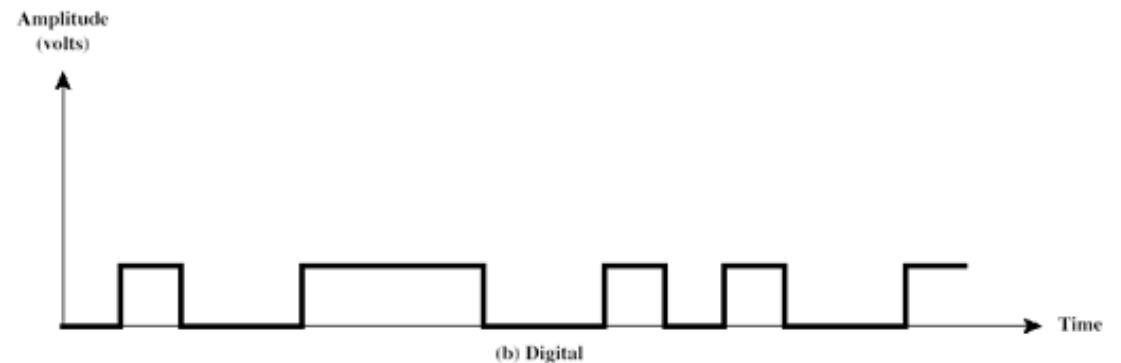
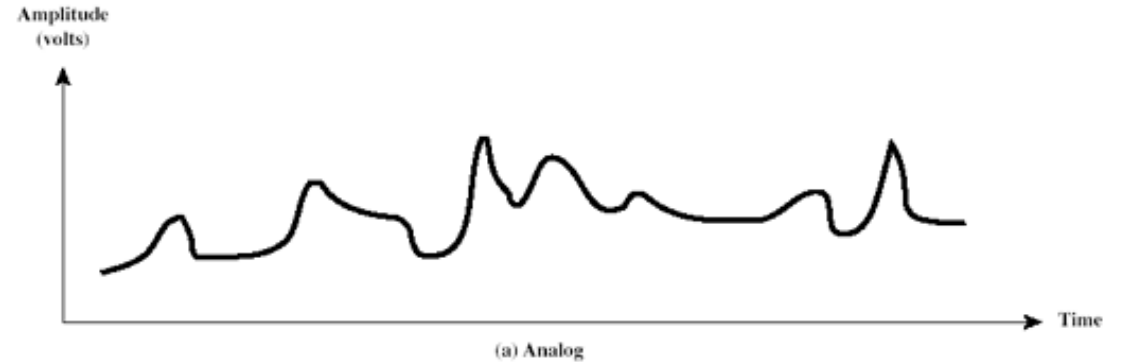


# Pojačavači i konvertori

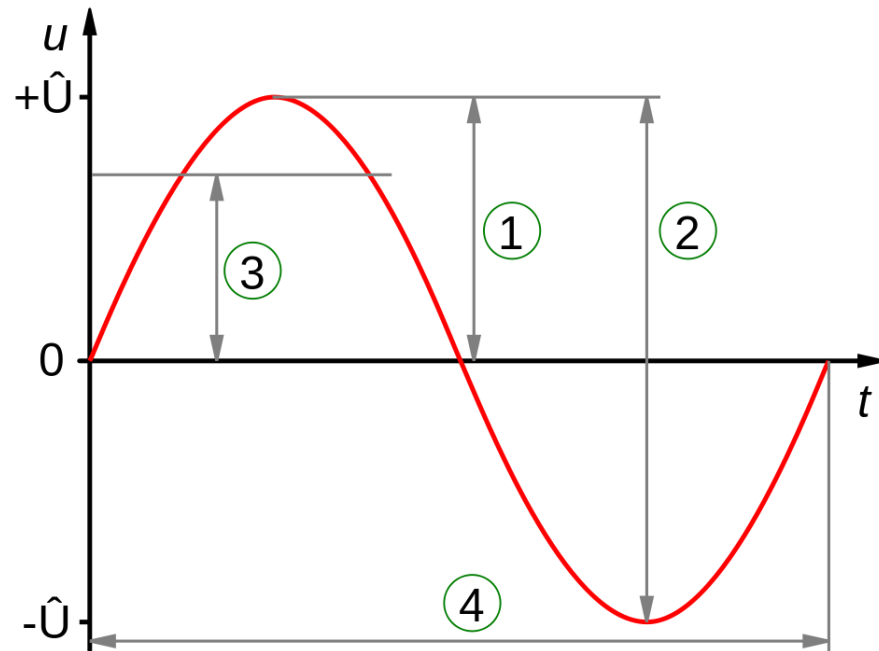
Snezori I pretvarači

13.05.2020

- **Elektromagnetni signal je funkcija vremena**
- **Signal** se zapisuje u obliku  $x(t)$ ,  $x(n)$  ili  $x_n$  gde je  $x$  zavisna promenljiva (napon, struja ili neka treća veličina), a  $t$  ili  $n$  nezavisna promenljiva.



