

Praktikum laboratorijskih vježbi se sastoji od 16 vježbi:

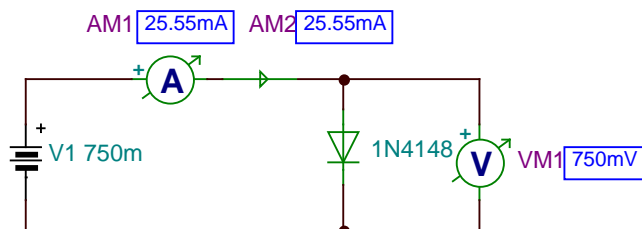
1. U-I karakteristika ispravljačke diode
2. U-I karakteristika Zener diode
3. U-I karakteristika paralelne veze ispravljačkih dioda
4. U-I karakteristika redne veze Zener dioda
5. NF filter
6. VF filter
7. Poluvalni ispravljač
8. Punovalni ispravljač
9. Filtri propusnici opsega učestanosti
10. Filtri nepropusnici opsega učestanosti
11. Tipovi tranzistora
12. Provjera ispravnosti tranzistora
13. Pojačavač u spoju sa zajedničkim emiterom
14. Stabilizacija radne tačke
15. Višestepeni pojačavač
16. Tranzistor kao prekidač

NF i VF filtri (maketa, osciloskop)	Filtri propusnici i filtri nepropusnici opega učestanosti (osciloskop signal generator)
UI karakteristika dioda (DC izvor Unimer)	Tranzistor kao prekidač (maketa) Provjera ispravnosti tranzistora
Poluvalni ispravljač (osciloskop)	Pojačavač u spoju sa zajedničkim emiterom (unimer-greške)
Punovalni ispravljač (računar)	Višestepeni počavač (računar) Tipovi tranzistora

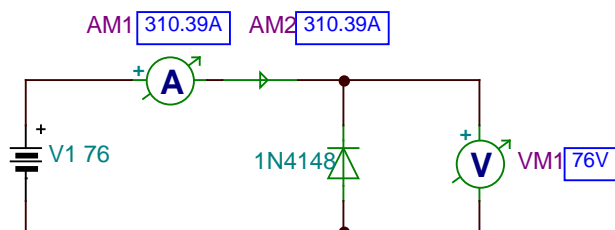
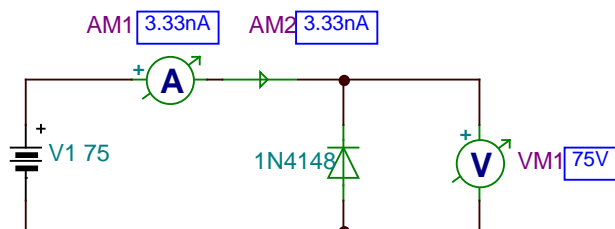
U-I KARAKTERISTIKA ISPRAVLJAČKE DIODE

1. Šema spoja

a) šema za snimanje U-I karakteristike diode u direktnom smjeru



b) šema za snimanje U-I karakteristike diode u inverznom smjeru



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

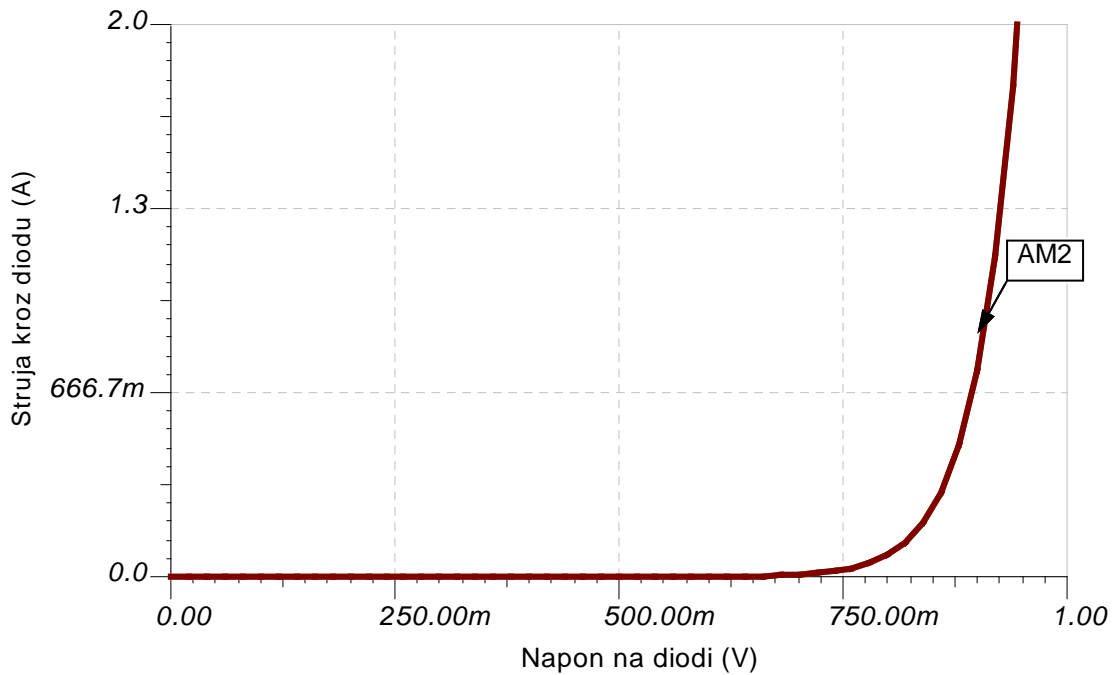
- DC izvor istosmjerne struje _____
- 2 ispravljačke diode _____
- 1 DC ampermetar _____
- 1 DC voltmetar _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

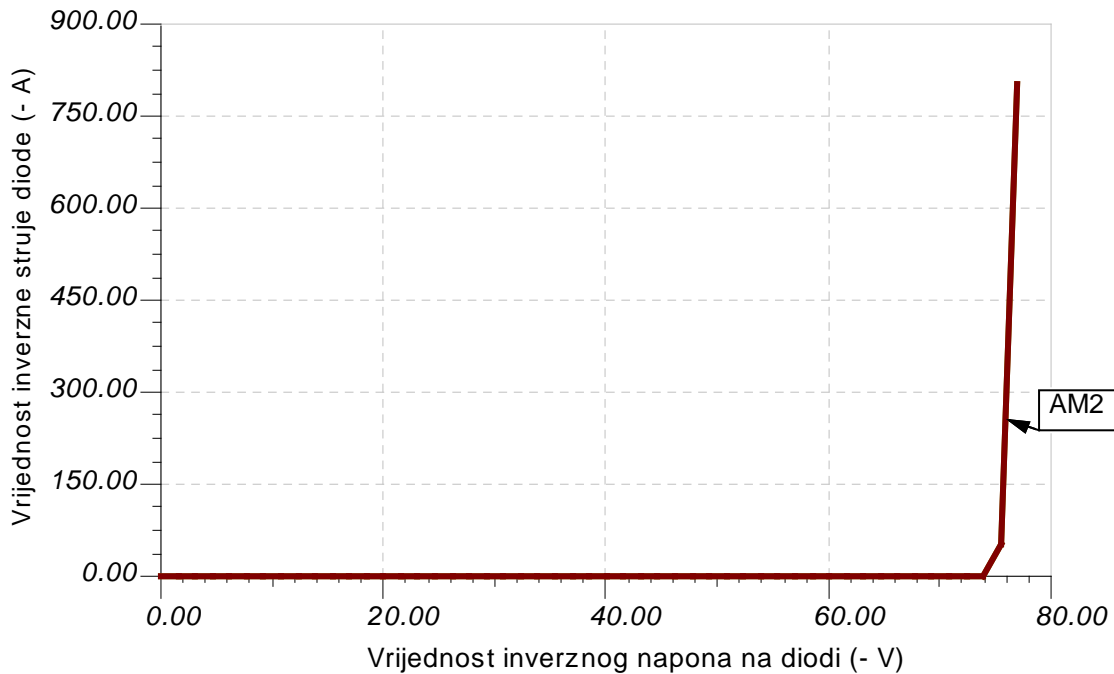
Ispravljačke diode se upotrebljavaju u ispravljačima koji vrše pretvaranje izmjenične struje u istosmjernu. Materijal za izgradnju slojnih ispravljačkih dioda je silicij i germanij. Proizvode se germanijeve diode sa probojnim naponom između 100 i 500V, gustinom struje do 100 A/cm². Silicijeve diode za ispravljače imaju probojni napon do 1500 V, a gustina struje se kreće do 200 A/cm².

U-I karakteristiku snimamo tako što diodu polarizujemo direktno i mijenjamo napon od 0V do 1V i mjerimo struju kroz diodu. Prilikom izvođenja vježbe provjeravati

temperaturu diode da ne dođe do termičkog proboja diode. Zatim diodu polarizujemo inverzno i mijenjamo napon od 0V do 50 V.



Na slici je data UI karakteristika ispravljačke diode 1N4148 polarizovane u direktnom smjeru.



Na slici je data UI karakteristika ispravljačke diode 1N4148 polarizovane u inverznom smjeru.

Na osnovu izmjerenih vrijednosti nacrtati U-I karakteristiku diode.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Dioda 1: _____

U_D	(V)												
I_D	(mA)												

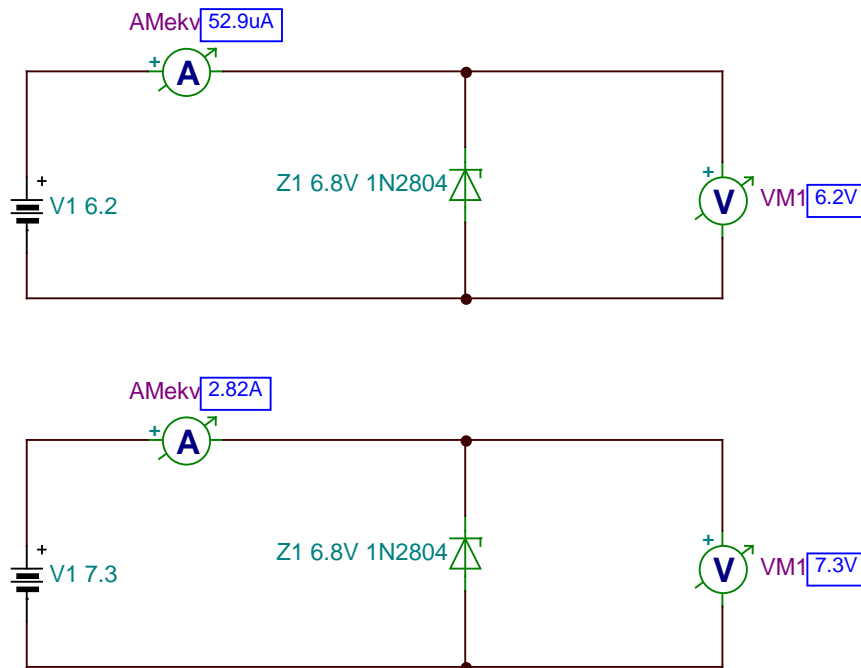
Dioda 2: _____

U_D	(V)												
I_D	(mA)												

5. Zaključak

U-I KARAKTERISTIKA ZENER-DIODE

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- DC izvor istosmjerne struje _____
- 2 Zener- diode _____
- 1 DC ampermetar _____
- 1 DC voltmetar _____

