



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko
Koroška cesta 46
2000 Maribor, Slovenija



Vaje z digitalnim osciloskopom 1

Matej Tovornik

Maribor, julij 2021

Naslov: Vaje z digitalnim osciloskopom 1

Avtor: Matej Tovornik, mag. inž. el. (UM FERl)
<mailto:matej.tovornik1@um.si>

Strokovna recenzija: izr. prof. dr. Vojko Matko, univ. dipl. inž. el.

Izdajateljica: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (UM FERl)
Koroška cesta 46, 2000 Maribor, Slovenija
<https://feri.um.si>
<mailto://feri@um.si>

Grafične priloge in oblikovanje: Matej Tovornik, mag. inž. el. (UM FERl)

Lektor: Janja Kitak, prof.

Izdaja: Prva izdaja

Vrsta publikacije: gradivo za vaje
e-publikacija

Različica: R1.0

Dostopno na: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=79499&lang=slv>

Izid: Maribor, julij 2021

Licenca: CC BY-NC-ND 4.0 

Predgovor:

Elektrotehnike si brez pojma vseživljenjsko učenje ne znamo predstavljati. V zadnjem stoletju se elektrotehnika brezmejno širi in posega v vsa življenjska področja. Dober elektrotehnik mora svoje znanje posodabljati, saj v nasprotnem primeru obstane v določenem obdobju. Znanje elektrotehnike je potrebno začeti pridobivati že v zgodnjih letih. Pridobiti moramo trdne osnove, kar pa je težko, saj imamo v dijaških letih premalo stika z realnim okoljem in reševanjem problematike, pojavljajo pa se še drugi motilni faktorji. Študentje imajo ob prihodu na fakulteto različno predznanje elektrotehnike in različna znanja uporabe merilne opreme. Nekateri študentje se v srednjih šolah še niso srečali z uporabo digitalnega osciloskopa, ampak zgolj analognega. Glede na zahtevnejšo uporabo analognega osciloskopa nekateri uporabniki pridobijo odpor in zadržke pri uporabi le-tega. Publikacijo sem napisal z namenom suverenega pristopa študentov k merjenju z osciloskopom in kritične ocene pridobljenih rezultatov s preverjanjem le-teh. Z namenom poglobitve znanja je opisano tudi osnovno delovanje elementov in vezij, saj je merjenje brez poznavanja merjencev in pričakovanih rezultatov nesmiselno. Predstaviti želim različne načine uporabe digitalnega osciloskopa v praksi.

V življenju so veščine, ki se jih ne moremo priučiti v kratkem času z branjem navodil za uporabo ali ogledom video posnetka na internetu. Osciloskop se priučimo uporabljati zgolj z njegovo uporabo, ne pa z opazovanjem, kako se nastavlja.

Za pomoč pri nastajanju zbirke vaj se zahvaljujem sodelavcem inštituta za avtomatiko UM FERi, ki so pripomogli s svojimi nasveti in večletnimi izkušnjami z merjenji v praksi.

Avtor

Vsebina

UVOD	1
VARNOST PRI DELU	1
OPIS STRUKTURE VAJ	1
DIGITALNI OSCILOSKOP	3
VISOKO OHMSKI IN NIZKO OHMSKI VHODI	5
ODČITAVANJE NAPETOSTI IN ČASA IZ OSCIOGRAMA.....	5
MERILNA SONDA	7
FREKVENČNA KOMPENZACIJA SONDE:	8
1 VAJA: Meritev napetosti galvanskega člena.....	9
1.1 Besedilo vaje.....	9
1.2 Shema.....	9
1.3 Popis merilne opreme in merjencev	9
1.4 Izračun in priprava.....	9
1.5 Rezultati meritev	10
1.6 Komentar	10
2 VAJA: Opazovanje oblike napetosti na funkcijskem generatorju.....	11
2.1 Besedilo vaje.....	11
2.2 Shema.....	11
2.3 Popis merilne opreme in merjencev	11
2.4 Izračun in priprava.....	11
2.5 Rezultati meritev	12
2.6 Komentar	15
3 VAJA: Opazovanje oblike napetosti pri različnih usmernikih	16
3.1 Besedilo vaje.....	16
3.2 Shema.....	16
3.3 Popis merilne opreme in merjencev	17
3.4 Izračun in priprava.....	17
3.5 Rezultati meritev	19
3.6 Komentar	22
4 VAJA: Opazovanje karakteristike diode.....	23
4.1 Besedilo vaje.....	23
4.2 Shema.....	23
4.3 Popis merilne opreme in merjencev	25
4.4 Izračun in priprava.....	25
4.5 Rezultati meritev	26
4.6 Komentar	28

5	VAJA: Določanje kapacitivnosti kondenzatorja	29
5.1	Besedilo vaje.....	29
5.2	Shema.....	29
5.3	Popis merilne opreme in merjencev	29
5.4	Izračun in priprava.....	30
5.5	Rezultati meritev	31
5.6	Komentar.....	31
6	VAJA: Določanje induktivnosti tuljave.....	32
6.1	Besedilo vaje.....	32
6.2	Shema.....	32
6.3	Popis merilne opreme in merjencev	32
6.4	Izračun in priprava.....	33
6.5	Rezultati meritev	33
6.6	Komentar.....	33
7	VAJA: Nizko prepustni in visoko prepustni filter	34
7.1	Besedilo vaje.....	34
7.2	Shema.....	34
7.3	Popis merilne opreme in merjencev	35
7.4	Izračun in priprava.....	35
7.5	Rezultati meritev	36
7.6	Komentar.....	37
8	VAJA: Pasovno prepustni in pasovno zaporni filter.....	38
8.1	Besedilo vaje.....	38
8.2	Shema.....	38
8.3	Popis merilne opreme in merjencev	39
8.4	Izračun in priprava.....	39
8.5	Rezultati meritev	41
8.6	Komentar.....	42
9	VAJA: Zajemanje prehodnega pojava s pomočjo LM35 in NTK upora	43
9.1	Besedilo vaje.....	43
9.2	Shema.....	43
9.3	Popis merilne opreme in merjencev	44
9.4	Izračun in priprava.....	44
9.5	Rezultati meritev	44
9.6	Komentar.....	45
10	VAJA: Merjenje toka s souporom	46
10.1	Besedilo vaje.....	46
10.2	Shema.....	46

10.3	Popis merilne opreme in merjencev	47
10.4	Izračun in priprava	47
10.5	Rezultati meritev	48
10.6	Komentar	49

Slike

Slika 1: Osciloskop [5].	3
Slika 2: Nevarnosti pri nepravilni priključitvi osciloskopa [6].	4
Slika 3: Odčitavanje napetosti z osciloskopa.	5
Slika 4: Odčitavanje časa z osciloskopa.	6
Slika 5: Sonda z merilnim priborom [7].	7
Slika 6: Skaliranje sonde [5].	8
Slika 7: Konpenzacija sonde [5].	8
Slika 8: Shema priključitve 1,5 V in 9 V galvanskega člena na osciloskop.	9
Slika 9: Oscilogram napetosti na 9 V galvanskem členu.	10
Slika 10: Shema priključitve funkcijskega generatorja in osciloskopa za vse merilne točke.	11
Slika 11: Sinusna oblika signala.	12
Slika 12: Sinusna oblika signala z odmikom.	14
Slika 13: Shema diodnega usmerniškega vezja brez stabilizatorja napetosti.	16
Slika 14: Shema stabiliziranega usmerniškega vezja.	16
Slika 15: Shema nizko šumnega usmerniškega vezja.	17
Slika 16: Shema priključitve laboratorijskega usmernika na breme.	17
Slika 17: Napetost na upor pri obremenitvi s 500 mA.	20
Slika 18: Napetost na upor pri obremenitvi s 100 mA.	21
Slika 19: Napetost na upor pri polni obremenitvi.	22
Slika 20: Shema priključitve usmerniške diode.	23
Slika 21: Shema priključitve Schottky diode.	24
Slika 22: Shema priključitve Zener diode.	24
Slika 23: Shema priključitve LED diode.	24
Slika 24: Shema priključitve laserske diode.	24
Slika 25: Pričakovana karakteristika usmerniške (levo) in Schottky diode (desno).	25
Slika 26: Pričakovana karakteristika Zener diode (levo) in več LED diod različnih barv (desno).	25
Slika 27: Oscilogram usmerniške diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).	26
Slika 28: Oscilogram Schottky diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).	26
Slika 29: Oscilogram Zener diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).	27
Slika 30: Oscilogram zelene LED diode pri 250 Hz (levo Y-T prikaz, desno X-Y).	27
Slika 31: Oscilogram IR (levo) in modre LED diode (desno) pri 250 Hz (prikaz X-Y).	28
Slika 32: Oscilogram laserske diode pri 250 Hz (prikaz X-Y).	28
Slika 33: Shema priključitve vezja za določanje kapacitivnosti kondenzatorja.	29
Slika 34: Polnjenje kondenzatorja z označeno časovno konstanto τ .	30
Slika 35: Vzponski čas pri polnjenju kondenzatorja.	30
Slika 36: Shema priključitve vezja za določanje induktivnosti tuljave.	32
Slika 37: Odziv resonančnega LC kroga.	33
Slika 38: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike nizko prepustnega filtra.	34
Slika 39: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike visoko prepustnega filtra.	35
Slika 40: Frekvenčna karakteristika nizko (levo) in visoko prepustnega filtra (desno).	35
Slika 41: Frekvenčna karakteristika nizko prepustnega filtra.	36
Slika 42: Frekvenčna karakteristika visoko prepustnega filtra.	37
Slika 43: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike pasovno prepustnega filtra.	38
Slika 44: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike pasovno zapornega filtra.	39
Slika 45: Predvidena frekvenčna karakteristika pasovno prepustnega (levo) in pasovno zapornega filtra (desno).	40
Slika 46: Frekvenčna karakteristika pasovno prepustnega filtra.	41
Slika 47: Frekvenčna karakteristika visoko prepustnega filtra.	42
Slika 48: Shema priključitve temperaturnega senzorja LM35.	43

Slika 49: Shema priključitve NTK upora.....	43
Slika 50: Oscilogram prehodnega pojava temperaturnega senzorja LM35.	44
Slika 51: Prehodni pojav pri merenju z NTK uporom.	45
Slika 52: Merjenje toka s souporom na enosmernem viru napajanja.....	46
Slika 53: Merjenje toka s souporom na izmeničnem viru napajanja.	47
Slika 54: Karakteristika soupora pri enosmernem toku.	48
Slika 55: Karakteristika soupora pri izmeničnem toku.	49
Slika 56: Pomen oznak (števil) na kondenzatorjih [8].	51
Slika 57: Pomen barvnih oznak na tuljavah [9].	51
Slika 58: Aplikacija Resistance Calculator [10].	52

UVOD

Vaje so namenjene udeležencem, ki bi se radi naučili pravilne uporabe digitalnega osciloskopa. Zasnovane so na način, da z električnimi vezji pridobimo različne odzive, ki jih nato zajamemo in jih prikažemo na digitalnem prikazovalniku. V začetku spoznamo osciloskop in funkcijski generator, nato pa izvedemo meritve na vezjih. Spoznali bomo merjenje signalov v vezjih, ki vsebujejo diode, filtre, kondenzatorje in tuljave.

Cilj vaj je, da udeleženci usvojijo znanje in praktično rokovanje za nadaljnje samostojno delo z digitalnim osciloskopom.

Kot avtor zbirke vaj ne prevzemam nobene odgovornosti za kakršnokoli neposredno ali posredno izgubo oziroma škodo, materialno in nematerialno, ki bi nastala pri izvedbi vaj.

VARNOST PRI DELU

Varnost pri delu je dejavnik, ki ga ne smemo zaobiti. V praksi se najpogosteje pogovarjamo o njej, kadar uničimo vezje, merilni instrument ali pa nas v najhujšem primeru poškoduje električna energija.

Bolje je, da se v praksi učimo iz napak drugih kot pa iz lastnih. Je pa res, da moramo za pridobitev znanja sami izvajati poizkuse in ne moremo vedno ubrati bližnjic.

Opozorila:

- Vsi tokokrogi, katerih napetost je višja od 50 V, so nevarni.
- Ne dotikajte se neizoliranih prevodnih delov, kot so žice, puše, merilni instrumenti, merjenec.
- Poškodbe merilne opreme, vezij in žic javite vodji vaj.
- Nikoli ne uporabljajte poškodovanih merilnih veznih žic in kablov.
- V laboratorij ne prinašamo hrane in pijače.
- Upoštevajte navodila vodje laboratorija za varno in pravilno izvedbo meritve.
- Posebno previdni morate biti pri virih, ki niso galvansko ločeni od omrežja.

Vaje izvajajte sproščeno, natančno in pazljivo. Čas naj ne bo ovira. Glavni namen je pridobiti novo znanje.

OPIS STRUKTURE VAJ

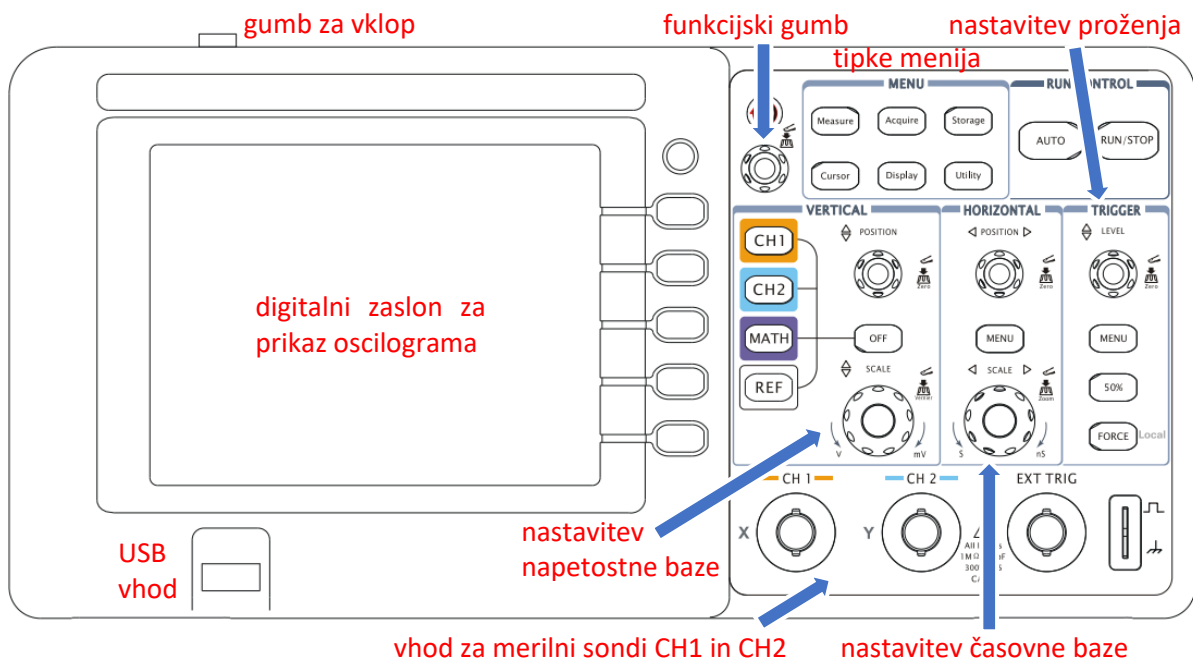
Vaje so po strukturi podobne projektni dokumentaciji v praksi. Pod točko 1 je opis vaje, kjer je predstavljena elektronska komponenta oz. vezje, pot in pa cilj merjenja. Točka 2 zajema shemo priključitve vira napajanja, merjenca in merilne opreme. Pod točko 3 se pripravimo na vajo s pomočjo elektronskih virov, pripravimo formule ali z izračunom pridobimo predvidene rezultate merjenja. Ta točka je zelo pomembna, saj se na njeni podlagi orientiramo glede postopka merjenja, izbire merilne opreme in merilnih dosegov. V točki 4 tabelarično in grafično predstavimo rezultate merjenja z ustreznimi enotami. Rezultati morajo biti podani nedvoumno. Meritev moramo v praksi izvesti na način, da je ponovljiva, zato je izjemnega pomena natančen opis vseh korakov meritve (to

še posebej velja pri specifičnih meritvah). Pod točko 6 zapišemo komentar vaje, pri čemer objektivno ocenimo podane rezultate, morebitna odstopanja pri izvedbi vaje in težave pri merjenju. Pred izvedbo vaj namenimo nekaj besed osciloskopu in merilni sondi.

