

8. KAPACITET KANALA U KONTINUIRANOM VREMENU

10.

- ANALITIČKI DOKAZITE DA ZA KAPACITET AWGN-KANALA S BESKONAČNIM PODACIM PRIJENOSA VREDI:

$$C_{\infty} = \frac{1}{\ln 2} \cdot \frac{S}{N_0} \text{ [bit/s]}$$

- GDJE JE 'S' SREDNJA SNAGA SIGNALA I $N_0/2$ SPEKTRALNA GUSTOĆA SNAGE BJELOG GAUSSOVOG ŠUMAT.

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B} \right) \text{ [bit/s]}$$

$$C_{\infty} = \lim_{B \rightarrow \infty} C = \lim_{B \rightarrow \infty} B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B} \right)$$

$$= \lim_{B \rightarrow \infty} \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B} \right)^B$$

$$= \lim_{B \rightarrow \infty} \log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 B} \right)^B \Rightarrow \boxed{\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x} \right)^x = \log_e e = \ln}$$

$$= \log_2 e^{\frac{S}{N_0}} =$$

$$= \frac{\ln e^{\frac{S}{N_0}}}{\ln(2)} = \boxed{\frac{S}{N_0} \cdot \frac{1}{\ln 2}} \Rightarrow \text{MAX. KAPACITET IDEALNOG KANALA } \infty$$

41. ☆

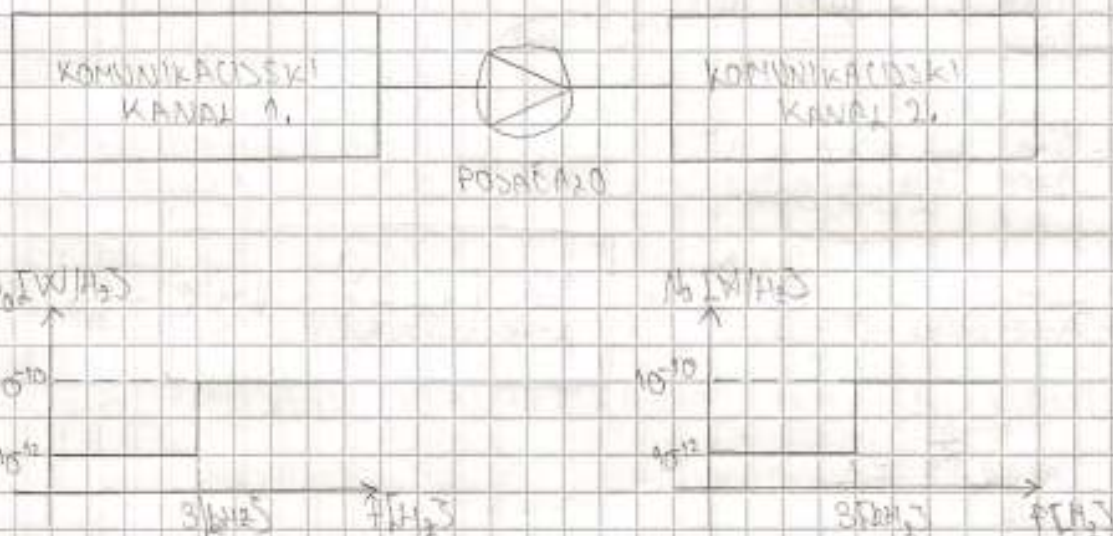
• SIGNAL SNAGE 8 [W] PRENOVI SE KOMUNIKACIJSKIM SUSTAVOM KOJI SE SASTOJI OD DVA SEGMENTA, tj. KANALA.

PRVI KOMUNIKACIJSKI KANAL ZAUZIMA FREKVENCIJSKI POJAS PRIENOSA OD 3100 [Hz] DO 6800 [Hz], A DRUGI OD 200 [Hz] DO 2700 [Hz].

IZMEĐU KANALA NALAZI SE POJAČALO SNAGE.

