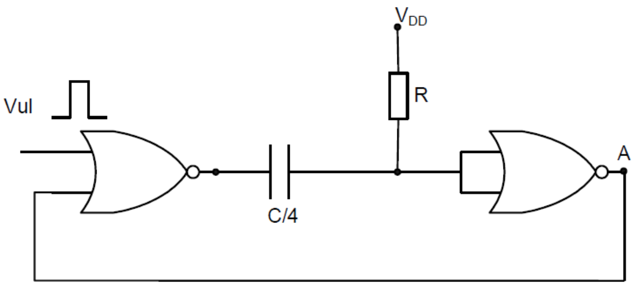
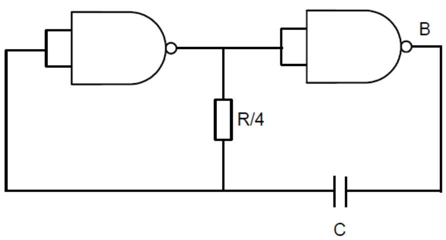
MULTIVIBRATORSKA KOLA

1. Nacrtati vremenski oblik napona u tačkama A i B. Koliko je trajanje impulsa na izlazu monostabilnog multivibratora, a kolika perioda napona kod astabilnog multivibratora? Poznato je: R=2KΩ,C=1μF.



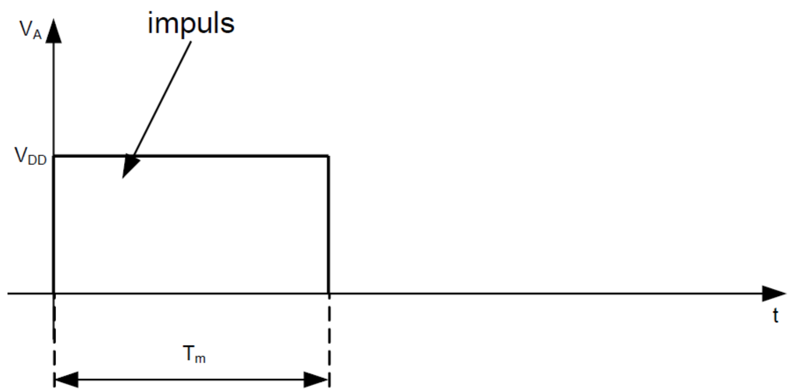
Slika 1.



Slika 2.

Monstabilni multivibrator je prikazan na slici 1. Prije dovođenja pobudnog impulsa na ulaz (V_{ul}), napon na izlazu monostabilnog multivibratora je V_A=0 i to je stacionarno stanje ovog multivibratora. Da bi se napon na izlazu monostabilnog multivibratora promijenio potrebno je da se, dovođenjem okidnog impulsa na ulaz, monostabilni multivibrator izbaci iz stacionarnog stanja. Nakon dovođenja impulsa na ulaz (V_{ul} sa slike 1) mijenja se stanje na izlazu monostabilnog multivibratora, V_A na slici 3. Sada će biti napon na izlazu V_A=V_{DD} i taj napon traje T_m=$\tau_m$ln2, gdje τ_m- vremenska konstanta (računa se kao proizvod otpornosti otpornika kroz koji protiče struja kojom se puni i prazni kondenzator i kapacitivnosti tog kondenzatora). U našem zadatku će vremenska konstanta biti $\tau_m = R\frac{C}{4}$, a trajanje impulsa:

$$T_m = \tau_m \ln 2 = \frac{RC}{4} \ln 2 = \frac{2K\Omega 1\mu F}{4} \cdot 0.69 = 0.345ms$$



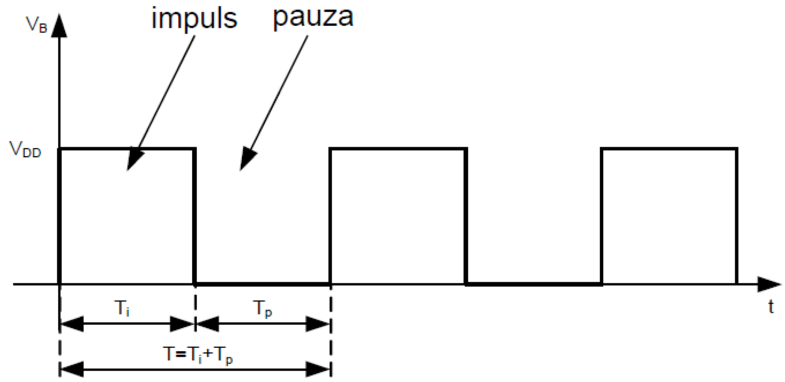
Slika 3.

