

# DIGITALNI KOMUNIKACIONI SISTEMI

## Vežba 4

Digitalizacija signala. Talasni oblici digitalnih signala

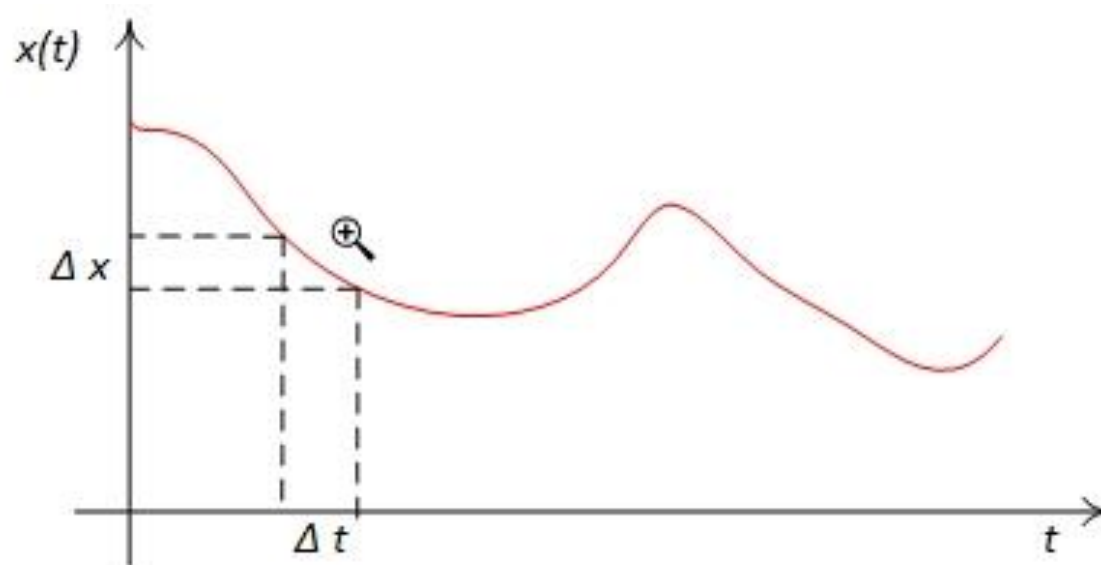
# Uvod

- Karakteristika savremenih digitalnih telekomunikacionih sistema je digitalna struktura celokupnog telekomunikacionog lanca. Kada se prenosi digitalna poruka, nema potrebe za dodatnim akcijama jer talasni oblik poruke je prilagođen liniji veze (Vežba 1: strana 6, 10) ali kada se prenosi analogna poruka istu je potrebno, na samom početku **digitalizovati**.
- Proces digitalizacije još se naziva analogno-digitalna konverzija (skraćeno A/D)
- Na kraju telekomunikacionog lanca, ako je potrebno poruku vratiti u izvorni (analogni) oblik vrši se inverzan proces, odnosno digitalno-analogna konverzija (skraćeno D/A)
- Veliki broj signala izvorno je u analognom obliku: govor, temperatura, slika...



# Analogni signal

- Osnovna karakteristika analognog signala je što smanjivanjem  $\Delta t$  vrednost  $\Delta x$  će biti različita od 0



- Primer: promena temperature vazduha – u trenutku 20:10:05 temperatura je  $15,327^{\circ}\text{C}$  a u trenutku 20:10:06 temperatura je  $15,326^{\circ}\text{C}$



# Princip A/D konverzije

- Princip A/D konverzije se zasniva na:
  - diskretizacija
  - kvantizacija
- Diskretizacija signala je odabiranje signala po vremenskoj osi, odnosno uzimanje uzoraka u tačno određenim trenucima vremena
- Kvantizacija je odabiranje signala po amplitudskoj osi, odnosno izbor jedne od dve ponuđene vrednosti amplitude signala. Izabraće se ona komponenta koja je bliža stvarnoj vrednosti signala



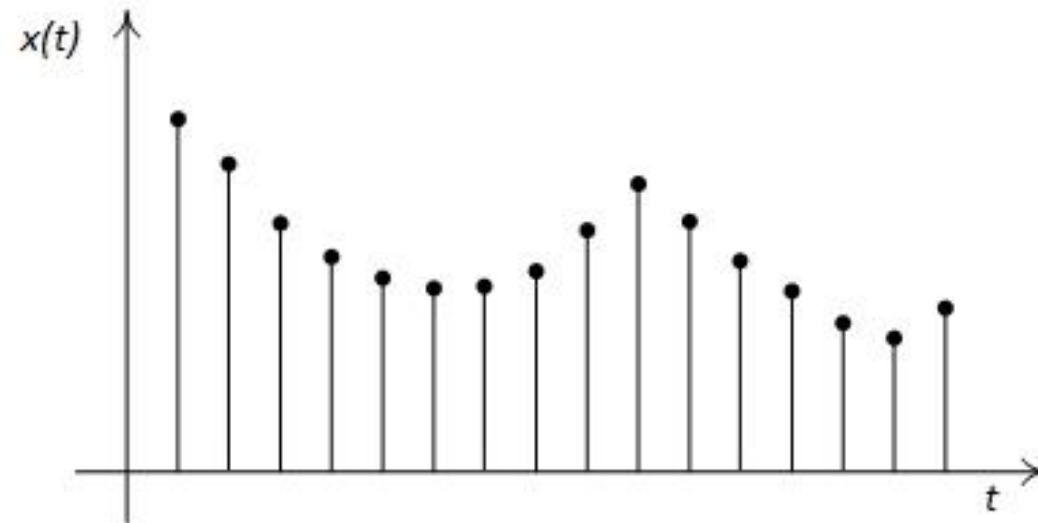
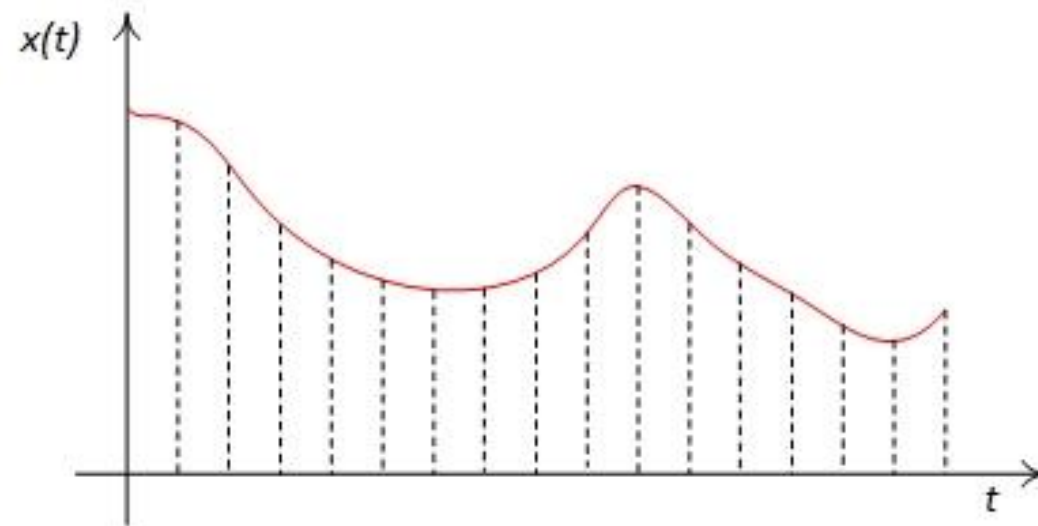
# Diskretizacija

- Shodno teoremi odabiranja, kontinualan signal ograničen učestanošću  $f_m$  može se diskretizovati u vrmemenu, odnosno može se predstaviti svojim odbircima uzetim u određenim vremenskim trenucima.
- Pri tome, perioda odabiranja iznosi  $T \leq 1/2f_m$
- Pre procesa diskretizacije signal se propušta kroz NF filter (filter propusnik niskih učestanosti) čime se ograničava njegova maksimalna učestanost u spektru.



