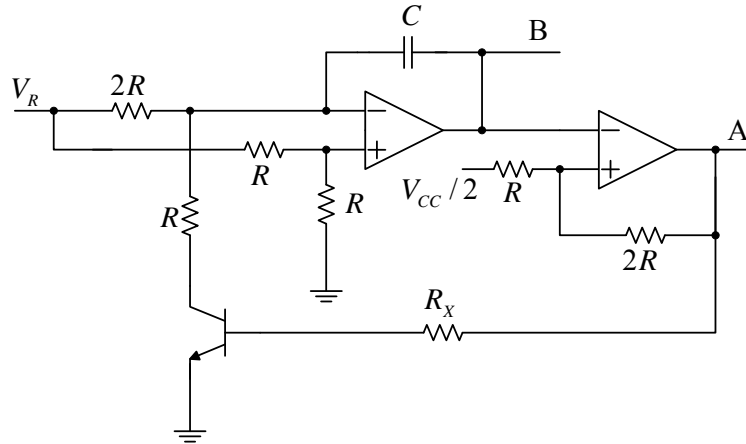


Zadatak.

- a) Izračunati frekvenciju oscilovanja kola sa slike u funkciji ulaznog napona V_R .
- b) Izračunati i nacrtati talasne oblike napona u tačkama A i B ako je $V_R = 5V$. Napajanje operacionih pojačavača je jednostruko, $V_{CC} = 10V$. $R = 50k\Omega$, $R_X = 10k\Omega$, $C = 50nF$, $\beta \rightarrow \infty$, $V_{CES} = 0V$.



Rešenje:

Pre samog određivanja ponašanja kola, pogodno je dato kolo ekvivalentirati prostijom šemom. Potrebno je najpre primetiti da je »+« priključak levog (prema slici) operacionog pojačavača vezan za konstantan potencijal, jednak polovini napona V_R . Dalje, kako je strujno pojačanje tranzistora beskonačno, a napon između kolektora i emitora u zasićenju nula, to se tranzistor može predstaviti kao idealan prekidač. Takođe, desni (prema slici) operacioni pojačavač predstavlja invertujući komparator sa histerezisom čiji su pragovi

$$V_{TL} = \frac{V_{CC}}{3} = 3.33V$$

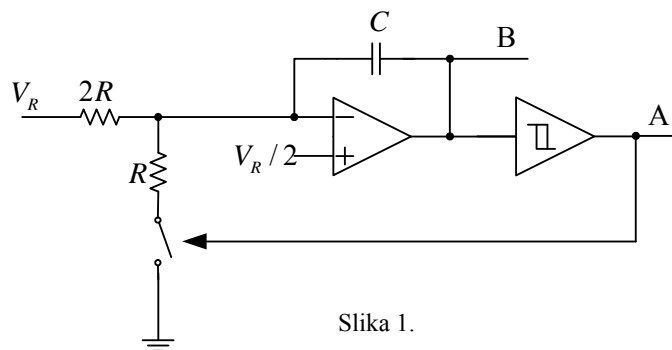
$$V_{TH} = \frac{2V_{CC}}{3} = 6.67V$$

Ekvivalentna šema kola nakon prve iteracije prikazana je na slici 1. Sa slike se vidi se da je otpornik $2R$ vezan između dve tačke konstantnog potencijala, što znači da kroz njega teče konstantna struja. Isto važi i za njemu susedni otpornik R koji ili visi ili je vezan između mase i tačke konstantnog potencijala. Na osnovu ove analize kolo se može dalje uprostiti, kako je prikazano na slici 2.

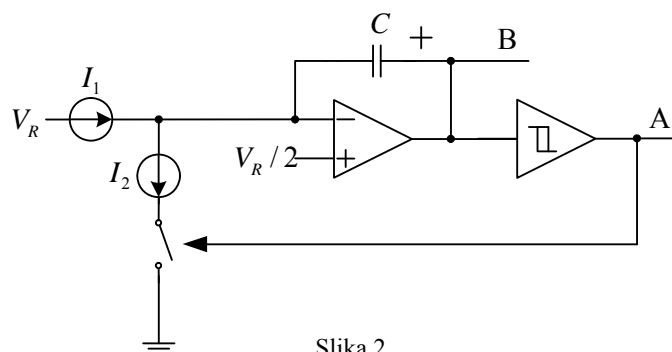
Strujni izvori sa slike određeni su sa

$$I_1 = \frac{V_R - \frac{V_R}{2}}{2R} = \frac{V_R}{4R}$$

$$I_2 = \frac{V_R}{2R}$$



Slika 1.



