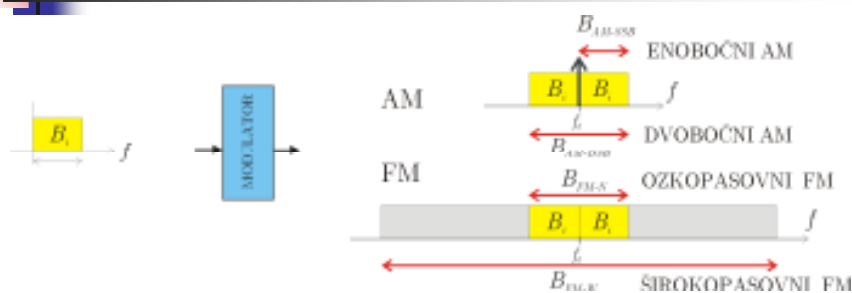


Digitalni modulacijski postopki

str. 104-160

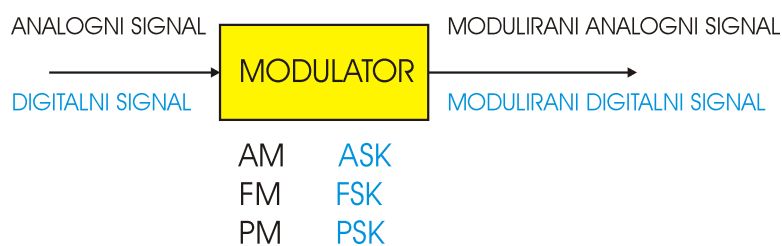
Uvod: Spektri analognih moduliranih signalov



- V radijskih komunikacijah je prenosni medij javna dobrina za katero podeljuje koncesijo država. Cena radijskega frekvenčnega prostora je zelo visoka, odvisna je tudi od namena uporabe* R-UMTS cca 700 SIT/Hz
- **Pasovna širina moduliranega signala ne more biti manjša od pasovne širine modulatorskega signala !**
- Širina spektra moduliranega signala določa potrebno frekvenčno širino prenosnega kanala

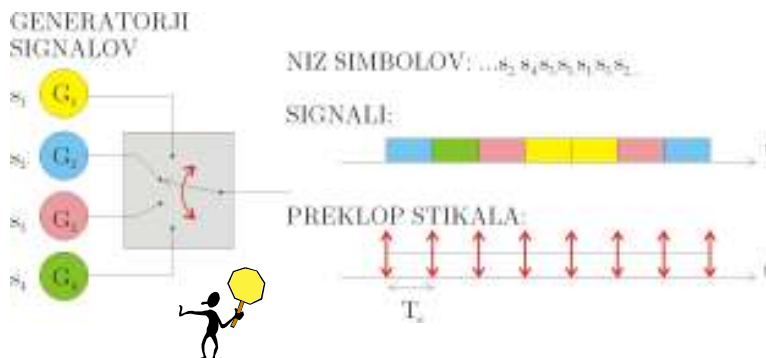
Digitalne modulacije

- Osnovni digitalni modulacijski postopki so podobni analognim modulacijskim postopkom.
- Razlika med analogno modulacijo in digitalno modulacijo je v signalu na vhodu modulatorja:



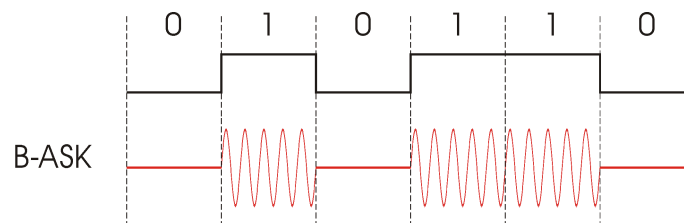
Nelinearni modulator

- Vsak znak (simbol) predstavlja električni signal
- Izbiramo M različnih signalov, ki se lahko razlikujejo po obliki.
- Izberemo M harmoničnih signalov, ki se razlikujejo po amplitudi, fazi ali frekvenci ! **ASK, PSK, FSK**



