# Elektriska nät och system F1

ESS 115

TENTAKIT

| Datum | Tenta | Lösning | Svar |
|---|---|---|---|
| 2001-12-15 | x | x | |
| 2002-04-05 | x | | x |
| 2002-08-31 | x | x | |
| 2002-12-14 | x | x | |
| 2003-04-25 | x | | x |
| 2003-08-30 | x | x | |
| 2003-12-13 | | | |
| 2004-04-16 | x | x | |
| 2004-08-28 | x | x | |
| 2004-12-11 | x | | |
| 2005-04-01 | | | |
| 2005-08-24 | | | |

28 november 2005

# Tentamen
# ess115 Elektriska Nät och System, F2

Examinator: Ants R. Silberberg

11 december 2004 kl. 08.30-12.30 sal V

| | |
|---|---|
| Förfrågningar: | Ants Silberberg, tel. 1808 |
| Lösningar: | Anslås tisdagen den 14 december på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Resultat: | Anslås tisdagen den 11 januari kl. 14 på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Granskning: | 1: Onsdagen den 12 januari kl. 12.30 - 14.00 , rum 5432.<br>2: Tisdagen den 18 januari kl. 12.30 - 14.30 , rum 5432. |
| Bedömning: | En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng. |

Hjälpmedel

- Typgodkänd miniräknare
- Beta Mathematics Handbook
- Physics Handbook
- Sammanfattning Kretselektronik (A4-häfte)

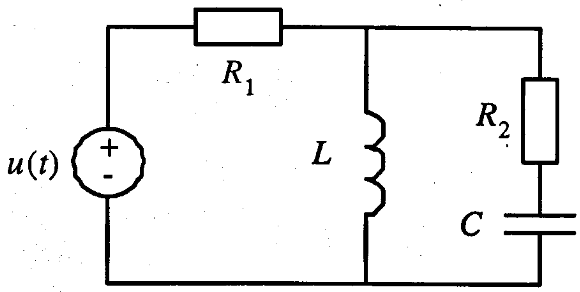
Betygsgränser (6 uppgifter om vardera 3 poäng).
Bonuspoäng från inlämningsuppgifterna adderas till tentaresultatet.

| *Poäng* | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| *Betyg* | U | 3 | 4 | 5 |

OBS! Skriv namn och personnummer på varje sida. Lycka till!

1. Betrakta växelströmsnätet i figur 1 nedan och beräkna effektutvecklingen i resistansen $R_2$. Antag att sinusformat stationärtillstånd råder.

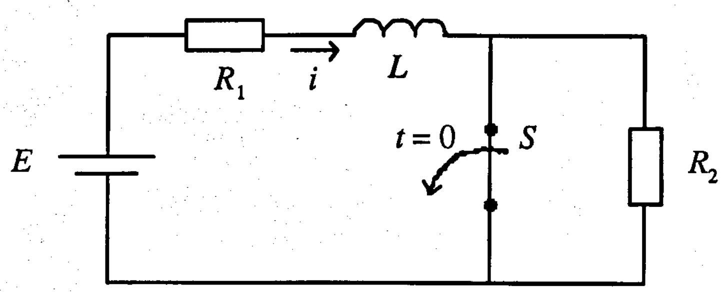
| | | |
|---|---|---|
| $R_1 = 2.0\ \Omega$ | $R_2 = 6.0\ \Omega$ | $C = 0.20$ mF |
| $L = 4.0$ mH | $u(t) = 23.0\cos(\omega t)$ V | $\omega = 1.0 \cdot 10^3$ r/s |




Figur 1: Växelströmsnät

2. Brytaren $S$ i nätet i figur 2 har varit sluten under en lång tid. Vid tidpunkten $t = 0$ öppnas brytaren hastigt. Beräkna strömmen $i(t)$ strax innan samt efter det att brytaren $S$ öppnas.

| | |
|---|---|
| $R_1 = 5.0\ \Omega$ | $R_2 = 7.0\ \Omega$ |
| $L = 0.50$ H | $E = 60$ V |



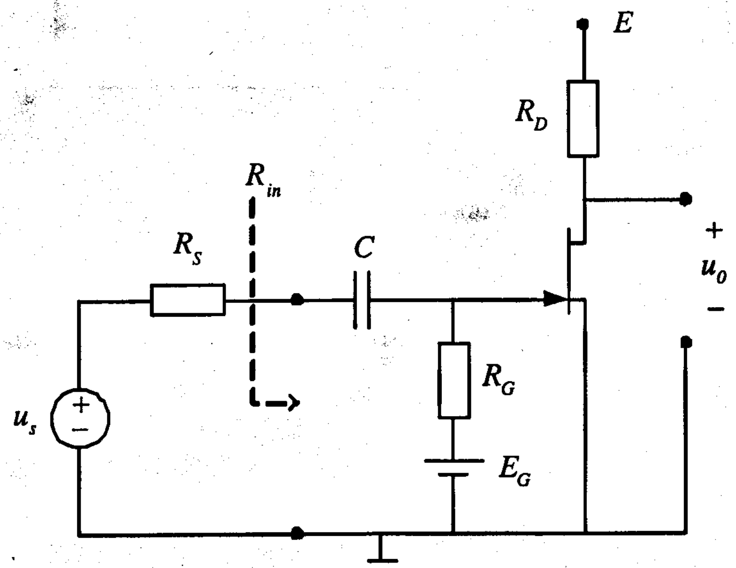

Figur 2: Elektriskt nät

3. Beräkna spänningsförstärkningen $\frac{u_0}{u_s}$ hos förstärkaren i figur 3.
Beräkna även förstärkarens inresistans $R_{in}$ som den är angiven i figuren.
Reaktansen från kapacitansen, $X_C = \frac{1}{\omega C}$, kan försummas vid aktuella signalfrekvenser.

| | | |
|---|---|---|
| $R_S = 10$ kΩ | $R_D = 2.0$ kΩ | $R_G = 100$ kΩ |
| $E = 15.0$ V | $E_G = -1.0$ V | |

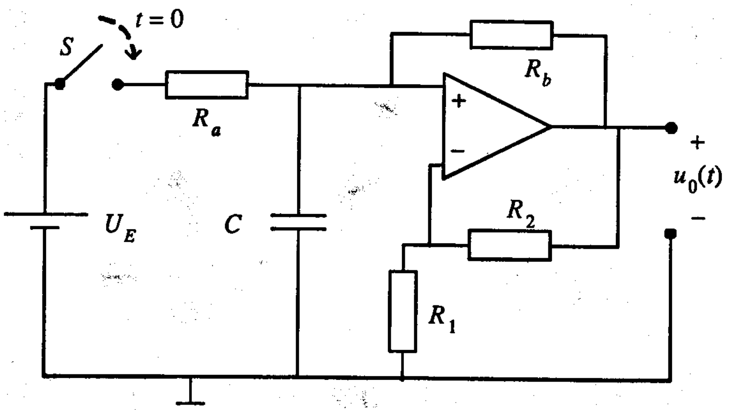
För transistorn gäller

$I_{DSS} = 5.0$ mA $\qquad$ $U_P = -3.0$ V




Figur 3: JFET förstärkare

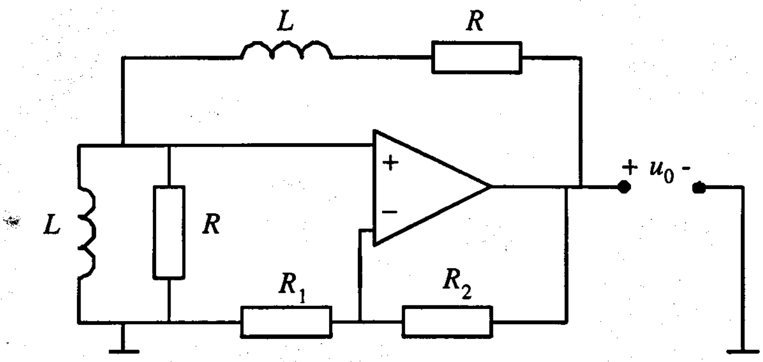
4. I kretsen i figur 4 stängs brytaren $S$ vid tidpunkten $t = 0$. Beräkna kvoten $\frac{R_2}{R_1}$ så att utsignalen $u_0(t)$ bildar en ramp. Spänningen över kapacitansen $C$ är noll för $t < 0$. Operationsförstärkaren kan anses ideal samt negativt återkopplad. Dessutom är likspänningskällans värde, $U_E$, samt komponenterna $R_a, R_b$ och $C$ kända.




Figur 4: Förstärkare

(En ramp är en signal som växer linjärt med tiden $t$, alltså är $u_0(t) = Kt$ för $t \geq 0$ och $K \in \mathbb{R}$).

5. En oscillatorkrets visas i figur 5. Beräkna värdet på $R_2$ så att kretsen svänger sinusformigt. Vad blir svängningsfrekvensen? Antag ideal operationsförstärkare. Antag även att $R, L$ och $R_1$ är kända.




Figur 5: Oscillator

6. En förstärkare, $F$, enligt ekvation 1 återkopplas med ett resistivt nät. Bestäm värdet på återkopplinsfaktorn $\beta$ så att en amplitudmarginal om 20 dB erhålls.

$$F = \frac{F_0}{(1+\frac{s}{\omega_1})(1+\frac{s}{\omega_2})(1+\frac{s}{\omega_3})} \tag{1}$$

$\omega_1 = 2\pi \cdot 10^4$ r/s $\quad \omega_2 = 2\pi \cdot 10^5$ r/s $\quad \omega_3 = 2\pi \cdot 10^6$ r/s
$F_0 = 1.0 \cdot 10^5$

# Tentamen
# ess115 Elektriska Nät och System, F2

Examinator: Ants R. Silberberg

28 augusti 2004 kl. 08.45-12.45 sal V

| | |
|---|---|
| Förfrågningar: | Johan Degerman, Tel. 8062 |
| Lösningar: | Anslås måndagen den 30 augusti på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Resultat: | Anslås fredagen den 10 september kl. 14 på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Granskning: | Måndagen den 13 september kl. 12.30 - 14.30 , rum 5432. |
| Bedömning: | En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng. |

Hjälpmedel

- Typgodkänd miniräknare
- Beta Mathematics Handbook
- Physics Handbook
- Sammanfattning Kretselektronik (A4-häfte)

Betygsgränser (6 uppgifter om vardera 3 poäng).

| *Poäng* | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| *Betyg* | U | 3 | 4 | 5 |

OBS! Skriv namn och personnummer på varje sida. Lycka till!

1. Betrakta diodkretsen i figur 1 nedan. Bestäm relationen mellan in- och utspänningarna, $u_0 = f(u_{in})$, och åskådliggör denna i en graf. Gör även en tydlig skiss över utsignalen $u_0(t)$ då insignalen $u_{in}(t) = 15\sin(\omega t)$. Antag ideala dioder.

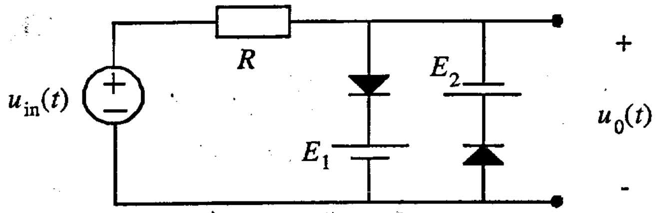



Figure 1: Diodkrets

$E_1 = 6$ V $\quad$ $R = 2$ kΩ

$E_2 = 9$ V $\quad$ $\omega = 2\pi$ rad/s

2. Betrakta $LC$-filtret i figur 2. Ta fram överföringsfunktionen $\frac{Y(s)}{X(s)}$ och ange vilken typ av filter det är. Vid vilken frekvens är fasskillnaden mellan utsignal och insignal $-90°$ ? Beräkna även filtrets förstärkning vid denna frekvens.

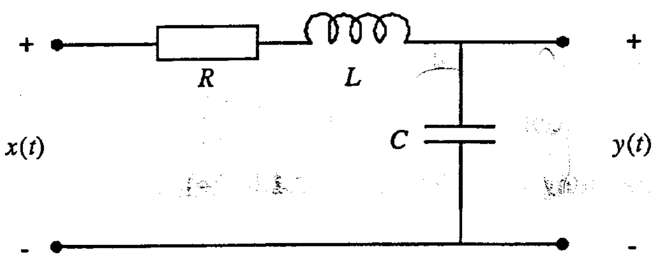



Figure 2: $LC$-filter

$L = 1.0$ mH $\quad$ $R = 337$ Ω $\quad$ $C = 2.2$ nF

3. Studera kretsen i figur 3. Beräkna spänningsförstärkningen $\frac{u_o}{u_s}$. Beräkna dessutom hela förstärkarens in- resp. utimpedans. Antag ideal operationsförstärkare.

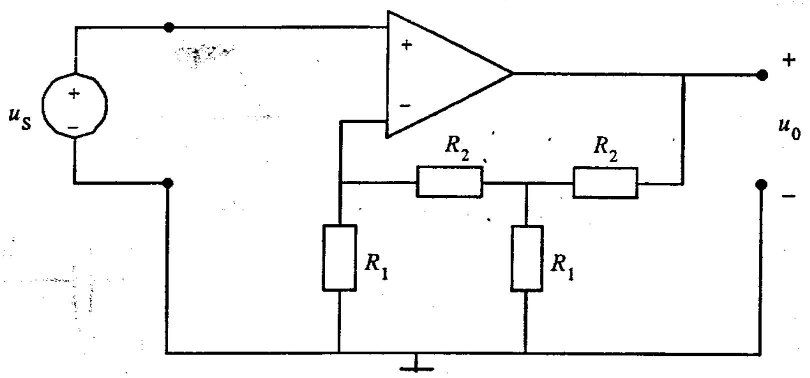



Figure 3: Enkel förstärkare

$R_1 = 10\ \text{k}\Omega$ $\qquad$ $R_2 = 100\ \text{k}\Omega$

4. Ta fram Nortons ekvivalenta krets (med avseende på noderna A och B) till nätet i figur 4. Sinusformat stationärtillstånd råder.

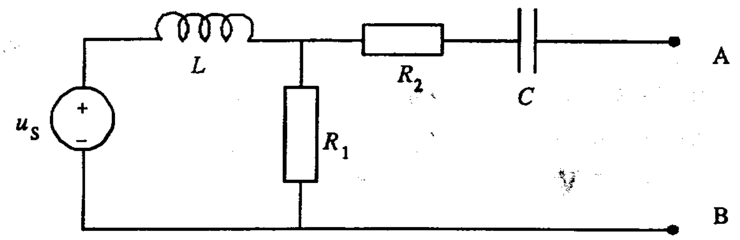



Figure 4: Växelströmsnät

$L = 10$ mH $\qquad$ $C = 4.0\ \mu$F $\qquad$ $R_1 = 100\ \Omega$ $\quad$ $R_2 = 50\ \Omega$

$u_s(t) = 100\cos(\omega t)$ V $\qquad$ $\omega = 10 \cdot 10^3$ rad/s

5. Beräkna transistorns arbetspunkt ($I_C, U_{CE}$). Beräkna även spänningsförstärkningen $\frac{u_o}{u_{in}}$ i transistorförstärkaren i figur 5. Låt då belastningsresistansen $R_L$ vara ansluten till kretsen. Beräkna dessutom förstärkarens inimpedans $R_{in}$ (med källan [$u_s$ och $R_s$] bortkopplad) samt utimpedansen $R_{ut}$ (med $R_L$ bortkopplad).

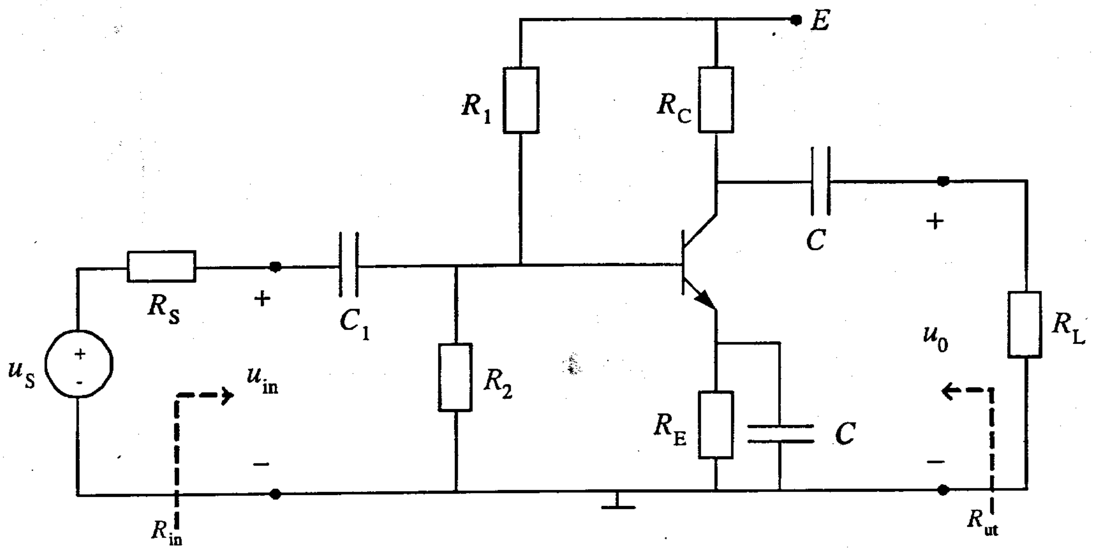



Figure 5: Transistorförstärkare

| | | |
|---|---|---|
| $R_s = 500\ \Omega$ | $R_1 = 10\ \text{k}\Omega$ | $R_2 = 5.0\ \text{k}\Omega$ |
| $R_C = 1.0\ \text{k}\Omega$ | $R_E = 1.0\ \text{k}\Omega$ | $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$ |
| $h_{ie} = 630\ \Omega$ | $h_{fe} = \beta = 100$ | $E = 15$ V |
| $U_{BE} = 0.7$ V | | |

Övriga transistorparametrar kan försummas. Även impedanserna $\frac{1}{\omega C}$ och $\frac{1}{\omega C_1}$ kan anses vara försumbara vid aktuella signalfrekvenser.

6. En kretsmodell av en verklig operationsförstärkare ($F$) presenteras i figur 6. Denna operationsförstärkare används i en förstärkarkoppling enligt figur 7. Beräkna bandbredden hos den förstärkare som erhålls då tre förstärkare enligt figur 7 kaskadkopplas.

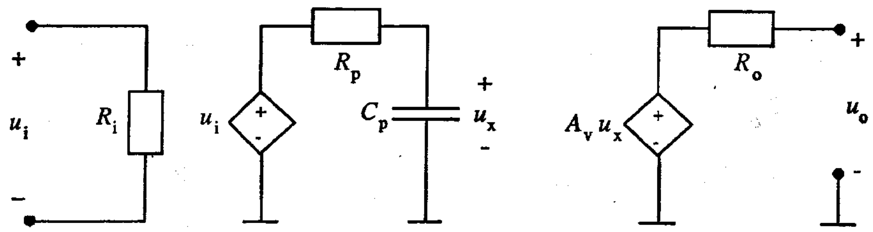



Figure 6: Modell av verklig OP-förstärkare, F

$R_i \approx \infty \ \Omega$ $\quad$ $R_p = 1.0 \ \text{k}\Omega$ $\quad$ $R_o \approx 0 \ \Omega$

$C_p = 7.96 \ \mu\text{F}$ $\quad$ $A_v = 10^5$ ggr

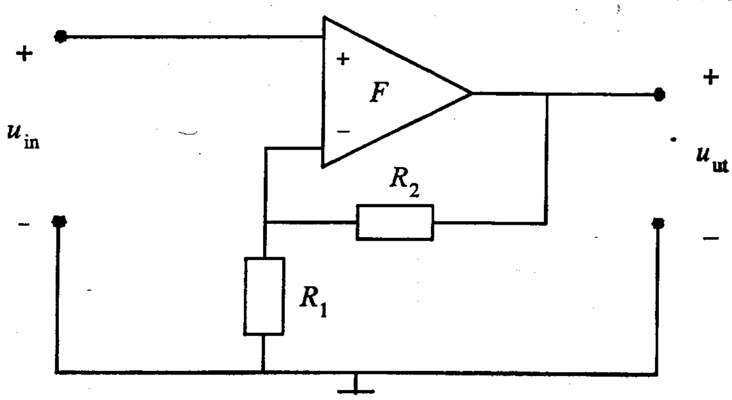


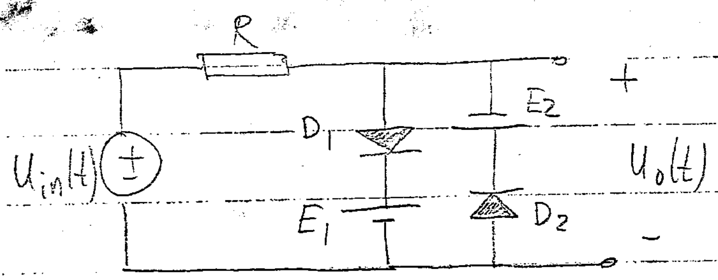

Figure 7: Förstärkarkoppling, $F_{tot} = \frac{u_{ut}}{u_{in}}$

$R_1 = 1.0 \ \text{k}\Omega$ $\qquad$ $R_2 = 99 \ \text{k}\Omega$

El. Nät & System, F2

040828

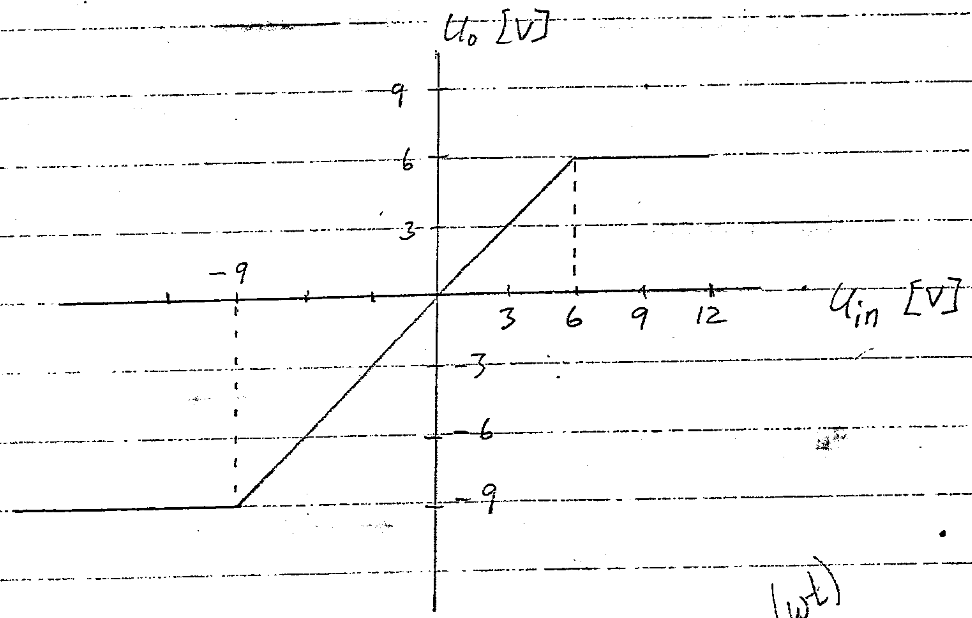
1.

