

**»Mladi za napredek Maribora 2020«
37. srečanje**

SISTEM ZA POMOČ VZ RATNE VOŽNJE POLPRIKLOPNIKA

Raziskovalno področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: NEJC GROBELNIK

Mentor: BOJAN DEŽMAN

Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

Število točk: 152/ 170

Maribor, 2020

Mladi za napredek Maribora 2020

37. srečanje

SISTEM ZA POMOČ VZ RATNE VOŽNJE POLPRIKLOPNIKA

Raziskovalna naloga

Raziskovalno področje: ELEKTROTEHNIKA, ELEKTRONIKA

MARIBOR, 2020

1. KAZALO

1.1. Kazalo vsebine

1.	KAZALO	1
1.1.	Kazalo vsebine	1
1.2.	Kazalo slik	2
2.	POVZETEK.....	3
3.	ZAHVALA	3
4.	UVOD	3
5.	VSEBINSKI DEL	4
5.1.	Opis vozila	4
5.2.	Študija vzvratne vožnje	8
5.2.1.	Vožnja vzvratno naravnost	8
5.2.2.	Vožnja vzvratno - zavijanje	8
5.2.3.	Poravnava vlačilca in polpriklopnika	10
5.3.	Opis sistema	11
5.3.1.	Joystick.....	12
5.3.2.	Servomotor	12
5.3.3.	Elektro-magnetni hidravlični ventil /Solenoid	13
5.3.4.	Encoder	13
5.4.	Topologija sistema.....	15
5.4.1.	CAN komunikacija	15
5.4.1.	Modul MCP2515	16
5.5.	Standardi električnih priključkov med vlačilcem in polpriklopnikom	17
5.6.	Arduino razvojne ploščice.....	18
6.	ZAKLJUČEK.....	20
7.	DRUŽBENA ODGOVORNOST	20
8.	LITERATURA IN VIRI	21
8.1.	Knjižni viri	21
8.2.	Spletni viri	21
8.3.	Viri slik.....	22

1.2. Kazalo slik

Slika 1: Vlačilec s polpriklopnikom.....	3
Slika 2: Sedlo vlačilca	4
Slika 3: Kraljevi čep in kraljevi čep z enkoderjem	4
Slika 4: Dimenzije vlačilca	5
Slika 5: Simulacija najmanjšega zavijalnega kroga vlačilca	5
Slika 6: Dimenzije polpriklopnika	6
Slika 7: Najmanjši zavijalni krog s polpriklopnikom	6
Slika 8: Vožnja vzvratno naravnost.....	8
Slika 9: Vzvrtno zavijanje	9
Slika 10: Vzdrževanje konstantnega kota pri vožnji v ovinek.....	9
Slika 11: Poravnava polpriklopnika in vlačilca	10
Slika 12: Izbira smeri.	11
Slika 13: Brezžična vzvratna kamera.....	11
Slika 14: Joystick	12
Slika 15: Solenoid	13
Slika 16: Enkoder	14
Slika 17: Topologija naprav	15
Slika 18: CAN podatek.....	15
Slika 19: Povezava dveh Arduino ploščic s komunikacijo CAN	16
Slika 20: Električni priključki na polpriklopniku	17
Slika 21: 24S priključek.....	17
Slika 22: Razvojni ploščici Arduino MEGA in Arduino UNO (vir: avtor naloge).....	18

2. POVZETEK

V raziskovalni nalogi bomo pojasnili problem, ki smo si ga zastavili, naredili bomo študijo vzratne vožnje polpriklopnika, opisali lastnosti vlačilca in polpriklopnika, predvsem električno shemo in prenos podatkov med vlačilcem in polpriklopnikom.

3. ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorju za vso podporo in pomoč ter strokovne nasvete pri izdelavi in pisanju raziskovalne naloge. Zahvaljujemo se tudi kolegom iz stroke strojništva za nasvete iz njihove stroke, ter seveda vsem preostalim, ki so na kakršenkoli način prispevali k uspešnemu zaključku naše raziskovalne naloge.

4. UVOD

Kot dijaki elektrotehnike in ljubitelji avtomobilizma in tovornjakov, smo želeli podrobneje spoznati električno inštalacijo in komunikacijo v tovornjakih ter sami poskušati narediti sistem za vzratno vožnjo polpriklopnika. Za osnovo na kateri bomo zasnovali sistem smo si izbrali klasični vlačilec MAN TGX 18.440 4x2 ter trisosni polpriklopnik, se pravi gre za standardnega vlačilca s polpriklopnikom v Evropi. Za lažjo predstavo prilagamo fotografijo omenjene skupine vozil.



Slika 1: Vlačilec s polpriklopnikom

5. VSEBINSKI DEL

5.1. Opis vozila

Za osnovo našega sistema smo si izbrali standardni vlačilec s polpriklopnikom. Gre za vlačilec MAN TGX 18.440 4x2 ter standardni polpriklopnik s tremi osmi. Za našo raziskovalno nalogo je pomembno, da poznamo lastnosti in dimenzije vozila.

Za lažje razumevanje bomo začeli pri osnovah. Polpriklopnik nima klasičnega priklopa, ampak ima kraljevi čep oziroma sornik, vlačilec pa ima sedlo, katero se ob priklopu zaskoči, tako da je kraljevi čep nepremičen, vrti se lahko le okoli svoje osi.

