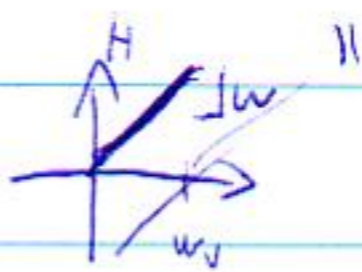


|| deriválni minden tud om 

FM-jel demodulálás:

$$s_{FM}(t) = U_V \cdot \cos \left( \omega_V t + K_{FM} \int_0^t s_m(\sigma) d\sigma \right)$$

$$\frac{d s_{FM}(t)}{dt} : (\omega_V + k_{FM} s_m(t)) U_V \sin(\dots) =$$

FM dem



modulációk néhány további alkalmazása

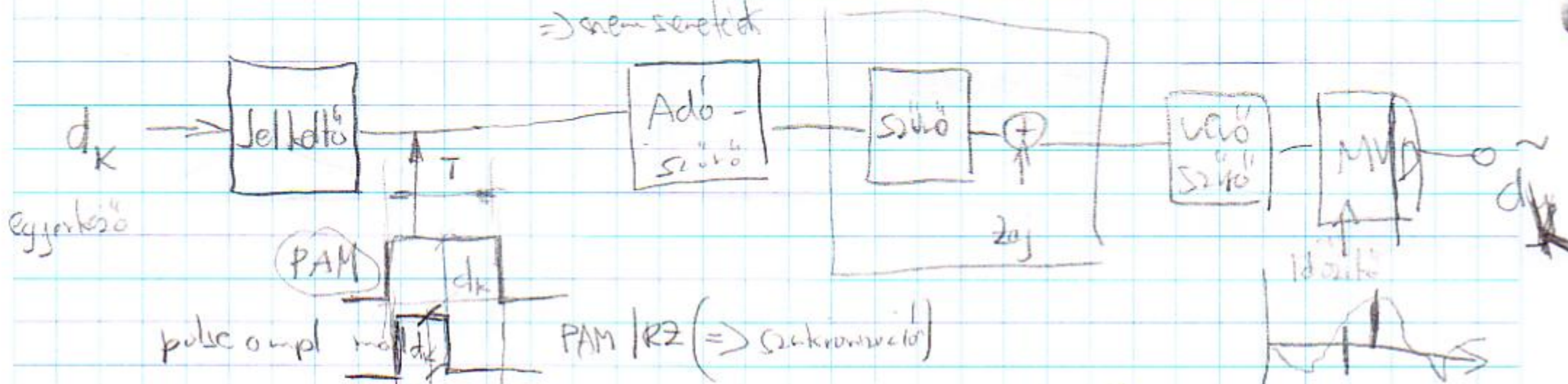
2007.10.17. Szombat

VIII Előadás (6. hét)

## Digitális alapsávi átvitel

(alapsávi modulációs rendszerek)

efitkai =>  
=> nem-szenekét

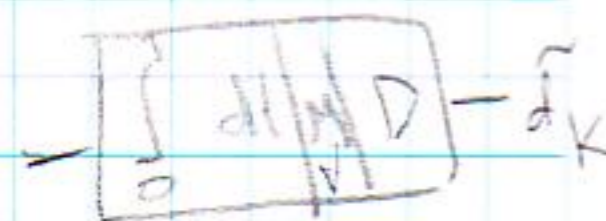


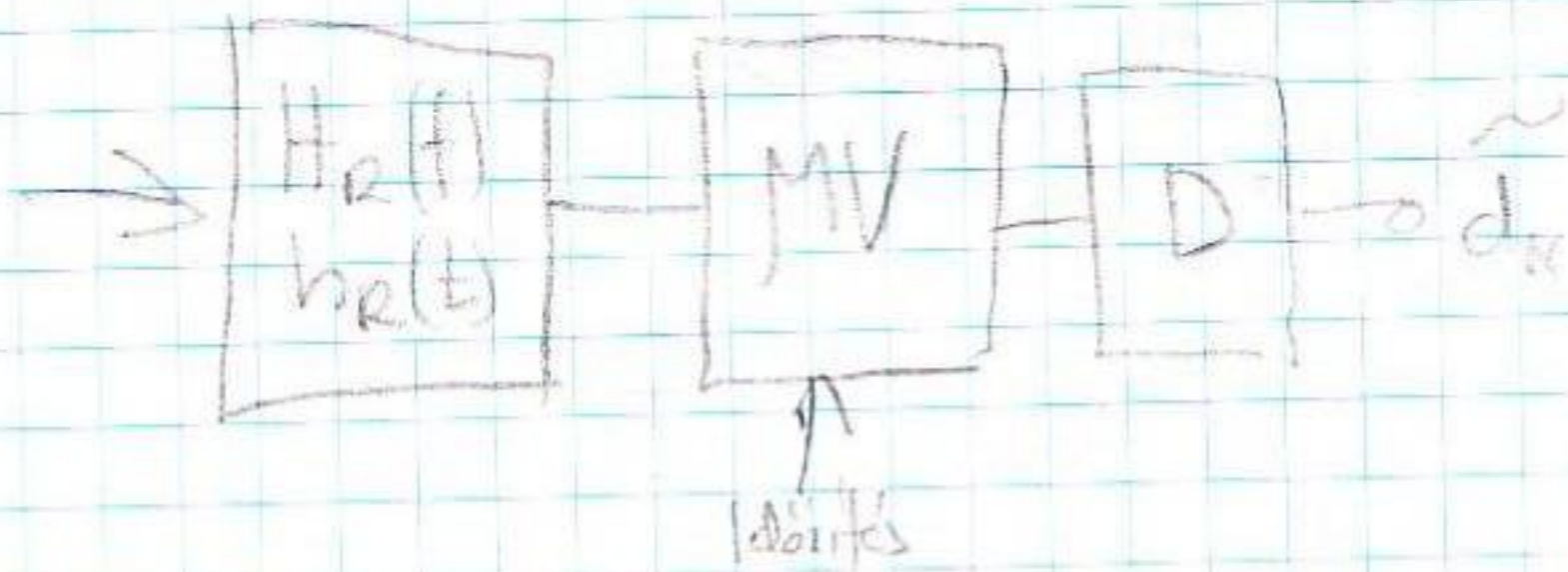
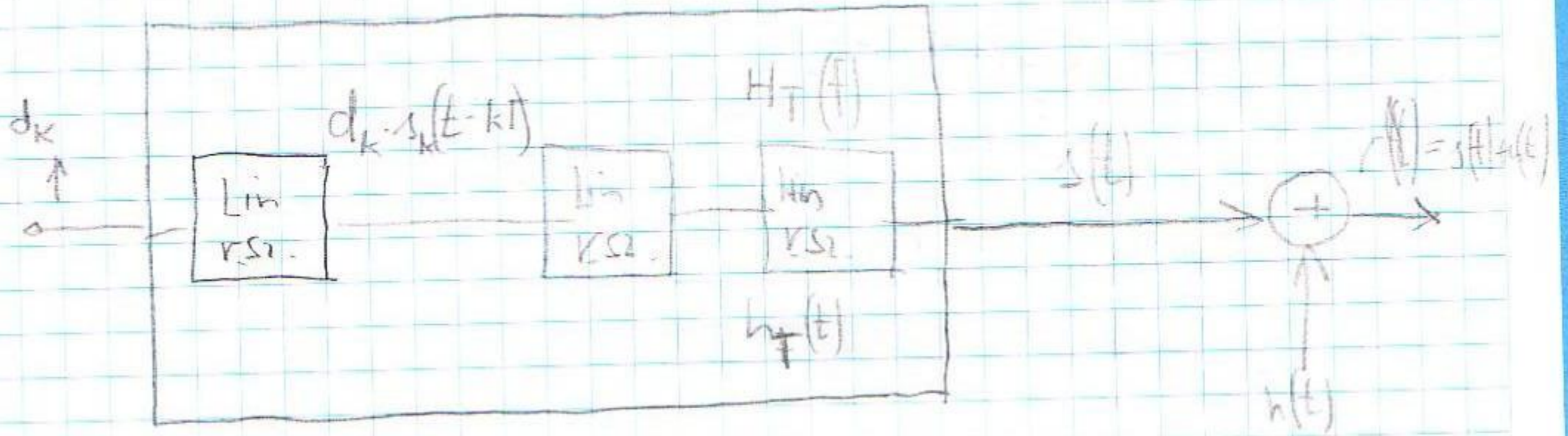
Szókód:  $d_k = \{- (M-1), \dots, -5, -3, -1, 1, 3, 5, \dots, (M-1)\}$

PPM position



szűrt dűvítő  
PWM / PDM



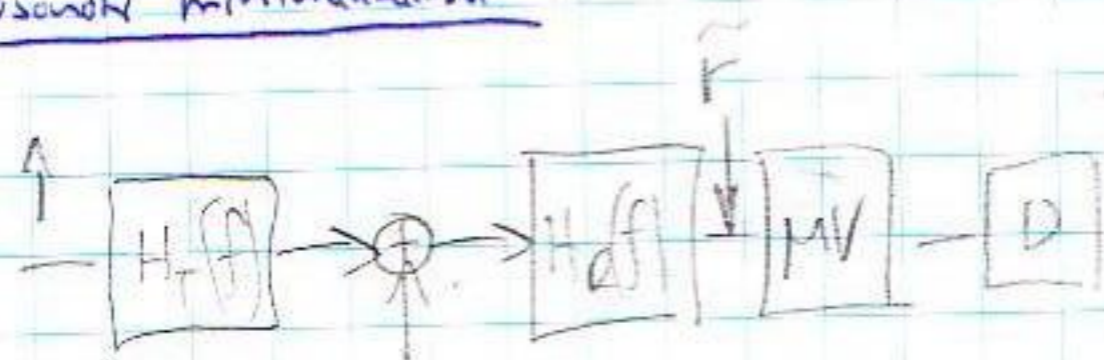


Inter Symbol Interference  
(ISI)



digitális jelből kivesz az előbbi ábrából egyből

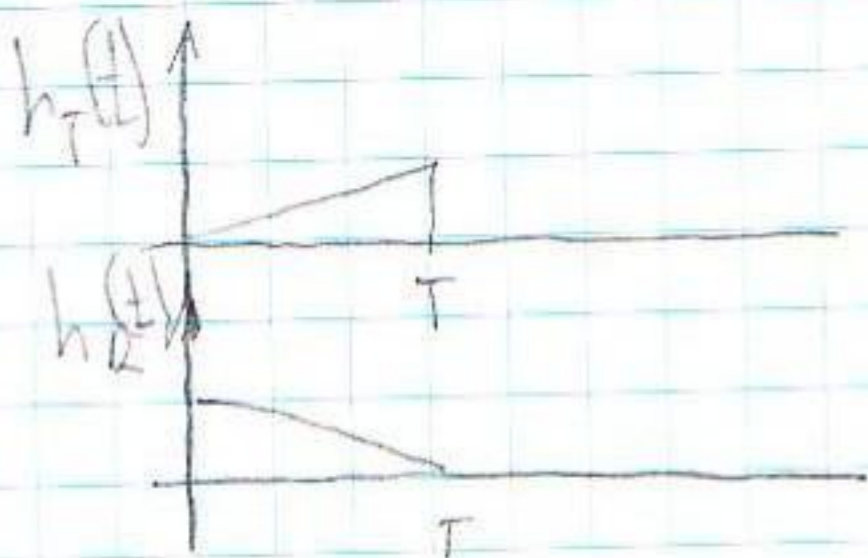
Zaj hatásának minimalizálása:



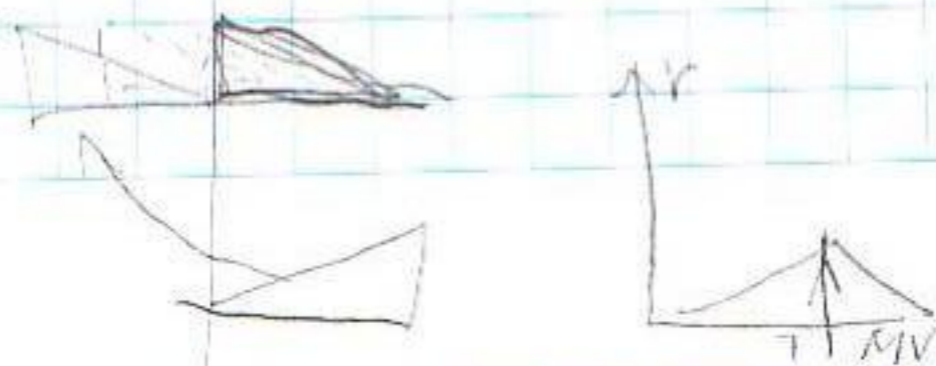
$$H_R(f) = H_T^*(f) \cdot e^{-j\omega T}$$

illetéklé szűrő

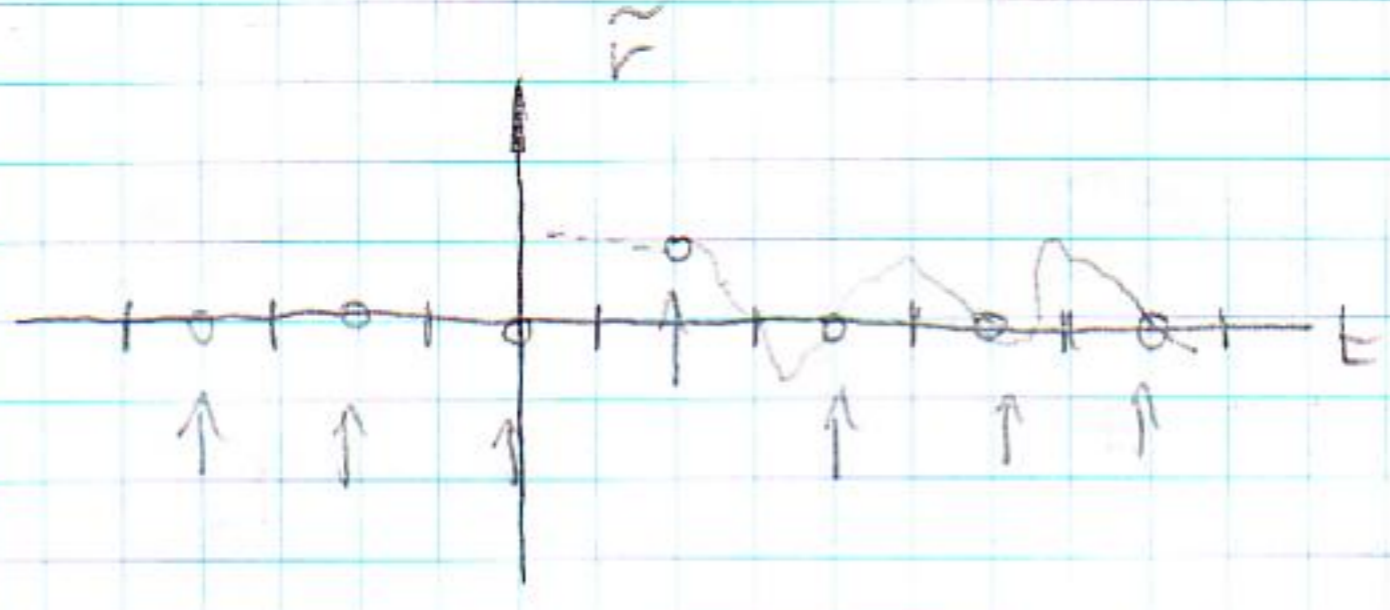
$$h_R(t) = \mathcal{F}^{-1}\{H_R(f)\} = \mathcal{F}^{-1}\{H_T^*(f) \cdot e^{-j\omega T}\} = \dots = h(T-t)$$



$$\tilde{r}(t) = h_T(t) * h_R(t)$$



ISI elkerülése: (Nyquist 1939)



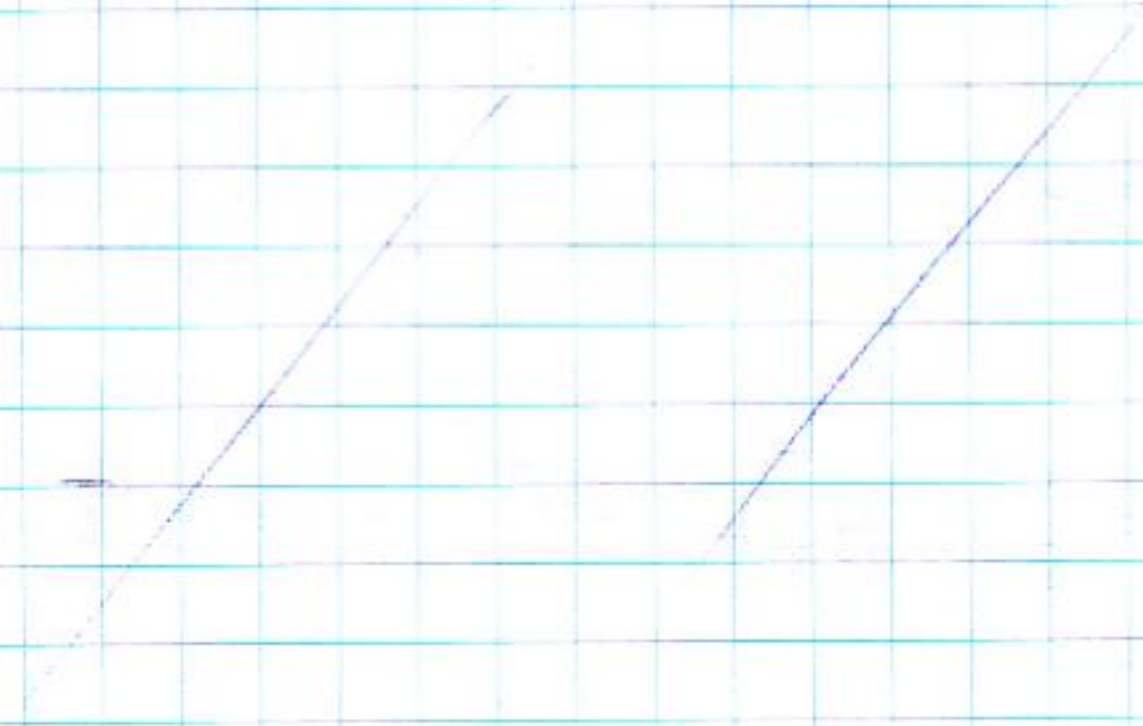
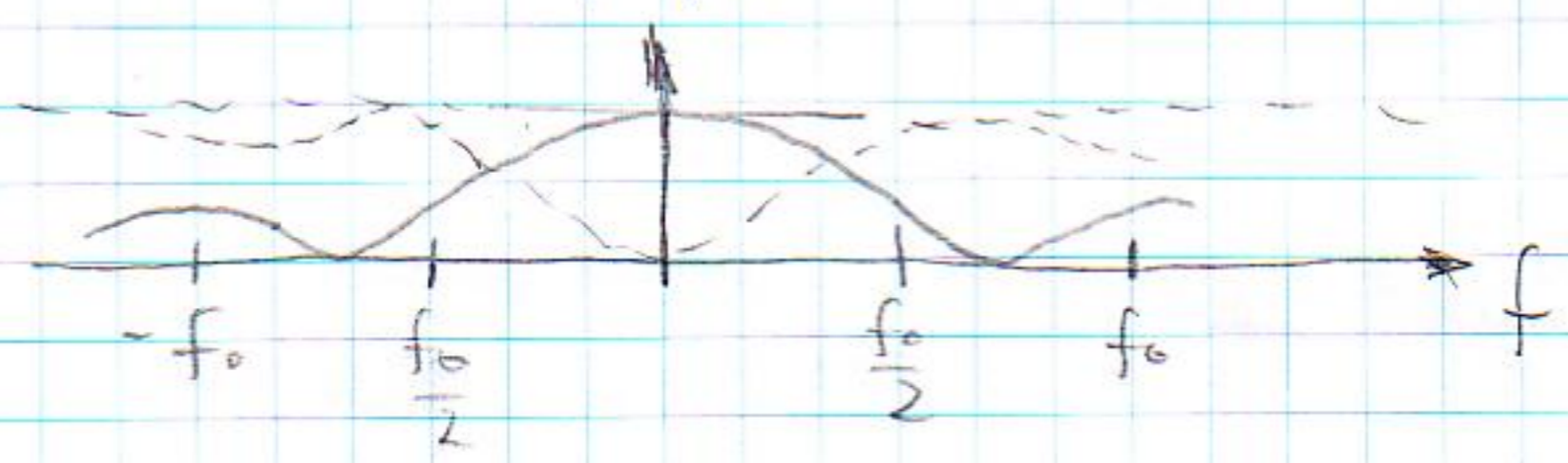
$$\tilde{F}(t) = \begin{cases} 1 & \text{lejtés} \\ 0 & \text{az összes fölé} \end{cases} \quad \text{MVI-vel} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum_{l=-\infty}^{\infty} \tilde{R}(f - l f_0) \quad \text{konst} \quad |f| \leq \frac{f_0}{2}$$

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

$$\tilde{r}(t) = h_T * h_R(t) = h(t)$$

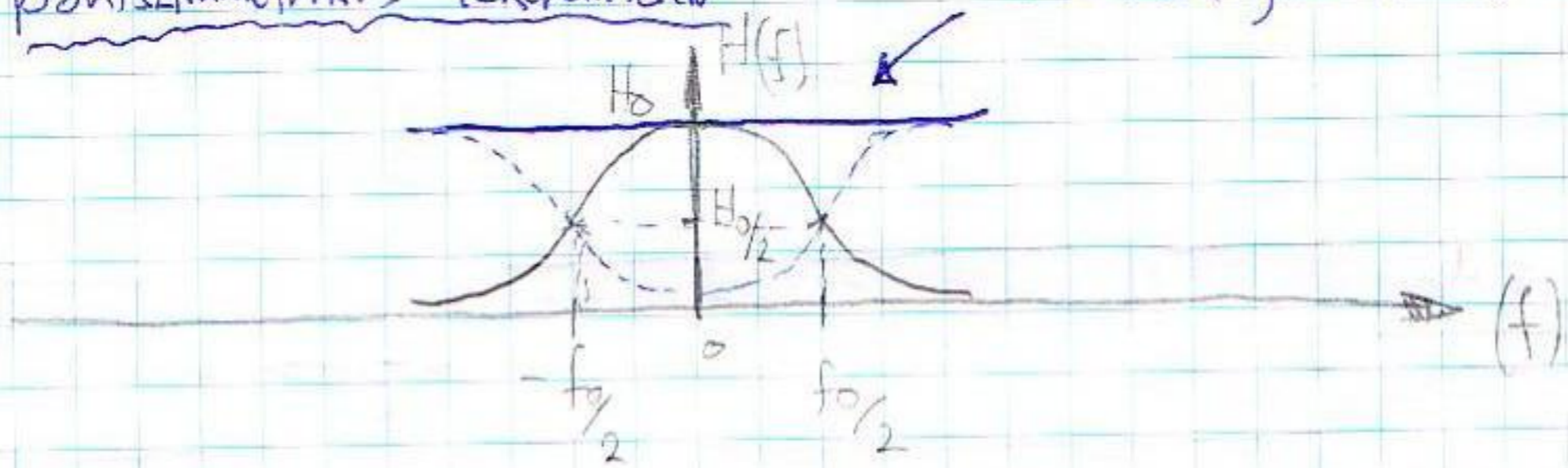
$$\tilde{Q}(f) = H_T(f) \cdot \underbrace{(H_T^*(f) \cdot e^{-j2\pi f t})}_{|H_T(f)|^*} = H(f)$$



