motorja s PWM sem uporabil v naprej sprogramirano funkcijo `MotorX`, pri kateri s parametroma nastavljamo smer vrtenja motorja in hitrost vrtenja.



Slika 11: Krmilno vezje avtomobila

8.4 Sprejemni modul TSOP 1138

Za sprejem frekvenčno moduliranega IR signala sem uporabil modul TSOP1138, ki je izdelan posebej za potrebe lokalne IR komunikacije (Shema 1). Modul sprejema samo IR svetlobne signale, poleg tega pa ima že vgrajen frekvenčno prepustni filter, ki prepušča samo signale točno določene frekvence. V mojem primeru je to frekvenca 38 kHz. To pomeni, da IR svetloba, ki naključno prihaja iz prostora ne moti komunikacije. Modul je sestavljen tako, da izhod drži v logični "1", ko ne sprejema signalov oz. je podatkovna linija v mirovanju [19].



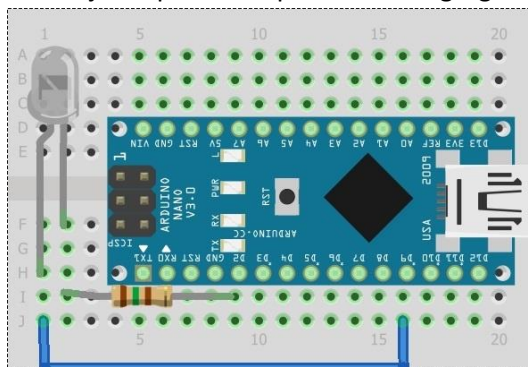
Shema 1: Vezje sprejemnega modula

8.5 Model prometnega znaka

Model prometnega znaka sem praktično sestavil kar na preizkusni ploščici. Sestavil sem 4 takšna prototipna vezja, da sem lahko preizkušal različne postavitve znakov in hkrati oddajal različne signale za različne omejitve hitrosti.

8.6 Oddajni modul – prometni znak

Za oddajni modul oziroma pametni prometni znak sem uporabil vmesnik Arduino NANO (Slika 12). Vmesnik je majhen in zelo primeren za vgradnjo v manjše sisteme. Oddajni modul sem opremil z IR svetlečo diodo in dodatnim uporom, za omejitev električnega toka. Ta upor je bil v nadaljevanju precej pomemben, saj sem s povečevanjem upornosti vplival na doseg signala ki prihaja iz znaka.



Slika 12: Oddajni modul

Oddajni modul pošilja podatke preko serijskega UART vmesnika. Podatki so frekvenčno modulirani, saj je avto opremljen s sprejemnikom, ki sprejema samo frekvenčno moduliran signal, kot je opisano že zgoraj.

8.7 Komunikacijski modul

Največji izziv mi je predstavljal komunikacijski modul ki ga pred raziskovalno nalogo nisem poznal. Krmiljenje motorja in ostale funkcije krmilja sem spoznal in uporabljal že pri robotiki, med tem ko sem moral komunikacijski modul preučiti od samega začetka [19].

Najprej sem moral preučiti, kakšno komunikacijo lahko uporabim pri svojem projektu. Že v začetku sem izključil radijsko komunikacijo, saj ima ta lahko precej velik doseg, kar pa bi bila pri načrtovanem sistemu lahko ovira. Potreboval sem bolj lokalno komunikacijo, da prometni znaki nebi motili drug drugega.

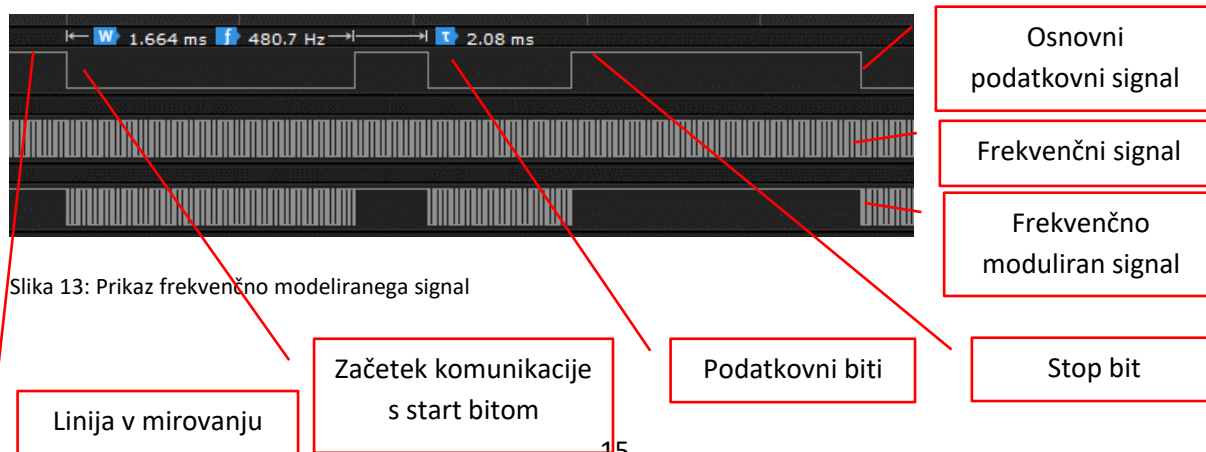
Odločil sem se, da za prototipni model mojega sistema izberem relativno enostavno IR komunikacijo, kakršno v vsakdanjem življenju uporabljamo pri upravljanju TV sprejemnikov ali radijskih sprejemnikov.

