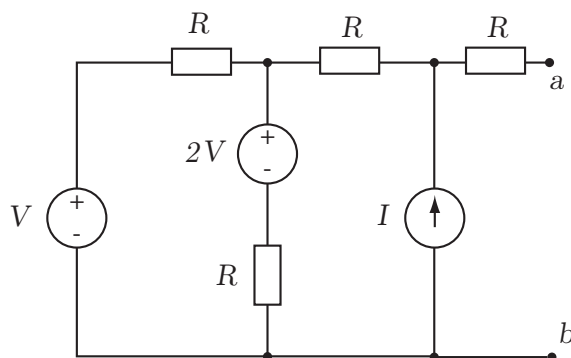


Tentamen ETE115 Ellära och elektronik för F och N, 2009-08-27

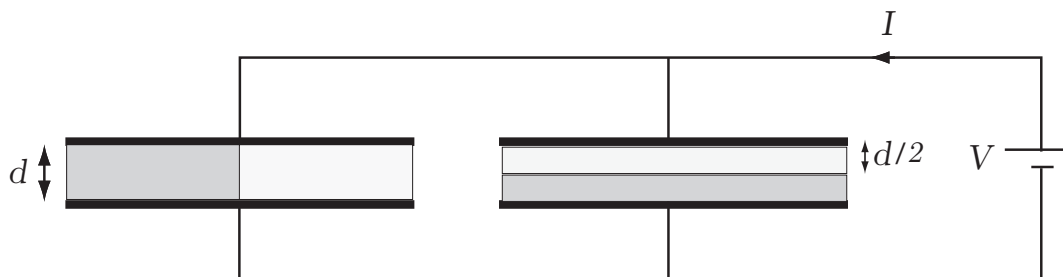
Tillåtna hjälpmedel: formelsamling i kretsteori och elektronik. Observera att uppgifterna inte är ordnade i svårighetsordning. Alla lösningar skall ges tydliga motiveringar.

1



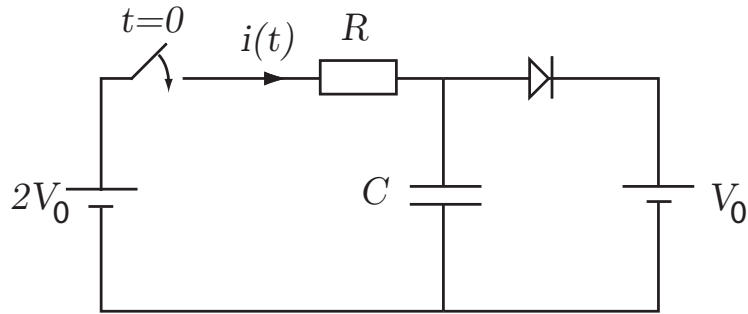
Bestäm kretsens Theveninekvivalent.

2



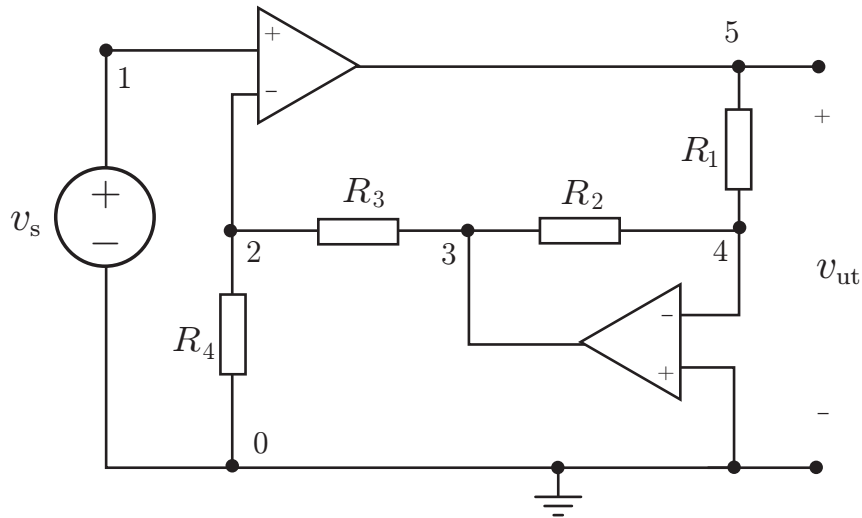
Två resistorer är parallellkopplade till en likspänningskälla, enligt figur. Vardera resistorn består av två stora parallella metallplattor med ytan S och avståndet d mellan plattorna samt ledande material mellan plattorna. Det lite mörkare området mellan vardera platta har konduktiviteten σ_1 medan det ljusare har konduktiviteten σ_2 . I den vänstra resistorn upptar vardera område ytan $S/2$. Bestäm strömmen I uttryckt i S , d , V , σ_1 och σ_2 .

3



Kondensatorn är oladdad vid $t = 0$ och dioden är ideal. Bestäm $i(t)$ för alla tider uttryckt i V_0 , R och C .