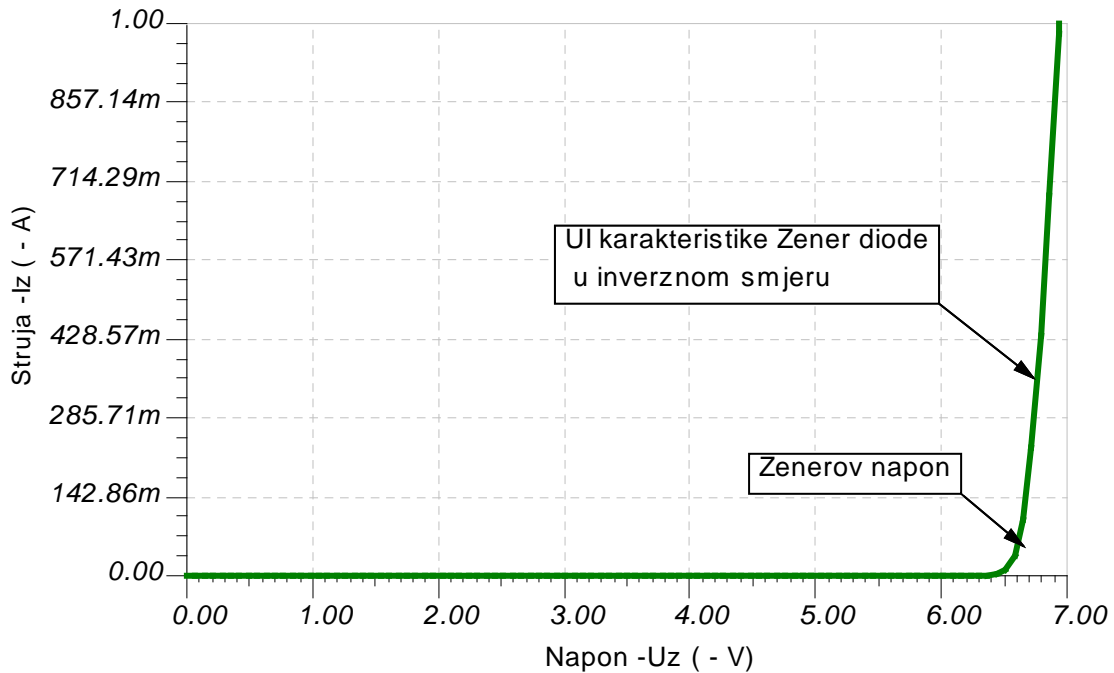
3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Zener-dioda je dioda koja u radu koristi dio karakteristike koji odgovara inverznim naponima nešto većim od probojnog napona. Napon koji određuje radnu tačku M zove se Zenerov napon. Zener dioda se koristi za stabilizaciju istosmjernog napona, pa je potrebno da ima što strmiji dio karakteristike za inverzne napone veće od probojnog napona. Pored toga kako radi u području električnog proboja, ova dioda mora biti građena od takvog poluprovodnika da se u radnom području ne ošteti, tj. da je proces reverzibilan. Takođe se mora voditi računa da se ne prekorači maksimalno dozvoljena snaga disipacije. Zener diode izrađuju se od silicija sa povećanim postotkom primjesa u P i N području. Zener diode izrađuju se sa probojnim naponima od 3 do 150 V.

Elemente spojiti prema šemi tj. Zener diodu polarizovati inverzno i povećavati inverzni napon po 1V do ulaska u proboj. Kad dođe do proboja onda napon povećavati po 0,1V. Voditi računa da se ne prekorači maksimalna snaga discipacije.

Na osnovu izmjernih vrijednosti napona i struja nacrtati U-I karakteristiku Zener diode.

Otpornik R služi da ograniči maksimalnu struju kroz diodu.



Na slici je data UI karakteristika Zener diode 1N2804, polarizovane u inverznom smjeru, kod koje Zenerov probojni napon iznosi 6.8V

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Dioda 1: _____

- Uz	(V)											
- Iz	(mA)											

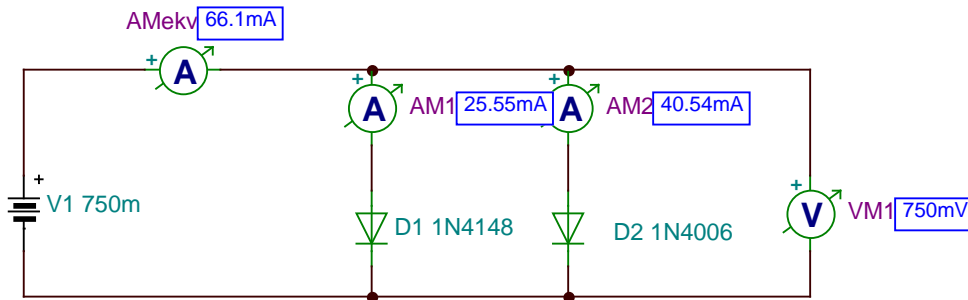
Dioda 2: _____

- Uz	(V)											
- Iz	(mA)											

5. Zaključak

U-I KARAKTERISTIKA PARALENE VEZE ISPRAVLJAČKIH DIODA

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

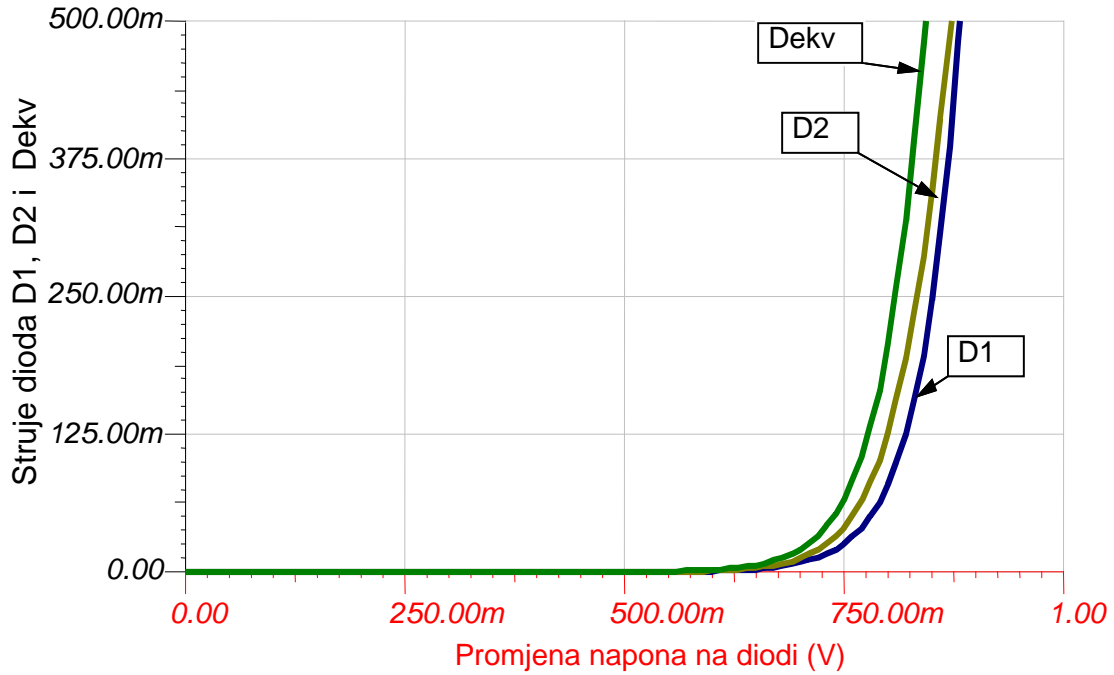
- DC izvor istosmjerne struje _____
- 2 ispravljačke diode _____
- 2 DC ampermetar _____
- 1 DC voltmetar _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Nacrtati U-I karakteristiku ekvivalentne diode koja je paralelna veza dvije ispravljačke diode. Karakteristiku nacrtati na osnovu izmjerenih vrijednosti napona i struja i grafički sabiranjem U-I karakteristika pojedinih dioda.

U-I karakteristiku snimamo tako što diode polarizujemo direktno i mijenjamo napon od 0V do 1V i mjerimo struje kroz diode. Prilikom izvođenja vježbe provjeravati temperaturu dioda da ne dođe do termičkog proboja dioda.

Ovaj spoj koristimo kada je potrebna veća struja kroz kolo nego što ga može dati jedna dioda $I_{Dekv} = I_{D1} + I_{D2} + I_{D3} + I_{D4} + \dots$



Na slici je data UI karakteristika dioda D1 1N4148 i diode D2 1N4006 i UI karakteristika ekvivalentne diode.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Dioda 1: _____

U_D	(V)												
I_D	(mA)												

Dioda 2: _____

U_D	(V)												
I_D	(mA)												

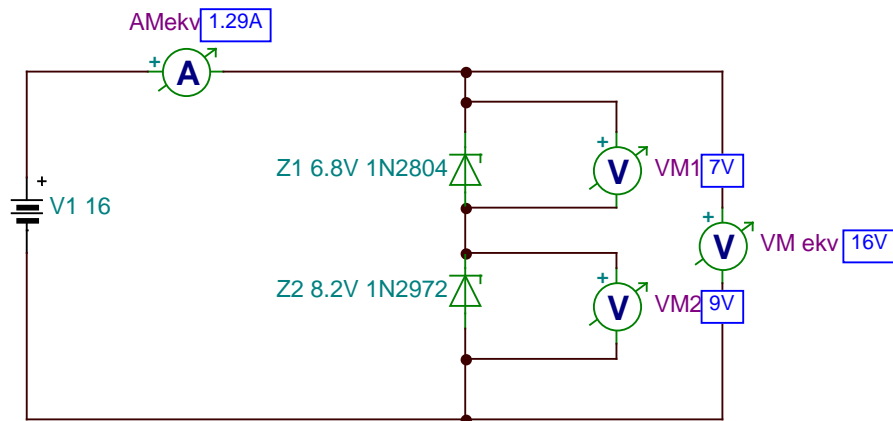
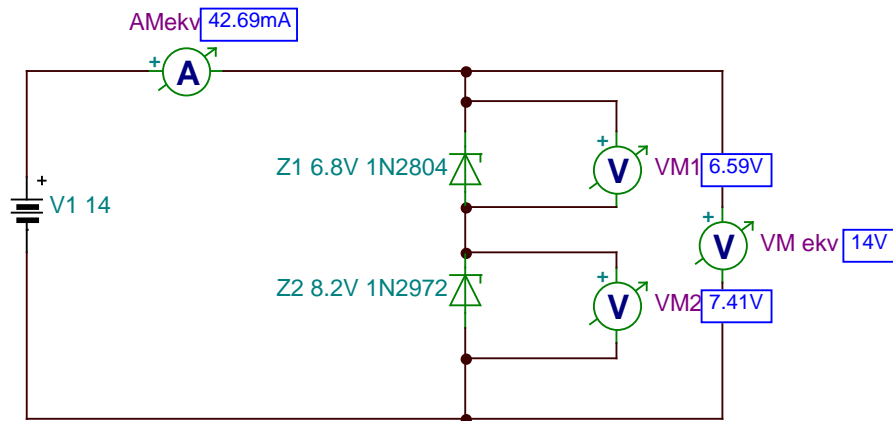
Ekvivalentna dioda: _____

U_{Dekv}	(V)												
I_{Dekv}	(mA)												