8.8 Serijska komunikacija preko UART vmesnika

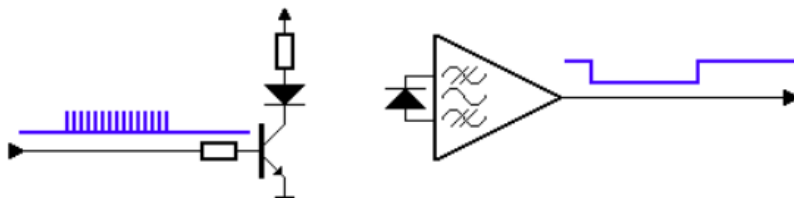
UART vmesnik deluje tako, da se podatki pošiljajo eden za drugim v 8-bitnih paketkih. Poleg teh osmih podatkovnih bitov se pošiljanje začne s start bitom in konča s stop bitom. S pomočjo teh dveh bitov na strani sprejemnika zaznamo, kdaj se je pošiljanje začelo oziroma končalo. Pri tem je potrebno upoštevati, da je podatkovna linija v stanju mirovanja v logični "1". Začetni bit se začne z logično "0", končni bit pa je logična "1". Pri asinhronem prenosu morata biti hitrost pošiljanja in hitrost sprejemanja (baudna hitrost) podatkov enaki. Spodnja slika prikazuje pošiljanje črke a. Črka a je po ASCII tabeli v binarnem sistemu predstavljena kot 1100001₍₂₎. Iz slike je razvidno, da se najprej pošlje bit z najmanjšo vrednostjo (LSB) in nazadnje bit z največjo vrednostjo (MSB).

Omenil sem že, da moramo imeti v primeru IR komunikacije frekvenčno moduliran signal. To pomeni, da je podatkovni signal pripet na neko osnovno frekvenco oz. osnovni signal. V našem primeru je to signal frekvenca 38 kHz. Kombinaciji osnovne frekvenca in podatkovnega signala rečemo frekvenčno moduliran signal. To pomeni, da moramo na sprejemni strani signal demodulirati, s čimer lahko izluščimo podatkovni signal. Ker se ta način komunikacije standardno uporablja v zabavni elektroniki (TV, radio...), je za ta namen na voljo mnogo sprejemnih modulov, ki že vsebujejo frekvenčno prepustni filter, ki iz moduliranega signala izlušči podatkovni signal.

Spodnja slika predstavlja posnet frekvenčno moduliran signal, ki sem ga pošiljal iz oddajnega modula. Signal sem posnel z logičnim analizatorjem Saleae, ki ga uporabljamo pri krožku elektronike (Slika 13).



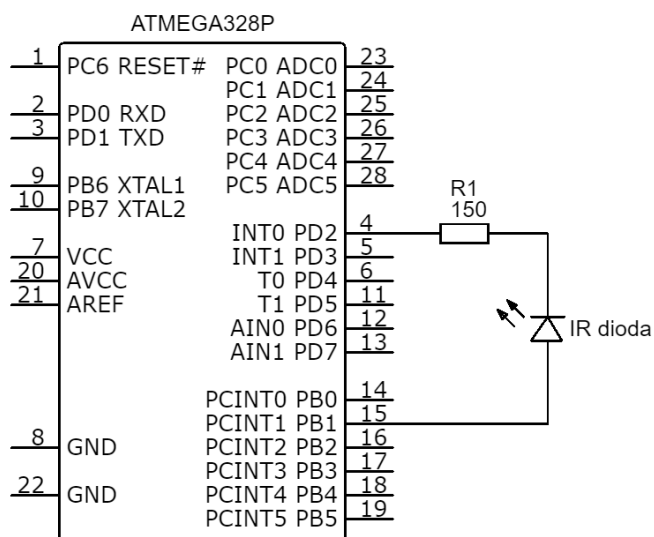
Spodnja shema prikazuje način pošiljanja frekvenčno moduliranega signala preko IR komunikacije (Shema 2). Iz sheme je razvidno, da je oddajni signal invertiran. Oddajna dioda sveti oz. utripa, ko pošiljamo logično "0", pri pošiljanju logične "1" pa dioda ne sveti. Prav tako dioda ne sveti, ko je podatkovna linija v mirovanju (logični "1").



