



# Laboratorijske vježbe

## Energetska elektronika

(skripta za lokalnu upotrebu)

## **Praćenje izvršenja vježbi**

Učenik:		Razred:	Nastavna godina:	
Naziv vježbe		Datum izvršenja	Pregledao	Ocjena
1.	Analiza energetske diode u RL krugu			
2.	Analiza energetske diode u RC krugu			
3.	Analiza ponašanja tiristora u strujnom krugu (1/2)			
4.	Analiza ponašanja tiristora u strujnom krugu (2/2)			
5.	Analiza jednofaznih upravljivih ispravljača			
6.	Analiza trofaznih ispravljača			
7.	Analiza principa rada autonomnog izmjenjivača napona i struje			
8.	Analiza principa rada istosmjernih pretvarača			
9.	Analiza rada beskontaktno sklopke (1/2)			
10.	Analiza rada beskontaktno sklopke (2/2)			

## **SADRŽAJ:**

1. Princip rada osciloskopa .....	1
2. Uvod u simulacijski program EWB ver. 5.0 .....	4
3. Laboratorijske vježbe	
1. Analiza energetske diode u RL krugu .....	5
2. Analiza energetske diode u RC krugu.....	9
3. Analiza ponašanja tiristora u strujnom krugu (1/2) .....	13
4. Analiza ponašanja tiristora u strujnom krugu (2/2) .....	16
5. Analiza jednofaznih upravljivih ispravljača .....	20
6. Analiza trofaznih ispravljača .....	22
7. Analiza principa rada autonomnog izmjenjivača napona i struje .....	25
8. Analiza principa rada istosmjernih pretvarača .....	28
9. Analiza rada beskontaktna sklopke (1/2) .....	31
10. Analiza rada beskontaktna sklopke (2/2) .....	33

## OSCILOSKOP princip rada

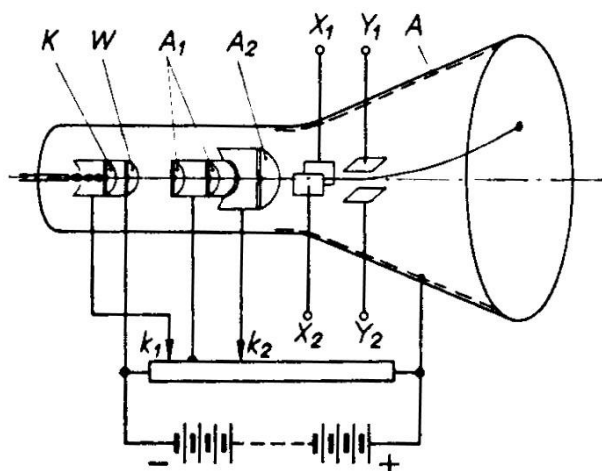
Na osciloskopu sliku mjerene veličine crta tanak snop brzih elektrona koji udara na fluorescentni zastor katodne cijevi.

Snop se otklanja djelovanjem električnih ili magnetskih polja i slijedi njihove promjene, tj. trenutne vrijednosti, sve do najviših frekvencija.

Osnovni dio osciloskopa je katodna cijev s najčešće vrućom katodom. Snop se najčešće otklanja pomoću električnog polja, jer se tako postiže velika ulazna impedancija, velika brzina crtanja i linearnost odnosa između otklona snopa i koji stvara električno polje.

Katodna cijev ima ove osnovne elemente

- ✓ neizravno grijanu katodu koja stvara slobodne elektrone,
- ✓ elektronsku optiku koja fokusira snop upravo na zastoru,
- ✓ sistem za otklanjanje elektronskog snopa i
- ✓ zastor na koji pada snop elektrona i koji pretvara njihovu kinetičku energiju u svjetlosnu

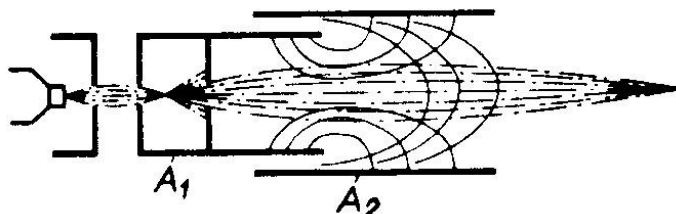


Slika 1. Katodna cijev: K – katoda, W – Wehnelov cilindar, A1, A2 – anode, A – grafitna naslaga na koničnom dijelu cilindra, X1, X2 – pločice horizontalnog otklonskog sistema, Y1, Y2 – pločice vertikalnog otklonskog sistema

Emisioni sloj katode je smješten u o kruglom udubljenju katodne površine pa daje uzak snop elektrona kružnog presjeka.

Wehnelov cilindar s dijafragmom i okruglim otvorom u sredini je neposredno iza katode, na negativnom potencijalu (-20 do -40 V), te zbog toga djelomično usnopljava elektronski snop duž osi cijevi. Promjenom potencijala cilindra prema katodi, kliznikom **k1**, mijenjamo snop elektrona, a time i svjetlinu mrlje na zastoru, što je glavni zadatak cilindra. Uz dovoljno velik negativni napon možemo spriječiti protok elektrona, a time će nestati i svijetla mrlja na fluorescentnom zastoru.

Anode **A1** i **A2**, koje su pozitivnije za nekoliko stotina ili tisuća volti, ubrzavaju elektrone prema zastoru i također svojim oblikom i potencijalnom razlikom usnopljuju elektronski snop tako da fokus snopa bude upravo na zastoru (sl. 2). Razlika potencijala između anoda se podešava kliznikom **k2**.



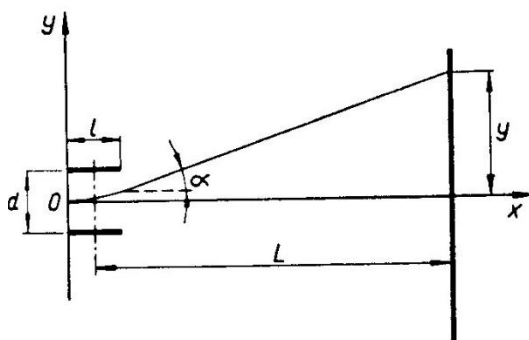
Slika 2. Elektronska optika katodne cijevi

Elektroda **A** je grafitna naslaga na unutarnjoj stijeni koničnog dijela katodne cijevi. Služi za naknadno ubrzanje elektronskog snopa nakon prolaska kroz otklonske pločice.

Otklon  $y$  na zastoru može se izraziti formulom (sl. 3):

$$y = \frac{U \cdot l \cdot L}{2 \cdot U_a \cdot d}$$

gdje je  $U$  . . . . napon primijenjen na pločice (V)  
 $U_a$  . . . . anodni napon (V)  
 $l$  . . . . duljina pločica (m)  
 $d$  . . . . razmak između pločica (m)  
 $L$  . . . . udaljenost zastora (m)

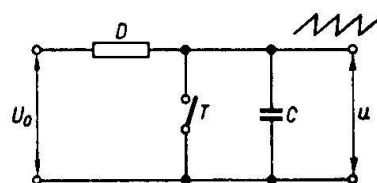
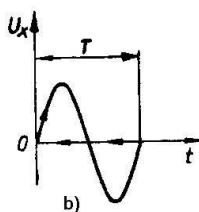
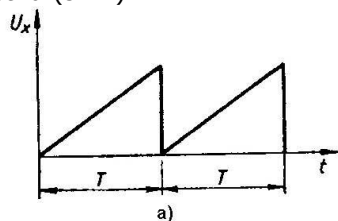


Slika 3. Određivanje otklanjanja elektronskog snopa

**Relativna statička osjetljivost  $S_r$**  otklonskih pločica definirana je omjerom otklona  $y$  svijetle mrlje i napona  $U$  koji je izazvao taj otklon i daje se u mm/V i iznosi od 0,1 – 2 mm/V.

Zastor katodne cijevi je premazan s unutrašnje strane fluorescentnim materijalom, kojemu je zadatak da pretvori što veći dio kinetičke energije elektronskog snopa u svjetlost. Zastor mora i nakon uzbuđivanja emitirati svjetlost kraće ili duže vrijeme, tj. treba imati svojstvo **persistencije**. Za promjenjivu sliku traži se manja persistencija kako bi slika bila jasnija, dok za promatranje prijelaznih pojava koje se ne ponavljaju traži velika persistencija. (0,1μs – 10s).

Ako želimo promatrati mjerenu napon u funkciji vremena, potrebno je dovesti mjereni napon na npr. pločice vertikalnog otklonskog sistema, dok na pločice horizontalnog otklonskog sistema treba dovesti takav napon koji će dati snopu jednoliku brzinu kretanja slijeva nadesno. Kada snop dođe do desnog kraja mora se što brže vratiti u početni položaj na lijevom kraju. Tom zahtjevu odgovara generator pilastog napona, čiji napon linearno raste i periodički nakon vremena  $T$  pada od najveće vrijednosti na početnu (sl. 4).



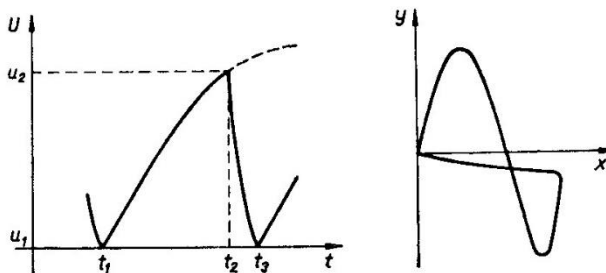
Slika 4.a) pilasti napon

b) slika na zastoru katodne Cijevi kada je na vertikalne pločice priključen sinusni, a na horizontalne pilasti napon

Slika 5. pojednostavljena principijelna shema generatora pilastog napona

U osnovi se pilasti napon dobiva pomoću posebnog elektroničkog sklopa kojim se odgovarajući kondenzator redom najprije puni konstantnom strujom a zatim naglo prazni. Dio toga sklopa je pojednostavljeno prikazan na slici 5. Napon će na kondenzatoru rasti linearno jedino ako struja punjenja bude konstantna, što treba osigurati element  $D$ , koji može biti npr. otpornik konstantnog otpora, pa se u tom slučaju napon na kondenzatoru puni po eksponencijalnom zakonu. Kada napon na kondenzatoru dosegne u trenutku  $t_2$  određenu vrijednost napona  $u_2$  zatvori se tipka i počinje naglo pražnjenje kondenzatora preko tipke zbog njezinog višestruko manjeg otpora od otpora  $R$ .

Kada u trenutku  $t_3$  padne napon na kondenzatoru na početnu vrijednost, tipka se ponovo otvori i započinje novi period pilastog napona. Napon izvora treba biti znatno veći od napona  $u_2$ , jer tada nabijanje kondenzatora teče po približno pravocrtnom dijelu eksponencijalne krivulje nabijanja. Ako tom zahtjevu nije udovoljeno, kao i kad trajanje pražnjenja kondenzatora nije kratko dobivamo iskrivljen oscilogram snimane pojave (sl. 6 i 7).



Slika 6. pilasti napon dobiven nabijanjem kondenzatora iz istosmjernog izvora preko otpora R

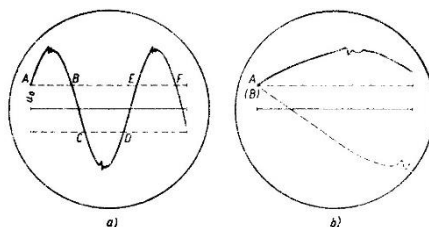
Slika 7. slika na zastoru katodne cijevi kada je na vertikalne otklonske pločice priključen sinusni napon, a na horizontalne napon prema slici 6

Da bi se dobila mirna slika neke periodičke pojave na zastoru osciloskopa, mora odnos između frekvencije mjerene pojave i frekvencije pilastog napona biti cijeli broj, koji se ne mijenja za vrijeme promatranja. Ne smije se mijenjati ni fazni pomak. Takvo održavanje međusobnog odnosa zove se **sinhronizam**.

Da bi se postigao pouzdan sinhronizam potrebno je omogućiti utjecaj napona mjerene veličine na rad generatora pilastog napona, što se i postiže **okidnom vremenskom bazom** koja okida jednu periodu pilastog napona tek nakon djelovanja odgovarajućeg signala (po volji izabran trenutak okidanja unutar jedne periode mjerene veličine). Za svako slijedeće okidanje potreban je ponovni signal, a može se dobiti ili od same mjerene veličine ili iz nekog drugog vanjskog izvora. Izbor trenutka okidanja obavlja se najčešće ugađanjem nivoa napona mjenenog signala kod kojeg dolazi do okidanja.

Na slici 8a dolazi do okidanja u točki A kada promatrani napon postiže iznos  $u_0$ , koji se može po volji mijenjati od neke donje granice do tjemene vrijednosti promatranog napona. Na slici 8b do okidanja dolazi kod istog napona  $u_0$ , ali je vrijeme porasta pilastog napona odabrano pet puta kraće, pa se može promatrati samo jedan dio periode. Do ponovnog okidanja došlo bi već u točki B pa bi se na oscilogramu vidio i dio pojave koji se ne želi promatrati (crtkano na slici 8b). Da bi se to izbjeglo dodaje se još jedan sklop koji omogućava okidanje samo kada je derivacija promatranog napona po vremenu pozitivna (točke A, E) a ne negativna ili obratno (točke B, F). U točkama C i D neće doći do okidanja jer je napon  $u_0$  negativan.

Svijetla mrlja na zaslonu se vidi samo za vrijeme porasta pilastog napona a ugašena je za vrijeme povrata i mirovanja. To je potrebno jer bi se za vrijeme mirovanja pilastog napona dobila svijetla točka velikog inteziteta na mjestu odakle počinje otklanjanje. Modulacija inteziteta svijetle mrlje postiže se pravokutnim naponom na Wehneltovu cilindru koji ima pozitivnu vrijednost samo za vrijeme porasta pilastog napona.



