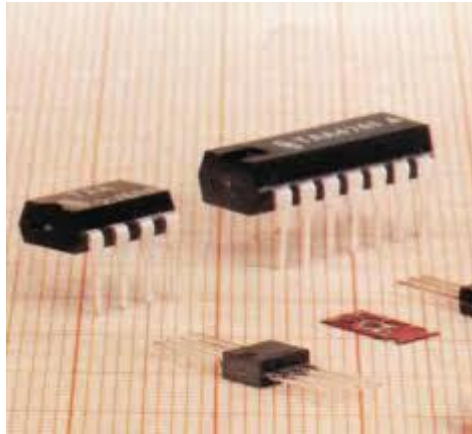


POJAČAVAČI , OPERACIONI POJAČAVAČI, POJAČAVAČI SA POVRATNOM SPREGOM

Pojačavači se najčešće izradjuju kao integrisana kola.



Integrisana kola (čipovi) su integrisani sklopovi malih dimenzija koji sadrže tranzistore diode, otpornike i kondenzatore malih kapacitivnosti. Oni predstavljaju jedno ili više složenih elektronskih kola realizovanih na istoj podlozi od poluprovodnika.

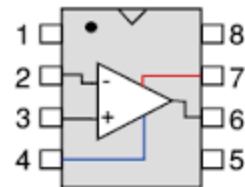
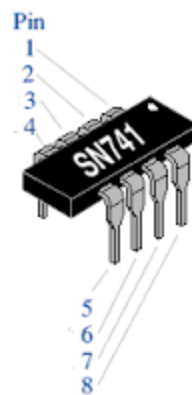
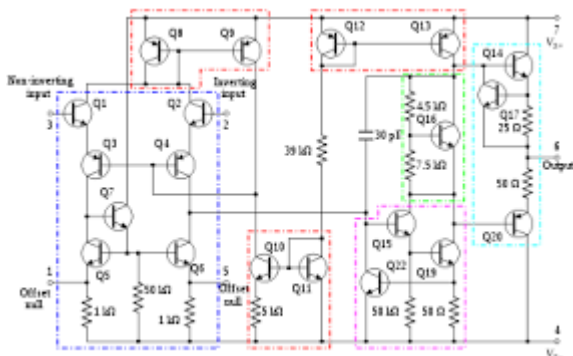
Oni se proizvode u veliki, serijama od nekoliko stotina ilil hiljada na zajedničkoj kružnoj ploči prečnika 50 cm koja se naziva vafer (wafer- engleski)

Analogna integrisana kola su od posebnog značaja i ona daju izlazni napon koji analogno prati promene ulaznog napona ili struje .

OPERACIONI POJAČAVAČI

Operacioni pojačavači su linearna integrisana kola koja se koriste kao linearni pojačavači i označavaju se kao OP (operational amplifier)

Na jednom čipu može da bude jedan ili više operacionih pojačavača .



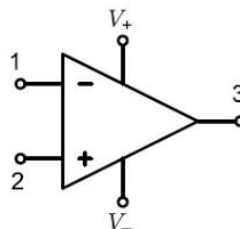
Imaju dva ulaza (1 i 2) i jedan izlaz (3) i nekoliko pomoćnih elektroda na koje se dovodi napon za napajanje (V_+ i V_-) i drugi elementi za održavanje potrebnog režima rada. Napajaju se najčešće sa dva jednosmerna izvora od +15V i -15 V

Simbol

Ulaz 1 – invertujući ulaz (-)

Ulaz 2- neinvertujući ulaz (+)

