

] Za Q_2 velja

$$I_{DS}^{(2)} = \frac{I_{DSS}}{U_T^2} (U_{GS}^{(2)} - U_T)^2$$

$$\frac{4}{5}$$
$$\frac{1}{5}$$

Tok skozi Q_1 in Q_2 je enak (Kirchoffov izrek za tokove), zato je $I_{DS} = 1.2 \text{ mA}$. Določimo torej $U_{GS}^{(2)} - U_T$:

$$U_{GS}^{(2)} - U_T = + \sqrt{\frac{I_{DS}^{(2)}}{\left(\frac{I_{DSS}}{U_T^2}\right)}} = + \sqrt{\frac{I_{DS}^{(2)}}{k}} = + \sqrt{\frac{1.2 \text{ mA}}{0.66 \text{ mA/V}^2}} \text{ V}$$
$$= +1.34 \text{ V}$$

$$k = \frac{I_{DSS}}{U_T^2} = \frac{1.7 \text{ mA}}{(-1.6 \text{ V})^2} = 0.66 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

$$U_{GS}^{(2)} - U_T = 1.34 \text{ V}$$

$$U_{GS}^{(2)} = U_T + 1.34 \text{ V} = -1.6 \text{ V} + 1.34 \text{ V} = -0.26 \text{ V}$$

Vrata (G) Q_2 so ozemljena; $U_G^{(2)} = 0$.

$$U_G^{(2)} - U_S^{(2)} = -0.26 \text{ V}$$

$$U_S^{(2)} = 0.26 \text{ V}$$

Zaradi npr. prostosti tranzistorja v nasičenju R_{on} bo $I_{DS}^{(2)} \neq 0$.

$$\text{Velja: } R_{on} = \frac{U_{DS}}{I_{DS}} = \frac{U_{DS}^{(2)}}{I_{DS}^{(2)}} \Rightarrow U_{DS}^{(2)} = R_{on} \cdot I_{DS}^{(2)}$$

$$U_{DS}^{(2)} = U_D^{(2)} - U_S^{(2)} = 375 \Omega \cdot 1.2 \text{ mA} = 0.45 \text{ V}$$

$$U_D^{(2)} = U_S^{(2)} + U_{DS}^{(2)} =$$

$$= 0.26 \text{ V} + 0.45 \text{ V} = 0.71 \text{ V}$$

Ker je Q_1 enak Q_2 , bo $U_{GS}^{(1)} = U_{GS}^{(2)} = -0.26 \text{ V}$, kar sta D(Q_2) in S(Q_1) povezana s črto, bo $U_S^{(1)} = U_D^{(2)} = 0.71 \text{ V}$;

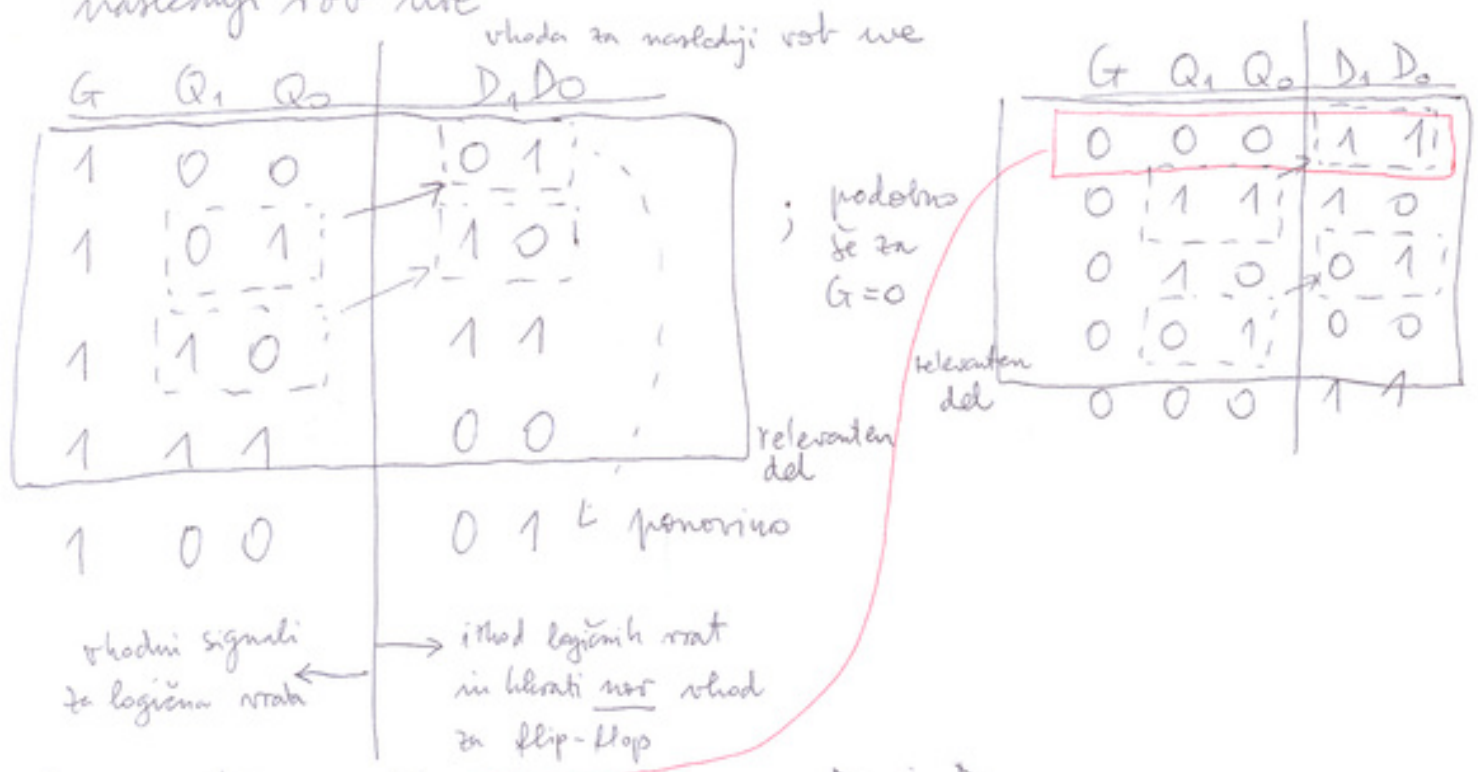
$$U_G^{(1)} - U_S^{(1)} = U_{GS}^{(1)} \Rightarrow U_G^{(1)} = U_S^{(1)} + U_{GS}^{(1)} = 0.71 \text{ V} - 0.26 \text{ V} = \underline{\underline{0.45 \text{ V}}}$$

