

# Választható házi feladatok a Zenei Jelfeldolgozás c. tárgyból

## 1. Valós idejű effektek (C++, MATLAB)

### C/M-1 5-csatornás full-parametrikus EQ megvalósítása

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).

*Ellenőrző pont: másodfokú mindentáteresztő szűrő megvalósítása.*

### C/M-2 Késleltető alapú effekt megvalósítása

Valósítson egy késleltető alapú multieffekt-et C++ nyelven. Az effekt a következőket tartalmazza: Delay (0-1 sec), Multi-tap delay (3 független Delay), chorus és flanger. Ez utóbbi két esetben a Delay hossza 0-25 ms, a moduláló jel pedig 0,1-1 Hz szinuszos (flanger) illetve kisfrekvenciás zaj.

*Ellenőrző pont: kisfrekvenciás szinuszos jel és aluláteresztő-szűrt zaj előállítás.*

### C/M-3 Zengető megvalósítása

Valósítson meg 8x8-es Feedback Delay Network (FDN) alapú zengetőt. A korai visszaverődéseket FIR szűrővel modellezze. Az FDN A mátrix és további paramétereinek meghatározásához irodalmat adunk.

*Ellenőrző pont: Aluláteresztőn keresztül visszacsatolt késleltetővonal megvalósítása.*

### C/M-4 Lépcsős jellel vezérelt szűrő megvalósítása

Valósítson meg vezérelt negyedfokú rezonáns szűrőt. Alul- és feluláteresztő szűrés között lehessen választani, állítható paraméter a vágási frekvencia és a jóság tényező (rezonancia). A vágási frekvencia LFO-val (szinuszos-, háromszög- vagy négyszögjel vezérelhető), ill. analóg szekvenszerekhez hasonlóan 16 lépéses lépcsős jellel legyen vezérelhető. Állítható paraméter a modulációs mélység, az LFO frekvenciája, a 16 lépéses jel egyes lépéseinek nagysága és a lépegetés sebessége.

*Ellenőrző pont: negyedfokú aluláteresztő szűrő megvalósítása.*

### C/M-5 Nemlineáris multieffekt megvalósítása

Valósítson meg Compressor/Expander-t és zajzárát. A változtatható paraméterek (logaritmikus skálán):

Compressor/Expander:

attack time for rms detection: 5 msec

release time for rms detection: 130 msec

attack time for C/E: 0,16-2600 msec

release time for C/E: 1-5000 msec

Zajzár:

Threshold: -10 - -60 dB

Attack: 10-100 ms

Release: 100-5000 msec

*Ellenőrző pont: RMS-detektálás és kompresszor-karakterisztika megvalósítása.*

### **C/M-6 Nemlineáris gitáreffekt megvalósítása**

Paraméterezhető statikus nemlinearitás (torzító) modellezése. Az átlapolódó komponensek csökkentése céljából az effekt fusson magasabb mintavételi frekvencián, azaz a bemenőjelet interpolálja, majd feldolgozás után decimálja. Az interpoláló és decimáló szűrőket MATLAB segítségével tervezze.

*Ellenőrző pont: statikus karakterisztika megvalósítása túlmintavételezés nélkül.*

### **C/M-7 Polifonikus additív szintézis az időtartományban**

A program legyen alkalmas lecsengő és kitarzott hangok modellezésére. A hangot tetszőleges burkológörbével vezérelt szinuszból állítsa elő (dinamikusan változtatható mennyiségű felhang). A 10ms-onként eltárolt burkológörbe pontok között lineárisan interpoláljon. A burkológörbét ill. frekvenciákat MATLAB-ban készített analízisprogramban határozza meg egy adott hangszerre, ezeket fájlban tárolja el, majd a C++ programba töltse fel. Legyen valós időben változtatható paraméter a burkológörbék kiolvasási sebessége és a spektrum alakja, azaz a felhangok kezdőamplitúdójának frekvenciafüggése (hány dB-t essen vagy emelkedjen oktávonként a felvethez képest). Emellett a hang amplitúdóját és frekvenciáját LFO-val modulálja (vibrato ill. tremolo).

*Ellenőrző pont: egy darab burkológörbével vezérelt amplitúdójú szinuszjel előállítása + MATLAB analízisprogram.*

### **C/M-8 Polifonikus analóg szintetizátor**

Analóg szintetizátor minimum a mini-moog funkcionalitásával (de polifonikus üzemben): legalább két sávkorlátozott oszcillátor, negyedfokú rezonáns szűrő. Az ADSR mind a szűrő vágási frekvenciájának, mind pedig az amplitúdó vezérlésére alkalmas. LFO-val vezérelhető amplitúdó, szűrő, oszcillátor frekvencia és négyszögjel kitöltési tényező. A fontosabb paraméterek valós időben változtathatóak legyenek.

