

# Tentamen

## ess115 Elektriska Nät och System, F2

Examinator: Ants R. Silberberg

30 augusti 2006 kl. 08.30-12.30 sal V

Förfrågningar: Johan Degerman, tel. 8062  
Resultat: Anslås fredagen den 15 sept. kl. 15 på institutionens anslagstavla, plan 5.  
Granskning: 1: Tisdagen den 19 sept. kl. 11.30 - 12.30 , rum 5430.  
2: Onsdagen den 20 sept. kl. 11.30 - 12.30 , rum 5430.  
Bedömning: En korrekt och välmotiverad lösning med ett tydligt angivet svar ger full poäng.

Hjälpmedel

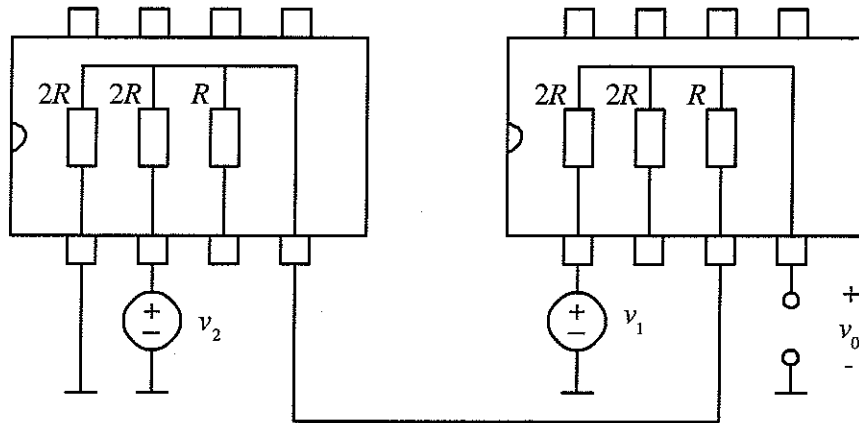
- Typgodkänd miniräknare
- Beta Mathematics Handbook
- Physics Handbook
- Sammanfattning Kretselektronik (A4-häfte)

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

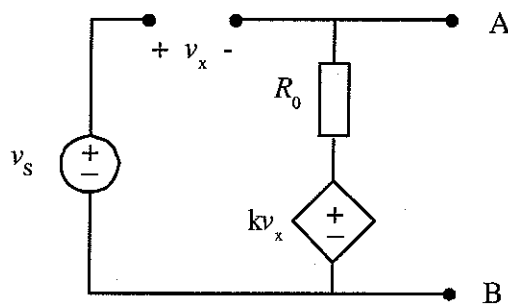
OBS! Skriv namn och personnummer på varje sida. Lycka till!

1. En typ av IC-krets består av tre sammankopplade resistanser med resistansvärdena  $R$  och  $2R$ . Två sådana kretsar kopplas samman enligt figur 1 där även två spänningskällor  $v_1$  och  $v_2$  ansluts. Beräkna spänningen  $v_0$ . Notera att varje IC-krets har åtta ben men endast fyra av dem är anslutna till resistansnätet.



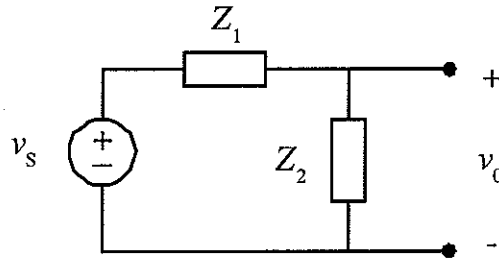
Figur 1: Två sammankopplade resistansmoduler.

2. Betrakta kretsen i figur 2. Beräkna och ta fram Thevenins ekvivalenta krets med avseende på polerna A och B.



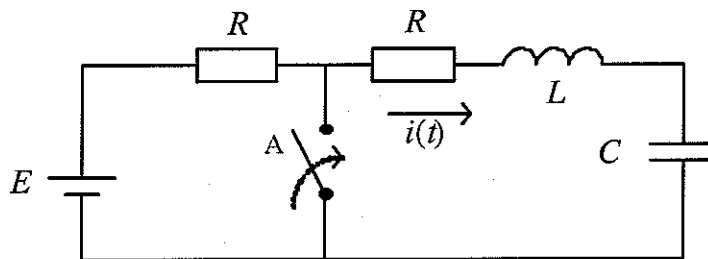
Figur 2: Tvåpol

3. Konstruera en spänningsdelare enligt figur 3 så att utspänningen  $v_0(t) = 2 \sin 2000t$  V då insignalen  $v_s(t) = 15 \cos(2000t)$  V. Låt  $Z_2$  utgöra en kapacitans på  $0.50 \mu\text{F}$ . Beräkna impedansen  $Z_1$  och visa hur den enklast kan realiseras. Antag sinusformat stationärtillstånd.