Astabilni multivibrator je prikazan na slici 2. Na izlazu astabilnog multivibratora (V_B) će biti povorka pravougaonih impulsa. Impulsi i pauze su jednakog trajanja koje iznosi:

$$T_i = T_p = \tau \ln 3$$

pri čemu je τ vremenska konstanta i jednaka je proizvodu otpornosti otpornika kroz koji protiče struja kojom se puni i prazni kondenzator i kapacitivnosti tog kondezatora $\tau = \frac{R}{4}C$. Odavde slijedi da je

$$T_i = T_p = \frac{R}{4}C\ln 3 = \frac{2k\Omega 1\mu F}{4}1.1 = 0.55ms$$

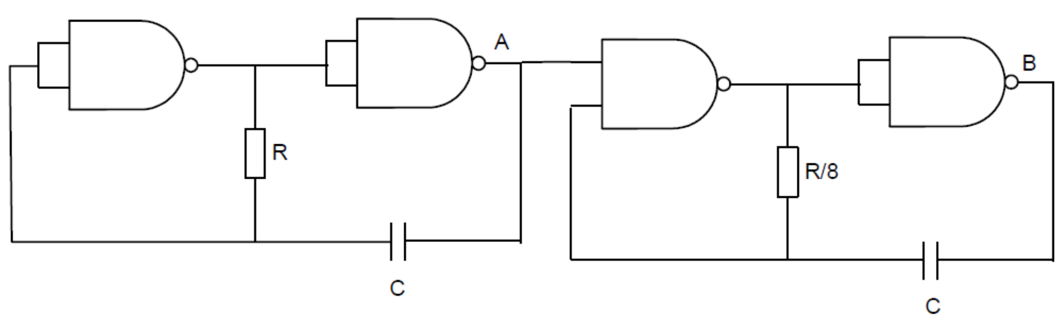


Slika 4.

Kod napona V_B, se ponavljaju impulsi i pauze, pa je perioda ponavljanja napona jednaka zbiru trajanja impulsa i pauze:

$$T = T_i + T_p = 2 \cdot 0.55ms = 1.1ms$$

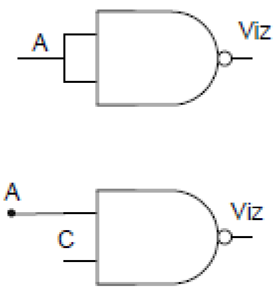
2. Nacrtati vremenski oblik izlaznog napona u tačkama A i B. Koliko perioda napona iz tačke B ima za vrijeme trajanja napona jednog impulsa u tački A. Poznato je: R=2KΩ,C=1μF.



Slika 5.

Napon u tački A je napon na izlazu astabilnog multivibratora i predstavlja povorku pravougaonih impulsa trajanja. Ovaj napon je prikazan na slici 7. Drugi dio (dio između tačaka A i B) se razlikuje od astabilnog multivibratora po tome što su ulazi prvog NI kola razdvojeni, dok su kod astabilnog multivibratora bili spojeni. Tabela istine NI kola sa spojenim ulazima je data na slici 6. Lako je zaključiti da će u ovom slučaju NI kolo obavljati funkciju invertora.

Pogledajmo sada tabelu istine NI kola sa razdvojenim ulazima. U slučaju kada je na ulaz A-gornji ulaz, dovedena logička “0”, izlaz NI kola će biti 1 bez obzira na to što je na donjem ulazu C.



A	Viz
0	1
1	0

A	C	Viz
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Slika 6.

