

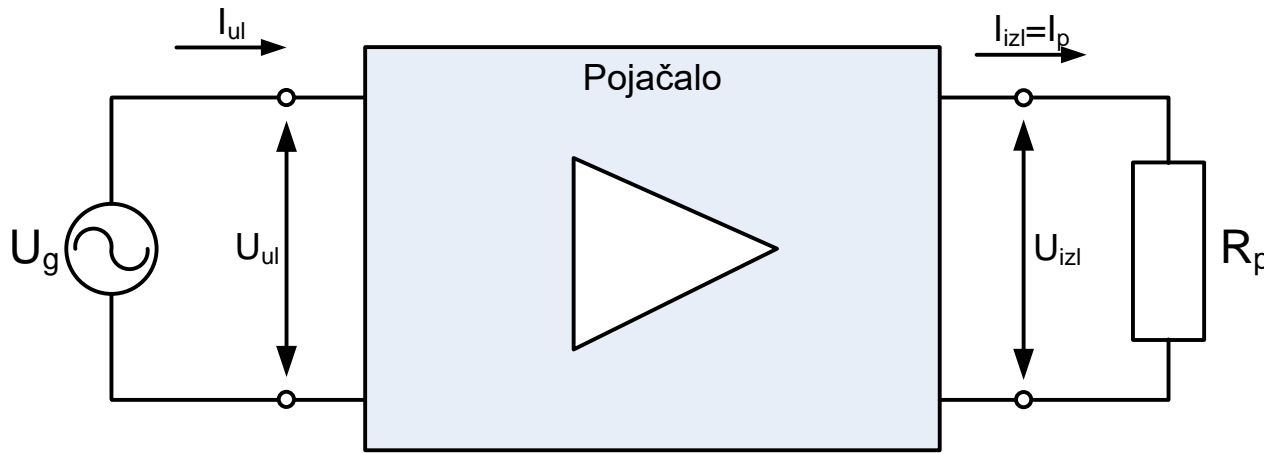


ELEKTRONIKA

Predavanje 8 UVOD U POJAČALA

Općenito o pojačalima (1)

- Pojačalo – linearni elektronički sklop za pojačavanje električnih signala (strujnih i/ili naponskih).
- Generator je priključen na ulazne stezaljke a potrošač na izlazne stezaljke.
- Pojačalo sadrži aktivne i pasivne komponente, linearne disipativne i reaktivne komponente.

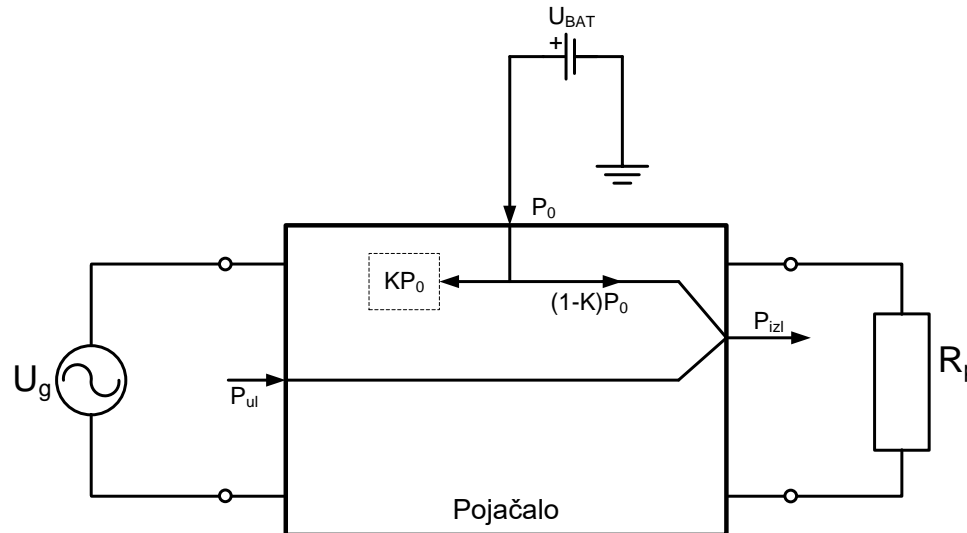


- U_{ul} i I_{ul} su **efektivne vrijednosti** ulaznog napona i struje
- U_{izl} i I_{izl} su **efektivne vrijednosti** izlaznog napona i struje
- Efekt pojačanja signala u pojačalu posljedica je djelovanja aktivnih elektroničkih komponenata kao što su bipolarni i unipolarni tranzistori.



Općenito o pojačalima (2)

- Za ispravan rad aktivnih elektroničkih komponenata u pojačalu potrebno je svaku od tih komponenata dovesti u odgovarajuće radno područje (u kojem je moguće pojačavačko djelovanje) primjenom istosmjernog napona i struje.
- **Zato pojačala uvijek moraju biti priključena na izvor istosmjernog napona.**



- Nivo naponskog ili strujnog signala na putu od ulaza prema izlazu raste na račun snage dobivene iz istosmjernog izvora.



