DIGITALNA TEHNIKA Ime: _____

LABORATORIJSKE VAJE Priimek: _____

PREHODNI POJAV

Naloge:

a) Kondenzator na merilni ploščici povežite z uporovno dekado po vezalni shemi na sliki 2.1. Na osciloskopu opazujte prehodni pojav v *RC* vezju ob priključitvi vezja na napajalni vir z napetostjo U_g = 10 V. Pred tem morate kondenzator izprazniti, kot je prikazano na sliki 2.2. Določite časovno konstanto polnjenja $\tau = RC$!

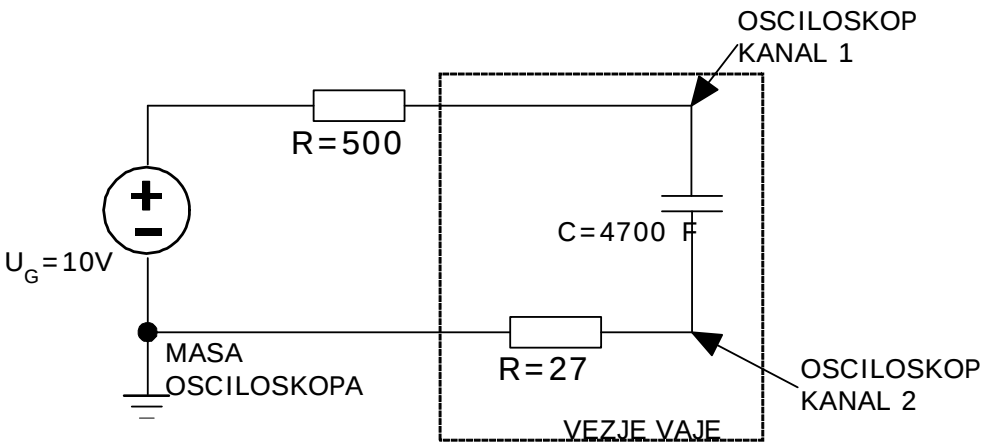
b) Na osnovi podanih vrednosti elementov v besedilu izračunajte časovno konstanto analitično!

c) Primerjajte izračunano in izmerjeno vrednost časovne konstante τ.

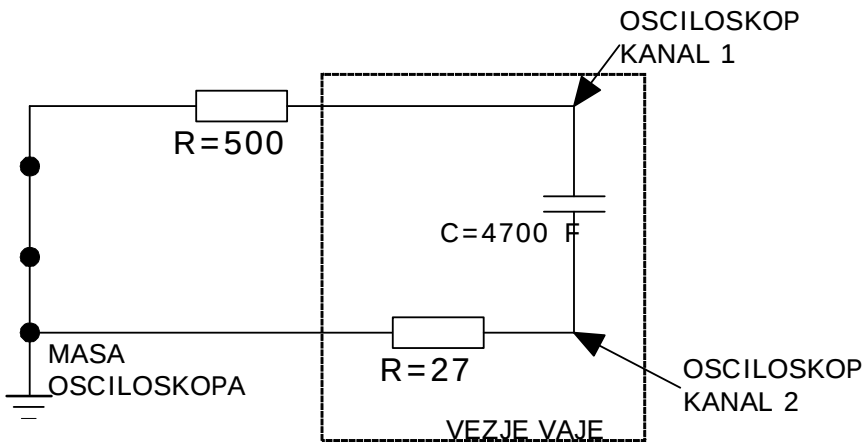
d) Opazujte prehodni pojav pri praznjenju kondenzatorja. Merilno vezje kaže slika 2.2.

e) Glede na podane vrednosti elementov v besedilu skicirajte časovni potek napetosti $u_c(t)$ in toka $i_c(t)$ pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja za čas od trenutka vklopa (t=0) do t=5s!

