

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.
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)

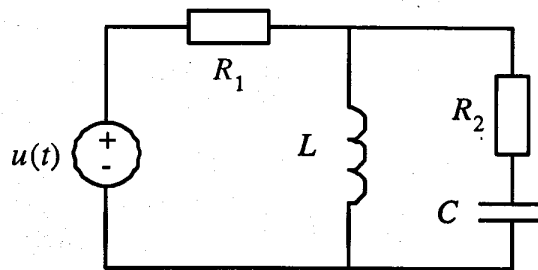
Betygsgränser (6 uppgifter om vardera 3 poäng).
Bonuspoäng från inlämningsuppgifterna adderas till tentaresultatet.

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.

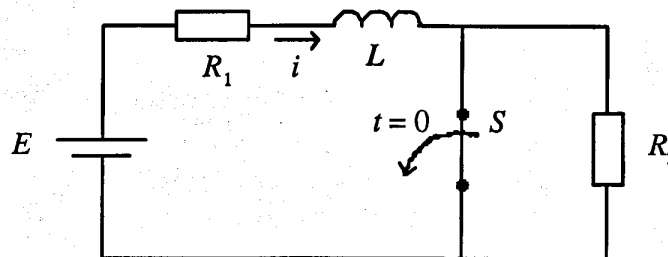
$$\begin{aligned} R_1 &= 2.0 \, \Omega & R_2 &= 6.0 \, \Omega & C &= 0.20 \, \text{mF} \\ L &= 4.0 \, \text{mH} & u(t) &= 23.0 \cos(\omega t) \, \text{V} & \omega &= 1.0 \cdot 10^3 \, \text{r/s} \end{aligned}$$



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.

$$\begin{aligned} R_1 &= 5.0 \, \Omega & R_2 &= 7.0 \, \Omega \\ L &= 0.50 \, \text{H} & E &= 60 \, \text{V} \end{aligned}$$



Figur 2: Elektriskt nät

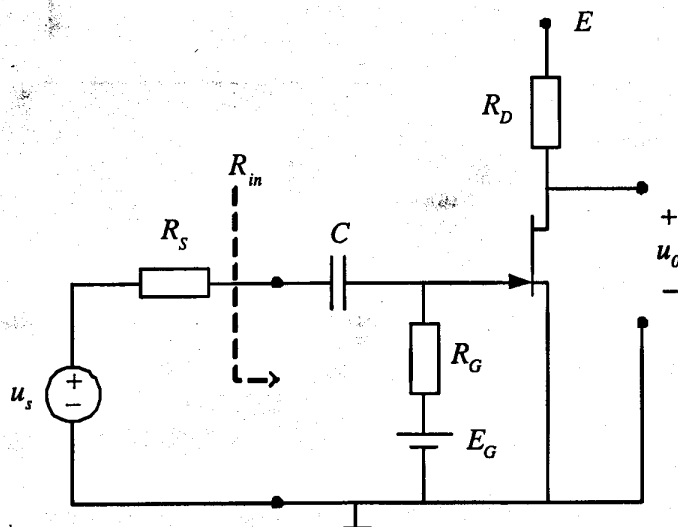
3. Beräkna spänningsförstärkningen $\frac{u_o}{u_s}$ hos förstärkaren i figur 3. Beräkna även förstärkarens inresistans R_{in} som den är angiven i figuren. Reaktansen från kapacitansen, $X_C = \frac{1}{\omega C}$, kan försummas vid aktuella signalfrekvenser.

