

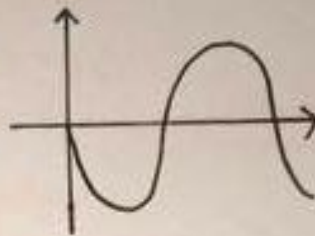
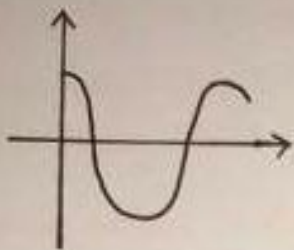
10. oktober 2014
7:30 - 10:00

Vaje

1. Nariši dve periodi sinusnega signala z zakasnitvijo:

a.) 90°

b.) 180°



2. Signal lahko razstavimo na 4 osmome:

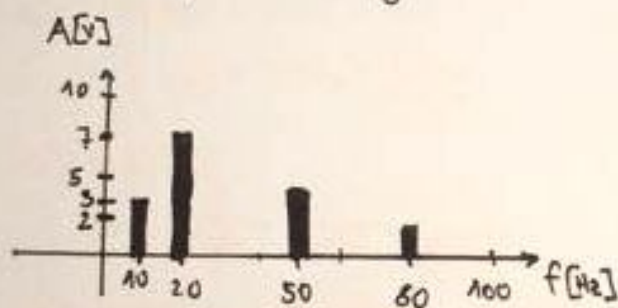
• $A_1 = 3V$ $f_1 = 10Hz$

• $A_2 = 7V$ $f_2 = 20Hz$

• $A_3 = 5V$ $f_3 = 50Hz$

• $A_4 = 2V$ $f_4 = 80Hz$

a.) nariši spektralni diagram



b.) izračunaj pasovno širino

$$BW = f_{\max} - f_{\min}$$

$$BW = 80 - 10$$

$$BW = 70Hz$$

c.) napiši enačbo (oblika $x(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t) \dots$)

$$\begin{aligned} x(t) &= 3 \cdot \sin(2\pi \cdot 10 \cdot t) + 7 \sin(2\pi \cdot 20 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + 2 \sin(2\pi \cdot 80 \cdot t) = \\ &= 3 \sin(20\pi \cdot t) + 7 \sin(40\pi \cdot t) + 5 \sin(100\pi \cdot t) + 2 \sin(160\pi \cdot t) \end{aligned}$$

Vaje

3. Periodični kompleksni signal s $BW = 2\text{kHz}$ je sestavljen iz dveh sinusoid:

$$f_1 = 100\text{ Hz} \quad A_1 = 20\text{ V}$$

$$A_2 = 5\text{ V}$$

Podaj časovno enačbo signala.

$$BW = f_2 - f_1 \Rightarrow f_2 = BW + f_1 = 2000 + 100 = 2,1\text{kHz}$$

$$x(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \phi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \phi_2)$$

$$x(t) = 20 \sin(2\pi \cdot 100 \cdot t) + 5 \sin(2\pi \cdot 2100 \cdot t) = 20 \sin(200\pi t) + 5 \sin(4200\pi t)$$

4. Za podane periode izračunaj frekvence signalov:

a.) $T = 5\text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0,2\text{ Hz}$$

b.) $T = 40\mu\text{s} = 40 \cdot 10^{-6}\text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{40} \cdot 10^6 = 0,025\text{ MHz} = 25\text{ kHz}$$

c.) $T = 25\text{ms} = 25 \cdot 10^{-3}\text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,04\text{ kHz} = 40\text{ Hz}$$

d.) $T = 20\text{ns} = 20 \cdot 10^{-9}\text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \cdot 10^{-9}} = 0,05\text{ GHz} = 50\text{ MHz}$$

5. Za podane frekvence izračunaj njihove periode:

a.) $f = 25\text{ Hz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{25} = 0,04\text{ s} = 40\text{ ms}$$

b.) $f = 8\text{MHz} = 8 \cdot 10^6\text{ Hz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8 \cdot 10^6} = 0,125\mu\text{s} = 125\text{ ns}$$

c.) $f = 200\text{ Hz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{200} = 0,005\text{ s} = 5\text{ ms}$$

d.) $f = 125\text{ kHz} = 125 \cdot 10^3\text{ Hz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{125 \cdot 10^3} = 0,008\text{ ms} = 8\mu\text{s}$$

e.) $f = 80\text{GHz} = 80 \cdot 10^9\text{ Hz}$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{80 \cdot 10^9} = 0,0125\text{ ns} = 12,5\text{ ps}$$

6. Za podane bitne hitrosti izračunaj bitni interval:

a.) $R = 4\text{ bps}$

$$T = \frac{1}{R} = \frac{1}{4} = 0,25\text{ s} = 250\text{ ms}$$

b.) $R = 20\text{Kbps} = 20 \cdot 10^3\text{ bps}$

$$T = \frac{1}{R} = \frac{1}{20 \cdot 10^3} = 0,05\text{ ms} = 50\mu\text{s}$$

c.) $R = 10\text{Mbps} = 10 \cdot 10^6\text{ bps}$

$$T = \frac{1}{R} = \frac{1}{10 \cdot 10^6} = 0,1\mu\text{s} = 100\text{ ns}$$

7. Za podane bitne intervale izračunaj bitne hitrosti:

a.) $T = 2\text{ms} = 2 \cdot 10^{-3}\text{ s}$

$$R = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,5\text{ Kbps}$$

b.) $T = 25\mu\text{s} = 25 \cdot 10^{-6}\text{ s}$

$$R = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-6}} = 0,04\text{ Mbps} = 40\text{ Kbps}$$

c.) $T = 0,4\text{ms} = 0,4 \cdot 10^{-3}\text{ s}$

$$R = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 2,5\text{ Gbps}$$

8. Bitna hitost signala je 8 Kbps, $A = 10V$.

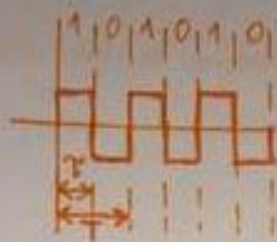
a.) napiši frekvenčni spekter: 10101010...

