

# Infokommunikáció (Híradástechnika)

Gordos Géza (TMIT) IB 220

Tananyag: Géher Károly Híradástechnika (60%ban)

<http://tel.ttt.hu/hirtech>  
alpha ome

<http://tel.tmit.bme.hu/hirtech>  
alpha.

<http://gossip.tmit.bme.hu/cgi-bin/twiki/view/VITMA207>

gyakorló fa. <http://alpha.tmit.bme.hu/InfoKomm>

[gossip.tmit.bme.hu/cgi-bin/twiki/view/VITMA207](http://gossip.tmit.bme.hu/cgi-bin/twiki/view/VITMA207) :-):-:-)

2007. 09. 12. Szerda

I Előadás (1. hét)

Infokommunikáció : kommunikáció elektromágneses közeggel

Történeti áttekintés :

1837 : Morse 0, - jelek

1847 : első kábel Anglia és Franciaország között

1876 : Bell mikrofonja [pW  $\rightarrow$  mW ( $10^6$ -os erősítés)]

1878 : Puskás Tivadar telefonkaport megvalósítása (Később Bell építette meg)

$\sim$  1900 : rádióhullám

1907 : trioda bemutatása (erősítés kitalálása)

1923 : Bp, kísérleti rádióműsora

1930 : Telefunken / Orion, 1/3t gyártja Most a világ rádióvevőinek

1938 : PCM, Reeves, [1. A/D]

1939 : Dudley - beszéd felismerés / szintézis

1941 : Koza László !!! 1. programozható számítógép szabaddalma

1946 : ENIAC [ennek a megvalósítása]

1968: ARPA  $\Rightarrow$  Internet

1971:  $\mu$ P

1977: üvegszal

1993: www

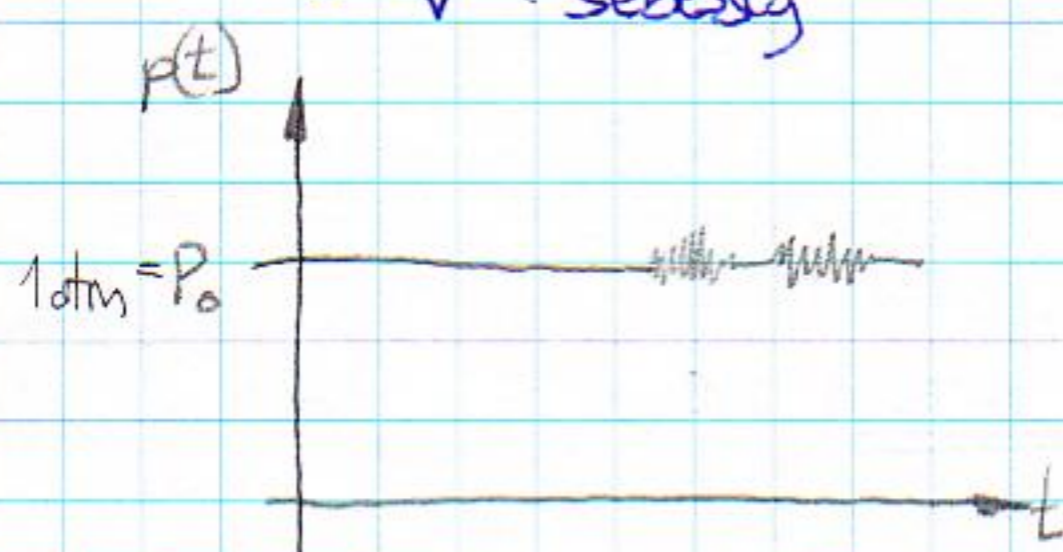
## 1. Akusztikai alapok

hang: (amit a fülünkkel érzékelünk)

- levegő longitudinális rezgése

-  $p$ : nyomás

-  $v$ : sebesség



$$p_t = p(t) - p_0$$

hang tényleges nyomása

$$P_{\text{eff}} = \sqrt{\int_{\text{L hang van}} p_t^2 dt}$$

hang intenzitása

$$L^{\text{dB}} = 20 \log \frac{P_{\text{eff}}}{20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}}$$

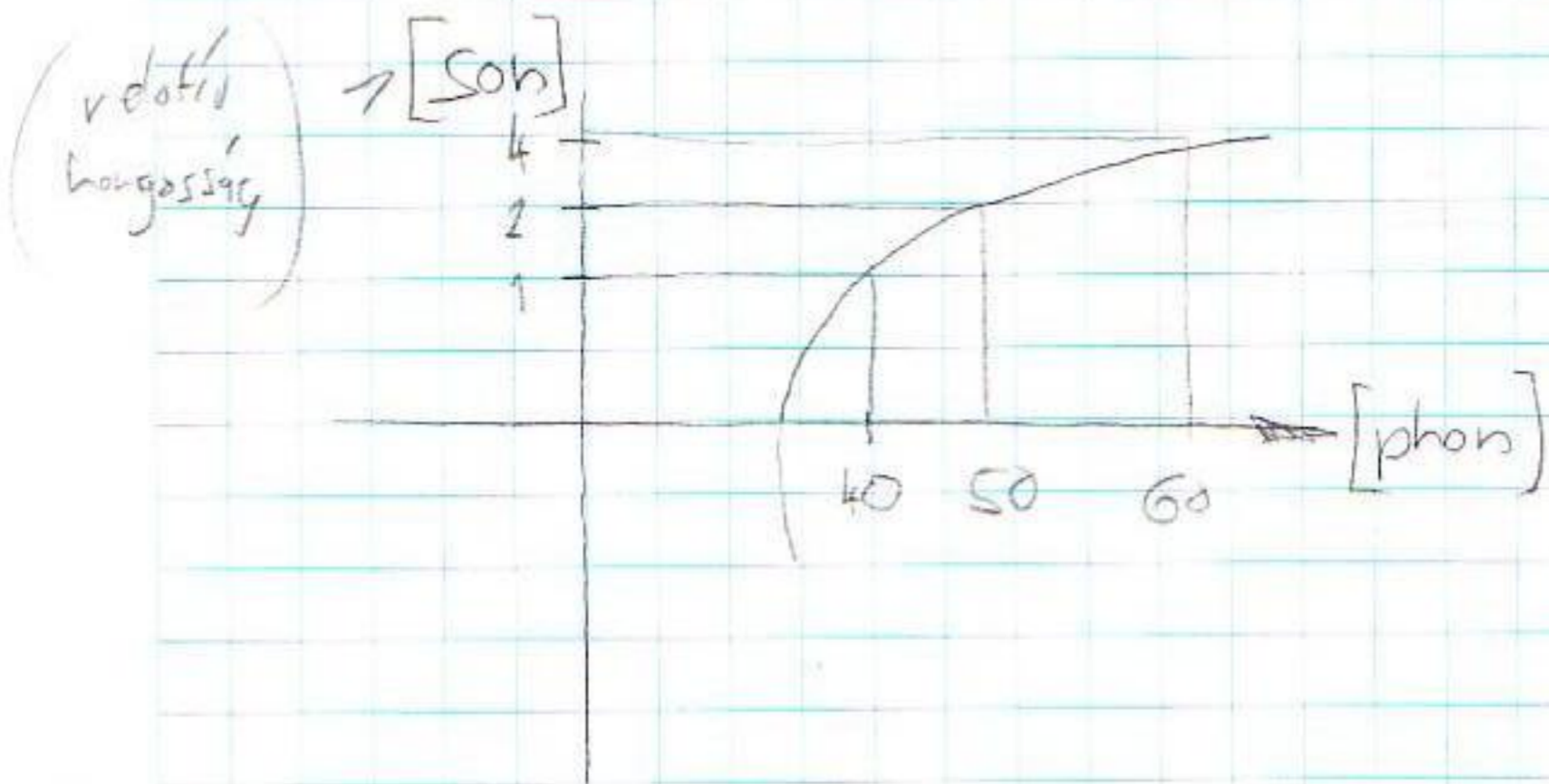
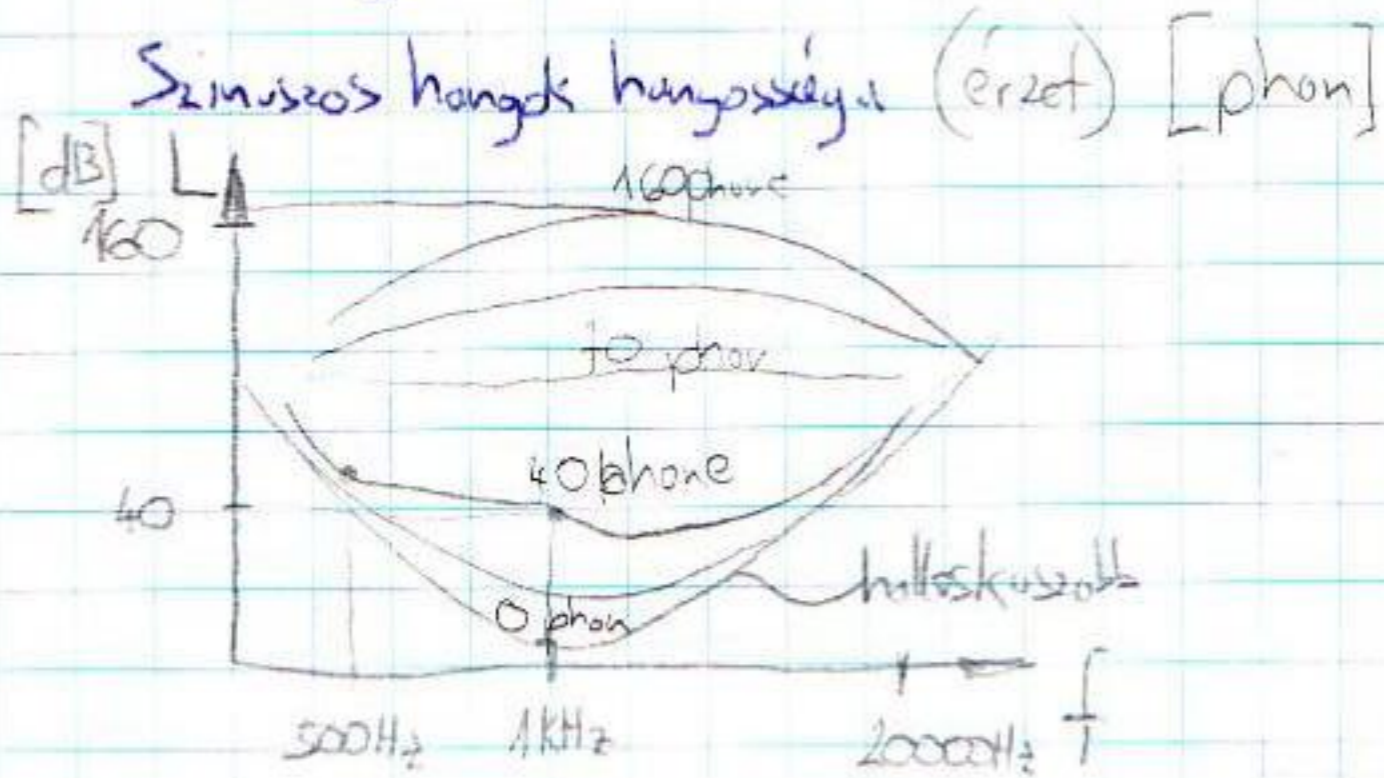
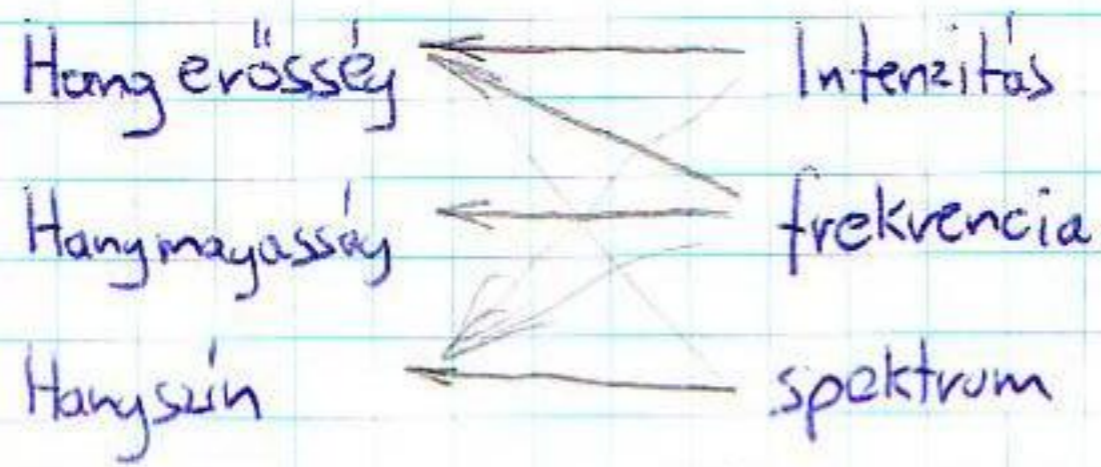
akusztikai dB

$$U^{\text{dB}} = 20 \log \frac{U_{\text{eff}}}{0,775 \text{ V}}$$

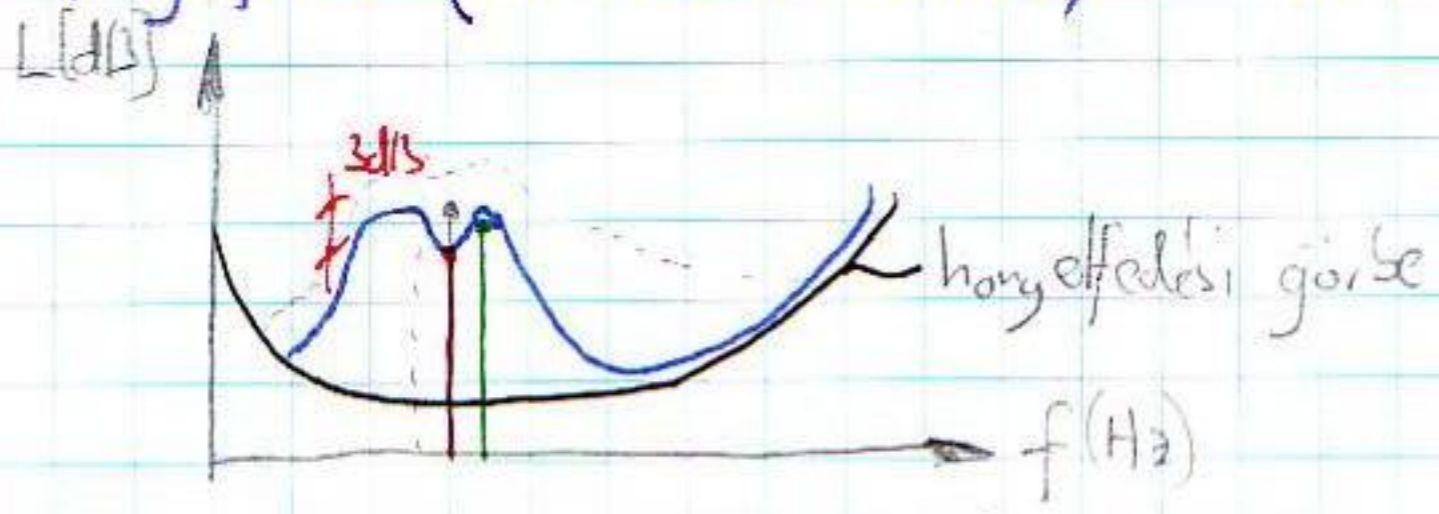
feszültség dB

$$\left( = 10 \log \frac{I}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \text{ dB} \right)$$

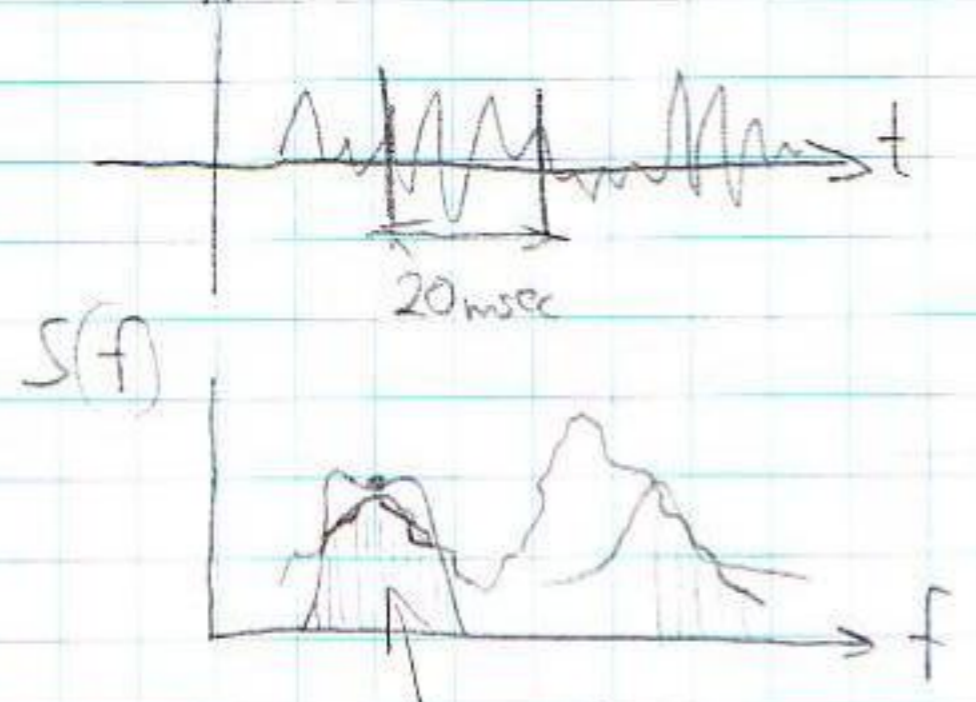
# Hang-pszichofizikai jellemzői



Hangelfedés (intenzitás i. t. é. r. e. n) már működő szülő hang → megjeleneli a hullósküszöböt



Tömörítés a hangelfedés alapján



Wentzell (MPEG)

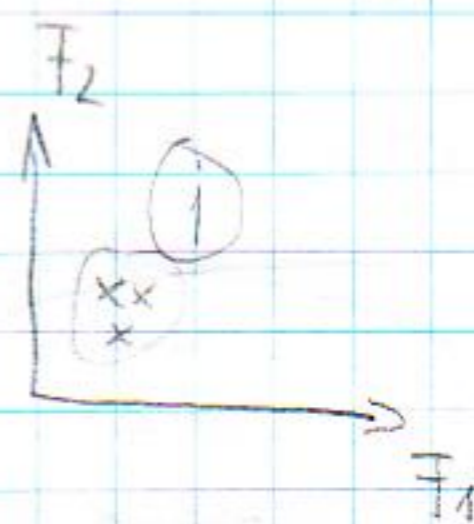
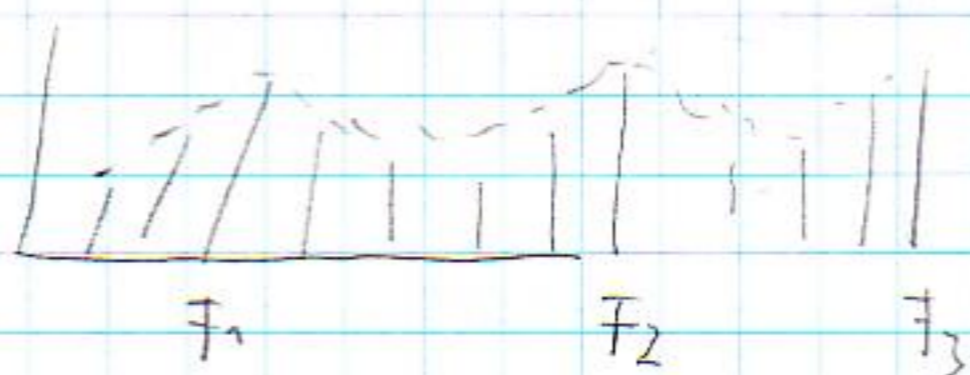
## Bepillantás a beszéd feloldozásba:

Beszéd felismerés

hanyageltés : zöngé (A)

lokés hullám (G)

turbulens áramlás (F)

