

Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.

Študent: **Gregor Nikolić**

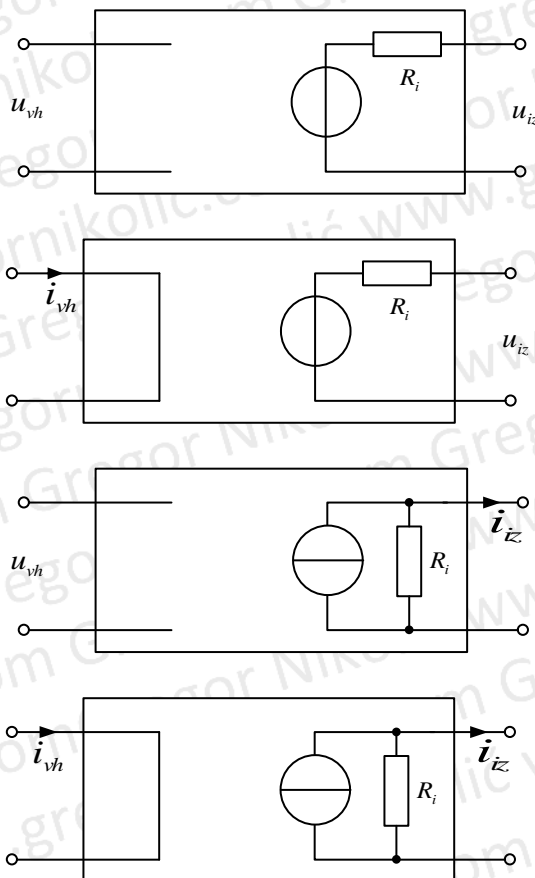
Vpisna št.: **E1054204**

Predmet: **Meritve**

Datum: **26.10.2011**

Domača naloga št. 4;

**1. Skicirajte štiri osnovna vezja merilnih ojačevalnikov in zapišite enačbe za njihova ojačenja A;**



Napetostno-napetostni tip  $u/u$  :

$$A_u = \frac{u_{iz}}{u_{vh}} \left( \frac{V}{V} \right)$$

Tokovno-napetostni tip  $i/u$  :

$$A = \frac{u_{iz}}{i_{vh}} \left( \frac{V}{A} \right)$$

Napetostno-tokovni tip  $u/i$  :

$$A = \frac{i_{iz}}{u_{vh}} \left( \frac{A}{V} \right)$$

Tokovno-tokovni tip  $i/i$  :

$$A = \frac{i_{iz}}{i_{vh}} \left( \frac{A}{A} \right)$$

Pri napetostno napetostnem tipu merilnega ojačevalnika si želimo, da bi bila vhodna upornost neskončno velika ter izhodna upornost praktično nič, kar bi zagotovilo, da se v samem ojačevalniku ne pojavi noben padec napetosti in je celotna napetost na izhodu.

Pri tokovno napetostnem tipu si želimo, da je vhodna upornost enaka nič, saj bo le v tem primeru celoten vhodni tok tekel v ojačevalnik. Izhodna upornost bi naj bila enaka kot pri napetostno napetostnem ojačevalniku, torej enaka nič, da bi zagotovili celotno napetost na izhodu.



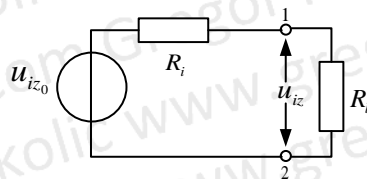
Napetostno tokovni tip ojačevalnika bi v idealnih razmerah imel neskončno vhodno upornost, da bi bil celoten padec napetosti na ojačevalniku, prav tako tudi na izhodu, da v ojačevalniku nebi tekel noben tok.

Pri tokovno tokovnem tipu ojačevalnika si želimo, da bi bila vhodna upornost ojačevalnika praktično nič, saj bi v tem primeru tekel celoten tok v ojačevalnik. Izhodna upornost takšnega ojačevalnika bi pa bila idealna neskončna, saj bi v tem primeru bil celoten padec napetosti na ojačevalniku in vanj nebi tekel noben tok, s tem dosežemo celoten tok na izhodu ojačevalnika.

## 2. Kakšno mora biti razmerje upornosti $R_b/R_i$ , če je izhodna stopnja merilnega ojačevalnika napetostni generator in kakšno, če je tokovni generator?