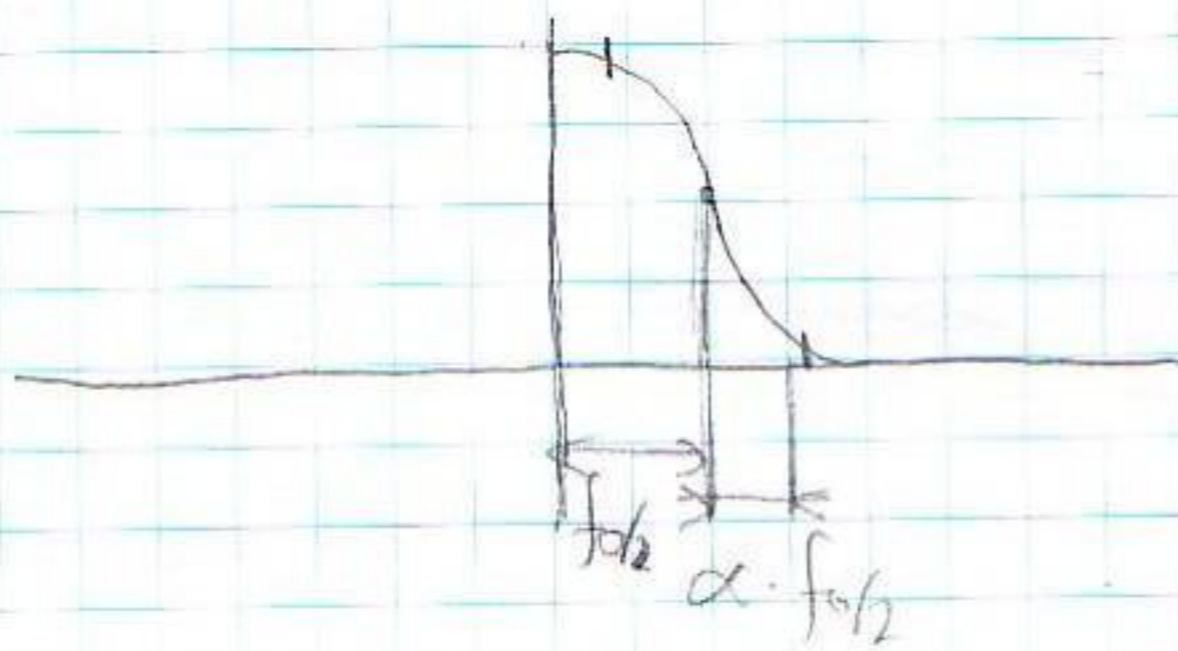
# Sokasos megyelósítések

• pontszimmetrikus leképezések

konstansra egyszerűsítik  $k_i \Rightarrow$  szimmetria miatt



• gyakran változtatják az enelt cosinusos leképezést

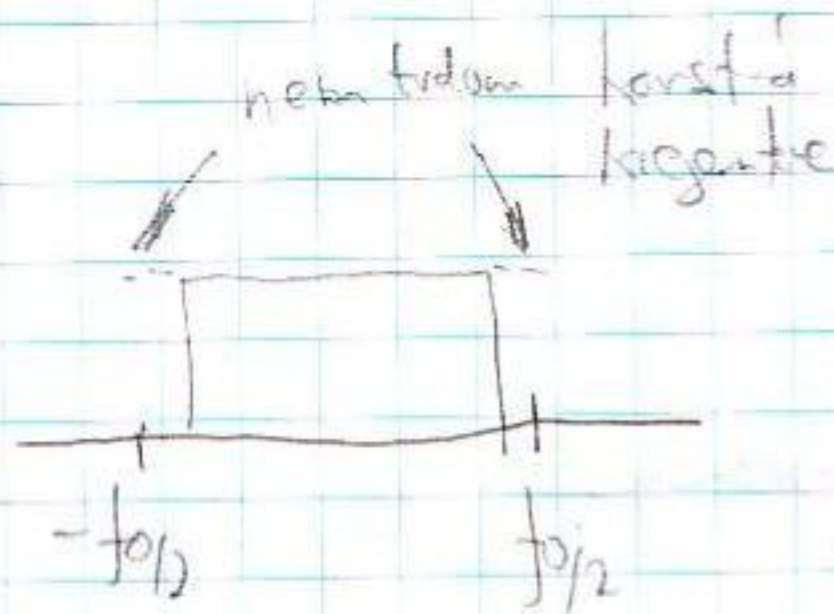


$$B = \frac{f_0(1+\alpha)}{2}$$

$$f_0 = \frac{1}{T} = V \left[ \frac{\text{Szimbólum}}{\text{szekund.}} \right] = [\text{Baud}]$$

jelzési  
sebesség

ma  $\alpha \approx 0.1$

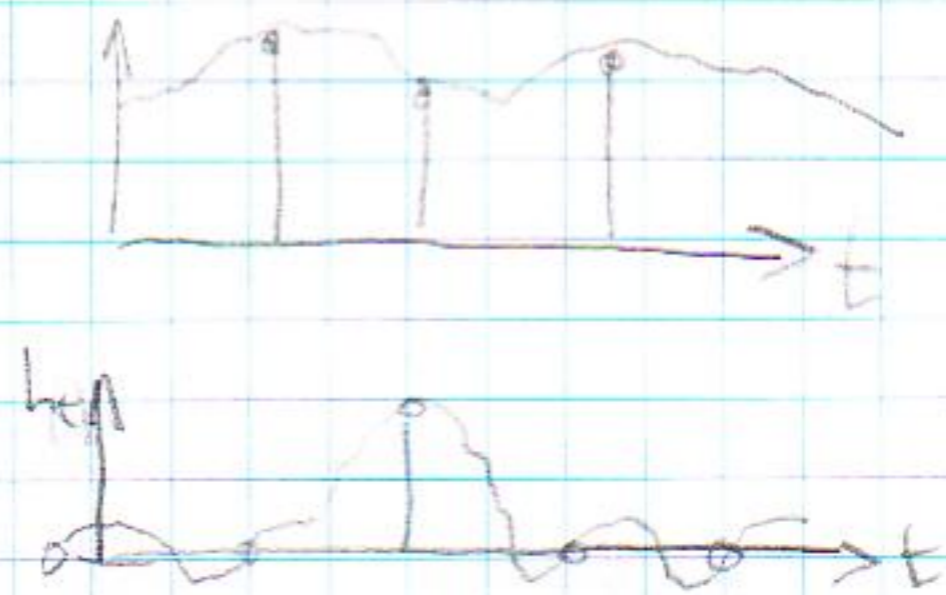
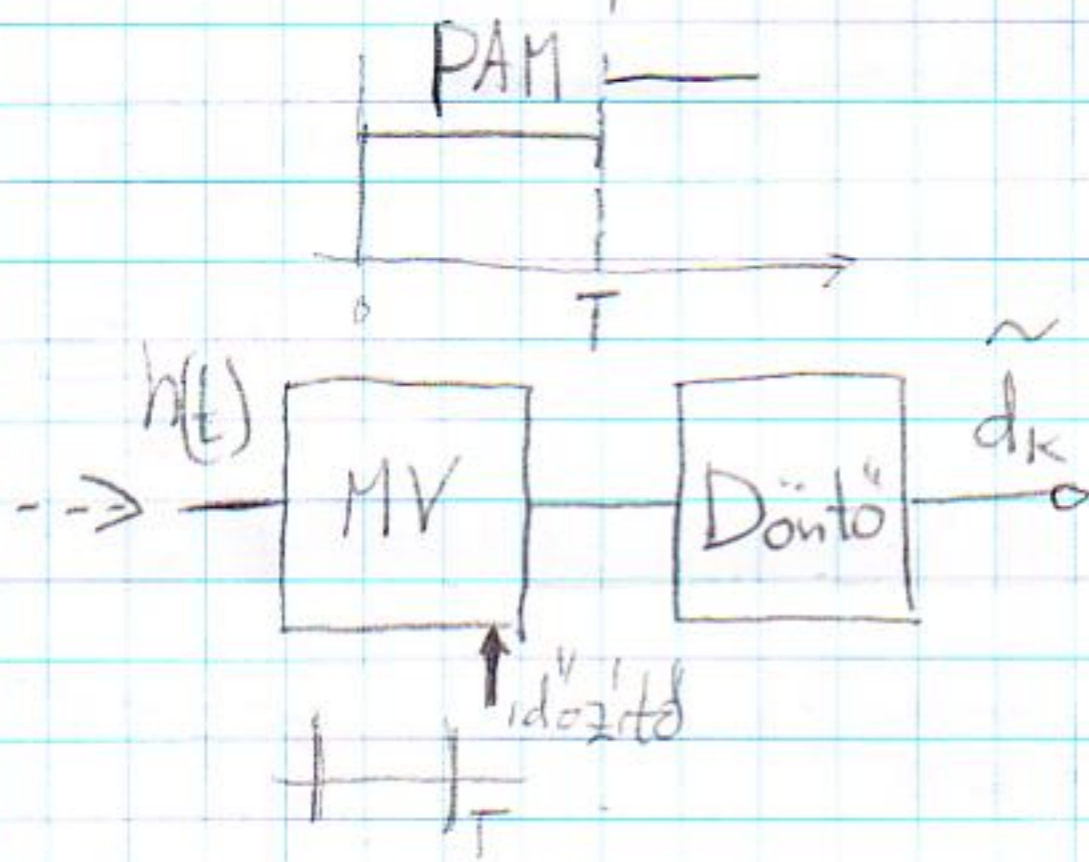
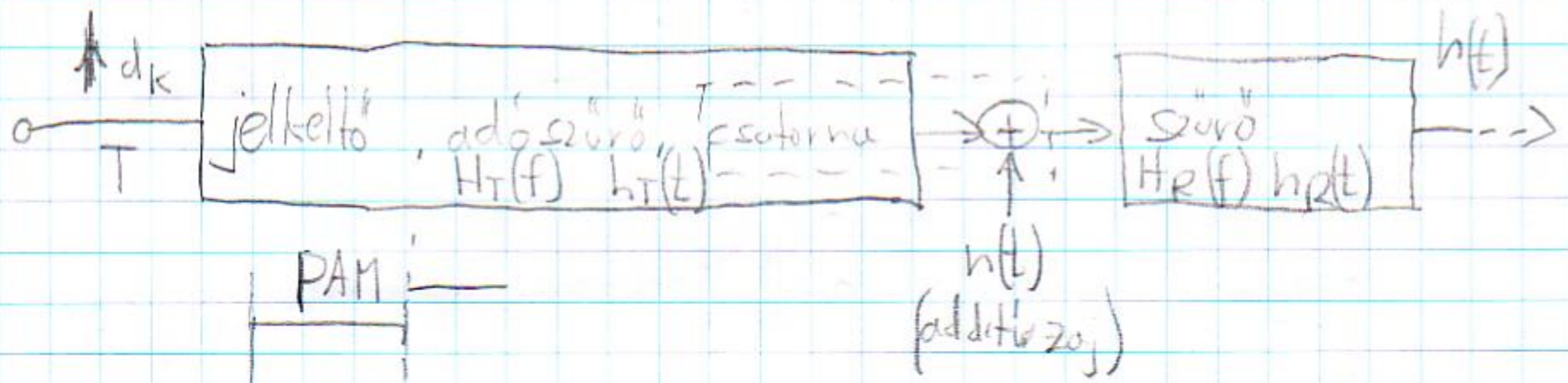


