


- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

# ANALIZA I SINTEZA FREKVENCIJSKOG FILTRA ELEKTRODINAMIČKOG ZVUČNIKA



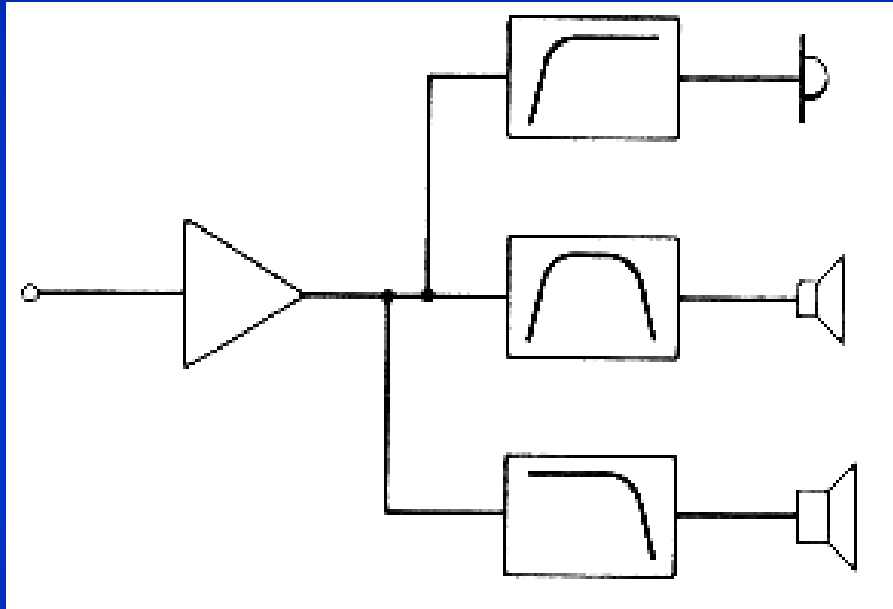
ANALIZA PASIVNIH FILTERA  
ELEKTRODINAMIČKIH ZVUČNIKA I MJERENJE SIGMA  
DELTA MJERNIM SUSTAVOM

# UVOD

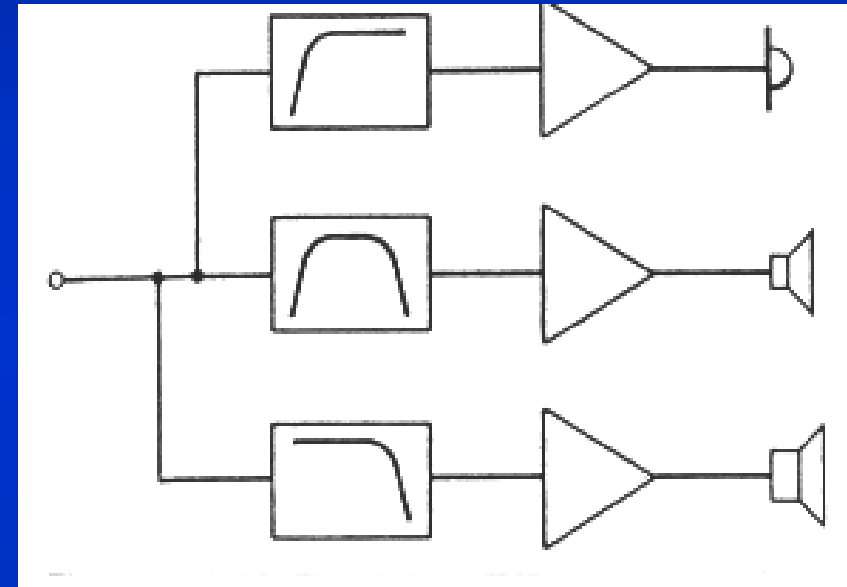
- Zvućnicka skretnica je sustav filtara pomocu kojih se vrši frekvencijski selektivna pobuda zvućnika ili akusticko filtriranje odziva zvućnika (npr. pojasna bas kutija) u sustavima s više zvućnika.
- Pobudni se filtri rade kao pasivni ili aktivni elektronićki sklopovi (analogni/digitalni).
- Cilj je pobuđivati svaki zvućnik saunutar pojasa frekvencija za koje je taj zvućnik predviden
- Pri ovakvoj analizi zvućnickog sustava treba voditi racuna i o utjecaju skretnice na prostornu raspodjelu zvućne energije.

# USPOREDNI PRIKAZ PASIVNE I AKTIVNE SKRETNICE

čalo snage



Pasivna skretnica



Aktivna skretnica

VF

sredn

BAS

## PRISTUP POMOĆU FUNKCIJE CILJA

- Funkcija cilja  $T(f)$  definiramo unaprijed, a  $S(f)$  doznamo mjerenjem :

$$T(f) = H(f) S(f)$$

$S(f)$  - frekvencijski odziv pojedinačnog zvučnika

$H(f)$  - frekvencijsku karakteristiku filtra

- za dvopojasni sustav:

$$TS(f) = TL(f) + TH(f)$$

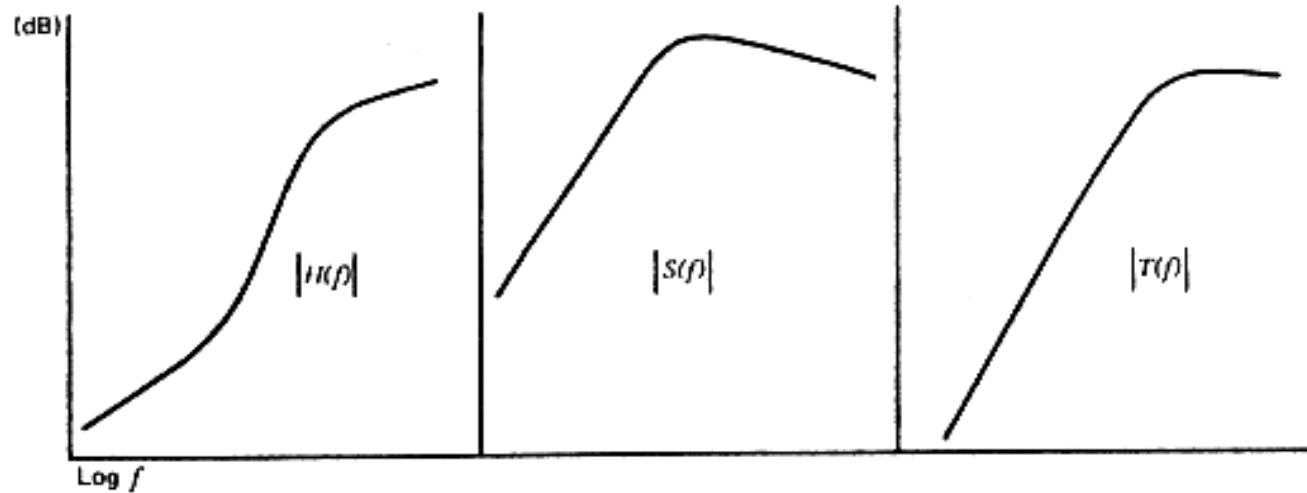
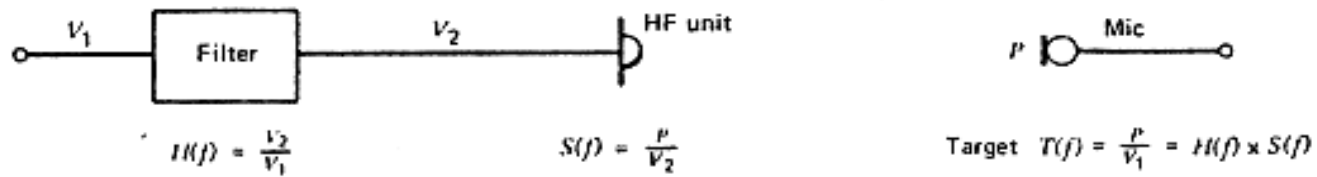
gdje je  $TS(f)$  – funkcija cilja sustava, a

$$TL(f) = SL(f) TH(f)$$

$$TH(f) = SH(f) HH(f)$$

- $SL(f)$  i  $SH(f)$  predstavljaju izmjerene frekvencijske odzive bas zvučnika i visokotonskog zvučnika, a  $HL(f)$  i  $HH(f)$  predstavljaju odgovarajuće sekcije skretnice koje zajedno tvore cjelokupnu skretnicu.

