

előadó: Nargis Pall, Zsolt József, Maros Gyula

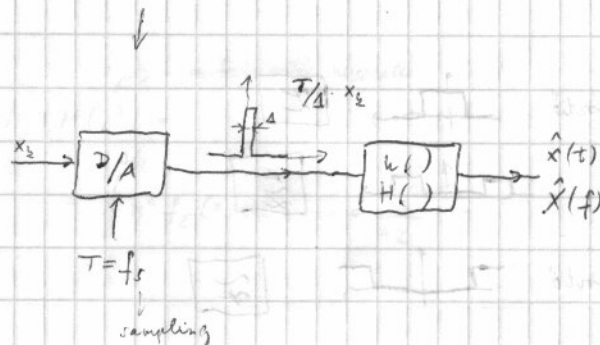
<http://gossip.tmit.bme.hu/cgi-bin/twiki/view/VITMA301>

→ (Távoközlési és Médiainformációs Tanterem)

• analóg jel → additív zaj

↓
digitális jel (diszkrét értékek)
számszövegi valamilyen szinten

mintavételezés, A/D átalakítás, D/A átalakítás



$$x_s \quad (s=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

$$\hat{x}_s = T \cdot \sum_k x_k \cdot h(t - kT)$$

$$\hat{x}(f) = T \cdot H(f) \cdot X_p(f)$$

$$(\mathcal{F}) \quad X_p(f) = \sum_k x_k \cdot e^{-j2\pi f kT}$$

→ a mintavételezési jel spektruma

Ha a jelünk egy analóg jel T sűrű mintáiból áll össze, akkor

$$x_s = x(kT) \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$(f_s = \frac{1}{T})$$

$$X_p(f) = \frac{1}{T} \sum_i X(f - i \frac{1}{T}) = f_s \sum_i X(f - i f_s)$$

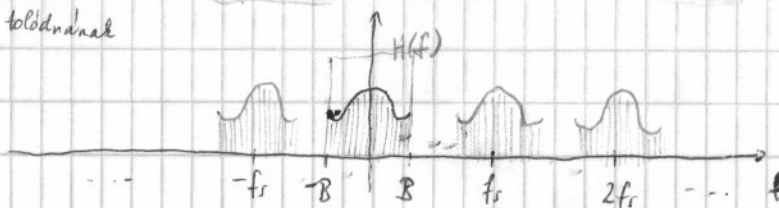
$\approx X_s$ ha $f_s \gg 2B$

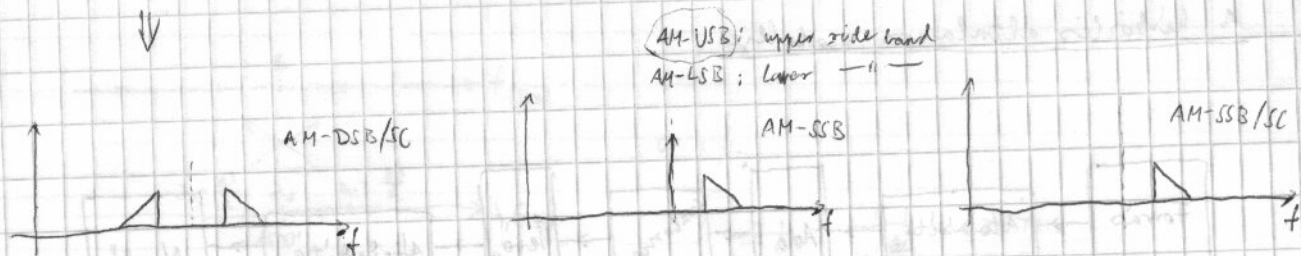
$$\hat{x}(f) = H(f) \sum_i X(f - i f_s)$$

Nem lenne jó ha egymásba tolódnának a spektrumok

$$f_s \geq 2B$$

Nyquist-frekv.



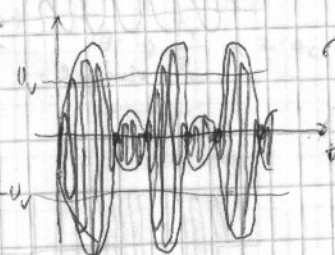


Az AM jel nagyon érzékeny a nemlineáris amplitúdó torzításra, és az additív zajokra.

Demoduláció: - szűcszegelezéssel (csak AM-DSB)
(metsződetektor)

- szög demodulátorral

több nagy modulált jel esetén:



→ nem állítható vissza!

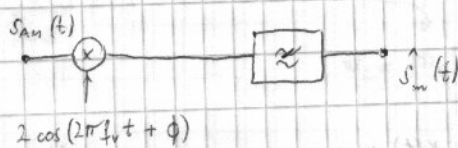
modulációs index: $m = \max \frac{x(t)}{u_v} = \frac{x}{u_v}$

$$\frac{P_{\text{modulált}}}{P_{\text{moduláló}}} = \frac{\frac{x^2}{c^2}}{u_v^2 + \frac{x^2}{c^2}} = \frac{m^2}{1 + m^2}$$

c: modulált jel csúscsússzere

szög demodulátor:

$$2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)$$



$$[u_v + s_m(t)] \cdot 2 \cos(2\pi f_v t) \cos(2\pi f_v t + \phi) = [u_v + s_m(t)] \cdot \cos \phi + [u_v + s_m(t)] \cos(2 \cdot 2\pi f_v t + \phi)$$

modulált jel
elhangzó

szögjel

QAM quadrature amp. mod.

egyszerűsített

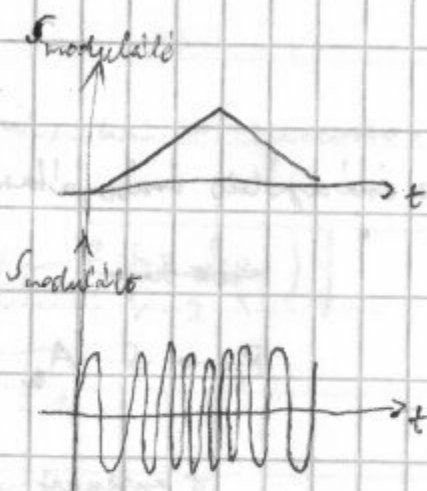
szögjel állítók

$$s_{Am}^c \rightarrow \phi = 0$$

$$s_{Am}^s \rightarrow \phi = 90^\circ$$

műmoduláció

$$s_v(t) = a_v(t) \cdot \cos(\theta(t))$$



$$s_{\text{szm}}(t) = U_v(t) \cdot \cos(2\pi f_v t + m(t) + \varphi)$$

$$\text{ha } m(t) = k \cdot S_{\text{moduláló}} \rightarrow \text{PM}$$

$$\text{ha } m'(t) = k \cdot S_{\text{moduláló}} \rightarrow \text{FM}$$

$$\text{pillanatnyi frekvencia: } f_p = f_v + \frac{1}{2\pi} m'(t)$$

frekvenciaváltozás: a frekvencia max. eltérése a hordozótól
(f deviancia)

$$f_D = \frac{1}{2\pi} \max_t |m'(t)|$$

fázisváltozás: a fázis max. eltérése a hordozótól
(fázisdeviancia)

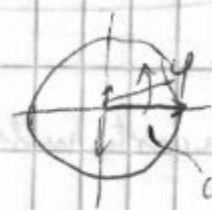
$$\phi_D = \max_t |m(t)|$$

FM jel előállítás:

frekvenciaváltozóval (VCO)

$$s_{\text{szm}} = U_v \cos(m(t)) \cos(2\pi f_v t + \varphi) - U_v \sin(m(t)) \sin(2\pi f_v t + \varphi)$$

fázismoduláció:



sin változik $\rightarrow$ φ változik

$$\cos(m(t)) = 1$$

$$\sin(m(t)) \approx m(t)$$

(Itt kimentem az utolsó 10 percről XD)

(...)

- a modulációk gyakorlati alkalmazása ??

???

kvízolókészítés modulátor

$$\left(\max_t |m(t)| \right) \approx 0,1$$

$$B_c \approx 2B$$

$$\rightarrow B_c \approx 2 \cdot f_D + B \quad (\text{FM})$$

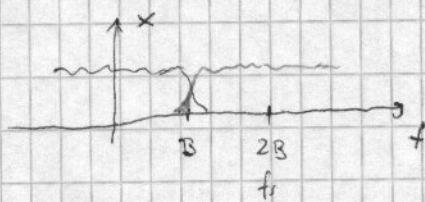
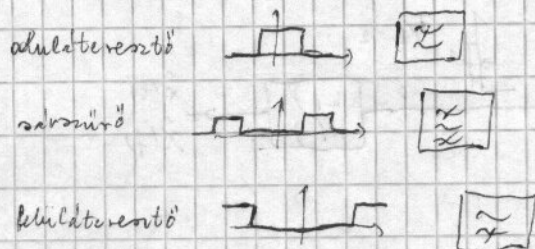
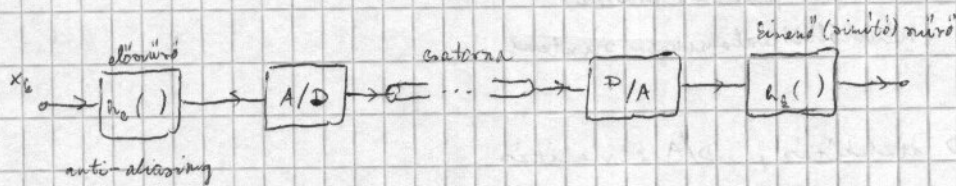
$$B_c \approx 2 \cdot \phi_D + B \quad (\text{PM})$$

Ha a frekvencia a (B, B) szakban van, akkor a jel tökéletesen visszaállítható.