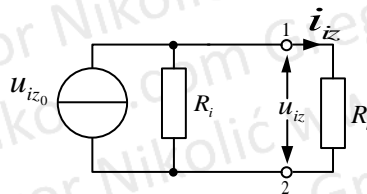
Kadar imamo napetostni generator, želimo, da je celotna napetost generatorja na bremenu, to dosežemo le v primeru kadar je upornost generatorja zelo majhna (idealno nič) ter upornost bremena zelo velika, saj se v generatorju ne bo pojavil noben padec napetosti in bo celotna napetost na bremenu. Pomeni, da:

$$R_i \ll R_b$$
$$\frac{R_b}{R_i} \sim \text{ugodno kadar je razmerje nad } 10$$



Pri tokovnem generatorju si želimo, da je to razmerje ravno obratno, torej, da je izhodna upornost tokovnega generatorja zelo velika (idealno neskončna) saj v tem primeru ne bo tekel v sam generator noben tok, kar pomeni, da bo celoten tok tekel v breme. Pomeni, da:

$$R_i \gg R_b$$
$$\frac{R_b}{R_i} \sim \text{ugodno kadar je razmerje pod } 10^{-1}$$



3. Katero funkcijo opravlja povratna vezava pri merilnih ojačevalnikih, kakšne so merjene prednosti in pomanjkljivosti?

Ker je teoretično ojačenje neskončno (niti ni točno znano), se ta pomanjkljivost odpravi s povratno vezavo, katera nam točno definira lastnosti ojačevalnika. Negativna povratna vezava ojačevalnika deluje tako, da del izhodnega signala pripeljemo nazaj na vhod, kateri se od vhodnega odšteva. Na vhod torej pripeljemo razliko:

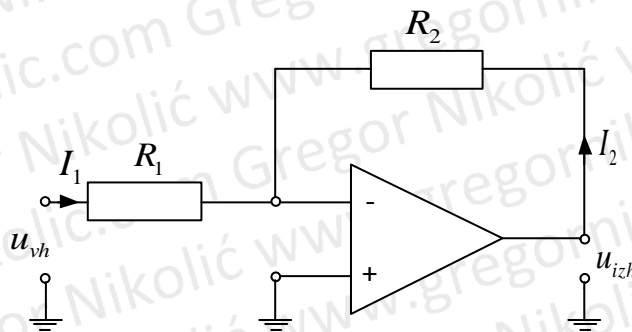
$$u_{iz} = A' + u_d = A'(u_{vh} - k * u_{iz})$$

$u_d$  = razlika napetosti med vhodnima sponkama ojačevalnika

$A'$  – ojačenje ojačevalnika

4. Skicirajte vezje operacijskega ojačevalnika (inverterja ali seštevalnika ali odštevalnika ali integratorja ali diferenciatorja) in iz enačbe izrazite  $U_{izh}$  v odvisnosti od  $U_{vh}$  ( $U_{izh} = f(U_{vh})$ ).

Inverter:



Če je operacijski ojačevalnik priključen kot inverter, potem takoj vemo, da je vhod na invertirajočem priključku ojačevalnika. Predpostavimo, da ima ojačevalnik neskončno ojačenje ter neskončno vhodno upornost kar sledi:

$$A_u = \frac{u_{izh}}{u_{vh}} \Rightarrow u_{vh} = \frac{u_{izh}}{A_u} = \frac{u_{izh}}{\infty} = 0$$

Zaradi tega je tok, ki priteka iz vhoda skozi upor  $R_1$ , enak ali nasproten toku, ki priteka iz izhoda skozi upor  $R_2$ .

$$I_1 = -I_2 \text{ ali } \frac{u_{vh}}{R_1} = \frac{u_{izh}}{R_2}$$

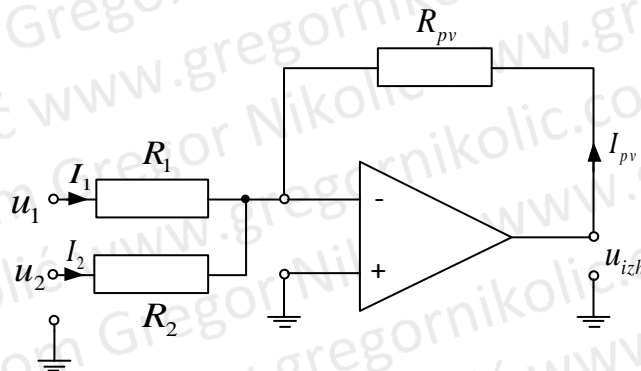
Sledi, da je ojačenje razmerje med izhodno in vhodno napetostjo:

$$A_u = -\frac{R_2}{R_1}$$



### Seštevalnik:

Pri seštevalniku se vhodna signala seštejeta.