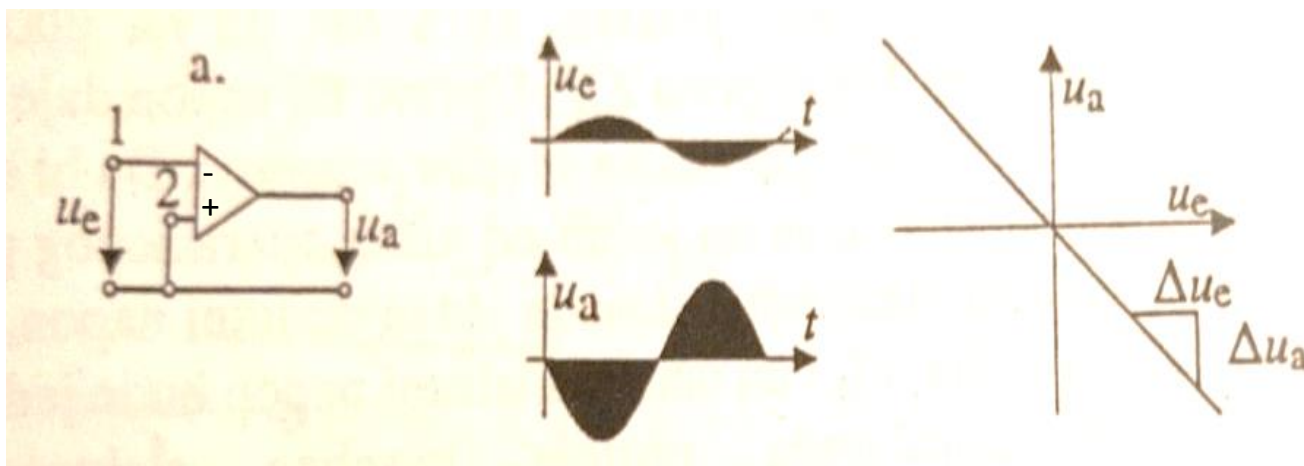
Izlaz- 3



a) Ako se **na invertujući ulaz 1** dovede napon U_e na izlazu se pojavljuje napon U_a

$$U_A = -A \cdot U_e$$

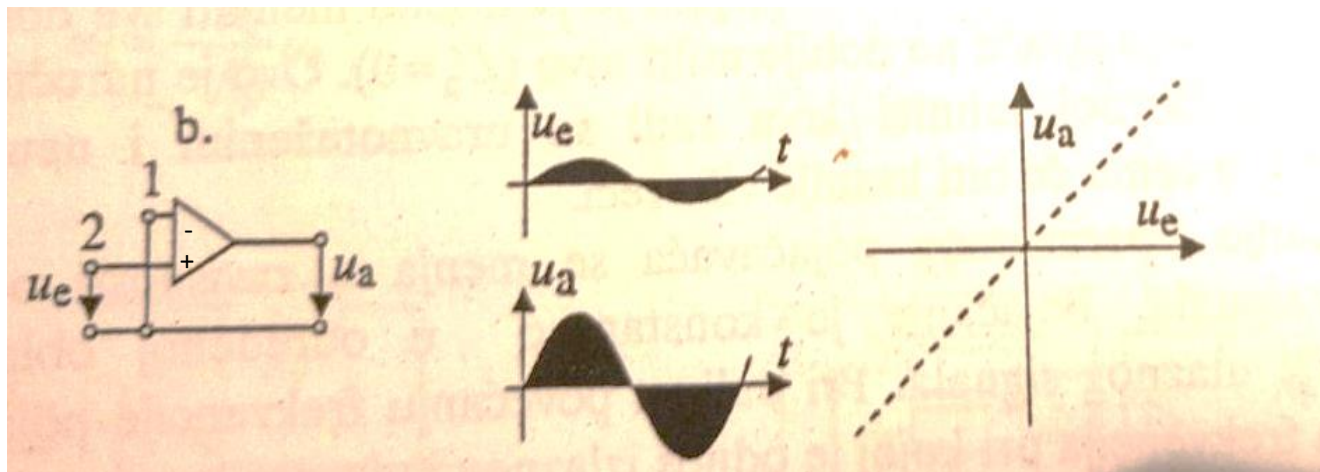
A-predstavlja predstavlja pojačanje operacionog pojačavača



U ovom slučaju pojačavač menja fazu ulaznog napona za π

b) Ako se **na neinvertujući ulaz 2** dovede napon U_e na izlazu se pojavljuje napon U_a

