

# AKUSZTIKAI MÉRÉSEK

2009.02.09.

#1

PLIEGEL PÉTER

I.E. 451.

PFLIEGEL @ HIT.BME.HU

6 DB ZH 3-3 KÉRDÉS (EGYSZERŰ SZÁMPÉLDA, DEFINÍCIÓ)

NÉV 1 PONT  $\sum_{i=1}^6 \text{Pont}_i \geq 12$  Pont:  $\in (0, 1, 2, \dots, 5)$

VIZSGA 4db alkalom (bármelyik), rendeltésként, 90', 3 példa (eset)

## TEMATIKA

### I. Bevezetés (~6ea)

- a) exktonulmányok
- b) perspektivikus kutatási területek

### II. Műserek (~5ea) [www.bksv.com ; www.bruel.hu]

- a) jelölések
- b) jellemzők

### III. Mérések (~3ea)

- a) elektroakusztikai
- b) teremakusztikai
- c) épületakusztikai
- d) szabványos mérések

# ESETTANULMÁNYOK

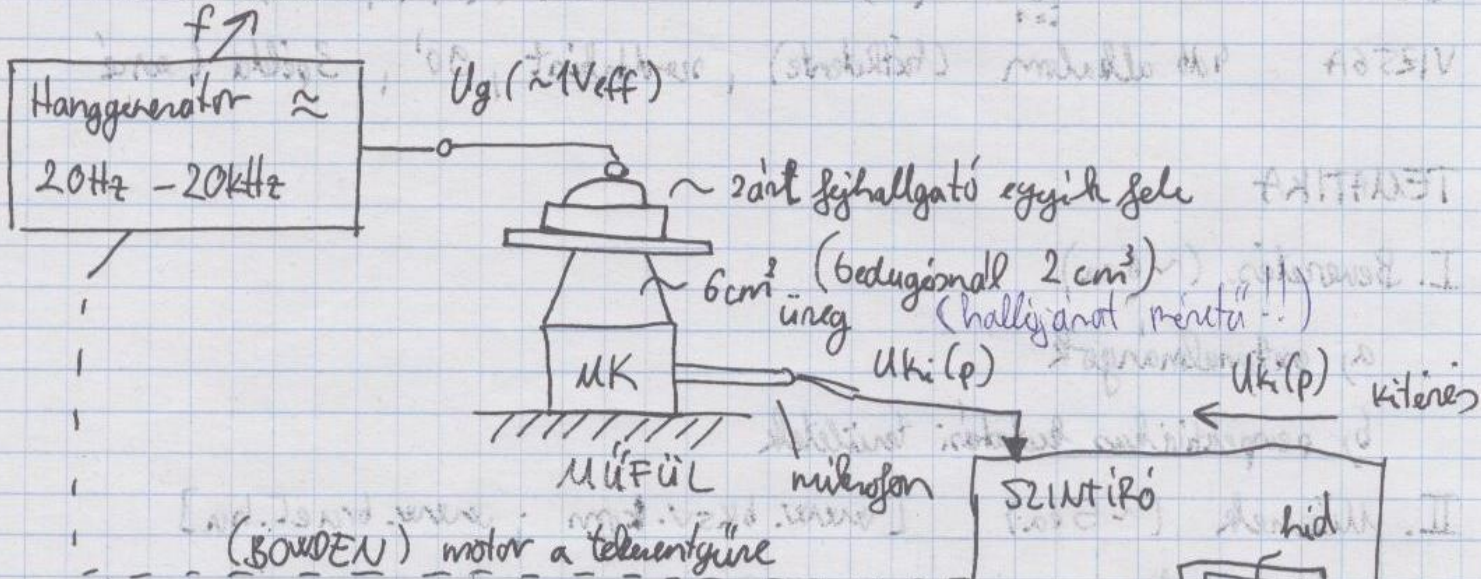
## 1) Fejhallgatók vizsgálata

abszolút érzékenység  $e' = \frac{p(\omega)}{u_g}$  - ingben nincsen rezgés  
 $u_g$  konstans, csúcsértékben

érezékenység (frekvenciaválasz)

Mérési állapítás

a)



Relatív érzékenység:

Mérőmikrofon érzékenysége:

$$e_{mic} = \frac{u_{ki}(p)}{p} = konstans$$

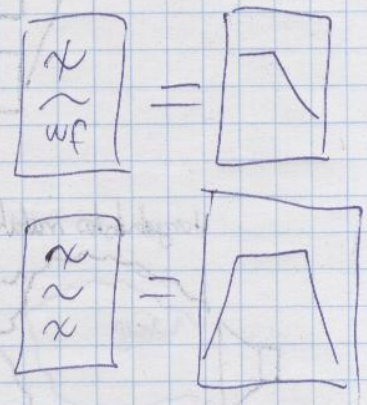
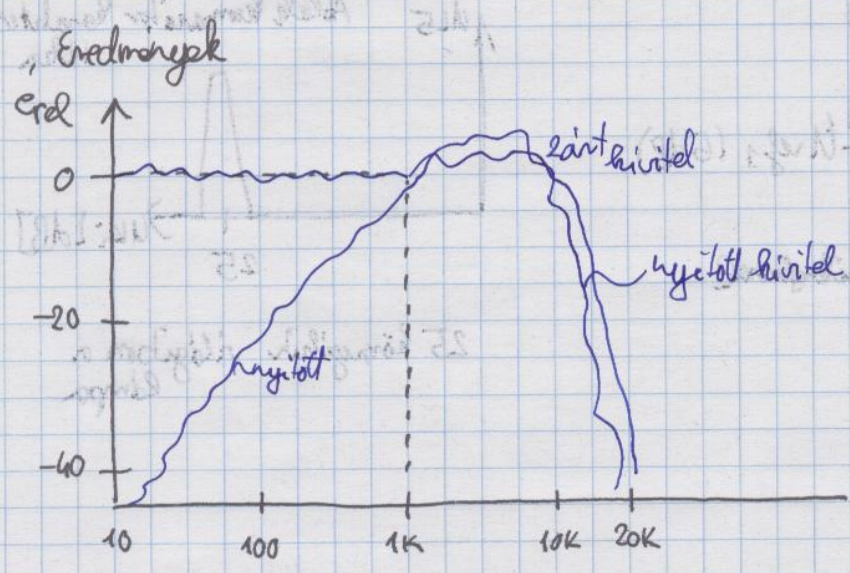
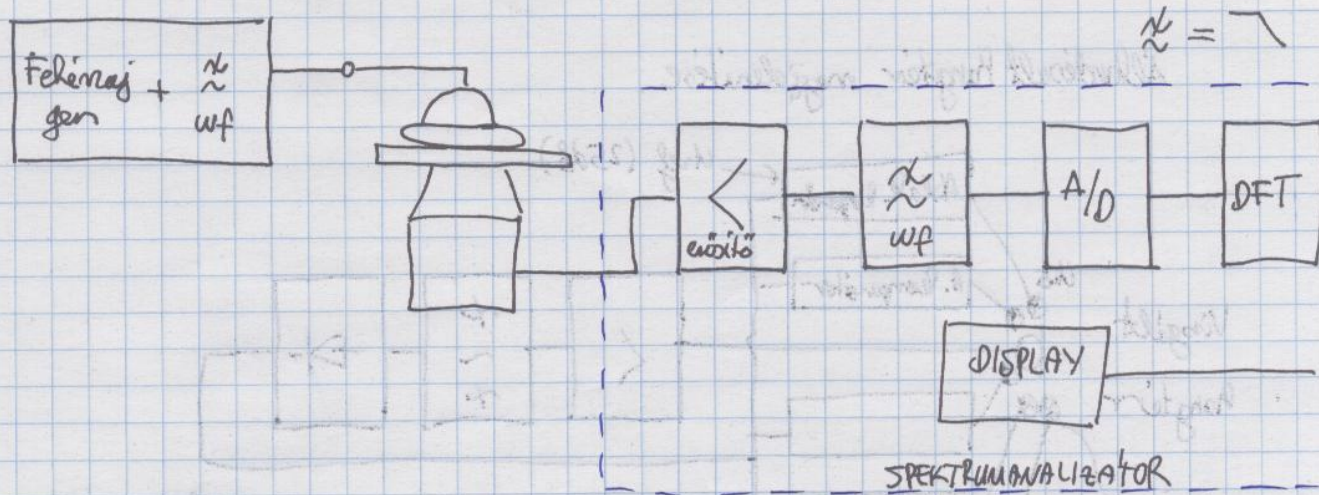
$$e_{rel} (dB) = 20 \lg \frac{\frac{p(\omega)}{u_g}}{\frac{p(2\pi \cdot 1k)}{u_g}} = 20 \lg \frac{p(\omega)}{p(2\pi \cdot 1k)} = \frac{u_{ki}(\omega)}{e_{mic}} = \frac{u_{ki}(2\pi \cdot 1k)}{e_{mic}}$$

Relatív érzékenység :  $e_{rel}(\omega) = 20 \lg \frac{u_{ki}(\omega)}{u_{ki}(1k)}$  [dB]

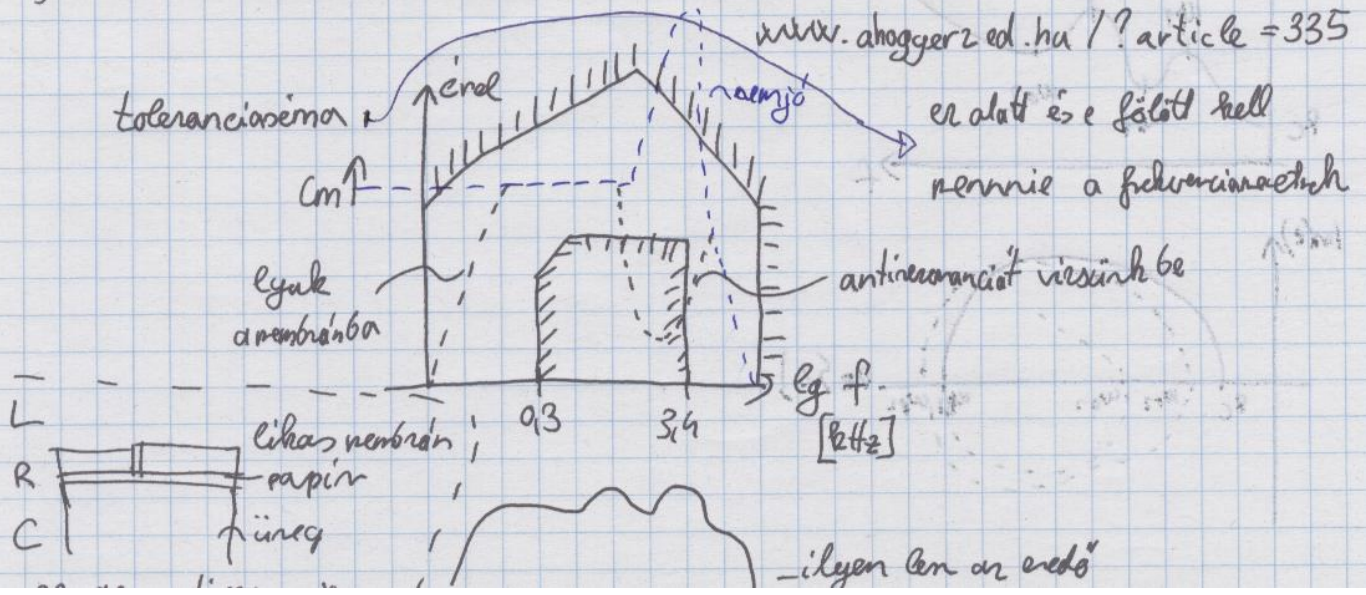
érezékenység szint?!?

2009.02.09. #2

6) Komerű mérőeszköz

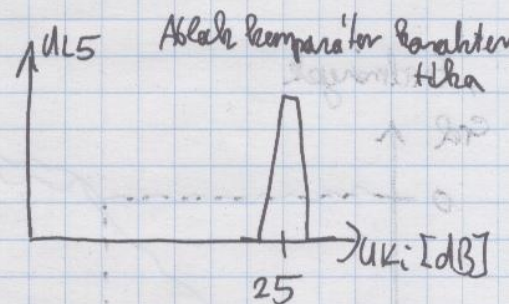
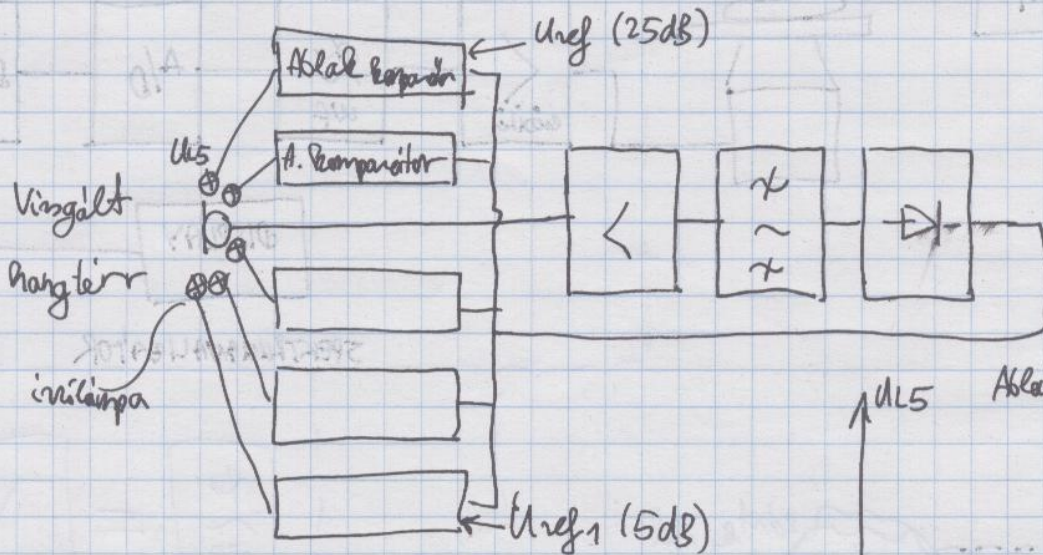


2) Miniatur "tárterelő" hallgató betét fejlesztése

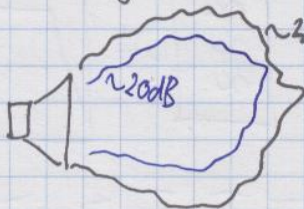


### 3, Hangdoborek viingalala

Allandusult Pangteir magjdenitese

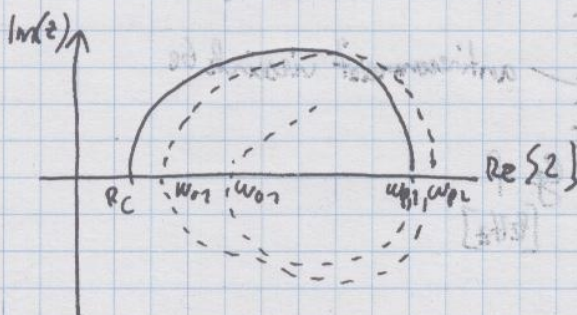
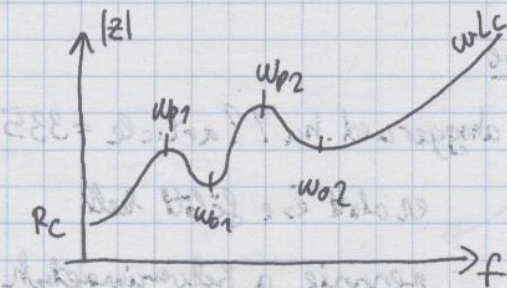


Hangdoborek mataleb, a Edmpa inilainpa



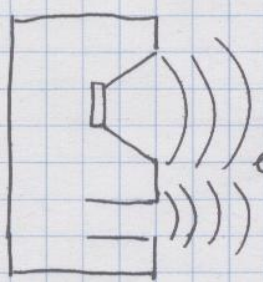
25 komjehuk vilagitom a Edmpa

### 1, Reflexdobar sugarmos



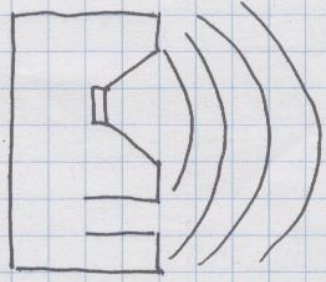
2009.02.09. #3

Versgätelämpäs teinndikator (a hngäbötös lämpäs matotäs)

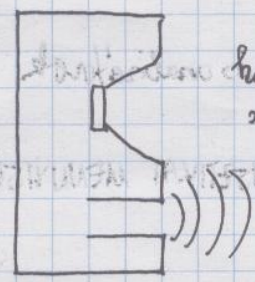


ellänjäs

18 in 26 Hz

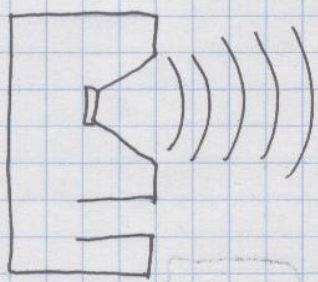


22, 41, 61 Hz



56 Hz

his memändänngösk  
solnänd  
sugärnen

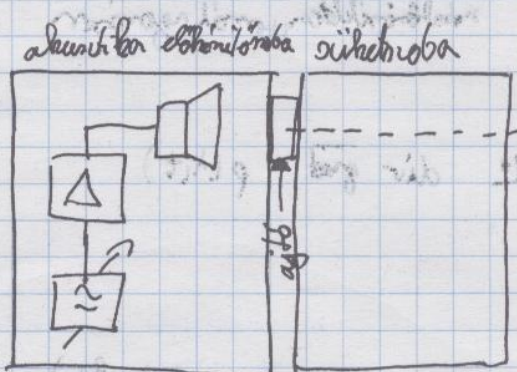
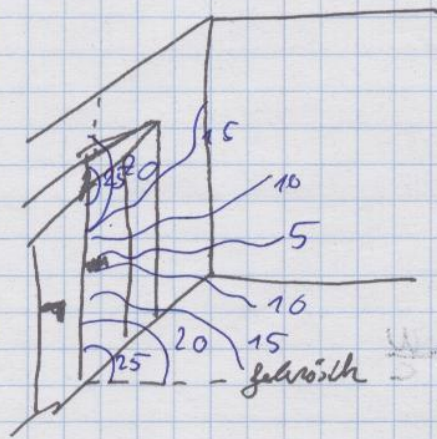


osak  
a  
memänd  
söl

> 70 Hz

$(\lambda, \nu) \text{ korg} = \frac{(2,2) \cdot 10^8}{30} = (7,3) \text{ I}$   
 $(7) \quad (2) \quad (14)$   
 $(7,3) \cdot 10^8 \text{ korg} = \frac{(2,2) \cdot 10^8}{30} = (7,3) \text{ I}$   
 $(7,3) \cdot 10^8 \text{ korg} = \frac{(2,2) \cdot 10^8}{30} = (7,3) \text{ I}$

2) Ajto hngäteläpäs versgäteläpäs



$f_1 = 100 \text{ Hz}$   
 $f_2 = 400 \text{ Hz}$

a)  $f_1 = 100 \text{ Hz} \rightarrow \lambda = 3,4 \text{ m}$  (eländöt pareriteni modellet kurlatö ar ajtö)

2009. 02. 11.

DR. KOLLER. ISTVÁN IE449

Működés és analízis

MÉRLEDO AKUSZTIKAI MENNYISEGEK

1. a)  $F = m \cdot a$

$p \cdot v^k = \text{áll}$

I  $S(x,t) = \frac{\partial^2 \xi(x,t)}{\partial t^2} = -\text{grad } p(x,t)$

(m) (a) (F)

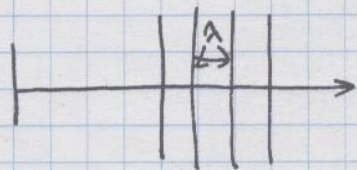
II  $p(x,t) = -\kappa p_0 \text{div } \xi(x,t)$

$\frac{\partial^2 \xi(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\kappa p_0}{s_0} \overline{\text{grad div } \xi(x,t)}$

szelvények, komplementum

$\frac{\partial^2 p(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\kappa p_0}{s_0} \text{div grad } p(x,t)$

síkhullám

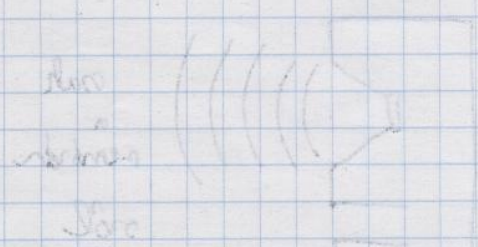
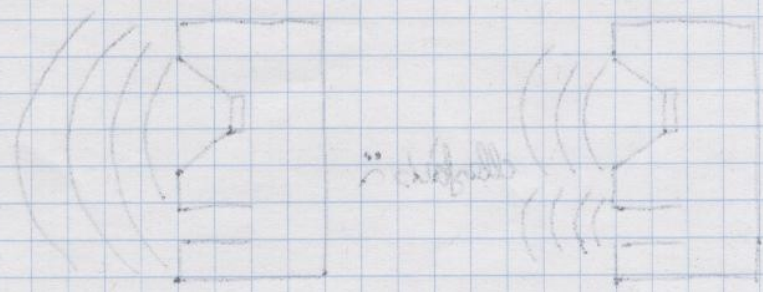


$p(x,t) = \hat{p} e^{j(\omega t - kx)}$

$k = \frac{\omega}{c}$

(szelvények, komplementum)

$\omega = 2\pi f$



$c = \sqrt{\frac{\kappa p_0}{s_0}}$

$$\frac{\partial V(x,t)}{\partial t} = -\frac{1}{s_0} \frac{\partial p(x,t)}{\partial x}$$

$$j\omega V(x,t) = +\frac{1}{s_0} j\frac{\omega}{c} p(x,t)$$

$$\frac{p(x,t)}{V(x,t)} = s_0 \cdot c \text{ specifikus hullámimpedancia}$$

1,b Mérendő mennyiségek

$$\begin{matrix} p(\bar{x},t) \\ v(\bar{x},t) \end{matrix} \rightarrow I \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

↓  
 $\xi(\bar{x},t); a(\bar{x},t)$  deriválás és integrálás után adódnak  
 kértés némes hegyesülés

1,c Decibel fogalom az akusztikai mérnöktanában

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$$

dB(A) adgyora érték

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

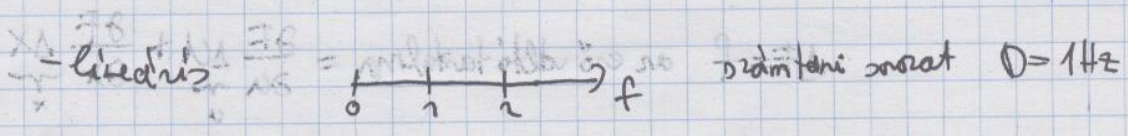
$$I_0 = 1 \mu W/m^2$$

lehet összehasonlítani mint egy hallunk

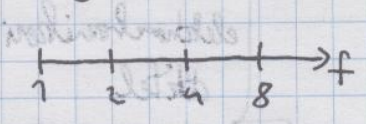
$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}$$

$$v_0 = 50 nm/s$$

1,d frekvenciahála



- Logaritmikus skála

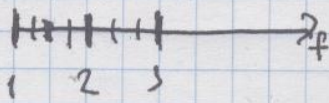


oktávskála  $q=2$  ritáni csokat



dekadskála

tereshida



$$a_1 = 1 \quad a_n = a_1 q^{n-1}$$

$$a_n = 2$$

$$q = \sqrt[3]{2}$$

1, e közzjellemeik és függésük a hősérséklettől

A közeg csillapítási hatása  $a = 0,1 \text{ dB/m}$  |  $10 \text{ kHz}$

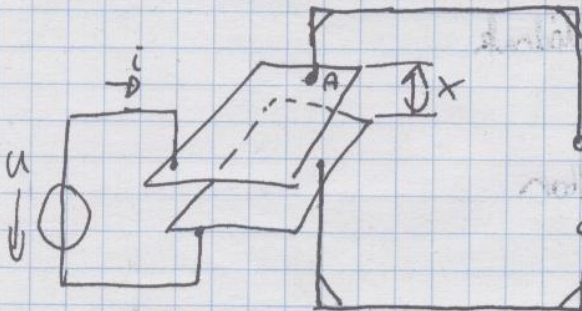
$$S_0 = 1,29 \cdot \frac{p_0}{10^5} \frac{273}{T}$$

$p_0$  [Pa]  $T$  [K]

$$c = 331,45 \sqrt{\frac{I}{273}}$$

Telefonlimonádó: az első osztályú műsorszórás

### KAPACITÍV ELEKTROMECHANIKAI ÁTALAKÍTÓ



$$W = \frac{1}{2} \epsilon_0 \cdot E^2$$

$$dW = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 dx \cdot A = F \cdot dx$$

$$F = \frac{1}{2} EDA$$

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{x}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{S \cdot i \cdot dt}{U} \quad \left[ \frac{As}{V} \right]$$

$$E = \frac{U}{x}$$

$$D = \epsilon_0 \cdot E$$

$$F = \frac{1}{2} EDA = \frac{1}{2} \epsilon_0 A \left( \frac{U}{x} \right)^2$$

negatív csatlakoztatás  
↳ gravitációs torzítás

$$\Delta F = f \text{ az erővel tartalmán} = \frac{\partial F}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial F}{\partial x} \Delta x$$

$$f = \frac{\epsilon_0 A U}{x^2} \cdot U - \frac{\epsilon_0 A \cdot U^2}{x^3} \cdot x$$

$$\frac{\epsilon_0 \cdot A}{x} = C \quad \frac{U}{x} = E$$

$C \cdot E = \epsilon$   
elektromechanikai  
átvitel

$$f = \epsilon \cdot U - \frac{x}{C_{m0}}$$

negatív engedékenységű rugó

$$C_{m0} = \frac{1}{c \epsilon^2}$$



$$i(t) = A \cdot \frac{dD}{dt} = A \cdot \epsilon_0 \frac{d}{dt} \left( \frac{U}{x} \right)$$

$$(U \cdot U)' = u' \cdot v + u \cdot v'$$

$$i = \frac{A \cdot \epsilon_0}{x} \cdot \frac{dU}{dt} + \frac{A \cdot \epsilon_0 \cdot U}{x^2} \frac{dx}{dt}$$

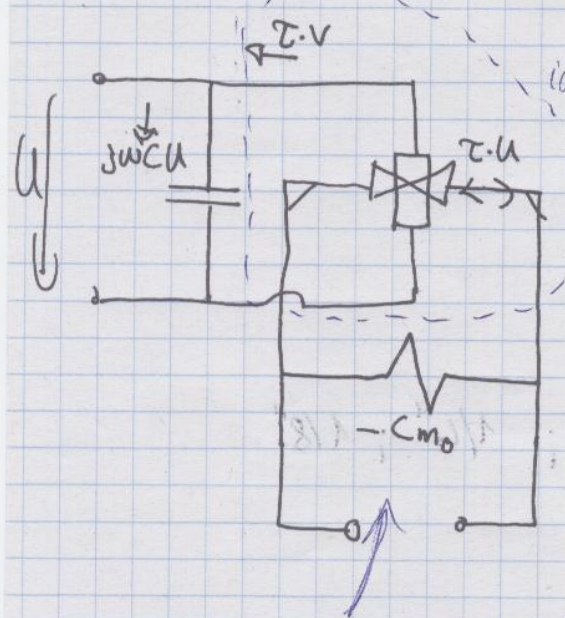
$$\left. \begin{aligned} \frac{A \cdot \epsilon_0}{x} &= C_0 \\ \frac{U}{x} &= E \end{aligned} \right\} \tau$$

$$i = j\omega C \cdot U - \tau \cdot v$$

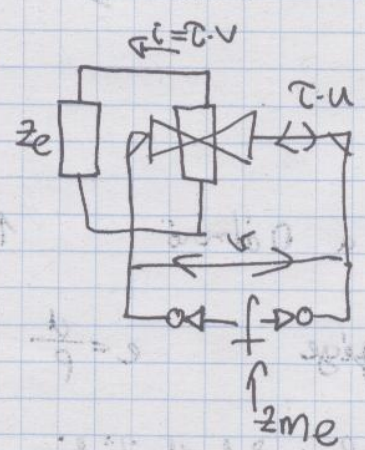
$$f = \tau \cdot U - \frac{x}{C_0}$$

$$i = j\omega C_0 U - \tau \cdot v$$

ideális kapacitív elektromechanikus átalakító



rezgésir rugóengedélyező!!!



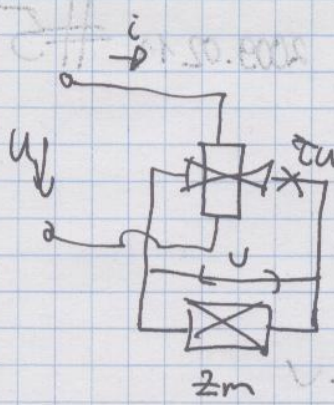
$$z_{me} = \frac{f}{v} = \frac{\tau \cdot U}{i} = z_e \cdot \tau^2$$

$$\frac{As}{V} \cdot \frac{V}{m} = \left[ \frac{As}{m} \right] \Rightarrow \tau = C \cdot E$$

$$\frac{1}{\frac{As}{V} \cdot \frac{V^2}{m^2}} = \frac{1}{\frac{As}{m^2}} = \left[ \frac{m^2}{VAS} \right] \Rightarrow \frac{1}{C \cdot E^2}$$

Mi a  $\tau$  mértékegysége?

Mi a  $C_0$  mértékegysége?



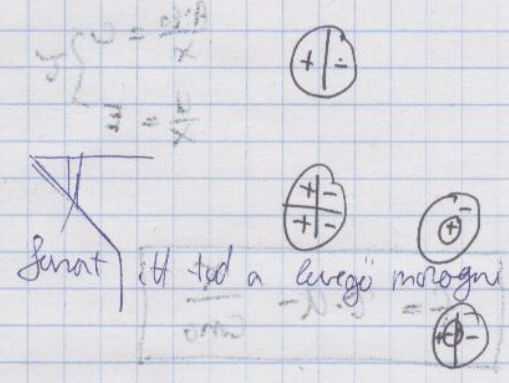
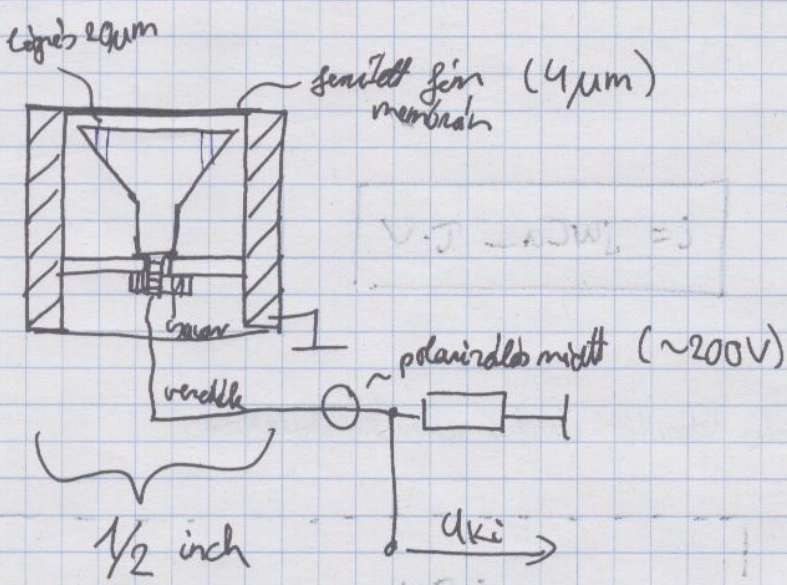
$$Z_{em} = \frac{u}{i} = \frac{p}{i \cdot v} = \frac{Z_m}{C^2}$$

$$\frac{p}{v} = \frac{Q \cdot A}{T \cdot A} = \frac{Q}{T} = I$$

$$v \cdot v + v \cdot a = (v \cdot v)$$

$$\frac{p}{v} = \frac{Q \cdot A}{T \cdot A} = \frac{Q}{T} = I$$

KONDENZATOR MIKROFON

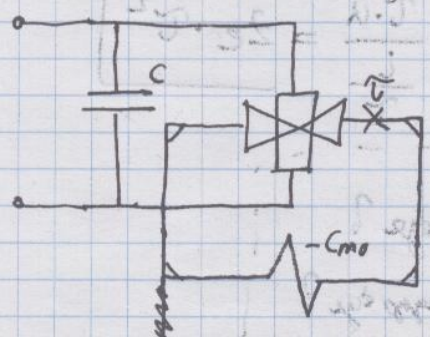


2009. 02. 16.

Fontos tulajdonságok a Dátméreő 1" ; 1/2" ; 1/4" ; 1/8"

mikrofon érzékenysége  $e = \frac{u}{p} \left[ \frac{V}{Pa} \right]$

3.a. Elektromechanikai Reluktancia típus

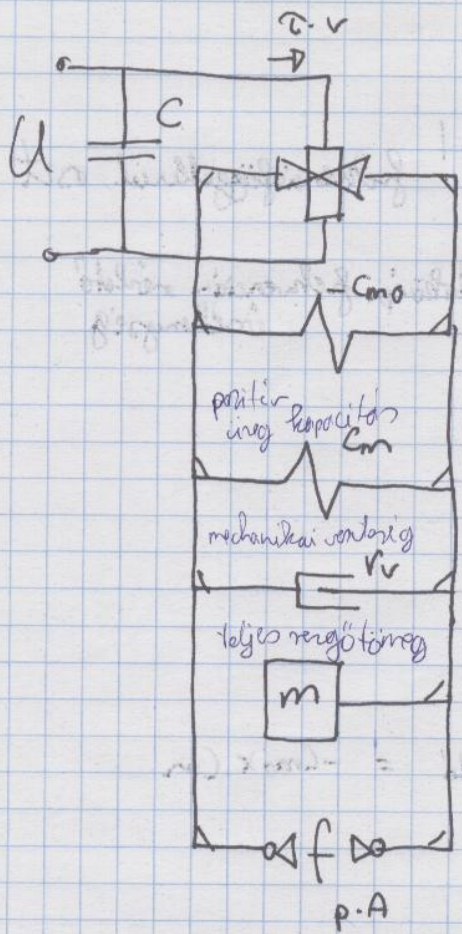


$$C = CE$$

$$C_{m0} = \frac{1}{CE^2}$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{x}$$

2009.02.16



$$\tau = C \cdot E$$

$$C_{m0} = \frac{1}{CE}$$

$$Z_{em} = \frac{Z_m}{\tau^2}$$

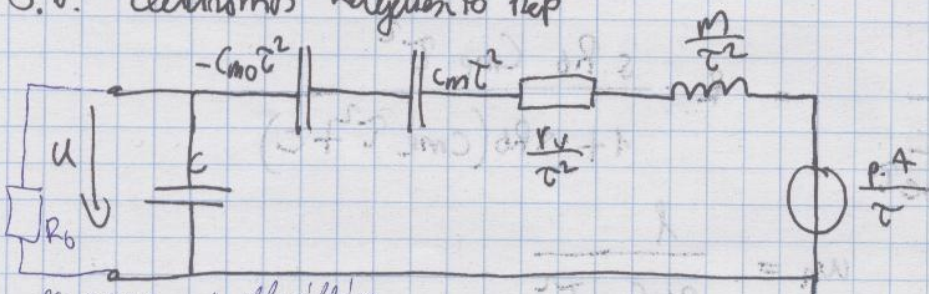
$$Z_{me} = Z_e \tau^2$$

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{X}$$

$$E = \frac{U}{X}$$

transzformáljunk mindent a villamos oldalra

3.6. Elektromos Reluktánsító Rész



elektromos áramú ellenállás

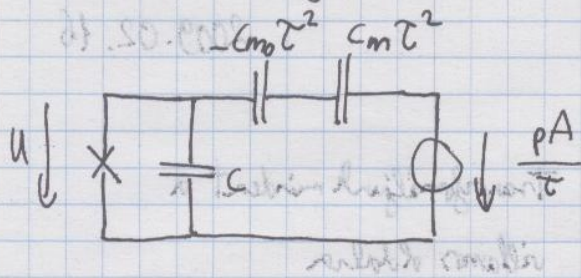
$$Z_{em} = \frac{1}{j\omega \tau^2 C_m}$$

$$\tau^2 C_{m0} = C^2 E^2 \frac{1}{CE^2} = C$$

azaz akkora mint az elektromos C csak ellenkező az előjele.

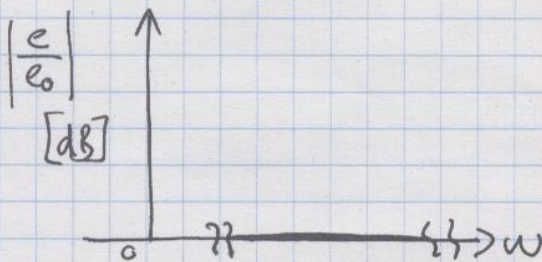
A 3 kondenzátor eredője  $C_m \tau^2$

sávkörépi üres frekvencián a helyettesítő háló

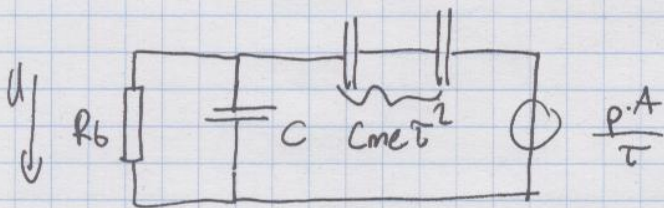


kapacitív osztó! frekvenciafüggésű osztó

$\frac{e}{e_0} = e_0$  a sávkörépi frekvencián mérhető értékesség



hőfrekvenciás helyettesítő háló



$$C_m \text{ eredő} = -C_m \times C_m$$

$$e = \frac{U}{P} = \frac{1}{sC} \times R_b$$

$$\frac{1}{sC} \times R_b + \frac{1}{sC_m \tau^2}$$

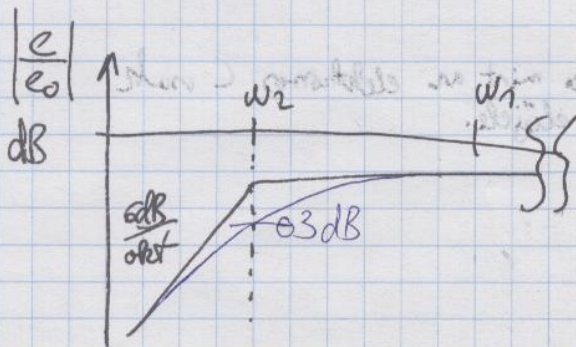
$$= R_b \cdot \frac{s R_b C_m \tau^2}{1 + s R_b (C_m \tau^2 + C)}$$

$$\frac{U}{P} = R_b \frac{\frac{s}{\omega_1}}{1 + \frac{s}{\omega_2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_b C_m \tau^2}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{R_b (C_m \tau^2 + C)}$$

$$\omega_2 < \omega_1$$



elsőfokú felületbenő osztó

nagyfrekvenciás kiegészítő hálóp

minden benne van! kisebb az R6

#7

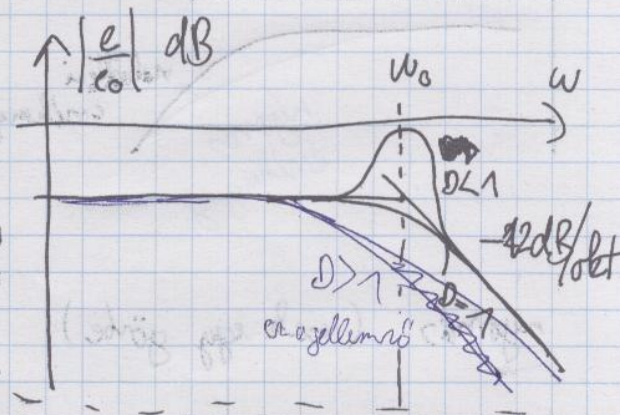
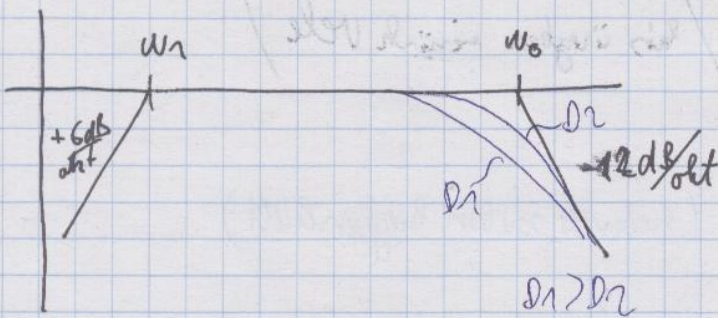
2009.02.16

$$e = \frac{u}{P} = \frac{1}{1 + D \frac{S}{\omega_0} + \left(\frac{S}{\omega_0}\right)^2}$$

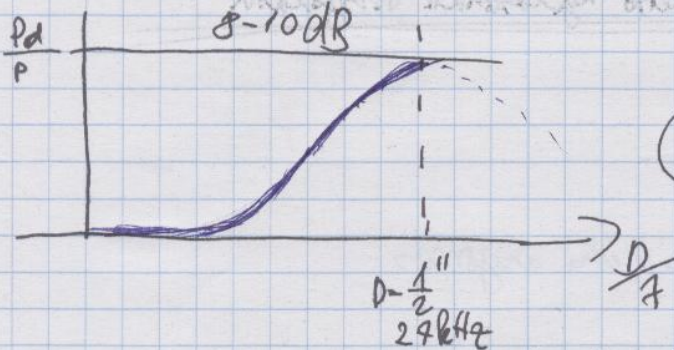
$$\omega_0 = \frac{f}{\sqrt{Cm \cdot m}}$$

$$D = \text{venterési tényező} = \sqrt{V} \sqrt{\frac{Cm}{m}}$$

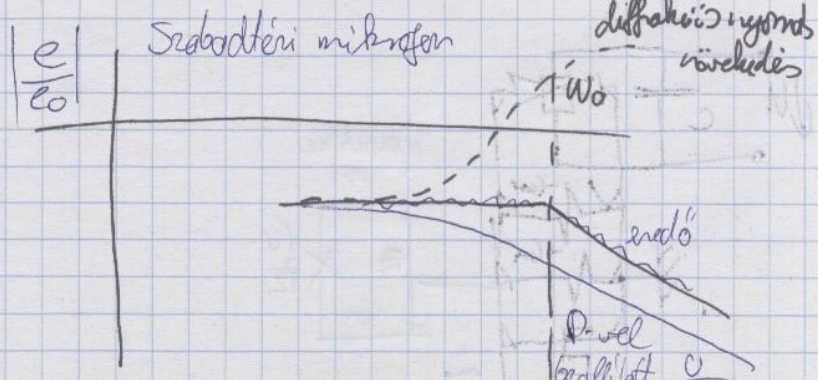
Kondenzátor mikrofon érzékenységi jellemzője



Ha adott méretű a mikrofont az útban, diffrakció lesz, megnő a hangnyomás a mikrofont elhíli állapotban képest. Elrontjuk a mérést



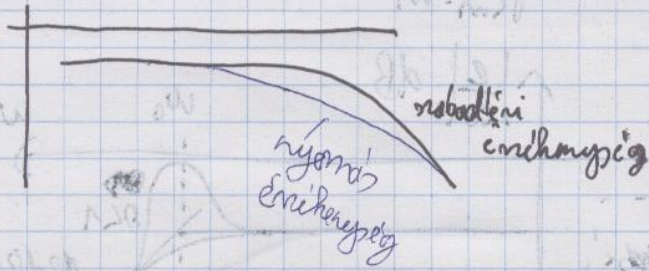
így torzítja a hangteret a mikrofont (diffrakciós nyomás növekedés)



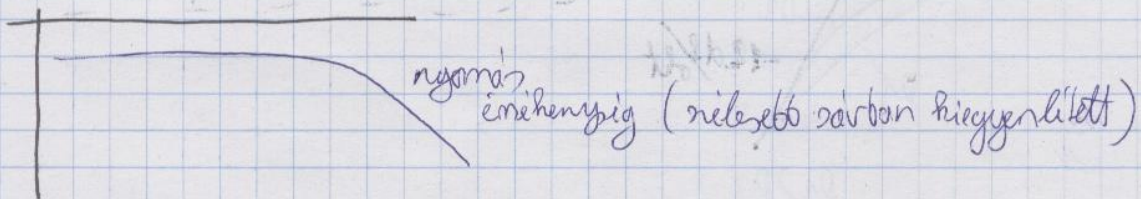
Kétféle mikrofon

- szabadtéri mikrofon
- nyomás mikrofon

Szabadtéri (mindig két görbéllel rendelkezik)

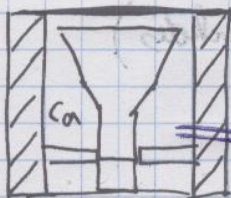


nyomás (csak egy görbe) / hisz üregben minden vele /

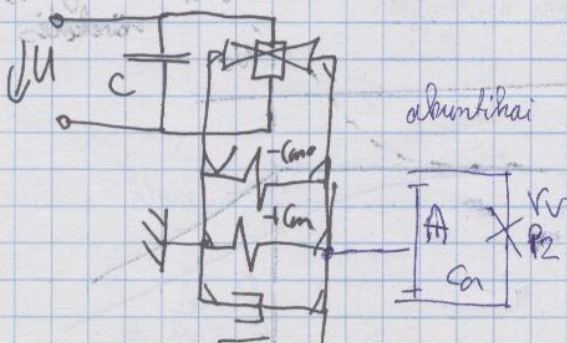


Ha nincs szabadtéri mikrofonunk fordítsuk el 90°-al a nyomásmikrofont, nem alakul ki diffúzió a membránon !!