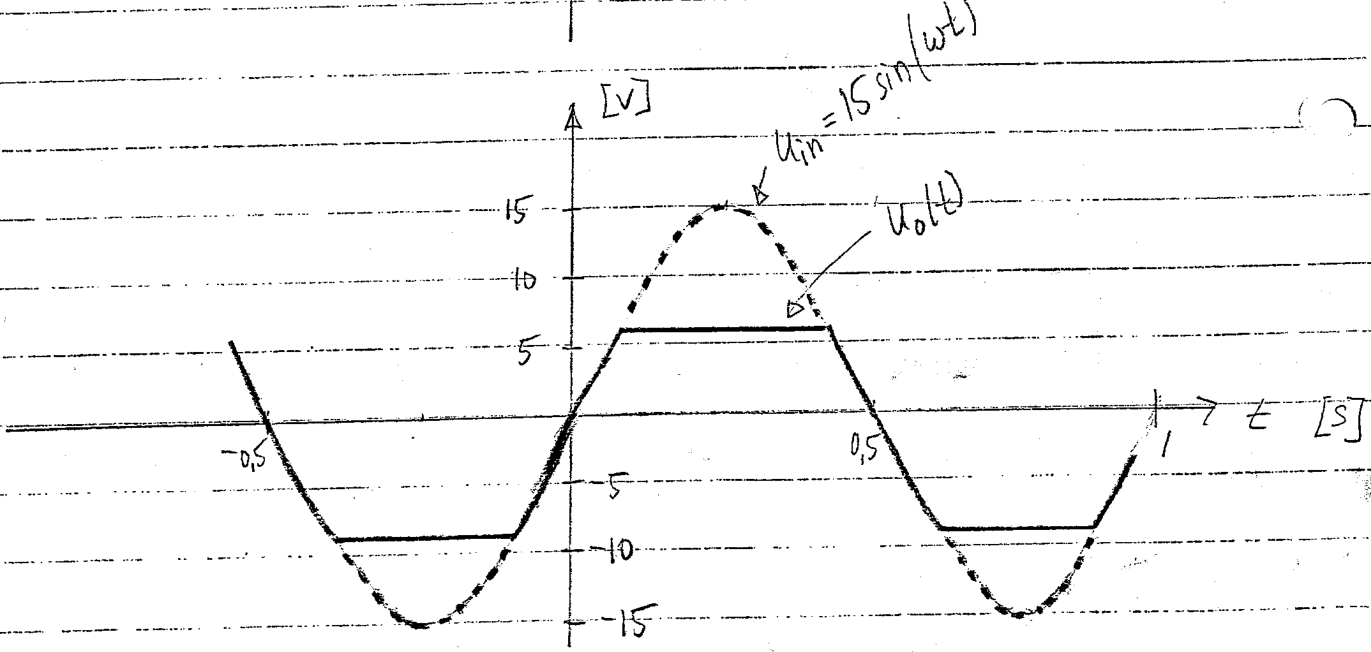



$E_1 = 6V$

$E_2 = 9V$

| | $D_1$ | $D_2$ | $u_o =$ |
|---|---|---|---|
| $0 < u_{in} < E_1$ | Spärrar | spärrar | $u_{in}$ |
| $u_{in} > E_1$ | Leder | Spärrar | $E_1$ |
| $E_2 < u_{in} < 0$ | Spärrar | Spärrar | $u_{in}$ |
| $u_{in} < E_2$ | Spärrar | Leder | $-E_2$ |

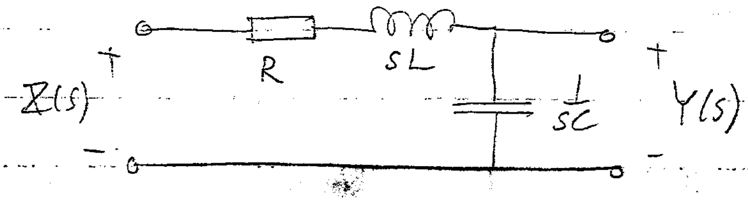


ess 115
040828

Laplacetransf. nätet

2.




$L = 1{,}0 \text{ mH}$
$C = 2{,}2 \text{ nF}$
$R = 337\ \Omega$

Sp. delning $Y(s) = \dfrac{X(s)\cdot\frac{1}{sC}}{R+sL+\frac{1}{sC}} = \dfrac{X(s)}{1+sRC+s^2LC}$

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{s^2LC+sRC+1} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2+s\frac{R}{L}+\frac{1}{LC}}$$

Konstant i täljaren $\Rightarrow$ Lågpass filter

Frekvenssvar (jω-metoden, sätt $s=j\omega$)

$$H(j\omega) = \frac{\frac{1}{LC}}{\left(\frac{1}{LC}-\omega^2\right)+j\omega\frac{R}{L}}$$

För $\left(\frac{1}{LC}-\omega^2\right)=0$ är $H(j\omega) = -j\dfrac{\frac{1}{LC}}{\omega\frac{R}{L}}$

vilket erhålls för $\boxed{\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}}$

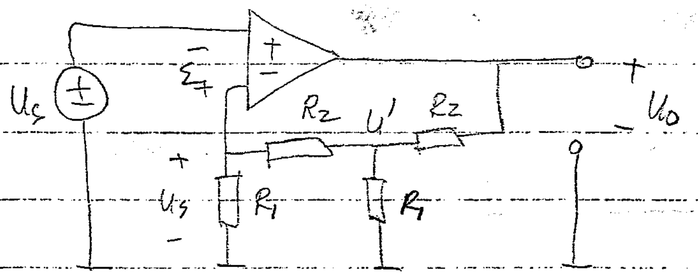
$$H(j\omega_0) = -j\frac{\frac{1}{LC}}{\frac{1}{\sqrt{LC}}\frac{R}{L}} = -j\frac{1}{\sqrt{LC}}\frac{L}{R} = -j\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\frac{1}{R} =$$

$$= \left|\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}\right| \angle -90^\circ$$ Fasvridning: $-90^\circ$ !

$$|H(j\omega_0)| = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{337}\sqrt{\frac{10^{-3}}{2{,}2\cdot10^{-9}}} = \underline{2{,}0}$$

ess 115
040828

3.




$R_1 = 10\ k\Omega$

$R_2 = 100\ k\Omega$

Ideal OP-först., Neg. återk. $\Rightarrow \varepsilon = 0$

$i_{op} = 0$

Sp. delning

$$\begin{cases} U_s = U' \dfrac{R_1}{R_1+R_2} \\ U' = U_0 \dfrac{(R_1+R_2)//R_1}{(R_1+R_2)//R_1 + R_2} = U_0 \dfrac{\dfrac{(R_1+R_2)R_1}{R_1+R_2+R_1}}{\dfrac{(R_1+R_2)R_1}{R_1+R_2+R_1} + R_2} = U_s \dfrac{R_1+R_2}{R_1} \end{cases}$$

$$U_0 \frac{(R_1+R_2)R_1}{(R_1+R_2)R_1 + 2R_1R_2 + R_2^2} = U_s \frac{R_1+R_2}{R_1}$$

$$\frac{U_0}{U_s} = \frac{R_1^2 + 3R_1R_2 + R_2^2}{R_1^2} = 1 + 3\frac{R_2}{R_1} + \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$$

$R_1 = 10\ k\Omega$ , $R_2 = 100\ k\Omega$

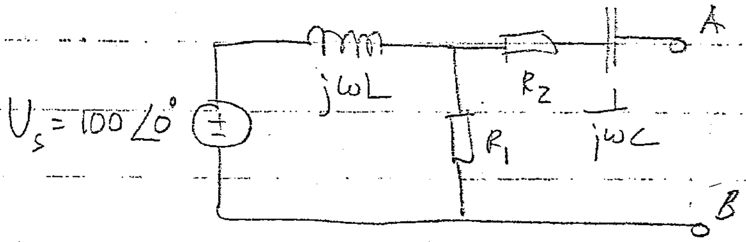
$$\frac{U_0}{U_s} = 1 + 3 \cdot \frac{100}{10} + \left(\frac{100}{10}\right)^2 = 1 + 30 + 100 = 131$$

För hela förstärkaren gäller

$$\begin{cases} R_{in} = R_{i_{op}} = \infty \\ R_{ut} = R_{o_{op}} = 0 \end{cases}$$

ess 115
040828

4. $j\omega$ - transformera



$u_s(t) = 100\cos(\omega t)$

$\omega = 10\cdot10^3$ r/s

$U_s = 100\angle 0°$ V

$L = 10$ mH

$\omega L = 0{,}01\cdot 10\cdot 10^3 = 100\ \Omega$

$C = 4{,}0\cdot 10^{-6}$

$\frac{1}{\omega C} = \ldots = 25$

$R_1 = 100$, $R_2 = 50$

Nortons ekv. tvåpol

Tomgångssp. : $U_{AB}$

$$U_{AB} = U_s \frac{R_1}{R_1 + j\omega L} = 100\frac{100}{100+j100} = 100\frac{1}{1+j} = \frac{100(1-j)}{2}$$

$$Z_{ekv} = \frac{1}{j\omega C} + R_2 + \frac{j\omega L\cdot R_1}{j\omega L + R_1} = -j25 + 50 + \frac{j100\cdot 100}{100+j100} =$$

$$= 50 - j25 + j100\frac{1}{1+j} = 50 - j25 + j100\frac{(1-j)}{2} =$$

$$= 50 - j25 + j50 + 50 = 100 + j25$$

Kortslutn. ström $I_{sc} = \frac{U_{AB}}{Z_{ekv}} = \frac{50(1-j)}{100+j25} =$

$$= \frac{2(1-j)}{4+j} = \frac{2\sqrt{2}\angle \arctan -1}{\sqrt{17}\angle \arctan\frac{1}{4}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{17}}\angle \underbrace{\arctan(-1)}_{-45°} - \arctan(\tfrac{1}{4})$$

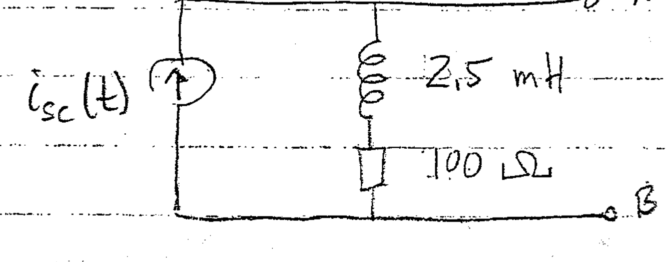
$I_{sc} = 0{,}686\angle -59{,}0°$

$i_{sc} = 0{,}686\cos(\omega t - 59{,}0°)$ A

$Z_{ekv} = 100 + j25$

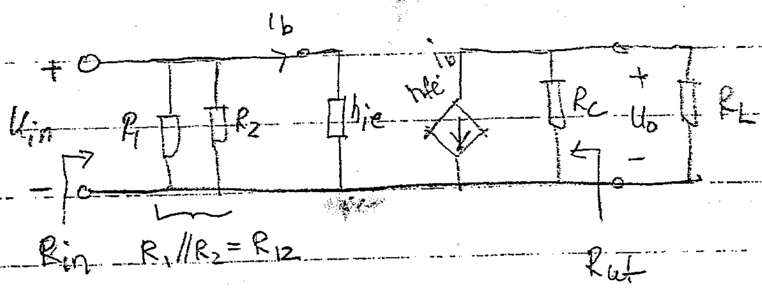
$j25 = j\omega L_e$

$L_e = \frac{25}{\omega} = 2{,}5\cdot 10^{-3}$



ess115
040828

5. Småsignalschema




$$\begin{cases} u_{in} = i_b \cdot h_{ie} \\ u_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C // R_L \end{cases}$$

$$\frac{u_o}{u_{in}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = -\frac{100}{630} \frac{10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{(1+2)10^3} = -106$$

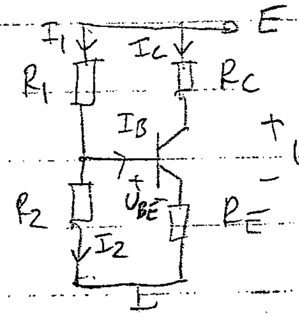
$$R_{in} = R_1 // R_2 // h_{ie} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{h_{ie}}} = \frac{1}{\frac{1}{10^4} + \frac{1}{5 \cdot 10^3} + \frac{1}{630}} = 530\ \Omega$$

$$R_{ut} = R_C = 1{,}0\ k\Omega$$

ess115
040828

Uppg 5

Beräkning av arbetspunkt (storsignalberäkning)




$$I_C = \beta I_B$$

$$I_2 R_2 = U_{BE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$I_2 = \frac{U_{BE}}{R_2} + I_B (1+\beta) \frac{R_E}{R_2}$$

$$I_1 = I_2 + I_B = \frac{U_{BE}}{R_2} + I_B \left[ 1 + (1+\beta) \frac{R_E}{R_2} \right]$$

$$E = I_1 R_1 + U_{BE} + I_B (1+\beta) R_E$$

$$E = U_{BE} \frac{R_1}{R_2} + I_B \left[ R_1 + (1+\beta) R_E \frac{R_1}{R_2} \right] + U_{BE} + I_B (1+\beta) R_E$$

$$E - U_{BE} \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right) = I_B \underbrace{\left[ R_1 + (1+\beta) R_E \frac{R_1}{R_2} + I_B (1+\beta R_E) \right]}_{R_1 + (1+\beta) R_E \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right)}$$

$$I_B = \frac{E - U_{BE} \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right)}{R_1 + (1+\beta) \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right) R_E} = \frac{15 - 0{,}7\,(2+1)}{(10 + 101 \cdot 3) \cdot 10^3} = 41{,}2 \cdot 10^{-6}$$

$$I_C = \beta I_B = 4{,}12 \text{ mA}$$

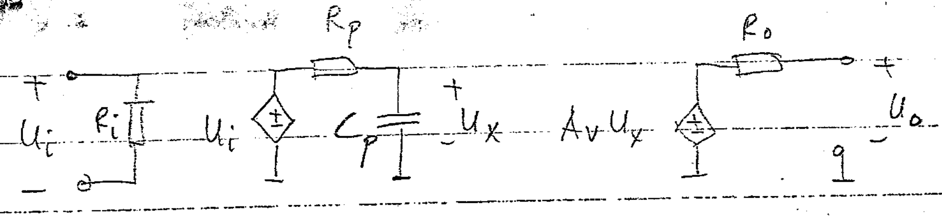
$$E = R_C I_C + U_{CE} + (1+\beta) I_B R_E$$

$$U_{CE} = E - R_C I_C - (1+\beta) I_B R_E = 15 - 1 \cdot 4{,}12 - 101 \cdot 0{,}0412 = 6{,}72 \text{ V}$$

Svar: $I_C = 4{,}12$ mA $\quad U_{CE} = 6{,}72$ V

ess115
040828

6.



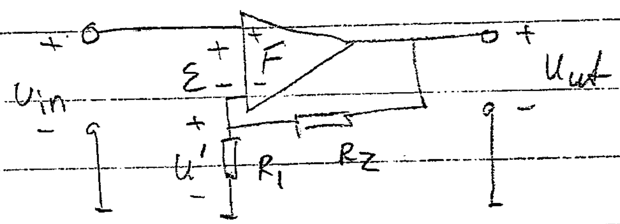

$$u_x = u_i \frac{\frac{1}{sC_p}}{R_p + \frac{1}{sC_p}} = \frac{1}{1 + sR_pC_p}$$

$$u_o = A_v u_x$$

$$\frac{u_o}{u_i} = F = \frac{A_v}{1 + sR_pC_p} = \frac{A_v}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$$

$$\omega_p = \frac{1}{R_pC_p} = \frac{1}{7{,}96 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{3}} = 125{,}6 \ r/s$$

$\omega_p$ = brytvinkelfrekvens, bandbredd




$i_p = 0$ ty $R_i = \infty$

$$\begin{cases} u_{ut} = F \cdot \varepsilon \\ u' = u_{ut} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ u_{in} = \varepsilon + u' \end{cases}$$

$$u_{in} = \frac{u_{ut}}{F} + u_{ut} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = u_{ut}\left(\frac{1}{F} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right)$$

$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = \frac{1}{\frac{1}{F} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}}$$

$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = \frac{1}{\frac{1 + \frac{s}{\omega_p}}{A_v} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}} = \frac{A_v}{1 + \frac{s}{\omega_p} + \frac{A_v R_1}{R_1 + R_2}}$$

e55115
040828

/ forts 6

$$\frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{A_V}{\left(1+\frac{A_V R_1}{R_1+R_2}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_p\left(1+\frac{A_V R_1}{R_1+R_2}\right)}\right)} =$$

$$= \frac{A_V}{\left(1+\frac{A_V R_1}{R_1+R_2}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_f}\right)}$$

$$\omega_f = \omega_p\left(1+\frac{A_V R_1}{R_1+R_2}\right) = 125{,}6\left(1+\frac{10^5\cdot 10^3}{100\cdot 10^3}\right) =$$

$$= 125{,}7\cdot 10^3 \text{ rad/s}$$ (Bandbredd hos "$F_{tot}$")

Kaskadkoppling $n = 3$ (Lika först.)

$$\omega_0^u = \omega_f\sqrt{2^{1/3}-1} = \omega_f\cdot 0{,}51 = 64{,}1\cdot 10^3 \text{ r/s}$$

eller $f_0^u = \frac{\omega_0^u}{2\pi} = 10{,}2$ kHz

# Tentamen
# ess115 Elektriska Nät och System, F2

Examinator: Ants R. Silberberg

16 april 2004 kl. 08.45-12.45 sal V

| | |
|---|---|
| Förfrågningar: | Ants Silberberg, tel. 1808 |
| Lösningar: | Anslås måndagen den 19 april på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Resultat: | Anslås fredagen den 30 april kl. 14 på institutionens anslagstavla, plan 5. |
| Granskning: | Tisdagen den 4 maj kl. 13.00 - 15.00 , rum 5432. |
| Bedömning: | En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng. |

Hjälpmedel

- Typgodkänd miniräknare
- Beta Mathematics Handbook
- Physics Handbook
- Sammanfattning Kretselektronik (A4-häfte)

Betygsgränser (6 uppgifter om vardera 3 poäng).

| *Poäng* | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| *Betyg* | U | 3 | 4 | 5 |

OBS! Skriv namn och personnummer på varje sida. Lycka till!

1. Betrakta likströmsnätet i figur 1. Beräkna effektutvecklingen i resistans $R_2$.

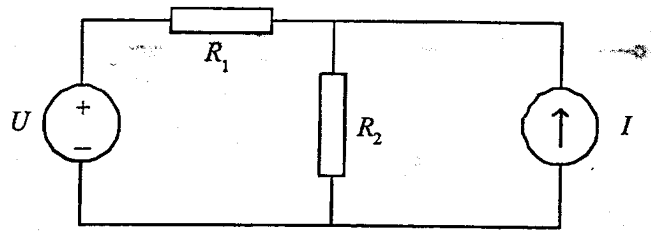



Figure 1: Likströmsnät.

$R_1 = 25\ k\Omega$ $\qquad U = 15$ V

$R_2 = 50\ k\Omega$ $\qquad I = 3$ mA

2. Beräkna spänningen $u_0$ över induktansen i nätet som beskrivs av figur 2. Antag att stationärtillstånd råder.

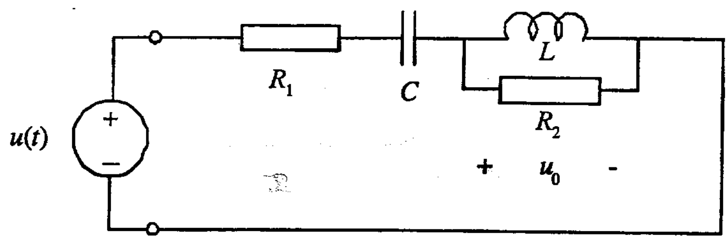



Figure 2: Växelströmsnät.

$C = 200\ \mu F$ $\qquad R_1 = 5\ \Omega$

$L = 50\ mH$ $\qquad R_2 = 50\ \Omega$ $\qquad u(t) = 10\cos(500t)$ V

3. Beräkna utspänningen $u_0(t)$ för $t \geq 0$ då insignalen $u_{in}(t) = 10\Theta(t)$ V. Begynnelsespänningen (vid $t = 0$) över kapacitanserna $C_1$ och $C_2$ är noll.

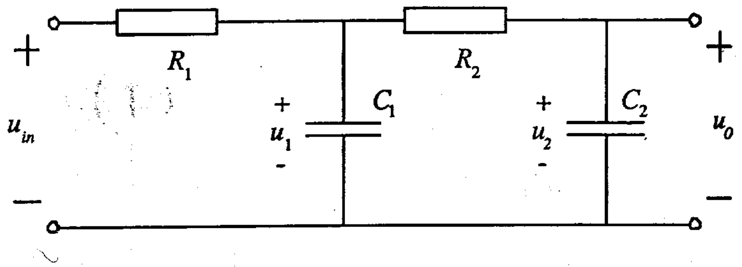



Figure 3: RC-nät.

