

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: INF1411 – Introduksjon til elektroniske systemer

Eksamensdag: 28. mai 2014

Tid for eksamen: 4 timer

Oppgavesettet er på 6 sider

Vedlegg: Ingen

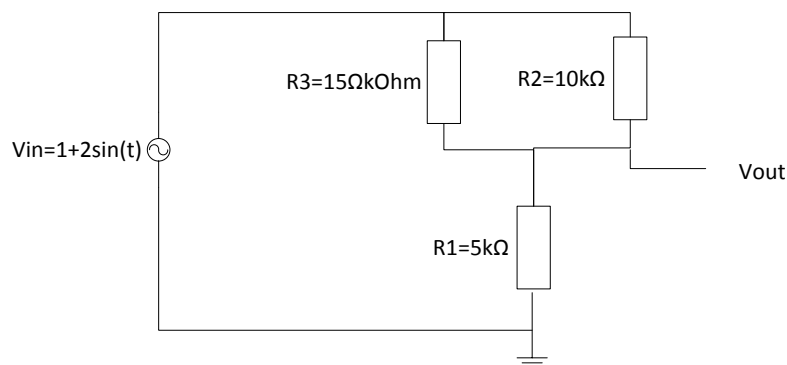
Tillatte hjelpemidler: Alle trykte og skrevne samt lommekalkulator

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 (Vekt 20%) – Resistorer og kondensatorer



Figur 1

#### 1-a) (vekt 3%)

Hvis  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$  skal erstattes med en enkelt motstand  $R_X$ , hvor stor må den være?

Den må erstattes av en motstand  $R_X = (R_2 || R_3) + R_1 = 11 \text{ kOhm}$

#### 1-b) (vekt 3%)

Hvor stor er strømmen  $i_I$  gjennom motstanden  $R_1$  i Figur 1?

Beregner først motstanden  $R_2 || R_3 = 6 \text{ kOhm}$ . Strømmen blir  $i_I = 1 + 2\sin(t) / (5 \text{ kOhm} + 6 \text{ kOhm})$

#### 1-c) (vekt 5%)

Hvor stor er henholdsvis den minste og den største øyeblikksverdien til  $V_{out}$  ?

Finner først  $V_{out} = R_1 / (R_2 || R_3 + R_1) V_{in}$ . Den største verdien til  $V_{in} = 3 \text{ v}$ , og da er  $V_{out} = 3 * 5 / 11$

volt=1,36volt, og den minste verdien av  $V_{in}$  er -1 volt, noe som gir  $-1 \cdot 5/11 = -0,46$  volt

**1-d) (vekt 5%)**

Tenk deg nå at motstanden  $R_1$  erstattes av en kondensator  $C=50 \mu F$ . Finn forholdet mellom  $V_{out}$  og  $V_{in}$  som funksjon av  $R_1$ ,  $R_2$  og  $X_c$  (du skal ikke beregne en tallverdi).

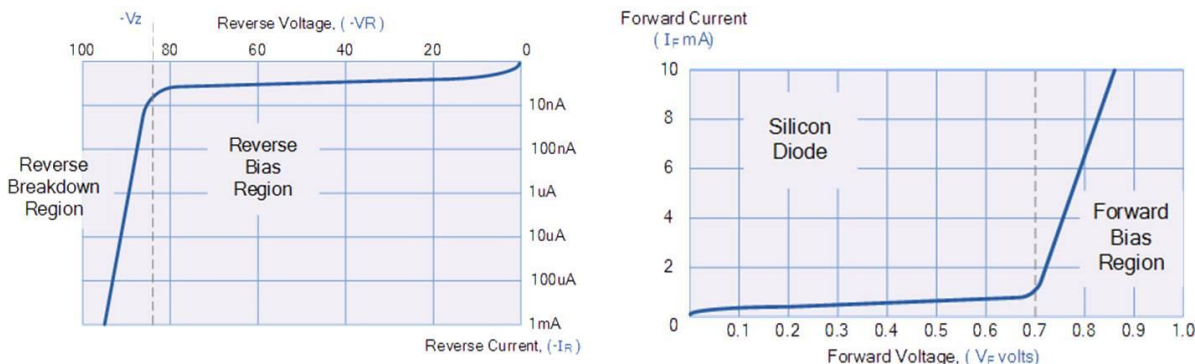
Dette blir en spenningsdeler som er gitt av  $V_{out} = \frac{X_c}{R_2 \parallel R_3 + X_c} V_{in}$ , og derfor blir  $V_{out}/V_{in} = A = \frac{X_c}{R_2 \parallel R_3 + X_c}$