$$R_S = 10 \text{ k}\Omega \quad R_D = 2.0 \text{ k}\Omega \quad R_G = 100 \text{ k}\Omega$$

$$E = 15.0 \text{ V} \quad E_G = -1.0 \text{ V}$$

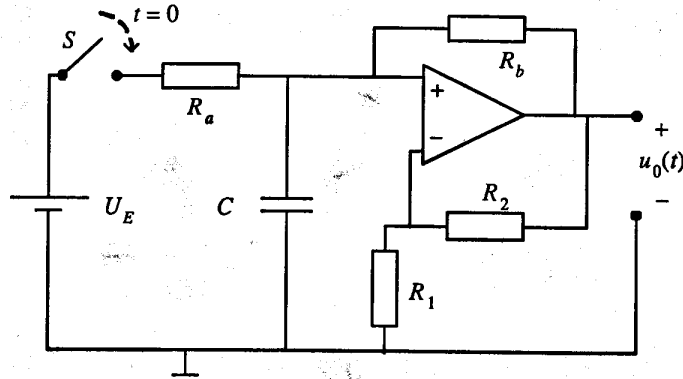
För transistoren gäller

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



Figur 3: JFET förstärkare

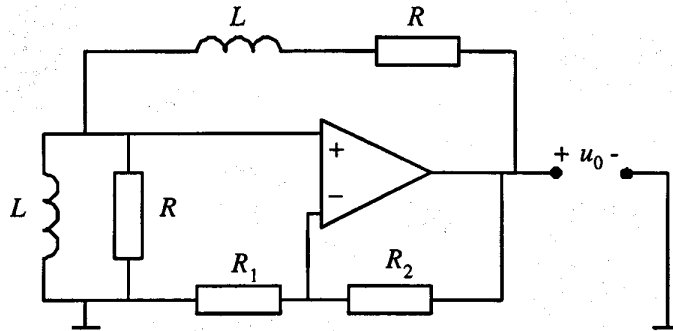
4. I kretsen i figur 4 stängs brytaren S vid tidpunkten $t = 0$. Beräkna kvoten $\frac{R_2}{R_1}$ så att utsignalen $u_0(t)$ bildar en ramp. Spänningen över kapacitansen C är noll för $t < 0$. Operationsförstärkaren kan anses ideal samt negativt återkopplad. Dessutom är likspänningskällans värde, U_E , 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 oscillator krets 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 återkopplingsfaktorn β så att en amplitudmarginal om 20 dB erhålls.

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

$$\omega_1 = 2\pi \cdot 10^4 \text{ r/s} \quad \omega_2 = 2\pi \cdot 10^5 \text{ r/s} \quad \omega_3 = 2\pi \cdot 10^6 \text{ r/s}$$

$$F_0 = 1.0 \cdot 10^5$$

$$\omega = 10^3 \text{ rad/s}$$

$$R_1 = 2 \Omega$$

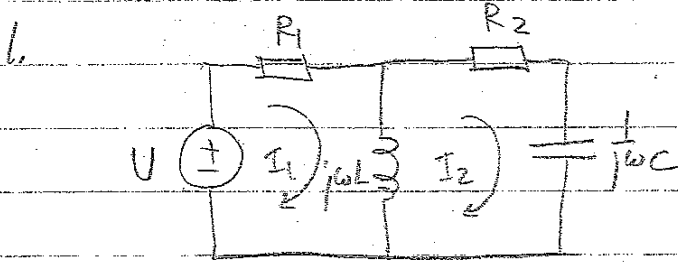
$$R_2 = 6 \Omega$$

$$\omega L = 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4$$

$$\omega C = 0,2$$

$$u(t) = 23 \cos \omega t$$

$$U = 23 / 0^\circ$$



$$\begin{bmatrix} R_1 + j\omega L & -j\omega L \\ -j\omega L & R_2 + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2 + j4 & -j4 \\ -j4 & 6 - j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 23 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 + j4 & 23 \\ -j4 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 + j4 & -j4 \\ -j4 & 6 - j \end{vmatrix}} = \frac{j92}{(2 + j4)(6 - j) - (j4)^2}$$

