



DEVETO PREDAVANJE

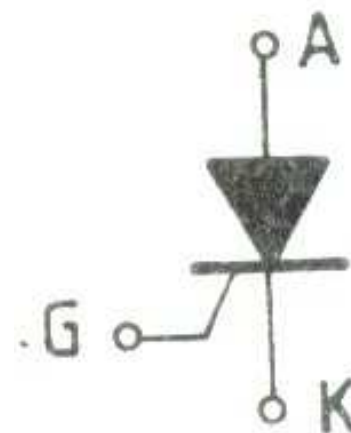
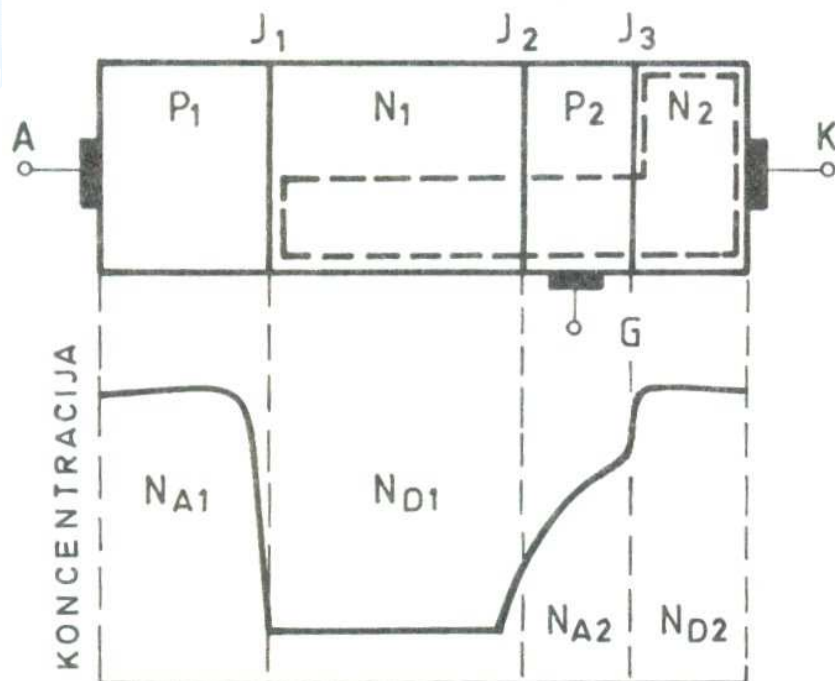
TIRISTORI OPERACIONI POJACAVAC

TIRISTORI

- TIRISTOR JE VIŠESLOJNI POLUPROVODNIČKI ELEMENT (IZRAĐUJE SE OD Si) SA DVA STANJA (PROVODNO – UKLJUČENO) I NEPROVODNO (ISKLJUČENO)
- U PROVODNOM STANJU UNUTRAŠNJA OTPORNOST TIRISTORA JE MALA A STRUJA PO PRAVILU VELIKA DOK JE U NEPROVODNOM STANJU OTPORNOST TIRISTORA VELIKA A STRUJA MALA
- U ODNOSU NA TRANZISTORSKE PREKIDAČE TIRISTORI PREKIDAJU ZNATNO VEĆU SNAGU
- POSTOJI MNOGO RAZLIČITIH TIPOVA TIRISTORA ZAVISNO OD VELIČINE STRUJE U PROVODNOM SMERU (OD NEKOLIKO MILIAMPERA DO NEKOLIKO HILJADA AMPERA) I VELIČINE NAPONA KOJI SE PREKIDA (OD NEKOLIKO DESETINA VOLTU DO NEKOLIKO KILOVOLTU)
- TIRISTORI MOGU DA IMAJU DVE TRI ILI ČETIRI ELEKTRODE

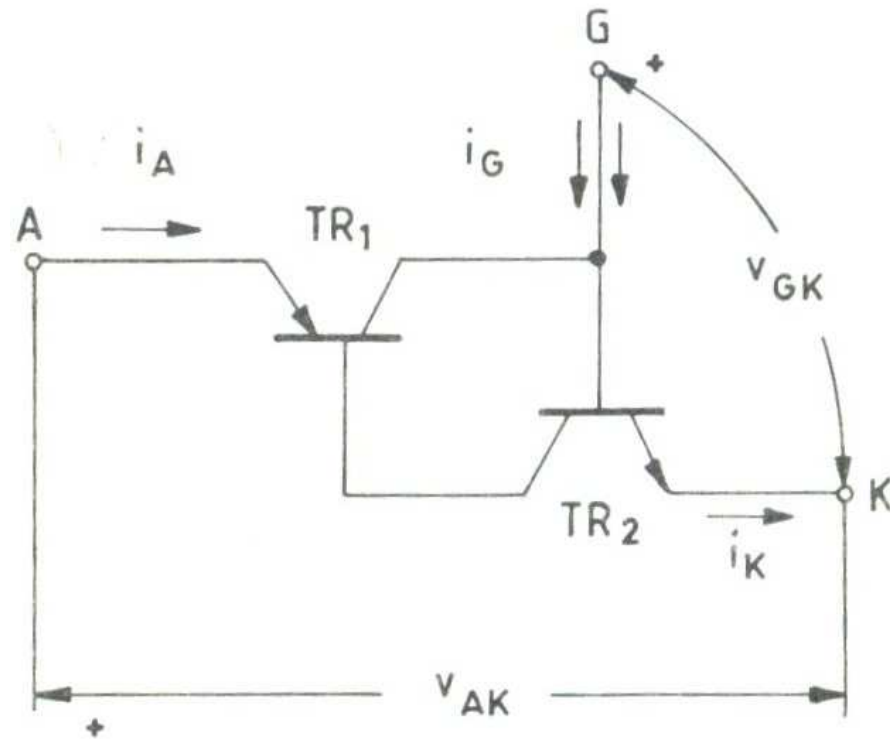
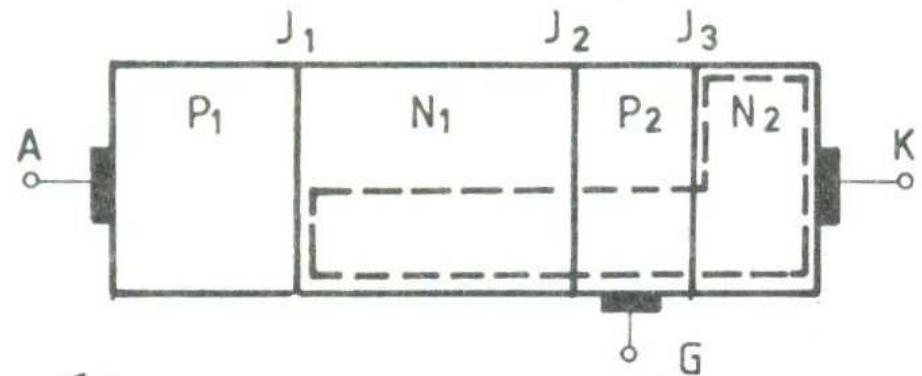
TRIODNI TIRISTOR

- ČETVOROSLOJNI ELEMENT SA TRI KRAJA KOJI PROVODI STRUJU SAMO U JEDNOM SMERU; POMOĆU TREĆEG PRIKLJUČKA OMOGUĆUJE SE PREBACIVANJE IZ PROVODNOG U NEPROVODNO STANJE PRE DOSTIZANJA NAPONA PROBOJA PNPN STRUKTURE