Merilno vezje:



Slika 1:Vezje za meritev prehodnega pojava pri polnjenju kondenzatorja



Slika 2: Vezje za meritev prehodnega pojava pri praznjenju kondenzatorja

Opis meritve:

1) Polnjenje kondenzatorja

a) Splošni časovni potek spreminjanja napetosti pri polnjenju kondenzatorja opisuje enačba

$$u_C(t) = \left(U_g - u_C(0)\right) \cdot \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right] + u_C(0) \quad \tau = RC \tag{2.1}$$

Trenutna velikost napetosti je določena z napetostjo enosmernega generatorja (U_g) in vrednostjo elementov R in C. Če je kondenzator ob priklopu že nabit na napetost $u_C(0)$, je potrebno upoštevati tudi to napetost, vendar v našem primeru ga bomo vedno spraznili do $u_C(0)=0V$. V trenutku vklopa (t=0) in praznem kondenzatorju ($u_C(0)=0V$) steče skozi vezje tok, ki je omejen z napetostjo generatorja in zaporedno vezano upornostjo R (glej sliko 2.1). Enačba za tok skozi kondenzator je dana z rešitvijo enačbe:

$$i_C(t) = C \cdot \frac{d(u_C(t))}{dt}$$

Zgornja enačba pravi, da je tok skozi kondenzator sorazmeren časovnemu odvodu napetosti na kondenzatorju. Glede na to, da se napetost na kondenzatorju spreminja ZVEZNO (napetost na C - nima nenadnih skokov), pa lahko sklepamo, da se odvod te funkcije lahko giblje NEZVEZNO ($i_C(t)$ pa lahko ima hipne skoke). Slednje velja posebej na začetku polnjenja, ko tok skozi kondenzator omejuje le upornost R, ki je zvezana zaporedno s kondenzatorjem. Pred časom vklopa je bil tok gotovo nič, saj vezje ni bilo priključeno na vir - po času vklopa pa ima velikost:

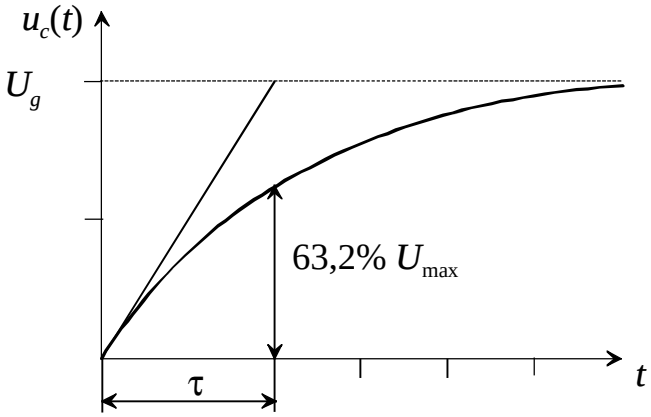
$$I_{\max} = i_C(0) = \frac{U_g - u_C(0)}{R} \tag{2.2}$$

Glede na to, da ne želimo, da bi tok v vezju presegel vrednost I_{max}=20mA moramo najprej določiti ustrezno velikost upornosti R, ki omejuje velikost toka I_{max}. Na ploščici vaje 2 (glej sliko na domači strani predmeta) je že vezan upor R_S=27Ω (glej sliko 2.4), s katerim bomo merili tok skozi kondenzator, zaporedno z njim pa bomo vezali še uporovno dekado (nastavljiv upor), s katero lahko upornost R povečujemo.

$$I_{\max} = \frac{U_g - u_C(0)}{R} = \frac{10V - 0V}{R} = 20mA \quad \rightarrow \quad R = 500\Omega \tag{2.3}$$

Ob vklopu napetosti se napetost na kondenzatorju povečuje (kondenzator se polni) in se približuje napajalni napetosti po enačbi (2.1). Matematično gledano napajalne napetosti U_g nikdar ne doseže, kar lahko preverite z vstavljanjem pogoja t=∞.
Zato za končno vrednost kjer se kondenzator neha polniti vzamemo čas 5τ, ko doseže napetost na kondenzatorju 99,3% maksimalne vrednosti!

b) Na digitalnem osciloskopu bomo časovno konstanto določili grafično iz slike 2.3 na zaslonu s pomočjo kurzorjev (glej vajo 1 za uporabo kurzorjev).
Matematično določimo časovno konstanto tako, da v enačbo (2.1) vstavimo t=τ. Če vstavite ta pogoj dobite $u_C(t=\tau)=0{,}63 \cdot U_g$, kar je grafično prikazano na sliki 2.3.