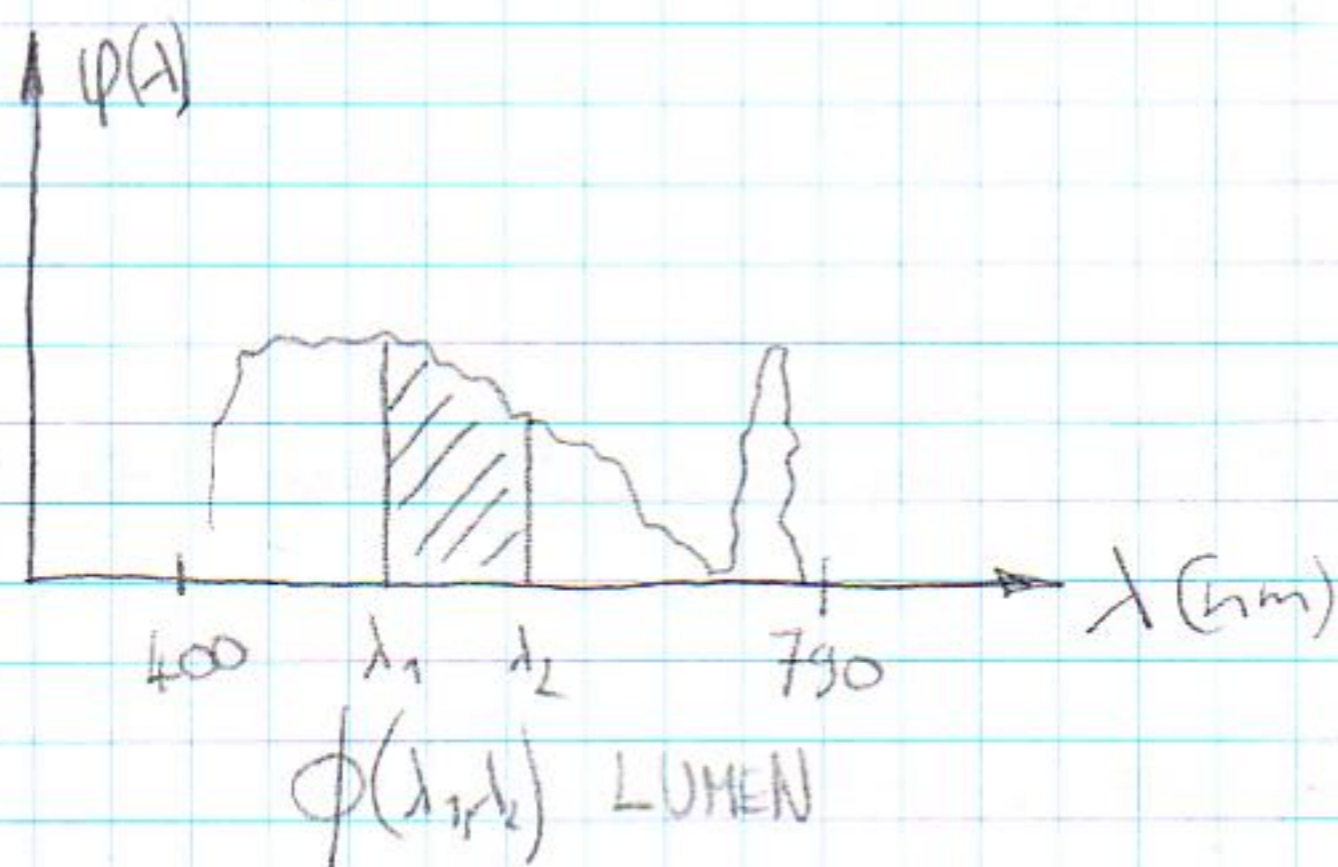


2007.09.13. csütörtök

II. Előadás (1. hét)

## 2. Fénytechnikai alapok

fény : elektromágneses sugárzás



Psicho fizika

Világos

Szín

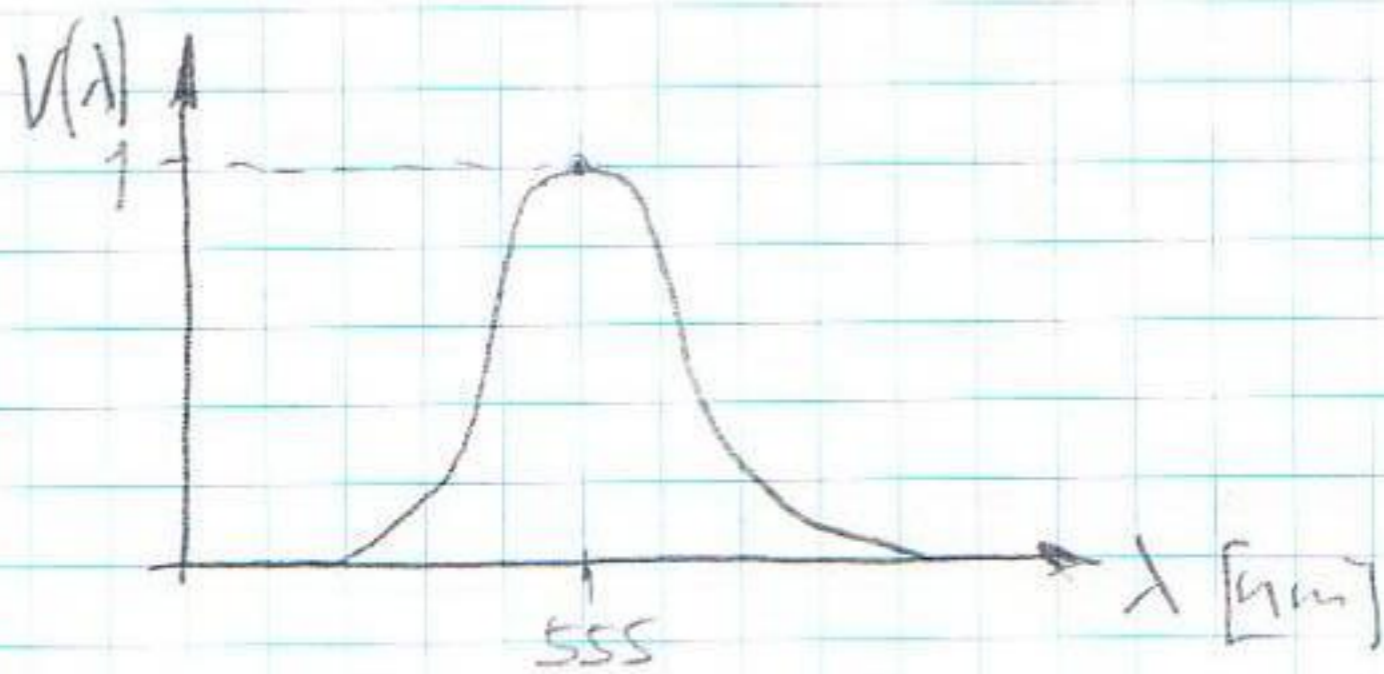
(Szín)telítettség

pupilla, lencse, szemfodrás (csupa szín), pólcsika (világosság),  $\rightarrow$  sugykeres

hallás : 60 bit/s      mély 1      idegek

látás : 10 bit/s      egyesítés 0,5

tap : 3 bit/s      sugyás 0,1



$$V(\lambda) = \frac{\phi(\lambda_m)}{\phi_e(\lambda)}$$

$$L = K \int_0^\infty V(\lambda) \psi(\lambda) L_{\text{umf}} d\lambda$$

↑  
főképi

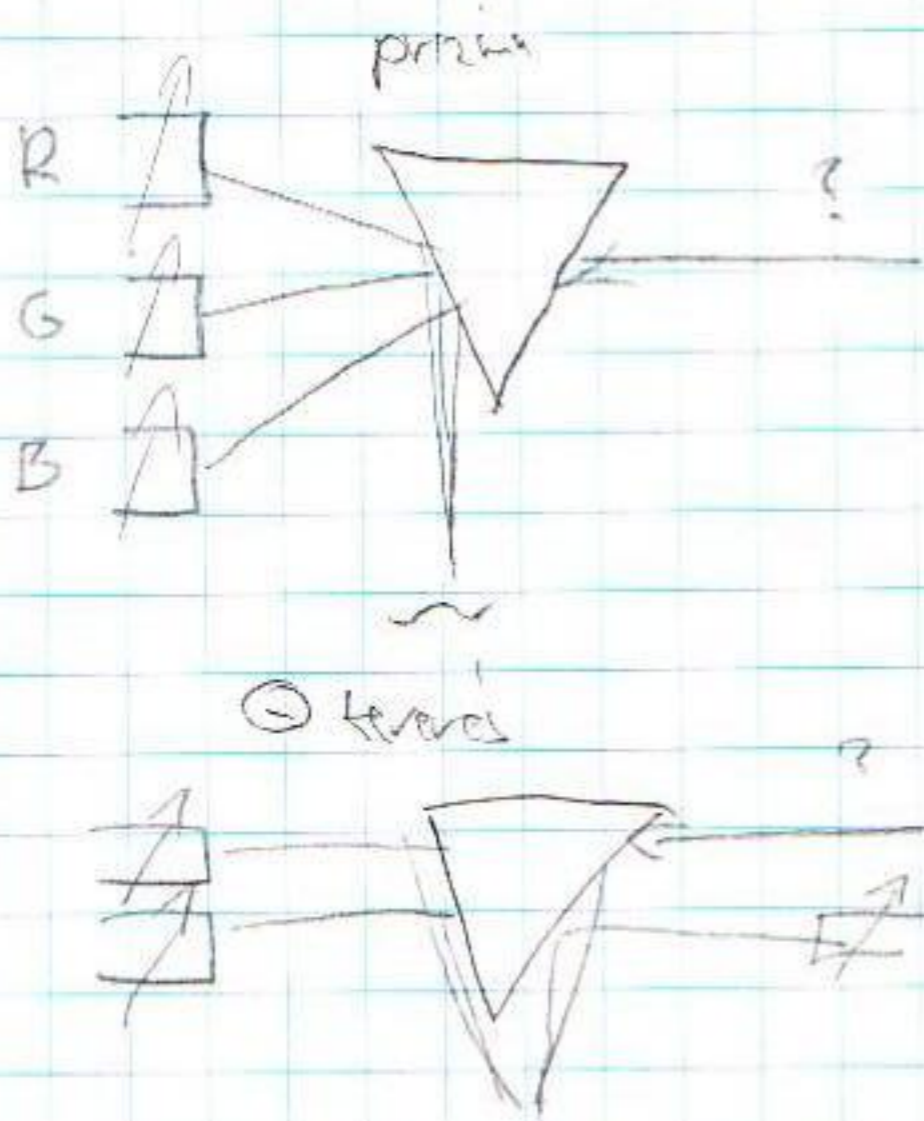
↑  
Lumenerő

↑  
síkosság

Sümméreston

$$\psi_1(\lambda) \neq \psi_2(\lambda)$$

= minden szín előállítható 3 alkalmas valósággal alapszín  $\oplus$  v.  $\ominus$  szín keverésével



$$\phi_R : \phi_G : \phi_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\phi_R}{\phi_R + \phi_G + \phi_B} \Rightarrow R$$

↑  
egységvalósítás

$$\frac{\phi_G}{\phi_R + \phi_G + \phi_B} \Rightarrow G$$

$$\frac{\phi_B}{\phi_R + \phi_G + \phi_B} \Rightarrow B$$

Egységvalósítás úgy hogy  $R=G=B=1 \Rightarrow$  fehér

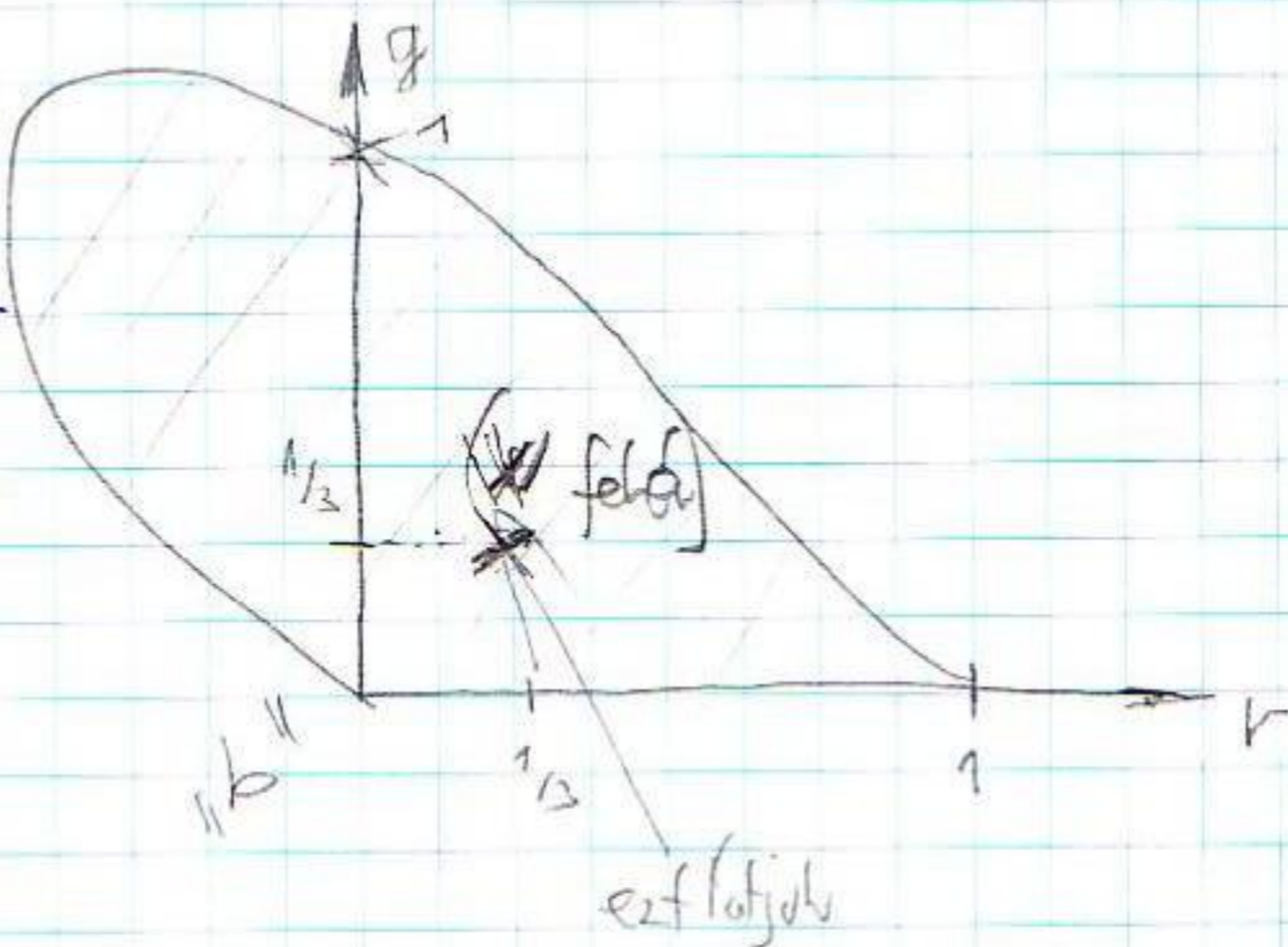
Színösszetevők  $\Rightarrow$  Színkoordináták:

$$r = \frac{R}{R+G+B}$$

$$g = \frac{G}{R+G+B}$$

$$b = \frac{B}{R+G+B}$$

$$r+g+b=1$$



$$L = 0,3 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,11 \cdot B \quad \text{Lumen}$$

X      Y      Z

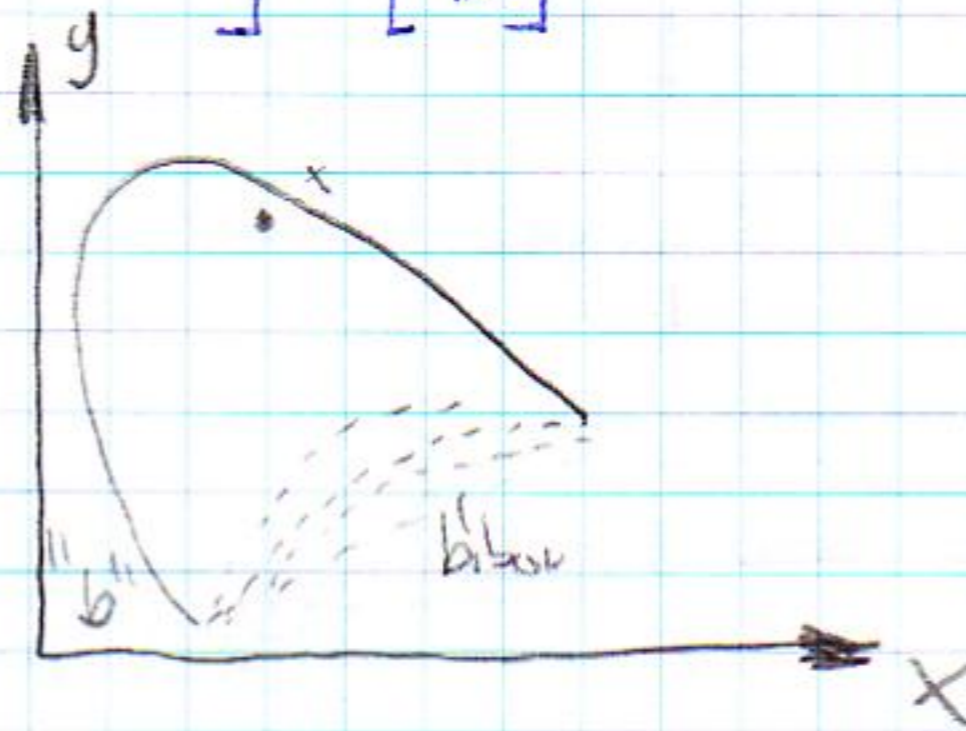
||  
L  
(fényesség)

CIE  $\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$

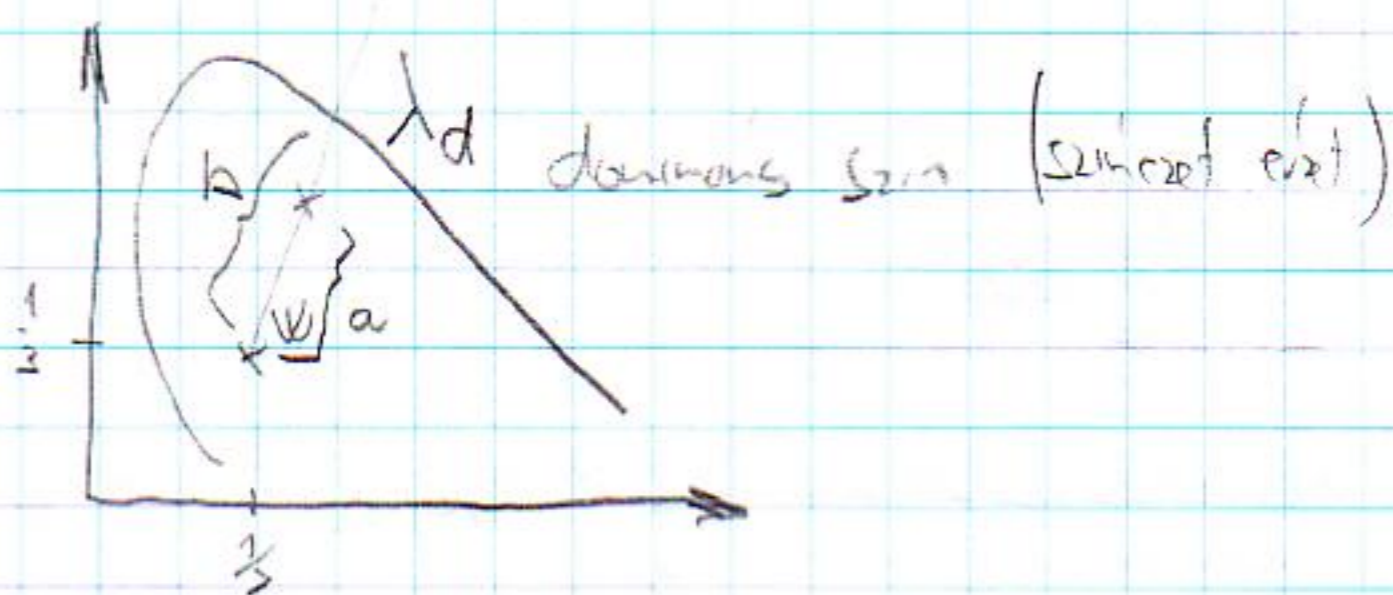
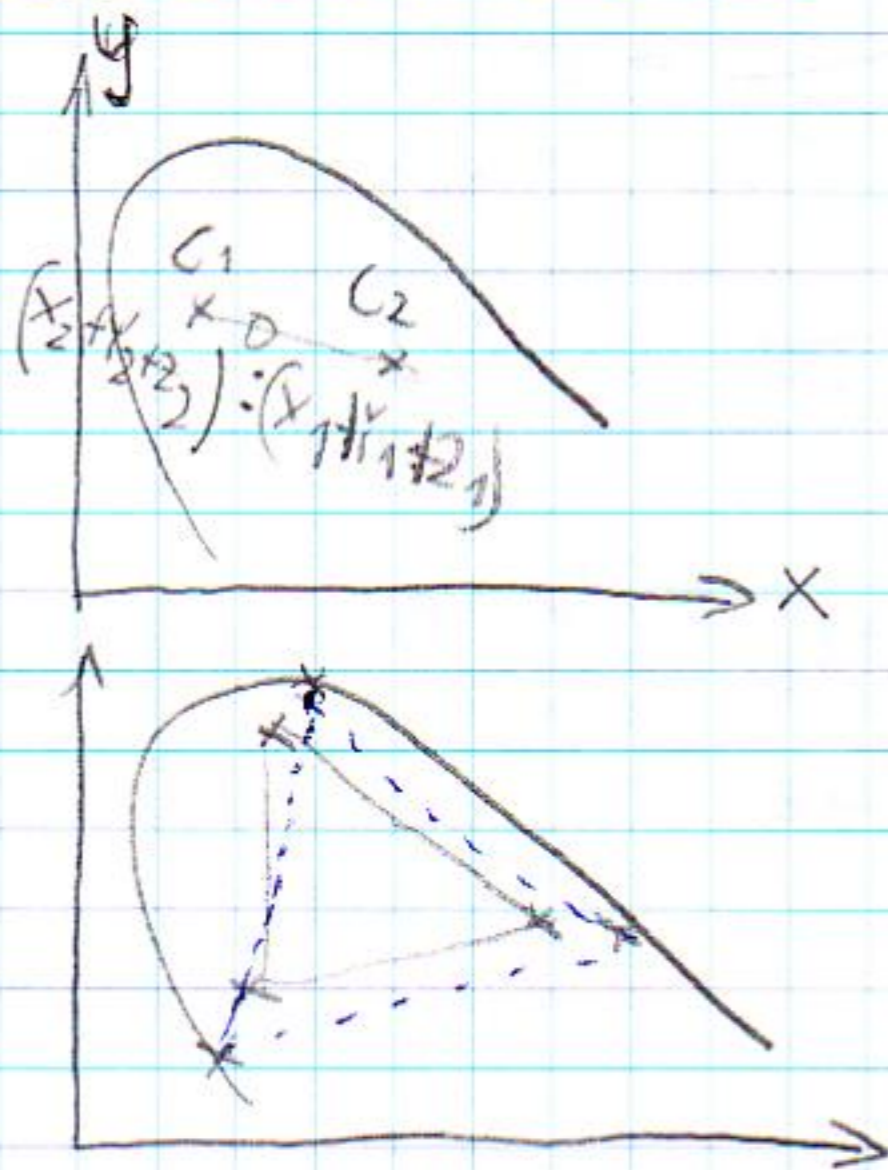
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$



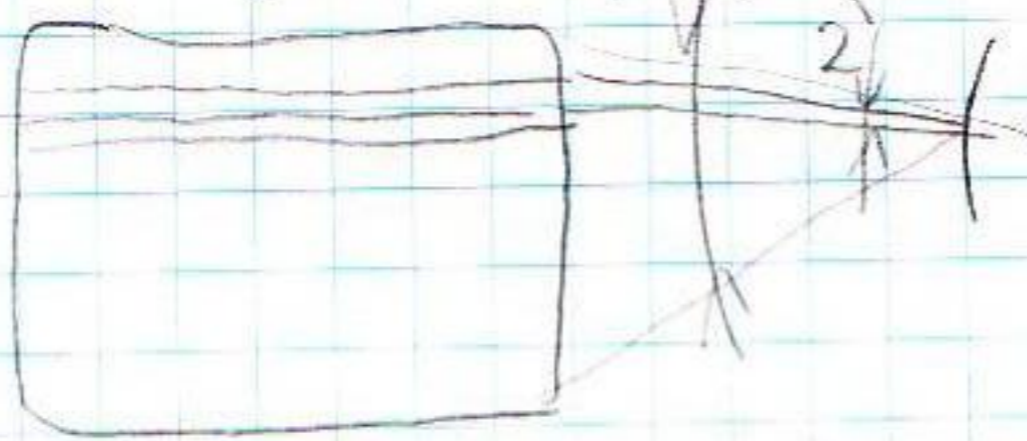
Színek összező keverései:



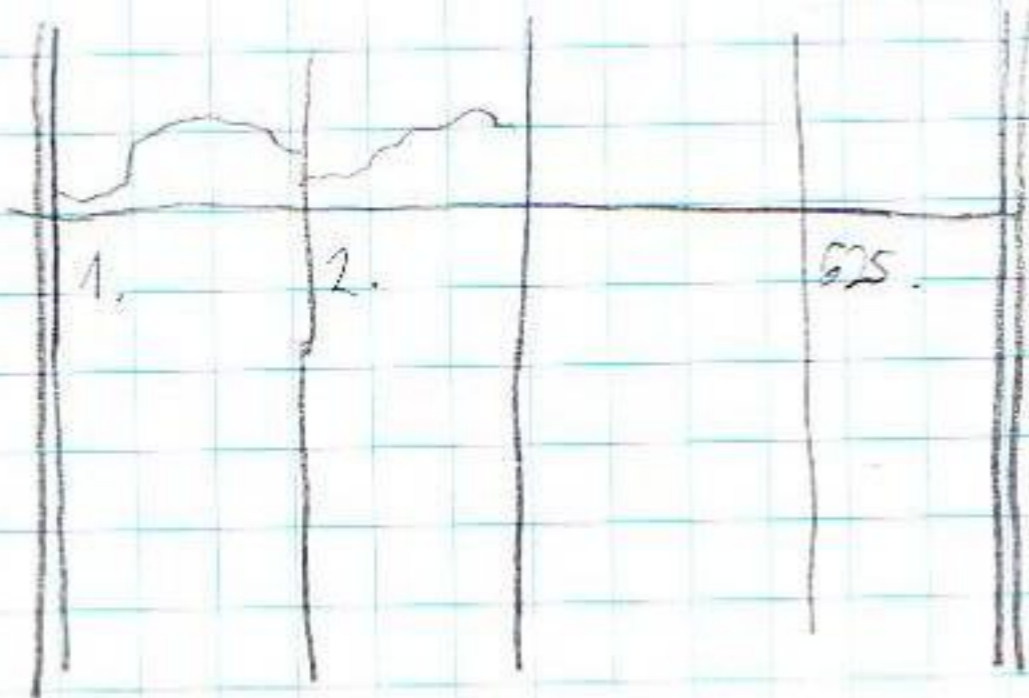
telítettség:  $t = \frac{a}{b}$

# képatétel alapvető fogalma

I-f (fehér-fehér)

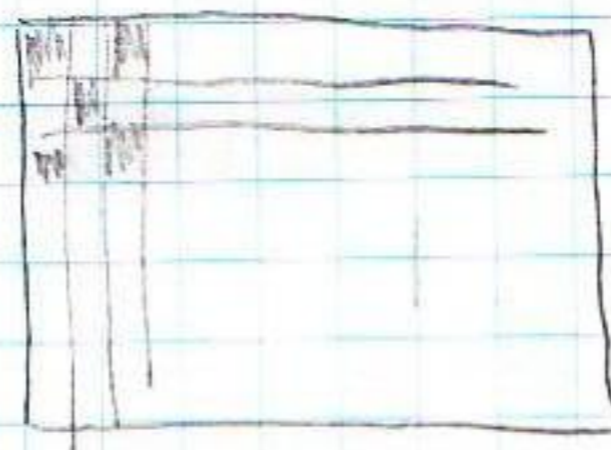


$$\text{Sorokszáma} = \frac{20^\circ}{2'} = \frac{60 \cdot 20'}{2'} = 600 \Rightarrow 625$$



$$\text{függőleges / vízszintes} = \frac{4}{3}$$

~~függőleges~~  
Vízszintes "sor"  $\frac{4}{3} \cdot 625$



$$\text{szividő} = \frac{1}{25} \text{ sec}$$



$$f_{\text{max}} \approx 6 \text{ MHz}$$

## Szines

$$L = Y$$

(nem az XY, Z-transzmisszió)

$$G = Y$$

$$B = Y$$

$$f_{\text{max}} \approx 6 + 1 + 1 \text{ MHz}$$

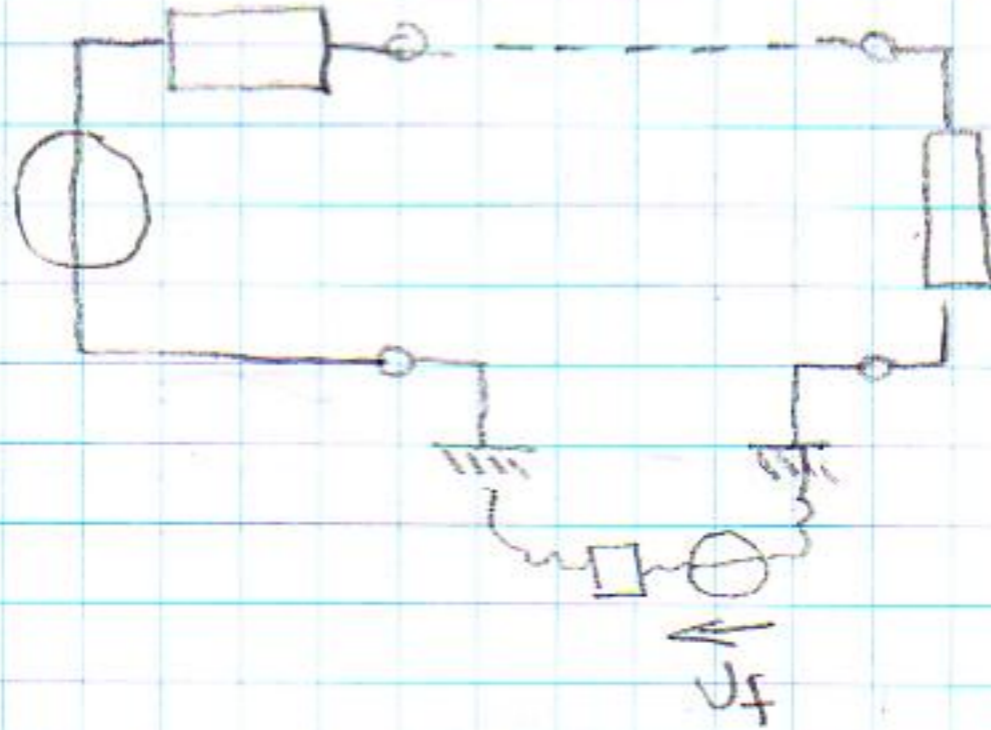
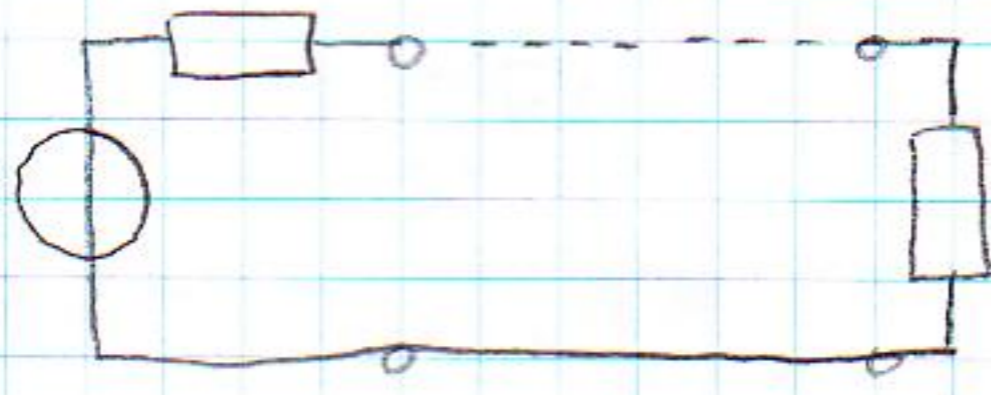
$\Rightarrow$  FF tv is lehetősé a kép

2007.09.26. Szerda

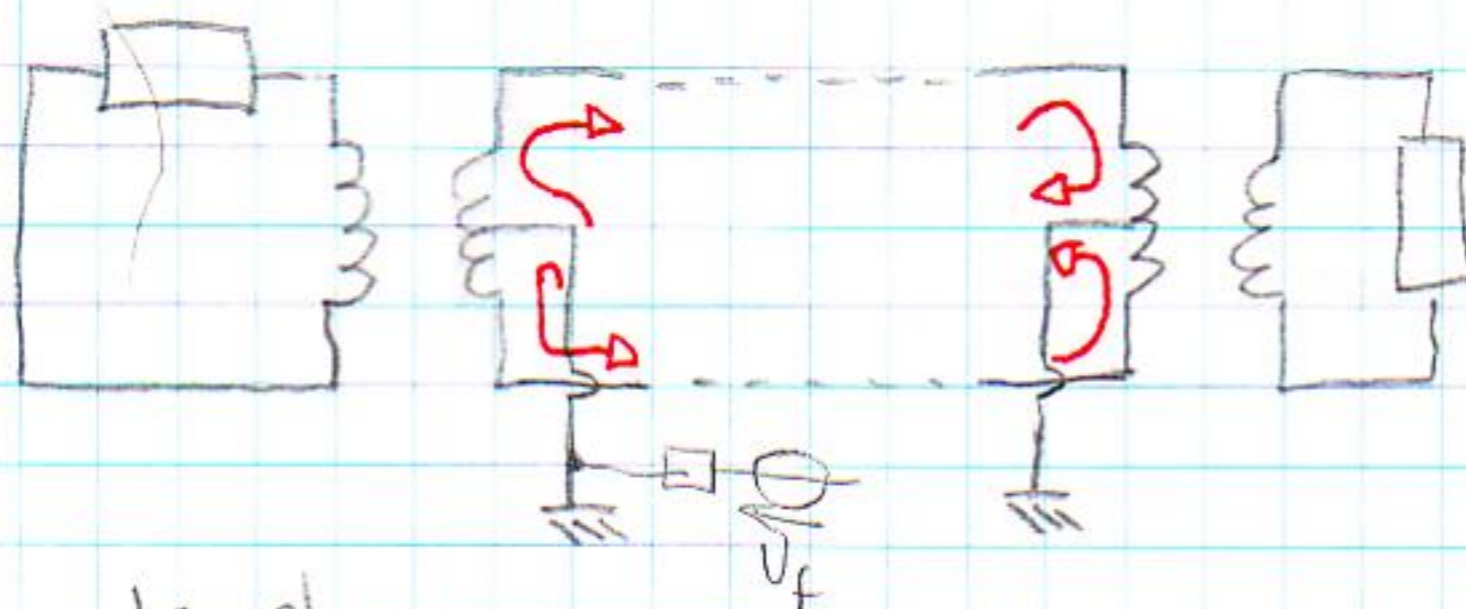
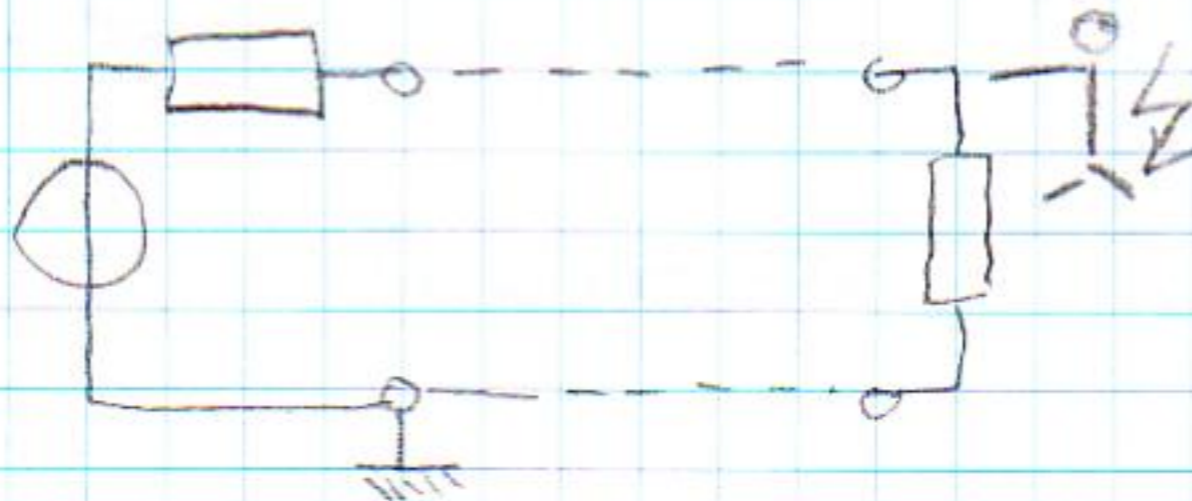
III Előadás (3. hét)

híradástechnika: információ időbeni, térbeli átvitele

5. Átvitel fémvezeteken



⇒ nem jó, hiszen a föld potenciálja nagy területeken nem egyezik meg (Áramok folynak a földben, tonkerekletek a kábelokolat)



BIZTONSÁGOS

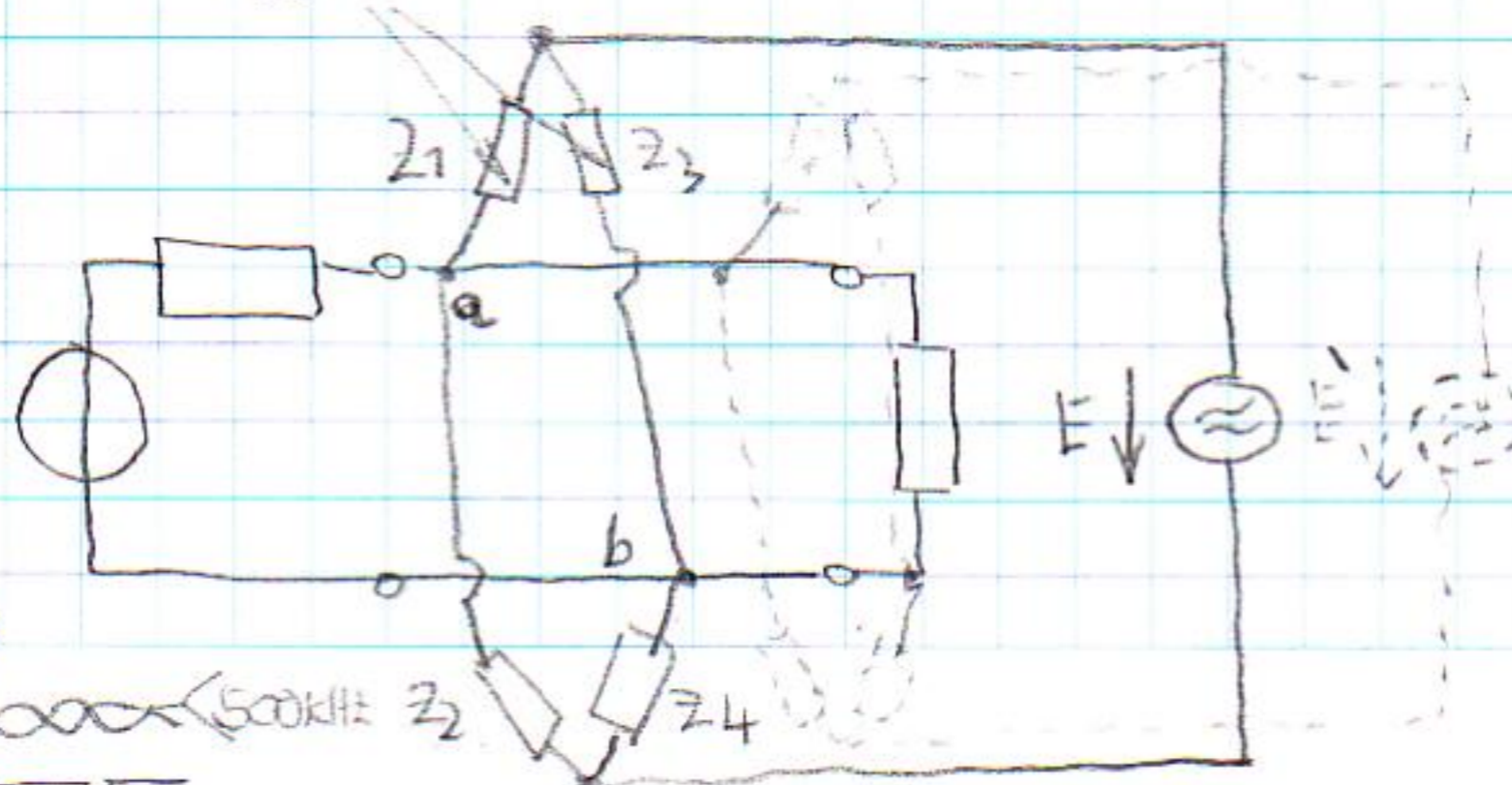
Zavarhúzás

$Z_1, Z_4 \neq Z_2, Z_3$

megold:

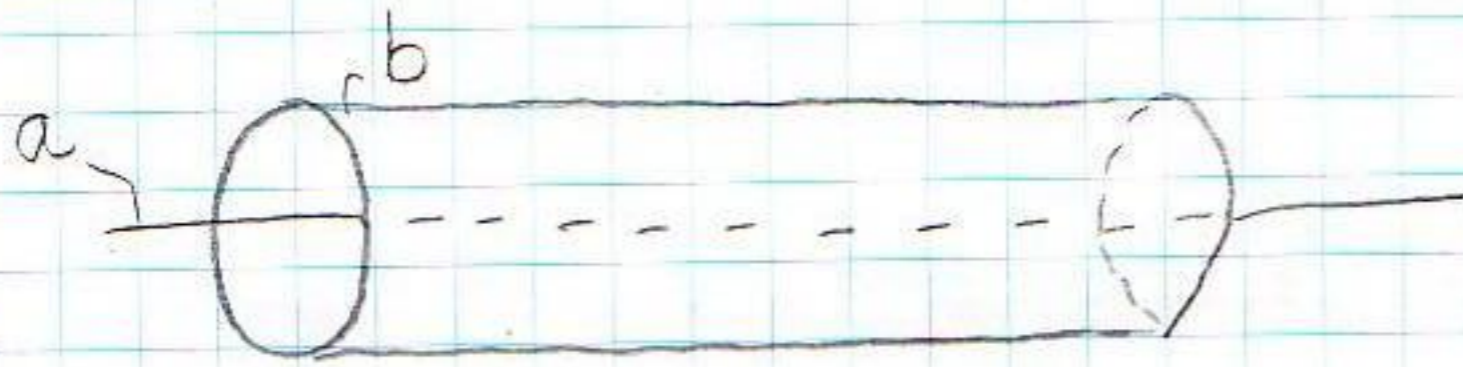
Szimmetrikus vezeték

⇒ Szimmetrikus vezeték



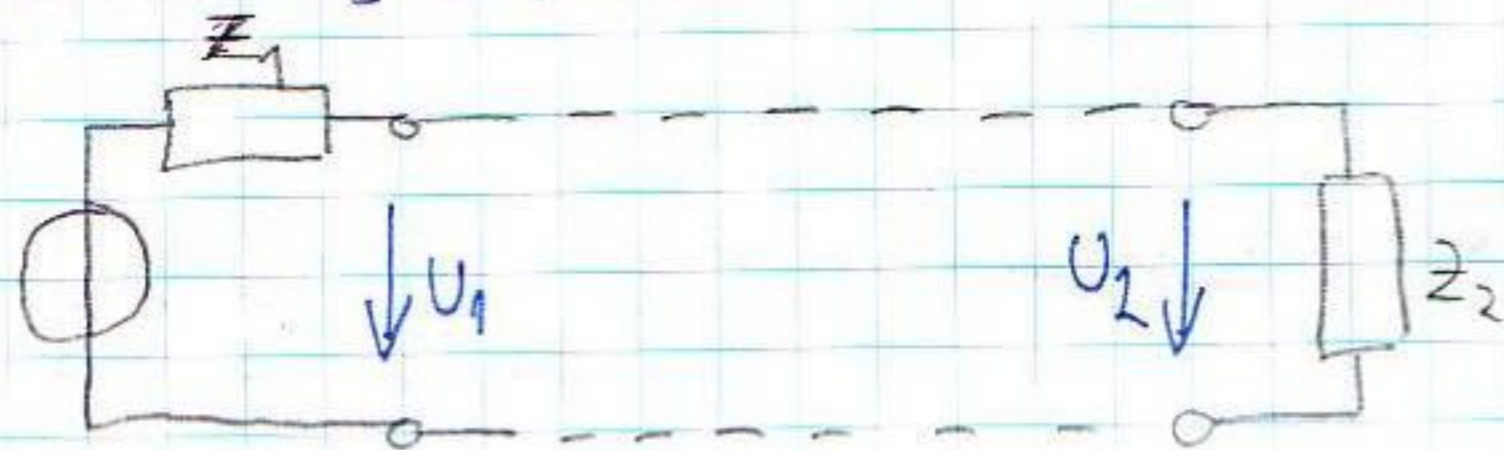
• keresztirányú

## Koaxiális kábel:



$Z_1 = \infty, Z_3 = \infty \Rightarrow$  híd nem képződik, az egyenlet kiegyenlített ( $\infty = \infty$ )