$f_s > \text{Nyquist-freq. } (2B) \rightarrow \text{felminta vételére}$

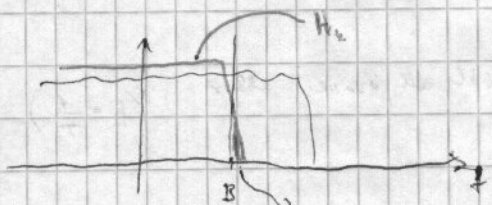
$f_s < \text{---} \text{---} \text{---} \rightarrow \text{alulminta vételére}$

Szivárgás Aliasing



$\rightarrow \text{átlapoklás} = \text{aliasing}$

$\downarrow$
ezt akadályozza meg az anti-aliasing műve (előműve)



a kimenő műve tökéletlensége miatt "kiszivárog" olyan is, ami nem volt az eredeti jel része

$\Rightarrow$ szivárgás

Kvantálás

a jel értékkészletének diskretizálása



$$\Delta = 2C/N$$

↓ a lépcsőlével mért
a jel teljes intervalluma (amplitúdó)

legnagyobb eltérés: $\Delta/2$

zajteljesítmény: $P_e = M(e^2(t)) = M(e^2) =$

$$= \int_{-\Delta/2}^{\Delta/2} x^2 f_e(x) dx = \dots = \frac{\Delta^2}{12}$$

$$S_e(f) = \frac{1}{f_s} \cdot \frac{\Delta^2}{12} \cdot |H(f)|^2$$

↳ a zajjel spektrális sűrűsége (spektruma)

jel-zaj viszony:

minimális jelre:

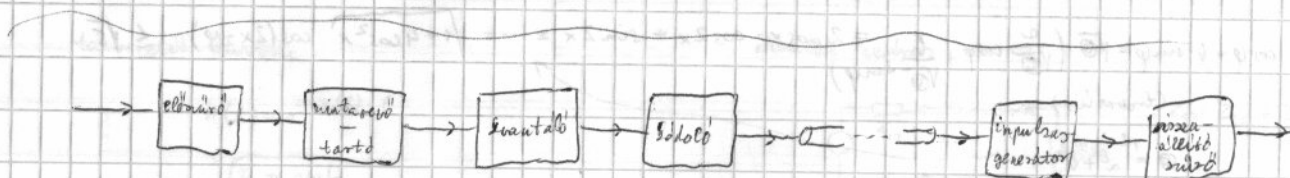
$$SNR = \frac{P_x}{P_e} = \frac{C^2/2}{\Delta^2/12} = 6 \left(\frac{C}{\Delta} \right)^2 = \dots = \frac{3}{2} 2^{2n}$$

(minimális) $\rightarrow SNR = 1,74 + 6,02n \text{ [dB]}$

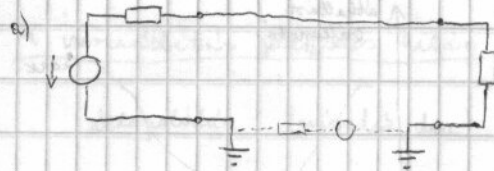
$$\Delta = \frac{2C}{N}$$

(n: bit/sám)

2^{n-1} lépcső (= N)



Nagy távolsági átvitel fémvezetőkkel

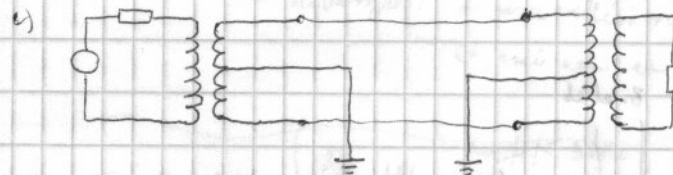


→ nem az igazi, mert a két föld nem ekvipotenciális



→ ez se az igazi, mert mindig vezeték van földön

⇒ nem reális



távvezeték átvitele:

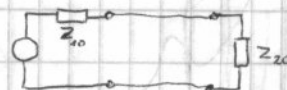
$$H(f) = e^{-\gamma(f) \cdot l}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

↓
csillapítás
fázistolerancia

átviteli körkép:



$$Z_{in} = Z_L = Z_0$$

vesitasillapitus: $\alpha_{\text{re}} = 10 \lg \frac{P_{\text{re}}}{P_{\text{hi}}} = \alpha \cdot l$

$\downarrow$

$\alpha_{\text{dB}} = \alpha \cdot 20 \lg(e)$

faktor: $\beta \cdot l$

ko $\omega L \gg R$, akkor

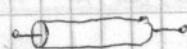
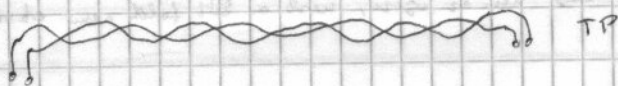
$$Z_0 \approx \sqrt{\frac{L}{C}} \left[1 + \frac{1}{j\omega \cdot 2} \left(\frac{R}{L} - \frac{G}{C} \right) \right] \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\gamma \approx j\omega \sqrt{LC} \left[1 - \frac{j}{\omega \cdot 2} \left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C} \right) \right] \approx \underbrace{\frac{1}{2} \frac{R}{Z_0} + \frac{1}{2} G Z_0}_{\approx \alpha} + j\omega \sqrt{LC}$$

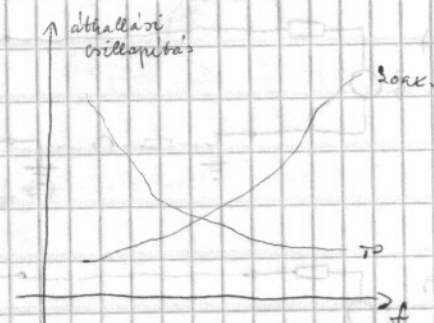
skin-határol: $\alpha \approx \alpha_0 \sqrt{\frac{f}{f_0}}$

Zavarásol, átvitelésol

zavaró
hatásol
ellen:

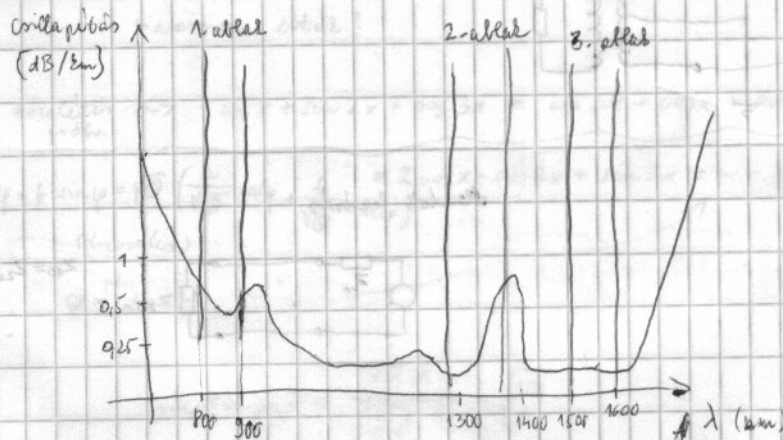


coaxialis kábel



Átvitel diaktroms hullámveretón

üregsol



minimum helyek:

850 nm

1310 nm

1550 nm

Rádiónyírástétel

a forrástól kétféle nagy távolságtól nézve síkhullámnak tekinthető

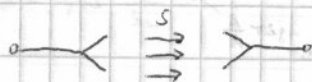


antenna:

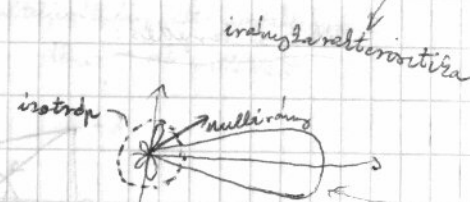
adó: helyben létrehozott E-M jelenséget terjesztőre alakít

→ sugárzás

vevő: terjedő hullámból feldolgozható elektromos jeleket vinnak → érzékelés



nyírásiállapítás: $a_{\text{max}}^{\text{dB}} = 10 \lg \frac{P_{\text{beáradó}}}{P_{\text{beérkező}}}$



$$G = \frac{S_{\text{max}}}{S_0} \rightarrow \text{max. telj. s.}$$

$S_0 \rightarrow$ isotróp ant. telj. sűr.

antenna nyírási (gain)

Antenna nyírási

$$G = \frac{\text{főirányban lévő teljesítménysűrűség spektruma } r'' \text{ távolságban}}{\text{azonos betáplálási teljesítménű isotróp ant. telj. sűr. spektruma } r'' \text{ távolságban}}$$

$$G = \frac{S_{\text{max}}}{S_0} = \frac{S_{\text{max}}}{P_{\text{in}} / 4\pi r^2}$$

vevőantenna

hatásos felület: $A_e = \frac{P_R}{S}$

$$\frac{G}{A_e} = \frac{4\pi}{\lambda^2}$$

$$\Rightarrow A_e = \frac{G \cdot \lambda^2}{4\pi}$$

$$P_R = S \cdot \frac{G \cdot \lambda^2}{4\pi}$$

egyszerűsítés: $a_n^{\text{dB}} = 10 \lg \frac{P_{\text{IN}}}{P_R} \Rightarrow \frac{S \frac{4\pi r^2}{G_T}}{S \frac{G_R \lambda^2}{4\pi}} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 \frac{1}{G_T G_R}$

$$a_{\text{max}}^{\text{dB}} = 10 \lg \left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right)^2 - G_T^{\text{dB}} - G_R^{\text{dB}}$$

teljes- vagy részleges reflexió:



teljes reflexió (fokuszfordítás, vertikális polarizáció!)

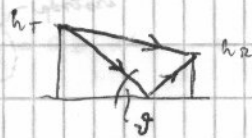
v. $\theta < 5^\circ$

$$\Gamma \approx -1$$

$$\Gamma = \frac{E_{\text{reflektált}}}{E_{\text{beérő}}}$$

reflexió
tényező

kétutas terjedés:



feld-
reflektált
térkép

$$E_r = E_o + \Gamma \cdot E_o \cdot e^{-j2\pi \frac{\Delta}{\lambda}}$$

hálókörbő

a beérő
az eredő
térkép

az egyutas
terjedésből
addó
térkép

$$\Delta = \frac{2 h_1 h_2}{r}$$

h_1, h_2 : antennamagasságok

$$|E_r| = |E_o| \cdot |e^{-j\pi \frac{\Delta}{\lambda}} + e^{j\pi \frac{\Delta}{\lambda}}| = 2 |E_o| \left| \sin\left(\pi \frac{2 h_1 h_2}{r \lambda}\right) \right|$$

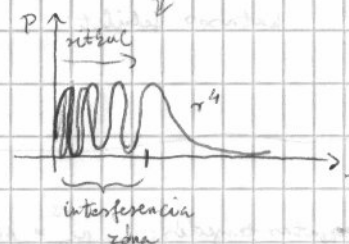
$$\sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2j}$$

$$\cos x = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2}$$

$$a_{\text{kétutas}} = a_{\text{egyutas}} \cdot \left| \frac{E_o}{E_r} \right|^2 \approx \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{G_T G_R} \left(\frac{r \lambda}{4\pi h_1 h_2} \right)^2$$

$$a_{\text{kétutas}} \approx \frac{1}{G_T G_R} \left(\frac{r^2}{h_1 h_2} \right)^2$$

az antennától
elcsúszó távol



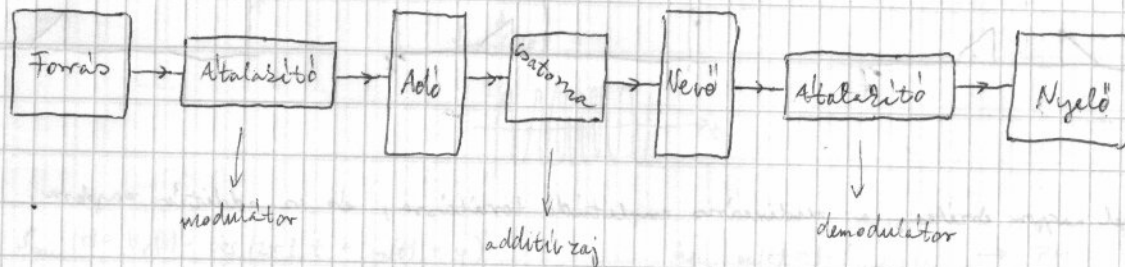
diffракció, Huygens-elv ($\rightarrow$ diff)

robotussági elv: konzervatív adás, liberális vétel

(Ér.: mivel tisztán, világosan, egyértelműen kell adni, viszont „szélső
kapus” adásból is ki kell próbálni hámozni a „lényegét”)

