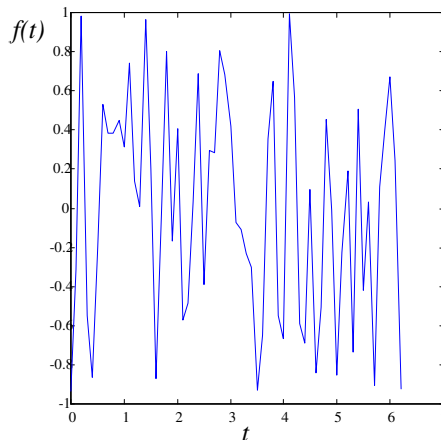


Laboratorijska vježba broj 4

OBRADA SIGNALA – MODULACIJE I KODIRANJE

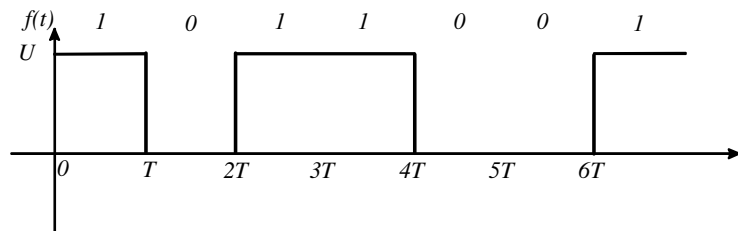
Teorijska osnova vježbe:

Signali koji predstavljaju realne poruke su slučajni signali. Pri tome ovi signali mogu biti **analogni ili digitalni**. Kod analognih signala, analitički izraz kojim se opisuju promjene nekog od parametara signala u vremenu je takav da predstavlja kontinualnu vremensku funkciju.



Slika 1. Primjer analognog slučajnog signala

Kod digitalnih signala, vremenska funkcija koja definiše promjene nekog od parametara signala predstavljena je kombinacijom diskretnih elemenata, koji su uzeti iz nekog konačnog skupa.

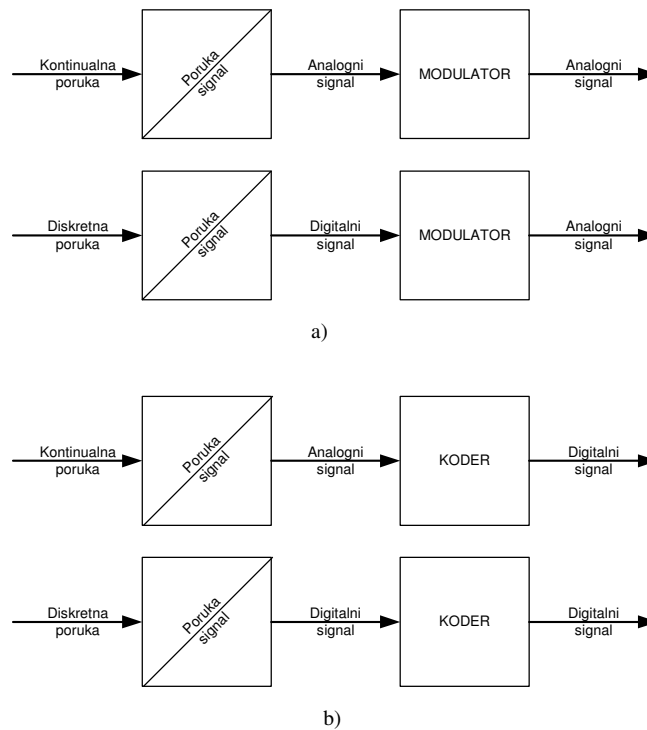


Slika 2. Primjer digitalnog slučajnog signala

U zavisnosti od toga da li se transmissionim medijumom prenosi signal analognog ili digitalnog tipa, govori se o **analognom**, odnosno **digitalnom prenosu**.