*Ellenőrző pont: sávkorlátozott négyszögjel generálás egy hangra.*

### **C/M-9 Polifonikus húrmodell digitális hullámvezetővel**

Digitális hullámvezető (digital waveguide) húrmodell, egypólusú veszteségi szűrővel, inharmonicitás nélkül. A törtrészskéleteltető elsőfokú mindentáteresztő szűrő legyen. A fizikai modellel megvalósított gerjesztés pengetés és kalapács közül választható legyen. A kalapács ill. pengető beérkezési sebessége legyen dinamikafüggő. Legyen valós időben állítható a gerjesztés és a pickup helye, a lecsengési idő és a gerjesztés paraméterei.

*Ellenőrző pont: visszacsatolt késleltetővonal megvalósítása aluláteresztő hurokszűrővel egy hangra.*

### **C/M-10 Polifonikus „Commutated synthesis”**

Digitális hullámvezető (digital waveguide) húrmodell, egypólusú veszteségi szűrővel (inharmonicitás nélkül). A törtrészskéleteltető elsőfokú mindentáteresztő szűrő legyen. A veszteségi szűrő paramétereit, valamint a húrmodell bemeneteként szolgáló (tkp. a hangszertest választ tartalmazó) hullámtáblát MATLAB programmal állítsa elő felvett hangokból. Legyen valós időben állítható a lecsengési idő.

*Ellenőrző pont: visszacsatolt késleltetővonal megvalósítása aluláteresztő hurokszűrővel egy hangra.*

### **C/M-11 Polifonikus modális szintetizátor**

Az egyes módusokat másodfokú rezonátorok modellezik (min. 32 módus). A módusok lecsengési idejei az  $1/(c_0+c_2\omega^2)$  képletnek feleljenek meg, ahol  $c_0$  és  $c_2$  legyen valós időben

változtatható paraméter, a frekvenciák pedig a  $f_k = f_0 k(1 + Bk^2)$  képlet szerint helyezkedjenek el, ahol az inharmonicitás ( $B$ ) szintén valós időben változtatható. A fizikai modellel megvalósított gerjesztés pengetés és kalapács közül választható legyen, melynek paraméterei valós időben változtathatóak. A kalapács ill. pengető beérkezési sebessége legyen dinamikafüggő. A módusok paramétereinek kezdőértékeit a húr fizikai paraméterei (hossz, tömeg, merevség, stb.) alapján állítsa be.

*Ellenőrző pont: egy adott frekvenciájú, lecsengő amplitúdójú négyszögjel előállítására 10 harmonikussal.*

### **C/M-12 Polifonikus véges differenciás húrmodell**

A húr rezgését a differenciálegyenlet diszkrétizációjából adódó véges differenciás (finite difference) modellel valósítja meg. Állítható paraméterek: gerjesztés helye, inharmonicitás, frekvenciafüggő lecsengési idő. A húrmodell paramétereinek kezdőértékeit a húr fizikai paraméterei (hossz, tömeg, merevség, stb.) alapján állítsa be. A fizikai modellel megvalósított gerjesztés pengetés és kalapács közül választható legyen, melynek paraméterei valós időben változtathatóak. A kalapács ill. pengető beérkezési sebessége legyen dinamikafüggő.

*Ellenőrző pont: veszteségmentes és harmonikus véges differenciás modell megvalósítása egy hangra.*

## 2. Elmélet/MATLAB

### E-1 Diszkretizációs módszerek vizsgálata

Foglalja össze a folytonos idejű és diszkrét idejű rendszerek közötti lehetséges transzformációkat (Impulzus-invariáns, bilineáris, matched-z). Vizsgálja meg a hatékonyságot, stabilitást, és a frekvencia-torzítást.

*Ellenőrző pont: A transzformációk vizsgálata alul- és felüláteresztő szűrőkre. Pólusok, zérusok összehasonlítása.*

### E-2 Parametrikus EQ megvalósítási lehetőségei

Hasonlítsa össze különböző szűrőstruktúrákat (6-odfokú Butterworth szűrő direkt megvalósítás, ugyanez másodfokú tagokkal megvalósítva, valamint 3 digitális állapotváltozós-szűrő kaszkád kapcsolása) a következő szempontok alapján:

- Együttható-kvantálási érzékenység (24, 16, 10 bit)
- A paraméter-változásra (törésponti frekvencia) adott tranziens válasz (beállási idő, hallhatóság)

*Ellenőrző pont: Paraméter-változtatás (egységugrás)-ra adott válasz.*

### E-3 Zengető vizsgálata

Határozza meg tükörforrások módszerével a direkt, az első és a második visszavert hangokat egy 5x8 méteres szobában (a forrás és a hallgató pozíciója változtatható). Az így kiszámolt beérkező korai visszaverődésekre alkalmazzon HRTF átviteli függvényeket. Demonstrálja a 3D térérzetet egy MATLAB-os alkalmazás segítségével.

