

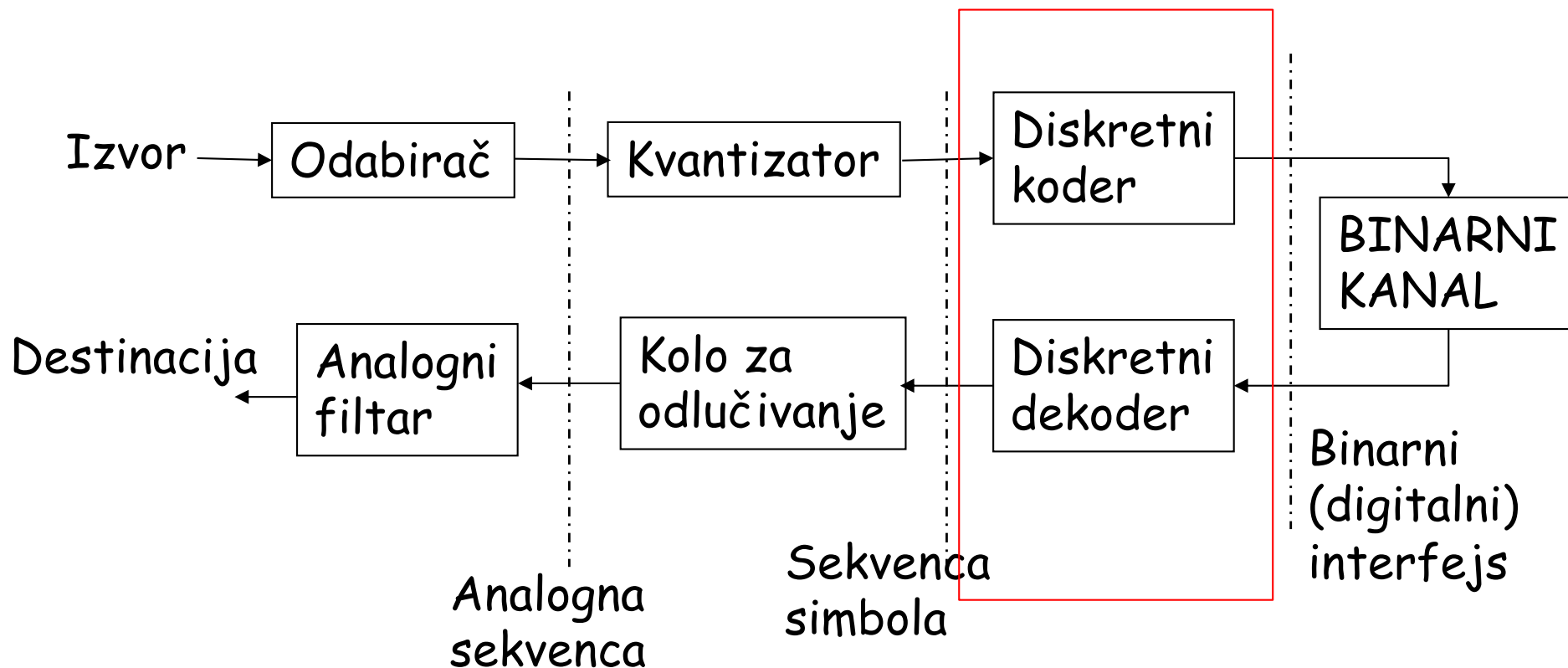
Digitalni signali

- Oblici digitalnih signala
- M-arni digitalni signal
- Prenos digitalnog signala u osnovnom opsegu
- Intersimbolska interferencija

Digitalni signali

- Elementi signala
- Značajno stanje uređaja
- Značajno stanje signala
- Značajni trenuci
- Značajni ili signalizacioni interval
- M-arni digitalni signal
- Binarni signal ($M=2$)

Digitalni signali

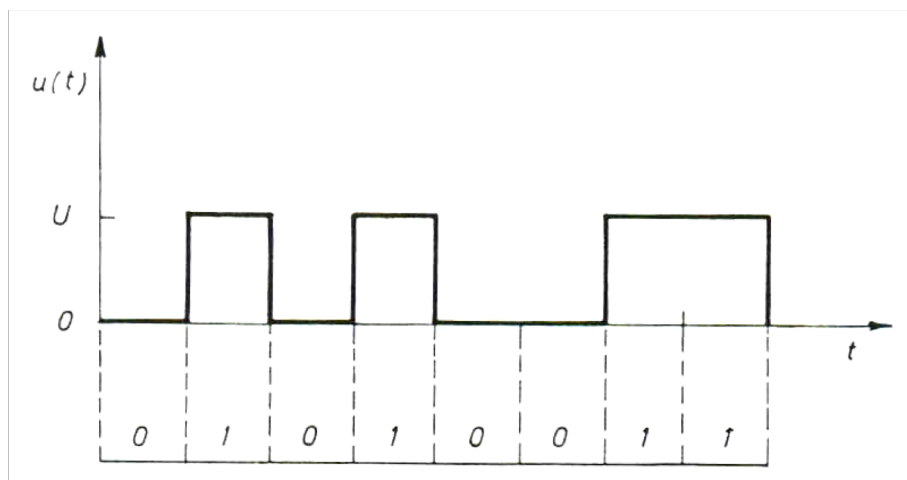


Digitalni signal (oblici)

Unipolarni binarni signal bez povratka na nulu

- Non Return to Zero (NRZ)
- Dvije moguće vrijednosti
 - 0 (numeriče se sa 0)
 - Neka vrijednost različita od 0 (numeriče se sa 1)
- Ovim signalom se prenosi i jednosmjerna komponenta

Kolika je srednja vrijednost NRZ signala?

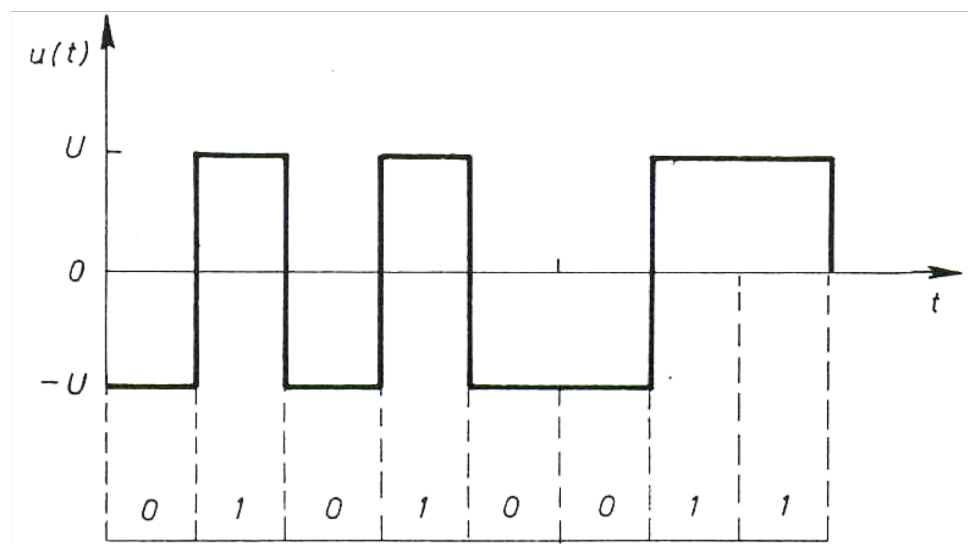


Digitalni signal (oblici)