$R_1 = 1.0\ M\Omega$ $\qquad C_1 = 2.0\ \mu F$

$R_2 = 2.0\ M\Omega$ $\qquad C_2 = 1.0\ \mu F$

$\Theta(t) =$ enhetsteget

4. Beräkna utspänningen $u_0$ som funktion av inspänningarna $u_1$ och $u_2$. Antag ideala operationsförstärkare.

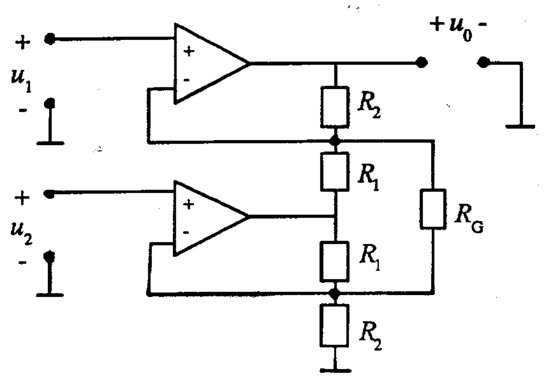



Figure 4: OP-förstärkarkrets.

5. Två identiska fälteffetkttransistorer är sammankopplade enligt figur 5. Var och en av dessa transistorer har parametrarna $g_m$, $I_{DSS}$ och $U_P$. Betrakta kopplingen som en ekvivalent transistor med *drain* $D_e$, *source* $S_e$ och *gate* $G_e$. Beräkna den ekvivalenta transistorns parametrar $g_{me}$, $I_{DSSe}$ och $U_{Pe}$.

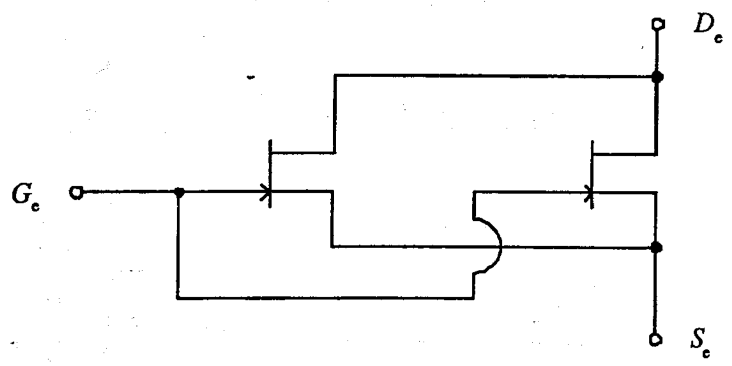
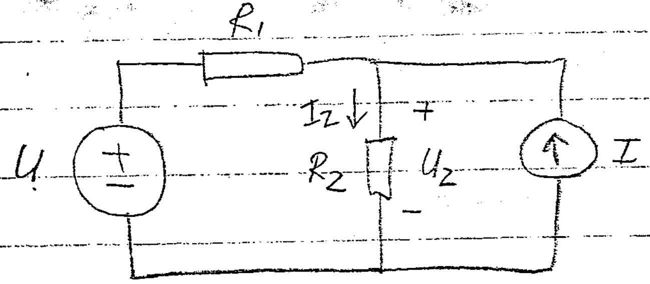



Figure 5: JFET-koppling.

6. Tre lika förstärkare, $A(j\omega)$, kaskadkopplas. Den kaskadkopplade förstärkaren återkopplas negativt med återkopplingsfaktorn $\beta$ där $\beta$ är reell. Den återkopplade förstärkarens slingförstärkning blir då $T(j\omega) = -\beta A^3(j\omega)$. Beräkna $\beta$ så att en amplitudmarginal på 12.04 dB erhålls.

$$A(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega}$$

1.




Beräkna $U_2$.

Använd tex superposition.

I: Låt $I = 0$ ("Avbrott")

$$U_{21} = U \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Sp. delning}$$

II: Låt $U = 0$ ("Kortslutning")

$$I_2' = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{Strömdelning}$$

och $U_{22} = R_2 I_2' = I \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Summera bidragen.

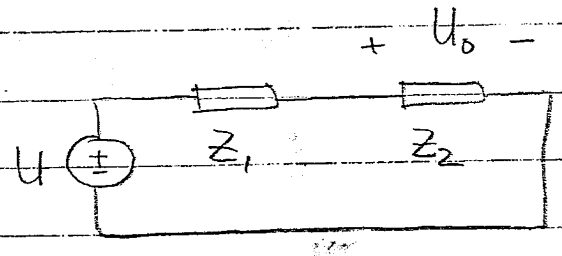
$$U_2 = U_{21} + U_{22} = 15 \cdot \frac{50}{25+50} + 3 \cdot \frac{25 \cdot 50}{25+50} = 10 + 50 = 60\,V$$

$$P_{R_2} = U_2 I_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{60^2}{50 \cdot 10^3} = 0{,}072$$

**Svar:** 72 mW

ess 115
040416

2. $j\omega$ - transformera




$\omega = 500$

$U = 10$

$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C} = \frac{1 + j\omega R_1 C}{j\omega C}$

$Z_2 = j\omega L \,//\, R_2 = $

$= \frac{j\omega L\, R_2}{j\omega L + R_2}$

$$U_0 = U \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = U \cdot \frac{1}{\frac{Z_1}{Z_2} + 1}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1 + j\omega R_1 C}{j\omega C} \cdot \frac{j\omega L + R_2}{j\omega L\, R_2} = \frac{j\omega L + R_2 - \omega^2 L R_1 C + j\omega R_1 R_2 C}{-\omega^2 L R_2 C} =$$

$$= -\frac{R_2 - \omega^2 L R_1 C + j\omega (L + R_1 R_2 C)}{\omega^2 L R_2 C}$$

$$U_0 = U \frac{-\omega^2 L R_2 C}{R_2 - \omega^2 L R_1 C + j\omega (L + R_1 R_2 C) - \omega^2 L R_2 C} =$$

$$= \frac{U \;\; \omega^2 L R_2 C}{\omega^2 L C (R_1 + R_2) - R_2 - j\omega (L + R_1 R_2 C)} = \ldots = \frac{1250}{87{,}5 - j50}$$

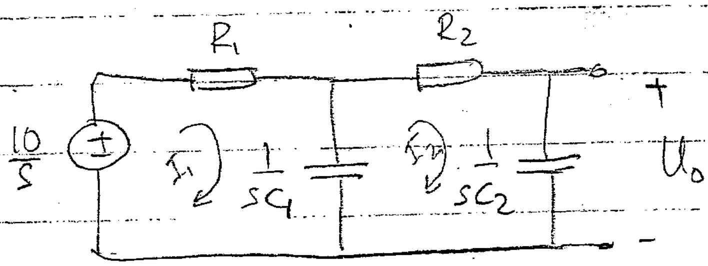
$$U_0 = \frac{1250}{100.78 \angle -29.7^\circ} = 12.4 \angle +29.7^\circ$$

Svar: $u_0(t) = 12.4 \cos(500t + 29.7^\circ)$ V

ess115
040416

## Laplacetransformera

3.




Beräkna $I_2$, Maskanalys

$$\begin{bmatrix} R_1+\frac{1}{sC_1} & -\frac{1}{sC_1} \\ -\frac{1}{sC_1} & R_2+\frac{1}{sC_1}+\frac{1}{sC_2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{10}{s} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Cramers regel

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} R_1+\frac{1}{sC_1} & \frac{10}{s} \\ -\frac{1}{sC_2} & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R_1+\frac{1}{sC_1} & -\frac{1}{sC_1} \\ -\frac{1}{sC_1} & R_2+\frac{1}{sC_1}+\frac{1}{sC_2} \end{vmatrix}} = \frac{\frac{10}{s^2C_1}}{\left(R_1+\frac{1}{sC_1}\right)\left(R_2+\frac{1}{sC_1}+\frac{1}{sC_2}\right)-\frac{1}{s^2C_1^2}} =$$

$$= \frac{\frac{10}{s^2C_1}}{R_1R_2+\frac{R_1}{sC_1}+\frac{R_1}{sC_2}+\frac{R_2}{sC_1}+\cancel{\frac{1}{s^2C_1^2}}+\frac{1}{s^2C_1C_2}-\cancel{\frac{1}{s^2C_1^2}}} =$$

$$= \frac{C_2\cdot 10}{1+s(R_1C_2+R_1C_1+R_2C_2)+s^2R_1R_2C_1C_2}$$

ess115
040416

/forts 3

$= \{ \text{numeriska värden} \} =$

$$= \frac{C_2 \cdot 10}{1 + s(1+2+2) + s^2(4)} =$$

$$= \frac{C_2 \; 10/4}{s^2 + s\frac{5}{4} + \frac{1}{4}} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Rötter: } s_{1,2} = -\frac{5}{8} \pm \sqrt{\frac{25}{64} - \frac{16}{64}} \\ s_{1,2} = \frac{-5 \pm 3}{8} = \begin{cases} -1 \\ -0{,}25 \end{cases} \end{array} \right.$$

$$= \frac{C_2 \; 10/4}{(s+1)(s+0{,}25)}$$

$$U_0 = I_s \cdot \frac{1}{sC_2} = \frac{\frac{5}{2}}{s(s+1)(s+0{,}25)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s+1} + \frac{C}{s+0{,}25}$$

$$A = \frac{5/2}{1 \cdot 0{,}25} = \frac{5}{2} \cdot \frac{4}{1} = 10$$

$$B = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{(-1)(-0{,}75)} = \frac{5 \cdot 4}{2 \cdot 3} = \frac{10}{3}$$

$$C = \frac{5}{2} \cdot \frac{1}{(-0{,}25)(0{,}75)} = -\frac{5}{2} \cdot \frac{4}{1} \cdot \frac{4}{3} = -\frac{40}{3}$$

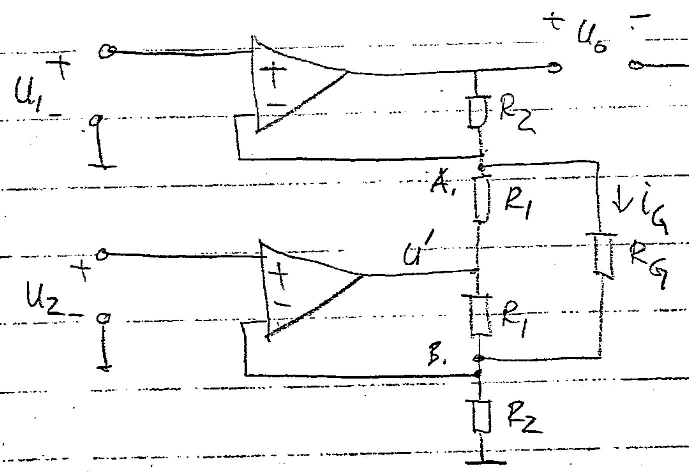
$$U_0 = \frac{10}{s} + \frac{10}{3} \cdot \frac{1}{(s+1)} - \frac{40}{3} \cdot \frac{1}{(s+0{,}25)} = 10\left(\frac{1}{s} + \frac{1}{3} \frac{1}{(s+1)} - \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{(s+0{,}25)}\right)$$

Inv. Laplacetransf.

$$u_0(t) = 10\left(1 + \tfrac{1}{3}e^{-t} - \tfrac{4}{3}e^{-0{,}25t}\right) \quad \text{för } t \geq 0$$

ess115
040416

4.




Ideala Op-först.
Neg. återk. } $\varepsilon = 0$
$i_{op} = 0$

$$KCL_A: \quad \frac{u_o - u_1}{R_2} + \frac{u' - u_1}{R_1} + \frac{u_2 - u_1}{R_G} = 0 \qquad (1)$$

$$KCL_B: \quad \frac{u_2}{R_2} + \frac{u_2 - u_1}{R_G} + \frac{u_2 - u'}{R_1} = 0 \qquad (2)$$

$$(1): \quad \frac{u_o}{R_2} - u_1\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_G}\right) + \frac{u_2}{R_G} = -\frac{u'}{R_1}$$

$$(2): \quad -\frac{u'}{R_1} = \frac{u_1}{R_G} - u_2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_G}\right)$$

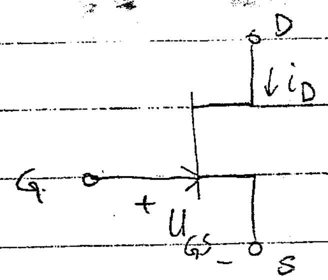
$$\frac{u_o}{R_2} = u_1\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_G}\right) - \frac{u_2}{R_G} + \frac{u_1}{R_G} - u_2\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_G}\right) =$$

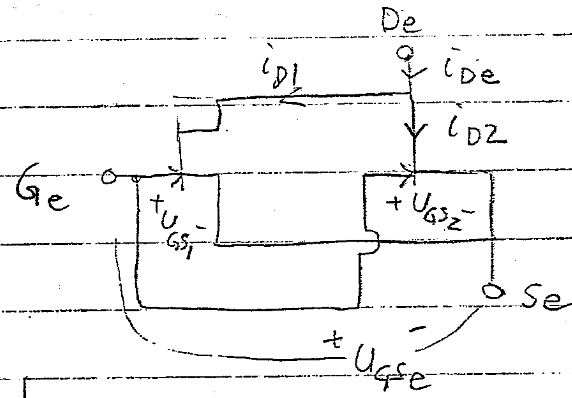
$$= u_1\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{2}{R_G}\right] - u_2\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{2}{R_G}\right]$$

**Svar:** $u_o = (u_1 - u_2)\left[1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{2R_2}{R_G}\right]$

ess115
040416

5.




$$i_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 \quad (A)$$

$$g_m = \frac{\partial i_D}{\partial U_{GS}} =$$

$$= -\frac{2 I_{DSS}}{U_p}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right) \quad (E)$$

$$U_{GS_e} = U_{GS_1} = U_{GS_2}$$

$$i_{D1} + i_{D2} = i_{De} =$$

$$= I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 + I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 =$$

$$= 2 I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 \quad (B)$$

$$g_{me} = \frac{\partial i_{De}}{\partial U_{GS}} = \frac{-4 I_{DSS}}{U_p}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right) \quad (D)$$

Ekvivalent transistor

$$i_{De} = I_{DSSe}\left(1 - \frac{U_{GSe}}{U_{pe}}\right) \quad (C)$$

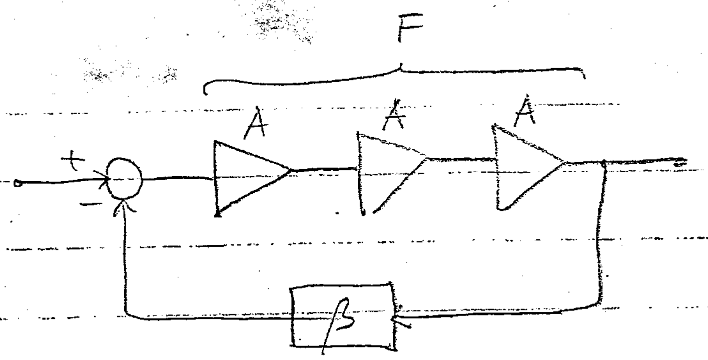
Jämför ekv. B och C. Eftersom $U_{GS_e} = U_{GS}$ får vi.

$\underline{I_{DSSe} = 2 I_{DSS}}$ och $\underline{U_{pe} = U_p}$.

Jämför ekv. D och E. Vi ser att $\underline{g_{me} = 2 \cdot g_m}$

ess115
040416

6.




$$A(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega}$$

$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = \frac{F}{1+\beta F} = \frac{A^3(j\omega)}{1+\beta A^3(j\omega)}$$

Slingförst. $T(j\omega) = -\beta A^3(j\omega)$

$$\beta F(j\omega) = \beta A^3(j\omega) = \frac{\beta}{(1+j\omega)^3}$$

Amplitudmarginal: $G_M = -20 \log |\beta F|_{\omega=\omega_G}$

där $\omega_G$ är den vinkelfrekv. där $\underline{/\beta F} = -180^\circ$

$$\underline{/\beta A^3} = -3 \cdot \arctan\left(\frac{\omega}{1}\right) = -180^\circ \quad \text{för } \beta > 0$$

$$\arctan \omega = 60^\circ \Rightarrow \omega = \sqrt{3} \text{ r/s} = \omega_G$$

$$G_M = 12{,}04 \text{ dB} \;\hat{=}\; |\beta F| = 10^{-\frac{12{,}04}{20}} = 0{,}25$$

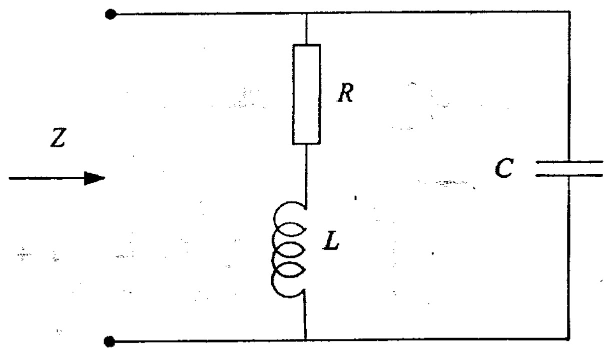
$$\omega = \omega_G: \quad |\beta F| = \frac{\beta}{\left(\sqrt{1+(\sqrt{3})^2}\right)^3} = \frac{1}{4}$$

$$\beta = \frac{1}{4} \cdot \left(\sqrt{4}\right)^3 = \frac{2^3}{4} = 2$$

<u>Svar:</u> $\beta = 2$

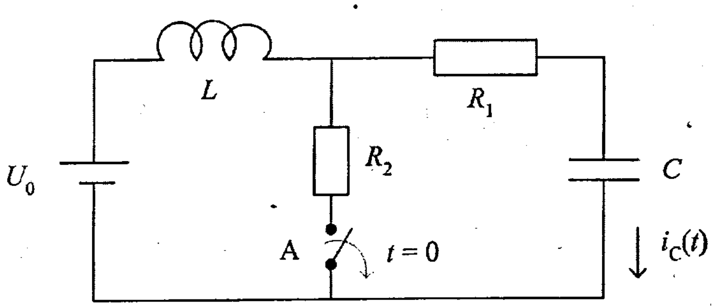
1. Beräkna resonansvinkelfrekvensen hos impedansen i figuren.

   $R = 20\,\Omega$, $L = 0.3\,\text{mH}$ och $C = 100\,\text{nF}$.

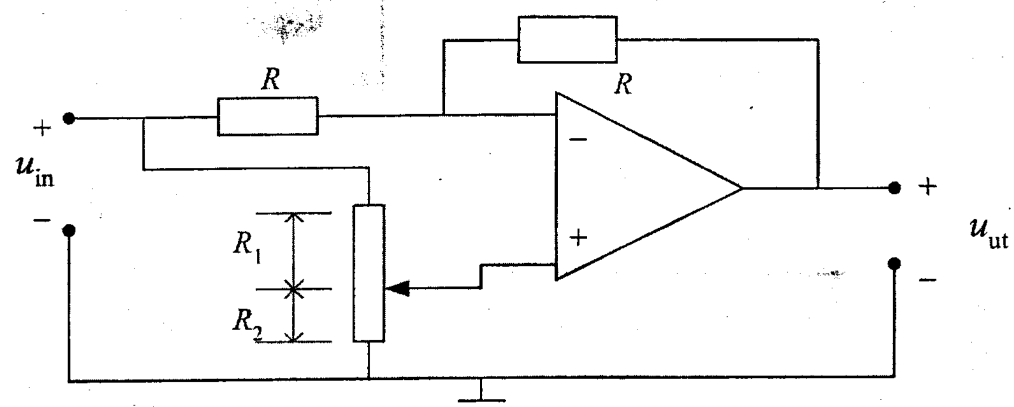



2. Beräkna strömmen $i_C(t)$ för $t \geq 0$ i kretsen nedan. Brytaren A har varit sluten under mycket lång tid innan den hastigt öppnas vid $t = 0$.

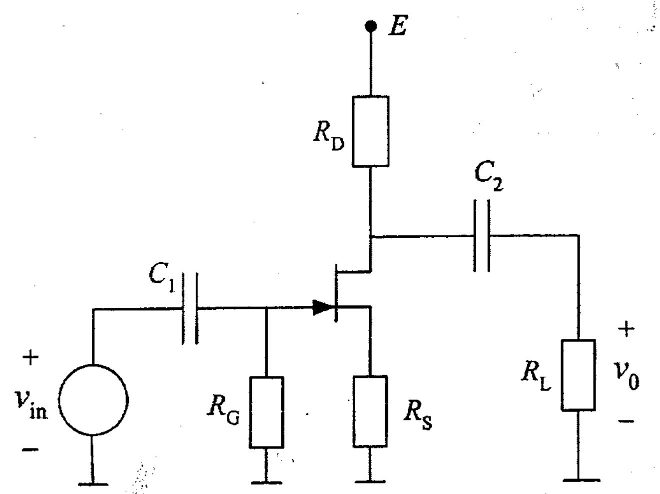
   $L = 1\,\text{H}$, $R_1 = 2\,\Omega$, $R_2 = 5\,\Omega$, $C = \frac{1}{5}\,\text{F}$, $U_0 = 10\,\text{V}$



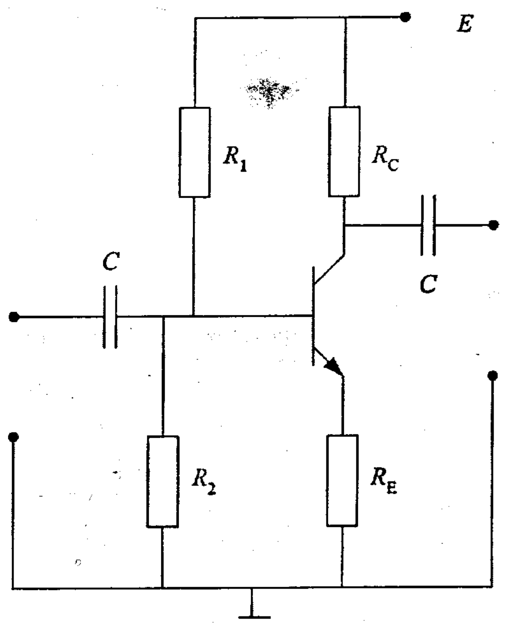
3. Beräkna spänningsförstärkningen $u_{ut}/u_{in}$ som funktion av $x$ vilket motsvarar läget hos en potentiometer. Notera att $R_1+R_2 = R$ och att fördelningen av resistanser mellan $R_1$ och $R_2$ kan varieras och bestäms av $x$. Inom vilket intervall kan spänningsförstärkningen variera? Antag ideal operationsförstärkare.
$\{\ R_1 = R(1-x),\ R_2 = Rx\ \}$



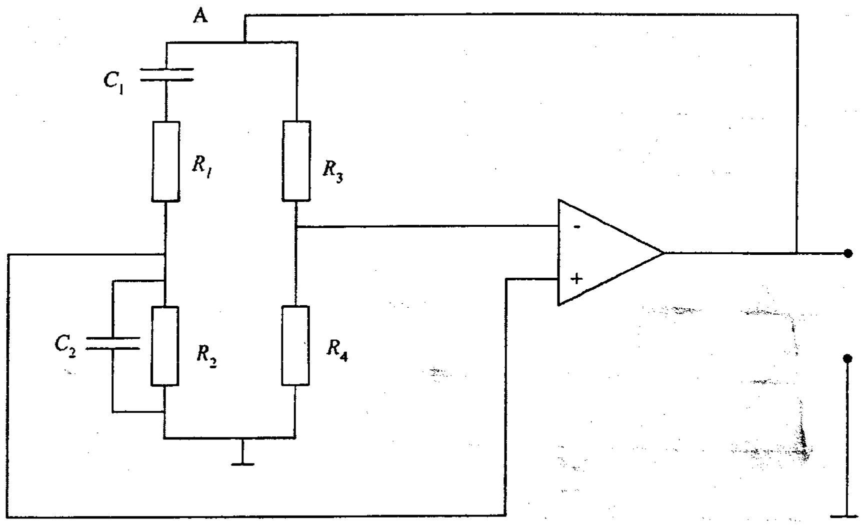

4. Beräkna förstärkningen $\frac{v_0}{v_{in}}$ i JFET förstärkaren nedan. För transistorn gäller att $I_{DSS} = 8\,\text{mA},\ U_P = -4\,\text{V}$.
Vidare är $R_D = 1.5\,\text{k}\Omega,\ R_S = 330\,\Omega, R_L = 2.2\,\text{k}\Omega,\ R_G = 1.0\,\text{M}\Omega$ och $E = 12\,\text{V}$.
För aktuella signalfrekvenser kan impedansbidragen från $C_1$ och $C_2$ försummas.



