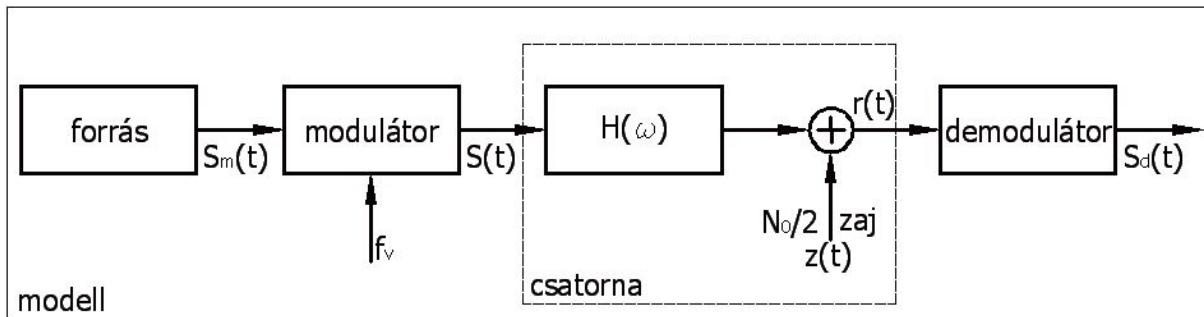


Analóg modulációk



Ahol $S_m(t)$ a moduláló jel, az $S(t)$ a modulált jel, $H(\omega)$ a csatorna átviteli függvénye, $z(t)$ additív Gaussi-zaj, $r(t)$ a vett jel és $S_d(t)$ a demodulált jel.

A moduláció célja: kisugározhatóság, csatornamegosztás frekvenciában (időben, kódban...).

$S_d(t)$ demodulált jel legyen torzítatlan [kapjuk vissza $S_m(t)-t$], sávszélessége legyen minimális (B_{RF}), adóteljesítmény legyen minimális (energiatakarékosság), a kimeneti jel-zaj viszony legyen maximális (S/N_d).

Az általános modulált jel:

$$S(t) = a(t) \cdot \cos[\Theta(t)]$$

Ha $a(t) \leftarrow S_m(t)$ akkor amplitúdó modulációról, ha $\Theta(t) \leftarrow S_m(t)$ akkor szögmodulációról beszélünk.

Amplitúdó moduláció – AM:

$\Theta(t) = \omega_v \cdot t + \Phi(t)$ ahol $\Phi(t)$ lehet nulla. Ekkor $S(t) = a(t) \cdot \cos(\omega_v \cdot t)$. Ha ezt Fourier-transzformáljuk, akkor a következőt kapjuk (felhasználva a \cos függvény Euler-féle egyenletét):

$$\Im\{S(t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \cdot e^{-j\omega t} dt = \frac{1}{2} \cdot A(f - f_v) + \frac{1}{2} \cdot A(f + f_v)$$

AM-DSB-NSC: Amplitúdó Moduláció – Két Oldalsávos – Nem Elnyomott Vivővel:

$$a(t) = U_v + S_m(t) \Rightarrow S(t) = [U_v + S_m(t)] \cdot \cos(\omega_v \cdot t) = U_v \cdot \cos(\omega_v \cdot t) + S_m(t) \cdot \cos(\omega_v \cdot t)$$

A spektruma pedig:

$$S(f) = U_v \cdot \delta(f - f_v) + S_m(f) * \left[\frac{1}{2} \delta(f - f_v) + \frac{1}{2} \delta(f + f_v) \right] \text{ ahol } U_v \text{ a vivő jelszintje.}$$

Ha a moduláló jel szinuszos, akkor:

$$S_m(t) = U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \text{ ahol } U_m \text{ a moduláló jel jelszintje.}$$

Behelyettesítve ezt a modulált jel kifejezésébe:

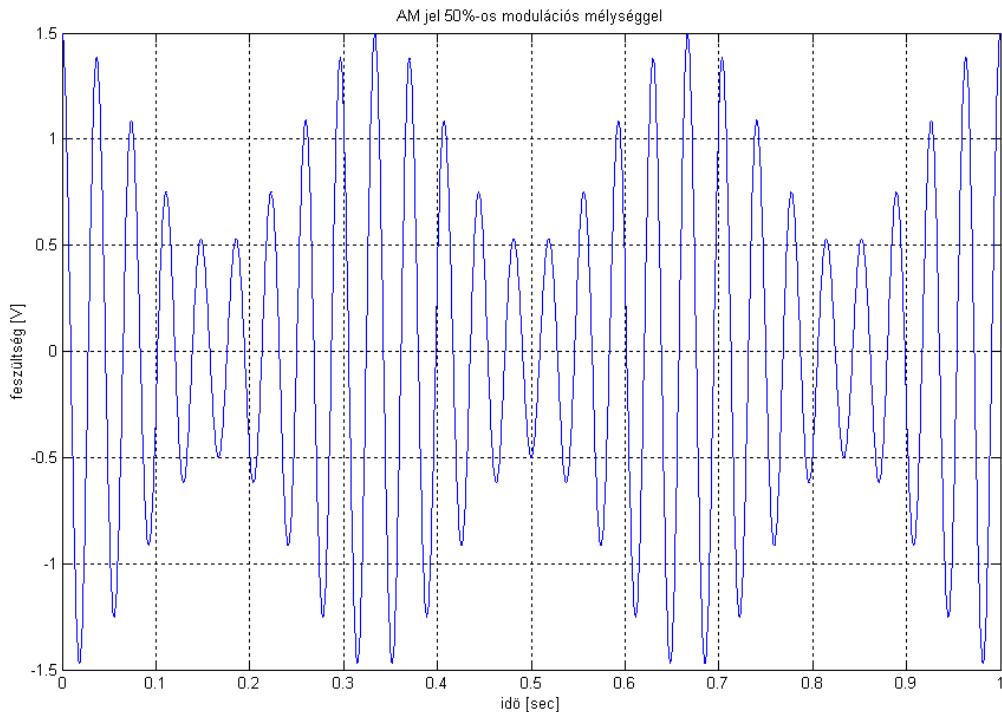
$$S(t) = U_v \cdot \cos(\omega_v \cdot t) + U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \cdot \cos(\omega_v \cdot t)$$

$$S(t) = U_v \cdot \cos(\omega_v \cdot t) + U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \{\cos[(\omega_v - \omega_m) \cdot t] + \cos[(\omega_v + \omega_m) \cdot t]\}$$

Ennek (egyoldalas) spektruma pedig:

$$S(f) = U_v \cdot \delta(f - f_v) + U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \{\delta[f - (f_v - f_m)] + \delta[f - (f_v + f_m)]\}$$

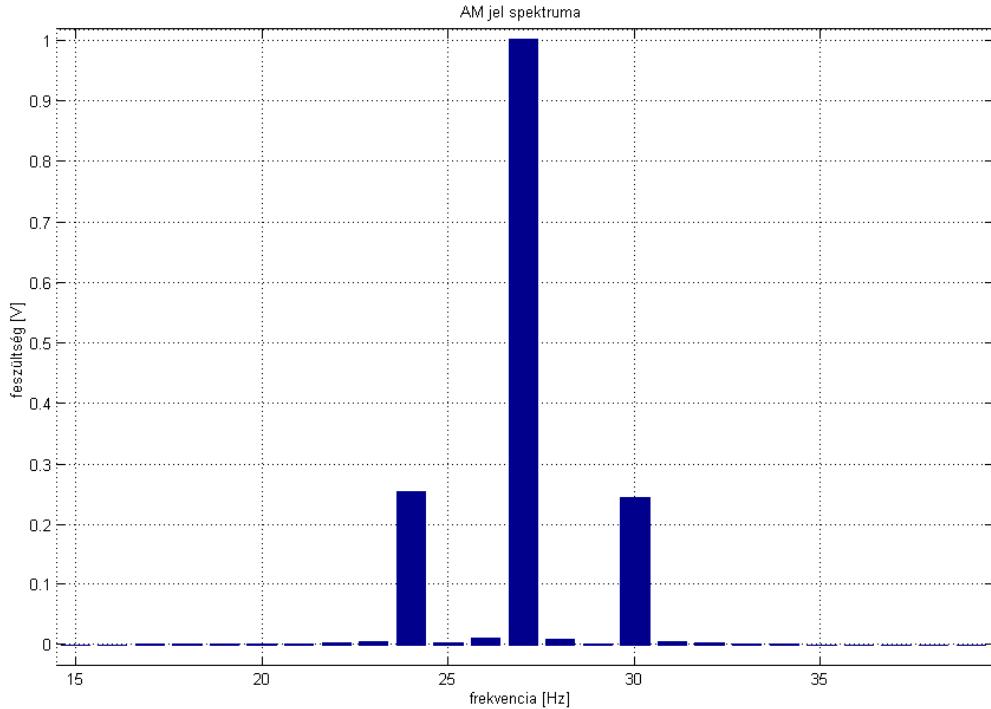
A modulált jel időtartománybeli alakja a következő:



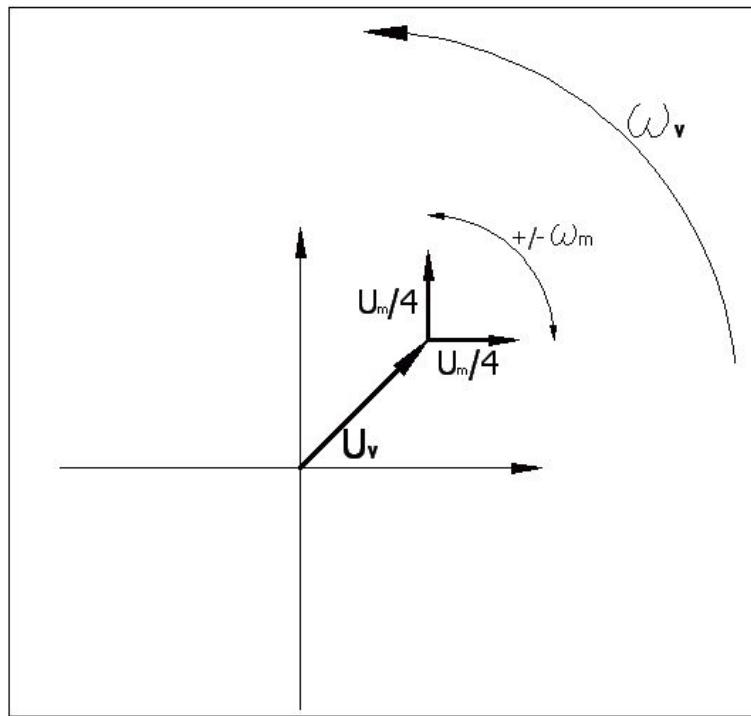
Ebben az esetben a modulációs mélység a következő:

$$m = \frac{U_m}{U_v} \leq 100\%$$

Az előbbi jel spektruma:

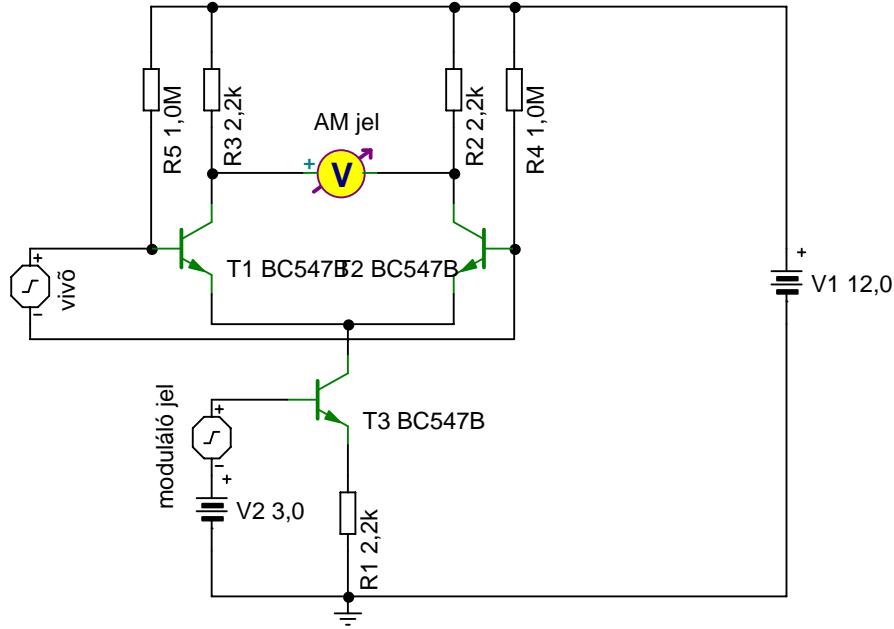


A vivőfrekvenciával forgó koordináta rendszerben vektoriálisan pedig:

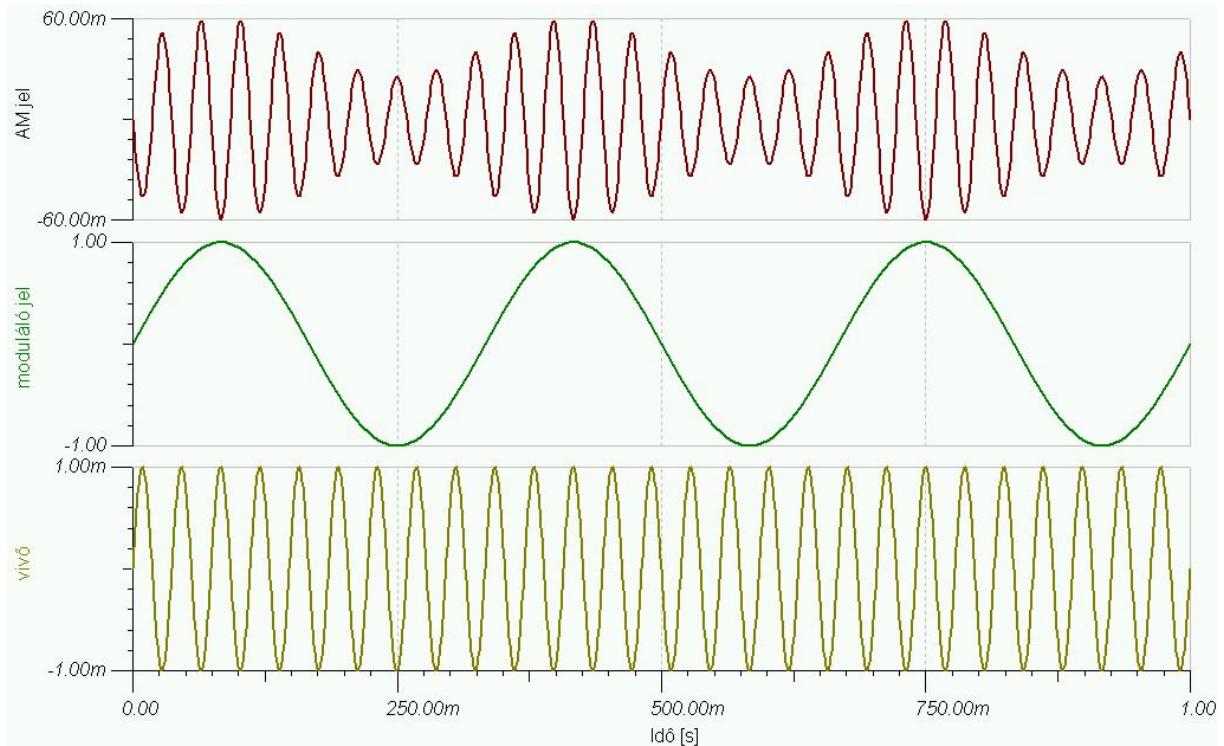


A modulátor és a demodulátor gyakorlati megvalósításai a következők:

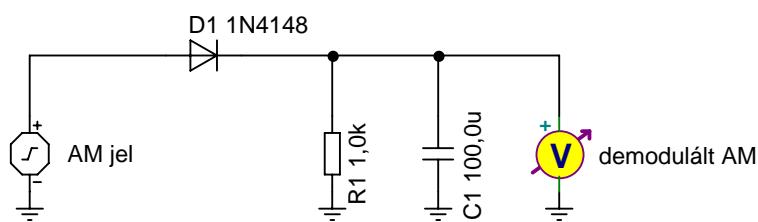
A modulátor egy olyan differenciál erősítő, melynek erősítését a moduláló jel ütemében változtatjuk (a két felső tranzisztor emitterárama megváltozik, és ennek hatására a fokozat erősítése is).



