

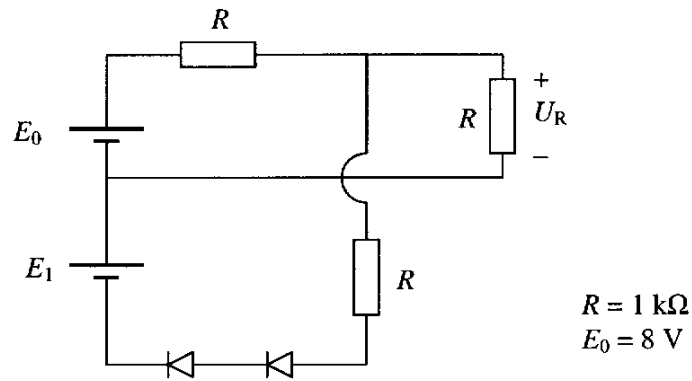
**Tentamen i
ESS 115 Elektriska nät och System, för F2
den 31 augusti 2002 kl 8.45-12.45, sal V**

- 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.

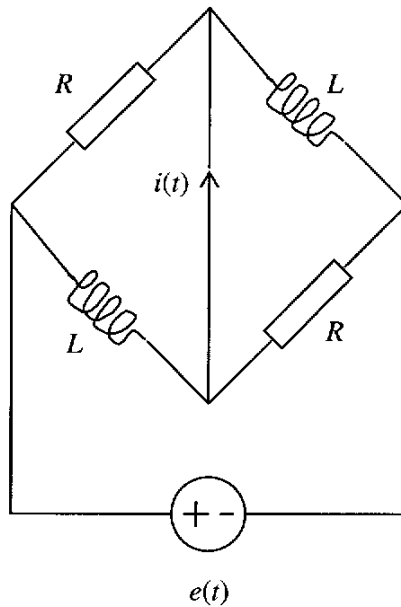
Poäng	0-7.5	8-11.5	12-14.5	15-18
Betyg	U	3	4	5

Uppgifterna är ej ordnade i svårighetsgrad.

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

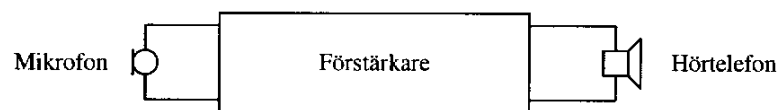


2. Beräkna strömmen $i(t)$ i nedanstående brygkoppling. Antag att stationärtillstånd råder.

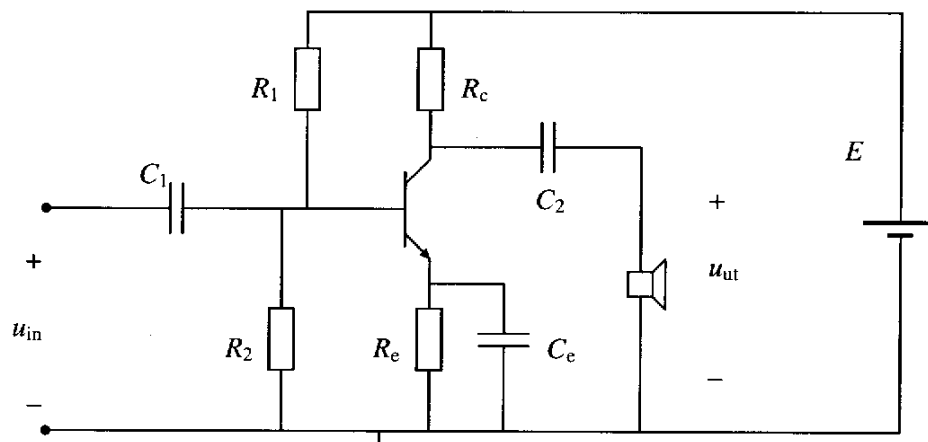


$R = 2 \Omega$
 $L = 1 \text{ mH}$
 $e(t) = 10 \cos(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ V}$

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 $2\text{ k}\Omega$
- Hörtelefonen kopplas in enligt figur över kretslösningen. Hur stor blir utspänningen u_{ut} över belastningen om $u_{\text{in}} = 5\text{ mV}$ och signalfrekvensen är 800 Hz . Signalen kan anses passera kretsens kondensatorer obehindrat.
 - 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).