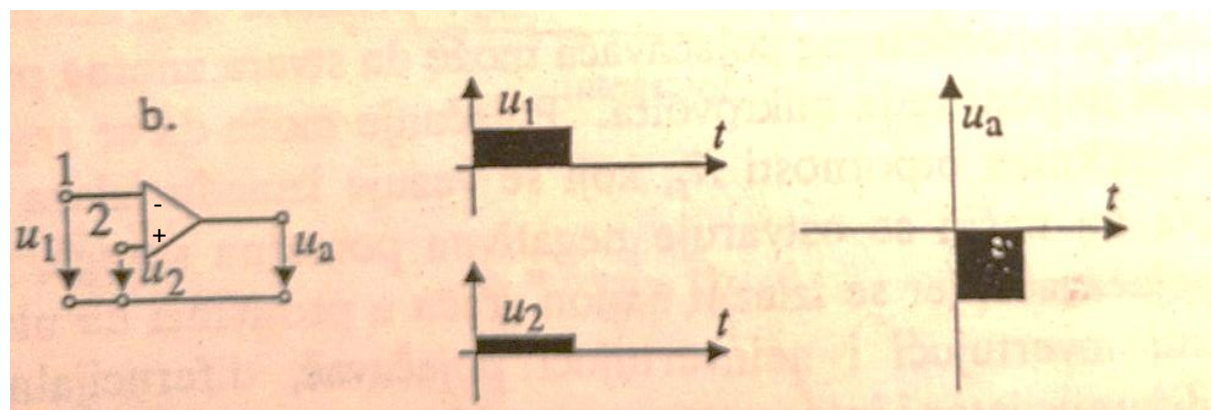
$$U_a = A \cdot U_e$$



U ovom slučaju nema promene faze pri pojačanju

c) Ako se **na oba ulaza dovedu naponi različitih vrednosti** ili amplituda, napon U_1 na ulaz 1 i napon U_2 na ulaz 2 , na izlazu se dobija pojačana razlika ovih napona

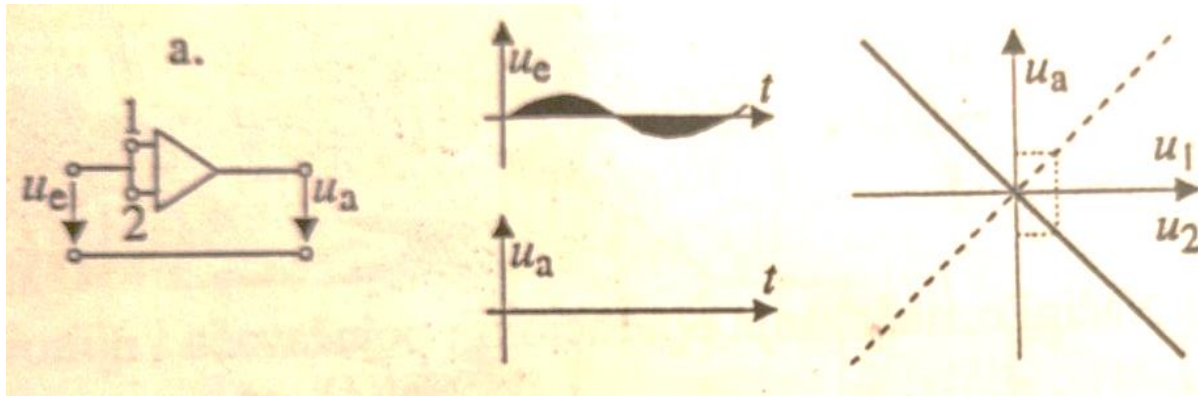
$$U_a = A \cdot (U_2 - U_1)$$



Primer : $U_1 = 2 \mu V$ $U_2 = 4 \mu V$, $A = 10^6$ pa je $U_a = -1V$

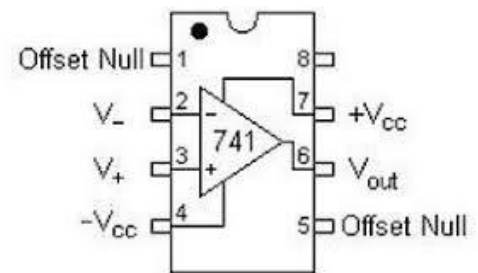
OP pojačava razliku napona na svom ulazu.

d) Ako se na **oba ulaza dovede isti napon** (ulazi 1 i 2 su u kratkoj vezi) kod idealnog operacionog pojačavača se na izlazu dobija napon jednak nuli.



