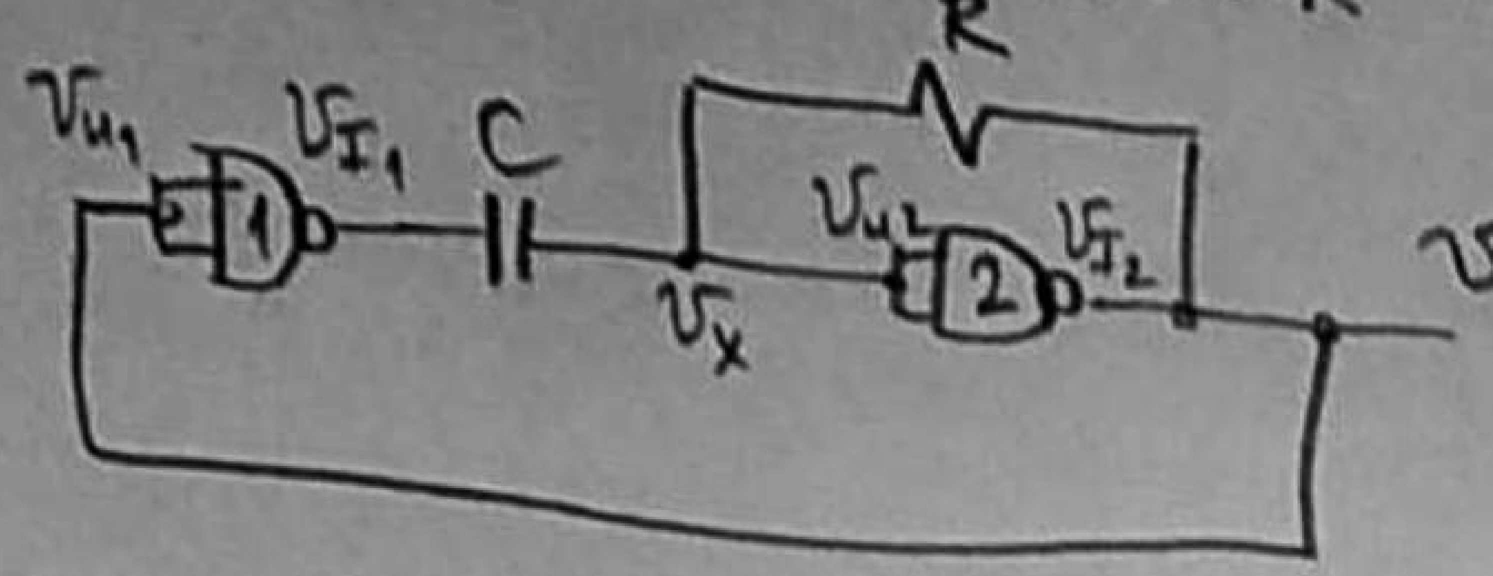
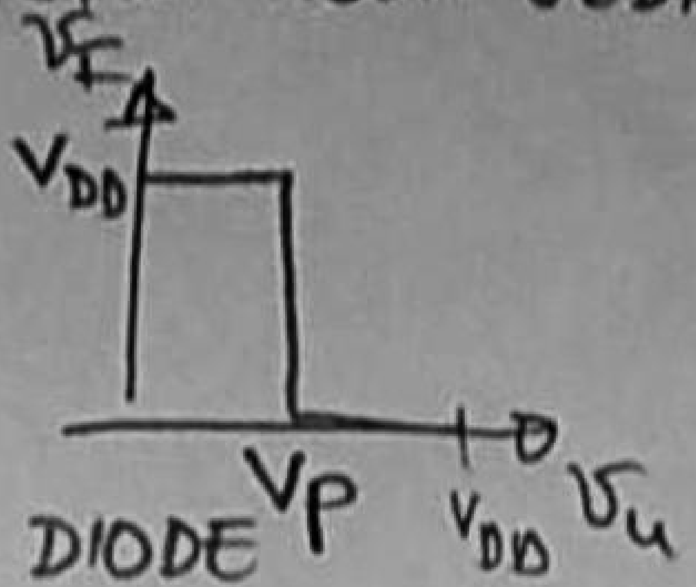
MULTIVIBRATORI

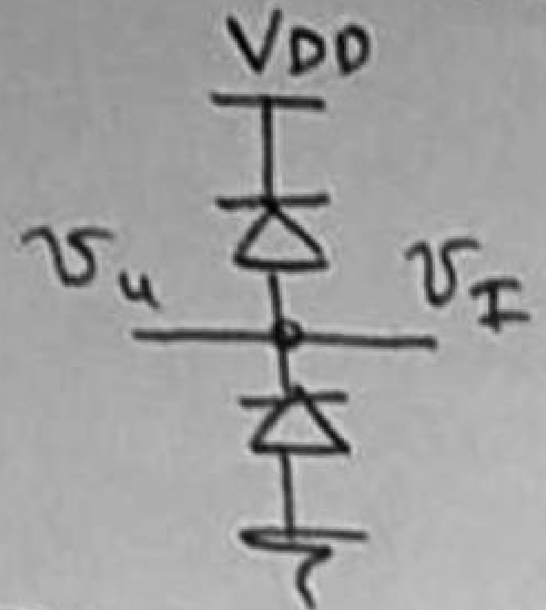
1 OSNOVNI ASTABILNI MULTIVIBRATOR



SMATRAĆEMO DA JE PRAG ODLUČIVANJA LOGIČKIH KOLA JEDAK V_P



-TAKOĐE, NA ULAZIMA LOGIČKIH KOLA POSTOJE ZAŠTITNE DIODE



$0 - V_D \leq v_I \leq V_{DD} + V_D$

ULOGA ZAŠTITNIH DIODA JESTE DA OGRANIČI NAPON NA ULAZU UKOLKO SE POJAVI PREVELIKI ILI NEGATIVAN NAPON

- PRETPOSTAVIMO DA JE TRENUTNO STANJE U KOLU TAKVO DA JE NAPON $v_X < v_P$. U tom slučaju, na ulazu kola 2 je log. 0, pa je na izlazu kola 2 log. 1, tj $v_{I_2} = V_{DD}$. Samim tim, na izlazu kola 1 će biti log. 0, odnosno $v_{I_1} = 0$. Sema za takvo stanje na izlazima kola data je na slici 1.1

slika 1.1.

Sa slike 1.1. vidi se da se kondenzator C puni preko otpornosti R, tako da napon v_X raste.

Kada napon v_X dostigne vrednost V_P, na izlazu kola 2 će se pojaviti log 0 ($v_{I_2} = 0$), pa će se na izlazu kola 1 pojaviti log. 1 ($v_{I_1} = V_{DD}$)

Pošto nije došlo do promene napona na kondenzatoru, napon u tački X bi trebalo da bude

$$v_X(0^+) = V_{DD} + V_P$$

međutim, zbog postojanja zaštitnih dioda (smatraćemo $V_D = 0$), onda će napon u tački X biti samo $v_X(0^+) = V_{DD}$. Trenutna konfiguracija kola prikazana je na slici 1.2. Kondenzator se puni preko otpornika R i napon u tački X raste.

