



INTERNET PAMETINI UREĐAJA

prof. dr Dejan S. Aleksić

Prirodno-matematički fakultet, Niš

02. SENZORI

MERNI PRETVARAČI

- Merni pretvarači su uređaji koji pretvaraju energiju iz jednog u drugi oblik.
- Oblici energije mogu biti različiti: kinetička, potencijalna, mehanička, hemijska, električna, magnetska, energija zračenja, nuklearna, energija jonizacije, elastična, gravitaciona, toplotna, ...
- Električni pretvarači – električna energija je u osnovi njihovog funkcionisanja.

PODELA ELEKTRIČNIH PRETVARAČA



Senzori

oni pretvaraju neki oblik energije u električnu energiju.



Aktuatori

to su elektro-mehanički pretvarači koji električnu energiju pretvaraju u mehanički rad.



Indikatori

elektro-pretvarači koji samo ukazuju na prisustvo nekog oblika energije ali ne omogućavaju njenu kvantifikaciju.

SENZORI

- ❑ Senzori su uređaji koji menjaju neko svoje svojstvo (najčešće električno) pod uticajem neke fizičke pojave.
- ❑ Primer termometra sa živinim stubom
- ❑ Ako je izlaz senzora električno veličina (napon, struja, otpornost, kapacitivnost, ...) onda takav senzor nazivamo **električni senzor**.

OSNOVNA PODELA SENZORA

Pasivni senzori

Zahtevaju spoljašnji izvor napajanja (energije). To su senzori koji, pod uticajem merene veličine, menjaju svoju otpornost, kapacitivnost ili induktivnost.

Aktivni senzori

Konvertuju mereni oblik energije u električnu energiju, pri čemu je ili struja ili napon električna veličina proporcionalni merenoj veličini

OSNOVNA PODELA SENZORA

Temperaturni senzori

Ovi senzori mere temperaturu i koriste se u svemu, od termostata do industrijskih procesa za praćenje i kontrolu temperature.

Senzori pritiska

Senzori pritiska mere silu koju vrši fluid (tečnost ili gas). Koriste se u aplikacijama kao što su praćenje pritiska u gumama, vremenska prognoza i industrijski nadzor pritiska.

Senzori blizine

Senzori blizine mogu otkriti prisustvo ili odsustvo objekta unutar određenog opsega. Koriste se u pametnim telefonima za ekrane osetljive na dodir, kao i u industrijskoj automatizaciji za detekciju objekata.

Svetlosni senzori (fotodetektor)

Svetlosni senzori mere nivoe svetlosti i koriste se u aplikacijama kao što su fotografija, podešavanje ambijentalnog svetla u pametnim telefonima i industrijska automatizacija za kontrolu kvaliteta.

PODELA SENZORA

Senzori pokreta

Ovi senzori otkrivaju kretanje i obično se nalaze u sigurnosnim sistemima, konzolama za igre i automatskim sistemima osvetljenja.

Senzori ubrzanja (akcelerometri):

Akcelerometri mere ubrzanje i koriste se u uređajima poput pametnih telefona za otkrivanje promena orijentacije, kao i u vozilima za aktiviranje vazdušnih jastuka.

Senzori vlažnosti

Ovi senzori mere sadržaj vlage u vazduhu i koriste se u meteorološkim stanicama, HVAC sistemima i industrijskim procesima.

Gasni senzori

Gasni senzori mogu detektovati prisustvo i koncentraciju određenih gasova. Koriste se u aplikacijama kao što su praćenje kvaliteta vazduha, detekcija curenja gasa i industrijska bezbednost.

PODELA SENZORA

Senzori zvuka (mikrofoni)

Mikrofoni pretvaraju zvučne talase u električne signale i koriste se u komunikacionim uređajima, opremi za snimanje zvuka i sistemima za prepoznavanje glasa.

Senzori sile

Senzori sile mere silu primenjenu na objekat i nalaze primenu u aplikacijama kao što su vage, medicinski uređaji i industrijska robotika.

Magnetni senzori

Ovi senzori mere magnetna polja i nalaze se u kompasima, mapiranju magnetnog polja i nekim aplikacijama u automobilskoj industriji.

Senzori naprezanja

Senzori naprezanja mere deformaciju ili naprezanje u materijalima i koriste se u aplikacijama kao što su nadzor zdravlja konstrukcija i ćelije za opterećenje u industrijskim vagama.

Biometrijski senzori

Ovi senzori mere jedinstvene biološke karakteristike, kao što su otisci prstiju, šare mrežnjače ili crte lica, radi bezbednosti i identifikacije.

OČEKIVANE K-KE SENZORA

Niska cena - kako bi se primenili u velikom broju.

Mala veličina - da bi se nesmetano instalirali u bilo kom okruženju.

Automatska identifikacija

Minimalna potrošnja -višegodišnje funkcionisanje bez promene baterije ili mogućnost prikupljanja energije.

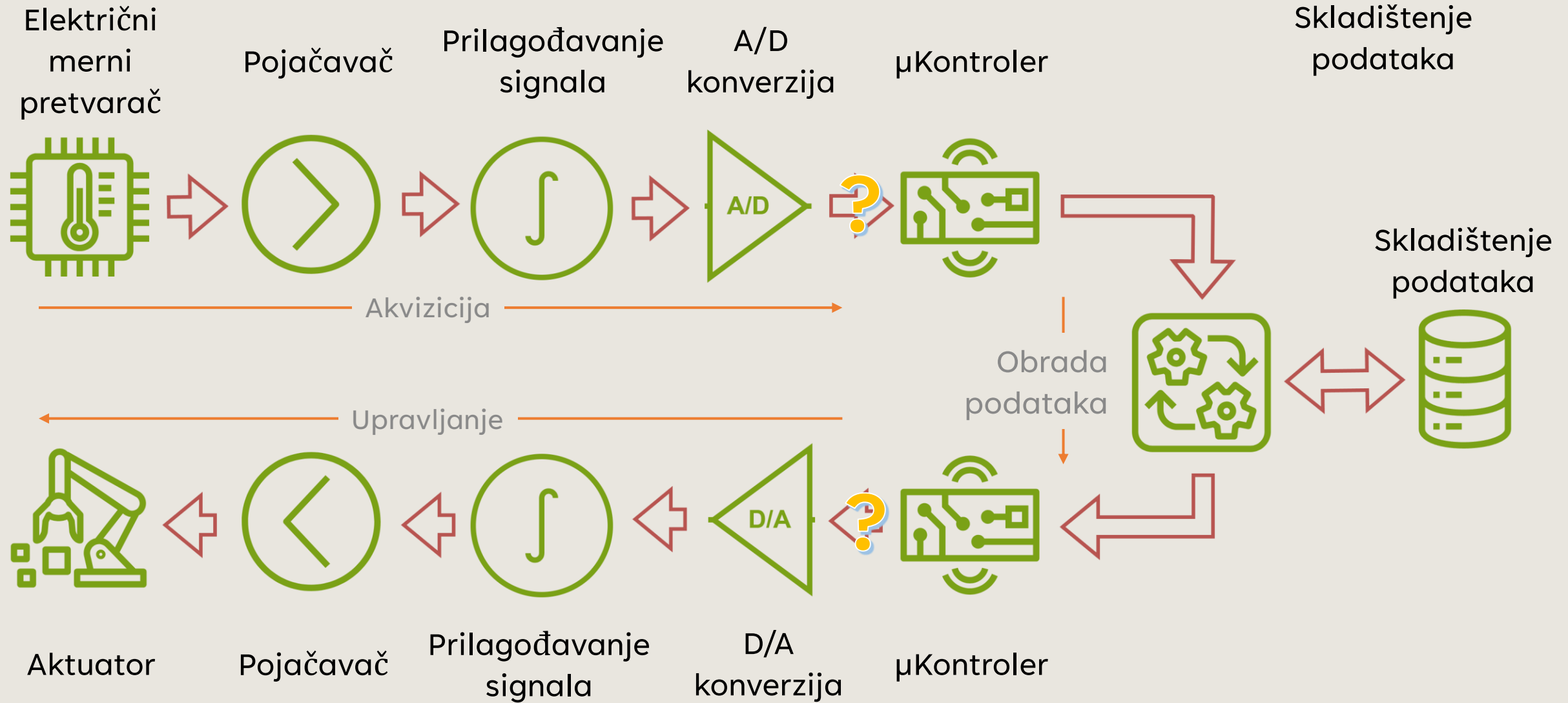
Održavanje - bez potrebe održavanja ili sa minimalnim mogućim održavanjem.

