

# PROJEKTIRANJE DETEKTORA SVJETLA POMOĆU WHEATSTONEOVA MOSTA

---

Ljuba, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:323520>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# PROJEKTIRANJE DETEKTORA SVJETLA POMOĆU WHEATSTONEOVA MOSTA

---

Ljuba, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:323520>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu

Strojarski odjel

Stručni studij mehatronike

Luka Ljuba

# **Projektiranje detektora svjetla pomoću Wheatstoneova mosta**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021

Veleučilište u Karlovcu

Strojarski odjel

Stručni studij mehatronike

Luka Ljuba

# **Projektiranje detektora svjetla pomoću Wheatstoneova mosta**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: dr.sc. Kirin Anamarija

Karlovac, 2021

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći se znanjem koje sam stekao tijekom obrazovanja, te uz navedenu stručnu literaturu.

Ovim putem htio bih se zahvaliti svojoj obitelji koja me je tijekom školovanja podržavala, te svojim kolegama i prijateljima.

Zahvaljujem se svojoj mentorici, Anamariji Kirin na svim savjetima i stručnoj pomoći oko izrade završnog rada.

Luka Ljuba

## Sadržaj

SAŽETAK.....	1
SUMMARY.....	2
Popis slika:.....	3
1. UVOD.....	4
2. POVIJEST.....	6
3. WHEATSTONEOV MOST.....	7
3.1. Detektor svjetlosti s Wheatstoneovim mostom.....	8
4. PROJEKTIRANJE SUSTAVA I ODABIR KOMPONENTI.....	9
4.1. Popis komponenti.....	9
4.2. Opis komponenti.....	9
4.2.1. Integrirani krug LM358.....	9
4.2.2. NPN tranzistor 2N2222.....	11
4.2.3. Otpornici.....	13
4.2.4. Potenciometar.....	15
4.2.5. Fotootpornik.....	16
4.2.6. LED dioda.....	17
5. Realizacija sklopa.....	18
5.1 Ispitivanje sklopa.....	21
6. Zaključak.....	22
Literatura.....	23

## SAŽETAK

Wheatstoneov most je električni sklop koji primarno služi za precizno mjerenje nepoznatoga otpora koji ovisi o nekoj fizikalnoj veličini poput svjetlosti, naprezanja ili temperaturi. Stoga koristeći Wheatstoneov most moguće je mjeriti navedene veličine, u ovome slučaju svjetlost i to pomoću fotootpornika (LDR) u jednoj grani mosta.

U teoretskome dijelu ovoga završnoga rada bit će opisani dijelovi sklopa i njihove funkcije dok u praktičnome opisujemo način sastavljanja samoga sklopa.

Ključne riječi: Wheatstoneov most, senzor, svjetlost

## **SUMMARY**

A Wheatstone Bridge is an electrical circuit which primarily serves for precise measurement of an unknown resistance value that is dependent on any number of physical quantities such as light, strain or temperature. Therefore using the Wheatstone Bridge we may measure those physical quantities. In this case we are measuring light, using a photoresistor(LDR) in one branch of the bridge.

In the theoretical part of this final paper we will describe the parts of this circuit and their functions, while the practical part will include the assembly process.

Keywords: Wheatstone Bridge, Sensor, Light



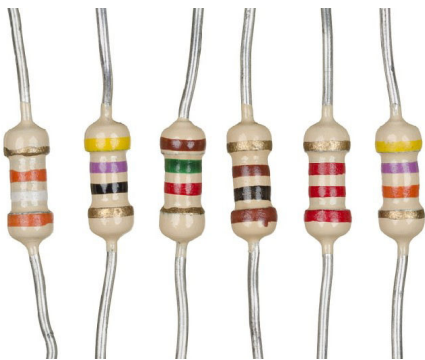
## Popis slika:

Slika 1: Otpornici.....	4
Slika 2: Kondenzatori.....	4
Slika 3: Zavojnica.....	4
Slika 4: Dioda.....	4
Slika 5: Tiristor.....	4
Slika 6: Dijak.....	5
Slika 7: Trijak.....	5
Slika 8: Tranzistor.....	5
Slika 9: Elektronska cijev.....	5
Slika 10: Integrirani krug.....	5
Slika 11: Wheatstoneov most.....	7
Slika 12: Shema sklopa.....	8
Slika 13: Shematski dijagram LM358.....	10
Slika 14: Neinvertirajući komparator napona.....	10
Slika 15: Polarizacija NPN i PNP tranzistora.....	11
Slika 16: NPN tranzistor 2N2222.....	12
Slika 17: Očitavanje vrijednosti otpornika.....	14
Slika 18: Potencijometar.....	15
Slika 19: Fotootpornik i njegov simbol.....	16
Slika 20: Svjetlosna dioda.....	17
Slika 21: Shema sklopa.....	18
Slika 22: Prikaz sklopa.....	19
Slika 23: Prikaz aktivnog sklopa u kućištu.....	20
Slika 24: Prikaz aktivnog sklopa s kućištem.....	20

## 1. UVOD

Elektronika je znanstveno tehnička disciplina koja obuhvaća proučavanje i primjenu gibanja elektrona u vakuumu i materiji te razvoj i proizvodnju elektroničkih elemenata i sklopova. Elektronički sklopovi su skup pasivnih i aktivnih elektroničkih elemenata međusobno spojeni u funkcionalnu cjelinu. Elektronički elementi ili komponente su osnovne jedinice od kojih su građeni električni sustavi, oni se razvrstavaju na aktivne i pasivne [1].

