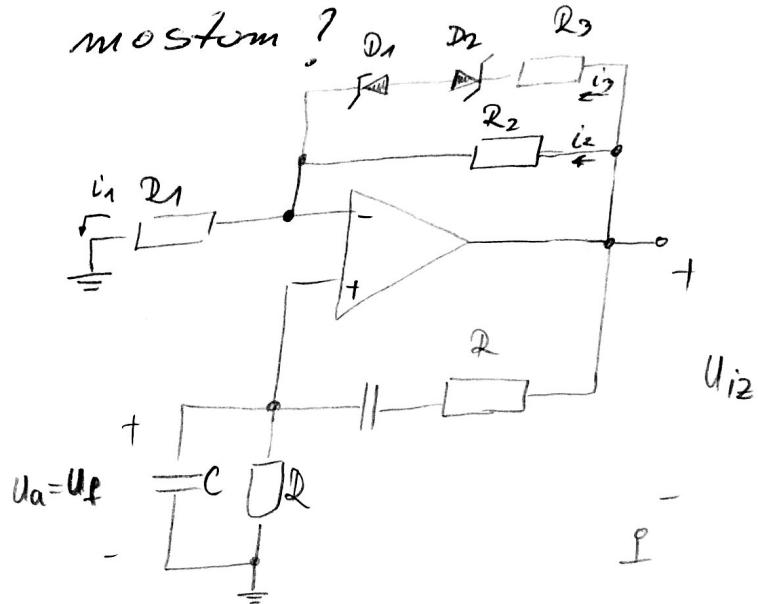


① Čemu služe Zenerove diode u oscilatoru s Wienovim mostom?



Zenerove diode stabiliziraju amplitudu.

U početku osciliraju, amplituda izlaznog napona je mala i

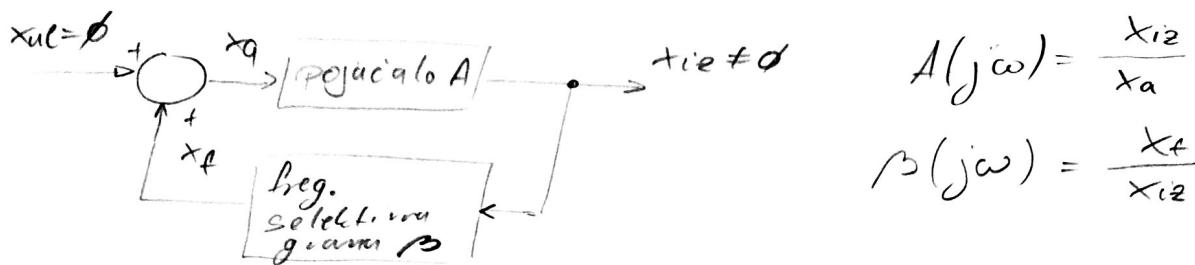
Zenerove diode ne vode pojezgra s diodama isteznjem.

Osnjaj otpora  $R_2/R_1$  određuje

naponsko pojaciće pojacala. Kako je taj omjer veći od 3, pojaciće Av neće biti od 3 i pojaciće u polji povratne veze pojaciće Av nestabilno ponašanje. Amplituda izlaznog napona  $|T(j\omega_0)| > 1$  (nestabilno ponašanje). Amplituda izlaznog napona raste i dok doseguje probjekti napon Zenerove diode, one provedu i paralelno spojaju grane s diodama  $D_1$  i  $D_2$  i otpornicima  $R_1$  i  $R_2$ .

Ovime smo smanjili iznos naponskog pojacića na  $Av=3$  i uvećali ograničenje izlaznog napona. Amplitudu izlaznog sinusnog napona određuje stabilan napon Zenerovih dioda.

## ② Barkhausenov kriterij osciliranja



$$x_a = x_{ue} + x_f \quad A_f(j\omega) = \frac{x_{iz}}{x_{ue}} = \frac{A(j\omega)}{1 - \beta(j\omega)A(j\omega)} = \frac{A(j\omega)}{1 - T(j\omega)}$$

$T(j\omega) = \beta(j\omega) \cdot A(j\omega)$  pojačuje u petlji; povratne mreže.