Figur 3: Spänningsdelare

4. Studera nätet i figur 4. Brytaren A har varit öppen under lång tid men sluts vid tidpunkten  $t = 0$ . Beräkna strömmen  $i(t)$ .



Figur 4: Transient nät

$$R = 400 \Omega$$

$$L = 1.0 \text{ H}$$

$$C = 5.0 \mu\text{F}$$

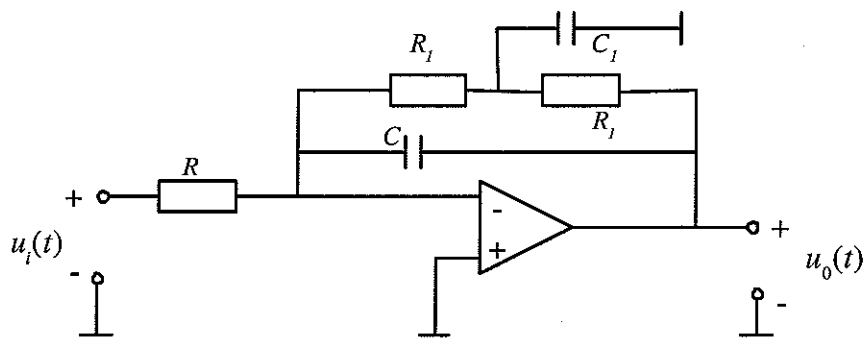
$$E = 10 \text{ V}$$

5. Beräkna kapacitansen  $C$  så att förstärkaren i figure 5 får ett stegsvar som är så snabbt som möjligt ut att vara oscillatoriskt. Utgå sedan ifrån detta värde på  $C$  och beräkna förstärkarens överföringsfunktion. Gör en enkel skiss av överföringsfunktion belopp i ett Bodediagram. Antag ideal operationsförstärkare.

$$R_1 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 200 \text{ pF}$$



Figur 5: Förstärkare

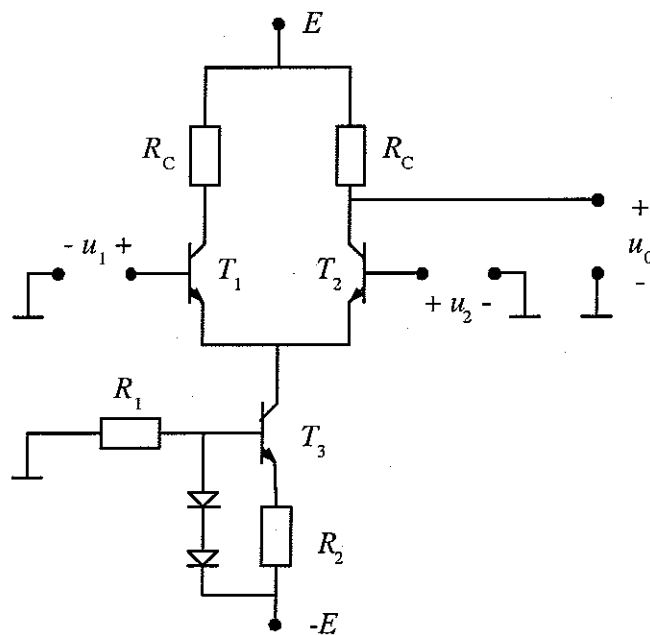
6. Betrakta differentialförstärkaren i figur 6 nedan. Beräkna arbetspunkten (kollektorström och kollektor-emitter spänning) för transistorerna  $T_1$  och  $T_2$  i förstärkaren. Ansätt  $u_1 = u_2 = 0$  i jämviktsläget då arbetspunkten beräknas.  $U_{BE} = 0.7$  V för alla transistorer i aktiva området. Spänningsfallet över en diod är  $U_D = 0.7$  V då den är ledande. Transistorerna  $T_1$  och  $T_2$  är lika och har strömförstärkningsfaktor  $\beta=200$ . Motsvarande faktor för transistor  $T_3$  är  $\beta_3 = 100$ .