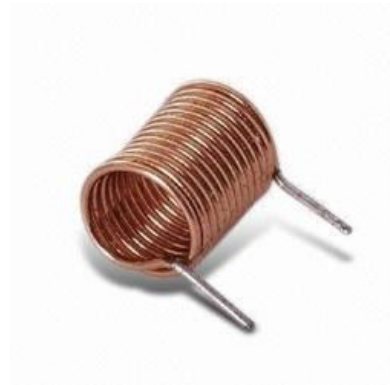
Pasivni elektronički elementi su otpornici (slika 1.), kondenzatori (slika 2.) i zavojnice (slika 3.). Pasivni sklopovi nemaju mogućnost pojačanja snage signala a sastavljeni su samo od pasivnih elemenata, pa im nije potreban izvor napajanja.



Slika 1: Otpornici [2]



Slika 2: Kondenzatori [3]



Slika 3: Zavojnica [4]

Nelinearni pasivni elementi su dioda (slika 4.), tiristor (slika 5.), dijak (slika 6.) i trijak (slika 7.).



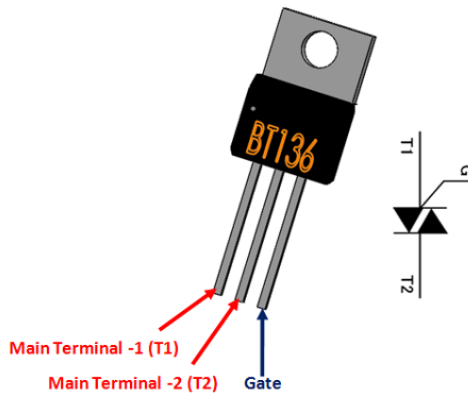
Slika 4: Dioda [5]



Slika 5: Tiristor [6]

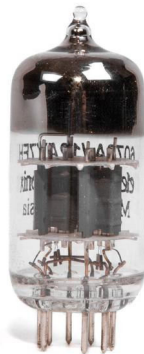
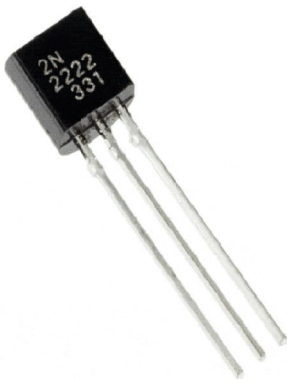


Slika 6: Dijak [7]



Slika 7: Trijak [8]

Aktivni elementi su tranzistor (slika 8.), elektronska cijev (slika 9.) i integrirani krugovi (slika 10.). Aktivni elementi se koriste za pojačanje snage signala pri čemu se troši snaga iz izvora napajanja sklopa.



Slika 8: Tranzistor [9] Slika 9: Elektronska cijev [10] Slika 10: Integrirani krug [11]

Među elektroničke sklopove koji nastaju međusobnim povezivanjem većeg broja pasivnih i aktivnih elemenata, prema funkcionalnostima možemo nabrojati ispravljače, pojačala, filtre, bistabile, logička vrata. Elektronički sklopovi se dijele na analogne i digitalne.

## 2. POVIJEST

Često se kao početak elektronike navodi 1906. godina, kada je L. De Forest konstruirao triodu, elektronsku cijev s trima elektrodama: anodom, katodom i rešetkom koja je okruživala katodu. Mala promjena napona između katode i rešetke uzrokuje veliku promjenu struje između katode i anode, pa su tako elektronske cijevi mogle pojačavati slabe signale. To je omogućilo kompliciranije sustave čime smo dobili radio, televiziju, radar, komunikaciju na daljinu i mnogo više. Iako ih je 1950-ih zamijenio tranzistor, elektronske cijevi se i danas koriste u posebnim slučajevima poput specijalizirane audio opreme i mikrovalnih uređaja.

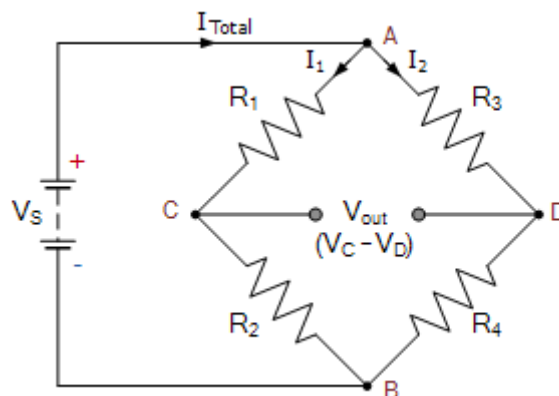
1947. godine John Bardeen i Walter Houser Brattain su izumili prvi poluvodički elektronički element – točkasti tranzistor koji je u gotovo svim svojstvima napredniji od elektronskih cijevi. Daljnjim unaprijeđenjem poluvodičke tehnologije omogućio se daljnji razvoj novih i sve boljih poluvodičkih elemenata.

Mogućnost i težnja za minijaturizacijom i koncentracijom što većega broja elemenata na malom prostoru dovela je do razvoja integriranih sklopova. Na problemu minijaturizacije radila su dvojica američkih istraživača, Jack Kilby i Robert Noyce, koji su 1958. godine došli na ideju da bi se prikladnom tehnologijom moglo na istu silicijsku pločicu, gdje su smješteni poluvodički elementi, smjestiti i međusobno spojiti u funkcionalnu cjelinu i druge, pasivne elemente elektroničkih sklopova. Prvi komercijalno dostupan monolitni integrirani sklop proizvela je 1961. tvrtka Fairchild. S pojavom integriranih krugova započelo je doba mikroelektronike [12].

### 3. WHEATSTONEOV MOST

Wheatstoneov most prvi je konstruirao Charles Wheatstonea za mjerenje nepoznatog otpora i za kalibraciju mjernog instrumenta. Iako se danas koriste digitalni multimetri kao najjednostavniji način mjerenja nepoznatoga otpora, Wheatstoneov most se i dalje koristi za mjerenje otpora u izrazito malim vrijednostima.