Shema 2: Shema frekvenčno moduliranega IR signala

Oddajni modul sem sestavil samo s svetlečo diodo in uporom (Shema 3). Oddajna IR dioda je priključena med podatkovni TX priključek in priključek, na katerem se generira frekvenčni signal 38kHz. Dioda prevaja in posledično sveti, ko je na podatkovni liniji logična '0'. Torej, pošiljamo logične '0'. Ko je podatkovna linija v mirovanju, je v logični '1', in dioda ne sveti. Za lažje razumevanje je spodaj shema vezja.

TX	Frekvenčni signal	dioda
0	0	Ne sveti
0	1	SVETI
1	0	Ne sveti
1	1	Ne sveti

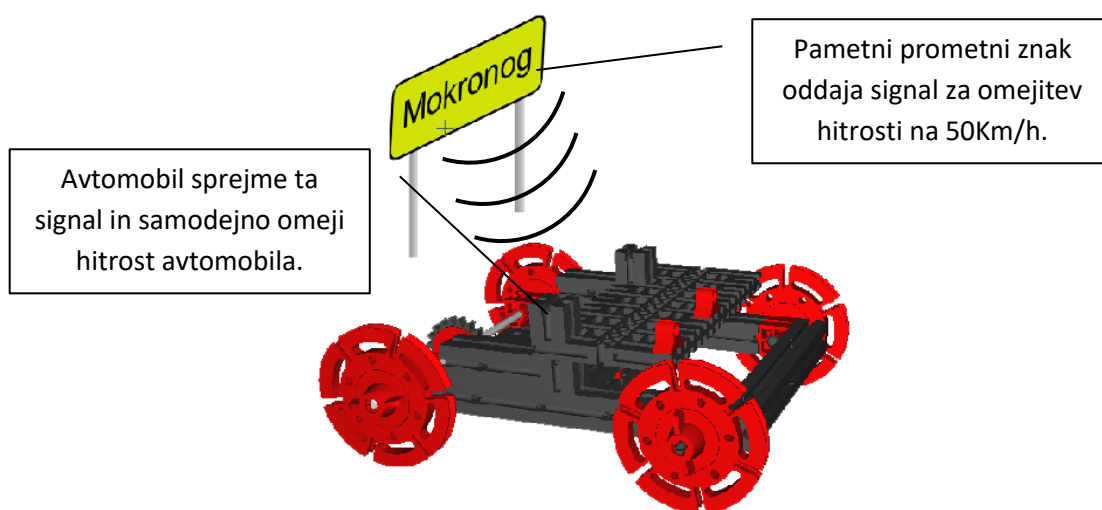


Shema 3: Vezje oddajnega modula

9 Načrtovanje eksperimenta in določitev pravil delovanja sistema

Eksperimentalni del sem začel z načrtovanjem celotnega sistema in sicer kaj naj sestavlja sistem in kako naj sistem deluje. Zamislil sem si naslednje:

- Za omejevanje hitrosti postavim pametne prometne znake, ki oddajajo določen signal. Ta signal nosi sporočilo, kakšna je na določenem odseku najvišja dovoljena hitrost (Slika 14).
- Hitrost avtomobila upravlja voznik. Najvišja hitrost avtomobila je pravzaprav najvišja hitrost, ki je v določeni državi določena. Pri nas je to hitrost 130Km/h. Seveda avtomobili lahko vozijo z večjo hitrostjo, kot je dovoljena. Zato lahko hitrost avtomobila poljubno povečujemo z ročico.
- Ko avto pripelje na določen odsek ceste, kjer je postavljen znak za omejitev, avto samodejno omeji hitrost avtomobila na dovoljeno predpisano največjo hitrost tega odseka. Voznik sicer lahko zmanjša hitrost, ne more pa peljati z večjo hitrostjo, kot je dovoljena na tem odseku.



Slika 14: Idejna zamisel postavitve sistema

V eksperimentu sem moral preizkusiti kako se avtomobil odzove na prejete signale in ali upočasni oziroma pospeši ob prejetju signala, ki ga pošlje znak. Preizkusiti sem moral tudi kako se avtomobil odzove v primeru, če zakrijemo znake tako, da avtomobil ne more sprejeti signala (primer sabotaže prometnega znaka) in pa tudi, kako se odzove avtomobil v primeru sprejetja več signalov hkrati.

Torej preizkusiti sem moral, če prometni znak resnično omeji hitrost avtomobila. Hitrosti naj namreč voznik ne bi mogel povečati nad dovoljeno, ko se enkrat pripelje mimo znaka za omejitev.