→ Sinusni oscilator  $\Rightarrow 1 - T(j\omega_0) = 0$   $\omega_0$  - freq. oscilacija

$$A_f(j\omega_0) = \frac{x_{iz}}{x_{ue}} = \frac{A(j\omega_0)}{0} = \infty$$

↳ bez  $x_{ue}$  na izlazu imamo signal  $x_{iz}$  koji je rezultat oscilacija. Energija izlaznog signala osigurana istosmjerom izvor napajanja moga se oscilator prihvaje

### \* BARKHAUSENOV Kriterij osciliranja

$$T(j\omega_0) = A(j\omega_0) / \beta(j\omega_0) = 1$$

$\arg(T(j\omega_0)) = \phi$   
 $|T(j\omega_0)| = 1$

uvjeti  $|x_f = x_a|$

1) protokom kroz pojedinačno granu povratne mreže signal se na ulaz pojedinačno mora vratiti s istom fazom

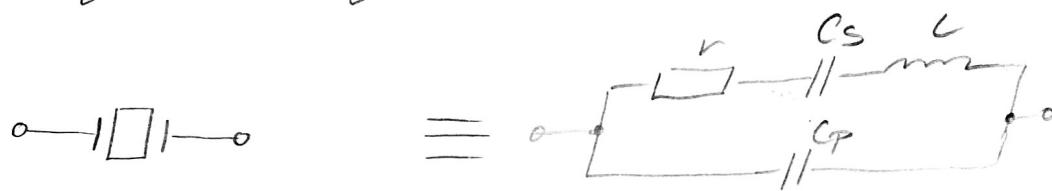
2) protokom kroz pojedinačno granu povratne mreže signal se na ulaz mora vratiti s istom amplitudom

### ③ Piezoelektrični kristal

- komisti se kada LC-oscilatora u gromi povratne veze
- znatno poboljšava stabilitet frekvencije oscilirajuća

#### Princip rada:

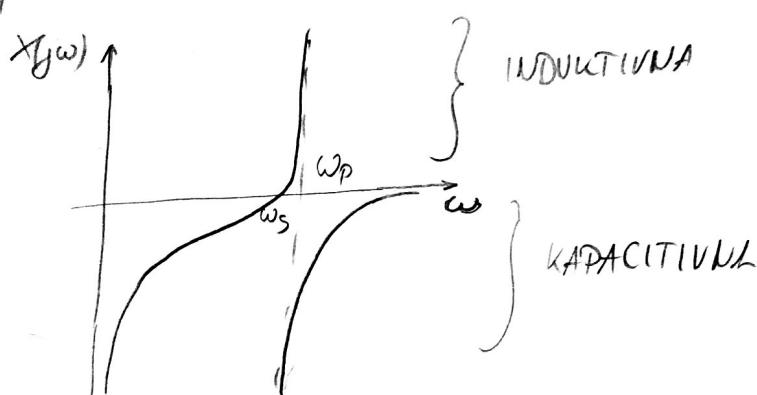
Primjena istosmjerog napona uzrokuje u piezoelektričnom kristalu (poput kvarca) naprezanje i deformaciju uslijed kojih dolazi do mehaničkih vibracija. Kristal će oscilirati i provesti u krajnjima izmjenicim napona (bas ka o rezonansni QLC kružnici malog senjskog otpora tj. visokog faktora dobrote)



$$Z(j\omega) = \left( j\omega L + \frac{1}{j\omega C_s} \right) \parallel \frac{1}{j\omega C_p}$$