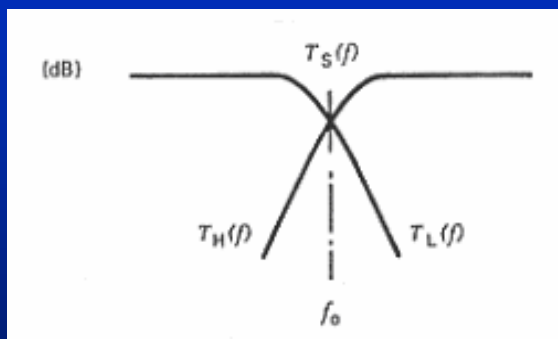
# SUSTAV



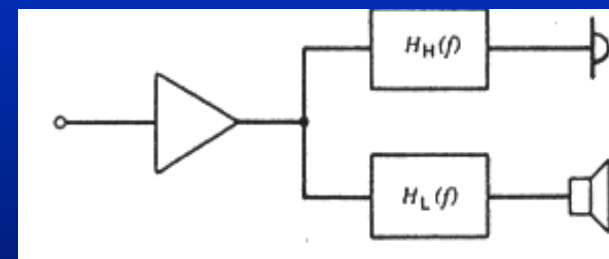
Frekvencijski odziv skretnice

Frekvencijski odziv skretnice i zvučnika

Frekvencijski odziv primjenjenog zvučnika

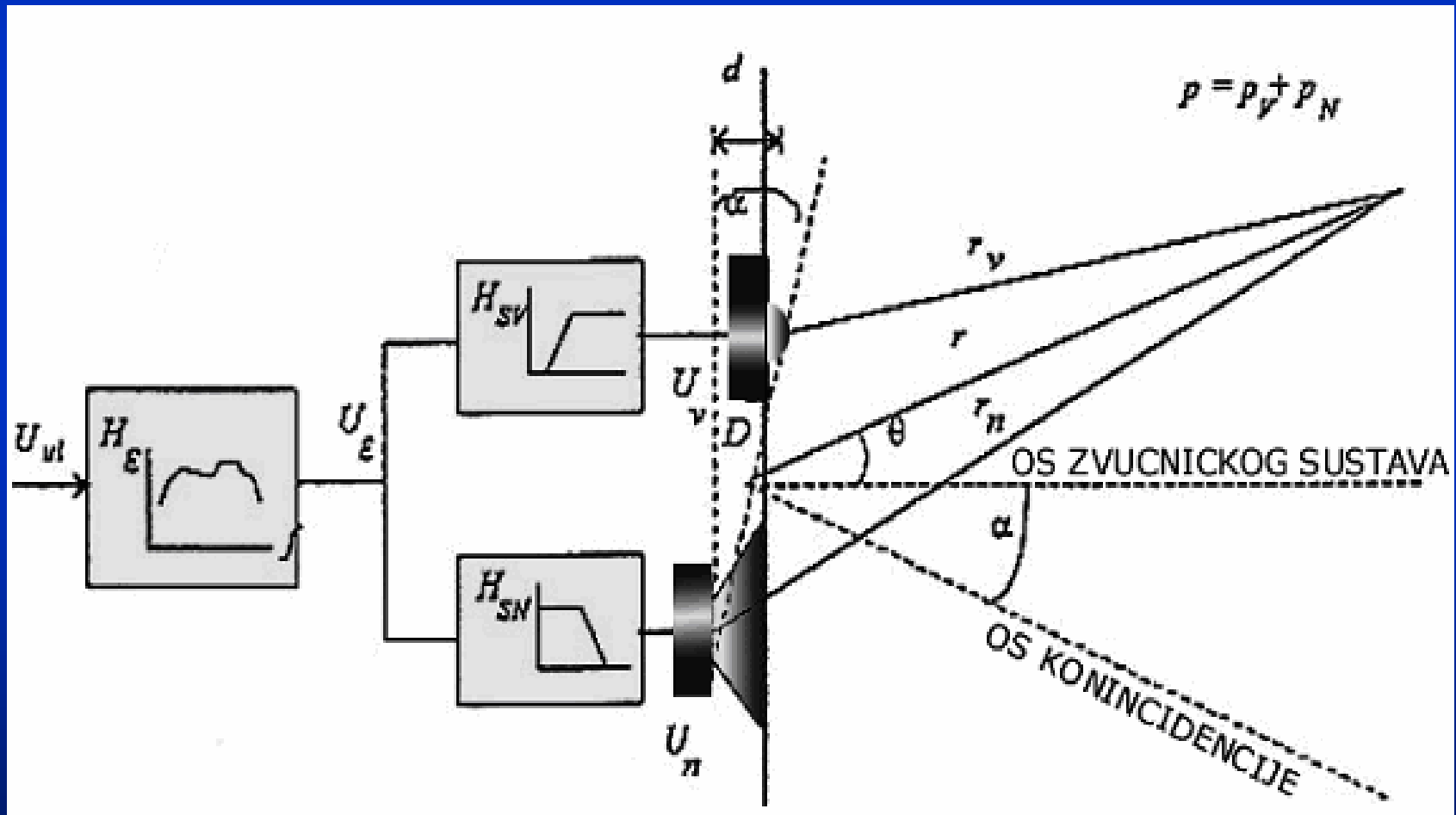


REZNA FREKVENCIJA



REALIZIRANI ZVUČNI SUSTAV

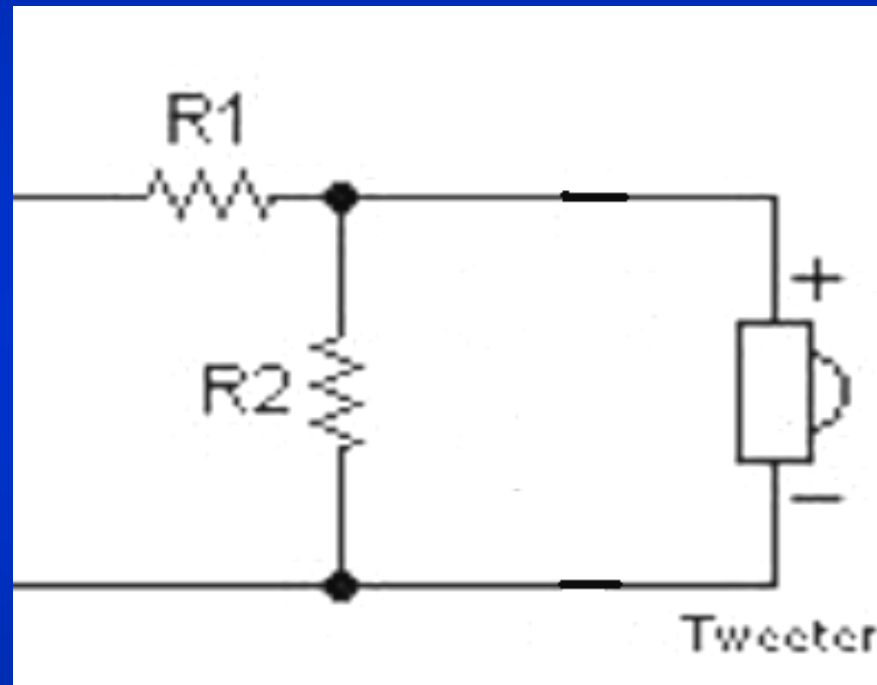
# MODEL ZVUČNIČKOG SUSTAVA SA SKRETNICOM



# IZBOR ZVUČNIKA

- Uobičajeno je zvučničke sustave promatrati kao najnesavršeniju komponentu audio sustava, a za to postoje brojni razlozi.
- Najvažniji je taj što zvučnici nemaju idealan frekvencijski odziv gdje pojam odziva implicira amplitudni i fazni odziv.
- Konstruktor može raznim metodama pokušati izjednačiti odstupanja u frekvencijskom i faznom odzivu, ali u principu zvučnički sustav uvijek ima frekvencijski pojasnu karakteristiku – što podrazumijeva gušenje na niskim i na visokim frekvencijama.
- Unutar sustava ovi problemi mogu postati još izraženiji.
- Uzmemo li u obzir i akustiku prostora, u kojoj će kakvoća reproduciranog zvuka ovisiti i o karakteristikama primijenjenog zvučnika, ali i o postavi u prostoru, konstruktor sustava mora voditi računa i o načinu na koji zvuk dolazi do slušatelja.

