

- Postavlja se pitanje kako se informacija prenosi kroz razne medijume (**električni signali**, **mikrotalasi** ili **svetlosni talasi**)
- **Analogni** (kontinualni) i **digitalni** (diskretni) signali
- Tri **osnovna pojma vezana** su za ovaj prenos:
  - 1. Podaci** – zasebne celine koje imaju neko značenje ali nisu informacije (*entiteti koji nose neko značenje ili podatak*)
  - 2. Signalizacija** – predstavlja električne, elektromagnetne ili svetlosne signale koji predstavljaju podatke koji se prenose kroz odgovarajući medijum
  - 3. Transmisija** – prenos podataka prostiranjem (širenjem) i procesiranjem signala (*komunikacija podataka putem prenosa i obrade signala*)

- **Morzeov kod** - primena u telegrafskom slanju podataka;
  - 1838 razvio ga je Samuel Morze.
  - Svaki znak ima različitu sekvencu tačaka i linija
- **Bodov kod** - koristi **5 bitova** sa svaki znak (32 kombinacije) kodovi **11111** (shift) i **11011** dupliraju broj kombinacija
- **BCD kod** - binarno kodirani decimalni kod. IBM ga koristi za kodiranje numeričkih vrednosti – svaki broj sa 4 bita.
- **BCDIC** - prošireni kod za karaktere
- **ASCII kod** - **7 bita** za kodiranje (128 kombinacija)
- **EBCDIC kod** - **8-bitni** kod koji koristi IBM (256 karaktere)
- **UNICODE** - definiše jedinstveni 16 - bitni broj za svaki karakter. Zadnja verzija **Unicode 10.0** definiše **136 690** karaktere svrstanih u 139 skripti (8518 novih karaktere)

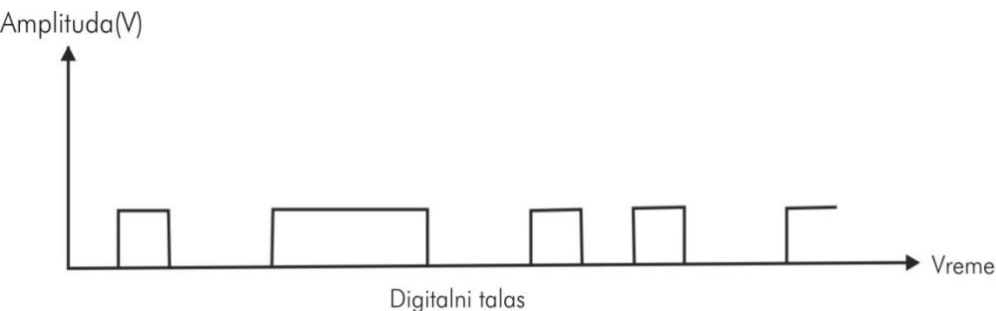
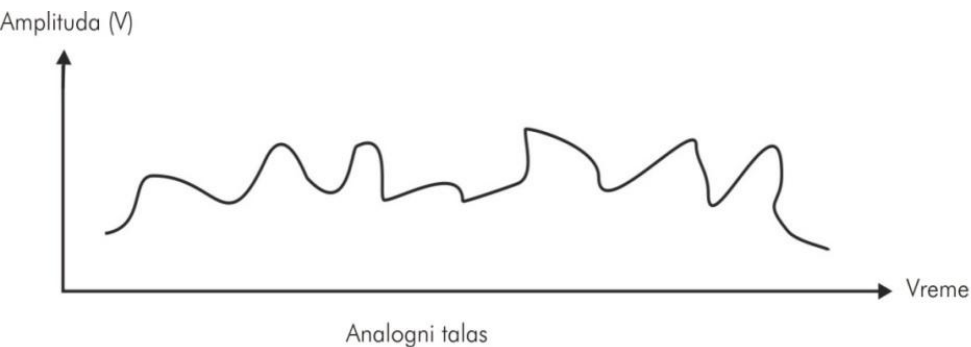


# 3.1-Vrste kodiranja podataka

Simbol	Bodov kod	Morzeov kod	BCD kod	ASCII kod	Simbol	Bodov kod	Morzeov kod	BCD kod	ASCII kod
<b>A</b>	00011	.-	110001	<b>41</b>	<b>S</b>	00101	...	010010	<b>53</b>
<b>B</b>	11001	-...	110010	<b>42</b>	<b>T</b>	10000	-	010011	<b>54</b>
<b>C</b>	01110	-. .	110011	<b>43</b>	<b>U</b>	00111	..-	010100	<b>55</b>
<b>D</b>	01001	-..	110100	<b>44</b>	<b>V</b>	11110	...-	010101	<b>56</b>
<b>E</b>	00001	.	110101	<b>45</b>	<b>W</b>	10011	.-.	010110	<b>57</b>
<b>F</b>	01101	... .	110110	<b>46</b>	<b>X</b>	11101	-...-	010111	<b>58</b>
<b>G</b>	11010	-.	110111	<b>47</b>	<b>Y</b>	10101	-. .-	011000	<b>59</b>
<b>H</b>	10100	....	111000	<b>48</b>	<b>Z</b>	10001	--..	011001	<b>5A</b>
<b>I</b>	10110	..	111001	<b>49</b>	<b>0</b>	10110	-----	001010	<b>30</b>
<b>J</b>	01011	.---	100001	<b>4A</b>	<b>1</b>	10111	.----	000001	<b>31</b>
<b>K</b>	01111	-.-	100010	<b>4B</b>	<b>2</b>	10011	..---	000010	<b>32</b>
<b>L</b>	10010	-. .	100011	<b>4C</b>	<b>3</b>	00001	...--	000011	<b>33</b>
<b>M</b>	11100	--	100100	<b>4D</b>	<b>4</b>	01010	....-	000100	<b>34</b>
<b>N</b>	01100	-.	100101	<b>4E</b>	<b>5</b>	10000	....	000101	<b>35</b>
<b>O</b>	11000	---	100110	<b>4F</b>	<b>6</b>	10101	-....	000110	<b>36</b>
<b>P</b>	10110	.-. .	100111	<b>50</b>	<b>7</b>	00111	--... .	000111	<b>37</b>
<b>Q</b>	10111	--.-	101000	<b>51</b>	<b>8</b>	00110	---..	001000	<b>38</b>
<b>R</b>	01010	- .	101001	<b>52</b>	<b>9</b>	11000	.....	001001	<b>39</b>

**Elektromagnetni signal** je funkcija vremena ali se može izraziti i kao funkcija frekvencije, što znači da se signal sastoji od komponenti sa različitim frekvencijama.

