

Klarinét fizikai modell alapú szintézise



Konzulensek:

Bank Balázs

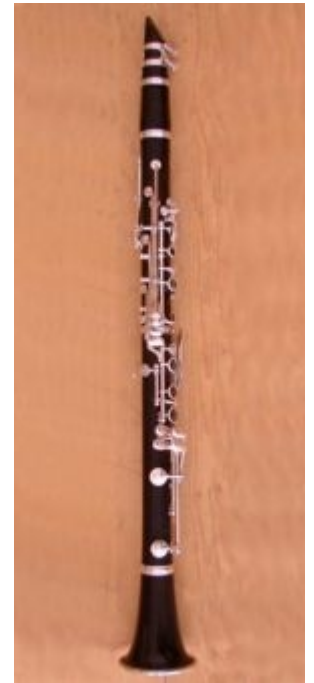
Sujbert László

Szintézis

- Jelmodell alapú szintézis
 - Modell a hangszer hangja alapján
 - Pl.: PCM vagy additív szintézis
- Fizikai modell alapú
 - A hangszer rezgő rendszer
 - Hangszer főbb részei → modell blokkjai

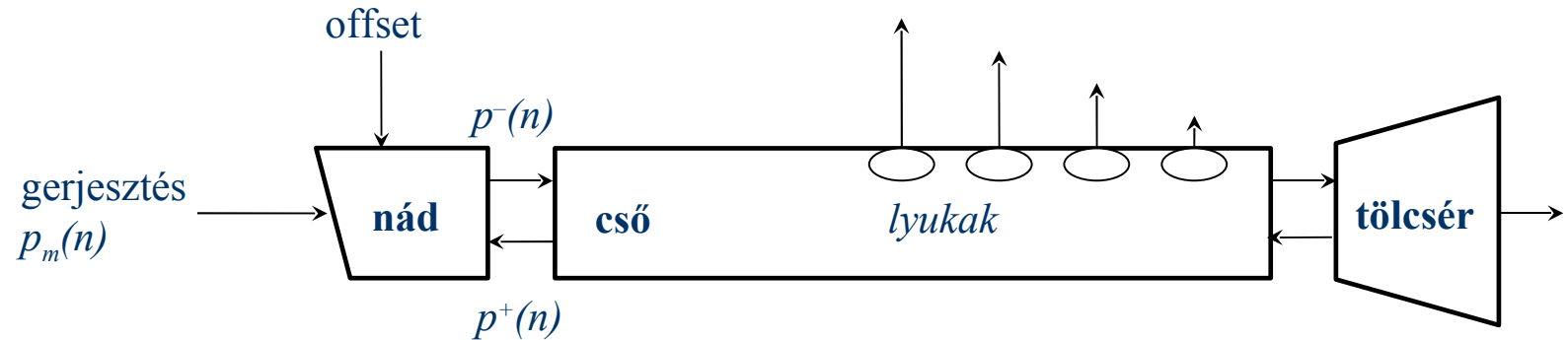
Klarinét

- Nádnyelves, egynyelvű nádsípval működő fúvós hangszer
- Alaphang: B (~ 116 Hz)
- Cső keresztmetszete: $S = 14,5$ mm
- Hossza: 67 cm



