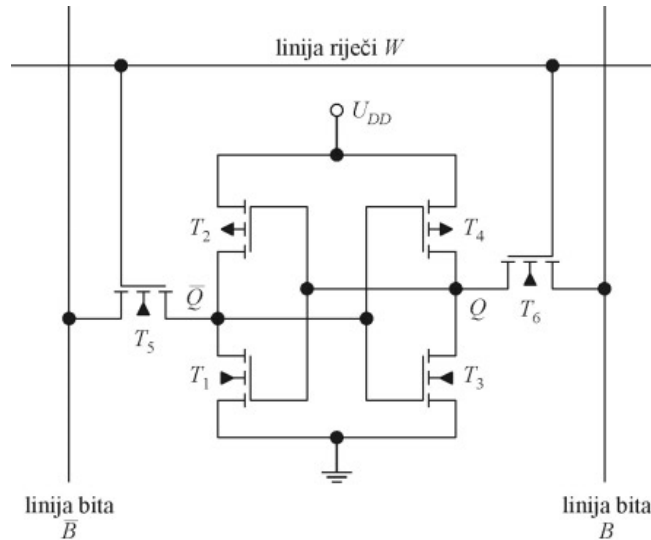


**1.** Dužine kanala svih tranzistora u statičkoj RAM ćeliji na slici su  $L = 0,2 \mu\text{m}$ , širine kanala tranzistora  $T_1$  i  $T_3$  su  $W_{1,3} = 0,3 \mu\text{m}$ , tranzistora  $T_2$  i  $T_4$  su  $W_{2,4} = 0,5 \mu\text{m}$ , a tranzistora  $T_5$  i  $T_6$  su  $W_{5,6} = 0,4 \mu\text{m}$ . Parametri tranzistora su:  $K_n' = 250 \mu\text{A/V}^2$ ,  $K_p' = -70 \mu\text{A/V}^2$ ,  $U_{GS0n} = -U_{GS0p} = 0,45 \text{ V}$ ,  $U_{DSz0sn} = 0,35 \text{ V}$ ,  $U_{DSz0sp} = -0,55 \text{ V}$ ,  $\lambda_n \approx 0$  i  $\lambda_p \approx 0$ , a napon napajanja  $U_{DD} = 1,8 \text{ V}$ . Uz pretpostavku da je u ćeliju zapisana 1, te da su kapaciteti obje linije bita jednaki  $C_B = 400 \text{ fF}$  odrediti razliku napona koje će se uspostaviti između linija bita u kroz vrijeme čitanja od  $\Delta t = 350 \text{ ps}$ . Pretpostaviti da su prije čitanja oba voda bita prednabijena na napon napajanja  $U_{DD}$ . Zanemariti utjecaj napona podloge na napon praga.



- ☐ a.  $\Delta u = 141 \text{ mV}$
- ☐ b.  $\Delta u = 129 \text{ mV}$
- ☐ c.  $\Delta u = 115 \text{ mV}$
- ☐ d.  $\Delta u = 87,6 \text{ mV}$
- ☐ e.  $\Delta u = 98,5 \text{ mV}$

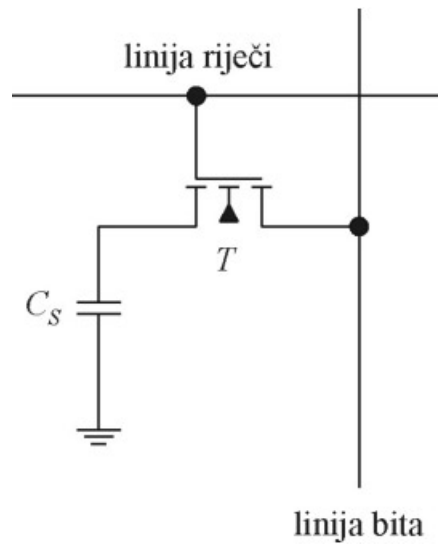
krenemo od toga da je upisana 1 pa tranzistori T4 i T1 vode, tako imamo na  $\bar{Q} = 0$  i  $Q = 1$ , odredimo  $u_{\bar{Q}}$  po jednadžbi izvedenoj u skripti u primjeri 7.1., tada sa tim  $u_{\bar{Q}}$  odredimo  $I_{D1}$ , nadalje sa tom se  $I_{D1}$  izbija  $C_{\bar{B}}$  isto prema izrazu iz primjera 7.1, samo sam ja

$$K_n' \frac{W_5}{L_5} \left( U_{DD} - u_{\bar{Q}} - U_{GS0n}^0 - \frac{U_{DSz0sn}}{2} \right) U_{DSz0sn} = K_n' \frac{W_1}{L_1} \left( U_{DD} - U_{GS0n} - \frac{u_{\bar{Q}}}{2} \right) u_{\bar{Q}}.$$

$$u_{\bar{Q}} = \frac{O_{W15} (U_{DD} - U_{GS0n}^0) + U_{DSz0sn} - \sqrt{U_{DSz0sn}^2 (1 + O_{W15}) + O_{W15}^2 (U_{DD} - U_{GS0n}^0)^2}}{O_{W15}}.$$

$$O_{W15} = W_1/W_5, \quad I_{D1} = K_n' \frac{W_1}{L_1} \left( U_{DD} - U_{GS0n} - \frac{u_{\bar{Q}}}{2} \right) u_{\bar{Q}} \quad \Delta t = \frac{C_B \Delta u}{I_{D1}}$$

**2 .** Pri čitanju sadržaja dinamičkog RAM-a na slici linija bita prednabija se na napon  $U_{DD}/2 = 0,9$  V. Koliki mora biti kapacitet  $C_S$  da se pri čitanju logičke 0 napon na liniji bita promijeni za  $\Delta U_B(0) = -100$  mV, ako je kapacitet linije bita  $C_B = 350$  fF? Kolika je uz takav kapacitet  $C_S$  promjena napona  $\Delta U_B(1)$  na liniji bita pri čitanju logičke 1, ako je pri upisu logičke 1 napon praga nMOS tranzistora  $U_{GS0} = 0,65$  V?