4. Kondenzátor mikrofon nyomás kiegyenlítő nyílásának vizsgálata



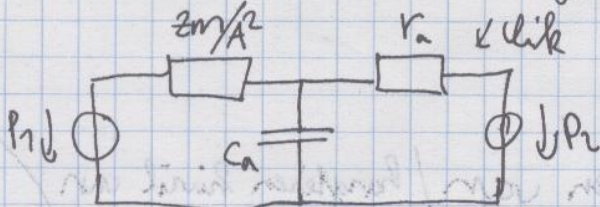
ra  
# megfigyeljük ki tud egyenlítődni a nyomás



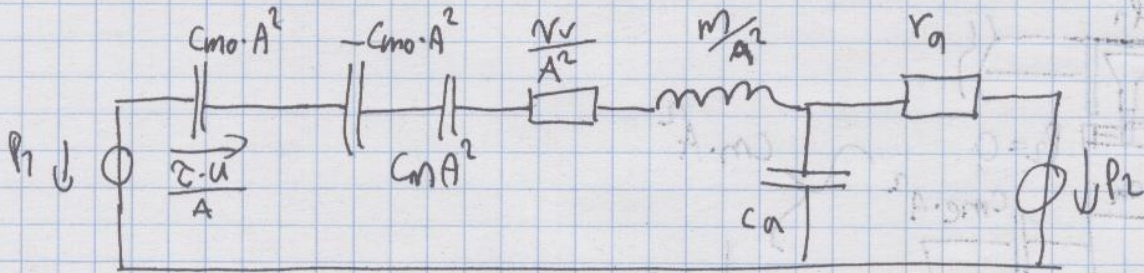
A villamos oldali C a mechanikai oldalon kötérszerű  $C_{m0}$  hint fog jelentkeeni

#8  
2009.02.16

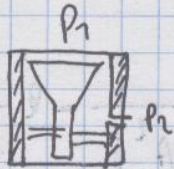
Abban a körletet villamos analógia



Teljes helyettesítő kör:

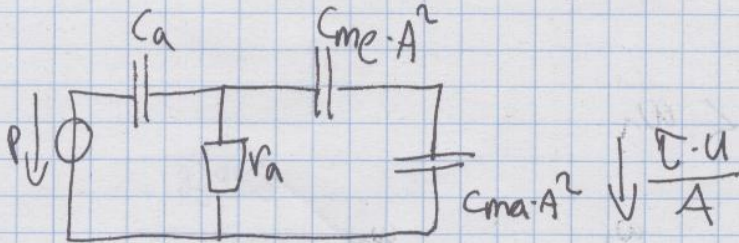


① ~~Körlet~~ A közegetítő nyílás a hangterben van



$$P_1 \approx P_2 = P$$

a két generátor összehelyő, körpénis  $\frac{C \cdot U}{A}$  kiegészítésű  $\frac{v}{A^2}$  elnyelhető a többi meg egy kapacitív osztó

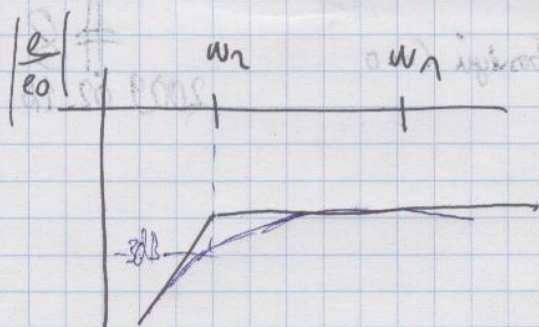


$$\frac{U}{P} = R \frac{\frac{1}{5C_{m0}A^2} \times r_a}{\frac{1}{5C_{m0}A^2} + r_a + \frac{1}{5C_a}} = R \frac{\frac{5}{\omega_1}}{1 + \frac{5}{\omega_1}}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{r_a(C_a + C_{m0}A^2)}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{r_a C_a}$$

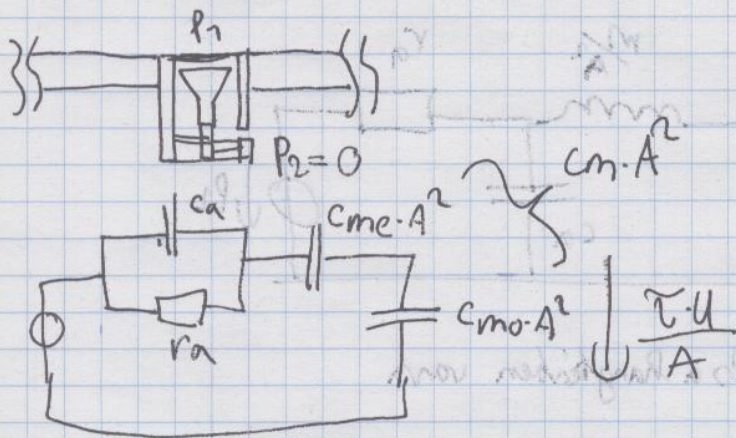
$$\omega_2 < \omega_1$$



$r_a$ -val lehet belőlni a törésponti frekvenciát

nagy  $r_a \Rightarrow$  kis töréspont

- ② A közegetítő nyílás nem a hangtérben van / hangtérben kívül van / gipszkarton falban / felületen / minik

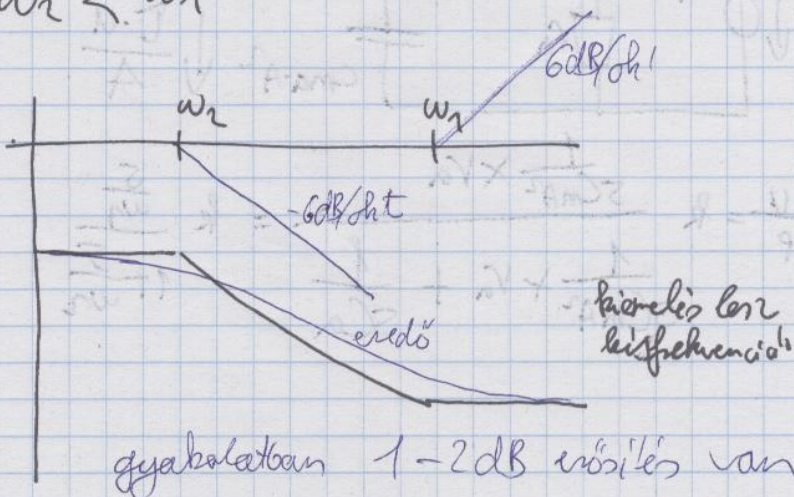


$$\frac{U}{P} = k \frac{\frac{1}{s C_m A^2}}{\frac{1}{s C_m A^2} + r_a \times \frac{1}{s C_a}} = k \frac{1 + s r_a C_a}{1 + s r_a (C_a + C_m A^2)} = k \frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{1 + \frac{s}{\omega_1}}$$

$$\omega_2 = \frac{1}{r_a C_a}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{r_a (C_a + C_m A^2)}$$

$$\omega_2 < \omega_1$$



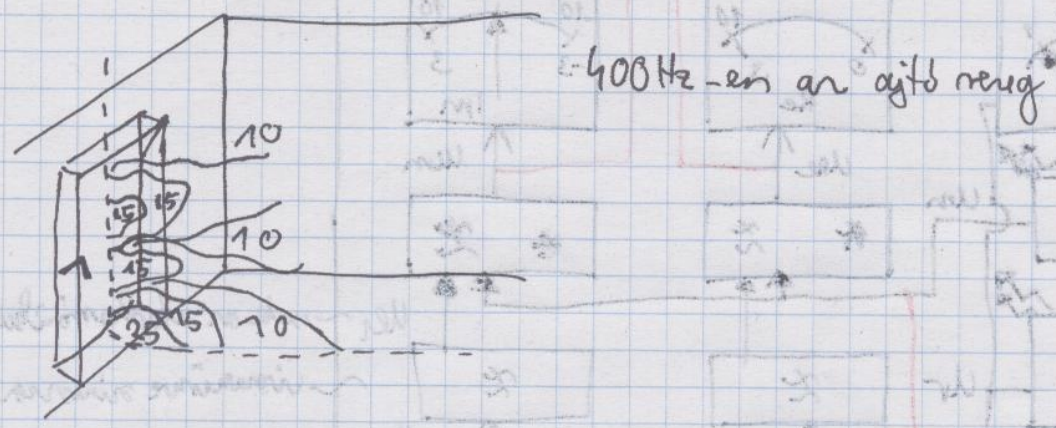


Szólószóval mit lehet jönni be, akkor az befutás jellegű.  
Kétféle kell keresni, tömítési.

PFLIEGEL folyótató

f = 400 Hz ( $\lambda = 85$  cm)

Hörgőbotos robotlan matató lámpafelgyallató



Esettanulmány #4

Zajcsökkentési megberendezés (szoronytató)

- panaszbeküldés
- helyi jelzés
- előzetes mérések
- eredeti zajmint
- zajcsökkentési mód kiválasztása

átgyűrű = 90%

- passzív (falbarok)
- aktív (zajcsökkentés)

Hangelnyelő anyagok:  $\alpha$  - elnyelési tényező

$$\alpha = \frac{E_{\text{refl}}}{E_{\text{in}}} = \frac{E_a}{E_i}$$

$$\alpha = 1 - |\bar{r}|^2$$

reflexió tényező

$$\bar{r} = \frac{P_r}{P_i}$$

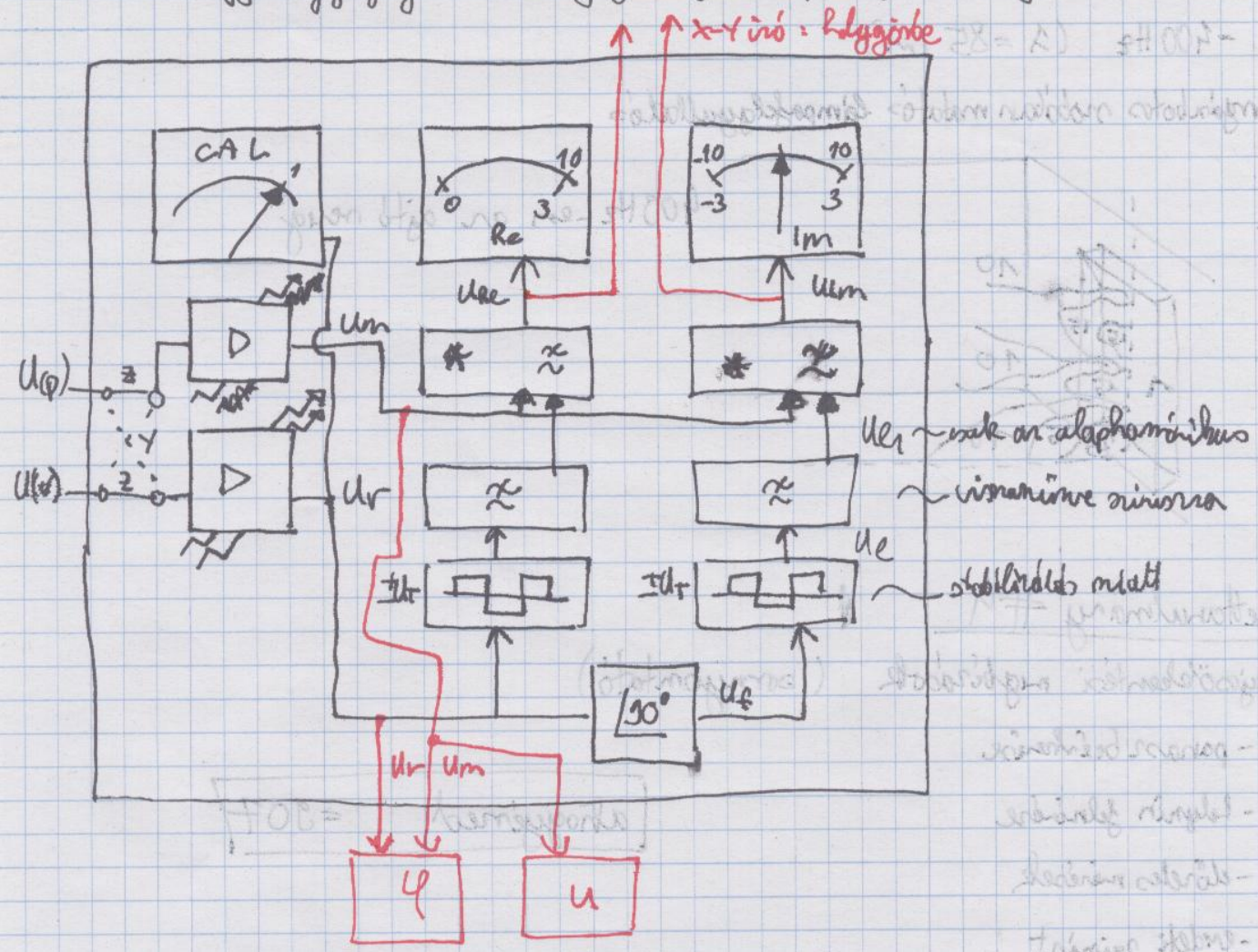
$$z_s = \frac{P}{v}$$

akustikai impedancia mérő  $\Leftrightarrow \bar{r} = \frac{z_s - z_0}{z_s + z_0}$

# AKUSZTIKAI IMPEDANCIA MÉRŐ

Mérési módszer: közvetlen  $Z_s = \frac{p}{v}$

a mérő legyen egyszerű  $\Rightarrow$  a gerjesztő jel amplitúdójával állítsuk be



Referencia  $U_r = \hat{U}_r \cos \omega t$   $\hat{U}_r = \hat{U}_r \cos \omega t$

Mérőjel  $U_m = \hat{U}_m \cos(\omega t + \varphi)$   $\hat{U}_m = \hat{U}_m(\omega)$

$\varphi = \varphi(\omega)$

anyagjellemző

$$\frac{Z}{Z_0} = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \gamma$$

$$U_f = \hat{U}_r \cos(\omega t + 90^\circ) = -\hat{U}_r \sin \omega t$$

$$U_e = U_T \sum \sin n \cdot \omega t \frac{\sin n \frac{\pi}{2}}{n \frac{\pi}{2}}$$

$$U_{e1} = \frac{2}{\pi} U_T \sin \omega t$$

$$U_{im} = \hat{U}_m \cos(\omega t + \varphi) \cdot \frac{2 U_T}{\pi} \sin \omega t = \frac{2}{\pi} U_T \hat{U}_m \left[ \frac{1}{2} [\sin(2\omega t + \varphi) + \sin(-\varphi)] \right]$$

szűrés után

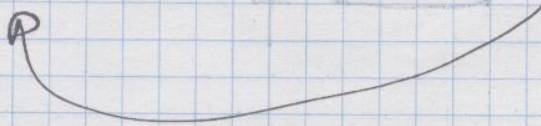
$$U_{im} = -\frac{U_T}{\pi} \hat{U}_m \sin \varphi$$

$$U_{re} = \hat{U}_m \cos(\omega t + \varphi) \cdot \frac{2 U_T}{\pi} \cos \omega t$$

$$U_{re} = \frac{U_T}{\pi} \cdot \hat{U}_m \cos \varphi$$

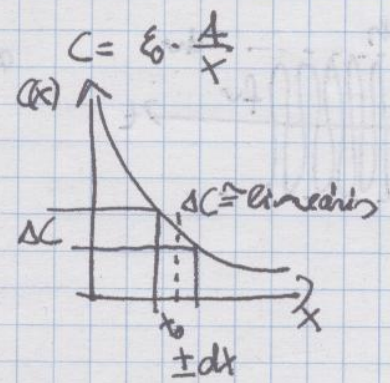
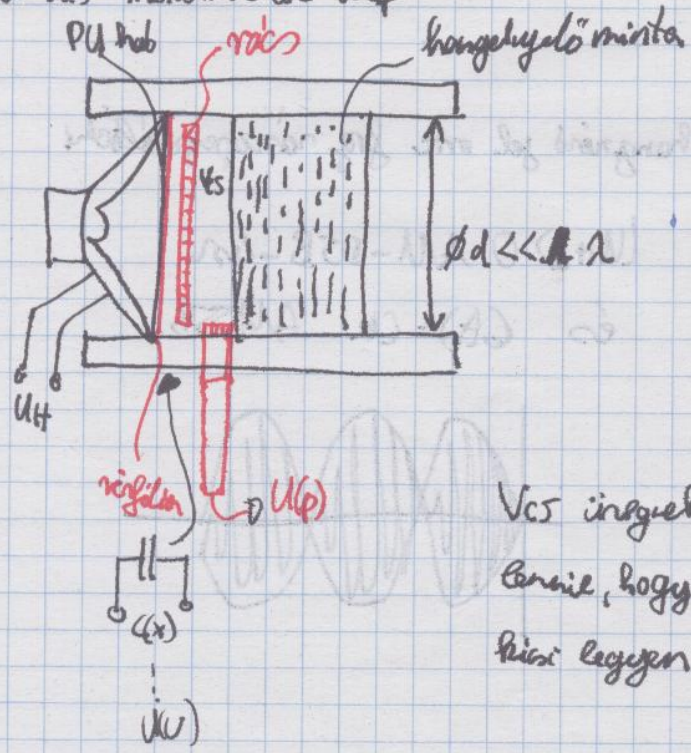
$$U_{re} = \frac{2}{\pi} \hat{U}_m \cdot U_T \frac{1}{2} [\cos(2\omega t + \varphi) + \cos \varphi]$$

szűrés után



### AZ IMPEDANCIA MÉRŐFEJ

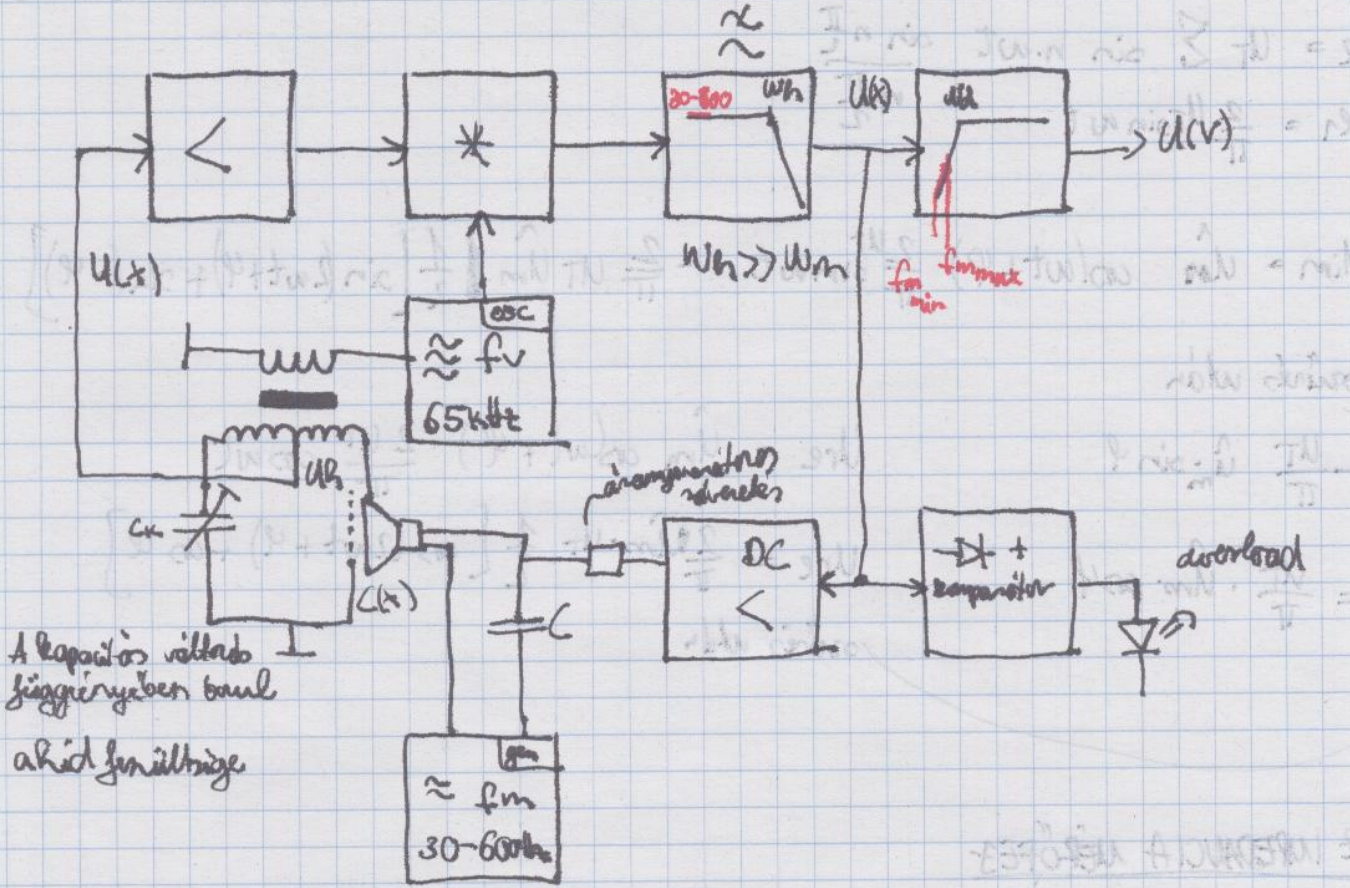
visztfrekvenciás HIDROFON az alap



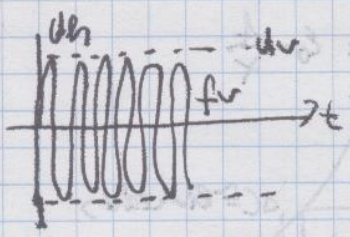
Vcs ingerek kizárás kell  
 benne, hogy az akustikai kapacitás  
 kicsi legyen.

# Sebességjel kópió egység (U(Au))

Hasonló elv a HÍRÓPHON

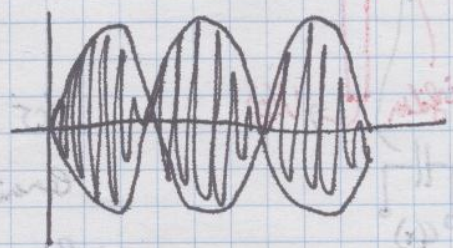


1,  $U_h = 0$   $C(x) \neq C_k$



a hangjel jel erre fog ráüvepedni

$|U_h| > 0$  AM-DSB-lesz  
és  $C(x) = C_k$  AMSSB

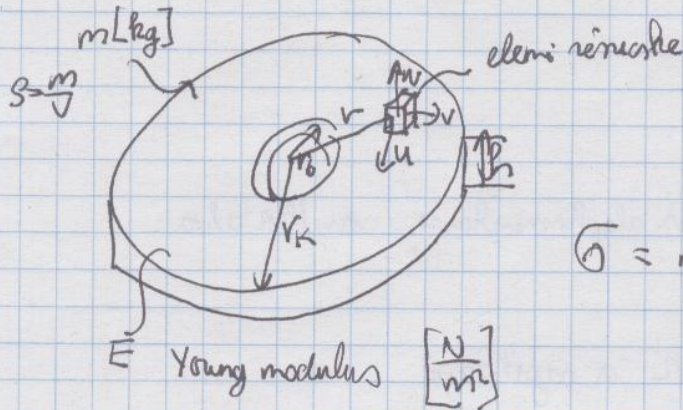


# 5, RÖNSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLAT

#11

2009.02.18

Gépipari körömi környelk vizsgálata



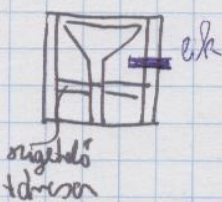
rel. deformáció  
 $\sigma = \text{mechanikai feszültség} = \epsilon \cdot E$

$$\alpha = \frac{r_b}{r_k}$$

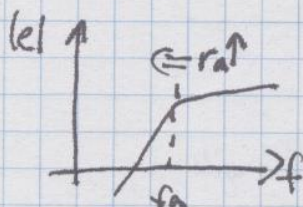
$$\sigma = \frac{m}{V(r_b, r_k, B)}$$

2009.02.23.

KONDENZÁTOR MIKROFONBÓL SOSEM ELÉG...



~~...~~ pínától való körbetét, a backplate levet való



ra növeléssel fa lefelé mozog

181. oldal Fig 19.

$$p(t) = p(0) e^{-t/\tau}$$

$$\frac{p(t)}{p(0)} = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad / 20 \text{lg}$$

$$-2 - 0 = 20 \text{lg} e^{-t/\tau}$$

$$-1 = -10 \frac{t}{\tau} \text{lg} e$$

$$\tau = 160 \text{ ms} = 1.6 \text{ s}$$

# Kondenzátor mikrofonok dinamikája

$L_f$  - 3% - 0 nemlineáris torzítás jelentéktelen  $L_f$  felett

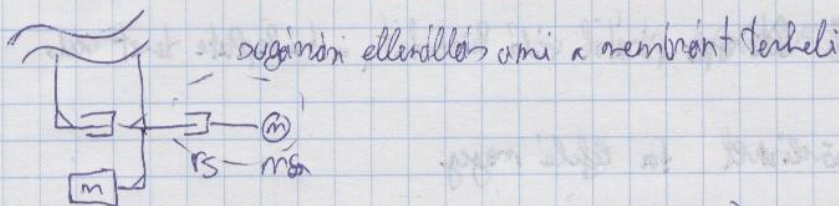
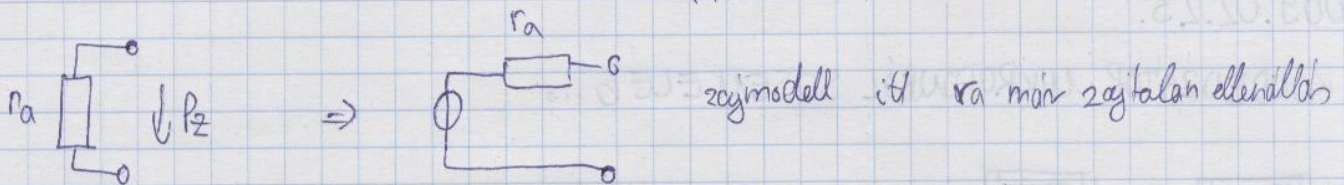
$L_a$  - saját zaj

THD: Felhívásukon 1%-os értéke az alapharmónikusra vonatkoztatva nemlineáris torzítás

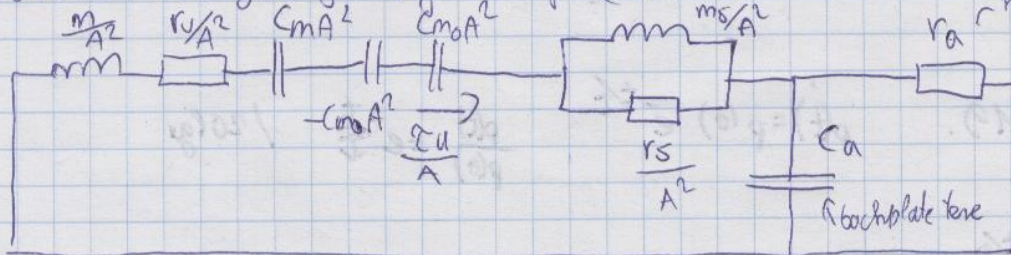
Minden átírteli rendszer bontható a saját zajra.

a) az akusztikai ellenállásnak is van zajja (nem csak a villamosnak)

zaj nyomás teljesítmény átlaga  $\overline{p^2} = \int_{f_1}^{f_2} 4kT r_a df$



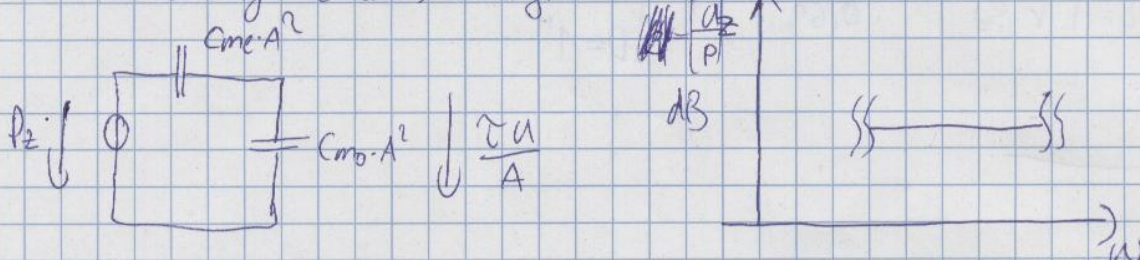
Kondenzátor mikrofon teljes körű ellenértékes képe (csend esetére)



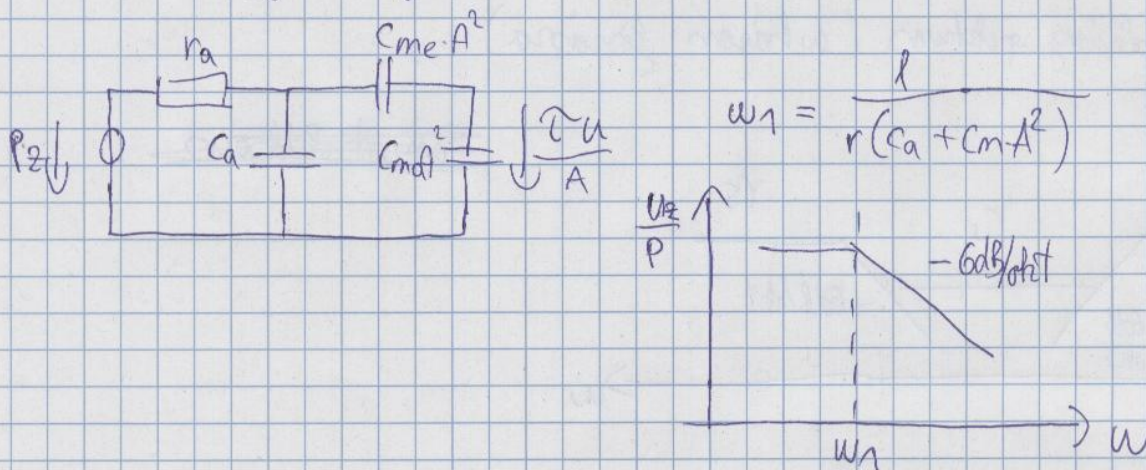
6/c, Közepes frekvencián a rezisztív elemek mint fémcsók

#12  
2009.02.23

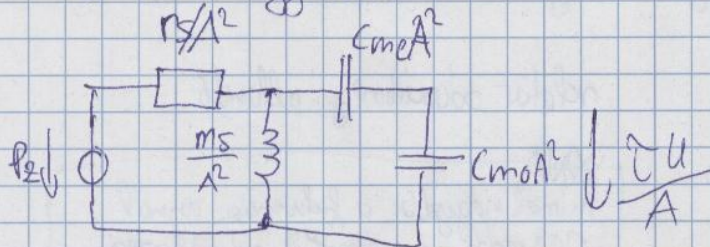
-  $r_0$  vezetőrege ellenálló (mint fémcsók)



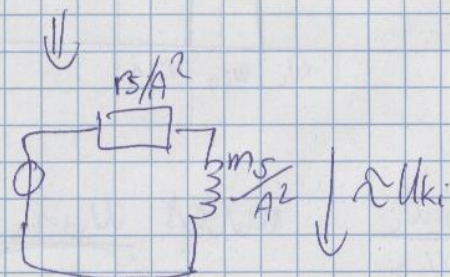
-  $r_a$  a hűtőgépeltő nyílás mint zárlatom



-  $r_s$  mint zárlatom



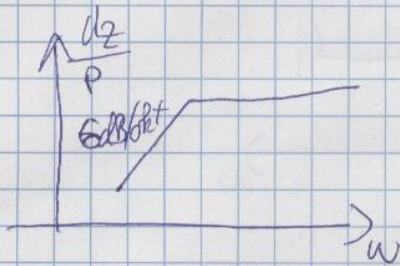
az üzemű a rezonancia alatt van



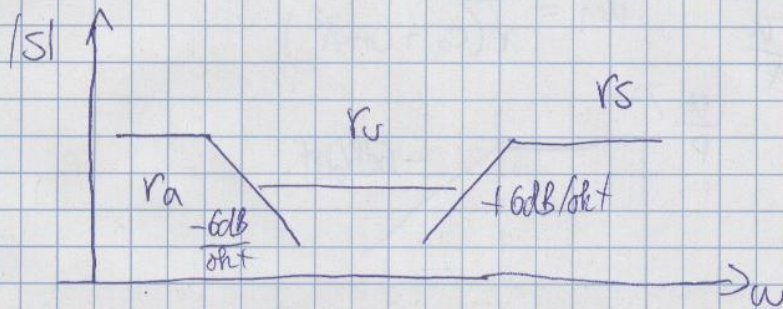
$$\frac{U_2}{P_2} = \frac{S}{\omega r} \frac{1}{1 + \frac{S}{\omega r}}$$

$$\omega_2 = \frac{r_s}{m_s}$$

$$\omega_2 = \frac{1,5 \text{ A } S_0 \cdot C}{0,62 \cdot A \cdot r S_0} = \frac{1,5}{0,62} \cdot \frac{C}{r} \Big|_{D=1''} = 15 \text{ kHz}$$



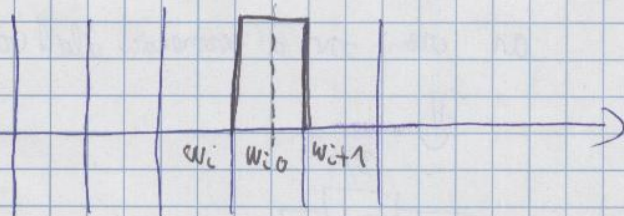
Teljesítmény sűrűség spektruma (a három fázisra)



~~Harmadik oktávára~~

### Harmadik oktávás analízátor

Harmadik oktávás szűrők kimeneti jeleintéit mutatja



relatív sűrűség állandó

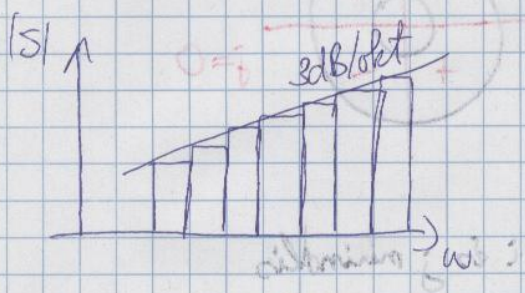
~~relatív~~  
minél nagyobb a frekvencia annál nagyobb az abszolút sűrűség

$$\frac{\Delta \omega_i}{\omega_{i0}} = \frac{\omega_{i+1} - \omega_i}{\omega_{i+1} \cdot \omega_i} = \frac{q \omega_i - \omega_i}{\sqrt{q \omega_i \cdot \omega_i}} = \frac{\omega_i (q-1)}{\omega_i \sqrt{q}}$$

$$\frac{\Delta \omega_i}{\omega_{i0}} = \frac{q-1}{\sqrt{q}}$$

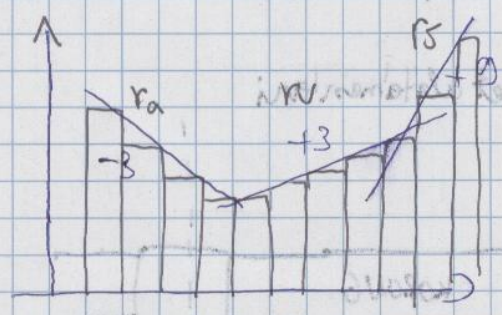


fehler folgendetra | nem fehler folgendetra | valamol



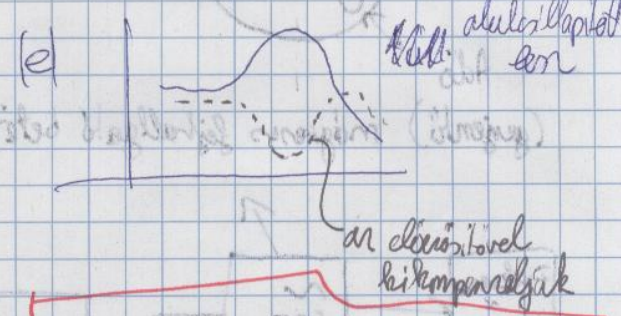
⇒ ezért a borsamán zajkarakter

KONDENZÁTOR MIKROFON TERMIKUS ZAJA A HARMADIKTÁUSA VOS ELEMLŐ KEPEKNOJÉEN



magd lehetjének a kapsulát és újra mérünk a helyő különbsége a kapsula termikus zaj

ha ru kicsi nincs termikus zaj de



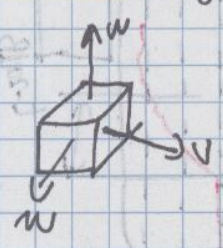
KÖSZÖRŐKORONÁ VIZSGÁLATA

bárgotelt kromg ω₀

Vingidőpontok 1 és 2. lét

Módusanalízis - nélessávi gerjentes → valam

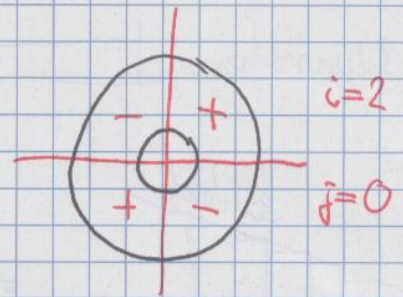
ω₀ ↔ E (Young modulus) kapcsolator



$$\omega_0 = h \left( \frac{\mu_{ij}}{r_k} \right)^2 \sqrt{\frac{E}{12(1-\nu^2) \rho}}$$

POISSON TÉNYEŐ

$\downarrow$   $i_{is}$  sajáttértek  
 → radiális árammalak néma  
 → koncentrikus körök néma

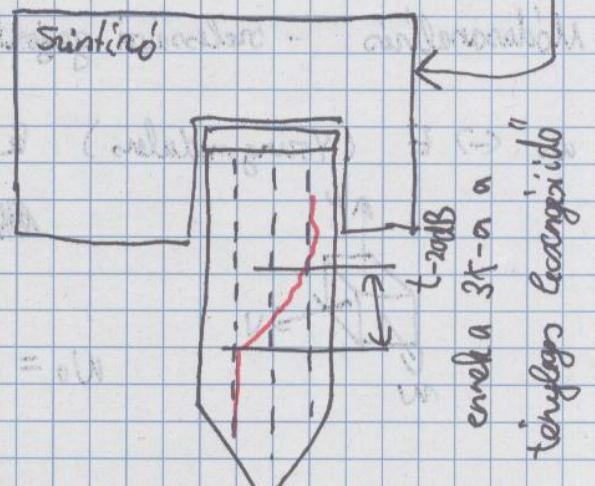
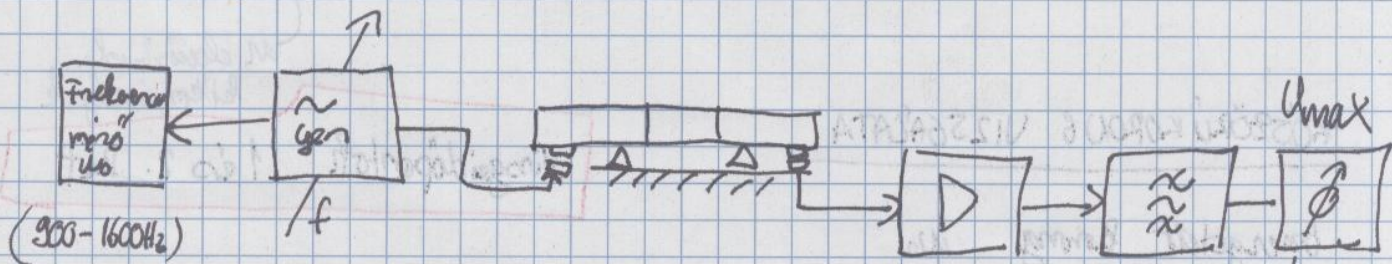
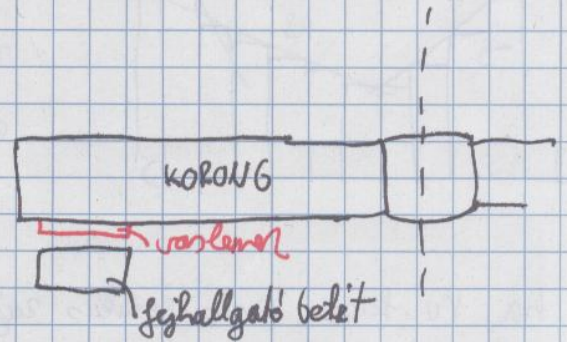
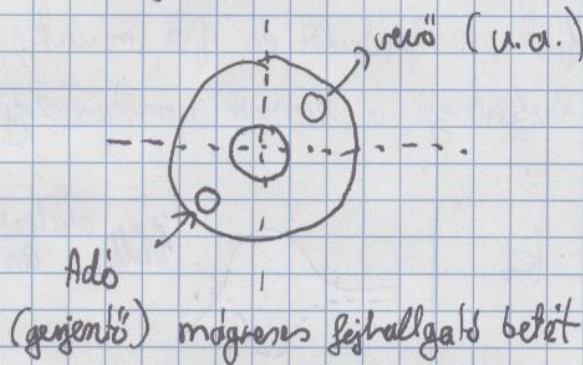


Rengőrendszerben a zúlypont helyben marad és  $i$  és  $j$  minidlis

Válogassunk lecsengési időre

Az energia egymilliomad részre (-60dB-t) csökken

A köröng geometriája: normálalak mentén lehet alkotmányani



ennek a 3x-a a  
 tényleges lecsengési idő

# "EREDMÉNY"

#14  
2009.02.25

ugyanan a körny más más T<sub>20</sub>-at adott  
különböző alátámasztásoknál!

