

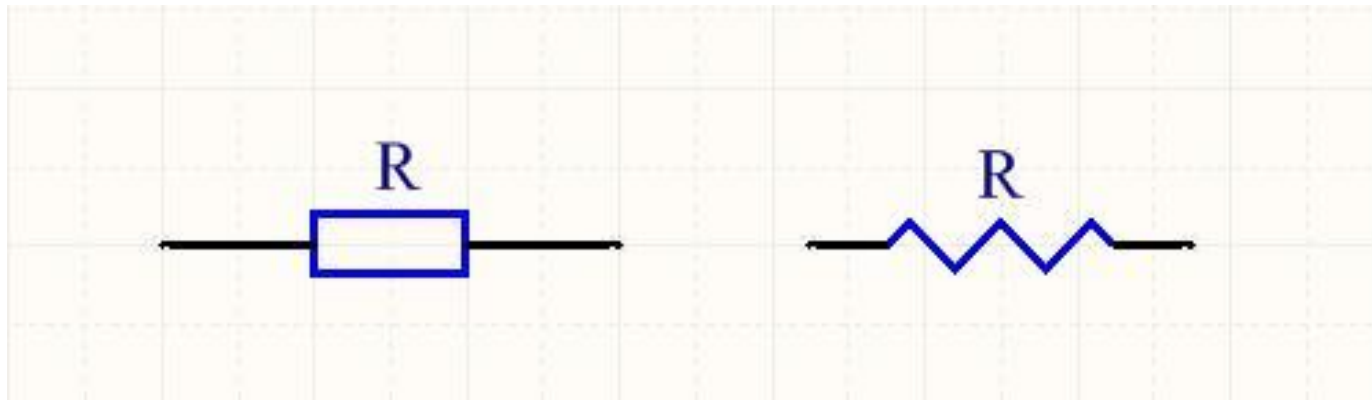
OSNOVNI ELEKTRONSKI ELEMENTI

Otpornik

- Otpornik predstavlja najnosnovniju i najkorišćeniju elektronsku komponentu. Predstavlja pasivni element, tj. predstavlja potrošač energije, za razliku od aktivnih elemenata koji svoju energiju predaju sistemu u kojem se nalaze. Jedinica za električnu otpornost je om (Ω).

- Na električnim šemama označava se latiničnim slovom R i šematskim, grafičkim simbolom. Šematski simbol koji reprezentuje otpornik može se dvojako predstaviti, ili kao pravougaonik sa dva izvoda ili kao prava izlomljena linija, takođe sa dva izvoda. Oba simbola su jednako ispravna i često korišćena, a od autora električne šeme zavisi koji će upotrebiti

Šematski simboli otpornika prikazani
su na slici

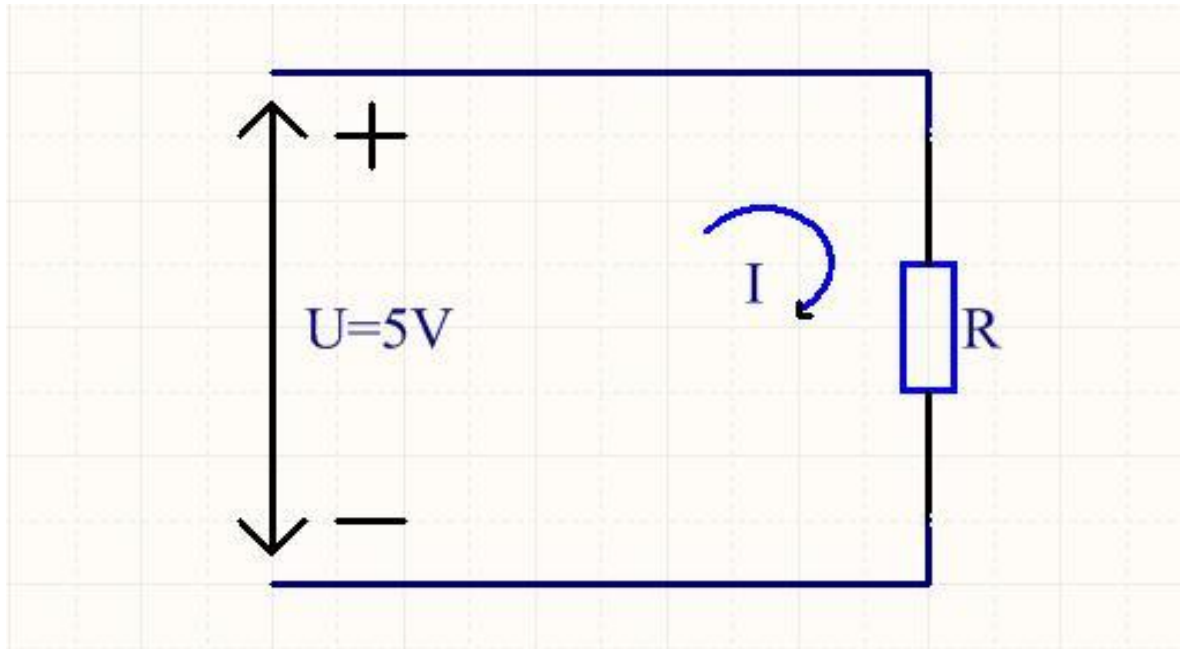


- Uloga otpornika u električnom kolu je, kao što mu i ime kaže, da se odupre ili ograniči protok elektrona kroz njega.
- Na taj način, otpornikom se vrši regulacija električne struje (I) koja protiče kroz njega, a to za posledicu ima stvaranje električnog napona (U) na otporniku.

- Omovom zakonu, električni napon je jednak proizvodu električne struje i električnog otpora:

$$U = R \cdot I$$

- Na primer, za električno kolo kao na sledecoj slici, sastavljeno od izvora jednosmernog napona vrednosti 5V i otpornika otpornosti R , menjanjem otpornosti otpornika R mogli bi vršiti regulaciju struje u kolu.



- Neka vrednost otpornika bude 500Ω . Električnu struju možemo izračunati primenom jednačine:

$$I = \frac{U}{R}$$

- U ovom slučaju, intenzitet struje kroz otpornik biće jednaka $\frac{5V}{500\Omega} = 10mA$
- Lako se uočava da povećanje vrednosti otpora dovodi do smanjenja vrednosti struje, a smanjenje otpora do povećanja vrednosti struje.

- Postoji više vrsta otpornika od kojih se najviše koriste tzv. ugljenoslojni (carbon resistors), metal film ili thick film.
- Takođe postoji i mnogo fizičkih pakovanja otpornika od kojih su neki prikazani na slici:





VREDNOST OTPORNIKA

- U slučaju otpornika kod kojih je vrednost prikazana preko prstenova, otpornost se može odrediti preko tablice sa slike

Боја	1. прстен	2. прстен	3. прстен(Множилац)	4. прстен (толеранција)	Температурни коефицијент
Црна	0	0	$\times 10^0$		
Браон	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Црвена	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Наранџаста	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Жута	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Зелена	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5 \%$ (D)	
Плава	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25 \%$ (C)	
Љубичаста	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1 \%$ (B)	
Сива	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0,05 \%$ (A)	
Бела	9	9	$\times 10^9$		
Златна			$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)	
Сребрна			$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)	
Без боје				$\pm 20\%$ (M)	

- Ukoliko je vrednost otpornika označena brojevima, ona se računa na sledeći način, krajnje desna cifra predstavlja množilac (broj jedan predstavlja 10^1 , dva predstavlja 10^2 , itd.) koji množi broj predstavljen sa prve dve ili tri cifre. Broj koji se izračuna predstavlja otpornost u omima (Ω). Takođe, postoje i minijaturna pakovanja otpornika kod kojih nije napisana vrednost.

