

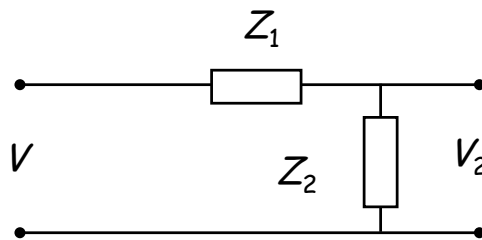
TTT4260 Elektronisk systemdesign og -analyse Øving 5

Målsetting

Få trening i bruk av frekvensrespons, amplituderrespons og faserespons.

Oppgave 1 (1 poeng)

En spenningsdeler sammensatt av to impedanser Z_1 og Z_2 er gitt i figur 1. Spenningene på inngangen og utgangen er sinusformet med komplekse amplituder hhv. V og V_2 .



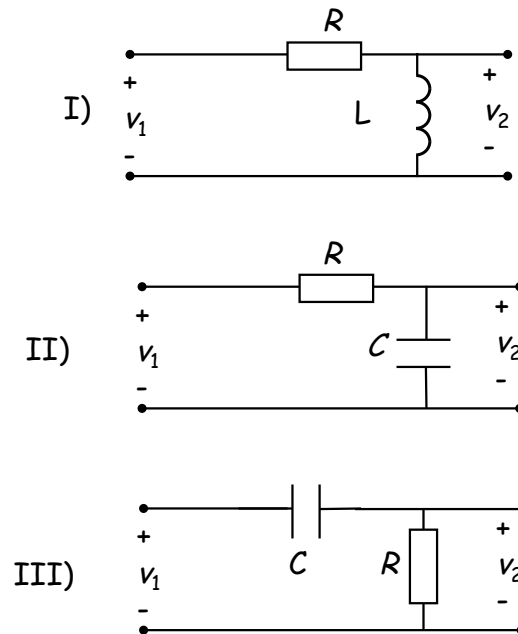
Figur 1: Spenningsdeler med generelle impedanser.

Vis at

$$V_2 = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} V.$$

Oppgave 2 (3 poeng)

Systemene I)-III) i figur 2 blir påtrykket sinussignal $v_1(t)$ med kompleks amplitude V_1 .



Figur 2: Systemer av orden 1.

a) For hvert av systemene, finn et uttrykk for frekvensresponsen

$$H(\omega) = \frac{V_2}{V_1},$$

der V_2 er den komplekse amplituden til utgangen $v_2(t)$ og ω er vinkelfrekvensen til signalene.

b) Med utgangspunkt i a), finn også uttrykk for amplituderrespons $|H(\omega)|$ og faserespons $\angle H(\omega)$. Gi en fysisk tolkning til $|H(\omega)|$ og $\angle H(\omega)$ for en bestemt vinkelfrekvens ω .

Oppgave 3 (3 poeng)

Ta for deg systemet III) fra figur 2, og anta komponentverdier $C = 100 \text{ nF}$ og $R = 1 \text{ k}\Omega$.

a) Plott amplitude- og faserespons for frekvenser fra 0 til 10 000 Hz. Fungerer dette systemet som et lavpass-, høypass-, båndpass-, eller båndstopp-filter?

b) Koble opp systemet, påtrykk et sinussignal og mål dempning og faseforskyvning ved minst fem frekvenser i intervallet $[0, 10000]$ Hz. Merk resultatene i grafene som ble tegnet i a). Hvor bra stemmer målingene med beregningene?

Oppgave 4 (2 poeng)

Systemet II) i figur 2 skal nå designes slik at det gir 50% dempning ved $f = 275$ Hz. Kondensatoren brukt i systemet har verdien $C = 100$ nF.

- Finns den teoretiske verdien til motstanden R .
- Plott amplitude- og faseresponsen til systemet. Er det rimelig å si at kretsen fungerer som et filter? I såfall hvilken type filter?

Oppgave 5 (3 poeng)

- Vi kan lage en krets med lik oppførsel som kretsen i oppgave 4 ved å bruke en spole og en motstand. Finn ut hvordan denne kretsen må se ut. Finn et uttrykk for amplitude- og faseresponsen til det nye systemet.
- Gitt at spolen er $L = 100$ mH, finn verdien for R .
- Sammenlign amplitude- og faseresponsen til dette systemet med systemet i oppgave 4. Er de helt like?
- Hvilken av de to systemdesignene ville du brukt i praksis?

