

MULTIVIBRATORSKA KOLA

Osnovi elektronike
Studije primijenjenog računarstva

MULTIVIBRATORSKA KOLA

- Zavisno od karaktera, odnosno od uslova za promjene stanja na izlazima, multivibratorska kola se dijele na: **bistabilna**, **astabilna** i **monostabilna**
- **Bistabilna** kola imaju dva stabilna stanja, i prelaze iz jednog u drugo (i obratno) samo uz pomoć pobudnih signala dovedenih na ulaz kola
- **Astabilna** kola imaju dva kvazistabilna stanja tačno definisanog trajanja. Kod njih se promjena stanja na izlazu odvija bez ikakvog pobudnog signala. Kao izlazi iz ovih kola dobijaju se povorke pravougaonih impulsa.
- **Monostabilna** kola imaju jedno stabilno stanje iz kojeg prelaze u stanje definisanog trajanja pod uticajem pobudnog ulaznog signala. Poslije tačno određenog vremena, izlaz se ponovo vraća u prvobitno (stabilno) stanje.

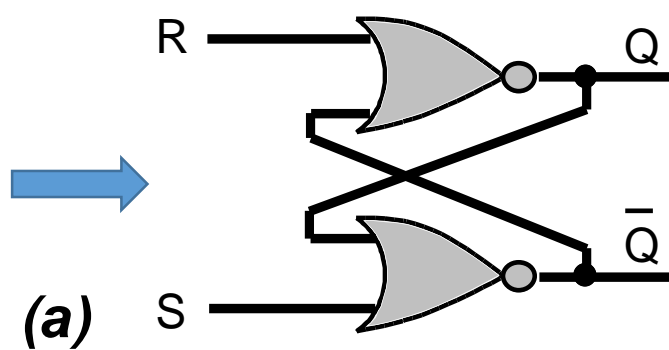
BISTABILNA KOLA

- Bistabilnim kolima nazivaju se kola koja mogu imati dva stabilna stanja na izlazu.
- Dva izlaza – jedan komplement drugog.
- **Leč kola** i **flip-flop** kola.
- Flip flopovi, (za razliku od leč kola) koriste tzv. takt signale.
- Takt signalima se može definisati promjena stanja u tačno određenom trenutku.

BISTABILNA KOLA

- S-R leč se sastoji od dva ulaza, koja se obilježavaju sa R i S, i dva izlaza (Q i njegova invertovana vrijednost)
- Ulazi imaju oznake u skladu sa svojom funkcijom
- Zapravo odgovarajućim signalom na ulazu R, leč se resetuje, tj. na njegovom izlazu Q se dobija logička nula
- Pomoću ulaza S, leč se setuje, odnosno izlaz postaje logička jedinica. Šema S-R leča, na bazi "NILI" kola, i njegova funkciona tabela dati su na slici

Slika 1: S-R leč:
a) Realizacija pomoću "NILI" kola;
b) Funkcionla tabela.

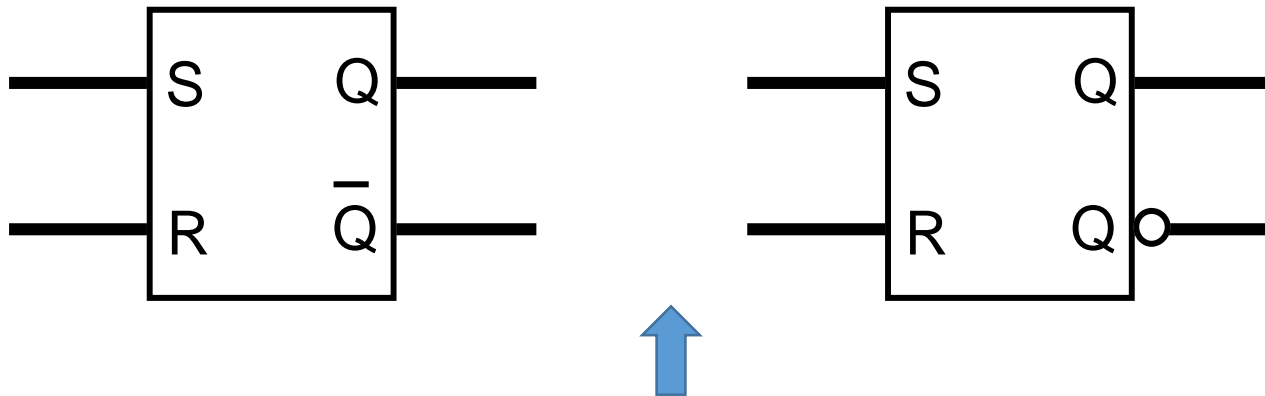


(b)

S	R	Q	\bar{Q}
0	0	Q_S	\bar{Q}_S
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	0	0

BISTABILNA KOLA

- U tabeli na slici 1, Q_s predstavlja nepromijenjeno (staro) stanje (stanje koje je bilo prije)
- Simbol S-R leč kola je dat na slici 2
- Moguće je, potpuno ravnopravno, koristiti jedan od dva prikazana simbola.

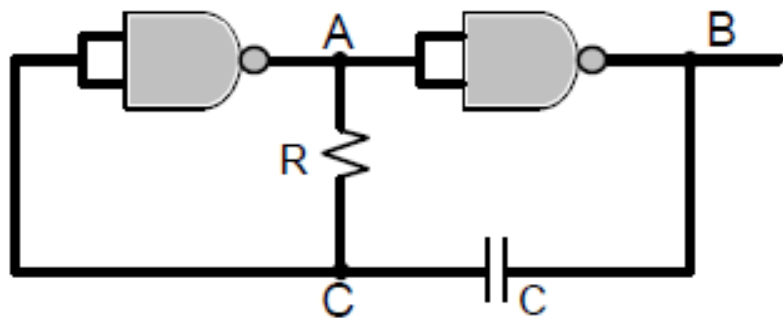


Slika 2: Dva ravnopravna simbola S-R leč kola.

