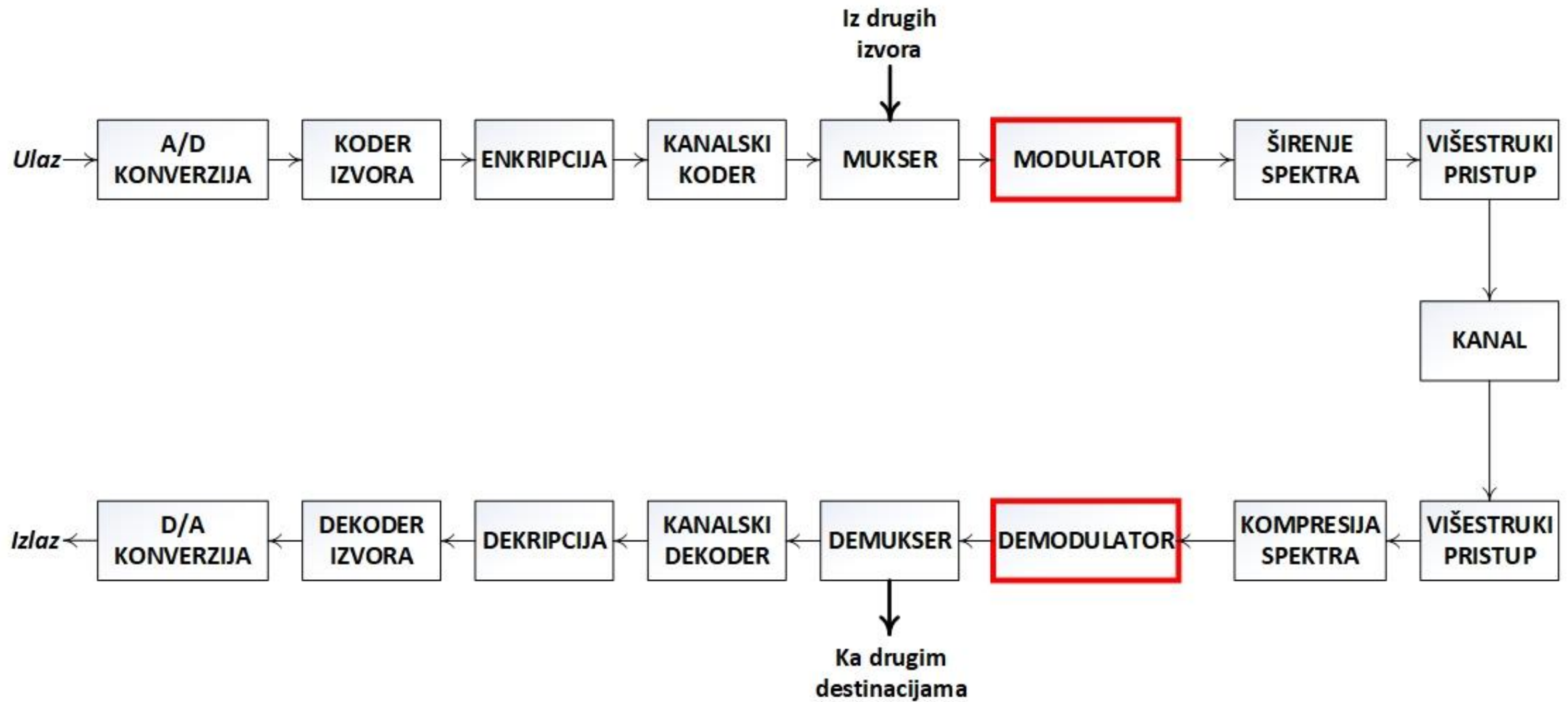


DIGITALNI KOMUNIKACIONI SISTEMI

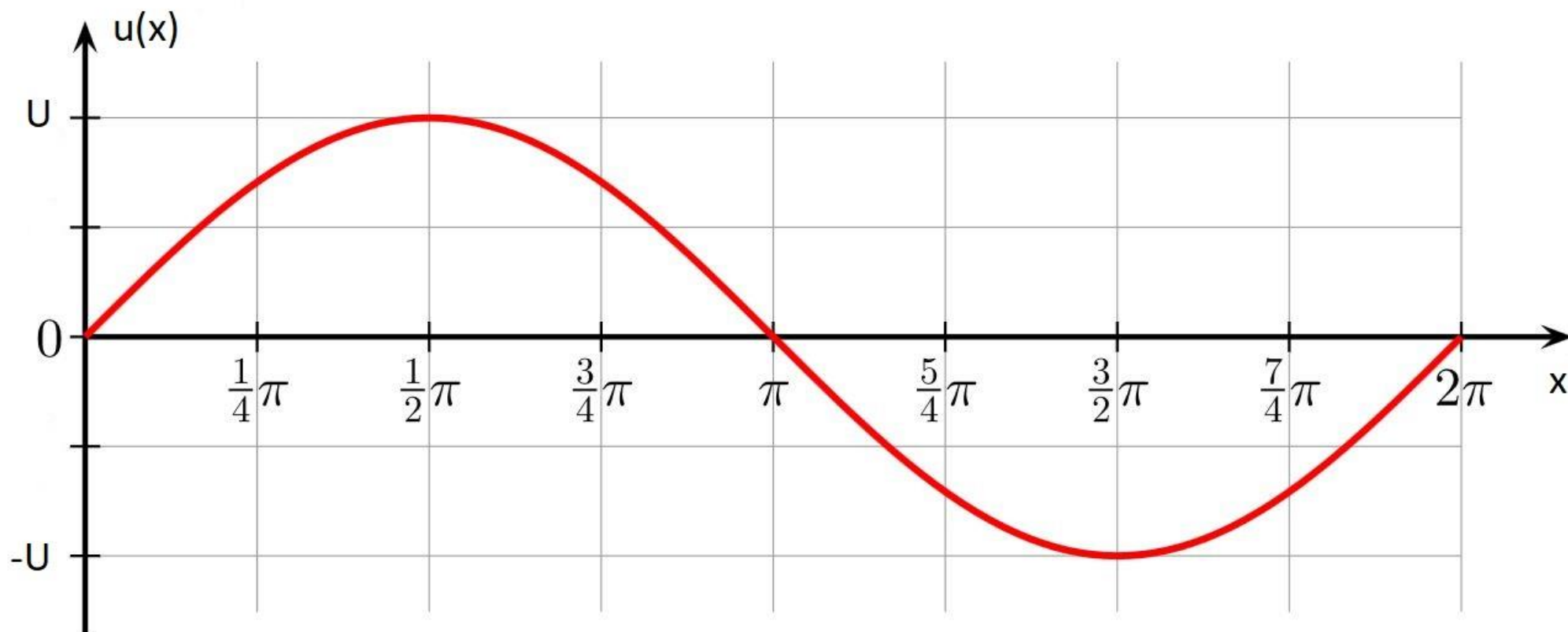
Vežba 5 Digitalne modulacije

Blok šema digitalnog komunikacionog sistema



Predstavljanje prostoperiodičnih funkcija

$$u(x) = U \sin(\omega \cdot x + \varphi)$$



Ojlerova formula

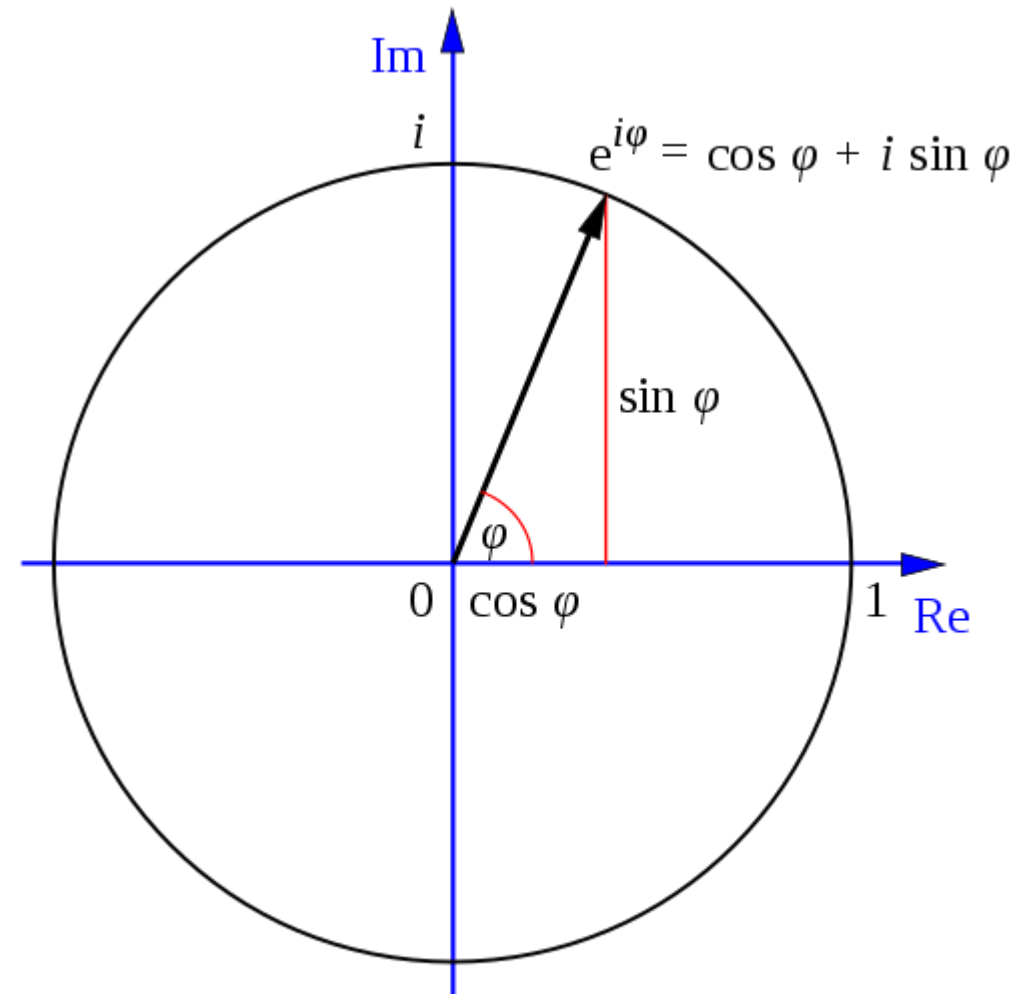
$$z = x + iy \Leftrightarrow |z|e^{i\varphi}$$

$$|z| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\varphi = \arctan(y/x)$$