Moduláció

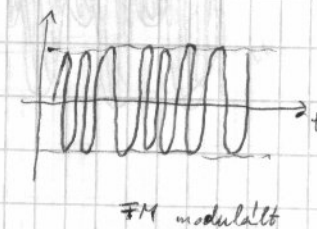
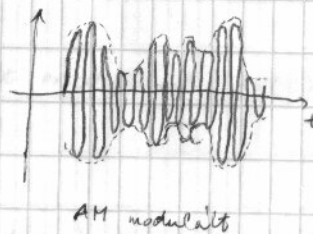
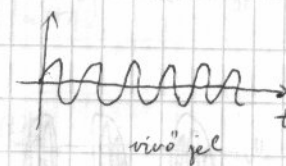
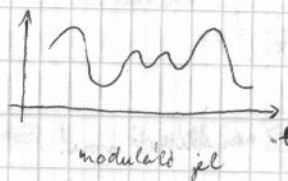
A hirkörös átvitel modellje



Sinuszos vörös modulált jel átvitel leírása

$$s(t) = a_r(t) \cdot \cos(\theta(t))$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 amplitúdó fázis
 pillanatnyi pill.
 érték érték



Amplitúdó-moduláció

sinuszos vörös esetén:

ha $x(t)$ is sinuszos: $x(t) = U_m \cdot \cos(2\pi f_m t)$

$$s_{AM}(t) = (U_v + x(t)) \cdot \cos(2\pi f_v t + \varphi)$$

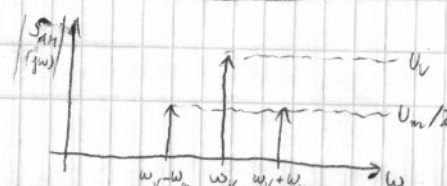
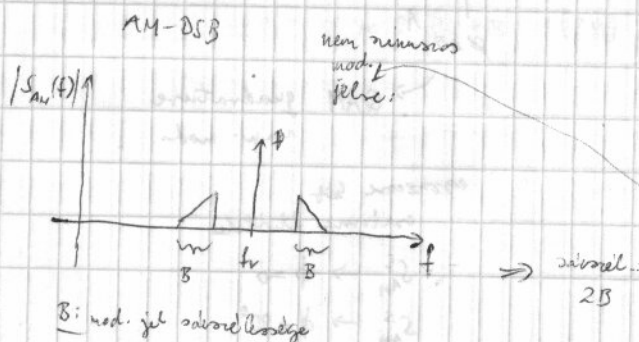
$$a_v = U_v + U_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$s_{AM} = a_v(t) \cdot \cos(2\pi f_v t + \varphi) =$$

$$= [U_v + U_m \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_v t) =$$

$$= U_v \cos(2\pi f_v t) + U_m \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_v t) =$$

$$s_{AM} = U_v \cos(2\pi f_v t) + \frac{1}{2} U_m \cos(2\pi(f_v - f_m)t) + \frac{1}{2} U_m \cos(2\pi(f_v + f_m)t)$$



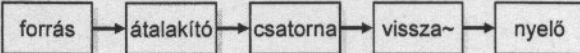
Infokommunikáció - 7. előadás

<http://tel.tmit.bme.hu/InfoKomm>

Marosi Gyula

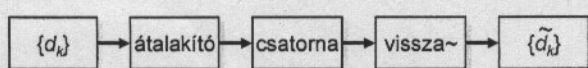
I.B.222., tel.: 1864
marosi@tmit.bme.hu

Hol tartunk?



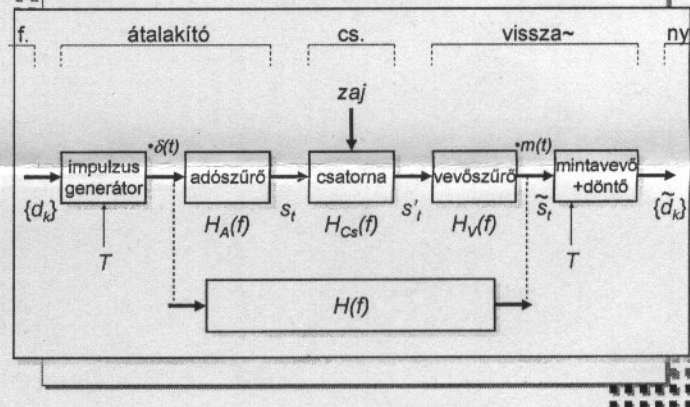
- » hang + hallás és kép + látás
- » mintavételezés + kvantálás
- » vezetett hullámú ö.k.
- » rádiós ö.k.
- » analóg modulációk
- » digitális modulációk
 - alapsávi
 - vivőfrekvenciás
- » rádiós műsorszórás
- » televíziózás
- » mobiltelefonía
- » ...

Digitális, alapsávi jelátvitel

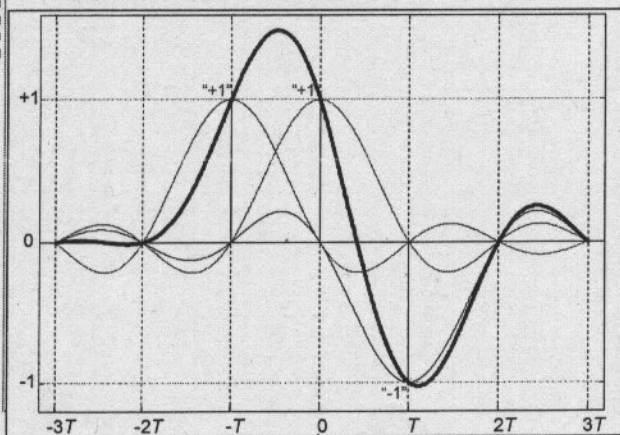


- Csatorna: analóg és "aluláteresztő" jellegű
- Forrás: bitek (bps) ↔ szimbólumok (Baud)
- Megoldási sémák: PAM, PPM, PDM, ...
- Cél:
 - » nagy bitsebesség (szimbólumsebesség)
 - » kis bithibaaarány (szimbólumhiba-arány)

PAM rendszer blokkvázlata

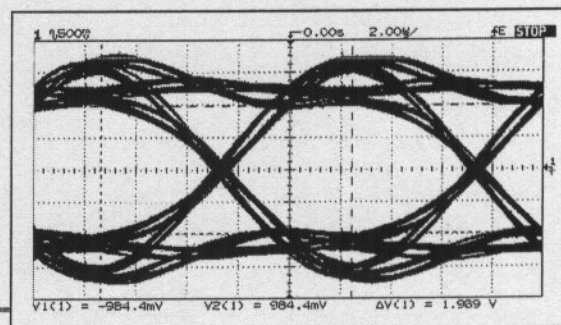


plot (+1 · sin(t+T)/(t+T); +1 · sin(t)/t; -1 · sin(t-T)/(t-T))



Szimbólumközi áthallás

- Diszperzió → InterSymbol Interference
- szemrevételezés: pl. szemábrán



A "Nyquist-feltétel"

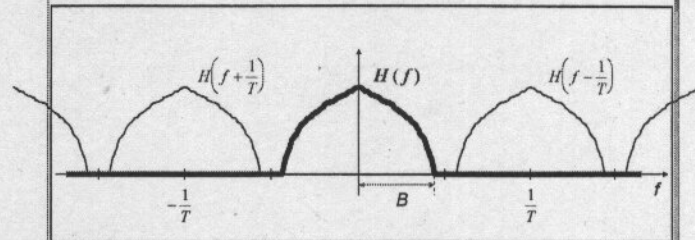
- Megfelelés = ISI-mentesség (lehetősége)



Harry T. Nyquist
(1889-1976)

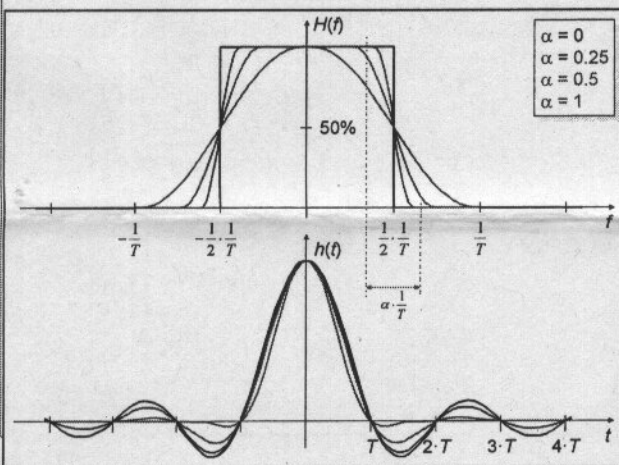
$$\sum_k H\left(f - \frac{k}{T}\right) = \text{const.}$$

A minimális sávszélesség



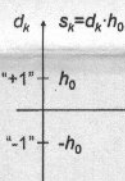
$$\sum_k H\left(f - \frac{k}{T}\right) = \text{const.}$$

Az "emelt koszinusz"



Additív zaj hatása

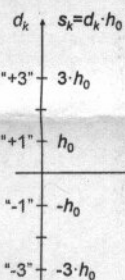
PAM-2



$$s'_k = s_k + v_k$$

$$P(\tilde{d}_k \neq d_k) = ?$$

PAM-4



Mely tényezők rontják a döntés biztonságát szinkron PAM rendszerekben?