9.1 Algoritem oddajanja signala

Algoritem, ki sem ga uporabil pri pametnem prometnem znaku, je naslednji:

```

$regfile = "m328pdef.dat"
$crystal = 16000000

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc

Config Timer1 = Timer , Prescale = 1 , Compare A = Toggle , Clear Timer = 1
Ocr1a = 210
enable interrupts

Open "comd.2:2400,8,n,2" For Output As #2

dim stevilo as word
stevilo = 0

Do
    Stevilo = 180
    Printbin #2 , Stevilo
    Waitms 100
Loop
Close #2
        
```

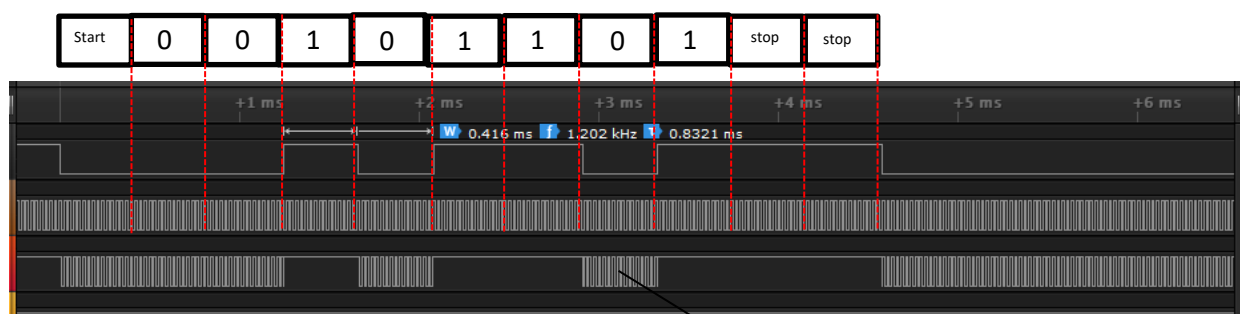
Konfiguracija analognog digitalnega pretvornika

Konfiguracija časovnika 1 za generiranje 38kHz signala

Konfiguracija programskega UART vmesnika

Periodično pošiljanje podatka (v tem primeru število 180, ki predstavlja omejitev na 50km/h

Signal, ki je bil poslan na omenjen način, je bil frekvenčno moduliran. Spodnja slika prikazuje število 180 ($10110100_{(2)}$), poslano preko UART-a. V kvadratih je vpisana številka 180 v binarnem sistemu (Slika 15).



Slika 15: Število 180₍₂₎ poslano preko UART-a

Frekvenčno moduliran signal

9.2 Algoritem sprejemnega modula

Algoritem za krmiljenje avtomobilčka, ki sprejema signale pametnega znaka je naslednji:

```
$regfile = "m328pdef.dat"  
$crystal = 16000000  
$include "RobDuino.bas"
```

```
Open "comc.0:2400,8,n,2" For Input As #1
```

Konfiguracija
programskega UART
vmesnika

```
Dim Char As Byte  
Dim Vrednost_adc As Word  
Dim Hittemp As Single  
Dim Hitrost As Byte  
Dim Omejitev As Byte  
Do
```

```
    Char = Inkey(#1)  
    If Char > 0 Then  
        Omejitev = Char  
    End If
```

Algoritem za sprejem
podatka

```
    Vrednost_adc = Getadc(1)  
    Hittemp = Vrednost_adc / 4  
    Hitrost = Hittemp
```

Algoritem za pretvorbo 10
– bitne vrednosti v 8 bitno

```
    If Hitrost > Omejitev Then  
        Motor2 Naprej , Omejitev  
    Else  
        Motor2 Naprej , Hitrost  
    End If
```

```
Loop
```

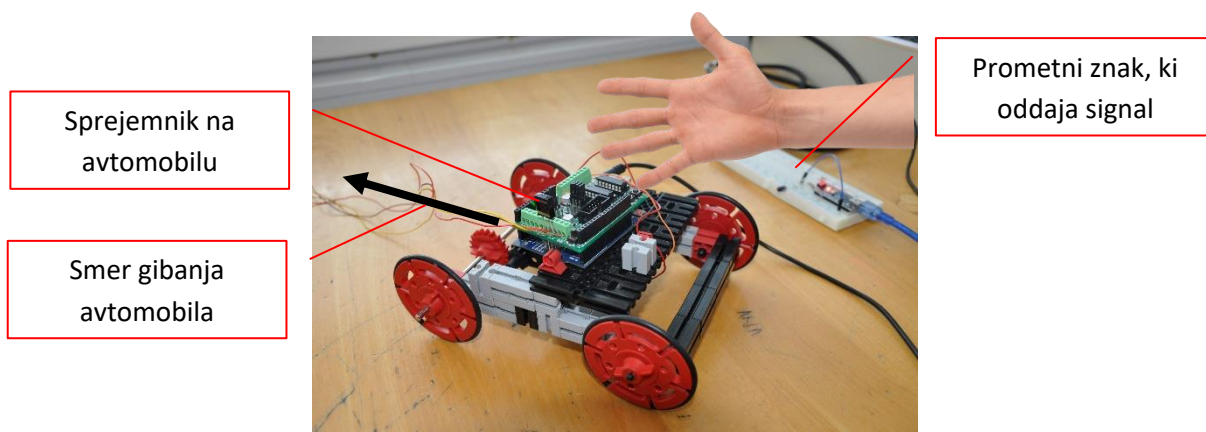
```
Close #1  
End
```

V neskončni zanki čakamo na prispeli podatek na UART vmesniku. Če je ta podatek različen od 0, ga obravnavamo in sicer, to je podatek o omejitvi. Število 255 predstavlja največjo dovoljeno hitrost na avtocesti, 130 Km/h, število 180 pa omejitev 50 Km/h. Ker funkcija `motor` vsebuje parameter ki zahteva 8 bitni podatek, moramo vrednost analognega vhoda deliti s 4, da iz 10-bitnega podatka dobimo 8 bitni podatek.