Slika 8. Primjena okidne vremenske baze: a) trajanje porasta pilastog napona jednako 3/2 periode promatrane pojave; b) trajanje porasta jednako 3/10 periode promatrane pojave

# SIMULACIJSKI PROGRAM ELEKTRONICS WORKBENCH Ver 5.0

Electronics Workbench ver. 5 je program koji simulira elektronički laboratorij.

Pomoću ovog programa i odgovarajućeg računala moguće je simulirati rad većine analognih elektroničkih sklopova i na taj način predvidjeti sve probleme koji bi nastali u praktičnoj realizaciji sklopa. Korisniku računala je na raspolaganju niz elektroničkih komponenata kao i elektronički mjerni instrumenti koji se najčešće koriste u elektroničkim mjerenjima. Program Electronics Workbench ver 5 radi u Windows okruženju i koristi SPICE modele za modeliranje nelinearnih analognih komponenata. Korisnik programa može birati između idealnog i realnog modela elektroničke komponente ili pak može sam kreirati svoj model.

Sklopovi energetske elektronike su u pravilu "skupi", rade na relativno visokim naponima i strujama. Simulacijom energetskih elektroničkih sklopova može se vidjeti ponašanje sklopa, te na njemu izvesti pokuse koji su nekada neizvodljivi u praksi radi mogućnosti oštećenja sklopova i opasnosti od strujnog udara.

Tijekom simulacijskih vježbi učenici će savladati tehniku rada sa osnovnim "alatom" kojim će se koristiti iz predmeta Energetska Elektronika.

Nastavnik zadaje strujni sklop prema vježbi u nastavku skripte, a učenici izvode simulaciju tog sklopa uz pomoć programa Electronics Workbench 5.0. Na taj se način upoznaju sa osnovnim elementima programa, komponentama koje se u njemu koriste, instrumentima i načinima podešavanja tih instrumenata. Dobivene rezultate komentiraju sa predmetnim nastavnikom i upisuju grafička i brojčana rješenja u pripremljena izvješća.

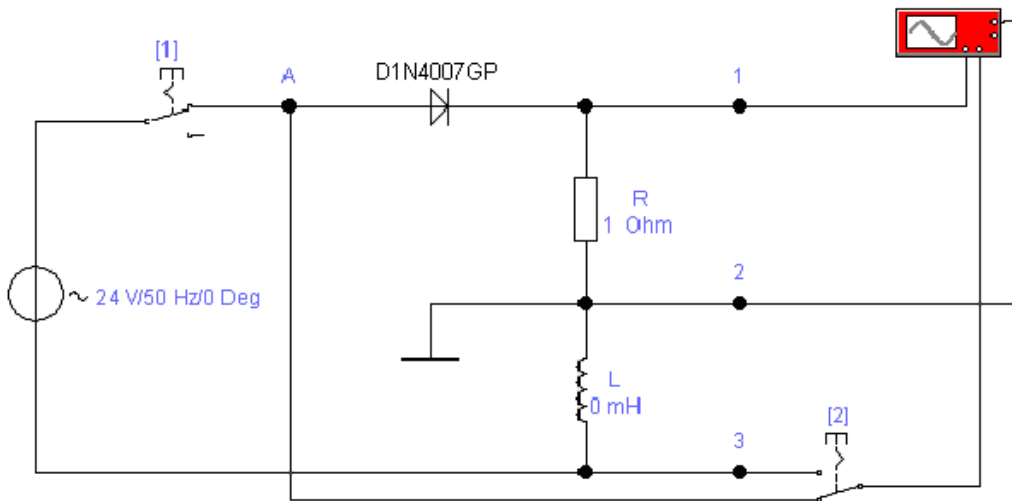
Napomena:

Pogledati dokumentaciju pod nazivom **EWB\_tutorial.pdf** za više informacija o ovom programskom alatu (dokument je na englskom jeziku).

## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.
2. Uz uključenu sklopku "1" i zadane vrijednosti nacrtati graf napona u točki A ( $U_A$ ) – ulazni napon i napon na otporu "R" ( $U_R$ ) – koji odgovara struji diode ( $I_d$ ). Tijekom promatranja signala na osciloskopu, ulazni signal promatrati na ulazu "AC", a izlazni signal (signal struje) na ulazu "DC", radi preglednosti na ekranu K.O. tijekom snimanja jednog signala drugi signal isključiti prebacivanjem ulaza na "0".
3. Na osnovu analize zaključiti o ponašanju diode u zadanom strujnom krugu.
4. Vrijednost induktiviteta postaviti na  $L_1=50\text{mH}$ . Nacrtati graf ulaznog napona ( $U_A$ ), struje ( $I_d$ ) i pada napona na induktivitetu ( $U_L$ ), uz prebacivanje sklopke "2" u točku "3".
5. Ponoviti radnje pod točkom 4. za  $L_2=150\text{mH}$  i  $L_3=500\text{mH}$ .

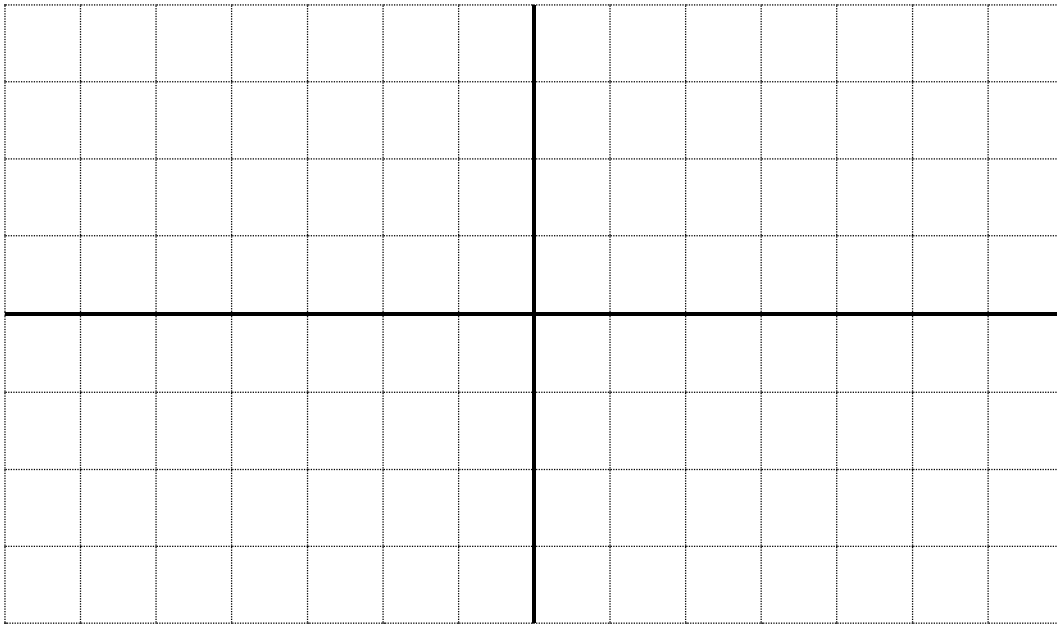
## električna shema





**valni oblici napona i struje:**

Uključena sklopka 1,  $R=1\Omega$ ,  $L=0\text{mH}$

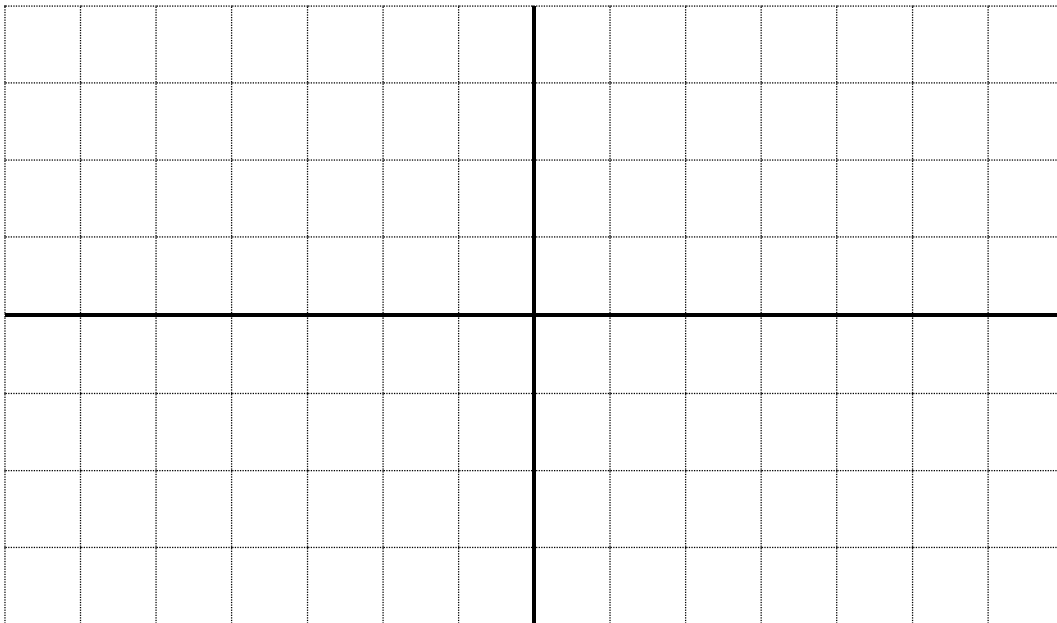


Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka 2 u točki 3,  $R=1\Omega$ ,  $L=50\text{mH}$

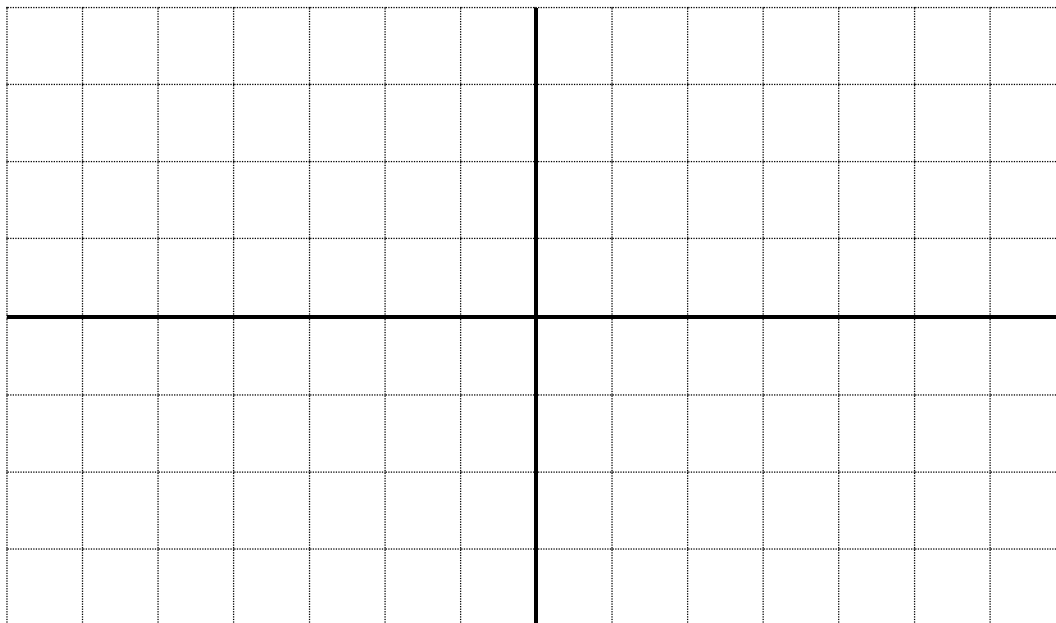


Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka 2 u točki 3,  $R=1\Omega$ ,  $L=150\text{mH}$

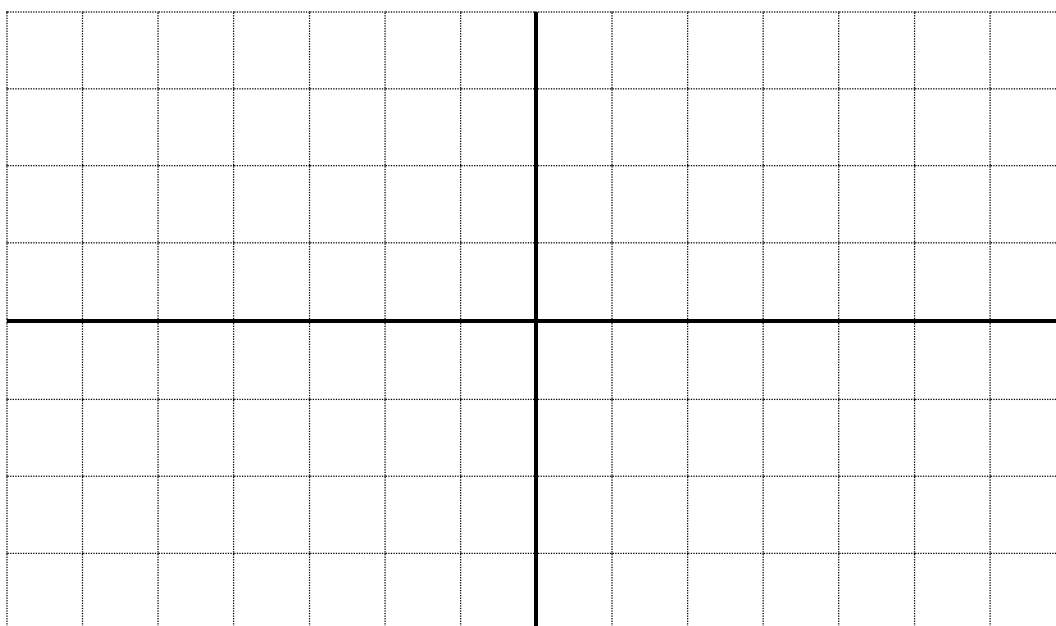


Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka 2 u točki 3,  $R=1\Omega$ ,  $L=500\text{mH}$



Time base:

Channel A:

Channel B:



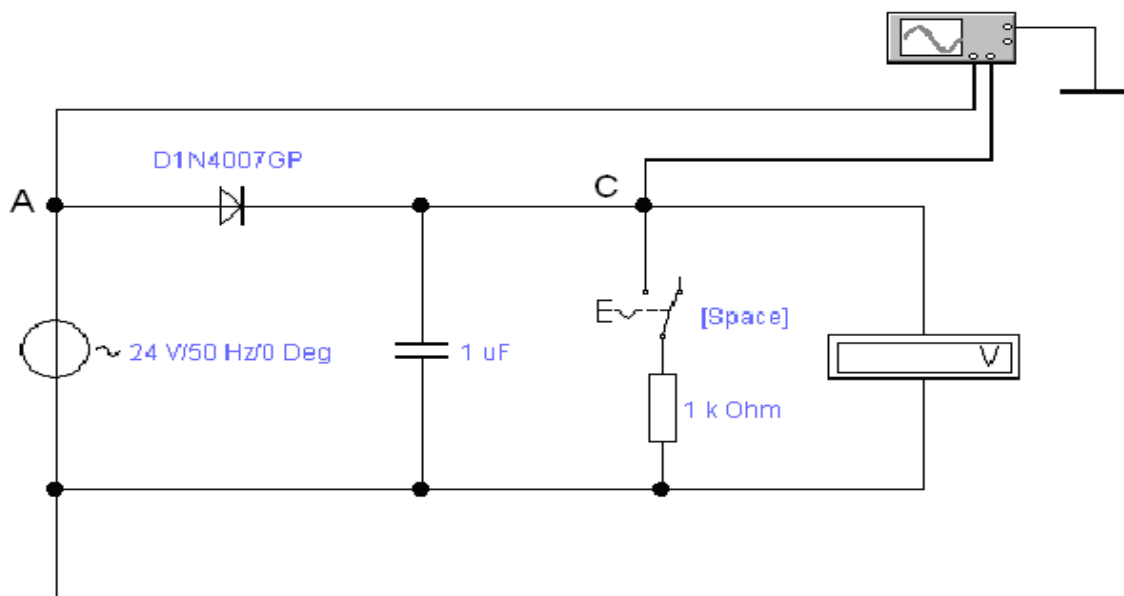
## **UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:**

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.
2. Nacrtať graf ulaznog napona ( $U_A$ ) i napona na trošilu ( $U_C$ ) uz isključenu sklopku. Oba grafa treba nacrtati pri istoj osjetljivosti osciloskopa i obavezno navesti mjerilo. Ispod grafa upisati napon koji pokazuje voltmeter.

Ponoviti točku 2 uz uključenu sklopku i slijedeće postavke R i C:

3.  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$
4.  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$
5.  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$
6.  $R = 100 \text{ }\Omega$ ,  $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$

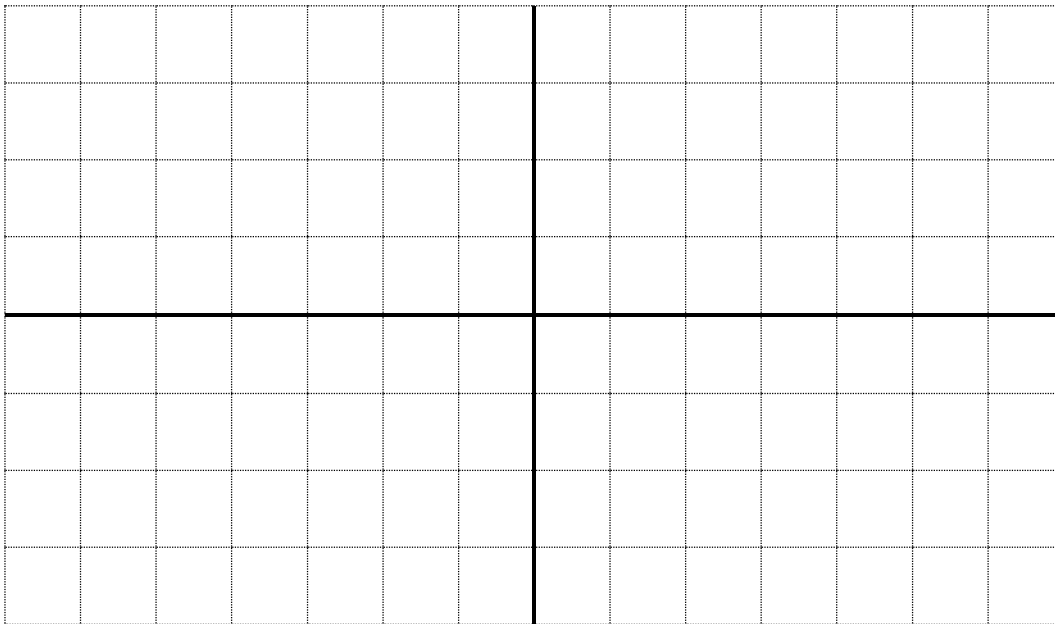
## **električna shema**



**valni oblici napona i struje:**

Isključena sklopka,  $R = \infty$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$

$U = V$



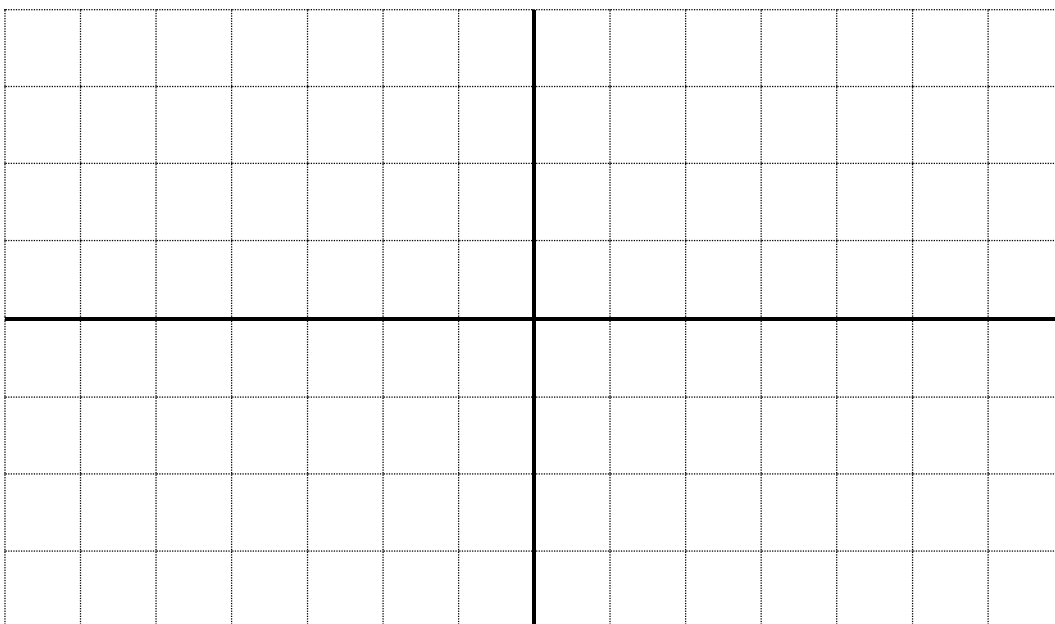
Time base:

Channel A:

Channel B:

Uključena sklopka,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$

$U = V$



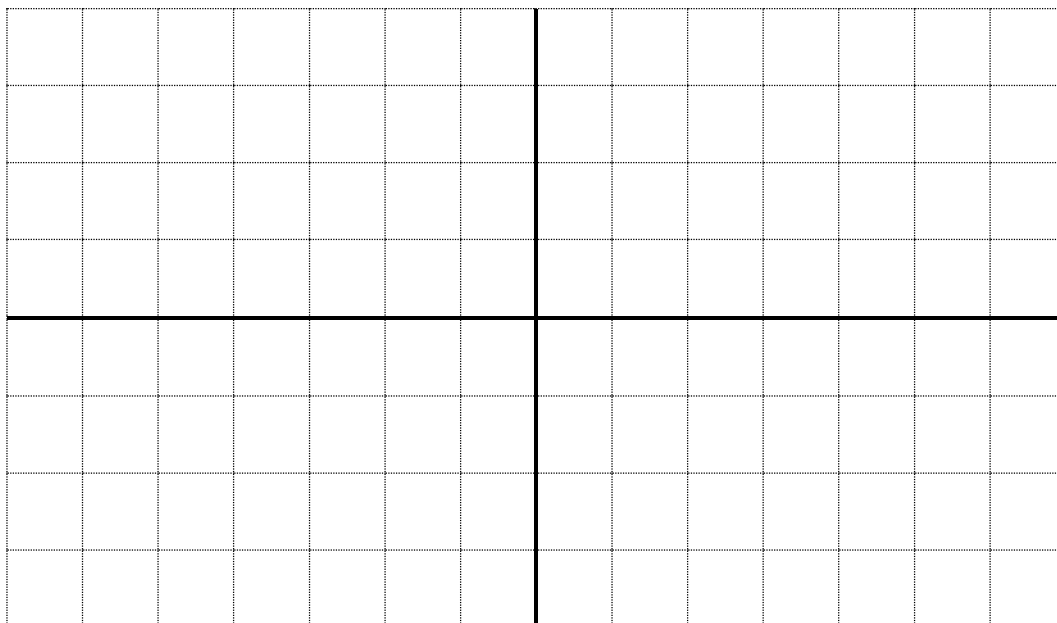
Time base:

Channel A:

Channel B:

Uključena sklopka,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$

$U = V$



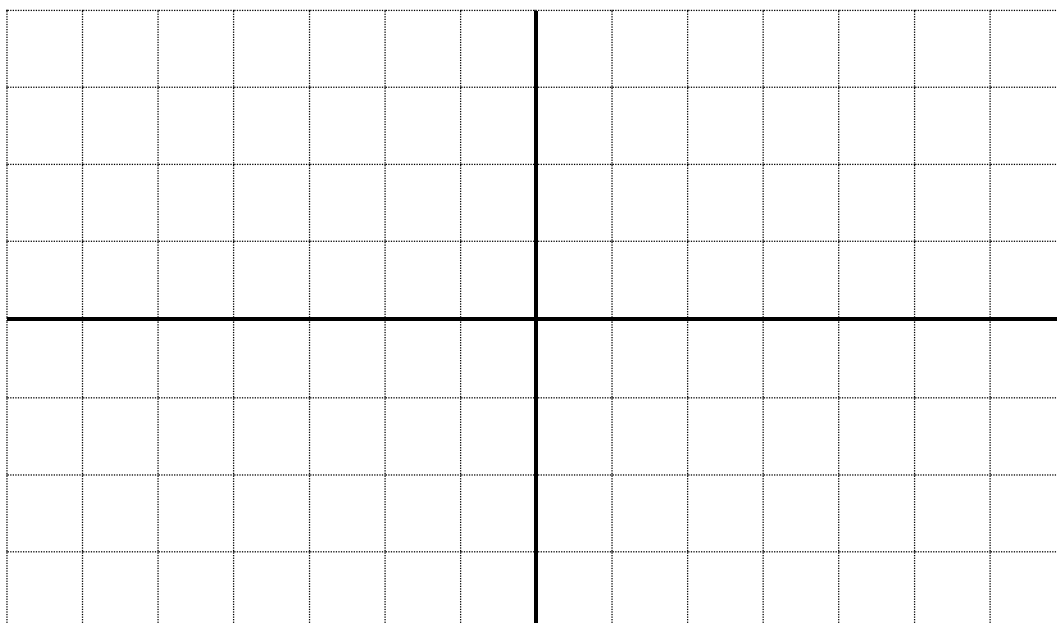
Time base:

Channel A:

Channel B:

Uključena sklopka,  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$

$U = V$



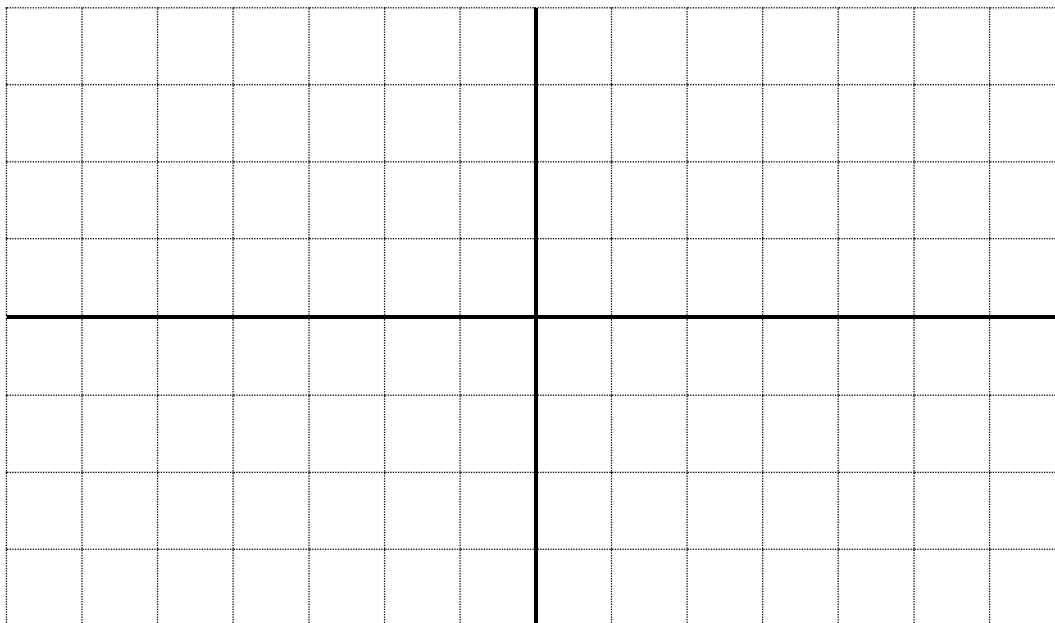
Time base:

Channel A:

Channel B:

Uključena sklopka,  $R= 100 \Omega$ ,  $C=100 \mu\text{F}$

$U = V$



Time base:

Channel A:

Channel B:

### **PITANJA I ZADACI:**

1. U kakvom su odnosu napon izvora i napon na trošilu na prvom grafu? Zašto je valovitost napona na trošilu nula?
2. U kakvom su odnosu vremenska konstanta RC člana ( $\tau = R \cdot C$ ) i valovitost napona na trošilu?
3. Na kojem grafu je napon na trošilu najmanji i zašto?