**1-e) (vekt 4%)**

Mellom hvilke verdier vil  $A = V_{out}/V_{in}$  ligge når frekvensen til  $V_{in}$  varierer fra 0 Hz (likespenning) til en svært høy frekvens?

Hvis frekvensen er 0 Hz vil kondensatoren ha uendelig stor impedans slik at  $V_{out} = V_{in}$  og  $A = 1$ . Ved svært høy frekvens vil kondensatoren ha svært liten impedans og  $V_{out}$  vil trekkes mot jord, noe som betyr at  $A$  nærmer seg 0

**Oppgave 2 (Vekt 15 %) – Dioder**



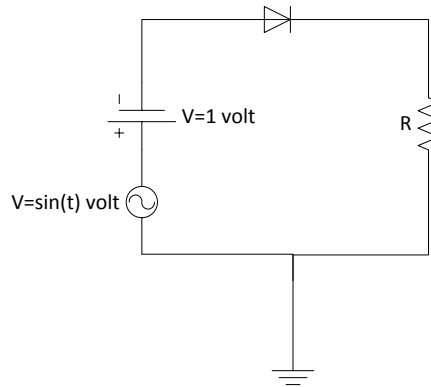
**Figur 2: Diodekarakteristikk**

**2-a) (Vekt 5%)**

Gitt diodekarakteristikken i figur 2. Finn tilnærmede verdier for diodens resistans for henholdsvis  $V_R = -60$  volt,  $V_F = 0,5$  volt og  $V_F = 0,8$  volt.

Svaret finnes ved å lese av ved å finne strømmen for de aktuelle spenningene og så beregne  $R = V/I$ .  $V_F = 0,8 \text{ v} \Rightarrow I = 0,8 \text{ v} / 6,2 \text{ mA} = 129 \text{ Ohm}$ ,  $V_F = 0,5 \text{ v} \Rightarrow I = 0,5 \text{ v} / 0,4 \text{ mA} = 1250 \text{ Ohm}$ ,  $V_R = -60 \text{ V} \Rightarrow I = 60 / 5 \text{ nA} = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ Ohm}$

**2-b) (Vekt 5%)**



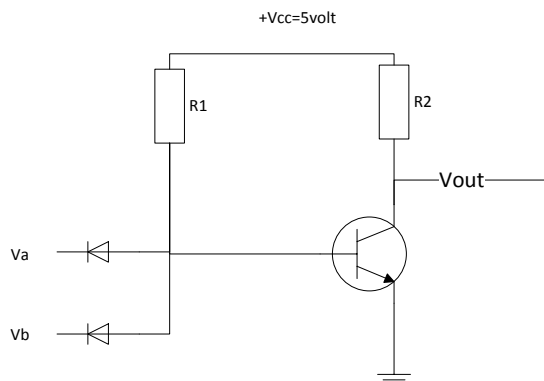
**Figur 3: Diodekrets**

Kretsen i Figur 3 består av en vekselspenningskilde, et batteri, en diode og en motstand. Anta at dioden nå har ideel karakteristik og at barrierespenningen er 0.7v. Anta at  $R=10k\Omega$  og beregn hvor stor strømmen gjennom motstanden R er når den sinusformede spenningen  $V=\sin(t)$  er på a) sitt mest positive og b) på sitt mest negative.

