

## ELEKTRONSKI OSCILATORI

**Generatori naizmeničnog napona** su elektronska kola koja energiju izvora jednosmernog napona pretvaraju u energiju naizmeničnog napona sa konstantnim periodom ponavljanja

Ako je talasni oblik naizmeničnog napona koji se dobja prostoperiodična funkcija vremena generatori se nazivaju **oscilatori**

-U realnim LC i RLC kolima je  $R_s > 0$ , pa se dobijaju prigušene oscilacije

-Oscilatorno kolo može da se zamisli kao LC ili RC kolo sa dodatom negativnom otpornošću  $-R_n$  koja treba da kompenzuje aktivnu otpornost kola  $R_s$ .

Ukupna otpornost je tada  $R_s - R_n$

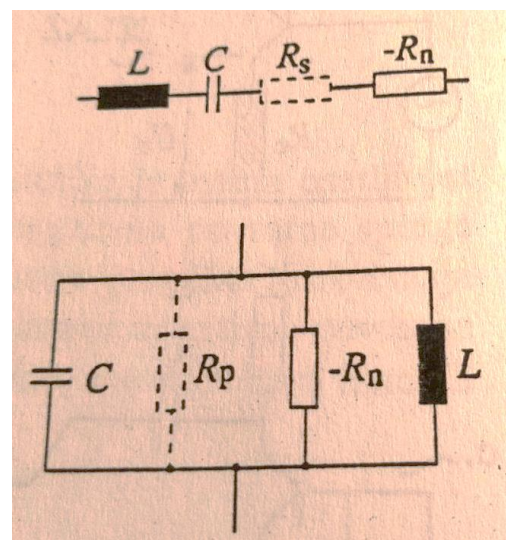
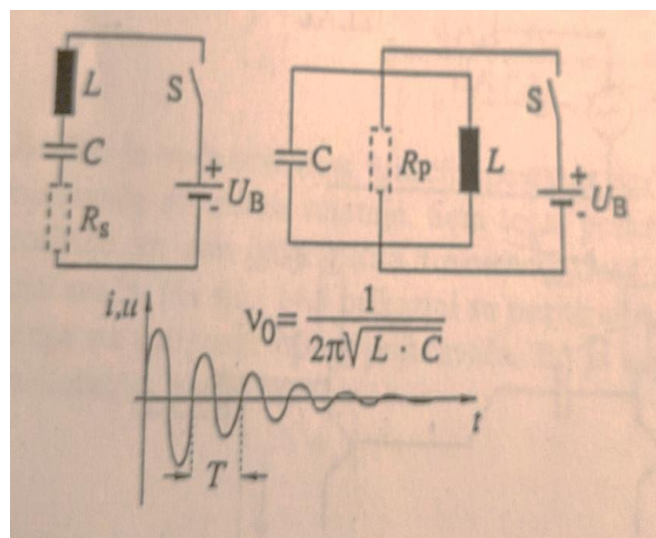
Kada je

$R_s - R_n > 0$  oscilacija je prigušena

$R_s - R_n = 0$  oscilacija je neprigušena

$R_s - R_n < 0$  oscilacija je sa rastućom amplitudom

U početku rada mora da raste amplituda ( $R_s - R_n < 0$ ) dok se ne uspostavi odgovarajuća željena vredost, a zatim treba da se ta amplituda održava konstantnom ( $R_s - R_n = 0$ ).



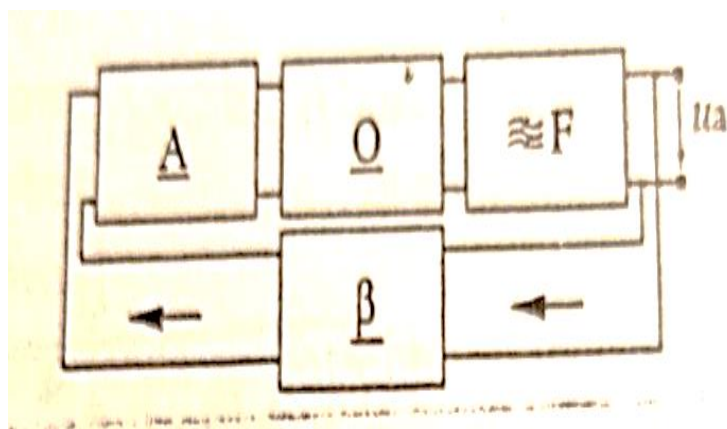
Može se održavati neprigušena oscilacija sa konstantnom amplitudom oscilovanja ako se tokom svake oscilacije fazno i strogo kontrolisano dozira iznos energije koja se izgubi u vidu toplote

Termogeni otpornik negativne vrednosti ne postoji, pa ulogu negativne otpornosti igraju posebna elektronska kola i **elektronski oscilatori se ostvaravaju kao kola pozitivne povratne sprege**.

$$A_S = \frac{U_2}{U_1} = \frac{A}{1-\beta A}, \quad \text{za } 0 < \beta A < 1$$

U ustaljenom radu oscilatora teorijski treba da bude  $\beta A = 1$ , ali praktično to se teško održava pa je  $\beta A < 1$ , vrlo malo manje od 1.

### Blok šema oscilatornog kola



A- pojačavač

O- ograničavač

F- filter

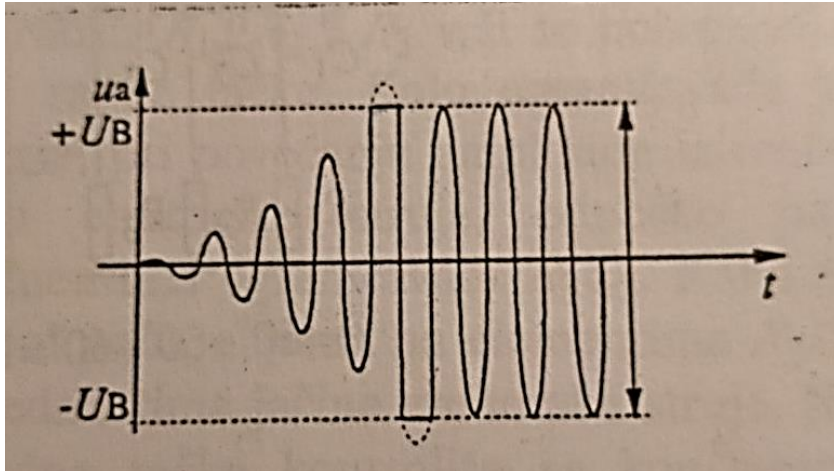
β- funkcija povratne sprege

U početku zbog  $\beta A < 1$  oscilator ima težnju da povećava amplitudu.

Ta amplituda mora da se ograniči i to radi **kolo ograničavača O** u okviru oscilatora.