Općenito o pojačalima (3)

- Generator predaje pojačalu izmjenični signal (naponski ili strujni) snage P_{ul} .
- Istosmjerni izvor predaje pojačalu snagu P_0 .
- Dio snage KP_0 troši se na održavanje tranzistora u radnom području i na gubitke u disipativnim komponentama gdje je K između 0 i 1.
- Preostali dio snage $(1-K)P_0$ koju daje istosmjerni izvor troši se na povećanje nivoa izmjeničnog naponskog ili strujnog signala te ukupna izmjenična snaga predana potrošaču iznosi:

$$P_{iz} = P_{ul} + (1-K)P_0; \quad 0 < K < 1$$

- Ulazni signal: strujni ili naponski
 - Izlazni signal: strujni ili naponski
 - Vrste pojačala:
 - Strujno (ulaz i izlaz: strujni signal)
 - Naponsko (ulaz i izlaz: naponski signal)
 - Otporno (ulaz: strujni, izlaz: naponski signal)
 - Strminsko (ulaz: naponski, izlaz: strujni signal)
- Izmjenični signali!!!**

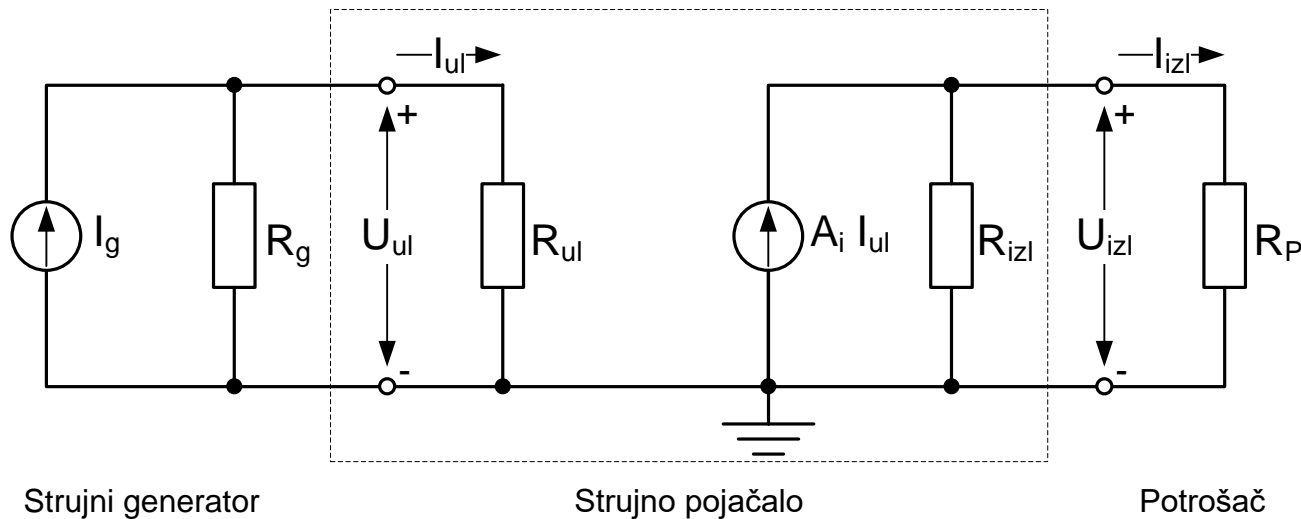


Strujno pojačalo (1)

- Strujno pojačalo (gledano sa strane potrošača) je zavisni strujni izvor upravljan ulaznom strujom pojačala.

$$I_{iz} = A_i I_{ul}$$

- Faktor proporcionalnosti A_i je faktor strujnog pojačanja (strujno pojačanje) i bezdimenzionalna je veličina.
- Da bi ostvarili pojačanje signala A_i mora biti veći od jedinice!!!**



Strujno pojačalo (2)

Idealno strujno pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul}=0$, $R_{izl}=\infty$
- Ako je ulazni otpor jednak nuli tada je i ulazni napon jednak nuli $U_{ul}=0$, te nema gubitka struje na unutrašnjem otporu generatora.
- U tom slučaju ulazna struja pojačala I_{ul} jednaka je struji generatora I_g

$$I_{iz}=A_i I_{ul}=A_i I_g \neq f(R_p)$$

- Pojačanje idealnog strujog pojačala ne ovisi o frekvenciji ni otporu potrošača.
- Za razliku od ulaznog napona koji je nula $U_{ul}=0$ izlazni napon iznosi:

$$U_{iz}=I_{iz}R_p=A_i I_{ul}R_p=A_i I_g R_p=f(R_p)$$

- Ulazna snaga izmjeničnog signala je također jednaka nuli $P_{ul}=0$ dok je izmjenična snaga predana potrošaču:

$$P_{iz}=U_{iz}I_{iz}=(A_i I_{ul})^2 R_p=(A_i I_g)^2 R_p=f(R_p)$$



Strujno pojačalo (3)