5. Zaključak

U-I KARAKTERISTIKA REDNE VEZE ZENER-DIODA

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

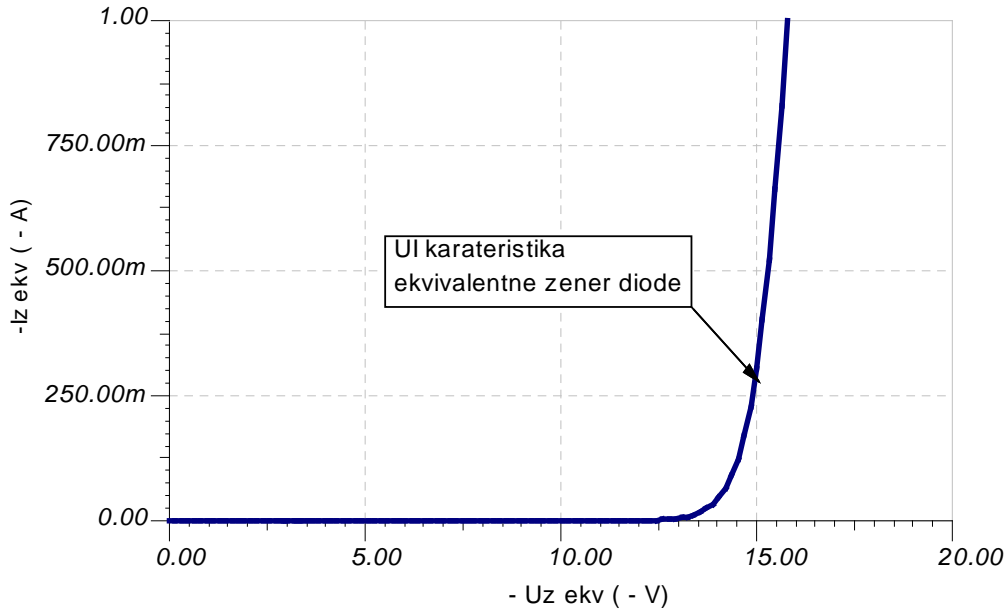
- DC izvor istosmjerne struje _____
- 2 Zener- diode _____
- 1 DC ampermetar _____
- 2 DC voltmetar _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Nacrtati U-I karakteristiku ekvivalentne Zener diode, koja je redna veza dvije Zener diode. Karakteristiku nacrtati na osnovu izmjerenih vrijednosti napona i struja i grafički sabiranjem U-I karakteristika pojedinih dioda.

U-I karakteristiku snimamo tako što diode polarizujemo inverzno i povećavamo inverzni napon po 1V do ulaska u proboj. Kad dođe do proboja onda napon povećavati po 0,1V. Voditi računa da se ne prekorači maksimalna snaga disipacije.

Ovaj spoj koristimo kada je potrebno postići veći Zenerov napon od Zenerovog napona pojedinih dioda $U_{Zekv} = U_{Z1} + U_{Z2} + U_{Z3} + U_{Z4} + \dots$



Na slici je prikazana UI karakteristika ekvivalentne Zener diode Zekv čiji je Zenerov napon 15V (Zekv se sastoji od redne veze dvije diode Z1 6.8V 1N2804 i Z2 8.2V 1N2972).

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Dioda 1: _____

- Uz	(V)												
- Iz	(mA)												

Dioda 2: _____

- Uz	(V)												
- Iz	(mA)												

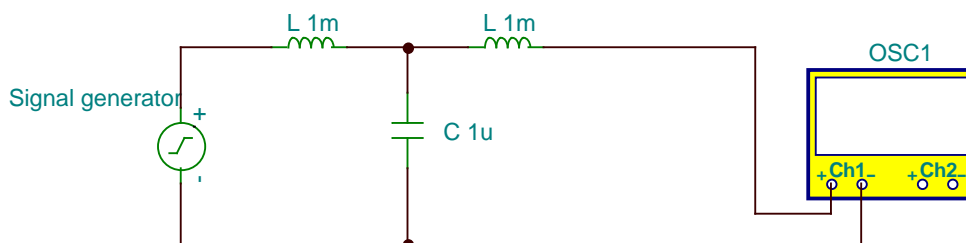
Ekvivalentna Zener dioda: _____

-U _{Zekv}	(V)												
- I _{Zekv}	(mA)												

5. Zaključak

NF FILTRI (LC)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Signal generator _____
- 2 kalem _____
- 2 kondenzatora _____
- 1 Osciloskop _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

NF filtri se sastoje od LC elemenata. U rednu granu filtra se vežu kalemovi, a u paralelnu kondenzatori. Uloga NF filtra je da propuštaju samo signale niskih učestanosti bez slabljenja ili sa što manjim slabljenjem. Dok signale visokih učestanosti ne treba da propušta ili da propušta sa što većim slabljenjem.

Kako za niske učestanosti kalem predstavlja skoro kratk spoj, a za visoke učestanosti vrlo veliku impedansu to se kalem veže u rednu granu filtra na taj način ne propušta signale visokih učestanosti. Dok kondenzator za niske učestanosti predstavlja vrlo veliki otpor, a za visoke učestanosti skoro kratki spoj (odvodi signal na masu) to se kondenzator veže u paralelnu granu filtra.

Snimiti zavisnost napona na izlazu NF filtra u funkciji od frekvencije signala generatora, održavajući amplitudu ulaznog signala konstantnom.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

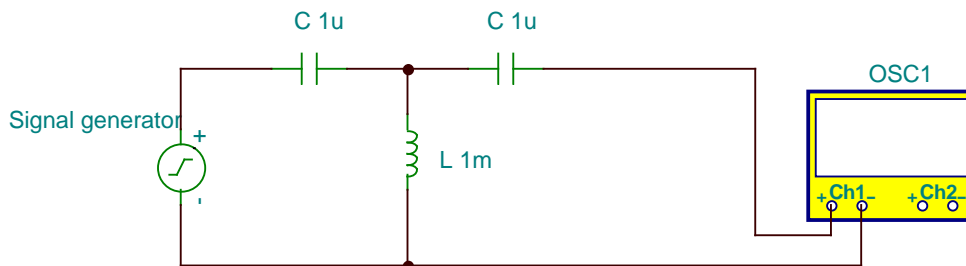
f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

5. Zaključak

VF FILTRI (LC)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Signal generator _____
- 2 kalema _____
- 2 kondenzatora _____
- 1 Osciloskop _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

VF filtri se sastoje od LC elemenata. U rednu granu filtra se vežu kondenzatori, a u paralelnu kalemovi. Uloga VF filtra je da propuštaju samo signale visokih učestanosti bez slabljenja ili sa što manjim slabljenjem. Dok signale niskih učestanosti ne treba da propušta ili da propušta sa što većim slabljenjem.

Kako za niske učestanosti kalem predstavlja skoro kratk spoj, a za visoke učestanosti vrlo veliku impedansu to se kalem veže u paralelnu granu filtra na taj način ne propušta signale visokih učestanosti prema masi dok signale niskih učestanosti odvodi prema masi. Dok kondenzator za niske učestanosti predstavlja vrlo veliki otpor, a za visoke učestanosti skoro kratki spoj propušta signal to se kondenzator veže u rednu granu filtra.

Snimiti zavisnost napona na izlazu VF filtra u funkciji od frekvencije signala generatora, održavajući amplitudu ulaznog signala konstantnom.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

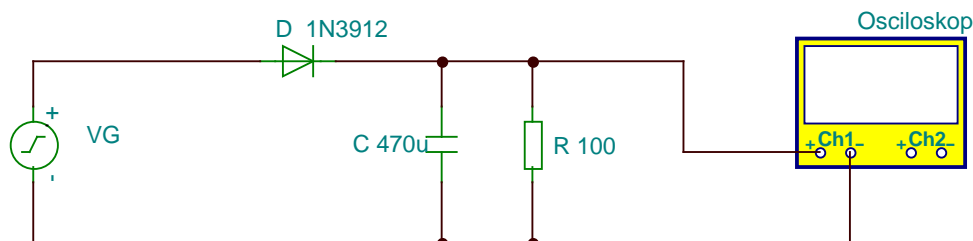
f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

5. Zaključak

POLUVALNI ISPRAVLJAČ

1. Šema spoja



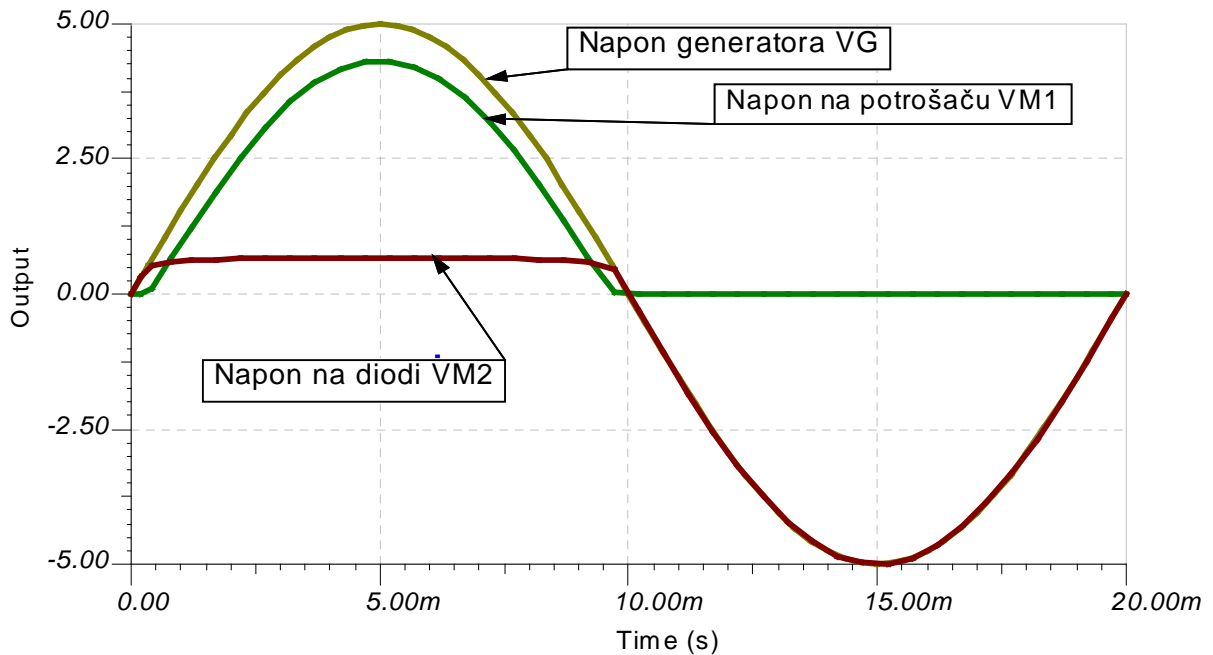
2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- AC izvor naizmjenične struje 6V ili 12V _____
- Ispravljačka dioda _____
- 3 Elektrolitska kondenzatora _____
- 2 Otpornika _____

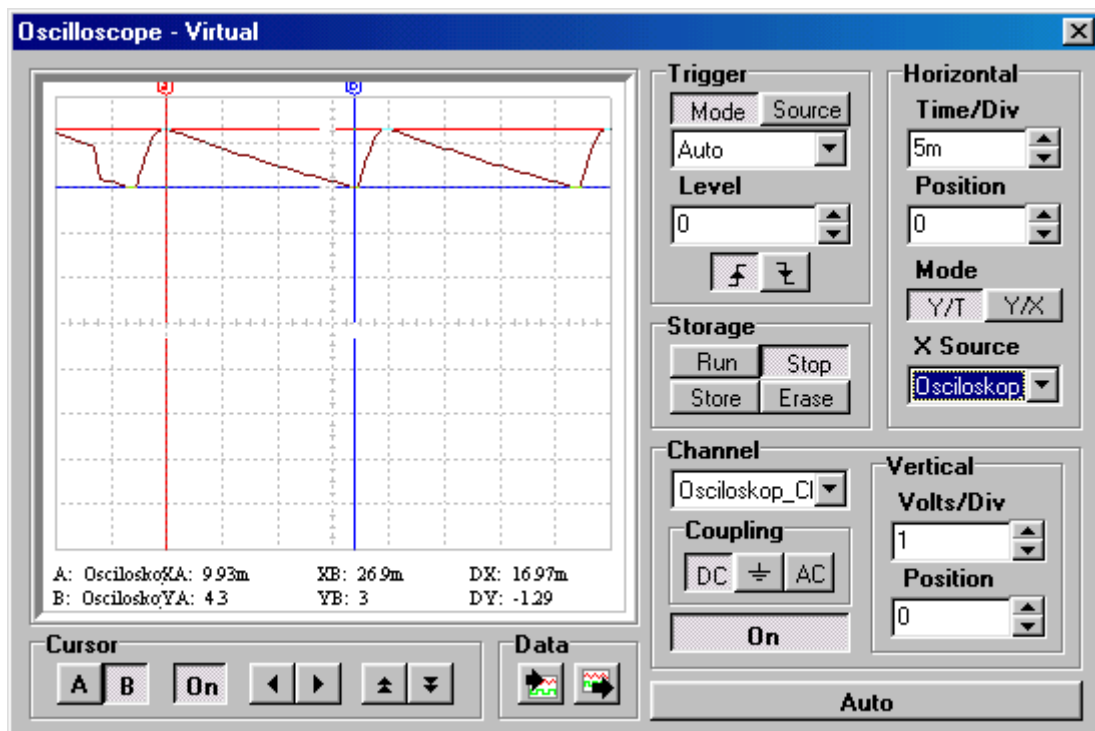
3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

