

# 5-csatornás full-parametrikus EQ megvalósítása

Jedla Martin (DEC4F6)

2023/24 őszi félév

## Feladat

Valósítson meg C++ nyelven egy parametrikus EQ-t. Az EQ legyen 1 elsőfokú lowshelf, egy elsőfokú high-shelf és három peak mindentáteresztő-alapú szűrő. Állítható paraméterek: Törésponti/center frekvencia, erősítés és sáv szélesség mindegyik szűrőnél (shelf-nél természetesen nincs sáv szélesség).

## Bevezetés

A hangszínszabályzó a zenei jelfeldolgozás egyik alapvető eszközei, melyek segítségével tudjuk a frekvenciartományt olyan módon alakítani és módosítani, hogy az megfeleljen az igényeinknek. Alapvető szerepet játszanak a hang tonális karakterisztikájának kialakításában, lehetővé téve bizonyos frekvenciák vagy frekvenciartományok kiemelését illetve elnyomását.

Széles felhasználási körük még jobban megerősíti a jelentőségüket: a zeneipar, élő hangosítás, műsorszórás és az otthoni audiorendszerek szerves részét képezik.

## Általános felépítés

A hangszínszabályzó egy lowshelf, egy highshelf és három peak szűrőt tartalmaz. A lowshelf és a highshelf szűrőnek állítható paraméterei az erősítés és a törésponti frekvencia, a peak szűrőknek pedig az erősítés, a center frekvencia és a sáv szélesség, ahogyan a feladat kéri. Paraméterei a kezelői felületen megjelenő csúszkákkal állíthatóak be.

## Megvalósítás

A szűrőket első- és másodfokú mindentáteresztő szűrőkkel valósítottam meg, mert így könnyen meg lehet valósítani a paraméterezést. Ezek segítségével könnyen paraméterezhetőek lesznek.

## Mindentáteresztő szűrő

A mindentáteresztő szűrő egy olyan típusú végtelen impulzusválaszú (*Infinite Impulse Response - IIR*) szűrő, amelynek az amplitúdókarakterisztikája konstans, és a fáziskarakterisztika a fókuszálással megegyező mennyiségű paraméterrel tudjuk állítani. Az átviteli függvénye:

$$Y(z) = \frac{a_N + a_{N-1}z^{-1} + \dots + z^{-N}}{1 + a_1z^{-1} + \dots + a_Nz^{-N}}$$

### Elsőfokú mindentáteresztő szűrő

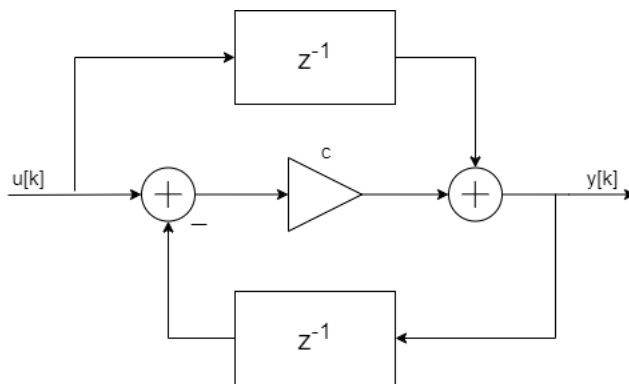
Az elsőfokú mindentáteresztő szűrő átvitelének  $c$  paraméter segítségével meg tudjuk adni a törésponti frekvenciáját:

$$H(z) = \frac{c + z^{-1}}{1 + cz^{-1}} \quad (1)$$

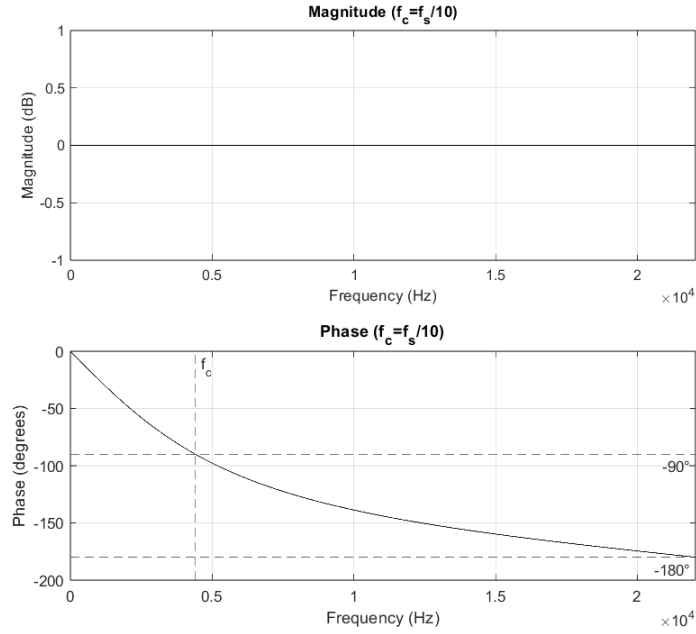
$$y[k] = cu[k] + u[k-1] - cy[k-1] \quad (2)$$