DIGITALNI OSCILOSKOP

Osciloskop je merilni instrument, ki je v glavnem namenjen prikazu oblike napetosti ali signalov v vezjih (Slika 1). Za povečanje merilnega dosega uporabljamo diferenčne sonde.

Navodila so prilagojena uporabi osciloskopov modela Rigol DS1052E.



Slika 1: Osciloskop [5].

Priključitev osciloscopa izvedemo vzporedno (paralelno) k merjencu na isti način kot voltmeter. Način priključitve je prikazan v nadaljevanju pri vajah. Velja pa določena previdnost pri priključevanju v praksi.

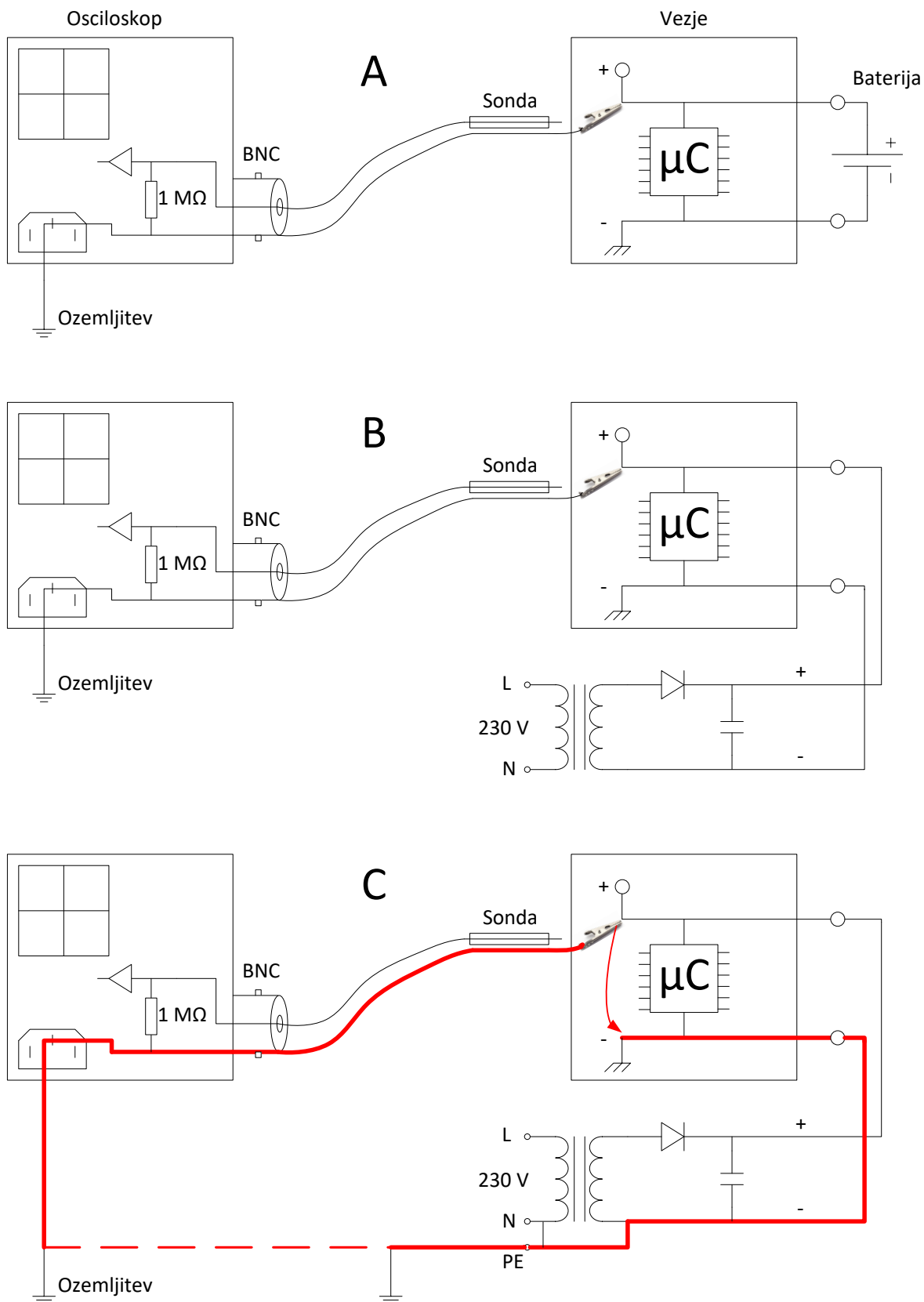
Pri osciloskopu je potrebna posebna previdnost pri polariteti priključitve, saj je negativni pol osciloscopa ozemljen preko ohišja osciloscopa na ozemljitev objekta. Nepravilna priključitev sonde lahko povzroči kratek stik preko krokodilčka proti zemlji (Slika 2). Pri voltmetru ni pomembna polariteta priključitve, saj je baterijsko napajen in njegov negativni potencial ni povezan z ozemljitvijo.

Galvansko smo ločeni od omrežja pri baterijskem in akumulatorskem napajanju vezja (Slika 2 A). Merjenje na galvansko ločenih vezjih ne povzroča večjih nevarnosti. Galvanska ločitev pri merjenju v praksi pomeni, da naše vezje oz. merjenec ni neposredno povezan na napetostni nivo distribucijskega omrežja, ampak je napajano s transformatorjem z neozemljenim sekundarjem (Slika 1, Slika 2 B).

Kadar pa merimo na vezjih, ki niso galvansko ločena kot na primer vezje, napajano s transformatorjem, ki ima na sekundarju ozemljen nevtralni vodnik, pa lahko z negativnim potencialom sonde osciloscopa (krokodilček) naredimo kratek stik (Slika 2 C).

Posebna previdnost velja tudi pri elektronskih vezjih, ki so preko USB vodila povezana na računalnik. Kovinski vtič USB kabla je z opletom povezan preko ohišja računalnika na ozemljitev objekta. Pri stiku

z negativnim potencialom sonde osciloscopa (krokodilček) na pozitivni potencial napajanja naredimo kratek stik.



Slika 2: Nevarnosti pri nepravilni priključitvi osciloscopa [6].

VISOKO OHMSKI IN NIZKO OHMSKI VHODI

Večina osciloskopov ima visoko ohmsko vhodno impedanco. Poleg BNC konektorjev za priklop sond je napisana vhodna impedanca in dovoljena vhodna napetost (npr. Rigol DS1052E, $1\text{ M}\Omega \parallel 15\text{ pF}$, 300 V RMS). S priključitvijo merilne sonde povečamo vhodno upornost še za $9\text{ M}\Omega$. Skupna vhodna impedanca znaša torej $10\text{ M}\Omega$. Delilno razmerje sonde ($10 : 1$) moramo upoštevati in ga nastaviti v meniju pri nastavitvi kanalov (Slika 1, Slika 6).

Določeni osciloskopi imajo vhodno impedanco $50\ \Omega$. Posledično imamo tu večjo ločljivost in manjši merilni doseg pri direktnem priklopu brez sonde. Tu moramo biti še posebej pozorni, da ne prekoračimo dovoljene vhodne napetosti. Prav tako moramo paziti, da med izvajanjem meritve zaradi prehodnih pojavov ne dosežemo večje napetosti od nazivne. Prekoračitev nazivne vhodne napetosti povzroči uničenje vhodne stopnje osciloskopa.

ODČITAVANJE NAPETOSTI IN ČASA IZ OSILOGRAMA

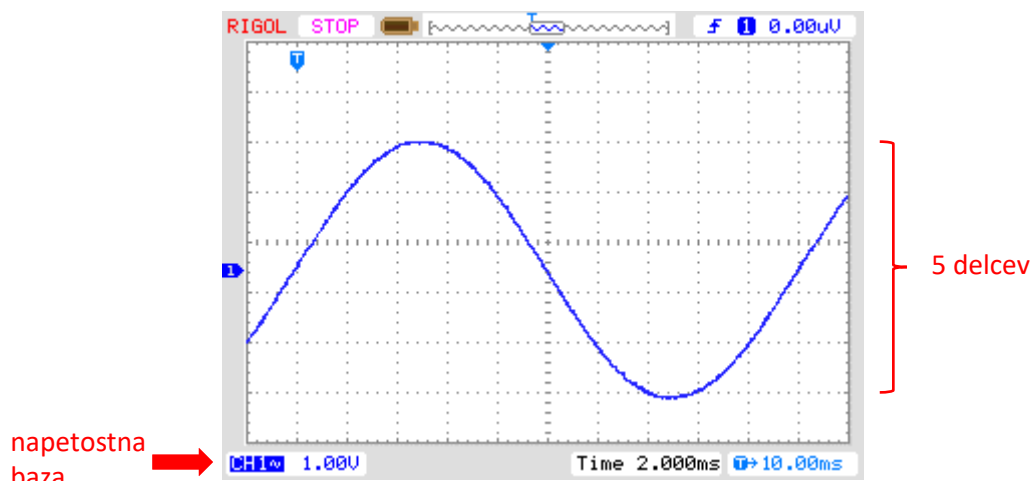
Oscilogram (Slika 3) je prikazan na zaslonu osciloskopa in predstavlja rezultat naše meritve. Prikazan imamo potek napetosti (y-os) v odvisnosti od časa (x-os). Za pravilno odčitavanje napetosti moramo najprej upoštevati delilno razmerje sonde (najpogosteje: $1x$, $10x$), katero se nastavi v meniju CH1 ali CH2.

Odčitavanje napetosti poteka na način, da najprej preštejemo število delcev od spodnjega do zgornjega nivoja signala (Slika 3) in to število pomnožimo z nastavljeno napetostno bazo (V/del).

$$U(\text{V}) = \text{število delcev na } y - \text{osi (del)} \cdot \text{vrednost napetostne baze } y (\text{V/del}) \quad (0.1)$$

Na primer:

$$5 (\text{del}) \cdot 1 \left(\frac{\text{V}}{\text{del}} \right) = 5 \text{ V} \quad (0.2)$$



Slika 3: Odčitavanje napetosti z osciloskopa.

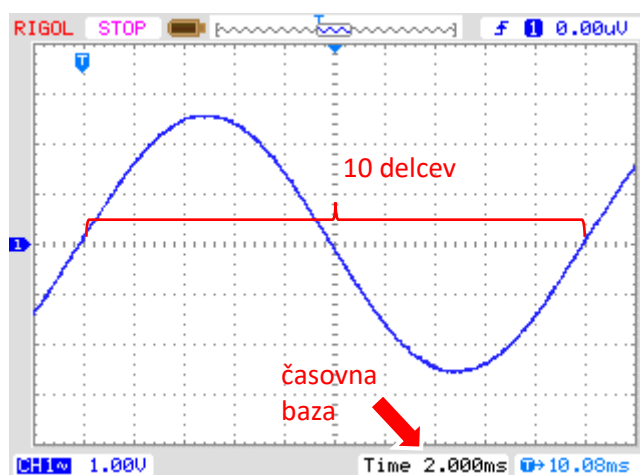
Odčitavanje časa poteka na način, da najprej nastavimo z gumbom pozicija (POSITION) začetek periode signala na časovno vzporednico (siva pikčasta črta) in preštejemo število delcev celotne periode (Slika 4). Število delcev pomnožimo z nastavljen časovno bazo (s/del).

$$t(\text{s}) = \text{število delcev na } x - \text{osi (del)} \cdot \text{vrednost časovne baze } x (\text{s/del}) \quad (0.3)$$

Na primer:

$$10 \text{ (del)} \cdot 2 \left(\frac{\text{ms}}{\text{del}} \right) = 20 \text{ ms}$$

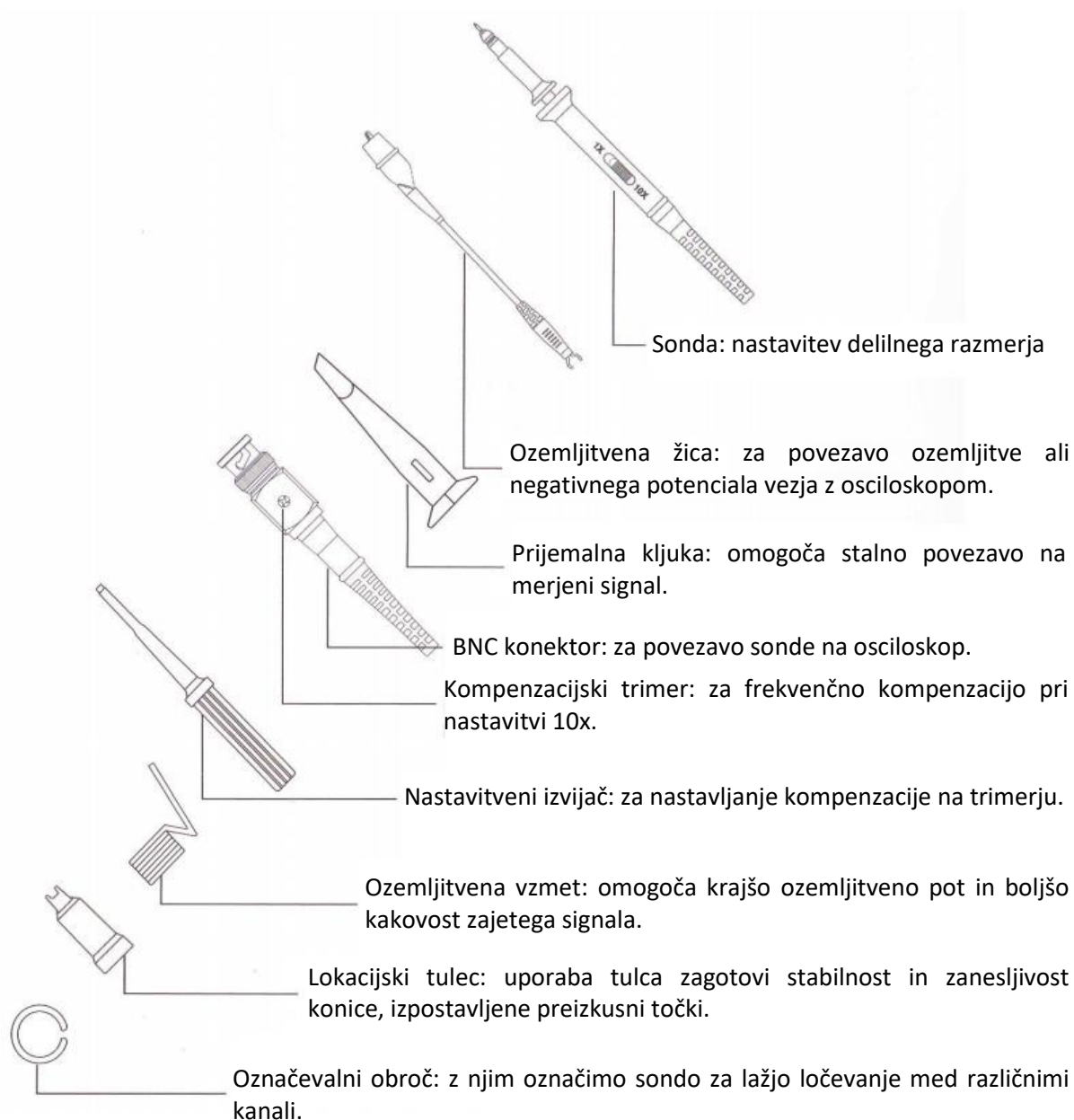
(0.4)



Slika 4: Odčitavanje časa z osciloskopa.