- ISI, rossz mintavételi pozíció

- de: tudunk védekezni (lásd: gyakorlat)

- Jelmintákat terhelő zaj

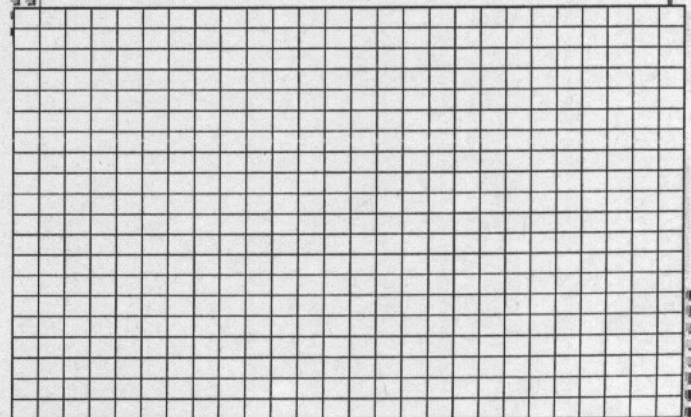
- illesztett szűrő struktúra:

$$H_v(f) = H_A^*(f)$$

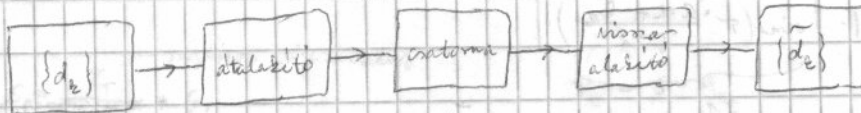
- Főminta eltérése a várttól

- alaperősítésbeli bizonytalanság

Csak csendben, csak halkan!

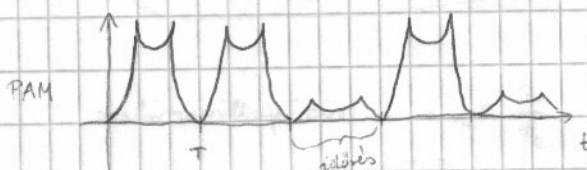


Digitális alapszíri jelátvitel

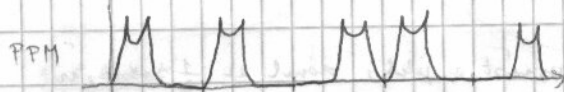


analóg,
átviteli csatorna jellegű

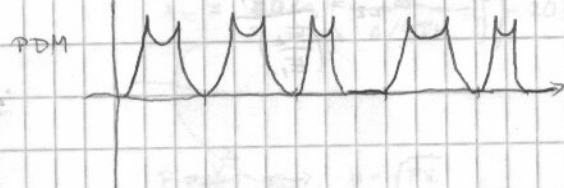
11010:



pulzus amplitúdó moduláció



pulzus pozíció moduláció



pulzus sűrűség moduláció

PAM

alt. 2 hatvány

PAM-L

↳ kárpótlás jel többletértékét
egy időegységben

pl. $PAM-2 = \{\pm 1\}$

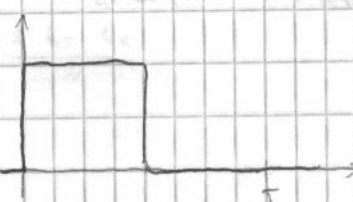
$PAM-4 = \{\pm 1, \pm 3\}$

$PAM-8 = \{\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7\}$

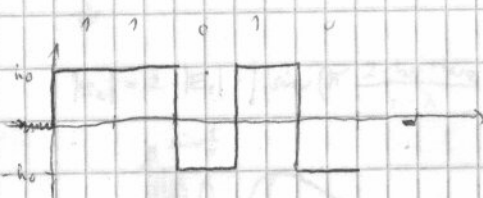
elemi jelek:

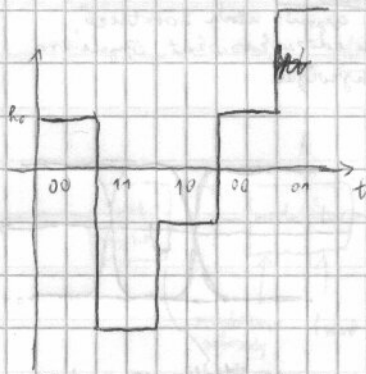


NRZ
non-return-to-zero



RZ
return-to-zero





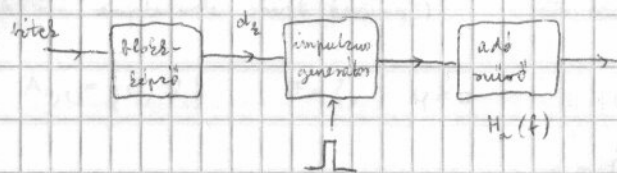
bitssebesség [bit/s]

szimbólumsebesség [szimbólum/s] = (baud)

↳ (baud rate)

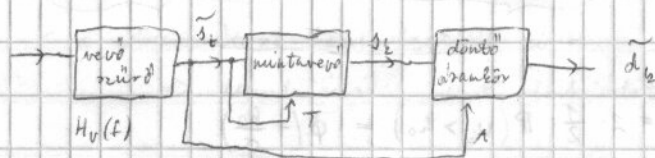
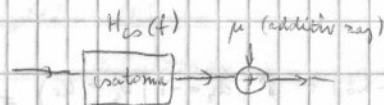
$$\rightarrow \frac{1}{T}$$

PAM rendszer blokkvázlata:



$$s_k = \sum_k d_k \cdot h_k(t - kT)$$

$$H_a(f) \xrightarrow{\mathcal{F}^{-1}} h_k(t)$$



$$H = H_a \cdot H_v \cdot H_v \xrightarrow{\mathcal{F}^{-1}} h$$

$$\tilde{s}_k = \sum_k d_k \cdot h_k(t - kT) = \sum_n d_n \cdot h(t - nT)$$

$$\tilde{s}_k = \tilde{s}_+(k \cdot T + T_0) =$$

$$\tilde{s}_k = \sum_n d_n \cdot h(kT + T_0 - nT) =$$

$$= \sum_n d_n \cdot h(T_0 + (k-n)T) =$$

$$= d_k \cdot h(T_0) + d_{k-1} \cdot h(T_0 + T) + d_{k-2} \cdot h(T_0 + 2T) + \dots + d_{k+1} \cdot h(T_0 - T) + d_{k+2} \cdot h(T_0 - 2T) + \dots$$

↓

minden oldalra kiegészítendő
másként értelmezhető is

megoldás:

H működése

$$h = \begin{cases} h(T_0) = \text{const.} \\ h(T_0 + kT) = 0 \end{cases}$$

$$k \in \mathbb{Z}$$

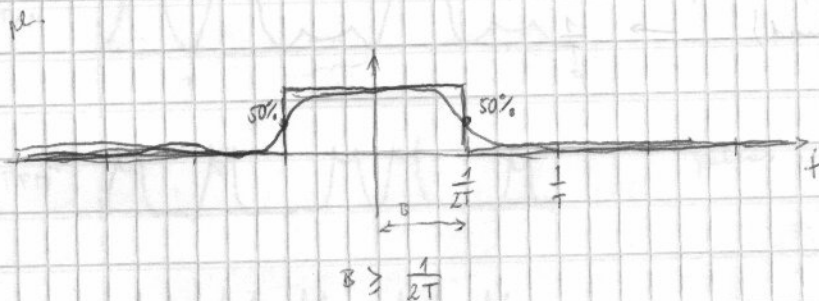
a mintavétel időközönként
másként értelmezhető

↓

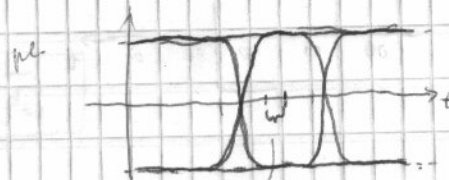
Nyquist-feltétel:

$$\sum_{\frac{1}{2}} H\left(f - \frac{2}{T}\right) = 0$$

olyan függvény kell,
amely két értéket vesz fel,
melyek közötti átlag 0,5, és
azaz az átlag értéke konstans lesz

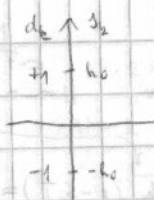


személyes:
az egyenlőség után követendő,
az időtartamot egyenlőre
még nem lehet



az ideális m.v. pont nem
az ideális körre van!

Additív zaj hatásai



$$s_k = s_k + v$$

$$P(\tilde{d}_k \neq d_k) = P(d_k = +1 | v_k < -h_0) + P(d_k = -1 | v_k > h_0) =$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot P(v_k > h_0) = \phi\left(-\frac{h_0}{\sigma}\right)$$

→ (zaj jel.: σ^2)
zaj eff.: σ

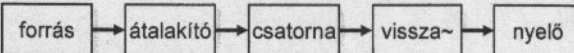
Infokommunikáció - 8. előadás

<http://tel.tmit.bme.hu/InfoKomm>

Marosi Gyula

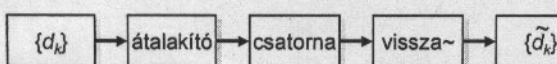
I.B.222., tel.: 1864
marosi@tmit.bme.hu

Hol tartunk?



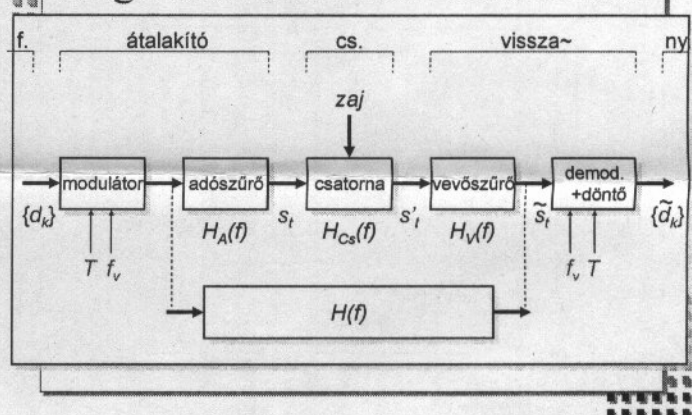
- » hang + hallás és kép + látás
- » mintavételezés + kvantálás
- » vezetett hullámú ö.k.
- » rádiós ö.k.
- » analóg modulációk
- » digitális modulációk
 - alapsávi
 - vivőfrekvenciás
- » rádiós műsorszórás
- » televíziózás
- » mobiltelefonía
- » ...