KOLIKO MORA BITI POJAČANJE SNAGE SIGNALA DA BI UKUPNI KAPACITET DANOG SUSTAVA BIO JEDNAK KAPACITETU PRVOG SEGMENTA.

POJAČANJE IZRAŽITI U [dB].



$$\left. \begin{array}{l} f_{g1} = 6800 \text{ [Hz]} \\ f_{d1} = 3100 \text{ [Hz]} \end{array} \right\} B_1 = 3500 \text{ [Hz]}$$

$$S_1 = 8 \text{ [W]}$$

$$\left. \begin{array}{l} f_{g2} = 2700 \text{ [Hz]} \\ f_{d2} = 200 \text{ [Hz]} \end{array} \right\} B_2 = 2500 \text{ [Hz]}$$

• V KANALU VRAJED:

$$G_1 = G_2$$

$$B_1 \log_2 \left(1 + \frac{S_1}{N_0 B_1} \right) = B_2 \log_2 \left(1 + \frac{S_2}{N_0 B_2} \right) \quad | : B_2$$

$$9500 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{8}{10^{-10} \cdot 9500} \right) = 2500 \log_2 \left(1 + \frac{S_2}{10^{-12} \cdot 2500} \right) \quad | : 2500$$

$$34.224 = \log_2 \left(1 + \frac{S_2}{10^{-12} \cdot 2500} \right) \quad | 2^{\wedge}$$

$$2.0065527 \cdot 10^9 = 1 + \frac{S_2}{10^{-12} \cdot 2500}$$

$$50.1638 - 10^{-12} \cdot 2500 = S_2$$

$$S_2 = 50.1638 \text{ [W]}$$

• POŠAČANJE:

$$A = 10 \log \left(\frac{S_2}{S_1} \right) = 10 \log \left(\frac{50.1638}{8} \right) = 7.97 \text{ [dB]}$$

42. - BIO PROJE GODINE V

• GOVORNI SIGNAL SE NA ULAZU NEKOG PREDAJNOG
SUSTAVA UZORKUJE S FREKVENCIJOM UZORKOVANJA
 $f_u = 8 \text{ [kHz]}$, A POTOM KODIRA SA $R \text{ [bit/s]}$ PO UZORKU.
ODNOS SREDNJE SNAGE SIGNALA PREMA SREDNJOJ SNAGI
ŠUMA U KANALU IZNOSI 20 [dB] .

ODREDITE POTREBNI POJAS PRIJENOSA AKO SE ŠUM
U KANALU SMANI ZA 3 [dB] ?

$$f_u = 8 \text{ [kHz]}$$

$$R = 8 \text{ [bit/s]}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{dB}} = 20 \text{ [dB]}$$

$$N_2 = N_1 - 3 \text{ [dB]}$$

$$B_{N_2} = 9$$

$$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)_{\text{dB}} = 3 \text{ [dB]}$$

$$10 \log(N_1) - 10 \log(N_2) = 3 \text{ [dB]}$$

$$10 \log\left(\frac{N_1}{N_2}\right) = 3 \text{ [dB]} / 10$$

$$\log\left(\frac{N_1}{N_2}\right) = 0.3 \text{ [dB]} / 10$$

$$\frac{N_1}{N_2} = 10^{0.3} = 1.9953$$

= ODNOS GUSTOĆA ŠUMA
U KANALU ?