$$\frac{f_0}{2} < B$$

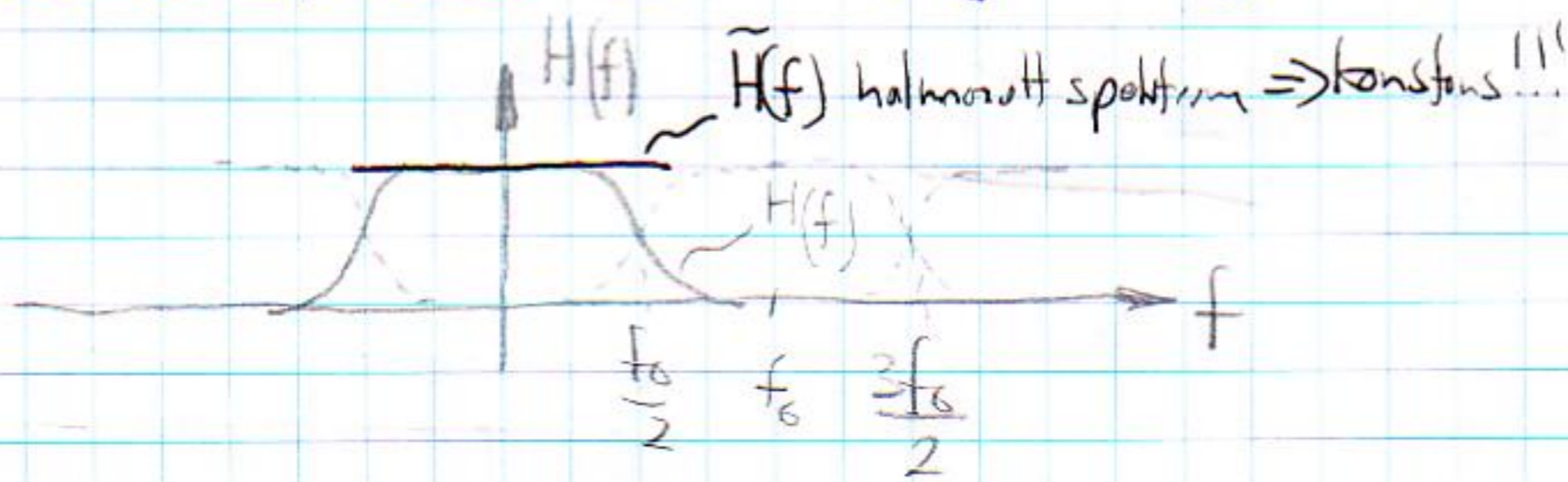
2007. 10. 24. szerda

IX. Előadás (7. hét)

Digitális alapsávi modulációs rendszerek:



Halmozott spektrum:  $[h(t), H(f)] \Rightarrow$  Nyquist kritérium

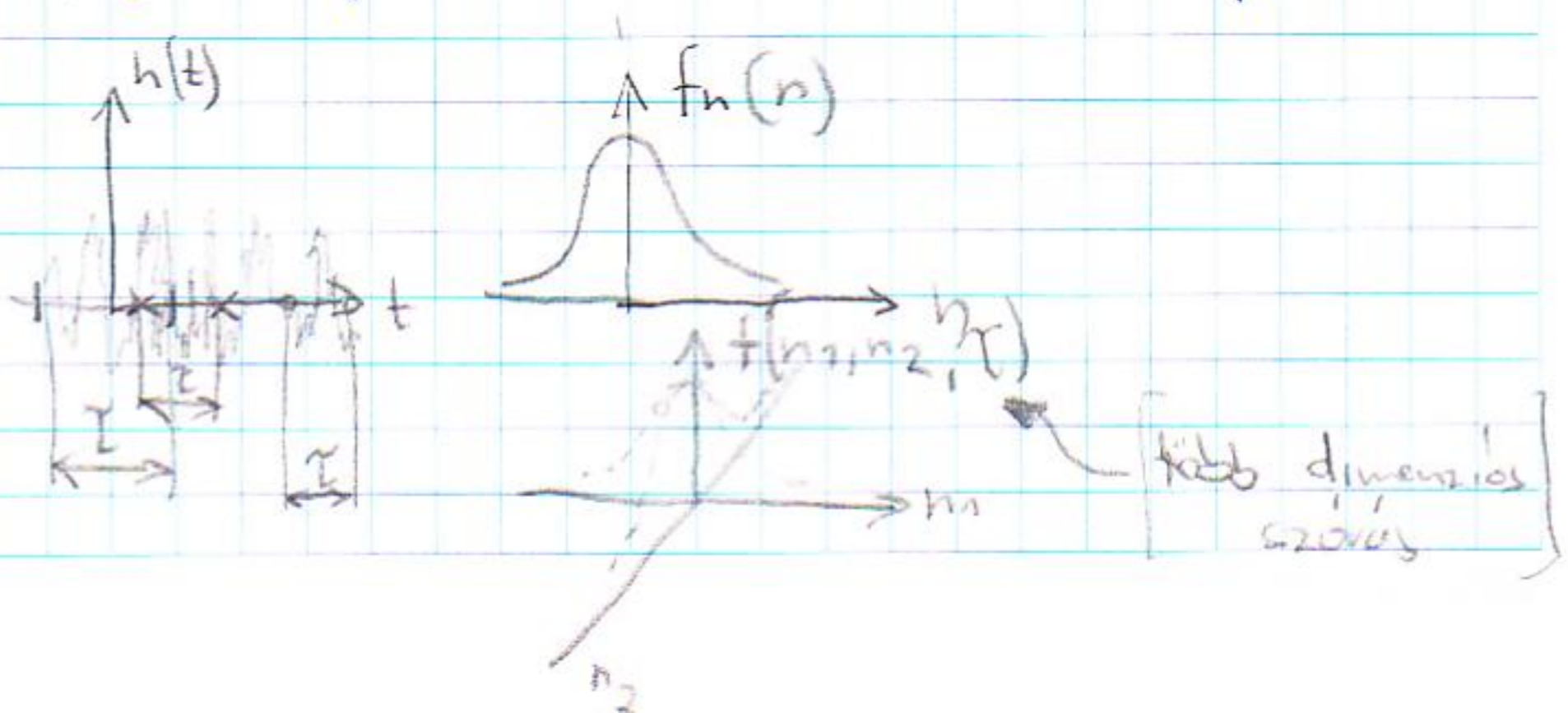


"elkerüljük a szimuláris közötti áthallást"

Zaj hatásának csökkentése:

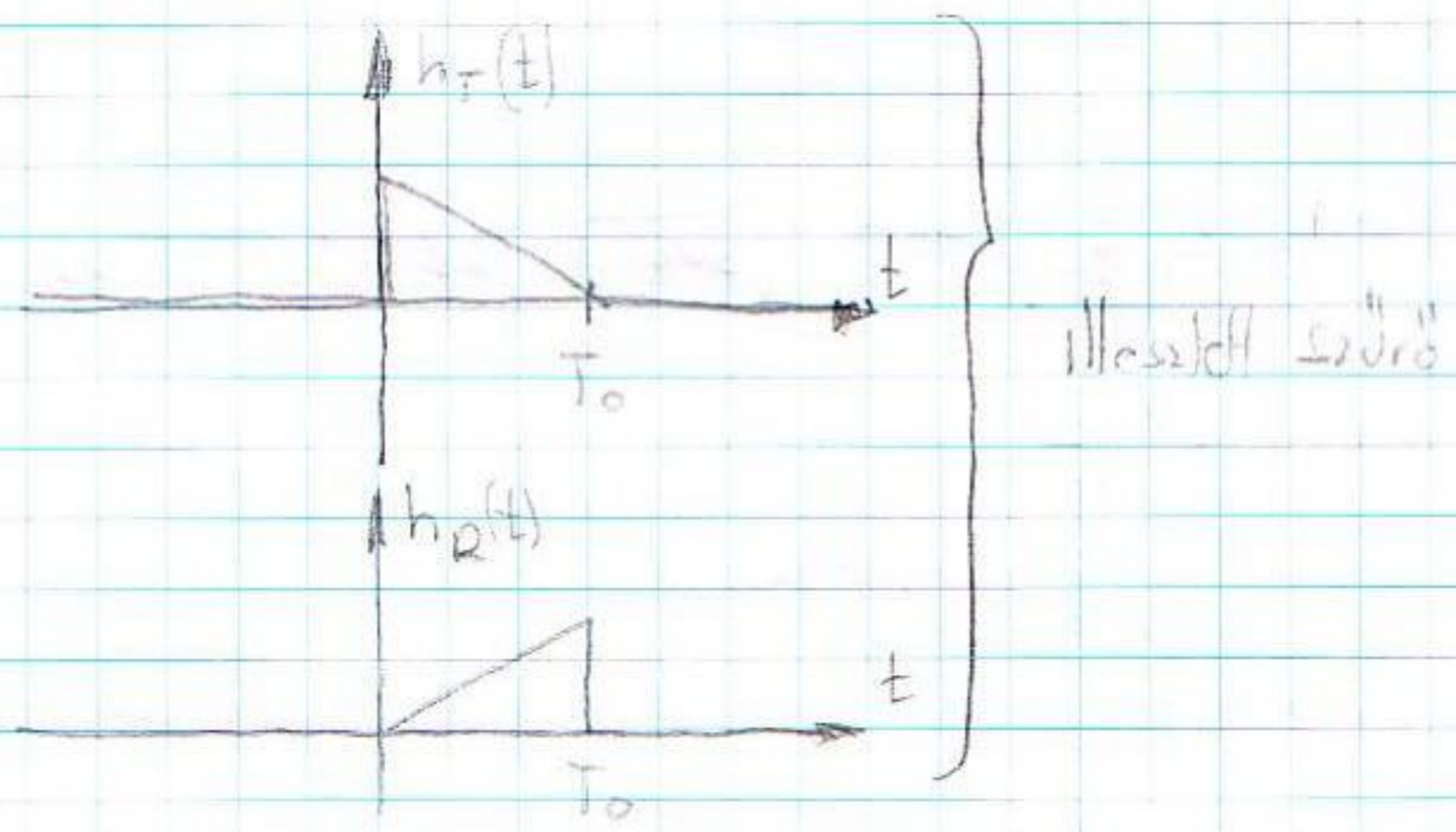
valós zaj: Gauss folyamat (Választás n-dimenziós Gauss eloszlás)