Samo-dijagnostika i samostalan oporavak

Auto-kalibracija ili daljinska kalibracija

Lokalna obrada – kako bi se smanjio internet saobraćaj ka cloud-u

AKVIZICIJA I UPRAVLJANJE – OPŠTA ŠEMA



AKVIZICIJA I UPRAVLJANJE – OPŠTA ŠEMA

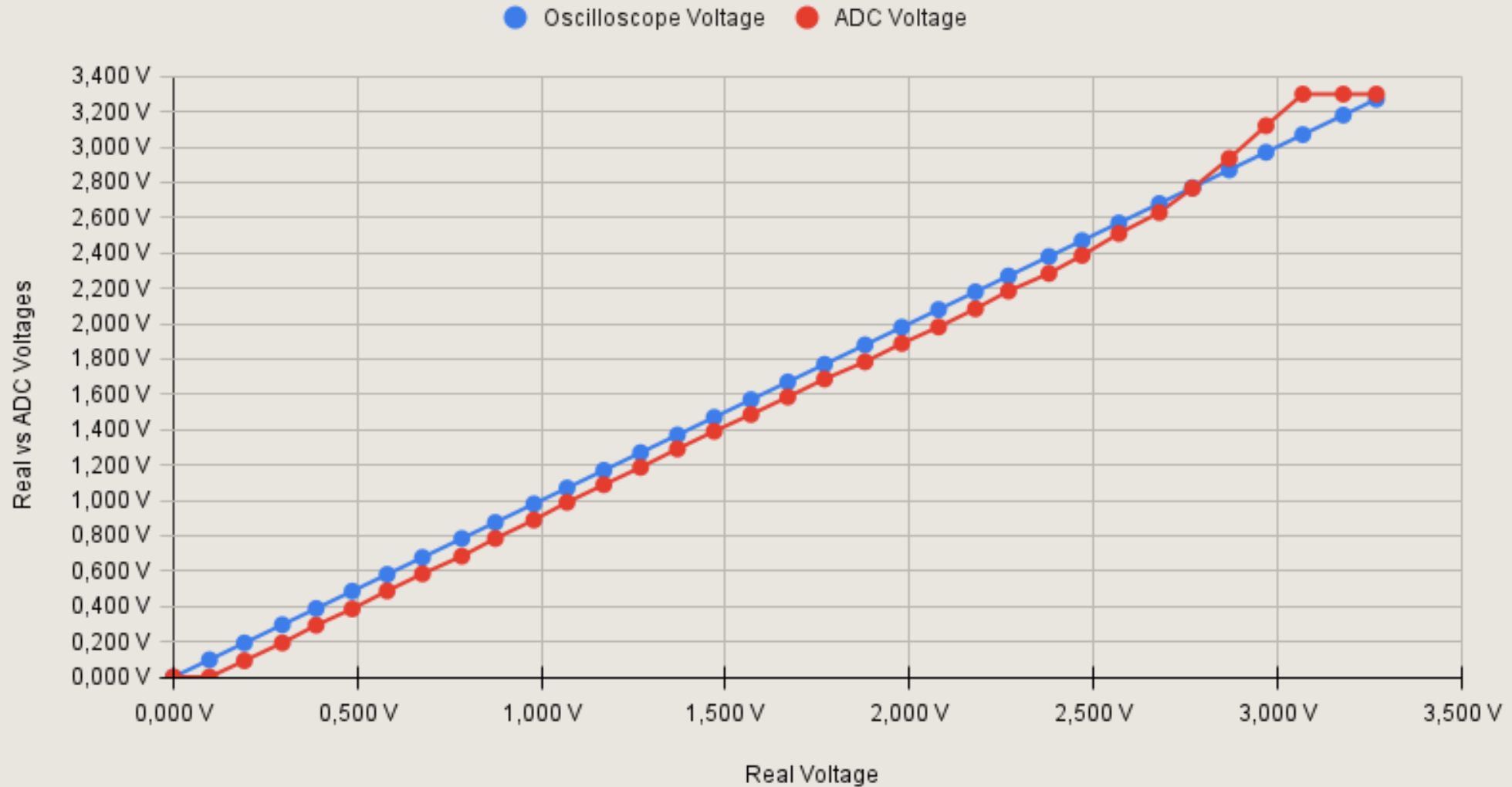
- ❑ Obrada analognih signala u sistemima za akviziciju podataka uvek uključuje proces konverzije, prelazak iz analognog u digitalni domen i obrnuto
- ❑ Tipičan tok obrade i generisanja analognih signala unutar sistemima za akviziciju podataka prikazan je na slici na prethodnom slajdu
- ❑ Ulazi u sistem su procesi koji generišu analogne signale, kao što su temperatura, pritisak, vlažnost, brzina, itd.
- ❑ Prvi korak u obradi ovih signala jeste da se oni prevedu u odgovarajuće električne signale, najčešće u napon ili struju. Ovo je zadatak senzora.
- ❑ Senzori transformišu neelektrične veličine u električne, kao što su napon, struja, otpornost, količina naelektrisanja, električno ili magnetno polje, itd..
- ❑ Vrlo često je električni signal generisan na izlazu senzora neadekvatan za dalju obradu te je neophodno njegovo prilagođavanje (signal conditioning) pre dalje obrade
- ❑ Na primer, senzor pritiska na svom izlazu generiše napon koji je proporcionalan pritisku, ali se vrednost generisanog napona meri milivoltima, što je često nedovoljno za dalju obradu (A/D konverziju) tipično koja zahteva da je veličina ulaznog napona iz opsega nekoliko volti
- ❑ Stoga, je pre dalje obrade, neophodno pojačati vrednost generisanog napona kako bi on imao zahtevanu veličinu
- ❑ Pojačavanje signala je vrlo čest korak u procesu njegovog prilagođavanja. Drugi tipovi obrade u procesu prilagođavanja uključuju linearizaciju, filtriranje, konverziju impedanse, itd.