• INFORMACIJSKA BRZINA:

$$R = f_m \cdot n = 8 \text{ [kHz]} \cdot 8 = 64 \text{ [kbit/s]}$$

• KAPACITET KANALA "C" MORA BITI JEDNAK KI VEĆI OD INFORMACIJSKE BRZINE:

$$C \geq R$$

• ZBOG PROPORCIONALNOSTI ŠIRINE POJASA S KAPACITETOM KANALA URIJEDI:

$$C = R$$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$\frac{S}{N} = \frac{S_1}{N_2} = \frac{S_1}{N_2} \cdot \frac{N_1}{N_1} = \frac{S_1}{N_1} \cdot \frac{N_1}{N_2}$$

$\underbrace{\frac{S_1}{N_1}}_{20\text{dB}} \quad \underbrace{\frac{N_1}{N_2}}_{10 \log 1.9953}$
 $10^{\frac{20}{10}} = 100$

$$B = \frac{C}{\log_2 \left(1 + \frac{S_1}{N_1} \cdot \frac{N_1}{N_2} \right)} =$$

$$= \frac{R}{\log_2 \left(1 + 100 \cdot 1.9953 \right)} = \frac{64 \cdot 10^3}{7.64767} = 8.3685 \text{ [kHz]}$$

ili:

$$= \frac{R}{\log_2 \left(1 + \frac{100}{1.9953} \right)} = \frac{64 \cdot 10^3}{5.6757} = 11.276 \text{ [kHz]}$$

13.

- ZA PRIDELJAK PODATAKA NA PREDJELASANJU SE KOMUNIKACIJSKI KANAL PODJELJEN NA DVA SEGMENTA (DVA PODKANALA) ČIJE SU FREKVENCIJSKI PODJELI PRIDJELJENE:

$$B_1 = 1800 \text{ [Hz]}$$

$$B_2 = B \text{ [Hz]}$$

- U PRVOM PODKANALU (B_1) ODNOS SREDNJE SNAGE SIGNALA PREMA SREDNJOJ SNAGI ŠUMA IZNOSI 30 [dB].
- SREDNJA SNAGA SIGNALA U DRUGOM PODKANALU IZNOSI 5 [W], DOK JE SPEKTRALNA GUSTOĆA SNAGE NIŽELOG GAUSSOVOG ŠUMA (N_0) U ISTOM PODKANALU 10^{-6} [W/Hz].
- KOJIKO IZNOSI FREKVENCIJSKI PODJEL PRIDJELJEN DRUGOM PODKANALU AKO SE ZAHTEJEVANA MAKSIMALNA BRZINA PRIDJELJENIA U KOMUNIKACIJSKOM KANALU 50 [kbit/s].

$$B_1 = 1800 \text{ [Hz]}$$

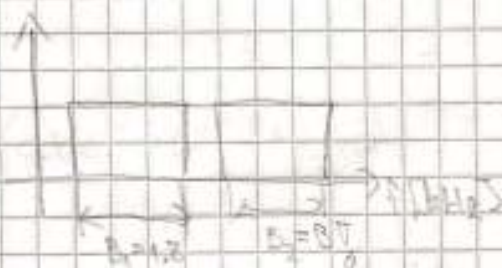
$$B_2 = B \text{ [Hz]}$$

$$\left(\frac{S_1}{N_0}\right) = 30 \text{ [dB]} \Rightarrow \frac{S_1}{N_0} = 10^{\frac{30}{10}} = 1000$$

$$S_2 = 5 \text{ [W]}$$

$$N_0 = 10^{-6} \text{ [W/Hz]}$$

$$C = R = 50 \text{ [kbit/s]}$$



• KAPACITET PRVOG PODKANALA:

$$C_1 = B_1 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S_1}{N_1} \right) = 1800 \log_2 (1 + 1000) = 17947 \text{ [bit/s]}$$

• KAPACITET DRUGOG PODKANALA:

$$C_2 = C_{uk} - C_1 = 50000 - 17947 = 32053 \text{ [bit/s]}$$

• ŠIRINA POJASA N DRUGOM PODKANALU JE:

$$C_2 = B_2 \log_2 \left(1 + \frac{S_2}{N_0 \cdot B_2} \right) / 2^n$$

$$2^{C_2} = 2^{B_2} \left(1 + \frac{S_2}{N_0 B_2} \right)$$

$$B_2' = \frac{50000 - 1800 \log_2(1000)}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 \cdot B_2} \right)} = \frac{C_{uk} - C_1}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 \cdot B_2} \right)} = \frac{C_2}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N_0 \cdot B_2} \right)}$$