Fizikai modell

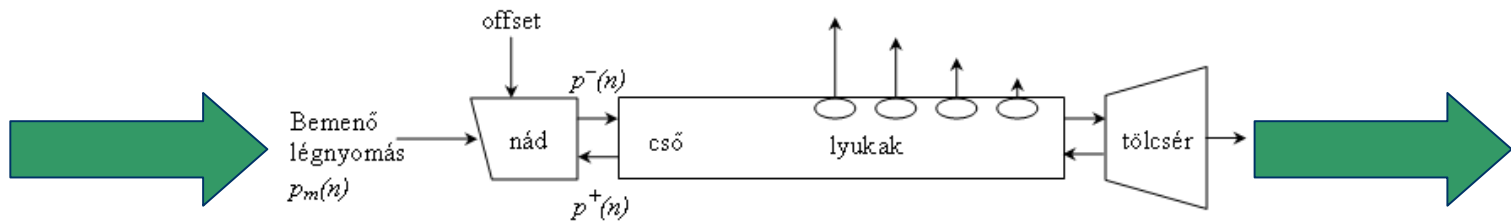
- Fafúvós hangszer sematikus modellje



gerjesztés – rezonátor – sugárzó

Fő változó

- Fújáskor nyomással gerjesztjük a hangszert
- A kimeneten a nyomás kelti a hangot
- Legyen a fő változónk a **nyomás!**
(ami feszültség típusú mennyiség)



Levegőoszlop modellezése

- A hang a levegőoszlop rezgőmozgásából ered
- Levegőoszlop hullámegyenlete:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

- Az egyenlet megoldása:

$$p(x, t) = f_1(x - ct) + f_2(x + ct)$$

Egyéb paraméterek

- Levegőoszlop hullámimpedanciája:

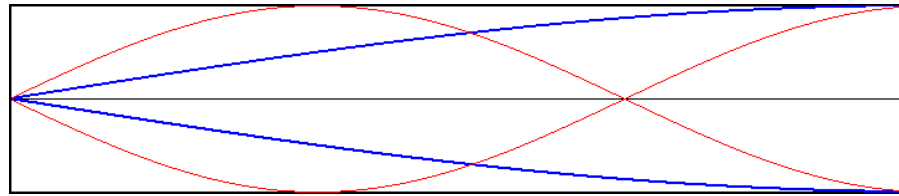
$$Z_0 = \frac{\rho c}{S}$$

- Lezárás impedanciája:

$$Z = \frac{p(\omega)}{q_v(\omega)}$$

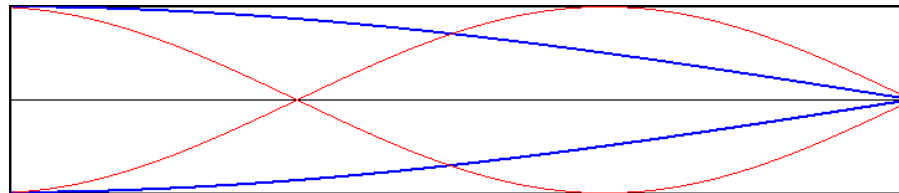
Cső fizikája

- Kitérés/sebességeloszlás



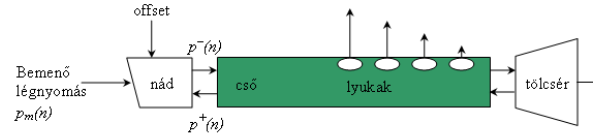
- Nyomáseloszlás

Reflexió:
+1



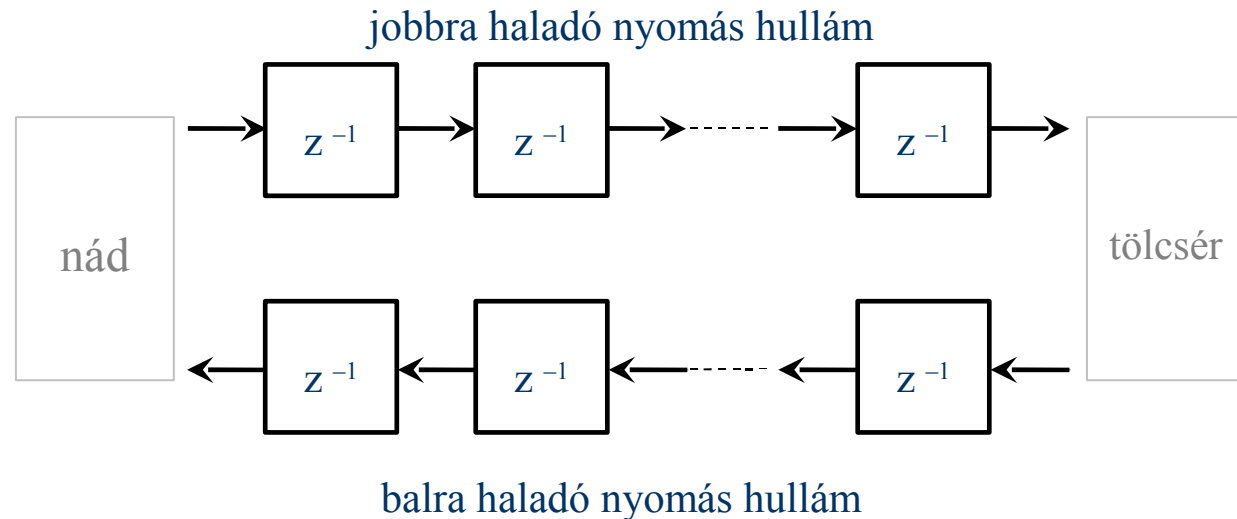
Reflexió:
-1

$$f_o \approx \frac{c}{\lambda} \approx \frac{c}{4l} = 126,87 \text{ Hz} \sim 116 \text{ Hz}$$

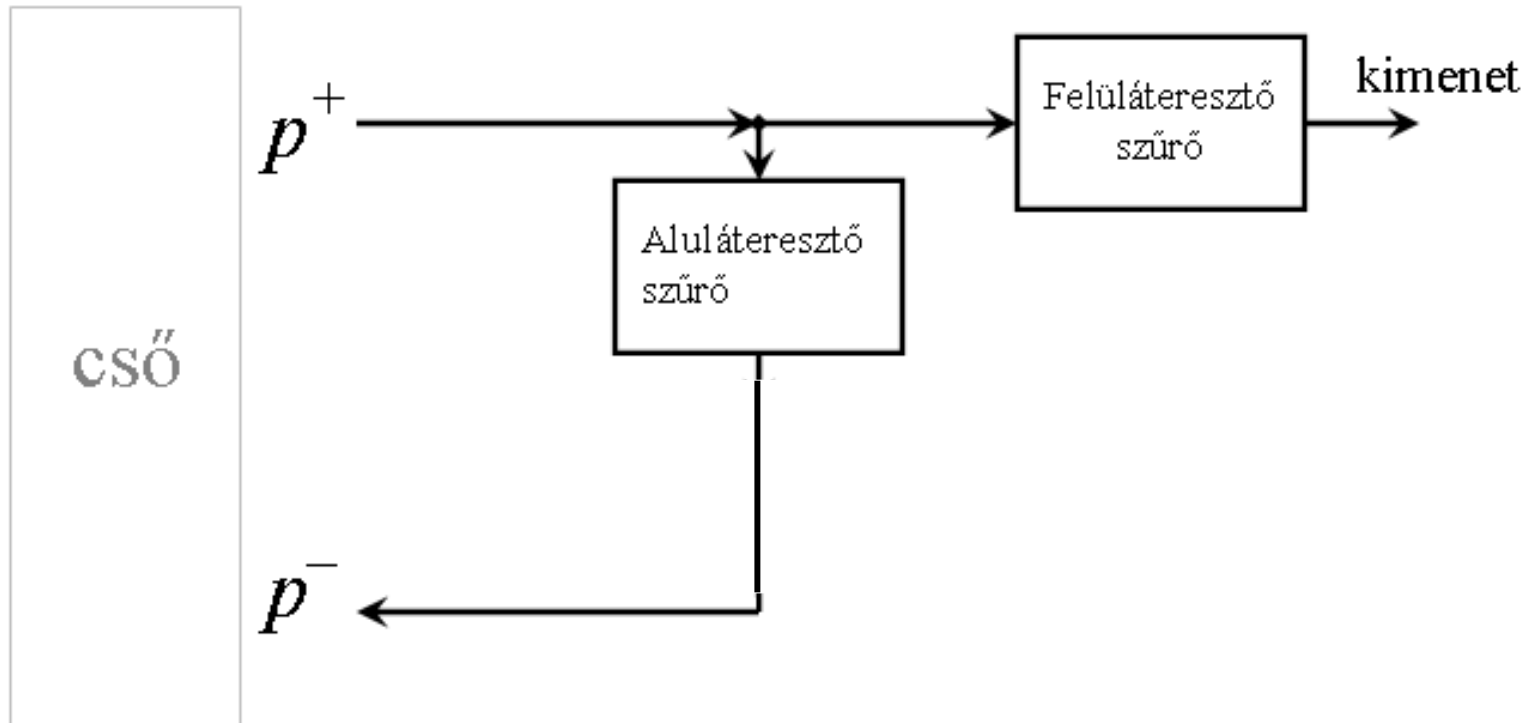
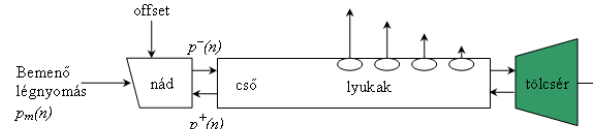