MERILNA SONTA

Merilna sonda je povezovalni člen med merjencem in osciloskopom. Pri merjenju moramo paziti, da ne presežemo najvišje dovoljene napetosti sonde. Poseben poudarek pa moramo nameniti temu, da ne presežemo pasovne širine sonde (20 MHz, 40 MHz ...). Sonde z višjo pasovno širino imajo hitrejši odzivni čas (vzponski čas). Ob nakupu sonde je priložen pribor (Slika 5).



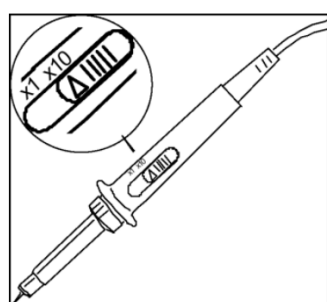
Slika 5: Sonda z merilnim priborom [7].

FREKVENČNA KOMPENZACIJA SONDE:

Pred izvajanjem meritve s pomočjo sonde moramo najprej preveriti frekvenčno kompenzacijo sonde, da je usklajena z vhom osciloskopa. To je pomembno za pravilno in natančno izvedbo meritve.

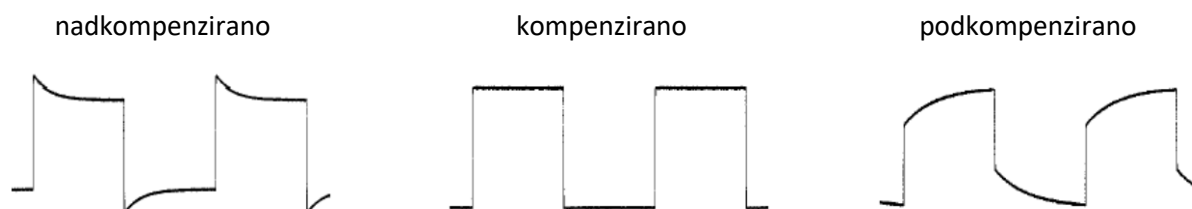
Kompenzacije ne izvajamo pri nastavitvi 1 x.

Pri nastavitvi 10 x jo izvedemo na način, da priključimo sondo na vhodni kanal osciloskopa, nastavimo gumb na 10 x (Slika 6 levo) in priključimo testno konico na referenčni pulzni signal osciloskopa (1 kHz). Nastavljivi kondenzator (na sondi) nastavimo na takšno pozicijo, da dobimo na zaslonu pravilno obliko signala (Slika 7 na sredini).



← Nastavitev sonde

Slika 6: Skaliranje sonde [5].



Slika 7: Konpenzacija sonde [5].

1 VAJA: Meritev napetosti galvanskega člana

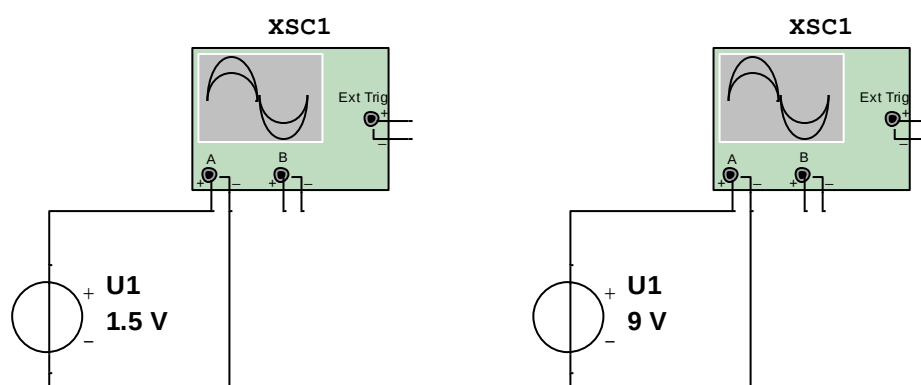
Vaje je možno izvesti simulacijsko in v laboratoriju. Sheme električnih vezij so narisane s simulacijskim programom Multisim. V primeru, da bi želeli vaje izvesti simulacijsko, je potrebno za pravilno delovanje v vezja dodati ozemljitve. V času razvoja določenega vezja si inženirji pomagajo s simulacijami, kjer se lahko zelo približajo realnim odzivom vezja. Simboli elementov v vezjih so skladni z IEC 60617.

1.1 Besedilo vaje

Električne naprave potrebujejo za svoje delovanje napetost določene velikosti in oblike. Napetosti v glavnem delimo na enosmerne z oznako DC (Direct current) in izmenične z oznako AC (Alternating current).

Z osciloskopom opazujete in izmerite enosmerno napetost galvanskega člana (baterija) 1,5 V in 9 V. Meritev izvedite na DC sklopu osciloskopa. Na zaslonu osciloskopa odčitajte vrednost napetosti brez uporabe funkcije merjenja (Measure) in kazalcev (Cursor).

1.2 Shema



Slika 8: Shema priključitve 1,5 V in 9 V galvanskega člana na osciloskop.

1.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Galvanski člen 1,5 V
- Galvanski člen 9 V

1.4 Izračun in priprava

Uporaba sonde pri merjenju:

V meniju CH1 na osciloskopu preverite, da je nastavitve sonde (Probe) nastavljeno na 10 x. Prav tako preverite, da je sonda nastavljena na 10 x. Nastavite na DC sklop (Coupling).

Pred začetkom izvajanja vaje kompenzirajte sondo.

Uporaba direktnega vodnika pri merjenju:

V meniju CH1 na osciloskopu preverite, da je nastavitev sonde (Probe) nastavljena na 1 x. Nastavite na DC sklop (Coupling).

Izvedba vaje:

Priključite ozemljitev sonde (krokodilček) na negativen (minus) pol galvanskega člana. Testno konico sonde spojite na pozitiven pol galvanskega člana. Nato izračunajte napetost. Posnemite oscilogram.

1.5 Rezultati meritev

Merjenec	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)
1,5 V galvanski člen			
9 V galvanski člen			



Slika 9: Oscilogram napetosti na 9 V galvanskem členu.

1.6 Komentar

2 VAJA: Opazovanje oblike napetosti na funkcijskem generatorju

2.1 Besedilo vaje

Funkcijski generator je naprava, ki nam generira signale določene oblike. Tri najpogostejše oblike signalov so sinus, trikot in kvadrat. Naprednejši funkcijski generatorji omogočajo dodatno še druge oblike signalov.

Spoznali bomo nastavljanje funkcijskega generatorja v povezavi z opazovanjem signala na osciloskopu. Uporabili bomo funkciji meritev (Measure) in kazalci (Cursor).

A: Opazuj obliko sinusnega signala amplitude $U_{AC} = 5\text{ V}$ in frekvence $f = 500\text{ Hz}$.

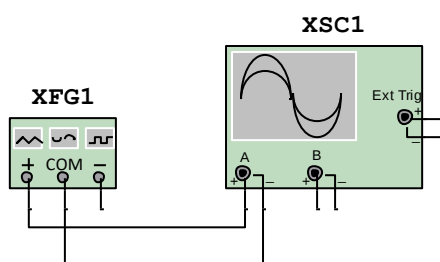
B: Opazuj obliko trikotnega signala amplitude $U_{AC} = 200\text{ mV}$ in frekvence $f = 100\text{ Hz}$.

C: Opazuj obliko kvadratnega signala amplitude $U_{AC} = 20\text{ V}$ in frekvence $f = 10\text{ kHz}$.

D: Opazuj obliko sinusnega signala amplitude $U_{AC} = 10\text{ V}$ z odmikom (Offset) $U_{DC} = 5\text{ V}$ in frekvence $f = 50\text{ kHz}$.

D: Opazuj obliko sinusnega signala amplitude $U_{AC} = 2\text{ V}$ z odmikom (Offset) $U_{DC} = 4\text{ V}$ in frekvence $f = 50\text{ Hz}$.

2.2 Shema



Slika 10: Shema priključitve funkcijskega generatorja in osciloskopa za vse merilne točke.

2.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator

2.4 Izračun in priprava

Izračun časa in frekvence iz oscilograma:

$$t(s) = \text{število delcev na } x - \text{osi } (n) \cdot \text{vrednost časovne baze } x(s) \quad (2.1)$$

$$f(\text{Hz}) = \frac{1}{t(s)} \quad (2.2)$$

Izračun napetosti z oscilograma:

$$U(V) = \text{število delcev na } y - \text{osi } (n) \cdot \text{vrednost napetostne baze } y (V) \quad (2.3)$$

2.5 Rezultati meritev

A: Sinusna oblika signala.

Nastavitev funkcijskega generatorja:

Oblika signala: sinus
Amplituda: 5 V
Frekvenca: 500 Hz
Odmik (Offset): 0 V

Odčitavanje z oscilograma:

Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)

Rezultati osciloskopa z uporabo funkcije meritev (Measure¹):

Vrednost amplitude na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost frekvenca na zaslonu osciloskopa: _____



Slika 11: Sinusna oblika signala.

¹ Vklop funkcije Measure: Pritisnemo tipko Measure pri izvoru (Source) izberemo CH1, nato pritisnemo Voltage in izberemo Vamp.

B: Trikotna oblika signala.

Nastavitev funkcijskega generatorja:

Oblika signala: trikot
 Amplituda: 200 mV (uporabi funkcijo slabljenja; dvakrat -20 dB)
 Frekvenca: 100 Hz
 Odmik (Offset): 0 V

Odčitavanje z oscilograma:

Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)

Rezultati osciloskopa z uporabo funkcije meritev (Measure):

Vrednost amplitude na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost frekvence na zaslonu osciloskopa: _____

C: Kvadratna oblika signala.

Nastavitev funkcijskega generatorja:

Oblika signala: kvadrat
 Amplituda: 20 V
 Frekvenca: 10 kHz
 Odmik (Offset): 0 V

Odčitavanje z oscilograma:

Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)

Rezultati osciloskopa z uporabo funkcije meritev (Measure):

Vrednost amplitude na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost frekvence na zaslonu osciloskopa: _____

D: Opazuj obliko sinusnega signala amplitude z odmikom.

Nastavitev funkcijskega generatorja:

Oblika signala:	sinus
Amplituda:	10 V
Frekvenca:	50 kHz
Odmik (Offset):	5 V

Meritev opravite pri DC in AC sklopu osciloskopa.

Rezultati osciloskopa z uporabo funkcije meritev (Measure²):

Vrednost enosmerne komponente napetosti na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost izmenične komponente napetosti na zaslonu osciloskopa: _____

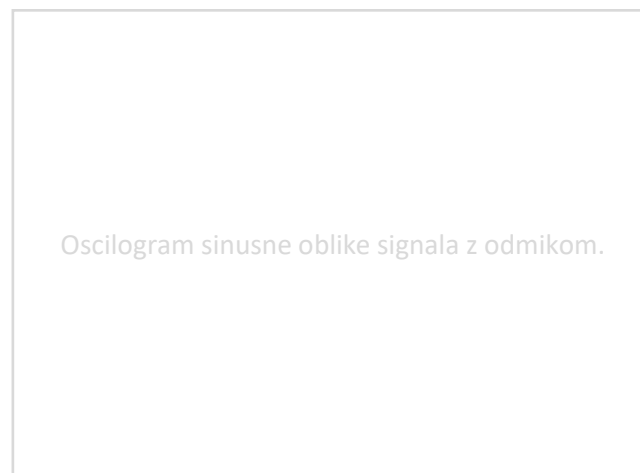
Vrednost frekvence na zaslonu osciloskopa: _____

E: Opazuj obliko sinusnega signala amplitude z odmikom.

Nastavitev funkcijskega generatorja:

Oblika signala:	sinus
Amplituda:	2 V
Frekvenca:	50 Hz
Odmik (Offset):	4 V

Meritev opravite pri DC in AC sklopu osciloskopa.



Slika 12: Sinusna oblika signala z odmikom.

Rezultati osciloskopa z uporabo funkcije meritev (Measure):

Vrednost enosmerne komponente napetosti na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost izmenične komponente napetosti na zaslonu osciloskopa: _____

Vrednost frekvence na zaslonu osciloskopa: _____

² Vklon funkcije Measure: Pritisnemo tipko Measure pri izvoru (Source) izberemo CH1, nato pritisnemo Voltage in izberemo Vrms.

2.6 Komentar

3 VAJA: Opazovanje oblike napetosti pri različnih usmernikih

3.1 Besedilo vaje

Elektronske naprave v večini primerov za svoje delovanje potrebujejo enosmerno napetost, kot je na primer 3 V, 5 V, 12 V, 24 V, ± 15 V. Za zagotavljanje te napetosti uporabljamo različne usmernike, ki vsebujejo transformator, diode, kondenzatorje, stabilizirane usmernike in tuljave. Pri gradnji usmernikov je želja pridobiti stabilizirano gladko enosmerno napetost brez nihanja. Nihanje napetosti povzroča težave predvsem v analognih delih vezij. Opazovali bomo valovanje napetosti pri različnih obremenitvah usmerniških vezij.

A: Opazuj napetost na diodnem usmerniku brez stabilizatorja napetosti.

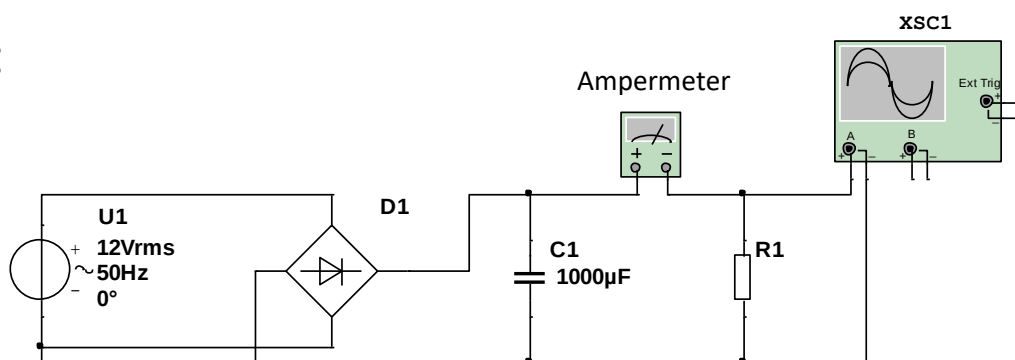
B: Opazuj napetost na različnih točkah stabiliziranega usmernika.

C: Opazuj napetost na nizko šumnem usmerniku.

D: Opazuj napetost na laboratorijskem usmerniku.

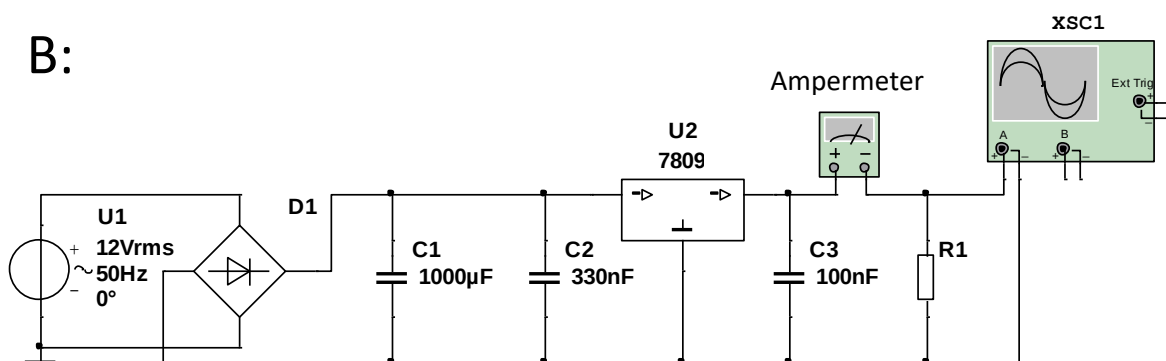
3.2 Shema

A:

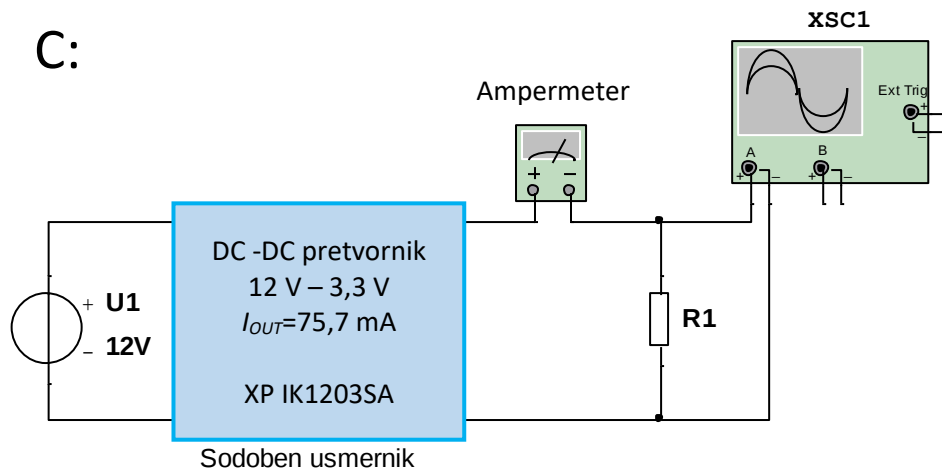


Slika 13: Shema diodnega usmerniškega vezja brez stabilizatorja napetosti.