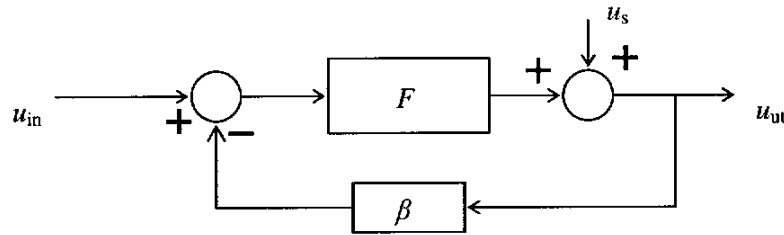
Figur: Mikrofonförstärkare



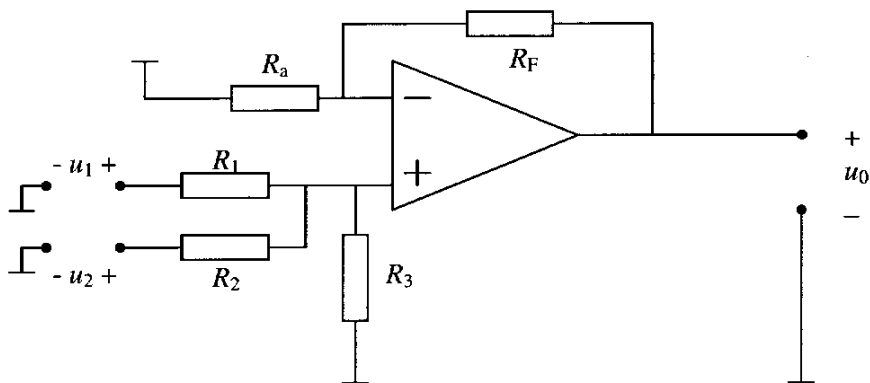
Figur: Kretslösning

$$\begin{array}{lllll}
 E = 10\text{ V} & R_1 = 22\text{ k}\Omega & R_2 = 3.9\text{ k}\Omega & R_c = 1.8\text{ k}\Omega & R_e = 470\ \Omega \\
 h_{fe} = 150 & h_{ie} = 1.8\text{ k}\Omega & U_{BE} = 0.7\text{ V} & &
 \end{array}$$

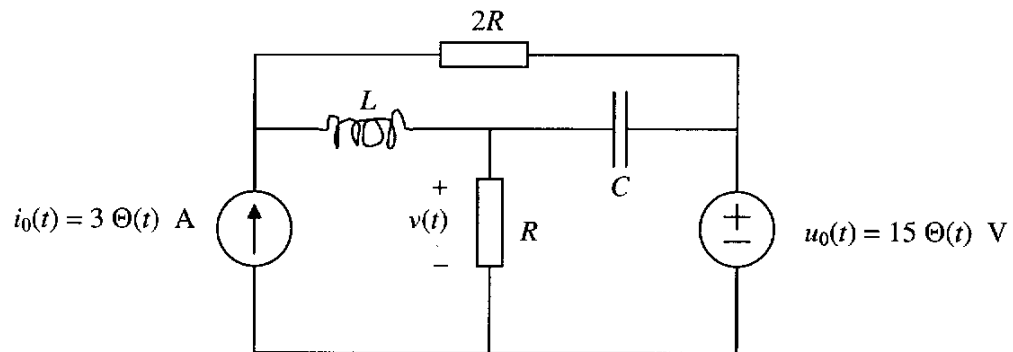
4. I en återkopplad förstärkare med insignal u_{in} och utsignal u_{ut} adderas en störsignal u_s till förstärkarens utgång. Ta fram ett uttryck som anger hur utsignalen beror av insignal och störsignal. Hur påverkas störsignalen av återkopplingen?



