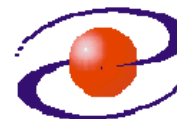




**UNIVERZITET CRNE GORE  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**



**STUDIJSKI PROGRAM:** *ELEKTRONIKA, TELEKOMUNIKACIJE I RAČUNARI*

**PREDMET:** *OSNOVI DIGITALNIH TELEKOMUNIKACIJA*

**FOND ČASOVA:** *3+1+1*

## **LABORATORIJSKA VJEŽBA BROJ 4**

**NAZIV:** *DIGITALNE MODULACIJE*

### **CILJEVI VJEŽBE:**

Cilj vježbe je da se uz pomoć simulacionih modela prikažu performanse različitih sistema za prenos digitalnih signala modulisanih nosiocem (višenivoovske QAM i PSK modulacije).

### **POTREBAN PRIBOR:**

- kalkulator.

**IME I PREZIME:** \_\_\_\_\_.

**BROJ INDEKSA:** \_\_\_\_\_.

<b>BROJ POENA:</b>	
<b>OVJERAVA:</b>	
<b>DATUM:</b>	

## 1. APARATURA

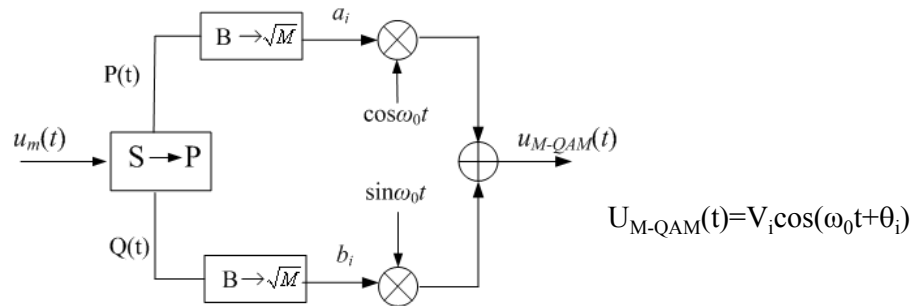
Računar sa instaliranim Matlabom i simulacionim modelima za 4 QAM, 16 QAM, 64 QAM, BPSK, QPSK i 16 PSK.

## 2. TEORIJSKA OSNOVA LABORATORIJSKE VJEŽBE

### 2.1 KVADRATURNNA AMPLITUDSKA MODULACIJA

QAM spada u grupu višenivovskih postupaka modulacije gdje se odgovarajućom obradom povećava broj mogućih vrijednosti značajnih stanja signala, čime se povećava brzina prenosa, a smanjuje zahtjevani opseg učestanosti sistema za prenos.

Ako je modulišući signal binarni, nakon postupka 4QAM se dobija digitalni signal sa 4 moguće vrijednosti značajnog parametra, dok se nakon postupka 16QAM dobija digitalni signal sa 16 mogućih stanja značajnog parametra itd. Pri tome je digitalni protok, a samim tim i zahtjevani opseg sistema za prenos  $\log_2 M$  puta manji, gdje je  $M$  broj nivoa QAM signala.



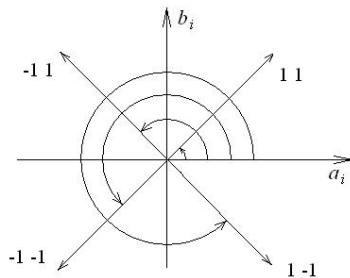
Slika 2.1: Principialna blok šema  $M$ -QAM predajnika

Na slici 1 je prikazana principialna blok šema predajnika  $M$ -QAM signala.  $P(t)$  i  $Q(t)$  su dva statistički različita i nezavisna binarna signala. Sa  $S \rightarrow P$  je označen konvertor serije u paralelu, a sa  $B \rightarrow \sqrt{M}$  konvertor binarnih u  $\sqrt{M}$ -arne signale. Signal na izlazu iz predajnika je dat izrazom:

$$U_{M-QAM}(t) = V_i \cos(\omega_0 t + \theta_i)$$

gdje su  $V_i$  moguće vrijednosti anvelope, a  $\theta_i$  moguće vrijednosti faze QAM signala.