$$f_1 = \frac{1}{T} \quad A_1 = A$$

$$f_2 = 5 \cdot f_1 \quad A_2 = \frac{A}{3}$$

$$f_3 = 5 \cdot f_1 \quad A_3 = \frac{A}{5}$$

$$f_4 = 7 \cdot f_1 \quad A_4 = \frac{A}{7}$$



$$f_1 = \frac{8}{2} = 4 \text{ KHz} \quad A_1 = 10V$$

$$f_2 = 12 \text{ KHz} \quad A_2 = 3,3V$$

$$f_3 = 20 \text{ KHz} \quad A_3 = 2V$$



b.) napiši frekvenčni spekter: 11001100...

$$f_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{4T} = \frac{8}{4} = 2 \text{ KHz} \quad A_1 = 10V$$

$$f_2 = 6 \text{ KHz} \quad A_2 = 3,3V$$

$$f_3 = 10 \text{ KHz} \quad A_3 = 2V$$

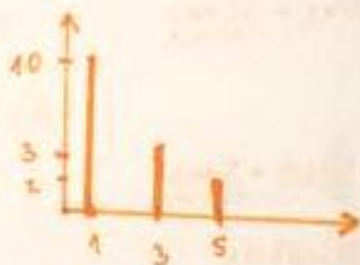


c.) napiši frekvenčni spekter: 11110000...

$$f_1 = \frac{8}{8} = 1 \text{ KHz} \quad A_1 = 10V$$

$$f_2 = 3 \text{ KHz} \quad A_2 = 3,3V$$

$$f_3 = 5 \text{ KHz} \quad A_3 = 2V$$



Vaje

- 9.) Imamo govorni signal pasovne širine $BW = 4 \text{ kHz}$. Nariši frekvenčni spekter za amplitudno moduliran signal, tjer je $f_c = 150 \text{ kHz}$. Izračunaj pasovno širino moduliranega signala.

$$BW = 4 \text{ kHz} \quad (f_{\min} = 0, f_{\max} = 4 \text{ kHz})$$

AM

$$f_c = 150 \text{ kHz}$$

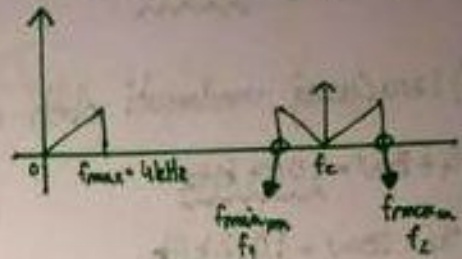
$$BW_{\text{m}} = ?$$

$$f_1 = f_c - f_{\max} = 150 - 4 = 146 \text{ kHz}$$

$$f_2 = f_c + f_{\max} = 150 + 4 = 154 \text{ kHz}$$

$$BW_{\text{m}} = f_2 - f_1 = 8 \text{ kHz}$$

$$BW_{\text{m}} = 2 \cdot BW = 8 \text{ kHz}$$



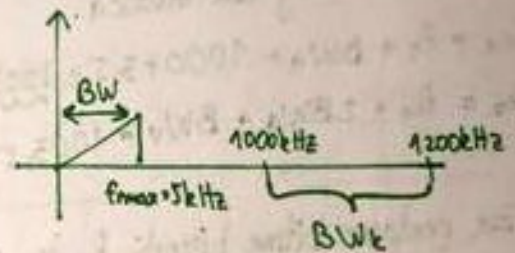
- 10.) Radijska postaja prenaša govorni signal pasovne širine 5 kHz s postopkom amplitudne modulacije.

a.) Koliko postaj lahko oddaja v frekvenčnem pasu od 1000 kHz do 1200 kHz ?

$$BW_{\text{m}} = 2 \cdot BW = 10 \text{ kHz}$$

$$BW_k = 1200 - 1000 = 200 \text{ kHz}$$

$$E = \frac{BW_k}{BW_{\text{m}}} = \frac{200}{10} = 20 \text{ postaj}$$



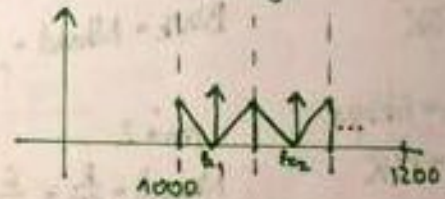
b.) Kakšne so vrednosti nosilne frekvence za posamezno postajo?

$$f_{c1} = f_{\min} + BW = 1000 + 5 = 1005 \text{ kHz}$$

$$f_{c2} = f_{c1} + 2BW = 1005 + 10 = 1015 \text{ kHz}$$

$$f_{c3} = f_{c2} + 2BW = 1015 + 10 = 1025 \text{ kHz}$$

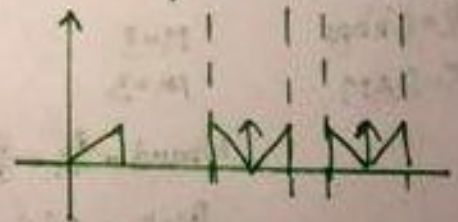
⋮



c.) Koliko postaj lahko oddaja, če uporabljamo varnostni pas $BW_v = 1 \text{ kHz}$?