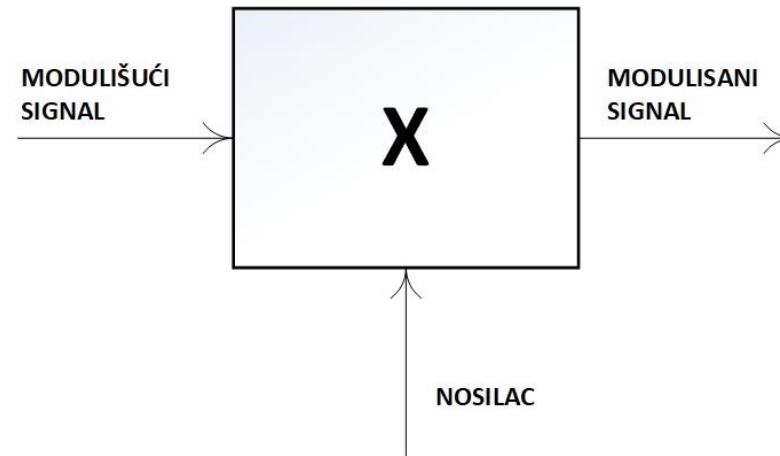
$$z = 3 + i4$$

$$z = 5e^{i 53,13^\circ}$$



Pojam modulacija

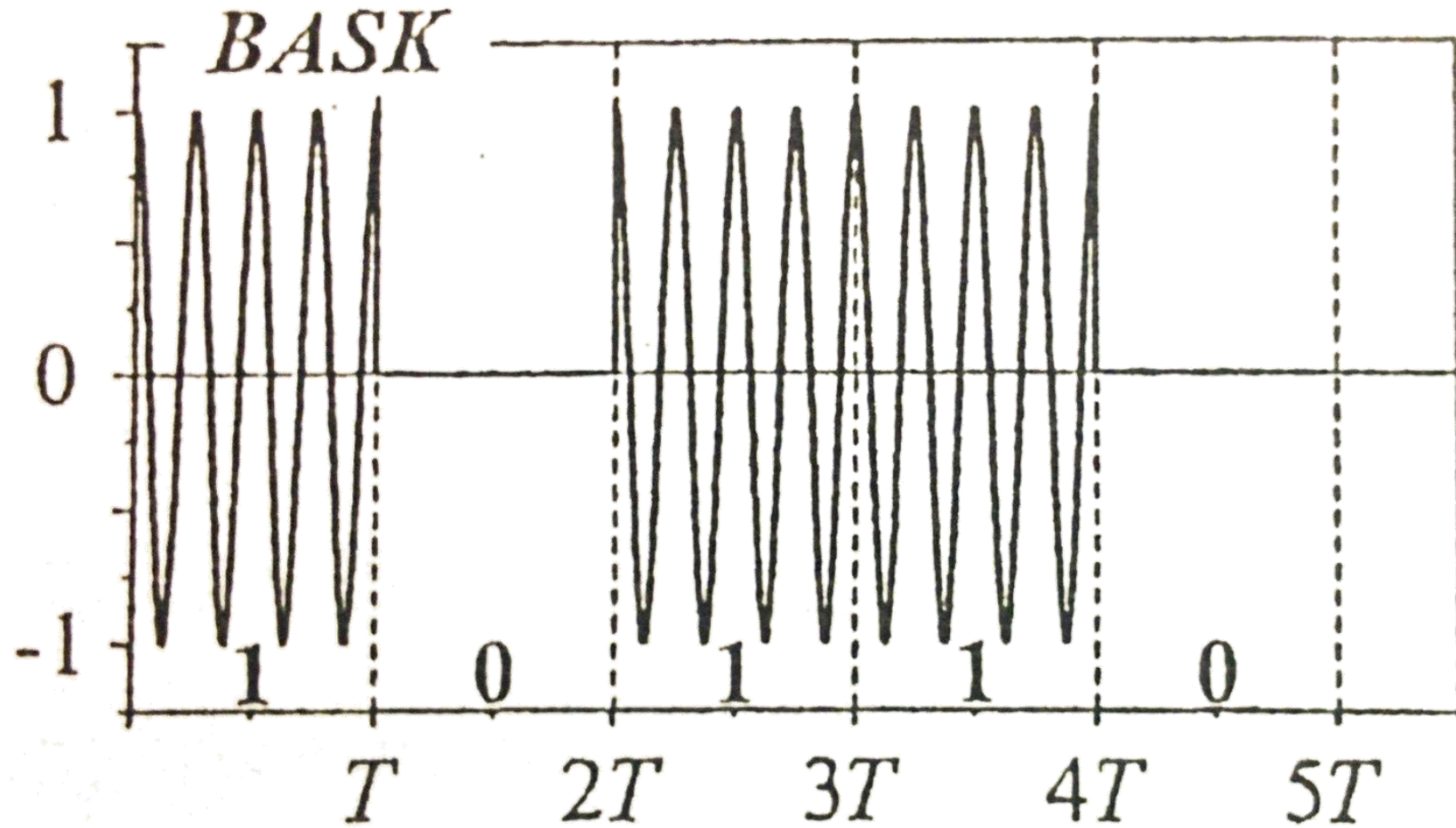
- Digitalna modulacija je proces u kome digitalni symbol - modulišući signal, moduliše prostoperiodični signal - nosilac



- Osnovni binarni modulacioni postupci su:
 - Binarna amplitudska digitalna modulacija – BASK (*Binary Amplitude Shift Keying*)
 - Binarna frekvencijska digitalna modulacija – BFSK (*Binary Frequency Shift Keying*)
 - Binarna fazna digitalna modulacija – BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)

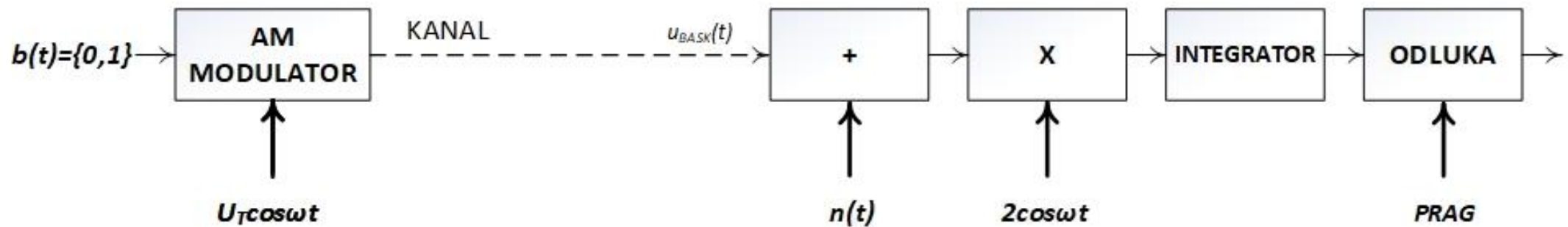


Binarna amplitudska digitalna modulacija – BASK



Binarna amplitudska digitalna modulacija – BASK

- Blok šema sistem sa BASK:

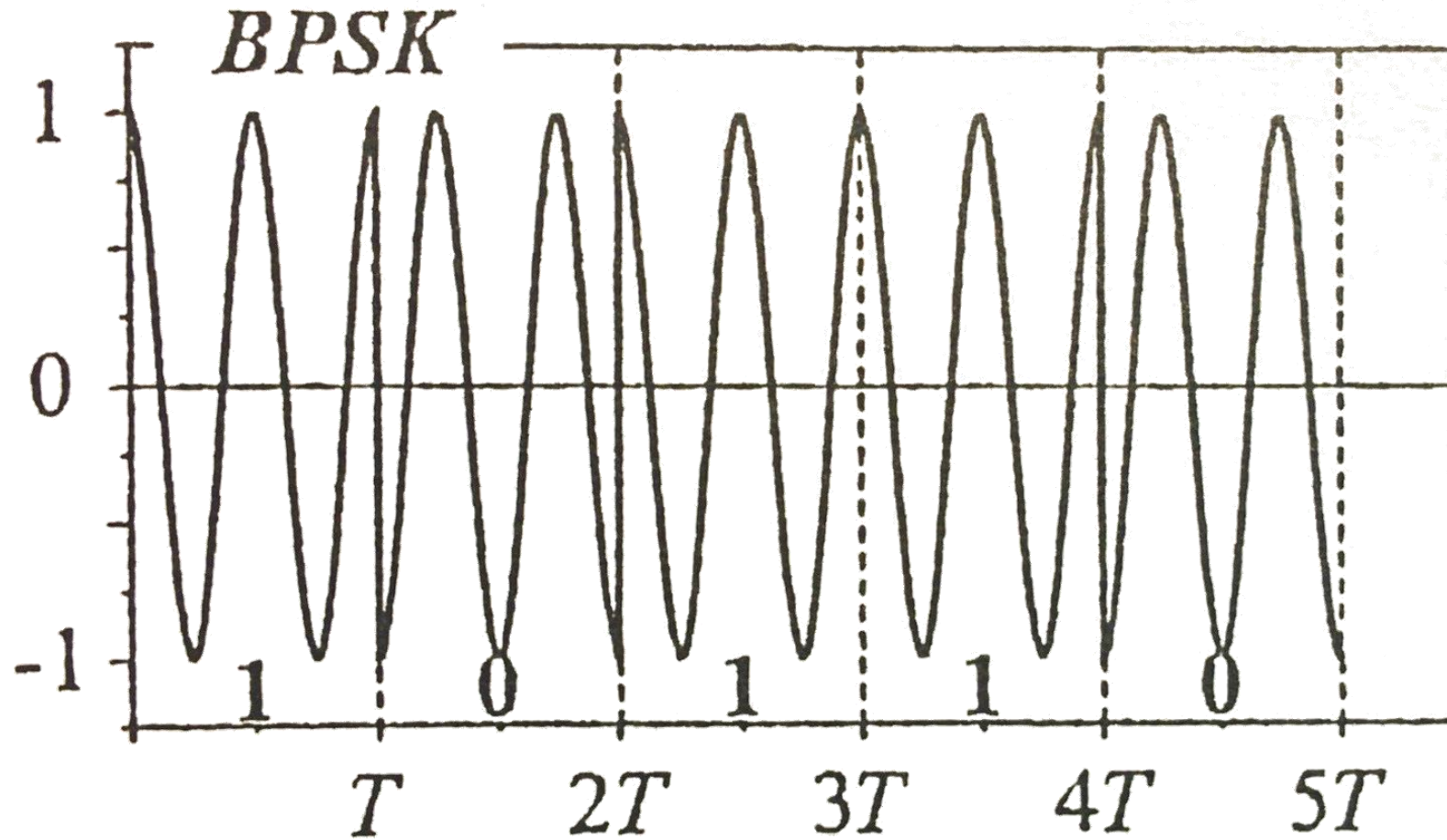


$u_{BASK}(t)=0$ – binarni simbol „0“

$u_{BASK}(t)=U \cos \omega t$ – binarni simbol „1“

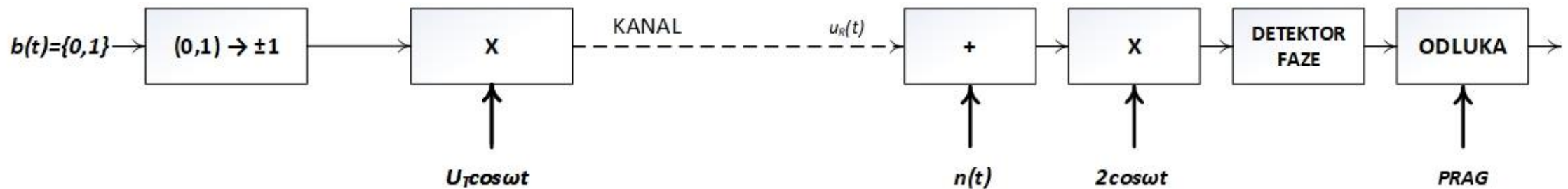


Binarna fazna digitalna modulacija – BPSK



