



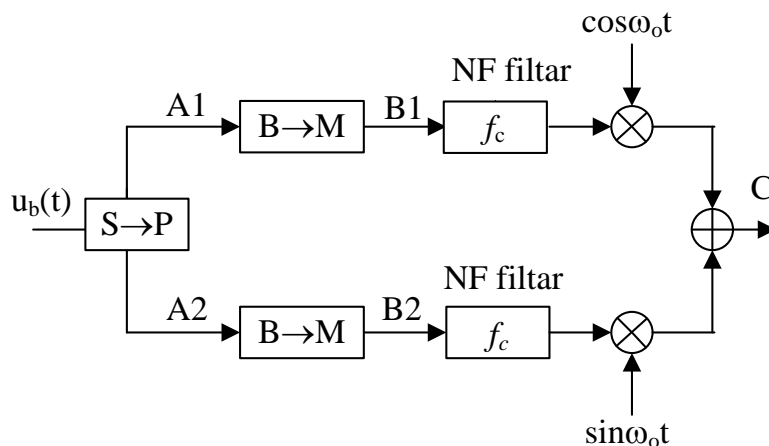
# PRINCIPI MODERNIH TELEKOMUNIKACIJA (SI2PMT)

*Elektrotehnički fakultet  
Katedra za telekomunikacije  
Beograd, 2011/2012*

# Predajnik digitalnih signala (1)

\*Digitalni signal sa modulisanim nosiocem formira se na način opisan na slici. Dolazni niz bita prvo dolazi u serijsko–paralelni konvertor (blok označen sa  $S \rightarrow P$ ). Na izlazu iz konvertora binarnog u M-arni signal (blok označen sa  $B \rightarrow M$ ),  $B \rightarrow M = 2^n$ , dobijaju se impulsi vrlo kratkog trajanja. U obe grane prijemnika, nakon bloka  $B \rightarrow M$  nalaze se idealni filtri propusnici niskih učestanosti, čija je granična učestanost  $f_c$ . Ako protok signala  $u(t)$  iznosi  $V_b = 4.8 \text{ kbit/s}$  i broj nivoa M-arnog signala iznosi  $M = 4$ , odrediti sledeće vrednosti:

- Binarni protok u tačkama A1 i A2, kao i digitalni protok u tačkama B1 i B2;
- Minimalnu vrednost učestanosti  $f_c$ , za koju ne dolazi do pojave intersimbolske interferencije (ISI) po I Nyquist-ovom kriterijumu;
- Širinu opsega učestanosti  $B$  koju zauzima modulisani signal (u tački C).



## Predajnik digitalnih signala (2)

\*U bloku za serijsko-paralelnu konverziju vrši se razdvajanje bita na dva paralelna toka. Povorku bita u gornjoj grani (tačka A1) čine neparni biti, a povorku bita u donjoj grani (tačka A2) čine parni biti, dolaznog toka binarnih signala  $u_b(t)$ .

\*Trajanje bita u obe grane nakon serijsko-paralelne konverzije je dvostruko veće od trajanja bita dolaznog binarnog signala. Shodno tome, binarni protok u gornjoj i donjoj grani (tačke A1 i A2) je dvostruko manji od protoka dolaznog binarnog signala

$$V_{A1} = V_{A2} = \frac{V_b}{2} = \frac{4800b/s}{2} = 2400b/s$$

\*Broj nivoa M-arnog signala iznosi  $M=4$ , pa se jedan M-arni simbol formira od  $n=\log_2 M$  bita dolaznih binarnih signala. Nakon konvertora binarnih u M-arni signal, trajanje signalizacionog intervala M-arnog signala u tačkama B1 i B2  $n$  puta je veće od trajanja signalizacionog intervala binarnog signala

$$T_{B1} = T_{B2} = nT_{A1} = nT_{A2}$$

\*Digitalni protok u tačkama B1 i B2 je  $n$  puta manji od protoka binarnih signala  $V_{A1}$  i  $V_{A2}$  (u svakoj od grana)

$$V_{B1} = V_{B2} = \frac{V_{A1}}{n} = \frac{V_b}{2n} = \frac{4800b/s}{4} = 1200b/s$$

## Predajnik digitalnih signala (3)

\*Da ne bi došlo do pojave intersimbolske interferencije (ISI) po I *Nyquist*-ovom kriterijumu između vrednosti granične učestanosti NF filtra  $f_c$  i trajanja signalizacionog intervala signala na ulazu u filter potrebno je da važi odnos

$$T_{B1} = T_{B2} = \frac{1}{2f_c}$$

odnosno, granična vrednost NF filtra iznosi

$$f_c = \frac{1}{2T_{B1}} = \frac{V_{B1}}{2} = \frac{V_b}{4n} = 600\text{Hz}$$

\*Modulisani signali u donjoj i gornjoj grani, odnosno signali nakon množenja sa  $\cos(\omega_0 t)$  i  $\sin(\omega_0 t)$ , isto kao i njihov zbir, zauzimaju propusni opseg koji je dvostruko veći od opsega jednakog  $f_c$  koji zauzima signal na ulazu u množač (tj. na izlazu iz NF filtra)