$$BW_{\text{m}} = 2BW + BW_v = 10 + 1 = 11 \text{ kHz}$$

$$E = \frac{200}{11} \approx 18 \text{ postaj}$$



d.) Kakšne so, potem vrednosti nosilnih frekvenc za posamezno postajo?

$$f_{c1} = f_{\min} + BW = 1005 \text{ kHz}$$

$$f_{c2} = f_{c1} + 2BW + BW_v = 1005 + 1 + 10 = 1016 \text{ kHz}$$

$$f_{c3} = f_{c2} + 2BW + BW_v = 1016 + 1 + 10 = 1027 \text{ kHz}$$

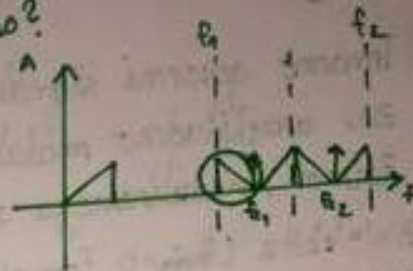
11. Na voljo imamo prenosni kanal med 1000 kHz in 1016 kHz, ki ga želimo uporabiti za full duplex prenos z amplitudno modulacijo.

a.) Kakšno pasovno širino govornega signala lahko prenesemo?

$$BW = f_2 - f_1 = 1016 - 1000 = 16 \text{ kHz}$$

pasovna širina celotnega kanala

$$BW_g = \frac{BW}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ kHz}$$



b.) Izračunaj vrednosti obeh nosilcev.

$$f_{c1} = f_1 + BW_g = 1004 \text{ kHz}$$

$$f_{c2} = f_{c1} + 2BW = 1012 \text{ kHz}$$

c.) Kakšno pasovno širino govornega signala lahko prenesemo, če uporabimo varnostni pas $BW_v = 2 \text{ kHz}$?

$$BW = 16 \text{ kHz}; \quad BW_v = 2 \text{ kHz}$$

$$BW_g = \frac{BW - BW_v}{4} = \frac{14}{4} = 3,5 \text{ kHz}$$

$$BW_g = \frac{f}{2} = 3,5 \text{ kHz}$$

d.) Izračunaj oba nosilca.

$$f_{c1} = f_1 + BW_g = 1000 + 3,5 = 1003,5 \text{ kHz}$$

$$f_{c2} = f_{c1} + 2BW_g + BW_v = 1003,5 + 7 + 2 = 1012,5 \text{ kHz}$$

12. Za podane bitne hitrosti R in modulaijski postopek izračunaj potrebno širino medija.

a.) $R = 4 \text{ kbps}$
 $M = 2$
 ASK

$$R = m \cdot N_{\text{baud}} \Rightarrow N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{4}{1} = 4 \text{ kbaud}$$

$$BW_k = N_{\text{baud}} = 4 \text{ kHz}$$

b.) $R = 6 \text{ kbps}$
 4-PSK

$$m = 2$$

$$N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{6}{2} = 3 \text{ kbaud}$$

$$BW_k = 3 \text{ kHz}$$

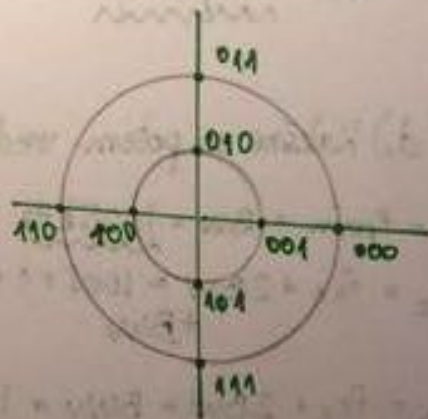
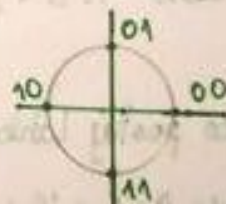
c.) $R = 6 \text{ kbps}$
 8-QAM

$$M = 8$$

$$m = 3$$

$$N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{6}{3} = 2 \text{ kbaud}$$

$$BW_k = 2 \text{ kHz}$$

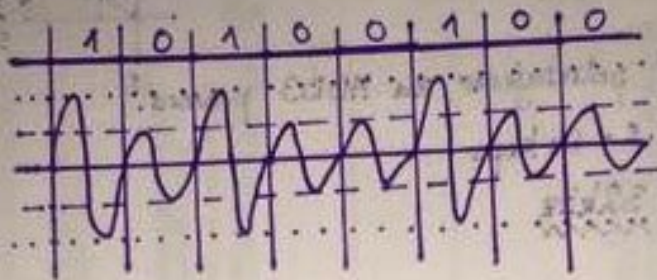


Vaje

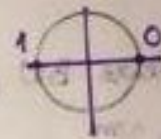
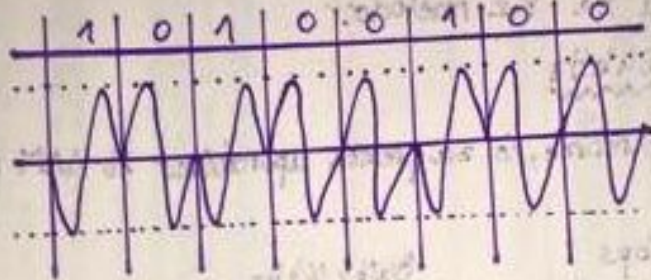
24. oktober 2014
7³⁰-10⁰⁰