# ATENUACIJA VISOKOTONSKOG ZVUČNIKA



$$R1 + R2 \parallel 8 = 8\Omega$$

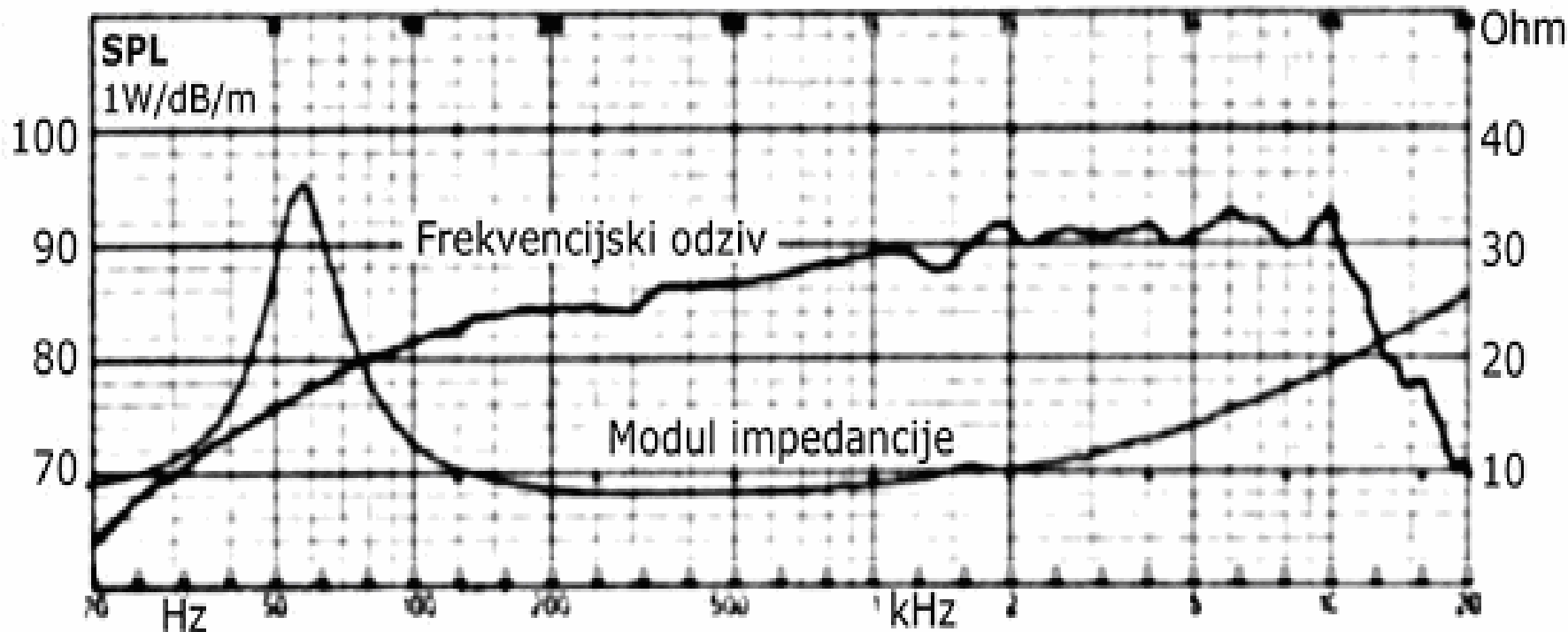


# ODABRANI BAS ZVUČNIK I NJEHOVE KARAKTERISTIKE

Proizvođač je dao sljedeće podatke bas zvučnika:

- Nominalna snaga 40 W
- Vršna snaga 60 W
- Impedancija 8  $\Omega$
- Frekvencijski odziv (-8 dB ) fs – 12000Hz
- Vršni pomak membrane 15 mm
- Rezonantna frekvencija 83 Hz
- Promjer zavojnice 20 mm  $\emptyset$
- Težina 0,43 kg

# FREKVENCIJSKI ODZIV I MODUL IMPENDANCIJE BAS ZVUČNIKA PREMA PODACIMA PROIZVOĐAČA

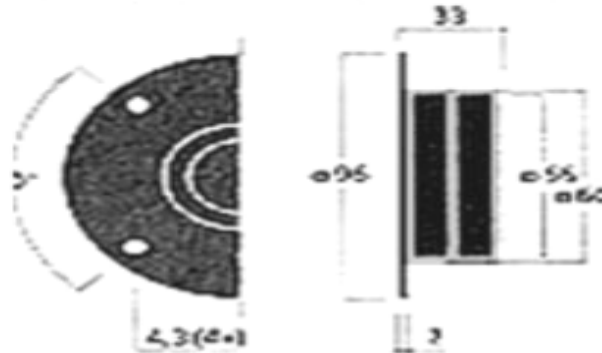


# VISOKOTONSKOG ZVUČNIKA

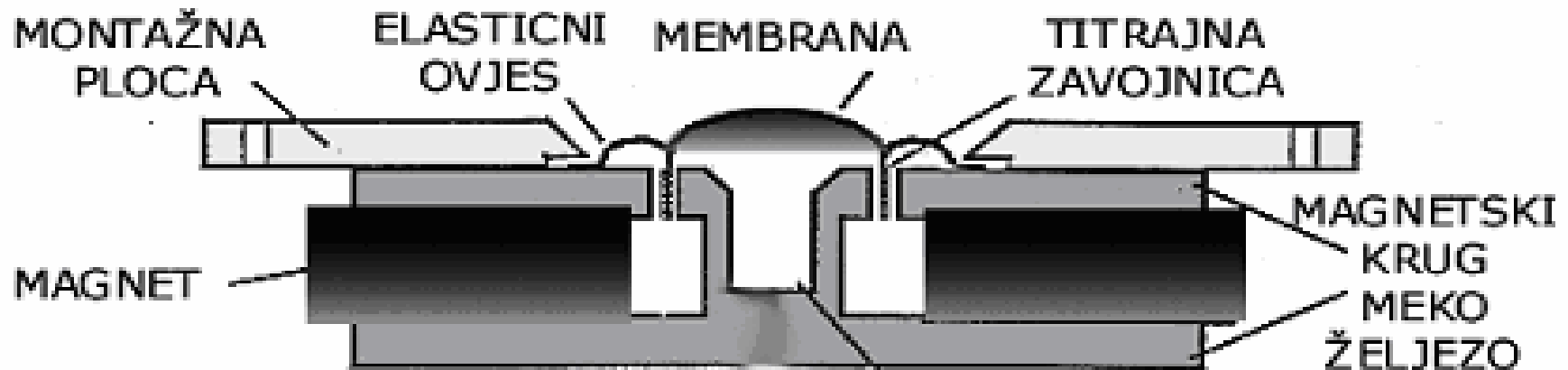
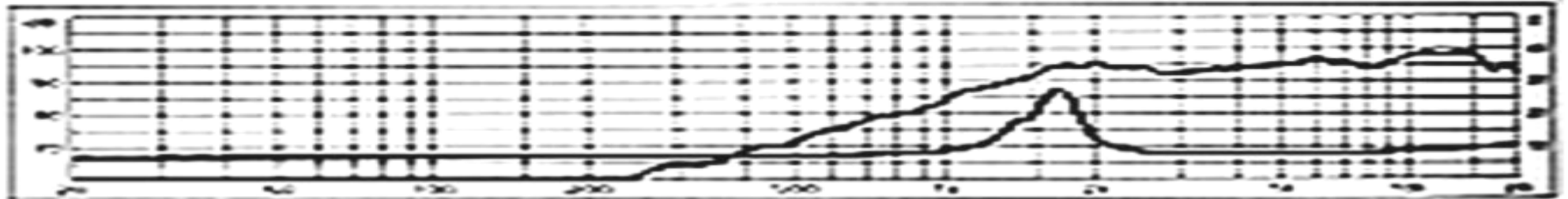
## DT 19 TI