# Analogni signal



**Frekvencija  $f$**  je brzina kojom se signal ponavlja (merena u ciklusima u sekundi ili hercima-Hz )

**Pperiod signala ( $T$ ).**

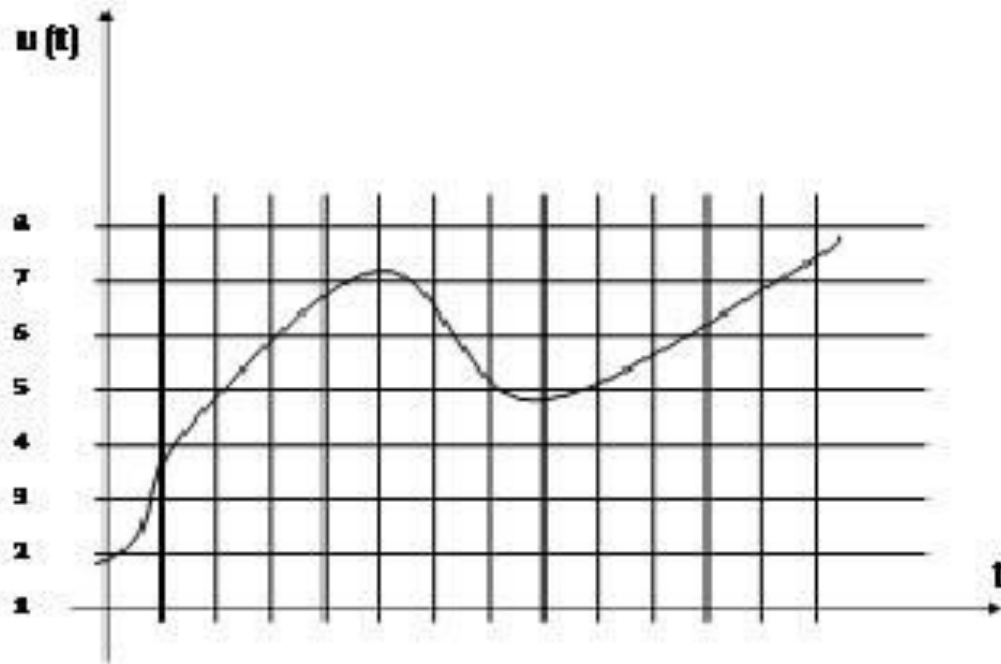
To je vreme koje je potrebno za ponovno ponavljanje signala, pa je  $T = 1/f$

**Faza  $\Phi$**  je mera relativnog položaja signala u vremenu (pomeraja), u odnosu na osnovnu periodu signala.

*Analogni signal je kontinualno varirajući elektromagnetni talas koji se može prenositi preko različitih medija u zavisnosti od frekvencije*