## Átviteli tulajdonságok



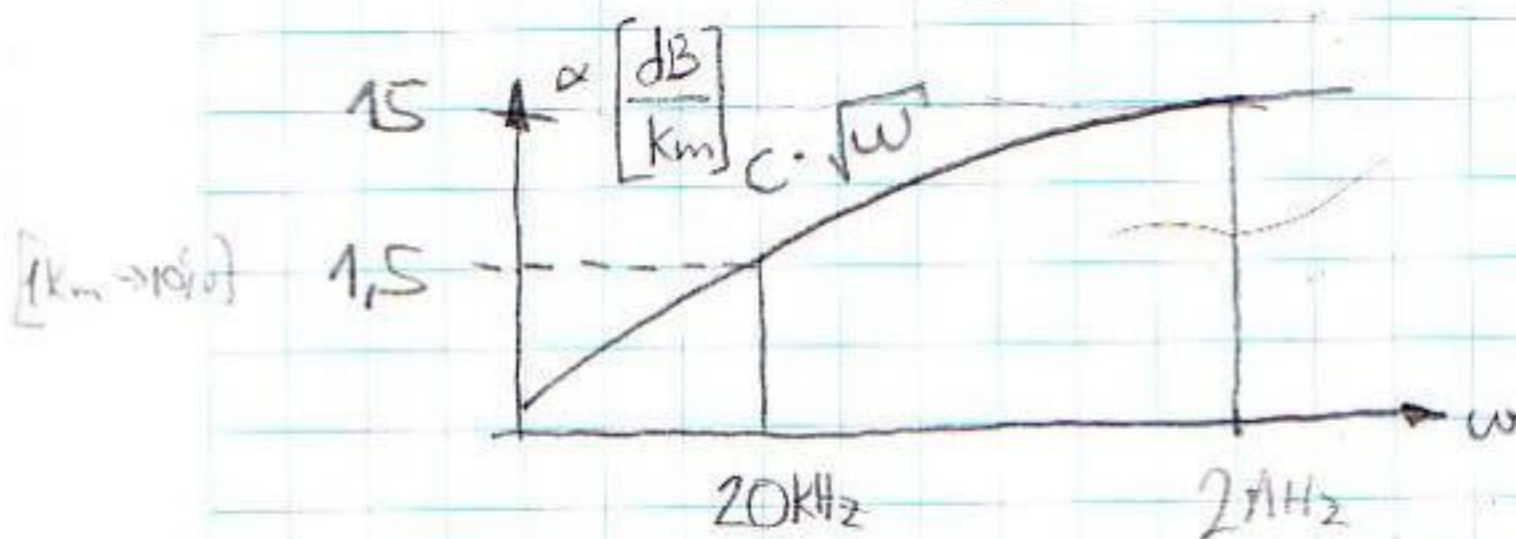
$$a^{dB} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} = a_0 - 20 \lg |S_2 - S_1| \quad \text{HULLÁMCSILLA PÍTÁS } (a_0)$$

$$S_i = \frac{Z_i - Z_{i0}}{Z_i + Z_{i0}}$$

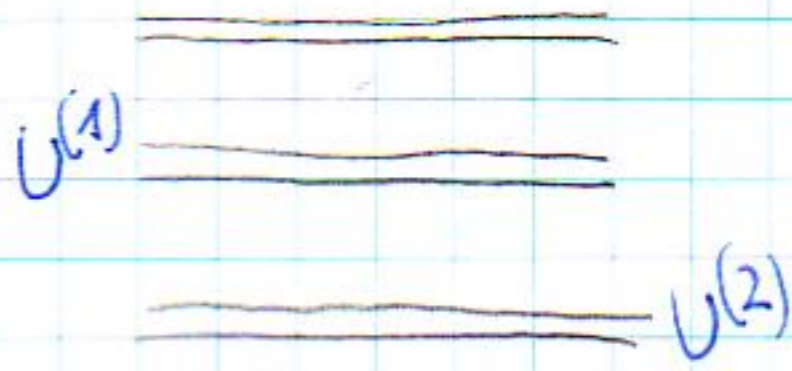
hogy a reflexió jó legyen a vezeték hullámimpedanciájával megegyező ellenállással kell leszórni

$$\Rightarrow Z_1 = Z_2 = Z_0 \Rightarrow a^{dB} = a_0$$

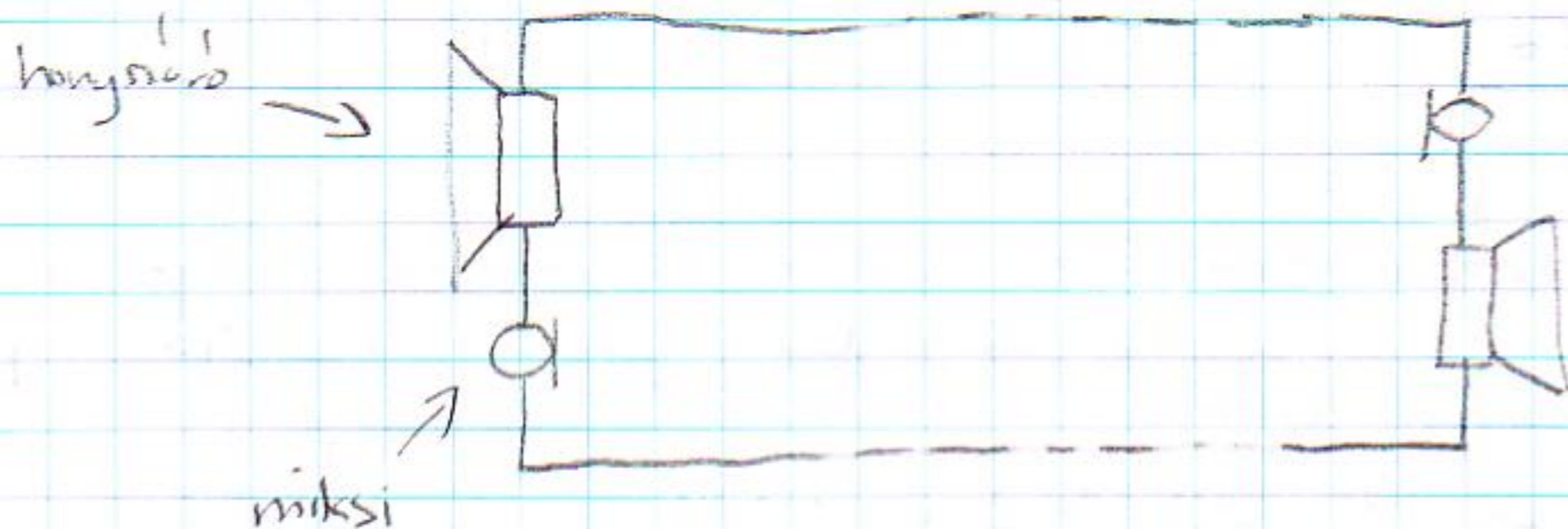
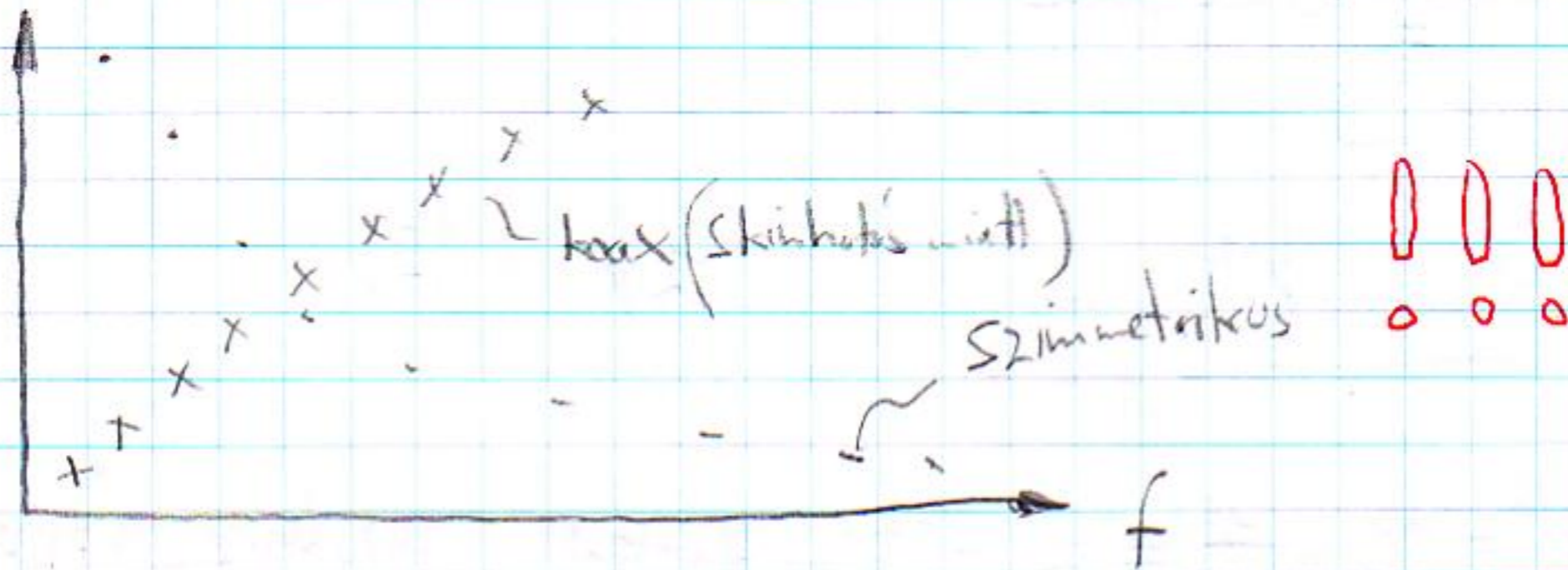
$$U_{ki}(\omega) = U_{ke}(\omega) e^{-[\alpha(\omega) + j\beta(\omega)]l}$$



Áthallás

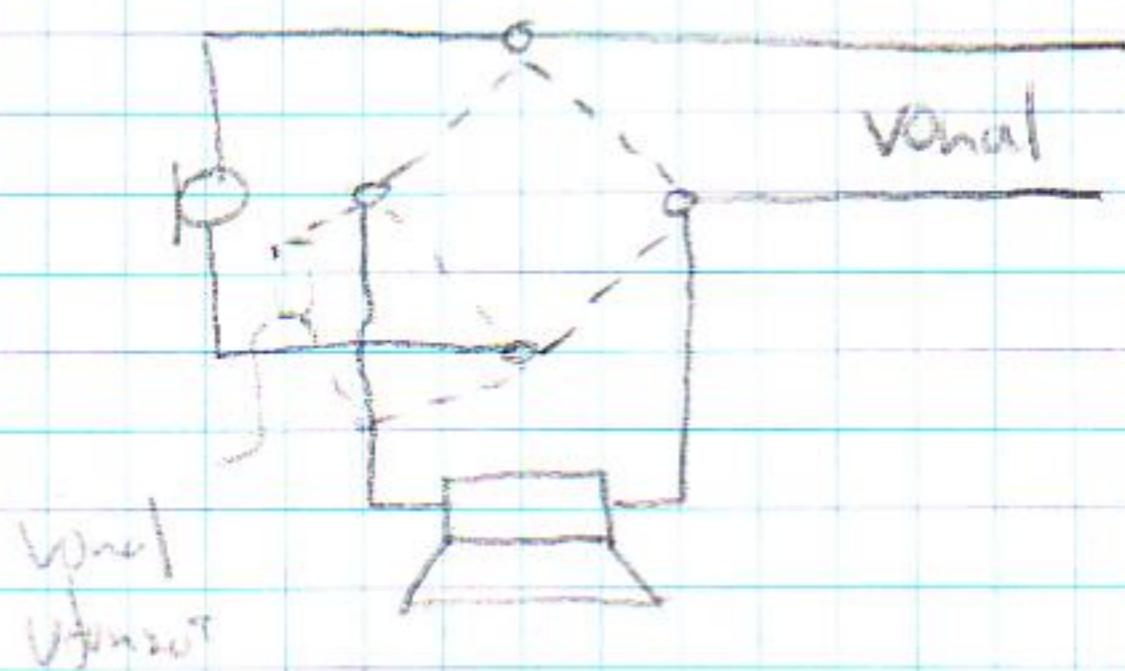


ÁTHALLÁSI CSILLAPÍTÁS  $20 \lg \frac{U(1)}{U(2)}$

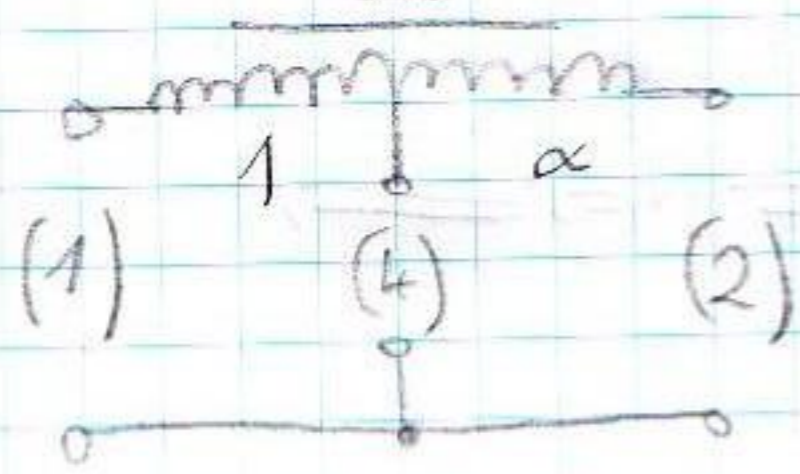


⚡ hallonánk a saját hangunk

⇒ megoldás



# Villa (hibrid) áramkör



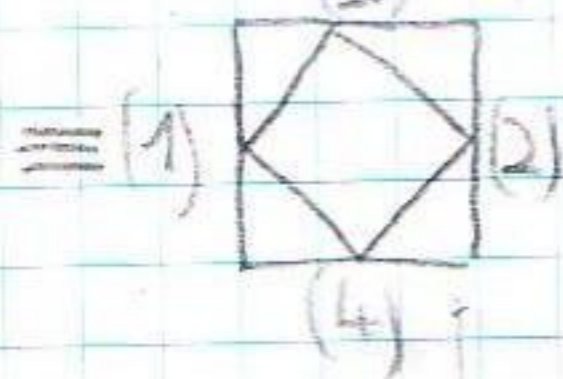
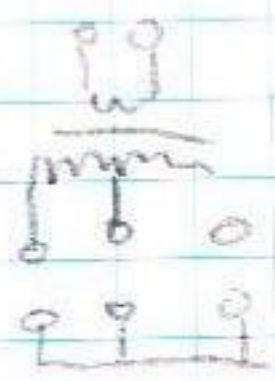
$$Z_1 : Z_2 : Z_3 : Z_4 = (1+\alpha) : \alpha(1+\alpha) : n^2 : 1$$

"Semben lévő kapasitások nem látják egymást"

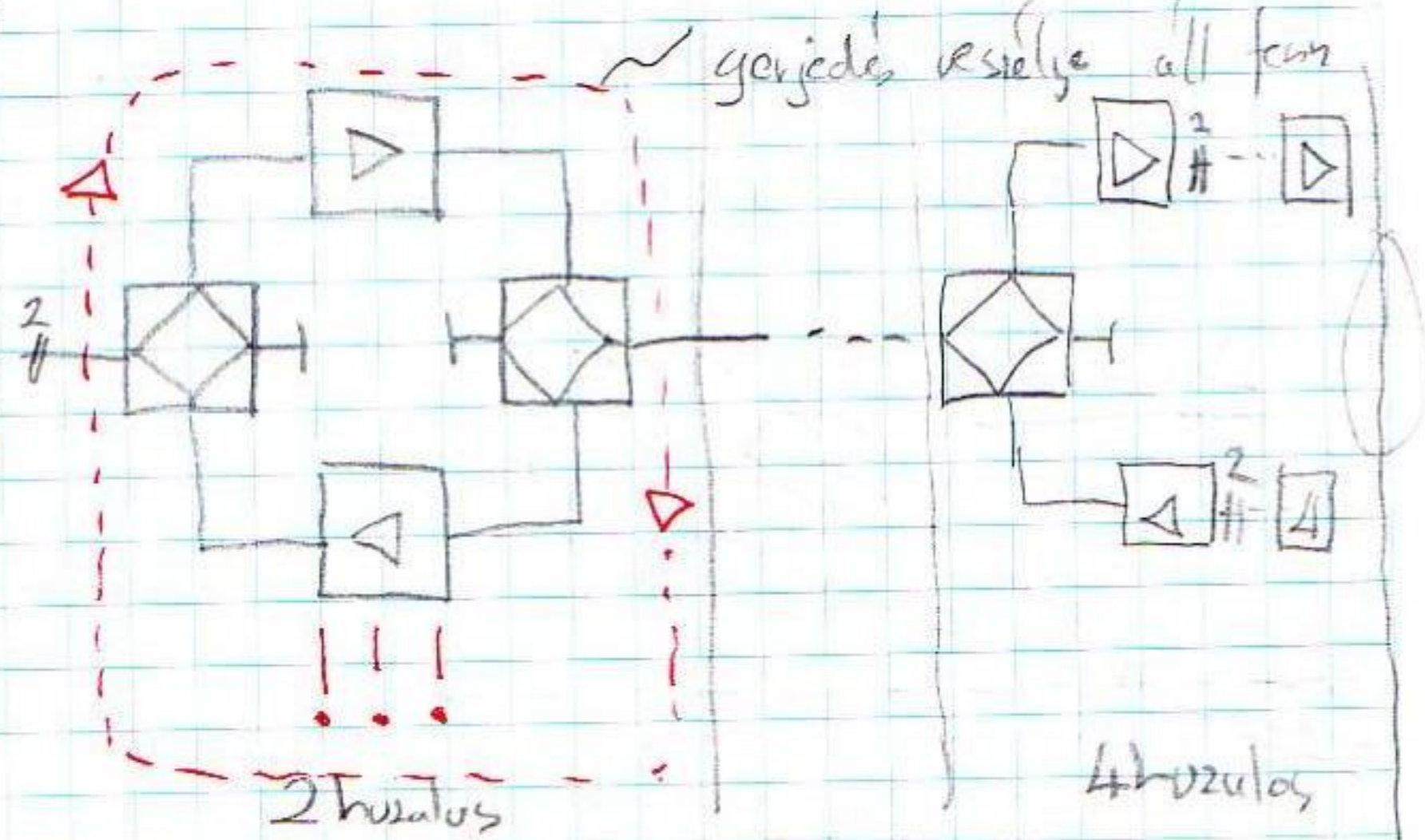
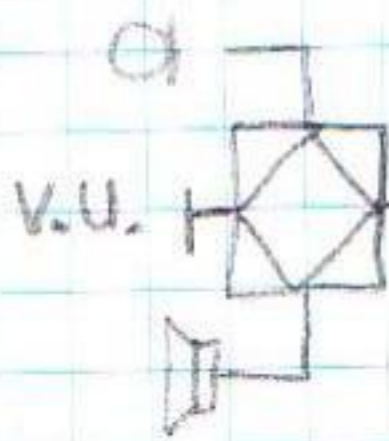
$$a_{012} = a_{034} = \infty$$

$$\alpha = 1 \quad a_{\text{transzmisszió}} \stackrel{\text{id}}{=} (3 \text{ dB}) \stackrel{\text{valós}}{\approx} 3,5 \text{ dB}$$

## Kétirányú erősített átvitel



nem ideális esetben



⇒ 3-nál több erősítési hurokot tilos bekötni

2007.09.27. csütörtök

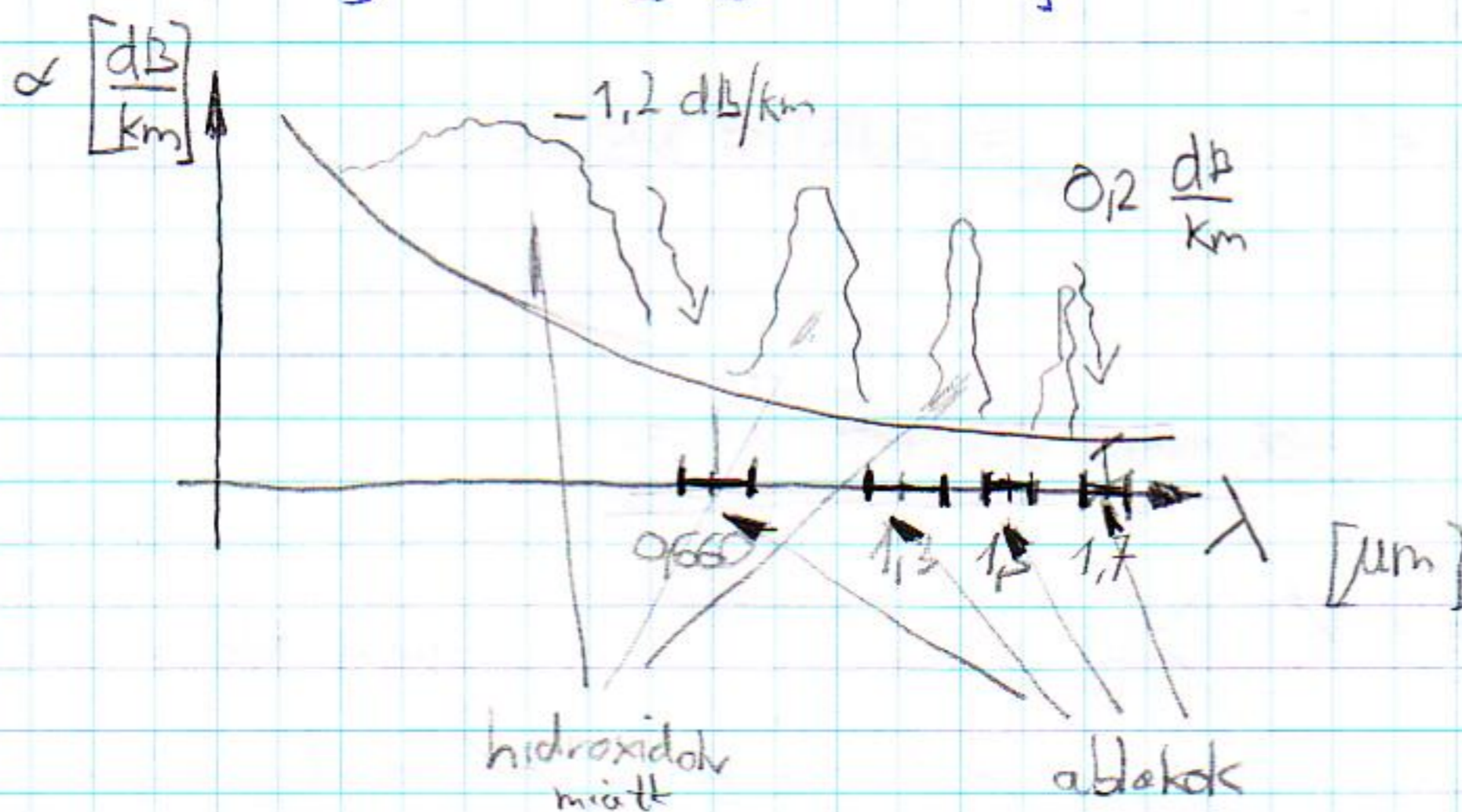
IV Előadás (3. hét) [Ünnepelem: LOAL]

## 6. Átvitel "üvegszalón" ("fényvezetőn")

fény: EM hullám, amit annak értelelmé

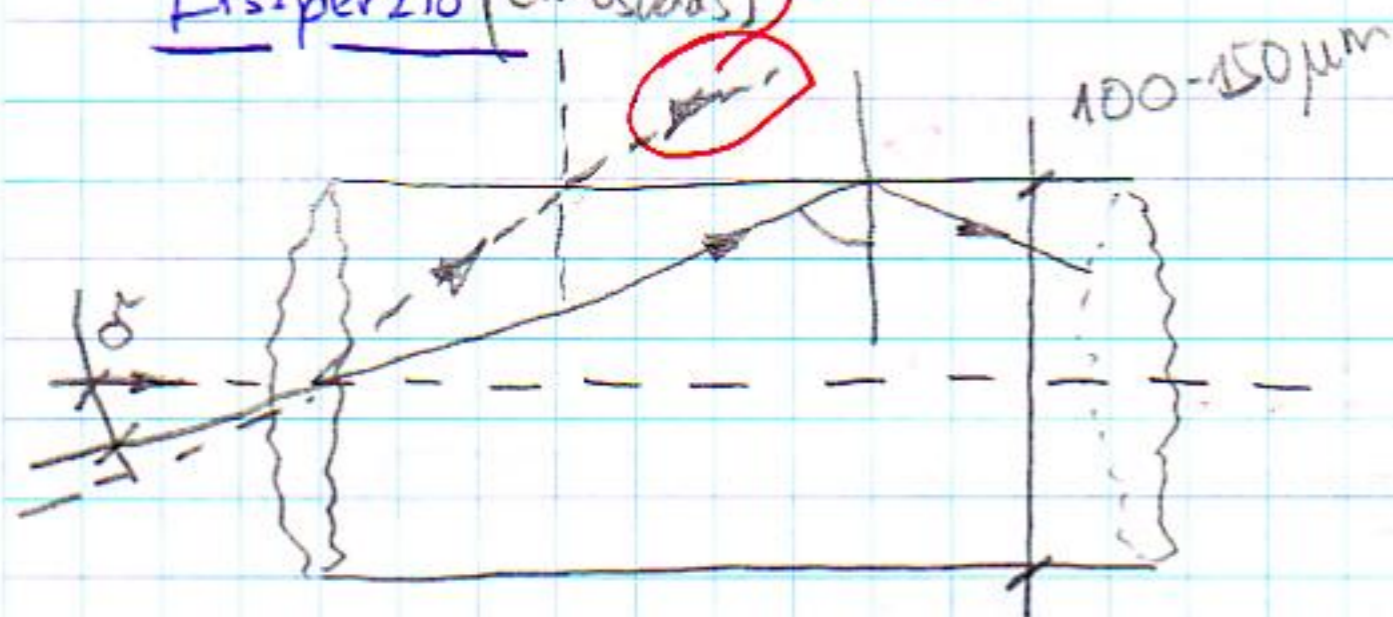
üvegszál: EM hullámot visz át (nem csak a látható fényt!)