$$= \frac{j92}{12 - j2 + j24 + 4 + 16} = \frac{j92}{32 + j22}$$

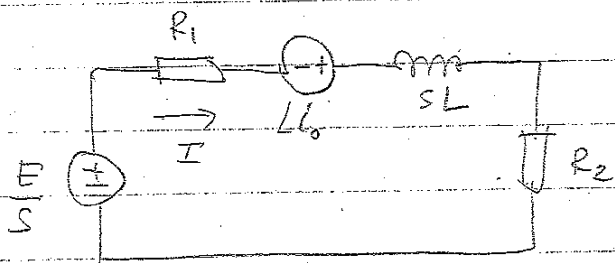
$$P_{R_2} = \frac{1}{2} R_2 |I_2|^2 = \frac{6}{2} \cdot \frac{92^2}{32^2 + 22^2} = 16,8 \text{ W}$$

Låt lösningen
hänga kvar!

2.

$t < 0$ Begynnelseström i induktansen $i_0 = \frac{E}{R_1} = \frac{60}{5} = 12 \text{ A}$

$t \geq 0$



$$L = 0,5 \text{ H}$$

$$R_1 = 5 \Omega$$

$$R_2 = 7 \Omega$$

$$E = 60 \text{ V}$$

KVL: $-\frac{E}{s} + R_1 I - Li_0 + sLI + R_2 I = 0$

$$I = \frac{\frac{E}{s} + Li_0}{R_1 + R_2 + sL} = \frac{E}{s(R_1 + R_2 + sL)} + \frac{Li_0}{R_1 + R_2 + sL}$$

$$I = \frac{60}{s(12 + 0,5s)} + \frac{0,50 \cdot 12}{12 + 0,5s} = \frac{60}{s(24 + s)} + \frac{12}{24 + s}$$

$$\frac{120}{s(24 + s)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{24 + s} \Rightarrow \begin{matrix} A = 5 \\ B = -5 \end{matrix}$$

$$I(s) = \frac{5}{s} - \frac{5}{24 + s} + \frac{12}{24 + s} = \frac{5}{s} + \frac{7}{24 + s}$$

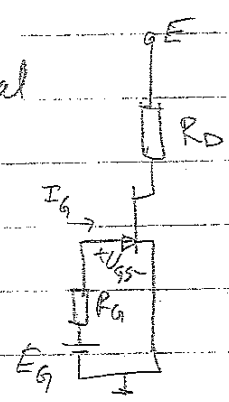
Inv. transf.

$$i(t) = \left[5 + 7e^{-24t} \right] \cdot u(t)$$

Skall hänga kvar!

3.

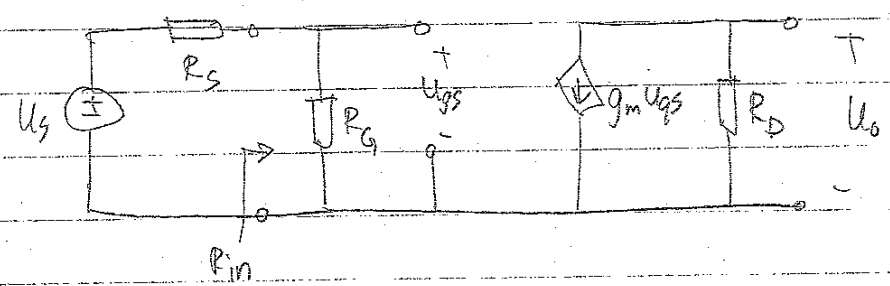
Stossignal



$$I_G = 0$$

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

Smallsignal



$$U_{gs} = U_s \frac{R_G}{R_S + R_G} \Rightarrow U_s = U_{gs} \frac{R_S + R_G}{R_G}$$