Na osnovu prethodno razmatranog i donje tabele sa slike 6, zaključujemo da će napon u tački D (tačka koja razdvaja dva NI kola sa slike 6) biti jednak logičkoj jedinici sve dok je napon u tački A jednak logičkoj nuli. Ovaj napon, logička “1”, se dovodi na ulaz zadnjeg NI kola sa slike 5, a kako ovo NI kolo ima spojene ulaze, napon u tački B će biti jednak „0”. Zaključujemo da će, u slučaju kada je napon u tački A jednak nuli i napon u tački B biti konstantan i jednak nuli.

U slučaju kada je V_A=”1”, NI kolo na izlazu daje invertovanu vrijednost napona iz tačke C (slika 6). Ako sada ovo primijenimo na sliku 5 vidimo da se drugi dio šeme svodi na astabilni multivibrator sve dok je u tački A logička jedinica.

Trajanje “1” u tački A, jednako je:

$$T_i = RC\ln 3$$

za to vrijeme drugi dio šeme radi kao astabilni multivibrator i na njegovom izlazu, u tački B, će se smjenjivati logičke “1“ i „0“ sa trajanjem:

$$T_{i2} = T_{p2} = \frac{RC}{8}\ln 3$$

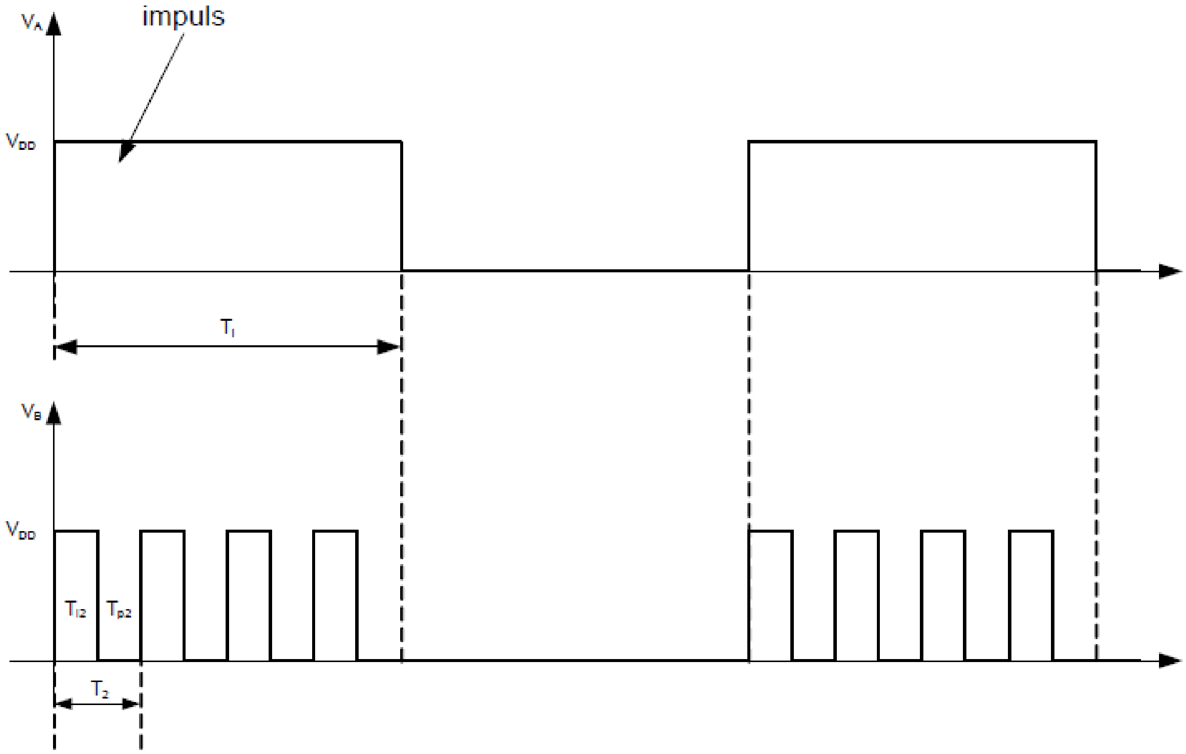
Perioda napona u tački B je sada:

$$T_2 = T_{i2} + T_{p2} = 2\frac{RC}{8}\ln 3 \quad \text{tj.} \quad T_2 = \frac{RC}{4}\ln 3$$

pa će ih za vrijeme trajanja jednog impulsa u tački A ukupno biti:

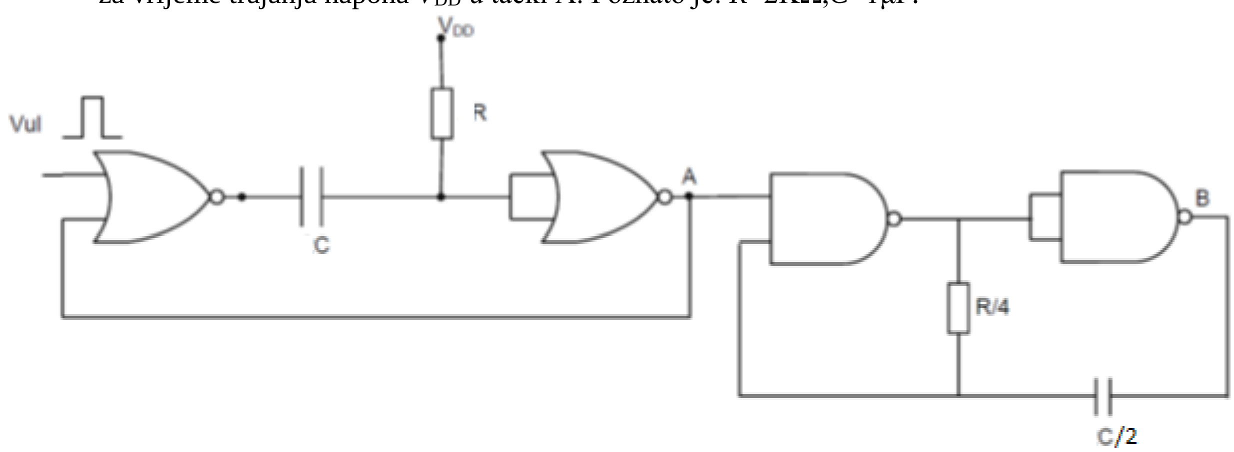
$$N = \frac{T_i}{T_2} = \frac{RC\ln 3}{\frac{RC}{4}\ln 3} = 4$$

periode napona iz tačke B.



Slika 7.

3. Nacrtati vremenski oblik izlaznog napona u tačkama A i B. Koliko perioda napona iz tačke B ima za vrijeme trajanja napona V_{DD} u tački A. Poznato je: R=2KΩ,C=1μF.



Slika 8.

Nakon dovođenja pobudnog impulsa na ulaz (Vul) u tački A se pojavljuje impuls. Taj impuls traje:

$$T_{i1} = RC\ln 2$$

nakon čega se u tački A opet dobija “0”.

Na osnovu izloženog u prethodnom zadatku zaključujemo da drugi dio kola sa slike 8 između tačke A i B, radi kao astabilni multivibrator samo za vrijeme trajanja impulsa u tački A. Dakle, za vrijeme trajanja impulsa u tački A, na izlazu drugog dijela kola, tačka B, će se smjenjivati impulsi i pauze. Trajanje impulsa i pauze je jednako i iznosi:

$$T_{i2} = T_{p2} = \frac{RC}{8}\ln 3$$

Perioda napona u tački B je sada:

$$T_2 = T_{i2} + T_{p2} = 2\frac{RC}{8}\ln 3 = \frac{RC}{4}\ln 3$$

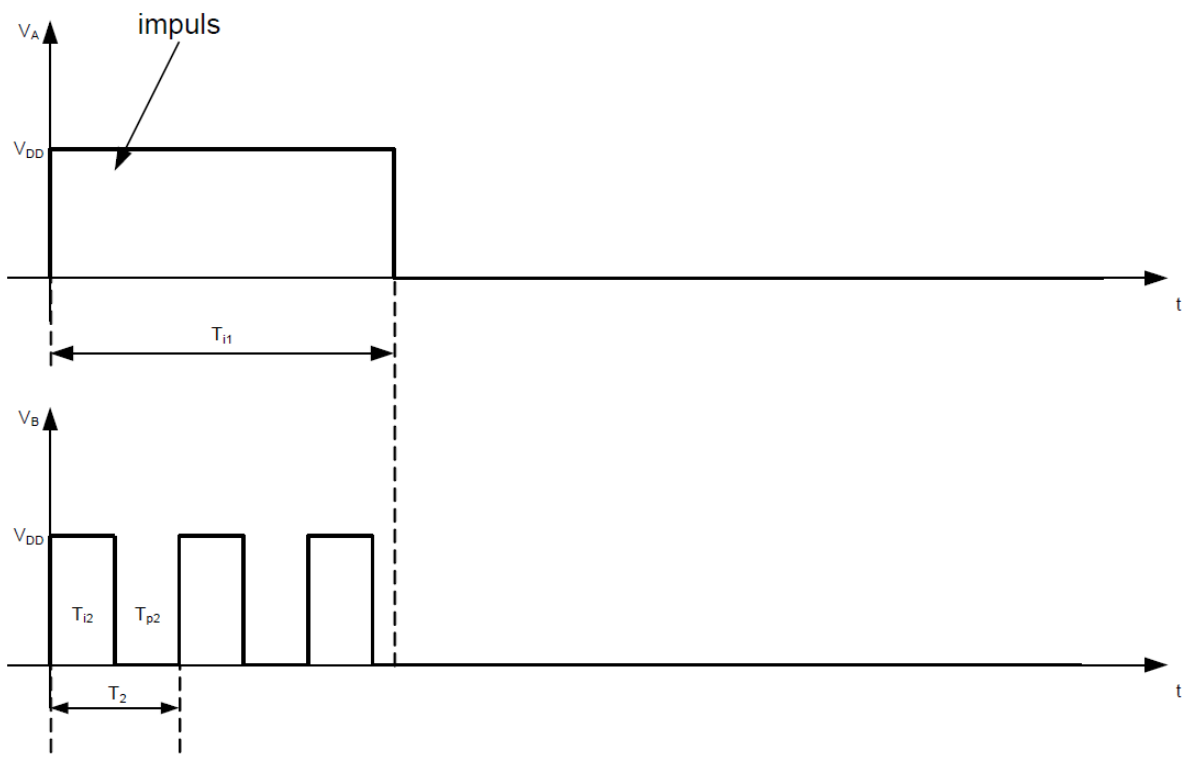
Vrijeme u toku kojeg drugi dio kola radi kao astabilni multivibrator je vrijeme trajanja logičke jedinice u tački A:

$$T_{i1} = T_{p1} = RC\ln 2$$

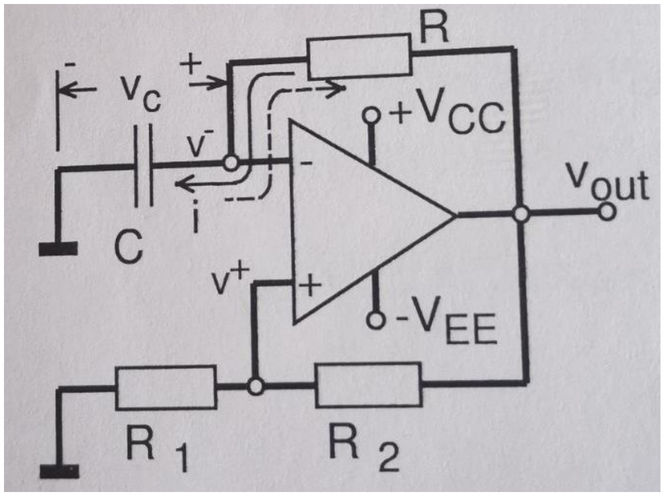
i u toku tog vremena imamo:

$$N = \frac{RC\ln 2}{\frac{RC}{4}\ln 3} = \frac{4\ln 2}{\ln 3} = 4\frac{0.69}{1.1} = 2.52$$

periode napona u tački B. Dakle, dvije pune periode, a pošto je trajanje impulsa i pauze jednako zaključujemo iz 2.52 da je i od treće periode završen impuls i počela pauza, prije nego što se napon u tački A promijenio na "0" i dao i napon u tački B jednak "0". Vremenski oblik izlaznog napona je :



4. Izračunati vrijednost učestanosti oscilovanja astabilnog multivibratora sa slike. Takođe prikazati vremenske dijagrame napona $V+$, $V-$ i Vout. Poznati su R_1, R_2, R, C, V_{CC} i V_{EE}. Operacioni pojačavač je idealan.



