

Student: _____

Datum: _____

Broj indeksa: _____

Ocjena: _____

Vježba broj 5.

SIMULACIJA MREŽA U FREKVENCIJSKOM DOMENU

UVOD

U analizi i sintezi linearnih mreža ključnu ulogu igra *kompleksna funkcija mreže*, koja predstavlja odnos ustaljenog odziva na kompleksnu eksponencijalnu pobudu i te pobude, odnosno, Laplasovih transformacija odziva i pobude. Ukoliko smatramo da pobuda predstavlja ulazni signal, a odziv izlazni signal mreže funkciju mreže nazivamo i *funkcija prenosa*

$$H(s) = \frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_0}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_0} = \frac{N(s)}{D(s)},$$

gdje je $m \leq n$ za mrežu koja se može fizički realizovati, a $N(s)$ i $D(s)$ su polinomi u brojniku i nazivniku, respektivno. U ustaljenom prostoperiodičnom režimu je $s = j\omega$, pa se funkcija prenosa može napisati kao

$$H(j\omega) = |H(j\omega)| e^{j\Phi(\omega)},$$

gdje je $|H(j\omega)|$ magnituda, a $\Phi(\omega)$ faza. Ovaj oblik funkcije prenosa se naziva *frekvencijska karakteristika mreže*, funkcija $|H(j\omega)|$ se naziva *amplitudna karakteristika*, a funkcija $\Phi(\omega)$ *fazna karakteristika*.

Magnituda filtra se često zadaje i korištenjem *funkcije pojačanja* iskazane u *decibelima*

$$G(\omega) = 20 \log_{10} |H(j\omega)| \quad [dB].$$

Kada se amplitudna i fazna karakteristika prikazuju grafički često se na frekvencijskoj osi koristi logaritamska podjela što znači da su udaljenosti između frekvencija koje se razlikuju 10 puta jednake. Opseg frekvencija čije se granice razlikuju 10 puta naziva se *dekada*.

Značajan parametar mreže je *granična frekvencija*. Granične frekvencije mreže su frekvencije na kojima se magnituda smanji $\sqrt{2}$ puta u odnosu na svoju maksimalnu vrijednost. Ako se ovaj uslov iskaže u decibelima na graničnim frekvencijama se pojačanje smanji za približno 3dB u odnosu na maksimalnu vrijednost.

Električni filtar je električno kolo koje obrađuje ulazne električne *signale* koji se nazivaju *ulaz* ili *pobuda* (*eksitacija*). Rezultat ove obrade se naziva *izlaz* ili *odziv*. U zavisnosti od toga da li su signali koji se obrađuju kontinualni ili diskretni razlikujemo *analogne* i *digitalne* filtre.

Analogni filtri se mogu realizovati korištenjem pasivnih komponenata u kom slučaju se o njima govori kao o *pasivnim filtrima* i korištenjem pojačavačkih (aktivnih) komponenata kada ih nazivamo *aktivnim filtrima*.

Filtriranje uopšte predstavlja proces izdvajanja pojedinih komponenata iz neke njihove kombinacije. Posmatrano na taj način, električni filtar izdvaja (propušta) određene spektralne komponente električnog signala dok ostale komponente tog signala odbacuje. Dakle, električni filtar mijenja oblik spektra signala. Važno je uočiti da je propuštanje i odbacivanje komponenata sa stanovišta električnog filtra definisano slabljenjem koje filtar unosi u ove komponente. Tako, komponente koje filtar "odbacuje" i dalje mogu biti prisutne u spektru izlaznog signala, ali njihova magnituda će biti mnogo manja od magnitude komponenata koje filtar "propušta".

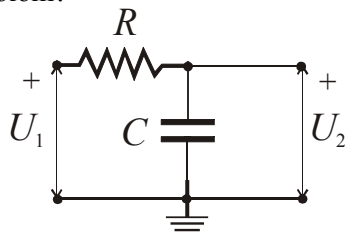
U zavisnosti od toga koji opseg frekvencija filtar propušta, a koji odbacuje razlikujemo:

- *niskopropusni filtar* – propušta frekvencije od jednosmjerne komponente do željene granične frekvencije, a visoke frekvencije slabi
- *visokopropusni filtar* – propušta frekvencije iznad granične frekvencije, a niske frekvencije slabi,

- *propusnik opsega* – propušta frekvencije iz određenog opsega, a ostale slabi,
- *nepropusnik opsega* – slabi (odbacuje) frekvencije iz određenog opsega, a ostale propušta.