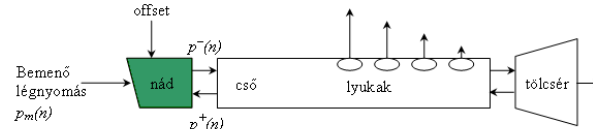
A cső (rezonátor)

- Emlékeztető: $p(x, t) = f_1(x - ct) + f_2(x + ct)$
- A levegőoszlop kettős késleltető vonallal modellezhető



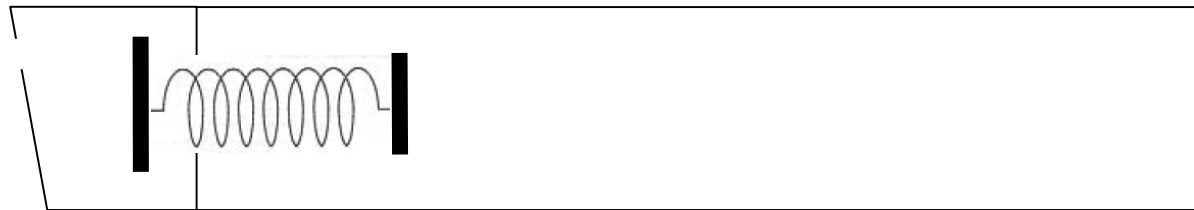
A tölcsér (sugárzó)



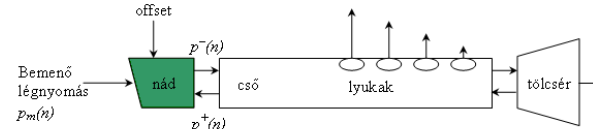


A nád (gerjesztés)

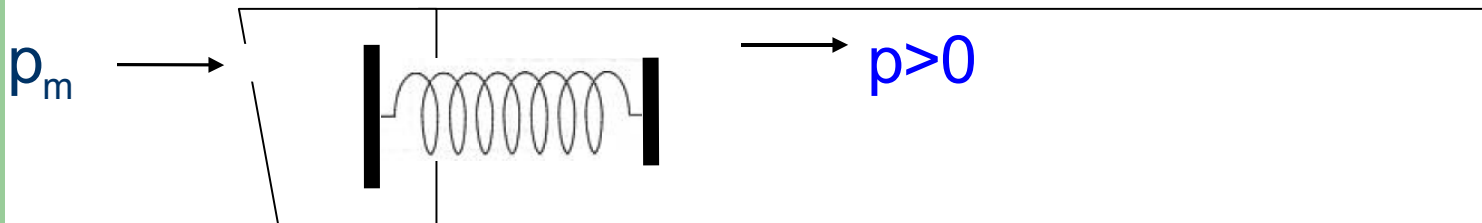
- A gerjesztés így modellezhető:
 - Rugós szelep
 - Bemeneti nyomás (p_m)



A nád (1.)