zajokra igaz a G.H.T =>  
=> Gauss eloszlású  
=> eloszlás fr-0k  
ölsége

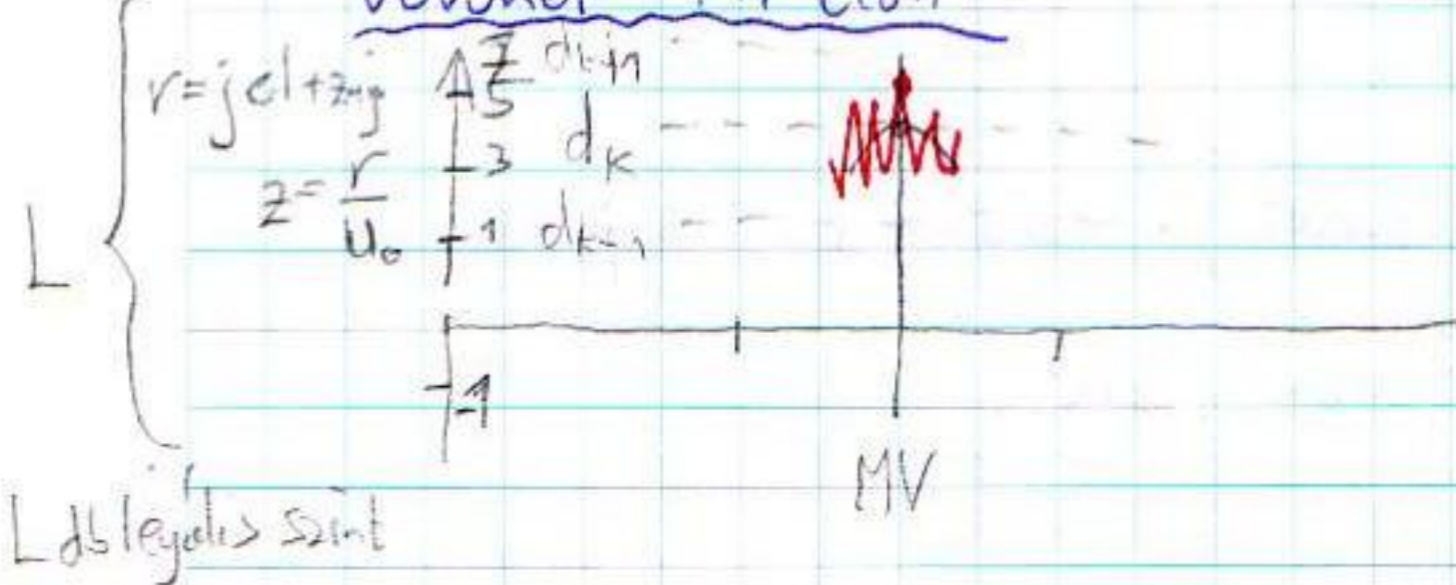


leslelels megadott

zaj a legkiseb, ha :  $H_p(f) = H_T^*(f) \cdot e^{-j\omega T_0}$   
 (terveles minimalizalasa)  $h_p(t) = h_T(T_0 - t)$

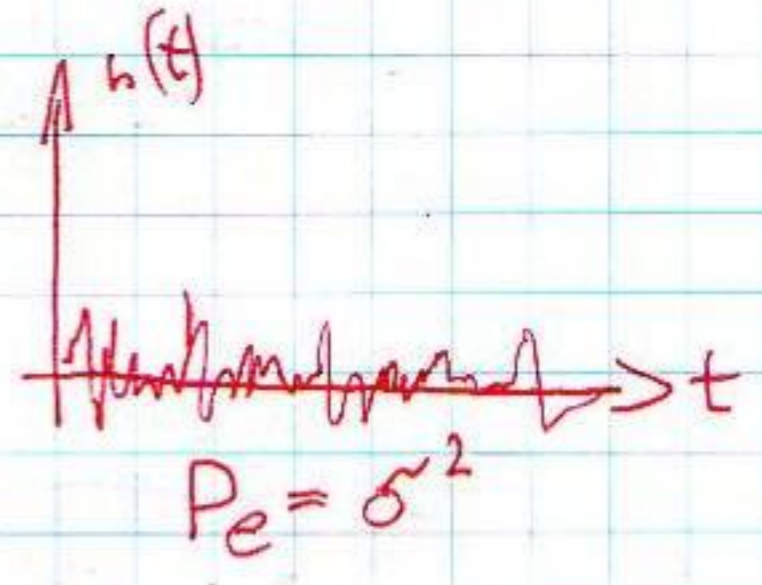


vevonek MV elott



- eredeti d\_k jel
- zajjal kevert jel (mintatmasbol vevem)

hibrevalositas, Pe ( $\tilde{d}_k \neq d_k$ )

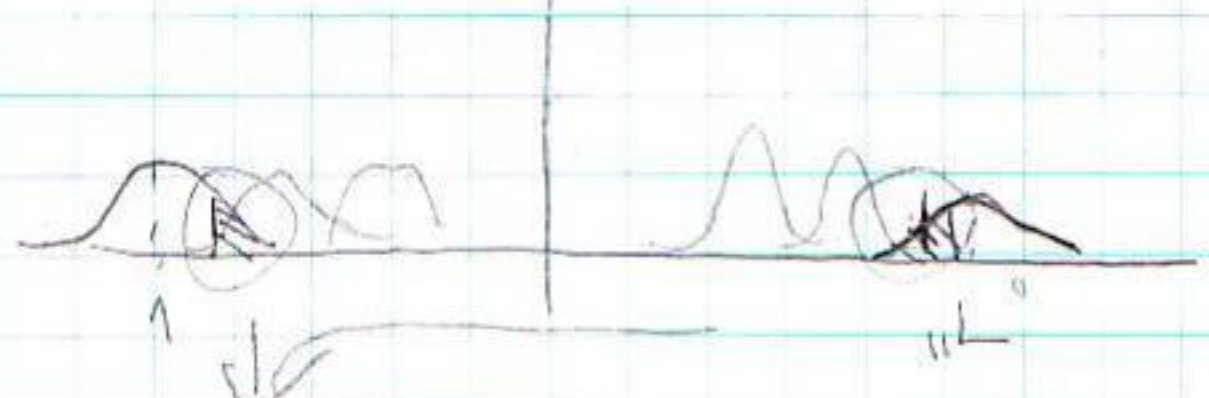


$$P_k = \frac{1}{L}$$

$$P_{e,k} = \frac{1}{L} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left( \int_{k+1}^{\infty} e^{-\frac{(z-k)^2}{2\sigma^2}} dz + \int_{-\infty}^{k-1} e^{-\frac{(z-k)^2}{2\sigma^2}} dz \right)$$

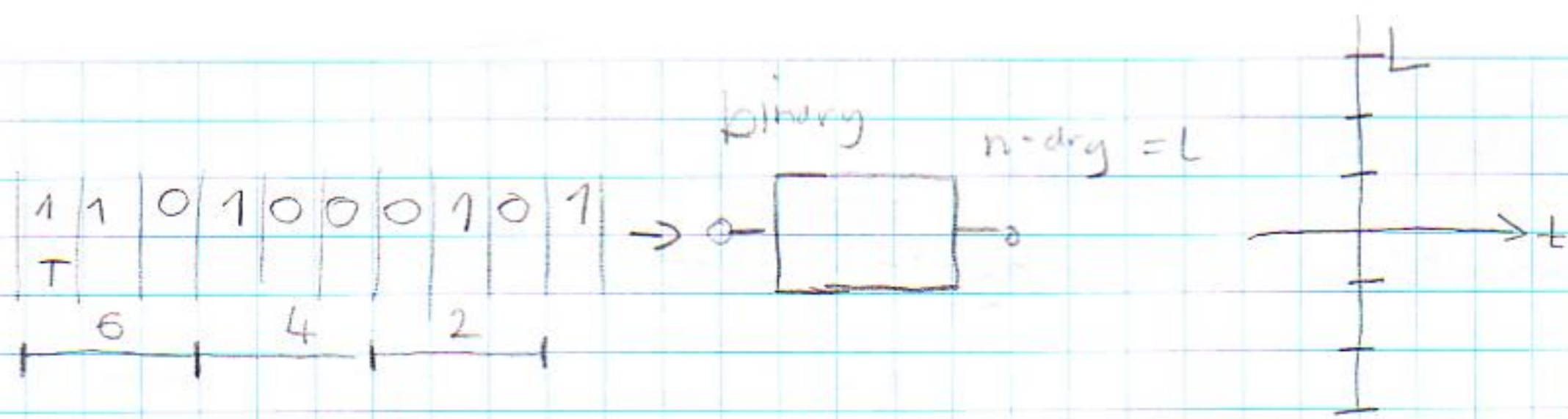
$$= \frac{2}{L} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(z-k)^2}{2\sigma^2}} dz = f_z(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(z-k)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\stackrel{z-k=x}{=} \frac{2}{L} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_1^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx$$



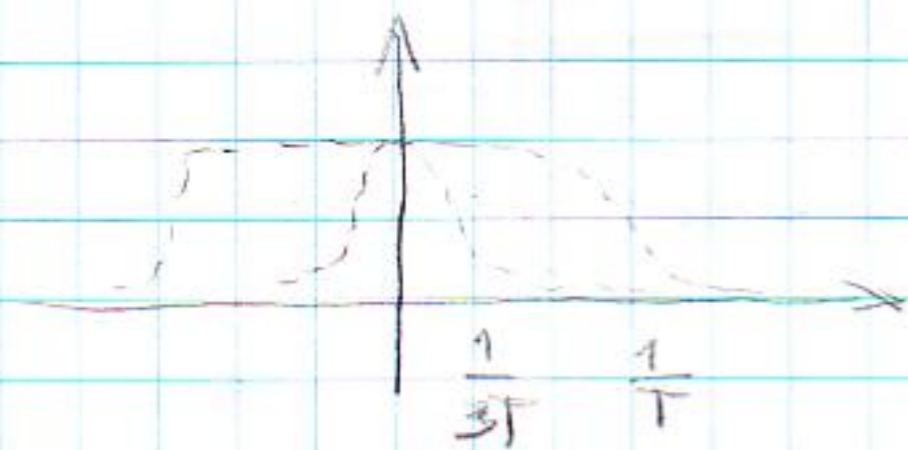
$$\Rightarrow P_e = (L-1) \cdot P_{e,k} = \frac{L-1}{L} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_1^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx =$$

$$= \frac{L-1}{L} Q \left( \frac{U_0}{\sigma} \right)$$



bitárisnál  $v = \frac{1}{T}$  Baud  $\left(\frac{\text{Symb}}{\text{sec}}\right)$  [jelzési sebesség]

n-árisnál  $v = \frac{1}{nT}$  Baud

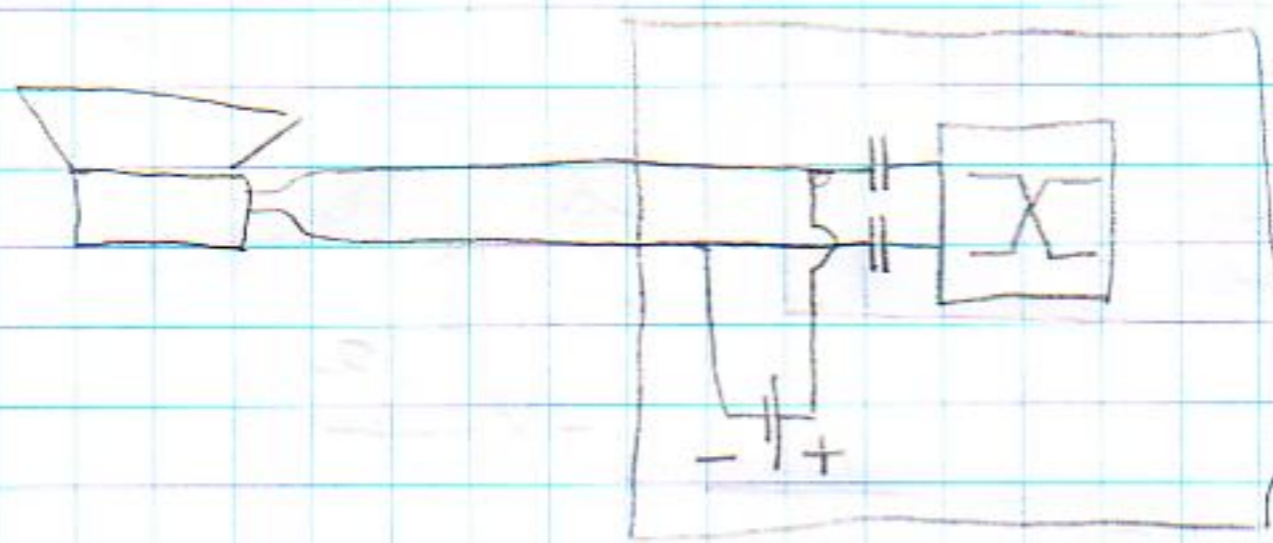


egységnyi idő alatt

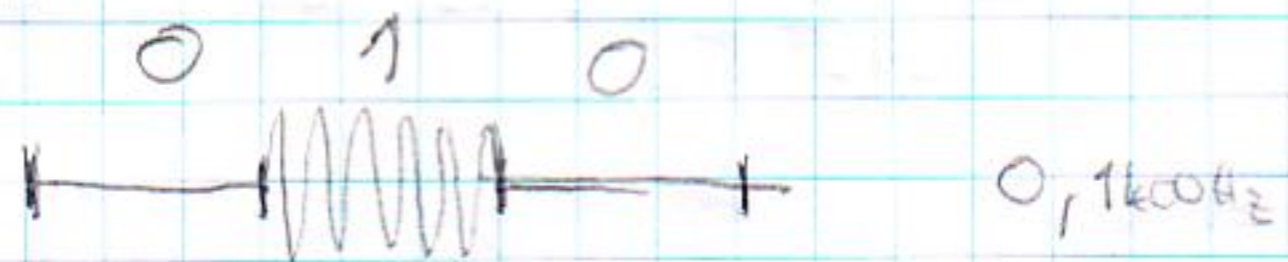
2007.10.25. csütörtök X Előadás (7. hét) "rövidített óra, Tűzvédelem miatt"

"Géza, mindenkivel szabad vitatkozni, csak a tűzoltókkal nem."