Polarni binarni signal

- Dvije moguće vrijednosti
 - $-U$ (numeriče se sa 0)
 - U (numeriče se sa 1)

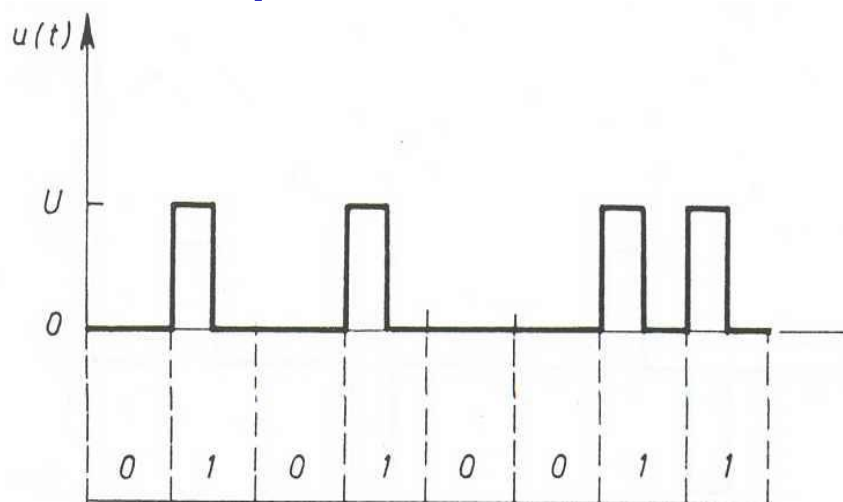
Prenosi li se ovim signalom jednosmjerna komponenta?



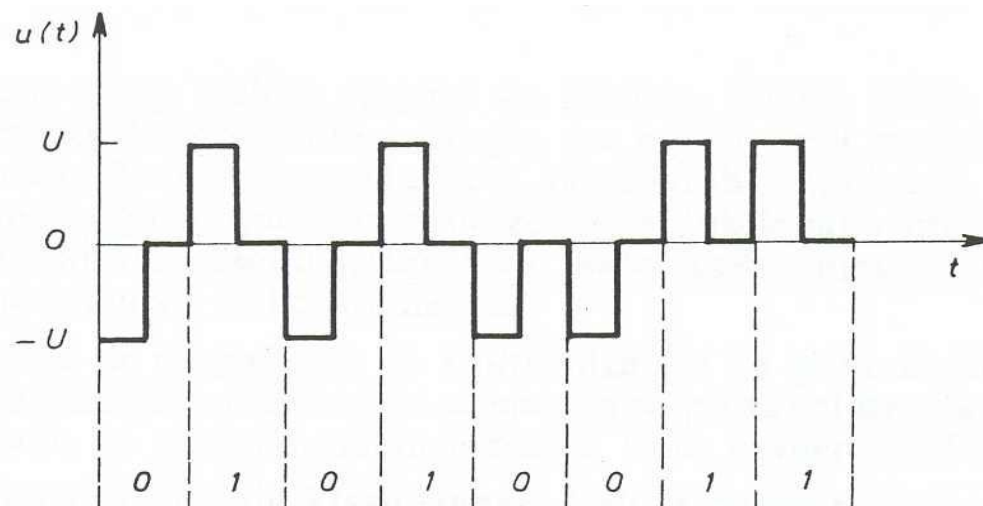
Digitalni signal (oblici)

Binarni signal sa povratkom na nulu

- Return to Zero (RZ)
- Unipolarni ("1" traje $T/2$, "0" odgovara napon 0)
- Polarni ("1" i "0" traju po $T/2$, "1" odgovara U , "0" odgovara $-U$)



Unipolarni signal sa povratkom na nulu



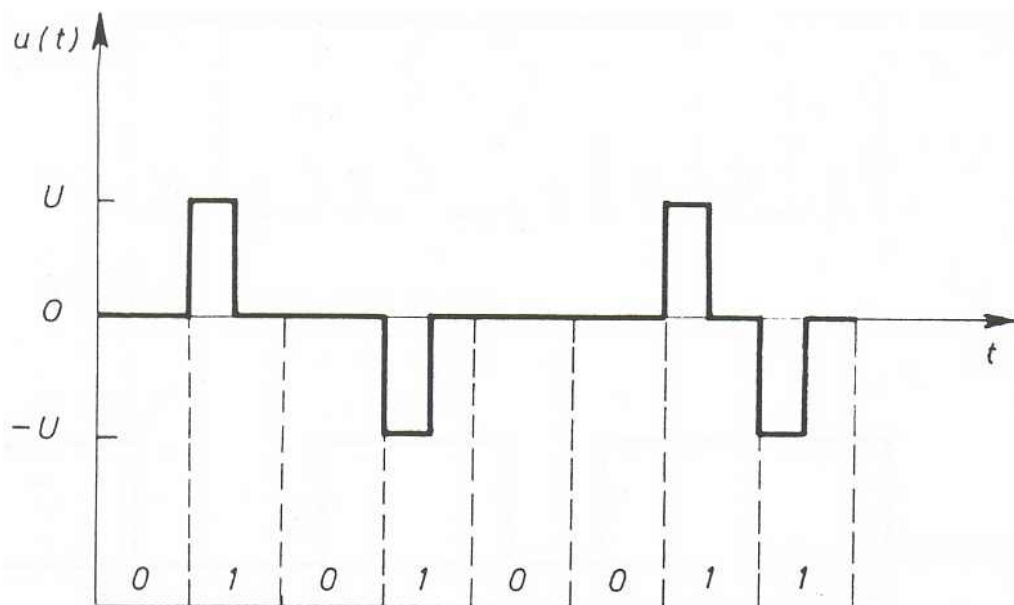
Polarni signal sa povratkom na nulu

Digitalni signal (oblici)

Bipolarni signal

- Dobija se od unipolarnog (RZ ili NRZ) signala
- Svakoj drugoj "1" se mijenja vrijednost
- Značajni parameter uzima jednu od tri moguće vrijednosti (+U, -U, 0)

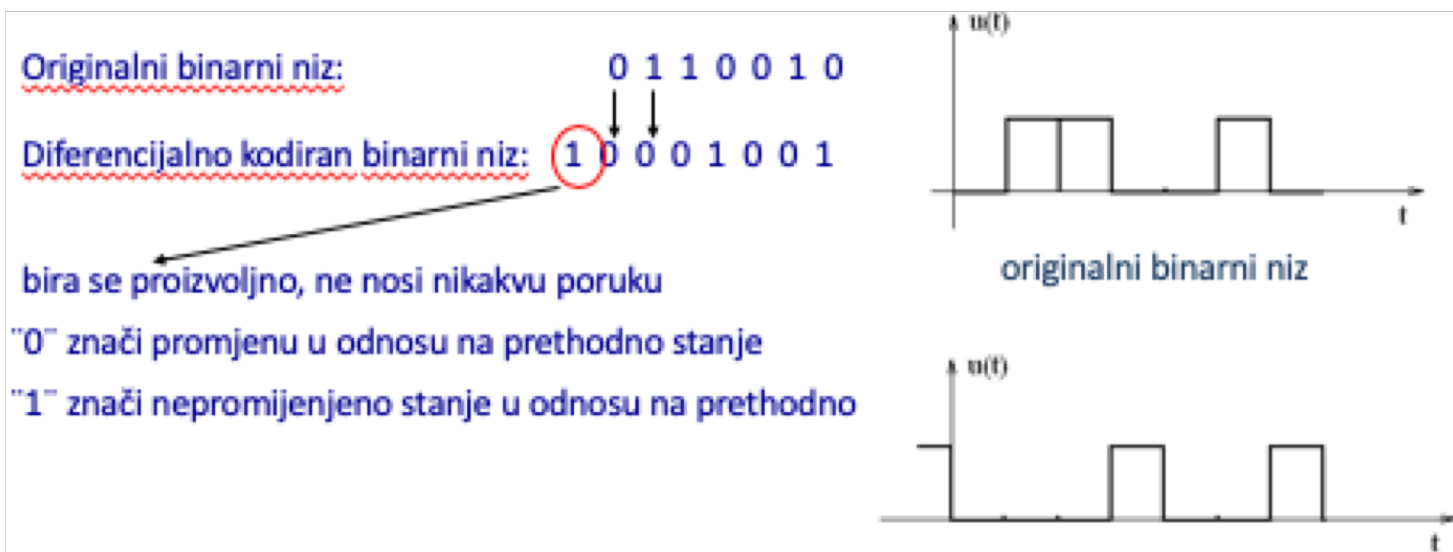
Ima li ovaj signal jednosmjernu komponentu?