ASTABILNI MULTIVIBRATORI

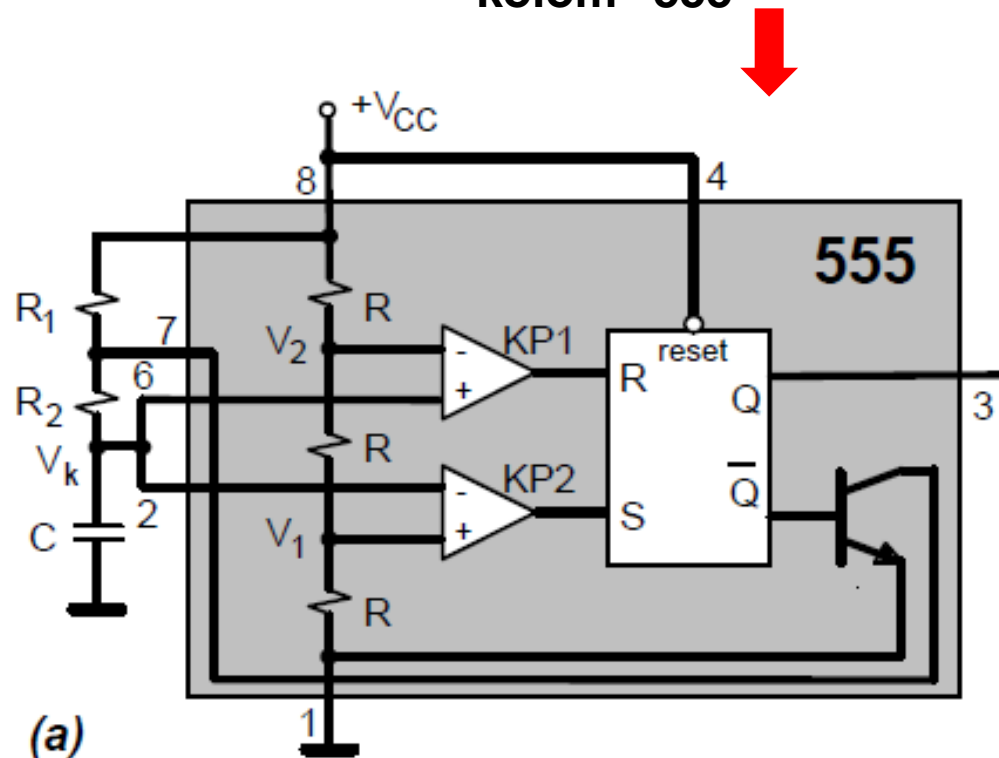
- Astabilni multivibratori imaju dva kvazistabilna stanja, koja se na izlazu naizmjenično mijenjaju
- Za rad astabilnog multivibratora **nije potrebno dovesti okidne signale**, te se ova kola često svrstavaju u klasu oscilatornih kola
- Kao **izlaz iz astabilnog multivibratora dobija se povorka pravougaonih impulsa**
- Mogu se realizovati upotrebom:
 - CMOS kola.
 - Tajmera 555.
 - Operacionog pojačavača

ASTABILNI MULTIVIBRATORI



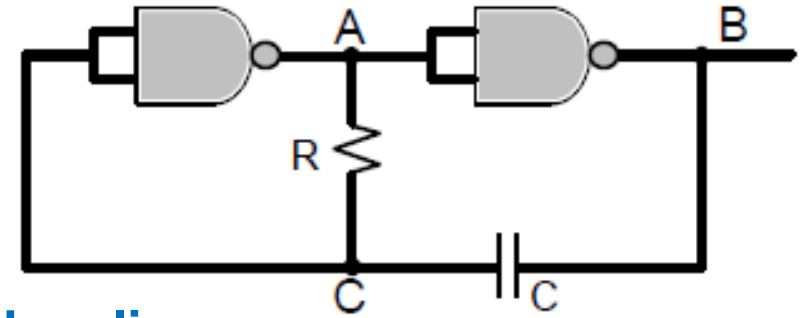
Astabilni multivibrator sa CMOS "NI" kolima

Astabilni multivibrator sa kolom "555"



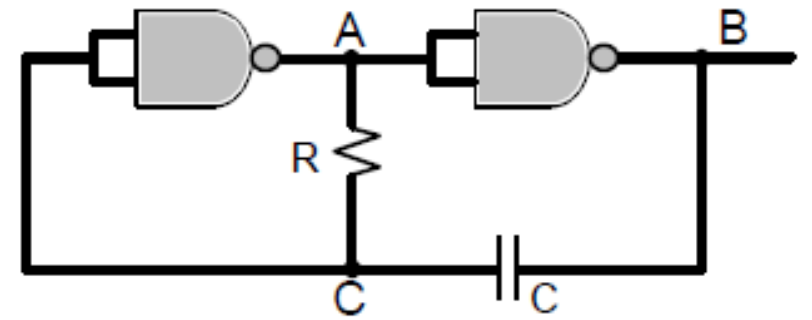
$$v(t) = v(\infty) + (v(0) - v(\infty))e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u



- Počnimo analizu uz pretpostavku da je **napon na izlazu B jednak nuli**
- Obzirom da "NI" kola sa spojenim krajevima imaju funkciju invertora, to je **tačka A na nivou logičke jedinice** (usvojićemo da je napon logičke jedinice približno jednak naponu napajanja logičkih kola)
- U **tački C ima se opet napon logičke nule**
- Primijetimo da se na obje strane kondenzatora (to su tačke C i B) imaju naponi logičke nule (napon logičke nule je približno 0V za CMOS kola)
- Znači, napon na kondenzatoru, koji je jednak razlici napona na pojedinim njegovim krajevima, iznosi 0V
- Obzirom da je kondenzator prazan i da je, u ovom slučaju, priključen na napon logičke jedinice (V_{DD}), on počinje da se puni preko otpornika **R**, tj. napon tačke **C** raste (eksponencijalno)
- Ovaj proces se odvija sve do trenutka kad napon tačke **C**, tj. napon na kondenzatoru, ne dostigne vrijednost napona logičkog praga V_P , tj. kad napon u tački **C** pređe iz logičke nule u logičku jedinicu

