

»Mladi za napredek Maribora 2014«

31. srečanje

ROBOSLED

Raziskovalno področje: Elektrotehnika, elektronika

Raziskovalna naloga

0eçđ | kŵŵ/šòp áswüþ sĕ/vcĕòràõ ušuo

T ^} ç | kĀT šcĕp áxq

¥[| aŵŵüòöþ rözòšòsvüuĕĕce wþ cšþ ç sçĀ ušçĀ cĕüçüü

Maribor, januar 2014

Kazalo

1	POVZETEK	3
2	ZAHVALA	3
3	VSEBINSKI DEL	4
3.1	Postopek raziskovalne naloge.....	4
3.2	Tehnična in tehnološka dokumentacija	5
3.2.1	Delovanje robosleda	5
3.2.2	PWM signal v robosledu	8
3.2.3	Generator trikotnih impulzov	11
3.2.4	Senzorja za robosled.....	12
3.2.5	Tiskanina za robosled	13
4	SKLEP	15
5	VIRI	15

1 POVZETEK

Raziskovalna naloga predstavlja delo na področju robosleda.

Robosled sledi črni progi na beli podlagi.

Sestavljen je lahko na več različnih načinov. Zgrajen je z enostavnimi analognimi komponentami, ki jih lahko dobimo v vsaki prodajalni z elektronskim materialom. Glavni element vezja je integrirano vezja s štirimi operacijskimi ojačevalniki, dva v ustrezni vezavi generirata trikotni signal, dva pa sta uporabljena za primerjanje ustreznih veličin, potrebnih za pridobitev pulzno širinskega signala. S pomočjo ustreznih senzorjev pridobivata primerjalnika ustrezne podatke, potrebne za pravilno krmiljenje enosmernih motorčkov, ki poganjata robosled po progi.

2 ZAHVALA

Za nasvete, pomoč, potrpljenje in za veliko pridobljenega znanja, se zahvaljujema mentorju. Pridobljeno znanje bova lahko izkoristila pri najinem nadaljnjem delu.

3 VSEBINSKI DEL

3.1 Postopek raziskovalne naloge

Najprej smo izdelali načrt vezja in po načrtu sestavili vezje po posameznih sklopih na eksperimentalno ploščico. Z osciloskopom smo preverili delovanje generatorja trikotnih impulzov, katerih frekvenca je bila v našem primeru 147 Hz.

Nato smo preverili delovanje primerjalnika, ki primerja vrednost napetosti trikotnega signala z napetostjo na fotouporu. Na podlagi teh dveh vrednosti, je lahko na izhodu primerjalnika napetost, ali pa napetosti ni. V odvisnosti od napetosti na izhodu primerjalnika, se tranzistor odpira oziroma zapira. S poizkusi smo določili ustrezno vrednost potenciometra, ki je vezan zaporedno s fotouporom.

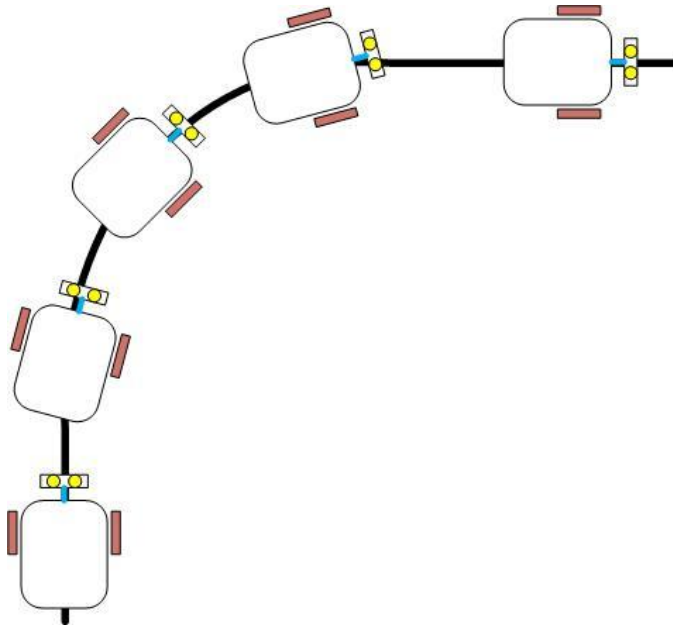
Ko smo določili vse elemente vezja, smo sestavili načrt v okolju Eagle, da smo lahko konstruirali in izdelali tiskano vezje robosleda. Najprej smo ga izdelali po fotopostopku, nato še na rezkarju, s tem pa pridobili dodatno znanje.

Na koncu je bilo potrebno izbrati obliko robosleda. Ko je bila konstrukcija robosleda dokončana, smo nanjo pritrdili in priključili vse potrebne komponente ter preizkusili delovanje na izdelani progi.