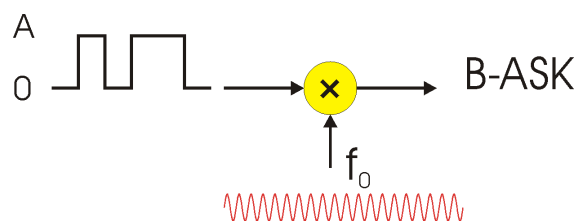
Amplitudna modulacija ASK

- Najbolj enostaven modulacijski postopek je **ASK** (Amplitude-Shift Keying).
- ASK signal dobimo preprosto z množenjem M- nivojskega digitalnega signala s harmoničnim nosilcem. Najbolj preprost primer ASK je binarni ASK:



Amplitudna modulacija B-ASK

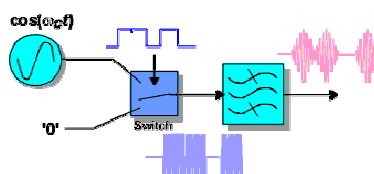
- ASK signal dobimo preprosto z množenjem binarnega digitalnega signala s harmoničnim nosilcem:



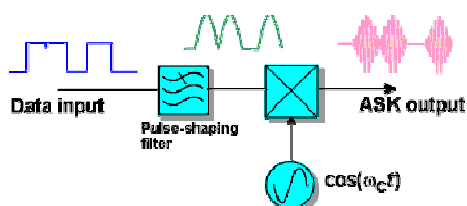
- Binarni ASK signal imenujemo tudi **OOK** : oznaka pomeni prižiganje in ugašanje nosilca (ON-OFF Keying)

Omejevanje (oblikovanje) spektra

- Oblikovanje spektra po modulaciji:

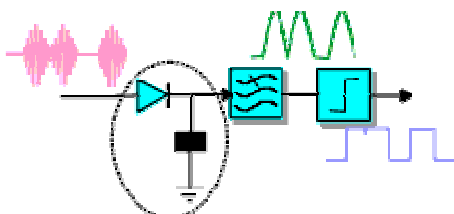


- Oblikovanje spektra signala pred modulacijo:

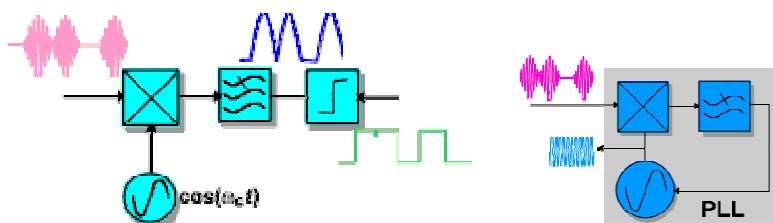


Demodulator ASK

- detektor ovojnice:



- koherentni detektor - sinhroni demodulator in regeneracija nosilca

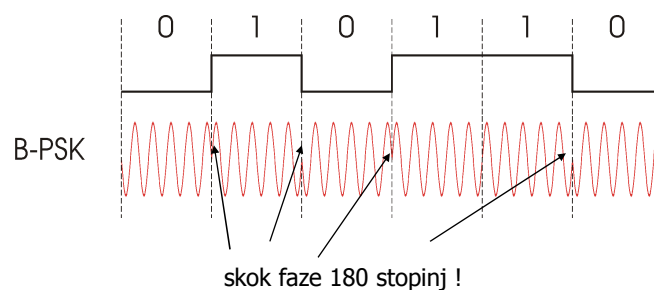


Lastnosti ASK

- ASK demodulator lahko deluje brez poznavanja informacije o frekvenci in fazi nosilca. Pri sinhroni detekciji zboljšamo kvaliteto prenosa: šum se zmanjša za 3dB.
- Spektralna učinkovitost ASK je polovico manjša kot pri prenosu signala v osnovnem pasu, ker prenašamo dva bočna pasova.
- Ker je informacija v amplitudi, je ASK signal zelo občutljiv na šum in nelinearna popačenja.