$$\left.\begin{aligned} v_X(0^+) &= V_{DD} \\ v_X(\infty) &= 0 \\ \tau &= RC \end{aligned}\right\} \Rightarrow v_X(t) = V_{DD} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Ako se nakon vremena T_1 dostigne $v_X = V_P$, važi:

$$V_P = V_{DD} e^{-\frac{T_1}{\tau}}$$

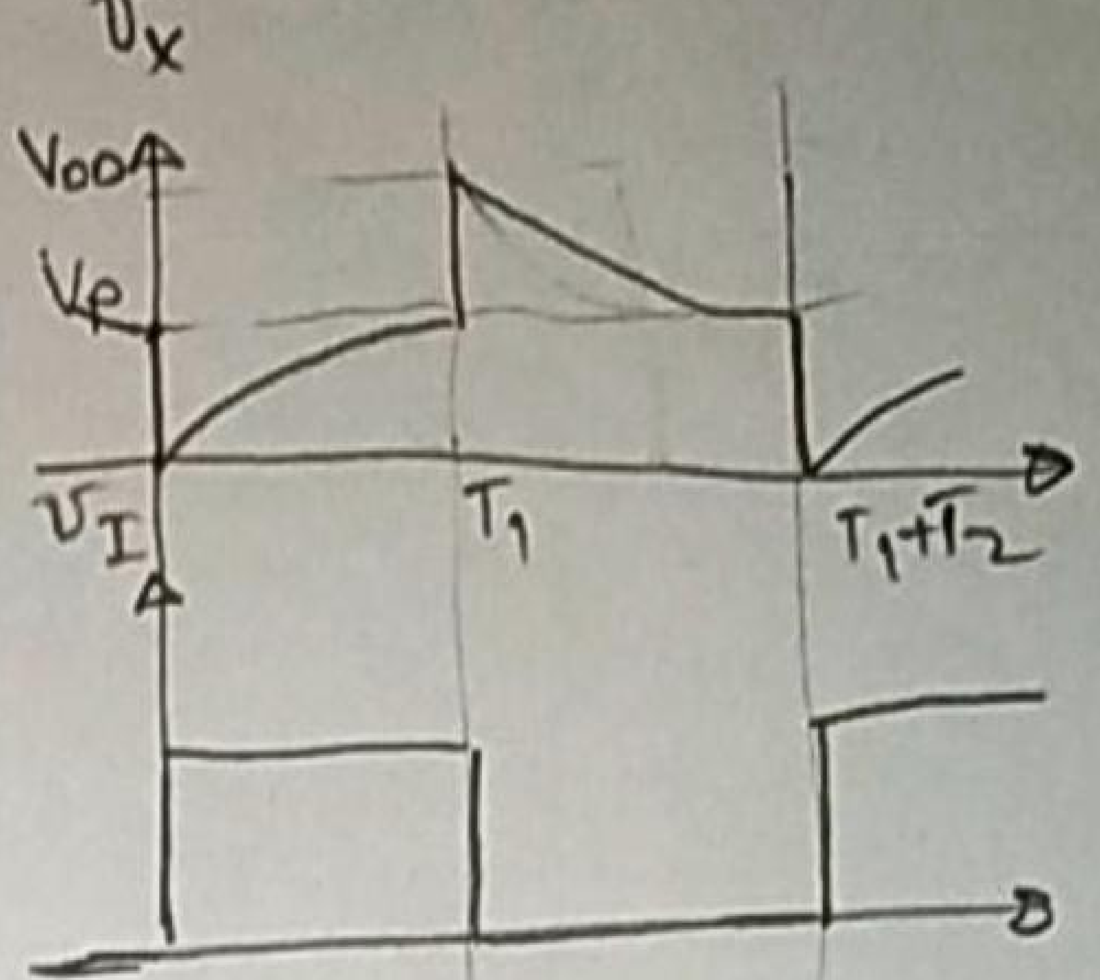
$$\boxed{T_1 = \tau \ln \frac{V_{DD}}{V_P}}$$

Kada $v_X = V_P$, menja se stanje na izlazima logičkih kola, važi slika 1.1

Napon u tački v_X bi trebalo da bude $v_X = -(V_{DD} - V_P)$, međutim, zbog zaštitnih dioda, $\underline{v_X = 0}$

$$\left.\begin{array}{l} v_X(0^+) = 0 \\ v_X(\infty) = V_{DD} \\ \tau = RC \end{array}\right\} \Rightarrow v_X(t) = V_{DD}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

za T_2, $v_X(T_2) = V_P$ važi



$$v_X(T_2) = V_P = V_{DD}\left(1 - e^{-\frac{T_2}{\tau}}\right)$$

$$\boxed{T_2 = \tau \ln \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_P}}$$

Ukupan period oscilovanja je $T = T_1 + T_2 =$

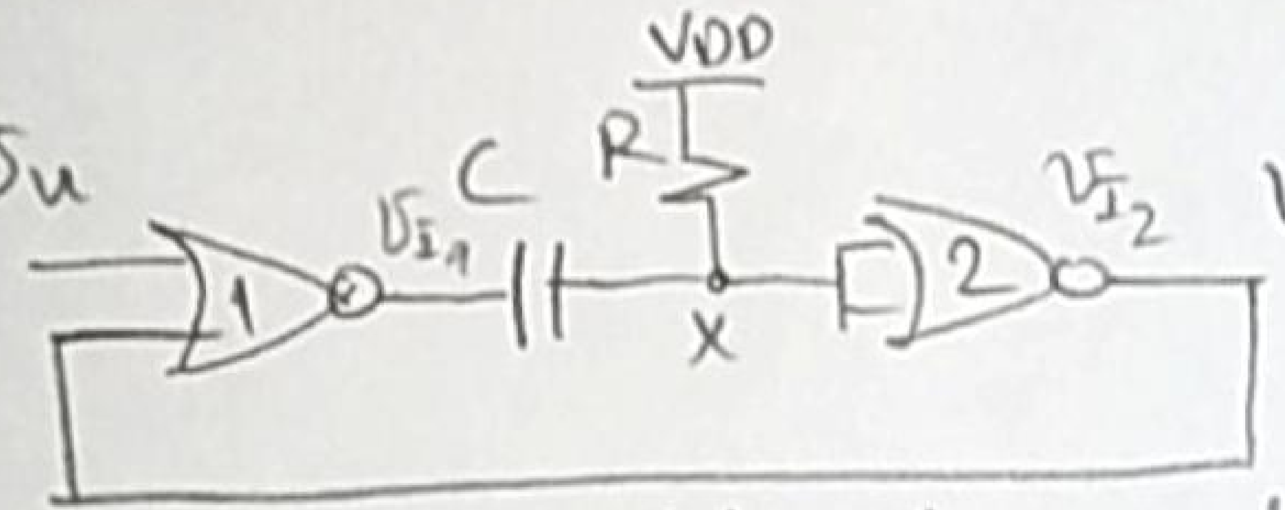
$$= \tau\left(\ln \frac{V_{DD}}{V_P} + \ln \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_P}\right) =$$

$$= RC \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_P} \cdot \frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_P}\right)$$

Ukoliko pretpostavimo da je $V_P = \frac{V_{DD}}{2}$, dobija se

$$\boxed{T = RC \ln 4}$$

② Osnovni monostabilni multivibrator – na ulazu se pojavljuje kratkotrajni impuls, analizirati rad kola