Digitalni signal (oblici)

Diferencijalno kodirani binarni signal

- ❑ Binarni signal sa diferencijalnim kodiranjem
- ❑ Prvi bit se uzima proizvoljno
- ❑ Svako "0" originalnog signala odgovara promijenjeno stanje iz prethodnog signalizacionog intervala
- ❑ Svako "1" originalnog signala odgovara nepromijenjeno stanje iz prethodnog signalizacionog intervala
- ❑ Diferencijalnim kodiranjem se postiže veća koncentracija snage digitalnog signala u jednom opsegu



Digitalni signal (oblici)

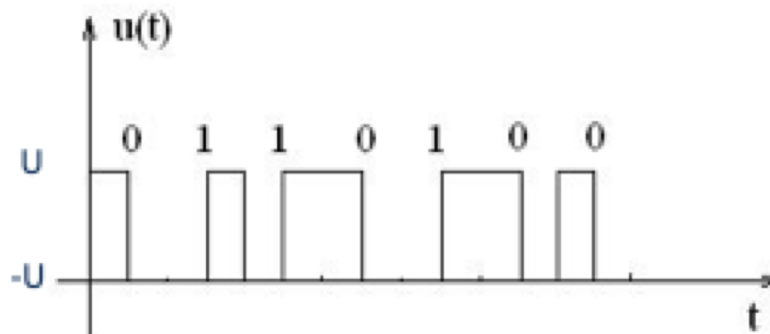
Mančester kodirani binarni signal

- ❑ "1" originalnog signala se predstavlja pozitivnom tranzicijom na sredini signalizacionog intervala u kodiranom signalu,
- ❑ "0" originalnog signala se predstavlja negativnom tranzicijom na sredini signalizacionog intervala.
- ❑ Tamo gdje se javljaju dva ista binarna elementa jedan do drugog (kombinacija 00 ili 11) u kodiranom signalu se dodaje nova tranzicija na granici ta dva značajna intervala (ona ne nosi nikakvu informaciju).

Primjer Mančester kodiranog signala:

Originalni signal: 0 1 1 0 1 0 0

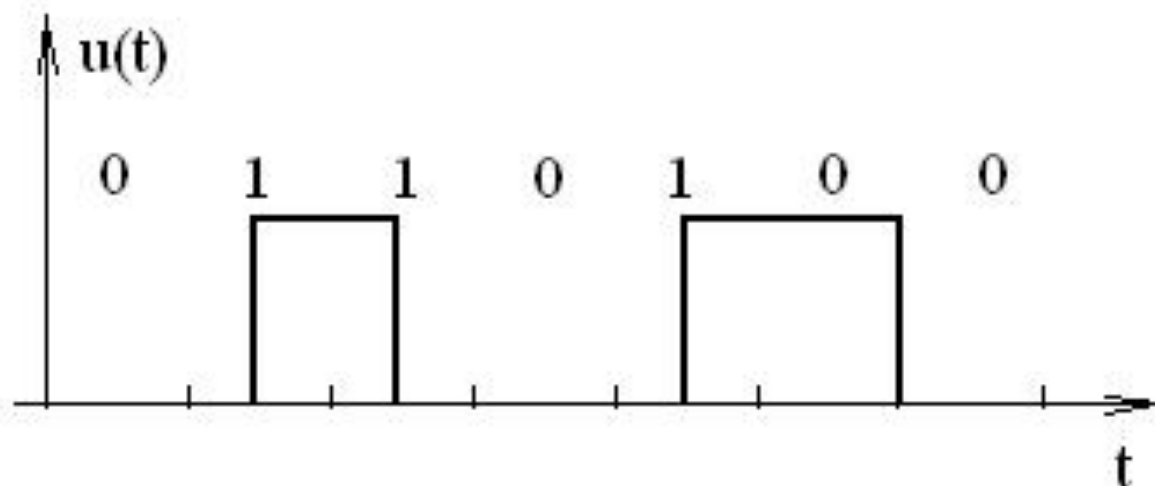
Kodirani signal je prikazan na slici.



Digitalni signal (oblici)

Milerov kodirani binarni signal

- ❑ "1" je predstavljena tranzicijom na sredini signalizacionog intervala
- ❑ "0" nema tranzicije.
- ❑ U slučaju dvije "0" koje se prenose jedna za drugom uvodi se tranzicija između ta dva intervala koja ne nosi nikakvu poruku.
- ❑ Dvije uzastopne "1" podrazumijevaju jednu pozitivnu jednu negativnu tranziciju.