**Signal** se zapisuje u obliku  $x(t)$ ,  $x(n)$  ili  $xn$  gde je  $x$  zavisna promenljiva (može da bude napon, struja ili neka treća veličina), a  $t$  ili  $n$  nezavisna promenljiva.



**Analogni signal** predstavlja signal kod koga se intenzitet menja postepeno tokom vremena.

**Digitalni signal** je onaj signal kod koga se intenzitet održava na konstantnom nivou tokom nekog vremenskog perioda, a zatim se menja do nekog drugog konstantnog nivoa.

## 3.2 Analogni signal

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

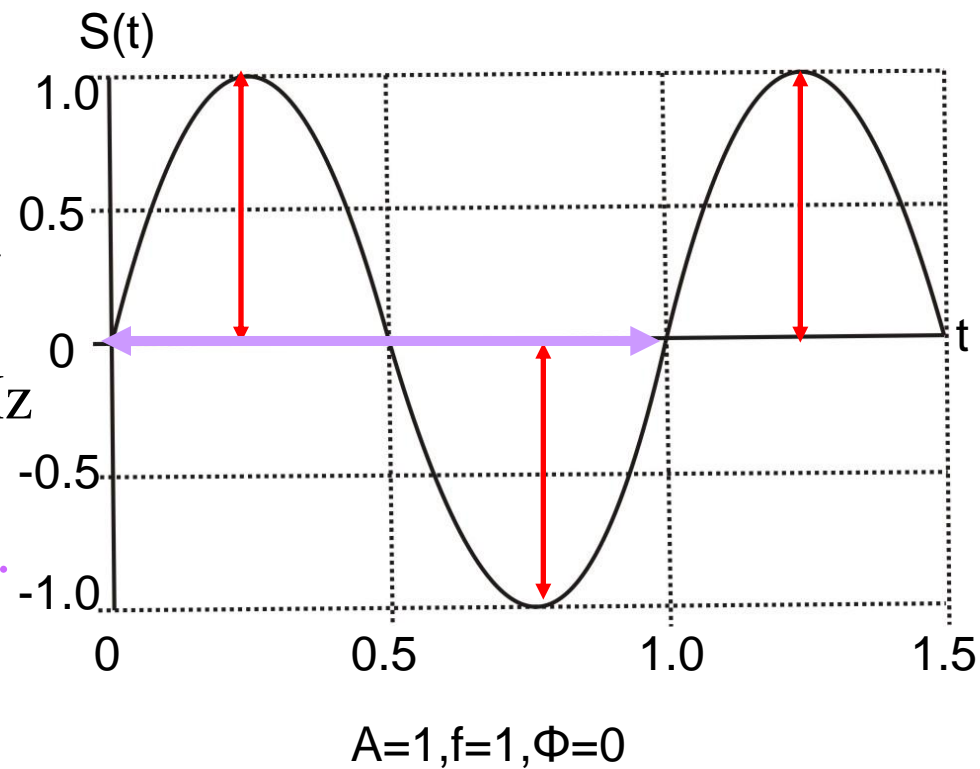
❑ **Amplituda  $A$**  je max. vrednost ili jačina signala tokom vremena, obično se meri u voltima.

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

❑ Ekvivalentan parametar frekvenciji je **period 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.

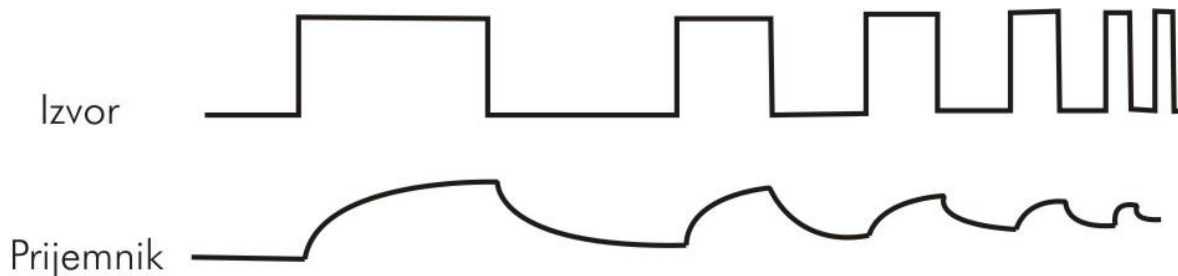
➤ Najpoznatiji primer analognog podatka je **govor ili zvuk**.



Digitalni signal je **sekvenca naponskih impulsa** koji se mogu prenositi putem bakarne žice, npr. konstantan pozitivan nivo napona može da predstavlja **0** u binarnom kodu, a konstantan negativan napon **1**

## Prednosti

- ✓ generalno **jeftiniji** nego analogni
- ✓ **manje je podložan** spoljnim uticajima, mešanjima, otporniji na buku



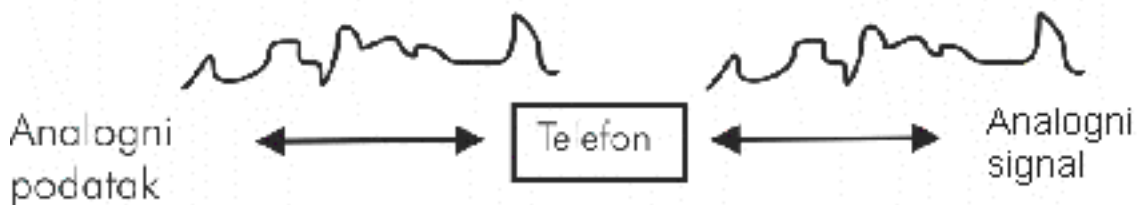
## Mane

- ✓ Digitalni signali **pate od slabljenja** mnogo više nego analogni.
- ✓ Ovakvo 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 **nerazumljivi**