HiFi dome tweeter, 80W<sub>MAX</sub>, 8Ω

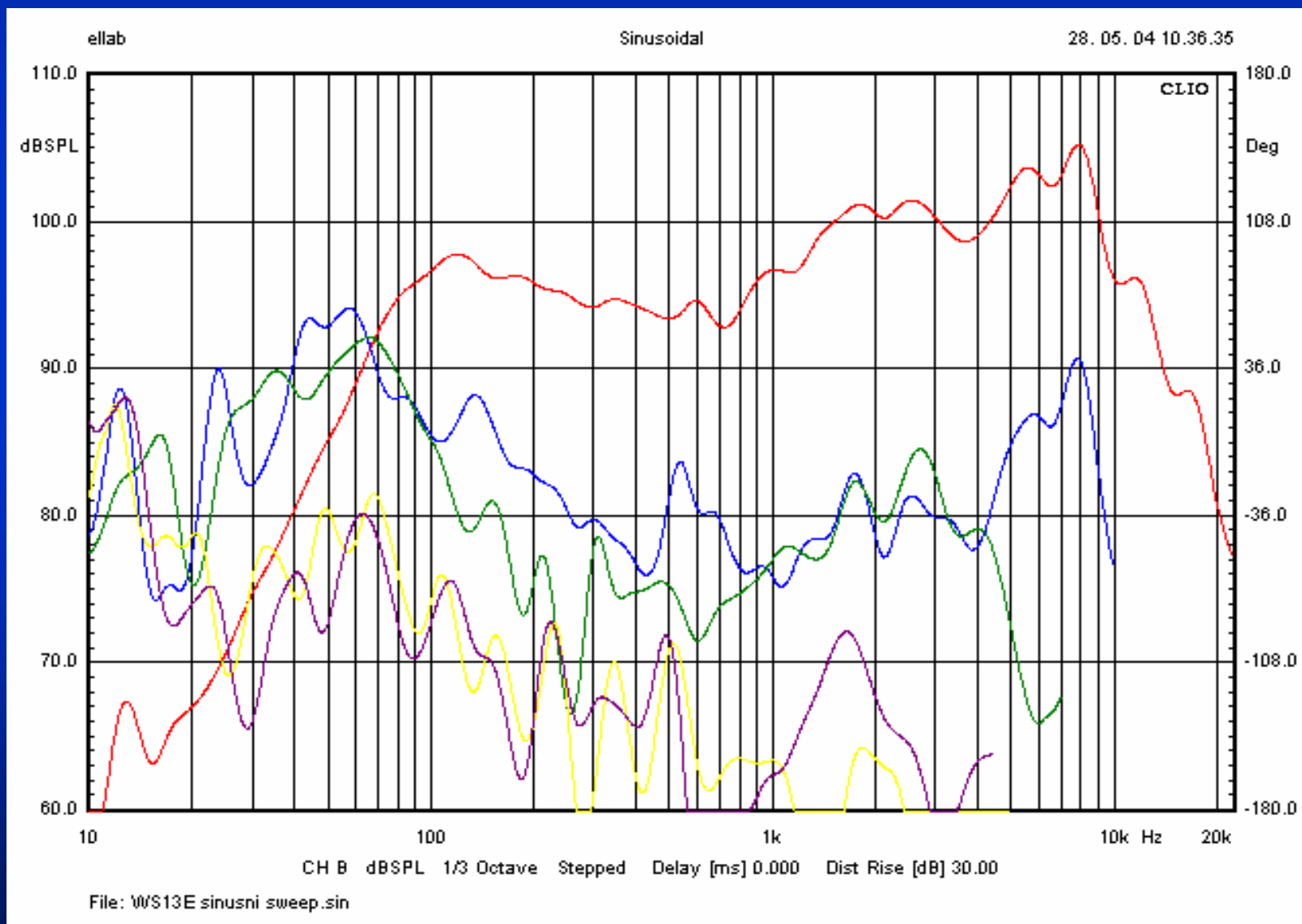
Dome of pure titanium, double magnet, high-quality manufacture with metal front, low cone weight, very dynamic high frequency reproduction, for HiFi applications



| Model                           | DT-19TI            |
|---------------------------------|--------------------|
| Impedance (Z)                   | 8Ω                 |
| Free air resonance (fs)         | 1.7kHz             |
| Max. frequency range            | 1x-25kHz           |
| Rec. crossover frequency (12dB) | 3.5kHz             |
| Music power                     | 80W <sub>max</sub> |
| Power rating                    | 50W <sub>avg</sub> |
| SPL (1W/1m)                     | 92dB               |
| Voice coil diameter             | 19mm               |
| Magnet diameter                 | 55mm               |
| Mounting cutout                 | ∅ 60mm             |
| Mounting depth                  | 33mm               |
| Dimensions                      | ∅ 96mm             |
| Weight                          | 0.45kg             |

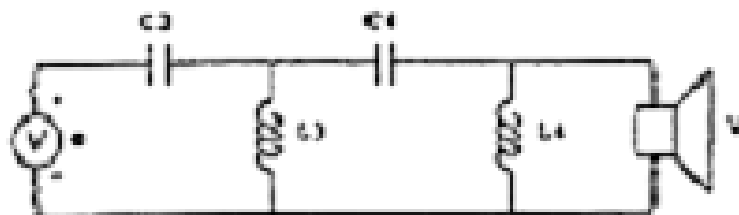
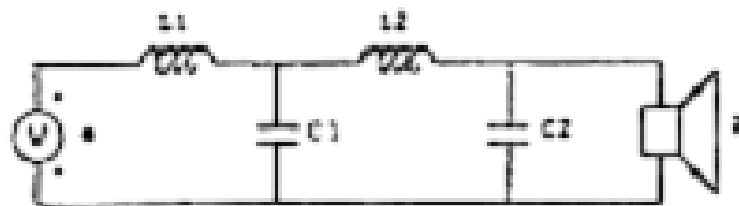