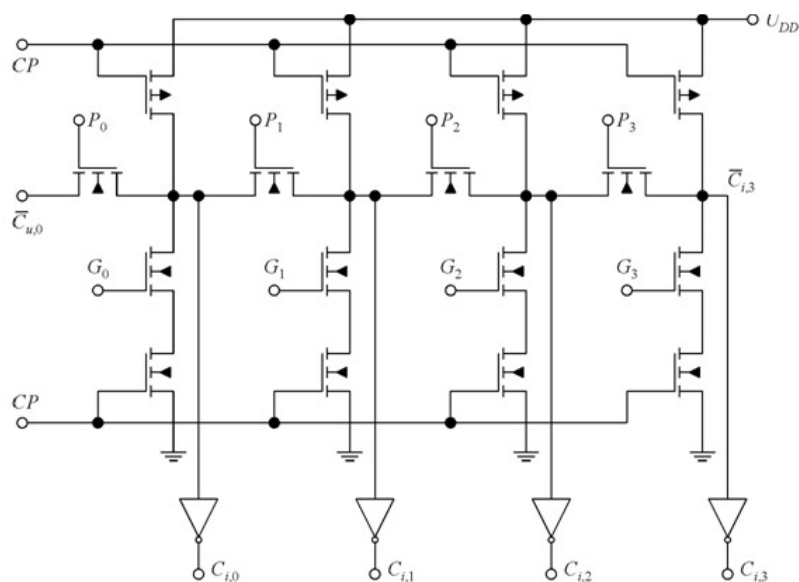
- ☐ a.  $C_S = 35,4$  fF,  $\Delta U_B(1) = 15,6$  mV
- ☐ b.  $C_S = 46,7$  fF,  $\Delta U_B(1) = 37,6$  mV
- ☐ c.  $C_S = 43,8$  fF,  $\Delta U_B(1) = 27,8$  mV
- ☐ d.  $C_S = 62,2$  fF,  $\Delta U_B(1) = 33,5$  mV
- ☐ e.  $C_S = 54,5$  fF,  $\Delta U_B(1) = 42,3$  mV

skripta malo ispod primjera 7.1. , malo izvrtiti jednadžbe i gotovo....

$$C_S U_{CS} + C_B \frac{U_{DD}}{2} = (C_B + C_S) \left( \frac{U_{DD}}{2} + \Delta U_B \right), \quad \Delta U_B = \frac{C_S}{C_B + C_S} \left( U_{CS} - \frac{U_{DD}}{2} \right).$$

$$\Delta U_B(0) = -\frac{C_S}{C_B + C_S} \frac{U_{DD}}{2}, \quad \Delta U_B(1) = \frac{C_S}{C_B + C_S} \left( \frac{U_{DD}}{2} - U_{GS0n} \right),$$

**3 .** U analizi kašnjenja sklop za generiranje izlaznog prijenosa Manchester 4-bitnog zbrajala lančanog prijenosa sa slike može se nadomjestiti  $RC$  lancem, pri čemu se vrijeme kašnjenja može računati primjenom Elmoreove vremenske konstante. Uz minimalne tranzistore nadomjesni otpori i kapaciteti  $RC$  lanca su međusobno jednaki i iznose  $R = 4 \text{ k}\Omega$  i  $C = 3,5 \text{ fF}$ . Kašnjenje lanca može se smanjiti ako se tranzistori idući od izlaza prema ulazu izvedu s postupno širim kanalima. Koliko je vrijeme kašnjenja lanca ako je faktor povećanja širine kanala tranzistora  $k = 1,6$ ?



☐ a.  $t_d = 87,3 \text{ ps}$

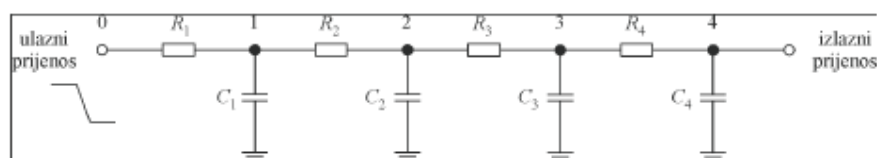
☐ b.  $t_d = 108 \text{ ps}$

☒ c.  $t_d = 66,7 \text{ ps}$

☐ d.  $t_d = 121 \text{ ps}$

☐ e.  $t_d = 43,9 \text{ ps}$

skripta primjer 8.2.



$$t_d = 0,69 [R_1 C_1 + (R_1 + R_2) C_2 + (R_1 + R_2 + R_3) C_3 + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) C_4].$$

$$t_d = 0,69 \tau_{DN} = 0,69 \sum_{i=1}^N C_i \sum_{j=1}^i R_j, \quad t_d = 0,69 [R_1 C_1 + (R_1 + R_2) C_2 + (R_1 + R_2 + R_3) C_3 + (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) C_4].$$

$$t_d = 0,69 RC (1 + 2k + 3k^2 + 4k^3) / k^3.$$

budući da su otpori isti slijedi