3.2 Tehnična in tehnološka dokumentacija

3.2.1 Delovanje robosleda

Za zaznavanje proge črne barve, robosled uporablja senzor svetlobe, fotoupor (LDR - Light Dependet Resistor), ki je zgrajen iz kadmijevega sulfida (CdS) in visoko svetlečo modro LED (Light Emitting Diode) diodo. LED dioda osvetljuje površino pod fotouporom. Fotoupor pa prejema odbito svetlobo. Od bele podlage se odbije več svetlobe kot od črne podlage. Fotoupor zato zazna črno progo, po kateri se s pomočjo ustreznega krmiljenja enosmernih (DC - Direct Current) motorčkov premika robosled, kot kaže slika 1:

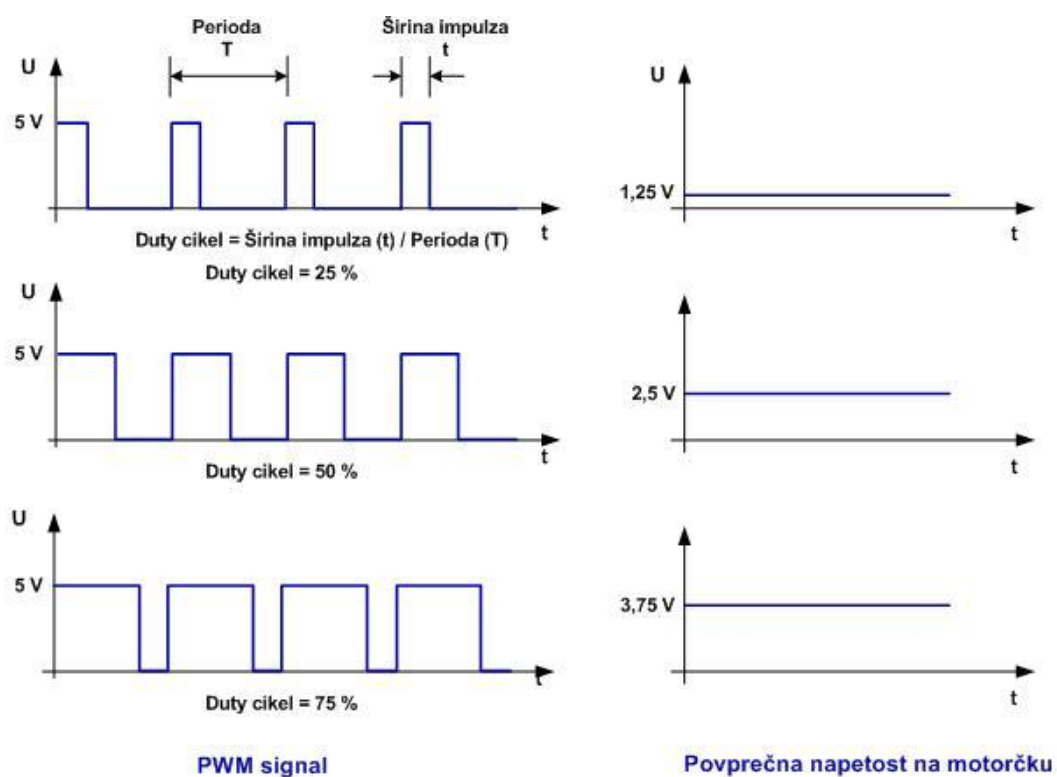


Slika 1: Premikanje robosleda po črni progi.

Fotouporu se spreminja upornost v odvisnosti od svetlobe. Bolj je osvetljen, manjša je njegova upornost. Če se nanj odbija svetloba visoko svetleče LED diode od bele podlage, je njegova upornost okoli 1 k Ω , od črne podlage pa okoli 40 k Ω . Naš robosled vsebuje dva fotoupora in dve LED diodi. Vsak na način, ki ga bomo spoznali, krmili enosmerni motorček, levi fotoupor krmili levi motorček, desni fotoupor pa desnega.

Najenostavnejši način pomikanja robosleda po progi je ta, da vklapljam in izklapljam levi oziroma desni motorček. Če hočemo da robosled zavije v desno, kot prikazuje slika 1, moramo večkrat za kratek čas izklopiti desni motorček, vsakokrat, ko fotoupor zazna črno progo. Ta metoda bi delovala, vendar bi se v tem primeru robosled pomikal cik - cak.

Boljša je metoda kontrole hitrosti vrtenja obeh motorčkov, levega in desnega. V desnem ovinku se desni motorček ne ustavi, temveč se vrti počasneje. V tem primeru moramo motorčka krmiliti z ustreznimi impulzi določene frekvence oziroma s pulzno širinsko moduliranim (PWM - Pulse Width Modulation) signalom.