Oppgave 6 (3 poeng)

I denne oppgaven skal du vurdere 4 forskjellige prinsipielle løsninger fra et tenkt designprosjekt. Det er for at du skal få trening i å vurdere dine egne og andres tekster og å gi deg trening i teknisk formidling, en sentral oppgave for de fleste sivilingeniører. Det tenkte designprosjektet er det samme som sist, men det er ikke slik at problemstilling 1 fra forrige øving er fra samme tenkte designnotat som prinsipiell løsning 1 her.

Du er student ved Elsys-programmet ved NTNU og driver med musikk som hobby. Du har fått tak i et gammelt B3 Hammond-orgel, som har en analog utgang. Venninnen din synger, og nå vil du gjerne lage et signal som er en kombinasjon av signalet fra ditt orgel og vennines mikrofon. Du har googlet “mikser vokal instrument” og kommet over et dokument med tittel “Lydmikser”. Dette ser interessant ut.

Les de fire tekstene og

- pek på positive og negative trekk ved hver av dem.
- lag en prinsipiell løsning som kombinerer de beste trekkene ved de prinsipiell løsningene og eliminerer det du oppfatter som svakheter.

(Ingen av de prinsipiell løsningene er perfekte og det er ingen fasit på hva som ville vært den perfekte prinsipiell løsningen.)

Prinsipiell løsning 1

Problemet skissert i problembeskrivelsen kan løses ved å lage en summeringsforsterker. En summeringsforsterker kan summere en eller flere inngangsspenninger vektet med koeffisienter gitt av motstandene i kretsen. På den måten kan de to lydsporene, gitar og vokal, kombineres til et lydsignal.

I dette tilfellet er to inngangsspenninger v_1 og v_2 koblet til den inverterende inngangen på en operasjonsforsterker via hver sin motstand, henholdsvis R_1 og R_2 . Den ikke-inverterende inngangen på operasjonsforsterkeren er koblet til jord. Siden denne kretsen opererer i det aktive området til operasjonsforsterkeren vil spenningen på den inverterende inngangen v_- og spenningen på den ikke-inverterende inngangen v_+ være lik. Altså er

$$v_- = v_+ = 0. \quad (1)$$

Fra utgangen på operasjonsforsterkeren er det en tilbakekobling via motstanden R til den inverterende inngangen. Siden det ikke går noe strøm inn i inngangene til operasjonsforsterkeren så vil strømmen gjennom motstanden R , i , være lik summen av strømmene gjennom R_1 , i_1 , og R_2 , i_2 :

$$i = i_1 + i_2. \quad (2)$$

Spenningene kan finnes ved hjelp av Ohms lov. Det resulterer i likningen

$$-\frac{v_o}{R} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}, \quad (3)$$

som kan omformes til

$$-v_o = v_1 \frac{R}{R_1} + v_2 \frac{R}{R_2}. \quad (4)$$

Det kan observeres i likning (4) at er v_o en vektet, invertert sum av v_1 og v_2 .

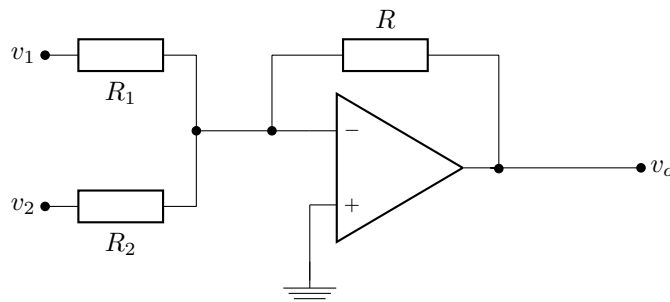
Prinsipiell løsning 2

En mulig løsning er vist i figuren under.

Utgangsspenningen i summeringsforsterkeren v_o vil være gitt av formelen

$$V_o = -R \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right),$$

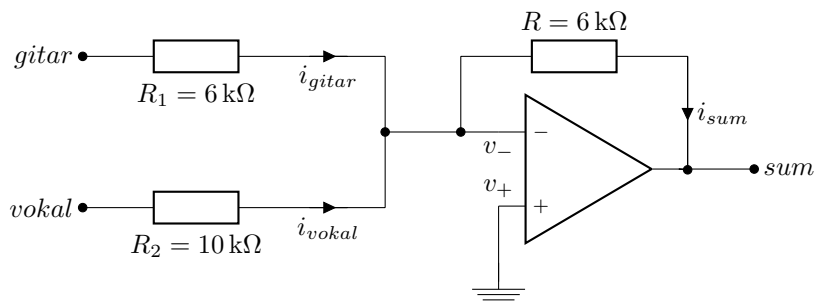
hvor v_1 og v_2 er inngangsspenninger og R , R_1 , og R_2 er motstander som vist i kretskjemaet.