$$R_C = 28 \text{ k}\Omega$$

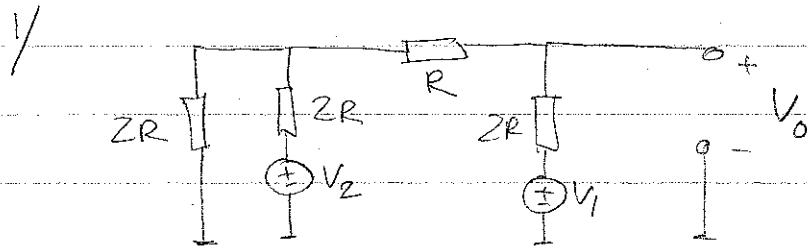
$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1.4 \text{ k}\Omega$$

$$E = 12 \text{ V}$$



Figur 6: Differentialförstärkare

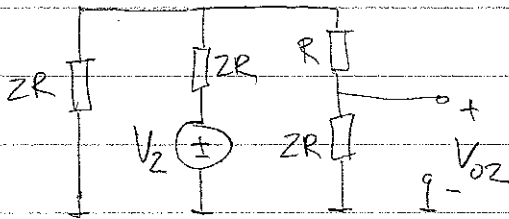


Superposition

□ Bidrag från  $V_1$  ( $V_2=0$ )

$$V_{01} = V_1 \frac{R + 2R \parallel 2R}{R + 2R \parallel 2R + 2R} = V_1 \frac{R + R}{R + R + 2R} = \frac{V_1}{2}$$

□ Bidrag från  $V_2$  ( $V_1=0$ )



Sp. delning

$$V' = V_2 \frac{2R \parallel (R + 2R)}{2R \parallel (R + 2R) + 2R} =$$

$$= V_2 \frac{\frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R}}{\frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} + 2R} =$$

$$= V_2 \frac{6/5}{6/5 + 2} = V_2 \frac{6}{6 + 10} =$$

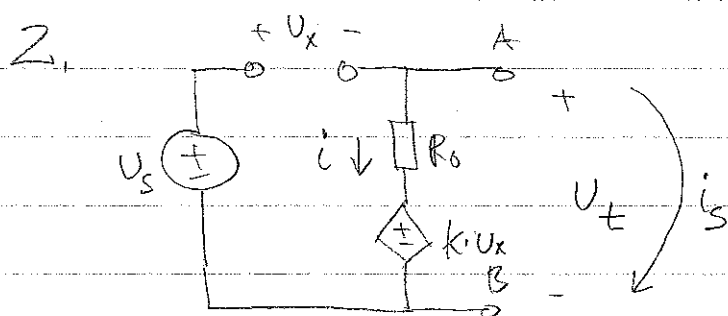
$$V_{02} = V' \frac{2R}{2R + R} = V' \cdot \frac{2}{3} =$$

$$= V_2 \cdot \frac{3}{8} \cdot \frac{2}{3} = \frac{V_2}{4}$$

$$= V_2 \frac{6}{16} = V_2 \frac{3}{8}$$

Summera  $V_0 = V_{01} + V_{02} = \frac{V_1}{2} + \frac{V_2}{4}$

Svar:  $V_0 = \frac{1}{2} V_1 + \frac{1}{4} V_2$



Tomgångssp.