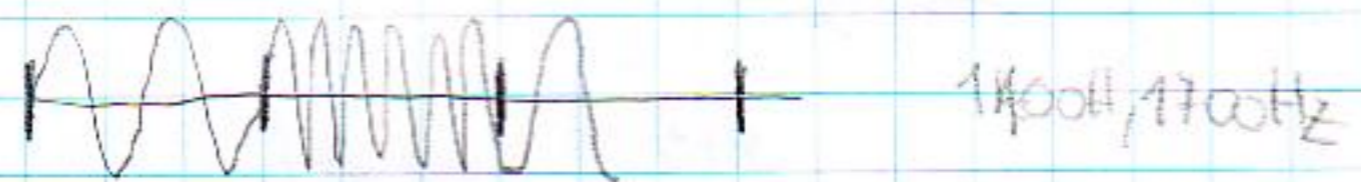
## Digitális írás modulációs rendszerek



ASK (Amplitude Shift Keying)



FSK (Frequency Shift Keying)



PSK (Phase Shift Keying)

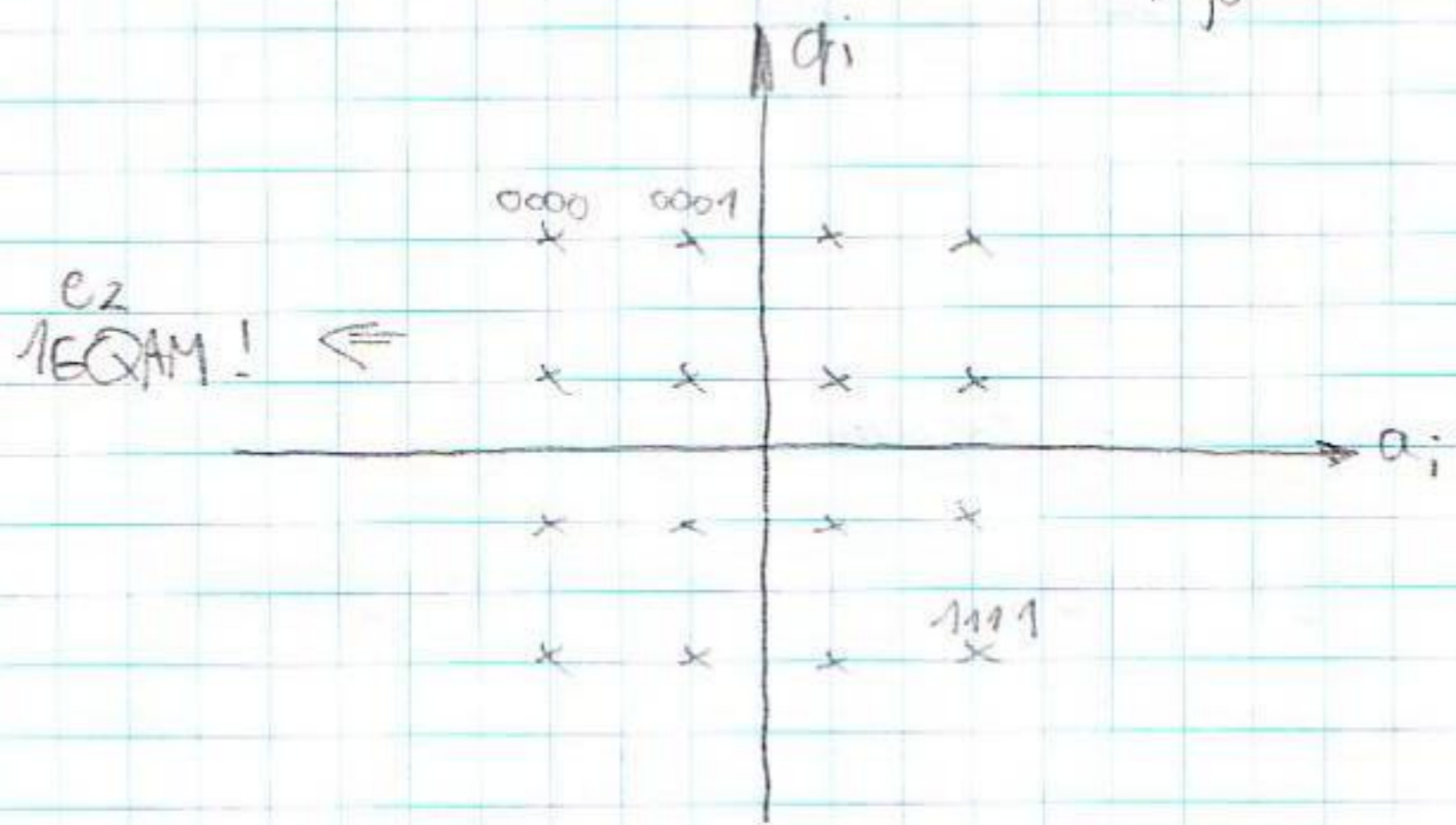


Ami általános technika:

MQAM (M-állapotú, kvadratura, AM)

n. időreben:  $s_n(t) = A_m \cos(\omega_c t + \phi) = \underbrace{A_m \cos \phi}_a \cdot \cos \omega_c t - \underbrace{A_m \sin \phi}_q \cdot \sin \omega_c t$

↑ info

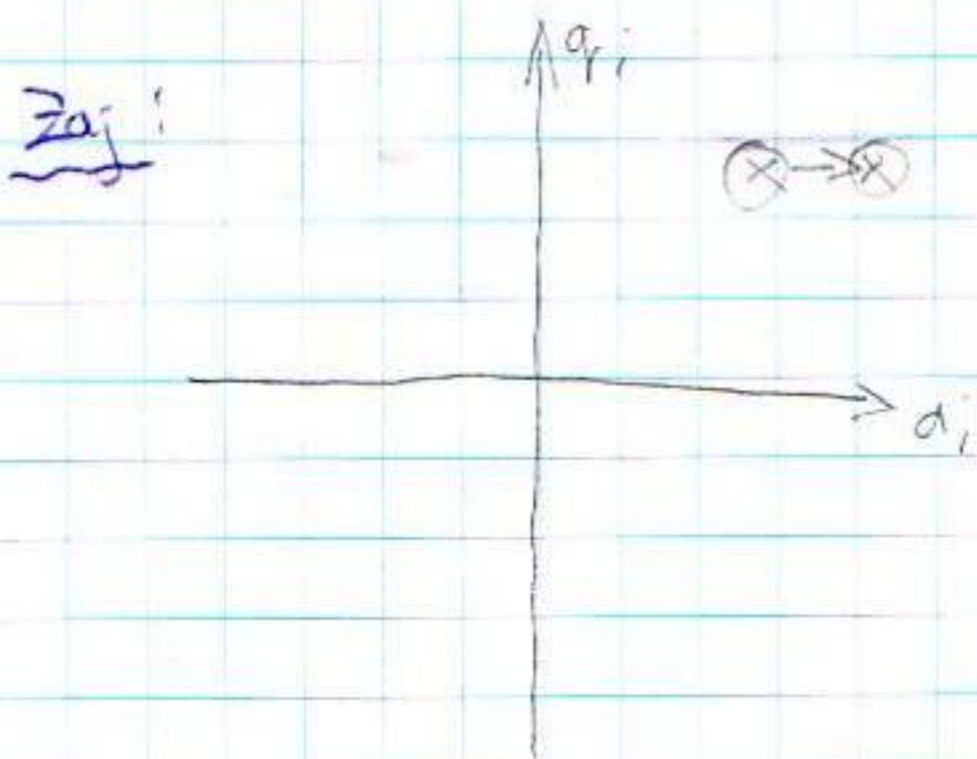


Ma a 128QAM egy helyett rendszer, műhold, mobil telefon de használják a 256 QAM fele



⇒ ezeket szorzóval körölkkel előállíthatjuk

"M bites" "M minél nagyobb, annál több info felel egy időreke"



Azért van kérepen mert  $a_i, q_i$  így a legkisebb  $\Rightarrow$  adó felj legkisebb  
sin, cos amplitúdái

2007.10.31. szerda

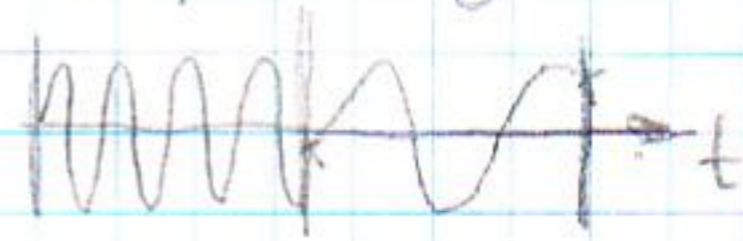
XI. Előadás (2. hét)

Előadó: Dr. Osváth László

① FSK } T időnként

CPTSK folytonos fázisú  $f_0/f_1$  frekv. számok

$$f_0 = \frac{1}{2} |f_1 - f_0| \text{ [frekv. lékel]}$$



$$B_{\min} = 2f_d + \frac{1}{T} \text{ [sávselesség]}$$

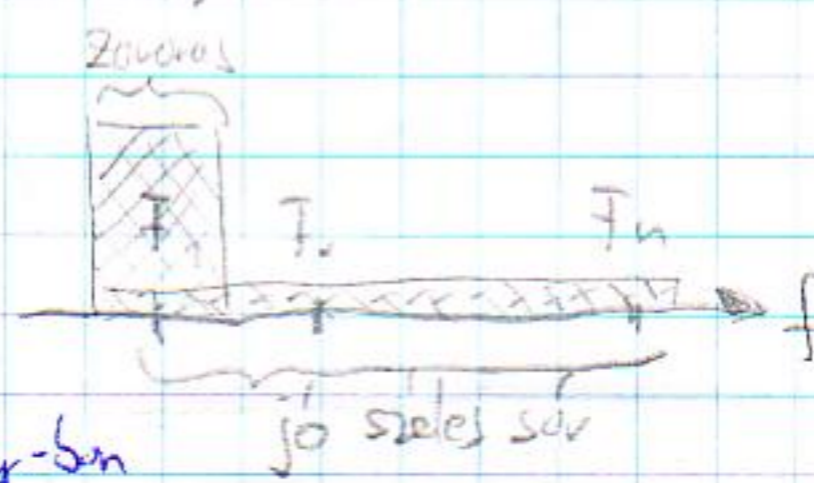
a már jó megkülönböztethető jelző frekvenciára:

$$|f_1 - f_0| = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \text{ (nem jó előnygel, ha } f_1 - f_0 \text{ ennél lényegesen nagyobb)}$$