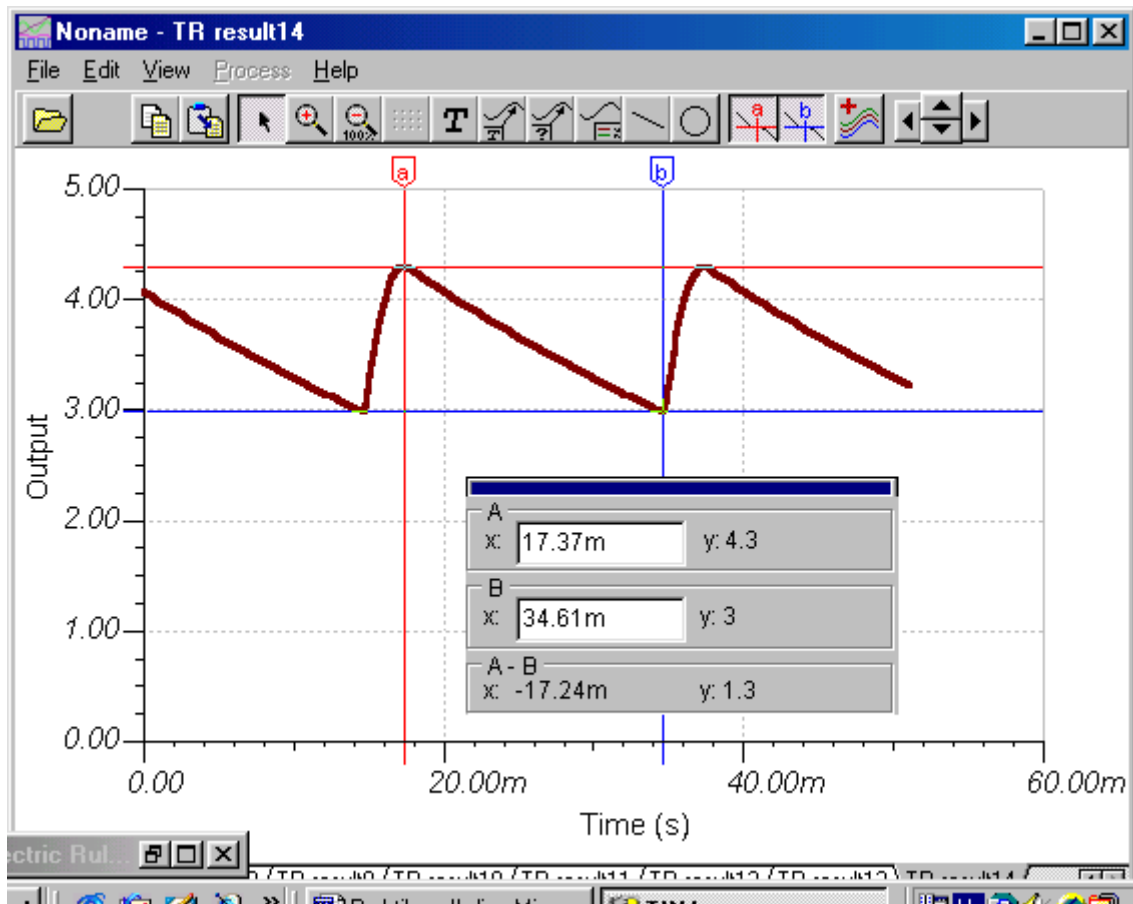
Najjednostavniji poluvalni ispravljač se sastoji od elementa sa ispravljačkim svojstvom-poluprovodnička dioda i mrežnog transformatora. Na izlaz ispravljača spojen je potrošač R. Za vrijeme pozitivne poluperiode, u sekundarnom kolu će teći struja određena naponom sekundara i otporom potrošača. Struja teče jer je dioda direktno polarizovana tj. anoda je na višem potencijalu od katode. Kad nastupi negativna poluperioda tada je dioda nepropusno polarizovana tj. katoda je na višem potencijalu u odnosu na anodu, pa neće teći struja u sekundarnom kolu. Kako dioda provodi samo za vrijeme jedne poluperiode to i ovakav ispravljač nazivamo poluvalni ispravljač. Ovaj ispravljač nemožemo upotrijebiti za napajanje elektronskih uređaja koji zahtijevaju konstantnu vrijednost istosmjernog napona. Da bi poboljšali oblik dobivenog istosmjernog napona, iza diode ubacujemo filtarske elemente, čiji je zadatak da je što moguće više smanje trenutne promjene poluvalno ispravljenog napona.

Najčešće se kao filter koristi elektrolitski kondenzator spojen paralelno sa potrošačem. Za vrijeme pozitivne poluperiode kondenzator C se puni preko diode D, a za vrijeme negativne poluperiode kondenzator se prazni preko otpora R. Kondenzator ne dozvoljava velike varijacije napona na trošilu, na taj način što u sebi akumulira naboj i predaje ga potrošaču za vrijeme dok dioda ne propušta struju. Što je kapacitet kondenzatora veći to je i napon brujanja manji. Napon brujanja se definiše kao razlika između maksimalne i minimalne vrijednosti ispravljenog napona.



Na slici je prikazan dijagram napona na generatoru VG, na potrošaču VM1 i napon na diodi VM2 za vrijeme trajanja jedne pune periode signala. Sa dijagrama vidmo da napon na potrošaču postoji samo za vrijeme pozitivne poluperiode, tj. kad je dioda propusno polarizovana. Vrijednost napona na potrošaču je umanjena u odnosu na napon generatora za pad napona na diodi (0.7V). Za vrijeme negativne poluperiode dioda je inverzno polarizovana (jako veliki otpor diode) pa je napon na potrošaču jednak nuli to jest sav napon izvora je na diodi. Zbog toga moramo voditi računa da maksimalni napon izvora bude manji od maksimalno dozvoljenog inverznog napona diode.





Pomoću osciloskopa snimiti napon na potrošaču R za različite vrijednosti otpora potrošača R i kapaciteta kondenzatora C. Nacrtati dijagrame napona. Zatim za svaku kombinaciju odrediti napon brujanja.

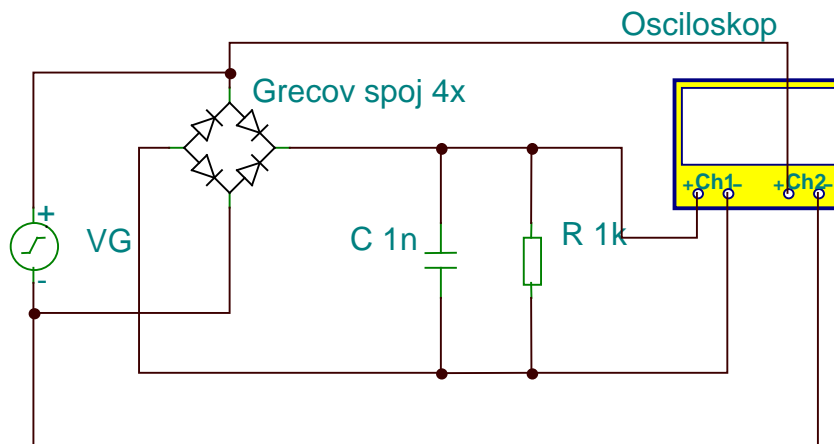
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Redni broj	Napon izvora (V)	Otpornik R (Ω)	Kondenzator C (μF)	Napona brujanja (V)
1	5	1000	1	
2	5	1000	470	
3	5	1000	4700	
4	5	10	470	
5	5	10	4700	

5. Zaključak

PUNOVALNI ISPRAVLJAČ

1. Šema spoja



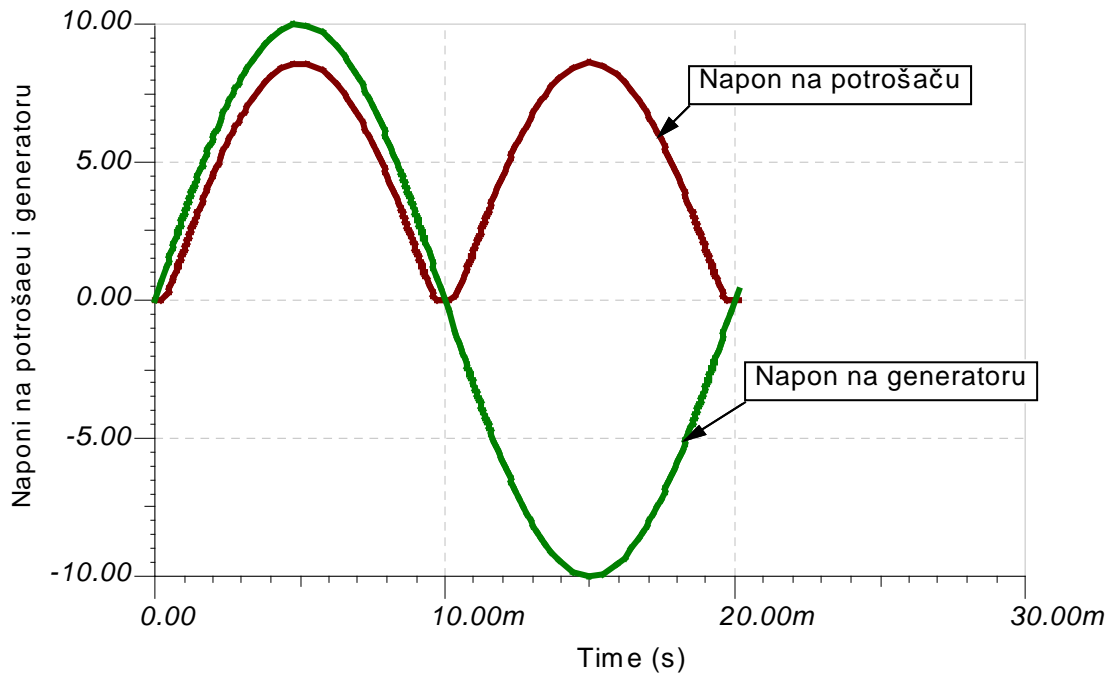
2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- AC izvor naizmjenične struje 6V ili 12V _____
- 4 ispravljačke diode (Grecov spoj) _____
- 3 Elektrolitska kondenzatora _____
- 2 Otpornika _____