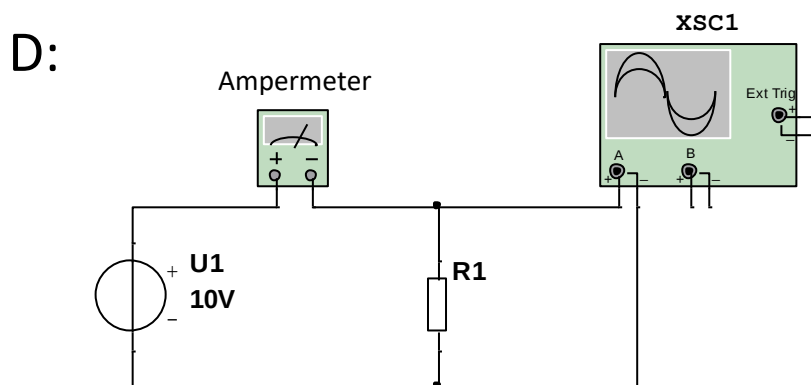
B:



Slika 14: Shema stabiliziranega usmerniškega vezja.



Slika 15: Shema nizko šumnega usmerniškega vezja.



Slika 16: Shema priključitve laboratorijskega usmernika na breme.

3.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Amperimeter
- Transformator 230/12 V, 1 A
- Diodno usmerniško vezje
- Stabilizirano usmerniško vezje (78L09)
- Nizko šumno usmerniško vezje
- Laboratorijski usmernik 0–25 V, 500 mA
- Bremenski upori

3.4 Izračun in priprava

A: Izračunaj pričakovano napetost na uporu, valovitost napetosti polnovalnega usmerniškega vezja pri 100 mA in 500 mA [1]:

Pričakovana napetost na uporu:

$$U_{DC_USM} = \sqrt{2} \cdot U_{AC} = \quad (3.1)$$

$$U_{DC} = U_{DC_USM} - (2 \cdot U_D) = \quad (3.2)$$

Valovitost napetosti pri obremenitvi s 100 mA:

$$\Delta U = \frac{I_{breme}}{2 \cdot f \cdot C} = \quad (3.3)$$

Izračun upornosti in moči upora za obremenitev s tokom 100 mA:

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.4)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.5)$$

Izbran upor: _____

Valovitost napetosti pri obremenitvi s 500 mA:

$$\Delta U = \frac{I_{breme}}{2 \cdot f \cdot C} = \quad (3.6)$$

Izračun upora za obremenitev s tokom 500 mA:

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.7)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.8)$$

Izbran upor: _____

B: Iz podatkovnega lista za stabilizirani usmernik 78L09 ugotovi naslednje parametre:

Maksimalna vhodna usmerjena napetost: _____

Regulirana izhodna napetost: _____

Maksimalni izhodni tok: _____

Maksimalna moč: _____

Kondenzator pred stabiliziranim usmernikom: _____

Kondenzator za stabiliziranim usmernikom: _____

Pričakovana valovitost napetosti pri toku do 40 mA: _____

Pričakovana valovitost napetosti pri toku od 40 do 100 mA: _____

Izračun upornosti in moči upora za obremenitev s tokom 21 mA:

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.9)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.10)$$

Izbran upor: _____

Izračun upora za obremenitev s tokom 100 mA:

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.11)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.12)$$

Izbran upor: _____

C: Izračun upora za obremenitev s tokom 75,7 mA:

$$U = 3,3 \text{ V}$$

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.13)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.14)$$

Izbran upor: _____

D: Izračun upora za obremenitev s tokom 500 mA:

$$R = \frac{U}{I} = \quad (3.15)$$

$$P = U \cdot I = \quad (3.16)$$

Izbran upor: _____

3.5 Rezultati meritev

A: Merjenje diodnega usmerniškega vezja s tokovno obremenitvijo 100 mA in 500 mA.

Obremenitev s tokom 100 mA:

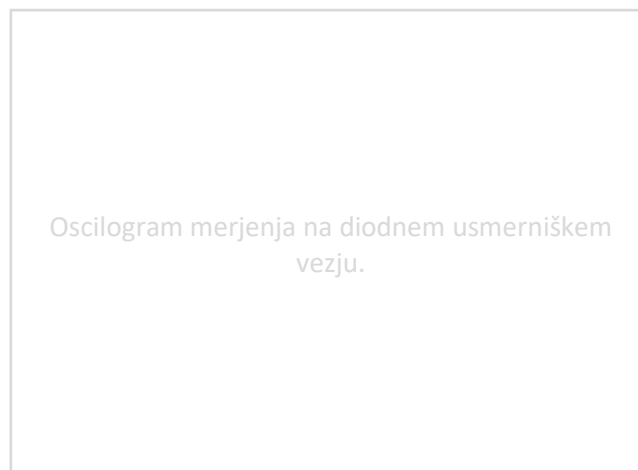
Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Ali je izmerjeno valovanje napetosti višje, kot smo izračunali? DA/NE

Obremenitev s tokom 500 mA:

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Ali je izmerjeno valovanje napetosti višje, kot smo izračunali? DA/NE



Slika 17: Napetost na upor pri obremenitvi s 500 mA.

B: Merjenje stabiliziranega usmerniškega vezja s tokovno obremenitvijo 21 mA in 100 mA.

Obremenitev s tokom 21 mA, testna točka 2 (na upor):

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Ali je izmerjeno valovanje napetosti v mejah, kot jih podaja proizvajalec stabiliziranega usmernika?
DA/NE

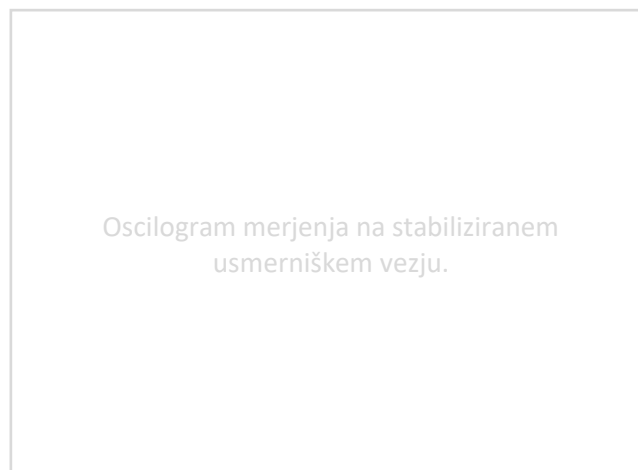
Obremenitev s tokom 100 mA, testna točka 1 (pred stabiliziranim usmernikom):

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Obremenitev s tokom 100 mA, testna točka 2 (na upor):

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Ali je izmerjeno valovanje napetosti v mejah, kot jih podaja proizvajalec stabiliziranega usmernika?
DA/NE



Slika 18: Napetost na upor pri obremenitvi s 100 mA.

C: Nizko šumno usmerniško vezje.

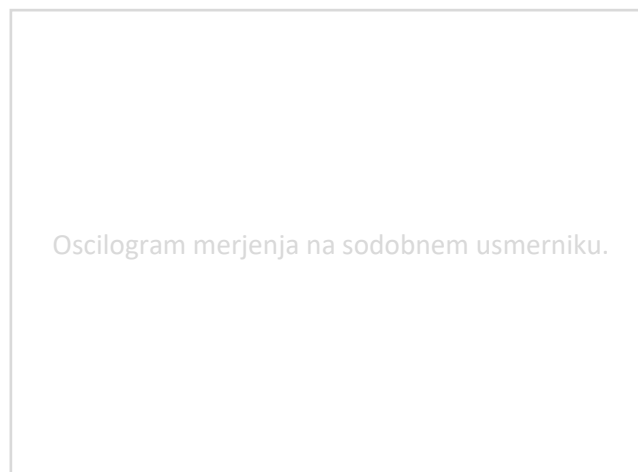
Testna točka 1 (napajalni vir nizko šumnega usmernika):

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Testna točka 2 (na upor):

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

Ali je izmerjeno valovanje napetosti v mejah, kot jih podaja proizvajalec nizko šumnega usmernika?
DA/NE



Slika 19: Napetost na uporu pri polni obremenitvi.

D: Laboratorijski usmernik s tokovno obremenitvijo 500 mA.

Nastavitev sklopa osciloskopa	Število delcev na y-osi	Nastavitev napetostne baze (V/del)	U (V)	Število delcev na x-osi	Nastavitev časovne baze (s/del)	t (s)	f (Hz)
DC sklop							
AC sklop							

3.6 Komentar

4 VAJA: Opazovanje karakteristike diode

4.1 Besedilo vaje

Diode so v elektrotehniki nepogrešljiv element. V glavnem služijo za prevajanje toka zgolj v eno smer (kot nepovratni ventil). Zato lahko na diodo priključimo napetost v prevodni ali pa zaporni smeri [2]. So glavni gradnik usmerniških vezij in pretvarjajo izmenični tok v enosmernega. Uporabljamo jih tudi kot omejevalnik napetosti. Kolenska napetost diode je napetost, kjer začne tok v prevodni smeri strmo naraščati in je odvisna od materiala polprevodnika.

Schottky dioda je zgrajena iz spoja med kovino in polprevodnikom. Uporablja se povsod tam, kjer je potrebna velika hitrost delovanja [2]. Taka dioda ima zelo dobre preklopne lastnosti in majhno prevodno napetost.

Zener dioda je najenostavnejši člen za stabilizacijo napetosti. Neregulirano vhodno napetost regulira na svojo nazivno vrednost. Uporablja se tudi kot referenčni napetostni člen. Uporablja se v zaporni smeri pri napetostih, ki presegajo prebojno napetost diode, kar je (v nasprotju z usmerniško diodo) tukaj dopustno [2].

LED dioda je svetlobni vir, ki spreminja električno energijo v svetlobo [2]. V praksi se v glavnem uporablja kot signalna lučka, v komunikacijskih vezjih in optičnih spojnikih.

Laserska dioda seva svetlobo zelo ozkega svetlobnega snopa, ki je za razliko od sončne svetlobe monokromatska in koherentna: monokromatska pomeni, da so vsi fotoni enake valovne dolžine, koherentna pa to, da je elektromagnetno valovanje fotonov v fazi [2].

A: Opazuj odziv usmerniške diode.

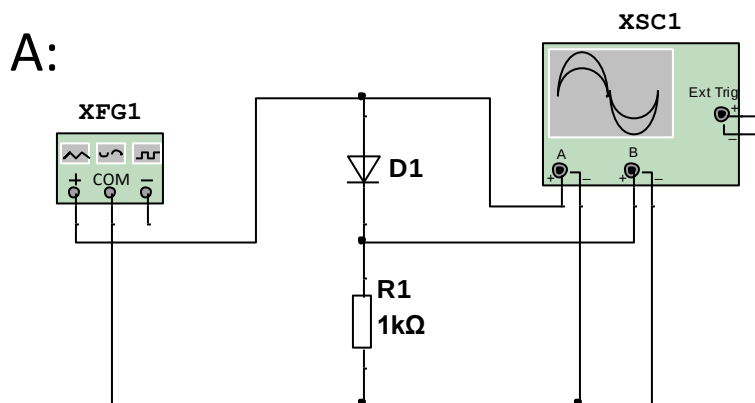
B: Opazuj odziv Schottky diode.

C: Opazuj odziv Zener diode.

D: Opazuj odziv LED diode različnih barv.

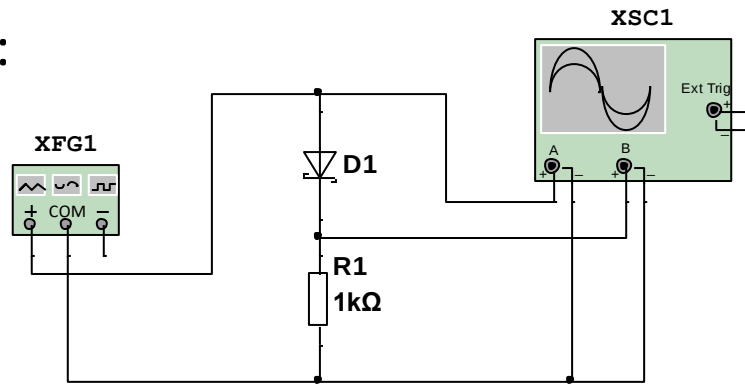
E: Opazuj odziv laserske diode.

4.2 Shema



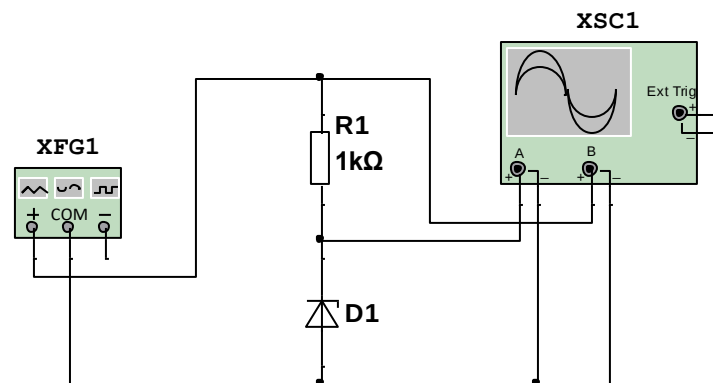
Slika 20: Shema priključitve usmerniške diode.

B:



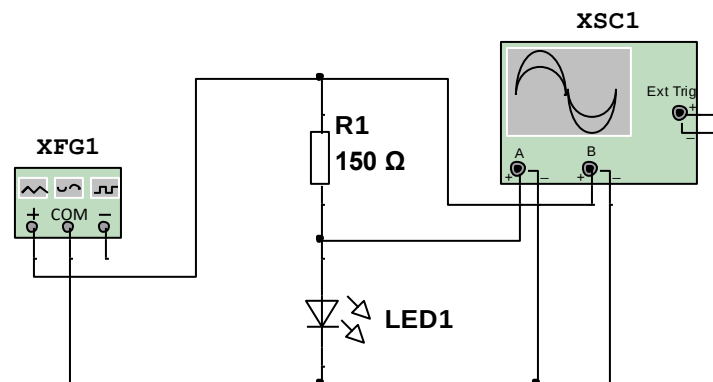
Slika 21: Shema priključitve Schottky diode.

C:



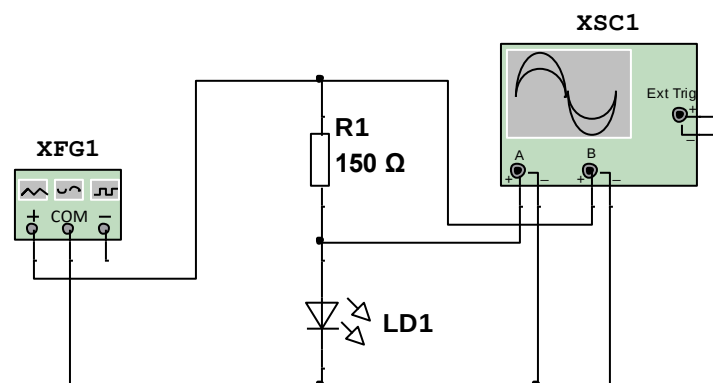
Slika 22: Shema priključitve Zener diode.