PRILAGODJAVANJE SIGNALA



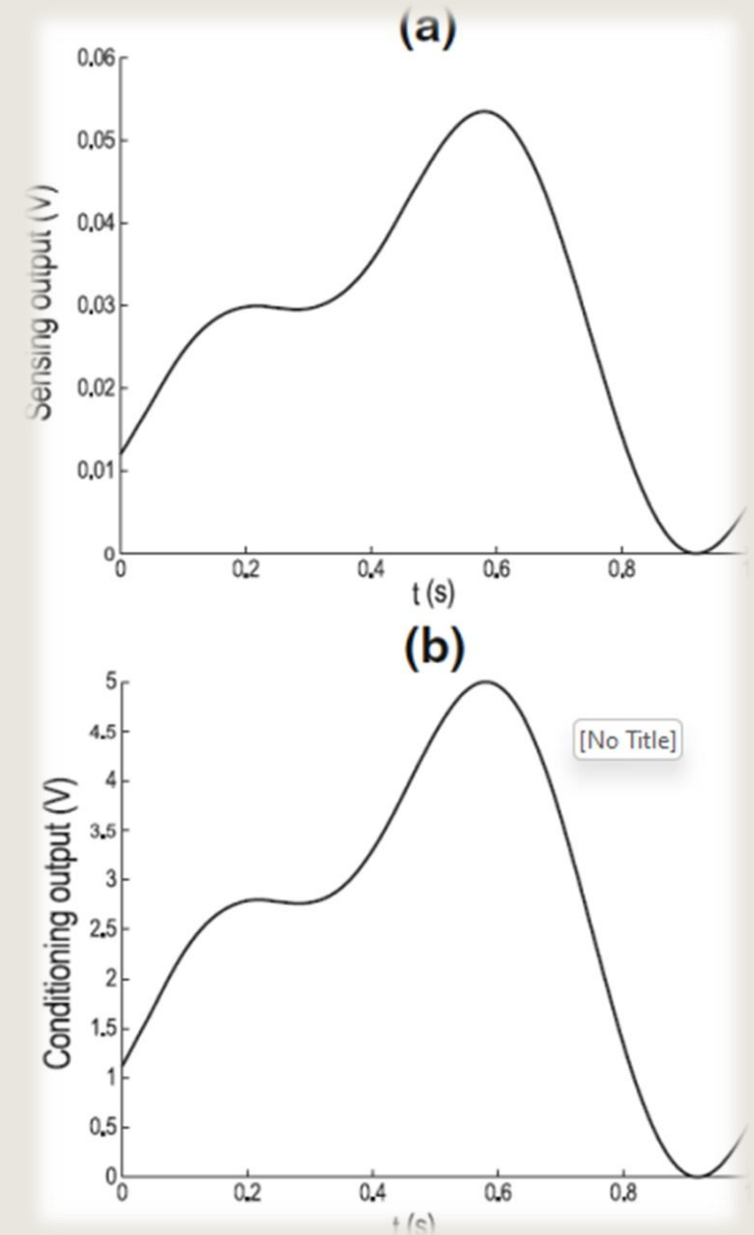
LINEARNIZACIJA SIGNALA

ADC Voltage vs Real Voltage

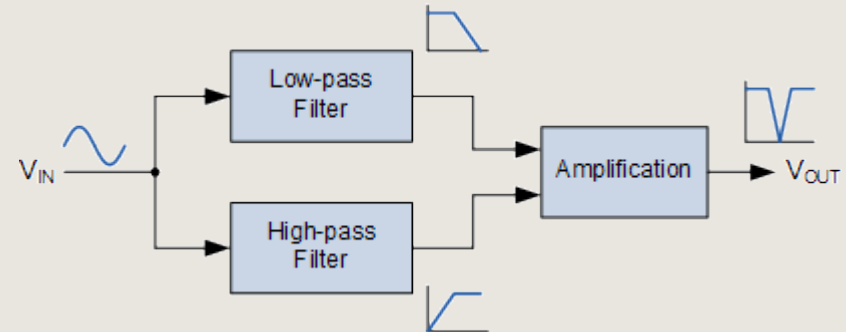
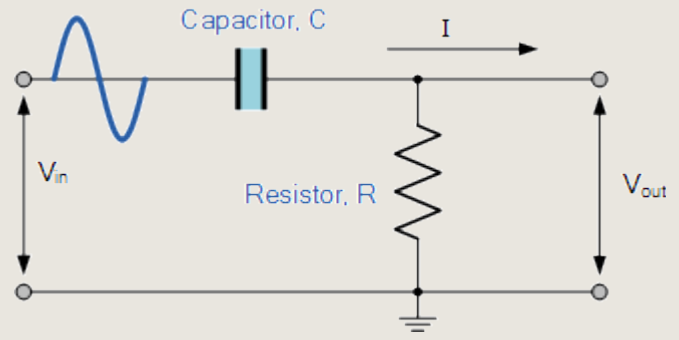
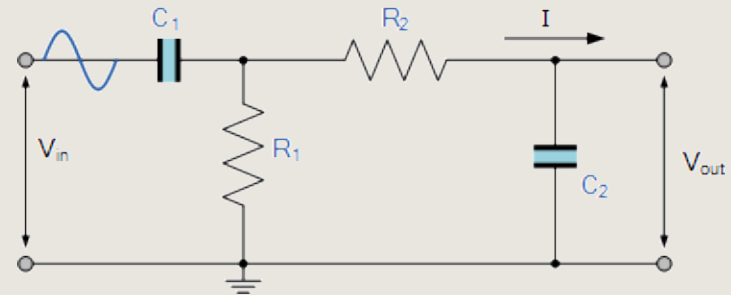
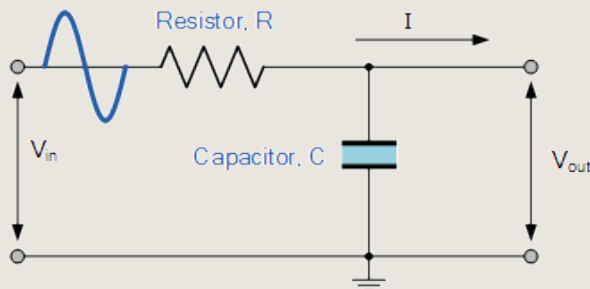
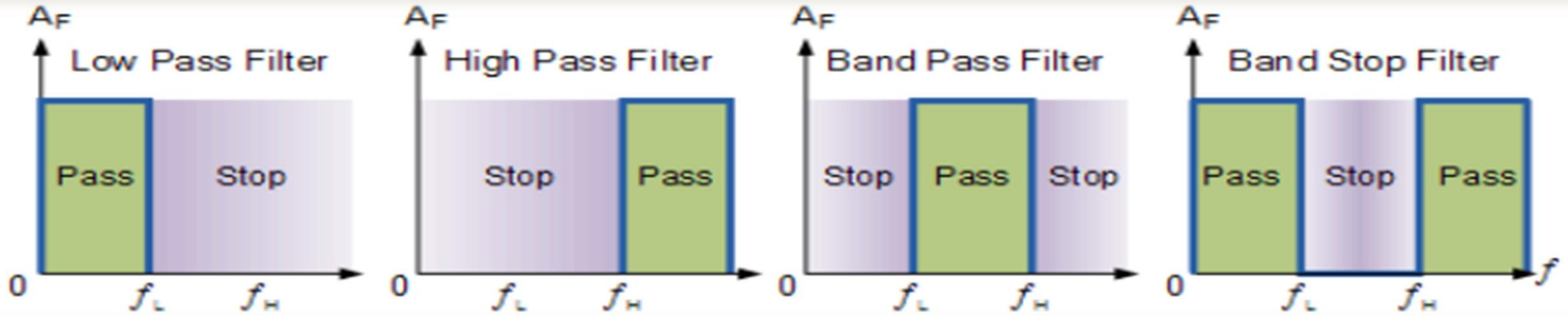


POJAČANJE SIGNALA

- Posmatrajmo signal sa slike a) koji može predstavljati izlaz nekog senzora
- Sa slike a) se može videti da vrednosti signala pripadaju milivoltnom opsegu
- Mi želimo da ovaj signal digitalizujemo, koristeći A/D konvertor koji zahteva da ulazni signal uzima vrednosti iz opsega 0-5V
- Da bi smo naš signal uspešno digitalizovali prvo ga moramo prilagoditi, u ovom slučaju pojačati sa faktorom pojačanja od 98.33
- Nakon prilagodnog kola (naponskog pojačavača u ovom slučaju), izgled ulaznog analognog signala koji se dovodi na ulaz A/D konvertora prikazan je na slici b)