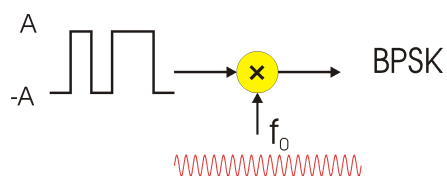
Fazna modulacija PSK

- Pri PSK (Phase Shift Keying) modulaciji se različni simboli ločijo med seboj po fazi nosilca.
- Najbolj preprost je binarni PSK: fazi sta različni za 180°

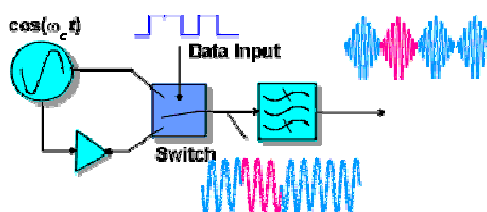


BPSK modulator

- BPSK signal dobimo z množenjem bipolarnega digitalnega signala s harmoničnim nosilcem:



- nelinearni modulator:

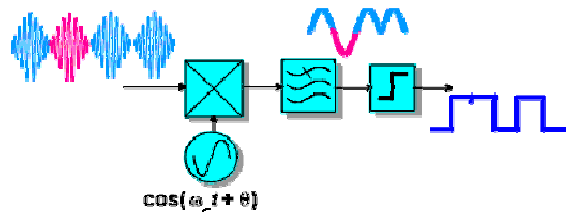


A. Umek : Digitalne modulacije

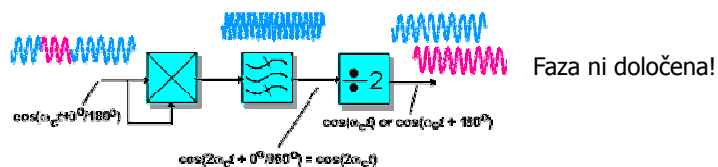
11

PSK demodulator

- PSK signal demoduliramo s sinhronim (koherentnim) detektorjem



- regeneracija nosilca iz BPSK signala: s kvadriranjem dobimo tudi nemeduliran signal z dvojno frekvenco !

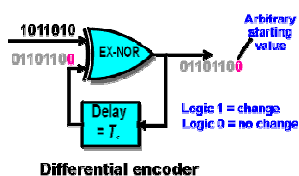


A. Umek : Digitalne modulacije

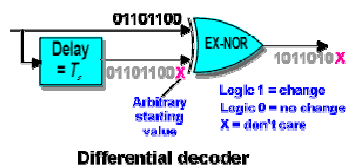
12

Diferencialni PSK

- Absolutna faza ni pomembna, informacijo nosi sprememba faze !
- Signal na vhodu modulator najprej diferencialno kodiramo:

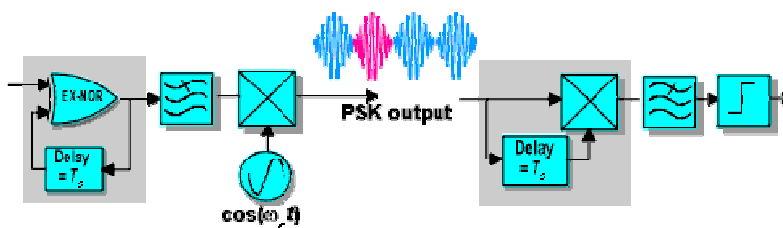


- Na izhodu demodulatorja lahko signal diferencialno dekodiramo:



DPSK

- Uporabimo diferencialni kodirnik pred modulacijo, v demodulatorju pa primerjamo fazo signala z zakasjenim signalom:



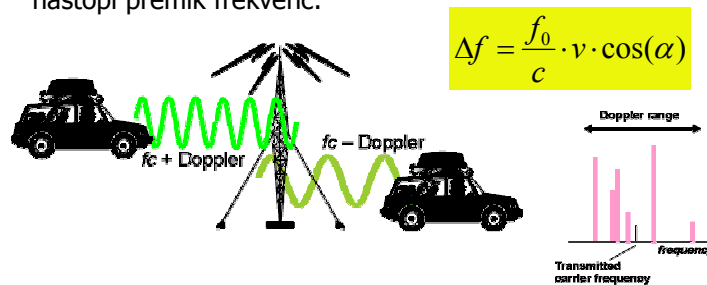
- prednost DPSK : ne potrebujemo pomožnega signala nosilca !!