1973: Corning Glass [üvegszál készítés]



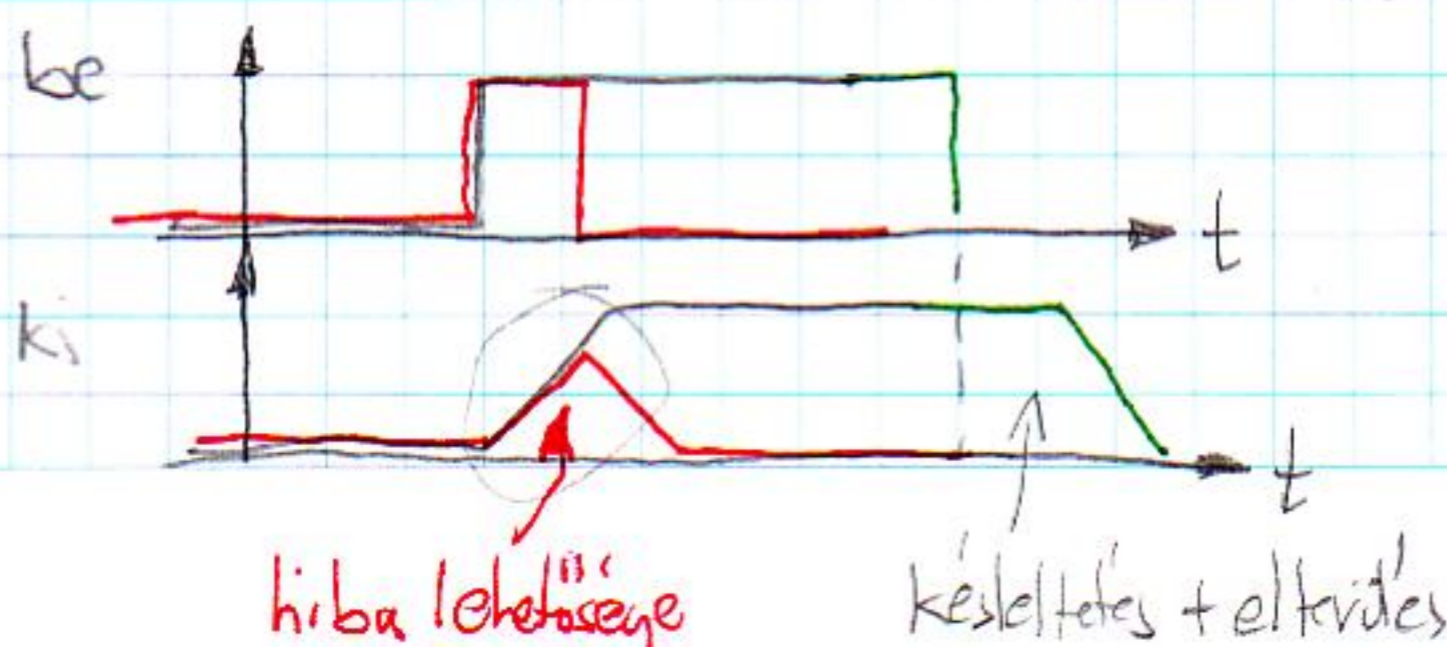
fényvezető hossza: akár 300-400 km hosszú lehet (de erővel növelhető) USA-EU

Diszperzió (elmosás) elvész!



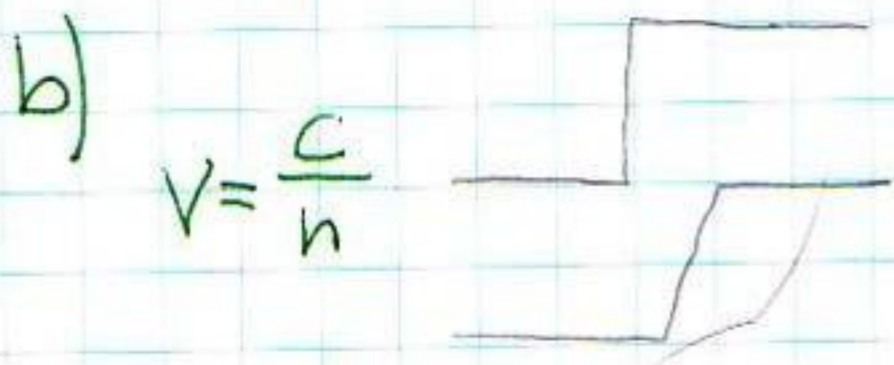
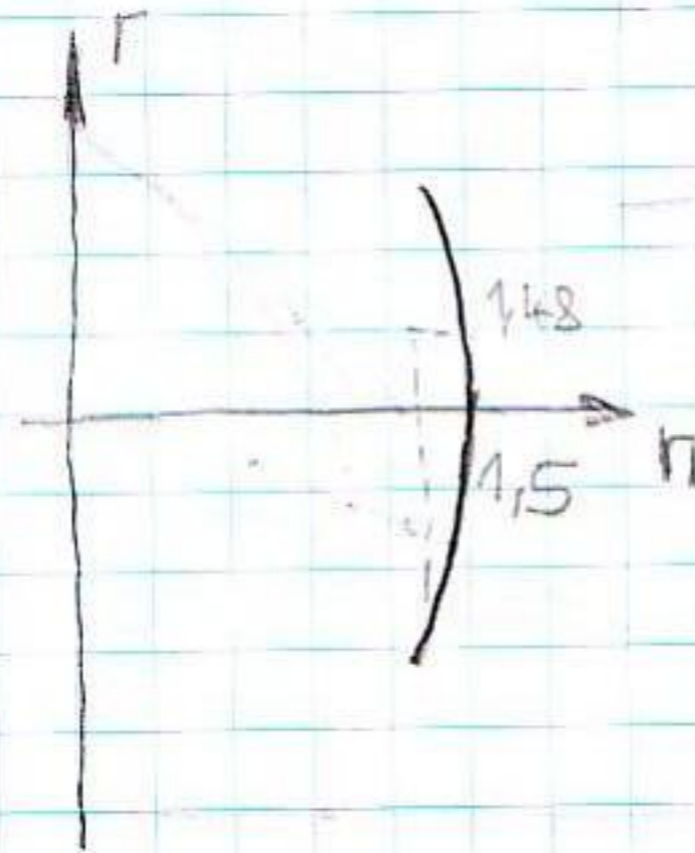
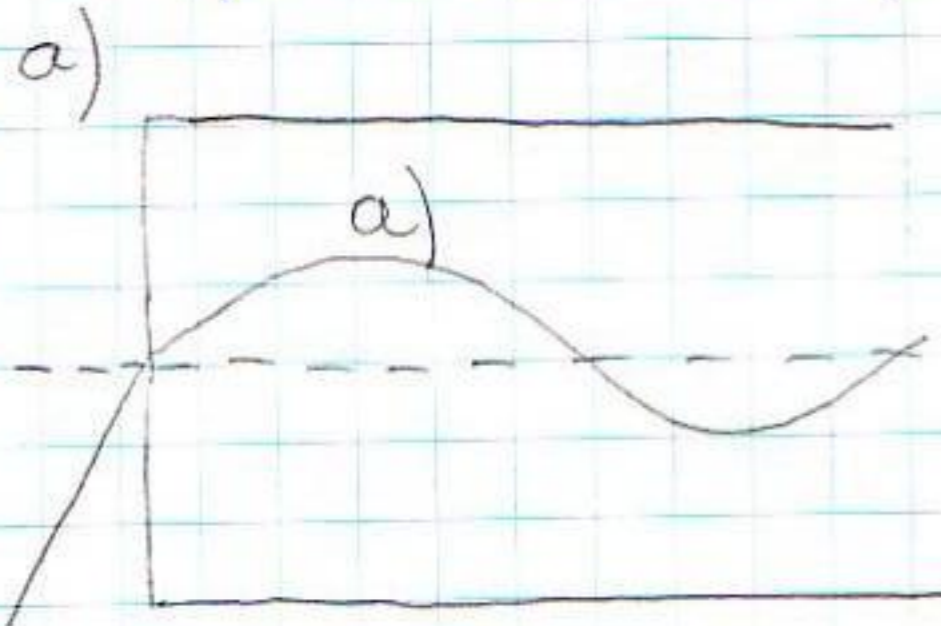
$$\sin \delta_{\text{max}} = \text{Numerikus Apertúra}$$

probléma: üthassak különbözőek



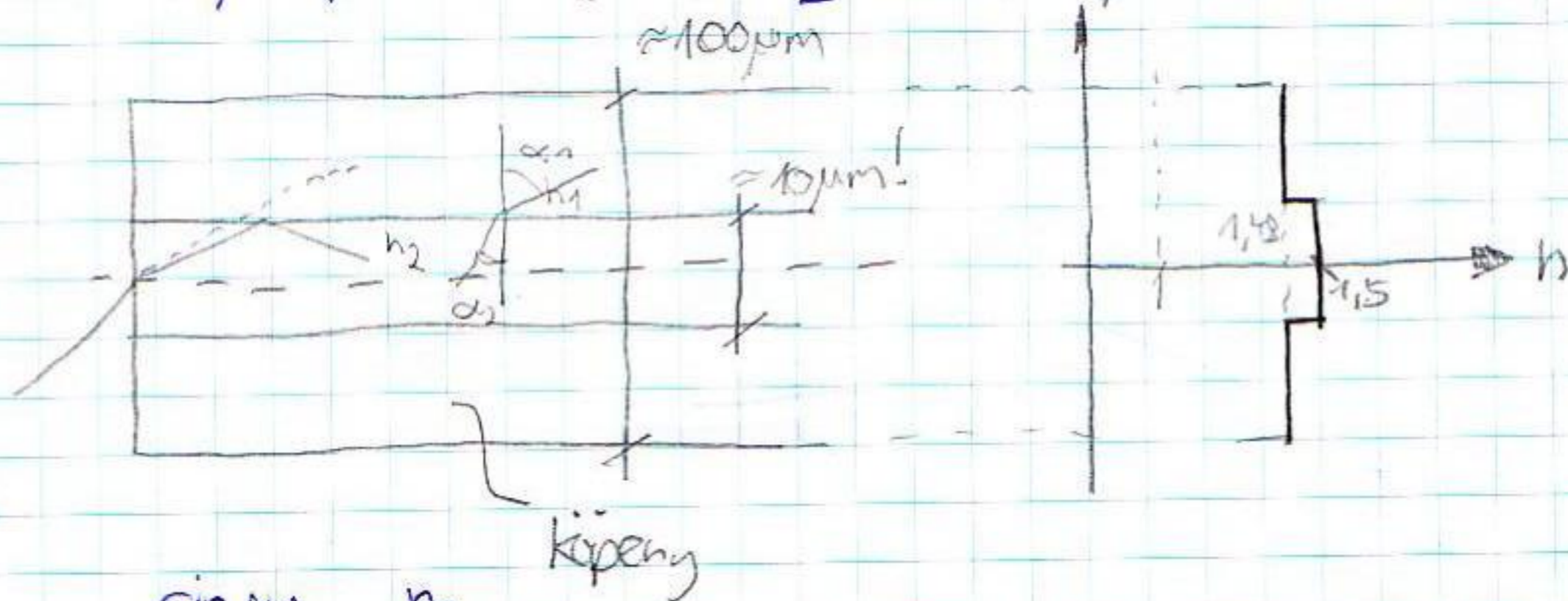
# Diszperzió csökkentése (törésmutató változékonysága)

## 1) Graded Index (G.I.)



" aki jó úton megy az meggyorsul  
 aki hosszú úton az meggyorsul "

## 2) Step Index (S.I.) [10Gb/sec]



$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

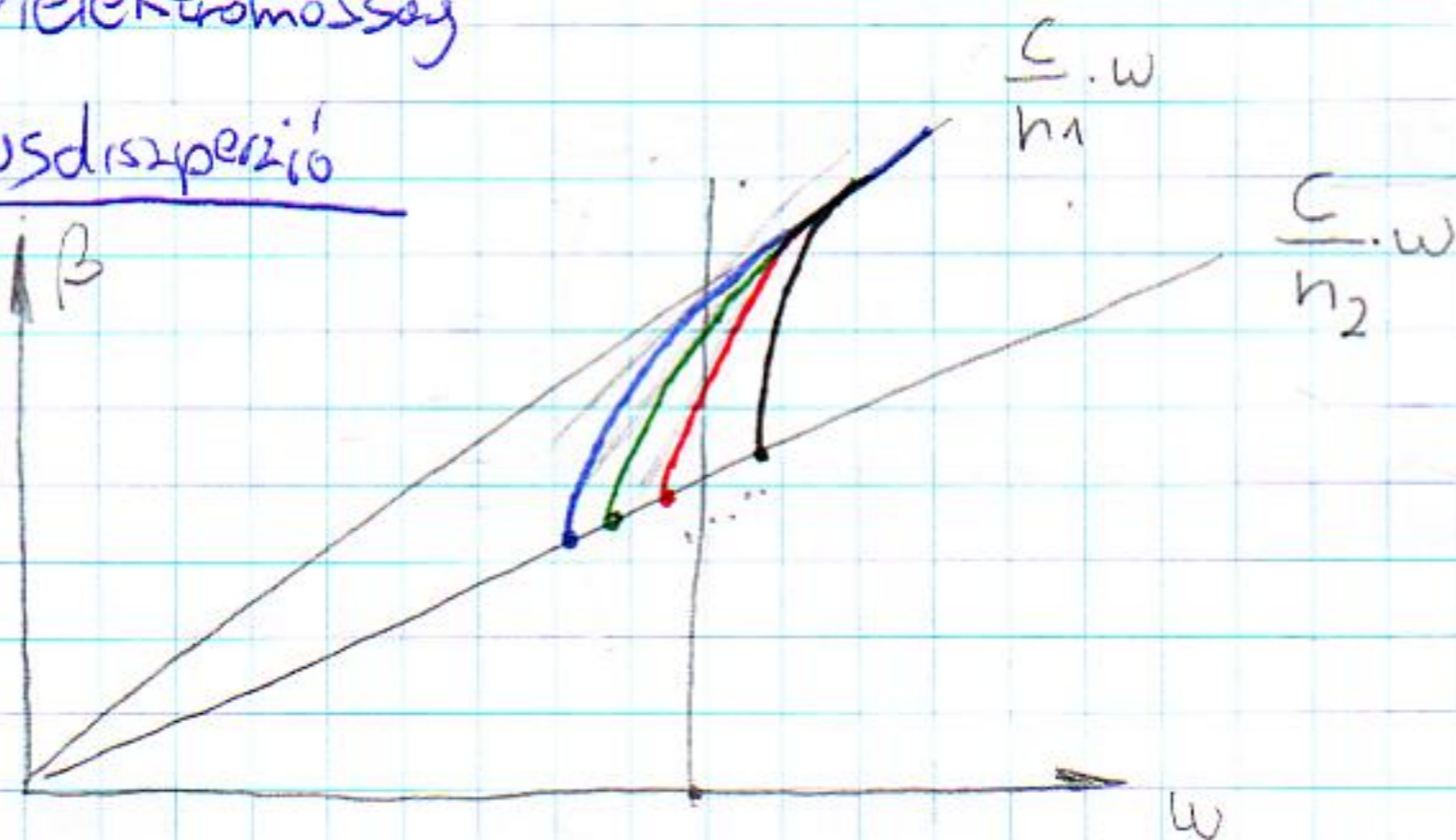
$$\alpha_1 = 90^\circ$$

$$N.A. (\text{num. ap.}) = \sqrt{n_2^2 - n_1^2} = 0,007$$

# Diszperzió (mélyebb fizikai szemlélettel)

⇒ Dielektromosság

## Működésdiszperzió

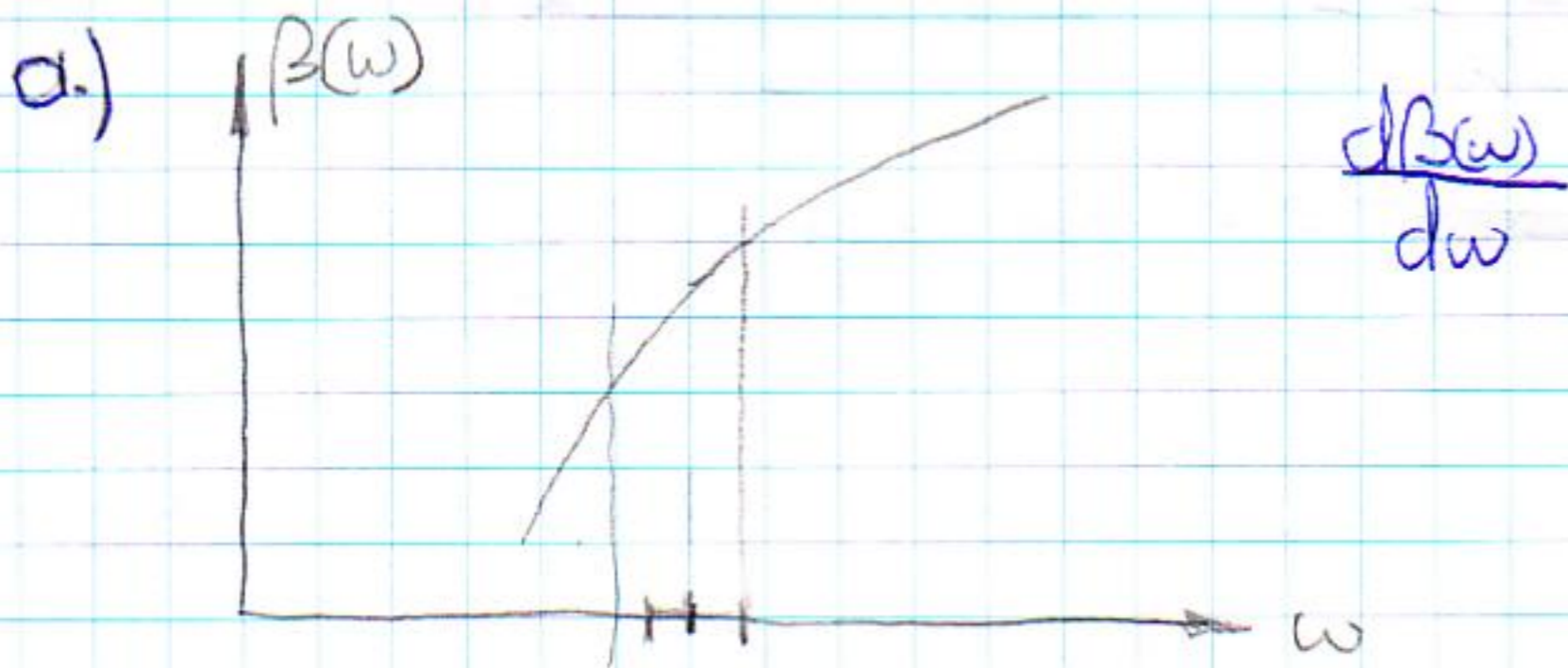


$$k_i > b e^{-\alpha + j\beta}$$

$$\text{átfutási idő} = k \frac{d\beta(\omega)}{d\omega} \cdot \tilde{L}$$

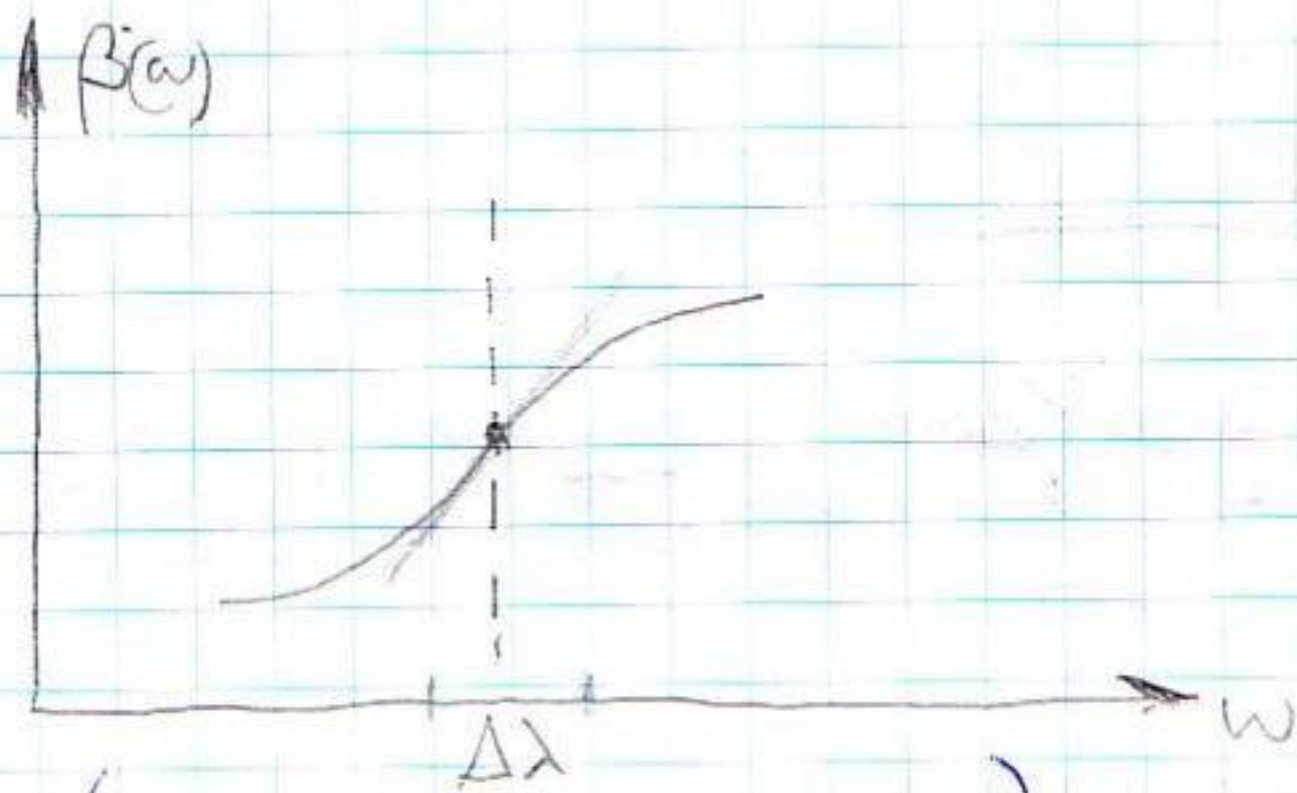
$$\text{csoportfutási idő} = \frac{d\varphi}{d\omega}$$

## Kromatikus diszperzió



b.)