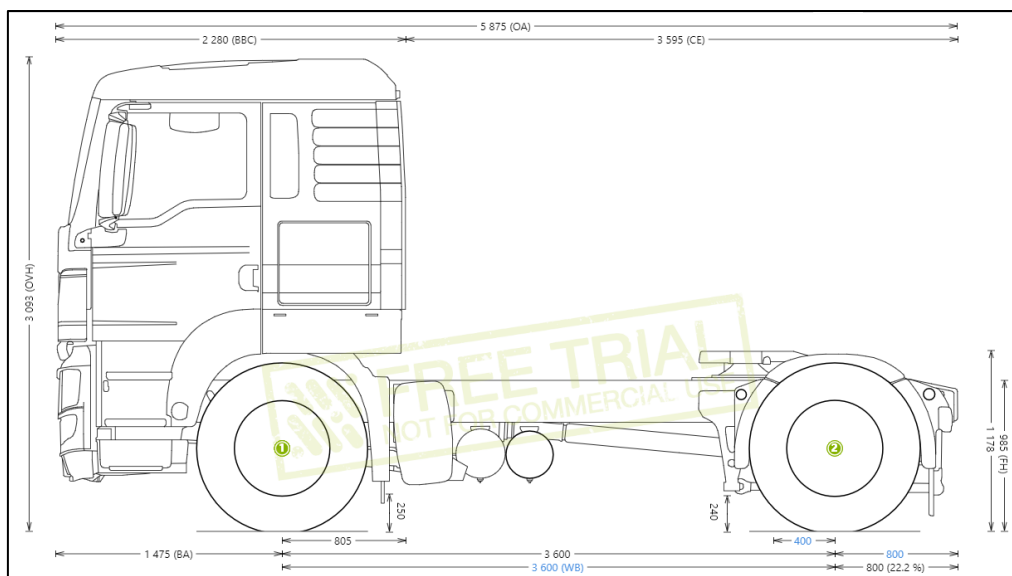
Vsi polpriklopniki imajo navaden kraljevi čep, vendar pa ta za naš sistem ne pride v poštev. Tega bi morali menjati s takim, ki ima vgrajen enkoder oziroma senzor pozicije, ki bi nam dajal informacijo pod kakim kotom sta polpriklopnik in vlačilec.



Slika 2: Sedlo vlačilca

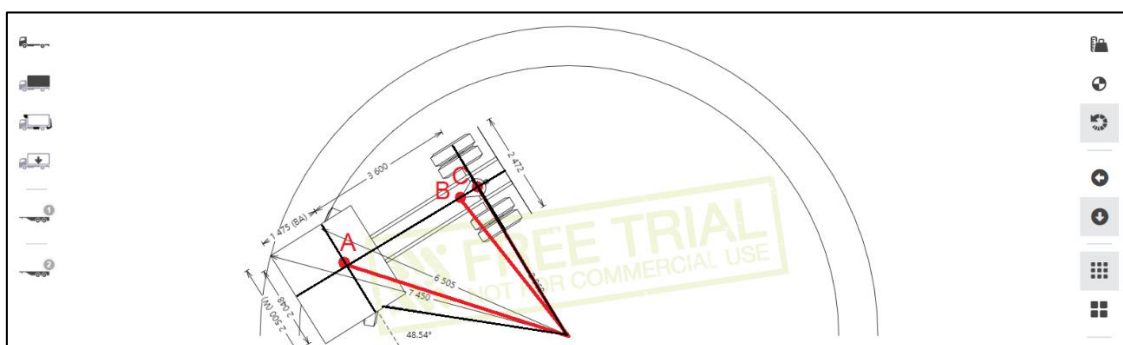


Slika 3: Kraljevi čep in kraljevi čep z enkoderjem



Slika 4: Dimenzije vlačilca

Zelo pomembno je, da poznamo dimenzije in geometrijo vozila pri zavijanju. Te koristne informacije sem dobil na spletni strani truckscience.com. Medosna razdalja na tem vlačilcu znaša 3600 mm, pomemben podatek pa je tudi ta, da je center sedla 400 mm pred pogonsko oziroma zadnjo osjo.



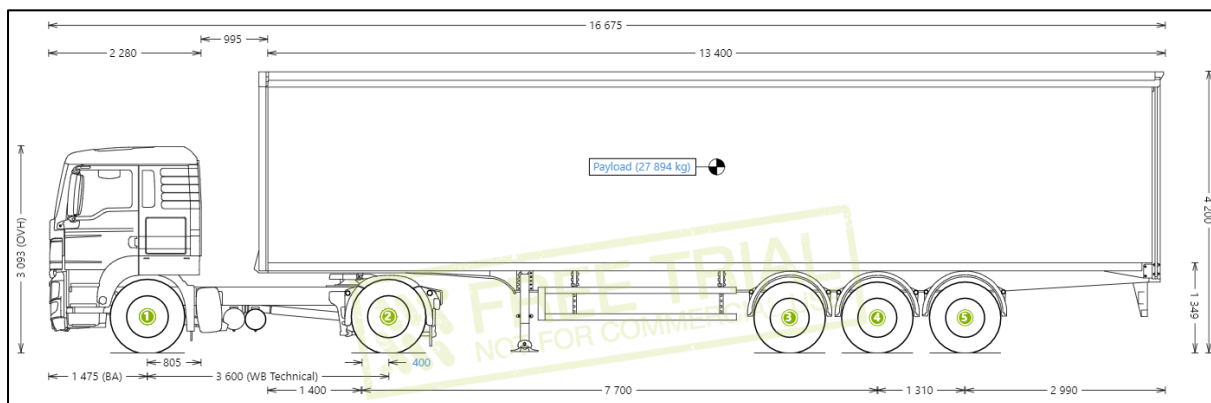
Slika 5: Simulacija najmanjšega zavijalnega kroga vlačilca

Na spletni strani sem izvedel tudi simulacijo najmanjšega zavijalnega kroga. Zavijalni krog je krog, ki ga vozilo opiše pri zavijanju, najmanjši zavijalni krog pa je najmanjši krog, ki ga vozilo lahko opravi, od tega sta odvisna medosna razdalja in največji kot, vodilnih koles. Center zavijalnega kroga je tam, kjer se sekajo premice, ki so postavljene pravokotno na vsako kolo. Na sliki 5 sem označil tri točke, ki so ključnega pomena:

- Točka A – Sredina zavijalne osi
- Točka B – mesto na katerem je vpet polpriklopnik (kraljevi čep)
- Točka C – sredina pogonske osi