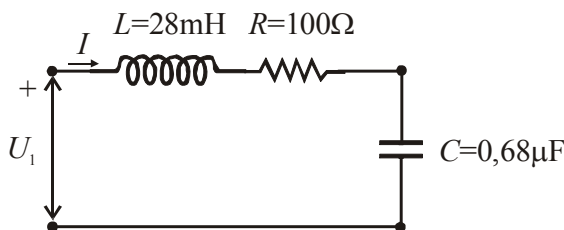
PRIPREMA

1. U kolu na slici 1. vrijednosti elemenata su $R=10\text{k}\Omega$ i $C=3,3\text{nF}$. Odrediti funkciju prenosa $H(s)=U_2/U_1$ ovog kola.
2. Izračunati i skicirati njenu magnitudu $|H(j\omega)|$, funkciju pojačanja $G(\omega)$ i fazu $\Phi(\omega)$.
3. Odrediti propusni opseg kola.
4. Kakav filter je realizovan ovim kolom?



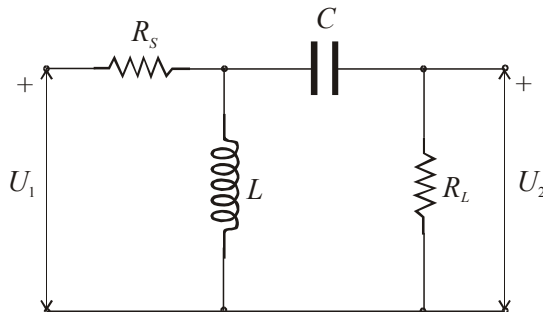
Slika 1.

5. U kolu na slici 2. vrijednosti elemenata su $R=100\Omega$, $C=0,68\mu\text{F}$ i $L=28\text{mH}$. Odrediti funkciju prenosa $H(s)=I(s)/U_1(s)$ ovog kola.



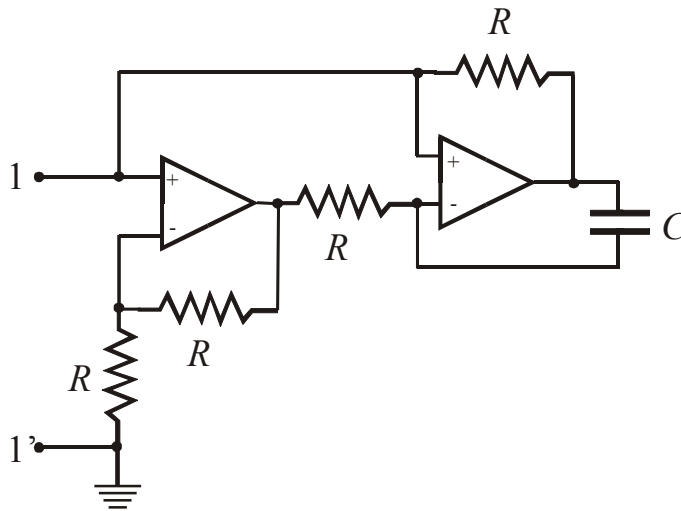
Slika 2.

6. Izračunati i skicirati njenu magnitudu $|H(j\omega)|$, funkciju pojačanja $G(\omega)$ i fazu $\Phi(\omega)$.
7. Odrediti propusni opseg kola.
8. Kakav filter je realizovan ovim kolom?
9. U kolu na slici 2. $R_S=R_L = 1\text{k}\Omega$, $C = 0,618\mu\text{F}$ i $L = 1,618\text{H}$. Odrediti funkciju prenosa $H(s)=U_2/U_1$ ovog kola.
10. Izračunati i skicirati njenu magnitudu $|H(j\omega)|$, funkciju pojačanja $G(\omega)$ i fazu $\Phi(\omega)$.
11. Odrediti propusni opseg kola.
12. Kakav filter je realizovan ovim kolom?



Slika 2.0

13. Na slici 3. data je realizacija uzemljenog kalema pomoću Riordanovog žiratora. Odrediti ulaznu impedansu kola na slici 3. Odrediti vrijednosti elemenata R i C tako da se ovim kolom realizuje potrebni kalem induktiviteta $1,618\text{H}$.



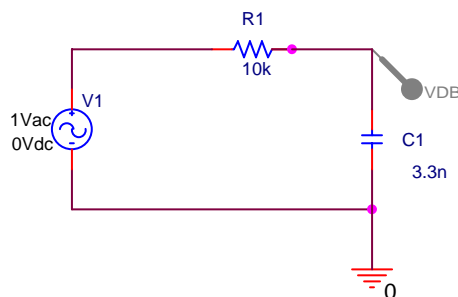
Slika 3.

