

Tentamen

ess115 Elektriska Nät och System, F2

Examinator: Ants R. Silberberg

13 april 2007 kl. 08.30-12.30 sal V

Förfrågningar: Ants Silberberg, tel. 031 - 772 1808
Resultat: Anslås fredagen den 27 april kl. 15 på institutionens anslagstavla, plan 5.
Granskning: 1: Torsdag, 10 maj kl. 13.00 - 14.00 , rum 5430.
2: Fredag, 11 maj kl. 13.00 - 14.00 , rum 5430.
Bedömning: En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng.

Hjälpmedel

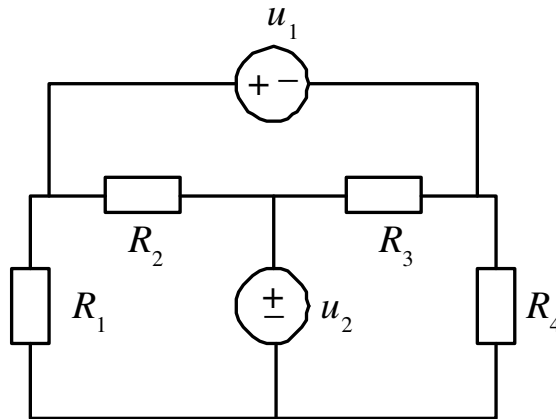
- Typgodkänd miniräknare
- Beta Mathematics Handbook
- Physics Handbook
- Sammanfattning Kretselektronik (A4-häfte)

Betygsgränser (6 uppgifter om vardera 3 poäng).

<i>Poäng</i>	0-7.5	8-11.5	12-14.5	15-18
<i>Betyg</i>	U	3	4	5

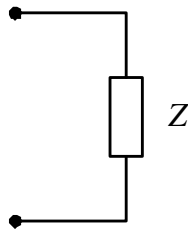
OBS! Skriv namn och personnummer på varje sida. Lycka till!

1. Studera likströmskretsen i figur 1. Spänningskällorna levererar följande spänningar: $u_1 = 6.0$ V och $u_2 = 4.0$ V. Beräkna spänningen över resistans R_4 då $R_1 = R_2 = 2.0$ k Ω och $R_3 = R_4 = 4.0$ k Ω . Ange i figur vilket polaritet du valt som referens för din beräknade spänning.



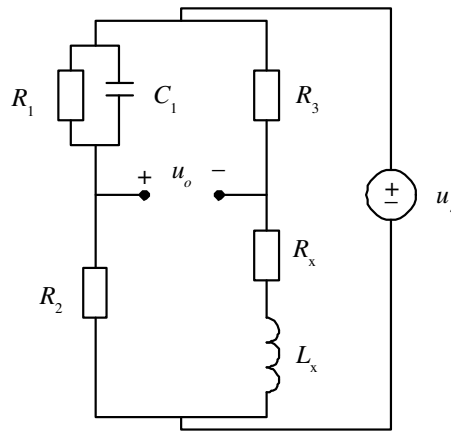
Figur 1: DC-krets

2. En växelströmskrets med passiva komponenter kan betraktas som en tvåpol. I denna tvåpol utvecklas den aktiva effekten $P = 3.0$ kW och den reaktiva effekten $Q = 4.0$ kVAr. Amplituden på spänningen över tvåpolen är $880\sqrt{2}$ V. Beräkna värdet på tvåpolens komplexa impedans Z . Antag sinusformat stationärtillstånd.