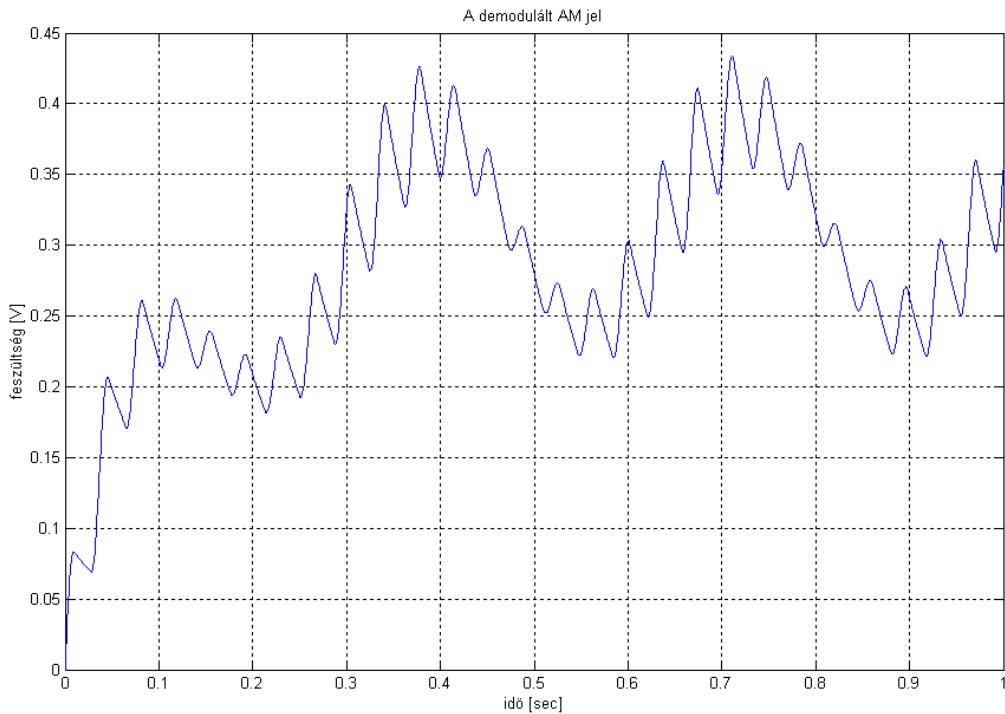
A modulátor



A modulátor be- és kimeneti jelei



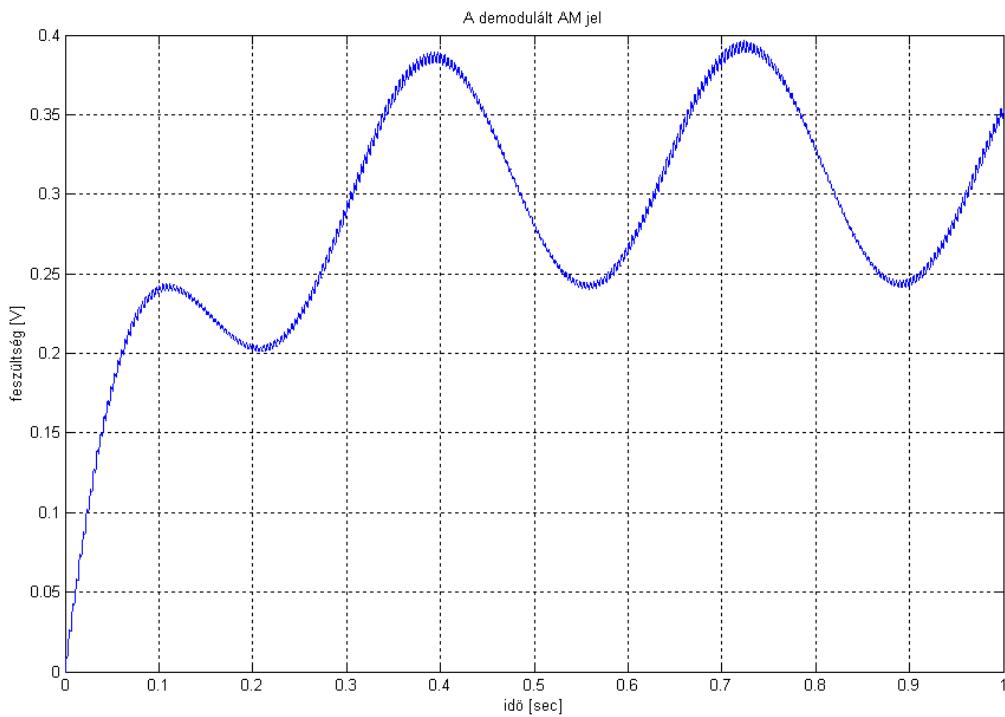
A diódás demodulátor



A demodulált AM jel

Az előző ábrán látható AM jel esetén a vivőfrekvencia 27, a moduláló frekvencia 3 Hz volt. Ilyen frekvenciák mellett az aluláteresztő szűrő nem képes hatékonyan szűrni, azonban a gyakorlatban a moduláló és a vivőjel frekvenciája között legalább két nagyságrend különbség szokott lenni.

Ha a vivő frekvenciáját 10-szeresére emeljük, akkor a demodulált jel a következő lesz:



Ami a bekapcsolási tranziens lecsengése után torzítatlannak mondható.

AM-DSB-SC = Elnyomott vivőjű kétoldalsávos AM jel:

Mivel a vivő nem hordoz információt, emiatt energiát spórolunk, ha nem sugározzuk ki csak a két oldalsávot. Az ennek megfelelő moduláló jel: $a(t) = S_m(t)$.

A modulált jel $S(t) = S_m(t) \cdot \cos(\omega_v \cdot t)$.

A modulált jel spektruma pedig:

$$S(f) = S_m(f) * \left[\frac{1}{2} \delta(f - f_v) + \frac{1}{2} \delta(f + f_v) \right].$$

Ha a moduláló jel szinuszos, akkor: $S_m(t) = U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$.

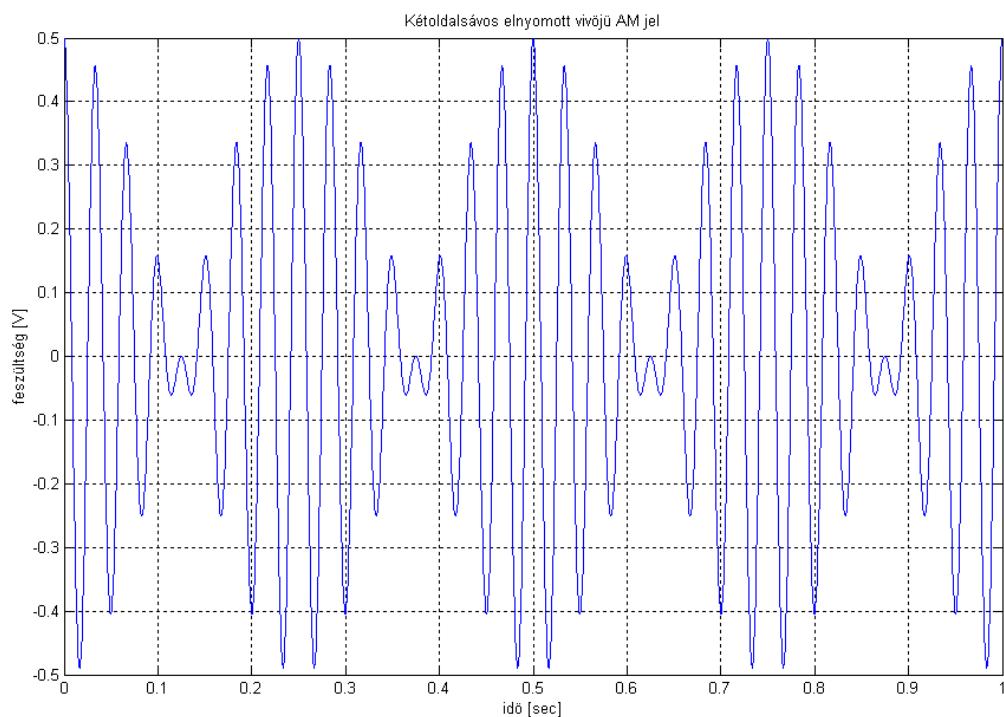
Behelyettesítve ezt a modulált jel kifejezésébe:

$$S(t) = U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \cdot \cos(\omega_v \cdot t)$$

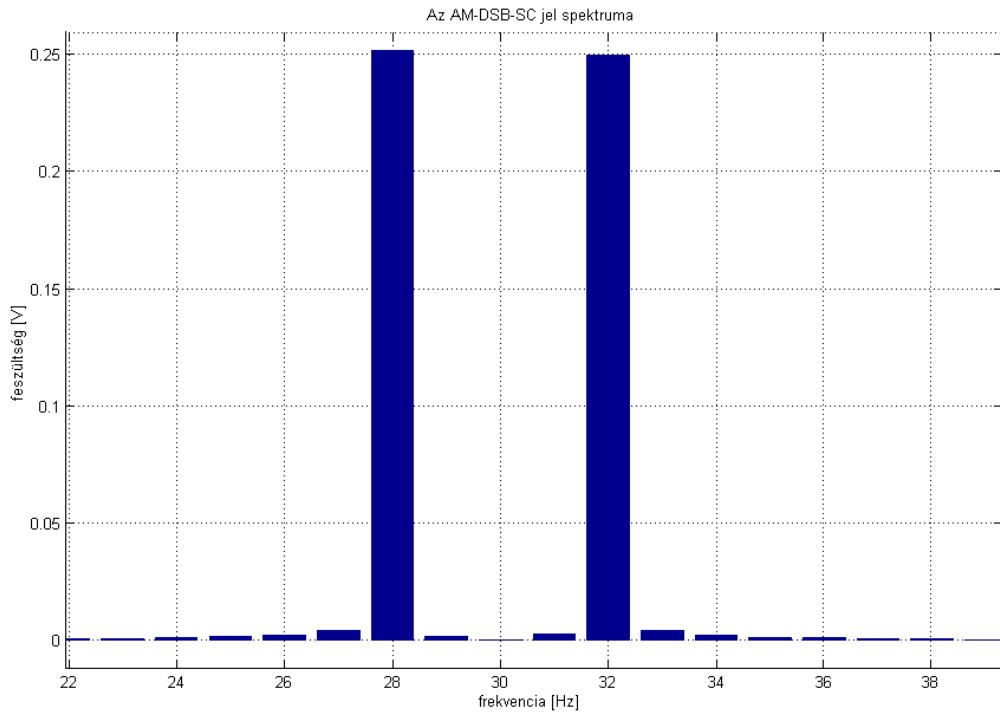
$$S(t) = U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \{\cos[(\omega_v - \omega_m) \cdot t] + \cos[(\omega_v + \omega_m) \cdot t]\}$$

Ennek (egyoldalas) spektruma pedig:

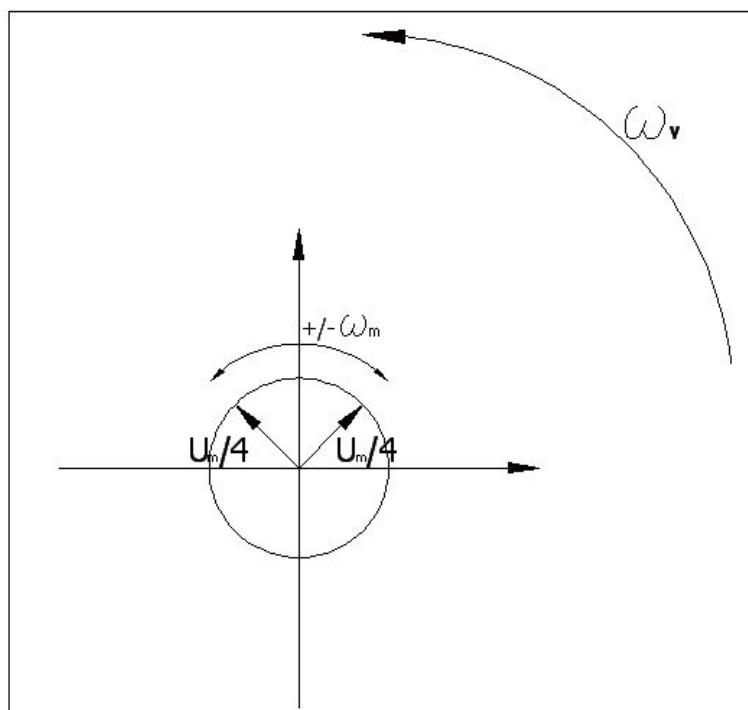
$$S(f) = U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \{\delta[f - (f_v - f_m)] + \delta[f - (f_v + f_m)]\}$$



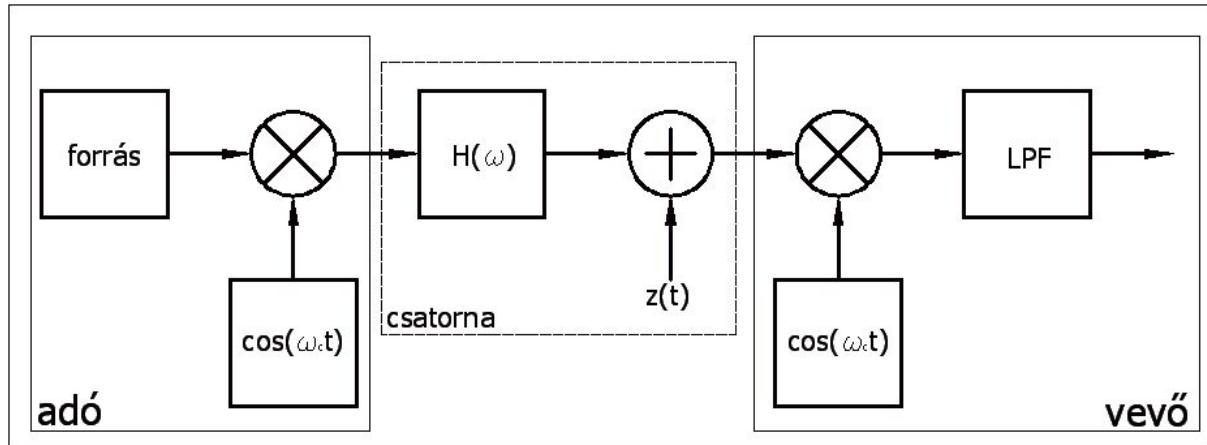
Fázisugrások a moduláló jel null-átmeneteinél. A jel spektruma:



Nincs vivő, csak két oldalsáv

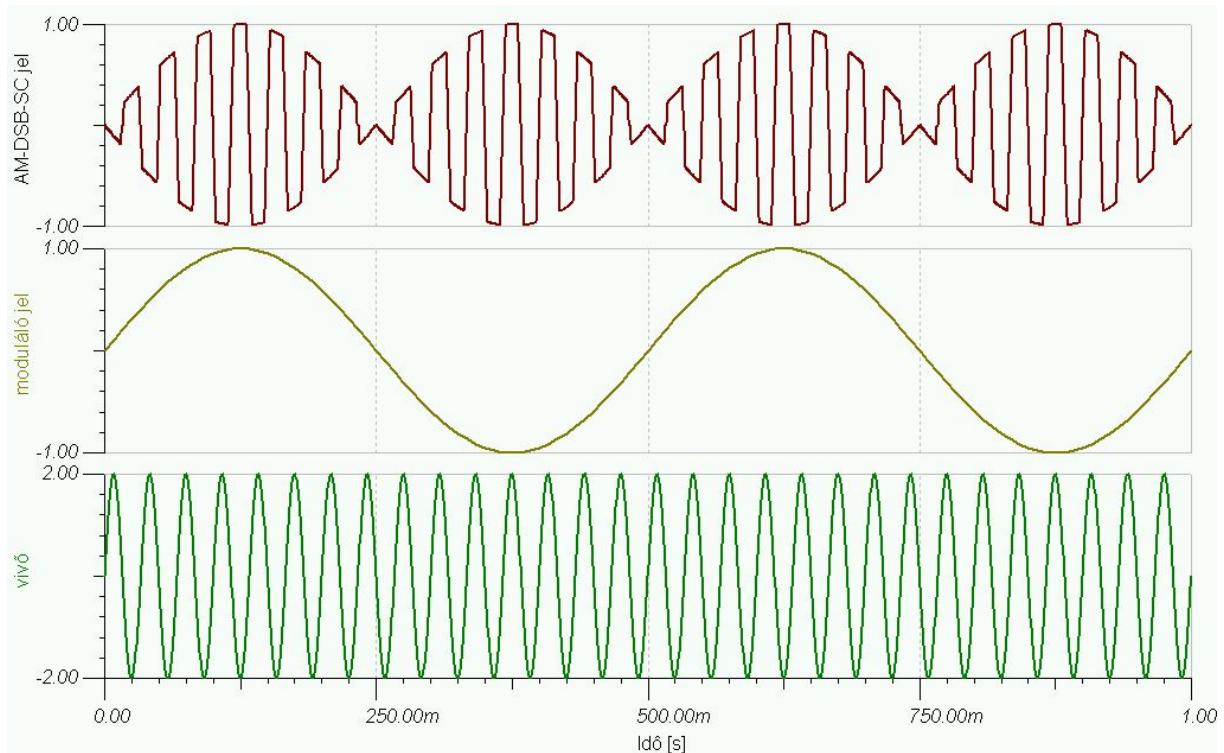
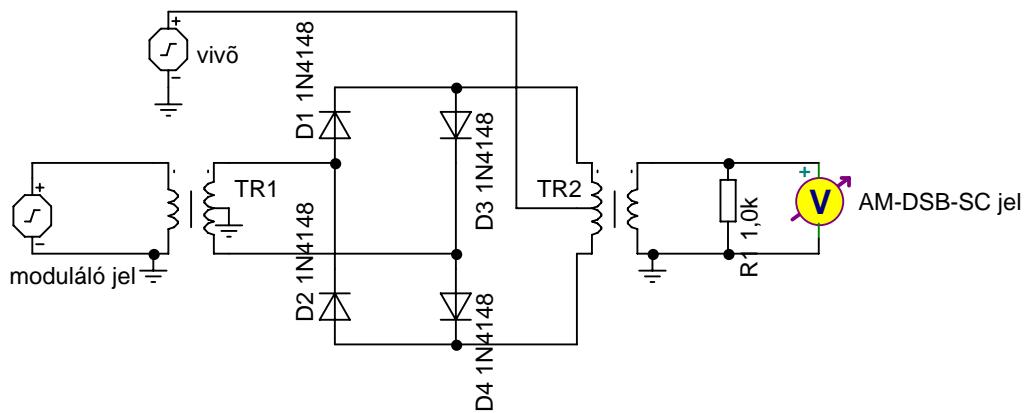


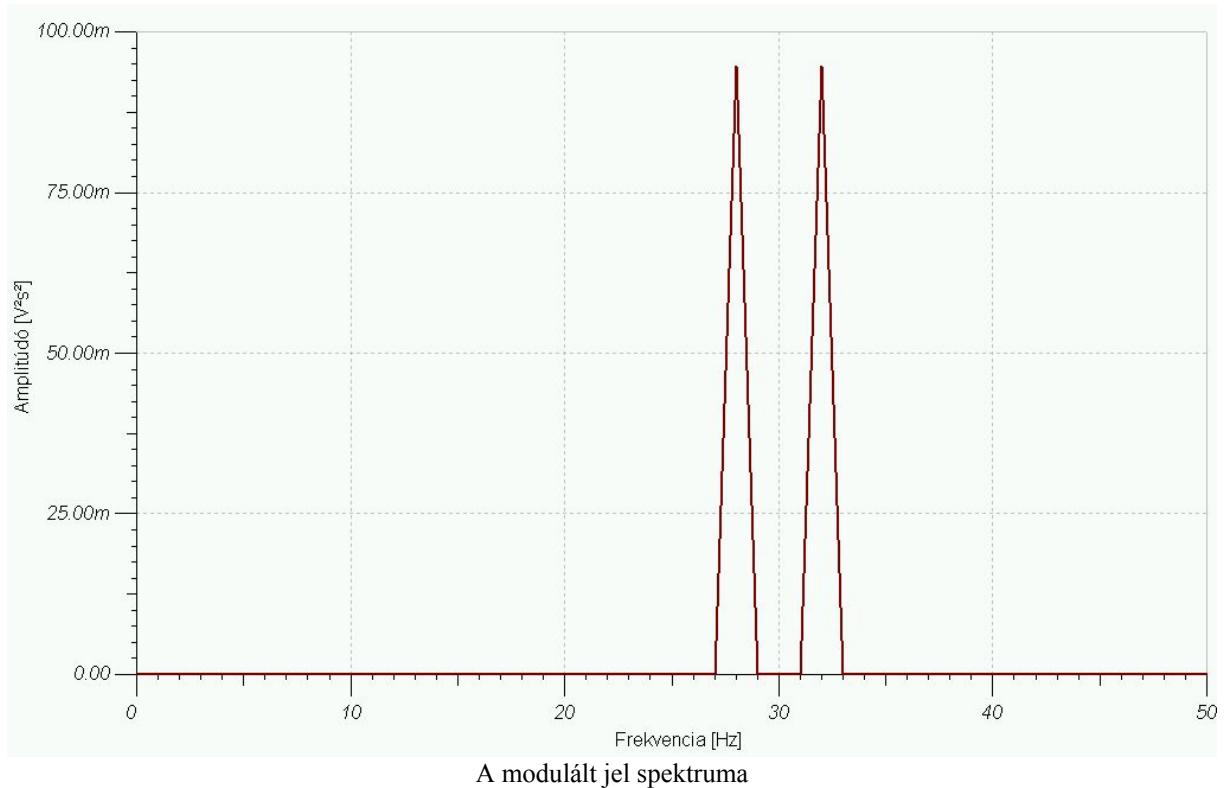
A teljes rendszer blokkvázlata:



A vevőben levő aluláteresztő szűrő (LPF) a kétszeres frekvenciájú komponenseket hivatott kiszűrni (alapsávra keverünk vissza).

Az előbbi ábrán látható szorzók alatt a következő áramkört értem:





Mivel minden oldalsáv ugyanazt az információt hordozza, ezért elegendő csak az egyiket kisugározni. Ekkor kapjuk a következő jelet:

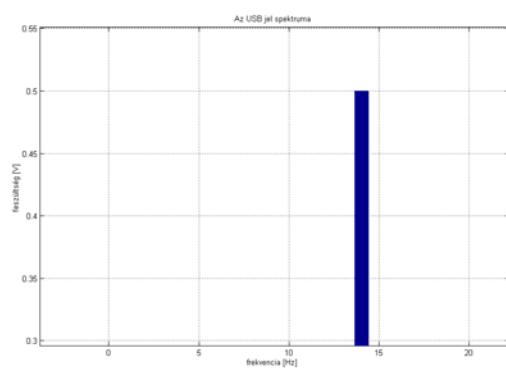
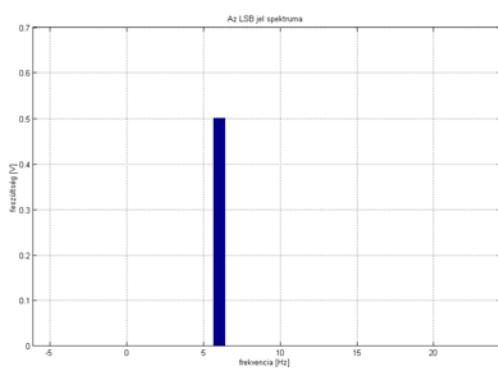
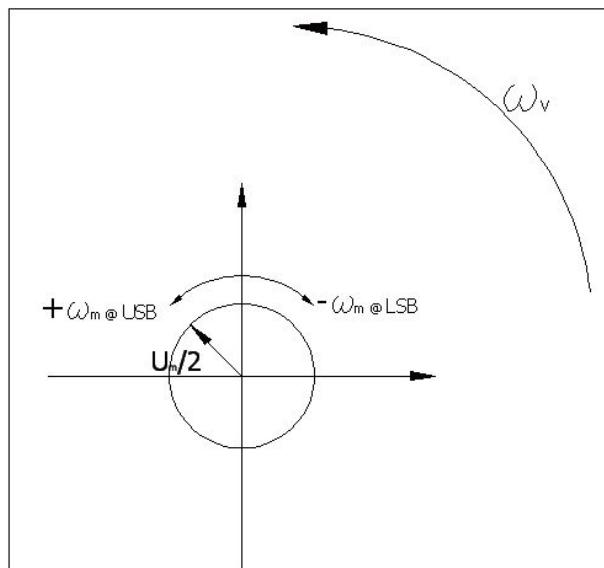
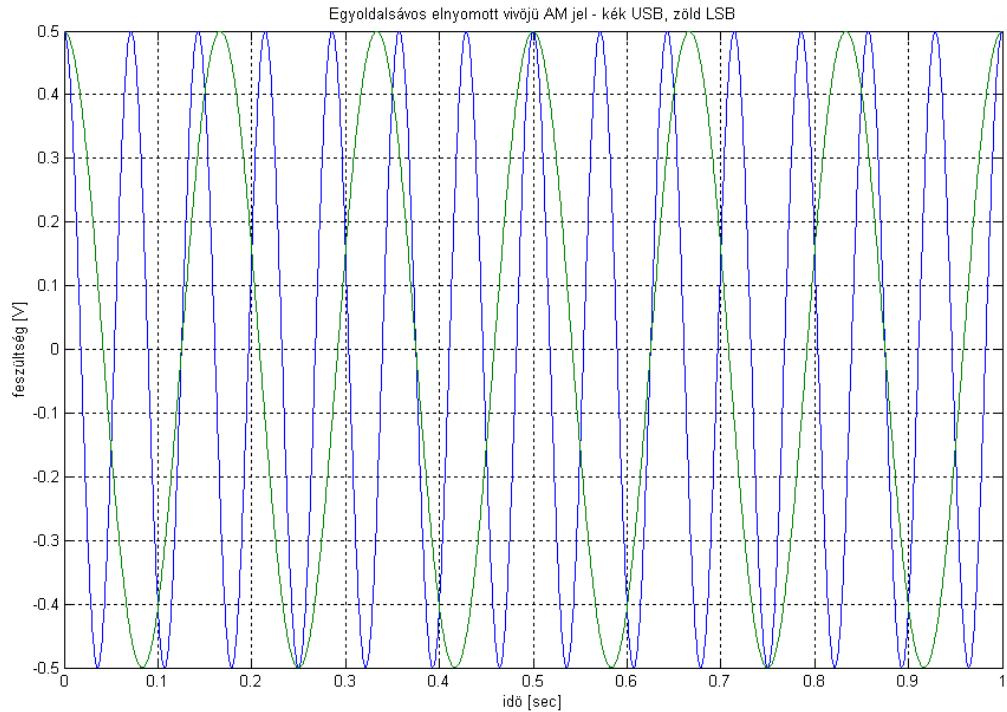
AM-SSB-SC = egyoldalsávos elnyomott vivőjű AM jel:

$$S(t) = U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos[(\omega_v \pm \omega_m) \cdot t] \text{ és + ha felső (USB), - ha alsó (LSB) oldalsáv.}$$

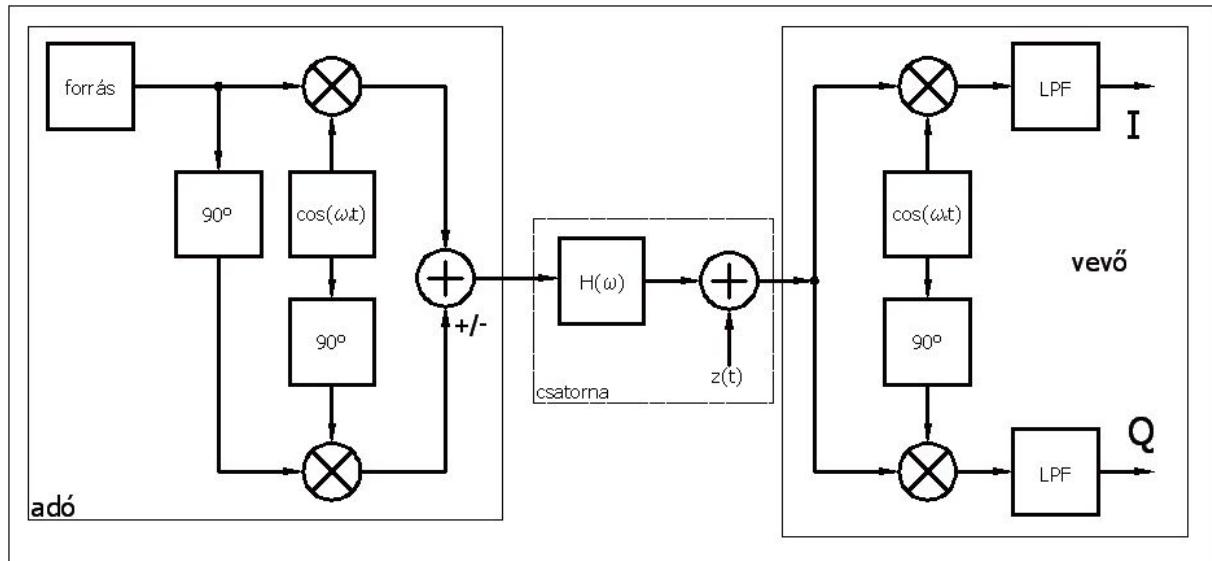
Ennek (egyoldalas) spektruma pedig:

$$S(f) = U_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \delta[f - (f_v \pm f_m)]$$

A szinuszmodulált USB és LSB jelek a következők:



Az SSB modulátor és demodulátor a következő:



Az adóban az összegzönél a + USB-t, a - LSB eredményez

Az AM jel sávszélessége:

$$B_{AM} = 2 \cdot f_{m,\max}$$

Szögmodulációk – PM és FM:

$$a(t) = U_v = \text{állandó}$$

Fázismoduláció:

$$\Theta(t) = \omega_v \cdot t + \Phi(t)$$

$$\Phi(t) = k_{PM} \cdot S_m(t)$$

$$S(t) = U_v \cdot \cos[\Theta(t)] = U_v \cdot \cos[\omega_v \cdot t + k_{PM} \cdot S_m(t)]$$

ahol k_{PM} a fázismodulációs tényező.