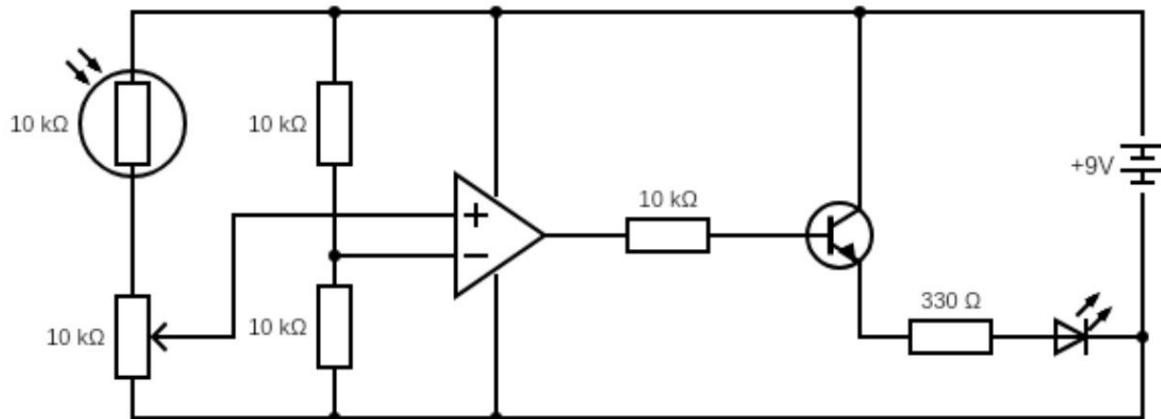
Krug Wheatstoneova mosta su dva jednostavna serijsko-paralelna rasporeda otpora spojena između napajanja i uzemljenja koji stvaraju nultu razliku napona između dvije paralelne grane kada su otpori u ravnoteži. Ovaj krug mosta ima dva ulazna i dva izlazna terminala koji se sastoje od četiri otpora konfigurirana u dijamantnom rasporedu kako je prikazano na slici 11. To je tipičan način kako se ovaj most crta.



Slika 11: Wheatstoneov most [13]

Ukoliko je mostni spoj u ravnoteži ( $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ ) onda su točke C i D na istome potencijalu i razlika napona im iznosi nula. Ukoliko taj uvjet nije ispunjen onda je potencijal između tih točaka jednak razlici tih potencijala što je osnovno načelo Wheatstoneova mosta. Stoga možemo uočiti kako se ovaj spoj može koristiti kako bismo otkrili nepoznatu vrijednost otpora ukoliko znamo vrijednosti triju ostalih otpora ako je jedan od njih varijabilni. Spojem multimetra između točaka C i D mijenjamo otpor varijabilnog otpornika dok multimeter ne prikazuje vrijednost napona od nule, tako most dođe u ravnotežu i otkrijemo vrijednost nepoznatog otpora.

### 3.1. Detektor svjetlosti s Wheatstoneovim mostom



Slika 12: Shema sklopa

Spoj Wheatstoneova mosta služi za detekciju pada napona između grana. Jedna grana se sastoji od fotootpornika i potencijometra dok druga grana služi kao prag koji prva mora prijeći. Budući da koristimo dva jednaka otpornika, u drugoj grani taj prag iznosi pola vrijednosti napajanja, tj.  $4,5\text{ V}$ . Koristimo fotootpornik koji služi za aktivaciju sklopa kada na njega padne jačina svjetlosti koja snizi njegov otpor ispod zadane vrijednosti na potencijometru. Padom otpora na fotootporniku dolazi do porasta potencijala na pozitivnoj grani operacijskog pojačala LM358. LM358 ovdje funkcionira kao komparator napona i time se aktivira bipolarni NPN tranzistor 2N2222. Tranzistor služi kao sklopka i počinje provoditi u smjeru kolektor-emiter čime se aktivira LED dioda ili bilo kakav relej koji je potencijalno vezan uz nju.

## 4. PROJEKTIRANJE SUSTAVA I ODABIR KOMPONENTI

### 4.1. Popis komponenti

- Integrirani krug LM358
- NPN tranzistor 2N2222
- Fotootpornik 10 k $\Omega$
- Potenciometar 10 k $\Omega$
- Otpornici 10 k $\Omega$  – 3 komada
- Otpornik 330  $\Omega$
- LED dioda
- Baterija 9 V

### 4.2. Opis komponenti

Ukratko ćemo opisati svaku komponentu koja nam je potrebna kako bismo realizirali sklop.

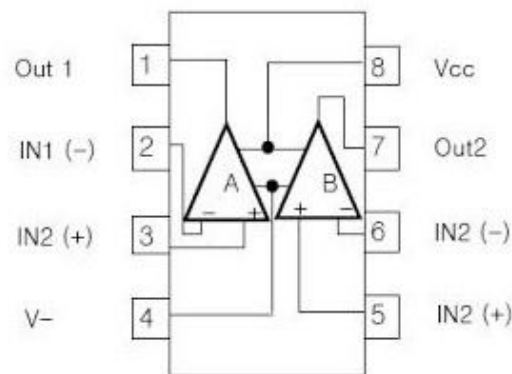
#### 4.2.1. Integrirani krug LM358

Integrirani krug LM358 jedno je od standardnih operacijskih pojačala. Sastoji se od dvaju samostalnih operacijskih pojačala visokoga pojačanja koji su dizajnirani da operiraju iz jednog napajanja širokog raspona napona.

Specifikacije LM358:

- Veliki DC naponski dobitak 100 dB
- Visoki raspon napona napajanja: 3 V do 32 V
- Izrazito niska potrošnja: 500  $\mu$ A
- Veliki zamah izlaznog napona

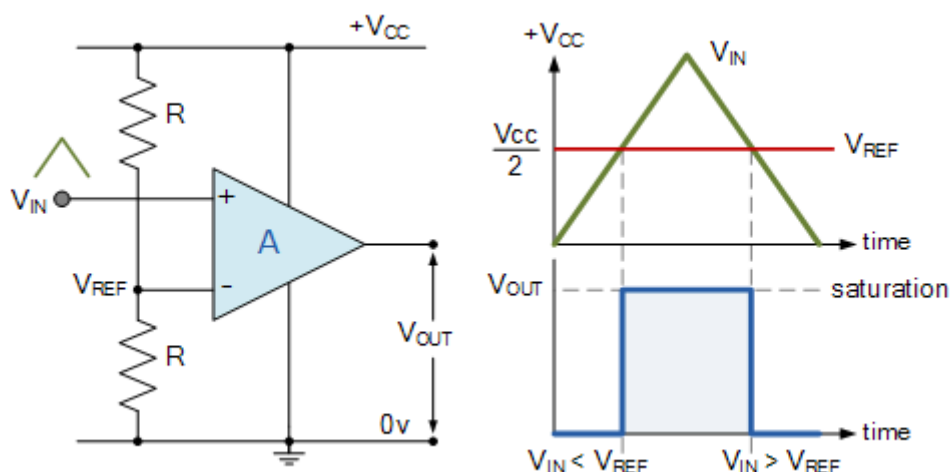
## Konfiguracija pinova LM358



Slika 13: Shematski dijagram LM358[14]

Kao što je prikazano na dijagramu (slika 12.) možemo vidjeti kako jedno neovisno operacijsko pojačalo ima dva ulaza, jedan invertirajući i jedan neinvertirajući te jedan izlaz.

U ovome sklopu koristimo jedno operacijsko pojačalo kao komparator napona. Ovaj neinvertirajući komparator detektira kada je napon koji ulazi u neinvertirajući ulaz viši od referentnog napon na invertirajućem ulazu što na izlazu uzrokuje visoki potencijal.



Slika 14: Neinvertirajući komparator napona [15]

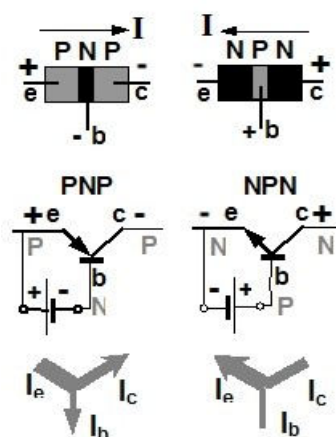


#### 4.2.2. NPN tranzistor 2N2222

Tranzistor je aktivni poluvodički element s trima elektrodama. Promjena ulazne struje bipolarnoga tranzistora ili ulaznog napona unipolarnoga tranzistora omogućava upravljanje električnom strujom u izlaznom krugu. U analognim sklopovima tranzistori se koriste prvenstveno za pojačanje električnih signala dok u digitalnim sklopovima za upravljane sklopke. Tranzistori se koriste i za stabilizaciju napona, modulaciju signala i drugo. Osnovni su elementi mnogih elektroničkih sklopova, integriranih krugova i elektroničkih računala [16].

Razlikujemo bipolarne i unipolarne tranzistore. Bipolarni tranzistori sastoje se od triju slojeva poluvodiča, s kontaktima emitera (E), baze (B) i kolektora (C). Postoje NPN tranzistori i PNP tranzistori. Kod NPN tranzistora baza P tipa poluvodiča napravljena je između emitera i kolektora koji su N tipa, dok su kod PNP tranzistora slojevi emitera, baze i kolektora suprotnoga tipa.

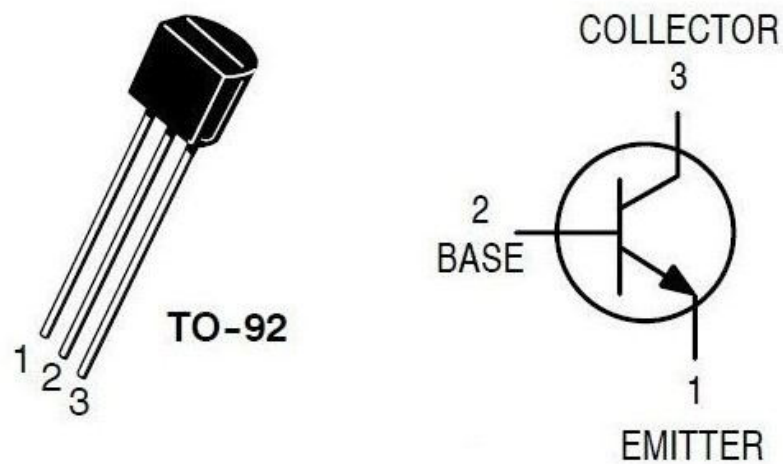
U najčešće korištenom spoju zajedničkog emitera mala promjena ulazne struje baze uzrokuje veliku promjenu izlazne struje kolektora, čime se ostvaruje pojačanje signala tranzistora. Bipolarni tranzistor upotrebljava se i kao sklopka. Ovisno o ulaznoj struji baze, tranzistor se prebacuje iz područja zapiranja u područje zasićenja i obratno; u području zapiranja radi kao isključena sklopka uz zanemarive struje, a u području zasićenja kao uključena sklopka uz mali pad napona između kolektora i emitera.



Slika 15: Polarizacija NPN i PNP tranzistora [16]

2N2222 je uobičajen NPN bipolarni tranzistor (BJT) koji se koristi za opće namjene pojačala. Dizajniran je za slabu do srednju struju, malu snagu, srednji napon i može raditi na umjereno velikim brzinama.

## 2N2222



Slika 16: NPN tranzistor 2N2222[16]

Tranzistor se u ovome slučaju koristi za uključivanje ili isključivanje struje u krugu kao električno upravljani prekidač gdje količinu struje određuje drugi element kruga, operacijsko pojačalo.