$$c = \frac{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) - 1}{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) + 1} \quad (3)$$

ahol  $f_c$  a törésponti frekvencia és  $f_s$  a mintavételi frekvencia.



1. ábra. Az elsőfokú mindentáteresztő szűrő blokkvázlata



2. ábra. Az elsőfokú mindentáteresztő szűrő átviteli függvénye

### Másodfokú mindentáteresztő szűrő

A másodfokú mindentáteresztő szűrő átvitelének  $c$  és  $d$  paraméter segítségével meg tudjuk adni a center frekvenciáját és a sávszélességét:

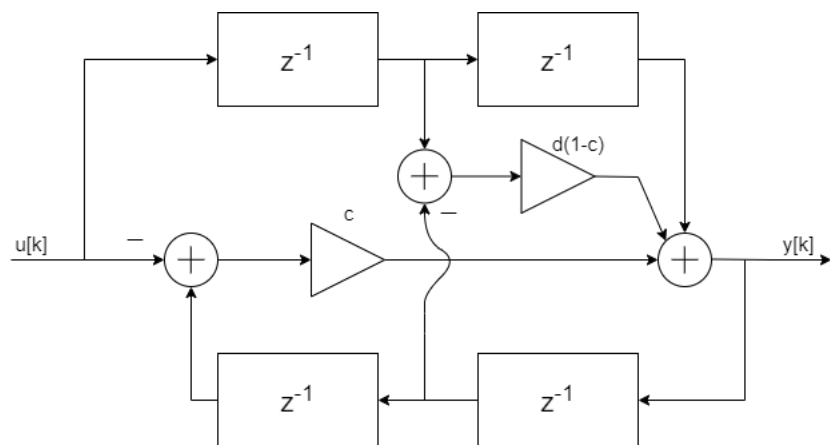
$$H(z) = \frac{-c + d(1 - c)z^{-1} + z^{-2}}{1 + d(1 - c)z^{-1} - cz^{-2}} \quad (4)$$

$$y[k] = -cu[k] + d(1 - c)u[k - 1] + u[k - 2] - d(1 - c)y[k - 1] + cy[k - 2] \quad (5)$$

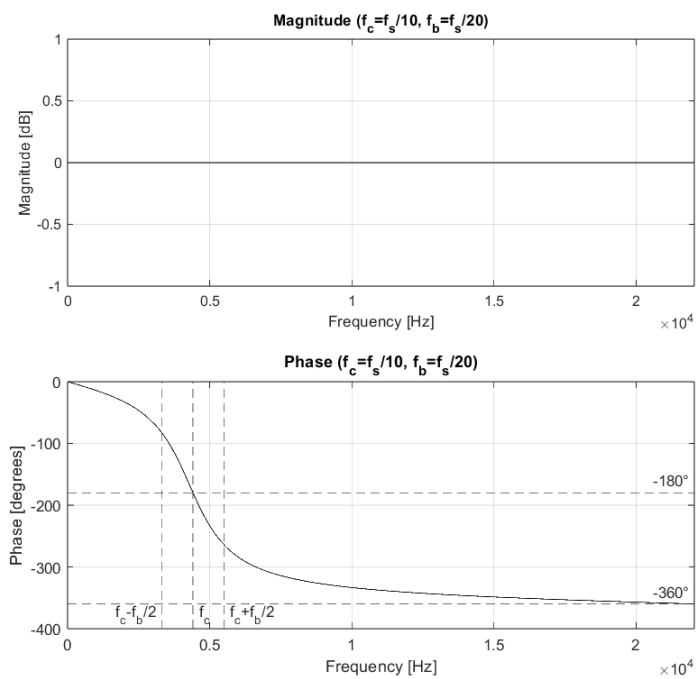
$$c = \frac{\tan(\pi \frac{f_b}{f_s}) - 1}{\tan(\pi \frac{f_b}{f_s}) + 1} \quad (6)$$

$$d = \cos(2\pi \frac{f_c}{f_s}) \quad (7)$$

ahol  $f_c$  a törésponti frekvencia,  $f_b$  a sávszélesség és  $f_s$  a mintavételi frekvencia.