D:



Slika 23: Shema priključitve LED diode.

E:



Slika 24: Shema priključitve laserske diode.

4.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator
- Usmerniška dioda _____
- Schottky dioda _____
- Zener dioda _____
- LED diode _____
- IR dioda _____
- Laserska dioda _____

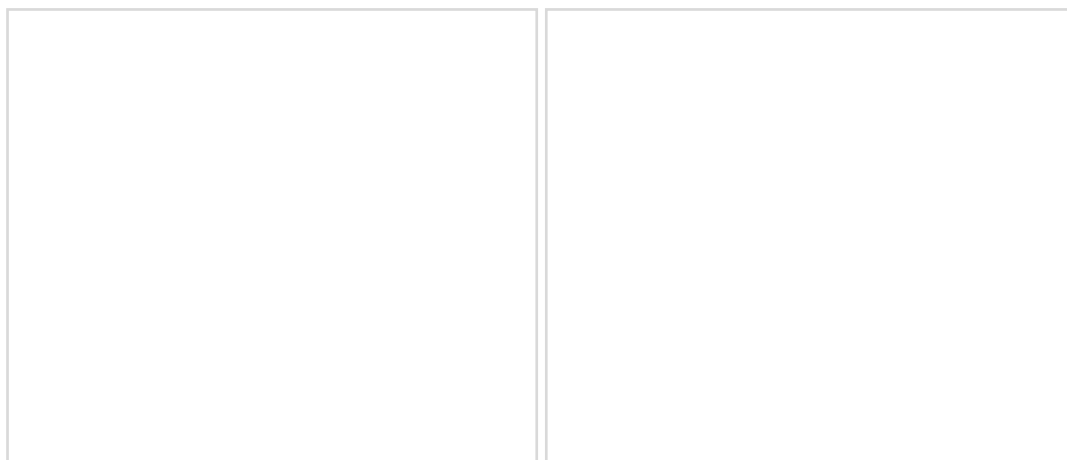
4.4 Izračun in priprava

A, B: Nariši pričakovano karakteristiko usmerniške in Schottky diode.



Slika 25: Pričakovana karakteristika usmerniške (levo) in Schottky diode (desno).

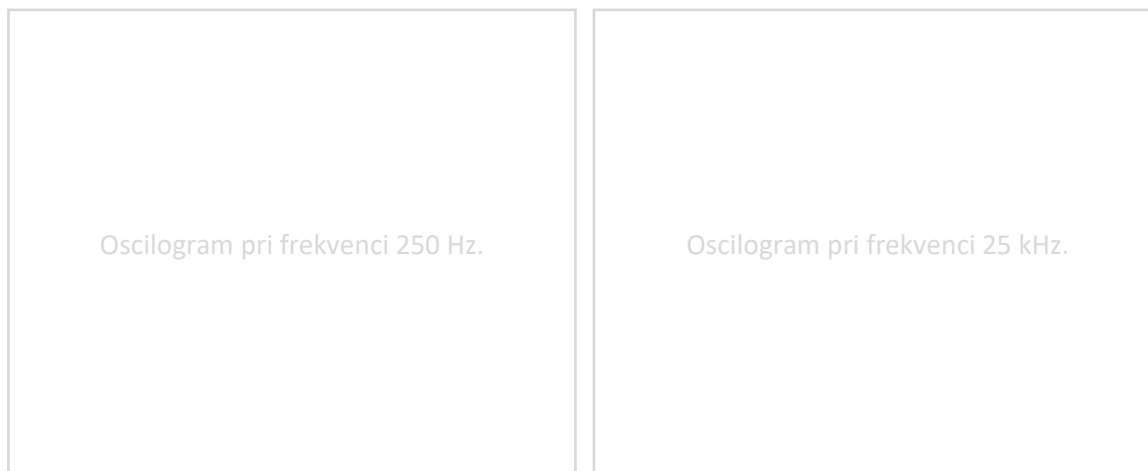
C, D: Nariši pričakovano karakteristiko Zener diode in več karakteristik LED diod pri različnih barvah.



Slika 26: Pričakovana karakteristika Zener diode (levo) in več LED diod različnih barv (desno).

4.5 Rezultati meritev

A: Usmerniška dioda.



Slika 27: Oscilogram usmerniške diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).

Kolenska napetost pri usmerniški diodi: _____

Ali je karakteristika usmerniške diode pri frekvenci 250 Hz primerljiva z našo karakteristiko? DA/NE

B: Schottky dioda.

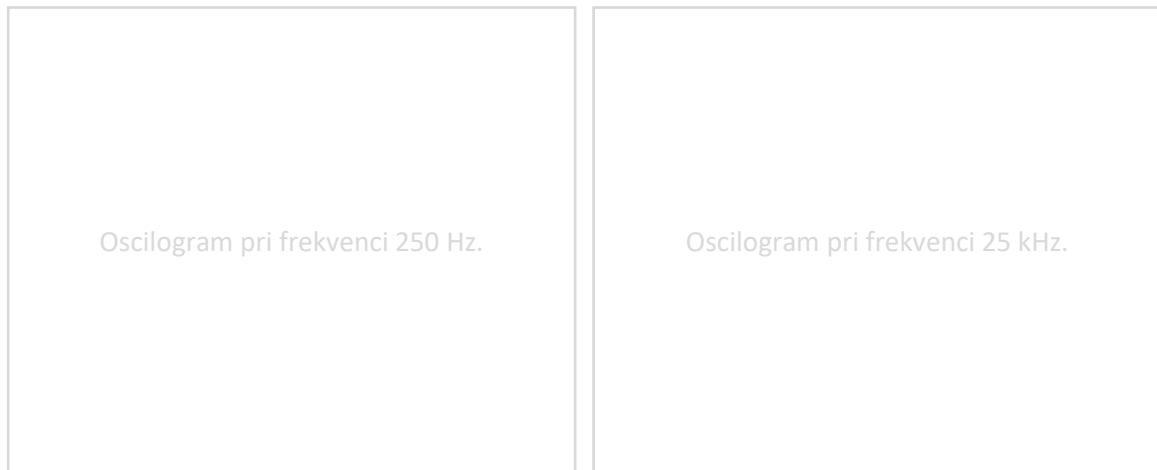


Slika 28: Oscilogram Schottky diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).

Kolenska napetost pri Schottky diodi: _____

Ali je karakteristika Schottky diode pri frekvenci 25 kHz primerljiva z našo karakteristiko? DA/NE

C: Zener dioda.



Slika 29: Oscilogram Zener diode pri 250 Hz in 25 kHz (prikaz X-Y).

Kolenska napetost pri Zener diodi: _____

Ali je karakteristika Zener diode primerljiva z našo karakteristiko? DA/NE

C: LED diode.



Slika 30: Oscilogram zelene LED diode pri 250 Hz (levo Y-T prikaz, desno X-Y).

Kolenska napetost pri rdeči LED diodi: _____

Kolenska napetost pri oranžni LED diodi: _____

Kolenska napetost pri beli LED diodi: _____

Kolenska napetost pri zeleni LED diodi: _____

Kolenska napetost pri IR diodi: _____

Kolenska napetost pri modri LED diodi: _____

Ali je karakteristika zelene LED diode primerljiva z našo karakteristiko? DA/NE



Slika 31: Oscilogram IR (levo) in modre LED diode (desno) pri 250 Hz (prikaz X-Y).

D: Laserska dioda



Slika 32: Oscilogram laserske diode pri 250 Hz (prikaz X-Y).

4.6 Komentar

5 VAJA: Določanje kapacitivnosti kondenzatorja

5.1 Besedilo vaje

V elektrotehniki imamo opravka z linearnimi in nelinearnimi elementi. Kondenzator je eden izmed nelinearnih elementov. Opazovali bomo odziv napetosti na kondenzatorju pri stopničnem vzbujanju.

Časovna konstanta τ je definirana kot produkt kapacitivnosti kondenzatorja in upornosti upora [1].

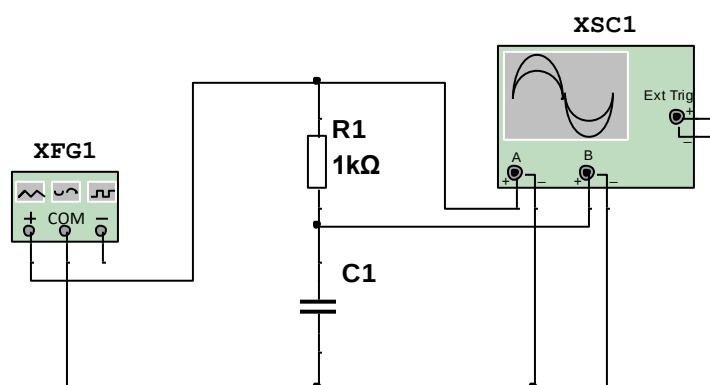
Čas časovne konstante je definiran pri 63 % napolnjenosti kondenzatorja z napajalno napetostjo vira.

Vzponski čas prehodnega pojava je splošno definiran kot čas med prehodom signala iz 10 % na 90 % pri celotnem prehodu iz enega v drugo stanje [1].

A: Opazuj odziv napetosti na kondenzatorju in izmeri časovno konstanto τ .

B: Opazuj prehodni pojav polnjenja kondenzatorja in izmeri vzponski čas napetosti.

5.2 Shema



Slika 33: Shema priključitve vezja za določanje kapacitivnosti kondenzatorja.

5.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator
- Upor
- Različni kondenzatorji

5.4 Izračun in priprava

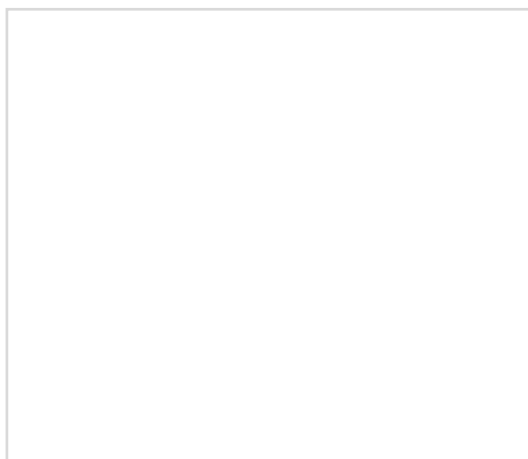
A: Izračunaj pričakovano časovno konstanto τ kondenzatorja z oznako 101

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C = \text{_____} \text{ (iz tabele v prilogi)}$$

$$\tau = R \cdot C = \text{_____} \quad (5.1)$$

Nariši potek napetosti pri polnjenju kondenzatorja z enosmerno napetostjo in označi časovno konstanto τ .



Slika 34: Polnjenje kondenzatorja z označeno časovno konstanto τ .

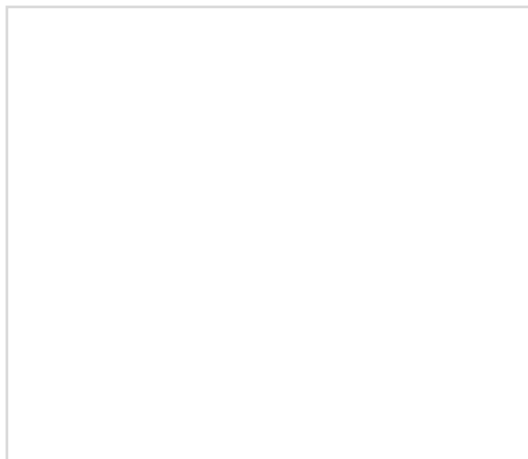
B: Izračunaj pričakovani vzponski čas kondenzatorja

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C = 100 \text{ }\mu\text{F}$$

$$t_r = 2,2 \cdot R \cdot C = \text{_____} \quad (5.2)$$

Nariši prehodni pojav pri polnjenju kondenzatorja z enosmerno napetostjo in označi vzponski čas t_r .



Slika 35: Vzponski čas pri polnjenju kondenzatorja.

5.5 Rezultati meritev

A: Merjenje časovne konstante τ in določanje kapacitivnosti.

- Uporabi funkcijo kurzorji (Cursor / Manual / Type Y / Source CH1).

Kondenzator	Oznaka na kondenzatorju	τ (s)	R (Ω)	C (F)	Kapacitivnost, odčitana iz tabele v prilogi
C_1					
C_2					
C_3					
C_4					
C_5					

B: Merjenje vzponskega časa t_r in določanje kapacitivnosti.

- Uporabi funkcijo za merjenje prehodnih pojavov (Measure / CH1 / Time / Rise Time)

Kondenzator	Oznaka na kondenzatorju	t_r (s)	R (Ω)	C (F)	Kapacitivnost, odčitana iz tabele v prilogi
C_6					
C_7					
C_8					
C_9					
C_{10}					

S katero metodo določanja kapacitivnosti se bolj približamo nazivni vrednosti kapacitivnosti? A/B

5.6 Komentar

6 VAJA: Določanje induktivnosti tuljave

6.1 Besedilo vaje

Induktivnost (L) je lastnost vodnikov, tuljav in navitij, da z električnim tokom ustvarjajo magnetni sklep [3]. Za elektrotehniško prakso je pomembno, kolikšen magnetni sklep ustvari enota električnega toka ali kolikšna je induktivnost tuljave.

Induktivnost je snovno geometrijska lastnost tuljave in je premo sorazmerna s permeabilnostjo, kvadratom števila obojev, prerezom tuljave ter obratno sorazmerna z dolžino tuljave.

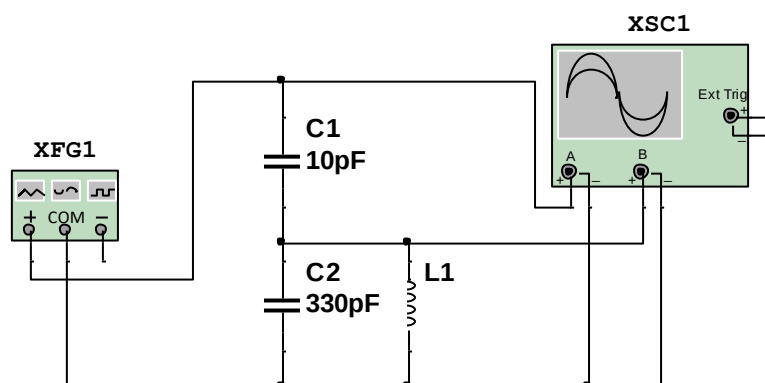
$$L = \mu_o \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l_s} \quad (6.1)$$

Meritve so potrdile, da lahko z enačbo 6.1 z zadovoljivo natančnostjo izračunamo induktivnost toroidne tuljave in dolge ravne tuljave.

Pri vaji bomo določali induktivnost tuljave s pomočjo vzporedne vezave kondenzatorja in tuljave. Vzporedna vezava predstavlja nihajni (resonančni) LC krog. V resonanci sta delna tokova skozi kondenzator in tuljavo enako velika [4]. Jalova upornost tuljave X_L je enaka jalovi upornosti kondenzatorja X_C . Iz tega dejstva sledi enačba 6.2.

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (6.2)$$

6.2 Shema



Slika 36: Shema priključitve vezja za določanje induktivnosti tuljave.

6.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator
- Kondenzator
- Različne tuljave

6.4 Izračun in priprava

Izračunaj pričakovano resonančno frekvenco v vezju:

$$L = 2,2 \text{ mH}$$

$$C = 330 \text{ pF}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \quad (6.3)$$

- Pred pričetkom izvajanja vaje natančno izmeri kapacitivnost kondenzatorja.

6.5 Rezultati meritev

Tuljava	Oznaka ali barve na tuljavi	C (F)	f_r (Hz)	L (H)	Kapacitivnost, odčitana iz tabele v prilogi
L ₁					
L ₂					
L ₃					
L ₄					
L ₅					
L ₆					
L ₇					

Oscilogram merjenja na tuljavi.

Slika 37: Odziv resonančnega LC kroga.

