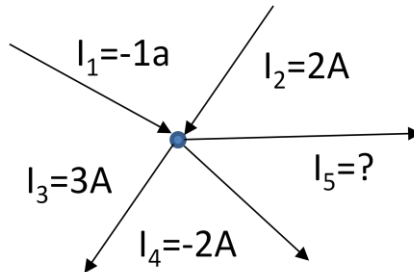


Løsningsforslag eksamen inf 1410 våren 2009

Oppgave 1- Strøm og spenningslover. (Vekt: 15%)

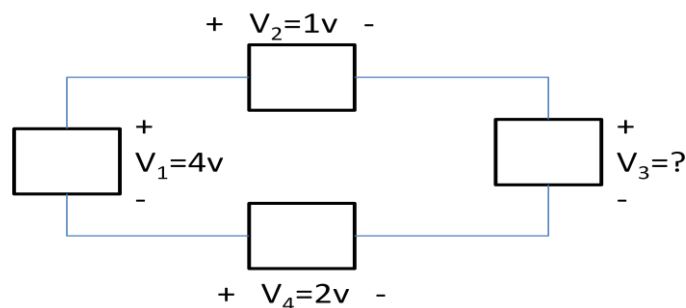
- a) Finn den ukjente strømmen I_5 i Figur 1 og vis hvordan du kom frem til svaret



Figur 1

Løsning: Ved enten å summere algebraisk strømmene som går INN mot noden (bytt fortegn på strømmene som går UT av noden), UT av noden (bytt fortegn på strømmene som går INN i noden), eller sette summen av strømmene UT av noden lik strømmene INN mot noden, får man at $I_5 = 0\text{A}$

- b) Finn den ukjente spenningen V_3 i Figur 2 og vis hvordan du kom frem til svaret



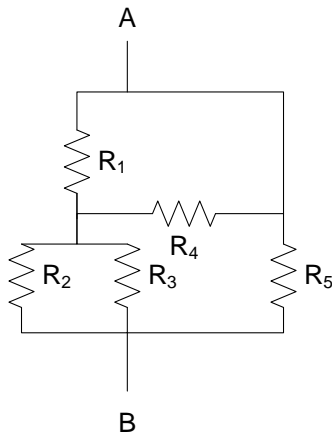
Figur 2

Løsning: Summerer spenningene rundt kretsen med klokka, og setter opp spenninger som negative hvis man kommer til den negative terminalen først (motsattt går også, bare man er konsekvent).

Dette gir at $-V_1 + V_2 + V_3 - V_4 = 0 \rightarrow V_3 = V_1 - V_2 + V_4 = 4 - 1 + 2 = 5\text{Volt}$

Oppgave 2- Forenkling av kretser. (Vekt: 20%)

- a) Gitt kretsen i Figur 3. Beregn hva den ekvivalente motstanden mellom node A og B er (dvs forenkle kretsen mest mulig). Motstandsverdiene er som følger: $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 4\Omega$ og $R_5 = 8\Omega$.



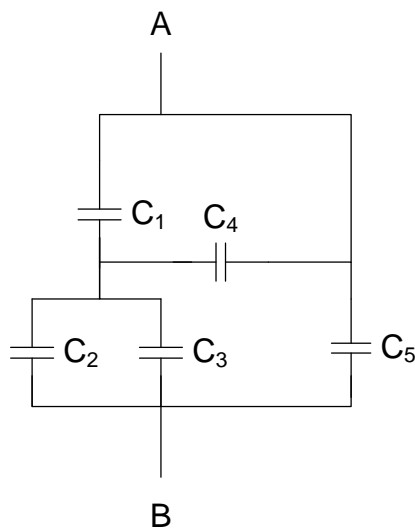
Figur 3

Løsning: Observasjonen her er at R_1 og R_4 er koblet i parallell, likeledes R_2 og R_3 . Parallellkoblingene er deretter koblet i serie, og tilslutt er motstandene $R_1 || R_4 + R_2 || R_3$ i parallell med R_5 .

Setter $R_x = (R_1 * R_4) / (R_1 + R_4) = 2.4 \text{ Ohm}$ og $R_y = (R_2 * R_3) / (R_2 + R_3) = 2 \text{ Ohm}$

Dette gir totalt $((R_x + R_y) * R_5) / (R_x + R_y + R_5) = 35.2 / 12.4 = 2.838 \text{ Ohm}$

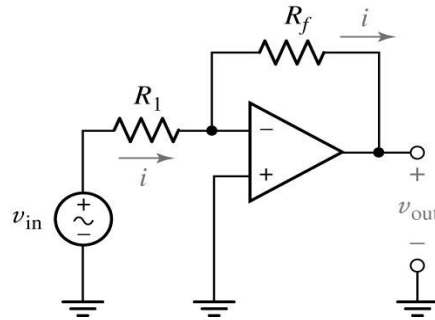
- b) Gitt kretsen i Figur 4. Beregn hva den ekvivalente kapasitansen mellom node A og B er (dvs forenkle kretsen mest mulig). Kapasitansverdiene er som følger: $C_1=1$, $C_2=2\text{F}$, $C_3=2\text{F}$, $C_4=3\text{F}$ og $C_5=5\text{F}$