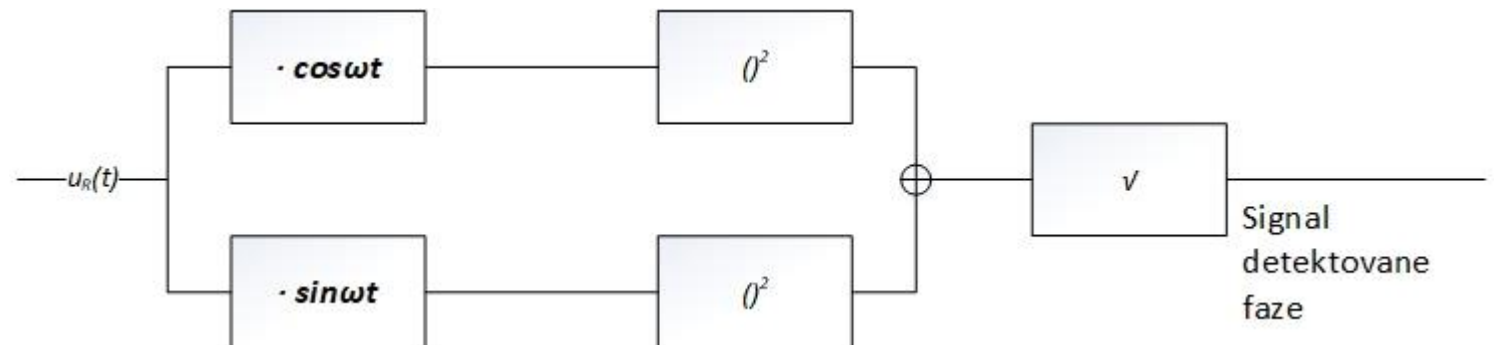
Binarna fazna digitalna modulacija – BPSK

- Blok šema sistem sa BASK:



$$u_R(t) = b(t)U_T \cos \omega t, \quad b(t) \in \{\pm 1\}$$

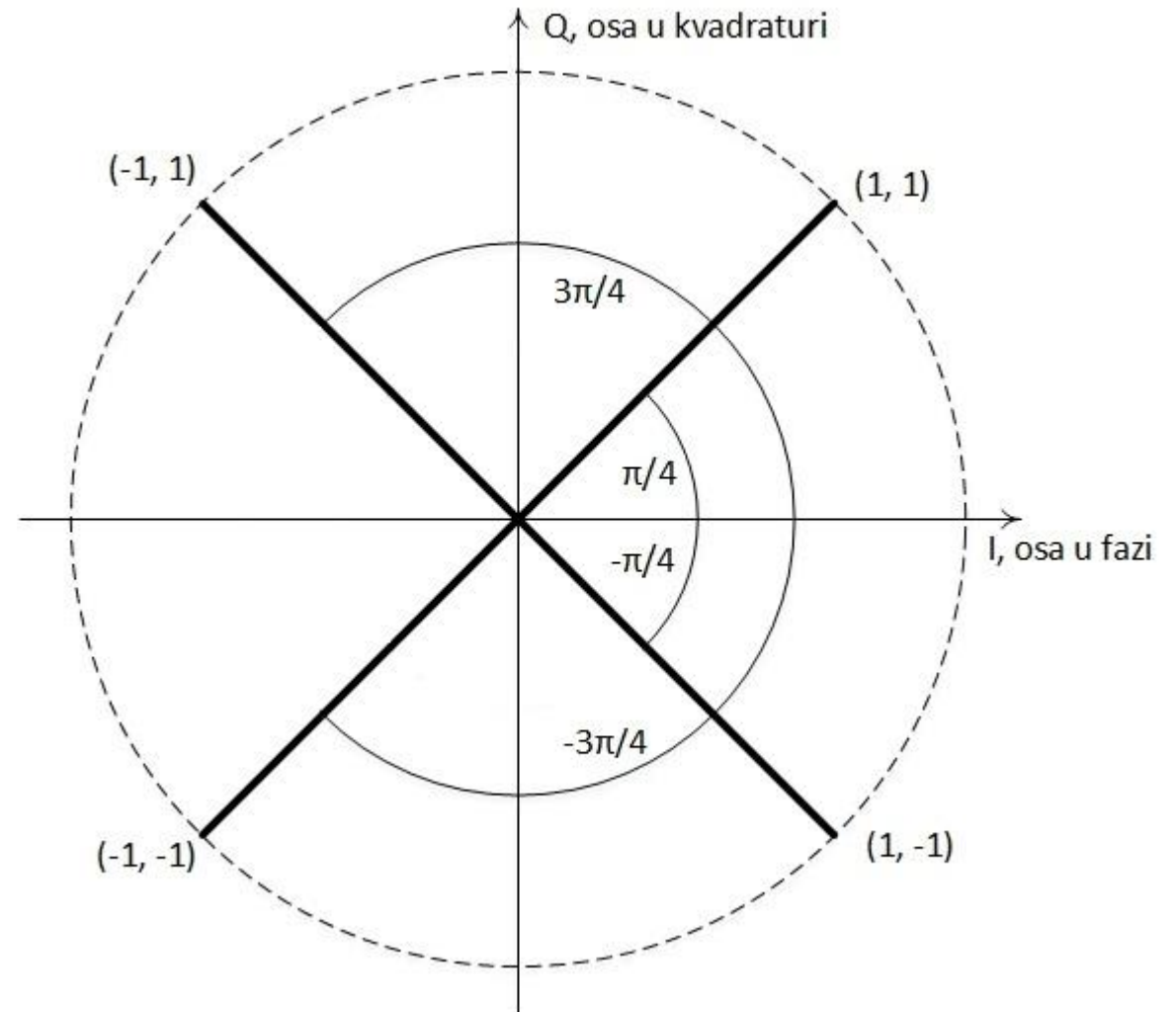
- Sklop za detekciju faze:



Kvadratura fazna digitalna modulacija – QPSK

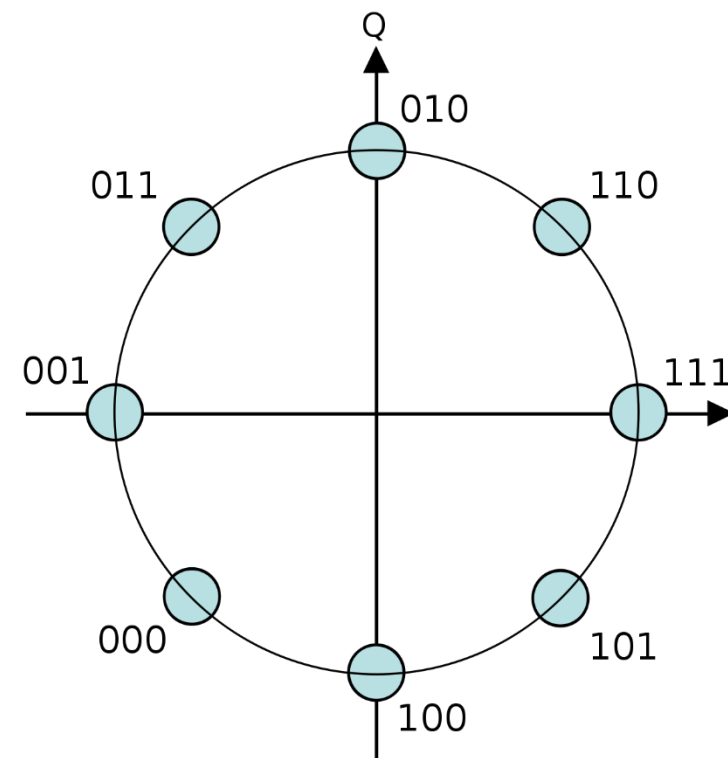
p, q	$\sin \phi(t)$	$\cos \phi(t)$	$\phi(t)$
1, 1	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	$\pi/4$
1, -1	$-\sqrt{2}/2$	$\sqrt{2}/2$	$-\pi/4$
-1, 1	$\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	$3\pi/4$
-1, -1	$-\sqrt{2}/2$	$-\sqrt{2}/2$	$-3\pi/4$

- QPSK demodulator ima dva (u paraleli) BPSK demodulatora odnosno detektora faze



M-arna fazna digitalna modulacija – MPSK

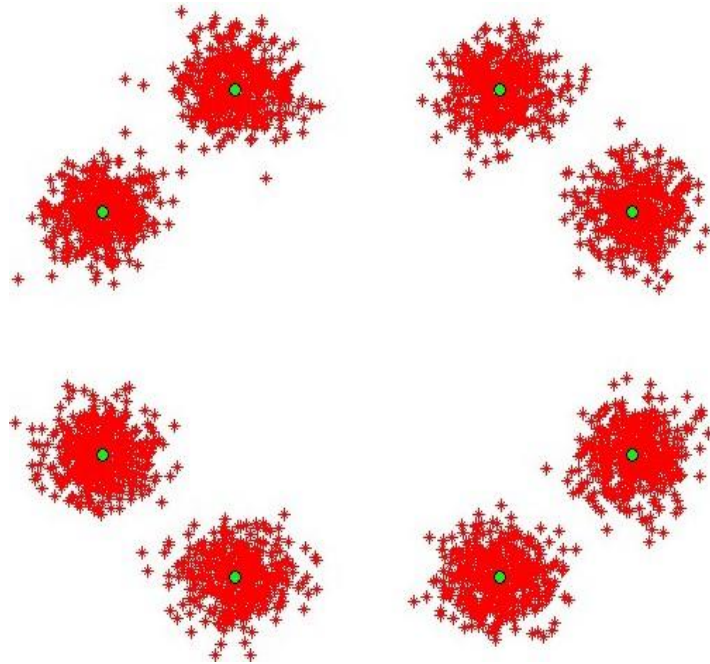
- Osnovna svrha MPSK je povećanje spektralne efikasnosti. U odnosu na BPSK, gde jedan bit predstavlja jedan simbol, kod MPSK modulacije jedan simbol predstavlja $n=\log_2(M)$ bita, što znači da je spektralna efikasnost povećana n puta.
- Cena povećanja spektralne efikasnosti je veća složenost sistema u odnosu na BPSK ili QPSK modulacije, kao i povećana verovatnoća greške.
- Na slici je primer 8PSK.
- Uobičajeno je M stepen broja 2