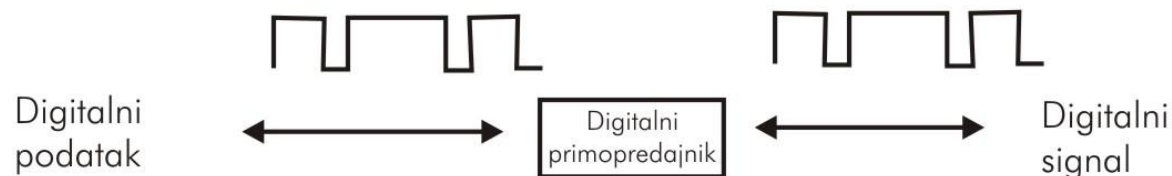
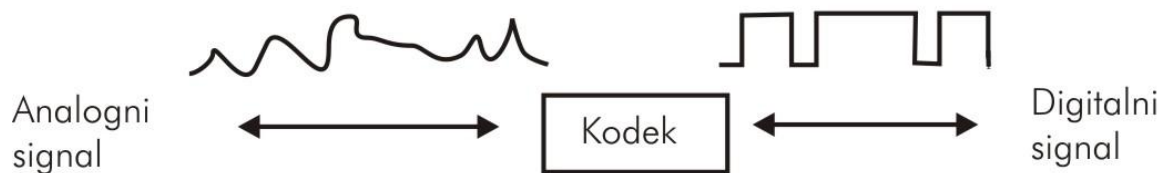
- U komunikacijskim sistemima, podaci se prenose sa jednog mesta na drugo **putem električnih, elektromagnetnih i svetlosnih signala**.
- Analogni i digitalni podaci se mogu predstaviti i preneti kroz medijum ili putem **analognih** ili putem **digitalnih signala**.
- **Digitalni podaci** se mogu preneti **kao analogni signali putem modema**
- **Modem** pretvara serije binarnih naponskih impulsa u analogni signal **tako što moduliše noseću frekvenciju** a rezultujući signal zauzima određeni **spektar frekvencija centriran oko nosača**, i može da se prenosi preko medijuma pogodnog za taj nosač.
- Na drugom kraju linije modem vrši **demodulaciju signala** da bi povratio originalne podatke.
- Pomoću operacije veoma slične onoj koju vrši modem **analogni podaci** se mogu predstaviti kao **digitalni signali**.
- Uređaj koji obavlja datu funkciju kada su u pitanju glasovni podaci naziva se **kodek**

# 3.3 - Prenos podataka

Analogni signali: Predstavljaju podatke sa neprekidnim promenljivim elektromagnetnim talasom



Digitalni signali: Predstavljaju podatke pomocu redosleda impulsa





## *Zašto je digitalni prenos bolji od analognog ?*

- ✓ **Digitalna tehnologija** – napredak LSI i VLSI tehnologije prouzrokovao je smanjenje cene digitalnih kola;
- ✓ **Celovitost podataka** – korišćenjem **repetitora**, a ne **pojačavača** efekat šuma i drugih uticaja na signal nije kumulativan. Repetitor **može da unese grešku** ali se ona može **otkriti i ispraviti**.
- ✓ **Korišćenje većih kapaciteta** - danas se za prenos koriste linkovi vrlo **velikog propusnog opsega**, uključujući satelitsk.kanale i optička vlakna
- ✓ Za efikasno korišćenje takvog kapaciteta potrebno je **multipleksiranje**, a to je mnogo jednostavnije i jeftinije postići digitalnom (vremenskom) nego analognom (frekvencijskom) raspodelom kanala;
- ✓ **Pouzdanost i privatnost** - **tehnike šifriranja** mogu se primeniti na digitalne podatke i analogne podatke koji su digitalizovani;
- ✓ **Integracija** - tretiranjem i analognih i digitalnih podataka digitalno, svi **signali imaju istu formu** i mogu se tretirati slično. Značajne uštede se mogu postići integracijom govora, videa i digitalnih podataka.

1. **Slabljenje i izobličenja usled slabljenja** – Snaga signala opada sa rastojanjem kod bilo kog transmisionog medijuma.
  - Slabljenje uključuje tri aspekta važna za projektante.
    - a) primljeni signal mora **da bude dovoljne snage**,
    - b) signal se mora održavati **na nivou dovoljno višem od šuma**
    - c) **slabljenje je funkcija koja raste sa učestanošću.**
2. **Izobličenja usled kašnjenja** – Izobličenje se javlja zbog toga što se brzina propagacije (prostiranja) signala menja kroz žičane medijume u zavisnosti od učestanosti (slučaj sa TV signalom ili signalima koji prenose digitalne podatke). Za signale ograničenog opsega brzina je najveća blizu centralne učestanosti i opada ka granicama opsega
3. **Šum (smetnje)** – Za svaki prenos primljeni signal će se sastojati od:
  - a) **poslatog signala** modifikovanog različitim izobličenjima koje unosi prenosni sistem,
  - b) **dodatnog neželjenog signala** koji se umetnuo negde između predaje i prijema. Taj neželjeni umetnuti signal naziva se **šum ili smetnja.**

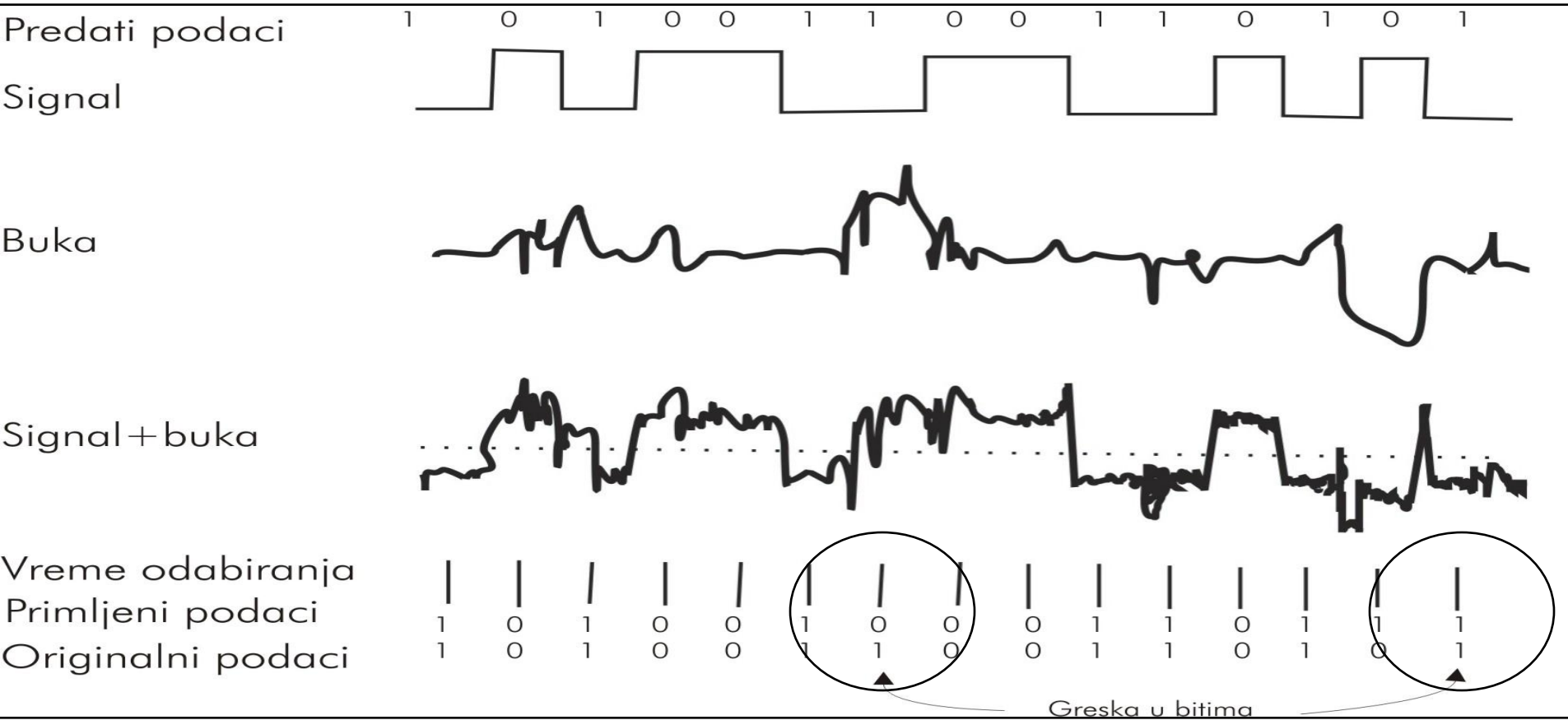
Šum se može podeliti u četiri kategorije:

- 1. termički šum** (beli šum) – ne može se eliminisati i predstavlja posledicu termičke uzburkanosti elektrona u poluprovodnicima,
- 2. intermodulacioni šum** - javlja se kada signali različite učestanosti dele isti transmisioni medijum a postoji nelinearnost u predajniku, prijemniku ili transmisionom medijumu ( $f_1+f_2$ ,  $f_1-f_2$ ,  $nf_1$ ,  $nf_2$ )
- 3. šum preslušavanja** - kada dođe do spajanja komunikacionih puteva,
- 4. impulsni šum** - osnovni izvor grešaka u digitalnim komunikacijama.

- **Odnos signala i šuma S/N** (signal/šum) je **najvažniji parametar** koji određuje performanse transmisionog sistema.
- Predstavlja **odnos snage signala prema snazi koja se sadrži u prisutnom šumu** i obično se meri na prijemnoj strani.
- Uobičajeno je da se odnos definiše u decibelima [dB]:

$$(S/N)[dB] = 10 \log_{10}(\text{snaga signala} / \text{snaga šuma})$$

# Uticaj šuma na prenos podataka



# 3.3 Prenos signala

Za prenos kodiranog signala kroz kabl mogu da se koriste dve tehnike:

**1. prenos u osnovnom opsegu** (*baseband transmission*) - prenose digitalne signale **preko jedne frekvencije**. Signali teku u obliku pojedinačnih električnih ili svetlosnih impulsa a čitav komunikacioni kapacitet kanala koristi se za prenos **samo jednog signala**.

\* Termin **propusni opseg** (*bandwidth*) se odnosi na **kapacitet prenosa** podataka, odnosno **brzinu prenosa** u sistemu digitalnih komunikacija koja se izražava u bitovima po sekundi (bps).

**2. prenos u širokom opsegu** (*broadband transmission*).- rade na principu analognih signala i opsega frekvencija. Kod analognog prenosa signali **su neprekidni i nisu pojedinačni**. Signali kroz fizički medijum teku u obliku elektromagnetnih ili optičkih talasa. Prenos u širokom opsegu **je jednosmeran po jednom kanalu**. Ukoliko je širina propusnog opsega dovoljna, jedan kabl može da posluži za prenos **više sistema analognih signala**, recimo za prenos kablovske televizije ili mrežni prenos. Svi uređaji moraju biti podešeni tako da koriste **samo frekvencije koje su unutar dodeljenog dela ukupnog opsega**.

- Proces **konverzije digitalnih signala u analogne** naziva se **modulacija**, dok se obrnuti proces naziva **demodulacija**.
- Shodno tome uređaj koji vrši konverziju digitalnih signala u analogne se naziva **modulator**, dok se uređaj koji vrši konverziju analognih u digitalne signale naziva **demodulator**.
- S obzirom na to da računari predstavljaju digitalne uređaje a da komunikaciona veza između njih prenosi analogne signale da bi dva povezana računara mogla da komuniciraju **neophodno je da poseduju i modulator i demodulator**,
- **Modulator** se koristi prilikom slanja podataka kroz mrežu, **demodulator** prilikom primanja podataka od nekog drugog računara na mreži.
- Potreba za postojanjem i modulatora i demodulatora je usloвила njihovo objedinjavanje u uređaj koji se zove **modem**.

- Ključne reči kada govorimo o modemima su **softver i kompatibilnost**.
- Potrebno je definisati standarde koji će definisati rad modema a to se pre svega odnosina **bitsku brzinu, brzinu baunda i šemu modulacije**.
- Postoje **mnogi standardi** koji se identifikuju sa **V.xx** gde xx identifikacioni broj (V21/Bell 103, V.22, V.27, V.29, .... V.90 i V.92).
- Mnogi modemi funkcionišu tako što se menja više komponenti i to obično promena **faznog pomeraja i amplitude** (**QAM** modulacija).
- Ovakva promena **omogućava veće promene** između komponentata signala pa samim tim i **prenos većeg broja bitova u sekundi**.

Postoje nekoliko vrsta modema:

- Standardni modem (*Dial up*)
- Kablovski modem
- ISDN modem
- ADSL modem
- DSL modem

## 3.4 Kablovski modem

- Brzine standardnih modema su bile ograničene na 56 Kbps - **jako spori**
- Zato je dizajniran kablovski modem koji je služio **za povezivanje sa kablovskom mrežom** (CATV).
- Sa druge strane taj modem se povezivao na standardnu **Ethernet karticu** u računaru.
- Tipično signal CATV iznosi na ulazu oko **750 MHz**. On se deli na više uskih kanala, **svaki opsega od 6 MHz**. Na jednom od ovih kanala koji je na **većem opsegu od 42 MHz** (kućanski aparati prouzrokuju smetnje na nižim frekvencijama od 40 MHz) pušta se Internet saobraćaj.
- Ako se radi o kablovskom modemu koji može da dvosmerno saobraća onda se odlazne informacije (od računara korisnika) smeštaju na kanal koji se prostire od **5-40 MHz** jer se smatra da je odlazni saobraćaj znatno manji nego dolazni pa su samim tim i smetnje manje.
- Tipične brzine preuzimanja podataka kreću se između **1Mb do 36 Mb**.



- Konvencionalni modemi i kablovski modemi imaju neke svoje nedostatke (**spori su, poziva se provajder, mala propusna moć**)
- DSL postiže **velike brzine, omogućava neprekidnu konekciju**, ne zahteva **posebno kabliranje** već koristi postojeće telefonske linije.
- Lokalna petlja ili poslednja milja (oko 1,6 km) je konekcija između centrale i korisnika.