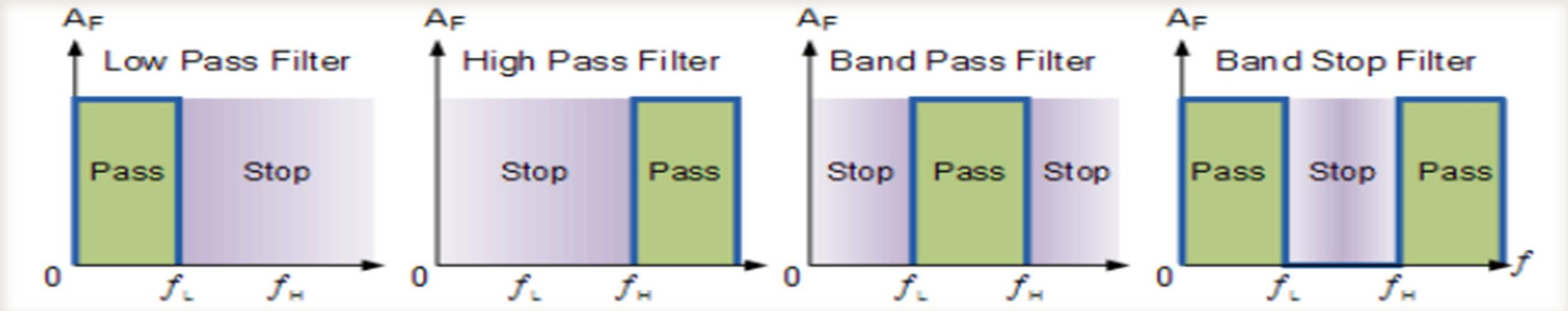


FILTRIRANJE SIGNALA



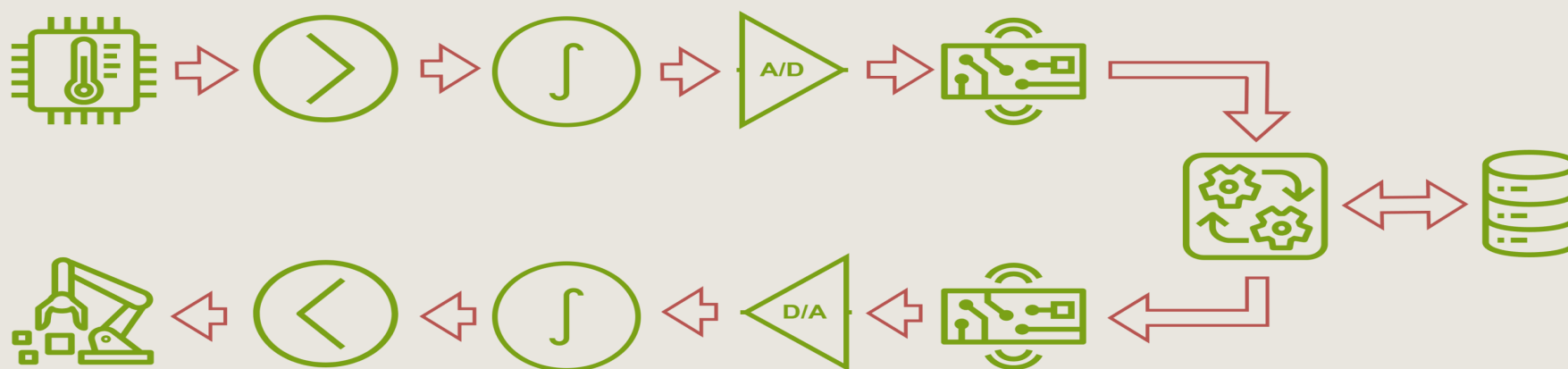
FILTRIRANJE SIGNALA

- Filtriranjem se uklanjaju visokofrekventne (niskofrekventne) komponente signala koji se meri
- Potrebno je prilagoditi signal propusnom opsegu instrumenta (akvizicionog sistema)
- Odstranjuje se šum i smetnje koje su van opsega signala koji se meri



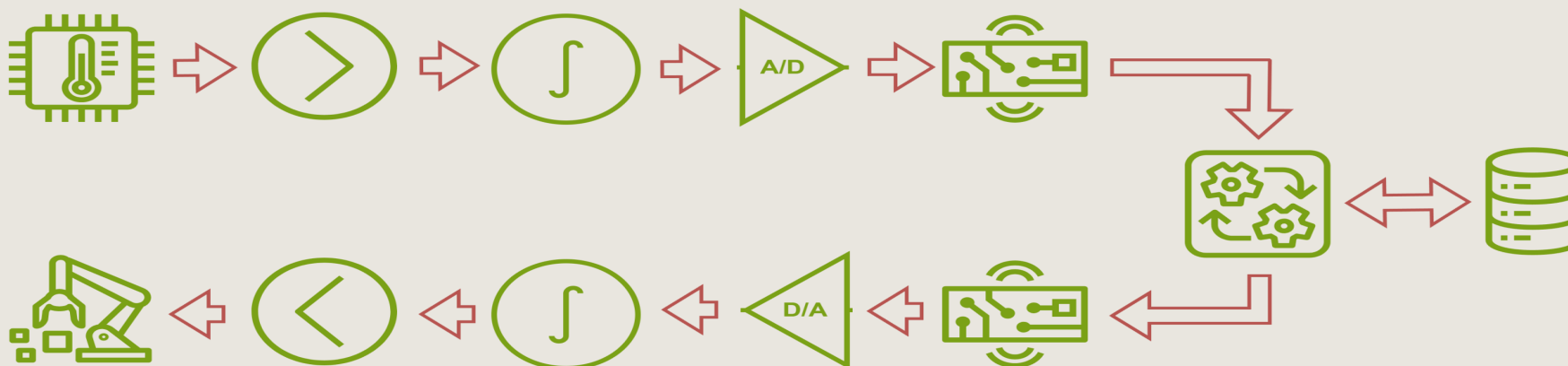
A/D I D/A KONVERZIJA

- Izlaz prilagodnog kola obično se vodi na ulaz analogno/digitalnog (A/D) konvertora
- Svrha A/D konvertora je konverzija signala iz analognog domena u digitalni
- Izlaz A/D konvertora predstavljaju digitalne reči koje se dalje mogu procesirati unutar digitalnog sistema
- Kao rezultat obrade unutar digitalnog sistema biće generisane neke druge digitalne reči
- Zavisnosti od aplikacije ove digitalne reči mogu se direktno koristiti, ali je najčešće potrebno izvršiti njihovu konverziju iz digitalnog domena nazad u analogni, korišćenjem digitalno/analognog (D/A) konvertora