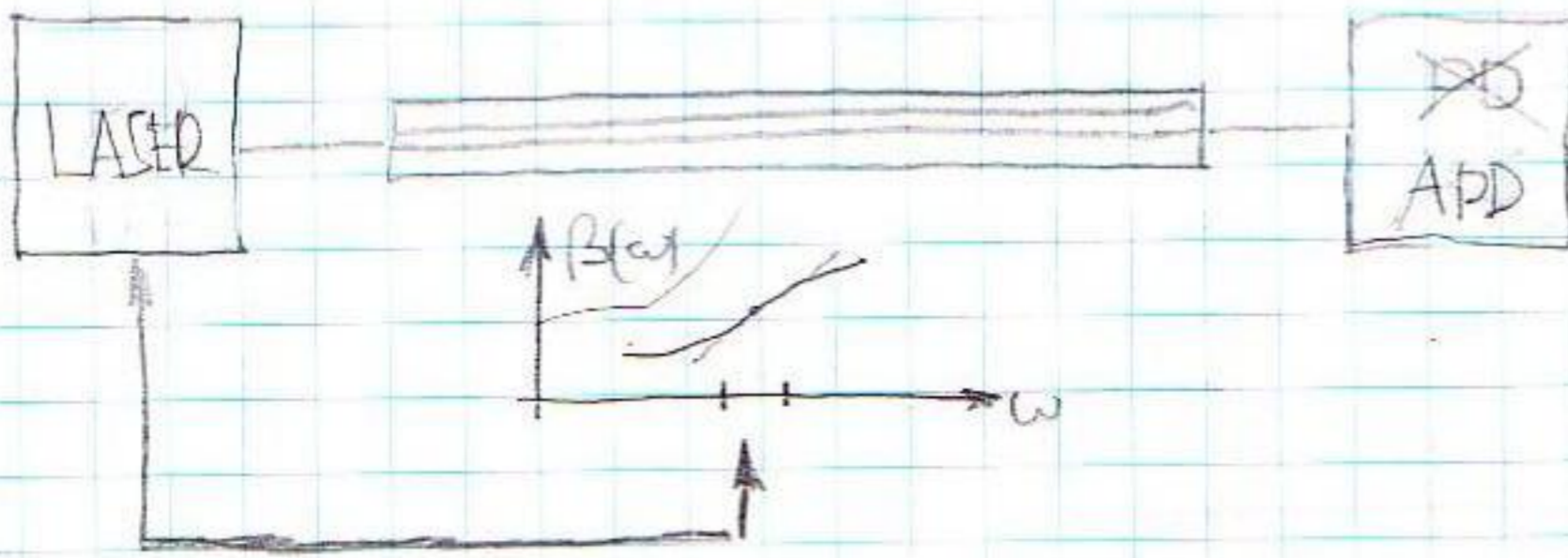
$$c \neq \text{konst.} \Rightarrow c(\lambda)$$



← spec adalekolással így módosítható

$$\left( \left. \frac{d\beta(\omega)}{d\omega} \right|_{\max} - \left. \frac{d\beta(\omega)}{d\omega} \right|_{\min} \right) \cdot \Delta\lambda$$

Az átviteli rendszer összehangolása: [photo diode]



2007.10.03. Szombat

V. Előadás (4. hét)

http://

alpha.tmit.bme.hu / Info Komm

[gyakorló feladatok]

↑ nagy betű

okt 2. szünet

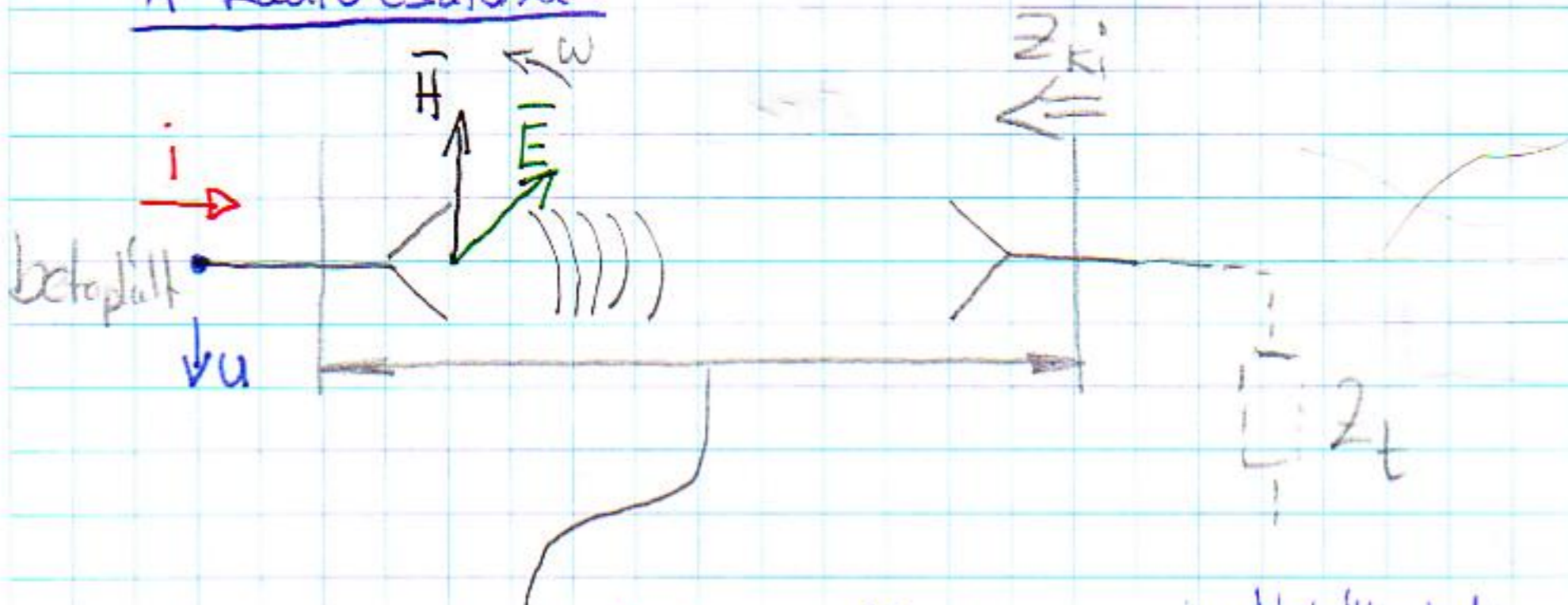
okt 9. konzultáció : 13 140, 141, 142, 145, 146, 210

16<sup>00</sup>

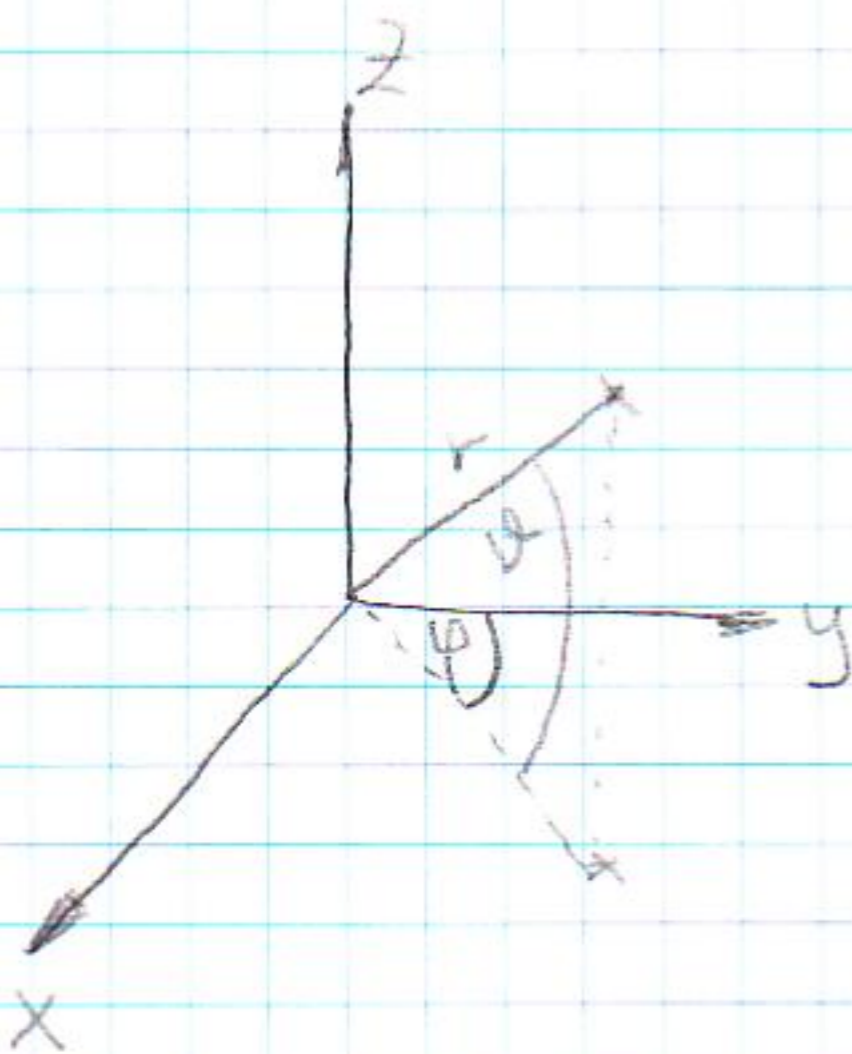
okt 17du 18<sup>00</sup>

sebesség : f : -500kHz - 500kHz < 10GHz  
sodort < koax < ural

A Rádiócsatna:



**SZAKASZCSILLAPÍTÁS:**  $\alpha^{dB} = 10 \lg \frac{\text{betáplált telj.}}{\text{kivethető maximális hatósos teljesítmény}}$



$$Z_{ki} = Z_t^*$$

**TELJESÍTMÉNY SŰRŰSÉG**

$$S(r, \varphi, \vartheta) \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

## IRÁNYKARAKTERISZTIKA

$$P(\varphi, \vartheta) = \frac{S(r, \varphi, \vartheta)}{S_{\max}(r, \varphi, \vartheta)}$$

Sugárzó:

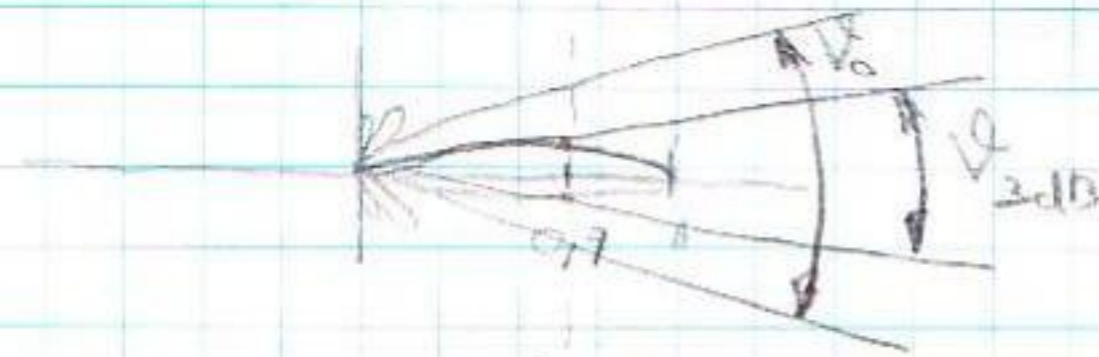
Gömbösugárzó (izotrop sugárzó)



Körösugárzó



Írányösugárzó:



Antenna-nyereség:

**ANTENNYANÝERESÉG**

$$G = \frac{\text{főirányban lévő } S \text{ (tényleges)}}{\text{betáplált teljesítmény által az izotrop antenna által keltett } S} = \frac{S_{\max}(r)}{P_{\text{in}}/4\pi r^2}$$

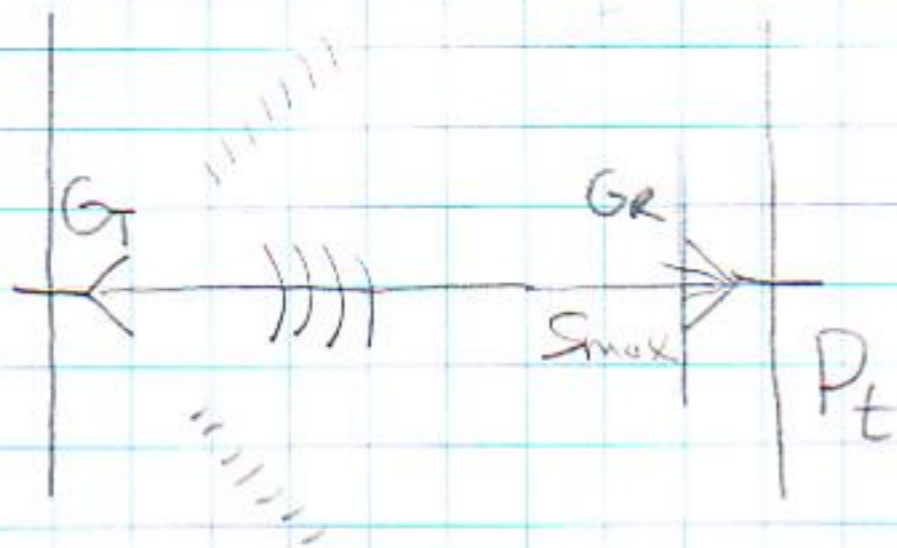
Hatásos felület:



$$\text{HATÁSOS FELÜLET } A_e = \frac{\text{max. kivez. hatásos telj. } (P_L)}{S_R}$$

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

## Közvetlen hullám szabadterei terjedése (Föld-műhold)

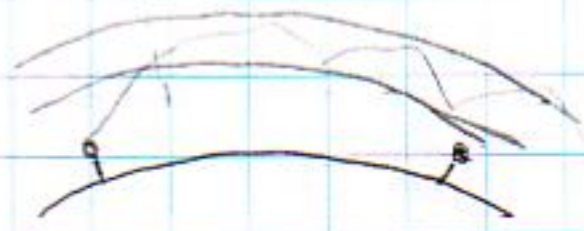


$$G^{dB} = 10 \lg G$$

$$a^{dB} = 10 \lg \frac{P_{in}}{P_t} = 20 \lg \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right) - \left( G_T^{dB} + G_R^{dB} \right)$$

transzmitter
receptor  
vevő
adó

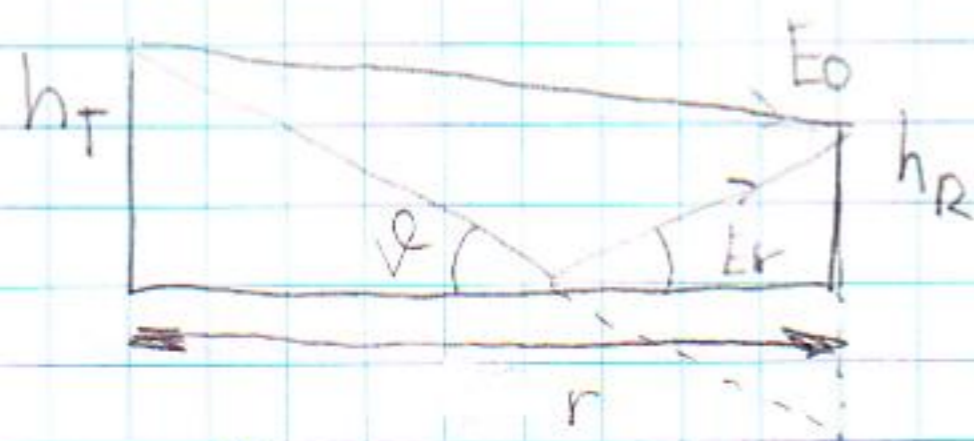
## Refrakció → effektív föld sugar



$$R_{föld} = 6370 \text{ km}$$

$$R_{eff} \approx 8700 \text{ km}$$

## Sík föld feletti kétutas terjedés



$$\frac{E_0}{E_0 + E_r}$$

- ha  $\varphi < 5^\circ$   $\Gamma = -1$  (reflexióstényező) [a föld visszaveri]

$$E_r = E_0 e^{-(\alpha + j\beta)\Delta} \cdot (-1)$$

↑  
reflektálási  
miat

$$\Delta = \text{úthossz különbség} = \frac{2h_T \cdot h_R}{r}$$

$$E_0 + E_r = E_0 - E_0 e^{-(\alpha + j\beta)\Delta} = E_0 \left( 1 - e^{-\alpha\Delta} \cdot e^{-j\beta\Delta} \right) \approx E_0 \left( 1 - e^{-j\beta\Delta} \right) =$$

$$= E_0 \cdot e^{-j\frac{\beta\Delta}{2}} \left( e^{j\frac{\beta\Delta}{2}} - e^{-j\frac{\beta\Delta}{2}} \right) = E_0 \cdot e^{-j\frac{\beta\Delta}{2}} \left( 2j \sin \frac{\beta\Delta}{2} \right)$$

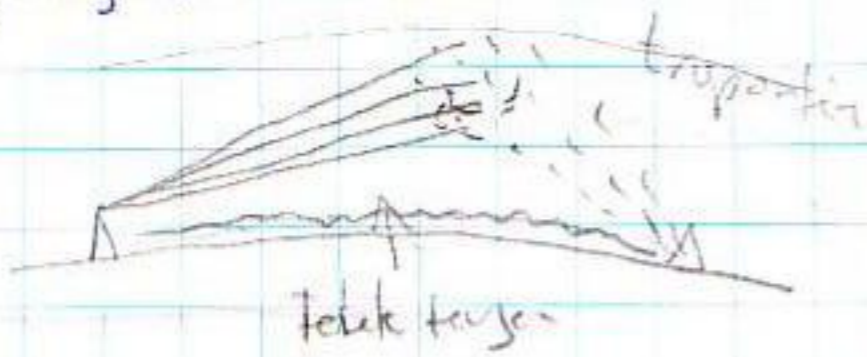
$$|E_o + E_r| \approx |E_o| \cdot 1.2 \cdot \sin \frac{\beta \Delta}{2} \approx |E_o| \beta \Delta$$

$x \ll 1 \quad \sin x \approx x$

$$\left[ a^{dB} = 10 \lg \frac{2\pi}{\beta \lambda} \cdot \frac{r^2}{h_T h_R} - (G_T^{dB} + G_R^{dB}) \right]$$