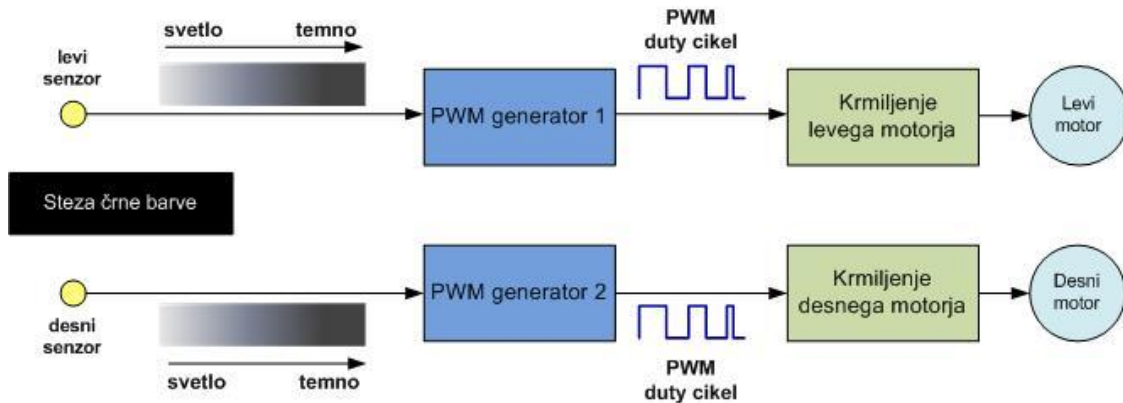


Slika 2: PWM signal in povprečna vrednost napetosti na motorčku.

PWM signal je v bistvu sestavljen iz pravokotnih impulzov konstantne frekvence. Razmerje širine impulza proti periodi imenujemo duty cikel in je izraženo v odstotkih. PWM duty cikel, izražen v odstotkih, ustreza povprečni moči tega pulznega signala.

Če PWM signal priključimo na enosmerni motorček, lahko reguliramo njegovo hitrost vrtenja. Pri različnem duty ciklu bo tudi hitrost vrtenja enosmernega motorčka različna. Kadar

bo fotoupor pri robosledu nad belo podlago in bo zato prejemal več odbite svetlobe, bo duty cikel večji. Motorček se bo vrtel hitreje. Kadar pa se bo fotoupor nahajal nad črno podlago in bo prejemal manj odbite svetlobe, bo duty cikel manjši. Motorček se bo vrtel počasneje.



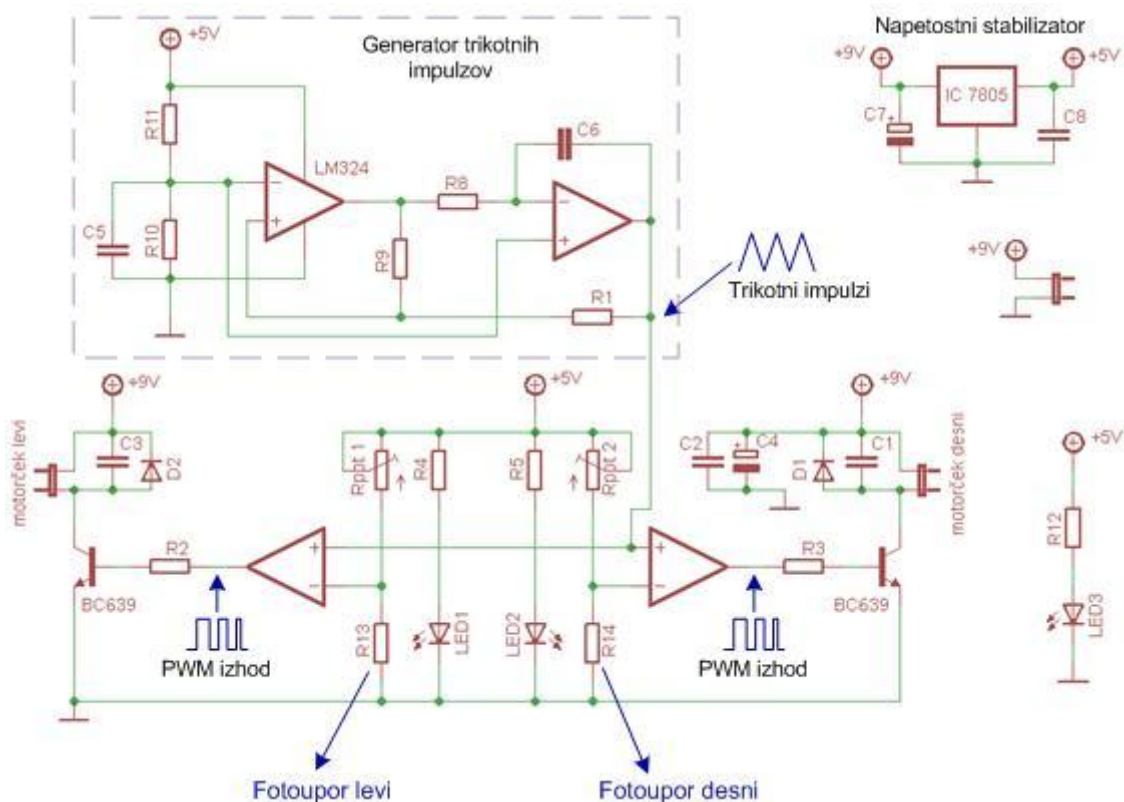
Slika 3: Prikaz delovanja robosleda, blok shema.