# Diskretizacija

- Talasni oblik signala pre i nakon postupka diskretizacije
- Vrednosti amplitude pojedinačnih komponenti i dalje mogu imati bilo koju vrednost u intervalu  $[0, X_{max}]$



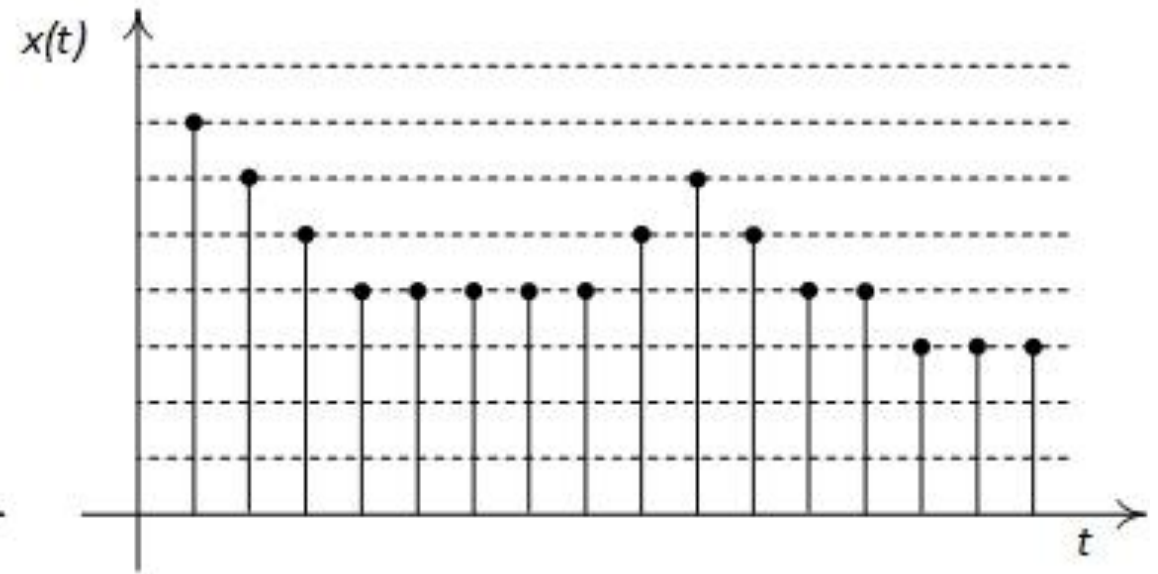
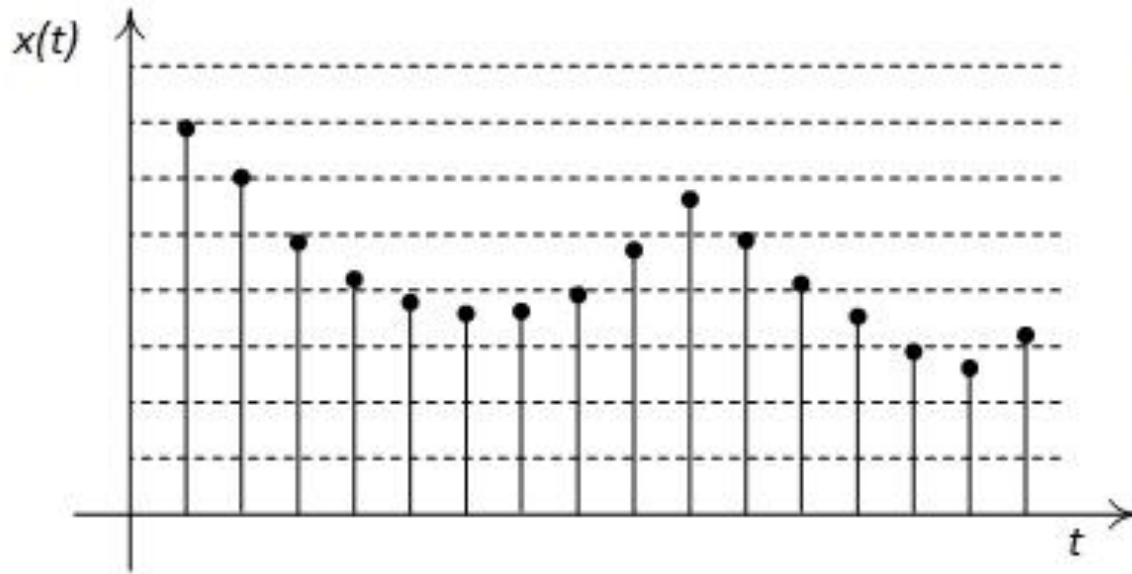
# Kvantizacija

- Sledeći sklop u A/D konvertoru je kvantizator, u njemu se obavlja diskretizacija po amplitudi odbiraka korisnog signala. Ako odbirci kontinualnog signala obrazuju skup u kome su između neke dve granice moguće sve vrednosti amplitude odbiraka takav skup je neograničen. Međutim, uzimajući u obzir kriterijum o vernosti reprodukcije, uticaj nesavršenosti sistema kao i uticaj šuma u toku prenosa... moguće je umesto tačnih vrednosti amplituda odbiraka prenositi odbirke čije su vrednosti zaokružene na neku blisku unapred definisanu vrednost.
- To znači da će umesto svakog odbirka, iz čitave klase odbiraka čije su amplitude vrlo bliske, prenositi uvek jedan te isti odbirak unapred izabrane amplitude.
- Osnovna karakteristika procesa kvantizacije je unošenje greške, odnosno šuma kvantizacije, u signal koji se prenosi. Uticaj šuma zavisi od rezolucije, odnosno od veličine koraka kvantizacije.



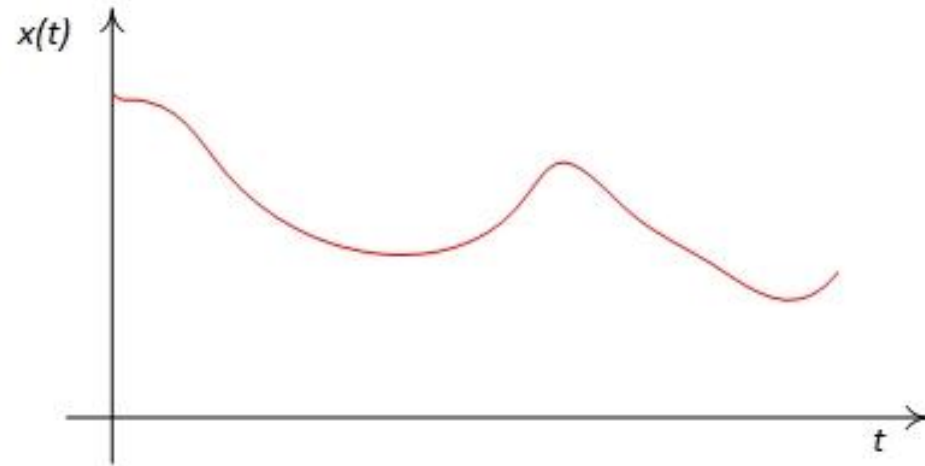
# Kvantizacija

- Proces kvantizacije, odnosno *zaokruživanja* na najbližu vrednost

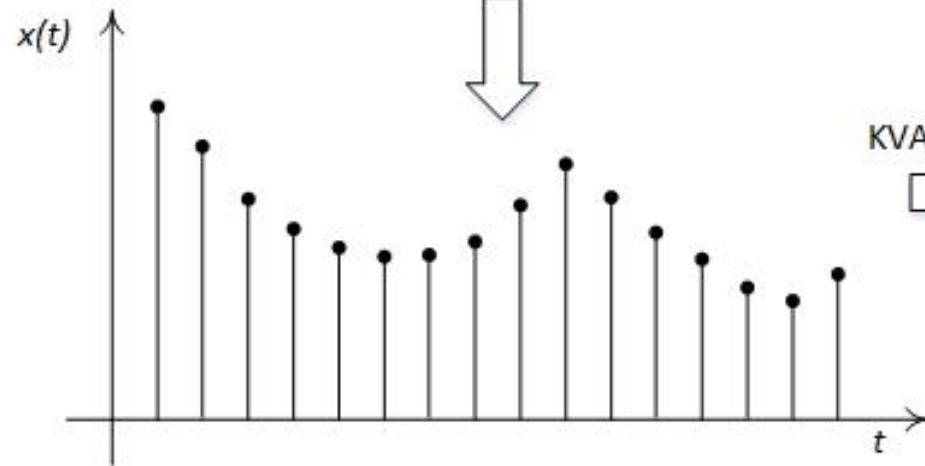
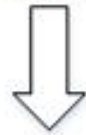




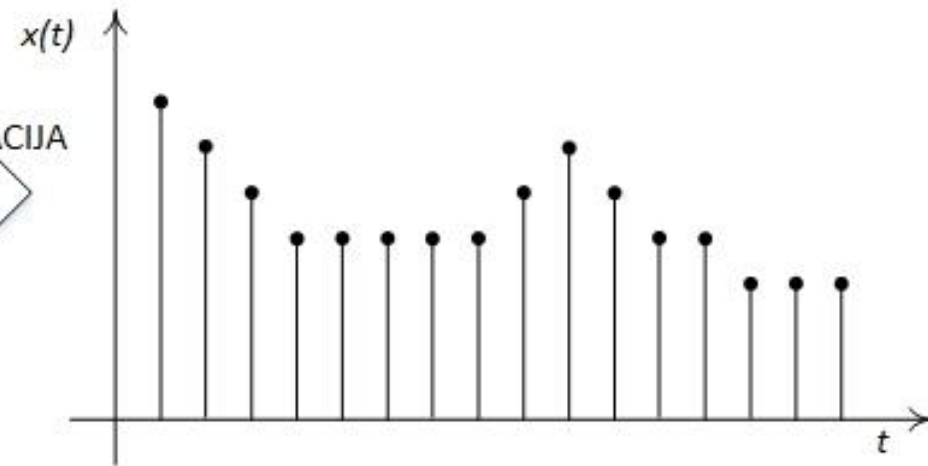
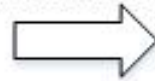
# A/D konverzija