# SINUSNI TONOM I AMPLITUDE IZOBLIČENJA OD 2. DO 5. HARMONIKA PODIGNUTIH 30 dB



# LINKWITZ-RILEY SKRETNICA

## 4.REDA



Linkwitz-Riley skretnica 4. reda

$$L_1 = \frac{1,8856 R_M}{\omega_c}, \quad L_2 = \frac{0,9428 R_M}{\omega_c}$$

$$C_1 = \frac{1,591}{\omega_c R_M}, \quad C_2 = \frac{0,35355}{\omega_c R_M}$$

$$L_3 = \frac{R_V}{1,591 \omega_c}, \quad L_4 = \frac{R_V}{0,35355 \omega_c}$$

$$C_3 = \frac{1}{1,8856 \omega_c R_V}, \quad C_4 = \frac{1}{0,9428 \omega_c R_V}$$

$$L_2 = 1 + 2s_n + s_n^2 = (B_1)^2$$

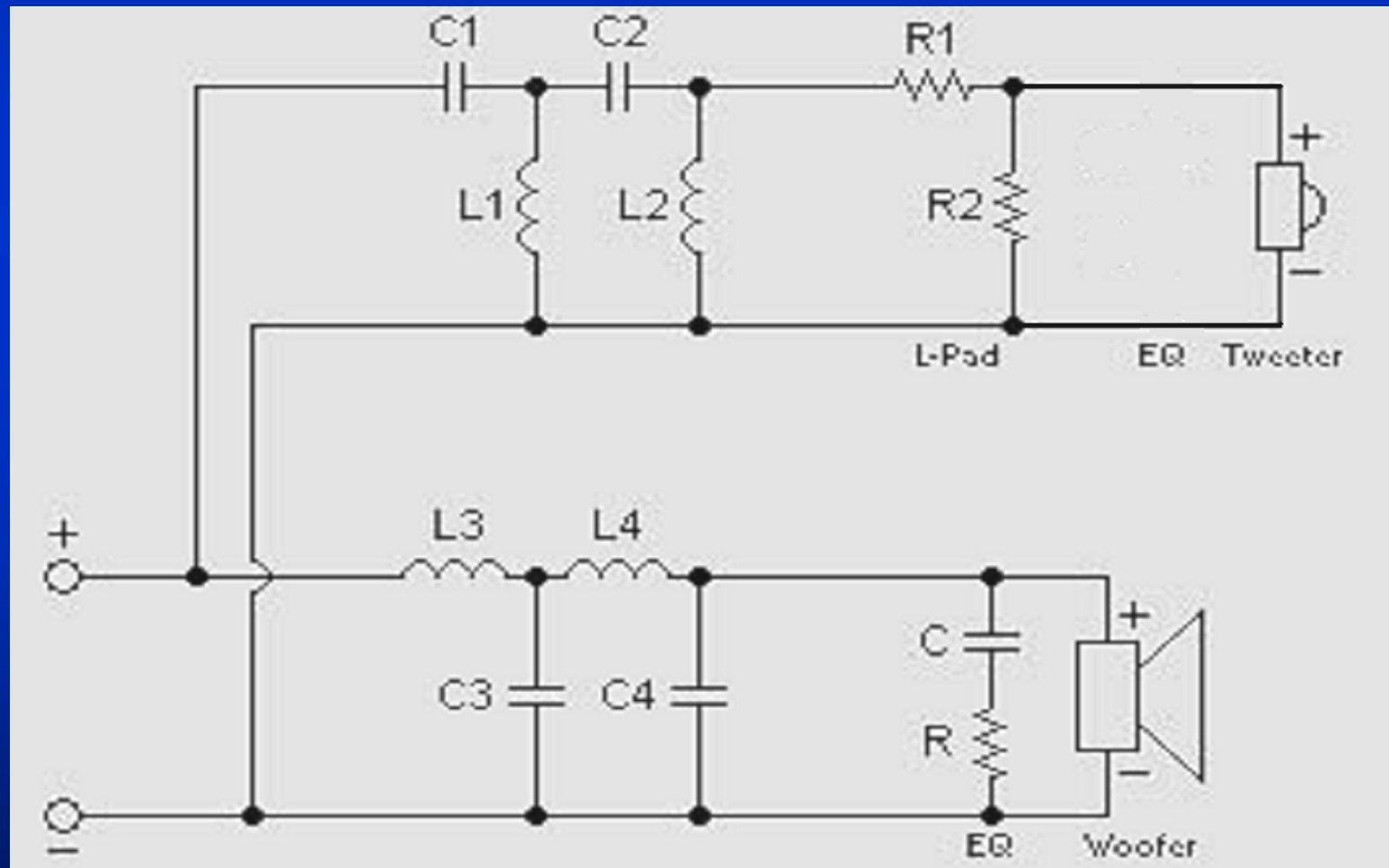
$$L_4 = 1 + 2\sqrt{2s_n} + 4s_n^2 + 2\sqrt{2s_n^3} + s_n^4 = (B_2)^2$$

$$B_1 = 1 + s_n$$

$$B_2 = 1 + \sqrt{2s_n} + s_n^2$$

Linkwitz-Riley polinomi:

# IZVEDBA FILTERA ZVUČNIKA



# PRORACUN SKRETNICE I ATENUACIJE VISOKOTONSKOG ZVUČNIKA SPEAKERSHOP

SpeakerShop Crossover Module 1.0

File Edit Loudspeaker Crossover Load Compensation Options

2-Way 4th-Order (24 dB/octave) Crossover

Linkwitz-Riley

Tweeter: a  
Woofers: WS13E

Lower  
Xover: 3500 Hz

Calculate Crossover Components

**Component Values:**

Crossover components

- C1 = 3,01  $\mu\text{F}$
- C2 = 6,03  $\mu\text{F}$
- C3 = 9,05  $\mu\text{F}$
- C4 = 2,01  $\mu\text{F}$
- L1 = 0,23 mH
- L2 = 1,03 mH
- L3 = 0,69 mH
- L4 = 0,34 mH