2. Imamo par vhodov (D_1, D_0) in par izhodov iz D flip-flopov. Ko štejemo navzgor ($G=1$), morata biti izhoda:

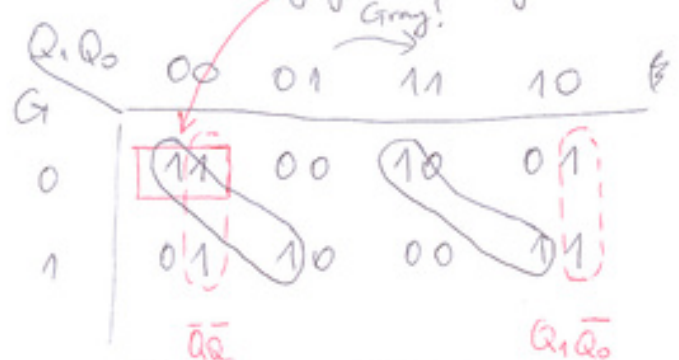
G	Q_1	Q_0
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

~~1/5~~
2/5

Iz vhodov Q_1 in Q_0 moramo sestaviti vhoda D_1 in D_0 za naslednji rob ure



Sestavimo Karnaughjev diagram za D_1 in D_0



za D_0 dobimo $\bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + Q_1 \bar{Q}_0 = \bar{Q}_0 (\bar{Q}_1 + Q_1) = \bar{Q}_0$

za D_1 pa imamo 4×1 : $\bar{Q}_0 \bar{Q}_1 \bar{G} + G \bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + \bar{G} Q_0 Q_1 + G Q_1 \bar{Q}_0 =$

→ razdeljemo na 3

$$G(\bar{Q}_1 Q_0 + Q_1 \bar{Q}_0) + \bar{G}(\bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + Q_1 Q_0)$$

3/5

to bi sicer že lahko napisali, a lahko še malo poenostavimo)

$$\overline{\bar{Q}_1 \bar{Q}_0 + Q_1 Q_0} = \overline{\bar{Q}_1 \cdot \bar{Q}_0} + \overline{Q_1 Q_0}$$

de Morgan:

$$A + B = \overline{\bar{A} \cdot \bar{B}}$$

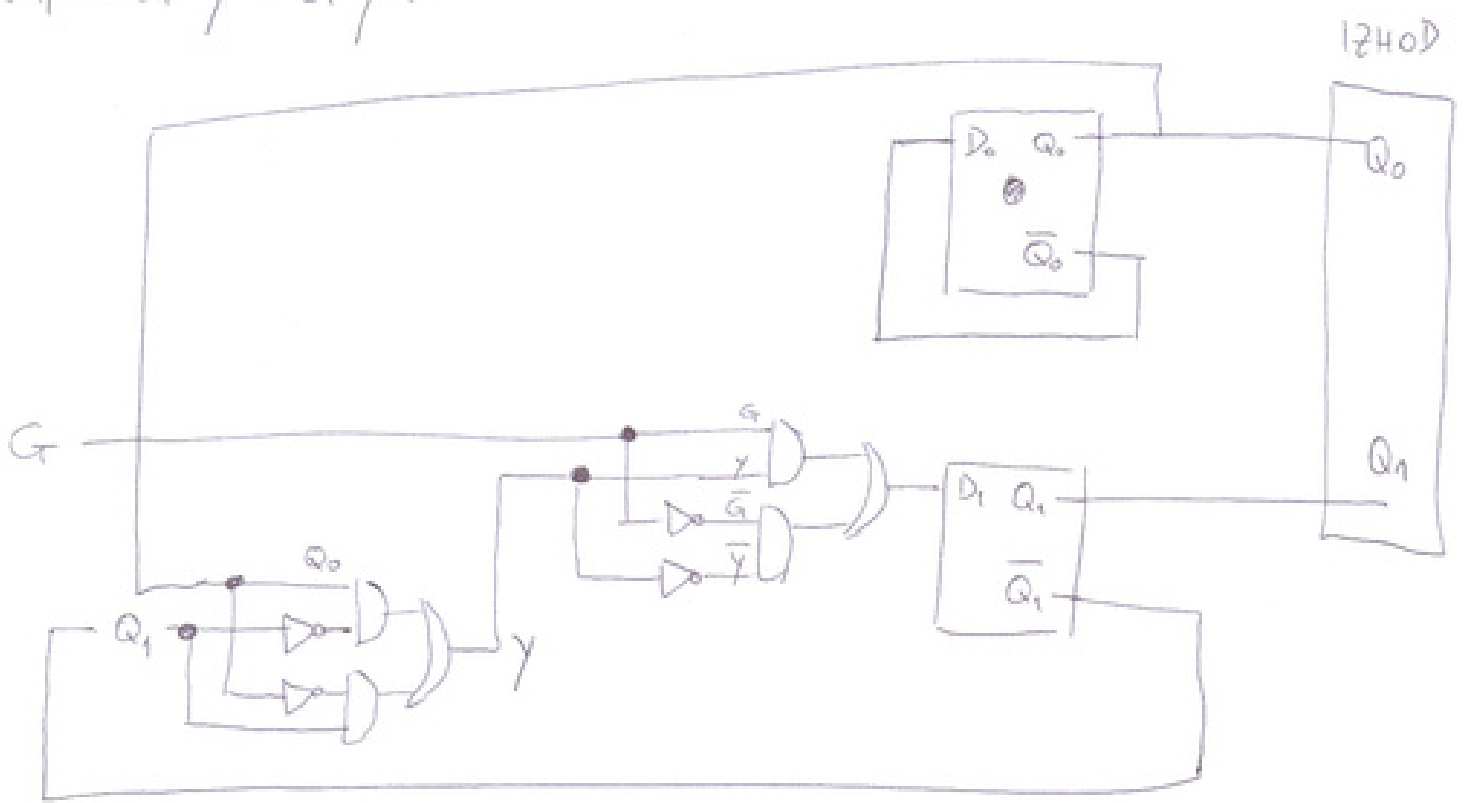
$$= \overline{(\bar{Q}_1 + \bar{Q}_0)(Q_1 + Q_0)} = \overline{(Q_1 + Q_0)(\bar{Q}_1 + \bar{Q}_0)}$$

$$A \cdot B = \overline{\bar{A} + \bar{B}}$$

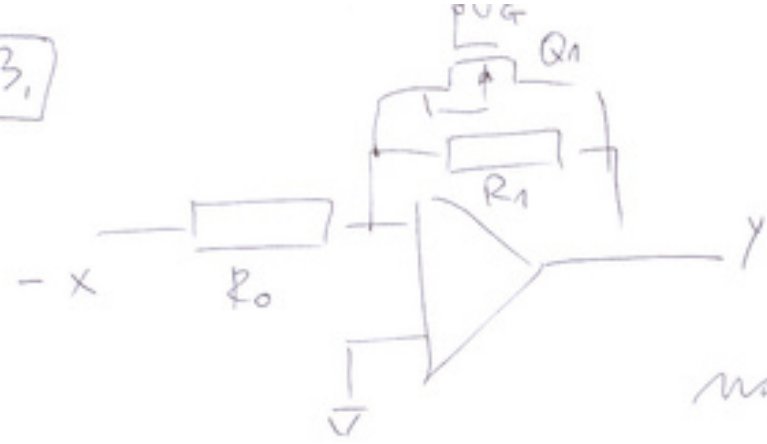
$$= \overline{Q_1 \bar{Q}_1 + Q_1 \bar{Q}_0 + Q_0 \bar{Q}_1 + Q_0 \bar{Q}_0} = \overline{Q_1 \bar{Q}_0 + Q_0 \bar{Q}_1}$$

