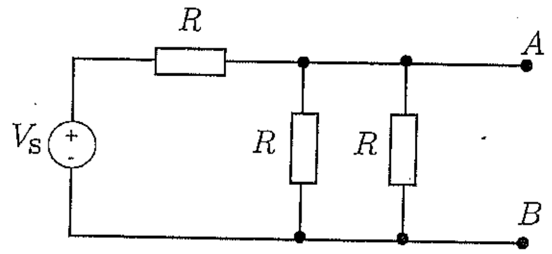
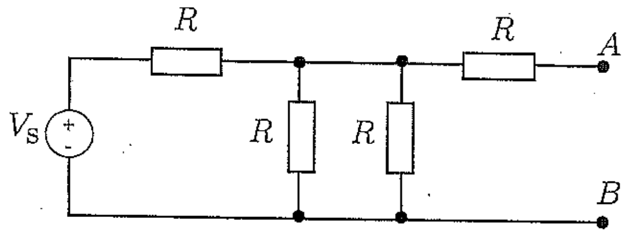
Ellära och elektronik, ETE115, för F2 och N2,
onsdag 2011-06-01, kl 8-13, MA:9.

1.

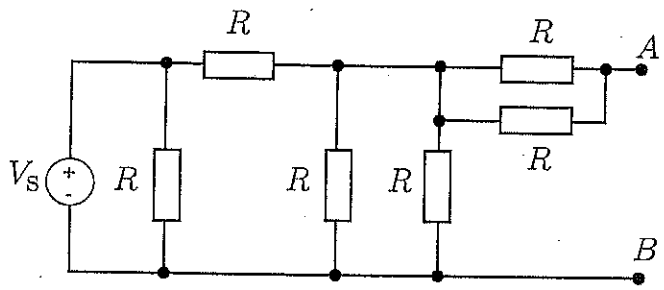
a)



b)

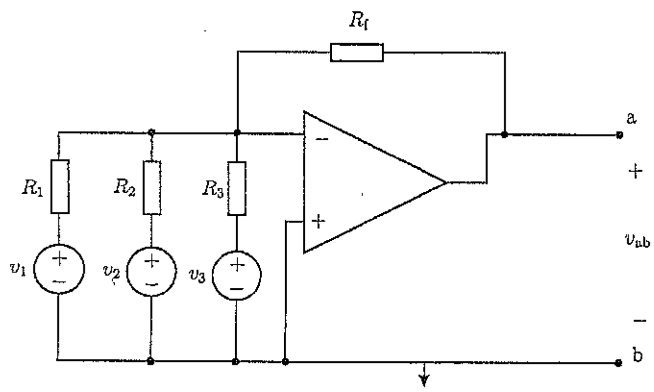


c)

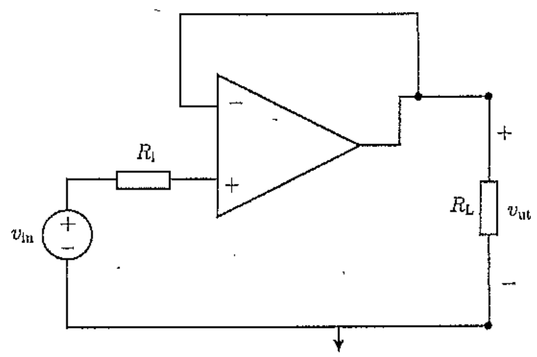


Givet: V_S, R.
Bestäm och rita Theveninekvivalenterna med avseende på noderna A och B för kretsarna i figur a, figur b och figur c.

2. a) Kopplingsschemat för en digital till analog omvandlare visas nedan. Det gäller att $R_f = 200\ \Omega$. Operationsförstärkaren är ideal. Bestäm R_1, R_2 och R_3 så att $v_{ab} = -(4v_1 + 2v_2 + v_3)$.

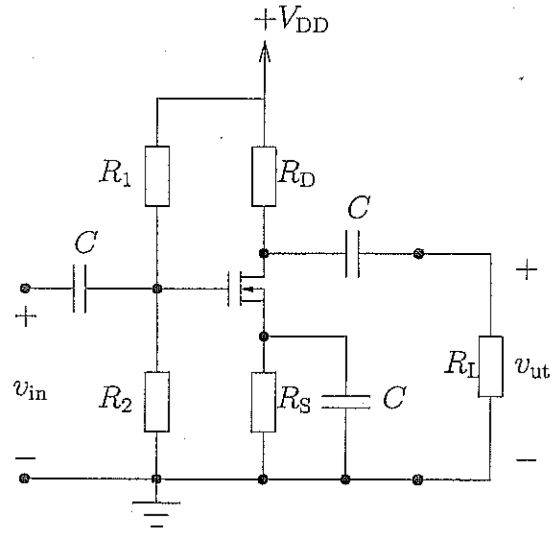


b) Operationsförstärkaren i kopplingsschemat nedan är ideal. Givet: v_{in}, R_i och R_L. Bestäm v_{ut}. Svar räcker.