$$= \frac{-j}{\omega C_p} \frac{\omega^2 - \omega_s^2}{\omega^2 - \omega_p^2}$$

$\omega_p > \omega_s$  ali za samo  $\approx 1\%$



Freg. ovisna reaktancija

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{LC_s}}$$

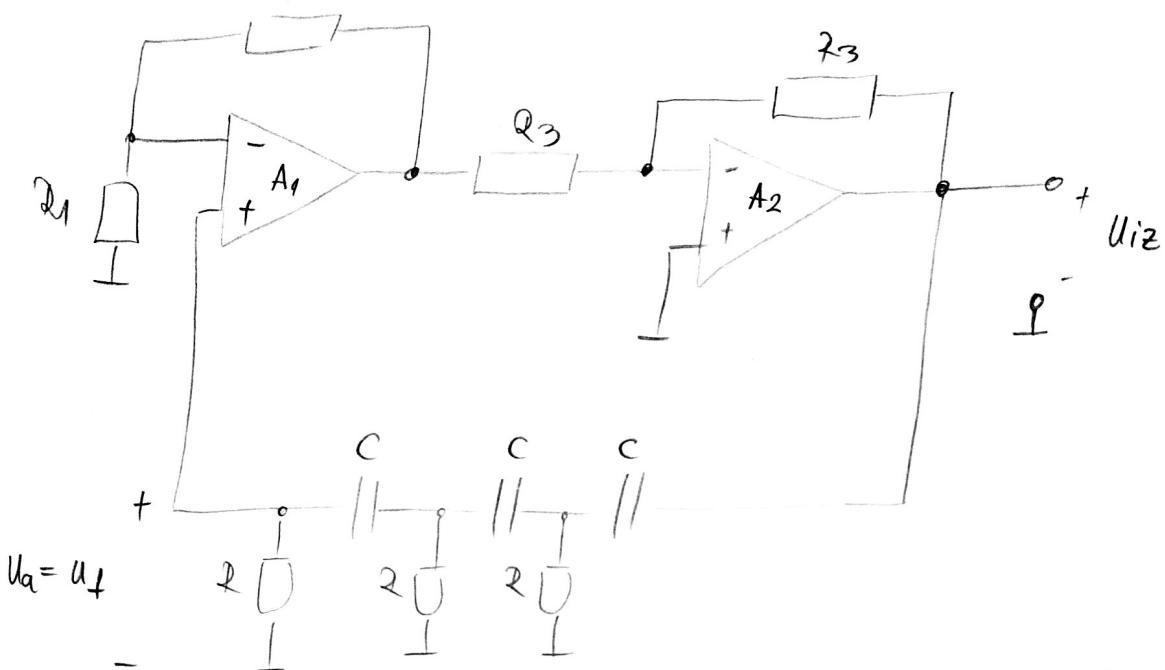
$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L(C_s + C_p)}}$$

↓ PARALELNA REZONANTNA FREQ.

- ⊕ - izuzetna stabilitet
- visoki faktor dobrote
- veliki freq. raspon kHz - MHz

- ⊖ - nemogućnost podešavajućeg freq. oscilirajuća

⑨ Zadatak za pripremu Slika 1.



$$A_{V1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

A<sub>1</sub> ⇒ neinvertirajuće pojačalo s naponskim pojačanjem  
⇒ u izlazu pojačala A<sub>1</sub> ne opterećuje izlaz grane povratne veze

A<sub>2</sub> ⇒ invertirajući spoj pojačala  $A_{V2} = -1$

- ⇒ moguce da je sa Q<sub>3</sub> paralelno spojena grana s diodama
- ↳ za mali izlazni napon diode ne vode
- $A_{V2} > 2\alpha$  na freq oscilirajuća  $\omega_0$  pojačanje  
petljii povratne veze  $\beta(\omega_0) A_V > 1$
- povlastom izlaznog napona diode provedu i iznos pojačanja A<sub>2</sub> se smanjii, t.d.  $A_V = A_{V1} \cdot A_{V2} = -2\alpha$
- ogranicenja je amplituda izlaznog sinusnog napona

⑤ Što se događa s izlazom oscilatora ako:

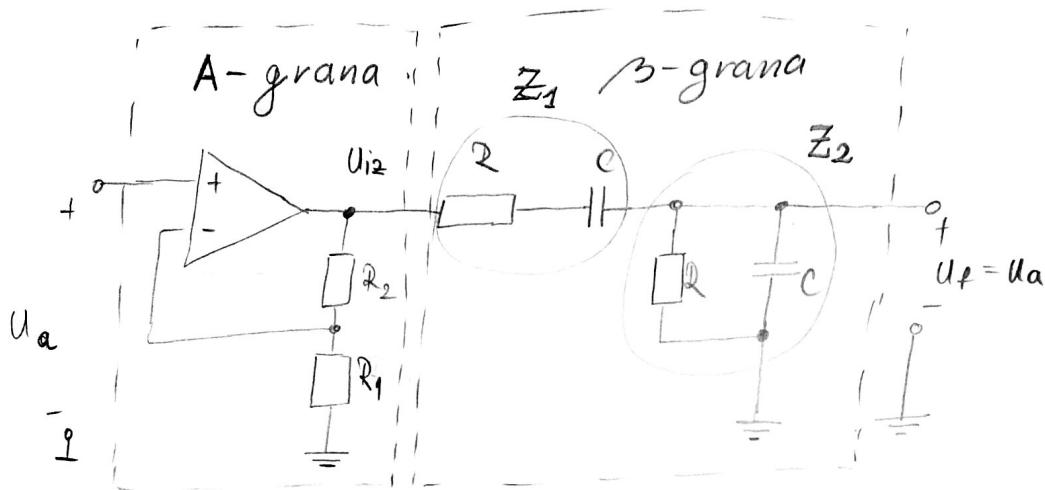
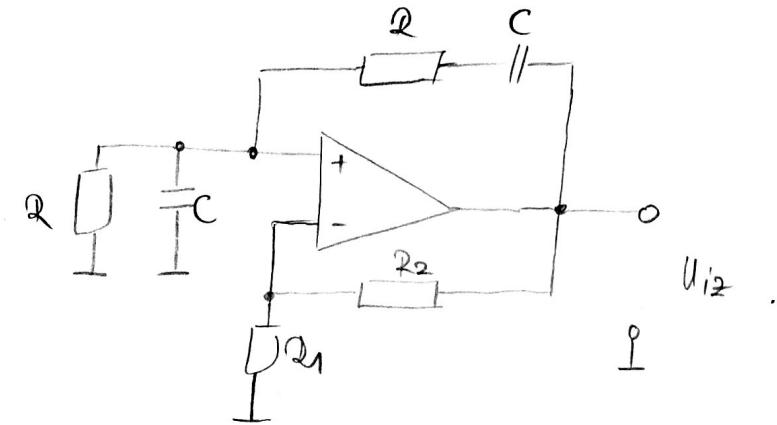
- $|T(j\omega)| < 1$
- pojačalo stabilno
  - prolaskom kroz petlju povratne veze, oscilacijskih signala će se postepeno pognusiti

- $|T(j\omega)| = 1$
- pojačalo je na rubu stabilnosti
  - trajne oscilacije jednaku ampl. i freq

- $|T(j\omega)| > 1$
- pojačalo je nestabilno
  - amplituda se konstantno povećava ( $\rightarrow \infty$ )

⑥ Zašto kod Barkhousena promatranu signal kada je  $\arg(T(j\omega)) = 0$   
Uvjet za oscilacije  $X_f = x_a \Rightarrow$  moraju imati istu ampl. i fazu  
 $\rightarrow$  prolaskom kroz petlju povratne veze signal se na ulaz  
mora vratiti sistem fazom i amplitudom

## (7) Oscilator s Wienovim mostom



$$A_V = \frac{U_{12}}{U_a} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$Z_1 = \left( R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

$$Z_2 = R \parallel \frac{1}{j\omega C} = \frac{R}{1+j\omega RC}$$

$$\beta(j\omega) = \frac{U_f}{U_{12}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \dots = \frac{1}{3 + j(\omega RC - \frac{1}{\omega RC})}$$

-  $i_2$  Barkhouseovog uvjeta  
 $\arg(T(j\omega_0)) = \phi$

$$\operatorname{Im}[\beta(j\omega)] = \phi$$

$$\omega_0 RC - \frac{1}{\omega_0 RC} = \phi$$

$$\boxed{\begin{aligned} \omega_0 &= \frac{1}{RC} \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi RC} \end{aligned}}$$

$$\beta(j\omega_0) = \frac{1}{3}$$

- Barkhousean  
 $|T(j\omega_0)| = 1$

$$A_V = \frac{1}{\beta(j\omega_0)} = 3$$

$$\boxed{R_2 = 2 \cdot R_1}$$

2log stabiliti  
uzimaju malo veci  
broj (2.2) t.d. temp  
i sl. ne utječe na stabilitu

⑧ Koja povratna veza se koristi kod oscilatora?