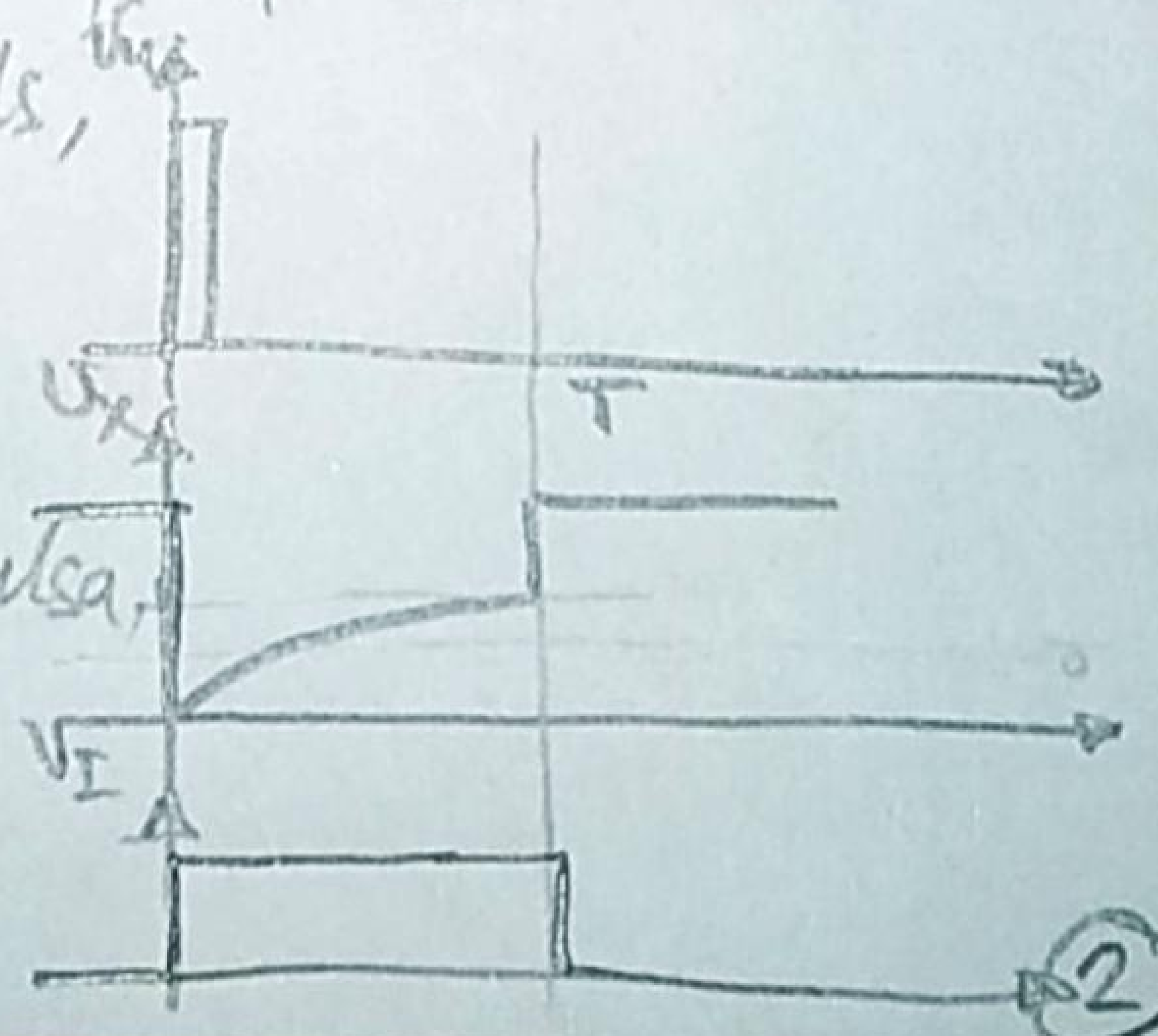


– prvo je potrebno odrediti stanja elemenata kola u stacionarnom režimu

Pretpostavimo da je $v_X < V_P$. To bi značilo da je na izlazu drugog kola log. 1, odnosno da je na izlazu kola 1 log. 0. To dalje znači da se kapacitivnost C puni, što će dovesti do porasta v_X. Dakle pretpostavka je pogrešna.

U stacionarnom stanju je $v_X = V_{DD}$, $V_{I_2} = 0$, $v_{I_1} = V_{DD}$

Kada se na ulazu pojavi kratkotrajan impuls, izlaz kola 1 se menja na log 0. Pošto je $v_C(0^-) = 0 = v_C(0^+)$, napon u tački X postaje $v_X(0^+) = 0$ i na izlazu kola 2 se pojavljuje log 1. Po prestanku trajanja ulaznog impulsa, baš ta log. 1 na izlazu kola 2 drži izlaz kola 1 na log. 0.



Jednačina promene $v_X(t)$

$$\left.\begin{array}{l} v_X(0^+)=0 \\ v_X(\infty)=V_{DD} \\ \tau=RC \end{array}\right\} \Rightarrow v_X(t)=V_{DD}\left(1-e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

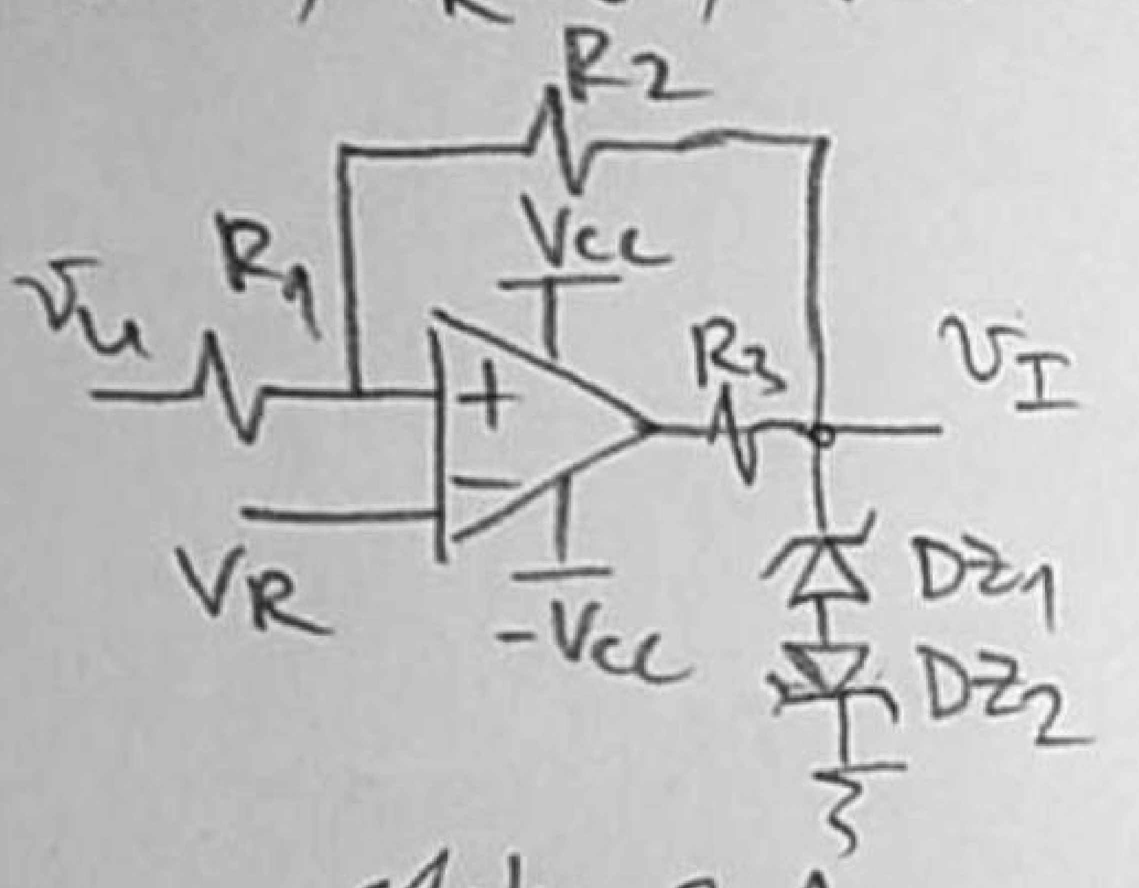
Interesuje nas vreme T nakon kojeg važi $v_X(T)=V_P$