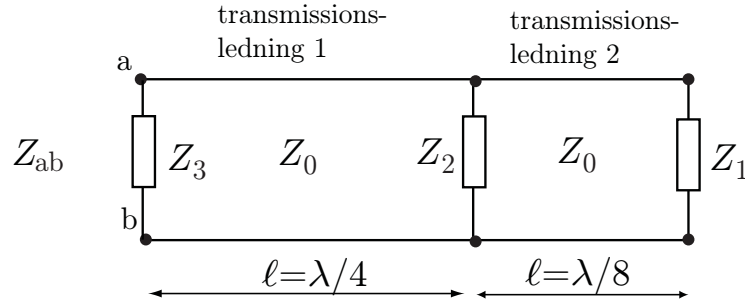
4



Figuren visar en krets med två operationsförstärkare. Bestäm utsignalen v_{ut} .

Resistanserna R_n , $n = 1, 2, 3, 4$ och spänningen v_s är givna. Operationsförstärkarna kan anses vara ideala och noderna är numrerade 0 till 5.

5

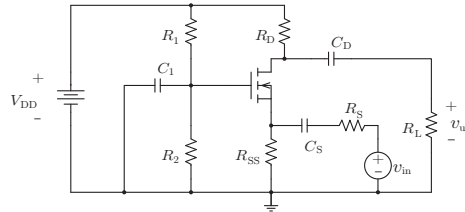


Två förlustfria transmissionsledningar med karakteristisk impedans Z_0 längd $\ell_1 = \lambda/4$ och $\ell_2 = \lambda/8$, λ betecknar våglängden i ledningen, är kopplade enligt figuren. Identiska kretselement med impedansen $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_0$ används som avslutning och koppling mellan transmissionsledningarna.

Bestäm impedansen Z_{ab} mellan nodparet ab.

6

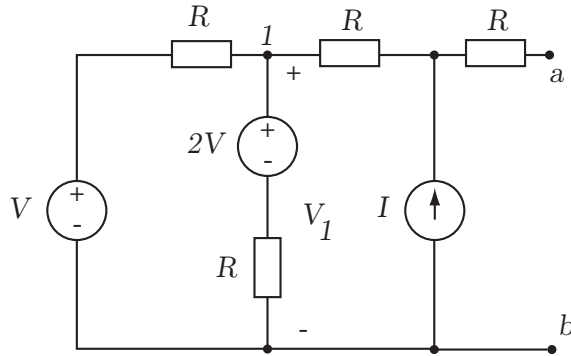
Figuren visar en 'common gate' förstärkare med en NMOS transistor. Likspänningskällan V_{DD} och motstånden R_1, R_2, R_{SS} är valda så att transistorn är i mättnadsområdet. Signalen $v_{in}(t) = V_{in} \cos(\omega t)$ är vald så att $|V_{in}| \ll V_{DD}$ och så att kopplingskapacitansernas impedanser kan försummas. Tröskelspänningen $V_t \ll V_{DD}$ och konstanten K för transistorn är kända.



- Rita kretsschemat för likspänningen V_{DD} (storsignalschemat).
- Bestäm ekvationerna för de två kurvor i $\{V_{GS}, I_D\}$ -planet vars skärningspunkt ger arbetspunkten, dvs V_{GSQ} och I_{DQ} .
- Skissa de två kurvor i $\{V_{GS}, I_D\}$ -planet vars skärningspunkt ger arbetspunkten, dvs V_{GSQ} och I_{DQ} .
- Rita kretsschemat för småsignalerna v_{in}, v_{ut} (r_d kan antas vara oändlig).
- Beräkna g_m . V_{GSQ} och I_{DQ} kan anses vara kända.
- Beräkna v_{ut} .

Lösningförslag

1



Enklast är att använda nodanalys för bestämning av tomgångsspänningen. Inför nodpotentialen V_1 , enligt figur. KCL på nod 1 ger

$$\frac{V_1 - 2V}{R} + \frac{V_1 - V}{R} - I = 0$$

Detta ger

$$V_1 = \frac{RI + 3V}{2}$$

Tomgångsspänningen ges av $V_{TH} = V_1 + RI = \frac{3(V + RI)}{2}$.

Theveninresistansen fås genom att nollställa alla källor. Detta ger

$$R_{TH} = 2R + R/2 = \frac{5}{2}R$$

2

Vi kan använda oss av formeln för resistansen i en ledare med längd ℓ , yta A och konduktivitet σ , $R = \frac{\ell}{\sigma A}$. Den vänstra resistorn kan då ses som två parallellkopplade resistanser med resistanserna $R_1 = \frac{2d}{\sigma_1 S}$ respektive $R_2 = \frac{2d}{\sigma_2 S}$. Det ger resistansen för den vänstra resistorn

$$R_L = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2d}{S(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

Den högra resistorn utgörs av två seriekopplade resistanser med resistanserna $R_3 = \frac{d}{\sigma_1 2S}$ respektive $R_4 = \frac{d}{\sigma_2 2S}$. Resistansen för den högra resistorn blir

$$R_H = R_3 + R_4 = \frac{d}{\sigma_1 2S} + \frac{d}{\sigma_2 2S} = \frac{d}{2S} \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_1 \sigma_2}$$

Totala strömmen ges av

$$I = V \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_H} \right) = \frac{VS}{d} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{2\sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2} \right)$$

3

För negativa tider är spänningen noll eftersom dioden är backspänd. Efter det att kontakten sluts laddas kondensatorn upp. Tidsförloppet ges av

$$v_c(t) = 2V_0 \left(1 - e^{-t/RC}\right)$$

När kondensatorns spänning når spänningen V_0 slutar uppladdningen av kondensatorn. Detta sker då

$$2V_0 \left(1 - e^{-t/RC}\right) = V_0$$

d.v.s. då $t = RC \ln 2$. Detta ger strömmen

$$i(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ \frac{2V_0}{R} e^{-t/RC} & 0 \leq t \leq RC \ln 2 \\ \frac{V_0}{R} & t > RC \ln 2 \end{cases}$$

4

De ideala operationsförstärkarna ger först att $v_2 = v_s$ och $v_4 = 0$.

Nodanalys i noderna 2 och 4 ger.

$$\frac{v_s - v_3}{R_3} + \frac{v_s - 0}{R_4} = 0 \Rightarrow v_3 = \left(\frac{R_3}{R_4} + 1\right) v_s$$

och

$$\frac{0 - v_{ut}}{R_1} + \frac{0 - v_3}{R_2} = 0 \Rightarrow v_{ut} = -\frac{R_1}{R_2} v_3 = -\frac{R_1}{R_2} \left(\frac{R_3}{R_4} + 1\right) v_s$$

5

Förenkla i steg

0) Kretsschemat visas i figuren.

1) Lasten är anpassad $\Gamma = 0$.

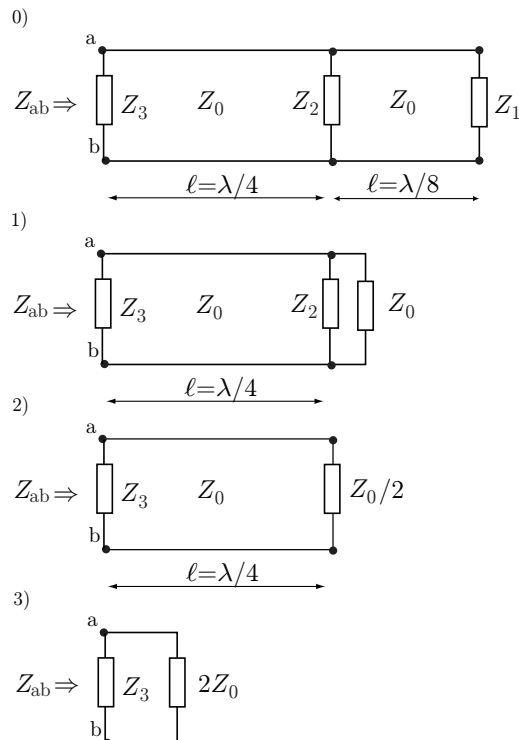
2) Parallellkoppling, ger $Z_L = Z_0/2$.

3) $\beta = 2\pi/\lambda$ ger $\beta\ell = \pi/2$ och med $\cos \pi/2 = 0$ och $\sin \pi/2 = 1$ (kvartsvågstransformator) i

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_L} = 2Z_0.$$

4) Slutligen

$$Z_{ab} = Z_0 // Z_{in} = \frac{2Z_0}{3}$$



6

a) Kretsschemat visas i figuren.

b) Arbetspunkten, Q, för transistorn kan bestämmas med belastningslinjen. KVL längs slingan i figuren ger

$$V_G - V_{GS} - I_D R_{SS} = 0$$

där

$$V_G = V_{DD} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

är potentialen i G. Sambandet i mättnadsområdet är

$$I_D = K(V_{GS} - V_t)^2$$

Lösningen av ekvationssystemet ger arbetspunkten I_{DQ}, V_{GSQ} .

c) Se figur.

d) Se figur.

e) $g_m = 2K(V_{GSQ} - V_t)$.

f) Utsignalen ges av nodanalys. KCL på nod S

$$\frac{-v_{gs} - 0}{R_{SS}} + \frac{-v_{gs} - v_{in}}{R_S} - g_m v_{gs} = 0$$

ger

$$v_{gs} = \frac{-v_{in}}{\frac{R_S}{R_{SS}} + 1 + R_S g_m}$$

och KCL på nod D

$$\frac{v_{ut} - 0}{R_D} + \frac{v_{ut} - 0}{R_L} + g_m v_{gs} = 0$$

med lösning

$$v_{ut} = -g_m v_{gs} \frac{R_D R_L}{R_D + R_L} = \frac{v_{in} g_m}{\frac{R_S}{R_{SS}} + 1 + R_S g_m} \frac{R_D R_L}{R_D + R_L}$$