Pojačavač u kolu je u klasi C i ograničavanje se postiže pomeranjem radne tačke pojačavača. Tokom svake oscilacije se dozira kontrolisani energetska impuls da se nadoknade toplotni gubici.

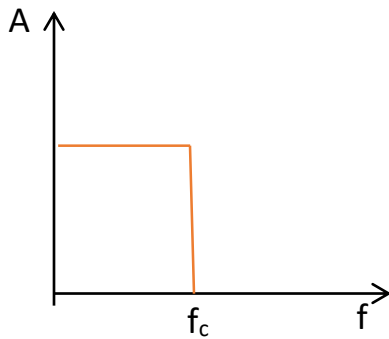
**Ograničavanjem, signal sa ograničavača nije više prostoperiodičan** i javljaju se neke neželjene frekvencije u signalu. Takav signal mora da se filtrira i to je uloga **filtera F** da bi na izlazu signal bio prostoperiodičan.



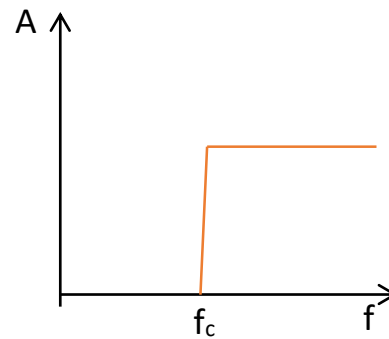
Filteri su kola koja propuštaju naizmenične signale u nekom opsegu frekvencija .

Postoje četiri osnovne vrste filtera:

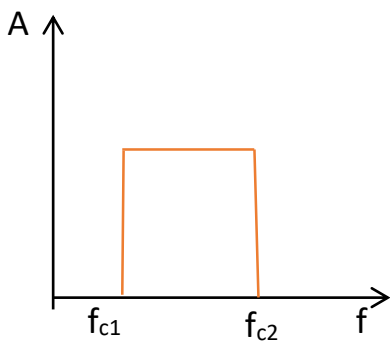
Nisko propusni,



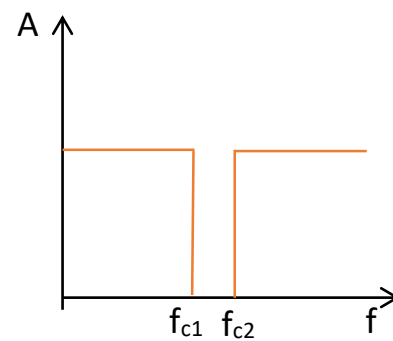
Visoko propusni



Propusnik opsega



Nepropusnik opsega

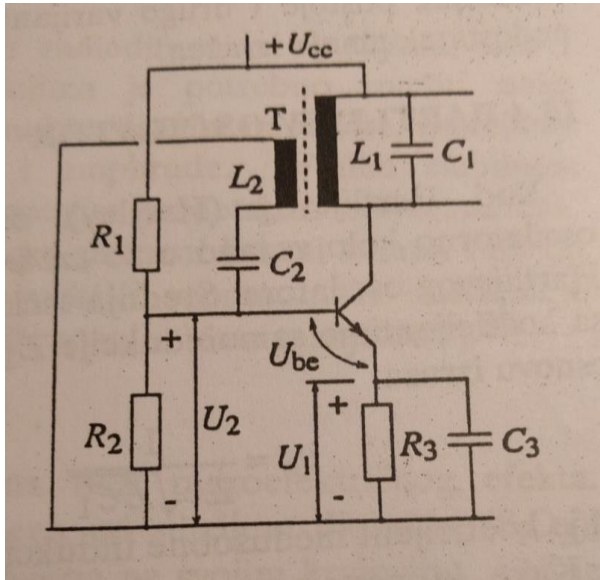


U slučaju **oscilatora se koriste filteri propusnici opsega.**

## Primer oscilatora sa tranzistorskim pojačavačem:

### Majsnerov oscilator

Majsnerov oscilator ima sve komponente elektronskog oscilatora Č



#### **A** - Pojačavač:

Tranzistorski pojačavač u klasi C, se sastoji od tranzistora, otpornika  $R_1$ ,  $R_2$  (razdelnik napona) i  $R_3$  za polarizaciju baze tranzistora i određivanje radne tačke i oscilatornog  $L_1C_1$  kola u kolu kolektora (umesto  $R_c$  kod generalne šeme pojačavača)

#### **β** - Funkcija povratne sprege

Pozitivna povratna sprega se ostvaruje preko sekundarnog kalema ( $L_2$ )

transformatora (T). Oscilacije napona sa kalemom  $L_1$  se prenose na kalem  $L_2$  i preko kondenzatora  $C_2$  se prenose na ulaz (bazu) tranzistora. Da bi se postigla fazna saglasnost za ostvarivanje pozitivne povratne sprege potrebno je pravilno vezati kalem  $L_2$ . Pošto ovaj pojačavač menja fazu izlaznog napona za  $\pi$ , potrebno je da povratna sprega menja fazu za  $\pi$ , tj. da i transformator pogodnim vezivanjem kalema menja fazu za  $\pi$ . Ako kalem nije pravilno povezan oscilator po uključanju neće zaoscilovati i potrebno je u tom slučaju zameniti krajeve oscilatora.

#### **O** – Ograničavač

Ograničavač čine otpornik  $R_3$  i kondenzator  $C_3$ . Kako je napon  $U_2$  konstantan i jednak zbiru napona  $U_1 + U_{BE}$  pri promeni napona  $U_1 = R_3 \cdot I_E$  menja se napon  $U_{BE}$ , na suprotan način. Ako se amplituda izlaznog napona povećava, povećava se i emitorska struja i napon  $U_1$  raste, ali tada opada napon  $U_{BE}$  i automatski menja položaj radne tačke i opadaju bazna i emitorska struja. Na taj način se se kontroliše konstantna amplituda izlaznog napona.

## F- filter

Ulogu filtera ima kolo  $L_2 C_2$  koje je podešeno tako da je  $L_2 C_2 = L_1 C_1$ , tj. da oba oscilatorna kola imaju istu rezonantnu učestanost.

**Kondenzator  $C_2$**  sprečava kratku vezu baze tranzistora preko male termogene otpornosti kalema na masu izvora i poremećaj polarizacije baze tranzistora..

**Frekvencija na kojoj osciluje ovaj oscilator se određuje kao**

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

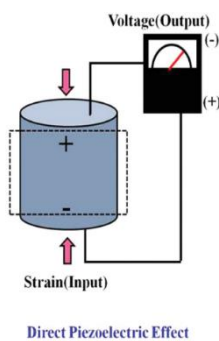
## KVARCNI OSCILATORI

- Ovi oscilatori imaju visoku stabilnost frekvencije i amplitude.
- **Kao oscilatorno kolo se primenjuje kristal kvarca** pa je odstupanje frekvencije reda

$$\frac{\Delta f}{f} = 10^{-6}$$

Kristal kvarca ( $\text{SiO}_2$ ) se seče u obliku pločica određenih dimenzija..