## Ideális alátámasztás tervezése:

Visszaintés helyzet:

a) teljes környvel mentén

7. - kerentias eben

6. - 2 db esetleges damil nélkül

b) belső sugár mentén 4 ponton

10. - 4db 3x2x5 mm-es gumiharabcsón

9. - 4dbb 15mm magas gombostű

⇒ 1. - 4dbb kampón végződő rugók függesztve

c) minden mindvégig alapon

8. - külső görve

11. - szilacsra feltekve

Függőleges helyzet:

a) egy környvel belső sugara mentén

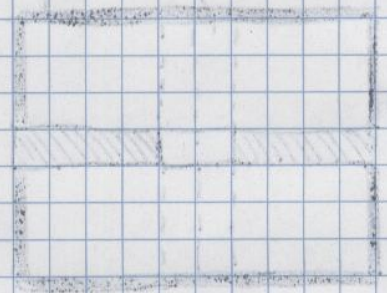
5. - ékkel alátámasztva

4. - 2 golyón

3. - gombostű (2 db)

b) a 4 környvel belső pontján mentén

2. - minden oldalán



MIND MÁS MÉRÉSI EREDMÉNY!



Helyesírási korrekciós idő  
alapsán

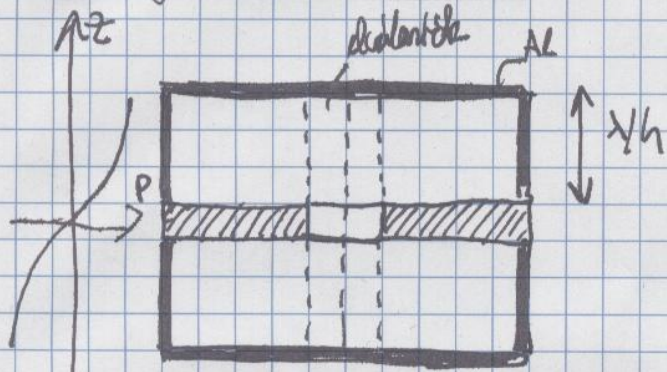
Hossz a nyugtas

11/1  
25.10.2012

"KASZMÉ-15"

Zavarja a levegő terhelése, nem mindegy a függőleges magassága

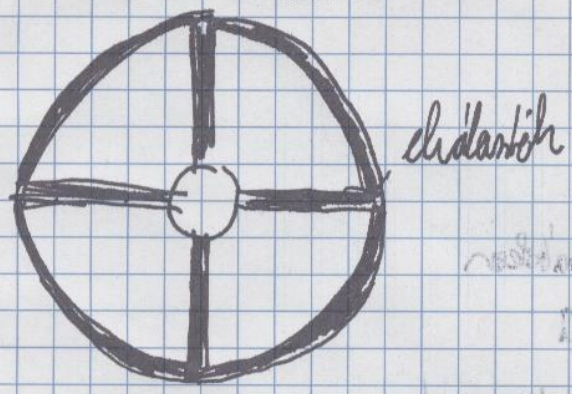
A legteljesebb visszavétel:



$$\lambda(1440) = 36 \text{ cm}$$

$$\lambda/4 = 8,5 \text{ cm}$$

$$Z_{be} = Z_0 \frac{Z_t \cos \beta l + j Z_0 \sin \beta l}{Z_0 \cos \beta l + j Z_t \sin \beta l}$$



$$Z_t \approx \infty$$

$$\beta l = \frac{\pi}{2}$$

$$\beta = k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \beta l = \frac{\pi}{2}$$

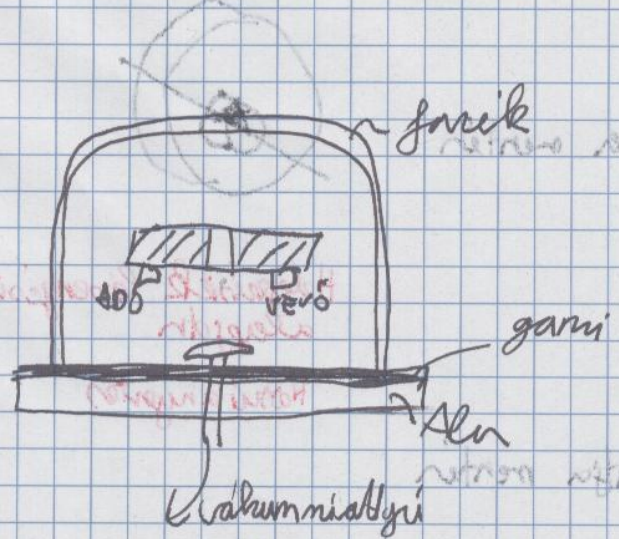
$$\sin \frac{\pi}{2} = 1$$

$$\cos \frac{\pi}{2} = 0$$

$$Z_{be} = Z_0 \frac{0 + j Z_0}{0 + j Z_t} = \frac{Z_0^2}{Z_t} \approx 0$$

$Z_0 \ll Z_t$

EREDMENY: T-20dB ≈ 600-700 ms (3X -05 idő lett a fordításon)



EREDMENY T-20dB +10-20%

Line kell válogatni a korrugot?

A ventőrig figyelembevétele)

$\omega_0 \rightarrow p = -\delta + j\omega_0$  (komplex sajátfrekvencia)

$w(r, t) = w(r, t) e^{pt} = w(r, t) e^{-\delta t} e^{j\omega_0 t}$   $\delta = \frac{1}{\tau}$

$-\delta + j\omega_0 = j h \left( \frac{m_0}{r_0} \right)^2 \sqrt{\frac{E}{12(1-\nu^2)S}}$

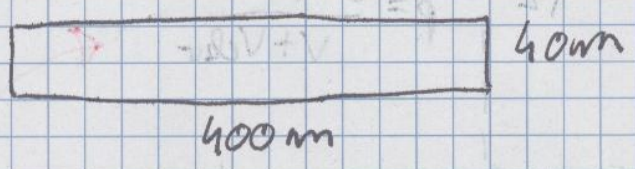
$\delta^2 - 2\delta j\omega_0 - \omega_0^2 = -h \left( \frac{m_0}{r_0} \right)^2 \frac{E\nu + jE_k}{12(1-\nu^2)S}$

$\boxed{\text{tg } \delta = \frac{E_k}{E\nu} = \frac{2}{\tau \cdot \omega_0}}$  one kell válogatni a korrugot

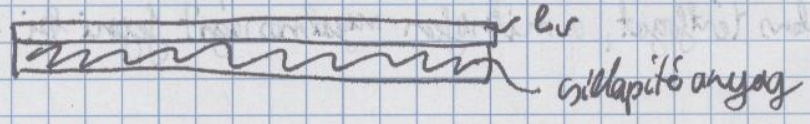
Fergerállapító anyagok vizsgálata

Plazma kammeria kerék vizsgálata (keménységig 1,5 - 1 mm)

Mintadarabok



(his légtérbelet miatt elygar anyag)

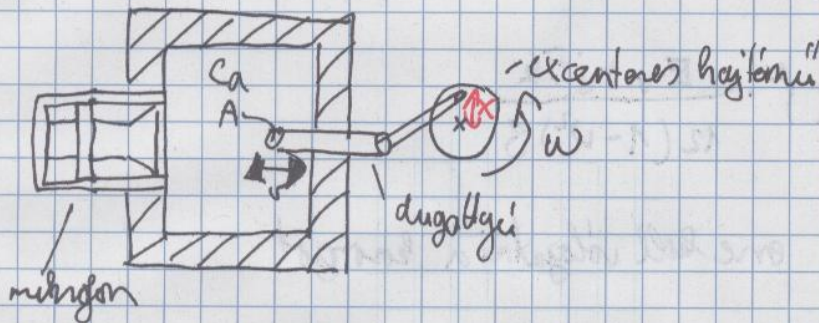


2009.03.02.

KONDEZÁTOR MIKROFONOK. KALIBRALÁSA

- alapadat a sávkörépi érzékenység  $e = \frac{U_i}{P}$
- érzékenység a frekvencia függvényében

Sávkörépi érzékenység mérése PISTONFOVAL [BK 4220]



$$Z_a = \frac{P}{A \cdot v}$$

$$P = Z_a \cdot A \cdot v$$

$$P = \frac{1}{j\omega C_a} A j\omega X =$$

$$P = \frac{k \cdot p_{stat} \cdot A \cdot X}{V}$$

↓

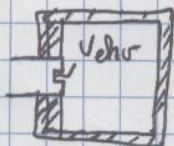
$$P = \frac{k \cdot p_{stat} \cdot A \cdot X}{V + V_{kor}}$$

Vajon a V térfogat megegyezik a geometriai mérettel?

$$r = j\omega X$$

① Legnagyobb csavart teniánk nyomás  $P_1$

② Legkisebb mikrofoni teniánk nyomás  $P_2$



$V_{kor}$  térfogat, a mikrofon rugalmasrúgót fejezi ki.

Az előállított nyomás  $X$ -től függ  $\Rightarrow$  könnyen beértesíthető

potat időjárás függő  $\Rightarrow$  ajándék barométer

$\pm 0,15$  dB a hibája

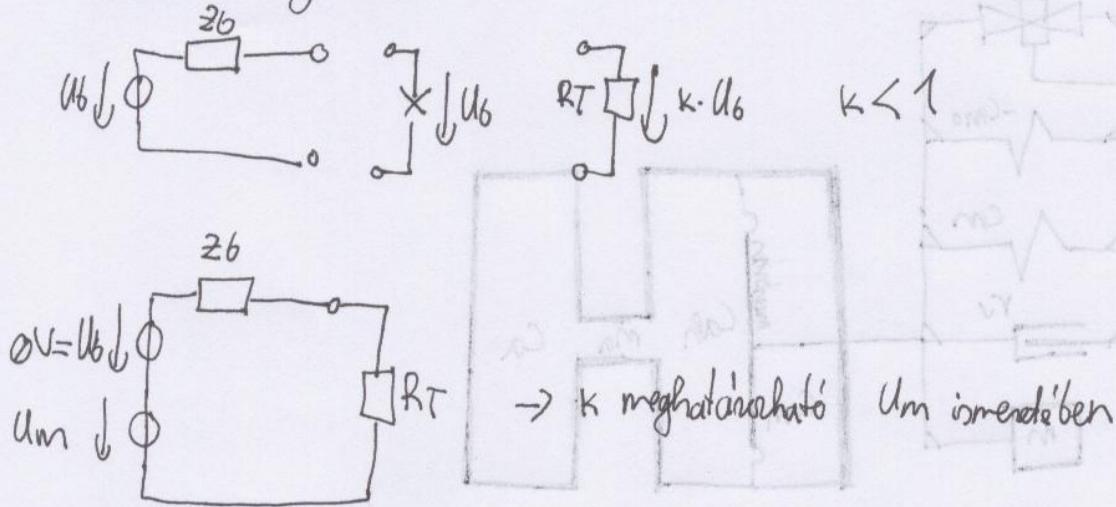
124 dB az SPL így <sup>nagy</sup> környezeti zajban is lehet használni

GUMIAR RAS MÜSSEN BRÜK FÖMÉRÜK VOLT MOSTNAR ÖVE A GRAS (.OK)

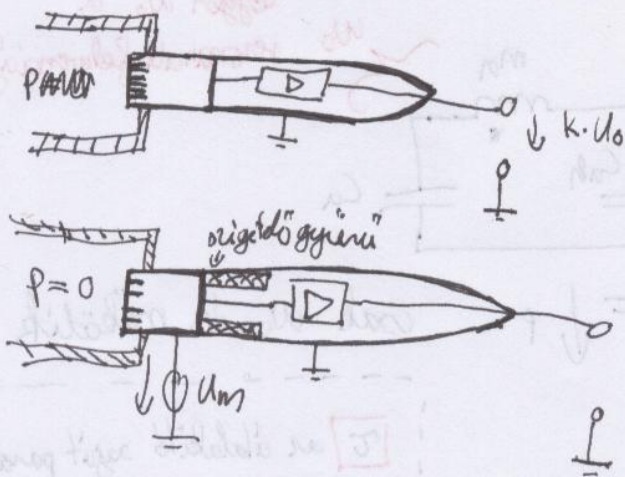
Hogyan mérjük meg a  $U_{ij}$ -t?

(egyenlítő) jel #16  
2009.03.02

- dekhomas generátorok



- kondenzátor mikrofon esete



Hangnyomásmérő kalibrátor

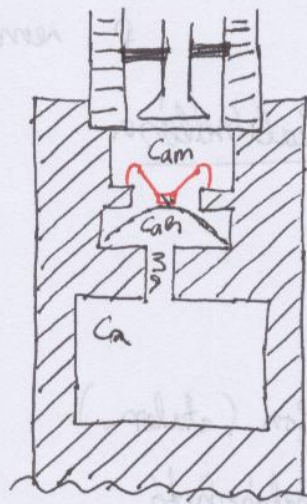
[BK 4230]

SPL 94 dB  $\Rightarrow$  1 Pa

$\pm 0,3$  dB a pontosság

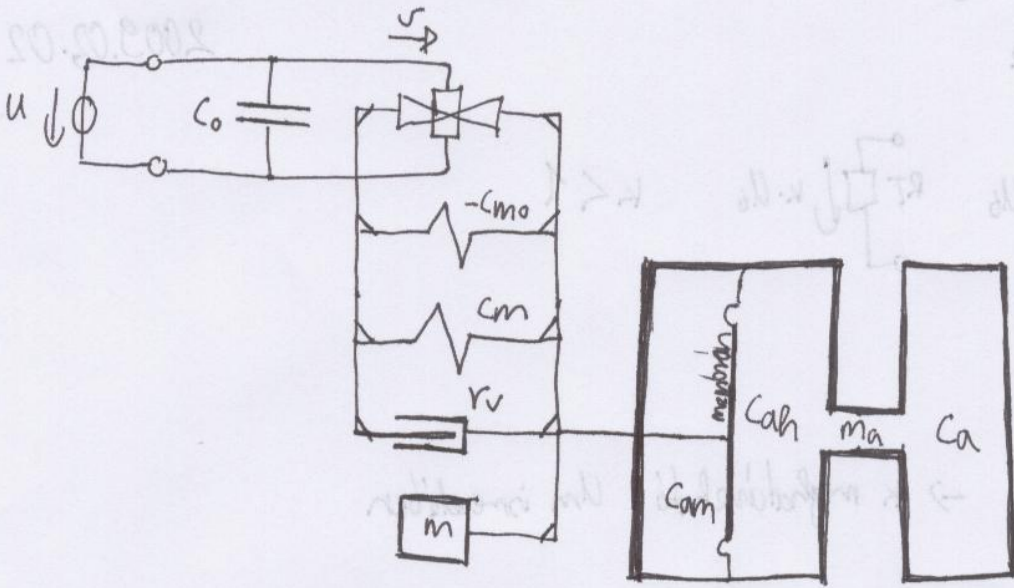
$f = 1000$  Hz

344. GLDAL FIG. 1.

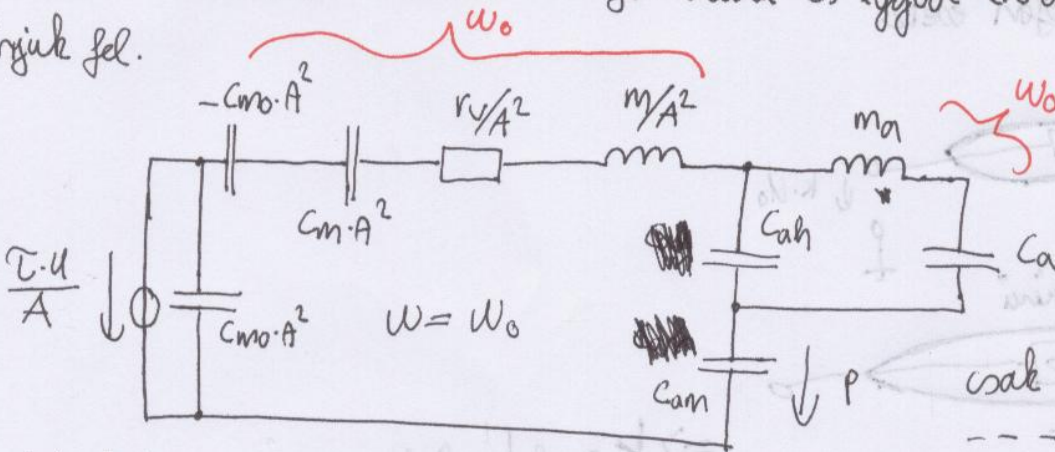


membrán  
periódus  
generátor ami nem osztja  
két részre a teret

Helyettesítő bép (teljes, vegyes)

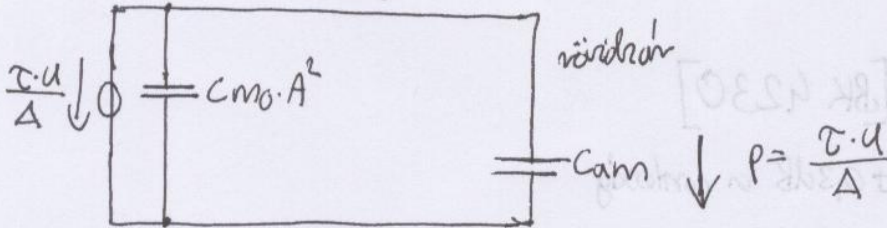


mindent az akusztikai oldalra transformálunk és egyből ennek villamos analógiát írjuk fel.



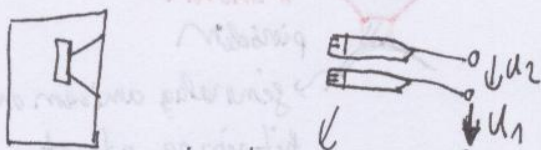
csak  $\omega_0$ -án működik

Helyettesítő bép  $f = f_0 = 1 \text{ kHz}$   
rövidzár



- \tau az átalakító saját paramétere nem függ a lényegtől
  - U-t esindri könnyű
  - A-t meg főleg
- $P$  nem függ az elviseles területtől!

Az érébenység frekvenciafüggésének kalibrálása



ismert karakterisztikájú mikrofon (etalon)  
a különbség könnyen meghatározható



# Egyenáramú motorok zajcsökkentése

## TEUC ülésmegelő motorok

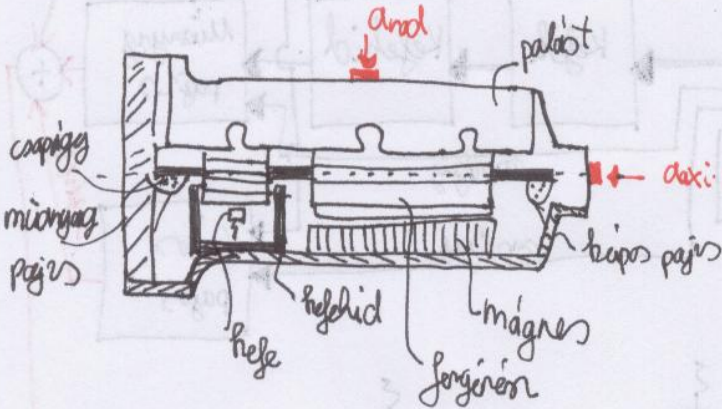
$SPL \leq 42 \text{ dB(A)}$

$n \approx 4500/\text{min} \quad (12V)$

SPL helyett arad és axi mérés. helyes?

### A kutatás feliratai:

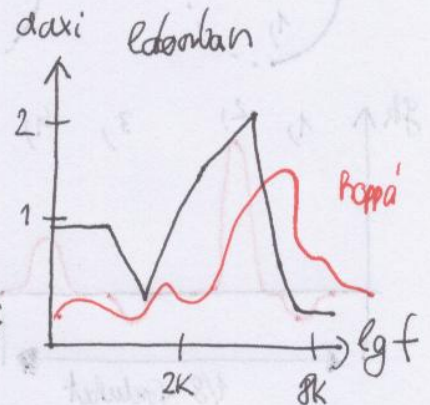
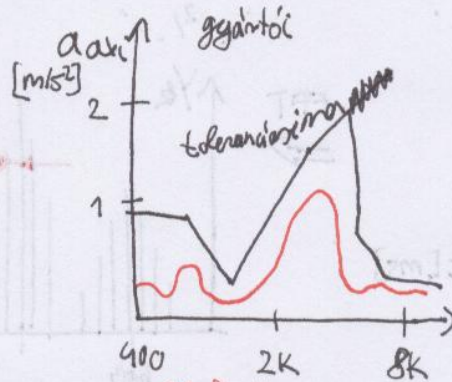
- 1 - a gyártó minősítési rendszeriek felülvizsgálata
- 2 - zajkeltési mechanizmusok feltárása
- 3 - konstrukciós hibák felismerése és javaslatok
- 4 - javaslatok validálása



### 1) axi + arad és SPL laboratóriumi mérés

200-as mintasorozat 4x50 db (3N, 3H, RN, RH)

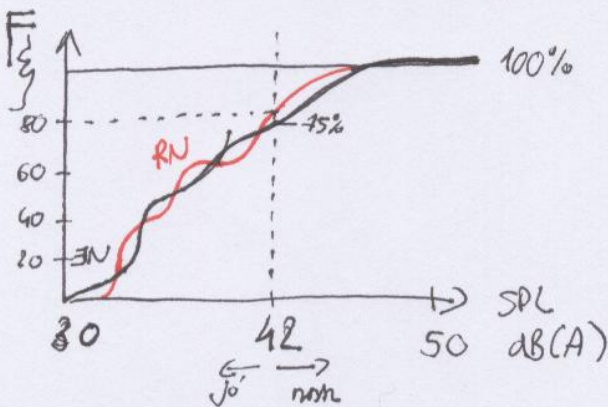
- 3: "jó"
- R: "rossz"
- H: Hall-generátor
- N: nincs Hall-generátor



mérés átlaga

Laborban szabadon volt rögzítve, kicsit volt a tömeg, a saját rezgése jötték elő

### Δ motorok eloszlása az SPL függvényében

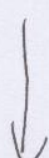


- 3N 25%-a rossz volt
- RN 80% átadható lett volna

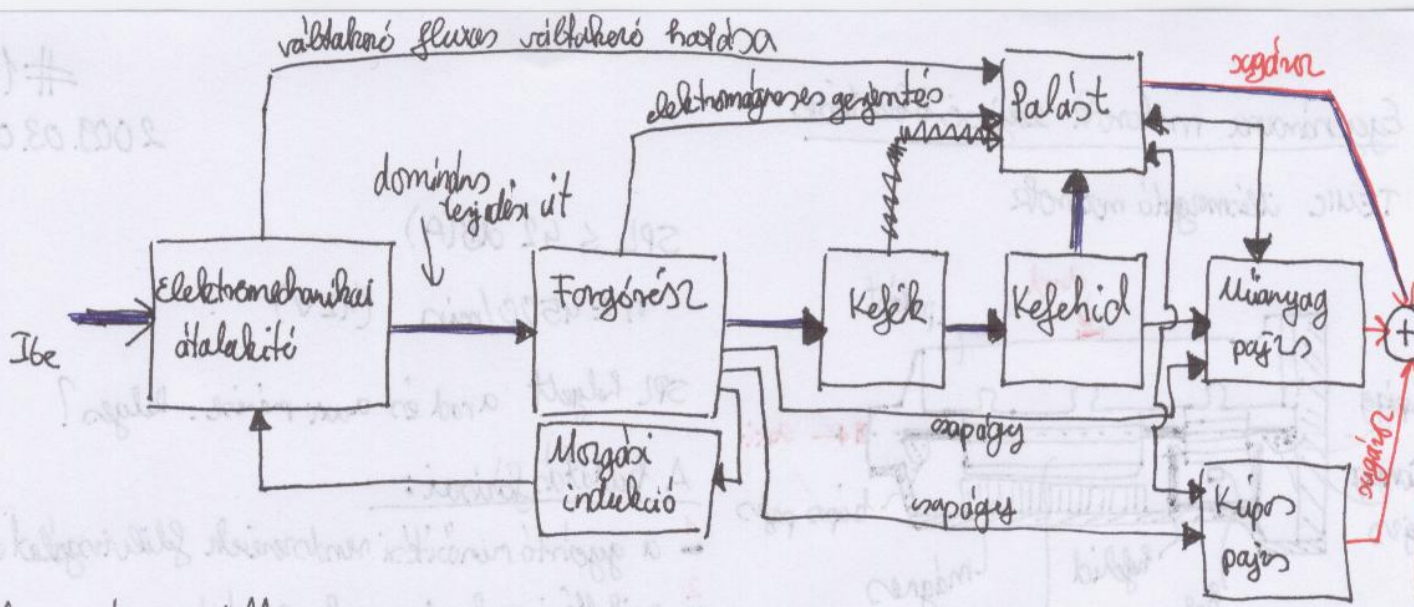
/? article = 377

### 2) zajforrások feltárása

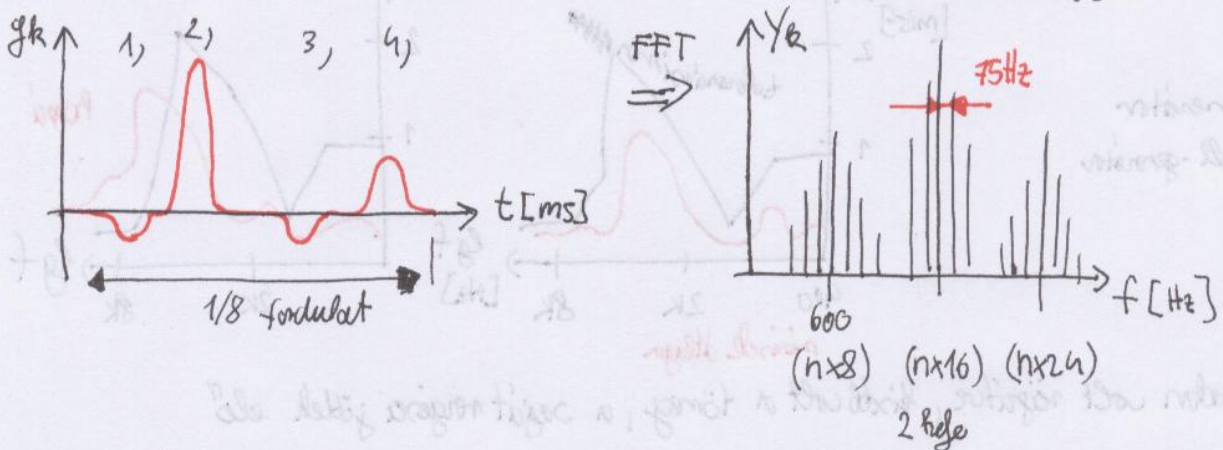
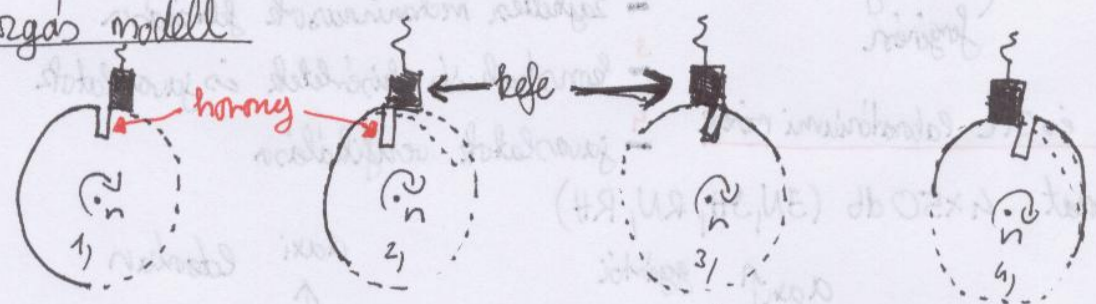
szisztematikus teljeskörű modell



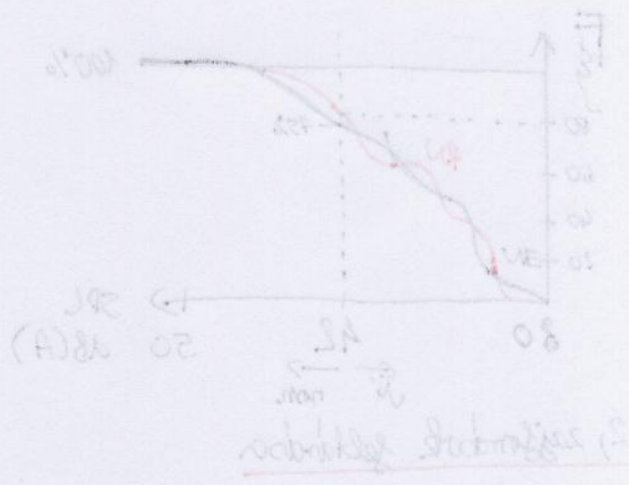
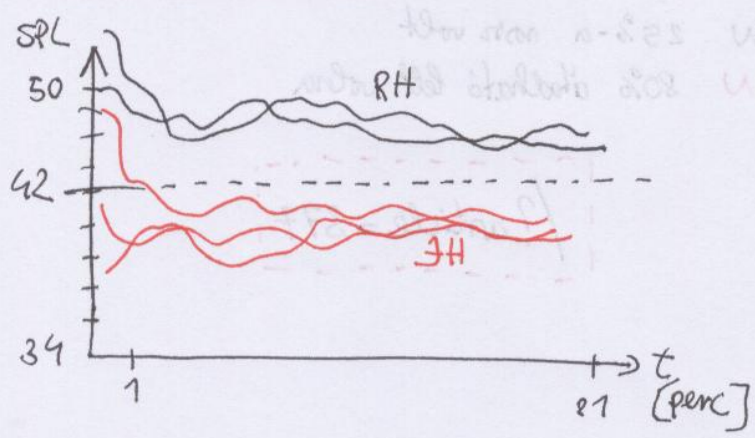
F) #  
NO. 80. 5002



Kezmozgás modell



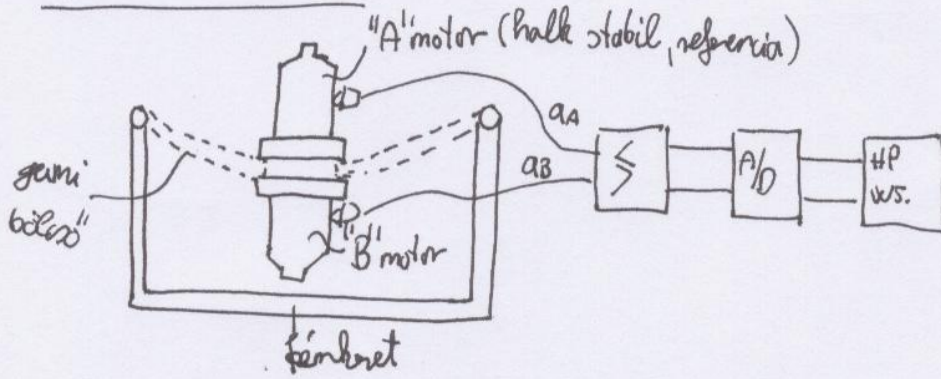
Bekezdési kísérlet



Altem irányított működés

# "Tandem" kísérlet

#18  
2009.03.01



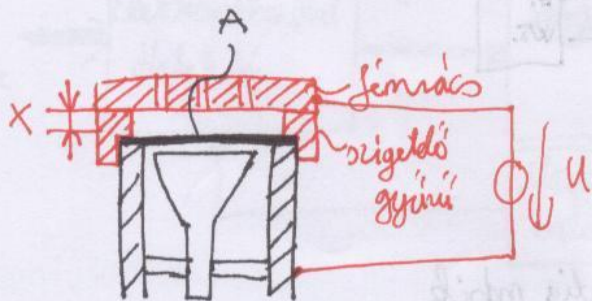
"B" motor, fantom motor, alkatrészről megpróbáltam, mindig működik

	Hajtó motor	B motorban	Eredmény
1	A	csak fémbrés	$a_b \approx \frac{a_a}{10}$
2	A	bekérül a mágnes	1250-1350 Hz kisebített csökkenés vegyes növekedés
3	A	mágnes ki, helyed BE!	jelentős vege- növekedés 2000-4500 Hz 5-10x spektrum
4	B	komplett motor és a B hajt	800-6100 Hz kisebített növekedés

a spektrum alul kúszott, mágneses és mechanikai erő ellenében

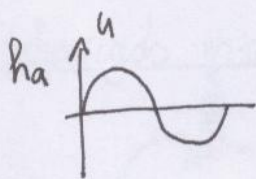
# Elektronstatikus mérőváz

- elektronos töltel mozgatjuk a fém membránt (nyomás görbét lehet felvenni)
- a szabadteri görbe egy oránál karakterisztika a diffrakción határokából

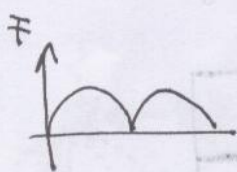


$$F = \frac{1}{2} EDA = \frac{1}{2} \frac{U}{x} \epsilon_0 \frac{U}{x} A = \frac{1}{2} \epsilon_0 A \left(\frac{U}{x}\right)^2$$

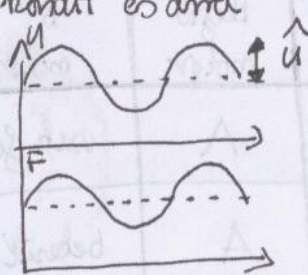
$$F = k U^2 \quad k = \frac{1}{2} \epsilon_0 A \frac{1}{x^2}$$



akkor



⇒ ezért előszörjük a kondit és amra ültetjük rá u váltót



$$u = U_0 + \hat{u} \cos \omega t$$

$$F = k (U_0 + \hat{u} \cos \omega t)^2 = k (U_0^2 + 2U_0\hat{u} \cos \omega t + \hat{u}^2 \cos^2 \omega t)$$

ha  $\hat{u} \ll U_0$  akkor  $\hat{u}^2 \cos^2 \omega t$  elhanyagolható

$$F = k (U_0^2 + 2U_0\hat{u} \cos \omega t) = k U_0^2 + k 2U_0\hat{u} \cos \omega t = \left( F_0 + \hat{f} \cos \omega t \right) k$$

$$\hat{f} = k 2U_0\hat{u} = \frac{1}{2} \epsilon_0 A \frac{1}{x^2} 2U_0\hat{u} = \frac{\epsilon_0 A U_0 \hat{u}}{x^2}$$

$$\hat{p} = \frac{\hat{f}}{A} = \frac{\epsilon_0 U_0 \hat{u}}{x^2}$$

ha  $\hat{u}$  frekvenciafüggetlen akkor  $\hat{p}$  is az len

így  $e = \frac{u(f)}{p}$  -ből  $u$  frekvenciafüggőse meghatározható

Példa

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$U_0 = 800 V //$$

$$U_{eff} = 35 V$$

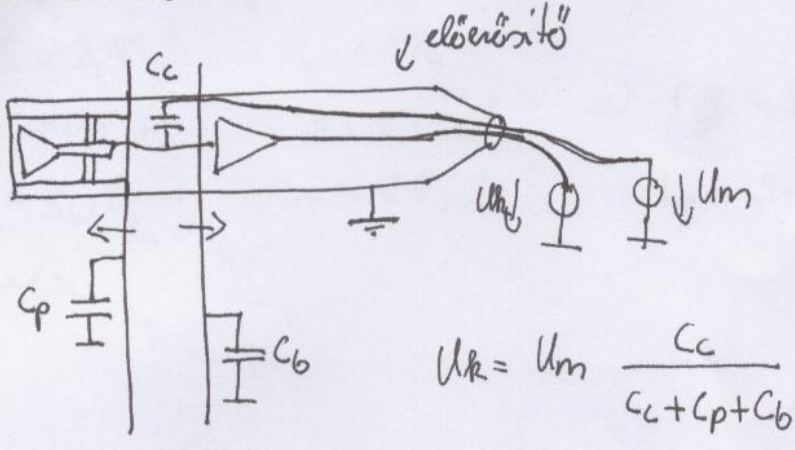
$$x = 0,5 mm$$

$$\frac{\frac{As}{Vm} \cdot V^2}{m^2} =$$

$$= \frac{VAS}{m^3} = \frac{Vs}{m^2} = \frac{Nm}{m^3} = \frac{N}{m^2}$$

# range Injection Calibration

#19  
2009.03.09



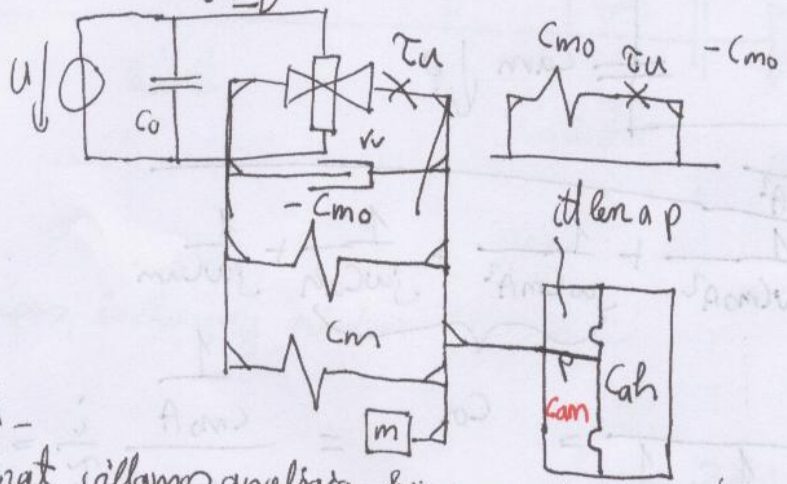
art lehet érzékelni, hogy a mérési összeállítás ugyanaz - e mint tegnap volt.