13. Nariši pretvorbo bitnega niza 10100100 z uporabo:

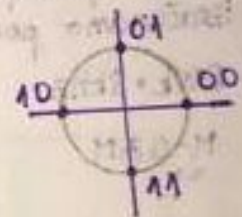
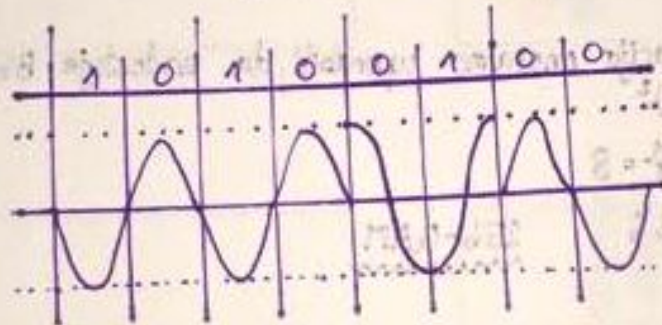
a.) ASK



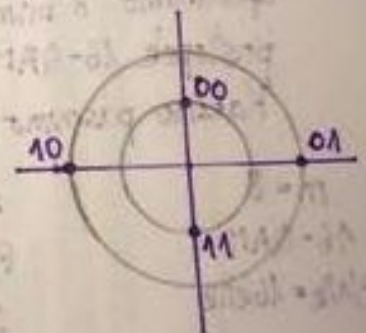
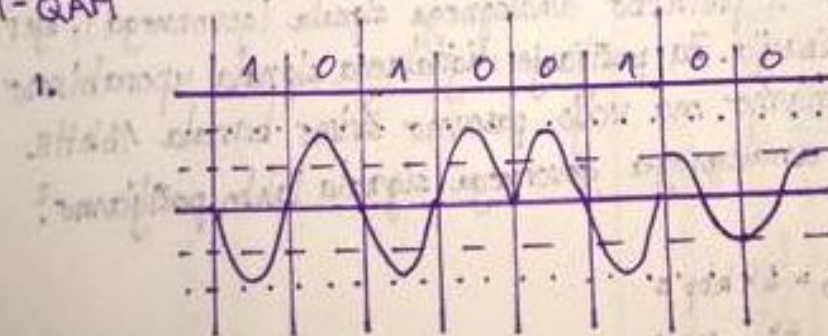
b.) PSK



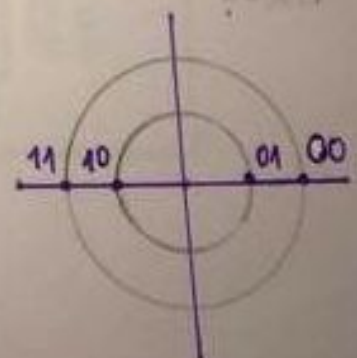
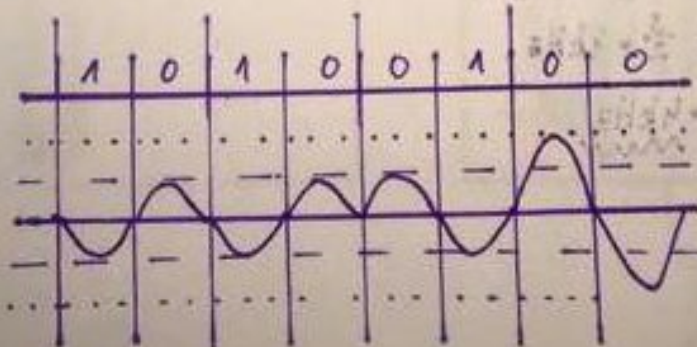
c.) 4-PSK



d.) 4-QAM



II.



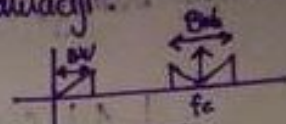
14. Premašati želimo govorni signal pasovne širine 4 kHz. Pri digitalizaciji signala uporabimo 8 bitov kvantizacije.

a.) Kakšna je pasovna širina kanala BWk pri amplitudni modulaciji?

AM

$BW = 4 \text{ kHz}$

$BW_k = 2 \cdot BW = 8 \text{ kHz}$



b.) Kakšna BW medija (kanala) potrebujemo za HDB3 prenos?

$R = S \cdot m$

$S = 2 \cdot f_{max}$

$m = 8$

$f_{max} = 4$

$R = 2 \cdot 4 \cdot 8 = 64 \text{ kbps}$

$BW_k = 32 \text{ kHz}$

c.) Kakšne BW bi potrebovali za RZ metodo?

$BW = 64 \text{ kHz}$

d.) Kakšne BW medija so potrebne, če za prenos uporabimo 16-QAM pretvorbo?

$M = 2^m$

$R = m \cdot N_{baud}$

$BW_k = N_{baud}$

$m = 4$

$R = 64 \text{ kbps}$

$N_{baud} = \frac{64}{4} = 16 \text{ kbaud}$

$BW_k = 16 \text{ kHz}$

e.) Kakšno preklapno modulación moramo uporabiti, da zadostuje BWk, kot je izračunano pod točko a.)?