$$v_X(T)=V_P=V_{DD}\left(1-e^{-\frac{T}{\tau}}\right)$$

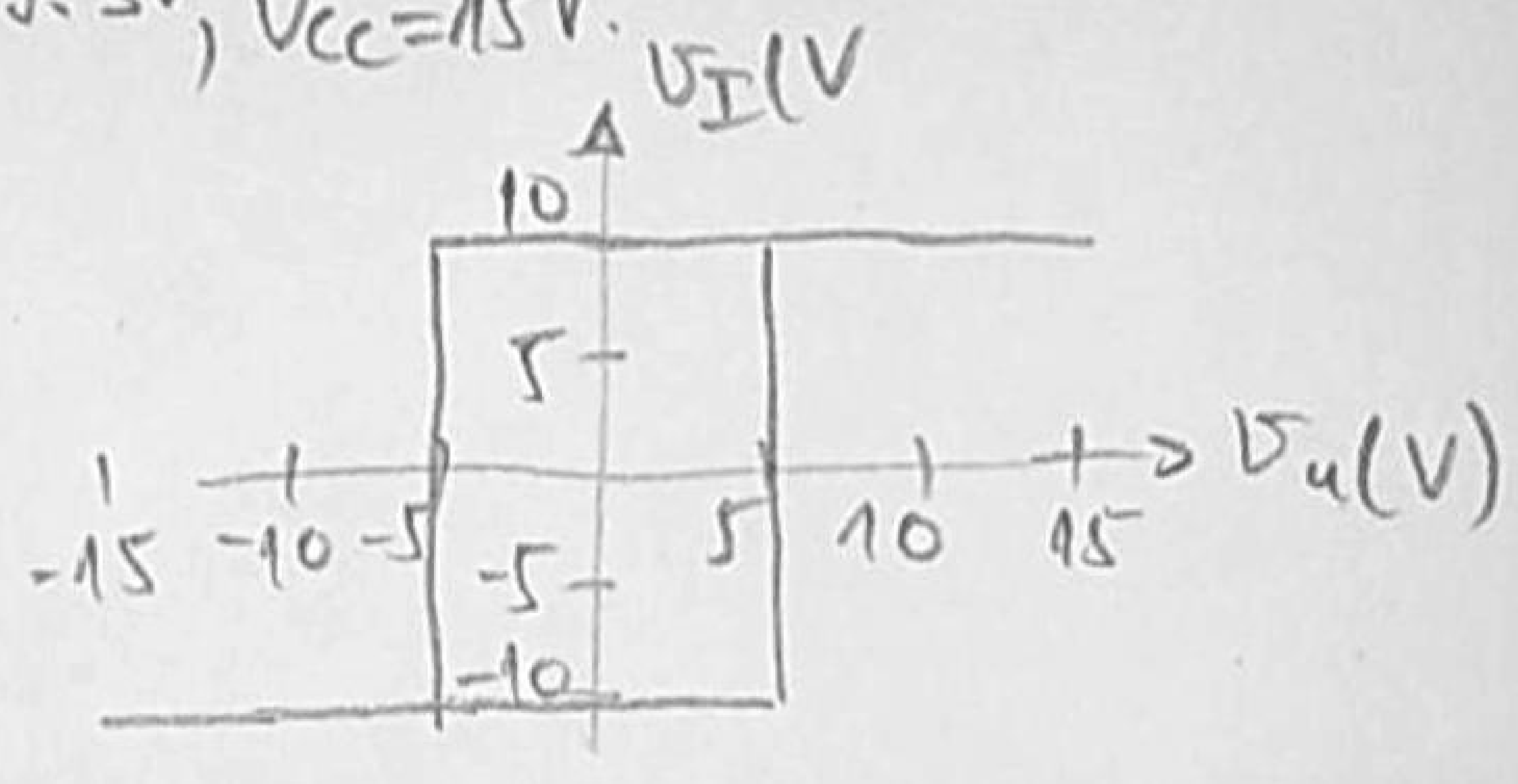
$$\boxed{T=\tau\ln\frac{V_{DD}}{V_{DD}-V_P}} \quad \text{za } V_P=\frac{V_{DD}}{2} \Rightarrow \underline{T=RC\ln 2}$$

Kada $v_X(T)=V_P$, dolazi do promene stanja u kolu. Na izlazu kola 2 se pojavljuje log. 0, što dovodi do pojave log. 1 na izlazu kola 1. Napon u tački X bi trebalo da bude $v_X(T^+)=V_{DD}+V_P$, međutim zbog zaštitnih dioda ($V_D=0$) biće ograničen na $V_X(t^+)=V_{DD}$.

(3) Nacrtati karakteristiku prenosa za kolo sa slike 3.1. Izračunati vrednosti pragova okidanja, kao i širinu i centar histerezisa ako je $R_1=10k\Omega$, $R_2=20k\Omega$, $R_3=1k\Omega$, $V_R=0V$, $V_D=0.7V$, $V_Z=9.3V$, $V_{CC}=15V$.



slika 3.1



slika 3.2

Generalno, za idealni operacioni pojačavač smatramo da ima beskonačnu ulaznu otpornost ($i^+=i^-=0$). Takođe, izlaz operacionog pojačavača je ograničen izvorom napajanja, pa u ovom slučaju $-V_{CC}\leq v_{IOP}\leq V_{CC}$.

U ovoj konfiguraciji pojačavač je vezan u pozitivnoj povratnoj sprezi, pa važi: $v_{IOP}=V_{CC}$ za $V^+>V^-$, odnosno $v_{IOP}=-V_{CC}$ za $V^+<V^-$.

Pretpostavimo da je na izlazu operacionog pojačavača $v_{IOP}=V_{CC}$. To znači da je $V^+>V^-$. Na izlazu kola je $v_I=V_D+V_Z$, zato što je dioda DZ_1 inverzno polarisana, a DZ2 direktno. Na osnovu uslova $V_+>V^-$ imamo (superpozicija)

$$v_u\frac{R_2}{R_1+R_2}+(V_Z+V_D)\cdot\frac{R_1}{R_1+R_2}>V_R \quad \text{odnosno}$$

$$v_u>V_R\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)-(V_Z+V_D)\frac{R_1}{R_2}=V_{TL}$$

Dakle sve dok je ulazni napon veći od gorenavedene vrednosti, napon na izlazu biće $v_I=V_Z+V_D$. Graničnu vrednost v_u nazvaćemo V_{TL}.

Ukoliko v_u padne ispod V_{TL}, menja se napon na izlazu na

$$v_I = -(V_D+V_Z)$$

Uslov da taj napon ostane na izlazu je

$$V^+ < V^-$$

$$v_u \frac{R_2}{R_1+R_2} + v_I \frac{R_1}{R_1+R_2} < V_R$$

$$v_u \frac{R_2}{R_1+R_2} - (V_Z+V_D)\cdot\frac{R_1}{R_1+R_2} < V_R$$

$$v_u < V_R\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right) + (V_Z+V_D)\frac{R_1}{R_2} = V_{TH}$$

Dakle sve dok je ulazni napon manji od gorenavedene vrednosti, napon na izlazu biće $v_I = -(V_Z+V_D)$. Graničnu vrednost v_u zvaćemo V_{TH}.
Karakteristika prenosa data je na slici 3.2.
Za zadate vrednosti dobija se