Postoje više vrsta DSL tehnologija i to:

**ADSL Lite** – to je ADSL bez deljitelja na strani klijenta i namenjen je za korisnike u stambenim zgradama (deljenje signala vrši se u lok.centrali)

**SDLS** – Simetrični DSL obezbeđuje istu brzinu dolaznog/odlaznog saob.

**HDSL** i **HDSL2** - Simetrični DSL visoke brzine 1,5 do 2,3 MBps koji se izvodi putem dva ili tri para upredenih vodova.

**SHDSL** - *Single par high speed* DSL Nova tehnologija preko jednog para žice. Velike brzine 2,3 MBps.

**RADSL** – Asimetrični DSL sa adaptacijom brzine

**IDSL** – Internet DSL

**VDSL** – *Very high data rate* DSL projektuju se brzine od **50 – 55 MBps**.

## 3.4 ADSL/DSL modem

**ADSL** - bitska brzina preuzimanja informacija **razlikuje od bitske brzine predaje informacija** – ona je asimetrična. Osnovna ideja je da se umesto direkne modulacije primenjuje tehnika poznata kao **tehnika definisanja diskretnih tonova** (*discrete multitone*). Ona se sastoji u sledećem:

- Frekventni opseg između 0 Hz i **1104 MHz** deli se na **256 zasebnih kanala** sa opsezima (tonovima) od **4,3125 kHz**.
- Za telefonski saobraćaj se koriste **5 najnižih kanala** (opseg od **21,5kHz**).
- Preostali kanali se koriste **za prenos informacija u oba smera** gde se veći broj kanala rezerviša za preuzimanje signala.
- Da bi se podaci preneli dolazeći niz bitova **se deli na manje grupe bitova** – po jedna grupa za svaki kanal i svaka od tih grupa se tretira nezavisno.
- Na bitove iz svakog kanala se **primenjuje QAM tehnika** gde svaki kanal koristi sopstvenu QAM tehniku u zavisnosti od broja prenošenih bitova.
- Signali generisani QAM tehnikom se sada kombinuju i podvrgavaju **inverznoj brznoj Furijevoj transformaciji za modulaciju signala**.
- Teoretski je moguće da se **po svakom kanalu prenese 60 Kb/s**
- DSL tehnika je izvodljiva do rastojanja od **3,5 milja ili 6,3 km**.

**ISDN – *Integrated Services Digital Network*** – digitalna mreža sa integrisanim servisima.

Ona obezbeđuje tri osnovna kanala:

- ✓ dva **B kanala** koji prenose informacije brzinom od **64 Kb/s**
- ✓ **jednog D kanala** koji prenosi informacije brzinom od **16 Kb/s**.

- **B kanali** prenose čiste podatke – govor, internet
- **D kanal služi za telemetriju** – očitavanje podataka o potrošenoj el.energiji, vodomeri ili različiti alarmi sistemi.
- Tri kanala se **multipleksiraju sa podelom vremena** na bitskom vodu koji obezbeđuje konkretan prenos bitova.

- Najpoznatiji protokoli i standardi koji su se ranije koristili za komunikaciju između računara su **X-25** i **Frame Relay**.

Neke od osobina *Frame relay*-a:

- ✓ Dizajniran je **da maksimizira propusnost okvira**
- ✓ Definiše WAN strukturu – **povezuje više LAN-ova**
- ✓ Podržava **permanentno virtuelno kolo** i **komutirano virtuelno kolo**.
- ✓ Za razliku od X-25 **ne obezbeđuje kontrolu grešaka**
- ✓ Dizajniran je **za sporadičan saobraćaj** tj. korisnik može da prenese veću količinu podataka u kratkom periodu a zatim se ništa ne dešava u narednom periodu.

- Frame Relay **funkcioniše samo u 1 i 2 sloju OSI** referentnog modela za razliku od **X-25** koji **funkcioniše i u 3 sloju**.

- CIR- Angažovana brzina prenosa predstavlja brzinu koja se meri **brojem bitova u sekundi** i predstavlja **propusni opseg koji je Frame Relay rezervisao** za obezbeđivanje prenosa preko virtuelnog kola.

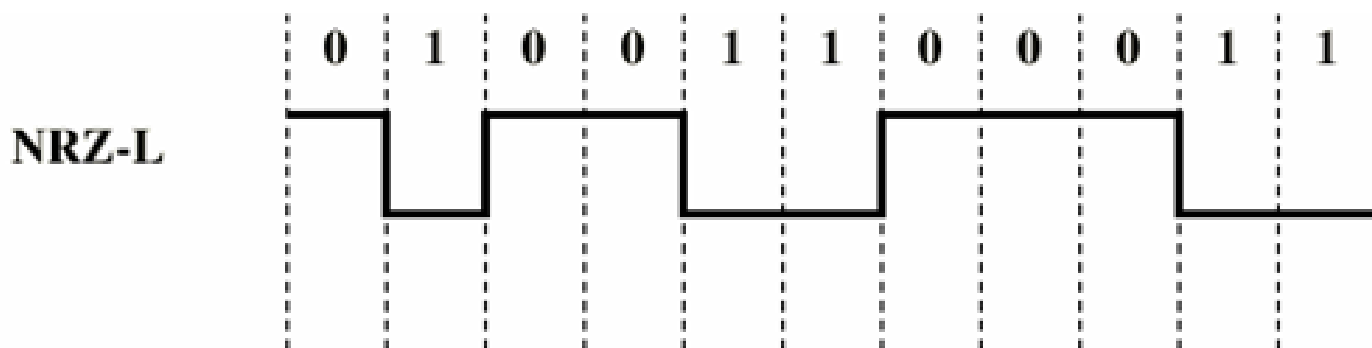
# 3.5 Šeme za digitalno kodiranje

- Između digitalnog signala i digitalno kodiranih podataka **postoji prirodna veza**.
- Podaci koji su digitalno zabeleženi predstavljeni su kao nizovi 0 i 1.
- Pošto digitalni signali imaju dve moguće konstantne vrednosti, jednostavno se jednoj vrednosti dodeli 0, a drugoj 1.
- Kada se koriste električni signali, često se koriste iste vrednosti, ali sa različitim predznakom.
- Mi ćemo koristiti termine "**visoki napon**" i "**niski napon**".