Figur 4

Løsning: Ligningene for parallel- og seriekobling av konsensatorer er motsatt av de for motstander. Definerer følgende: $C_x = C_1 + C_4 = 4\text{F}$ og $C_y = C_2 + C_3 = 4\text{F}$. Seriekoblingen av C_x og C_y gir en total kapasitans på $C_x * C_y / (C_x + C_y) = 2\text{F}$. Denne summeres så til C_5 , slik at den totale kapasitansen blir 7F .

Oppgave 3 – Operasjonsforsterkere. (Vekt: 25%)



Figur 5

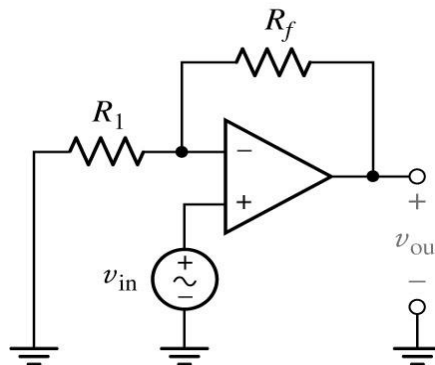
- a) Hvor stor må motstanden R_f i kretsen i Figur 5 være hvis $R_1=5\text{k}\Omega$ og forsterkningen er -100 ?

Løsning: Overføringsfunksjonen for denne inverterende kretsen er gitt av $V_{out}=-V_{in}(R_f/R_1)$, der R_f/R_1 bestemmer forsterkningen. Så hvis forsterkningen skal være -100 , må derfor $R_f/5\text{k}\Omega=100$, altså må $R_f=500\text{k}\Omega$. Legg merke til at det er absoluttverdien av forsterkning som avgjør motstandsverdien, og ikke fortegnet

- b) Hvis v_{in} er maks 100mV og v_{out} skal være maks 4V i kretsen i Figur 5, hvor stor må da R_f være når $R_1=5\text{k}\Omega$?

Løsning: Her bør man presisere i svaret at det må dreie seg om absoluttverdier siden vi har en inverterende forsterker, slik at $|A|=|V_{out}|/|V_{in}|=4\text{V}/0.1\text{V}=40$. Dette vil da gi en $R_f=40*5\text{k}\Omega=200\text{k}\Omega$

- c) Hvordan vil outputsignalet v_{out} til kretsen i Figur 5 påvirkes hvis utgangsmotstanden til operasjonsforsterkeren ikke lenger er null?



Figur 6

Løsning: Med utgangsmotstanden menes den interne motstanden på utgangen til OpAmp'en. Hvis denne ikke lenger er lik 0, vil det derfor bli et spenningsfall som reduserer forsterkningen fra den ideelle verdien. Dermed blir den reelle amplituden på V_{out} noe mindre enn den ideelle. Med andre ord reduseres utgangsspenningen V_{out}

- d) Hvis $R_1=10\text{k}\Omega$ på i kretsen i Figur 6, hvor stor må R_f være for at forsterkningen skal være 100 ?

Løsning: Kretsen i figur 6 er en ikke-inverterende forsterker, hvor $A=1+R_f/R_1$, følgelig må $R_f=R_1(A-1)=10\text{k}\Omega*99=990\text{k}\Omega$

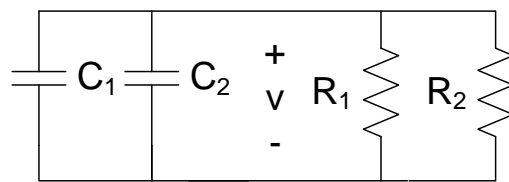
- e) Hvordan vil outputsignalet v_{out} til kretsen i Figur 6 påvirkes hvis inngangsmotstanden til operasjonsforsterkeren ikke lenger er uendelig stor?

Løsning: Det bør her først presiseres om utgangsmotstanden fortsatt er 0 eller ikke –vi antar at den er ideell, dvs null Ohm. En endelig inngangsmotstand (men fortsatt svært stor) vil bidra til å redusere forsterkningen A, slik at V_{out} vil bli noe mindre. Man kan enten komme frem til dette ved å analysere en mer detaljert modell for opamp'en, f.eks den vist i figur 6.25 i læreboka, eller observere at den negative inngangen på opampen ikke lenger vil ha samme amplitude som den positive inngangen (den indre motstanden gjør at vi får en spenningsdeling)

- f) Hvis en kondensator kobles mellom + og – på utgangen av kretsen i Figur 6, hva vil skje med v_{out} etterhvert som frekvensen til innsignalet v_{in} øker (du skal bare kort beskrive hva som skjer, ikke utlede ligninger)

Løsning: Kondensatorer vil føre til at impedansen mot jord vil bli lavere med økende frekvens, V_{out} vil derfor bli mindre og mindre i amplitude etter som frekvensen øker. Frekvensen vil derimot være den samme

Oppgave 4 – RC-kretser. (Vekt: 20%)



Figur 7

- a) Hva er tidskonstanten til kretsen i Figur 7 uttrykt ved C_1 , C_2 , R_1 og R_2 ?