Szinuszos moduláló jel esetén:

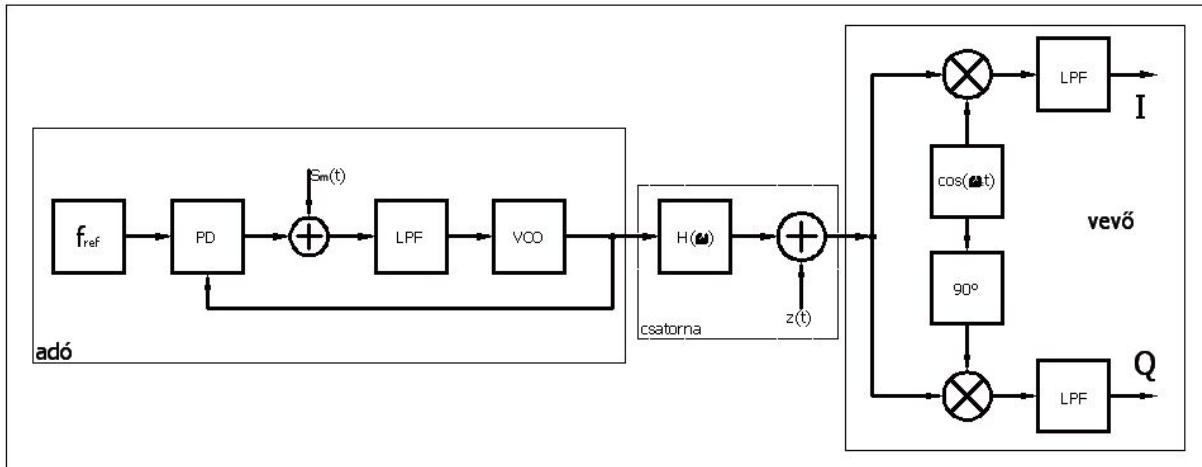
$$S_m(t) = U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$$

$$S(t) = U_v \cdot \cos[\omega_v \cdot t + k_{PM} \cdot U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)] = U_v \cdot \cos[\omega_v \cdot t + \Phi_D \cdot \cos(\omega_m \cdot t)]$$

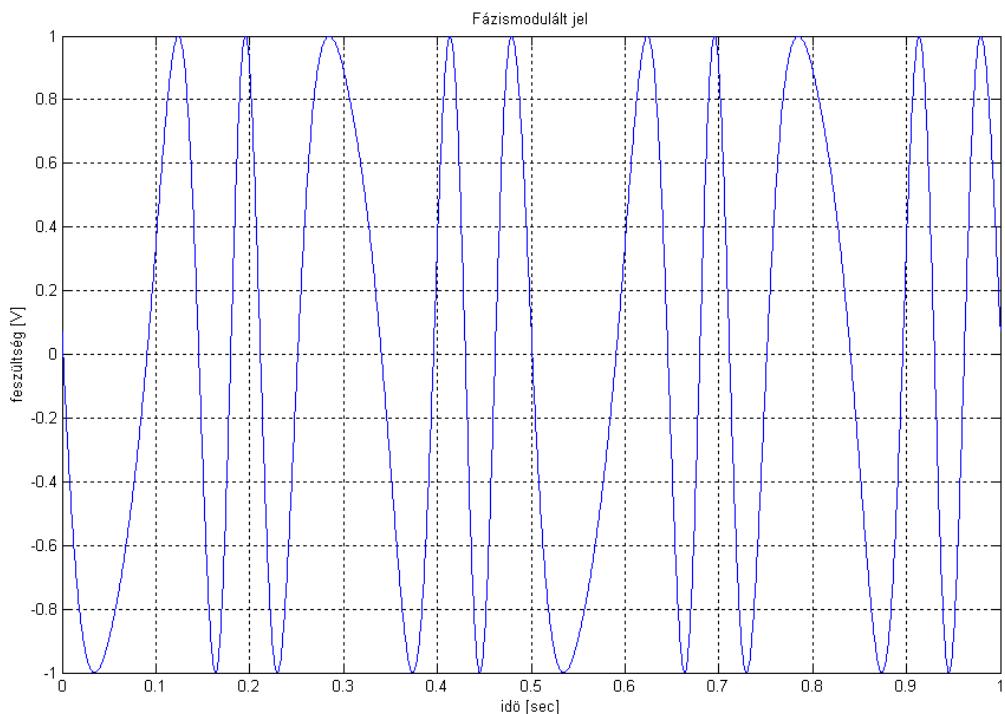
A fázislöket definíció szerint:

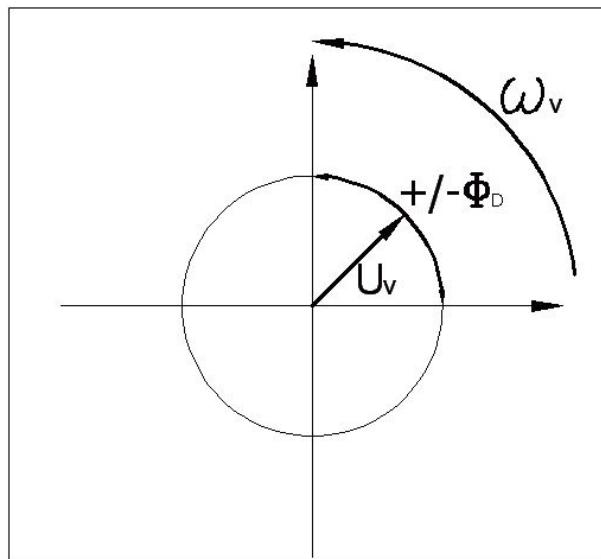
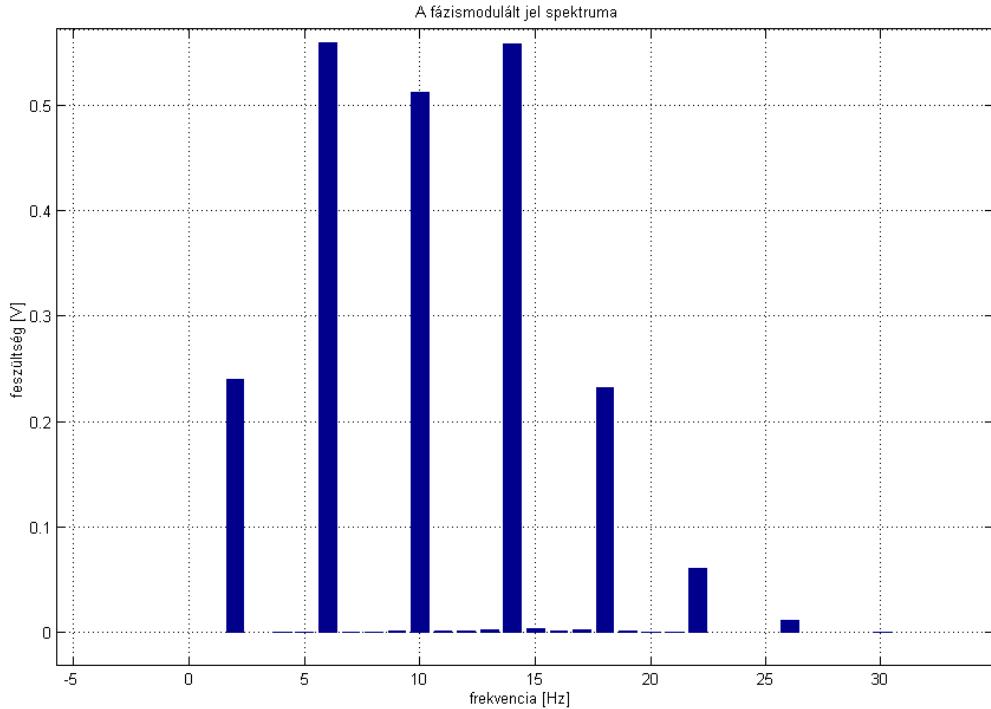
$$\Phi_D = k_{PM} \cdot U_m$$

Egy lehetséges PM adó-vevő lánc a következő:



ahol f_{ref} a referencia frekvencia, PD a fázisdetektor (digitális jelek esetén egy XOR kapu), VCO pedig a feszültség vezérelt rezgéskeltő.





Frekvenciamoduláció:

$$f_p(t) = f_v + k_{FM} \cdot S_m(t)$$

$$\Theta(t) = \omega_v \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \cdot \int S_m(t) dt$$

$$S(t) = U_v \cdot \cos[\Theta(t)] = U_v \cdot \cos[\omega_v \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \cdot \int S_m(t) dt]$$

ahol k_{FM} a frekvencia modulációs tényező.

Színuszos moduláló jel esetén:

$$S_m(t) = U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$$

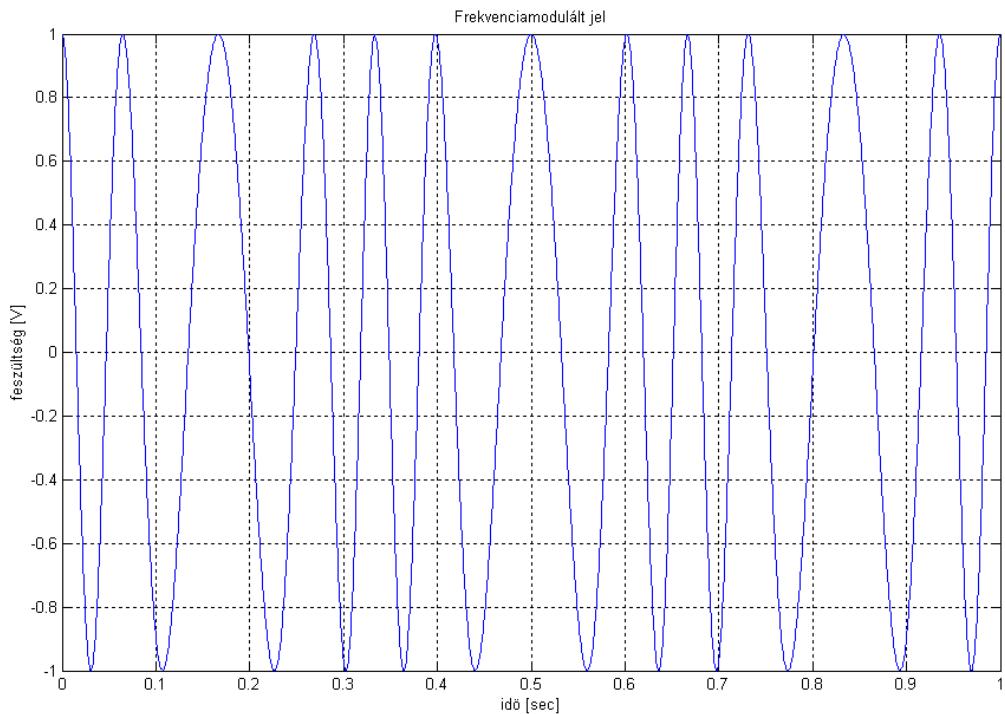
$$S(t) = U_v \cdot \cos\left[\omega_v \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \int U_m \cdot \cos(\omega_m \cdot t) dt\right] = U_v \cdot \cos\left[\omega_v \cdot t + 2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \cdot U_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \frac{1}{\omega_m}\right]$$

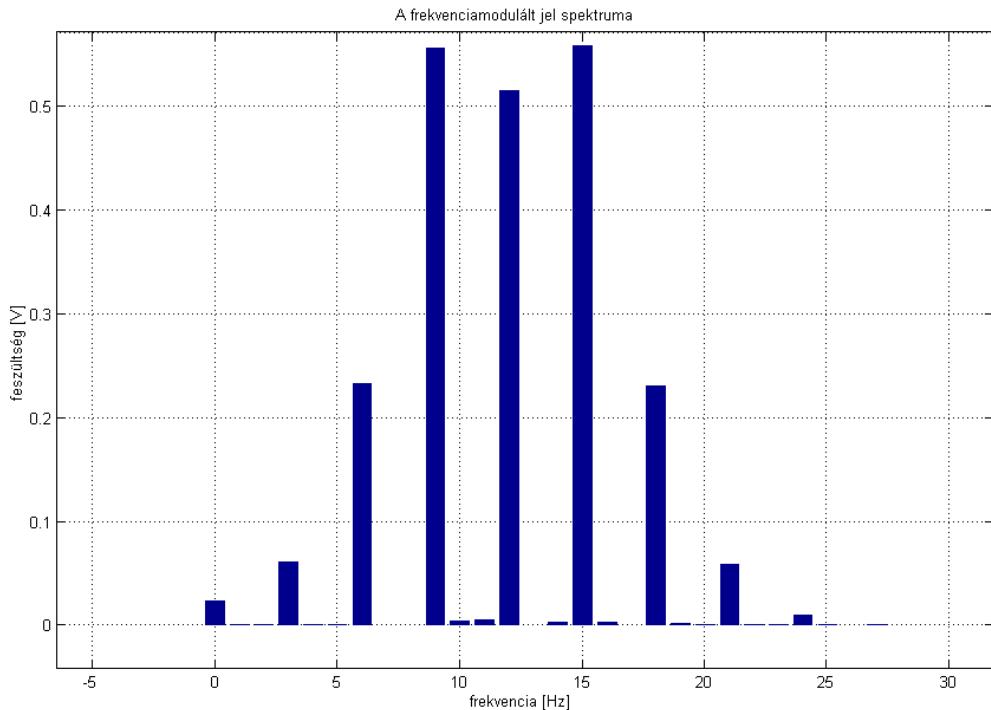
$$2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \cdot U_m \cdot \frac{1}{\omega_m} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{FM} \cdot U_m}{2 \cdot \pi \cdot f_m} = \frac{k_{FM} \cdot U_m}{f_m} = \frac{f_D}{f_m} = m$$

ahol f_D a frekvencialöket, m pedig a modulációs index.

Az új jelölésekkel az FM jel:

$$S(t) = U_v \cdot \cos\left[\omega_v \cdot t + \frac{f_D}{f_m} \cdot \sin(\omega_m \cdot t)\right] = U_v \cdot \cos\left[\omega_v \cdot t + m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)\right]$$





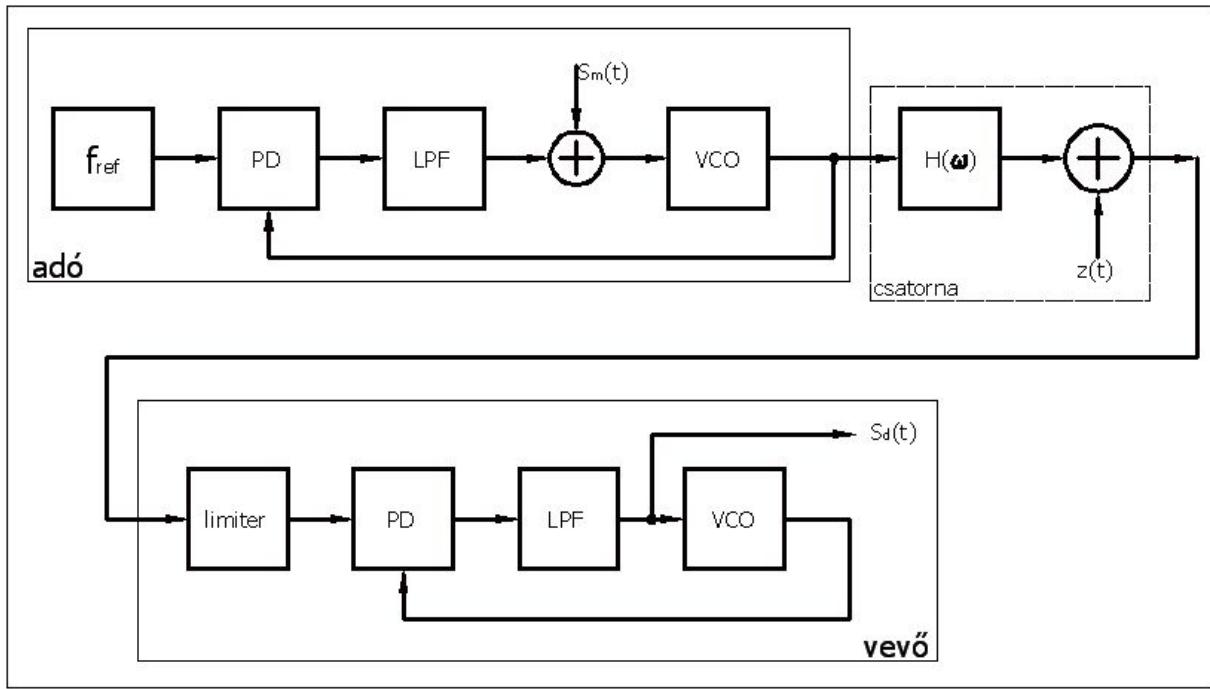
Az FM jel sávszélessége:

$$B_{FM} = \begin{cases} 2 \cdot f_m & \leftarrow m \leq 0,1 \\ 2 \cdot f_D & \leftarrow m \geq 10 \\ 2 \cdot f_m + 2 \cdot f_D + 2 \cdot \sqrt{f_m \cdot f_D} & \leftarrow 0,1 \leq m \leq 10 \end{cases}$$

