1 naloga

Označimo potencial na stičišču L_1, L_2 in C_1 z Y. Iz Kirchoffa sledi:

$$\frac{U_{gen} - Y}{R_1 + i\omega L_1} = \frac{Y}{1/i\omega C_1} + \frac{Y - V_{out}}{i\omega L_2} \tag{1}$$

Poleg tega bo za V_{out} veljalo še:

$$\frac{Y - V_{out}}{i\omega L_2} = \frac{V_{out}}{1/i\omega C_1} + \frac{V_{out}}{R_2} \tag{2}$$

Iščemo razmerje med V_{out} in V_{gen}. Iz enačbe (2) sledi:

$$Y = V_{out}\Big(- \omega^2 L_2 C_1 + i\omega L_2/R_2\Big) \tag{3}$$

Upoštevamo še ω=2π(200 MHz)=1.25·10^9 s^{-1}, L_2C_1=(33·0.047)·10^{-18} s^2 in L_2/R_2=(33/50)·10^{-9} s, pa imamo:

$$Y = V_{out}(-3.80 + 0.83i) \tag{4}$$

Podobno imamo v 1:

$$U_{gen} = Y\Big(i\omega C_1 R_1 - \omega^2 L_1 C_1 - i\frac{1}{\omega L_2/R_1} + L_1/L_2\Big) - V_{out}\Big(-i\frac{1}{\omega L_2/R_1} + L_1/L_2\Big) \tag{5}$$

Zdaj je C_1R_1=(50·0.047)·10^{-9} s, L_1C_1=L_2C_2=1.5·10^{-18} s^2, L_2/R_1=L_2/R_2=0.67·10^{-9} s, L_1/L_2=1, pa je:

$$\begin{aligned} U_{gen} &= Y(2.9\, i - 3.8 - 1.2\, i + 1) - V_{out}(-1.2\, i + 1) \\ &= V_{out}\Big((-3.8 + 0.83\, i)\cdot(-2.8 + 1.7\, i) - (1 - 1.2\, i)\Big) \\ &= V_{out}\Big(10.6 - 8.8\, i - 1.4 - 1 + 1.2\, i\Big) \\ &= V_{out}(8.2 - 7.6\, i) \end{aligned}$$

Amplituda $A^2(\omega)$=| V_{out}/U_{gen} $|^2$, tako da bo

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{8.2^2 + 7.6^2}} = 0.09 \tag{6}$$

2 naloga

Za U_B=U_D zaradi 5 diod verjamemo U_D=3.0 V, U_B=2.3 V, I(C_1)=0 , I(R_E)=2.3 V/2.5 kΩ=0.92 mA. Ko imamo majhne signale u(ω), bo U_B=U_D+u(ω), U_D se ne spreminja s časom in je še vedno enaka 3 V. Zato bo tok skozi emitor enak I_E=0.92 mA+I(ω), kjer je 0.92 mA prispevek zaradi napetosti U_D, I(ω) pa dodatek zaradi u(ω), tako da bo veljalo:

$$I(\omega) = \frac{u(\omega)}{Z(\omega)}, \tag{7}$$

kjer v upornost Z upoštevamo tudi kondenzator, saj le-ta za frekvence večje od 0 začne prevajati. Imamo:

$$\begin{aligned} Z(\omega) &= R_E||(R_1 + 1/i\omega C_1) = \frac{R_E(R_1 + 1/i\omega C_1)}{(R_E + R_1 + 1/i\omega C_1)} \\ &= R_E \frac{(1 + i\omega R_1 C_1)}{1 + i\omega(R_E + R_1)C_1} \end{aligned}$$

Upoštevamo ω=2π(500 Hz)=$3.14\cdot 10^3$ s^{-1}, R_1C_1=$0.33\cdot 10^{-3}$ s, (R_1+R_E)C_1=$1.15\cdot 10^{-3}$ s, tako da je

$$Z(\omega) = 2.5\ k\Omega \frac{1 + 1.\ i}{1 + 3.6\ i} = \frac{2.5\ k\Omega}{1 + 3.6^2}\Big(4.6 - 2.6\ i\Big) \tag{8}$$