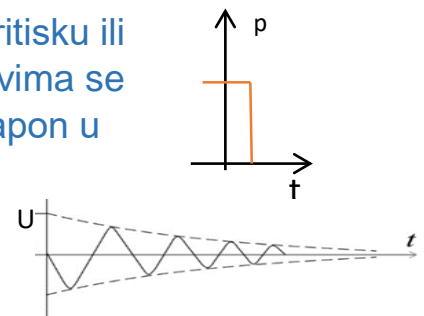
- Ovo su mehanički oscilatori koji **rade na bazi piezoelektričnog efekta**
- a) direktni piezoelektrični efekat**



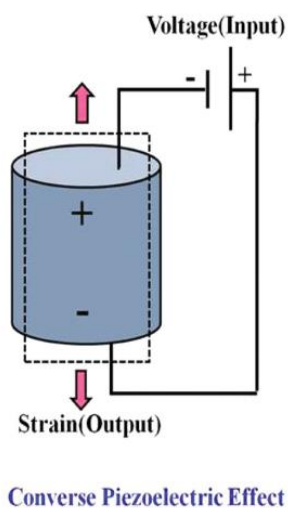
Ako je kvarcna pločica izložena dejstvu na pritisak ili istežanje, ona na krajevima daje napon proporcionalan veličini pritiska ili istežanja

Ako se pločica kratko izloži pritisku ili istežanju (u vidu impulsa) na krajevima se javlja naizmenični prostperiodični napon u obliku prigušene oscilacije sa velikom stabilnošću frekvencije i

malim stepenom prigušenja.

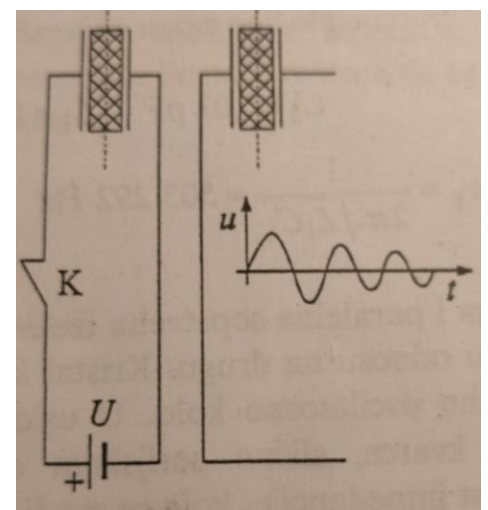


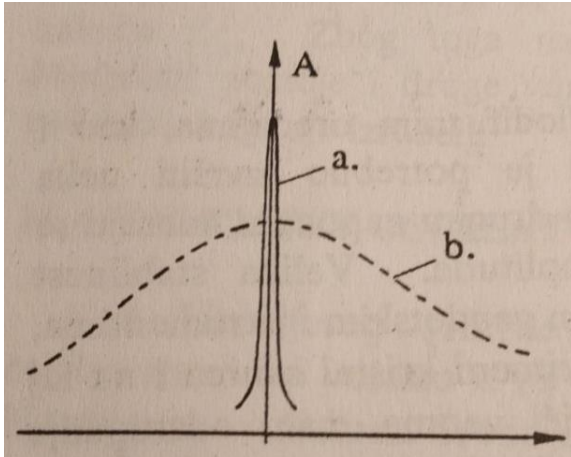
**b) obrnuti piezoelektrični efekat**



Ako se na krajeve pločice dovede napon doći će do njenog istežanja ili sabijanja srazmerno jačini napona.

Ako se dovede kratkotrajni naponski impuls (brzim uključivanjem i isključivanjem izvora na primer), pločica počinje da osciluje na sopstvenoj frekvenciji koja zavisi od načina sečenja pločice i njenih dimenzija.



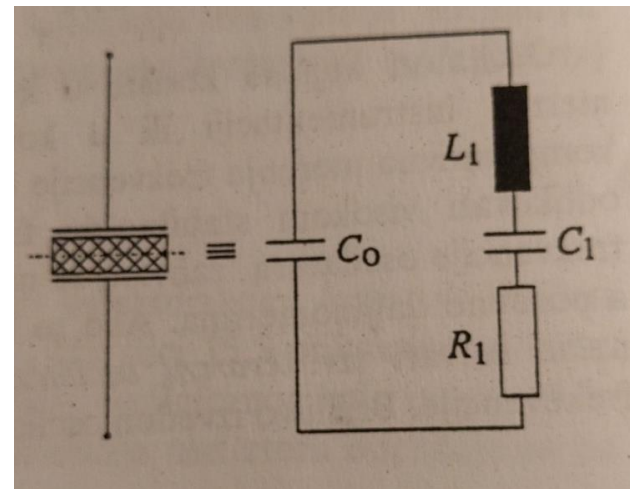


Kvarcni oscilatori imaju malo prigušenje i veliki faktor dobrote  $Q$  koji može biti od  $10^4 - 10^6$ . Kod običnih oscilatora je reda  $10^2$ . Kristal kvarca ima oštru rezonantnu krivu.

(slika: Rezonantne krive

a- kvarcni oscilator, b- običan oscilator)

Kristal kvarca se predstavlja ekvivalentnim oscilatornim kolom, tj. ekvivalentnim rednim ili paralelnim oscilatornim kolom. Elementi  $R_1$ ,  $C_1$  i  $L_1$  su ekvivalentna otpornost, ekvivalentna kapacitivnost i ekvivalentna induktivnost pločice, a  $C_0$  kapacitivnost predstavlja uticaj naparenih elektoda na kristal kvarca preko kojih se ostvaruje električni kontakt pločice sa ostalim elementima kola.



Zbog dva kondenzatora, postoje i dve rezonantne učestanosti kola koje su vrlo bliske i to serijska  $f_s$  i paralelna  $f_p$ .