METODA ITERACIJA:

$$1. B_2 = 1 \text{ [kHz]} \Rightarrow B_2' = 1.416 \text{ [kHz]}$$

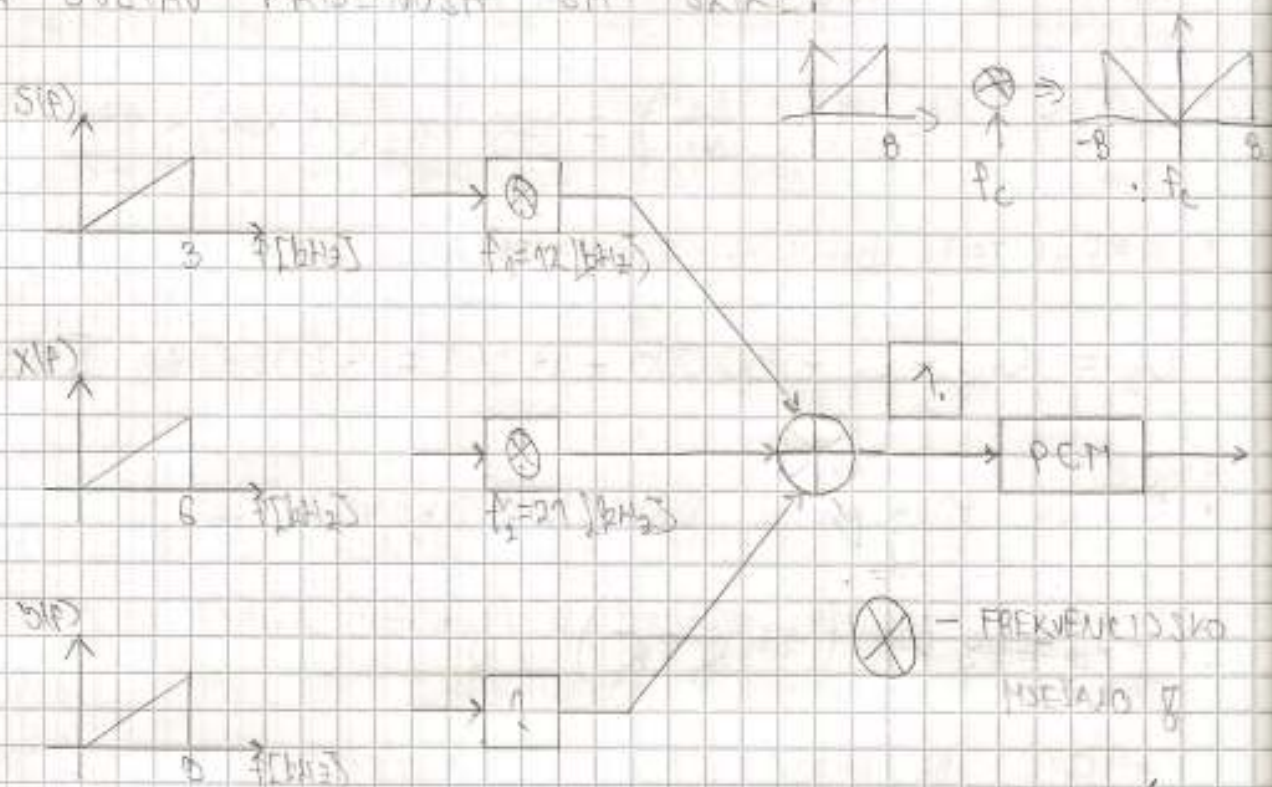
$$2. B_2 = 1.416 \text{ [kHz]} \Rightarrow B_2' = 2.7882 \text{ [kHz]}$$