Figur 3: En kretstopologi som kan brukes til å løse problemet i problemstillingen.

Prinsipiell løsning 3

En mulig løsning er vist i figur 4. To innsignaler *gitar* og *vokal* er koblet via motstandene R_1 og R_2 til den inverterende inngangen på operasjonsforsterkeren. Det er en tilbakekopling fra utgangen *sum* på operasjonsforsterkeren til den inverterende inngangen via en motstand R . Den ikke-inverterende inngangen er koblet til jord.



Figur 4: Den valgte løsningen. *sum* er en vektet sum av *gitar* og *vokal* der vektingen er gitt av forholdet mellom motstandene.

På grunn av at det ikke går strøm på inngangene til operasjonsforsterkeren er

$$i = i_1 + i_2, \tag{5}$$

hvor i_{sum} , i_{gitar} og i_{vokal} er strømmene som går gjennom henholdsvis R , R_1 og R_2 i figur 4. For å gjøre regningen lettere setter vi $sum = v_o$, $gitar = v_1$ og $vokal = v_2$. Siden operasjonsforsterkeren

er i aktiv modus er

$$v_- = v_+ = 0, \quad (6)$$

hvor v_- er spenningen på den inverterende inngangen og v_+ er spenningen på den ikke-inverterende inngangen. Ved å bruke "Ohm's law" på strømmene kan (5) omformes til

$$\frac{v_- - v_o}{R} = \frac{v_1 - v_-}{R_1} + \frac{v_2 - v_-}{R_2}. \quad (7)$$

Siden $v_- = 0$ kan denne likningen reduseres til

$$\frac{0 - v_o}{R} = \frac{v_1 - 0}{R_1} + \frac{v_2 - 0}{R_2} \quad (8)$$

$$-\frac{v_o}{R} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}. \quad (9)$$

Ganger den resulterende likningen med R på begge sider og får

$$-v_o = v_1 \frac{R}{R_1} + v_2 \frac{R}{R_2}. \quad (10)$$

I dette prosjektet er det gitt at gitarsignalet skal holdes uendret og at vokalsporet skal dempes med 60 %. Det resulterer i at $R/R_1 = 1$ og $R/R_2 = 0.6$ siden spenningene v_1 og v_2 ganges med henholdsvis R/R_1 og R/R_2 . I Koopen er 6 k Ω - og 10 k Ω -motstander lett tilgjengelig. Derfor settes $R = 6 \text{ k}\Omega$ som gjør at R_1 og R_2 kan utledes

$$R_1 = \frac{R}{1} = \frac{6 \text{ k}\Omega}{1} = 6 \text{ k}\Omega \quad (11)$$

$$R_2 = \frac{R}{0.6} = \frac{6 \text{ k}\Omega}{0.6} = 10 \text{ k}\Omega. \quad (12)$$

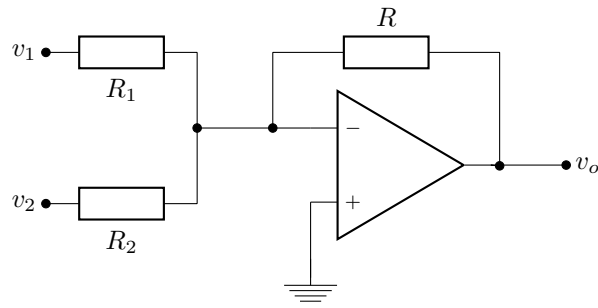
Prinsipiell løsning 4

En måte å kombinere flere signal på er å bruke en summeringsforsterker. En slik krets er vist i 5.

Kretsen kan analyseres ved å se på i_1 , i_2 og i . Vi vet at

$$i = i_1 + i_2. \quad (13)$$

Bruker Ohms lov og får



Figur 5: Summeringsforsterker.

$$-\frac{v_o}{R} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}, \quad (14)$$

som kan omformes til

$$-v_o = v_1 \left(\frac{R}{R_1} \right) + v_2 \left(\frac{R}{R_2} \right). \quad (15)$$

Ut ifra (15) kan det observeres at v_o er en sum av v_1 og v_2 vektet med henholdsvis R/R_1 og R/R_2 .