SNAGA OTPORNIKA

- Kada biramo otpornik, pored vrednosti otpora trebamo voditi i računa o najvećem intenzitetu električne struje koja može proteći kroz birani otpornik, a da ga ne ošteti. Pored otpornosti otpornika, proizvođač specificira još jedan vazan parametar, a to je električna snaga otpornika.

Jedinica za snagu je vat (W), snaga predstavlja proizvod struje i napona:

$$P = U \cdot I$$

- Na primer, posmatrajući električno kolo i primer sa slike, za realizaciju takvog kola potreban nam je otpornik vrednosti 500Ω , a pošto će kroz njega proticati struja intenziteta 2mA ako koristimo izvor napona od 5V , to znači da snaga otpornika treba biti barem

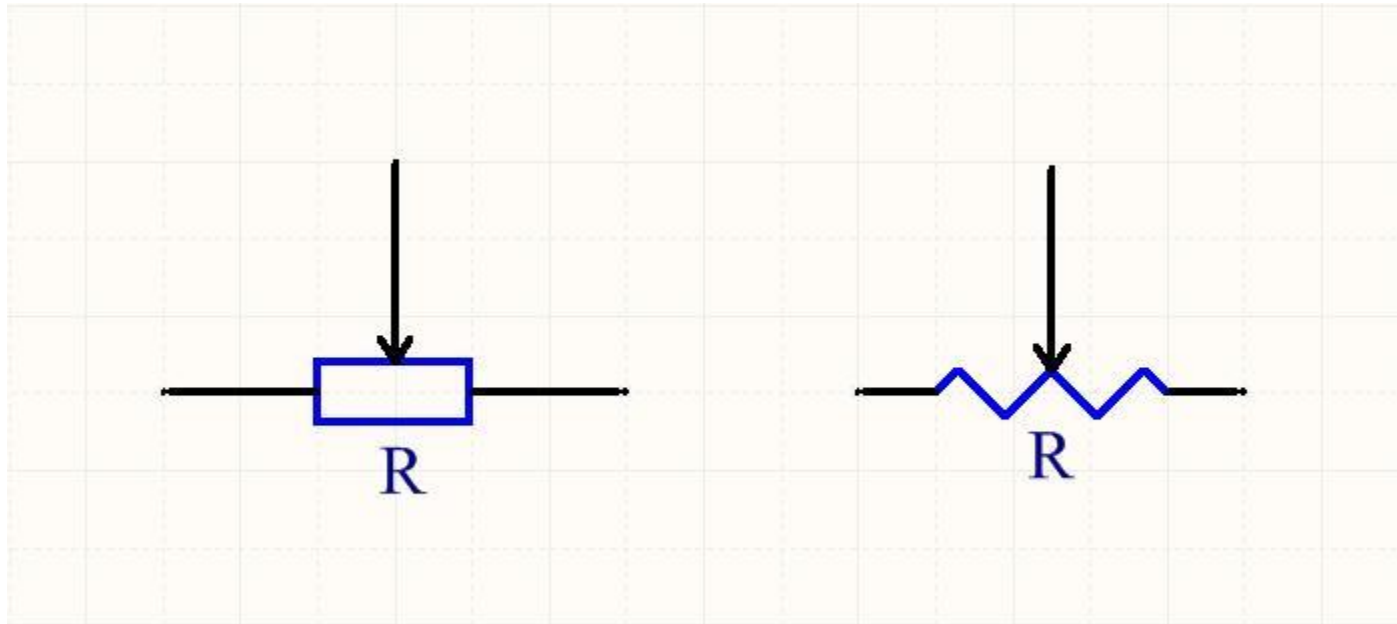
$$5\text{V} \cdot 2\text{mA} = 10\text{mW} = 0.1\text{W}$$

- Znači treba nam otpornik otpornosti 500Ω i snage barem 0.1W .

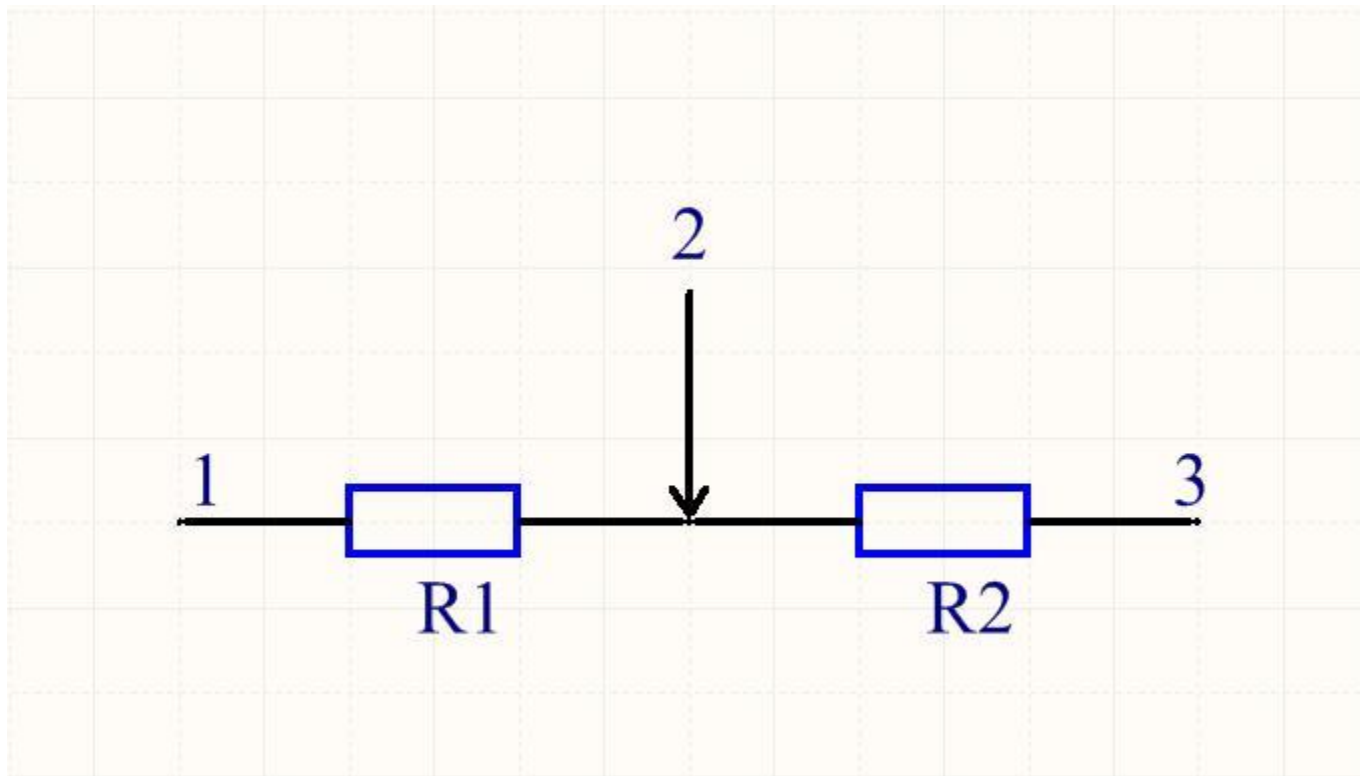
Promenljivi otpornik

- Promenljivi otpornik je vrsta otpornika čija se otpornost može menjati u određenim granicama.
- Promena otpornosti se obično vrši okretanjem osovine ili eventualno pomeranjem klizača, zavisno od fizičke realizacije promenljivog otpornika.
- Na električnim šemama označava se, kao i otpornik, latiničnim slovom R i šematskim, grafičkim simbolom.