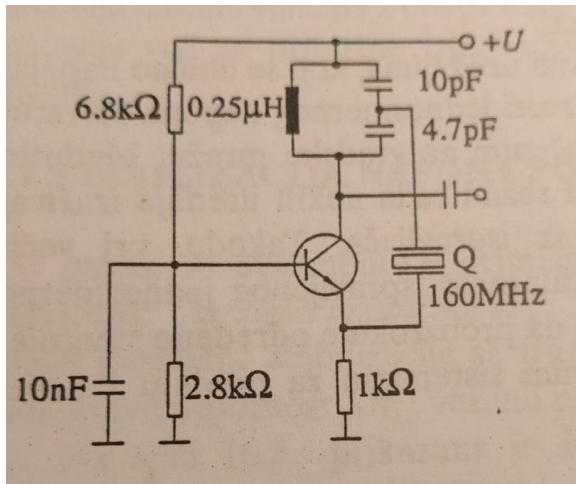
Za tipične vrednosti kvarcnog oscilatora ( $R_1=1k\Omega$ ,  $C_1=0,01pF$ ,  $L_1=10H$ ,  $C_0=10pF$ ) one iznose

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = 503,292Hz$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0}}} = 503,544Hz$$

U električnim šemama **kristal kvarca se koristi na dva načina:**

a) **Kao pridruženi element oscilatornom kolu** u cilju kontrolisanja i stabilizacije frekvencije oscilatora

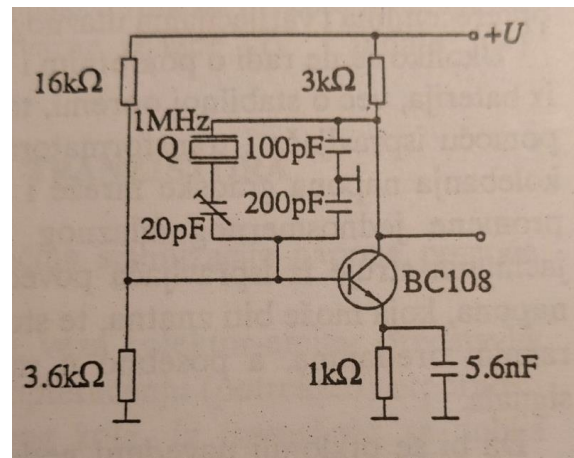


Standardno oscilatorno kolo koje je glavni oscilator i koje ima mali Q faktor u odnosu na kristal kvarca prilagođava se dominantnijem oscilatoru (kristalu kvarca) i sledi sinhrono njegovu frekvenciju.

Ovo je princip o dominciji oscilatora sa većim Q faktorom

b) **Kao samostalno redno ili paralelno oscilatorno kolo**

Radi kao glavno oscilatorno kolo u okviru elektronskog oscilatora i dodavanjem kondenzatora promenljive kapacitivnosti može mu se u manjim granicama menjati sopstvena frekvencija.



**Mane kvarcnog oscilatora** su :a) promena sopstvene frekvencije sa temperaturom i b) starenje.

Kvarcni oscilator menja sopsvenu učestanost sa temperaturom i zavisnost je u obliku polinoma drugog reda. Da bi se obezbedila dovoljna stabilnost frekvencije zs neke primene on mora da se termostatira odnosno pri radu je pogodno da bude u komori sa konstantnom temperaturom.

Pod starenjem se podrazumeva menjanje sopstvene frekvencije tokom vremena , koje je u početku brže a zatim sporije i posle određenog broja godina frekvencija je veoma stabilna.

## **MULTIVIBRATORSKA KOLA**

Pored prostoperiodičnog napona potrebno je za potrebe rada instrumenata generisati i periodične napone nesinusoidalnih oblika (testerasti, trogaoni četvrtasti).

**Multivibratori su generatori četvrtastih napona** Pošto je frekventni spektar četvrtastih signala širok tj sadrži u sebi širok opseg frekvencija dobili su naziv multi vibratori.

**Multivibratori spadaju u relaksacione generatore** I zasnivaju se na punjenju (nagomilavanju energije) nekog reaktivnog elementa (Lili C) u toku nekog vremena, a zatim optpuštanju te energije do nekog određenog trenutka kada se process ponavlja.

**Postoje četiri tipa multivibratora :**

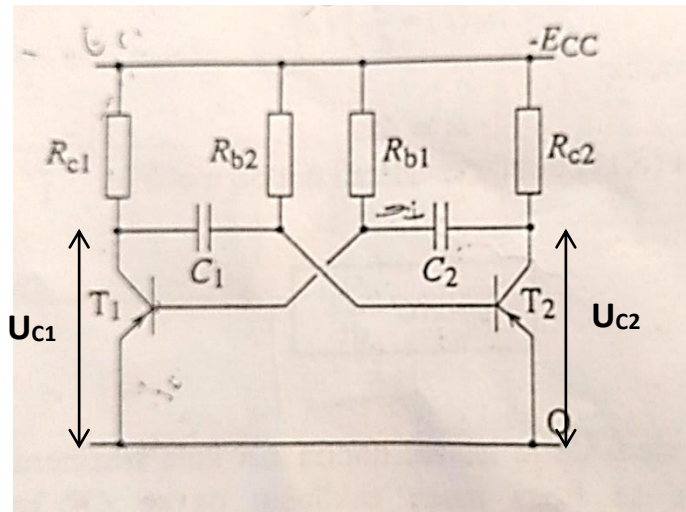
- a) Astabilni
- b) Monostabilni
- c) Bistabilni
- d) Šmitov triger

### **a) Astabilni multivibrator**

**Predstavlja impulsni generator koji samostalno bez spoljašnje pobude generiše pravougaone impulse.**

**On ima dva kvazistabilna stanja I spontano se prebacuje iz jednog u drugo**

**Sastoji se od dva tranzistora  $T_1$  i  $T_2$  simetrično rasporedjena. Kolektor jednog tranzistora je povezan na bazu drugog I obrnuto preko kondenzatora  $C_1$  i  $C_2$ .**



Ovi tranzistori tako rade da je tokom jednog kvazistabilnog stanja jedan zakočen a drugi provodan, a tokom drugog nastaje inverzija njihovih stanja I to se ponavlja.

Izlazni naponi su naponi na kolektorima oba tranzistora tj.  $U_{c1}$  i  $U_{c2}$ .

Ako je transistor 1 provodan napon na njegovom kolektoru je

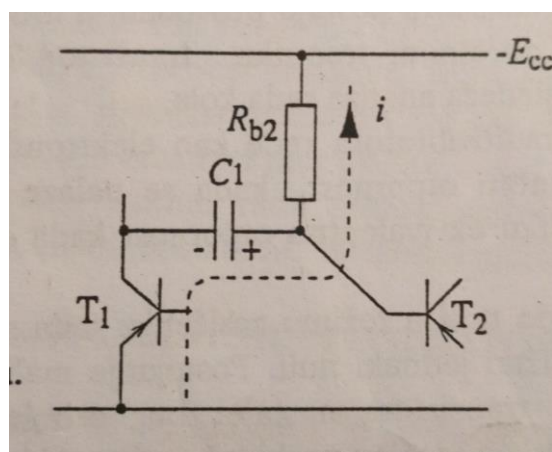
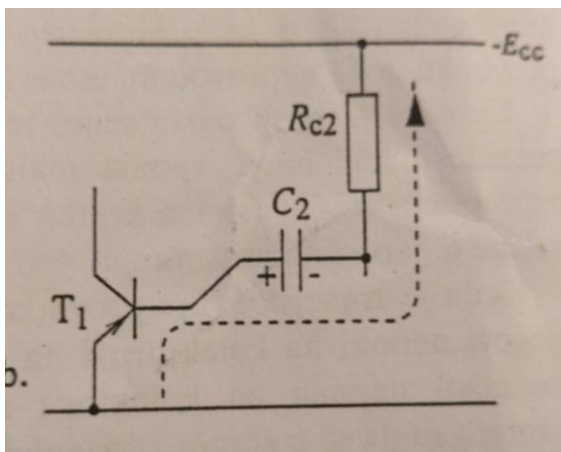
$$U_{c1} = -E_{cc} + R_{c1} \cdot I_{c1} \leq 0,$$

Ako je transistor 1 zakočen kolektorska struja  $I_{c1} \approx 0$ , pa je napon

$$U_{c1} = -E_{cc} + R_{c1} \cdot I_{c1} = -E_{cc}$$

Ovo su dve vrednosti napona koje se javljaju u zavisnosti u kom režimu radi trenutno tranzistor.

Kada je transistor  $T_1$  provodan puni se kondenzator  $C_2$  preko otpornika  $R_{c2}$  i izvora, a za to vreme (jer je transistor  $T_2$  zakočen) se prazni transistor  $C_1$  preko otpornika  $R_{b2}$



Kada je transistor  $T_2$  provodan puni se kondenzator  $C_1$  preko otpornika  $R_{C1}$  i izvora, a za to vreme se prazni transistor  $C_2$  preko otpornika  $R_{b1}$

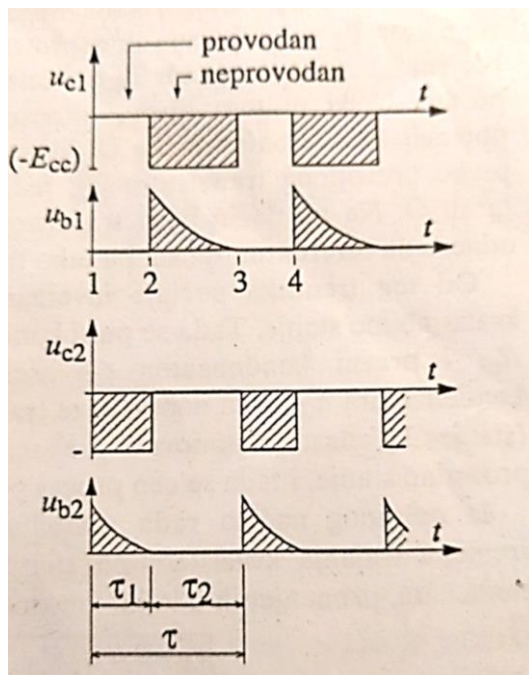
### Prvo kvazistabilno stanje

U trenutku kada transistor  $T_1$  postane provodan napon  $U_{C1} \approx 0$ , kondenzator  $C_1$  je pun i na njemu je napon  $\Delta U_{C1}$ . Kondenzator  $C_1$  tada počinje da se prazni, a kondenzator  $C_2$  se neposredno pre toga ispraznio i počinje da se puni.

Napon na bazi tranzistora  $T_2$  je tada

$U_{b2} = -E_{CC} + R_{C1} \cdot I_{C1} + \Delta U_{C1} > 0$  pa to drži tranzistor  $T_2$  (PNP tip tranzistora) automatski u zakočenju

Kako se kondenzator  $C_1$  prazni napon  $\Delta U_{C1}$  opada i kada se isprazni on postaje nula, a napon  $U_{b2}$  postaje



$U_{b2} = -E_{CC} + R_{C1} \cdot I_{C1} \leq 0$  i tranzistor  $T_2$  naglo postaje provodan,

Tada napon na bazi tranzistora  $T_1$  zbog napunjenog kondenzatora  $C_2$  postaje

$U_{b1} = -E_{CC} + R_{C2} \cdot I_{C2} + \Delta U_{C2} > 0$ , i tranzistor  $T_1$  postaje automatski zakočen

i nastaje

### Drugo kvazistabilno stanje

U trenutku kada je transistor  $T_2$  postao provodan napon  $U_{C2} \approx 0$ , kondenzator  $C_2$  je pun i na njemu je

napon  $\Delta U_{C2}$  i on počinje da se prazni. Kondenzator  $C_1$  se neposredno pre toga ispraznio i počinje da se puni.

Napon na bazi tranzistora  $T_1$  je tada

$U_{b1} = -E_{CC} + R_{C2} \cdot I_{C2} + \Delta U_{C2} > 0$  pa to drži tranzistor  $T_1$  automatski u zakočenju

Kako se kondenzator  $C_2$  prazni napon  $\Delta U_{C2}$  opada i kada se isprazni on postaje nula , a napon  $U_{b1}$  postaje

$U_{b1} = -E_{CC} + R_{C2} \cdot I_{C1} \leq 0$  i tranzistor  $T_1$  naglo postaje provodan,

Tada napon na bazi tranzistora  $T_2$  zbog napunjenog kondenzatora  $C_1$  postaje

$U_{b2} = -E_{CC} + R_{C1} \cdot I_{C1} + \Delta U_{C1} > 0$ , i tranzistor  $T_2$  postaje automatski zakočen

Nastaje ponovo prvo kvazistabilno stanje.

Prvo kvazistabilno stanje traje vreme  $\tau_1$  , a drugo  $\tau_2$ .

Vreme  $\tau_1$  je odredjeno vremenom pražnjenja kondenzatora  $C_1$  preko otpornika  $R_{b2}$ , pa je jednako

$$\tau_1 = 0,7 C_1 \cdot R_{b2}$$

Vreme  $\tau_2$  je odredjeno vremenom pražnjenja kondenzatora  $C_2$  preko otpornika  $R_{b1}$ , pa je jednako

$$\tau_2 = 0,7 C_2 \cdot R_{b1}$$

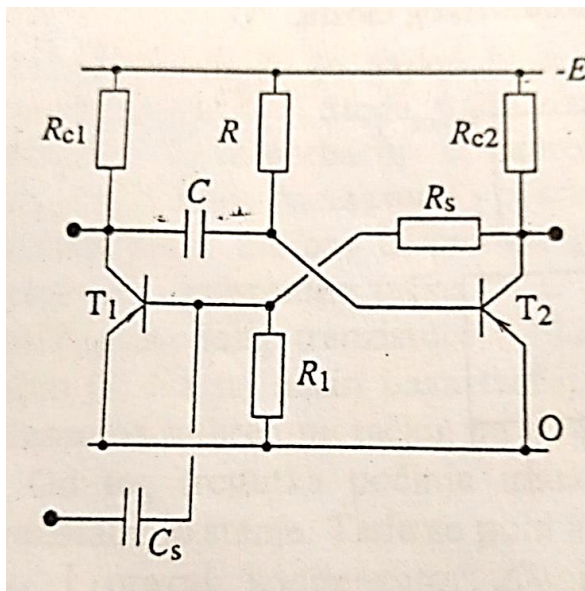
Ukupan period ponavljanja je

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 = 0,7 ( C_1 \cdot R_{b2} + C_2 \cdot R_{b1} )$$

Menjanjem  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $R_{b1}$  i  $R_{b2}$  moguće je dobiti četvrtke različitog trajanja

## Monostabilni multivibrator

Ima jedno stabilno I jedno kvazistabilno stanje



Ovaj multivibrator ima samo jedan kondenzator u kolu koji povezuje kolektor tranzistora  $T_1$  i bazu tranzistora  $T_2$ .

U stabilnom stanju transistor  $T_1$  je neprovodan, transistor  $T_2$  je provodan i kondenzator  $C$  je napunjen i u ovom stanju može da ostane neograničeno mnogo vremena.

### Kvazistabilno stanje

Kada se na bazu tranzistora dovede negativan naponski impuls, napon na tranzistoru  $T_1$  naglo postaje negativan i tranzistor postaje provodan. Tada napon na njegovom kolektoru naglo poraste sa  $-E_{CC}$  na 0 i napon na bazi tranzistora  $T_2$  postaje

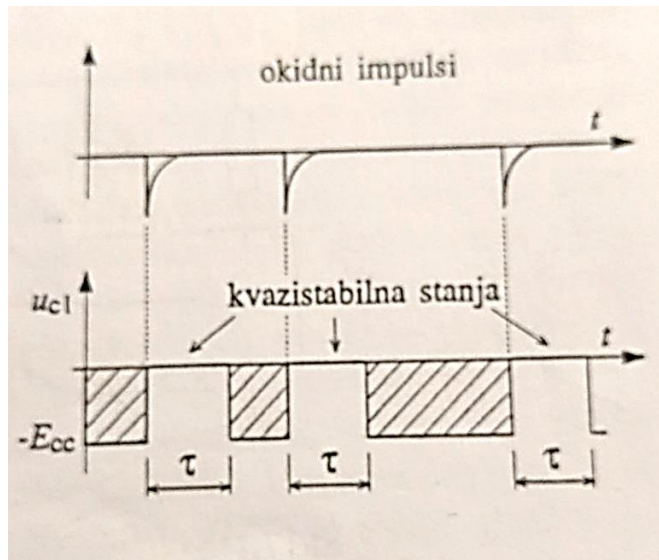
$U_{b2} = -E_{CC} + R_{c1} \cdot I_{c1} + \Delta U_c > 0$  ( $\Delta U_c$  napon na kondenzatoru  $C$ ) pa tranzistor  $T_2$  postaje zakočen.

Kondenzator  $C$  počinje da se prazni i napon  $\Delta U_c$  opada do nule i tada napon na bazi tranzistora  $T_2$  postaje

$U_{b2} = -E_{CC} + R_{c1} \cdot I_{c1} \leq 0$  i tranzistor  $T_2$  postaje ponovo provodan, a to preko otpornika  $R_s$  ponovo dovodi tranzistor  $T_1$  u zakočenje. i multivibrator se vraća u stabilno stanje i u njemu opstaje dok ponovo ne dodje negativan impuls na bazu tranzistora  $T_1$

Kvazistabilno stanje je određeno pražnjenjem kondenzatora C preko otpornika R, ono traje

$$\tau = 0,7 C \cdot R$$



Ovaj multivibrator služi kao programirani generator pravougaonih impulse koji se generišu pomoću okidnih impulse dovedenih spolja.

Ima primenu u elektronici i u logičkim kolima.

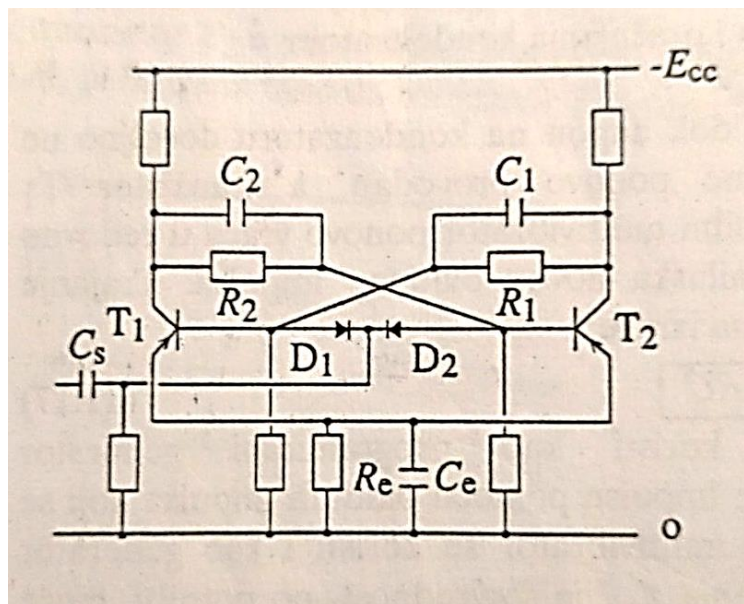
Ako se kolo zasniva na NPN tranzistorima tada se okida pozitivnim impulsima.

### **b) Bistabilni multivibrator**

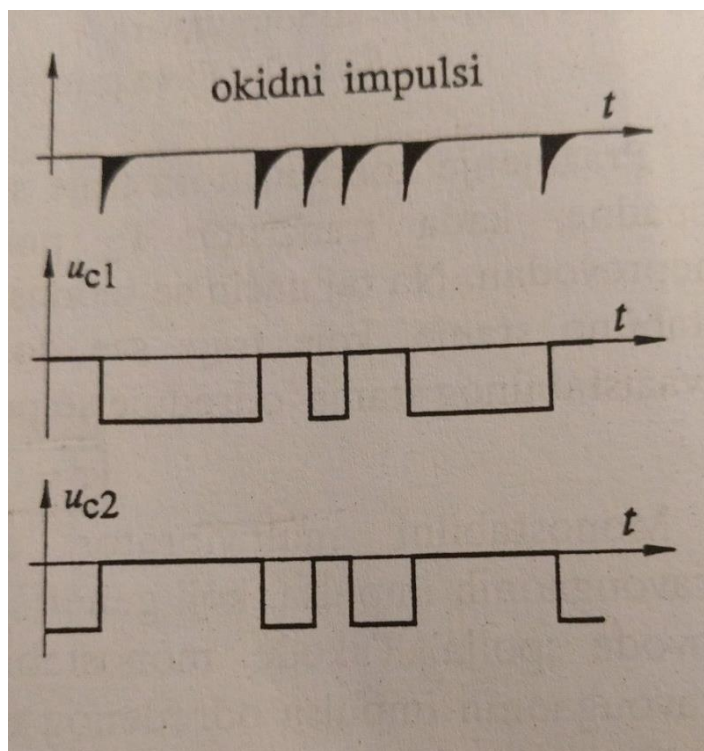
Ima i nazive flip-flop ili binarno kolo i sl

**Ima dva stabilna stanja.,**

Da bi se multivibrator preveo iz jednog u drugo stabilno stanje, a zatim vratio u prvo potrebno je dva impulsa.



