

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: INF1411 – Introduksjon til elektroniske systemer

Eksamensdag: 6. juni 2016

Tid for eksamen: 4 timer

Oppgavesettet er på 6 sider

Vedlegg: Ingen

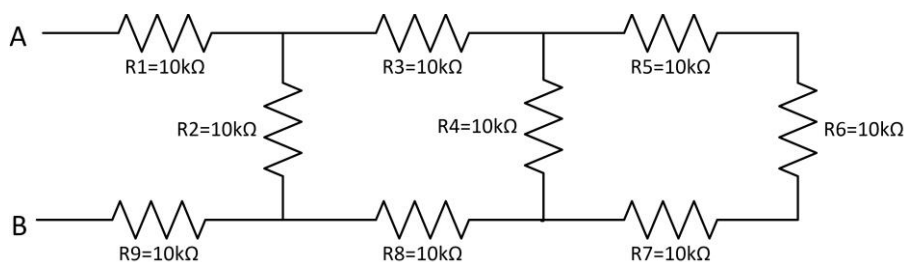
Tillatte hjelpemidler: Alle trykte og skrevne samt lommekalkulator

*Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.
Der hvor annet ikke er angitt, teller alle spørsmålene i en deloppgave likt.*

Hvis du ikke har med kalkulator: Forklar i såfall hvordan du vil regne ut svaret i de oppgavene hvor det spørres etter utregning.

Oppgave 1 – Resistorer (vekt 20 %)

Oppgave 1-a) Hvor mange noder har kretsen i Figur 1 og hva er den totale resistansen mellom nodene A og B?



Figur 1

Fasit:

Kretsen har 8 noder (medregnet A og B)

R5, R6 og R7 i serie er 30kOhm

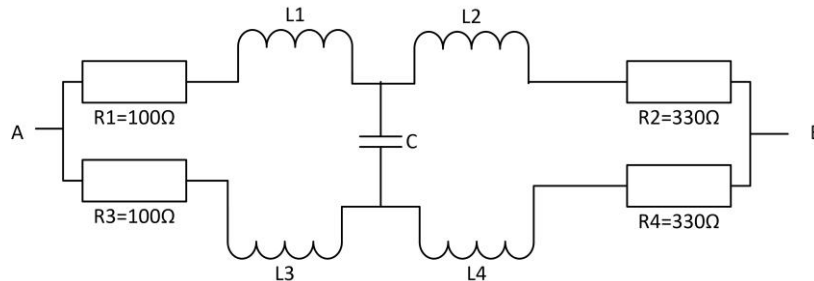
R4 i parallell med 30kOhm er 7,5 kOhm

R3 og R8 i serie med 7,5 Kohm er 27,5 kOhm

R2 i parallell med 27,5 kOhm er $22/3 \approx 7,33$ kOhm

R1 og R9 i serie med $22/3$ kOhm er $88/3$ kOhm $\approx 29,33$ kOhm

Oppgave 1-b) Kretsen i figur 2 består av fire induktorer (spoler), en kondensator og fire resistorer. Bruk det du vet om hvordan kretser med ideelle induktorer og kondensatorer kan forenkles ved dc og ved svært høye frekvenser til å finne hvor stor impedans det er mellom nodene A og B mot i) likestrøm og mot ii) ac-signaler med svært høy frekvens.



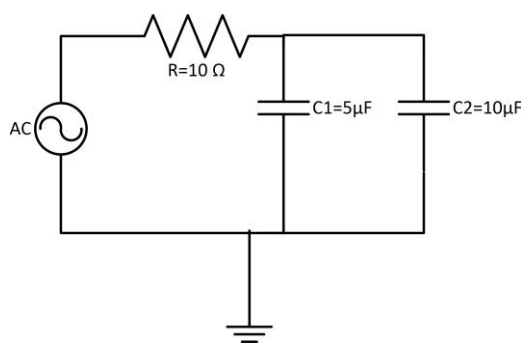
Figur 2

Fasit:

Her er nøkkelen til å løse oppgaven å benytte seg av at en kondensator har tilnærmet null impedans ved svært høye frekvenser og uendelig stor ved dc, mens spoler har null impedans ved dc og uendelig stor impedans ved svært høye frekvenser.

- i) For dc kan man erstatte spolene med ledere og fjerne kondensatoren. Dermed reduseres kretsen til $(R1+R2) \parallel (R3+R4) = 430 \parallel 430 = 215 \text{ Ohm}$
- ii) For ac blir impedansen mellom A og B uendelig stor; kondensatoren har null impedans, men alle de fire spolene får uendelig stor impedans.