Slika 2.

Sada se može pristupiti analizi ponašanja kola.

Pretpostavimo da je u početnom trenutku napon tačke A visok

$$v_A = V_{CC}$$

Ovo znači da je prekidač uključen i da teče struja I_2 . Kako je $I_2 > I_1$ zaključujemo da se kondenzator puni tj, da napon tačke B raste. U trenutku $t = 0^-$ napon tačke B dostiže vrednost praga V_{TH}

$$v_B(0^-) = 2 \frac{V_{CC}}{3}$$

tako da se izlaz komparatora menja, i postaje

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

Prekidač se isključuje, i kondenzator se prazni strujom I_1 . Kako je napon tačke B zbir konstantnog potencijala i napona kondenzatora koji ne može da trenutno promeni svoju vrednost, to ni napon tačke B ne može da trenutno promeni svoju vrednost, odnosno

$$v_B(0^-) = v_B(0^+) = 2 \frac{V_{CC}}{3}$$

Kako napon kondenzatora koji se puni/prazni konstantnom strujom u opštem slučaju predstavlja linearnu funkciju vremena

$$v_{CON}(t) = v_{CON}(0^+) \pm \frac{I}{C}t$$

isto važi i za napon tačke B

$$v_B(t) = \frac{V_R}{2} + v_{CON}(t)$$

odnosno za dati slučaj

$$v_B(t) = V_B(0^+) - \frac{I_1}{C}t = 2 \frac{V_{CC}}{3} - \frac{V_R}{4RC}t$$

U trenutku $t = T_1^-$ napon tačke B pada do vrednosti praga V_{TL}

$$v_B(T_1^-) = \frac{V_{CC}}{3}$$

$$\frac{V_{CC}}{3} = 2 \frac{V_{CC}}{3} - \frac{V_R}{4RC}T_1$$

$$T_1 = \frac{4RC}{3} \frac{V_{CC}}{V_R}$$

tako da se izlaz komparatora ponovo menja, i postaje

$$v_A(T_1^+) = V_{CC}$$

Već je pokazano da napon tačke B ne može da trenutno promeni svoju vrednost

$$v_B(T_1^-) = v_B(T_1^+) = \frac{V_{CC}}{3}$$

Prekidač se uključuje i kondenzator se puni razlikom struja I_2 i I_1 , tako da napon tačke B raste

$$v_B(t) = v_B(T_1^+) + \frac{I_2 - I_1}{C}t = \frac{V_{CC}}{3} + \frac{V_R}{4RC}t$$

Nakon protoka vremena $t = T_2^-$ napon tačke B još jednom dostiže vrednost praga V_{TH} , čime je završen jedan ciklus oscilacija u kolu

$$v_B(T_2^-) = 2 \frac{V_{CC}}{3}$$

$$2 \frac{V_{CC}}{3} = \frac{V_{CC}}{3} + \frac{V_R}{4RC} T_2$$

$$T_2 = \frac{4RC}{3} \frac{V_{CC}}{V_R}$$

Frekvencija oscilovanja kola iznosi

$$f = \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{3}{8RC} \frac{V_R}{V_{CC}} = 15V_R$$

b) Za $V_R = 5V$ važi:

$$t \in [0, T_1]$$

$$V_A = 0V$$

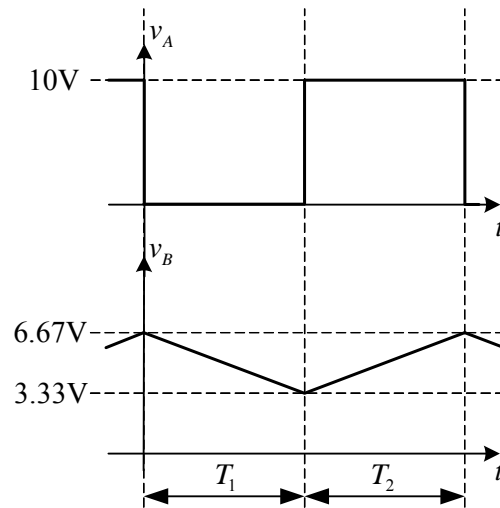
$$V_B(t) = \frac{20}{3} - 500t$$

$$t \in [T_1, T_1 + T_2]$$

$$V_A = 10V$$

$$V_B = \frac{10}{3} + 500t$$

Traženi talasni oblici napona prikazani su na slici 3.



Slika 3.