3. Trula och Truls gör ett projektarbete om RFID-teknik. De har lindat en stor spole med många varv. Den spolen, som kallas läsaren, ska med hjälp av induktion kommunicera med små spolar som sitter på så kallade RFID-etiketter (RFID-taggar).
Men när de mäter på den stora spolen med hjälp av ett oscilloskop så upptäcker de att en oönskad spänning med frekvensen $f =$ 50 Hz induceras i spolen.
Hjälp Trula och Truls genom att konstruera ett filter som dämpar frekvensen 50 Hz men som släpper igenom RFID-frekvensen som är betydligt högre än 50 Hz.
Filtret ska byggas av en resistor med resistansen $R = 1\ \mathrm{k}\Omega$ och en kondensator med kapacitansen C. Filtret ska dämpa frekvensen 50 Hz 20 dB (enligt rätlinjeapproximationen).
Rita filtrets kretsschema med tydliga markeringar för V_{in} och för V_{ut}, bestäm C (som ett numeriskt uttryck som skulle kunna beräknas med en räknedosa) och rita filtrets Bodediagram (rätlinjeapproximationen) för amplitud.

4. En förstärkare baserad på en NMOS-transistor har följande kretsschema:



Givna: R_1, R_2, R_D, C, V_{DD} och transistorns transkonduktans g_m.

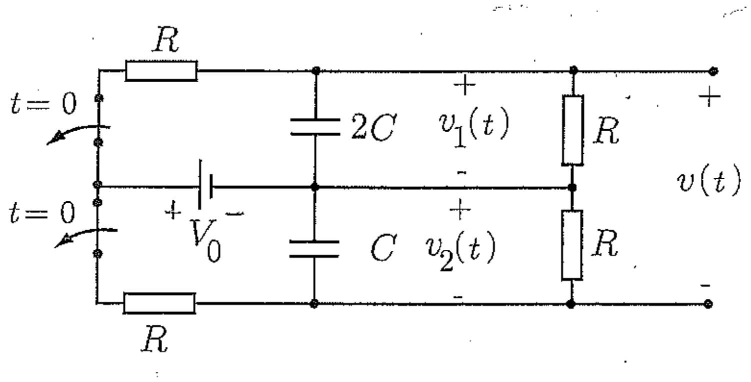
För transistorns drain-resistans gäller: $r_d \approx \infty$.

Insignalen v_{in} är en spänning som beror på tiden och med liten amplitud, en så kallad småsignal.

a) Bestäm R_S uttryckt i transistorns önskade arbetspunkt V_{GSQ} och I_{DQ} och givna storheter enligt listan ovan.

b) Bestäm R_L så att förstärkningen $\frac{v_{ut}}{v_{in}} = -A$ erhålles. R_L ska uttryckas i A och givna storheter enligt listan ovan.

5.



Spänningskällan har varit inkopplad under lång tid innan kontakterna öppnas.

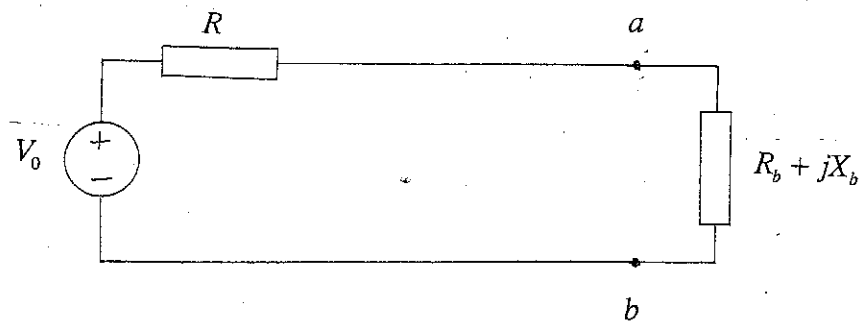
Givet: V_0, R, C.

a) Bestäm $v_1(0+)$, $v_2(0+)$ och $v(0+)$ dvs bestäm hur stora dessa spänningar är strax efter det att kontakterna öppnats.

b) Bestäm $v_1(t)$, $v_2(t)$ och $v(t)$ för $t > 0$.

c) Bestäm det maximala värdet på $v(t)$ för $0 \le t \le +\infty$.

6.



Givna: V_0, R, R_b, X_b.

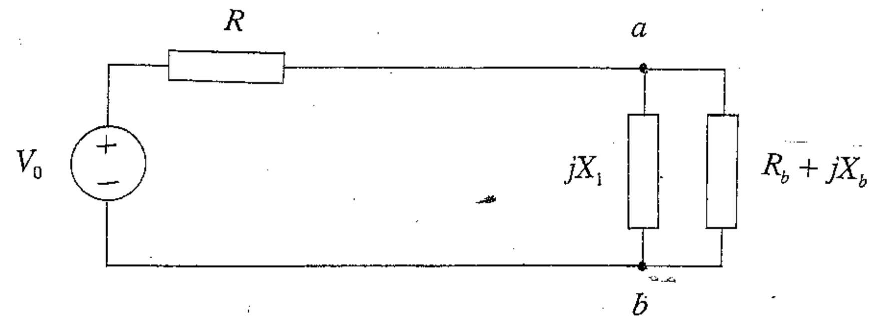
Tidsberoendet är sinusformigt och vi har gått över till komplexräkning. En fabriks elektriska utrustning känns som en impedans $R_b + jX_b$. Spänningskällan ger spänningen V_0 och resistansen i de långa ledningarna mellan spänningskällan och fabriken är R. Den aktiva effekt P_f som utvecklas i (konsumeras av) R ser vi som förlorad (aktiv) effekt. Den aktiva effekt P_n som utvecklas i (konsumeras av) R_b ser vi som nyttig (aktiv) effekt.