A gyakorlatban a 99%-os jelenergiához tartozó sávszélességet a Carson-képlet határozza meg:

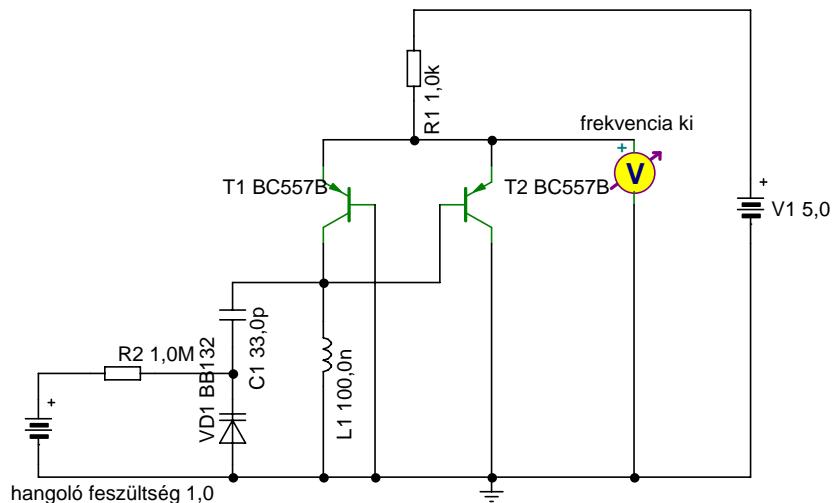
$$B_{FM} = 2 \cdot (f_D + f_{m,\max})$$

Egy lehetséges FM adó-vevő struktúra blokkvázlata a következő:

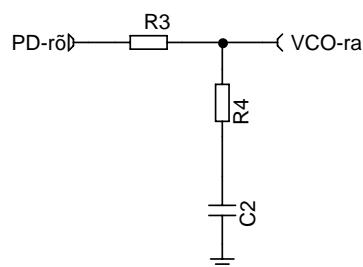


ahol mind az adó, mind pedig a vevő PLL-en (fázis zárt hurok) alapul. A moduláló jelet, mint zavaró jelet a VCO-ba csatoljuk, a demodulált FM jelet pedig a vevő oldali aluláteresztő szűrő (LPF) kimenetéről vesszük le.

Egy lehetséges feszültség vezérelt oszcillátor (VCO) kapcsolása a következő:



A PLL-ben használt aluláteresztő szűrő tipikus kapcsolása:



A számításokhoz használt MATLAB program kódja a következő:

```

close all
clear all
clc
%AM
uv=1;
um=0.5;
fv=27;
fm=3;
t=0:0.0005:1;
stam=uv*cos(2*pi*fv*t)+um*cos(2*pi*fm*t).*cos(2*pi*fv*t);
figure(1);
plot(t,stam);grid
title('AM jel 50%-os modulációs mélységgel');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');
n=length(stam);
sfam=fft(stam)/n;
asfam=2*abs(sfam);
fsfam=angle(sfam);
df=1/(t(2)-t(1));
f=(0:df:n*df-df)/n;
figure(2);
bar(f,asfam);grid
title('AM jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');
for i=1:n
    if stam(i)>=0 sdam(i)=stam(i); end;
    if stam(i)<0 sdam(i)=0; end;
end;
num=1;
den=[1 1];
sdam=lsim(num,den,sdam,t);
figure(3);
plot(t,sdam);grid
title('A demodulált AM jel');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');

%DSB
fv=30;
fm=2;
stdsb=um*cos(2*pi*fm*t).*cos(2*pi*fv*t);
figure(4);
plot(t,stdsb);grid
title('Kétoldalsávos elnyomott vivőjű AM jel');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');
sfdsb=fft(stdsb)/n;
asfdbs=2*abs(sfdsb);
fsfdbs=angle(sfdsb);
figure(5);
bar(f,asfdbs);grid
title('Az AM-DSB-SC jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');

%SSB
fv=10;
fm=4;
stusb=um*cos((fv+fm)*2*pi*t);
stlsb=um*cos((fv-fm)*2*pi*t);
figure(6);
plot(t,stusb,t,stlsb);grid
title('Egyoldalsávos elnyomott vivőjű AM jel - kék USB, zöld
LSB');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');
sfusb=fft(stusb)/n;
asfusb=2*abs(sfusb);
fsfusb=angle(sfusb);

sflsb=fft(stlsb)/n;
asfslsb=2*abs(sflsb);
fsfslsb=angle(sflsb);
figure(7);
bar(f,asfusb);grid
title('Az USB jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');
figure(8);
bar(f,asflsb);grid
title('Az LSB jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');

%PM
kpm=3;
stpm=uv*cos(2*pi*fv*t+kpm*um*cos(2*pi*fm*t));
figure(9);
plot(t,stpm);grid
title('Fázismodulált jel');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');
sfpm=fft(stpm)/n;
asfpm=2*abs(sfpm);
fsfpm=angle(sfpm);
figure(10);
bar(f,asfpm);grid
title('A fázismodulált jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');

%FM
kfm=9;
fd=kfm*um;
fv=12;
fm=3;
stfm=uv*cos(2*pi*fv*t+fd/fm*sin(2*pi*fm*t));
figure(11);
plot(t,stfm);grid
title('Frekvenciamodulált jel');
xlabel('idő [sec]');
ylabel('feszültség [V]');
sffm=fft(stfm)/n;
asffm=2*abs(sffm);
fsffm=angle(sffm);
figure(12);
bar(f,asffm);grid
title('A frekvenciamodulált jel spektruma');
xlabel('frekvencia [Hz]');
ylabel('feszültség [V]');

```


Két lepéses predictori: az additív rész elso lefelben kezelhető meg az egyszerűbbel

$$w_{opt} = \min M \left\{ \sum_{j=1}^M w_j \cdot \tilde{x}_{2-j} \right\}$$

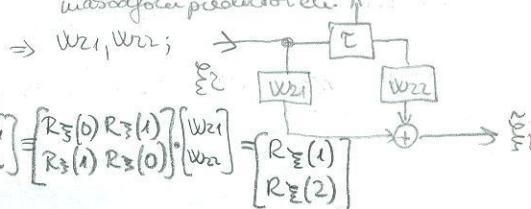
Yule-Walker-egyenletekkel: $\sum_{j=1}^M w_j \cdot E \left\{ \tilde{x}_{2-j} \cdot \tilde{x}_{2-i} \right\} - 2 \cdot \sum_{j=1}^M w_j \cdot \tilde{x}_j = c_{ij}; i,j=1 \dots M$. Mdb. ismeretlen! gyengén - stacionárius fajának esetén!

$R_{ij} = R_{\tilde{x}}(i-j) \Rightarrow |i-j| > 1$ -től függ! $\Rightarrow R_{\tilde{x}}$ szimmetrikus Toeplitz-mat. ; $b = R_{\tilde{x}} \cdot \underline{w}$;

$R_{ij} = M \left\{ \tilde{x}_k \cdot \tilde{x}_{2-i} \right\}$; $b_i = M \left\{ \tilde{x}_k \cdot \tilde{x}_{2-i} \right\}$ elég csak egy M körül vélhető a hinni!

Levinson-Durbin algoritmus:

$R_{\tilde{x}} \cdot \underline{w}_n = b_n$, elsoforduló p.e.b.



$$R_{\tilde{x}}(0) \cdot \underline{w}_n = R_{\tilde{x}}(1)$$

$w_{11} = \frac{R_{\tilde{x}}(1)}{R_{\tilde{x}}(0)}$ autoregressziós formával nézhető!

Zárt tényező: $F \triangleq P_{\text{rajz}} \cdot G_{\text{rajz}}$; B, F, G esetben!

G. Rajze

Sorba rögzített blokkok rajzvezetésje:

N blokkra névre:

$$F_{\Sigma} = F_1 + \frac{F_2-1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_N-1}{G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_{N-1}} ; G_{\Sigma} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \cdot \dots \cdot G_N \quad (\forall G \geq 1) \text{ esetén.}$$

Csillapító időbeli rajzvezetésje: $L = \text{csillapítás}; F = \frac{T_k}{T_0} (L-1) + 1 \Rightarrow T_k \approx T_0 \Rightarrow F=L$

$$\text{be } \xrightarrow{\text{FG}} \xrightarrow{\text{FG}}$$

$$F_{\text{label}} = L$$

$$L = \text{csillapítás}$$

$$G_{\text{label}} = \frac{1}{L}$$

$$L, T_0$$

$$T_A \xrightarrow{\text{FG}} \xrightarrow{\text{FG}}$$

$$T_{\Sigma} = T_A + F_{\text{label}} \cdot T_V = T_A + (F_{\Sigma}-1)T_0$$

† elv. zápflejár. arányban

a rajz érvelő török színben (elv)

$$T_{\Sigma} = T_A + (FL-1)T_0; P_{\text{rajz, red}} = k \cdot B \cdot T_{\Sigma}$$

Műsavételrész:

$$f_s = \text{műsavételi frekvencia}$$

$$\hat{x}(t) = T \cdot \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_i \cdot e^{-j\omega_i t} \cdot H(\omega)$$

$$X_m(\omega) = T \cdot \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_i \cdot e^{-j\omega_i t}$$

$$x(t) \xrightarrow{\text{ADC}} \xrightarrow{\text{DAC}} y(t)$$

$$f_s \uparrow \text{Ndb. bit} \uparrow f_s$$

$$X_m(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_i \cdot \delta(t-iT) \cdot T$$

$$X_v(t) = X_m(t) * m(t)$$

$$\hat{x}(t) = X_m(t) * (q(t) * m(t)) = X_m(t) * h(t)$$

$$\hat{x}(t) = X_m(t) \cdot H(\omega)$$

$$\text{valós DAC}$$

$$x(t) \xrightarrow{\text{ADC-DAC után}} \xrightarrow{\text{H(\omega)}} \hat{x}(t)$$

$$f_s \uparrow \text{f} \uparrow -2f_s \uparrow f \uparrow fs \uparrow 2f_s \uparrow f$$

$$X_m(f) \quad X_m(f) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(f-k \cdot f_0); f_0 = \frac{1}{T} = f_s$$

$$\text{Shannon-tétel: } f_s > 2 \cdot f_{\text{max}}$$

$$\text{alulátervezés esetén}$$

$$\text{Digitalis RF átvitel elve:}$$

$$x(t) \xrightarrow{\text{ADC}} \xrightarrow{\text{DAC}} \xrightarrow{\text{H(\omega)}} \hat{x}(t)$$

$$f_s \uparrow \text{f} \uparrow f_s \uparrow 2f_s \uparrow f$$

$$X_m(f) \quad X_m(f) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(f-k \cdot f_0); f_0 = \frac{1}{T} = f_s$$

$$\text{alulátervezés esetén}$$

$$\text{Kvantálási hiba:}$$

$$x(t) \xrightarrow{\text{ADC}} \xrightarrow{\text{DAC}} \hat{x}(t) \quad \hat{x}_i = x_i + \epsilon_i$$

$$N \text{ bites DAC 2vonalas}$$

$$\text{hiba} \Delta = \frac{2 \cdot C}{2^N}; N = \frac{\Delta^2}{12}$$

$$N = \frac{C^2}{3 \cdot 2^{2n}}$$

$$\frac{S}{N} = 1,77 + 6n \text{ dB feljelviselésnél!}$$

$$\text{Rádiós önrötkötések: ITU} \rightarrow \text{HF} \rightarrow \text{FNFT}$$

$$\text{HH: 300MHz-300MHz távfűrész, ferfi és csatornázó, felületi hullám.}$$

$$\text{KH: 300MHz-300MHz műsoradás, digitális, felületi hullám.}$$

$$\text{függőleges monopól antenna!}$$

$$\uparrow \downarrow \text{verőantenne leírás (Pozit.)}$$

$$\text{RH: 3MHz-30MHz mikrohullám (állomás), amator, DX, csatornázó, télhullám.}$$

$$\text{URH: (VHF) 300MHz-300MHz rádió, TV, YAGI, LOGPER}$$

$$\text{DMH (UHF) 300MHz-3GHz rádió, TV, ellátmányos}$$

$$\text{CMH: } f > 3GHz mikrohullám: forgóparaboloid operatívantenne}$$

$$\text{szabadás!}$$

$$\text{reflexió: GND}$$

$$\text{refrakció: többnemű törek működés s. visszahajtás-ionizáció.}$$

$$\text{diffuzió: Huygens-elv!}$$

$$\text{szabadás!}$$

rádiócsatorna: návalású tejedés esetén
 $P_A = \text{antennamunka teljes PWR}$

$P_V = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_V G_A \frac{P}{4\pi d^2}$; $E_0 = \frac{160 \cdot P \cdot G_A}{d}$ a visszaverődből maximumos körülbelül hatásos körzetben!

$\text{Környezetbeli hatásos körzetben!}$ (magasított tanúsítás)

ízotopantenna: $S_0 = \frac{PA}{4\pi d^2}$ antennagépezet! $G_A = \frac{S_{max}}{S_0}$

a visszaverődből maximumos felületen: $P_V = A_h \cdot S$; $A_h = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_V$

körülbelül hatásos körzetben! $|E_V| = 2 \cdot |E_0| \cdot \sin\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)$ a vételhez kövér felerősítés; marancsillapítás: $\alpha_{st} = 10 \lg \frac{PA}{P_V} = 10 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \cdot \frac{1}{G_A G_V}$

$\alpha_{int} = 20 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) - G_A - G_V$

működési körzetben felerősítés: $d_{int} = \text{interferencia zóna} \rightarrow \text{erőteljesítéssel nincs visszaverődből maximumos felerősítés!}$ $d_{int} = \frac{4\pi d \lambda}{2}$

EV: $\alpha_{int} = 20 \lg \frac{d^2}{\lambda^2} - G_A - G_V$

hullámcsatolási modell: $D \rightarrow 40 \text{ cm}$ concentricus tejedés: vezetett hullámú ömeltetések: koax \rightarrow TEM módon hullámcsatolás.

$E \rightarrow 80-120 \text{ cm}$ - nagyoltszerűségfüggő keletkezőségi idő: $F_1, F_2 \rightarrow 200 \text{ cm} \text{ napjal} \rightarrow 11 \text{ éves periodicitás}$ általás; húrrekesztés \downarrow

$F \rightarrow 300-400 \text{ cm} \text{ éjjel}$ negyedik részidő: \downarrow

$I_{CH} \rightarrow$ Direct csatlapt

$E, F, F_1, F_2 \rightarrow$ referenciák

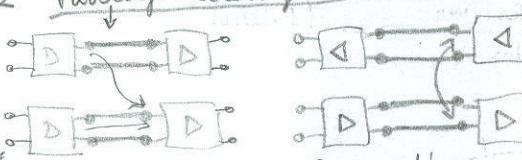
TEM hullámcsatolás: - légeresítés; - ralagábel; - hosszúbeli $\propto \cdot l = a = \text{halmazmérő}$
 $U_2(j\omega) = U_1(j\omega) \cdot \exp(-\gamma(j\omega) \cdot l)$ $\beta \cdot l = b = \text{fázisfesz.}$

$\gamma(j\omega) = \alpha(j\omega) + j\beta(j\omega)$

hullámhossz hullámcsatolás

csapottfesz. idő: $r_c = \frac{dl(j\omega)}{ds}$

fázisfesz. idő: $r_f = \frac{l(j\omega)}{\omega}$ feszültségi - feszültségi általás;

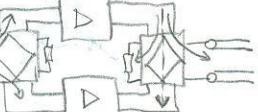


vezetett hullámú ömeltetések: koax \rightarrow TEM módon hullámcsatolás.