Kod **realnog operacionog pojačavača** u slučaju kada su ulazni krajevi kratko spojeni, **izlazni napon nije jednak nuli** već može da ima neku vrednost U_0 i naziva se **ofset napon**. On na taj način doprinosi grešci napona na izlazu

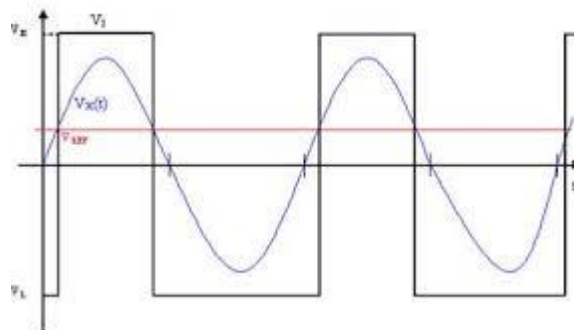
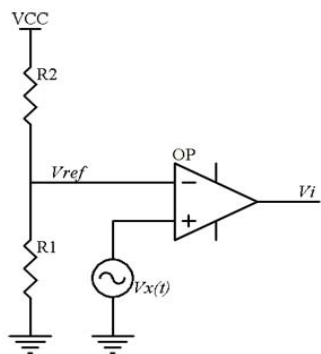
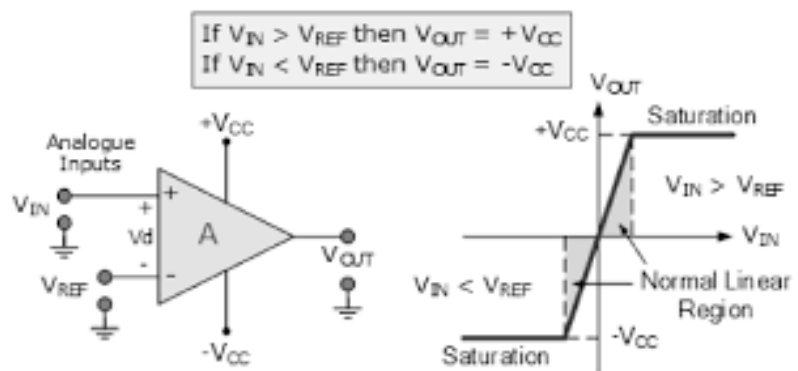
Da bi se ukinuo ovaj napon greške na izlazu, na jedan od ulaza ili na pomoćne elektrode se dovodi pomoćni napon koji treba da kompenzuje U_0 preko promenljivog otpornika . Otpornost tog otpornika se menja sve dok se ne doije izlazni napon 0.



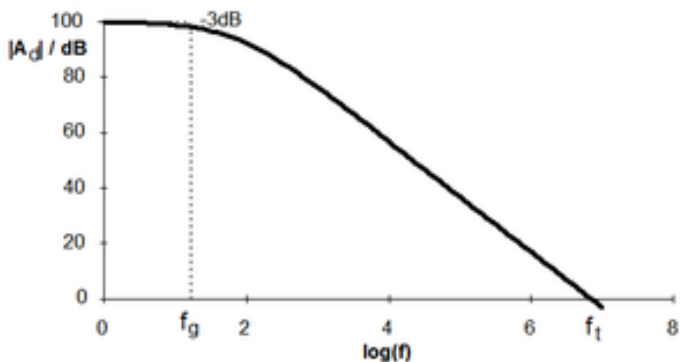
e) Na osnovu c) i d) **operacioni pojačavač se može koristiti i kao komparator napona**, najčešće za upoređivanje ulaznog napona (V_{IN}) na jednom od ulaza napona sa nekim referentnim naponom V_R pri čemu se na izlazu dobija jedna vrednost (V_S) napona ako je ulazni napon veći od referentnog i druga vrednost ($-V_S$) ako je manji.

Zbog velikog pojačanja A kod realnog operacionog pojačavača izlazni napon ne može biti veći od napona napajanja.

Linearni deo karakteristike važi samo za male razlike ulaznih napona, a za veće izlazni napon ulazi u zasićenje i ima vrednosti napona zasišenja V_s ili $-V_s$.



f) Kod **idealnog pojačavača pojačanje ne zavisi od frekvencije** i ima stalnu vrednost ,



Kod **realnog operacionog pojačavača pojačanje zavisi od frekvencije**. Do neke frekvencije pojačanje je približno konstantnoa i zatim počinje da opada