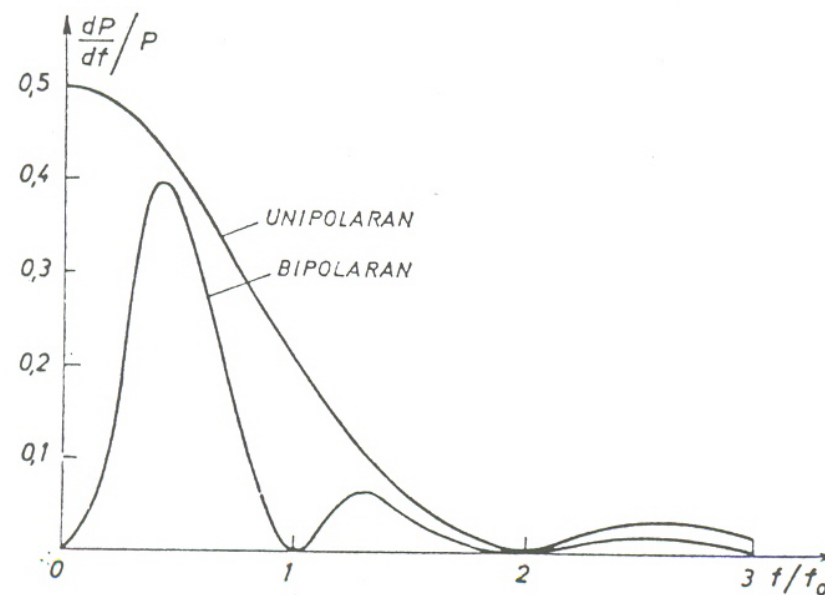
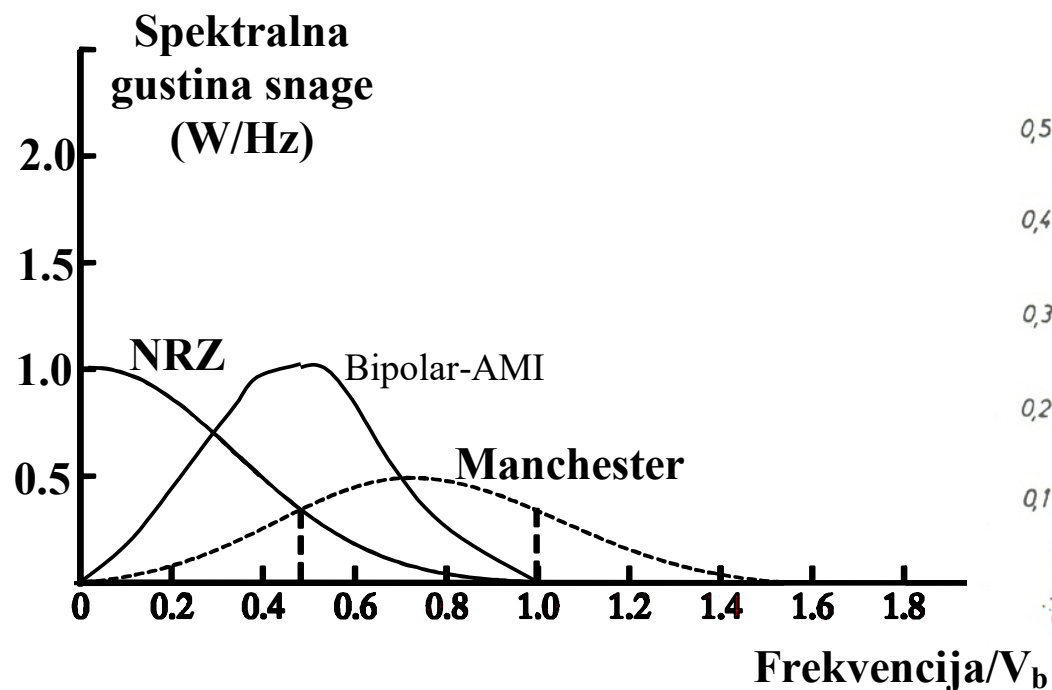


Digitalni signal (oblici)

Spektar

□ Kodiranjem se

- oblikuje spektar signala prema sistemu za prenos u cilju koncentrisanja spektra snage,
- ostvaruje određeni stepen sinhronizacije predajnika i prijemnika.

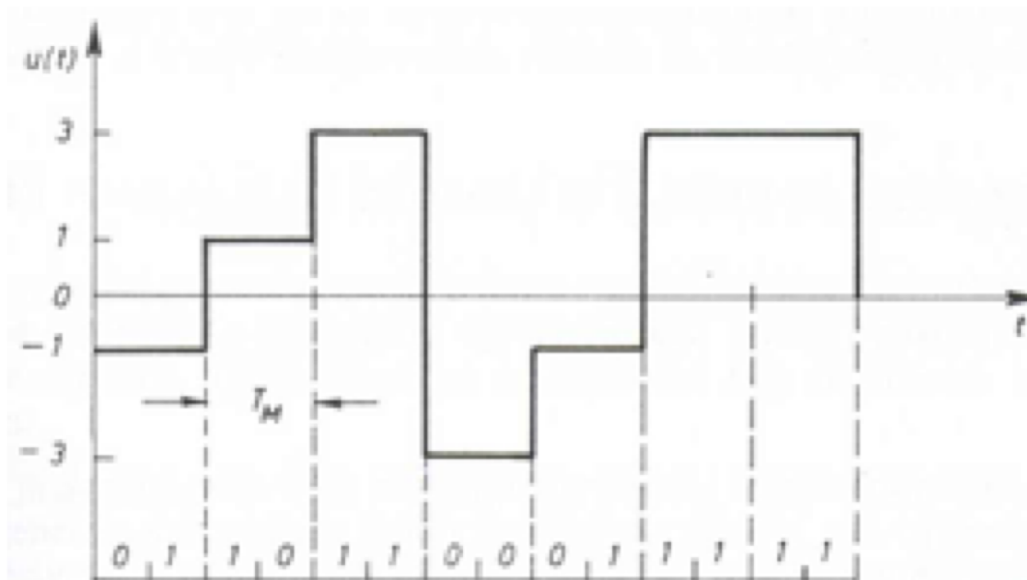


M-arni digitalni signal

- značajni parametar M -arnog signala može da ima jednu od M mogućih vrijednosti koje odgovaraju određenim naponskim stanjima.
- Ako se M različitih stanja predstavlja kao kombinacija n binarnih elemenata, važi sledeće: $n = \log_2 M$