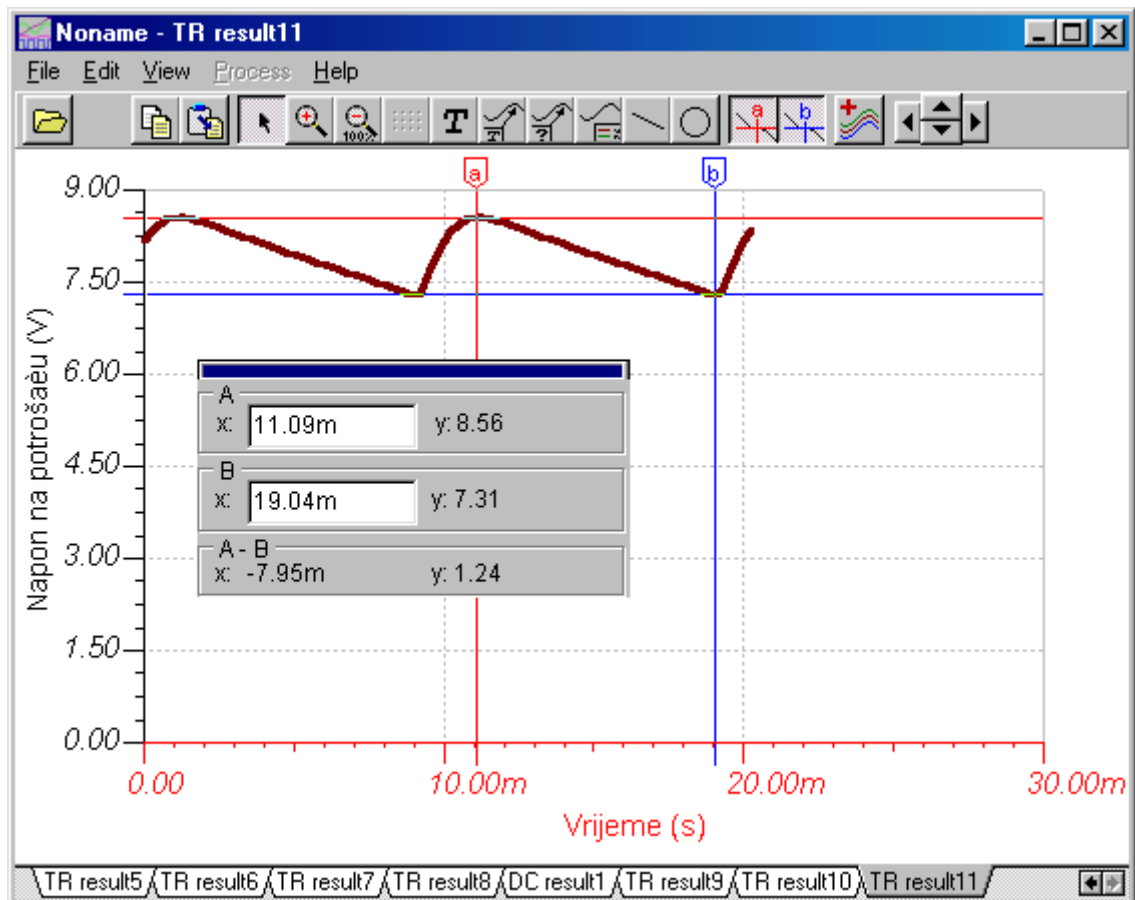
3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Najjednostavniji punovalni ispravljač se sastoji od elementa sa ispravljačkim svojstvom- 4 poluprovodničke diode vezane u Grecovom spoju i mrežnog transformatora. Na izlaz ispravljača spojen je potrošač R. Za vrijeme pozitivne poluperiode vode diode D_1 i D_2 . Kad nastupi negativna poluperioda tada vode diode D_3 i D_4 . Kroz potrošač R teče ispravljena struja za vrijeme obje poluperiode pa se ovaj ispravljač naziva punovalni ispravljač. Ovaj ispravljač možemo upotrijebiti za napajanje elektronskih uređaja koji zahtijevaju konstantnu vrijednost istosmjernog napona. Da bi poboljšali oblik dobivenog istosmjernog napona, iza diode ubacujemo filtarske elemente, čiji je zadatak da je što moguće više smanje trenutne promjene punovalno ispravljenog napona.

Najčešće se kao filtar koristi elektrolitski kondenzator spojen paralelno sa potrošačem. Za vrijeme pozitivne poluperiode kondenzator C se puni preko diode D_1 i D_2 , a za vrijeme negativne poluperiode kondenzator se puni preko dioda D_3 i D_4 . Kondenzator se prazni preko otpora R kad je napon kondenzatora veći od napona u sekundarnom kolu. Kondenzator ne dozvoljava velike varijacije napona na trošilu. Što je kapacitet kondenzatora veći to je i napon brujanja manji. Napon brujanja se definiše kao razlika između maksimalne i minimalne vrijednosti ispravljenog napona.



Na slici je prikazan oblik signala na generatoru (AC izvoru) i napon na potrošaču R. Amplituda ispravljenog napona je manja od amplitude signala AC izvora za pad napona na dvije direktno polarizovane diode ($2 \times 0.7 = 1.4 \text{ V}$).



Na slici je prikazan oblik signala na potrošaču ako se koristi jednostavan VF filter (koji se sastoji od kondenzatora paralelno spojenog sa potrošačem). Sa dijagram uz pomoć odgovarajućeg alata koji program nudi možemo odreti napon brujanja (za ovaj slučaj taj napon iznosi 1.24 V).

Pomoću osciloskopa snimiti napon na potrošaču R za različite vrijednosti otpora potrošača R i kapaciteta kondenzatora C. Nacrtati dijagrame napona.

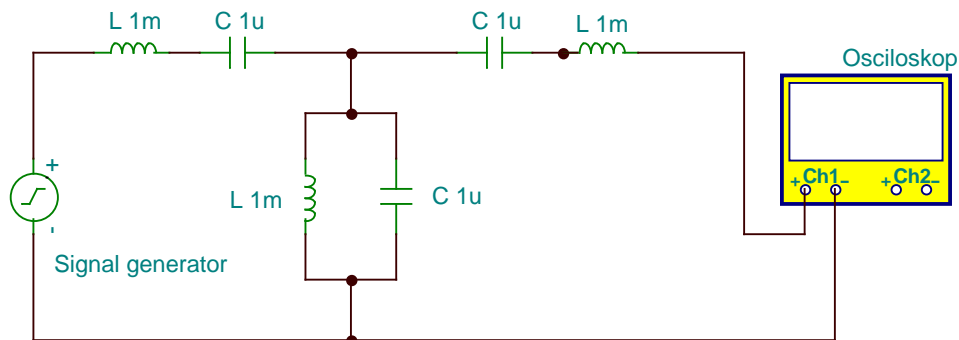
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Redni broj	Napon izvora (V)	Otpornik R (Ω)	Kondenzator C (μF)	Napona brujanja (V)
1	5	1000	1	
2	5	1000	470	
3	5	1000	4700	
4	5	10	470	
5	5	10	4700	

5. Zaključak

FILTRI PROPUSNICI OPSEGA UČESTANOSTI (LC)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Signal generator _____
- 3 kalema _____
- 3 kondenzatora _____
- 1 Osciloskop _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Filtri propusnici opsega učestanosti imaju zadatak da propuštaju samo signale određenog opsega učestanosti, dok signale van tog opsega učestanosti ne treba da propuštaju. Sastoje od rednog i paralelnog oscilatornog kola. U rednu granu filtra se veže redno a u paralelnu granu paralelno oscilatorno kolo. S obzirom da je kod rednog LC oscilatornog kola impedansa jednak nuli pri rezonantnoj frekvenciji, to i signali čija je učestanost bliska rezonantnoj prolaze na izlaz bez slabljenja. Pri niskim učestanostima filter se ponaša kao VF filter, a pri visokim kao NF filter.

Snimiti zavisnost napona na izlazu Filtra propusnika opsega učestanosti u funkciji od frekvencije signala generatora, održavajući amplitudu ulaznog signala konstantnom.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

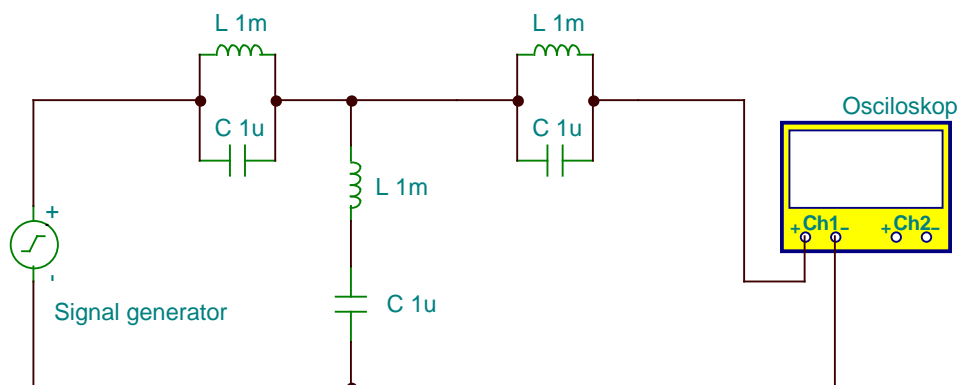
f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

5. Zaključak

FILTRI NEPROPUSNICI OPSEGA UČESTANOSTI (LC)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Signal generator _____
- 3 kalema _____
- 3 kondenzatora _____
- 1 Osciloskop _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Filtri nepropusnici opsega učestanosti imaju zadatak da nepropuštaju samo signale određenog opsega učestanosti, dok signale van tog opsega učestanosti treba da propuštaju. Sastoje od rednog i paralelnog oscilatornog kola. U rednu granu filtra se veže paralelno, a u paralelnu granu redno oscilatorno kolo. S obzirom da je kod paralelnog LC oscilatornog kola impedansa vrlo velika pri rezonantnoj frekvenciji, to i signali čija je učestanost bliska rezonantnoj ne prolaze na izlaz filtra. Pri niskim učestanostima filter se ponaša kao NF filter, a pri visokim kao VF filter.

Snimiti zavisnost napona na izlazu Filtra propusnika opsega učestanosti u funkciji od frekvencije signala generatora, održavajući amplitudu ulaznog signala konstantnom.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

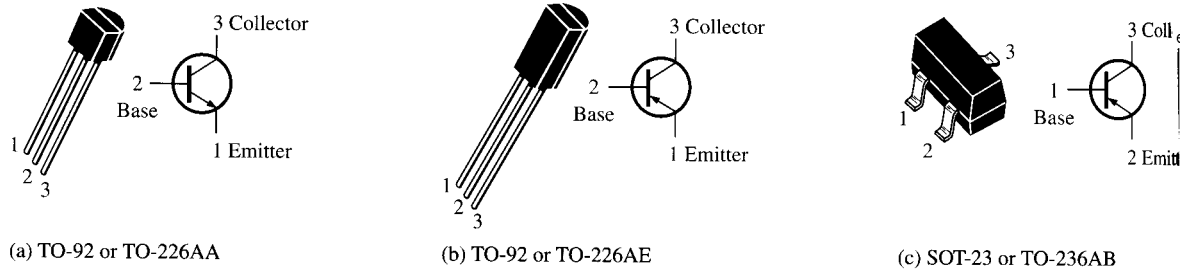
f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

f	(Hz)	1	10	100	1k	10k	100k	1M	10M
U _{iz}	(V)								