### **ODGOVORI NA PITANJA:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

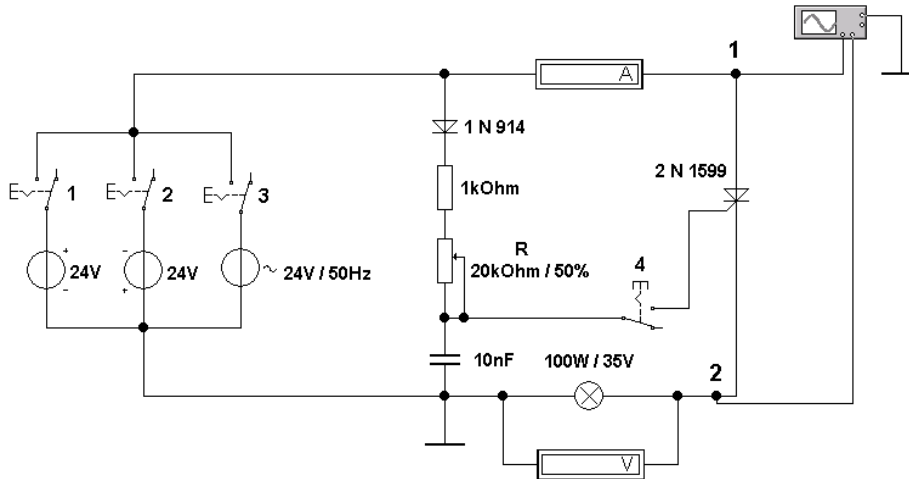
---

---

## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.

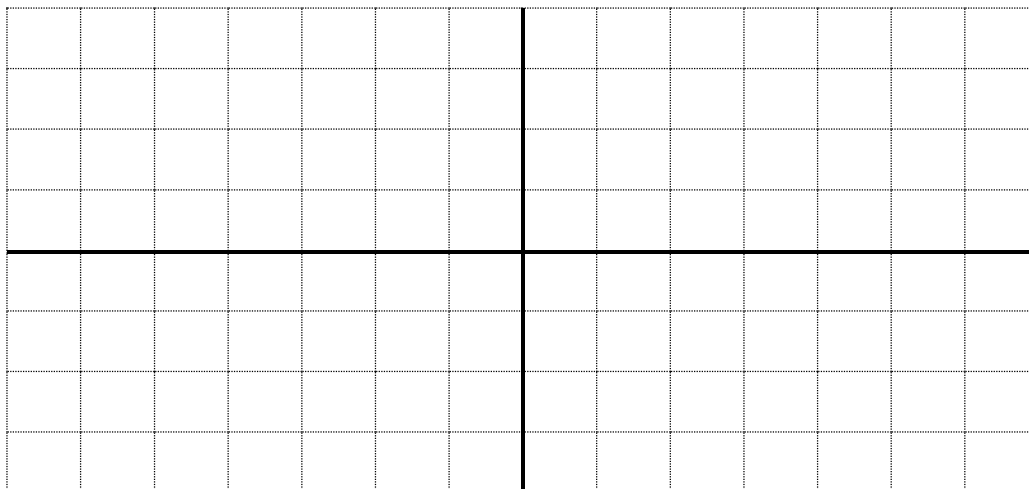
### električna shema



2. Nacrtaj graf napona izvora (točka 1) i napona na trošilu (točka 2), te očitaj i upiši na predviđena mjesta struju izvora  $I$  i pad napona na žarulji (trošilu), za sve slijedeće slučajeve:

Sklopke: 1-ON, 4-OFF

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Što možemo zaključiti ?

---

---

---

---

---

---

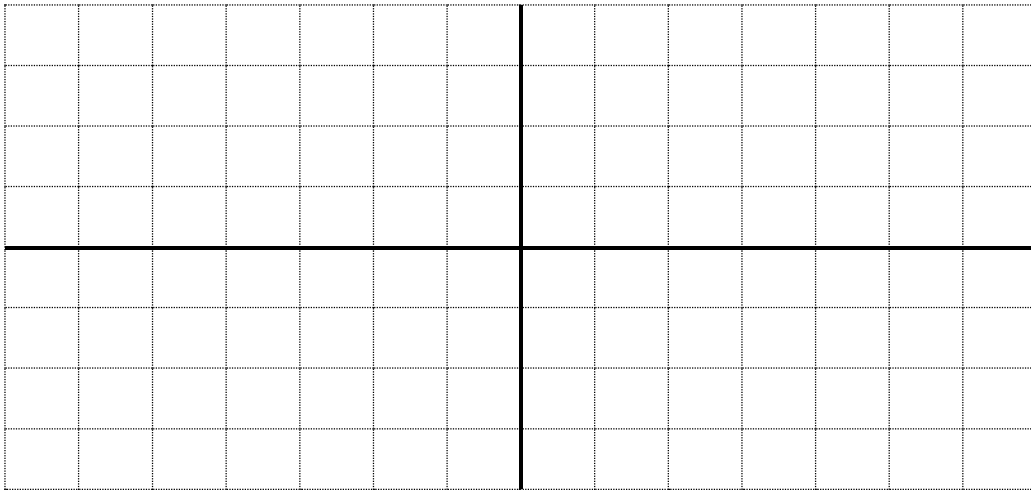
---

---



Sklopke: 1-ON, 4-ON (uključena pobuda)

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

U kojem je stanju tiristor ?

---

---

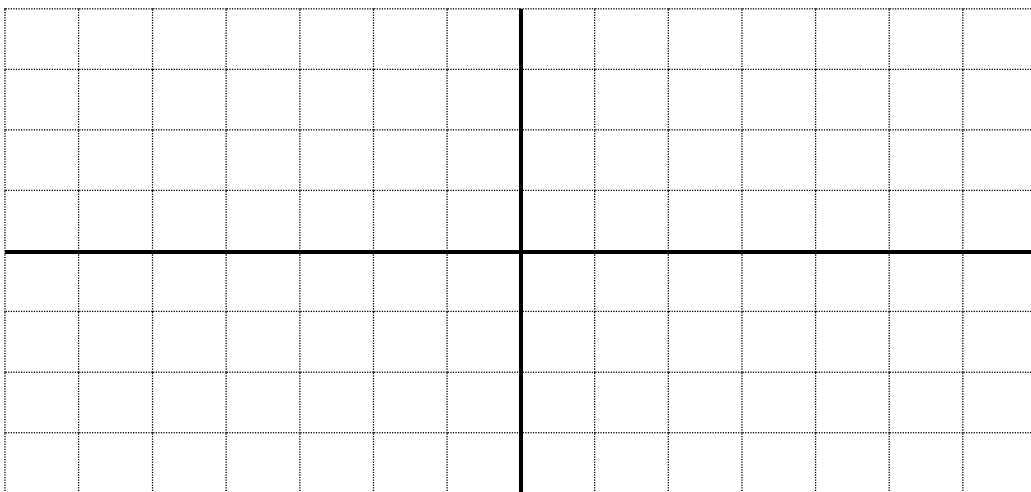
---

---

---

Sklopke: 1-ON, 4-OFF (isključena pobuda)

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Ustanovi jeli došlo do promjene u strujnom krugu !

---

---

---

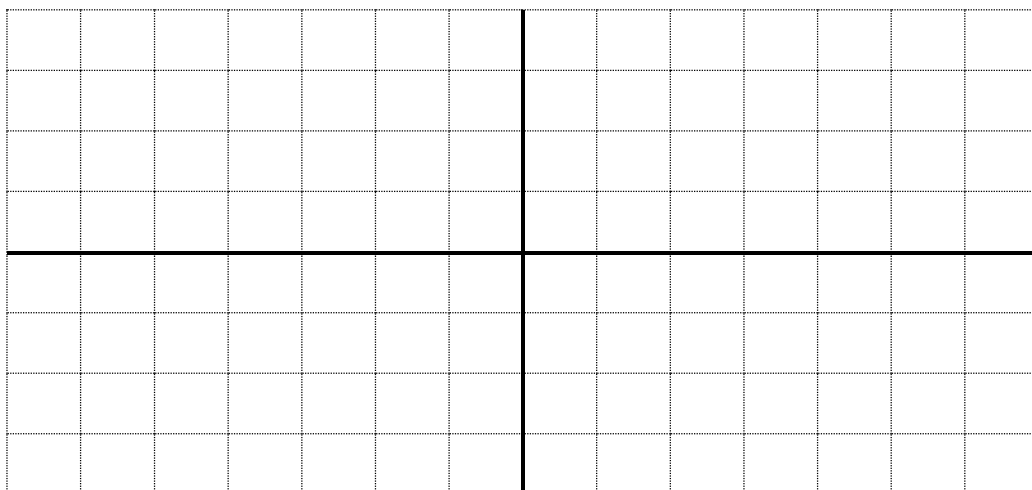
---

---

---

Sklopke: 1-OFF, 4-OFF, 2-ON

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Analiziraj nastalo stanje, zatim uključi sklopku 4 (pobudu tiristora) i provjeri jeli se što promijenilo.

---

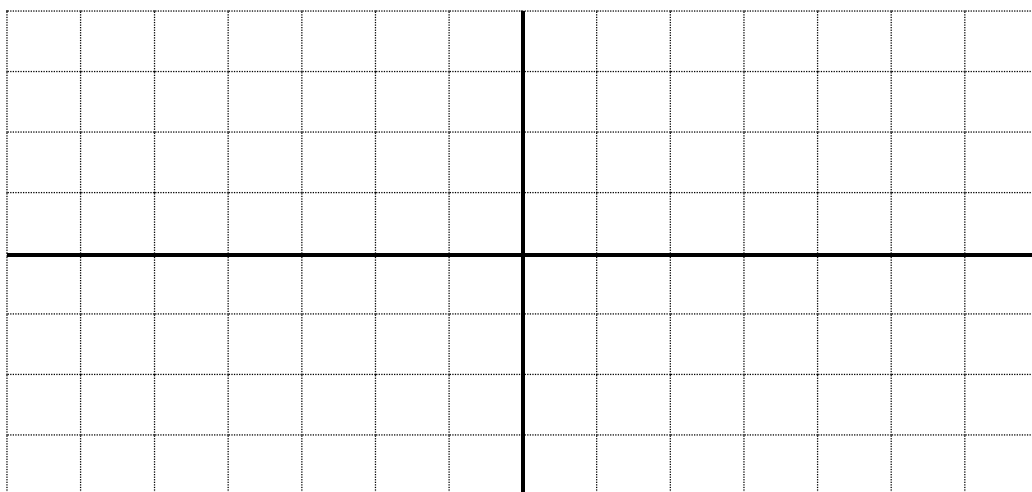
---

---

---

Sklopke: 1-OFF, 4-OFF, 2-OFF, 3-ON

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Tiristor je spojen u izmjenični strujni krug. U kojem je stanju tiristor ?

---

---

---

---

---

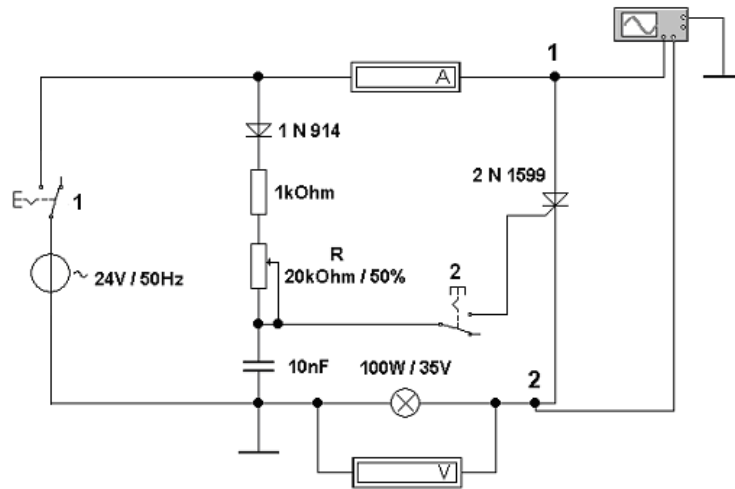
---

---

## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.

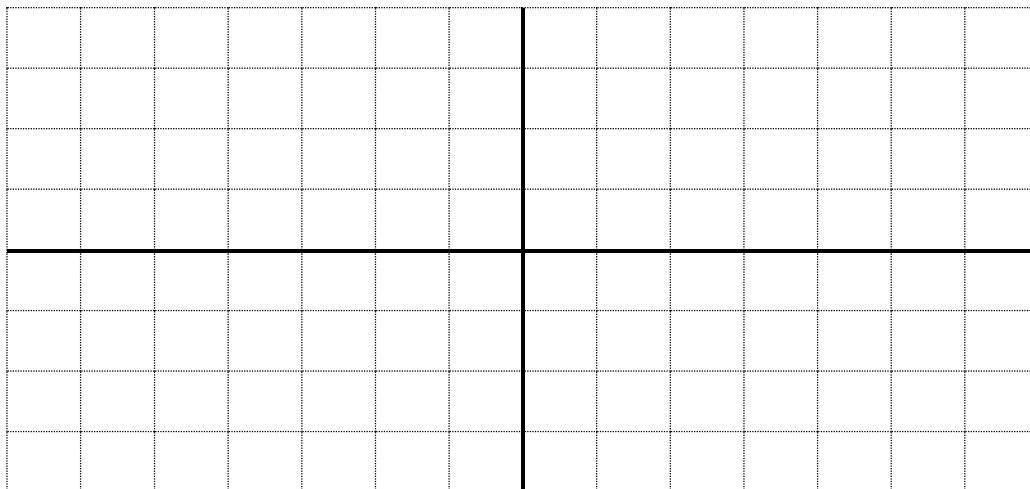
### električna shema



2. Nacrtaj graf napona izvora (točka 1) i napona na trošilu (točka 2), te očitaj i upiši na predviđena mjesta struju izvora  $I$  i pad napona na žarulji (trošilu), za sve slijedeće slučajeve:

Sklopke: 1-ON, 2-OFF

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Tiristor je spojen u izmjenični strujni krug. U kojem je stanju tiristor ?

