

# Impulsna i multivibratorska kola

- Osnovna impulsna kola (RC i CR kolo)
- Bistabilno kolo - Šmitov triger
- Astabilno i monostabilno kolo

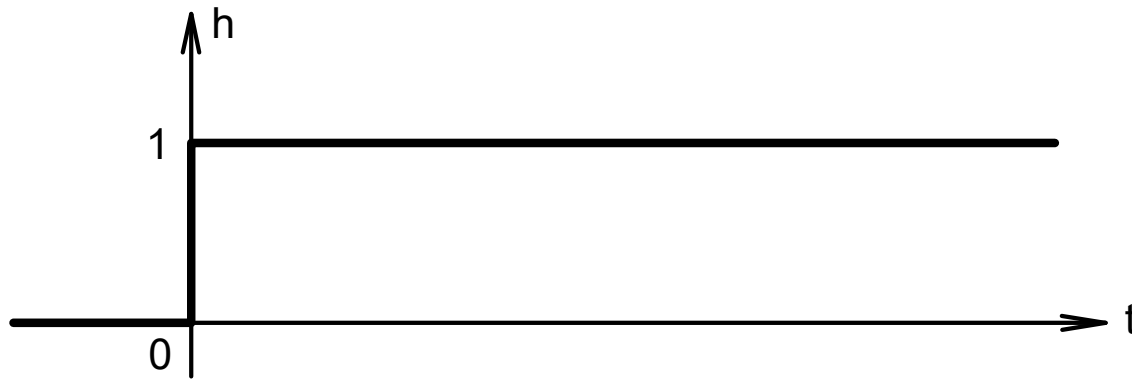
# Signali

**Signali, koji se srijeću u impulsnoj i digitalnoj elektronici, su:**

- oblika Heavisideove (Hevisajdove) funkcije,**
- pravougaoni impulsi,**
- delta impulsi,**
- testerasti,**
- trougaoni, itd.**

# Heaviside-ova funkcija

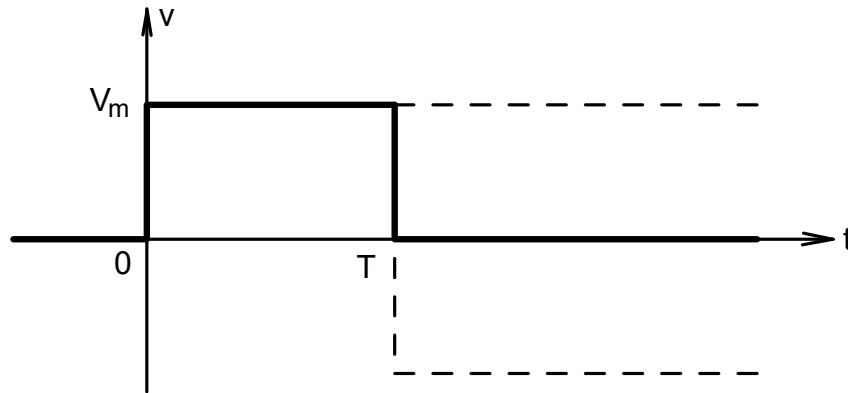
- Oblik Heaviside-ove, ili odskočne, funkcije prikazan je na slici



*Heaviside-ova funkcija.*

$$h(t) = \begin{cases} 1 & \text{za } t > 0 \\ 0 & \text{za } t < 0 \end{cases}$$

# Pravougaoni impuls



$$v(t) = \begin{cases} V_m & \text{za } 0 < t < T \\ 0 & \text{drugdje} \end{cases}$$

***Pravougaoni impuls.***

**Ukoliko bi pravougaoni impuls "istegli", tako da mu amplituda bude beskonačne dužine, a trajanje zanemarljivo malo, dobili bi Diracov delta impuls, definisan kao:**

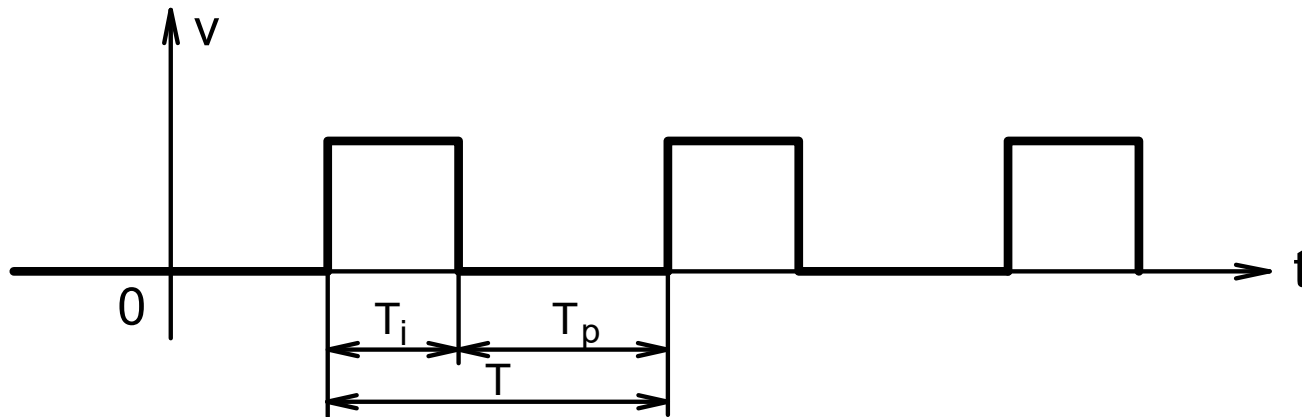
$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{za } t = 0 \\ 0 & \text{za } t \neq 0 \end{cases} \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



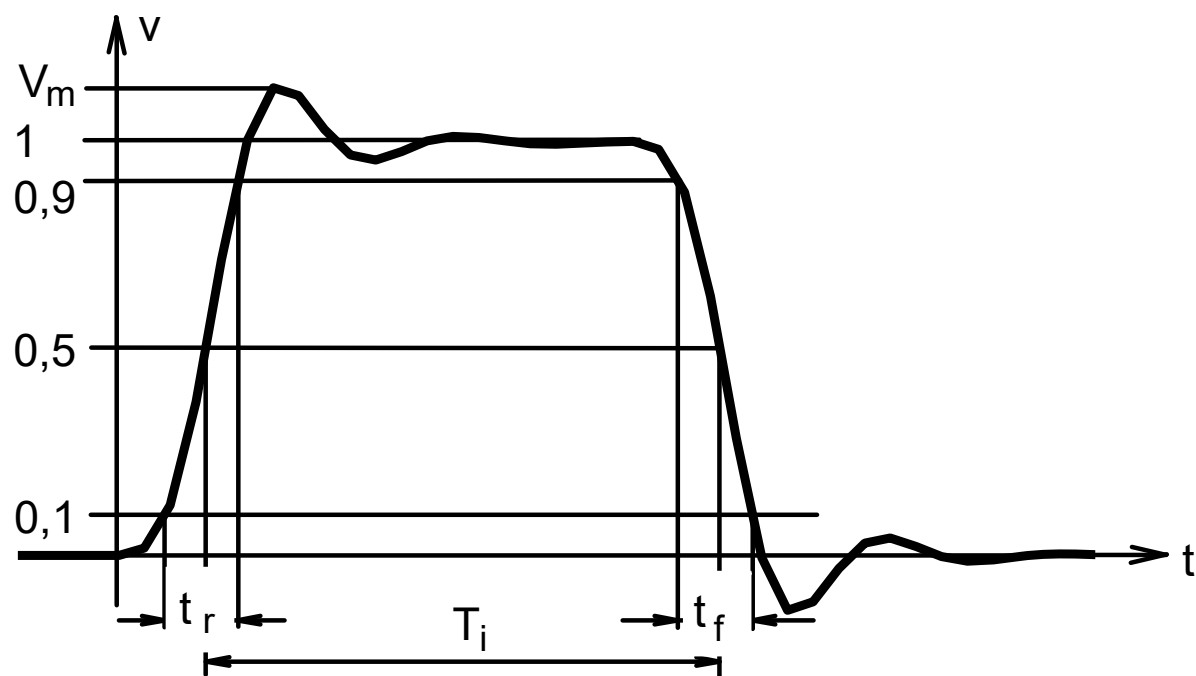
***Delta impuls***

## Povorka pravougaonih impulsa

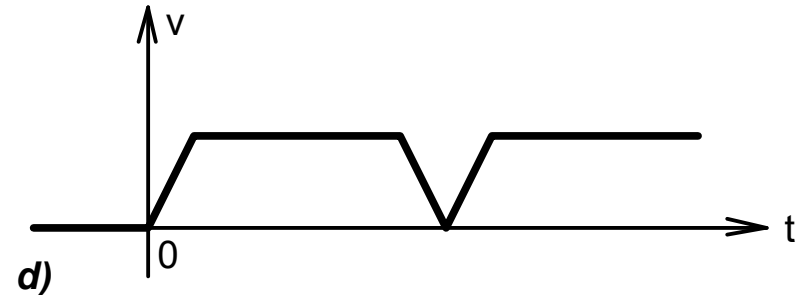
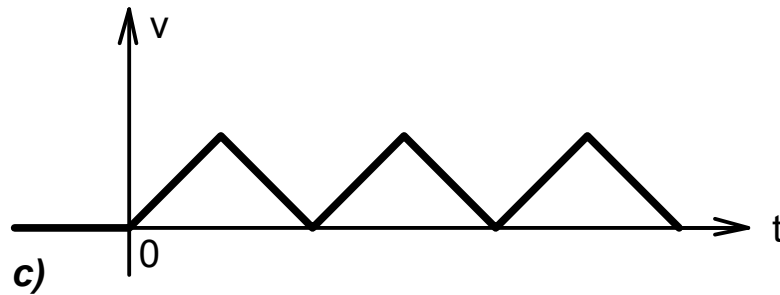
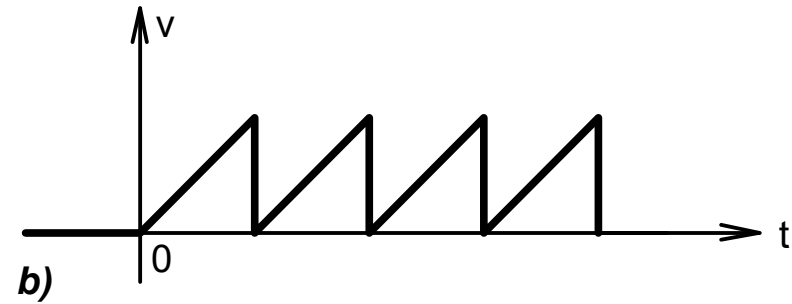
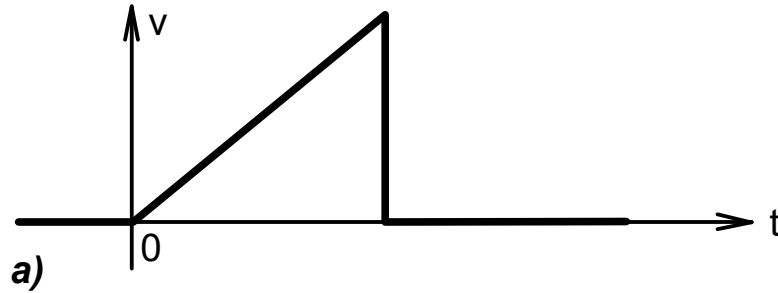
Ukoliko se pravougaoni impulsi, trajanja  $T_i$ , periodično ponavljaju, sa pauzom između impulsa  $T_p$ , onda se dobija povorka impulsa učestanosti  $f=1/(T_i+T_p)$ , kao na slici:



# Stvarni oblik pravougaonog impulsa

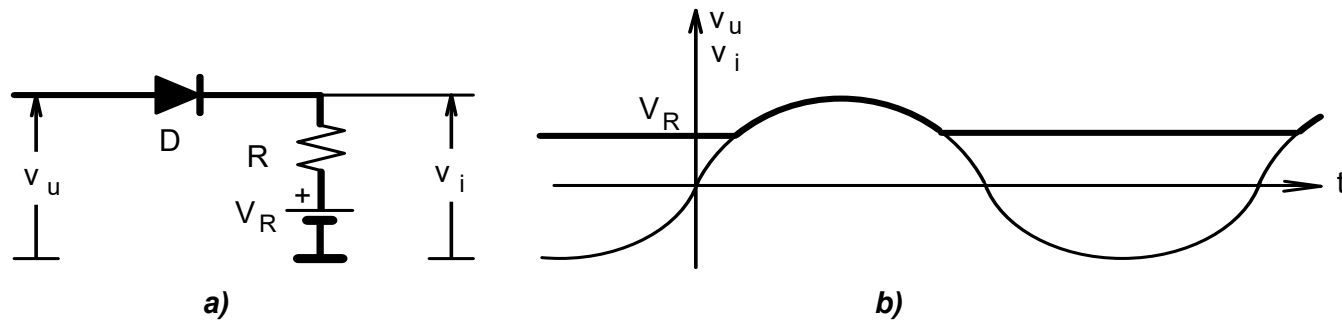


# Linearni signali

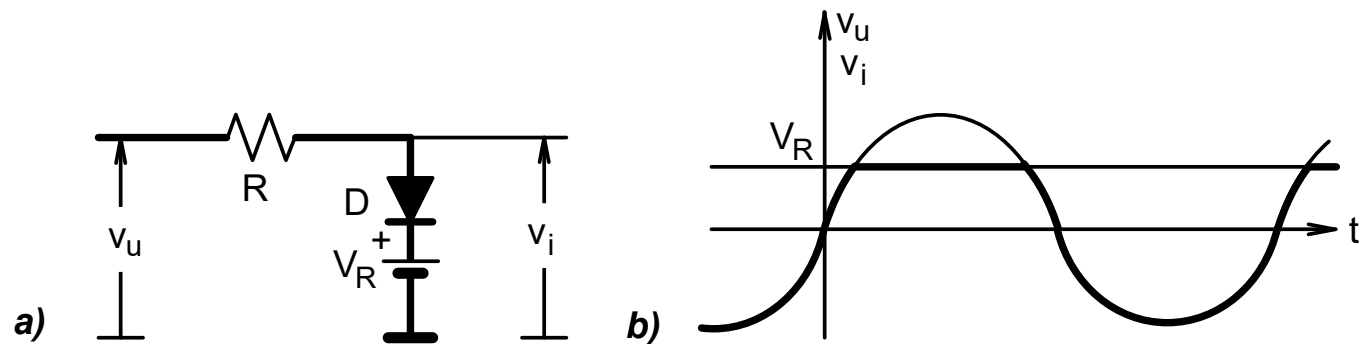


*Linearni signali: a) Usponski; b) Testerasti;  
c) Trouglasti; d) Trapezni.*

# Diodna kola za uobličavanje signala



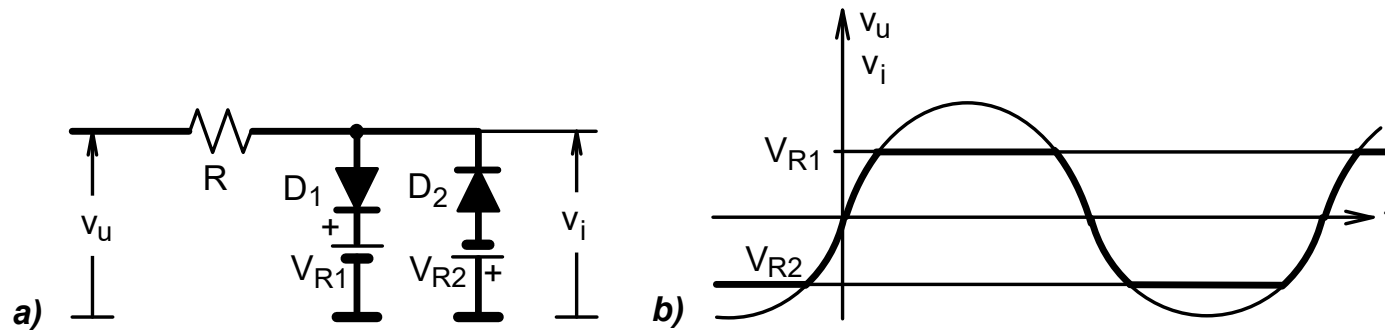
**Redni ograničavač: a) Šema; b) Ulazni i izlazni napon**



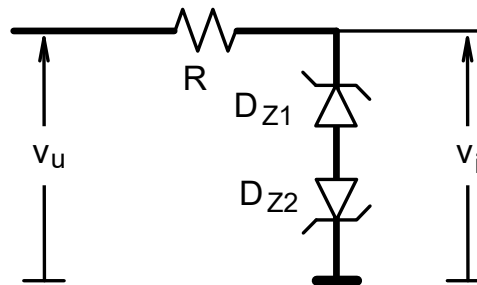
**Paralelni ograničavač: a) Šema; b) Ulazni i izlazni napon**



## Diodna kola za uobličavanje signala



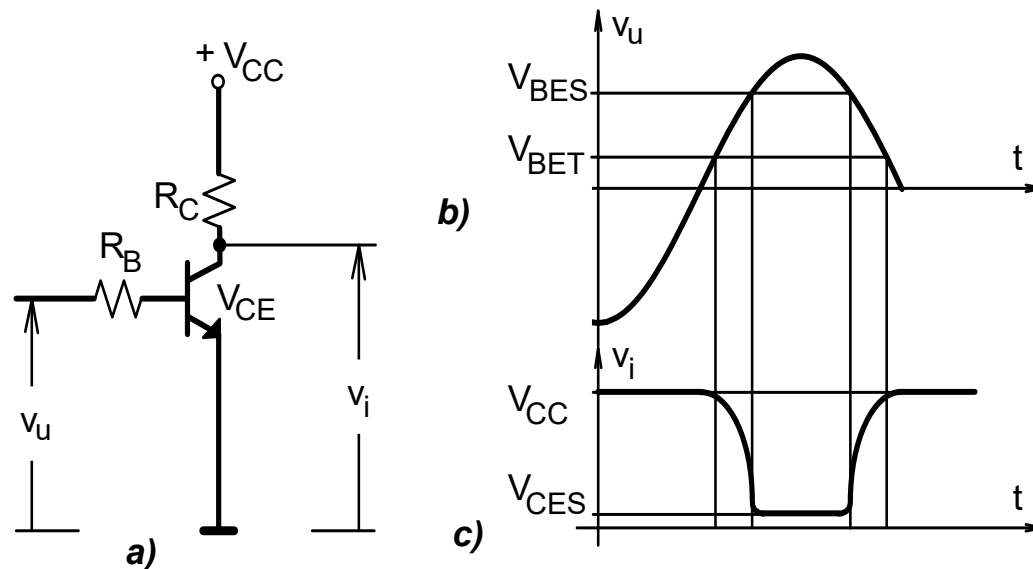
Ograničavač sa dva nivoa: a) šema; b) Ulazni (tanke linije) i izlazni napon (pune linije).



Ograničavač sa dva nivoa sa Zenner diodama.

## Tranzistor kao prekidač

- Stanja u kojima se koristi tranzistor kao prekidač su zakočeno i zasićeno stanje.
- Teži se da stanje kad je tranzistor u aktivnom režimu bude što kraće - neželjeno stanje zbog snage disipacije.

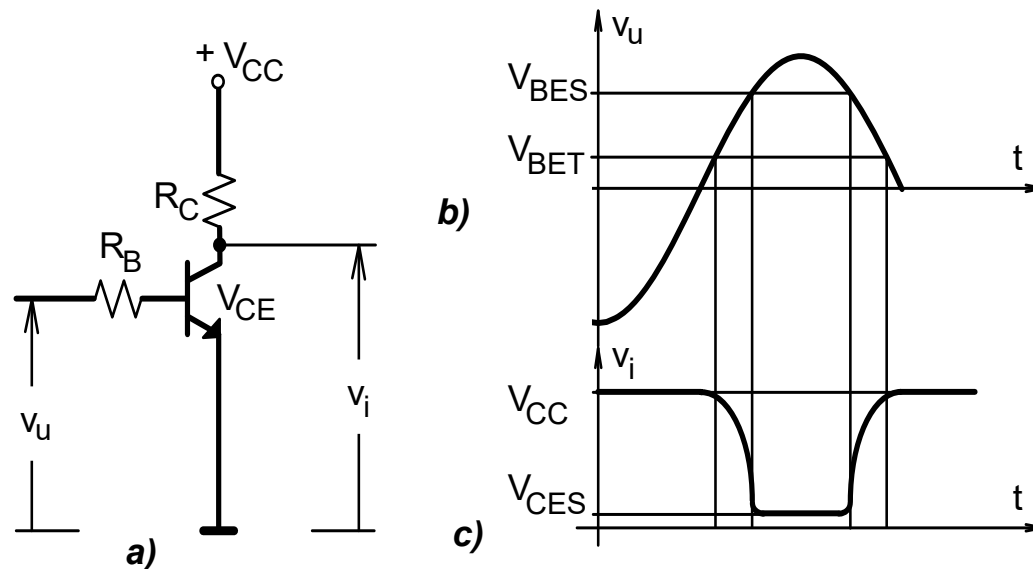


Pojačavač sa zajedničkim emitorom: a) Šema;

b) Ulazni napon; c) Izlazni napon.

## Tranzistor kao prekidač

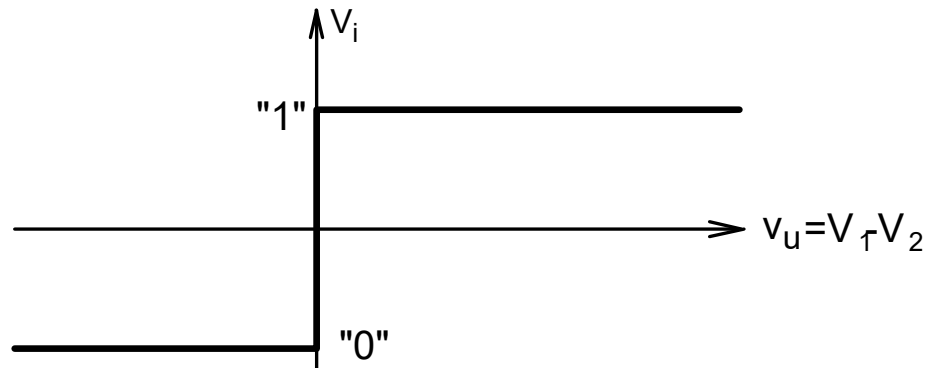
- Stanja u kojima se koristi tranzistor kao prekidač su zakočeno i zasićeno stanje.
- Teži se da stanje kad je tranzistor u aktivnom režimu bude što kraće - neželjeno stanje zbog snage disipacije.



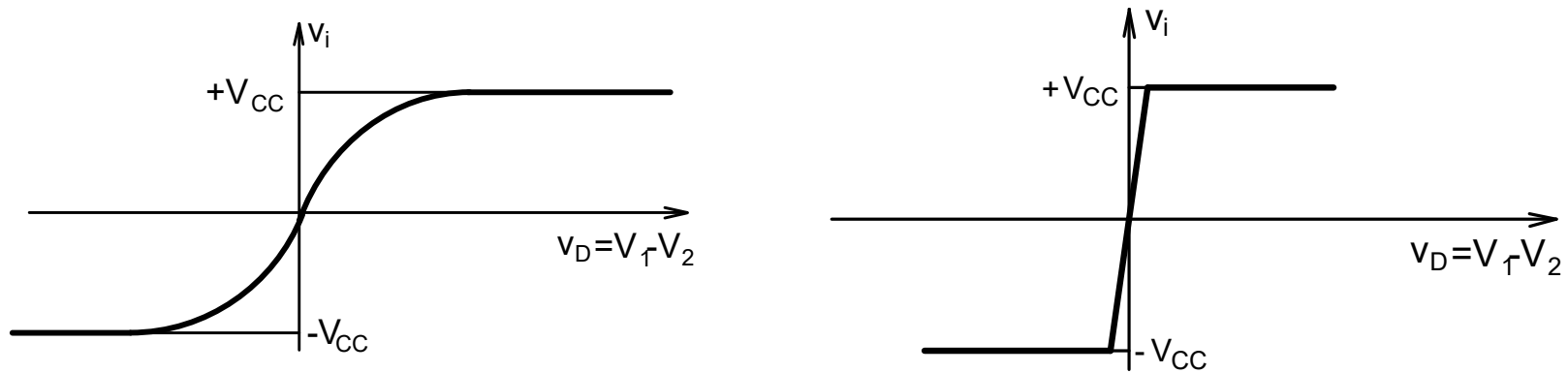
Pojačavač sa zajedničkim emitorom: a) Šema;

b) Ulazni napon; c) Izlazni napon.

# Komparator



Prenosna karakteristika idealnog komparatora.

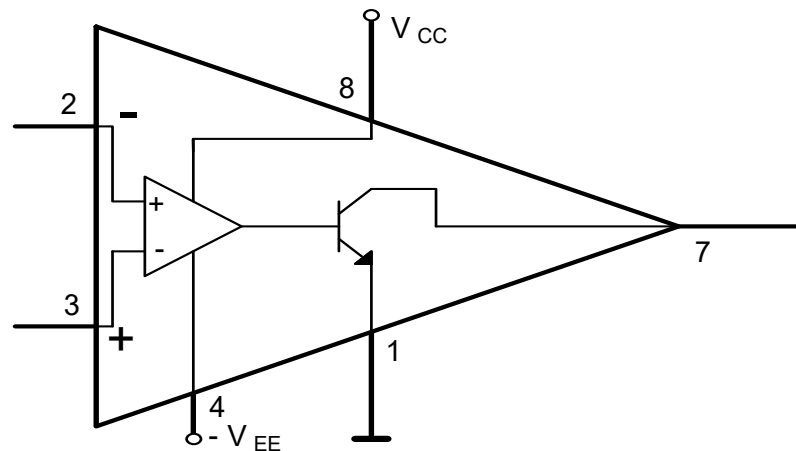


Prenosne karakteristike pojačavača: a) Diferencijalnog: b) Operacionog.

# Komparator

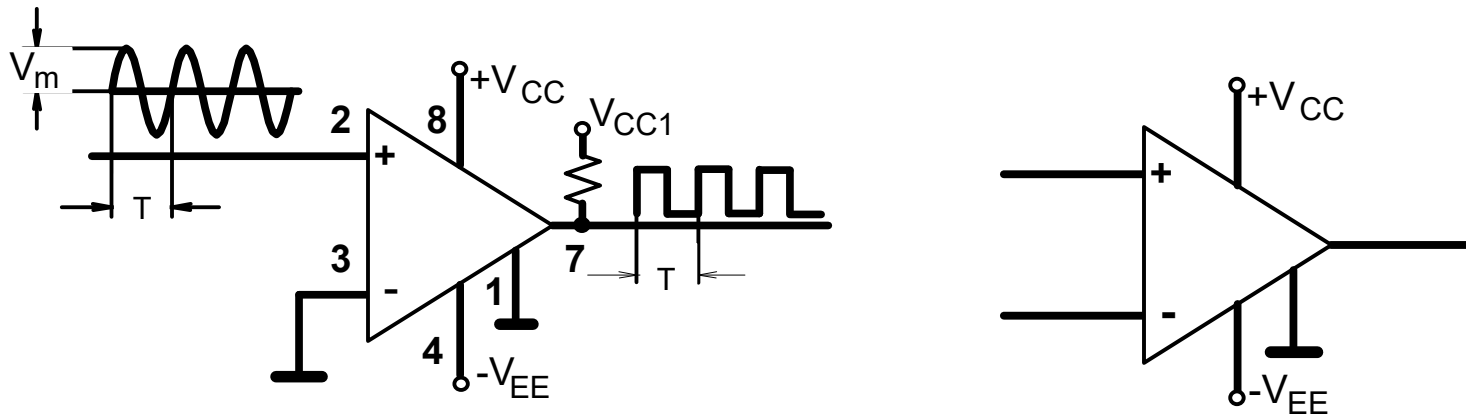
Sam operacioni pojačavač se, ipak, ne može koristiti u ulozi komparatora u situacijama kada se traži:

- velika brzina odziva,
- izlaz sa otvorenim kolektorom,
- da se nivo logičke nule postavi različit od  $-V_{CC}$ .



Komparator LM 311

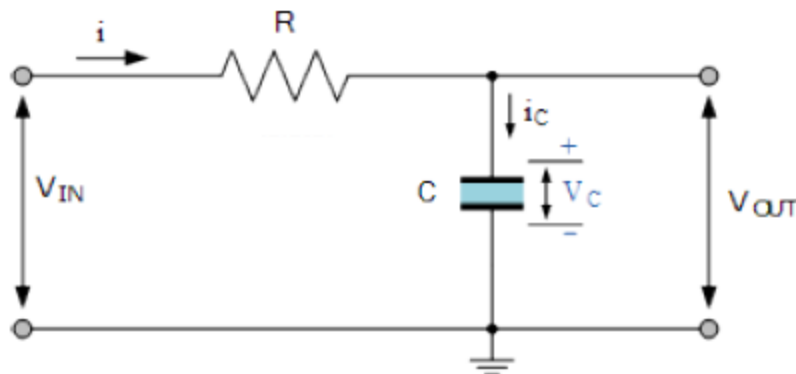
# Komparator



**Komparator sa stanjima pozitivnog napajanja i napona mase: a) ilustracija djelovanja; b) Simbol.**

## RC integratorsko kolo

Kod RC integratorskog kola, ulazni signal je doveden na otporniku dok je izlaz uzet sa kondenzatora, te je  $V_{OUT}$  jednako  $V_C$ .



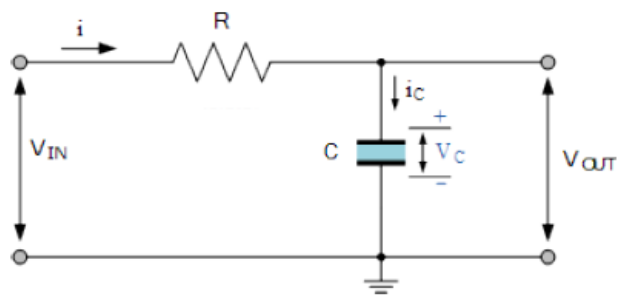
Struja kroz kondenzator jednaka je  $i_c(t) = C \frac{dv_C(t)}{dt}$

S druge strane je:  $i_c(t) = \frac{V_{IN} - v_C(t)}{R}$

Te se dobija da je:  $C \frac{dv_C(t)}{dt} = \frac{V_{IN} - v_C(t)}{R}$

Odnosno:  $\frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{v_C(t)}{RC} = \frac{V_{IN}}{RC}$

## RC integratorsko kolo



Ako u jednačini:

$$\frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{v_C(t)}{RC} = \frac{V_{IN}}{RC}$$

Uzmemo da je:

$$y = v_C(t)$$

$$P(t) = \frac{1}{RC}$$

$$Q(t) = \frac{V_{IN}}{RC}$$

Dobija se:

$$\frac{dy}{dt} + P(t)y = Q(t)$$

Uvođenjem:

$$u = e^{\int P(t)dt}$$

slijedi da je:

$$\frac{du}{dt} = P(t)u$$

Množenjem sa  $u$ ,  
dobija se:

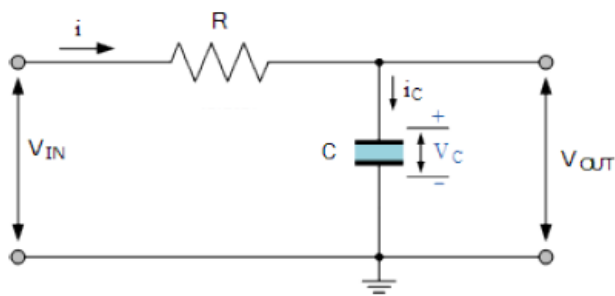
$$u \frac{dy}{dt} + P(t)uy = uQ(t)$$

Odnosno:

$$u \frac{dy}{dt} + \frac{du}{dt}y = \frac{d}{dt}(uy) = uQ(t)$$



## RC integratorsko kolo



Sređujući izraz:

$$\frac{d}{dt}(uy) = uQ(t)$$

Slijedi:  $uy = \int uQ(t) dt + C$

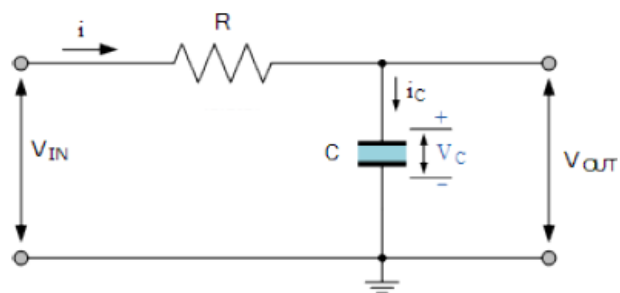
Rješavanjem po  $y$   
dobija se:

$$y = \frac{\int uQ(t) dt + C}{u}$$

Zamjenom izraza  
za  $y$ ,  $u$  i  $Q(t)$   
slijedi:

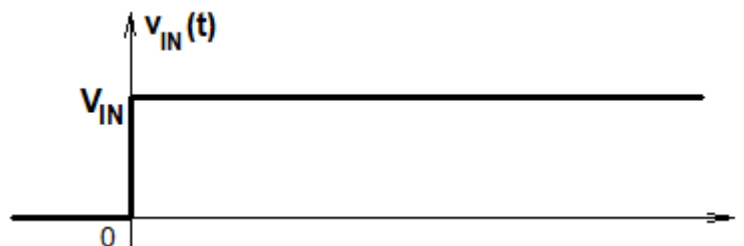
$$v_C(t) = \frac{\int e^{\frac{t}{RC}} \frac{V_{IN}}{RC} dt + C}{e^{\frac{t}{RC}}} = V_{IN} + Ce^{-\frac{t}{RC}}$$

## RC integratorsko kolo



Dobilo se da je:  $v_C(t) = V_{IN} + Ce^{-\frac{t}{\tau}}$

Pri čemu je:  $\tau = RC$  vremenska konstanta



Ukoliko je ulazni signal oblika:

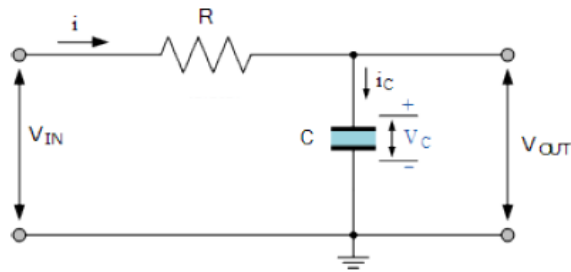
Onda je:  $v_C(\infty) = V_{IN}$  Ovo je približno ispunjeno već za:  $t = 5\tau$  odnosno  $t = 3\tau$

Za  $t=0$  ima se:  $v_C(0) = V_{IN} + C$  pa je:  $C = v_C(0) - V_{IN} = v_C(0) - v_C(\infty)$

Početni izraz se sada može zapisati kao:

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

# RC integratorsko kolo - primjer



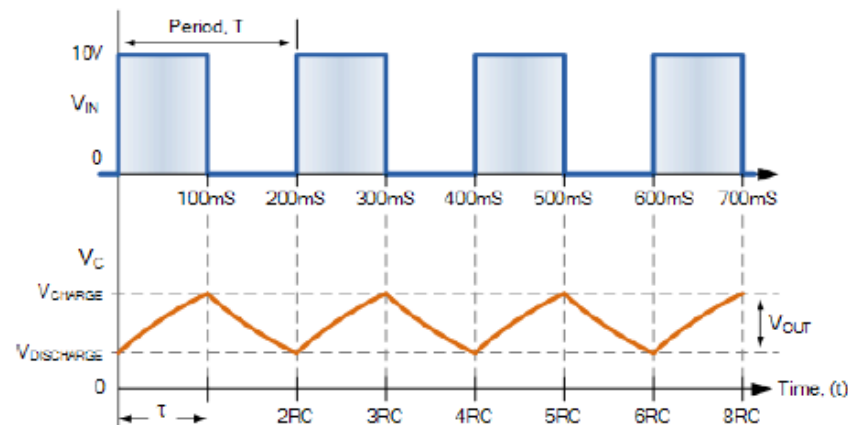
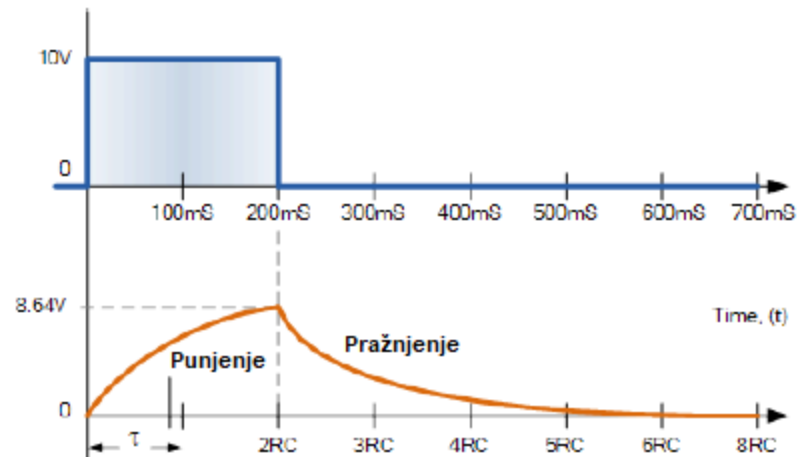
$$v_C(t) = v_C(\infty) + [v_C(0) - v_C(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Za vrijeme punjenja je:

$$v_C(t) = 10V \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Za vrijeme pražnjenja je:

$$v_C(t) = 8.64V e^{-\frac{t}{RC}}$$



## Analiza prelaznih procesa u impulsnim kolima prvog reda

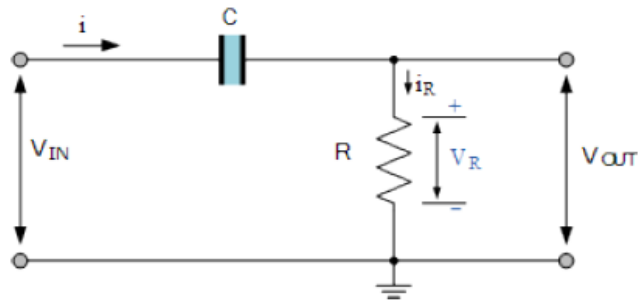
- Promjena napona na kondenzatoru i struje kroz kalem je kontinualan proces, odvija se postepeno, zavisno od vremenske konstante.
- Napon na kondenzatoru i struja kroz kalem, u impulsnim kolima prvog reda mijenjaju se prema sljedećoj jednačini:

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

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

- Analiza kola prvog reda dalje će se svoditi na određivanje parametara u datim izrazima

# CR diferencijano kolo



Polazeći od izraza:

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

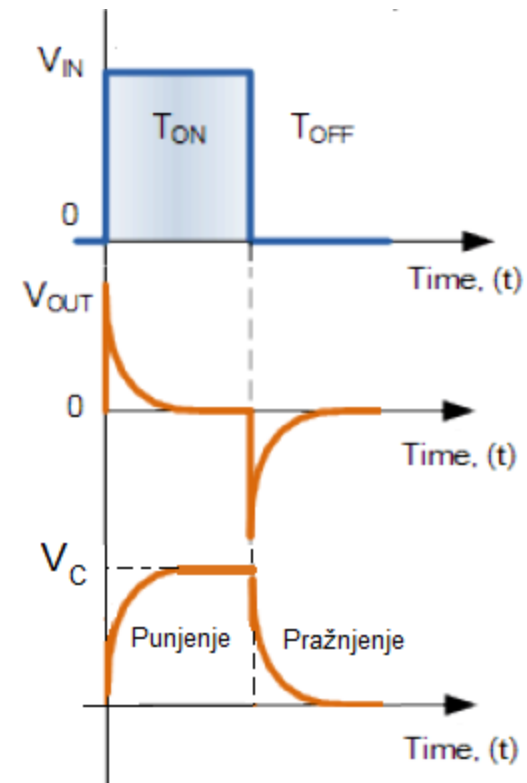
Za ulazni signal oblika, kao na slici, za vrijeme punjenja kondenzatora, dobija se:

$$v_C(t) = V_{IN} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad v_{OUT}(t) = V_{IN} - v_C(t) = V_{IN} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

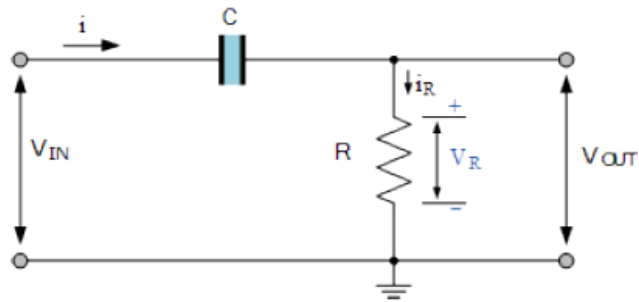
Za vrijeme pražnjenja kondenzatora dobija se:

$$v_C(t) = V_{IN} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad v_{OUT}(t) = -V_{IN} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

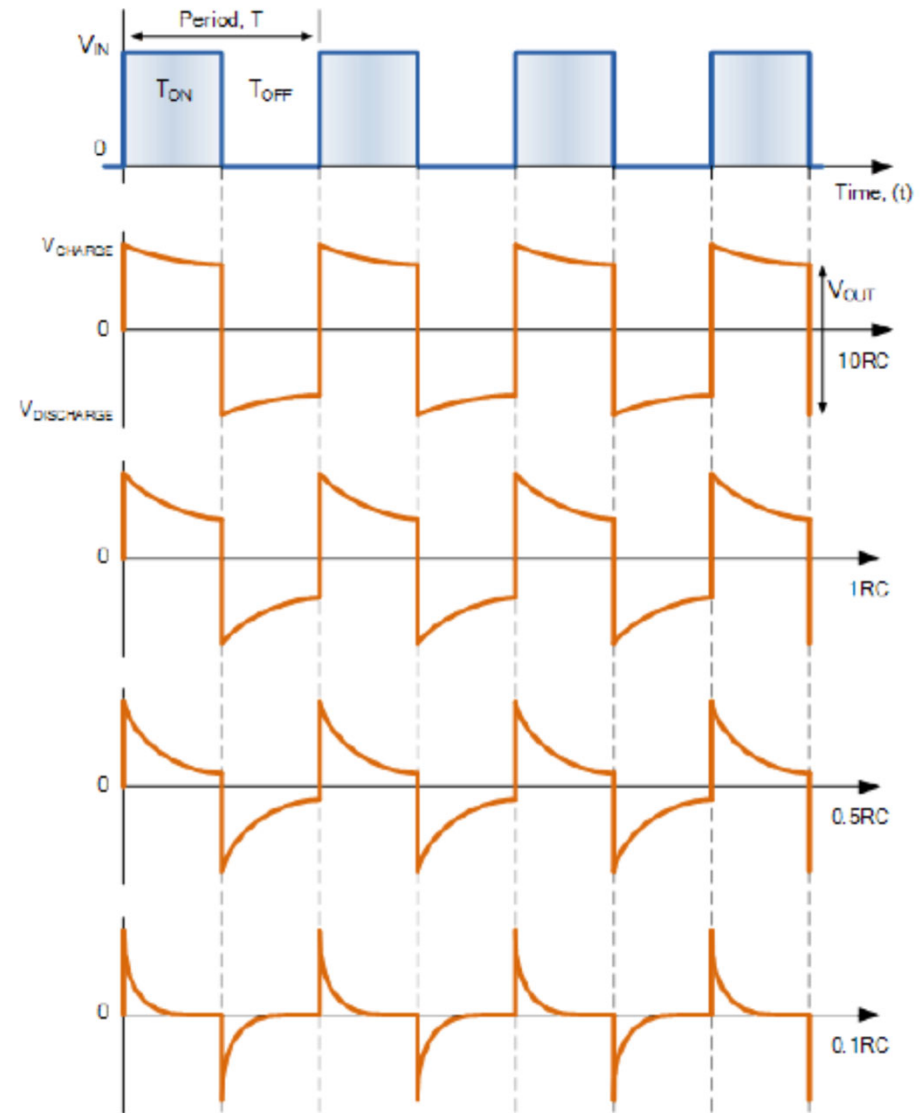
Oblici napona na kondenzatoru i izlazu kao na slici, dobijaju se u slučaju kada je vremenska konstanta promjene napona na kondenzatoru znatno manja od trajanja impulsa na ulazu.



# CR diferencijano kolo

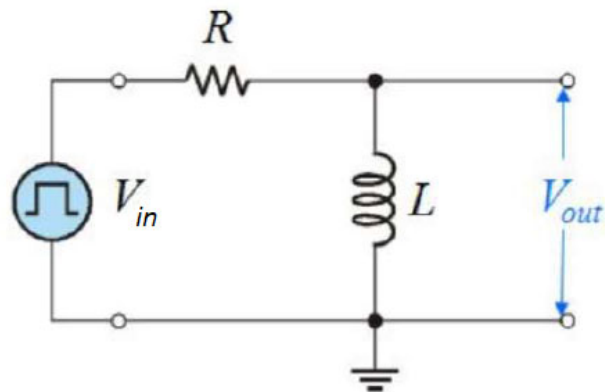
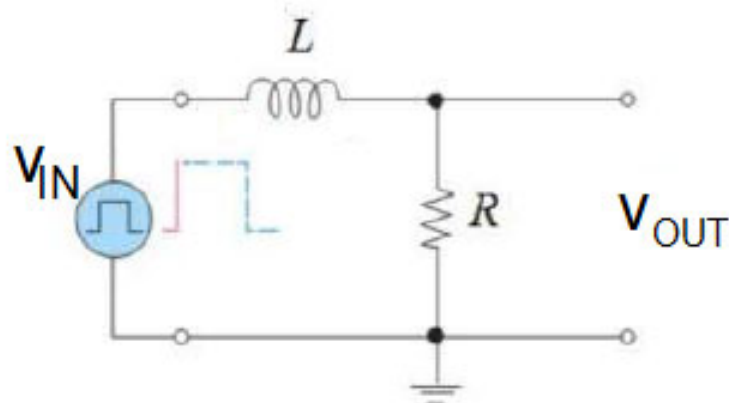


Dovođenjem periodičnog signala na ulazu, u zavisnosti od vremenske konstante kola, dobijaju se izlazni signali prikazani na slici.

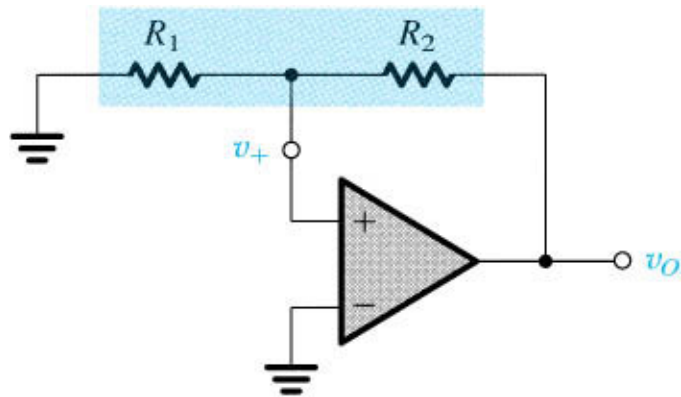


## Za vježbu

- Za LR i RL kola data na slikama odrediti vremenske dijagrame izlaznog napona i struje kroz kalem. Uzeti da je vremenska konstanta promjene struje kroz kalem više nego 5 puta kraća od trajanja impulsa na ulazu.

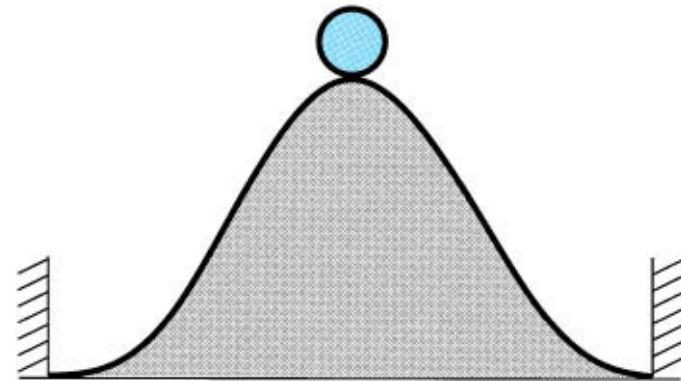


# Bistabilni multivibrator



$$\beta = R_1 / (R_1 + R_2)$$

**Pozitivna povratna sprega  
omogućuje bistabilni rad**

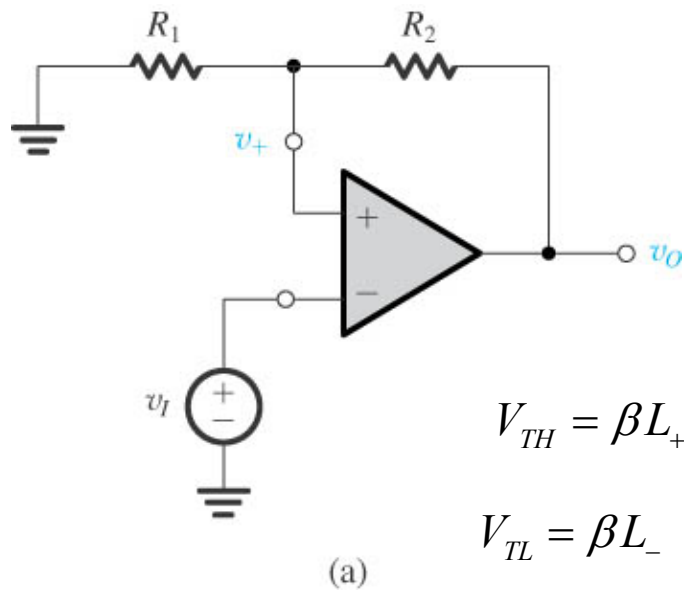


**Fizička analogija rada  
bistabilnog kola**



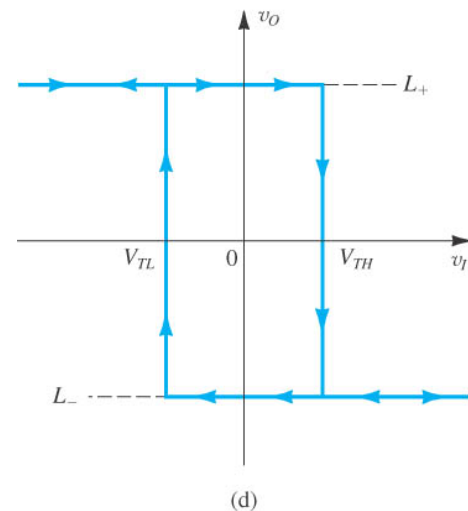
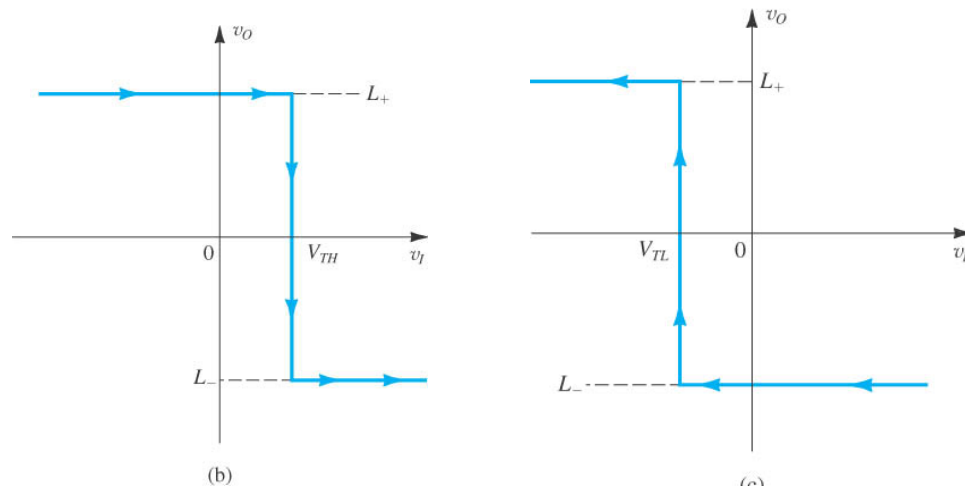
# Bistabilni multivibrator (Šmitovo okidno kolo)

$$\beta = R_1 / (R_1 + R_2)$$



$$V_{TH} = \beta L_+$$

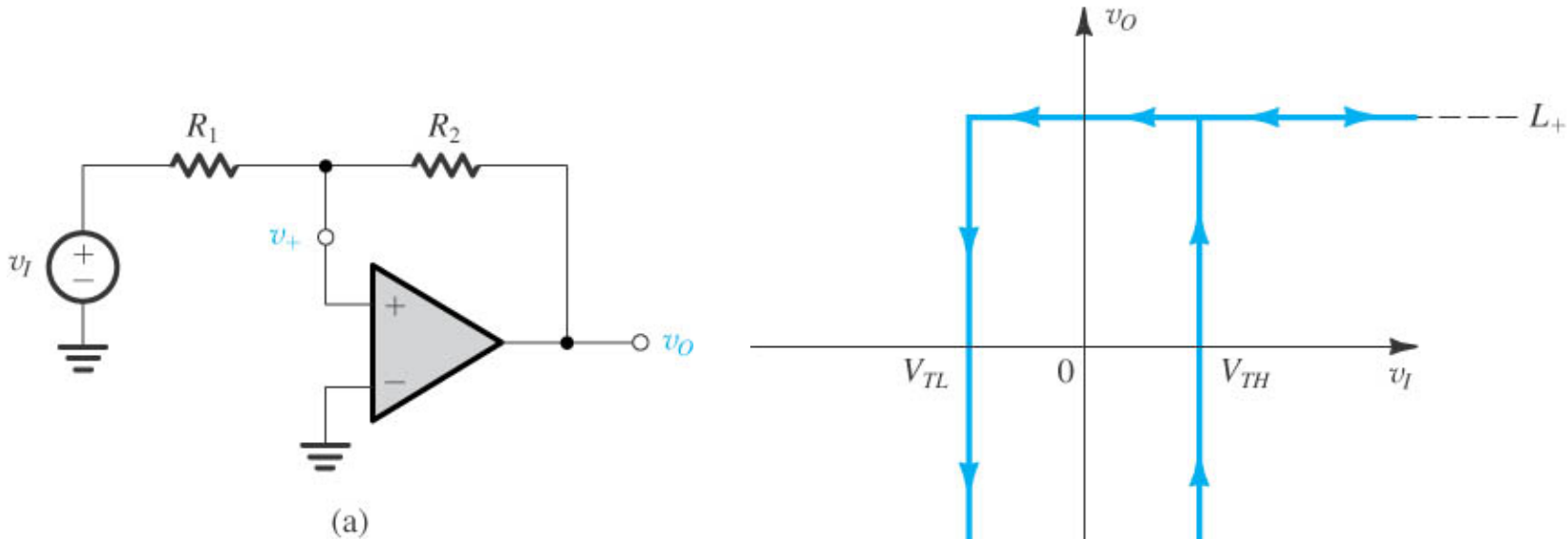
$$V_{TL} = \beta L_-$$



Bistabilno kolo se dobija kada se negativni ulaz OP-a odspoji od mase i na njega se dovede ulazni signal **(a)**. **(b)** Prenosna karakteristika kola pri povećanju ulaznog napona  $v_I$ . **(c)** Prenosna k-ka pri smanjenju ulaznog napona  $v_I$ . **(d)** Kompletna prenosna k-ka.

# Bistabilni multivibrator

$$v_+ = v_I \frac{R_2}{R_1 + R_2} + v_O \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



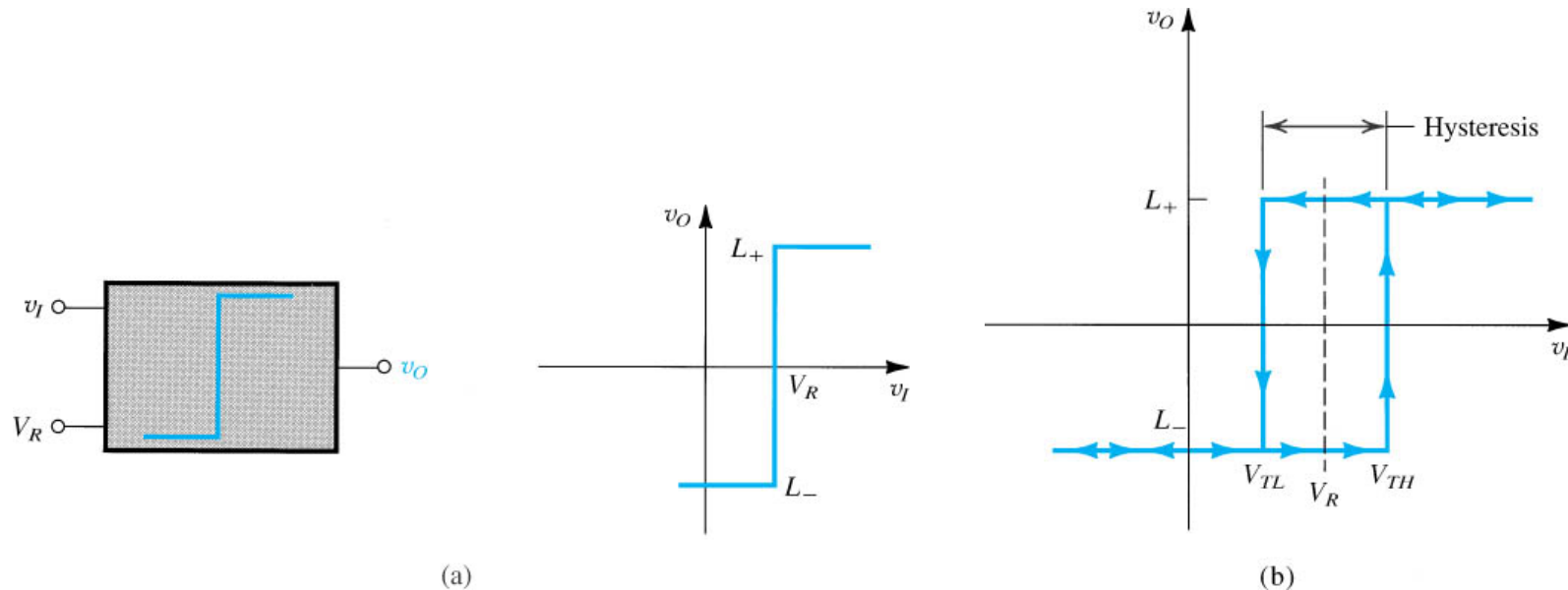
$$V_{TL} = -L_+ (R_1/R_2)$$

$$V_{TH} = -L_- (R_1/R_2)$$

(b)

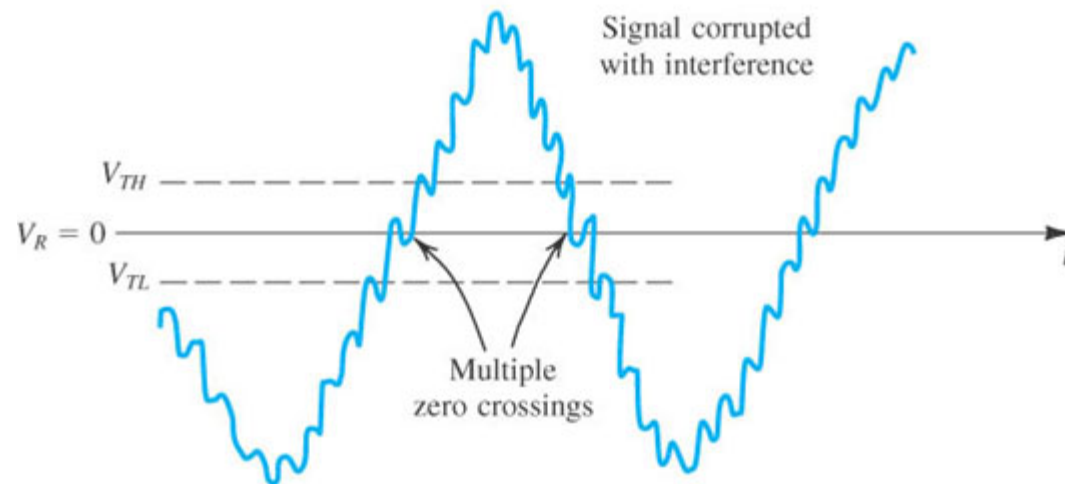
**(a)** Bistabilno kolo dobijeno priključenjem ulaznog napona  $v_I$  na  $R_1$ . **(b)** Prenosna k-ka kola je neinvertujuća. (Prenosna k-ka kola sa predhodnog slajda je invertujuća)

# Primjena bistabilnog multivibratora kao komparatora



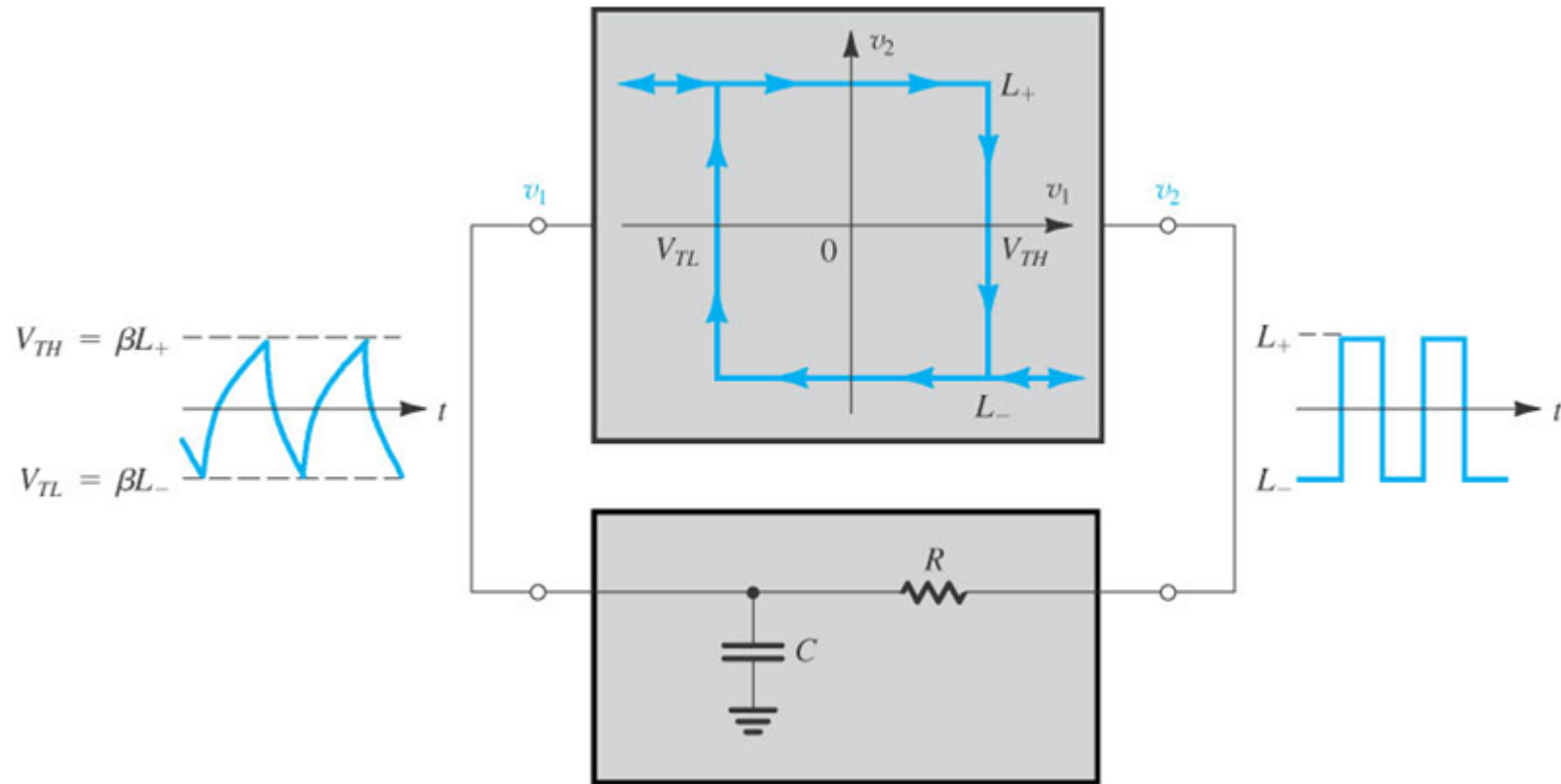
- a) Block diagram i prenosna k-ka komparatora kao ulaz imaju i referentni napon, ili napon praga,  $V_R$ .
- b) Prenosna k-ka komparatora sa histerezisom.

# Redukcija šuma



**Ilustracija upotrebe komparatora sa histerezisom kao sredstva za redukciju šuma**

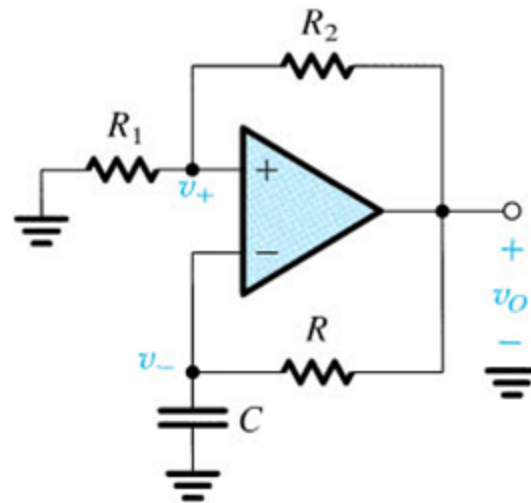
# Astabilni multivibratori



**Povezivanjem izlaza invertujućeg bistabilnog multivibratora i njegovog ulaza RC kolom dobija se u generator kvadratnih impulsa.**

# Astabilni multivibrator

$$\beta = R_1 / (R_1 + R_2)$$

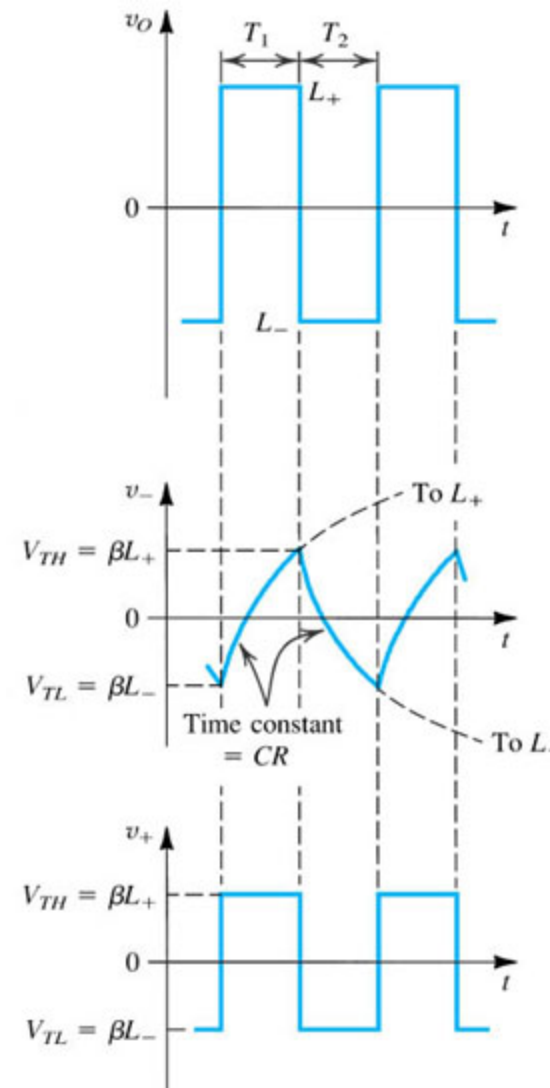


$$\tau = CR$$

$$T_1: v_- = L_+ - (L_+ - \beta L_-)e^{-t/\tau}$$

$$T_2: v_- = L_- - (L_- - \beta L_+)e^{-t/\tau}$$

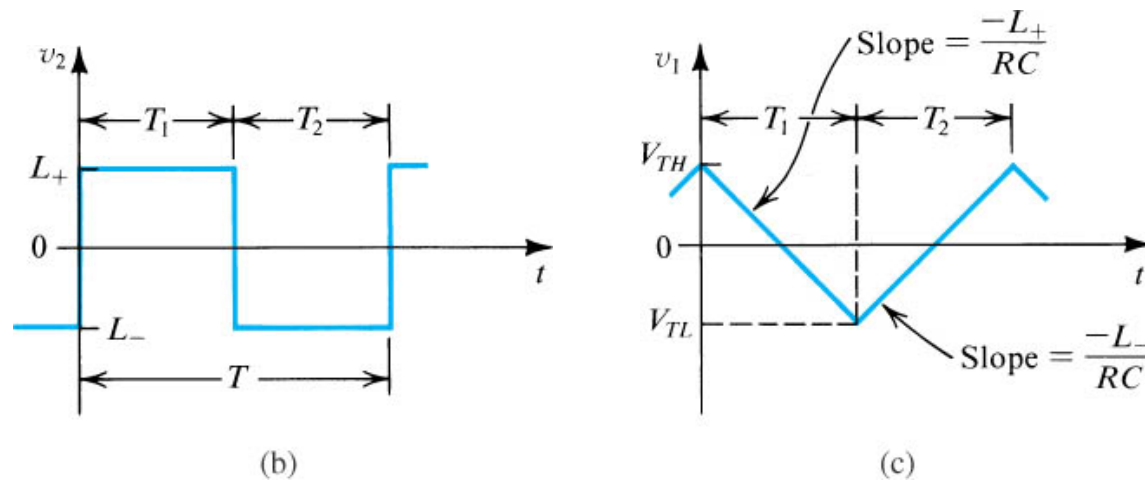
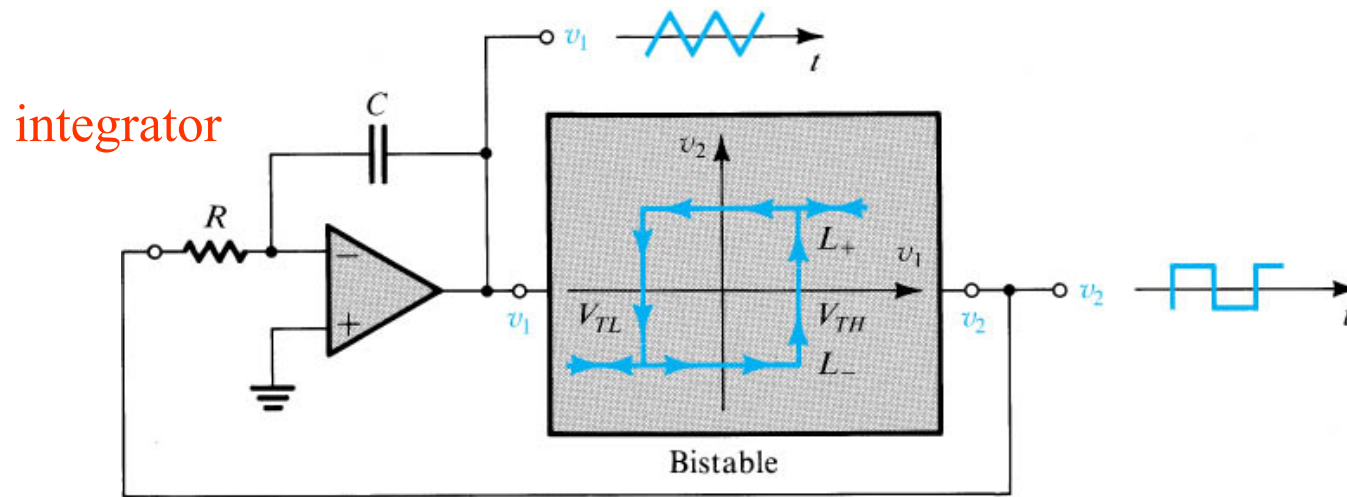
$$T = 2\tau \ln \frac{1+\beta}{1-\beta}$$



Talasi oblici  
napona u  
karakterističn  
im tačkama.

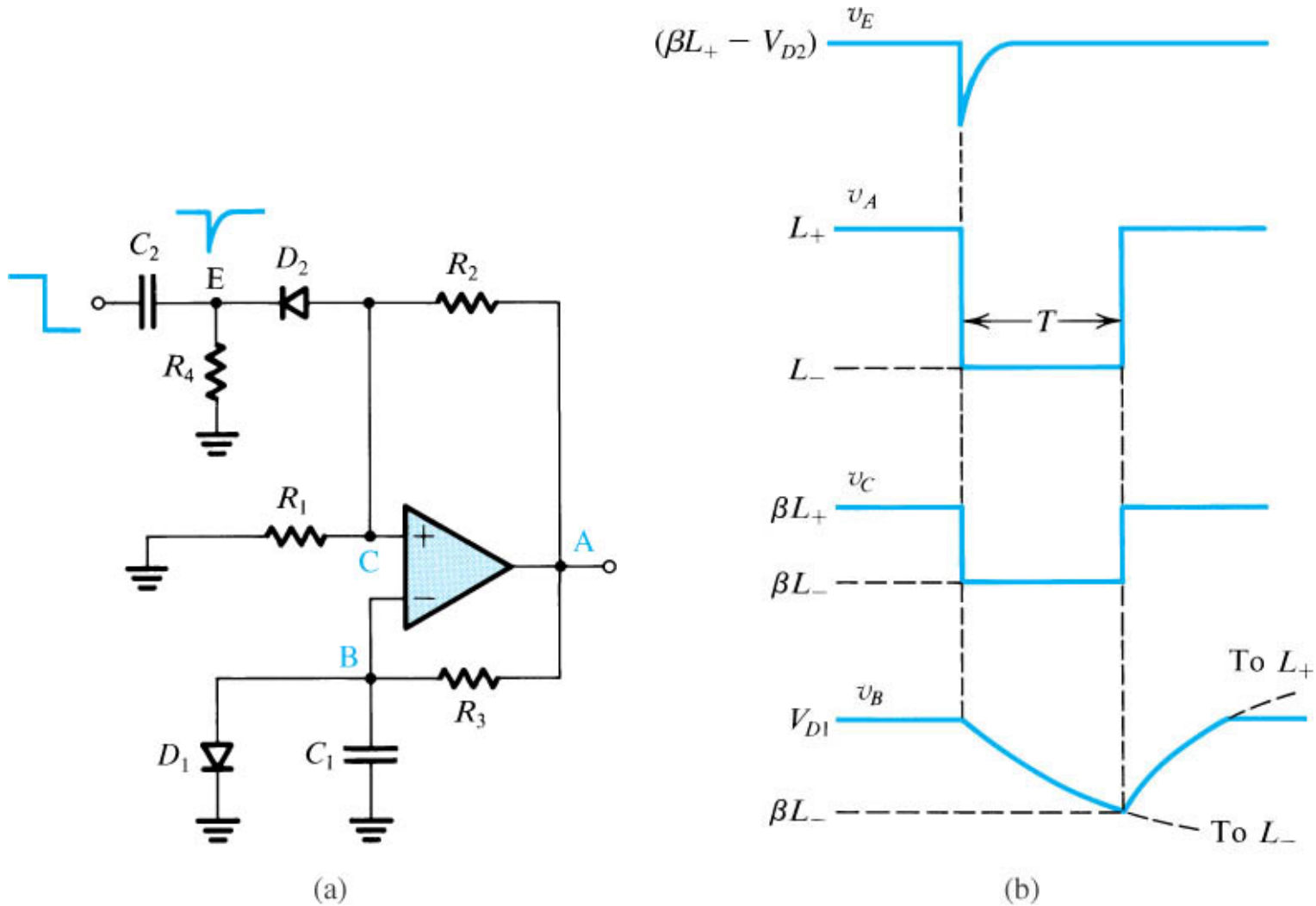
Ovo kolo se naziva astabilni multivibrator.

# Generator trouglaonih naponskih oblika



Opšta šema generatora trougaonih naponskih oblika.

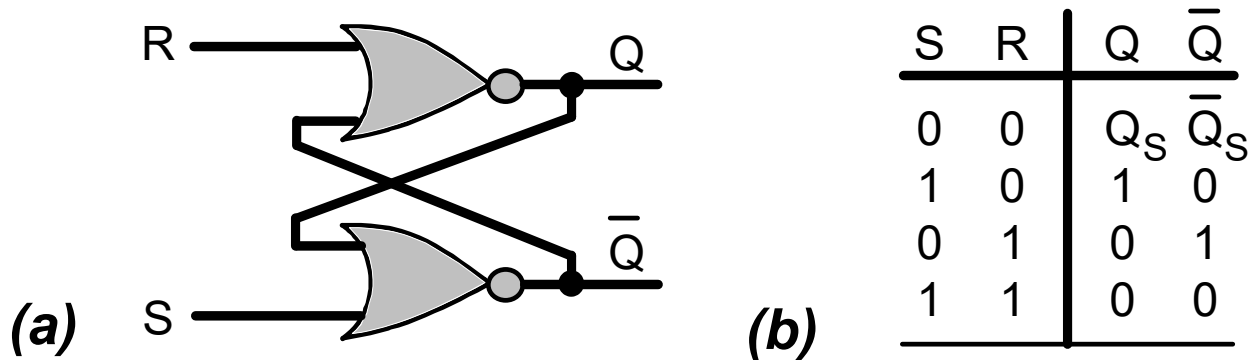
# Monostabilni multivibratori



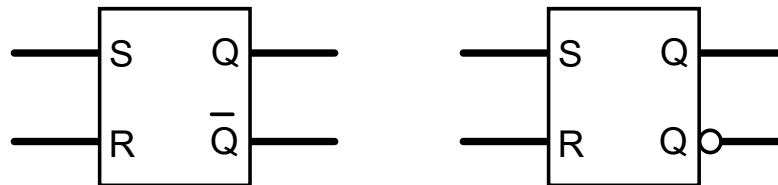
Monostabilno kolo sa operacionim pojačavačem.



## Bistabilna kola sa logičkim kapijama



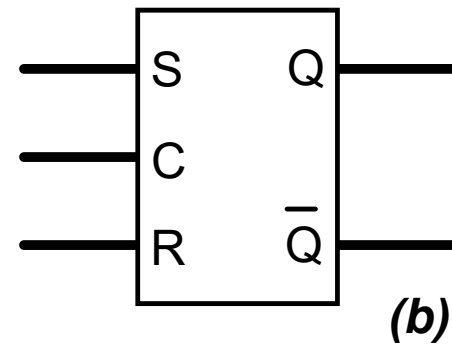
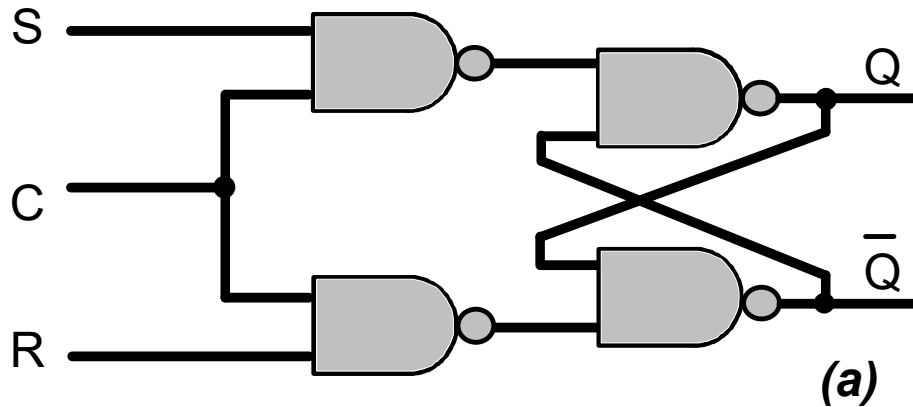
**S-R leč:** a) Realizacija pomoću "NOR" kola;  
b) Funkciona tabela.



**Dva ravnopravna simbola S-R leč kola.**

# Bistabilna kola sa logičkim kapijama

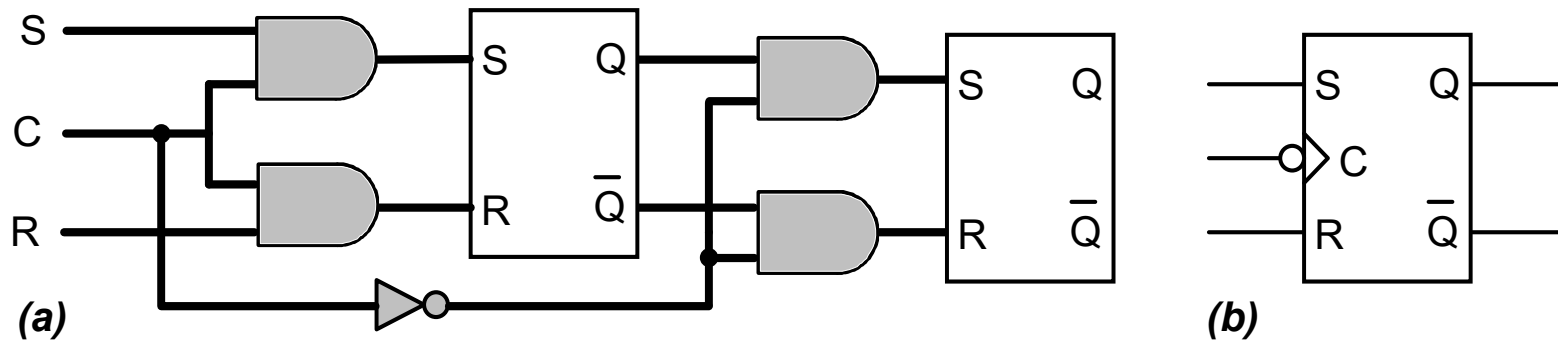
*S-R leč sa signalom dozvole*



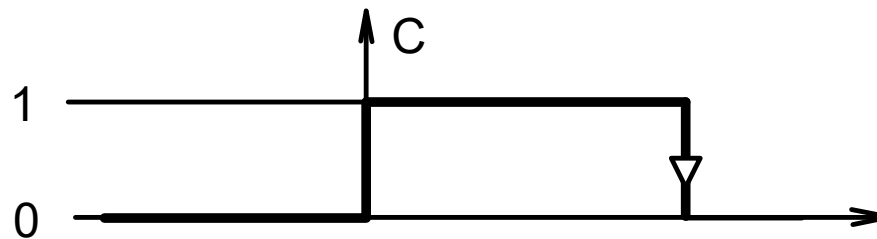
a) Šema; b) Simbol.

# Bistabilna kola sa logičkim kapijama

## S-R flip flop



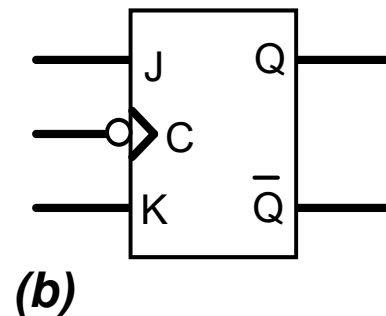
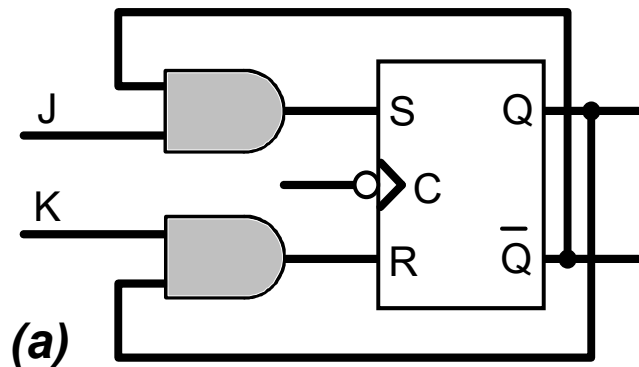
*S-R flip flop: a) Šema; b) Simbol.*



*Kontrolni signal C.*

# Bistabilna kola sa logičkim kapijama

## J-K flip flop



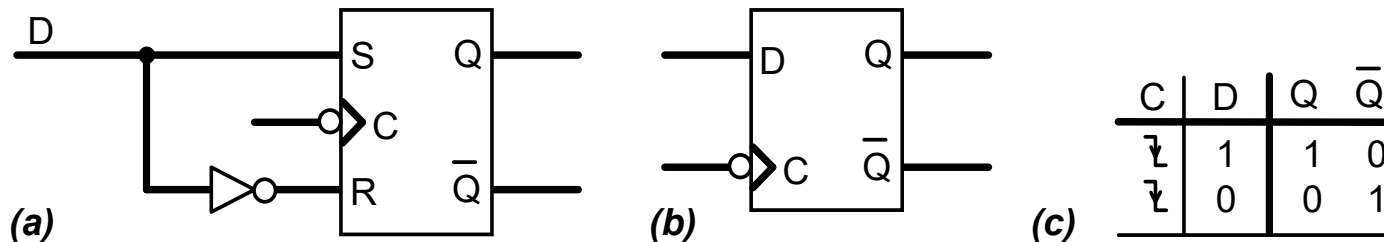
(c)

C	J	K	Q	$\bar{Q}$
$\downarrow$	0	0	$Q_S$	$\bar{Q}_S$
$\downarrow$	1	0	1	0
$\downarrow$	0	1	0	1
$\downarrow$	1	1	$\bar{Q}_S$	$Q_S$

**J-K flip flop: a) Realizacija pomoću S-R flip flopa;  
b) Simbol; c) Funkciona tabela.**

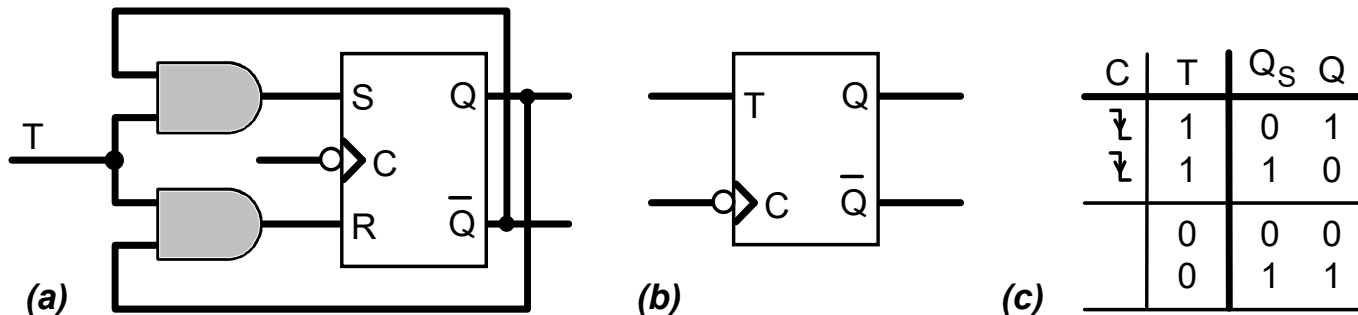
# Bistabilna kola sa logičkim kapijama

## D flip flop



**D flip flop: a) Realizacija pomoću S-R flip flopa; b) Simbol; c) Funkciona tabela.**

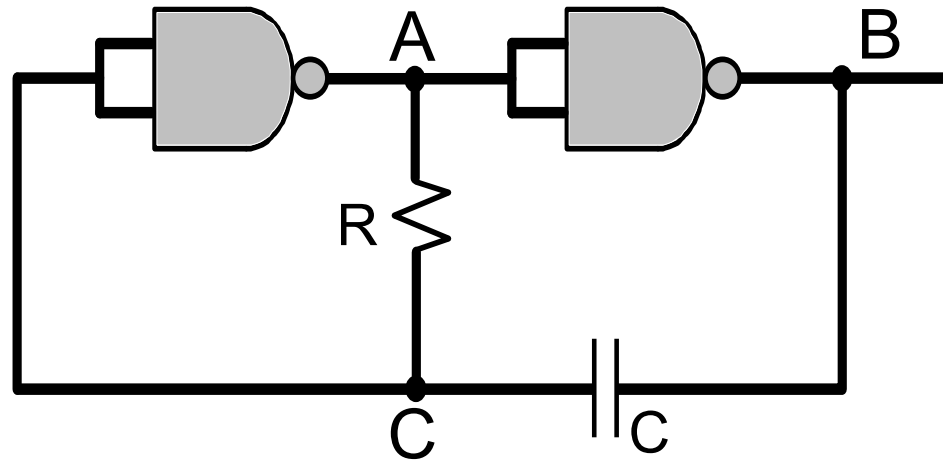
## T flip flop



**T flip flop: a) Realizacija pomoću S-R flip flopa; b) Simbol; c) Funkciona tabela.**

## Astabino kolo sa logičkim kapijama

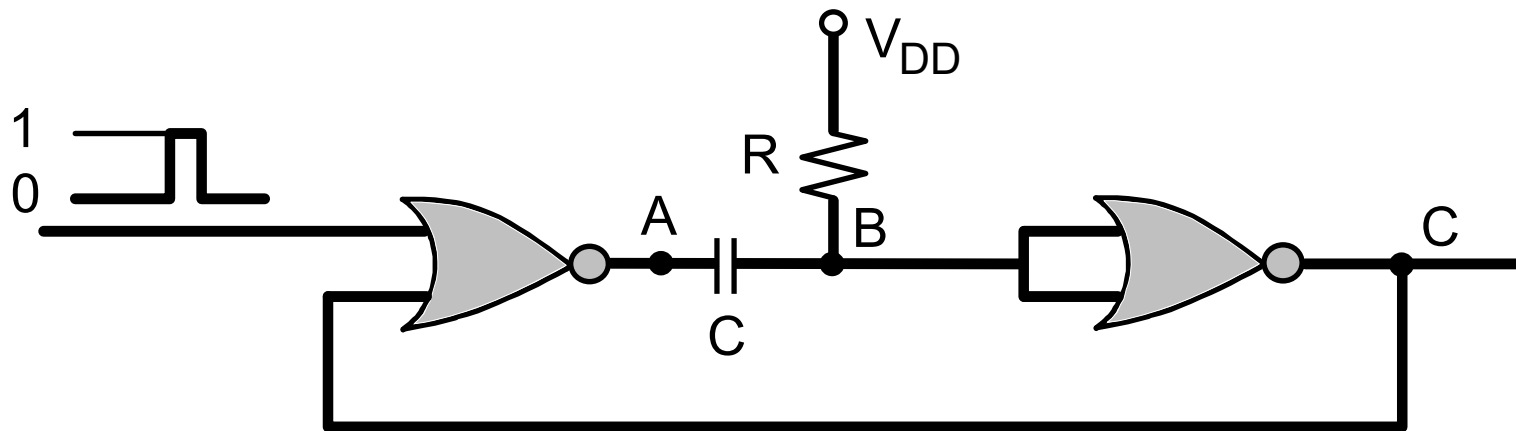
Za kolo na slici odrediti i nacrtati talasne oblike u tačkama A, B i C.



Koristiti izraz:  $v_C(t) = v_C(\infty) + [v_C(0) - v_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$

## Monostabilno kolo sa logičkim kapijama

Za kolo na slici odrediti i nacrtati talasne oblike u tačkama A, B i C.



Koristiti izraz:  $v_C(t) = v_C(\infty) + [v_C(0) - v_C(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$