## Kondenzátor mikrofon kalibrálás a reciprocitás elve alapján

KM mint hangforrás



Elektromechanikai helyettesítő kép

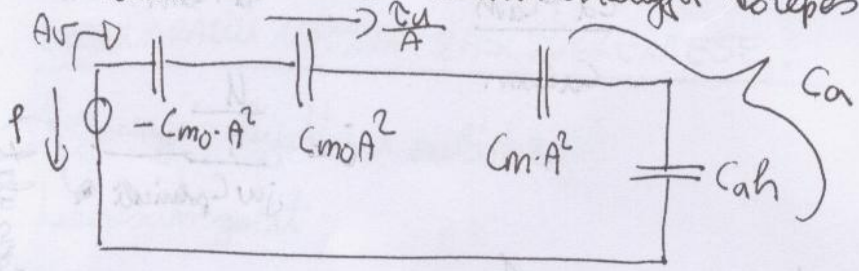


ha kisebb kerülnek a kerek nagyobb lesz a rezonancia

$$Z_a = \frac{Z_m}{A^2}$$

### Mikrofon üzemmód

Az akustikai hálót villamos analógia körre fordítva



$$(A \cdot U) = \frac{P}{\frac{1}{j\omega C_a}} = p \cdot j\omega C_a$$

$$\frac{Z_a}{A} = (A \cdot U) \cdot \frac{1}{j\omega C_{mo} A^2} = p \cdot j\omega C_a \cdot \frac{1}{j\omega C_{mo} A}$$

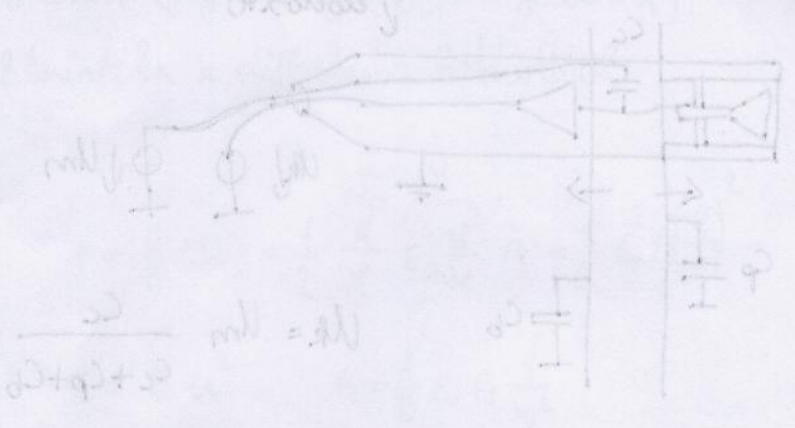
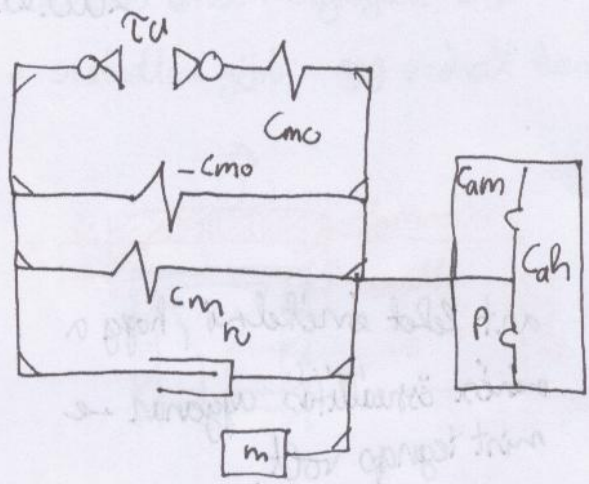
→ rendezni  $\frac{U}{P}$ -re kell

$$\frac{U}{P} = e = \frac{A}{\tau} \frac{C_a}{C_{mo} A^2} = \frac{C_a}{\tau C_{mo} \cdot A}$$

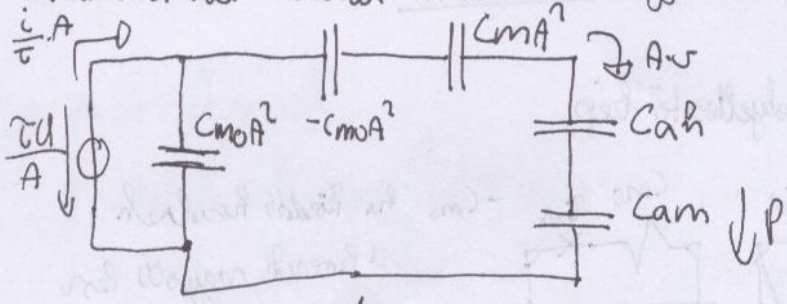
Hangfórási üzemmód

$u \rightarrow p$

mitochondriális membrán



Arakvontikai hálót azonos analógia Bővepes frekvencián



$i = \tau u = u = \frac{i}{\tau}$

$$(Au) = \frac{i}{\tau} A \frac{1}{\frac{1}{j\omega C_{mo} A^2} - \frac{1}{j\omega C_{mo} A^2} + \frac{1}{j\omega C_{mA}^2} + \frac{1}{j\omega C_{Ah}} + \frac{1}{j\omega C_{Am}}}$$

$$(Au) = \frac{i}{\tau} \frac{1}{C_{mo} A^2} \frac{1}{\frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_{Am}}} = C_A = \frac{C_{mo} A^2}{C_A + C_{Am}} \frac{i}{\tau} = \frac{i}{\tau} \frac{C_A C_{Am}}{C_A + C_{Am}} \frac{1}{C_{mo} A^2}$$

$$(Au) = i \cdot e \frac{C_{Am}}{C_A + C_{Am}}$$

$$p = (A \cdot v) \cdot \frac{1}{j\omega C_{Am}} = i \cdot e \frac{C_{Am}}{C_A + C_{Am}} \cdot \frac{1}{j\omega C_{Am}} = i \cdot e \frac{1}{j\omega (C_A + C_{Am})}$$

$$p = u \cdot j\omega C_p \cdot e \frac{1}{j\omega (C_A + C_{Am})} = \frac{u \cdot C_p \cdot e}{C_A + C_{Am}}$$

$C_A$  - membrán kapacitása,  
+  $C_{Am}$  - üreg

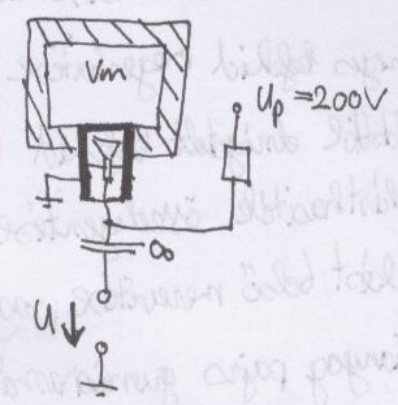
$$p = \frac{u \cdot C_p \cdot e \cdot K \cdot P_o}{V_{el} + V_m}$$

megtanulni mértékegységet eltarani!  
figyelni arra, hogy mi effektív mi veszt!

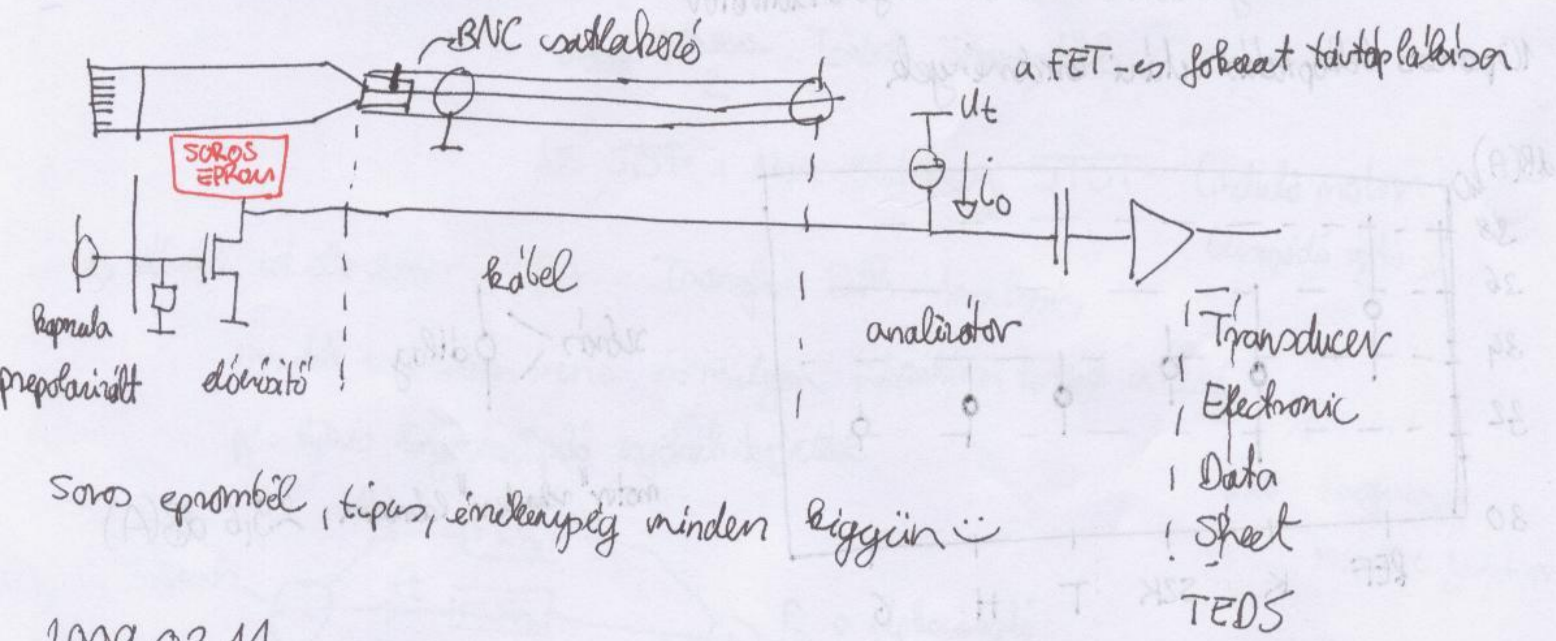
Biológusok eltarat

$V_{eff} = 2,5V$   
 $C_p = 65 pF$   
 $\epsilon = 50 \frac{mV}{Pa}$   
 $K = 1,4$

$P_0 = 10^5 Pa$   
 $V_{ch} = 0,15 cm^3 \Rightarrow P_{eff} = 1 Pa$   
 $V_m = 1 cm^3$   
 $L_p = 94 dB$



ICP/Deltatron átalakítók (Elektronikus adatlap)



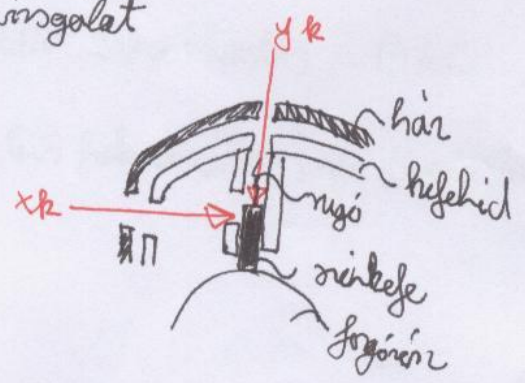
Soros építésű, típus, érzékenységi minden szigorú :-)

2009.03.11

EGYENÁRAMÚ MOTOROK ZÁRCSÖKKENTÉSE...

Referenciás bijartó a palásttra  
Léeres üreglátat

- ZH:
- névői összehallítás
  - definíció
  - vámpeldák



$\Rightarrow y_k \approx x_k$

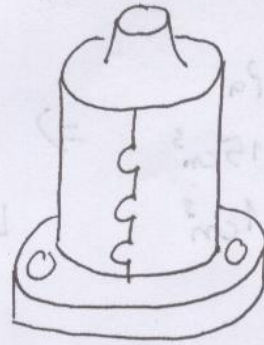
A kefe tangenciális mozgása okozza ( $x_k$ ) a palásttérgeket!

# Palósterregés animalása / működése

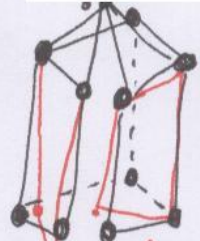
Irótmódel

## III. Konstrukciós kiséletek

- üreges kőfehér regeneráció (kőfehér <sup>(K)</sup> gyantával)
- palástól elválasztott kőfehér (SZK)
- palástkötés összehajlítása íróponton (H)
- palást belső merevítése, ragasztott gyűrűvel (G)
- műanyag páros gumiharom beültetése (T)



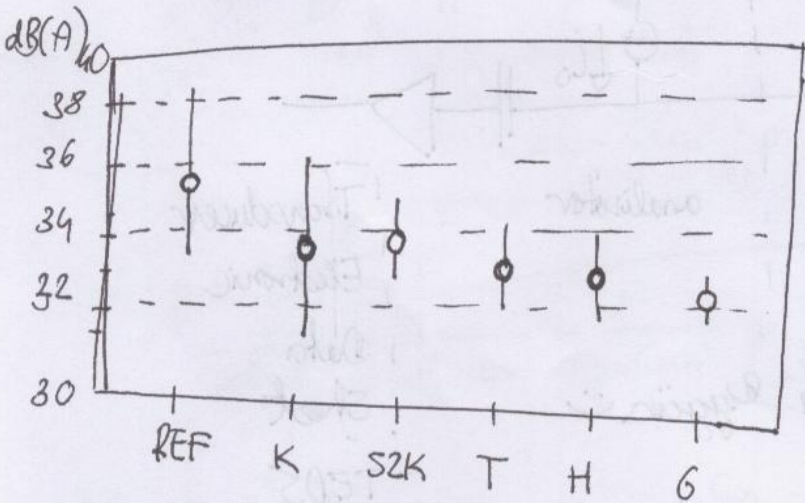
minden pontban  
1 gyorsulási ciklus



an illentéssel leng

5-5 db minden megoldásból + 5 db referenciamotor

10 perces bekapcsolás utáni eredmények



széles < dílg

motor "nehéz" labban 29,6 dB(A)

## Gépelemekbe került csőgörgény lokalizálásának módszerei

Fizikus: irótop

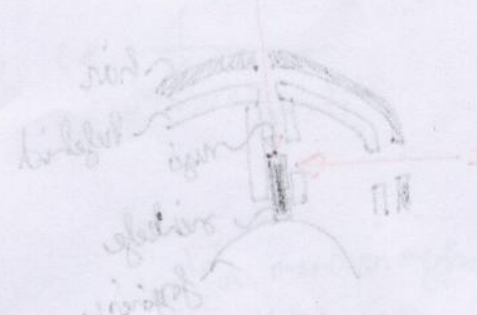
gépész-mérnök: csappantyú jelölés

villamosmérnök 1: nagyenergiájú impulzus adó

akusztikus 1: hallgatás a cső mentén

villamosmérnök 2: nagy energiájú állandó mágnes

akusztikus 2: nagy nyomású víz





# ASPEKTÍVIKUS KUTATÁSI TERÜLETEK

#21

2009.03.11

## I. Zajmérés, zajanalízis, zajténképezés, zajminősítés

- közlekedési zaj
  - körúti zaj
  - vasúti zaj
  - repülőgép zaj

- jömműzaj
  - belső motor, gumidobos, gép, lengéscsillapító
  - külső

### 1, Akusztikus holográfia: STSF: Spatial Transform of Sound Field

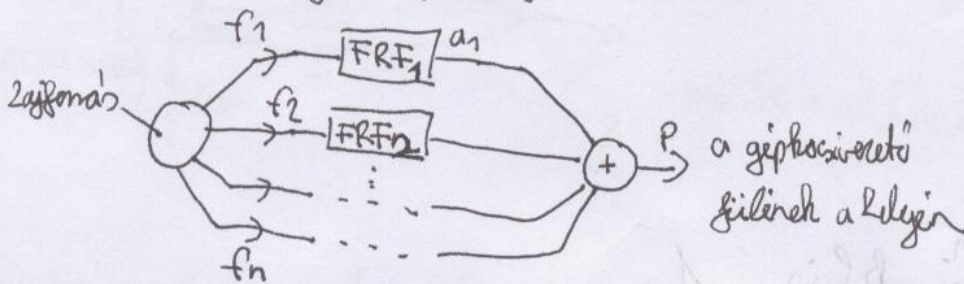
$$d_{min} < \frac{\lambda_{min}}{2} \text{ Térbeli Szahnminték}$$

NS STSF: Non-Stationary STSF (induló motor becsapódó ajtó)

### 2, Átviteli út elemzés: TPA Transfer Path Analysis

összetett rendszerben menne és milyen mértékben torzít a zaj

pl: hibás lengéscsillapító zajának kijelzése



FRF Frequency response function

ha lineáris és független utak 
$$p \approx \sum_{i=1}^n FRF_i \cdot f_i$$

## II. Aktív zajcsökkentés ANC Active Noise Control

- kis frekvencián, egy dimenzióban működőképes

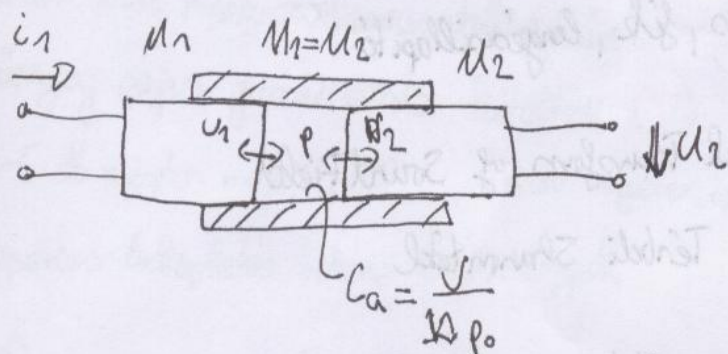
# Mikrofonok hitelesítése reciprocity elvén

2009.03.16

$$f = Bl i = T i$$

$$u = Blu = T v$$

- két egyforma dinamikus mikrofon



Cisváltó rétegek  $\ll \frac{\lambda}{6}$

$$\frac{z_{mm}}{A_m^2} \ll \frac{1}{j\omega C_a}$$

$$i_1 \rightarrow u_1$$

$$z_{mm} = \frac{l}{j}$$

$$u_1 = \frac{B \cdot l \cdot i_1}{z_{mm}}$$

$$p = (A_m \cdot u_1) \frac{1}{j\omega C_a} = \frac{A_m B l i_1}{z_{mm}} \cdot \frac{1}{j\omega C_a}$$

$$(u = (i) \cdot R)$$

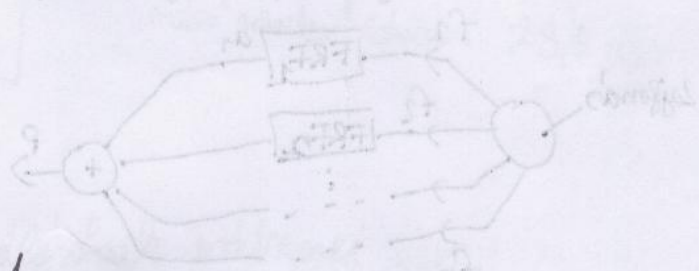
$$p \rightarrow u_2$$

$$u_2 = \frac{p A_m}{z_{mm}} = \frac{A_m^2 B l i_1}{z_{mm}^2} \cdot \frac{1}{j\omega C_a}$$

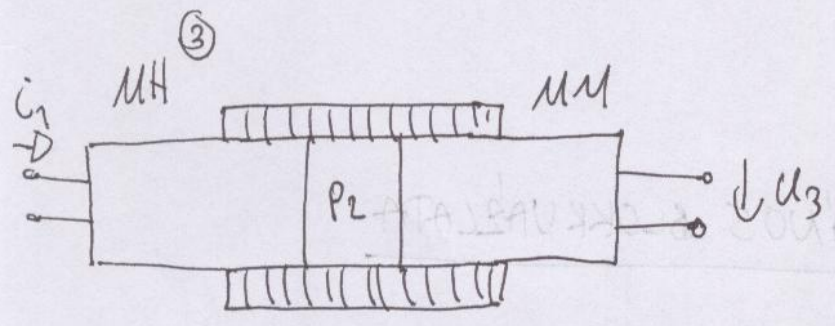
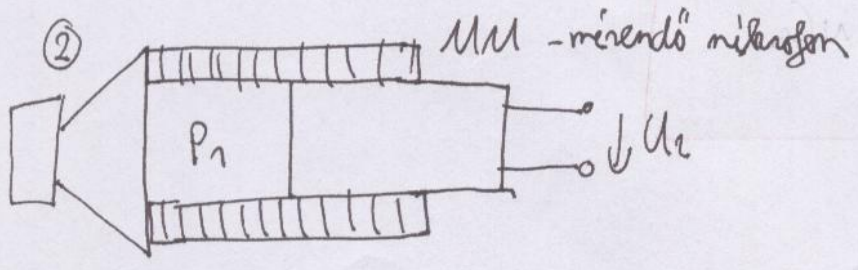
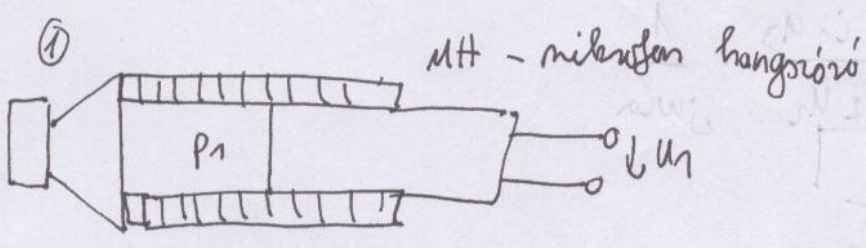
$$u_2 = \left( \frac{A_m^2 (Bl)^2}{z_{mm}^2} \right) i_1 \cdot \frac{1}{j\omega C_a}$$

$$e = \frac{u_2}{p} = \frac{B \cdot l \cdot u_2}{p} = \frac{B \cdot l \cdot p \cdot A_m}{p z_{mm}} = \frac{Bl A_m}{z_{mm}}$$

$$e = \sqrt{\frac{u_2}{i_1} j\omega C_a}$$



- nem egyforma mikrofonok esete



$$e = \frac{U_3}{P_2} = \frac{U_2}{P_1} \rightarrow P_1 = P_2 \frac{U_2}{U_3}$$

①  $(Be)_{MH} = ?$

$$U_1 = (Be)_{MH} \cdot v_1$$

$$v_1 = \frac{P_1 \cdot A_{MH}}{Z_{MH}}$$

$$\rightarrow (Be)_{MH} = \frac{U_1}{v_1} = U_1 \frac{Z_{MH}}{P_1 A_{MH}}$$

③  $P_2 = ?$

$$v = \frac{(Be)_{MH} \cdot i_1}{Z_{MH}} = \frac{U_1 \cdot Z_{MH}}{P_1 A_{MH}} \cdot \frac{i_1}{Z_{MH}} = \frac{U_1 \cdot i_1}{P_1 A_{MH}}$$

$$A_{MH} \cdot v = \frac{U_1 \cdot i_1}{P_1}$$

$P_2$ -t kifejezve  $(Be)_{MH}$ -vel

$$(A_{MH} \cdot v) = \frac{U_1 \cdot i_1 \cdot U_3}{P_2 \cdot U_2}$$

$$P_2 = (A_{MH} \cdot v) \frac{1}{j\omega C_a} = \frac{U_1 \cdot i_1 \cdot U_3}{P_2 \cdot U_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_a}$$

$$P_2 = \sqrt{\frac{U_1 \cdot i_1 \cdot U_3}{U_2} \cdot \frac{1}{j\omega C_a}}$$

$$e = \frac{U_3}{P_2} = \sqrt{\frac{U_2 \cdot U_3}{U_1 \cdot i_1} \cdot j\omega C_a}$$

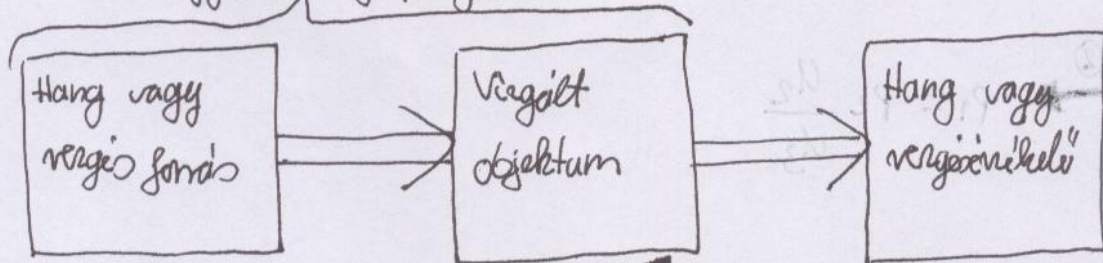
2009. 03. 18

$$P_A = p \cdot v \cdot A = v^2 \cdot S_0 \cdot c \cdot 4\pi r^2 \approx 10W$$

$$v = \omega \frac{x}{\sqrt{2}}$$

## AKUSZTIKAI MÉRÉSEK ÁLTALÁNOS BLOKKVÁZLATA

néha ugyanaz (geo, hangterjedés)



gyakran elkülönül:

- teremakusztika
- épületakusztika
- elektroakusztika

Mérési módszer:

1. Létezik-e szabvány? (SZABVÁNY)
2. Létezik-e ajánlás (AJÁNLÁS)
3. Egyéni ötlet

Érteklődés

1. Terméletes

- emberi fül

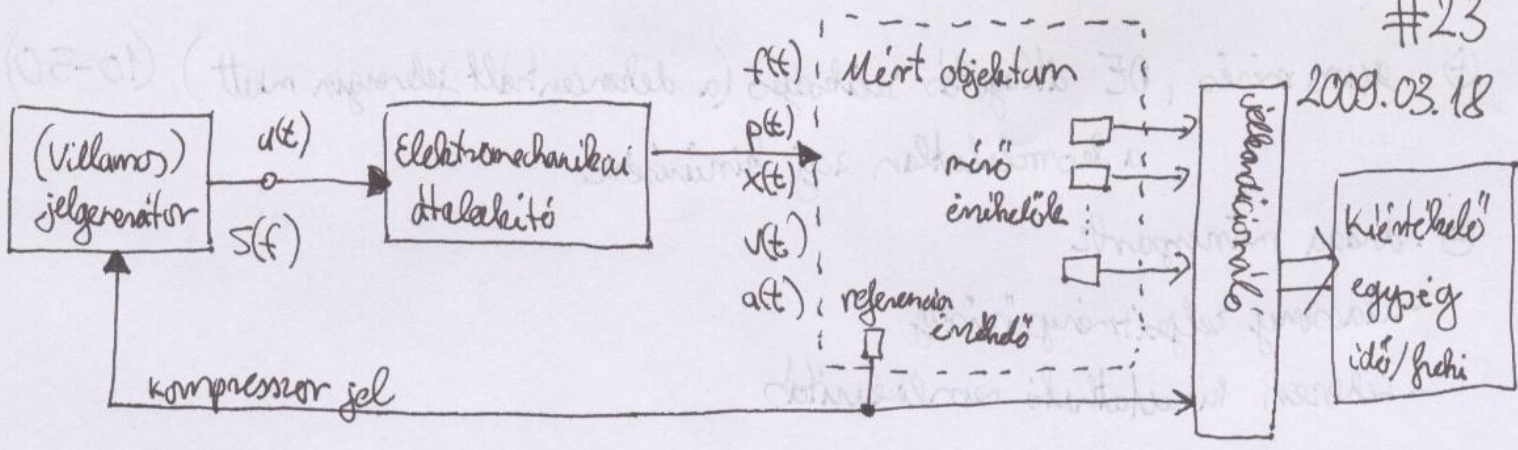
fülek sokaságának átlaga → objektív (!)

pszichikai jellemzők

Fonások

1. Terméletes

- emberi beszéd
- ipari / közlekedési zaj
- hangszerek
- állati hangok
- természeti jelenség (viharok)



### Gerjesztő és mérőjelek

#### 1. Keskenyárvú (egyfrekvenciás)

- szinusz
- lassan növekvő & lecsökkenő szinusz
- keskenyárvú FM (+f0) (-warbled tone) [átviteli görbe karakterizálás <sup>varble</sup> ]
- keskenyárvú (sűrű) jelzés

⊕ - koncentrált jelerősség → selektív érzékelés → nagy SNR

- könnyen kimutatható remélisanítás
- olcsóbb mérőpark

⊖ - hosszú mérési idő

#### 2. Szélesárvú mérőjelek

a) periodikus (sűrű vonalas objektum)

- átvéletlen jel (pseudo random)
- szélesárvú FM (chirp)

b) aperiodikus

- valódi véletlen jel (pure random)
- szűrt jelzés → résanalízis

c) transziens

- kapaváltás / szinusz
- véletlen (burst random)

- impulzus (impact) [mérési  $\delta(t)$ ]

⊕ gyors mérés, DE átlagosan szükséges (a dekoncentrált jelrengés miatt)  
a korrelálatlan zaj kivételére

⊖ drága műszerpark

- alacsony teljesítményűség
- kevesen kimutatható nemlinearitás

## VILLAMOS JELFORRÁSOK (hanggenerátorok)

VCA - feszültségvezérelt erősítő

### B & K jelgenerátorok generációi

I. B.F.O (Beat Frequency Oscillator) 1013, 1022, 1077

- 3 dekád frekvencia átfogása
- logaritmikus frekvencia skála
- mechanikus sweep berendezés
- kompresszor berendezés

II. 1023, 1027, (1047) Heterodin frekvencia "szintézis"

- ugyanígy üttető, ~~be~~ keverő és oszcillátor

III. 1049, 1051, (1054)

- IEC buszról vezérelhető szintézisek

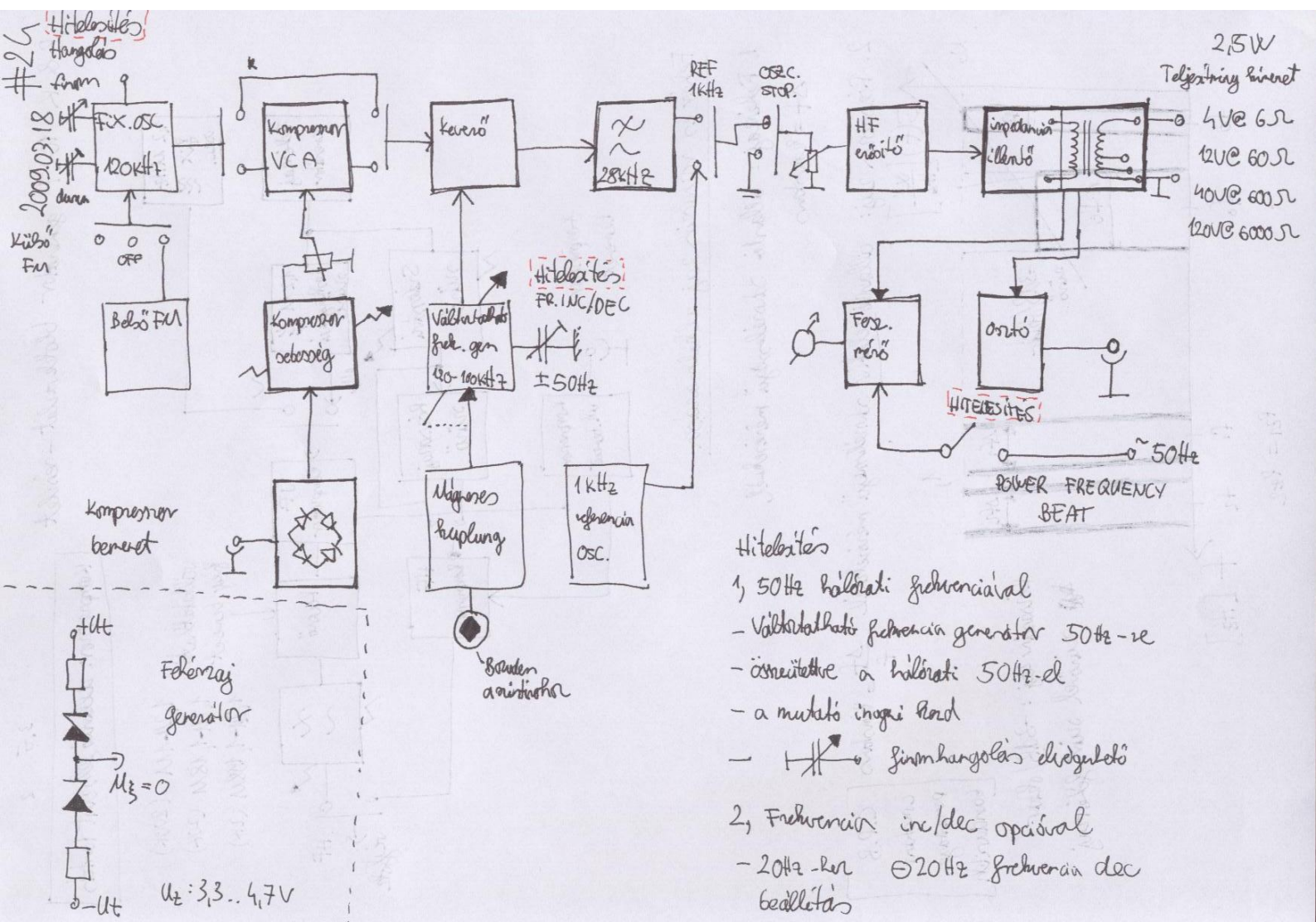
Nagy "jelkintás":

idegen jel tartalom  $< -96\text{dB}$

( $\approx 0,0015\%$  "torzítás")

Miből adódik az idegen jel tartalom

- torzítás (harmonikus) - PLL zaj (jitter, fázis ugrások)
- AM zaj (amplitúdó stabilitás) - termikus zaj - billő zaj



**Hítteljes**

- 1, 50Hz hálózati frekvenciával
  - Váltható frekvencia generátor 50Hz-re
  - árszelektív a hálózati 50Hz-el
  - a mutató ingási kezd
  - $\uparrow$   $\downarrow$   $\rightarrow$  szimhangolás elvégzése
- 2, Frekvencia inc/dec opcióval
  - 20Hz -kor  $\ominus$  20Hz frekvencia dec beállítása

2,5W  
Teljesítmény bemenet  
4V @ 6Ω  
12V @ 60Ω  
40V @ 600Ω  
120V @ 6000Ω

25  
#  
Hítteljes Hangoló  
2009.03.18  
Külső FM

Fékraj generátor  
 $U_3 = 0$   
 $U_2: 3,3..4,7V$

# B & K 1027 generátor blokkvázlat - részlet

Kompresszor: állandó jel szint tartás

1,2 MHz  
fix ≈  
osc.