6.6 Komentar

7 VAJA: Nizko prepustni in visoko prepustni filter

7.1 Besedilo vaje

Filtri so v vezjih frekvenčno odvisni členi. Namenjeni so prepuščanju in dušenju določenih frekvenc. Katere frekvence želimo prepuščati in katere zadušiti, določimo z izborom upora in kondenzatorja.

Nizko prepustni filtri prepuščajo frekvence vse do lomne frekvence f_0 , ki je določena s formulo 7.1. Filter je sestavljen iz zaporedne vezave upora in kondenzatorja.

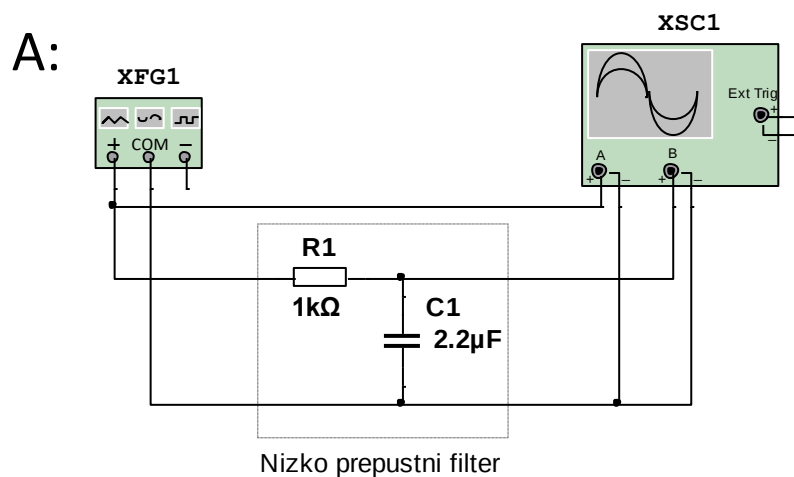
$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad (7.1)$$

Visoko prepustni filtri dušijo frekvence vse do lomne frekvence f_0 nato pa jih prepuščajo. Filter je sestavljen iz zaporedne vezave kondenzatorja in upora. Formula za lomno frekvenco je ista kot pri nizko prepustnem filtru 7.1.

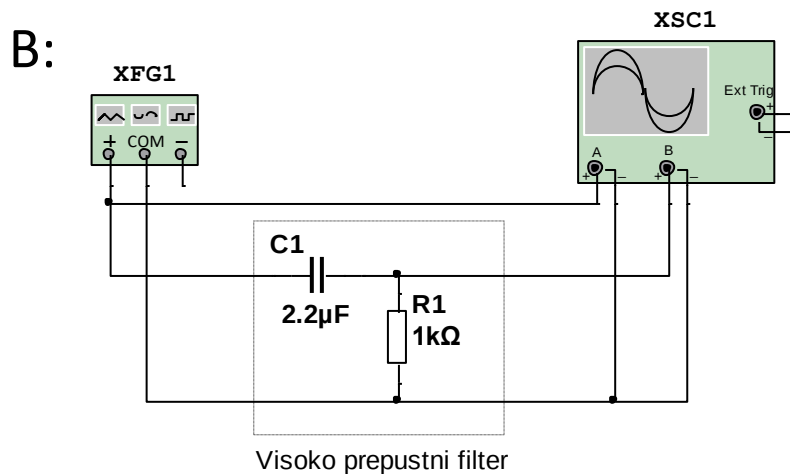
A: Posnemi frekvenčno karakteristiko nizko prepustnega filtra.

B: Posnemi frekvenčno karakteristiko visoko prepustnega filtra.

7.2 Shema



Slika 38: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike nizko prepustnega filtra.



Slika 39: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike visoko prepustnega filtra.

7.3 Popis merilne opreme in merjencev

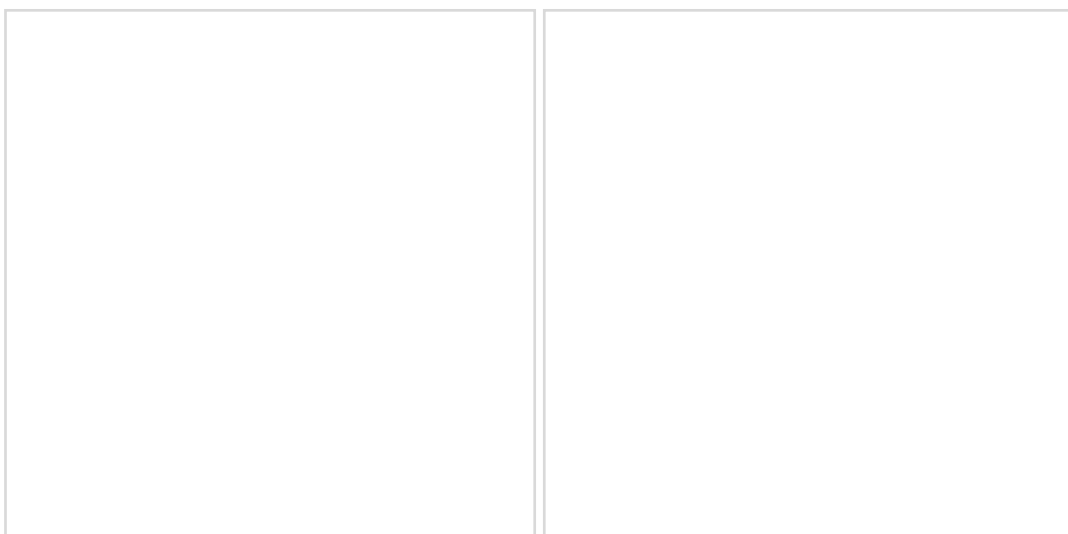
- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator
- Upor
- Kondenzator

7.4 Izračun in priprava

A: Izračunaj lomno frekvenco nizko prepustnega filtra.

$$\begin{aligned}
 R &= 1 \text{ k}\Omega \\
 C &= 2,2 \text{ }\mu\text{F} \\
 f_0 &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \quad \quad \quad (7.2)
 \end{aligned}$$

A in B: Nariši predvideno frekvenčno karakteristiko nizko in visoko prepustnega filtra.



Slika 40: Frekvenčna karakteristika nizko (levo) in visoko prepustnega filtra (desno).

7.5 Rezultati meritev

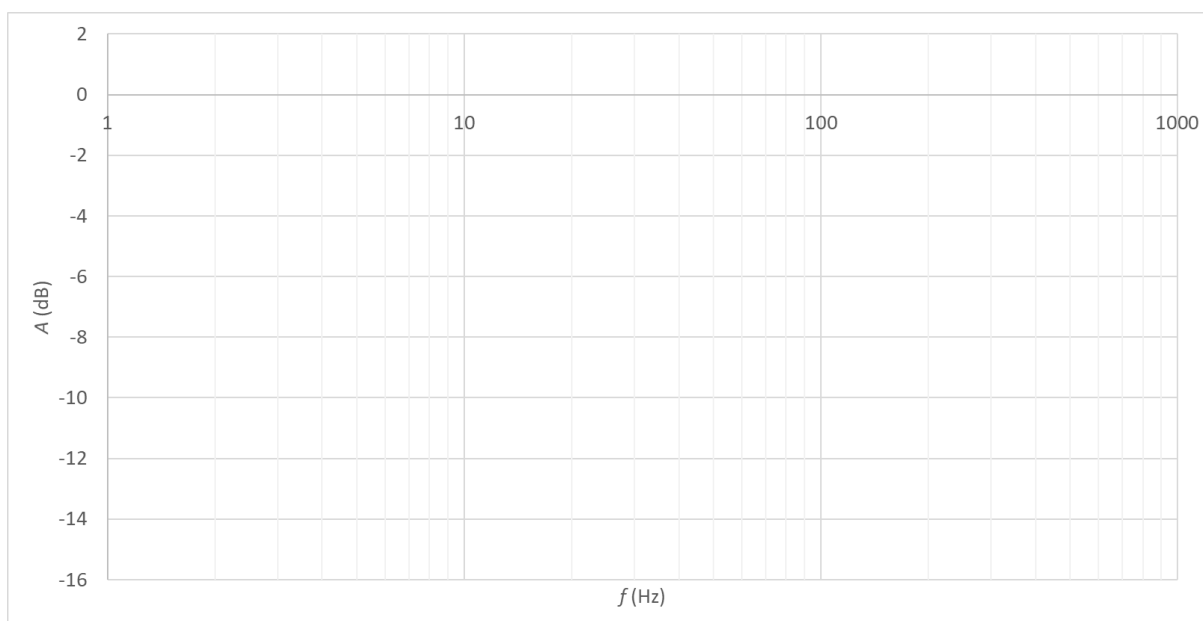
A: Nizko prepustni filter.

- Uporabi funkcijo meritev (Measure/CH1 – frekvenca/CH1 – amplituda/CH2 – amplituda)

Formula za določitev ojačenja:

$$A = 20 \cdot \log \left(\frac{U_{IZH}}{U_{VH}} \right) \quad (7.3)$$

Merilna točka	f (Hz)	U_{VH} (V)	U_{IZH} (V)	A (dB)
1	16			
2	32			
3	48			
4	64			
5	80			
6	96			
7	112			
8	128			
9	144			
10	160			



Slika 41: Frekvenčna karakteristika nizko prepustnega filtra.

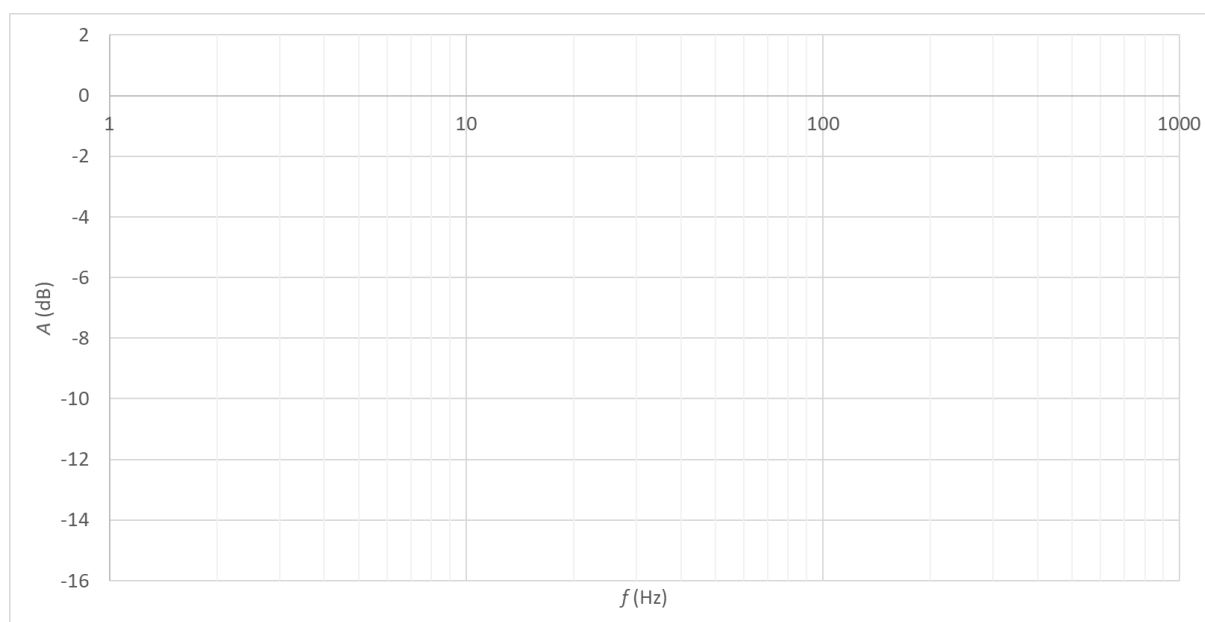
Na frekvenčni karakteristiki označi lomno frekvenco in pobarvaj področje uporabe filtra.

Izračunana lomna frekvenca: _____

Odčitana lomna frekvenca: _____

B: Visoko prepustni filter.

Merilna točka	f (Hz)	U_{VH} (V)	U_{IZH} (V)	A (dB)
1	16			
2	32			
3	48			
4	64			
5	80			
6	96			
7	112			
8	128			
9	144			
10	160			



Slika 42: Frekvenčna karakteristika visoko prepustnega filtra.

Na frekvenčni karakteristiki označi lomno frekvenco in pobarvaj področje uporabe filtra.

Izračunana lomna frekvenca: _____

Odčitana lomna frekvenca: _____

7.6 Komentar

8 VAJA: Pasovno prepustni in pasovno zaporni filter

8.1 Besedilo vaje

V določenih vezjih želimo prepuščati le določeno območje frekvenc. V ta namen lahko sestavimo pasovno prepustni filter. Resonančno frekvenco določimo z izborom uporov in kondenzatorjev. Formula za izračun resonančne frekvence je podana spodaj.

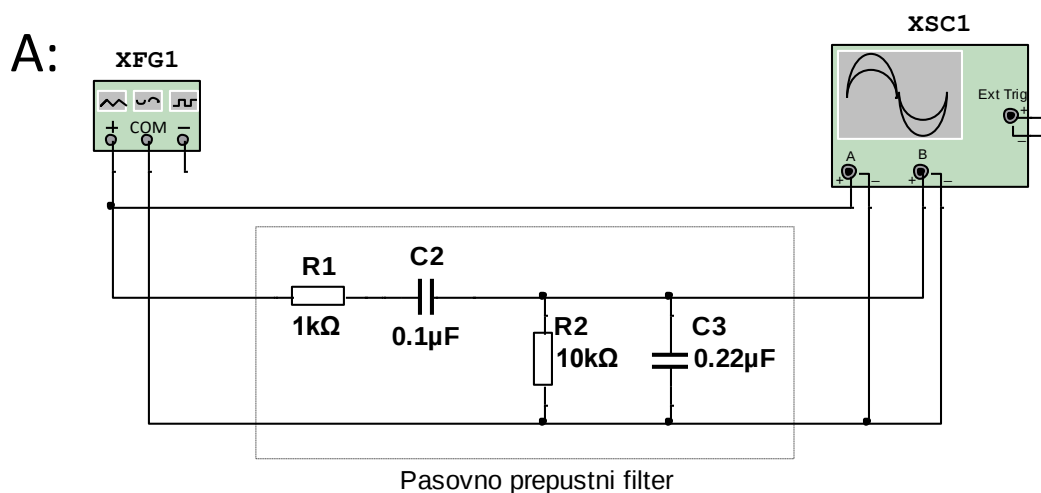
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (8.1)$$

Pasovno zaporni filtri dušijo frekvence v določenem območju resonančne frekvence f_r ostale pa prepuščajo. Formula za resonančno frekvenco je ista kot pri pasovno prepustnem filtru. Filter je sestavljen iz uporov in kondenzatorjev.

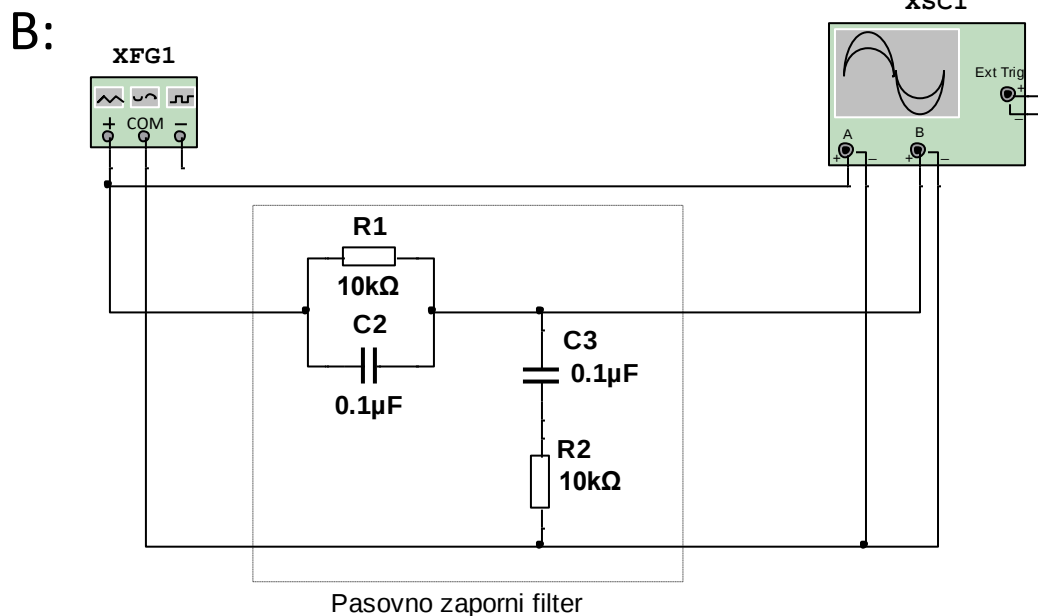
A: Posnemi frekvenčno karakteristiko pasovno prepustnega filtra.