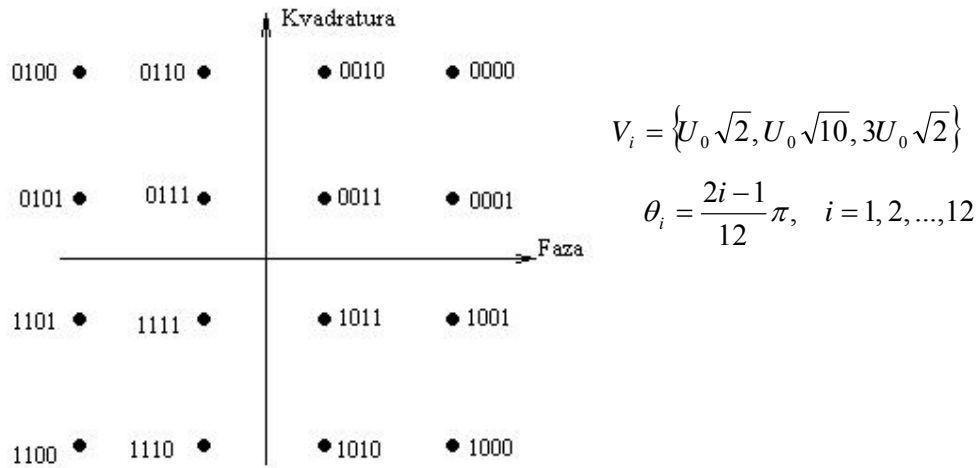
4QAM signalna konstalacija je data na slici 2.2, gdje je  $U_0$  naponski nivo kojim se predstavlja binarna jedinica.



$$V_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} = U_0 \sqrt{2}$$

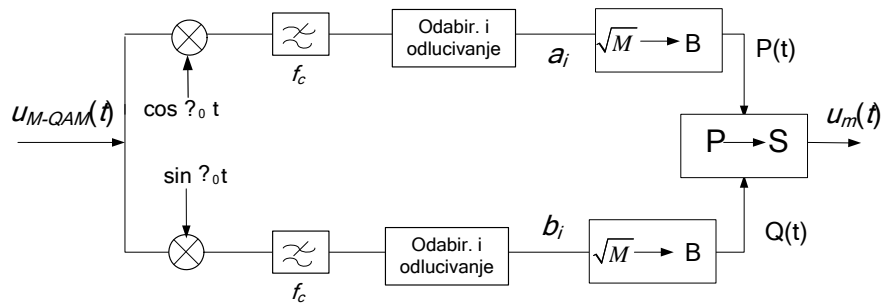
$$\theta_i = \left\{ \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\}$$

Slika 2.2: Signalna konstalacija 4QAM signala



Slika 2.3: Konstalacioni dijagram 16QAM signala

Principska šema prijemnika M-QAM signala je data na slici 2.4:

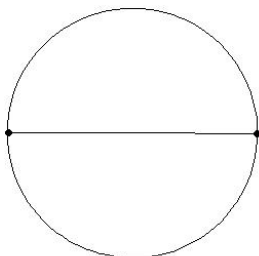


Slika 2.4: Principska šema prijemnika M-QAM signala

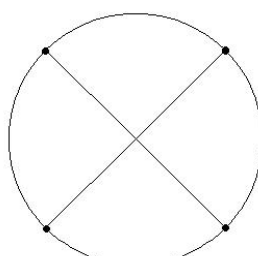
## 2.2. SISTEMI PRENOSA SA PSK

U sistemima prenosa sa faznom modulacijom značajni parametar sinusoidalnog nosioca je njegova faza. U idealnim uslovima ovakav signal ima konstantnu amplitudu i učestanost, trajanje signalizacionih intervala je konstantno, a relativna faza nosioca u tim intervalima uzima diskretne vrijednosti iz jednog konačnog skupa kojim se opisuje prenošena poruka. Kod binarne PSK (BPSK) faza uzima jednu od dvije moguće vrijednosti, kod kvaternarne PSK (QPSK) faza uzima jednu od 4 moguće vrijednosti, kod 8 PSK jednu od osam mogućih vrijednosti, itd. Pri tome je, za razliku od QAM modulacionih postupaka, amplituda fazno moduliranih signala konstantna.

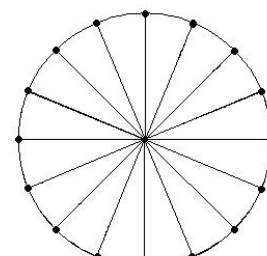
Na slikama 2.5, 2.6 i 2.7 prikazane su signalne konstalacije za BPSK, QPSK i 16PSK.



Slika 2.5



Slika 2.6



Slika 2.7

### 3. ZADACI

1. Za odnose  $E_s/N_0$  od -9 dB, -6 dB, -3dB, 0 dB, 3 dB, 6 dB, 9 dB, 12 dB, 15 dB, 18 dB i 21 dB izračunati vjerovatnoću greške za slučaj BPSK u uslovima koherentne detekcije.