Ako je u prvom stabilnom stanju transistor 1 provodan a transistor  $T_2$  zakočen , prvi impuls prebacuje  $T_2$  u provodni režim i automatski  $T_1$  postaje zakočen i multivibrator dolazi u drugo stabilno stanje i to stanje traje do narednog okidnog impulsa. Drugi impuls ponovo dovodi transistor  $T_1$  u provodno , a transistor  $T_2$  u neprovodno stanje



Ovo kolo ima veliku primenu u digitalnoj elektronici. Najznačajnija primena je za memorijske jedinice koje pamte određena naponska stanja. Koristi se kao delitelj frekvencije, za brojanje impulse, kao memorijska jedinica za pamćenje određenih binarnih stanja za pomeračke registre računara i sl.

**Ako se kolo zasniva na NPN tranzistorima tada se okida pozitivnim impulsima.**

### c) Šmitovo kolo (triger. okidač)

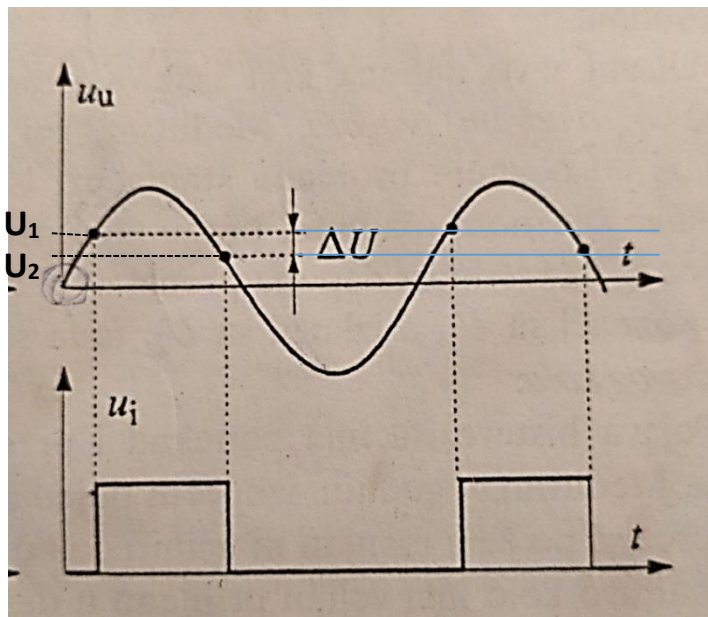
Na ulaz se mogu dovesti naponi bilo kog oblika , a na izlazu se dobijaju samo dve vrednosti izlaznog napona , koje odgovaraju vrednostima dva izlazna stanja nižeg I višeg .

Ovo kolo naglo menja stanje na primer od nižem ka višem kada ulazni napon pri porastu bude veći od vrednost napona  **$U_1$**  koji se naziva **ulazni okidni prag**.

Kada ulazni napon opadne ispod neke vrednosti napona  **$U_2$**  koja se naziva **izlazni okidni prag** tada kolo menja stanje na izlazu od višeg ka nižem.

Vrednost  $\Delta U$  , se naziva histerezis Šmitovog kola

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

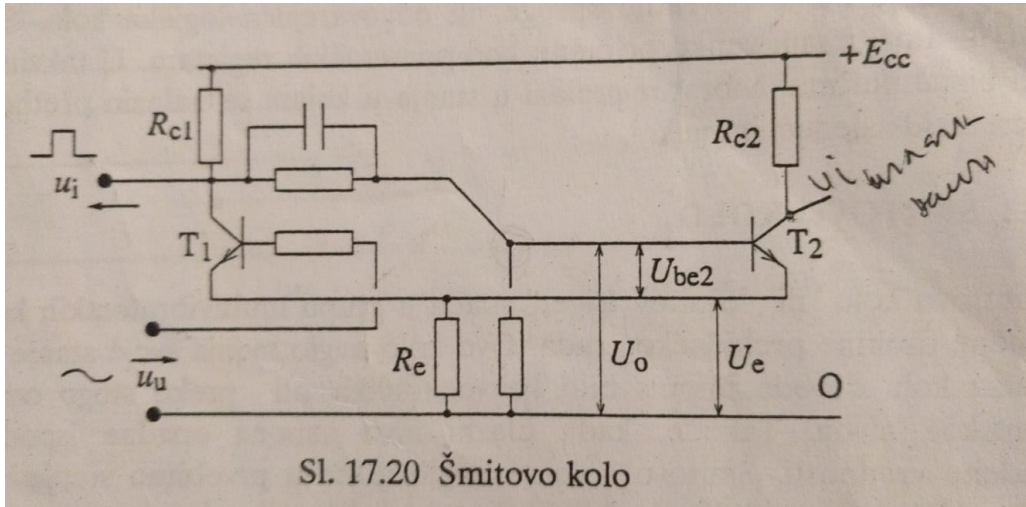


Naponi  $U_1$  i  $U_2$  zavise od vrednosti otpornika u kolu i na taj način se mogu I menjati prema nameni.

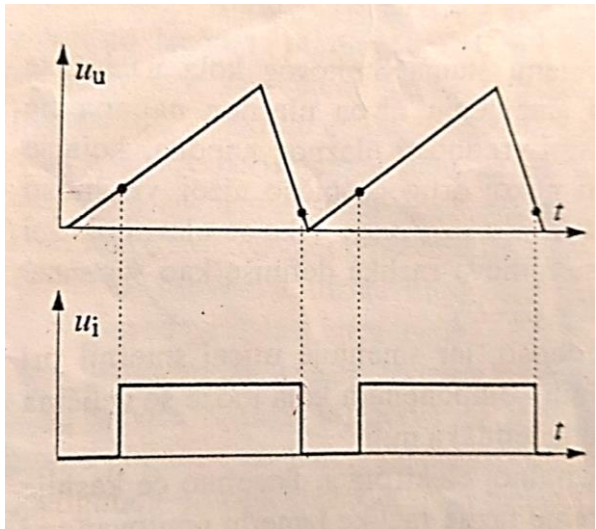
Postojanje histerezisa smanjuje uticaj šuma pri korišćenju ovog kola, mada on može biti i nula ako to primena traži .