$$U_o = -g_m U_{gs} R_D$$

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

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

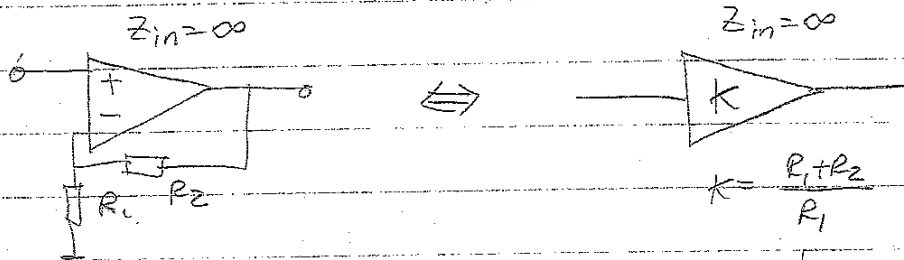
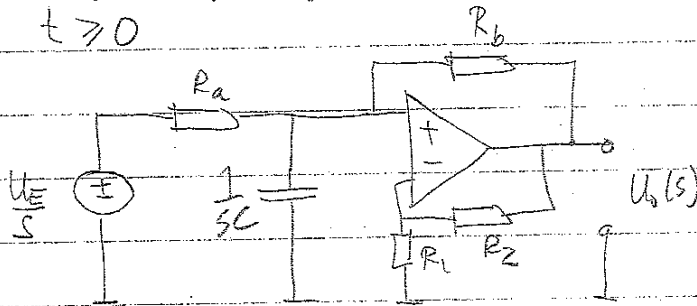
$$= -\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{-3} \left(1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{10 \cdot 2}{3 \cdot 3} \cdot 10^{-3} = \frac{20}{9} \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{U_o}{U_s} = -\frac{100}{10+100} \cdot \frac{20}{9} \cdot 2 = -40$$

$$R_{in} = R_G$$

Skall hållas kvar!

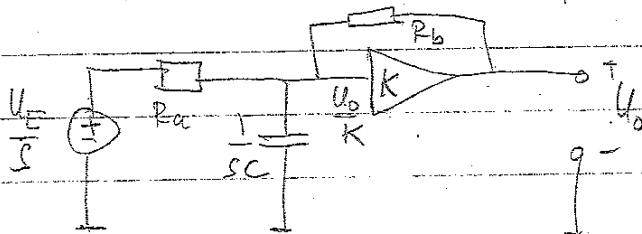
⚡ Ingen beg. energi
 $t \geq 0$



Ramp: $U_o(s)$ skall ha formen

"konstant"
 $\frac{1}{s^2}$

Se tabell
över
Laplace-
transf.



KCL:
$$\frac{U_E}{s} - \frac{U_o}{K} + \frac{U_o - \frac{U_o}{K}}{R_b} - \frac{U_o}{K} = \frac{U_o}{K}$$

$$\frac{U_E}{s R_a} = U_o \left[\frac{1}{K R_a} - \frac{1}{R_b} + \frac{1}{K R_b} + \frac{sC}{K} \right]$$

$$U_o(s) = \frac{1}{s^2} \cdot \frac{K U_E}{s R_a} \quad \text{om} \quad \frac{1}{K R_a} - \frac{1}{R_b} + \frac{1}{K R_b} = 0$$

$$\frac{1}{K R_a} = \frac{1}{R_b} \left(1 - \frac{1}{K} \right) \Rightarrow \frac{R_b}{R_a} = K - 1 = 1 + \frac{R_2}{R_1} - 1$$

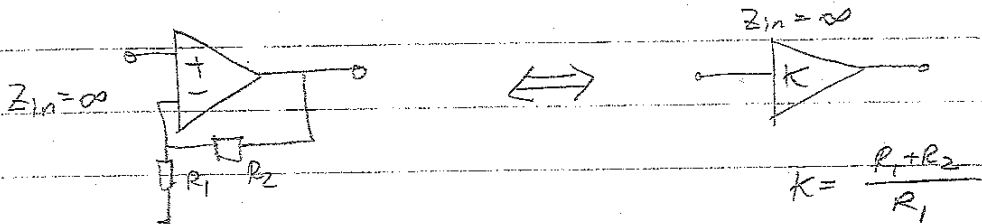
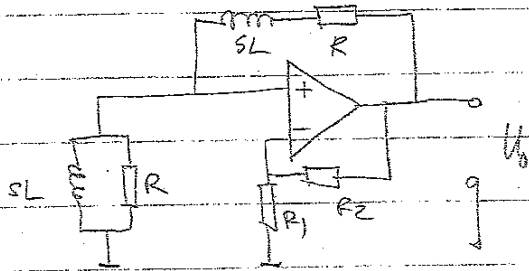
Svar:
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_b}{R_a}$$

Skall hävas kvar!