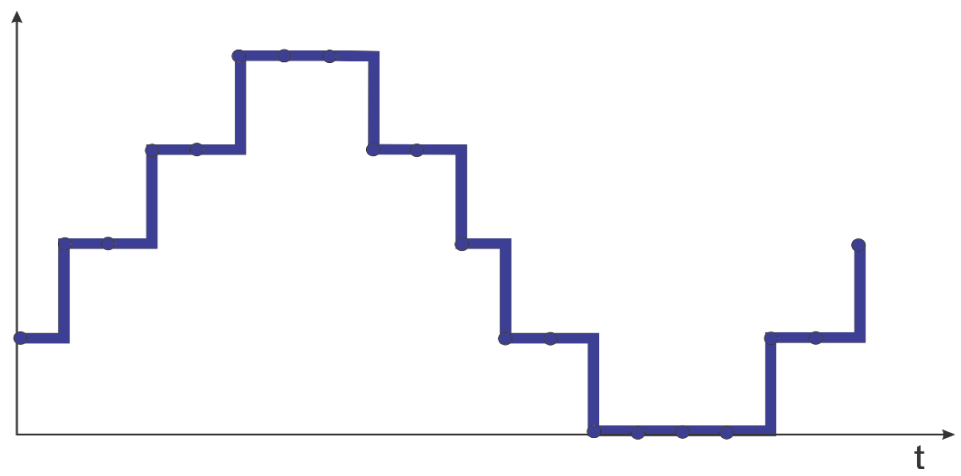
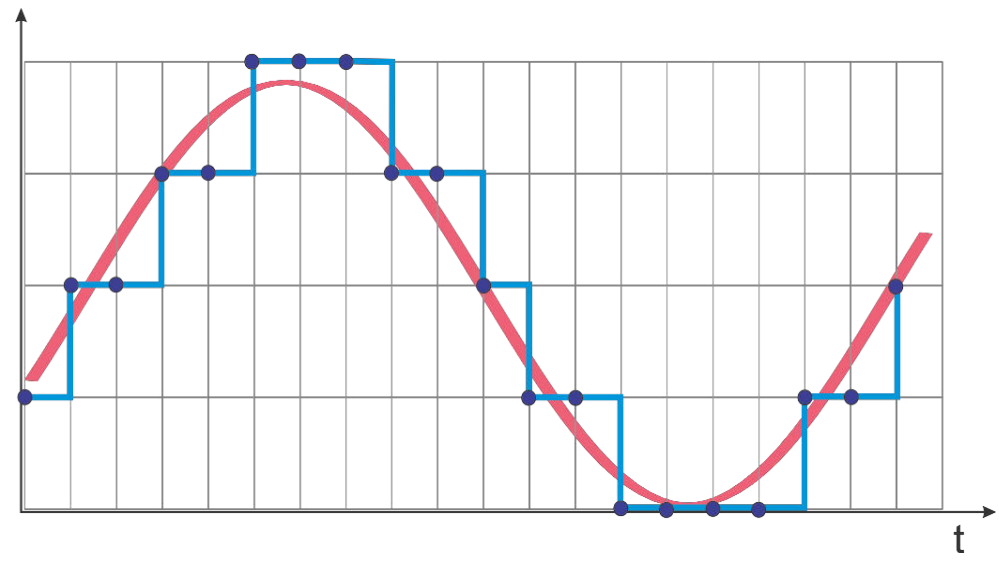
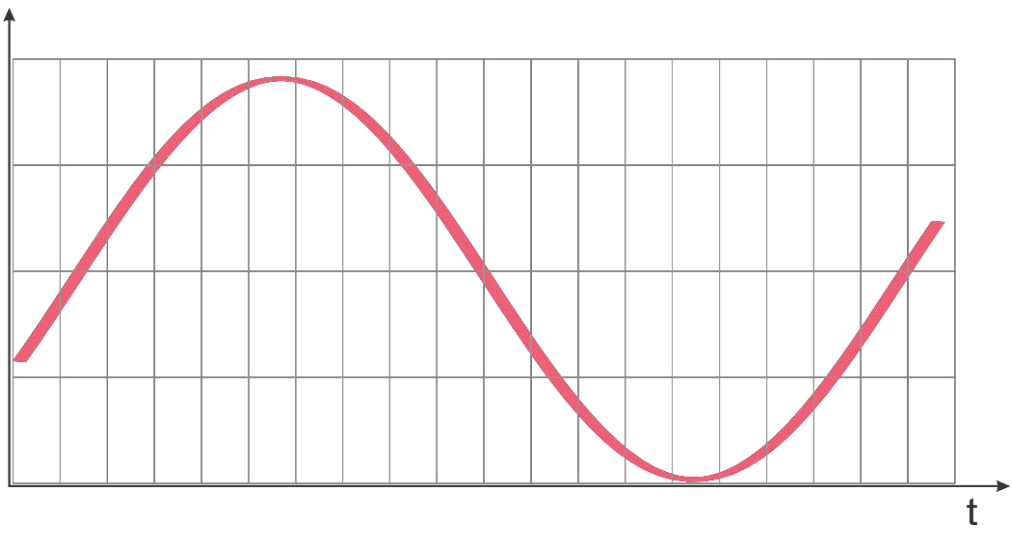
# Digitalizacija signala

# PODSETNIK



Analogno digitalna konverzija se odvija u tri koraka:

1. Odmeravanje
2. Kvantizacija
3. Kodovanje



## ODMERAIVANJE

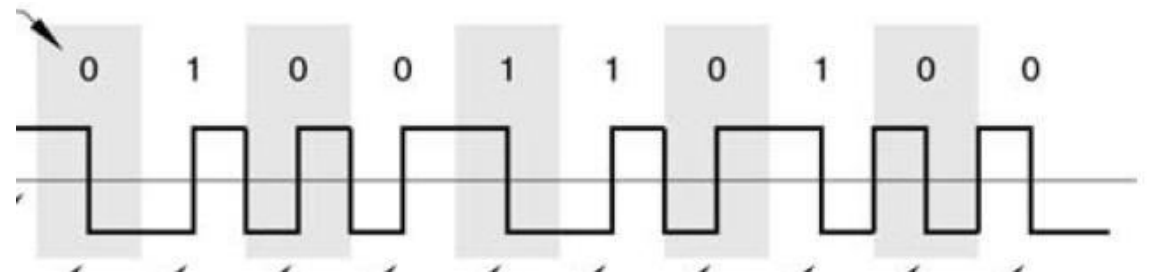
- Proces merenja ulaznog napona u tačno određenim vremenskim trnucima.
- Vremenski trenuci odmeravanja određuju se pomoću posebnog signala koji predstavlja periodičnu povorku kratkotrajnih naponskih impulsa (sampling).
- Rezultat ovog procesa je povorka impulsa promenljive veličine, koji odgovaraju uloznom signalu izmerenom u trenucima odmeravanja. Ovi impulsi nazivaju se odmerci (samples).

