

Električni krugovi - Lab

Lab 3. Priprema RC Električni Krugovi

Ime i Prezime: _____

Asistent: _____

Grupa: _____

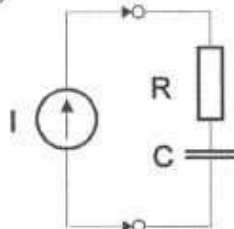
Napomena: Ukoliko nema dovoljno prostora neka student doda list papira na kojemu će biti rješenja. **Lab Pripremu** treba odštampati dvostrano i popuniti je te pričvrstiti dodatnu stranicu papira pomoću spajalice. Popunjena **Lab Priprema** se predaje asistentu na početku laboratorijskih vježbi.

1. Ako konstantna istosmjerna struja iznosa $I_0=1\text{mA}$ počevši od trenutka $t=0$ teče u kapacitet $C=100\mu\text{F}$, a početni napon na kapacitetu u trenutku $t=0$ je $u_C(0)=0$ koliki će biti napon na kapacitetu nakon 4 sekunde? Rješenje:

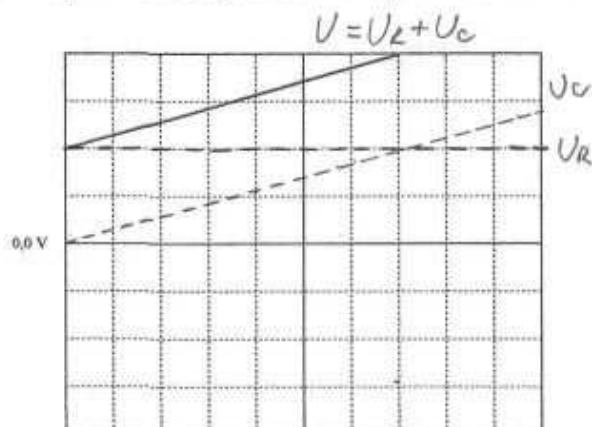
→ STR. 3

2. Opiši što bi se desilo teoretski ako bi se spojio istosmjerni strujni izvor struje I na slijedeće električne krugove. Upotrijebi vremenski crtež napona na kapacitetu i otporu da bi to ilustrirao. Rješenje:

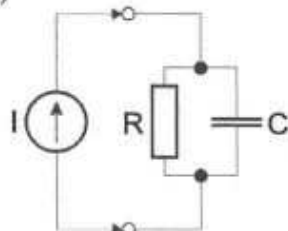
a)



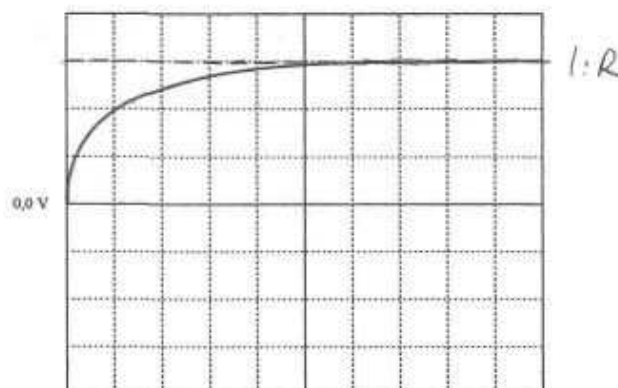
→ STR. 3



b)



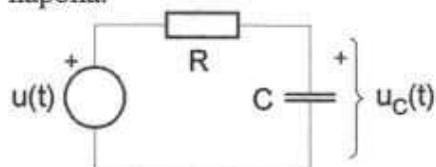
→ STR. 3



3. Serijski RC krug na slici pobuđen naponskim izvorom koji ima pobudu oblika $u(t)=U_0S(t)$ će imati eksponencijalni valni oblik odziva napona na kapacitetu u općem obliku:

$$u_c(t) = A + B e^{-t/RC} \quad |L| \quad u_c(t) = U_0 + (U_0 - u_c(0)) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

gdje konstanta A označava konačni napon, a konstanta B razliku između početnog i konačnog napona.