Oppgave 1-c) Gitt kretsen i Figur 3. Ved frekvensen $f=1\text{kHz}$ måles den samlede impedansen til $22,5 \Omega$.



Figur 3

Imidlertid er det usikkert om C1 er korrekt merket, dvs at den kanskje ikke har den oppgitte kapasitansen. Vis hvordan man kan finne ut om den er korrekt merket eller ikke. Forutsett at de andre verdiene er riktige.

Fasit:

Her setter man opp uttrykket for total impedans i en seriell krets og sjekker om man får en samlet impedans som tilsvarer den oppgitte.

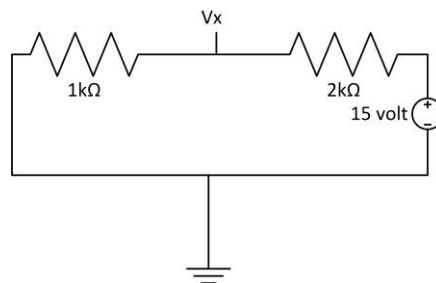
$$X_C = 1/2\pi \cdot f \cdot (C_1 + C_2) = 1/(6,28 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3) = 10,61 \text{ Ohm}$$

$$Z = \text{SQRT}(X_C^2 + R^2) = \text{SQRT}(10,61^2 + 10^2) = 14,58 \text{ Ohm}$$

Merkingen av C1 er dermed ikke korrekt.

Alternativt kan man regne ut hva C1 må være for at man skal få den oppgitte totalimpedansen og se om dette blir 5 mikroF, noe det ikke blir; man får en negativ kapasitans som indikerer at det i tillegg er betydelig serie/parallell-resistans i kondensatoren i tillegg. Men dette var det altså ikke spørsmål om.

Oppgave 1-d) Hva slags krets er vist i Figur 4? Finn V_x .

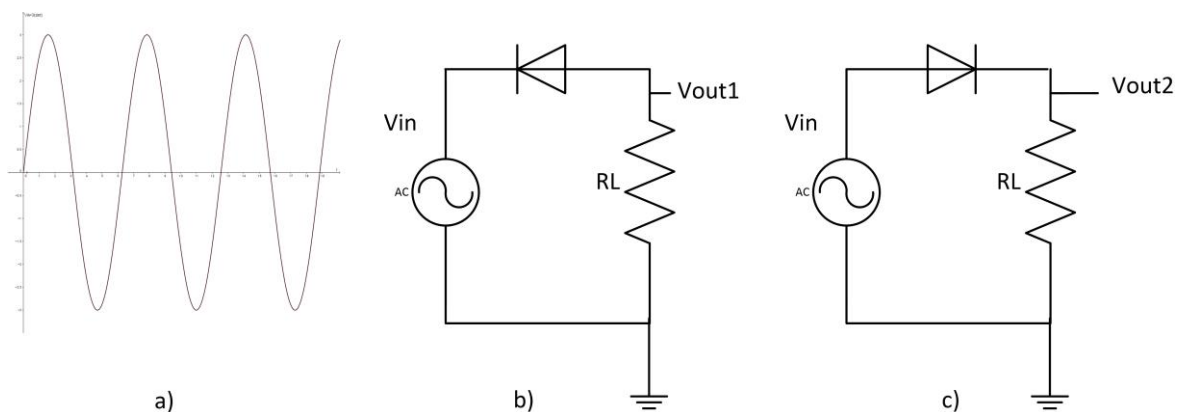


Figur 4

Kretsen er en spenningsdeler hvor $V_x = 15\text{V} \cdot 1\text{k}\Omega / (1\text{k}\Omega + 2\text{k}\Omega) = 5 \text{ volt}$

Oppgave 2 – Dioder (vekt 20 %)

Oppgave 2-a) Gitt de to diodekretsene i Figur 5b) og c). Spenningskilden lager en spenning $V_{in} = 3\sin(t)$, slik det er vist i Figur 5a). Anta at dioden har $V_{fb} = 0,7\text{V}$ og ellers er ideell (dvs. uendelig stor resistans for spenninger $< V_{fb}$ og null resistans for spenninger $\geq V_{fb}$). Skisser forløpet av V_{out1} , V_{out2} og V_{in} for en hel periode av V_{in} .



Figur 5

Fasit:

Her sjekkes det om studenten har forstått når en diode leder/sperrer, og betydningen av barrierespenningen

Diodene leder kun for den negative/positive halvperioden; dessuten er det et spenningsfall på 0.7v i forhold til kilden, slik at kurvene for utspenningen blir liggende 0.7 v over/under spenningen for innspenningen i den negative/positive delen av perioden.