Zaradi toka I(ω) se bo napetost na kolektorju premaknila z napetosti brez izvora $U_{C,0}$=U_+-0.92 mA$\cdot R_C$ na U_C=$U_{C,0}$+U(ω), kjer je

$$U(\omega) = -R_C I(\omega) = -\frac{R_C}{Z(\omega)} u(\omega), \tag{9}$$

torej bo:

$$A(\omega) = \frac{R_C}{|Z(\omega)|} = \frac{R_C}{R_E} \frac{1}{\sqrt{4.6^2 + 2.6^2}/(3.6^2 + 1)} = 0.8 \cdot 2.6 = 2.1 \tag{10}$$

Za velike frekvence bo:

$$Z(\omega \to \infty) = R_E \frac{i\omega R_1 C_1}{i\omega(R_E + R_1)C_1} = \frac{R_E R_1}{R_E + R_1}, \tag{11}$$

torej enako kot da bi bila R_E in R_1 vezana vzporedno, saj gre upornost kondenzatorja proti 0. Z($\omega \to \infty$)=2.5$\cdot$1/3.5 kΩ=0.7 kΩ in ojačanje:

$$A(\omega \to \infty) = \frac{2\ k\Omega}{0.7\ k\Omega} = 2.8 \tag{12}$$

3 naloga

Na sliki so vrata ALI. Označimo točko, kjer se združijo spodnji trije vzporedno vezani n-MOSFETi z Y. Če je katerikoli od vhodov A,B,C različen od 0, bo začel eden od spodnjih treh vzporednih n-MOSFETOV prevajati in bo napetost v točki Y enaka 0, saj bo ta vhod hkrati prekinil verigo zaporedno vezanih p-MOSFETov na U_+. Ker bo Y=0, bo od MOSFETov, ki sta povezana z izhodom X, prevajal le zgornji, tako da bo X=1 takrat, ko je vsaj eden od vhodov A,B,C enak 1. Če pa so vsi enaki 0, prevaja veriga p-MOSFETov, tako da je Y=1, torej prevaja spodnji od obeh z X povezanih MOSFETov in je zato X=0.

4 naloga

Najprej poglejmo, kako bo tekla veriga. Zato rabimo zapisane številke v 2-komplementarnem zapisu. Spomnimo se - za 2-koplementarni zapis vzamemo pozitivno število, mu zamenjamo 1 in 0 in prištejemo 1. Tako bomo imeli:

$$-3 = -(011)_2 = (100)_2 + 1 = 101_{2K} \tag{13}$$
$$-2 = -(010)_2 = (101)_2 + 1 = 110_{2K} \tag{14}$$
$$-1 = -(001)_2 = (110)_2 + 1 = 111_{2K} \tag{15}$$

Imamo tri flip-flope z izhodi D_0, D_1 in D_2, tako da ($D_2D_1D_0$) ponazarjajo zapis števila v 2-komplementu. Pred prihodom ure imejmo količine brez oznak, po prihodu ure, ko bo izhod flip-flopa enak vhodu, pa označimo količine z dodatnim indeksom $^{(}+)$, takole $D_i \rightarrow D_i^{(+)}$. Naša naloga je, da iz izhodov za vsako kombinacijo ($D_2D_1D_0$) sestavimo pravilne kombinacije ($D_2^{(+)}D_1^{(+)}D_0^{(+)}$) in jih pokažemo na vhode flip-flopov, da bodo nove vrednost D-jev po prehodu ure enake ($D_2^{(+)}D_1^{(+)}D_0^{(+)}$). Tabela kaže željene vrednosti vhodov $D^{(+)}$ na podlagi izhodov D.