$$\begin{cases} -U_s + U_x + U_t = 0 \\ i = 0 \\ U_t = k \cdot U_x \end{cases}$$

$$U_s = U_t + U_x = U_t + \frac{U_t}{k} = U_t \frac{k+1}{k}$$

$$U_t = k \cdot U_x$$

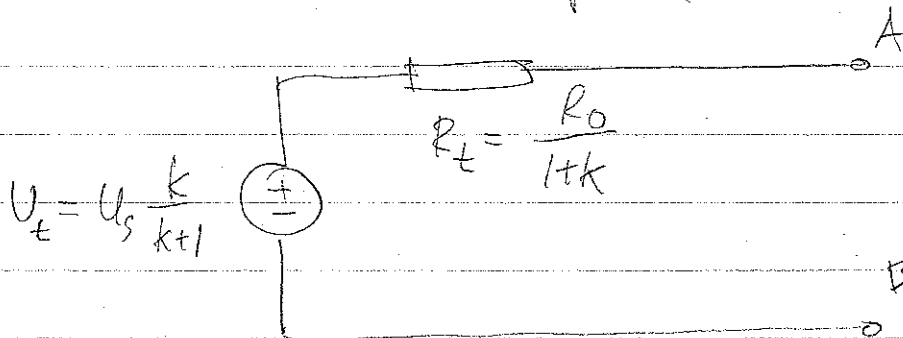
$$U_t = U_s \frac{k}{k+1}$$

Kortsl. ström

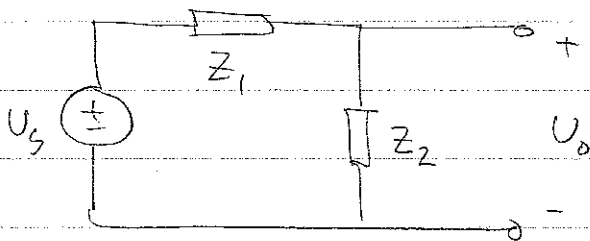
$$\begin{cases} i_s = -i \\ -k U_x + i_s R_0 = 0 \\ -U_s + U_x = 0 \end{cases}$$

$$i_s = \frac{k U_x}{R_0} = \left[ U_x = U_s \right] = \frac{k U_s}{R_0}$$

$$\text{Theremin resistans: } R_t = \frac{U_t}{i_s} = \frac{U_s \cdot k \cdot R_0}{(k+1) k \cdot U_s} = \frac{R_0}{1+k}$$

Thereminis ekv. källspänning ( $k \neq -1$ )

3



$$U_o(t) = Z \sin \omega t = 2 \cos(\omega t - 90^\circ)$$

$$U_s(t) = 15 \cos \omega t$$

$j\omega$ -metoden

$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j2000 \cdot 0,50 \cdot 10^{-6}}$$

$$= -j1000$$

$$U_o = 2 \angle -90^\circ = -j2$$

$$U_s = 15 \angle 0^\circ$$

$$\omega = 2000 \text{ rad/s}$$

Spindelning

$$U_o = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot U_s$$

sök  $Z_1$

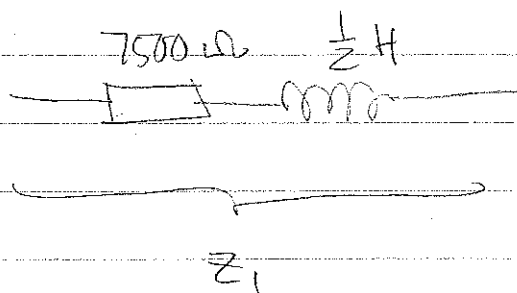
$$\frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = \frac{Z_1}{Z_2} + 1 = \frac{U_s}{U_o} \quad ; \quad Z_1 = Z_2 \left( \frac{U_s}{U_o} - 1 \right)$$

$$Z_1 = -j1000 \left( \frac{15}{-j2} - 1 \right) = \frac{1000 \cdot 15}{2} + j1000 =$$

$$= 7500 + j1000 = R + j\omega L$$

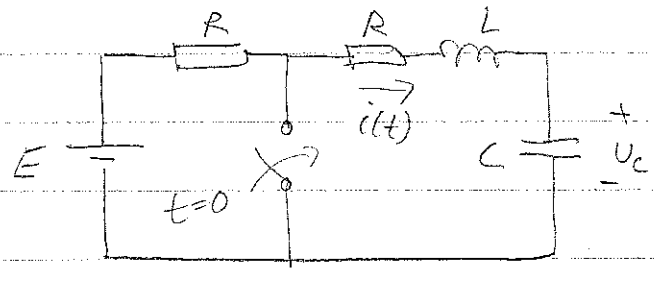
$$\text{med } R = 7500 \text{ } \Omega \text{ och } L = \frac{1000}{\omega} = \frac{1000}{2000} = \frac{1}{2} \text{ H}$$

Svar:





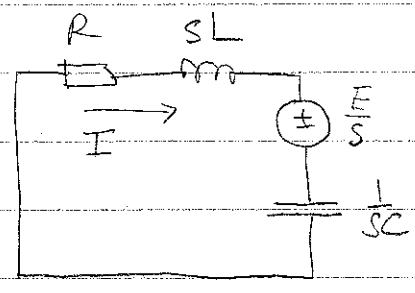
4.



