

Student: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Broj indeksa: \_\_\_\_\_

Ocjena: \_\_\_\_\_

### Vježba 1.

## SIMULACIJA MREŽA U VREMENSKOM DOMENU

### PRIPREMA

1. Za mrežu na slici 1. napisati diferencijalnu jednačinu za napon na kondenzatoru. Za mrežu na slici 2. napisati diferencijalnu jednačinu za napon na otporniku. Za mrežu na slici 3. napisati diferencijalnu jednačinu za napon na kondenzatoru.
2. Odrediti sopstvene učestanosti mreža i skicirati ih u kompleksnoj ravni.
3. Odrediti indicione i Grinove funkcije.
4. Kolike su vremenske konstante pojedinih mreža?
5. Neka se kola pobuđuju impulsima pravougaonog oblika. Kolike treba da budu vrijednosti PW i PER signala tako da za vrijeme dok je signal konstantan kolo dođe u ustaljeno stanje?
6. Kako se na osnovu odziva kola na pravougaone impulse može doći do zaključka o obliku indicione funkcije kola?
7. Šta će se desiti ukoliko je širina impulsa (PW) veoma mala (u graničnom slučaju teži nuli), a period ponavljanja (PER) ima vrijednost kao u prethodnoj tački?
8. Šta će se desiti u kolu na slici 1. ukoliko je širina impulsa (PW) mnogo manja od vremenske konstante kola, ali ne tako mala kao u prethodnom slučaju, a period ponavljanja,  $PER = 2 \cdot PW$ ?
9. Šta će se desiti u kolu na slici 2. ukoliko je širina impulsa (PW) mnogo veća od vremenske konstante kola?
10. Odrediti graničnu vrijednost otpornika  $R$  u kolu na slici 3. u zavisnosti od koje je odziv aperiodičan ili pseudoperiodičan.

### UPUTSTVO ZA RAD

Spice je program za simulaciju električnih kola koja mogu sadržati analogne i digitalne elemente, kao i njihovu kombinaciju. PSpice je verzija ovog programa koja radi na personalnim računarima. Najpopularniji programi sa Spice simulacionom mašinom koji rade pod Windows familijom operativnih sistema su **Electronics Workbench** (<http://www.interactiv.com>), i **OrCAD PSpice** (<http://www.orcad.com>). U ovoj vježbi koristićemo **OrCAD PSpice 9.1**. Koristićemo dva programa iz ovog paketa. **Capture CIS** za grafičko kreiranje kola koje će se simulirati i **Probe** za grafičko prikazivanje rezultata simulacije.

1. Pokrenuti program **Capture CIS**.
2. Kada se nađete u radnom okruženju programa Capture CIS, iz menija **File** izaberite **New > Project**.
3. Pojaviće se dijalog prozor **New Project**. U ovom prozoru u polje **Name** unosite ime projekta, a u polje **Location** unosite mjesto na disku gdje će projekat biti snimljen. Da biste mogli

kasnije da simulirate ponašanje ovog kola mora biti uključena opcija **Analog or Mixed Signal Circuit Wizard**. Da biste potvrdili vaš izbor pritisnite **OK**.

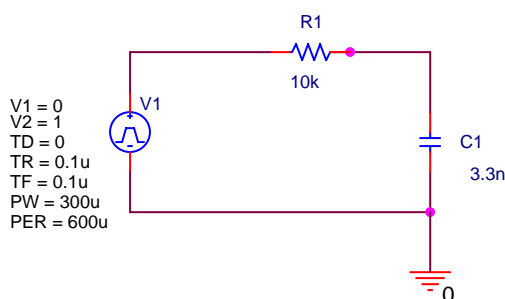
4. Pojavljuje se prozor Analog Mixed Mode Circuit Wizard u kojem se biraju biblioteke PSpice simbola koje ćete koristiti u vašem projektu. Simboli u PSpice terminologiji su elementi električnih kola i oni su organizovani u biblioteke radi lakše manipulacije. Raspoložive biblioteke se nalaze u lijevom okviru, a biblioteke koje su uključene u projekat u desnom. Biblioteke se uključuju u projekat tako što se u lijevom okviru izabere željena biblioteka i klikne na dugme **Add >>**. Biblioteka se može ukloniti iz projekta tako što se izabere u desnom okviru i klikne na dugme **<< Remove**. Biblioteke koje ćemo koristiti u ovoj vježbi su: **ANALOG** – ovdje se nalaze otpornici, kondenzatori i kalemovi, **SOURCE** – naponski izvori i uzemljenje i **OPAMP** – operacioni pojačavači. Nije neophodno da se u ovom koraku izaberu sve biblioteke koje će se koristiti u projektu, dodatne biblioteke se uvijek mogu kasnije uključiti u projekat. Kada završite sa izborom biblioteka pritisnite dugme **Finish**.
5. Sada se otvaraju dva prozora. U jednom se nalazi hijerarhijski prikaz vašeg projekta, a u drugom možete da kreirate vaše kolo. Kada je aktivan ovaj drugi prozor u menijima se nalazi i **Place** meni. Da biste izabrali komponente za vaše kolo iz menija **Place** izaberite opciju **Part**.
6. U prozoru Place Part nalazi se polje **Libraries** u kojem su izlistane sve biblioteke koje ste do sada uključili u projekat. Ukoliko želite da u projekat uključite nove biblioteke to možete učiniti pritiskanjem dugmeta **Add Library** u ovom prozoru. Izborom jedne od biblioteka iz polja **Libraries** u polju iznad ovog dobija se spisak svih elemenata koji se nalaze u toj biblioteci. Željeni element izaberite iz ovog okvira i zatim pritisnite **OK**.
7. Sada možete ovaj element postaviti bilo gdje na radnoj površini željeni broj puta, sve dok ne pritisnete taster **Esc** ili izaberete **End Mode** iz menija koji se dobija pritiskom na desni taster miša. U ovom meniju imate i opciju **Rotate** kojom možete da rotirate izabrani element prije postavljanja.
8. Vrijednost postavljenog elementa možete promijeniti dvostrukim klikom na oznaku vrijednosti pored simbola elementa i upisivanjem željene vrijednosti u polje **Value**. Za zadavanje brojnih vrijednosti PSpice koristi i sledeće sufikse  $f = 10^{-15}$ ,  $p = 10^{-12}$ ,  $n = 10^{-9}$ ,  $u = 10^{-6}$ ,  $m = 10^{-3}$ ,  $k = 10^3$ ,  $MEG = 10^6$ ,  $G = 10^9$ ,  $T = 10^{12}$ . Na isti način možete promijeniti i ime elementa.
9. Spajanje elemenata vrši se izborom opcije **Wire** iz menija **Place**. Cursor će se pretvoriti u krstić. Kliknite na jedan kraj elementa koji želite da povežete. Sada će pomjeranje miša proizvesti liniju čiji je jedan kraj na mjestu na kojem ste kliknuli. Drugi kraj linije (žice) pritiskom na lijevi taster miša povežite za neki drugi element. Ako želite da napravite čvor, kliknite na bilo koje mjesto na žici i zatim na element koji želite da povežete. Na ovaj način povežite sve elemente u kolu.
10. Da biste kolo uspješno simulirali morate da postavite referentni čvor. Ovo se postiže izborom elementa **Ground** iz menija **Place**. U prozoru za izbor elementa izaberite element **0** iz biblioteke **SOURCE**.
11. Ukoliko se u kolu nalaze i aktivni elementi (npr. operacioni pojačavači) potrebno je kolu dovesti i napajanje. Napajanje se dodaje tako što se iz menija **Place** izabere **Power**. U prozoru za izbor elementa izaberite elemente **VCC** i **GND** iz biblioteke **CAPSYM**.
12. Konačno, potrebno je dodati generator signala. U ovoj vježbi koristićemo generator **VPULSE** iz biblioteke **SOURCE**. **VPULSE** je generator trapezoidnih signala koji se koristi u analizi kola u vremenskom domenu. Za ovaj generator moguće je podešavati niz parametara od kojih su najznačajniji prikazane na slici 3.
13. Da bi se projektovano kolo simuliralo potrebno je kreirati novi simulacioni profil. Dakle, iz menija **PSpice** izaberite opciju **New Simulation Profile**. U prozoru New Simulation upišite ime simulacije, a zatim kliknite na dugme **Create**. Time se dobija novi prozor **Simulation Settings** u koji se unose parametri simulacije.
14. U polju **Analysis type** prozora Simulation Settings birate vrstu simulacije. U ovoj vježbi od značaja je analiza u vremenskom domenu **Time Domain (Transient)**.
15. Kada izaberete analize u vremenskom domenu potrebno je zadati bar trajanje simulacije. Ovo se postiže upisivanjem vrijednosti u polje **Run to time**.

16. Da bi se rezultati simulacije dobili u grafičkom obliku potrebno je na određene tačke u kolu postaviti markere. Oni se nalaze u meniju **PSpice > Markers**.
17. Nakon postavljanja markera simulacija se može pokrenuti. Ovo se postiže izborom iz menija **PSpice > Run**. Ukoliko prilikom specificiranja kola i parametara simulacije nisu napravljene greške simulacija će se izvršiti i dobićete rezultate simulacije u grafičkom obliku.

## ZADATAK

1. Korištenjem programa Capture CIS pripremiti kolo sa slike 1. za simulaciju u Pspiceu. Koristiti generator VPULSE sa parametrima:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 300 $\mu$ s
- PER – period ponavljanja 600 $\mu$ s



slika 1. RC kolo

2. Podesiti trajanje simulacije na 3ms. Na pobudni generator i kondenzator postaviti markere **Voltage level (Pspice > Markers)**. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik indicione funkcije kola.
3. Podesiti parametre generatora na:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 1 $\mu$ s
- PER – period ponavljanja 300 $\mu$ s

Podesiti trajanje simulacije na 3ms. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik Grinove funkcije kola.

4. Podesiti parametre generatora na:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 10 $\mu$ s
- PER – period ponavljanja 20 $\mu$ s

Podesiti trajanje simulacije na 100 $\mu$ s. Snimiti odziv kola. Kakva je moguća primjena ovakvog kola?

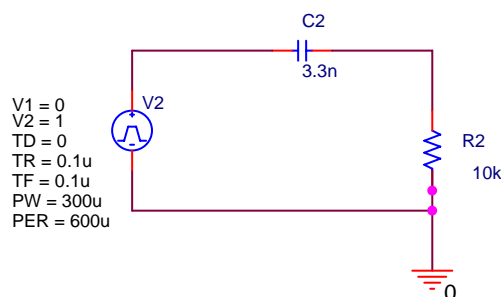
Simulaciju ponoviti i korištenjem generatora **VSIN** sa parametrima:

- VOFF – srednja vrijednost (offset) 0V
- VAMPL – amplituda 1V
- FREQ – frekvencija 50kHz

Podesiti trajanje simulacije na 100 $\mu$ s. Snimiti odziv kola. Kakva je moguća primjena ovakvog kola? Pokušajte generalisati vaš odgovor u smislu odnosa vremenske konstante kola i perioda signala.

5. Korištenjem programa Capture CIS pripremiti kolo sa slike 2. za simulaciju u Pspiceu. Koristiti generator VPULSE sa parametrima:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 300 $\mu$ s
- PER – period ponavljanja 600 $\mu$ s.



slika 2. CR kolo

6. Podesiti trajanje simulacije na 3ms. Na pobudni generator i kondenzator postaviti markere **Voltage level (Pspice > Markers)**. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik indicione funkcije kola.

7. Podesiti parametre generatora na:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 0.1 $\mu$ s
- PER – period ponavljanja 300 $\mu$ s.

Podesiti trajanje simulacije na 3ms. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik Grinove funkcije kola.

8. Podesiti parametre generatora na:

- TD – kašnjenje 0s
- TR – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- TF – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- V1 – "niski" nivo napona 0V
- V2 – "visoki" nivo napona 1V
- PW – širina impulsa 1ms
- PER – period ponavljanja 2ms

Podesiti trajanje simulacije na 5ms. Snimiti odziv kola. Kakva je moguća primjena ovakvog kola?

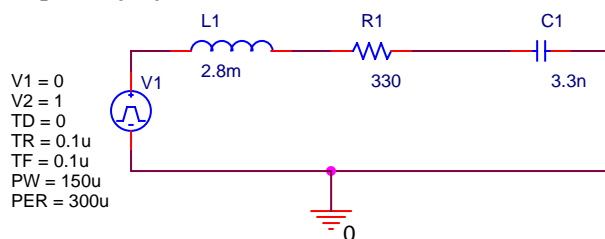
Simulaciju ponoviti i korištenjem generatora **VSIN** sa parametrima:

- **VOFF** – srednja vrijednost (offset) 0V
- **VAMPL** – amplituda 1V
- **FREQ** – frekvencija 1kHz

Podesiti trajanje simulacije na 5ms. Snimiti odziv kola. Kakva je moguća primjena ovakvog kola? Pokušajte generalisati vaš odgovor u smislu odnosa vremenske konstante kola i perioda signala.

9. Korištenjem programa Capture CIS pripremiti kolo sa slike 3. za simulaciju u Pspiceu. Koristiti generator **VPULSE** sa parametrima:

- **TD** – kašnjenje 0s
- **TR** – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- **TF** – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- **V1** – "niski" nivo napona 0V
- **V2** – "visoki" nivo napona 1V
- **PW** – širina impulsa 150 $\mu$ s
- **PER** – period ponavljanja 300 $\mu$ s.



slika 3. RLC kolo

10. Podesiti trajanje simulacije na 1.2ms. Na pobudni generator i kondenzator postaviti markere **Voltage level (Pspice > Markers)**. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik indicione funkcije kola.

11. Podesiti parametre generatora na:

- **TD** – kašnjenje 0s
- **TR** – trajanje uzlazne ivice 0.1 $\mu$ s
- **TF** – trajanje silazne ivice 0.1 $\mu$ s
- **V1** – "niski" nivo napona 0V
- **V2** – "visoki" nivo napona 1V
- **PW** – širina impulsa 0.1 $\mu$ s
- **PER** – period ponavljanja 300 $\mu$ s.

Podesiti trajanje simulacije na 1.2ms. Snimiti odziv kola. Na osnovu dobijenog odziva kola odrediti oblik Grinove funkcije kola.

12. Ponoviti tačke 10. i 11. sa vrijednošću otpornika  $R_1=5k\Omega$ . Komentarisati rezultate.

Da bi se prisustvovalo laboratorijskim vježbama neophodno je uraditi pripremu i znati osnovne pojmove koji se koriste, kao i način izračunavanja bitnih veličina.

Izveštaj sa laboratorijskih vježbi treba da sadrži pripremu, grafike i brojne vrijednosti svih izmjerenih (simuliranih) veličina i odgovarajuće komentare.