Slika 2.3: Grafična določitev časovne konstante τ.

Znano je, da je U_g=10V, torej moramo iz slike na zaslonu osciloskopa določiti le še u_C(t=τ)= 0,63·U_g, kar je u_C(t=τ)=6,32V. Na osciloskopu moramo z uporabo kurzorjev t_1 in t_2 odčitati le še čas, pri katerem napetost na kondenzatorju doseže 6,32V.

2) Praznjenje kondenzatorja

a) Če je kondenzator nabit na maksimalno napetost $U_{\max} = U_g$ (kar se realno zgodi po polnjenju dlje kot 5τ), bo trenutna napetost $u_c(t)$ pri praznjenju kondenzatorja določena z izrazom:

$$u_C(t) = U_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{2.4}$$

Časovna konstanta je jasno ista, kot pri polnjenju kondenzatorja, saj so elementi vezja isti, zato je za praznjenje ni treba posebej računati!

b) Grafično lahko časovni potek spreminjanja napetosti in toka skozi kondenzator prikažemo s preslikavo funkcije, ki smo jo dobili z meritvijo.
Lahko jo pa določimo tudi računsko, če poznamo električno vezje in vrednosti njegovih elementov. Analitično podaja časovni potek toka pri polnjenju kondenzatorja izraz:

$$i_C(t) = I_{\max} e^{-\frac{t}{\tau}}, \tag{2.5}$$

kjer je $I_{\max}$ določen z enačbo (2.2).

Potek meritve:

Polnjenje kondenzatorja

1) Na enosmernem viru nastavite U_g = 10 V in tokovno omejitev I_{max}, kot ste jo izračunali doma.
2) Povežite uporovno dekado, vezje na ploščici vaje 2 ter enosmerni vir kot kaže Slika 1 Posebno pazite na polariteto elektrolitskega kondenzatorja, ki je *polariziran* - kar pomeni:

Da mora biti pozitivni priključek kondenzatorja (anoda) povezan s + sponko enosmernega vira, sicer se kondenzator greje dokler končno ne eksplodira.
Na ohišju kondenzatorja je s puščico nakazan položaj PLUS sponke (+►+►+►+►).