10 Preizkušanje

10.1 Prvi korak: preizkus komunikacije z enim znakom

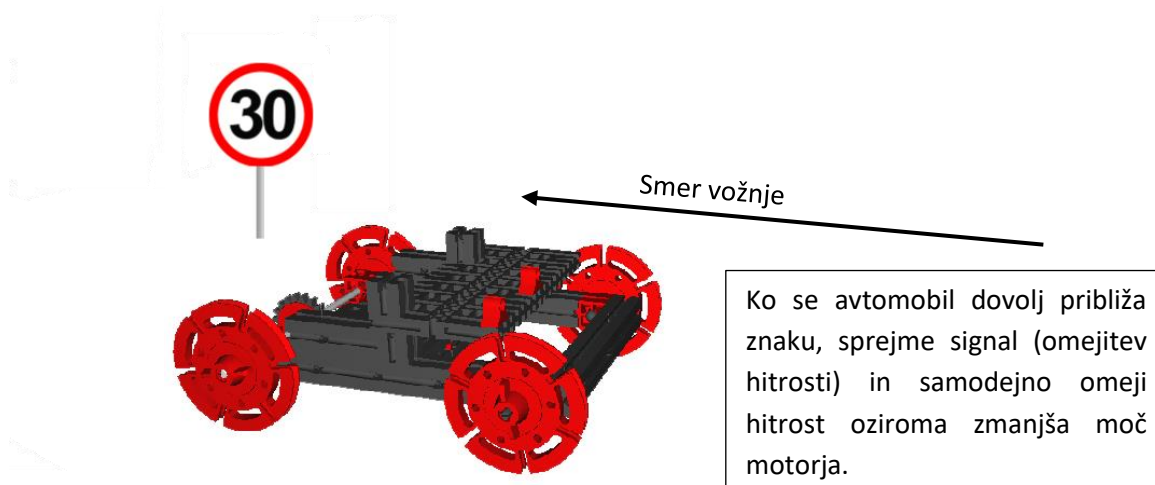
Eksperimentalni del sem začel tako, da sem sestavil in sprogramiral samo en prometni znak (Slika 16). Ko je bilo vezje narejeno, sem začeli s preizkušanjem komunikacije. Preizkus komunikacije sem preizkusil z avtomobilčkom, ki se je peljal s polno močjo. Na njegovi desni strani sem postavil omenjen znak za omejitev, ki je oddajal signale in je bil od avtomobilčka oddaljen 40 cm.



Slika 16: Preizkus komunikacije

Ko je avtomobilček prejel signal, ki ga je znak oddajal, je le tega avtomobilček sprejel kot omejitev hitrosti. Če je imel hitrost večjo od omejitve je avtomobilček začel samodejno zmanjševati hitrost, dokler hitrost ni bila enaka omejitvi. Kljub temu, da sem hitrost avtomobila povečeval z linearnim potenciometrom (nastavljivim uporom) avtomobilček ni mogel prekoračiti omejitve hitrosti. Potenciometer je v eksperimentu imel vlogo stopalke za plin (Slika 17).

Seveda je vse delovalo kot sem pričakoval in se s tem tudi prepričal, da avtomobilček in znak pravilno komunicirata. Naletel pa sem na eno težavo, ki se mi je pojavila, ko sem z roko zakril znak za omejitev. Avtomobilček v tem primeru ni prejel signalov, ki jih je oddajal znak in ni upočasnil (Slika 16).



Slika 17: Preizkus z enim znakom

V prvem koraku eksperimenta lahko potrdim svojo prvo hipotezo, in sicer da je s prometnim znakom, ki oddaja določen signal, mogoče omejiti hitrost mimo-vozečega avtomobila. V tem prvem koraku se že kaže odgovor na mojo tretjo hipotezo, kjer sem predvideval, da bi sistem lahko bil učinkovit, če bi bila komunikacija zanesljiva.