## KVANTIZACIJE

- Vrednost odmeraka jednaka je ulaznom signalu i ima bilo koju vrednost iz ulaznog intervala.
- Bilo koju znači da, teorijski, postoji beskonačno mnogo različitih vrednosti.
- Pošto digitalni merni instrument i računari skladište i obrađuju brojeve u binarnom obliku, pri pretvaranju je uvek unapred određen broj bitova unutar kojih se vrednost mora nalaziti (dužina binarne reči).
- Taj broj bitova određuje ukupan broj mogućih različitih kombinacija (konačan broj!) i svakoj kombinaciji odgovara jedna vrednosti analognog signala

# KODOVANJE

- Prilikom kvantizacije odmerci su dobili samo „dozvoljene“ vrednosti iz skupa diskretnih veličina, ali oni i dalje predstavljaju napon (u V ili mV) koji se ne može digitalno obrađivati.
- Kodovanje je proces u kojem se svakoj diskretnoj vrednosti napona dodeljuje jedna i samo jedna binarna reč.



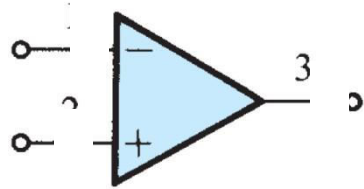
# Prednosti digitalnih signala u odnosu na analogne

- Digitalni signal je sekvenca naponskih impulsa koji se mogu prenositi kroz provodnik
- jeftiniji nego analogni
- manje je podložan spoljnim uticajima, mešanjima, otporniji na buku.
- Digitalni signali pate od slabljenja mnogo više nego analogni.
- Ovo slabljenje vodi veoma brzom gubljenju informacija u signalu koji se prenosi.
- Zbog slabljenja ili redukcije jačine signala na višim frekvencijama, impulsi postaju zaobljeni i sve manji a samim tim i nerazumljiv.



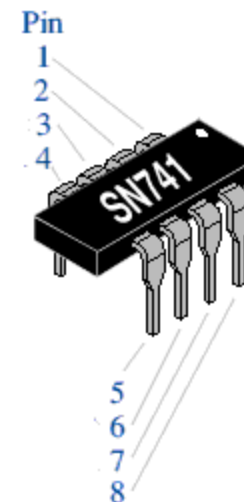
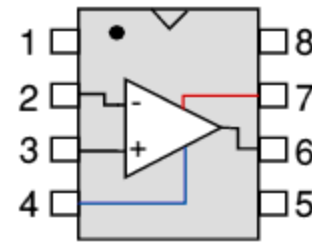
# Operacioni pojačavač

- Najvažniji element u analognoj obradi signala
- Sastoji se od nekoliko pojačavačkih stepena povezanih na red (kaskadno). Ovi pojačavački stepeni realizovani su pomoću tranzistora.
- Dobar operacioni pojačavač ima veoma veliko naponsko pojačanje, veliku ulaznu i malu izlaznu otpornost.
- Operacioni pojačavači se proizvode isključivo tehnikom integrisanana kola, vrlo su pouzdani i imaju nisku cenu.



Grafički simbol za operacioni pojačavač

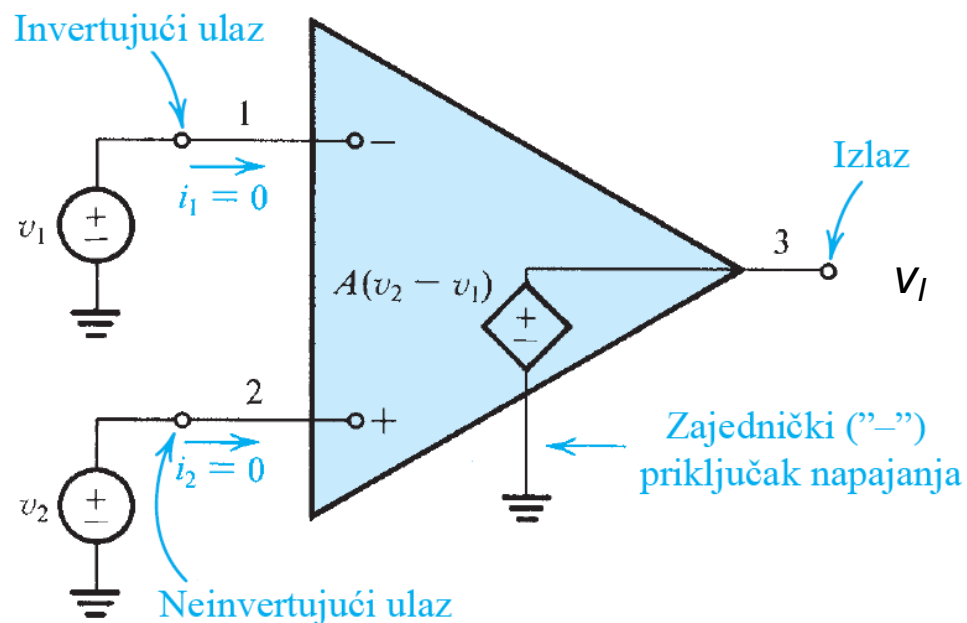
- invertujući ulaz
- + neinvertujući ulaz



# Idealni operacioni pojačavač

- beskonačno veliko pojačanje  $A=\infty$
- beskonačno veliku ulaznu otpornost  $R_u=\infty$
- izlaznu otpornost jednaku 0,  $R_i=0$ ,
- beskonačno veliki faktor potiskivanja signala srednje vrednosti,  $\rho=\infty^*$