Oppgave 2-b) Hvis vi nå antar at dioden ikke har null resistans når den leder, men en fast, endelig resistans R_x (mao for $V > V_{fb}$), hva skjer da med V_{out} i forhold til V_{in} ? Du trenger ikke tegne kurven på nyt; det holder å forklare med ord.

Fasit:

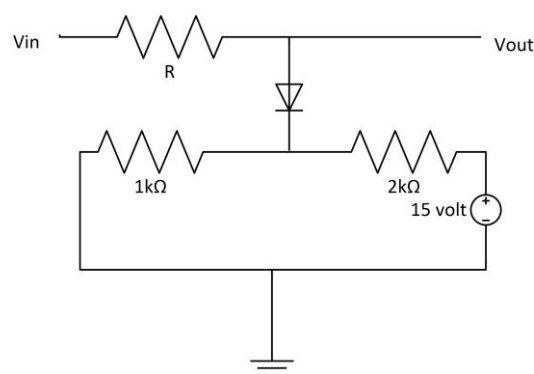
Kretsene blir nå en spenningsdelers, slik at V_{out1} og V_{out2} i tillegg blir komprimert, og ikke bare forskjøvet 0.7v i forhold til V_{in} .

Oppgave 2-c) Tenk deg nå at de to diodene i Figur 5b) og c) byttes ut med Zener-dioder med $V_{fb}=0,7v$ og breakdown-spenning $V_Z = -5v$. Hva skjer med kurvene du skisserte i oppgave 2a? Forklar!

Fasit:

Byttes diodene ut med Zenerdioder med de oppgitte karakteristikene skjer det ingen ting, siden Zener-spenningen er større enn spenningen over kilden. Siden dette er en rimelig opplagt oppgave, må det forklares for å få poeng – det holder altså ikke å svare at det ikke skjer noe.

Oppgave 2-d) Kretsen i Figur 6 kan benyttes til spenningsbegrensning, dvs. at kun bestemte spenningsområder slipper gjennom fra V_{in} til V_{out} . Anta at $V_{fb}=0,7v$. Forklar virkemåten og finn ut hvilket spenningsområde som sperres ute og hvilket som slipper gjennom fra V_{in} til V_{out} . Du kan anta at R er stor.



Figur 6

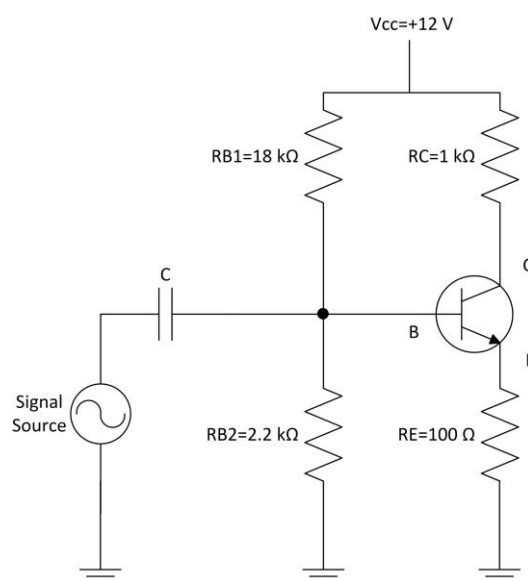
Fasit:

Her må man først finne hvilken spenning som er på katodesiden av dioden og denne lages av spenningsdeleren som for øvrig er den samme som i oppgave 1d), noe som gir en spenning på $15v \cdot (1k\Omega / (1k\Omega + 2k\Omega)) = 5$ volt.

Dette betyr at dioden begynner å lede når spenningen er over $5\text{V} + 0.7\text{V} = 5.7\text{V}$, og dermed slipper bare spenninger lavere enn 5.7V gjennom fra V_{in} til V_{out} . Ekstra bra besvarelse vil være om det nevnes at kretsen ikke vil beskytte mot store negative spenninger, siden det ikke er symmetrisk beskyttelse.

Oppgave 3 – Transistorer (vekt 20 %).

Du skal i denne oppgaven beregne strømmer og spenninger rundt dc-operasjonspunktet til transistorforsterkeren i Figur 7. For å finne noen av svarene kan du gjøre noen forenklinger og du må i disse tilfellene tydelig forklare hvorfor de er fornuftige antagelser. Anta at spenningsfallet mellom base og emitter er $0,7\text{V}$, og $\alpha \approx 1$



Figur 7

Oppgave 3-a) Finn spenningen i node B i forhold til jord. Hvilke forenkling kan du benytte deg av, og hvorfor er dette en fornuftig forenkling?