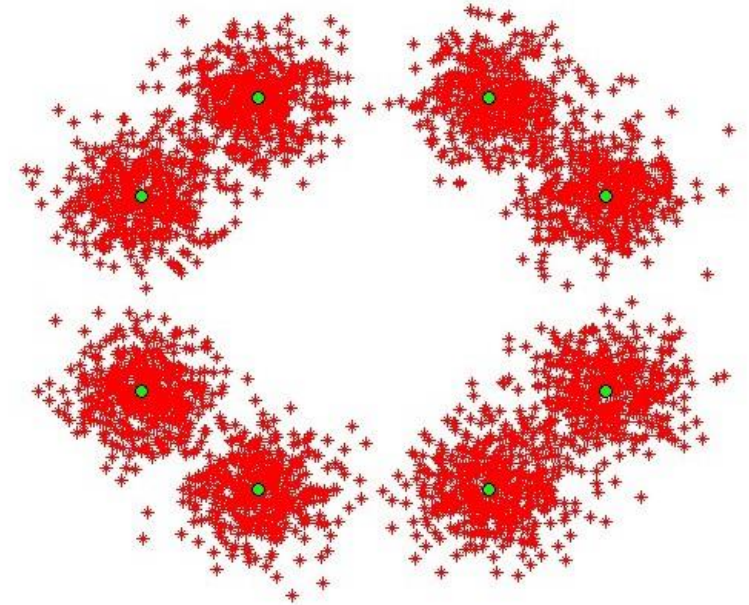
Uticaj šuma na odlučivanje: M-PSK

- Verovatnoća greške pri odlučivanju obrnuto je srazmerna veličini odnosa signal šum.
- Veličina E_b/N_0 je količnik energije po bitu i spektralne gustine srednje snage

$$E_b/N_0 = 12\text{dB}$$



$$E_b/N_0 = 8\text{dB}$$



M-arna kvadratura amplitudska modulacija – M-QAM

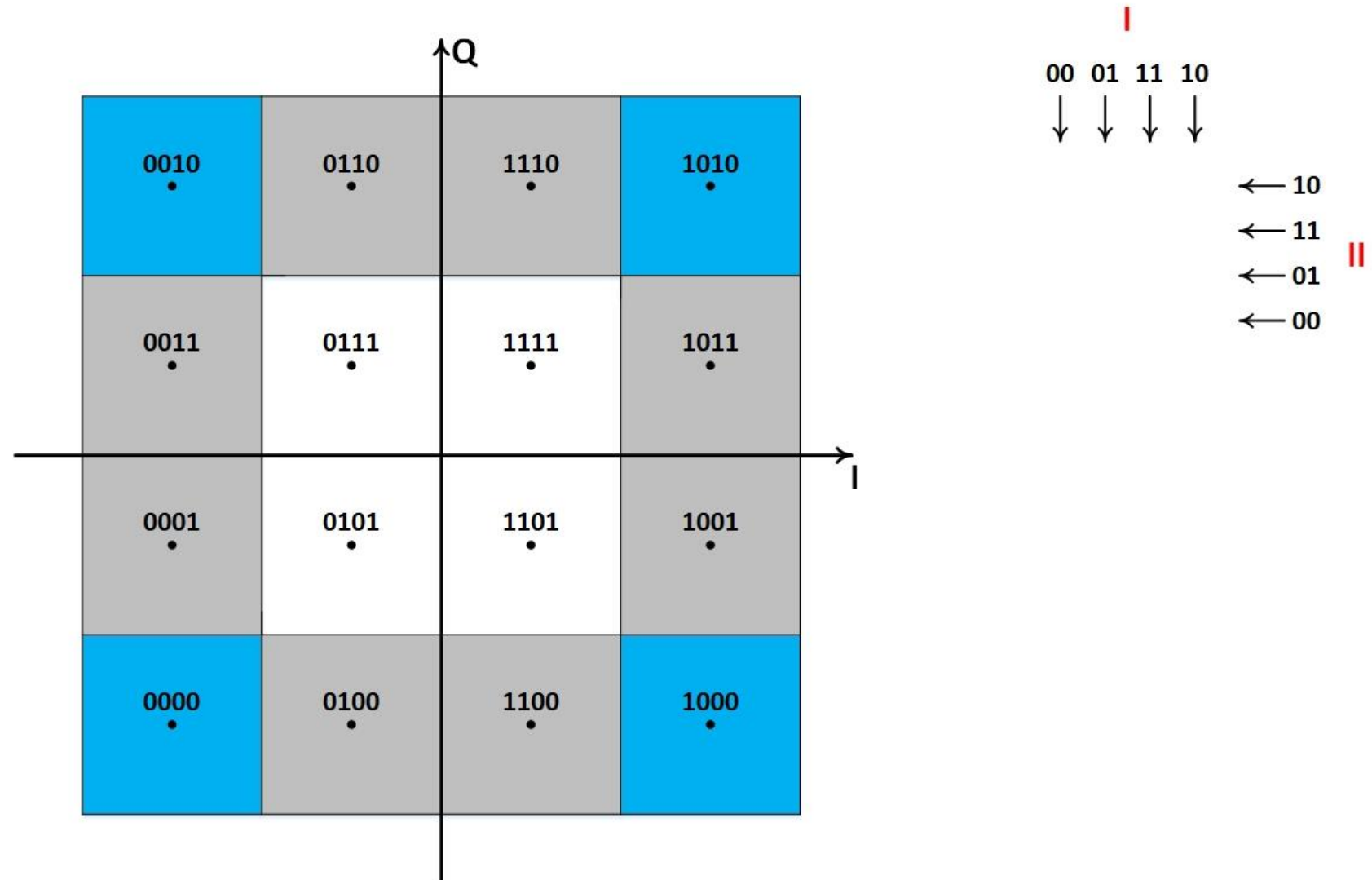
- Osnovna karakteristika M-PSK modulacionih postupaka je konstantna anvelopa modulisanog signala.
- Ukoliko ovo ograničenje ne postoji i ukoliko su kvadrature komponente modulisanog signala nezavisne, dobija se nov modulacioni postupak, poznat pod nazivom M-arna kvadratura amplitudska modulacija – M-QAM
- Uobičajeno je da se za M-arne amplitudkse modulacije koristi Gray-ovo kodiranje:

Grejov kôd dužine $n > 1$ je niz k -torki bita ($k \geq 1$) $b_1, b_2, \dots, b_n$ takvih da se u nizu b svaka dva uzastopna člana, kao i prvi i poslednji član razlikuju na tačno jednoj poziciji. Na primer, Grejov kôd dužine 4 je 00, 01, 11, 10.

