

**P.7.1 A differenciális (analóg) FM demodulátor**

Hogyan működik a fázistolós – szorzós FM demodulátor?

**P.7.2. A differenciális FSK demodulátor**

Frekvenciamodulált jelek demodulálására kiválóan alkalmas az ún. fázistolós-szorzós FM demodulátor. Vizsgáljuk meg, alkalmazható-e ez az eszköz FSK jelek demodulálására!

**P.7.3. Az OOK és a BPSK teljesítmény – zajtűrés mérlege**

Hasonlítsuk össze a két, lényegében amplitúdómodulációs eljárást! Rajzoljuk fel az időfüggvényeiket (NRZ moduláló jelet feltételezve), s nézzük meg, melyikük igényel nagyobb teljesítményt, ha azonos zajban azonos hibavalószínűséggel működnek!

**P.7.4. QAM jelek érzékenysége erősítés és fázishibára**

Vizsgáljuk meg, mekkora erősítés és mekkora fázishibát képes elviselni egy 16QAM jel!

**P.7.5. Teljesítménytakarékos QAM jelek**

A viszonylag kényelmes dekódolás érdekében az  $m$ QAM ( $m$  pontszámú QAM) jelpontjainak egy négyzetrács pontjait szokták választani. Vizsgáljuk meg, nem lehetne-e a jelpontok alkalmas kijelölésével pl. a 16QAM jel teljesítményigényét csökkenteni, anélkül, hogy a jelpontok egymás közötti távolságát megváltoztatnók!

# 8. gyakorlat

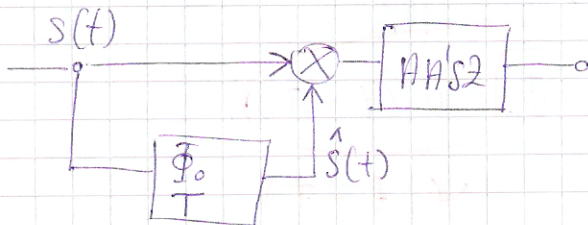
2017.03.30.

## 1) Differenciális FM demodulátor

$$s(t) = \cos(2\pi Ft + m(t))$$

$$\hat{s}(t) = \cos$$

$$\hat{s}(t) = \cos(2\pi F(t-T) - \Phi_0 + m(t-T))$$



$\Phi_0$  fázistolás

T késleltetés

$$s(t) \cdot \hat{s}(t) = \cos(2\pi Ft + m(t)) \cdot$$

$$\cos(2\pi F(t-T) - \Phi_0 + m(t-T))$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cos(2\pi Ft + \Phi_0 + m(t) - m(t+T)) +$$

$$+ \frac{1}{2} \cos(2\pi 2Ft + \dots)$$

magyfrekvenciás  $\rightarrow$  kistűnjük!

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cos(\underbrace{2\pi Ft + \Phi_0}_{\sim \frac{\pi}{2}} + \underbrace{m(t) - m(t-T)}_{T \cdot [m(t)]'})$$

$$T \cdot [m(t)]'$$

$\hookrightarrow$  elég kicsi

$$\Rightarrow -\frac{1}{2} \sin(\underbrace{T \cdot [m(t)]'}_{\text{frekvenciaváltozás}}) = -\frac{1}{2} \cdot T \cdot [m(t)]'$$

## ② Differenciális FSK demodulátor (digitális)

$$F \pm f_0$$

↳ frekvenciabilentyűzés

↳ Combined Phase CP

$$s(t) = \cos(2\pi Ft + \varphi(t))$$

$$\hat{s}(t) = \cos(2\pi F(t-T) - \Phi_0 + \varphi(t-T))$$

$\varphi(t-T)$

T: jelzés idő

$$\Delta\varphi = 2\pi(F \pm f_0)T$$

$$s(t) \cdot \hat{s}(t) = \cos(\varphi(t)) \cdot \cos(\varphi(t-T) - \Phi_0) =$$

$$= \frac{1}{2} \cos(\underbrace{\varphi(t) - \varphi(t-T) + \Phi_0}_{2\pi(F \pm f_0)T}) + \frac{1}{2} \cos(\underbrace{2\pi 2Ft \dots}_{\text{NAGYFREKVENCIA'S}})$$

$$\text{④ } 2\pi FT + \Phi_0 \pm 2\pi f_0 T$$

$$\Rightarrow \hat{x} = \frac{1}{2} \cos(\underbrace{2\pi FT + \Phi_0 \pm 2\pi f_0 T}_{\sim \frac{3}{2}\pi}) =$$

$$= \frac{1}{2} \sin(\pm 2\pi f_0 T) = \pm \frac{1}{2} \sin(\underbrace{2\pi f_0 T}_{\frac{\pi}{2}})$$

Maximális a demod. jel, ha  $2\pi f_0 T = \frac{\pi}{2}$

optimális  
választás

$$f_0 = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{T}$$

(MSK)