3) Nastavite osciloskop
   Sondo osciloskopa merilnega kanala 1 priključite tako, da bo merila napetost na kondenzatorju $u_C(t)$, sondo kanala 2 pa tako, da bo merila napetost na uporu R_S $u_{RS}(t)$. Preverite, ali sta obe sondi nastavljeni na delilno razmerje 1:1 (oranžno stikalo na sondi). Preverite, če osciloskop upošteva nastavljeno delilno razmerje 1:1, ki ste ga nastavili na sondi.
   Obe masi osciloskopa (krokodil na sondi osciloskopa) priključite na ploščici vaje na minus sponko enosmernega vira
   a) Vertikalno nastavitev slike osciloskopa za kanal 1 nastavite tako, da bomo opazovali največjo napetost 10V.
   b) Vertikalno nastavitev slike osciloskopa za kanal 2 nastavite tako, da bomo lahko opazovali največji tok I_{max}, ki bo stekel takoj po vklopu vezja.
   c) Horizontalno nastavitev nastavite tako, da lahko opazujemo pojav do 5τ, če za orientacijsko vrednost predpostavimo izračunano časovno konstanto τ!
   d) Proženje osciloskopa nastavite na enkratno:
      i) Določite izvor proženja (tipka SOURCE). Izvor proženja postavite na kanal 2. Zakaj? (Izhajajte iz tega, kako se spreminja tok na kondenzatorju).
      ii) Nivo proženja (obračajte LEVEL gumb) postavite čim bližje 0V! Zakaj? (Izhajajte iz poteka toka na kondenzatorju, ki ste ga narisali doma, kdaj se vzpostavi pogoj za proženje, če je nivo proženja pri 0V in kdaj se vzpostavi, če je nivo pri 1V.)
      iii) Določite način proženja·(tipka SLOPE/COUPLING). Rob proženja postavite na sprednji _/‾. Sklop (COUPLING) pustite na DC.
      iv) Nastavite način delovanja osciloskopa (tipka MODE). Izberite enkratno proženje (SINGLE).
      v) Zbrišite zaslon osciloskopa (tipka ERASE) in omogočite proženje (tipka RUN).
4) Ker kondenzatorja še nismo priključili na napajalno napetost je prazen (začetna napetost na kondenzatorju $u_C(0)$=0V) in skozi vezje vaje 2 ne teče noben tok. To preverimo z voltmetrom. Če je napetost različna od nič, ga spraznite po sliki 2.2.
5) Pred vklopom napajalnega vira moramo nastaviti zahtevano vrednost upornosti R=500Ω na uporovni dekadi. Ker ima uporovna dekada enote v **kΩ** nastavite vrednost 0.5kΩ.
6) Vklop napetosti mora biti hiter in brez odskakovanja kontaktov, zato bomo vezje vklopili tako, da bomo samo omogočili vhod enosmernega vira.
7) Začnite polniti kondenzator. Na osciloskopu se izrisujeta poteka napetosti in toka na kondenzatorju. Izris se samodejno ustavi, ko osciloskop nariše potek signala čez celoten zaslon. Če želite ročno ustaviti risanje slike, pritisnete STOP.
8) Podobno kot je prikazano na sliki 2.3 izmerite časovno konstanto s pomočjo napetostnih in časovnih kurzorjev.

9) Na izrisani sliki napetosti in toka izmerite tudi potek napetosti v odvisnosti od časa in jo podajte v tabeli. Ker tok z osciloskopom merimo samo posredno (v našem primeru preko upora R_S), ga iz izrisane napetosti na uporu preračunamo po spodnji enačbi:

$$i_C(t) = \frac{u_{R_S}(t)}{R_S} \tag{2.6}$$

Meritev časovne konstante moramo vsaj trikrat (3x) ponoviti in za časovno konstanto vzeti srednjo vrednost merilnih rezultatov! Pred vsakim polnjenjem mora biti kondenzator prazen. Spraznimo ga samo tako, kot je opisano v spodnjem besedilu!