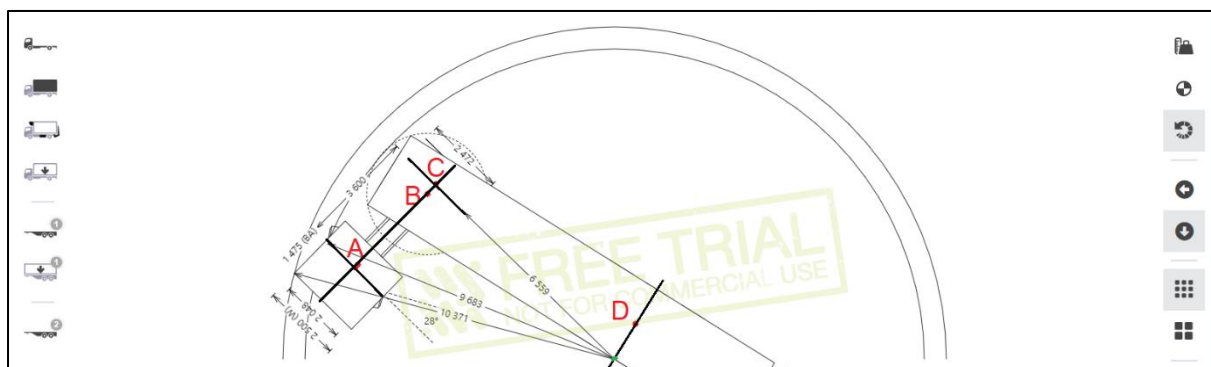
Pomembno je omeniti, da te tri točke pri zavijanju ne opišejo enakega kroga.

Krog, ki ga opiše točka A ima polmer 5535 mm, točka B 4225 mm ter točka C 4200 mm.



Slika 6: Dimenzije polpriklopnika

V splošnem je dolžina polpriklopnika po navadi 13.600 mm, vendar to za nas ni toliko pomembno, kot je razdalja med kraljevim čepom in sredinsko osjo polpriklopnika. Ta znaša 7.700 mm in nas zanima iz tega razloga, saj center zavijalnega kroga ko imamo priključen polpriklopnik nastane ravno na premici, ki poteka skozi sredinsko os.



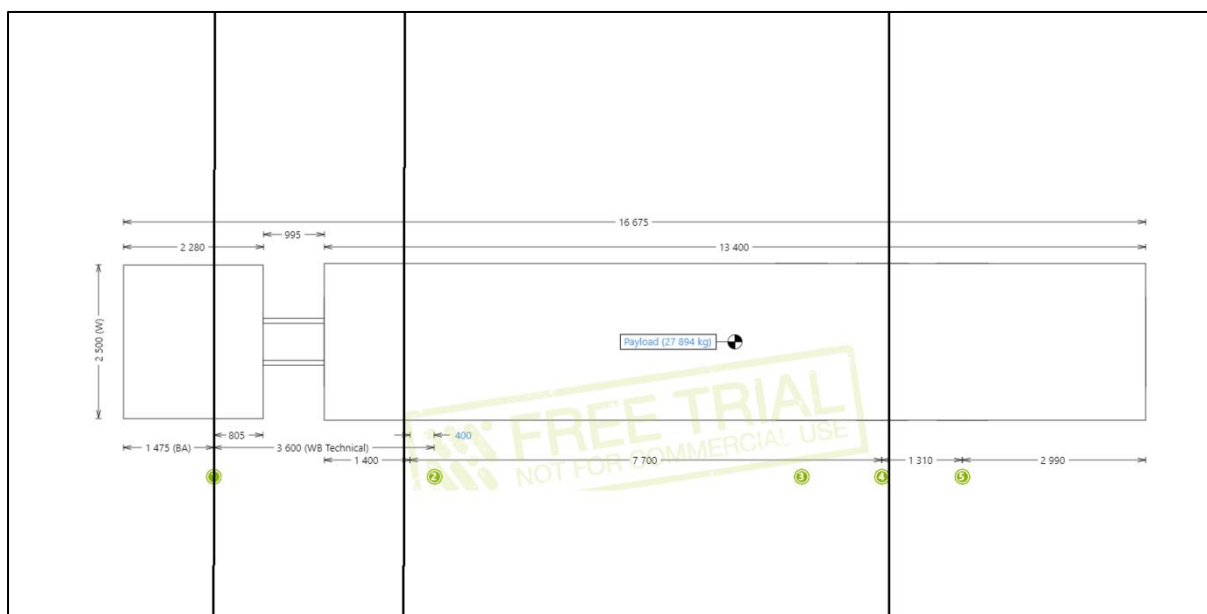
Slika 7: Najmanjši zavijalni krog s polpriklopnikom

Simuliral sem še najmanjši zavijalni krog s polpriklopnikom iz dimenzij sem izračunal tudi kot med vlačilcem in polpriklopnikom, ta znaša 78 ° in je zelo pomemben. Če bomo pri vzratni vožnji ta kot povečali, vlačilca in polpriklopnika ne bomo mogli več poravnati (se bomo »zalomili«), poravnamo se lahko v takem primeru samo s popravki naprej, kar pa v našem sistemu ne pride v poštev Pomembno je tudi da je center zavijalnega kroga polpriklopnika na kocu leve ali desne strani sredinske osi.