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u

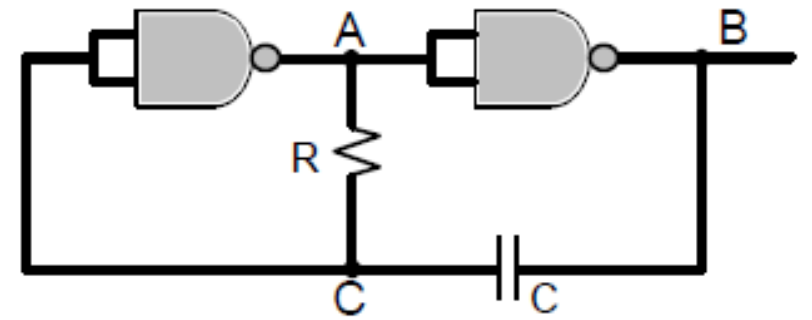


- za napon logičkog praga se obično uzima vrijednost polovine napona napajanja, tj. $V_P = V_{DD}/2$
- Tada se prvo "NI" kolo (koje ima funkciju invertora) prebacuje, tj. na njegov izlaz (tačka A) se postavlja logička nula
- Očigledno da će se na izlazu drugog "NI," kola (tačka B) postaviti logička jedinica. Promjena napona u tački B ($\Delta V_B = V_{DD}$) će se, preko kondenzatora, prenijeti u tačku C, tako da će napon V_C postati:

$$V_C = V_P + \Delta V_B = V_P + V_{DD} = (3/2)V_{DD}$$

- Sada, kako je u tački A napon nula, to se kondenzator, preko otpornika R, prazni, pa se smanjuje napon na kraju C.
- Ovaj proces se odvija sve do trenutka kad napon u tački C opet dostigne vrijednost praga, tj. dok pređe iz logičke jedinice u logičku nulu.

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u

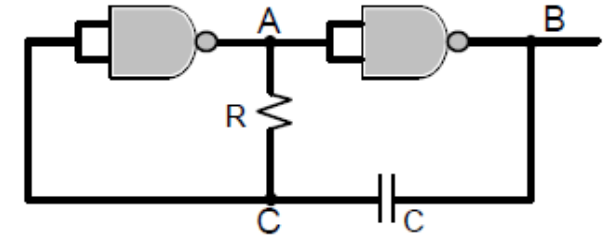


- Tada se, opet, stanja na izlazima "NI" kola mijenjaju
- Tačka A opet prelazi na logičku jedinicu, dok tačka B pada na logičku nulu
- U tom slučaju se $\Delta V_B = -V_{DD}$ prenosi, preko kondenzatora, u tačku **C**, gdje se dobija:

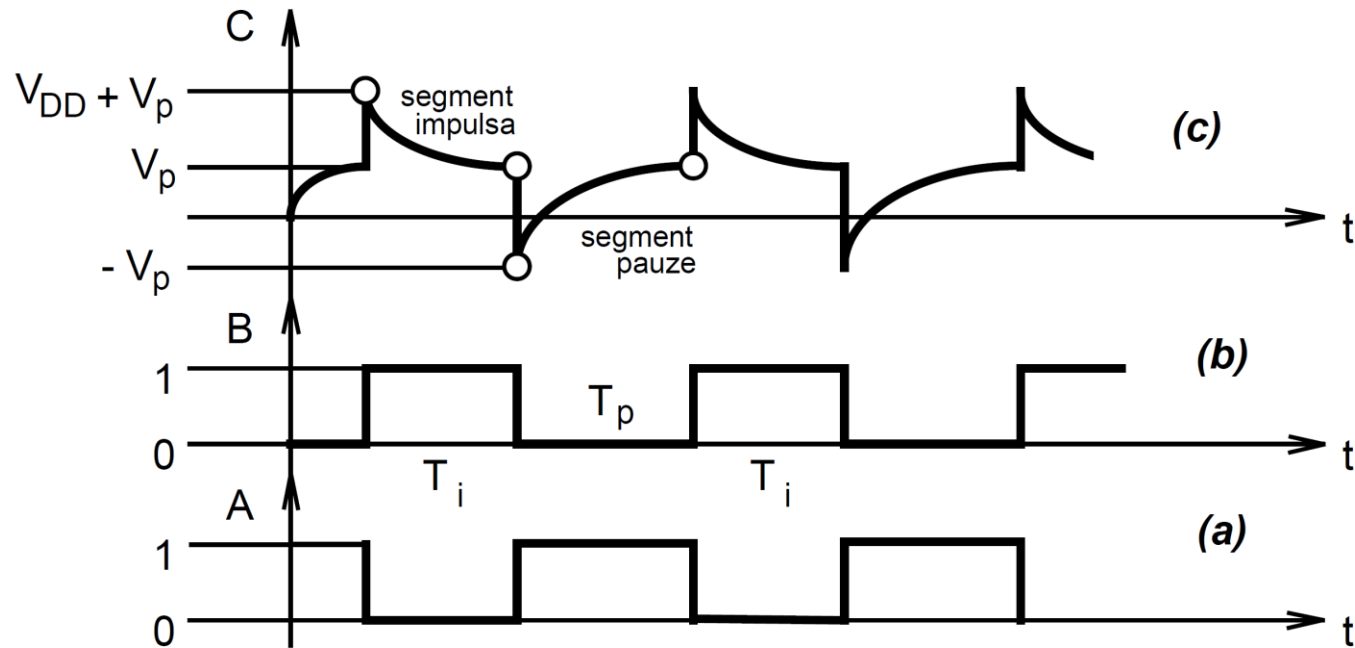
$$V_C = V_P - V_{DD} = -V_{DD}/2$$

- Sad se opet kondenzator puni, tj. povećava se napon u tački **C** sve do napona praga, kad se opet ponavljaju opisane promjene na izlazima logičkih kola, i na krajevima kondenzatora
- Napomenimo da se kondenzator i puni i prazni preko istog otpornika **R**, tj. istom vremenskom konstantom (τ – tau, $\tau = RC$)

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

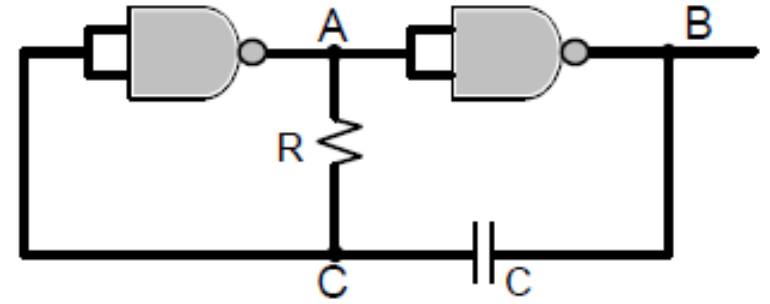


- Imajući u vidu prethodna razmatranja, na sljedećoj slici su dati talasni oblici napona astabilnog multivibratora u pojedinim njegovim tačkama:



Slika - Talasni oblici: a) U tački A; b) U tači B; c) U tački C.

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u

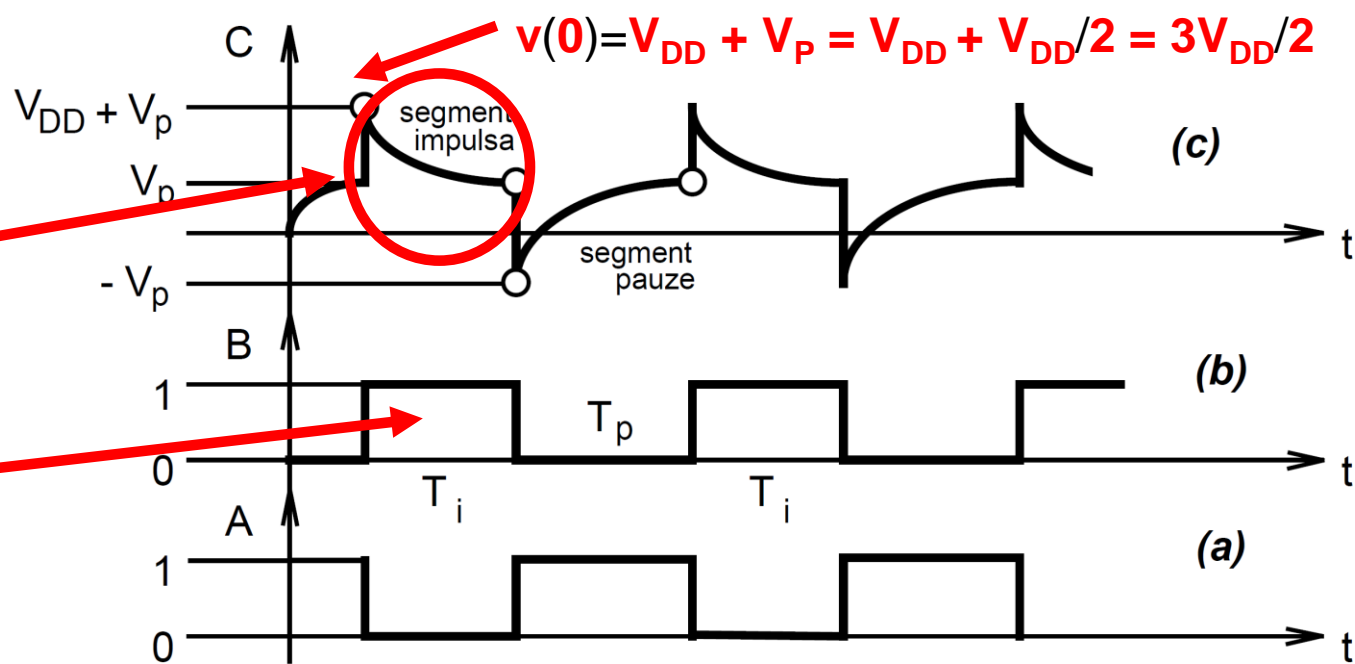


- Sa slike se vidi da je **trajanje impulsa**, odnosno **pauze**, kod astabilnog multivibratora, **određeno vremenom pražnjenja**, odnosno **vremenom punjenja kondenzatora**, kao što je to označeno segmentima T_i i T_p
- Zapazimo da se prvi segment ne uzima u obzir za proračun trajanja pauze, jer on predstavlja vrijeme uspostavljanja normalnog rada multivibratora
- Za naredna razmatranja biće nam od koristi opšti izraz za RC kola:

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

Napon praga:
 $V_P = V_{DD}/2$

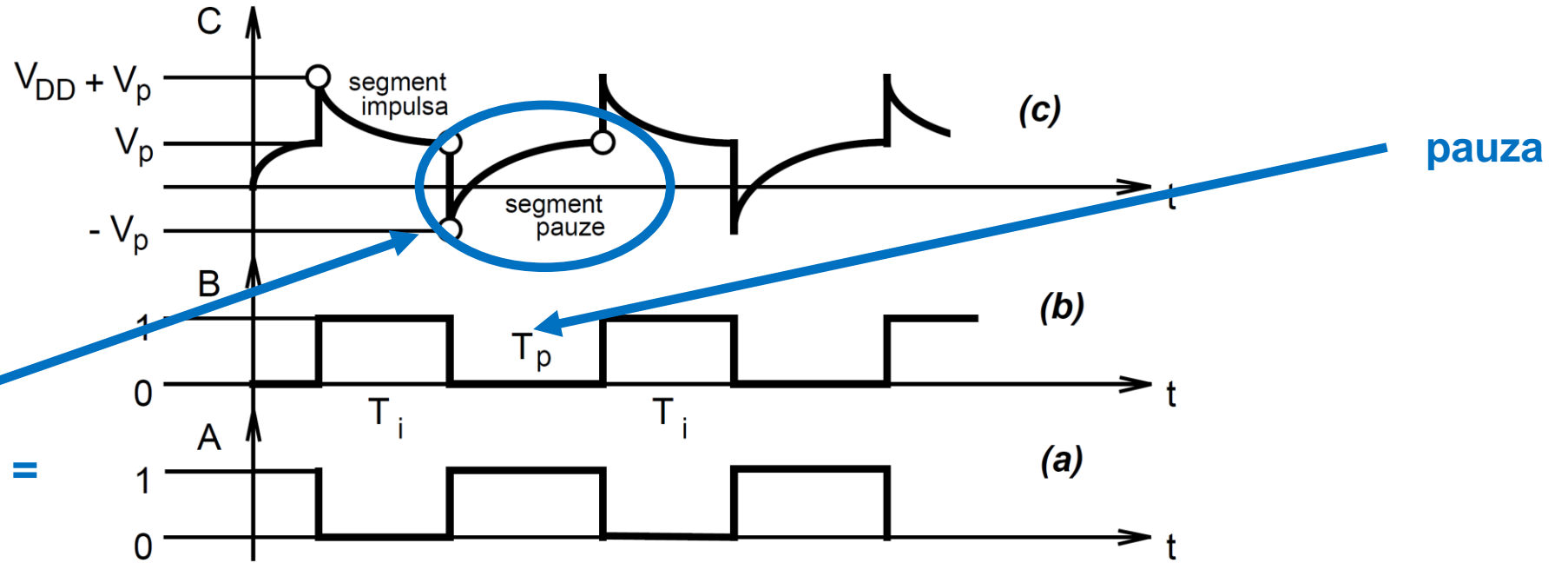
impuls



- Za segment sa slike, **dok traje impuls**, ima se početna vrijednost napona $v(0) = 3V_{DD}/2$, asimptotska vrijednost koja bi se dostigla pri pražnjenju je $v(\infty) = 0$, dok poslije ukupnog vremena $t = T_i$, napon dostiže vrijednost $v(t) = v(T_i) = V_{DD}/2$
- Uvrštavajući ove vrijednosti u dati opšti izraz, dobija se:

$$\frac{V_{DD}}{2} = \frac{3}{2} V_{DD} e^{-\frac{T_i}{\tau}} \quad \longrightarrow \quad \text{Trajanje impulsa: } T_i = \tau \ln 3 = RC \ln 3$$

$$v(0) = V_P - V_{DD} = V_{DD}/2 - V_{DD} = -V_{DD}/2$$



- Za izračunavanje trajanja pauze, posmatrajmo interval punjenja kondenzatora sa slike
- U tom slučaju, imaju se sljedeće vrijednosti: $v(0) = -V_{DD}/2$, asimptotska vrijednost, pri punjenju, jednaka je naponu napajanja, tj. $v(\infty) = V_{DD}$, dok se poslije vremena $t = T_p$, ima napon $v(t) = v(T_p) = V_{DD}/2$
- Uvrštavajući ove vrijednosti u opšti izraz ima se:

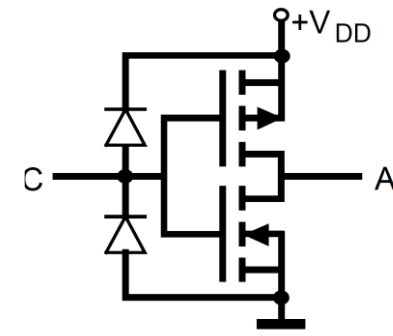
$$\frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} + \left(-\frac{V_{DD}}{2} - V_{DD}\right) e^{-\frac{T_p}{\tau}} \Rightarrow -\frac{V_{DD}}{2} = -\frac{3}{2} V_{DD} e^{-\frac{T_p}{\tau}}$$



Trajanje pauze:

$$T_p = \tau \ln 3 = RC \ln 3$$

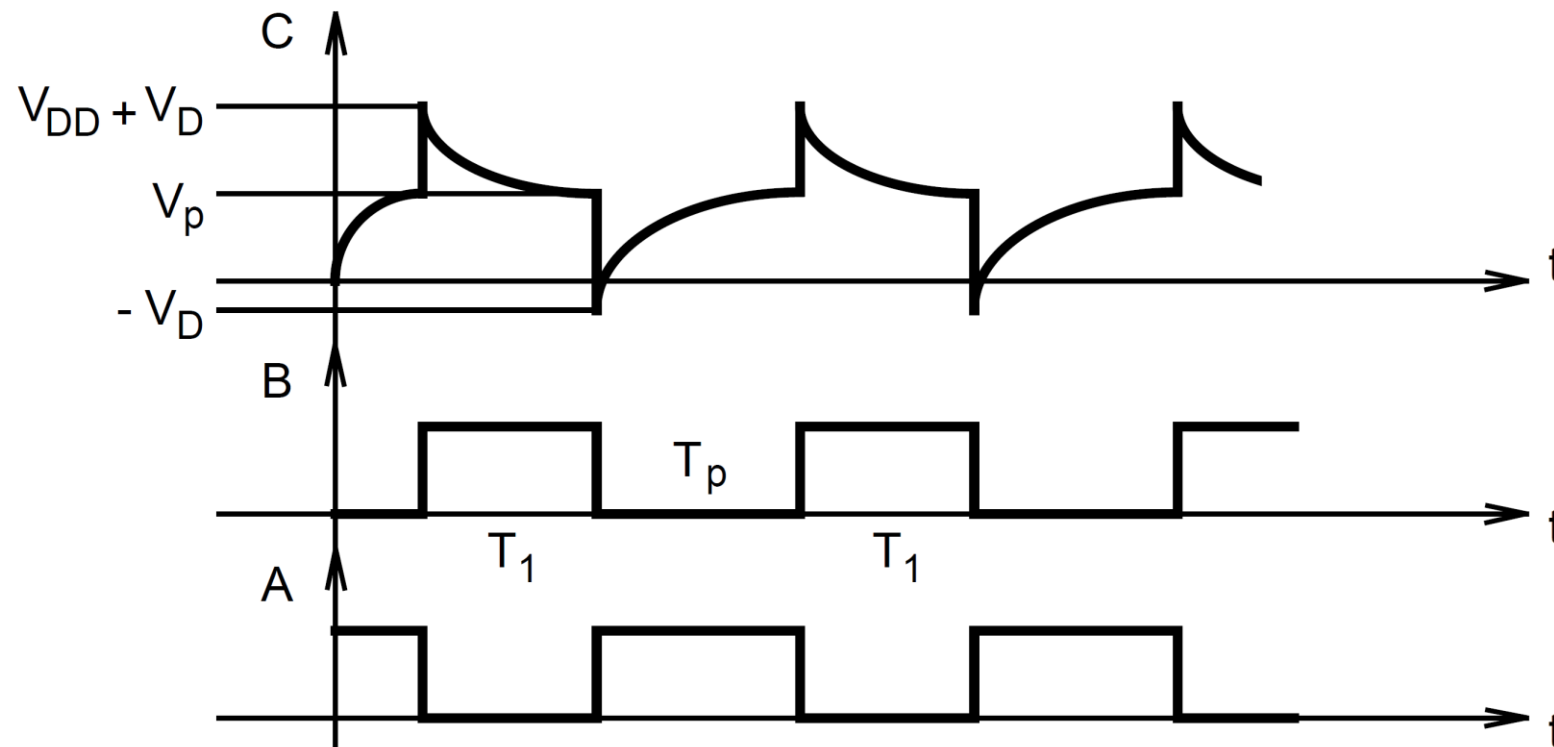
ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u (sa zaštitnim diodama)



- U prethodnoj analizi, pretpostavljeno je da su upotrijebljena CMOS kola bez zaštitnih dioda. Potpuno drugačiji rezultat će se dobiti ukoliko se koriste CMOS kola sa zaštitnim diodama.
- Radi lakšeg uočavanja efekta koji proizvode zaštitne diode, nacrtajmo, umjesto "NI" kola, invertor sa zaštitnim diodama (slika gore desno)
- Za ovo imamo puno opravdanje jer su, i u prethodnom kolu, "NI" kola obavljala funkciju invertora
- Vidimo da na ulazu invertora, koji je u našoj analizi tačka C, **ne može napon biti veći od $V_{DD} + V_D \approx V_{DD}$** , jer, u tom slučaju, dioda provodi i spaja ulaz C sa napajanjem V_{DD}
- Takođe, zapazimo da napon u istoj tački (na ulazu invertora) **ne može biti manji od $-V_D \approx 0$**

ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U (sa zaštitnim diodama)

- Imajući u vidu prethodno, dijagrami, za tačke A, B i C, će, za ovo kolo, izgledati kao na slici:



ASTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u (sa zaštitnim diodama)

- Jasno je da će, u ovom slučaju, proračun biti drugačiji nego prije
- Naime, za segment **dok traje impuls**, ima se: $v(0)=V_{DD}+V_D \approx V_{DD}$, $v(\infty)=0$ i $v(t)=v(T_i)=V_{DD}/2$. Uvrštavajući ovo u opšti izraz dobija se:

$$\frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} e^{-\frac{T_i}{\tau}}, \quad \longrightarrow \quad T_i = \tau \ln 2 = RC \ln 2.$$

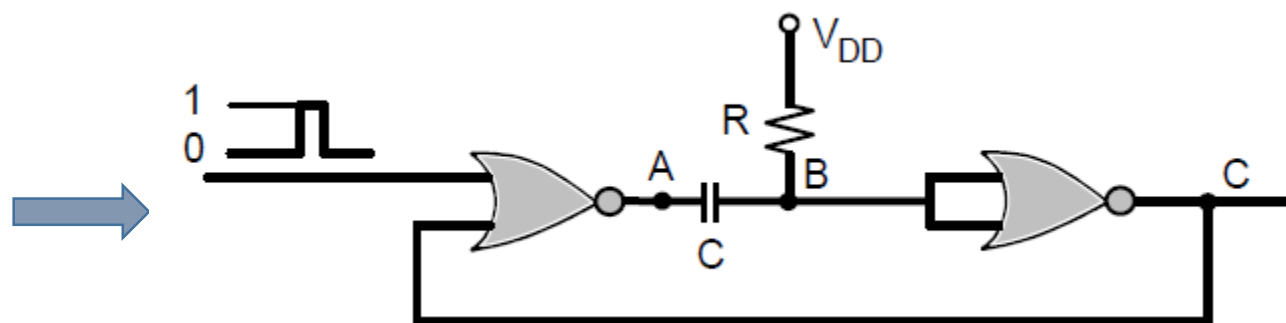
- Za segment **dok traje pauza**, imaju se sljedeće vrijednosti: $v(0) \approx 0 \text{ V}$, $v(\infty)=V_{DD}$ i $v(t)=v(T_p)=V_{DD}/2$. Uvrštavajući ovo u opšti izraz, ima se:

$$\frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} + (0 - V_{DD}) e^{-\frac{T_p}{\tau}} \Rightarrow -\frac{V_{DD}}{2} = -V_{DD} e^{-\frac{T_p}{\tau}}, \quad \longrightarrow \quad T_p = \tau \ln 2 = RC \ln 2.$$

MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

- Za razliku od astabilnih multivibratora, kod kojih se, nezavisno od bilo kakvog pobudnog signala, na izlazu kola ima stalna izmjena stanja, **kod monostabilnih kola, za izmjenu stanja na izlazu, neophodno je dovesti takozvani okidni signal**
- Naime, tek pri nailasku okidnog impulsa na njegovom ulazu, kod monostabilnog multivibratora dolazi do izmjene stanja na izlazu (često je to prelazak sa nivoa logičke nule na nivo logičke jedinice)
- Ovo novo stanje je tačno određenog trajanja, i definisano je vrijednostima pojedinih komponenti u kolu
- I za slučaj monostabilnog multivibratora postoji više načina za realizaciju

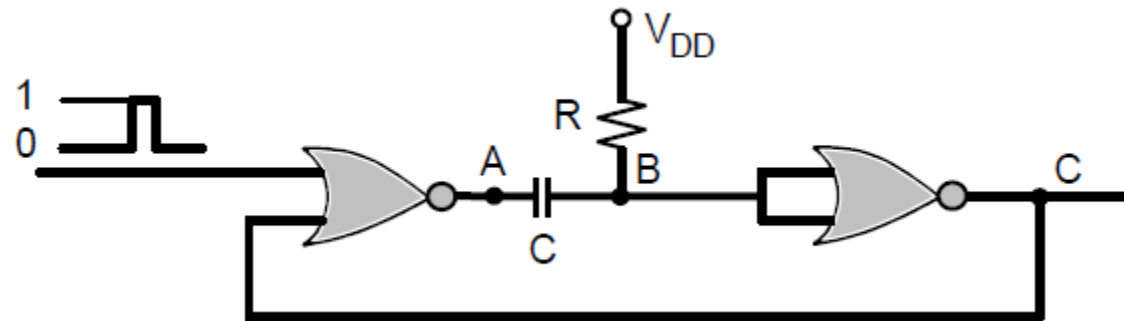
Šema monostabilnog multivibratora realizovanog pomoću CMOS "NILI" kola



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

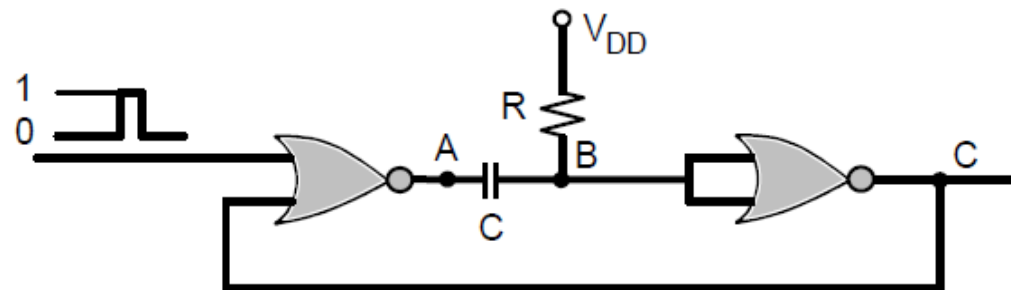
MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

- prisjetimo se logičke funkcije koju obavlja "NILI" kolo:
 - Ono, samo za slučaj obje nule na ulazu, daje jedinicu, dok, za sve ostale kombinacije, daje nulu
 - takođe, zapazimo da drugo "NILI" kolo (sa spojenim ulazima) obavlja logičku funkciju invertora
- Počnimo analizu **pretpostavljajući da je na izlazu (tačka C) monostabilnog kola nivo logičke nule.**
- Očigledno da je **na ulazu drugog "NILI" kola napon na nivou logičke jedinice (tačka B)**
- S druge strane, kako se napon sa tačke C prenosi na ulaz prvog "NILI" kola, to je, u odsustvu okidnog impulsa, na oba ulaza napon logičke nule, te je **na izlazu prvog logičkog kola logička jedinica (tačka A).**



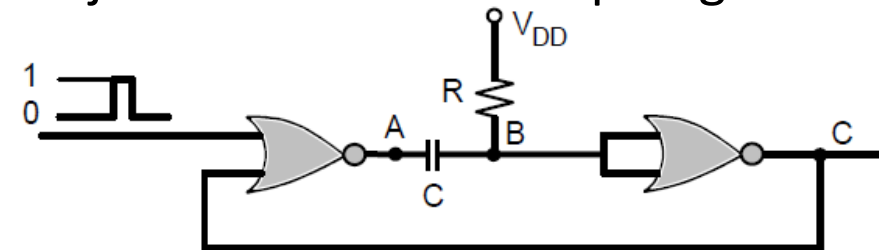
MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

- Primijetimo da je, i na jednom i na drugom kraju kondenzatora (tačke A i B), potencijal nivoa logičke jedinice, pa napon na kondenzatoru (koji je jednak razlici potencijala u ovim tačkama) iznosi $V=0$
- S druge strane, napon na strani kondenzatora na kojoj se nalazi napajanje već ima vrijednost napona napajanja V_{DD} , pa je i **razlika napona na krajevima otpornika jednaka nuli**, što znači da kroz njega ne protiče struja - Dakle, ima se **stabilno stanje monostabilnog multivibratora**.
- Da bi se izveo multivibrator iz ovog stanja, neophodno je na njegov ulaz dovesti okidni impuls, odnosno, neophodno je **dovesti na slobodni kraj prvog "NILI" kola logičku jedinicu**
- U tom slučaju (kombinacija nule i jedinice), na izlazu ovog "NILI" kola dobija se logička nula.
- Promjena napona u tački A ($\Delta V_A = -V_{DD}$) se prenosi preko kondenzatora u tačku B, te je $V_B = 0$. Obzirom da je tačka B na nuli, to se na izlazu drugog "NILI" kola dobija napon nivoa logičke jedinice.



MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

- Primijetimo da, i po prestanku djelovanja okidnog impulsa, na izlazu prvog "NILI" kola stoji logička nula, jer se jedinica sa izlaza prenosi na ulaz, te, i dalje, ostaje **kombinacija nule i jedinice na ulazu prvog "NILI" kola**.
- Sada, kako je kondenzator prazan, a kako istovremeno postoji razlika napona na krajevima otpornika, to će se preko njega **kondenzator puniti**
- Punjenjem kondenzatora, povećava se razlika potencijala na njegovim krajevima
- Obzirom da je tačka A stalno na nivou logičke nule, to se povećanje razlike napona između tačaka A i B dobija samo na račun povećanja napona u tački B
- **Porast napona u tački B postaje značajan onda kad dostigne vrijednost napona praga, tj. kad pređe iz logičke nule u logičku jedinicu**
- Tada logička jedinica sa ulaza drugog "NILI" kola implicira logičku nulu na njegovom izlazu, (to je ujedno izlaz monostabilnog kola), što se, preko izlaza, prosljeđuje na ulaz prvog "NILI" kola
- Na ulazu prvog "NILI" kola ima se sada kombinacija obje nule. Slijedi da će na izlazu prvog "NILI" kola biti napon nivoa logičke jedinice (V_{DD})



MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u

- Kako je, prije promjene stanja, napon na kondenzatoru bio $V=V_B-V_A=V_p-0=V_p$, to, i neposredno poslije promjene, napon mora imati istu vrijednost
- Napon u tački B, dakle, mora porasti na $V_{DD}+V_p=3V_{DD}/2$
- Sada se kondenzator, preko otpornika, prazni sve dok napon u tački B ne dođe do nivoa napona napajanja, kad nema više struje kroz otpornik, **pa se time i pražnjenje kondenzatora završava**
- Primijetimo da je ovo stanje identično stanju od koga smo počeli analizu, pa, u skladu sa prijašnjim zaključkom, **ono se neće promijeniti sve do eventualnog nailaska novog okidnog impulsa**
- Napomenimo i to da, za vrijeme trajanja logičke jedinice na izlazu monostabilnog multivibratora (tačka C), nema nikakvog uticaja na rad kola eventualno dovodenje okidnih impulsa na njegov ulaz

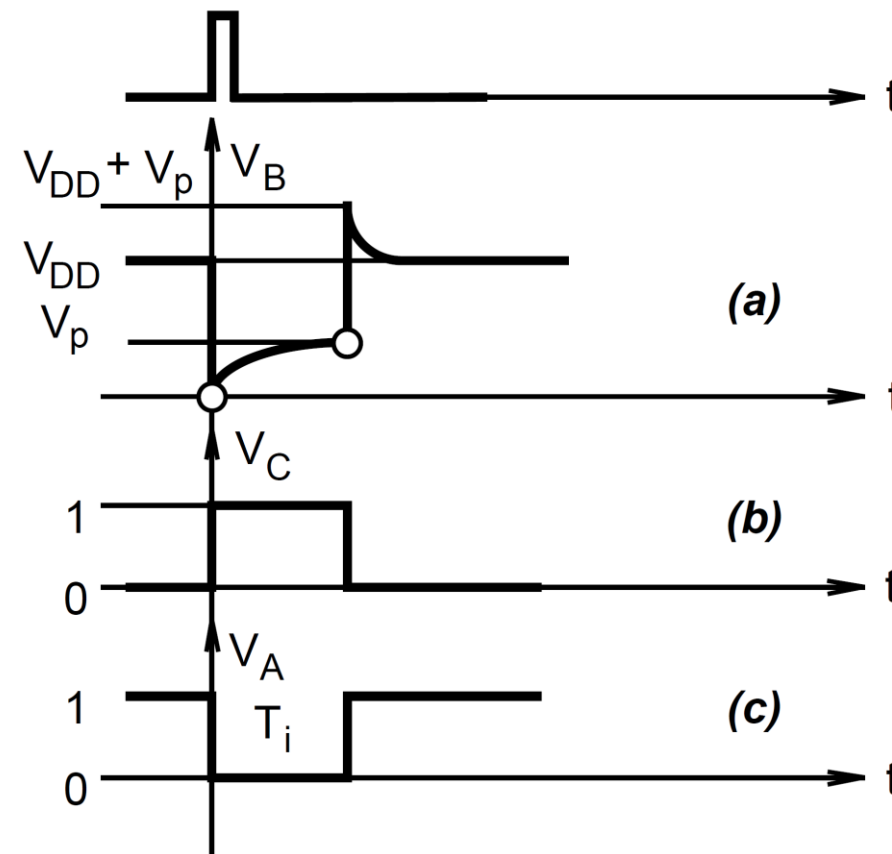
MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-U

- Sa slike se ima $v(0)=0V$ i asimptotska vrijednost do koje bi kondenzator mogao da se napuni, $v(\infty)=V_{DD}$, dok je napon, koji se dostiže na kraju segmenta, tj. koji se ima poslije vremena $t=T_i$ jednak $v(t=T_i)=V_p=V_{DD}/2$.
- Uvrštavajući ove vrijednosti u opštu relaciju, dobija se:

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

$$\frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} \left(1 - e^{-\frac{T_i}{\tau}} \right),$$

$$T_i = \tau \ln 2 = RC \ln 2.$$



MONOSTABILNI MULTIVIBRATORI U CMOS-u (sa zaštitnim diodama)