Idealno strujno pojačalo

- Vrijedi: $P_{ul}=0$, $P_{izl}=U_{iz}I_{iz}=(A_i I_{ul})^2 R_p=(A_i I_g)^2 R_p$
- Pojačanje snage je definirano kao $G=P_{izl}/P_{ul}$ je beskonačno
- Uz $P_{ul}=0$ pojačalo može dati konačnu snagu na račun snage iz istosmjernog izvora napajanja
- Važno svojstvo idealnog strujnog pojačala: **izlazni i ulazni krug su potpuno neovisni što znači da potrošač svojom impedancijom nema nikakvo povratno djelovanje na generator strujnog signala na ulazu!!!**



Strujno pojačalo (4)

Realno strujno pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} \neq 0$, $R_{izl} \neq \infty$ (konačne vrijednosti)
- Posljedica konačnih vrijednosti otpora su sljedeće:
 - 1) Struja I_g koju daje generator signala na ulazu ne teče više u potpunosti u pojačalo nego se dijeli na dvije komponente od kojih jedna teče kroz R_g , a druga kroz R_{ul} pa je tada ulazna struja realnog strujnog pojačala:

$$I_{ul} = I_g \frac{R_g}{R_g + R_{ul}} < I_g$$

- 2) Struja $A_i I_{ul}$ u izlaznom krugu se u potpunosti ne predaje potrošaču R_p nego jedan dio teče i kroz izlazni otpor R_{iz} :

$$I_{iz} = A_i \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} I_{ul} = f(R_p)$$



Strujno pojačalo (5)

Realno strujno pojačalo

- Strujno pojačanje je po definiciji omjer izlazne i ulazne struje:

$$A_I = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} = A_i \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} = f(R_p)$$

- Treba razlikovati strujno pojačanje A_I realnog strujnog pojačala opterećenog potrošačem R_p od strujnog pojačanja A_i idealnog strujnog pojačala koji ne ovisi o otporu R_p .
- Strujno pojačanje A_I opada kada R_p raste jer se pri porastu R_p veći dio struje koju daje strujni izvor u izlaznom krugu zatvara kroz R_{iz} smanjujući I_{iz} .
- Realno strujno pojačalo raspolaže i konačnim naponskim pojačanjem A_V definiranim omjerom izlaznog i ulaznog napona:

$$A_V = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} = \frac{I_{iz} R_p}{I_{ul} R_{ul}} = A_I \frac{R_p}{R_{ul}}$$



Strujno pojačalo (6)

Realno strujno pojačalo

- U ulaznom i izlaznom krugu troši konačna snaga pojačanje snage iznosi:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{U_{iz} I_{iz}}{U_{ul} I_{ul}} = A_V A_I$$

- Kod realnih strujnih pojačala često se definira strujno pojačanje A_{Ig} kao omjer struje I_{iz} predane potrošaču i struje I_g ulaznoga generatora.

$$A_{Ig} = \frac{I_{iz}}{I_g} = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} \frac{I_{ul}}{I_g} = A_I \frac{R_G}{R_g + R_{ul}} = A_i \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} \frac{R_G}{R_g + R_{ul}}$$

- Kod idealnog strujnog pojačala ($R_{ul} \ll R_g$ i $R_{iz} \gg R_p$) prethodna relacija se reducira:

$$A_{Ig} = \frac{I_{iz}}{I_g} = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} = A_i$$



Strujno pojačalo (7)

- Prilikom projektiranja realnih strujnih pojačala treba nastojati pojačalo izvesti tako da se po svojstvima približi idealnom što se postiže osiguranjem sljedećih uvjeta:
 - u ulaznom krugu $R_{ul} \ll R_g$
 - u izlaznom krugu $R_{iz} \gg R_p$
- Osim navedenih utjecaja postoje još neki efekti koji pojačalo čine neidealnim kao što su Earlyev efekt kod bipolarnih tranzistora i modulacija duljine kanala kod unipolarnih tranzistora.
- Od realnih elektroničkih aktivnih komponenata najpodognija za realizaciju strujnog pojačala je bipolarni tranzistor u spoju zajedničkog emitera.
- Bipolarni tranzistor je strujom upravljani strujni izvor pa se najčešće i koristi kao strujna pojačavačka komponenta.