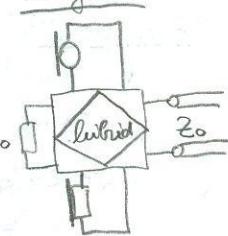
keletkezőségi idő: szabály:

általás; húrrekesztés \downarrow

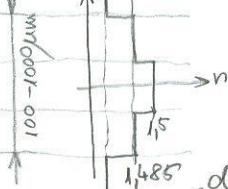
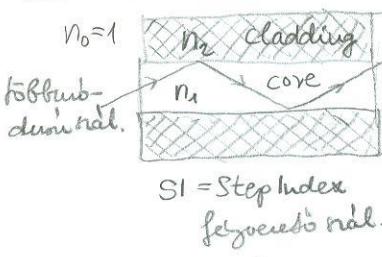
negyedik részidő: szabály:



telefon:

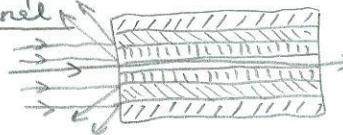


dielektrikus hullámcsatolás:



numerikus operatúra: módusszám: $M \approx \left(\frac{\pi N A \cdot d}{\lambda}\right)^2$ $M \gg 1$

$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$



dispersion: Er feszültségszög! \rightarrow jellinélezés és attólólás

villágszám: $\approx 0.2 \text{ dB/km}$

modulációs dispersion: $\beta(\omega)$; $\tau_c = \frac{L \cdot \text{cav. hossz}}{\text{cav. hossz}} = L \cdot \frac{d\beta}{d\omega} \Big|_{\omega_c}$

impulzusirányítás:

$\Delta T = L \cdot \frac{d^2 \beta}{d\omega^2} \Delta \omega \Rightarrow$ célrain ar inflexioin poncsot megteremni!

modulációs dispersion:

multimódusnál angyelmodus csapottfesz. ideje vele arányos

homogenes dispersion: $\beta(\omega)$; $\tau_c = \frac{L \cdot \text{cav. hossz}}{\text{cav. hossz}} = L \cdot \frac{d\beta}{d\omega} \Big|_{\omega_c}$

azagodispersion: rendszer a déről a déről!

$D_M \approx 122 \left(1 - \frac{\lambda_{2D}}{\lambda}\right)$

$\lambda_{2D} = 1276 \text{ nm}$

optikai antennarendszerek:

illendő opt. generátor és modulátor

intenzitásmóduláció!

(new AM!)

laser - LASER

LED

adó-felvételi dióda LED

- lézerdióda \rightarrow optikai rezonátor

$\lambda = 1300-1700 \text{ nm}$

$P = 3-10 \text{ mW}$ $T_1 \rightarrow P_{felv.}$

villágszám minimálum:

850-1300-1700 nm

villágszám legnagyobb: \uparrow \uparrow

villágszám legnagyobb

vevő PIN dióda

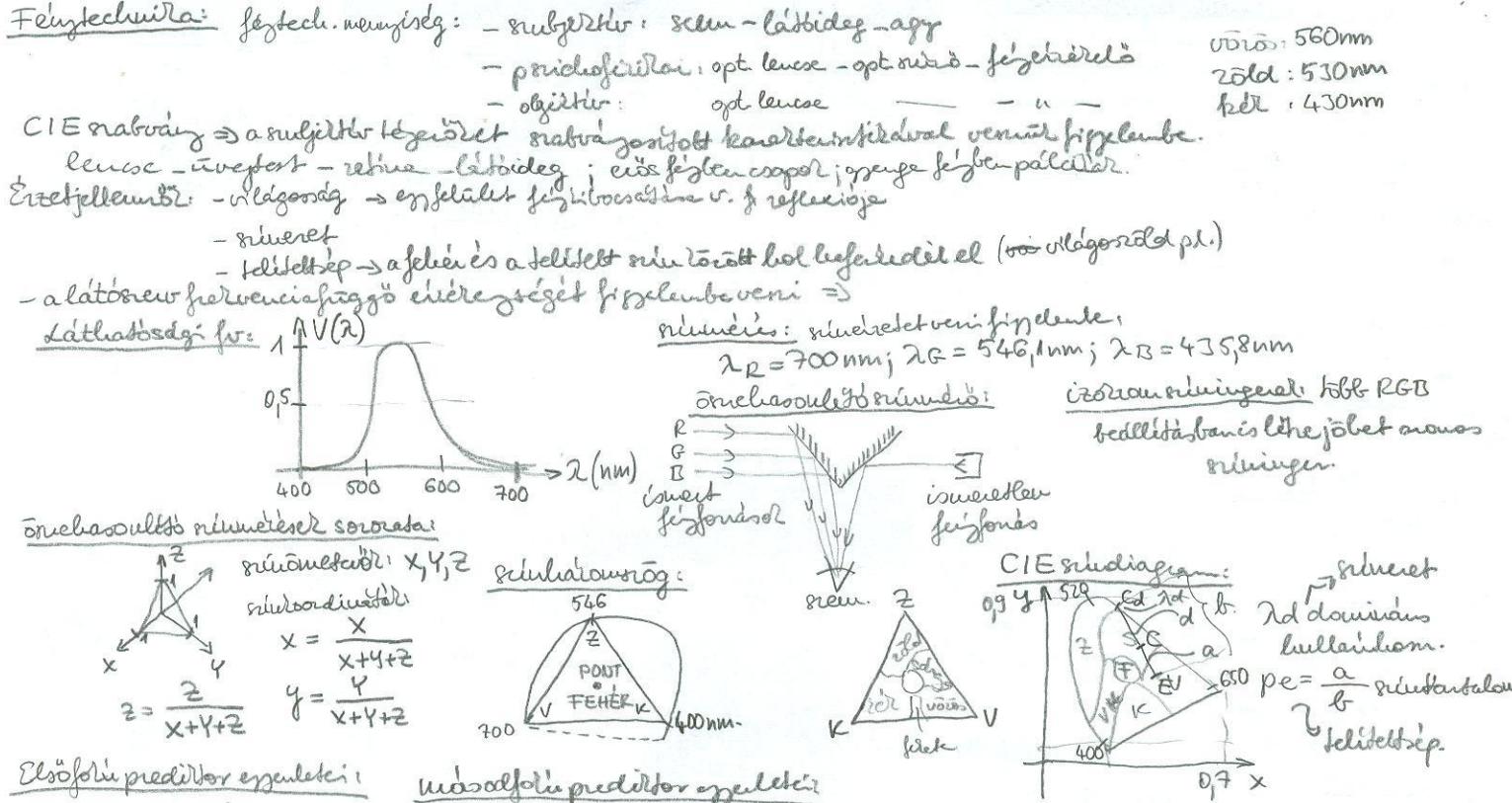
- lázmadióda ($1 \text{ f} \rightarrow 800 \text{ e}^-$)

Si Ge InGaAs

λ 850 1300 1300-1700 nm

funkciók 1700-2100 Mhz

500-4000 Mhz



Elsőfokú prediktör spektrális:

$$R_{11} \cdot W_{11} = b_1$$

$$R \geq 0 \quad W_M = R_S(1)$$

$$E_0 = R_S(0)$$

$$b_{-i} = E\{\sum_k \sum_{k-i}\}$$

$$R_{ij} = E\{\sum_k k_{k-i} \sum_{k-j}\}$$

$$E_{cosics} = \sqrt{\frac{60 PAG_A}{r}} \quad ; \quad S = \frac{(E_{cosics})^2}{240 N}$$

Másodfokú prediktör spektrális:

$$\begin{bmatrix} R_S(0) & R_S(1) \\ R_S(1) & R_S(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_{21} \\ W_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_S(1) \\ R_S(2) \end{bmatrix}$$

$$W_{22} = \frac{R_S(2) - R_S(1) W_{11}}{R_S(0)(1 - W_{11}^2)} \quad b_1$$

$$W_{11} = \frac{R_S(1) - R_S(0) W_{22}}{R_S(0)} = W_{11} \cdot (1 - W_{22}) \quad b_2$$

Kódolás - BSC: $P_1 = 0,1$ $P_2 = 0,2952$ $C_1 = 1 - H(P_1)$ $H(P) = \sum_{i=0}^N P_i \cdot \log_2 \frac{1}{P_i} = \sum_{i=0}^N -P_i \cdot \log_2 P_i$

Soros BSC: $P_3 = 0,1$ $P_4 = 0,7048$ $C_2 = 1 - H(P_2)$ $H(P_1) = \bar{p} \cdot \log_2 \bar{p} + (1-p) \cdot \log_2 (1-p) = 0,47 \Rightarrow C_1 = 0,53$

4db. BSC körön belül: $P_4 = 0,1$ $P_4 = P_4^{00}; P_4^{10}; P_4^{01} = ?$ $P_4^{00} = P_4^{10}; P_4^{01} = ?$ $H(P_4) = 0,87 \Rightarrow C_4 = 0,13$ $C_1 > C_4 > C_2$

lineáris kód: $G = [I, B]$ addott $A = H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $\Rightarrow G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ $C(n, k) = ?$

$H \cdot G^T = 0$ or mindenbit bináris = G sorainak néze.

$C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_8 \end{bmatrix}$ díjuk \Rightarrow 8bites Hamming-kódolás!

lehetőségek: $d_{min} = 3 \Rightarrow 2$ lehetőségek

lehetőségek: $\binom{d_{min}-1}{2}$ (alb. $\binom{7}{2}$) \Rightarrow 1 lehetőség

$G = U \cdot G$ $G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $U = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ $C_7 = C$

A rendszámvettor meghatározza, hogy a bejövő mindenbit lehajtásától milyen változás! \Rightarrow A rendszámvettorban minden bites, amely sorának H -vel és G -vel $S_1(001); S_2(010); S_3(100) \Rightarrow$ minden során 1 bitet hajtott át!

$S_1 \Rightarrow$ Hosszú 0-tól való átjárás $\Rightarrow e_1(000001)$ egységes hajtás.

Addott $C(7, 3)$ rendszámvettor, lineáris kód kín. feltérkélezés:

$C_1 = 0010111$ $G = ? \Rightarrow G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 2 & 2 \\ 0 & 3 & 3 \end{bmatrix} = [I, B]$

$C_2 = 1100101$

$C_3 = 1011100$

$\sigma_1 = [100111111111111]$ O_1 hogyan lehajtott?

$\sigma_2 = [010111111111111]$ C_1, C_2, C_3 önmértékből?

$\sigma_3 = [001111111111111]$ $\hookrightarrow \sigma_1 = C_1 + C_3 \Rightarrow \sigma_1 = [10010111]$

$\sigma_1 = [10010111] = C_1$

$\sigma_2 = [01011110] = C_1 + C_2 + C_3$

$\sigma_3 = [00101111] = C_3$

$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

$B^T = A$

Mindenbit bináris = 3.

$C = U \cdot G \Rightarrow G$

$\sigma_1 = [10010111]$ $t = 4-1 = 3$ lehajtás

$\sigma_2 = [01011111]$ $\hookrightarrow \sigma_1 = C_1 + C_3 \Rightarrow \sigma_1 = [10010111]$ \hookrightarrow mindenbit: $O \cdot H^T = S$

$\sigma_3 = [00111111]$ $\hookrightarrow \sigma_1 = C_1 + C_2 + C_3 \Rightarrow \sigma_1 = [10010111]$ \hookrightarrow mindenbit: $O \cdot H^T = S$

$\sigma_1 = [10010111] = C_1$

$\sigma_2 = [01011110] = C_1 + C_2 + C_3$

$\sigma_3 = [00101111] = C_3$

$S = [10111] \Rightarrow$ előző bit volt lehajtott?

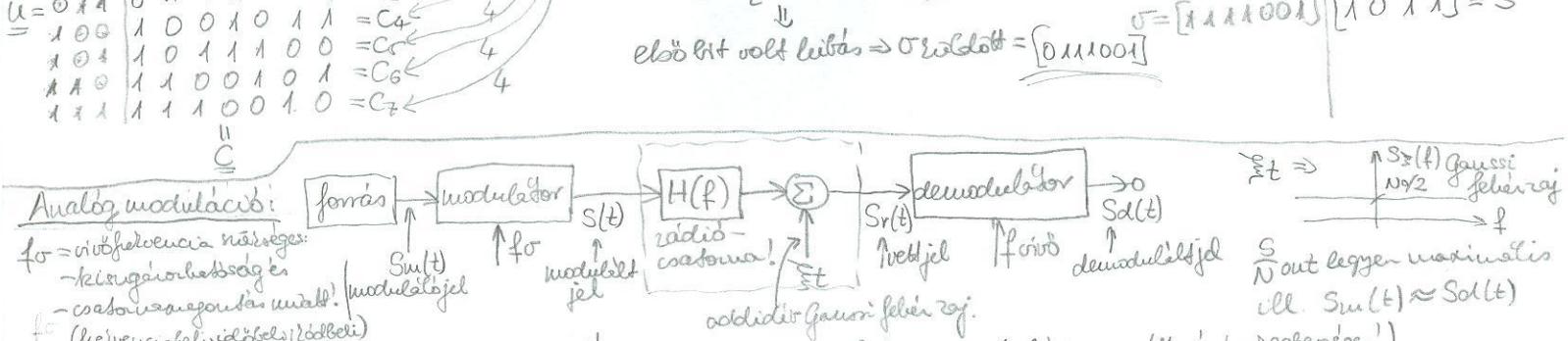
$e = [1000000]$ lehajtás

\downarrow

$\sigma_1 = [1111001] \Rightarrow$ előző bit volt lehajtott $\Rightarrow \sigma_1 = [0111001]$

$\sigma_1 = [10111] = S$

$\sigma_1 = [10111] = H^T$

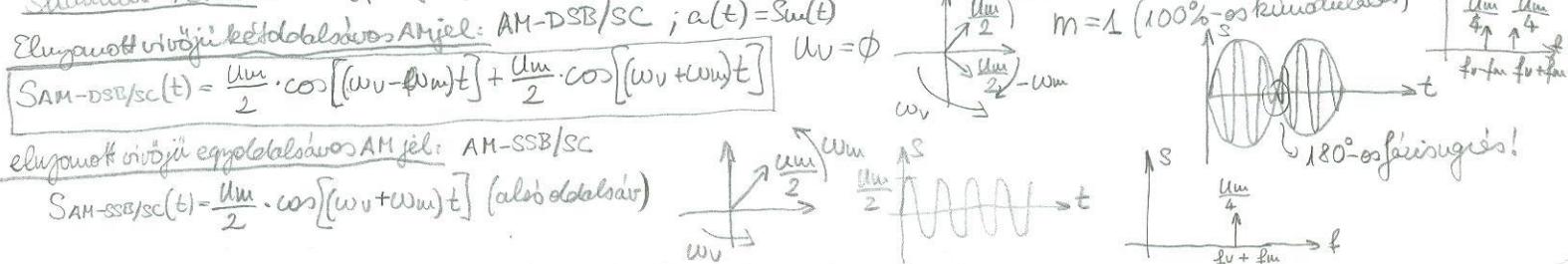
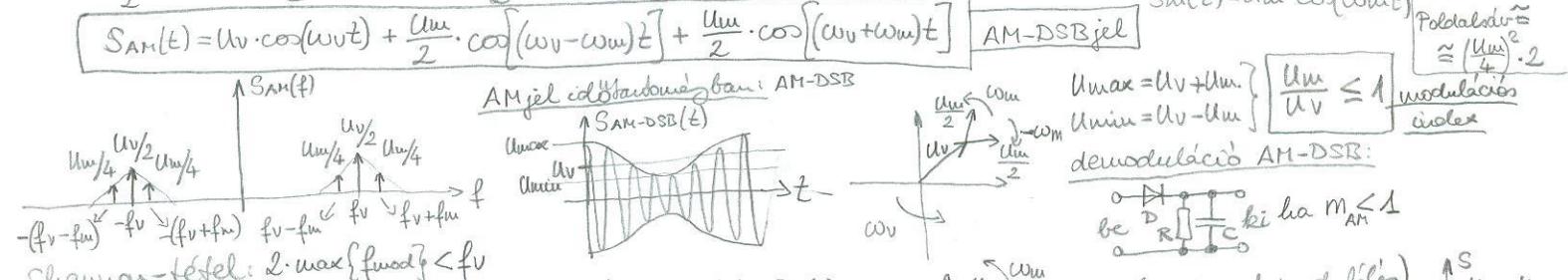


amplitudómoduláció: AM. $S_{AM}(t) = a(t) \cdot \cos(\omega_v t)$

$S_{AM}(t) = \frac{1}{2} a(t) \cdot e^{j\omega_v t} + \frac{1}{2} a(t) \cdot \bar{e}^{j\omega_v t} \quad \text{Írás: } S_{AM}(t) \approx S_m(t) \quad \text{Sout legyen maximális; Priszgározott minimális; BRF kín. legy.}$

$S_{AM}(t) = \frac{1}{2} A(f-f_v) + \frac{1}{2} A(f+f_v) \quad \text{Előforduló jel esetén: } a(t) = (U_v + S_m(t))$

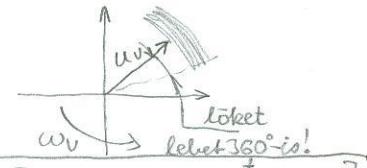
$S_{AM}(t) = U_v \cdot \cos(\omega_v t) + \frac{U_m}{2} \cdot \cos((\omega_v - \omega_m)t) + \frac{U_m}{2} \cdot \cos((\omega_v + \omega_m)t)$



Analog moduláció - sőgmoduláció: PM, FM.