Lastnosti PSK

- PSK ni občutljiva na nelinearna popačenja: nelinearnost ojačevalnikov ne moti,
- PSK ni občutljiv na amplitudne motnje - signal v sprejemniku lahko limitiramo,
- Za demodulacijo PSK signala moramo v sprejemniku pridobiti informacijo o frekvenci in fazi nosilca. Obstaja rešitev: DPSK
- DPSK (Differential PSK): če uporabimo diferenčno kodiranje, ne potrebujemo informacije o absolutni fazi. Informacije o nosilcu ne potrebujemo.

Dopplerjev pojav

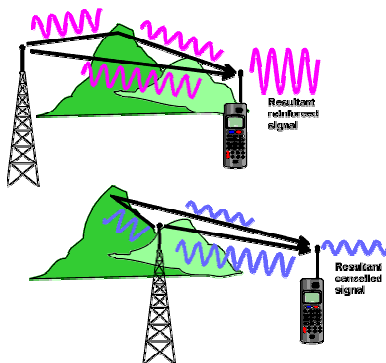
- Če se razdalja med sprejemnikom in oddajnikom spreminja nastopi premik frekvenc:



- **Primer:** Pri frekvenci nosilca $f_0=1\text{GHz}$ in relativni hitrosti premikanja 100km/h je odmik 92.6Hz

Razširjanje signala po več poteh

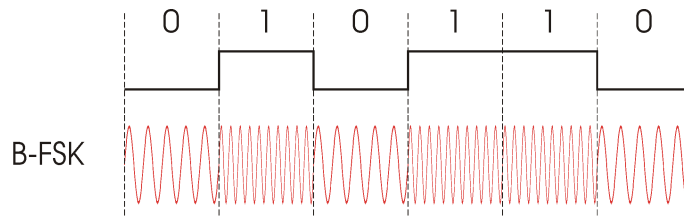
- Signal v sprejemniku je vsota različno zakasnenih komponent:



- Če se uporabnik premika, nastopi še Dopplerjev pojav. Za signale ki prihajajo iz različnih smeri so frekvenčni premiki različni !!!

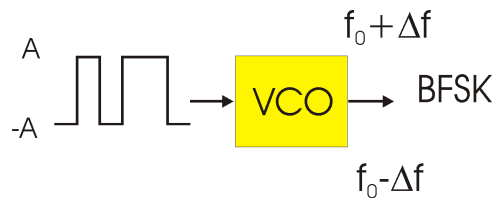
Frekvenčna modulacija FSK

- Pri FSK (Frequency Shift Keying) modulaciji se simboli razlikujejo po frekvenci harmoničnega signala.
- Najbolj enostaven primer FSK je binarni FSK:

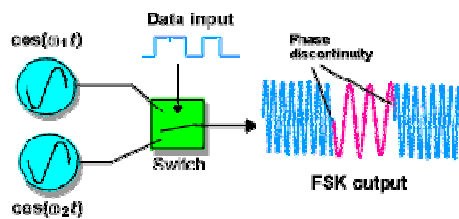


Binarni FSK modulator

- BFSK signal dobimo na izhodu napetostno krmiljenega oscilatorja, če mu na vhod priključimo binarni digitalni signal:



- Nelinearni modulator:

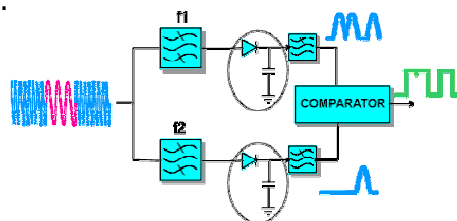


A. Umek : Digitalne modulacije

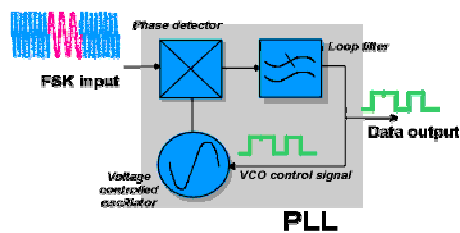
19

FSK demodulator

- Nekoherentni detektor:



- Demodulator s fazno ujeto zanko:

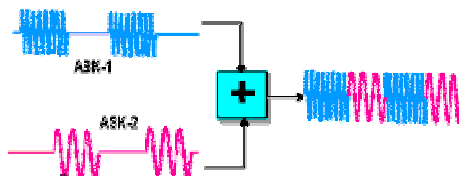


A. Umek : Digitalne modulacije

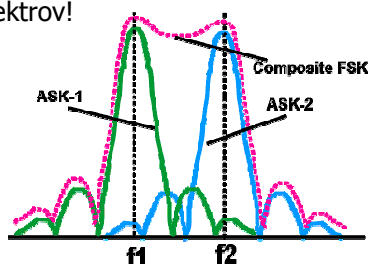
20

Spekter BFSK

- Binarni FSK lahko predstavimo z vsoto dveh B-ASK signalov:

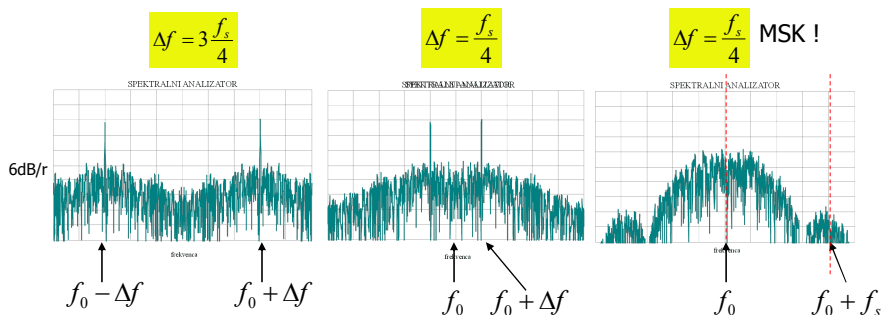


- ASK signala sta soodvisna, zato spekter vsote v območju prekrivanja ni enak vsoti spektrov!



Spekter FSK

- Širina spektra je odvisna od frekvenčne deviacije:

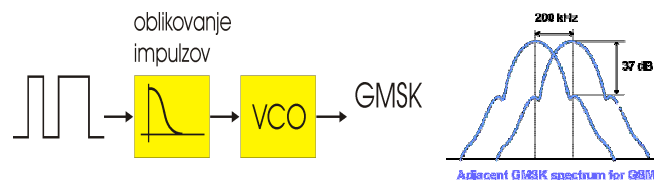


MSK in GMSK

- Širina spektra BFSK signala je odvisna predvsem od frekvenčne deviacije Δf . Širino spektra močno zmanjšamo, če uporabimo minimalni frekvenčni skok MFSK (Minimum Frequency Shift Keying):



- V sistemu mobilnih komunikacij GSM se uporablja modulacija GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), pri kateri pravokotne impulze na vhodu VCO najprej oblikujemo z Gaussovimi sitom:

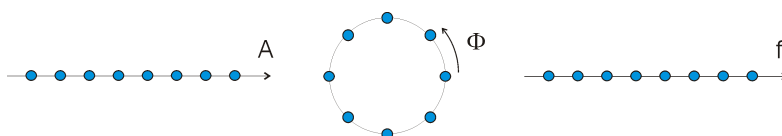


Lastnosti FSK

- FSK modulacijo odlikuje velika odpornost na motnje.
- Ker je informacija vsebovana v frekvenci, FSK signal ni občutljiv na nelinearna popačenja
- Demodulacija FSK signala dopušča frekvenčne premike signala, ki nastopajo zaradi Dopplerjevega pojava !!
- Glavno slabost predstavlja majhna spektralna učinkovitost, kar lahko izboljšamo z MSK in GMSK.