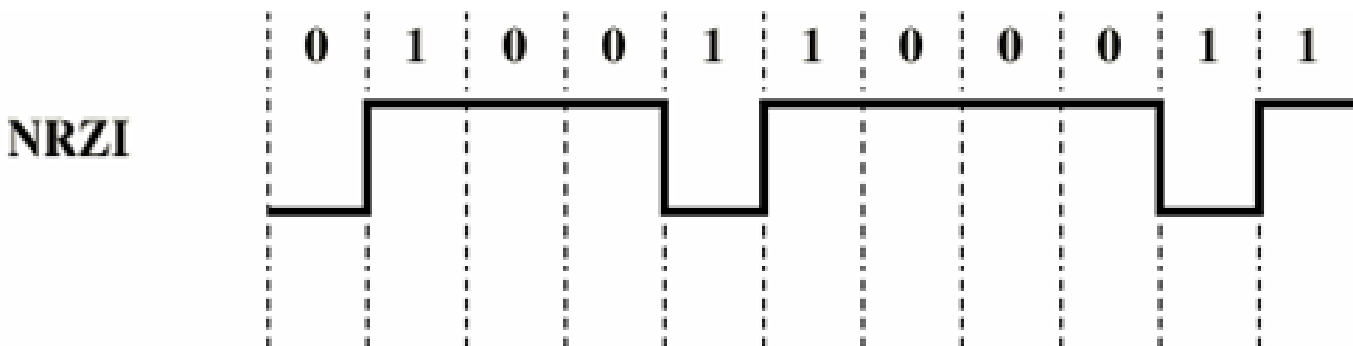
Razmatraćemo **četiri osnovne šeme za digitalno kodiranje**:

- 1. NRZ** (*Non Return to Zero*)
- 2. NRZI** (*Non Return to Zero Inverted*)
- 3. Mančester** (*Manchester*) kodiranje
- 4. Diferencijalno Mančester** kodiranje

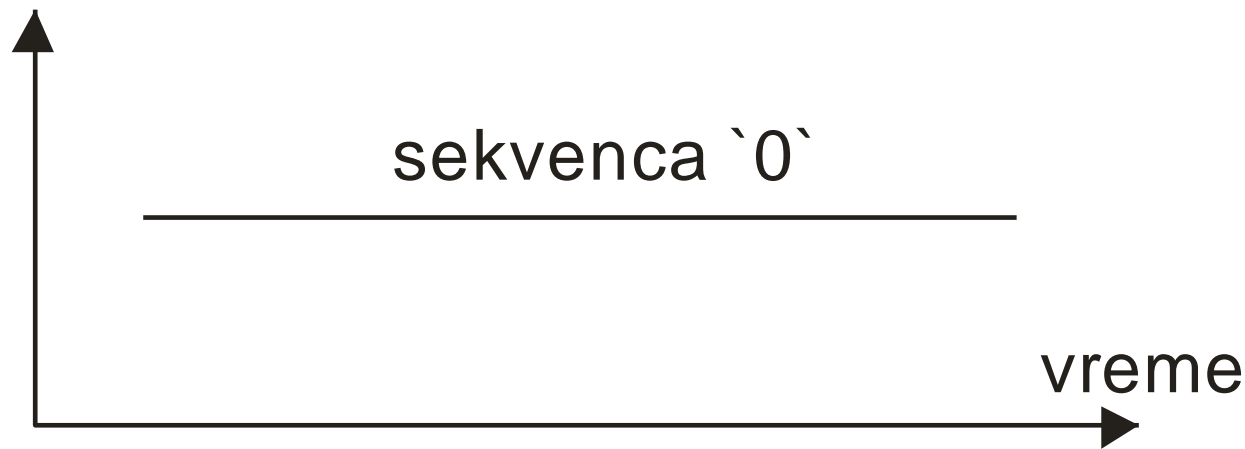
- **NRZ kodiranje** (*nonreturn to zero*) – najprostija šema za kodiranje gde se “0” se prenosi **prelaskom signala sa nižeg na viši napon** a “1” sa **niskim naponom** (NRZ-L).
- Nivo napona ostaje konstantan dok se prenosi bit



- Alternativa NRZ kodiranju je **NRZI** (NRZ invertovano) gde se “1” prenosi **promenom vrednosti napona**, bilo sa niskog na visoko ili obrnuto. “0” se prenosi tako što se **naponski nivo ne menja**.

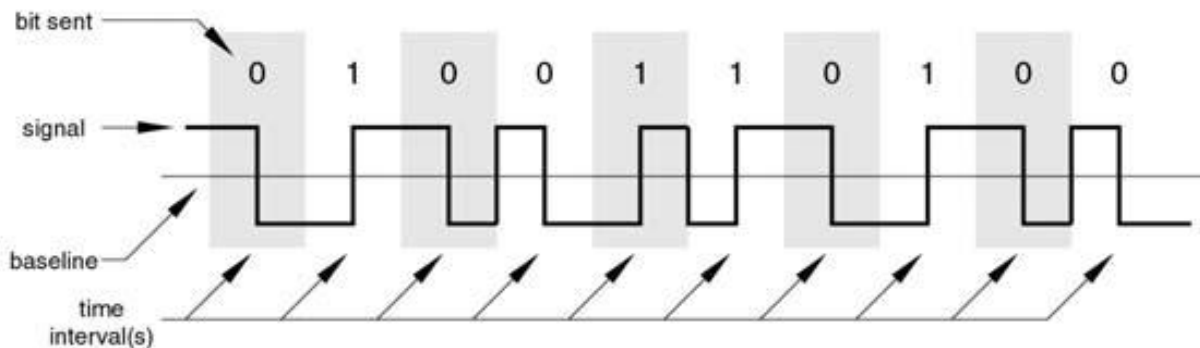


- Problem i jednog i drugog kodiranja je **kada se prenosi veći broj "0"**
- **Ne može da se detektuje** koliki je to broj (problem sinhronizovanja vremenskog kola koje daje takt za odbirke)
- Komunikacionim uređajima je neophodan neki mehanizam da bi se **onemogućila odstupanja u tajmingu** (razlike u taktovima)
- Kod konstantnog signala **ne postoji mehanizam za sinhronizaciju**.
- Međutim, **ako se signal menja**, promene mogu da se koriste za **održavanje sinhronizovanosti** uređaja.



- Ovo kodiranje **otklanja gornji problem** jer se kod koristi za očuvanje sinhronizacije između uređaja pa ga neki nazivaju **sinhronizacioni kod**.
- Ovde se “0” predstavlja **promenom napona sa visoke na nisku** vrednost a “1” **sa niske na visoku vrednost**.
- Ovde signal nikada nema konstantnu vrednost **duže od jednog bitskog intervala** jer se on menja na sredini svakog intervala i tako se vrši sinhronizacija dva uređaja koji komuniciraju.
- Ova promena omogućava taktu prijemnog uređaja **da ostane konzistentan sa taktom uređaja koji šalje signale**.
- Nedostatak Manchester kodiranja je to što je **neophodan dvostruki opseg signala** - signal mora da se menja dva puta češće nego kod NRZ kodiranja.