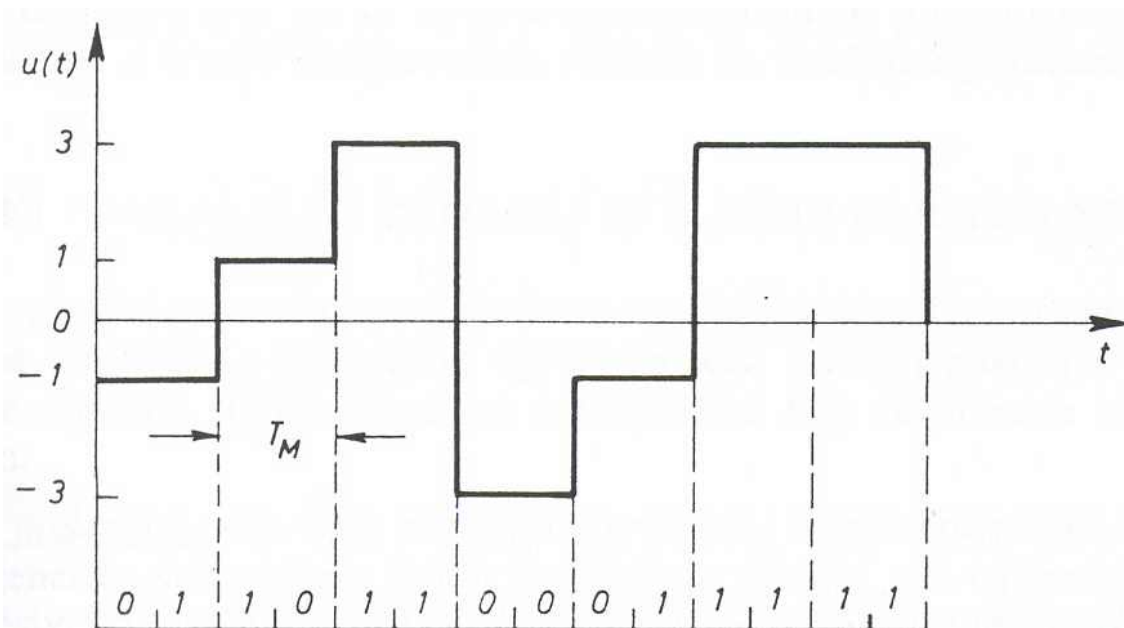
-3 → 00
-1 → 01
1 → 10
3 → 11

$M=4$



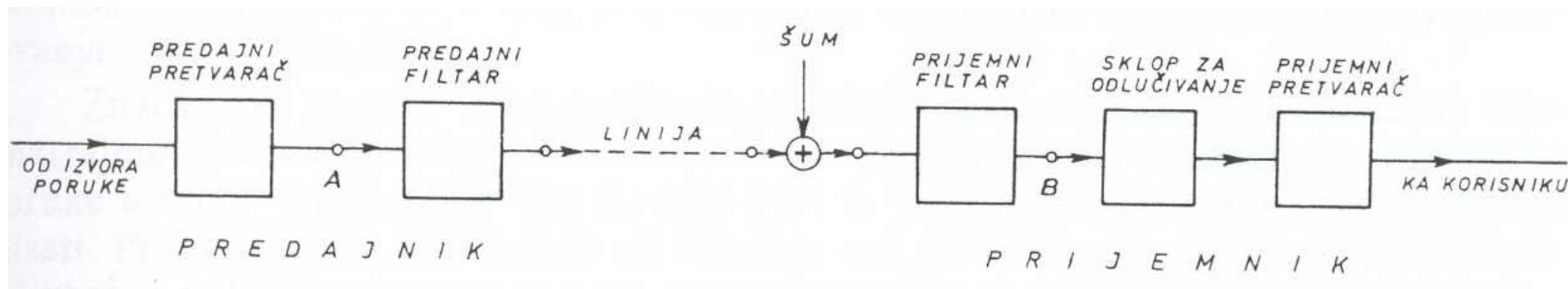
M-arni digitalni signal

- M-arni digitalni protok se izražava brojem M-arnih digita u sekundi.
- Za svaki M-arni signal može da se definiše ekvivalentni binarni signal, pa time i ekvivalentni binarni protok.
- Ako je T_M vrijeme trajanja signalizacionog intervala
 - Digitalni protok M-arnog signala će iznasti $1/T_M$
 - Ekvivalentni binarni protok je $1/T_b = n/T_M = (1/T_M) \log_2 M$
 - Digitalni protok se često naziva brzinom signaliziranja i izražava se u baudima



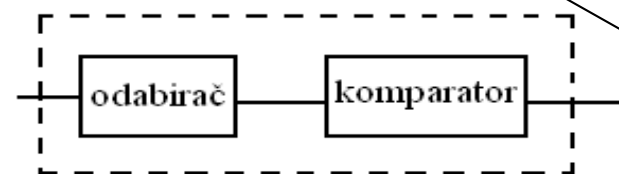
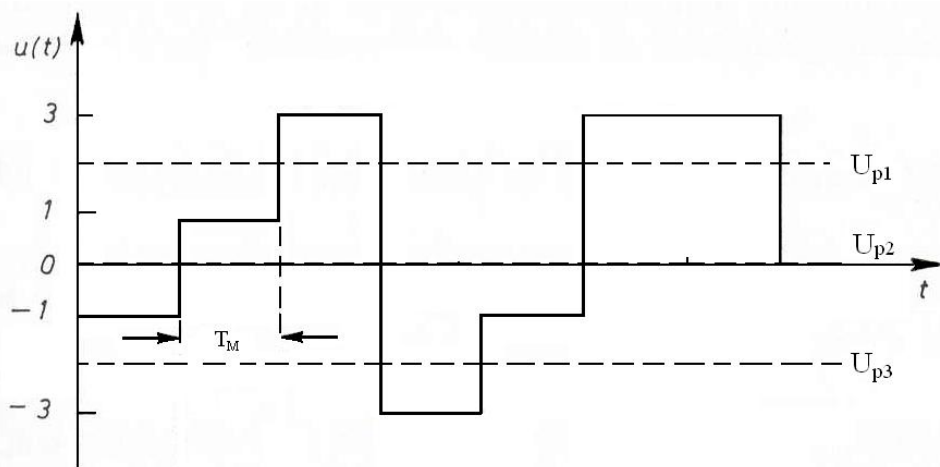
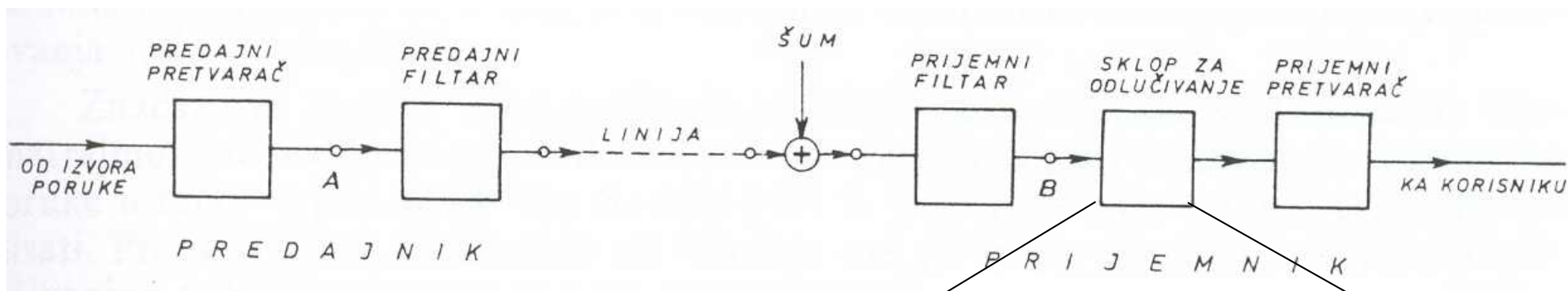
Prenos digitalnog signala u osnovnom opsegu učestanosti

- ❑ Digitalni signal na izlazu iz pretvarača poruke u signal se nalazi u osnovnom opsegu učestanosti
- ❑ Ukoliko se ne pribjegavi obradi ovog signala kojom bi se njegov spektar translirao u neki drugi opseg odnosno on se prenosi direktno preko prenosnog puta onda se radi o prenosu u osnovnom opsegu učestanosti
- ❑ Sistemi prenosa u osnovnom opsegu su jednostavni