Fekénaj  
generátor

1,2 MHz  
Részhangok  
szűrő

Sideband  
szűrő

Részhang  
szűrő

NF  
Kompresszor

Kurrió

1,2M-1M (200K)  
1,2M-1,18M (20K)  
1,2M-1,198M (2K)

változtatható  
freq. bemenet

HF

vegyes

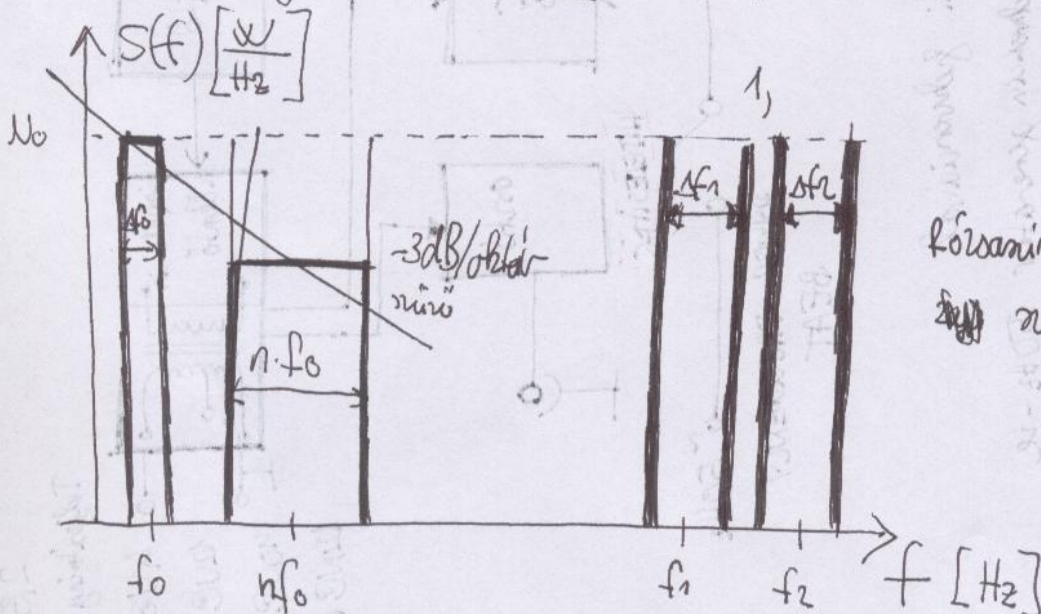
Kompresszor  
bemenet

Kompresszor  
átl. bemenet

## Fekénaj és részhang zaj alkalmazása

1. Fekénaj: állandó abszolútosságú mérésnél  
 $\Delta f = \text{konstans}$

2. Részhang zaj: állandó relatív abszolútosságú mérésnél  $\frac{\Delta f}{f} = \text{konstans}$



C.P.B  
constant  
percentage  
bandwidth

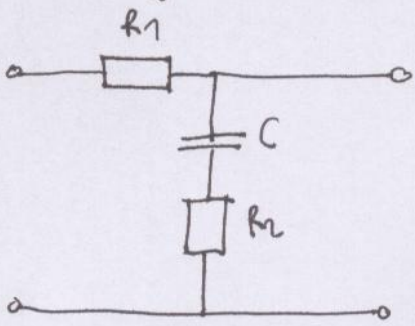
részhang zaj:  $-3dB/octave$   
szűrő  
szűrésű szűrésű zaj

$P_{z1} = P_{z2}$

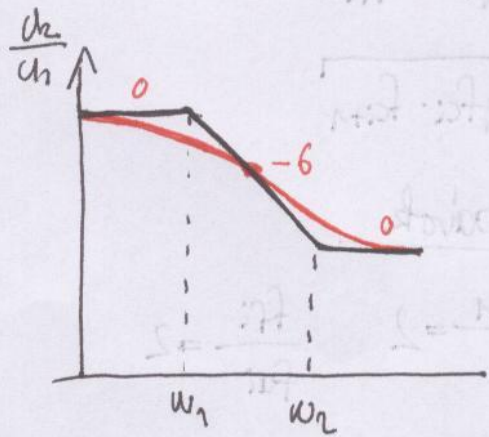


Fószűrőrajz sűrűségi felépítése

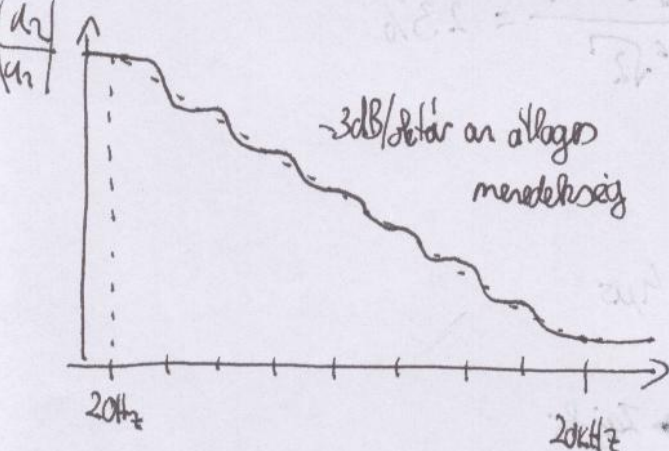
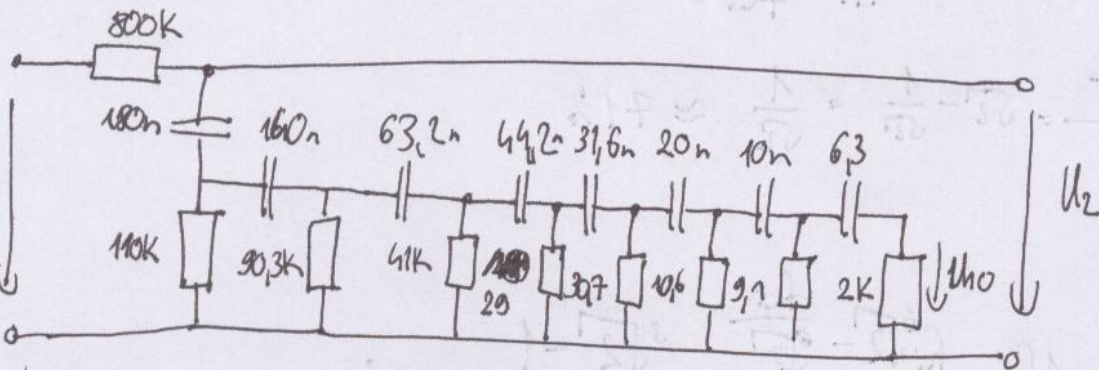
Alaprajz



$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1 + \frac{P}{\omega R_2}}{1 + \frac{P}{\omega R_1}}$$



Létező megoldás



$\frac{|U_2|}{|U_1|} = ?$  - Fibonacci módszer

$U_{10} \stackrel{!}{=} 1V$

$i_{10} = \frac{1V}{2K}$

$U_g = 1 + i_{10} \cdot \frac{1}{j\omega 63 \cdot 10^{-9}}$

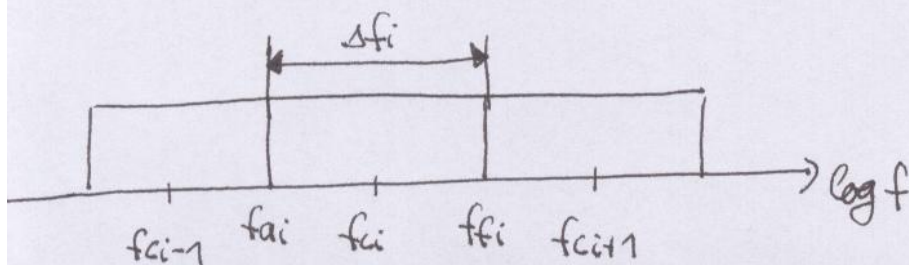
$U_g = \text{böl } U_g \text{ -ből } U_g \dots$

Oktaf és harmadoktaf (tenc) szűrők

C.P.B - alapkonceptus  $\frac{\Delta f}{f_c} = \text{konstans}$

jellemzők  $f_c$  szűrőköri frekvencia

$\Delta f$  szűrőlevegő



$$\Delta f_i = f_{fi} - f_{ai}$$

$$f_{ci} = \sqrt{f_{ai} \cdot f_{fi}}$$

$$f_{fi} = \sqrt{f_{ci} \cdot f_{ci+1}}$$

1, Oblacovok

$$\frac{f_{ci+1}}{f_{ci}} = 2$$

$$\frac{f_{fi}}{f_{ai}} = 2$$

$$f_{ai} = \frac{f_{ci}}{\sqrt{2}}$$

$$f_{fi} = f_{ci} \sqrt{2}$$

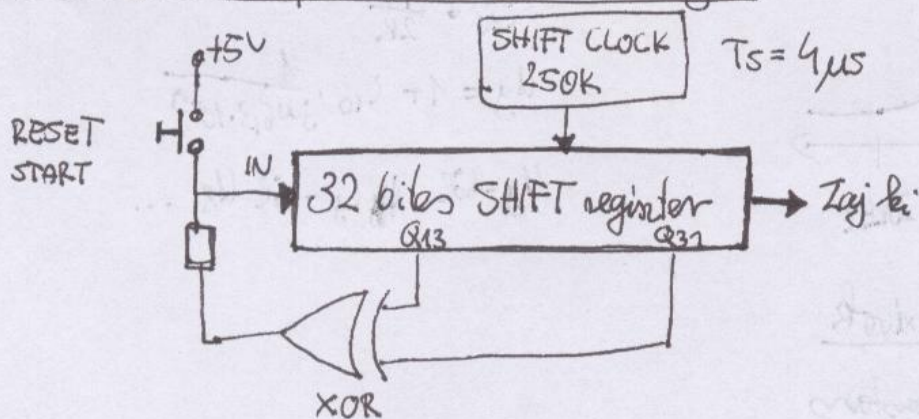
$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f_{ci} \cdot \sqrt{2} - \frac{f_{ci}}{\sqrt{2}}}{f_{ci}} = \sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 71\%$$

2, Teresavok

$$\frac{f_{ci+1}}{f_{ci}} = \sqrt[3]{2}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{f_{ci} \sqrt[3]{2} - \frac{f_{ci}}{\sqrt[3]{2}}}{f_{ci}} = \frac{\sqrt[3]{2} - 1}{\sqrt[3]{2}} = 23\%$$

Alvéletlen generátor [pseudo random zaj]



$2^{31} - 1$  nem ismétlődő állapot

$$T_{periodus} = (2^{31} - 1) \cdot 4 \cdot 10^{-6} = \dots \sim 143 \text{ perc}$$

40 bittel 25 nap

48 bittel 102 nap

# INTENZITÁS MÉRÉSE

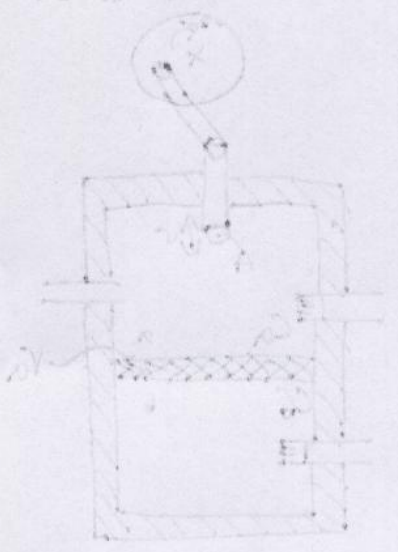
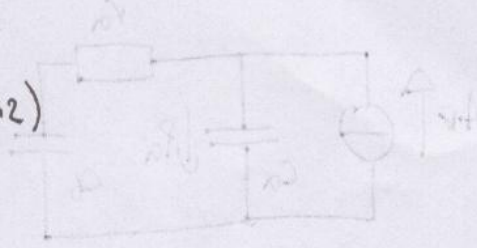
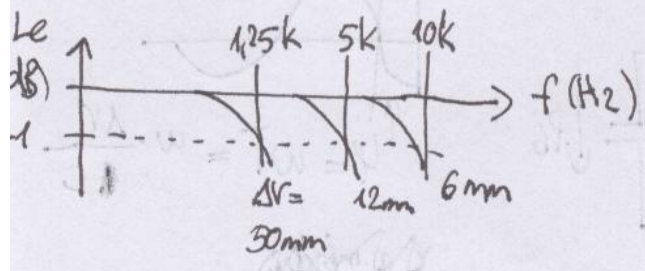
#26  
2009.03.30

$$z = \frac{\tilde{I}}{I} = \frac{\sin(k \Delta r)}{k \Delta r}$$

"közelítő"  
"tényleges"

$$k = \frac{\omega}{c}$$

$\Delta r =$  mikrofonok távolsága

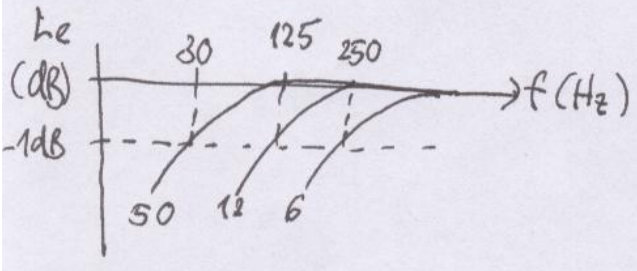


Fázis egyenlítő hatás hatása

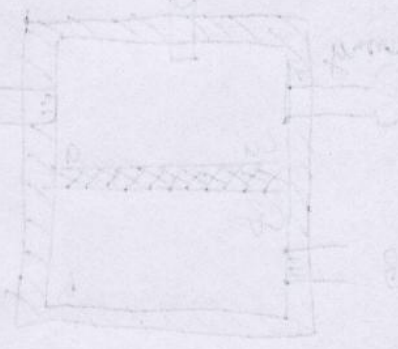
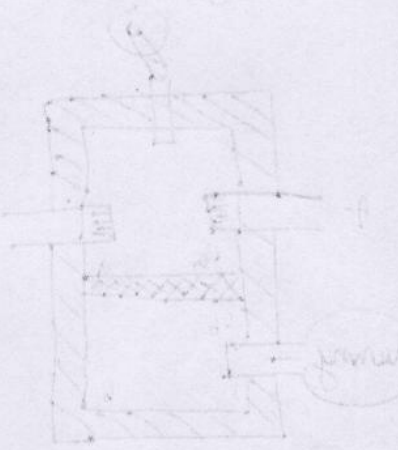
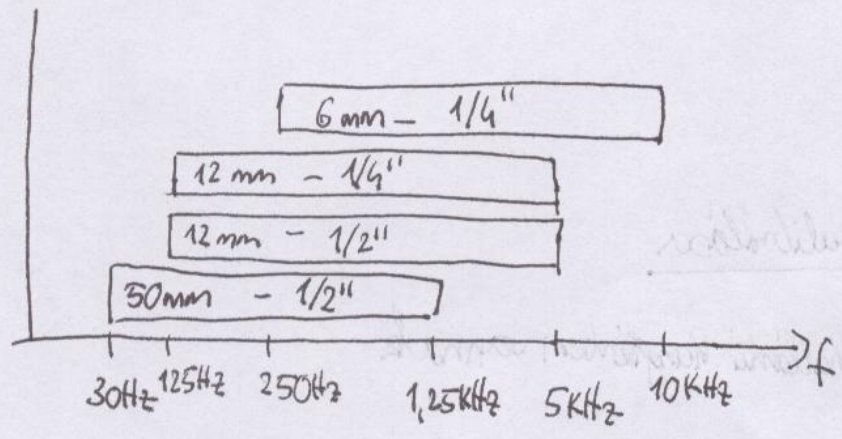
$$e = \frac{\tilde{I}}{I} = \frac{\sin(k \Delta r + \varphi)}{k \Delta r}$$

$\varphi =$  fázis egyenlítő hatás

erőnt ezek a mikrofonok párba vannak csatlakoztatva

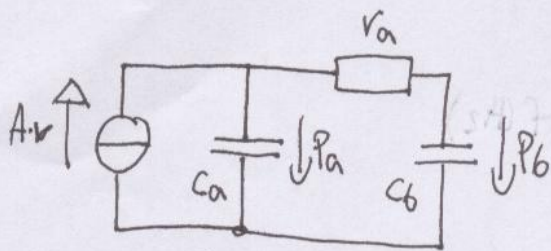
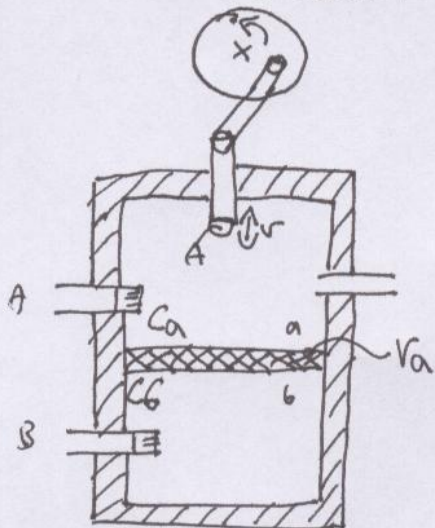


A használható frekvencia tartományok (-1dB-s hibával)



# Hangintenzitás mérője / analízátor kalibrálása

A kalibráló eszköz

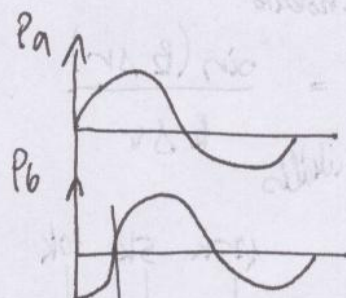


$$|P_a| = |P_b|$$

$$\arcc\left(\frac{P_b}{P_a}\right) = \varphi$$

$$\varphi = 2\pi f \frac{\Delta V}{c} = 2\pi \cdot 250 \cdot \frac{50 \cdot 10^{-3}}{344} = 13^\circ$$

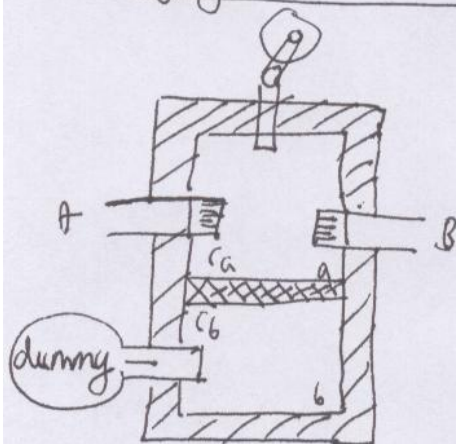
Az eszközzel egy 250 Hz-es síkhullámú hangteret simulálunk le



$$\varphi = \omega T = \omega \cdot \frac{\Delta V}{c}$$

ΔV mérője

## A hangnyomás bemenet kalibrálása

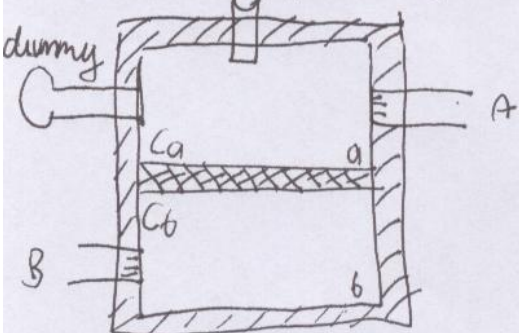


$$P_A = P_B = P_a = 16,8 \text{ Pa}$$

$$L_p = 118 \text{ dB}$$

## Szélesség, intenzitás bemenetek kalibrálása

becsüjünk lehet, elhiteljük, hogy síkhullámú hangteret vannak



$$P_a = P_A \quad |P_A| = |P_B|$$

$$P_b = P_B \quad \arcc\left(\frac{P_B}{P_A}\right) = 13^\circ \Rightarrow \Delta V = 50 \text{ mm} @ 250 \text{ Hz}$$

$v = ?$

$I = ?$

$p = 16,8 \text{ Pa}$  székellőm

$\frac{p}{v} = 30 \cdot C$

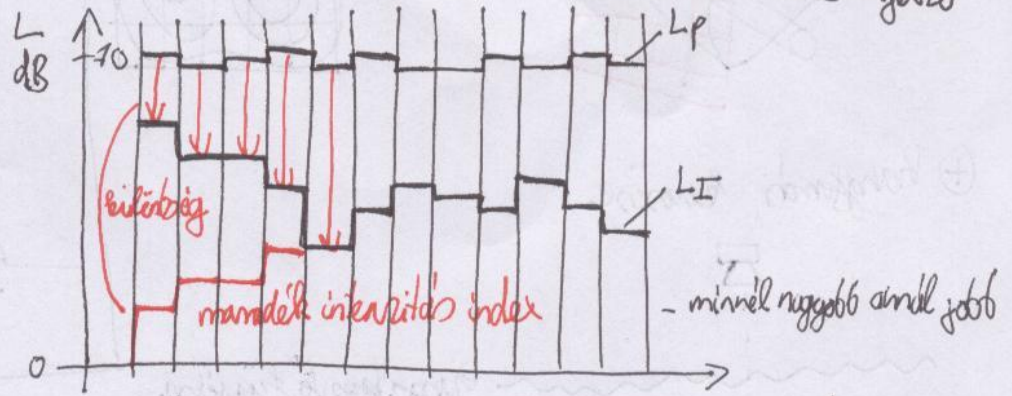
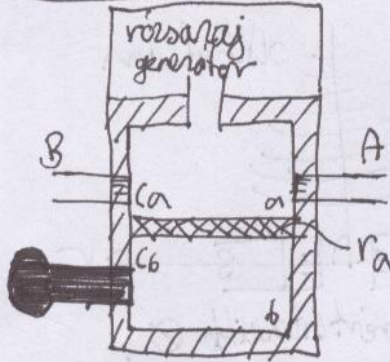
$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

$I_0 = 1 \text{ pW/m}^2$

$v_0 = 50 \frac{\text{nm}}{\text{s}}$

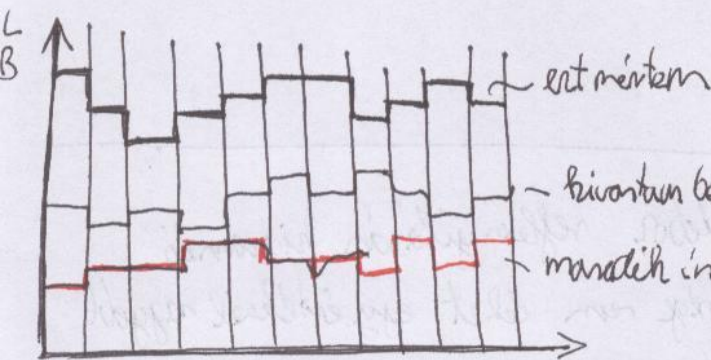
$v = 0,038 \frac{\text{m}}{\text{s}}$   $L_u = 118 \text{ dB}$

Hangadók intenzitás mérése



Hangadók intenzitás index alkalmazása

8  
17  
31

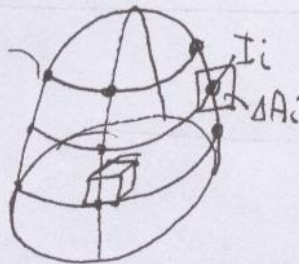


ha ennek a különbsége  $< 7 \text{ dB}$  akkor a mérés O.K.

Hangintenzitás mérés alkalmazásai

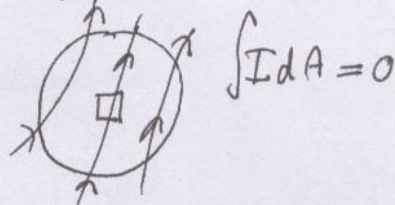
- elcsúszott teljesítmény meghatározása

mérőpontok



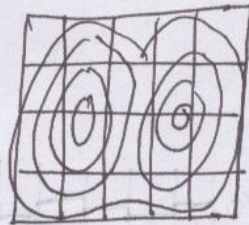
$$P = \int_A I dA = \sum_i I_i \Delta A_i$$

szelvény



- intervallós térkép készítése (pl., nyíltvárosi hangtérképe)

⊕ forgógép hangtere

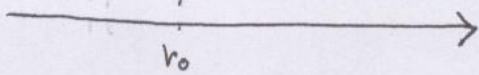


(hangföldi kereszt)

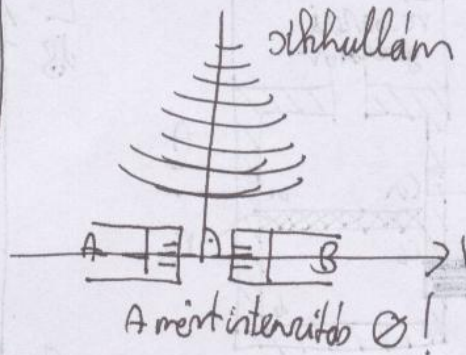
⊕ hangföldi kereszt



hangterestől függően



meg kell keresni, hol van a forrás



- részecske sebesség mérése

A-s generátor



A-s terjedési sebesség

mélyreflex dobos reflexnyílásán kialakuló levegő sebessége nem lehet egy értéknél nagyobb mert akkor "szuszog"

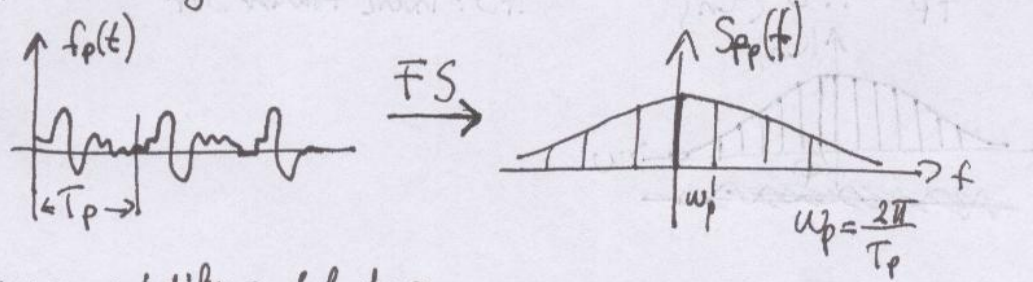
A hangváltó keresztirányú tartományában mindkét irányban hangterjedésről egy kétutas dobokban itt jönnek elő a fókuszproblémák

- vége a mikrofonodinának ☺

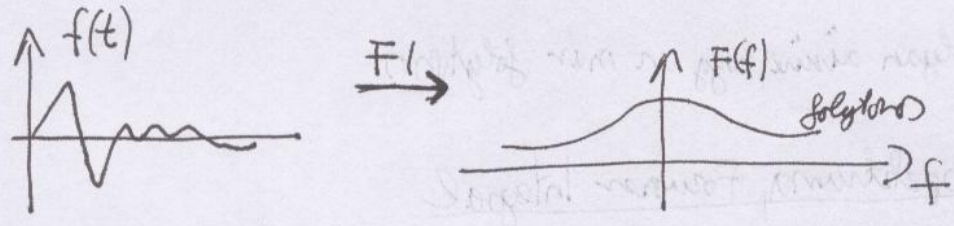
# JEL ÉS RENDSZER ANALÍZIS GYORS FOURIER ANALÍZISRAL 2009.03.30

Fourier transzformációk áttekintése

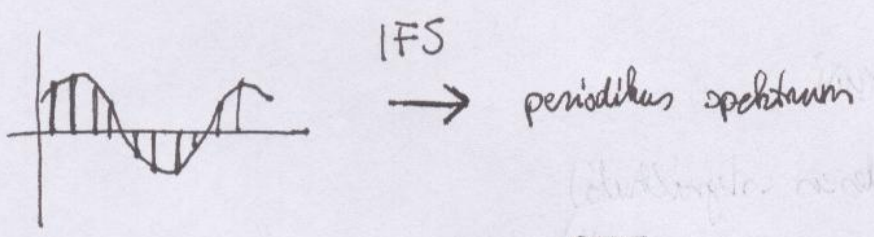
- periodikus jel



- nem periodikus jelre



- mintavételezett jel

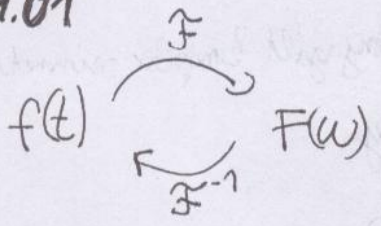


- mintavételezett periodikus jel DFS -> periodikus vonalas spektrum

DFT a DFS egy periodusra

ZH az intervallumok témaköréből lesz nyombeindítvány mikrofonokkal mérünk sebességet (résre szabás)

2009.04.01



Periodikus jelek Fourier sora

$$f_p(t) = f_p(t - T_p) \quad T_p: \text{a periodusidő} \quad \forall t - nT_p$$

ha  $f_p(t)$  egy periódusra integrálható és véges értéke mindenütt van

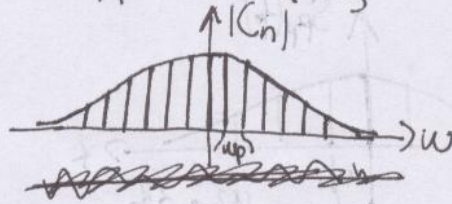
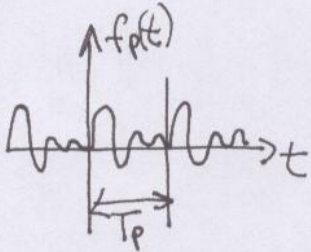
$$f_p(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega_p t}$$

$$C_n = \frac{1}{T_p} \int_{t_1}^{t_1+T_p} f_p(t) e^{-jn\omega_p t} dt$$

$$C_n = FS \{ f_p(t) \}$$

$$f_p = IFS \{ C_n \}$$

IFS: Inverz Fourier Sor



ha  $T_p$  nő akkor  $\omega_p$  csökken olyan minire, hogy az már folytonos

### Nemperiodikus folytonos jel spektruma, Fourier Integrál

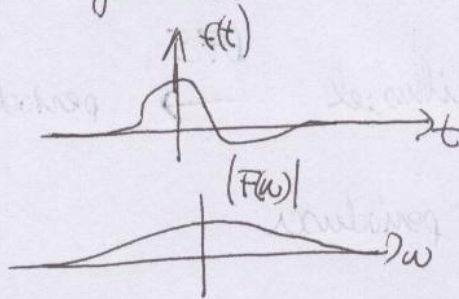
$$f(t) \rightarrow F(\omega) = FI \{ f(t) \}$$

$$F(\omega) \rightarrow f(t) \quad f(t) = IFI \{ F(\omega) \}$$

ha  $f(t)$  véges energiájú (hőgyenestesen integrálható)

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$



Fourier integrál legfontosabb tulajdonságja

$$\text{ha } f(t) \rightarrow F(\omega)$$

$$\text{ha } f^*(t) = f(t) \text{ valós jel}$$

$$f^*(t) \rightarrow F^*(-\omega)$$

$$F(\omega) = F^*(-\omega) \text{ konjugált komplex szimmetria}$$

$|F(\omega)|$  páros függvény

$\arg\{F(\omega)\}$  páratlan

$$FI \{ f_1(t) \cdot f_2(t) \} = F_1(\omega) * F_2(\omega)$$

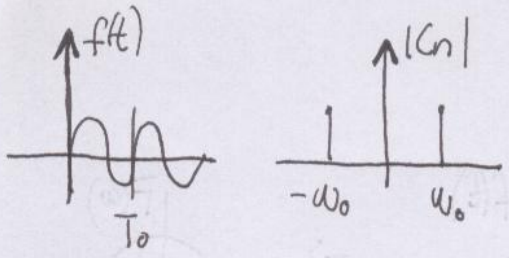
$$FI \{ f(t - t_0) \} = F(\omega) e^{-j\omega t_0}$$

$$FI \{ f_1(t) * f_2(t) \} = F_1(\omega) \cdot F_2(\omega)$$

$$FI \{ f(t) e^{j\omega_0 t} \} = F(\omega - \omega_0)$$

$$FI \{ \delta(t) \} = 1$$





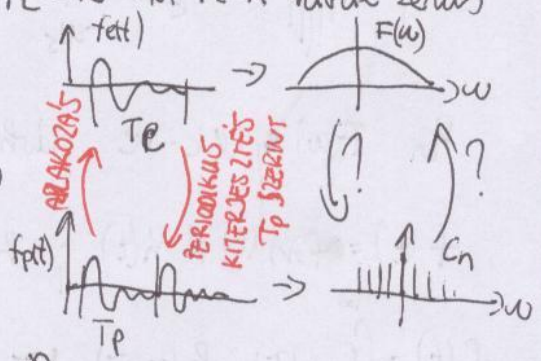
$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

Fourier sor és Fourier integral kapcsolata

$$f_e(t) \rightarrow \text{FI } \{f_e(t)\} = F_e(\omega)$$

$f_e(t)$  véges tartójú  $T_e$ -re ha  $T_e \rightarrow \infty$  hirtel zérus értékű

$$F_e(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f_e(t) e^{-j\omega t} dt \quad f_e(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F_e(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$



$f_e(t)$  periódusai termék  $T_e$  szerint

Periodikus kiterjesztés

$$f_p(t) = \text{PK}_{T_p} \{f_e(t)\} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f_e(t - nT_p) \quad T_p \geq T_e$$

$$C_n = \frac{1}{T_p} F_e(n \cdot \omega_p)$$

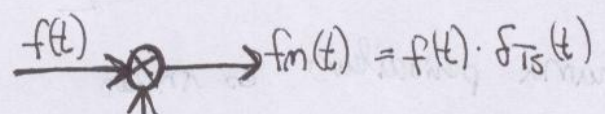
$$f_e(t) = f_p(t) \cdot w(t) \quad \text{ablakozó függvény}$$

$$F_e(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n T_p \frac{\sin(\omega - n\omega_p) \frac{T_p}{2}}{(\omega - n\omega_p) \frac{T_p}{2}}$$

$$F_e(\omega) = F_p(\omega) * W(\omega)$$

$$W(\omega) = T_p \frac{\sin \omega \frac{T_p}{2}}{\omega \frac{T_p}{2}}$$

Általánosított jelek spektrális jellemzése



$$\delta_{T_s}(t) = \text{PK}_{T_s} \{\delta(t)\} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$$

$$f_m(t) = f(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT_s) \delta(t - nT_s)$$

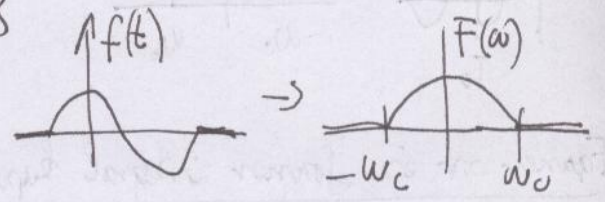
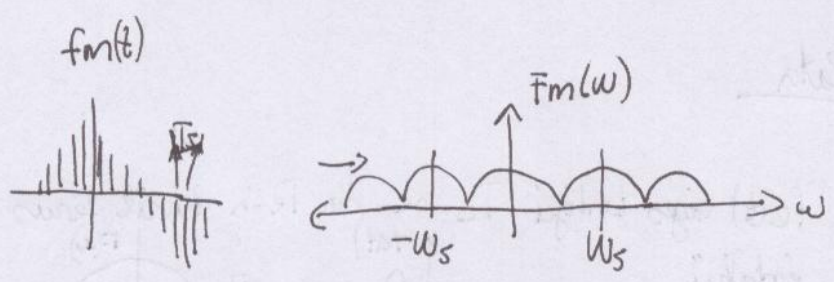
$$F_m(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f(nT_s) e^{-j\omega nT_s}$$

$$C_n = \frac{1}{T_s}$$

$$\delta_{T_s}(t) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{jn\omega_s t}$$

$$f_m(t) = f(t) \frac{1}{T_s} \sum_{-\infty}^{\infty} e^{jn\omega_s t}$$

$$F_m(\omega) = \frac{1}{T_s} \sum_{-\infty}^{\infty} F(\omega - n\omega_s) = \frac{1}{T_s} \text{PK}_{\omega_s} \{F(\omega)\}$$



Ha  $F(\omega)$   $\omega_c$ -re szimmetrikus és  $\omega_s \geq 2\omega_c$  akkor  $F(\omega) = F_m(\omega) \cdot H(\omega)$

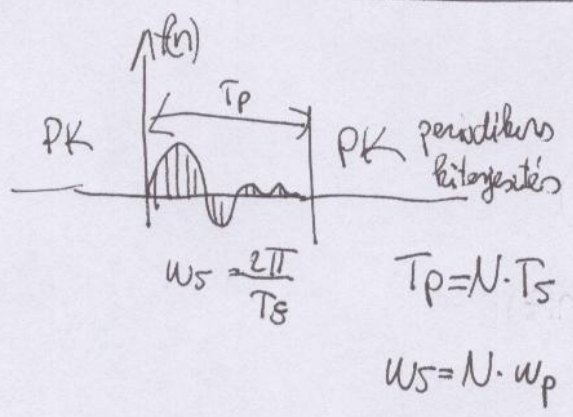
$$f(t) = f_m(t) * h(t) ; h(t) = \text{IFI} \{H(\omega)\} = \frac{\sin \omega_c t}{\omega_c t}$$

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_m(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau = \sum_{-\infty}^{\infty} f(nT_s) \frac{\sin \omega_c (t - nT_s)}{\omega_c (t - nT_s)}$$

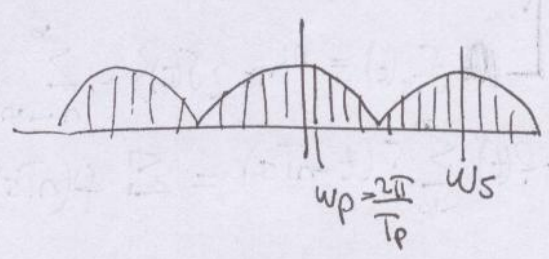
$$F_m(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} f(nT_s) e^{-jn\omega T_s} = \text{IFS} \{f(nT_s)\}$$

$$f(nT_s) = \frac{1}{\omega_s} \int_{-\omega_s/2}^{\omega_s/2} F_m(\omega) e^{jnT_s \omega} d\omega = \text{FS} \{F_m(\omega)\}$$

### Mintavételezett periodikus jel spektrális jellemzése, diszkrét Fourier sor [DFS]



Spektruma periodikus és szimmetrikus

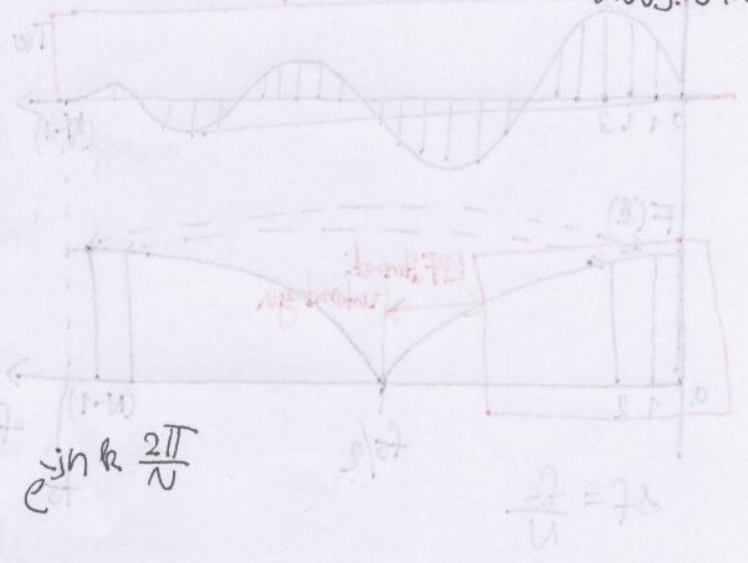
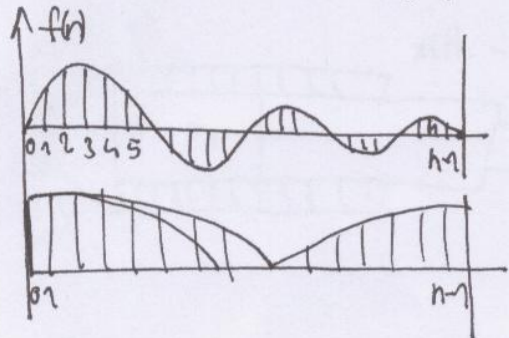


$$F(k) = \text{DFS} \{f(n)\} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-jn \frac{2\pi}{N}}$$

$$f(n) = \text{IDFS} \{F(k)\} = \sum_{k=0}^{N-1} F(k) e^{jn \frac{2\pi}{N}}$$

széles Fourier Transzformáció (DFT)

- a DFT a DFS egy periódusa



$$F(k) = \text{DFS} \{ f(n) \} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{jn k \frac{2\pi}{N}}$$

$$f(n) = \text{IDFT} \{ F(k) \} = \sum_{k=0}^{N-1} F(k) e^{jn k \frac{2\pi}{N}}$$

2009.04.06

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$

$I_0 = 1 \text{ PW/m}^2$

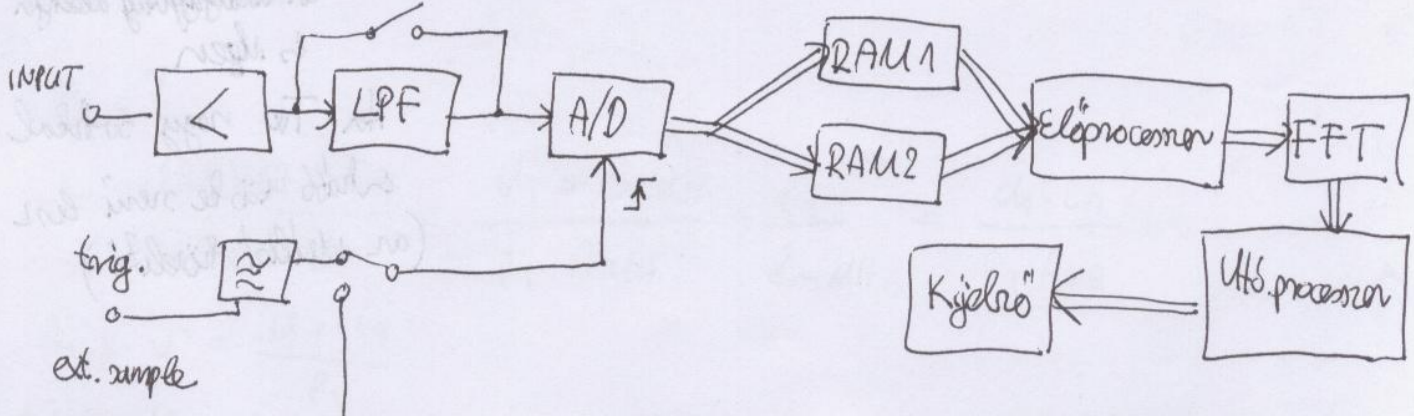
$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$

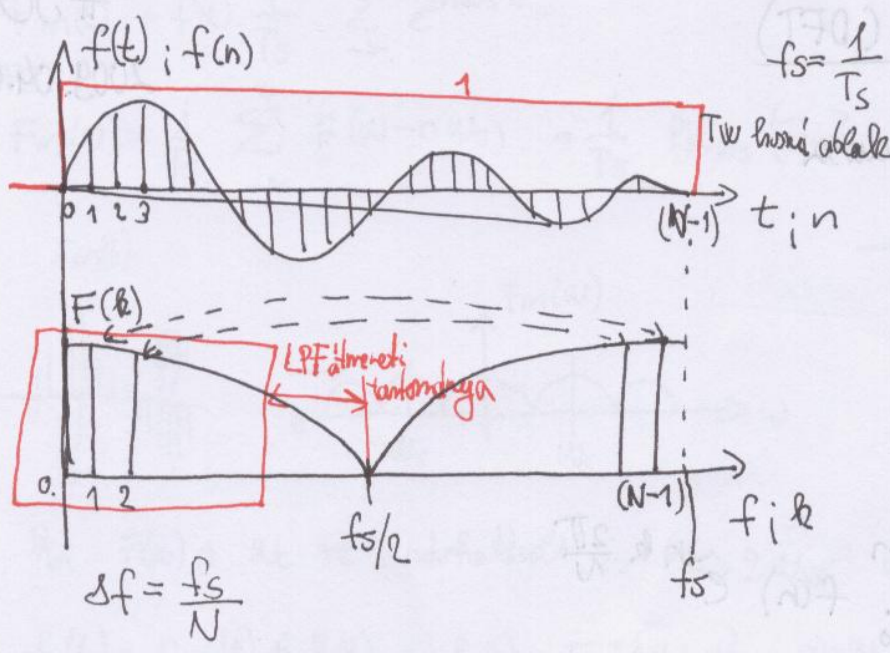
$\frac{P_0}{V_0} = S_0 \cdot C = 400 \dots$  csak erre igaz hogy a dB értékek nem

Idén a  $S_0 \cdot C$  420 helyett 400  
 a  $C$  pedig  $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  helyett  $344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Back to the FFT ...