Ako je  $A=\infty$ , onda je



$$v_1 - v_2 = \frac{v_I}{A} = 0$$

Iz čega sledi:

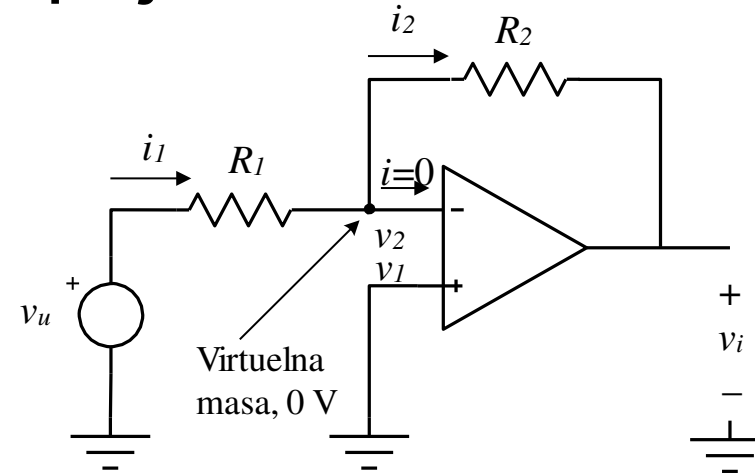
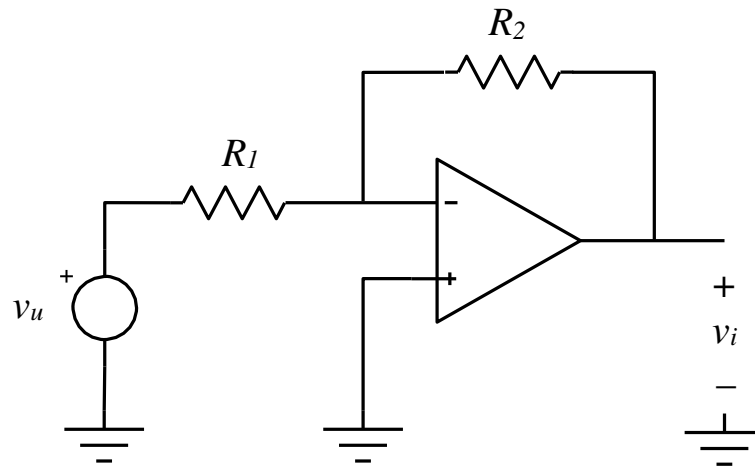
$$v_I = v_2$$

Ako je  $R_u=\infty$ , onda je

$$i_1 = i_2 = 0$$

# Kola sa operacionim pojačavačima

## Invertujući pojačavač



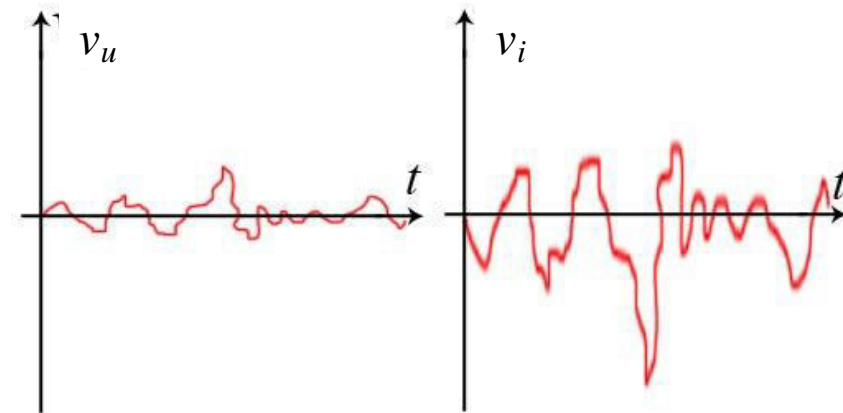
$$i_1 = \frac{v_u - v_2}{R_1} = \frac{v_u - 0}{R_1} = \frac{v_u}{R_1}$$

$$v_i = v_2 - R_2 i_1 = 0 - R_2 \frac{v_u}{R_1}$$

Naponsko pojačanje

$$A = \frac{v_i}{v_u} = - \frac{R_2}{R_1}$$

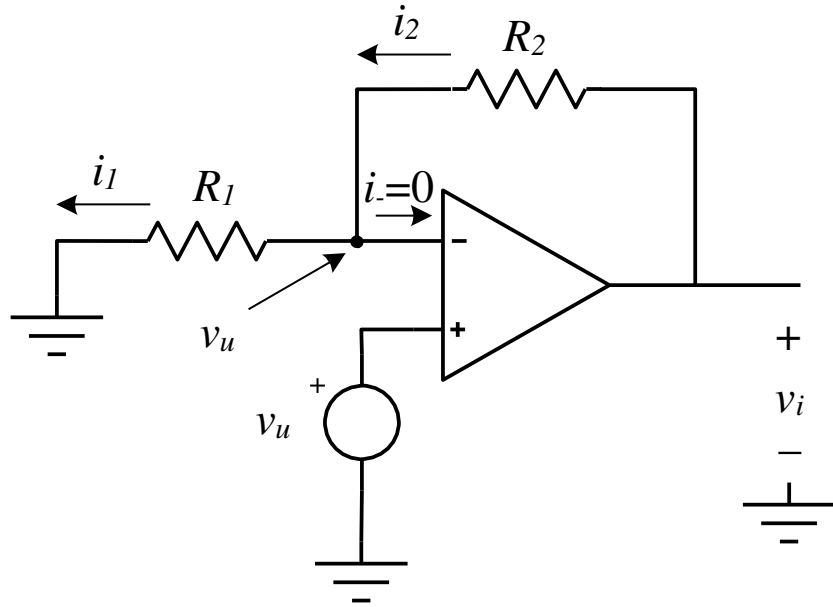
invertujući pojačavač!