5.2. Študija vzvratne vožnje

5.2.1. Vožnja vzvratno naravnost

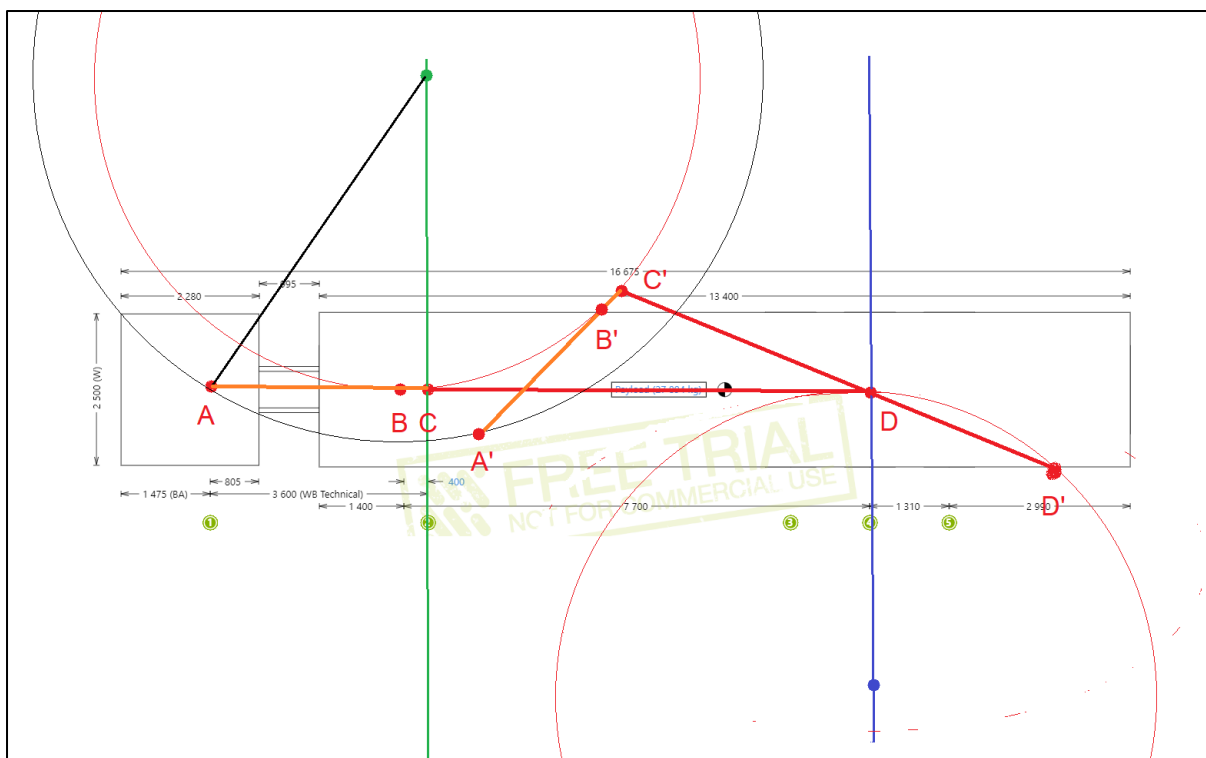
Če začnemo pri osnovah, torej pri vožnji polpriklopnika vzvratno naravnost in smo v situaciji da sta vlačilec in polpriklopnik poravnana. Če imamo poravnano tudi vodilno os oziroma so vodilna kolesa vzporedno s kolesi na pogonski osi (teoretično so vse premice, ki grejo skozi osi vzporedne, glej sliko). Če slučajno zadek polpriklopnika začne zavijati zaradi kakšne zunanje sile, kot je na primer neravnost terena, recimo v desni smeri (če gledamo iz perspektive voznika), moramo krmilo rahlo zavrteti v desno oziroma v smeri urinega kazalca in obratno naredimo če zadek polpriklopnika začne zavijati v levo. Na tak način »lovimo« ravno linijo vzvratne vožnje polpriklopnika.



Slika 8: Vožnja vzvratno naravnost

5.2.2. Vožnja vzvratno - zavijanje

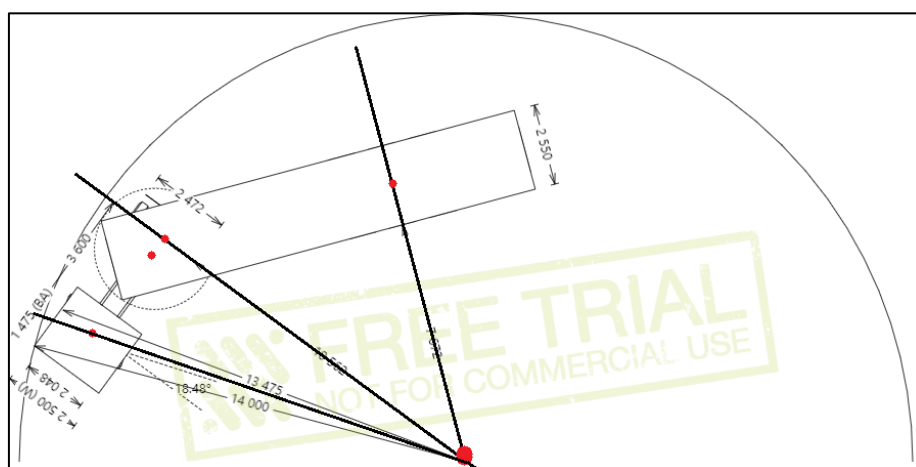
Pri zavijanju vzvratno moramo upoštevati to, da polpriklopnik nima zavijalnih osi, ki bi nam pomagale, da bi polpriklopnik takoj začel zavijati. Če želimo da bo polpriklopnik zažal zavijati na primer v levo, moramo krmilo zavrteti v desno, oziroma v smeri urinega kazalca, s tem povzročimo, da se polpriklopnik in vlačilec začneta »lomiti«, Manjši kot je zavijalni krog, ki ga ustvarimo z vlačilcem, hitreje in pod večjim kotom zalomimo vlačilec in polpriklopnik.



Slika 9: Vzvratno zavijanje

Slika 9 prikazuje kako vzvratno zaviti v levo. Razdalja na kateri se zavrti točka D (center sredinske osi polpriklopnika) okoli središča krožnice je enaka razdalji Točke C (središče pogonske osi) do središča zavijalnega kroga.

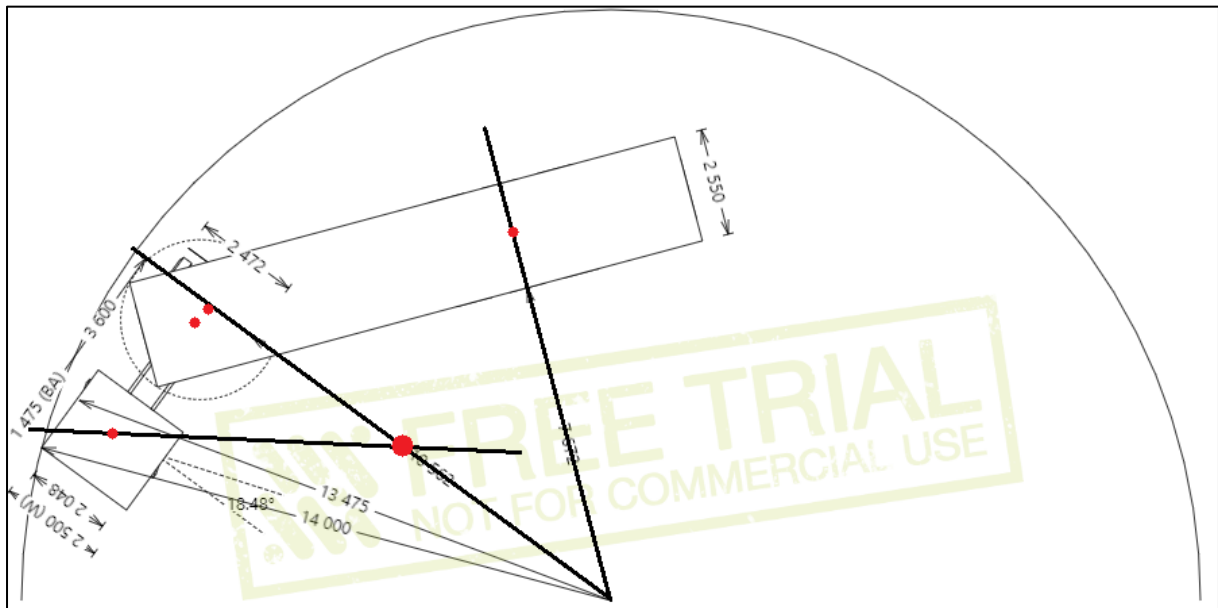
Če želimo vožnjo v ovinek nadaljevati pod nekim določenim kotom (kot med polpriklopnikom in vlačilcem) se mora središče zavijalnega kroga nahajati na premici, ki poteka skozi sredinsko os polpriklopnika.