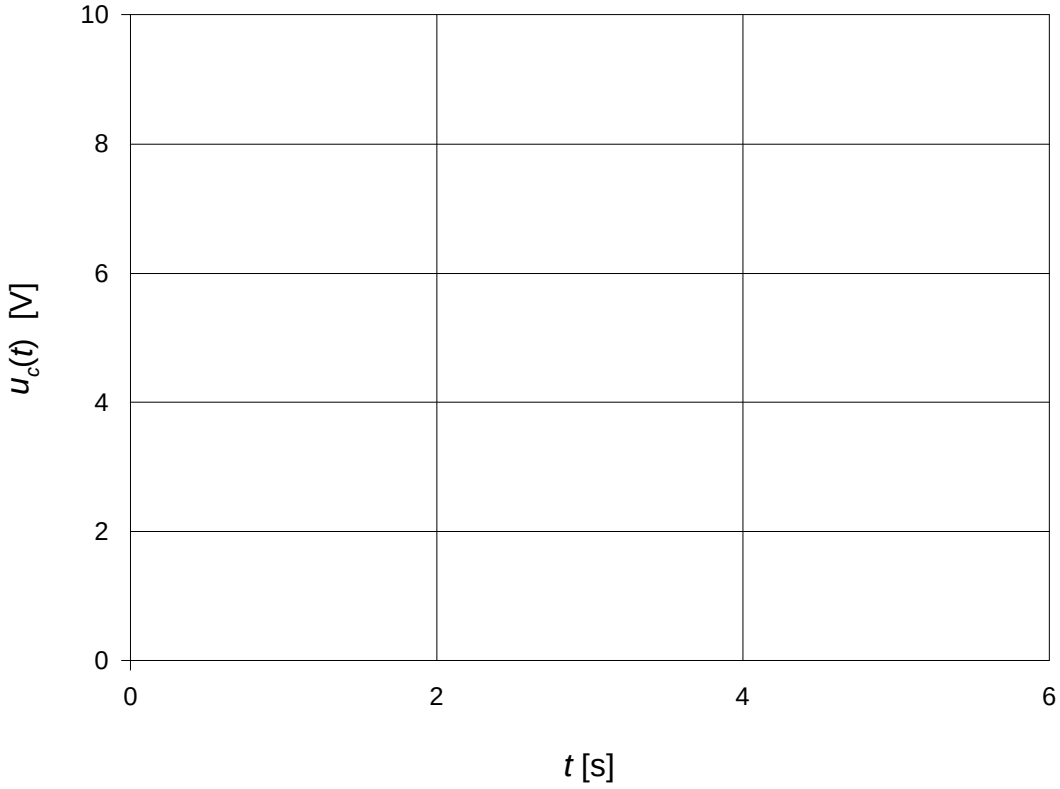
Praznjenje kondenzatorja

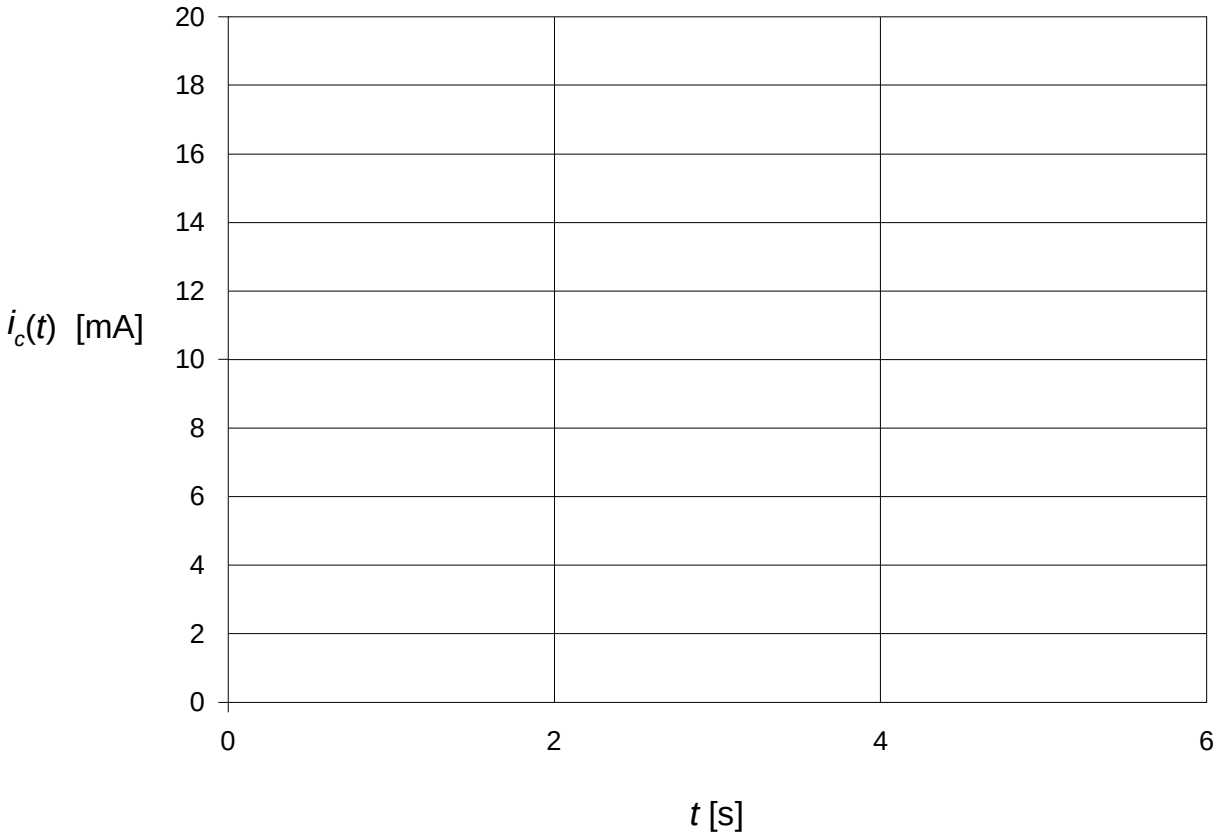
1) Praznjenje kondenzatorja bo potekalo podobno kot polnjenje na sliki 2.4, le da bomo odklopili vir napetosti in vhodne sponke vezja kratko staknili (sponko dekade, ki gre na V+ in sponko COM), kot je sicer prikazano na slikah 2.2 in 2.4. Pri tem moramo paziti, da ob sklenitvi tokokroga ne bo odskakovanja kontaktov, kar pomeni da moramo kratek stik napraviti hipoma!
   Tok pri praznjenju kondenzatorja steče v obratni smeri, kot pri polnjenju (glej enačbi 2.4 in 2.5 in sliko 2.4). Pri sklenitvi tokokroga steče tok $i_c(t)$, ki je negativen in je omejen z zaporedno vezavo uporov R in R_S. Ker je produkt trenutne vrednosti toka in napetosti trenutna moč, se pri praznjenju rabi tista moč, ki se je akumulirala v času polnjenja.
2) Grafično bomo predstavili časovni potek napetosti na kondenzatorju in toka skozi kondenzator tako, da bomo odčitali vrednosti napetosti in časa s kurzorji na osciloskopu in jih vpisali v tabelo rezultatov.

3) Rezultati:

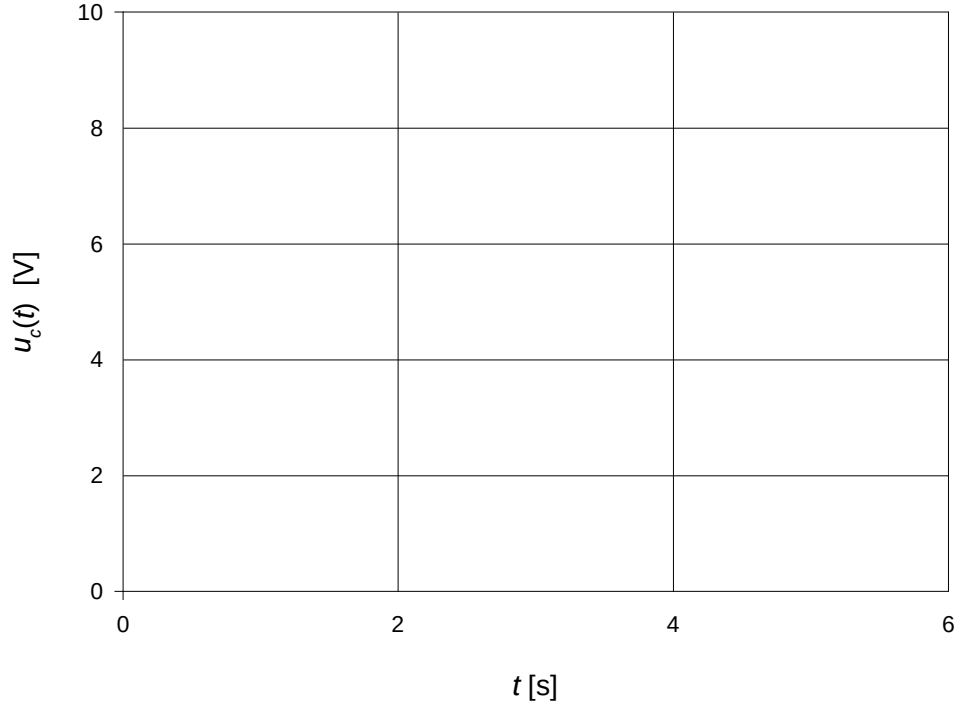
	polnjenje		*praznjenje*	
t (s)	u_c (V)	i_c (mA)	u_c (V)	i_c (mA)
0				
0,5				
1,0				
1,5				
2,0				
2,5				
3,0				
3,5				
4,0				
5,0				