Ukoliko je to opravdano sa aspekta optimalnog prilagodjenja karakteristikama prenosnog puta, a u cilju ostvarivanja minimalne greške u prenosu, diskretne poruke se mogu prenositi i analognim signalima, kao što se i kontinualne poruke mogu prenositi digitalnim signalima.

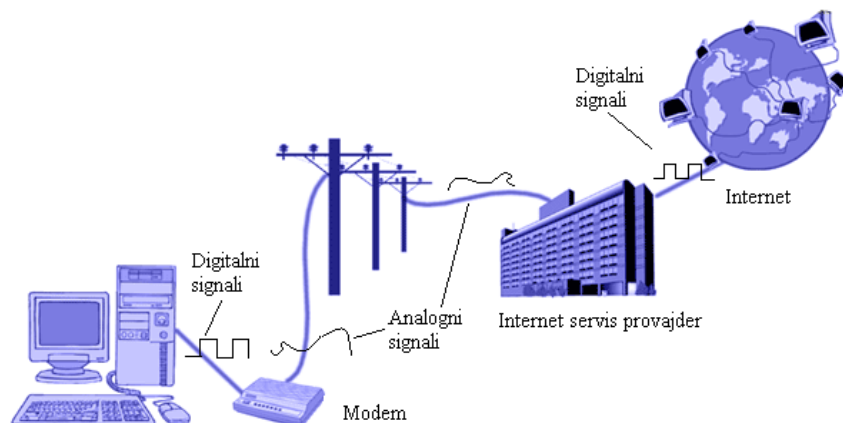
- Analogni prenos diskretnih poruka može se realizovati ako se na strani predajnika obrada signala koji ekvivalentira diskretnu poruku (i koji je dakle, digitalni) ostvari postupkom koji se naziva modulacijom. U tu svrhu koristi se poseban uređaj koji se naziva **modulator** i koji obavlja postupak konvertovanja serije naponskih impulsa u analogni signal.
- U postupku prenosa kontinualnih poruka digitalnim signalima koristi se uređaj kojim se ostvaruje obrada analognog signala u digitalni oblik. Ovaj uređaj se naziva **koder**.



Slika 3. Mogućnosti prenosa kontinualnih i diskretnih poruka: a) analogni prenos; b) digitalni prenos

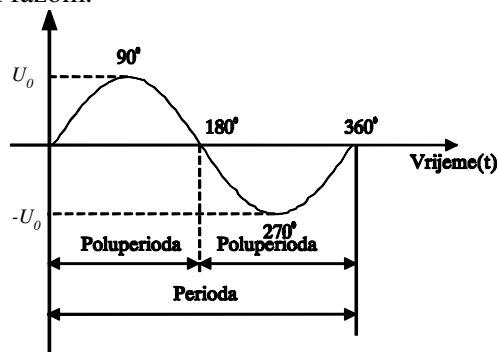
Tabela 1. Pregled postupaka obrade signala

Vrsta poruke	Originalni signal	Vrsta prenosa	Postupak obrade
Kontinualna	Analogni	Analogni	Bez obrade (u osnovnom opsegu)
		Digitalni	Kodiranje (analogno/digitalna konverzija)
Digitalna	Digitalni	Analogni	Modulacija
		Digitalni	Kodiranje u osnovnom opsegu



Slika 4. Primjeri analognog i digitalnog prenosa u računarskim komunikacijama

U osnovi postupak modulacije se sprovodi tako što se signal koji predstavlja direktni ekvivalent poruke (modulišući signal) utiskuje u pomoćni deterministički signal (nosilac). Na taj način, na izlazu modema se dobija obrađeni, modulirani signal. Signal nosioca je periodičan i tipično je predstavljen sinusoidalnim talasnim oblikom, koji je definisan sa tri svoja parametra: amplitudom, frekvencijom i fazom.