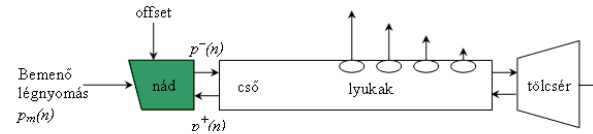


- Nyomással gerjesztjük a hangszert (p_m)
- A szelep bezáródik

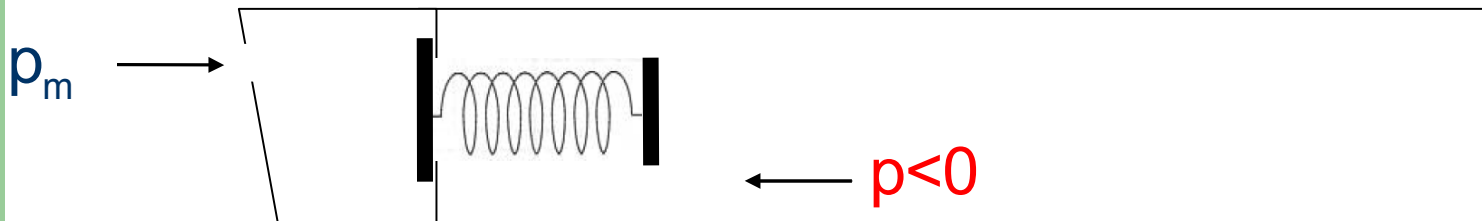


- A cső végén „-1”-szeres reflexió

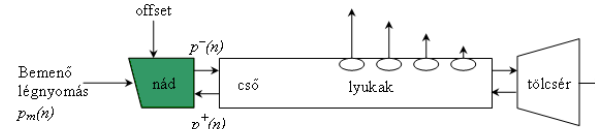
A nád (2.)



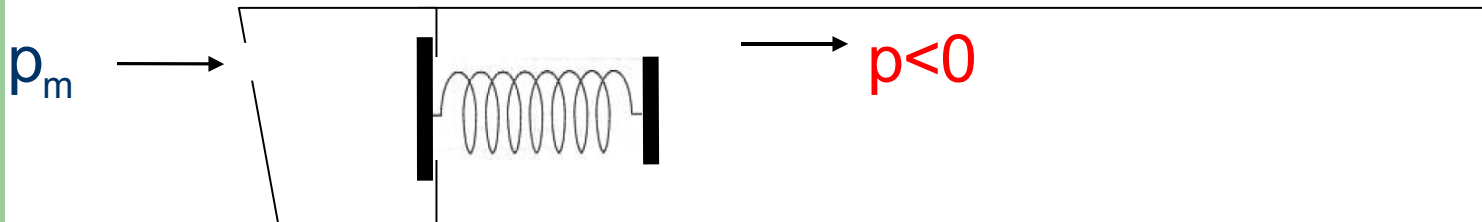
- A szelep zárva marad
- A zárt szelepnél „+1”-szeres reflexió



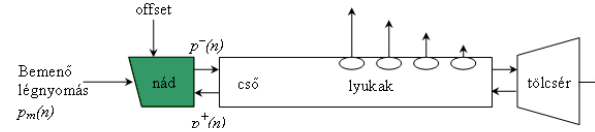
A nád (3.)