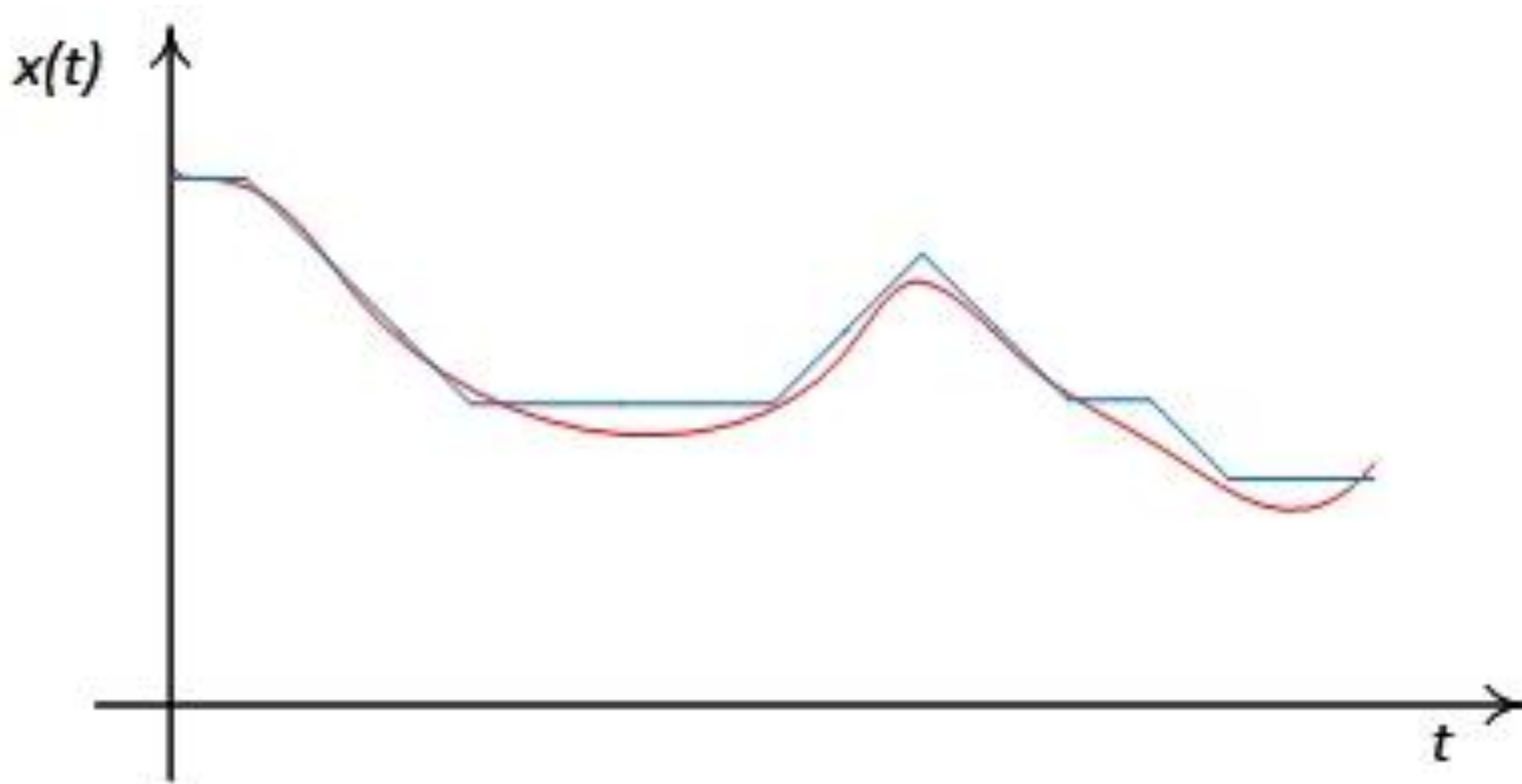
DISKRETIZACIJA



KVANTIZACIJA

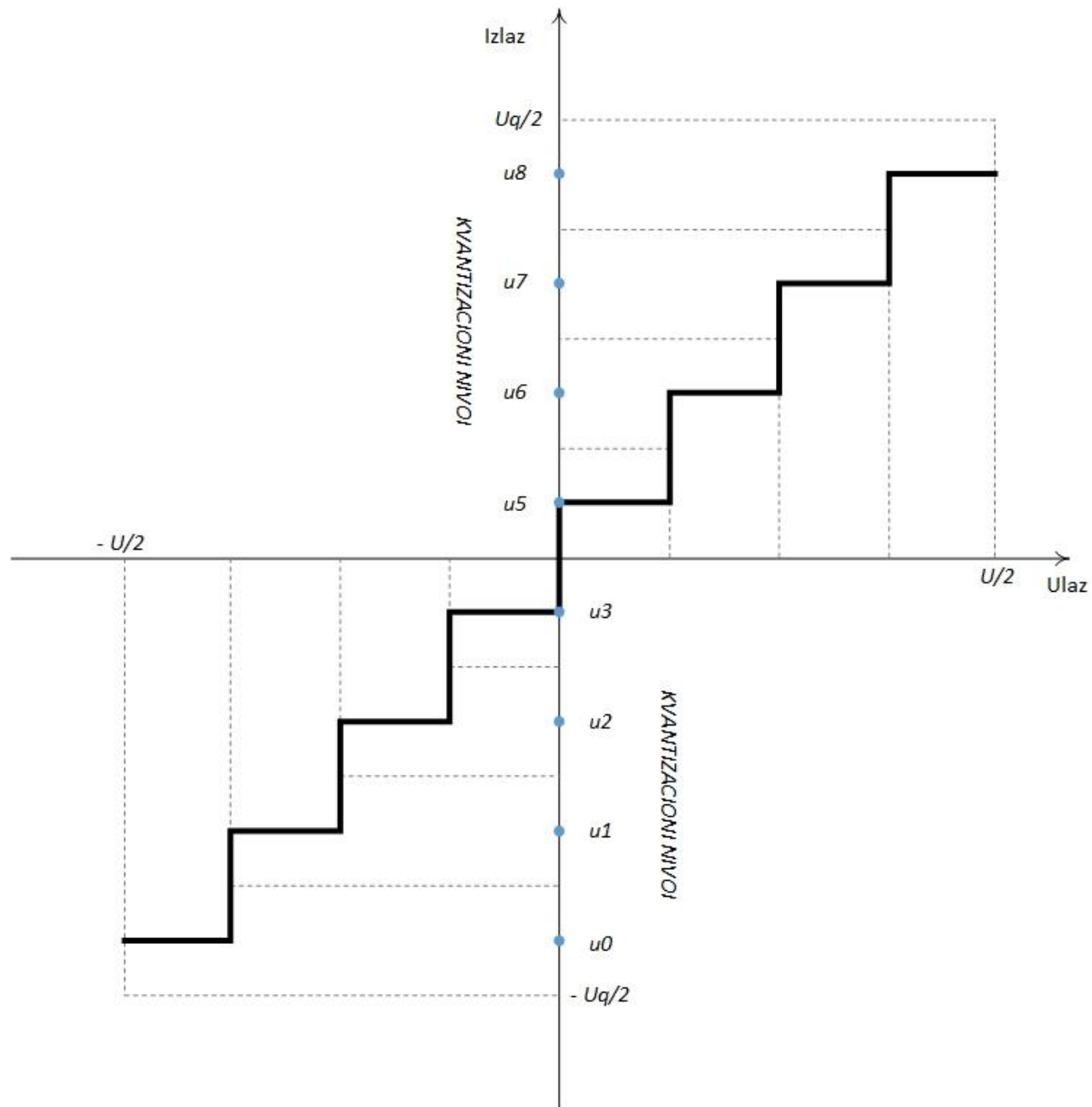


# Razlika ulaz – izlaz: šum kvantizacije



# Kvantizacija

- Na slici je prikazan opšti oblik karakteristike ravnomerne kvantizacije



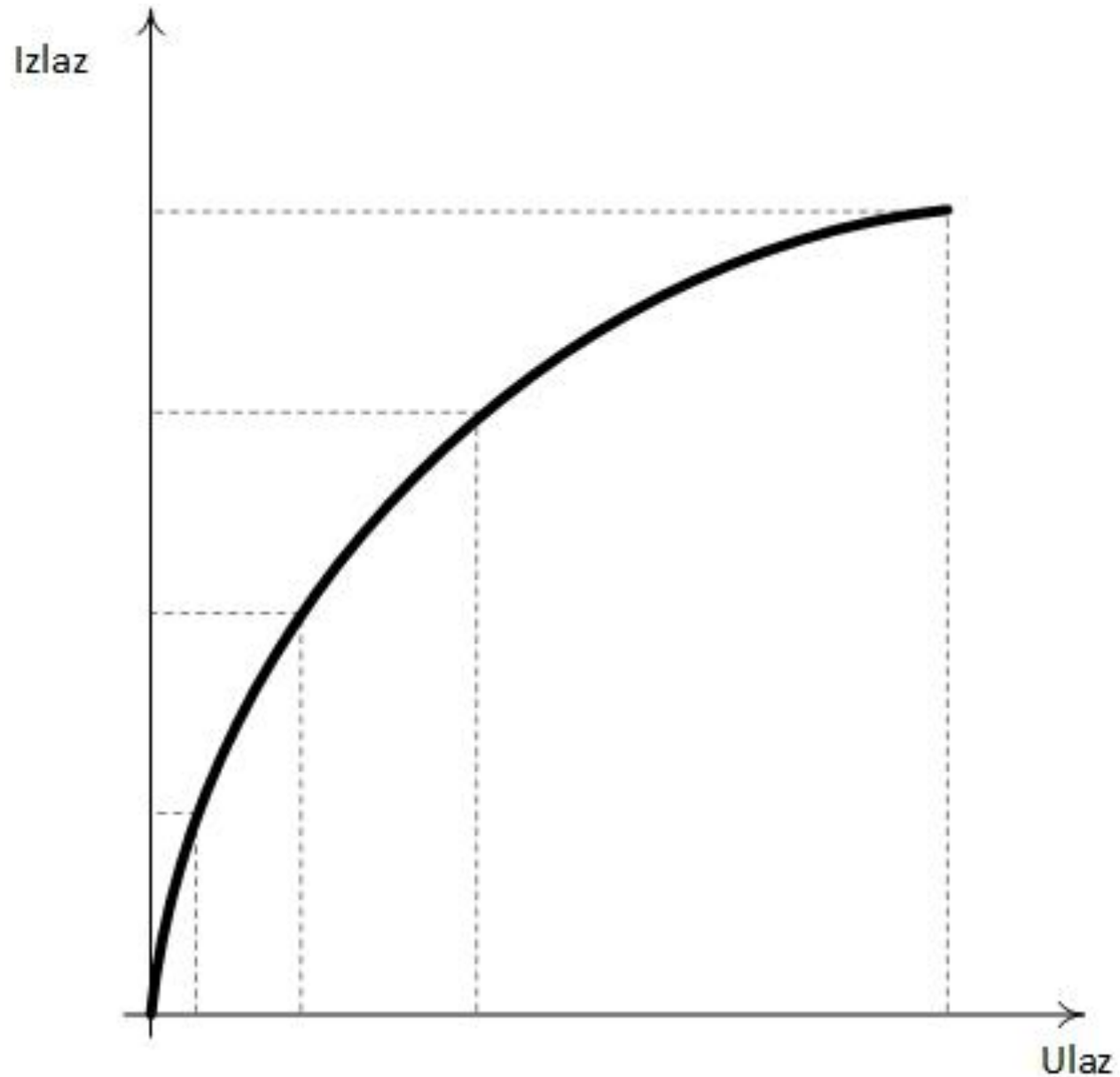
# Kvantizacija

- Uobičajena podela **skalarnih** kvantizatora je:
  - kvantizatori sa ravnomernim korakom kvantizacije
  - kvantizatori sa neravnomernim korakom kvantizacije
- Ukoliko je na ulazu signal čija je gustina verovatnoće amplitude uniformna poželjno je koristiti kvantizator sa ravnomernim korakom kvantizacije
- Ukoliko je na ulazu signal čija gustina verovatnoće amplitude neuniformna (a takvi su skoro svi realni signali (govor, slika...)) greška kvantizacije biće manja ako se koriste kvantizatori sa neravnomernim korakom kvantizacije. Korak kvantizacije  $\Delta