Električni načrt robosleda prikazuje slika 4. Sestavljen je iz več sklopov, katerih vlogo bomo podrobno spoznali v nadaljevanju. Glavni element vezja je integrirano vezje LM324, ki vsebuje štiri operacijske ojačevalnike. R13 in R14 sta fotoupora, od podlage prejmeta odbito svetlobo, ki jo oddajata LED1 za levi fotoupor in LED2 za desni fotoupor. V kolektorskem tokokrogu tranzistorjev BC639 sta priključena levi in desni motorček robosleda.

Za sestavo robosleda potrebujemo naslednje elemente:

- LM324, integrirano vezje s štirimi operacijskimi ojačevalniki, DIL (1 kos)
- Upori: 220 Ω (3 kos), 1 k Ω (1 kos), 15 k Ω (1 kos), 33 k Ω (1 kos), 47 k Ω (2 kos), 100 k Ω (1 kos)
- Trimer potenciometer 25 k Ω , ležeči, raster 5 mm x 10 mm, (2 kos)
- Fotoupor (osvetljen cca. 1 k Ω , zatemnjen cca. 100 k Ω) (2 kos)
- Kondenzatorji: 47 μ F/16 V (1 kos), 1 μ F/16 V (1 kos), 100 nF (6 kos)
- Dioda 1N4148 (2 kos)
- Visoko svetleči LED diodi, modri, 5 mm, ozkokotni npr. 30° (2 kos)
- Visoko svetleča LED dioda, zelena, 5 mm (1 kos)
- Tranzistorja BC639 (2 kos)
- DC, enosmerna motorčka, predelana servo motorčka RS-2 (2 kos)
- Napetostni stabilizator IC 7805 (1 kos)
- Baterija 9 V (1 kos)
- Priključek za baterijo (1 kos)
- Podnožje DIL14 (1 kos)

- Osnovna ploščica tiskanega vezja (1 kos)
- Ploščica tiskanega vezja za fotoupora in LED diodi (1 kos)
- Drobn material (Stikalo enopolno klecno, priključne letvice, vodniki, cin, ohišje za baterijo, kolesi in material za sestavo robosleda sta poljubni - odvisni od načrtovane izgradnje)



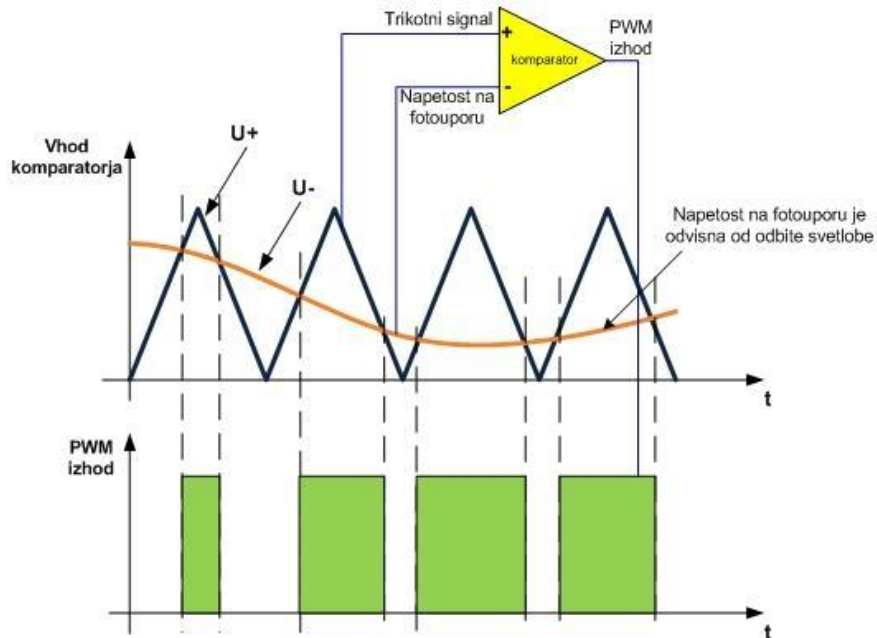
Slika 4: Robosled, elektronski načrt.