$BW_k = 8 \text{ kHz}$

M-QAM

$m = \frac{64}{8} = 8$

$M = 256$

256-QAM

15. Digitalni signal dobimo s pretvorbo analognega signala (govornega), kjer uporabimo 8 bitno kvantizacijo. Za pošiljanje digitalnega signala uporabimo postopek 16-QAM in imamo na voljo pasovno širino kanala 16 kHz. Kakšno pasovno širino analognega govornega signala lahko pošljemo?

$m = 8$

16-QAM

$BW_k = 16 \text{ kHz}$

$BW = ?$

$m = 4$

$R = 4 \cdot 16 = 64 \text{ kbps}$

$S = \frac{R}{m} = \frac{64}{8} = 8 \text{ kHz}$

$f_{max} = \frac{S}{2} = 4 \text{ kHz}$

$BW = 4 \text{ kHz}$

Vaje

1) Kakšen je najneugodnejši efekt motnje (šuma) dolžimo $t = 0,5 \text{ ms}$ za prenos digitalnih signalov pri različnih bitnih hitrosti:

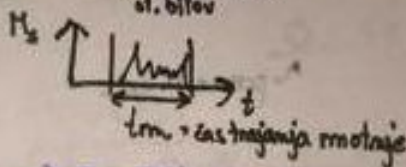
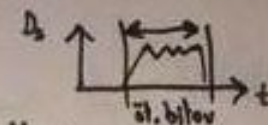
a.) $R = 2,4 \text{ kbps}$

$$\text{št. bitov} = R \cdot t_{\text{motnja}}$$

$$\text{št. bitov} = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = \boxed{1,2 \text{ b}}$$

b.) $R = 10 \text{ kbps}$

$$\text{št. bitov} = 10 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = \boxed{5 \text{ b}}$$



c.) $R = 30 \text{ kbps}$

$$\text{št. bitov} = 30 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = \boxed{15 \text{ b}}$$

2) Pri prenosu digitalnega signala s postopkom 16-QAM (c.) 64-QAM izračunaj za koliko bitov lahko vpliva motnja dolžimo $100 \mu\text{s}$ če koristimo pasovno širino 1 kHz, 20 kHz in 1 MHz?

a.) $BW_k = 1 \text{ kHz}$

16-QAM $M = 2^m$
 $16 = 2^m$
 $m = 4$

$$\text{št. simbolov} = N_{\text{baud}} \cdot t_{\text{m}} = 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = \boxed{0,1}$$

me bo obkvarilo manjša simbola
 čas simbola je 10% daljši kot trajanje motnje
 predvidevamo, da ni nobene napake

$$BW_k = N_{\text{baud}}$$

b.) $BW_k = 20 \text{ kHz}$

$$\text{št. simbolov} = 20 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = \boxed{2}$$

$$\text{št. bitov} = \text{št. simbolov} \cdot m = 2 \cdot 4 = \boxed{8}$$

c.) $BW_k = 1 \text{ MHz}$

16-QAM $\text{št. simbolov} = 1 \cdot 10^6 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = \boxed{100}$

$$\text{št. bitov} = 100 \cdot 4 = \boxed{400}$$

64-QAM $\text{št. simbolov} = \boxed{100}$

$$m = 6$$

$$\text{št. bitov} = 100 \cdot 6 = \boxed{600}$$

3) Pri brezžičnem prenosu digitalnega signala s ASK-postopkom povzročajo občasne motnje odbita valovanja, ki opravijo daljšo pot 3 km. Oцени kako odbita valovanja vpliva na sprejem.

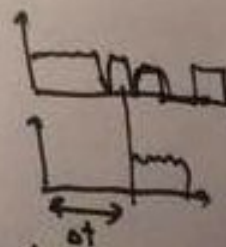
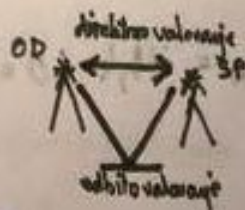
a.) $BW = 1 \text{ kHz}$

ASK
 $\Delta s = 3 \text{ km}$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{3 \text{ km}}{300000 \text{ km/s}} = 10 \mu\text{s}$$

$$N_{\text{baud}} = BW$$

$$t_s = \frac{1}{N_{\text{baud}}} = \frac{1}{1000} = \boxed{1 \text{ ms}}$$



$$\frac{\Delta t}{t_s} \cdot 100$$

to veš kot 10% usodno

$$\Delta t = \text{čas zabasnitve}$$

$$t_s = \text{čas trajanja simbola}$$

$$v = 300000 \text{ km/s}$$

b.) $BW_k = 10 \text{ kHz}$

$$t_s = \frac{1}{N_{\text{band}}} = \frac{1}{10 \cdot 10^3} = \boxed{0,1 \text{ ms}}$$

c.) $BW_k = 100 \text{ kHz}$

$$t_s = \frac{1}{N_{\text{band}}} = \frac{1}{100 \cdot 10^3} = \boxed{10 \mu\text{s}}$$

4.) Določite paritetne bite:

a.) 1 1 0 1 1 1 $\frac{0}{\text{parno št. enic}}$

b.) 1 1 0 0 0 1 0 $\underline{1}$

5.) Izračunaj minimalno število redundantnih bitov pri uporabi Hammingove metode:

a.) $m=7$

$$2^r \geq m+r+1$$

$r=4: 16 \geq 12 \checkmark$

$r=3: 8 \geq 11 \equiv$

→ moramo vzeti največji r , ki zadoštuje pogoj

m = št. koristnih bitov, ki jih želimo poslati

b.) $m=22$

$$2^r \geq m+r+1$$

$r=5: 32 \geq 28 \checkmark$

c.) $m=60$

$r=6: 64 \geq 67 //$

$r=7: 128 \geq 68 \checkmark$

6.) Kakšna je dejanska maksimalna hitrost prenosa koristne informacije, če je $BW_k = 4 \text{ kHz}$.