a) Bestäm den aktiva effekt P_f som utvecklas i (konsumeras av) R.

b) Bestäm den aktiva effekt P_n som utvecklas i (konsumeras av) R_b.

c) Bestäm verkningsgraden η definierad som kvoten mellan nyttig (aktiv) effekt och av spänningskällan totalt avgiven (aktiv) effekt.

d) Vi önskar förbättra verkningsgraden. För att åstadkomma det så kopplar vi in en rent reaktiv impedans jX_1 parallellt med och nära fabrikens impedans; se schemat nedan.



Bestäm X_1 så att den totala reaktiva effekten i fabriken inklusive den inkopplade reaktiva impedansen blir lika med noll.

e) Efter en sådan inkoppling känns fabriken inklusive den inkopplade reaktiva impedansen som en ren resistans R_1. Bestäm R_1.

f) Man kan visa att om $R_1 > R_b$ så kommer verkningsgraden att öka.

Bestäm kvoten $\frac{R_1}{R_b}$.

Lösningar till tentamen i ”Ellära och elektronik”, 2011-06-01.

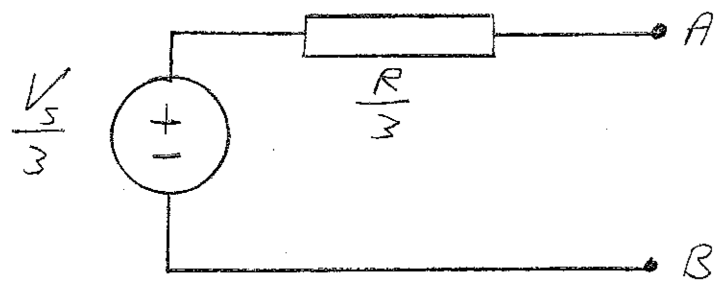
1

a) V_{Th} = tomgångsspänningen

R_{Th} = resistansen mellan A och B när alla oberoende källor är nollställda

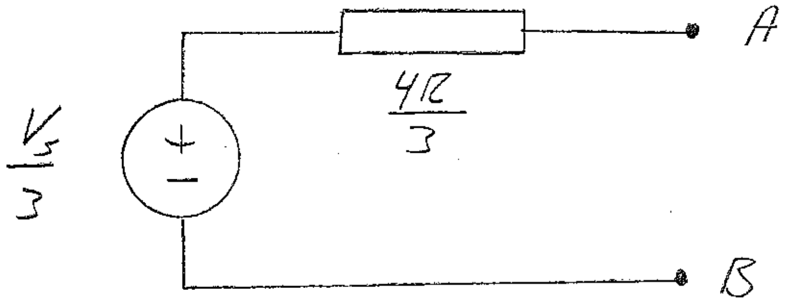
$$\underline{\underline{V_{Th}}} = \frac{\frac{R}{2}}{R+\frac{R}{2}} V_s = \underline{\underline{\frac{V_s}{3}}}$$

$$\underline{\underline{R_{Th}}} = R // \frac{R}{2} = \frac{R \cdot \frac{R}{2}}{R+\frac{R}{2}} = \frac{R^2}{3R} = \underline{\underline{\frac{R}{3}}}$$



b) $\underline{\underline{V_{Th}}} = \left[\text{samma som i a}\right] = \underline{\underline{\frac{V_s}{3}}}$

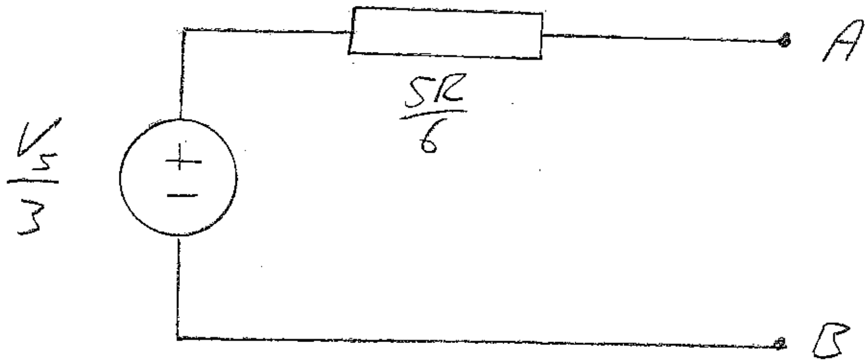
$$\underline{\underline{R_{Th}}} = R + R//R//R = R + \frac{R}{3} = \underline{\underline{\frac{4R}{3}}}$$



c)

$$\underline{\underline{V_{Th}}} = \frac{\frac{R}{2}}{R + \frac{R}{2}} V_S = \underline{\underline{\frac{V_S}{3}}}$$

$$\underline{\underline{R_{Th}}} = \frac{R}{2} + R//R//R = \frac{R}{2} + \frac{R}{3} = \frac{3R+2R}{6} = \underline{\underline{\frac{5R}{6}}}$$