Egyszerűsített FFT analízátorok





az a baj a fenti művelet, hogy véges hosszú ideig figyeljük meg a jelet

Véges hosszú idejű megfigyelés hatására

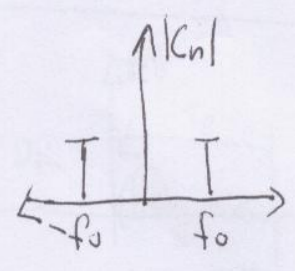
$$f(t) \rightarrow f'(t) = f(t) \cdot w(t)$$

$$F'(w) = F(w) * W(w)$$

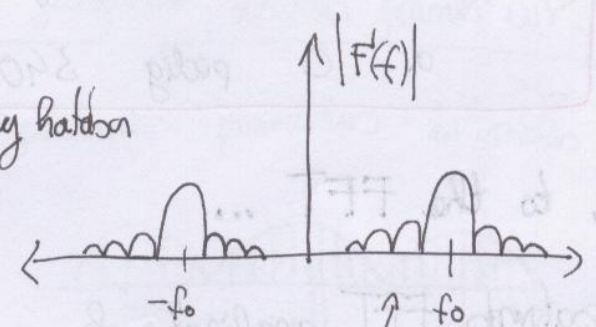
ha  $w(t)$  rect. ablak

$$W(w) = T_w \frac{\sin w \frac{T_w}{2}}{w \frac{T_w}{2}}$$

pl  $\sin 2\pi f_0 t$

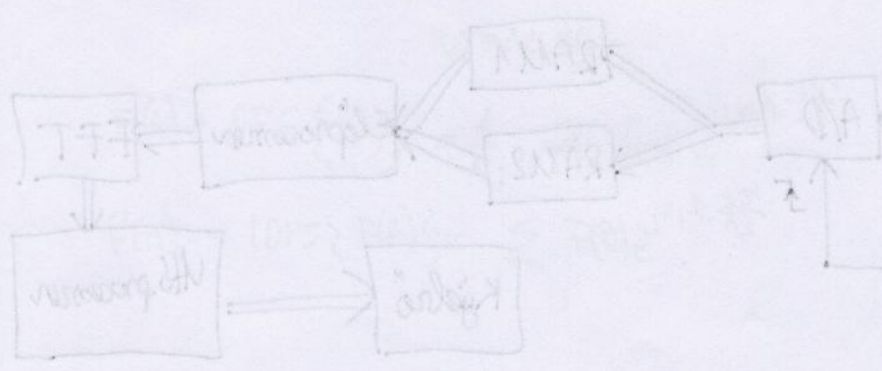


az ablakfüggvény hatására



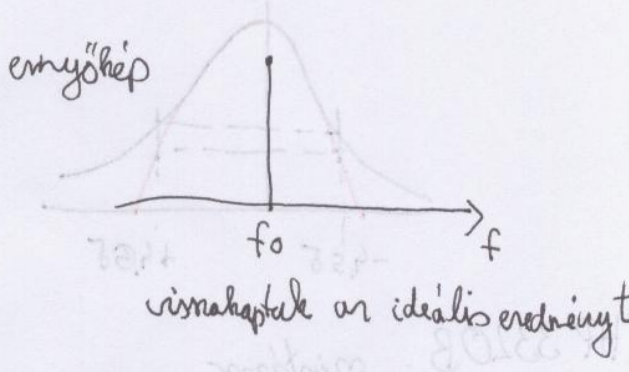
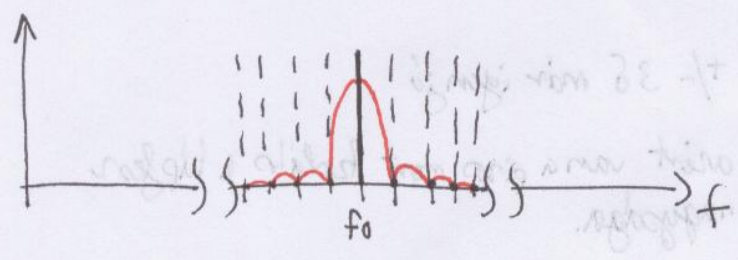
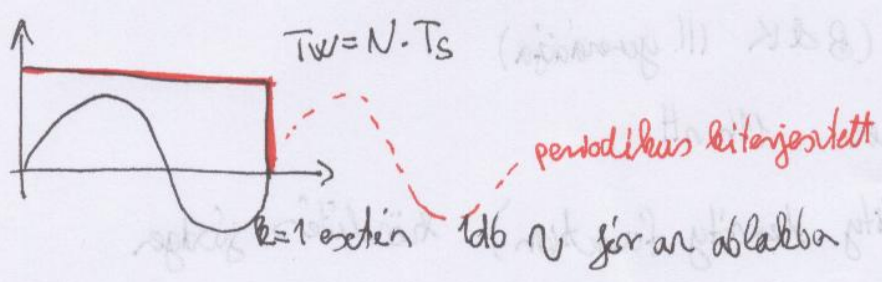
az ablakfüggvény alapján is látszik.

Ha  $T_w$  nagy sokkal inkább tiszta résű lesz (az ideálit közelítő)



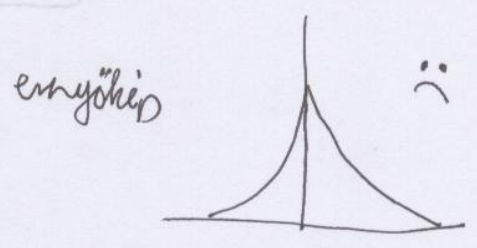
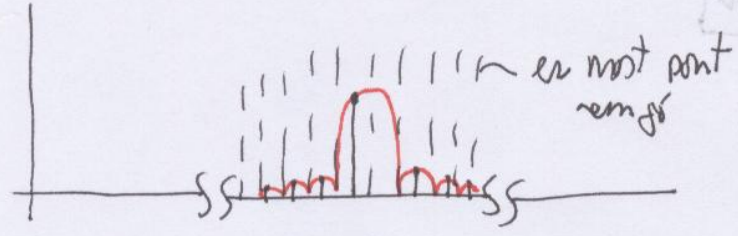
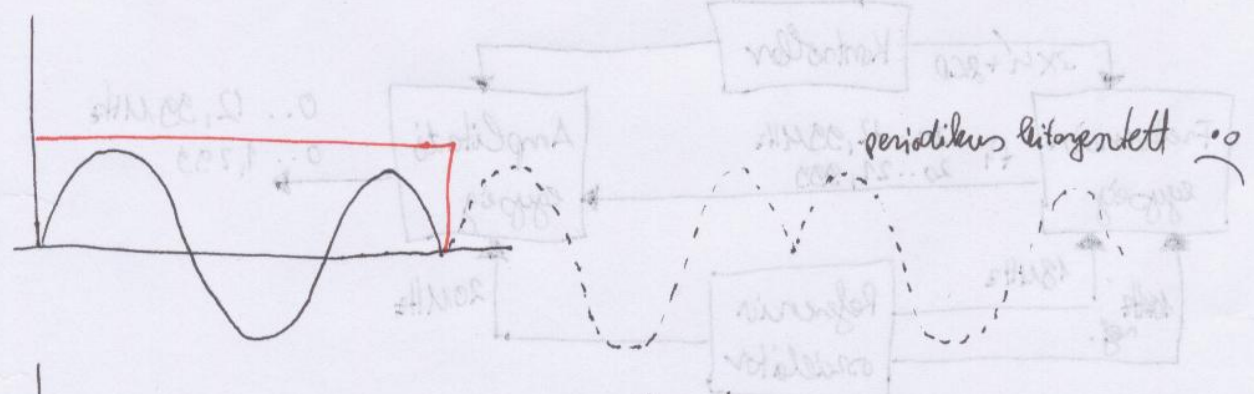
Mintavételrezt eset (sinusos jel vizsgálata)

$f_0 = k \cdot \frac{1}{T_w} = k \cdot \frac{1}{N \cdot T_s} = k \cdot \frac{f_s}{N}$  "jó eset"



"rossz eset"

$f_0 = (k + \frac{1}{2}) \cdot \frac{1}{T_w}$



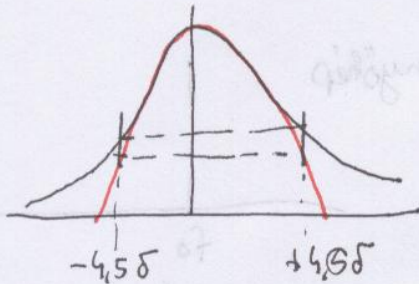
2009.04.08 (PFLIEGEL)

Alveletlen zaj minősítése

13 bites SHFT regiszterrel (B&K III. generációja)

a, spektrumszámológ tárolásig 11h ntt

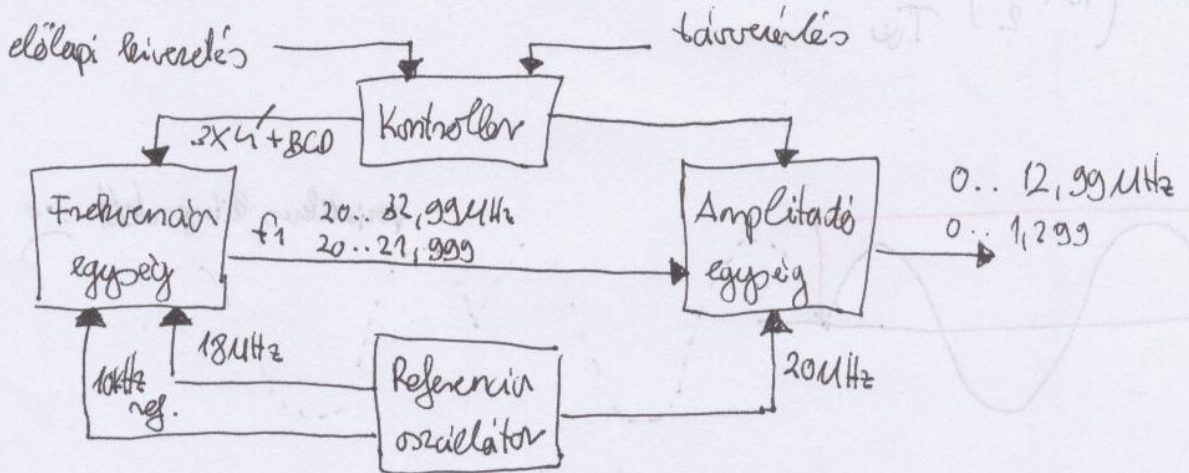
b, Gaussi p.d.f. (probability density function) kiértékelés jóság



$\pm 3\sigma$  már igen jó  
 azert van a piro mint korlat a tápforras  
 nagyságja.

HP 3320B szinterer

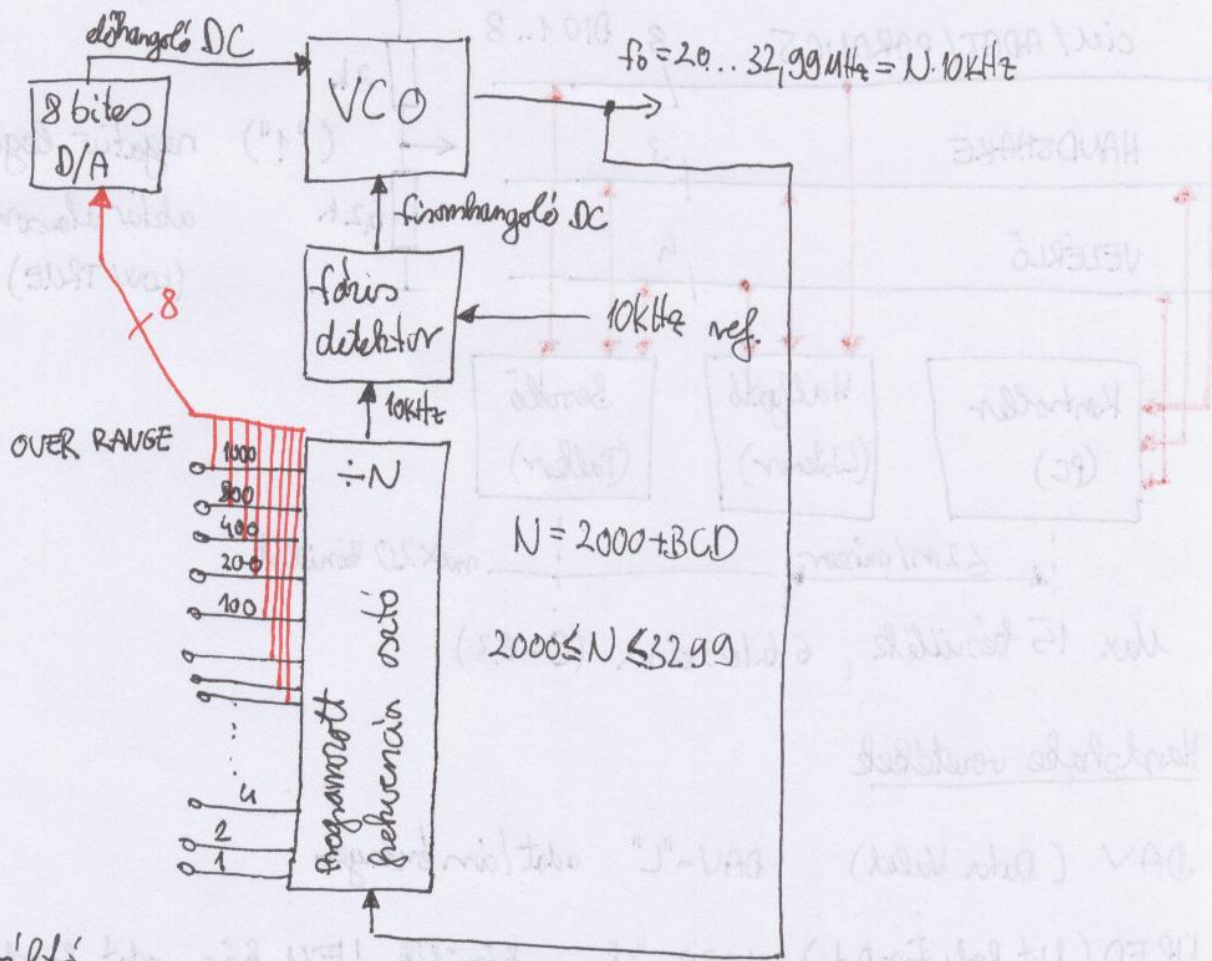
Altalános blokkvázlat



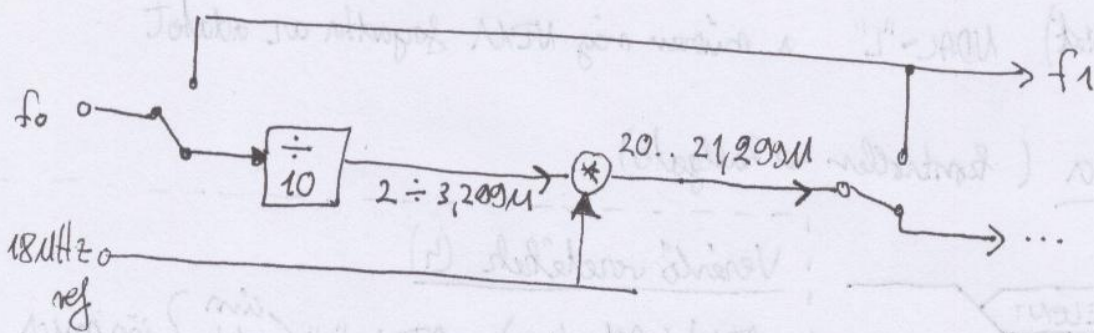
# Frekvencia egység

## 1, Szintézis

#32  
2009.04.08



## 2, Mérésátváltó



HP-IB → IEC

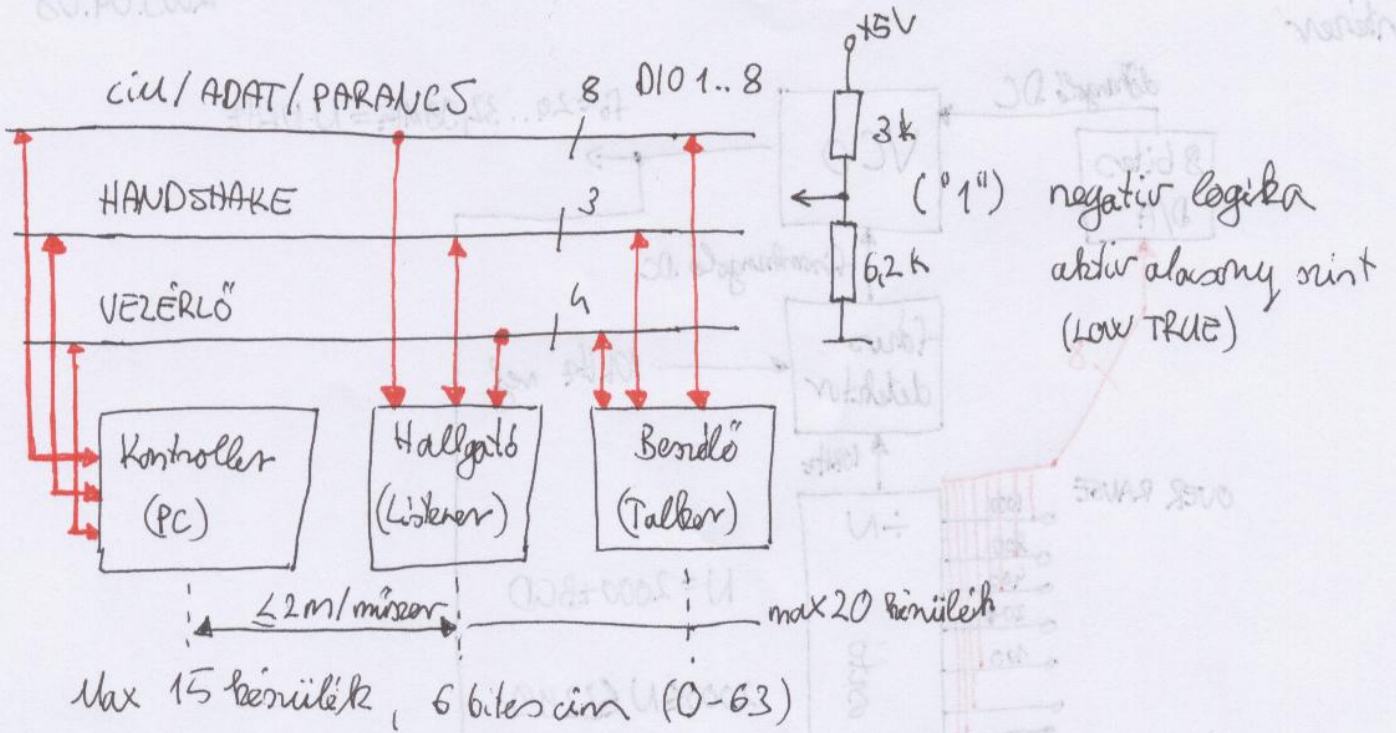
GP-IB → IE488 → IEC 625-1  
↑  
így hívjuk

B:K IEC/IEEE : 24 polári IEEE eljrat

IEEE/IEC : 25 polári IEC (regi printer port)

# IEC base felépítése

- aszinkron, 16 vezeték



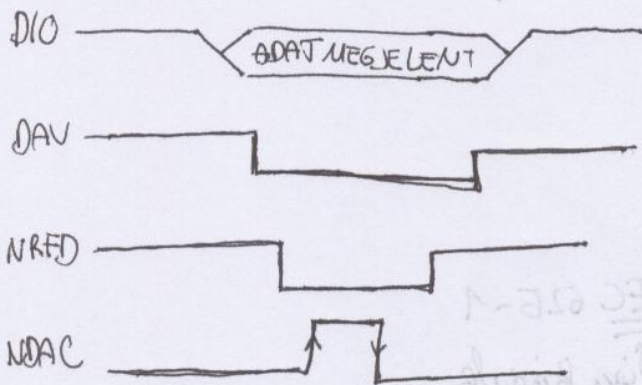
## Handshake vezeték

DAV (Data Valid)    DAV="L" adat/cím érkezés

NRFD (Not Ready For Data)    NRFD="L" a kbit/s NEM kbit/s adat fogadásra

NDAC (Not Data Accepted)    NDAC="L" a műsor még NEM fogadta az adatot

## Handshake lefolyása (Kontroller → Hallgató)



## Veresítő vezeték (4)

ATN (Attention)    ATN="L"    cím, adat, parancs } jön majd a DIO-n

REN (Remote Enable)    REN="L" a távoli társított állapotba kerül

IFC (Interface Clear)    IFC="L" vissza manuális állapotba

SRQ (Service Request)    SRQ="L" egy talker kbit/s kbit/s



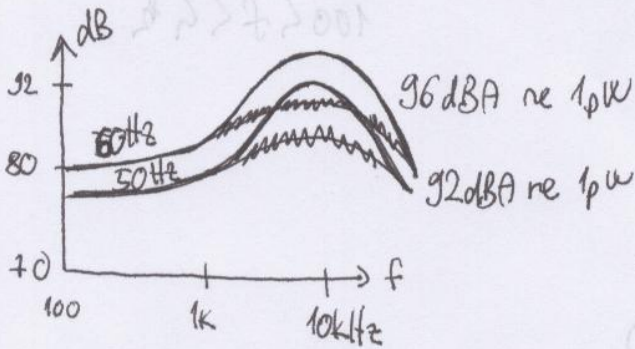
# AKUSZTIKAI ZELFORRÁSOK

#33

2009.04.08

## I Referencia hangforrás (B&K 4204)

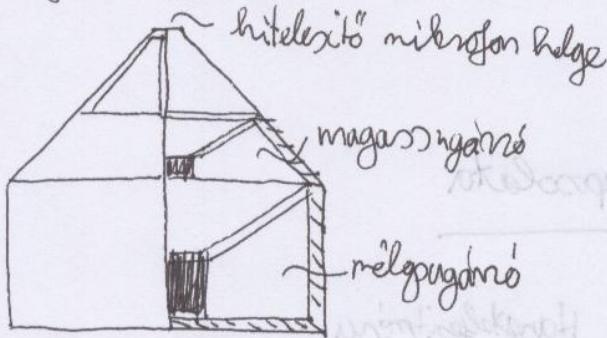
Hitelesítési célra alkalmazás



terjesztés értékek

## II Teljesítmény hangforrás B & K 4205 - fej

elektronika



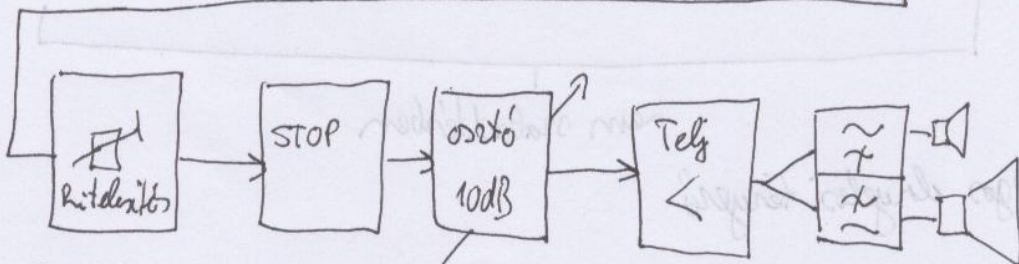
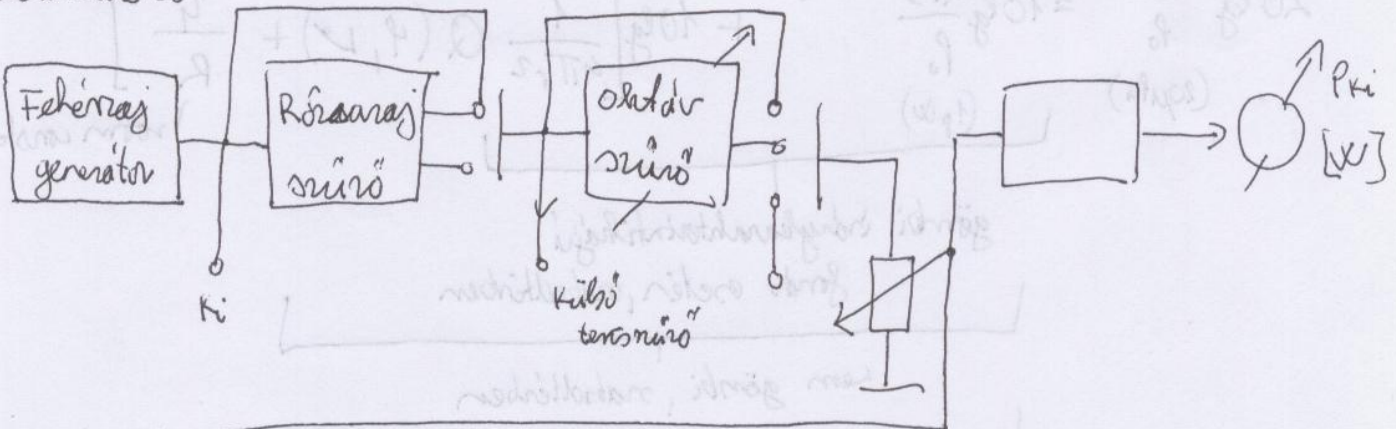
Keltett hang:

Fehér / szürke zavaró zaj

50/100 Hz - 10kHz

$P_{ki} = 40 \div 100 \text{ dB re } 1 \mu\text{W}$

Elektronika



külső  
cshörrel

TELJESÍTMÉNY MÉRÉS

### III Hangfónia S & K 4224

Zárt doboz (48 x 38 x 24), aktív sugárzó (névsárin zaj)

épületakusztikai vizsgálatokhoz

$$100 < f < 4 \text{ kHz}$$

(OFF to -60dB :  $\leq 30\text{ms}$ )

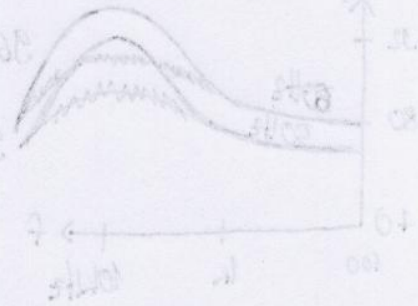
$P_{ki} = 118 \text{ dB re } 1 \mu\text{W}$  (220V-nél)

115 dB (12..17V/6A akku)

$\sim 120 \text{ dB}$   
(1W)

$\sim 100 \text{ W}$

$\eta \approx 1\% \text{ ;}$



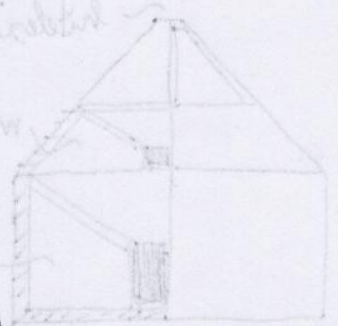
### Hangnyomás és hangteljesítmény kapcsolata

#### Hangnyomás

zajfonsz + környezeti jellemző

#### Hangteljesítmény

hírszólag zajfonsz jellemző



$$20 \lg \frac{p}{p_0} = 10 \lg \frac{P}{P_0}$$

(20  $\mu\text{Pa}$ )                      (1  $\mu\text{W}$ )

1m<sup>2</sup> szögletes gömbön

$$+ 10 \lg \left[ \frac{1}{4\pi r^2} Q(\varphi, \psi) + \frac{4}{R} \right]$$

room constant

gömbi iránykarakterisztikájú fonsz esetén, szabadteremben

nem gömbi, szabadteremben

nem szabadteremben

átlagos elnyelési tényező

$$R = S \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Hangteljesítmény meghatározása összehasonlítás alapján.

#34

2009.04.15

(B&K 4205)

a) Relatívítási módszer (SUBSTITUTION)

- a hangforrás kikapcsolható és helyéről eltolható

1. Hangnyomás (SPL) méretek bekapcsolt hangforrás esetén ( $P_1$ )
2. Hangforrás eltolása, 4205 behelyezése

P állításra amíg  $P_2 \stackrel{!}{=} P_1$ ,  $P$  leolvasása (W)

b) relatívítási módszer (JUXTAPosition)

- a hangforrás nem kapcsolható ki nem távolítható el

1.  $P_1$  mérés

2. 4205 mellé helyezésére P állításra amíg  $P_2 \stackrel{dB}{=} P_1 + 3dB$

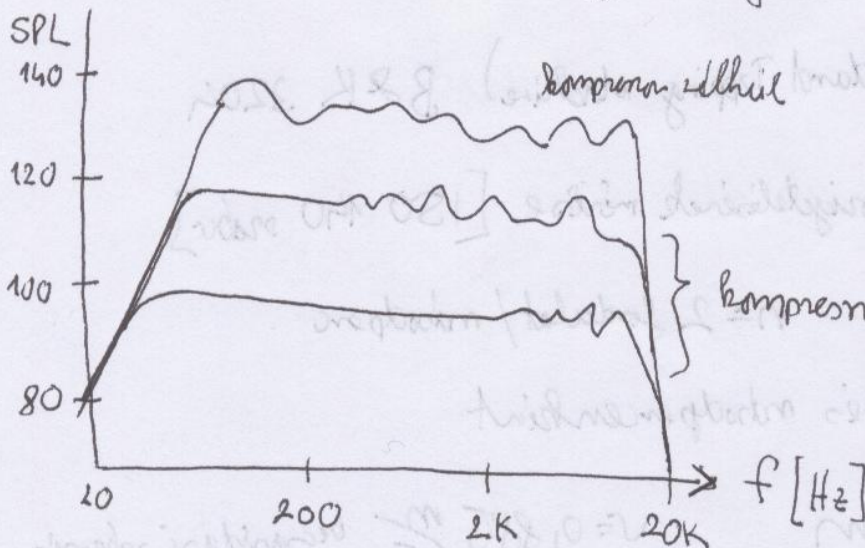
Műsaj (Artificial Voice)

B&K: 4215, 4216, 4219

Szájutató (Mouth Simulator)

kompresszor (1" 1/2" 1/4") (visszatöltés) mikrofon

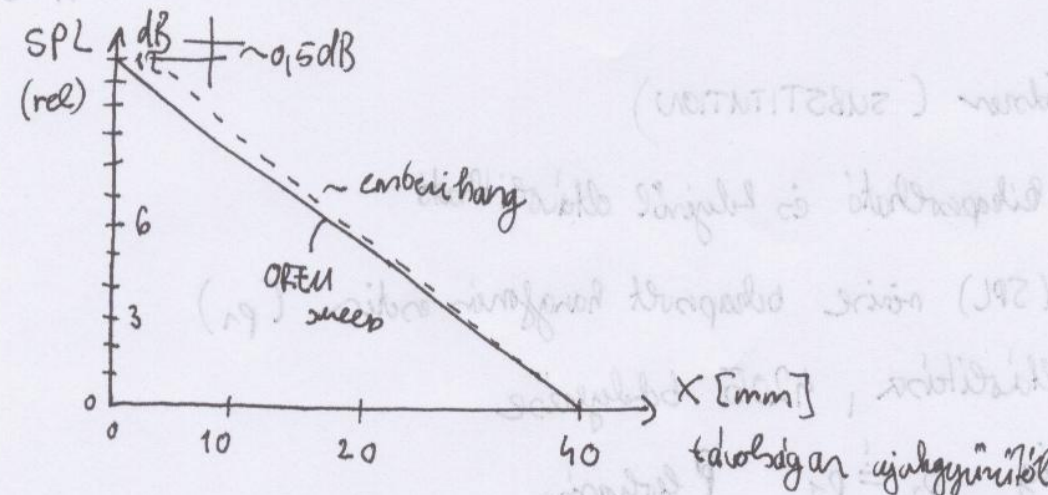
Amplitúdó karakterisztika az ajakgyűrű síkjában.



torzió  $\leq 1\%$  (1kHz)

SPL  $\leq 115dB$

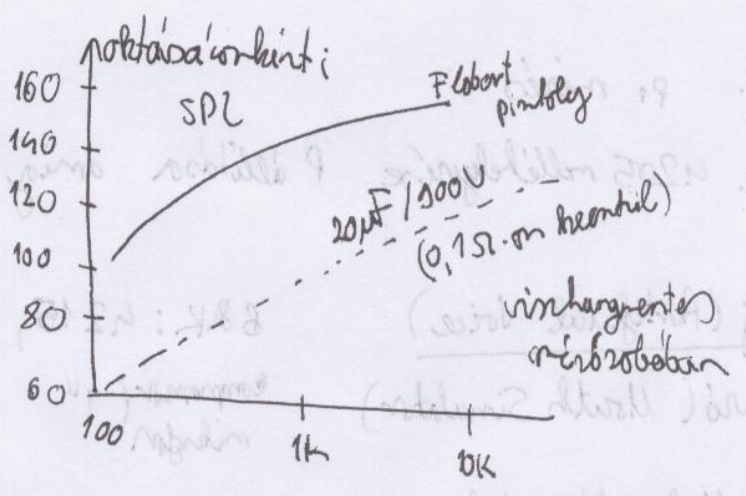
A műanyag "száraznővele":



OREU sweep 200Hz - 4kHz - 200Hz / 1s

Impulzuszerű hangjelölések

1. Pírtolyölés
2. Sükrakészítés



MECHANIKAI ZELFORRÁSOK

Lépésraj generátor (Standard Tapping Machine) B&K 3204

Padlók / földre hangszigetelésének mérése [ISO 140 szabvány]

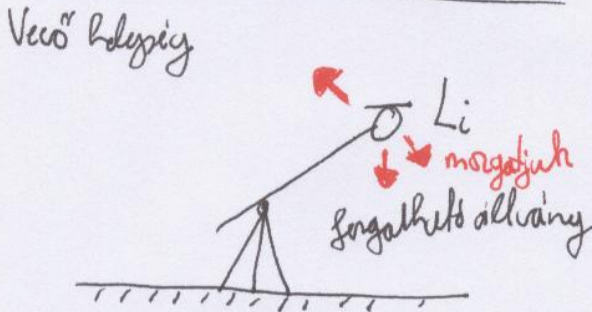
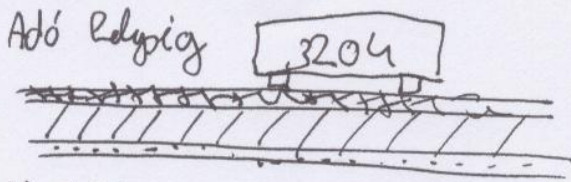
$m = 0,5 \text{ kg}$  kalapács  $n = 2$  lövedék / másodperc

5 db kalapács 10 utas másodpercenként

esetén magasság = 4 cm

$v = 0,885 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  becsapódási sebesség

# Hangszigetelés mérése



Normálirált lépéhangpont

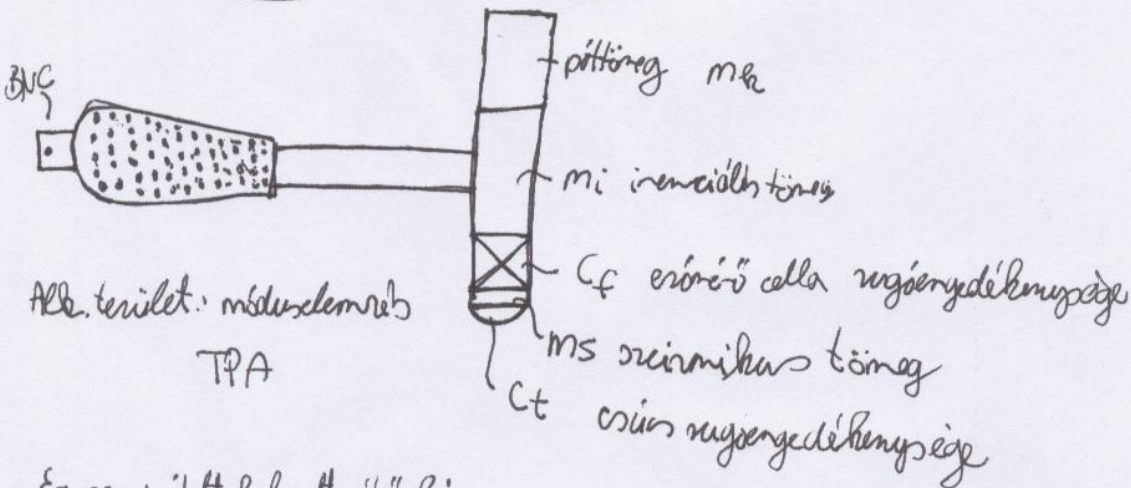
$$L_n = L_i + 10 \lg \left( \frac{A_{ebr}}{A_0} \right)$$

$A_0 = 10 \text{ m}^2$  (referencia felület)

$A_{ebr}$  = elvirsóterés elnyelési felület (virtuális felület, átlagos  $\alpha$ -val)

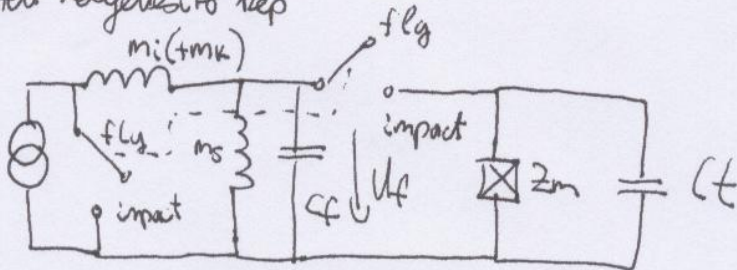
## ütőkészlet

B & K 8202

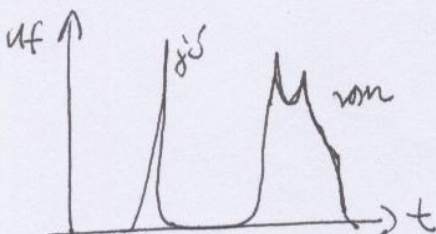


Alk. terület: méréselrendelés TPA

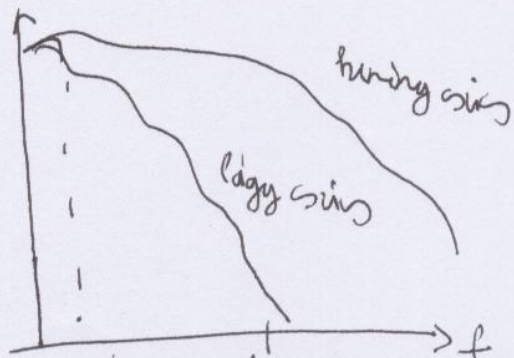
Egyreirésített helyettesítő kép



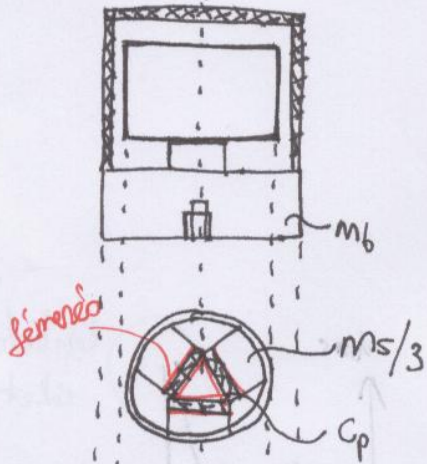
## Gerjesztett jel



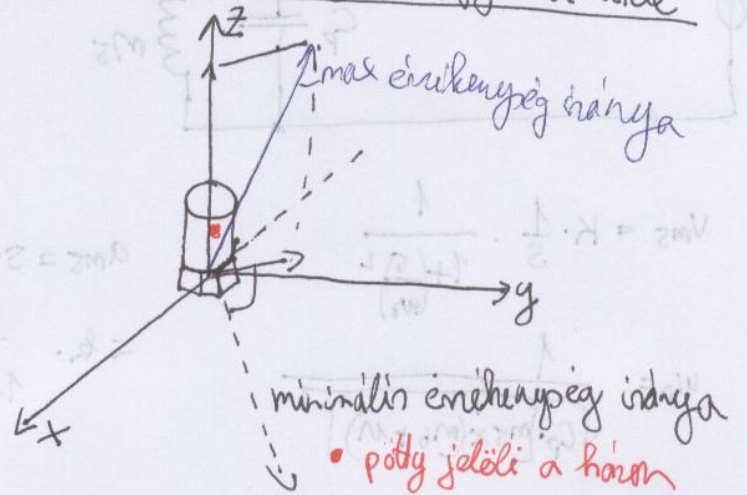
$U_f(f)$



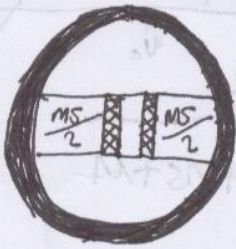
2) Delta shear (nyújtásra igénybevett piros lapka)



- igen kis keresztmetszeti érekenység  
 Transzverzális érekenység figyelembe vétele

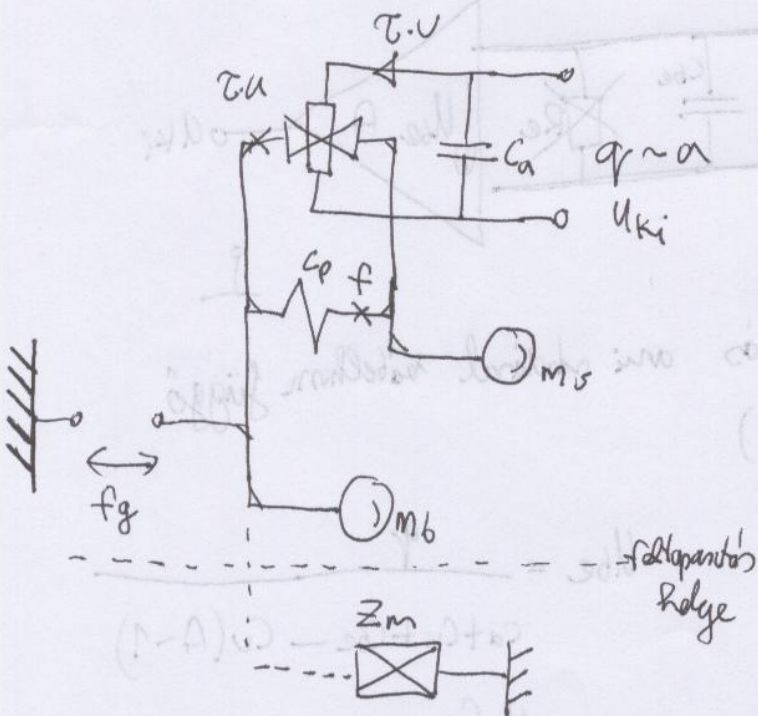


3) Planar shear



szűk-miniatűr kivitel

Piros helyettesítő kép



$$U_{ki} = \tau \cdot v \cdot \frac{1}{5C_a}$$

integráljuk a sebességet =>

$$U_{ki} = \frac{\tau}{C_a} \cdot x$$

$$C_p = \frac{x}{f} \rightarrow x = C_p \cdot f$$

$$U_{ki} = \frac{\tau}{C_a} \cdot C_p \cdot f = k_1 \cdot f$$

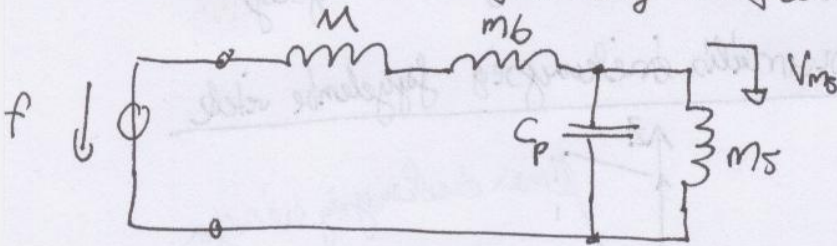
$k_1$  (konstans)

$$U_{ki} = k_1 \cdot m_s \cdot a$$

T.F.H  $Z_m = S \cdot M$  alakú azaz csak tömeg van.