u$  je mali za male intezitete signala a veliki za velike intezitete signala. Ova kvantizacija se još naziva i neravnomerna, neuniformna i nelinearna kvantizacija
- Osim skalarnih kvantizatri mogu biti i **vektorski**.



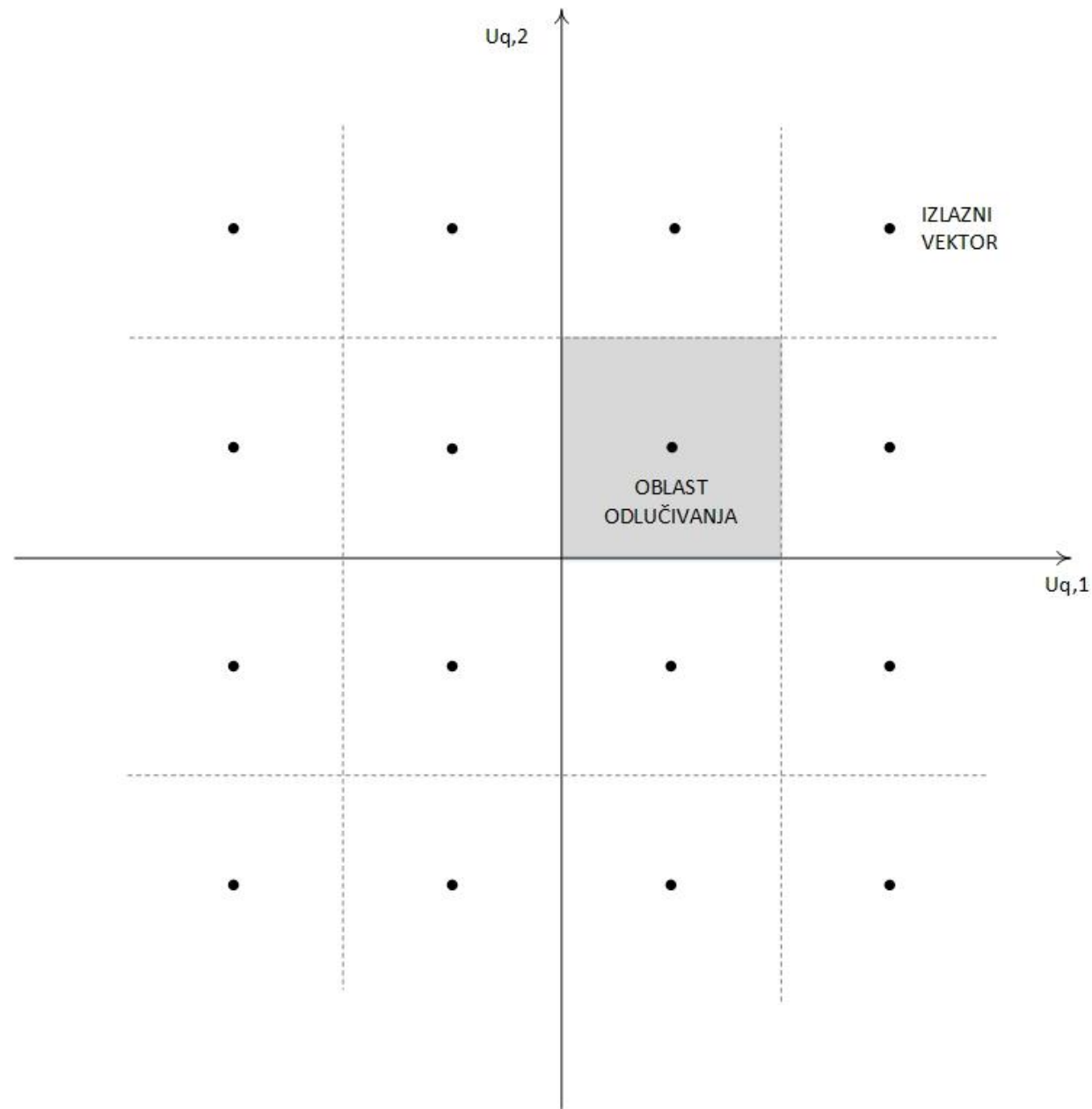
# Kvantizacija

- Na slici je prikazan opšti oblik karakteristike neravnomerne kvantizacije
- Ovaj oblik karakteristike još se naziva i *kompresor*
- Na izlazu odnosno D/A konverteru karakteristika je inverzna kompresoru i naziva se *ekspandor*



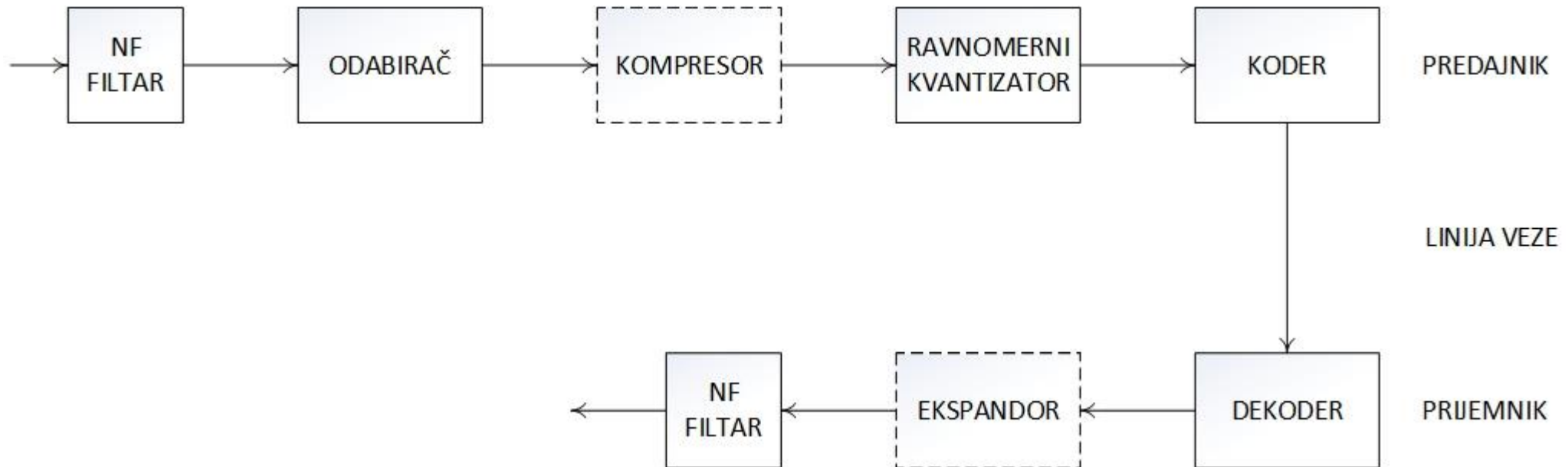
# Vektorska kvantizacija

- Za kvantizator sa 256 nivoa potrebno je 8 bita za predstavljanje vrednosti nivoa
- Ako jednodimenzionalni vektor zamenimo dvodimenzionalnim, i ako na prvu osu nanosimo vrednosti prvog kvantizacionog odbirka a na drugu osu vrednosti drugog kvantizacionog odbirka, dobijamo matricu kao na slici