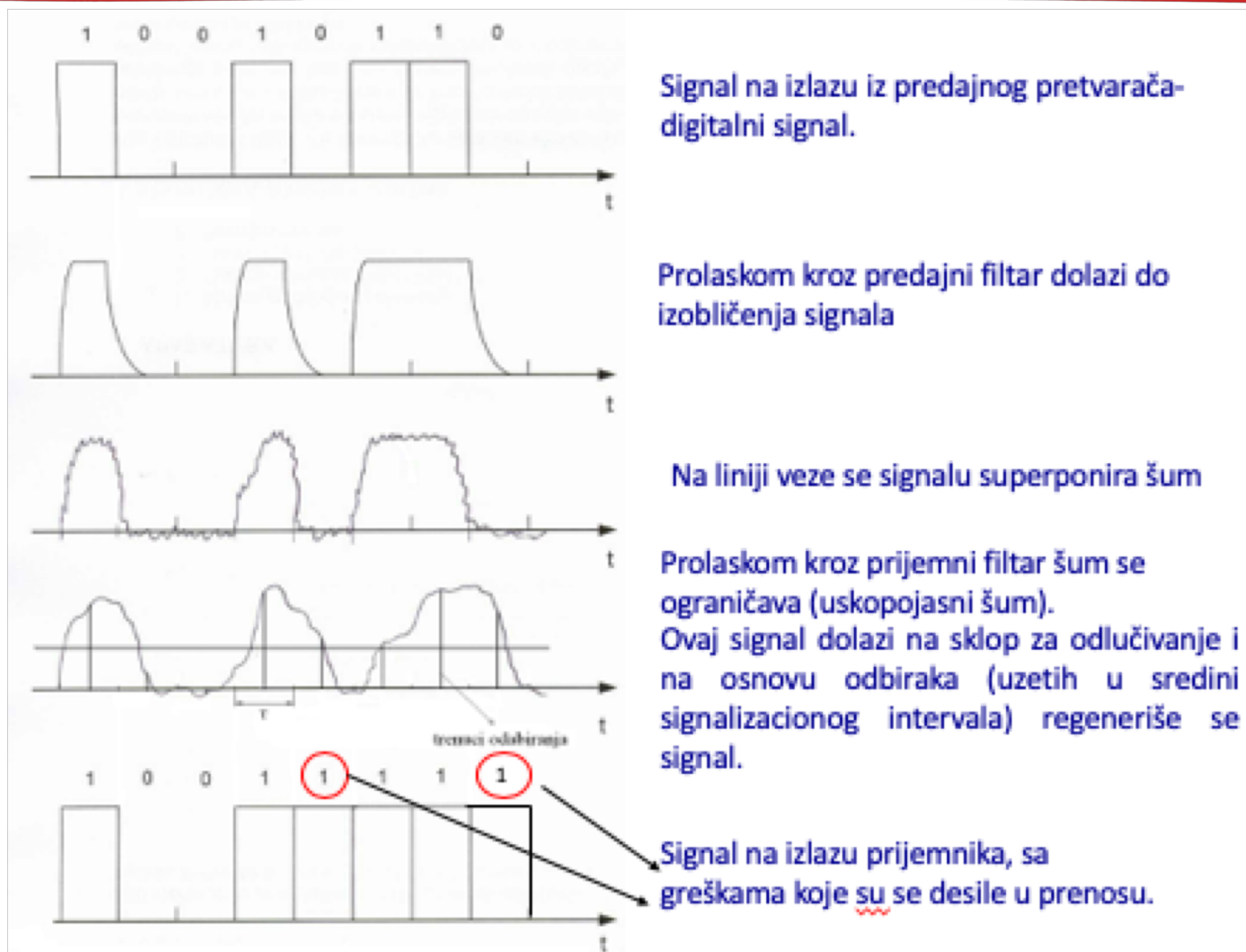


Prenos digitalnog signala u osnovnom opsegu učestanosti

- ❑ Sklop za odlučivanje uzima odbirke koji se upoređuju sa pragom
- ❑ U slučaju biranog signala postoji jedan prag, dok kog M-arnog signala postoji M-1 prag
- ❑ Vrijednosti pragova zavise od statistika pojavljivanje simbola

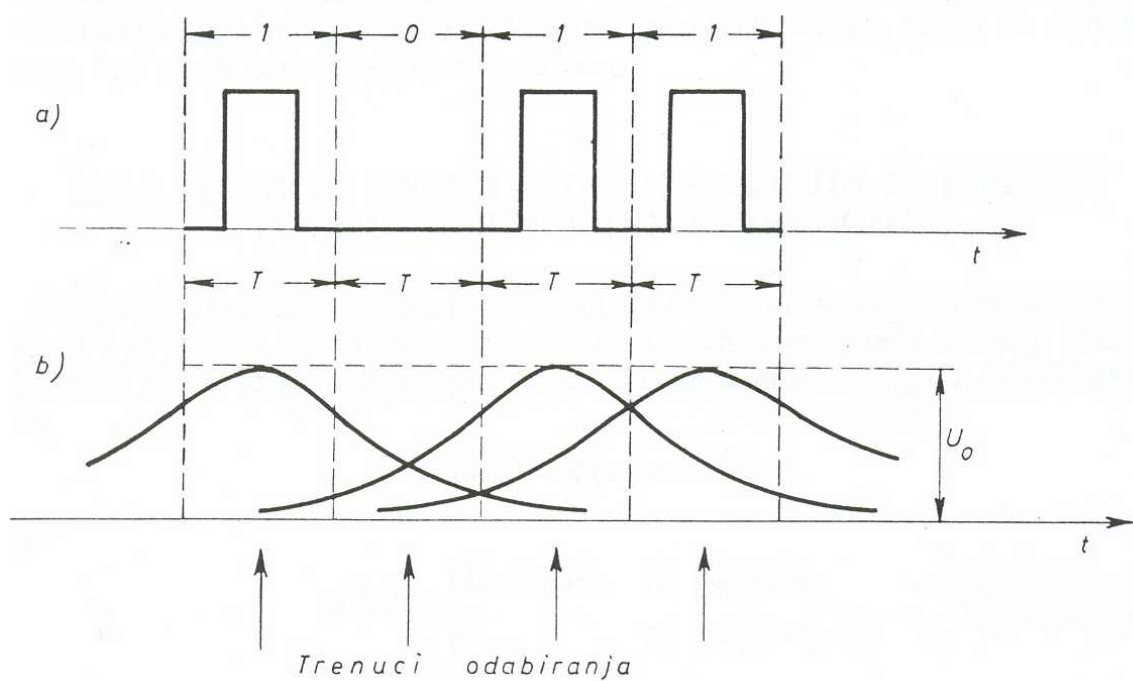


Prenos digitalnog signala u osnovnom opsegu učestanosti



Intersimbolska interferencija (ISI)

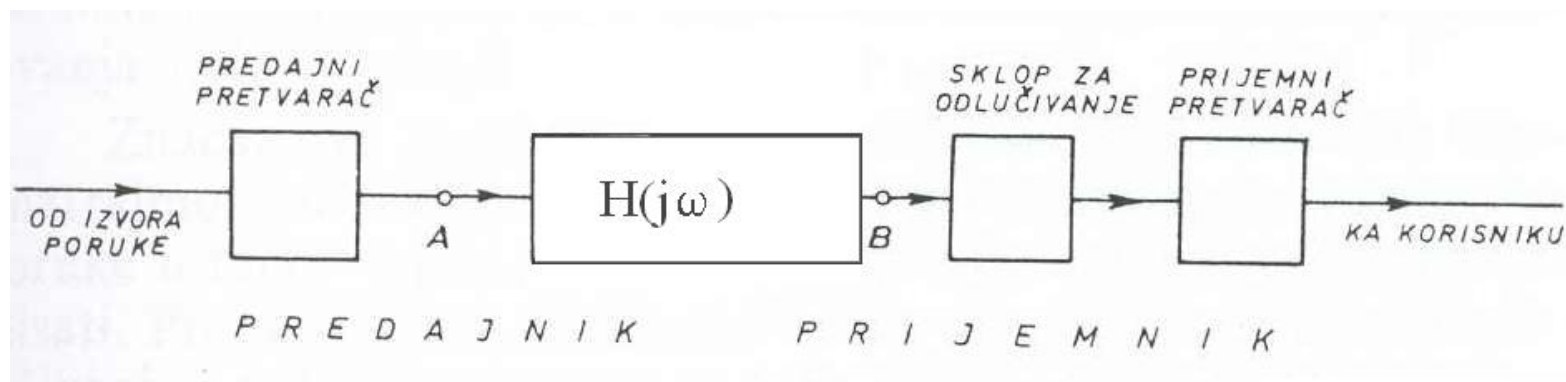
- Digitalni signal u osnovnom opsegu učestanosti sadrži pravougaone impulse što znači da ima beskonačni opseg
- Predajni filter, prenosni medijum i prijemni filter imaju karakteristike filtra propusnika niskih učestanosti tako da se deformišu okomite ivice impulse, impulsi se šire, a mogu se pojaviti i oscilacije njegove amplitude