- a) På sitt mest positive er spenningen på inngangen til dioden lik 2 volt, og spenningen over R er da  $2-0.7$  volt= $1.3$  volt. Strømmen I blir da  $1,3v/10k\Omega=0,13$  milliAmpere
- b) På sitt mest negative er strømmen  $I=0$  fordi spenning på inngangen til dioden er 0 volt

**2-c) (Vekt 5%) Funksjon til diodekrets**

Figur 4 viser en digital krets med to dioder og en bipolar transistor.  $V_a$ ,  $V_b$  og  $V_{out}$  er digitale signaler som enten er 0 volt eller +5 volt, dvs logisk «0» eller «1». Du kan anta at terskelspenningen til transistoren er høyere enn barrierespenningen til diodene. Forklar hvilken boolsk funksjon kretsen utfører. (Hint: Se først på hvilken funksjon transistoren har).

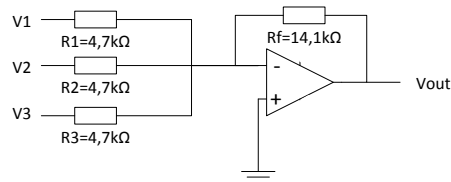


**Figur 4: Digital logikk med bipolar transistor og dioder**

BJT'en fungerer som en inverter. Hvis enten  $V_a$ ,  $V_b$  eller begge er 0 volt vil  $V_B$  trekkes ned mot 0 og transistoren er avstengt, noe som gjør at  $V_{out}$  er høy. Hvis både  $V_a$  og  $V_b$  er høye vil transistoren være i metning og  $V_{out}$  trekkes ned mot 0. Med andre ord en NAND-port

**Oppgave 3 (Vekt 20 %) – Operasjonsforsterkere**

**3-a) (Vekt 5%) Opamp-krets**



Figur 5

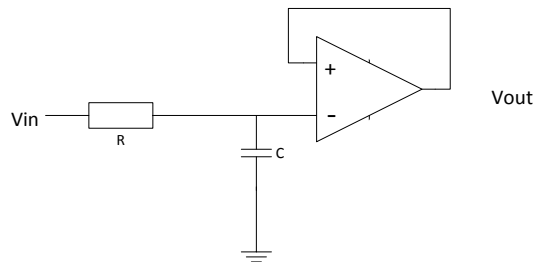
3a-1) Hva kalles kretsen Figur 5? **Summasjonsforsterker**

3a-2) Hvor stor er forsterkningen?  **$A = -R_f/R = -14,1/4,7 = -3$**

3a-3) Finn hvor stor  $V_3$  er hvis  $V_1 = 1\text{ volt}$ ,  $V_2 = -2\text{ volt}$  og  $V_{out} = -8\text{ volt}$

**$V_{out} = -3(V_1 + V_2 + V_3) \Rightarrow V_3 = 17/3 \text{ volt}$**

3-b) (vekt 5%) Aktive filtre



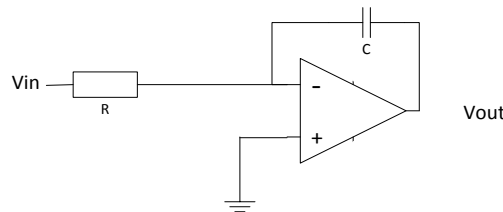
Figur 6: Aktivt filter

3b-1) Hva er forskjellen mellom et aktivt og et passivt filter? **Et passivt filter består av kun passive elementer, mens et aktivt består av både aktive og passive elementer**

3b-2) Hvis inngangen  $V_{in}$  er en likespenning eller en vekselspanning med lav frekvens, hva slags funksjon har kretsen kretsen i Figur 6 da (i tillegg til at den er et filter)? **Det blir en spenningsfølger**

3b-3) Hva er A lik i passområdet for filteret i Figur 6, forutsatt at alle komponentene er idelle? **I passområdet er  $A=1$**

3-c) (vekt 5%) Integrator



Figur 7: Integrator

Kretsen i Figur 7 kalles for en integrator.

3c-1) Skisser utgangssignalet  $V_{out}$  fra integratoren når inngangssignalet  $V_{in}$  er et firkantsignal som er sentrert rundt 0 volt (dvs et balansert signal).

**Utgangssignalet skal bli et trekantsignal sentrert rundt 0 volt**

3-d) Avvik fra ideel opamp

Hva skjer med utgangssignalet fra integratoren i forrige oppgave hvis opamp'en ikke lenger er ideel, men har et konstant offset slik at  $V_{out} > 0V$  når  $V_{in} = 0V$ ? Begrunn svaret!