Slika 5. Talasni oblik nosioca u okviru jedne periode

Signal nosioca se može predstaviti relacijom:

$$u_0(t) = U_0 \sin(2\pi f_0 t + \varphi),$$

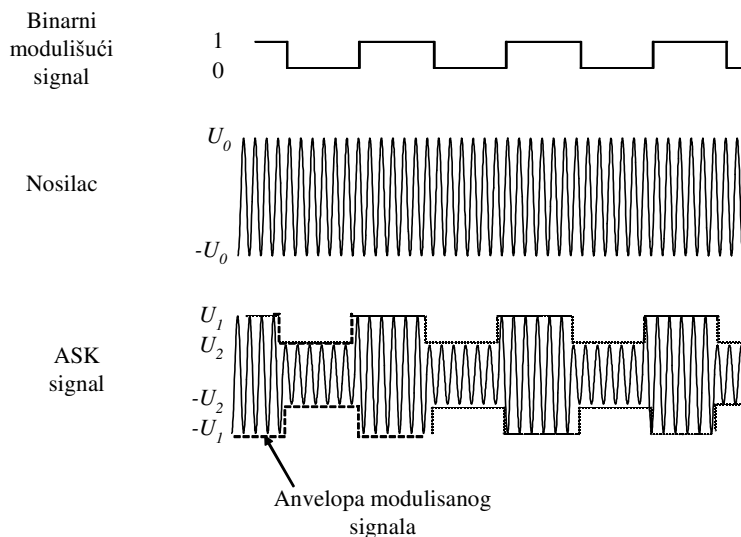
gdje je: U_0 - amplituda, f_0 -učestanost (frekvencija) i φ -faza sinusoidalnog signala.

U zavisnosti od toga da li se amplituda, frekvencija ili faza pomoćnog nosioca mijenja u skladu sa promjenama modulišućeg signala (poruke), postoje tri osnovna tipa modulacije:

- Amplitudska (ASK – *Amplitude Shift Keying*),
- Frekvencijska (FSK – *Frequency Shift Keying*),
- Fazna (PSK – *Phase Shift Keying*).

Kod amplitudski modulisanog signala, poruka je utisnuta u promjeni amplitude nosioca. Ako je modulišući signal binarni digitalni signal, onda je opšti oblik ASK signala:

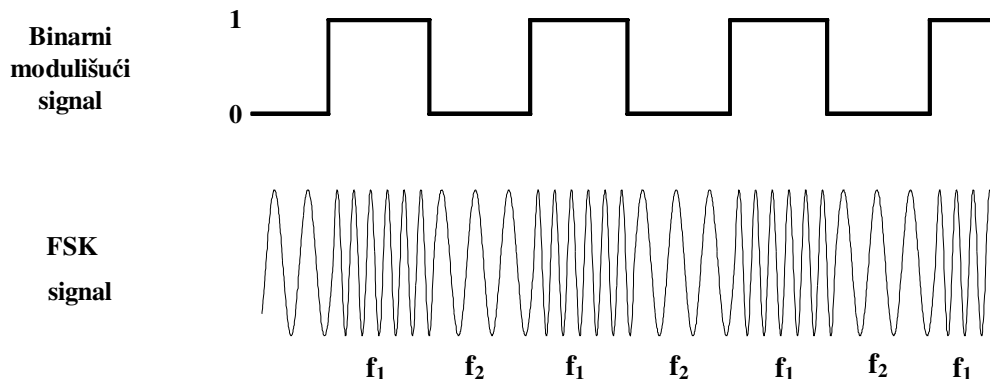
$$u(t) = \begin{cases} U_1 \cos(2\pi f_0 t + \varphi) & \text{binarna 1} \\ U_2 \cos(2\pi f_0 t + \varphi) & \text{binarna 0} \end{cases}$$



Slika 6. Obrada digitalnog signala postupkom amplitudske modulacije

Kod frekvencijski modulisanog signala, poruka je utisnuta u promjeni učestanosti (frekvencije) nosioca. Ako je modulišući signal binarni digitalni signal, onda je opšti oblik FSK signala:

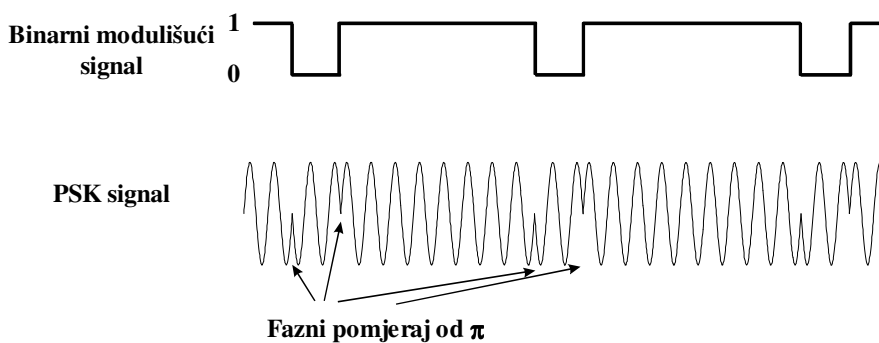
$$u(t) = \begin{cases} U_0 \cos(2\pi f_1 t + \varphi) & \text{binarna 1} \\ U_0 \cos(2\pi f_2 t + \varphi) & \text{binarna 0} \end{cases}$$



Slika 7. Obrada digitalnog signala postupkom frekvencijske modulacije

Kod fazno modulisanog signala, poruka je utisnuta u promjeni faze nosioca. Ako je modulišući signal binarni digitalni signal, onda je opšti oblik PSK signala:

$$u(t) = \begin{cases} U_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_1) & \text{binarna 1} \\ U_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_2) & \text{binarna 0} \end{cases}$$



Slika 8. Postupak fazne modulacije binarnog signala

<http://williams.comp.ncat.edu/Networks/modulate.htm>

Kodiranje

Pojmom kodiranja obuhvaćeni su postupci obrade koji se primjenjuju pri digitalnom prenosu digitalnih signala, kada se karakteristike digitalnog signala prilagođavaju karakteristikama prenosnog puta, kao i pri digitalnom prenosu analognih signala, kada se vrši pretvaranje analognog signala u digitalni oblik. Saglasno tome, u postupku obrade signala, razlikuju se dva tipa kodiranja:

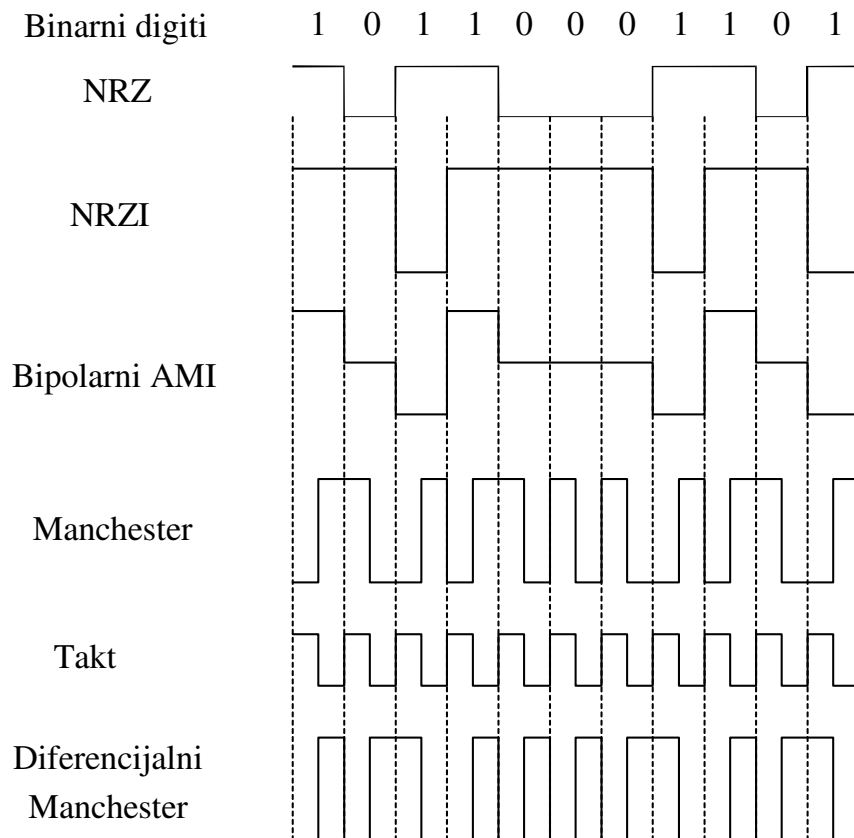
- kodiranje digitalnih signala u osnovnom opsegu učestanosti i
- kodiranje analognih signala, odnosno analognog/digitalna konverzija.