# Impulsna kodna modulacija

- Na principu kvantizacije nastala je impulsna kodna modulacija – PCM (*Pulse Code Modulation*). Postoje dve varijante PCM: sa ravnomernom i sa neravnomernom kvantizacijom



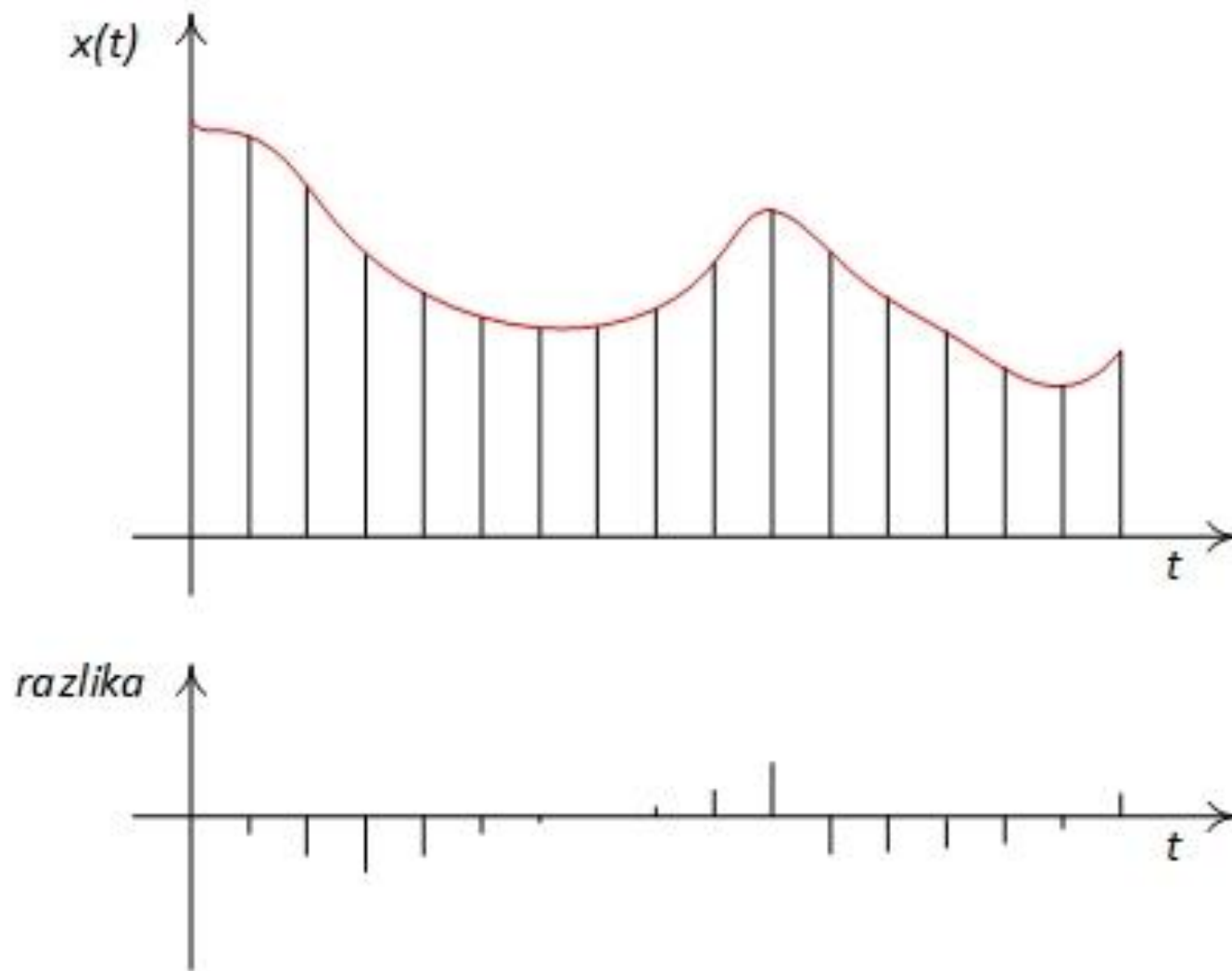
# Diferencijalna impulsna kodna modulacija

- U sistemima sa PCM, svaki odbirak signala nezavisno se kvantizira, kodira i prenosi, pri čemu učestanost odabiranja prenošenog signala odgovara Nyquist-ovoj učestanosti odabiranja, ili je veća. To znači da vrednost prethodnik odbiraka ne utiče na kvantizaciju sledećeg.
- S druge strane, kako između odbiraka prenošenih realnih signala postoji određena kroskorelacija čija veličina zavisi od statističke prirode signala, to znače da prethodni odbirci nose informaciju o budućim, i da se ta informacija može, na odgovarajući način, iskoristiti za povećanje kapaciteta sistema. Primer: ako su poznate vrednosti prethodnih odbiraka, može se sa velikom verovatnoćom pretpostaviti da se vrednost narednog odbirka neće značajno razlikovati; što znači smanjuje se amplitudski opseg u kome se obavlja kvantizacija i kodiranje što znači da je potreban manji broj bita za prenos informacije o razlici amplituda.





# Diferencijalna impulsna kodna modulacija



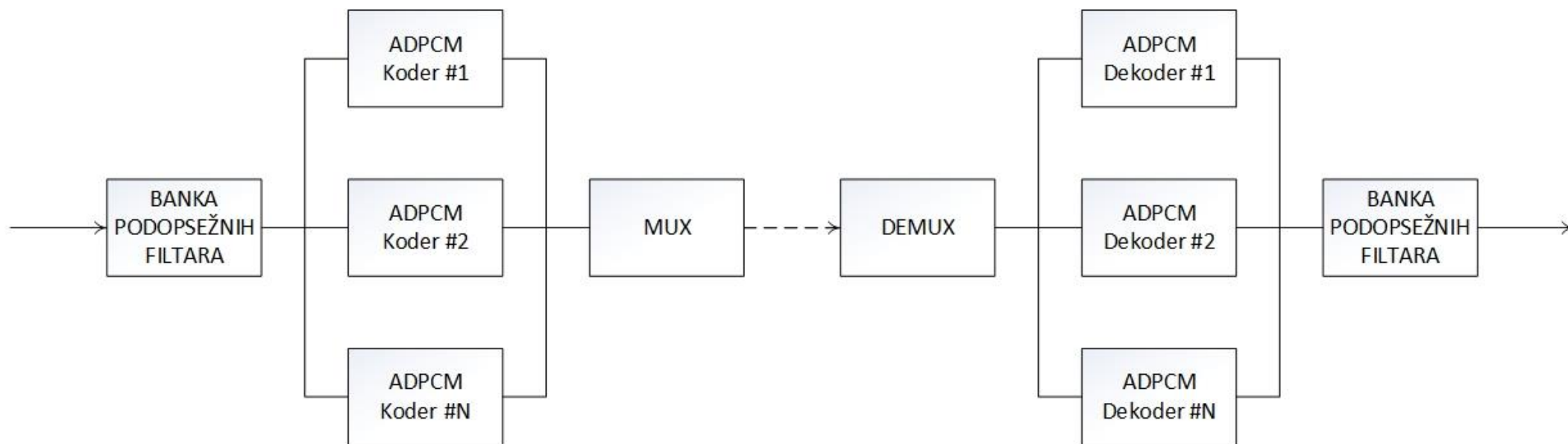
# Adaptivno kodiranje podopsega

- Karakteristike PCM i DPCM mogu se poboljšati adaptivnom kvantizacijom, što znači da se karakteristika kvanizatora menja u odnosu na:
  - prethodni odbirak – adaptivna predikcija sa procenom unazad
  - sledećeg odbirka – adaptivna predikcija sa procenom unapred
- Najčešće korišćen primer adaptivne konverzije je na primeru kodiranja po modelu (*model based encoding*)
- Primer kodiranja po modelu je adaptivno kodiranje podopsega - ASBC (*Adaptive SubBand Coding*). Signal se deli na određeni broj opsega, pri čemu svaki od njih pokriva jedan opseg. Nakon filtriranja spektar signala se translira naniže, tako da donja granična učestanost bude 0 Hz. Nakon toga vrši se A/D konverzija postupkom ADPCM.