- Šematski simbol koji reprezentuje otpornik može se dvojako predstaviti, ili kao pravougaonik sa tri izvoda ili kao prava izlomljena linija, takođe sa tri izvoda. Oba simbola su jednako ispravna i često korišćena, a od autora električne šeme zavisi koji će upotrebiti. Njihovi šematski simboli prikazani su na slici



- Promenljivi otpornik može se pojednostavljeno predstaviti kao redna veza dva otpornika R_1 i R_2 , dok izvodi 1, 2 i 3 predstavljaju lemne kontakte.
- Maksimalna vrednost ova dva otpornika je otpornost promenljivog otpornika koju specificira proizvođač, a minimalna je 0Ω .



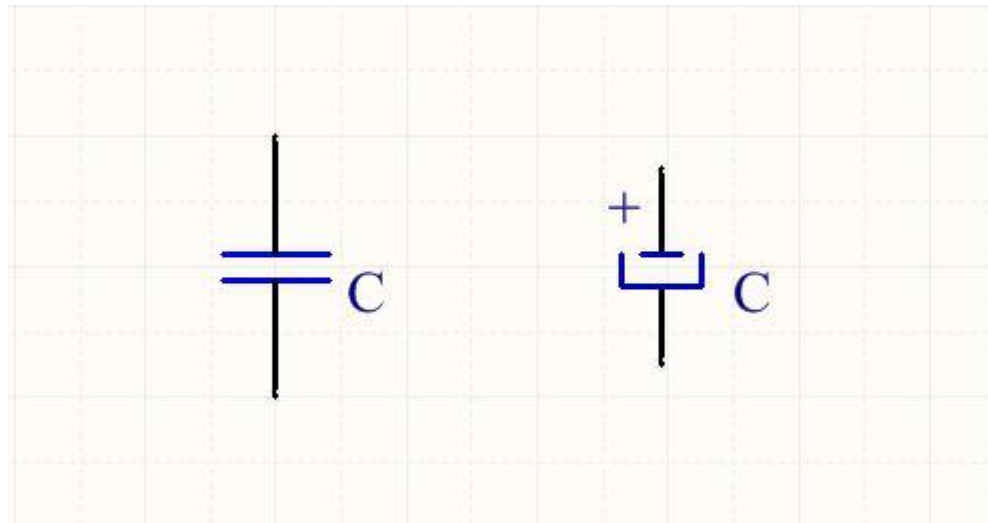
- Prilikom upotrebe promenljivih otpornika posebno treba obratiti pažnju da struja kroz promenljivi otpornike ne pređe maksimalni intenzitet koji propisuje proizvođač. Obično se propisuje maksimalna snaga promenljivog otpornika na osnovu koje se može izračunati i maksimalna dozvoljena struja.
- Kada okrećemo osovinu promenljivog otpornika, promena otpornosti može biti linearna ili logaritamska, te treba obratiti pažnju i na ovaj parametar prilikom izbora ovakve komponente.



Kondenzator

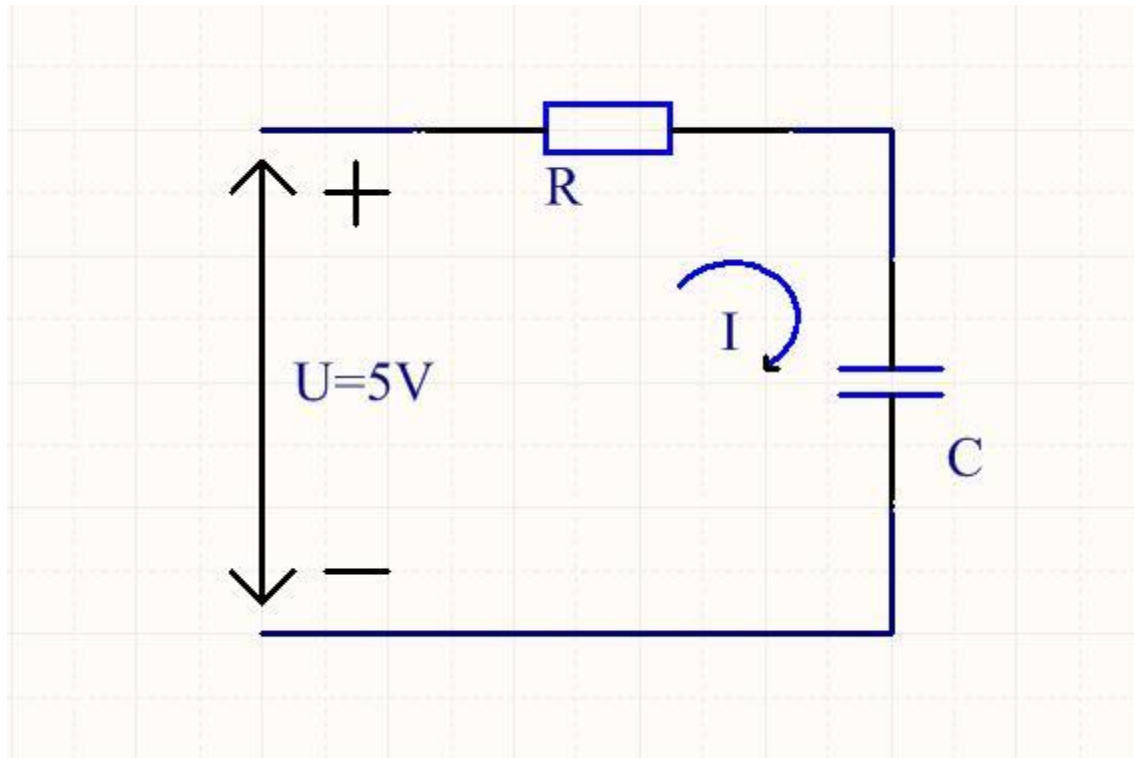
- Kondenzator je, kao i otpornik, često korišćena elektronska komponenta i predstavlja jednu od najosnovnijih elektronskih komponenti. Predstavlja pasivni element, tj. predstavlja potrošač energije, za razliku od aktivnih elemenata koji svoju energiju predaju sistemu u kojem se nalaze. Jedinica za kapacitivnost je farad (F).

- Kondenzator je električna komponenta koja ima sposobnost skladištenja energije. Na električnim šemama označava se latiničnim slovom C i šematskim, grafičkim simbolom. Postoji više različitih šematskih simbola zavisno od vrste kondenzatora.
- Najveću upotrebu u električnim kolima imaju keramički kondenzatori i elektrolitski kondenzatori.
- Njihovi šematski simboli prikazani su na slici



- Uloga kondenzatora u električnom kolu je da ograniči ili uspori promene napona.
- Jedna od primena kondenzatora je za stabilizaciju napona te se u ovakvoj primeni na elektronskoj štampanoj ploči postavljaju u neposrednoj blizini izvora napajanja, uz kontakte napajanja elektronskih kola i slično.