Manchester Encoding

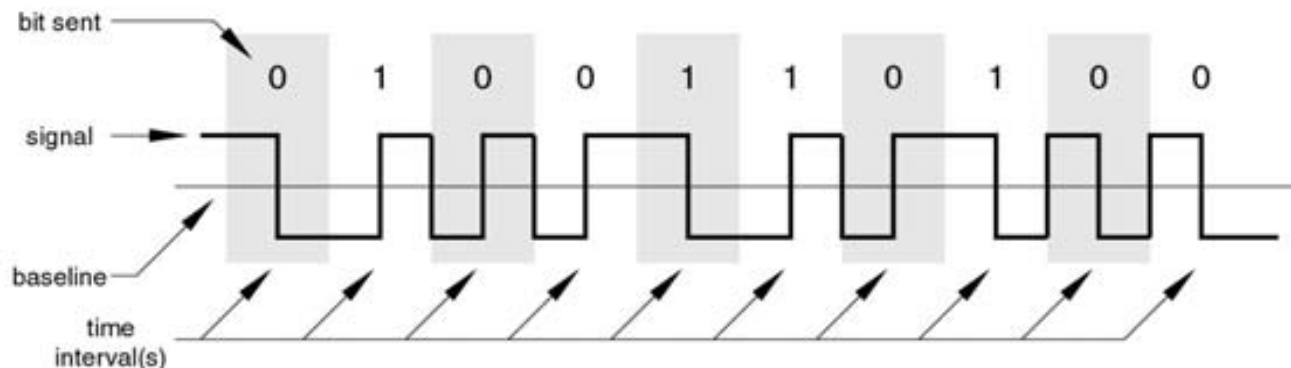




# Diferencijalno Manchester kodiranje

- Ovde **uvek dolazi do promene signala** na polovini svakog bitskog intervala.
- Razlika je u tome što se ovde to dešava na početku svakog intervala, pa **“1” izaziva zadržavanje signala na istom nivou** na kome je bio na kraju prethodnog intervala, a **“0” se kodira promenom vrednosti nivoa signala**.
- **“0” može da se kodira i prelaskom sa višeg na niži i obrnuto** što zavisi od prethodne vrednosti signala.
- Ovaj kod obezbeđuje **pouzadnije detektovanje promena** a naročito ako je u prenosnom mediju povećan šum.

Differential Manchester Encoding

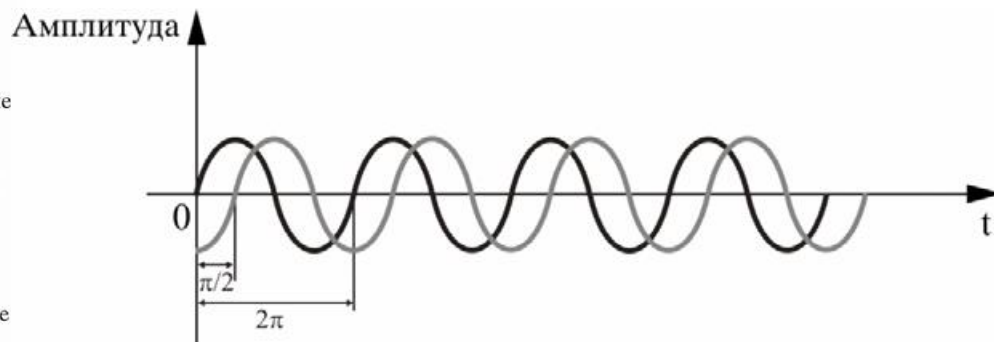
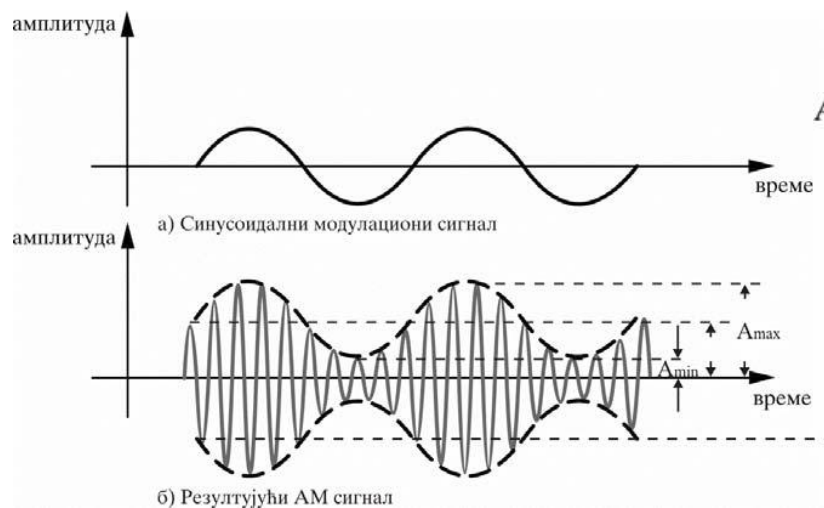


# 3.6 Kvertovanje digitalnih u analogne signale

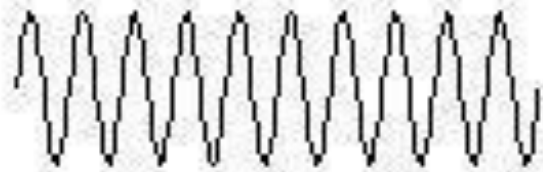
**1. Frekventna modulacija** FSK (*Frequency Shift Keying*) pridružuje jednu frekvenciju “0” a drugu “1”. Moguće su kombinacije gde je brzina baunda jednaka bitskoj brzini (dve frekvencije) ili kada imamo četiri frekvencije gde prenosimo dva bita po baundu.

**2. Amplitudna modulacija** ASK (*Metod Amplitude Shift Keying*) Svakoj grupi bitova pridružuje se analogni signal sa različitom amplitudom.

**3. Fazna modulacija** PSK (*Metod Phase Shift Keying*) Signal se razlikuje po faznom pomeraju gde se fazni pomeraj meru u odnosu na prethodni signal.