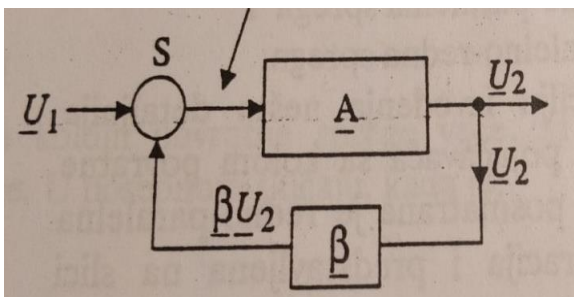
f₁- tranziciona frekvencija (kada je pojačanje $A(f_1)=1$)

f_g- granična frekvencija (frekvencija na kojoj pojačanje opada na polovinu vrednosti pojačanja na frekvenciji jednakoj 0) i ona definiše frekventni opseg rada operacionog pojačavača ,

KOLA POVRATNE SPREGE

- Kod sistema sa povratnom spregom postoji još jedana nezavisna direktna veza između izlazne i ulazne veličine .
- Ako izlazna veličina odstupa od željene veličine, preko ovog kola povratne sprege utiče se na ulaznu veličinu , koja se menja sve dok se ne postigne da odstupanje izlazne veličine bude jednako nuli.

Principijelna šema pojačavača sa kolom povratne sprege

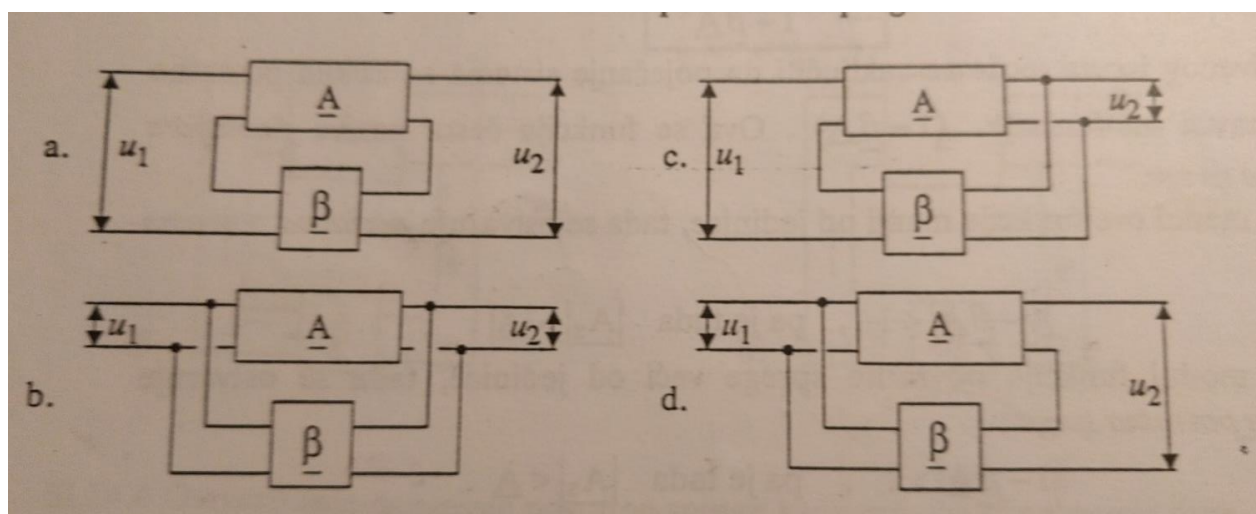


- A – pojačanje pojačavača
- β - karakteristična funkcija povratne sprege
- U_1 - ulazni napon
- U_2 - izlazni napon
- S - sabirni čvor

Veličine su date kao kompleksni brojevi da bi se opisali uticaji i na amplitude i na faze signala.

Ulazni napon U_1 se preko sabirnog čvora S dovodi na pojačavač . Izlazni napon U_2 se vraća preko kola povratne sprege prema sabirnom čvoru S i ulazu u iznosu βU_2 .

U zavisnosti od načina slaganja napona koji se stiču u sabirnom švoru razlikuju se četiri konfiguracije