Elektronikus ekvivalencia  $\left(\frac{C_a}{\tau^2} \gg C_p\right)$

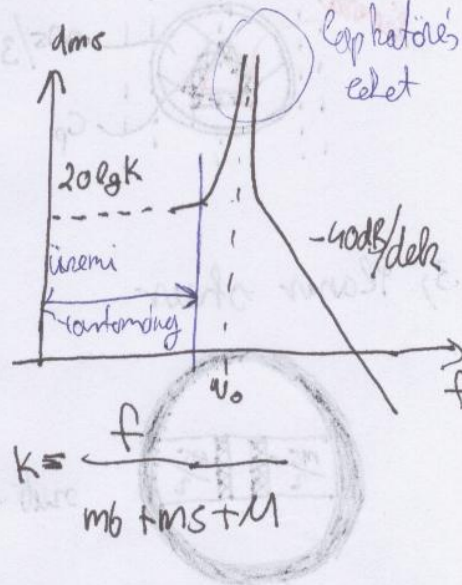
$f = f_g$  esetén a rajzon, nem firtatható azah jelölésben



$$V_{ms} = K \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_p \cdot [m_s \cdot (m_b + M)]}}$$

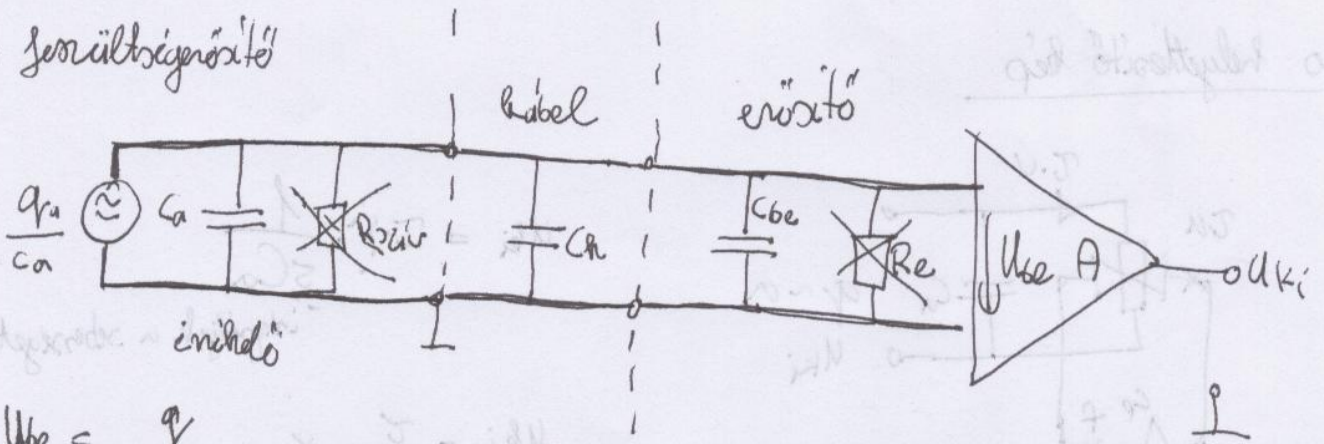
$$a_{ms} = S \cdot V_{ms} = K \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$



Selkondicionálás

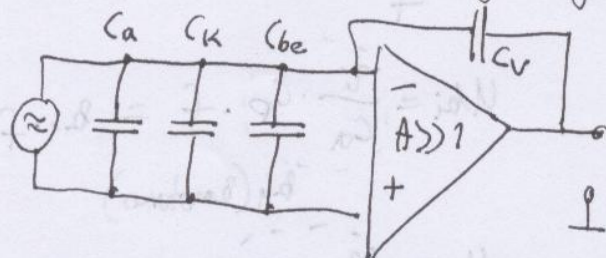
(olcsó megoldás)

1) feszültségerősítő



$$U_{be} = \frac{q}{C_a + C_k + C_{be}}$$

- töltés leosztás ami általában kábelhez függő (drága megoldás)



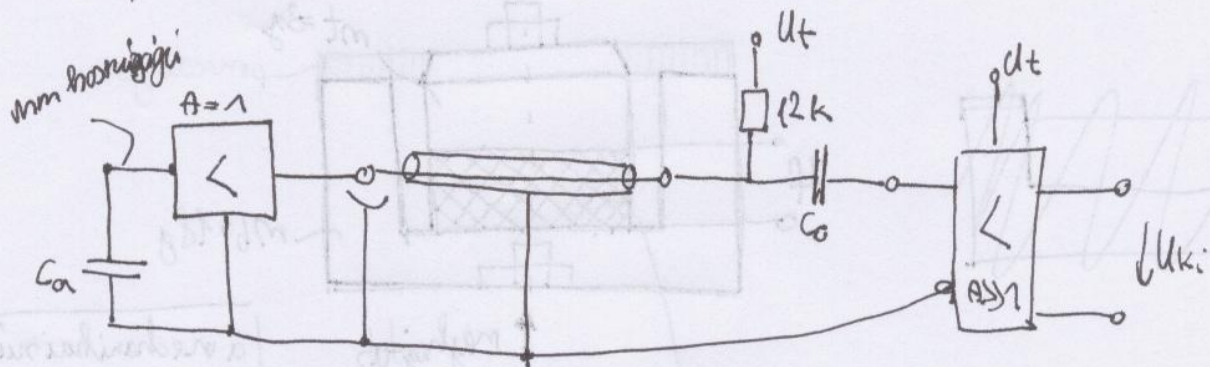
$$U_{be} = \frac{q}{C_a + C_k + C_{be} - C_v(A-1)} \approx -\frac{U C_a}{A \cdot C_v}$$

bis drifftu leggen az erősítő

3, "ICP", "Dekatron" (B&K)

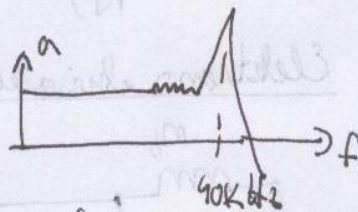
2009.04.22

#37

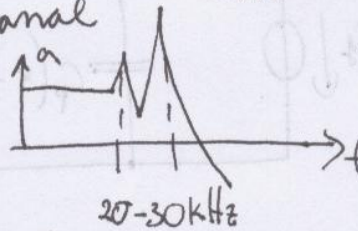


Férfősítés

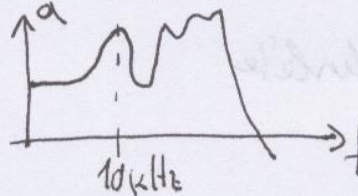
1) Acél hegyescsavarral



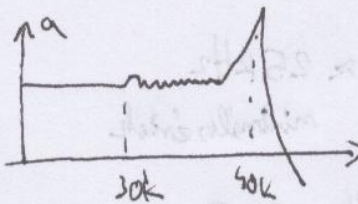
2, szigetelő anyagi hegyescsavarral



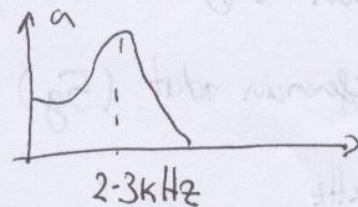
3, mágnessel



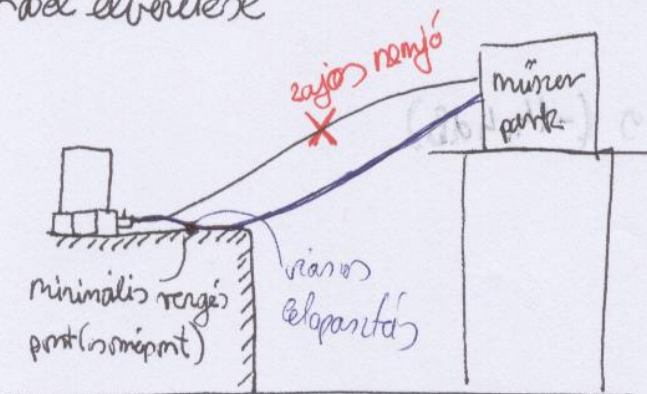
4, viaszos feltapartás



5, tapintó ~~szükség~~ süccsel

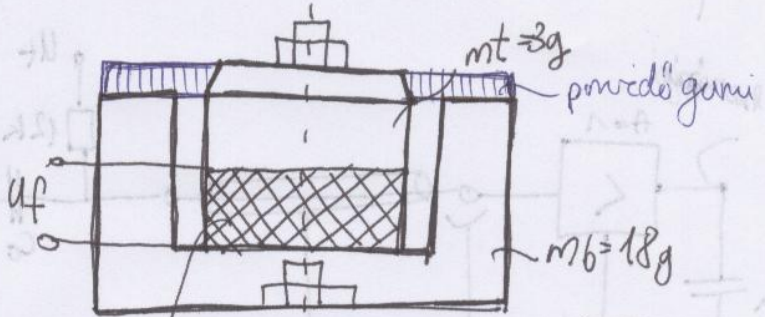
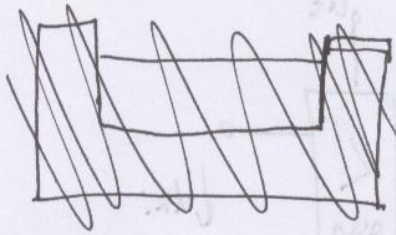


Közel elvezetése



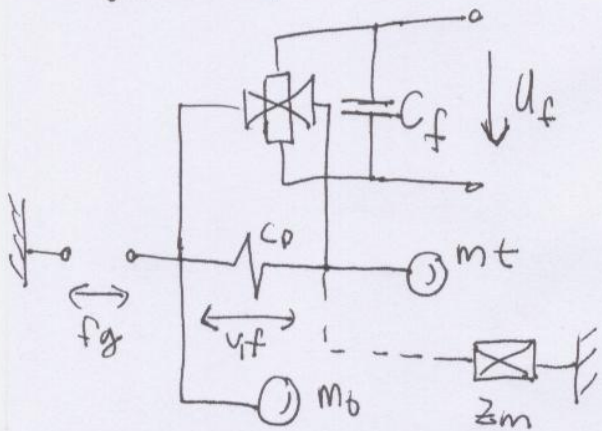


# ERŐMÉRŐ CELLA (B&K 8200)

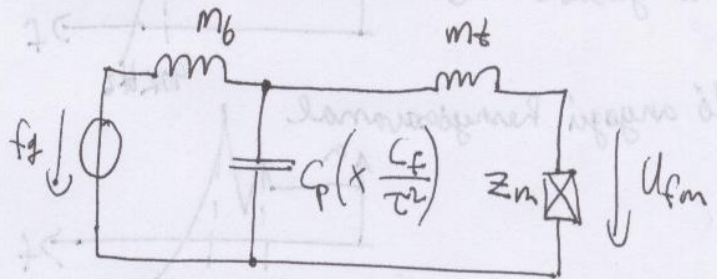


a mechanikai szűrő is  
iggyér ki csak a  
piézó helyén egy  
darab fin van

## Helyettesítő ábrák



## Elektronikus ekvivalens



Milyen problémát okoz Mb és mt jelenléte

## Extrém Zm esetek

a)  $Z_m \rightarrow \infty$        $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{m_b \cdot C_p}} \approx 25 \text{ kHz}$   
minimális érték

érzékenység veszteség, és a mérési hibák  $\approx 0$

b)  $Z_m \stackrel{!}{=} 5 \cdot m_e$        $m_e$  katalógus referencián adott (5g)

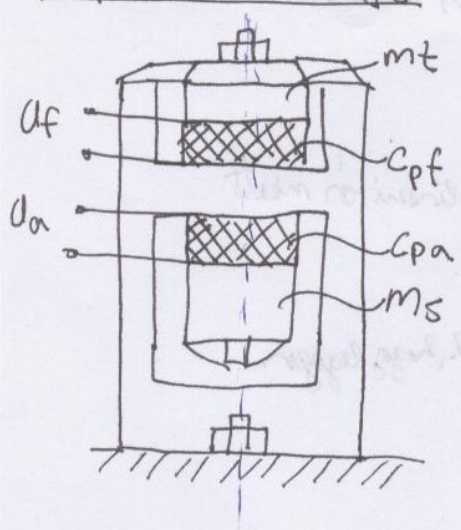
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_p \cdot [(m_t + m_e) \times m_b]}} \approx 48 \text{ kHz}$

van érzékenység veszteség:  $\frac{5}{5+3+18} \approx 0,19$  (-14,4 dB)

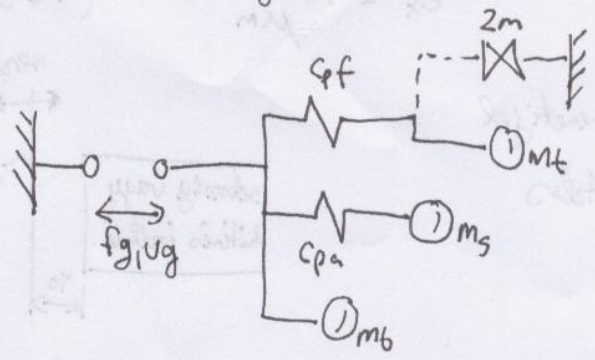
mérési hiba  $\frac{5}{5+3} \approx (-4 \text{ dB})$

2009.04.22  
 2009.04.29/A  
 #38

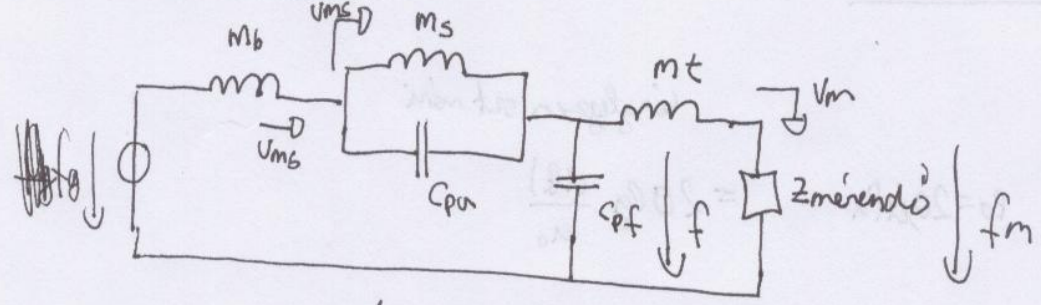
Impedancia mérő fej (B&K 8000)  
 8001



Mechanikai helyettesítő háló



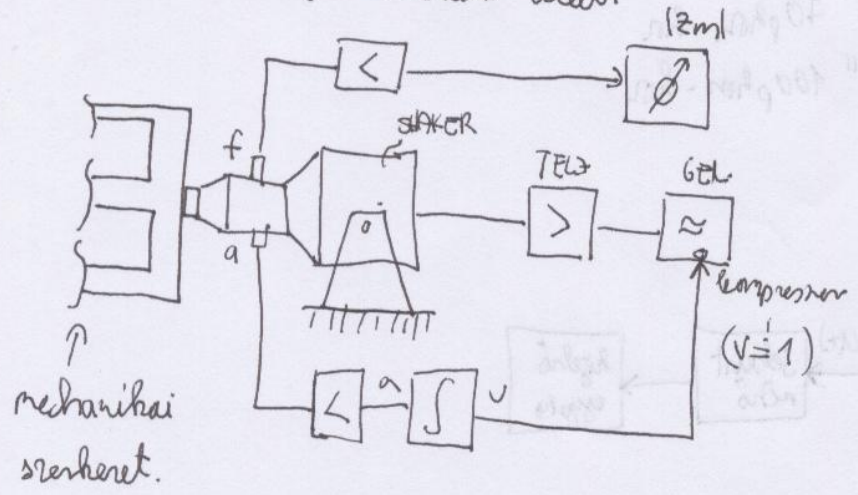
Elektronos ekvivalens:



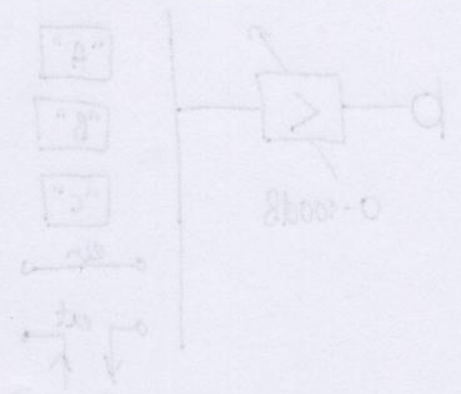
$V_m \approx V_{ms} \quad \frac{1}{\omega C_{pa}} \gg \omega m_s$

$f_m \approx f \quad \frac{1}{\omega C_{pf}} \gg \omega m_t + z_m \quad \text{és} \quad \omega m_b \ll (z_m)$

rezonancia fekvenciák alatt



$Z_m = \frac{f_m}{V_m}$



# Egyéb mechanikai érzékelők

B & K : MM 0002  
MM 0004

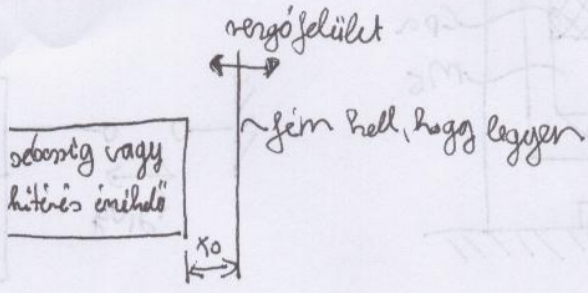
sebesség érzékelő (induktív mágneses átalakító)  
hőmérséklet érzékelő (kapacitív)

$$e_v = 150 \frac{mV}{m/s}$$

$$e_x = 18 \frac{mV}{\mu m}$$

( $x \leq 50 \mu m$ ) lineárisítás miatt

Első a nagy hirtetűjel  
hatásny - nem kitérés



# AKUSZTIKAI ÉRZÉKELŐK

## I Hangszintmérő

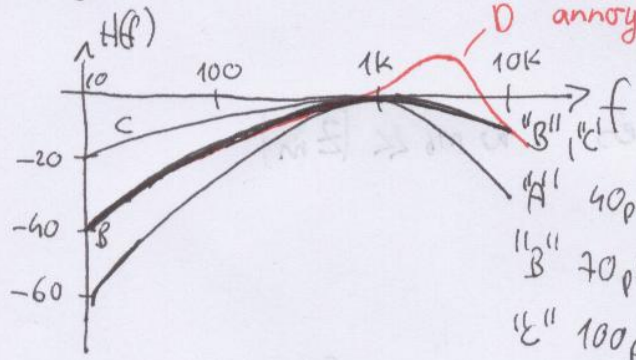
$$SPL = 20 \lg \frac{p(t)}{p_0}$$

$$p_0 = 20 \mu Pa$$

$$= 20 \lg \frac{u(t)}{u_0}$$

ténylegesen az mérő

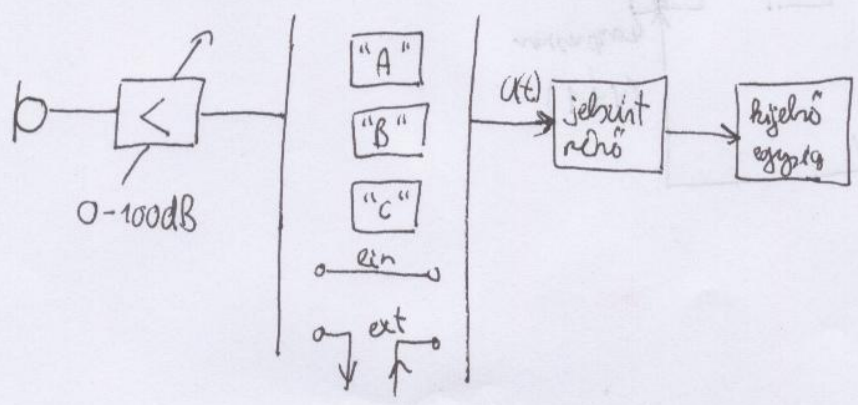
Súlyozás



D annoyance weighting (ellenérősségi súlyozás)

- "A" 40 phm hangerősséghen tartarék
- "B" 70 phm - hsz
- "E" 100 phm - hsz

## Egyszerűsített blokkdiagram



Mit mér a hangszintmérő?

2009.04.29 / #2

1, közel állandó hangnyomás esetén

#39

a, periodikus jel

$$u_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

b, stacioner jel

r.m.s

...  $\approx u_{\text{eff}}$  (átlag) egyedi jel

true r.m.s. valódi effektív értéket mér nem pedig egy  $\sqrt{2}$ -vel leosztott csúzcélt

2, időben ingadozó hangnyomás esetén

a, folytonos hangszemélyre

EKVIVALENS hangnyomásszint  $\downarrow$

A súlyozás van

$$L_{\text{eq}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \int_0^T \frac{u_A^2(t)}{u_0^2} dt \right]$$

Tipikus 60 sec de lehet akár más is

b, ritka vagy egyezési hangszemély

hang/zaj EXPOZÍCIÓS SZINT

(SEL: Sound Exposure Level)

$$\text{SEL: } 10 \lg \left[ \frac{1}{T_{\text{ref}}} \int_0^T \frac{u^2(t)}{u_0^2} dt \right]$$

$T_{\text{ref}} = 1 \text{ s}$   
(személyen belüli idő)

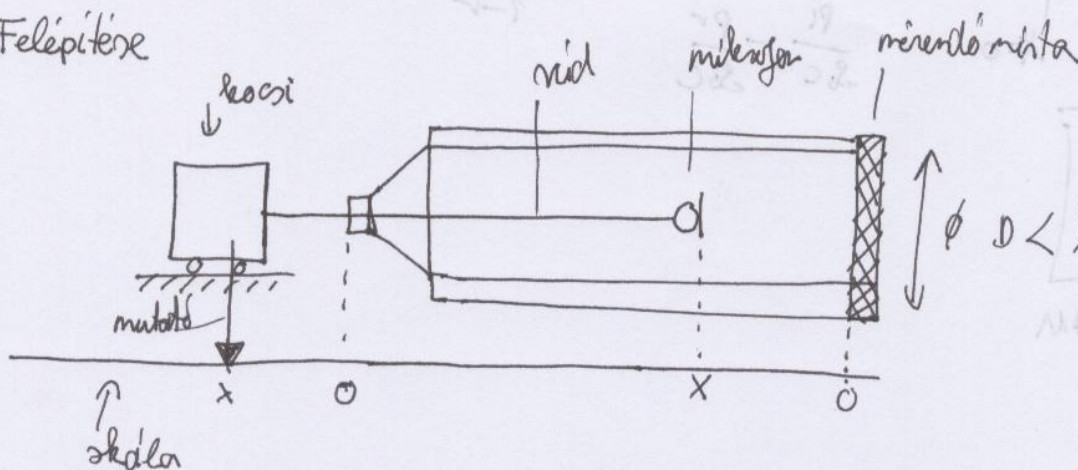
3, impulzuszerű zaj esetén

$$L_i = 20 \lg \frac{\hat{u}}{u_0}$$

II. Alléhallóm arduy mérő (B&K 4002)

SWR (Standing Wave Ratio)

Felépítése



$\phi d < \frac{\lambda}{2} ; Z_0 \approx 80 \Omega$

Haladó hullám  $P_i(t) = P_i e^{j(\omega t + kx)}$

reflektált hullám  $P_r(t) = P_r e^{j(\omega t - kx)}$

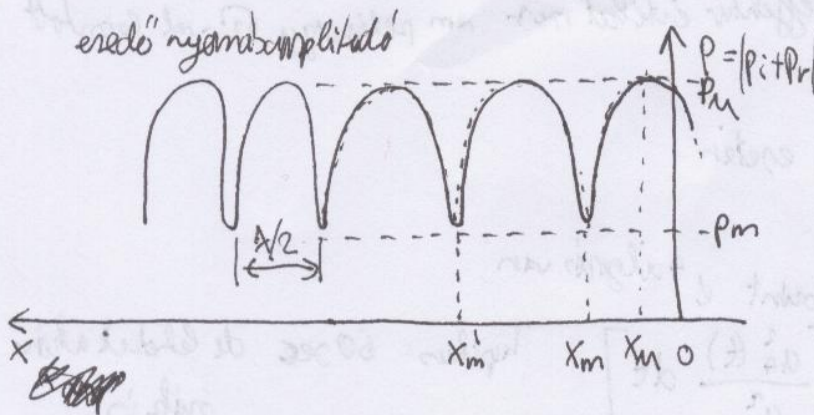
Kapcsolat  $P_r = \bar{\Gamma} P_i$

$P_r = |\bar{\Gamma}| e^{j\varphi} P_i$

Általános állóhullámkép a csőben

$0 \leq |\bar{\Gamma}| \leq 1$

$0 \leq \varphi \leq 2\pi$



$P_M$  ahol  $P_M = P_i + |\bar{\Gamma}| P_i$

$P_m$  ahol  $P_m = P_i - |\bar{\Gamma}| P_i$

$SWR = \frac{P_M}{P_m} = \frac{1 + |\bar{\Gamma}|}{1 - |\bar{\Gamma}|}$

$|\bar{\Gamma}| = \frac{\left(\frac{P_M}{P_m}\right) - 1}{\left(\frac{P_M}{P_m}\right) + 1}$

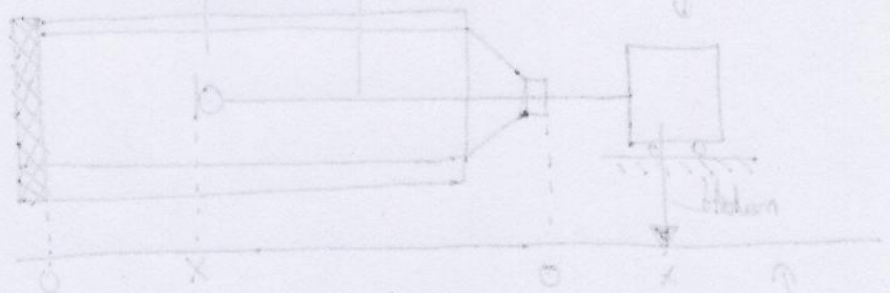
$\alpha = 1 - |\bar{\Gamma}|^2 = \frac{4}{\left(\frac{P_M}{P_m}\right) + \left(\frac{P_m}{P_M}\right) + 2}$

$1 \leq SWR \leq \infty$

$0 \leq |\bar{\Gamma}| \leq 1$

$Z_S = \frac{P_i + P_r}{V_i + V_r} \Big|_{x=0} = \frac{P_i (1 + \bar{\Gamma})}{\frac{P_i}{S_0 c} - \frac{P_r}{S_0 c}} = S_0 c \frac{1 + \bar{\Gamma}}{1 - \bar{\Gamma}}$

$Z_S = Z_0 \frac{1 + \bar{\Gamma}}{1 - \bar{\Gamma}}$   
SMITH DIAGRAM



2009.04.29/#3

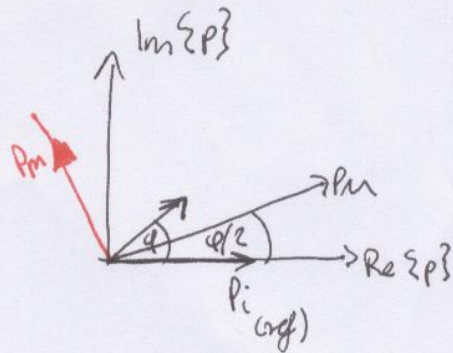
#90

 $\varphi$  meghatározása

1. végtelenre

$$x = 0 - 6 \text{ cm}$$

$$x = x_m$$



$$\frac{\varphi}{2} : 2\pi = x_m : \lambda$$

$$\varphi = 4\pi \frac{x_m}{\lambda}$$

Rövidre  $P_m(x_m)$  max "Capo"

vizsgáljuk a minimumot is

$$\left(\frac{\varphi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) : 2\pi = x_m : \lambda \quad \varphi = \pi \left(\frac{x_m}{\lambda/4} - 1\right) \quad \text{mivel } x_m' - x_m = \lambda/2$$

$$\varphi = \pi \left(\frac{x_m \cdot 2}{x_m' - x_m} - 1\right)$$

a minimumot elöbbről, idősziget kell csak leolvasni

meghatározása

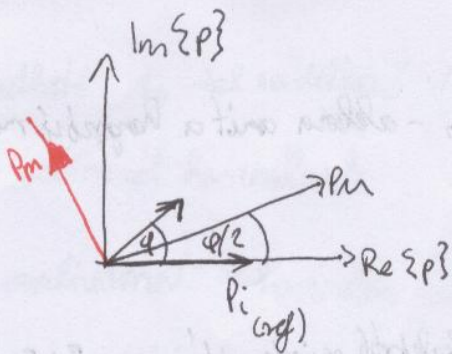
1. vektordírcs

$$x = 0 - 6 \text{ cm}$$

$$x = x_m$$

$$\frac{\varphi}{2} : 2\pi = x_m : \lambda$$

$$\varphi = 4\pi \frac{x_m}{\lambda}$$



határoz

$P_m(x_m)$  max "Cso"

vizsgáljuk a minimumot is

$$\left(\frac{\varphi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) : 2\pi = x_m : \lambda \quad \varphi = \pi \left(\frac{x_m}{\lambda/4} - 1\right) \quad \text{mivel } x_m' - x_m = \lambda/2$$

$$\varphi = \pi \left(\frac{x_m \cdot 2}{x_m' - x_m} - 1\right)$$

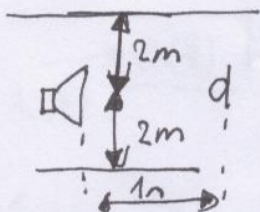
a minimumot előbbek, időtartókat kell csak leolvasni

2009.05.04.

45

Magasfrekvenciás amplitúdómodulációt határozzuk meg <sup>periodikus</sup> dinac körletéssel, egyszerűen FFT elvvel.

Feltekéntől vannak, de a padló ill. mennyezet reflexiói jelentősek.

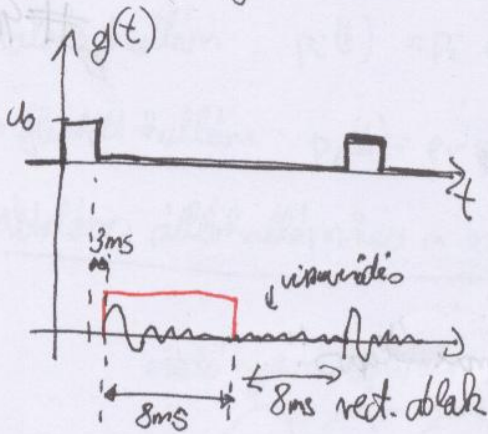


a hangfrekvencia állandósága 25 kHz

8ms alatt elterjed a zajtér a válassz.

- ① Rajzoljon fel a mérési ismétlést és ismertesse az amplitúdómodulációt mérésnek módját
- ② Mekkora legyen  $F_s$  és az  $m$  paraméter, althabartól alak típusa?
- ③ Mekkora legyen a mérés periódusideje, hogyan választjuk meg a mérési időtartókat? (impulzus szélesség)
- ④ Mekkora az amplitúdómodulációt felbontóképessége?


# Amplitúdóerő meghatározása



$U_0$  - ez lesz amit a hangszóró meg is csinál.

a legkisebb periódusideje

$$8 + 8\text{ms} \text{ vagy } 8 + 8 + 3$$

Mivel a trigger van köztük az impulzus, tudjuk hová jön kezdődik a jel tudunk úgy ablakozni , hogy a zoba visszaverődései ne legyenek benne. Lineáris átlagolást kell beállítani az FFT analízishez.

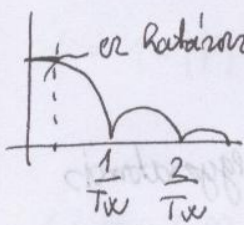
$$g(t) \rightarrow h(t) \xrightarrow{\text{FFT}} H(f)$$

$$f_s \geq 2B (= 50)$$

$$N = ?$$

$$T_W = 8\text{ms}$$

$$T_W = N \cdot T_s = N \cdot \frac{1}{f_s} \rightarrow \text{legkisebbebbi 2 határon kell kerekíteni}$$



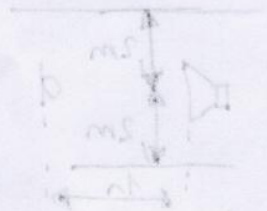
ez határozza meg az impulzus szélességét

itt megengedünk egy hibát a dőlést, azt ennyi

$$\Delta f = \frac{f_s}{N}$$

a spektrummalak táolsága azaz a felbontás

THAT'S ALL





gy mérketünk átkötethető  $f_0$ -kal rendelkező  $\nu$ -nal.  
FFT-belyett pedig vektor voltmérőt használunk.

vagy kétcsatornás FFT analízissal használva annak beépített felismerő generátorát

A csatorna a hangrészegészítésre

B csatorna a mikrofon kimenetére

$$H_1 = \frac{S_{AB}(k)}{S_{AA}(k)}$$

$$H_2 = \frac{S_{BB}(k)}{S_{BA}(k)}$$

melyik a jobb? Az a zajmodellől függ!

Dinamikus mikrofon érzékenységi jellemzők vizsgálata

$p \rightarrow u_{ki}$

$$e(f) = \frac{u_{ki}}{p}$$

működnek egy kondenzátor mikrofont

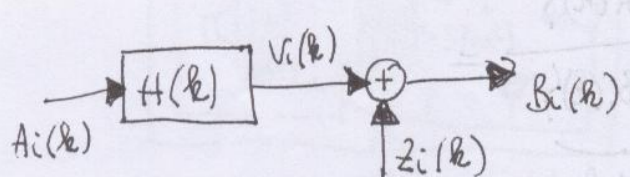
A-ra a kondenzátormic.-et

B-re a dinamikusot — azt kellő ott az Hittel!

$H_1$  vagy  $H_2$

zaj/zavarmentes esetben mindig

- a valóságot zajszókat figyelve



$$B_i(k) = V_i(k) + Z_i(k)$$

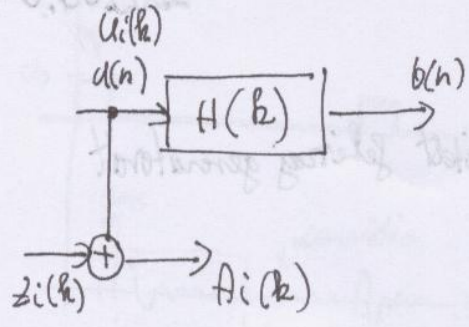
$$B_i(k) = A_i(k) \cdot H(k) + Z_i(k)$$

$$A_i^*(k) \cdot B_i(k) = A_i^*(k) A_i(k) H(k) + A_i^*(k) Z_i(k)$$

$$S_{AB}(k) = S_{AA}(k) \cdot H(k) + 0 \quad \text{ha } A \text{ független a zajtól}$$

$$H(k) = \frac{S_{AB}(k)}{S_{AA}(k)} \rightarrow H_1 \quad \text{a kimenetet terhelő zajra érzékeny!}$$

111  
 NO. 20  
 a gerjesztő jel zajos valtozást figgelyük meg



$$B_i(k) = u_i(k) \cdot H(k)$$

$$B_i(k) = [A_i(k) - z_i(k)] H(k)$$

$$B_i(k) = A_i(k) H(k) - z_i(k) H(k)$$

$$u_i(k) + z_i(k) = A_i(k)$$

$$B_i^A(k) B_i(k) = B_i^*(k) A_i(k) H(k) - B_i^*(k) z_i(k) H(k)$$

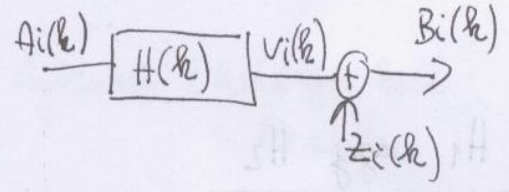
$$S_{BB} = S_{BA} \cdot H(k) - 0$$

a zajjel meg a ~~zaj~~ zaji  
 egymástól független

$$H(k) = \frac{S_{BB}(k)}{S_{BA}(k)} \Rightarrow H_2 = \dots$$

Koherencia függvény

$$V^2(k) = \frac{S_{AB}(k) \cdot S_{BA}(k)}{S_{AA}(k) \cdot S_{BB}(k)} = \frac{H_1(k)}{H_2(k)}$$



zajalan esetben 1

a rendszer minőségi vizsgálata / jellemzése jó

$$V^2(k) = \frac{E \{ A_i^*(k) B_i(k) \} \cdot E \{ B_i^*(k) A_i(k) \}}{E \{ A_i^*(k) A_i(k) \} \cdot E \{ B_i^*(k) B_i(k) \}}$$

↓  
 várható érték

$$= \frac{E \{ A_i^*(k) \cdot (A_i(k) \cdot H(k) + z_i(k)) \} \cdot E \{ (A_i^*(k) H^*(k) + z_i^*(k)) A_i(k) \}}{S_{AA}(k) \cdot E \{ (A_i^*(k) H^*(k) + z_i^*(k)) (A_i(k) H(k) + z_i(k)) \}}$$

$$V^2(k) = \frac{(S_{AA}(k) H(k) + 0)(S_{AA} H^*(k) + 0)}{S_{AA}(k) (S_{AA}(k) \cdot |H(k)|^2 + 0 + 0 + S_{zz}(k))}$$

↑  
 zajteljesítmény xirűség függvénye

2009.05.04.

$$v_e^2(k) = \frac{S_{AA}(k) |H(k)|^2}{S_{AA}(k) |H(k)|^2 + S_{ZZ}(k)}$$

$$v_e^2(k) = \frac{1}{1 + \frac{S_{ZZ}(k)}{S_{AA}(k) |H(k)|^2}}$$

$V_i(k)$

ha egy adott frekvencián nincs zaj akkor ez az egyenlet 1.  
 ha végtelen nagy a zaj akkor 0-hoz tart

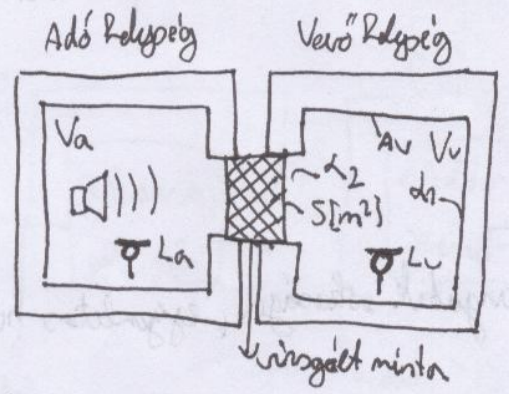
$v_e^2(k)$  0..1 közötti értéket vesz fel

Ha a zaj elhanyagolható a bemeneti jelhez képest ( $V_i(k)$ ) akkor  $v_e^2(k) \approx 1$

2009.05.06

1. Épületakusztikai szerkezetek Hanggátlásának mérése ISO 140

Labor mérés



nincs hanghid a két helyiség között

$L_a, L_u$  átlagos energiaszintek

$$L = 10 \lg \frac{P_1^2 + P_2^2 + \dots + P_N^2}{N \cdot P_0^2}$$

HANGGÁTLÁS  $R^{dB} = L_a^{dB} - L_u^{dB} - 10 \lg \frac{A_{ebr}}{S}$

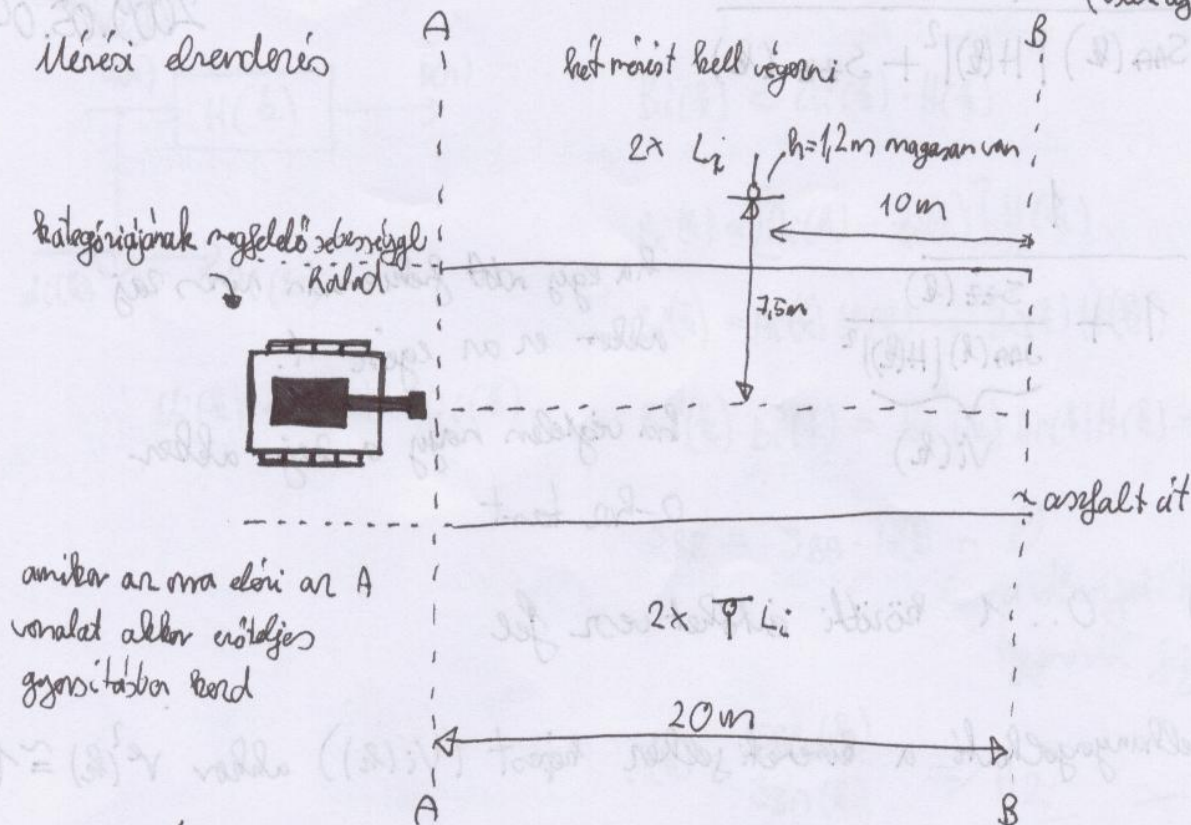
$$d_1 (A_u - S) + d_2 S = d_2 \cdot A_{ebr}$$

$$A_{ebr} = S + \frac{d_1}{d_2} (A_u - S)$$

## 2. Jármű által kibocsátott (kibővített) zaj mérése

ISO/R362

(szekvenciális)



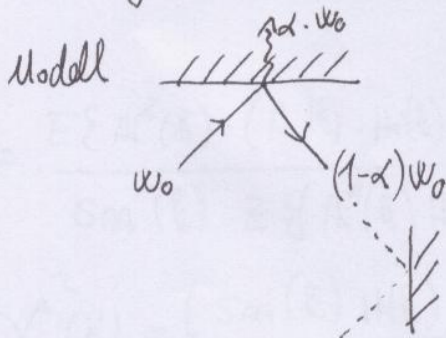
$$L = \frac{\sum_{i=1}^4 L_i}{4}$$

$L_i$ : SPL (dB(A)) max "fast" állásban

A mikrofon körében jól ~~alkalmazható~~ mérésen belül nem állhat ember. És 50 méteren belül nem lehet semmi más csak az autó, a mérőműszer és a mérő személy.