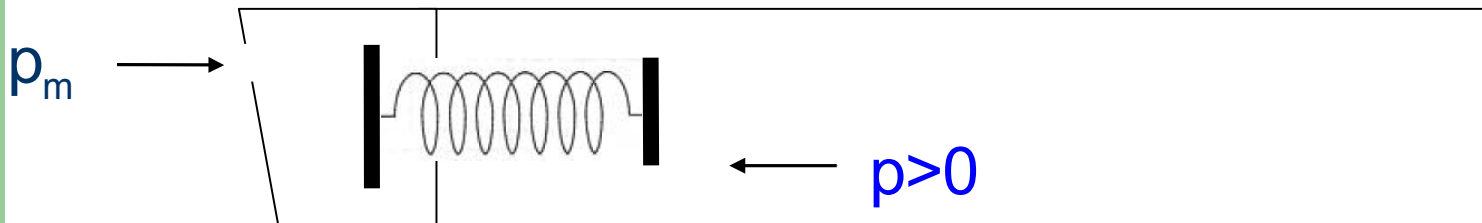
- A cső végén „-1”-szeres reflexió

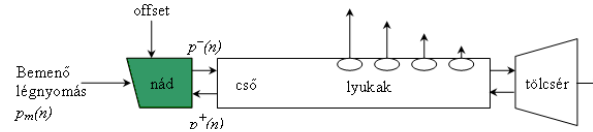


A nád (4.)