5. Hur mycket varierar arbetspunkten (kollektorström samt kollektor-emitter spänning) hos transistorn i kretsen nedan då transistorparametern $\beta$ varierar mellan 100 och 300. I transistorns aktiva området är $U_{BE}$=0.7 V
$R_C = 1.0\,k\Omega$, $R_E = 1.0\,k\Omega$, $R_1 = 10\,k\Omega$, $R_2 = 5.0\,k\Omega$ och $E = 15\,V$.



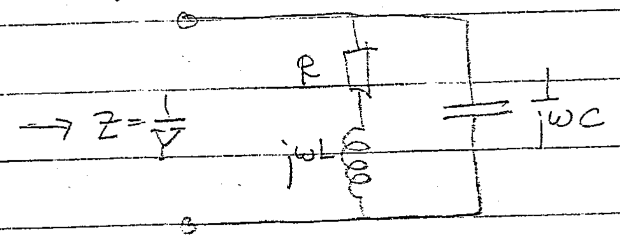

6. Kretsen nedan kallas för en Wieneroscillator. Beräkna $R_3$ så att en sinusformad utsignal erhålls.Beräkna även oscillatorns svängningsfrekvens. Antag ideal operationsförstärkare samt att komponenterna $R_1$, $R_2$, $C_1$, $C_2$ och $R_4$ är kända. (Tips: **bryt upp kretsen vid A och beräkna slingförstärkningen)**



Elektriska Nät & System
ess 115 F2
2003-02-30

jω-transformera

1.




$R = 20\ \Omega$

$L = 0.3\ \text{mH}$

$C = 100\ \text{nF}$

Parallellkopplade admittanser

$$Y = \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C = \frac{R - j\omega L}{R^2 + (\omega L)^2} + j\omega C =$$

$$= \frac{R}{R^2 + (\omega L)^2} + j\omega\left(C - \frac{L}{R^2 + (\omega L)^2}\right)$$

Resonans $\Rightarrow$ $\text{Im}\{Y\} = 0$ $\quad$ $\omega = 0$ "trivial" lösning

$$C - \frac{L}{R^2 + (\omega L)^2} = 0 \quad ; \quad R^2 + (\omega L)^2 = \frac{L}{C}$$

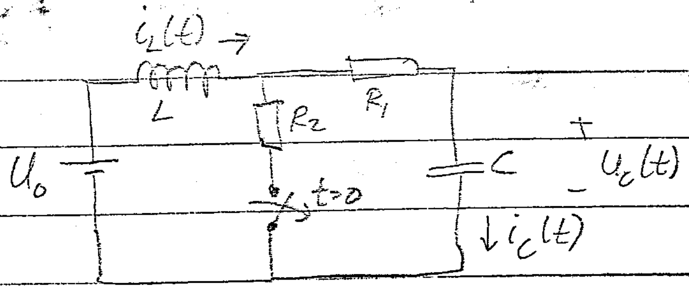
$$(\omega L)^2 = \frac{L}{C} - R^2 \quad ; \quad \omega^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{0.3 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-9}} - \frac{20^2}{(0.3 \cdot 10^{-3})^2}} = \underline{\underline{170 \cdot 10^3\ \text{r/s}}}$$

ess115
030830

2.




$R_1 = 2\,\Omega$

$L = 1H$

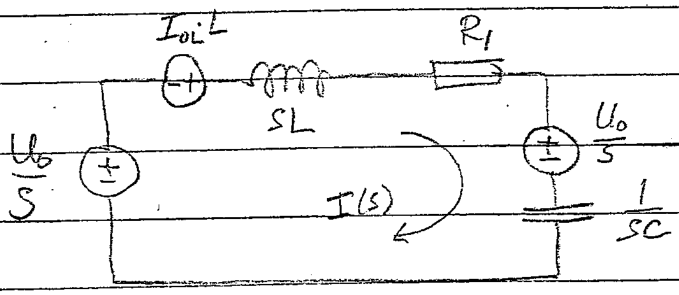
$C = 1/5\ F$

$U_0 = 10\ V$

$t < 0$ $\quad i_L(t) = I_{0L} = \frac{U_0}{R_2} = \frac{10}{5} = 2A$

$u_c(t) = U_{0C} = U_0 = 10\ V$

$t \geq 0$ Laplacetransf. nätet




$$I(s) = \frac{\frac{U_0}{s} + I_{0L}L - \frac{U_0}{s}}{sL + R_1 + \frac{1}{sC}} = \frac{sI_{0L}LC}{s^2LC + sR_1C + 1} =$$

$$= \frac{sI_{0L}}{s^2 + s\frac{R_1}{L} + \frac{1}{LC}} = \frac{s \cdot 2}{s^2 + s2 + 5} =$$

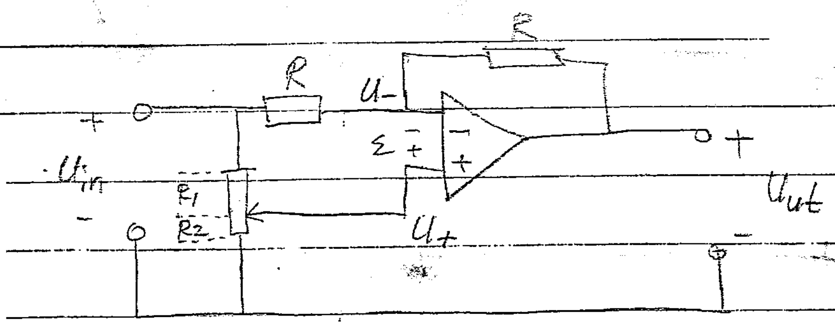
$$= \frac{2(s+1) - 2}{(s+1)^2 + 4} = 2\frac{s+1}{(s+1)^2+4} - \frac{2}{(s+1)^2+4}$$

Inv. Laplacetransf.

$$i(t) = i_c(t) = \left(2e^{-t}\cos 2t - e^{-t}\sin 2t\right)u(t)$$

esc115
030830

3.




Ideal OP-först. Neg. återk. $\Rightarrow \begin{cases} i_{op} = 0 \\ \varepsilon = 0 \Rightarrow u_- = u_+ \end{cases}$

$$u_- = U_{in}\frac{R}{R+R} + U_{ut}\frac{R}{R+R}$$ Sp.delning + Superpos.

$$u_- = \frac{1}{2}U_{in} + \frac{1}{2}U_{ut}$$

$$u_+ = U_{in}\frac{R_2}{R_1+R_2} = U_{in}\frac{x\cdot R}{R} = U_{in}\cdot x$$

$$u_+ = u_-$$

$$U_{in}\,x = \frac{1}{2}U_{in} + \frac{1}{2}U_{ut}$$

$$U_{in}(2x-1) = U_{ut}$$

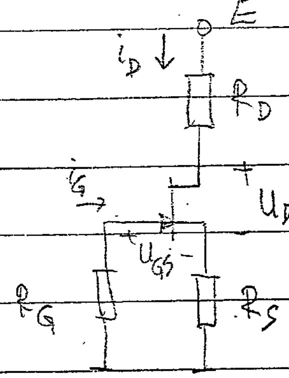
$$\frac{U_{ut}}{U_{in}} = 2x-1 \quad , \quad 0 \le x \le 1$$

$$\underbrace{-1}_{\text{"min", } x=0} \le \frac{U_{ut}}{U_{in}} \le \underbrace{1}_{\text{"max", } x=1}$$

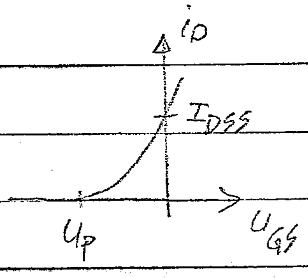
OBS teckenbyte

ess115
030830

# 4. DC-analys




JFET n-kanal




$i_{GS} = 0 \qquad U_{GS} + R_S i_D = 0$

$$i_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 = -\frac{U_{GS}}{R_S}$$

$$1 + \frac{U_{GS}^2}{U_p^2} - \frac{2U_{GS}}{U_p} + \frac{1}{I_{DSS}R_S}U_{GS} = 0$$

$$U_{GS}^2 + U_{GS}\left(\frac{U_p^2}{I_{DSS}R_S} - 2U_p\right) + U_p^2 = 0$$

$$U_{GS}^2 + U_{GS}\left(\frac{4^2}{8 \cdot 0{,}330} + 8\right) + 4^2 = 0$$

$$U_{GS}^2 + U_{GS}\,14{,}06 + 16 = 0$$

$$U_{GS_{1,2}} = -7{,}03 \pm \sqrt{(7{,}03)^2 - 16} = \begin{cases} -1{,}25 \text{ V} \\ (-12{,}8 \text{ V}) \end{cases}$$

$$U_{GS} = -1{,}25 \text{ V} \Rightarrow i_D = 8 \cdot 10^{-3}\left(1 - \frac{1{,}25}{4}\right)^2 = 3{,}78 \text{ mA}$$

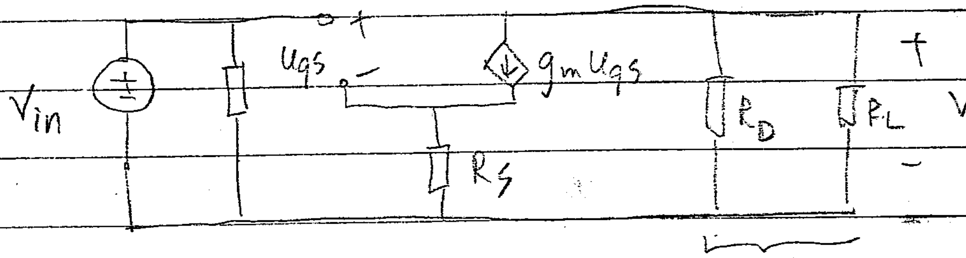
ess115
030830

/ Posts 4

Småsignalberäkning

$$g_m = \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} = 2I_{DSS}\left(1-\frac{U_{GS}}{U_P}\right)\left(\frac{1}{U_P}\right) =$$

$$= 2\cdot 8\cdot 10^{-3}\left(1-\frac{1{,}25}{4}\right)\left(\frac{1}{4}\right) = 2{,}75\cdot 10^{-3}\ \Omega^{-1}$$




$$R' = R_D /\!/ R_L = \frac{1{,}5\cdot 2{,}2\cdot 10^3}{1{,}5+2{,}2} = 892\ \Omega$$

$$\begin{cases} V_{in} = U_{gs} + g_m U_{gs} R_s \\ V_0 = -g_m U_{gs} R' \end{cases}$$

$$\frac{V_0}{V_{in}} = -\frac{g_m R'}{1+g_m R_s} = -\frac{2{,}75\cdot 10^{-3}\cdot 892}{1+2{,}75\cdot 0{,}33} = -1{,}29$$

Svar: $\frac{V_0}{V_{in}} = -1{,}3$

e55115
030230

5. DC-analys

$R_1 = 10\,k\Omega$

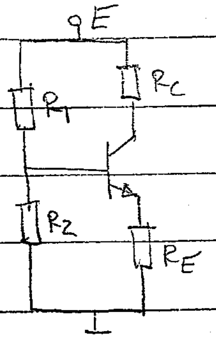
$R_2 = 5\,k\Omega$

$R_C = 1\,k\Omega$

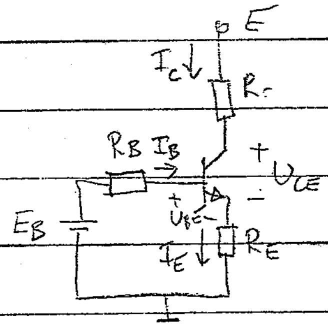
$R_E = 1\,k\Omega$

$E = 15\,V$

$U_{BE} = 0.7\,V$



Thevenin omvanda ingångs-sidan



$$R_B = R_1 \| R_2 = \frac{10 \cdot 5}{10+5} = \frac{50}{15} = \frac{10}{3}\,k\Omega$$

$$E_B = E\frac{R_2}{R_1+R_2} = 15 \cdot \frac{5}{10+5} = 5\,V$$

$$E_B = I_B R_B + U_{BE} + (1+\beta) I_B R_E$$

$$I_B = \frac{E_B - U_{BE}}{R_B + (1+\beta)R_E} \quad ; \quad I_C = \beta I_B = \beta \frac{E_B - U_{BE}}{R_B + (1+\beta)R_E}$$

$$U_{CE} = E - I_C R_C - I_E R_E = E - I_B\left(\beta R_C + (1+\beta)R_E\right)$$

$\beta = 100$

$$I_B = \frac{5-0.7}{\frac{10}{3} + 101 \cdot 1} \cdot 10^{-3} = 41.21\,\mu A$$

$$I_C = 4.12\,mA$$

$$U_{CE} = 6.72\,V$$

$\beta = 300$

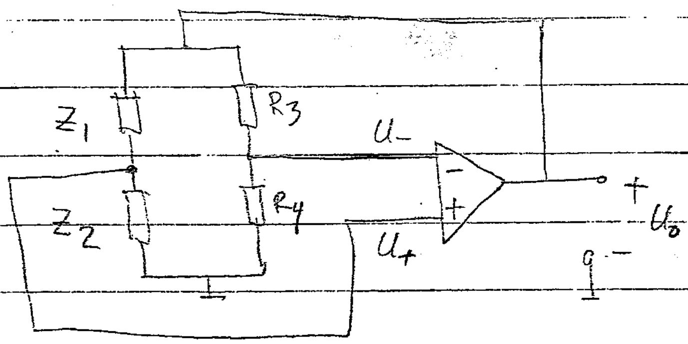
$$I_B = \frac{5-0.7}{\frac{10}{3} + 301} \cdot 10^{-3} = 14.13\,\mu A$$

$$I_C = 4.24\,mA$$

$$U_{CE} = 6.51\,V$$

e75115
030830

6.



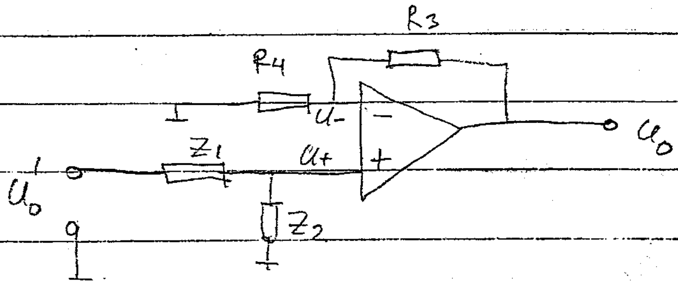

$Z_1 = R_1 + \frac{1}{sC_1} = \frac{1+sR_1C_1}{sC_1}$

$Z_2 = \frac{R_2 \frac{1}{sC_2}}{R_2 + \frac{1}{sC_2}} = \frac{R_2}{1+sR_2C_2}$

Ideal OP-först. } $\varepsilon = 0$
Neg. återk. }

$u_+ = u_-$

Bryt upp kretsen, rita om, och beräkna slingförst. $T = \frac{u_0}{u_0'}$




$u_+ = u_0' \frac{Z_2}{Z_1+Z_2} \qquad u_- = u_0 \frac{R_4}{R_3+R_4}$

Osc $\Rightarrow$ $T=1$ eller $u_0 = u_0'$, dessutom $u_+ = u_-$ ty $\varepsilon = 0$

$\therefore \quad \frac{R_3+R_4}{R_4} = \frac{Z_1+Z_2}{Z_2} \Rightarrow 1 + \frac{R_3}{R_4} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}$

$\frac{R_3}{R_4} = \frac{1+sR_1C_1}{sC_1} \cdot \frac{1+sR_2C_2}{R_2}$ ; $\frac{R_3}{R_4} sR_2C_1 = 1 + s(R_1C_1+R_2C_2) + s^2R_1R_2C_1C_2$

Sätt $s = j\omega$ $\quad j\omega \frac{R_3}{R_4} R_2C_1 = 1 + j\omega(R_1C_1+R_2C_2) - \omega^2 R_1R_2C_1C_2$

HL = VL $\therefore$ $1 - \omega^2 R_1R_2C_1C_2 = 0 \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}$

och $\frac{R_3}{R_4} R_2C_1 = R_1C_1 + R_2C_2$

$R_3 = R_4 \left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \right)$

**Tentamen i**
**ESS 115 Elektriska nät och System, för F2**
**den 25 april 2003 kl 8.45-12.45, sal V**

**Examinator:** Univ.lektor Ants R. Silberberg, ankn. 1808.

**Hjälpmedel:** Typgodkänd miniräknare
BETA Mathematics Handbook
Physics Handbook
CRC Standard Mathematical Tables

**Lösningar:** Anslås måndagen den 28 april på institutionens anslagstavla.

**Resultat:** Anslås torsdagen den 8 maj kl. 15 på institutionens anslagstavla (plan 5, E-huset, vid studieexp., korridor parallell med Hörsalsvägen).

**Granskning:** Fredag 9 maj kl. 13 - 15 på institutionen.

**Bedömning:** En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng.

**Betygsgränser:** Tentamen består av 6 uppgifter om vardera 3 poäng.

| Poäng | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| Betyg | U | 3 | 4 | 5 |

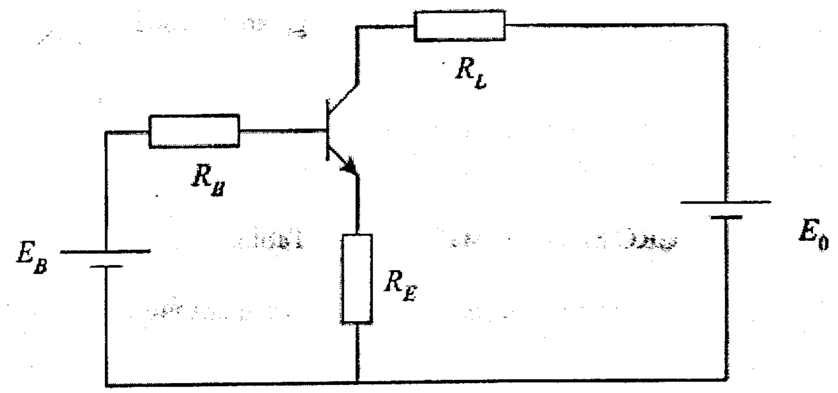
Uppgifterna är ej ordnade i svårighetsgrad.

*Lycka Till!*

1. a) Beräkna transistorns arbetspunkt (kollektorström och kollektor-emitter spänning).
   b) Ta fram ett uttryck som visar att med givna matningsspänningar så beror kollektorströmmen i stort endast på en av de ingående resistanserna.

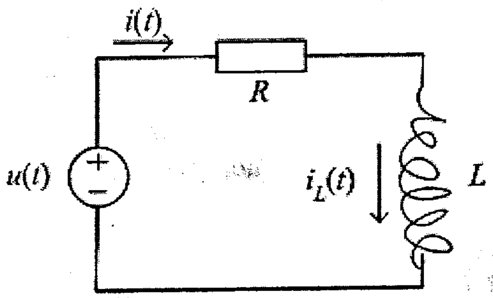
$E_B = 5.6\,\text{V},\ E_0 = 25\,\text{V}, R_B = 10\,\text{k}\Omega, R_L = 10\,\text{k}\Omega, R_E = 5\,\text{k}\Omega$

För transistorn gäller : $U_{BE} = 0.6\,\text{V},\ \beta = 400$



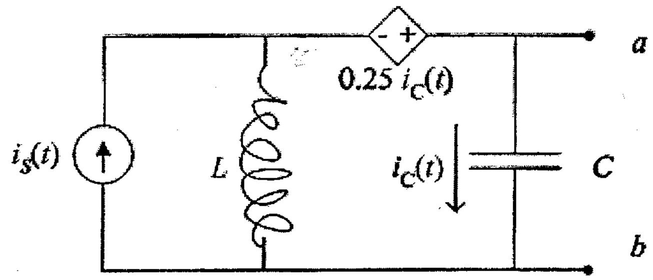

2. Beräkna strömmen $i(t)$ för $t \geq 0$ i kretsen nedan. Vid $t = 0$ är strömmen $i_L(t)$ genom induktansen 2A.

$u(t) = \cos(t) \cdot \Theta(t)$ V $\{\Theta(t)\,\text{är enhetssteget}\}$ $\qquad R = 1\Omega,\ L = \frac{1}{2}\text{H}$

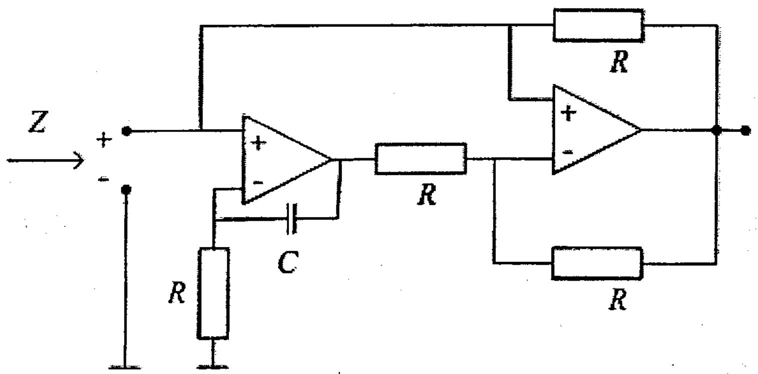


3. Beräkna Thevenins ekvivalenta krets med avseende på polerna $a$ och $b$. Antag att sinusformat stationärtillstånd råder. Ange i svaret alla värden på de ingående kretselementen.