Digitális, vivős jelátvitel

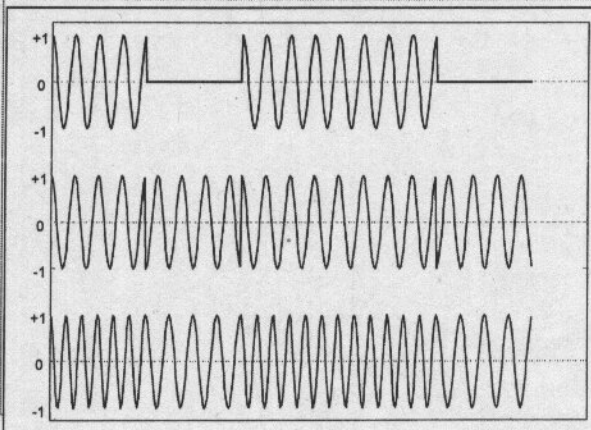


- Csatorna: analóg és "sáváteresztő" jellegű
- Forrás: bitek (bps) ↔ szimbólumok (Baud)
- Megoldási sémák: ASK, PSK, FSK, QAM, ...
- Cél:
 - » nagy bitsebesség (szimbólumsebesség)
 - » kis bithibarány (szimbólumhiba-arány)

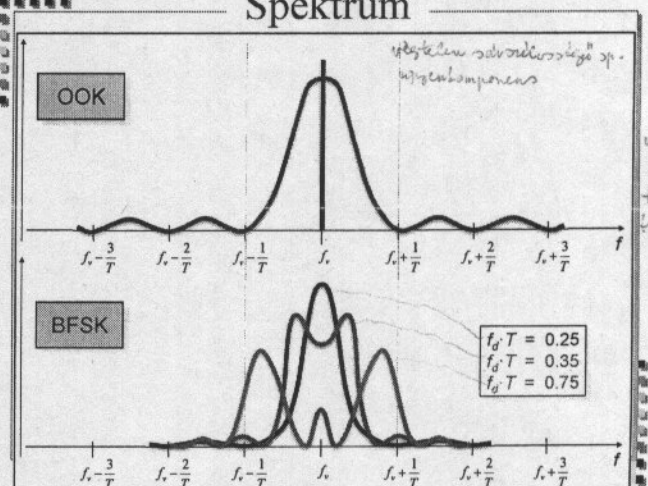
Digit mod. rendszer blokkvázlata



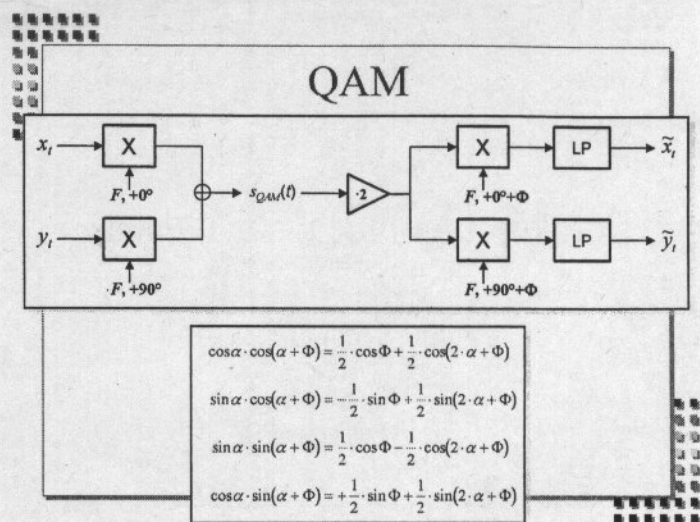
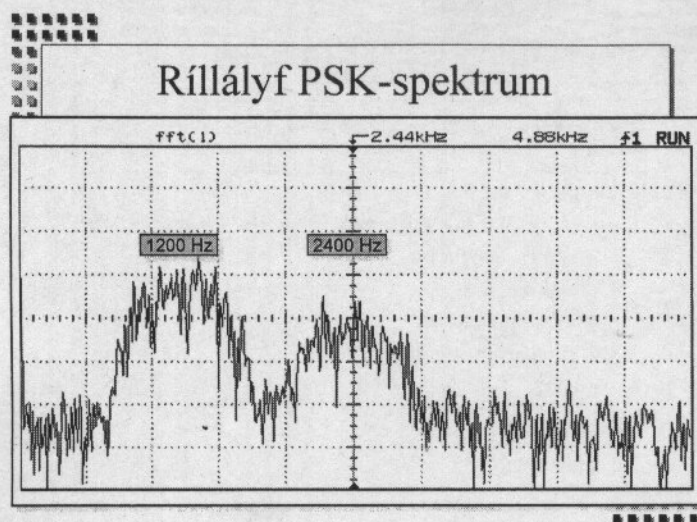
plot ($d_{OOK} \cdot \cos(t)$; $d_{PSK} \cdot \cos(t)$; $1 \cdot \cos((1+0.5 \cdot d_{PSK}) \cdot t)$)



Spektrum



optimális vivő eseten f_d értéke legfeljebb $\frac{1}{4}T$, mert ezután már nem ad a hibaarány (es ilyen jel: MFSK)

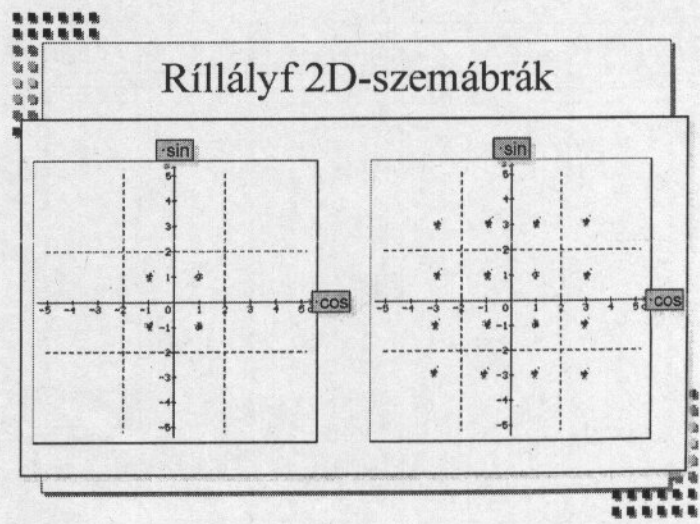
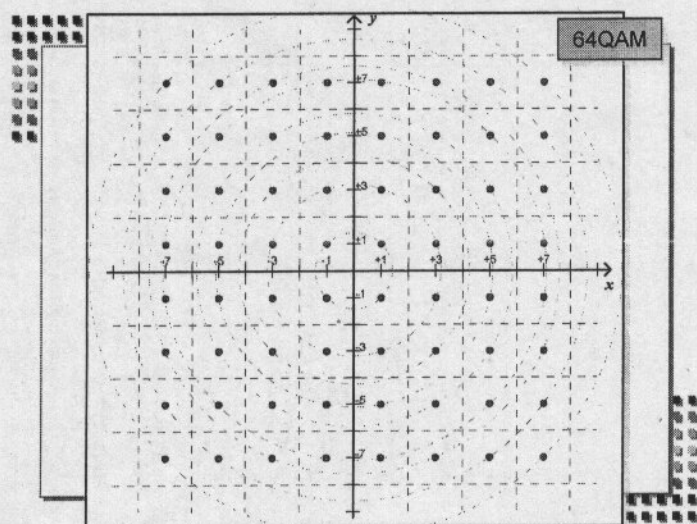
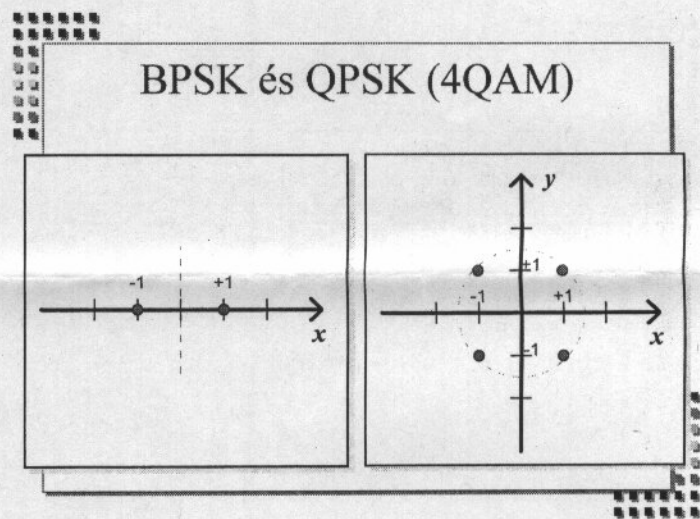


A QAM jel

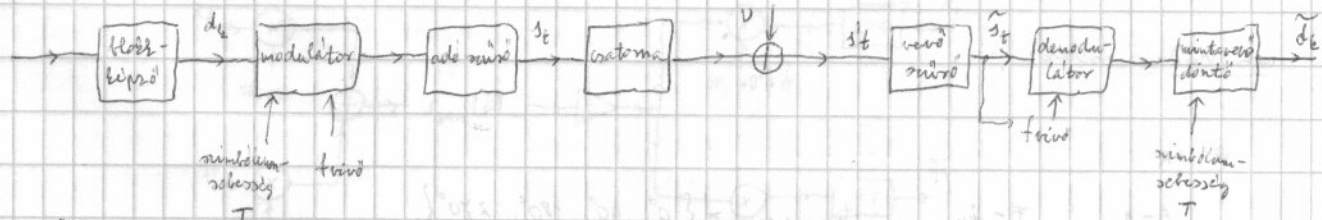
$$s_{QAM}(t) = x_i \cdot \cos(2\pi \cdot F \cdot t) + y_i \cdot \sin(2\pi \cdot F \cdot t)$$

$$s_{QAM}(t) = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \cdot \cos\left(2\pi \cdot F \cdot t - \arctan_2 \frac{y_i}{x_i}\right)$$

■ Milyen hibát okoz a demodulált jelben a szorzó demodulátor Φ fokos fázishibája?

$$\begin{aligned} \tilde{x}_i &= x_i \cdot \cos \Phi - y_i \cdot \sin \Phi \\ \tilde{y}_i &= x_i \cdot \sin \Phi + y_i \cdot \cos \Phi \end{aligned}$$


Vízfrequenciás digitális moduláció



adó csúszó: zárlatcsatlakozás (a csatlakozás csak egy bizonyos időpontban használható)
 vételi csúszó: a megfelelő sáv (amire az a jel van ami éppen kell) kiválasztására

① PAM + AM-USB → kompozit...

$$s_t = A \cos(2\pi F t + \varphi)$$

① ASK (amplitude shift keying) ill. on-off keying

$$A_{0,1} = \{0, 2\} \quad F = f_v; \quad \varphi = 0 \quad (\text{OOK} = \text{on-off keying})$$

$$s_0 = 0 \quad s_1 = \frac{A}{2} \cos 2\pi f_v t$$

$$\text{telj.: } \frac{1}{2} \cdot 0 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2^2}{2} = 1$$

megoldási módok:

- folyamatosan megy a jelgenerátor, a 0 időnél lemeredül a jel
 ⇒ demoduláció: követhet a jelzési szorzódemodulátorral, barkolód-detektátorral
- a jelgenerátort kapcsolgatják ki-be
 ⇒ demoduláció: csak barkolód-detektátorral!