a) redno- redna sprega

c) redno paralelna sprega

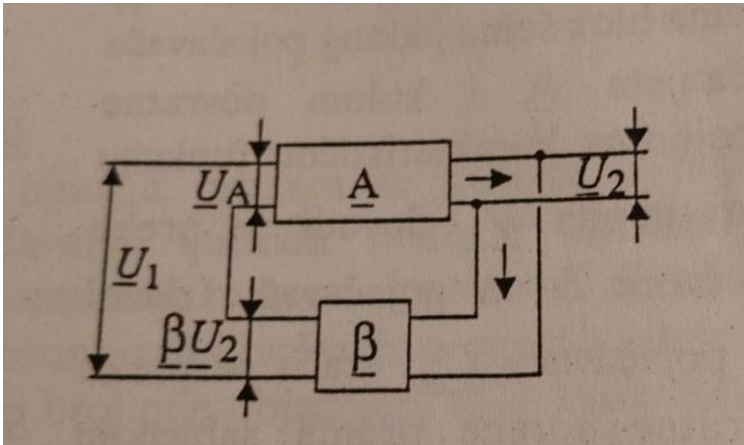
b) paralelno paralelna sprega

d) paralelno redna sprega

Dva tipa povratne sprega

1. **Pozitivna povratna sprega** – kada su ulazni napon i napon koji se vraća na ulaz u fazi i ulazni napon se povećava
2. **Negativna povratna sprega** – kada su ulazni napon i napon koji se vraća na ulaz u suprotnoj fazi (protivfazi) i ulazni napon se smanjuje ,

Analiza kola povratne sprege



Pojačanje pojačavača sa kolom povratne sprege je

$$A_s = \frac{U_2}{U_1}$$

- U_A - ukupan napon koji dolazi na ulaz

Zbog redne veze napona U_1 i napona koji se vraća preko kola povratne sprege βU_2

$$U_A = U_1 + \beta U_2$$

Pojačanje samog pojačavača bez povratne sprege

$$A = \frac{U_2}{U_A}$$

$$U_2 = AU_A = A(U_1 + \beta U_2)$$

$$U_2(1 - \beta A) = A U_1$$

$$A_s = \frac{U_2}{U_1} = \frac{A}{1 - \beta A}$$

$(1 - \beta A)$ – funkcija povratne sprege

βA – kružno pojačanje

Pozitivna povratna sprega :

kada je $|1 - \beta A| < 1$ sledi $|A_S| > |A|$

$$0 < \beta A < 1$$

- u ovom slučaju funkcija povratne sprega je manja od jedinice pa je pojačanje sa povratnom spregom A_S veće od pojačanja pojačavača bez povratne sprega A

Kružno pojačanje βA je pozitivno pa sledi :

- ako pojačavač A ne menja fazu signala , ni funkcija povratne sprega β ne menja fazu signala ($A > 0, \beta > 0$)

-- ako pojačavač A menja fazu signala za π , i funkcija povratne sprega β menja fazu signala za π ($A < 0, \beta < 0$)

Poseban slučaj pozitivne povratne sprega

$$\beta A = 1$$

Tada pojačanje sa povratnom spregom teži beskonačnoj vrednosti , pa pojačavač praktično daje izlazni napon i bez primene ulaznog napona, tj.sam sebe pobudjuje i postaje oscilator .

Pozitivna povratna sprega se koristi kod oscilatora

Negativna povratna sprega :

kada je $|1 - \beta A| > 1$ sledi $|A_S| < |A|$

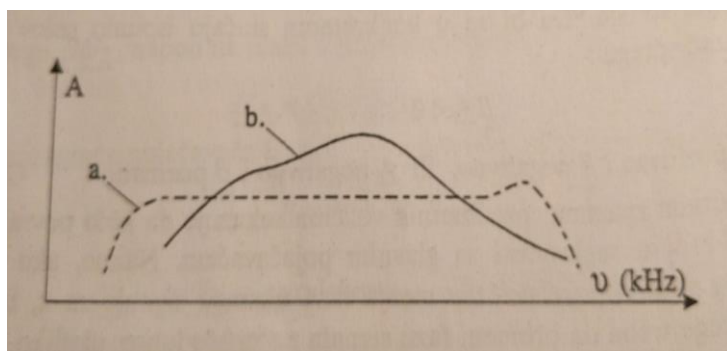
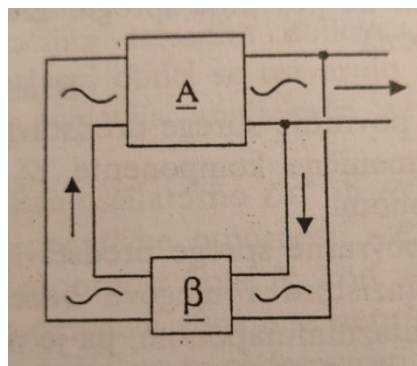
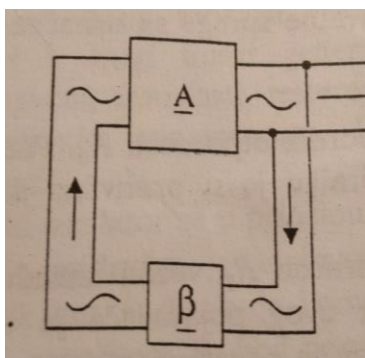
$$\beta A < 0$$