Løsning: Dette er en enkel RC-krets hvor tidskonstanten
 $t = RC = (R_1 \parallel R_2) * (C_1 \parallel C_2) = ((R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)) * (C_1 + C_2)$

- b) Hva menes med "naturlig respons"?

Løsning: Naturlig respons er forløpet til strøm og spenning i en krets etter at alle strøm/spenningskilder er koblet fra kretsen

- c) Anta at kretsen hadde en likespenningskilde med $V=5\text{v}$ tilkoblet ved $t < 0$, og som så blir koblet fra ved $t=0$. Hvis den ekvivalente kapasitansen er $20\mu\text{F}$, og den ekvivalente motstanden er 5Ω , hvor stor er da spenningen v etter $400\mu\text{s}$?

*Løsning: Den naturlige responsen til en RC-krets som består av en kondensator og en motstand er gitt av $v(t) = v(0)e^{(-t/RC)} = 5\text{V}e^{(-400\mu\text{s}/(20\mu\text{F} * 5\text{Ohm}))} = 0.091 \text{ Volt}$*

Oppgave 5 – Flervalgsoppgave. (Vekt: 20%)

Nedenfor er det gitt en samling av påstander. For hver deloppgave er det kun én av påstandene som er korrekt, eventuelt kun én påstand som er feil. Svaret ditt skal bestå kun av bokstavent til det du mener er korrekt svaralternativ.

Les nøye igjennom alle påstandene – noen er mer ”gale” enn andre. For å hindre ren gjetning, vil det for noen helt opplagt gale påstander gis negativ poengsum.

- 1) Tema: Ohmske motstander. Hvilken påstand er korrekt?
- a) Resistansen til en ideell ohmsk motstand er uavhengig av frekvens
 - b) Resistansen til en fysisk ohmsk motstand er alltid uavhengig av temperatur
 - c) Resistansen til en kobberleder er null
 - d) En ohmsk motstand kan lagre en endelig mengde energi over et endelig tidsintervall
 - e) En ohmsk motstand er ikke et passivt element

Svar: a)

- 2) Tema: Kondensatorer. Hvilken påstand er korrekt?
- a) En kondensator er et eksempel på et aktivt element
 - b) En kondensator kan lagre en endelig mengde energi over uendelig tid
 - c) En kondensator kan lagre en endelig mengde energi over endelig tid
 - d) En kondensator har impedans som er uavhengig av frekvens
 - e) En kondensator har null motstand for likestrømssignaler

Svar: c)

- 3) Tema: Operasjonsforsterkere
- a) En ideel operasjonsforsterker har uendelig stor inngangsmotstand
 - b) En ideel operasjonsforsterker har uendelig stor utgangsmotstand
 - c) Operasjonsforsterkere kan ikke brukes for å integrere et innsignal
 - d) Operasjonsforsterkere kan ikke brukes for å derivere et innsignal
 - e) En fysisk (praktisk) operasjonsforsterker har uendelig stor forsterkning

Svar: a)

- 4) Tema: Kirchhoffs strøm- og spenningslover
- a) Kirchhoffs strømlov gjelder bare for likestrømssignaler
 - b) Kirchhoffs spenningslov gjelder ikke i frekvensdomenet
 - c) Kirchhoffs spenningslov gjelder kun for planare nettverk
 - d) Kirchhoffs strømlov sier at summen av strømmene ut av (eller inn i) en node er lik null
 - e) Kirchhoffs spenningslov sier at den algebraiske summen av spenningene rundt en løkke er lik null

Svar: e)

5) Tema: Analyse i frekvens- og tidsdomenet

- a) Kirchhoffs lover gir ligninger med integrerte og/eller deriverte for kretser med kondensatorer/spoler i tidsplanet
- b) Analyse i frekvensplanet er bare interessant hvis innsignalet har en bestemt frekvens
- c) Analyse i tidsplanet er bare interessant hvis innsignalet er et likstrømssignal
- d) Laplace-transform kan bare benyttes hvis påtrykket (innsignalet) er en eksponensialfunksjon
- e) Laplace-transformen er en en-veis funksjon, dvs at det ikke er mulig å transformere tilbake til den opprinnelige funksjonen

Svar: a)