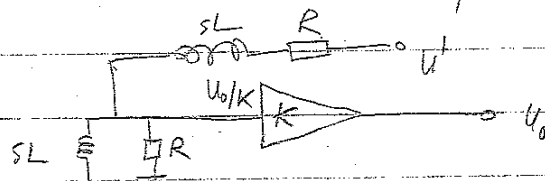
5.

ess 115

041211



Bryt upp - beräkna slingförst $T = \frac{U_0}{U'}$



Sp. delning $\frac{U_0}{K} = \frac{SL \parallel R}{SL \parallel R + SL + R} \cdot U'$

$$\frac{U_0}{U'} = \frac{\frac{SL \cdot R}{SL + R} \cdot K}{\frac{SL \cdot R}{SL + R} + SL + R} = \frac{SLR \cdot K}{SLR + s^2 L^2 + 2SLR + R^2}$$

Sätt $s = j\omega$ och $T = 1$

$$\frac{j\omega LR \cdot K}{R^2 - \omega^2 L^2 + j\omega 3LR} = 1$$

$$R^2 - \omega^2 L^2 = 0 \Rightarrow \omega = \frac{R}{L} \text{ svängningsfrek.}$$

$$K = 3 \text{ (eller } K \neq 3) \quad \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 3$$

$$1 + \frac{R_2}{R_1} = 3 \text{ och } R_2 = 2R_1 \text{ (eller } R_2 \gg 2R_1)$$

Skall hänga kvar!

6. Resistiv nät $\Rightarrow \beta \in \mathbb{R}$

$$\omega_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 10 \omega_1$$

$$\omega_3 = 100 \omega_1$$

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

Amp. marginal $G_M = 20 = -20 \log_{10} |\beta F|$ dB
 $\omega = \omega_G$

där $\angle(\beta F(j\omega)) = -180^\circ$ för $\omega = \omega_G$

ω_G βF reellt och $\beta F < 0$

Med $G_M = 20$ dB blir $|\beta F| = \frac{1}{10}$

$$\beta F(j\omega) \Big|_{\omega = \omega_G} = -\frac{1}{10}$$

$$\beta F(j\omega) = \frac{\beta F_0 \omega_1 \omega_2 \omega_3}{(\omega_1 + j\omega)(\omega_2 + j\omega)(\omega_3 + j\omega)}$$

$$\frac{\beta F_0 \omega_1 \omega_2 \omega_3}{\omega_1 \omega_2 \omega_3 - \omega^2(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3) + j\omega(\omega_1 \omega_2 + \omega_1 \omega_3 + \omega_2 \omega_3 - \omega^2)}$$

A

$$A = 0 \Rightarrow \omega^2 = \omega_1^2 (1 + 10 + 100) \Rightarrow \omega = \omega_G = \omega_1 \sqrt{1110}$$

$\omega = \omega_G$ ges

$$\frac{\beta F_0 \omega_1^3 \cdot 10 \cdot 100}{\omega_1^3 \cdot 1000 - \omega_1^2 \cdot 1110 \cdot \omega_1 (1 + 10 + 100)} = -\frac{1}{10}$$

$$\beta = -\frac{1}{10} \frac{(1000 - 1110 \cdot 111)}{10^5 \cdot 10^3} = 1,24 \cdot 10^{-4} \hat{=} \underline{\underline{-78,1 \text{ dB}}}$$

Låt hänga kvar!