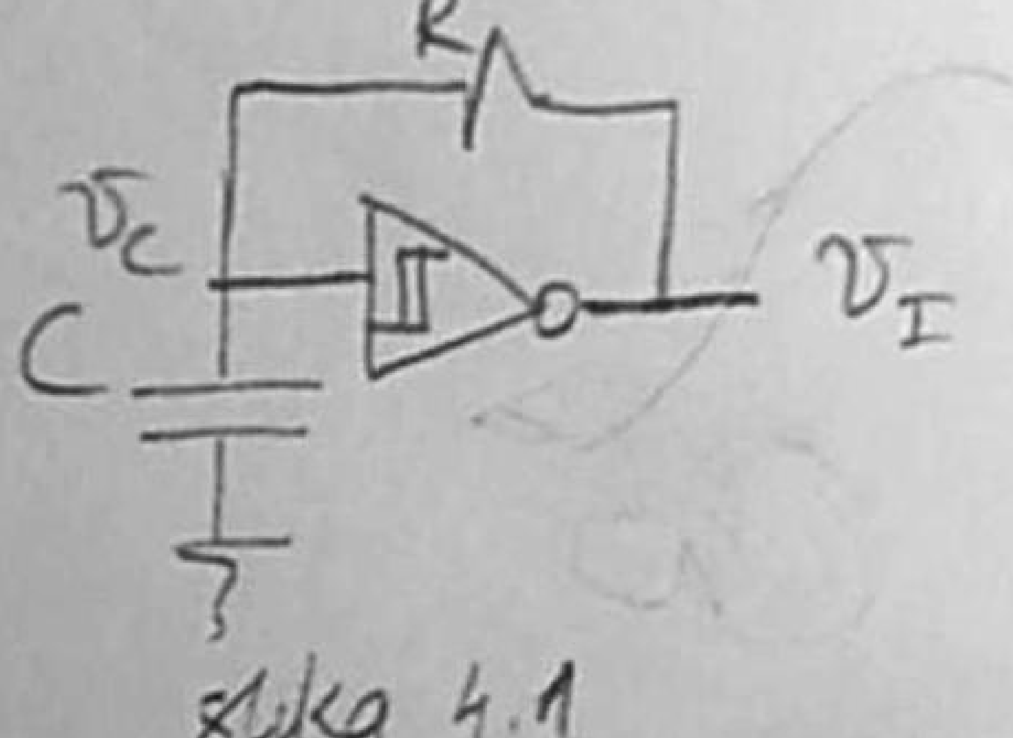
$$V_{TL} = -5V$$

$$V_{TH} = 5V$$

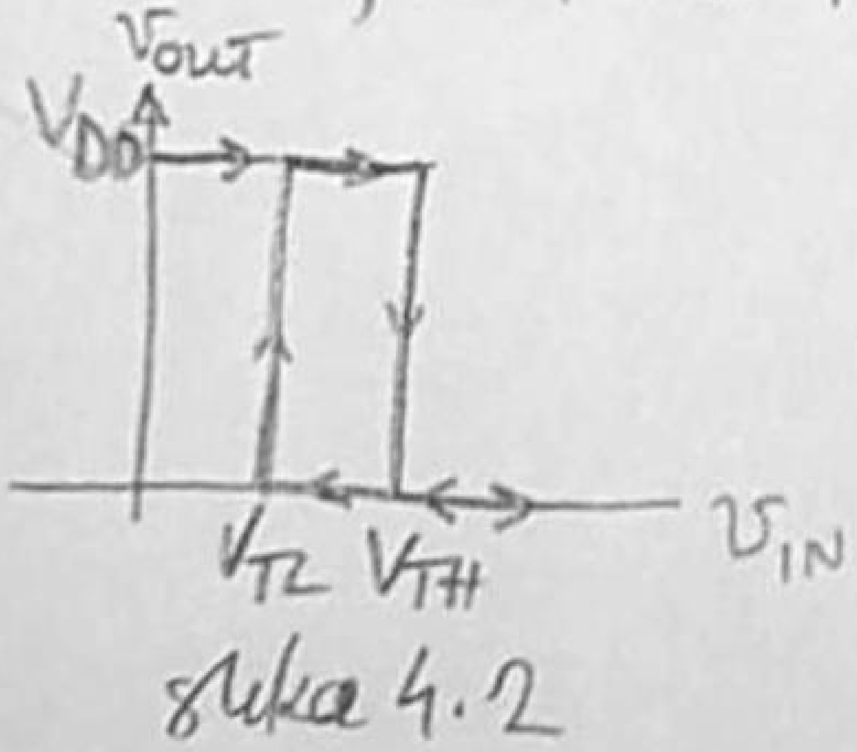
$$V_{ŠH} = V_{TH} - V_{TL} = 10V \quad (\text{širina histerezisa})$$

$$V_{CH} = \frac{V_{TL}+V_{TH}}{2} = 0V \quad (\text{centar histerezisa})$$

4) Za astabilni multivibrator dat na slici 4.1. odrediti učestanost oscilovanja ako su $V_{TL}=2.2V$, $V_{TH}=2.8V$, $V_{DD}=5V$, $R=10k\Omega$ i $C=10nF$



slika 4.1



slika 4.2

Ukoliko je napon na kondenzatoru v_C manji od V_{TH} i na izlazu visok naponski nivo, kondenzator se puni preko otpornosti R. Kondenzator će se puniti sve dok v_C ne postane jednako V_{TH}, nakon čega se na izlazu invertora ne pojavi log. 0 i kondenzator ne kreće da se prazni. Pražnjenje traje sve dok se napon na kondenzatoru ne spusti na V_{TL}. Tada se opet menja stanje na izlazu invertora i kondenzator ponovo počinje da se puni.
Da bismo odredili učestanost oscilovanja, potrebno je da odredimo periode vremena dok je na izlazu invertora logička 0, odnosno logička 1.
Za vreme dok je log 1 na izlazu, napon na kondenzatoru se menja kao

$$\left.\begin{aligned} v_C(0^+) &= V_{TL} \\ v_C(\infty) &= V_{DD} \\ \tau &= RC \end{aligned}\right\} \quad v_C(t) = V_{DD} + (V_{TL}-V_{DD})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

U opštem slučaju, ako nas interesuje vreme nakon kojeg će napon dostići određenu vrednost, važi

$$v(t) = v(\infty) + (v(0^+) - v(\infty))\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v(T) = v(\infty) + (v(0^+) - v(\infty))\, e^{-\frac{T}{\tau}}$$

$$e^{-\frac{T}{\tau}} = \frac{v(T) - v(\infty)}{v(0^+) - v(\infty)}$$

$$T = \tau \ln \frac{v(0^+) - v(\infty)}{v(T) - v(\infty)}$$

Na osnovu ove jednačine možemo da odredimo vreme trajanja log. 1 na izlazu. Nakon vremena T_1 napon će dostići vrednost V_{TH}

$$\boxed{T_1 = RC \ln \frac{V_{TL} - V_{DD}}{V_{TH} - V_{DD}} = 24\,\mu s}$$

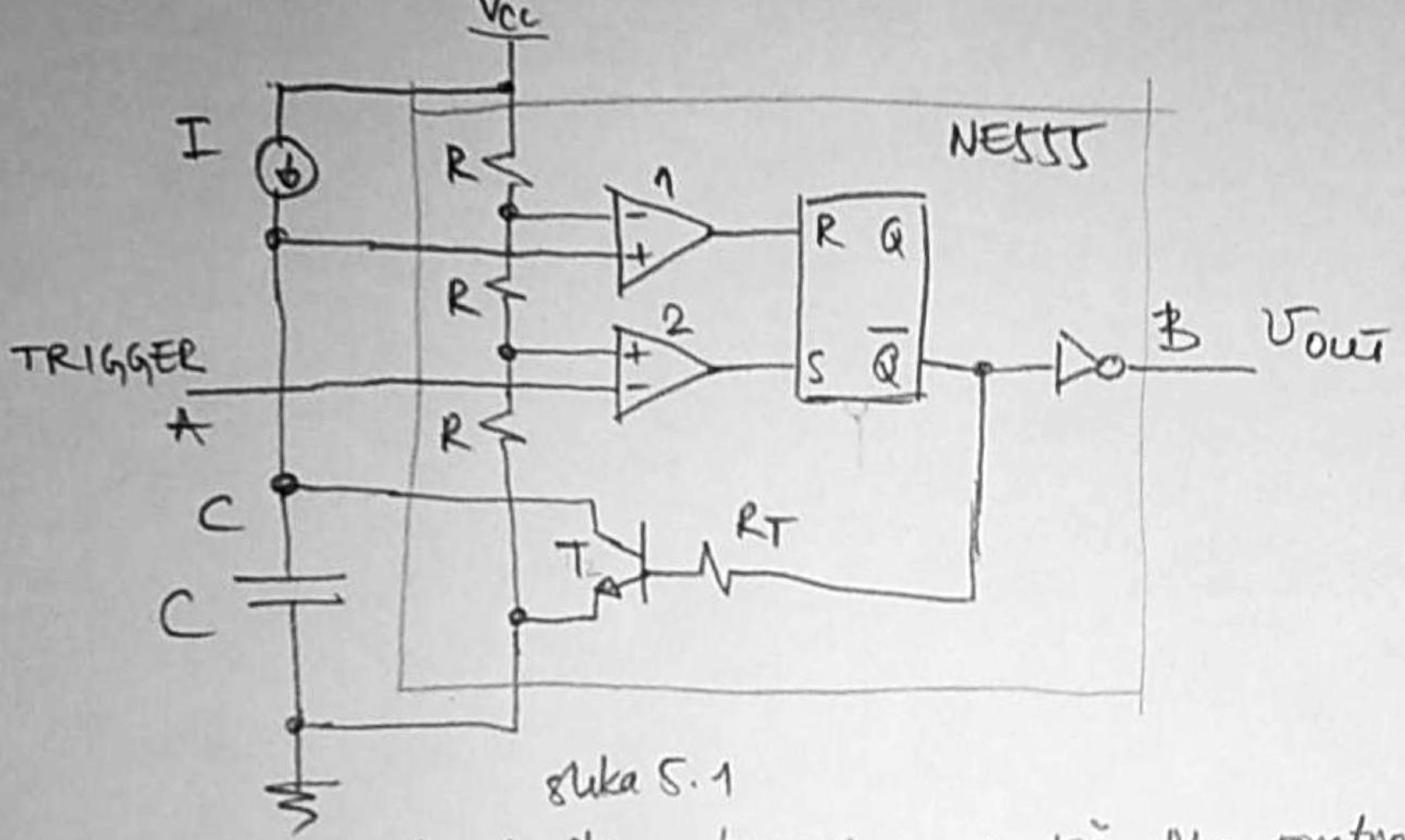
Za vreme dok je log 0 na izlazu kondenzator se prazni od V_{TH} do V_{TL}