⋮

$$3. B_2 = 2.994 \text{ [kHz]} \Rightarrow B_2' = 2.994 = B_2$$

44

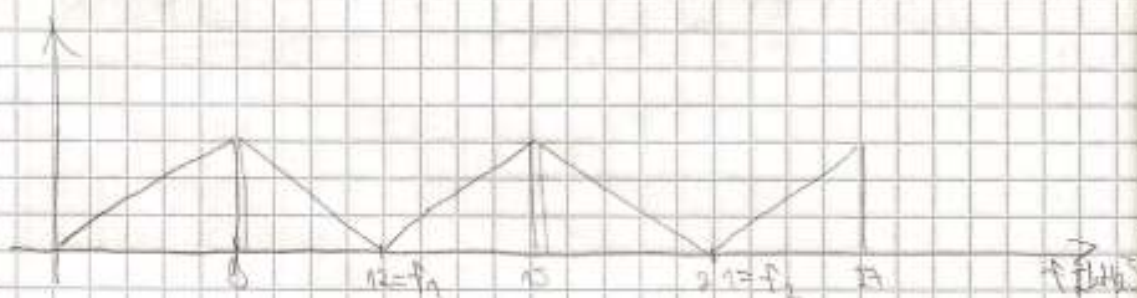
• ZA SVETAV PRIDENOSA SA SLIKE:



• TREBA ODREDITI:

i)

- MINIMALNI FREKVENCIJSKI POSAS PRIDENOSA (TOČKA 1.) ZA TRI INFORMACIJSKA IZVORA KISI SU SPEKTAR PREDODENI SLIKOM. $\Rightarrow B = 27 \text{ MHz}$
- NA RASPOLAGANJU IMAMO DVA FREKVENCIJSKA MJEŠALA KOJA TREBA STAVITI NA MJEŠTO UPITNIKA NA SLICI, DOK NA MJEŠTO TREĆEG UPITNIKA NEŠTAVALJAMO NIŠTA! \Rightarrow NA S(f) I X(f)
- POTREBNO JE ODREDITI VREDNOSTI FREKVENCIJA (f_c) ZA FREKVENCIJSKA MJEŠALA $\Rightarrow f_{c1} = 12 \text{ MHz}$; $f_{c2} = 21 \text{ MHz}$



ii) ODREDITI MINIMALNU FREKVENCIJU VZORKOVANJA U
PCM KODIRANJU f_s

$$f_u = 2 \cdot B = 2 \cdot 27 = 54 \text{ [kHz]}$$

(iii) IZLAZNU BRZINU (U kbit/s) IZ PCM KODERA,
AKO SE SVAKI UZORAK KODIRA S 8 BITOVA?

$$R = f_u \cdot 8 = 54 \cdot 8 = 432 \text{ [kbit/s]}$$

45.



- ANALITIČKI DOKAŽITE DA MINIMALNI OMJER (u dB) ENERGIJE SIGNALA PO BITU PREMA SPECTRALNOJ GUSTOĆI SNAGE ŠUMA KOJI OSIGURAVA POUZDAN PRIJENOS JEDNOG BITA INFORMACIJE IZNOSI: -1.59 [dB]

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \frac{2^{\frac{C}{B}} - 1}{\frac{C}{B}}$$

$$\lim_{B \rightarrow \infty} \left(\frac{E_b}{N_0} \right) = \lim_{B \rightarrow \infty} \frac{2^{\frac{C}{B}} - 1}{\frac{C}{B}} = \frac{0}{0} \stackrel{\text{L'H}}{=} \lim_{B \rightarrow \infty} \frac{\frac{C}{B^2} \cdot \ln 2}{\frac{C}{B^2}} =$$

$$= \lim_{B \rightarrow \infty} (2^{\frac{C}{B}} \ln 2) = 2^0 \ln 2 = 0.693$$

$$\lim_{B \rightarrow \infty} \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{\text{dB}} = 10 \lg(0.693) = -1.59 \text{ [dB]}$$