Positivna povratna veza

⑨ Vrste oscilatora

RC - oscilatori

- Oscilator s Wienovim mostom
- Oscilator s faznim pomakom
  - ↳ stabilizacija amplitude generovanim diodama

LC - oscilatori

- Colpittsov oscilator
- Hartleyev oscilator
- Piercov oscilator
  - ↳ stabilizacija freq.

Piezoelektričnim kristalima

⑩ Stabilnost pojačala

① Pojačalo s jednim polom u prijenosnoj fazi } BEZUJETNO STABILNO

② Pojačalo s dva pola u prijenosnoj fazi }

③ Pojačalo s tri pola u prijenosnoj fazi } UVJETNO STABILNO

⑪ Amplitudno i fazno osiguravanje A. O. F. O.

A. O. Amplituda pojačanja  $|T(j\omega_{180})| = |T(j\omega_\pi)|$  jednaka je amplitudom osiguravajuća  $A. O. > \phi$ !

$\omega_\pi = \omega_{180}$  ... kritična freq

$$A. O. = |T(j\omega_\pi)|$$

F. O. Fazni pomak

između faze  $\varphi(j\omega_c)$

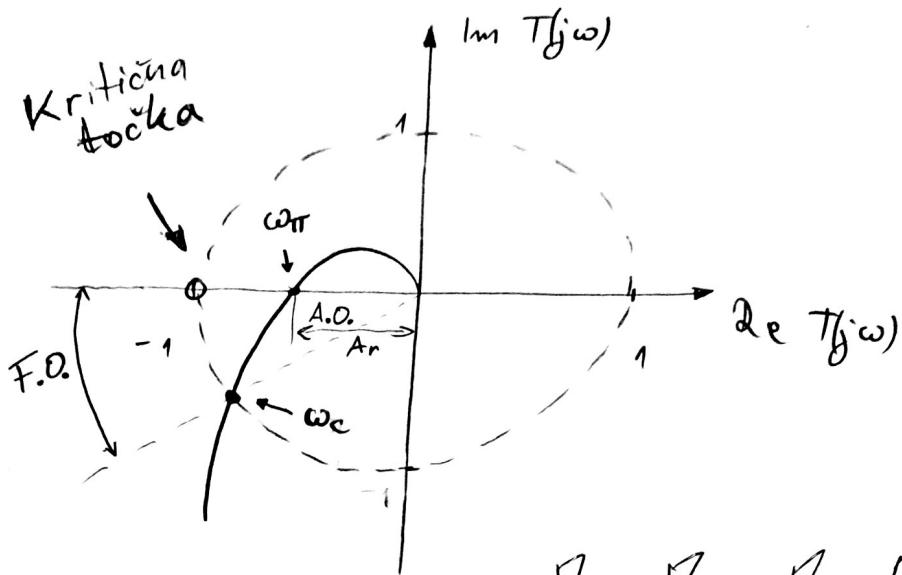
$\omega_c$  ... presjecna freq.

$$|T(j\omega_c)| = 1$$

i faze od  $-180^\circ$

$$F. O. = 180^\circ + \varphi(j\omega_c)$$

(12) A.O. i F.O. Preko NYQUISTA



PAZI!

$$A.O. = |T(j\omega_{\pi})|$$

→ ovako definirano amplitudno osigurava stabilnost učinkovitije

$$\begin{aligned} & \text{Nije kao na AUPR!} \\ & A_r = \frac{1}{|T(j\omega_{\pi})|} \end{aligned}$$

Veće amplitudno osigurava znaci: MANJE stabilan sustav!

(13) Kada se koriste RC a kada LC oscilatori

RC -  $\approx 10 \text{ Hz}$  do  $10 \text{ MHz}$

LC - do nekoliko stotina MHz

RC koristimo na nizkim, a LC na viskim freq.