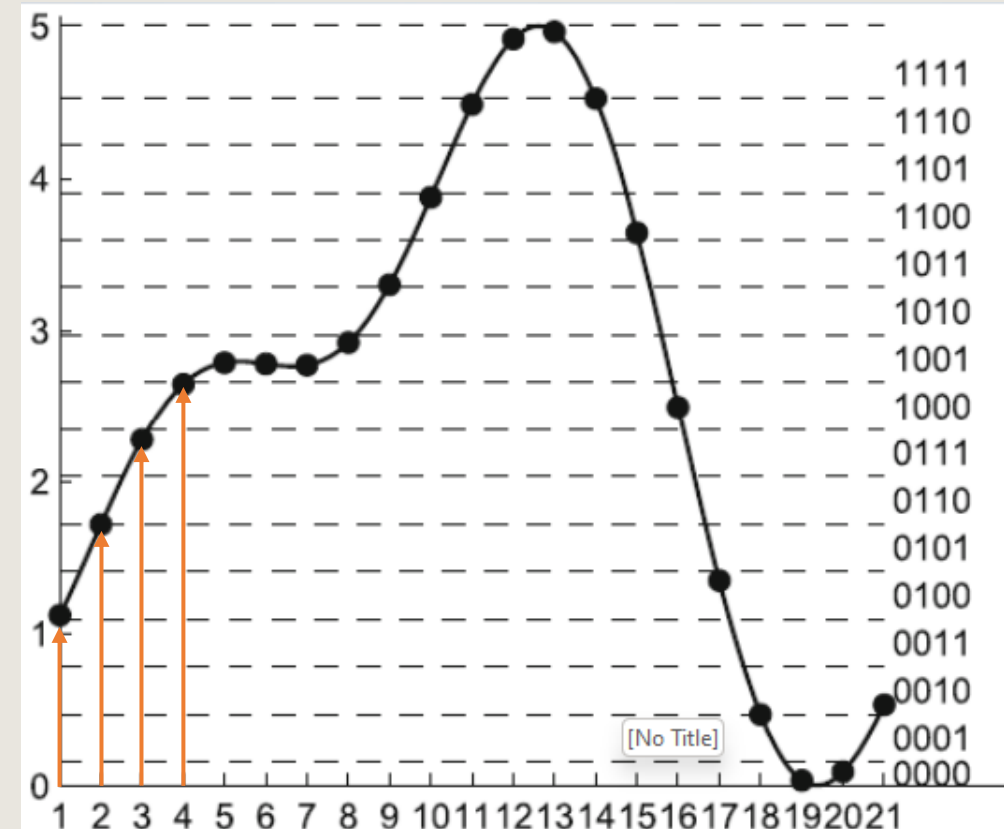
A/D I D/A KONVERZIJA

- Izlaz D/A konvertora je analogni signal, napon ili struja, čija je jačina proporcionalna sa vrednošću digitalne reči koja se nalazi na ulazu D/A konvertora
- Vrlo često je, pre korišćenja ovako generisanog analognog signala, potrebna njegova dodatna obrada kako bi se on prilagodio potrebama krajnjeg korisnika
- Ova obrada obično uključuje filtriranje, uobličavanje, itd...
- Poslednji korak može uključivati proces transformacije generisane električne veličine u odgovarajuću neelektričnu, što je zadatak aktuatora
- Primeri transformacije električnih u neelektrične veličine uključuju generisanje akustičkih signala, obrtnog momenta, temperature, pritiska na osnovu odgovarajućih električnih signala



PRINCIP RADA A/D KONVERTORA

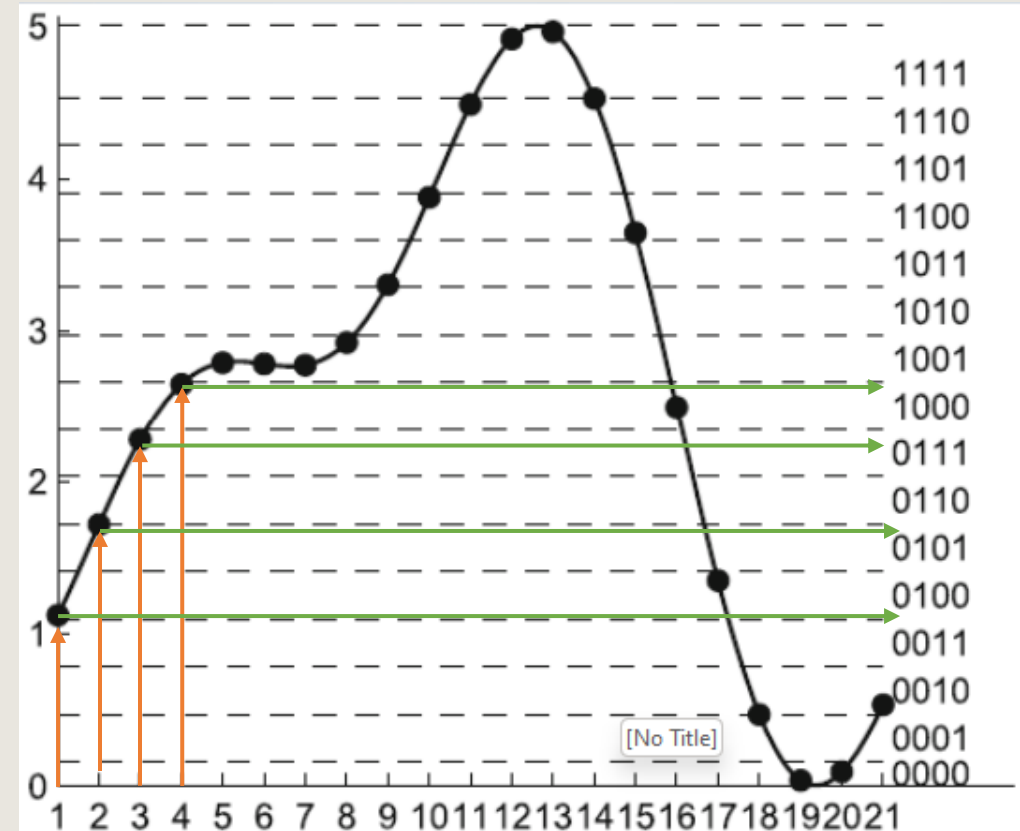
- Pretpostavimo da je A/D konvertor koji koristimo za konverziju 4-bitni, odnosno da svaki odbirak ulaznog analognog signala koduje sa 4-bitnim binarnim rečima
- Prvi korak u A/D konverziji je da se izvrši vremensko odabiranje ulaznog analognog signala u ekvidistantnim vremenskim intervalima
- Na slici desno može se videti prvih 21 odbiraka ulaznog analognog signala
- U slučaju korišćenja 4-bitnog A/D konvertora imamo ukupno $2^4 = 16$ kodnih reči
- Ulazni opseg A/D konvertora se stoga deli na 16 uniformnih intervala, a svakom od intervala pridružuje se jedna kodna reč
- Svaki odbirak koji „upadne“ u odgovarajući interval koduje se sa kodnom rečju koja je asocirana datom intervalu