$$A_{0,1} = \{-1, +1\} \quad F = f_v; \quad \varphi = 0$$

$$s_0 = -\cos 2\pi F t$$

$$s_1 = \cos 2\pi F t$$

$$\text{telj.: } \frac{1}{2} \cdot \frac{(-1)^2}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1^2}{2} = \frac{1}{2}$$

② BPSK (binary phase shift keying)

$$A = 1$$

$$F = f_v$$

$$\varphi_{0,1} = \{180^\circ, 0^\circ\}$$

$$s_0 = -\cos 2\pi f_v t$$

$$s_1 = \cos 2\pi f_v t$$

⇒ ugyanaz mint a modultás ASK

→ fontos a fázisjelenség

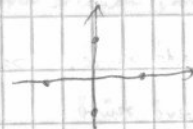
DPSK (differential phase shift keying), "differenciális fázismoduláció"
 a fázisváltástól függ a jel jelentése

név kiadás címké:

QPSK

$A=1$ $F=f_0$ $\varphi_{0,1,10,11} = \{0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ\}$

$s_{00} = \cos 2\pi f_0 t$ $s_{01} = \cos (2\pi f_0 t + 90^\circ)$
 $s_{10} = \cos (2\pi f_0 t + 180^\circ)$ $s_{11} = \cos (2\pi f_0 t + 270^\circ)$



③ FSK (frequency shift keying)

$A=1$ $F_{0,1} = \{f_0, f_1\}$ $\varphi=0$

virtuális középfrekvencia és társított körös: $f_v = \frac{f_0 + f_1}{2}$

frekv. kötés (frekvenciaelválasztás): $f_d = \frac{|f_1 - f_0|}{2}$

moduláció:

szinuszos vagy koszoszinuszos fázisú jel generálásával

demoduláció:

- frekvenciaemeléssel
- frekvenciaalválasztással (feszített rezgőkör)
- 2 külön hangolt szűrővel

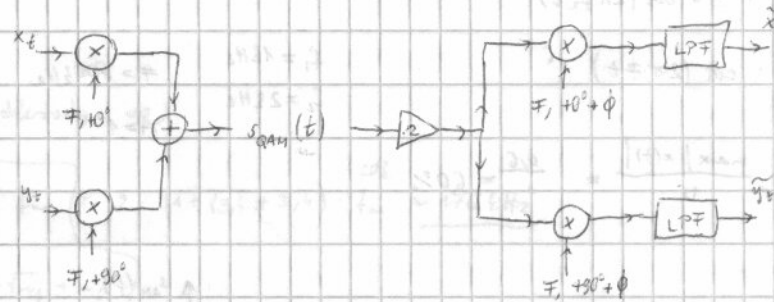
titkosítási eljárás:

több f_0, f_1 párral m.k. és valamilyen kulcs szerint periodikusan váltogatjuk vagy éppen véletlenszerűen az átvitel (frequency hopping)

QPSK demoduláció:

szinuszos jel s_{φ}	cos	sin
s_{00}	$\frac{1}{2}$	0
s_{01}	$-\frac{1}{2}$	0
s_{10}	0	$\frac{1}{2}$
s_{11}	0	$-\frac{1}{2}$

QAM



$$s_{QAM} = x_t \cdot \cos 2\pi f_v t + y_t \cdot \sin 2\pi f_v t = \sqrt{x_t^2 + y_t^2} \cos(2\pi f_v t - \arctan \frac{y_t}{x_t})$$

$$\hat{x}_t = x_t \cdot \cos \phi - y_t \cdot \sin \phi$$

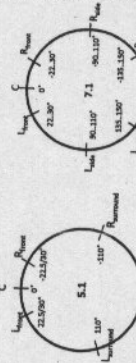
$$\hat{y}_t = x_t \cdot \sin \phi + y_t \cdot \cos \phi$$

Autlálly (InfoKomm9/1)

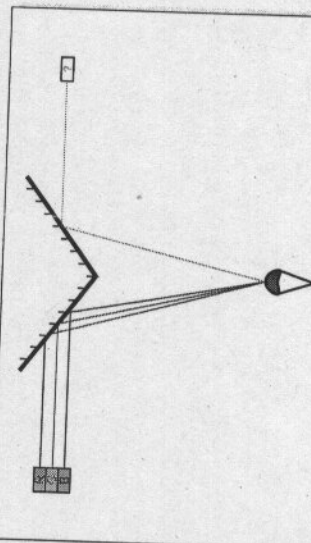
- Hang, hallás
 - » akusztikai alapok
 - » hallásunk pszichofizikai jellemzői
 - » szinuszos hangok hangossága
 - » elfedési jelenségek
 - időtartományban
 - frekvenciatarományban
 - térben
 - » fenti tudások alkalmazása
 - » többcsatornás hangrendszerek

Többcsatornás hangrendszerek

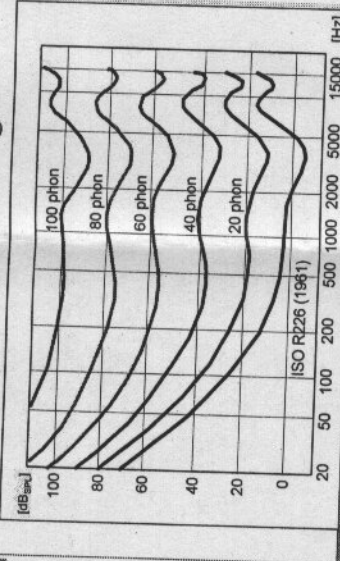
- 1: monoaurális (mono)
- 2: sztereofonikus (sztereó)
 - » duál-mono
 - » kapcsolt sztereó
- 4: kvadrofónikus (kvadro)
- $2+1+n \cdot 2$
- 5.1
- 7.1
- ...



Összehasonlító színmérés



Azonos hangosságérzetet keltő hangok görbeserege

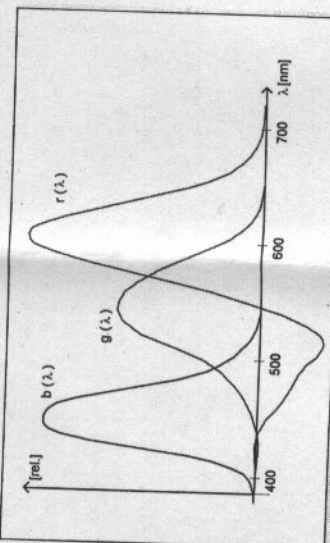


Fletcher & Munson (1933) - Robinson & Dadson (1956) - ISO R226 (1987, 2003)

Autlálly (InfoKomm9/2)

- Kép, látás
 - » fényérzékelésünk
 - » érzeti- és objektív jellemzők
 - » színmérés
 - » fényességérzet
 - » képkalkotás
 - álló~
 - mozgó~
 - » színtkülönbségi jelek
 - » "helyes" színvisszaadás, fehérégyensúly

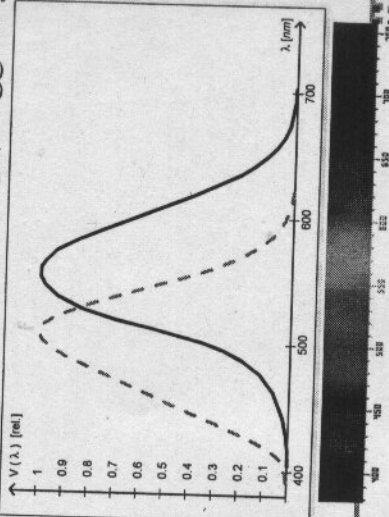
RGB - Metamer színérzet/színek



Tipikus mintavételi frekvenciák

f_s [Hz]	alkalmazás	f_s [Hz]	alkalmazás
8,000	telefonia	44,056	pre-CD, NTSC-digit
16,000	VoIP (ITU G.723, 2 · ISDN _g)	44,100	CD-Audio
22,050 (11,025)	LQ-MPEG ½ (¼) CD	48,000	DAT
32,000	miniDV, DAT _{1p} , NICAM	96,000 (192,000)	DVD-Audio, HD-DVD (audio)
37,800	CD-ROM/XA	1,000,000 oszlop	SB

CIE relatív 'láthatósági' függvény



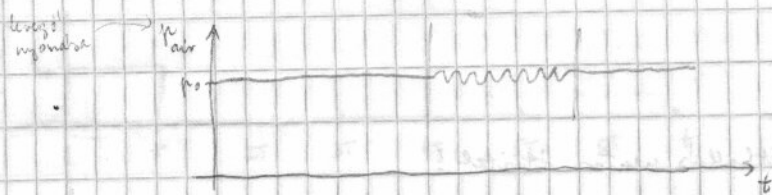
Képkalkotás

- Álló~
 - » látásunk korlátai és preferenciái
 - 2', 10' → pixelek
 - 4:3, 14:9, 16:9, ~2:1, ...
 - 20°, 10°
 - "helyes" színvisszaadás, fehérégyensúly
- Mozgó~
 - » folyamatos mozgásérzet
 - » villogásmentesség

1. Hang: hallás

a) akustikai alapok

ha a közvetítő közeg levegő $\rightarrow$ léghang



effektív hangnyomás:
$$P_{\text{sound}} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (p_{\text{air}}(t) - p_0)^2 dt} \sim \frac{1}{\sqrt{2}}$$

intenzitás:
$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot c} \sim \frac{1}{r^2}$$

↑
eff. hangnyomás

↑
pillanatnyi hangnyomás

↑
sűrűség

↑
hangseb.

hangnyomás szint:
$$SPL = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{\frac{P^2}{\rho \cdot c}}{\frac{P_0^2}{\rho \cdot c}} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad [dB_{SPL}]$$

(sound pressure level)

Is egy kimért hallási intenzitás kisért,
ami a $p_0 = 20 \mu Pa$ nyomásból jön ki, ami elméletileg
a legkisebb megérthető hangnyomás

b) hallásnak pszichofizikai jellemzése

érzeti jell.	fizikai jell.
hangosság	$\rightarrow$ SPL
hangmagasság	$\rightarrow$ a kvázi-periodikus hangok alaphévíenájá (pitch)
hangszín	$\rightarrow$ spektrum

phon: a vele azonos hangmagasságú 1 kHz-es hang hangnyomás szintje

c) elfedési jelenségek

időtartománybeli elfedési jelenségek

utóelfedési jelenség: ha megzúdul egy nagypontosságú hang, akkor a hallásunk „kimerül” egy kis időre (kb. 100 msec) a hasonló hangokat, addig nem hallunk semmit.