Ima široku primenu kod amplitudskih komparatora, za pretvaranje sinusoidalnog u pravougli

oblik napona, za regeneraciju impulse koji su pri prostiranju pretrpeli deformaciju , kod kola za kašnjenje impulsa i kod merenja fazne razlike signala.



Sl. 17.20 Šmitovo kolo



## Binarni brojač

Binarni brojač sastoji od određenog broja bistabilnih multivibratora koji su vezani redno tako da prethodni pobudjuje naredni. Pošto svaki bistabilni multivibrator ima dva izlazna stanja provodno stanje tranzistora će se označiti kao aktivno stanje stanje 1, a neprovodno kao neaktivno stanje 2. stanje. Kada naiđe negativni impuls bistabilni multivibrator menja stanje iz 0 u 1 ili iz 1 u nula.

Ako ima  $n$  bistabilnih multivibratora tada brojač može da broji od  $0$  do  $2^n - 1$

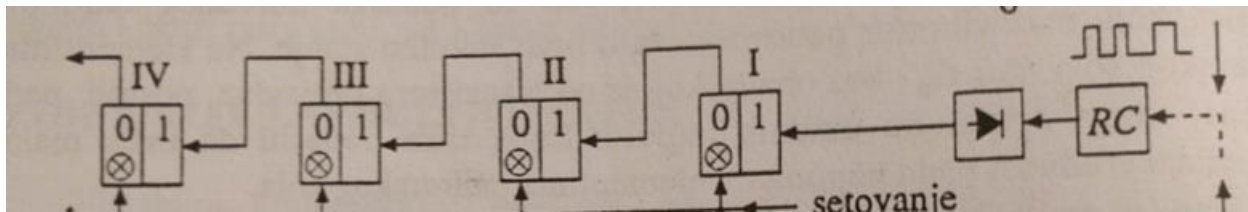
Brojevi se prikazuju u sistemu sa osnovom dva.

I multivibrator prikazuje na izlazu da li postoji broj  $2^0 = 1$

II multivibrator prikazuje da li postoji  $2^1 = 2$

III multivibrator prikazuje da li postoji.  $2^2 = 4$ .

IV multivibrator prikazuje da li postoji.  $2^3 = 8$  itd.





## Logička kola

Pored multivibratora , logička kola spadaju u osnovne kola digitalne elektronike.

Digitalna elektronika se od kola koja su složene prekidačke mreže koje imaju dva stanja stanje logičke jedinice I logičke 0.

Operacije nad signalim u ovakvim mrežama se vrše pomoću pravila Bulove algebra iz oblasti matematičke logike

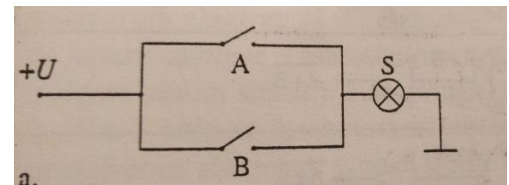
Logička kola su I, ILI, NE, Ni, NILI , EXILI I EXNILI

Kola imaju jedan ili dva ulaza i jedan izlaz I operacija koja se vrši predstavlja se najčešće tabelom

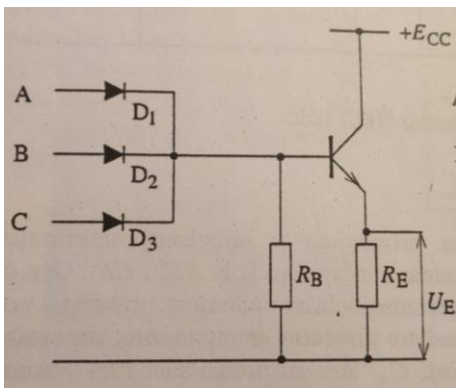
### 1) Logičko **ILI** kolo (**OR**)

Ima ulogu dva paralelno povezana prekidača

Na izlazu se dobija 1 ako su ili prvi ili drugi ulaz jednaki 1



Električna šema sa diodama tranzistorom



Simbol



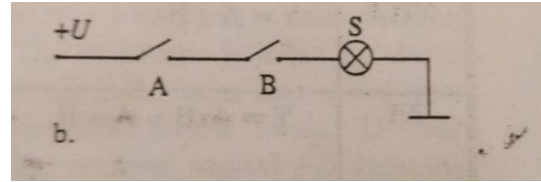
Ovo kolo vrši operaciju logičkog sabiranja  $Y=A+B$

Tabela

U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

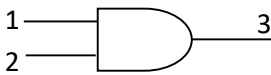
## 2) Logičko **I** kolo (**AND**)

Ima ulogu dva redno povezana prekidača



Na izlazu se dobija 1 samo ako su i prvi i drugi ulaz jednaki 1

Simbol



Tabela

U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Ovo kolo vrši operaciju logičkog množenja  $Y=A \times B$

## 3) Logičko **NE** kolo ( operacija komplementiranja)

Vrši se negacija ulazne vrednosti .Ako je na ulazu 0 na izlazu se dobija 1 i obrnuto ako je na ulazu 1 na izlazu je nula

Simbol



Tabela

A	Y
0	1
1	0

Operacija komplementiranja

$$Y = \bar{A} \quad (\bar{0} = 1 \text{ i } \bar{1} = 0)$$

Ovo kolo je invertor I kada se kombinuje a sa drugim kolima predstavlja se samo kružićem

#### 4 Logičko **NILI** kolo (**NOR**)

##### Kombinacija ILI i NE

Simbol



Ovo kolo vrši operaciju  $Y = \overline{A + B}$

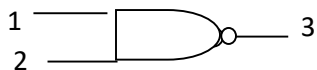
Tabela

U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

#### 5) Logičko **NI** kolo (**NAND**)

##### Kombinacija I i NE kola

Simbol



Ovo kolo vrši operaciju  $Y = \overline{AxB}$

Tabela

U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

#### 6) Logičko kolo **ekskluzivno ILI** , **EXILI**

Daje 1 na izlazu samo ako na jedno ili na drugom 1, ali ne i na oba ulaza 1

Simbol



Ovo kolo vrši operaciju koja se zove sabiranje po modulu 2  $Y=A\oplus B$

Tabela

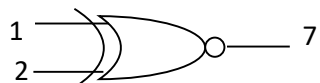
U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

7) Logičko kolo **ekskluzivno NILI , EXNILI**

Daje komplementirani izlaz u odnosu na EXILI

Predstavlja kombinaciju EXILI i NE kola

Simbol



Tabela

U <sub>1</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>3</sub>
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Ovo kolo vrši operaciju  $Y = \overline{A \otimes B}$