Intersimbolska interferencija (ISI)

Idealni sistem

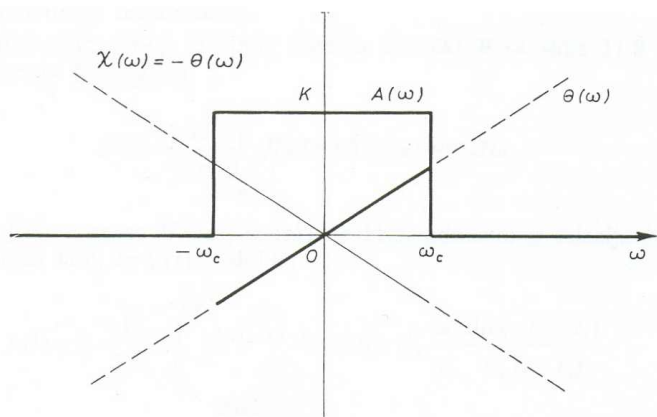
- ❑ Sistem u kome nema ISI
- ❑ $H(j\omega)$ predstavlja idealni propusnik niskih učestanosti kojim se modeluju predajni filter, prenosni medijum i prijemni filter



$$H(j\omega) = A(\omega)e^{-j\theta(\omega)}$$

$$A(\omega) = \begin{cases} K = const & \text{za } |\omega| \leq \omega_c \\ 0 & \text{za } |\omega| > \omega_c \end{cases}$$

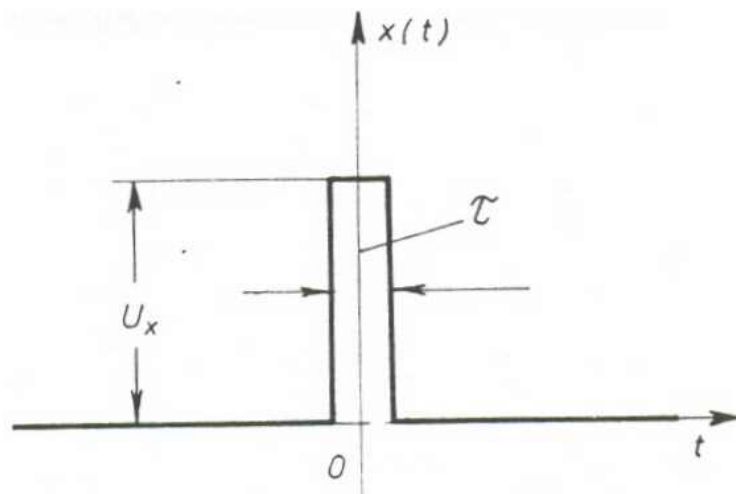
$$\theta(\omega) = \omega t_0, \quad t_0 = const$$



Intersimbolska interferencija (ISI)

Idealni sistem

- Neka je signal kojim se pobuđuje idealni sistem prenosa u tački A usamljeni impuls vrlo kratkog trajanja τ i amplitude U_x .



$$X(j\omega) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} U_x e^{-j\omega t} dt \approx \tau U_x$$

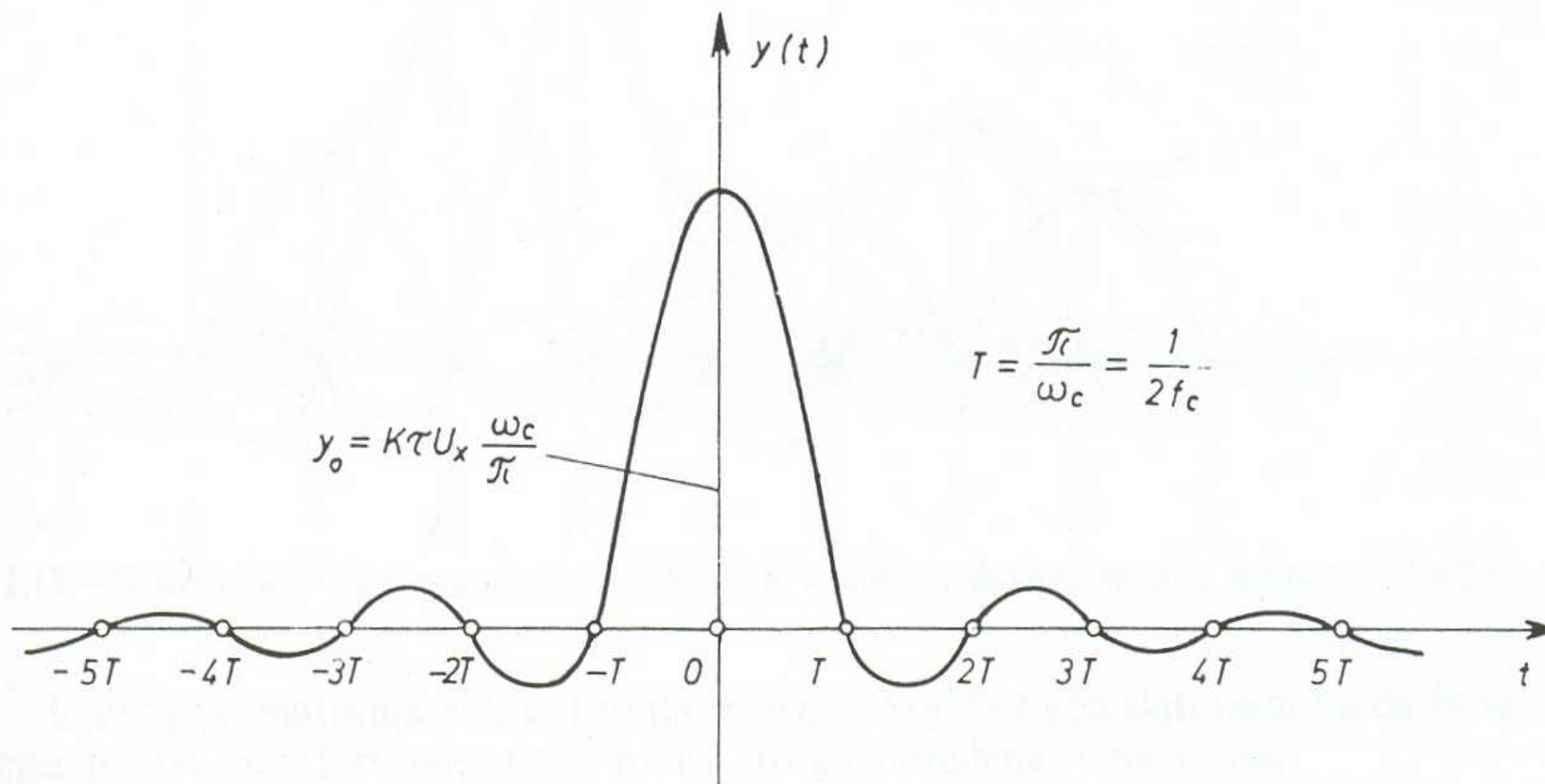
$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = K \frac{\tau U_x}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} e^{j\omega(t-t_0)} d\omega = K \tau U_x \frac{\omega_c}{\pi} \frac{\sin \omega_c(t-t_0)}{\omega_c(t-t_0)}$$

$$y(t) = K \tau U_x \frac{\omega_c}{\pi} \frac{\sin \omega_c t}{\omega_c t} = y_0 \frac{\sin \omega_c t}{\omega_c t}$$