Ionosféra

Troposzférás szórás

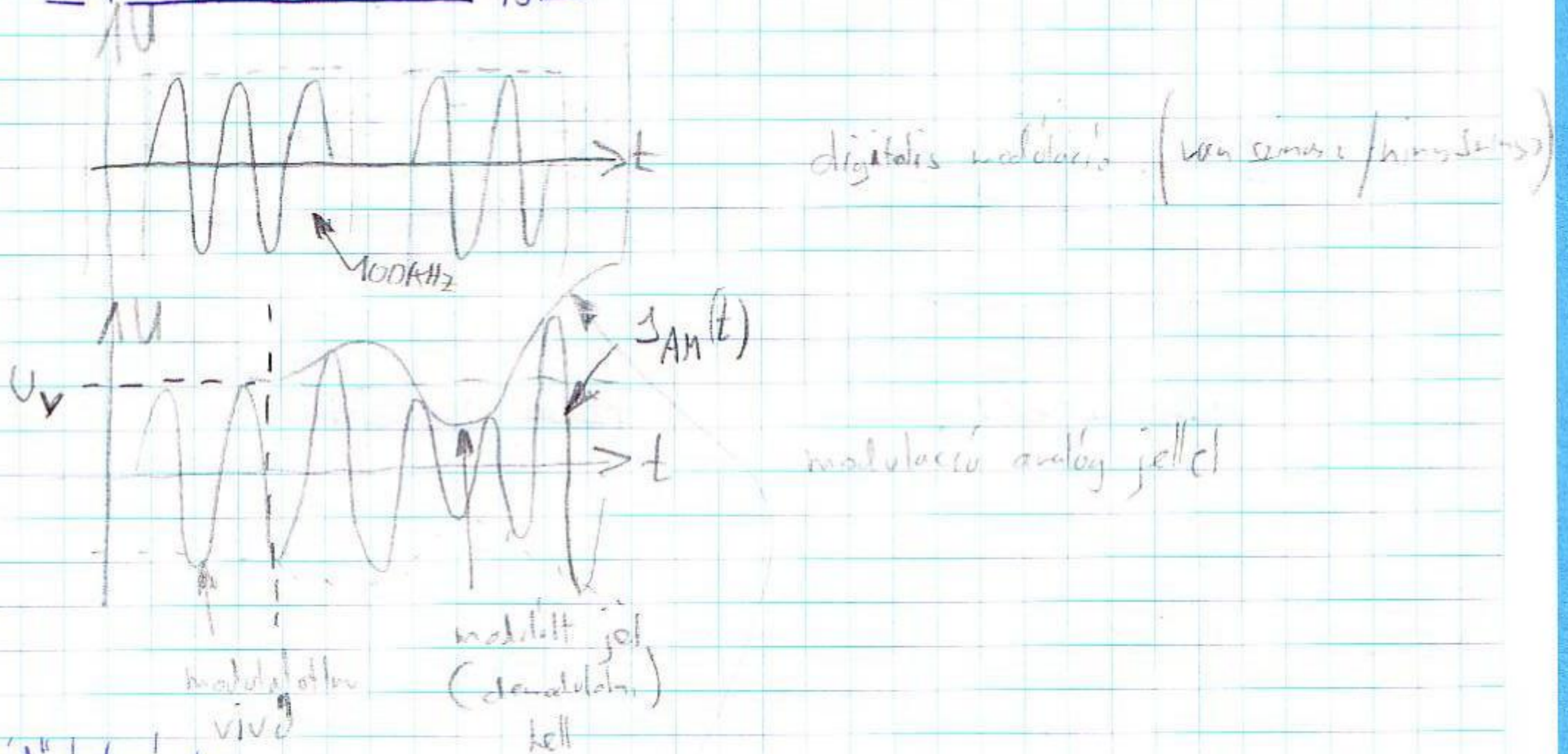


2007.10.10. szerda

VI Előadás (5. hét)

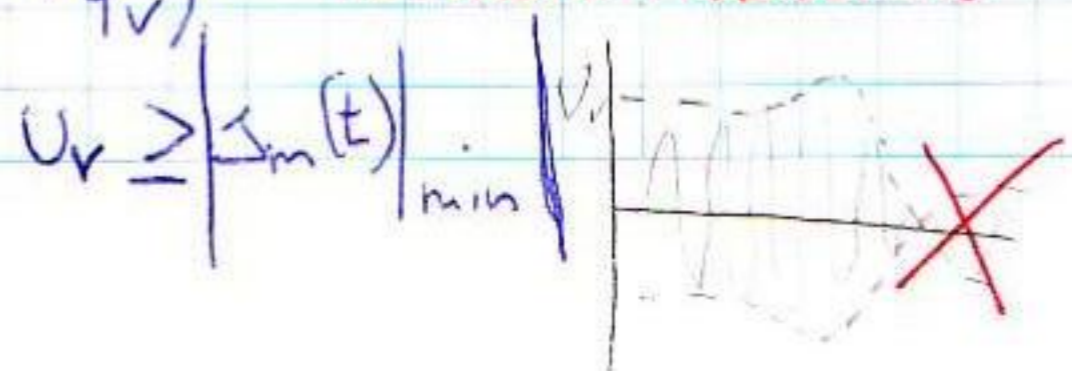
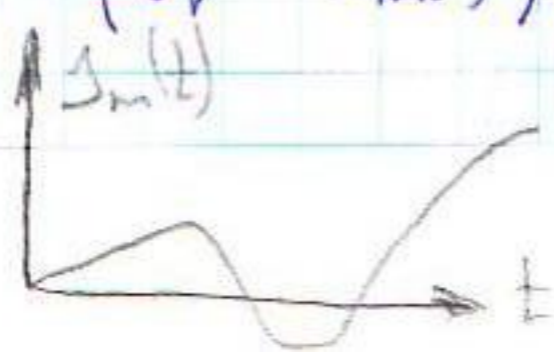
## Modulációk

### Amplitúdó moduláció és változatai



① idő tartományban

$$s_{AM}(t) = (U_v + s_m(t)) \cos(\omega_v t + \varphi_v) \quad \text{BURKOLÓ MODULÁCIÓ}$$



② frekvenciaátalakítás

$$S_{AM}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s_{AM}(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \underbrace{(U_V + s_m(t))}_{a(t)} \cos(\omega_c t + \phi_V) \cdot e^{-j\omega t} dt =$$

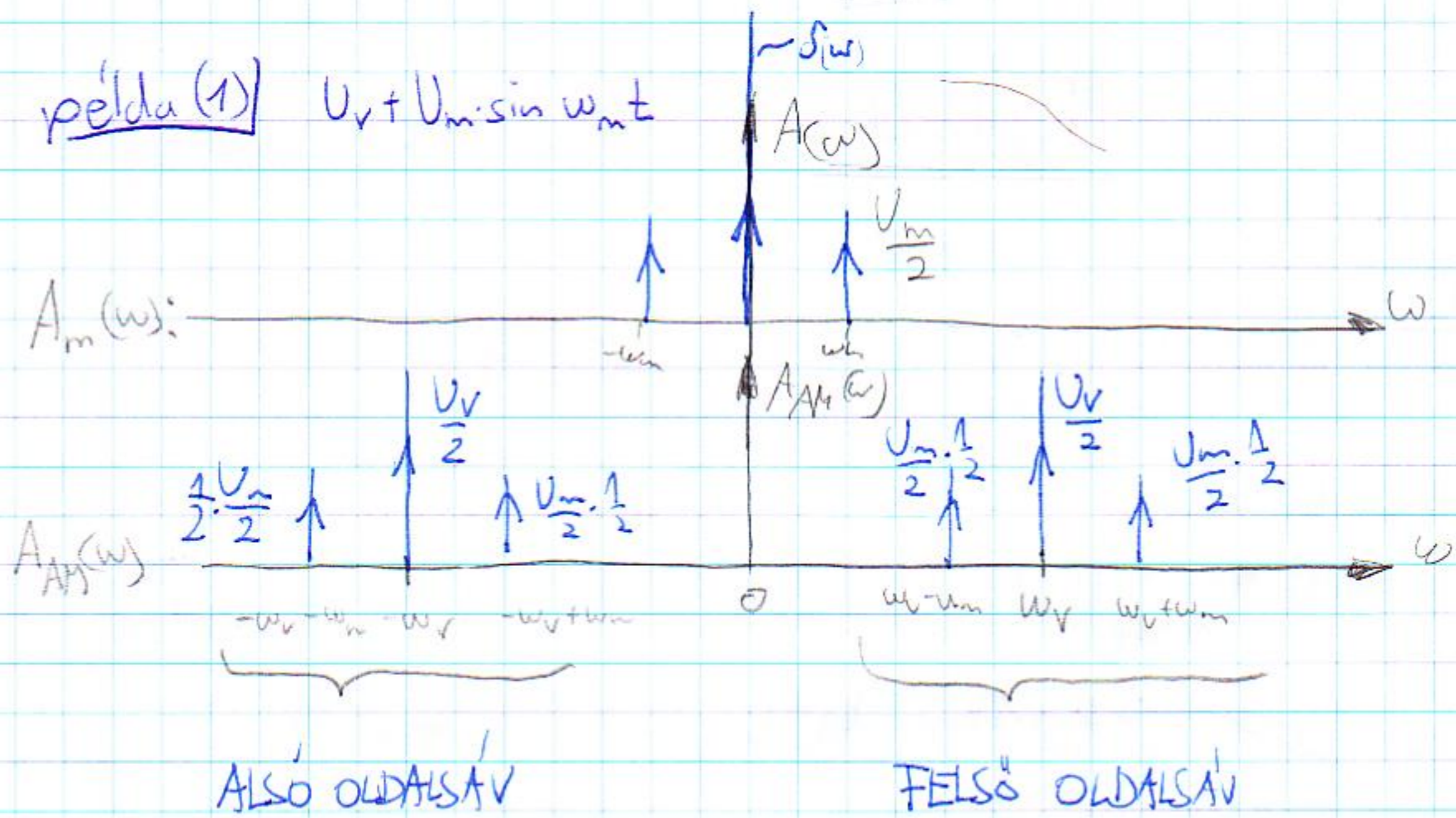
$$= \int_{-\infty}^{\infty} a(t) \frac{e^{j(\omega_c t + \phi_V)} + e^{-j(\omega_c t + \phi_V)}}{2} \cdot e^{-j\omega t} dt =$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} a(t) \left\{ e^{-j(\omega - \omega_c)t + \phi_V} + e^{j(\omega + \omega_c)t - \phi_V} \right\} dt =$$

$\mathcal{F}\{a\} = A$

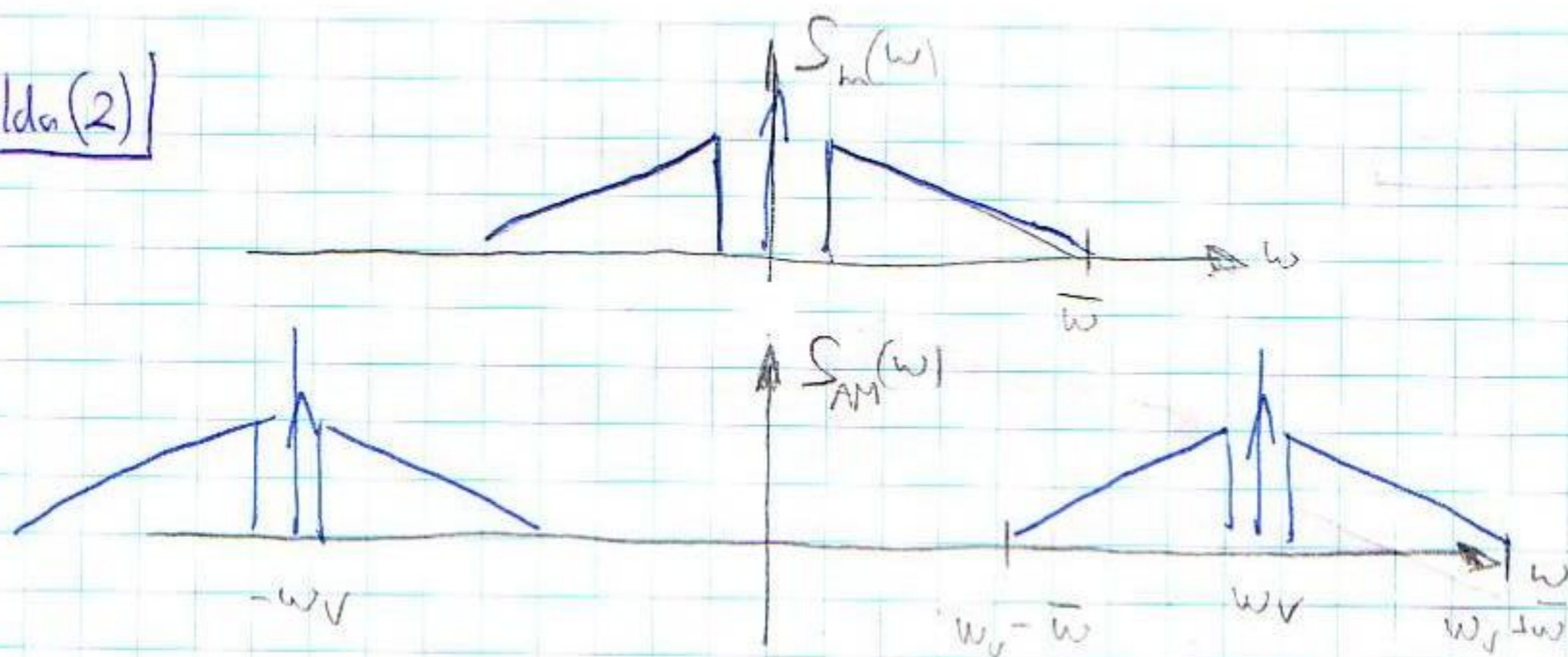
$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} a(t) e^{-j(\omega - \omega_c)t} dt + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} a(t) e^{-j(\omega + \omega_c)t} dt = \frac{1}{2} A(\omega - \omega_c) + \frac{1}{2} A(\omega + \omega_c)$$

példa (1)  $U_V + U_m \sin \omega_m t$



$$\boxed{\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta)}$$

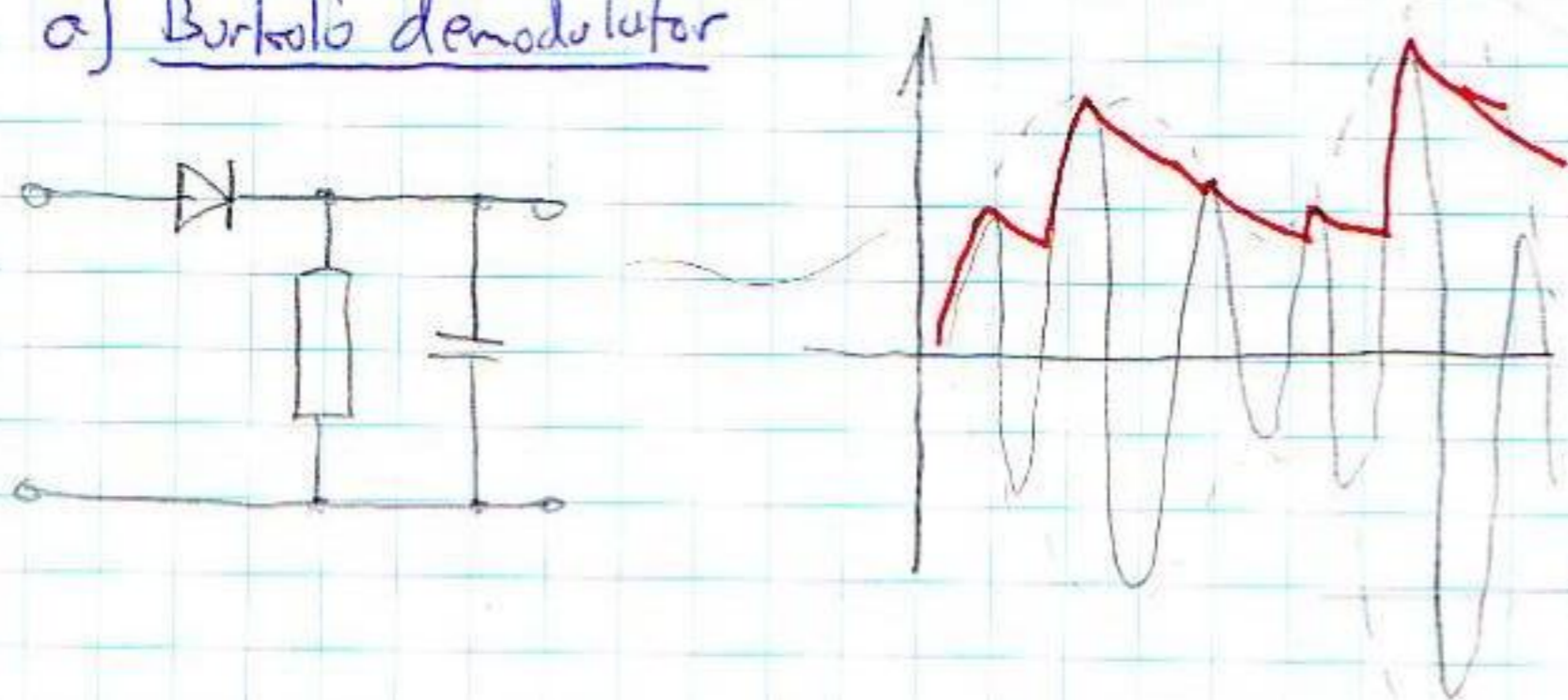
példa (2)



Mért jó modulálni?  $\Rightarrow$  1000Hz  $\neq$  kisgyereki nehéz,  
de modulálva  $f_{magass} + 1000\text{Hz}$  könnyen kisgyerekszót!

AM-jel demodulálása

a) Burkoló demodulátor



b) Szorzó demodulátor

közi, de nem szelvélt eltolás

$$s_{AM}(t) \cdot s_d(t) = a(t) \cos(\omega_r t + \varphi_r) \cos(\tilde{\omega}_r t + \tilde{\varphi}_r) =$$

$$= \frac{a(t)}{2} \cdot \underbrace{\cos(\underbrace{\Delta\omega_r}_{\omega_r - \tilde{\omega}_r} t - \underbrace{\Delta\varphi_r}_{\varphi_r - \tilde{\varphi}_r})}_{\tilde{s}_m(t)} + \frac{a(t)}{2} \underbrace{\cos(\underbrace{(\omega_r + \tilde{\omega}_r)}_{\approx 2\omega_r} t + \underbrace{(\varphi_r + \tilde{\varphi}_r)}_{\approx 2\varphi_r})}_{\text{high frequency}} =$$

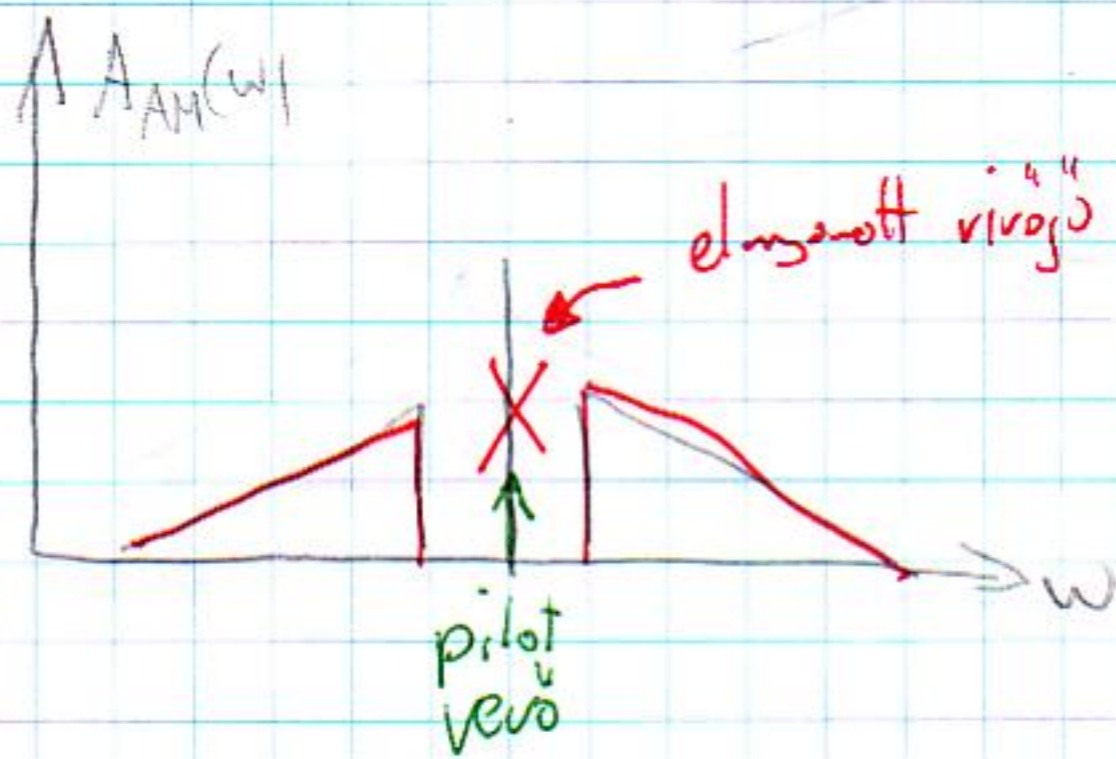
$\omega_r = \tilde{\omega}_r$  (frekv.-koleccia)  $\Rightarrow$  katanhófa!!

$$\tilde{s}_m(t) = \frac{a(t)}{2} \cdot \cos(\Delta\varphi_r)$$

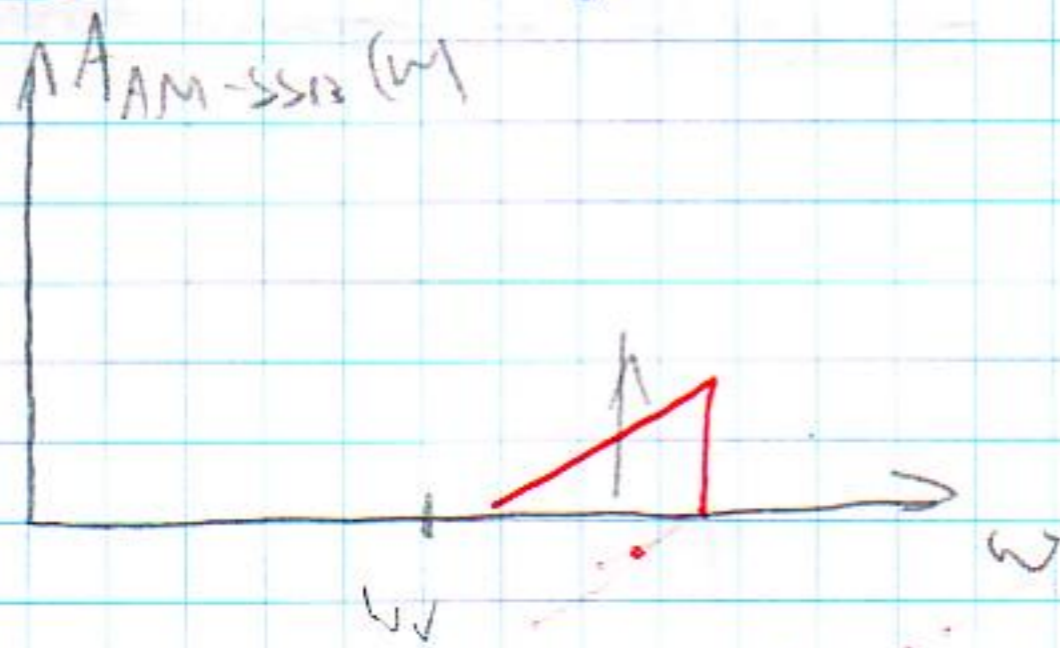
$\varphi_r = \tilde{\varphi}_r$  (fázis köb)  $\Rightarrow$  amolyan nem véres