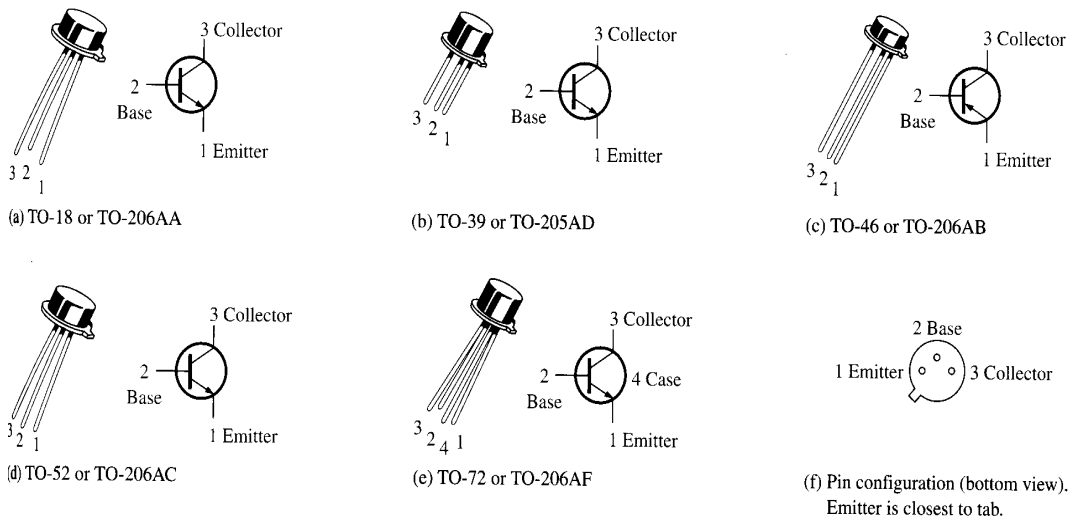
5. Zaključak

TIPOVI TRANZISTORA

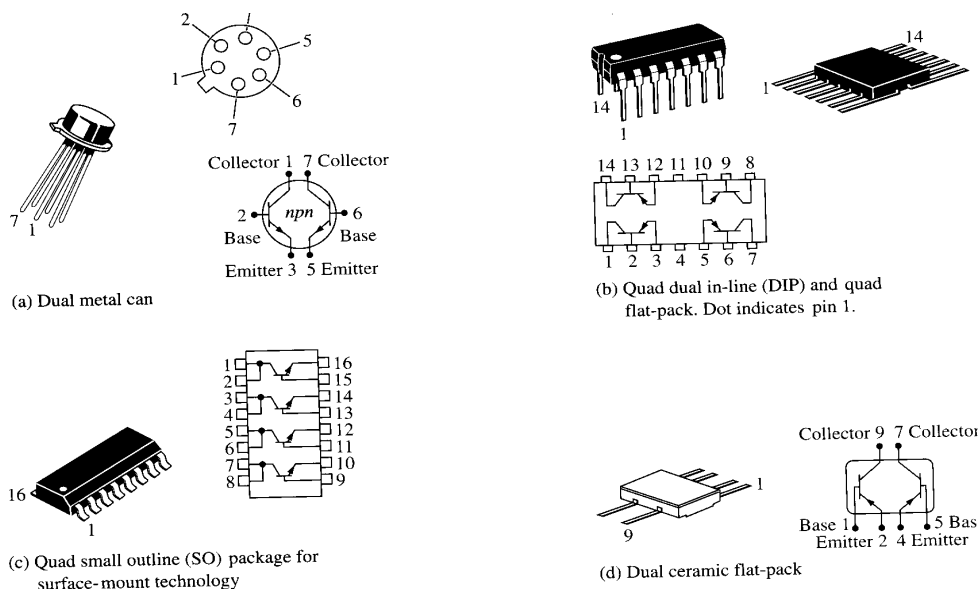
1. Šema spoja

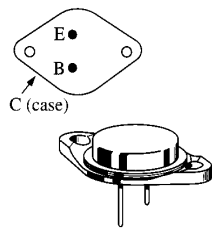


Slika 1.

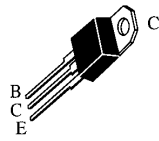


Slika 2.

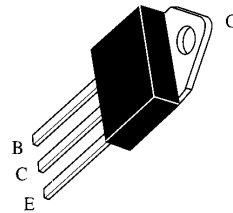




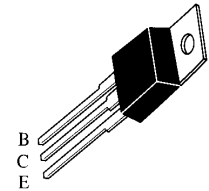
(a) TO-3 or TO-204AE



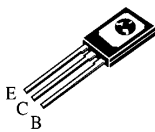
(b) TO-218



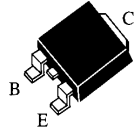
(c) TO-218AC



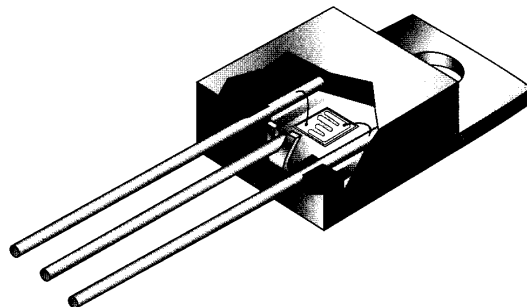
(d) TO-220AB



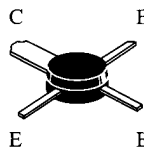
(e) TO-225AA



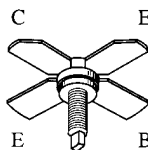
(f) Surface-mount technology



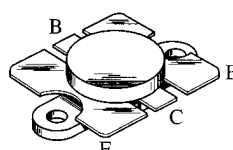
(g) Cutaway view of tiny transistor chip mounted in the encapsulated package



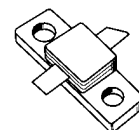
(a)



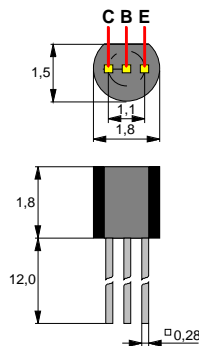
(b)



(c)

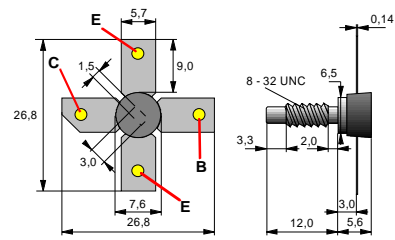


(d)

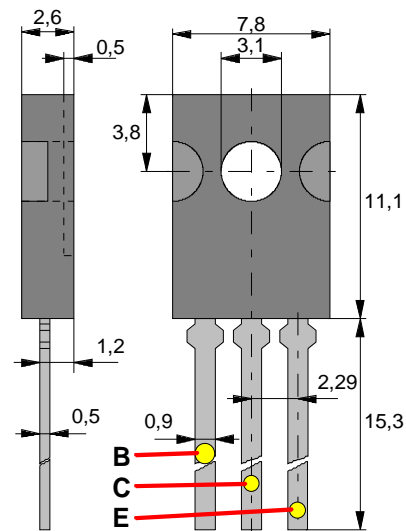
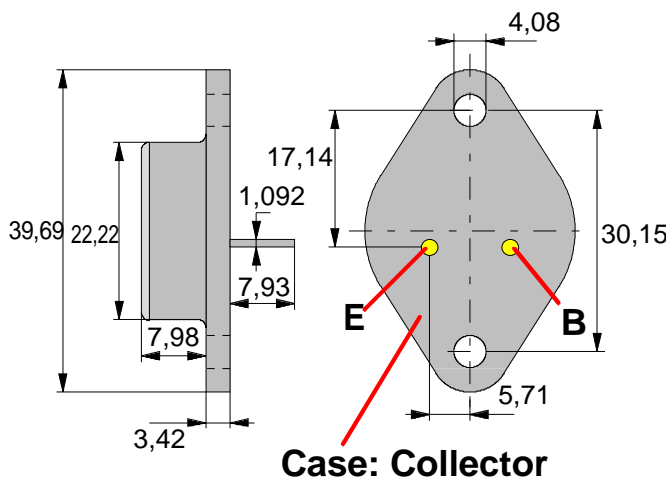


SOT - 42

SOT - 122



TO - 3



Na slici su prikazani primjeri tranzistora pakovani u kućištima TO-3, SOT-42, SOT-122 i SOT-82, gdje su date detaljni podaci o dimenzijama koje su potrebne priilikom izrade štampane ploče i hladnjaka .

2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- set tranzistora _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Proizvodjači klasificiraju svoje bipolarne tranzistore u 3 kategorije prema upotrebi u:

1. Malim signalnim uređajima
2. Uređajima snage
3. RF (radio frekvencije/mikrotalasi)

Mali signalni tranzistori se upotrebljavaju u malim i srednjim pojačivačima snage i prekidačkim krugovima. Kućišta su plastična ili metalna. Neki tipovi kućišta sadrže više tranzistora. Slika 1. prikazuje uobičajena plastična kućišta. Slika 2. prikazuje metalna kućišta, a slika 3. prikazuje kućišta sa više tranzistora. Tipični raspored nožica je prikazan tako da možete prepoznati emiter, bazu i kolektor.

Tranzistori snage se koriste da upravljaju velikim strujama (obično više od 1 A) i /ili velikim naponima. Na primjer izlazni audio stepen u stereo sistemu koristi tranzistorsko pojačanje snage da pokreće zvučnike. Slika 4. pokazuje neka uobičajena kućišta. U najvećem broju primjena metalna podloga ili metalno kućište je zajednička tačka sa kolektorom i on je vezan za hladnjak zbog odvođenja toplote.

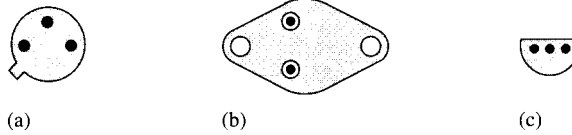
RF tranzistori su dizajnirani za rad na veoma velikim frekvencijama i obično se upotrebljavaju u komunikacijskim sistemima i drugim visoko frekventnim uređajima.

Njihov neobičan oblik i konfiguracija nožica su dizajnirani tako da optimiziraju neke visoko-frekventne parametre. Na slici 5. su prikazani neki primjeri RF tranzistora.

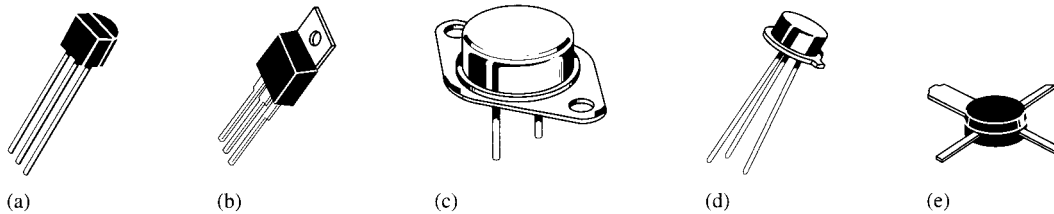
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Na slici su prikazani neki tipovi tranzistora, identifikuj nožice na tim tranzistorima.

FIGURE 4-53



U koju kategoriju (najvjerojatnije) pripadaju tranzistori prikazani na slici?