*Ellenőrző pont: HRTF függvények letöltése és kipróbálása különböző szögekre.*

### E-4 Nemlineáris gitáreffekt

Valósítsa meg egy egyszerűbb tranzistoros, diódás vagy csöves áramkör diszkrét idejű modelljét. A modellt hasonlítsa össze az áramkör SPICE szimulációjával, és/vagy az eredeti analóg áramkörrel (pl. breadboardon megépítve) az átviteli függvény, harmonikus és intermodulációs torzítás tekintetében. Az átlapolódás elkerülésére használjon túlmintavételezést.

*Ellenőrző pont: egy áramkör MATLAB-os modelljének megalkotása.*

### E-5 Idő- és frekvenciatartománybeli additív szintézis összehasonlítása

Hasonlítsa össze az időtartománybeli (burkolóval vezérelt szinuszfüggvények összeadása) valamint a frekvenciatartománybeli (ablakozott sinc, majd IFFT) additív szintézist a számításgépi rugalmasság, valamint a hangminőség tekintetében (a spektrumokat is vizsgálja). Mindegyikhez készítsen MATLAB programot és hangpéldákat. A bemenőparamétereket (frekvenciákat és burkológörbéket) MATLAB analízisprogrammal állítsa elő.

*Ellenőrző pont: egy adott frekvenciájú négyszögjel (min. 10 harmonikus) előállítás a spektrum szintetizálásával, majd IFFT-vel.*

### E-6 Sávkorlátozott négyszögjel generálás módszerei

Sávkorlátozott négyszögjel generálás módszereinek (additív, egyszerű túlmintavételezés, sávkorlátozott impulzussorozat integrálása, szakaszonként parabolikus fv. deriválása) összehasonlítása a számításgépi rugalmasság valamint hangminőség tekintetében (a spektrumokat is vizsgálja). Mindegyik módszert MATLAB-ban próbálja ki.

*Ellenőrző pont: a tesztelendő módszerek megismerése, egy módszer MATLAB-os implementálása.*

#### **E-7 A moog szűrő különböző megvalósításai**

A moog szűrő különböző modelljeinek (lineáris, egyszerű statikus nemlinearitás, tranzisztor szintű modell) MATLAB-ban történő implementálása, összehasonlítása. A paraméterállítás tranzienseinek hatása, ezek elkerülésének lehetősége.

*Ellenőrző pont: a tesztelendő módszerek megismerése, egy módszer MATLAB-os implementálása.*

#### **E-8 Húrmodellezési módszerek összehasonlítása - digitális hullámvezető és véges differenciás modell**

Ugyanazon húr modelljének megvalósítása digitális hullámvezető ill. véges differenciás modell esetén, kalapács vagy pengetés gerjesztéssel. Hasonlítsa össze a módszereket a számítási igény, rugalmasság valamint hangminőség tekintetében (a spektrumokat is vizsgálja).

*Ellenőrző pont: egy veszteségmentes véges differenciás húrmodell és egy veszteségmentes digitális hullámvezető implementálása.*

#### **E-9 Négyzetes membrán véges differenciás modellezése**

Frekvenciafüggő veszteséggel rendelkező membrán véges differenciás modellje fizikai alapú kalapács gerjesztéssel. Hasonlítsa össze a modell által kiadott és az elméletből várt módusfrekvenciákat, magyarázza meg a különbség okát.

*Ellenőrző pont: veszteségmentes és ideálisan rugalmas membrán véges differenciás modelljének implementálása.*

#### **E-10 Négyzetes membrán és lemez modális modellezése**

Frekvenciafüggő veszteséggel rendelkező membrán ill. lemez véges differenciás modellje (a merevség beállításától függően) fizikai alapú kalapács gerjesztéssel. A módusok frekvenciáit és amplitúdóit a lemez ill. membrán fizikai paramétereiből (méretek, anyagminőség, gerjesztés helye) származtassa.

*Ellenőrző pont: veszteségmentes és ideálisan rugalmas membrán modális modelljének implementálása.*

#### **E-11 Négyzetes membrán modellezése waveguide mesh segítségével**

Teljesen rugalmas (merevséggel nem rendelkező) membrán waveguide-mesh modelljének megvalósítása, kapcsolata a véges differenciás membrán modellel, a kapott módusfrekvenciák elméleti frekvenciákkal való összehasonlítása.