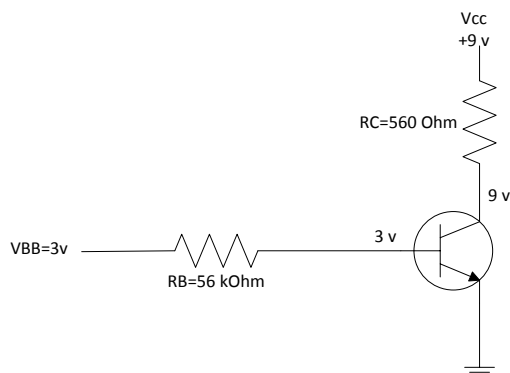
**Det vil bygge seg opp et offset på utgangen som etterhvert gjør at den går opp mot maks utspenning**

Oppgave 4 (Vekt 20 %) – Transistorer

#### 4-a) (Vekt 5%)

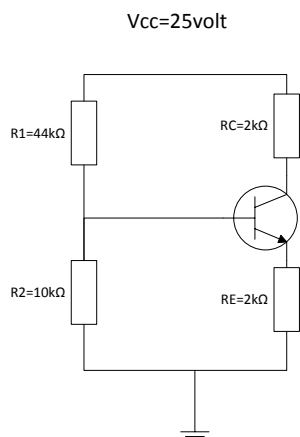
Gitt transistoren i figur xxx. Internt i transistoren er det brudd enten i base, emitter eller kollektor, og man måler spenningene på transistorens terminaler til  $V_B=3\text{ volt}$  og  $V_C=9\text{ volt}$  (se figur). Anta at terskelspenningen  $V_{TH}=0.7\text{ volt}$ . Er bruddet i kollektor, base eller emitter? Svaret skal begrunnes!

Bruddet kan enten være i basen eller i emitteren



Figur 8: BJT med feil

#### 4-b) (Vekt 2,5%)



Figur 9

Hva er funksjonene til motstandene  $RE$  og  $RC$  i Figur 9? Hva vil skje hvis man fjerner begge motstandene fra kretsen og kobler emitteren direkte til jord og kollektoren direkte til  $V_{CC}$ ?

$RC$  og  $RE$  tilsammen begrenser kollektorstrømmen  $I_C$ .  $RE$  hever  $V_E$  og dermed  $V_{CE}$  oppover

#### 4c) Vekt 2,5%

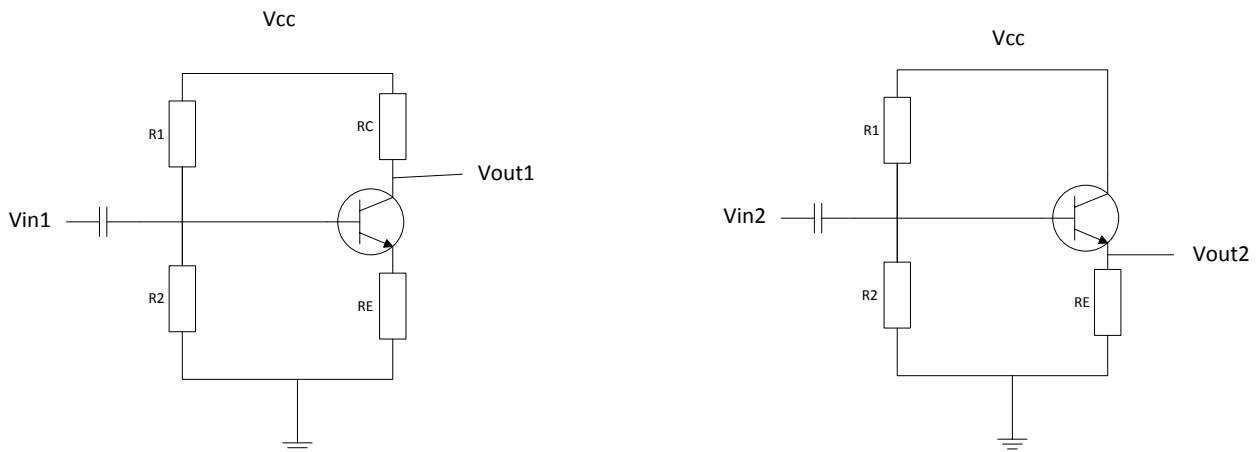
Hvis  $I_E=4\text{ mA}$  og  $I_B=10\mu\text{ A}$ , hvor stor er da  $I_C$  og  $\beta$ ?  $I_C=I_E-I_B= 3,99\text{ mA}$  og  $\text{Beta}=I_C/I_B=399$