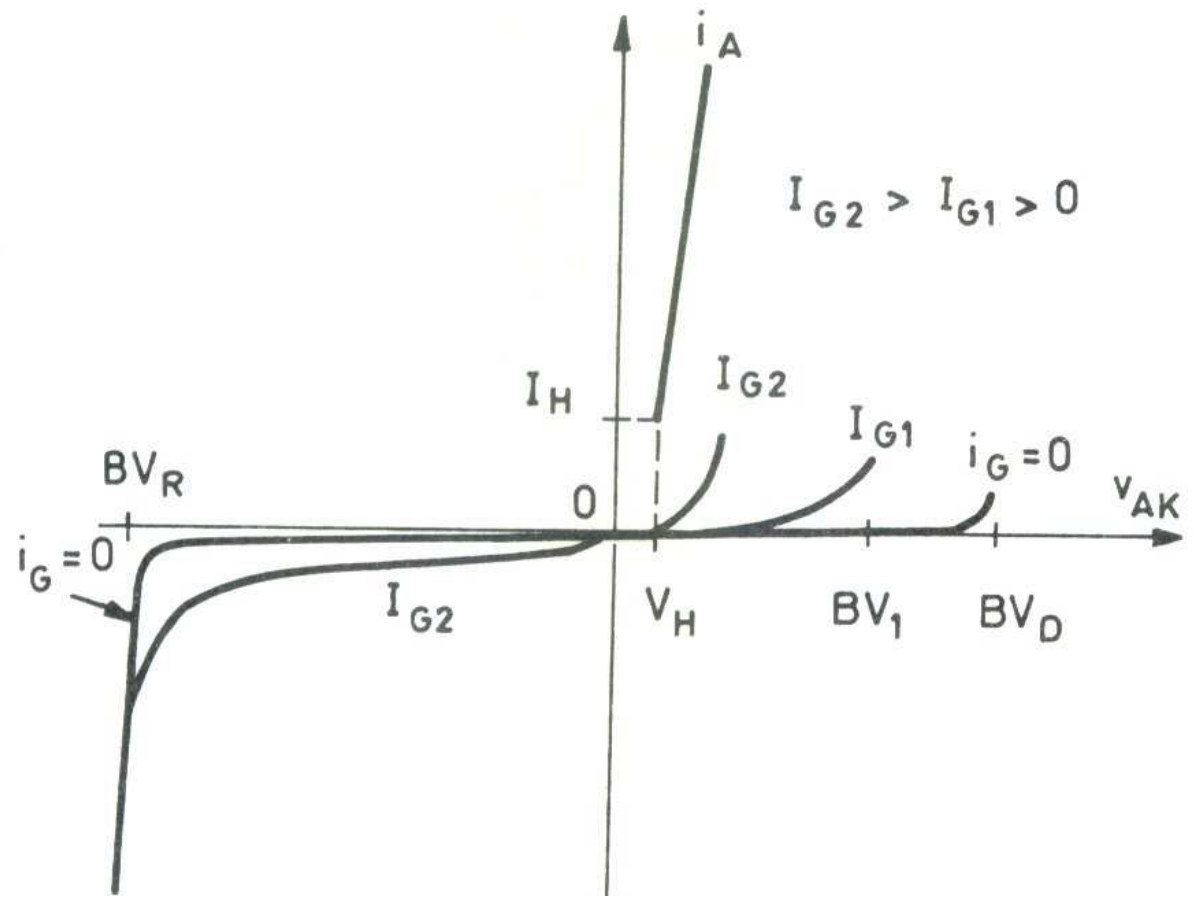
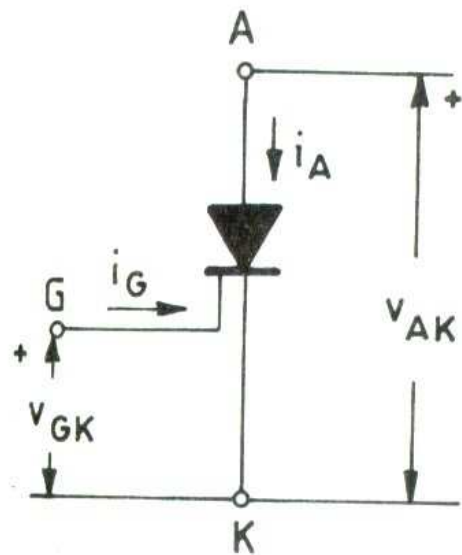


EKVIVALENTNI MODEL TIRISTORA

19

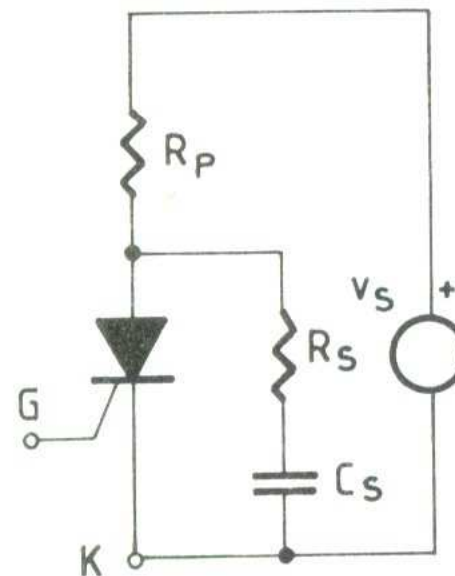


STATIČKE KARAKTERISTIKE TIRISTORA



NEKONTROLISANO UKLJUČENJE TIRISTORA

- PRI PORASTU TEMPERATURE TIRISTOR SE MOŽE UKLJUČITI NEZAVISNO OD POBUDE NA GEJTU ZBOG PORASTA INVERZNIH STRUJA NA PON SPOJEVIMA
- PRI BRZOJ PROMENI NAPONA ANODA-KATODA U VREMENU MOŽE DA DOĐE DO UKLJUČENJA TIRISTORA ZBOG PARAZITNIH KAPACITIVNOSTI