- u ovom slučaju funkcija povratne sprega je veća od jedinice pa je pojačanje sa povratnom spregom A_S manje od pojačanja pojačavača bez povratne sprega A

Kružno pojačanje βA je negativno pa sledi

- ako pojačavač A ne menja fazu signala , funkcija povratne sprega β menja fazu signala za π ($A > 0, \beta < 0$)

-- ako pojačavač A menja fazu signala za π , funkcija povratne sprega β ne menja fazu signala ($A < 0, \beta > 0$)



Negativna povratna sprega se koristi kod pojačavača , i pomoću nje se donekle smanjuje pojačanje pojačavača, ali postiže veća stabilnost rada , proširuje se gornja granična frekvencija i smanjuje se donja granična

- frekvencija i smanjuje osetljivost pojačavača na razne smetnje
- a) –sa negativnom povratnom spregom
 - b) – bez povratne sprega

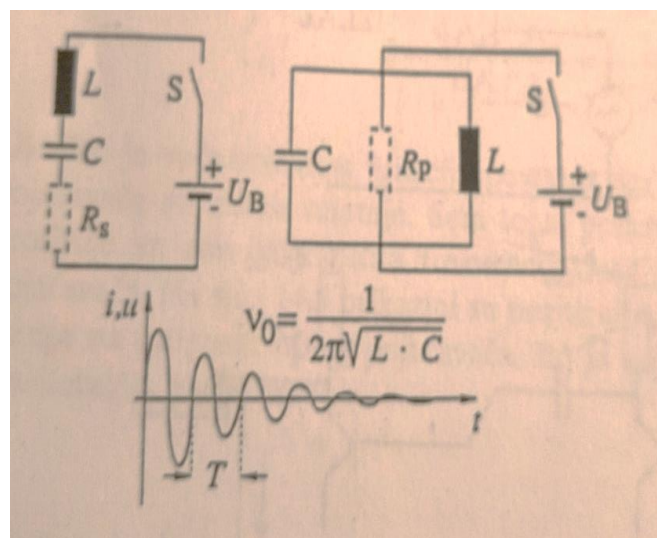
ELEKTRONSKI OSCILATORI

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 $R_s - R_n$

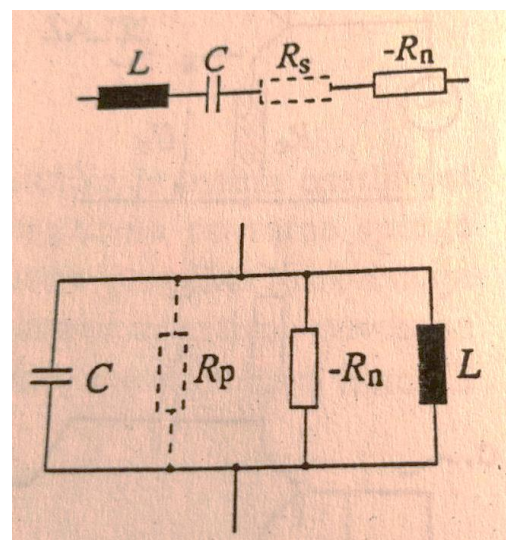
Kada je

$R_s - R_n > 0$ 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 ($R_s - R_n = 0$).



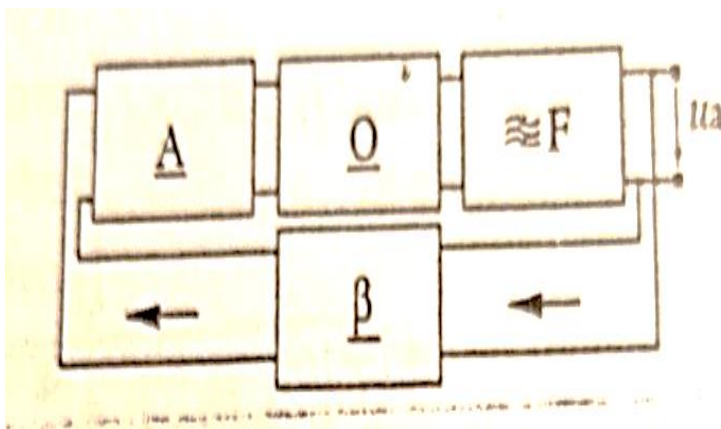
Može se održavati neprigušena oscilacija sa konstantnom amplitudom oscilovanja ako se tokom svake oscilacije fazno i strogo kontrolisano dozira iznos energije koja se izgubi u vidu toplote