(vithon polyni idomun)

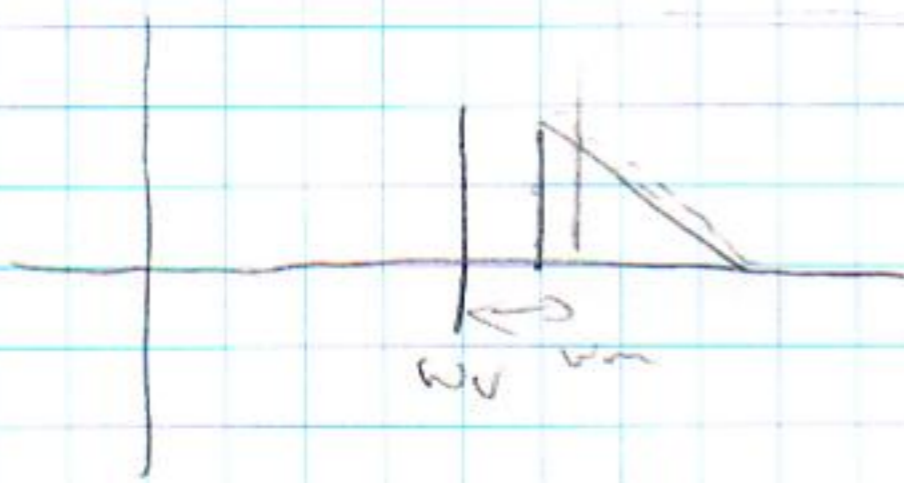
## AM-DSB/SC (Amplitude Modulated Double Side Band / Suppressed Carrier)



## AM-SSB (AM- single sided band)



vetel



megetezzo

$$s(t) = a_m \cdot \cos((\omega_c + \omega_m)t + \varphi)$$

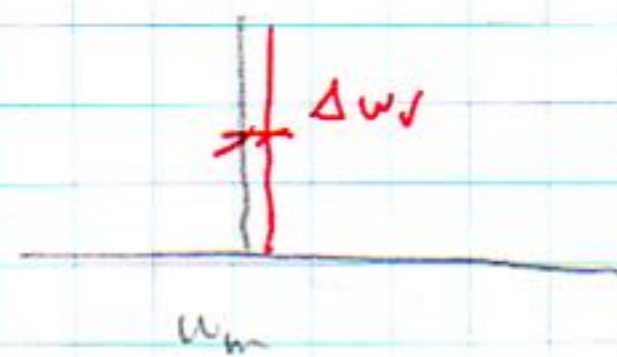
Sorozodem.:

$$s(t) \cdot \cos(\tilde{\omega}_c t + \tilde{\varphi}_c) = a_m \cdot \cos((\omega_c + \omega_m)t + \varphi) \cdot \cos \tilde{\omega}_c t + \tilde{\varphi}_c =$$

$$= \frac{a_m}{2} \cos((\omega_m + \Delta\omega_c)t + \Delta\varphi_c) + \frac{a_m}{2} \cos(\cancel{2\omega_c t})$$

LPT

$$s_{dem}(t) = \frac{a_m}{2} \cos(\omega_m + \Delta\omega_c) + \Delta\varphi_c$$



(Delta f\_c)  
=> kesznel 10Hz eltérés  
"elcsúszás"

többször alábbi DSB!

2007. 10. 11. szombat

VII. Előadás (5. hét)

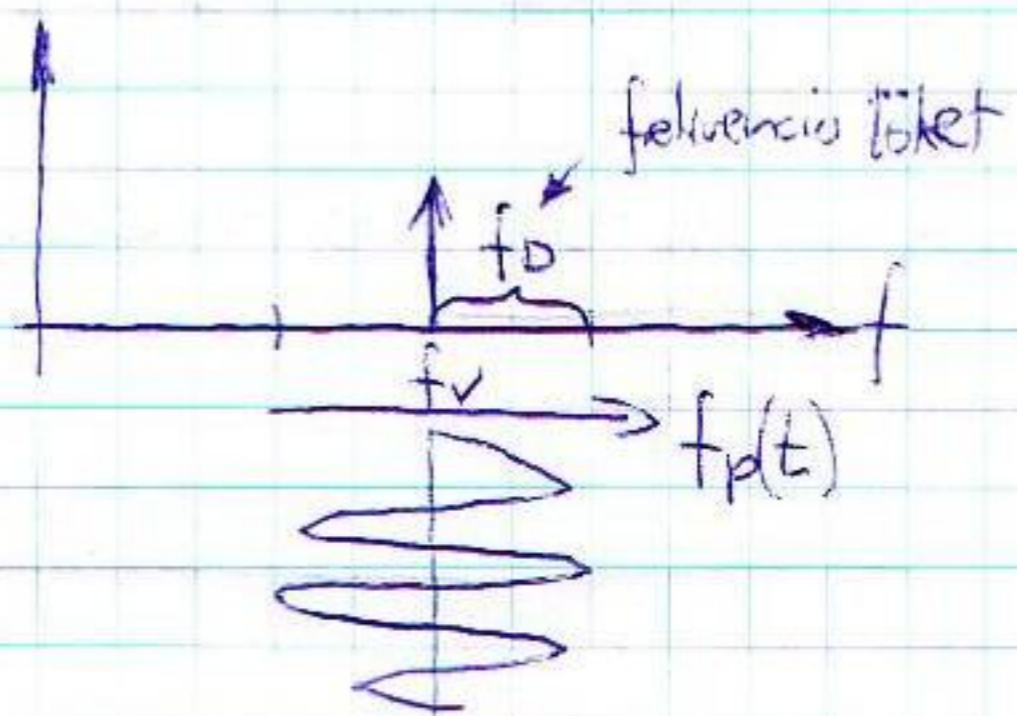
Armstrong 1938  $\Rightarrow$  FM+PM

### Szójalatás

$$s(t) = a(t) \cdot \cos \Theta(t)$$

$$U_v \cdot \cos(\omega_v t + \varphi)$$

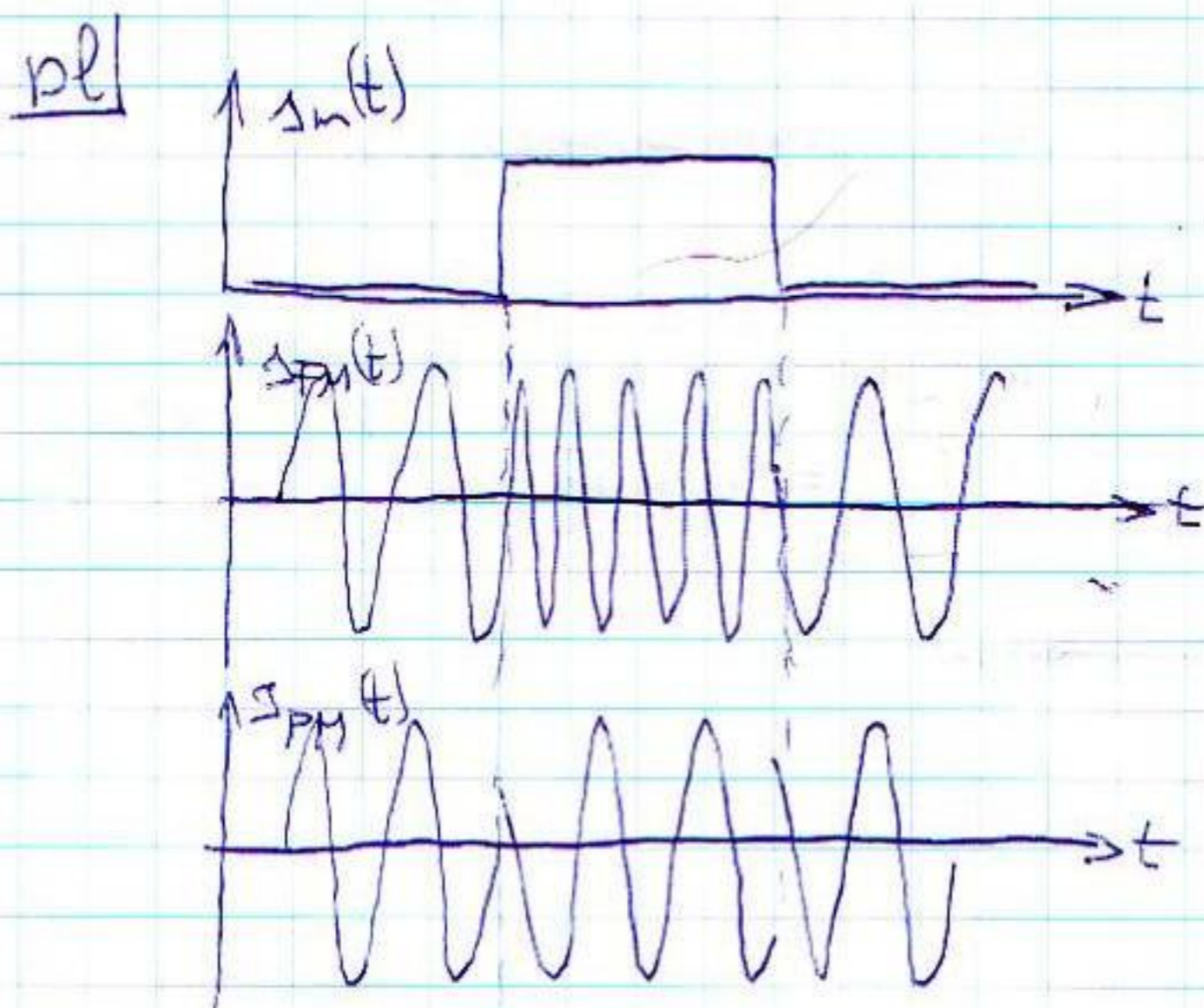
$$f_{\text{pill}} = \frac{1}{2\pi} \frac{d\Theta(t)}{dt}$$



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

időfu:  $s(t) = a(t) \cos(\Theta(t)) = U_v \cdot \cos\left(\underbrace{2\pi \cdot f_v \cdot t}_{\omega_v} + \underbrace{2\pi \cdot k_{FM}}_{mf} \int_0^t s_m(\sigma) d\sigma\right)$

PM  $\Theta(t) = 2\pi f_v t + k_{PM} \cdot s_m(t)$



PM egy szerűbb, mint FM !!

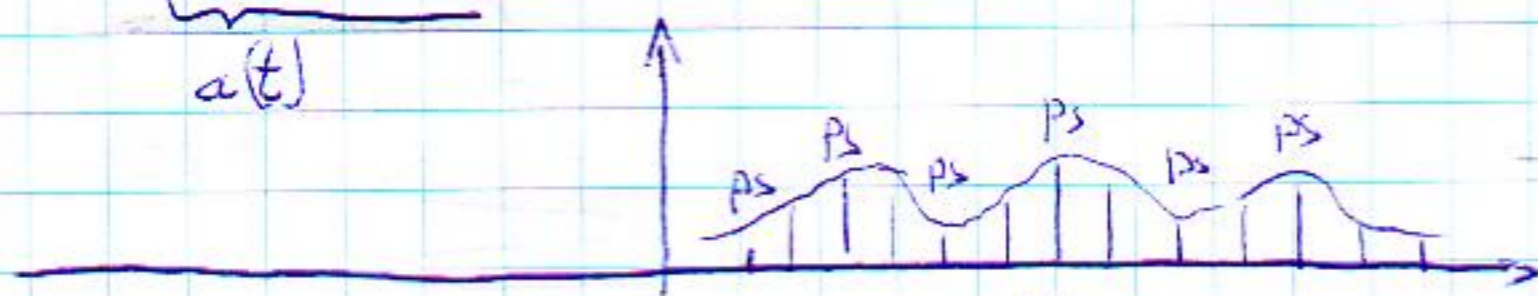
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \cdot \cos\beta - \sin\alpha \cdot \sin\beta$$

### Szögmodulált jel spektruma Szinuszos moduláló jel esetén

$$s(t) = U_V \cdot \cos(\underbrace{\omega_V t}_B + m \cdot \cos \underbrace{\omega_m t}_\alpha) = U_V \cdot \cos(m \cos \omega_m t) \cos \omega_V t -$$

$$- U_V \sin(m \cos \omega_m t) \sin \omega_V t$$

~~X~~ +  $s_m(t) \Rightarrow$  AM-DSB/SC  
 $a(t)$

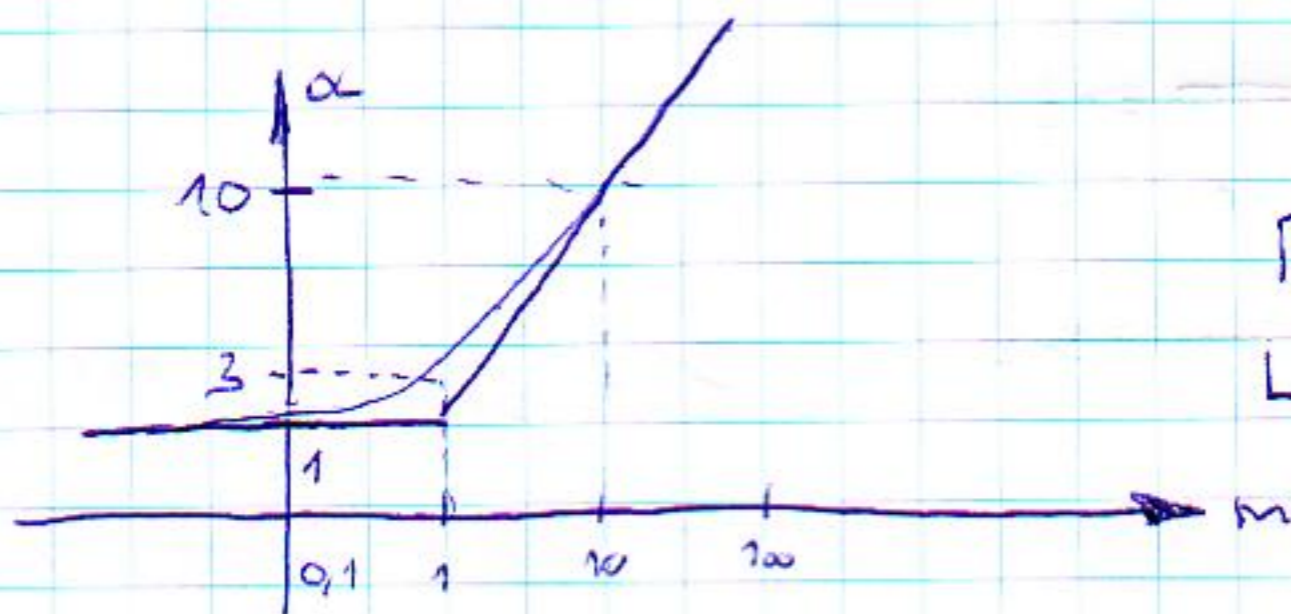


$$s(t) = U_V \cdot \left( \sum_{i=-\infty}^{\infty} \text{Bessel}_{-i}(m) \cdot \cos(i \omega_m t) \right) \cos \omega_V t -$$

$i = p >$

$$- U_V \cdot \left( \sum_{\substack{j=-\infty \\ \text{pHn}}}^{\infty} \text{Bessel}_j(m) \cdot \sin(j \omega_m t) \right) \sin \omega_V t$$

$\text{Bessel}_{ij}(m) \leq 0,01 \Rightarrow$  gyakorlati szempontból meghat

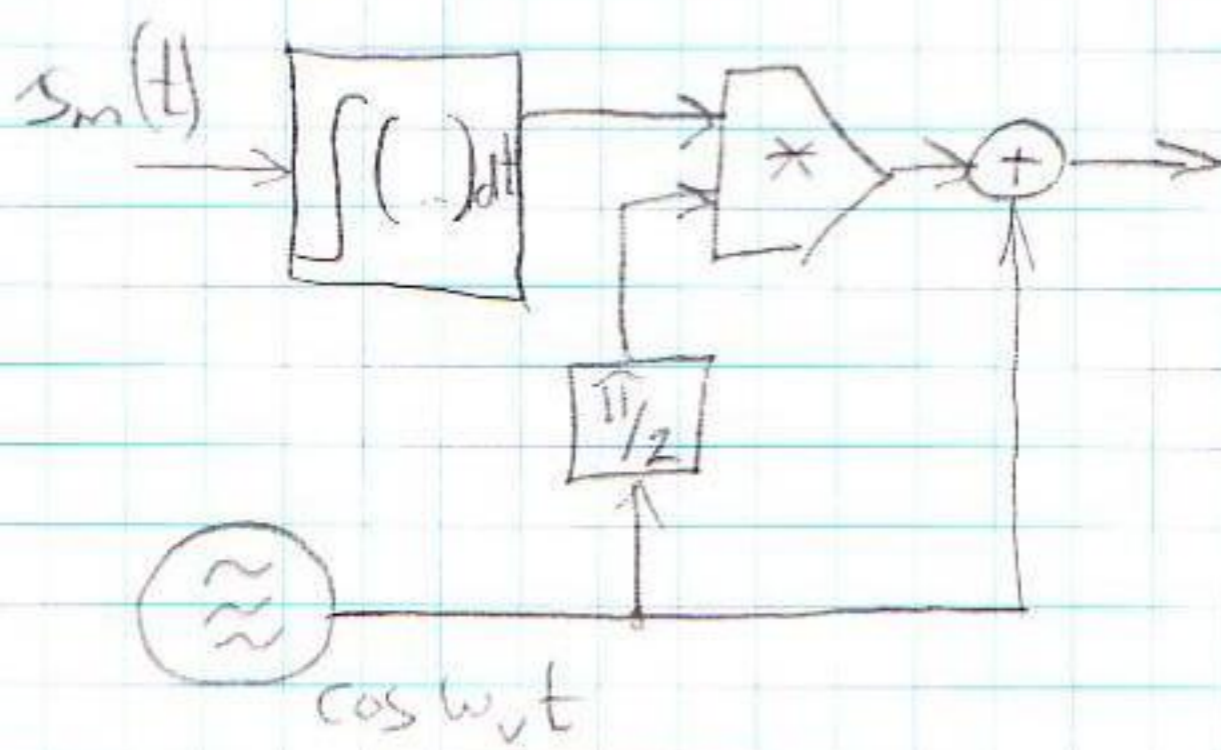
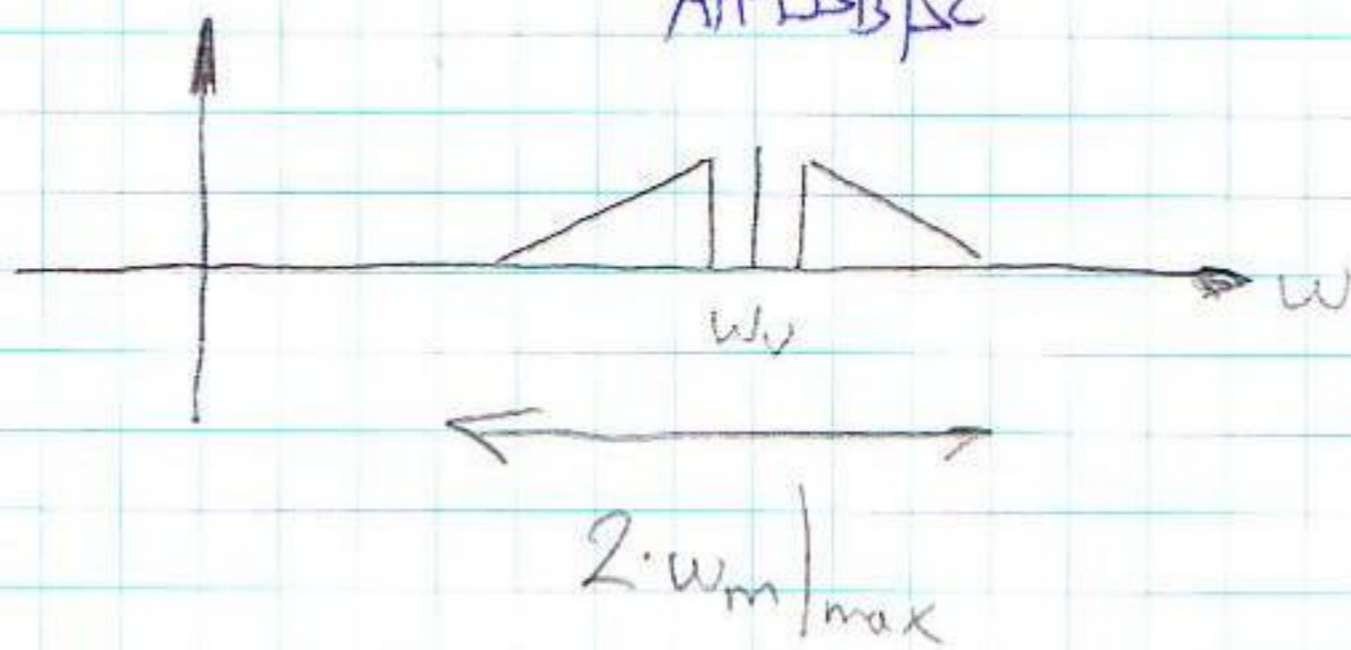


$$\alpha \cong 1 + \sqrt{m^2 + m}$$



NBPM (narrower band freq mod) - keskijänteinen FM (käsikäyttö)

$$\begin{aligned}
 s(t) &= U_v \cdot \cos(\omega_c t + m \cdot \tilde{s}_m(t)) = \\
 &= U_v \cos m \cdot \tilde{s}_m(t) \cdot \cos \omega_c t - U_v \sin(m \tilde{s}_m(t)) \cdot \sin \omega_c t = \\
 &= U_v \cos \omega_c t - \underbrace{U_v \cdot m \tilde{s}_m(t)}_{\text{AM-DSB/SC}} \cdot \sin \omega_c t
 \end{aligned}$$



WBPM (wide ...) [ottorin radio] (narrow band FM előállítás)