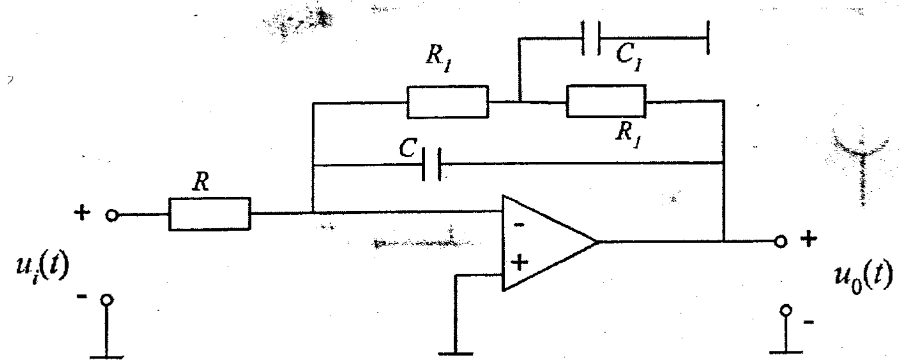
$i_S(t) = \cos(4t)\,\text{A}, \; L = 0.25\,\text{H}, \; C = 0.5\,\text{F}$




4. Beräkna kretsens inimpedans, $Z$. Antag ideala operationsförstärkare samt att dessa bägge är negativt återkopplade.



5. Beräkna kapacitansen C så att förstärkaren får ett stegsvar som är så snabbt som möjligt utan att vara oscillatoriskt. Med detta värdet på $C$, ange förstärkarens överföringsfunktion samt gör en enkel skiss av överföringsfunktionens belopp i ett Bodediagram. Antag ideal operationsförstärkare.
$R_1 = 50\,\text{k}\Omega,\ R = 10\,\text{k}\Omega,\ C_1 = 200\,\text{pF}$

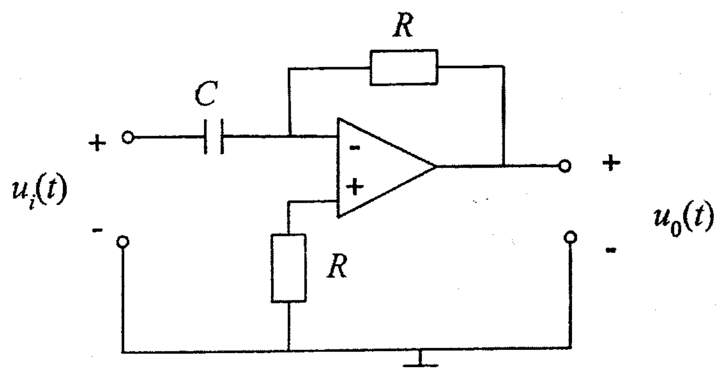



6. En operationsförstärkare ( ej ideal) har följande data.

$$F = \frac{K}{(1 + s/\omega_1)^2}, \quad \omega_1 = 40 \text{ r/s}$$

$$Z_{in} = \infty,\ Z_{ut} = 0,\ K = 12.1$$

Operationsförstärkaren skall användas för att bygga ett förstärkarsteg enligt figur. Avgör om förstärkarsteget är stabilt genom att beräkna dess amplitudmarginal.
$RC = 250$ ms.



ESS115 030425 Svar:

1a/ $I_C = 0{,}993$ mA , $U_{CE} = 10{,}1$ V

b/ $I_C$ beror mest av $R_E$

2. $$I(s) = \frac{2s}{(s^2+1)(s+2)}$$

$$i(t) = \left[0{,}8\cos(t) + 0{,}4\sin(t) + 1{,}2e^{-2t}\right]\theta(t)$$

3. Räknas på räknestuga i v.7

4. $Z = sR^2C$

5. $$\frac{U_o}{U_i} = \frac{\frac{s}{RC} + \frac{2}{RR_1CC_1}}{s^2 + s\frac{2}{R_1C_1} + \frac{1}{R_1^2CC_1}}$$

$C = C_1$

$$\frac{U_o}{U_i} = -\frac{2}{5}\cdot\frac{1+\frac{s}{2\omega_1}}{\left(1+\frac{s}{\omega_1}\right)^2} \quad ; \quad \omega_1 = \frac{1}{R_1C_1}$$

6. $\angle \beta F = -180°$ för $\omega = \omega_0 = \sqrt{1920}$ r/s

$$G_M = -20\log|\beta F|_{\omega=\omega_0} = 6{,}0 \text{ dB}$$

$G_M > 0$ Stabilt!

# Tentamen i
# ESS 115 Elektriska nät och System, för F2
## den 14 december 2002 kl 8.45-12.45, sal V

**Examinator:** Univ.lektor Ants R. Silberberg, ankn. 1808.
(070 - 6181265)

**Hjälpmedel:** Typgodkänd miniräknare
BETA Mathematics Handbook
Physics Handbook
CRC Standard Mathematical Tables

**Lösningar:** Anslås måndagen den 16 december på institutionens anslagstavla.

**Resultat:** Anslås torsdagen den 9 januari kl. 14 på institutionens anslagstavla (plan 5, E-huset, vid studieexp., korridor parallell med Hörsalsvägen).

**Granskning:** Fredag 17 januari kl. 12.45 - 14.45 på institutionen.

**Bedömning:** En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng.

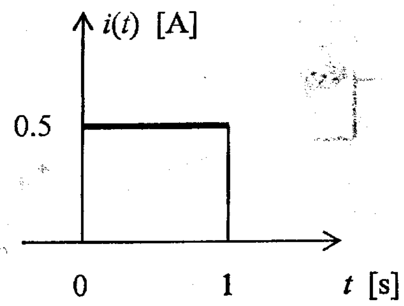
**Betygsgränser:** Tentamen består av 6 uppgifter om vardera 3 poäng.

| Poäng | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| Betyg | U | 3 | 4 | 5 |

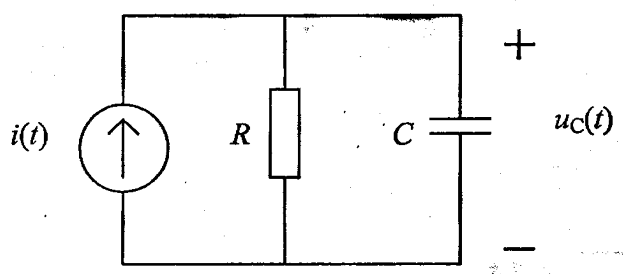
Uppgifterna är <u>ej</u> ordnade i svårighetsgrad.

*Lycka Till!*

1. Insignalen till ett RC-nät är en strömpuls enligt figur 1. Sök spänningen $u_C(t)$ för $t \geq 0$ enligt figur 2. Begynnelsespänningen $u_C(t)$ vid $t=0$ är 1 V.
$R = 2\,\Omega$, $C = 0.5$ F

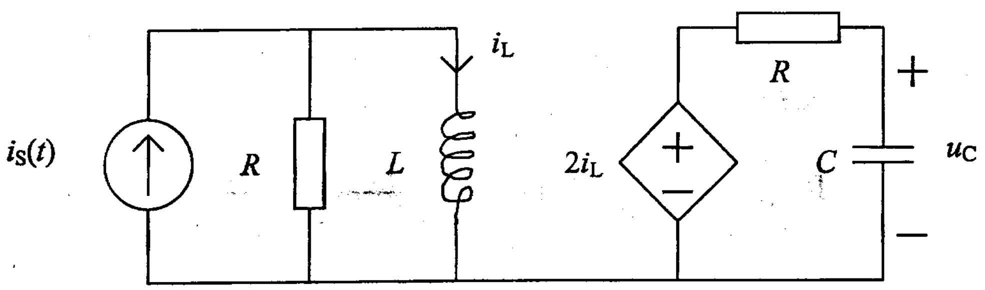



Figur 1

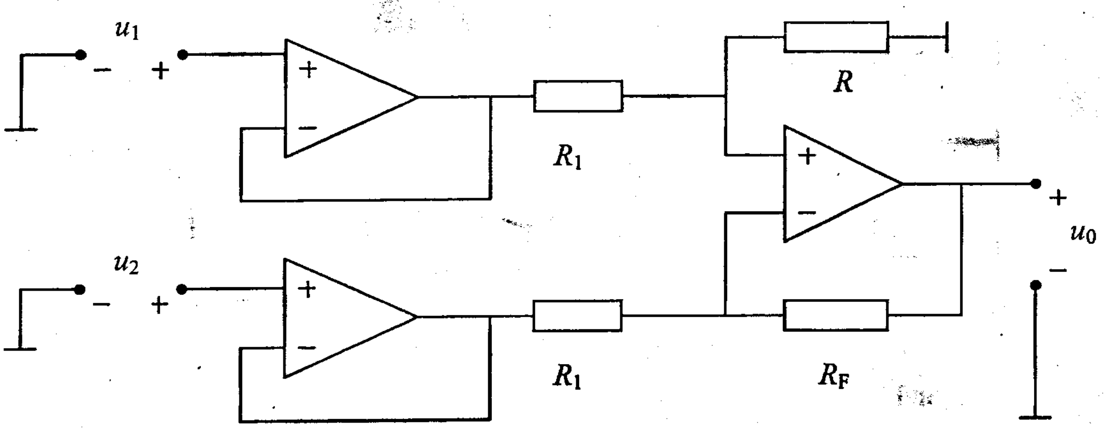



Figur 2

2. Beräkna spänningen $u_C(t)$ i kretsen. Antag att stationärtillstånd råder.
$R = 10\ \Omega$, $L = 0.1$H och $C = 1$ mF
$i_s(t) = \cos(100t)$ A



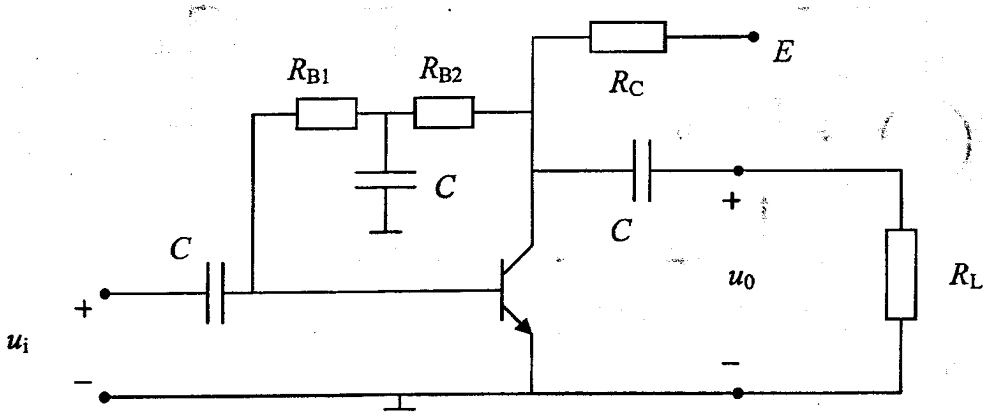
3. Bestäm $R$ så att en ren differentialförstärkare på formen $u_0 = K(u_1 - u_2)$ erhålles. Antag $R_1$ och $R_F$ kända. Vad blir förstärkningsfaktorn $K$ ? Antag ideala operationsförstärkare.



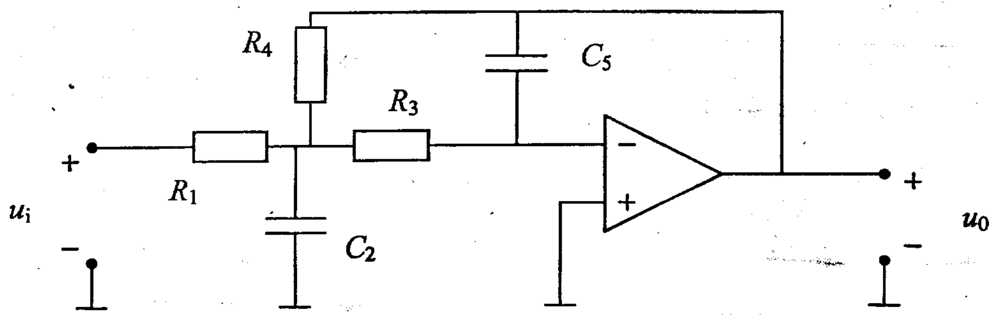

4. Beräkna förstärkningsfaktorn $u_0/u_i$ med belastningsresistansen $R_L$ kopplad till utgången på transistorförstärkaren. Beräkna även förstärkarens inresistans och utresistans (med $R_L$ bortkopplad). Kapacitansernas impedans kan försummas vid aktuella signalfrekvenser.

För transistorn gäller: $h_{fe} = 75$, $h_{ie} = 200\,\Omega$, $h_{oe} = h_{re} = 0$

$R_L = R_C = 2\,\text{k}\Omega$, $R_{B1} = R_{B2} = 100\,\text{k}\Omega$



5. Ta fram förstärkarens överföringsfunktion $u_0/u_i$. Beräkna $R_1$ så att förstärkarens stegsvar blir så snabbt som möjligt utan att någon översväng erhålles. Antag ideal operationsförstärkare.
$R_3 = 1.0\,\text{k}\Omega$, $R_4 = 5.0\,\text{k}\Omega$, $C_2 = 1.0\,\mu\text{F}$ och $C_5 = 0.20\,\mu\text{F}$



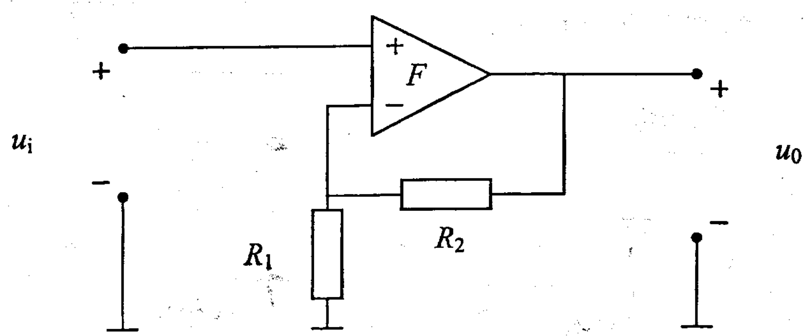

6. En operationsförstärkare ( ej ideal) har följande data.

$$F = \frac{F_0}{1 + s/\omega_1}, \quad \omega_1 = 15 \text{ r/s}$$

$$50000 \le F_0 \le 300000$$

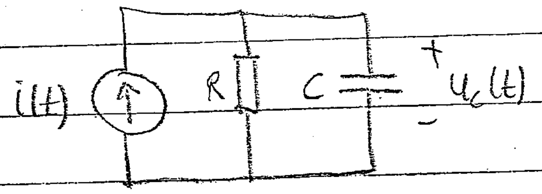
$$Z_{in} = \infty, \ Z_{ut} = 0$$

Operationsförstärkaren skall användas för att bygga förstärkarsteg enligt figur. Förstärkarstegen skall ha en garanterad längsta stigtid $t_r \le 75\ \mu\text{s}$. Beräkna inom vilka gränser som förstärkarens maximala förstärkning $u_0/u_i$ kommer att variera.
$R_1 = 1\ \text{k}\Omega$ .



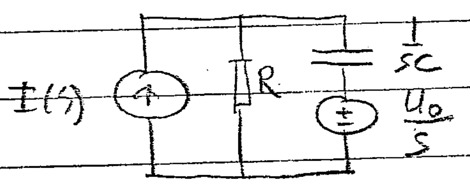
Elektr. Nät och System, F2 ESS 115 021214

1

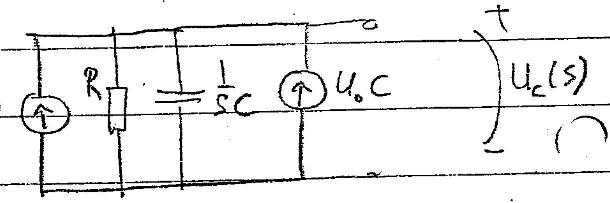



Beg. spänning $u_c(t)\Big|_{t=0} = u_0 = 1V$

Laplacetransf. nätet

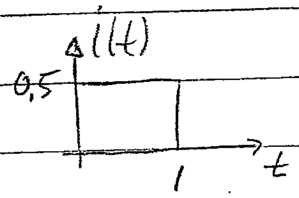



$\Rightarrow$




$$U_c(s) = \left(I(s) + u_0C\right) \cdot R // \frac{1}{sC} = \left(I(s) + u_0C\right) \frac{R \cdot \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} =$$

$$= \left(I(s) + u_0C\right) \frac{R}{1 + sRC}$$




$$i(t) = 0{,}5\left(\theta(t) - \theta(t-1)\right)$$

$$I(s) = 0{,}5\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s}e^{-s}\right) = \frac{1}{2}\,\frac{(1-e^{-s})}{s}$$

$$U_c(s) = \left(\frac{1}{2}\cdot\frac{1-e^{-s}}{s} + u_0C\right)\frac{R}{1+sRC} = \left\{\begin{matrix} R=2, & C=0{,}5 \\ u_0 = 1 & \end{matrix}\right\} =$$

$$= \left(\frac{1-e^{-s}}{s} + 1\right)\cdot\frac{1}{1+s} = \frac{1-e^{-s}}{s(s+1)} + \frac{1}{s+1} =$$

$$= \frac{1}{s(s+1)} + \frac{1}{s+1} - \frac{e^{-s}}{s(s+1)} = \left\{\frac{1}{s(s+1)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1}\right\} =$$

$$= \frac{1}{s} - \frac{e^{-s}}{s} + \frac{e^{-s}}{s+1}$$ Inv. transf.

$$u_c(t) = \theta(t) - \theta(t-1) + e^{-(t-1)}\theta(t-1)$$

ESS115
021214

$j\omega$ - transformera

2.

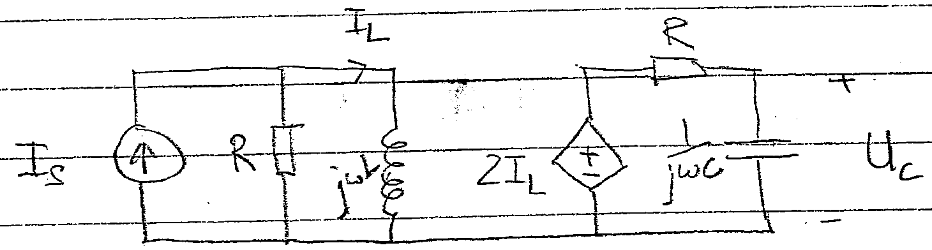
$I_S = 1\,\angle 0°$ A

$\omega = 100$ r/s

$\omega C = 0{,}1$

$\omega L = 10$

$R = 10$




Strömdelning $\quad I_L = I_S \cdot \dfrac{\frac{1}{j\omega L}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L}} = \dfrac{R}{R + j\omega L}$

Sp. delning $\quad U_C = 2I_L \cdot \dfrac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = 2I_L \dfrac{1}{1 + j\omega RC}$

$$U_C = \frac{2R}{R + j\omega L} \cdot \frac{1}{1 + j\omega RC} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10}{10 + j10} \cdot \frac{1}{1+j} = \frac{2}{(1+j)(1+j)} =$$

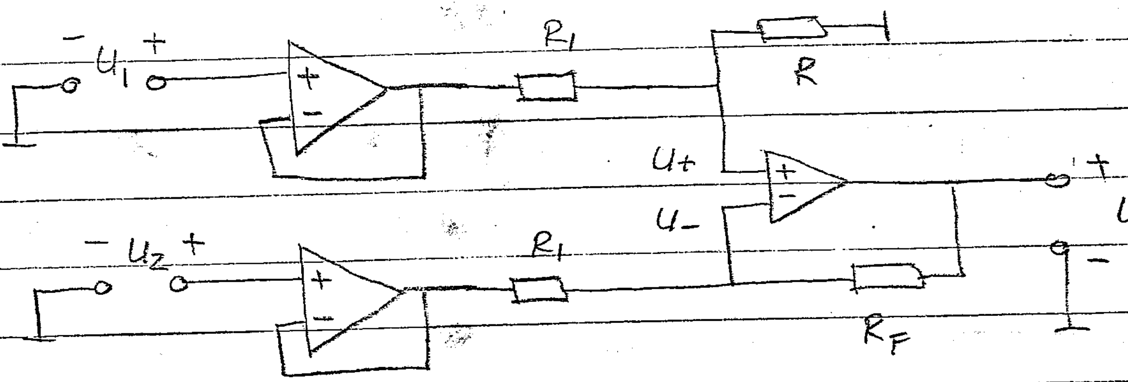
$$= \frac{2}{1 + j + j - 1} = \frac{2}{2j} = -j$$

$$U_C = -j = 1\,\angle -90°$$

$$\therefore \quad u_C(t) = 1 \cdot \cos(\omega t - 90°) = \sin(\omega t) = \sin(100t) \text{ V}$$

ESS 115
021214

(3.)