B: Posnemi frekvenčno karakteristiko pasovno zapornega filtra.

8.2 Shema



Slika 43: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike pasovno prepustnega filtra.



Slika 44: Vezje za določanje frekvenčne karakteristike pasovno zapornega filtra.

8.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Funkcijski generator
- Pasovno prepustni filter
- Pasovno zaporni filter

8.4 Izračun in priprava

A: Izračunaj resonančno frekvenco pasovno prepustnega filtra.

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 100 \text{ nF}$$

$$C_2 = 220 \text{ nF}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \quad (8.2)$$

B: Izračunaj resonančno frekvenco pasovno zapornega filtra.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

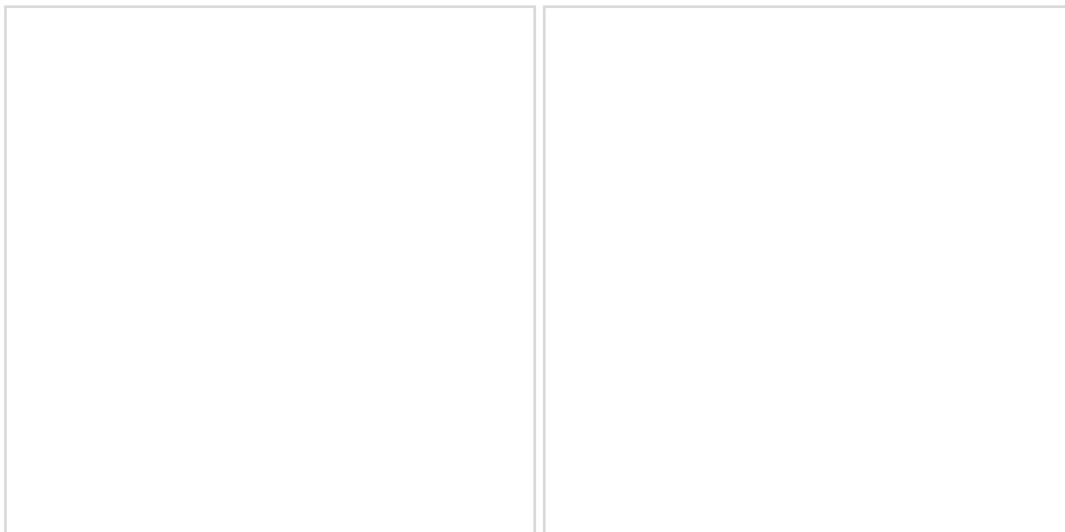
$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 100 \text{ nF}$$

$$C_2 = 100 \text{ nF}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = \quad (8.3)$$

A in B: Nariši predvideno frekvenčno karakteristiko pasovno prepustnega in pasovno zapornega filtra.

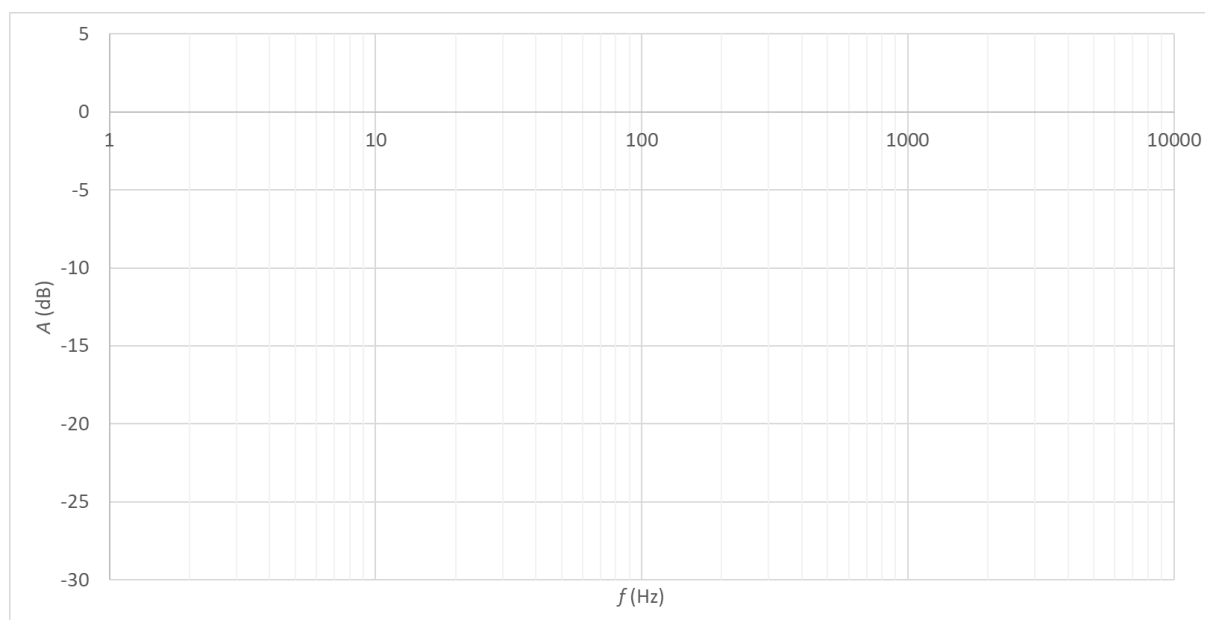


Slika 45: Predvidena frekvenčna karakteristika pasovno prepustnega (levo) in pasovno zapornega filtra (desno).

8.5 Rezultati meritev

A: Pasovno prepustni filter.

Merilna točka	f (Hz)	U_{VH} (V)	U_{IZH} (V)	A (dB)
1	6			
2	12			
3	22			
4	43			
5	80			
6	160			
7	310			
8	600			
9	1200			
10	2200			



Slika 46: Frekvenčna karakteristika pasovno prepustnega filtra.

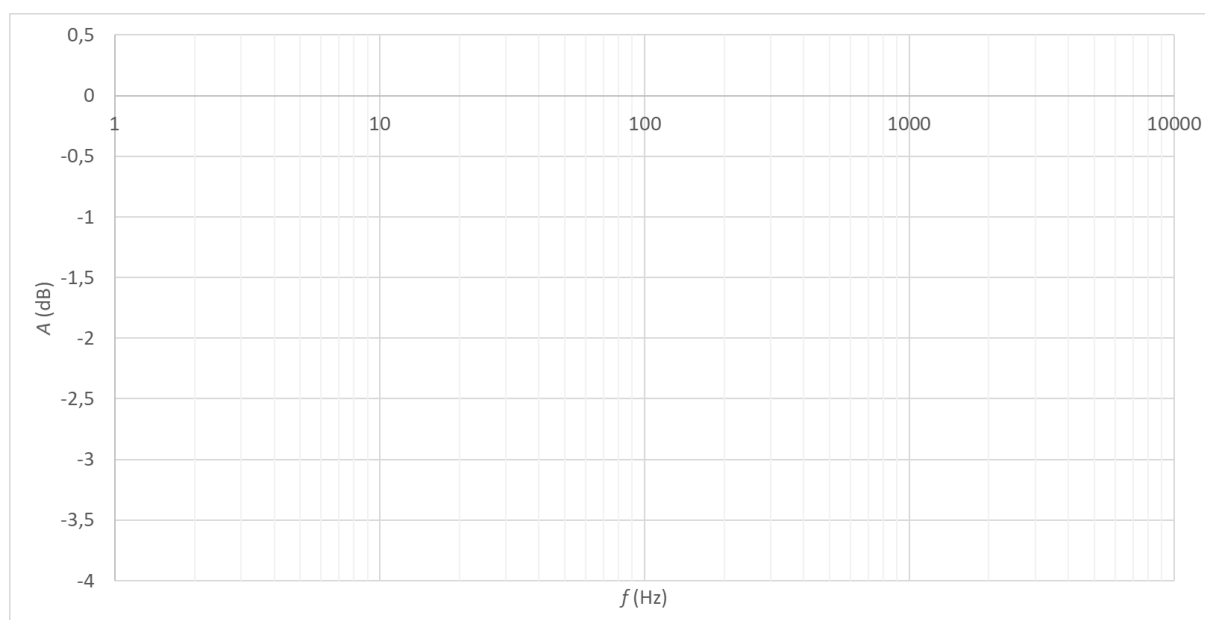
Na frekvenčni karakteristiki označi resonančno frekvenco in pobarvaj področje uporabe filtra.

Izračunana resonančna frekvenca: _____

Odčitana resonančna frekvenca: _____

B: Visoko prepustni filter.

Merilna točka	f (Hz)	U_{VH} (V)	U_{IZH} (V)	A (dB)
1	6			
2	12			
3	22			
4	43			
5	80			
6	160			
7	310			
8	600			
9	1200			
10	2200			



Slika 47: Frekvenčna karakteristika visoko prepustnega filtra.

Na frekvenčni karakteristiki označi resonančno frekvenco in pobarvaj področje uporabe filtra.

Izračunana resonančna frekvenca: _____

Odčitana resonančna frekvenca: _____

8.6 Komentar

9 VAJA: Zajemanje prehodnega pojava s pomočjo LM35 in NTK upora

9.1 Besedilo vaje

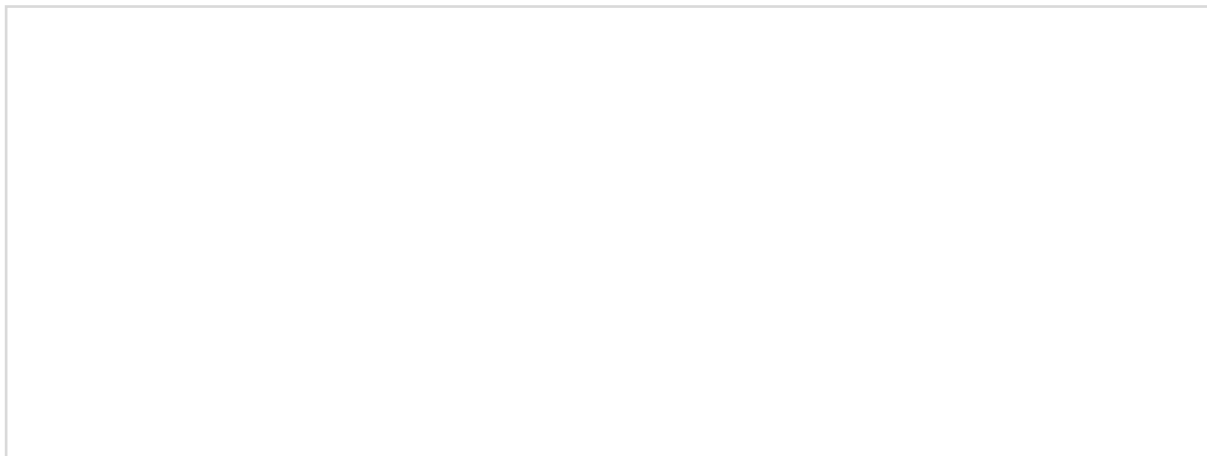
Merjenje temperature je nepogrešljivo na najrazličnejših področjih. Na senzorju temperature LM35 in NTK uporu izmerite prehodni pojav pri spremembi temperature. Glede na to, da gre za počasno spremembo, uporabite na osciloskopu funkcijo »Rool«.

A: Posnemi prehodni pojav temperaturnega senzorja LM35.

B: Posnemi prehodni pojav NTK upora.

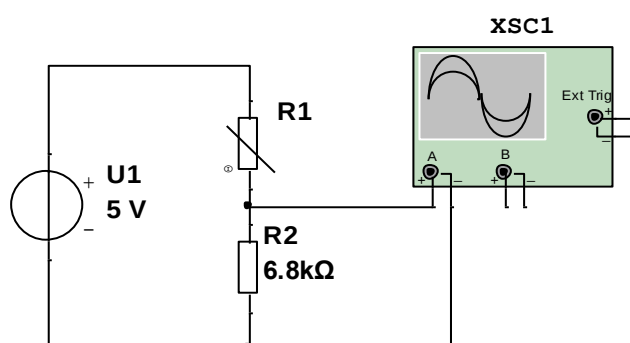
9.2 Shema

A: Narišite shemo priključitve temperaturnega senzorja LM35 na vir napajanja in osciloskop.



Slika 48: Shema priključitve temperaturnega senzorja LM35.

B: Priključitev NTK upora.



Slika 49: Shema priključitve NTK upora.

9.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Enosmerni vir napajanja
- Temperaturni senzor LM35
- Upor 6,8 k Ω
- NTK upor 6,8 k Ω

9.4 Izračun in priprava

A: Izračunaj predvidene izhodne napetosti temperaturnega senzorja LM35 (pomagaj si s podatkovnim listom).

Koliko znaša izhodna napetost pri 0 °C?

Koliko znaša izhodna napetost pri sobni temperaturi?

B: Iz podatkovnega lista izrazi naslednje vrednosti.

Kaj je NTK upor?

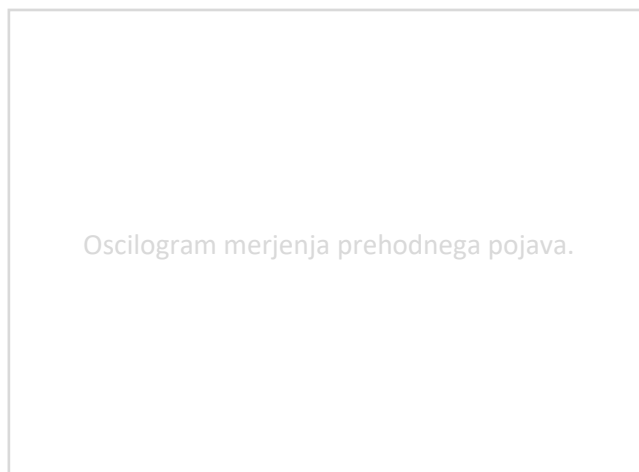
Koliko znaša upornost NTK upora z nazivno upornostjo 6,8 k Ω pri 0 °C?

Koliko znaša upornost NTK upora z nazivno upornostjo 6,8 k Ω pri sobni temperaturi?

9.5 Rezultati meritev

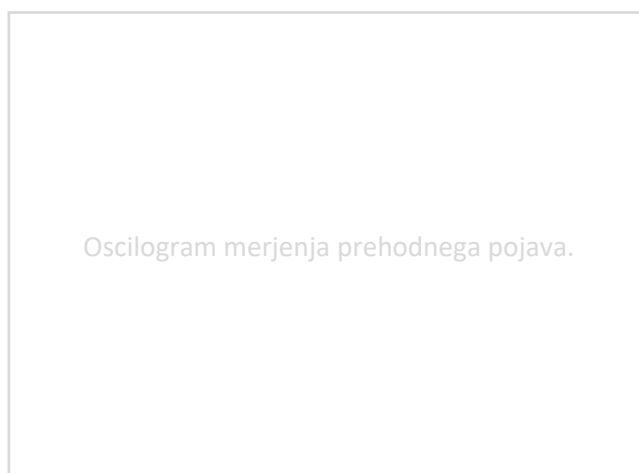
A: Prehodni pojav temperaturnega senzorja LM35.

- Uporabi funkcijo meritev (Measure/CH1 – Rise time/CH1 – Vtop)



Slika 50: Oscilogram prehodnega pojava temperaturnega senzorja LM35.

B: Prehodni pojav NTK upora.



Slika 51: Prehodni pojav pri merenju z NTK uporom.