# Adaptivno kodiranje podopsega

- Kvantizacija govora PCM: 64Kbps
- Kvantizacija govora ASBC: 16 Kbps

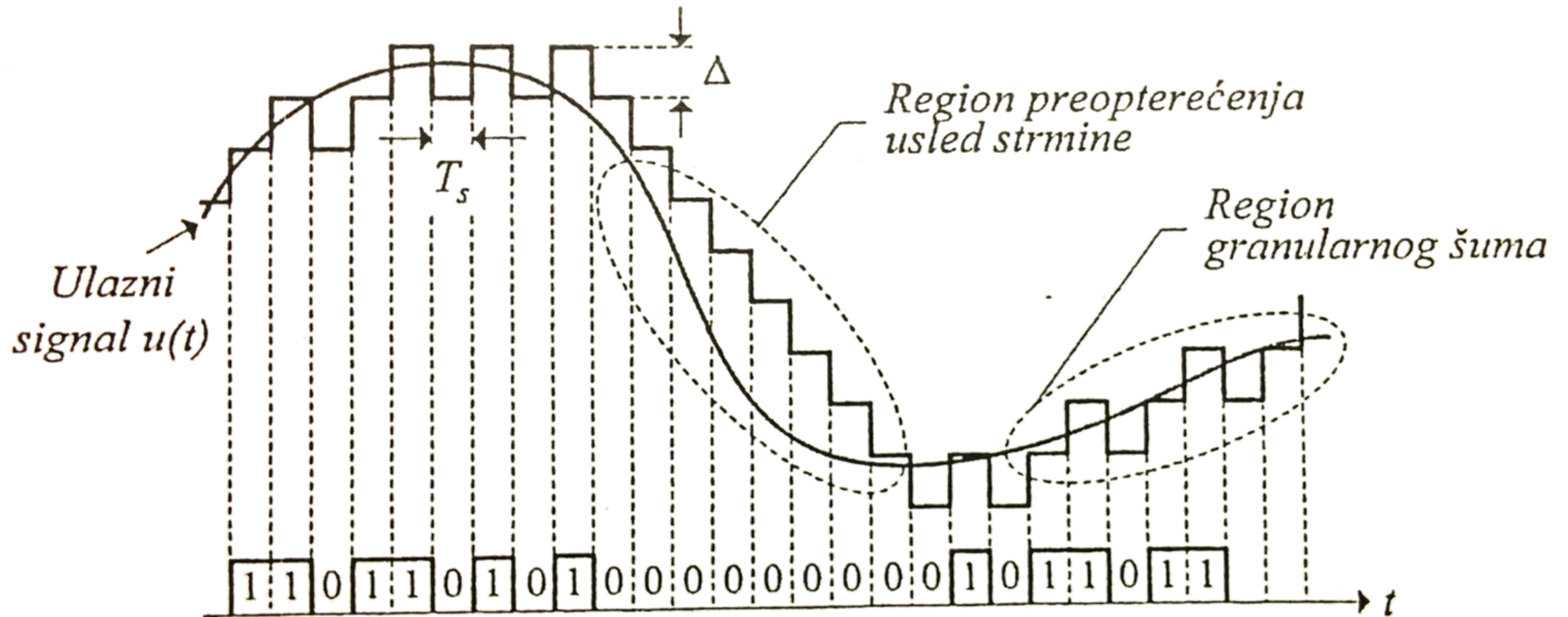


# Delta modulacija

- Delta modulacija – DM (*Delta Modulation*) može se posmatrati kao pojednostavljena verzija diferencijalne impulsne kodne modulacije u kojoj se jedan bit koristi za predikciju prvog reda.
- Velike vrednosti koraka kvantizije  $\Delta$  omogućavaju modulatoru da prati brze promene ulaznog signala, ali istovremeno prouzrokuje šum kvantizacije kada se ulazni signal sporo menja. Ova pojava naziva se još i granularni šum.
- Ako je korak kvantizacije mali, u slučaju brzih promena vrednosti ulaznog signala javlja se fenomen preopterećenja usled strmine.
- Nedostaci Delta modulacije ispravljani su Adaptivnom Delta Modulacijom – ADM.



# Delta modulacija



# Talasni oblici signala

- Prenos digitalnih signala u osnovnom opsegu učestanosti konvencionalno se definiše kao direktan prenos, bez konverzije spektra. U osnovi ovakvog postupka prenosa je tehnika oblikovanja prenošenog signala tako da se on učini pogodnim za prenos.
- U pokušajima da se pronađu takvi oblici signala, koji imaju određene osobine, kao što su, recimo, visoka spektralna efikasnost ili osobina samosinhronizacije, predložen je veliki broj različitih oblika signala.
- Najčešće se ovi signali nazivaju linijski kodovi.



# Talasni oblici signala

- Osnovni zahtevi u izboru odgovarajućeg digitalnog signala su:
  1. Jednosmerna komponenta – izborom digitalnog signala koji nema jednosmernu komponentu omogućava se kondenzatorska, odnosno transformatorska, sprega u sistemu. Pored toga signal nije osetljiv na izobličenja signala u niskofrekvencijskom domenu.
  2. Samosinhronizacija – digitalni signal koji ima osobinu samosinhronizacije znatno pojednostavljuje proces akvizicije i održavanja sinhronizacije u sistemu. Tipičan primer je Manchester kod koji ima tranziciju na sredini svakog signalizacionog intervala bez obzira na strukturu prenošene signala.



# Talasni oblici signala

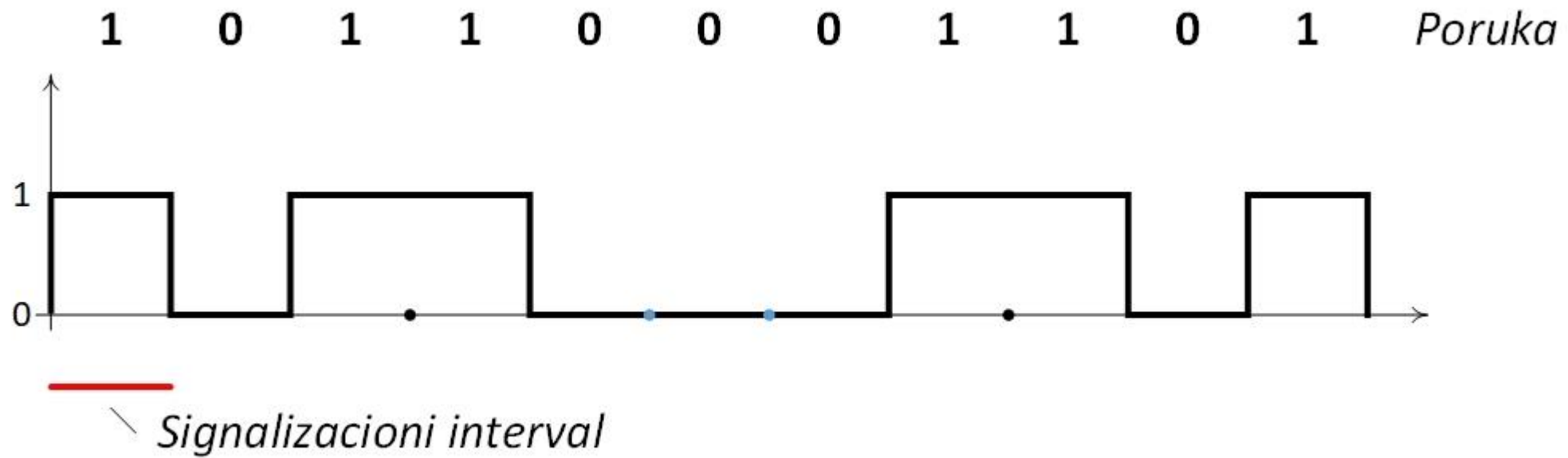
- Osnovni zahtevi u izboru odgovarajućeg digitalnog signala su:
  - 3. Korekcija greške – pojedini postupci formatiranja, kao što je duobinarno, omogućavaju detekciju greške u toku prenosa bez dodavanja posebnog bita za detekciju greške
  - 4. Spektralna efikasnost – uobičajeno se definiše kao količnik ekvivalentne brzine signalizacije (binarni protok) i minimalno potrebnog opsega za prenos signala. Tipičan primer povećanja spektralne efikasnosti su višenivovski signali
  - 5. Otpornost na šum – Izborom pogodnog oblika digitalnog signala moguće je značajno uticati na otpornost sistema na uticaj šuma. Primera radi, polarni binarni NRZ signal znatno je otporniji na uticaj šuma u odnosu na unipolarni RZ binarni signal