1. Neka je $V_{out}=V_{CC}$ i kondenzator je prazan. U ovom slučaju je:

$$V^+ = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} \quad (1)$$

Sada je

$$V_{CC} = Ri + \frac{1}{C}\int i dt \qquad / \frac{d}{dt}$$

$$0 = R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i \quad \text{->} \quad \frac{di}{i} = -\frac{dt}{RC} \qquad /\int$$

$$\ln i = -\frac{t}{RC} + A \quad \text{->} \quad i = e^{-\frac{t}{RC}+A} = e^{-\frac{t}{RC}}e^{A} = e^{-\frac{t}{RC}}B \qquad (2)$$

Napon na kondenzatoru je $V_C = V^- = V_{CC} - Ri$ (3)

Zamjenom (3) u (2) dobijamo: $V_C = V^- = V_{CC} - Re^{-\frac{t}{RC}}B$ (4)

Ako uzemo da je $V_C(0^-) = 0$ (5) i $V_C(0^+) = V_{CC} - RB$ (6), a kako se napon na kondenzatoru ne može trenutno promjeniti, dobijamo da je:

$$B = \frac{V_{CC}}{R} \quad (7)$$

Sada je izraz (4) $V^- = V_{CC} - Re^{-\frac{t}{RC}}\frac{V_{CC}}{R} = V_{CC}(1-e^{-\frac{t}{RC}})$ (8)

Izlazni napon će biti jednak $V_{out} = V_{CC}$ sve dok je $V^+ > V^-$ tj.

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} > V_{CC}(1-e^{-\frac{t}{RC}}) \text{ -> } \quad e^{-\frac{t}{RC}} > (1-\frac{R_1}{R_1+R_2}) \text{ tj. } e^{-\frac{t}{RC}} > \frac{R_2}{R_1+R_2} \quad \text{/ln ->}$$

$$-\frac{t}{RC} > \ln\frac{R_2}{R_1+R_2} \text{ -> } \quad t < -RC\ln\frac{R_2}{R_1+R_2} = RC\ln\frac{R_1+R_2}{R_2} = T_1$$

Napon na kondenzatoru C u trenutku t=T_1 je:

$$V_C(t=T_1) = V^+ = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}$$

2. Nakon trenutka t=T_1 napon na izlazu postaje V_{out}=-V_{EE} dok je $V^+ = -\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}$.

Sada je $-V_{EE} = -Ri - \frac{1}{C}\int idt \quad / \frac{d}{dt}$

$0 = R\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}i$ -> $\frac{di}{i} = -\frac{dt}{RC} \quad /\int$

$\ln i = -\frac{t}{RC} + A$ -> $i = e^{-\frac{t}{RC}+A} = e^{-\frac{t}{RC}}e^A = e^{-\frac{t}{RC}}B$

Napon na kondenzatoru C je sada jednak: $V_C = V^- = -V_{EE} + Ri = -V_{EE} + Re^{-\frac{t}{RC}}B$.

U trenutku neposredno prije promjene na izlazu $V_C(0^-) = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}$, a neposredno poslije promjene $V_C(0^+) = -V_{EE} + RB$. Obzirom da se napon na kondenzatoru ne može trenutno promjeniti slijedi da je:

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} = -V_{EE} + RB \text{ -> } \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} + V_{EE} = RB$$

Sada je $V_C = V^- = -V_{EE} + (\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} + V_{EE})e^{-\frac{t}{RC}}$, a izlazni napon će biti jednak $V_{out} = -V_{EE}$ sve dok je $V^- > V^+$ tj.

$$-V_{EE} + (\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} + V_{EE})e^{-\frac{t}{RC}} > -\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE} \quad \text{->} \quad e^{-\frac{t}{RC}} > \frac{-\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE} + V_{EE}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} + V_{EE}} \quad \text{->}$$

$$e^{-\frac{t}{RC}} > \frac{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EE}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} + V_{EE}} \quad / \ln$$

$$-\frac{t}{RC} > \ln\frac{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EE}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}} \quad \text{->} \quad t < RC\ln\frac{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}}{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EE}} = T_2$$

$$V_C\left(t=T_2\right) = -V_{EE} + \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}\right)e^{-\frac{RC\ln\frac{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}}{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EE}}}{RC}} = -V_{EE} + \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}\right)\frac{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{EE}}{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}+V_{EE}}$$

$$= -V_{EE}\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

3. Nakon $t=T_1+T_2$ Vout opet postaje V_{CC} pa je $V^+ = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}$ i $i = e^{-\frac{t}{RC}}B$.