Kodiranjem se utiče na: oblik spektra signala, sinhronizacija, otkrivanje grešaka, povećanje otpornosti na uticaj šuma, složenost i ekonomičnost uređaja.

Najjednostavniji postupak kodiranja je onaj koji se upotrebljava za opisivanje binarnih signala na način što se dva binarna stanja predstavljaju sa dva naponska nivoa u odgovarajućem talasnom obliku signala. Ovakav kod se može realizovati tako što se binarna jedinica predstavi višim nivoom napona (impulsom), a binarna nula se predstavi nultim naponom (pauzom). Druga, češća, mogućnost je ona u kojoj se negativni napon koristi da predstavi binarnu 0, a pozitivni napon za binarnu 1. U tom slučaju se govori o specifičnom postupku kodiranja bez povratka na nulu (NRZ- *Non Return to Zero*).

Jedan način prevazilaženja navedenih problema NRZ koda je NRZI (*Non return to Zero Inverted*) kod, prikazan na slici 9. Kod ovog postupka kodiranja 1 se kodira uvođenjem promjene u odnosu na postojeće stanje signala, dok se 0 kodira zadržavanjem postojećeg stanja. Na taj način se rešava problem uzastopnih jedinica, ali se očigledno to ne postiže kada su u pitanju uzastopne 0. Sledeća tehnika kojom se uvode dalja poboljšanja je bipolarni-AMI (*Alternate Mark Inversion*) kod. Kod ovog postupka, binarna 0 iz originalnog binarnog niza koji predstavlja poruku označava se nultim naponom, a binarna 1 pozitivnim ili negativnim impulsom. Pri tome se svakom drugom impulsu koji predstavlja binarnu 1 mijenja znak. Ovaj postupak ima niz prednosti u odnosu na NRZ kod. U spektru bipolarnog-AMI signala nema jednosmjerne komponente i spektar ovako kodiranog signala je uži od spektra NRZ signala.

Postoji još jedna grupa kodova kojima se na sličan način prevazilaze nedostaci NRZ kodova. To su bifazni kodovi, od kojih se upravo u računarskim komunikacijama najviše koriste: Manchester kod i Diferencijalni Manchester kod. Manchester kod je zasnovan na postojanju tranzicije (prelaza) na sredini vremenskog intervala koji pripada pojedinačnom binarnom simbolu. Pri tome je binarna 1 predstavljena tranzicijom sa nižeg na viši naponski nivo, dok binarnu 0 predstavlja tranzicija sa višeg na niži naponski nivo (slika 9). Kod Diferencijalnog Manchester koda uvode se tranzicije na sredini intervala pojedinačnih simbola, s tim što se za kodiranje binarne 0 uvodi i tranzicija na početku odgovarajućeg intervala simbola, dok kod binarne 1 te tranzicije nema.



Slika 9. Neki osnovni postupci kodiranja digitalnih signala