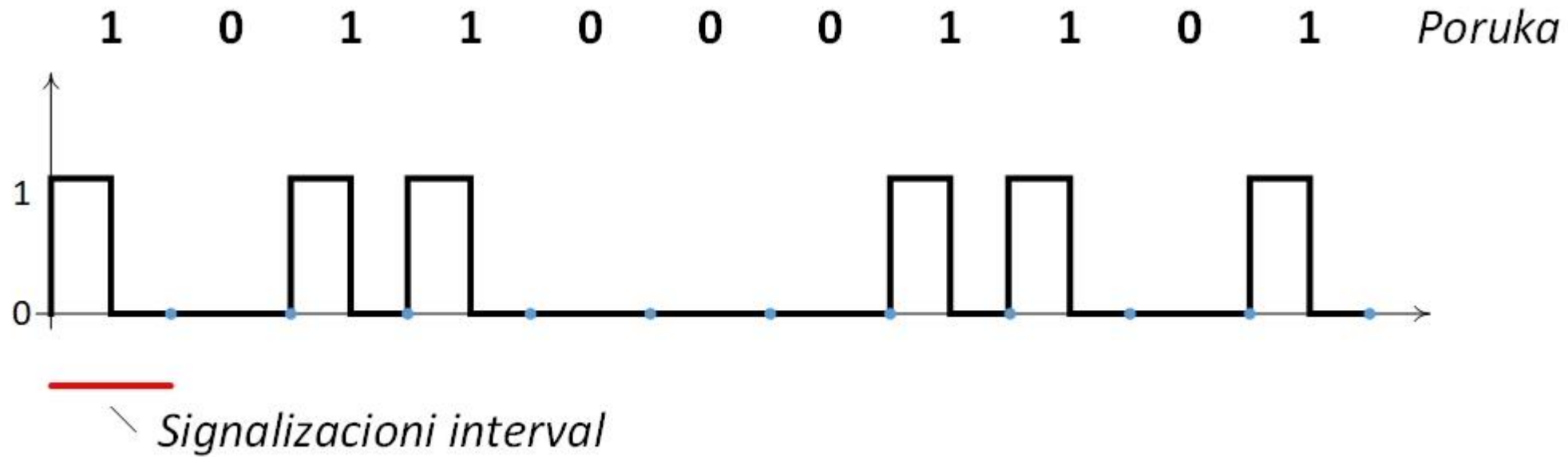
# Talasni oblici signala

- Unipolarni binarni signal – NRZ (*Non Return to Zero*)



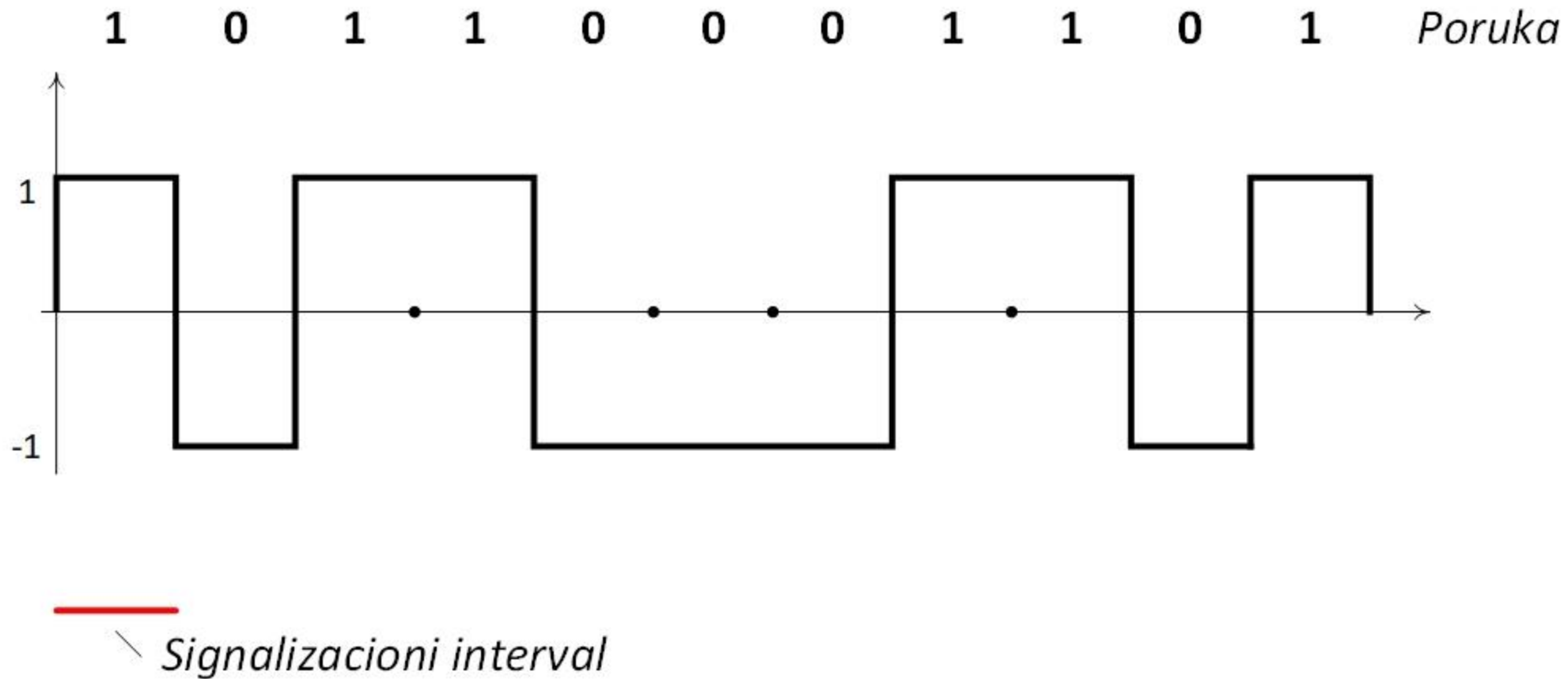
# Talasni oblici signala

- Unipolarni binarni signal – RZ (*Return to Zero*)



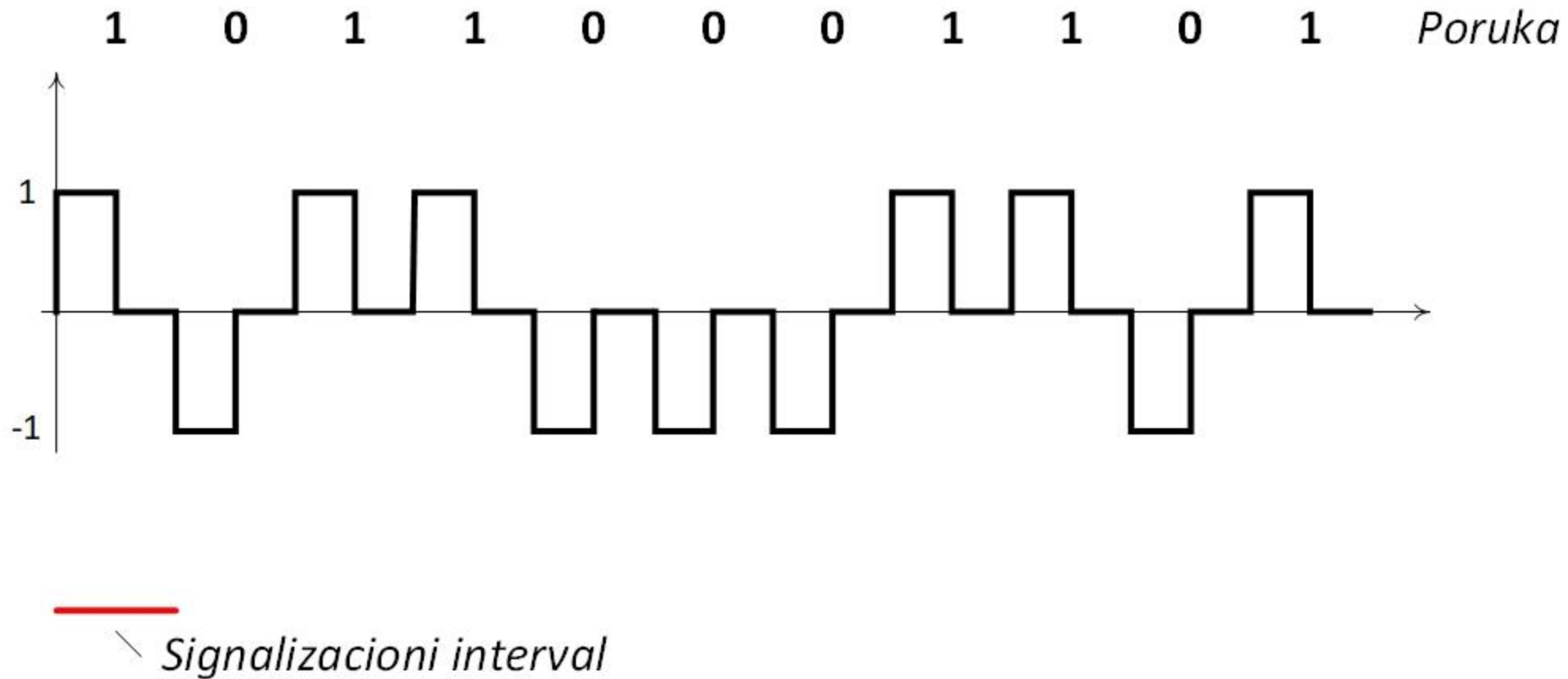
# Talasni oblici signala

- Polarni binarni signal – NRZ (*Not Return to Zero*)