Večnivojski ASK, PSK in FSK

- Preproste binarne modulacije omogočajo prenos enega bita na simbol. Če želimo povečati učinkovitost modulacijskega postopka, moramo povečati:
 - M = število različnih amplitud nosilca pri ASK modulaciji: **M-ASK**
 - M = število različnih faz nosilca pri PSK modulaciji: **M-PSK**
 - M = število različnih frekvenc pri FSK modulaciji: **M-FSK**.



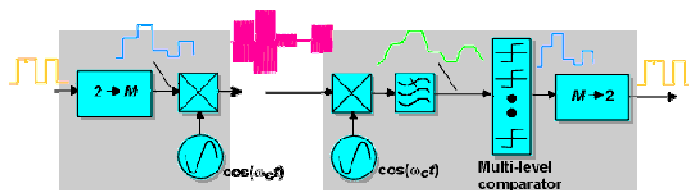
- Kakšne so posledice povečanja števila simbolov iz 2 na M ?
 - informacijski pretok je večji za faktor $\log_2(M)$,
 - razlike med simboli se zmanjšajo, zato je večja občutljivost na šum in s tem več napak pri prenosu (ali pa moramo razširiti frekvenčni pas)
 - poveča se kompleksnost modema .

A. Umek : Digitalne modulacije

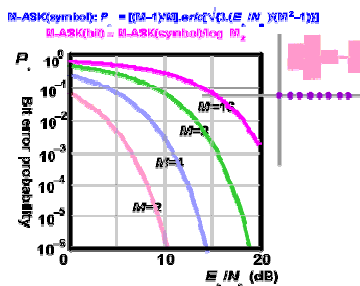
25

Večnivojski ASK

- M različnih amplitud nosilca: **M-ASK**



- Pri nespremenjeni moči se zmanjša razlika med simboli, zato je prenos bolj občutljiv na šum:

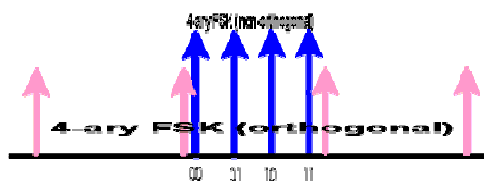


A. Umek : Digitalne modulacije

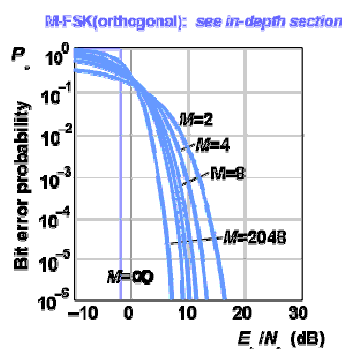
26

Večfrekvenčni FSK

- M različnih frekvenc nosilca: **M-FSK**

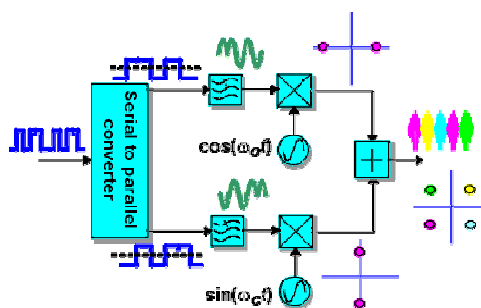


- Na račun povečanja pasovne širine se kvaliteta prenosa ob nespremenjeni moči povečuje s številom nosilcev !