### 4.2.3. Otpornici

Otpornik je jedna od temeljnih sastavnica većine električnih i elektroničkih sklopova, a služi za smanjenje protoka struje u strujnome krugu, podešavanje razine signala, za podjelu napona i drugo. Struja na otporniku stvara pad napona, a zbog raspršene snage otpornik se zagrijava. Osnovni su podatci o otporniku: nazivni otpor, tolerancija, snaga koja se na otporniku smije raspršiti te temperaturni koeficijent otpora. Vrijednosti otpora serijski proizvedenih otpornika odabrane su tako da se kombinacijom nekoliko različitih otpornika može približno postići bilo koja potrebna vrijednost otpora dok nazivne snage otpornika mogu biti od 1/32 W do više tisuća vata [17].

Otpornik se općenito koristi za stvaranje poznatog naponsko-strujnog odnosa u električnim krugovima. Ako je struja poznata tada se otpornik koristi za stvaranje poznate razlike potencijalna proporcionalne toj struji i obrnuto, ukoliko je poznata razlika potencijala između dviju točaka, onda se otpornik može koristiti za stvaranje poznate struje proporcionalne toj razlici potencijala. Dodatno, postavljanjem otpornika u seriju s nekom drugom komponentom, kao što je LED dioda, može se ograničiti struja kroz tu komponentu na neku poznatu i dozvoljenu vrijednost.

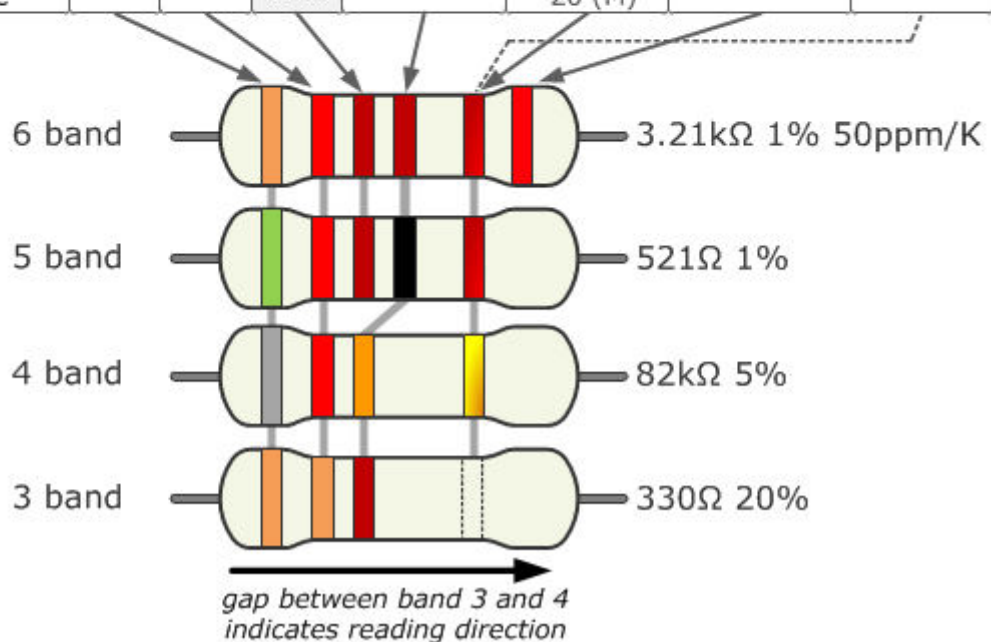
Idealni otpornik je otpornik koji ima konstantan otpor bez obzira na ulazni napon, struju ili brzinu njene promjene. Iako stvarni otpornici nisu u mogućnosti postići ove ciljeve, oni su projektirani tako da imaju male varijacije u električnom otporu kada su podvrgnuti tim promjenama, promjenama temperature ili nekim čimbenicima.

Vrste otpornika:

- Fiksni otpornici
- Promjenjivi otpornici
- Ostali otpornici

Fiksni otpornici se najčešće koriste u svim vrstama elektroničkih uređaja. Uglavnom su cilindrični s aktivnim otpornim materijalom na površini cilindra i vodljivim metalnim priključcima s obje strane cilindra. Otpornici velike snage dolaze u velikim pakiranjima projektiranim da efikasno disipiraju toplinu i obično se izvode kao motani otpornici. Fiksni otpornici imaju otpor koji se samo malo mijenja s temperaturom, vremenom ili radnim naponom. Otpornici se ugrađuju u integrirane krugove kao dio tvorničkog postupka koristeći poluvodič kao otpornik.

Color	Significant figures			Multiply	Tolerance (%)	Temp. Coeff. (ppm/K)	Fail Rate (%)
black	0	0	0	x 1		250 (U)	
brown	1	1	1	x 10	1 (F)	100 (S)	1
red	2	2	2	x 100	2 (G)	50 (R)	0.1
orange	3	3	3	x 1K		15 (P)	0.01
yellow	4	4	4	x 10K		25 (Q)	0.001
green	5	5	5	x 100K	0.5 (D)	20 (Z)	
blue	6	6	6	x 1M	0.25 (C)	10 (Z)	
violet	7	7	7	x 10M	0.1 (B)	5 (M)	
grey	8	8	8	x 100M	0.05 (A)	1(K)	
white	9	9	9	x 1G			
gold			3th digit only for 5 and 6 bands	x 0.1	5 (J)		
silver				x 0.01	10 (K)		
none					20 (M)		



Slika 17: Očitavanje vrijednosti otpornika [18]

#### 4.2.4. Potenciometar

Promjenjivi otpornici su otpornici čija se vrijednost mijenja ovisno o kretanju osovine ili pomicanju klizača. Takvi otpornici se još zovu potenciometri ili reostati. Promjenjivi otpornici mogu biti jednookretnog tipa ili višeokretnog tipa. Promjenjivi otpornici mogu ponekad biti nepouzdana zbog toga što žica ili metal mogu tokom vremena zahrđati ili se istrošiti, stoga moderni promjenjivi otpornici koriste plastične materijale koji ne oksidiraju i imaju bolju otpornost na habanje.