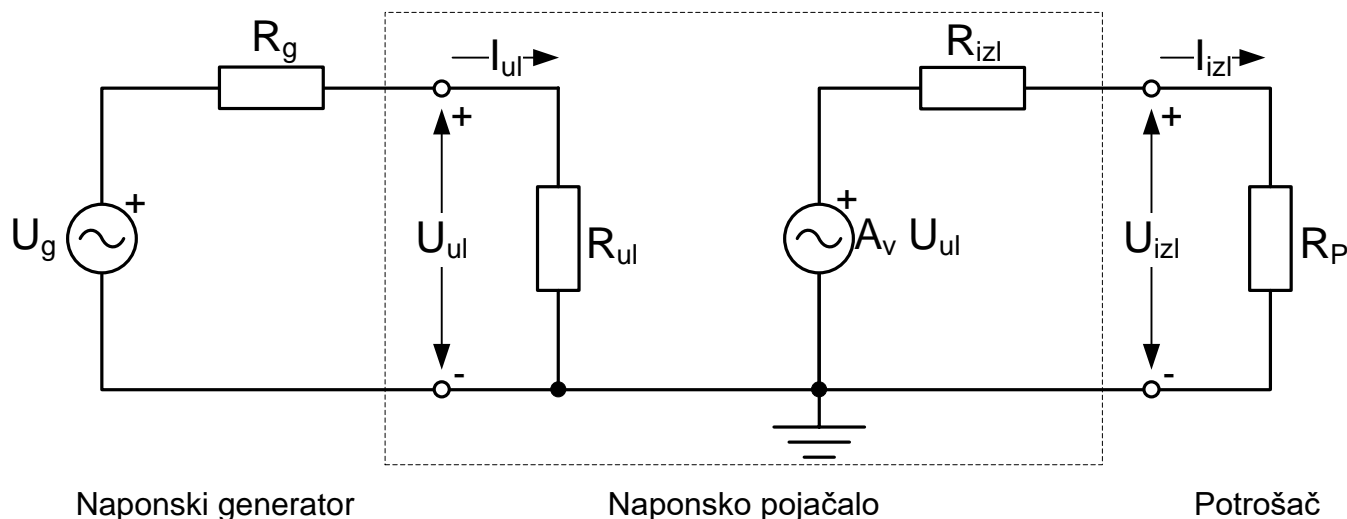


Naponsko pojačalo (1)

- Naponsko pojačalo (gledano sa strane potrošača) je zavisni naponski izvor (elektromotorna sila) upravljan ulaznim naponom pojačala.

$$U_{iz} = A_v U_{ul}$$

- Faktor proporcionalnosti A_v je faktor naponskog pojačanja (naponsko pojačanje) i bezdimenzionalna je veličina.
- Da bi ostvarili pojačanje signala A_v mora biti veći od jedinice!!!**



Naponsko pojačalo (2)

Idealno naponsko pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} = \infty$, $R_{izl} = 0$
- Ako je ulazni otpor beskonačan tada je i ulazna struja jednaka nuli $I_{ul} = 0$, te nema pada napona na unutrašnjem otporu generatora R_g .
- U tom slučaju ulazni napon pojačala U_{ul} jednak je naponu generatora U_g :

$$U_{iz} = A_v U_{ul} = A_v U_g \neq f(R_p)$$

- Pojačanje idealnog naponskog pojačala ne ovisi o frekvenciji ni otporu potrošača.
- Za razliku od ulazne struje koja je nula $I_{ul} = 0$ izlazna struja iznosi:

$$I_{iz} = U_{iz} / R_p = A_v U_{ul} / R_p = A_v U_g / R_p = f(R_p)$$

- Ulazna snaga izmjeničnog signala je također jednaka nuli $P_{ul} = 0$ dok je izmjenična snaga predana potrošaču:

$$P_{iz} = U_{iz} I_{iz} = (A_v U_{ul})^2 / R_p = (A_v U_g)^2 / R_p = f(R_p)$$



Naponsko pojačalo (3)

Idealno naponsko pojačalo

- Vrijedi: $P_{ul}=0$, $P_{izl}=U_{iz}I_{iz}=(A_v U_{ul})^2/R_p=(A_v U_g)^2/R_p$
- Pojačanje snage je definirano kao $G=P_{izl}/P_{ul}$ je beskonačno
- Uz $P_{ul}=0$ pojačalo može dati konačnu snagu na račun snage iz istosmjernog izvora napajanja
- Važno svojstvo idealnog naponskog pojačala: **izlazni i ulazni krug su potpuno neovisni što znači da potrošač svojom impedancijom nema nikakvo povratno djelovanje na generator naponskog signala na ulazu!!!**



Naponsko pojačalo (4)

Realno naponsko pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} \neq \infty$, $R_{izl} \neq 0$ (konačne vrijednosti)
- Posljedica konačnih vrijednosti otpora su sljedeće:
 - 1) Napon U_g kojeg daje generator signala na ulazu ne dolazi u potpunosti na ulaz pojačala nego se dijeli na dvije komponente od kojih jedna predstavlja pad napona na R_g , a drugi na R_{ul} pa je tada ulazni napon realnog naponskog pojačala:

$$U_{ul} = U_g \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}} < U_g$$

- 2) Napon $A_v U_{ul}$ u izlaznom krugu se u potpunosti ne predaje potrošaču R_p nego jedan dio predstavlja pad napona na izlaznom otporu R_{iz} :

$$U_{iz} = A_v \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} U_{ul} = f(R_p)$$



Naponsko pojačalo (5)

Realno naponsko pojačalo

- Naponsko pojačanje je po definiciji omjer izlaznog i ulaznog napona:

$$A_V = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} = A_v \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} = f(R_p)$$