Napetost na izhodu takšnega ojačevalnika je:

$$u_{izh} = -R_2 \left( \frac{U_{R_1}}{R_1} + \frac{U_{R_2}}{R_2} \right)$$

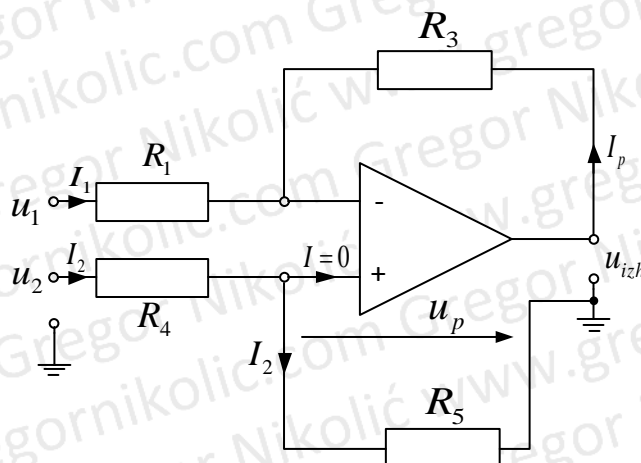
ali pri predpostavki  $R_1 = R_2 = R$

$$\frac{u_{izh}}{R_{pv}} + \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} = 0$$

$$\frac{u_{izh}}{R_{pv}} = - \left( \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right) = - \frac{u_1 + u_2}{R} \Rightarrow u_{izh} = - \frac{u_1 + u_2}{R} * R_{pv} = - \frac{R_{pv}}{R} (u_1 + u_2)$$

### Odštevalnik:

Pri odštevalniku se vhodni signali odštevajo.



Napetost na izhodu takšnega ojačevalnika pri predpostavki  $R_1 = R_4$  in  $R_3 = R_5$ .

$$i_1 = -i_p \Rightarrow i_p = -i_1$$

$$u_1 = i_1 * R_1 + u_p = -i_p * R_1 + u_p$$



$$i_1 = \frac{u_1 - u_p}{R_1}$$

$$u_{izh} = i_p * R_3 + u_p = -i_1 * R_3 + u_p$$

$$u_{izh} = -\frac{u_1 - u_p}{R_1} * R_3 + u_p$$

$$u_2 = i_2 * R_4 + u_p \Rightarrow u_p = i_2 * R_5 \Rightarrow i_2 = \frac{u_p}{R_5}$$

$$u_2 = \frac{u_p}{R_5} * R_4 + u_p = \frac{u_p * R_4}{R_5} + \frac{u_p * R_5}{R_5} = \frac{u_p * (R_4 + R_5)}{R_5} \Rightarrow u_2 * R_5 = u_p (R_4 + R_5)$$

$$\Rightarrow u_p = \frac{u_2 * R_5}{R_4 + R_5} = u_2 \frac{R_5}{R_4 + R_5}$$

$$u_{izh} = -i_1 * R_3 + u_p = -\frac{u_1 - u_p}{R_1} * R_3 + u_p = -\frac{u_1 * R_3}{R_1} + \frac{u_p * R_3}{R_1} + u_p$$

$$= u_p \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) - u_1 \frac{R_3}{R_1} = u_p \left(\frac{R_1 + R_3}{R_1}\right) - u_1 \frac{R_3}{R_1} \Rightarrow$$

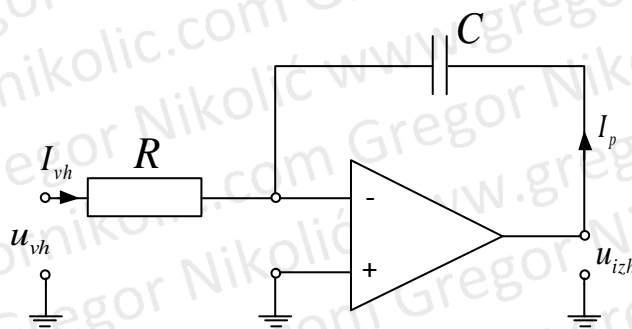
$$u_{izh} = u_p \frac{R_1 + R_3}{R_1} - u_1 \frac{R_3}{R_1}$$

Ne pozabimo na predpostavki  $R_1 = R_4$  in  $R_3 = R_5$ .

$$u_{izh} = u_2 \frac{R_5}{R_4 + R_5} * \frac{R_1 + R_3}{R_1} - u_1 \frac{R_3}{R_1} = u_2 \frac{R_5}{R_4 + R_5} * \frac{R_4 + R_5}{R_4} - u_1 \frac{R_4}{R_5} \Rightarrow$$

$$u_{izh} = u_2 \frac{R_5}{R_4} - u_1 \frac{R_5}{R_4} = -\frac{R_5}{R_4} (u_1 - u_2)$$