- Kao što je već rečeno, upotrebom kondenzatora moguće je usporiti promenu napona, električna šema takve primene kondenzatora data je na slici.
- koristićemo izvor jednosmernog napona vrednosti 5V i otpornik vrednosti 500Ω na koji ćemo povezati kondenzator kapacitivnosti 1mF.



- Po uključenju izvora jednosmernog napajanja 5V napon na levom kraju otpornika odmah će dostići vrednost od 5V dok će napon na desnom kraju otpornika, pošto je kondenzator bio prazan u momentu uključenja kola, postepeno dostizati napon vrednosti 5V.

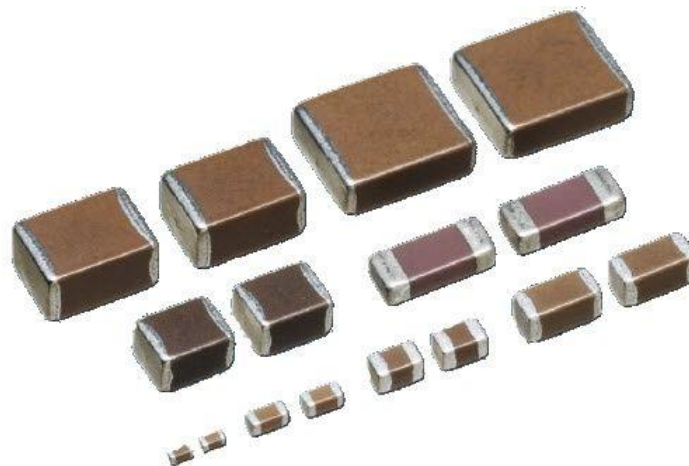
- Vreme koje se uzima kao pouzdano da je napon na desnom kraju otpornika dostigao vrednost ulaznog napona od 5V je 5τ .
Vremenska konstanta τ jednaka je proizvodu otpornosti otpornika i kapacitivnosti kondenzatora, što u gore navedenom slučaju iznosi:

$$\tau = R \cdot C = 500\Omega \cdot 1mF = 500ms$$

- U slučaju kada bi kondenzator i otpornik sa slike zamenili mesta, po dovođenju napona u kolo, napon na otporniku bi trenutno dostigao vrednost od 5V koja bi se vremenom smanjivala ka nuli kako se kondenzator bude punio.

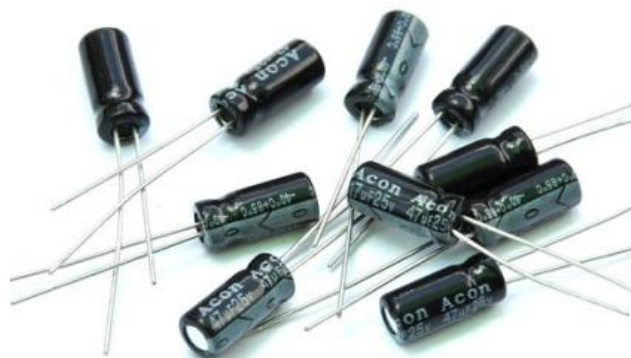
- Kad se kondenzator napuni, napon na otporniku iznosiće 0V.
- Na osnovu ovoga možemo zaključiti da kondenzator predstavlja prekid u električnom kolu jednosmerne struje.

- Postoji više vrsta kondenzatora od kojih se najviše koriste keramički i elektrolitski kondenzatori.
- Keramički kondenzatori prave se u različitim pakovanjima od kojih su neka prikazana na slici



Maksimalni dozvoljeni radni napon kondenzatora treba biti veći od vrednosti napona elektronskog kola u kojem će se on upotrebljavati

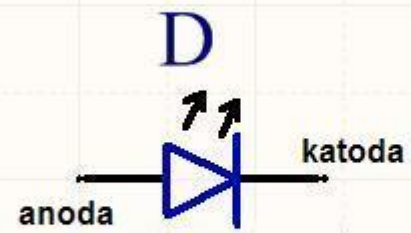
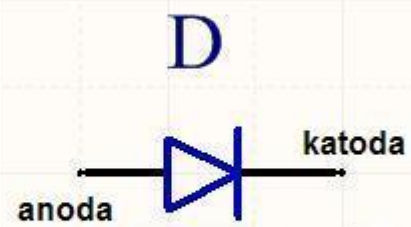
- Za razliku od keramičkih, kod elektrolitskih kondenzatora pored maksimalno dozvoljenog radnog napona treba voditi računa i o polarizaciji jer se oni mogu puniti samo u jednom smeru tj. imaju definisan pozitivni i negativni kraj.
- Negativan kraj je uvek obeležen na samom kućištu kondenzatora kao i njegova kapacitivnost. Izgled ovakvih kondenzatora prikazan je na slici



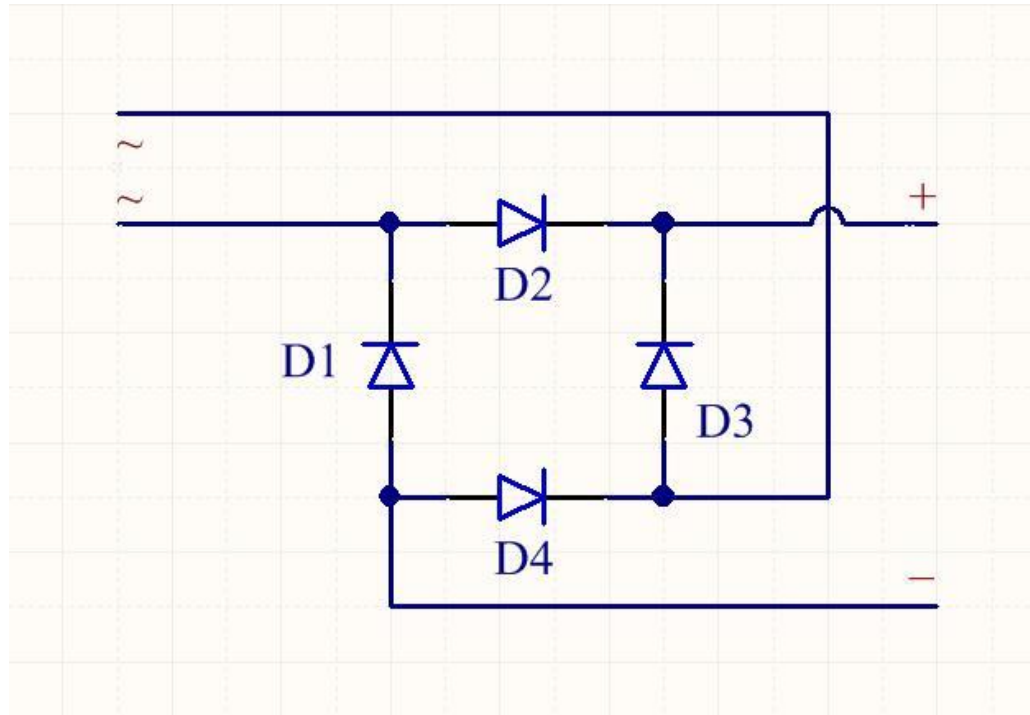
Dioda

- Dioda predstavlja najjednostavniji poluprovodnički element. Njena glavna osobina je da omogućava protok struje samo u jednom smeru tj. provodnom smeru.
- U provodnom smeru dioda ima malu otpornost, tipično reda Ω , dok u suprotnom, neprovodnom smeru ima dosta veliku otpornost, tipično reda $M\Omega$ (Ω).
- Pošto propušta struju u samo jednom smeru, dioda ima svoj pozitivan kraj koji se naziva anoda i negativan kraj koji se naziva katoda.