PRINCIP RADA A/D KONVERTORA

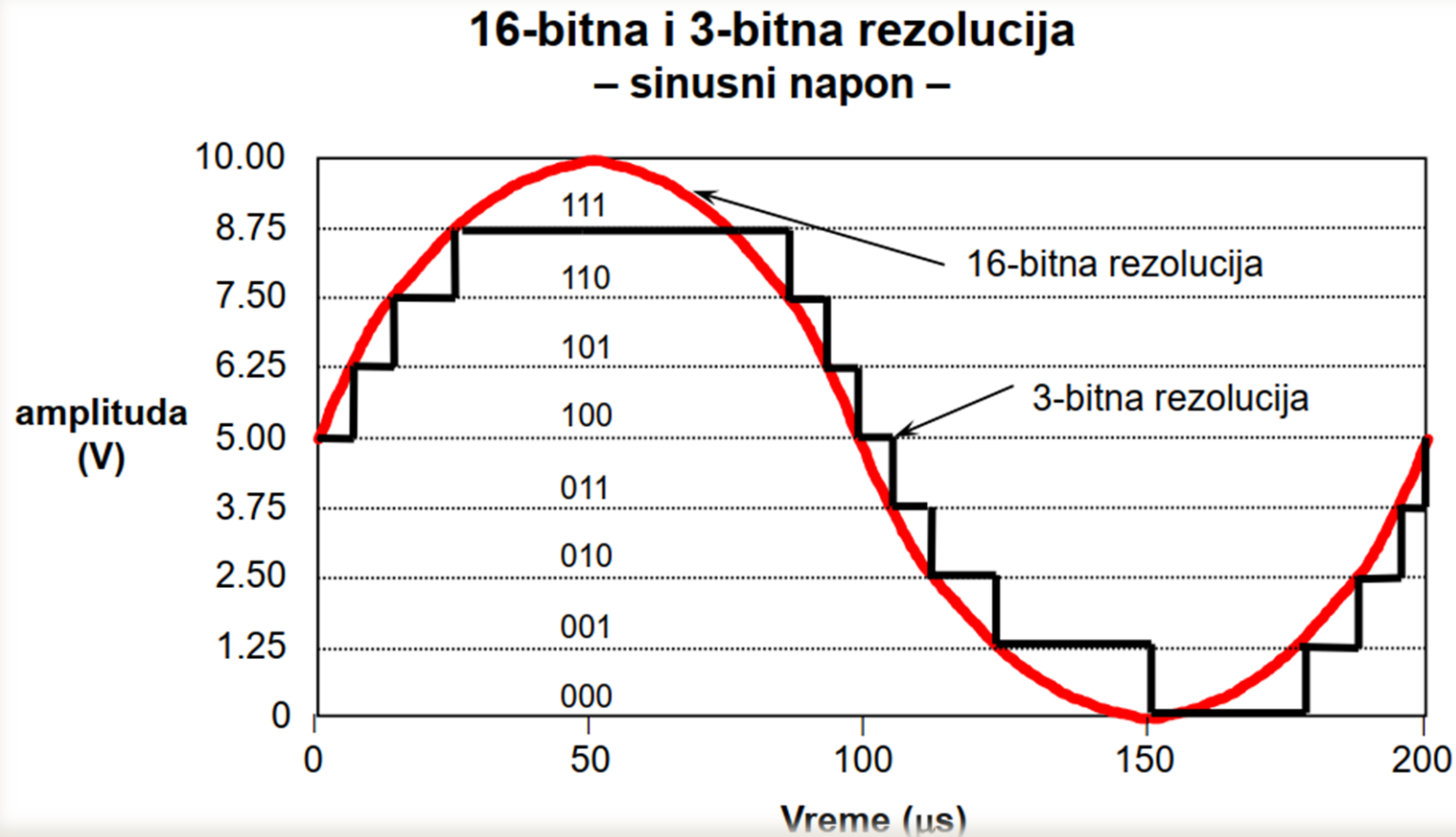
- Na primer, odbirak 1 „upada“ u interval ulaznog napona kome je pridružena kodna reč 0100
- Primenjujući ovaj princip i na ostale odbirke analognog ulaznog signala dobijamo njegovu reprezentaciju u digitalnoj formi, u vidu sledeće sekvence 4-bitnih digitalnih reči:

0100, 0101, 0111, 1000,
1001, 1001, 1001, 1001,
1011, 1100, 1110, 1111,
1111, 1110, 1100, 1000,
0100, 0001, 0000, 0000,
0010



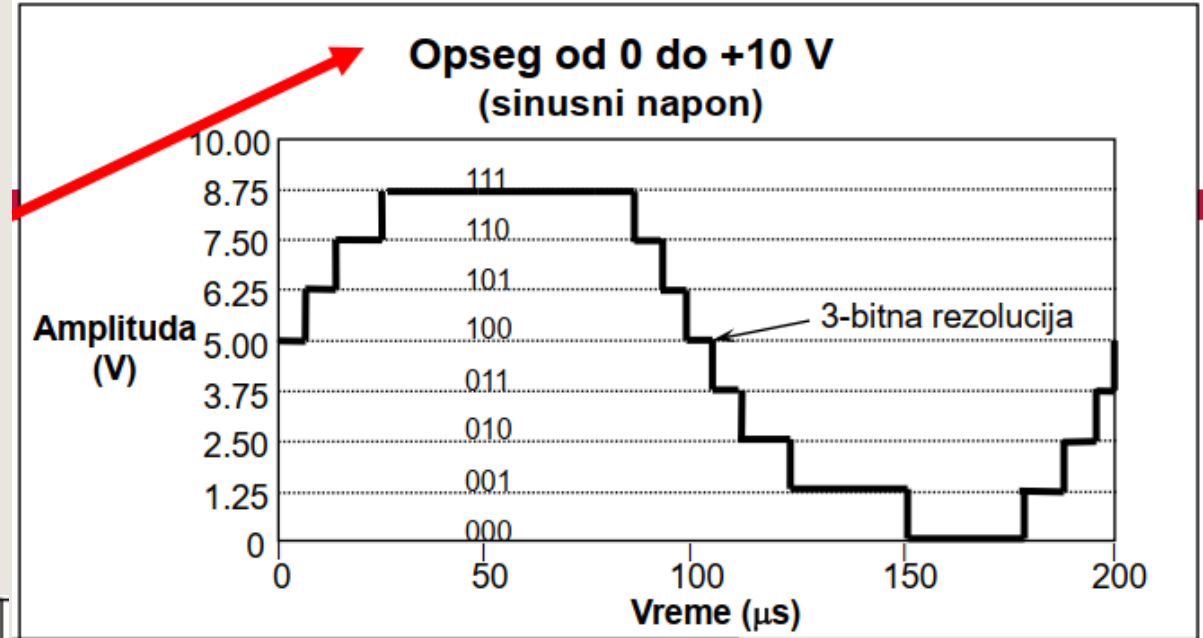
ODABIR OPSEGA A/D KONVERTORA

- 3-bitna rezolucija ima 8 naponska nivoa
- 16-bitna rezolucija ima 65536 naponska nivoa