a.) $m=7$
 $r=4$

beseda = $m+r$

št. podatkov = $\frac{R}{m+r}$

$R_{\text{m}} = \text{št. podatkov} \cdot m$

$R = 2 \cdot BW_k = 8 \text{ kbps}$

št. podatkov = $\frac{8 \cdot 10^3}{7+4} = 727,3$

$R = 727,3 \cdot 7 = \boxed{5091,1 \text{ bps}}$

b.) $m=22$
 $r=5$

$R = 2 \cdot BW_k = 8 \text{ kbps}$

št. podatkov = $\frac{8 \cdot 10^3}{27} = 296,3$

$R_{\text{m}} = 296,3 \cdot 22 = \boxed{6518,6 \text{ bps}}$

$$R_{\text{m}} = \frac{R}{m+r} \cdot m$$

c.) $m=60$
 $r=7$

$R = 8 \text{ kbps}$

št. podatkov = $\frac{8 \cdot 10^3}{67} = 119,4$

$R_{\text{m}} = 119,4 \cdot 60 = \boxed{7164 \text{ bps}}$

Vaje

1. Kolikšno pasovno širino potrebujemo za frekvenčno porazdeljeno multipleksiranje, če imamo 15 enot, ki oddajajo digitalne signale z bitno hitrostjo 64 kbps? Uporabljen je modulatorjski postopek 16-QAM.

$E = 15$
 $R = 64 \text{ kbps}$
 16-QAM

$M = 2^m$
 $16 = 2^m$
 $m = 4$

$$R = N_{\text{baud}} \cdot m \Rightarrow N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{64}{4} = 16 \text{ baud}$$

$$N_{\text{baud}} \cdot BW_k = 16 \text{ kHz}$$

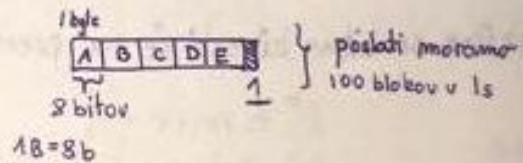
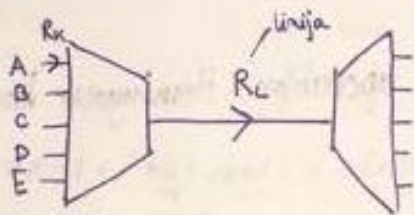
$$BW_m = BW_k \cdot E = 16 \cdot 15 = \boxed{240 \text{ kHz}}$$

$BW_m = ?$

2. Imamo 5 izvorov signala, ki se prenašajo v časovno porazdeljenim multipleksiranjem. Vsak izvor generira 100 znakov na sekundo. Predpostavimo, da je prepletanje z bajtom in da vsak blok zahteva en sinhronizacijski bit?

- Kakšna je blokova hitrost?
- Kakšna je bitna hitrost na liniji?
- Kakšna je bitna hitrost prenosa enega časovnega kanala?

$E = 5$
 TDM
 št. znakov = 100



b.) št. bitov = $8 \cdot 5 + 1 = 41$ (dodatni 5 enot (znakov) vsaka enota (format) 8 bitov)

$$R_L = \text{št. blokov} \times \text{št. bitov}$$

$$R_L = 41 \cdot 100 = \boxed{4100 \text{ bps}}$$

c.) $R_A = \text{št. znakov} \times \text{št. bitov} = 100 \times 8 = \boxed{800 \text{ bps}}$

3. Nariši bloke za sinhrono TDM kjer sodelujejo 4 enote: A Jože 1, B Marko 2, C Lea 3, D Miha 4.

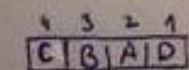


| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| M | L | M | J |
| I | E | A | O |
| H | A | R | Ž |
| A | | K | E |
| | | O | |

4. Nariši bloke za sinhroni TDM prenos kjer sodelujejo 4 pari enot iz prejšnje maloge.

a.) $A \rightarrow 2$ $B \rightarrow 3$ $C \rightarrow 4$ $D \rightarrow 1$

TDM = časovno porazdeljeno multipleksiranje



$E = 4$

| | | | |
|---|---|---|---|
| L | M | J | M |
| E | A | O | I |
| A | R | Ž | H |
| | K | E | A |
| | O | | |

b.) A → 4 B → 1 C → 2 D → 3

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| A | D | C | B |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 2 | 1 |
| J | M | L | H |
| O | I | E | A |
| Z | N | A | R |
| E | A | | K |
| | | | U |

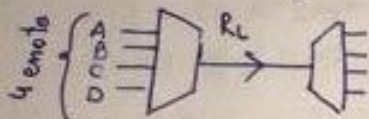
c.) A → 3 B → 2 C → 1 D → 4

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| D | A | B | C |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| M | J | H | L |
| I | O | A | E |
| H | Z | R | A |
| A | G | K | |
| | | | U |

5.) Za primere iz predhodnje maloge izračunaj:

a.) Kakšne so bitne hitrosti na liniji, če uporabimo 7 bitno ASCII kodo in en sinhronizacijski bit za blok. Vsaka enota pošlje 100 znakov.