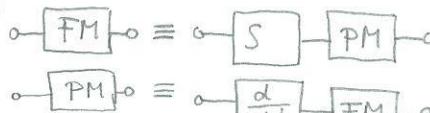
$$a(t) = Uv = \text{d}U; S(t) = a(t) \cos[\Theta(t)]$$

PM fázismoduláció: $\Theta(t) = \omega_v t + k_{PM} \cdot S_m(t)$; $S_{PM}(t) = Uv \cdot \cos[\omega_v t + k_{PM} \cdot S_m(t)]$



FM frekvenciamoduláció: $f_{PM}(t) = f_v + k_{FM} \cdot S_m(t)$; $\omega_p(t) = \frac{d}{dt} \Theta(t)$; $S_{FM}(t) = Uv \cdot \cos[\omega_v t + 2\pi \cdot k_{FM} \cdot \int S_m(t) dt]$

modulátor átalakítása:



$$S_v(t) = Uv \cdot \cos[\omega_v t]; S_{mod}(t) = U_{mod} \cdot \cos[\omega_v t]; M_{PM} = k_{PM} \cdot U_{mod}$$

$k_{PM} \cdot U_{mod} = \text{fázismod. téjes}; \text{enver max értéke a fázis - lötet} \Rightarrow k_{PM} \cdot U_{mod}$

Színenmodulált PM jel:

$$S_{PM}(t) = Uv \cdot \cos[\omega_v t + k_{PM} \cdot U_m \cdot \cos \omega_m t]$$

Színenmodulált FM jel:

$$\Theta(t) = \omega_v t + 2\pi \cdot k_{FM} \cdot U_m \cdot \int \cos(\omega_m x) dx = \omega_v t + 2\pi \cdot k_{FM} \cdot U_m \cdot \sin(\omega_m t)$$

$$\Theta(t) = \omega_v t + \frac{1}{f_m} \cdot k_{FM} \cdot U_m \cdot \sin \omega_m t; \text{fázismod. téjes}; k_{FM} \cdot U_m = f_D; f_m = \frac{\omega_m}{2\pi}; \frac{f_D}{f_m} = m_{FM} \text{ frekv. mod. t.}$$

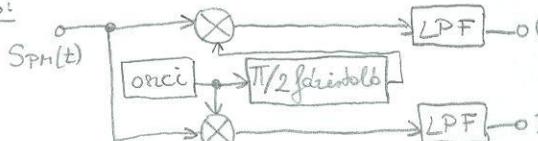
FM jel sűrűsége:

$$B = \begin{cases} 2 \cdot f_D, \text{ ha } M_{FM} > 10 \text{ nélkülről FM} \\ 2 \cdot f_m, \text{ ha } M_{FM} < 0,1 \text{ kezelésről FM} \\ 2 \cdot f_m + 2 \cdot f_D + 2 \sqrt{f_m \cdot f_D}, \text{ ha } 0,1 < M_{FM} < 10 \end{cases}$$

$$B_{FM} \Rightarrow f_B = \alpha \cdot 2 \cdot f_{mod} \text{ Carson formulaival:}$$

$\alpha = 1 \text{ ha } m_f < 0,1 \text{ kes.}$
 $\Delta f = f_B = m_f \cdot f_{mod} \cdot \text{lötet!}$
 $\alpha = m_f \text{ ha } m_f > 10 \text{ nélcs.}$
 $2(\Delta f + f_{mod}) = B$
 $\alpha = 1 + m_f + m_f^2$

PM demoduláció:



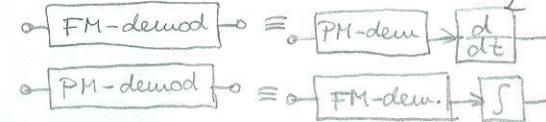
$$\langle S_{PM}(t), \cos \omega_v t \rangle = I = \int_{-\infty}^{\infty} S_{PM}(t) \cos \omega_v t dt$$

$$\langle S_{PM}(t), \sin \omega_v t \rangle = Q = \int_{-\infty}^{\infty} S_{PM}(t) \sin \omega_v t dt$$

$$\text{az aluláthatóbbban: } I = \frac{Uv}{2} \cdot \cos[k_{PM} \cdot S_m(t)]$$

$$\Phi(t) = \arctg(Q/I)$$

$$Q = \frac{Uv}{2} \cdot \sin[k_{PM} \cdot S_m(t)]$$



A rádióvétel alapjai:

AM műsorrends: HH (150-300 kHz) - felületi hullám
KH (520-1600 kHz) - vezeték hosszú
RH (2,7-26,1 MHz) - vezeték hosszú

- AM-DSB

- frekvenciamax = 4,5 kHz
- $B = 92 \text{ kHz}$

TV műsorrends: OIRT $B = 8 \text{ MHz}$ 7 kép/s
CCIR $B = 7 \text{ MHz}$ hang előirányzat

FM műsorrends: 66-73 MHz keleti } VHF vissza
87-100 MHz nyugati }

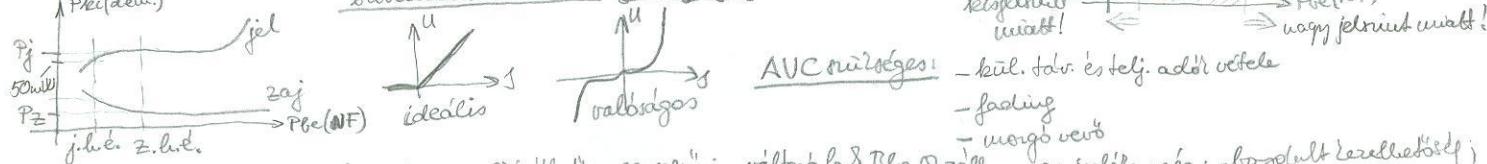
Szereltfala's: - hanuszel kiválasztása; - körelnelkülhözítés;
AM $\pm 92 \text{ kHz}$ hosszúcsatorna; - minimális torzítás elhárítása;

Vevőkennelér elérése pége:

jelhatárolt elérése pége: Pbe Nagyfrekvenciás teljesítmény (30% mod. mélység); 1 kHz moduláló f. mellett a kimenetben 50 mV lehangolásban megmaradásra a visszatérítésben nem leírható.

zajhatárolt elérése pége:

26 dB SNR jövő lehete.

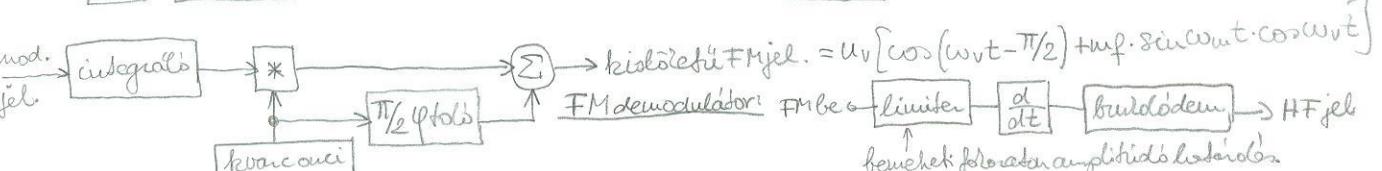
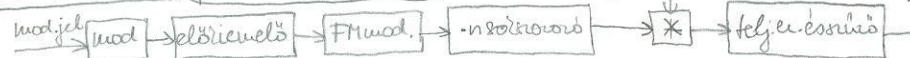


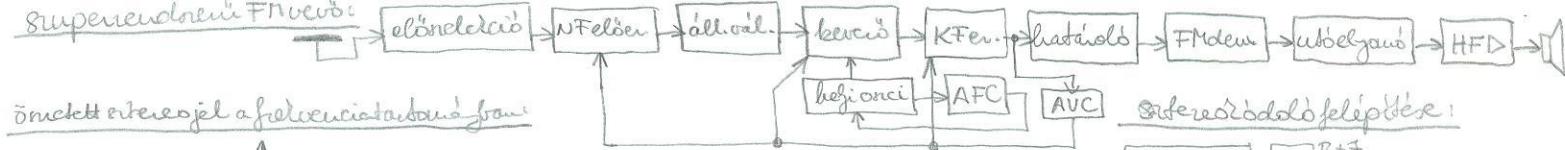
Egyenes vörös: - kis elérése pége; - tökéletes ellátás; - egyszerű; - változó fo & Blc Q=0; - gyorsítás; - bogdult szerelethibák;

- zavar körelnelkülhözítés.



körvettettség (modulátor) típusú FM modulátor:





Önmértetőkkel a frekvenciabandingban:



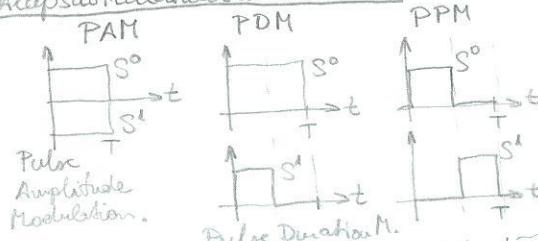
Intermodulációval feltöltött felépítés:



Digitalis moduláció: digitális adatátról; P_b = bittitbaaig; dinamikus idő és nyitvolumen; modulátor: $dk \rightarrow s(t)$ + nyitvolumen egy véges jelalapot rendel.

modulálás jelleírása: $\{0, 1\}$; $0 \rightarrow S^0(t)$ $1 \rightarrow S^1(t)$ PAM = pulse amplitude mod. FSK (Frequency Keying) PSK (Phase S.K.) $\frac{s(t)}{s^0} \xrightarrow{k \cdot T} r(t)$ $\xrightarrow{k \cdot T} DEM$ $\xrightarrow{k \cdot T} GWN$ csatorna!

Alapsávarendszer moduláció:



Pulse Amplitude Modulation: S^0 \xrightarrow{t} S^1

Pulse Duration Modulation: S^0 \xrightarrow{t} S^1

Pulse Position Modulation: S^0 \xrightarrow{t} S^1

két bit egysége \Rightarrow 4 állapotú pl.

bibelsesség $\xrightarrow{\text{a PAM esetén maximális!}}$

elfoglalt számleosztó $\xrightarrow{\text{egységes energia}}$ P_b = bittitbaaig.

$E_b = 1$ bit áthidalásra nélküli energia; P_b = bittitbaaig.

Eladás: $s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} dk \cdot \delta(t - k \cdot T) \cdot S^k(t)$

modulátor: $\delta(t) \xrightarrow{k \cdot T} H_T(f) \xrightarrow{s(t)}$

demodulátor: $r(t) \xrightarrow{GWN n(t)} H_R(f) \xrightarrow{r^*} \text{minimáló} \xrightarrow{k \cdot T} döntő d2. \xrightarrow{dk} \infty$

$S^*(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} dk \cdot \delta(t - k \cdot T) \cdot S^k(t)$

Optimalizáció: $I. \max \left\{ \frac{S}{N} \right\}_{k \cdot T}$ a döntés pillanatában a SNR legyen maximális

II. ISI feltétel: minden körön belül legyen a legkevesebb ISI!

adott jel: $r^*(t) = s(t) + n(t)$ a vett jel!

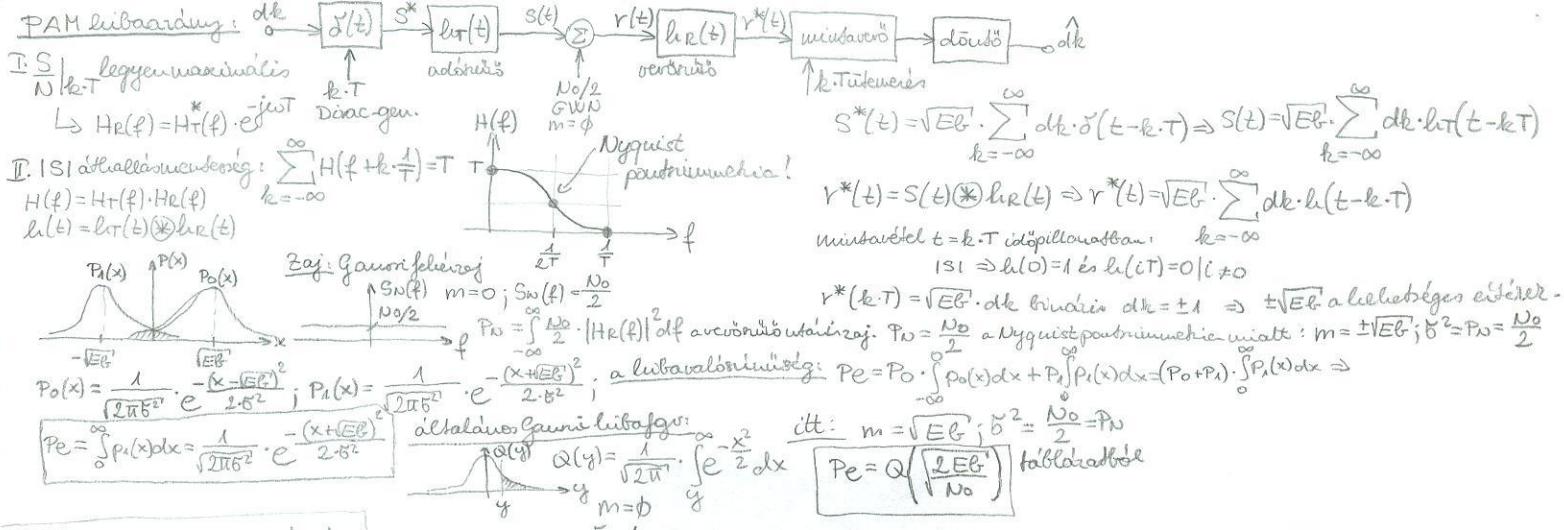
adott jel: $r^*(t) = H_T(f) \cdot s(t) + H_R(f) \cdot n(t)$

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

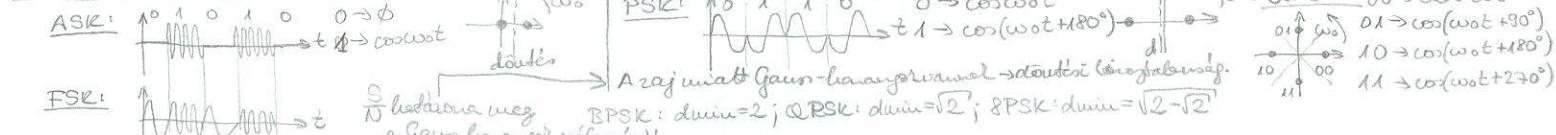
Maximális SNR: $\frac{S}{N} \max = \frac{2 \cdot E_b}{N_0}$