②

a) $$\frac{0-v_1}{R_1} + \frac{0-v_2}{R_2} + \frac{0-v_3}{R_3} + \frac{0-v_{ab}}{R_f} = 0$$

$$\frac{v_{ab}}{R_f} = -\left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} + \frac{v_3}{R_3}\right)$$

$$v_{ab} = -\left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \frac{R_f}{R_3} v_3\right)$$

$$\frac{R_f}{R_1} = 4 \qquad \frac{R_f}{R_2} = 2 \qquad \frac{R_f}{R_3} = 1$$

$$R_1 = \frac{R_f}{4} \qquad R_2 = \frac{R_f}{2} \qquad R_3 = R_f$$

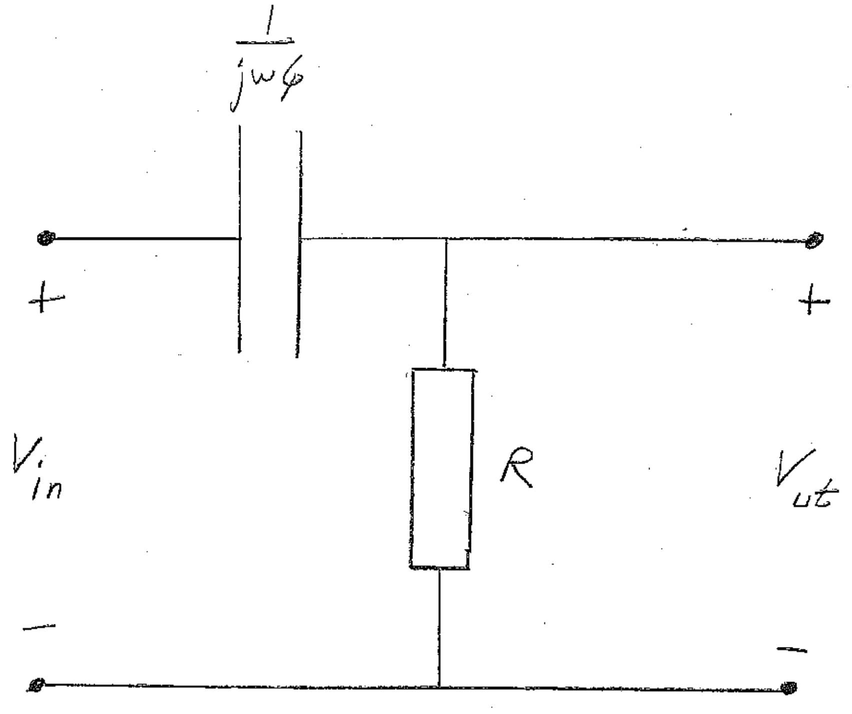
$$\underline{\underline{R_1}} = \frac{200}{4} = \underline{\underline{50\ \Omega}}$$

$$\underline{\underline{R_2}} = \frac{200}{2} = \underline{\underline{100\ \Omega}}$$

$$\underline{\underline{R_3 = 200\ \Omega}}$$

b) $$\underline{\underline{v_{ut} = v_{in}}}$$

③



$$V_{ut} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot V_{in}$$

$$\left\{\begin{array}{l} H = \frac{V_{ut}}{V_{in}} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} = \\ \quad = [s = j\omega] = \frac{sRC}{1 + sRC} \\ H = [\text{formelsamlingen}] = \frac{s}{\omega_{B1}} \cdot \left(1 + \frac{s}{\omega_{B2}}\right)^{-1} \end{array}\right.$$