a. Zadano je $R=20\text{ k}\Omega$ i $C=80\text{ nF}$, početni napon je 0 V , a završni napon je 5 V . Koliki će biti napon u trenutku $t=1\text{ ms}$? Rješenje:

$$\tau = R \cdot C = 20 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-9} = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 1.6 \text{ ms}$$

$$A = 5\text{ V}, \quad B = 0 - 5 = -5\text{ V}$$

$$u_c(t) = A + B \cdot e^{-t/\tau} = 5 - 5 \cdot e^{-1/1.6} = \boxed{2.324 \text{ ms}}$$

b. U kojem trenutku je napon 0.5 V ? Rješenje:

$$0.5 = 5 - 5 \cdot e^{-t/1.6}$$

$$-t/1.6 = \ln 0.9$$

$$5 \cdot e^{-t/1.6} = 4.5 \quad | :5$$

$$t = -1.6 \cdot \ln 0.9$$

$$e^{-t/1.6} = 0.9$$

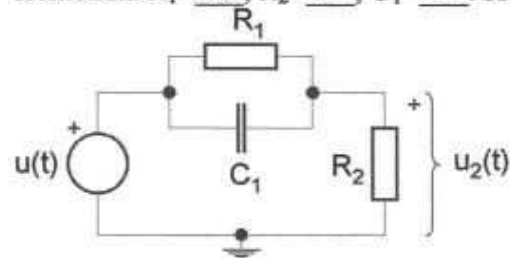
$$\boxed{t = 0.1686 \text{ ms}}$$

4. Pretpostavimo da su zadane dvije crne kutije koje sadrže ili serijsku ili paralelnu kombinaciju R i C . U slučaju serijskog RC niste u mogućnosti dotaknuti čvor između R i C unutar crne kutije. Kako biste odredili R i C pomoću signalnog generatora, osciloskopa i vanjskog otpornika? Izvesti sve potrebne formule. (Vidi uputu za laboratorijsku vježbu).

Opis:

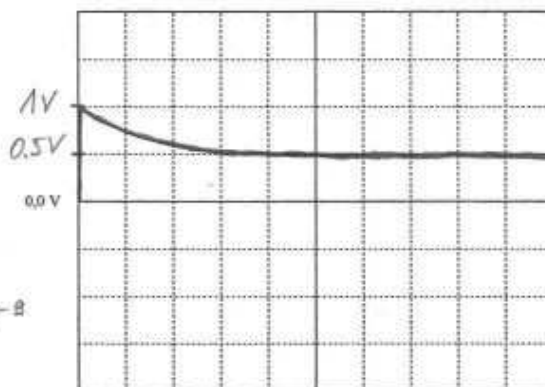
→ STR. 4

5. Za električni krug prikazan slikom odrediti i nacrtati valni oblik odziva napona na otporu R_2 , $u_2(t)$ ako je poticaj naponski generator valnog oblika $u(t)=S(t)$. Zadane su vrijednosti elemenata $R_1=2\text{ k}\Omega$, $R_2=2\text{ k}\Omega$, $C_1=90\text{ nF}$. Koliko iznosi RC vremenska konstanta kruga? Rješenje:



$$\tau = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot C = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} \cdot 10^3 \cdot 90 \cdot 10^{-9}$$

$$\tau = 9 \cdot 10^{-5} [\text{s}] = \boxed{90 \mu\text{s}}$$



→ STR. 7

$$1. \quad I_0 = 1 \text{ mA} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$C = 100 \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

$$u_C(0) = 0$$

$$u_C(4) = ?$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{I \cdot t}{C} = \frac{10^{-3} \cdot 4}{10^{-4}} = \boxed{40 \text{ V}}$$

$$2. \quad a) \quad u(t) = U_R(t) + u_C(t)$$

$$= i(t) \cdot R + \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt$$

$$= 1 \cdot R + \frac{1}{C} \cdot \int_0^t dt$$

$$\boxed{u(t) = 1 \cdot R + \frac{1 \cdot t}{C}}$$

\downarrow \downarrow
 KONSTANTA PRAVAC

$$b) \quad u = i_R(t) \cdot R = \frac{1}{C} \int_0^t i_C(t) dt$$

$$\underline{i_R(t) + i_C(t) = 1}$$

$$\frac{U(s)}{R} + U(s) \cdot sC = \frac{1}{s}$$

$$U(s) \cdot \left(\frac{1}{R} + sC \right) = \frac{1}{s}$$

$$U(s) = \frac{1 \cdot R}{s(1 + sRC)} = \frac{1R}{RC} \cdot \frac{1}{s(s + \frac{1}{RC})} = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{s(s + \frac{1}{RC})}$$

$$\hookrightarrow u(t) = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{\frac{1}{RC}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$\boxed{u(t) = 1 \cdot R \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)}$$