Napon na kondenzatoru je $V_C = V^- = V_{CC} - Re^{-\frac{t}{RC}}B$

a $V_C(0^-) = -\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}$ i $V_C(0^+) = V_{CC} - RB$ pa slijedi da je

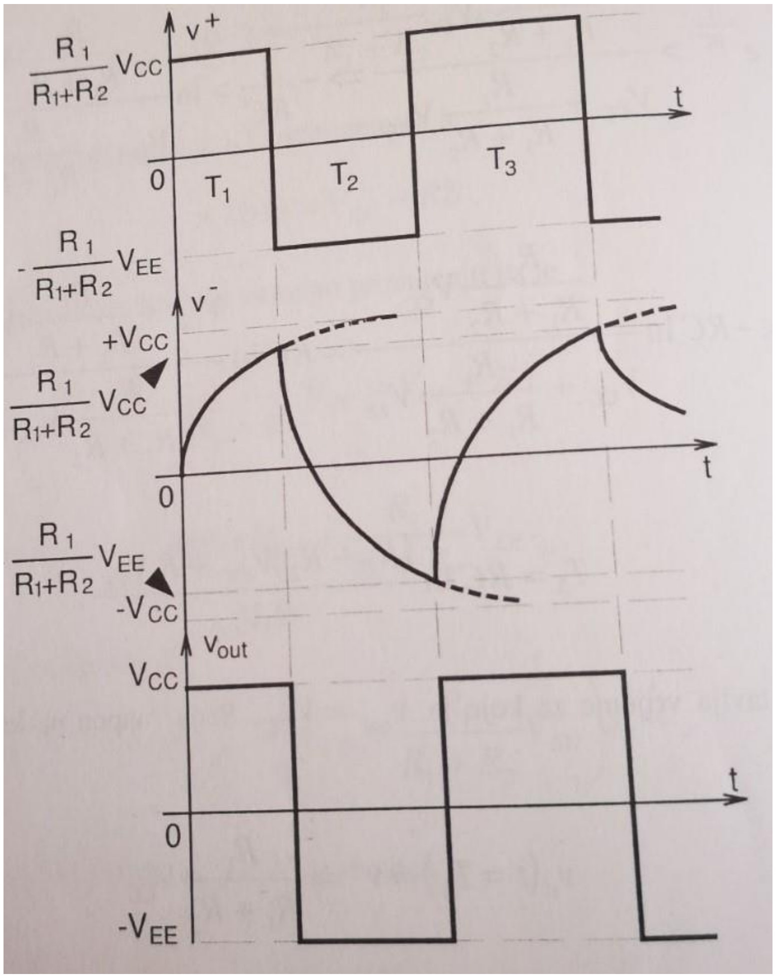
$$RB = V_{CC} - \left(-\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}\right) = V_{CC} + \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE} \text{ ->}$$

$$V^- = V_{CC} - \left(V_{CC} + \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}\right)e^{-\frac{t}{RC}}$$

Izlazni napon će biti jednak $V_{out} = V_{CC}$ sve dok je $V^+ > V^-$ tj.

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC} > V_{CC} - \left(V_{CC} + \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}\right)e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{->} \quad t < RC\ln\frac{\frac{R_1}{R_1+R_2}V_{EE}+V_{CC}}{\frac{R_2}{R_1+R_2}V_{CC}} = T_3$$

$$V_C\left(t=T_3\right) = \frac{R_1}{R_1+R_2}V_{CC}$$



Učestanost oscilovanja je jednaka:

$$f = \frac{1}{T_2 + T_3}$$