---

---

---

---

---

---

---

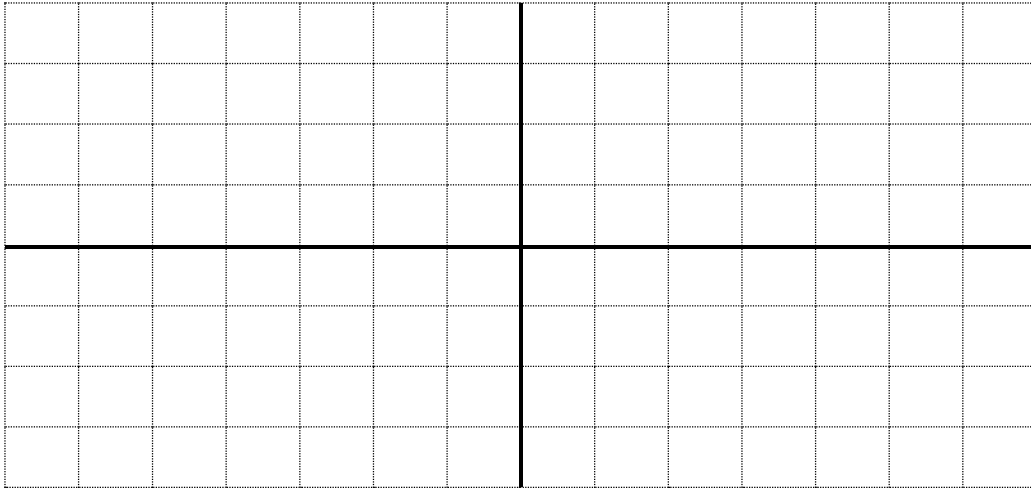
---

---

---

Sklopke: 1-ON, 2-ON R=20kΩ/0% (finoća reg. 1%)

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Kako se ponaša tiristor ?

---

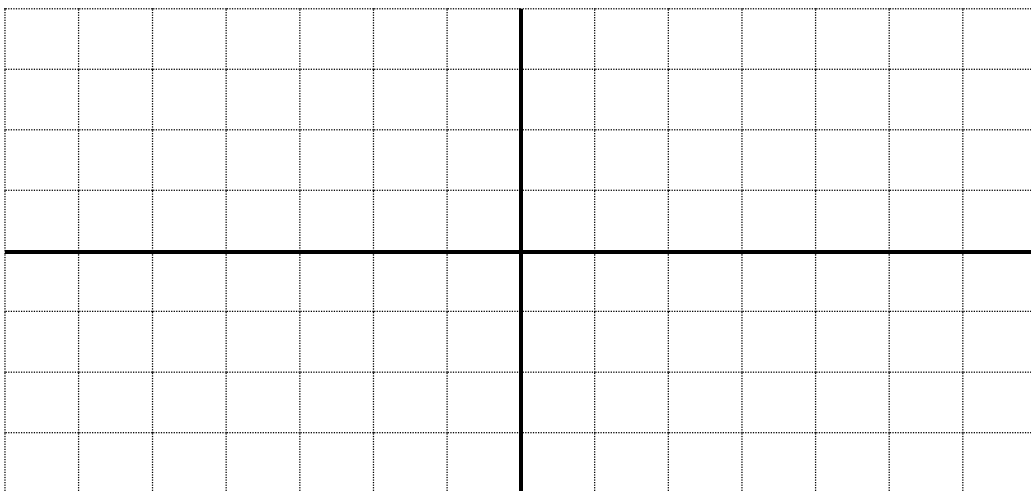
---

---

---

Sklopke: 1-ON, 2-ON R=20kΩ/50%

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

Postupno povećavaj vrijednost otpora **R** i promatraj oblik i vrijednost napona na žarulji. Što se može zaključiti?

---

---

---

---

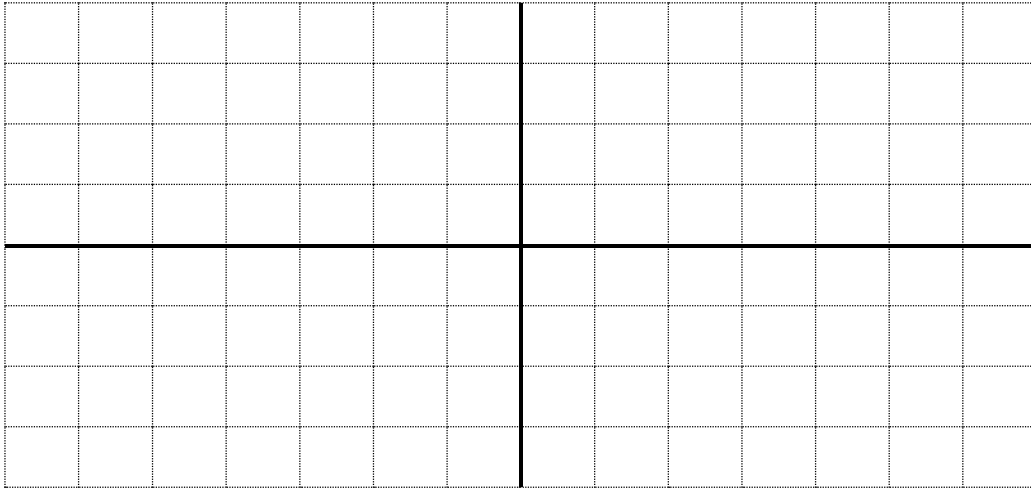
---

---

---

Sklopke: 1-ON, 2-ON R=20kΩ/75%

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

---

---

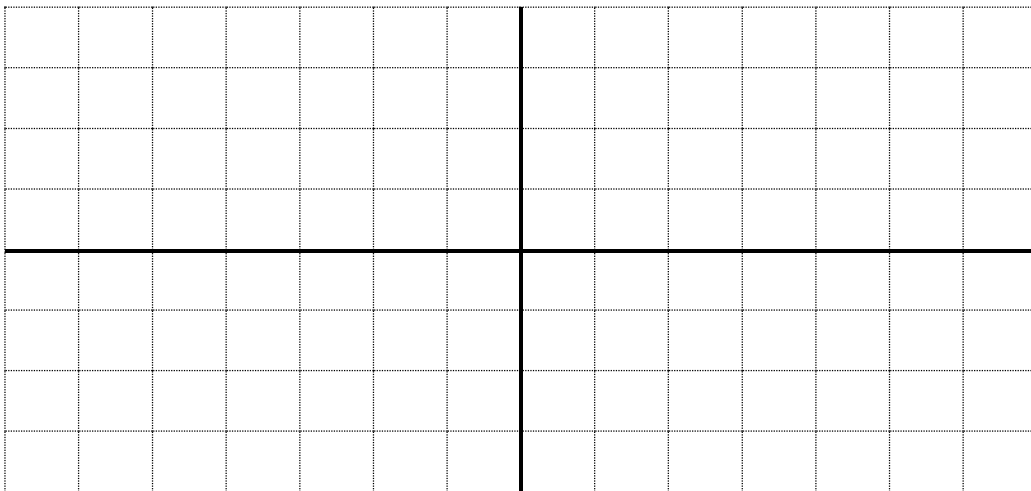
---

---

---

Sklopke: 1-ON, 2-ON R=20kΩ/\_\_\_ %

$U_z = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $I = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Kod koje vrijednosti otpora **R** tiristor prestaje voditi? Kojem kutu vođenja to odgovara ?

---

---

---

---

---

---

---

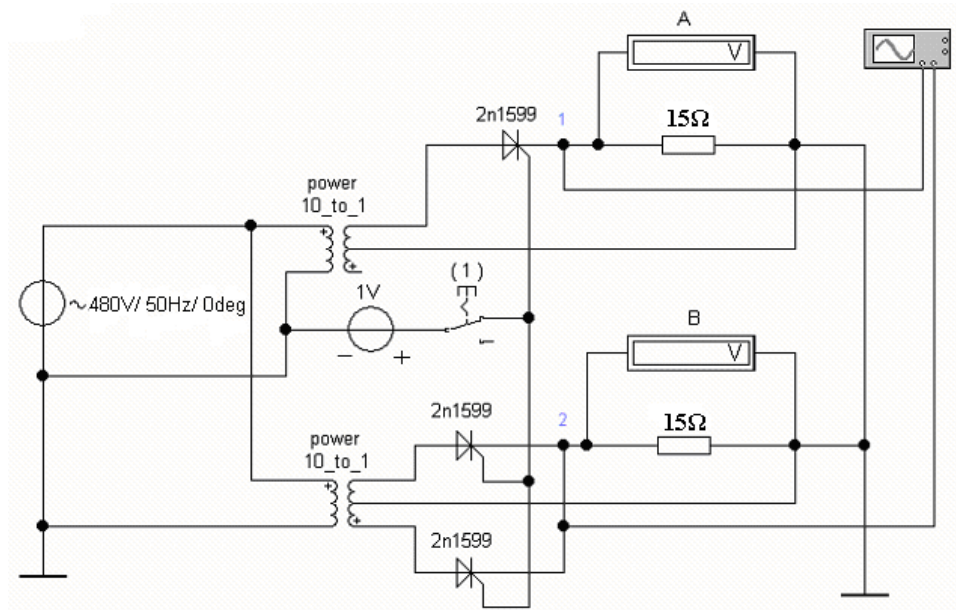
---



## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.

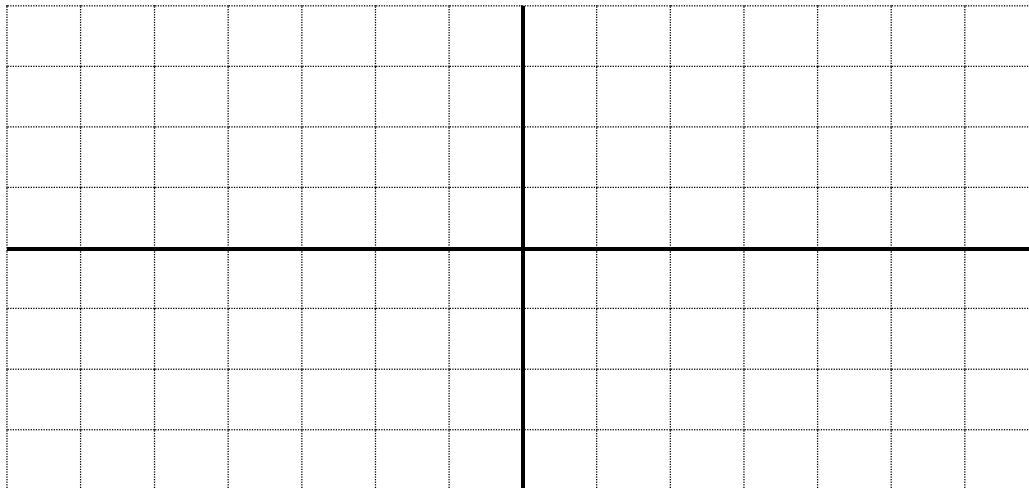
### električna shema



2. Analiziraj strujne krugove poluvalnog i punovalnog ispravljača prikazanog na shemi bez uključene pobude. Nacrtaj grafove padova napona na otporima (točke 1 i 2), te očitaj i upiši na predviđena mjesta padove napona na otporima za slijedeće slučajeve:

Sklopka: 1-OFF

$U_A = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $U_B = \underline{\hspace{2cm}}$ .



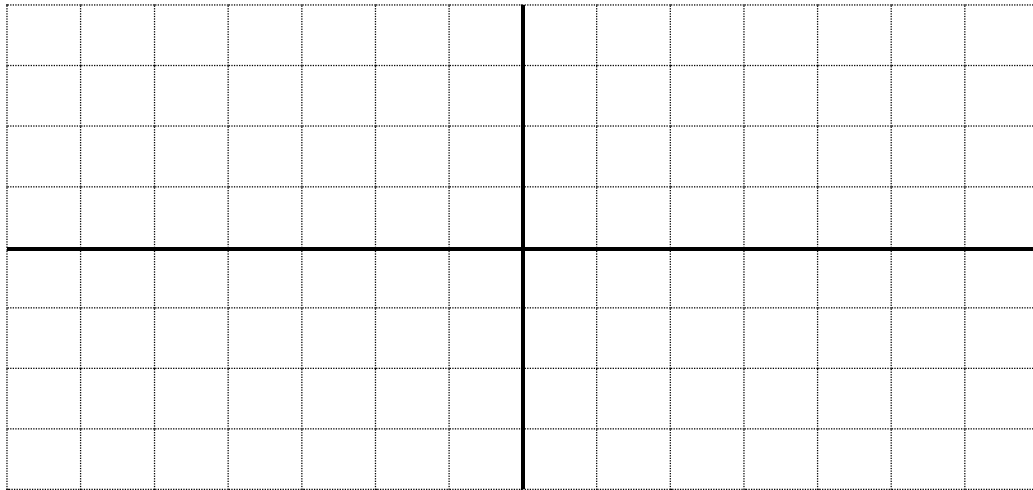
Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka: 1-ON (uključena pobuda)

$U_A = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $U_B = \underline{\hspace{2cm}}$ .