$$RC = \frac{1}{\omega_{B1}} \Rightarrow \omega_{B1} = \frac{1}{RC}$$

$$RC = \frac{1}{\omega_{B2}} \Rightarrow \omega_{B2} = \frac{1}{RC}$$

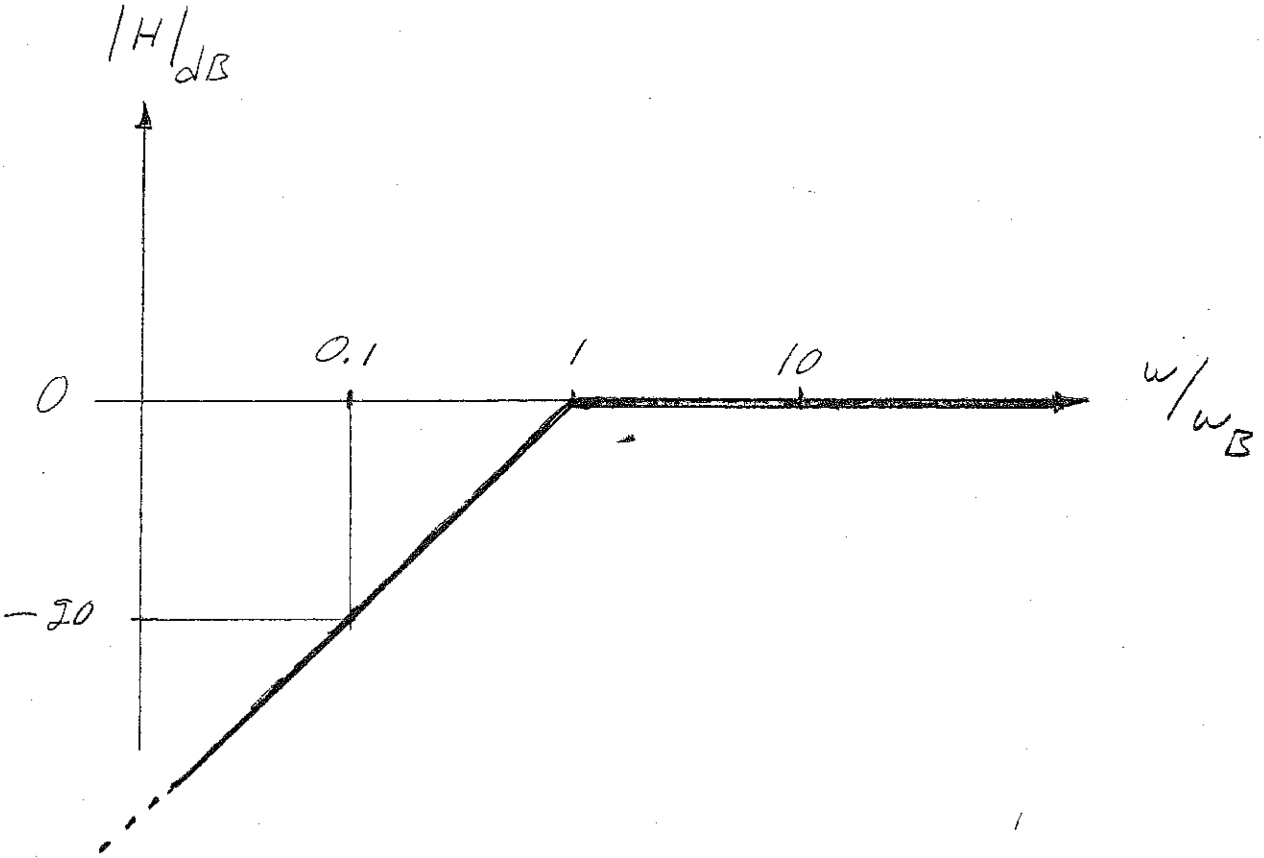
$$\omega_{B1} = \omega_{B2} = \omega_B = \frac{1}{RC}$$

$$\omega_B = 10 \cdot 2\pi \cdot 50 = 1000\,\pi \;\frac{rad}{s}$$

$$\omega_B = \frac{1}{RC}$$

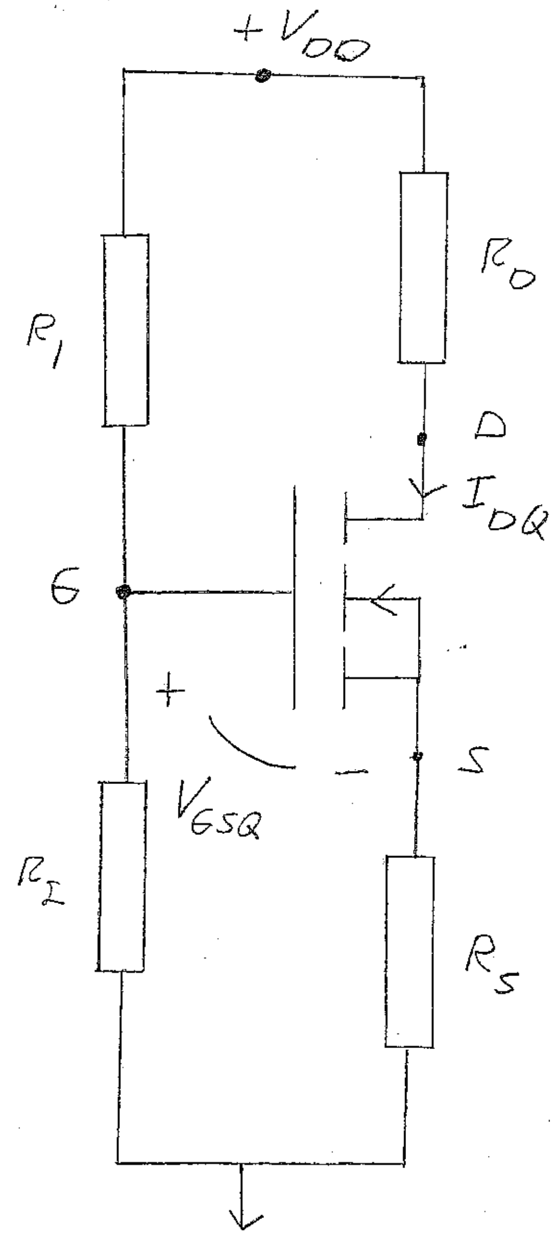
$$\underline{\underline{C = \frac{1}{\omega_B R}}} = \frac{1}{1000\,\pi \cdot 10^3} = \frac{1}{\pi} \cdot 10^{-6} =$$

$$= \frac{1000}{\pi} \cdot 10^{-9} = \underline{\underline{\frac{1000}{\pi}\,nF}}$$



(4)

a) Schema för arbetspunkten:

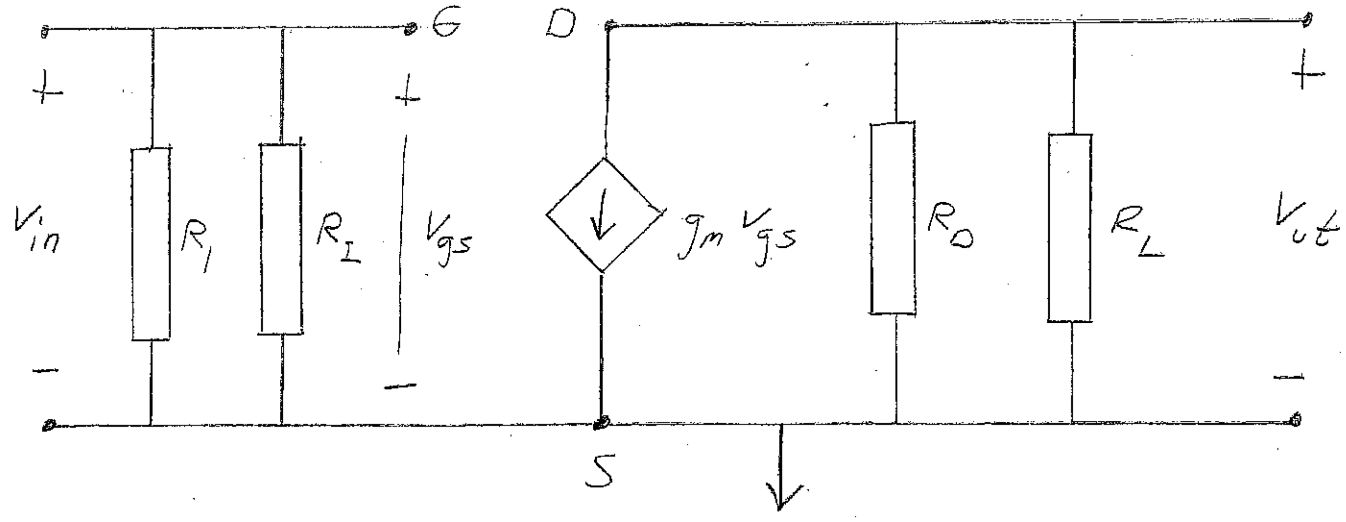


KVL: $\frac{R_2}{R_1+R_2} V_{DD} - V_{GSQ} - R_S I_{DQ} = 0$

$$R_S I_{DQ} = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{DD} - V_{GSQ}$$

$$\underline{\underline{R_S = \frac{1}{I_{DQ}} \left(\frac{R_2}{R_1+R_2} V_{DD} - V_{GSQ} \right)}}$$

b) Schema för småsignalen:



$$R_D // R_L = \frac{R_D \cdot R_L}{R_D + R_L}$$

$$v_{ut} = -\frac{R_D R_L}{R_D + R_L} g_m v_{gs} = \left[v_{gs} = v_{in} \right] = -\frac{R_D R_L}{R_D + R_L} g_m v_{in}$$

$$\begin{cases} \dfrac{v_{ut}}{v_{in}} = -\dfrac{R_D R_L}{R_D + R_L} g_m \\[2ex] \dfrac{v_{ut}}{v_{in}} = -A \end{cases}$$

$\Rightarrow$

$$-\frac{R_D R_L}{R_D + R_L} g_m = -A$$

$$R_D R_L g_m = A (R_D + R_L)$$

$$R_D R_L g_m = A R_D + A R_L$$

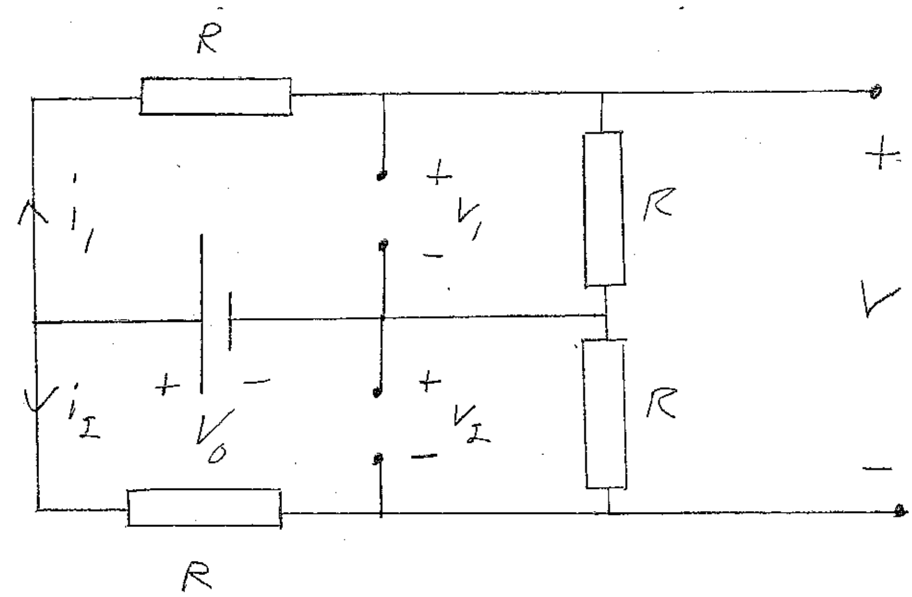
$$R_D R_L g_m - A R_L = A R_D$$

$$R_L (R_D g_m - A) = A R_D$$

$$\underline{\underline{R_L = \frac{A R_D}{R_D g_m - A}}}$$

5

a)