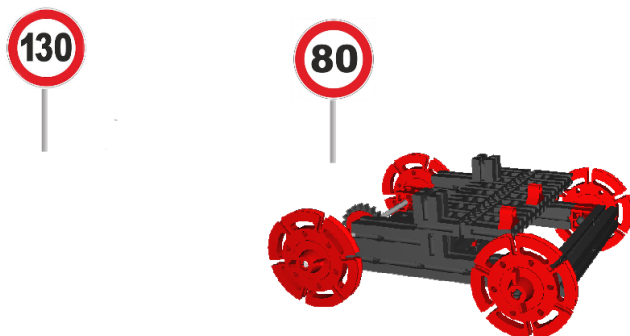
10.2 Drugi korak: dva znaka zaporedno

Po uspešno končanem preizkusu komunikacije z enim znakom sem eksperimentu dodal še en znak za omejitev, ki je bil od prvega znaka oddaljen približno 100 cm (Slika 18, 19). Prvi znak je oddajal signale za omejitev hitrosti za minimalno hitrost, drugi pa za omejitev hitrosti za maksimalno hitrost. Nato sem avtomobilček pognal s polno hitrostjo. Ko je pripeljal mimo prvega znaka je avtomobilček začel zavirati dokler hitrost ni bila enaka omejitvi hitrosti. S to hitrostjo se je peljal do naslednjega znaka. Ko je avtomobilček prejel signale drugega znaka, se mu je hitrost začela zviševati, dokler hitrost ni bila enaka omejitvi hitrosti, oziroma hitrosti, s katero smo mi želeli voziti. Seveda sem hitrost v coni omejitve poskušal zvišati ročno, s potenciometrom, a hitrost ni presegla omejitve hitrosti, kar je pomenilo, da sistem deluje po priakovanjih.



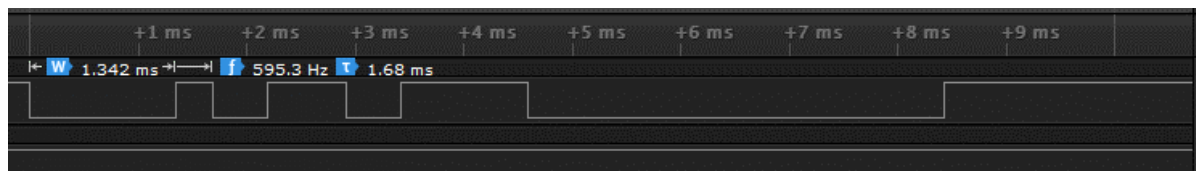
Slika 18: Preizkus z dvema znakoma

S tem sem dokazal, da kljub povečevanju hitrosti, avtomobilček ni mogel prekoračiti omejitve hitrosti. Naletel pa sem še na eno težavo, poleg zgoraj vpisane in sicer, če sem znaka medsebojno približal na manj kot 30 cm, je avtomobilček prejel oba signala in se mu hitrost ni zvečala niti ne zmanjšala ampak je pot nadaljeval z neko vmesno hitrostjo.



Slika 19: Eksperiment z dvema znakoma

Ker me je zanimalo, kaj se dogaja, sem posnel sprejeti signal in se prepričal, da avtomobilček ni sprejel nobene od predvidenih vrednosti. Spodnja slika prikazuje posnetek mešanega signala (Slika 20). Torej, sprejeti signal ni bil čisti signal prvega ali drugega znaka, pač pa neka mešanica, kar je nekako razumljivo, saj v komunikaciji nismo postavili nekega filtra ali kode za preverjanje od katerega znaka pride signal. Da bi se temu izognili, bi lahko pred vsako poslano vrednostjo poslali še nek ID znaka, tako bi lahko recimo avtomobil vedno čakal, da sprejme celoten podatek določenega znaka, šele nato začne s sprejemanjem podatka drugega znaka.

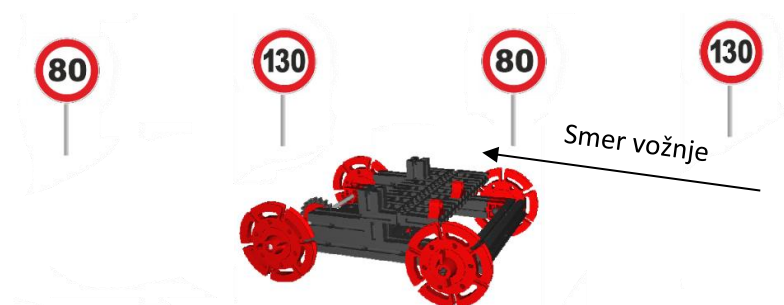


Slika 20: Posnetek prejetih signalov – mešan signal

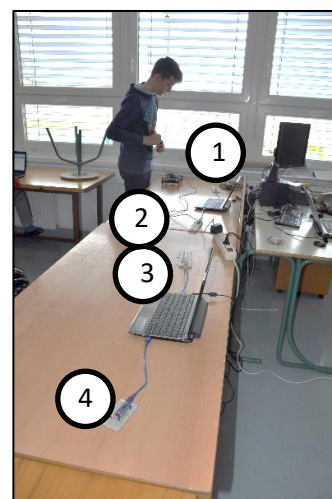
S tem poskusom lahko delno potrdim svojo drugo hipotezo, kjer sem predvideval, da lahko omejitev dosežemo na praktično vseh odsekih cest, tudi avtocestah. Znaki za omejitve, oziroma skriti oddajniki, bi se lahko nahajali kjer koli ob zaščitni ograji. Avtomobili tako nebi mogli preseči dovoljene hitrosti. V celotni ne moremo potrditi druge hipoteze, saj bi znaki na določenih odsekih lahko bili zelo blizu skupaj.