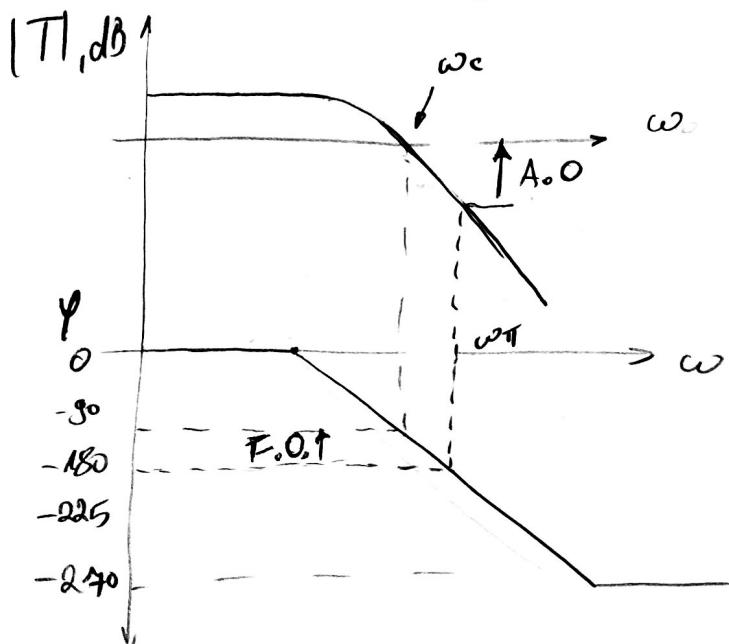
(14) Što se dogodi s F.O. i A.O. ako malenumo  $R_3$   
Ako malenumo  $R_3$  je manji.

$$\beta = \frac{r_3 + r_4}{r_3 + r_4 + r_2}$$

Manje pojačanje  $\rightarrow$  STABILNIJI SUSTAV  
F.O. raste  
A.O. pada  $\Rightarrow$  glupo definiran

PAZI!  $A.O. = |T(j\omega_{\pi})| \Rightarrow$  ne kao u AUPR!

(15) Ispitivanje stabilnosti Pojacala primjenom  
Bodeovog dijagrama str 207.



A.O.

↳ Amplituda pojedanja  
 $|T(j\omega)|$  na freq.  $\omega_{180}$   
na kojoj fazni pomak  
 $\arg[T(j\omega_{180})] = -180^\circ$

$|T(j\omega)|$  manje od  $0 \text{ dB} \Rightarrow$  absolutni iznos pojedanja na freq.  $\omega_{180}$  manji od 1 i pojacalo je stabilno!

$\Rightarrow A_O \rightarrow$  iznos pojedanja na freq.  $\omega_{180}$

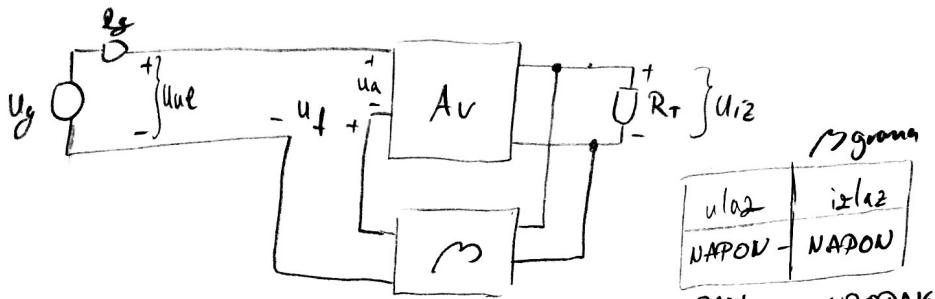
$\omega_1 = \omega_c$  - presjedna freq.  $\Rightarrow |T(j\omega_c)| = 0 \text{ dB} = 1$

Fazni pomak na taj freq.  $\varphi(\omega_1)$  manje je negiran od  $180^\circ$  što mora biti zadovoljeno da bi pojacalo bilo stabilno.

F.O. je razlika između faze na freq.  $\omega_1$   $\varphi(\omega_1)$  i faze od  $-180^\circ$