Torej, če določim $Y = Q_1 \bar{Q}_0 + Q_0 \bar{Q}_1$, to

$$D_1 = G \cdot Y + \bar{G} \bar{Y}$$

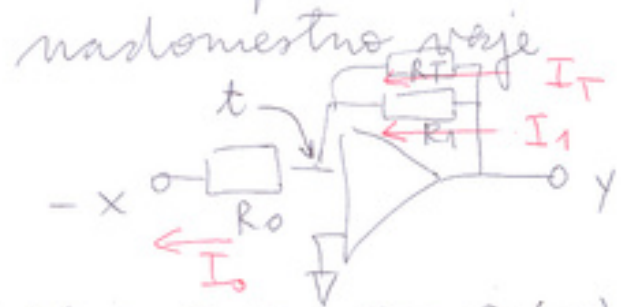


3.



-x je negativen, tok teče od y k -x. 4/5

Q1 je le nastavljen upor RT. Mislimo si nadomestno prave



Želimo si ojačanje za faktor -2 ⇒ $y = -2 \cdot (-x) = 2x$

~~Faktor bo odjalo~~ V splošnem pa bo toku skozi R1 in R0 enaka toku skozi R0, v točki t pa bo potencial enak 0 (virtualna zemlja, 2. zlato pravilo).

transistor $I_T = I_{DS} = \frac{y}{R_T} = \frac{U_{DS}}{R_T}$
 upor $I_1 = \frac{y}{R_1}$ $I_0 = \frac{-(-x)}{R_0} = \frac{x}{R_0}$

$$I_1 + I_T = I_0$$

$$\frac{y}{R_1} + \frac{y}{R_T} = \frac{x}{R_0}, \quad y = 2x \Rightarrow \frac{2}{R_1} + \frac{2}{R_T} = \frac{1}{R_0}$$

$$\frac{2}{R_T} = \frac{1}{R_0} - \frac{2}{R_1} =$$

$$= \frac{1}{283 \Omega} - \frac{2}{1,2 k\Omega} =$$

$$= \frac{1}{535,6 \Omega}$$

$$R_T = 2 \cdot 535,6 \Omega = \underline{\underline{1071,2 \Omega}}$$

Kalčno naj bo 5/5
 Zdaj uporabimo enačbo za upor tranzistorja:

$$R_T = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{2k(U_{GS} - U_T)} \Rightarrow U_{GS} - U_T = \frac{1}{2kR_T}$$

$$U_{GS} - U_T = \frac{1 \cdot V}{2 \cdot 0,3 \text{ mA} \cdot 1071,2 \Omega} = 1,55 \text{ V}$$

$$U_{GS} = \underbrace{U_T}_{2 \text{ V}} + 1,55 \text{ V} = 3,55 \text{ V}$$

ker je U_S povezan z virtualno zemljo, je $U_{GS} = U_G = \underline{\underline{3,55 \text{ V}}}$

Poglejmo, koliko je ojačanje za izbrane vhodne napetosti:

Pri $u_1 = -250 \text{ mV}$, bi bil izhod 500 mV , Takrat je napetost med izvorom in ponorom (U_{DS}) še vedno manjša od $(U_{GS} - U_T)$ in 1. tranzistor še ni v nasičenju, torej NE velja $I_{DS} = k(U_{GS} - U_T)^2$ in 2. še vedno velja dovolj dobro linearni približek $\rightarrow I_{DS} = 2k((U_{GS} - U_T) \cdot U_{DS} - \frac{U_{DS}^2}{2})$

Pri $u_1 = -1,5 \text{ V}$ pa bi bil $U_{DS} (=y, \text{ izhod}) = 3 \text{ V}$. Takrat greno v nasičenje ($U_{DS} > U_{GS} - U_T = 1,55 \text{ V}$), zato se enačba

opre za y sprejme:

$$I_1 = \frac{y}{R_1} \stackrel{\text{Kirkhoff}}{=} I_0 - I_T = 5,3 \text{ mA} - 0,73 \text{ mA} = 4,57 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_T = k(U_{GS} - U_T)^2 = 0,3 \text{ mA/V}^2 \cdot (1,55 \text{ V})^2 = \underline{\underline{0,73 \text{ mA}}} \text{ neodvisno od } y$$

$$I_0 = \frac{U_1}{R_0}; \quad x = 1,5 \text{ V} \quad I_0 = \frac{1,5 \text{ V}}{283 \Omega} = \underline{\underline{5,3 \text{ mA}}}$$

$$y = R_0 I_1 = 1,2 \text{ k}\Omega \cdot 4,57 \text{ mA} = 5,49 \text{ V}$$