10.3 Tretji karak: štirje znaki

Eksperimentu sem dodal še dva znaka za omejitve, ki sem jih postavil v zaporedje. In sicer prvi in tretji znak sta oddajala signale za višjo hitrost, drugi in četrti pa signale za nižjo omejitev hitrosti (slika 21). Ko sem pognal avtomobilček s polno hitrostjo, se mu hitrost ob prejemu signalov, ki jih je oddajal prvi znak, ni povečala, saj je že vozil s polno hitrostjo. Ko je pripeljal do drugega znaka se mu je hitrost zmanjšala na omejitev, ki jo je oddajal znak. Pri tretjem znaku se mu je hitrost znova povečala na najvišjo možno hitrost in ob prejetju signalov četrtega znaka se mu je hitrost zopet zmanjšala na omejitev hitrosti (Slika 21 in 22).



Slika 21: Preizkus s štirimi znaki



Slika 22: Postavitev eksperimenta

Ob tem eksperimentu sem še dodatno preveril, ali lahko avtomobilček sprejema signale več znakov, ki so postavljeni v zaporedju. Odgovor je seveda pritrdilen, a samo, če so znaki dovolj oddaljeni drug od drugega v mojem primeru modela najmanj 30 cm.

S tem lahko ponovno samo delno potrdim drugo hipotezo, da je možno na vseh odsekih ustrezno omejiti hitrost. Tudi tukaj se je pojavil problem, če so bili znaki preblizu skupaj. Glede na vse izvedene poskuse, pa lahko rečem da v nobenem primeru ni šlo za zbiranje osebnih podatkov uporabnika, kar je bil tudi eden od ciljev raziskovalne naloge.

11 Diskusija in zaključek

Na podlagi izvedenih eksperimentov lahko rečem, da sem z rezultati zadovoljen. Cilji naloge, torej sestaviti model pametnega prometnega znaka, so bili vsekakor doseženi. Moje hipoteze so bile v večji meri potrjene, oziroma sprejete z zadržkom. Sistem je seveda pogojno izvedljiv, v kolikor upoštevamo določene omejitve pri postavitvi signalizacije – medsebojna oddaljenost znakov.

Izjema je torej druga hipoteza, kjer sem napovedoval, da bi sistem takšne signalizacije lahko bil zelo učinkovit. Te hipoteze ni moč v celoti potrditi, ne morem pa jo ovreči. Predvsem bi potreboval več časa, seveda pa bi moral pridobiti tudi več znanja s področja brezžičnih komunikacij. Razmišljal sem tudi o povsem drugačnih senzorjih in sicer, nekakšnem signalu, ki bi se ustvaril v avtu morda na podlagi magnetnega polja, ko bi avtomobil mimo znaka pripeljal s preveliko hitrostjo?

Povzetek rezultatov
Avtomobil brezpogojno sprejema signale
Sistem avtomobilu samodejno omeji hitrost
Težave se pojavijo, če so znaki preblizu skupaj
Do težav pride tudi, ko pred znak postavimo oviro in avto na sprejme signala

Seveda pa sem mnenja, da je sistem, ki bi bil podoben kot sem ga realiziral sam, mogoče v resnici sestaviti. Zagotoviti bi morali samo zanesljivo komunikacijo med avtomobili in znaki. Znaki pred naseljem in ob koncu naselja so sicer postavljeni relativno blizu, loči jih samo nekaj metrov, kolikor je široka cesta. Samo z usmerjenim signalom ne moremo zagotavljati uspešnosti komunikacije. Nekako sem prepričan, da bi morala biti komunikacija lokalno omejena, predvsem zaradi medsebojne bližine znakov. Enostavna lokalna IR komunikacija bi lahko zamenjal z Bluetooth komunikacijo. A ugotovil sem, da tudi Bluetooth komunikacija ni primerna, saj je to pravzaprav radijska komunikacija in oddaja signale do več 10 m daleč.

Sistem bi bilo potrebno tudi ustrezno zaščititi, saj bi nekdo lahko posnel signal znaka za omejitev hitrosti in enak znak skril ob svoji hiši. To bi bila na primer omejitev hitrosti na 30Km/h. Tega pa seveda ne želimo, ker takšen način omejevanja hitrosti lahko ovira promet.

V prihodnje nameravam narediti bolj kompatibilen sistem za omejevanje hitrosti, seveda bi poskusil tudi z drugimi načini komunikacije. Sistem je sicer še v razvojni fazi. Celotno vezje bi bilo potrebno znova programirati in prilagoditi novi vrsti komunikacije. Tako bi poskusil zagotoviti popolnoma nemoteno delovanje sistema in komunikacijo med znakom in avtomobilčkom.

Za konec lahko rečem, da sem se naučil veliko novega. Med drugim sem se seznanil z ukrepi za umirjanje hitrosti prometa katerih do sedaj niti nisem podrobno poznal. Ugotovil sem pomanjkljivosti in prednosti sistema in poskušal najti izboljšave, ki pa jih bom v nadaljevanju tudi poskušal realizirati.