MSK  
(min. shift keying)

Egy lehetőség: Frequency hopping

váltakozók:  $F_1, F_2, \dots, F_n, f_d$  frekv.-ben



+ különválasztás, hogy mikor melyik vívőfrekv. hasonlít

előny: nehéz lehullatni

• zavarni is nagyon nehéz

• a közeg megosztására is alkalmas

② ASK } (közönvéyes AM)

OOK (On-Off keying)

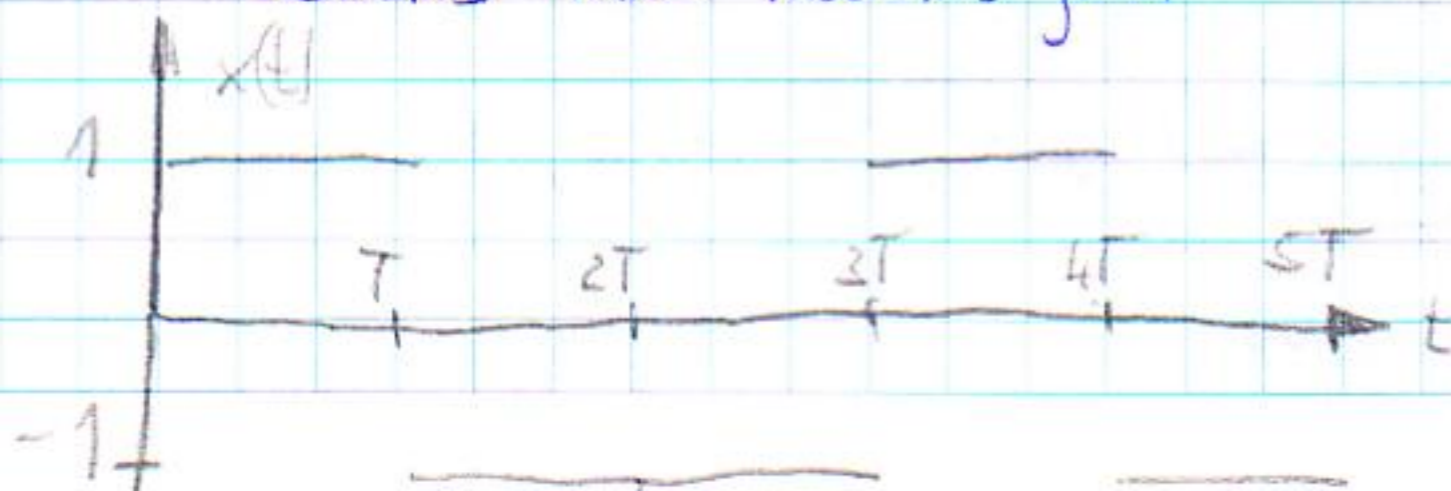
(pl optikai eszközben)



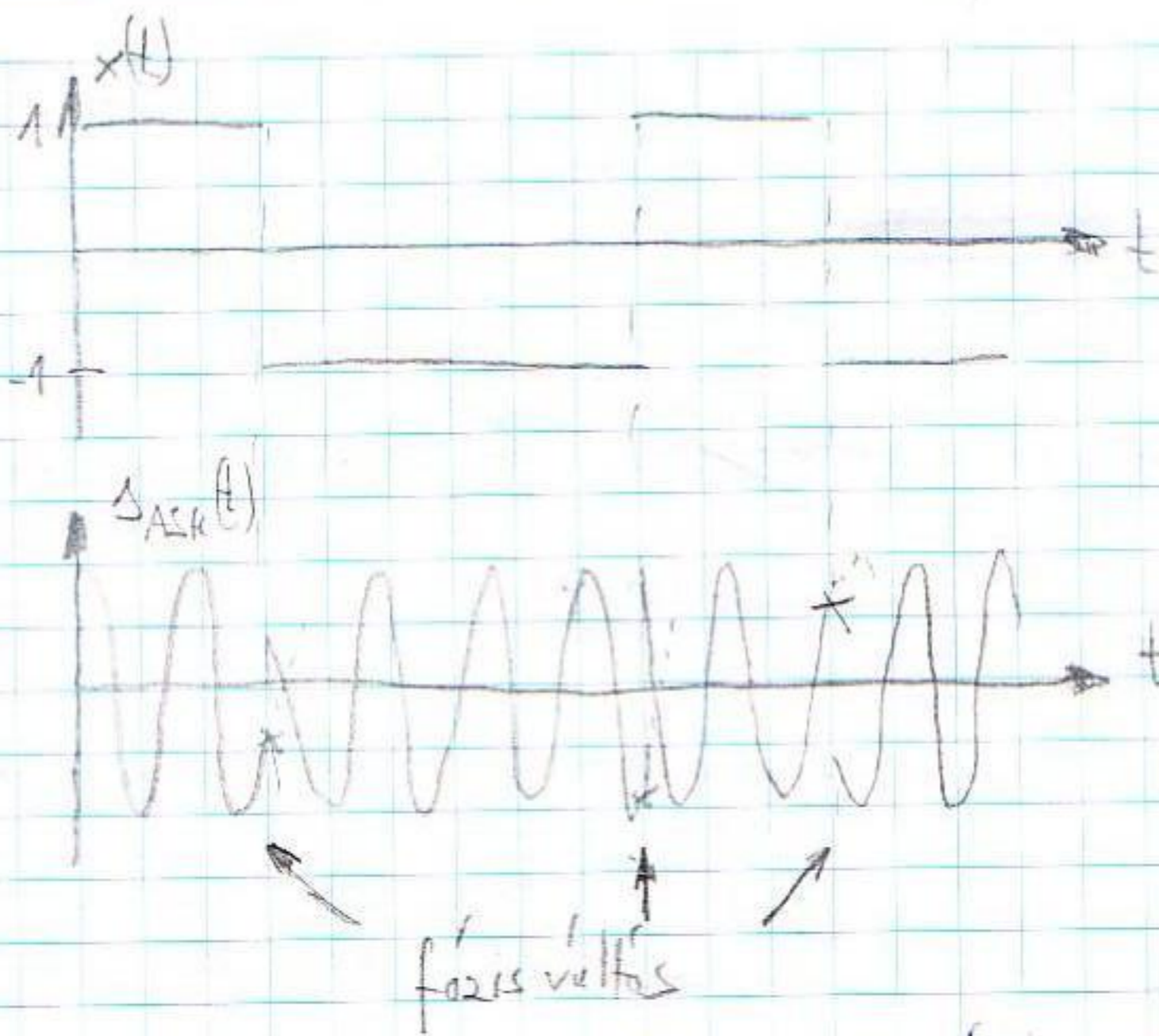
demodálás működik a burkoló demodulátorral, majd mintavévi detektor

igazi AM-DSB/SC

bináris NRZ moduláló jellet



$$s_{ASK} = x(t) \cos(2\pi F t + \phi)$$



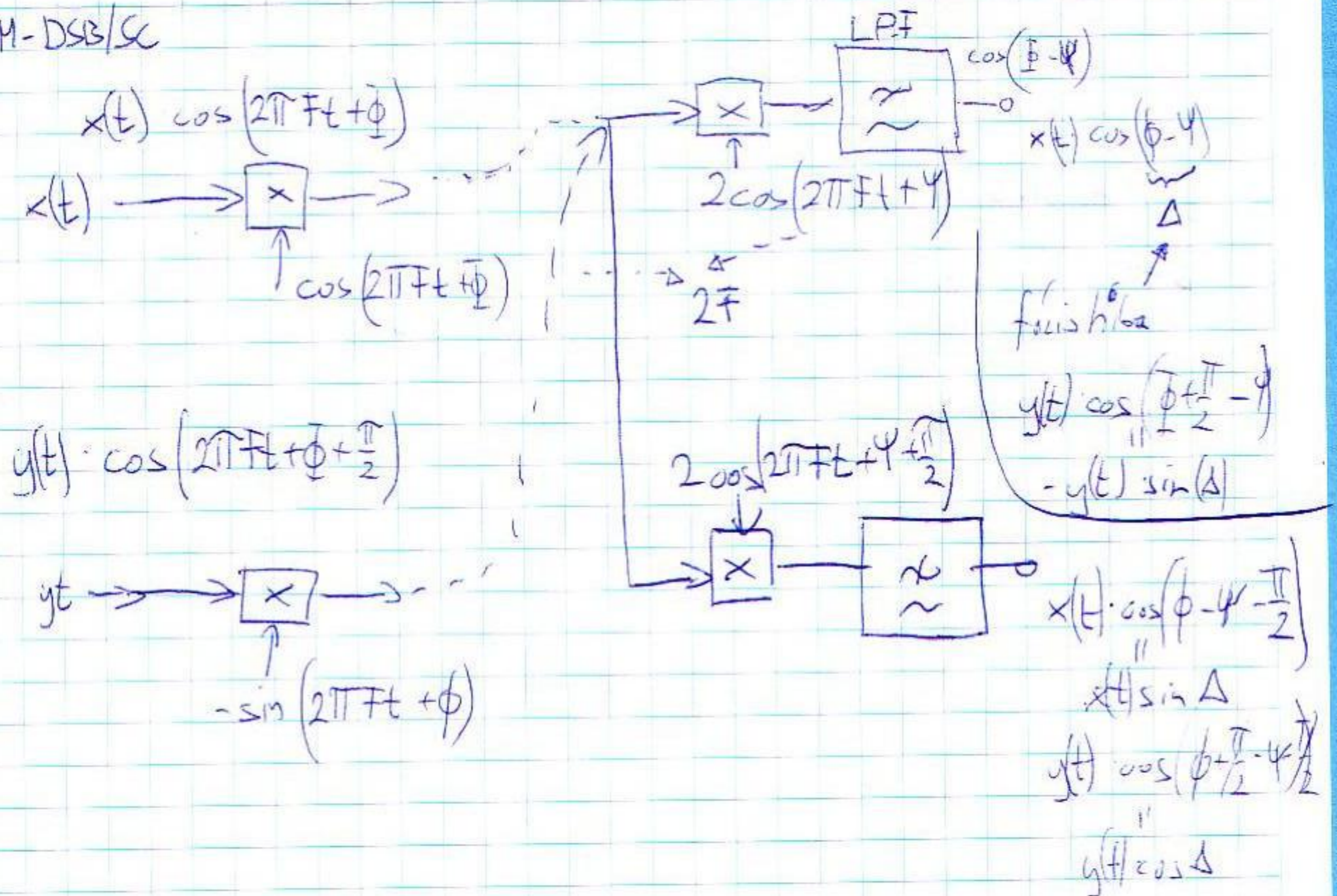
$$\Delta_{ASK}(t) = x(t) \cdot \cos(2\pi Ft + \phi)$$

teljesleptépen bin. fázis moduláció (BPSK)