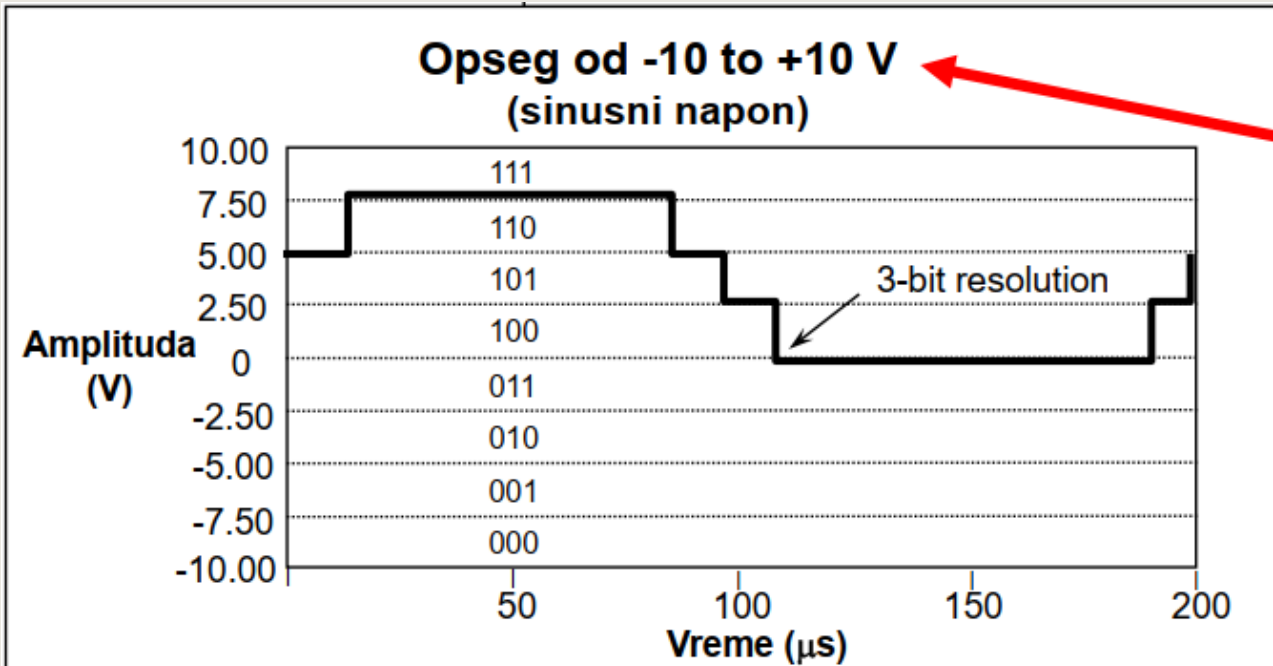


ODABIR OPSEGA A/D KONVERTORA

Dobro izabran opseg
- 3-bitna rezolucija, 8 nivoa

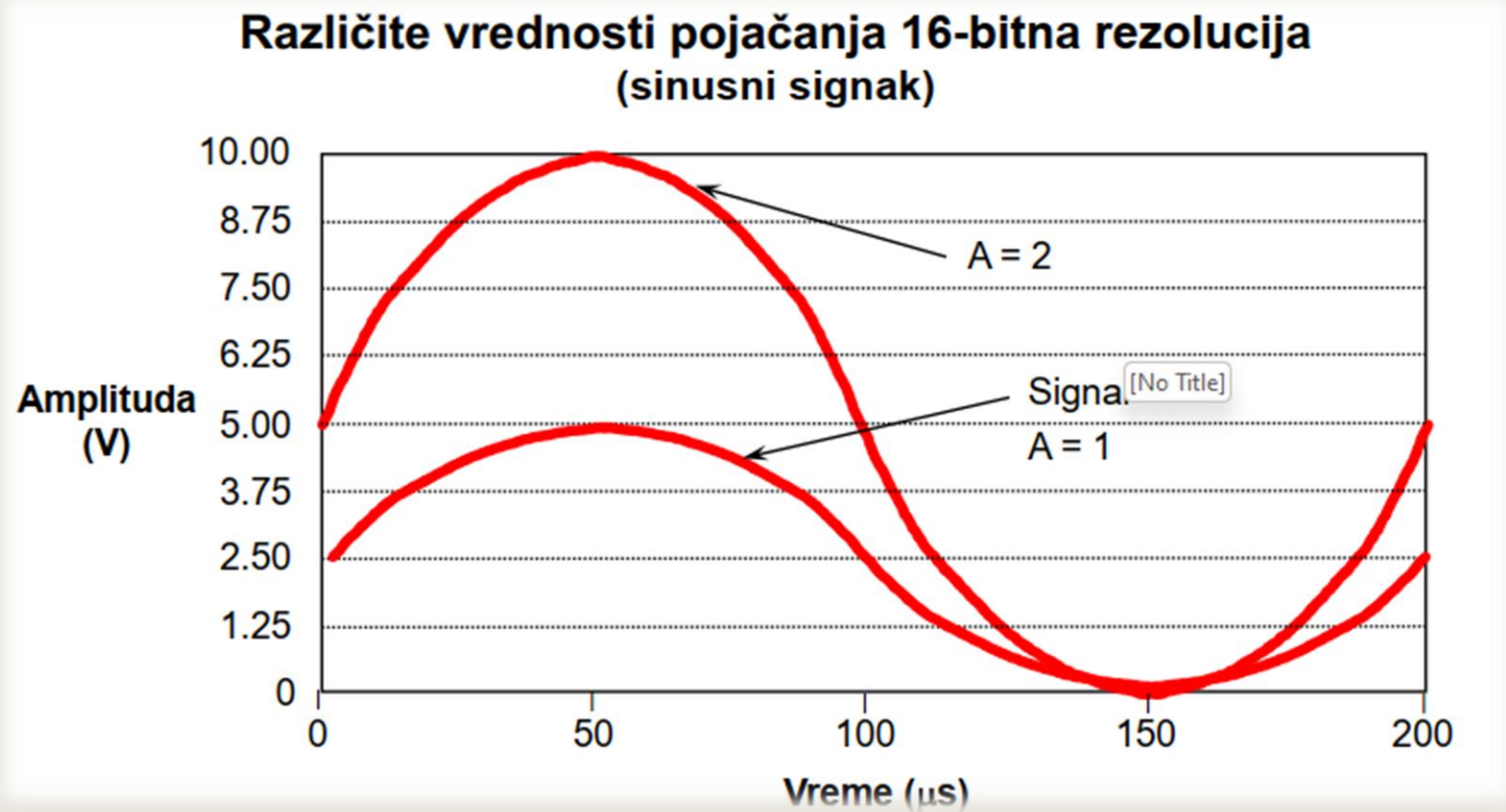


Loše izabran opseg
- 3-bitna rezolucija, 4 nivoa



ODABIR OPSEGA A/D KONVERTORA

- Opseg signala 0 do 5 V
- Izabrani opseg A/D konvertora 0 do 10 V
- Pojačanje 2



VREMENSKO ODABIRANJE I NIKVISTOV KRITERIJUM

- Vremenski interval između dva sukcesivna odbirka naziva se **perioda odabiranja**,

$$T_s$$

- Inverzna vrednost periode odabiranja naziva se **frekvencija odabiranja**,

$$f_s = 1/T_s$$

- Centralno pitanje prilikom A/D konverzije predstavlja određivanje minimalne potrebne učestanosti odabiranja koja će obezbediti vernu reprezentaciju originalnog analognog signala preko njegovih odbiraka
- Odgovor na ovo pitanje daje nam **Nikvistov kriterijum**:

Ukoliko je f_h najviša učestanost na kojoj postoji komponenta u spektru analognog signala tada učestanost odabiranja signala f_s mora da zadovoljava sledeću nejednačinu

$$f_s \geq 2 \cdot f_h$$

SEMPLOVANJE SIGNALA

- Analogni signal je kontinualan
- Semplovan signal je niz diskretnih vrednosti dobijenih u određenim vremenskim intervalima.
- Što je frekvencija semplovanja veća, semplovani signal bolje aproksimira realni.
- Ukoliko je frekvencija semplovanja mala, pojavljuje se **aliasing**.