- Da bi dioda provela neophodno je da napon na anodi bude veći nego napon na katodi.
- Na električnim šemama označava se latiničnim slovom D i šematskim, grafičkim simbolom.
- Postoji više različitih šematskih simbola zavisno od vrste dioda. Najveću upotrebu u električnim kolima imaju ispravljačke i tzv. LE (*light emitting*) diode .
- Njihovi šematski simboli prikazani su na slici



- Uloga ispravljačke diode je da omogući protok struje samo u jednom smeru, u grani električnog kola u kojoj se nalazi.
- Na primer, jedna od primena diode je za pretvaranje naizmeničnog napona u jednosmerni.
- Takva realizacija sadrži četiri diode međusobno povezane kao na slici, a može se i naći kao zasebna komponenta koja se tada naziva grecov ispravljač.



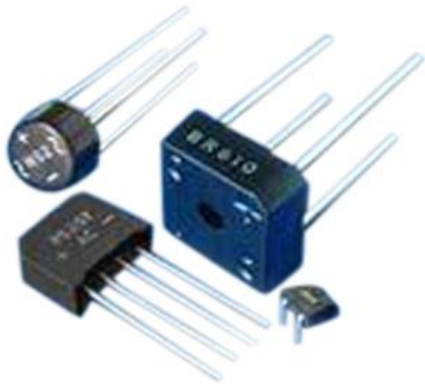
- U toku pozitivne poluperiode naizmeničnog napona provode diode D3 i D1, a u toku negativne poluperiode provode diode D4 i D2. Time se obezbeđuje da na izlazu uvek bude jednosmerni napon

- Važno je napomenuti da je pad napona na diodi u propusnom smeru tipično 0.7V i može se smatrati konstantim sve dok je dioda provodna, nezavisno od struje koja kroz nju protiče.
- Naravno, za svaku diodu postoji određena maksimalna struja koju ona može propustiti, a tu struju propisuje proizvođač. Fizički izgled ispravljačkih dioda prikazan je na slici



- Pored maksimalne dozvoljene struje pri odabiru diode treba obratiti pažnju i na maksimalni radni napon i na maksimalni inverzni napon diode da ne bi došlo do trajnog oštećenja.
- Maksimalni inverzni napon predstavlja najveći intenzitet napona u smeru katoda-anoda koji dioda može izdržati bez fizičkog oštećenja. Proizvode se u različitim pakovanjima, a pri upotrebi treba obratiti pažnju na njen polaritet.

- Katoda je obično obeležena linijom ili prstenom.
- Gore spomenuti grecov spoj može se realizovati ili upotrebom četiri ispravljačke diode ili kao integrisana varijanta tj. gotovo rešenje realizovano u jednom kućištu.
- Fizički izgled integrisanih rešenja grecovog spoja prikazan je na slici

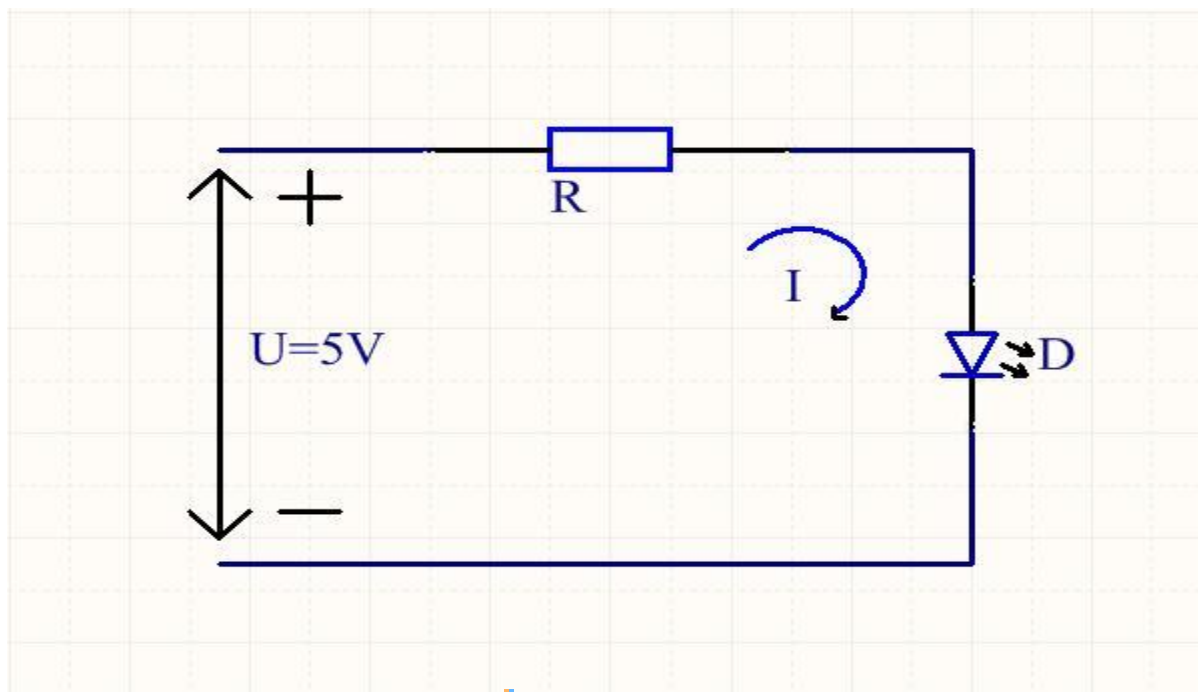


LE (*light emitting*)

- LE (*light emitting*) diode, kao i ispravljačke, provode struju samo u jednom smeru i za njih je karakteristično to što kada provode struju emituju svetlost u čemu se i ogleda njihova primena.
- One nisu robusne kao ispravljačke, maksimalni intenzitet struje koji može proteći u smeru anoda-katoda tipično iznosi 15 - 20 mA.

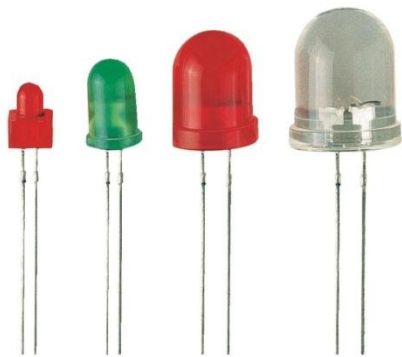
- Takođe i maksimalni dozvoljeni inverzni napon je znatno je niži nego što je to slučaj kod ispravljačkih dioda. Električno kolo sa diodom prikazano je na slici.
- Pošto LE diode mogu izdržati znatno manju struju od ispravljačkih, struju je potrebno ograničiti sa otpornikom. Kao što je gore navedeno dioda u provodnom smeru ima jako malu otpornost reda Ω te je nju moguće zanemariti, pa je dovoljno da struju kroz diodu računamo kao količnik napona napajanja i redno vezanog otpornika.