Slika 10: Vzdrževanje konstantnega kota pri vožnji v ovinek

5.2.3. Poravnava vlačilca in polpriklopnika

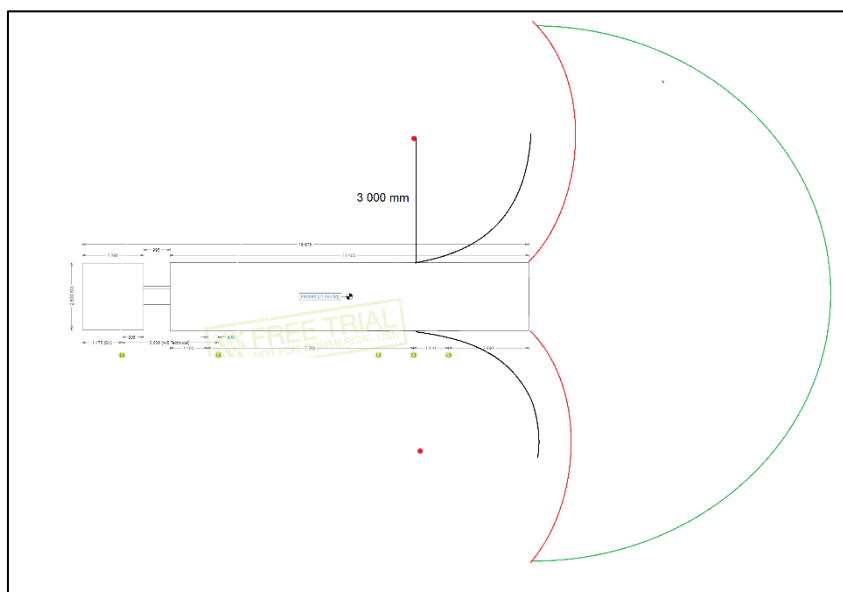
Če želimo polpriklopnik in vlačilec poravnati moramo središče zavijalnega kroga premakniti pred premico, ki poteka čez sredinsko os polpriklopnika. Kako hitro ga bomo poravnali je odvisno od tega pod kakim kotom smo zalomljeni in za koliko smo točko premaknili pred premico. Če bi to točko premaknili za premico, bi se polpriklopnik še bolj zalomil.



Slika 11: Poravnava polpriklopnika in vlačilca

5.3. Opis sistema

Sistem bi deloval tako, da ko bi voznik prestavil v vzvratno prestavo bi se prižgala vzvratna kamera ter dva laserja ki kažeta željeno smer vožnje. Laserja ter kamera bi bila pritrjena na zadku polpriklopnika na servomotorju. Voznik bi v kabini vlačilca imel joystick, s katerim bi si izbral smer vožnje s pomočjo dveh laserjev. Laserja bi lahko premikali po namišljeni krožnici, ki bi imela polmer od zadka polpriklopnika 6m, tako kot prikazuje zelena krožnica na sliki 12. Laserja ter kamera, bi se obračala za 180 °.

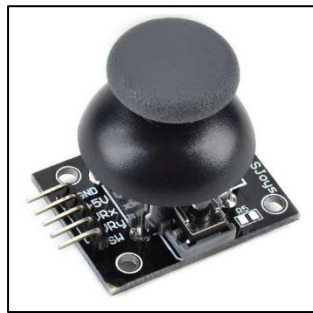


Slika 12: Izbira smeri.



Slika 13: Brežična vzvratna kamera

5.3.1. Joystick



Slika 14: Joystick

Joystick, ki bi ga uporabili za določanje smeri polpriklopnika ima pet priključkov, in sicer: GND in V+5, na katera priključimo napajalno napetost 5 V; VRX ter VRY, preko katerih bomo lahko odčitavali položaj igralne palice ter še priključek SW, ki je angleška kratica za »switch« oz. stikalo. Joystick ima ergonomsko obliko in jo lahko z lahkoto upravljamo z roko oz. prsti, tako da premikamo »gobico« v katerokoli smer

5.3.2. Servomotor

Servo motorji so posebno konstruirani enosmerni motorji, ki omogočajo natančno postavitvev oz. spreminjanje položaja rotorja. Imajo široko področje uporabe, npr. pri daljinsko vodenih avtomobilčkih, dandanes pa tudi v osebnih električnih avtomobilih. V industriji so nepogrešljivi, saj omogočajo hitre in zelo natančne premike. Odlikuje jih konstantni navor skozi celotno območje vrtljajev. V naši raziskovalni nalogi jih bomo uporabili za premikanje rotacijskih sklepov robotske roke. Servo motorji imajo zelo visoke vrtljaje in malo navora na gredi zato jih izdelujejo z zobniškimi prenosi oz. reduktorji za povečanje vrtilnega momenta.

V motorju je integrirano elektronsko vezje na tiskani ploščici, s senzorjem položaja. Ta senzor, ki je po navadi kar potenciometer, zaznava za koliko se je zavrtela gred motorja. Gred motorja se lahko premika v obsegu od 0° do 180°, oziroma od -90° do +90°. Pozicija gredi motorja, pa je odvisna od dolžine električnega impulza na priključku za signal. Frekvenca signala za servo motor je po navadi okoli 50-60 Hz, impulzi pa so pravokotne oblike, skratka položaj določamo s PWM signalom.