4. A) ODREĐIVANJE SPOJA: PARALELNI ILI SERIJSKI

A1) AKO MOŽEMO KORISTITI OHMETAR ONDA GA PRIKLJUČIMO NA KRAJEVE CRNE KUTIJE I IJERIMO OTPOR. PREMA VELIČINI OTPORA ZAKLJUČIMO:

$R \rightarrow \infty$ SERIJSKI SPOJ R I C

$R = \left(\begin{smallmatrix} \text{KONAČAN} \\ \text{OTPOR} \end{smallmatrix} \right)$ PARALELNI SPOJ R I C
| TO JE OTPOR R_D U TOM SPOJU

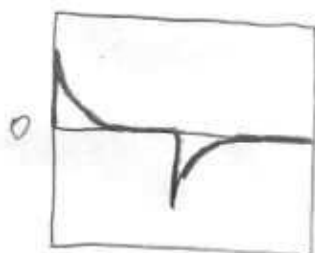
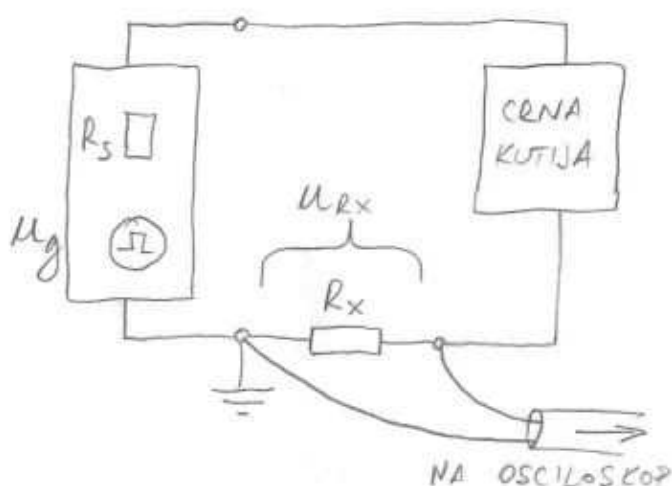
A2) AKO NE MOŽEMO KORISTITI OHMETAR ONDA SPOJ ODREĐIMO PREKO SLIKE NA OSCILOSKOPU:

1) SPOJIMO PREMA SCHEMI

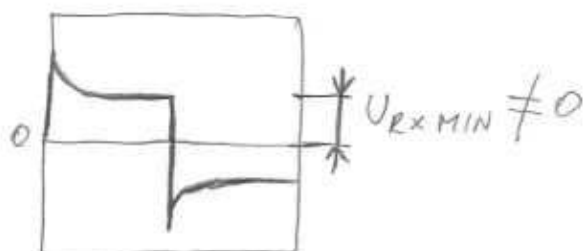
2) NA SIGNAL GENERATORU ODABEREMO MALU FREKVENCIJU TAKO DA JE $T \gg RC$ (VIDI SE DA PRIJELAZNA POJAVA ZAVRŠI)

3) PROMATRAMO DIJAGRAM $U_{Rx}(t)$ NA OSCILOSKOPU

4) PREMA OBLIKU NAPONA U_{Rx} ZAKLJUČIMO:



SERIJSKI
SPOJ



PARALELNI
SPOJ

B) ODREĐIVANJE OTPORA R_3

B1) CRNU KUTIJU SA PARALELNIM SPOJEM SPOJIMO KAO U TOČKI A2) PA NA OSCILOSKOPU ODREĐIMO U_{RXMIN} .

POZNATI SU NAM PODACI R_x , R_s I AMPLITUDA U_g
 R_x JE POZNAT ILI GA PROČITAMO PO BOJAMA.

R_s JE POZNAT I OBIČNO IZNOSI $R_s = 50 \Omega$.