3. ábra. A másodfokú mindentátereztő szűrő blokkvázlata



4. ábra. A másodfokú mindentátereztő szűrő átviteli függvénye

## Lowshelf és highshelf szűrő

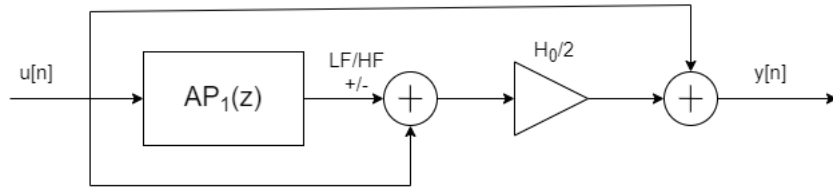
A lowshelf és highshelf szűrők hangszínszabályzó szűrő típusok, amelyekkel a törésponti frekvenciájuk alatt vagy felett tudjuk állítani a frekvenciák kiemelését illetve elnyomását. Könnyen megvalósíthatóak elsőfokú mindentáteresztő szűrőből, aminek köszönhetően a törésponti frekvenciájuk ( $f_c$ ) állítható lesz:

$$H(z) = 1 + H_0 H_{LP/HP}(z) = 1 + \frac{H_0}{2}(1 + \pm AP_1(z)) \quad (LP/HP \quad + / -) \quad (8)$$

$$H_0 = V_0 - 1 \quad V_0 = 10^{G/20} \quad (9)$$

ahol  $G$  az erősítés dB-ben, amivel tudjuk a törésponti frekvencia alatt/felett állítani a frekvenciák kiemelését,  $AP_1(z)$  az elsőfokú mindentáteresztő szűrő:

$$H(z) = \frac{c_{B/C} + z^{-1}}{1 + c_{B/C}z^{-1}} \quad (10)$$



5. ábra. A lowshelf és highshelf szűrő blokkvázlata

A törésponti frekvencia paraméterek,  $c_B$  (boost) és  $c_C$  (cut) meghatározása a lowshelf szűrőnek:

$$c_B = \frac{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) - 1}{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) + 1} \quad (11)$$

$$c_C = \frac{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) - V_0}{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) + V_0} \quad (12)$$

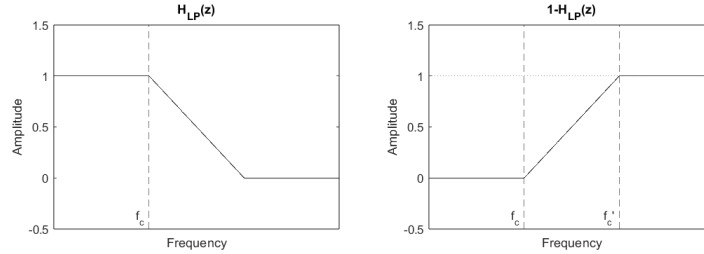
A törésponti frekvencia paraméterek,  $c_B$  (boost) és  $c_C$  (cut) meghatározása a highshelf szűrőnek:

$$c_B = \frac{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) - 1}{\tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) + 1} \quad (13)$$

$$c_C = \frac{V_0 \tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) - 1}{V_0 \tan(\pi \frac{f_c}{f_s}) + 1} \quad (14)$$

A törésponti paraméter meghatározásában azért van szükség korrekcióra, hiszen ha az erősítés negatív dB értékű, akkor az aluláteresztő vagy felüláteresztő

szűrő átvitelét "kivonjuk" a konstans átvitelből, ekkor a törésponti frekvencia elmozdul:



6. ábra. Az aluláteresztő szűrő átviteli függvénye, és ez a konstans átvitelből "kivonva"

### Peak szűrő

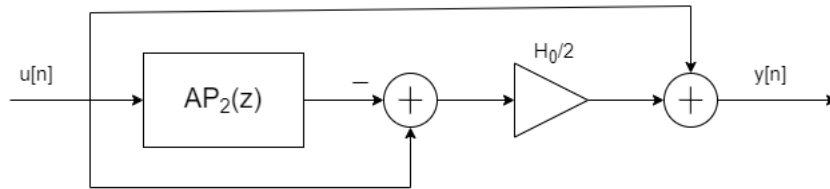
A peak szűrő hangszínszabályzó szűrő típus, amely a center frekvenciájuk környezetében tudjuk állítani a frekvenciák kiemelését illetve elnyomását, a sáv szélességét a jósági tényező befolyásolja. Könnyen megvalósítható másodfokú mindentátersztő szűrőből, aminek köszönhetően a center frekvenciájuk ( $f_c$ ) és a sáv szélességük ( $f_b$ ) állítható lesz:

$$H(z) = 1 + H_0 H_{BP}(z) = 1 + \frac{H_0}{2} (1 - AP_2(z)) \quad (15)$$

$$H_0 = V_0 - 1 \quad V_0 = 10^{G/20} \quad (16)$$

ahol  $G$  az erősítés dB-ben,  $AP_2(z)$  a másodfokú mindentátersztő szűrő:

$$H(z) = \frac{-c_{B/C} + d(1 - c_{B/C})z^{-1} + z^{-2}}{1 + d(1 - c_{B/C})z^{-1} - c_{B/C}z^{-2}} \quad (17)$$



7. ábra. A peak szűrő blokkvázlata

A center frekvenciát és sáv szélességet meghatározó paraméterek,  $c_B$  (boost),  $c_C$  (cut) és  $d$  meghatározása a peak szűrőnek:

$$c_B = \frac{\tan(\pi \frac{f_b}{f_s}) - 1}{\tan(\pi \frac{f_b}{f_s}) + 1} \quad (18)$$

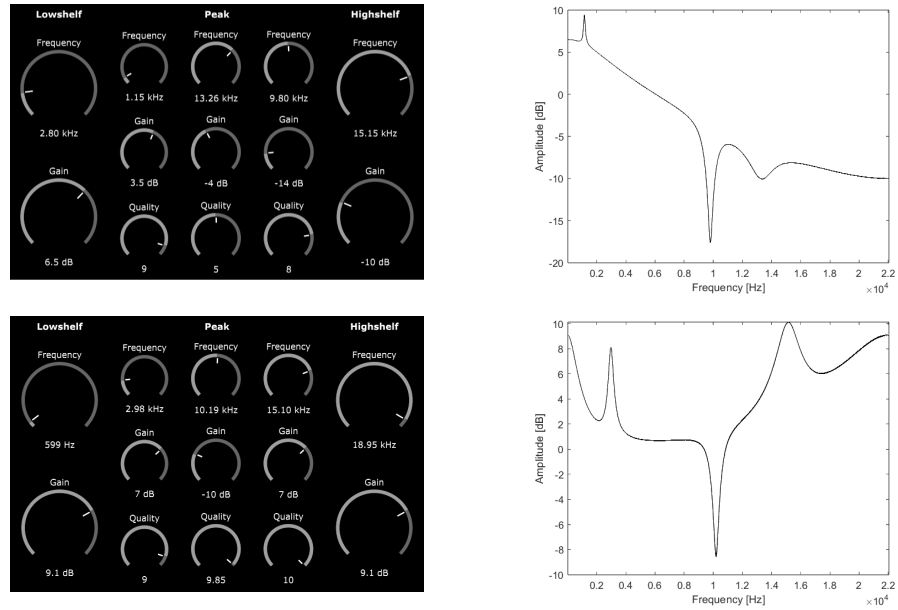
$$c_C = \frac{\tan\left(\pi \frac{f_b}{f_s}\right) - V_0}{\tan\left(\pi \frac{f_b}{f_s}\right) + V_0} \quad (19)$$

$$d = \cos\left(2\pi \frac{f_c}{f_s}\right) \quad (20)$$

ahol  $f_c$  a center frekvencia,  $f_b$  a center frekvencia körüli sávszélesség.

A sávszélesség paraméter meghatározásában azért van szükség korrekcióra, hiszen ha az erősítés negatív dB értékű, akkor a sáváteresztő szűrő átvitelét  $H_0$ -val megszorozva "kivonjuk" a konstans átvitelből. Ekkor  $H_0$  számításából adódóan kell korrigálni, hiszen például -20dB átvitelnél a  $H_0$  értéke -0.9 lesz, így az átvitel egy nagy negatív dB érték lenne.

## Tesztelés



8. ábra. Az átvitel értékek megfelelnek a beállításoknak

## Hivatkozások

- [1] Udo Zölzer, szerk. *DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition*. John Wiley & Sons, Ltd., 2011, 52–57. old.
- [2] Udo Zölzer, szerk. *DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition*. John Wiley & Sons, Ltd., 2011, 62–64. old.
- [3] Udo Zölzer, szerk. *DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition*. John Wiley & Sons, Ltd., 2011, 64–67. old.