*Ellenőrző pont: veszteségmentes és ideálisan rugalmas membrán waveguide mesh modellben történő implementálása.*

### 3. DSP

#### DSP-1 1-csatornás full-parametrikus EQ megvalósítása

Valósítson meg egy parametrikus EQ-t. Az EQ legyen egy mindentátereszttel megvalósított Peak szűrő. Állítható paraméterek:

center frekvencia ( $f_c=100-5k$ ), gain (+-15 dB) és bandwidth ( $f_c/10 - f_c/2$ ).

*Ellenőrző pont: Másodfokú mindentáteresztő szűrő megvalósítása Matlabban és Chameleonon/más DSP-n.*

#### DSP-2 3-csatornás EQ megvalósítása

Valósítson meg egy grafikus EQ-t. Az EQ legyen egy 80 Hz-es elsőfokú Low-shelf, egy 12 kHz-es High-shelf és egy peak-szűrő. Állítható paraméter: gain mind a három esetben, +-15 dB. A peak-szűrő középfrekvenciáját és sávzélességét úgy határozza meg, hogy azonos gain beállításnál kb. kiegyenlített legyen a spektrum.

*Ellenőrző pont: Másodfokú mindentáteresztő szűrő megvalósítása Matlabban és Chameleonon/más DSP-n.*

#### DSP-3 Flanger effekt megvalósítása

Valósítson meg egy késleltető alapú flanger effektet. A késleltetés hossza 0-5 ms, a moduláló jel pedig 0.1-1 Hz szinusz legyen. A nem egész mintányi késleltetés esetében lineáris interpolációt valósítson meg.

*Ellenőrző pont: 5 ms hosszú visszacsatolt késleltetővonal megvalósítása Chameleon/más DSP-n.*

#### DSP-4 Phaser effekt megvalósítása

Valósítson meg egy, négy darab másodfokú mindentáteresztőből felépülő phaser effektet, háromszögjellel modulálva. Állítható a modulációs frekvencia és a modulációs mélység.

*Ellenőrző pont: Másodfokú mindentáteresztő szűrő megvalósítása Matlabban és Chameleonon/más DSP-n.*

#### DSP-5 Vezérelt rezonáns szűrő

Valósítson meg egy LFO-val vezérelt másodfokú rezonáns aluláteresztő szűrőt. Az LFO háromszög- vagy négyszögjelet generáljon és a vágási frekvenciát modulálja. Állítható paraméter a szűrő vágási frekvenciája, jósági tényezője, valamint a modulációs mélység.

*Ellenőrző pont: Komplex számokon alapuló, másodfokú aluláteresztő szűrő megvalósítása Matlabban és a Chameleonon/más DSP-n.*

#### DSP-6 Zengető megvalósítása

Valósítson meg 3x3-as Feedback Delay Network (FDN) alapú zengetőt. Az FDN A mátrix és további paramétereinek meghatározásához irodalmat adunk.

*Ellenőrző pont: Visszacsatolt késleltetővonal megvalósítása Matlabban és a Chameleonon/más DSP-n.*

#### DSP-7 Compressor/Expander megvalósítása

Valósítson meg egy egyszerűsített Bendiksen-féle Compressor/Expander effektet. A változtatható paraméterek:

Attack time: 0,16-2600 msec

Release time: 1-5000 msec

Aluláteresztő szűrő együttható (a): 0..1

Kompressziós faktor (comp): -1..1

*Ellenőrző pont:  $x^p$  táblázat letöltése és olvasása. Chameleon esetén a táblázatot a Coldfire generálja, C-ben.  $p = -1..1$ .*

### **DSP-8 Torzító algoritmus megvalósítása**

Valósítson meg egy egyszerű torzítót. A torzítóban háromféle karakterisztikát lehet kiválasztani (szimmetrikus overdrive, aszimmetrikus overdrive és torzítás). Változtatható paraméter: Gain, ami a torzítás előtt és után is állítható.

*Ellenőrző pont: Torzító táblázat letöltése és interpolált olvasása a Chameleonon/más DSP-n. Chameleon esetén a táblázatot a Coldfire generálja, C-ben.*

### **DSP-9 Egy hang előállítása analóg szintetizátor modelljével**

Generáljon sávkorlátozott, változtatható kitöltési tényezőjű négyszögjelet (PWM), és ezt másodfokú aluláteresztő szűrővel szűrje. Legyen valós időben változtatható a kitöltési tényező, valamint a szűrő vágási frekvenciája.

*Ellenőrző pont: négyszögjel előállítása (itt még nem kell, hogy sávkorlátozott legyen).*