Optimalizációt eredménye: $|H_T(f)| = |H_R(f)|$

Optimalizációt eredm



VÍVÓS DIGITÁLIS MODULÁCIÓ:



8PSK \rightarrow 8QAM:

Első körben: $C = B \cdot \log_2 (1 + \frac{S}{N})$

$B = 32 \text{ kHz telefonsor}$

$\frac{S}{N} = 30 \text{ dB}$

$C \approx 30 \text{ bit/s}$

$S^*(t) = \sqrt{E_B} \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} dk \cdot \delta(t-kT) \Rightarrow S(t) = \sqrt{E_B} \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} dk \cdot h_T(t-kT)$

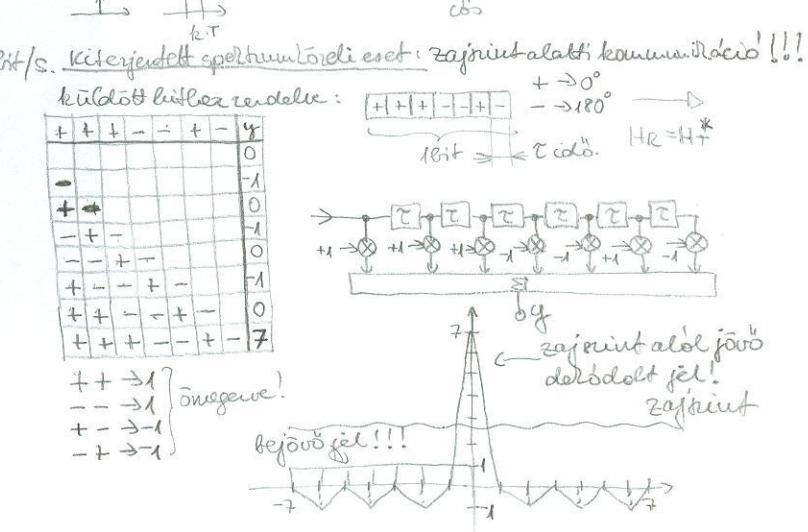
$r^*(t) = S(t) * h_R(t) \Rightarrow r^*(t) = \sqrt{E_B} \cdot \sum_{k=-\infty}^{\infty} dk \cdot h_R(t-kT)$

Mintavétel $t = k \cdot T$ időpillanatban: $k = -\infty$

$r^*(k \cdot T) = \sqrt{E_B} \cdot dk \text{ minden } dk = \pm 1 \Rightarrow \pm \sqrt{E_B} \text{ a lehetséges értékek}$

$P_N = \frac{N_0}{2} \text{ a Nyquist pontszámhoz utaló: } m = \pm \sqrt{E_B}; \delta^2 = P_N = \frac{N_0}{2}$

$P_E = Q\left(\frac{\delta}{\sqrt{E_B}}\right) \text{ tablázatból}$



Nagyfrekvenciás rendszerek elektronikája

Záróvizsga téma területek

1. Illesztett szűrő
2. Kiterjesztett spektrumú moduláció, Doppler érzékenység,
3. Térbeli folyamatok, leírásmód, DBF
4. Interferenciaszürés (SLC): MSINR
5. Iránymérés: Bartlett, Capon. MRA.
6. IFM
7. Wigner eloszlás

A) $\xrightarrow{x(t)} \boxed{H(\omega)} \rightarrow y(t) = \frac{\max\left\{\frac{S}{N}, t_0\right\}}{H(\omega)}; P_{\text{out}} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{in}}(\omega) d\omega; S_{\text{out}}(\omega) = S_{\text{in}}(\omega) |H(\omega)|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{in}}(\omega) |H(\omega)|^2 d\omega$

$y_s(t) = x(t) \otimes h(t); P_{\text{out}} = |y_s(t)|^2; V_s(\omega) = X(\omega) \cdot H(\omega); Y_s(t_0) = \mathcal{F}_t^{-1}\{V_s(\omega)\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) H(\omega) e^{j\omega t_0} d\omega; P_{\text{out}} = \left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) H(\omega) e^{j\omega t_0} d\omega \right|^2$

$\max\left\{\frac{S}{N}, t_0\right\} = \max\left\{\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega) H(\omega)|^2 d\omega, \int_{-\infty}^{\infty} S_{\text{in}}(\omega) |H(\omega)|^2 d\omega \right\}; \langle F, S \rangle = |\bar{F}| \cdot |\bar{S}| \cdot \cos\theta; \langle f, g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) g^*(x) dx; \langle x(t), e^{j\omega t} \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{j\omega t} dt$

$h(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} (2\pi \delta(\omega - \omega_0) e^{j\omega t}) d\omega = e^{j\omega_0 t}; H(\omega) = 2\pi \delta(\omega - \omega_0)$

$y(t) = x(t) \otimes h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) e^{j\omega_0(t-\tau)} d\tau = e^{j\omega_0 t} \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) e^{-j\omega_0 \tau} d\tau = e^{j\omega_0 t} \cdot X(\omega_0); |\langle a, b \rangle|^2 = |a|^2 \cdot |b|^2 \cdot \cos^2\theta$

$|\langle f(x), g(x) \rangle|^2 = \left| \int_{-\infty}^{\infty} f(x) g^*(x) dx \right|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx \cdot \int_{-\infty}^{\infty} |g(x)|^2 dx \cdot \cos^2\theta; 0 \leq \alpha \leq 1 \Rightarrow f(x) = \mu \cdot g(x) \Rightarrow \alpha = 1$ (Cauchy-Schwarz ≠)

$F_0(\omega) \triangleq \sqrt{S_{\text{in}}(\omega) \cdot H(\omega)} \quad & F_1(\omega) \triangleq \frac{1}{\sqrt{S_{\text{in}}(\omega)}} \cdot X(\omega) e^{j\omega t_0} \Rightarrow \frac{S}{N} \mid t_0 \mid = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} |F_0(\omega) F_1(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} |F_0(\omega)|^2 d\omega \cdot \int_{-\infty}^{\infty} |F_1(\omega)|^2 d\omega$

$\frac{S}{N} \mid t_0 \mid = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F_1(\omega)|^2 d\omega \cdot \max\left\{\frac{S}{N}, t_0\right\} = \max\left\{\frac{S}{N}, t_0\right\} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F_1(\omega)|^2 d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega / S_{\text{in}}(\omega)$

$H_{\text{opt}}(\omega) = \mu \cdot \frac{X^*(\omega)}{S_{\text{in}}(\omega)} e^{j\omega t_0} \Leftrightarrow \frac{S}{N} \mid t_0 \mid = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega; S_{\text{in}}(\omega) = \frac{N_0}{2}; P_0 = kT_B = N_0 T_B$

$E = R(0)$

$H_{\text{opt}}(\omega) = X^*(\omega) e^{-j\omega t_0}$

$\frac{S}{N} \mid t_0 \mid = \frac{2 \cdot E}{N_0} = \frac{2}{N_0} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |X(\omega)|^2 d\omega$

2) $CR = G = \frac{I}{I_C} = \frac{B_S}{B} = B_S \cdot T$; DS vagy FH; impulzusbeli moduláció: AM, FM, lin FSK, PM, fázismod (GMSK), PSK, frekvenciabeli fázismod

Lineáris FM: $f(t) = f_0 + R \sin(\omega_m t)$

Doppler-érzékenység: $R(t) = R_0 + v_r t$

$\frac{dR}{dt} = v_r; \frac{d\Phi}{dt} = \frac{R(t)}{\lambda} \cdot 2\pi = R(t) \beta$

$\omega_d = v_r / \lambda \Rightarrow f_d = \frac{v_r}{\lambda}$ Doppler-frekvencia

$\Delta t = \frac{R_0}{c}$ távolságból adottó vételestetés

$\Delta t \cdot \omega_0 = \Delta \Phi = \frac{R_0}{c} \cdot \omega_0 = R_0 \cdot \beta$

$\Delta R = \Sigma \cdot v_r$

$\Delta \Phi = \Delta R \cdot \beta$

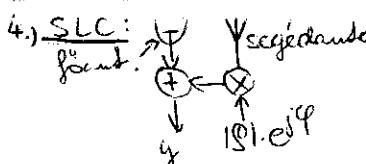
3) $z^T(\vartheta) = s^T(\vartheta) = \left[1, e^{j\Delta\Phi}, e^{j2\Delta\Phi}, \dots, e^{j(N-1)\Delta\Phi} \right]; y(\vartheta) = F(\vartheta) = \sum_{i=1}^N h_i \cdot s_i(\vartheta) = \sum_{i=1}^N h_i \cdot e^{j(k_i-1)\Delta\Phi} = F\{h\}$

$F(\vartheta) = \sum_{i=0}^{N-1} I_i \cdot e^{j\beta d \cos\vartheta}$

$d \leftrightarrow T$ Shannon-tétel: $d \leq \frac{\lambda}{2}$

$x \leftrightarrow t$ térfelülfrekvencia: $f_x = \frac{\sin\vartheta}{\lambda}$

$H(\omega) = T \cdot \sum_i h_i e^{-j\omega i T}$

4.) SLC: 

MSINR:

$$S = S(t_0) + i + n$$

$$\text{Max} \left\{ \frac{S}{I+N} \right\} \quad \text{S/I foírás, } y = \underline{z}^T \cdot \underline{h} = \sum_{i=1}^M z_i h_i \quad \text{Max} \left\{ \frac{P_S}{P_{N+i}} \right\}, P_S = |y|_S^2 = |\underline{h}^T \cdot \underline{S}|^2$$

$$P_{N+i} = |y_{N+i}|^2 \Rightarrow P_{N+i} = \underline{h}^T \cdot \underline{S}_{N+i}^2$$

$$y_{n+i} = \underline{h}^T \cdot (n+i) \rightarrow P_{N+i} = M \left\{ y_{n+i} \cdot y_{n+i}^* \right\} = M \left\{ \underline{h}^T (n+i) \cdot [\underline{h}^T \cdot (n+i)]^* \right\} = M \left\{ \underline{h}^T (n+i) \cdot (\underline{h}^T \cdot (n+i))^* \right\} =$$

$$= M \left\{ \underline{h}^T (n+i) (n+i)^H \cdot \underline{h} \right\} = \underline{h}^T \cdot M \left\{ (n+i) (n+i)^H \right\} \underline{h}^* = P_{N+i} = \underline{h}^T \cdot \underline{R} \cdot \underline{h}$$

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} R(0) & R(1) & R(2) \\ R(-1) & R(0) & R(1) \\ R(2) & R(-1) & R(0) \end{bmatrix} \sim \underline{\underline{a}} \cdot \underline{\underline{B}} \cdot \underline{\underline{a}}^* = \int_a(t) B(t) dt$$

$$\text{Max} \left\{ \frac{|\underline{h}^T \cdot \underline{S}|^2}{|\underline{h}^T \cdot \underline{R} \cdot \underline{h}|^2} \right\} \rightarrow \text{lehet } \mu \underline{\underline{R}}^{-1} \cdot \underline{\underline{S}}^*(t_0) \quad \underline{\underline{S}} \Rightarrow \text{szemelővektor}$$

$$\underline{\underline{R}} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (n+i) \underline{z}_i (n+i)^H \underline{z}_i$$

ávalóságban:

$$\underline{\underline{S}}(\vartheta) \text{ szemelővektor}; \underline{\underline{R}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \underline{z}_i \underline{z}_i^H$$

$$\underline{\underline{z}}(\vartheta) \text{ vett jelzővektor}$$

5.) Bartlett: $\text{Pályag}(t) \cong S(\vartheta) = M \left\{ |y(t)|^2 \right\}; \underline{h}^T \cong [1 \ 1 \ 1 \dots 1]; y = \sum_{i=1}^N r_i z_i = \underline{r}^T \underline{z}; T(\vartheta) \text{ forgatóvektor} \leftarrow S(\vartheta)$

$$S_F(\vartheta) = \underline{\underline{S}} \cdot \underline{\underline{R}} \cdot \underline{\underline{S}} = \mathcal{F}\{R\}$$

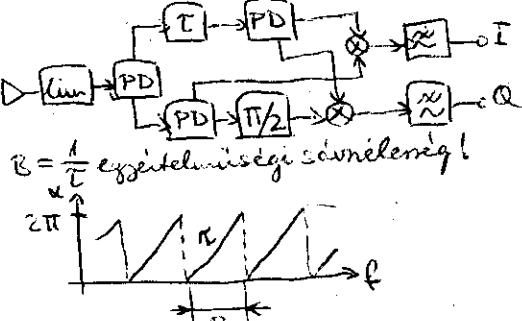
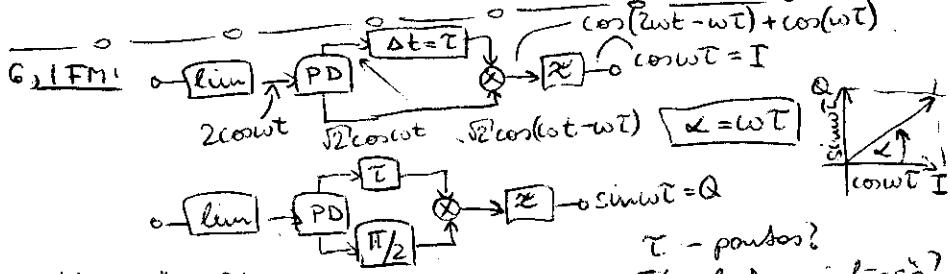
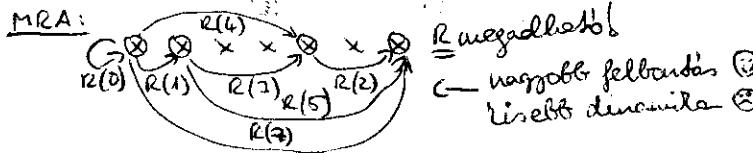
- hanyan mérlegelik → lenyűgöző → dániai?

- felbontás/pontosság! → abbanfor???

Capone: interfejenciára nullbeiktetést ítélni! ← MSINR adaptáció!

$$B = \frac{\delta}{\beta \cdot \sqrt{N}}$$

helyben $\frac{1}{1.2}$



mérési idő $\sim T$

$T \downarrow \Rightarrow B \uparrow \Rightarrow$ ponttállan, gyors, elérhetően \Rightarrow = lineáris?

$T \uparrow \Rightarrow B \downarrow \Rightarrow$ pontos, lassú, elérhető

7.) lin $x(t) \ x(f)$ radiális $x^2(t) \text{ PWR } |x(f)|^2 = E(f) \text{ enspetrum.}$

$x(t,f)$ $w(f,t)$

spektrum időbeli változása

$$Y(t,f) = x(t + \frac{T}{2}) x^*(t + \frac{T}{2}); w(f,t) = \mathcal{F}\{Y(t,f)\}$$

$$2\pi \cdot P(t) = \int_{-\infty}^{\infty} w(f,t) df = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Y(t,f) e^{j\omega f} df dt =$$

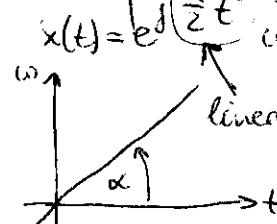
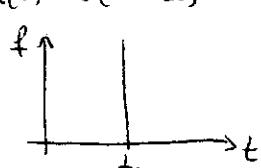
$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Y(t,f) e^{j\omega f} df dt = \int_{-\infty}^{\infty} Y(t,f) \cdot 2\pi \delta(f) df =$$

$$= Y(t,0) \cdot 2\pi = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \delta(f) df = x(0) = x(t) x^*(t) \cdot 2\pi$$

pillanatnyi teljesítmény.

$$x(t) = \delta(t - t_0)$$

$$x(t) = e^{j\omega_0 t}$$



$$x(t) = e^{j \frac{\alpha}{2} t^2} \quad \Phi(t) = \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$$

$$\omega = \frac{\partial \Phi(t)}{\partial t} = \alpha \cdot t = \omega(t)$$

lineáris FM!