3.2.2 PWM signal v robosledu

Glavni element vezja robosleda oziroma njegovi možgani predstavlja integrirano vezje LM324. Vezje za generiranje in regulacijo PWM signala potrebuje trikotni signal, ki ga proizvaja generator trikotnih impulzov, napetost na posameznem fotouporu, ki se spreminja v odvisnosti od odbite svetlobe ter primerjalnik, ki ta dva signala primerja.

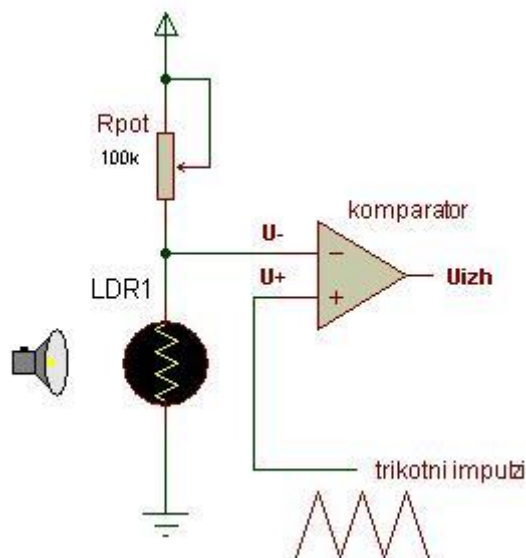
Ko vrednost trikotnega signala doseže vrednost napetosti na fotouporu (slika 5), bo na izhodu primerjalnika napetost, ker je napetost na neinvertirujočem vhodu (U^+) večja od napetosti na invertirujočem vhodu (U^-). Ko pa vrednost trikotnega signala pade pod vrednost napetosti na

fotouporu, na izhodu primerjalnika ne bo napetosti, ker je napetost na invertirajočem vhodu (U^-) večja od napetosti na neinvertirajočem vhodu (U^+) primerjalnika (komparatorja).



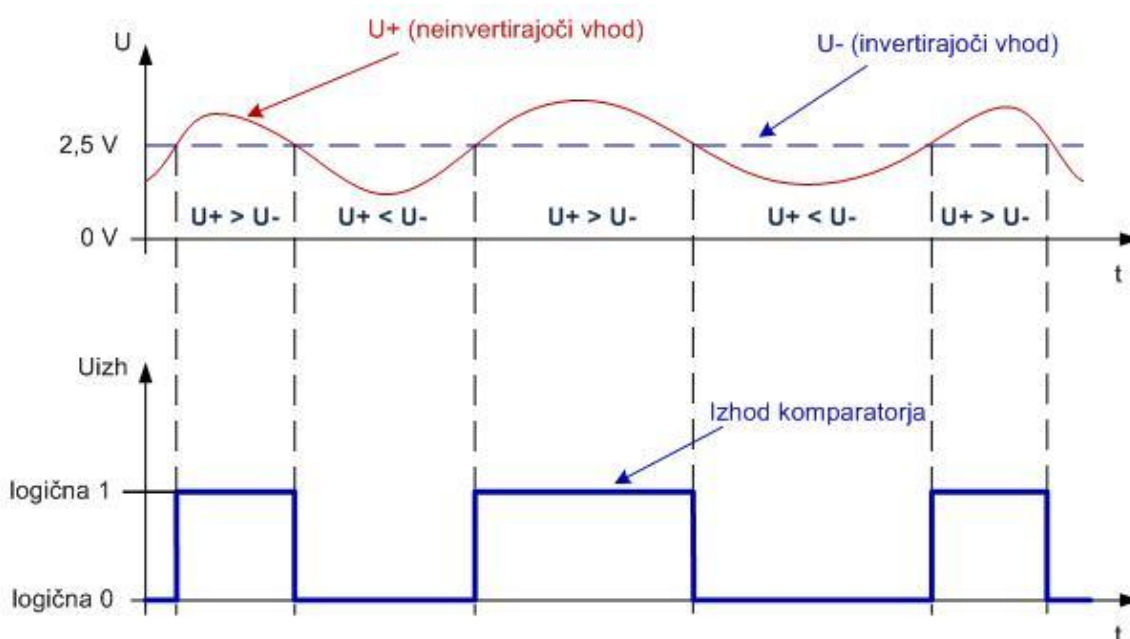
Slika 5: PWM izhod primerjalnika.