előelfedési jelenség: mint az utó, csak a nagy pontosságú hang előtt (az utóval szemben intenzitás függvénye miatt)

frekvenciatartománybeli elfedési jelenség:

egy nagypontosságú kétféle hang a levegőben megemeli a hallásküszöböt

az irányhallásunkhoz kötődő elfedési jelenség:

egy másik utó

ha két ugyanolyan hang különböző irányból érkezik, akkor

• nagy kétféle esetben: csak a hangosabbat fogjuk hallani

• kis kétféle esetben: csak azt halljuk, ami először érkezik meg

2. Kép, látás

a) látás: a szemmelbe jutó látható tartományban lévő e.m. hullámokból jöved jelesorozat

látható tartomány:

380-740 nm

b) a látás pszichofizikai jellemzői

érzeti jell.

fizikai jell.

világosság
fényesség

→

fényerősség (fényáram észlelése) (fényáram észlelése) (fényáram észlelése)

sínek

→

domináns hullámhossz

telítettség

→

miniatűr

c) összehasonlító számok:

színekhez hozzá a R, G, B intenzitásokkal mérhető színértéket
elő tudnak adni

látható a grafikonon, hogy RGB esetén a színek ut. felvétel állításakor negatív intenzitású vörös fény képződik... $\rightarrow$ így mégse állítható elő minden szín

Fehér: az a szín, amiben minden spektrális komponens egyformán benne van

$\rightarrow$ Mivel képest csak 3 színek is (R, G, B) ki tudjuk hozni a fehéret...
(erre csak a szemünk van beállítva)

A fényösszetételünkben az RGB kompozit arányai:

R: 30%

G: 59%

B: 11%

$$\rightarrow Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

Metamer minőség: különböző spektrális összetételű fényeket is láthatunk azonos minőségűen.

d) képalkotás

2'-on belül nem tudunk képpontokat megkülönböztetni már

(köperi)

10'-en belül nem látjuk külön a színeket, hanem összekeverednek
(keverednek)

helyes színviszonyok követelménye: nem valószínű, pontos színviszonyok kell,
hanem, a napfényrel megvilágított valóság
jellegű minőség a kívánatos

felhasznált mozgásokról keltéséhez legalább 15-20 férvillanás kell másodpercenként

azaz frekvenciája: 50-60 Hz körül

elegendő már nem látni a villogás okait

Infokommunikáció - 10. előadás

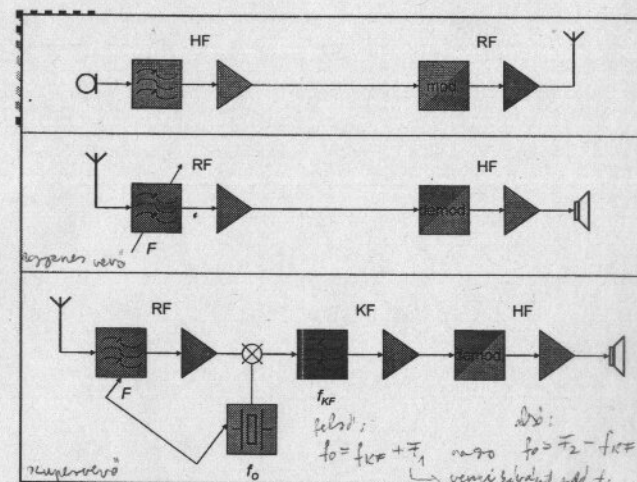
<http://tel.tmit.bme.hu/InfoKomm>

Marosi Gyula

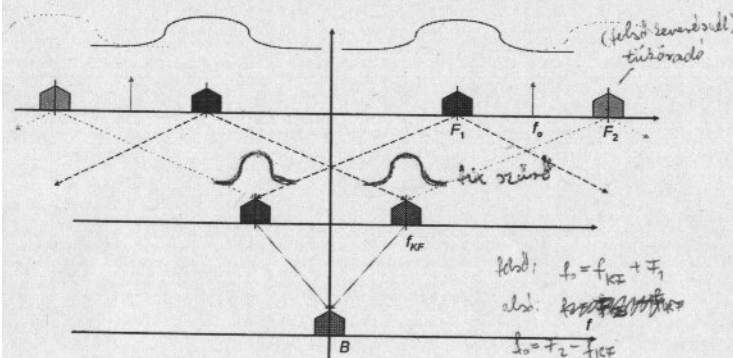
I.B.222., tel.: 1864
marosi@tmit.bme.hu

"A magyar kultúra fegyvertára erős fegyverrel gyarapodott. Ez a fegyver a most meginduló broadcasting. [...] Fogadalmat teszek arra, hogy minden üzleti szempontot háttérbe szorítva, tisztán csak a magyar kultúra szempontját szem előtt tartva fogjuk ezt a fegyvert kezelni!"

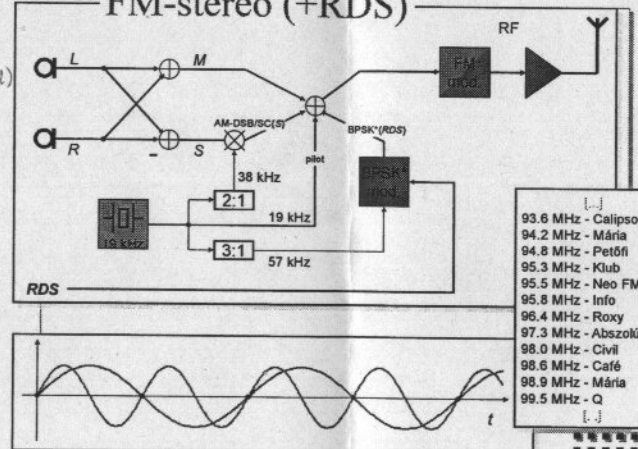
1925. december 1.
Kozma Miklós, MTI vezig.



Felső és alsó keverés, tüköradók



FM-stereo (+RDS)



Radio (Broadcast) Data System

- Sztori**
 - » 1974: gondolkodás
 - » 1984: specifikáció
 - » 1992: RBDS
 - » 1992: RDS += TMC
- Jeltovábbítás**
 - » $f_c = 57 \text{ kHz}$
 - » BPSK
 - » 1187.5 bps
 - » emelt cos., $\alpha = 100\%$
 - » illesztett szűrős struktúra
- Tartalom**
 - » Program Service
 - » Program Identification
 - » Alternative Frequencies
 - » Program Type
 - » Radio Text
 - » Traffic Announcement, Traffic Program
 - » Traffic Message Channel
 - » Clock Time

Digitális rádiózás

- (AM: gyenge minőség, FM: gyenge hatótávolság)
- Hatékony (forrás)kódolás és moduláció kell!
- Kódolás:
 - » MPEG-ből átemelve (+hibavédő kódolás is)
- Moduláció:
 - » digitális adatátvitel rákfenéje: többutas terjedés, diszperzió-ISI, fading
 - » kis T + egy vivő $\rightarrow$ nagy T + sok vivő!
 - és minden vivővel a szokásos QAM (BPSK, QPSK, ...)
 - » ortogonális vivők $\rightarrow$ "könnyű" demodulálni (DSP-vel)
 - » nagy T miatt "egyfrekvenciás" hálózatok is építhetők

Digitális rádiózás

- Digital Audio Broadcasting
 - » VHF/"Band-III" (174-240 MHz) és UHF/"L-band" (1452-1492 MHz)
 - » moduláció: OFDM + DQPSK
 - 1536 segédvivő, 1 kHz "távolságra" $\rightarrow$ 1537 kHz sáv szélesség
 - » MPEG-1 / Layer II Audio 128 kbps
 - DAB+ $\rightarrow$ MPEG-4 / High-Efficiency Advanced Audio Codec (AAC+)
- Digital Radio Mondiale
 - » RH és KH, a meglévő 9 kHz-es raszterben
 - » moduláció: OFDM + n -QAM
 - » MPEG-4 kodekek
 - » jó minőség, nagy távolságra + kis sebességű adatok
 - viszonylag...

Csak csendben, csak halkan!

9	6	3	4	2		5
2	3		5		4	
4	5		9	1		6
6	9	2	8	1		5
8	7	3	2	5	6	1
	4		6	3		
	2		7			4
	6	4	1	9	5	8
		9	4	2	5	6

Audio műsorok

forrás: hangjel (hangszórók) → mikrofon

csatola:
 - analóg — rádiócsatola
 - digitális (analóg csatolán keresztül) — rádiócsatola
 internet

nyelvi: 20...18000 Hz -ig hallható hangokat

hőmérséklet: 120 dB

~ racionális elv egy 10-50 dB-es max. hangszóró } a nyelv (ember) képeségei korlátozottak

analóg rádióadás:

adatok: HH, KH, RH, URH

frekvenciahatár:

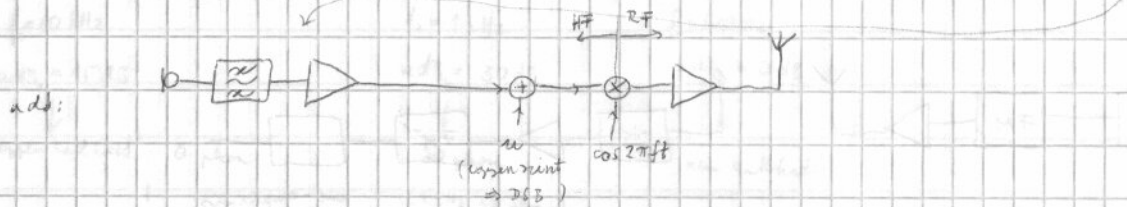
HH: 148,5 - 283,5 kHz

KH: 526,5 - 1606,5 kHz

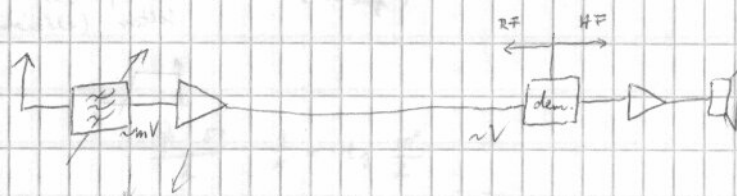
RH: 2,3 - 26,1 MHz

URH: $\begin{cases} 65,8 - 73 \text{ MHz} & \text{DIT} \\ 87,5 - 108 \text{ MHz} & \text{CCIR} \end{cases}$

AM → AM-DSB (→ modulátor) $B_{\max} = 9 \text{ kHz}$ átviteli sebesség engedélyezése egy adónak
 50 Hz ... 4,1 kHz → beáramló jel csatlakoztatása



(szuper)
 verő!



nehéz
 megfigyelni
 jöbőre hangjel
 szűrő és
 erősítés nélkül
 elég nagy
 erősítést kell adni

⇒ szuperverő → erősítés, KF (k. dia)

