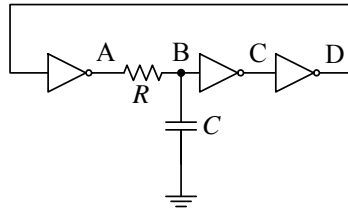


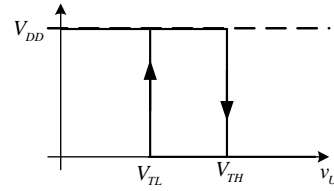
4. U astabilnom multivibratoru sa slike 4.a napon napajanja CMOS logičkih kola je $V_{DD} = 5V$, a prenosna karakteristika kola prikazana je na slici 4.b, gde je $V_{TL} = 2V$, $V_{TH} = 3V$. Kašnjenje kroz logička kola je $t_d = 15ns$, $R = 100\Omega$ i $C = 100pF$.

a) [10] Za kolo sa slike 4.a izračunati i nacrtati jedan ispod drugog vremenske dijagrame napona u tačkama A, B, C i D.

b) [5] Izračunati frekvenciju oscilovanja kola sa slike 4.a.



Slika 4.a



Slika 4.b

Rešenje:

Neka je u početnom trenutku napon tačke B takav da je u tački C logička jedinica, odnosno

$$v_C = V_{DD}, v_D = 0, v_A = V_{DD}.$$

Da bi ovo bilo ispunjeno napon tačke B mora biti manji od praga V_{TH} . Da bi kolo uopšte oscilovalo takođe mora napon tačke B da raste. Ekvivalentna šema dela kola od interesa prikazana je na slici 4.c.

Očigledno je da napon tačke B raste prema V_{DD} , tako da će u jednom trenutku dostići napon V_{TH} .

U trenutku $t = 0^-$ napon tačke B dostiže $v_B(0^-) = V_{TH}$, ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački C zbog kašnjenja invertora, tako da ekvivalentna šema sa slike 4.c i dalje važi i napon tačke B i dalje raste.

U trenutku $t = t_d^-$ dolazi do promene napona u tački C koji sada postaje $v_C = 0$, ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački D. I dalje važi ekvivalentna šema sa slike 4.c

U trenutku $t = 2t_d^-$ dolazi do promene napona u tački D koji sada postaje $v_D = V_{DD}$, ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački A. I dalje važi ekvivalentna šema sa slike 4.c.

U trenutku $t = 3t_d^-$ dolazi do promene napona u tački A tako da se menja ekvivalentna šema. Nova ekvivalentna šema prikazana je na slici 4.d.

Parametri napona u tački B određuju se na osnovu poznate početne vrednosti $v_B(0^+) = V_{TH}$ i parametara kola sa slike 4.c, $v_B(\infty) = V_{DD}$ i $\tau = RC$:

$$v_B(3t_d^+) = v_B(3t_d^-) = V_{DD} + (V_{TH} - V_{DD})e^{-\frac{3t_d}{RC}} \approx V_{DD}.$$

$v_B(3t_d^+)$ predstavlja u stvari $v_B(0^+)$ za sledeći interval posmatranja ponašanja kola. Ostali parametri su, prema slici 4.d

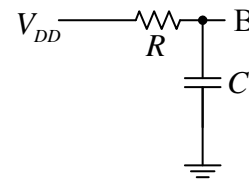
$$v_B(\infty) = 0, \tau = RC.$$

Nakon što prođe vreme $t = T_1^-$ napon tačke B je pao do donjeg praga logičkog kola

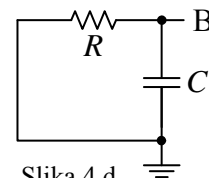
$$v_B(T_1^-) = V_{TL},$$

$$T_1 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_{TL}} = 9.16ns,$$

ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački C zbog kašnjenja invertora, tako da ekvivalentna šema sa slike 4.d i dalje važi i napon tačke B dalje opada.



Slika 4.c



Slika 4.d

U trenutku $t = T_1 + t_d^-$ dolazi do promene napona u tački C koji sada postaje $v_C = V_{DD}$, ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački D. I dalje važi ekvivalentna šema sa slike 4.d.

U trenutku $t = T_1 + 2t_d^-$ dolazi do promene napona u tački D koji sada postaje $v_D = 0$, ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački A. I dalje važi ekvivalentna šema sa slike 4.d.

U trenutku $t = T_1 + 3t_d^-$ dolazi do promene napona u tački A tako da se menja ekvivalentna šema. Nova ekvivalentna šema ista je kao i početna, prikazana na slici 4.c.

Parametri napona u tački B određuju se na osnovu poznate početne vrednosti $v_B(0^+) = V_{TL}$ i parametara kola sa slike 4.c, $v_B(\infty) = 0$ i $\tau = RC$:

$$v_B(3t_d^+) = v_B(3t_d^-) = V_{TL} e^{-\frac{3t_d}{RC}} \approx 0.$$

$v_B(3t_d^+)$ predstavlja u stvari $v_B(0^+)$ za sledeći interval posmatranja ponašanja kola. Ostali parametri su, prema slici 4.d

$$v_B(\infty) = V_{DD}, \tau = RC.$$

Nakon što prođe vreme $t = T_2^-$ napon tačke B porastao je do gornjeg praga logičkog kola

$$v_B(T_2^-) = V_{TH}, T_2 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{TH}} = 9.16 \text{ ns},$$

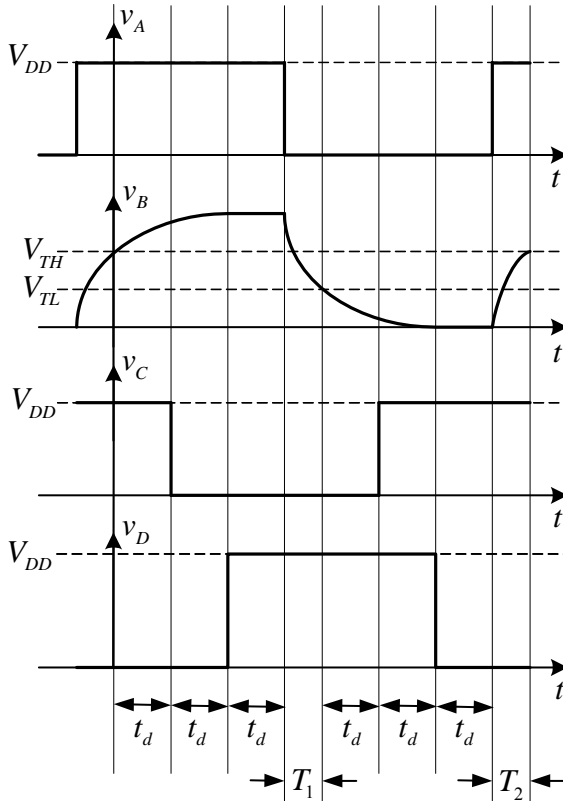
ali još uvek ne dolazi do promene napona u tački C zbog kašnjenja invertora, tako da ekvivalentna šema sa slike 4.d i dalje važi i napon tačke B dalje opada. Ovim je završeno posmatranje jednog ciklusa koji se odvija u kolu.

Vremenski dijagrami napona u tačkama A, B, C i D prikazani su na slici 4.e.

Frekvencija oscilovanja kola iznosi

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_1 + T_2 + 6t_d},$$

$$f = \frac{1}{RC \ln \frac{V_{DD}^2}{(V_{DD} - V_{TH})V_{TL}} + 6t_d} \approx 9.23 \text{ MHz}$$



Slika 4.e