För  $t < 0$  gäller  $i = 0$   
 $U_C = E$

$t \geq 0$ , Laplace transformera

- R = 400  $\Omega$
- C = 5,0  $\mu\text{F}$
- L = 1,0 H
- E = 10 V

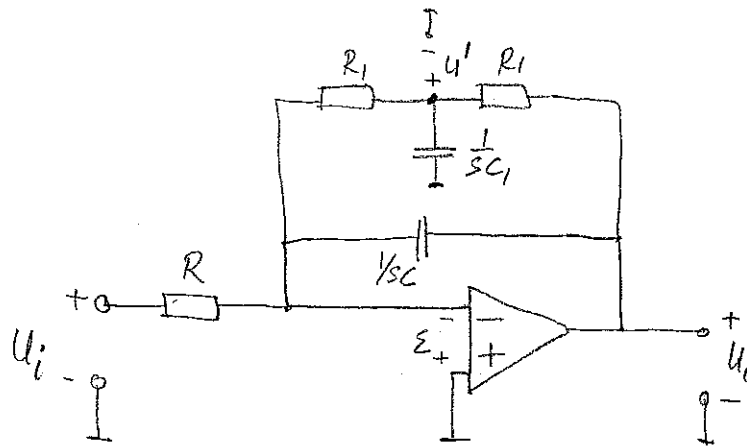


$$\begin{aligned}
 I(s) &= \frac{\frac{E}{s}}{R + sL + \frac{1}{sC}} = \frac{E}{sR + s^2L + \frac{1}{C}} = \frac{\frac{E}{L}}{s^2 + s\frac{R}{L} + \frac{1}{LC}} \\
 &= \frac{10}{s^2 + s400 + 2,0 \cdot 10^5} = \left. \begin{array}{l} \text{Komplexa} \\ \text{rötter.} \end{array} \right\} = \frac{-10}{(s+200)^2 + 2,0 \cdot 10^5 - 200^2} \\
 &= \frac{-10}{(s+200)^2 + 160 \cdot 10^3} = \frac{10}{400} \frac{400}{(s+200)^2 + 400^2}
 \end{aligned}$$

Inv. Laplace transform

$$i(t) = \left[ -0,025 e^{-200t} \sin(400t) \right] u(t) \text{ A}$$

5)



$$R_1 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 200 \text{ pF}$$

Ideal Op. först }  $\varepsilon = 0$   
 Neg. återk

$$\text{KCL: } \begin{cases} \frac{U'}{R_1} + U' \cdot sC_1 + \frac{U' - U_o}{R_1} = 0 & (1) \end{cases}$$

$$\text{KCL: } \begin{cases} \frac{U_i}{R} + U_o sC + \frac{U'}{R_1} = 0 & (2) \end{cases}$$

$$(1): U'(1 + sR_1C_1 + 1) = U_o \Rightarrow U' = \frac{U_o}{2 + sR_1C_1}$$

$$(2): U_i + U_o sRC + \frac{R}{R_1} \cdot \frac{U_o}{2 + sR_1C_1} = 0$$

$$U_i(2 + sR_1C_1) + U_o \left[ (sRC)(2 + sR_1C_1) + \frac{R}{R_1} \right] = 0$$

$$\frac{U_o}{U_i} = - \frac{2 + sR_1C_1}{s^2 R R_1 C C_1 + s 2RC + \frac{R}{R_1}} = - \frac{\frac{2}{R R_1 C C_1} + \frac{s}{RC}}{s^2 + s \frac{2}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_1^2 C C_1}}$$

$$\text{Poles: } s_{1,2} = -\frac{1}{R_1 C_1} \pm \sqrt{\frac{1}{(R_1 C_1)^2} - \frac{1}{R_1^2 C C_1}}$$

$= 0$  max snabbt stegsvar,  
ej oscilleriskt

$$\omega_0 C = C_1$$

1 for 5

$$\frac{U_o}{U_i} = - \frac{\frac{2}{RR_1 C_1} + \frac{s}{RC}}{\left(s + \frac{1}{R_1 C_1}\right)^2} = - R_1 C_1 R_1 C_1 \cdot \frac{\frac{2}{RR_1 C_1} + \frac{s}{RC}}{(1 + s R_1 C_1)^2} =$$