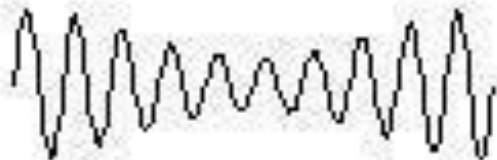
# 3.6 Konvertovanje digitalnih u analogne signale



signal nosioc



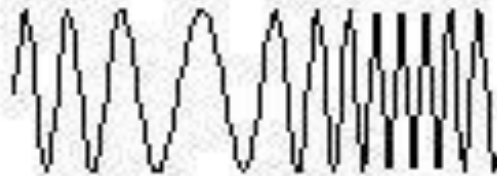
signal podatka



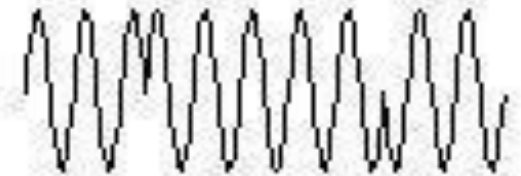
amplitudna modulacija



frekvencijska modulacija

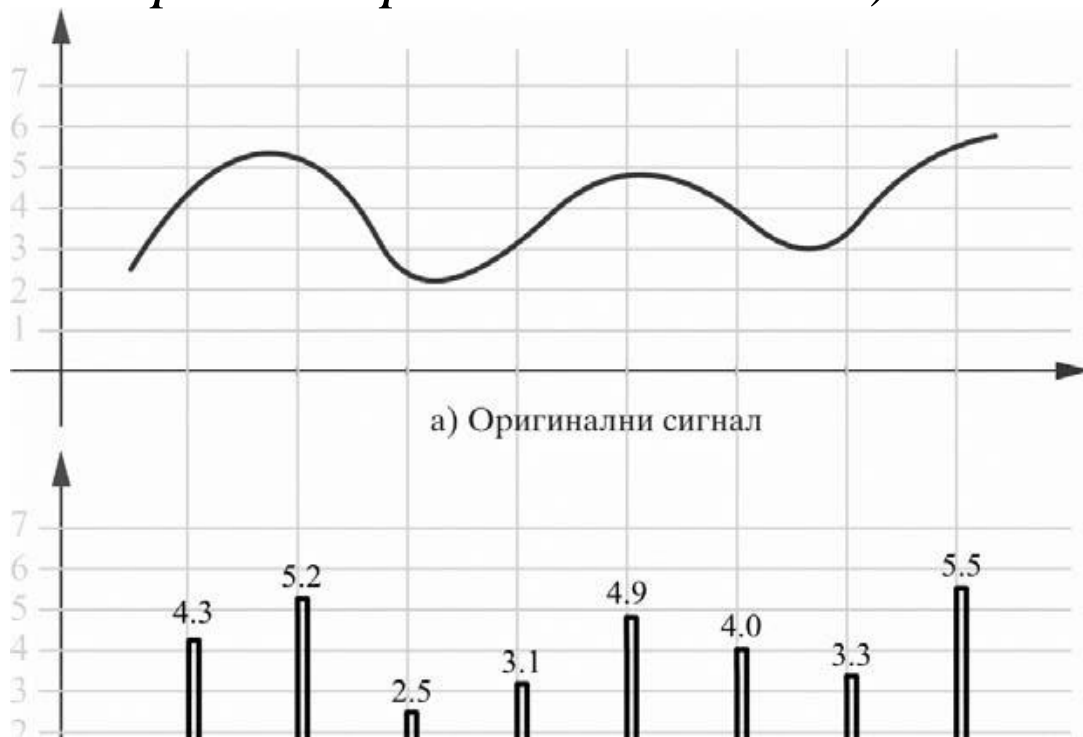


fazna modulacija



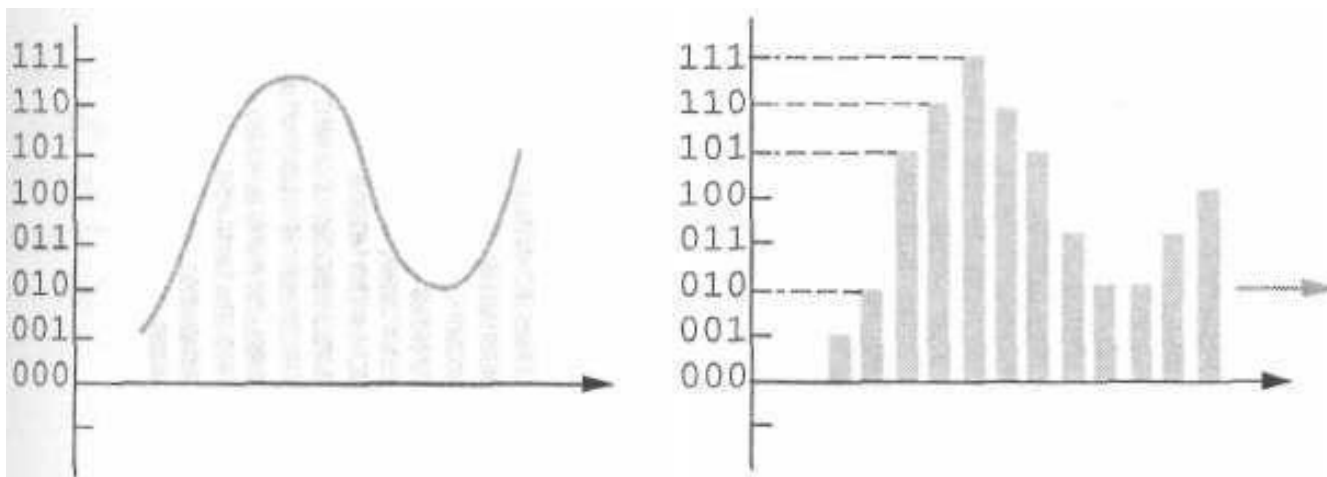
# 3.7 Konvertovanje analognih u digitalne signale - PAM

- Impulsna amplitudska modulacija (*Pulse Amplitude Modulation*)
- Impulsna kodna modulacija (*Pulse Code Modulation*)
- Jedan od metoda za digitalizaciju analognog signala je **impulsna amplitudska modulacija** (PAM - *pulse amplitude modulation*).
- U okviru ovog jednostavnog procesa, **analogni signal se sempluje u pravilnim intervalima**, a zatim se generiše **impuls sa amplitudom semplovanog signala**.



# 3.7 Konvertovanje analognih u digitalne signale - PCM

- Signali generisani PAM modulacijom izgledaju digitalno
- **Signal i dalje ima karakteristike analognog jer** impulsi mogu da imaju proizvoljne amplitude.
- Drugi način je da se **svakom semplovanom signalu dodeljuje se amplituda iz preddefinisano skupa** - impulsna kodna modulacija (**Pulse Code Modulation**).
- **Amplitudski opseg se deli na skup od  $2^n$  amplituda**
- Svako amplitudi **pridružen n-bitni binarni broj** koji se sada prenosi.



Hvala na pažnji !!!



Pitanja

? ? ?