## 16. Vrste povratnih veza [161 - 169 str]

### I) Naponska - senijska povratna veza

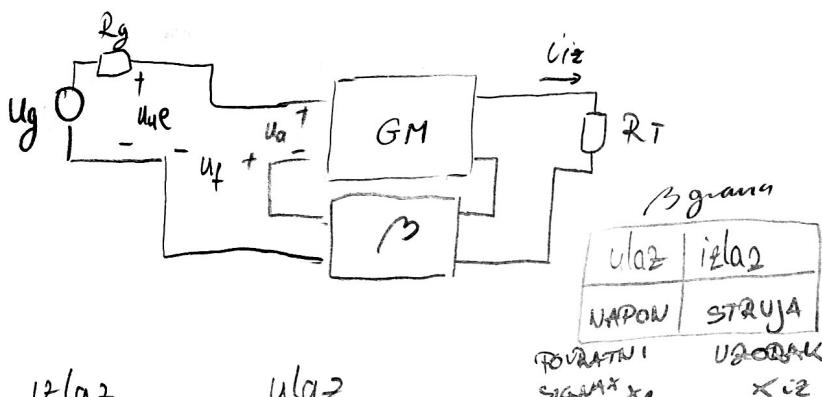


$$A_V = \frac{U_{iz}}{U_a}$$

$$\beta = \frac{U_f}{U_{iz}}$$

$$A_{Vf} = \frac{U_{iz}}{U_{in}} = \frac{A_V}{1 + \beta A_V}$$

### II) Strujna - senijska povratna veza

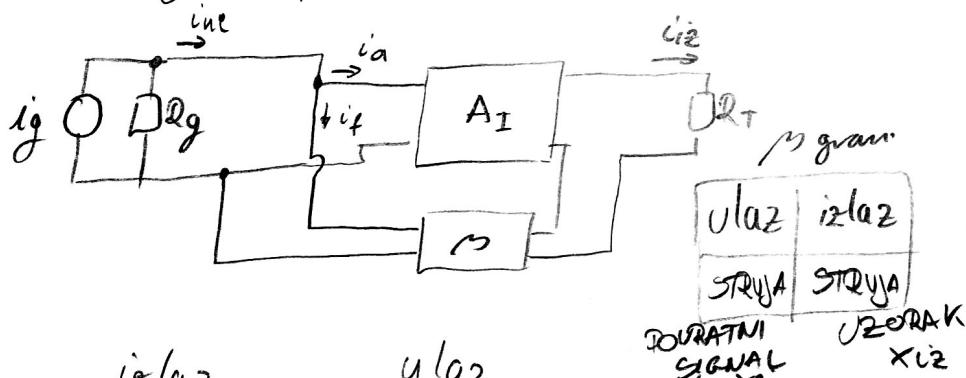


$$G_M = \frac{i_{iz}}{U_a}$$

$$\beta = \frac{U_f}{i_{iz}}$$

$$G_{Mf} = \frac{i_{iz}}{U_{in}} = \frac{G_M}{1 + \beta G_M}$$

### III) Strujna - paralelna povratna veza

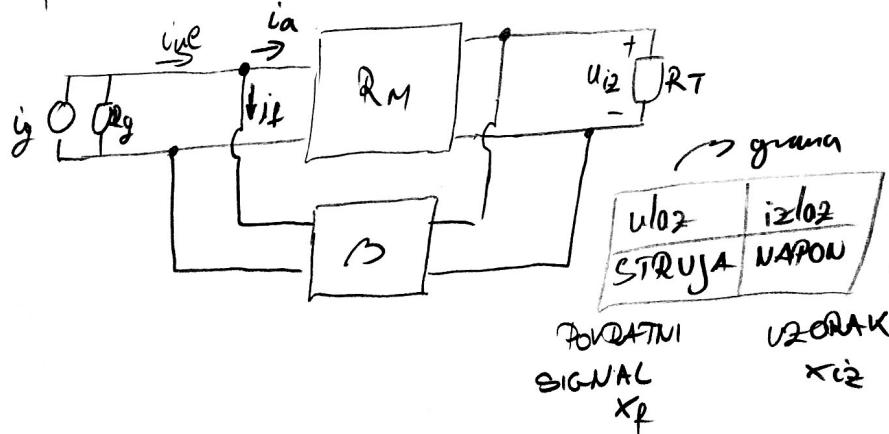


$$A_I = \frac{i_{iz}}{i_a}$$

$$\beta = \frac{i_f}{i_{iz}}$$

$$A_{If} = \frac{A_I}{1 + \beta A_I}$$

### IV) Naponska - paralelna povratna veza



$$R_M = \frac{U_{iz}}{i_a}$$

$$\beta = \frac{i_f}{U_{iz}}$$

$$R_{Mf} = \frac{R_M}{1 + \beta R_M}$$