12 Viri in literatura

- [1]. Promet (online) (obiskano 2. 6. 2020) , dostopno na:
<https://fran.si/iskanje?FilteredDictionaryIds=130&View=1&Query=promet>
- [2]. *Analiza in pregled stanja varnosti cestnega prometa v letu 2018* (online) (obiskano 25.1.2020), dostopno na naslovu:
<https://www.avp-rs.si/wp-content/uploads/2019/03/Analiza-in-pregled-stanja-varnosti-cestnega-prometa-v-letu-2018.pdf>
- [3]. Vzroki za črno statistiko ostajajo alkohol, neprilagojena hitrost, izsiljevanje prednosti in vožnja z motorjem (online) (obiskano 3. 6. 2020), dostopno na: <https://varna-pot.si/2020/01/15/vzroki-za-crno-statistiko-ostajajo-alkohol-neprilagojena-hitrost-izsiljevanje-prednosti-in-voznja-z-motorjem/>
- [4]. Stanek, J. *Umirjanje prometa v naseljih*. Diplomsko delo, Radovljica, 2007.
- [5]. Lipar, P. *Umirimo promet*. Kataložni zapis o publikaciji, Ljubljana, 2007.
- [6]. *Prometna oprema* (online) (obiskano 11. 3. 2020), dostopno na naslovu :
<https://www.elci.si/prometna-oprema.html>
- [7]. *Umirjanje prometa* (online) (obiskano 11. 3. 2020), dostopno na naslovu :
http://www1.amzs.si/si/356/2244/Umirjanje_prometa.aspx
- [8]. *Preventivne radarske table: Skozi naselje tudi štirikrat prehitro* (online) (obiskano 11. 3. 2020), dostopno na naslovu :
<https://www.tednik.si/tednik/4332-preventivne-radarske-table-skozi-naselje-tudi-stirikrat-prehitro>
- [9]. *Na primorski avtocesti zasačeni le štirje prehitri vozniki dnevno* (online) (obiskano 11. 3. 2020), dostopno na naslovu:
<https://www.rtvsllo.si/slovenija/na-primorski-avtocesti-zasaceni-le-stirje-prehitri-vozniki-dnevno/385087>
- [10]. *Drajv* (online) (obiskano 18. 1. 2020), dostopno na naslovu:
<http://drajv.triglav.si/>
- [11]. *Toyota Safety Sense (TSS)* (online) (obiskano 15. 12. 2019), dostopno na naslovu:
<https://www.toyota.si/world-of-toyota/articles-news-events/2018/new-tss.json>
- [12]. Ford's new car will force you to obey the speed limitn (online) (obiskano 29. 5. 2020), dostopno na naslovu: https://www.engadget.com/2015-03-24-ford-smax-speed-limit.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAKbMDmI6MnVsf84RMJ3zqVr1PT071p5h4_Z_o4jSURQtej2jnGjqzgOkdHFCFT9HgysG8BJLxsVFGA_YVaV9sUD63SOq1f8hzA4xu2uk7exWo8JOGanlgOub3Bj3DAiEiyAG86n96O6KGo3eNYDazRC-J9X4gWyyS16csjcH83F
- [13]. EU Rules Intelligent Speed Assistance In All New Cars By 2022 (online) (obiskano 2. 6. 2020), dostopno na: <https://industry europe.com/eu-rules-intelligent-speed-assistance-in-all-new-cars-by-2022/>
- [14]. Pametna prometna infrastruktura (online) (obiskano 2. 6. 2020), dostopno na:
<http://caranduser.com/sl/novice/avtomobilizem/pametna-prometna-infrastruktura.html>
- [15]. Cars in Europe could soon be fitted with technology to stop drivers speeding (online) (obiskano 2. 6. 2020), dostopno na: <https://www.cnbc.com/2019/03/27/cars-in-europe-could-be-fitted-with-technology-to-stop-speeding.html>

- [16]. *Prepoznavanje prometnih znakov in omejitev hitrosti* (online) (obiskano 15.12.2019), dostopno na naslovu:
<https://www.citroen.si/svet-citroen/tehnologije/prepoznavanje-prometnih-znakov.html>
- [17]. *Zaznavanje prometnih znakov* (online) (obiskano 14.1.2020), dostopno na naslovu:
<https://si.e-guide.renault.com/slv/Clio-5/ZAZNAVANJE-PROMETNIH-ZNAKOV>
- [18]. The Renault TALISMAN (online) (obiskano 29.5.2020), dostopno na naslovu:
<https://docplayer.net/44149707-The-renault-talisman-sleek-lines-for-generous-cabin-space-and-comfort-03-a-chassis-unprecedented-in-the-talisman-s-segment-11.html>
- [19]. Kušar, T. *Uporaba mikrokmlnika pri brezžični komunikaciji*. Diplomsko delo, Ljubljana, 2006.