U_g NAMJESTIMO NA SIGNAL GENERATORU ILI GA IZMJERIMO OSCILOSKOPOM.

FORMULU ZA R_3 DOBIJEMO:

$$I = \frac{U_{RXMIN}}{R_x} \leftarrow \text{STRUJA U STACIONARNOM STANJU}$$

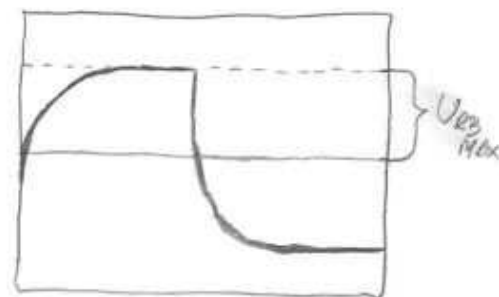
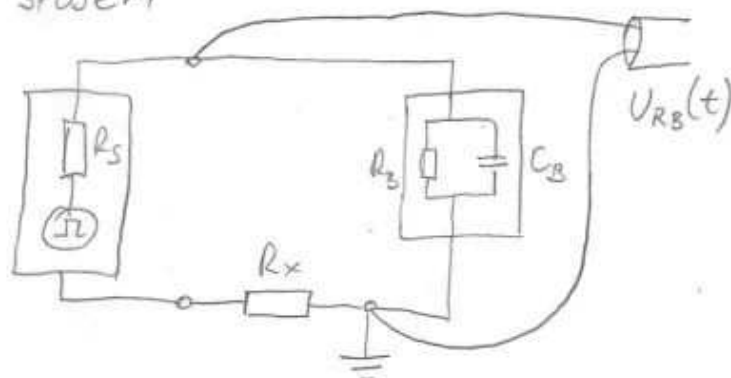
$$R_3 = \frac{U_g - I \cdot (R_x + R_s)}{I} = \frac{U_g - \frac{U_{RXMIN}}{R_x} (R_x + R_s)}{\frac{U_{RXMIN}}{R_x}}$$

$$R_3 = R_x \cdot \left(\frac{U_g}{U_{RXMIN}} - 1 + \frac{R_s}{R_x} \right)$$

$$\text{AKO JE } R_s \ll R_x \rightarrow R_3 \approx R_x \left(\frac{U_g}{U_{RXMIN}} - 1 \right)$$

B2) FORMULA MOŽE BITI JEDNOSTAVNIJA AKO IZMJERIMO STACIONARNI NAPON NA R_3 : OSCILOSKOP

PRIKLJUČIMO NA KRAJEVE CRNE KUTIJE SA PARALELNIM SPOJEM



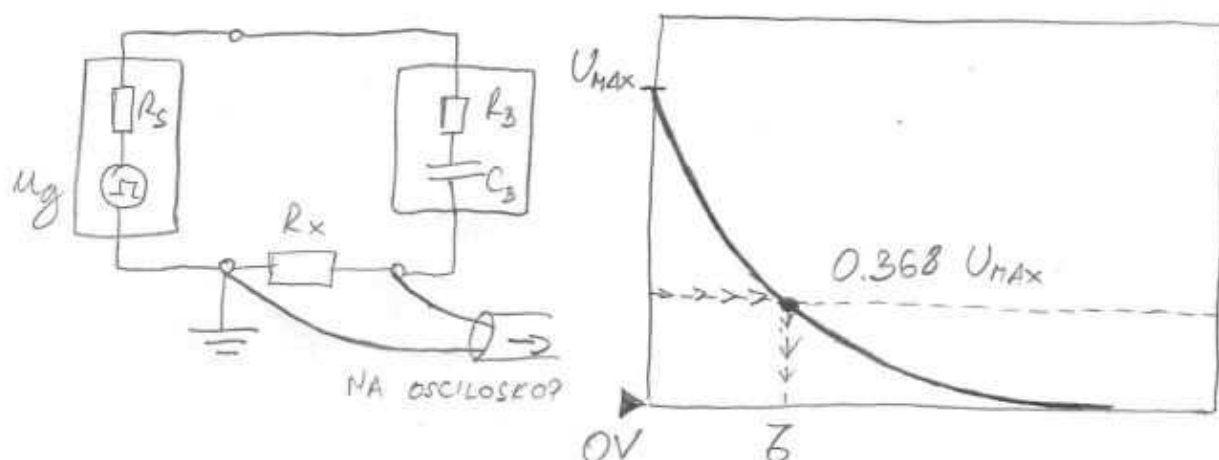
KADA ZNAHO U_{R3MAX} I U_{RXMIN}
 ONDA JE

$$R_3 = R_x \cdot \frac{U_{R3MAX}}{U_{RXMIN}}$$

$$\text{JER JE } I_{R3} = I_{RX} \text{ TJ. } \frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{U_{RX}}{R_x}$$