Ideala Op-först. + Neg. återkoppl. $\Rightarrow \varepsilon = 0$

$$\begin{cases} u_+ = u_1 \dfrac{R}{R_1 + R} & \text{Sp. delning} \\ u_- = u_2 \dfrac{R_F}{R_1 + R_F} + u_o \dfrac{R_1}{R_1 + R_F} & \text{Sp. delning + superposition} \end{cases}$$

$$u_+ = u_-$$

$$u_1 \frac{R}{R_1 + R} = u_2 \frac{R_F}{R_1 + R_F} + u_o \frac{R_1}{R_1 + R_F}$$

$$u_o = \frac{R_1 + R_F}{R_1} \left[ u_1 \frac{R}{R_1 + R} - u_2 \frac{R_F}{R_1 + R_F} \right]$$

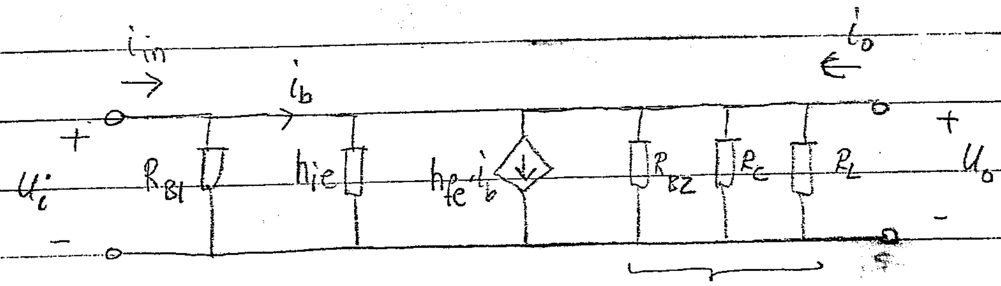
För $R = R_F$

$$u_o = \frac{R_1 + R_F}{R_1} \cdot \frac{R_F}{R_1 + R_F} (u_1 - u_2) = \frac{R_F}{R_1} (u_1 - u_2)$$

Svar: $R = R_F$ och $K = \dfrac{R_F}{R_1}$

ESS115
02 12 14

(4) Småsignalschema $\frac{1}{\omega C} \to 0$




$R' = R_{B2} /\!/ R_C /\!/ R_L$ $\qquad \frac{1}{R'} = \frac{1}{R_{B2}} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L}$

$$\begin{cases} u_i = i_b \cdot h_{ie} \\ u_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_{B2} /\!/ R_C /\!/ R_L) \end{cases}$$

$\Rightarrow R' = 990\,\Omega$

$$\frac{u_o}{u_i} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} (R_{B2} /\!/ R_C /\!/ R_L) = \ldots = -371$$

$$\frac{1}{R_{B2}} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_L} = \frac{R_C R_L + R_{B2} R_L + R_{B2} R_C}{R_{B2} R_C R_L} \Rightarrow \frac{u_o}{u_i} = -\frac{h_{fe} \; R_{B2} R_C R_L}{h_{ie}(R_C R_L + R_{B2} R_L + R_{B2} R_C)}$$

Inimpedans $\quad R_{in} = \frac{u_i}{i_{in}}$ $\quad$ ($R_L$ bortkopplad)

$$u_i = i_{in} (R_{B1} /\!/ h_{ie}) = i_{in} \left( \frac{R_{B1} \cdot h_{ie}}{R_{B1} + h_{ie}} \right)$$

$$R_{in} = \frac{u_i}{i_{in}} = \frac{R_{B1} \cdot h_{ie}}{R_{B1} + h_{ie}} = \ldots = 199{,}6 \approx 200\,\Omega$$

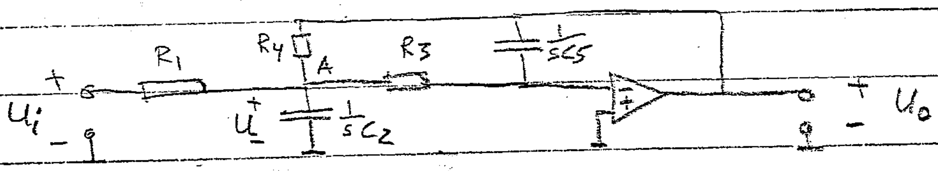
Utimpedans $\quad R_{ut} = \frac{u_o}{i_o}$ $\quad$ ($u_i = 0$ och $R_L$ bortkopplad)

$$u_o = i_o \, R_{B2} /\!/ R_C \quad (\text{ty } i_b = 0)$$

$$R_{ut} = \frac{u_o}{i_o} = \frac{R_{B2} \cdot R_C}{R_{B2} + R_C} = 1{,}96\,k\Omega$$

ESS 115
021214

5




Ideal Op-amp
Neg. återk.

$\Rightarrow \varepsilon = 0$

$$\begin{cases} \dfrac{u_i - u}{R_1} + \dfrac{u_o - u}{R_4} - \dfrac{u}{R_3} - u\,sC_2 = 0 \quad (KCL)_A \\[2ex] \dfrac{u}{R_3} + u_o \cdot sC_5 = 0 \quad (KCL) \Rightarrow u = -u_o\,sR_3C_5 \end{cases}$$

$$\frac{u_i}{R_1} = u\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} + sC_2\right) - \frac{u_o}{R_4}$$

$$u_i = -u_o\left[sR_3C_5\left(1 + \frac{R_1}{R_4} + \frac{R_1}{R_3} + sR_1C_2\right) + \frac{R_1}{R_4}\right]$$

$$\Rightarrow \frac{u_o}{u_i} = -\frac{1/R_1R_3C_2C_5}{s^2 + s\frac{1}{C_2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) + \frac{1}{R_3R_4C_2C_5}}$$

Max snabbt stegsvar, ej översväng $\Rightarrow$ dubbelpol

$$\frac{u_o}{u_i} = -\frac{K}{(s+\omega_0)^2} = -\frac{K}{s + s2\omega_0 + \omega_0^2}$$

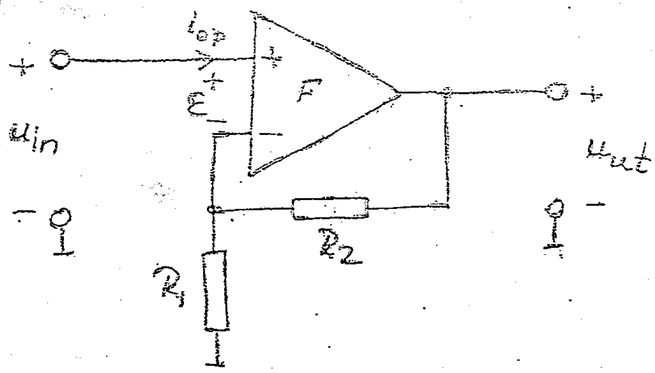
$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_3R_4C_2C_5} = \dots = 10^6 \Rightarrow \omega_0 = 10^3$$

$$2\omega_0 = \frac{1}{C_2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right) \Rightarrow \frac{1}{R_1} = 2\omega_0 C_2 - \frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_1} = 2\cdot 10^3 \cdot 10^{-6} - \frac{1}{10^3} - \frac{1}{5\cdot 10^3} = 8\cdot 10^{-4}$$

$R_1 = 1{,}25\ \text{k}\Omega$

⑥




ESS 115
02 12 14

$i_{op} = 0$, $\varepsilon \neq 0$ ty F är ändlig

$$\begin{cases} u_{in} = \varepsilon + u_{ut}\dfrac{R_1}{R_1+R_2} \\ \varepsilon = \dfrac{u_{ut}}{F} \end{cases} \qquad F = \frac{F_0}{1+s/\omega_1}$$

$$u_{in} = \frac{u_{ut}}{F} + u_{ut}\frac{R_1}{R_1+R_2} = u_{ut}\frac{R_1+R_2+FR_1}{F(R_1+R_2)} = \frac{1+F\frac{R_1}{R_1+R_2}}{F}\cdot u_{ut}$$

$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = \frac{F}{1+F\frac{R_1}{R_1+R_2}} = \frac{F_0}{1+s/\omega_1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_0} = \frac{F_0}{1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_0}\cdot\frac{1}{1+\frac{s}{\omega_1\left(1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_0\right)}}$$

Övre gränsfrekvensen blir lägst då $F_0 = F_{0MIN}$

$$\omega_{\ddot{o}MIN} = \omega_1\left(1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_{0min}\right) = 15\left(1+\frac{R_1}{R_1+R_2}50000\right)$$

$$\tau_{max} = 2{,}2\cdot\frac{1}{\omega_{\ddot{o}MIN}} = \frac{2{,}2}{15\left(1+\frac{R_1}{R_1+R_2}50000\right)} = 75\cdot10^{-6}$$

$$\frac{R_1}{R_1+R_2} = \left(\frac{2{,}2}{15\cdot75\cdot10^{-6}}-1\right)\frac{1}{50000} = 0{,}03909$$

$$\underline{F_{totMAX}} = \frac{F_{0MAX}}{1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_{0MAX}} = \frac{300000}{1+0{,}03909\cdot300000} = 25{,}58$$

$$F_{totMIN} = \frac{F_{0MIN}}{1+\frac{R_1}{R_1+R_2}F_{0MIN}} = \frac{50000}{1+0{,}03909\cdot50000} = 25{,}57$$

Svar $\underline{\underline{25{,}57 \leq F_{tot} \leq 25{,}58}}$

# Tentamen i
# ESS 115 Elektriska nät och System, för F2
## den 31 augusti 2002 kl 8.45-12.45, sal V

**Examinator:** Univ.lektor Ants R. Silberberg, ankn. 1808.
(070 - 6181265)

**Hjälpmedel:** Typgodkänd miniräknare
BETA Mathematics Handbook
Physics Handbook
CRC Standard Mathematical Tables

**Lösningar:** Anslås måndagen den 2 september på institutionens anslagstavla.

**Resultat:** Anslås fredagen den 13 september kl. 10 på institutionens anslagstavla (plan 5, E-huset, vid studieexp., korridor parallell med Hörsalsvägen).

**Granskning:** Måndag 16 september kl. 12.45 - 14.45 på institutionen.

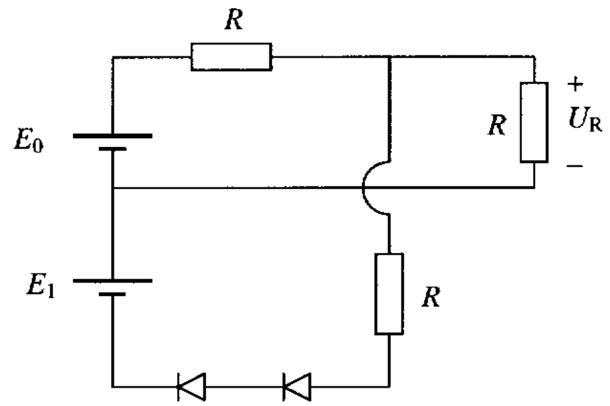
**Bedömning:** En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng.

**Betygsgränser:** Tentamen består av 6 uppgifter om vardera 3 poäng.

| Poäng | 0-7.5 | 8-11.5 | 12-14.5 | 15-18 |
|---|---|---|---|---|
| Betyg | U | 3 | 4 | 5 |

Uppgifterna är <u>ej</u> ordnade i svårighetsgrad.

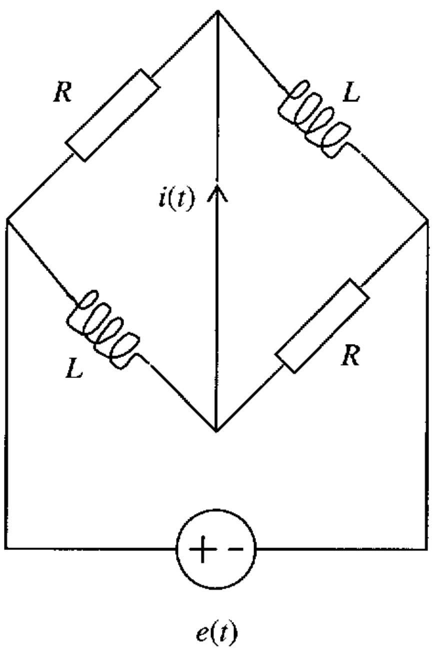
1. Bestäm batterispänningen $E_1$ så att spänningen $U_R = 2$ V. Spänningsfallet över en ledande diod är 0.7 V.




$R = 1$ kΩ
$E_0 = 8$ V

2. Beräkna strömmen $i(t)$ i nedanstående bryggkoppling. Antag att stationärtillstånd råder.

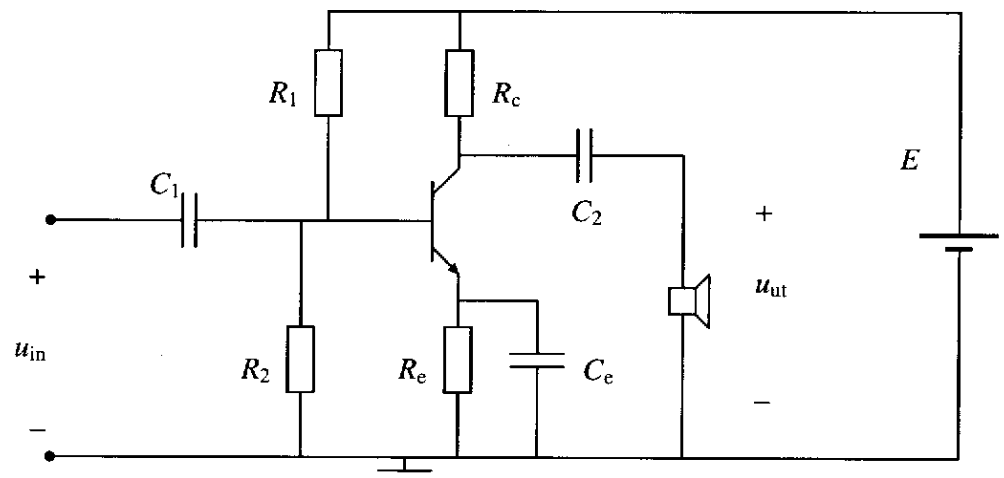
$R = 2\ \Omega$
$L = 1$ mH
$e(t) = 10 \cos(2\pi\ 10^3\ t)$ V



3. En mikrofonförstärkare önskas byggas. Den kretslösning som väljs är en transistorförstärkare där hörtelefonen utgör kretsens belastning. Hörtelefonen kan anses vara rent resistiv med en inimpedans på 2 kΩ

   a) Hörtelefonen kopplas in enligt figur över kretslösningen. Hur stor blir utspänningen $u_{ut}$ över belastningen om $u_{in}$ = 5 mV och signalfrekvensen är 800 Hz. Signalen kan anses passera kretsens kondensatorer obehindrat.
   b) Hörtelefonen kopplas in som kollektormotstånd i stället för $R_c$. Hur stor blir utsignalen över hörtelefonen i detta fall. Insignalen är lika som i uppgift a). Antag även att $h$-parametrarna inte förändras jämfört med uppg. a) .

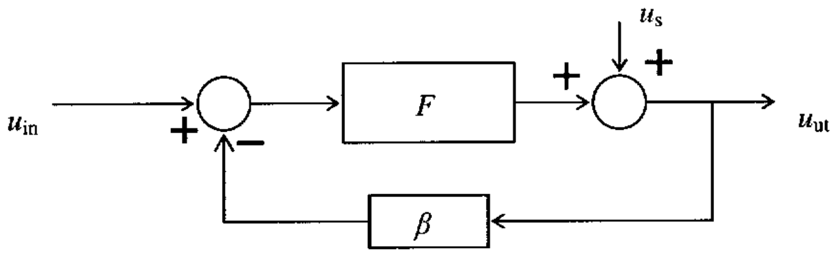

Figur: Mikrofonförstärkare



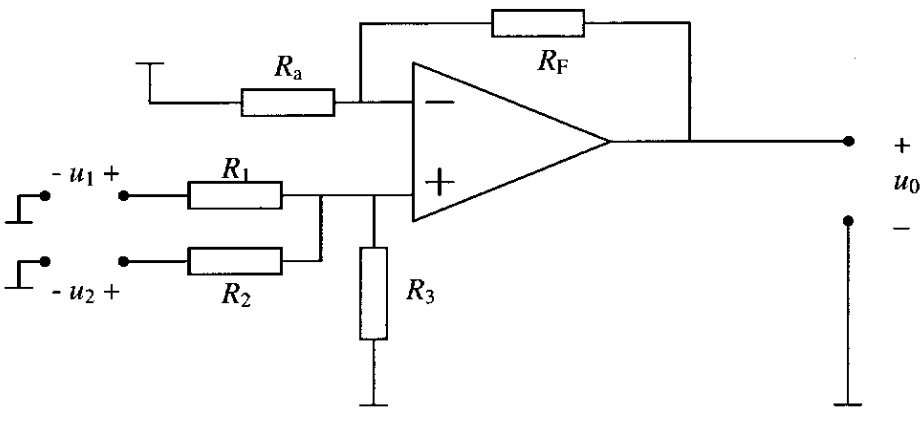

Figur: Kretslösning

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $E$ = 10 V | $R_1$ = 22 kΩ | $R_2$ = 3.9 kΩ | $R_c$ = 1.8 kΩ | $R_e$ = 470 Ω |
| $h_{fe}$ = 150 | $h_{ie}$ = 1.8 kΩ | $U_{BE}$ = 0.7 V | | |

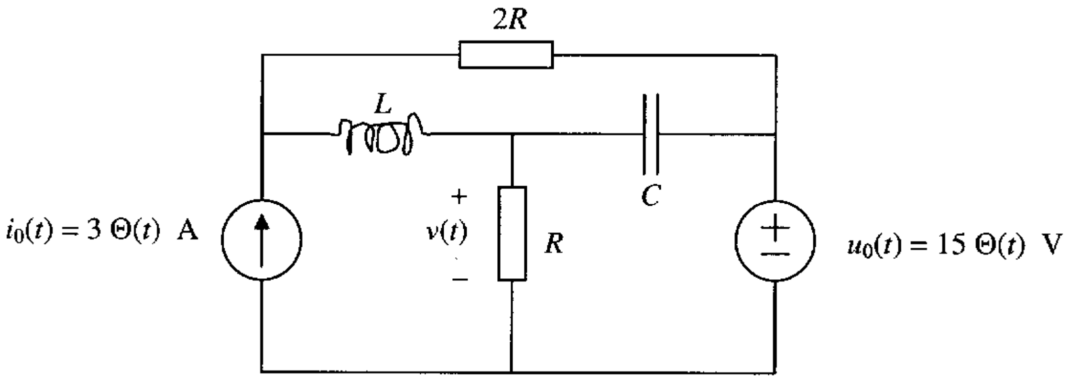
4. I en återkopplad förstärkare med insignal $u_{in}$ och utsignal $u_{ut}$ adderas en störsignal $u_s$ till förstärkarens utgång. Ta fram ett uttryck som anger hur utsignalen beror av insignal och störsignal. Hur påverkas störsignalen av återkopplingen?




5. Beräkna utsignalen $u_0$ som funktion av insignalerna $u_1$ och $u_2$. Signalerna $u$ är spänningar. Antag ideal operationsförstärkare.



6. Beräkna spänningen $v(t)$ över resistansen i kretsen nedan. Kretsen saknar begynnelseenergi.



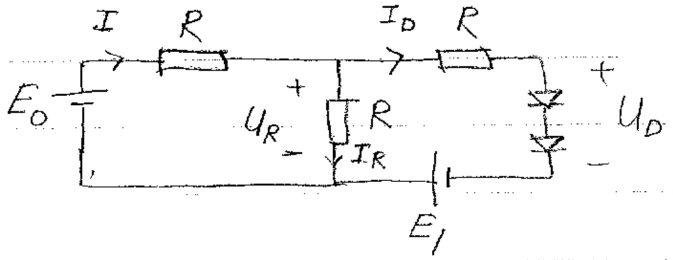

$R = 2\ \Omega$, $L = 1$ H $C = 0.5$ F

$\Theta(t)$ : stegfunktionen

ESS115

020831

(1)




$E_0 = 8\,V$

$R = 1\,k\Omega$

$U_R = 2\,V$

$$I = \frac{E_0 - U_R}{R} = \frac{8-2}{10^3} = 6\,mA$$

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{2}{10^3} = 2\,mA$$

$$I_D = I - I_R = 4\,mA$$

$I_D > 0 \Rightarrow$ Dioder leder och $U_D = 2 \cdot 0{,}7 = 1{,}4\,V$

$$U_R = I_D R + U_D - E_1$$

$$E_1 = I_D R + U_D - U_R =$$

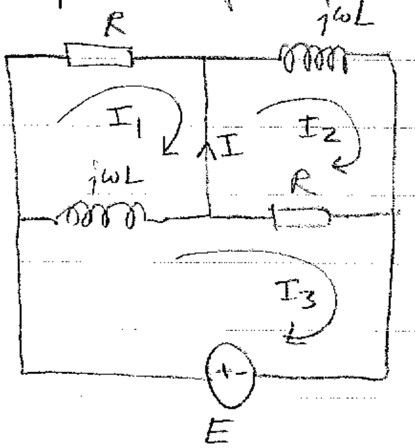
$$= 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{3} + 1{,}4 - 2 = 4 + 1{,}4 - 2 = 3{,}4\,V$$

Svar: 3,4 V

ESS115

020831

(2) jω-transf.