Komparator ali primerjalnik primerja napetosti, ki jih dobi na neinvertirajoči vhod (U^+) in invertirajoči vhod (U^-). V našem primeru predstavlja prvo vrednost napetost trikotnega signala, drugo pa vrednost napetosti na fotouporu.



Slika 6: Primerjalnik primerja dve napetosti.

Trikotni signal je stalno enak in je odvisen od generatorja trikotnih impulzov. Vrednost napetosti na fotouporu pa je odvisna od prejete odbite svetlobe, ki jo oddaja LED dioda. V odvisnosti od podlage je lahko odbite svetlobe manj ali več. Zato se ta napetost spreminja. Nivo napetosti na fotouporu in s tem umerjanje robosleda lahko nastavljammo s spreminjanjem upornosti trimer potenciometra Rpot, saj mora biti v območju napetosti trikotnega signala.



Slika 7: Izhod primerjalnika v odvisnosti od vhodnih napetosti.

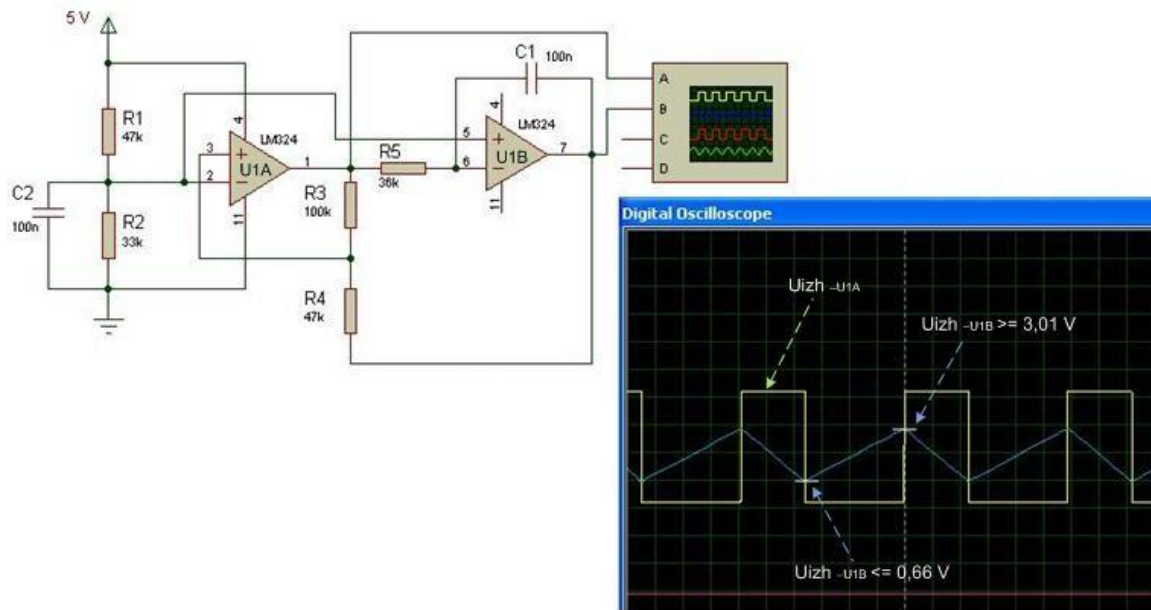
Slika 7 prikazuje izhod primerjalnika v odvisnosti od vhodnih napetosti. Kadar je napetost na neinvertrirujočem vhodu ($U+$) večja od napetosti na invertirujočem vhodu ($U-$), je na izhodu primerjalnika napetost (logično stanje 1). Čas trajanja te izhodne napetosti primerjalnika je odvisna od tega, kako dolgo je napetost na $U+$ večja od napetosti $U-$. Od izhodnih pravokotnih impulzov primerjalnika je odvisna povprečna napetost teh impulzov in posledično hitrost vrtenja enosmernega motorčka.

3.2.3 Generator trikotnih impulzov

Generator trikotnih impulzov potrebuje vezje Schmittovega prožilnika (Schmitt trigger), ki v bistvu predstavlja ON - OFF stikalo kot vhod za integrator. Integrator za generiranje trikotnih impulzov uporablja kondenzator C1 in upor R5.

Ko je izhod Schmittovega prožilnika ($U_{izh-U1A}$) na potencialu logične 1, se začne kondenzator C1 polniti preko upora R5. Ker sta kondenzator C1 in upor R5 priključena na invertirujoči vhod operacijskega ojačevalnika U1B, bo začela vrednost trikotnega impulza padati. Neinvertirujoči vhod operacijskega ojačevalnika U1A je povezan z uporom R3 in uporom R4 in ko izhodna napetost operacijskega ojačevalnika U1B doseže spodnji prag napetosti (U_{pr}), izhod operacijskega ojačevalnika U1A preklopi v stanje logične 0.