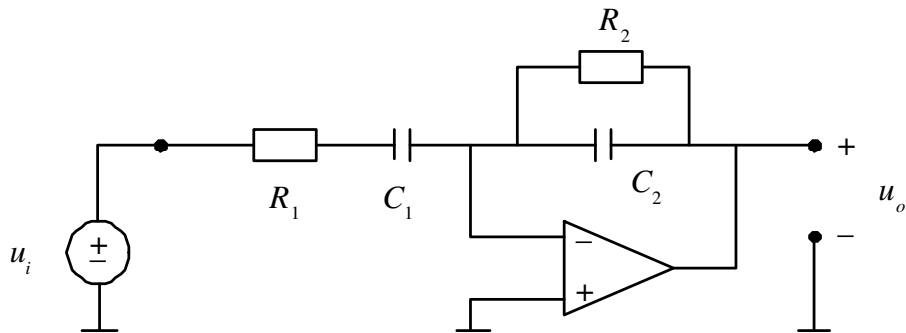
Figur 2: Tvåpol

3. Impedansbryggan i figur 3 kan användas för att bestämma en okänd impedans, här Z_x som består av R_x och L_x i serie. Övriga impedanser är kända och kan varieras för att balansera spänningen u_o till noll. Hela bryggan matas med den sinusformade spänningen u_s . Beräkna R_x och L_x uttryckt i övriga komponentvärden (som antags kända) när bryggan är i balans ($u_o = 0$). Antag sinusformat stationärtillstånd.



Figur 3: Impedansbrygga

4. Dimensionera förstärkaren i figur 4 genom att beräkna C_1 och C_2 så att den övre brytvinkelfrekvensen blir 10000 rad/s och det relativa pulsfallet blir 2.0 % för en pulslängd på 0.20 ms. Förstärkarens insignal är u_i och dess utsignal är u_o . Antag ideal operationsförstärkare. $R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega$.



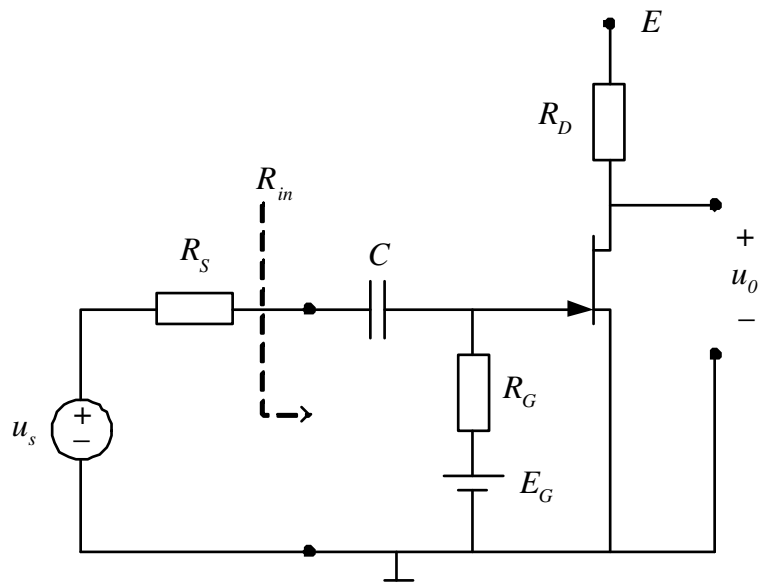
Figur 4: Förstärkare

5. Beräkna spänningsförstärkningen $\frac{u_o}{u_s}$ hos förstärkaren i figur 5. 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.

$$\begin{aligned} R_S &= 10 \text{ k}\Omega & R_D &= 2.0 \text{ k}\Omega & R_G &= 100 \text{ k}\Omega \\ E &= 15.0 \text{ V} & E_G &= -1.0 \text{ V} \end{aligned}$$