- Treba razlikovati naponsko pojačanje A_V realnog naponskog pojačala opterećenog potrošačem R_p od naponskog pojačanja A_v idealnog naponskog pojačala koji ne ovisi o otporu R_p .
- Naponsko pojačanje A_V raste s porastom R_p jer se pri porastu R_p smanjuje I_{iz} , a time i pad napona na R_{iz} te se veći dio napona kojeg daje naponski izvor u izlaznom krugu prenosi na izlaz.
- Realno naponsko pojačalo raspolaže i konačnim strujnim pojačanjem A_I definiranim omjerom izlazne i ulazne struje:

$$A_I = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} = \frac{U_{iz}}{R_p} \frac{R_{ul}}{U_{ul}} = A_V \frac{R_{ul}}{R_p}$$



Naponsko pojačalo (6)

Realno naponsko pojačalo

- U ulaznom i izlaznom krugu troši konačna snaga pojačanje snage iznosi:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{U_{iz} I_{iz}}{U_{ul} I_{ul}} = A_v A_I$$

- Kod realnih strujnih pojačala često se definira strujno pojačanje A_{vg} kao omjer napona U_{iz} predanog potrošaču i napona U_g ulaznoga generatora.

$$A_{vg} = \frac{U_{iz}}{U_g} = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} \frac{U_{ul}}{U_g} = A_v \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}} = A_v \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}}$$

- Kod idealnog naponskog pojačala ($R_{ul}=\infty, R_{iz}=0$) prethodna relacija se reducira:

$$A_{vg} = \frac{U_{iz}}{U_g} = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} = A_v$$

- Prilikom projektiranja realnih naponskih pojačala treba nastojati pojačalo izvesti tako da se po svojstvima približi idealnom što se postiže osiguranjem sljedećih uvjeta:
 - u ulaznom krugu $R_{ul} \gg R_g$
 - u izlaznom krugu $R_{iz} \ll R_p$

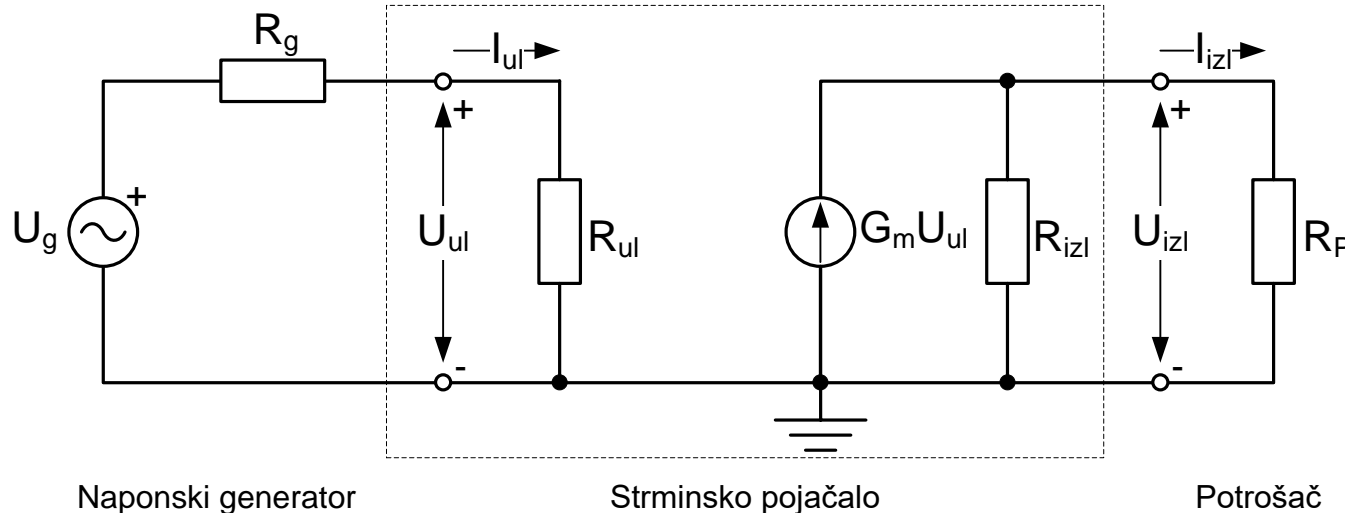


Strminsko pojačalo (1)

- Strminsko pojačalo (gledano sa strane potrošača) je zavisni strujni izvor upravljan ulaznim naponom pojačala.

$$I_{iz} = G_m U_{ul}$$

- Faktor proporcionalnosti G_m je strmina pojačala i predstavlja omjer izlazne struje i ulaznog napona $G_m = I_{iz} / U_{ul}$
- Kako nema fizikalno značenje vodljivosti strmina se najčešće izražava u **mA/V**.



