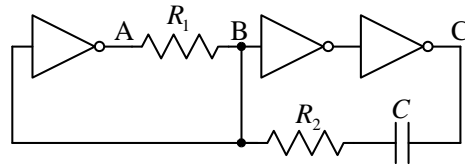


5. CMOS invertori u kolu sa slike 5 su idealni sa zaštitnim diodama na ulazu. Poznati parametri kola su: $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$, $V_{DD} = 5 \text{ V}$.

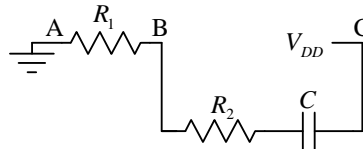
- [9] Izračunati i nacrtati vremenske dijagrame napona u tačkama A, B i C.
- [3] Odrediti vrednost kapacitivnosti kondenzatora C tako da učestanost oscilovanja bude 1 MHz.
- [3] Odrediti maksimalni moguć odnos otpornosti otpornika R_2 i R_1 tako da kolo još uvek može da osciluje.



Slika 5

Rešenje:

Neka je u početnom trenutku $v_A = 0$, $v_C = V_{DD}$. Tada je i $v_B > \frac{V_{DD}}{2}$. Ekvivalentna šema kola izgleda kao na sledećoj slici



Parametri koji opisuju promene u kolu su

$$\tau = (R_1 + R_2)C$$

$$v_B(\infty) = 0$$

Ovo znači da napon tačke B opada prema nuli, i da će u jednom trenutku pasti na napon praga CMOS invertora. To se dešava u trenutku 0^- :

$$v_B(0^-) = \frac{V_{DD}}{2}$$

Kako napon kondenzatora ostaje nepromenjen za vreme trenutnih promena u kolu, potrebno je odrediti njegovu vrednost u ovom trenutku

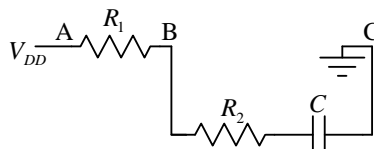
$$v_{CON}(0^-) = V_{DD} - \frac{R_2 + R_1}{R_1} v_B(0^-) = V_{DD} - \frac{R_2 + R_1}{R_1} \frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} \left(1 - \frac{R_2 + R_1}{2R_1} \right) = V_{DD} \frac{R_1 - R_2}{2R_1}$$

Kao posledica pada napona tačke B na napon praga invertora menja se vrednost napona na izlazima invertora:

$$v_A(0^+) = V_{DD}$$

$$v_C(0^+) = 0$$

Ekvivalentna šema sada izgleda kao na sledećoj slici



$$v_B(0^+) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{CON}(0^+) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_{CON}(0^-) =$$

$$= \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} \left(R_2 - \frac{R_1 - R_2}{2} \right) = \frac{V_{DD}}{2} \frac{3R_2 - R_1}{R_1 + R_2} = 0$$

Parametri koji opisuju promene u kolu su

$$\tau = (R_1 + R_2)C$$

$$v_B(\infty) = V_{DD}$$

Napon tačke B dakle raste prema naponu V_{DD} . Do promene u kolu dolazi kada ovaj napon dostigne napon praga CMOS invertora

$$v_B(T_1^-) = \frac{V_{DD}}{2}$$

$$T_1 = \tau \ln \frac{v_B(\infty) - v_B(0^+)}{v_B(\infty) - v_B(T_1^-)} = (R_1 + R_2)C \ln 2$$

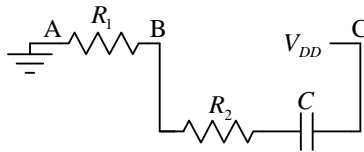
$$v_{CON}(T_1^-) = - \left(v_B(T_1^-) - R_2 \frac{V_{DD} - v_B(T_1^-)}{R_1} \right) = -V_{DD} \frac{R_1 - R_2}{2R_1}$$