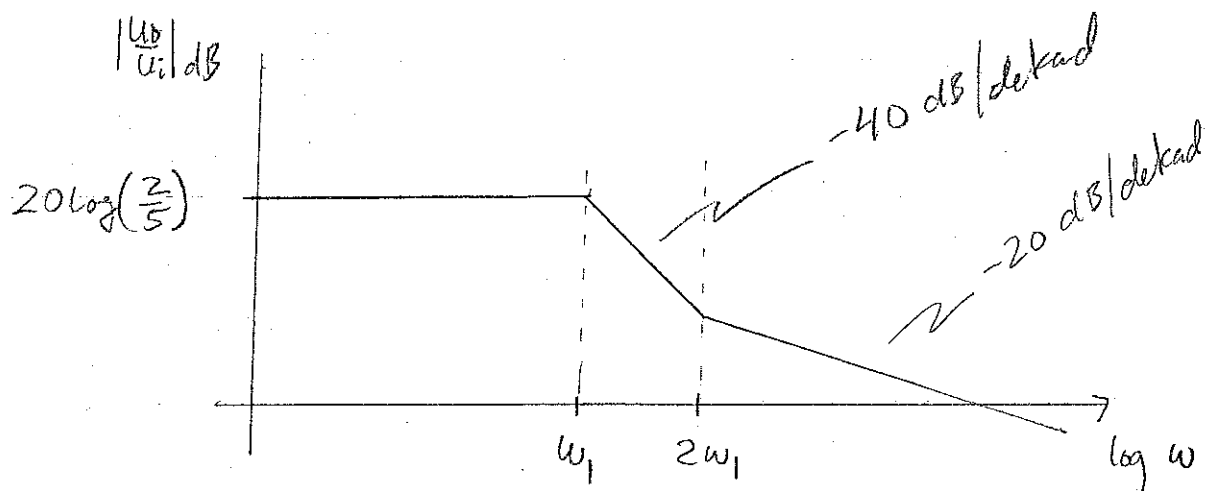
$$= - \frac{2 \cdot \frac{R_1}{R} + s \cdot \frac{R_1^2}{R} C_1}{(1 + s R_1 C_1)^2} = \left\{ R = 5 R_1 \right\} =$$

$$= - \frac{\frac{2}{5} + s \frac{R_1 C_1}{5}}{(1 + s R_1 C_1)^2} = - \frac{2}{5} \cdot \frac{1 + s \frac{R_1 C_1}{2}}{(1 + s R_1 C_1)^2} =$$

$$= \left\{ R_1 C_1 = \frac{1}{\omega_1} \right\} = - \frac{2}{5} \cdot \frac{1 + \frac{s}{2\omega_1}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_1}\right)^2}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_1 C_1} = \frac{1}{50 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = 100 \cdot 10^3 \text{ r/s}$$

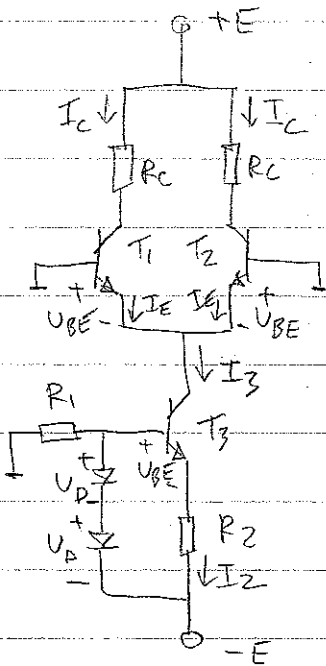
Asymptotiskt Bode-diagram



6.

ess115

060830



Eftersom  $E = 12 \text{ V}$  kan  
transistorerna antas vara i  
aktiva området för  $u_1 = u_2 = 0$   
samt dioderna ledande

$$\text{KVL: } U_D + U_D - I_2 R_2 - U_{BE} = 0$$

$$I_2 = \frac{2U_D - U_{BE}}{R_2} = \frac{0,7}{1,4110} = 0,5 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_3 + \frac{I_3}{\beta_3} = I_3 \left(1 + \frac{1}{\beta_3}\right)$$

$$I_3 = \frac{I_2}{1 + \frac{1}{\beta_3}} = \frac{I_2}{1 + \frac{1}{100}} = \frac{I_2}{1,01}$$

$$2I_E = I_3 \Rightarrow I_E = \frac{I_3}{2} \quad \text{ty lika transistorer!}$$

$$I_E = I_C \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \Rightarrow I_C = I_E \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} = \frac{I_3}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\beta}} =$$

$$= \frac{I_2}{\left(1 + \frac{1}{\beta_3}\right) 2 \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)}$$

$$I_C = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,005 \cdot 2 \cdot 1,01} \approx 2,46 \cdot 10^{-4} = 0,246 \text{ mA}$$

$$\text{KVL: } E = I_C R_C + U_{CE} - U_{BE} \Rightarrow U_{CE} = E + U_{BE} - I_C R_C = \dots = 5,8 \text{ V}$$

$$\text{Svar: } I_C = 0,246 \text{ mA}$$

$$U_{CE} = 5,8 \text{ V}$$