Fizički signal

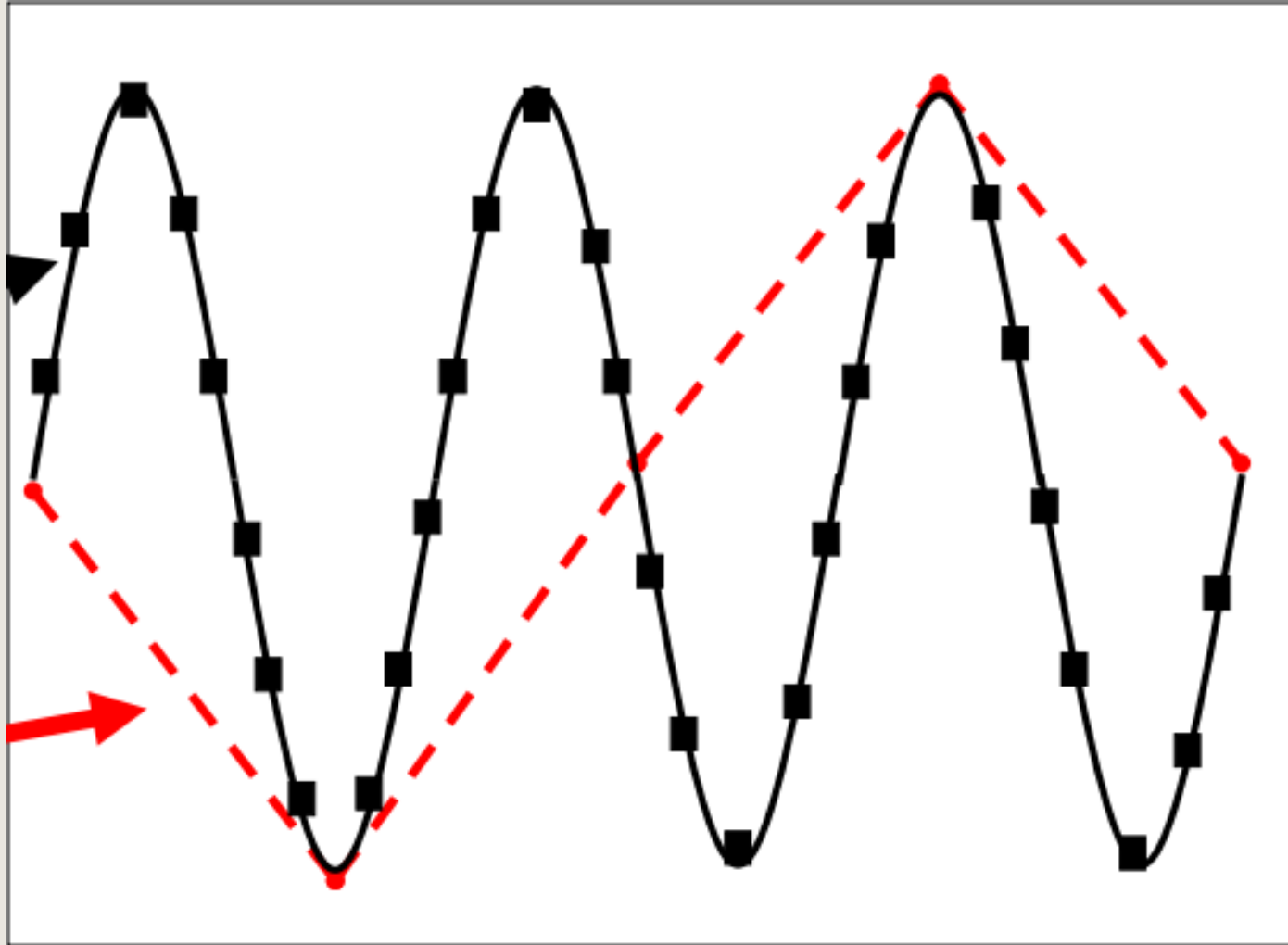


Semplovan signal

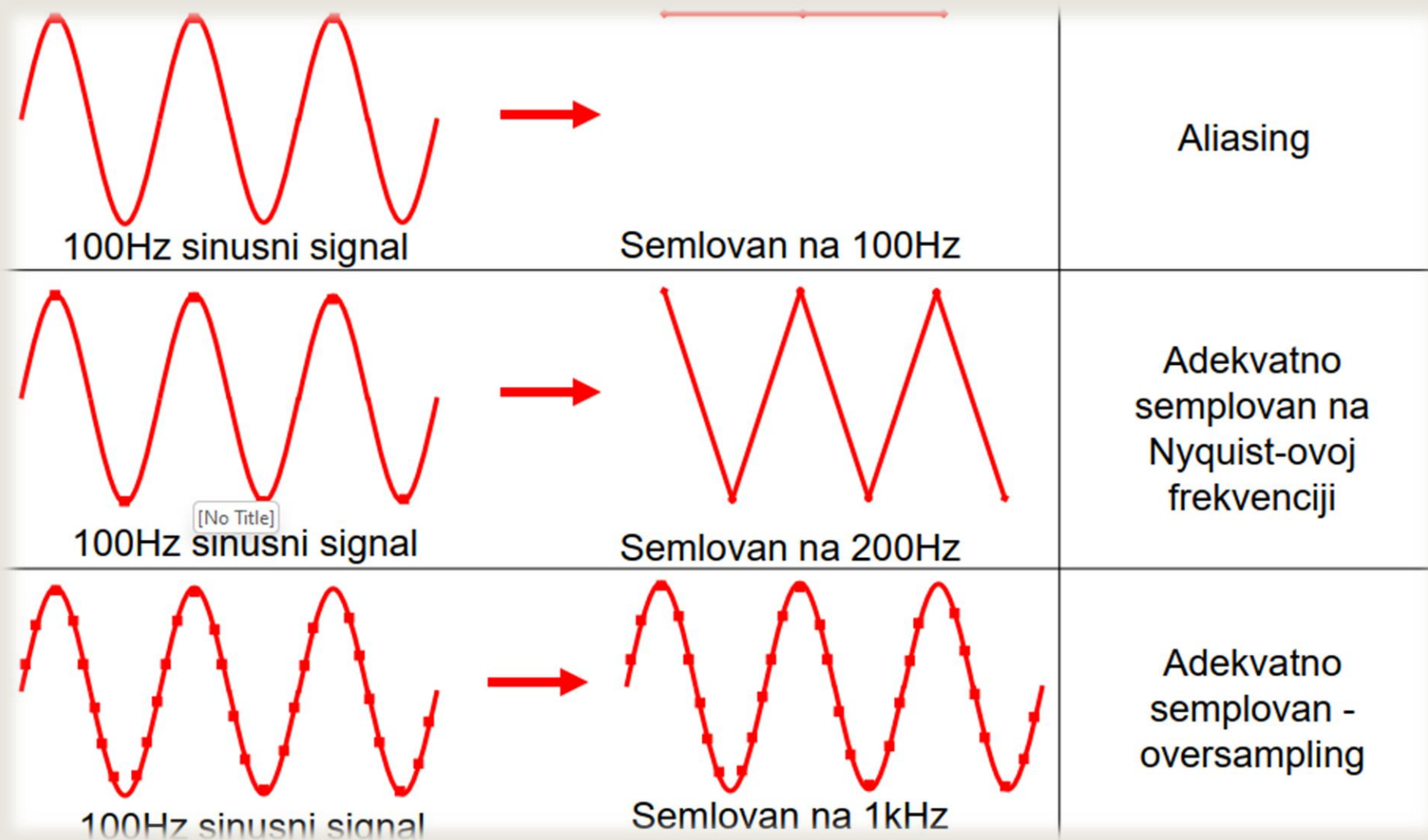
SEMPLOVANJE SIGNALA

Ispravno semplovan signal

Signal sa aliasingom



PRIMERISEMPLOVANJA SIGNALA



VRSTE A/D KONVERTORI

U praksi postoji veliki broj različitih vrsta A/D konvertora, pri čemu su najčešći sledeći tipovi:

- **Flash ADC** – najbrži tip A/D konvertora, iako su limitirani u pogledu rezolucije na maksimalno 8 bita. Vreme konverzije ne zavisi od rezolucije niti od veličine ulaznog analognog signala. Imaju veliku potrošnju.
- **ADC sa protočnom obradom** (Pipelined ADC) – dobra alternativa flash A/D konvertorima sa brzinama konverzije do 100 Msps (Mega samples/sec). Imaju veću rezoluciju i manju potrošnju od flash A/D konvertora.
- **ADC sa sukcesivnom aproksimacijom** – dobra alternativa za aplikacije koje zahtevaju srednji opseg rezolucije, kao u slučaju ADC sa protočnom obradom, ali sa još manjom potrošnjom. Međutim, brzina konverzije je znatno manja, oko 5 Msps i opada kako raste rezolucija.
- **Sigma delta ADC** – omogućavaju najveću rezoluciju, od 16 do 26 bita. Sporiji su od ADC sa sukcesivnom aproksimacijom.
- **Integrišući ADC** (Slope ADC) – najsporiji tip A/D konvertora. Odlični su za konverziju DC signala i imaju jako malu potrošnju.