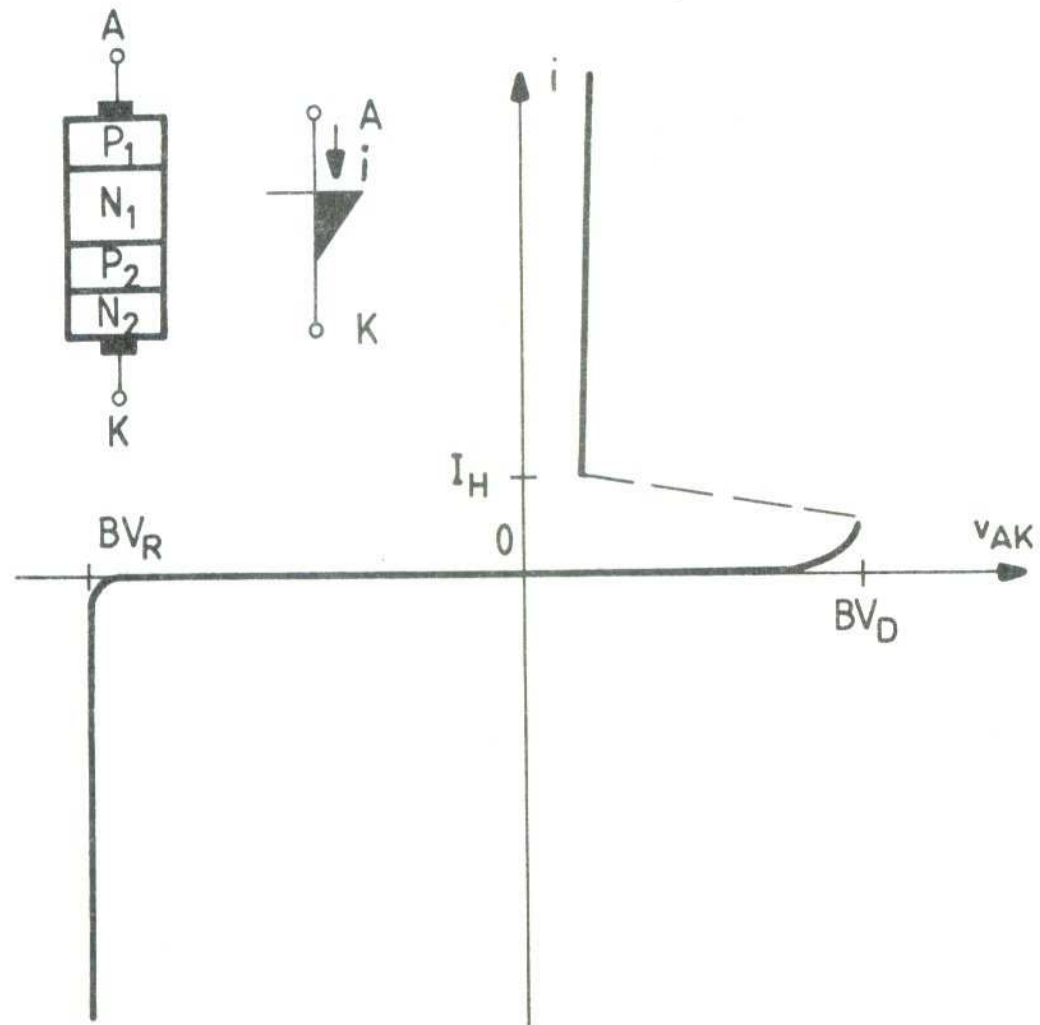


ISKLJUČENJE TIRISTORA

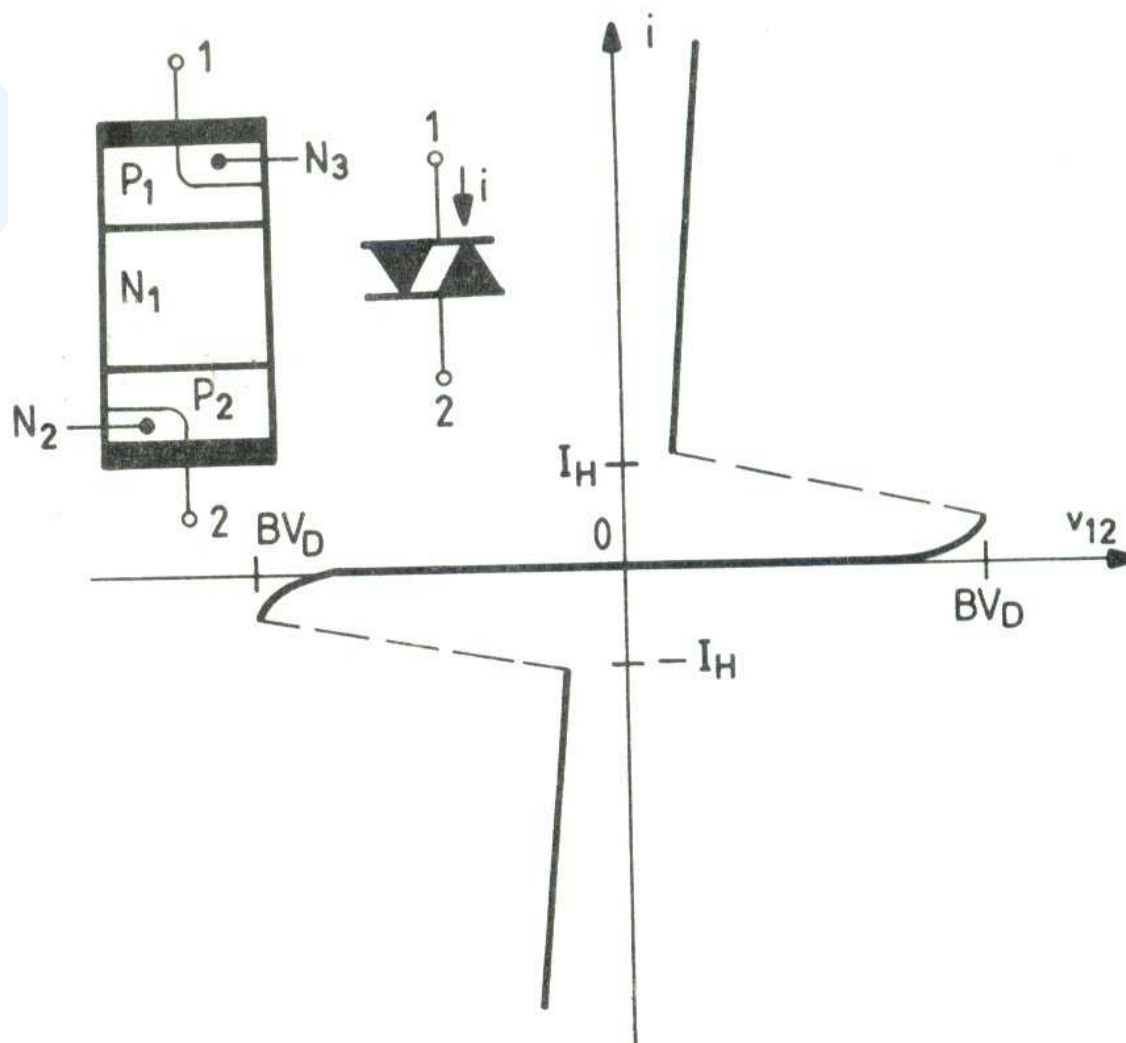
- TIRISTOR SE ISKLJUČUJE TAKO ŠTO SE ANODNA STRUJA SMANJI ISPOD VREDNOSTI STRUJE DRŽANJA I_H
- POSTOJE I TIRISTORI KOJI SE MOGU ISKLJUČIVATI NEGATIVNIM STRUJNIM IMPULSOM NA GEJTU; ZOVU SE GTO (GATE TURN OFF) TIRISTORI

ČETVOROSLOJNA DIODA

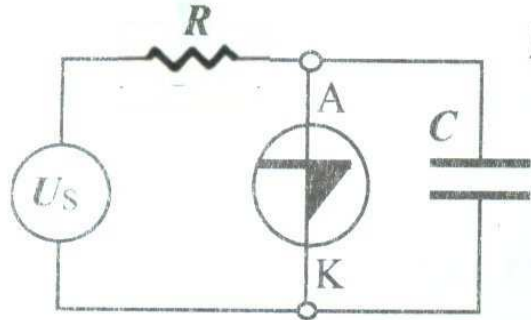
- DIODNI TIRISTOR (TIRISTOR BEZ GEJTA)



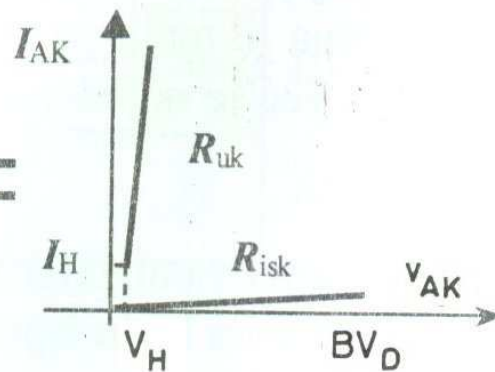
SIMETRIČNI DIODNI TIRISTOR DIJAK



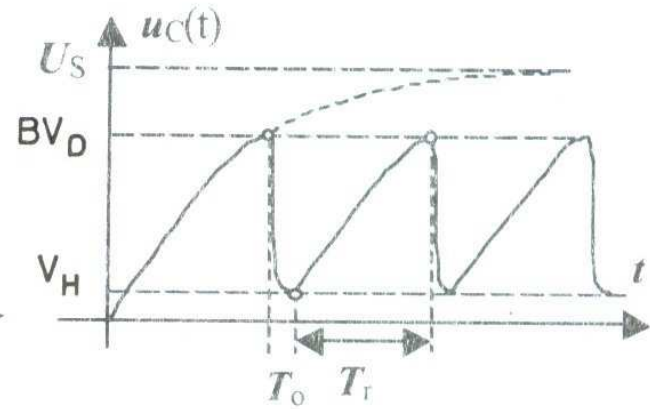
OSCILATOR SA DIODNIM TIRISTOROM



a

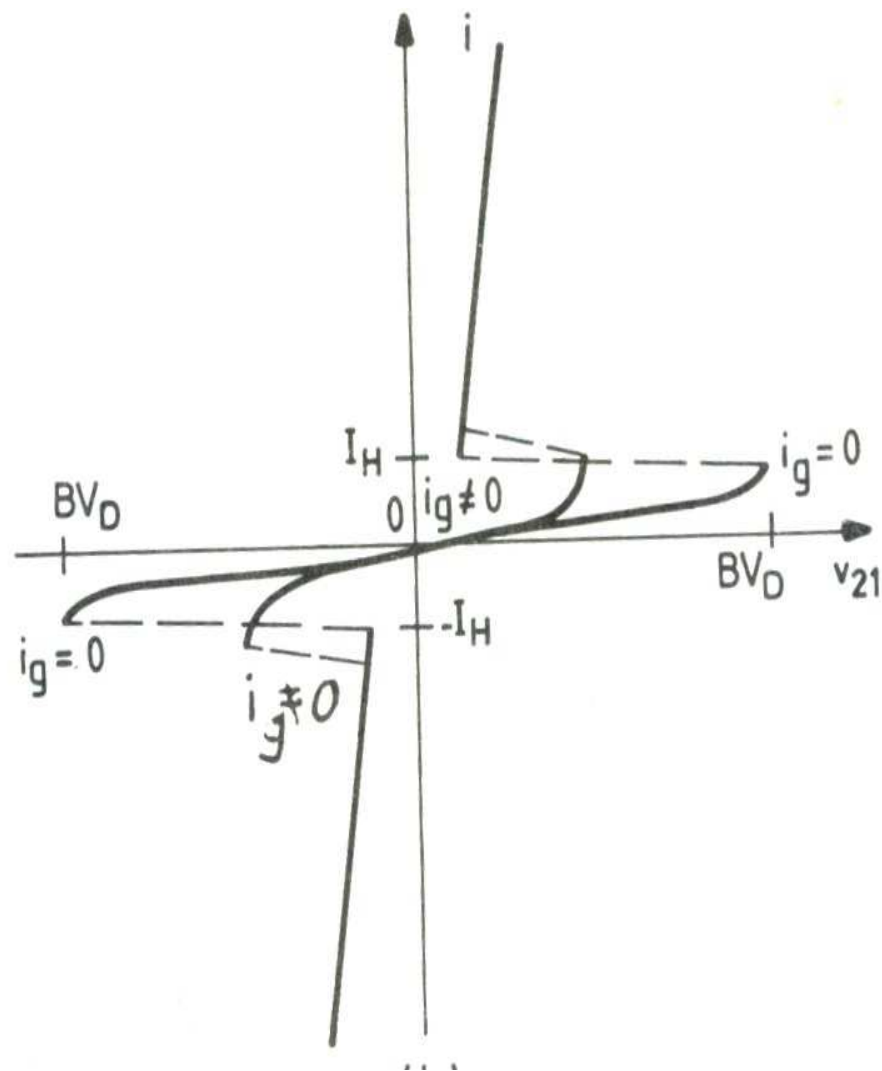
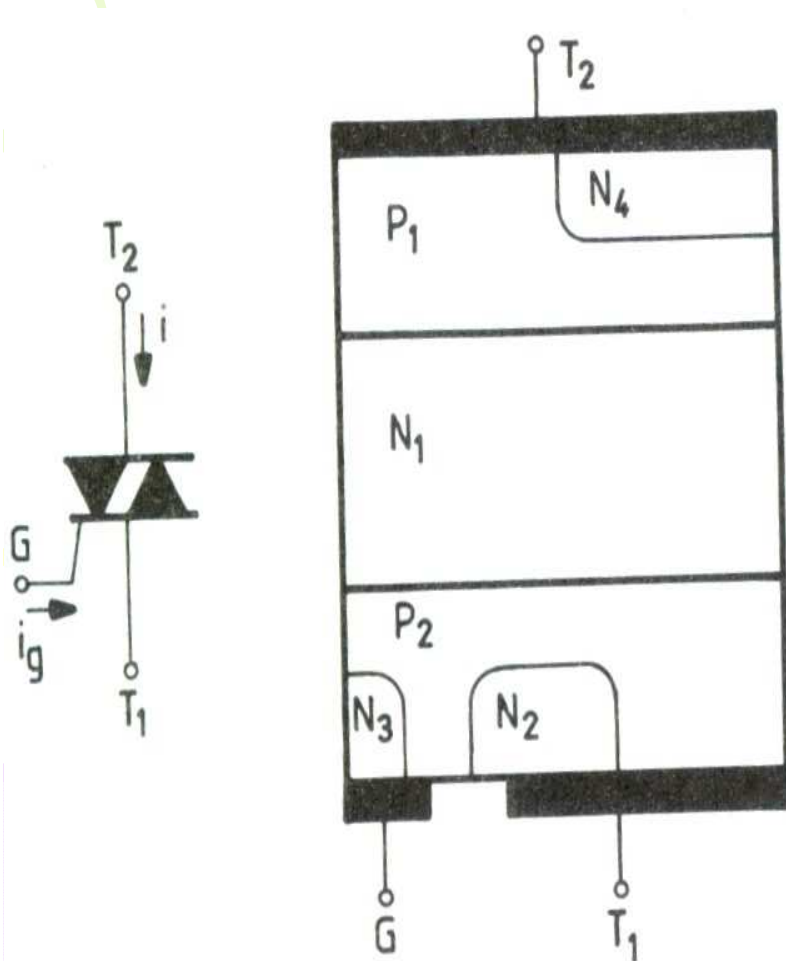


b

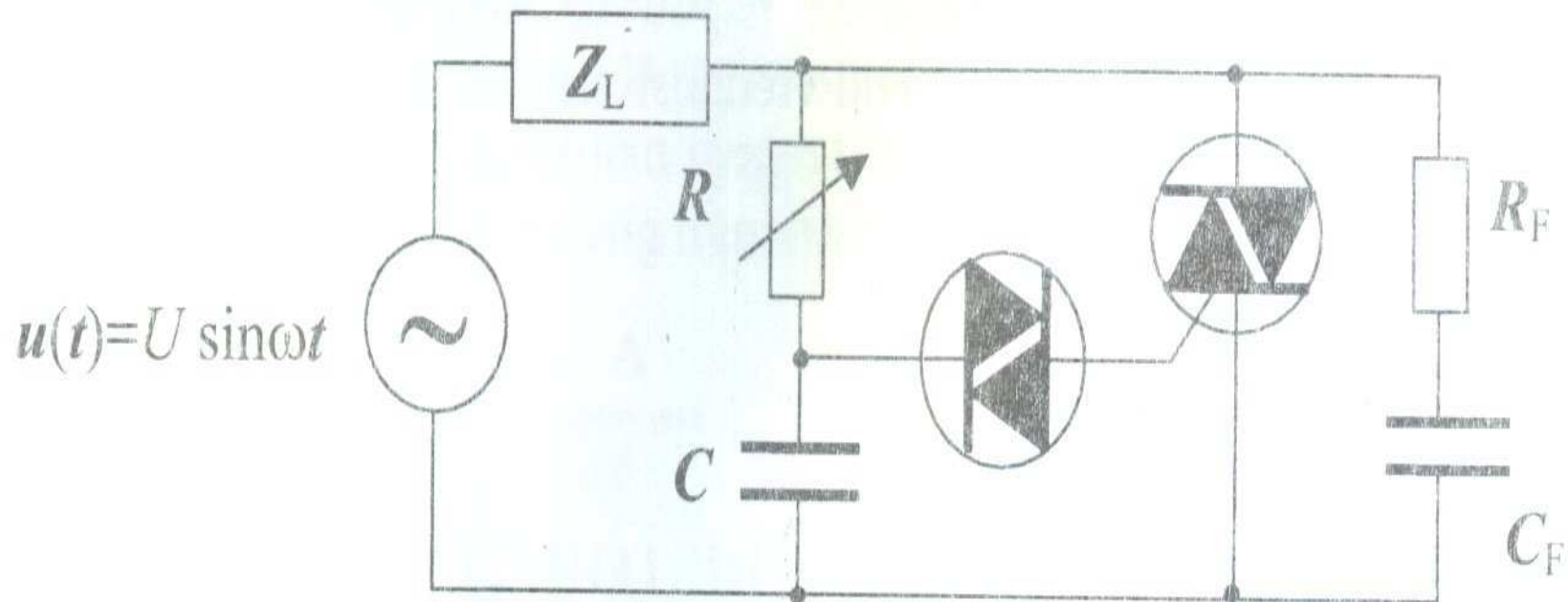


c

SIMETRIČNI TRIODNI TIRISTOR- TRIJAK



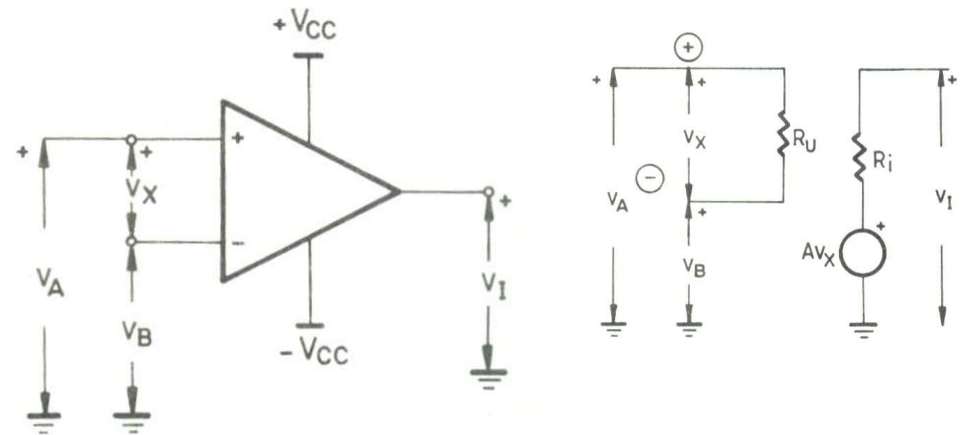
KOLO ZA KONTROLU SNAGE POTROŠAČA



OPERACIONI POJAČAVAČ

- POJAČAVAČ VRLO VELIKOG POJAČANJA NAMENJENI ZA IZVRŠAVANJE VELIKOG BROJA RAZLIČITIH FUNKCIJA
- OP IMA DVA ULAZNA PRIKLJUČKA OZNAČENA SA (+) I (-)

$$v_I = A(v_A - v_B), A = \frac{v_I}{v_X}$$



- AKO SE NA PRIKLJUČAK OZNAČEN SA (-) PRIKLJUČI NAPON v_B A PRIKLJUČAK + VEŽE NA MASU IZLAZNI NAPON JE U PROTIV FAZI (POMEREN ZA 180°) U ODNOSU NA NAPON v_B ZATO SE PRIKLJUČAK - ZOVE I INVERTUJUĆI PRIKLJUČAK
- KADA SE NA PRIKLJUČAK (+) DOVEDE SIGNAL v_A A PRIKLJUČAK (-) VEŽE NA MSU IZLAZNI SIGNAL JE U FAZI SA ULAŽNIM SIGNALOM ZATO SE PRIKLJUČAK (+) ZOVE I NEINVERTUJUĆI PRIKLJUČAK

IDEALNI OPERACIONI POJAČAVAČ

IDEALNI OP IMA SLEDEĆE OSOBINE:

- BESKONAČNO VELIKU ULAZNU OTPORNOST $R_u = \infty$
- NULTU IZLAZNU OTPORNOST $R_i = 0$
- BESKONAČNO VELIKO POJAČANJE U OTVORENOJ PETLJI, $A = \infty$
- PARAMETRI IDEALNOG OP NISU ZAVISNI OD UČESTANOSTI (IMAJU ISTU VREDNOST NA SVIM FREKVENCIJAMA)
- ULAZNE STRUJE I NAPON OFSETA SU JEDNAKI NULI

34,35

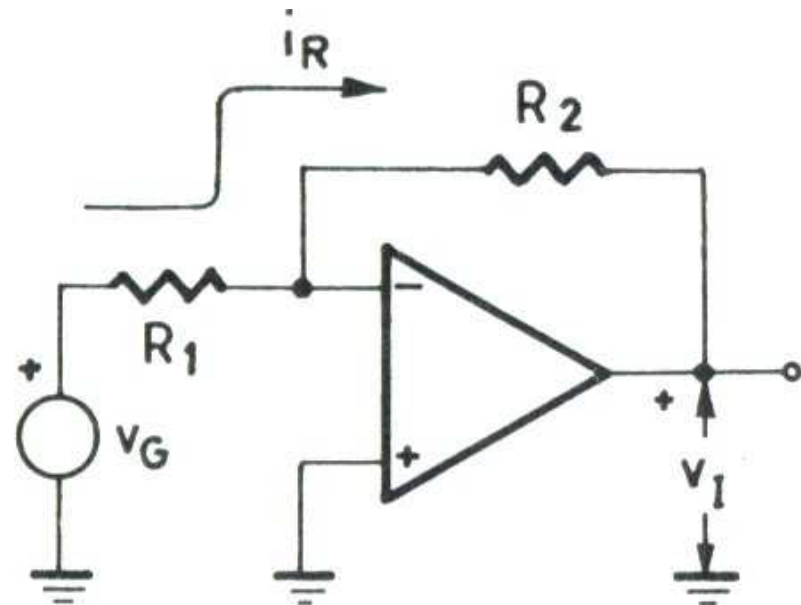
INVERTUJUĆI POJAČAVAČ

- OP SE NAJČEŠĆE KORISTI SA NEGATIVNOM POVRA TNOM SPREGOM IZMEĐU IZLAZA I ULAZA
- JAKA NEGATIVNA POVRA TNA SPREGA OBEZBEĐUJE DA U LINEARNOM REŽIMU RADA ULAZNI KRAJEVI SAVRŠENOG OP IMAJU JEDNAKE POTENCIJALE

$$v_- = v_+ = 0$$

$$i_R = \frac{v_G}{R_1}, v_I = -R_2 i_R = -\frac{R_2}{R_1} v_G,$$

$$A = -\frac{R_2}{R_1}, R_u = \frac{v_G}{i_R} = R_1$$



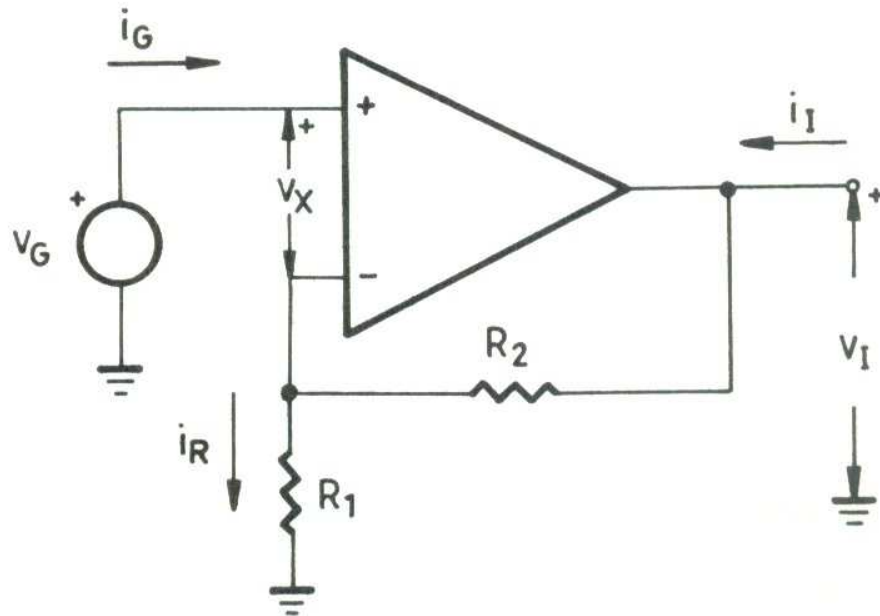
NEINVERTUJUĆI POJAČAVAČ

$$i_R = \frac{v_G}{R_1}$$

$$v_I = R_2 i_R + v_G = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) v_G$$

$$A = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right)$$

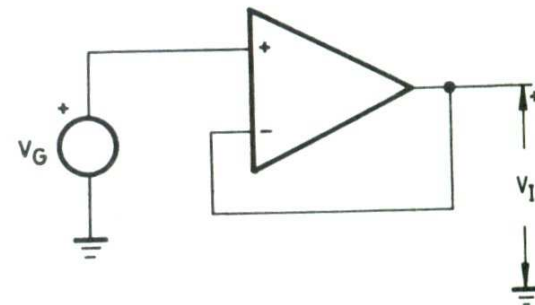
$$R_u = \infty$$



- JEDINIČNI POJAČAVAČ

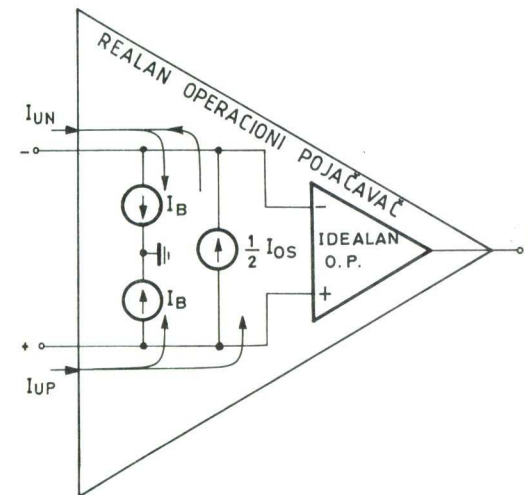
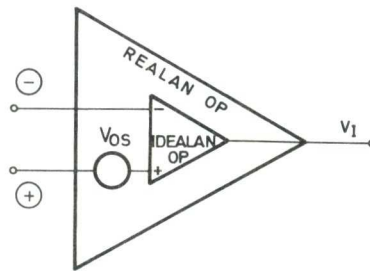
- $R_2=0$

- $R_1=\infty$



OSOBINE REALNIH OP

- ZBOG KONAČNE ULAZNE OTPORNOSTI BIPOLARNI OP IMAJU ULAZNU STRUJU POLARIZACIJE I_B I STRUJU OFSETA I_{OS} RAZLIČITU OD NULE
- TAKOĐE REALNI OP IMA NAPON OFSETA USLED NEUPARENOSTI PARAMETARA TRANZISTORA U ULAZNOM DIFERENCIJALNOM STEPENU



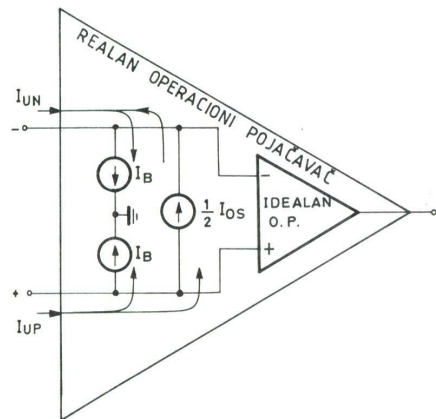
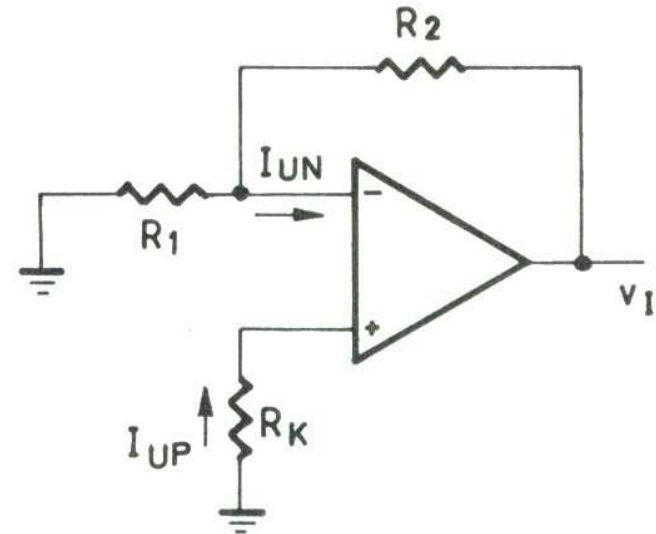
UTICAJ ULAZNIH STRUJA

- DA BI SE SMANJIO UTICAJ ULAZNIH STRUJA OP NA RAD KOLA TREBA POSTAVITI ISTE OTPORNOSTI IZMEĐU ULAZNIH PRIKLJUČAKA I MASE

$$v_I = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) R_K I_{UP} - R_2 I_{UN}$$

$$R_K = R_1 \parallel R_2$$

$$v_I = -R_2 (I_{UN} - I_{UP}) = R_2 I_{OS}$$



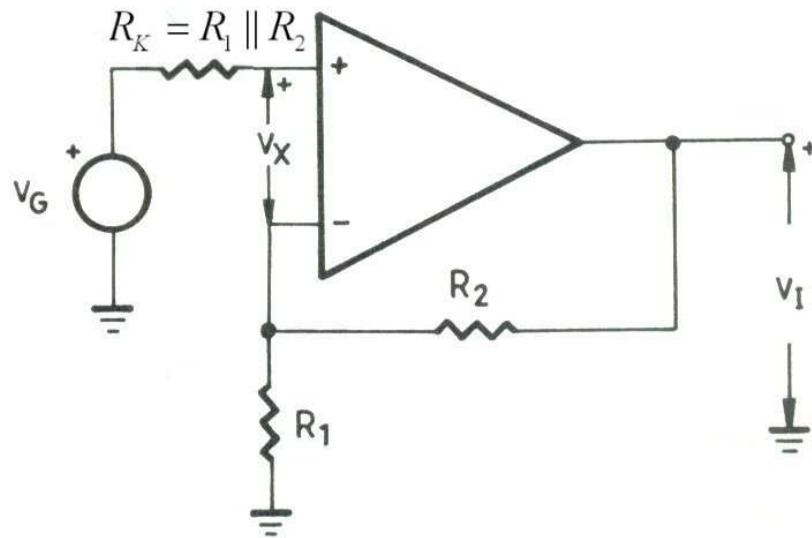
NEINVERTUJUĆI POJAČAVAČ

- POJAČANJE

$$A = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right)$$

$$R_u = \infty$$

40

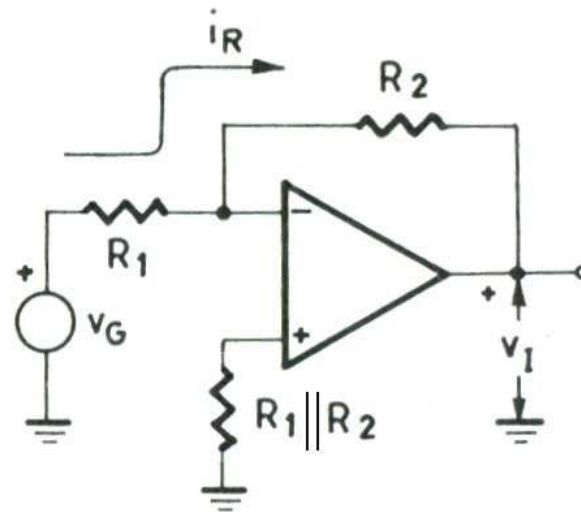


INVERTUJUĆI POJAČAVAČ

- POJAČANJE U ZATVORENOJ POVRATNOJ SPREZI

$$A = -\frac{R_2}{R_1}, R_u = R_1$$

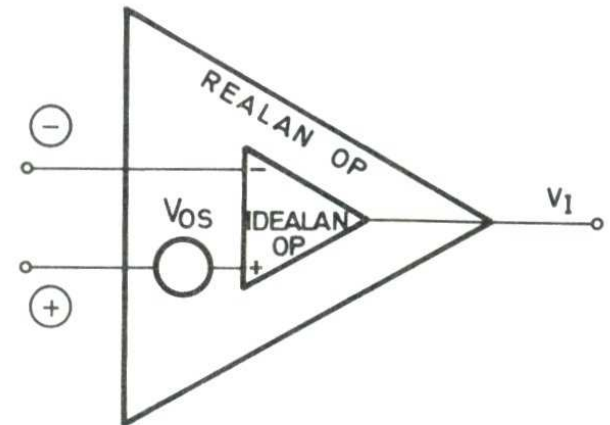
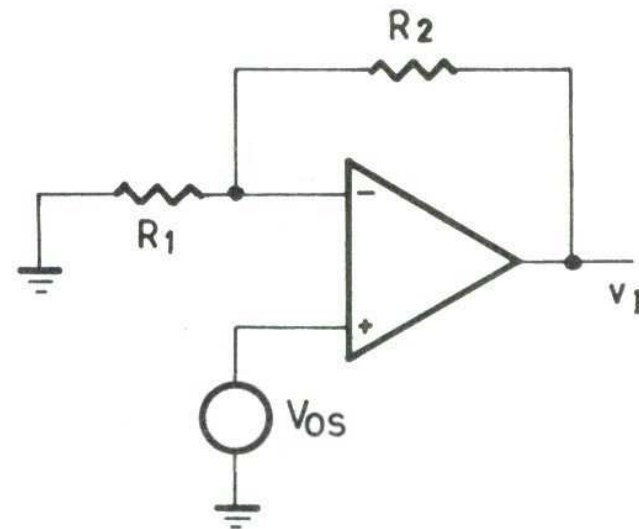
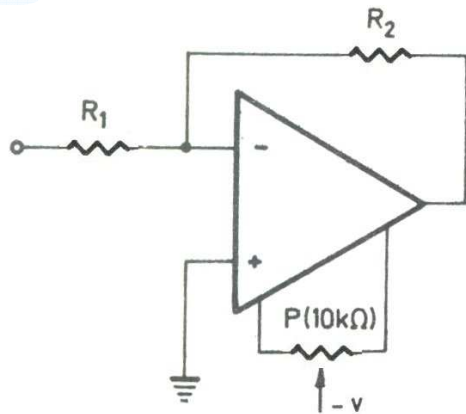
39



UTICAJ NAPONA OFSETA

- USLED NAPONA OFSETA
NA IZLAZU IMAMO

$$v_I = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{os}$$



UTICAJ KONAČNOG POJAČANJA

$$i_R = \frac{v_G - v_X}{R_1} = \frac{v_I - v_X}{R_2}$$

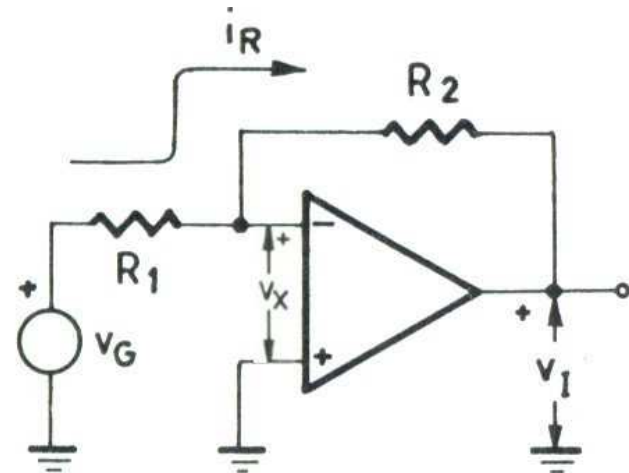
$$\frac{R_2}{R_1} v_G = -v_I \left(1 - \frac{1}{A'} - \frac{R_2}{R_1 A'} \right)$$

$$\frac{R_2}{R_1} v_G = v_X \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) - v_I$$

$$\frac{v_I}{v_G} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 - \frac{1}{A'} - \frac{R_2}{R_1 A'}}$$

$$A' \gg \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{v_I}{v_G} \approx -\frac{R_2}{R_1}$$

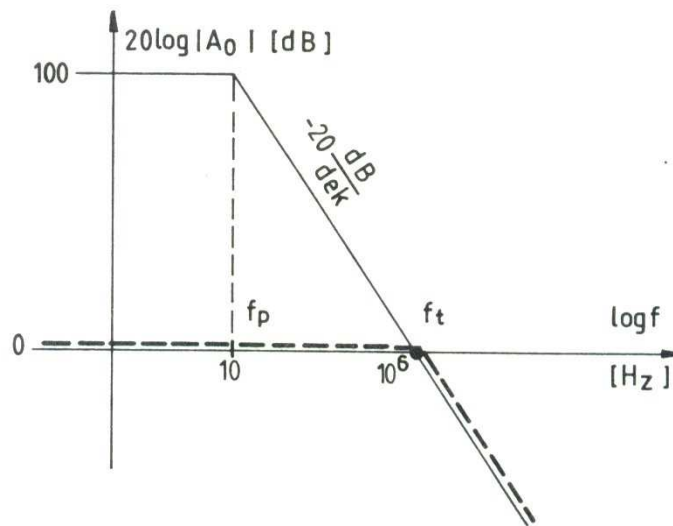


FREKVENCIJSKA KARAKTERISTIKA OP

- POJAČANJE REALNOG OP ZAVISI OD UČESTANOSTI
- POJAČANJE U OTVORENOJ PETLJI SE MODELUJE FUNKCIJOM PRENOSA

$$A = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_g}}$$

- f_T – JEDINIČNA UČESTANOST OP-
UČESTANOST NA KOJOJ JE POJAČANJE = 1

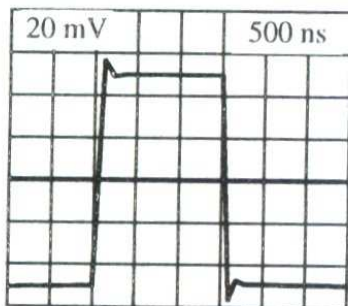


SLUREJT OP

- BRZINA PROMENE NAPONA NA IZLAZU OP JE OGRANIČENA
- SLUREJT SE DEFINIŠE KAO MAXIMALNA BRZINA PROMENE IZLAZNOG NAPONA U VREMENU

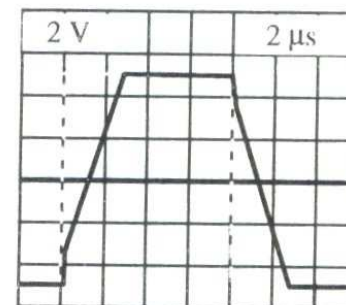
$$SR = \left| \frac{dv_I}{dt} \right|_{MAX}$$

- SR OGRANIČENJE ZAVISI I OD UČESTANOSTI I OD AMPLITUDE SIGNALA; ŠTO JE AMPLITUDA VEĆA TO JE MAKSIMALNA UČESTANOST SIGNALA KOJI SE TAČNO REPRODUKUJE MANJA



$U_S = \pm 15 \text{ V}$

$A_{UCL} = +1$



$U_S = \pm 15 \text{ V}$

$A_{UCL} = +1$

DIFERENCIJALNI POJAČAVAČ

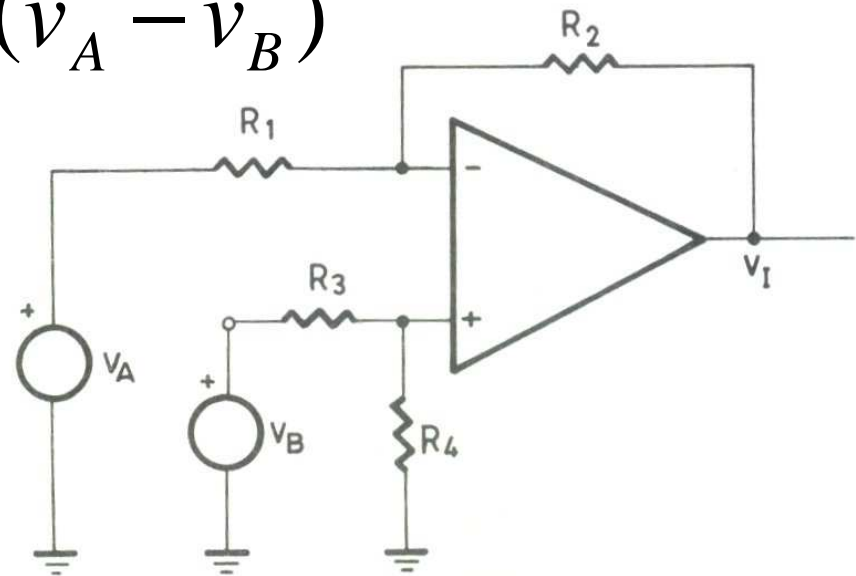
- PRIMENOM PRINCIPA SUPERPOZICIJE IZLAZNI NAPON JE:

$$v_I = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_B - \frac{R_2}{R_1} v_A$$

- ZA $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k$ IZLAZNI NAPON

$$v_I = \frac{R_2}{R_1} (v_B - v_A) = -k(v_A - v_B)$$

$$R_u = R_1 + R_3$$



41

ANALOGNI SABIRAČ

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

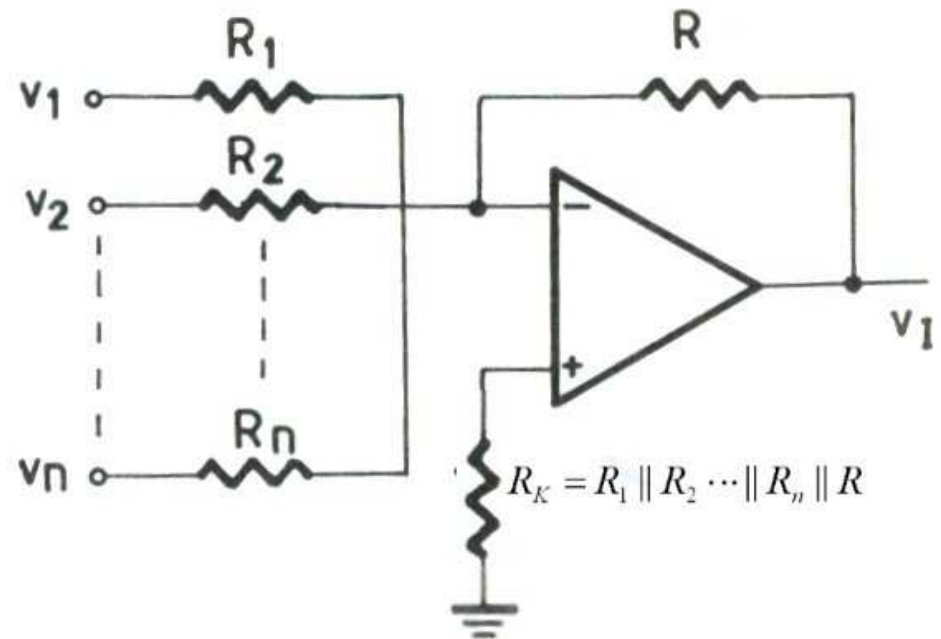
$$i_k = \frac{v_k}{R_k}$$

$$v_I = -\sum_{k=1}^n R i_k = -\sum_{k=1}^n \frac{R}{R_k} v_k$$

$$v_I = A_1 v_1 + A_2 v_2 + \dots + A_n v_n$$

$$A_1 = -\frac{R}{R_1}, A_2 = -\frac{R}{R_2}, \dots, A_n = -\frac{R}{R_n}$$

$$R_{u1} = R_1, R_{u2} = R_2, \dots, R_{un} = R_n$$

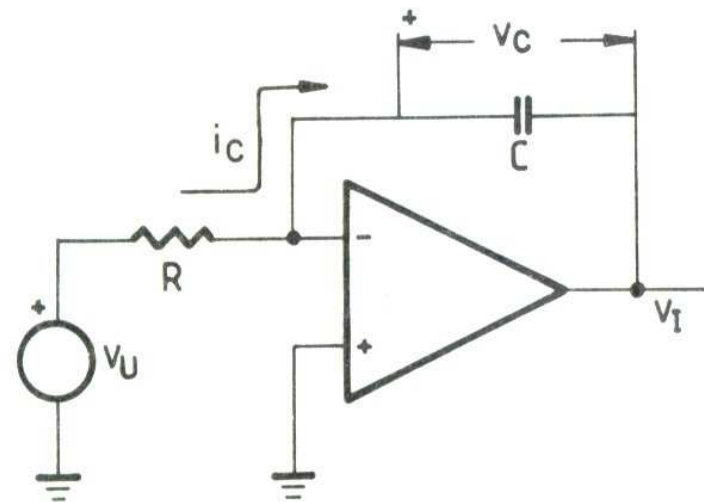
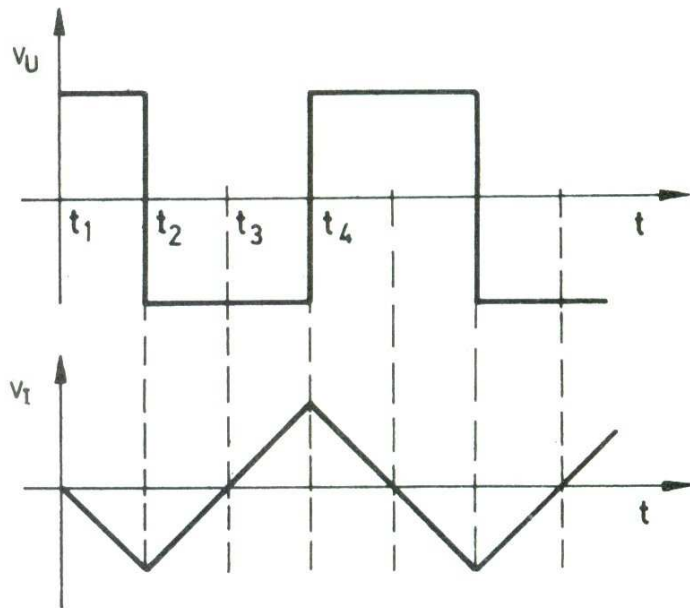


42

INTEGRATOR

- ddd

$$v_I = -v_C = -\frac{1}{C} \int i_C dt = -\frac{1}{RC} \int v_u(t) dt$$

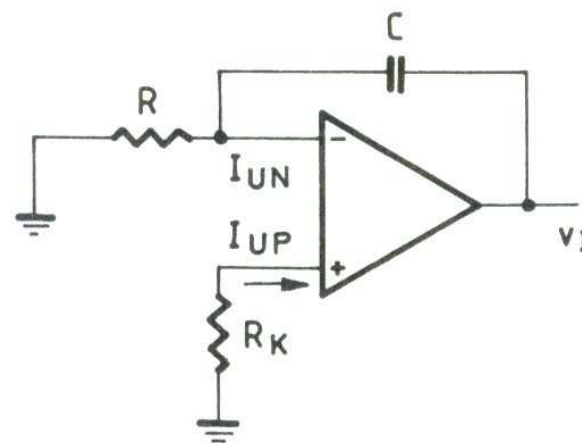


UTICAJ ULAZNIH STRUJA I NAPONA OFSETA NA RAD INTEGRATORA

- ULAZNA STRUJA I_{UN} BI PODIZALA IZLAZNI NAPON DO ODLASKA OP U ZASIĆENJE

$$v_I = -R_k I_{UP} + \frac{1}{C} \int \left(I_{UN} - \frac{R_K}{R} I_{UP} \right) dt$$