Za dobiveni set tranzistora odrediti tip kućišta, mjesto upotrebe

Redni broj	Tip kućišta	Mjesto upotrebe
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

5. Zaključak

PROVJERA ISPRAVNOSTI TRANZISTORA

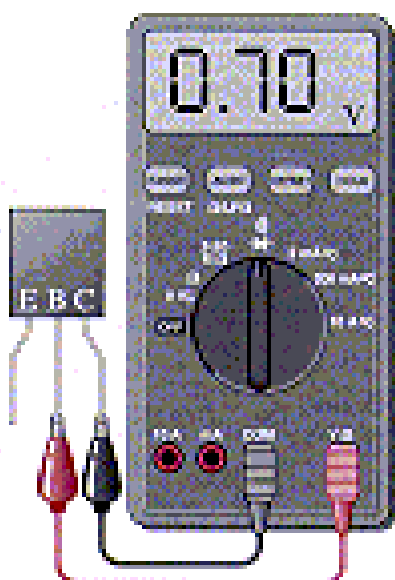
1. Šema spoja



Direktno polarizovan spoj baza-emiter



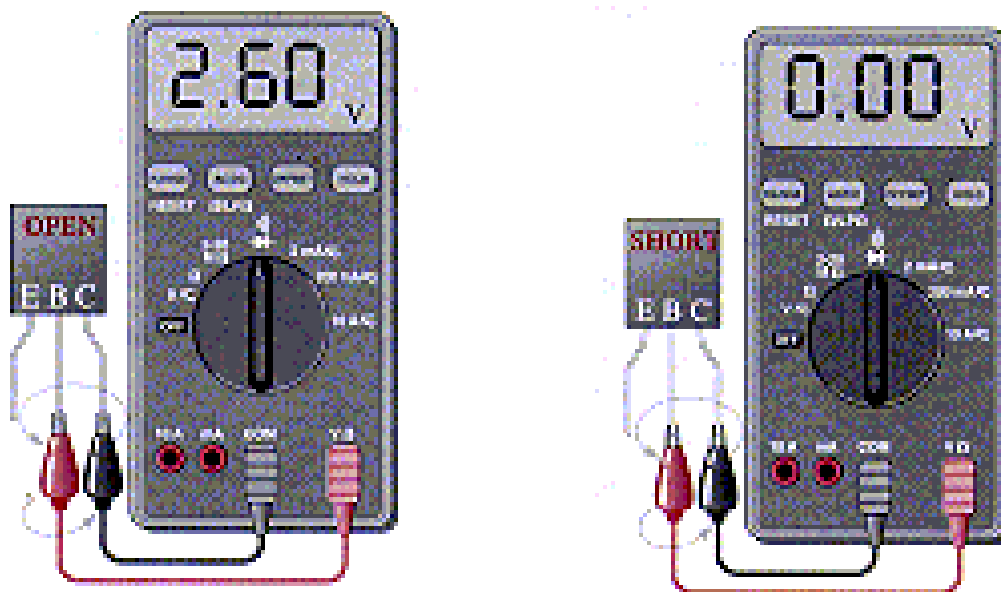
Inverzno polarizovan spoja baza-emiter



Direktno polarizovan spoj baza-kolektor



Inverzno polarizovan spoj baza-kolektor



Neispravan tranzistor prekid B-E ili B-C Neispravan tranzistor kratak spoj B-E ili B-C

2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Digitalni multimer _____
- Set tranzistora _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Digitalni multimeter se može iskoristiti kao da se na brz i jednostavan način provjeri da li je spojevi tranzistora otvoreni ili kratko spojeni. Za ovaj test mi možemo posmatrati tranzistor kao spoj dvije diode kao što je prikazano na slici i za PNP i NPN tranzistore. Spoj baza-kolektor je jedan dioda i spoj baza-emiter je druga dioda.

Ispravna je ona dioda koja će pokazati jako veliki otpor (otvorena dioda) kada je dioda inverzno polarisana i jako mali otpor kada je dioda direktno polarisana. **Neispravna otvorena dioda** će pokazati jako veliki otpor i za direktnu i za inverznu polarizaciju.

Neispravna kratko spojena dioda će pokazati otpor nula ili jako mali otpor za direktnu i inverznu polarizaciju.

Mnogi digitalni multimetri imaju položaj preklopnika za testiranje dioda koji omogućavaju provedbu testa za ispravnost tranzistora. Kada je multimeter postavljen u položaj za testiranje dioda on omogućuje unutrašnji napon koji je dovoljan za inverznu i direktnu polarizaciju tranzistorskih spojeva. Mnogi multimetri imaju različit unutrašnji napon, ali 2,5 V do 3,5V je tipičan opseg vrijednosti napona.

Stanje kada je tranzistor ispravan. Na slici 2a, crvena (pozitivna) buksna instrumenta je spojena na bazu NPN tranzistora, a crna (negativna) buksna je spojena na emiter tako da je spoj baza – emiter direktno polarisan. Ako je spoj dobar

na multimetru ćete očitati napon između 0,5 V i 0,9 V , dok je napon od 0,7 V tipičan napon za direktnu polarizaciju.

Na slici 2b buksne su zamjenile mjesta tako da je spoj baza-emiter inverzno polarisan. Ako tranzistor radi ispravno , na multimetru ćemo dobiti očitavanje napona koga stvara unutrašnji izvor napona. Napon od 2,6 V predstavlja tipičnu vrijednost koja predstavlja da spoj ima jako veliki otpor.

Postupak za provjeru spoja baza- kolektor se ponavlja kao što je prikazano na slici 2c i 2d.

Za PNP tranzistor polaritet buksni je inverzan za svaki test.

Stanje kada je tranzistor neispravan. Kada tranzistor ima grešku da je spoj otvoren, tada ćete dobiti napon otvorenog kruga (2,6 V je tipični napon za mnoge multimetre) i za direktnu i inverznu polarizaciju tog spoja kao što je prikazano na slici 3a. Ako je spoj kratko spojen multimetar će pokazati 0V za direktnu i inverznu polarizaciju tog spoja, kao što je prikazano na slici 3b. Ponekad oštećeni spoj može imati mali otpor za obje polarizacije spoja umjesto čiste nule. U tom slučaju, multimetar će pokazati mali napon koji je manji od napona za otvoren krug. Na primjer, takav spoj tranzistora će dati očitavanje na instrumentu od 1,1 V za obje polarizacije umjesto 0,7 V za direktnu polarizaciju i 2,6 V za inverznu polarizaciju.

Za PNP tranzistor polaritet buksni je inverzan za svaki test.

Provjera ispravnosti tranzistora sa Ommetrom. Digitalni multimetri koji nemaju mogućnost provjere tranzistora sa testom za diode mogu se upotrijebiti za testiranje da li su spojevi tranzistora otvoreni ili kratko spojeni, postavljanjem multimetra u funkciju za mjerenje otpora. Za direktno polarisani PN spoj kod dobrog tranzistora dobićete otpor koji se kreće od nekoliko stotina oma do nekoliko hiljada oma (ovaj otpor će zavisiti od baterije koja se nalazi u instrumentu). Za inverzno polarisan PN spoj kod ispravnog tranzistora dobićete otpor koji je izvan opsega (beskonačan otpor).

Ako je otpor izvan opsega to znači da je inverzni otpor veoma veliki., kao što i očekujemo.

Ako je otpor nekoliko stotina ili nekoliko hiljada oma za direktnu polarizaciju spoja to znači da je otpor mali u poređenju sa otporom inverzno polarisanog spoja

Ispitati ispravnost datih tranzistora digitalnim multimerom za provjeru dioda.

Ispitati ispravnost datih tranzistora mjerenjem otpora ommetrom.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

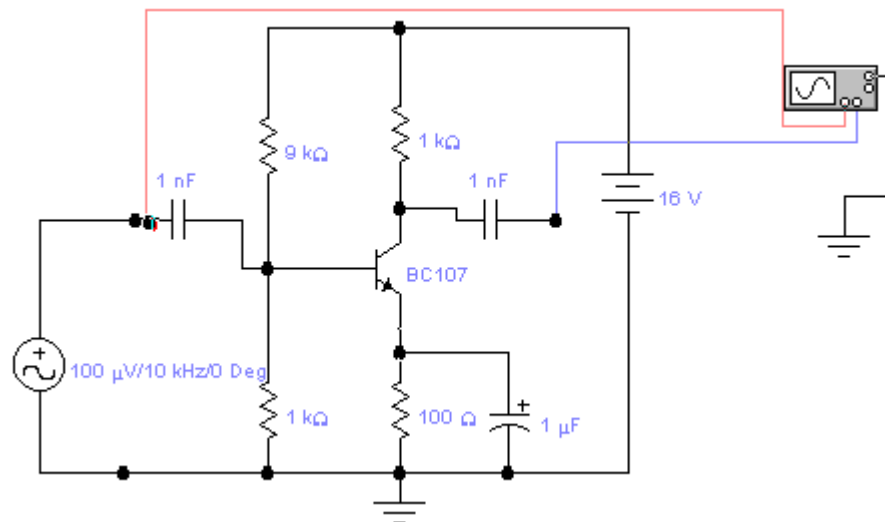
Redni broj	Tip tranzistora	Napon U_{BE}		Napon U_{BC}		Ispravnost	Napomena
		direktno	inverzno	direktno	inverzno	Da/Ne	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Redni broj	Tip tranzistora	Otpor R_{BE}		Otpor R_{BC}		Ispravnost	Napomena
		direktno	inverzno	direktno	inverzno	Da/Ne	
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

5. Zaključak

POJAČAVAČ U SPOJU SA ZAJEDNIČKIM EMITEROM

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Dvokanalni osciloskop _____
- Signal generator _____
- DC izvor istosmjerne struje _____
- Tranzistor _____
- 4 otpornika _____
- 2 blok kondenzatora _____
- 1 elektrolitski kondenzator _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Najčešća izvedba pojačavačkog kola sa tranzistorom je u spoju sa zajedničkim emiterom. Polarizacija je ostvarena preko jednog izvora napona U_{CC} . Vezni kondenzatori C_V sprečavaju protok istosmjerne struje kroz izvor signala, odnosno na izlaz pojačavača (npr. zvučnik). Za izmjeničnu komponentu oni predstavljaju vrlo malu impedansu (praktično kratak spoj). Vrijednost mu se određuje prema frekvenciji signala, tako da je kapacitivni otpor $X_C = \frac{1}{2\pi f C_V}$ što manji. Prvo se prema

potrebama uslova rada odabere radna tačka i radna prava pojačavača. Time su poznate veličine I_C , I_E , U_{CE} , I_B , i U_{BE} , kao i napon napajanja U_{CC} . Vrijednost otpornika R_E se određuje tako da na njemu bude pad napona između 0,5 i 1V. Što je napon veći temperaturna stabilizacija je bolja. Vrijednost otpornika R_E se računa prema obrascu: $R_E = \frac{U_E}{I_E} = \frac{1V}{I_E}$. Otpornici R_{B1} i R_{B2} se odaberu tako da se iz

datog izvora U_{CC} dobije potreban istosmjerni napon baze. Pred toga, treba da se postigne željena temperaturna stabilizacija. Uz ta dva zahtjeva, vrijednosti R_{B1} i R_{B2} dobiju se iz jednačina: $R_B = 10R_E$, gdje je $R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}}$ i $\frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{U_{BE} + U_E}{U_{CC}}$.

Otpornost R_C se računa prema obrascu: $R_C = \frac{U_{CC} - U_{CE} - I_E R_E}{I_C}$

Kapacitet kondenzatora C_E treba da je toliki da predstavlja što manji otpor promjenljivoj komponenti struje emitera. Dovoljno je uzeti da je kapacitivni otpor X_C 10 do 30 puta manji od otpora R_E za izmjeničnu komponentu struje emitera. Prema tome vrijednost C_E se izračuna prema obrascu: $C_E = \frac{10 \text{ do } 30}{2\pi f_d R_E}$, gdje je f_d najniža frekvencija signala.

Izmjeriti naponsko pojačanje pojačavača sa zajedničkim emiterom i nacrtati dijagram ulaznog i izlaznog napona.

Snimiti zavisnost naponskog pojačanja u zavisnosti od kolektorskog otpornika R_C .