$$\left.\begin{aligned} v_C(0^+) &= V_{TH} \\ v_C(\infty) &= 0 \\ \tau &= RC \end{aligned}\right\} \quad v_C(t) = V_{TH}\, e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\boxed{T_2 = RC \ln \frac{V_{TH} - 0}{V_{TL} - 0} = 24\,\mu s}$$

Učestanost oscilovanja je $\boxed{f_{osc} = \frac{1}{T_1 + T_2} = 20.8\,kHz}$

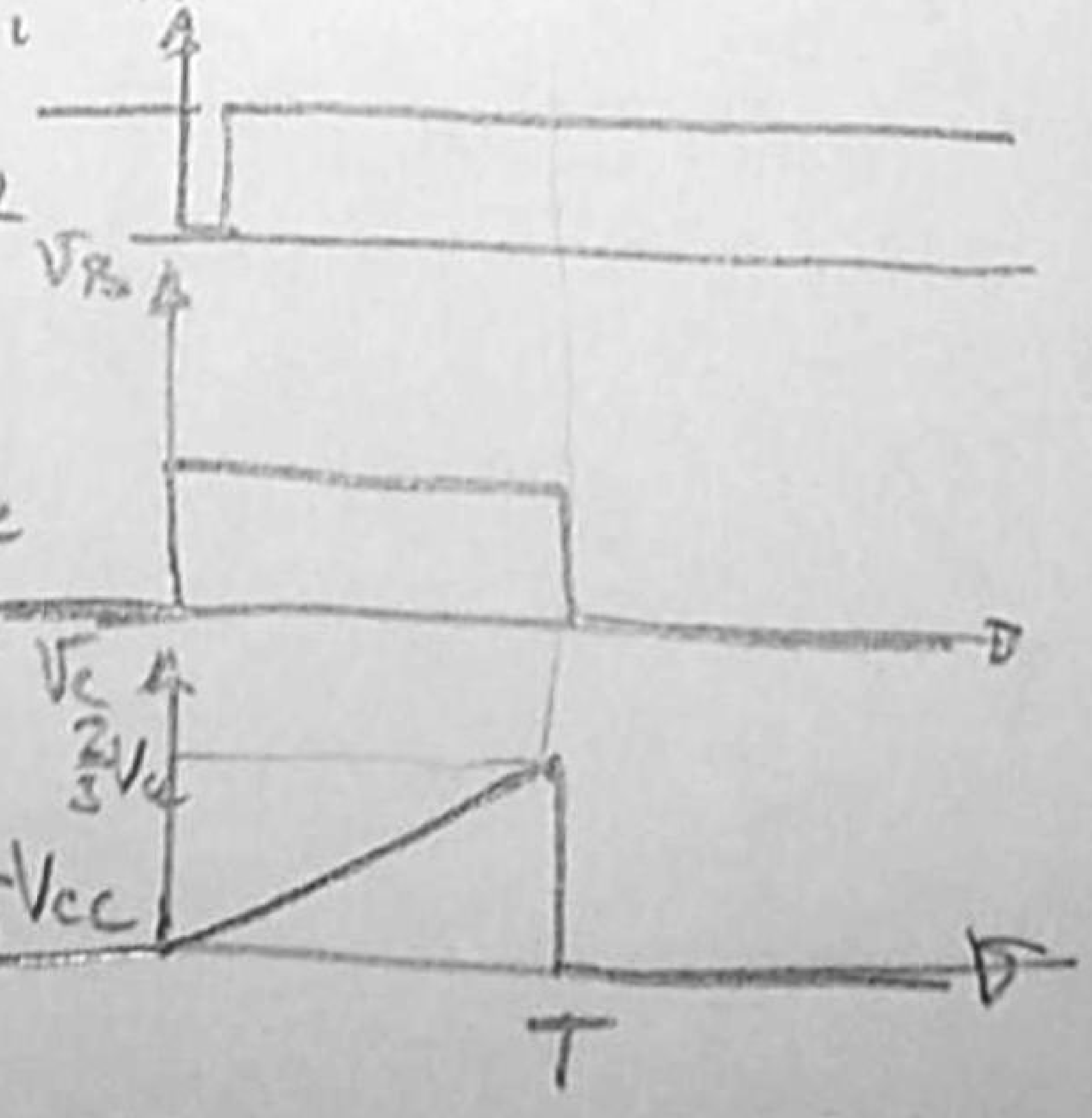
(5) Odrediti trajanje impulsa na izlazu kola sa slike 5.1, ukoliko se na ulazu TRIGGER pojavi kratkotrajni negativan impuls. Izračunati i nacrtati jedan ispod drugog vremenske dijagrame napona u tačkama A, B i C. Smatrati da je $V_{CES}=0$ i $\beta \to \infty$. Poznato je: $V_{CC}=5V$, $R_1=47k\Omega$, $R_2=100k\Omega$, $R_E=2.7k\Omega$, $C=10nF$, $V_B=0.7V$, $I=0.33mA$



slika 5.1

R: Potrebno je pretpostaviti u kom stanju je leč. Ako pretpostavimo da je leč setovan ($Q=1$, $\overline{Q}=0$), tranzistor T je isključen, pa se kondenzator puni preko strujnog izvora. U nekom trenutku napon v_C će postati veći od $\frac{2}{3}V_{CC}$, pa će komparator 1 resetovati leč. Dakle, pretpostavka je bila pogrešna i leč je u stacionarnom stanju resetovan. Samim tim tranzistor T je u zasićenju i napon na kondenzatoru je $V_{CES}=0$.

Kada se pojavi impuls na ulazu, komparator 2 će setovati leč, čime tranzistor T prestaje da vodi i kondenzator počinje da se puni preko strujnog izvora. Kondenzator će se puniti sve dok napon v_C ne dostigne vrednost $\frac{2V_{CC}}{3}$, kada se leč resetuje i kondenzator prazni na $V_{CES}=0$.