N	D_2	D_1	D_0	$N^{(+)}$	$D_2^{(+)}$	$D_1^{(+)}$	$D_0^{(+)}$
-3	1	0	1	-2	1	1	0
-2	1	1	0	-1	1	1	1
-1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	2	0	1	0
2	0	1	0	3	0	1	1
3	0	1	1	-3	1	0	1
/	1	0	0	1	0	0	1

Dodali smo še izraz za (100), ki pravzaprav pomeni 0 z negativnim predznakom, in jo prisili, da bo šla v stanje (001). Tako imamo pripravljen odziv na vse možne kombinacije vhodnih parametrov. Vrednosti $D_i^{(+)}$ so funkcija treh vhodov, zato si pri minimalni realizaciji pomagamo s Karnaughjevimi diagrami:

$D_0^{(+)}$				
$D_2 \backslash D_1D_0$	00	01	11	10
0	1	0	0	1
1	1	0	0	1

$D_1^{(+)}$				
$D_2 \backslash D_1D_0$	00	01	11	10
0	0	1	1	1
1	0	1	0	1

$D_2^{(+)}$				
$D_2 \backslash D_1D_0$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	0	1

Vidimo, da bo:

$$D_0^{(+)} = \overline{D_0} \tag{16}$$

$$D_1^{(+)} = \overline{D_0}D_1 + D_0\overline{D_1} + D_1\overline{D_2} \tag{17}$$

$$D_2^{(+)} = D_0\overline{D_1}D_2 + D_0D_1\overline{D_2} + \overline{D_0}D_1D_2 \tag{18}$$

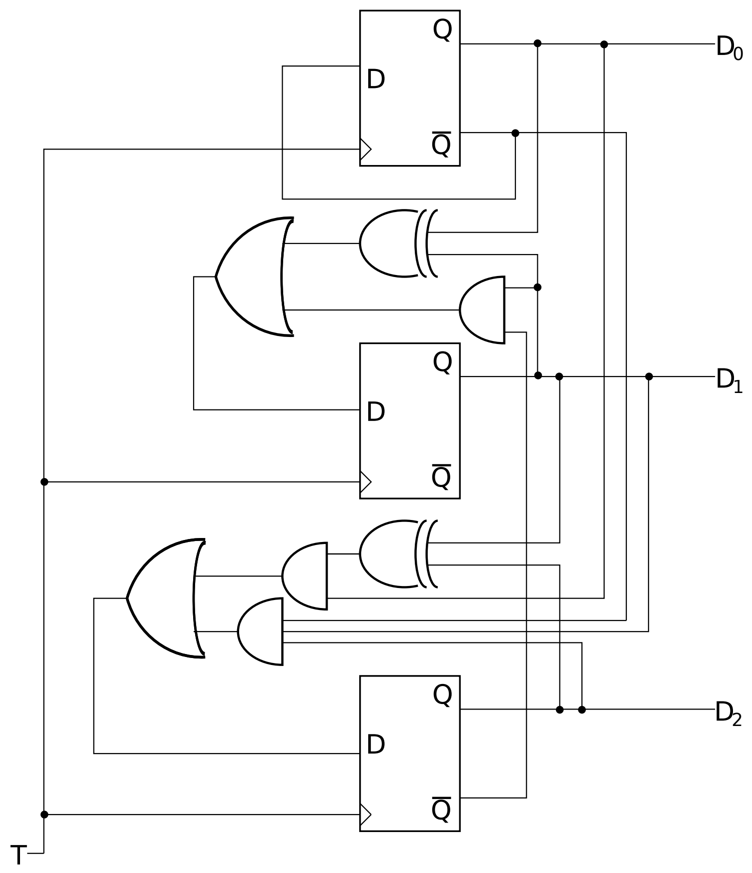
Ker se da funkcija XOR (A $\oplus$ B) zapisati kot A$\oplus$B=$\overline{A}B + A\overline{B}$, lahko poenostavimo:

$$D_0^{(+)} = \overline{D_0} \tag{19}$$

$$D_1^{(+)} = D_0 \oplus D_1 + D_1\overline{D_2} \tag{20}$$

$$D_2^{(+)} = D_0(D_1 \oplus D_2) + \overline{D_0}D_1D_2 \tag{21}$$

Potem rešitev še narišemo, recimo takole:



Q
D
$\overline{Q}$
D_0
Q
D
$\overline{Q}$
D_1
Q
D
$\overline{Q}$
D_2
T