**Integrator:**

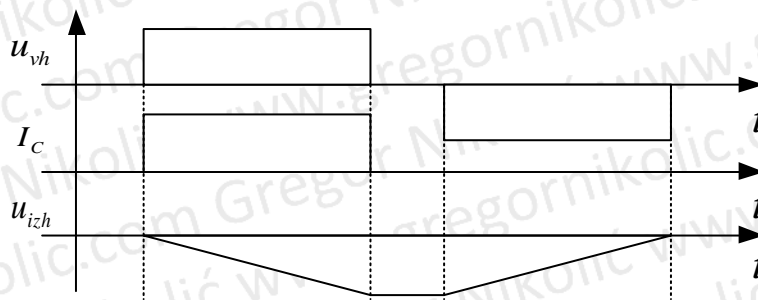


Kadar priključimo na integrator napetost, se kondenzator s polnilnim tokom, katerega določa upor  $R$  napolni v nekem času, ki ga določa kapacitivnost kondenzatorja in polnilni tok. Ojačenje takšnega operacijskega ojačevalnika predstavlja še vedno razmerje upornosti kondenzatorja  $X_C$  in upora  $R$ :



$$A = -\frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega C R} = -\frac{1}{\omega RC} \quad [RC - \text{časovna konstanta}]$$

Kadar je priključena vhodna napetost  $u_{vh}$  pozitivna, bo izhodna napetost rastle v negativno smer, če napetost odklopimo, ostane izhodna napetost na nivoju kot je bila ob odklopu vhodne napetosti in se ne spreminja. Če na vhod priključimo negativno napetost, bo pričela napetost na izhodu naraščati v pozitivno smer, kar prikazuje naslednji graf v odvisnosti od časa;

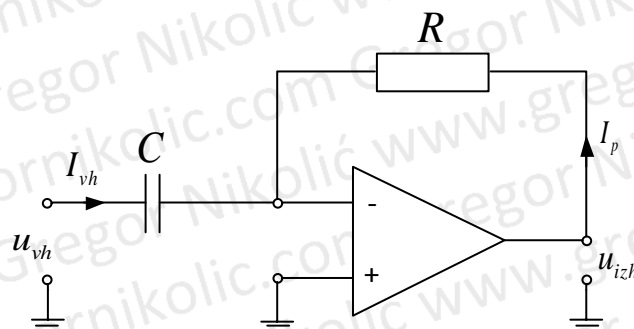


$$i_p = C \frac{du_{izh}}{dt} = -i_{vh} = -\frac{u_{vh}}{R}$$

$$u_{izh} = -\frac{1}{C} \int i_{vh} dt = -\frac{1}{RC} \int u_{vh} dt$$

### Diferenciator (diferenciranje ali odvajanje):

Diferenciranje oziroma odvajanje je matematična funkcija, s pomočjo katere ugotovimo hitrost spreminjanja neke funkcije. Če vrednost funkcije narašča, je odvod te funkcije pozitiven in po velikosti enak hitrosti spremembe. Odvod bo negativen če bo vrednost funkcije padala, kadar je vrednost enaka, se ne spreminja je odvod enak nič.