Strminsko pojačalo (2)

Idealno strminsko pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} = \infty$, $R_{izl} = \infty$
- Ako je ulazni otpor beskonačan tada je i ulazna struja jednaka nuli $I_{ul} = 0$, te nema pada napona na unutrašnjem otporu generatora R_g .
- U tom slučaju ulazni napon pojačala U_{ul} jednak je naponu generatora U_g :

$$I_{iz} = G_m U_{ul} = G_m U_g \neq f(R_p)$$

- Strmina idealnog strminskog pojačala ne ovisi o frekvenciji ni otporu potrošača.
- Izlazni napon strminskog pojačala iznosi:

$$U_{iz} = I_{iz} R_p = G_m U_{ul} R_p = G_m U_g R_p = f(R_p)$$

- Idealno strminsko pojačalo nema strujno pojačanje jer je $I_{ul} = 0$, a ima naponsko pojačanje definirano kao:

$$A_v = U_{iz} / U_{ul} = G_m R_p = f(R_p)$$



Strminsko pojačalo (3)

Idealno strminsko pojačalo

- Kao i struja, ulazna snaga izmjeničnog signala je također jednaka nuli $P_{ul}=0$ dok je izmjenična snaga predana potrošaču:

$$P_{iz}=U_{iz}I_{iz}=(G_m U_{ul})^2 R_p=(G_m U_g)^2 R_p=f(R_p)$$

- Pojačanje snage je definirano kao $G=P_{izl}/P_{ul}$ je beskonačno
- Uz $P_{ul}=0$ pojačalo može dati konačnu snagu na račun snage iz istosmjernog izvora napajanja
- Važno svojstvo idealnog strminskog pojačala: **izlazni i ulazni krug su potpuno neovisni što znači da potrošač svojom impedancijom nema nikakvo povratno djelovanje na generator strujnog signala na ulazu!!!**



Strminsko pojačalo (4)

Realno strminsko pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} \neq \infty$, $R_{izl} \neq \infty$ (konačne vrijednosti)
- Posljedica konačnih vrijednosti otpora su sljedeće:
 - 1) Napon U_g kojeg daje generator signala na ulazu ne dolazi u potpunosti na ulaz pojačala nego se dijeli na dvije komponente od kojih jedna predstavlja pad napona na R_g , a drugi na R_{ul} pa je tada ulazni napon realnog naponskog pojačala:

$$U_{ul} = U_g \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}} < U_g$$

- 2) Struja $G_m U_{ul}$ u izlaznom krugu se u potpunosti ne predaje potrošaču R_p nego jedan dio teče i kroz izlazni otpor R_{iz} :

$$I_{iz} = G_m \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} U_{ul} = f(R_p)$$



Strminsko pojačalo (5)

Realno strminsko pojačalo

- Strmina realnog strminskog pojačala je po definiciji omjer izlazne struje i ulaznog napona:

$$G_M = \frac{I_{iz}}{U_{ul}} = G_m \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} = f(R_p)$$

- Treba razlikovati strminu G_M realnog strminskog pojačala opterećenog potrošačem R_p od strmine G_m idealnog strminskog pojačala koji ne ovisi o otporu R_p .
- Realno strminsko pojačalo raspolaže i konačnim naponskim pojačanjem A_V definiranim omjerom izlaznog i ulaznog napona:

$$A_V = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} = G_M R_p$$

- Strujno pojačanje realnog strminskog pojačala dana je izrazom:

$$A_I = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} = \frac{I_{iz}}{\frac{U_{ul}}{R_{ul}}} = G_M R_{ul}$$



Strminsko pojačalo (6)

Realno strminsko pojačalo

- Strmina G_M , a time i naponsko pojačanje A_V opada kada R_p raste jer se pri porastu R_p veći dio struje koju daje strujni izvor u izlaznom krugu zatvara kroz R_{iz} smanjujući I_{iz} .
- U ulaznom i izlaznom krugu troši konačna snaga pojačanje snage iznosi:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{U_{iz} I_{iz}}{U_{ul} I_{ul}} = A_V A_I = G_M^2 R_{ul} R_p$$

- Kod realnih strminskih pojačala često se definira strmina G_{Mg} kao omjer struje I_{iz} predane potrošaču i napona U_g ulaznoga generatora.

$$G_{Mg} = \frac{I_{iz}}{U_g} = \frac{I_{iz}}{U_{ul}} \frac{U_{ul}}{U_g} = G_m \frac{R_{iz}}{R_{iz} + R_p} \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}}$$

- Kod idealnog strminskog pojačala ($R_{ul} \gg R_g$ i $R_{iz} \gg R_p$) prethodna relacija se reducira:

$$G_{Mg} = \frac{I_{iz}}{U_g} = \frac{I_{iz}}{U_{ul}} = G_m$$

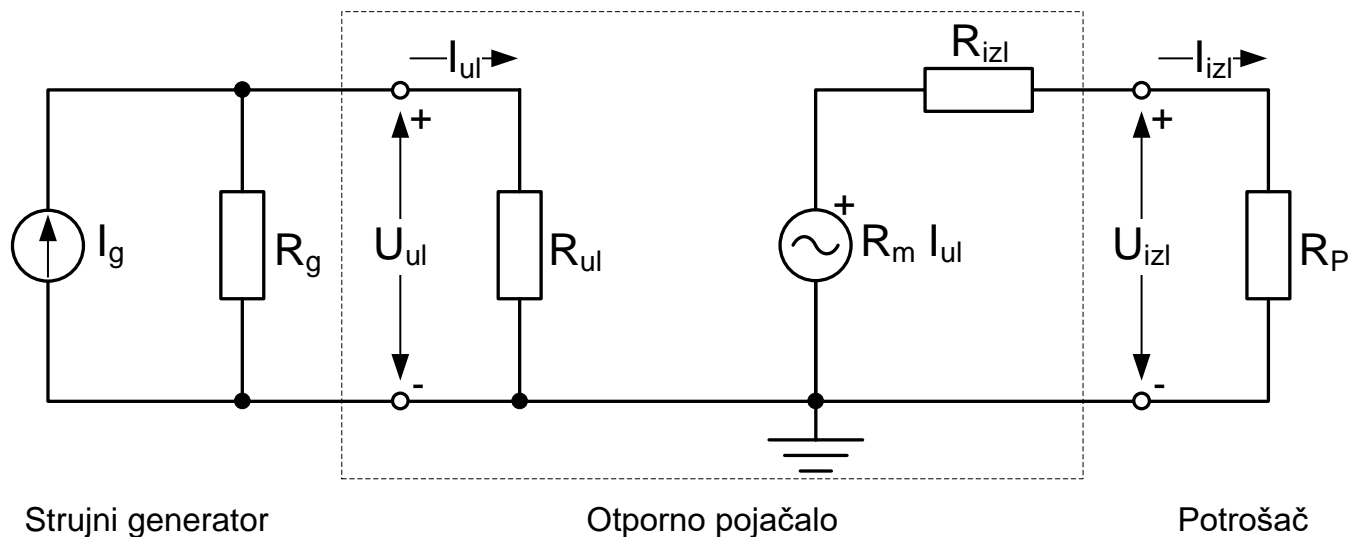


Otporno pojačalo (1)

- Otporno pojačalo (gledano sa strane potrošača) je zavisni naponski izvor upravljan ulaznom strujom pojačala.

$$U_{iz} = R_m I_{ul}$$

- Faktor proporcionalnosti R_m je prijenosni otpor pojačala i predstavlja omjer izlazne struje i ulaznog napona $R_m = U_{iz} / I_{ul}$
- Prijenosni otpor se najčešće izražava u Ω (V/A).



Otporno pojačalo (2)

Idealno otporno pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul}=0$, $R_{izl}=0$
- Ako je ulazni otpor jednak nuli tada je i ulazni napon jednak nuli $U_{ul}=0$, te nema gubitka struje na unutrašnjem otporu generatora.
- U tom slučaju ulazna struja pojačala I_{ul} jednaka je struji generatora I_g :

$$U_{iz}=R_m I_{ul}=R_m I_g \neq f(R_p)$$

- Prijenosni otpor idealnog otpornog pojačala ne ovisi o frekvenciji ni otporu potrošača.
- Izlazna struja otpornog pojačala koja se predaje potrošaču iznosi:

$$I_{iz}=U_{iz}/R_p=R_m I_{ul}/R_p=R_m I_g/R_p=f(R_p)$$

- Idealno otporno pojačalo nema naponsko pojačanje jer je $U_{ul}=0$, a ima strujno pojačanje definirano kao:

$$A_I=I_{iz}/I_{ul}=R_m/R_p=f(R_p)$$



Otporno pojačalo (3)

Idealno otporno pojačalo

- Kao i napon, ulazna snaga izmjeničnog signala je također jednaka nuli $P_{ul}=0$ dok je izmjenična snaga predana potrošaču:

$$P_{iz}=U_{iz}I_{iz}=(R_m I_{ul})^2/R_p=(R_m I_g)^2/R_p=f(R_p)$$

- Pojačanje snage je definirano kao $G=P_{izl}/P_{ul}$ je beskonačno.
- Uz $P_{ul}=0$ pojačalo može dati konačnu snagu na račun snage iz istosmjernog izvora napajanja.
- Važno svojstvo idealnog strminskog pojačala: **izlazni i ulazni krug su potpuno neovisni što znači da potrošač svojom impedancijom nema nikakvo povratno djelovanje na generator strujnog signala na ulazu!!!**



Otporno pojačalo (4)

Realno otporno pojačalo

- Vrijedi: $R_{ul} \neq 0$, $R_{izl} \neq 0$ (konačne vrijednosti)
- Posljedica konačnih vrijednosti otpora su sljedeće:
 - 1) Struja I_g koju daje generator signala na ulazu ne teče više u potpunosti u pojačalo nego se dijeli na dvije komponente od kojih jedna teče kroz R_g , a druga kroz R_{ul} pa je tada ulazna struja realnog strujnog pojačala:

$$I_{ul} = I_g \frac{R_g}{R_g + R_{ul}} < I_g$$

- 2) Napon $A_v U_{ul}$ u izlaznom krugu se u potpunosti ne predaje potrošaču R_p nego jedan dio predstavlja pad napona na izlaznom otporu R_{iz} :

$$U_{iz} = R_m \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} I_{ul} = f(R_p)$$



Otporno pojačalo (5)