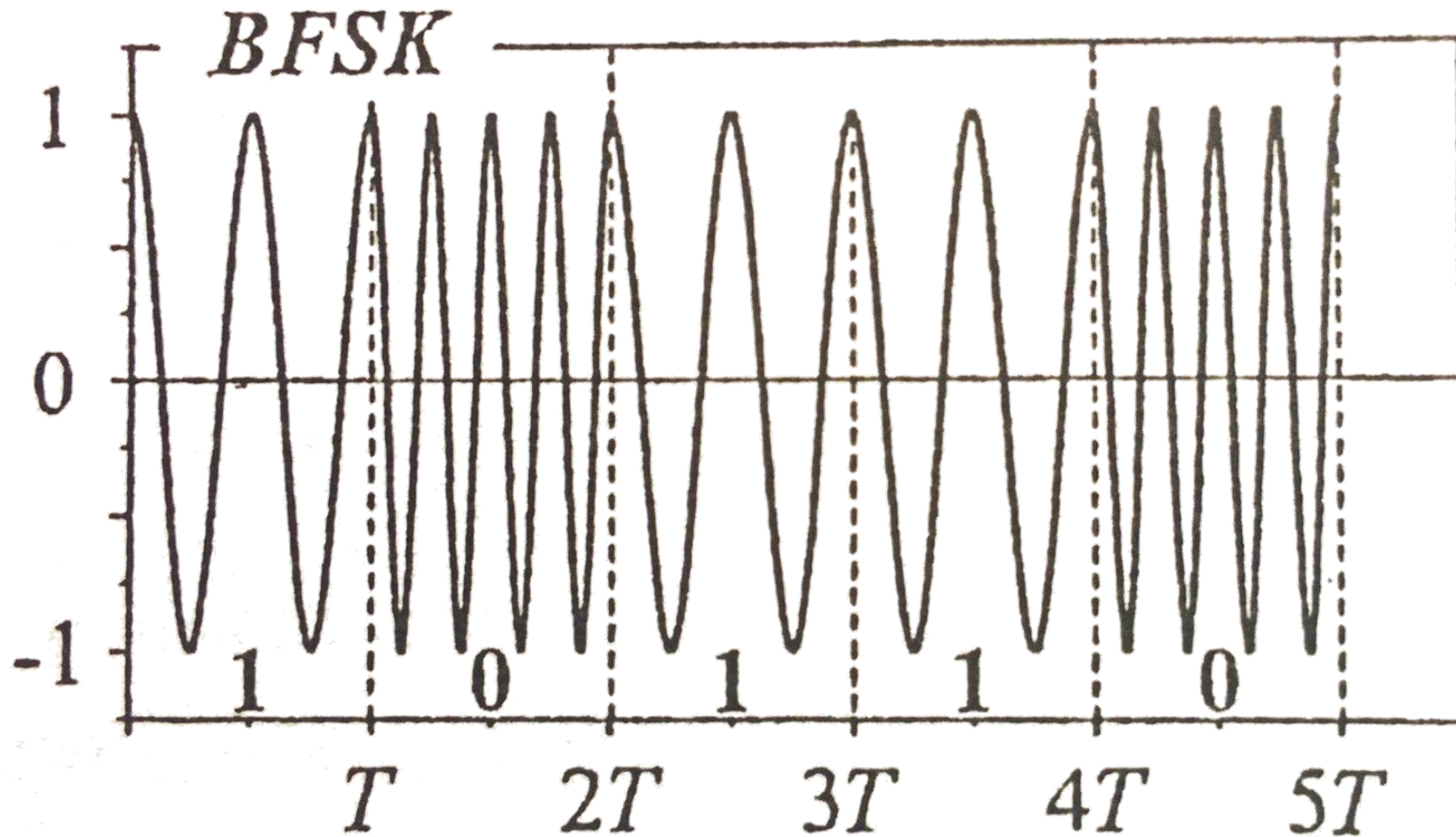


M-arna kvadratura amplitudska modulacija – M-QAM

- 16-QAM i *Gray*-ovo kodiranje



Binarna frekvenzijska digitalna modulacija – BFSK



Binarna frekvencijska digitalna modulacija – BFSK

- Binarni FSK signal dat je u opštem slučaju izrazima:

$$u_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(\omega_1 t + \varphi)$$

$$u_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(\omega_2 t)$$

Gde je E_b energija jednog bita, T_b je signalizacioni interval a φ je slučajni fazni stav.

$$f_1, f_2 \gg 1/T_b \quad \varphi \in [0, 2\pi]$$

$f_0 = (f_1 + f_2)/2$ je centralna ili nominalna učestanost nosioca



Binarna frekvencijska digitalna modulacija – BFSK

- Kada se prenosi binarni simbol „1“ signal na izlazu iz predajnika je $u_1(t)$, a kada se prenosi binarni simbol „0“ signal na izlazu iz predajnika je $u_2(t)$
- Minimalna razlika učestanosti za koherentno signaliziranje ($\varphi=0$):

$$2\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{1}{2T_b}$$

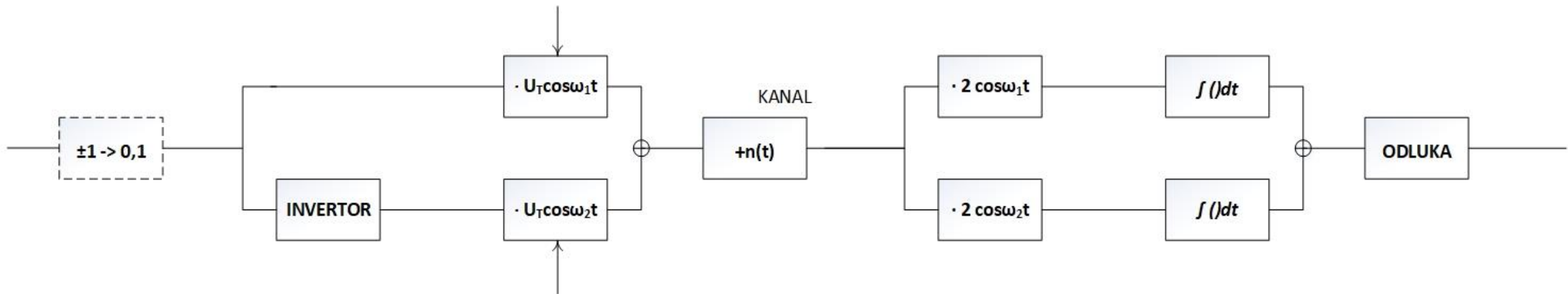
- Minimalna razlika učestanosti za nekoherentno signaliziranje ($\varphi \neq 0$)