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

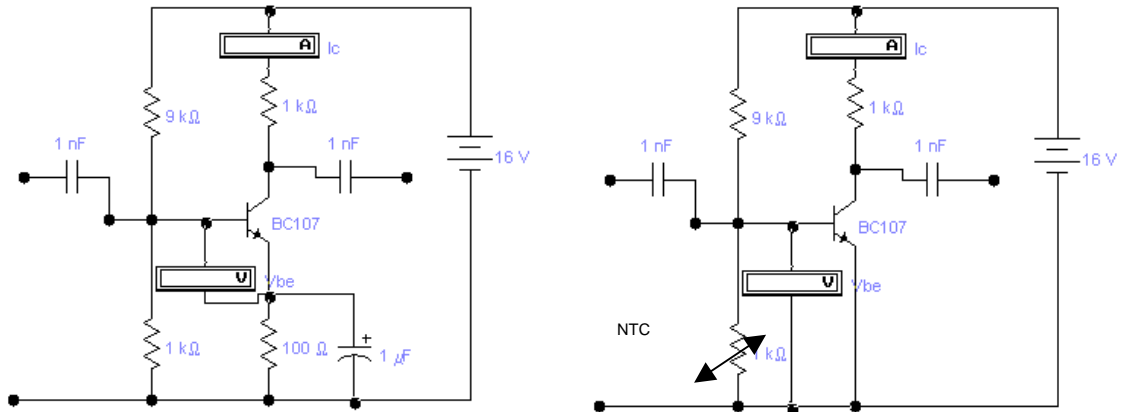
R_C				
A_u				

5. Zaključak

STABILIZACIJA RADNE TAČKE

(pomoću NTC otpornika i emitterskog otpornika)

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Tranzistor _____
- 3 otpornika _____
- 1 NTC otpornik _____
- 3 kondenzatora _____
- DC izvor istosmjerne struje _____
- Generator signala _____
- Osciloskop _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Glavni nedostatak tranzistora je taj što mijenja svoje karakteristike pri promjeni temperature. Zbog toga se uvijek daje temperaturno radno područje tranzistora. Porastom temperature povećava se provodnost poluprovodnika. Time dolazi do povećanja struje kolektora, pomjeranja radne tačke, promjene parametara, tako da pojačavač može da izgubi prvobitna svojstva. Zbog toga se pri konstruisanju kola sa tranzistorima o ovom problemu vodi računa ugrađivanjem elemenata za temperaturnu stabilizaciju radne tačke. Temperaturna stabilizacija radne tačke se može izvesti sa otpornikom u kolu emitera ili sa NTC otpornikom u kolu baze.

Na slici 1. Temperaturna stabilizacija je izvedena sa NTC otpornikom u kolu baze. Polarizacija baze je izvedena djeliteljem napona R_{B1} - R_{B2} , tako da je istosmjerni napon baze određen relacijom:

$$U_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot U_{CC}$$

Napon između baze i emitera, uzimajući da je $I_E \approx I_C$, iznosi:

$$U_{BE} = U_{BB} - I_C \cdot R_E$$

Porastom temperature raste i struja kolektora I_C . Time se povećava i pad napona $U_E = I_C \cdot R_E$ usljed čega se smanjuje napon između baze i emitera U_{BE} . Smanjivanjem napona U_{BE} smanjuje se struja baze, a time i struja kolektora. Na taj način ostvarena je temperaturna stabilizacija. Element za stabilizaciju je otpornik R_E u sadejstvu sa R_{B1} i R_{B2} . Pad napona na njemu treba da ostvaruje samo istosmjerna komponenta struje. Kako struja emitera ima i izmjeničnu komponentu struje, otpornik R_E je premošten kondenzatorom C_E , koji izmjeničnu komponentu struje emitera odvodi na masu.

Temperaturna stabilizacija se može ostvariti i pomoću nelineranih otpornika. Na slici u kolu baze upotrijebljen je termistor (NTC). Porastom temperature raste struja kolektora, ali i opada otpor termistora. Kako je napon između baze i emitera jednak padu napona termistoru R_{B2} , proizilazi da se napon U_{BE} porastom temperature smanjuje. Time se smanjuje i struja kolektora, a to znači da je ostvarena temperaturna stabilizacija radne tačke.

Zadatak vježbe je da se mijenja temperatura tranzistora, da mjerimo struju kolektora i napon baza-emiter.

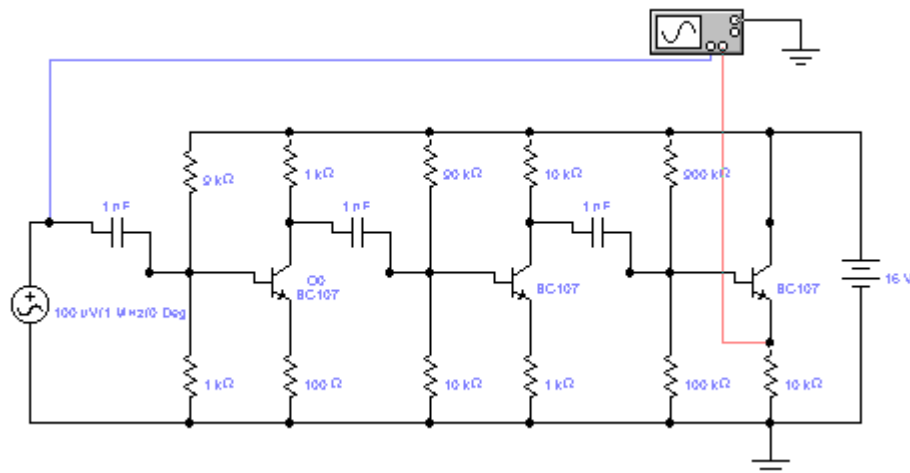
4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

Redni broj	Temperatura	Napon U_{BE}	Struja I_C
	°C	mV	mA
1.			
2.			
3.			

5. Zaključak

VIŠESTEPENI POJAČAVAČI

1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- Dvokanalni osciloskop _____
- Signal generator _____
- DC izvor istosmjernje struje _____
- set otpornika _____
- set tranzistora _____
- set blok kondenzatora _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene

Da bi se ostvarilo dovoljno pojačanje napona ili snage, pojačavači se izvode kao višestepeni. Prema načinu međusobnog povezivanja pojedinih stepeni, razlikuju se NF pojačavači sa RC vezom, sa transformatorskom vezom i sa direktnom vezom.

Ukupno naponsko pojačanje cijelog pojačavača se računa kao:

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3} = \frac{u_{iz1}}{u_{ul1}} \cdot \frac{u_{iz2}}{u_{ul2}} \cdot \frac{u_{iz3}}{u_{ul3}} = \frac{u_{iz3}}{u_{ul1}}$$

Osnovi problem kod projektovanja višestepenih pojačavača je prilagođavanje izlazne imedanse prethodnog i ulazne imepdanse narednog stepena. Kad su ove dvije impedanse jednake, prenos signala sa jednog na drugi stepen je najveći.

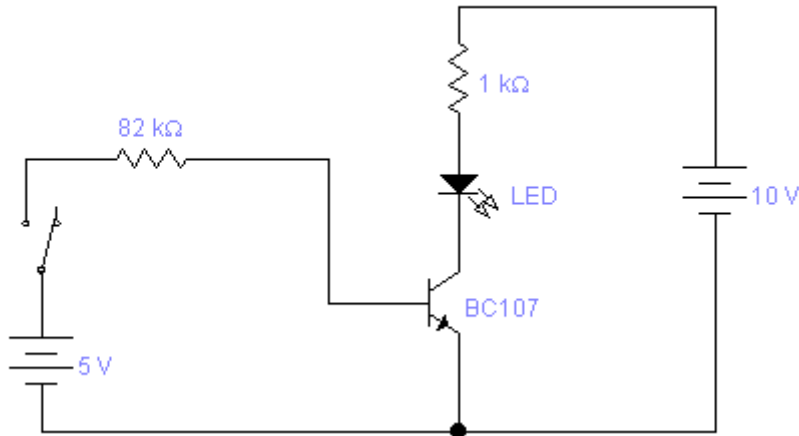
Izmjeriti naponsko pojačanje svakog od tri stepena pojedinačno i ukupno. Nacrtati dijagrame napona na ulazima i izlazima pojedinih stepeni pojačavača.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

5. Zaključak

TRANZISTOR KAO PREKIDAČ

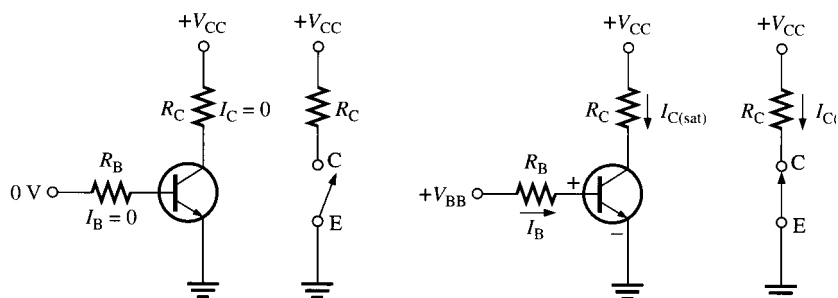
1. Šema spoja



2. Potrebni materijal i mjerni instrumenti

- tranzistor _____
- LED dioda _____
- 2 otpornika _____
- 2 DC izvora _____
- prekidač _____

3. Postupak izvođenja vježbe i teoretske napomene



Slika prikazuje osnovni rad tranzistora kao prekidačkog uređaja. U prvom dijelu (a) prikazan je tranzistor u stanju ne vođenja zato što je spoj baza-emiter nije direktno polarisan. U tom slučaju, gledajući idealno, nema spoja između kolektora i emitera, što je ekvivalentno otvorenom prekidaču. U dijelu (b) tranzistor je u vodljivom stanju zato što su spojevi baza-emiter i baza-kolektor direktno polarisani i struja baze je dovoljno velika da izazove da struju kolektora dostigne svoju vrijednost vođenja. U ovom slučaju je, idealno kratka veza između kolektora i emitera, što je ekvivalentno zatvorenom prekidaču. U stvari pad napona je nekoliko desetih volta koji je predstavljen naponom vođenja V_{CE} .

Stanje zakočenosti tranzistora. Kao što je pomenuto ranije, tranzistor je u stanju zakočenosti kada spoj baza-emiter ne propusno polariziran. Sve struje su jednake nuli, a napon V_{CE} je jednak naponu V_{CC} .

$$V_{CE}=V_{CC}$$

Stanje vođenja tranzistora. Kao što smo već naučili, kada je spoj baza-emiter direktno polarisan i kada postoji dovoljno velika stuja baze da proizvede maksimalnu stuju kolektora, tranzistor je u stanju zasićenja.

Pošto je V_{CE} veoma mali u odnosu na V_{CC} može se zanemariti

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

Minimalna struja baze koja je potrebna da tranzistor dođe u stanje zasićenja je:

$$I_{B(\min)} = \frac{I_C}{\beta_{DC}}$$

I_B mora imati značajno veću vrijednost od $I_{B(\min)}$ da bi tranzistor ostao u stanju zasićenja.

Za tranzistorski krug na slici odrediti:

- Koliko je V_{CE} ako je $V_{IN}=0$ V
- Kolika je minimalna vrijednost struje I_B da bi tranzistor proveo ako je $\beta=200$? Zanemarujući V_{CE} .
- izračunati maksimalnu vrijednost otpora R_B ako je $V_{IN}= 5$ V.

Tranzistor na slici na našoj šemi se koristi za uključenje i isključenje LED. Kada je ulazni napon jednak 0 V tranzistor je u stanju nevođenja, dakle nema kolektorske struje, i LED ne emituje svjetlost. Kada je ulazni napon na gornjem nivou tada je tranzistor u stanju vođenja. Ovo direktno polarizuje LED, a kolektorska struja kroz LED uzrokuje emitovanje svjetlosti. LED dioda svijetli.

4. Tabelarni i grafički prikaz rezultata vježbe

5. Zaključak