$R = 2\,\Omega$

$L = 1\,mH$

$e(t) = 10\cos(2\pi 10^3 t)$ V

$\omega = 2\pi 10^3$ 1/s

Maskanalys

$$\begin{bmatrix} R+j\omega L & 0 & -j\omega L \\ 0 & R+j\omega L & -R \\ -j\omega L & -R & R+j\omega L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ E \end{bmatrix} \qquad \begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \end{matrix}$$

(1): $I_1(R+j\omega L) - j\omega L\, I_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_1 = I_3\, j\omega L/(R+j\omega L)$

(2): $I_2(R+j\omega L) - R\, I_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_2 = I_3\, R/(R+j\omega L)$

(3) $\left[-j\omega L \dfrac{j\omega L}{R+j\omega L} - R\dfrac{R}{(R+j\omega L)} + (R+j\omega L)\right] I_3 = E$

$$E = \frac{\omega^2 L^2 - R^2 + (R+j\omega L)^2}{R+j\omega L} \cdot I_3 = \frac{\omega^2 L^2 - R^2 + R^2 - \omega^2 L^2 + 2j\omega LR}{R+j\omega L} I_3$$

$$I_3 = \frac{E(R+j\omega L)}{2j\omega LR} \Rightarrow I_1 = \frac{E}{2R} \quad \text{och} \quad I_2 = \frac{E}{2j\omega L}$$

$$I = I_2 - I_1 = \frac{E}{2}\left(\frac{1}{j\omega L} - \frac{1}{R}\right) = -\frac{E}{2}\left(\frac{1}{R} + j\frac{1}{\omega L}\right) =$$

$$= -\frac{10}{2}\left(\frac{1}{2} + j\frac{1}{2\pi}\right) \quad ; \quad |I| = \frac{10}{4}\sqrt{1+\frac{1}{\pi^2}} \approx 2{,}62$$

$$\angle I = -180^\circ + \arctan\frac{1}{\pi} \approx -162{,}3^\circ$$

$$i(t) = 2{,}62\cos(2\pi 10^3 t - 162{,}3^\circ) \quad A$$

ESS115
020831

(3)

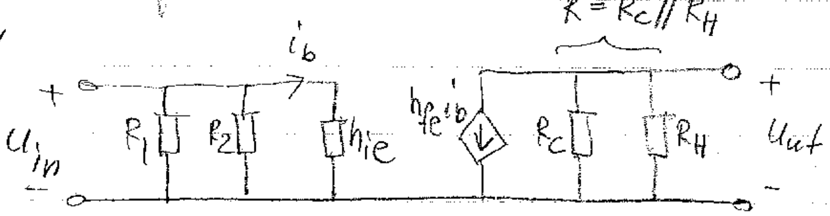
Småsignalschema

f = 800 Hz

kondensatorer: "kortslutn.

$R_H = 2\,k\Omega$ Hörtelefon

a)




$$\left.\begin{aligned} u_{in} &= i_b \cdot h_{ie} \\ u_{ut} &= -i_b h_{fe} R' \end{aligned}\right\} \frac{u_{ut}}{u_{in}} = -\frac{h_{fe} R'}{h_{ie}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot \frac{R_C \cdot R_H}{R_C + R_H}$$

$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = -\frac{150}{1800} \cdot \frac{1800 \cdot 2000}{(1800+2000)} = -78{,}95$$

$$U_{in} = 5\,mV \Rightarrow u_{ut} = -78{,}95 \cdot 5 = -395\,mV$$

Amplitud utsignal: 395 mV

b) $R_H$ ersätter $R_C \Rightarrow R' = R_H$

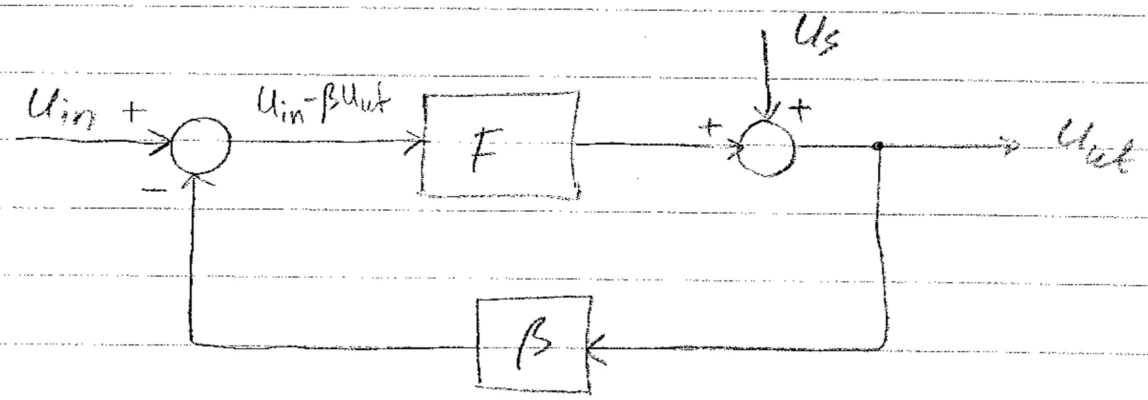
$$\frac{u_{ut}}{u_{in}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot R_H = -\frac{150 \cdot 2000}{1800} = -166{,}7$$

$$u_{in} = 5\,mV \Rightarrow u_{ut} = -833\,mV$$

Amplitud utsignal: 833 mV

4

ESS115
020831




$$U_{ut} = U_s + F(U_{in} - \beta U_{ut})$$

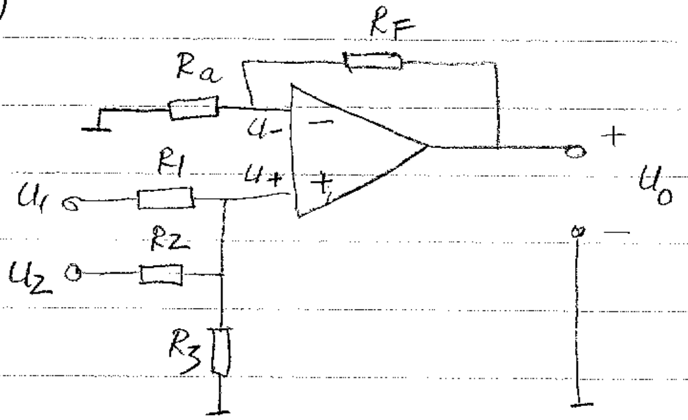
$$U_{ut}(1 + \beta F) = F U_{in} + U_s$$

$$U_{ut} = U_{in} \frac{F}{1+\beta F} + \frac{U_s}{1+\beta F}$$

Störsignal dämpas med faktor
$1 + \beta F$

ESS115
020831

5




Ideal Op, Neg. återk. $\Big\} \Rightarrow \varepsilon = 0$, $u_- = u_+$

$$\begin{cases} u_- = u_0 \dfrac{R_a}{R_a + R_F} & \text{Sp. delning} \\[2ex] \dfrac{u_1 - u_+}{R_1} + \dfrac{u_2 - u_+}{R_2} = \dfrac{u_+}{R_3} & \text{KCL} \end{cases}$$

$$\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} = u_+\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) = u_+ \frac{1}{R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3}$$

$$u_+ = \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}\right)(R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3)$$

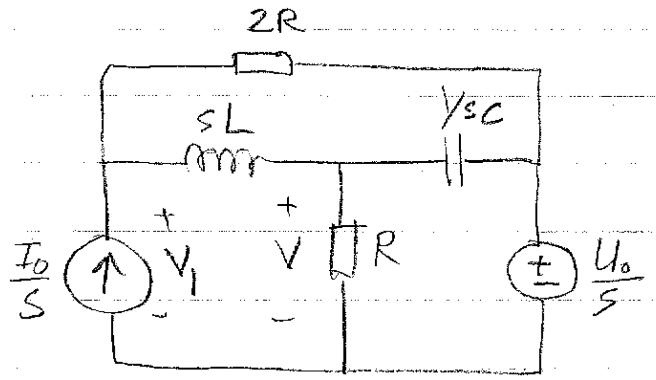
$$u_+ = u_-$$

$$u_0 \frac{R_a}{R_a + R_F} = \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}\right)(R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3)$$

$$u_0 = \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}\right)\left(1 + \frac{R_F}{R_a}\right)(R_1 /\!/ R_2 /\!/ R_3)$$

ES5115
020831

(6) Laplacetransf.




$U_0 = 15$, $I_0 = 3$

$R = 2\,\Omega$, $L = 1\,H$, $C = \frac{1}{2}\,F$

$$\begin{cases} -\frac{I_0}{s} + \frac{V_1 - V}{sL} + \frac{V_1 - \frac{U_0}{s}}{2R} = 0 & \text{KCL} \\ \frac{V}{R} + \frac{V - V_1}{sL} + \frac{V - U_0/s}{1/sC} = 0 & \text{KLC} \end{cases}$$

Förenkla och sätt in numeriska värden

$$(s+4)V_1 - 4V = 27$$
$$-2V_1 + (s^2+s+2)V = 15s$$
$$\Rightarrow \begin{bmatrix} s+4 & -4 \\ -2 & s^2+s+2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 27 \\ 15s \end{bmatrix}$$

Cramers regel

$$V = \frac{\begin{vmatrix} s+4 & 27 \\ -2 & 15s \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} s+4 & -4 \\ -2 & s^2+s+2 \end{vmatrix}} = \ldots = \frac{15s^2+60s+54}{s(s+2)(s+3)} = \frac{K_1}{s} + \frac{K_2}{s+2} + \frac{K_3}{s+3}$$

Partialbråks uppdela

$$K_1 = \frac{54}{2 \cdot 3} = 9$$

$$K_2 = \frac{15 \cdot 4 - 120 + 54}{-2(-2+3)} = 3$$

$$K_3 = \frac{15 \cdot 9 - 180 + 54}{-3(-3+2)} = 3$$

$$V = \frac{9}{s} + \frac{3}{s+2} + \frac{3}{s+3}$$

$$v(t) = \left(9 + 3e^{-2t} + 3e^{-3t}\right) u(t) \text{ V}$$

# Tentamen i
# ESS 115 Elektriska nät och System, för F2
## den 5 april 2002 kl 8.45-12.45, sal M

Examinator: Univ.lektor Ants R. Silberberg, ankn. 1808 .

**OBS!** Uppgifterna är ordnade helt slumpmässigt. Läs igenom hela tentan innan du börjar lösa någon av uppgifterna.

Varje approximation och uppsatt samband skall motiveras.

Lösningarna anslås måndagen den 8 april på institutionens anslagstavla.

Betygslistan anslås fredagen den 19 april kl 10 på institutionens anslagstavla.

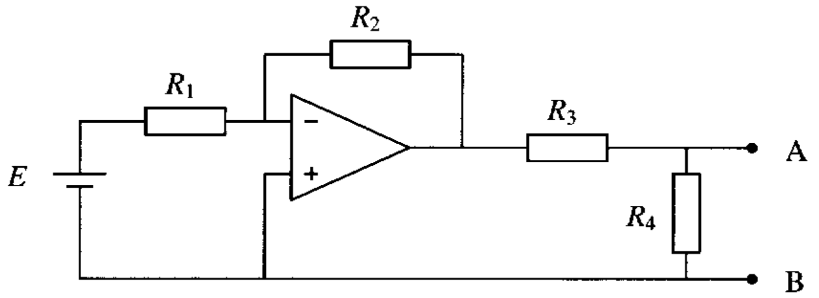
Granskning av rättning får ske tisdagen den 23 april kl 12.30-14.30 på institutionen.

För godkänd tentamen fordras 8 poäng. Nöjaktigt behandlad uppgift ger 3 poäng.

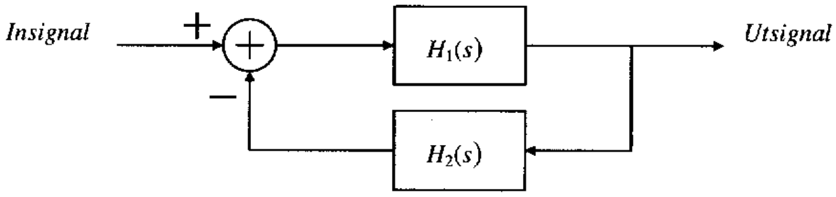
**Tillåtna hjälpmedel**: tabellverket CRC Standard Mathematical Tables, Nordling & Österman: Physics Handbook, och BETA Mathematics Handbook.
Typgodkänd kalkylator.

**OBS! Skriv tydligt ditt namn och personnummer på varje sida och gör noteringarna på försättsbladet.**

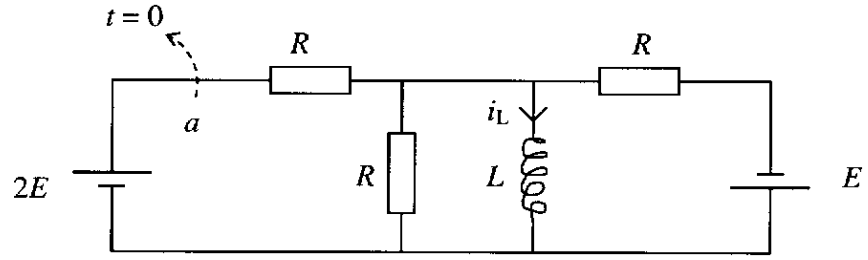
1. Beräkna Thevenins ekvivalenta krets med avseende på noderna A-B. Antag ideal operationsförstärkare.
$E = 6$ V, $R_1 = 2$ kΩ, $R_2 = 8$ kΩ, $R_3 = 4$ kΩ, $R_4 = 12$ kΩ,



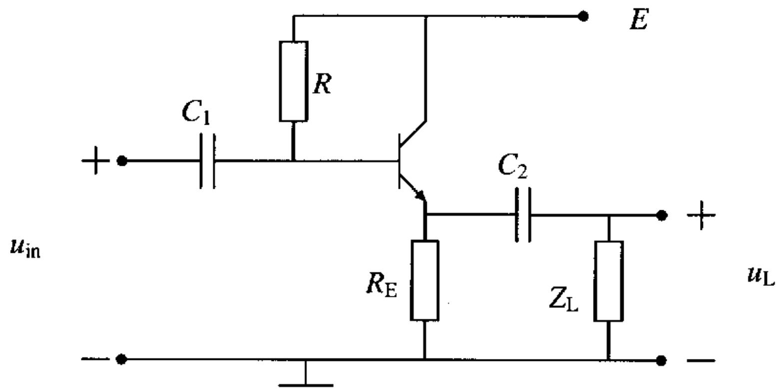

2. Ett system med överföringsfunktionen $H_1(s) = (s-2)^{-1}$ återkopplas enligt figur med ett annat system, $H_2(s) = K$, där $K$ är en reell konstant. För vilka värden på K blir systemet stabilt?




3. I kretsen i figuren råder stationärt tillstånd. Vid tidpunkten $t$=0 öppnas brytaren $a$ . Beräkna strömmen $i_L(t)$ genom induktansen $L$. Vid vilken tidpunkt är strömmen $i_L(t)$ genom induktansen medelvärdet av startvärdet, $i_L(0)$, och slutvärdet, $i_L(\infty)$, för $t \geq 0$. (Notera polariteten hos likspänningskällorna.)

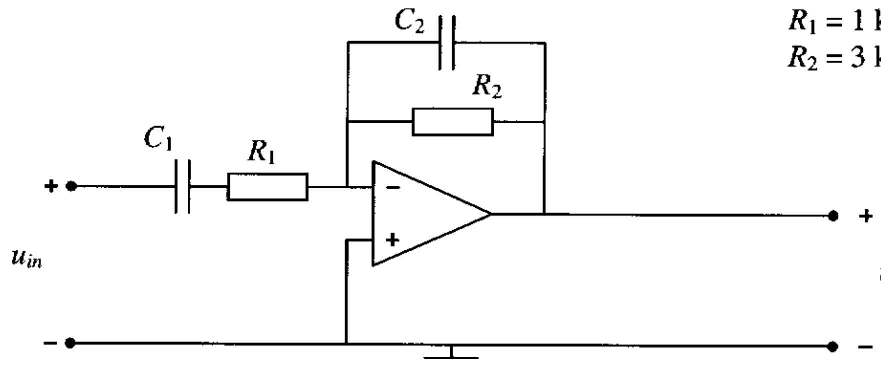


4. Förstärkarsteget i figuren belastas kapacitivt med en kapacitans på 10 μF ($Z_L$ i figuren). Beräkna spänningen $u_L$ över $Z_L$ då $u_{in}(t)=10\sin(10^3 t)$ mV. Antag att sinusformat stationärtillstånd råder. Antag vidare att kopplingskondensatorerna $C_1$ och $C_2$ är stora och att deras impedans kan försummas vid aktuell signalfrekvens.



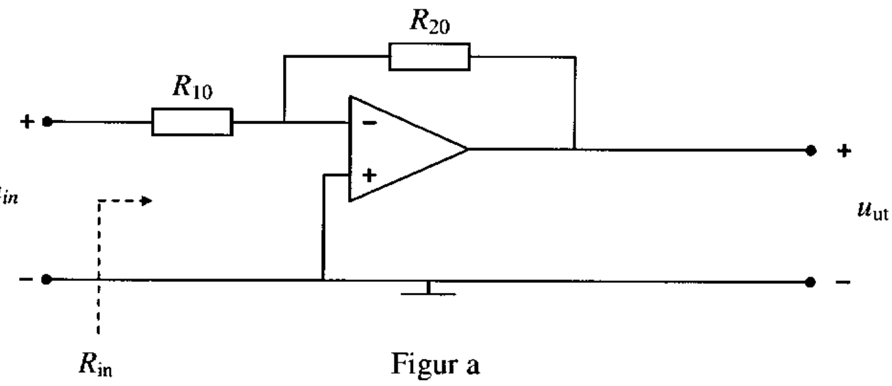

$R = 500$ kΩ, $R_E = 5$ kΩ, $E = 12$ V
För transistorn gäller: $h_{ie} = 4$ kΩ och $h_{fe} = 50$. Övriga parametrar kan försummas.

5. Utgå ifrån filterkopplingen i figuren där operationsförstärkaren kan anses vara ideal. Hur skall $C_1$ och $C_2$ väljas om man önskar en undre gränsfrekvens på $f_1$=100 Hz och en övre gränsfrekvens på $f_2$=15 kHz för ett enskilt filtersteg? Om tre lika filtersteg enligt figuren kaskadkopplas, vilken blir då det totala filtrets stigtid?




$R_1 = 1$ kΩ
$R_2 = 3$ kΩ

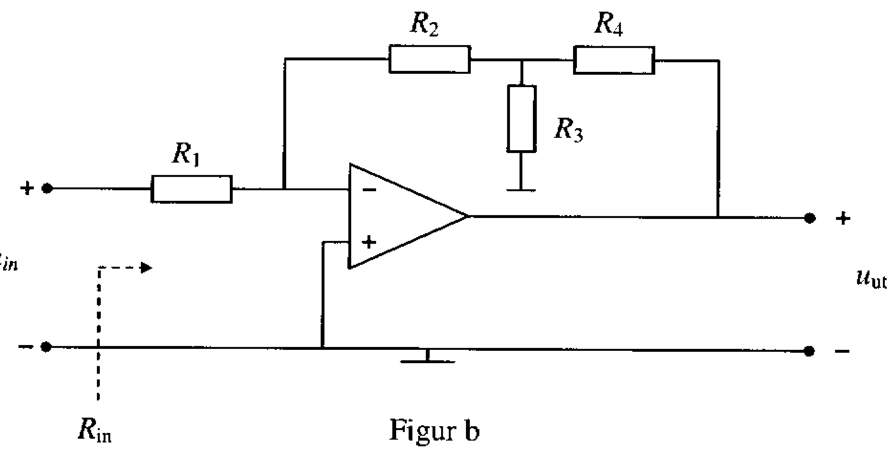
6. En förstärkare med inimpedans 1 MΩ och förstärkning -100 ggr önskas. Detta kan erhållas med en enkel operationsförstärkarkoppling enligt figur a.




Figur a

Då blir $R_{in}=R_{10}$ som väljs till 1 MΩ och förstärkningen $u_{ut}/u_{in} = -R_{20}/R_{10}$ som blir det önskade värdet med $R_{20}$ = 100 MΩ.

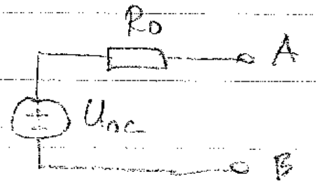
Ofta är det dock opraktiskt med höga resistansvärden. Då kan en annan koppling användas, se figur b. Bestäm $R_1$ och $R_3$ i kretsen i figur b så att ovan angivna värden för inimpedans och färstärkning erhålls. Valda värden hos dessa resistanser får ej överstiga 1 MΩ. Antag ideala op. förstärkare samt att $R_2 = R_4 = 1$ MΩ.




Figur b

ESS 115 2002-04-05

(1)




$R_0 = 3\,k\Omega$

$U_{oc} = -18\,V$

(2) $K > 2$

(3) $i_L(t) = \frac{E}{R}\left(2e^{-\frac{R}{2L}t} - 1\right)$, $t \geq 0$

$i_L(t') = 0$, $t' = \frac{2L}{R}\ln 2$

(4) $u_{ut}(t) = 7{,}79\sin(\omega t - 37{,}7^\circ)$ mV

(5) $t_r \approx 46\,\mu s$

(6) $R_1 = 1\,M\Omega$

$R_3 = 10{,}2\,k\Omega$

# Tentamen i
# ESS 115 Elektriska nät och System, för F2
## den 15 december 2001 kl 8.45-12.45

Examinator: Univ.lektor Ants R. Silberberg

Förfrågningar under tentamen: ankn. 1808 eller 0705 - 181265

**OBS!** Uppgifterna är ordnade helt slumpmässigt. Läs igenom hela tentan innan du börjar lösa någon av uppgifterna.

Varje approximation och uppsatt samband skall motiveras.

Lösningarna anslås måndagen den 17 december på institutionens anslagstavla.

Betygslistan anslås fredagen den 11 januari kl 14 på institutionens anslagstavla.

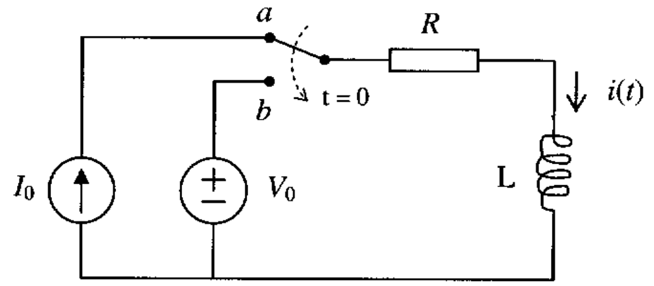
Granskning av rättning får ske tisdagen den 15 januari kl 13-15 på institutionen.

För godkänd tentamen fordras 8 poäng. Nöjaktigt behandlad uppgift ger 3 poäng.