Ako je R sa slike 500Ω:



$$I = \frac{U}{R} = \frac{5V}{500\Omega} = 10mA$$

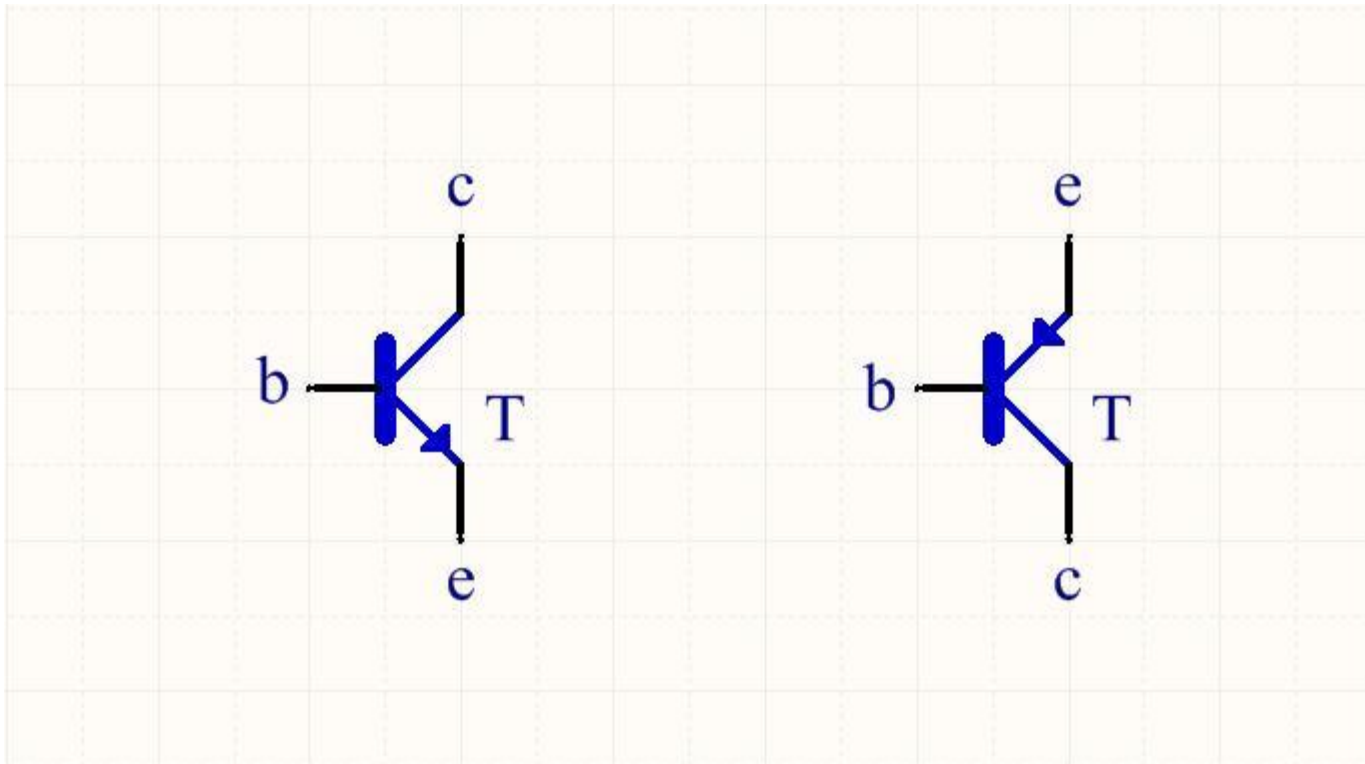
- Struja intenziteta 10 mA u provodnom smeru je sasvim dovoljna da LE dioda zasvetli. Obično se za intenzitet struje koja protiče kroz LE diodu bira od 5 mA do 10 mA.
- Prilikom upotrebe LE dioda treba obratiti pažnju na struju koja će proticati kroz nju u propusnom smeru kao i na polaritet. Kod *through hole* pakovanja negativni kraj obeležen je zaravnatim delom na samom kućištu diode, a pozitivni dužim lemnim kontaktom. Kod *smd* izvedbi negativni kraj, katoda, obeležen je na samom kućištu, bilo u vidu linije određene boje ili tačkom u uglu. Fizički izgled LE dioda prikazan je na slici



Tranzistor

- Tranzistor predstavlja poluprovodnički element sa tri izvoda. Za razliku od prethodnih ovaj element je aktivni element tj. svoju energiju može predati sistemu u kojem se nalazi.
- Danas, tranzistori predstavljaju osnovu tj. osnovnu gradivnu jedinicu za mnogo složenija integrisana elektronska kola.
- Na električnim šemama označava se latiničnim slovom T ili Q i šematskim, grafičkim simbolom.

- Obe oznake su jednako ispravne i često korišćene, a od autora električne šeme zavisi koju će upotrebiti.
- Postoji više različitih šematskih simbola zavisno od vrste tranzistora.
- Na slici je prikazan bipolarni tranzistori NPN i PNP tipa. Njihovi šematski simboli prikazani su na slici, NPN tip na levoj strani i PNP tip na desnoj strani slike.



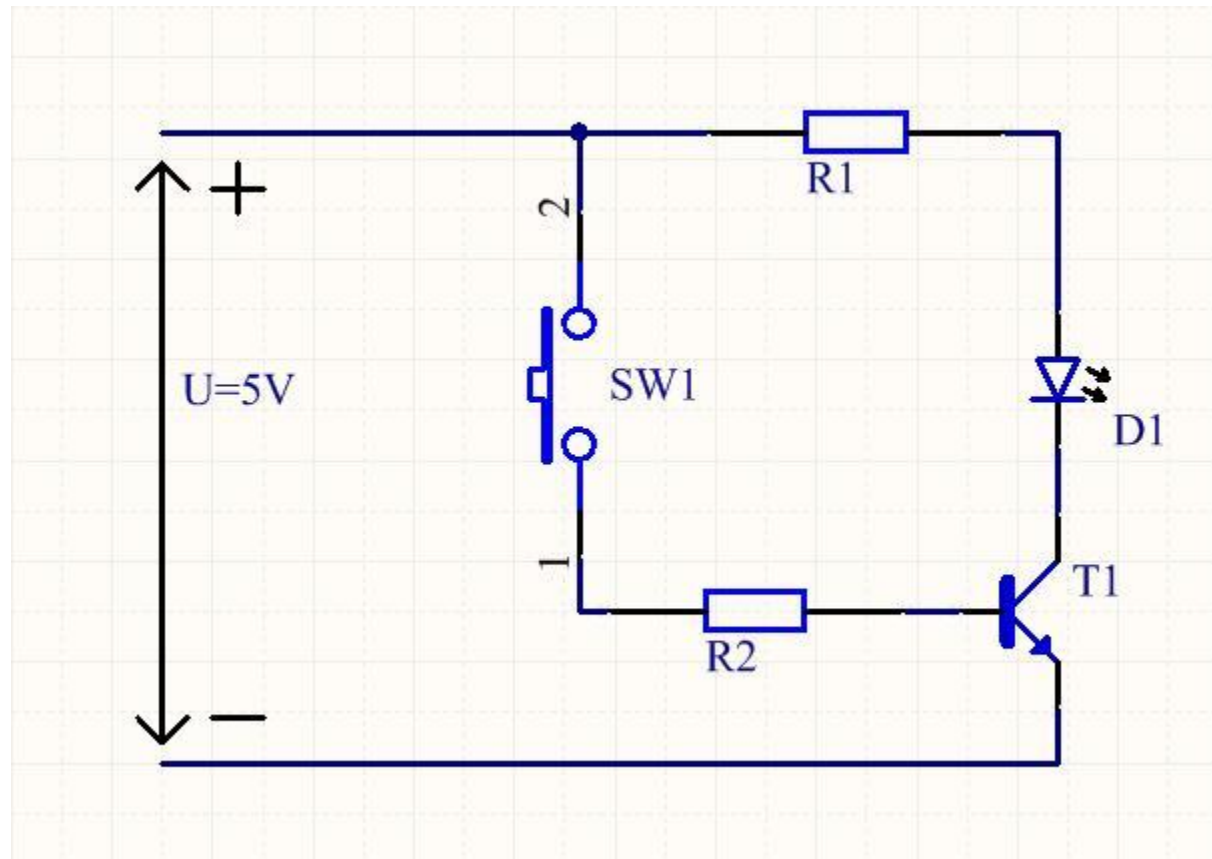
- Glavna uloga tranzistora u električnom kolu jeste regulacija pojačanje protoka struje. Njegova tri izvoda označavaju se kao b-baza, koja predstavlja kontrolni izvod, c-kolektor i e-emitor.
- Kod tranzistora važi da mala promena napona ili struje na kontrolnom izvodu tj. bazi, dovodi do protoka struje znatno većeg intenziteta u kolu emitor-kolektor.