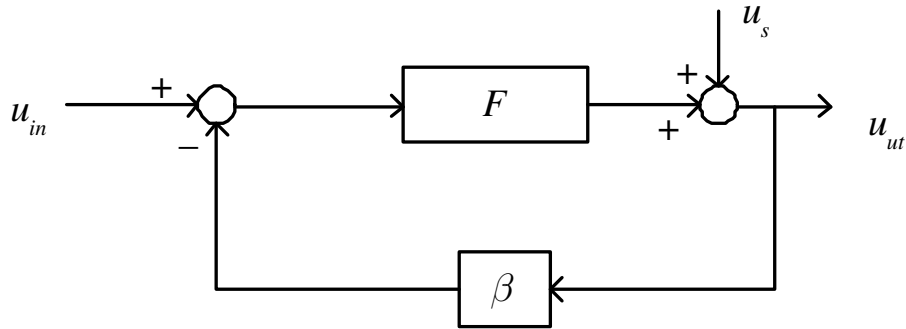
För transistorn gäller

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

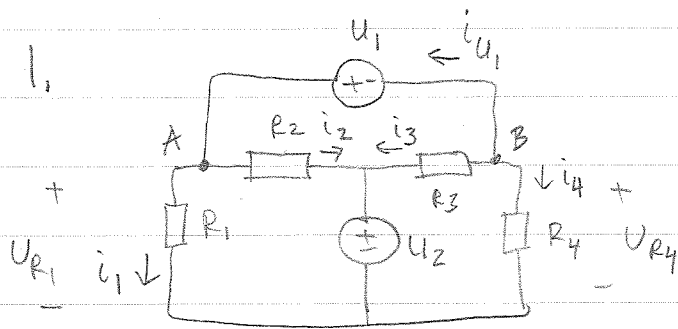


Figur 5: JFET förstärkare

6. I en återkopplad förstärkare med insignal u_{in} och utsignal u_{ut} adderas en störsignal u_s till förstärkarens utgång enligt figur 6. Ta fram ett uttryck som anger hur utsignalen beror av insignalen och störsignalen. Hur påverkar återkopplingen störsignalens bidrag till utsignalen?



Figur 6: Återkopplad förstärkare



$$U_1 = 6.0 \text{ V}$$

$$U_2 = 4.0 \text{ V}$$

$$R_1 = R_2 = 2.0 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = R_4 = 4.0 \text{ k}\Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{KCL}_A: i_1 + i_2 - i_{U_1} = 0 \\ \text{KCL}_B: i_3 + i_4 + i_{U_1} = 0 \end{array} \right\} i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

$$i_1 = \frac{U_{R_1}}{R_1}; \quad i_4 = \frac{U_{R_4}}{R_4}; \quad i_2 = \frac{U_{R_1} - U_2}{R_2}; \quad i_3 = \frac{U_{R_4} - U_2}{R_3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{U_{R_1}}{R_1} + \frac{U_{R_1} - U_2}{R_2} + \frac{U_{R_4} - U_2}{R_3} + \frac{U_{R_4}}{R_4} = 0 \\ U_{R_1} = U_1 + U_{R_4} \end{array} \right.$$

$$(U_1 + U_{R_4}) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) + U_{R_4} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = U_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$U_{R_4} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) = U_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - U_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

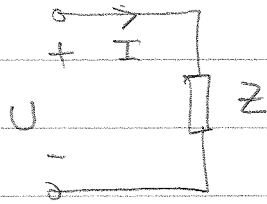
$$U_{R_4} = \frac{U_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - U_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{4 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - 6 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right)}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}} =$$

$$= \frac{4 \cdot \frac{3}{4} - \frac{24}{4}}{\frac{6}{4}} = -\frac{12}{6} = -2 \text{ V}$$

$$i_4 = \frac{U_{R_4}}{R_4} = \frac{-2}{4 \cdot 10^3} = -\frac{1}{2} \text{ mA}$$

iw-transformera

2.



$$|U| = 880 \sqrt{2} \text{ V}$$

$$P = 3,0 \text{ kW}$$

$$Q = 4,0 \text{ kVAR}$$

$$S = P + jQ = \frac{1}{2} U I^*$$

$$U = Z \cdot I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{U}{Z}, \quad I^* = \frac{U^*}{Z^*}$$

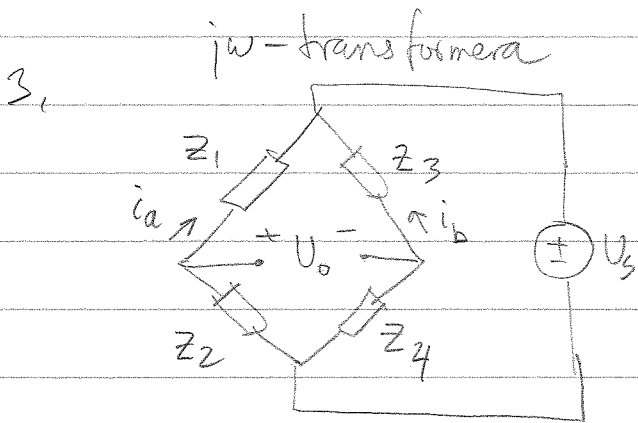
$$P + jQ = \frac{1}{2} \frac{U U^*}{Z^*} = \frac{1}{2} \frac{|U|^2}{Z^*}$$