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

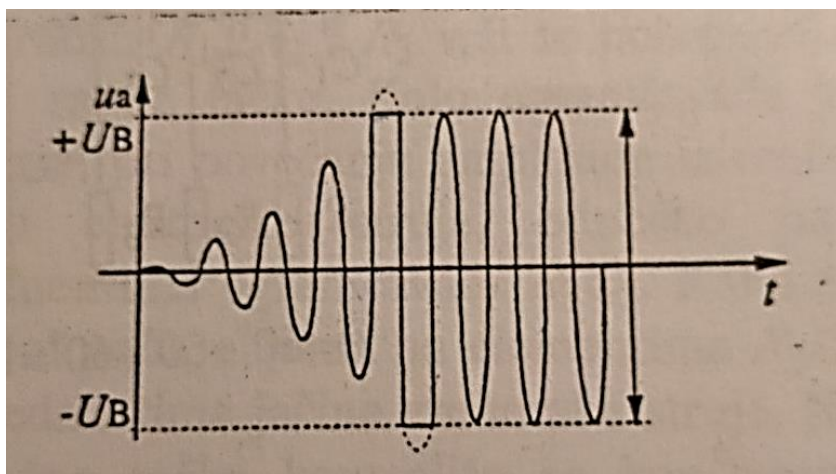
β- funkcija povratne sprege

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.

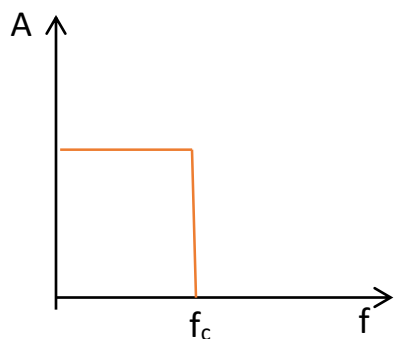
Ograničavanjem, signal sa ograničavača nije više prostoperiodičan i javljaju se neke neželjene frekvencije u signalu. Takav signal mora da se filtrira i to je uloga **filtera F** da bi na izlazu signal bio prostoperiodičan.



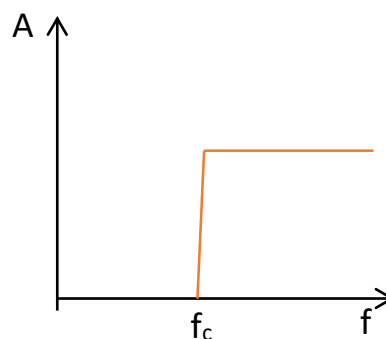
Filteri su kola koja propuštaju naizmenične signale u nekom opsegu frekvencija .

Postoje četiri osnovne vrste filtera:

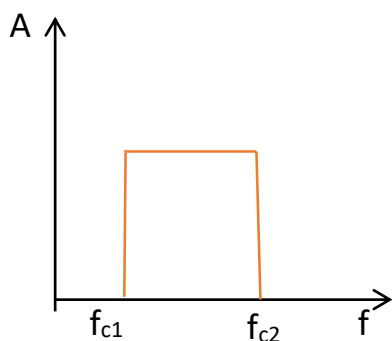
Nisko propusni,



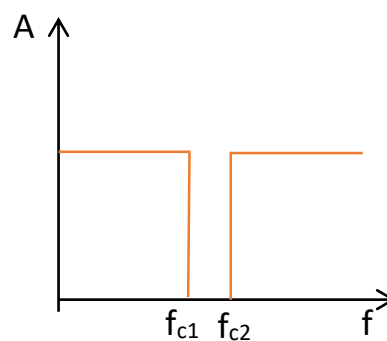
Visoko propusni



Propusnik opsega



Nepropusnik opsega



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

Primer oscilatora sa tranzistorskim pojačavačem:

Majsnerov oscilator