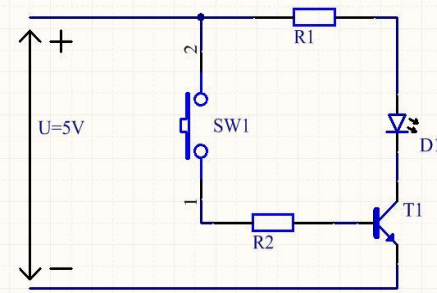
- Zbog ovog svojstva tj. da se ulaganjem male energije na kontrolni izvod može kontrolisati znatno veća energija na izlazu, tranzistori su našli primenu u pojačavačima.
- Pored upotrebe u pojačavačima, tranzistori se mogu koristiti i kao elektronski prekidači. Jedna od važnijih karakteristika tranzistora je niska potrošnja električne energije u stacionarnim stanjima

- Više energije se troši jedino pri prelazu iz jednog stanja u drugo (provodnog u neprovodno ili obrnuto) i to vreme je obično zanemarljivog trajanja u odnosu na vreme koje će tranzistor provesti u stacionarnom stanju.
- Kada je tranzistor u provodnom stanju omogućava protok struje u smeru kolektor-emitor u slučaju NPN tranzistora tj. protok struje u smeru emitor-kolektor u slučaju PNP tranzistora

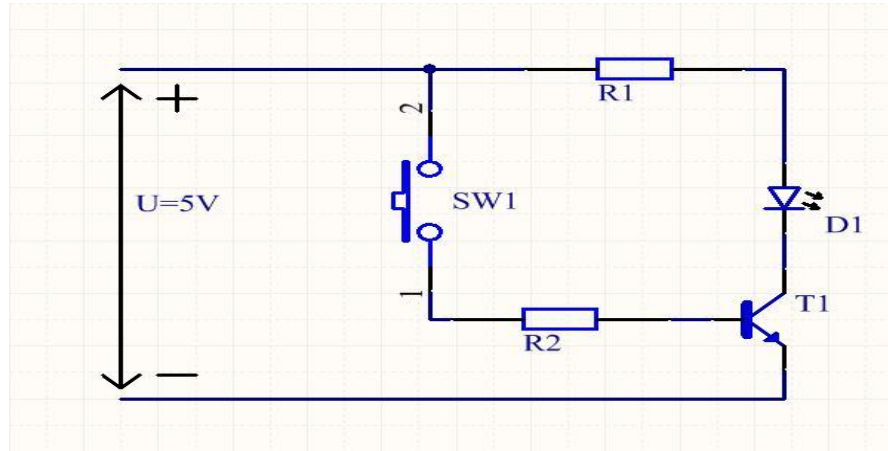
- U slučaju NPN tranzistora, da bi tranzistor bio u provodnom stanju , stanju zasićenja, neophodno je da napon na baza-emitor bude veći od 0.7V tj. napon na bazi treba biti veći od napona na emitoru za 0.7V, dok je napon na kolektoru veći od napona koji je na bazi.
- U protivnom tranzistor se nalazi u neprovodnom stanju tj. zakočen je.

- Da bi se lakše razumeo rad tranzistora kao elektronskog prekidača biće objašnjena njegova uloga u električnom kolu prikazanom na slici

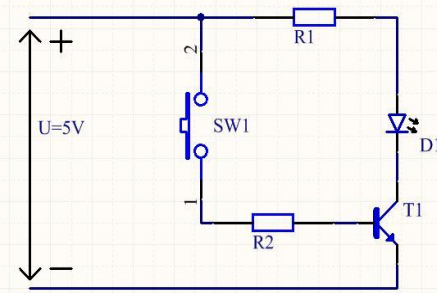




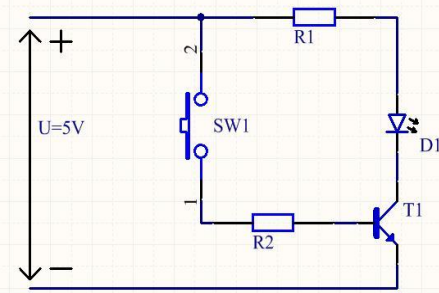
- U mirnom stanju, kada taster SW1 nije pritisnut, tranzistor T1 je zakočen jer nema napona tj. struje u grani sa otpornikom R2 koja dolazi do baze, što znači da u kolu kolektor-emitor ne protiče struja.
- Pošto u kolu kolektor-emitor ne protiče struja, može se reći da je grana kola sa diodom D1 i otpornikom R1 otkačena od kola.



- Kada pritisnemo taster SW1 i držimo taster pritisnut, u grani sa otpornikom R2 i bazom tranzistora T1 proteći će struja koja će prouzrokovati da napon na bazi tranzistora T1 postane veći od napona na emitoru T1.



- Sada se tranzistor nalazi u provodnom stanju tj. stanju zasićenja čime je omogućen protok struje kroz tranzistor u kolu kolektor-emitor. Obično, u stanju zasićenja, napon između kolektora i emitora tranzistora iznosi 0.2V. Posmatrajući granu sa diodom D1 i otpornikom R1, napon sa leve strane je napon napajanja od 5V dok je na drugom kraju, na katodi diode 0.2 V.

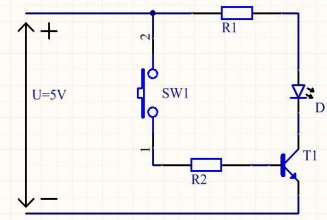


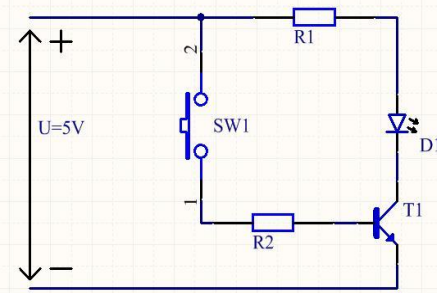
- Ukoliko za vrednost otpornika R1 odaberemo 500Ω kao i u prethodnim primerima struja koja će proticati kroz diodu D1 iznosiće:

$$I = \frac{U}{R1} = \frac{5V - 0.2V}{500\Omega} = \frac{4.8V}{500\Omega} = 9.6mA$$

- Struja intenziteta 9.6 mA je i više nego dovoljna da dioda D1 zasvetli. Dioda D1 će svetleti sve dok je pritisnut taster SW1, tj. dok na bazi tranzistora T1 ima napona. Kada otpustimo taster SW1, napon na bazi tranzistora T1 ubrzo će dostići 0V, tranzistor će biti zakočen, a dioda D1 će se ugasi

- Pri projektovanju električnih kola sa tranzistorima treba obratiti pažnju da se ograniči struja u kolu baze i u kolu kolektor-emitor. U protivnom doći će do fizičkog oštećenja tranzistora.
- Na primer za slučaj sa slike, za otpornik u kolu baze, otpornik R2 sasvim je dovoljno izabrati vrednost od 10 k Ω , dok je za vrednost struje u kolu kolektor-emitor neophodno pogledati maksimalni intenzitet ove struje tranzistora koji propisuje proizvođač.