Tweeter 10,24 dB L-Pad

- R1 = 5,54 ohms
- R2 = 2,55 ohms

# ZVUCNIKA SPEAKERSHOP

**SpeakerShop Crossover Module 1.0**

File Edit Loudspeaker Crossover Load Compensation Options

**2-Way 4th-Order (24 dB/octave) Crossover**

Linkwitz-Riley

Tweeter: a  
Woofers: WS13E

Lower  
X-over: 3500 Hz

Calculate Crossover Components

**Component Values:**

L1 = 0,23 mH  
L2 = 1,03 mH  
L3 = 0,69 mH  
L4 = 0,34 mH

Tweeter 10,24 dB L-Pad  
R1 = 5,54 ohms  
R2 = 3,55 ohms

Woofers Impedance Equalization  
C = 7,89  $\mu$ F  
R = 9,75 ohms

**Load Compensation**

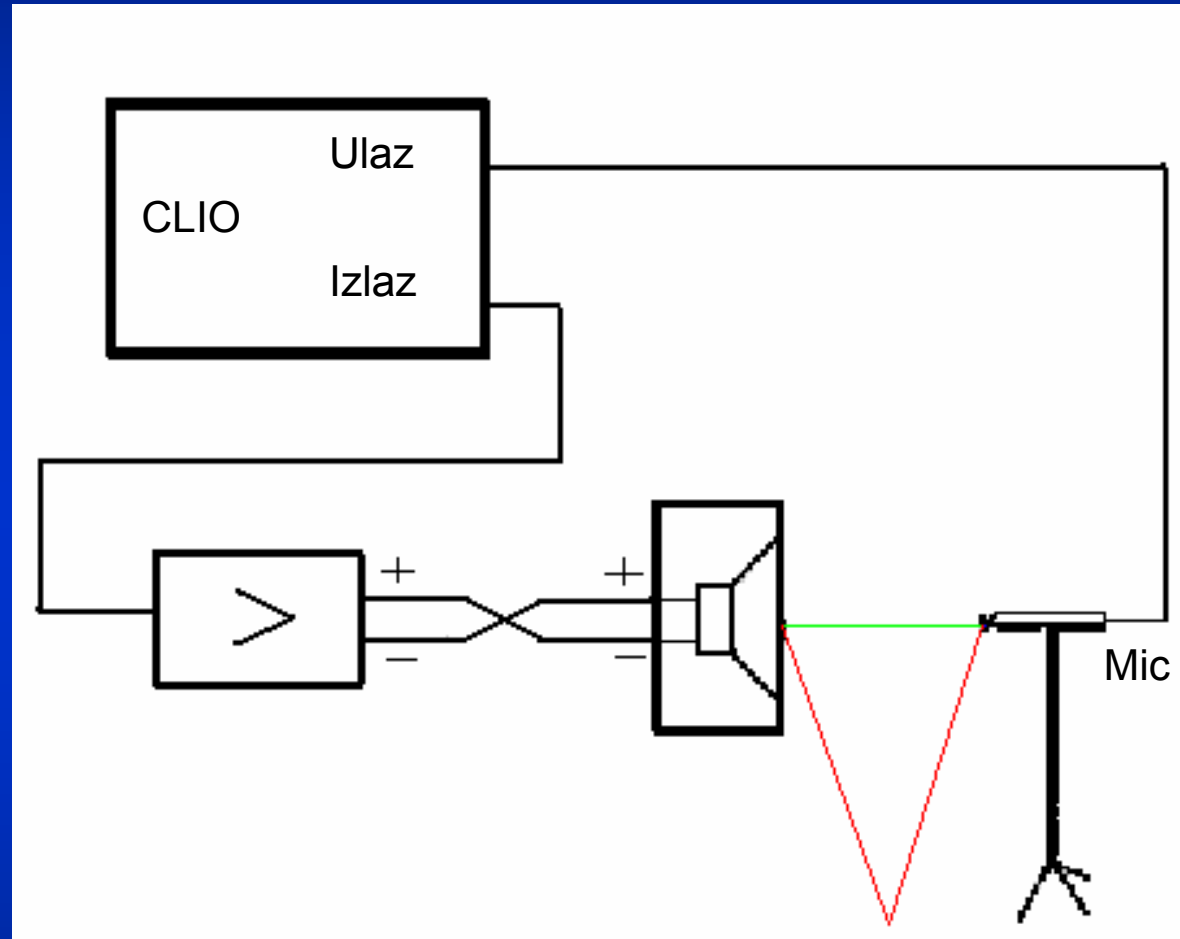
**Impedance Equalization**

woofer  midrange  tweeter

C = 7,89  $\mu$ F  
R = 9,75 ohms



# POSTUPAK MJERENJA SUSTAVA



# REZULTATI MJERENJA SUSTAVA

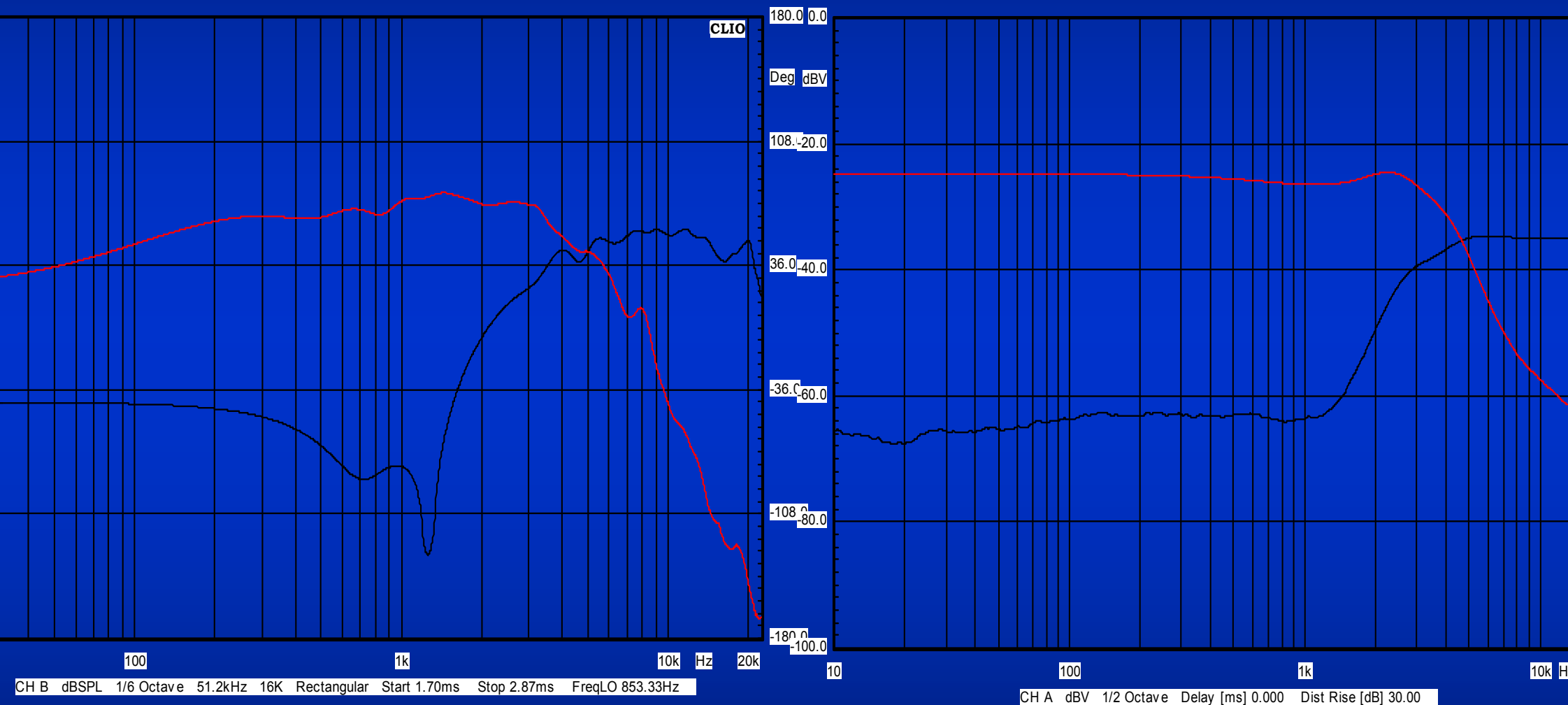
MLS - Frequency Response

21. 12. 04 18.26.55

ellab

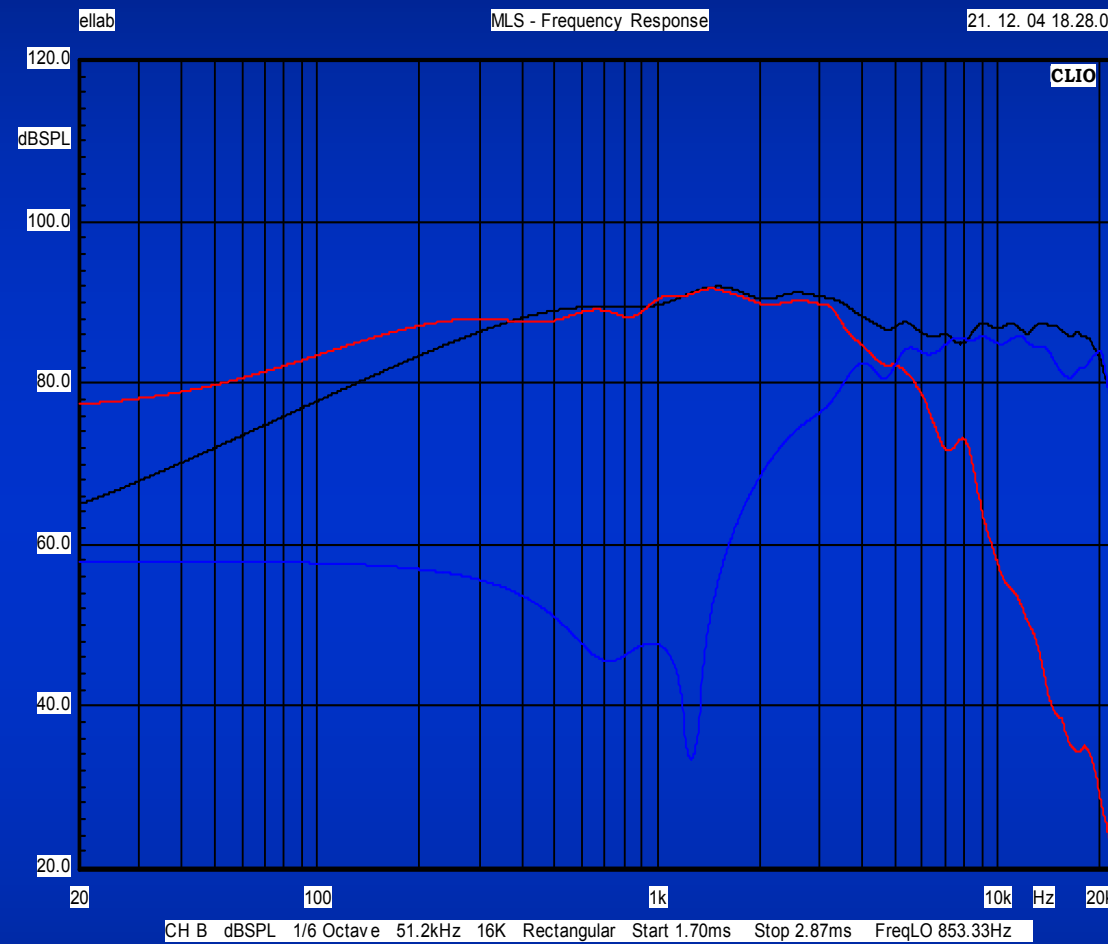
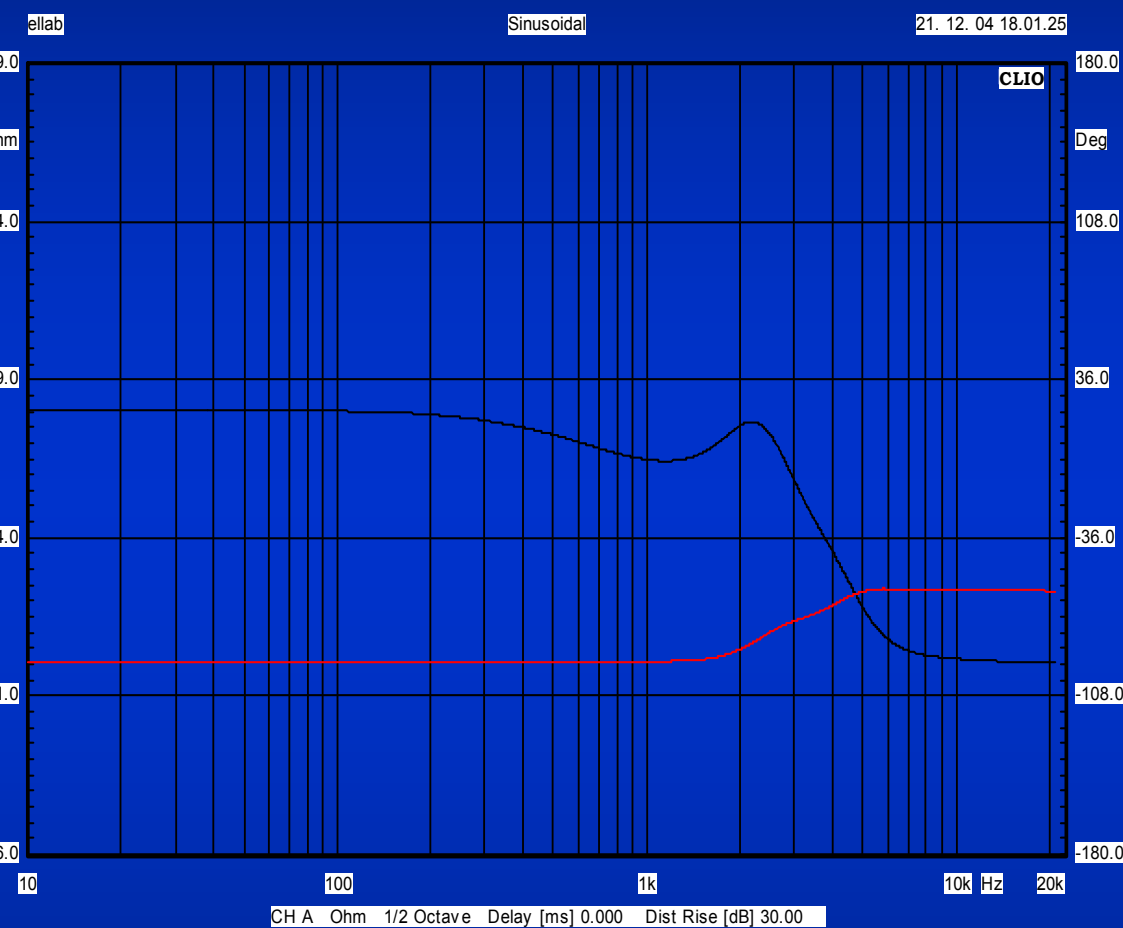
Sinusoidal

21. 12. 04



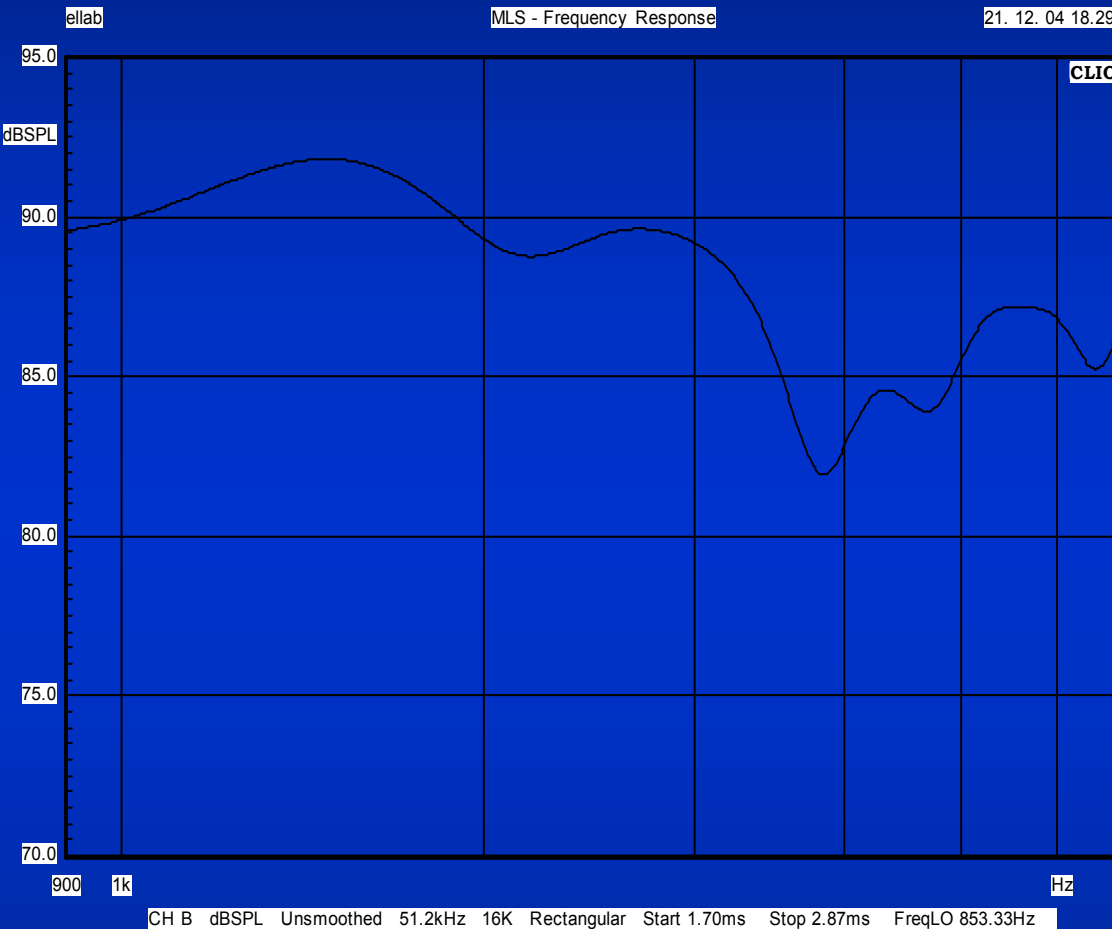
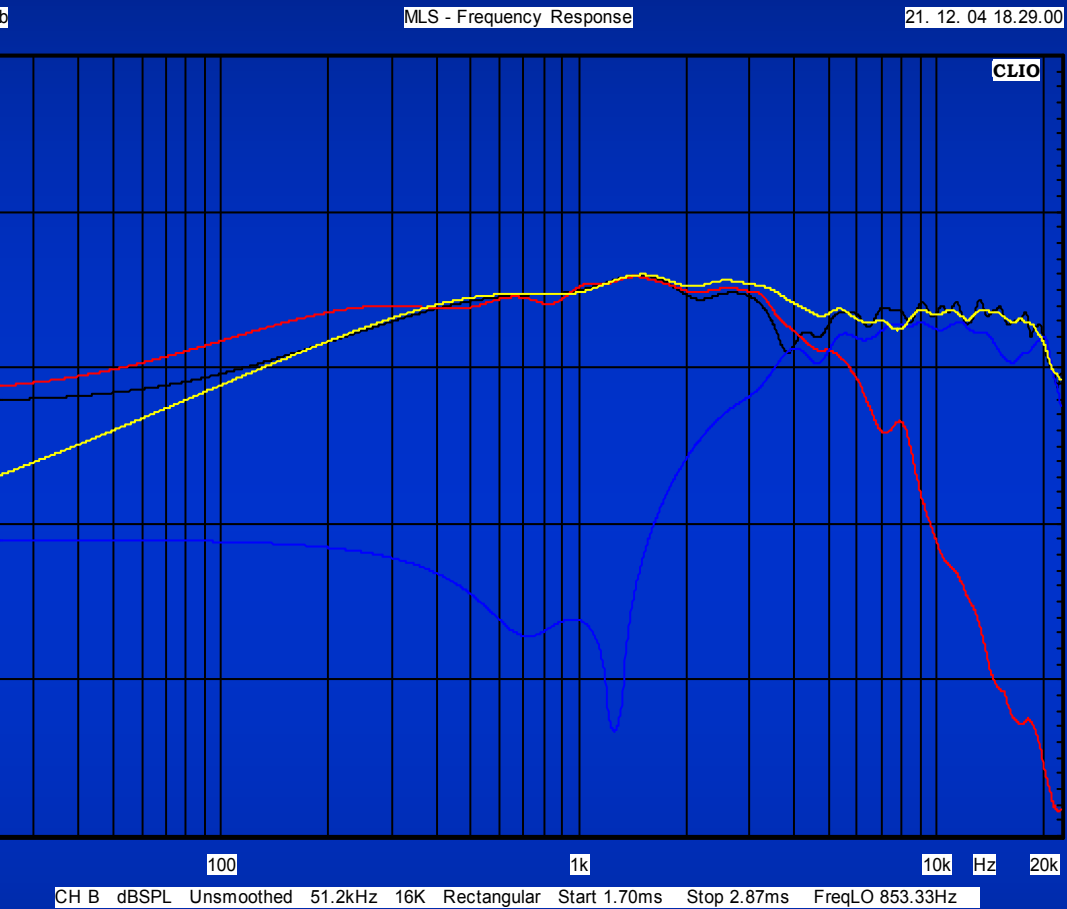
ki frekvencijski odziv skretnice s basom (crveno) i s VF (crno)