Potenciometar je otpornički razdjelnik s tri terminala s kliznim ili rotirajućim kontaktom koji tvori podesivi djeliteľ napona. Obično se koriste za upravljanje električnim uređajima, kao što su kontrola glasnoće na audio opremi i rijetko se koriste za izravno upravljanje snagom većom od jednog vata jer bi snaga rasipana u potenciometru bila usporediva sa snagom u kontroliranom trošilu [19].

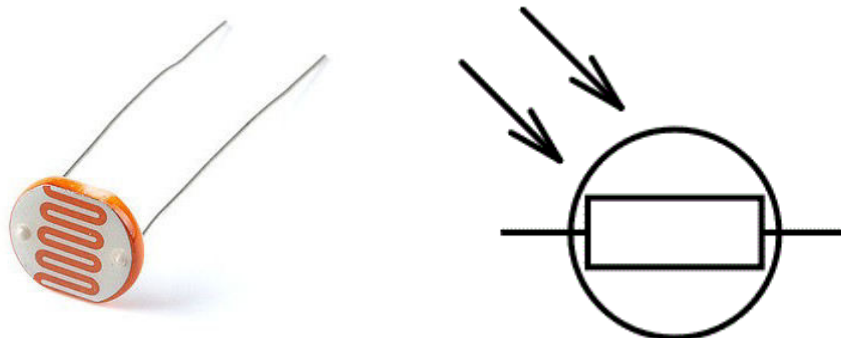


Slika 18: Potenciometar [20]

## 4.2.5. Fotootpornik

Fotootpornik (LDR – Light decreasing resistance ili light-dependent resistor) je pasivni element koji smanjuje svoju vrijednost otpora povećanjem razine svjetlosti koja udara na osjetljivu površinu. Otpor fotootpornika opada porastom intenziteta upadne svjetlosti, tj. pokazuje fotovodljivost. U mraku fotootpornik može imati otpor do nekoliko megaohma, dok na svjetlu može imati otpor i od samo nekoliko stotina ohma. Fotootpornik se izrađuje od poluvodiča sa velikim električnim otporom. Ako svjetlo padne na LDR sa dovoljno velikom frekvencijom, poluvodič će upiti fotone svjetlosti i izbaciti elektrone koji stvaraju električnu struju u zatvorenome strujnom krugu. Fotootpornik se može primijeniti u krugovima detektora osjetljivim na svjetlo i u sklopnim krugovima koji se aktiviraju pomoću svjetlosti ili tame i djeluju kao poluvodički otpornik.

Postoji puno vrsta fotootpornika. Jeftine kadmij sulfid ćelije se mogu naći u različitim uređajima, kao što su kamere, ulične svjetiljke, radio satovi, alarmi i vanjski satovi. Za srednje infracrveno područje se koristi olovo-sulfidni i indij antimonidni fotootpornici dok su germanij-bakar fotootpornici među najboljima daleko infracrvenim detektorima i oni se koriste za infracrvenu astronomiju i infracrvenu spektroskopiju [21].

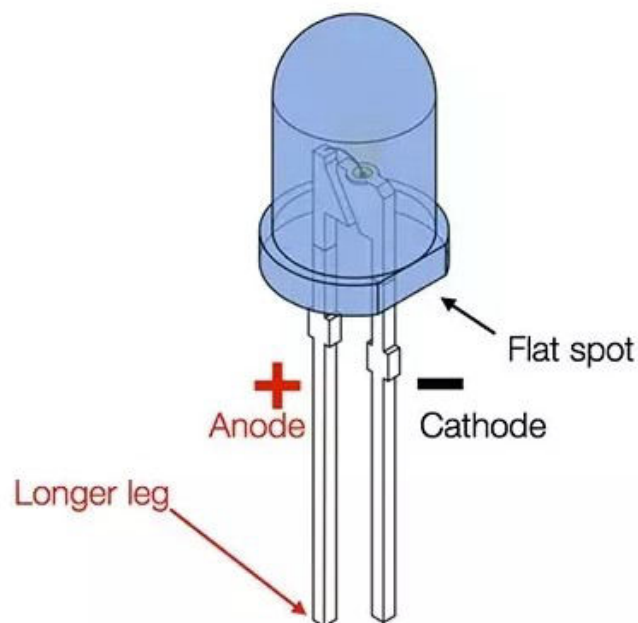


Slika 19: Fotootpornik i njegov simbol [22]

#### 4.2.6. LED dioda

Svjetleća dioda je poluvodički elektronički element koji emitira svjetlost kada kroz nju teče struja. Elektroni u poluvodiču rekombiniraju se s elektronskim prazninama oslobađajući energiju u obliku fotona. Boja emitiranog svjetla ovisi o poluvodiču i primjesama u njemu i varira od infracrvenog preko vidljivog do ultraljubičastog dijela spektra.