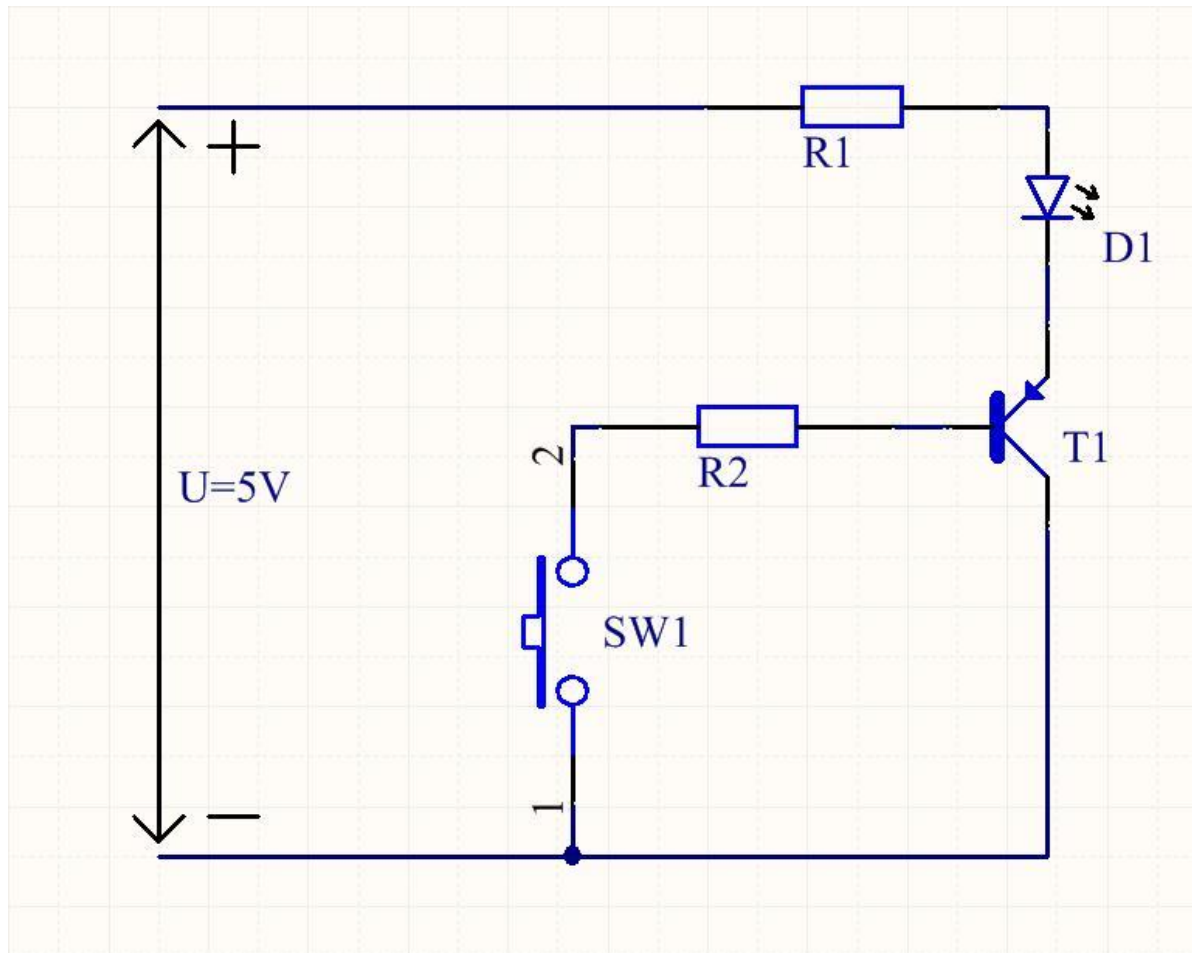




- Pri praktičnoj realizaciji ovakvog kola trebalo bi voditi računa i o grani sa otpornikom R2 i bazom tranzistora jer ona, kad taster SW1 nije pritisnut, visi u vazduhu te tranzistor može provesti usled delovanja spoljašnjih uticaja iz okoline. Ovakav problem se može prevazići dodavanjem još jednog otpornika vezanog jednim krajem za levi izvor otpornika R2, a drugim za minus kraj napajanja.

- U slučaju PNP tranzistora, da bi tranzistor bio u provodnom stanju , stanju zasićenja, neophodno je da napon na emitor-baza (kod NPN tranzistora je to bio napon baza-emitor tj. napon na bazi je trebao biti veći od napona na emitoru za 0.7V) bude veći od 0.7V dok je napon na emitoru veći od napona koji je na kolektoru.

- U protivnom tranzistor se nalazi u neprovodnom stanju tj. zakočen je.
- Da bi se lakše razumeo rad tranzistora kao elektronskog prekidača biće objašnjena njegova uloga u električnom kolu prikazanom na slici



- U mirnom stanju, kada taster SW1 nije pritisnut, tranzistor T1 je zakočen jer nema napona tj. struje u grani sa otpornikom R2 koja dolazi do baze, što znači da u kolu emitor-kolektor ne protiče struja. Pošto u kolu emitor-kolektor ne protiče struja, može se reći da je grana kola sa diodom D1 i otpornikom R1 otkačena od kola.

- Kada pritisnemo taster SW1 i držimo taster pritisnut, u grani sa otpornikom R2 i bazom tranzistora T1 proteći će struja koja će prouzrokovati da napon na bazi tranzistora T1 postane manji od napona na emitoru T1.
- Sada se tranzistor nalazi u provodnom stanju tj. stanju zasićenja čime je omogućen protok struje kroz tranzistor u kolu emitor-kolektor. Obično, u stanju zasićenja, napon između kolektora i emitora tranzistora iznosi 0.2V.

- Posmatrajući granu sa diodom D1 i otpornikom R1, napon sa leve strane je napon napajanja od 5V dok je na drugom kraju, na katodi diode 0.2 V.
- Ukoliko za vrednost otpornika R1 odaberemo 500Ω kao i u prethodnim primerima struja koja će proticati kroz diodu D1 iznosiće takođe, kao i u gornjem primeru sa NPN tranzistorom, 9.6 mA.

- Pri upotrebi tranzistora, pošto imaju tri izvoda, treba voditi računa da svaki izvod bude povezan na odgovarajuće mesto u kolu.
- U protivnom može doći do fizičkog oštećenja tranzistora. Takođe, na samom kućištu tranzistora retko je obeleženo značenje svakog izvoda te treba čitati dokumentaciju proizvođača za dati tranzistor. Da li je tranzistor PNP ili NPN tipa određuje se prema oznaci tranzistora koju specificira proizvođač. Fizički izgled PNP i NPN bipolarnih tranzistora prikazan je na slici