$$i_1 = i_2 = \frac{V_0}{2R}$$

$$\text{KVL} \Rightarrow \quad V_0 - R i_1 - v_1 = 0$$

$$v_1 = v_0 - R i_1 = v_0 - \frac{V_0}{2} = \frac{V_0}{2}$$

$$\text{KVL} \Rightarrow \quad V_0 - R i_2 + v_2 = 0$$

$$v_2 = R i_2 - V_0 = \frac{V_0}{2} - V_0 = -\frac{V_0}{2}$$

Eftersom kondensatorerna är spänningströga:

$$\underline{\underline{v_1(0+) = \frac{V_0}{2}}} \qquad \underline{\underline{v_2(0+) = -\frac{V_0}{2}}}$$

$$\underline{\underline{v(0+)}} = v_1(0+) + v_2(0+) \underline{\underline{= 0}}$$

b) $$\underline{\underline{v_1(t) = \frac{V_0}{2} e^{-\frac{t}{2RC}}}}$$

$$\underline{\underline{v_2(t) = -\frac{V_0}{2} e^{-\frac{t}{RC}}}}$$

$$\underline{\underline{v(t)}} = v_1(t) + v_2(t) = \underline{\underline{\frac{V_0}{2}\left(e^{-\frac{t}{2RC}} - e^{-\frac{t}{RC}}\right)}}$$

c) $$\begin{cases} \dfrac{dv(t)}{dt} = \dfrac{V_0}{2}\left(-\dfrac{1}{2RC} e^{-\frac{t}{2RC}} + \dfrac{1}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}\right) \\[2ex] \dfrac{dv(t)}{dt} = 0 \end{cases}$$

$$\Longrightarrow$$

$$-\frac{1}{2} e^{-\frac{t}{2RC}} + e^{-\frac{t}{RC}} = 0$$

$$-\frac{1}{2} + e^{-\frac{t}{RC}} \cdot e^{+\frac{t}{2RC}} = 0$$

$$-\frac{1}{2} + e^{-\frac{t}{2RC}} = 0$$

$$e^{-\frac{t}{2RC}} = \frac{1}{2}$$

$$-\frac{t}{2RC} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$t = 2RC \ln 2$$

$$\underline{\underline{v(t)_{max}}} = \left[\ t = 2RC \ln 2\ \right] =$$

$$= \frac{V_0}{2}\left(e^{-\ln 2} - e^{-2\ln 2} \right) =$$

$$= \frac{V_0}{2}\left(e^{\ln(2^{-1})} - e^{\ln(2)^{-2}} \right) =$$

$$= \frac{V_0}{2}\left(2^{-1} - 2^{-2} \right) =$$

$$= \frac{V_0}{2}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) =$$

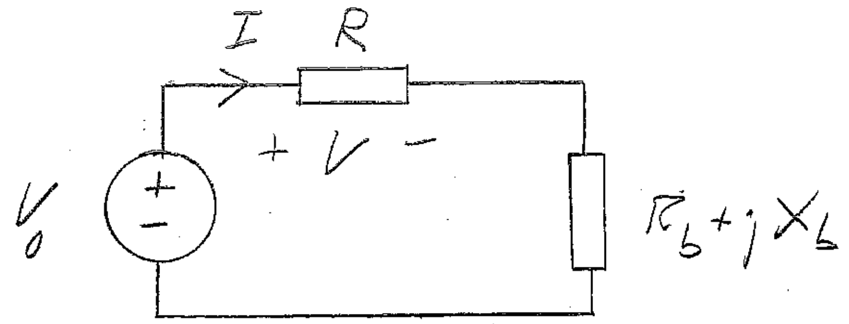
$$= \frac{V_0}{2}\left(\frac{2}{4} - \frac{1}{4} \right) =$$

$$= \frac{V_0}{2} \cdot \frac{1}{4} =$$

$$= \underline{\underline{\frac{V_0}{8}}}$$

⑥

a)

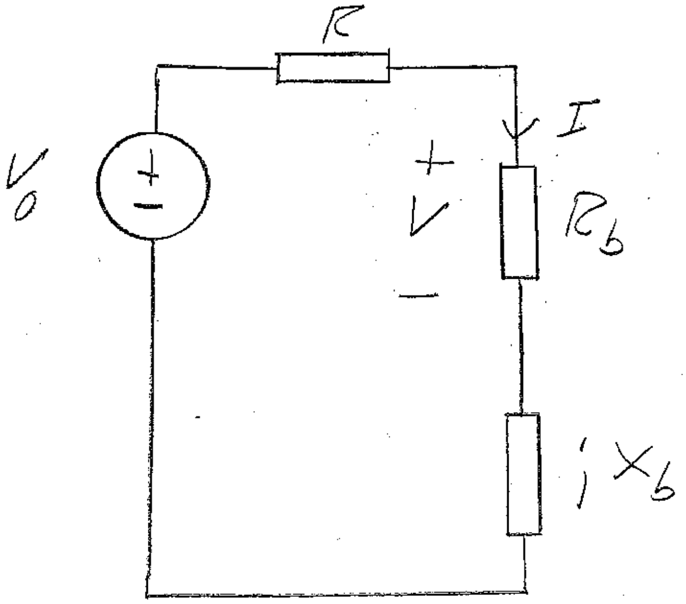


$$\begin{cases} S = \frac{1}{2} V I^* = P + jQ \\ V = \frac{R}{R+R_b+jX_b} V_0 \\ I = \frac{V_0}{R+R_b+jX_b} \end{cases}$$