BER	$E_s/N_0$ [dB]										
	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15	18	21
BPSK											

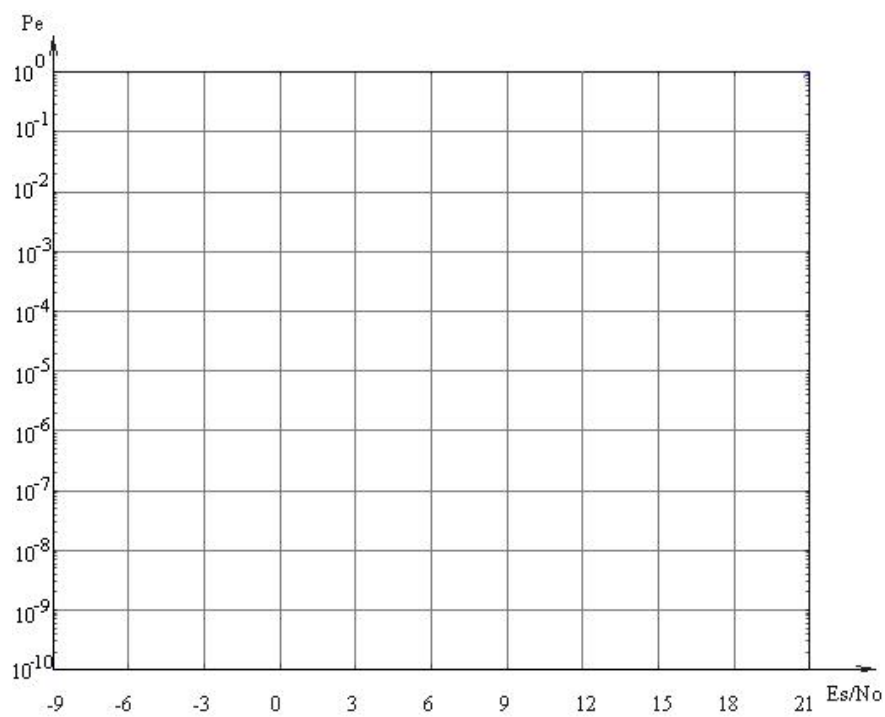
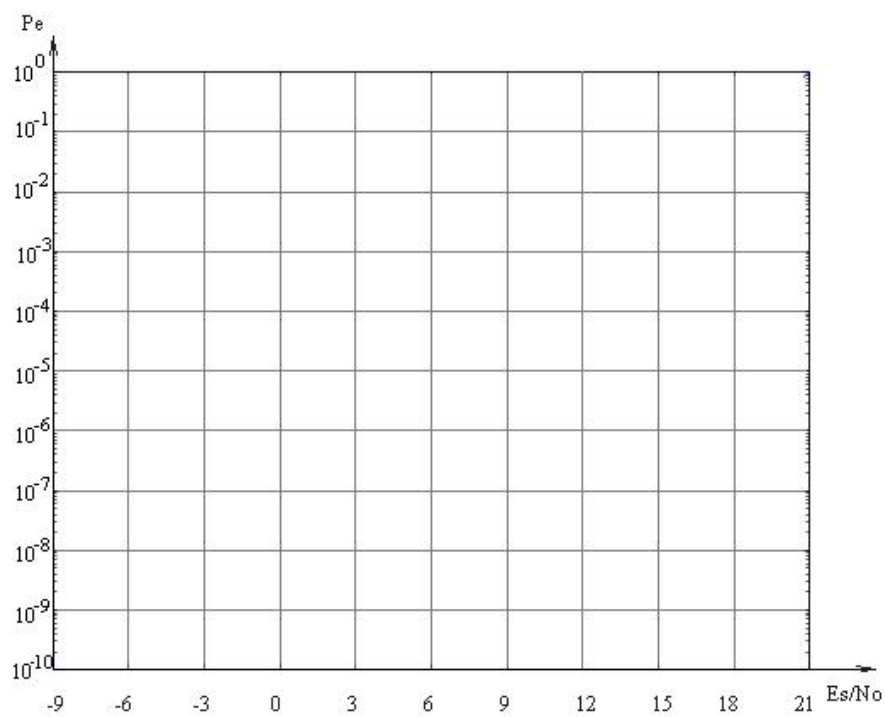
#### Praktični dio vježbe:

2. Za date odnose  $E_s/N_0$ , primjenom simulacionog modela, odrediti vjerovatnoću greške u sledećim slučajevima:

BER	$E_s/N_0$ [dB]										
	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15	18	21
QAM											
16QAM											
64QAM											

BER	$E_s/N_0$ [dB]										
	-9	-6	-3	0	3	6	9	12	15	18	21
BPSK											
QPSK											
16PSK											

3. Na osnovu dobijenih rezultata nacrtati grafike funkcija vjerovatnoće greške u zavisnosti od odnosa  $E_s/N_0$ . Uporediti rezultate sa rezultatima dobijenim u zadatku 1.



## **4. ZAKLJUČAK**