$$Z^* = \frac{1}{2} \frac{|U|^2}{P + jQ} = \frac{1}{2} \frac{|U|^2 (P - jQ)}{P^2 + Q^2} \quad \text{och}$$

$$Z = \frac{|U|^2}{2(P^2 + Q^2)} (P + jQ) = \frac{880^2 \cdot 2}{2(3000^2 + 4000^2)} (3000 + j4000) =$$

$$= 92,9 + j124 =$$

$$= 154,9 \angle 53,1^\circ \quad \Omega$$



$$Z_1 = R_1 // C_1 = \frac{R_1 \frac{1}{j\omega C_1}}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$Z_2 = R_2 \quad ; \quad Z_3 = R_3$$

$$Z_x = R_x + j\omega L_x = Z_4$$

$$U_o = 0$$

$$\left. \begin{aligned} \text{KVL: } i_a Z_1 - i_b Z_3 &= 0 \\ -i_a Z_2 + i_b Z_4 &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} i_a Z_1 &= i_b Z_3 \\ i_a Z_2 &= i_b Z_4 \end{aligned} \Rightarrow \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

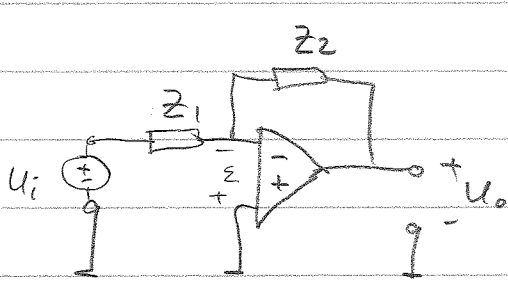
$$Z_x = Z_4 = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} = \frac{R_2 R_3}{R_1} (1 + j\omega R_1 C_1) =$$

$$= \frac{R_2 R_3}{R_1} + j\omega R_2 R_3 C_1 = R_x + j\omega L_x$$

Svar: $R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$

4,



$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{j\omega C_1}$$

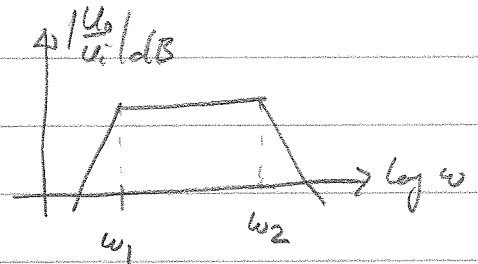
$$Z_2 = R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{R_2 j\omega C_2}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

Ideal OP-först. + Neg. återkoppling $\Rightarrow \epsilon = 0$

KCL $\frac{U_i}{Z_1} + \frac{U_o}{Z_2} = 0 \quad \frac{U_o}{U_i} = -\frac{Z_2}{Z_1}$

$$\frac{U_o}{U_i} = -\frac{j\omega R_2 C_1}{(1 + j\omega R_1 C_1)(1 + j\omega R_2 C_2)} = -\frac{j\omega R_2 C_1}{(1 + j\frac{\omega}{\omega_1})(1 + j\frac{\omega}{\omega_2})}$$

Bode diagram (antag $\omega_1 \ll \omega_2$)



Övre gränsvinkel frekvens

$$\omega_2 = \frac{1}{R_2 C_2} = 10^4 \text{ r/s}$$

$$C_2 = \frac{1}{R_2 \cdot 10^4} = \frac{1}{20 \cdot 10^3 \cdot 10^4} = 5,0 \cdot 10^{-9} = 5,0 \text{ nF}$$