Realno otporno pojačalo

- Prijenosni otpor realnog otpornog pojačala je po definiciji omjer izlaznog napona i ulazne struje:

$$R_M = \frac{U_{iz}}{I_{ul}} = R_m \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} = f(R_p)$$

- Treba razlikovati prijenosni otpor R_M realnog otpornog pojačala opterećenog potrošačem R_p od otpora R_m idealnog otpornog pojačala koji ne ovisi o otporu R_p .
- Realno otporno pojačalo raspolaže i konačnim naponskim pojačanjem A_V definiranim omjerom izlaznog i ulaznog napona:

$$A_V = \frac{U_{iz}}{U_{ul}} = \frac{R_M}{R_{ul}}$$

- Strujno pojačanje realnog otpornog pojačala dana je izrazom:

$$A_I = \frac{I_{iz}}{I_{ul}} = \frac{R_M}{R_p}$$



Otporno pojačalo (6)

Realno otporno pojačalo

- Prijenosni otpor R_M , a time i naponsko pojačanje A_V raste s porastom R_p jer se pri porastu R_p smanjuje I_{iz} , a time i pad napona na R_{iz} te se veći dio napona kojeg daje naponski izvor u izlaznom krugu prenosi na izlaz.
- U ulaznom i izlaznom krugu troši konačna snaga pojačanje snage iznosi:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{U_{iz} I_{iz}}{U_{ul} I_{ul}} = A_V A_I = \frac{R_M^2}{R_{ul} R_p}$$

- Kod realnih otpornih pojačala često se definira prijenosni otpor R_{Mg} kao omjer napona U_{iz} predanog potrošaču i struje I_g ulaznoga generatora.

$$R_{Mg} = \frac{U_{iz}}{I_g} = \frac{U_{iz}}{I_{ul}} \frac{I_{ul}}{I_g} = R_m \frac{R_p}{R_{iz} + R_p} \frac{R_g}{R_g + R_{ul}}$$

- Kod idealnog otpornog pojačala ($R_{ul} \ll R_g$ i $R_{iz} \ll R_p$) prethodna relacija se reducira:

$$R_{Mg} = \frac{U_{iz}}{I_g} = \frac{U_{iz}}{I_{ul}} = R_m$$



Pojačanje u decibelima (1)

- Pojačanje snage je definirano omjerom snage izmjeničnog signala predanog potrošaču i snage signala predanog ulaznom krugu pojačala:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_{ul}}$$

- U praksi se pojačanje snage obično izražava u decibelima (dB):

$$G = 10 \log \frac{P_{iz}}{P_{ul}}$$

- Ako se snaga P_{iz} i P_{ul} izrazi preko odgovarajućih napona dobiva se:

$$P_{iz} = \frac{U_{iz}^2}{R_p} \quad P_{ul} = \frac{U_{ul}^2}{R_{ul}} \quad \Longrightarrow \quad G = 20 \log \frac{U_{iz}}{U_{ul}} + 10 \log \frac{R_{ul}}{R_p}$$

- Uz uvjet $R_{ul} = R_p$ prethodni izraz za pojačanje snage u decibelima se reducira:

$$G = 20 \log \frac{U_{iz}}{U_{ul}}$$



Pojačanje u decibelima (2)

- Analogno se snaga P_{iz} i P_{ul} može izraziti preko odgovarajućih struja:

$$P_{iz} = I_{iz}^2 R_p \quad P_{ul} = I_{ul}^2 R_{ul} \quad \Longrightarrow \quad G = 20 \log \frac{I_{iz}}{I_{ul}} + 10 \log \frac{R_p}{R_{ul}}$$

- Pojačanje struje i napona se također izražava u decibelima:

$$A_v = 20 \log \frac{U_{iz}}{U_{ul}} \quad A_I = 20 \log \frac{I_{iz}}{I_{ul}}$$

- Ako je zadovoljen uvjet $R_{ul} = R_p$ pojačanje snage i struje odgovara pojačanju snage, u svim ostalim slučajevima ta se pojačanja razlikuju.



Pojačanje u decibelima (3)

- Sažetak: pojačanje se izražava relativno ili u decibelima [dB]

1. Relativno:

- Strujno pojačanje: $A_I = I_{iz} / I_{ul}$
- Naponsko pojačanje: $A_V = U_{iz} / U_{ul}$
- Pojačanje snage: $G = P_{iz} / P_{ul}$

2. U decibelima:

- $A_I \text{ [dB]} = 20 \log (A_I)$
- $A_V \text{ [dB]} = 20 \log (A_V)$
- $G \text{ [dB]} = 10 \log (G)$



Pojačanje u decibelima (4)

- Zbog frekvencijske ovisnosti tranzistora i zbog djelovanja reaktivnih pasivnih komponenata u sklopu, pojačanja sklopova ovise o frekvenciji signala.
- Ako se pojačanja izraze u decibelima a frekvencije prikažu u logaritamskom mjerilu tada karakteristike koje grafički prikazuju ovisnost pojačanja o frekvenciji imaju vrlo jednostavan oblik što je jedan od osnovnih razloga izražavanja pojačanja u decibelima.