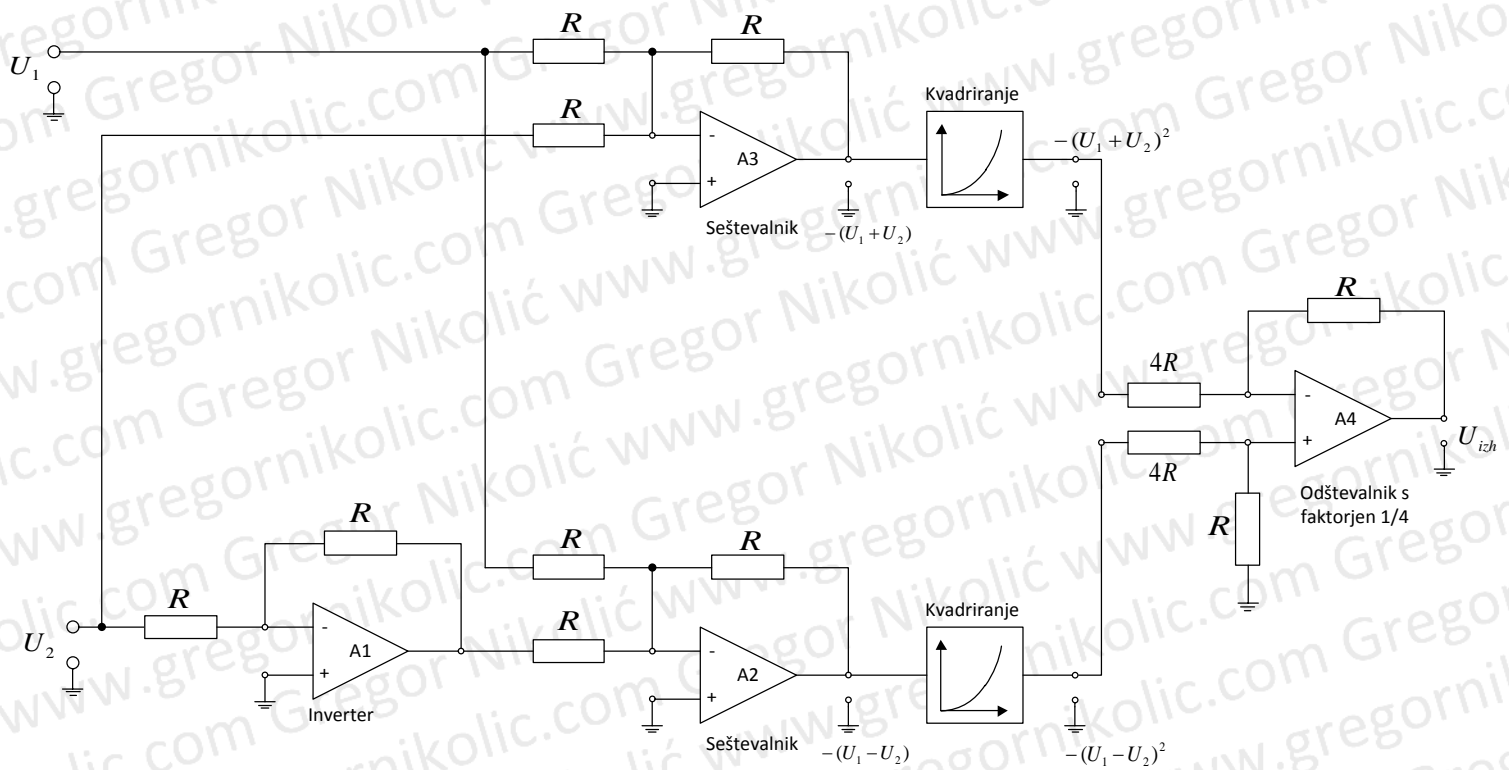
Hitra sprememba vhodne napetosti požene tok skozi kondenzator, kateri pa povzroči višjo napetost na izhodu vezja. Ker je vhodni signal pripeljan na invertirajoč vhod, bo izhodni signal podobno kot pri integratorju obrnjen.

$$i_{vh} = C \frac{du_{vh}}{dt} = -i_p = -\frac{u_{izh}}{R}$$



$$u_{iz} = -R * C \frac{du_{vh}}{dt}$$

5. Narišite skico analognega množilnika in z algoritmom (enačbo) pojasnite njegovo delovanje.



Pri inverterju vemo, da nam vhodni signal invertira, tako dobimo na izhodu inverterja  $-U_2$ .

Seštevalnik nam po enačbi;

$$U_{izh} = -R_2 \left( \frac{U_{R1}}{R_1} + \frac{U_{R2}}{R_2} \right)$$

sešteje posamezni signal in na seštevalniku A3 dobimo:

$$U_{izh} = -R \left( \frac{U_1}{R} + \frac{U_2}{R} \right) = -(U_1 + U_2)$$

ter na seštevalniku A2:

$$U_{izh} = -R \left( \frac{U_1}{R} + \frac{-U_2}{R} \right) = -(U_1 - U_2)$$

Po posameznem kvadriranju imamo na vhodu odštevalnika s  $\frac{1}{4}$  faktorjem signala;

$$(U_1 - U_2)^2 \text{ in } (U_1 + U_2)^2$$

Kjer izračunamo izhodni signal po enačbi odštevalnika;

$$u_{izh} = -\frac{R_5}{R_4} (u_1 - u_2)$$

$$u_{izh} = -\frac{1R}{4R} ((U_1 - U_2)^2 - (U_1 + U_2)^2)$$

$$u_{izh} = -\frac{1}{4} ((U_1^2 - 2U_1U_2 + U_2^2) - (U_1^2 + 2U_1U_2 + U_2^2))$$

$$u_{izh} = -\frac{1}{4} * 4 U_1 U_2$$

$$u_{izh} = U_1 * U_2$$

**Izvod je prepis originala!**

Gregor Nikolić

E1054204