- OTPORNIK R_K RUMANJUJE UTICAJ ULAZNIH STRUJA



- NAPON OFSETA TAKODJE UTIČE NA IZLAZNI NAPON

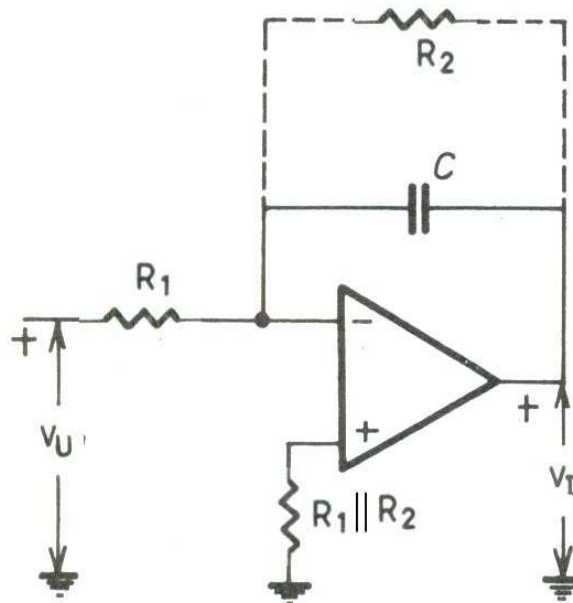
$$v_I = V_{os} + \frac{1}{C} \int \frac{V_{os}}{R} dt$$

INTEGRATOR

- PORAST IZLAZNOG NAPONA USLED JEDNOSMERNIH KOMONENTI ULAZNIH STRUJA I NAPONA OFSETA MOŽE SE OGRANIČITI OTPORNIKOM R2

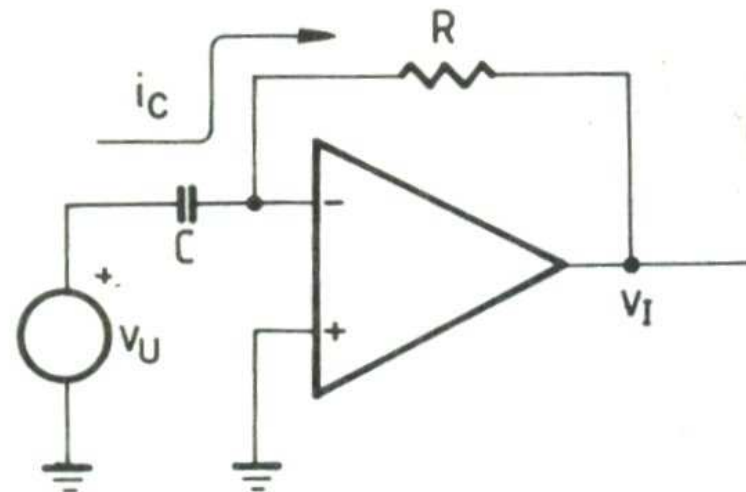
$$R_2 \gg R_1$$

43



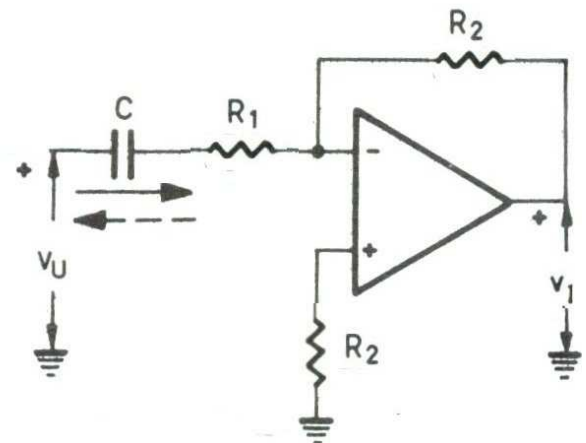
DIFERENCIJATOR

$$v_I = -R_C i_C = -RC \frac{dv_u}{dt}$$



$$R_1 \ll R_2$$

44



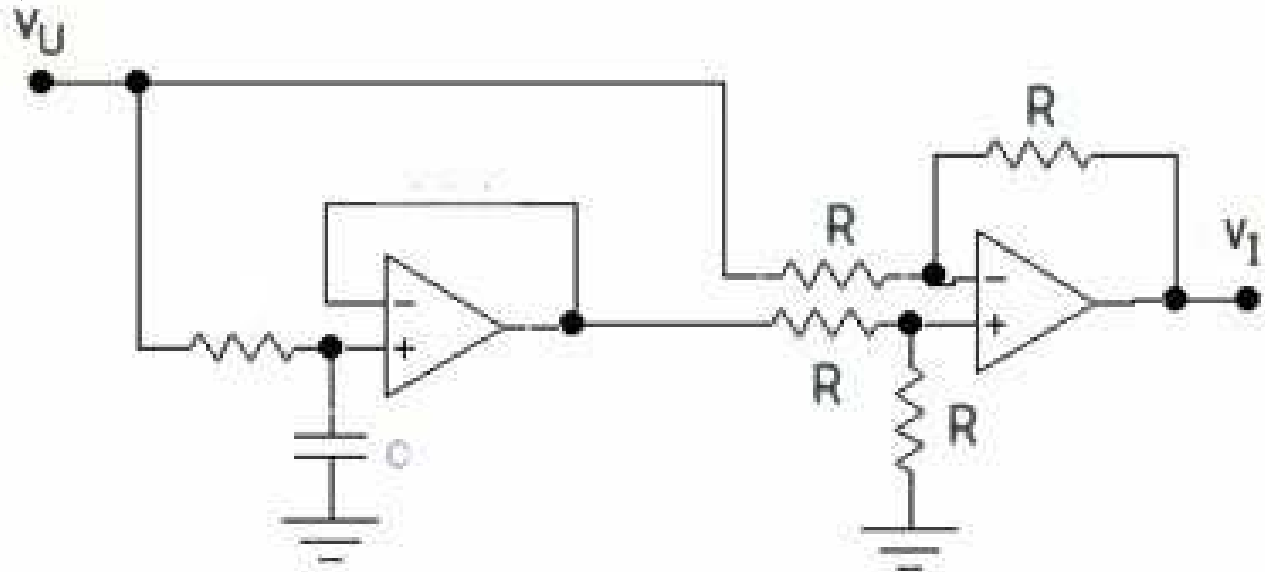
POTISKIVANJE SPOROPROMENLJIVE JEDNOSMERNE KOMPONENTE

$$v_U = V + v_p(t)$$

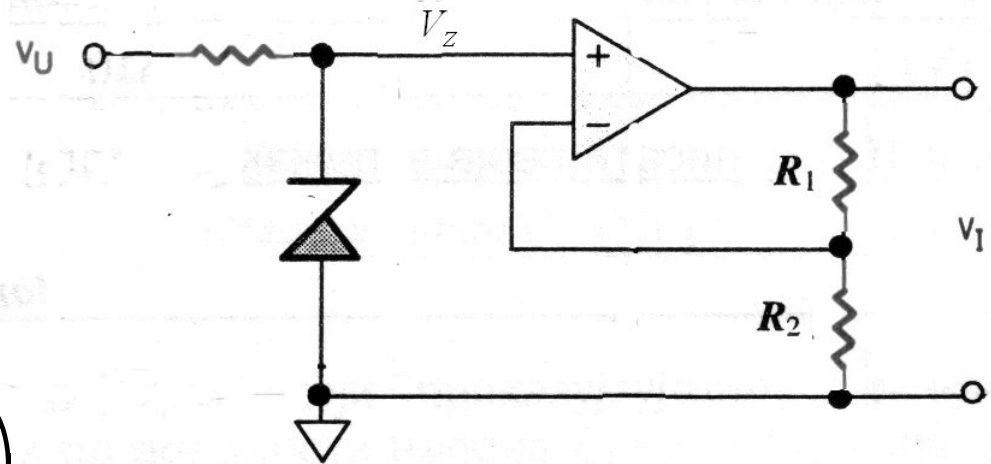
$$\overline{v_U} = V$$

$$v_I = -v_p(t)$$

45

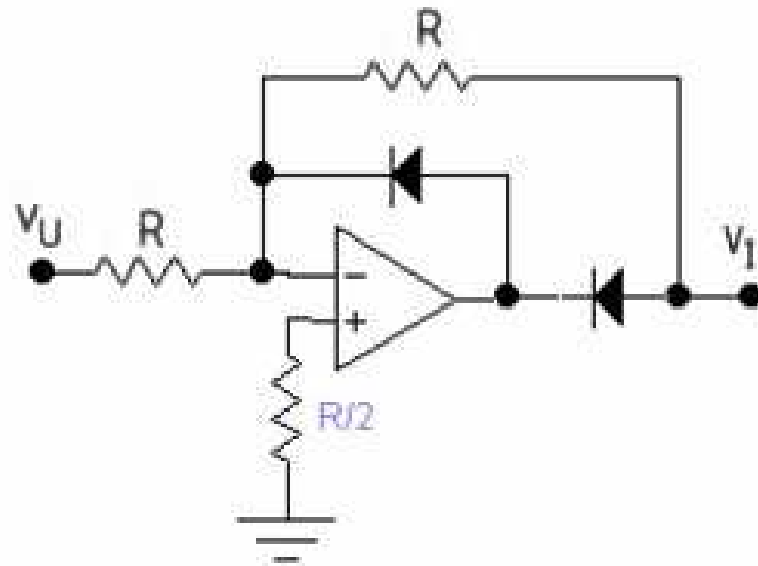


STABILISAN NAPONSKI IZVOR



$$v_I = V_Z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

IDEALNA DIODA



47