Fasit:

Man kan anta at den indre motstandnen fra basen mot jord er stor, slik at man ikke behøver å ta hensyn til at denne danner en parallellmotstand med R_{B2} . Da finner man at $V_B = R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2}) * V_{cc} = 2.2\text{k}\Omega / (18\text{k}\Omega + 2.2\text{k}\Omega) * 12\text{V} = 1.307\text{V}$

Oppgave 3-b) Finn spenningen i node E i forhold til jord.

Fasit:

$$V_E = V_B - 0.7\text{V} = 1.307 - 0.7 = 0.607\text{V}$$

Oppgave 3-c) Finn emitterstrømmen I_E .

Fasit:

$$I_E = V_E / R_E = 0.607 \text{ v} / 100 \text{ Ohm} = 6.07 \text{ mA}$$

Oppgave 3-d) Finn spenningsfallet over motstanden RC.

Fasit:

Siden alfa er tilnærmet lik 1 kan vi anta at $I_C = I_E$, og dermed blir spenningsfallet over RC lik $I_E * R_C = 6.07 \text{ mA} * 1 \text{ kOhm} = 6.07 \text{ volt}$

Oppgave 3-e) Finn spenningsfallet VCE mellom kollektor og emitter.

Fasit:

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{RC} - V_E = 12 \text{ v} - 6.07 - 0.607 = 5.32 \text{ v}$$

Oppgave 3-f) Avhengig av om man leser av utspenningen i node C eller node E (i forhold til jord) har denne forsterkeren to ulike navn. Hvilke?

Fasit:

Leser man av spenningen i C får man en common collector-forsterker, mens man får en common emitter-forsterker om man leser av spenningen i E.

Oppgave 3-g) Er det sannsynlig at transistoren er metning? Begrunn svaret ditt.

Fasit:

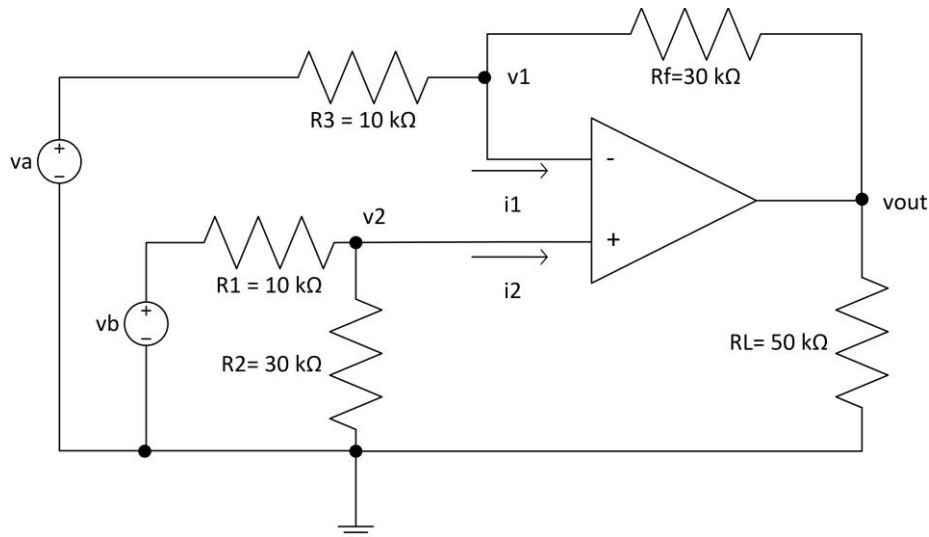
Transistoren operer ikke i metning, fordi spenningen $V_{CE} = 5.32 \text{ v} \gg 0.7 \text{ v}$

Oppgave 3-h) Finn den maksimale kollektorstrømmen $I_{C_{sat}}$.

Fasit:

Den maksimale kollektorstrømmen inntreffer når $V_{CE} = 0$, dvs at $I_{C_{sat}} = V_{CC} / (R_C + R_E) = 12 \text{ v} / 1100 \text{ Ohm} \approx 0.0109 \text{ A} \approx 11 \text{ mA}$

Oppgave 4) – Differensiell forsterker (vekt 20%)



Figur 8

Oppgave 4-a) Forklar kort med ord hva en differensiell forsterker er (en setning holder). Hva kjennetegner en ideell operasjonsforsterker med tanke på i) inngangsstrømmene, ii) spenningsforskjellen mellom inngangene og iii) inngangsmotstanden?