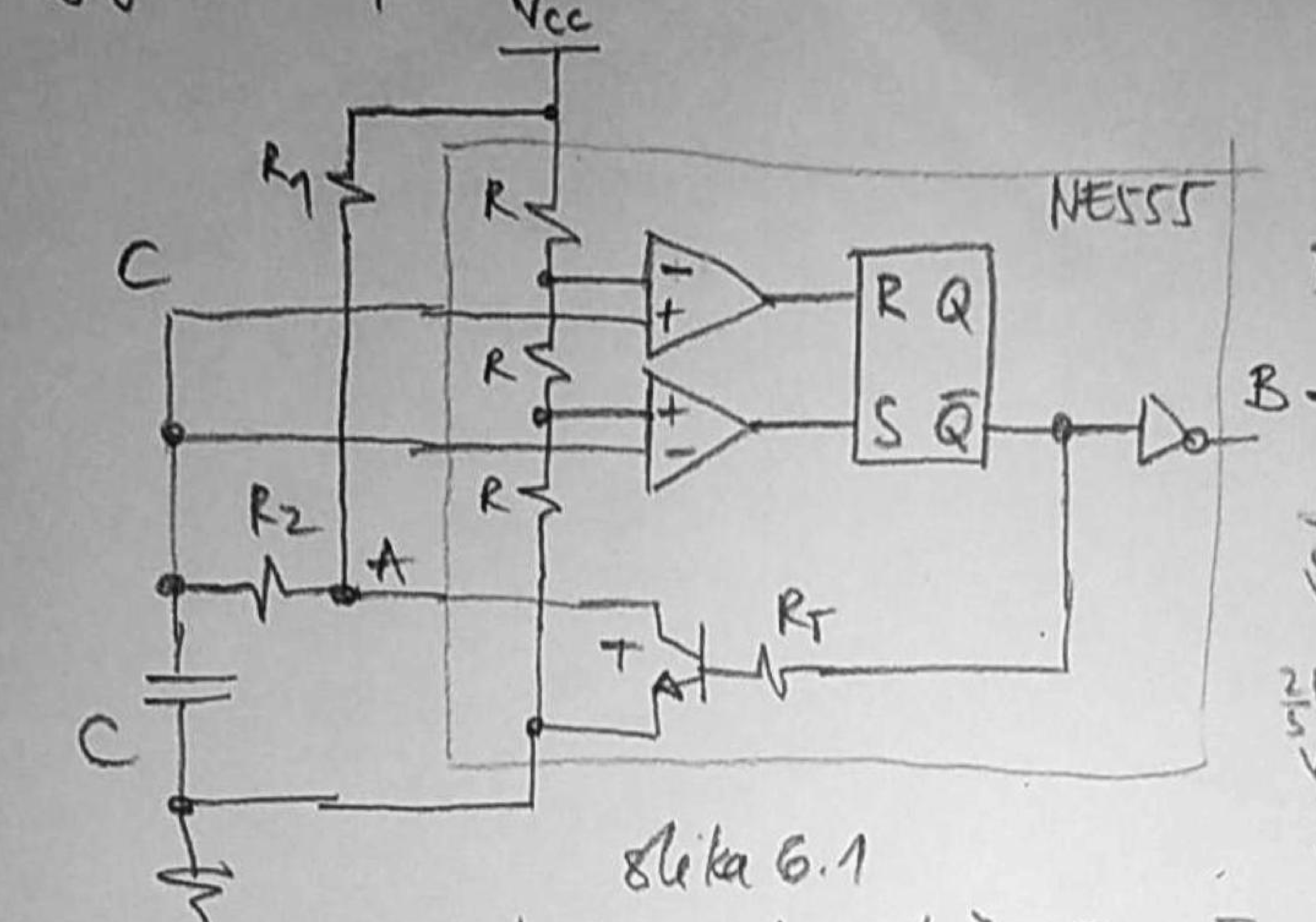
Vreme nakon kojeg će se dostići $v_C=\frac{2}{3}V_{CC}$ možemo izračunati na osnovu jednačine

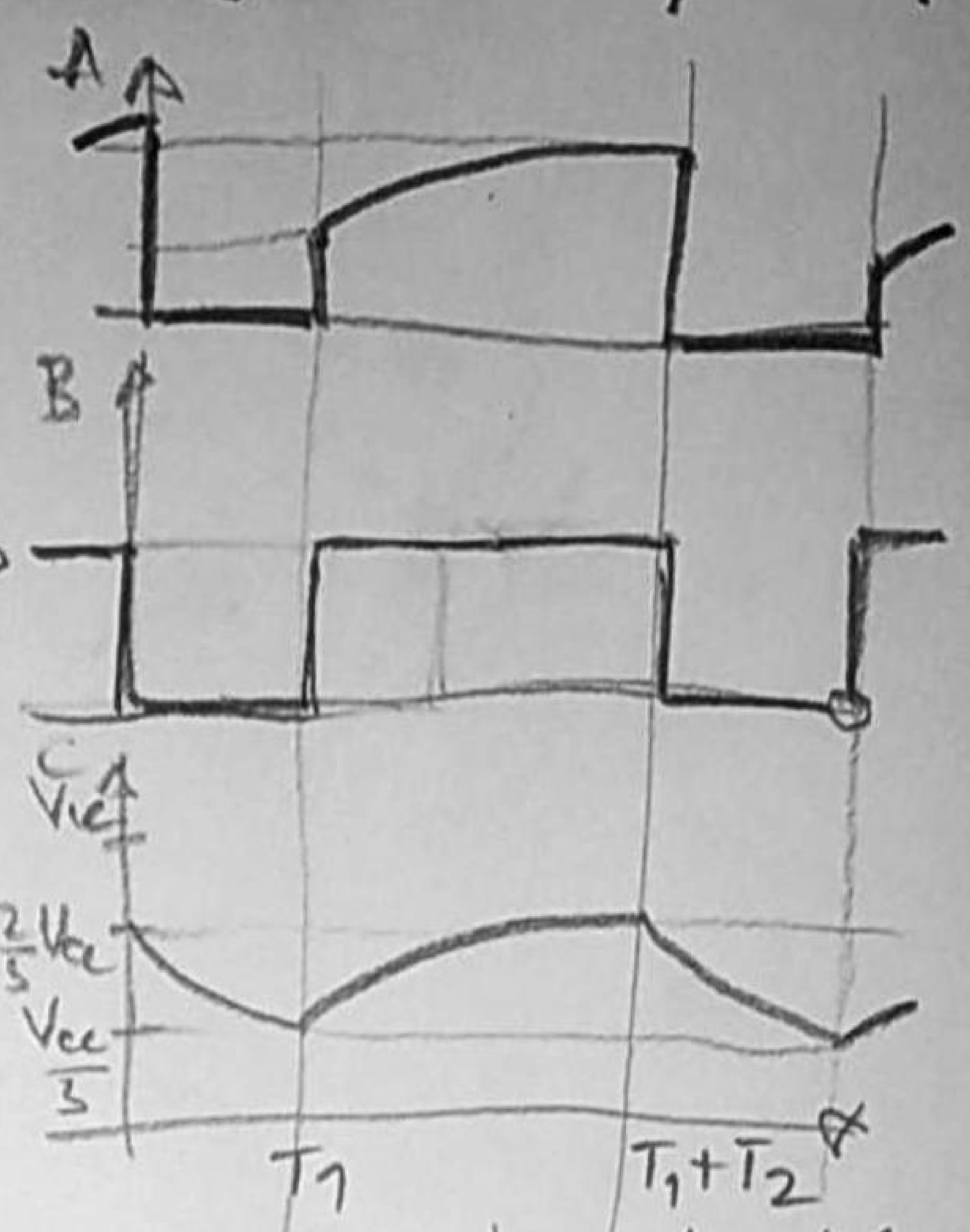
$$v_C(t) = \cancel{v_C(0^+)}^{0} + \frac{I}{C}\cdot t$$