$$R_u = \frac{v_u}{i_u} = R_1$$

$$R_i = 0_1$$

# Neinvertujući pojačavač



$$i_1 = \frac{v_u - 0}{R_1} = \frac{v_u}{R_1}$$

$$v_i = v_u + R_2 i_1 = v_u + R_2 \frac{v_u}{R_1}$$

Naponsko pojačanje

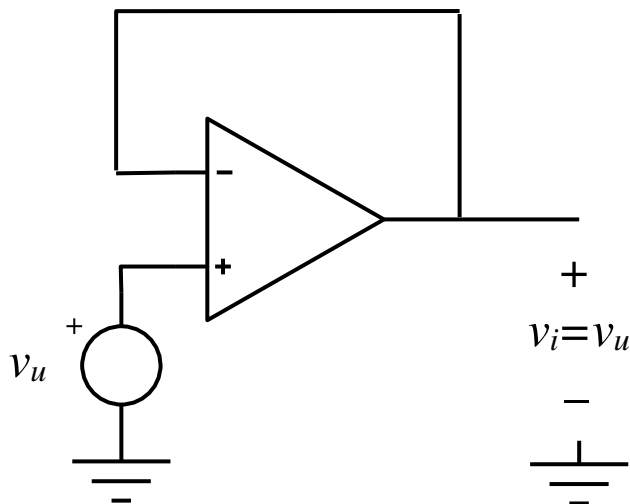
$$A_v = \frac{v_i}{v_u} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ulazna i izlazna otpornost

$$R_u = \infty$$

$$R_i = 0$$

# Jedinični bafer



Neinvertujući pojačavač sa jediničnim pojačanjem.

Koristi se kao razdvojni stepen, kada se povezuje izvor koji ima veliku izlaznu otpornost na ulaz pojačavača male otpornosti, da ne bi došlo do slabljenja signala. Ponaša se kao transformator otpornosti.

Naponsko pojačanje

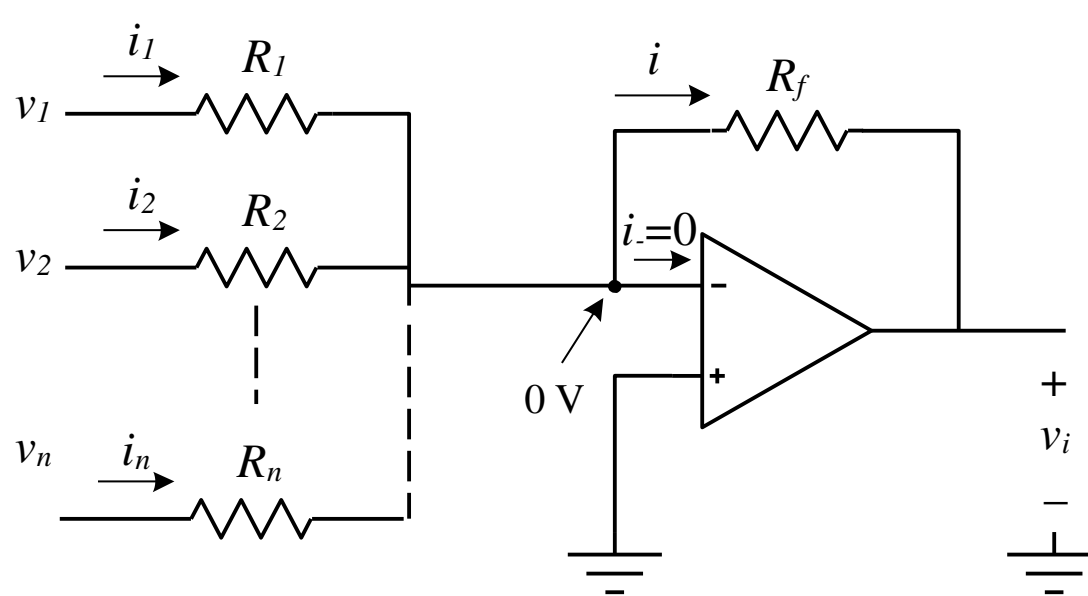
$$A_v = \frac{v_i}{v_u} = 1$$

Ulazna i izlazna otpornost

$$R_u = \infty$$

$$R_i = 0$$

# Sabirač



$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}, i_2 = \frac{v_2}{R_2}, \dots, i_n = \frac{v_n}{R_n}$$