Frekvencijski odziv bas sekcije (crveno) i VF sekcije



Modul impedacije bas sekcije (crno) i VF sekcije (crveno)

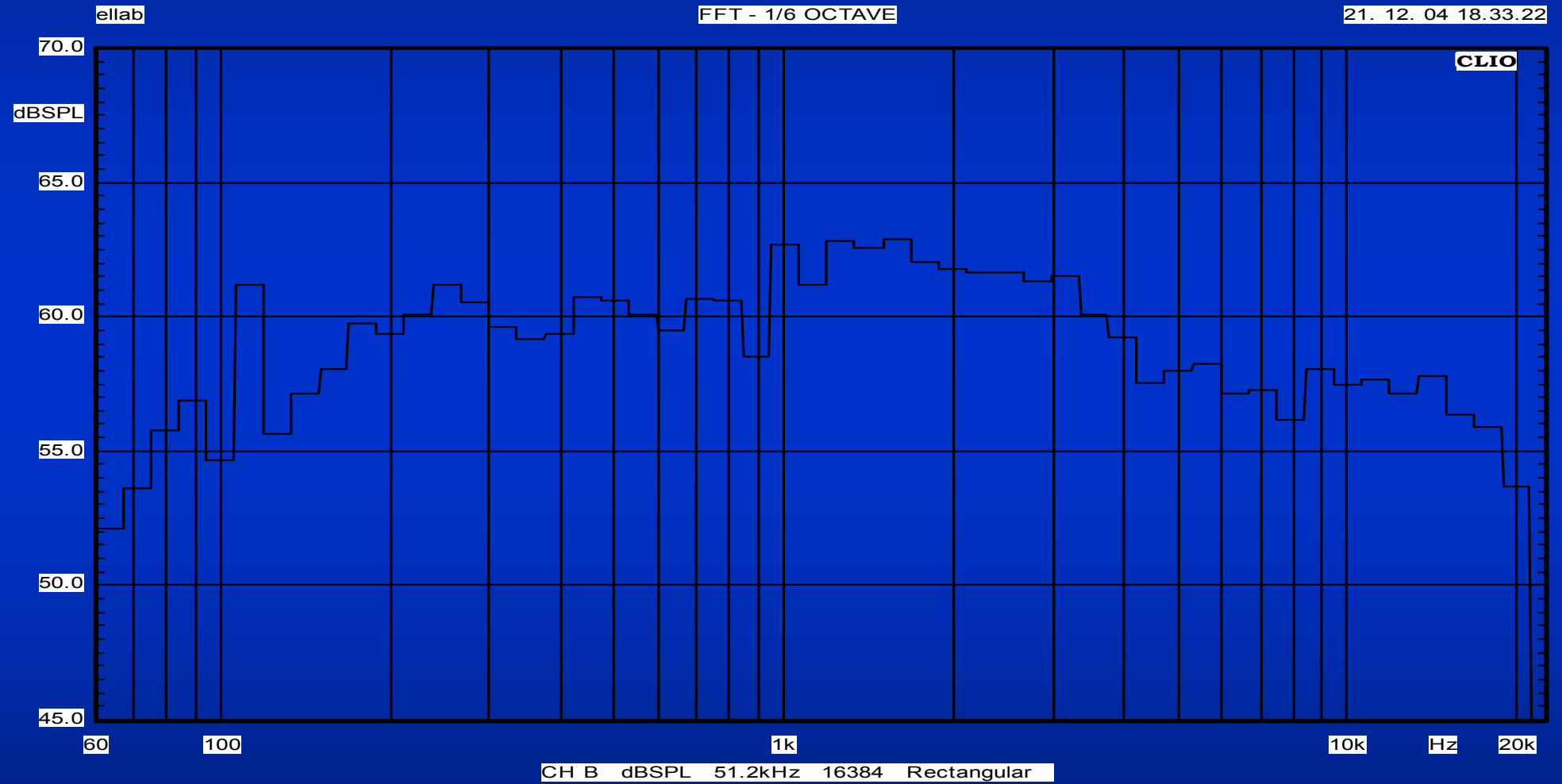
Frekvencijski odziv sistema u fazi



Frekvenciski odziv sistema u protufazi

Protufaza

# FFT Frekvencijski odziv sistema



# ZAKLJUČAK

- Zadaća skretnice je da sve ostale frekvencije priguši na mjeru koja neće predstavljati poteškoće pri radu sustava, pritom omogućava da sva zvučnik dobije samo one frekvencije za koje je i namjenjen.
- U praksi, odrezivanje frekvencije ne može biti neograničeno oštro, nego uvijek postoji tzv. *zona preklapanja*.
- Skretnicom se mogu uskladiti odzivi svih zvučnika u zvučničkom sustavu.