št. bitov = $4 \cdot 7 + 1 = 29$
 $E=4$ 7 bitov

$R_L = 100 \cdot 29 = 2900 \text{ bps}$

b.) Kakšne so bitne hitrosti če za prenos uporabimo Hemingov kod?

$E=4$
 št. znakov = 100
 $m=7$ (ASCII koda)
 $R_L = ?$

$2^r \geq m+r+1$
 $2^4 \geq 7+4+1$
 $16 \geq 12$
 $r=4$

št. bitov v 1 bloku = $11 \cdot 4 + 1 = 45$ bitov
 $m+r$

$R_L = 100 \cdot 45 = 4500 \text{ bps}$

6.) Po prenosnem mediju želimo vzpostaviti 20 digitalnih kanalov. Preko vsakega kanala želimo poslati 1600 znakov v sekundi. Kakšno pasovno širino medija potrebujemo, če za prenos uporabimo HDB3 pretvorbo.

a.) Znak je 7 bitna ASCII koda. Uporabimo TDM z znakovnim prepletanjem. Vsak blok ima en sinhronizacijski bit.

$E=20$ št. bitov v 1 bloku = $20 \cdot 7 + 1 = 140 + 1 = 141$

1600 zn/s
 7 bitov
 $R_L = 1600 \cdot 141 = 225600 \text{ bps}$

$BW_m = \frac{R_L}{2} = \frac{225600}{2} = 112800 \text{ Hz}$

$BW_m = ?$

b.) -11- dvoznakovno prepletanje.

A B C D

2 znaka

$E=20$

št. v 1 intervalu se podvoji (14 bitov)

$$\text{št. bitov v bloku} = 20 \cdot 14 + 1 = 281$$

$$1600 : 2 = 800$$

$$R_L = 800 \cdot 281 = 224800 \text{ bps}$$

$$BW_m = \frac{R_L}{2} = \boxed{112400 \text{ Hz}}$$

c.) ASCII koda (7 bitna). Za prenos uporabimo Hemingovo kodo in znakovno prepletanje.

A B C D

7 bitov

$$\text{št. bitov} = r + m = 11$$

$$\text{št. bitov na 1 blok} = 11 \cdot 20 + 1 = 221$$

$$R_L = 221 \cdot 1600 = 353600 \text{ bps}$$

$$BW_m = \frac{R_L}{2} = \boxed{176800 \text{ Hz}}$$

d.) $m=23$ (št. bitov na znak). Uporabimo Hemingovo kodo in 4 znakovno prepletanje in sinhroniziran bit.

$$2^r \geq m + r + 1$$

$$2^5 \geq 24 + 5$$

$$32 \geq 29$$

$$r = 5$$

$$\text{št. bitov v znaku} = m + r = 23 + 5 = 28$$

$$\text{št. bitov v bloku} = 28 \cdot 4 + 20 + 1 = 2241$$

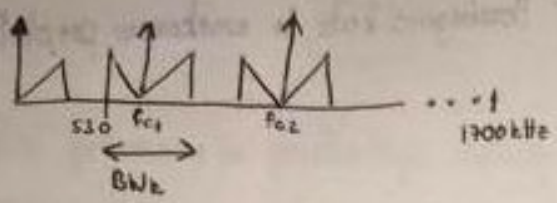
$$R_L = 2241 \cdot 400 = 896400 \text{ bps}$$

$$BW_m = \frac{R_L}{2} = \boxed{448200 \text{ Hz}}$$

Vaje

1) Pri AM (amplitudno modulirani) radio difuziji v srednjem valovnem območju se uporablja frekvenčno področje od 530 kHz - 1700 kHz. Pasovna širina audio signala za prenos je 5 kHz.

- a) Kakšno pasovno širino zasecte BW?
- b) Kakšna je razdalja med nosilci f_{c1} in f_{c2} ?
- c) Število kanalov (E)?

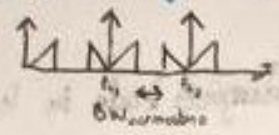


a) $BW_k = 2 \cdot BW = 10 \text{ kHz}$
 b) $f_{c1} = 530 + 5 = 535 \text{ kHz}$
 $f_{c2} = f_{c1} + 2BW = 545 \text{ kHz}$
 c) $E = (1700 - 530) : 10 = 117 \text{ kanalov}$

2) Kolikšno pasovno širino potrebujemo za frekvenčno porazdeljeno multipleksiranje, če imamo 8 enot in pošljamo signal s pasovno širino 4 kHz z amplitudno modulacijo?

$BW = 4 \text{ kHz}$
 AM
 $BW_v = 400 \text{ Hz}$
 $E = 8$

 $BW_m = ?$



$BW_k = 8 \text{ kHz}$
 $BW_m = 8 \cdot 8 + (E - 1) BW_v$
 $BW_m = 66,8 \text{ kHz}$

3) Konstruiraj Hemingovo kodo. Želimo poslati 7 bitni podatek 1101101:rn.

| | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

mpr. to je sprejemnik sprejel (edem bit je popravljen)

preštejemo enke in jih napišemo v tabelo

- $r_1: 1, 3, 5, 7, 9, 11$
- $r_2: 2, 3, 6, 7, 10, 11$
- $r_4: 4, 5, 6, 7$
- $r_8: 8, 9, 10, 11$