Po tem, ko smo izbrali smer vožnje bi krmilo vlačilca morali postaviti v ustrezno pozicijo. Za avtomatsko upravljanje s krmilnim mehanizmom, smo se domislili rešitve. Kot v avtomobilu za krmilni mehanizem uporabljajo servo volan, to pomeni, da gre za kombinacijo mehanizma in hidravlike vodilna kolesa nam pomaga obrniti hidravlični cilinder, ta cilinder pa krmili ventil. Mi bi dodali še en elektromagnetni ventil, tako da bi

se za določanje smeri uporablja hidravlični sistem. Temu hidravličnemu sistemu, bi dodali še en elektromagnetni ventil, s katerim bi krmilili cilinder v servo motorju. Da bi pa vedeli pod kakšnim kotom je krmilo, pa bi na krmilni mehanizem montirali senzor pozicije oziroma enkoder.

5.3.3. Elektro-magnetni hidravlični ventil /Solenoid

Solenoidni ventili so najpogostejše uporabljeni krmilni elementi v fluidnosti. Njihove naloge so izklopiti, sprostiti, odmerjati, porazdeliti ali mešati tekočine. Najdemo jih na številnih področjih uporabe. Solenoidi ponujajo hitro in varno preklapljanje, visoko zanesljivost, dolgo življenjsko dobo, dobro srednje kompatibilnost uporabljenih materialov, nizko krmilno moč in kompaktno zasnovo.



Slika 15: Solenoid

5.3.4. Encoder

Rotacijski dajalnik, imenovan tudi enkoder, je elektro-mehanska naprava, ki pretvori kotni položaj ali gibanje gredi ali osi v analogne ali digitalne izhodne signale.

Obstajata dve glavni vrsti vrtljivega dajalnika: absolutni in inkrementalni. Izhod

absolutnega dajalnika kaže trenutni položaj gredi, zaradi česar je kotni pretvornik. Izhod inkrementalnega dajalnika zagotavlja informacije o gibanju gredi, ki jih običajno drugje predelajo v informacije, kot so položaj, hitrost in razdalja.

Rotacijski dajalniki se uporabljajo v številnih aplikacijah, ki potrebujejo spremljanje ali nadzor ali oboje, mehanskih sistemov, vključno z industrijskimi krmilnimi napravami, robotiko, fotografskimi objektivmi, računalniškimi vhodnimi napravami, kot so optomehanske miši in sledilne kroglice.

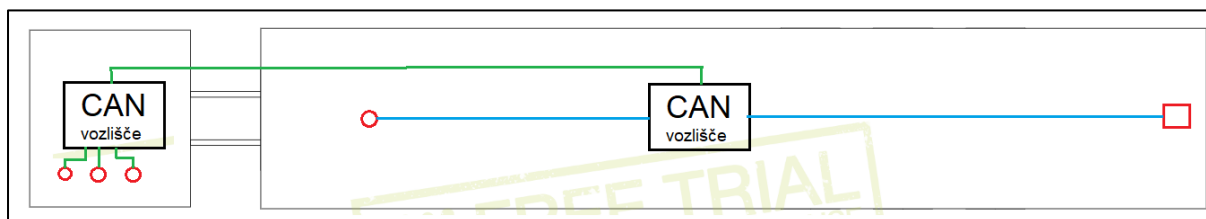


Slika 16: Enkoder

V našem sistemu enkoder uporabljamo na volanskem mehanizmu in na kraljevem čepu.

Torej po tem ko smo nastavili željeno smer sistem ohranja konstanten kot med polpriklopnikom in vlačilcem, mi kot voznik pa samo reguliramo hitrost vožnje, med vožnjo pa lahko tudi z joystickom spreminjamo smer vožnje levo in desno (v x osi na joysticku), če pa želimo vozilo poravnati pa joystick potisnemo nazaj (po y osi) .

5.4. Topologija sistema



Slika 17: Topologija naprav

Za prenos informacij med vlačilcem in polpriklopnikom smo se odločili za komunikacijo CAN. Gre za topologijo omrežja, ki se uporablja v avtomobilizmu.

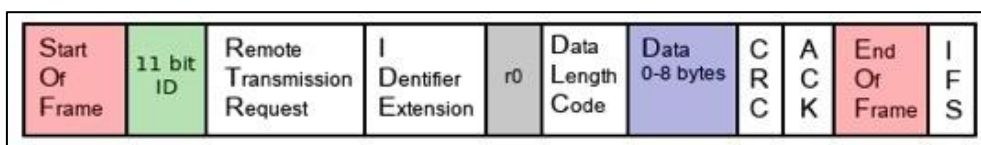
5.4.1. CAN komunikacija

CAN uporablja vodilo z več nadzorom, kjer se vsa sporočila oddajajo v celotnem omrežju. Identifikatorji zagotavljajo prednostno sporočilo za arbitražo.

CAN uporablja diferencialni signal z dvema logičnimi stanji, ki se imenuje recesivno in prevladujoče. Recesivna označuje, da je diferenčna napetost manjša od najmanjše mejne napetosti. Prevladujoča označuje, da je diferenčna napetost večja od tega najnižjega praga. Zanimivo je, da je prevladujoče stanje doseženo z vodenjem logike '0' na vodilo, medtem ko je recesivno stanje doseženo z logiko '1'. To je obrnjeno od tradicionalnih visokih in nizkih, ki se uporabljajo v večini sistemov. Ti dve stanji bosta podrobneje opisani v nadaljevanju članka. Pomembno je, da prevladujoče stanje med arbitražo preglasi recesijo.

5.4.1.1. Standard za pošiljanje CAN podatkov

Standardni okvir sporočil CAN je sestavljen iz številnih bitnih polj



Slika 18: CAN podatek

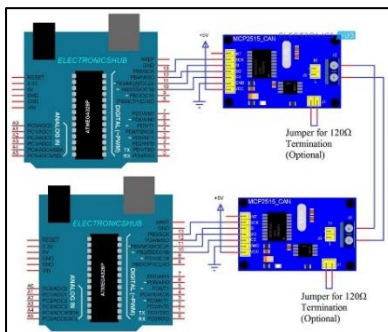
Prvi bit je začetek okvirja (SOF). Ta prevladujoči bit predstavlja začetek sporočila CAN. Sledi 11-bitni identifikator, ki določa prednost sporočila CAN. Manjši je identifikator, večja je prioriteta sporočila.