Kao posledica porasta napona tačke B do napona praga invertora menja se vrednost napona na izlazima invertora:

$$v_A(T_1^+) = 0$$

$$v_C(T_1^+) = V_{DD}$$

Ekvivalentna šema sada izgleda kao na sledećoj slici



$$v_B(T_1^+) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{DD} - v_{CON}(T_1^+)) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (V_{DD} - v_{CON}(T_1^-)) =$$

$$= \frac{V_{DD}}{2} \frac{3R_1 - R_2}{R_1 + R_2} = V_{DD}$$

Parametri koji opisuju promene u kolu su

$$\tau = (R_1 + R_2)C$$

$$v_B(\infty) = 0$$

Napon tačke B dakle opada do nule. Do promene u kolu dolazi kada ovaj napon padne na vrednost napona praga CMOS invertora

$$v_B(T_2^-) = \frac{V_{DD}}{2}$$

$$T_2 = \tau \ln \frac{v_B(\infty) - v_B(T_1^+)}{v_B(\infty) - v_B(T_2^-)} = (R_1 + R_2)C \ln 2$$

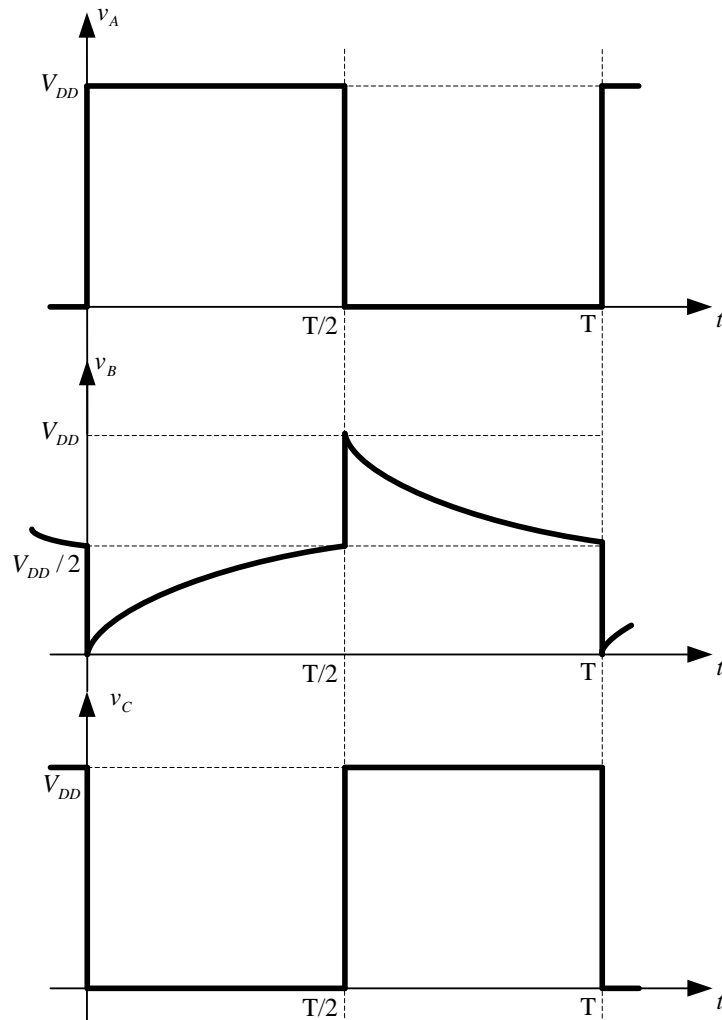
Kao posledica pada napona tačke B na napon praga invertora menja se vrednost napona na izlazima invertora:

$$v_A(T_2^+) = V_{DD}$$

$$v_C(T_2^+) = 0$$

Ovim je završena analiza jednog ciklusa oscilacija u kolu.

$$T = T_1 + T_2 = 2(R_1 + R_2)C \ln 2$$



b)

$$C = \frac{1}{2f(R_1 + R_2)\ln 2} = 180 \text{ pF}$$

c) Uslov da kolo osciluje je da je u prvoj poluperiodi

$$v_B(0^+) < \frac{V_{DD}}{2}$$

$$\frac{V_{DD}}{2} \frac{3R_2 - R_1}{R_1 + R_2} < \frac{V_{DD}}{2}$$

$$R_2 < R_1$$

i u drugoj poluperiodi

$$v_B(T_1^+) > \frac{V_{DD}}{2}$$

$$\frac{V_{DD}}{2} \frac{3R_1 - R_2}{R_1 + R_2} > \frac{V_{DD}}{2}$$
$$R_1 > R_2$$

Oba uslova daju isti rezultat.