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

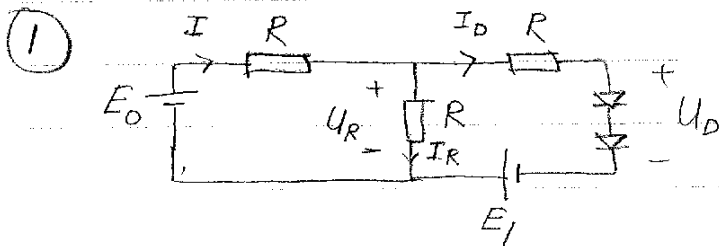


6. Beräkna spänningen $v(t)$ över resistansen i kretsen nedan. Kretsen saknar begynnelseenergi.



$$R = 2 \Omega, \quad L = 1 \text{ H} \quad C = 0.5 \text{ F}$$

$\Theta(t)$: stegfunktionen



$$E_0 = 8 \text{ V}$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$U_R = 2 \text{ V}$$

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

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

$$I_D = I - I_R = 4 \text{ mA}$$

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

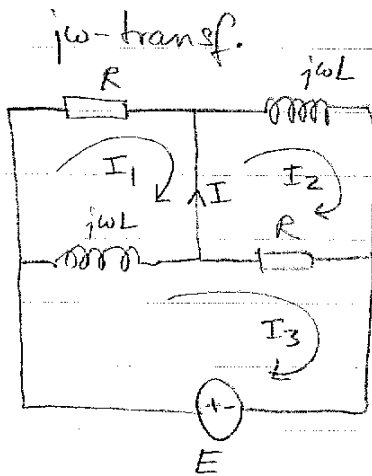
$$U_R = I_D R + U_D - E_1$$

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

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

Svar: 3,4 V

②



$$R = 2 \Omega$$

$$L = 1 \text{ mH}$$

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

$$\omega = 2\pi 10^3 \text{ Vs}$$

Maskanalys

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

$$(1): I_1(R+j\omega L) - j\omega L I_3 = 0 \Rightarrow I_1 = I_3 \frac{j\omega L}{R+j\omega L}$$

$$(2): I_2(R+j\omega L) - R I_3 = 0 \Rightarrow I_2 = I_3 \frac{R}{R+j\omega L}$$

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

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

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

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

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

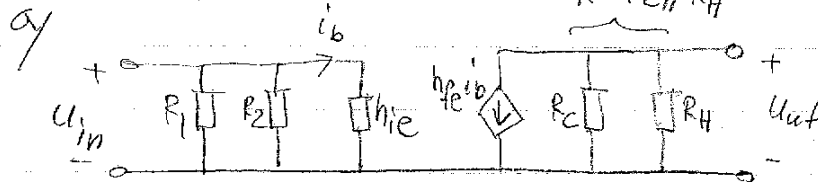
$$\angle I = -180^\circ + \arctan \frac{1}{\pi} \approx -162,3^\circ$$

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

3

ESS115
020831

Small signal schema



$$f = 800 \text{ Hz}$$

Kondensatoren: "Kortschluss"