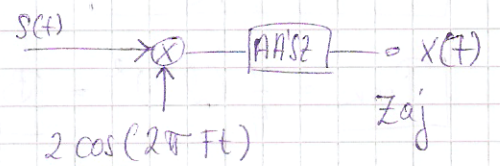
③ OOK - BPSK  
 $\{0^\circ, 180^\circ\}$

$$s(t) = x(t) \cos(2\pi Ft)$$

Sinkron PAM jel

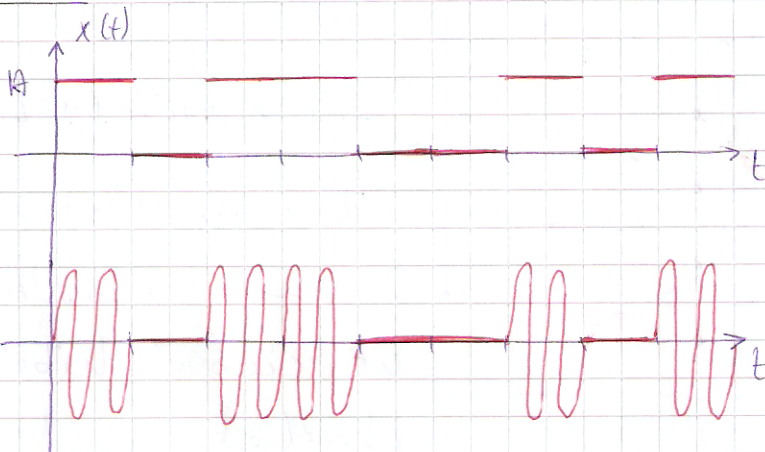
demod?

Szavazó demodulátor



$$x(t) \cdot 2 \cos^2(2\pi Ft) = \underline{x(t)}$$

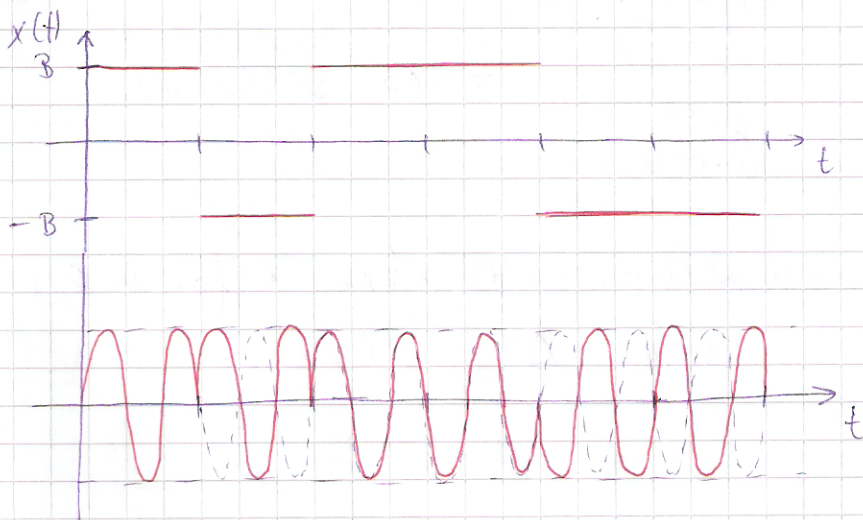
OOK:



modulált jel

modulált jel

BPSK



$$\text{ha } A - \phi = B - (-B)$$

$A = 2B$   $\Rightarrow$  két vezérlési kibocsátás  
 azonos

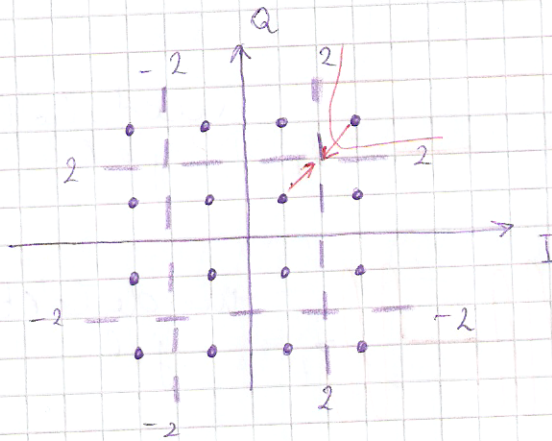
$$P_{OOK} = \frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \phi = \frac{A^2}{4}$$

$$P_{BPSK} = \frac{1}{2} B^2 \rightarrow \text{jobb teljesítményigényű}$$

$$P_{OOK} = \frac{1}{4} (2B)^2 = B^2$$

#### ④ QAM

16QAM (4x4)



- $\frac{2}{3}$ -os erősítésökkel hibát okozhat
- 2-szeres erősítés növekedés hibát okozhat

64QAM  $\rightarrow (8 \times 8)$   $\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7$   
 $\frac{1}{6}$ -os növekedés  $\frac{6}{7}$ -es csökkenés

$\Delta P$  fázishiba  $\rightarrow$  2 dim. szemből elfordul,  
 éppen  $\Delta P$ -vel.

1. Digitales Kodieren: AM rausst!  
 FM keine Kopier-Verbindung  
 Quell: Wirtelrechner, Kartentele, Fernsehgeräte,  
 Libretto Kodex, digitales Modem

**RDS**

FM Modem kein Leinwand  
 geleitet - muss richtig  
 Quadro - erhöht es Mittelwert ist negativ überhöht

FM-stereo (+RDS)

**13. Eladad**

2017.04.04.

Hz erweitert parität:  $(1,1) \rightarrow \frac{1}{4}$   
 $(3,1) \rightarrow \arctan\left(\frac{1}{3}\right)$   
 $\rightarrow \arcsin\left(\frac{1}{2}\right) - \arctan\left(\frac{1}{3}\right)$   
 $(3,3) \rightarrow \frac{11}{4} - \arcsin\left(\frac{2}{3}\right)$