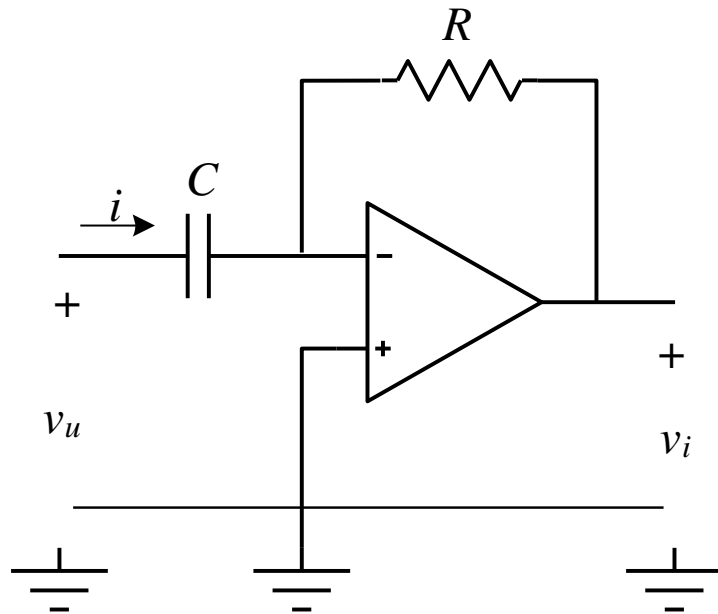
$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n$$

$$v_i = 0 - iR_f = -iR_f$$

$$v_i = -\left( \frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 + \dots + \frac{R_f}{R_n} v_n \right)$$

Faktor skaliranja  $R_f/R_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) može se nezavisno podesiti za svaki ulaz izborom odgovarajućih vrednosti otpornosti  $R_1, R_2, \dots, R_n$ .

# Diferencijator



Analiza kola

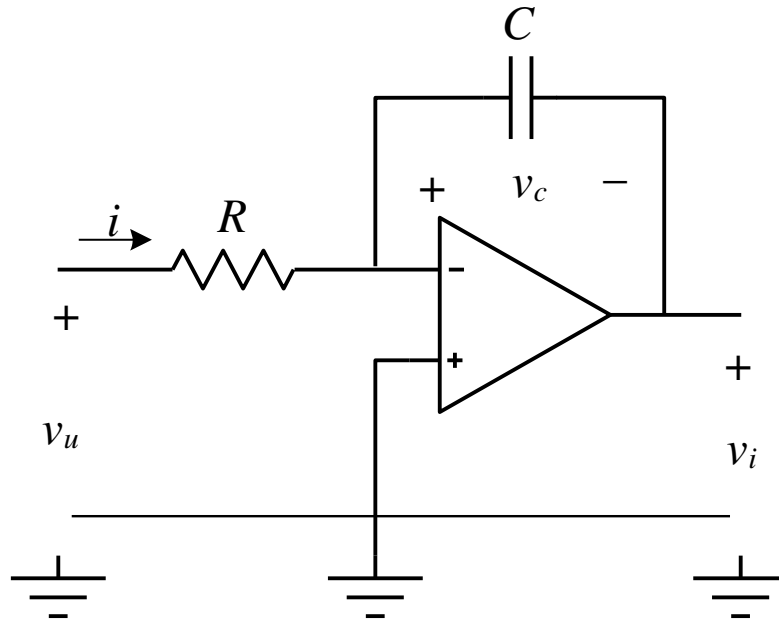
$$i_C(t) = C \frac{dv_u(t)}{dt}$$

$$v_i(t) = -Ri_C(t)$$

Napon na izlazu

$$v_i(t) = -RC \frac{dv_u(t)}{dt}$$

# Integrator



$$i(t) = \frac{v_u(t)}{R}$$

Struja  $i$  teče i kroz C te je

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau + v_c(0)$$

$$v_i(t) = -v_c(t) = -\frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) d\tau - v_c(0)$$