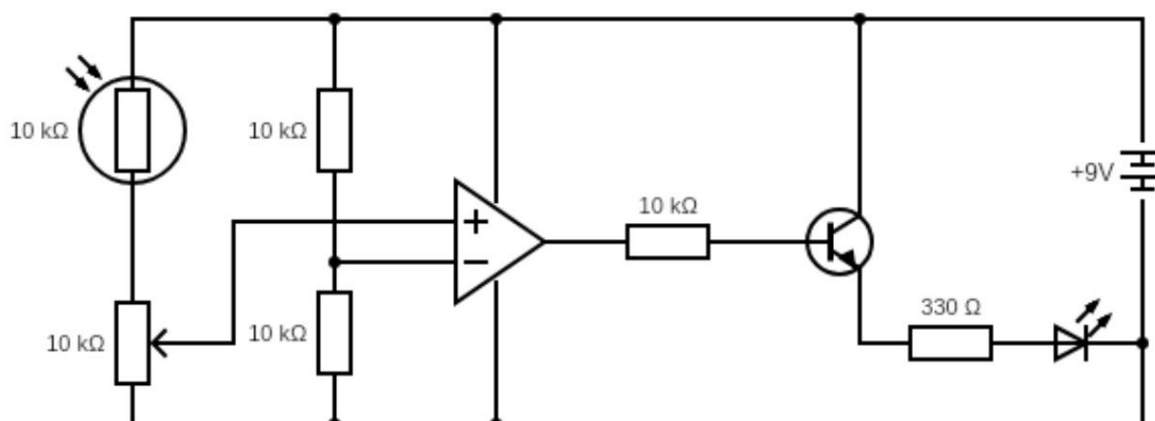
Primjenjuje se najčešće kao indikator, na primjer na komandnim i signalnim pločama uređaja i strojeva ili kao alfanumerički pokazivač na zaslonima džepnih kalkulatora, za ukrasno osvjetljenje, za signalnu rasvjetu na biciklima, automobilska svjetla i drugo. Veliko područje primjene imaju i u optičkim komunikacijama, gdje služe za prijenos podataka na kraću udaljenost multimodnim optičkim vlaknom.



Slika 20: Svjetlosna dioda [23]

## 5. Realizacija sklopa

Kao početak realizacije sklopa crta se shema sklopa te određuju potrebne komponente, poput otpora i napajanja. Pošto je sklop namijenjen kao dokaz koncepta korištena je 9 V bateriju kao napajanje što je daleko ispod maksimalne vrijednosti što komponente mogu podnijeti.



Slika 21: Shema sklopa

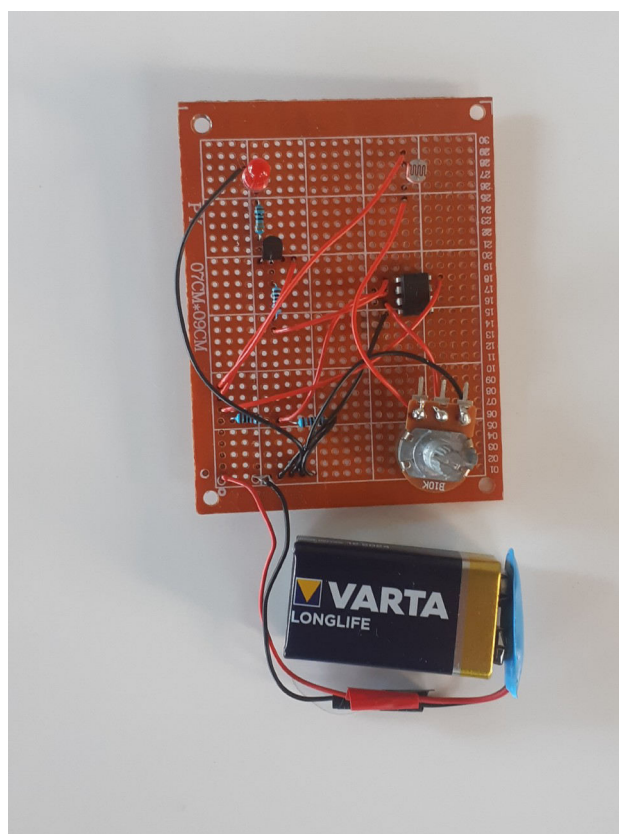
Nakon crtanja sheme (slika 20) prelazimo na spajanje vodova lemljenjem što se izvodi tako da zagrijemo lemilicu na određenu temperaturu kojom rastopljeni kositar prenosimo s vrha lemilice na mjesto spoja. Poželjno je mjesto spoja prvo očistiti mašču za lemljenje kako bi se ostvario čvršći i postojani spoj i sam vrh lemilice očistiti pomoću mrežice za čišćenje lemilice i namočenom spužvom. Usred procesa lemljenja potrebno je biti oprezan zbog izrazito visokih temperatura metala i potrebno je uvijek nositi zaštitne naočale, lemiti u prozračenom prostoru i po potrebi koristiti zaštitne rukavice [24].

Nakon što je lemljenje završeno krećemo sa izradom plastičnog kućišta i bušenjem rupa gdje je planirano postaviti komponente koje su fiksirane unutar kućišta i potrebne da se nalaze izvan samoga kućišta, to su: indikator (LED dioda), senzor (fotootpornik) i osovina za regulaciju potencijometra čime postavljamo osjetljivost na jačinu svjetlosti.



Bušenje se izvodi stupnom bušilicom tako da se na zabilježena mjesta za bušenje rupe što je postupak obrade prije samoga bušenja kojim se centriraju spiralno svrdlo i omogućuje pravilno vođenje svrdla. Daljnje se prvo buši manja rupa otprilike promjera 2mm i onda se postepeno povećava svrdlima 50% do 100% većima od prethodnog kako bi rupa bila ravnija i što finije obrađena. Prilikom bušenja je također potrebno nositi zaštitne naočale i zaštitnu odjeću (što ne uključuje rukavice), kosu staviti pod kapu i skinuti bilo kakav nakit sa sebe [25].

Nakon što je sve spojeno, pomoću multimetra utvrđujemo je li sve pravilno spojeno, tj. je li došlo do kratkoga spoja i testiramo sklop. Nakon što je sklop testiran spreman je za ugradnju u kućište. Pažljivo ga ugradimo i još jednom za kraj provjerimo radi li sklop pravilno.