#### 4e) vekt 5%

Tenk deg nå at motstanden  $R_2$  i Figur 9 er ukjent. Hva er den minste verdien  $R_2$  kan ha for at transistoren ikke skal være i cutoff? Anta at  $V_{TH}=0.7\text{ volt}$

$R_X$  må være så stor at  $R_X/(R_X+44\text{ kOhm}) * 25 > 0.7\text{ volt}$

#### 4d) Vekt 5%



Figur 10: BJT forsterkerkretser

Hva er faseforskyvningen mellom  $V_{in1}$  og  $V_{out1}$ , og mellom  $V_{in2}$  og  $V_{out2}$  i de to forsterkerkretsene Figur 10? Begrunn svaret!

$V_{in1}$  og  $V_{out1}$  er i motfase, dvs 180 grader, mens  $V_{in2}$  og  $v_{out2}$  er i fase, dvs 0 grader faseforskyvning

### Oppgave 5 (Vekt 20 %) – Flervalgsoppgave

#### 5-a) Strøm, spenning, impedans

Hvilken påstand er korrekt?

- 1) Summen av spenningene rundt en lukket løkke er lik summen av impedansene rundt den samme løkken
- 2) Summen av impedansene rundt en lukket løkke er frekvensuavhengig
- 3) Summen av strømmene inn mot en node har samme fortegn som spenningen i noden i forhold til jord
- 4) De spiller ingen rolle om man algebraisk summerer spenningene med eller mot klokka rundt en lukket løkke når man bruker KVL
- 5) Kirchhoffs spenningslov gjelder ikke for kretser om inneholder reaktive elementer.

Riktig svar er 4)

#### 5-b) Kondensatorer

Hvilken påstand er riktig?

- 1) En kondensator lagrer elektrisk strøm
- 2) En kondensator lagrer elektrisk ladning
- 3) Impedansen til en kondensator er frekvensuavhengig
- 4) Impedansen til en kondensator kalles også for induktiv reaktans
- 5) Det inverse til kapazitiv reaktans kalles for reaktiv impedans

Riktig svar er 2)

#### 5-c) DA-konvertere

Hvilken påstand er korrekt?

- 1) Oppløsningen til en DA-konverter kan aldri bli bedre enn oppløsningen til input-signalet

- 2) DA-konvertere trenger alltid et klokkesignal for å fungere
- 3) DA-konvertere benytter en intern AD-konverter for spenningsreferanse
- 4) Digitale signaler kan i motsetning til analoge signaler ha uendelig høy oppløsning
- 5) Operasjonsforsterkere kan ikke benyttes i DA-konvertere

Riktig svar er 1)

#### 5-d) AD-konvertere

Hvilken påstand er korrekt?

- 1) En AD-konverter konverterer en analog strøm til en digital spenning
- 2) Hvis man kobler en DA-konverter på utgangen av en AD-konverter vil oppløsningen til det analoge signalet sett ende-til-ende ikke endres
- 3) AD-konvertere kan konvertere både analoge strømmer og spenninger
- 4) AD-konvertere benyttes ikke i nettbrett
- 5) Høyfrekvent ikke-periodisk støy i det analoge signalet som konverteres vil alltid forplante seg til det digitale signalet.

Riktig svar er 3)

#### 5-e) Transistorer

Hvilken påstand er korrekt?

- 1) Bipolare transistorer er uavhengige strømkilder
- 2) Bipolare transistorer er uavhengige spenningskilder
- 3) Bipolare transistorer er strømstyrte strømkilder
- 4) Bipolare transistorer er spenningsstyrte spenningskilder
- 5) Alle bipolare transistorer har den strømforsterkningen

Riktig svar er 3)