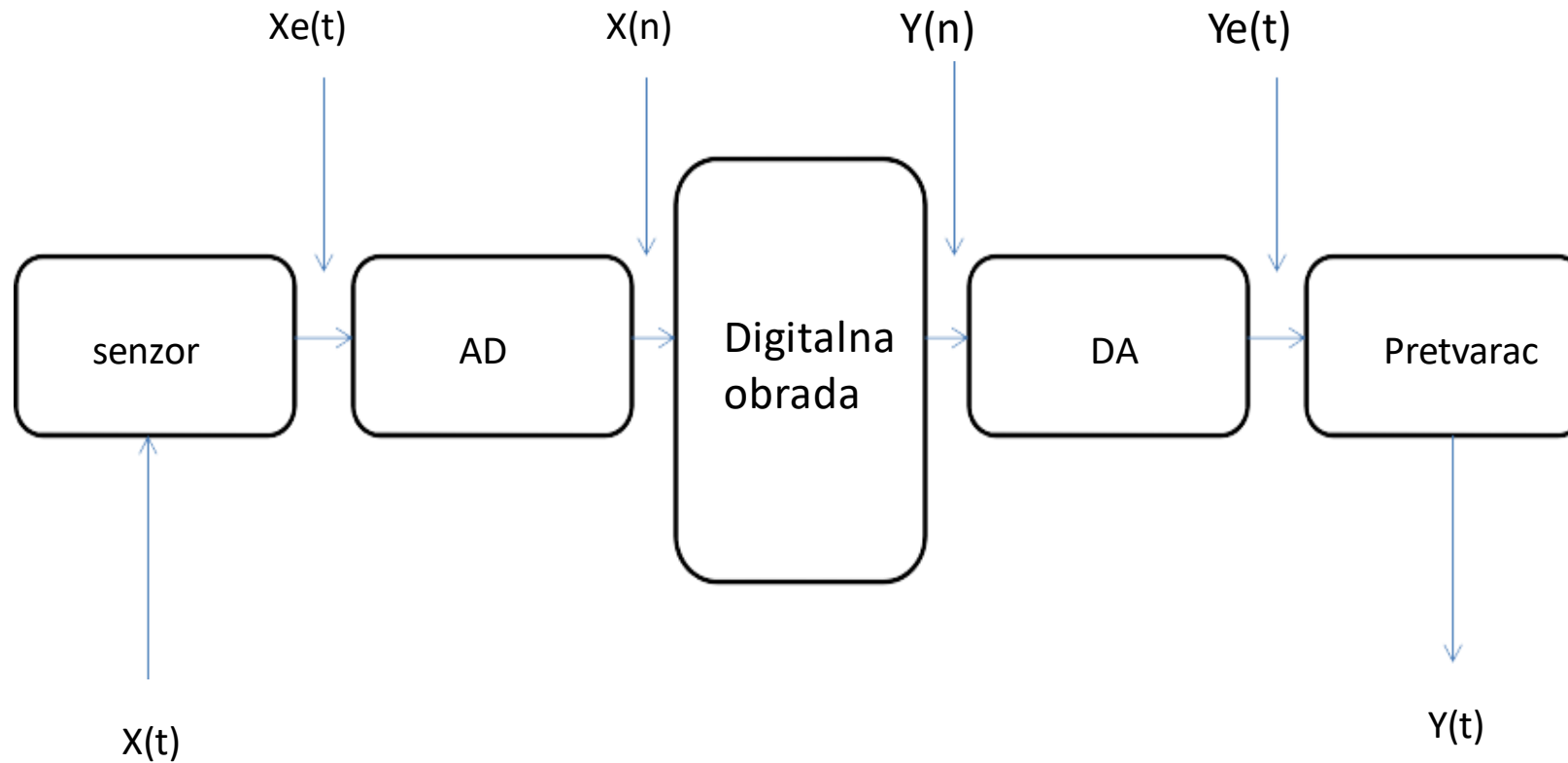
$$v_i(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_u(\tau) d\tau - v_c(0)$$

Ako je napon na kondenzatoru u početnom trenutku bio jednak nuli,  $v_c(0)=0$ ,  
onda je napon na izlazu integratora

$$v_i(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_u(\tau) d\tau$$



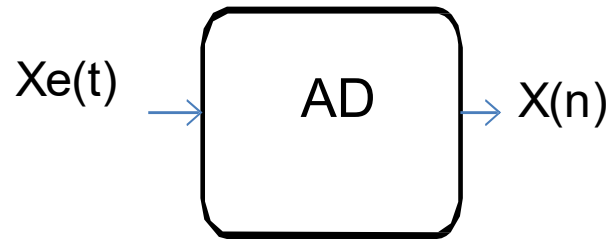
# Princip AD i DA konverzije



# ANALOGNO DIGITALNA KONVERZIJA

Ulaz - analogni napon

Izlaz – digitalna (binarna) vrednost srazmerna ulaznoj veličini



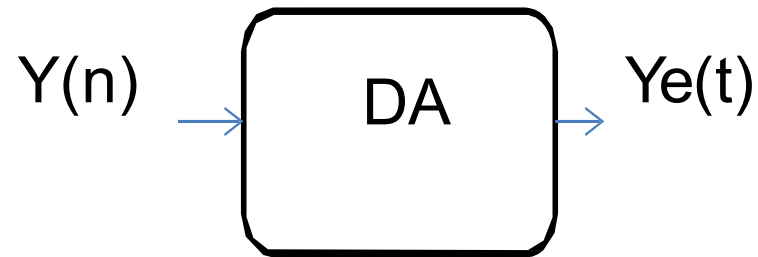
1. Odabiranje u vremenu, diskretizacija u vremenu
2. Diskretizacija po amplitudi

Ograničen signal na izlazu: broj mogućih vrednosti predstave brojeva  
Ograničen signal na ulazu

# Digitalno analogna konverzija

Ulaz – digitalna (binarna) vrednost

Izlaz – analogni napon srazmeran ulaznoj veličini



1. Diskretan po amplitudi
2. Kontinualan u vremenu

Ograničen signal na ulazu: broj mogućih vrednosti predstave brojeva  
Ograničen signal na izlazu