- A visszaérkező pozitív előjelű nyomás ismét kinyitja a szelepet

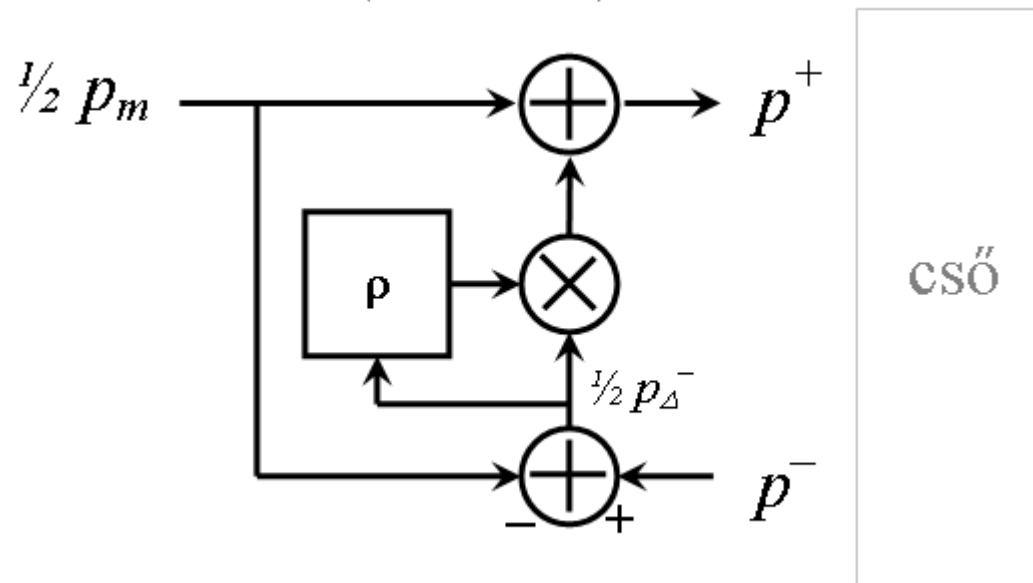




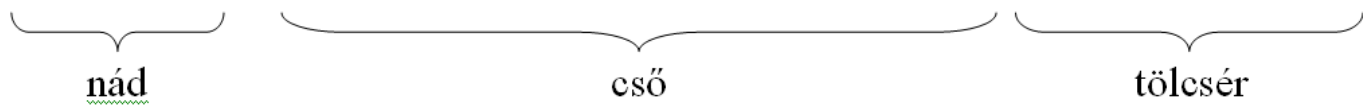
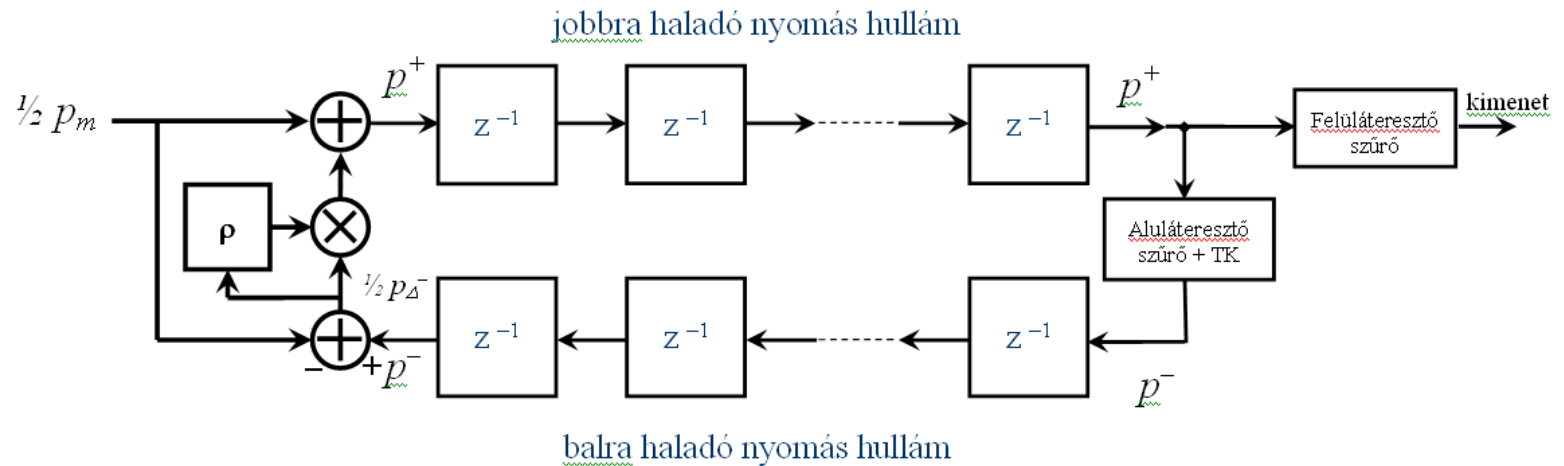
A nád (összegzés)

- A gerjesztés az alábbi egyenlettel írható le:

$$p^+ = \rho \cdot \left(p^- - \frac{p_m}{2} \right) + \frac{p_m}{2}$$



Klarinét waveguide modellje

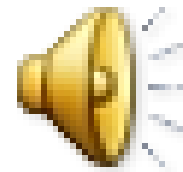


Modell megvalósítása Matlabban

- A folyamatábra programozása „Matlab”-ban
- Bemenet: *hangmagasság, dinamika, ritmus*
- Kimenet: *nyomás a tölcséernél* (output)

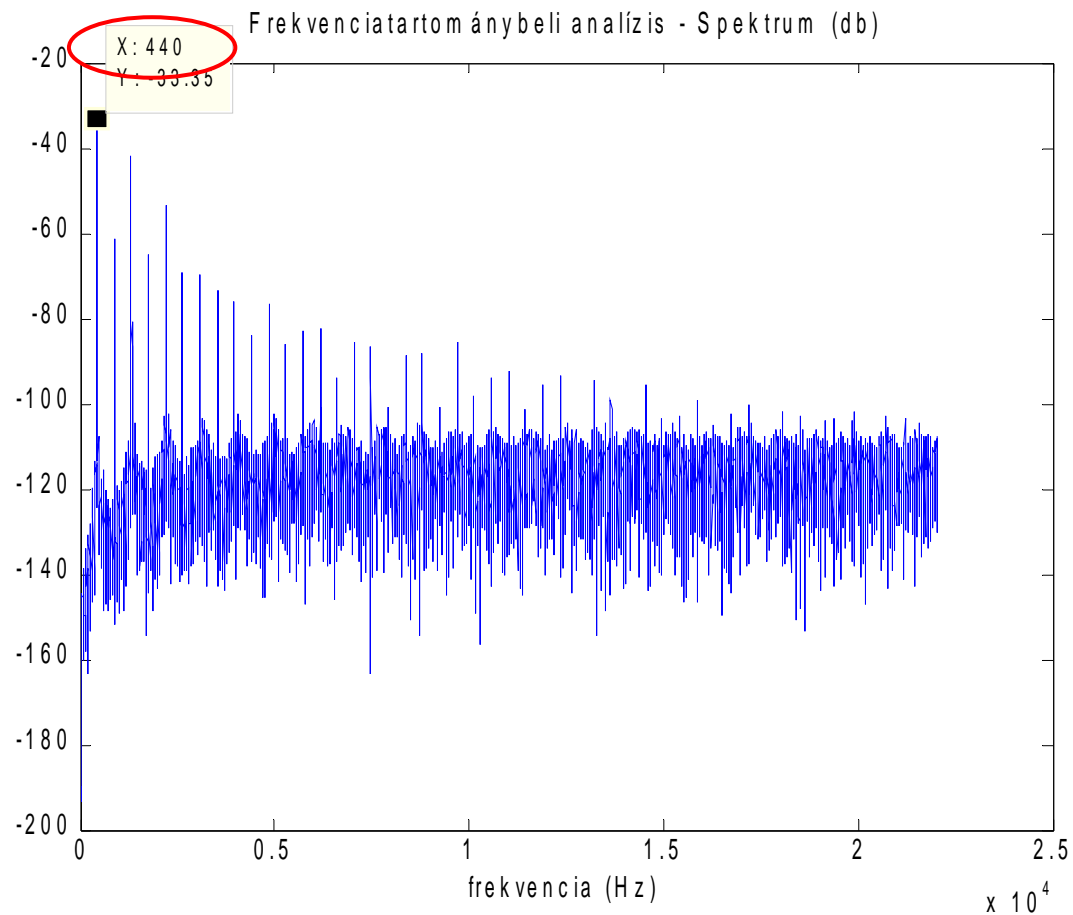
%meghallgatjuk

```
>>soundsc(output,44100);
```