Intersimbolska interferencija (ISI)

Idealni sistem

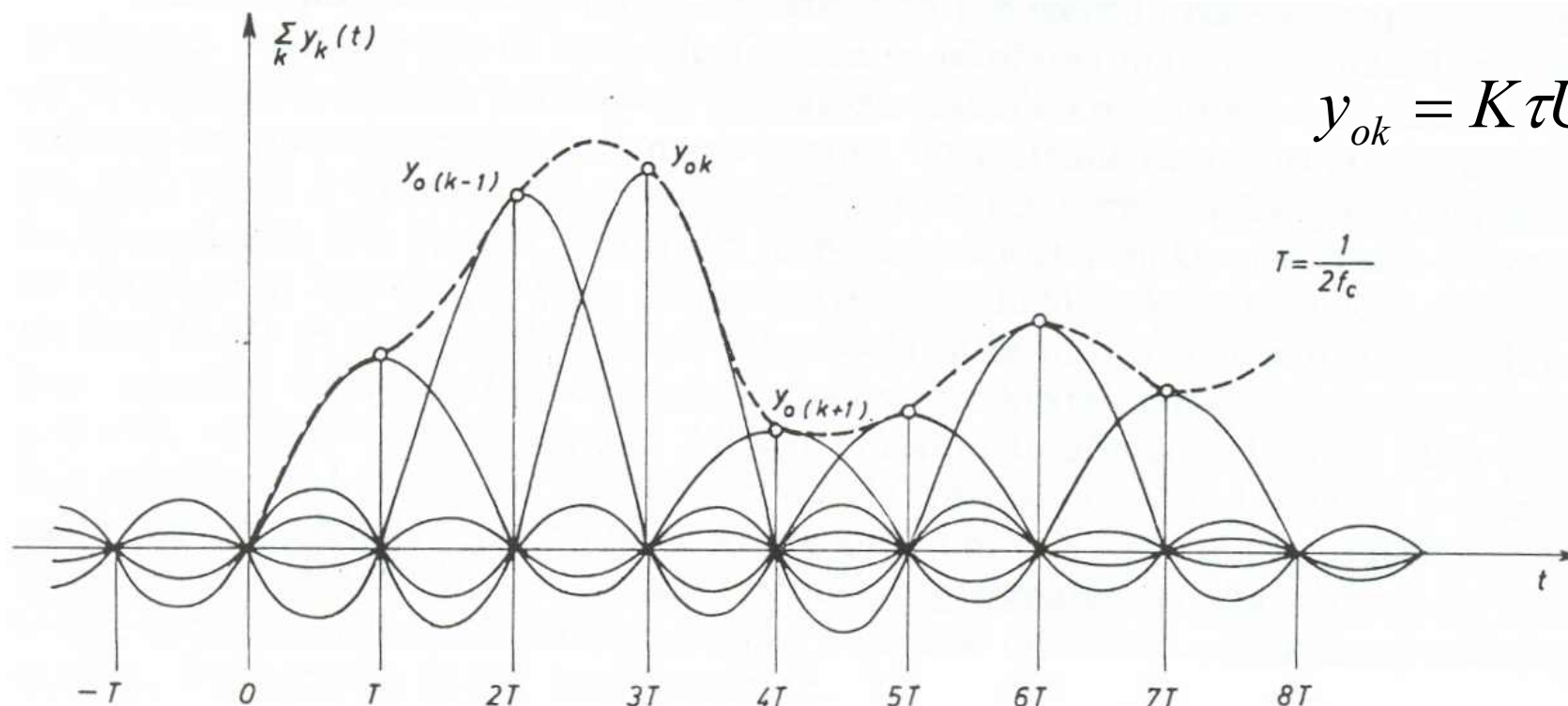
$$y(t) = K\tau U_x \frac{\omega_c}{\pi} \frac{\sin \omega_c t}{\omega_c t} = y_0 \frac{\sin \omega_c t}{\omega_c t}$$



Intersimbolska interferencija (ISI)

Idealni sistem

- U slučaju kada postoji više impulsa širine τ , smještenih u trenucima $T, 2T, \dots, nT$, amplituda $U_{x1}, U_{x2}, \dots, U_{xn}$ odziv idealnog sistema na ovakvu povorku će se dobiti superpozicijom svih pojedinačnih odziva $y_k(t)$



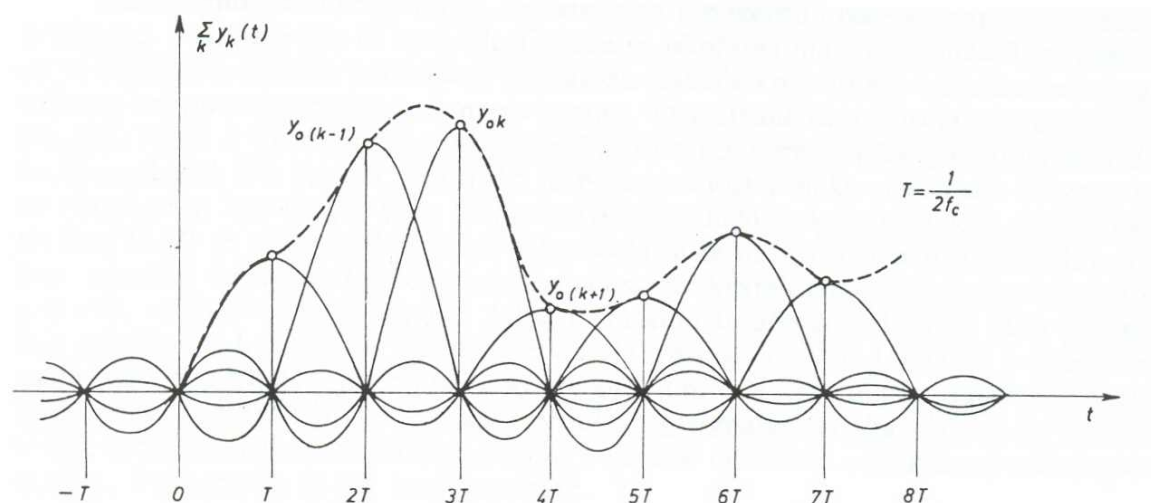
$$y_{ok} = K\tau U_{xk} \frac{\omega_c}{\pi}$$

$$\tau = \frac{1}{2f_c}$$

Intersimbolska interferencija (ISI)

Idealni sistem

- ❑ y_{ok} ne zavisi od impulsa u ostalim signalizacionim intervalima zato što svaki od njihovih "repeva" u tački odabiranja ima vrijednost 0. To znači da neće doći do ISI!
- ❑ Brzina kojom treba slati impulse da bi se izbjegla pojava ISI strogo je određena i iznosi $1/T=2f_c$ ili n-ti dio od $1/T$, gdje je $n=1, 2, 3...$
- ❑ Brzina $1/T=2f_c$ se naziva Nyquistovom brzinom,
- ❑ Signalizacioni interval $T=1/2f_c$ se kaže da predstavlja Nyquistov interval.



$$y_{ok} = K\tau U_{xk} \frac{\omega_c}{\pi}$$

Ispitna pitanja

- Oblici digitalnih signala
- M-arni digitalni signal
- Prenos digitalnog signala u osnovnom opsegu
- Intersimbolska interferencija