$$B = 2f_c = 2 \frac{V_b}{4n} = \frac{V_b}{2n} = 1200\text{Hz}$$

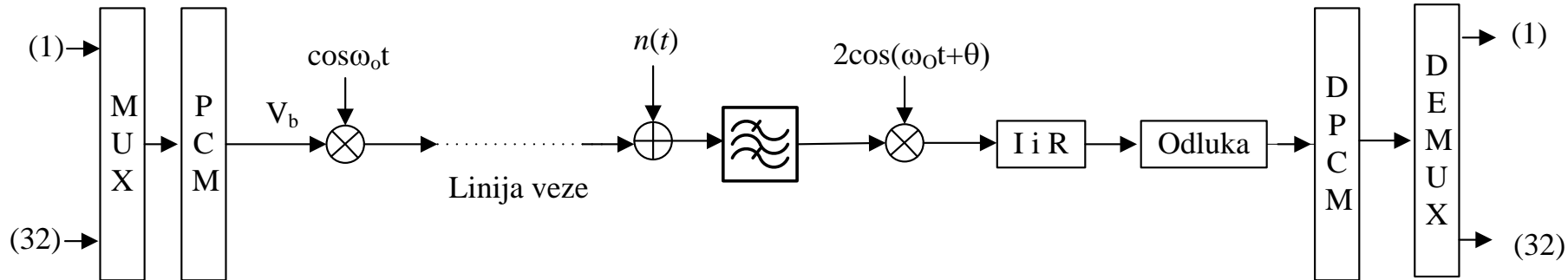
# TDM+PCM+BPSK (1)

- \* Standardni multipleksni signal sa vremenskom raspodelom kanala i PCM formira se od  $N=32$  telefonskih signala. Smatra se da je maksimalna učestanost u spektru telefonskog signala  $f_m=4\text{kHz}$ . Odabiranje signala je idealno sa minimalnom učestanošću određenom teoremom odabiranja, a kvantizacija odbiraka je ravnomerna. Ovako dobijeni signal prenosi se postupkom binarne fayne modulacije (BPSK).
- \* Srednja snaga signala na izlazu iz predajnika iznosi  $P_{T,\max}=2W$ . Slabljenje linije veze je  $a=70\text{dB}$ . Na ulazu u prijemnik prisutan je ABGŠ čija je SGSS jednaka  $p_N=10^{-14}[\text{W/Hz}]$ .
  - a) Nacrtati blok šemu kompletnog sistema;
  - b) Odrediti brzinu signaliziranja na izlazu iz prijemnika i minimalnu širinu propusnog opsega učestanosti potreban za prenos ovog signala, po kriterijumu „prve nule“ u spektru signala;
  - c) Pod pretpostavkom da su lokalni oscilatori u predajniku i prijemniku idealno sinhronizovani, odrediti verovatnoću greške pri prenosu signala kroz opisani sistem;

*Pri izračunavanju verovatnoće greške koristiti aproksimaciju*

$$\text{erfc}(x) \approx \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}}$$

# TDM+PCM+BPSK (2)



- a) Učestanost odabiranja svakog od signala u multipleksu jednaka je minimalnoj vrednosti određenoj teoremom odabiranja (dva puta veća od maksimalne učestanosti u telefonskog signala  $f_s = 2f_m = 8\text{kHz}$ ).  
Svaki odbirak se predstavlja pomoću koda dužine 8 bita, pa protok multipleksnog signala iznosi  $V_b = Nf_s n = 2048\text{kb/s}$ .
- b) Potrebna širina propusnog opsega po kriterijumu „prve nule“ iznosi  $B = 2V_b = 4.096\text{MHz}$ .
- c) U slučaju idealne sinhronizacije nosilaca, verovatnoća greške po bitu za BPSK signal iznosi

$$P_{e,b} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{p_N}}$$

# TDM+PCM+BPSK (3)

$$c) P_{e,b} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{p_N}}$$

$E_b$  energija signala po bitu na ulazu u prijemnik,  
 $p_N$  spektralna gustina srednje snage signala na ulazu u prijemnik.

Energija signala po bitu može se odrediti kao proizvod snage signala na ulazu u prijemnik  $P_R$  i dužine trajanja signalizacionog intervala  $T_b$ .

Dužina trajanja signalizacionog intervala  $T_b$  jednaka je inverznoj vrednost bitskog protoka  $T_b = 1/V_b = 1/2048 \text{ kb/s} = 0.488 \mu\text{s}$ .

Slabljenje linije veze iznosi  $a[\text{dB}]$ , pa je snaga signala na ulazu u prijemnik jednaka

$$P_R = P_T 10^{-a/10} = 2 \text{ W} \cdot 10^{-70/10} = 0.2 \mu\text{W}$$

Zamenom prethodnih vrednosti, verovatnoća greške određena je sa

$$P_{e,b} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{P_T 10^{-a/10}}{p_N V_b}} = 4.95 \cdot 10^{-6}$$

# Literatura



- [1] Dukić M., *Principi telekomunikacija*, Akademska misao, 2008, Beograd.
- [2] Haykin S., *Communication Systems*, John Wiley & Sons, Inc., 1998, New York.
- [3] Dukić M., Marković G., Vujić D., *Principi telekomunikacija – Zbornik rešenih zadataka*, Akademska misao, 2009, Beograd.
- [4] Praktikum za laboratorijske vežbe.

\*Zadaci urađeni po uzoru na 8.9 i 8.27 iz [3].