Vrednost spodnje napetosti trikotnega signala ($U_{izh-U1B}$) je okoli 0,66 V. Ko napetost pade na to vrednost, izhod Schmittovega prožilnika ($U_{izh-U1A}$) preklopi na potencial logične 0. Sedaj se začne kondenzator C1 prazniti preko upora R5. Napetost na izhodu operacijskega ojačevalnika U1B bo začela naraščati. Ko izhodna napetost operacijskega ojačevalnika U1B doseže zgornji prag napetosti (U_{pr}), izhod operacijskega ojačevalnika U1A preklopi v stanje logične 1 in postopek se začne ponavljati.



Slika 8: Pravokotni impulzi na izhodu Schmittovega prožilnika in trikotni impulzi na izhodu generatorja trikotnih impulzov.

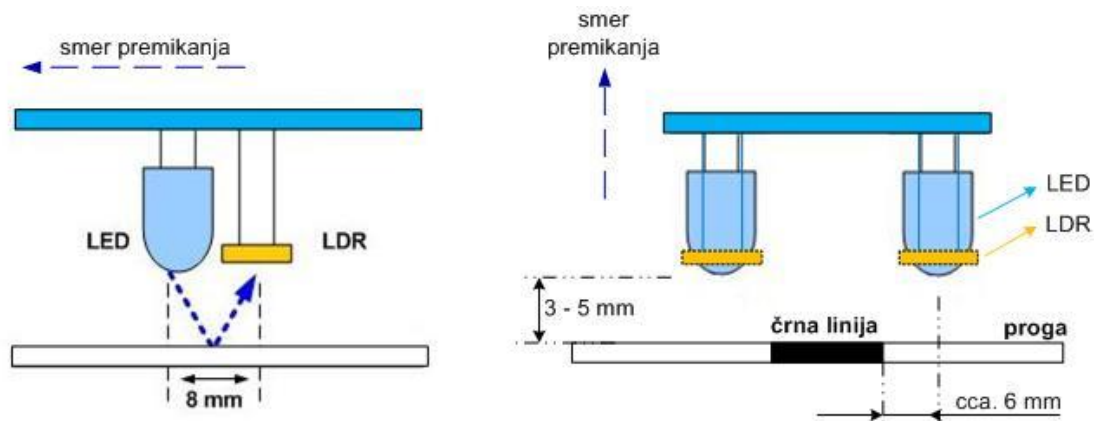
Trikotni impulz na izhodu vezja narašča od vrednosti 0,66 V do 3,01 V in pada od vrednosti 3,01 V do napetosti 0,66 V. Ta postopek se ponavlja. Frekvenco trikotnih impulzov lahko izračunamo:

$$f = \frac{1}{4 \cdot R_5 \cdot C_1} \cdot \frac{R_3}{R_4} = 147 \text{ Hz}$$

Če želimo frekvenco spreminjati, lahko zaporedno z uporabo R5 vežemo ustrezeni trimmer potenciometer, na primer vrednosti 100 kΩ.

3.2.4 Senzorja za robosled

Kot je omenjeno na začetku, robosled za zaznavanje črne proge uporablja dva fotoupora, na katera se od podlage odbija svetloba visoko svetlečih LED diod. Na sliki 9 je prikazana pozicija obeh fotouporov in LED diod.