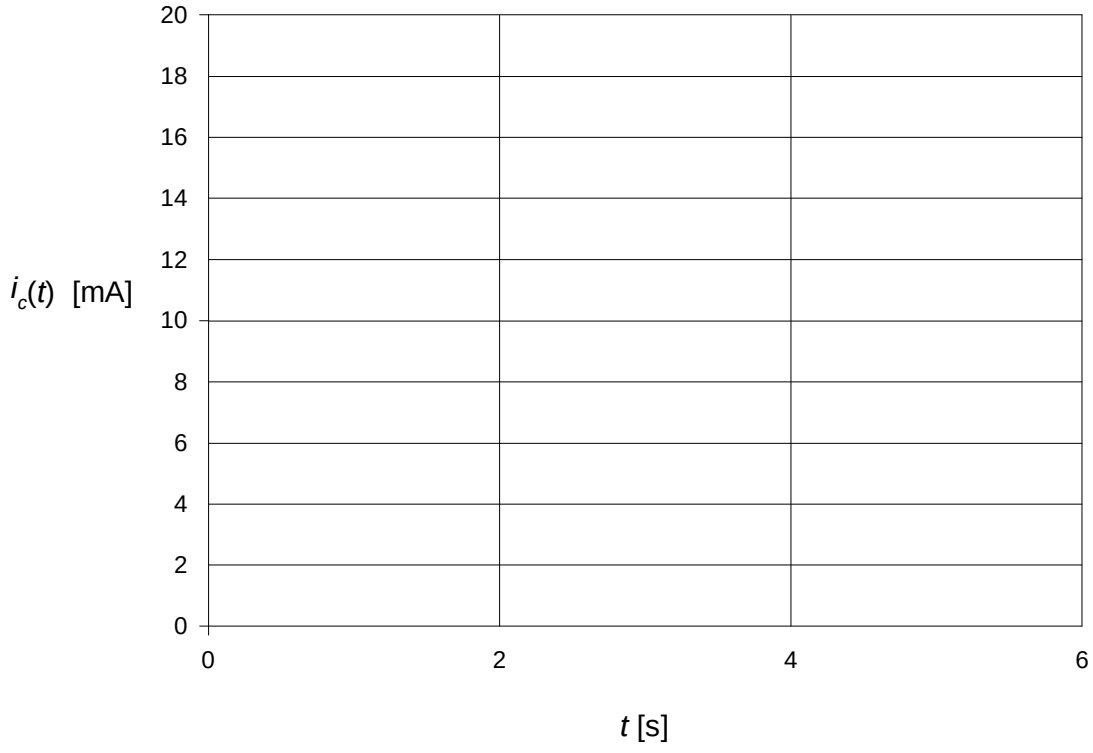
Časovni potek napetosti in toka pri polnjenju kondenzatorja





Časovni potek napetosti in toka pri praznjenju kondenzatorja





Izmerjena in izračunana vrednost časovne konstante:

τ_{izm} = _____ τ_{izr} = _____.