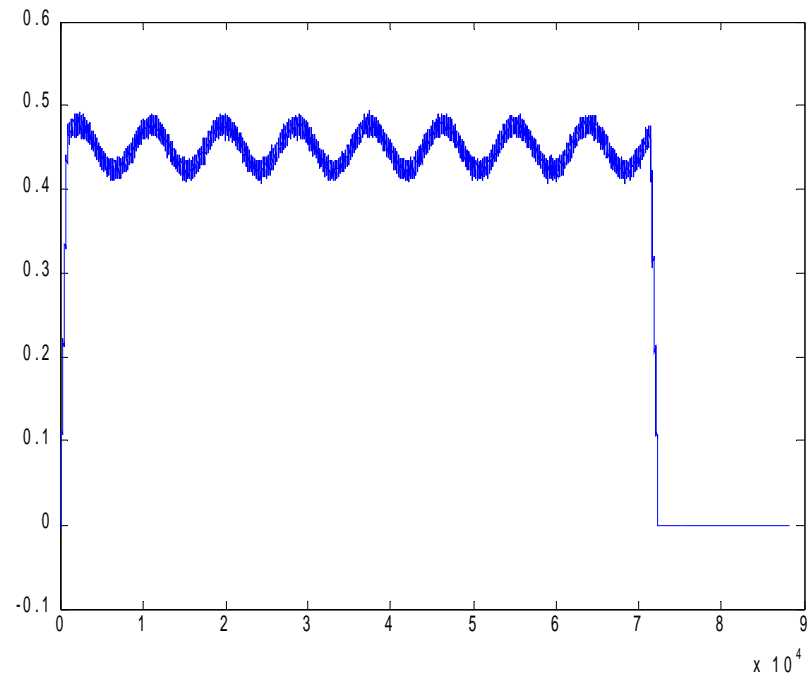
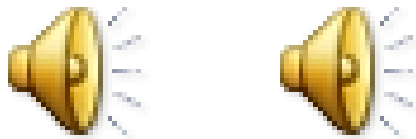
Klarinét által kiadott „a” hang...

A kimenet spektruma



Egyéb paraméterek (kiegészítés)

- Gerjesztés
 - Zaj
 - 5 Hz-es szinusz
 - Felfutás, lefutás végesen meredek



Összegzés

- Népdal lejátszása a modell segítségével
- Modell továbbfejlesztésének lehetősége:
 - Lyukak, lefogási módok modellezése
- Köszönöm a figyelmet!