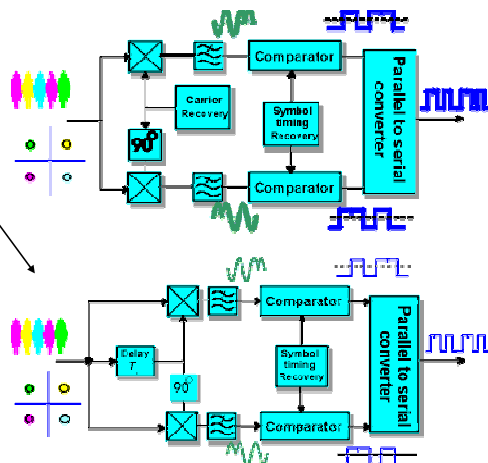
M- PSK

- M signalov predstavlja M različnih faz nosilca: **M-PSK**
- primer: QPSK (M=4)



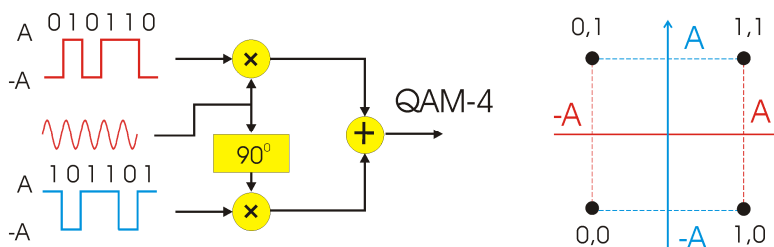
QPSK in DQPSK demodulator

DQPSK demodulator ne potrebuje nosilca !



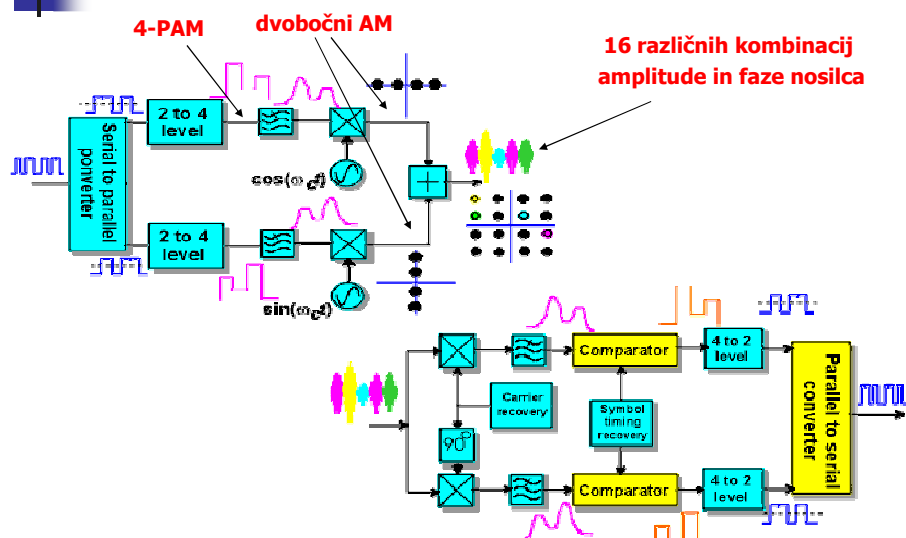
Fazno multipleksiranje in QAM

- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) signal je vsota dveh amplitudno moduliranih PAM signalov. Ločitev obeh komponent v sprejemniku je mogoča zaradi ortogonalnosti nosilcev:



- Minimalna širina spektra QAM signala je f_s !
- Digitalna signala na vходу obeh amplitudnih modulatorjev dobimo s časovno razdelitvijo informacijskega signala.

16-QAM modem:

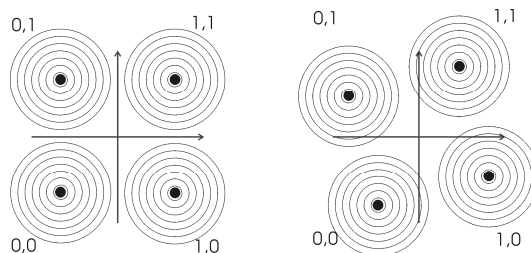


A. Umek : Digitalne modulacije

31

Lastnosti QAM

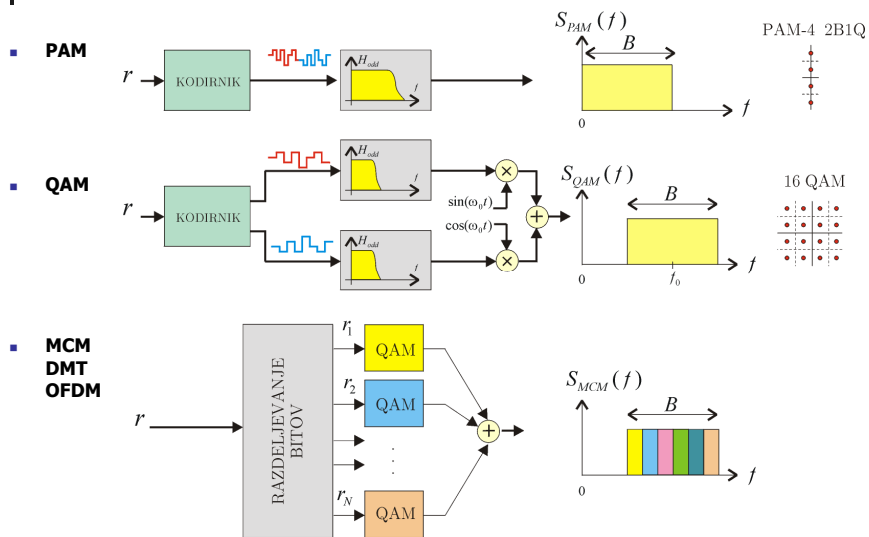
- M-QAM ima veliko spektralno učinkovitost: na kanalu s pasovno širino B lahko odvisno od velikosti šuma prenašamo največ $B \cdot \log_2(M)$ bitov v sekundi.
- QAM je občutljiva na nelinearna popačenja !!
- Pri demodulaciji potrebujemo natančno informacijo o frekvenci in fazi nosilca !
- Kaj povzroči zasak faze pri sprejemu ?



A. Umek : Digitalne modulacije

32

Spektralno učinkoviti prenosni sistemi:

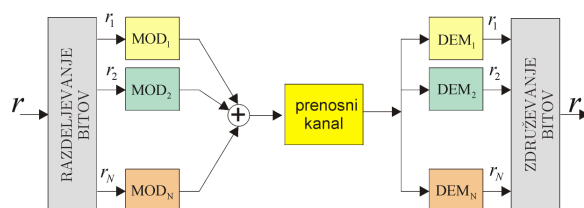


A. Umek : Digitalne modulacije

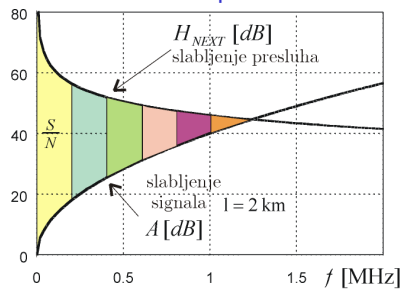
33

Modulacija z več nosilci: MCM, OFDM, DMT

- MCM modem: (DMT, OFDM)



- razmere na kanalu za primer telefonskega voda (DMT- x DSL)



razdelitev prenosne hitrosti po kanalih:



A. Umek : Digitalne modulacije

34

Katera modulacija je najboljša ?

- Izbira modulatorskega postopka je odvisna od razmer na prenosnem kanalu.

žični prenosni kanal:

- če je na razpolago osnovni pas od 0Hz dalje, modulacija ni potrebna.
- telefonskih modemi uporabljajo kodirani QAM = TCM,
- nekateri xDSL tehnologije uporabljajo CAP (QAM) in DMT (večkanalni QAM),

radijski prenosni kanal:

- na mobilnem kanalu se uporablja FSK, PSK, (QAM)
- digitalni radio in TV (DAB in DVB) uporabljata OFDM (večkanalni DQPSK in QAM)
- zmogljive fiksne radijske povezave uporabljajo QAM

katera modulacija je najboljša ?

Katera modulacijo izberemo ?

- Izbira modulatorskega postopka je odvisna od razmer na prenosnem kanalu !