$$2\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{1}{T_b}$$



Binarna frekvencijska digitalna modulacija – BFSK

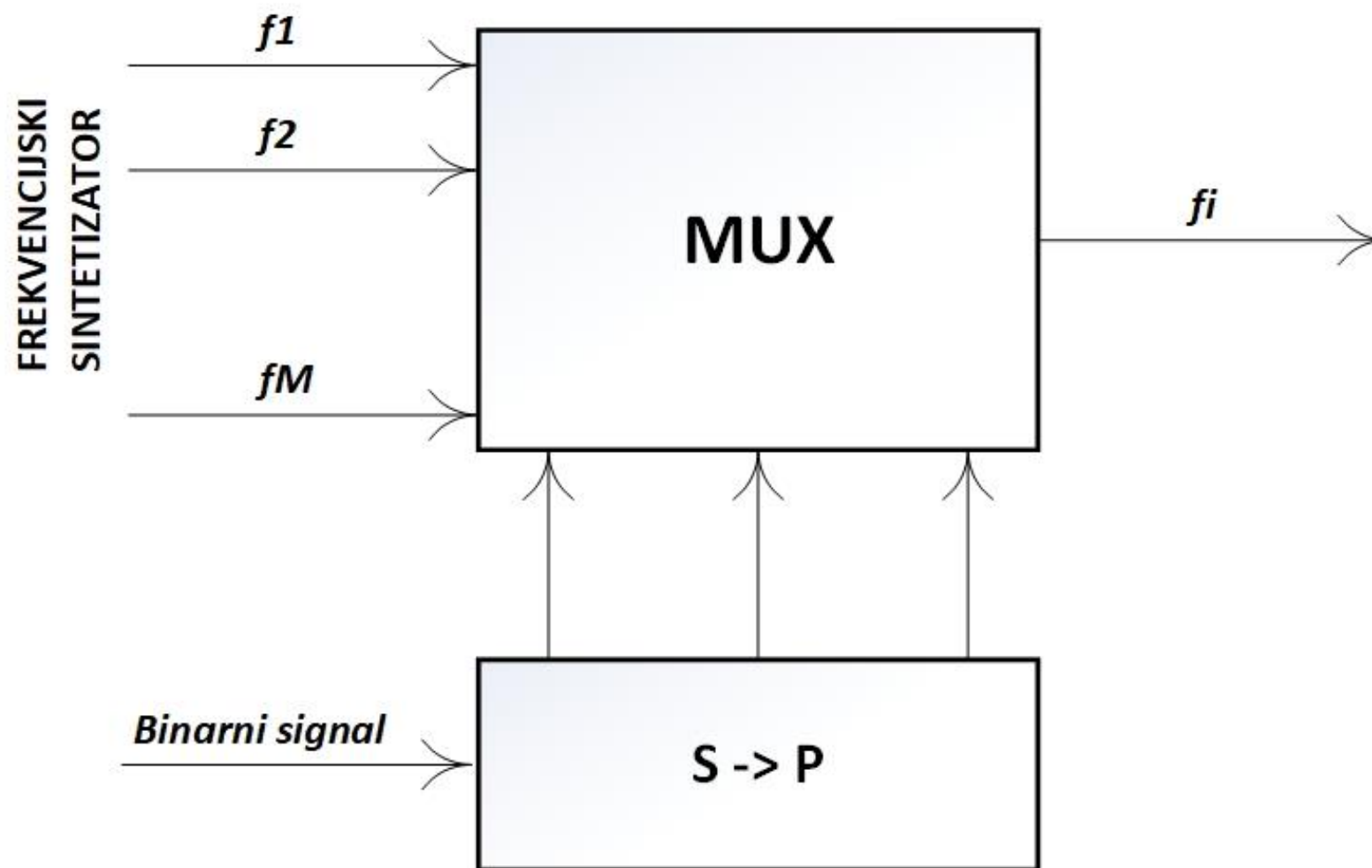
- Funkcionalna blok šema sistema sa binarnom frekvencijskom modulacijom i koherentnom demodulacijom



- Koja je funkcija invertora?
- Koja je funkcija isprekidano obeleženog bloka, na početku lanca?



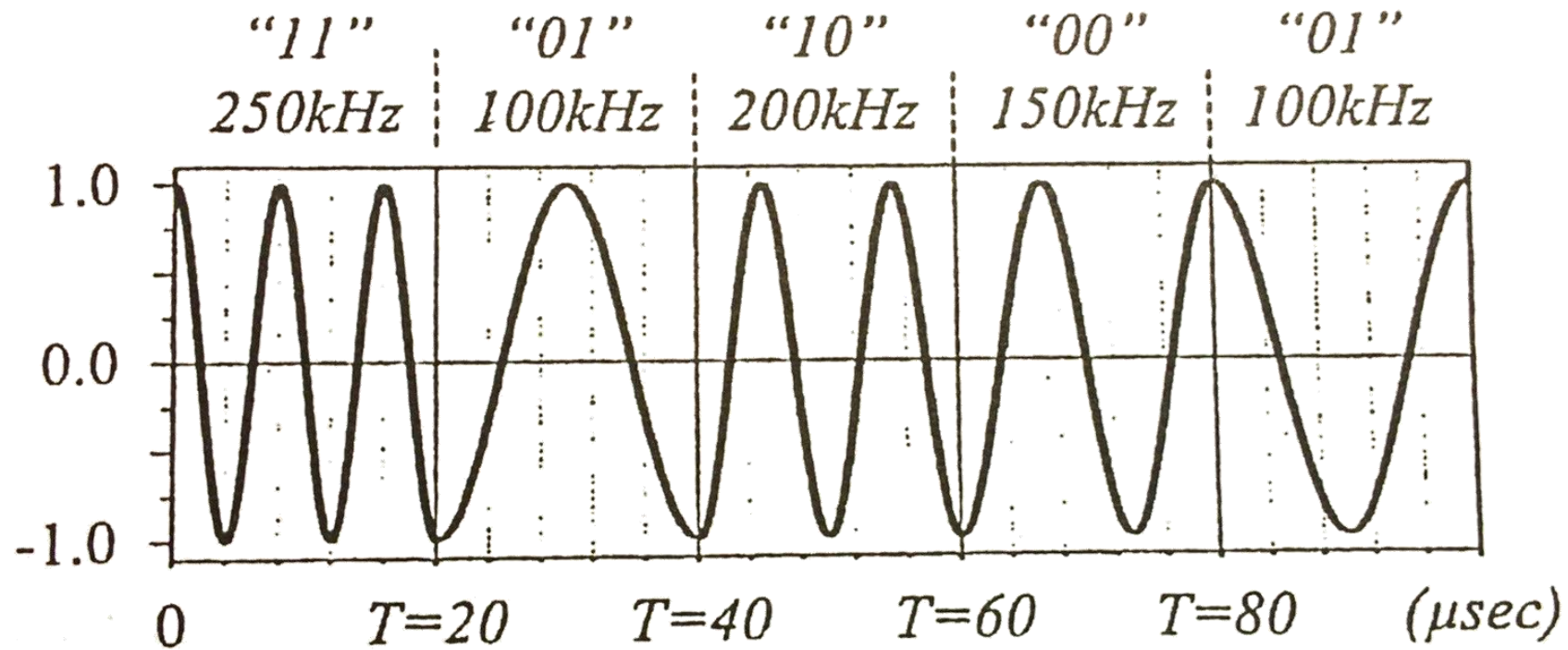
M-arna FSK



M-arna FSK

- Primer izlaznog signala za 4FSK u slučaju kada se prenosi binarna sekvenca:

1101100001



Poređenje digitalnih modulacija

- Osnovni kriterijumi za poređenje digitalnih modulacionih postupaka su:
 - verovatnoća greške
 - spektralna gustina srednje snage (raspodela snage u spektru)
 - spektralna efikasnost
- Komparacijom ovih parametara biramo optimalnu vrednost a u okvirima Šenonove granice

$$V_{\max} = B \log_2(1 + S/N)$$

$V_{\max}$ – maksimalna brzina prenosa kroz kanal sa šumom [b/s]

B – propusni opseg kanala [Hz]

S/N – odnos signal šum



Pitanja