Time base:

Channel A:

Channel B:

3. Analiziraj dobivene rezultate.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. U čemu je razlika između diodnog i tiristorskog ispravljača?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

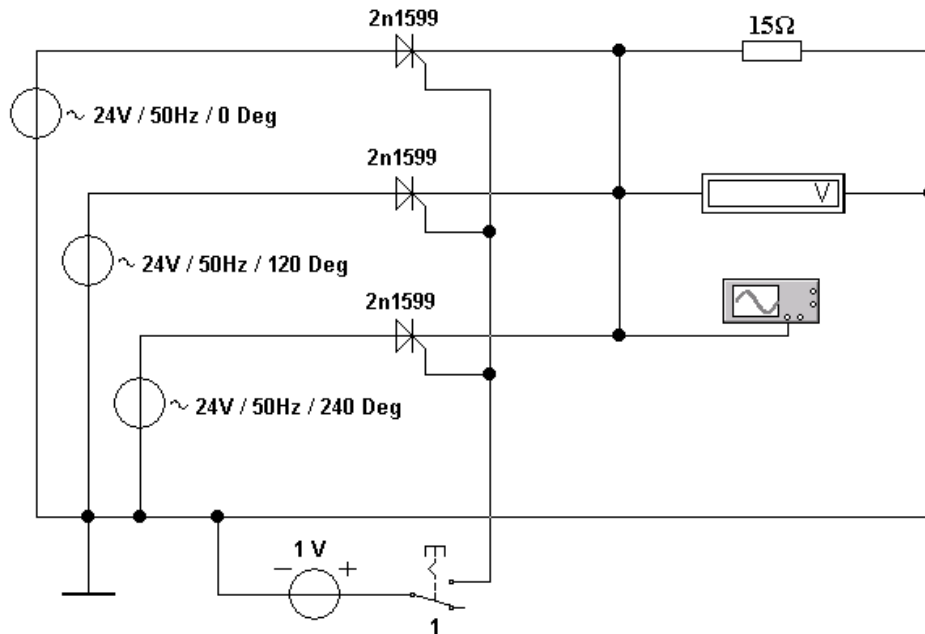
---



## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopova prema električnim shemama u programu Electronics Workbench.

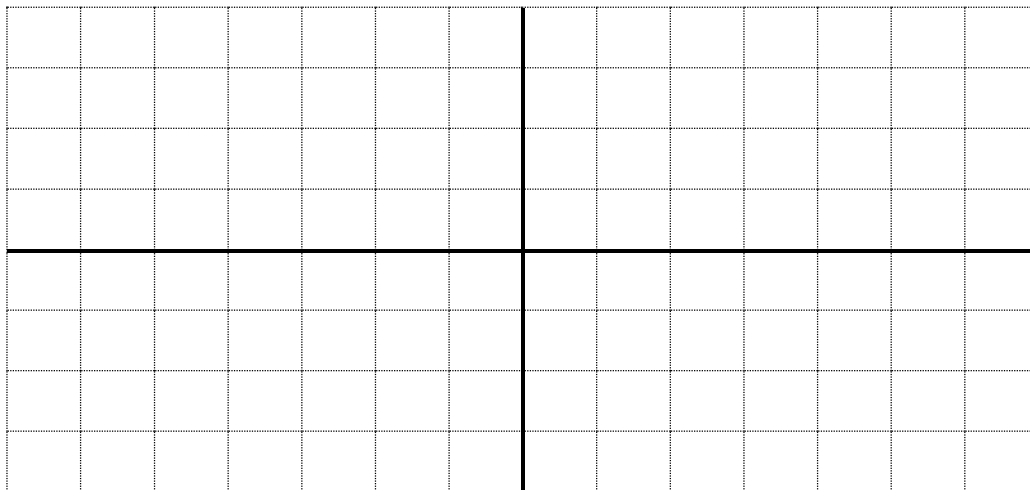
### električna shema (trofazni poluvalni ispravljač)



2. Tri jednofazna izvora s faznim pomakom  $120^\circ$  zamjenjuju trofaznu mrežu. Nacrtaj graf napona na trošilu, te očitaj i upiši na predviđeno mjesto napon na trošilu za slijedeće slučajeve:

Sklopka: 1-OFF

U = \_\_\_\_.



Time base:

Channel A:

Channel B:

Analiziraj dobivene rezultate.

---

---

---

---

---

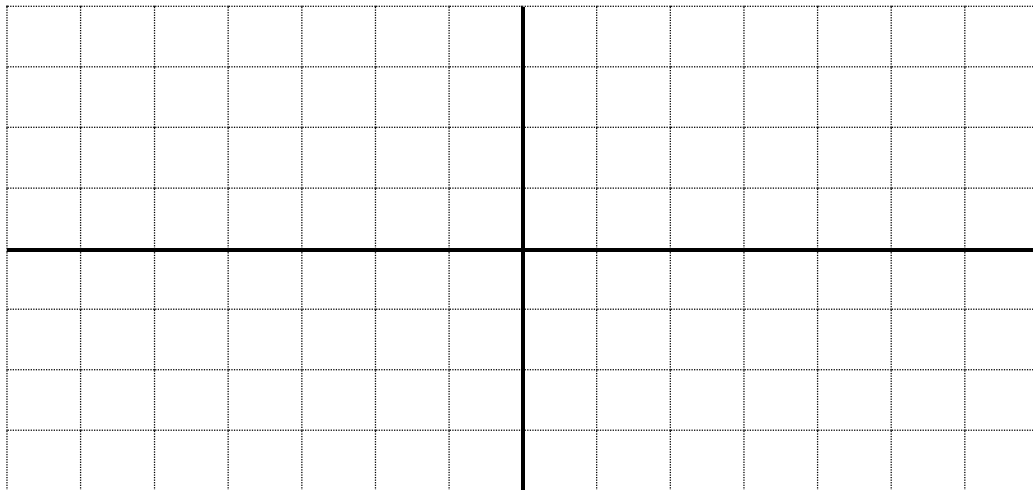
---

---

---

Sklopka: 1-ON (uključena pobuda)

U = \_\_\_\_.



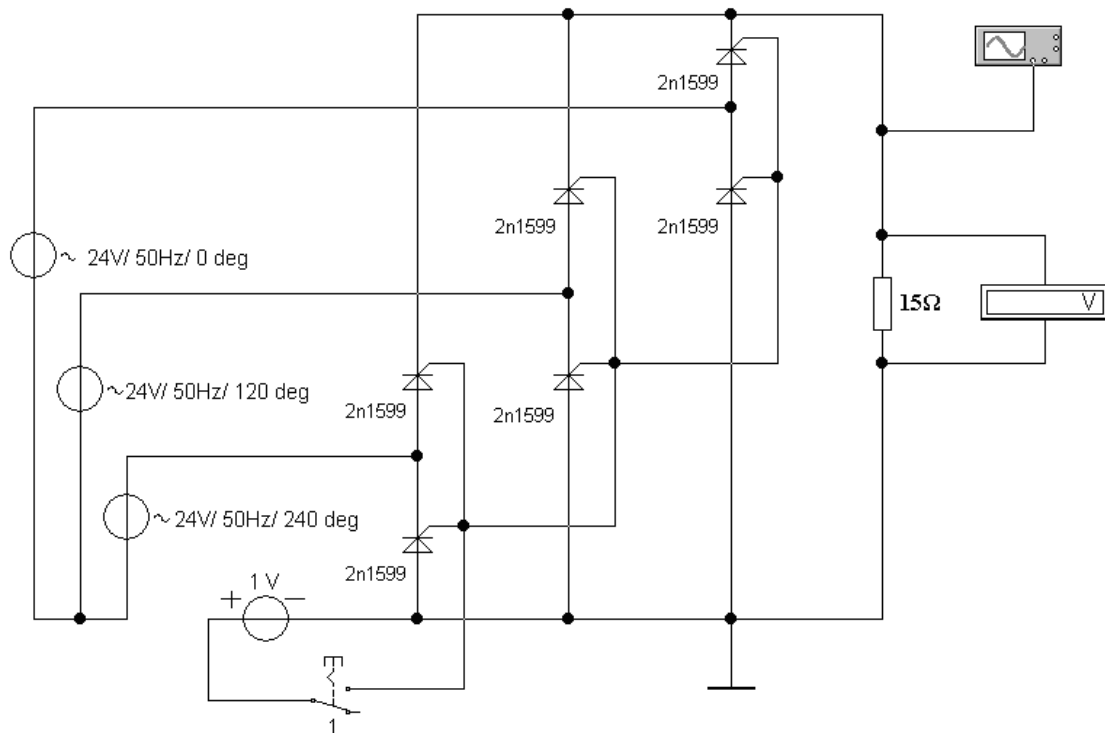
Time base:

Channel A:

Channel B:

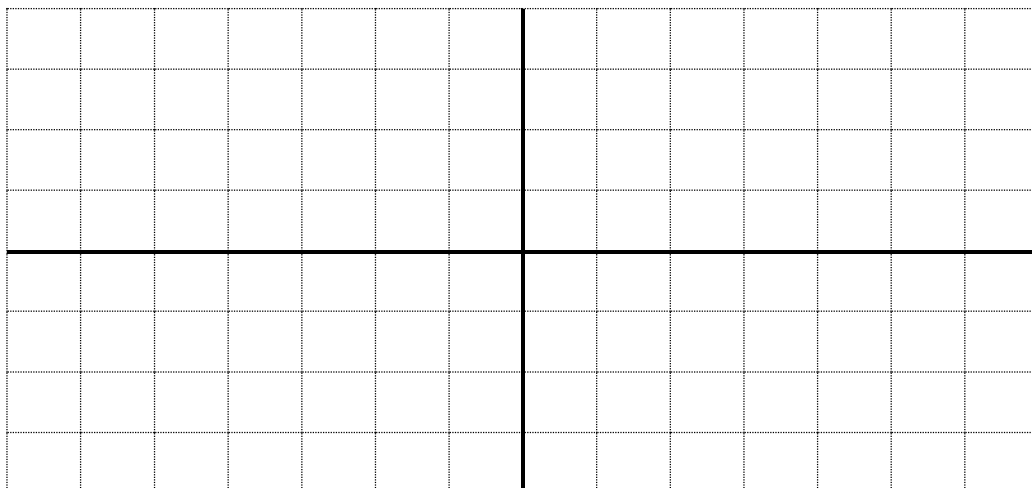
Dokaži (grafom) da u periodi ulaznog napona ( $T=1/f=1/50\text{Hz}=20\text{ms}$ ) imamo tri promjene napona trošila.

### **električna shema (trofazni punovalni ispravljač – mosni spoj)**



Sklopka: 1-OFF

U = \_\_\_\_.



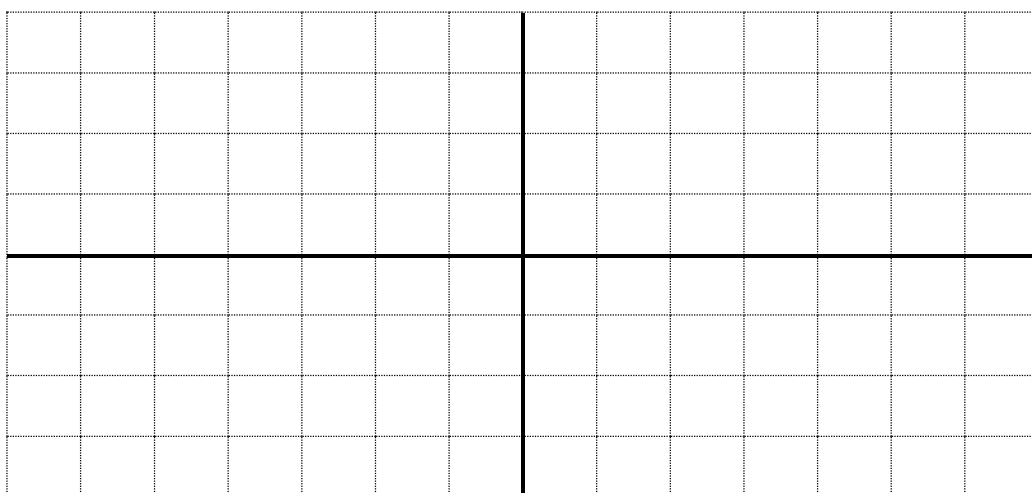
Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka: 1-ON (uključena pobuda)

U = \_\_\_\_.



Time base:

Channel A:

Channel B:

Dokaži (grafom) da u jednoj periodi ulaznog napona ( $T=1/f=1/50\text{Hz}=20\text{ms}$ ) imamo dvostruko više promjena napona trošila.

Usporedi jednofazni (5. vježba) i trofazni ispravljač.

---

---

---

---

---

---

---

---

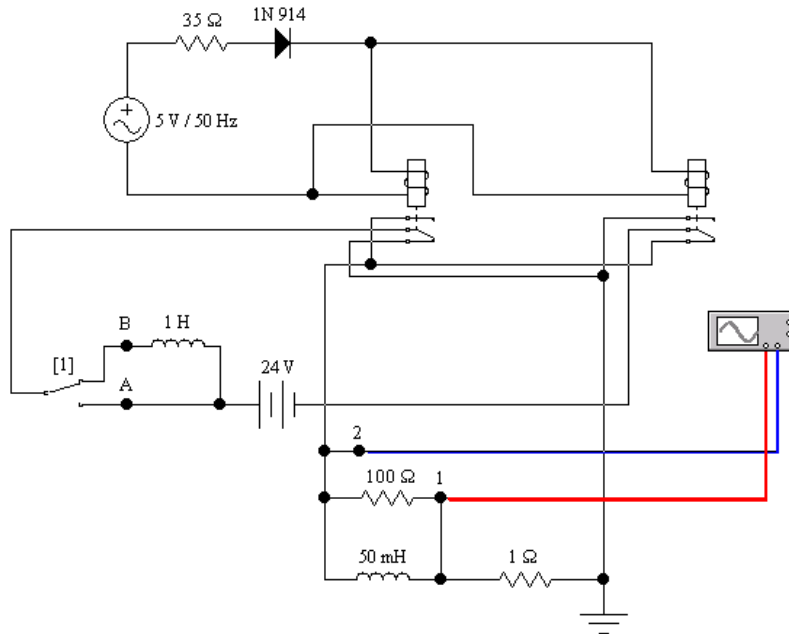
---

---

## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

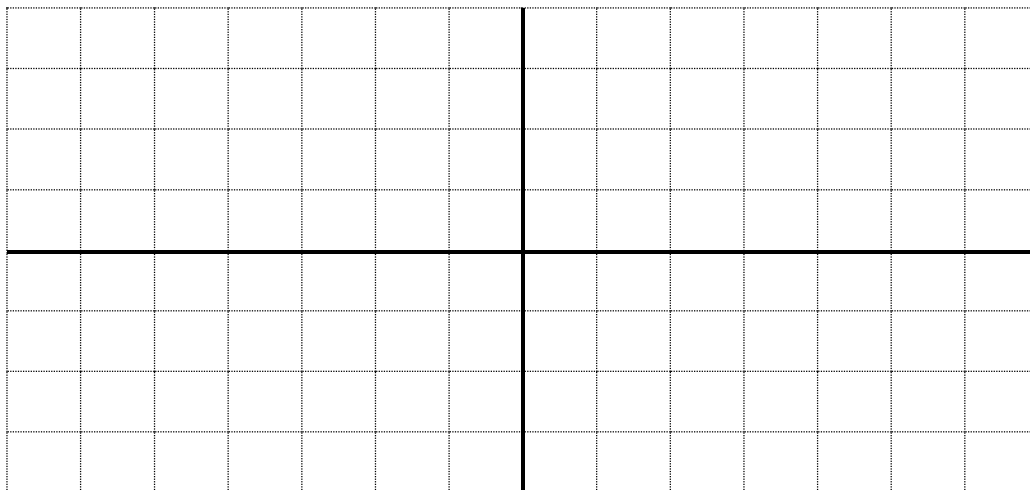
1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench. Dva releja s preklopnim kontaktima zamjenjuju četiri komutacijska tranzistora ili tiristora.