$$\underline{\underline{P_f}} = \frac{1}{2} \frac{R}{(R+R_b+jX_b)} V_0 \frac{V_0^*}{(R+R_b-jX_b)} =$$

$$= \underline{\underline{\frac{1}{2} \frac{R|V_0|^2}{(R+R_b)^2+X_b^2}}}$$

b)

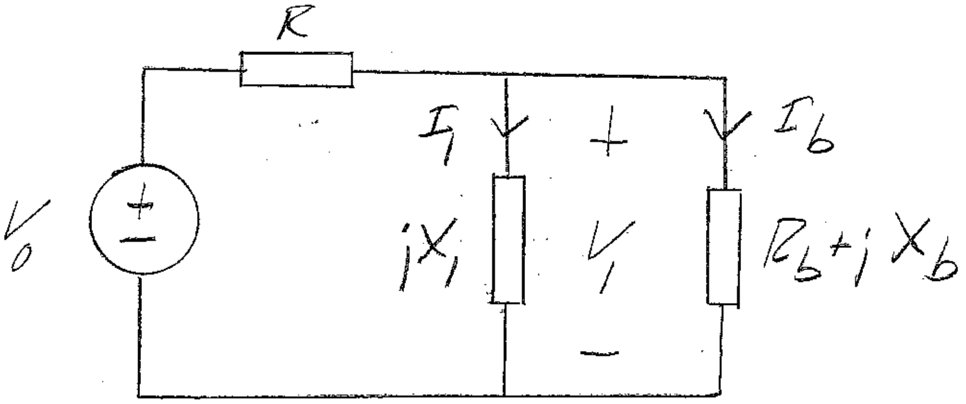


$\underline{\underline{P_n}}$ = [räkningar som i föregående deluppgift] =

$$= \underline{\underline{\frac{1}{2} \frac{R_b |V_0|^2}{(R+R_b)^2 + X_b^2}}}$$

c) $\underline{\underline{\eta}} = \frac{P_n}{P_n + P_f} = \underline{\underline{\frac{R_b}{R_b + R}}}$

d)



$$S = \frac{1}{2} V_1 I_1^* + \frac{1}{2} V_1 I_b^* =$$

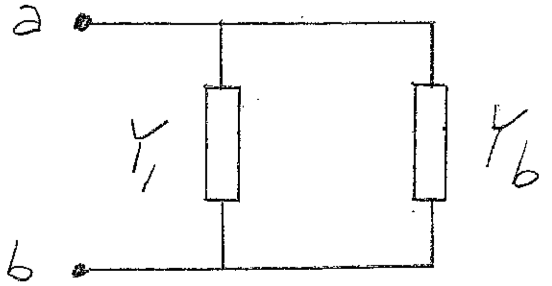
$$= \frac{1}{2} V_1 \left(\frac{V_1}{jX_1}\right)^* + \frac{1}{2} V_1 \left(\frac{V_1}{R_b + jX_b}\right)^* =$$

$$= \frac{1}{2} |V_1|^2 \left(\frac{j}{X_1} + \frac{R_b + jX_b}{R_b^2 + X_b^2} \right) =$$

$$= \frac{1}{2} |V_1|^2 \frac{R_b}{R_b^2 + X_b^2} + j\left(\frac{1}{2}|V_1|^2 \underbrace{\left(\frac{1}{X_1} + \frac{X_b}{R_b^2 + X_b^2}\right)}_{=0}\right)$$

$$\underline{\underline{X_1 = -\frac{R_b^2 + X_b^2}{X_b}}}$$

e) Räkna på admittanserna :



$$\begin{cases} Y_1 = \dfrac{1}{jX_1} = \dfrac{-j}{X_1} = j\,\dfrac{X_b}{R_b^2 + X_b^2} \\[2ex] Y_b = \dfrac{1}{R_b + jX_b} = \dfrac{R_b - jX_b}{R_b^2 + X_b^2} \end{cases}$$

$$Y_{ers} = Y_1 + Y_2 = \frac{R_b}{R_b^2 + X_b^2}$$

$$\underline{\underline{R_1}} = \frac{1}{Y_{ers}} = \underline{\underline{\frac{R_b^2 + X_b^2}{R_b}}}$$

f) $$\underline{\underline{\frac{R_1}{R_b}}} = \frac{R_b^2 + X_b^2}{R_b^2} = \underline{\underline{1 + \left(\frac{X_b}{R_b}\right)^2}}$$