Bit zahteve za oddaljeni prenos (RTR) je običajno prevladujoč, vendar gre v recesijo, ko eno vozlišče zahteva podatke od drugega. Bit razširitve identifikatorja (IDE) je prevladujoč, ko pošiljamo standardni okvir CAN, ne pa razširjenega. Bit r0 je rezerviran in se trenutno ne uporablja. Gumb za dolžino podatkov (DLC) označuje, koliko bajtov podatkov je v tem sporočilu.

Sledijo podatki, ki imajo toliko bajtov, kot je predstavljenih v DLC-bitih. Preverjanje ciklične odvečnosti (CRC) je 16-bitna kontrolna vsota za odkrivanje napak v poslanih podatkih. Če je sporočilo pravilno prejeto, sprejemno vozlišče z prevladujočim bitom prepiše bit recesivnega potrditvenega bitja (ACK). ACK vsebuje tudi delček za ločevanje, da se stvari sinhronizirajo. Konec okvirja (EOF) pomeni konec sporočila CAN in je širok 7 bitov za odkrivanje napak pri polnjenju bitja. Zadnji del sporočila CAN je vmesni prostor (IFS), ki se uporablja kot časovna zamuda. Ta časovna zamuda je natančno čas, potreben, da krmilnik CAN prenese prejeto sporočilo v medpomnilnik za nadaljnjo obdelavo.

5.4.1. Modul MCP2515

Modul MCP2515 je modul za razvojno ploščico Arduino. Modul je namenjen za komuniciranje med dvema Arduino ploščicama preko CAN vodila. Ta posebni modul temelji na čipu MCP2515 CAN in TJA1050 CAN oddajnik/sprejemnik. MCP2515 je samostojen krmilnik CAN in ima vgrajen vmesnik SPI za komunikacijo z mikrokontrolerji, TJA1050 deluje kot vmesnik med MCP2515 krmilnikom in fizičnim vodilom CAN.



Slika 19: Povezava dveh Arduino ploščic s komunikacijo CAN

Seveda, za tako komunikacijo potrebujemo med dvema Arduino ploščicama potrebujemo najmanj dva taka modula, Največ pa jih v mrežo lahko damo 40.

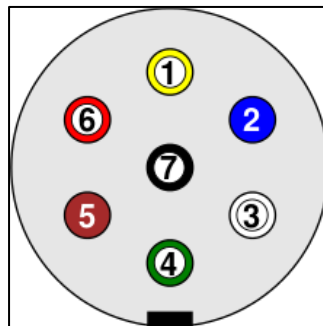
5.5. Standardi električnih priključkov med vlačilcem in polpriklopnikom



Slika 20: Električni priključki na polpriklopniku

Po ISO standardih poznamo štiri različne priključke, od tega je en priključek namenjen za komunikacijo sistema ABS, trije pa so za električno inštalacijo. Vendar ne uporabljamo vseh treh ampak enega 15 polnega ali pa dva 7 polna – 24S in 24N (desna priključka na sliki, bel in črn).

Ti priključki nimajo vseh polov zasedenih, nekateri so mišljeni, da jih lahko nadgradimo. In sicer priključek 24S ima proste priključke 2 in 5.



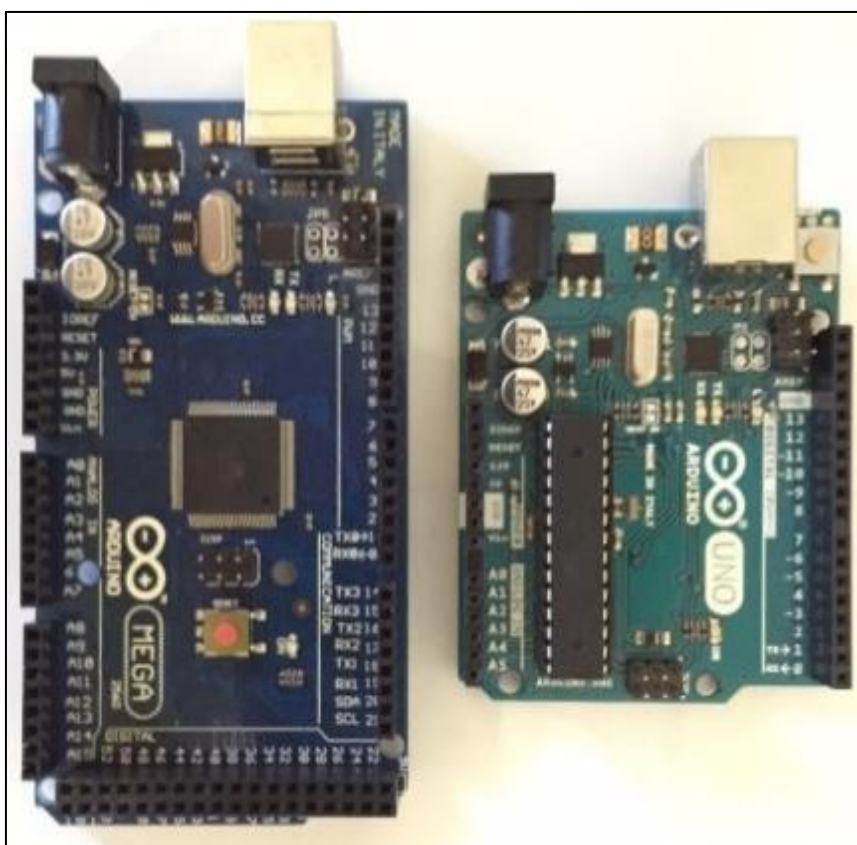
Slika 21: 24S priključek

Preko teh dveh pinov, se pravi 2 in 5 bomo vzpostavili CAN komunikacijo.