← pariteta

| R_8 | R_4 | R_2 | R_1 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |

$\rightarrow 8 \cdot 0 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 7$
 $\rightarrow 8 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 12$
 ← ma 7 medu je napaka

če je neparno enka je 1
 če je parno je 0

| | | | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| R_8 | R_4 | R_2 | R_1 |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 1 |

$8 \cdot 1 + 4 \cdot 0 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 = 9$

Vaje

1. Po prenosnem mediju želimo vzpostaviti 25 frekvenčnih kanalov za pošiljanje digitaliziranega audio signala, katerega pasovna širina je 15 kHz. Digitaliziramo s 24 biti. Kolikšno pasovno širino medija potrebujemo, če za pošiljanje uporabimo:

a.) 16-QAM pretvorbo

$E = 25$
 $BW = 15 \text{ kHz}$
 $m = 24 \text{ bit}$
 16-QAM
 $BW_m = ?$

$M = 2^m$
 $16 = 2^m$
 $m = 4$

$R = N_{\text{baud}} \cdot m$
 $BW_k = N_{\text{baud}}$

$N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{720}{4} = 180 \text{ kbaud}$

$BW_k = 180 \text{ kHz}$

$S = 2 \cdot f_{\text{max}}$
 $S = 2 \cdot 15 = 30 \text{ kHz}$

$BW_m = BW_k \cdot E$
 $BW_m = 180 \cdot 25 = 4500 \text{ kHz}$

$R = S \cdot m = 30 \cdot 24 = 720 \text{ kbps}$

b.) za pošiljanje 24 bitnih znakov ($m = 24 \text{ bitov}$) uporabimo Hemmingovo kodo in postopek 128-QAM

$E = 25$
 $BW = 15 \text{ kHz}$
 $m = 24 \text{ bitov}$
 128-QAM
 $BW_m = ?$

$2^r \geq m + r + 1$
 $2^r \geq 24 + r + 1$
 $r = 5$
 $2^r \geq 24 + 5 + 1$
 $32 \geq 30$

$M = 2^m$
 $128 = 2^m$
 $m_{\text{QAM}} = 7$

$R = S \cdot m = 30 \cdot 24 = 720 \text{ kbps}$

$N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{720}{7} = 124,29 \text{ kbaud}$

$BW_k = 124,29 \text{ kHz}$

$BW_m = BW_k \cdot E = 3107,25 \text{ kHz}$

2. Preko prenosnega medija želimo vzpostaviti 15 frekvenčnih kanalov. Za pošiljanje digitalnega signala, ki je dobljen iz analognega signala pasovne širine 5 kHz. Za pretvorbo uporabimo 16 bitov in uporabimo Hemmingovo kodo 256-QAM.

$E = 15$
 $BW = 5 \text{ kHz}$
 $m = 16 \text{ bitov}$
 256-QAM
 $BW_m = ?$

$2^r \geq 16 + r + 1$
 $r = 5$
 $M = 2^m$
 $m = 8$

$S = 2 \cdot f_{\text{max}} = 10$
 $R_k = S \cdot m = 10 \cdot 24 = 240 \text{ kbps}$
 $N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{240}{8} = 26,25 \text{ kbaud}$

$BW_k = 26,25 \text{ kHz}$

$BW_m = 26,25 \cdot 15 =$

$= 393,75 \text{ kHz}$

3. Po digitalnem kanalu želimo prenositi audio signal pasovne širine 15 kHz, z bitno globino vzorca 16 bitov v stereo tehniki.

- a.) Kakšne bitne hitrosti komunikacijskega kanala potrebujemo za prenos?
 b.) Izračunaj potrebno bitno hitrost prenosa, če uporabimo kompresijo z faktorjem 10.

$BW = 15 \text{ kHz}$
 $m = 16 \text{ bitov}$
 stereo
 $KR = 10$

a.) $S = 30 \text{ kHz}$
 $R = S \cdot m = 30 \cdot 16 = 480 \text{ kbps}$

$R_{\text{stereo}} = 480 = 960 \text{ kbps}$

b.) $\lambda = \frac{R}{K} = \frac{960}{10} = 96 \text{ kbps}$

4. Po frekvenčnem kanalu želimo pošiljati HDTV signal: 1920×1080 , $30 \frac{\text{okvir}}{\text{s}}$, 24 bitov. Uporablja MPEG-2. Faktor kompresije je približno 50.

a.) Kolikšno je potrebna pasovna širina prenosnega medija za 32-QAM prenos (brez kompresije)?

b.) Koliko za 64-QAM prenos pri faktorju kompresije 50.

HDTV
 1920×1080
 $30 \frac{\text{okvir}}{\text{s}}$
 $KR \approx 50$

a.) $R = 1920 \times 1080 \times 30 \times 24 \times \frac{1}{50} = 1.492.800 \approx 1,5 \text{ Gbps}$

$N_{\text{baud}} = \frac{R}{m} = \frac{1,5}{5} = 0,3 \text{ Gbaud} = 300 \text{ Mbaud}$

$BW_A = \boxed{300 \text{ MHz}}$

$M = 2^m$
 $32 = 2^m$
 $m = 5$

b.) $R = 1,5 \text{ Gbps}$

$N_{\text{baud}} = \frac{30}{6} = 50 \text{ Mbaud}$

$R_k = \frac{R}{K} = \frac{1,5}{50} = 30 \text{ Mbaud}$

$BW_k = N_{\text{baud}} = \boxed{5 \text{ MHz}}$

$M = 2^m$
 $64 = 2^m$
 $m = 6$