FM URH adás

50...153 kHz - es frekvencia határát

$f_0 = 75 \text{ kHz}$

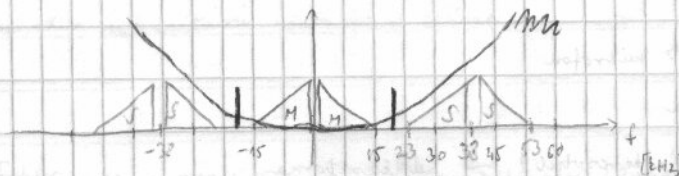
$B_{\max} = 300 \text{ kHz}$

stereo adás:

L: bal csatorna
R: jobb csatorna

$$M = \frac{L+R}{2}$$

$$S = \frac{L-R}{2}$$



19 kHz-es jelző jel (pilot)

ha stereo adás van, akkor az
alappár tudja meg ezt a jelet;
másképp ezt ki nem állítható
jelírték szerint a 38 kHz-es jel is,
ami az AM-DSB/SC demodulációhoz kell

AM-DSB/SC {S}

38 kHz

azaz: a fejben zaj érzés megcsinál
jelleget a frekvencia függvényében

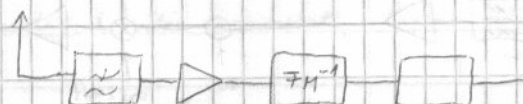
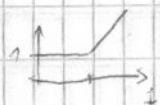
↓
a mono részt annyira nem zavarja,
de a stereo kiegészítést igen

↓
kapcsolót kellene elhelyezni a rádióban
a stereo kiegészítésre, hogy azaz
következzen a 38 kHz-es jelre
elválasztott mono vételt

zajvédésre:



(növekvő)



pre-emphasis
filter (növekvő)



Infokommunikáció - 11. előadás

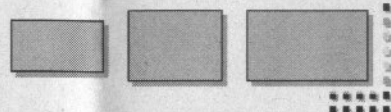
<http://tel.tmit.bme.hu/InfoKomm>

Marosi Gyula

I.B.222., tel.: 1864
marosi@tmit.bme.hu

A néző (technikai) képességhatárai

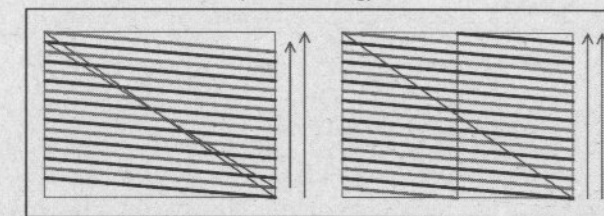
- Képfelbontás
 - » fényesség: 2'
 - » szín: 10'
- Színfelbontás
 - » árnyalat: 100
 - » színezet: (színfüggő)
- Mozgás
 - » 15..20 fps
- Villogás
 - » 45..55 Hz
- Rá(át)látás
 - » V: 20°
- Képarány



TV sorok száma

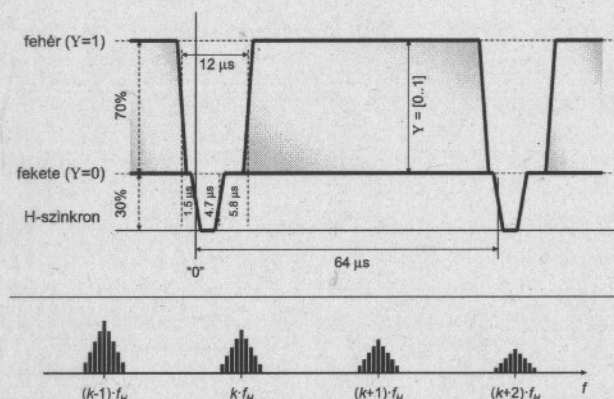
- » 3-3-3-3-5 = 405 (Anglia)
- » 3-5-5-7 = 525 USA, Japán, ...
- » 5-5-5-5 = 625 Európa, Ausztrália, Afrika, Ázsia (-J) ...
- » 3-3-7-13 = 819 (Franciaország)

Ezek páratlanok
- de vajon miért?



» 2-2-2-3-3-2-5 = 720p (1366x768, 1280x720, 1024x768)
» 2-2-2-3-3-3-5 = 1080p, 1080i (1920x1080)

A (FeFe) TV jel



Színkülönbségi jelek

- $Y = 0.3 \cdot R + 0.59 \cdot G + 0.11 \cdot B$
- » közülük 3 elegendő!
- » melyik *ne* maradjon?

$$-(R - Y) = \frac{0.59}{0.3} \cdot (G - Y) + \frac{0.11}{0.3} \cdot (B - Y)$$

$$-(G - Y) = \frac{0.3}{0.59} \cdot (R - Y) + \frac{0.11}{0.59} \cdot (B - Y)$$

$$-(B - Y) = \frac{0.3}{0.11} \cdot (R - Y) + \frac{0.59}{0.11} \cdot (G - Y)$$

NTSC, PAL, SECAM színkülönbségi jelek

- NTSC:
 $Y + QAM\{I, Q\}$

sor	sugároz	megjelenít
(n+0)	$Y_{n+0}, I_{n+0}, Q_{n+0}$	$Y_{n+0}, I_{n+0}, Q_{n+0}$
(n+2)	$Y_{n+2}, I_{n+2}, Q_{n+2}$	$Y_{n+2}, I_{n+2}, Q_{n+2}$
(n+4)	$Y_{n+4}, I_{n+4}, Q_{n+4}$	$Y_{n+4}, I_{n+4}, Q_{n+4}$

- PAL:
 $Y + QAM\{u, \pm v\}$

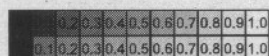
(n+0)	$Y_{n+0}, u_{n+0}, v_{n+0}$	$Y_{n+0}, (u_{n+0}+u_{n+2})/2, (v_{n+0}+v_{n+2})/2$
(n+2)	$Y_{n+2}, u_{n+2}, v_{n+2}$	$Y_{n+2}, (u_{n+0}+u_{n+2})/2, (v_{n+0}+v_{n+2})/2$
(n+4)	$Y_{n+4}, u_{n+4}, v_{n+4}$	$Y_{n+4}, (u_{n+2}+u_{n+4})/2, (v_{n+2}+v_{n+4})/2$

- SECAM:
 $Y + FM_1\{u\} \setminus FM_2\{v\}$

(n+0)	Y_{n+0}, u_{n+0}	$Y_{n+0}, u_{n+0}, v_{n+2}$
(n+2)	Y_{n+2}, v_{n+2}	$Y_{n+2}, u_{n+0}, v_{n+2}$
(n+4)	Y_{n+4}, u_{n+4}	$Y_{n+4}, u_{n+4}, v_{n+2}$

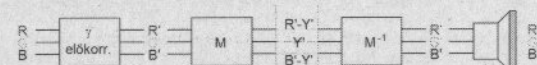
Gamma-korrekción

- Képcsőre



$$L \sim (U_{vez})^\gamma$$

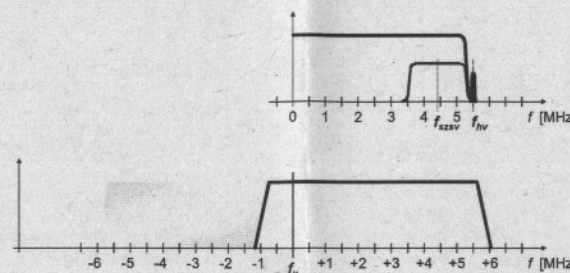
- Színes képcsőre



- Fekete-fehér képcsőre

$$(Y^{1/\gamma})^\gamma = ((0.3 \cdot R + 0.59 \cdot G + 0.11 \cdot B)^{1/\gamma})^\gamma = (0.3 \cdot R^{1/\gamma} + 0.59 \cdot G^{1/\gamma} + 0.11 \cdot B^{1/\gamma})^\gamma$$

Összetett TV-jel_(G) + AM-VSB



Teletext

- félképenként néhány sor.
- 24 betűsor · 40 db karakter
- 6.9375 Mbps
- PAM-2, NRZ, 71.4%-os emelt koszinusz
- Hamming-kód, üressor-kihagyás, repülő-ékezetek, fantom-sorok, stb. -
- ügyes mérnökök! :-)

Video műsorok

forrás: cathodó lemezek $\rightarrow$ képek $\rightarrow$ mozgóképek $\rightarrow$ színes mozgóképek
+ hang (x2, x4, ...)

csatorna:

- analóg - rádiócsatorna (VHF = VLF, UHF)
- kábel
- digitális (analóg csatorna) - rádiócsatorna
- műholdas / földi
- internet

nyelvi: két csatorna

- látás (szem)
- hang

(video műsorok / felvétel)

jelátalakítási műveletek

cépfelbontás:

$$\frac{20^\circ}{2} = 600 \text{ sor} \quad \cdot \frac{4}{3} = 800 \text{ sorok}$$

$$15-20 \text{ fps}, \quad 50-60 \text{ Hz}$$

váltakozó soros letapogatás (interlaced): pl. 25 fps, de 50 fields/sec

három és páratlan sorok

egymás után egy másodpercen

lelül (egy képsíkban kétszer is lesz felvétel)

analóg tévékben páratlan sorok elrejtése, miért??

így vertikálisan mindig ugyanannyival kell összehasonlítani egy sorot után (3. dia)

625 soros 25 fps tévék:

$$\text{soridő} = \frac{1}{625 \cdot 25} = \frac{1}{15625} = 64 \mu\text{s}$$

FF TV jel: 4. dia

"sorok" spektrum, a sorok arányosítása időtartamra van az egymástól (Európában $f_H = 625 \cdot 25 =$

$$15625 \text{ Hz})$$

feltehetően fehér zajok szintje legfeljebb 400

$$\Rightarrow B = 400 \cdot 15625 = 6,25 \text{ MHz}$$

művészetek

minimális jel:

$$Y = 0,3 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,11 \cdot B$$

$$\rightarrow 0 = 0,3 \cdot (R - Y) + 0,59 \cdot (G - Y) + 0,11 \cdot (B - Y)$$

$\{Y, C_R, C_B\}$

minimális jel

egy módszer:

a FF jelhez adjuk a nagyfrekvenciás QAM jelképet



az FF teret nem zavarja

NTSC

$$Y + QAM \{C_R, C_B\}$$

u, v $\rightarrow$ atkódolt C_R, C_B

i, q

PAL: $Y + QAM\{u, v\}$

min átlagolva 2 soronként

másik módszer:

SECAM $Y + FM_{1,2}\{u/v\}$

hangátvitel:

FM $f_{ASC} = \begin{matrix} 5,5 \\ 6,5 \end{matrix} \text{ MHz}$ $f_0 = 50 \text{ kHz}$
 ↓
 audio subcarrier

összetett videójel:

