Lösningar tentamen i Elektronik för E (del 2), ESS010, 17 december 2013

Uppgift 1

Upprepad spänningsdelning ger

$$A_{\mathrm{vs}} = \frac{R_{\mathrm{L}} R_{\mathrm{in1}} R_{\mathrm{in2}}}{(R_{\mathrm{L}} + R_{\mathrm{ut2}})(R_{\mathrm{ut1}} + R_{\mathrm{in2}})(R_{\mathrm{in1}} + R_{\mathrm{s}})} A_1 A_2$$

Uppgift 2

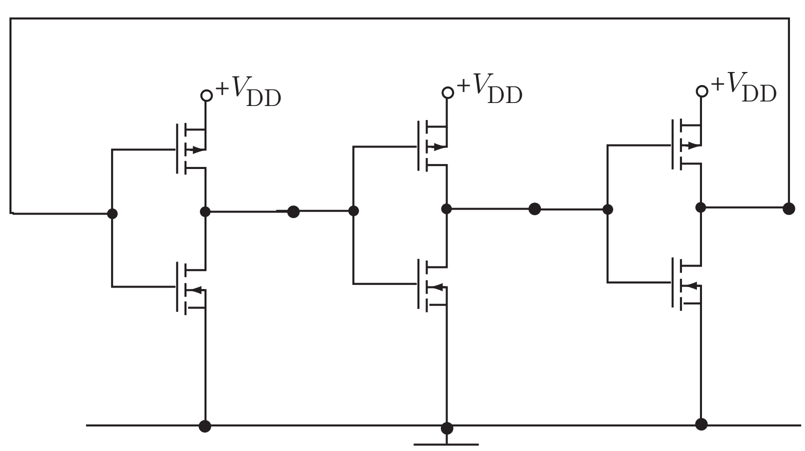
KVL ger $V_{\mathrm{DD}} = R_1 I_{\mathrm{D}} + V_{\mathrm{DS}}$. Detta är ekvationen för den räta linjen i diagrammet.
a) Då $I_{\mathrm{D}} = 0$ är $V_{\mathrm{DD}} = V_{\mathrm{DS}}$. Enligt diagrammet är $V_{\mathrm{DS}} = 14$ V. Detta ger $V_{\mathrm{DD}} = 14$ V. Då $V_{\mathrm{DS}} = 0$ är enligt diagrammet $I_{\mathrm{D}} = 10$ mA. Det ger $R_1 = \dfrac{V_{\mathrm{DD}}}{I_{\mathrm{D}}} = 1400\,\Omega$.
b) Diagrammet ger svaret. När $V_{\mathrm{GS}} = 0.8$ V är transistorn strypt eftersom $V_{\mathrm{GS}} < V_{\mathrm{t}}$. När $V_{\mathrm{GS}} = 2.5$ V är transistorn mättad eftersom skärningspunkten mellan den räta linjen och $V_{\mathrm{GS}} = 2.5$ V ligger i det mättade området. När $V_{\mathrm{GS}} = 5$ V är transistorn i triodområdet.

Uppgift 3

a) Kretsen är en AND-krets. Sanningstabellen ges av

A	B	UT
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

b) För att få en ringoscillator krävs ett udda antal inverterare. Det tar 10 ns för transistorn att slå om. Om vi använder tre inverterare krävs 6 omslag på en period. Det ger $T = 60$ ns och $f = 10^9/60 = 16.7$ MHz. Kretsen ges i figuren.



Uppgift 4

a) Spänningsdelning ger $v_\mathrm{n} = v_\mathrm{p} = \dfrac{R_\mathrm{d}}{R_\mathrm{b} + R_\mathrm{d}} v_\mathrm{b}$. Nodanalys ger

$$\frac{v_\mathrm{n} - v_\mathrm{a}}{R_\mathrm{a}} + \frac{v_\mathrm{n} - v_\mathrm{ut}}{R_f} = 0$$

Det ger

$$v_\mathrm{ut} = -v_\mathrm{a} \frac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{a}} + \left(1 + \frac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{a}}\right) \frac{R_\mathrm{d}}{R_\mathrm{b} + R_\mathrm{d}} v_\mathrm{b}$$

b) Negativ återkoppling ger $v_\mathrm{p} = v_\mathrm{n} = 0$. Nodanalys ger

$$-\frac{v_\mathrm{a}}{R_\mathrm{a}} - \frac{v_\mathrm{b}}{R_\mathrm{b}} - \frac{v_\mathrm{ut}}{R_\mathrm{f}} = 0$$

Det ger utsignalen

$$v_\mathrm{ut} = -\frac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{a}} v_\mathrm{a} - \frac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{b}} v_\mathrm{b}$$

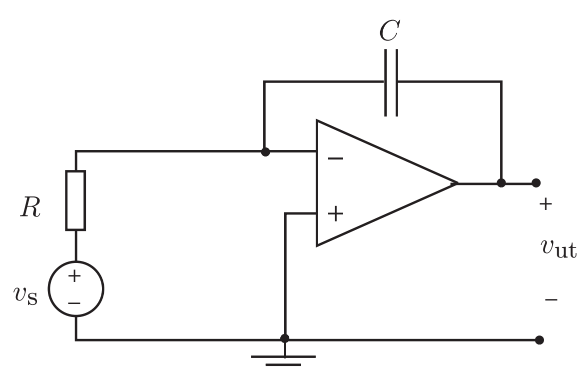
c) Kretsen i a) bör användas. Det är en differensförstärkare och om man väljer $\dfrac{R_\mathrm{b}}{R_\mathrm{d}} = \dfrac{R_\mathrm{a}}{R_\mathrm{f}}$ fås

$$v_\mathrm{ut} = -\frac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{a}} (v_\mathrm{a} - v_\mathrm{b})$$

För att få $v_\mathrm{ut} = 10(v_\mathrm{b} - v_\mathrm{a}) = 10 v_\mathrm{k}$ skall $\dfrac{R_\mathrm{f}}{R_\mathrm{a}} = \dfrac{R_\mathrm{d}}{R_\mathrm{b}} = 10$.

Uppgift 5

Vätskevolymen är tidsintegralen av flödet.
a) Eftersom flödet är proportionellt mot $v_\mathrm{in}(t)$ skall vi ha en krets som integrerar $v_\mathrm{in}(t)$. En sådan krets visas i figuren



b) Utsignalen ges av

$$v_\mathrm{ut}(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_\mathrm{s}(t')\,\mathrm{d}t' = -\frac{k}{RC} \int_0^t f(t')\,\mathrm{d}t' = -\frac{k}{RC} \cdot \text{vätskevolym}$$

Eftersom $v_{\mathrm{ut}}(t)$ är begränsad av $\pm V_{\mathrm{CC}}$ är den maximala vätskevolymen kretsen kan mäta given av

$$\text{Maximal vätskevolym} = \frac{RC}{k} V_{\mathrm{CC}}$$

Det gör att det minsta värdet på RC är

$$RC = \frac{k \cdot \text{Maximal vätskevolym}}{V_{\mathrm{CC}}} = \frac{0.1 \cdot 200}{10} = 2\,\mathrm{s}$$

Uppgift 6

Kontakten öppnas vid tidpunkten t_1 och före det råder ett stationärt tillstånd.
a) Vi antar att det maximala värdet skall gälla $t > t_1$. För $t < t_1$ kan vi bestämma strömmen genom spolen mha jω-metoden. Denna ger

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{V_0}{R_1 + j\omega L} = \frac{V_0}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}} e^{-\mathrm{j}\arctan(\omega L/R_1)}$$

Motsvarande tidsberoende ström är

$$i_{\mathrm{L}}(t) = \frac{V_0}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}} \cos(\omega t - \arctan(\omega L/R_1))$$

Vi får maximal spänning $v_2(t_1) = R_2 i_{\mathrm{L}}(t_1)$ om vi maximerar $i_{\mathrm{L}}(t_1)$. Vi skall alltså välja t_1 så att $\cos(\omega t_1 - \arctan(\omega L/R_1)) = 1$. Det ger $t_1 = \arctan(\omega L/R_1))/\omega$ och $v_2(t_1) = \dfrac{V_0 R_2}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}}$.

<u>Svar:</u> Maximala värdet är $v_2(t_1) = \dfrac{V_0 R_2}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}}$.

b) För $t > t_1$ får vi en RL-krets med begynnelsevillkoret $i_{\mathrm{L}}(t_1) = \dfrac{V_0}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}}$.
Differentialekvationen som bestämmer strömmen är

$$L\frac{di_{\mathrm{L}}(t)}{dt} + (R_1 + R_2) i_{\mathrm{L}}(t) = 0$$

Lösningen ges av

$$i_{\mathrm{L}}(t) = i_{\mathrm{L}}(t_1) e^{-(t-t_1)/\tau}$$

där $\tau = L/(R_1 + R_2)$.
Spänningen $v_2(t)$ ges alltså av
<u>Svar</u> $v_2(t) = \dfrac{V_0 R_2}{\sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2}} e^{-(t-t_1)/\tau}$