UPUTSTVO ZA RAD

1. U ovoj vježbi koristit ćemo generatore **VAC** i **VSIN** iz biblioteke **SOURCE**. **VAC** je generator naizmjeničnog napona promjenljive frekvencije koji se koristi u frekvencijskoj analizi kola. **VSIN** je generator sinusoidalnog signala koji se koristi u analizi kola u vremenskom domenu. Za ovaj generator moguće je podešavati niz vrijednosti od koji su najznačajnije frekvencija (**FREQ**), jednosmjerna komponenta (**VOFF**) i amplituda (**VAMPL**).
2. U ovoj vježbi od značaja su analiza u frekventnom domenu **AC Sweep/Noise** i analiza u vremenskom domenu **Time Domain (Transient)**.
3. Kada izaberete analizu u frekvencijskom domenu možete zadati tip analize (**AC Sweep Type**). Na raspolaganju je linearna analiza (**Linear**) kod koje je skala na frekvencijskoj osi linearna i logaritamska (**Logarithmic**) kod koje skala na frekvencijskoj osi može biti podijeljena na dekade ili oktave. Ovdje se zadaju još i početna frekvencija (**Start Frequency**) i krajnja frekvencija (**End Frequency**) analize, kao i broj tačaka u kojima se vrši analiza (**Points/Decade** ako je izabrana podjela frekvencijske ose na dekade).
4. Kada izaberete analize u vremenskom domenu potrebno je zadati bar trajanje simulacije. Ovo se postiže upisivanje vrijednosti u polje **Run to time**.
5. 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**.
6. 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 pripremite kolo sa slike 4. za simulaciju u PSpiceu.

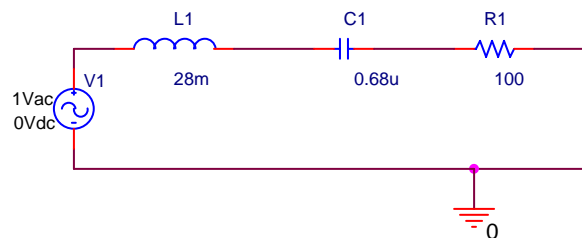


Slika 4.

2. Podesite parametre za simulaciju u frekvencijskom domenu. Izaberite logaritamsku skalu za frekvencijsku osu i opseg frekvencija od bar tri dekade ispod i iznad granične frekvencije koju ste dobili u pripremi (učestanosti su u hercima). Na izlaz kola prvo postavite marker **Voltage Level**, da

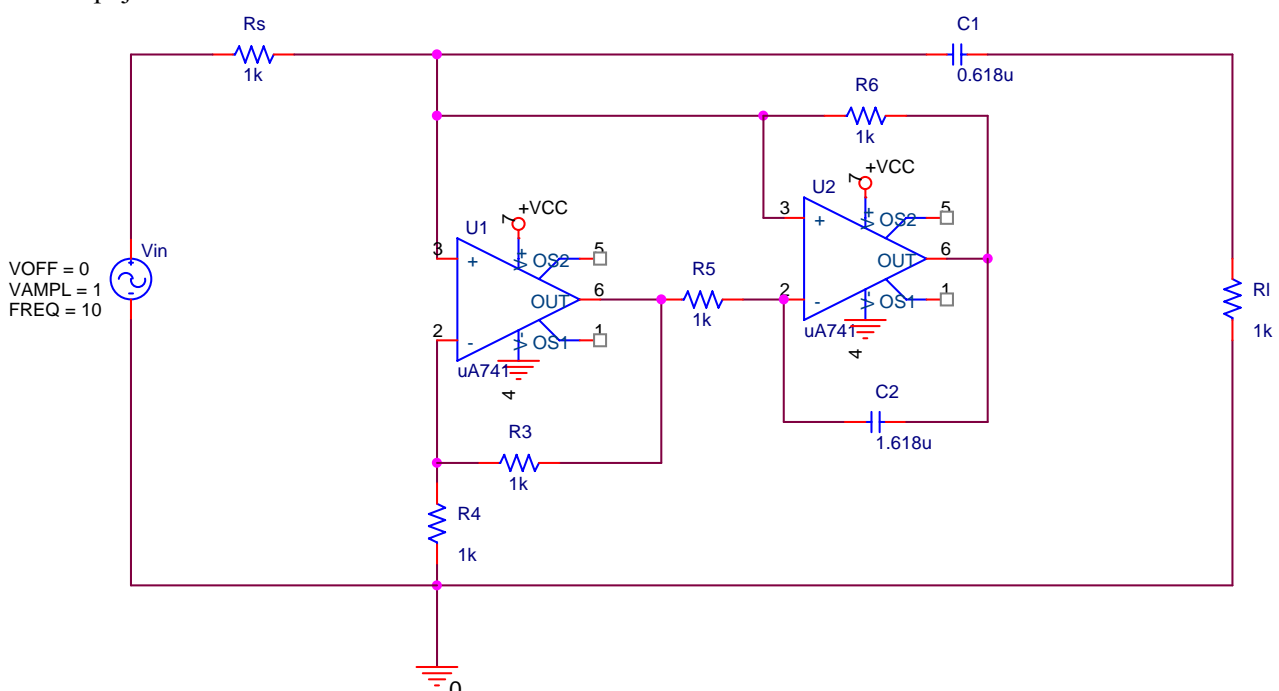
biste vidjeli magnitudu izlaznog napona, a zatim isprobajte i marker **db Magnitude of Voltage** (**PSpice > Markers > Advanced**) koji prikazuje magnitudu izlaznog napona izraženu u decibelima.