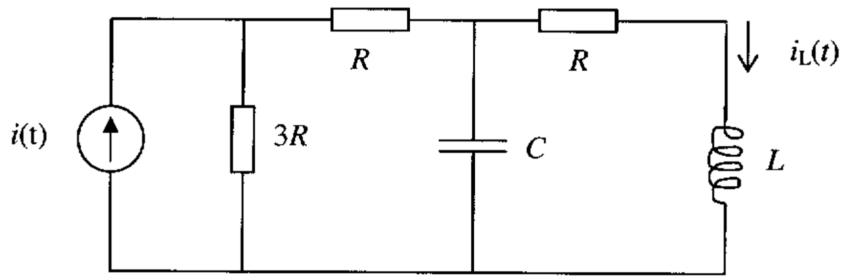
**Tillåtna hjälpmedel**: tabellverket CRC Standard Mathematical Tables, Nordling & Österman: Physics Handbook, och BETA Mathematics Handbook.
Typgodkänd kalkylator.

**OBS! Skriv tydligt ditt namn och personnummer på varje sida och gör noteringarna på försättsbladet.**

1. Beräkna strömmen $i(t)$ för $t \geq 0$.
   Omkopplaren har varit i läge $a$ under lång tid innan den snabbt växlas över till läge $b$ vid $t = 0$. Strömkällan $I_0$ levererar en likström och spänningskällan $V_0$ levererar en likspänning.

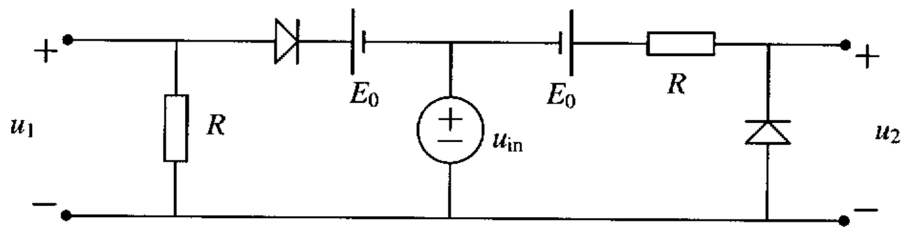



2. Beräkna strömmen, $i_L(t)$, genom induktansen.
   Strömkällan $i(t) = 5\sin(1000\,t)$ A och stationärtillstånd råder.



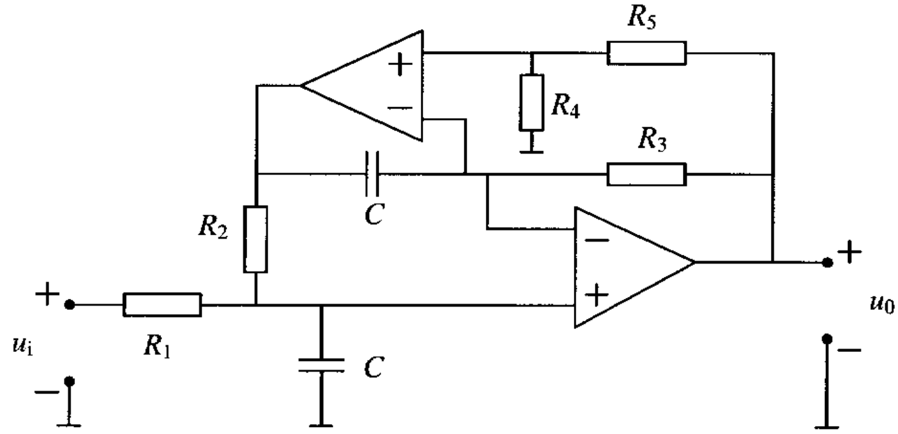

$R = 10\ \Omega$, $C = 50\ \mu F$ och $L = 10$ mH

3. Gör en tydlig skiss över utsignalerna $u_1(t)$ och $u_2(t)$. Insignalen $u_{in}(t) = 2\sin(\omega t)$ V. Antag ideala dioder. $R = 100\ \Omega$, $E_0 = 1$ V, $\omega = 20\pi$ r/s.

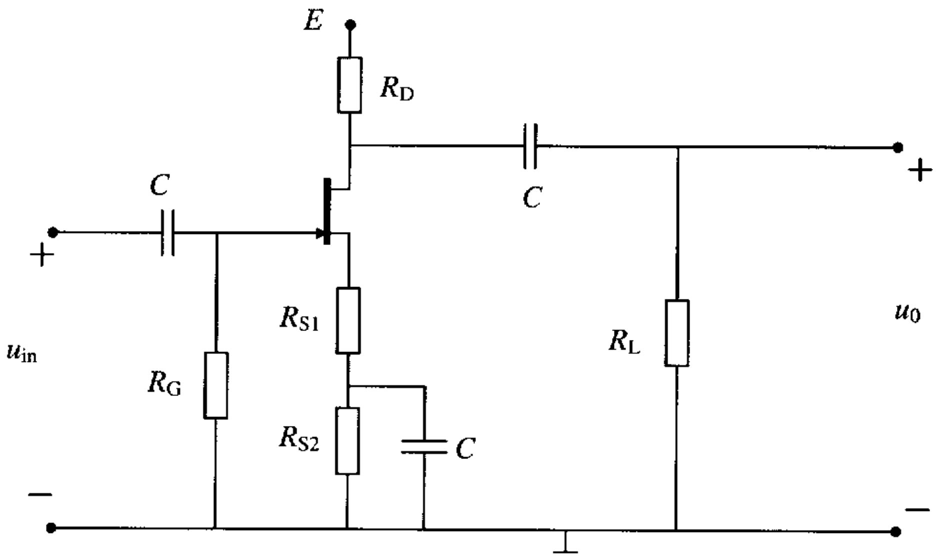


4. Ett filter kan realiseras enligt kretsen i figuren. Antag ideala op-förstärkare samt låt $R_4 = R_5$.

   a) Beräkna filtrets överföringsfunktion ($u_0/u_i$).
   b) Vilken typ av filter beskriver överföringsfunktionen.
   c) Beräkna filtrets maximala förstärkning.




5. Beräkna inimpedansen samt förstärkningen $u_0/u_{in}$ i kretsen nedan. För transistorn gäller att $I_{DSS} = 2$ mA och $U_p = -2$ V.




$R_G = 30\,\text{k}\Omega$, $R_D = 10\,\text{k}\Omega$, $R_{S1} = 100\,\Omega$, $R_{S2} = 300\,\Omega$, $R_L = 2.67\,\text{k}\Omega$ och $E = 20\,\text{V}$

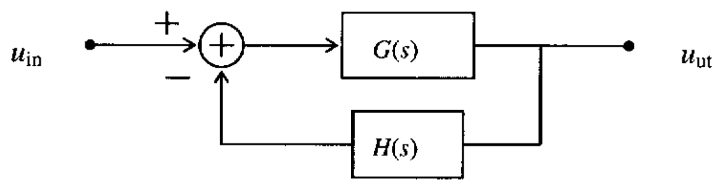
Impedansen $(j\omega C)^{-1} \to 0$ för aktuella signalfrekvenser.

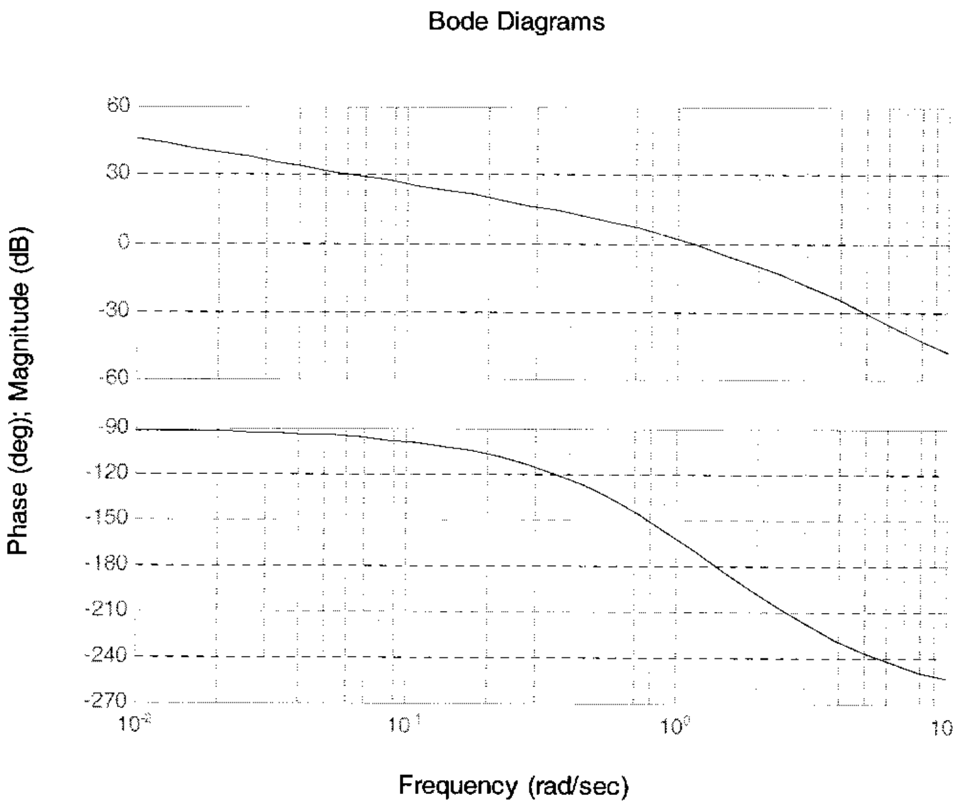
6. För en återkopplad förstärkare (enligt figur) gäller att $GH = \dfrac{4}{s^3 + 3s^2 + 2s}$.

Bodediagrammet för $GH$ visas i figuren nedan.

a) Är den återkopplade förstärkaren stabil? Motivering krävs.

b) <u>Beräkna</u> amplitudmarginalen (enbart avläsning i diagram ej tillräckligt).

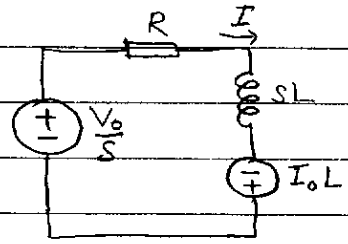


1 ENS, F2 011215

$t < 0$ Beg. ström gnm $L$ är $I_0$

$t \geq 0$




KVL: $-\frac{V_0}{s} - I_0 L + I(R+sL) = 0$

$$I = \frac{\frac{V_0}{s} + I_0 L}{R+sL} = \frac{V_0 + sI_0L}{s(R+sL)}$$

$$= \underbrace{\frac{V_0}{s(R+sL)}}_{\frac{A}{s} + \frac{B}{R+sL}} + \underbrace{\frac{I_0 L}{R+sL}}_{\frac{I_0}{s+\frac{R}{L}}}$$

$V_0 = A(R+sL) + Bs$ $\quad V_0 = AR \quad : s^0$

$0 = AL + B \quad : s^1$

$$\Rightarrow A = \frac{V_0}{R}, \quad B = -\frac{V_0 L}{R}$$

$$I = \frac{1}{s} \cdot \frac{V_0}{R} - \frac{V_0}{R} \cdot \frac{1}{s+\frac{R}{L}} + \frac{I_0}{s+\frac{R}{L}}$$

$$i(t) = \frac{V_0}{R} + \left(I_0 - \frac{V_0}{R}\right) e^{-\frac{R}{L}t}, \quad t \geq 0$$

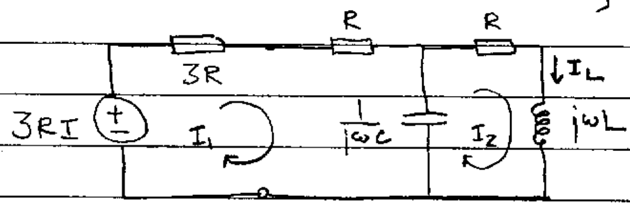
ENS, F2 011215

(2.) $j\omega$ - transformera $\qquad I = 5\angle 0^\circ$

$\omega = 1000$ r/s $\qquad j\omega L = j\cdot 10^{3}\cdot 10^{-2} = j10$

$1/j\omega C = -j/(1000\cdot 50\cdot 10^{-6}) = -j20$

Norton → Thevenin omvandling




Maskanalys

$$\begin{bmatrix} 4R+\frac{1}{j\omega C} & -\frac{1}{j\omega C} \\ -\frac{1}{j\omega C} & R+j\omega L+\frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3RI \\ 0 \end{bmatrix}$$

Cramers regel + num. värden

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 40-j20 & 150 \\ j20 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 40-j20 & j20 \\ j20 & 10-j10 \end{vmatrix}} = \frac{-j20\cdot 150}{(40-j20)(10-j10)-(j20)(j20)} =$$

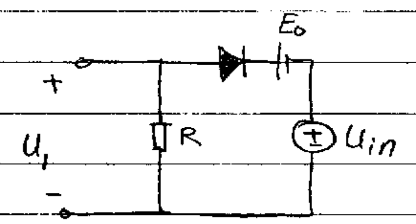
$$= \ldots = \frac{-j3000}{600-j600} = \frac{5}{2}(1-j) = \frac{5\sqrt{2}}{2}\angle -45^\circ = I_L$$

$$i_L(t) = \frac{5\sqrt{2}}{2}\sin(1000t - 45^\circ) \text{ A}$$

ENS, F2 011215

(3) $u_{in}(t) = 2\sin(\omega t)$ V, $E_0 = 1$ V

Ideal diod




Diod leder:

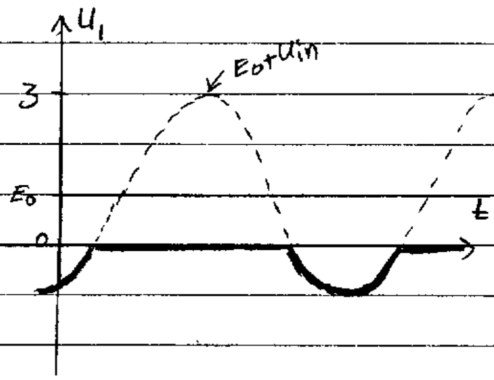
$E_0 + u_{in} < 0 \Rightarrow u_{in} < -E_0$

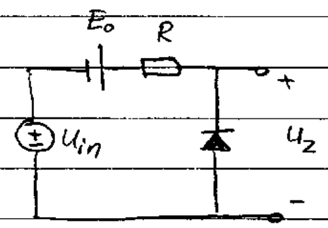
$u_1 = E_0 + u_{in}$

Diod spärrar:

$E_0 + u_{in} > 0 \quad u_{in} > -E_0$

$u_1 = 0$




Diod leder:

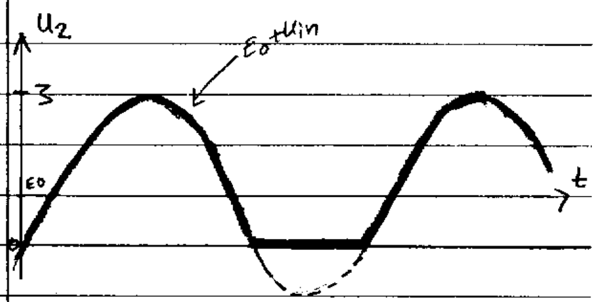
$E_0 + u_{in} < 0 \Rightarrow u_{in} < -E_0$

$u_2 = 0$

Diod spärrar

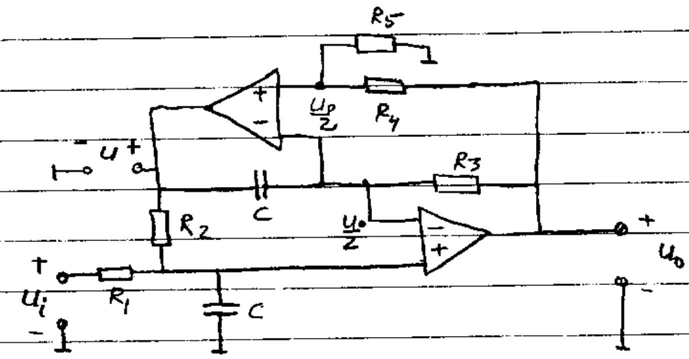
$E_0 + u_{in} > 0 \Rightarrow u_{in} > -E_0$

$u_2 = E_0 + u_{in}$



ENS, F2 011215

(4)




Ideala op-förstl.} Neg. återkoppl.}

$\Rightarrow \varepsilon = 0$

$R_i = 0 \Rightarrow i_{op} = 0$

$R_4 = R_5$

Sp. delning mellan $R_4$ och $R_5$ samt $\varepsilon = 0$ ger spänningen $u_0/2$ på alla op-amp. ingångar

$$\frac{u - u_0/2}{1/sC} + \frac{u_0 - u_0/2}{R_3} = 0 \Rightarrow u = -u_0 \frac{1}{2sR_3C}(1 - sR_3C)$$

$$\frac{u_i - \frac{1}{2}u_0}{R_1} + \frac{u - \frac{1}{2}u_0}{R_2} = \frac{\frac{1}{2}u_0}{1/sC} \Rightarrow u_i = \frac{u_0}{2R_2}\left(R_1 + R_2 + sR_1R_2C\right) - \frac{uR_1}{R_2}$$

$$\frac{U_0}{U_i} = \frac{s\,2R_2R_3C}{s^2R_1R_2R_3C^2 + sR_2R_3C + R_1} = \frac{s\,2\frac{1}{R_1C}}{s^2 + s\frac{1}{R_1C} + \frac{1}{R_2R_3C^2}}$$

$$\frac{U_0}{U_i} = \frac{s\,2B}{s^2 + sB + \omega_0^2} = H(s)$$ ; Bandpassfilter!

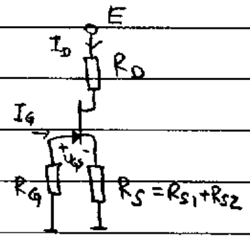
$$|H(j\omega)| = \frac{\omega\,2B}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (\omega B)^2}}$$ max för $\omega = \omega_0$

Max. förstl: = 2

ENS, F2 011215

5.

DC-analys




$$\begin{cases} U_{GS} + R_S I_D = 0 \quad \Rightarrow I_D = -\dfrac{U_{GS}}{R_S} \\ I_D = I_{DSS}\left(1 - \dfrac{U_{GS}}{U_p}\right)^2 \end{cases}$$

$$-\frac{U_{GS}}{I_{DSS} \cdot R_S} = \left(1 - \frac{2U_{GS}}{U_p} + \frac{U_{GS}^2}{U_p^2}\right)$$

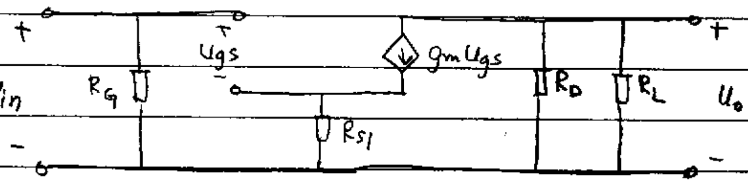
$$U_{GS}^2 + U_{GS} \cdot U_p \left(\frac{U_p}{I_{DSS} R_S} - 2\right) + U_p^2 = 0$$

$$U_{GS} = -\left(\frac{U_p^2}{2 I_{DSS} R_S} - U_p\right) \pm \sqrt{\left(\frac{U_p^2}{2 I_{DSS} R_S} - U_p\right)^2 - U_p^2}$$

$$U_{GS} = \begin{cases} -0{,}469 \text{ V} \\ (-8{,}53 \text{ V}) \end{cases} \Rightarrow I_D = 1{,}17 \text{ mA}$$

AC-analys (småsignal)

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial U_{GS}} = -\frac{2 I_{DSS}}{U_p}\left(1 - \frac{U_{GS}}{U_p}\right) = \ldots = 1{,}53 \text{ mA/V}$$




$R_D // R_L = R_{DL}$

$$\begin{cases} U_{in} = U_{gs} + g_m U_{gs} R_{S1} \\ U_o = -g_m U_{gs} R_{DL} \end{cases} \quad \frac{U_o}{U_{in}} = -\frac{g_m R_{DL}}{1 + g_m R_{S1}}$$

$$\frac{U_o}{U_{in}} = -\frac{1{,}53 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{10 \cdot 2{,}67}{10 + 2{,}67} \cdot 10^3}{1 + 1{,}53 \cdot 0{,}1} = \ldots = -2{,}8 \text{ ggr}$$

$$R_{in} = R_G$$

(6) ENS, F2 011215

a/

Från Bode diagram

$|GH| < 1$ (0 dB) vid den frekvens då
$\angle GH = -180°$

Stabilt!

b/ $GH = \dfrac{4}{s^3+3s^2+2s} = \dfrac{4}{s(s^2+3s+2)}$

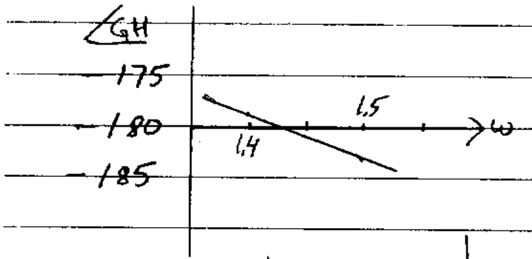
$$S_{1,2} = -\frac{3}{2} \pm \sqrt{\frac{9}{4}-\frac{4}{4}} = -\frac{3 \pm 1}{2} = \begin{cases} -1 \\ -2 \end{cases}$$

$$GH = \frac{4}{s(s+1)(s+2)} = \{s = j\omega\} = \frac{4 \cdot \frac{1}{2}}{j\omega(1+j\omega)(1+j\frac{\omega}{2})}$$

$$\angle GH = -90° - \arctan\omega - \arctan\frac{\omega}{2}$$

Ur Bode diagram $\angle GH = -180°$ då $\omega \approx 1{,}5$

Sök $\omega$ som ger $\angle GH = -180°$. Passningsräkna




$\omega = 1{,}41 \Rightarrow \angle GH = -179{,}8°$

Låt $\omega_\phi = 1{,}41$ rad/s

Amplitud margi $-20\log|GH|_{\omega=\omega_\phi}$

$$G_M = -20\log\left|\frac{2}{j\omega(1+j\omega)(1+j\frac{\omega}{2})}\right|_{\omega=\omega_\phi} =$$

$$= -20\log\frac{2}{\omega_\phi\sqrt{1+\omega_\phi^2}\sqrt{1+\left(\frac{\omega_\phi}{2}\right)^2}} = 3{,}5 \text{ dB}$$