9.6 Komentar

10 VAJA: Merjenje toka s souporom

10.1 Besedilo vaje

Merjenje toka s pomočjo osciloskopa predstavlja svojevrsten izziv, saj meritve ne moremo izvesti neposredno kot z univerzalnim merilnim instrumentom. Glede na obliko toka (AC, DC) moramo izbrati primerno metodo zajema.

Ena izmed najpreprostejših metod je meritev toka s souporom, kjer detektiramo padec napetosti na souporu. Padec napetosti je sorazmeren velikosti toka. S pomočjo Ohmovega zakona posredno določimo vrednost toka.

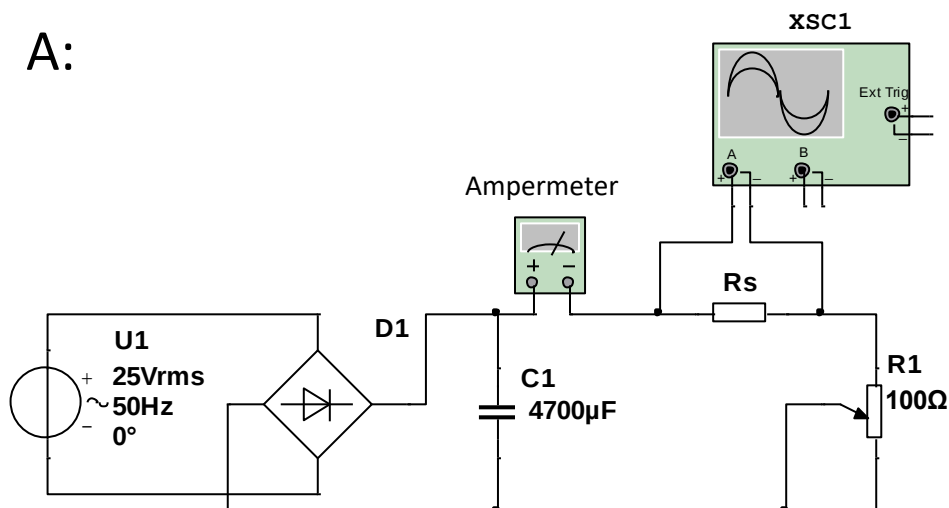
Soupor je upor z nizko vrednostjo upornosti in ničelnim temperaturnim koeficientom, saj v vezju ne želimo povzročati padca napetosti. Prav tako ne želimo, da bi se na uporih trošila moč. Zaradi toplote bi se posledično upor segreval in spremenil svojo nazivno upornost, kar pa bi za posledico imelo nepravilen izračun toka.

Posnemi karakteristiko soupora pri različnih vrednostih toka in določi konstanto k (mV/A).

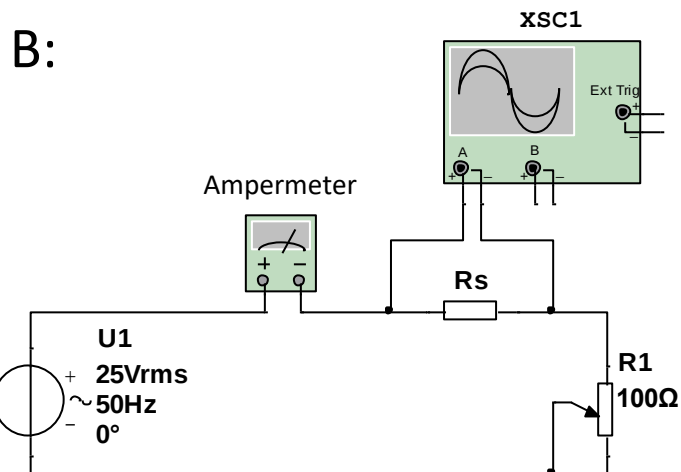
A: Izvedi meritev z enosmernim tokom.

B: Izvedi meritev z izmeničnim tokom.

10.2 Shema



Slika 52: Merjenje toka s souporom na enosmernem viru napajanja.



Slika 53: Merjenje toka s souporom na izmeničnem viru napajanja.

10.3 Popis merilne opreme in merjencev

- Digitalni osciloskop
- Enosmerni vir napajanja
- Izmenični vir napajanja
- Soupore
- Ampermeter
- Drsni upor
- Kondenzator $4700\ \mu F$

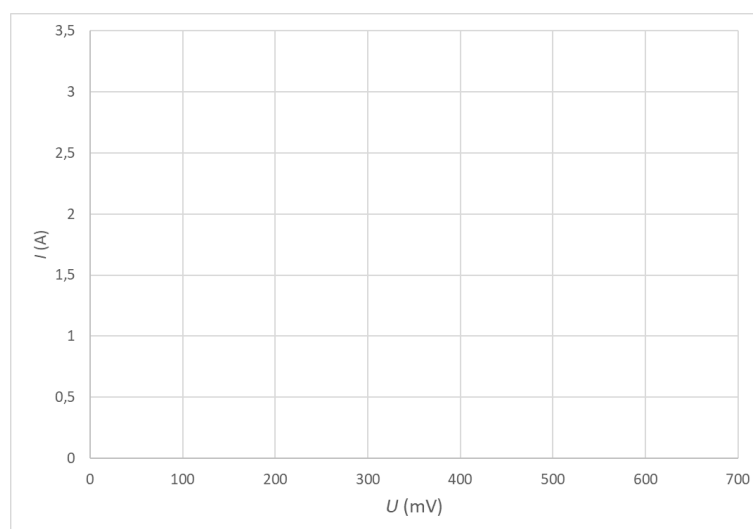
10.4 Izračun in priprava

Ali je soupore namenjen merjenju enosmernih ali izmeničnih oblik toka?

10.5 Rezultati meritev

A: Merjenje enosmernega toka.

I (A)	U (mV)
0,5	
1	
1,5	
2	
2,5	
3	



Slika 54: Karakteristika soupora pri enosmernem toku.

Enačba premice:

$$y = k \cdot x + n \quad (10.1)$$

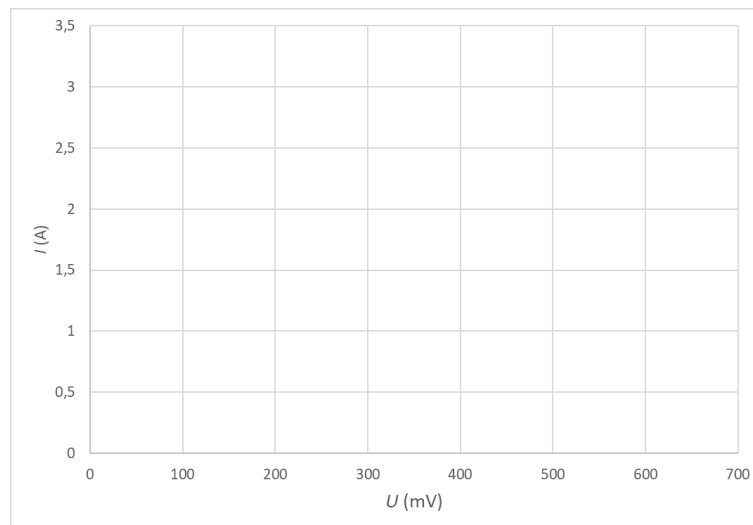
$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \quad (10.2)$$

$$I = k \cdot U = \quad (10.3)$$

Koliko znaša vrednost enosmernega toka pri padcu napetosti 350 mV?

B: Merjenje izmeničnega toka.

I (A)	U (mV)
0,5	
1	
1,5	
2	
2,5	
3	



Slika 55: Karakteristika soupora pri izmeničnem toku.

Enačba premice:

$$y = k \cdot x + n \quad (10.4)$$

$$k = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \quad (10.5)$$

$$I = k \cdot U = \quad (10.6)$$

Koliko znaša vrednost izmeničnega toka pri padcu napetosti 800 mV?

10.6 Komentar

Literatura:

1. Horowitz P., Hill W., *The Art of Electronic*, 3. izdaja, Založba Cambridge University Press, Cambridge, 2015.
2. Lorencon R., *Elektronski elementi in vezja*, Založba Studio Maya, Ljubljana, 1996.
3. Žalar Z., *Osnove elektrotehnike 1*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2002.
4. Bastian P., *Elektrotehniški priročnik*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2013.
5. *Navodila za uporabo osciloskopa Rigol DS*. Dostopno na:
<https://beyondmeasure.rigoltech.com/acton/attachment/1579/f-02f5/1/-/-/-/-/file.pdf>
6. *Nevarnost pri nepravilni priključitvi osciloskopa*. Dostopno na:
<https://www.youtube.com/watch?v=xaELqAo4kkQ> [13.1.2021]
7. *Sonda z merilnim priborom*. Dostopno na:
https://reference.digilentinc.com/_media/reference/instrumentation/bnc-probes/bnc_probes_datasheet.pdf%20%5b [3.1.2020]
8. *Pomen oznak na kondenzatorjih*. Dostopno na: <https://circuitspedia.com/how-to-read-ceramic-capacitor-code-value-104-chart/> [17.12.2020]
9. *Pomen barvnih oznak na tuljavah*. Dostopno na: <https://www.instructables.com/Inductor-Color-Code-Guide/> [17.12.2020]
10. *Aplikacija Resistance Calculator*. Dostopno na: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lpellis.rcalcfree&hl=en&gl=US>

Priloge:

Pomen oznak na kondenzatorjih:

Codes of Ceramic Disc Capacitor

www.circuitspedia.com

Picofarad pF	Nanofarad nF	Microfarad μF	CODE	Picofarad pF	Nanofarad nF	Microfarad μF	CODE
10	0.01	0.00001	100	4700	4.7	0.0047	472
15	0.015	0.000015	150	5000	5.0	0.005	502
22	0.022	0.000022	220	5600	5.6	0.0056	562
33	0.033	0.000033	330	6800	6.8	0.0068	682
47	0.047	0.000047	470	10000	10	0.01	103
100	0.1	0.0001	101	15000	15	0.015	153
120	0.12	0.00012	121	22000	22	0.022	223
130	0.13	0.00013	131	33000	33	0.033	333
150	0.15	0.00015	151	47000	47	0.047	473
180	0.18	0.00018	181	68000	68	0.068	683
220	0.22	0.00022	221	100000	100	0.1	104
330	0.33	0.00033	331	150000	150	0.15	154
470	0.47	0.00047	471	200000	200	0.2	254
560	0.56	0.00056	561	220000	220	0.22	224
680	0.68	0.00068	681	330000	330	0.33	334
750	0.75	0.00075	751	470000	470	0.47	474
820	0.82	0.00082	821	680000	680	0.68	684
1000	1.0	0.001	102	1000000	1000	1.0	105
1500	1.5	0.0015	152	1500000	1500	1.5	155
2000	2.0	0.002	202	2000000	2000	2.0	205
2200	2.2	0.0022	222	2200000	2200	2.2	225
3300	3.3	0.0033	332	3300000	3300	3.3	335

Slika 56: Pomen oznak (številčk) na kondenzatorjih [8].

Pomen barv na tuljavah:

Result Is In μH

4-BAND-CODE

COLOR	1st BAND	2nd BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
BLACK	0	0	1	$\pm 20\%$
BROWN	1	1	10	Military $\pm 1\%$
RED	2	2	100	Military $\pm 2\%$
ORANGE	3	3	1,000	Military $\pm 3\%$
YELLOW	4	4	10,000	Military $\pm 4\%$
GREEN	5	5		
BLUE	6	6		
VIOLET	7	7		
GREY	8	8		
WHITE	9	9		
NONE				Military $\pm 20\%$
GOLD			0.1 / Mil. Dec. Pt.	Both $\pm 5\%$
SILVER			0.01	Both $\pm 10\%$

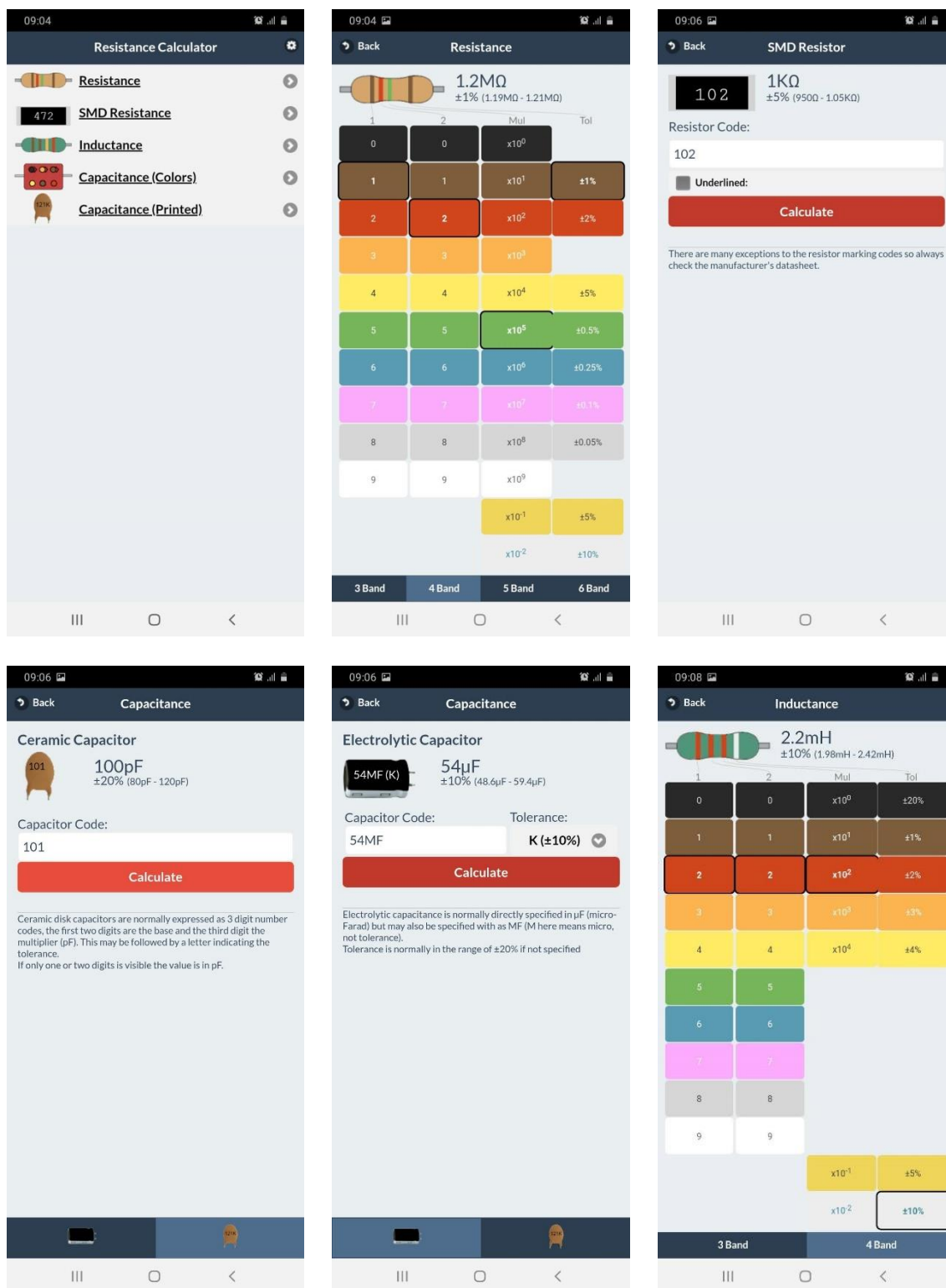
Military Identifier

6.8 μH $\pm 10\%$
MILITARY CODE

Slika 57: Pomen barvnih oznak na tuljavah [9].

Aplikacija Resistance Calculator:

Na spletnem mestu Google Play je na voljo aplikacija Resistance Calculator za pomoč pri odčitavanju vrednosti iz standardnih uporov, SMD uporov, kondenzatorjev in tuljav. V vmesnik natipkamo barve ali številke (Slika 58), ki so na elementu in aplikacija nam poda nazivno vrednost elementa s podanimi tolerancami.



Slika 58: Aplikacija Resistance Calculator [10].