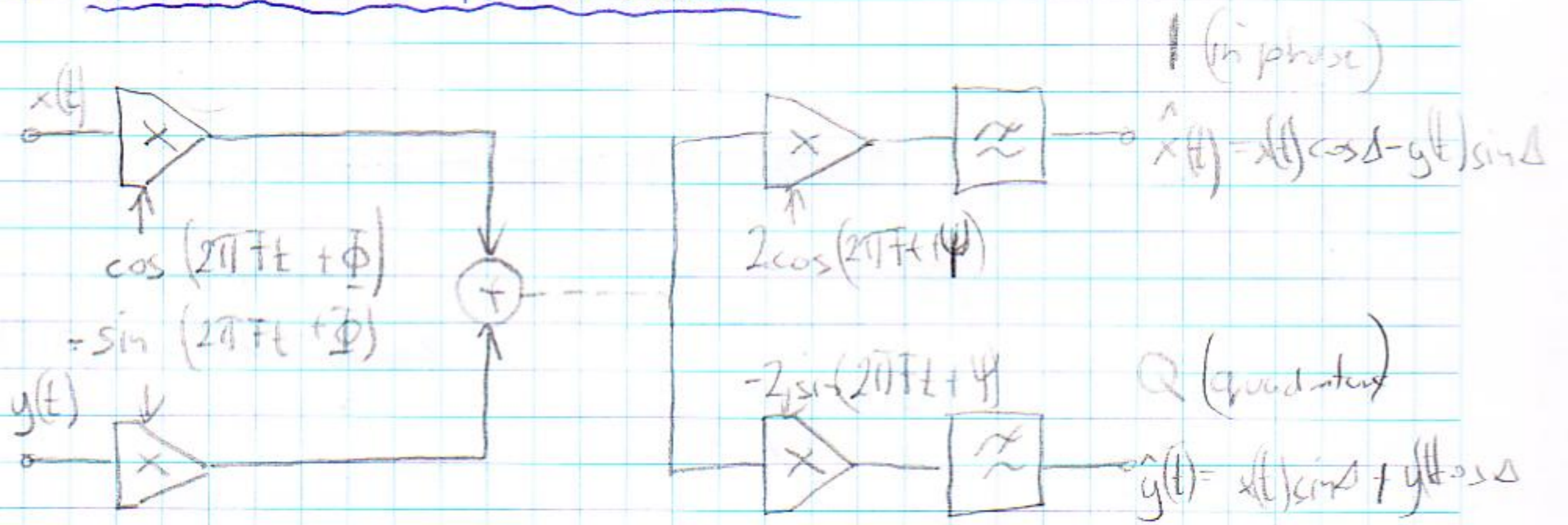
### ③ QAM (Kvadratura AM)

$x(t)$  alapsívi PAM jel

AM-DSB/SC



### 3.1. Ademoduláló vivő fázisának beállítása



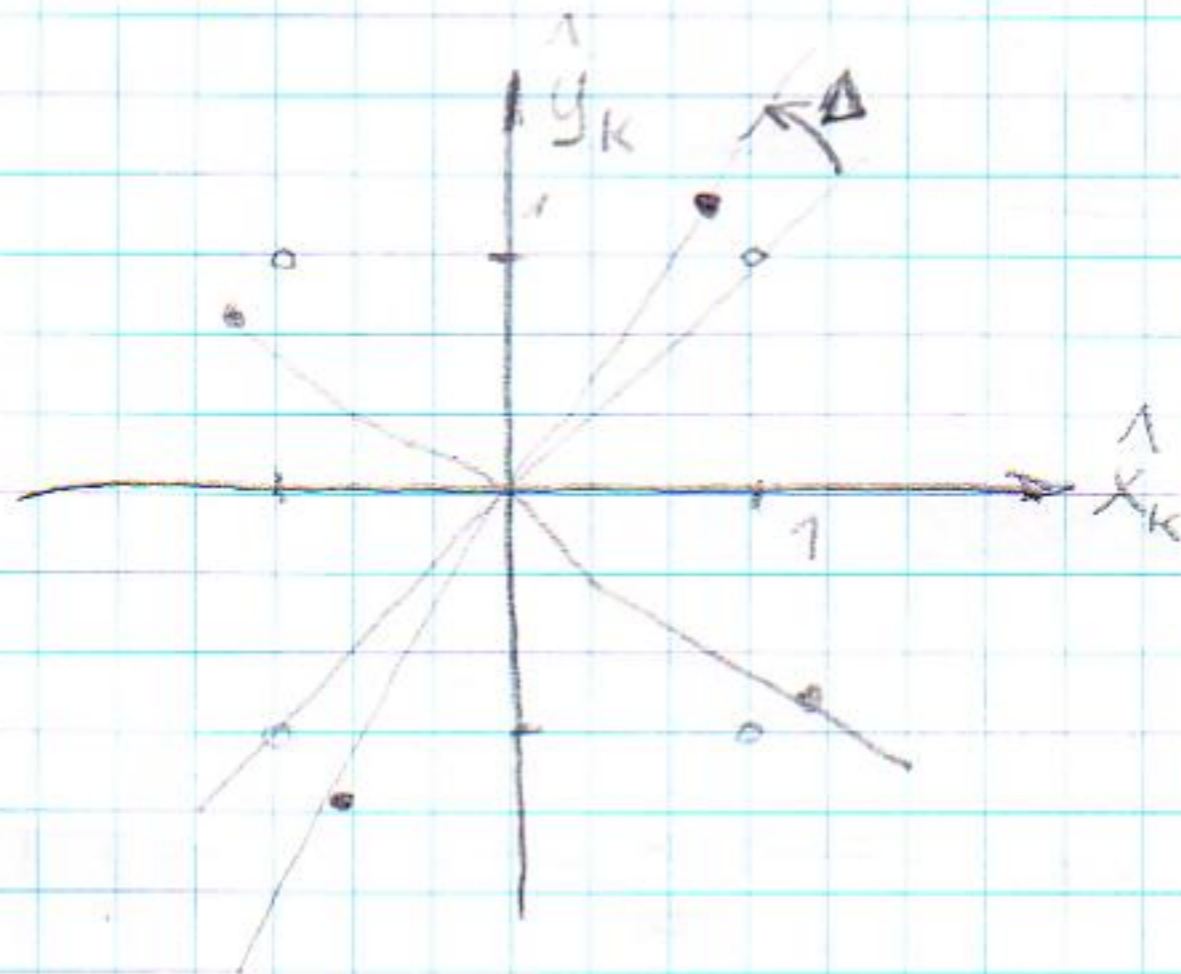
ha  $x(t)$  és  $y(t)$  bináris NRZ jelek, a  $t_k = t_0 + \Delta T$  időpillanatokban

$$x(t_k) = x_k = \pm 1$$

$$y(t_k) = y_k = \pm 1$$

$$\bullet : \Delta = 0$$

$$\bullet : \Delta \neq 0$$



hátha, ha  $\Delta > 45^\circ$

$$\hat{x}_k = x_k \cos\Delta - y_k \sin\Delta$$

$$\hat{y}_k = x_k \sin\Delta + y_k \cos\Delta$$

• → • becsülhető  
(előjele)

Δ becsülhető

↓

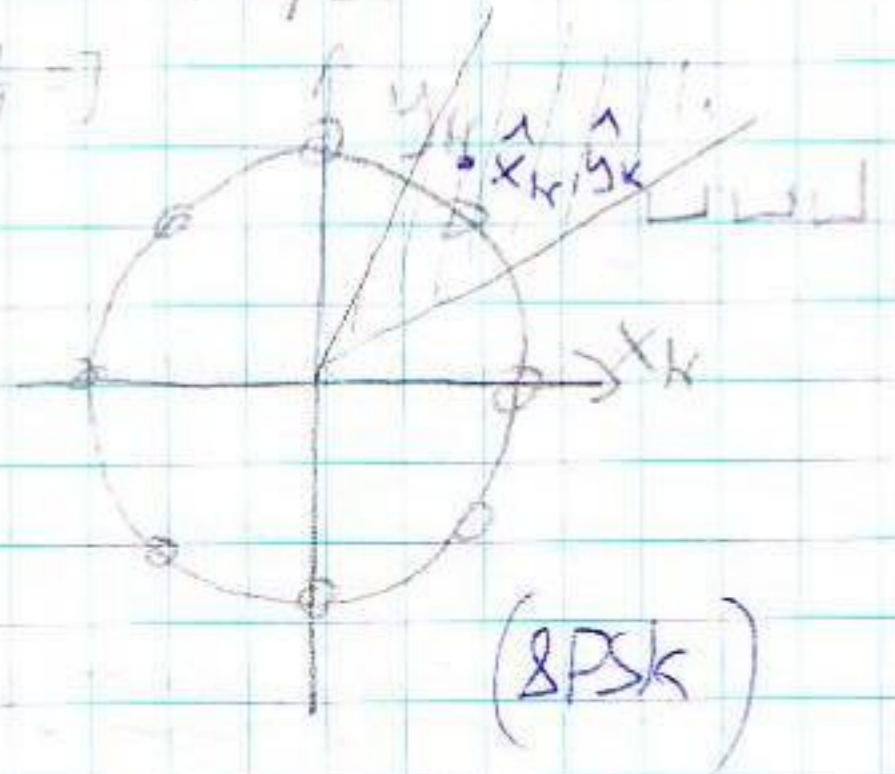
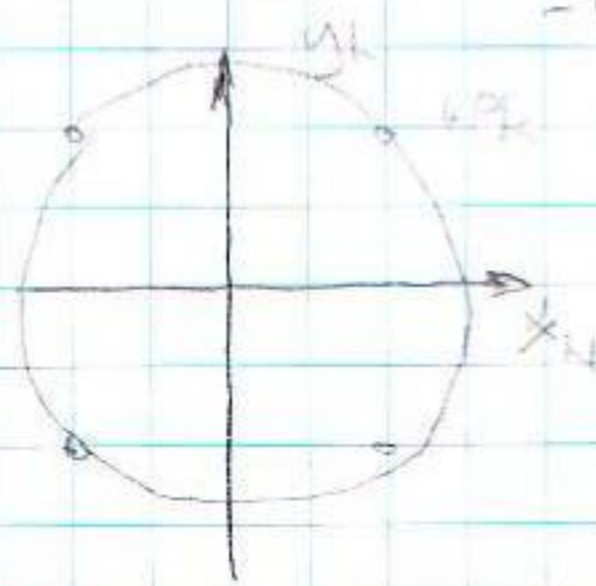
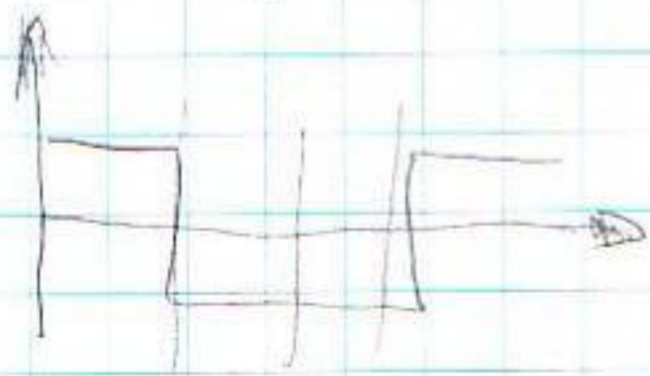
ψ korrigálható



### 3.2 QAM változatok

$$s(t) = x(t) \cdot \cos(2\pi Ft + \phi) - y(t) \cdot \sin(2\pi Ft + \phi) \quad (x(t), y(t) \text{ bináris NRZ jel})$$

$$= \sqrt{x^2(t) + y^2(t)} \cdot \cos(2\pi Ft + \phi + \arctan \frac{y(t)}{x(t)}) \quad \text{4PSK / QPSK}$$



UUU bitharmados

$$\phi = i \frac{\pi}{4}, \quad i = 0, 1, \dots, 7$$

$$x_k = 2 \cdot \cos \phi$$

$$y_k = 2 \cdot \sin \phi$$

döntés: nagy erőkés ingadozás esetén is megkötés lehet