Pulsfall $P_{rel} = \Delta t \cdot \omega_1 \cdot 100 = 2 \text{ [\%]}$ $\Delta t = 0,20 \text{ ms}$

$$\Delta t \cdot \frac{1}{R_1 C_1} = 0,02 \quad ; \quad C_1 = \frac{\Delta t}{R_1 \cdot 0,02} = \frac{0,20 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^3 \cdot 0,02} = 5 \cdot 10^{-7} =$$

$$= 0,50 \mu\text{F}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1} = 100 \text{ r/s}$$

$\omega_1 \ll \omega_2$ Lågfrekvens och

högfrequ. egenskaper påverkar

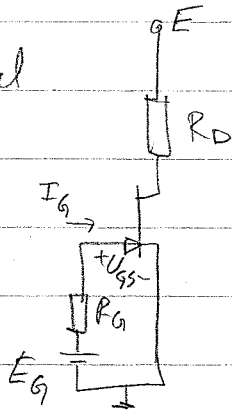
ej varandra!

Svar: $C_1 = 0,50 \mu\text{F}$

$C_2 = 5,0 \text{ nF}$

5.

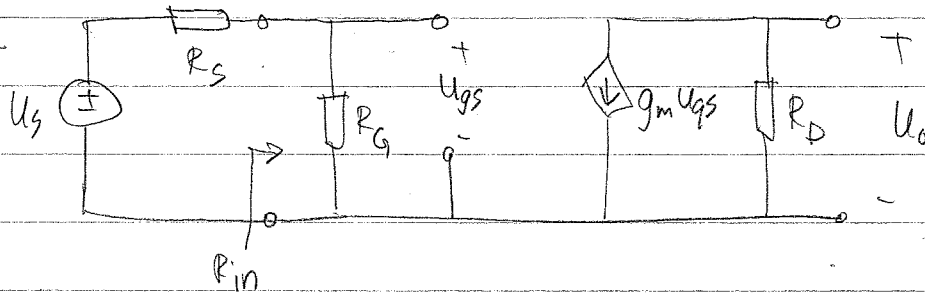
Storsignal



$$I_G = 0$$

$$U_{GS} = E_G = -1 \text{ V}$$

Småsignal



$$\left\{ \begin{aligned} U_{GS} &= U_s \frac{R_G}{R_s + R_G} \Rightarrow U_s = U_{GS} \frac{R_s + R_G}{R_G} \\ U_o &= -g_m U_{GS} R_D \end{aligned} \right.$$

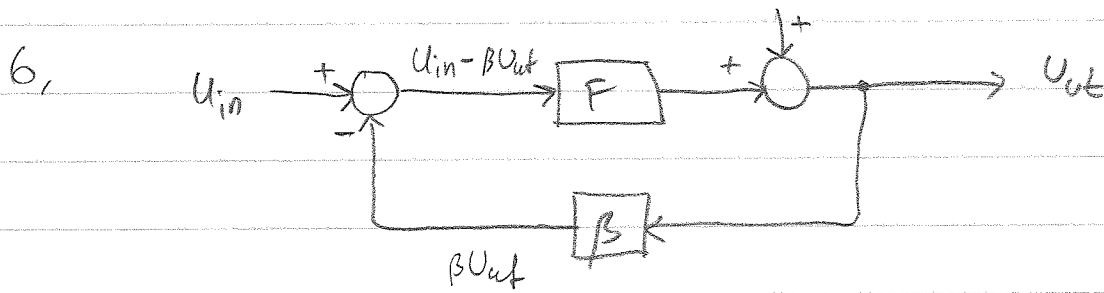
$$\frac{U_o}{U_s} = - \frac{R_G}{R_s + R_G} \cdot g_m R_D$$

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

$$= - \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{-3} \left(1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{10 \cdot 2}{3 \cdot 3} \cdot 10^{-3} = \frac{20}{9} \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{U_o}{U_s} = - \frac{100}{10+100} \cdot \frac{20}{9} \cdot 2 = -4,0$$

$$R_{in} = R_G$$



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

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

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

Vanligen är $|1 + \beta F| \gg 1$

Stör signal U_s dämpas med faktorn $1 + \beta F$