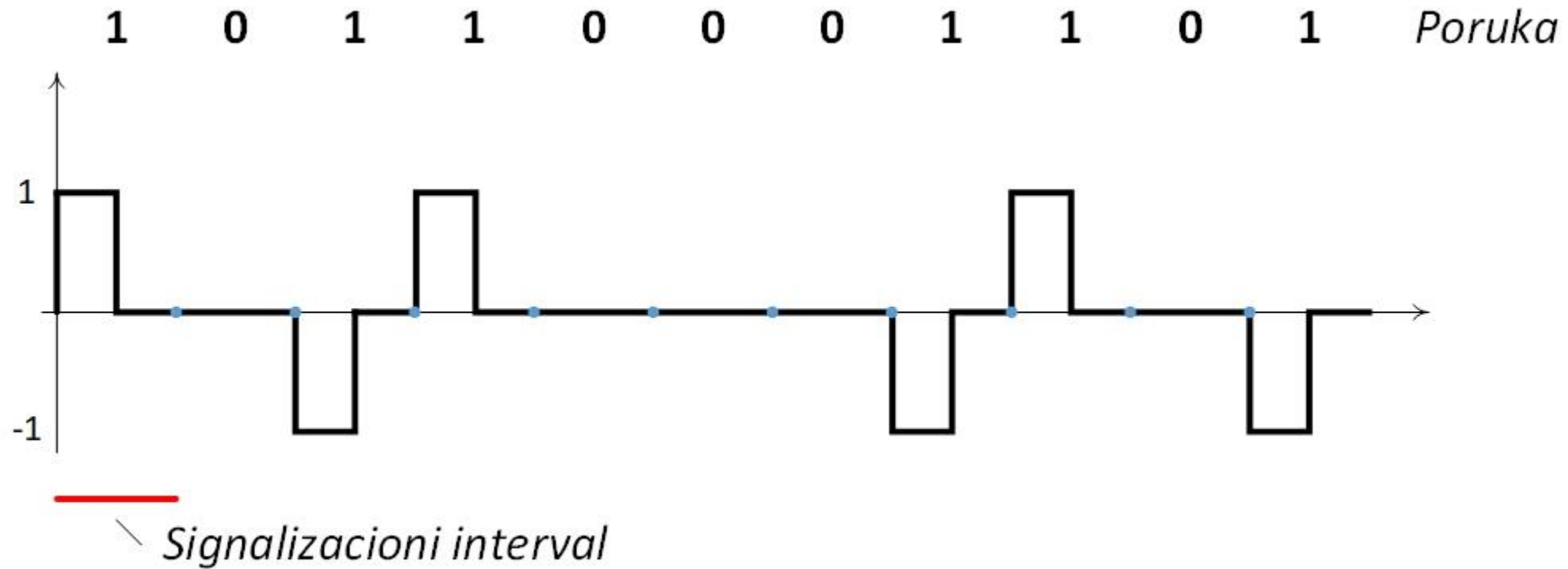
# Talasni oblici signala

- Polarni binarni signal – RZ (*Return to Zero*)



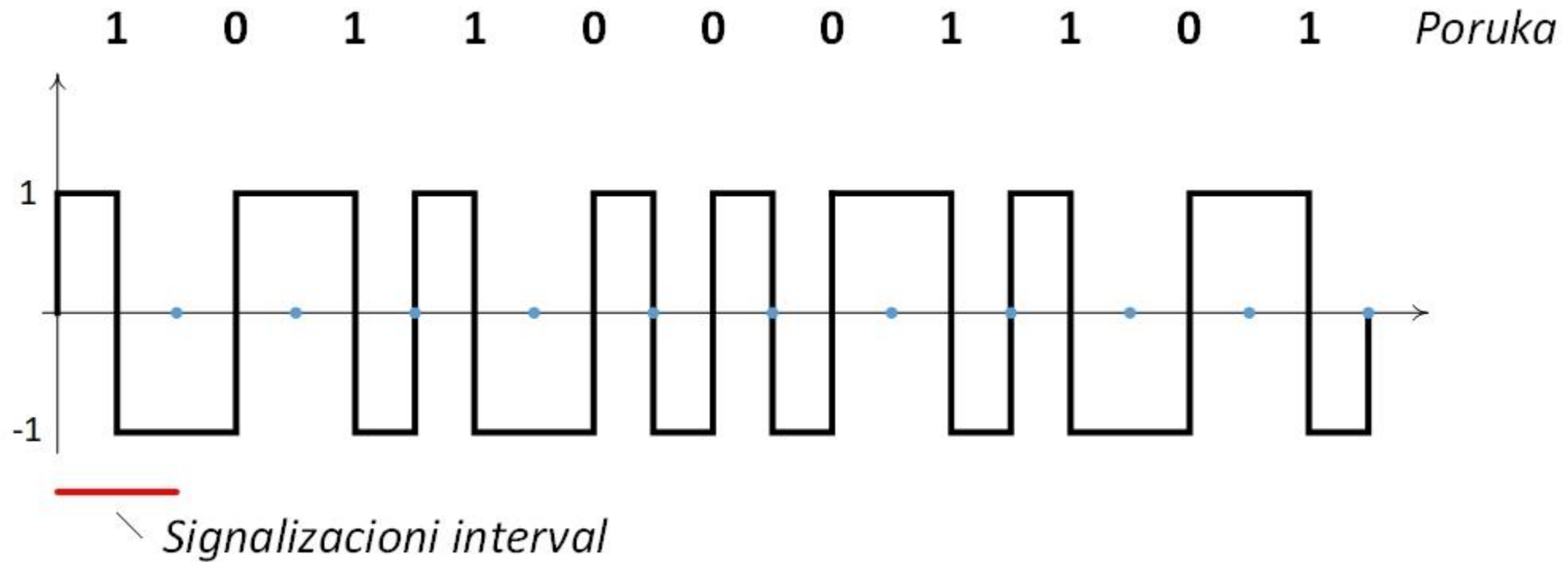
# Talasni oblici signala

- Bipolarni binarni signal – RZ AMI (*Return to Zero, Alternating Mark Inversion*)



# Talasni oblici signala

- *Manchester* kod



# Talasni oblici signala

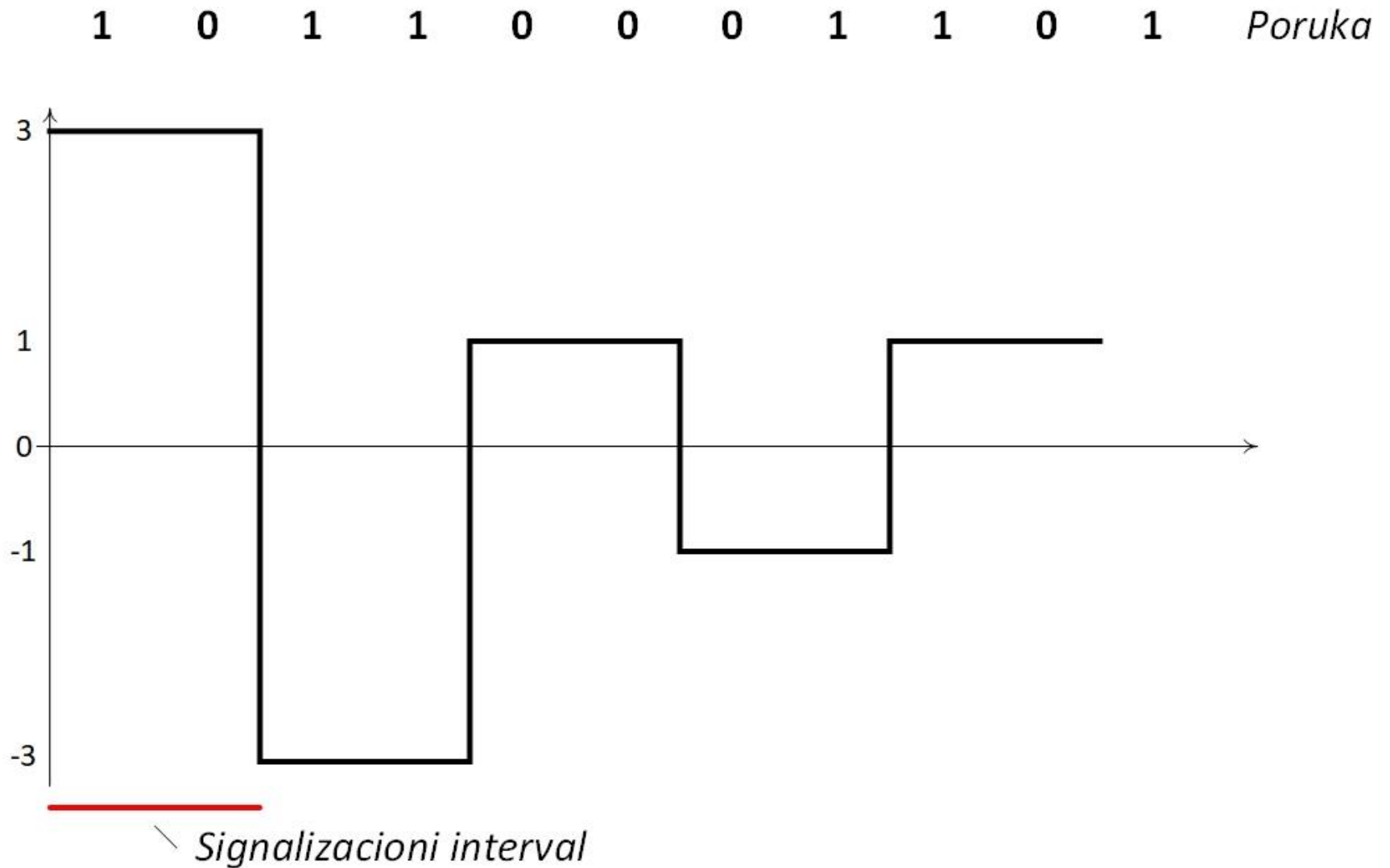
- M-arno signaliziranje

00 = +1

01 = -1

10 = +3

11 = -3



# Pitanja