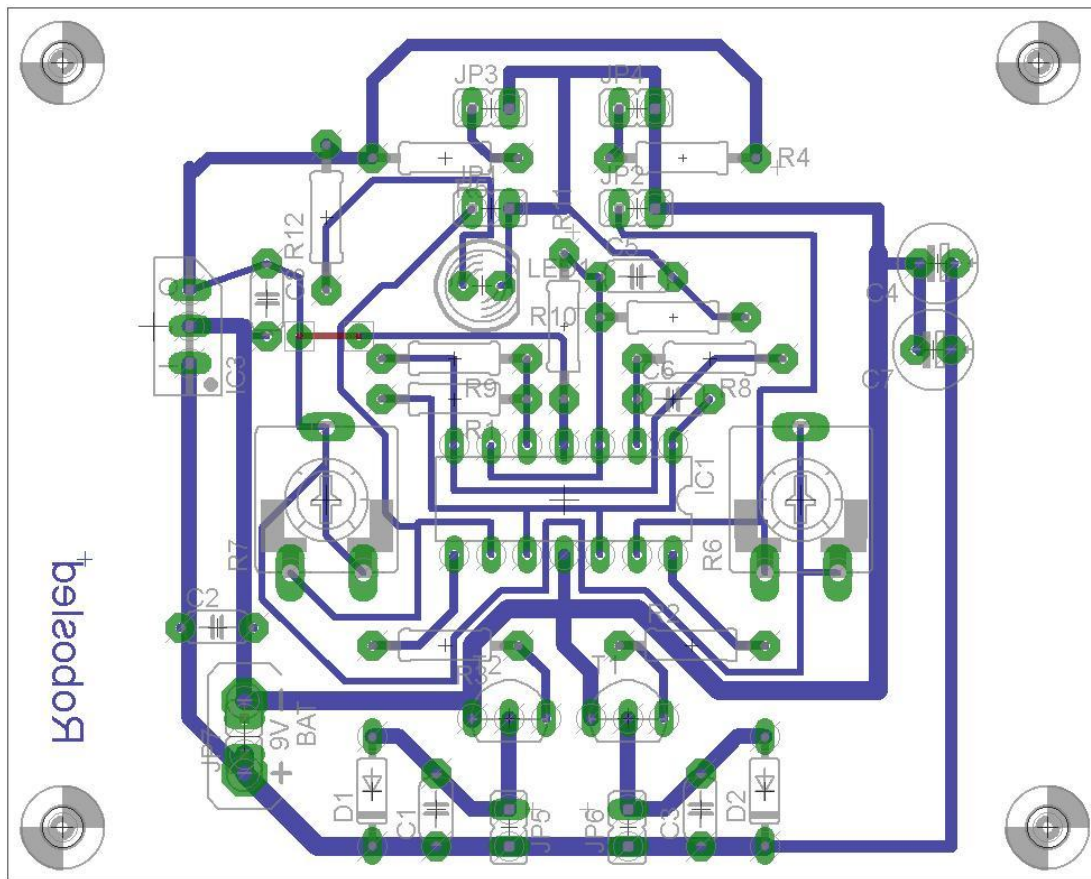
Slika 9: Senzorja za robosled, dve visoko svetleči LED diodi in dva fotopora LDR.

3.2.5 Tiskanina za robosled

Tiskanina je konstruirana v okolju Eagle, ploščica pa je izdelana z rezkarjem.

Pozorni moramo biti pri vstavljanju LED diode (LED zelena), obeh diod 1N4148 ter kondenzatorjev 1 μF in 47 μF , da jih pravilno obrnemo, saj imajo pozitivno in negativno sponko. Integriranega vezja LM 324 ne spajkamo v ploščico tiskanine temveč ga vstavimo v podnožje, ki ga predhodno vstavimo in zaspajkamo v ploščico. Polzareza podnožja mora biti obrnjena, kot prikazuje slika. S tem preprečimo napačno vstavljanje integriranega vezja LM 324 v podnožje. Tranzistorja BC 639 vstavimo in zaspajkamo v ploščico, kot je prikazano na sliki 10. Tranzistorja sta NPN tipa in odpirata v ritmu PWM signala. Ker sta v kolektorskem krogu priključena motorčka, moramo tranzistorja ustrezno zaščititi z diodama, proti motnjam pa povezati še ustrezne kondenzatorje.

Vezje vsebuje še napetostni stabilizator IC 7805, ki omogoča priključitev vezja na baterijo napetosti 9 V. Elektronsko vezje napaja izhod napetostnega stabilizatorja, napetost 5 V, motorčka pa poganja, ko sta tranzistorja odprta, napetost 9 V.



Slika 10: Tiskanina in pozicije elementov osnovne plošče roboleda.

Ploščica s senzorjema (slika 11) vsebuje dva fotoupora LDR in dve visoko svetleči LED diodi (modri). Paziti moramo, da sta LED diodi pravilno povezani (anoda je pozitivna, katoda pa negativna elektroda) z osnovno ploščo roboleda.



Slika 11: Tiskanina za senzorja in LED diodi.

4 SKLEP

Z uspešno zaključeno izdelavo najine raziskovalne naloge sva zelo zadovoljena in ponosna. Če pogledava na začetek raziskovanja, ko sva imela samo zamisel, sva videla pred sabo veliko dela in problemov. Že na začetku sva veliko premišljevala, kako naj se naloge sploh lotiva. Veliko časa sva porabila z raziskovanjem delovanja in tudi s konstrukcijo robosleda, saj je tudi od konstrukcije odvisna uspešnost premagovanja ovinkov na progi.

S pomočjo mentorja in radovednosti sva svoj robosled izpopolnjevala. Sedaj vidiva, da končno izdelan robosled ni takšen, kot sva si ga na začetku zamislila.

Izdelava robosleda je bila zahtevna, pa na trenutke tudi zabavna, saj so nama take stvari zelo zanimive. Seveda so se pri izdelavi pojavile težave, ki sva jih korak za korakom premagovala.

5 VIRI

<https://sites.google.com/site/solaelektronikesers/home>