C) ODREĐIVANJE KAPACITETA C_3

UZMEMO CRNU KUTIJU SA SERIJSKIM SPOJEM R_3 I R_C
PA ODREDIMO VREMENSKU KONSTANTU $\tau = RC$



POSTUPAK :

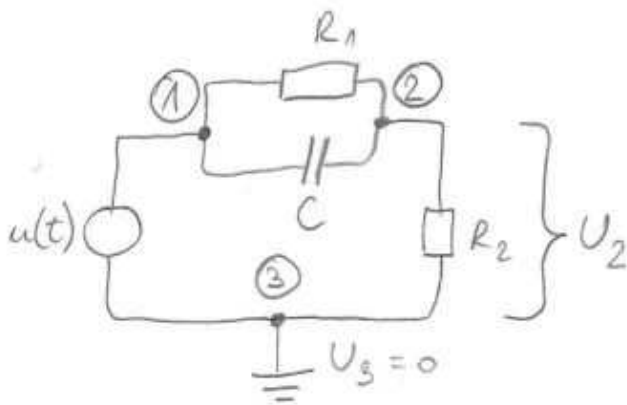
- 1) SPOJIMO PREMA SCHEMI
- 2) FREKVENCIJU NA SIGNAL GENERATORU NAMJESTIMO TAKO
DA SE NA OSCILOSKOPU LAKO MOŽE OČITATI
VREMENSKA KONSTANTA TJ, DA JE $\tau = RC \approx T$.
PROMATRAMO TRENUTAK KADA NAPON NA R_x PADNE
NA 36.8% POČETNE VRIJEDNOSTI PA ODREDIMO $\tau = RC$.
- 3) IZRAČUNAMO C_3

$$\tau = RC$$

$$\tau = (R_s + R_x + R_3) \cdot C_3$$

$$\Rightarrow C_3 = \frac{\tau}{R_s + R_x + R_3}$$

5.



$$\left. \begin{array}{l} U_1 = U(0) = \frac{1}{s} \\ U_2 = ? \\ U_3 = 0 \end{array} \right\} -U_1 \left(\frac{1}{R_1} + sC \right) + U_2 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + sC \right) = 0$$

$$U_2 = \frac{U_1 \frac{1 + sCR_1}{R_1}}{\frac{R_1 + R_2 + sCR_1R_2}{R_1 \cdot R_2}} = \frac{\frac{1}{s} \cdot (1 + sCR_1) \cdot R_2}{R_1 + R_2 + sCR_1R_2} =$$

$$= \frac{R_2}{s(R_1 + R_2 + sCR_1R_2)} + \frac{C \cdot R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + sCR_1R_2} =$$

$$= \frac{R_2}{R_1R_2C} \cdot \frac{1}{s \left(s + \frac{R_1 + R_2}{R_1R_2C} \right)} + \frac{CR_1R_2}{CR_1R_2} \cdot \frac{1}{s + \frac{R_1 + R_2}{CR_1R_2}} =$$

$$= \frac{1}{R_1C} \cdot \frac{1}{s \left(s + \frac{1}{\frac{R_1R_2C}{R_1 + R_2}} \right)} + \frac{1}{s + \frac{1}{\frac{R_1R_2C}{R_1 + R_2}}}$$

$$U_2(t) = \frac{1}{R_1C} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot e^{-t/\tau} (1 - e^{-t/\tau}) + e^{-t/\tau}$$

$$U_2(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow t=0 \Rightarrow U_2(0) = 1 = U_{2\max} = \boxed{1V}$$

$$U_2(t \rightarrow \infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_{2\min} = \frac{2}{2+2} = \boxed{0.5V}$$