### električna shema



2. Nacrtaj graf struje (točka 1) i napona (točka 2) za sljedeće slučajeve:

Sklopka: 1-A,  $L = 50 \text{ mH}$



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

Objasni zašto sklop radi kao izmjenjivač s naponskim ulazom.

---

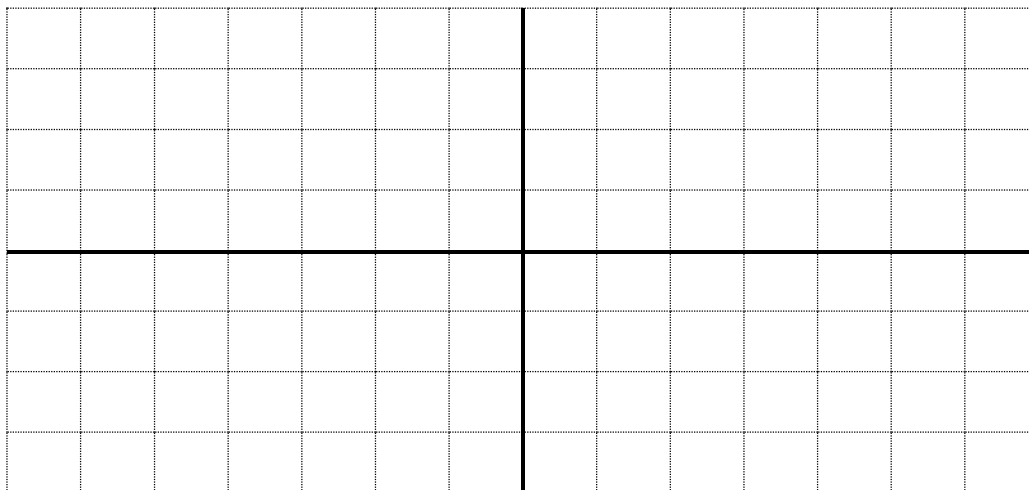
---

---

---

---

Sklopka: 1-A,  $L = 150 \text{ mH}$

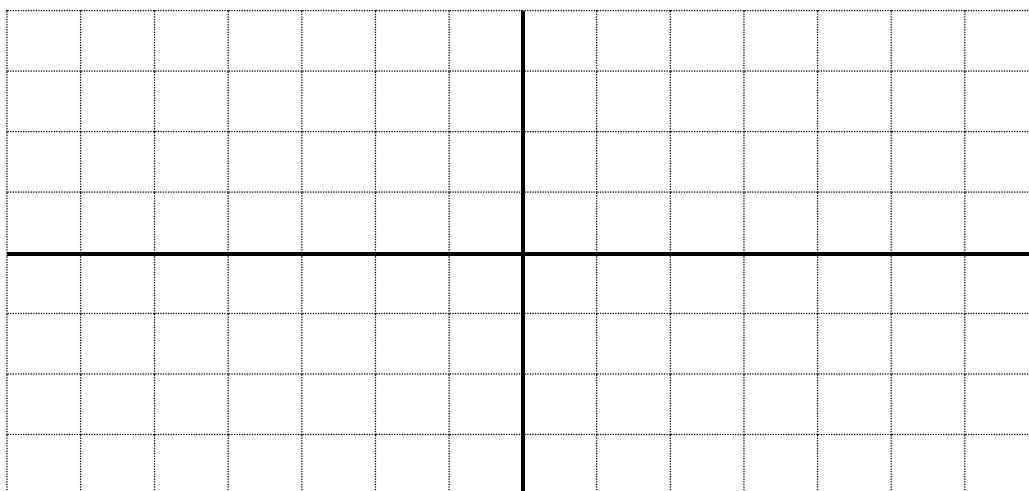


Time base:

Channel A:

Channel B:

Sklopka: 1-A,  $L = 300 \text{ mH}$



Time base:

Channel A:

Channel B:

Što se može zaključiti za promjenu struje i napona u odnosu na promjenu induktiviteta?

---

---

---

---

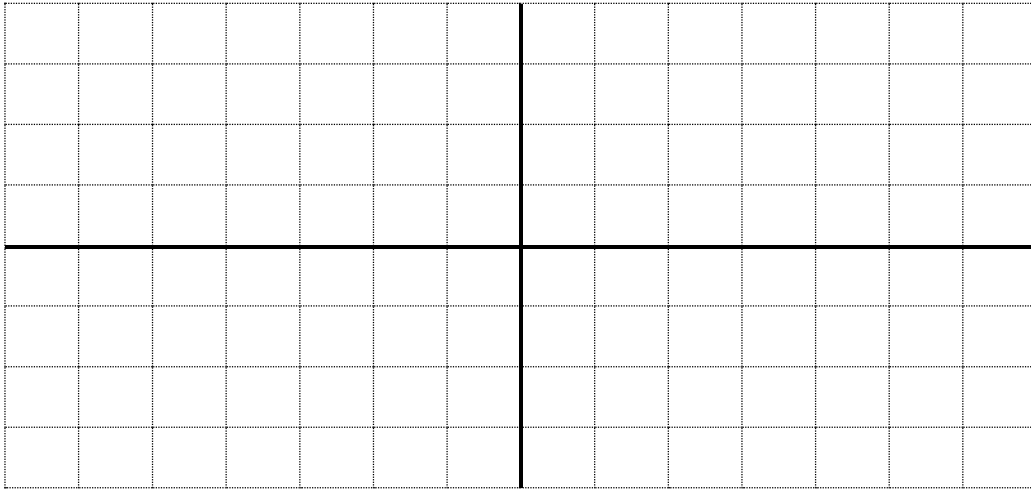
---

---

---

---

Sklopka: 1-B,  $L = 200 \text{ mH}$



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

Objasni zašto sklop sada radi kao izmjenjivač s strujnim ulazom (strujni izmjenjivač).

Koja je uloga zavojnice velikog induktiviteta  $L = 1 \text{ H}$  ?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Usporedi grafove struja i napona strujnog i naponskog izmjenjivača.

Na osnovu uočenog izvedi zaključke.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

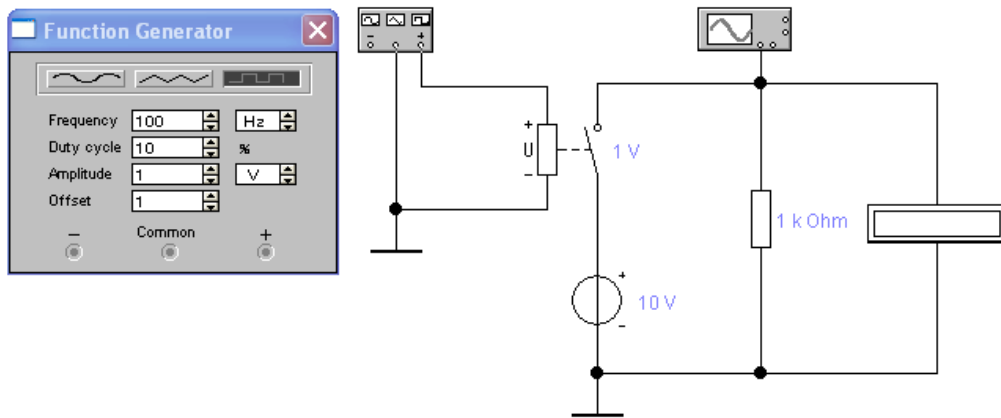
---

---

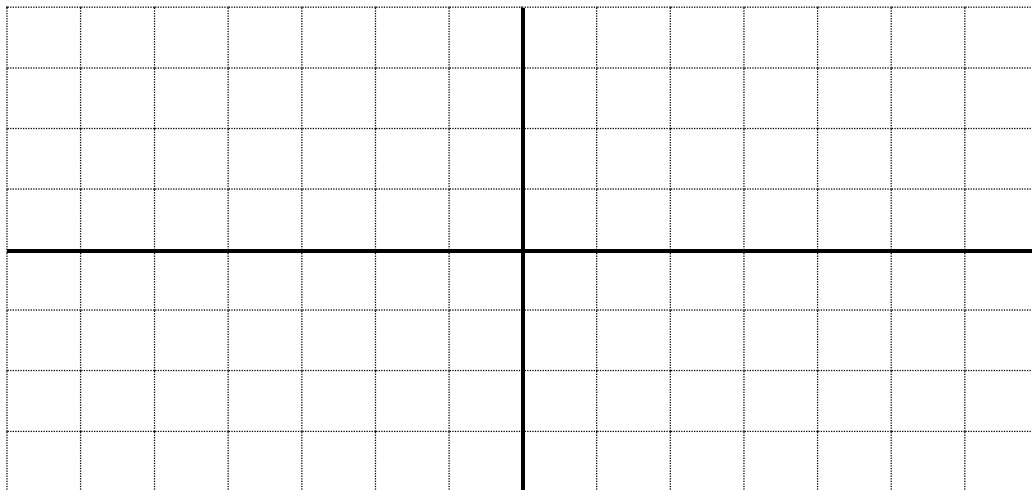
## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopova prema električnim shemama u programu Electronics Workbench.

### električna shema 1



2. Skiciraj napon na trošilu.



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

3. Što predstavlja parametar "duty cycle" funkcijskog generatora?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Izmjeri vrijednosti napona na trošilu  $U_2$  za različite vrijednosti parametra "duty cycle".

duty cycle (%)	$U_2$ (V)
10	
30	
50	
70	
90	

5. Analiziraj rad sklopa. Na koji način se upravlja veličinom izlaznog napona?

---



---



---



---

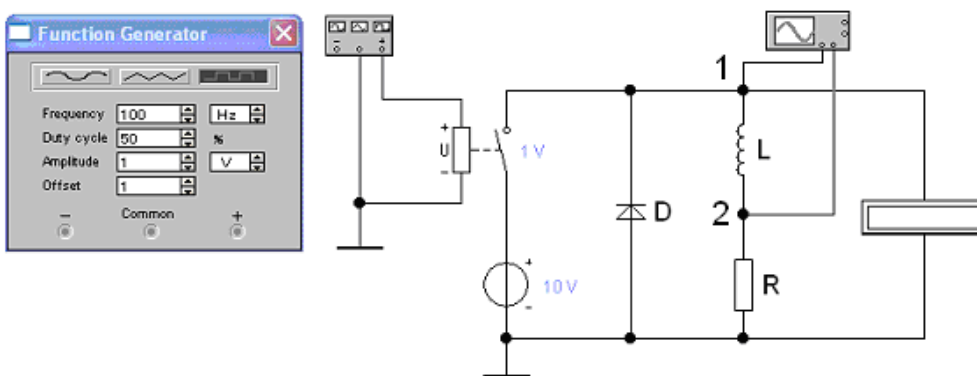


---



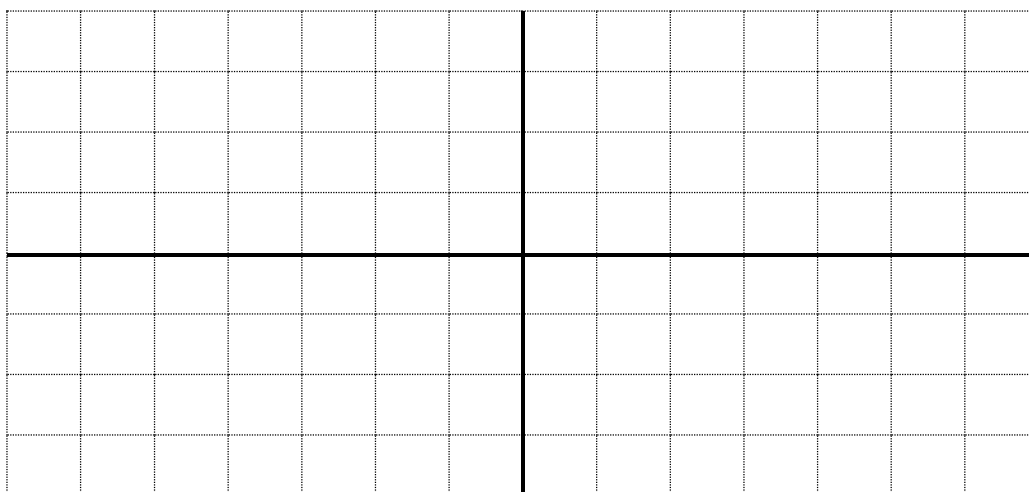
---

**električna shema 2**



6. Nacrtaj valni oblik napona na trošilu (signal u točki 1) i struje trošila (signal u točki 2) za vrijeme prijelazne pojave i za vrijeme stacionarnog stanja.