Slika 22: Prikaz sklopa



Slika 23: Prikaz aktivnog sklopa u kućištu



Slika 24: Prikaz aktivnog sklopa s kućištem

## 5.1 Ispitivanje sklopa

Sustav je testiran na otvorenome i u zatvorenoj sobi sa umjetnim osvjetljenjem. Na otvorenome pomoću multimetra fotootpornik prikazuje otpor od 1 k $\Omega$ , stoga kada kalibriramo potenciometar do maksimalnog otpora vrijednosti od 4.4 k $\Omega$  naponski potencijal na pozitivnoj grani operacijskog pojačala viši je od potencijala na negativnoj grani stoga i pali se indikator koji prikazuje da je tranzistor u stanju propuštanja. U zatvorenoj osvjetljenoj prostoriji na toj kalibraciji indikator se ugasi jer je vrijednost otpora fotootpornika tada otprilike 4 k $\Omega$ . Kada se potenciometar kalibrira do maksimalne vrijednosti od 3 k $\Omega$ , indikator se ponovno upali, a time i bilo koji relej koji je potencijalno vezan uz njega. Sklop je testiran na raznim izvorima svjetlosti, udaljenosti od istih izvora i prekidima od tame. Time smo dokazali i osjetljivost sklopa na jačinu svjetlosti.

## 6. Zaključak

Realiziran je sklop za detektiranje svjetlosti koristeći Wheatstoneov most. Sklop je u potpunosti ispunio postavljene uvjete no pokazalo se kako je ostalo mnogo prostora za unaprijeđenja. Ugradnjom boljeg i preciznijeg potencijometra bi se znatno povećala osjetljivost sklopa. Kompaktnija izrada sklopa postigla bi se preseljenjem električnog sklopa na tiskanu pločicu (PCB), zamjenom napajanja (9 V baterija, korištena radi pristupnosti, daleko je iznad potrebnoga) plosnatom baterijom radi kompaktnosti ili čak ugradnjom ispravljača radi nekakvoga trajnijeg rješenja korištenjem običnog strujnog kabela 230 V i 50 Hz.

Dodatno sklop je izrazito jednostavno iz detekcije svjetlosti promijeniti u detekciju tame izmjenom pozicija fotootpornika i potencijometra. Zamjenom fotootpornika termistorom, senzorom tlaka, mjeracom naprezanja ili drugim takvim pretvaračima sklop se može prenamijeniti na osjetljivost raznih drugih fizikalnih veličina.

## Literatura

[1] Elektronika [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Electronics>.

Datum pristupa: 6.8.2021.

[2] Otpornik [internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Resistor>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[3] Kondenzator [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Capacitor>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[4] Zavojnica [Internet] Dostupno: <https://www.circuitbasics.com/what-is-an-inductor/>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[5] Dioda [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Diode>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[6] Tiristor [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thyristor>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[7] Dijak [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/DIAC>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[8] Trijak [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/TRIAC>

Datum pristupa: 6.8.2021.

[9] Tranzistor [Internet] Dostupno: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tranzistor>

Datum pristupa: 6.8.2021.

- [10] Elektronska cijev [Internet] Dostupno: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektronska\\_cijev](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektronska_cijev)  
Datum pristupa: 6.8.2021.
- [11] Integrirani krug [Internet] Dostupno: [https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit)  
Datum pristupa: 6.8.2021.
- [12] Povijest elektronike [Internet] Dostupno:  
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=17649>  
Datum pristupa: 6.8.2021.
- [13] Wheatstoneov most [Internet] Dostupno:  
<https://www.electronics-tutorials.ws/blog/wheatstone-bridge.html>  
Datum pristupa: 6.8.2021.
- [14] Integrirani krug LM358 [Internet] Dostupno: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>  
Datum pristupa 8.8.2021.
- [15] Neinvertirajući komparator napon [Internet] Dostupno: <https://www.electronics-tutorials.ws/opamp/op-amp-comparator.html>  
Datum pristupa: 8.8.2021.
- [15] Tranzistor [Internet] Dostupno: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Tranzistor>  
Datum pristupa 10.8.2021.
- [16] NPN tranzistor 2N2222 [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/2N2222>  
Datum pristupa 8.8.2021.
- [17] Otpornik [Internet] Dostupno: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=45903>  
Datum pristupa: 8.8.2021.

[18] Očitavanje vrijednosti otpornika [Internet] Dostupno: <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-standards-and-codes/resistor-color-code/>

Datum pristupa 10.8.2021.

[19] Potenciometar [Internet] Dostupno: <https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=49738>

Datum pristupa 10.8.2021.

[20] Potenciometar [Internet] Dostupno: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Potenciometar>

Datum pristupa 10.8.2021.

[21] Photoresistor overview - detailing operation, structure and circuit information [Internet] Dostupno: [https://www.electronics-notes.com/articles/electronic\\_components/resistors/light-dependent-resistor-ldr.php](https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/resistors/light-dependent-resistor-ldr.php)

Datum pristupa 10.8.2021.

[22] Fotootpornik [Internet] Dostupno: <https://en.wikipedia.org/wiki/Photoresistor>

Datum pristupa 10.8.2021.

[23] Svijetlosna dioda [Internet] Dostupno: [https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](https://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode)

Datum pristupa: 10.8.2021.

[24] Zaštita na radu – lemljenje [Internet] Dostupno: [https://safety.eng.cam.ac.uk/safe-working/copy\\_of\\_soldering-safety](https://safety.eng.cam.ac.uk/safe-working/copy_of_soldering-safety)

Datum pristupa: 11.8.2021.

[25] Zaštita na radu – stupna bušilica [Internet] Dostupno: <https://uznr.mrms.hr/stupna-busilica/>

Datum pristupa: 11.8.2021.