Fasit:

En differensiell forsterker er en forsterker som har et outputsignal som er proporsjonal med differensen mellom de to inngangssignalene, altså $V_{out} = A(v_2 - v_1)$.

En ideell opamp har i) ingen inngangsstrøm, ii) null spenningsforskjell mellom inngangsterminalene og iii) uendelig stor inngangsimpedans

Oppgave 4-b) Kretsen i Figur 8 viser en differensiell forsterker som består av en ideell operasjonsforsterker og fem resistorer. Hva er sammenhengen mellom spenningen i v1 og v2 (målt i forhold til jord), og hva er verdiene til i1 og i2?

Fasit:

Siden opamp'en er ideel, er $v_1 = v_2$, og $i_1 = i_2 = 0$ – med andre ord svaret fra oppgave 4a) anvendt på den konkrete kretsen.

Oppgave 4-c) Bruk KCL for å sette opp ligningene for strømmene inn mot (eventuelt strømmene ut av) henholdsvis node v1 og v2.

Fasit:

Velger strømretning UT av nodene (men kan godt velge retning INN mot nodene også)

$$(1): (v_2 - v_b)/R_1 + v_2/R_2 + i_2 = 0 \rightarrow (v_2 - v_b)/R_1 + v_2/R_2 = 0$$

$$(2): (v_1 - v_{out})/R_f + (v_1 - v_a)/R_3 + i_1 = 0 \rightarrow (v_1 - v_{out})/R_f + (v_1 - v_a)/R_3 = 0$$

Her får man hjelp av det som er svart i 4a) og 4b)

Oppgave 4-d) Finn utgangsspenningen v_{out} som funksjon av v_a og v_b (sett inn de oppgitte ohm-verdiene for motstandene). Funksjonen skal ikke inneholde i_1 , i_2 , v_1 eller v_2 .

Ved å sette at $v_2 = v_1$ blir ligning(1) fra oppgave 4-b) lik $(v_1 - v_b)/10k\Omega + (v_1 - v_b)/30k\Omega = 0 \rightarrow v_1 = 0.75 * v_b$. Dette kan settes inn i ligning (2) som da blir $(0.75v_b - v_{out})/30k\Omega + (0.75v_b - v_a)/10k\Omega = 0 \rightarrow v_{out} = 3(v_b - v_a)$

Oppgave 5 – Flervalgsoppgave (vekt 20%)

I hver av deloppgavene under er det nøyaktig én påstand som er korrekt, mens de andre påstandene er mer eller mindre gale. Svaret ditt for hver deloppgave skal kun bestå av det du mener er korrekt svaralternativ.

Oppgave 5-1) Induktorer

- a) En induktor er et aktivt element
- b) En induktor har kun frekvensuavhengig impedans
- c) En induktor har susceptans
- d) En induktor har ikke admittans
- e) Ved likestrøm har induktorer svært høy impedans

Riktig svar: C

Oppgave 5-2) Kondensatorer

- a) Ideelle kondensatorer har kun kapasitiv reaktans
- b) Det inverse av kapasitiv reaktans er induktiv reaktans
- c) Seriekobling av kondensatorer øker strømmen
- d) Parallellkobling av kondensatorer reduserer kapasitansen
- e) Spenningen over en kondensator er lik den deriverte av strømmen gjennom den

Riktig svar: A

Oppgave 5-3) Resistorer

- a) Fysiske resistorer har konstant resistans for alle frekvenser
- b) Fysiske resistorer kan ha både kapasitiv og induktiv reaktans
- c) Konduktans og resistans er proporsjonale størrelser
- d) Admittans er ikke definert for resistorer
- e) I ideelle resistorer er konduktansen og resistansen like store

Riktig svar: B

Oppgave 5-4) Wheatstonebroer

- a) Wheatstonebroer kan ikke konstrueres med induktorer
- b) Wheatstonebroer kan bare konstrueres med én type passive elementer
- c) Med kapasitive Wheatstonebroer må man benytte en vekselspenningskilde

- d) Wheatstonebroer er alltid ubalanserte
- e) Wheatstonebroer konverterer variasjon i en ukjent impedans til en kjent strøm og spenning

Riktig svar: **C**

Oppgave 5-5) DAC

- a) En DAC konverterer en digital impedans til en analog impedans
- b) DAC'er kan konstrueres uten tellere
- c) En ADC etterfulgt av en DAC vil ikke ødelegge presisjonen eller oppløsningen til det analoge signalet
- d) DAC'er fungerer bare for digitale signaler som ikke varierer over tid
- e) Ingen av påstandene over er korrekte

Riktig svar: **B**