5.6. Arduino razvojne ploščice

Arduino je italijansko podjetje, ki se ukvarja z izdelavo in razvojem programirljivih ploščic, katerih delovanje temelji na mikrokontrolniku Atmel. Pri naši raziskovalni nalogi, bomo uporabili dva tipa razvojnih ploščic, to sta Arduino UNO ter Arduino MEGA 2560, ki se med seboj razlikujeta po zmogljivosti in številu vhodnih in izhodnih enot. Prednost razvojnih ploščic je v cenovni dostopnosti, preprosti uporabi, uporabnosti pri najrazličnejših projektih in v enostavni ter pregledni programske kodi, ki jo napišemo v programskem okolju Arduino IDE potem pa jo lahko naknadno spreminjamo in ponovno nalagamo.

Arduino MEGA temelji na 8-bitnem Atmelovem mikrokontrolerju ATmega 2560, Arduino UNO, pa na mikrokontrolerju Atmega328p. Arduino UNO ima 14 digitalnih vhodno-izhodnih (I/O) priključkov; od tega jih 6 podpira PWM signal, prav tako pa ima še 6 analognih vhodov. Arduino MEGA je opremljen s 54-imi digitalnimi vhodno-izhodnimi (I/O) priključki, od teh jih 15 podpira PWM, 16 vhodov pa je analognih.



Slika 22: Razvojni ploščici Arduino MEGA in Arduino UNO (vir: avtor naloge)

Delovni takt pri obeh različicah Arduino ploščic narekuje 16 MHz kristalni oscilator. Delovna napajalna napetost ploščic je 5VDC, na voljo pa je tudi priključek za napajanje z napetostjo 3.3 VDC. Maksimalni izhodni tok na posameznem priključku je 40 mA, celotni izhodni tok pa praviloma ne sme preseči 200 mA. Vgrajena je tudi tokovna omejitev, ki pri toku izhodnem toku nad 500 mA izklopi ploščico. Ko se pa vrednost ponovno zmanjša pod to mejo, se ploščica ponovno aktivira. Mikrokontroler lahko napajamo na več načinov. Lahko ga napajamo s 5V preko vhoda USB na računalniku. Tukaj je maksimalni vhodni tok omejen na 250-500 mA, odvisno od računalnika. Naslednji način napajanja je preko 2.1 mm vtičnice. Tu je zahtevana napetost med 6 V in 20 V, priporočeno napetostno območje pa je med 7 in 12VDC. Med ta vir napetosti in regulator napetosti je nameščena zaščitna dioda za zaščito vezja pred nepravilno priključeno polariteto enosmerne napetosti.

6. ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga na področju avtomobilske elektrotehnike nam je pomagalo k boljšemu razumevanju delovanja elektronskih komponent in komunikacij, ki se uporabljajo v avtomobilizmu. Razvili smo tudi lastno znanje strojništva in konstruktorstva

7. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Ta raziskovalna naloga bi pripomogla v transportu in logistiki. Prihranila bi veliko časa, tako kot vozniku, prav tako pa tudi obče. Če gledamo, da izkušen voznik za vzvratno vožnjo na nakladalno rampo v povprečju porabi približno 10 min, medtem ko neizkušen nekoliko dlje in če upoštevamo, da mora voznik polpriklopnik vzvratno postaviti na nakladalno rampo najmanj dvakrat na nakladalno rampo, pri enem prevozu, se pravi pri vsaj enem nakladanju in enem razkladanju. Z našim sistemom, ocenjujemo da bi ta čas skrajšali na okoli 5 min, kar pomeni, da bi pri enem prevozu prihranili vsaj 10 minut. Za primerjavo lahko omenimo to, da v tem času lahko tovornjak prevozi vsaj 10 km.

Prav tako bi s tem sistemom povečali samo varnost predvsem pri sami vzvratni vožnji, saj bi z kamero, ki bi jo namestili na zadek polpriklopnika imeli popoln pregled za vozilom, ki ga sicer zaradi konstrukcijskih lastnosti vozila nimamo.

Sistem bi cenovno bil dokaj ugoden, lahko bi ga primerjali z ostalimi asistenčnimi sistemi, kot je na primer aktivni tempomat. Investicija, pa bi se verjetno hitro povrnila.

8. LITERATURA IN VIRI

8.1. Knjižni viri

- Bervar, G.(2008). C++ NA KOLENIH. 2. posodobljena izdaja. Ljubljana: Študentska založba (Zbirka Scripta) - Fitzgerald, S. in Shiloh, M.(2015).
- ARDUINO PROJECTS BOOK. 1.izdaja. Torino, Italija (Arduino).

8.2. Spletni viri

- <https://truckscience.com/> (15. oktober 2019)
- <https://www.arduino.cc/> (14. november, 2019)
- https://exploreembedded.com/wiki/Analog_JoyStick_with_Arduino (17. november 2019)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor> (10. december 2019)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid> (10.december 2019)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Encoder> (19. december 2019)
- <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en> (3. januar 2020)
- <https://www.electronicshub.org/arduino-mcp2515-can-bus-tutorial/> (4. januar 2020)
- https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_standards_for_trailer_connectors (15. januar 2020)

8.3. Viri slik

Slika 1: <https://3dexport.com/3dmodel-man-tgx-xxl-semi-trailer-264399.htm>

Slika 2: <http://www.traiding.si/deli-podvozja-in-priklopi/>

Slika 3: <http://www.traiding.si/deli-podvozja-in-priklopi/>

Slika 4: <https://truckscience.com/>

Slika 5: <https://truckscience.com/>

Slika 6: <https://truckscience.com/>

Slika 7: <https://truckscience.com/>

Slika 8: <https://truckscience.com/>

Slika 9: Avtor naloge

Slika 10: <https://truckscience.com/>

Slika 11: Avtor naloge

Slika 12: Avtor naloge

Slika 13: <https://www.truck-guard.co.uk/shop/5-screen-mount-monitor-wireless-reversing-camera>

Slika 14: Avtor naloge

Slika 15: <https://www.indiamart.com/proddetail/hydraulic-solenoid-valve-20207762591.html>

Slika 16: <https://www.indiamart.com/proddetail/motor-rotary-optical-encoder-11063348488.html>

Slika 17: Avtor naloge

Slika 18: <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en>

Slika 19: <https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-to-can-bus/language/en>

Slika 20: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_standards_for_trailer_connectors

Slika 21: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_standards_for_trailer_connectors

Slika 22: Avtor naloge