$R = 500 \Omega$ ,  $L = 5 \text{ H}$ , prijelazna pojava



Time base:

Channel A:

Channel B:

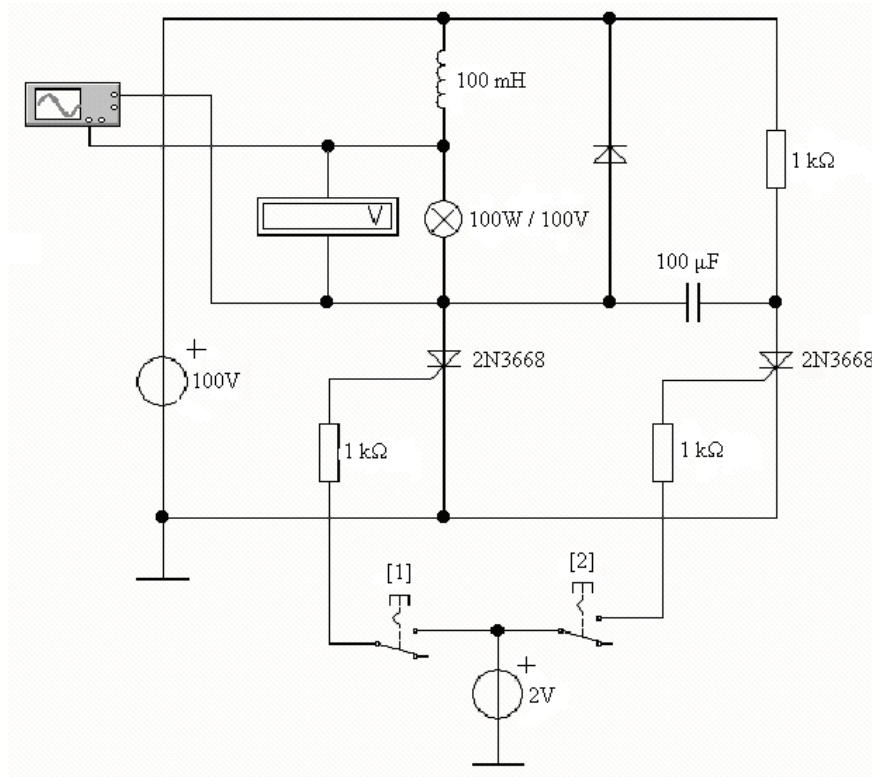




## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench.

### električna shema



2. Analiziraj stanje na žarulji kada su sklopke isključene.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Uključi i odmah zatim isključi sklopku 1 (sklopku koristi kao tipkalo). Što se dešava s žaruljom?  
Nacrtaj promjenu napona žarulje.

---

---

---

---

---

---

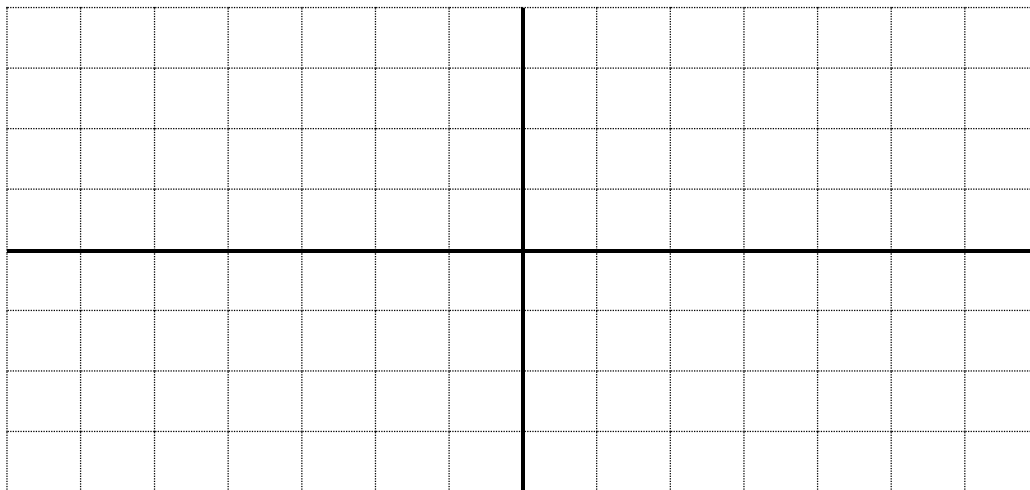
---

---

---

---

Sklopke: 1-OFF->ON->OFF, 2-OFF



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

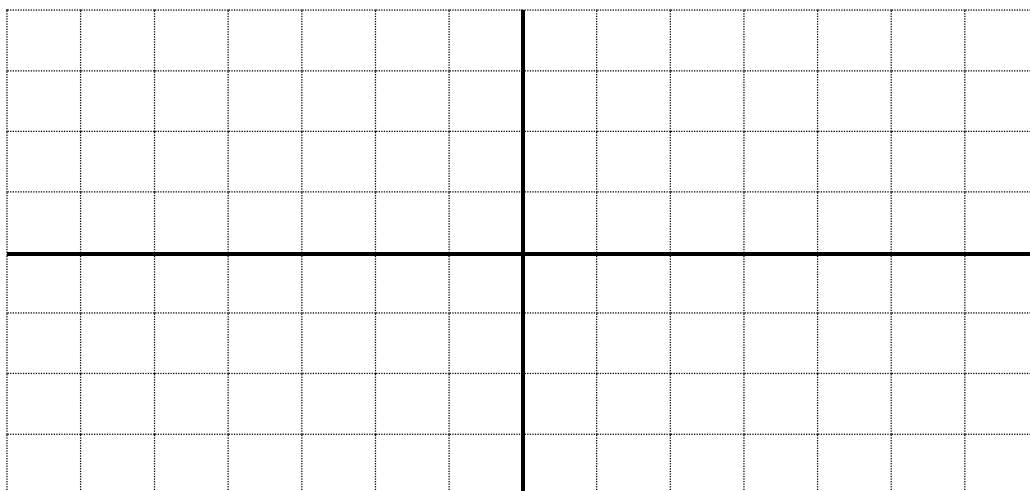
4. Ponovno uključi sklopku 1. Mijenja li se stanje na žarulji?

---

---

5. Nacrtaj promjenu napona žarulje.

Sklopke: 1-OFF, 2-ON



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

Koja je uloga sklopke 2? Koja je uloga tiristora T2? Analiziraj promjenu u glavnom strujnom krugu.

---

---

---

---

---

---

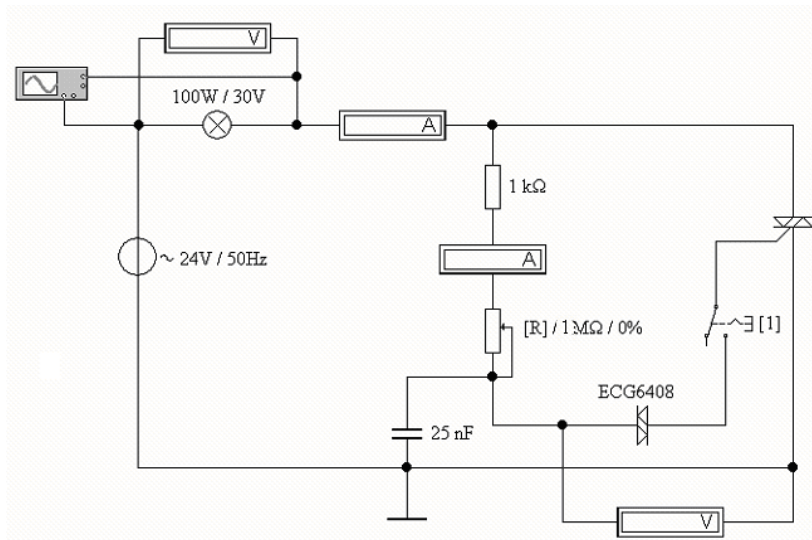
---

---

## UPUTE ZA IZRADU ZADATKA:

1. Simulirati rad sklopa prema električnoj shemi u programu Electronics Workbench. Ampermetre i voltmetre postavi na izmjenično područje (AC), a okidni napon (switching voltage) dijaka (diac) na 5V.

### električna shema



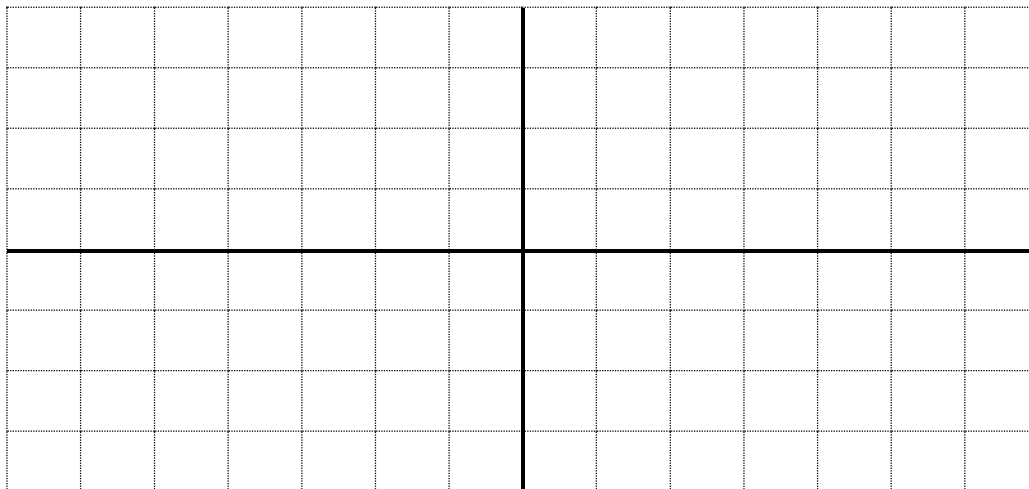
2. Analiziraj strujni krug uz isključenu sklopku 1. Da li je trijak (triac) u stanju vođenja?

---

---

---

Sklopka 1: OFF



**Time base:**

**Channel A:**

**Channel B:**

3. Uključi sklopku i očitaj napon na žarulji  $U_z$ , struju žarulje  $I_z$  i struju pobude  $I_g$ . Ponovi isključenje i uključenje sklopke. Na osnovu zapažanja izvedi zaključak.

---

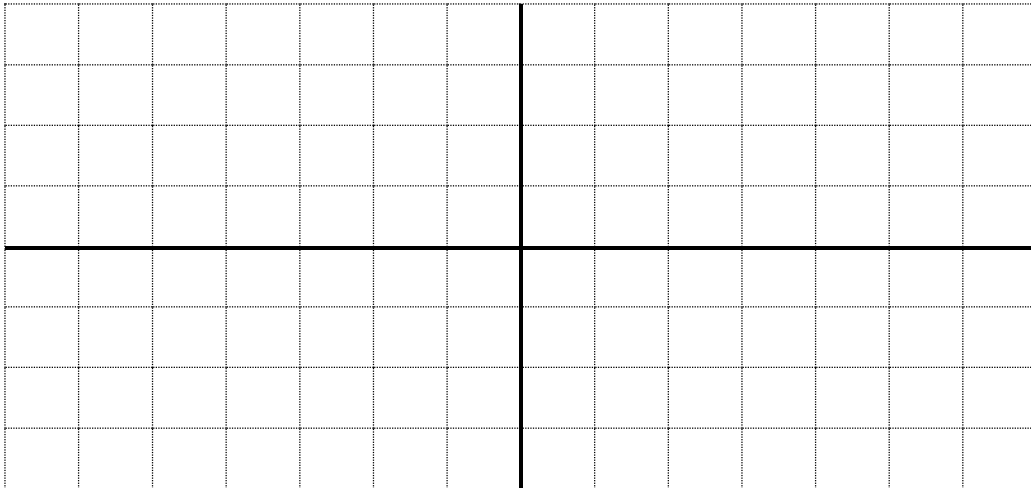
---

---

---

---

Sklopka 1: ON



Time base:

Channel A:

Channel B:

$U_z =$  \_\_\_\_\_

$I_z =$  \_\_\_\_\_

$I_G =$  \_\_\_\_\_

4. Što se dešava s naponom i strujom žarulje pri povećanju vrijednosti otpora R? Što se dešava s kutom vođenja trijaka?

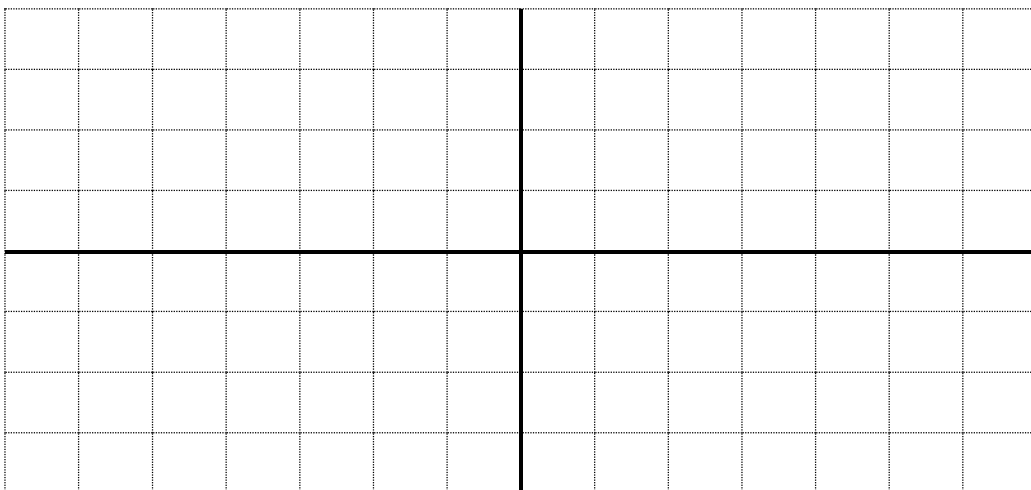
---

---

---

---

Sklopka 1: ON, R  $\updownarrow$



Time base:

Channel A:

Channel B:

5. Što omogućava trijak, osim beskontaktnog prekidanja strujnog kruga žarulje?

---

---

---

---