$$\frac{2}{3}V_{CC} = \frac{I}{C}\cdot T$$

$$\boxed{T = \frac{2}{3}\cdot\frac{C}{I}\cdot V_{CC} = 101\,\mu s}$$

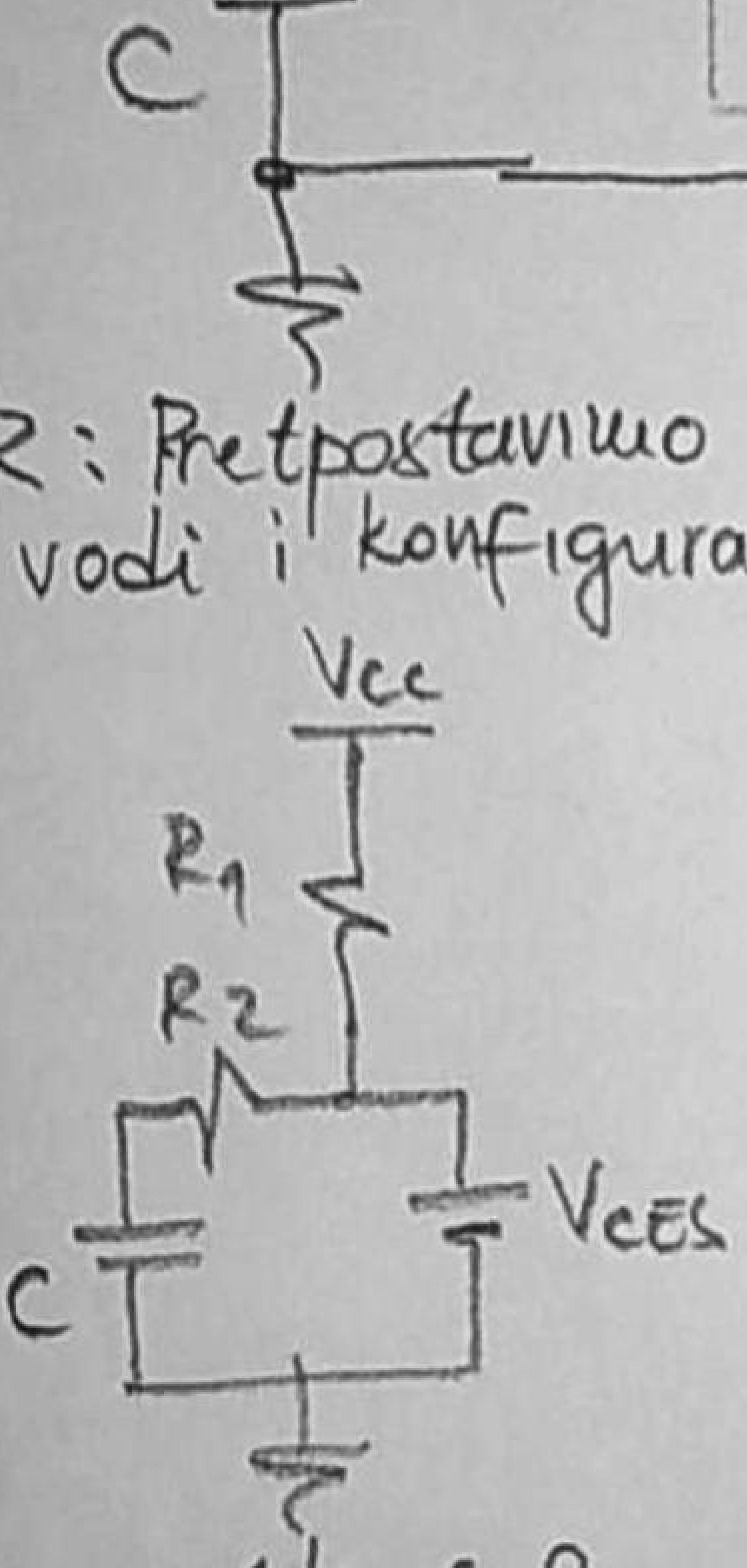
6) Odrediti periodu oscilacija i odnos impuls/perioda na izlazu kola sa slike 6.1 (tačka B). Izračunati i nacrtati jedan ispod drugog vremenske dijagrame napona u tačkama A, B i C. Smatrati da je $V_{CES}=0$ i $\beta \to \infty$.



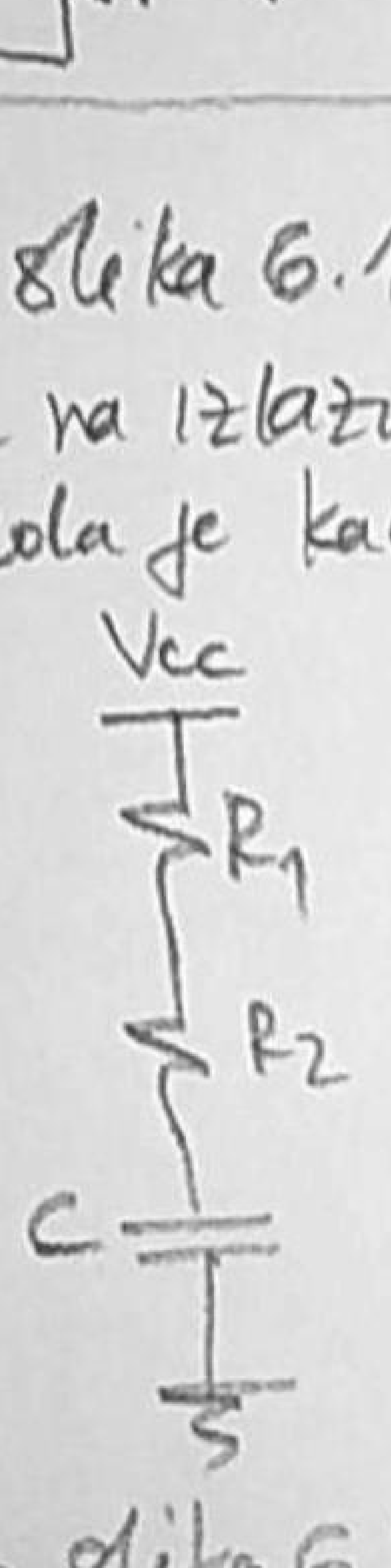


slika 6.1

R: Pretpostavimo da je na izlazu leča $Q=0$, $\bar{Q}=1$. Na osnovu toga tranzistor vodi i konfiguracija kola je kao na slici 6.2. Pošto je $V_{CES}=0$, onda se kondenzator C prazni preko otpornika R_2. Kondenzator će se prazniti do $\frac{V_{cc}}{3}$, kada se leč setuje ($\bar{Q}=0$). Tada tranzistor T prestaje da vodi i kondenzator C kreće da se puni preko otpornika R_1 i R_2. Kada v_C dostigne $\frac{2}{3}V_{cc}$, leč se ponovo resetuje. Dakle napon u tački C se kreće između $\frac{V_{cc}}{3}$ i $\frac{2}{3}V_{cc}$.



slika 6.2



slika 6.3

Vreme $T_1 = R_2 C \ln \dfrac{\frac{2}{3}V_{cc} - 0}{\frac{V_{cc}}{3}} = R_2 C \ln 2$

$$T_2 = (R_1+R_2) C \ln \frac{\frac{V_{cc}}{3} - V_{cc}}{\frac{2}{3}V_{cc} - V_{cc}} = (R_1+R_2) C \ln 2$$

Period $T = T_1 + T_2 = (2R_2 + R_1) C \ln 2$ a odnos impuls/perod je

$$\boxed{DC = \frac{T_2}{T} = \frac{(R_1+R_2) C \ln 2}{(R_1+2R_2) C \ln 2} = \frac{R_1+R_2}{R_1+2R_2}}$$

Za napon u tački A važi u trenutku T_1

$$v_A(T_1^+) = \underbrace{v_C(0^+)}_{\frac{V_{cc}}{3}} \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} + V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$$, a u trenutku T_2

$$v_A(T_2^-) = \underbrace{v_C(0^-)}_{\frac{2}{3}V_{cc}} \frac{R_1}{R_1+R_2} + V_{cc} \frac{R_2}{R_1+R_2}$$