$R_H = 2 \text{ k}\Omega$ Hörtelefon

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

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

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

Amplified utsignal: 395 mV

$$b/ \quad R_H \text{ ersätter } R_C \Rightarrow R' = R_H$$

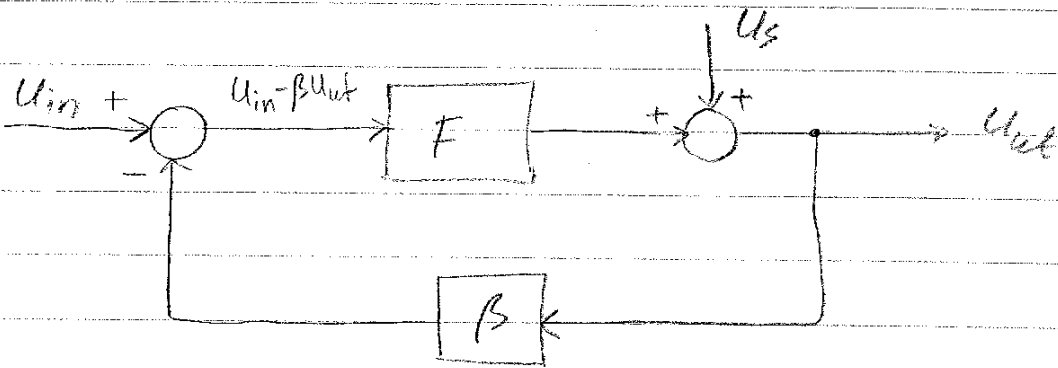
$$\frac{u_{out}}{u_{in}} = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \cdot R_H = -\frac{150 \cdot 2000}{1800} = -166,7$$

$$u_{in} = 5 \text{ mV} \Rightarrow u_{out} = -833 \text{ mV}$$

Amplified utsignal: 833 mV

4

ESS115
020831



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

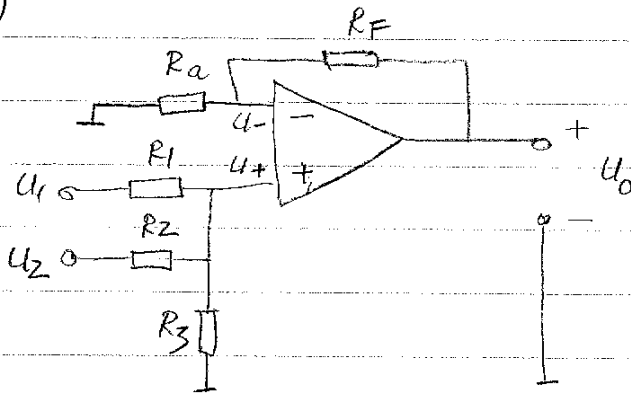
$$U_{out}(1 + \beta F) = F U_{in} + U_s$$

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



Störsignal dämpas med faktor
 $1 + \beta F$

5



Ideal Op } $\Rightarrow \epsilon = 0$
 Neg. återk. } $U_- = U_+$

$$\begin{cases} U_- = U_o \frac{R_a}{R_a + R_f} & \text{Sp. delning} \\ \frac{U_1 - U_+}{R_1} + \frac{U_2 - U_+}{R_2} = \frac{U_+}{R_3} & \text{KCL} \end{cases}$$

$$\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} = U_+ \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = U_+ \frac{1}{R_1 \parallel R_2 \parallel R_3}$$

$$U_+ = \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right) (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3)$$

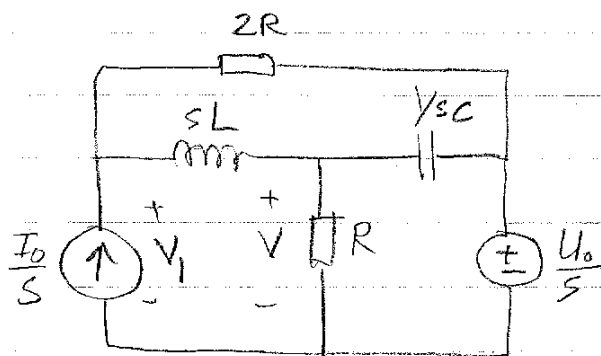
$$U_+ = U_-$$

$$U_o \frac{R_a}{R_a + R_f} = \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right) (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3)$$

$$U_o = \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \right) \left(1 + \frac{R_f}{R_a} \right) (R_1 \parallel R_2 \parallel R_3)$$

6

Laplace transf.



$U_0 = 15, I_0 = 3$

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

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

Förenkla och sätt in numeriska värden

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

Cramers regel

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

Partialbråkts uppdelning

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

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

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

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

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