$\alpha$  meghatározása lecsengési időből

Előzmény: Statisztikai teremkútytan (hangtalan szobákban, egyszerű hangelölés)



$t$  idő múlva

$$w(t) = w_0 (1-\alpha)^{n(t)}$$

$$n(t) = \frac{t}{\Delta t} = \frac{t}{\frac{l}{c}}$$

$\Delta t$ : ütközések közötti ATLAGOS idő

$$n(t) = \frac{t}{\frac{l}{c}}$$

$l$ : átlagos szabad úthossz

beáthotó, hogy  $l = \frac{4V}{A}$

$\frac{W(t)}{W_0} = (1-\alpha) \frac{t \cdot c \cdot A}{4V}$  ha  $t=T$  akkor  $\frac{W(T)}{W_0} = 10^{-6}$

$10^{-6} = (1-\alpha) \frac{T \cdot c \cdot A}{4V}$

$-6 \cdot \ln 10 = \frac{T \cdot c \cdot A}{4V} \ln(1-\alpha) \Rightarrow T = -\frac{24 \ln 10 \cdot V}{c \cdot A \ln(1-\alpha)}$

$c = 345 \frac{m}{s}$  Egying megoldás szerint

Eyring formula:

Sabine: ha  $\alpha \ll 1$  akkor  $\ln(1-\alpha) \approx -\alpha$

$T = -\frac{0,16V}{A \ln(1-\alpha)}$

Sabine formula:

$T = \frac{0,16 \cdot V}{\alpha \cdot A}$

többféle  $\alpha_i$  esetén  $= \frac{0,16 \cdot V}{\sum \alpha_i A_i}$

Mérei elv:

• Zengőszoba  $A_1; \alpha_1 \ll 1$

$\alpha_1 = \frac{0,16 V}{T_1 \cdot A_1}$  számítsuk (1x)

• bmeretlen elnyelő anyag  $A_2; \alpha_2$

$T_2 = \frac{0,16V}{\alpha_1 (A_1 - A_2) + \alpha_2 A_2}$

$\alpha_2 = \alpha_1 \left[ 1 + \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_2} \right]$

Szabvány ISO/R 354

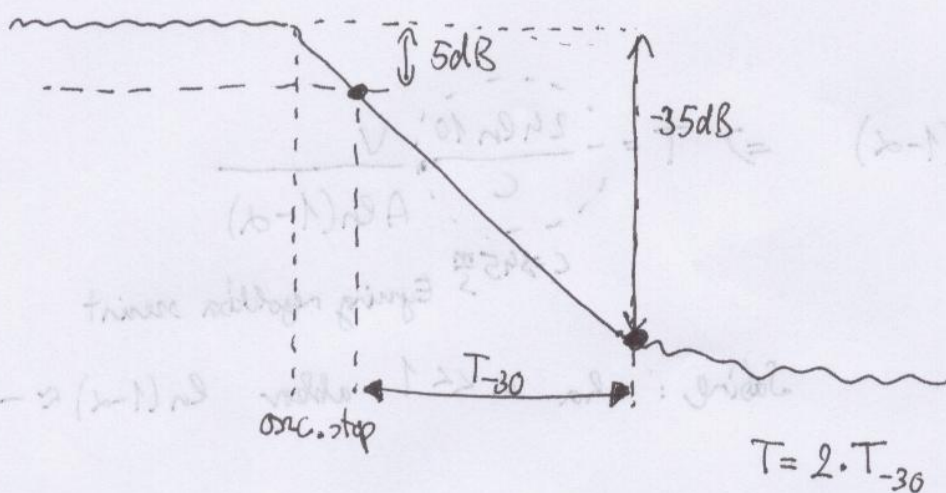
- $V_{min} = 50m^3$
- $A_{2min} = 10m^2$  (padlóra)
- gerjesztés elvár anyag teneszítés

variable tone

$$d_2 = \frac{55.3 \text{ V}}{c A_2} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

elhanyagolhat belőle  $\frac{1}{T_1}$ -et

Levegővel idő mérés



Levegővel meredekség:  $\frac{60}{T} \left[ \frac{\text{dB}}{\text{s}} \right]$

min 6 oktatásom 125 Hz-től 4 kHz-ig

RELATÍV mértékegységek

1, dB (referencia érték nélkül)

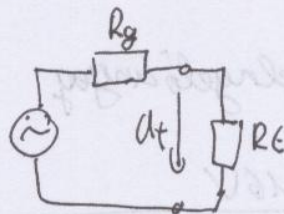
-nyereség  $G = 20 \lg \frac{U_{ki}}{U_{be}}$

SNR =  $10 \lg \frac{P_{jel}}{P_{haj}}$

2, dB re , dB re .. a referencia ( $P_0, U_0$ ) megadandó

20 dB re 1 Pa

3, dBV  $U_0 = 1 \text{ V}$   $R_t \gg R_g$



4, dBW (Watt)  $P_0 = 1 \text{ W} \rightarrow$  túl nagy

dBm (mW)  $P_0 = 1 \text{ mW}$  ( $R_0 = 50 \Omega$ )

$U_0 = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{10^{-3} \cdot 50} = 0.224$

maxim 2  
váltás 4

6) dBu mintha dbm csak 600 Ω-on

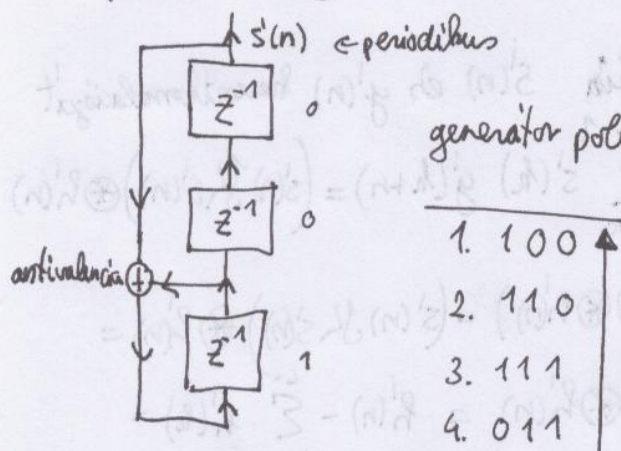
$$U_0 = 0,775 V$$

2009.05.11. (KOLLER)

Lineáris invariáns rendszerek mérése MLS sorozatokkal

Mérijel: MLS sorozat (Maximum Length Sequences)

példa M=3



generátor polinoma, periodikus, átvitelken sorozatok

1.	1 0 0
2.	1 1 0
3.	1 1 1
4.	0 1 1
5.	1 0 1
6.	0 1 0
7.	0 0 1
8.	1 0 0

periodus

periodus hossza  $L = 2^M - 1$

szupanalla beleszogat a sorozatban erint ant be sem engedjük

Bizonyítható, hogy a periodikus autokorrelációs függvény a periodikus  $\delta(t) \leftrightarrow \delta(t)$

$$R_{ss}(n) = \frac{1}{L+1} \sum_{k=0}^{L-1} s'(k) s'(k+n) = s'(n) \otimes s'(n)$$

$$R_{ss}(n) = \begin{cases} \frac{L}{L+1} & n=0 \\ -\frac{1}{L+1} & n=1 \dots L-1 \end{cases}$$

↑ címkalmas KA! ☺

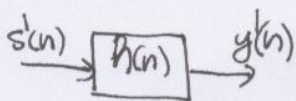
$$\text{vagy } R_{ss}(n) = \delta'(n) - \frac{1}{L+1}$$

szér folyamatok autokorrelációs függvénye a  $\delta(t)$

ert a mérési módszerert nevezik MLSSA (Melissa) is.

# Az MLS jel mint gerjesztőjel

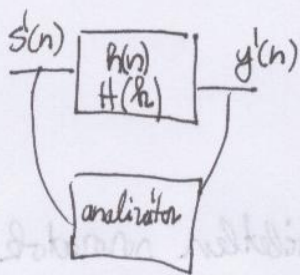
a' a periodicitását jelöli



periodikus impulzusválasz függvény

$$y'(n) = \sum_{k=0}^{L-1} s'(n) \cdot h(n-k) = s'(n) \otimes h'(n)$$

↑ periodikus konvolúció, cirkuláris konvolúció



$h'(n) = ?$  számoljuk ki a  $s'(n)$  és  $y'(n)$  keresztkorrelációját

$$S_{s'y} = \frac{1}{L+1} \sum_{n=0}^{L-1} s'(n) y'(n+1) = (s'(n) \otimes s'(n)) \otimes h'(n)$$

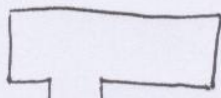
$$= s'(n) \otimes (s'(n) \otimes h'(n)) = (s'(n) \otimes s'(n)) \otimes h'(n) =$$

$$= \left( \delta'(n) - \frac{1}{L+1} \right) \otimes h'(n) = h'(n) - \sum_{k=0}^{L-1} h'(k) =$$

$$= h'(n) - \underbrace{\frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L-1} h'(k)}_{\text{DC átlag}} + \underbrace{\frac{1}{L(L+1)} \sum_{k=0}^{L-1} h'(k)}_{\text{leontett DC átlag}}$$

ha kimármítjuk az input és az output keresztkorrelációját akkor meghatározhatjuk az impulzusválasz függvényt

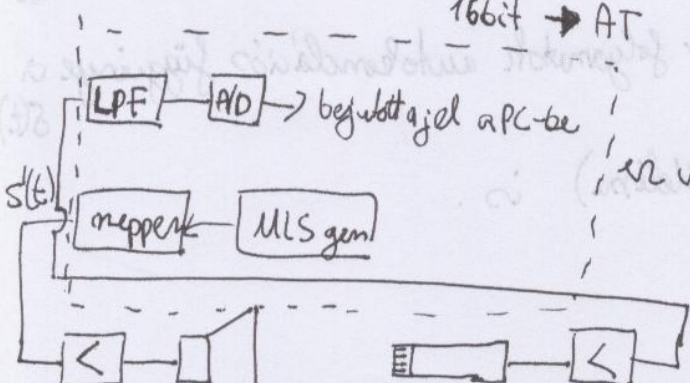
Hogy nézett ki az első kártya?



ISA 86bit → XT

166bit → AT

olyan rögzítővel amivel a kártyák térszerkezetét változtatjuk



ez van a kártya



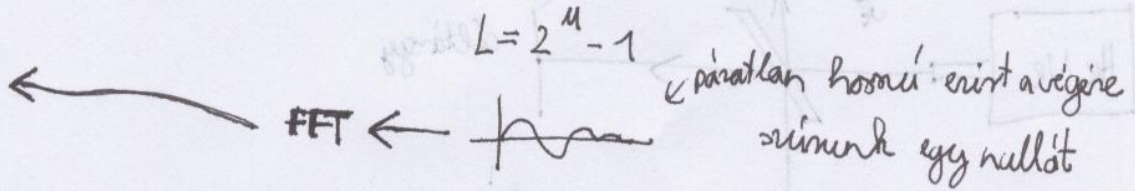
a válaszjel időbeli átlakozással mit lehet elvárni a hangjegyű válaszára és a szóba válaszára → visszahangmentes minőséget csinálunk

$L \rightarrow T$  is ez legyen nagyobb mint  $T_w$  azaz az impulzusválasz tartási ideje

Milyen paramétereket kell beállítani?

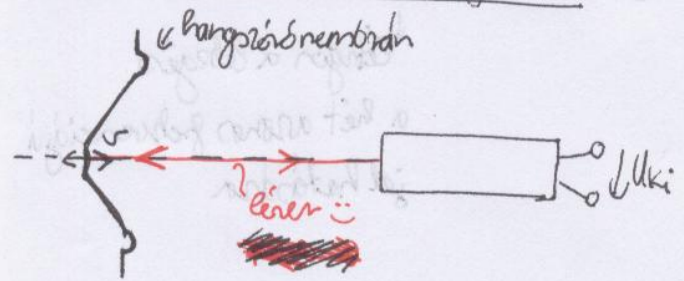
1. időtartósság beállítása ; B ebből már jön  $f_s$  [és  $f_c$  (cut-on freq.)]
2. periódushossz beállítása ; L
3. átlagolás

$$\Delta f = \frac{f_s}{N}$$

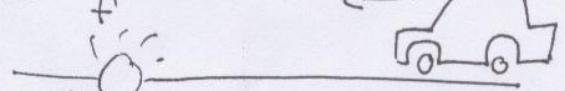


ma már jó minőségű hanghálózattal realizálható

Lézer doppler elvi sebességmérés



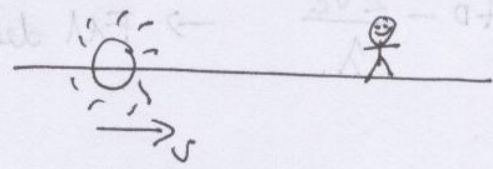
I Doppler effektus



nem tapasztalok haram hullámhosszát!

$$f' = f \left(1 + \frac{v}{c}\right) \text{ ahol } c \text{ a hullám terjedési sebessége}$$

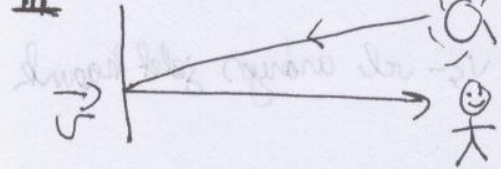
II



$$f' = f \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \text{ ha } v \ll c \text{ akkor}$$

meggyezik az előzővel  $f \left(1 + \frac{v}{c}\right)$

III mozgás reflektáló felület

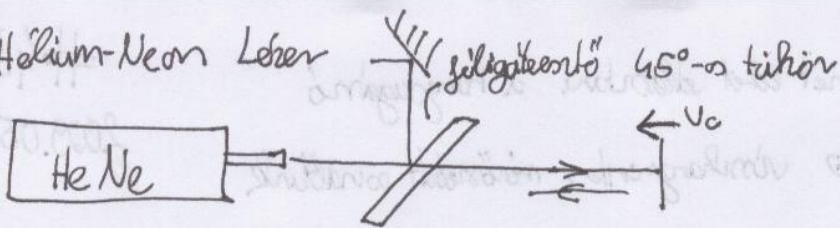


$$f' = f \left(1 + \frac{v}{c}\right)^2 = f \left(1 + \frac{2v}{c} + \left(\frac{v}{c}\right)^2\right)$$

mivel  $v \ll c$  így  $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \approx 0$

$$f' = f \left(1 + \frac{2v}{c}\right)$$

# Helium-Neon Lézer

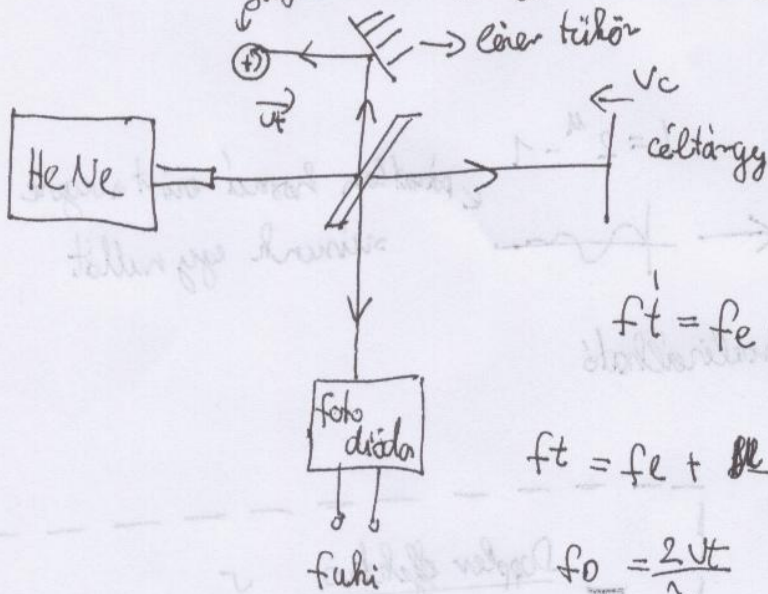


$\lambda = 694 \text{ nm}$  keskeny sávú fény, egyszínűség

$$c = 3 \cdot 10^8$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

szögeltérítés amely egy állandó sebességgel közeledő felületet simulál



$$f_t = f_e \left(1 + \frac{2v_t}{c}\right)$$

$$f_t = f_e + \frac{2v_t}{c} \cdot f_e = f_e + f_0$$

$$f_0 = \frac{2v_t}{\lambda}$$

↳ lényeg a sebesség  
a két arányos frekvenciájú  
jel hatáskör

$$f_{\text{fúhi}} = f_t - f_c = \left(f_e + f_0\right) - \left(f_e + \frac{2v_c}{\lambda}\right)$$

$$f_{\text{fúhi}} = f_0 - \frac{2v_c}{\lambda} \rightarrow \text{FM demodulátorral a } v_c\text{-vel arányos jelet kapunk}$$

$$\left(\frac{v}{c} + 1\right) f = \left(\frac{v}{c} + 1\right) f = f$$

$$0 \approx \left(\frac{v}{c}\right) f$$

$$\left(\frac{v}{c} + 1\right) f = f$$

villanymérnök nem szereti a fongós társát ezért a helyére egy Bragg cellát teszünk.

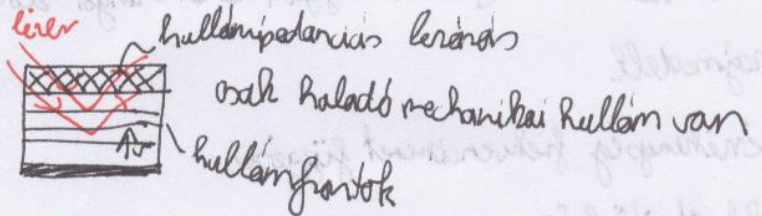
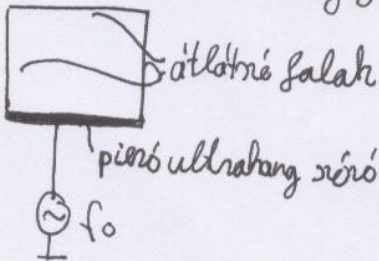
#46

2009.05.11

Bragg cella

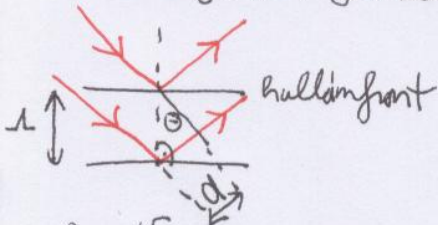
akusztó optikai eszköz

Szilárdtestekkel teli edény felületéről



a lézer visszaverődik a hullámfrontokról

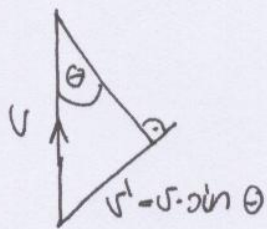
2 hullámfrontok közötti távolság  $\lambda$  -re kell lennie  $\rightarrow$  Bragg feltétel



$f_0 = \frac{v}{\lambda}$  - nagy lambda mechanikai hullámhossz a kétdimenzióban

$$\lambda = 2d$$

$$\sin \theta = \frac{d}{\lambda} = \frac{\lambda}{2\lambda}$$
 ez a Bragg feltétel



$$f' = f_e \left(1 + \frac{2v'}{c}\right) = f_e + f_e \frac{2v'}{c} = f_e + \frac{2v' f_e}{c}$$

$$f' = f_e + \frac{2 v' \sin \theta}{\lambda} = f_e + \frac{2 v' \lambda}{2 \lambda} = f_e + \frac{v'}{\lambda}$$

$$f' = f_e + f_0$$

ha a Bragg feltétel teljesül akkor a fény az általában beállított  $f_0$ -al tolódik el!

a hullámfronton a törésmutatója megegyezik az anyaggal  $\rightarrow$  mintha tükrök mozognának

#

szigetelt és földelt csatlakozású és azaz nem szimmetrikus

induktív csatlakozású szigetelt csatlakozással

... és azaz nem szimmetrikus

4 pólusú, 2-2, csak az ottani produkció számít

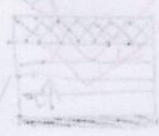
... és azaz nem szimmetrikus

kondenzátor mikroformát hogyan lehet hangot előállítani

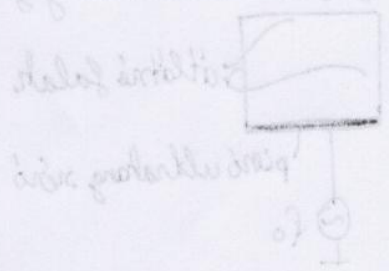
... és azaz nem szimmetrikus

rajzmodell

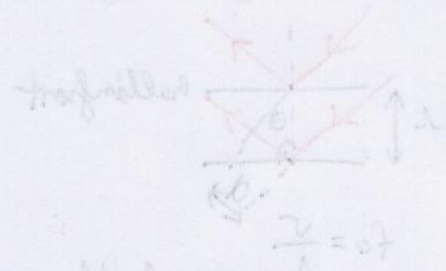
érintkezési felületen a frekvencia függése



helyettesítő háló



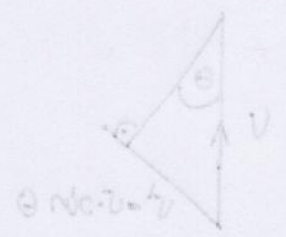
szigetelt és földelt csatlakozású és azaz nem szimmetrikus



... és azaz nem szimmetrikus

$$Z = \frac{1}{sC} = \frac{1}{s \cdot 2 \cdot 10^{-6}}$$

$$f' = f_0 \left( 1 + \frac{1}{s} \right) = f_0 + f_0 \frac{1}{s} = f_0 + \frac{f_0}{s}$$



$$f' = f_0 + \frac{f_0}{s} = \frac{f_0 s + f_0}{s} = \frac{f_0 (s + 1)}{s}$$

szigetelt és földelt csatlakozású és azaz nem szimmetrikus

$$f' = f_0 + f_0$$

szigetelt és földelt csatlakozású és azaz nem szimmetrikus

# AKUSZTIKAI MÉRÉSEK #1

2009.05.13

#47

## Többszörös becsülések mérése

Standard : NOSFER

Objektív : OREM (Objective Reference Equivalent Method)

### OREM

- Adósi csillapítás [dB]
- Vételi csillapítás [dB]
- Örhang csillapítás [dB]

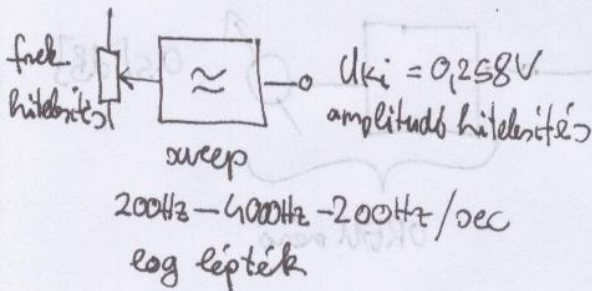
OREM adó  
(generátor + műszoj)

OREM generátor

OREM vevő  
(műszoj + vevő)

OREM vevő/mérő

### OREM generátor

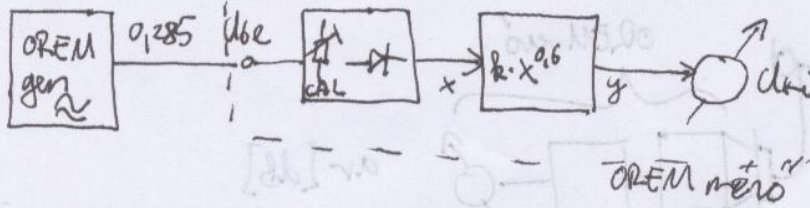


$$1 N_p = \ln e$$

$$U^{NP} = \ln \frac{U}{1}$$

$$1 N_p = 8,66 \text{ dB}$$

### OREM mérő

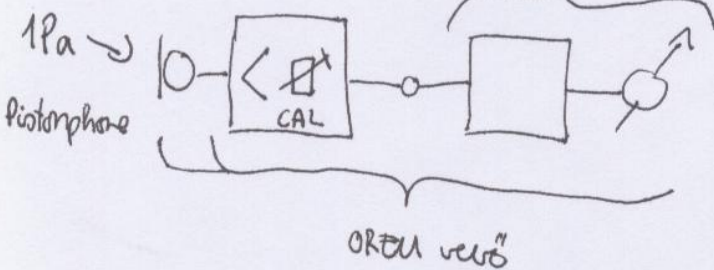


A már előzőleg hitelesített OREM generátort csatlakoztatjuk az OREM mérőre és a CAL-t addig csavarjuk amíg a kimeneten 0,258 V nem lesz. Ez a 0 dB

### OREM vevő

műszoj + mérő

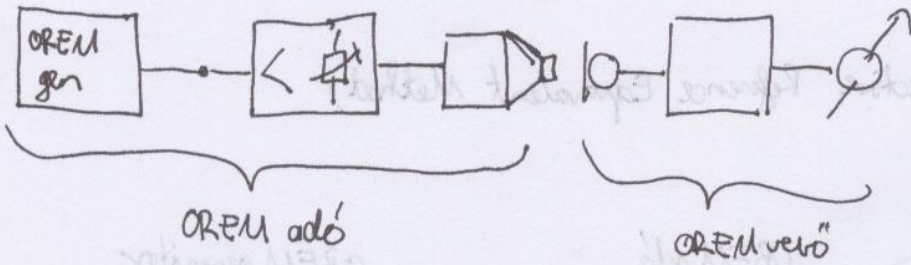
OREM mérő



a CAL-t addig csavarjuk amíg a kimeneten 0,258 V nem lesz

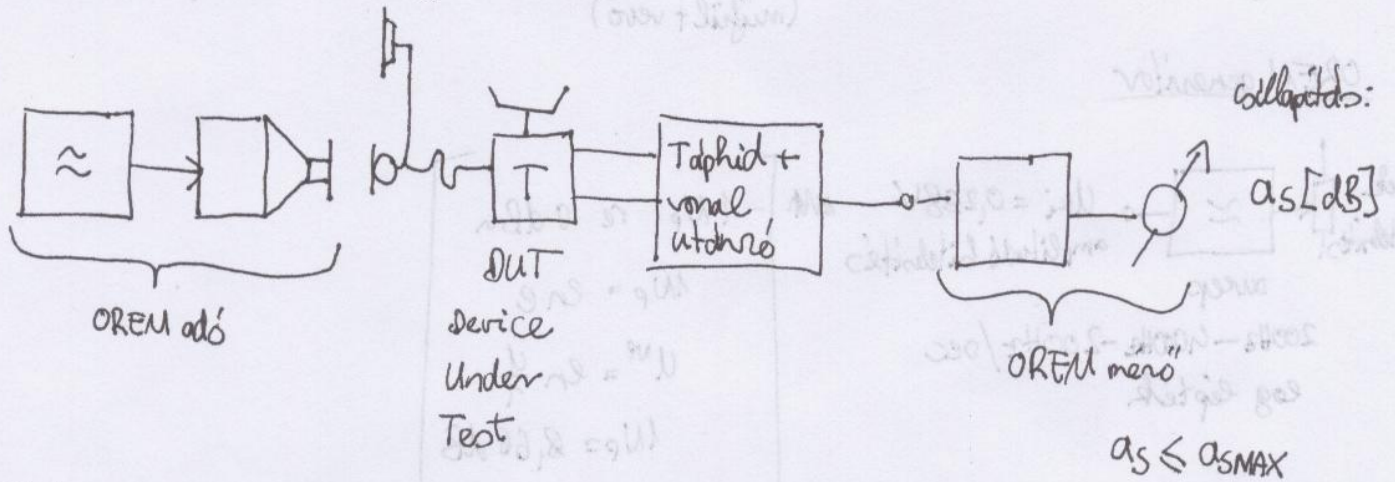
2008.02.13  
OREM adó

generátor + mérőraj

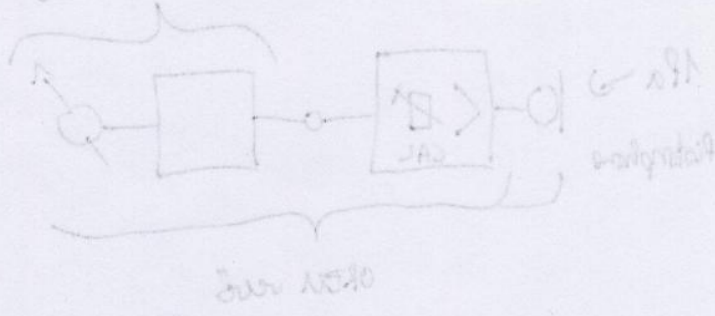
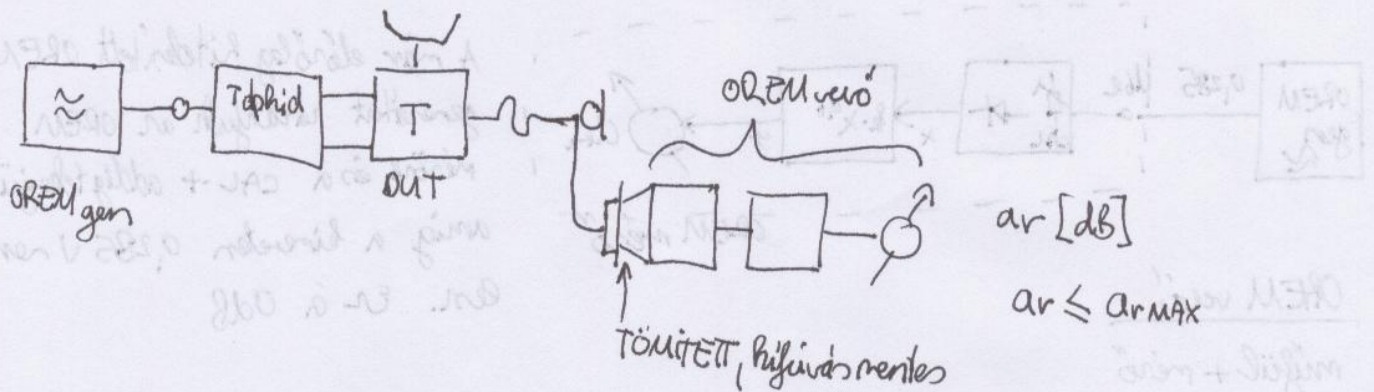


a CAL-t addig teherjük  
 amíg 0,285V nem lesz  
 a kimeneten

Adási egyenértékűsítési objektív mérése

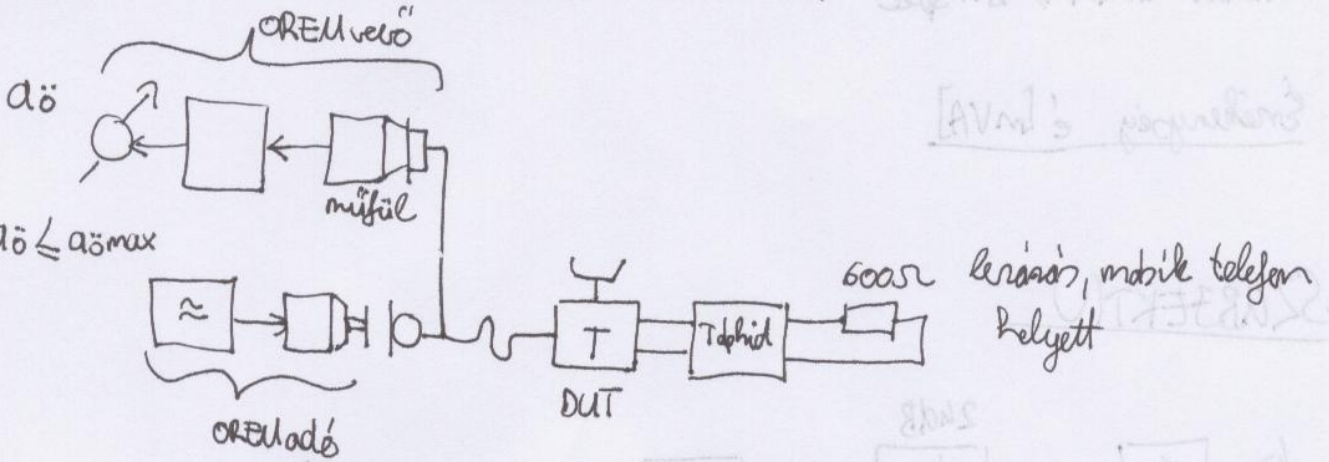


Vételi egyenértékűsítési objektív mérése



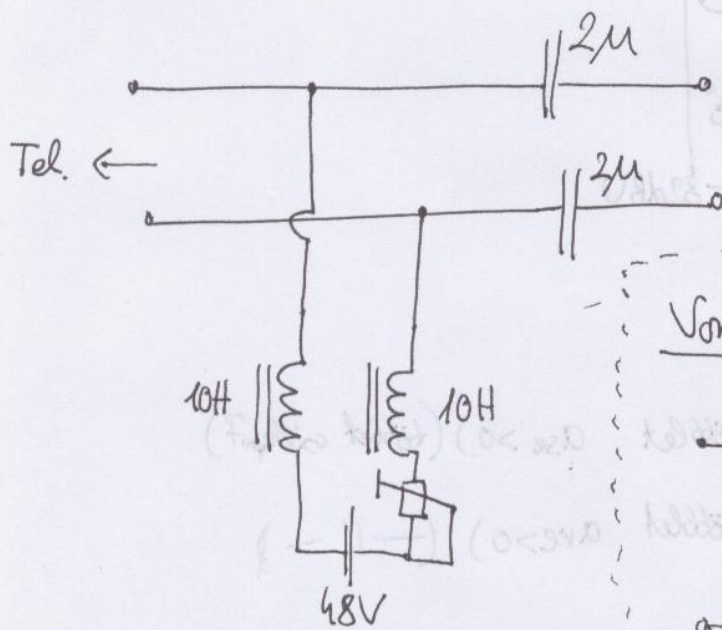
Örhang egyenirtekű állapítósághoz objektív mérése

#48



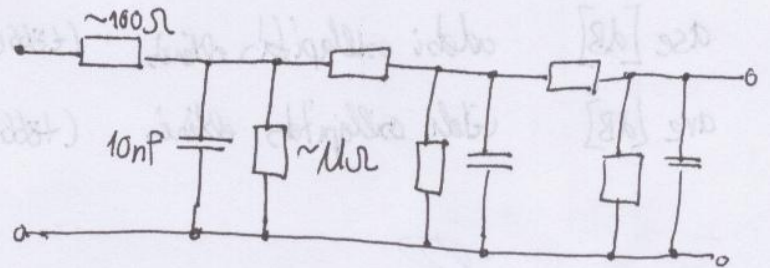
$a_{\text{min}} \leq a_{\text{ö}} \leq a_{\text{max}}$

Táphid



→ vonal utánszát

Vonalutánszát

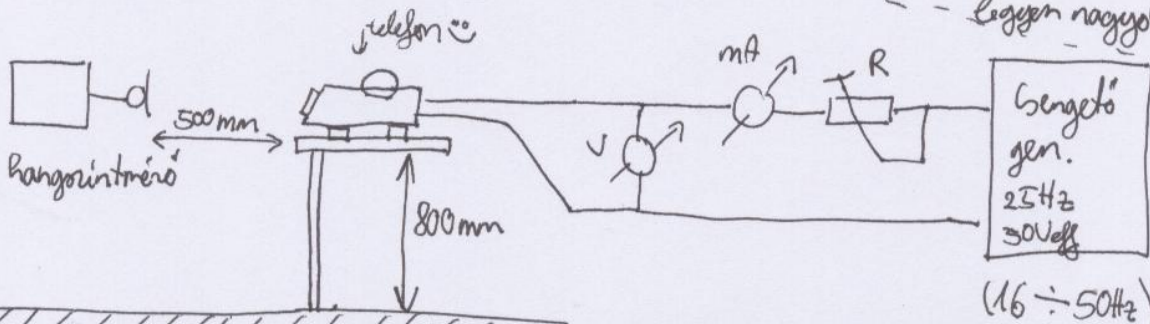


Szengő minősítése:

$V: \gg 3 \times \gg 3 \times \gg 2,8 \text{ m}$  helyiség mérete

1) Hangszint ( $H_{\text{max}}$ ) mérése

$H_{\text{max}} [\text{dB}(B)] / \text{low időállandóval}$   
 - legalább nagyobb mint  $H_{\text{spec}}$ .

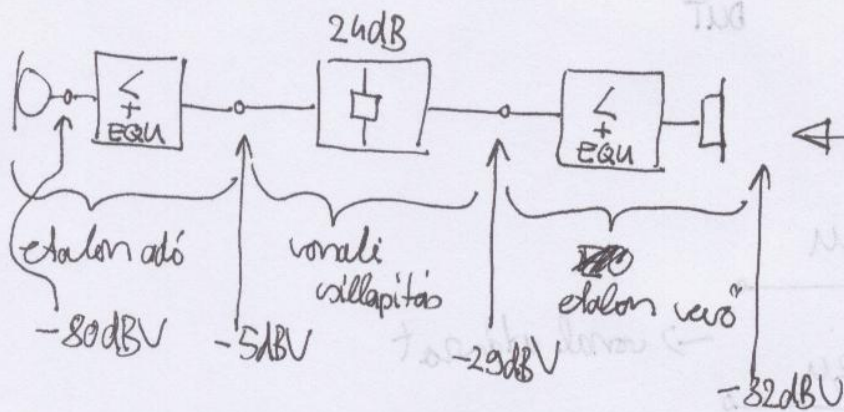


Szabályozási tartomány [dB]

$$H_{max} - H_{min} \geq \Delta H_{spec}$$

Erőerősség  $\epsilon$  [mVA]

SZUBJEKTÍV



viszgaló laborban: működleges etalonok

eltérés az elsődleges etalontól

$a_{se}$  [dB] adósi csillapítás eltérés (többet  $a_{se} > 0$ ) (többet csillapít)

$a_{re}$  [dB] véseli csillapítás eltérés (többet  $a_{re} > 0$ ) (—||—)

akusztikai impedancia mérő bele szabványosított a vizsgáló  $\infty$   
 ilyen szinten kell tudni