3. Simulirajte kolo u frekvencijskom domenu sa ovim parametrima i dobijenu amplitudnu karakteristiku priložite uz izvještaj. Koliko je slabljenje kola u propusnom opsegu? Kolika je granična frekvencija kola? Za koliko se (u decibelima) povećava slabljenje kola u nepropusnom opsegu za svaku dekadu?
4. Simulirajte kolo u vremenskom domenu dovodeći na njegov ulaz sinusoidalni naponski izvor amplitude 1V, jednosmjerne komponente 0V i frekvencije 10Hz, a zatim frekvencije 100kHz. Prikažite vremenske oblike napona na ulazu i izlazu kola. Objasnite šta se dešava.
5. Korištenjem programa Capture CIS pripremite kolo sa slike 4. za simulaciju u PSpiceu.



slika 4.

6. Podesite parametre za simulaciju u frekvencijskom domenu. Izaberite logaritamsku skalu za frekvencijsku osu i opseg frekvencija od bar tri dekade ispod i iznad granične frekvencije koju ste dobili u pripremi (učestanosti su u hercima). Značajna promjenljiva je sada i struja u kolu pa na pin jednog od elemenata postavite marker **Current Into Pin**. Takođe, od značaja su i naponi na pojedinim elementima koje možete dobiti postavljanjem markera **Voltage Differential**.
7. Simulirajte kolo u frekvencijskom domenu sa ovim parametrima i grafike modula struje i svih napona na elementima priložite uz izvještaj. Ako se kao izlazna promjenljiva posmatra napon na kondenzator koliko je slabljenje kola u propusnom opsegu? Kolika je granična frekvencija kola? Za koliko se (u decibelima) povećava slabljenje kola u nepropusnom opsegu za svaku dekadu? Komentarišite grafike.
8. Simulirajte kolo u vremenskom domenu dovodeći na njegov ulaz sinusoidalni naponski izvor amplitude 1V, jednosmjerne komponente 0V i frekvencije 10Hz, a zatim frekvencije 100kHz. Prikažite vremenske oblike napona na ulazu i izlazu kola. Objasnite šta se dešava.
9. Korištenjem programa Capture CIS pripremite kolo sa slike 5. za simulaciju u PSpiceu. Operacioni pojačavači su uA741 iz biblioteke OPAMP.



Slika 5.

10. Podesite parametre za simulaciju u frekvencijskom domenu. Izaberite logaritamsku skalu za frekvencijsku osu i opseg frekvencija od bar tri dekade ispod i iznad granične frekvencije koju ste dobili u pripremi (učestanosti su u hercima). Na izlaz kola postavite marker **db Magnitude of Voltage (PSpice > Markers > Advanced)**.
11. Simulirajte kolo u frekvencijskom domenu sa ovim parametrima i dobijenu amplitudnu karakteristiku priložite uz izvještaj. Koliko je slabljenje kola u propusnom opsegu? Kolika je granična frekvencija kola? Za koliko se (u decibelima) povećava slabljenje kola u nepropusnom opsegu za svaku dekadu?
12. Simulirajte kolo u vremenskom domenu dovodeći na njegov ulaz sinusoidalni naponski izvor amplitude 1V, jednosmjerne komponente 0V i frekvencije 10Hz, a zatim frekvencije 100kHz. Prikažite vremenske oblike napona na ulazu i izlazu kola. Objasnite šta se dešava.